



European Union
European Social Fund



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



NSRF
2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

**«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: Π3.1.1

**«Έκθεση συλλογής ενημερωτικού υλικού για
πλευρικούς προωστήριους μηχανισμούς»**

**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)



ΔΕΦΚΑΛΙΟΝ

Παραδοτέο Π3.1.1



European Union
European Social Fund

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



NSRF
2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή	1
1 Εγκατάσταση πλευρικών προωστήριων μηχανισμών – Κανονισμοί.....	3
2 Λειτουργία πλευρικών προωστήριων μηχανισμών – Κανονισμοί.....	4
3 Μέθοδοι εκκίνησης ηλεκτρικών κινητήρων.....	5
3.1 Απευθείας εκκίνηση και εκκίνηση με διακόπτη Υ/Δ.....	5
3.2 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή	5
3.3 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή και πυκνωτές.....	6
3.4 Εκκίνηση με διατάξεις ομαλής εκκίνησης (soft starters).....	6
3.4.1 Εκκίνηση με ειδική ρύθμιση στο ρυθμιστή τάσης των γεννητριών (AVR-soft starting).....	7
3.5 Δοκιμή Δυναμικής φόρτισης γεννητριών.....	10
3.6 Παλμικά φορτία και ομοιότητες.....	11
4 Βιβλιογραφία.....	14



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



ΔΕΦΚΑΛΙΟΝ

Παραδοτέο Π3.1.1



European Union
European Social Fund



Co- financed by Greece and the European Union



Εισαγωγή

Οι πλευρικοί προωστήριοι μηχανισμοί (thrusters) συμπληρώνουν περίπου δύο δεκαετίες εκτεταμένων εφαρμογών σε όλους τους τύπους των πλοίων προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα ευελιξίας. Η κίνηση επιτυγχάνεται στις περισσότερες διαμορφώσεις με τη βοήθεια ηλεκτρικών κινητήρων και πιο συγκεκριμένα με τους εξής συνδυασμούς:

- Κινητήρας επαγωγής τύπου κλωβού και έλικα μεταβλητού βήματος
- Κινητήρας επαγωγής τυλιγμένου δρομέα και έλικα σταθερού βήματος
- Κινητήρας Συνεχούς ρεύματος και έλικα σταθερού βήματος (κυρίως σε σκάφη αναψυχής, κότερα κ.λπ)

Ως ηλεκτρικά φορτία, οι προωστήριοι μηχανισμοί έχουν σημαντικά χαρακτηριστικά, που τα διαφοροποιούν από τα υπόλοιπα ηλεκτρικά φορτία, όπως:

- είναι πολύ μεγάλης ονομαστικής ισχύος (συγκρίσιμης με την ονομαστική ισχύ κάθε μίας γεννήτριας),

- κατά την εκκίνηση έχουν, όπως όλοι οι κινητήρες, μεταβατικά, πολλαπλά μεγαλύτερη ενεργειακή ανάγκη από την ονομαστική τους, κάτι που δημιουργεί αφενός πρόβλημα κάλυψης αυτών των αναγκών από τις γεννήτριες, αφετέρου προβλήματα ως προς την ποιότητα της ηλεκτρικής ισχύος στο συνολικό δίκτυο λόγω της σημαντικής βύθισης τάσης που αναπτύσσεται,

- η ροπή αδρανείας τους είναι συγκρίσιμη με αυτή των γεννητριών, κάτι που ενέχει τον κίνδυνο να δημιουργηθούν προβλήματα αστάθειας τάσης και συχνότητας στο ηλεκτρικό δίκτυο,

- είναι εγκατεστημένα σε σχετικά μεγάλη απόσταση από τις γεννήτριες κάτι που απαιτεί μεγάλου μήκους καλωδιώσεις καθώς και ακόμη μεγαλύτερες διατομές, ώστε να μην ενισχύονται τα ούτως ή άλλως σημαντικά προβλήματα βύθισης τάσης

- ενίοτε έχουν διακοπτόμενη λειτουργία με επαναληπτικές εκκινήσεις, κάτι που σημαίνει ότι τα προαναφερθέντα προβλήματα επαναλαμβάνονται με κάποια περιοδικότητα

Εξάλλου όσον αφορά την καθ' αυτήν εγκατάστασή τους:

- κατά κανόνα εγκαθίστανται σε χώρους με ιδιαίτερα δυσμενείς συνθήκες για την ομαλή λειτουργία τους (με αυξημένη υγρασία, χωρίς λήψη αντιστασιων μέτρων προστασίας, με δύσκολη απαγωγή θερμότητας, ενώ, βεβαίως χωρικά εγκαθίστανται σε σημεία με δύσκολη πρόσβαση για επιθεώρηση και συντήρηση)



ΔιερΕΥνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Α.Ι.ΟΝ)



DEFKALION

Παραδοτέο Π3.1.1

- ενίοτε εγκαθίστανται εκ των υστέρων (ειδικά σε σκάφη αναψυχής) με αποτέλεσμα να μην έχουν προβλεφθεί στους ηλεκτρικούς ισολογισμούς κ.λπ.

Από την άλλη πλευρά, οι κανονισμοί δεν τα αντιμετωπίζουν ως ειδικού τύπου ηλεκτρικά φορτία, καθώς :

- δεν εφιστούν την προσοχή στις συνθήκες εγκατάστασης στα σκάφη
- δεν συνιστούν πάντα τρόπους ασφαλούς εκκίνησης
- δεν συνιστούν τρόπους ασφαλούς λειτουργίας

Τα προβλήματα Ποιότητας Ηλεκτρικής Ισχύος εντοπίζονται κυρίως κατά την εκκίνηση της λειτουργίας τους, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται σημαντική μεταβατική υπερένταση (starting-up inrush current) που καταπονεί τις καλωδιώσεις, και συνακόλουθα προκαλεί:

- σημαντική βύθιση τάσης και συχνότητας (voltage and frequency dip), που επηρεάζει όλα τα ευαίσθητα στοιχεία του ΣΗΕ (φωτισμός, ηλεκτρονικές διατάξεις)
- αυξημένη απαίτηση σε ενεργό και ακόμη περισσότερο σε άεργο ισχύ, καθώς λόγω της εκκίνησης, της μηδενικής αρχικής ταχύτητας και της μεγάλης αδράνειας που πρέπει να υπερνικηθεί απαιτείται, μεταβατικά, μεγάλο ποσό ενέργειας και μάλιστα σε χαμηλό συντελεστή ισχύος. Τονίζεται ότι η στρεφόμενη αδράνεια του συστήματος προκύπτει από τον συνδυασμό του δρομέα (ρότορα) του κινητήρα και της έλικας του προωστήριου μηχανισμού. Στην περίπτωση έλικας μεταβλητού βήματος, το βήμα τίθεται κατά την εκκίνηση αυστηρά σε γωνία 0°, ώστε να μειώνεται η αδράνεια στην ελάχιστη δυνατή τιμή της, περιορίζοντας, κάπως, και το φαινόμενο.

Η έως τώρα ερευνητική εργασία των μελών της ομάδας σε θέματα Ποιότητας Ηλεκτρικής Ισχύος κατά την εκκίνηση της λειτουργίας των προωστήριων μηχανισμών κρίνεται σημαντική, καθώς έχει αναδείξει το πρόβλημα στα διεθνή και εσωτερικά φόρα (τρεις δημοσιεύσεις σε διεθνή συνέδρια [14, 15, 17] και μία ανακοίνωση σε ελληνικό συνέδριο [18]), καθορίζοντας και άξονες λύσεων, όπως:

- εφαρμογή μεθόδων εκκίνησης
- αξιολόγηση της μεταβατικής απαίτησης σε ηλεκτρική ενέργεια σε σύγκριση με την ενεργειακή διαθεσιμότητα από τις γεννήτριες
- αξιοποίηση της υπάρχουσας εμπειρίας στη διαμόρφωση προδιαγραφών λειτουργίας και εγκατάστασης άλλων ειδικού τύπου φορτίων με παρόμοια συμπεριφορά (των

αποκαλούμενων παλμικών ηλεκτρικών φορτίων – pulsed loads), ώστε να διευκολύνονται οι μελέτες σχεδίασης και εγκατάστασης του συνόλου του ηλεκτρικού δικτύου

- προδιαγραφή δοκιμής μεταβατικής φόρτισης των γεννητριών των πλοίων (κατά τη διαδικασία δοκιμών παραλαβής) σε συνδυασμένη λειτουργία με τους πλευρικούς προωστήριους μηχανισμούς.

Τονίζεται ωστόσο ότι έως τώρα δεν έχει υπάρξει μελέτη της απαίτησης σε περιστροφική ισχύ της έλικας κατά το μεταβατικό στάδιο, η οποία είναι σημαντική, ειδικά εάν η έλικα είναι σταθερού βήματος. Η συνιστώσα αυτή απαιτεί εξειδικευμένη συνδρομή από την ερευνητική ομάδα του έργου σε εφαρμογές Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής [19].

1. Εγκατάσταση πλευρικών προωστήριων μηχανισμών – Κανονισμοί

Τα μεγαλύτερα προβλήματα όσον αφορά στην εγκατάσταση και τον αντίστοιχο έλεγχο/επιστάσια των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών εντοπίζονται στα μικρά σκάφη. Πιο συγκεκριμένα, σημειώνονται τα εξής:

Ενώ δεν υφίσταται κανονισμός με σαφή αναφορά στα thrusters, συνάφεια έχουν οι εξής δύο κανονισμοί :

- οι προδιαγραφές **ISO/CD16147** που αφορά σε “**small craft –inboard mounted diesel engine fuel and electrical systems components**” [1]
- οι προδιαγραφές **ISO/FDIS 10133:2000 “Small craft –electrical systems –extra-low-voltage dc installations”** συνιστάται (όχι όμως για thrusters, που το 1998 που εξεδόθη ο κανονισμός ίσως δεν ήταν ακόμη δημοφιλής, αλλά για κουτιά διακλάδωσης, ρελέ κ.λπ.) ο βαθμός προστασίας IP55 (βλ. Παράρτημα) ή σε περιοχές με πιθανότητα υπερχείλισης/εμβάπτισης σε νερό IP67. Ειδική μνεία γίνεται για ηλεκτρολογικό εξοπλισμό σε χώρο με εκρηκτικούς ατμούς και αέρια οπότε πρέπει να εφαρμόζεται ο ISO 8846. [2]

Ειδικότερα, στα σκάφη αναψυχής απαντώνται κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος (ΣΡ) για τους οποίους οι κανονισμοί δεν ορίζουν προδιαγραφές που να μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης προβλημάτων. Στη συνέχεια παρατίθεται σειρά παρατηρήσεων που θα έπρεπε να θίγονται και που δυστυχώς έχουν καταγραφεί –επισημανθεί σε ατυχήματα:

- Οι κινητήρες ΣΡ, έχουν, εν γένει ευπάθεια στο τμήμα ψηφικών συλλέκτη (σπινθηρισμοί με κίνδυνους πυρκαγιάς και έκρηξης).



European Union
European Social Fund



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



NSRF
2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

- Ο ανεμιστήρας ψύξης του κινητήρα σε αντίθεση με τη συνήθη πρακτική δεν πρέπει να είναι πλαστικός, ούτε να βρίσκεται στην ίδια περιοχή με τις ψήκτρες.
 - ο Οι ακροδέκτες (+) και (-) δεν πρέπει να είναι **πολύ κοντά μεταξύ τους** ούτε και **ακάλυπτοι – απροστάτευτοι (ειδικά ο θετικός πόλος πρέπει να είναι καλυμμένος και μονωμένος)**. Μία καλή λύση είναι οι πόλοι-ακροδέκτες να είναι σε στεγανό κουτί με στυπιοθλίπτες στην εισδοχή των καλωδίων και στεγανή τοποθέτηση.
 - ο Ο δείκτης προστασίας του κινητήρα πρέπει να ορίζεται σαφώς σε IP55 ή καλύτερο (ώστε να υφίσταται προστασία έναντι επαφής, εισδοχής σκόνης, υγρασίας, νερού κ.λπ).
 - ο Το κουτί προστασίας («κουβάς»), όπου εγκιβωτίζεται ο μηχανισμός πρέπει να είναι στεγανό για να μην βρέχεται ο κινητήρας, ενώ θα πρέπει να υπάρχει αντλία/μηχανισμός που να κρατά στεγνό τον κινητήρα, π.χ. bilge pump. Το κουτί αυτό πρέπει να είναι κατασκευασμένο από υλικό πυράντεχο, να διατηρείται καθαρό και να είναι προσβάσιμο για επιθεώρηση και συντήρηση.
 - ο Θα είναι καλό να υπάρχει εγκατεστημένος μηχανισμός επιτήρησης της στάθμης μόνωσης του κινητήρα (insulation monitoring).

Όσον αφορά σε μεγάλα σκάφη, αξίζει σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι η Ελληνική Νομοθεσία υποχρεώνει όπως τα οχηματαγωγά με μήκος μεταξύ καθέτων μεγαλύτερο από 75 m¹ πρέπει να διαθέτουν πρωραίο πλευρικό προωστήριο μηχανισμό (bow thruster) με προφανή σκοπό την εύκολη πραγματοποίηση ελιγμών κατά την είσοδο και αναχώρηση από τα διάφορα λιμάνια της χώρας [3].

2. Λειτουργία πλευρικών προωστήριων μηχανισμών – Κανονισμοί

Σε αντιδιαστολή με όσα συζητήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα και αφορούν κυρίως τα μικρά σκάφη, τα προβλήματα κατά τη λειτουργία των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών εντοπίζονται κυρίως στα μεγάλα σκάφη, όπου, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι πολύ μεγάλης ισχύος. Δύο είναι οι πιο συνηθισμένες διαμορφώσεις που επιλέγονται:

- Η πρώτη διαμόρφωση συνίσταται στο συνδυασμό ενός ασύγχρονου ηλεκτρικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου κλωβού σε μηχανική σύζευξη με έλικα μεταβλητού βήματος.
- Η δεύτερη διαμόρφωση περιλαμβάνει ασύγχρονο κινητήρα τυλιγμένου δρομέα συνδεδεμένο με εξωτερικές αντιστάσεις στον ρότορα και σε μηχανική σύμπλεξη με έλικα

¹ Ισχύει για πλοία που η ναυπήγησή τους έχει ξεκινήσει μετά την 1-9-1988.



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



DEKALION

Παραδοτέο Π3.1.1



σταθερού βήματος.

Κατά την εκκίνηση λειτουργίας τους αναπτύσσονται έντονα μεταβατικά φαινόμενα (υπερένταση, βύθιση τάσης, βύθιση συχνότητας) τα οποία εντάσσονται στο γενικότερο πλαίσιο των αποκαλούμενων προβλημάτων ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος και μπορεί να οδηγήσουν είτε σε αποτυχία εκκίνησης είτε ακόμη και αστάθεια λειτουργίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων εκκίνησης των ηλεκτρικών κινητήρων, έχουν αναπτυχθεί μία σειρά από μεθόδους εκκίνησης που η κάθε μία έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Μία συνοπτική περιγραφή αυτών των μεθόδων εκκίνησης ακολουθεί στη συνέχεια.

3. Μέθοδοι εκκίνησης ηλεκτρικών κινητήρων

3.1. Απευθείας εκκίνηση και εκκίνηση με διακόπτη Υ/Δ

Το μεταβατικό ρεύμα εκκίνησης εμφανίζεται κυρίως εξ' αιτίας της χαμηλής σύνθετης αντίστασης του κινητήρα κατά την εκκίνηση, (μικρή φαινόμενη τιμή ωμικής αντίστασης δρομέα). Επιπλέον λόγω των επαγωγικών αντιδράσεων του κινητήρα της χαμηλής επαγωγής, μία DC συνιστώσα αναπτύσσεται στις κυματομορφές του ρεύματος εκκίνησης.

Μία βελτιωμένη έκδοση της μεθόδου της απ' ευθείας εκκίνησης η οποία κατά κόρον εφαρμόζεται σε σχετικά μεγάλης ισχύος μηχανές είναι η εγκατάσταση του διακόπτη αστέρα-τριγώνου. Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο, αρχικά τα τυλίγματα του κινητήρα συνδέονται σε συνδεσμολογία αστέρα (επάγοντας έτσι ασθενέστερα ρεύματα αλλά και μικρότερη ηλεκτρομαγνητική ροπή). Στην συνέχεια, όταν ο κινητήρας «αγγίζει» τις ονομαστικές του στροφές, η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων αλλάζει σε συνδεσμολογία τριγώνου. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ούτε η μέθοδος απευθείας εκκίνησης, ούτε η εκκίνηση μέσω διακόπτη αστέρα-τριγώνου δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλης ισχύος κινητήρες. [4-7].

3.2. Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, ο κινητήρας συνδέεται στο δευτερεύον τύλιγμα ενός αυτομετασχηματιστή που τον τροφοδοτεί με τάση μικρότερη της ονομαστικής μειώνοντας έτσι και το μεταβατικό ρεύμα εκκίνησης. Καθώς ο κινητήρας «αγγίζει» τις ονομαστικές του στροφές, ο μηχανισμός ρύθμισης προσαρμόζει τον λόγο μετασχηματισμού σε 1:1. Ωστόσο σε αυτή τη μέθοδο εκκίνησης, λόγω της μειωμένης τάσης τροφοδοσίας, αυξάνει το χρονικό διάστημα το οποίο απαιτείται για να προσεγγίσει ο κινητήρας το ονομαστικό σημείο λειτουργίας του. Η



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



ΔΕΦΚΑΛΙΟΝ

Παραδοτέο Π3.1.1



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

καθυστέρηση αυτή κατά την οποία ο κινητήρας απορροφά μεγάλο ρεύμα (έστω και εάν αυτό είναι μικρότερο από το αντίστοιχο με απευθείας εκκίνηση) μπορεί να οδηγήσει σε υπερθέρμανσή του και αποτυχία εκκίνησης. Ένα επιπλέον μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι ο αυτομετασχηματιστής έχει σημαντικό βάρος, ενώ, επίσης, έχει αυξημένες απαιτήσεις σε δέσμευση χώρου.

3.3. Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή και πυκνωτές

Το πρόβλημα κατά την διάρκεια της εκκίνησης μέσω αυτομετασχηματιστή μπορούν μερικώς να αποφευχθούν με την εγκατάσταση μίας πρόσθετης πηγής αέργου ισχύος, όπως είναι μία διάταξη πυκνωτών συνδεδεμένη κοντά στον κινητήρα. Συστήνεται, η ονομαστική άεργος ισχύς της διάταξης των πυκνωτών να είναι ίση με το 30% της ονομαστικής ισχύς του κινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο, ισχύει ό,τι και στην απλή περίπτωση του αυτομετασχηματιστή, όμως, τώρα η ονομαστική κατάσταση λειτουργίας του κινητήρα επιτυγχάνεται περίπου το ίδιο γρήγορα σε σχέση με την μέθοδο της απευθείας εκκίνησης. Στην περίπτωση αυτή, οι ανάγκες χώρου για εγκατάσταση του αυτομετασχηματιστή προσ αυξάνονται και από τις αντίστοιχες ανάγκες για τους πυκνωτές. Επιπλέον σημειώνεται ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στις διακοπτικές διατάξεις που εγκαθίστανται, καθώς οι πυκνωτές κατά τη σύζευξη και απόζευξη στο δίκτυο προκαλούν επίσης δυσάρεστα φαινόμενα υπερεντάσεων και υπερτάσεων [8].

3.4. Εκκίνηση με διατάξεις ομαλής εκκίνησης (soft starters)

Η μέθοδος αυτή έχει εισαχθεί πρόσφατα στο σύνολο των διαθεσίμων τεχνικών και η οποία βασίζεται στην προοδευτική αύξηση (μέσω συνάρτησης αναρρίχησης) της τάσεως εξόδου της γεννήτριας με γραμμικό τρόπο χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικές διατάξεις – ομαλούς εκκινητές ή ηλεκτρονικά ισχύος ειδικευμένα στην ομαλή εκκίνηση. Το κυριότερο πρόβλημα αυτών των διατάξεων είναι το αυξημένο κόστος τους που είναι συγκρίσιμο αν όχι μεγαλύτερο από αυτό του ηλεκτρικού κινητήρα που εκκινεί. Επιπλέον μπορεί να προκληθούν στο ηλεκτρικό δίκτυο προβλήματα αρμονικής παραμόρφωσης [8].



ΔιερΕΥνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας Ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Α.Ι.ΩΝ)
DEFKALION



Παραδοτέο Π3.1.1



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY



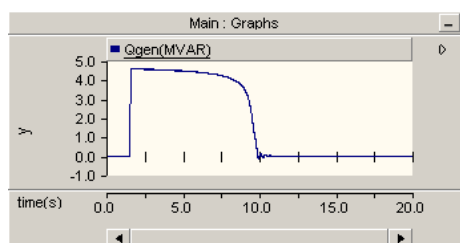
Co-financed by Greece and the European Union

3.4.1. Εκκίνηση με ειδική ρύθμιση στο ρυθμιστή τάσης των γεννητριών (AVR-soft starting)

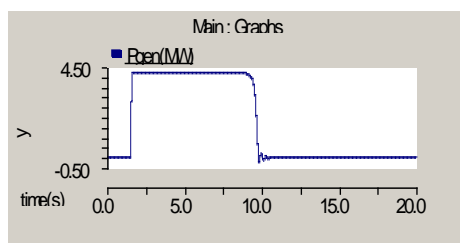
Η μέθοδος αυτή η οποία έχει εισαχθεί σε προηγούμενη εργασία [4-5], μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στην περίπτωση που ο κινητήρας τροφοδοτείται από γεννήτρια αποκλειστικά προοριζόμενη για αυτόν (dedicated generator). Συγκεκριμένα, η μέθοδος αυτή βασίζεται στη προοδευτικά αυξανόμενη τιμή της τάσεως της γεννήτριας αυτής, με τον ίδιο τρόπο, όπως η προαναφερθείσα μέθοδος των ηλεκτρονικών ισχύος. Η μορφοποίηση αυτή της τάσεως επιτυγχάνεται ελέγχοντας κατάλληλα την διέγερση της γεννήτριας αυτής(AVR).

Στις εξεταζόμενες περιπτώσεις πλευρικών μηχανισμών, η γεννήτρια που τροφοδοτεί αποκλειστικά τον πλευρικό προωστήριο μηχανισμό (dedicated generator) είναι συνήθως γεννήτρια άξονα σε μηχανική σύμπλεξη με την κινητήρια μηχανή [4-5]. Σε ελάχιστες μόνο περιπτώσεις, η γεννήτρια αυτή, είναι μία απλή - συμβατική που αποσυγχρονίζεται από το δίκτυο για να εξυπηρετήσει την εκκίνηση του προωστήριου μηχανισμού. Η τεχνική αυτή είναι επίσης πιο αποδοτική όσον αναφορά το κόστος και τις απαιτήσεις της σε διαθέσιμο χώρο σε σύγκριση με την επιλογή των ομαλών εκκινήτων (soft – starters).

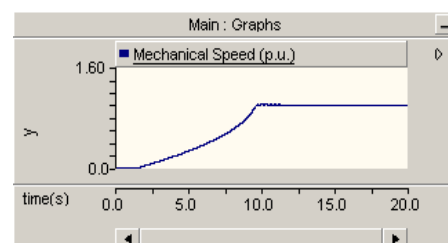
Μία συγκριτική παρουσίαση των μεθόδων εκκινήσεων ως προς τα σχετιζόμενα προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος δίνεται στο Σχήμα 1 με προσομοιώσεις εκκίνησης του προωστήριου μηχανισμού ενός πραγματικού οχηματαγωγού ισχύος 1 MW στο υπολογιστικό περιβάλλον PSCAD [9].



(a) Ζήτηση σε Άεργο Ισχύ



(b) Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ



(c) Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής

Χρονική εξέλιξη Ζήτησης σε Άεργο Ισχύ, Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ και Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής κατά την απευθείας εκκίνηση



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



ΔΕΦΚΑΛΙΟΝ

Παραδοτέο Π3.1.1

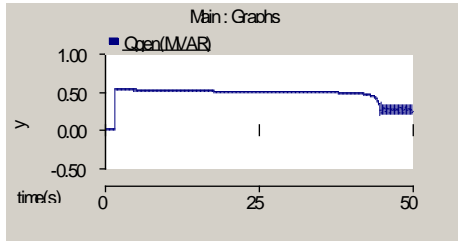


European Union
European Social Fund

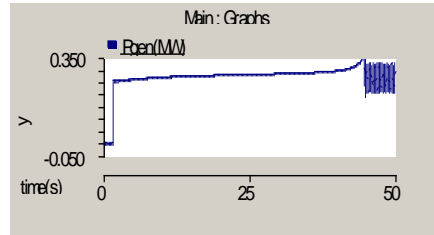


MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

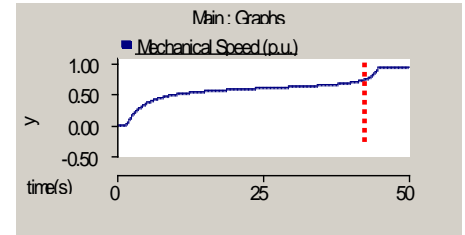
Co- financed by Greece and the European Union



(d) Ζήτηση σε Άεργο Ισχύ

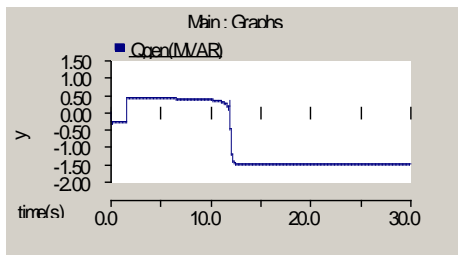


(e) Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ

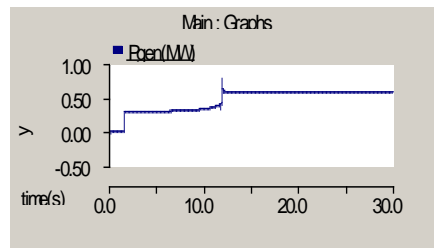


(f) Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής

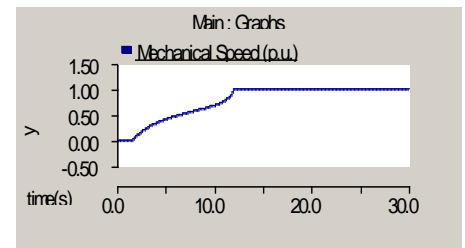
Χρονική εξέλιξη Ζήτησης σε Άεργο Ισχύ, Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ και Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής κατά την εκκίνηση με Αυτομετασηματιστή



(g) Ζήτηση σε Άεργο Ισχύ

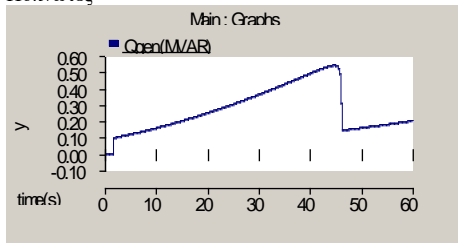


(h) Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ

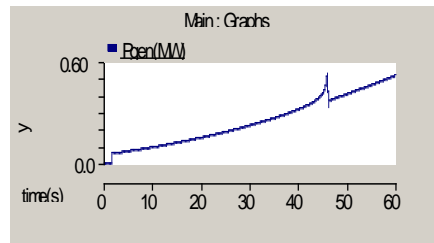


(i) Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής

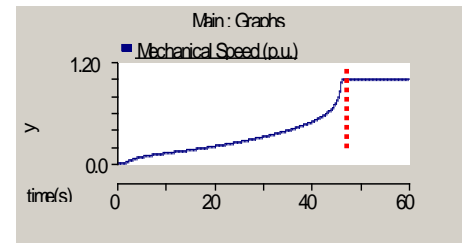
Χρονική εξέλιξη Ζήτησης σε Άεργο Ισχύ, Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ και Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής κατά την εκκίνηση με Αυτομετασηματιστή και Πυκνωτές



(j) Ζήτηση σε Άεργο Ισχύ



(k) Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ



(l) Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής

Χρονική εξέλιξη Ζήτησης σε Άεργο Ισχύ, Ζήτηση σε Ενεργό Ισχύ και Μηχανική Ταχύτητα περιστροφής κατά την εκκίνηση με ρύθμιση του AVR

Σχήμα 1. Σύγκριση εναλλακτικών μεθόδων εκκίνησης για την περίπτωση ενός πλευρικού προωστήριου μηχανισμού ισχύος 1 MW

Κανονισμοί σχετικοί με τη βύθιση τάσης

Τα προβλήματα που εμφανίζονται κατά την διάρκεια εκκινήσεως των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών μπορούν να συμπεριληφθούν στην κατηγορία των προβλημάτων ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, τα φαινόμενα της εκκινήσεως μεγάλης ισχύος μηχανών, όπως η πτώση τάσεως, μερικώς μπορεί να καλυφθούν από τους κανονισμούς οι οποίοι αναφέρονται σε διακυμάνσεις της τάσεως σε μεταβατικό στάδιο, όπως η μέγιστη επιτρεπτή πτώση τάσης σε συσχέτιση με την χρονική διάρκειά της μετρούμενη σε περιόδους όπως στον πίνακα 1. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το πιο σημαντικό πρόβλημα που προκαλείται από την εκκίνηση των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών είναι η πτώση τάσης, η οποία



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



ΔΕΦΚΑΛΙΟΝ

Παραδοτέο Π3.1.1



European Union
European Social Fund



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



NSRF
2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

προκαλεί συνήθως προβλήματα στην λειτουργία άλλων μηχανών συνδεδεμένων σε σειρά, οι συσχετιζόμενοι με αυτό κανονισμοί είναι πολύ καλοί σαν σημείο εκκίνησης της έρευνας. Έτσι, σύμφωνα με την αναφορά [10] ισχύει ότι:

«Όταν η γεννήτρια λειτουργεί χωρίς φορτίο, στην ονομαστική της τάση και συνδεθεί ηλεκτρικό φορτίο στους ακροδέκτες της, η μεταβατική πτώση τάσεως στους ακροδέκτες της γεννήτριας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 15% της ονομαστικής τάσεως. Η τάση δε της γεννήτριας θα πρέπει να έχει επανακτηθεί τουλάχιστον στο $\pm 3\%$ μέσα σε 1.5 δεύτερα. Όσον αφορά την βηματική επιβολή φορτίου, άτυπα θεωρείται ότι είναι ίση με το 60.0% της ονομαστικής ισχύς της γεννήτριας.»

Πίνακας 1.

Σύγκριση κανονισμών όσον αφορά μεταβατικές υπερτάσεις και αιχμές

Standard/rule	VOLTAGE TRANSIENT*	VOLTAGE SPIKE
ABS (2005) BV(2003) DNV(2001) GL(2004) PRS (2002) RINA(2005)	$\pm 20\%$ (1,5s)	No
(LRS) (2001)	+20%, -15% (1,5s)	No
IEEE 45-1998	$\pm 12\%$ (2s)	$\pm 2500V$ (380V – 600V)
		1000V (120V-240V)
STANAG 1008 (Ed.9), USA MIL-Std-1399	$\pm 16\%$ (2s) [$\pm 22\%$ (2s)] 18-35V, 24Vdc	2.5kV, 440V 1kV, 115V 0.6kV, 24Vdc

* Η επιτρεπόμενη διακύμανση συχνότητας είναι $\pm 10\%$ (5s) σε όλους τους κανονισμούς



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



DEFKALION

Παραδοτέο Π3.1.1



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY



programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

3.5. Δοκιμή Δυναμικής φόρτισης γεννητριών

Όπως τονίστηκε παραπάνω, πολλοί κανονισμοί ορίζουν το ότι η τάση και η συχνότητα πρέπει να αποκαθίσταται εντός σύντομου χρονικού διαστήματος (της τάξης της περιόδου) κάτι που συνιστά προδιαγραφή για τους ρυθμιστές τάσης και συχνότητας. Δεν ορίζονται, όμως, σαφώς το πώς εξετάζεται η επαρκής ανταπόκριση των γεννητριών στις προδιαγραφές αυτές. Από σχετική διερεύνηση έχει προκύψει ότι, τουλάχιστον σε αρκετές περιπτώσεις, οι γεννήτριες δοκιμάζονται μόνον στο εργοστάσιο κατασκευής τους κι όχι κατά την παραλαβή του πλοίου σε αναλυτική τέτοια δοκιμή. Δεδομένων των προβλημάτων που έχουν αναλυθεί παραπάνω από τη λειτουργία των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών, προτείνεται από τους συγγραφείς, όπως κατά την παραλαβή των γεννητριών εκτελείται και δοκιμή δυναμικής φόρτισης με τους πλευρικούς προωστήριους μηχανισμούς και να καταγράφεται σαφώς η απόκριση των γεννητριών στην μεταβατική ενεργειακή απαίτηση κατά την εκκίνηση τους (ως παλμογράφημα).

3.6. Παλμικά φορτία και ομοιότητες

Ως παλμικό φορτίο χαρακτηρίζεται εκείνο το φορτίο που λειτουργεί με κάποια περιοδικότητα και εμφανίζει κατά την πολύ σύντομης διάρκειας λειτουργία του πολύ αυξημένες ενεργειακές ανάγκες που οδηγούν σε πολύ έντονη βύθιση τάσης και συχνότητας. Το φαινόμενο εμφανίζει και κάποια μορφής περιοδικότητα , βλ. Σχήμα 2. Τυπικές περιπτώσεις παλμικών φορτίων είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς [10-13], τα συστήματα ναυσιπλοΐας (radar) αλλά και κάποια οπλικά συστήματα.

Όπως αναφέρεται στην αναφορά [10], ορισμένοι κανονισμοί [11-13] ορίζουν όρια στην ισχύ λειτουργίας των παλμικών φορτίων ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στην τάση και τη συχνότητα του δικτύου. Τα όρια αυτά συγκρίνουν τις (μεταβατικά υψηλές) απαιτήσεις ισχύος του παλμικού φορτίου με την ονομαστική ισχύ των γεννητριών του πλοίου σε λειτουργία (όσες είναι συγχρονισμένες και τροφοδοτούν με ενέργεια το ηλεκτρικό δίκτυο):

$$Q_{pulse} < 0.065 * S_{supply} \text{ and } P_{pulse} < 0.25 * S_{supply} \quad (1)$$



ΔιερΕΥνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
Ποιότητας Ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥΚΑ.Α.Ι.ΩΝ)



ΔΕΦΚΑΛΙΟΝ

Παραδοτέο Π3.1.1



European Union
European Social Fund



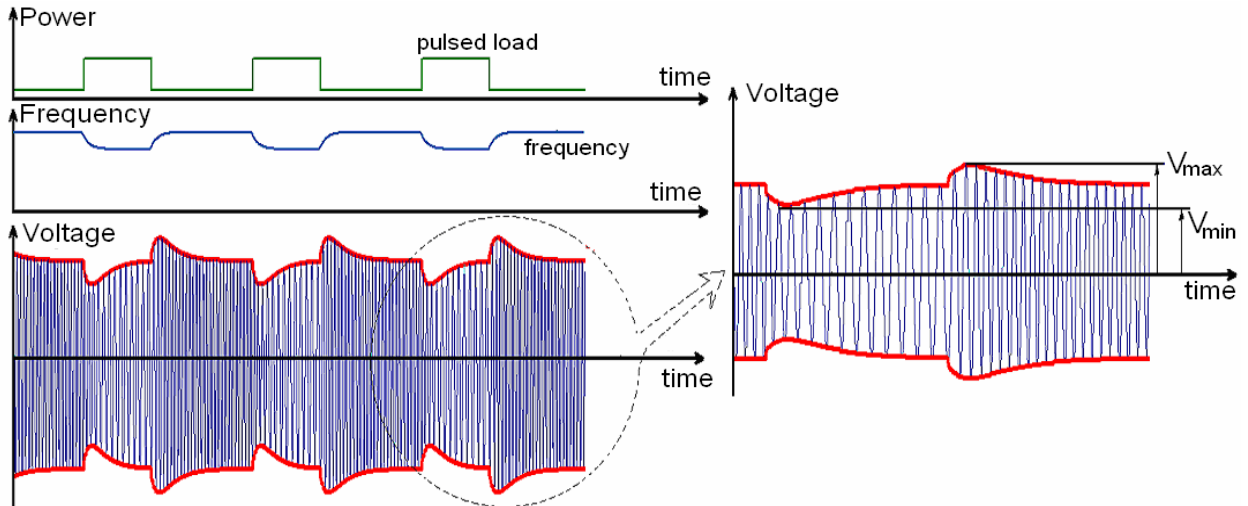
MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

Co-financed by Greece and the European Union

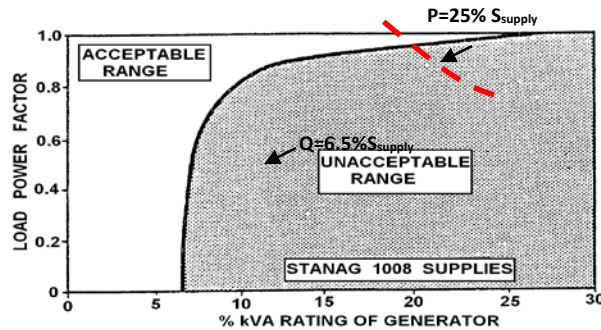


EUROPEAN SOCIAL FUND

όπου P_{pulse} , Q_{pulse} = η ενεργός, άεργος ζήτηση ισχύος του παλμικού φορτίου αντίστοιχα, ενώ S_{supply} = η συνολική φαινόμενη ισχύς των γεννητριών που τροφοδοτούν με ενέργεια το παλμικό φορτίο.



Σχήμα 2. Διαμόρφωση τάσης και συχνότητας λόγω λειτουργία παλμικών ν φορτίων



Σχήμα 3. Περιορισμοί λειτουργίας των παλμικών φορτίων



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



DEFKALION

Παράδοτο Π3.1.1

Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς της εξίσωσης (1), η διαμόρφωση τάσης και συχνότητας θα πρέπει να βρίσκεται εντός των παρακάτω ορίων:

$$\Delta V/V_{\text{nominal}} \leq \pm 2.5\% \text{ and } \Delta f/f_{\text{nominal}} \leq \pm 0.5\% \quad (2)$$

τα οποία είναι σαφώς αυστηρότερα από τις επιτρεπτές αποκλίσεις έτσι όπως αναφέρονται στον πίνακα 1, καθώς αντιστοιχούν σε υπο-μεταβατικά φαινόμενα.

Σύμφωνα με την εισήγηση των συγγραφέων [14-15], θα μπορούσε ο πλευρικός προωστήριος μηχανισμός να θεωρηθεί παλμικό φορτίο ειδικού τύπου και να θεωρηθούν τα P_{Pulse} και Q_{Pulse} ίσα με τα αντίστοιχα μεγέθη ζήτησης σε μεταβατική κατάσταση. Παρόλο που υφίστανται διαφορές μεταξύ των παλμικών φορτίων και των ηλεκτρικών κινητήρων, εν τούτοις οι ποσότητες P_{Pulse} και Q_{Pulse} μπορούν να αποτελέσουν μία βάση συζήτησης για τον καθορισμό ενός ποσοτικού και ποιοτικού δείκτη των προβλημάτων που προκαλεί ένας πλευρικός προωστήριος μηχανισμός, όπως φαίνεται στη συνέχεια. Πιο συγκεκριμένα, μετά από διεξοδική μελέτη που παρατίθεται αναλυτικά στις εργασίες [14,15], προτείνεται ο δείκτης ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος να είναι ο S_{pulse} που δείχνει τη (μεταβατική) απαίτηση σε φαινόμενη ισχύ και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$S_{\text{pulse}} / S_{\text{supply}} = \sqrt{\left(\frac{P_{\text{pulse}}}{S_{\text{supply}}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{\text{pulse}}}{S_{\text{supply}}}\right)^2} \quad (3)$$

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν μία σειρά από χρήσιμα συμπεράσματα [14-16]:

- Οι απαιτήσεις σε ισχύ είναι πολύ χρήσιμος δείκτης για την εύρεση της βέλτιστης λύσης κατά περίπτωση. Ακόμη και η χρήση των ονομαστικών μεγεθών ισχύος του κινητήρα του μηχανισμού thruster βοηθά. Ωστόσο, πιο σωστός είναι ο δείκτης $S_{\text{pulse}} / S_{\text{supply}}$ καθώς η κατάταξη σύμφωνα με αυτόν συμπίπτει με την κατάταξη σύμφωνα με τις βυθίσεις τάσης και συχνότητας. Αντί όμως να γίνονται αναλυτικές προσομοιώσεις και μελέτες για την εκτίμηση της βύθισης τάσης και συχνότητας που απαιτούν τη ακριβή γνώση του δικτύου του πλοίου, αρκεί να συσχετίζονται οι



European Union
European Social Fund



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



NSRF
2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

απαιτήσεις ισχύος του προωστήριου μηχανισμού με την ισχύ των γεννητριών σε λειτουργία.

- Η πιο δαπανηρή λύση (τρεις γεννήτριες σε λειτουργία) δεν είναι και η καλύτερη δυνατή. Αντιθέτως ένας προσεκτικός συνδυασμός οικονομικών εργαλείων μπορεί να οδηγήσει σε βέλτιστη λύση. Χαρακτηριστικά παρατηρούμε πως η εξεταζόμενη περίπτωση με την χρήση των τριών ηλεκτρογεννητριών είναι σαφώς υποδεέστερη των περιπτώσεων της χρήσης των δύο ηλεκτρογεννητριών με συνδυασμένη χρήση πυκνωτών. Πιο συγκεκριμένα, η καλύτερη επιλογή σύμφωνα με τον πίνακα είναι αυτή της χρήσης δύο ηλεκτρογεννητριών, αυτομετασχηματιστή τριών θέσεων (50% - 65% - 100%) και πυκνωτή 300kVAr, δεύτερη η παραπάνω περίπτωση χωρίς την χρήση πυκνωτή και μόλις τρίτη η χρήση τριών γεννητριών. **Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα πώς επιλέγοντας τον τρόπο εκκίνησης του φορτίου το μηχανοστάσιο μπορεί να μικρύνει κατά περίπτωση μέχρι και 33% (!) ή διαφορετικά το πλοίο μπορεί να λειτουργήσει εξίσου αποδοτικά με σημαντικά μικρότερη εγκατεστημένη ισχύ.** Αυτό δρά προς όφελος του σκάφους όχι μόνο μειώνοντας τα λειτουργικά έξοδα του σκάφους αλλά μικραίνοντας σημαντικά το κόστος κτήσεως εξοικονομώντας χώρο για άλλες χρήσεις.

Συμπεράσματα

- Ως προς την αντιμετώπιση ζητημάτων ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος

- να γίνεται αξιοποίηση της υπάρχουσας εμπειρίας σε προδιαγραφοποίηση λειτουργίας και εγκατάστασης άλλων ειδικού τύπου φορτίων με παρόμοια συμπεριφορά (των αποκαλούμενων παλμικών ηλεκτρικών φορτίων), ώστε να διευκολύνονται οι μελέτες σχεδίασης και εγκατάστασης του συνόλου του ηλεκτρικού δικτύου. Στα πλαίσια αυτά, ο προτεινόμενος δείκτης **Spulse / Ssupply** αποδεικνύεται ένα πολύ καλό μέτρο σύγκρισης της ποιότητας ισχύος αλλά και της προτεινόμενης λύσης
- να προδιαγράφεται δοκιμή μεταβατικής φόρτισης των γεννητριών των πλοίων (κατά τη διαδικασία δοκιμών παραλαβής) σε συνδυασμένη λειτουργία με τους πλευρικούς προωστήριους μηχανισμούς

- Ως προς τα ζητήματα εγκατάστασης

- να προδιαγράφονται αυξημένες προφυλάξεις κατά την εγκατάσταση (εξοπλισμός με αυξημένους δείκτες προστασίας έναντι υγρασίας, σκόνης και επαφής και ικανού αερισμού/κλιματισμού του χώρου εγκατάστασης), αλλά και δυνατότητα πρόσβασης και επιθεώρησης στα πλαίσια διαδικασιών συντήρησης



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



Παραδοτέο Π3.1.1

Λαμβάνοντας τα ανωτέρω υπόψη στη Δράση 3, έγινε πρώτα υδροδυναμική μελέτη της περιστροφικής κίνησης της έλικας του προωστηρίου μηχανισμού και στη συνέχεια με βάση τα αποτελέσματα αυτά:

- έγινε διερεύνηση του κατάλληλου τρόπου σχεδιασμού ηλεκτρικού κινητήρα που στρέφει την έλικα του μηχανισμού
- έγινε διερεύνηση του κατάλληλου τρόπου σχεδιασμού του ηλεκτρονικού μετατροπέα που θα τροφοδοτεί τον ηλεκτρικό κινητήρα που στρέφει την έλικα του μηχανισμού
- έγινε διερεύνηση των φαινομένων ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο που συνδέεται ο πλευρικός προωστήριος μηχανισμός

4. Βιβλιογραφία

[1] ISO/CD16147 “small craft –inboard mounted diesel engine fuel and electrical systems components”

[2] ISO/FDIS 10133:2000 “Small craft –electrical systems –extra-low-voltage dc installations”

[3] Προεδρικό Διάταγμα 177, «Κανονισμός για την Καταλληλότητα των Οχηματαγωγών Πλοίων» , Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Πρώτο, Αρ. Φύλλου (ΦΕΚ) 164, 14-Ιουλίου 2000.

[4] P. Vallianatos, J. Prousalidis, E. Styvaktakis, “On starting-up large power motors rotating high inertia loads in autonomous systems”, Proceedings of International Conference on Electric Machines (ICEM-2006), Chania (Crete), September 2006.

[5] J. Prousalidis, P. Vallianatos: “ The merits of thruster start-up using a shaft generator - A Ready Solution?”, Marine Engineering Review (MER) , July – August 2006.

[6]H. Gremmel, “Switchgear Manual”, 10th edition , Asea Brown Boveri’s Publications June 2001.

[7] J. Mindikowsky, “Assessment of electric power quality in ship systems fitted with converter subsystems”, Shipbuilding and Shipping, 2003.

[8] A Greenwood, ‘Electrical Transients in Power Systems’, John Wiley & sons, New York (USA),



European Union
European Social Fund

MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

Co- financed by Greece and the European Union

(1990).

[9] Manitoba HVDC Research Center: "PSCAD User's Guide", 2006.

[10] IEEE Standard 45-1998, "IEEE Recommended Practice for Electrical Installations on Shipboard".

[11] I.K. Hatzilau, J. Prousalidis, E. Styvaktakis, F. Kanellos, S. Perros, E. Sofras, "Electric power supply quality concepts for the All Electric Ship (AES)", 2006 World Marine Transport Technology Conference, London (UK), March 2006.

[12] STANAG 1008, "Characteristics of Shipboard Electrical Power Systems in Warships of the North Atlantic Treaty.

[13] USA MIL-STD-1399(NAVY), "Interface standard for Shipboard systems – Section 300A – Electric Power, Alternating Current"

[14] J. Prousalidis, P. Mouzakis, E. Sofras, D. Muthumuni, O. Nayak, "On Studying the Power Supply Quality problems due to Thruster Start-ups", Proceedings of Electric Ship Technology Symposium 2009 (ESTS09), Anaheim (USA), April 2009.

[15] P. Mouzakis, "Analyzing and Resolving Electric Power Supply Quality Problems in Ship Electric Grids due to Large Power Machine Operation" Διπλωματική εργασία ΣΝΜΜ/ΕΜΠ, Απρίλιος 2009.

[16] Ι. Προυσαλίδης, Π. Μουζάκης, «Διερεύνηση Κανονισμών για Ηλεκτροκίνητους Πλευρικούς Προωστήριους Μηχανισμούς Πλοίων», Πρακτικά Ετήσιας Συνόδου ΕΛ.Ι.Ν.Τ 2009, Αθήνα Νοέμβριος 2009.



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



ΔΕΦΚΑΛΙΟΝ

Παραδοτέο Π3.1.1