



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Παραδοτέο Π2.1

Διαμορφώσεις δικτύου για κάθε συγκεκριμένο τύπο πλοίου

« Πρωτοβουλία Εφαρμογής Συνεχούς Ρεύματος στα Πλοία
(Direct Current in Ship Initiative - DC-Ship)»

(πράξη ΑΡΙΣΤΕΙΑ - Ι, Κωδ. Έργου ΓΓΕΤ: 987, Κωδ. Έργου ΕΔΕΙΛ/ΕΜΠ: 68/1151)

Υπεύθυνος Σύνταξης: Ι. Προυσαλίδης, Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2014





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

(Κενή Σελίδα)



Παραδοτέο Π2.1: Διαμορφώσεις δικτύου για κάθε συγκεκριμένο τύπο
λ ι



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Γενικά | 4 |
| 2. Προετοιμασία εκκίνησης..... | Error! Bookmark not defined. |





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

1.Γενικά

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΠΡΑΞΗΣ

Το συγκεκριμένο έργο στοχεύει στη διεξαγωγή έρευνας για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών και την ανάπτυξη αντίστοιχων μεθόδων αντιμετώπισης. Τα συστήματα ΣΡ εξαλείφουν την κυκλοφορία αέργου ισχύος και τις σχετικές απώλειες κι έτσι η εφαρμογή τους μπορεί να βελτιώσει τους δείκτες απόδοσης του πλοίου EEDI και EEOI. Ωστόσο, θα πρέπει πρώτα να διερευνηθεί μια σειρά θεμάτων, τα οποία σχετίζονται κυρίως με τη λειτουργία του συστήματος κατά τη μόνιμη και μεταβατική κατάσταση, όπως η ευστάθεια τάσης, η ποιότητα ισχύος και τα σφάλματα. Κύριο στοιχείο καινοτομίας του συγκεκριμένου έργου αποτελεί η ενδεδειγμένη διερεύνηση των θεμάτων τα οποία σχετίζονται με την εφαρμογή συστημάτων διανομής ΣΡ σε εμπορικά πλοία και η ανάπτυξη λύσεων στοχευμένων στην εξοικονόμηση ενέργειας. Για το σκοπό αυτό προτείνεται ένα ερευνητικό σχέδιο το οποίο συνδυάζει μια πληθώρα επιστημονικών πεδίων του ηλεκτρολόγου και του ναυπηγού μηχανικού. Κατά τη διάρκεια της ερευνητικής δράσης τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων οι οποίες θα πραγματοποιηθούν, θα ενισχυθούν από αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα σε δύο πρότυπες διατάξεις. Μία για την εξομοίωση του δικτύου ΕΡ του πλοίου και μία για το αντίστοιχο δίκτυο ΣΡ. Οι επιδόσεις τους κατά τη λειτουργία θα καταγραφούν και θα συγκριθούν σε ό, τι αφορά την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας. Οι μελέτες αυτές θα συμπληρωθούν από αναλύσεις Κόστους Κύκλου Ζωής (Life Cycle Cost, LCC) του πλοίου όταν αυτό χρησιμοποιεί δίκτυο ΣΡ, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος κτήσης, λειτουργίας και συντήρησης. Το έργο υποδιαιρείται σε επτά (7) ενότητες έρευνας.

Η πρώτη ενότητα εργασίας Ε.Ε. 1 αναφέρεται στην εκκίνηση του ερευνητικού έργου ενώ το παρόν παραδοτέο Π1.1 αποτελεί την αντίστοιχη έκθεση πεπραγμένων κατά την προετοιμασία εκκίνησης του έργου. Επιπλέον, η Ε.Ε.1 περιελάμβανε και τη συλλογή δεδομένων τα οποία είναι ουσιώδη για τη μελέτη των προσομοιώσεων, π.χ. η ζήτηση ενέργειας σε συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας, η ηλεκτρική ευστάθεια, η ανάλυση βραχυκυκλωμάτων και οι διαμορφώσεις των περισσότερων εμπορικών τύπων πλοίων όπου η εξοικονόμηση της ενέργειας έχει νόημα. Τα αποτελέσματα αυτής της συλλογής δεδομένων καταγράφονται συνοπτικά στο παραδοτέο Π1.2.





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Εισαγωγή

Η εφαρμογή του ΣΡ σε δίκτυα πλοίων είναι μια καινοτόμος τεχνολογία η οποία αποτελεί επί της ουσίας προέκταση των ήδη υπάρχοντων διαύλων ΣΡ οι οποίοι βρίσκονται διεσπαρμένοι σε σύγχρονα πλοία μεταξύ δικτύου και φορτίων ελεγχόμενων από μετατροπείς ισχύος. Ειδικά στις περιπτώσεις πλοίων με ηλεκτροπρόωση η ισχύς η οποία μεταγεται μέσω διαύλων ΣΡ μπορεί να υπερβαίνει έως και το 80% της συνολικής. Στην περίπτωση εφαρμογής ΣΡ στο δίκτυο του πλοίου εξαλείφεται η ανάγκη τόσο για τους πίνακες ΕΡ όσο και για τους Μ/Σ τάσης. Ως αποτέλεσμα, η διανομή και η διαχείριση της ενέργειας γίνεται πιο ευέλικτη ενώ παρέχεται η δυνατότητα για ευκολότερη ένταξη διαφόρων πηγών ενέργειας καθώς και διατάξεων αποθήκευσης.

Ειδικά σε περιπτώσεις πλοίων τα οποία χρησιμοποιούν συστήματα δυναμικής τοποθέτησης (ΔΤ, dynamic positioning, DP) η εφαρμογή ΣΡ στο δίκτυο διανομής μπορεί να αυξήσει σημαντικά το βαθμό απόδοσης του πλοίου, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, καθώς δεν υπάρχει πλέον η ανάγκη λειτουργίας των γεννητριών σε σταθερή ταχύτητα. Επιπλέον η εξάλειψη εξοπλισμού ΕΡ μειώνεται δραστικά ο όγκος και το βάρος του σχετικού ηλεκτρολογικού μηχανισμού ενώ δίδεται η δυνατότητα ανάπτυξης περισσότερο ευέλικτων τοπολογιών όσον αφορά στην διάρθρωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Τέλος, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί η απόζευξη της συχνότητας λειτουργίας των γεννητριών από αυτή των καταναλωτών αλλά και η ενδεχόμενη κάλυψη μεταβατικών φορτίων μέσω συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας. Εξάλλου, υπογραμμίζεται, ότι στις κλασσικές τοπολογίες δικτύων ΕΡ, επιβάλλονται συγκεκριμένοι περιορισμοί στους μηχανισμούς ελιγμών του πλοίου, όσον αφορά στο ρυθμό μεταβολής των στροφών τους, οι οποίοι αποτελούν άμεση συνέπεια των ορίων ευσταθούς λειτουργίας των γεννητριών.

1. Τοπολογίες

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι διάταξης του δικτύου ΣΡ σε ένα σκάφος, ωστόσο, θα μπορούσαν να ενταχθούν σε δύο βασικές κατηγορίες [1]:

- Συγκεντρωμένης διανομής (multidrive approach)
- Διεσπαρμένης διανομής (distributed approach)

Οι δύο τοπολογίες φαίνονται στα Σχ. 1α και 1β αντίστοιχα.





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

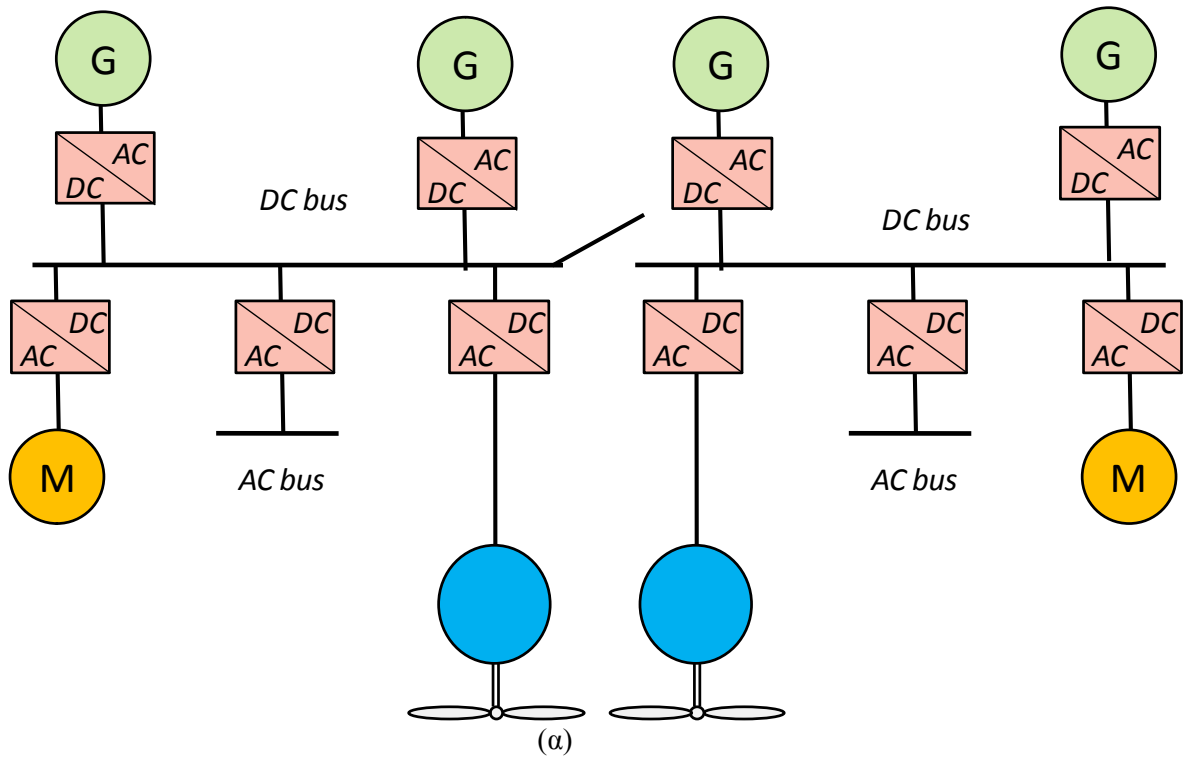


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Παραδοτέο Π2.1: Διαμορφώσεις δικτύου για κάθε συγκεκριμένο τύπο λ ι



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

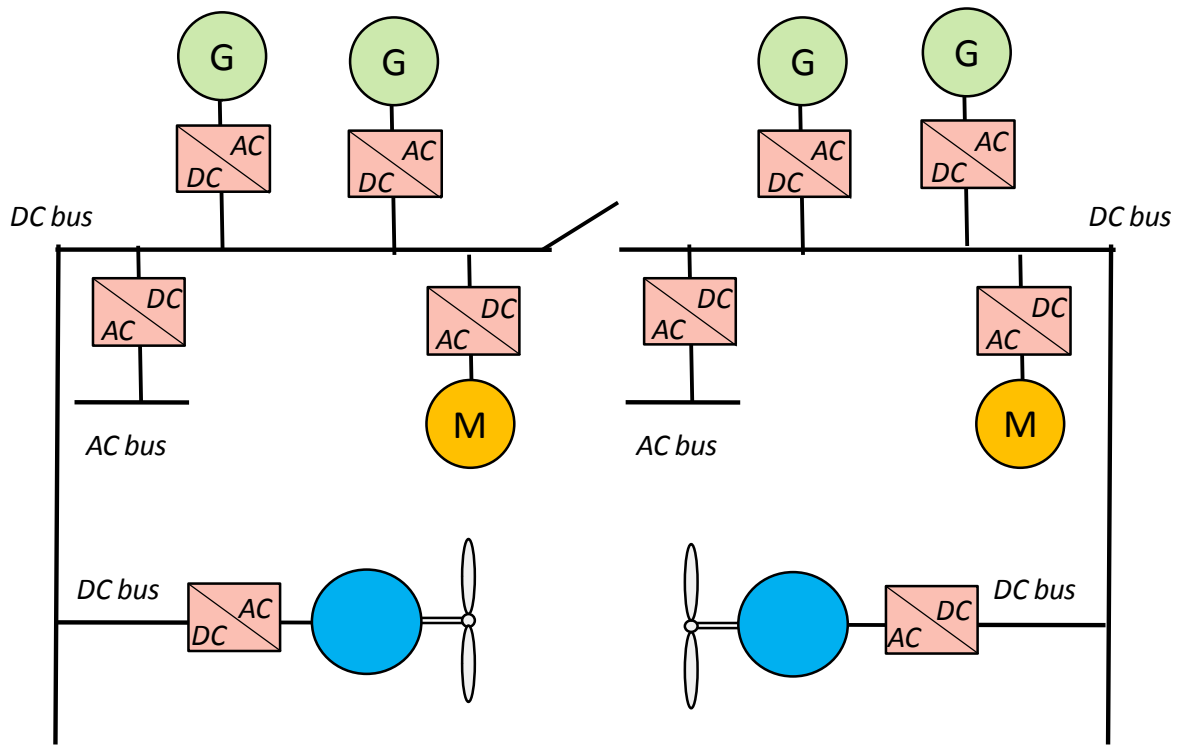


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



(β)

Σχ. 1 Τοπολογίες δικτύων ΣΡ σε πλοία α) Συγκεντρωμένης διανομής β) Διεσπαρμένης διανομής

Στην περίπτωση της συγκεντρωμένης κατανομής όλοι οι μετατροπείς ισχύος βρίσκονται κοντά στο ζυγό ΣΡ από τον οποίο τροφοδοτούνται όπως συμβαίνει και με τους Μ/Σ τάσης στην περίπτωση των δικτύων ΕΡ, ενώ οι διατάξεις οι οποίες τροφοδοτούνται από τους μετατροπείς βρίσκονται απομακρυσμένες. Στην περίπτωση της διεσπαρμένης διανομής κάθε μετατροπέας βρίσκεται όσο το δυνατόν κοντινότερα στη διάταξη με την οποία διασυνδέεται.

Κοινό και στις δύο τοπολογίες είναι το γεγονός ότι ο κύριος πίνακας ΕΡ καθώς και οι Μ/Σ τάσης εξαλείφονται. Αντ' αυτού όλη η παραγόμενη ισχύς τροφοδοτείται είτε απευθείας είτε μέσω ανορθωτικών διατάξεων, στον κοινό ζυγό ΣΡ ο οποίος και διανέμει την ενέργεια στους καταναλωτές μέσω κατάλληλων μετατροπέων. Οι καταναλωτές ΕΡ τάσεως 220V τροφοδοτούνται από αντιστροφείς με παρουσία κατάλληλων φίλτρων. Επιπλέον, δύναται να τοποθετηθούν μετατροπείς για τη διασύνδεση διατάξεων αποθήκευσης ενέργειας όπως π.χ. μπαταρίες ή υπερπυκνωτές για την εξυπηρέτηση έντονα μεταβατικών φορτίων.





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

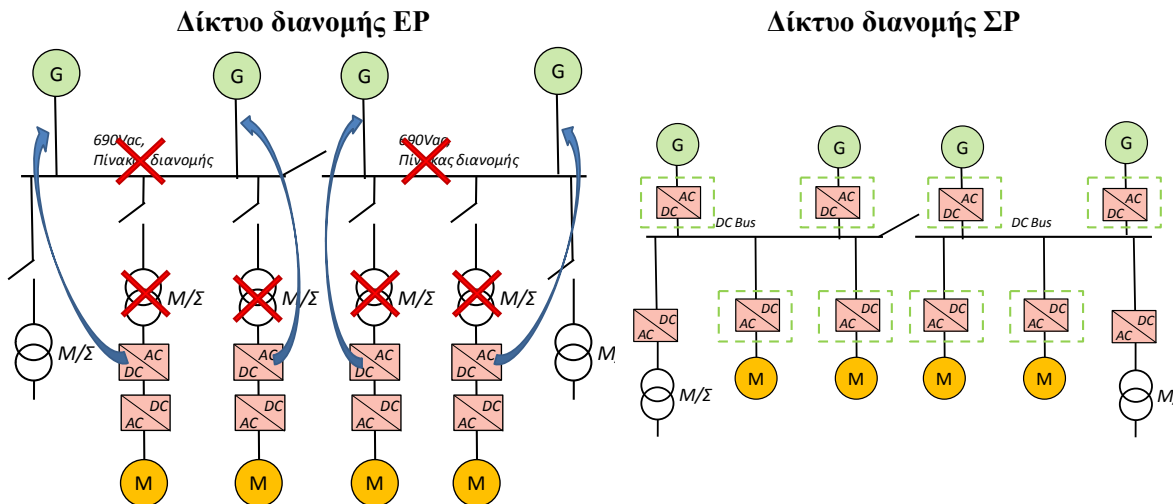
2. Πλεονεκτήματα

Κύρια πλεονεκτήματα της εφαρμογής ΣΡ στο δίκτυο διανομής στις επιδόσεις πλοίου αποτελούν [2]:

- α) Η μείωση του όγκου και του βάρους ηλεκτρολογικού εξοπλισμού
- β) Η αύξηση του συνολικού βαθμού απόδοσης
- γ) Βελτιωμένες επιδόσεις

α) Η μείωση του όγκου και του βάρους ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Το δίκτυο ΣΡ στο πλοίο εξαλείφει τους μετασχηματιστές και τους πίνακες διανομής όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο Σχ. 2. Στο Σχ. 3α και 3β φαίνεται η κατανομή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για την περίπτωση ενός τυπικού πλοίου τύπου PSV στην περίπτωση δικτύου ΕΡ και ΣΡ αντίστοιχα.



Σχ. 2 Εξάλειψη μετασχηματιστών και πινάκων διανομής κατά τη μετάβαση στο ΣΡ





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

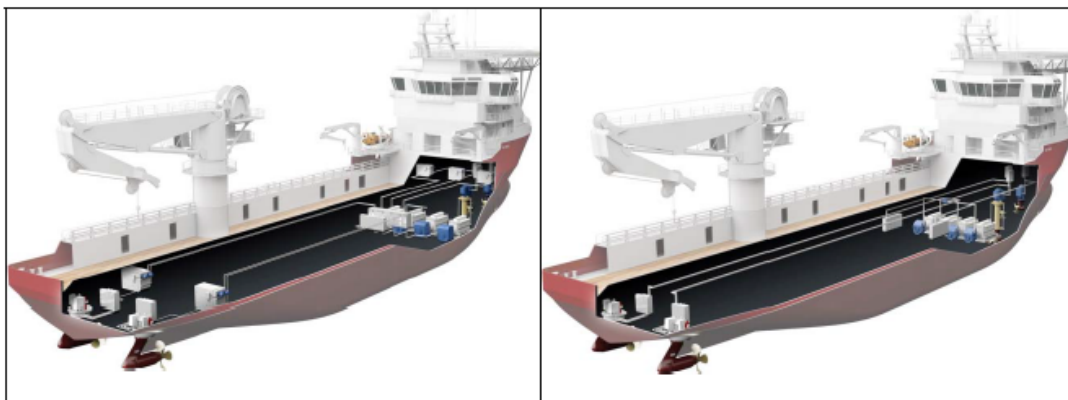


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



(α)

(β)

Σχ. 3 Κατανομή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για την περίπτωση ενός τυπικού πλοίου τύπου PSV α) Περίπτωση ΕΡ β) Περίπτωση ΣΡ [2]

Ειδικά στην περίπτωση της διεσπαρμένης κατανομής, κάθε μετατροπέας βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη διάταξη στην οποία είναι συνδεδεμένος. Έτσι, δεν υφίσταται η ανάγκη για την ύπαρξη ενός κεντρικού χώρου ηλεκτρικών πινάκων όπως στις κλασικές τοπολογίες ΕΡ, γεγονός που αυξάνει την ευελιξία κατά το σχεδιασμό του πλοίου αλλά και το διαθέσιμο χώρο. Το ίδιο πλεονέκτημα απορρέει και από την εξάλειψη των Μ/Σ τάσης. Στον Πίνακα 1 φαίνεται η εξοικονόμηση σε όγκο και βάρος για ένα πλοίο τύπου PSV σε περίπτωση μεταβολής του δικτύου διανομής του από ΕΡ σε ΣΡ. Ο πίνακας αφορά σε μειώσεις η οποίες οφείλονται αποκλειστικά σε αντικατάσταση εξοπλισμού ενώ μπορεί να είναι ακόμη μεγαλύτερες για μια νέα προσεκτική σχεδίαση.

Πίνακας 1 [2]

| Εξοπλισμός | Ποσότητα | Ονομαστική τιμή | Βάρος για δίκτυο ΕΡ | Βάρος για δίκτυο ΣΡ |
|-------------------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|
| Κύριες γεννήτριες | 4 | 2500 kVA | 38000 kg | 39000 kg |
| Κύριος πίνακας ΕΡ | 1 | 690 VAC | 4450 kg | 0 kg |
| Κύριος πίνακας ΣΡ | 1 | 1000VDC | 0 kg | 2400 kg |





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

| | | | | |
|------------------------|---|----------|-----------|----------|
| Δίκτυο Διανομής ΕΡ | 1 | 450/230V | 14490 kg | 16530 kg |
| Προωστήριοι μηχανισμοί | 2 | 3500kVA | 31980 kg | 13680 kg |
| Μηχανισμοί Ελιγμών | 3 | 1200 kVA | 26600 kg | 13750 kg |
| Σύνολο | | | 115520 kg | 85360 kg |

β) Αύξηση του συνολικού βαθμού απόδοσης

Η ύπαρξη δικτύου διανομής ΣΡ στο πλοίο επιτρέπει τη χρήση των πλέον ενδεδειγμένων μηχανών ΕΡ ως γεννήτριες και κινητήρες ενώ ταυτόχρονα ανοίγει νέους δρόμους προς τη βελτίωση του συνολικού βαθμού απόδοσης. Η βελτίωση αυτή συντελείται εξαιτίας του γεγονότος πως οι γεννήτριες του πλοίου δε χρειάζεται να λειτουργούν σε συγκεκριμένη συχνότητα (τυπικά 60 Hz) παρόλο που οι καταναλωτές υπό τάση συχνότητας 60 Hz τροφοδοτούνται κανονικά από το δίκτυο μέσω αντιστροφών. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει τον έλεγχο της κάθε γεννήτριας χωριστά ανεξάρτητα από το σημείο λειτουργίας των υπολοίπων.

Σήμερα σχεδόν το σύνολο των ηλεκτροπαραγωγών διατάξεων εμπλέκει μηχανές εσωτερικής καύσης με διάφορους τύπους καυσίμου όπως πετρέλαιο (HFO/MDO), αέριο (κυρίως LNG) και σε ορισμένες περιπτώσεις συνδυασμούς αυτών (μηχανές Dual Fuel). Όταν οι μηχανές εσωτερικής καύσης λειτουργούν σε σταθερές στροφές για την παραγωγή τάσης σταθερής συχνότητας υπάρχει ένα πολύ στενό παράθυρο λειτουργίας, γύρω από το 85% του ονομαστικού φορτίου, για το οποίο ο βαθμός απόδοσής τους είναι μέγιστος. Αν υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής των στροφών τους, όπως στην περίπτωση δικτύου διανομής ΣΡ, τότε το συγκεκριμένο παράθυρο λειτουργίας μπορεί να επεκταθεί έως και 50% χωρίς να μειωθεί ο βαθμός απόδοσης της μηχανής, όπως φαίνεται και στο Σχ. 4. Στο Σχ. 4 φαίνεται τα αποτελέσματα δοκιμών όσον αφορά στην κατανάλωση καυσίμου ως συνάρτηση των στροφών και της ροπής της μηχανής. Μπορεί εύκολα να φάνει πως είναι δυνατό η μηχανή να λειτουργήσει με ελάχιστη κατανάλωση ακόμη και για φορτία μικρότερα του 50% του ονομαστικού. Η συγκεκριμένη ιδιότητα είναι πολύ σημαντική ειδικά σε πλοία με συστήματα ΔΠ όπου το μέσο φορτίο των προωστήριων μηχανισμών είναι χαμηλό εξαιτίας των χαμηλών ταχυτήτων σε κανονικές καιρικές συνθήκες, ενώ ο αριθμός των γεννητριών σε λειτουργία είναι υψηλός για λόγους εφεδρείας.





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

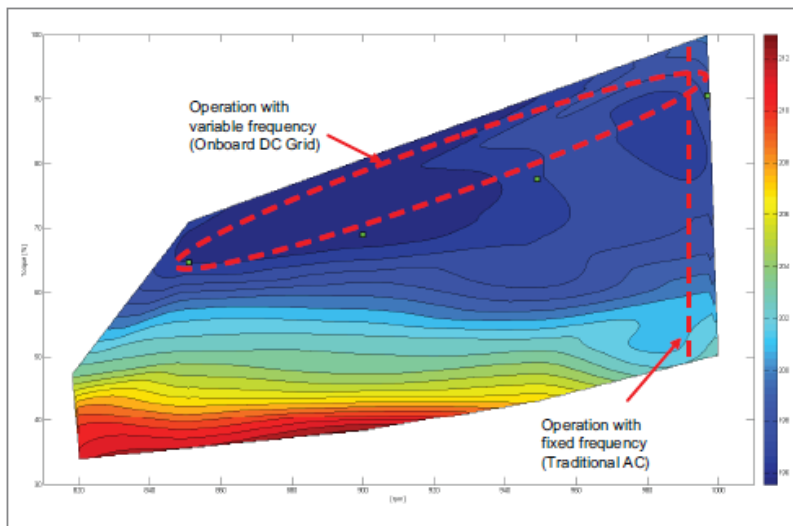


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Σχ. 4 Κατανάλωση καυσίμου ως συνάρτηση των στροφών και της ροπής της μηχανής εσωτερικής καύσης [3]

Περαιτέρω αύξηση του βαθμού απόδοσης είναι εφικτή μέσω της ένταξης με κατάλληλους μετατροπείς ΣΡ/ΣΡ, διατάξεων αποθήκευσης ενέργειας ΣΡ όπως μπαταρίες και υπερπυκνωτές οι οποίες μπορούν να αναλάβουν μεταβατικά φορτία αλλά και να αποθηκεύσουν περίσσεια ισχύος. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν αποτελέσματα που να αποδεικνύουν μια τέτοια αύξηση, ωστόσο, σε παρόμοιες περιπτώσεις όπως π.χ. σε υβριδικά αυτοκίνητα πόλης, η αύξηση του βαθμού απόδοσης μέσω παρόμοιων διατάξεων είναι πλέον αδιαμφισβήτητο γεγονός.

γ) Βελτιωμένες επιδόσεις

Η ύπαρξη δικτύου ΣΡ στο πλοίο δίνει νέες προοπτικές στην αναζήτηση μεθόδων βελτιστοποίησης της λειτουργίας του πλοίου. Καθώς η ένταξη περισσότερων και διαφορετικών πηγών στο ενεργειακό μίγμα του πλοίου διευκολύνεται υπάρχει πλέον η δυνατότητα ανάπτυξης στρατηγικών ενεργειακής διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο λαμβάνοντας υπόψη διαθεσιμότητα και κόστη καυσίμων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στις κλασικές τοπολογίες δικτύων ΣΡ οι κινητήρες ελιγμών υπόκεινται σε περιορισμούς όσον αφορά στον επιτρεπόμενο ρυθμό μεταβολής των στροφών τους και κατ' επέκταση της ισχύος τους. Αυτό προκύπτει αντίστοιχα, από τον περιορισμούς που τίθενται από τα όρια ευστάθειας συχνότητας και τάσης των γεννητριών. Στην περίπτωση της διανομής μέσω ΣΡ οι συγκεκριμένοι περιορισμοί εξαλείφονται και έτσι ο επιτρεπόμενος ρυθμός μεταβολής των στροφών μπορεί να διευρυνθεί. Επιπλέον, ενδεχόμενη ένταξη μέσω αποθήκευσης ΣΡ όπως μπαταρίες ή υπερπυκνωτές με κατάλληλους μετατροπείς ΣΡ/ΣΡ,





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

μπορούν να αυξήσουν περαιτέρω τις συγκεκριμένες δυνατότητες, αναλαμβάνοντας την εξυπηρέτηση ταχέα μεταβατικών φορτίων.

3. Προστασία

Το κύριο πρόβλημα που προκύπτει με την εξάλειψη των πινάκων ΕΡ είναι και η ανάγκη για συστήματα προστασίας ΣΡ. Για το λόγο αυτό δύναται να χρησιμοποιηθούν ασφάλειες, διακόπτες απομόνωσης ή ακόμη και ηλεκτρονικοί διακόπτες προστασίας με Θυρίστορ. Επιπλέον, κάθε μετατροπέας ισχύος διαθέτει συστήματα αυτοπροστασίας και δύναται να απομονωθεί από το υπόλοιπο δίκτυο σε περίπτωση σφάλματος σε εξαιρετικά χαμηλούς χρόνους αφού κύριο συστατικό του στοιχείο είναι οι ελεγχόμενοι ηλεκτρονικοί διακόπτες.

4. Μελέτη ηλεκτρικών δικτύων πλοίων

Μέσα στο πλαίσιο της Ε.Ε.1 αξιολογήθηκαν μία σειρά από δεδομένα που συλλέχθηκαν από διάφορες ναυτιλιακές πλοιοκτήτριες εταιρίες ελληνικών συμφερόντων [4]. Έτσι, τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αναφέρονται στα εξής πλοία:

1. Δεξαμενόπλοια (tankers)
2. Γενικού χύδην φορτίου (bulk carriers)
3. Ro-ro οχηματαγωγό
4. Υγραεριοφόρα (LNG carriers) με νηξελο-ηλεκτρική και συμβατική πρόωση
5. Ειδικού τύπου επιβατηγό

Οι τρεις πρώτοι τύποι πλοίων έχουν ειδική βαρύτητα καθώς αποτελούν τη μεγάλη πλειονότητα πλοίων ελληνικών συμφερόντων. Οι δύο πρώτοι τύποι πλοίων είναι από τους πιο απλούς όσον αφορά στο ηλεκτρικό δίκτυο (με τυπικά χαρακτηριστικά: τάση 440V, συχνότητα 60 Hz και ενεργειακές ανάγκες της τάξης των 2000 kW), ενώ ο τρίτος από τους πιο σύνθετους (με τυπικά χαρακτηριστικά: τάση 6600V, συχνότητα 60 Hz και ενεργειακές ανάγκες της τάξης των 40000 kW). Μάλιστα από την έγκριση του ερευνητικού έργου ναυπηγείται ένας σημαντικός αριθμός ελληνόκτητων πλοίων LNG-carriers με ηλεκτρική πρόωση. Τέλος το πλοίο (5) είναι ένα πλοίο του οποίου η μελέτη σχεδίασης τουλάχιστον όσον αφορά στο ενεργειακό του μέρος γίνεται εξολοκλήρου από μέλη της ερευνητικής ομάδας του έργου. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται να εξεταστούν συγκριτικά από τεχνικο-οικονομική άποψη, οι εναλλακτικές διαμορφώσεις του ενεργειακού συστήματος με συμβατική και ηλεκτρική πρόωση, με αποκλειστική χρήση Εναλλασσομένου ή και Συνεχούς Ρεύματος.

Ενδεικτικά, στη συνέχεια δίνεται η γενική διαμόρφωση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας ενός πλοίου, όπως και η πραγματική διαμόρφωση ενός πλοίου LNG με ηλεκτρική πρόωση καθώς και ενός Ro-ro οχηματαγωγού.





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



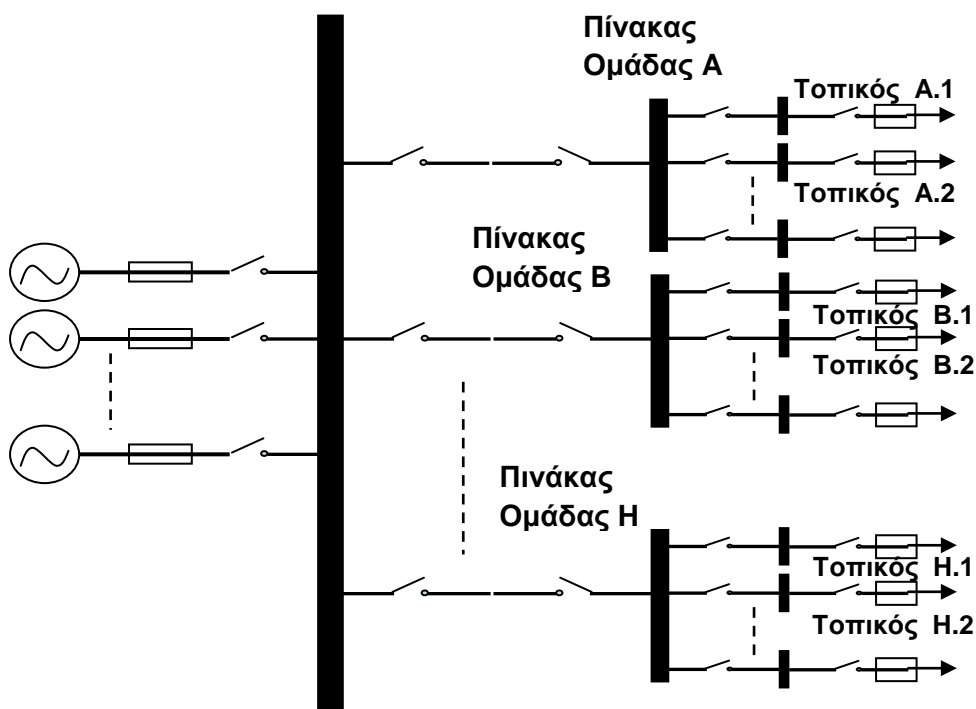
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Main Switchboard



- A. Βοηθητικά μηχανήματα κύριας μηχανής,
- B. Βοηθητικά μηχανήματα μηχανοστασίου,
- C. Βοηθητικά μηχανήματα καταστρώματος,
- D. Συστήματα αερισμού και κλιματισμού,
- E. Συστήματα ενδιαίτησης,
- F. Συστήματα ψύξης,
- G. Φωτισμός,
- H. Συστήματα ναυσιπλοΐας και τηλεπικοινωνιών.

Σχ. 5 Γενικό μονογραμμικό διάγραμμα Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Πλοίου





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

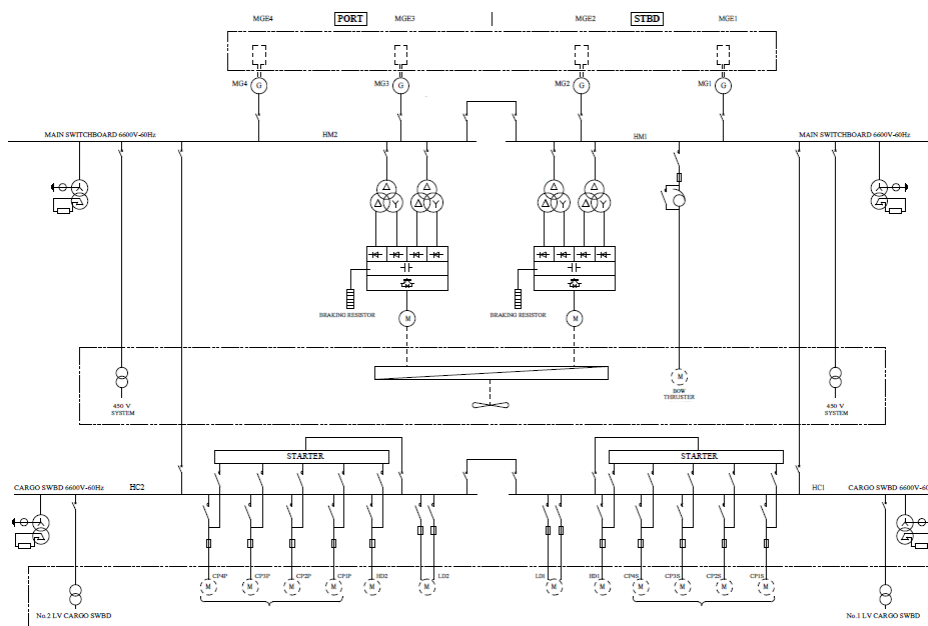


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Σχ. 6 Μονογραμμικό διάγραμμα LNG carrier με πρόωση diesel electric



Παραδοτέο Π2.1: Διαμορφώσεις δικτύου για κάθε συγκεκριμένο τύπο
λ ι



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

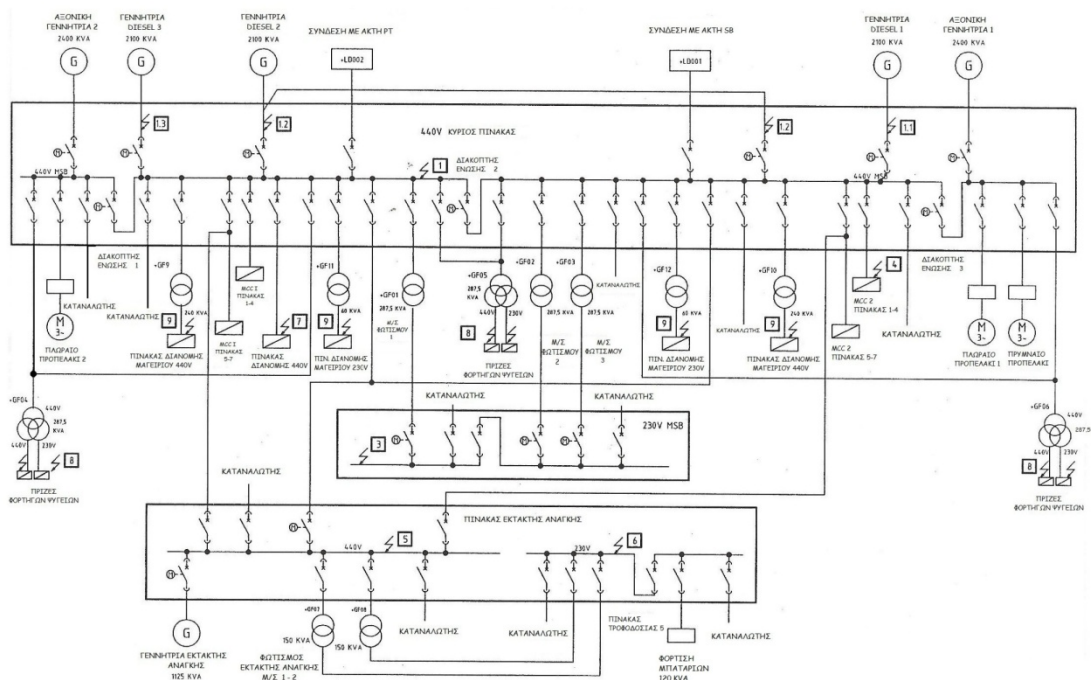


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



MCC: Motor Control Center (Υποσταθμίες με ομαδοποιημένα starter από κοινού για τα μηχανοστάσια.)

Σχ. 7 Μονογραμμικό διάγραμμα Ro-Ro ferry με υποδεικνυόμενα τα σημεία ενδιαφέροντος για τη μελέτη βραχυκύκλωσης

Από τα δεδομένα ηλεκτρολογικού ενδιαφέροντος των πλοίων, τα πλέον σημαντικά αποτελούν:

- Ο ενεργειακός ηλεκτρικός ισολογισμός του πλοίου
- Το ηλεκτρικό (μονογραμμικό) διάγραμμα του πλοίου
- Η μελέτη βραχυκυκλωμάτων
- Πληροφορίες σχετικά με τα σενάρια λειτουργίας των πλοίων

4. Μοντέλο πλήρους κλίμακας ηλεκτρικού συστήματος πλοίου με όλα τα απαραίτητα επιμέρους μέρη

Για τις ανάγκες του έργου αναπτύχθηκε πρότυπο παραμετροποιημένο μοντέλο ηλεκτρικού δικτύου πλοίου [5] με δυνατότητα υλοποίησης διανομής με ΣΡ το οποίο και δύναται να





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

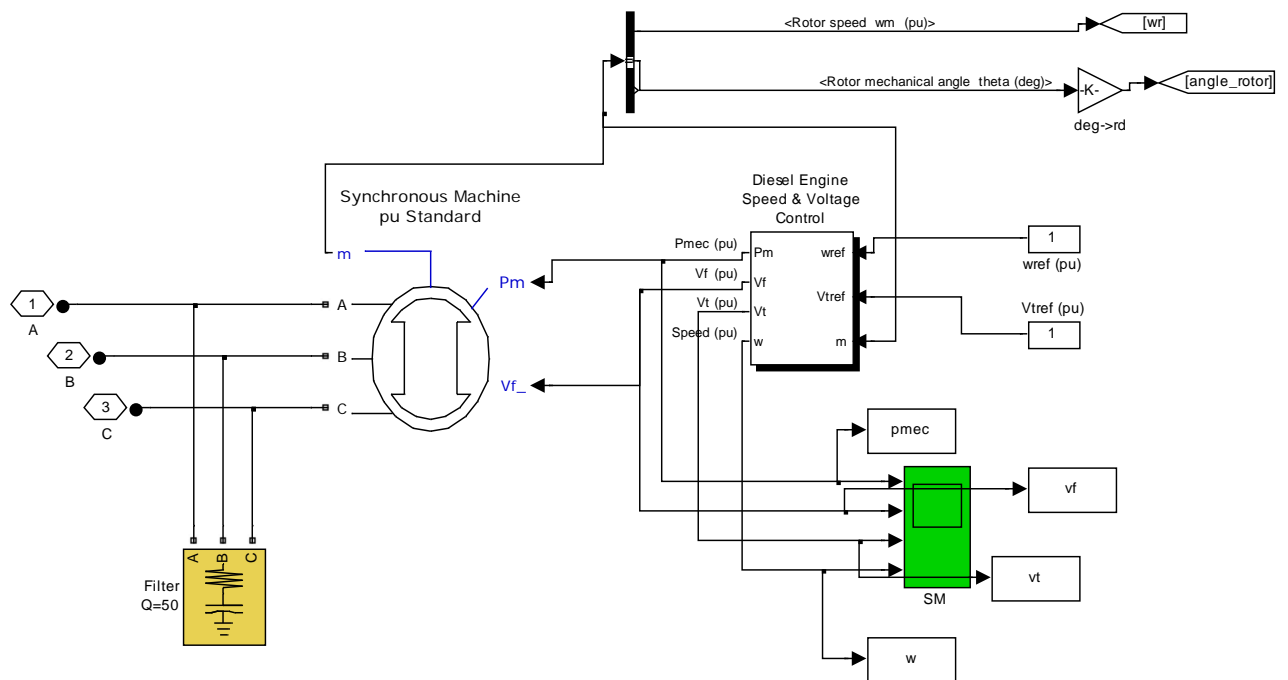


ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της λειτουργίας των δικτύων των πλοίων τα οποία αναφέρθηκαν στην ενότητα 3. Το δίκτυο περιλαμβάνει:

- Γεννήτριες ντιζελ
- Αξονικές γεννήτριες
- Ανορθωτικές διατάξεις
- Φίλτρα
- Μετατροπείς ΣΡ σε ΣΡ
- Αντιστροφείς
- Διακόπτες ΣΡ
- Κυψέλη καυσίμου

Στα παρακάτω σχήματα παραθέτονται ενδεικτικά τα αντίστοιχα τμήματα του μοντέλου, το οποίο υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Matlab/Simulink®.



Σχ.8 Μοντέλο ζεύγους ντιζελοκινητήρα – σύγχρονης γεννήτριας





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

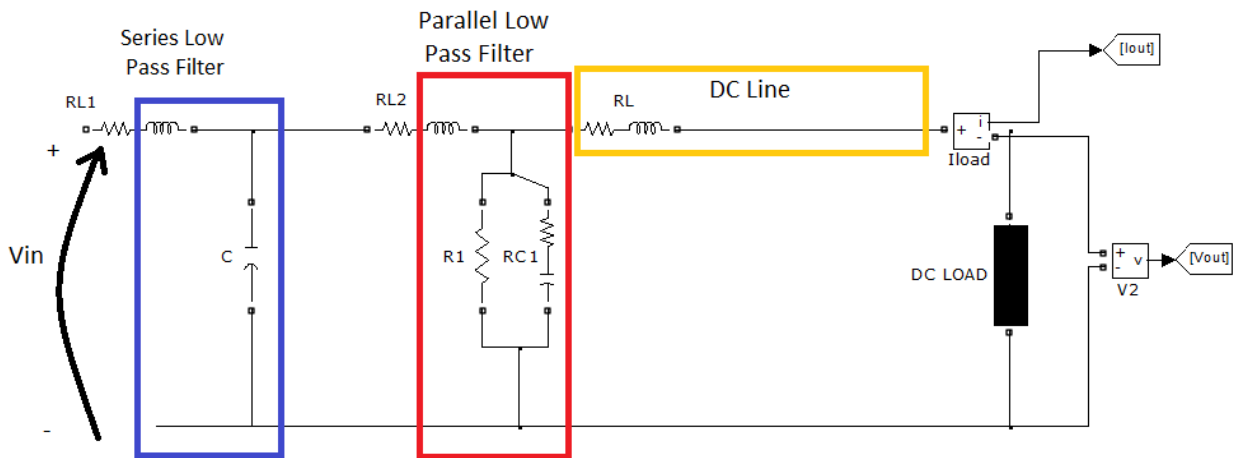


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Σχ. 9 Μοντέλο γραμμής 5kV DC με τα αντίστοιχα βαθυπερατά φίλτρα εξόδου





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

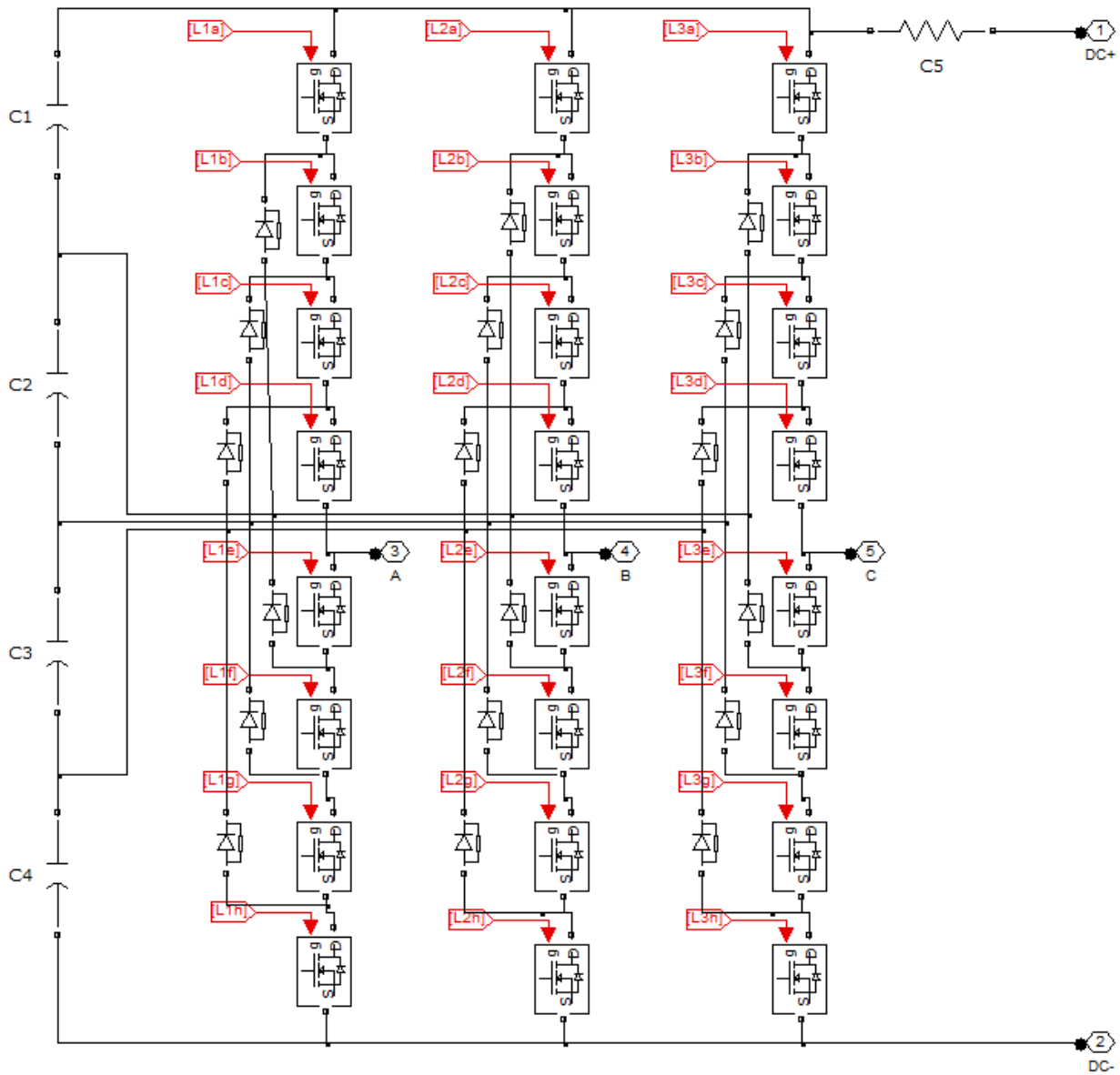


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Σχ. 10 Μοντέλο αντιστροφή 5 επιπέδων



Παραδοτέο Π2.1: Διαμορφώσεις δικτύου για κάθε συγκεκριμένο τύπο λ ι



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

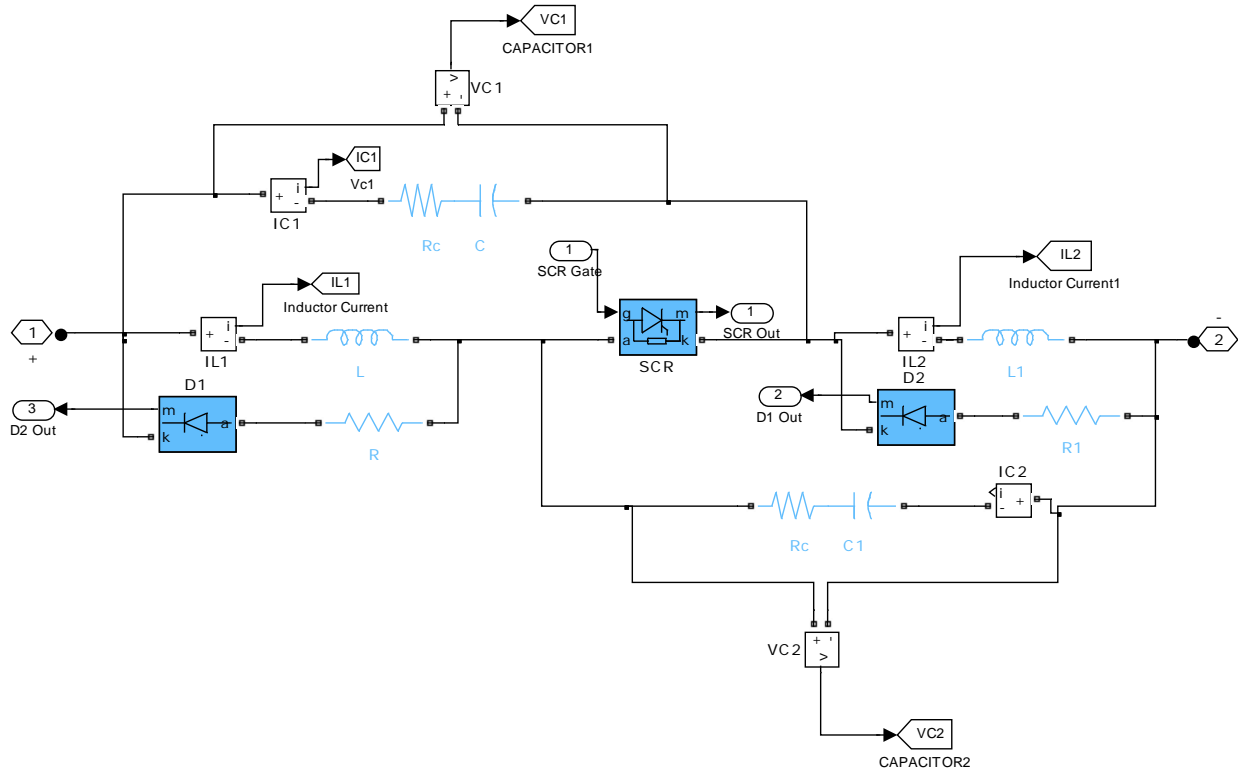


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Σχ. 11 Μοντέλο διακόπτη Z-Source DC

Αναφορές

[1] "Onboard DC Grid The step forward in Power Generation and Propulsion", ABB Marine, [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/292d42e87306453dc12579ad0050a457/\\$file/12_10_OnboardDCGrid_Technical-Information.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/292d42e87306453dc12579ad0050a457/$file/12_10_OnboardDCGrid_Technical-Information.pdf), accessed 10/10/2013

[2] Brandon Grainger, Adam Sparacino, Matthew Korytowski, & Shimeng Huang" Ship to Grid: Medium Voltage DC Concepts in Theory and Practice", 7th Annual Electric Power Industry Conference University of Pittsburgh November 12th, 2012 – Pittsburgh, PA

[3] Jan Fredrik Hansen, John O Lindtjørn, Klaus Vanska, "Onboard DC Grid for enhanced DP operation in ships", Dynamic Positioning Conference, October 11-12, 2011

[4] Παραδοτέο Π1.2, "Φάκελος με επικαιροποιημένα στοιχεία πλοίων", παραδοτέο έργου, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2013





Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



[5] Παραδοτέο Π2.2, "Μοντέλο πλήρους κλίμακας ηλεκτρικού συστήματος πλοίου με όλα τα απαραίτητα επιμέρους μέρη", παραδοτέο έργου, Αθήνα, Μάρτιος 2013.



Παραδοτέο Π2.1: Διαμορφώσεις δικτύου για κάθε συγκεκριμένο τύπο
λ ι