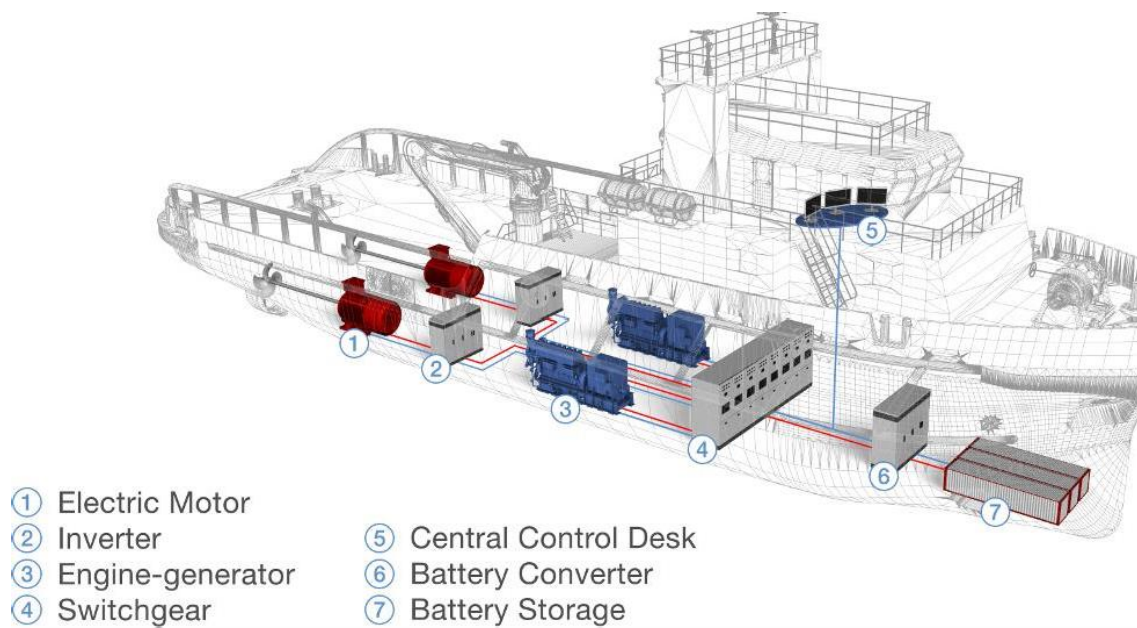


**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

“ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΙ ΠΛΟΙΩΝ”



Επιβλέπων Καθηγητής:
Σπουδαστής:

Ηλίας Σοφρας
Στέλιος Ξενοφών

ΑΜ: 41546

ΑΙΓΑΛΕΩ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διασφάλιση των σωστών ελέγχων και των μέτρων προστασίας είναι λειτουργίες ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ασφαλούς λειτουργίας του πλοίου. Για να είναι αποτελεσματικός ο έλεγχος, θα πρέπει τα μέτρα να διαμοιραστούν σε οργανωτικό, τεχνικό και ατομικό επίπεδο. Το εν λόγω ζήτημα δεν αποτελεί αγκάθι μόνο για τη χώρα μας, καθώς πρόκειται για ένα παγκόσμιο θέμα που χρίζει γενικής ευαισθητοποίησης και ενεργοποίησης πληθώρας μηχανισμών. Η τρέχουσα εργασία, ασχολείται με τα μέτρα εξασφάλισης υψηλού βαθμού προστασίας κατά την ηλεκτροπληξία, αλλά και λοιπών ατυχημάτων σε ηλεκτρολογικές εργασίες στα πλοία. Στόχος της είναι η πρόληψη και η προστασία των εργαζομένων στο συγκεκριμένο κλάδο, συλλέγοντας και παραθέτοντας τα σημαντικότερα μέτρα ασφάλειας. Η συγκεκριμένη εργασία θεωρείται ότι θα αποτελέσει ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο πρόληψης εργατικών ατυχημάτων, κυρίως για τους νέους εργαζομένους, καθώς παρουσιάζουν παραδοσιακά μεγαλύτερη πιθανότητα τραυματισμού, σε σχέση με άτομα που διαθέτουν μεγαλύτερη εργασιακή εμπειρία. Στα πλαίσια της τρέχουσας εργασίας, γίνεται μια επισκόπηση των βασικών μεθόδων προστασίας των ηλεκτρολογικών συστημάτων των πλοίων, αλλά και το μοντέλο ασφαλείας σε ατομικό επίπεδο, που αποτελείται από την αναγνώριση, την εκτίμηση και τον έλεγχο των πιθανών ηλεκτρολογικών κινδύνων από τους εργαζομένους επί ηλεκτρολογικών εργασιών σε πλοία. Η τήρηση των προαναφερθέντων μέτρων είναι μια απαραίτητη συνθήκη για την αποφυγή σφοδρών ατυχημάτων και τη διατήρηση της γενικότερης ασφάλειας του πλοίου και των επιβαινόντων.

ABSTRACT

Ensuring proper controls and protection measures are vital functions for maintaining the safe operation of the ship. In order to ensure the maritime safety, measures should be shared at organizational, technical and individual level. Maritime safety consists a global issue that demands general awareness and activation of a multitude of mechanisms. The current work deals with measures to ensure a high degree of protection against electric shock and other possible accidents in electrical work on ships. Its aim is to prevent and protect workers in the maritime industry by collecting and quoting the most important safety measures. This work is considered to be an extremely useful tool to prevent accidents at work, especially for young workers, as they are traditionally more likely to have injuries than more experienced workers. In the context of the current work, an overview of the basic methods of protection of the electrical systems of ships and of the safety model at an individual level is made, consisting of the identification, assessment and control of the possible electrical risks of the maritime workers on electrical issues. Compliance with the abovementioned measures is an indispensable condition for the avoidance of major accidents and the maintenance of the overall safety of the ship and its occupants.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά το πέρας της τρέχουσας διπλωματικής, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Κ Σοφρα για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη διαρκή υποστήριξη και τις γόνιμες παρατηρήσεις του, κατά την εκπόνηση της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ.....	19
3.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	19
3.2 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	20
3.2.1 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ.....	22
3.3 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ.....	24
3.4 ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΠΛΟΙΑ.....	27
3.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΟΙΟΥ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΟΙΟΥ.....	36
4.1 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ.....	36
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ.....	41
4.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	45
4.4 ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ-ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ-ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΡΕΛΕ.....	48
4.5 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ.....	50
4.6 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ.....	51
4.7 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	52
4.8 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ.....	54
4.9 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΕΚΡΗΞΗ.....	54
4.10 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΤΡΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	58
5.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	58
5.1.1 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ.....	60
5.1.2 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΕΚΤΕΘΗΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ.....	61
5.1.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΟΝΩΣΕΙΣ.....	61
5.1.4 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΕΣΦΑΛΜΕΝΕΣ ΓΕΙΩΣΕΙΣ.....	61
5.1.5 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ.....	62
5.1.6 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΥΓΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	62
5.1.7 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	62
5.2 ΚΑΡΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	64
5.3 ΛΙΣΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ.....	64
5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ.....	66

5.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΤΕΘΗΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ	67
5.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗΣ.....	67
5.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ.....	68
5.8 ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	68
5.9 ΜΕΤΡΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	71
5.10 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ.....	72
5.11 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΚΑΛΩΝ.....	74
5.12 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα εργατικά ατυχήματα, προκαλούνται λόγω δυσμενών συνθηκών εργασίας, λαθών και έλλειψης κατάλληλης ενημέρωσης. Το κόστος τους, εκτός από ατομικό και οικογενειακό, αποτελεί ένα μεγάλο κοινωνικοοικονομικό αγκάθι. Η εθνική οικονομία, οι επιχειρήσεις, αλλά και τα ερευνητικά κέντρα, πλήττονται από την απώλεια αρκούντως εκπαιδευμένων και έμπειρων εργαζομένων, με συνέπεια τη μείωση της παραγωγικότητας. Επιπροσθέτως, ένα σημαντικό ποσοστό του οικονομικού κόστους των εργατικών ατυχημάτων, επιβαρύνει σφοδρά το ήδη βεβαρυμμένο σύστημα κοινωνικής ασφάλισης. Συνεπώς, τα μέτρα ασφάλειας και υγείας σε κάθε χώρο εργασίας, αφορούν τους εργαζομένους, τους εργοδότες και γενικότερα το ευρύ κοινωνικό σύνολο.

Η επαφή με ηλεκτρικές διατάξεις εμπεριέχει κινδύνους για τη ζωή και την υγεία του εργαζομένου. Οι κίνδυνοι αυξάνονται ραγδαία για τους εργαζομένους επί ηλεκτρικών και ηλεκτρολογικών διατάξεων, λόγω της χρονικής πίεσης περάτωσης της εργασίας, της επίδρασης των περιβαλλοντικών συνθηκών, της μείωσης της προσοχής των εργαζομένων και λοιπών παραγόντων. Η ηλεκτροπληξία αποτελεί τον σημαντικότερο ίσως κίνδυνο, τον οποίο καλούνται να αντιμετωπίσουν οι εργαζόμενοι επί των ηλεκτρικών και ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Η αιτία της ηλεκτροπληξίας είναι η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σημείων του ανθρώπινου σώματος. Αυτό που καθιστά επικίνδυνη τη διαφορά δυναμικού είναι η ένταση και η χρονική διάρκεια του ηλεκτρικού ρεύματος που προκαλείται, κυρίως στην περιοχή της καρδιάς. Σε περιπτώσεις ηλεκτροπληξίας, δύναται να προκληθούν σοβαρότατοι τραυματισμοί ή να επέλθει ακόμη και θάνατος του πληγέντα [1].

Σε συστήματα χαμηλών τάσεων (50 έως 600 V), διακρίνονται οι παρακάτω περιοχές εντάσεων ρεύματος.

- Εντάσεις από 1 mA έως 10 mA προκαλούν μόνο ακίνδυνες μυϊκές συσπάσεις.
- Εντάσεις από 10 mA έως 25 mA δεν καθίστανται επικίνδυνες, εκτός αν διαρκέσουν για μερικά λεπτά της ώρας.
- Εντάσεις από 25 mA έως 75 mA είναι επικίνδυνες και όταν διαρκέσουν περισσότερο από 30 δευτερόλεπτα είναι θανατηφόρες, καθώς προκαλούν τη διακοπή της λειτουργίας της καρδιάς.

- Εντάσεις μεγαλύτερες από 75 mA προκαλούν ιδιαίτερα επώδυνο αίσθημα, έντονες μυϊκές συσπάσεις, καταστροφή νευρών, κοιλιακή μαρμαρυγή, σοβαρότατα εγκαύματα και πιθανότητα θανάτου.

Η επίδραση που έχει το ηλεκτρικό ρεύμα στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι συνάρτηση της φύσεως αυτού. Το εναλλασσόμενο ρεύμα δύναται να προκαλέσει συσπάσεις μυών και νευρικά σοκ, ενώ το συνεχές προκαλεί ηλεκτρολυτική διάσπαση των υγρών του σώματος. Τονίζεται επίσης, ότι οι υψηλές τάσεις προκαλούν με μεγάλη πιθανότητα ανακοπή της καρδιάς και εσωτερικά εγκαύματα. Η αντίσταση της επιδερμίδας του ανθρώπινου σώματος κυμαίνεται από 5 kΩ έως 100 kΩ, ανάλογα με το σημείο του σώματος. Λόγω του γεγονότος, ότι το όριο ασφαλείας για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι τα 10 μ A, καθώς σε αυτή την ένταση ρεύματος προκαλούνται μόνο κάποιες ακίνδυνες μυϊκές συσπάσεις και δεδομένου ότι η αντίσταση της επιδερμίδας του ανθρώπινου σώματος είναι η προαναφερθείσα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι τάσεις μικρότερες από 50 V δεν θέτουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα του ανθρώπινου οργανισμού [1, 5].

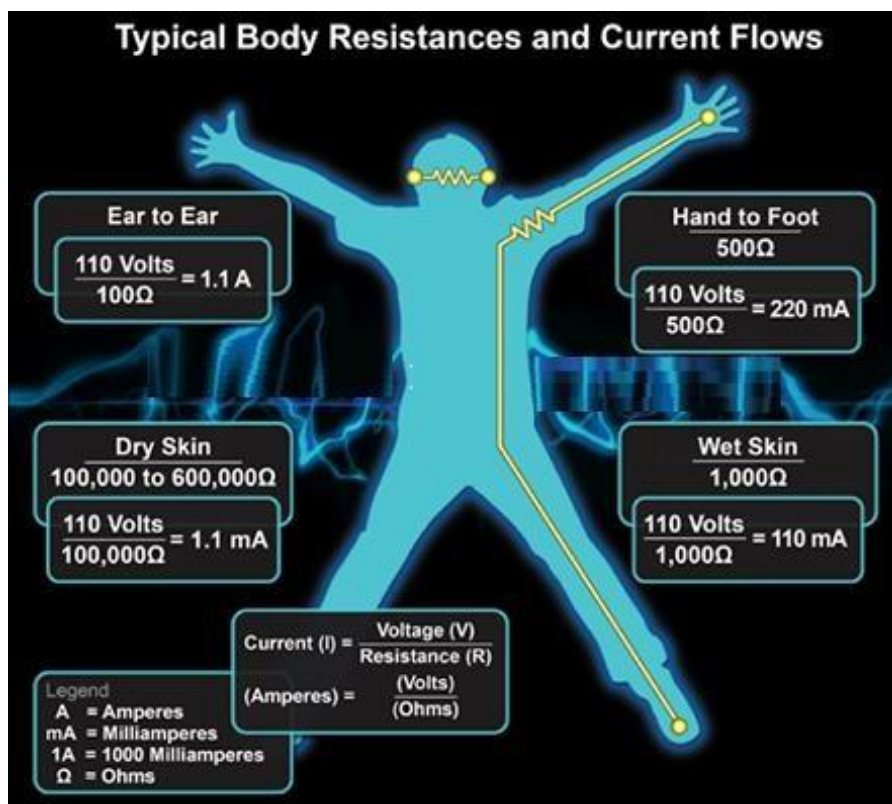
Τα παραπάνω δεδομένα τίθενται σε ισχύ μόνον κατά την περίπτωση φυσιολογικών συνθηκών λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού. Σε περίπτωση που το σώμα είναι βρεγμένο ή ιδρωμένο, η αντίσταση της επιδερμίδας μειώνεται σημαντικά (1 kΩ), με συνέπεια τη ευκολότερη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από το σώμα, προκαλώντας έτσι σφοδρότερες συνέπειες. Η κόπωση συνδυαστικά με την κακή ψυχολογική κατάσταση του εργαζομένου, αυξάνουν την πιθανότητα των λανθασμένων χειρισμών, συνεπώς τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Ο Πίνακας 1.1 παρουσιάζει τις επιπτώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος, διάρκειας 1 sec, στον ανθρώπινο οργανισμό, για διάφορες τιμές έντασης ρεύματος και για χαμηλές τάσεις [1].

ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ
1 mA	Αμυδρό μυρμήγκιασμα
5 mA	Ενοχλητικό, αλλά όχι επώδυνο αίσθημα, ανεκτό από τους περισσότερους ανθρώπους.
6 mA - 25 mA (γυναίκες) 9 mA - 30 mA (άνδρες)	Επώδυνο αίσθημα, απώλεια μυϊκού ελέγχου, ακούσια μυϊκή σύσπαση.
50 mA - 150 mA	Ιδιαίτερα επώδυνο αίσθημα, αναπνευστική ανακοπή, έντονες μυϊκές συσπάσεις. Σύσπαση προσαγωγών μυών, βίαιη έκταση απαγωγών. Πιθανότητα θανάτου.

1 A – 4.3 A	Κοιλιακή μαρμαρυγή, βίαιες μυϊκές συσπάσεις, καταστροφή νευρών, μεγάλη πιθανότητα θανάτου.
10 A	Η καρδιά σταματά, εξαιρετικά σοβαρά εγκαύματα, σχεδόν βέβαιος θάνατος.

Πίνακας 1: Επιπτώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα, για διάρκεια 1 sec και για τάσεις έως 600 V [1]

Η αύξηση του χρόνου έκθεσης του ανθρώπινου σώματος στο ηλεκτρικό ρεύμα, αυξάνει ραγδαία τους πιθανούς κινδύνους. Παραδείγματος χάριν, ρεύμα έντασης 100 mA διάρκειας 3 sec έχει τις ίδιες συνέπειες με ρεύμα έντασης 900 mA διάρκειας 3 msec. Διαφοροποιήσεις στις αντιδράσεις προκαλεί επίσης η ατομική μυϊκή διάπλαση, αλλά και το ποσοστό του λιπώδους ιστού. Η ηλεκτροπληξία μπορεί να προκαλέσει μια αλυσιδωτή αντίδραση ατυχημάτων. Σε περίπτωση που το ηλεκτρικό ρεύμα δε δύναται να προκαλέσει άμεσα κάποιο τραυματισμό, υπάρχει σοβαρή πιθανότητα η εκάστοτε αντίδραση στο εν λόγω ερέθισμα, να προκαλέσει σοβαρό τραυματισμό του ηλεκτροπληγέντα.



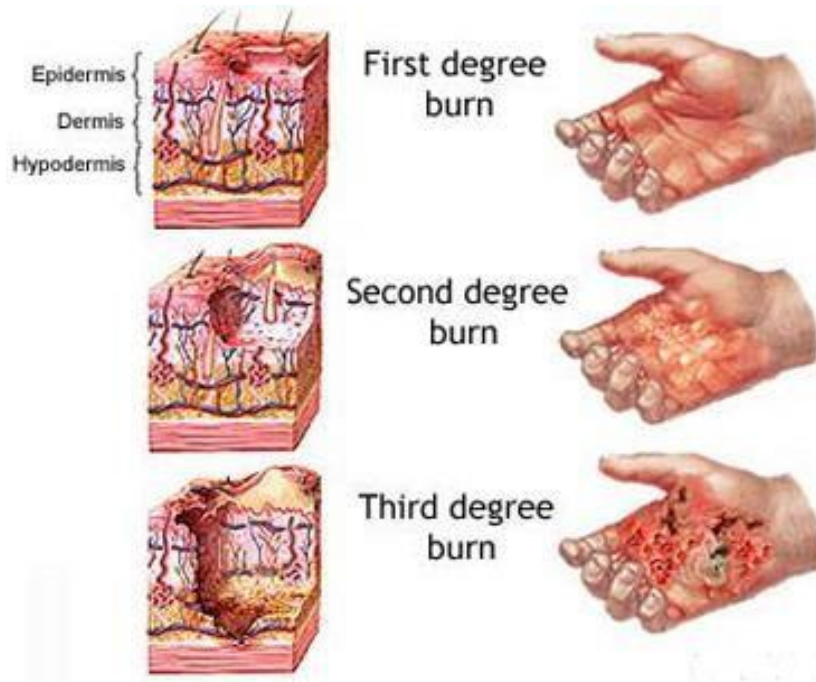
Σχήμα 1.1: Τυπικές τιμές αντίστασης του ανθρώπινου σώματος [<https://www.quora.com/What-is-the-electrical-resistance-of-human-body>]

Οι αντιδράσεις από την ηλεκτροπληξία εξαρτώνται και από τη διαδρομή που θα ακολουθήσει το ηλεκτρικό ρεύμα διαμέσου του σώματος. Διαδρομή που διασχίζει την καρδιά ή το νευρικό σύστημα, οδηγεί με βεβαιότητα σε περιπτώσεις εξαιρετικά σοβαρών ατυχημάτων. Εάν για παράδειγμα ένας εργαζόμενος έλθει σε επαφή με ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο με το ένα χέρι, ενώ το άλλο χέρι ακουμπά σε κάποια γείωση, η διαδρομή που θα ακολουθήσει το ρεύμα θα είναι διαμέσου του στήθους, με πιθανές συνέπειες την κοιλιακή μαρμαρυγή, τις βίαιες μυϊκές συσπάσεις, την καταστροφή νευρών και τον τραυματισμό των πνευμόνων.

Σημειώνεται, ότι συμβαίνουν αρκετά περιστατικά, κατά τα οποία το ρεύμα διασχίζει ένα μόνο τμήμα των άκρων, προτού προλάβει να ακολουθήσει κάποια άλλη διαδρομή. Συνεπώς, δε ρέει διαμέσου της περιοχής του στήθους, γεγονός εξαιρετικά σημαντικό για την επιβίωση του ηλεκτροπληγέντα, αφήνοντάς του όμως μια εξαιρετικά σημαντική παραμόρφωση στα άκρα. Πληθώρα σοβαρών περιστατικών ηλεκτροπληξίας σχετίζεται με καταστάσεις κατά τις οποίες το ρεύμα διασχίζει τον πληγέντα από τα χέρια προς τα πόδια. Η εν λόγω διαδρομή περιλαμβάνει την καρδιά και τους πνεύμονες και ως επί τω πλείστον, αποβαίνει μοιραία για τη ζωή του ηλεκτροπληγέντα. Η νοσηλεία σε μονάδες αυξημένης φροντίδας κρίνεται ζωτικής σημασίας για τους ηλεκτροπληγέντες από ρεύματα υψηλής έντασης, οι οποίοι φέρουν εγκαύματα, νευρολογική σημειολογία ή καρδιακές αρρυθμίες.



Σχήμα 1.2: Ηλεκτρικό έγκαυμα άκρας χειρός-βραχίονα, αποτέλεσμα της διαρροής του ρεύματος, μέσω μόνο ενός τμήματος του σώματος [1]



Σχήμα 1.3: Οπτική απεικόνιση βαθμών εγκαυμάτων [<http://www.burn-recovery.org/injuries.htm>]

Η τρέχουσα διπλωματική εργασία, ασχολείται με τα μέτρα εξασφάλισης υψηλού βαθμού προστασίας κατά την ηλεκτροπληξία, αλλά και λοιπών ατυχημάτων σε ηλεκτρολογικές εργασίες στα πλοία. Στόχος της είναι η πρόληψη και η προστασία των εργαζομένων στο συγκεκριμένο κλάδο, συλλέγοντας και παραθέτοντας τα σημαντικότερα μέτρα ασφάλειας. Η συγκεκριμένη εργασία θεωρείται ότι θα αποτελέσει ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο πρόληψης εργατικών ατυχημάτων, κυρίως για τους νέους εργαζομένους, καθώς παρουσιάζουν παραδοσιακά μεγαλύτερη πιθανότητα τραυματισμού, σε σχέση με άτομα που διαθέτουν μεγαλύτερη εργασιακή εμπειρία. Επιπροσθέτως, η συγκεκριμένη εργασία στοχεύει στην υπενθύμιση των μέτρων προστασίας στους ήδη εργαζομένους στο συγκεκριμένο κλάδο, αφού η κόπωση και η ρουτίνα της εργασίας αυξάνουν την πιθανότητα των λανθασμένων χειρισμών, συνεπώς και των εργατικών ατυχημάτων. Η έλλειψη ενημέρωσης, καίριας προστασίας της υγείας και έλλειψη μέτρων ασφάλειας στην εργασία μπορεί να οδηγήσει σε απουσίες από την εργασία οφειλόμενες σε εργατικά ατυχήματα και επαγγελματικές ασθένειες, καθώς και σε μόνιμη αναπηρία με επαγγελματικά αίτια, με απώτερη συνέπεια τη μείωση της παραγωγικότητας και την πλήξη της εθνικής οικονομίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

ΕΠΙΠΕΔΟ ΓΝΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πέραν του κόστους υγείας, τα εν λόγω εργατικά ατυχήματα, μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε πυρκαγιές στο πλοίο, εκρήξεις και απενεργοποίηση βασικού εξοπλισμού και υπηρεσιών που μπορούν να εξασφαλίσουν τη γενικότερη ασφάλεια. Η διασφάλιση των σωστών ελέγχων και των μέτρων προστασίας είναι λειτουργίες ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ασφαλούς λειτουργίας του πλοίου. Για να είναι αποτελεσματικός ο έλεγχος, θα πρέπει τα μέτρα να διαμοιραστούν σε οργανωτικό, τεχνικό και ατομικό επίπεδο.

Το εν λόγω πρόβλημα δεν αποτελεί αγκάθι μόνο για τη χώρα μας, καθώς πρόκειται για ένα παγκόσμιο θέμα που χρίζει γενικής ευαισθητοποίησης και ενεργοποίησης πληθώρας μηχανισμών. Στοιχεία συμβάντων που κοινοποιήθηκαν στην Αυστραλιανή Αρχή για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (AMSA) δείχνουν ότι οι κίνδυνοι για την ασφάλεια και το προσωπικό που προκύπτουν από τη χρήση ηλεκτρικού εξοπλισμού εξακολουθούν να αποτελούν ένα μείζον πρόβλημα, που απαιτεί ενδελεχώς παρακολούθηση και έρευνα.

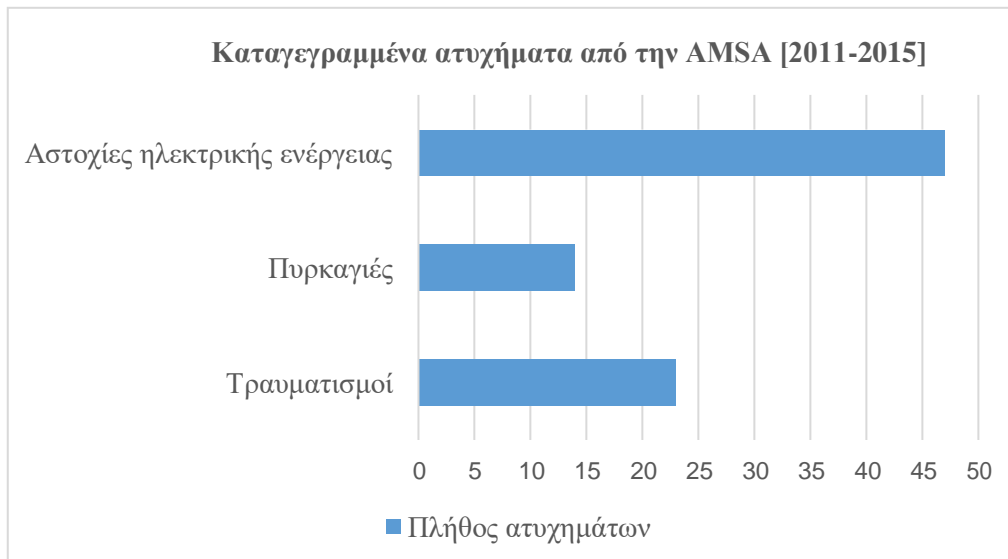
Το Μάιο του 2005, ένας ηλεκτρολόγος σε φορτηγό πλοίο αφού πλήγηκε από σφοδρό ηλεκτρικό σοκ, έπεσε ανάμεσα σε ένα βαθύ πλαίσιο και σε ένα παράλληλο σωλήνα. Εν τέλει, κατέληξε από καρδιακή προσβολή που προκλήθηκε από ηλεκτροπληξία. Το φως το οποίο κλήθηκε να επισκευάσει ήταν ενεργοποιημένο, πράγμα που σημαίνει ότι ο ηλεκτρολόγος δεν είχε απομονώσει το υπό επισκευή σύστημα από την τροφοδοσία, πριν από την έναρξη της εργασίας.

Σε ξεχωριστό περιστατικό που συνέβη σε επιβατηγό πλοίο τον Οκτώβριο του 2012, ο ηλεκτρολόγος ενός μηχανοστασίου υπέστη σοβαρά εγκαύματα από ηλεκτροπληξία [3]. Στον ηλεκτρολόγο ανατέθηκε να εντοπίσει ένα ηλεκτρικό σφάλμα σε μονάδα λέβητα. Υποτίθεται ότι το σύστημα ήταν απομονωμένο και ασφαλές για να υποστεί εργασία και ξεκίνησε μια αποσύνδεση των τερματικών. Ωστόσο, το σύστημα δεν απομονώθηκε εντελώς και παρέμεινε ενεργοποιημένο. Ο περιορισμένος χώρος εργασίας σήμαινε ότι ο ηλεκτρολόγος έπρεπε να γονατίσει ή να καθίσει για να εκτελέσει το έργο του. Δημιουργήθηκε με τον τρόπο αυτό, ένα μονοπάτι αγωγιμότητας, κλείνοντας κύκλωμα μέσω του σώματος του ηλεκτρολόγου, εξαλείφοντας την προστασία που του παρέχεται από τις μονωμένες μπότες ασφαλείας.



Σχήμα 2.1: Περιορισμένος χώρος εργασίας μηχανικού επί ηλεκτρολογικών εργασιών σε πλοία [3]

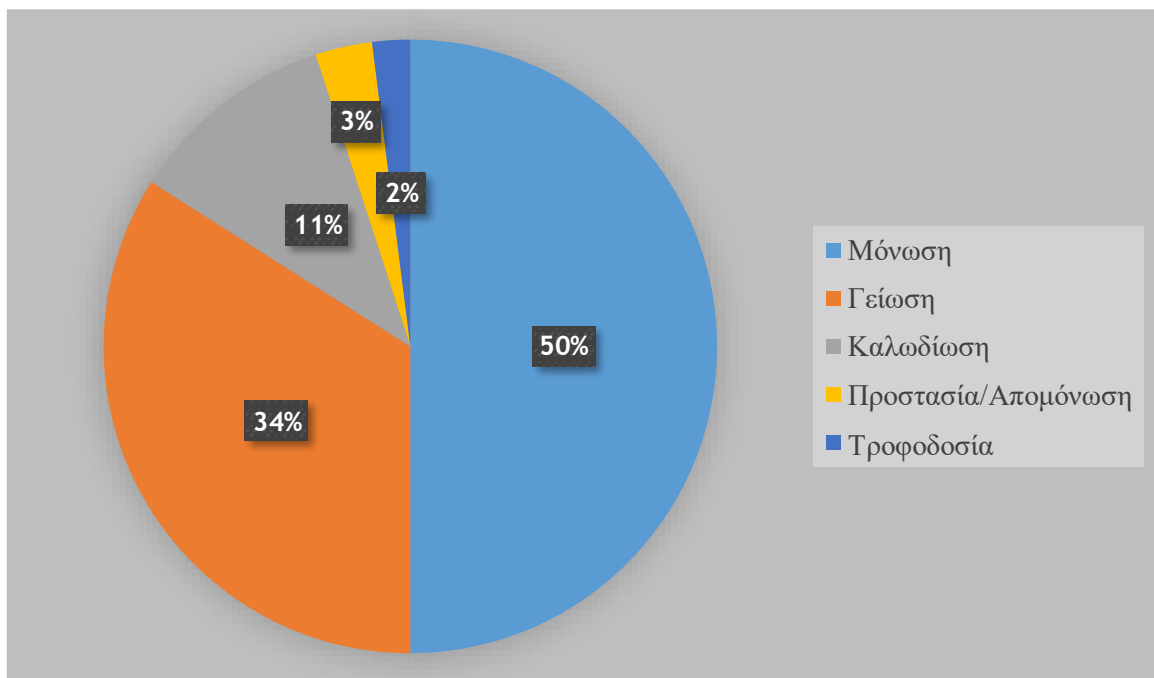
Μεταξύ 2011 και 2015, αναφέρθηκαν συνολικά 87 συναφή ατυχήματα στην AMSA. Ύστερα από ανάλυση των αποτελεσμάτων από αυτά τα περιστατικά, τα ατυχήματα ταξινομήθηκαν σε τραυματισμούς (23), πυρκαγιές (14) και αστοχίες ηλεκτρικής ενέργειας (47).



Σχήμα 2.2: Κατάταξη εργατικών ατυχημάτων σε πλοία από την AMSA στο διάστημα [2011-2015] [3]

Η AMSA, όπως και κάθε αντίστοιχος φορέας συλλέγει επίσης δεδομένα από τους κρατικούς λιμένες και στοιχεία κρατικών ελέγχων στα πλοία, αποκτώντας έτσι μια ισχυρή βάση δεδομένων με εργατικά ατυχήματα και παρόμοια συμβάντα. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό των μέτρων ελέγχου και την εφαρμογή παρεμβάσεων ασφαλείας για την πρόληψη περισσότερων κατά το δυνατό, ατυχημάτων.

Κατά την περίοδο 2011 έως 2015, μέσω των στοιχείων που συνέλεξε η AMSA υπήρχαν συνολικά 1325 ελλείψεις και σφάλματα σε θέματα ηλεκτρικής ασφάλειας στα πλοία. Μια λεπτομερέστερη ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος των θεμάτων αφορούσαν ελλιπή μόνωση (50%), σφάλματα γείωσης (34%), μη ασφαλή καλωδίωση (11%), προβλήματα προστασίας (3%) και σφάλματα τροφοδοσίας (2%) [3].



Σχήμα 2.3: Θέματα ηλεκτρικής ασφάλειας πλοίων, όπως αναλύθηκαν από την AMSA στο διάστημα [2011- 2015] [3]

Πέρα από τα στοιχεία συμβάντων της Αυστραλιανής Αρχής για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (AMSA), συλλέχθηκαν και παρατίθενται κάποια στοιχεία που αφορούν τη χώρα μας, από το βιβλίο ατυχημάτων του ΚΕ.Π.Ε.Κ (Κέντρο Πρόληψης Επαγγελματικού Κινδύνου) στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη (Πέραμα, Κερατσίνι, Δραπετσώνα, Σαλαμίνα), από τη

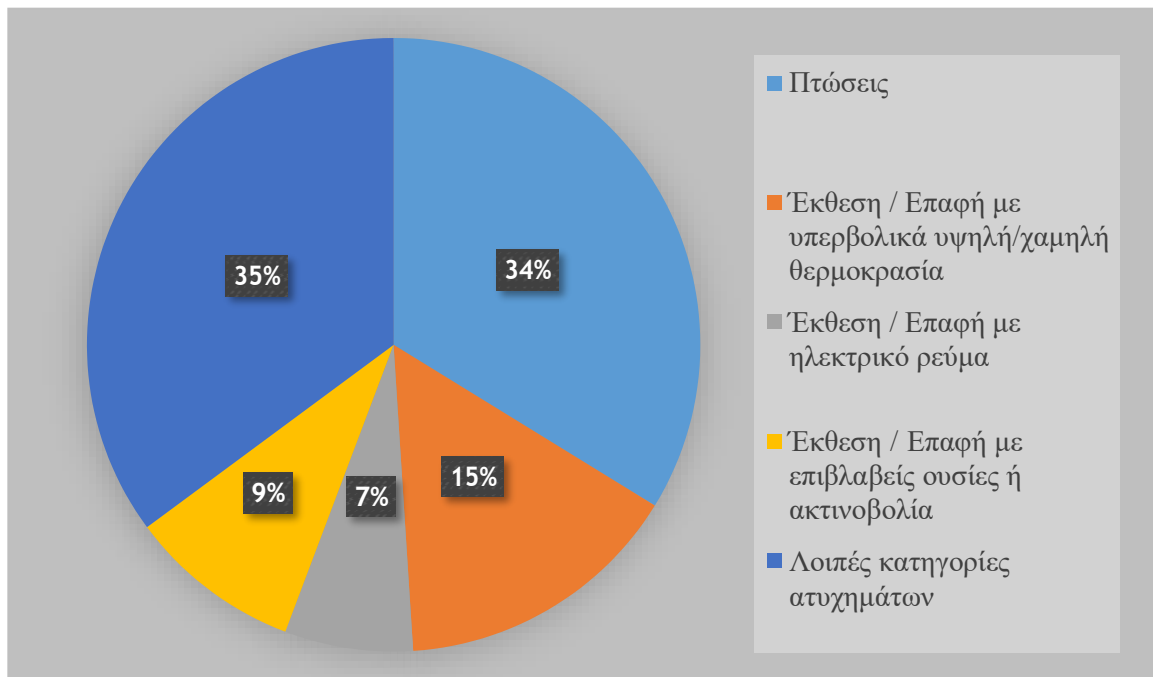
χρονολογία 1989 έως το 2008 [18,20]. Στα Σχήματα που ακολουθούν, παρουσιάζεται μια συνοπτική εικόνα των δεδομένων αυτών.



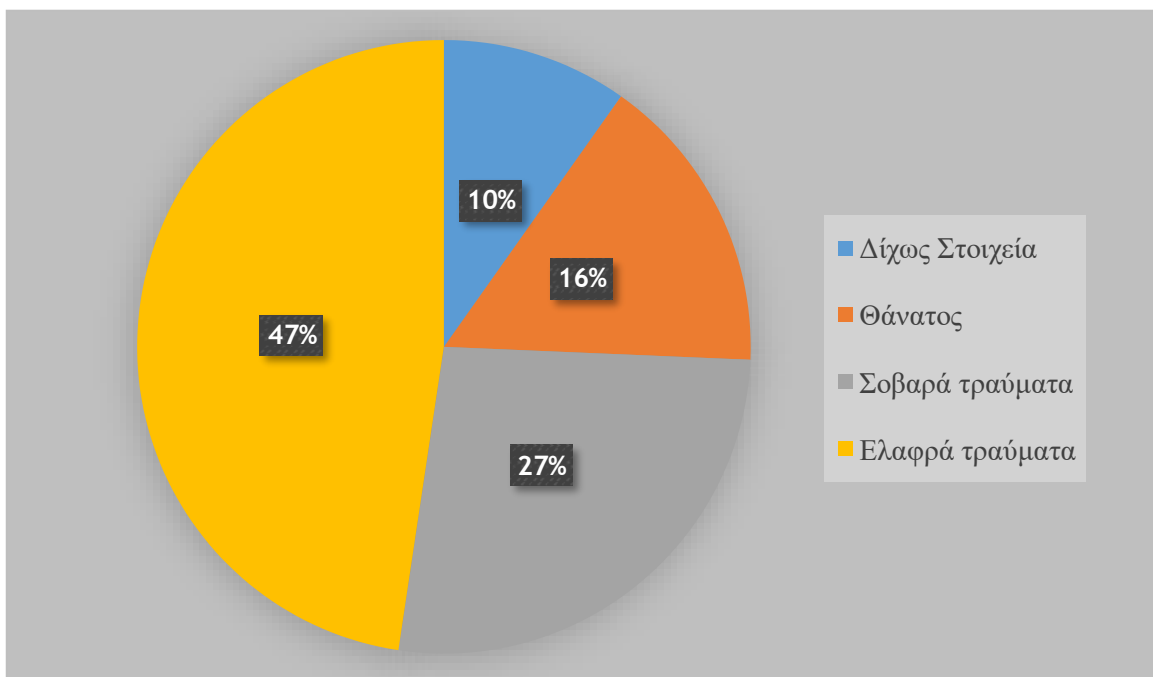
Σχήμα 2.4: Πλήθος ατυχημάτων στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη (Πέραμα, Κερατσίνι, Δραπετσώνα, Σαλαμίνα), από το 1989 έως το 2008 [18,20]



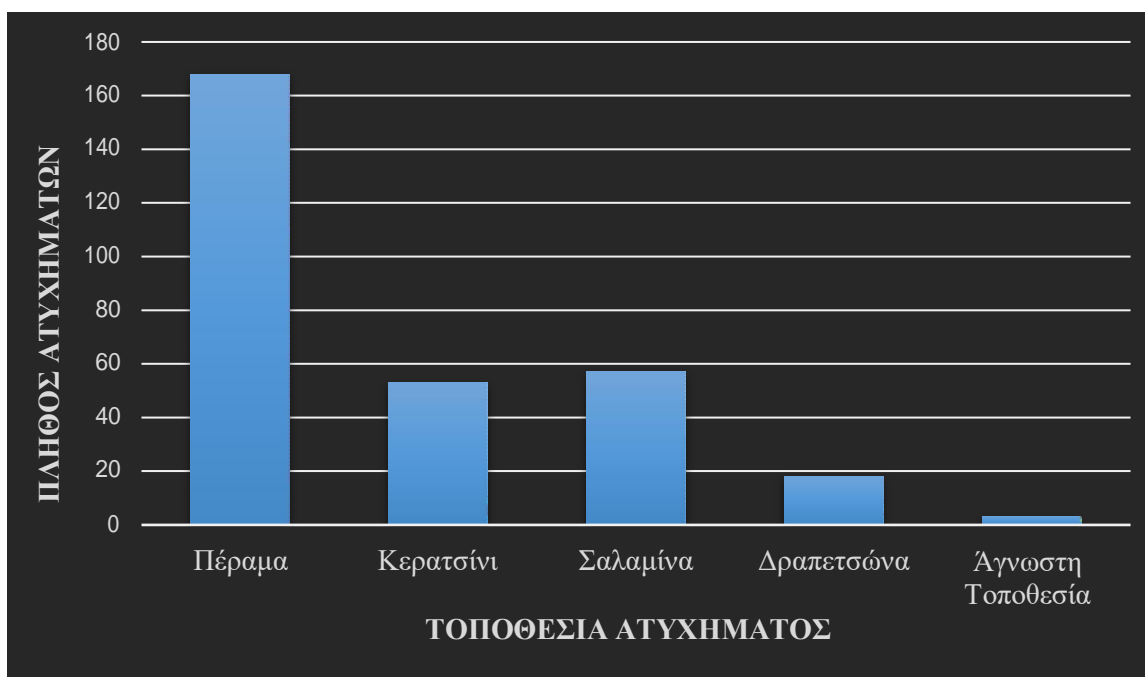
Σχήμα 2.5: Πλήθος ατυχημάτων ανά ώρα συμβάντος στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη (Πέραμα, Κερατσίνι, Δραπετσώνα, Σαλαμίνα), από το 1989 έως το 2008 [18]



Σχήμα 2.6: Ποσοστό του συνολικού αριθμού ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη (Πέραμα, Κερατσίνι, Δραπετσώνα, Σαλαμίνα), από το 1989 έως το 2008 [18]



Σχήμα 2.7: Ποσοστό του συνολικού αριθμού ατυχημάτων ανά σοβαρότητα συμβάντος στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη (Πέραμα, Κερατσίνι, Δραπετσώνα, Σαλαμίνα), από το 1989 έως το 2008 [18]



Σχήμα 2.8: Συνολικός αριθμός ατυχημάτων ανά περιοχή της ναυπηγοεπισκευαστικής ζώνης, από το 1989 έως το 2008 [18]

Συμπερασματικά λοιπόν, μέσω των στοιχείων που συνέλεξε το ΚΕ.Π.Ε.Κ στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη (Πέραμα, Κερατσίνι, Δραπετσώνα, Σαλαμίνα), κατά την περίοδο 1989-2008, το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων (35%) οφείλονταν σε πτώσεις εργαζομένων, παρότι δεν ήταν αμελητέα και τα ατυχή συμβάντα, τα οποία οφείλονταν σε ελλείψεις και σφάλματα πάνω σε θέματα ηλεκτρικής ασφάλειας. Ως επί το πλείστον, η σοβαρότητα των καταγεγραμμένων ατυχημάτων έγκειται σε ελαφρά τραύματα (47%), με τα σοβαρά τραύματα και τους θανάτους να έπονται αυτών. Στα 296 εργατικά ατυχήματα που σημειώθηκαν, τα 47 συμβάντα αφορούσαν θανάτους, τα 79 σοβαρούς τραυματισμούς, ενώ δεν είναι γνωστή η σοβαρότητα τραυματισμού 27 ακόμα παθόντων, λόγω έλλειψης επαρκών στοιχείων. Τονίζεται δε, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των καταγεγραμμένων ατυχημάτων στη ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη σημειώθηκε το έτος 1990 (31), ενώ από περαιτέρω μελέτη των στοιχείων του ΚΕ.Π.Ε.Κ οι περισσότεροι θάνατοι (8) σημειώθηκαν το έτος 2008. Τέλος, μέσω του Σχήματος 2.5 παρατηρείται ότι τα περισσότερα καταγεγραμμένα ατυχήματα έλαβαν χώρα μεταξύ των ωρών 11:00 και 1:00 [18,20].

Το Σχήμα που ακολουθεί παρέχει μια γενική εικόνα των μέτρων ελέγχου που πρέπει να ληφθούν και να υιοθετηθούν σε οργανωτικό, τεχνικό και ατομικό επίπεδο, ώστε να

εξασφαλιστεί ότι υπάρχει η κατάλληλη ποιότητα «άμυνας» για την ελαχιστοποίηση και τη διαχείριση των ηλεκτρικών κινδύνων σε πλοία.



Σχήμα 2.9: Γενική εικόνα των μέτρων ελέγχου που πρέπει να ληφθούν τη διαχείριση των ηλεκτρικών κινδύνων σε πλοία, σε οργανωτικό, τεχνικό και ατομικό επίπεδο

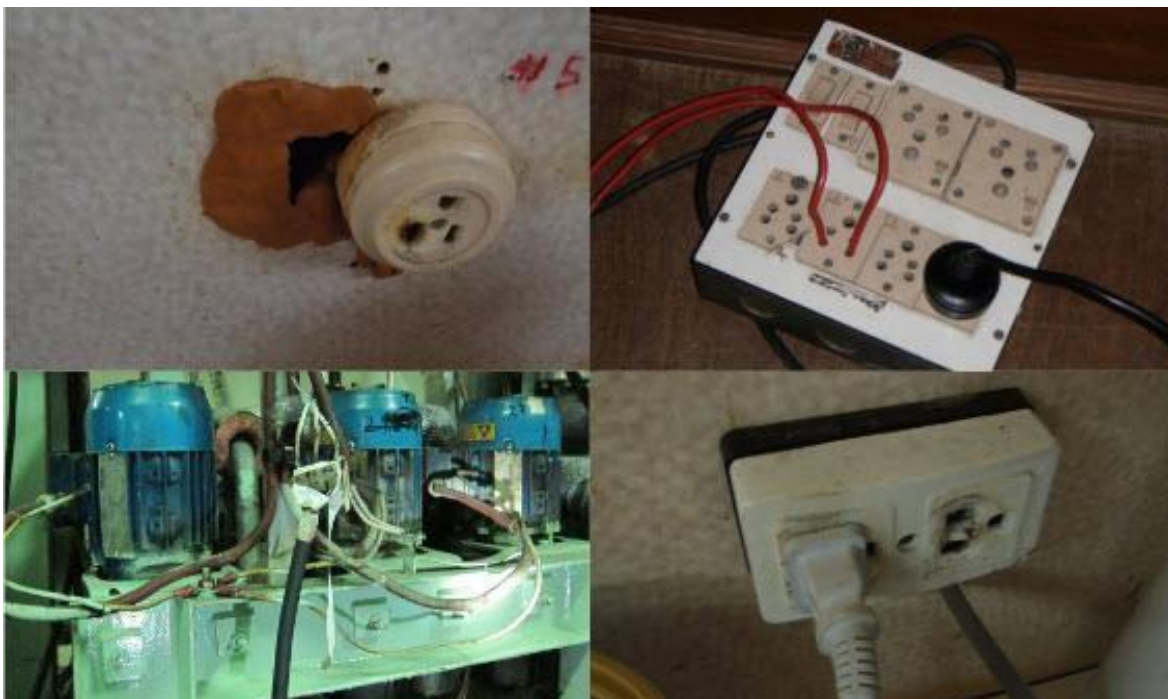
Ο διεθνής κώδικας διαχείρισης της ασφάλειας (ISM) προβλέπει το μηχανισμό υπό τον οποίο υλοποιείται η διαχείριση της ασφάλειας του πλοίου. Ο κώδικας ISM καθιστά σαφές ότι πρέπει να είναι αξιολογούνται όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι ηλεκτρικής φύσεως για το πλοίο, το προσωπικό του και το περιβάλλον και να θεσπίζονται κατάλληλα μέτρα προστασίας. Σε οργανωτικό επίπεδο πρέπει να διασφαλιστεί η δημιουργία διαδικασιών επίβλεψης/εποπτείας, η διεξαγωγή αξιολογήσεων κινδύνου για όλες τις ηλεκτρικές εργασίες, η διασφάλιση της συντήρησης των ηλεκτρολογικών συστημάτων του πλοίου και η διαχείριση του φόρτου εργασίας. Παράλληλα, οι εταιρείες πρέπει να διασφαλίσουν από τη μεριά τους ότι τα μέτρα ελέγχου λειτουργούν στο ακέραιο και τίθενται σε εφαρμογή τα πρακτικά μέτρα για την εξάλειψη των κινδύνων ηλεκτρικής φύσεως [3].

Σε τεχνικό επίπεδο θα πρέπει να ληφθούν μέτρα ελέγχου συμπεριλαμβανομένου του ασφαλέστερου σχεδιασμού του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί το εκάστοτε πλοίο, της ύπαρξης

προειδοποιητικών σημάτων και ετικετών, της ύπαρξης διατάξεων προστασίας κατά των υπερτάσεων, της διεξαγωγής τακτικών δοκιμών μόνωσης, της διασφάλισης απομόνωσης των ηλεκτρικών συστημάτων, όταν αυτό απαιτείται και την ύπαρξη σαφέστατων και συνοπτικών εγχειριδίων χρήσης (manuals).

Σε ατομικό επίπεδο, τα μέτρα ελέγχου πρέπει να περιλαμβάνουν την κατάλληλη εκπαίδευση, γνώση και επαγρύπνηση των εργαζομένων, την κατάλληλη χρήση προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού και την αναφορά περιστατικών που σχετίζονται με την ηλεκτρική ασφάλεια. Τέλος, εξαιρετικά απαραίτητη κρίνεται η συγκέντρωση των εργαζομένων κατά τη διάρκεια των ηλεκτρολογικών εργασιών [2, 3].

Στα κεφάλαια που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι κίνδυνοι και οι παθογένειες που εντοπίζονται κατά τις ηλεκτρολογικές διαδικασίες επί πλοίων, καθώς και τα μέτρα προστασίας αυτών. Σημειώνεται επίσης, ότι οι προσπάθειες προς την κατεύθυνση του εντοπισμού και της εξάλειψης των παθογενειών ή αστοχιών ενός υπαρκτού ή υπό μελέτη συστήματος, είναι πολύ πιο αποτελεσματικές από τις προσπάθειες προς την κατεύθυνση της ελαχιστοποίησης των ενεργών αστοχιών. Τέλος, τονίζεται ότι ένα ατύχημα σπάνια συμβαίνει από έναν και μόνον παράγοντα ή παθογένεια, καθώς συνήθως προκύπτει μέσω μίας αλληλουχίας γεγονότων.



Σχήμα 2.10: Ηλεκτρικοί κίνδυνοι σε εγκαταστάσεις πλοίων [3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

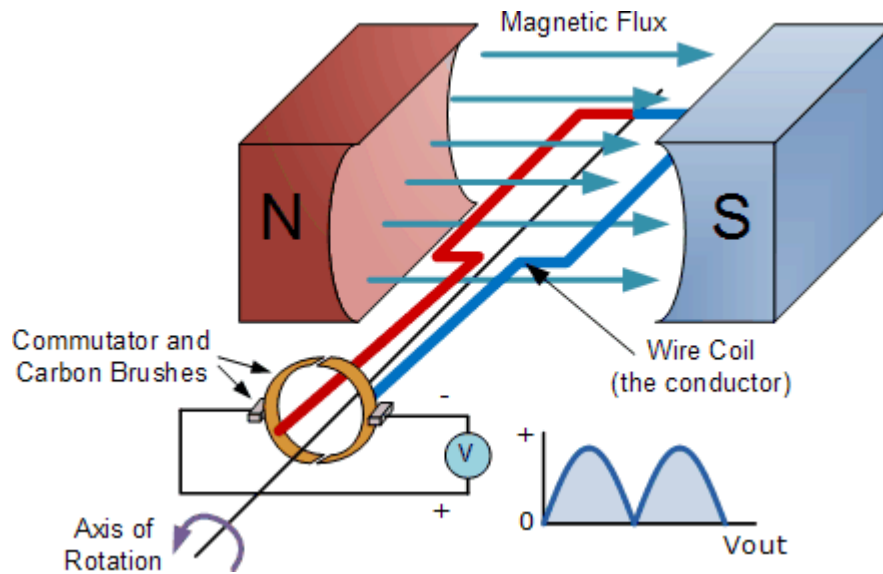
Στο τρέχον κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση των βασικών ηλεκτρολογικών συστημάτων παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία, σε μια προσπάθεια συνοπτικής ανάλυσης των αρχών που διέπουν τη λειτουργία τους. Η κατανόηση των βασικών αρχών λειτουργίας των ηλεκτρολογικών συστημάτων δύναται να οδηγήσει σε μία πιο ξεκάθαρη εικόνα των κινδύνων και των παθογενειών, που εντοπίζονται κατά τις ηλεκτρολογικές εργασίες στα πλοία.

3.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος καλούνται οι γεννήτριες που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική με την μορφή συνεχούς ρεύματος. Η βασική αρχή που διέπει τη λειτουργία της γεννήτριας συνεχούς ρεύματος είναι η δημιουργία επαγωγικής τάσης στα άκρα ενός τυλίγματος που κινείται εντός μαγνητικού πεδίου. Συνεπώς, κρίνεται ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία μιας γεννήτριας συνεχούς ρεύματος η ύπαρξη μαγνητικού πεδίου.

Μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος αποτελείται από δύο κύρια μέρη, το στάτη (stator) και το δρομέα (rotor). Το μαγνητικό πεδίο «γεννάται» με τη βοήθεια των κύριων μαγνητικών πόλων που ευρίσκονται στο στάτη. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) αναπτύσσεται σε κάθε πλευρά του πλαισίου που βρίσκεται στον δρομέα της γεννήτριας, ο οποίος περιστρέφεται μεταξύ των μαγνητικών πόλων. Στο στάτη είναι τοποθετημένες οι ψήκτρες, οι οποίες συνδέουν το τύλιγμα του δρομέα με μία εξωτερική πηγή τροφοδοσίας, ο ψηκτροφορέας, αλλά και το κιβώτιο ακροδεκτών.

Στον δρομέα είναι τοποθετημένο το επαγωγικό τύμπανο, το οποίο αποτελείται από τα τυλίγματα και το σιδηροπυρήνα, ο συλλέκτης και το σύστημα ψύξης. Ο συλλέκτης χωρίζεται σε τομείς, μονωμένους μεταξύ τους. Τα τυλίγματα του επαγωγικού τυμπάνου αποτελούνται από ομάδες και κάθε ομάδα ξεκινά από ένα τομέα του συλλέκτη και καταλήγει στον αντιδιαμετρικό του. Τα στοιχεία των ομάδων είναι εναποτεθειμένα εντός αυλακίων στο επαγωγικό τύμπανο [4].



Σχήμα 3.1: Αρχή λειτουργίας γεννήτριας συνεχούς ρεύματος [<http://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-articles/dc-generator-design.html>]

Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος διαθέτουν δύο είδη τυλίγμάτων διέγερσης, το τύλιγμα παράλληλης διέγερσης και το τύλιγμα διέγερσης σειράς. Έτσι, βάση του είδους του τυλίγματος διέγερσης οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος κατηγοριοποιούνται σε :

- Γεννήτριες ξένης διέγερσης (τύλιγμα παράλληλης διέγερσης)
- Γεννήτριες παράλληλης διέγερσης (τύλιγμα παράλληλης διέγερσης)
- Γεννήτριες διέγερσης σειράς (τύλιγμα διέγερσης σειράς)
- Γεννήτριες σύνθετης διέγερσης (τύλιγμα παράλληλης διέγερσης και τύλιγμα διέγερσης σειράς)

3.2 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΕΝΑΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι δύο βασικές κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος είναι οι σύγχρονες γεννήτριες και οι επαγωγικές γεννήτριες. Το ρεύμα διέγερσης των σύγχρονων γεννητριών παράγεται από ανεξάρτητη πηγή συνεχούς ρεύματος, ενώ στην περίπτωση της επαγωγικής γεννήτριας η τάση στο δρομέα επάγεται στο κύκλωμα διέγερσης.

Μια διαφορά των γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος από τις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, είναι ότι στην πρώτη κατηγορία το τύλιγμα του οπλισμού βρίσκεται σχεδόν πάντα τοποθετημένο στο στάτη, ενώ το τύλιγμα διέγερσης τοποθετείται στο δρομέα.

Όταν υφίσταται κίνηση μεταξύ ενός μαγνητικού πεδίου και ενός αγωγού που βρίσκεται εντός του πεδίου αυτού, αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη $E = -d\Phi/dt$ στα άκρα του εν λόγω αγωγού. Καθίσταται επίσης γνωστό, ότι εάν αγωγός διαρρέεται από ρεύμα και βρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου, υπάρχει ανάπτυξη δυνάμεων Laplace.

Ο στάτης μιας γεννήτριας συνεχούς ρεύματος αποτελείται από πολλά ελάσματα, στοιβαγμένα και μονωμένα μεταξύ τους, ώστε να περιορίζεται η διέλευση των δινορευμάτων. Τα λεπτά αυτά ελάσματα σχηματίζουν αυλακώσεις, εντός των οποίων είναι τοποθετημένα τα τυλίγματα με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο πλήθος μαγνητικών πόλων. Τα τυλίγματα του στάτη συνδέονται στο δίκτυο τροφοδοσίας. Το μαγνητικό πεδίο του στάτη περιστρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα [5].



Σχήμα 3.2: Στάτης σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας πλοίου
[<http://keywordteam.net/481388-stator.html>]

Ο πυρήνας του δρομέα μιας γεννήτριας συνεχούς ρεύματος σχηματίζει και αυτός αυλακώσεις, στις οποίες είναι τοποθετημένες αγωγίμες μπάρες αλουμινίου. Οι αγωγίμες μπάρες είναι

συνδεδεμένες μέσω δύο δακτυλίων. Ο δρομέας καλύπτεται από ένα στρώμα οξειδίου, ως μόνωση για τον περιορισμό των δινορευμάτων [4,5].



Σχήμα 3.3: Δρομέας σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας πλοίου
[<https://sosteneslekule.blogspot.gr/2015/11/generator-types.html>]

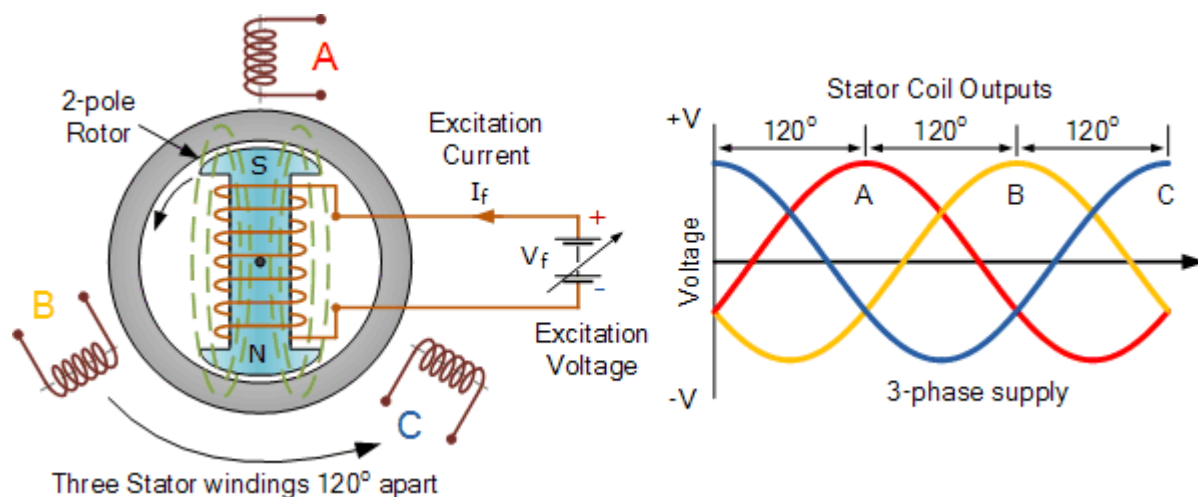
3.2.1 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Η αρχή λειτουργίας μιας σύγχρονης γεννήτριας, στηρίζεται στη δημιουργία μαγνητικού πεδίου σταθερού μέτρου στα τυλίγματα του δρομέα από μια εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος. Εν συνεχεία μια εξωτερική πηγή κινητικής ενέργειας περιστρέφει το μαγνητικό πεδίο του δρομέα. Η εν λόγω περιστροφή του μαγνητικού πεδίου του δρομέα μεταβάλλει τη μαγνητική ροή στα τυλίγματα του στάτη και επάγεται τάση στα τυλίγματα του στάτη. Η συχνότητα της επαγόμενης τάσης είναι συνάρτηση της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα και του πλήθους (ή των ζευγών) των πόλων του στάτη.

$$f = \frac{60 n_s}{p} \quad \text{ή} \quad \frac{120 n_s}{p} \quad (1)$$

, όπου n_s η σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής, f η συχνότητα της επαγόμενης τάσης, p τα ζεύγη των μαγνητικών πόλων και p' το πλήθος των μαγνητικών πόλων,

Η θερματική τάση (τάση εξόδου) της σύγχρονης γεννήτριας εξαρτάται από την ολική ροή στο διάκενο της γεννήτριας, που με τη σειρά της εξαρτάται από τη σχετική κίνηση δρομέα-στάτη και το μέτρο της έντασης του ολικού μαγνητικού πεδίου. Συνεπώς, η τάση εξόδου είναι συνάρτηση της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα, του ρεύματος που διεγείρει το δρομέα και του συντελεστή ισχύος (power factor) του φορτίου της γεννήτριας [4,5].



Σχήμα 3.4: Αρχή λειτουργίας σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας [<http://www.alternative-energy-tutorials.com/wind-energy/synchronous-generator.html>]

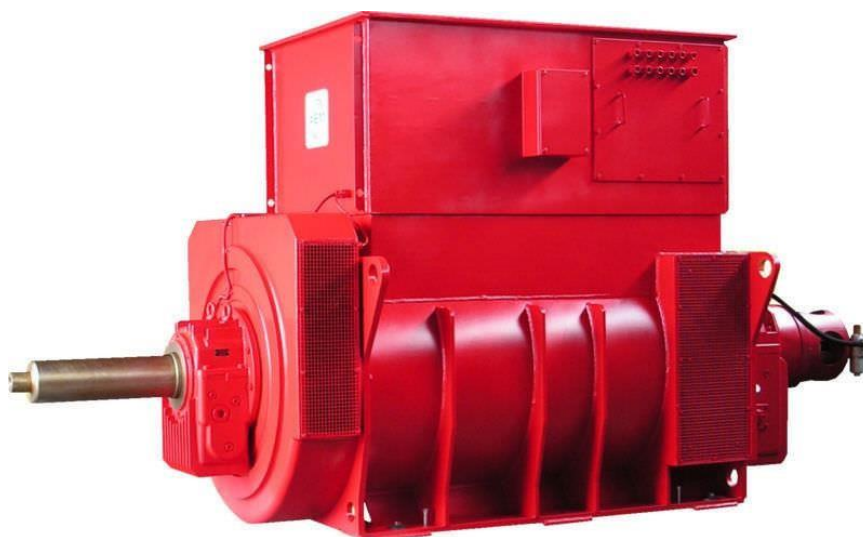
Σε περίπτωση που φορτίο συνδεθεί στη σύγχρονη γεννήτρια ενισχύεται ή εξασθενεί η μαγνητική ροή του δρομέα. Εάν το φορτίο είναι χωρητικό ενισχύει το μαγνητικό πεδίο του δρομέα, ενώ αν είναι επαγωγικό το εξασθενούν. Κατά το σενάριο μεταβαλλόμενου φορτίου, θα επέλθουν σημαντικές μεταβολές της τάσης εξόδου της γεννήτριας. Για το λόγο αυτό απαιτείται ενδελεχής ρύθμιση του ρεύματος που διεγείρει το δρομέα. Στο σημείο αυτό, τονίζεται ότι οι τριφασικές γεννήτριες πρέπει να τροφοδοτούν συμμετρικά φορτία, διότι αν μια εκ των τριών φάσεων υπερφορτιστεί, δε δύναται να μεταβληθεί η τάση σε αυτή μέσω ρύθμισης του ρεύματος που διεγείρει το δρομέα.

Η ισχύς που παρέχει η γεννήτρια στην έξοδό της είναι η φαινόμενη ισχύς S (VA).

$$S = P + jQ \quad (2)$$

, όπου P (Watt) η πραγματική ισχύς, η οποία αντιπροσωπεύει την πραγματική ροή ενέργειας, Q (VAr) η άεργος και S (VA) η φαινόμενη ισχύς. Ουσιαστικά οι άεργος και η φαινόμενη ισχύς αφορούν την αντίδραση ενός συγκεκριμένου φορτίου και αναφέρονται στο αποτέλεσμα της γωνίας μεταξύ τάσης και ρεύματος. Η μεταβολή της ενεργού ισχύος επιτυγχάνεται αλλάζοντας την κινητική ενέργεια του δρομέα, ενώ η άεργος μεταβάλλεται μόνον με την αλλαγή του ρεύματος διέγερσης της γεννήτριας.

Τέλος, όσο αφορά το κατασκευαστικό κομμάτι μιας σύγχρονης γεννήτριας, σημειώνεται ότι τα τυλίγματα του στάτη και του δρομέα κατασκευάζονται από ράβδους χαλκού, μονωμένες με εποξικό ρετσίνι, οι αγωγοί στηρίζονται με ατσάλινες σφήνες, ενώ ο σιδηροπυρήνας στηρίζεται με ατσάλινο σκελετό [4,5]



Σχήμα 3.5: Σύγχρονη τριφασικής γεννήτρια πλοίου [<http://www.ship-technology.com>]

3.3 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ

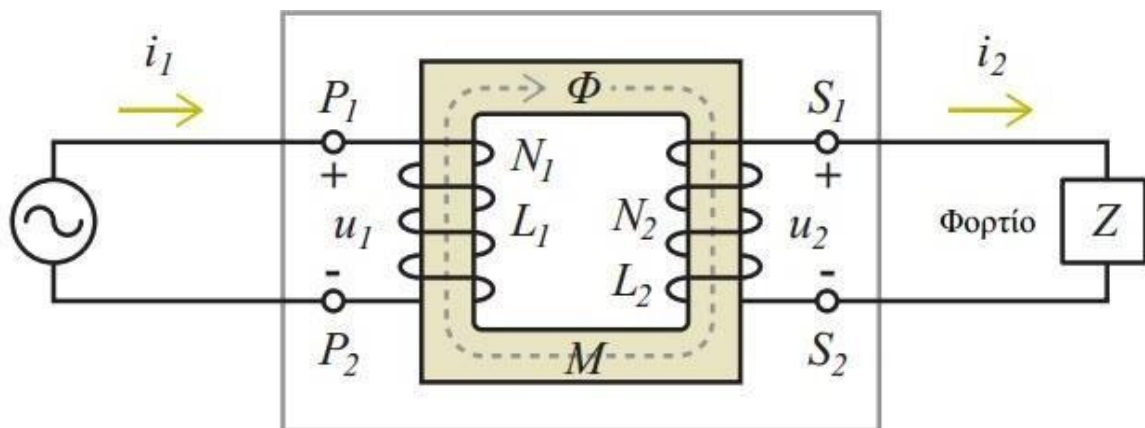
Ο μετασχηματιστής ή Μ/Σ (transformer) αποτελεί μια συσκευή ανύψωσης ή υποβιβασμού εναλλασσόμενων τάσεων ή ρευμάτων σε εναλλασσόμενα μεγέθη ίδιας συχνότητας. Ο μετασχηματιστής αποτελείται από ένα πρωτεύον πηνίο (primary coil) ηλεκτρικά μονωμένα από ένα ή περισσότερα δευτερεύοντα πηνία (secondary coils) και από το σιδηροπυρήνα. Όλοι οι Μ/Σ περιέχουν ένα πρωτεύον πηνίο, ηλεκτρικά μονωμένο, από ένα ή περισσότερα δευτερεύοντα πηνία και το σιδηροπυρήνα, που αποτελείται από λεπτά ελάσματα, στοιβαγμένα και μονωμένα μεταξύ τους. Πέραν της χρήσης του μετασχηματισμού τάσεων ή ρευμάτων, οι

μετασχηματιστές χρησιμοποιούνται για τη ζεύγη μεταξύ των διαφόρων βαθμίδων ενισχυτών, αλλά και για τη γαλβανική μόνωση πληθώρας κυκλωμάτων. Οι μετασχηματιστές κατηγοριοποιούνται σε μετασχηματιστές υψηλών συχνοτήτων και μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων, με βάση την περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας τους.

Στην τρέχουσα παράγραφο περιγράφεται συνοπτικά η λειτουργία του μετασχηματιστή. Το πρωτεύον δέχεται ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή άεργου ισχύος από μια εξωτερική πηγή εναλλασσόμενου τάσης, η οποία μεταφέρεται μέσω ενός μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου σε διαφορετικές τιμές τάσης και ρεύματος, αλλά ίδιας συχνότητας, στο δευτερεύον πηνίο. Ο ρόλος του σιδηροπυρήνα είναι να ενισχύει τη μαγνητική σύζευξη. Η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δύο μονωμένων ηλεκτρικών κυκλωμάτων και η ανάπτυξη τάσεως, επεξηγείται από τους νόμους των Faraday και Ampere.

Στην περίπτωση ενός ιδανικού μετασχηματιστή δεν υπάρχουν απώλειες και η τιμή της ισχύος εξόδου είναι ίση με την τιμή ισχύος εισόδου. Η συγκεκριμένη ισότητα ισχύει τόσο για τις πραγματικές τιμές ισχύος, όσο και για τις φαινόμενες και άεργες τιμές ισχύος.

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2} \quad (3)$$



Σχήμα 3.6: Σχηματική αναπαράσταση μονοφασικού μετασχηματιστή

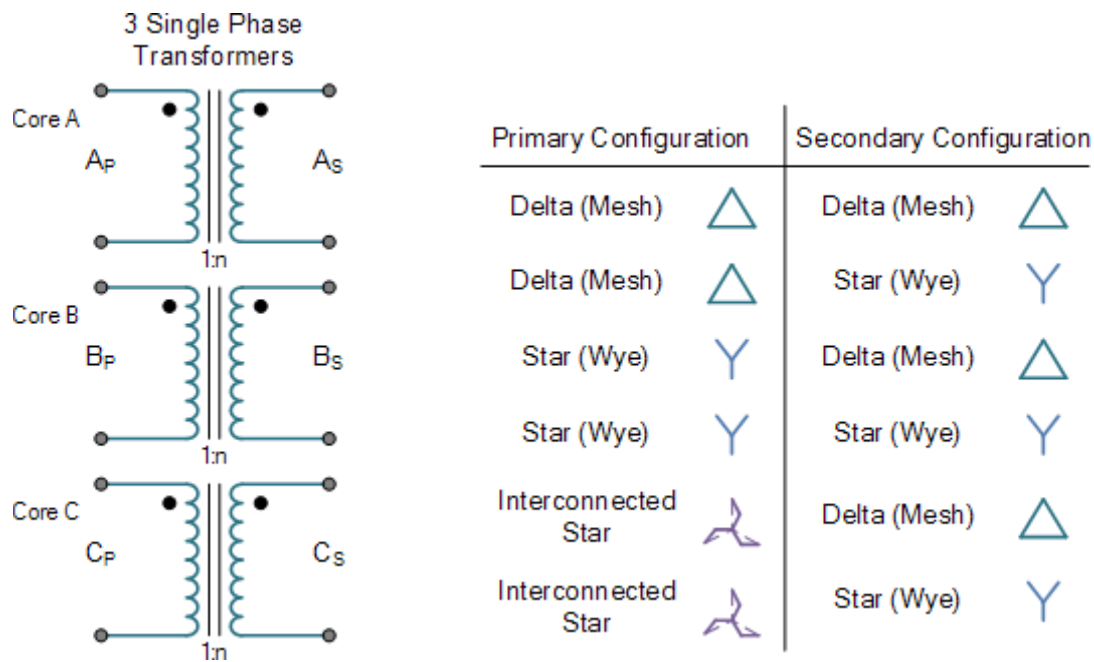
Εν αντιθέσει με τους ιδανικούς μετασχηματιστές, οι πραγματικοί διαθέτουν αντίσταση τυλιγμάτων και απαιτούν άεργο ισχύ για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου. Στους

πραγματικούς μετασχηματιστές δίδονται από τον κατασκευαστή οι ονομαστικές τιμές των τάσεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, τα στοιχεία του ισοδύναμου κυκλώματος και η ονομαστική τιμή της φαινόμενης ισχύος. Ο υπολογισμός του μετασχηματισμού τάσεων και ρευμάτων περιγράφεται από την ίδια σχέση με την περίπτωση του ιδανικού μετασχηματιστή. Σημειώνεται δε, ότι ο λόγος του αριθμού των σπειρών των τυλιγμάτων αφορά μόνο στην αναλογία των ονομαστικών τιμών τάσεων και ρευμάτων του εκάστοτε μετασχηματιστή.



Σχήμα 3.7: Τριφασικός μετασχηματιστής [<http://www.electronicshub.org/three-phase-transformer>]

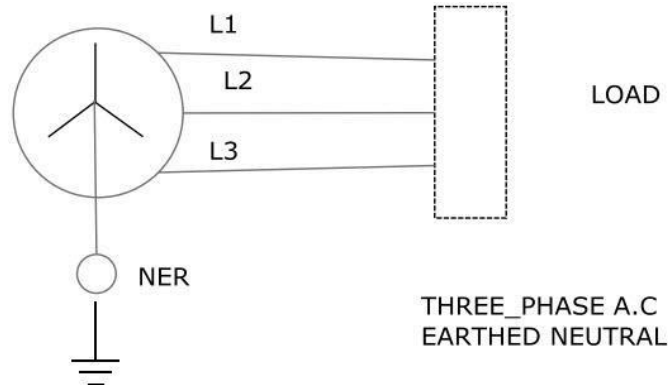
Ο τριφασικός μετασχηματιστής (Σχήμα 3.12) στην ουσία αποτελείται από τρεις μονοφασικούς μετασχηματιστές, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι καταλλήλως. Κάθε μονοφασικός μετασχηματιστής δύναται να έχει το δικό του πυρήνα ή μπορεί να μοιράζεται τον ίδιο πυρήνα με τους υπόλοιπους δύο μετασχηματιστές. Για να προκύψει ο τριφασικός μετασχηματιστής, πρέπει τα τυλίγματα σε κάθε πλευρά (υψηλή/χαμηλή τάση) να συνδεθούν με συγκεκριμένη συνδεσμολογία, όπως για παράδειγμα αστέρα, τεθλασμένο αστέρα ή τρίγωνο. Στη συνδεσμολογία αστέρα, τα τυλίγματα των μετασχηματιστών έχουν μικρότερη τάση από αυτή του δικτύου και υπάρχει ουδέτερος (N-neutral), συνεπώς δυνατότητα επιπλέον ασφάλειας. Στη συνδεσμολογία τριγώνου, τα τυλίγματα των μετασχηματιστών διαρρέονται από μικρό ρεύμα και δεν επιτρέπεται διέλευση πληθώρας παρασιτικών τάσεων και ρευμάτων, όμως δεν υφίσταται η ύπαρξη ουδετέρου [4,5].



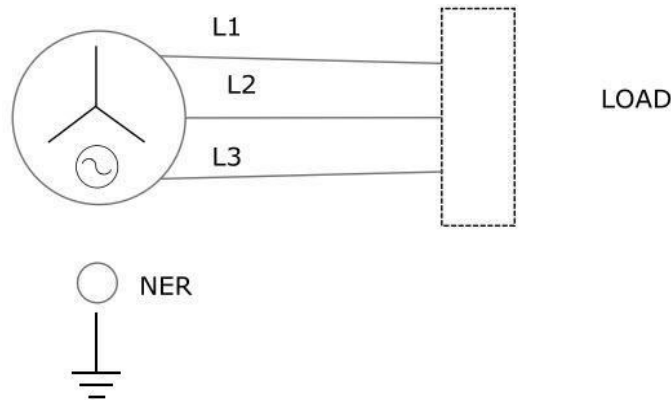
Σχήμα 3.8: Πιθανές συνδεσμολογίες των επιμέρους τυλιγμάτων, σε ένα τριφασικό μετασχηματιστή [<http://www.electronics-tutorials.ws/transformer/three-phase-transformer.html>]

3.4 ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΠΛΟΙΑ

Για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία, χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον εγκαταστάσεις με γειωμένο ουδέτερο και μονωμένο ουδέτερο. Στις εν λόγω εγκαταστάσεις, ο ουδέτερος γειώνεται, δηλαδή συνδέεται με τη χαλύβδινη κατασκευή του πλοίου. Η διατήρηση της τροφοδοσίας στα επιθυμητά φορτία αποτελεί μια ζωτικής σημασίας διεργασία, η οποία πρέπει να επιτευχθεί στο ακέραιο. Στις εγκαταστάσεις με μονωμένο ουδέτερο, υφίστανται κάποια συνηθισμένα σφάλματα στα ηλεκτρικά κυκλώματα, όπως η περίπτωση ανοικτοκυκλώματος, η οποία συμβαίνει μετά από διακοπή κάποιου ενεργού αγωγού διανομής και η περίπτωση βραχυκυκλώματος, κατά την οποία σημεία διαφορετικών αγωγών ενώνονται, συνεπώς ρεύμα εξαιρετικά υψηλής έντασης διατρέχει το κύκλωμα που ορίζεται από τη αθροιστική αντίσταση του κυκλώματος βραχυκύκλωσης [6].



Σχήμα 3.9: Σύστημα διανομής τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος με γειωμένο ουδέτερο



Σχήμα 3.10: Σύστημα διανομής τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος με μονωμένο ουδέτερο

Το μεγαλύτερο πλήθος καταγεγραμμένων σεναρίων βραχυκύκλωσης ενεργών καλωδίων, προέρχεται από φθορά της μόνωσης ή σε επαφή κάποιου ενεργού αγωγού με γειωμένη μεταλλική επιφάνεια. Για το λόγο αυτό, διακόπτες και ασφάλειες τοποθετούνται κατάλληλα στο σύστημα διανομής, με απώτερο σκοπό να αποσυνδέουν ένα βραχυκυκλωμένο τμήμα του δικτύου. Η χρήση μετασχηματιστών είναι απαραίτητη για τη διασύνδεση των σημείων υψηλής τάσεως, με τα σημεία χαμηλής τάσεως. Σημειώνεται πως η κατάσταση του συστήματος διανομής, όσο αφορά τα επίπεδα ρεύματος, τάσης και ισχύος καταγράφονται και παρουσιάζονται σε οθόνες. Παράλληλα υπάρχει εγκατάσταση διακοπών προστασίας για τον έλεγχο υπερεντάσεων και σφαλμάτων γείωσης [6].

Το σύστημα διανομής του πλοίου, χωρίζονται σε συστήματα διανομής συνεχούς και συστήματα διανομής εναλλασσόμενου ρεύματος. Η μεταφορά της παραγόμενης ισχύος, στα συστήματα συνεχούς ρεύματος, υλοποιείται συνήθως μέσω δύο αγωγών σε πλοία με σχετικά μικρό φορτίο, είτε μέσω τριών αγωγών σε πλοία με μεγαλύτερα φορτία. Στην πρώτη περίπτωση, η τάση μεταξύ των αγωγών είναι 120 V, ενώ στη δεύτερη είναι 240 V. Στα σύγχρονα πλοία, δεν χρησιμοποιούνται πλέον δίκτυα διανομής συνεχούς ρεύματος, όμως η συγκεκριμένη περίπτωση αναφέρεται διότι υπάρχουν ακόμα εν πλω, πλοία με τα συγκεκριμένα συστήματα διανομής. Οι κύριες πηγές παραγωγής ενέργειας σε αυτή την περίπτωση, είναι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, που τροφοδοτούν το δίκτυο με τάση 110 ή 220 V. Το σύστημα διανομής μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στους διαφόρους πίνακες ελέγχου και διανομής, οι οποίοι με τη σειρά τους τροφοδοτούν τους καταναλωτές των πλοίων.

Η διανομή του εναλλασσόμενου ρεύματος, εκτελείται με πληθώρα συστημάτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις αγωγοί μονωτικά τοποθετημένοι, οι οποίοι τροφοδοτούν άμεσα τους καταναλωτές, από τη γεννήτρια. Η πολική τάση σε αυτή την περίπτωση είναι συνήθως 380 ή 440 V. Επιπροσθέτως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις αγωγοί με γείωση του σημείου αστέρα στο σώμα του πλοίου. Στην εν λόγω περίπτωση, η τάση μεταξύ των αγωγών και της γείωσης ισούται με τη φασική τάση της γεννήτριας. Ένα άλλο συνηθισμένο σύστημα μεταφοράς εναλλασσόμενου ρεύματος είναι η χρήση τεσσάρων αγωγών μονωτικά τοποθετημένων. Επί της ουσίας, στο εν λόγω σύστημα ο τέταρτος αγωγός είναι συνδεδεμένος με το σημείο του αστέρα. Γενικότερα, τα συστήματα διανομής εναλλασσόμενου ρεύματος είναι σαφέστατα πιο φθηνά κατά την εγκατάσταση, τη συντήρηση και τη λειτουργία, συγκριτικά με τα συστήματα διανομής συνεχούς ρεύματος. Ως επί τω πλείστον, τα συστήματα των σύγχρονων πλοίων είναι τριφασικά, εναλλασσόμενου ρεύματος, 3 αγωγών, με μονωμένο τον ουδέτερο. Η συχνότητα ενός δικτύου εναλλασσόμενου ρεύματος είναι 50 Hz στην Ευρώπη, αλλά και σε πληθώρα άλλων χωρών, ενώ στην Αμερική είναι τα 60 Hz.

Ένα από τα σημαντικότερα υποσυστήματα κατά τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα πλοίο, είναι το κέντρο διανομής. Το εν λόγω κέντρο, που καλείται και ως κύριος πίνακας, διανέμει μεγάλο όγκο ισχύος στους πίνακες εκκίνησης των κινητήρων, τους πίνακες διανομής και τους πίνακες καταστρωμάτων.



Σχήμα 3.11: Τυπικό κέντρο διανομής [<https://marinersdigest.blogspot.gr/2015/08/isolated-and-earthed-neutral-system.html>]

3.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΟΙΟΥ

Οι εγκαταστάσεις της τροφοδοσίας ηλεκτρικής ισχύος ενός πλοίου απαρτίζονται από τα συστήματα για την παραγωγή, την αποθήκευση και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός πλοίου, οφείλει να εκτελείται βάσει αυστηρών προδιαγραφών και περιορισμών, που επιβάλλει ο Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας (IMO) , μέσω της Συνθήκης Ασφάλειας Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS-Safety Of Life At Sea) και της Συνθήκης Περιορισμού Θαλάσσιας Ρύπανσης (MARPOL-Marine Pollution). Οι κανόνες αυτοί αναπροσαρμόζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, παράλληλα με την περαιτέρω ανάπτυξη της ναυπηγικής, μέσω εύστοχων υποδείξεων των εκάστοτε νηογνομώνων [11].

Ο συνολικός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός ενός πλοίου, απαρτίζεται από τον ουσιώδη και το μη ουσιώδη εξοπλισμό. Ως ουσιώδης ηλεκτρολογικός εξοπλισμός περιγράφεται ο εξοπλισμός που αφορά τα ηλεκτρολογικά συστήματα της κύριας πρόωσης και της πλοήγησης του πλοίου, όπως επίσης και τα συστήματα ασφάλειας. Ο ουσιώδης εξοπλισμός, διακλαδίζεται περαιτέρω στον πρωτεύοντα, που αφορά τον εξοπλισμό που οφείλει να βρίσκεται σε ενδεδειγμένη λειτουργία και το δευτερεύοντα εξοπλισμό, ο οποίος δε χρειάζεται να λειτουργεί ενδεδειγμένα. Στον πρωτεύοντα ουσιώδη εξοπλισμό κατατάσσονται για παράδειγμα οι αντλίες τροφοδοσίας πετρελαίου και τα

συστήματα κύριας πρόωσης, ενώ στο δευτερεύοντα ουσιώδη εξοπλισμό κατατάσσονται για παράδειγμα τα συστήματα εκκίνησης των ηλεκτρικών μηχανών. Τόσο ο πρωτεύοντας, όσο και ο δευτερεύοντας εξοπλισμός του πλοίου, πρέπει να τροφοδοτούνται από τον κύριο πίνακα του πλοίου. Ο πρωτεύων και ο δευτερεύων ουσιώδης εξοπλισμός που προορίζονται για ίδιες διαδικασίες, πρέπει να τροφοδοτούνται από ξεχωριστά καλώδια παροχής από τον κύριο πίνακα. Μια άλλη εναλλακτική πρόταση για αυτή την περίπτωση, είναι να τροφοδοτηθούν από διαφορετικούς υποπίνακες. Τα μέγιστα επίπεδα τάσεων λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων, παρατίθενται στον κάτωθι πίνακα.

Τύπος Εγκατάστασης	Μέγιστη επιτρεπόμενη τάση (V)		
	Συνεχές	Εναλλασσόμενο 1Φ	Εναλλασσόμενο 3Φ
Εγκατάσταση Ισχύος Εγκατάσταση Θέρμανσης	250	250	500
Εγκατάσταση φωτισμού Εγκατάσταση επικοινωνίας Ρευματοδότες γενικής χρήσης	250	250	-
Ρευματοδότες για την τροφοδότηση φορητών συσκευών σε ακάλυπτα καταστρώματα ή σε στενούς και υγρούς χώρους			
• Γενική περίπτωση	50	50	-
• Χρήση απομονωτικού Μ/Σ	-	250	-
• Χρήση διπλής μόνωσης	250	250	-
• Χρήση διακόπτη ασφαλείας < 30mA	-	250	500
Κινητές συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, συνδεδεμένες με τη γάστρα του πλοίου, τα αγώγιμα μέρη των οποίων είναι γειωμένα με αγωγό γείωσης	250	250	500

Ρευματοδότες για την τροφοδότηση φορητών συσκευών σε λέβητες και δεξαμενές	50	50	-
---	----	----	---

Πίνακας 2: Μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα τάσεων λειτουργίας συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων [15]

Σε κάποιες περιπτώσεις και μετά από λήψη των κατάλληλων μέτρων ασφαλείας, δύναται να γίνει χρήση υψηλότερων τάσεων κατόπιν απαίτησης σε εγκαταστάσεις ισχύος και σε κάποιες εγκαταστάσεις του πλοίου, όπως για παράδειγμα οι εγκαταστάσεις ενδοεπικοινωνίας.

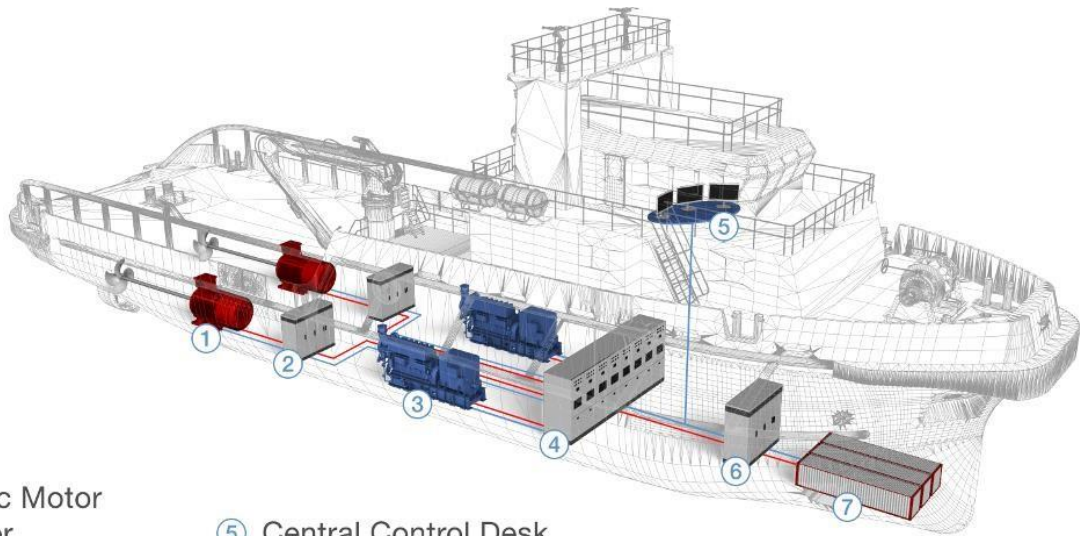
Γενικότερα, ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίου, αποτελείται από τις γεννήτριες, τον κύριο πίνακα με τις διατάξεις προστασίας, τα όργανα ελέγχου και τους ζυγούς διανομής, τον ηλεκτρικό πίνακα για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, τα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, τους μετασχηματιστές, τα ηλεκτρονικά ισχύος και τους καταναλωτές. Οι γεννήτριες «ξεκινούν», μέσω κινητήρων, όπως για παράδειγμα οι πετρελαιομηχανές, οι κύριες μηχανές πρόωσης και οι αεριοστρόβιλοι. Ο τύπος των κινητήρων είναι συνάρτηση του εκάστοτε σχεδιασμού του πλοίου και οικονομικών περιορισμών, ενώ η συνολική ισχύς των γεννητριών αποτελεί συνάρτηση της ολικής ζήτησης των ηλεκτρικών φορτίων. Ολικά, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος ενός πλοίου, μελετάται και σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να τροφοδοτεί με αποτελεσματικότητα όλα τα επιμέρους φορτία και παράλληλα να παρέχει προστασία στους χειριστές του συστήματος, στον εξοπλισμό και στους επιβαίνοντες [6].

Οι κύριες γεννήτριες παράγουν την ηλεκτρική ισχύ, η οποία τροφοδοτείται στον κεντρικό πίνακα και εν συνεχεία διανέμεται στα διάφορα ηλεκτρικά φορτία. Εφεδρική γεννήτρια και πίνακας έκτακτης ανάγκης βρίσκονται συνδεδεμένα σε κάποια φορτία, όπως ο φωτισμός έκτακτης ανάγκης, τα συστήματα ενδοεπικοινωνιών και οι σειρήνες κινδύνου. Ένα σύνηθες σενάριο τροφοδοσίας σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης είναι η ύπαρξη λίγων μπαταριών, που τροφοδοτούν τα φορτία, μέχρι ότου η γεννήτρια έκτακτης ανάγκης να τεθεί σε λειτουργία. Κατά το σενάριο υπερφόρτωσης κάποιας γεννήτριας, επιλέγονται αυτόματα κάποια φορτία τα οποία θεωρούνται ως «μη σημαντικά», διακόπτεται η τροφοδοσία αυτών, με σκοπό να τροφοδοτηθούν από τη γεννήτρια φορτία που θεωρούνται υψηλότερης σημαντικότητας.

Στη συγκεκριμένη παράγραφο παρουσιάζεται συνοπτικά ένα σενάριο, που περιγράφει ένα σύνηθες ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα πλοίο. Έστω ένα πλοίο με τρεις ανεξάρτητες γεννήτριες ισχύος 2100 kVA και δύο εξαρτημένες από τους άξονες των τελικών γεννητριών, ισχύος 2400 kVA. Οι προαναφερθείσες γεννήτριες τροφοδοτούν τον πίνακα διανομής με εναλλασσόμενη τάση 440 V. Σημειώνεται δε, ότι ο πίνακας διανομής δύναται να τροφοδοτηθεί από στεριάς, με τη βοήθεια δύο λήψεων ηλεκτρικής ενέργειας. Ο πίνακας διανομής τροφοδοτεί πληθώρα καταναλωτών όπως:

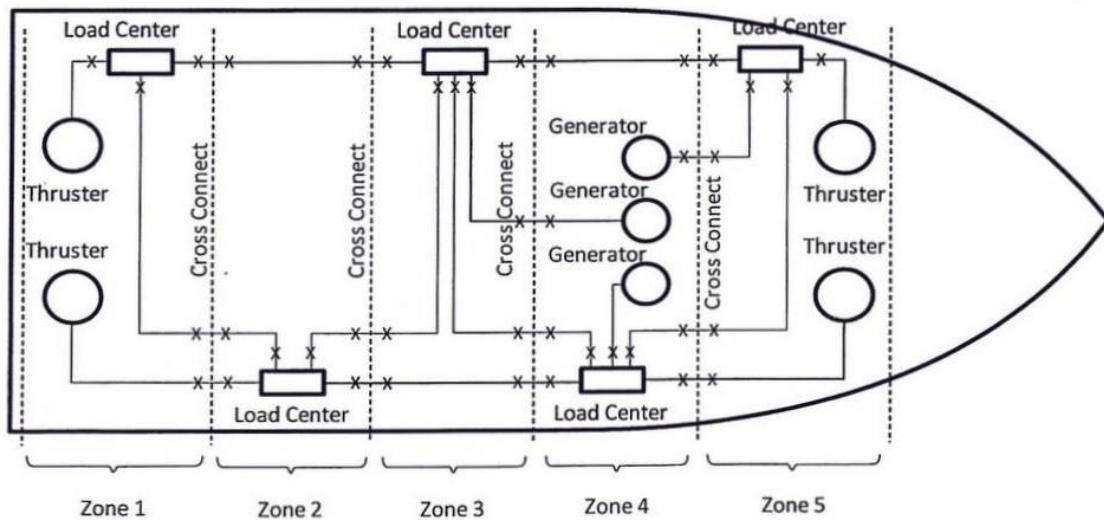
- Τους κινητήρες των δύο προωραίων βοηθητικών χειρισμών και τον κινητήρων της πρυμναίας βοηθητικής έλικας χειρισμών.
- Μέσω τριφασικών μετασχηματιστών από 440Volt σε 230Volt πρίζες για όλους τους χώρους του πλοίου.
- Μέσω μονοφασικών μετασχηματιστών με τάση 440Volt συνεχές ρεύμα και 230Volt συνεχές ρεύμα διάφορες συσκευές της κουζίνας.
- Μέσω μονοφασικών μετασχηματιστών όλους τους λαμπτήρες του πλοίου για το φωτισμό του σε όλους τους χώρους.
- Δευτερεύοντες πίνακες διανομής, που είναι τοποθετημένοι σε διάφορα σημεία του πλοίου και οι οποίοι τροφοδοτούν διάφορες καταναλώσεις.
- Κινητήρες διαφόρων αντλιών ,ανεμιστήρων, συμπιεστών εγκαταστάσεων ψύξεως και κλιματισμού, όπως επίσης και των μηχανημάτων πρόσδεσης του σκάφους είτε απευθείας, είτε μέσω μετασχηματιστών.

Υφίσταται επίσης και κάποια ηλεκτρογεννήτρια ανάγκης, που τροφοδοτεί τον πίνακα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ανάγκης, ο οποίος τροφοδοτείται και μέσω του κύριου πίνακα διανομής, όταν είναι ανενεργής η γεννήτρια ανάγκης. Αυτός ο πίνακας ανάγκης τροφοδοτεί διατάξεις και μηχανισμούς ασφαλείας του πλοίου σε περίπτωση όπου υπάρχουν έκτακτες ανάγκες όπως είναι ο φορητός φωτισμός ασφαλείας, ο οποίος οφείλει να έχει τάση ≤ 42 Volt και οι μηχανισμοί καθέλκυσης σωσιβίων λέμβων [16].

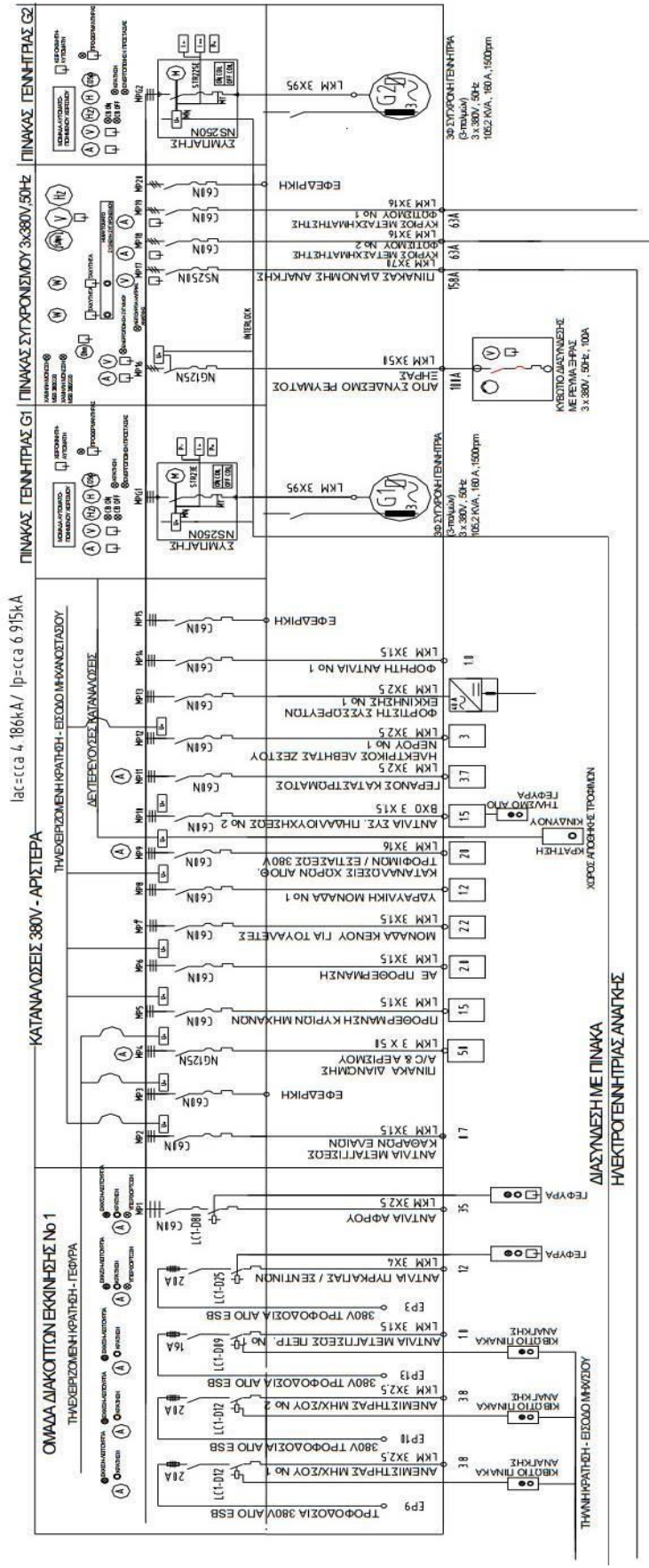


- ① Electric Motor
- ② Inverter
- ③ Engine-generator
- ④ Switchgear
- ⑤ Central Control Desk
- ⑥ Battery Converter
- ⑦ Battery Storage

Σχήμα 3.12: Τυπικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πλοίου
 [http://www.pitotech.com.tw/contents/zhtw/p13498_%E8%88%B9%E8%89%A6%E5%8A%9F%E7%8E%87%E8%A8%AD%E8%A8%88%E7%AE%A1%E7%90%86%E7%B3%BB%E7%B5%B1.html]



Σχήμα 3.13: Σύστημα τοπικής κατανομής ενέργειας σε πλοίο (Zonal Energy Distribution System) [https://www.nap.edu/read/5863/chapter/10]



Σχήμα 3.14: Μονογραμμική απεικόνιση πίνακα καταναλωτών πλοίου, δικτύου 380 V [12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΟΙΟΥ

Στο τρέχον κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση των βασικών μεθόδων προστασίας των ηλεκτρολογικών συστημάτων των πλοίων. Οι αναφερόμενες μέθοδοι προστασίας παρέχουν μια επιπλέον ασφάλεια σε on-the-fly ηλεκτρολογικές εργασίες επί πλοίων.

4.1 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

Η μόνωση των καλωδίων υλοποιείται από αιθυλοπροπυλένιο ή χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC). Τόσο τα καλώδια, όσο και οι αγωγοί τους οφείλουν να ανταπεξέρχονται στις θερμικές καταπονήσεις του μέγιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης, που δύναται να περάσει από αυτά. Οι μέγιστες επιτρεπτές θερμοκρασίες συνεχούς των καλωδίων, βάσει του υλικού της μόνωσής τους, κατά την περίπτωση συνεχούς λειτουργίας και κατά την περίπτωση βραχυκυκλώματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Μόνωση	Συνεχής Λειτουργία (°C)	Συνθήκη Βραχυκυκλώματος (°C)
PVC	60	150
EPR	75	150
XLPE	86	200
Silicone	85	250

Πίνακας 3: Μέγιστες επιτρεπτές θερμοκρασίες συνεχούς των καλωδίων, βάσει του υλικού της μόνωσής τους [9]

Με βάση την τρίτη έκδοση του διεθνούς πρότυπο IEC (International Electrotechnical Commission) 60092-352, οι ονομαστικές τιμές τάσεων των καλωδίων που συνιστώνται να χρησιμοποιούνται σε τριφασικά εναλλασσόμενα συστήματα δίνονται στον Πίνακα 4. Βάσει του ίδιου προτύπου, η ονομαστική τιμή της τάσεως λειτουργίας ενός καλωδίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ονομαστική τιμή της τάσεως λειτουργίας του σχετιζόμενου κυκλώματος. Επιπροσθέτως, τονίζεται πως το υλικό κατασκευής των καλωδίων πρέπει να είναι χαλκός, με ειδική αντίσταση $17.241 \Omega \text{ mm}^2/\text{km}$, στους 20°C . Τονίζεται δε, ότι τα καλώδια δεν πρέπει να είναι εκτεθειμένα σε μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις, δηλαδή να μη βρίσκονται για παράδειγμα κοντά σε λέβητες ή σε ανοιχτά καταστρώματα. Σε περίπτωση που είναι επιβάλλεται να τοποθετηθούν σε ανάλογους χώρους, πρέπει να είναι προστατευμένα από

κάποιο είδος μανδύα ή μεταλλικό πλέγμα και να ευρίσκονται εντός ειδικά μονωμένων σωλήνων, για να μην καταπονούνται από μηχανικές βλάβες [19].

Ονομαστική τάση συστήματος (kV)	Μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας συστήματος (kV)	Κατηγορία συστήματος	Ελάχιστη ονομαστική τάση unshielded καλωδίου (kV)	Ελάχιστη ονομαστική τάση shielded καλωδίου (kV)
Έως 0.25	0.3	A, B, C	0.15/0.25	-
1	1.2	A, B, C	0.6/1	0.6/1
3	3.6	A, B	1.8/3	1.8/3
3	3.6	C	-	3.6/6
6	7.2	A, B	-	3.6/6
6	7.2	C	-	6/10
10	12	A, B	-	6/10
10	12	C	-	8.7/15
15	17.5	A, B	-	8.7/15

Πίνακας 4: Συνιστώμενες (IEC 60092-352) ονομαστικές τιμές τάσεων των καλωδίων σε τριφασικά εναλλασσόμενα συστήματα [8]

Όπως καθίσταται εύκολα αντιληπτό, τα καλώδια παροχής των καταναλωτών έκτακτης ανάγκης, δε μπορούν να περνούν μέσα από ζώνες που περιέχουν την κύρια πηγή ηλεκτρικής ισχύος και τον εξοπλισμό που σχετίζεται με αυτή.

Επίσης, τα καλώδια παροχής της αντλίας πυρκαγιάς έκτακτης ανάγκης, δεν πρέπει να περνάνε μέσα από το χώρο που περιέχει τις κύριες αντλίες πυρκαγιάς και τις πηγές ισχύος τους. Εάν δεν υπάρχει δυνατότητα υλοποίησης εναλλακτικού μονοπατιού διέλευσης των καλωδίων, παρά μόνο διαμέσου περιοχών υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς, τα καλώδια θα πρέπει να διατηρούν τα χαρακτηριστικά λειτουργία τους, στην περίπτωση που προκύψει πυρκαγιά.

Τα καλώδια παροχής των ουσιοδών καταναλωτών και των καταναλωτών έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να παρακάμπτουν τις κουζίνες, τους χώρους των πλυντηρίων, τα μηχανοστάσια

κατηγορίας A και τις περιοχές υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς. Τέλος, σημειώνεται ότι τα χαρακτηριστικά των καλωδίων για τη συνεχή λειτουργία, πρέπει να συμμορφώνονται με τις τιμές του Πίνακα 5.

Ονομαστικό Εμβαδόν Διατομής Αγωγού (mm ²)	Ονομαστικό Ρεύμα (A)											
	Μόνωση PVC (60°C)			Μόνωση PVC (75°C)			Μόνωση EP (85°C)			Μόνωση Σιλικόνης (95°C)		
	1 Core	2 Core	3 Core	1 Core	2 Core	3 Core	1 Core	2 Core	3 Core	1 Core	2 Core	3 Core
1	8	7	6	13	11	9	16	14	11	20	17	14
1.5	12	10	8	17	14	12	20	17	14	24	20	17
2.5	17	14	12	24	20	17	28	24	20	32	27	22
4	22	19	15	32	27	22	38	32	27	42	36	29
6	29	25	20	41	35	29	48	41	34	55	47	39
10	40	34	28	57	48	40	67	57	47	75	64	53
16	54	46	38	76	65	53	90	77	63	100	85	70
25	71	60	50	100	85	70	120	102	84	135	115	95
35	87	74	61	125	106	88	145	123	102	165	140	116
50	105	89	74	150	128	105	180	153	126	200	170	140
70	135	115	95	190	162	133	225	191	158	255	217	179
95	165	140	116	230	196	161	275	234	193	310	264	217
120	190	162	133	270	230	189	320	272	224	360	306	252
150	220	187	154	310	264	217	365	310	256	410	349	287
185	250	213	175	350	298	245	415	353	291	470	400	329
240	290	247	203	415	353	291	490	417	343	-	-	-
300	335	285	235	475	404	333	560	476	392	-	-	-

Πίνακας 5: Συνιστώμενα (IEC 60092-352) ονομαστικά χαρακτηριστικά καλωδίων (ονομαστικό εμβαδόν διατομής, ονομαστικό ρεύμα), στα πλαίσια της συνεχούς λειτουργίας τους [8]

Όσο αφορά τις γραμμές καλωδίων, οφείλουν να είναι ευθείες κατά το δυνατόν. Πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση καλωδίων, που διασχίζει τις ενώσεις της γάστρας του πλοίου. Σε

περίπτωση που αυτό δεν καθίσταται εφικτό, θα πρέπει να παρέχεται ένας βρόχος καλωδίου, με μήκος ανάλογο της εκάστοτε ένωσης και με ακτίνα τουλάχιστον δώδεκα φορές μεγαλύτερη από την εξωτερική διάμετρο του καλωδίου. Μονωμένα με υλικά διαφορετικής μέγιστης θερμικής αντοχής καλώδια, δεν πρέπει να δένονται όλα μαζί. Σε περίπτωση που αυτό δεν καταστεί δυνατόν, πρέπει να υπάρχει έλεγχος ώστε κανένα καλώδιο να μην ξεπεράσει τη θερμοκρασία του καλωδίου της ομάδας με τη μικρότερη θερμική αντοχή. Επιπροσθέτως, δεν πρέπει να δένονται μαζί καλώδια, των οποίων τα προστατευτικά περιβλήματα μπορούν να προκαλέσουν φθορά σε άλλα καλώδια.

Κατά την εγκατάσταση καλωδίων, η ελάχιστη εσωτερική ακτίνα κάμψης, πρέπει να συμφωνεί με τις παρακάτω προδιαγραφές και περιορισμούς:

- Καλώδια μονωμένα με οπλισμένο πλαστικό και PVC : $6d$
- Καλώδια μονωμένα με μη οπλισμένο πλαστικό και PVC : $4d$ ($d \leq 25$ mm) / $6d$ ($d > 25$ mm)
- Καλώδια μονωμένα με μέταλλο: $6d$

, όπου d η ολική διάμετρος του καλωδίου.

Τα καλώδια παροχής ενέργειας, φωτισμού, ενδοεπικοινωνίας, σημάτων και βοηθημάτων πλοήγησης, πρέπει να δρομολογούνται απευθείας σε μηχανοστάσια τύπου Α και σε άλλες ζώνες υψηλού κινδύνου, όπως για παράδειγμα τα μαγειρεία. Καλωδιώσεις που ενώνουν αντλίες πυρκαγιάς εκτάκτου ανάγκης με τον πίνακα διακοπών, οφείλουν να είναι πυρίμαχου τύπου, όταν περνούν από ζώνης υψηλού κινδύνου για πυρκαγιά. Τονίζεται επίσης, ότι τα εν λόγω καλώδια πρέπει να ακολουθούν ένα μονοπάτι, το οποίο θα εξαλείφει πλήρως την πιθανότητα να καταστούν ανενεργά, εξαιτίας υπερθέρμανσης των μπουλμédων, λόγω πυρκαγιάς.

Όσο αφορά τη γείωση των μεταλλικών καλυμμάτων των καλωδίων, θα πρέπει να γίνεται στα δύο άκρα, εκτός από τα τελικά υποκυκλώματα, στα οποία η γείωση πρέπει να γίνεται μόνο στην παροχή. Καλώδια με κεκαλυμμένα με μόλυβδο, δεν είναι ασφαλές να χρησιμοποιούνται ως τα μόνο μέσα γείωσης των μη αγωγίμων τμημάτων του ηλεκτρικού εξοπλισμού.

Το ζήτημα της στήριξης και της στερέωσης καλωδίων, αποτελεί διαδικασία που χρίζει μεγάλης προσοχής. Οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων στήριξης και στερέωσης των καλωδίων,

επιλέγεται βάσει τον εκάστοτε τύπο του καλωδίου και την πιθανότητα κραδασμών. Για δρομολόγηση στην οριζόντια διεύθυνση, η απόσταση μεταξύ των σημείων στερέωσης μπορεί να φτάσει τα 90 cm, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχουν στηρίξεις ανά 40 cm.

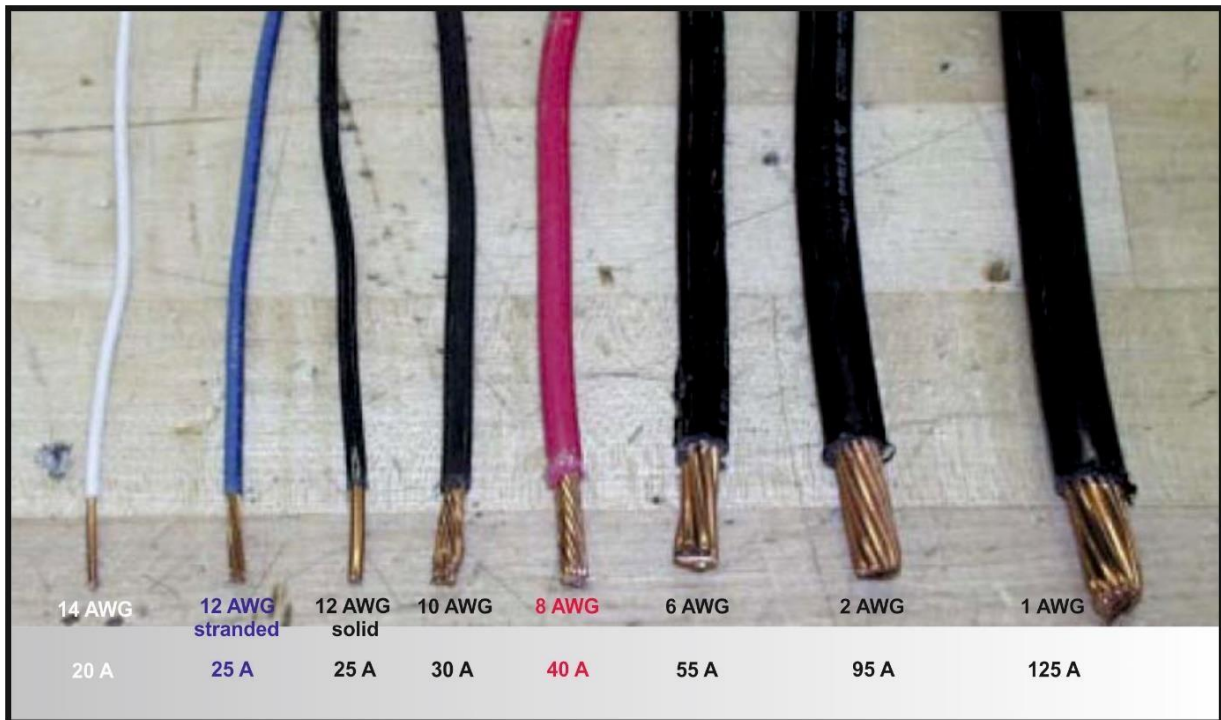
Δρομολογήσεις καλωδίων μέσα από αγωγούς ή σωλήνες, πρέπει να μελετώνται και να θεωρούνται από τον εκάστοτε φορέα πιστοποίησης. Σημειώνεται ότι τα δεματικά και τα στηρίγματα των καλωδίων πρέπει να έχουν εξαιρετικά μεγάλη αντοχή και να μπορούν να δένουν σφικτά τα καλώδια, δίχως να προκαλούν φθορές στα καλύμματά τους. Το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα, οφείλει να είναι αντιδιαβρωτικού τύπου και σε περίπτωση που δεν είναι μεταλλικό, πρέπει να είναι επιβραδυντικό φλόγας. Τέλος, τονίζεται η ανάγκη για αποφυγή ελευθέρωσης κάποιου καλωδίου, κατά το σενάριο πυρκαγιάς.

Στην περίπτωση που πρέπει να εγκατασταθούν καλώδια σε χώρους ψυγείων, θα πρέπει να έχουν μεγάλη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες, να διαθέτουν κάλυμμα από μόλυβδο ή κάλυμμα αντοχής στο κρύο, δε θα πρέπει να είναι ενσωματωμένα στην κατασκευαστική μόνωση θέρμανσης και θα πρέπει να εγκαθίστανται σε απόσταση από τον τοίχο του θαλάμου ή από τα καλύμματα των αεραγωγών. Ο τελευταίος κανόνας μπορεί να παραληφθεί εάν τα καλώδια διαθέτουν φύλλο προστασίας κατά της διάβρωσης.

Σε περιπτώσεις που απαιτούνται καλώδια μονού κλώνου για κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος μεγαλύτερο από 20 A, τα καλώδια πρέπει να είναι οπλισμένα με μη μαγνητικό υλικό, είτε μη οπλισμένα. Επιπροσθέτως, αν τα εν λόγω καλώδια είναι εγκατεστημένα σε σωλήνες ή αγωγούς, καλώδια που ανήκουν στο ίδιο κύκλωμα οφείλουν να εγκατασταθούν στον ίδιο σωλήνα ή αγωγό. Τα δεματικά των καλωδίων θα πρέπει να εμπερικλείουν καλώδια από όλες τις φάσεις ενός κυκλώματος, εκτός αν το υλικό των δεματικών είναι μη μαγνητικό. Στο σενάριο κατά το οποίο δύο ή τρία μονού κλώνου καλώδια δημιουργούν κυκλώματα μίας ή τριών φάσεων, τα καλώδια θα πρέπει να βρίσκονται σε επαφή ή η απόσταση δύο διαδοχικών καλωδίων δε θα πρέπει να ξεπερνάει τη διάμετρο του καλωδίου. Όταν δρομολογούνται καλώδια μονού κλώνου, ονομαστικού ρεύματος μεγαλύτερου των 250 A σε μπουλμέδες, τα καλώδια θα πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο απομακρυσμένα από αυτούς [8,9].

Εν κατακλείδι, τονίζεται ότι δεν πρέπει να εκτελείται τοποθέτηση μαγνητικών υλικών ανάμεσα σε μονού κλώνου καλώδια μιας ομάδας. Εάν τα καλώδια δρομολογούνται μέσα από ατσάλινα ελάσματα, πρέπει όλα τα καλώδια του ίδιου κυκλώματος να δρομολογούνται εντός ενός

ελάσματος, έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ του μαγνητικού υλικού και των καλωδίων να μην είναι λιγότερη από 75 mm.



Σχήμα 4.1: Είδη καλωδίων που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε πλοία, διατομή αυτών και μέγιστο ρεύμα που άγει το κάθε καλώδιο [13]

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ

Για τη γείωση του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ενός πλοίου χρησιμοποιείται μια από τις ακόλουθες κατηγορίες γείωσης:

➤ Συμπαγώς γειωμένο

Τα συμπαγώς γειωμένα συστήματα περιορίζονται στην τροφοδότηση μη κρίσιμων φορτίων, όπως είναι ο γενικός φωτισμός για παράδειγμα. Κατά την περίπτωση χρήσης ενός τέτοιου συστήματος, ο ουδέτερος αγωγός πρέπει να είναι πλήρους μεγέθους, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση λόγω παραμόρφωσης από μη γραμμικά φορτία.

➤ Γειωμένο μέσω αντίστασης (υψηλής ή χαμηλής)

Γείωση μέσω αντίστασης, τέτοιας ώστε η τιμή των μονοφασικών σφαλμάτων προς γη να περιορίζεται έως τα 5A. Τα συστήματα γείωσης υψηλής αντίστασης πρέπει να διαθέτουν διατάξεις για συνεχή παρακολούθηση σφαλμάτων γείωσης.

➤ Γειωμένο μέσω αντίδρασης

Η γείωση μέσω επαγωγικής αντίδρασης υλοποιείται με την σύνδεση τουλάχιστον ενός ουδετέρου στη γη μέσω μιας εκ των ακόλουθων επαγωγικών αντιδράσεων όπως ένα απλό πηνίο ή το πηνίο Petersen.

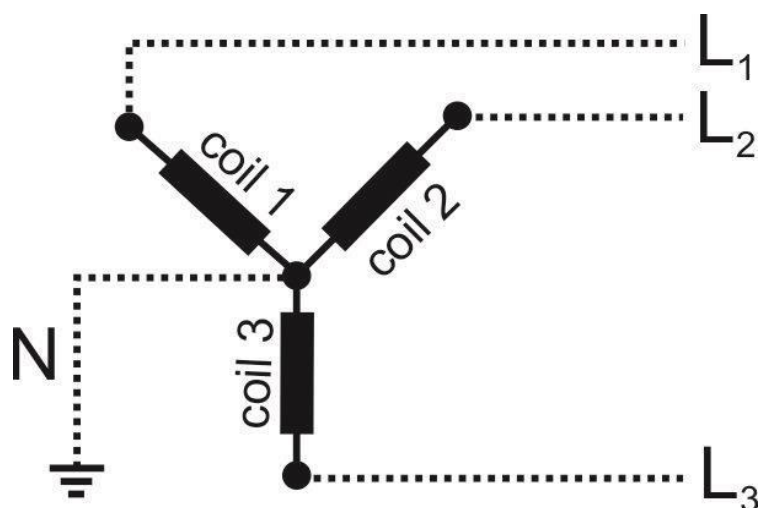
➤ Αγείωτο

Στην κατηγορία αυτή, όλοι οι ρευματοφόροι αγωγοί είναι απόλυτα μονωμένοι από τη γη, κατά μήκος όλου του συστήματος. Ένα αγείωτο σύστημα, οφείλει να εξασφαλίσει με κάποια μέθοδο την ενδελεχή παρακολούθηση των σφαλμάτων γης.

Όποια μέθοδος κι αν επιλεγεί πρέπει να διασφαλίζει:

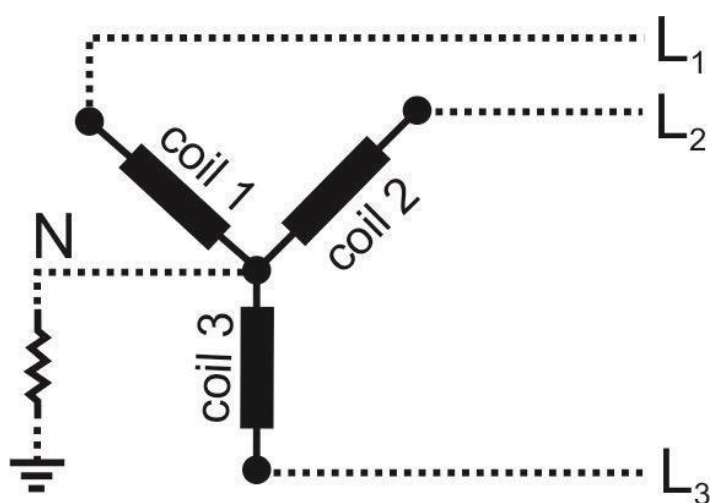
- Τη μείωση των πιθανών μεταβατικών υπερτάσεων.
- Τη συνεχή και αδιάλειπτη τροφοδότηση ισχύος, κυρίως των φορτίων μεγάλης σημαντικότητας του πλοίου, κάτω από συνθήκες μονοφασικού σφάλματος προς γη.
- Την ελαχιστοποίηση της τιμής του ρεύματος βραχυκύκλωσης, που ρέει στο κέλυφος του πλοίου.

Κύριο χαρακτηριστικό της συμπαγούς γείωσης είναι ότι μεγιστοποιεί το ρεύμα σφάλματος, ενώ παράλληλα ελαχιστοποιεί τις υπερτάσεις στις υγιείς φάσεις. Το πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου γείωσης έγκειται στην άμεση ενεργοποίηση του διακοπτικού εξοπλισμού και η εύκολη εύρεση της θέσης σφάλματος.



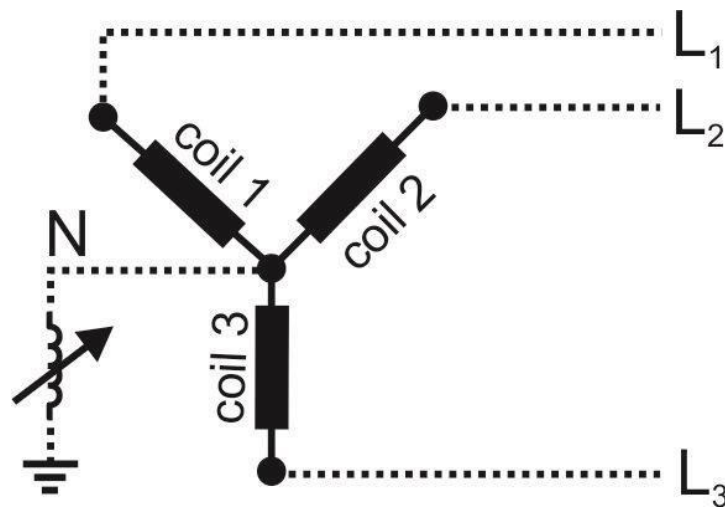
Σχήμα 4.1: Συμπαγώς γειωμένο σύστημα

Η τιμή της εκάστοτε αντίστασης επιλέγεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η κυκλοφορία ρευμάτων του σφάλματος γείωσης. Η χρήση υψηλής αντίστασης συνεπάγεται στη μείωση του ρεύματος σφάλματος σε χαμηλότερα επίπεδα. Συνεπώς, δεν ενεργοποιείται άμεσα η προστασία και έτσι δύναται να διορθωθούν άμεσα τα επιμέρους σφάλματα, χωρίς να επέλθει διακοπή της τροφοδοσίας. Αυτό όμως, προϋποθέτει την ύπαρξη εξειδικευμένου συστήματος, που έχει την ικανότητα να εντοπίζει άμεσα και αποτελεσματική την πηγή του σφάλματος. Έτσι, η συγκεκριμένη μέθοδος γείωσης είναι πιο γρήγορη όσο αφορά τον εντοπισμό και την επίλυση της βλάβης, καθώς επίσης και την αύξηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας του συστήματος.



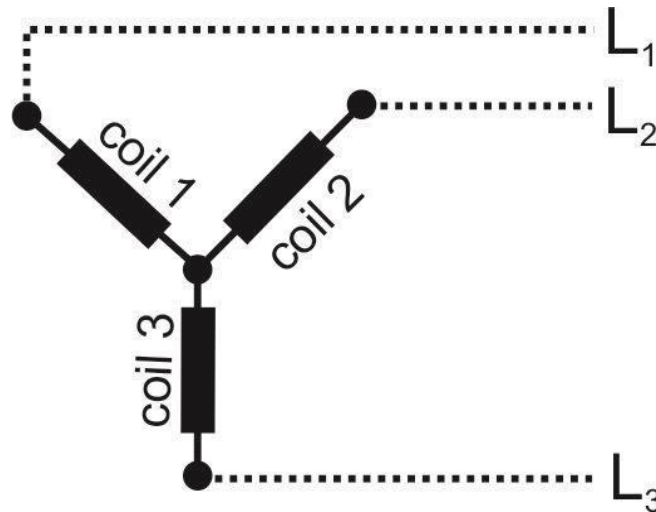
Σχήμα 4.2: Γειωμένο σύστημα μέσω αντίστασης

Η χρήση επαγωγικής αντίδρασης επιλέγεται για την παραγωγή σταθερής αντίστασης στο κύκλωμα.. Η τιμή του πηνίου αποτελεί συνάρτηση του είδους των φορτίων, τα οποία είναι συνδεδεμένα την εκάστοτε χρονική στιγμή, ενώ το κύριο μειονέκτημα του σχεδιασμού αυτού είναι ότι πρέπει να προσαρμόζεται διαρκώς, καθώς διαφορετικά φορτία ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στις περισσότερες γεννήτριες, η συμπαγής γείωση επιτρέπει την ανάπτυξη μεγαλύτερων ρευμάτων σφάλματος γείωσης από αυτήν που μπορούν να αντέξουν τα τυλίγματα της γεννήτριας. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται αντίδραση για να μειωθεί το ρεύμα σφάλματος.



Σχήμα 4.3: Γειωμένο σύστημα μέσω ρυθμιζόμενης αντίδρασης

Στο αγείωτο σύστημα, δεν υφίσταται εκούσια σύνδεση με τη γη. Ένα αγείωτο σύστημα διανομής (με μονωμένο ουδέτερο αγωγό) προτιμάται έναντι ενός γειωμένου συστήματος, με σκοπό να μειωθεί η απώλεια κρίσιμων φορτίων για την ορθή λειτουργία του πλοίου, λόγω σφάλματος γης. Το αγείωτο σύστημα είναι εξαιρετικά ασφαλές όταν δεν υπάρχει δίοδος μεταξύ της φάσης και της γης. Τονίζεται όμως ότι το αγείωτο σύστημα μπορεί να καταστεί εξαιρετικά επικίνδυνο, όταν προκύψει κάποιο μονοφασικό σφάλμα, αφού οι υπόλοιπες φάσεις θα είναι ενεργές, με πιθανή αύξηση της τάσης τους έως και 170%. Το κυριότερο πλεονέκτημα της εν λόγω μεθόδου είναι ότι το ρεύμα σφάλματος είναι εξαιρετικά μικρό και δε δύναται να προκαλέσει πυρκαγιά ή σημαντικές βλάβες. Κύριο μειονέκτημα της μεθοδολογίας που περιεγράφηκε είναι η αδυναμία ταχύτατης εύρεσης πιθανού σφάλματος, καθώς αυτή εκτελείται χειροκίνητα [14].



Σχήμα 4.4: Αγείωτο σύστημα

Γενικότερα, δεν υφίσταται η βέλτιστη μεθοδολογία γείωσης του ουδετέρου, καθώς σε κάθε πλοίο πρέπει να εκπονηθεί μια άκρως αναλυτική μελέτη και να υλοποιηθεί μια ασφαλής εκτίμηση των παραμέτρων ασφαλείας και των περιορισμών που χρειάζεται να ικανοποιηθούν.

Συμπερασματικά λοιπόν, το σύστημα γείωσης πρέπει να επιλεγεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να διασφαλίζεται:

- Η αποτελεσματική λειτουργία του πλοίου, δίχως την ενίσχυση από πηγές ηλεκτρικής ισχύος έκτακτης ανάγκης.
- Η αποτελεσματική λειτουργία του επιμέρους εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για την ασφάλεια του πλοίου τόσο κατά την κανονική λειτουργία του, όσο και κάτω από δυσμενείς συνθήκες.
- Η ασφάλεια των εργαζομένων, αλλά και των επιβατών από ηλεκτρικούς κινδύνους.

4.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Οι πίνακες ελέγχου, αλλά και οι πίνακες διανομής, πρέπει να ευρίσκονται σε σημεία απομακρυσμένα από νερό, ατμούς και σωληνώσεις λαδιού και να είναι εγκατεστημένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι ευκόλως προσβάσιμο κάθε επιμέρους στοιχείο τους, από τον εκάστοτε χειριστή. Ο πίνακας πρέπει να διαθέτει μονωμένες χειρολαβές τόσο στο εμπρός, όσο και στο πίσω μέρος του και καλό θα ήταν μονωμένες σχάρες και χαλιά να τοποθετούνται στο

πάτωμα, αλλά και στους διαδρόμους, περιμετρικά του πίνακα. Παράλληλα πρέπει να παρέχεται αρκετός χώρος μπροστά και πίσω από τους πίνακες ελέγχου, για την εκτέλεση εργασιών επί αυτών. Συνήθως ο διάδρομος που είναι εγκατεστημένος ο πίνακας, πρέπει να έχει πλάτος μεγαλύτερο από 50 cm. Για πολική τάση, που υπερβαίνει την τιμή $V_{DC} = 55 \text{ V}$ ή την τιμή $V_{rms} = 55 \text{ V}$, ο πίνακας πρέπει να καλύπτεται με ένα προστατευτικό κάλυμμα [6].

Η κατασκευή κεντρικών πινάκων ελέγχου για τις κύριες γεννήτριες με συνολική ισχύ μεγαλύτερη από 3 MW απαιτεί την υποδιαίρεση των κεντρικών μπαρών διακλάδωσης σε δύο τουλάχιστον μέρη, τα οποία είναι κανονικά συνδεδεμένα με αποσπώμενες συνδέσεις. Η σύνδεση των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών πρέπει να περιλαμβάνει διαχωριστικά μεταξύ των εξαρτημάτων. Εάν υπάρχουν περισσότερες της μιας ηλεκτρικής γεννήτριας, πρέπει να παρέχεται ένα πίνακας ελέγχου για κάθε γεννήτρια χωριστά και να υφίσταται μεταλλικά χωρίσματα μεταξύ των πινάκων ή κατάλληλα υλικά επιβράδυνσης φωτιάς.

Σημειώνεται επίσης, πώς τα καλώδια των πινάκων πρέπει να είναι μονωμένα, επιβραδυντικά φλόγας και μη υγροσκοπικά. Τα περιβλήματα των πινάκων οφείλουν να παρέχουν στιβαρότητα και αντοχή και τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα πρέπει να είναι άφλεκτα και μη υγροσκοπικά. Τονίζεται πώς τα μονωμένα καλώδια για τον έλεγχο κυκλωμάτων απαγορεύεται να είναι δεμένα με καλώδια των κεντρικών κυκλωμάτων και να βρίσκονται στην ίδια σωλήνωση.

Όσο αφορά τις μπάρες διακλάδωσης, πρέπει να είναι κατασκευασμένες από χαλκό και οι σύνδεσμοι τους από υλικό κατάλληλο που να εμποδίζει τη σκουριά και την οξείδωση. Στο σενάριο της κατανάλωσης του μέγιστου φορτίου η θερμοκρασία στις μπάρες διακλάδωσης δεν πρέπει να ξεπερνά τους 45°C . Τέλος, είναι σημαντικό η μπάρα και οι σύνδεσμοί της να στηρίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχουν την υψηλή ηλεκτρομαγνητική δύναμη κατά την περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Στους πίνακες που αφορούν γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, πρέπει να παρέχεται ο ελάχιστος αριθμός οργάνων που παρουσιάζει ο κάτωθι πίνακας.

Είδος Λειτουργίας	Όργανο	Σύστημα 2 καλωδίων	Σύστημα 3 καλωδίων
Μη παράλληλη	Αμπερόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια (θετικός πόλος)	2 για κάθε γεννήτρια (θετικός και αρνητικός πόλος)
	Βολτόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια	1 για κάθε γεννήτρια
Παράλληλη	Αμπερόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια (θετικός πόλος)	2 για κάθε γεννήτρια
	Βολτόμετρο	2 (γεννήτρια + μπάρα διακλάδωσης)	2

Πίνακας 6: Ελάχιστος αριθμός οργάνων, που πρέπει να παρέχονται σε πίνακες που αφορούν γεννήτριες συνεχούς ρεύματος [15].

Στους πίνακες που αφορούν γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος, πρέπει να παρέχεται ο ελάχιστος αριθμός οργάνων που παρουσιάζει ο κάτωθι πίνακας.

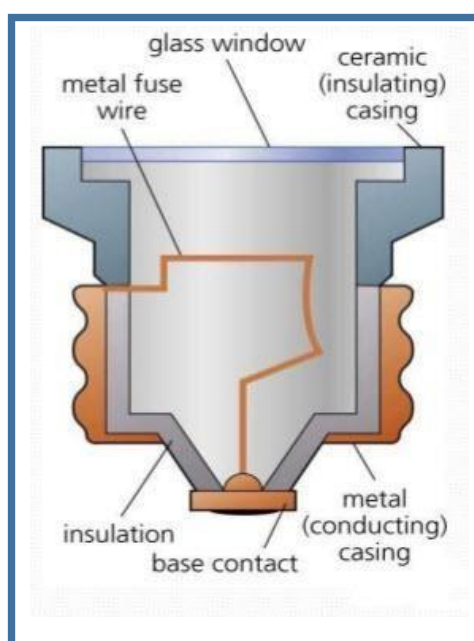
Είδος Λειτουργίας	Όργανο	Σύστημα 2 καλωδίων
Μη παράλληλη	Αμπερόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια (ρεύμα για κάθε φάση)
	Βολτόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια (μέτρηση για κάθε γραμμή τάσης)
	Βαττόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια (παραλείπεται για > 50 kVA)
	Συχνόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια
	Αμπερόμετρο	1 για κάθε κύκλωμα της κάθε γεννήτριας
Παράλληλη	Αμπερόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια (ρεύμα για κάθε φάση)
	Βολτόμετρο	2 (γεννήτρια + μπάρα διακλάδωσης)
	Βαττόμετρο	1 για κάθε γεννήτρια
	Συχνόμετρο	2 (συχνότητα κάθε γεννήτριας και μπάρα διακλάδωσης)
	Αμπερόμετρο	1 για κάθε κύκλωμα της κάθε γεννήτριας
	Συχρονοσκόπιο	1

Πίνακας 7: Ελάχιστος αριθμός οργάνων, που πρέπει να παρέχονται σε πίνακες που αφορούν γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος [15].

4.4 ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ – ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΡΕΛΕ

Η ασφάλεια, περιλαμβάνει ένα μαλακό μεταλλικό αγωγό, για την συνέχιση του ηλεκτρικού κυκλώματος, ο οποίος τήκεται και διακόπτει το κύκλωμα, όταν υπερθερμανθεί εξαιτίας υπερβολικής ροής ρεύματος. Οι ασφάλειες πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με πρότυπο IEC Publication 269-2, γεγονός που μαρτυράει ότι πρέπει να είναι κλειστού τύπου, το περίβλημά τους να είναι ανθεκτικό στη φθορά και την πυρά και τέλος η μόνωση δεν πρέπει να υποβαθμίζεται με τη ροή μετάλλου ή την εκπομπή αερίων, σε περίπτωση που το στοιχείο της ασφάλειας καταστραφεί ολοσχερώς.

Σημασία ζωτικής σημασίας για κάθε είδους ηλεκτρολογικές εργασίες επί πλοίων είναι η καθαρή αναγραφή της ονομαστικής τάσης, του ονομαστικού ρεύματος, της ονομαστικής χωρητικότητας διακοπής και τα χαρακτηριστικά της ασφάλισης, πάνω σε κάθε ασφάλεια. Επιπλέον, θα πρέπει εύκολα να εγκαθίστανται και να αντικαθίστανται χωρίς τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Για την περίπτωση, κατά την οποία οι ασφάλειες και οι ασφαλειοθήκες έχουν τοποθετηθεί σε κανονική λειτουργία και εφαρμόζεται το 100% του ονομαστικού ρεύματος, η αύξηση της θερμοκρασίας στη σύνδεση τερματικών καλωδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τους 45°C, για θερμοκρασία περιβάλλοντος 45 °C. Τέλος, επισημαίνεται ότι κάθε ασφάλεια πρέπει να διακόπτει όλα τα ρεύματα με ένταση, πάνω από την ονομαστική χωρητικότητα διακοπής και πάνω από το ασφαλισμένο ρεύμα.



Σχήμα 4.5: Διαγραμματική απεικόνιση ασφάλειας

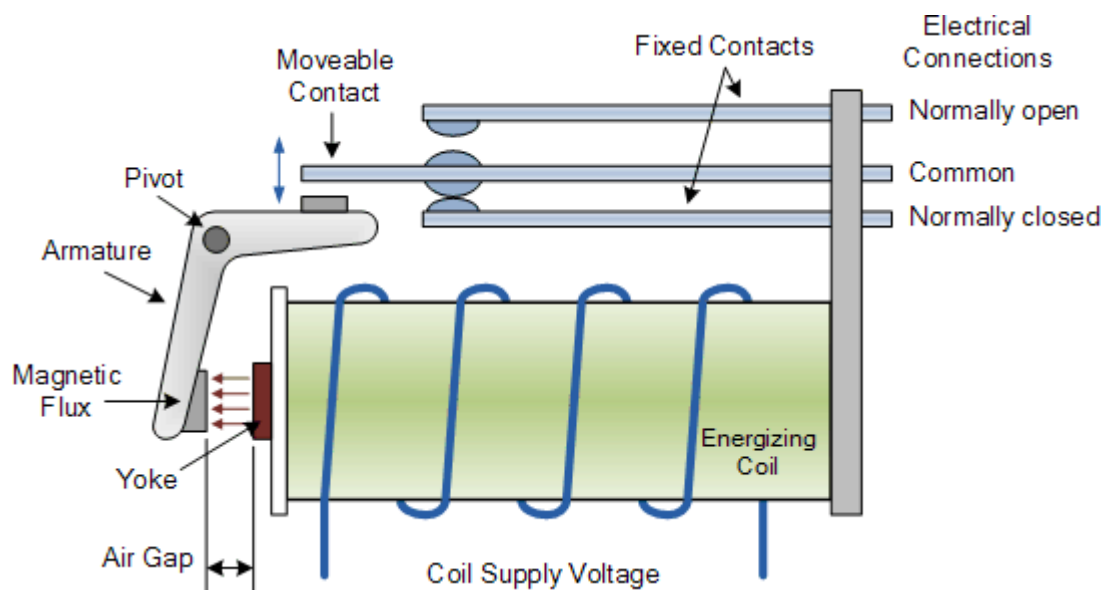
[<https://www.slideshare.net/princechawla391/fuses-and-mcb>]

Αναφορικά με τους διακόπτες των κυκλωμάτων, πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με τα πρότυπα IEC Publication 947-1 και 947-2. Σύμφωνα με τα εν λόγω πρότυπα, ο τύπος των διακοπών πρέπει να είναι ελεύθερης ροής και τα εξαρτήματα ροής πρέπει να έχουν μια τυπική χρονική καθυστέρηση ή/και μια στιγμιαία υπερένταση ροής. Όσο αφορά τις κεντρικές επαφές του διακόπτη κυκλώματος πρέπει να είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να περιορίζεται η ραγδαία διάβρωση και η σφοδρή καύση. Τονίζεται δε, ότι οι συσκευές στιγμιαίας ροής, πρέπει να είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να διαρρέονται πλήρως, ακόμα και κατά την περίπτωση βραχυκυκλώματος. Επιπροσθέτως, οι διακόπτες πρέπει να διαθέτουν κάποιου είδους κλείστρο, ώστε να διασφαλίζει ότι δε θα κλείσουν ή δε θα ανοίξουν, σε περιπτώσεις ισχυρών κραδασμών του πλοίου. Όπως και στην περίπτωση των ασφαλειών, έτσι κι εδώ, σε κάθε διακόπτη πρέπει να αναγράφεται η ονομαστική τάση λειτουργίας του, το ονομαστικό ρεύμα, η ονομαστική χωρητικότητα διακοπής, το ονομαστικό ρεύμα λήψης, καθώς και το ονομαστικό στιγμιαίο ρεύμα. Κάθε διακόπτης, οφείλει να διασφαλίζει ότι σε περίπτωση καταστροφής των ασφαλειών δε θα καταστραφεί κι αυτός. Για την περίπτωση, κατά την οποία εφαρμόζεται το 100% του ονομαστικού ρεύματος, η αύξηση της θερμοκρασίας στη σύνδεση τερματικών καλωδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τους 45°C, για θερμοκρασία περιβάλλοντος 45°C. Ένας άλλος σημαντικός περιορισμός για τους διακόπτες είναι η ασφαλής διακοπή της υπερέντασης, όχι περισσότερο από την ονομαστική χωρητικότητα διακοπής, καθώς και η ασφαλής ρευματοδότηση του κυκλώματος, εγχύνοντας ρεύμα, όχι περισσότερο της ονομαστικής έντασης [10].



Σχήμα 4.6: Ασφάλεια (αριστερά) και ηλεκτρομαγνητικό ρελέ (δεξιά). Στο ηλεκτρομαγνητικό ρελέ είναι ευδιάκριτη η ένδειξη ‘TEST’ για τη δοκιμή του ρελέ [<http://www.polevolt.co.uk>]

Τέλος, όσο αφορά τα ηλεκτρομαγνητικά ρελέ, πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με τα πρότυπα IEC Publication 947-1 και 947-2. Τα ηλεκτρομαγνητικά ρελέ πρέπει να διαθέτουν κάποιου είδους κλείστρο, ώστε να διασφαλίζει ότι δε θα κλείσουν ή δε θα ανοίξουν, σε περιπτώσεις ισχυρών κραδασμών του πλοίου. Όπως και την περίπτωση των διακοπών και ασφαλειών, σε κάθε ηλεκτρομαγνητικό ρελέ πρέπει να αναγράφονται καθαρά κάποια στοιχεία, όπως η ονομαστική τάση λειτουργίας, η ονομαστική τάση λειτουργίας για τον έλεγχο κυκλωμάτων, η χωρητικότητα του ρεύματος διακοπής και η χωρητικότητα του ρεύματος κλειστού κυκλώματος. Τα ηλεκτρομαγνητικά ρελέ οφείλουν να μην ανοίγουν το κύκλωμα από σφάλμα σε τάση, που υπερβαίνει το 85% της ονομαστικής τάσης [10].



Σχήμα 4.7: Διαγραμματική απεικόνιση ηλεκτρομαγνητικού ρελέ [http://www.electronicstutorials.ws/io/io_5.html]

4.5 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

Οι μονοφασικοί μετασχηματιστές άνω του 1 kVA και οι τριφασικοί μετασχηματιστές άνω των 5 kVA, ευρισκόμενοι σε χώρους ενδιαίτησης και σε σταθμούς ελέγχου, οφείλουν να είναι στεγνού τύπου με φυσική ψύξη, ενώ μετασχηματιστές που βρίσκονται σε χώρους μηχανοστασίου πρέπει να είναι εμβαπτισμένοι σε λάδι. Κρίνεται άκρως απαραίτητο οι μετασχηματιστές να διαθέτουν δύο ξεχωριστά τυλίγματα, εκτός των μετασχηματιστών που χρησιμοποιούνται για εκκίνηση των ηλεκτρικών μηχανών. Επίσης, κάθε μετασχηματιστής θα πρέπει να αντέχει δίχως καταστροφή, τα θερμικά και μηχανικά αποτελέσματα του

βραχυκυκλώματος στα τερματικά κάθε τυλίγματος, για 2 sec. Το όριο αύξησης της θερμοκρασίας των επιμέρους εξαρτημάτων των μετασχηματιστών, κατά τη συνεχή λειτουργία τους στην ονομαστική τους έξοδο, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι ίση με 45 °C, δίδεται από τον κάτωθι πίνακα.

Εξαρτήματα	Όριο αύξησης θερμοκρασίας (°C)					
	Μέθοδος Μέτρησης	Μόνωση κλάσης A	Μόνωση κλάσης E	Μόνωση κλάσης B	Μόνωση κλάσης F	Μόνωση κλάσης H
Τυλίγματα (Μ/Σ ξηρού τύπου)	Μέθοδος αντίστασης	55	70	75	95	120
Τυλίγματα (Μ/Σ εμβαπτισμένοι σε λάδι)	Μέθοδος αντίστασης	60	-	-	-	-
Λάδι	Μέθοδος θερμομέτρων	45	45	45	45	45
Πυρήνας	Μέθοδος θερμομέτρων	Δεν παρουσιάζει βλαβερές επιπτώσεις στις κοντινές μονώσεις				

Πίνακας 8: Όριο αύξησης της θερμοκρασίας των επιμέρους εξαρτημάτων των μετασχηματιστών, κατά τη συνεχή λειτουργία τους στην ονομαστική τους έξοδο, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι ίση με 45 °C [15]

4.6 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Στην τρέχουσα παράγραφο περιγράφονται κάποιες βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να εκπληρώνουν οι συσσωρευτές των πλοίων. Τα κελιά των συσσωρευτών, θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η διαρροή του ηλεκτρολύτη με τους κραδασμούς του πλοίου, καθώς και οι εκπομπές οξέων ή αλκαλικών αερίων. Οι αλκαλικοί συσσωρευτές και οι συσσωρευτές οξέων μολύβδου απαγορεύεται να είναι εγκατεστημένοι στο ίδιο διαμέρισμα. Επιπροσθέτως, το εσωτερικό του διαμερίσματος των συσσωρευτών συμπεριλαμβανομένων και των ραφιών, οφείλουν να είναι επικαλυμμένα με κατάλληλη βαφή,

κατά της διάβρωσης και τα κελιά θα πρέπει να τοποθετούνται σε πλήρως απομονωτικά στηρίγματα. Επιπλέον, κατά το σενάριο στο οποίο χρησιμοποιείται κάποιου είδους οξύ για ηλεκτρολύτης, πρέπει να παρέχεται ένας δίσκος από υλικό αντοχής στο οξύ, κάτω από τα εκάστοτε κελιά.

Σημαντική διεργασία επί των συσσωρευτών, αποτελεί η εγκατάσταση ανεξάρτητου συστήματος εξαερισμού. Στην περίπτωση του φυσικού εξαερισμού, οι αγωγοί πρέπει να δρομολογούνται από την οροφή του διαμερίσματος εγκατάστασης απευθείας στον αέρα και κανένα μέρος των αγωγών δε θα πρέπει να παρουσιάζει γωνία κλίσης μεγαλύτερη των 45° . Εάν ο φυσικός εξαερισμός είναι μη εφαρμόσιμος, οφείλει να παρέχεται μηχανικός εξαερισμός κατάλληλα κατασκευασμένος, ώστε να εκμηδενίζεται η πιθανότητα δημιουργίας σπίθας, όταν η πτερωτή αγγίζει το κάλυμμα του ανεμιστήρα.

Στο διαμέρισμα των μπαταριών, πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση ασφαλειών, διακοπών και λοιπών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, όπως επίσης και η δρομολόγηση καλωδίων. Απαραίτητη κρίνεται η ύπαρξη ικανού εξοπλισμού για τη φόρτιση των συσσωρευτών, με επιπλέον παροχή προστασίας αντιστρόφου ρεύματος. Όταν το εκάστοτε φορτίο τροφοδοτείται από συσσωρευτή ενώ αυτός βρίσκεται σε φόρτιση, η μέγιστη τάση του συσσωρευτή δεν πρέπει να ξεπερνά την ασφαλή τάση της κάθε συνδεδεμένου φορτίου [10].

4.7 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Όσο αφορά τις εγκαταστάσεις υψηλής τάσεως πρέπει να είναι αρκούντως προστατευμένες, ώστε ο εκάστοτε χειριστής να μη έρχεται σε επαφή με τα ηλεκτροφόρα μέρη του εξοπλισμού και πρέπει να φέρουν ειδική σήμανση, ώστε να είναι εύκολα ορατές και αναγνωρίσιμες. Επιτακτική είναι η παροχή μέτρων πρόληψης της υγρασίας στο εσωτερικό των εγκαταστάσεων υψηλής τάσης. Στην περίπτωση τριφασικών γεννητριών, με γειωμένο ουδέτερο, πρέπει να παρέχεται μέσο αποσύνδεσης του ουδέτερου από τη γείωση, ώστε να μπορεί εύκολα να αποσυνδεθεί για συντήρηση ή επισκευή. Επίσης, τα τυλίγματα του στάτη της γεννήτριας, πρέπει να έχουν τα άκρα των φάσεων τους σε ένα τερματικό κουτί. Στους κινητήρες πρέπει να παρέχονται συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας των τυλιγμάτων του στάτη.

Γενικότερα, τερματικά υψηλής τάσεως δεν πρέπει να συνδυάζονται με τερματικά χαμηλής τάσης στο ίδιο κουτί. Σε περιπτώσεις που ο εξοπλισμός υψηλής τάσεως είναι εγκατεστημένος σε ειδικούς χώρους, αλλά δε διαθέτει προστατευτικό κάλυμμα, οι θύρες πρόσβασης οφείλουν να είσαι ασφαλισμένες με μηχανισμό κλειδώματος, μέχρι να απομονωθεί η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και να επέλθει γείωση του εξοπλισμού. Σημειώνεται επίσης, ότι πρέπει να παρέχεται μια επαφή γείωσης σαν επέκταση σε όλους τους πίνακες ελέγχου και διανομής υψηλής τάσης και οι κεντρικοί πίνακες ελέγχου των διατάξεων υψηλής τάσης οφείλουν να είναι τμηματοποιημένοι σε δύο επιμέρους ζώνες, για να καθίσταται δυνατή η λειτουργία του εξοπλισμού και των υψηλής σημαντικότητας συσκευών, ακόμα και υπό την εμφάνιση βλάβης. Ζωτικής σημασίας κρίνεται η ύπαρξη διακοπών και ασφαλειών κυκλωμάτων, που δύναται να αντικατασταθούν εύκολα, όπως και η ύπαρξη εξοπλισμού μηχανικού κλειδώματος στα άκρα αυτών, στις αποσυνδεδεμένες θέσεις. Οι σταθερές επαφές στις υπό αντικατάσταση ή επισκευή ασφάλειες και διακόπτες πρέπει να είναι εγκατεστημένες με τέτοιο τρόπο, ώστε τα σημεία που διαρρέονται από ρεύμα να καλύπτονται αυτόματα [19].

Όσο αφορά τις συσκευές προστασίας των εγκαταστάσεων υψηλής τάσης, οι ασφάλειες δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ποτέ για προστασία υπερφόρτωσης. Τόσο στις γεννήτριες, όσο και στους κινητήρες, πρέπει να παρέχεται ικανοποιητική προστασία από υπέρταση. Ασφάλειες κυκλώματος, πρέπει να είναι εγκατεστημένες στο πρωτεύον και στο δευτερεύον κάθε μετασχηματιστή, για προστασία από πιθανό βραχυκύκλωμα. Άκρως απαραίτητη κρίνεται η ύπαρξη μηχανισμού περιορισμού του ρεύματος σε κάθε μετασχηματιστή, ώστε να προλαμβάνεται η υπερβολική πτώση τάσης του συστήματος, κατά την ενεργοποίηση των μετασχηματιστών.

Τέλος, τονίζεται ότι τα υψηλής τάσης καλώδια πρέπει απαραίτητα να φέρουν μεταλλικό οπλισμό και να προστατεύονται από μεταλλικούς αγωγούς, καθ' όλο το μήκος τους. Τα υψηλής τάσης καλώδια, πρέπει να είναι εγκατεστημένα, σε όσο μεγαλύτερη απόσταση δύναται από χαμηλότερης τάσης καλώδια και να μην δρομολογούνται από χώρους που εμφανίζουν υψηλή πιθανότητα ύπαρξης μηχανικής βλάβης και χώρους διανομής [10].

4.8 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Οι βάσεις των λαμπτήρων πρέπει να είναι κατασκευασμένες από μη υδροσκοπικά υλικά, επιβραδυντικά φλόγας ή/και άφλεκτα υλικά και σύμφωνα με το πρότυπο IEC Publication 92. Τα περιβλήματα των λαμπτήρων πρέπει να είναι φτιαγμένα από μέταλλο, γυαλί ή συνθετικό υλικό και να παρέχουν άρτια θερμική, χημική και μηχανική αντοχή. Τα συνθετικά περιβλήματα που υποστηρίζουν ηλεκτροφόρα μέρη, οφείλουν να είναι κατασκευασμένα από επιβραδυντικά φλόγας υλικά. Λαμπτήρες που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε μηχανοστάσιο, πρέπει να παρέχονται με κατάλληλα μεταλλικά κουτιά, ώστε να προστατεύονται έναντι των πιθανών μηχανικών βλαβών.

Στην περίπτωση των λαμπτήρων φθορισμού, δεν πρέπει οι αντιδραστήρες και οι πυκνωτές να στηρίζονται σε μέρη που αναπτύσσουν υψηλή θερμοκρασία και κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση μετασχηματιστών, όσο δύναται πλησιέστερα στον αντίστοιχο λαμπτήρα αποφόρτισης [17].

4.9 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΕΚΡΗΞΗ

Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός προστασίας από έκρηξη, οφείλει να παρέχει άκρως ικανοποιητική χημική, θερμική, μηχανική και ηλεκτρική αντοχή, στις ραγδαία εξελισσόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και στα εύφλεκτα αέρια. Τα περιβλήματα και τα εξαρτήματα ηλεκτρικών συσκευών, πρέπει να είναι κατασκευασμένα από υλικά που μειώνουν τους κινδύνους σπίθας από τριβή ή επαφή και να διαθέτουν προστατευτικό κάλυμμα. Σημειώνεται δε, πως οι ενώσεις των μονώσεων που εφαρμόζονται σε «γυμνά» ηλεκτροφόρα μέρη πρέπει να είναι επιβραδυντικές φλόγας. Οι γυάλινες επιφάνειες των λαμπτήρων και τα παράθυρα επιθεώρησης του ηλεκτρικού εξοπλισμού πρέπει να είναι «πυρίμαχου τύπου» ή «τύπου αυξημένης προστασίας» και πρέπει να διαθέτουν ισχυρή μεταλλική προστασία. Επιπροσθέτως, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός προστασίας από έκρηξη, πρέπει να αναγράφει καθαρά το είδος και τον τύπο των αερίων που δύναται να αντέξει.

Όσο αφορά τον αυξημένης προστασίας ηλεκτρικό εξοπλισμό, τα καλύμματα που χρησιμοποιούνται στον εν λόγω τύπο προστασίας, πρέπει να είναι κατασκευασμένα από μη υδροσκοπικά υλικά, επιβραδυντικά φλόγας και παράλληλα στεγανοποιημένα πλήρως. Τα

κουτιά διακλάδωσης του συστήματος με αυξημένη προστασία, οφείλουν να είναι κεκαλυμμένα από μονωτική ένωση.

Η σύνδεση μεταξύ υποσυστημάτων απόλυτης προστασίας με συστήματα μη απόλυτα προστατευόμενα υποσυστήματα, πρέπει να υλοποιείται μέσω εξαρτημάτων κατασκευασμένων με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν και να διασφαλίζουν τα χαρακτηριστικά της απόλυτης προστασίας και να είναι γειωμένα και μεταλλικά. Τα κυκλώματα τροφοδοσίας με απόλυτη προστασία, οφείλουν να είναι συνδεδεμένα με την εκάστοτε πηγή, με τρόπο που εγγυάται την ασφαλή λειτουργία της μπάρας διασύνδεσης.

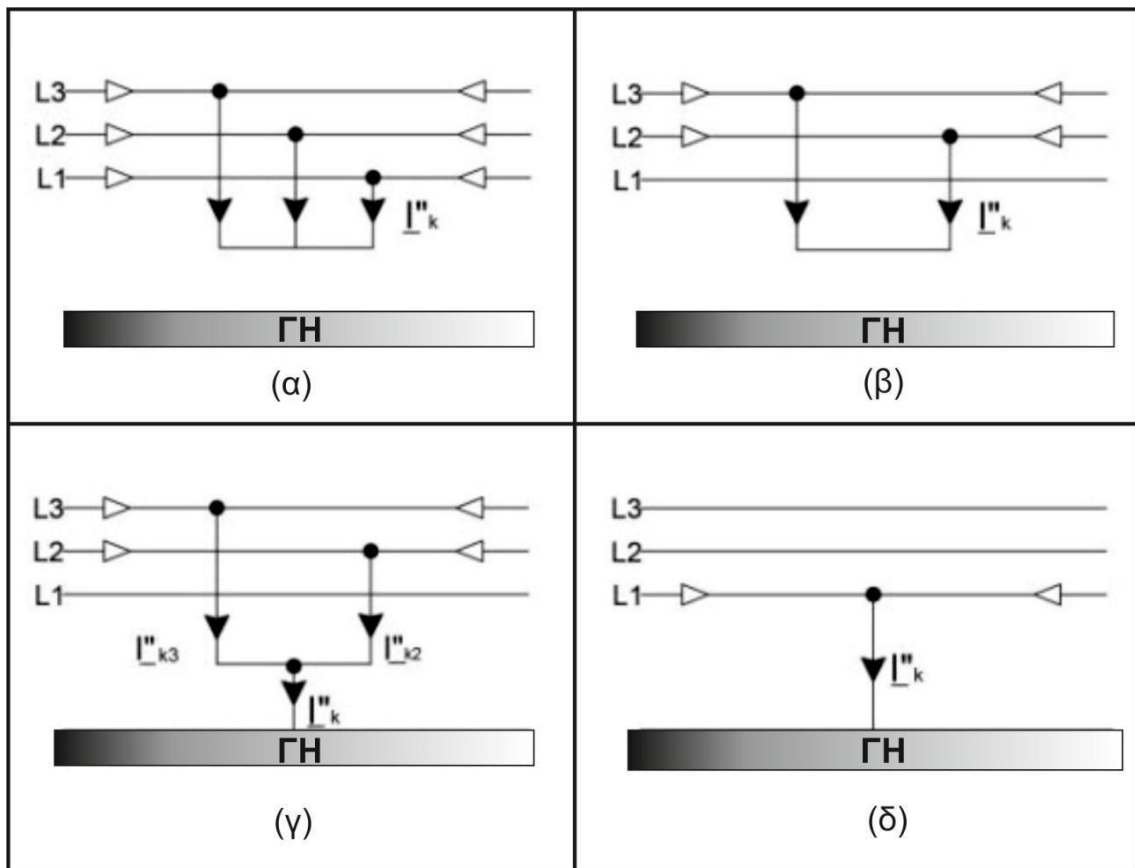
Τέλος, όταν χρησιμοποιείται αέρας σαν συμπιεσμένο μέσο, για την προστασία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, η ροή εισαγωγής του οφείλει να γίνεται σε ασφαλή χώρο. Απαραίτητη κρίνεται και η αυτόματη αποσύνδεση των συμπιεσμένου τύπου προστασίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων από την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, κατά το σενάριο που μειώνεται ραγδαία η πίεση στο εσωτερικό τους [17].

4.10 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ENANTI ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χρίζουν προστασίας από βραχυκυκλώματα κυρίως σε σημεία που εμφανίζεται ηλεκτρική ασυνέχεια. Ως σημείο ασυνέχειας, κρίνεται ένα σημείο στο οποίο υπάρχει αλλαγή στη διατομή του αγωγού. Σε κάθε επίπεδο της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, πρέπει να υπολογίζεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης ώστε να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που απαιτούνται για τη διακοπή του ρεύματος σφάλματος. Τα στοιχεία που προστατεύουν το κύκλωμα από βραχυκύκλωμα και το διακόπτουν όταν ανιχνεύσουν υψηλές εντάσεις ρευμάτων είναι οι ασφάλειες και οι διακόπτες ισχύος.

Τα βραχυκυκλώματα διαχωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως για παράδειγμα σε συμμετρικά και μη-συμμετρικά. Συμμετρικό καλείται ένα βραχυκύκλωμα, όταν λόγω κάποιας βλάβης έχουν έρθουν σε επαφή μεταξύ τους και οι τρεις φάσεις του συστήματος, ενώ μη-συμμετρικό καλείται ένα βραχυκύκλωμα στο οποίο εμπλέκεται μια ή δύο φάσεις. Σχετικά με το σημείο στο οποίο εμφανίζονται μπορούν να διακριτοποιηθούν περαιτέρω σε εσωτερικά ή εξωτερικά ως προς την εκάστοτε ηλεκτρική μηχανή ή ηλεκτρικό πίνακα. Επιπροσθέτως, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως προς το σημείο γέννησης της βλάβης, αν προέρχονται

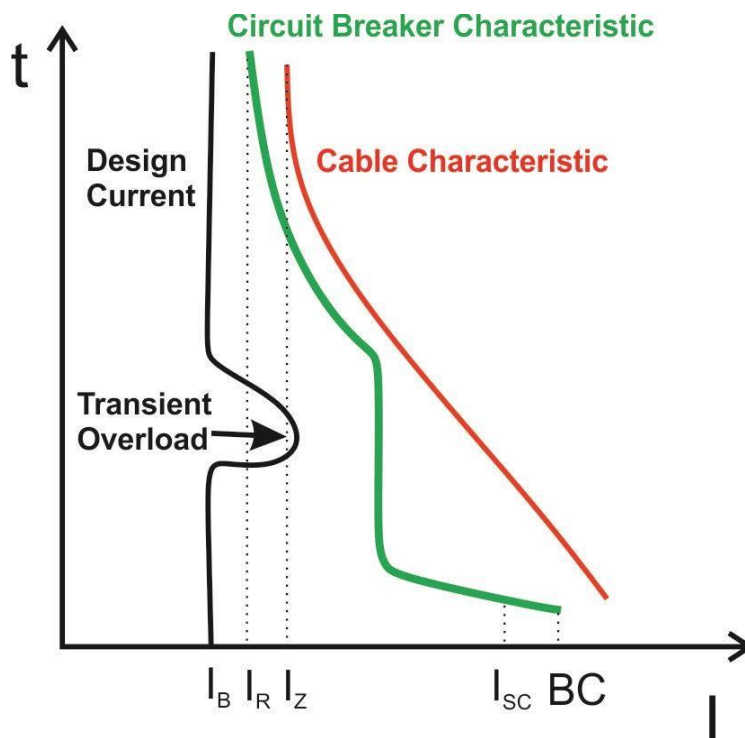
δηλαδή από αστοχίες μηχανολογικής φύσεως, από εσωτερικές υπερτάσεις ή από φθορά της μόνωσης του εξοπλισμού. Τέλος, μπορούν να διακριτοποιηθούν σε μονοφασικά, διφασικά ή τριφασικά ανάλογα με τις εμπλεκόμενες φάσεις.



Σχήμα 4.8: Διακριτοποίηση βραχυκυκλωμάτων ως προς τις εμπλεκόμενες φάσεις. (α) Τριφασικό βραχυκύκλωμα, (β) Διφασικό βραχυκύκλωμα, (γ) Διφασικό βραχυκύκλωμα με γείωση και (δ) μονοφασικό βραχυκύκλωμα με γείωση [7].

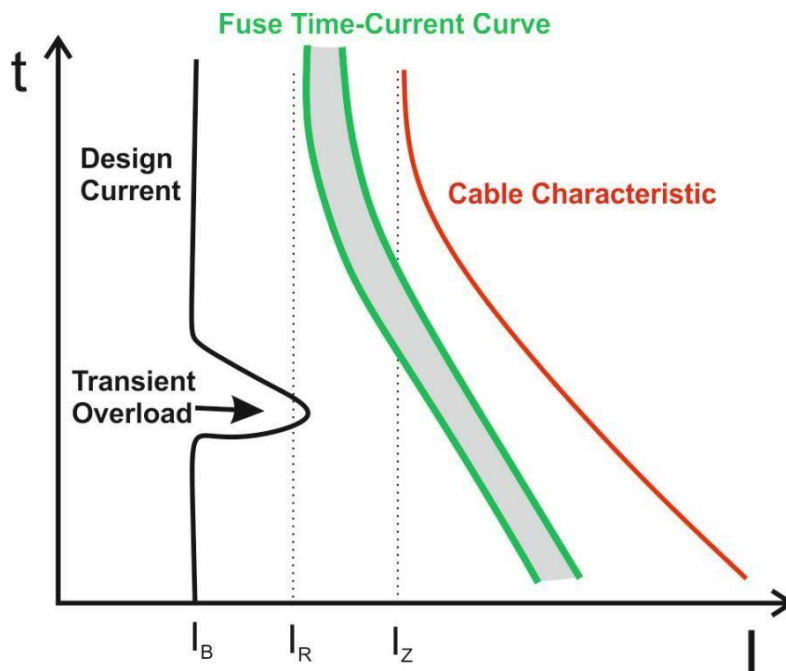
Ο προσδιορισμός των παραμέτρων των στοιχείων προστασίας, γίνεται μέσω της εύρεσης του μέγιστου και του ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης. Το πρώτο, μαρτυράει σφάλματα γειτονικά των ακροδεκτών του στοιχείου προστασίας και οφείλει να υπολογίζεται επακριβώς. Μέσω της τιμής του μέγιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης προσδιορίζονται σημαντικές παράμετροι όπως, η ικανότητα διακοπής του ρεύματος βραχυκύκλωσης των διακοπών, η ικανότητα να κλείσουν οι επαφές του διακόπτη σε συνθήκες βραχυκυκλώματος και η ικανότητα ηλεκτροδυναμικής ανοχής των καλωδίων και των διακοπών [7].

Το ελάχιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης υποδεικνύει σφάλματα στο τέλος της γραμμής. Ο υπολογισμός του ρεύματος αυτού εκτελείται ώστε να προσδιοριστούν οι χαρακτηριστικές χρόνου-ρεύματος για διακόπτες και ασφάλειες σε περιπτώσεις, που τα καλώδια είναι μεγάλου μήκους, η αντίσταση της πηγής είναι σχετικά μεγάλη και το σύστημα είναι αγείοτο ή γειωμένο μέσω του ουδετέρου. Διαδικασία ζωτικής σημασίας αποτελεί η αντίδραση του συστήματος προστασίας βραχυκύκλωσης, για οποιοδήποτε ρεύμα βραχυκύκλωσης σε χρόνο αρκετά μικρότερα από το χρόνο που δύναται να αντέξει το εκάστοτε καλώδιο στις θερμικές καταπονήσεις.



Σχήμα 4.9: Προστασία κυκλώματος, μέσω διακόπτη [7]

Στο άνωθεν σχήμα, παρουσιάζεται η διαδικασία προστασίας κυκλώματος, μέσω διακόπτη. Όπου I_B το ρεύμα κανονικής λειτουργίας, I_R το ονομαστικό ρεύμα της γεννήτριας, I_Z το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα σε κανονική λειτουργία, I_{SC} το ρεύμα βραχυκύκλωσης μόνιμης κατάστασης και BC η ικανότητα διακοπής. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαδικασία προστασίας κυκλώματος, μέσω ασφάλειας.



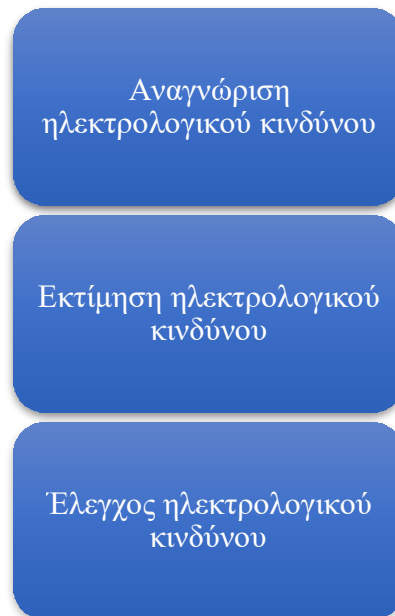
Σχήμα 4.10: Προστασία κυκλώματος, μέσω ασφάλειας [7]

Κάποιες φορές συγχέεται η έννοια της υπερφόρτισης με αυτή της υπερέντασης, δηλαδή του βραχυκυκλώματος. Ως υπερφόρτιση καλείται η υπέρβαση του ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας κατά 20% περίπου, ενώ στο βραχυκύκλωμα η υπέρβαση του ονομαστικού ρεύματος λειτουργίας είναι της τάξεως του 200%. Η ονομαστική ένταση ρεύματος διακοπής των διακοπτικών στοιχείων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος, ειδάλλως η διακοπή δε θα είναι επιτυχημένη και θα προκύψει σφοδρή βλάβη στο κύκλωμα, αλλά και καταστροφή του εκάστοτε διακοπτικού στοιχείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΕΤΡΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

5.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Το μοντέλο ασφαλείας αποτελείται από τρία επιμέρους στάδια. Την αναγνώριση, την εκτίμηση και τον έλεγχο των πιθανών ηλεκτρολογικών κινδύνων. Η ασφάλεια είναι συνάρτηση του σκεπτικού εκτέλεσης της εργασίας, καθώς και των μεθόδων εφαρμογής για την εξάλειψη των εν λόγω κινδύνων. Το εν λόγω μοντέλο προσφέρει περισσότερη ασφάλεια, καθώς με την εκτίμηση της εκάστοτε κατάστασης και τον υπολογισμό των δυσμενών ενδεχομένων, παρέχεται έλεγχος επί αυτών και δημιουργείται μεγάλη πιθανότητα αποφυγής σφοδρών ατυχημάτων.



Σχήμα 5.1: Μοντέλο ασφαλείας ηλεκτρολογικών εργασιών επί πλοίων

Το πρώτο στάδιο του μοντέλου ασφαλείας είναι η διαδικασία της αναγνώρισης των κινδύνων. Η αναγνώριση είναι το πρώτο βήμα για την αποφυγή των κινδύνων. Μια καλή τεχνική αναγνώρισης είναι η συζήτηση των κινδύνων με τους συναδέλφους και να σχεδιάζεται από κοινού ένα σωστό πλάνο αντιμετώπισης. Συν τοις άλλοις, η συζήτηση μπορεί να επιφέρει στην επιφάνεια κινδύνους, που κάποιος εργαζόμενος μπορεί να έχει παραβλέψει. Οι αποφάσεις για το κλείδωμα-απομόνωση και την επισήμανση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και συσκευών

οφείλουν να εκτελεστούν στο τρέχον στάδιο, παράλληλα με τον πλήρη σχεδιασμό των ενεργειών που πρέπει να ληφθούν.

Το δεύτερο στάδιο του μοντέλου ασφάλειας έγκειται στην εκτίμηση των κινδύνων. Στο επίπεδο αυτό εκτιμάται η πιθανότητα τραυματισμού, καθώς και ο βαθμός σοβαρότητας του κάθε κινδύνου. Όταν δεν γίνεται πλήρης εκτίμηση του κινδύνου, υλοποιείται λανθασμένη εκτίμηση της πιθανότητας τραυματισμού. Ενδελεχής έλεγχος πρέπει να γίνεται σε κάθε χώρο εργασίας του πλοίου, συνεχώς.

Στο τρίτο στάδιο του μοντέλου ασφαλείας περιέχεται ο έλεγχος των πιθανών ηλεκτρολογικών κινδύνων. Μόλις οι ηλεκτρολογικοί κίνδυνοι αναγνωριστούν και εκτιμηθούν, πρέπει να ληφθούν στο ακέραιο τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης. Ο έλεγχος των ηλεκτρολογικών συνθηκών υλοποιείται με τη δημιουργία ενός άκρως ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας και κατόπιν μέσω χρήσης ασφαλών πρακτικών εργασίας. Με τους τρόπους αυτούς, μειώνεται ο κίνδυνος τραυματισμού ή θανάτου.

Στις επόμενες παραγράφους, παρουσιάζονται συνοπτικά οι συνηθέστεροι τύποι κινδύνων στα πλοία και οι πρακτικές ασφαλούς λειτουργίας επί αυτών [1].

5.1.1 Κίνδυνοι από ανεπαρκείς καλωδιώσεις

Ένας κίνδυνος που μπορεί να προκύψει από το ηλεκτρικό ρεύμα είναι, όταν το καλώδιο είναι μικρής διατομής σχετικά με την ποσότητα του ρεύματος που χρειάζεται να μεταφέρει. Η κατάσταση αυτή συνήθως οδηγεί σε υπερθέρμανση του καλωδίου, καθώς αυτό μεταφέρει περισσότερο ρεύμα από αυτό που σχεδιάστηκε να μεταφέρει, συνεπώς είναι πιθανή η πρόκληση πυρκαγιάς. Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται επεκτάσεις συνδέσεων, ίσως η διατομή του καλωδίου της να είναι αρκετά συγκριτικά με τη συσκευή που πρόκειται να τροφοδοτήσει. Μπορεί μεν η ηλεκτρική ασφάλεια του πίνακα να είναι η κατάλληλη για το κύκλωμα στο οποίο τοποθετήθηκε, αλλά να μην είναι κατάλληλη για το μέγεθος του καλωδίου της επέκτασης. Ηλεκτρικοί κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν και από το είδος των μετάλλων που χρησιμοποιούνται ως αγωγοί. Οι τρόποι προστασίας καλωδίωσης περιεγράφηκαν λεπτομερώς στην ενότητα 4.2.

5.1.2 Κίνδυνοι από εκτεθειμένα ηλεκτρολογικά τμήματα

Ηλεκτρολογικοί κίνδυνοι εμφανίζονται κατά την περίπτωση ύπαρξης εκτεθειμένων καλωδίων ή λοιπών ηλεκτρικών τμημάτων. Σε περίπτωση ανοίγματος ενός ηλεκτρολογικού πίνακα καλώδια, αλλά και λοιπά εξαρτήματα βρίσκονται εκτεθειμένα. Ακροδέκτες, αλλά και εξοπλισμός με ελλιπή ή φθαρμένη μόνωση είναι εκτεθειμένοι. Ηλεκτρικοί κινητήρες και ηλεκτρονικές συσκευές μπορεί να είναι εκτεθειμένοι. Εκτεθειμένα ηλεκτρολογικά τμήματα εντοπίζονται συνήθως σε παλιό εξοπλισμό. Η επαφή με υπό τάση εκτεθειμένα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα συνεπάγεται με βεβαιότητα ηλεκτροπληξία.

5.1.3 Κίνδυνοι από ελαττωματικές μονώσεις

Υψηλός ηλεκτρικός κίνδυνος εντοπίζεται σε ελαττωματικές ή ανεπαρκείς μονώσεις. Ως επί το πλείστον, ένα πλαστικό ή ελαστικό κάλυμμα μονώνει τα σύρματα, εμποδίζοντας τους αγωγούς να έλθουν σε επαφή ο ένας με τον άλλον, αλλά και εμποδίζοντας την επαφή των αγωγών με τον ανθρώπινο οργανισμό. Οι προεκτάσεις, εμφανίζουν συνήθως ελαττωματική μόνωση, λόγω φθοράς. Σύνηθες είναι το φαινόμενο της ελαττωματικής μόνωσης εντός των ηλεκτρικών εργαλείων ή εντός ορισμένων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων. Κίνδυνοι από ελαττωματικές μονώσεις εντοπίζεται συνήθως και σε παλαιά ηλεκτρικά εργαλεία χειρός. Η επαφή με ηλεκτρικά εργαλεία ή άλλο εξάρτημα με ελαττωματική μόνωση, συνεπάγεται ηλεκτροπληξία. Μεγαλύτερη πιθανότητα ηλεκτροπληξίας εμφανίζεται σε εργαλεία ή εξαρτήματα που δεν είναι γειωμένα ή δεν είναι διπλής μόνωσης.

5.1.4 Κίνδυνοι από εσφαλμένες γειώσεις

Η συνηθέστερη αιτία ατυχημάτων επί ηλεκτρολογικών εργασιών στα πλοία είναι η ακατάλληλη γείωση μιας ηλεκτρικής συσκευής ή ενός κυκλώματος. Τα μεταλλικά μέρη ενός ηλεκτρικού συστήματος, με τα οποία έρχεται σε επαφή το ανθρώπινο σώμα, όπως για παράδειγμα διακόπτες και καλωδιώσεις, πρέπει να είναι γειωμένα. Σε περίπτωση που το σύστημα δεν είναι καταλλήλως γειωμένο, τα εν λόγω τμήματα μετατρέπονται σε ενεργά. Μεταλλικά τμήματα κινητήρων συνδεδεμένα σε ακατάλληλα γειωμένα κυκλώματα μπορεί να βρεθούν υπό τάση. Στο σενάριο κατά το οποίο ένα κύκλωμα δεν είναι γειωμένο ορθώς, μια πιθανή διαρροή ρεύματος, δε δύναται να αντιμετωπιστεί με ασφάλεια. Η μη ύπαρξη ασφαλούς διαδρομής προς το έδαφος, συνεπάγεται την ενεργοποίηση των εκτεθειμένων αγωγίμων τμημάτων των μη ασφαλών συσκευών.

5.1.5 Κίνδυνοι από υπερφόρτωση

Σε περίπτωση που ένας μεγάλος αριθμός καταναλωτών συνδεθεί σε ένα κύκλωμα θα επέλθει ραγδαία αύξηση της θέρμανσης των καλωδίων. Το γεγονός αυτό λαμβάνει χώρα, διότι τα καλώδια και γενικότερα τα εξαρτήματα ενός ηλεκτρικού συστήματος χαρακτηρίζονται από ένα μέγιστο ποσό ηλεκτρικού ρεύματος που είναι ικανά να μεταφέρουν με ασφάλεια. Η υπερθέρμανση των καλωδίων μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά με μεγάλη πιθανότητα. Σε περίπτωση που επέλθει καταστροφή των μονώσεων των καλωδίων, ηλεκτρικό τόξο είναι δυνατόν να δημιουργηθεί, το οποίο με τη σειρά του μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά. Για την αποφυγή υπερφορτώσεων, εγκαθίστανται ασφάλειες στα κυκλώματα ασφαλείας. Όταν η ένταση του ρεύματος ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο κατώφλι, η ασφάλεια ενεργοποιείται, ανοίγοντας το κύκλωμα και διακόπτοντας τη ροή του ρεύματος. Χρίζει προσοχής το μέγεθος των χρησιμοποιούμενων ασφαλειών, διότι σε περίπτωση που οι ασφάλειες είναι μεγάλες συγκριτικά με τα καλώδια τα οποία προστατεύουν, δεν θα εντοπιστεί η υπερφόρτωση στο κύκλωμα και το ρεύμα δε θα διακοπεί.

5.1.6 Κίνδυνοι από εργασία σε υγρές συνθήκες

Η εργασία σε υγρές περιβαλλοντικές συνθήκες γεννάει σφοδρούς κινδύνους. Οι εργαζόμενοι σε ανάλογες συνθήκες μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε μια αγωγίμη διαδρομή για το ηλεκτρικό ρεύμα, υπό αυτές τις συνθήκες. Ακόμα και με άρτια παρεχόμενη γείωση, εάν ο εργαζόμενος έρθει σε επαφή με νερό για παράδειγμα και αγγίξει ένα ενεργό ηλεκτρολογικό εξάρτημα θα πληγεί από ηλεκτροπληξία με βεβαιότητα.

Ακατάλληλα γειωμένοι μεταλλικοί διακόπτες και φωτιστικά είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα σε υγρές συνθήκες. Σε περίπτωση που ο εργαζόμενος έλθει σε επαφή με ένα τέτοιο εξάρτημα, εμφανίζεται μεγαλύτερη πιθανότητα να πάθει ηλεκτροπληξία, αν πατάει σε υγρό. Παράλληλα με το υγρό έδαφος, η υψηλή υγρασία, η εφίδρωση, το άγχος και τα υδαρά ρούχα αυξάνουν κατακόρυφα την πιθανότητα ηλεκτροπληξίας.

5.1.7 Εκτίμηση κινδύνων

Αφού γίνει η αναγνώριση των κινδύνων, έπεται η εκτίμηση της επικινδυνότητας. Η επικινδυνότητα πρέπει να εκτιμάται ενδελεχώς και πρέπει να προβλέπεται ο συνδυασμός αλυσιδωτών κινδύνων. Για παράδειγμα, μια φθαρμένη μόνωση και ένα χαλασμένο εργαλείο

έχουν σημαντική επικινδυνότητα και η εργασία επί αυτών κρίνεται απαγορευτική. Η εκτίμηση των κινδύνων είναι κομβικό βήμα για την εκτέλεση της σωστής ενέργειας και τη λήψη ορθών αποφάσεων για τη διατήρηση της ασφάλειας. Ο εκάστοτε μηχανικός οφείλει να αξιολογεί τις ενδείξεις, ώστε να επιβληθεί επί του κινδύνου και να έχει κατά νου την κάτωθι λίστα καταστάσεων που μαρτυρούν την ύπαρξη βασικών κινδύνων:

- Εάν «πέσουν» κάποιες ασφάλειες, είναι δείγμα ότι το κύκλωμα διαρρέεται από εξαιρετικά μεγάλη ποσότητα ρεύματος. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε πληθώρα παραγόντων, όπως το βραχυκύκλωμα για παράδειγμα και πρέπει να γίνουν ξεκάθαρες οι εν λόγω αιτίες.
- Σε περίπτωση που ένα ηλεκτρικό εργαλείο, ένα καλώδιο, ένα εξάρτημα ή μια σύνδεση παρουσιάσουν αύξηση θερμοκρασίας, αυτό μαρτυράει τη διαρροή υπερβολικής ποσότητας ρεύματος.
- Εάν μια προέκταση εμφανίσει αύξηση θερμοκρασίας, σημαίνει ότι διέρχεται υπερβολικά μεγάλη ποσότητα ρεύματος, συγκριτικά με τη διατομή του αγωγού.
- Σε περίπτωση που ένα κουτί διακλάδωσης, ένας πίνακας ή ένα καλώδιο παρουσιάσουν αυξημένη θερμοκρασία, αυτό μπορεί να υποκρύπτει υπερβολικά μεγάλη ποσότητα ρεύματος εντός του κυκλώματος.
- Σε περίπτωση που είναι διάχυτη οσμή από καμένο, υπάρχει ένδειξη για υπερθέρμανση κάποιας μόνωσης.
- Φθαρμένες ή κατεστραμμένες μονώσεις στα καλώδια ή σε λοιπούς αγωγούς είναι πηγή μεγάλων ηλεκτρικών κινδύνων. Συνεπώς, ο έλεγχος για πιθανή φθορά ή και καταστροφή σε όλες τις μονώσεις, αποτελεί διαδικασία ζωτικής σημασίας, για τη μείωση των ηλεκτρικών κινδύνων.
- Τέλος, ένα ρελέ που συνεχώς «πέφτει» υποδεικνύει ότι υπάρχει διαρροή ρεύματος από το κύκλωμα και πρέπει να εντοπιστεί με βεβαιότητα η αιτία της διαρροής. Ένα ρελέ που «πέφτει» δείχνει ότι υπάρχει διαρροή ρεύματος από το κύκλωμα.

5.2 ΚΑΡΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Για τη γενικότερη ασφάλεια σε ηλεκτρολογικές εργασίες επί πλοίων, πρέπει κάθε μηχανικός να συμβουλευτεί την κάρτα ελέγχου ηλεκτρολογικών εργασιών, πριν εκτελέσει οποιαδήποτε ηλεκτρολογική εργασία. Σύμφωνα με την εν λόγω κάρτα, ο κάθε εργαζόμενος επί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων θα πρέπει:

1. Να μεταχειρίζεται κάθε καλωδίωση, ακόμη και τις «απενεργοποιημένες», σα να είναι υπό τάση, μέχρι να κλειδωθούν και να επισημανθούν.
2. Να κλειδώσει και να σημειώσει τα κυκλώματα και τις μηχανές.
3. Να αποτρέψει την υπερφόρτωση της συνδεσμολογίας, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο τύπο καλωδίου και το κατάλληλο μέγεθος αυτού.
4. Να αποτρέψει την έκθεση σε κίνδυνο των ενεργών ηλεκτρολογικών τμημάτων, μέσω της μόνωσης αυτών.
5. Να αποτρέψει την έκθεση σε κίνδυνο των ενεργών καλωδίων, μονώνοντάς τα.
6. Να αποτρέψει ρεύματα ηλεκτροπληξίας από ηλεκτρικά συστήματα και εργαλεία, γειώνοντάς τα.
7. Να αποτρέψει τα ρεύματα ηλεκτροπληξίας χρησιμοποιώντας διακόπτες διαφυγής έντασης.
8. Να αποτρέψει μεγάλης έντασης ρεύματα στα κυκλώματα, χρησιμοποιώντας συσκευές προστασίας [1].

5.3 ΛΙΣΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Με τον όρο «κλείδωμα» καλείται η εφαρμογή ενός φυσικού φραγμού στην πηγή παροχής ισχύος μετά το κλείσιμο και την απενεργοποίηση κυκλώματος και εξοπλισμού. Το κλείδωμα και η επισήμανση αποτρέπουν την επαφή των εκάστοτε εργαζομένων με κινούμενα μέρη και παράλληλα εμποδίζει την απελευθέρωση επικίνδυνων αερίων, υγρών ή στερεών υλικών στην περιοχή εργασίας. Σε περίπτωση που ο ηλεκτρολόγος μηχανικός εργάζεται στη θέση κλειδώματος και έχει επέλθει η επισήμανση των κυκλωμάτων και συσκευών, πρέπει να ελεγχθεί διεξοδικά η κάτωθι λίστα.

1. Προσδιορισμός όλων των πηγών της ηλεκτρικής ενέργειας για τις συσκευές και τα κυκλώματα ενδιαφέροντος.

2. Απενεργοποίηση εφεδρικών πηγών ενέργειας, όπως γεννήτριες και συσσωρευτές.
3. Προσδιορισμός όλων των τρόπων κλεισίματος κάθε ενεργειακής πηγής.
4. Ενημέρωση του προσωπικού ότι συσκευές και διατάξεις κυκλωμάτων πρέπει να τεθούν εκτός λειτουργίας, να κλειδωθούν και να επισημανθούν.
5. Κλείσιμο των ενεργειακών πηγών και κλείδωμα του πίνακα διανομής των ηλεκτρικών φορτιών. Κάθε εργαζόμενος οφείλει να εφαρμόζει το δικό του προσωπικό κλείδωμα και δεν πρέπει να δίδει το κλειδί του σε κανένα.
6. Έλεγχος των συσκευών και των διατάξεων των κυκλωμάτων για να επιβεβαιωθεί ότι είναι απενεργοποιημένες. Η τρέχουσα διαδικασία πρέπει να εκτελεστεί από εξειδικευμένο προσωπικό.
7. Μείωση αποθηκευμένης ενέργειας με μια από τις ακόλουθες μεθόδους: εξαέρωση, γείωση, φραγμός.
8. Χρήση ετικέτας για να ενημερωθούν οι λοιποί εργαζόμενοι ότι κάποια ενεργειακή πηγή ή τμήμα του εξοπλισμού έχει κλειδωθεί.
9. Βεβαίωση ασφάλειας του επιβαινόντων και ενημέρωση πριν τα κυκλώματα ενεργοποιηθούν ξανά [1].



Σχήμα 5.2: Συμπλήρωση λίστας ελέγχου κυκλωμάτων και συσκευών [16]

5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗΣ

Πριν οποιαδήποτε επαφή με καλωδίωση, ο εκάστοτε μηχανικός θα πρέπει να ελέγχει:

1. Την προσδοκώμενη χρήση του κυκλώματος
2. Τα υλικά κατασκευής του αγωγού
3. Το μέγεθος, αλλά και την κατανομή του ηλεκτρικού φορτίου
4. Τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα την ύπαρξη υγρασίας ή τη ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας
5. Την πιθανή παρουσία διαβρωτικών

Θα πρέπει πάντοτε να εφαρμόζονται οι κανονισμοί των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε κάθε επαφή με οποιαδήποτε καλωδίωση. Απαγορευτική είναι η χρήση εύκαμπτης καλωδίωσης σε περιπτώσεις που είναι δύσκολη η συχνή επιθεώρηση, που η φθορά είναι εξαιρετικά πιθανόν να συμβεί και όπου χρειάζεται μόνιμη παροχή ηλεκτρικής ισχύος. Σε περίπτωση που είναι απαραίτητη η χρήση εύκαμπτης καλωδίωσης, η δρομολόγηση αυτής δεν πρέπει να υλοποιείται:

- Σε σωληνώσεις
- Σε τοίχους ή δάπεδα
- Σε εξωτερικούς χώρους του πλοίου
- Σε ανοίγματα θυρών ή όμοιου τύπου ανοιγμάτων

Σε περίπτωση που είναι αναγκαία η χρήση επέκτασης, πρέπει η διατομή του αγωγού να είναι συμβατή με την ποσότητα του ρεύματος που θεωρητικά θα μεταφέρει. Η εν λόγω ποσότητα είναι συνάρτηση της συσκευής που είναι συνδεδεμένη με την επέκταση. Συνεπώς, πρέπει να γίνει σωστή επιλογή του μεγέθους του καλωδίου, η οποία θα μπορεί να ανταποκριθεί στο συνολικά απαιτούμενο ρεύμα και δεν πρέπει να γίνεται χρήση επεκτάσεων που είναι εξαιρετικά μακριές για τη διατομή του καλωδίου. Αυτό διότι, αν μια επέκταση είναι αρκετά μεγάλη η πτώση τάσης μπορεί να είναι αρκούντως μεγάλη, ώστε να προκαλέσει βλάβες σε μια συσκευή. Η γείωση των επεκτάσεων οφείλει να είναι ακέραιη καθ' όλο το μήκος της, για να υπάρχει προστασία. Ένα σύνθηρες σύστημα γείωσης των επεκτάσεων, διαθέτει τέσσερα τμήματα:

1. Ένα πρασινοκίτρινο (συνήθως) καλώδιο, που είναι η γείωση.
2. Ένα ρευματολήπτη τριών ακροδεκτών στη μια άκρη της επέκτασης, ο ένας εκ των οποίων είναι ο ακροδέκτης της γείωσης.

3. Ένα ρευματολήπτη με τρεις υποδοχές στην άλλη άκρη της επέκτασης, μια εκ των οποίων είναι η γείωση.
4. Μια κατάλληλα γειωμένη ηλεκτρική παροχή [1].

5.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΤΕΘΗΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ

Για να αποφευχθούν πιθανοί τραυματισμοί και ανεπανόρθωτες βλάβες από την επαφή με εκτεθειμένα ηλεκτρικά τμήματα, πρέπει να ληφθούν τα κάτωθι μέτρα:

1. Τοποθέτηση προστατευτικών διατάξεων ή φραγμάτων, σε περίπτωση που δε δύναται η πλήρης απομόνωση των εκτεθειμένων ηλεκτρικών τμημάτων.
2. Χρησιμοποίηση καλυμμάτων ή διαχωριστικών για την απομόνωση, τα οποία μπορούν να απομακρυνθούν μόνο με χρήση των κατάλληλων εργαλείων.
3. Σε περίπτωση που τα καλύμματα έχουν αφαιρεθεί από πίνακες, ασφαλειοκιβώτια ή κινητήρες, πρέπει να ξανατοποθετηθούν στη θέση τους.
4. Κλείσιμο μη χρησιμοποιούμενων ανοιγμάτων σε πίνακες, ώστε ξένα σώματα να μην είναι δυνατόν να εισέλθουν στο εσωτερικό των πινάκων.

5.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗΣ

Στην τρέχουσα παράγραφο σημειώνεται ότι οι διατάξεις προστασίας από υπερφόρτιση, δηλαδή οι ασφάλειες είναι εγκατεστημένες έτσι ώστε να προστατεύουν τον εκάστοτε εξοπλισμό από φωτιά και δεν είναι σχεδιασμένες για να προστατεύουν από ηλεκτροπληξία. Σε περίπτωση που μια ασφάλεια ενεργοποιηθεί διακόπτοντας ένα κύκλωμα, υπάρχει κάποια βλάβη κατά μήκος του κυκλώματος, συνεπώς πρέπει να βρεθεί η αιτία της βλάβης. Συχνή ενεργοποίηση των αυτόματων ασφαλειών, ίσως υποδεικνύει ότι οι εν λόγω ασφάλειες είναι ελαττωματικές και χρίζουν αλλαγή. Στην περίπτωση των αυτόματων ασφαλειών δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ποτέ για να θέσουν σε λειτουργία ένα κύκλωμα ή να το διακόψουν, εκτός αν φέρουν την ένδειξη 'SWD' (Switching Device). Στο σενάριο που χρησιμοποιείται τηκόμενη ασφάλεια, μετά τον εντοπισμό και τη διόρθωση της αιτίας που γέννησε την υπερφόρτωση, η ασφάλεια πρέπει να αντικατασταθεί με μια καινούργια.

5.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ

Η χρήση των ρελέ διαφυγής προστατεύουν από ηλεκτροπληξία, παρακολουθώντας συνεχώς τα υπό εξέταση κυκλώματα. Παρόλα αυτά, τα ρελέ διαφυγής δεν παρέχουν προστασία έναντι των κινδύνων γραμμής-γραμμής (line-to-line), όπως για παράδειγμα όταν κάποιος αγγίζει ταυτόχρονα δύο ενεργά καλώδια ή τον ουδέτερο και τη μια φάση. Σημειώνεται δε, ότι η ενεργοποίηση του ρελέ δύναται να προκαλέσει στιγμιαία υψηλά ρεύματα, κάνοντας αισθητή την ηλεκτροπληξία ως τίναγμα, το οποίο μπορεί να επιφέρει μια αλυσιδωτή αντίδραση κινδύνων. Συνεπώς, τα ρελέ χρίζουν συνεχούς δοκιμής, με πίεση του μπουτόν “test” ή ‘T’. Σε περίπτωση που το κύκλωμα δεν διακοπεί, το ρελέ διακοπής σημαίνει ότι έχει βλάβη και χρίζει άμεσης αντικατάστασης [1,16]. Εγκατάσταση ρελέ ασφαλείας πρέπει να γίνεται στις συγκεκριμένες ζώνες υψηλής επικινδυνότητας:

- Ζώνες χρήσης ηλεκτρισμού πλησίον νερού ή εν δυνάμει υγρών περιβαλλοντικών συνθηκών.
- Ζώνες στις οποίες υπάρχει ενδεχόμενο ο εργαζόμενος επί του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού να έρθει σε επαφή με γειωμένο εξοπλισμό.
- Ζώνες στις οποίες χρησιμοποιούνται προεκτάσεις ή προσωρινές συνδεσμολογίες.
- Ζώνες που βρίσκονται εγκατεστημένα κυκλώματα που παρέχουν ισχύ σε φορητά εργαλεία.

5.8 ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διασφάλιση της ασφάλειας ενός χώρου εργασίας στο πλοίο, δεν είναι αρκετή για να αποφευχθούν όλοι οι ηλεκτρικοί κίνδυνοι. Ο κάθε εργαζόμενος επί ηλεκτρολογικών εργασιών, πρέπει να εργάζεται με ασφάλεια, συγκέντρωση και επαγρύπνηση. Πριν αρχίσει να εκτελεί την κάθε εργασία, πρέπει να έχει διασφαλίσει ότι γνωρίζει τους κανόνες και τις διαδικασίες ασφάλειας που διέπουν τις συγκεκριμένες εργασίες. Επιπροσθέτως, πρέπει να σχεδιάζει την εκάστοτε εργασία με αρκετή σαφήνεια και αν χρειαστεί να δημιουργήσει το σχέδιο εργασίας μαζί με λοιπούς έμπειρους συναδέλφους. Το σχέδιο εργασίας πρέπει να αναγνωρίζει πλήρως του κινδύνους εργασίας, να τους εκτιμήσει πλήρως και τέλος να προβεί στον κατάλληλο έλεγχο αυτών. Η εμπλοκή λοιπών έμπειρων συναδέλφων στην κατασκευή του σχεδίου ασφαλείας, είναι εξαιρετικά σημαντική διαδικασία, διότι αξιοποιεί επιπλέον γνώσεις και εμπειρία και

φέρνει στην επιφάνεια κινδύνους, που μπορεί να μην γίνονται αντιληπτοί εκ πρώτης όψεως από ένα μη έμπειρο εργαζόμενο.

Πριν την έναρξη κάθε ηλεκτρολογικής εργασίας, ο κάθε εργαζόμενος πρέπει να γνωρίζει που είναι οι ασφάλειες και οι διακόπτες του υπό εξέταση κυκλώματος, να απενεργοποιήσει το κύκλωμα και να ελέγξει ξανά ότι το κύκλωμα είναι πλήρως απενεργοποιημένο.



Σχήμα 5.3: Έλεγχος απενεργοποίησης κυκλωμάτων [<http://www.professionalmariner.com>]

Απαραίτητη κρίνεται και το κλείδωμα, καθώς και η επισήμανση των συσκευών. Ο κάθε εργαζόμενος πρέπει να βεβαιωθεί ότι οι πηγές ενέργειας είναι κλειδωμένες και επισημασμένες πριν προβούν σε οποιαδήποτε ηλεκτρολογική ενέργεια. Επιπροσθέτως, ο εκάστοτε εργαζόμενος επιβάλλεται να δοκιμάσει ξανά το κύκλωμα, για να επιβεβαιώσει ότι είναι επιτυχώς απενεργοποιημένο. Κλειδωμένος διακόπτης ή πίνακας τροφοδοσίας αποτρέπει λοιπούς εργαζομένους από το να ενεργοποιήσουν το κύκλωμα, καθώς η ετικέτες και η επισήμανση πληροφορούν κατάλληλα τους λοιπούς εργαζομένους [1, 13].

Τα λουκέτα που χρησιμοποιούνται κατά το κλείδωμα, δεν πρέπει να είναι ίδια. Κάθε κλειδί πρέπει να ταιριάζει με ένα μόνο λουκέτο και ένα κλειδί δίδεται σε κάθε εργαζόμενο. Σε περίπτωση που πολλοί εργαζόμενοι εργάζονται στο ίδιο κύκλωμα ή εξοπλισμό, κάθε

εργαζόμενος οφείλει να εφαρμόζει το δικό του κλείδωμα, με δικό του λουκέτο και κλειδί και δεν πρέπει να επιτρέπει σε κανέναν άλλο να το ξεκλειδώσει, διότι σε περίπτωση που κάποιος ενεργοποιήσει χωρίς προειδοποίηση το κύκλωμα είναι εμφανής ο κίνδυνος της ηλεκτροπληξίας.



Σχήμα 5.4: Παράδειγμα κλειδώματος/επισήμανσης [<http://www.professionalmariner.com>]

Κάθε εργαζόμενος επί ηλεκτρολογικών εργασιών οφείλει να έχει αφαιρέσει μεταλλικά αντικείμενα ή κοσμήματα, διότι τα αντικείμενα αυτά μπορούν να πιαστούν σε κινητά μέρη μηχανισμών ή να προκαλέσουν εγκαύματα, σε περίπτωση που η εργασία εκτελείται πλησίον υψηλών ρευμάτων [1,13, 16]. Τέλος, σύμφωνα με το άρθρο 34 του Π.Δ. 70/90, δεν επιτρέπεται να εγκαταλείπονται ημιτελείς ηλεκτρικές εργασίες οι οποίες είναι επισφαλείς. Για την εκτέλεση εργασιών έστω και χωρίς ηλεκτρική τάση, σε ηλεκτρικά κυκλώματα, πρέπει να αφαιρούνται προηγουμένως οι ασφάλειες, να κλειδώνονται οι διακόπτες σε θέση “εκτός” και να αναρτάται σχετική προειδοποιητική πινακίδα. Ανάλογες ενέργειες πρέπει να γίνονται ακόμη και για την πραγματοποίηση εργασιών καθαρισμού ή μηχανολογικής συντήρησης ηλεκτροκίνητων μηχανημάτων και εγκαταστάσεων [19].

5.9 ΜΕΣΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τα μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) αποτελούν την τελευταία γραμμή άμυνας έναντι των ηλεκτρολογικών κινδύνων. Ακόμα και αν δεν υπήρχε νομοθεσία κατάλληλη που να απαιτεί τη χρήση μέσων ατομικής προστασίας, ο λόγος χρήσης τους είναι κάτι παραπάνω από αυτονόητος. Τα υποδήματα ασφαλείας είναι ζωτικής σημασίας μέσο ατομικής προστασίας, έναντι των ηλεκτρικών κινδύνων. Στη «γλώσσα» των υποδημάτων Υπάρχει τυπωμένη μια ένδειξη σχετικά με την προτυποποίηση των υποδημάτων. Η ένδειξη “EH” (Electrical Hazard) υποδεικνύει υποδήματα ασφαλείας κατάλληλα για ηλεκτρολογικές εργασίες. Παράλληλα εάν υφίστανται περισσότεροι κίνδυνοι, όπως για παράδειγμα αιχμηρά αντικείμενα ή βαριά αντικείμενα, το υπόδημα οφείλει να προστατεύει και τους εν λόγω κινδύνους. Τρύπες στα υποδήματα, φθορές στη σόλα και λοιπές εκδορές, μειώνουν κατά πολύ την προστασία. Η χρήση προστατευτικών γυαλιών είναι απαραίτητη για την αποφυγή τραυματισμών που αφορούν τους οφθαλμούς. Σε περιπτώσεις που η ηλεκτρολογική εργασία υλοποιείται σε θορυβώδες περιβάλλον, όπως για παράδειγμα σε περιβάλλον κοντά σε γεννήτριες, η χρήση μέσων προστασίας της ακοής, όπως για παράδειγμα ωτοασπίδες, κρίνεται απαραίτητη. Απαραίτητη είναι επίσης η προστασία της κεφαλής, όπου υπάρχει πιθανότητα τραυματισμού από ηλεκτρικά εγκαύματα. Το κράνος, πρέπει να φοριέται με το γέισο μπροστά και να εφαρμόζει δίχως να ενοχλεί και να σφίγγει τον εργαζόμενο. Πριν την τοποθέτησή του επί της κεφαλής πρέπει να ελέγχεται για φθορές, βαθουλώματα, μειωμένης αντοχής λουριά, διότι οι εν λόγω συνθήκες μειώνουν την προστασία του αναφερόμενου εξοπλισμού [1, 10, 13].



Σχήμα 5.5: Μέσα ατομικής προστασίας εργαζομένων σε ηλεκτρολογικές εργασίες επί πλοίων

5.10 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

Τα εργαλεία οφείλουν να χρησιμοποιούνται σωστά για κάθε πιθανή ηλεκτρολογική εργασία, διότι μπορούν να προκαλέσουν σοβαρούς τραυματισμούς. Επιπροσθέτως, η κατάλληλη συντήρηση των εργαλείων καθώς και του λοιπού εξοπλισμού είναι διαδικασία ζωτικής σημασίας. Μια ανεπαρκής συντήρηση δύναται να οδηγήσει τον εξοπλισμό σε ανεξέλεγκτη φθορά, δημιουργώντας μη ασφαλείς συνθήκες εργασίας.

Πριν από κάθε ηλεκτρολογική εργασία πρέπει να ελέγχονται τα εργαλεία για πιθανές φθορές, ρωγμές, αλλοιώσεις ή την ύπαρξη ρύπων, όπως για παράδειγμα ελαίων και υγρασίας. Σε περίπτωση που υπάρχουν σημαντικές φθορές, τα εργαλεία οφείλουν να επισημαίνονται και να απομακρύνονται, μέχρι να επισκευαστούν και δοκιμαστούν ξανά.

Τα εργαλεία πρέπει να χρησιμοποιούνται για την εργασία που κατασκευάστηκαν και να ακολουθούνται αυστηρά οι οδηγίες ασφαλείας και χειρισμού που συνιστώνται από τον εκάστοτε κατασκευαστή. Τα εργαλεία δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ενεργά κυκλώματα, συνεπώς πρέπει πάντα να απενεργοποιούνται τα κυκλώματα πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε διαδικασία επί αυτών.

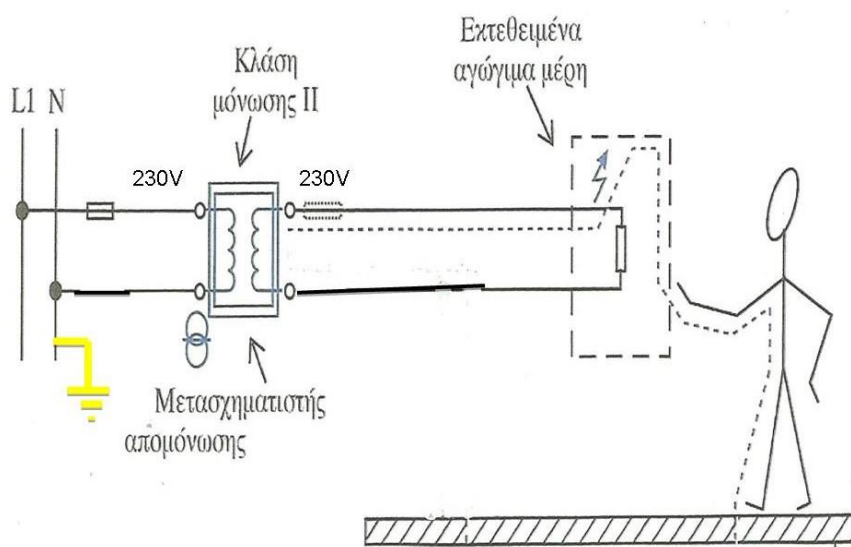
Τα εργαλεία οφείλουν να προστατεύονται από υπερβολική θερμότητα, έλαια και αιχμηρά αντικείμενα, παράγοντες οι οποίοι δύναται να βλάψουν τη μόνωση. Σε περίπτωση που επισκευασμένος εξοπλισμός πρέπει να ξαναχρησιμοποιηθεί, οφείλει να έχει πιστοποιηθεί και επισημανθεί ως «ασφαλής».

Όσο αφορά τα φορητά ηλεκτρικά εργαλεία πρέπει να είναι ταξινομημένα ανάλογα με τον αριθμό των φραγμάτων μόνωσης που παρεμβάλλονται μεταξύ των ηλεκτρικών αγωγών του εργαλείου και του εργαζομένου επί των ηλεκτρολογικών εργασιών. Εξοπλισμός ο οποίος διαθέτει δύο φράγματα μόνωσης και κανένα εκτεθειμένο μεταλλικό τμήμα, καλείται εξοπλισμός διπλής μόνωσης και παρέχει εξαιρετικά αξιόπιστη προστασία. Σημειώνεται δε, πώς τα εργαλεία με μεταλλικό περίβλημα ή ένα στρώμα μόνωσης πρέπει να έχουν κατάλληλη γείωση [1].



Σχήμα 5.6: Ορθή χρήση ηλεκτρικών εργαλείων σε ηλεκτρολογικές εργασίες επί πλοίων [17]

Τέλος, σημειώνεται ότι τα φορητά ηλεκτρολογικά εργαλεία, οφείλουν να διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης 1:1. Η έννοια του μετασχηματιστή απομόνωσης είναι ότι, καθώς το πρωτεύον τύλιγμα είναι διαχωρισμένο από το δευτερεύον, ο χρήστης δεν υπόκειται στον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας, όταν έρθει σε επαφή με έναν από τους δύο αγωγούς εξόδου, που τροφοδοτούν το κύκλωμα σύνδεσης των φορτίων, αφού η τάση που αναπτύσσεται στο δευτερεύον είναι εξ' επαγωγής, με αποτέλεσμα να καταργείται η έννοια της φάσης [20].



Σχήμα 5.7: Διαγραμματική επεξήγηση λειτουργίας μετασχηματιστή απομόνωσης 1:1

5.11 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΚΑΛΩΝ

Σε περίπτωση που κάποια ηλεκτρολογική εργασία οφείλει να εκτελεστεί σε αρκετό ύψος από το δάπεδο, κρίνεται απαραίτητη η χρήση φορητής σκάλας.

Η σκάλα πρέπει να τοποθετηθεί υπό κατάλληλη γωνία. Η οριζόντια απόσταση από τη βάση της σκάλας μέχρι το κατακόρυφο επίπεδο εργασίας θα πρέπει να είναι το ένα τέταρτο του μήκους της σκάλας. Πριν την άνοδο στη σκάλα, πρέπει να καταστεί βέβαιο ότι η βάση αυτής είναι σταθερή, ότι δεν έχει τοποθετηθεί σε υγρή, παγωμένη ή ολισθηρή επιφάνεια και ότι οι ενώσεις της είναι στέρεες.

Σε περίπτωση που είναι απαραίτητη η χρήση σκάλας τύπου «Λ», πρέπει να είναι ασφαλισμένοι οι μεντεσέδες και δεν πρέπει ο εκάστοτε εργαζόμενος να πατάει στο κεφαλόσκαλο ή πάνω από αυτό. Τέλος, τονίζεται ότι οι σκάλες δεν πρέπει να είναι μεταλλικές, αλλά φτιαγμένες από fiberglass. Η ξύλινη κατασκευή των σκαλών παρόλο που επιτρέπεται, καλό είναι να αποφεύγεται διότι το ξύλο δύναται να βραχεί και να καταστεί αγωγίμο [19].



Σχήμα 5.8: Ορθή χρήση φορητής σκάλας [<https://blog.dol.gov/2017/02/21/climbing-top-ladder-safety>]

5.12 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Το Gas Free Certificate και το βιβλίο οδηγιών του Τεχνικού Ασφαλείας είναι σημαντικότερα έγγραφα πάνω στα οποία πρέπει να βασιστούν οι ενέργειες οποιουδήποτε εισέρχεται σε κλειστούς χώρους. Στο Gas Free Certificate , αναφέρονται οι χώροι του πλοίου που έχουν ελεγχθεί. Οι βασικοί χαρακτηρισμοί που παίρνουν αυτοί οι χώροι είναι οι εξής:

1. ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ - ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ
2. ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ – ΜΗ ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ
3. ΜΗ ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ – ΜΗ ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ
4. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΕΡΜΑΤΟΣ

Μετά την κάθοδο στις εκάστοτε δεξαμενές πλοίων η επιτροπή ή ο Τεχνικός Ασφάλειας οφείλει να ελέγξει τις διάφορες εργασίες που επιτελούνται στον εν λόγω χώρο. Αρχικά πρέπει να καταστεί βέβαιο ότι ο χώρος θα πρέπει να έχει χαρακτηριστεί τουλάχιστον σαν ασφαλής για τον άνθρωπο.

Όσο αφορά τις εργασίες συγκόλλησης και κοπής με αέριο στους εν λόγω χώρους, πρέπει να τηρούνται τα εξής, σύμφωνα με το άρθρο 15 του Π.Δ. 70/90:

- 1) Τα αέρια που χρησιμοποιούνται για την κοπή ή συγκόλληση να προσάγονται στους υπ' όψη χώρους από ασφαλή θέση εκτός των χώρων αυτών.
- 2) Να είναι δυνατή η διακοπή παροχής αερίου από σημείο ευρισκόμενο εκτός του κλειστού χώρου.

Τα διάφορα εργαλεία για ηλεκτροσυγκολλήσεις και οξυγονοκοπές πρέπει να είναι ≤ 42 Volt. Εάν παρατηρηθεί κάποια αστοχία, όπως λόγου χάρη η διαρροή από κάποια σωλήνωση ή την επέμβαση με θερμές εργασίες, ενώ ο χώρος είχε χαρακτηριστεί ως «ΑΣΦΑΛΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ-ΜΗ ΑΣΦΑΛΕΙΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ» επιτάσσεται η άμεση εκκένωση του χώρου, αφού πρώτα τεθούν οι συσκευές και τα εργαλεία εκτός. Τα ανωτέρω φυσικά ισχύουν και για άλλους χώρους, πέρα των δεξαμενών [18,19].

Σημειώνεται δε, ότι ο χώρος πρέπει να αερίζεται, να εξαερίζεται συνεχώς και να απάγονται τα αέρια που προέρχονται από διάφορες κατεργασίες. Ο χώρος εργασίας των ηλεκτροσυγκολλητών ή οξυγονοκοπών πρέπει να φωτίζεται κατάλληλα. Μεγάλη προσοχή στις

περιπτώσεις αυτές πρέπει να δίδεται στη χρησιμοποίηση σωστών αντιακρηκτικού τύπου εργαλείων και φορητών φωτιστικών συσκευών. Επιπροσθέτως, τα αέρια που χρησιμοποιούνται για την κοπή ή συγκόλληση πρέπει να προσάγονται στους υπ' όψη χώρους από ασφαλή θέση εκτός των χώρων αυτών. Σε περίπτωση δημιουργίας ανοιγμάτων στα δάπεδα και στους τοίχους, τα εύφλεκτα υλικά θα πρέπει να απομακρύνονται και από τους διπλανούς χώρους. Τα αντικείμενα τα οποία δεν μπορούν να απομακρυνθούν πρέπει να καλύπτονται με κατάλληλο κάλυμμα, όπως για παράδειγμα κάλυμμα από ίνες γυαλιού, έτσι ώστε να μην φτάνουν οι φλόγες, οι σπινθήρες, τα καυτά αέρια ή η θερμότητα. Τα ανοίγματα, οι ρωγμές, οι σχισμές, τα περάσματα σωλήνων πρέπει να καλύπτονται με ασφαλή τρόπο, όπως για παράδειγμα με υαλοβάμβακα ή πηλό. Μετά το τέλος της εργασίας πρέπει να ελέγχεται ο γύρω χώρος για τυχόν σημεία εκκένωσης ή μικρές πυροφωλιές, όπως επίσης και για πιθανή υπερθέρμανση υλικών [18,19,20].

Παρακάτω, παρατίθεται μια λίστα ελέγχου, ώστε να αποφευχθούν πιθανοί τραυματισμοί και ανεπανόρθωτες βλάβες κατά τις διεργασίες της ηλεκτροσυγκόλλησης, της οξυγονοκόλλησης και της φλογοκοπής.

Ηλεκτροσυγκόλληση

- Τα ατομικά μέσα προστασίας (μάσκα-ποδιά) είναι σε άρτια κατάσταση;
- Η συσκευή είναι εντάξει και καθ' όλα ασφαλής;
- Είναι κατάλληλα γειωμένα τα αντικείμενα συγκολλήσεων;
- Είναι τα καλώδια και οι συνδέσεις σε καλή κατάσταση και σταθερά συνδεδεμένα;
- Παρέχεται επαρκής αερισμός;
- Υπάρχει επιπλέον βοήθεια από άλλο πρόσωπο, ώστε να ελέγχονται πιθανοί κίνδυνοι πυρκαγιάς;
- Αποσυνδέεται η τσιμπίδα απ' τα καλώδια σε περίπτωση μετακίνησης;
- Αποσυνδέθηκε η τσιμπίδα απ' τα καλώδια παροχής μετά την εργασία;
- Τοποθετήθηκε εκτός η μηχανή συγκολλήσεως;
- Επιθεωρήθηκε κατάλληλα η συσκευή, ώστε να φυλαχθεί κανονικά;

Οξυγονοκόλληση - Φλογοκοπή

- Τα ατομικά μέσα προστασίας (γυαλιά-γάντια και λοιπά) είναι σε άρτια κατάσταση;
- Η συσκευή είναι εντάξει και καθ' όλα ασφαλής;

- Οι παροχές οξυγόνου, οι σωλήνες και οι φιάλες είναι σε άρτια κατάσταση και άνευ φθορών;
- Ο παρεχόμενος ρυθμιστής πίεσεως, το επιστόμιο αντιθλίψεως και ο ανασχαιτήρας φλόγας είναι του προβλεπόμενου τύπου;
- Υπάρχουν διαρροές στις ενώσεις, στα επιστόμια ή κατά μήκος της γραμμής;
- Διατίθεται αναπτήρας αφής οξυγόνου;
- Οι ρυθμιστές είναι ρυθμισμένοι στη σωστή πίεση;
- Αποσυνδέθηκε το εκάστοτε εργαλείο πριν την οποιαδήποτε μετακίνηση;
- Είναι κλειστό το αέριο, μετά το πέρας της εργασίας;
- Είναι αποσυνδεδεμένες από τις δεξαμενές τα εργαλεία και οι σωλήνες, μετά το πέρας της εργασίας;

Τα αδρανή αέρια που εκλύονται κατά τις άνωθεν διεργασίες δεν δημιουργούν κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα στους εργαζόμενους, εν αντιθέσει με τα ενεργά αέρια, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν χημικές αντιδράσεις ή να διασπαστούν εν μέρει και με τον τρόπο αυτό να δημιουργηθούν αέρια τοξικά ή δηλητηριώδη σε μικρές σχετικά συγκεντρώσεις. Επίσης, μπορεί να δημιουργηθούν αέρια ερεθιστικά για τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα τα οποία σχηματίζονται από τα στοιχεία της ατμόσφαιρας, όπως O_3 , NO , NO_2 . Τέλος, σημειώνεται πώς κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δημιουργούνται ατμοί μετάλλων, ορισμένοι από τους οποίους είναι τοξικοί, όπως οι ατμοί Cd , F , Zn , Hg , Pb και άλλα, εφόσον βέβαια η περιεκτικότητές τους στα συγκολλούμενα μέταλλα είναι σημαντικές. Οι ατμοί των μετάλλων είναι γνωστό ότι προκαλούν επαγγελματικές ασθένειες όπως η βρογχίτιδα και η χρόνια αναπνευστική πνευμονοπάθεια, συνεπώς πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για τον περιορισμό των ατμών και των αερίων [18,19].

Τέλος, σημειώνεται πώς πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις που δύναται να παρουσιαστεί έλλειψη οξυγόνου σε κλειστούς χώρους, όπως για παράδειγμα στις δεξαμενές. Μια τέτοια κατάσταση κρίνεται εξαιρετικά επικίνδυνη και μπορεί γρήγορα να προκαλέσει θάνατο. Το οξυγόνο μπορεί να απομακρυνθεί από τον αέρα, όταν για παράδειγμα δημιουργείται υπερβολική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα, εξαιτίας ζύμωσης ή από αργή οξειδωση [20].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κύριο μέλημα της τρέχουσας εργασίας είναι η λεπτομερής παράθεση των μέτρων εξασφάλισης υψηλού βαθμού προστασίας κατά την ηλεκτροπληξία, αλλά και λοιπών ατυχημάτων σε ηλεκτρολογικές εργασίες στα πλοία. Τα εν λόγω μέτρα θα πρέπει να διαμοιραστούν σε οργανωτικό, τεχνικό και ατομικό επίπεδο. Σε οργανωτικό επίπεδο πρέπει να διασφαλιστεί η δημιουργία διαδικασιών επίβλεψης/εποπτείας, η διεξαγωγή αξιολογήσεων κινδύνου για όλες τις ηλεκτρικές εργασίες, η διασφάλιση της συντήρησης των ηλεκτρολογικών συστημάτων του πλοίου και η διαχείριση του φόρτου εργασίας.

Σε τεχνικό επίπεδο θα πρέπει να ληφθούν μέτρα ελέγχου συμπεριλαμβανομένου του ασφαλέστερου σχεδιασμού του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί το εκάστοτε πλοίο, της ύπαρξης προειδοποιητικών σημάτων και ετικετών, της ύπαρξης διατάξεων προστασίας κατά των υπερτάσεων, της διεξαγωγής τακτικών δοκιμών μόνωσης, της διασφάλισης απομόνωσης των ηλεκτρικών συστημάτων, όταν αυτό απαιτείται και την ύπαρξη σαφέστατων και συνοπτικών manuals.

Τέλος, σε ατομικό επίπεδο πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν το μοντέλο ασφαλείας, το οποίο αποτελείται από τα στάδια της αναγνώρισης, της εκτίμησης και του ελέγχου των πιθανών ηλεκτρολογικών κινδύνων. Το συγκεκριμένο μοντέλο προσφέρει περισσότερη ασφάλεια, καθώς με την εκτίμηση της εκάστοτε κατάστασης και τον υπολογισμό των δυσμενών ενδεχομένων, παρέχεται έλεγχος επί αυτών και δημιουργείται μεγάλη πιθανότητα αποφυγής σφοδρών ατυχημάτων.

Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε με σκοπό να γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο πρόληψης εργατικών ατυχημάτων, κυρίως για τους νέους εργαζομένους, αλλά παράλληλα στοχεύει και στην υπενθύμιση των μέτρων προστασίας στους εμπειρότερους εργαζομένους στο συγκεκριμένο κλάδο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλισης , Γενική Διεύθυνση Συνθηκών και Υγιεινής της Εργασίας Κέντρο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΚΥΑΕ), «Ασφάλεια Ηλεκτρολογικών Εργασιών», Εκπαιδευτικό Εγχειρίδιο, Αθήνα 2011.
- [2] Reason, J. (1997), *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate: Manchester, UK.
- [3] Australian Maritime Safety Authority, “Maritime Safety Awareness-Shaping Shipping for people”, <https://www.amsa.gov.au/forms-and-publications/Publications/AMSA282-MSA3.pdf>
- [4] «Σύγχρονα Συστήματα Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας» Συγγραφή: Παύλος Σ. Γεωργιλιάκης, Κριτικός αναγνώστης Γεώργιος Σ. Σταυρακάκης, Τεχνική Επεξεργασία: Μιχάλης Φωτεινόπουλος.
- [5] «Ηλεκτρικές μηχανές AC-DC», Stephen J. Chapman, Μετάφραση: Θεόδωρος Π. Θεοδοουλίδης.
- [6] C. Fischer, ‘Electrical Systems Design of a Maritime Search and Rescue Vessel’, 2008.
- [7] IEC 61363-1, First edition 1998-02, ‘Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units –Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in the three-phase a.c.’, IEC 1998.
- [8] IEC 60092-352, Third edition 2005 - 09, ‘Electrical Installations in ships – Part 352: Choice and installation of electrical cables’, IEC 2005.
- [9] IEC 60228, Third edition 2004 - 11, ‘Conductors of insulated cables’, IEC 2004.
- [10] GL Rules and Guidelines, I-Part 1, Chapter 3, GL 2010.
- [11] SOLAS, Consolidated edition 2009, IMO.

- [12] Hellenic Register of Shipping (Ελληνικός Νηογνώμονας-2012). <http://www.hrs.gr/>.
- [13] The National Electrical Code, NFPA 70, The National Fire Protection Association, Inc. 2005 Edition.
- [14] R. Ball, G.W. Stephens, Neutral earthing of marine power systems, 1982.
- [15] Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη θέσπιση τεχνικών προδιαγραφών για τα πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας, C6-0091/2006 1997/0335 (COD) EL Part 2, Μάρτιος 2006.
- [16] Υπουργείο Εργασίας Η.Π.Α. (United States Department of Labor) <http://www.osha.gov/SLTC/etools/shipyard/shiprepair>.
- [17] Antwerp Maritime Academy, Navale Engineering, Marine Electrical Knowledge, February 19, 2013
- [18] Μηναιίδης Α., «Στατιστική Ανάλυση Εργατικών Ατυχημάτων στη Ναυπηγοεπισκευαστική Ζώνη», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θαλάσσιων Κατασκευών, Αθήνα 2009.
- [19] ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 70/90, Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων σε ναυπηγικές εργασίες. Φ.Ε.Κ. 31Α' της 14 Μαρτίου 1990.
- [20] <http://www.elinyae.gr/el/index.jsp> - Ιστότοπος ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας)