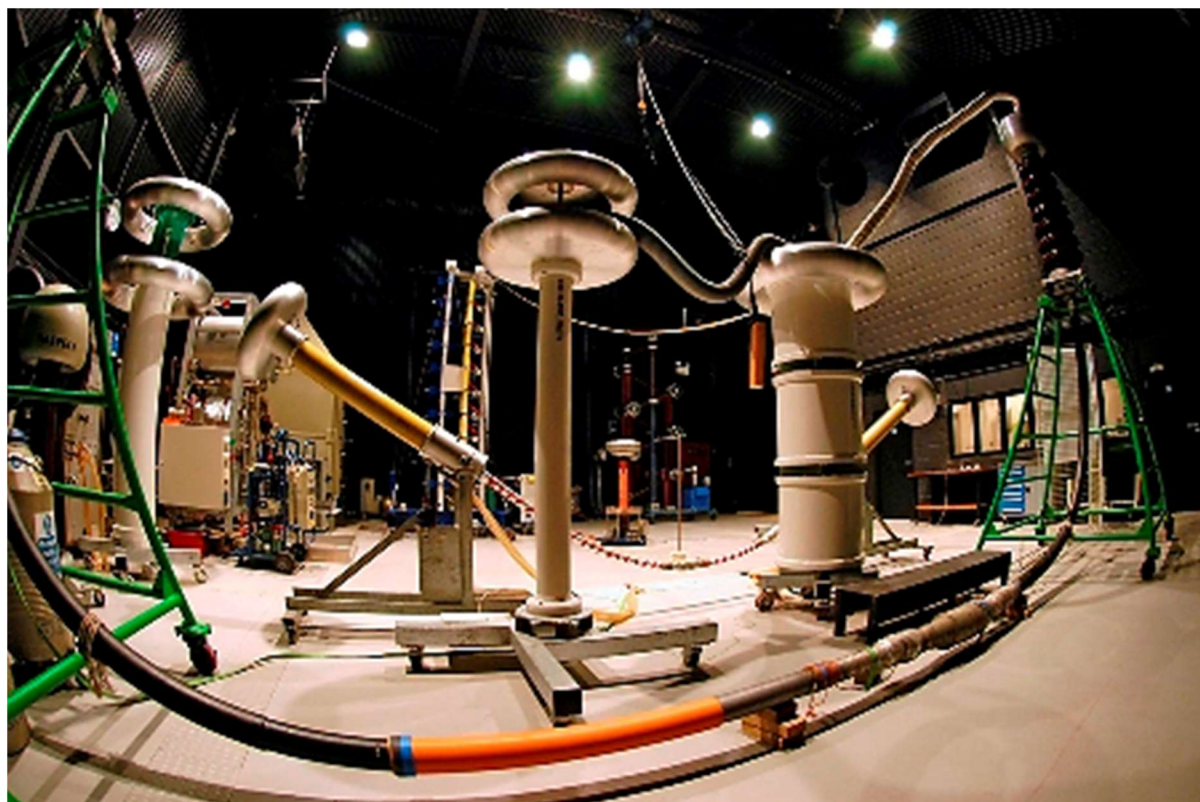


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΠΚΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σ.Τ.Ε.Φ.

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1620



ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΑΪΚΑΣ (6572)

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΝΘΟΥΛΑ ΜΕΝΤΗ

ΠΑΤΡΑ 2017

Πρόλογος / Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ηλεκτρολογική μελέτη και φωτοτεχνική μελέτη του εργαστηρίου υψηλών τάσεων του πανεπιστημίου Πατρών.

Αρχικά γίνεται αναφορά στην τεχνολογία των υψηλών τάσεων (τρόποι παραγωγής τους, τα είδη, τα μονωτικά τους υλικά κ.α.). Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα εργαστήρια των υψηλών τάσεων, όπως τα είδη, οι διαστάσεις, ο εξοπλισμός τους και τους κανονισμούς. Επίσης γίνεται περιγραφή του εργαστηρίου των υψηλών τάσεων του Πανεπιστημίου Πατρών. Τέλος γίνονται οι μελέτες ηλεκτρολογικών και φωτισμού στο συγκεκριμένο εργαστήριο.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	3
Περίληψη	3
Εισαγωγή	8

Κεφάλαιο 1

1.1 Λόγος ύπαρξης υψηλών τάσεων	10
1.2 Ιστορικές εξελίξεις γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης	10
1.3 Είδη υψηλών τάσεων	10
1.3.1 Συνεχείς υψηλές τάσεις	10
1.3.2 Εναλλασσόμενες υψηλές τάσεις	11
1.3.3 Κρουστικές υψηλές τάσεις	11
1.4 Μέθοδοι παραγωγής υψηλών τάσεων	12
1.4.1 Παραγωγή συνεχών υψηλών τάσεων	12
1.4.2 Παραγωγή υψηλών εναλλασσόμενων τάσεων	15
1.4.3 Παραγωγή υψηλών κρουστικών τάσεων	16
1.5 Τεχνολογία και εφαρμογές υψηλών τάσεων	17
1.5.1 Το σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας	18
1.5.2 Σύγχρονες γεννήτριες	19
1.5.3 Μετασχηματιστές ισχύος	20
1.5.4 Διακοπτικός εξοπλισμός	21
1.5.5 Εναέριες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας	22
1.5.6 Αγωγοί και καλώδια υψηλής τάσης	24
1.5.7 Μονωτήρες	29

Κεφάλαιο 2

Εργαστήρια υψηλών τάσεων

2.1 Είδη	32
2.2 Διαστάσεις εργαστηρίων εσωτερικού τύπου	33
2.3 Εξοπλισμός των εργαστηρίων	33
2.4 Κανονισμοί	34

Κεφάλαιο 3

Παρουσίαση Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων του Πανεπιστημίου Πατρών	39
---------------------------------------------------------------------	----

Κεφάλαιο 4

Μελέτη φωτισμού	41
-----------------------	----

Ηλεκτρολογική μελέτη στο εργαστήριο υψηλών τάσεων	54
Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης	69
Πολυγραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης	70
Ηλεκτρολογικά σύμβολα σχεδίασης	71
Γείωση πλέγματος του εργαστηρίου	72
Βιβλιογραφία	75

Εισαγωγή

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ηλεκτρολογική και φωτοτεχνική μελέτη του εργαστηρίου υψηλών τάσεων του Πανεπιστημίου Πατρών.

Καταρχήν γίνεται περιγραφή της τεχνολογίας των υψηλών τάσεων

- Λόγος ύπαρξης υψηλών τάσεων
- Είδη υψηλών τάσεων
- Μέθοδοι παραγωγής υψηλών τάσεων
- Τεχνολογία και εφαρμογές υψηλών τάσεων
- Μονωτικά υλικά

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα ειδικά εργαστήρια υψηλών τάσεων

- Είδη
- Διαστάσεις εργαστηρίων
- Εξοπλισμός
- Κανονισμοί

Στο επόμενο στάδιο γίνεται παρουσίαση του εργαστηρίου υψηλών τάσεων του Α.Ε.Ι. Πάτρας, όπου παρουσιάζεται όλος ο εξοπλισμός του εργαστηρίου με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά. Επίσης αναφέρονται οι διαστάσεις οι οποίες έχουν παρθεί από τα αρχιτεκτονικά σχέδια του εργαστηρίου, όπως και η κατηγορία που κατατάσσετε.

Στο τελευταίο στάδιο γίνεται πρώτα η μελέτη φωτισμού με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος DIALux.

Και ακολουθεί η ηλεκτρολογική μελέτη, όπου εκεί γίνεται ο υπολογισμός των διατομών των καλωδίων της εγκατάστασης και των μέσων προστασίας κάθε γραμμής (για τους υπολογισμούς των διατομών των καλωδίων της εγκατάστασης έγινε επαλήθευση από το λογισμικό Cable). Καθώς και το μονογραμμικό και πολυγραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο όπως και η σχεδίαση της γείωσης με τη χρήση του λογισμικού AutoCAD και του ProfiCAD.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Λόγος ύπαρξης των υψηλών τάσεων

Ο κύριος λόγος που χρησιμοποιούνται οι υψηλές τάσεις στην τεχνολογία είναι για την οικονομική μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι δεν συναντώνται και αλλού, όπως για παράδειγμα στα ηλεκτροστατικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται στις καμινάδες διαφόρων εργοστασίων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής μόλυνσης, στην παραγωγή ακτινών X για ιατρικούς σκοπούς ή σε καθοδικές λυχνίες οθονών. Άλλες εφαρμογές υψηλών τάσεων βρίσκουμε στο ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης στους βενζινοκινητήρες, τις ηλεκτροστατικές βαφές και σε συσκευές επιτάχυνσης σωματιδίων για έρευνες στην πυρηνική φυσική.

Υψηλές τάσεις παρουσιάζονται επίσης, είτε λόγω φυσικών φαινομένων (π.χ. Κεραυνοί), είτε εξαιτίας εσωτερικών υπερτάσεων σε ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας λόγω διαφόρων χειρισμών.

1.2 Ιστορικές εξελίξεις γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης

- 1) 15KV στη Γερμανία το 1891
- 2) 110KV στη Γερμανία το 1911
- 3) 220KV στη Γερμανία το 1929
- 4) 287KV στις ΗΠΑ το 1932
- 5) 400KV στη Σουηδία το 1952
- 6) 500KV στην ΕΣΣΔ το 1959
- 7) 735KV στο Καναδά το 1965
- 8) 1200KV στην ΕΣΣΔ το 1986 (Λειτουργεί στα 500KV)

1.3 Τι είδη υψηλών τάσεων υπάρχουν

Σύμφωνα με τη διεθνή ηλεκτροτεχνική επιτροπή (International Electrotechnical Committee), ως υψηλή τάση ορίζεται:

- Για εναλλασσόμενο ρεύμα: Τάση μεγαλύτερη των 1000V
- Για συνεχές ρεύμα: Τάση μεγαλύτερη των 1500V

1.3.1 Συνεχείς υψηλές τάσεις

Στην τεχνολογία των υψηλών τάσεων, οι συνεχείς τάσεις χρησιμοποιούνται κύρια για εργασίες καθαρά επιστημονικής έρευνας και για δοκιμές εξοπλισμού σχετικά με συστήματα μεταφοράς συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης. Υπάρχει ακόμα μια κύρια εφαρμογή σε δοκιμές καλωδίων ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής τάσης μεγάλου μήκους λόγω χωρητικότητας και κόστους.

Δοκιμές συνεχής υψηλής τάσης χρησιμοποιούνται στην εφαρμοσμένη φυσική (επιταχυντές, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο κ.τ.λ.), σε ηλεκτροιατρικό εξοπλισμό (ακτίνες X), σε βιομηχανικές εφαρμογές (κατακρήμνιση και διήθηση των απαγόμενων αερίων σε θερμικούς σταθμούς ισχύος και στη βιομηχανία τσιμέντου, ηλεκτροστατική βαφή και επικάλυψη πούδρας κ.τ.λ.) ή σε ηλεκτρονικά τηλεπικοινωνιών (τηλεόραση, σταθμοί εκπομπής).

1.3.2 Εναλλασσόμενες υψηλές τάσεις

Εφόσον η μεταφορά ηλεκτρικής ισχύος με υψηλές εναλλασσόμενες τάσεις κυριαρχεί στα συστήματα μεταφοράς και διανομής, η πιο κοινή μορφή υψηλής τάσης για δοκιμές συσκευών σχετίζεται με υψηλές εναλλασσόμενες τάσεις. Έτσι είναι προφανές ότι η περισσότερη ερευνητική εργασία σε συστήματα ηλεκτρικών μονώσεων πρέπει να διεξαχθεί με τάσεις αυτής της μορφής.

Επομένως τροφοδοτικά εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής τάσης είναι σε κοινή χρήση σε κάθε εργαστήριο. Όσο αφορά τα επίπεδα της τάσης, αυτά μπορούν σήμερα να κυμαίνονται από περίπου μόνο 10 kVrms μέχρι πάνω από 1.5 MVrms, καθώς η ανάπτυξη τάσεων μεταφοράς μέχρι περίπου 1200 kV έχει συνεχιστεί για πολλά χρόνια.

1.3.3 Κρουστικές υψηλές τάσεις

Τα σφάλματα των συστημάτων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ισχύος συχνά προκαλούνται από δύο είδη μεταβατικών τάσεων των οποίων τα πλάτη μπορούν να υπερβαίνουν εντονότατα την τιμή κορυφής της κανονικής εναλλασσόμενης τάσης λειτουργίας.

Το πρώτο είδος είναι οι κεραυνικές υπερτάσεις, όπου προέρχονται από πλήγματα κεραυνών που πλήττουν τους αγωγούς φάσης των εναέριων γραμμών ή τους ζυγούς των υπαίθριων υποσταθμών. Τα πλάτη είναι πολύ υψηλά, συνήθως της τάξης των 1000 kV ή περισσότερο, καθώς κάθε πλήγμα μπορεί να εισάγει μέσα τη γραμμή μεταφοράς κεραυνικά ρεύματα μέχρι περίπου 100 kA κι ακόμα περισσότερο κάθε πλήγμα ακολουθείται τότε από οδεύοντα κύματα. Ο ρυθμός μεταβολής ενός τέτοιου οδεύοντος κύματος είναι στην εκκίνηση του απευθείας ανάλογος της κλίσης του κεραυνικού ρεύματος, η οποία μπορεί να υπερβαίνει τα 100 kA/μs, και τα επίπεδα τάσης μπορούν απλά να υπολογιστούν από το ρεύμα πολλαπλασιαζόμενο με την ενεργό κυματική εμπέδηση της γραμμής. Τάσεις υπερβολικά υψηλών επιπέδων αποκόπτονται αμέσως λόγω της κατάρρευσης της μόνωσης και ως εκ τούτου, οδεύοντα κύματα με απότομα μέτωπα κι ενίοτε και πιο απότομα ουραία τμήματα μπορούν να καταπονήσουν σφοδρά τη μόνωση των μετασχηματιστών ισχύος ή άλλου εξοπλισμού υψηλής τάσης. Συστήματα κεραυνικής προστασίας, απαγωγείς υπερτάσεων και οι διάφορων ειδών απώλειες θα αποσβέσουν και θα παραμορφώσουν τα οδεύοντα κύματα και, επομένως, μέσα στο σύστημα μεταφοράς είναι

παρούσες κεραυνικές υπερτάσεις με πολύ διαφορετικές κυματομορφές.

Το δεύτερο είδος προκαλείται από διακοπτικά φαινόμενα. Τα πλάτη τους σχετίζονται πάντα με την τάση λειτουργίας και η μορφή τους επηρεάζεται από τις εμπεδήσεις του συστήματος όπως επίσης και από τις διακοπτικές συνθήκες. Ο ρυθμός ανόδου της τάσης είναι συνήθως χαμηλότερος, αλλά είναι πολύ γνωστό ότι η κυματομορφή μπορεί επίσης να είναι πολύ επικίνδυνη στα διάφορα συστήματα μόνωσης, ειδικά στη μόνωση ατμοσφαιρικού αέρα σε συστήματα μεταφοράς με επίπεδα τάσης υψηλότερα από 245 kV.

Και οι δύο τύποι υπερτάσεων είναι επίσης ενεργοί και στα χαμηλής τάσης συστήματα διανομής, όπου αυτές είτε παράγονται από τους συνηθισμένους κεραυνικούς και διακοπτικούς κρουστικούς παλμούς, ή όπου αυτές έχουν μεταδοθεί από τα υψηλής τάσης συστήματα διανομής.

Αν και η πραγματική μορφή και των δύο ειδών υπερτάσεων ποικίλει έντονα, κατέσται αναγκαίο να εξομοιωθούν αυτές οι μεταβατικές τάσεις από σχετικά απλά μέσα για σκοπούς δοκιμών. Οι διάφορες εθνικές και διεθνείς τυποποιήσεις καθορίζουν την κρουστική τάση σαν μία μονοπολική τάση η οποία ανέρχεται κατά το μάλλον ή ήττον γρήγορα σε μία τιμή κορυφής και μετά φθίνει σχετικά αργά στο μηδέν.

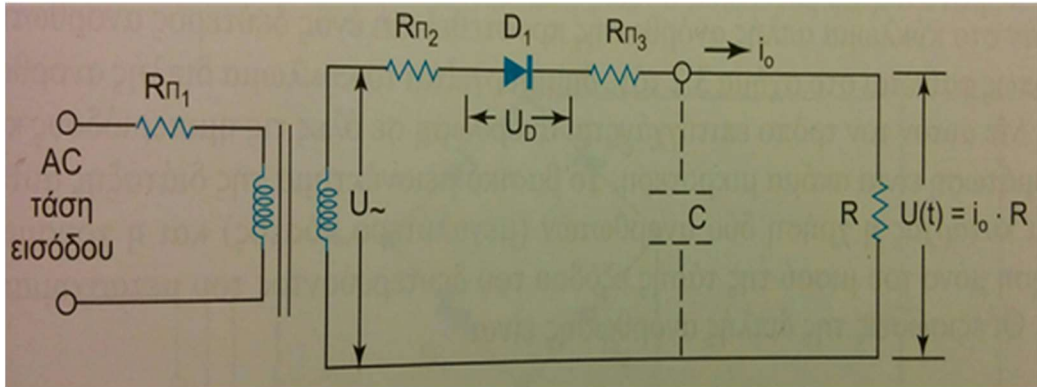
1.4 Μέθοδοι παραγωγής υψηλής τάσης

1.4.1 Παραγωγή συνεχών υψηλών τάσεων

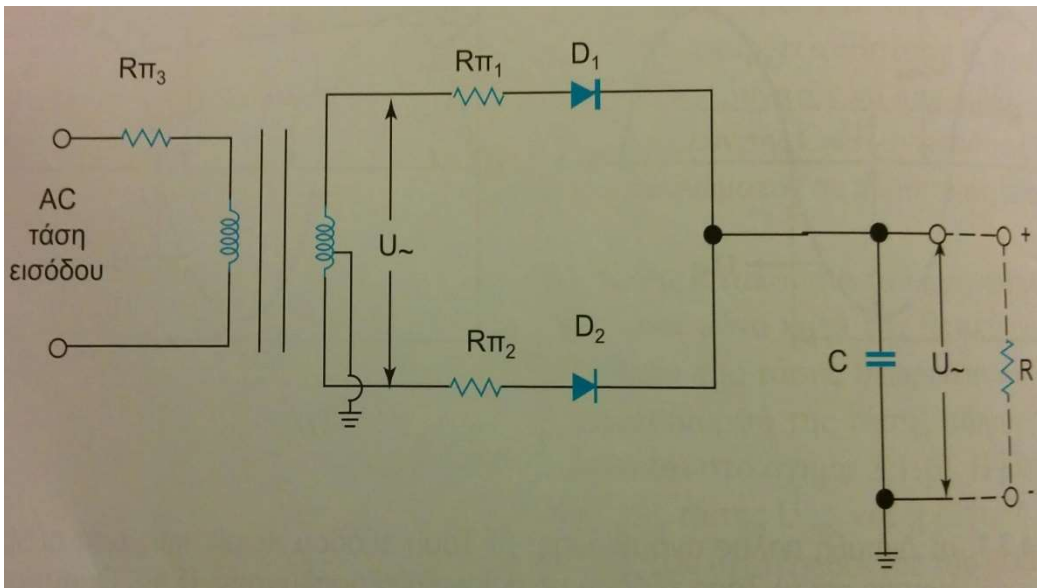
Η παραγωγή συνεχών υψηλών τάσεων γίνεται κατά κύριο λόγο με τη χρήση ανόρθωσης εναλλασσόμενων υψηλών τάσεων. Οι ανορθωτικές μονάδες αποτελούνται από διόδους πυριτίου (Si) 2-3 kV. Με τη σύνδεση των ανορθωτών επιτυγχάνεται η ομοιογενής κατανομή της τάσης. Για την κατασκευή των εν λόγω ανορθωτικών μονάδων χρησιμοποιούνται πολλά στοιχεία εν σειρά.

α) Απλή και διπλή ανόρθωση

Για τάσεις έως και 200 kV μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανορθωτικές διατάξεις απλής (ή μισού κύματος) και διπλής ανόρθωσης (ή πλήρους κύματος). Η πιο απλή διάταξη παραγωγής συνεχούς τάσης είναι το κύκλωμα της απλής ανόρθωσης όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Το κύκλωμα αποτελείται από έναν μετασχηματιστή ανύψωσης υψηλής τάσης, μετά το δευτερεύον του οποίου (με τάσης V_{ac}) υπάρχει ανορθωτής D_1 . Τέλος υπάρχει αντίσταση R , η οποία φορτίζεται μέσω του ανορθωτή. Στο κύκλωμα είναι δυνατόν να παρεμβάλλεται παράλληλη αντίσταση R και πυκνωτές εξομάλυνσης C . Οι αντιστάσεις $R_{\pi 1}$, $R_{\pi 2}$ και $R_{\pi 3}$, είναι αντιστάσεις προστασίας του κυκλώματος σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.



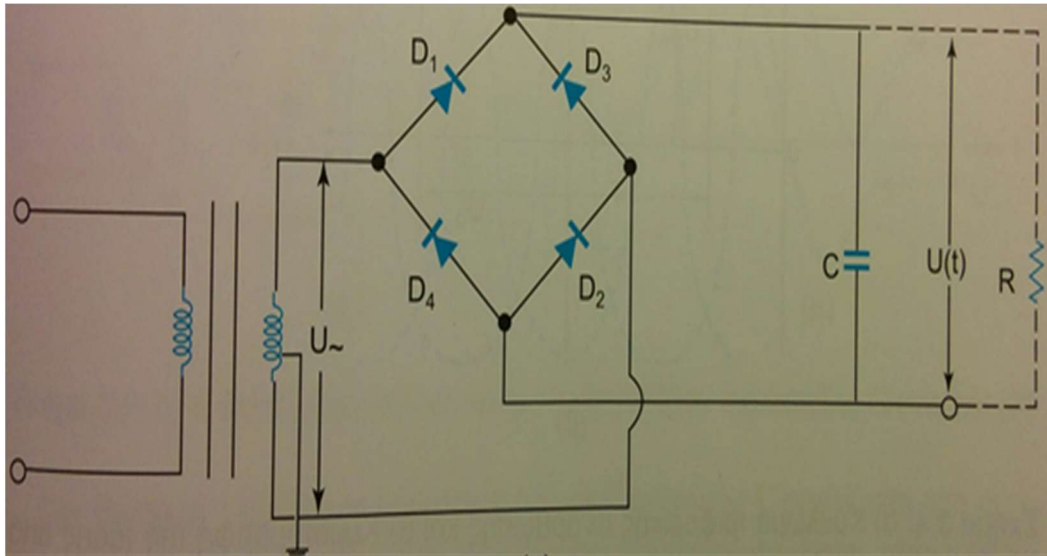
Σχήμα 1: Διάταξη απλής ανόρθωσης



Σχήμα 2: Διάταξη διπλής ανόρθωσης

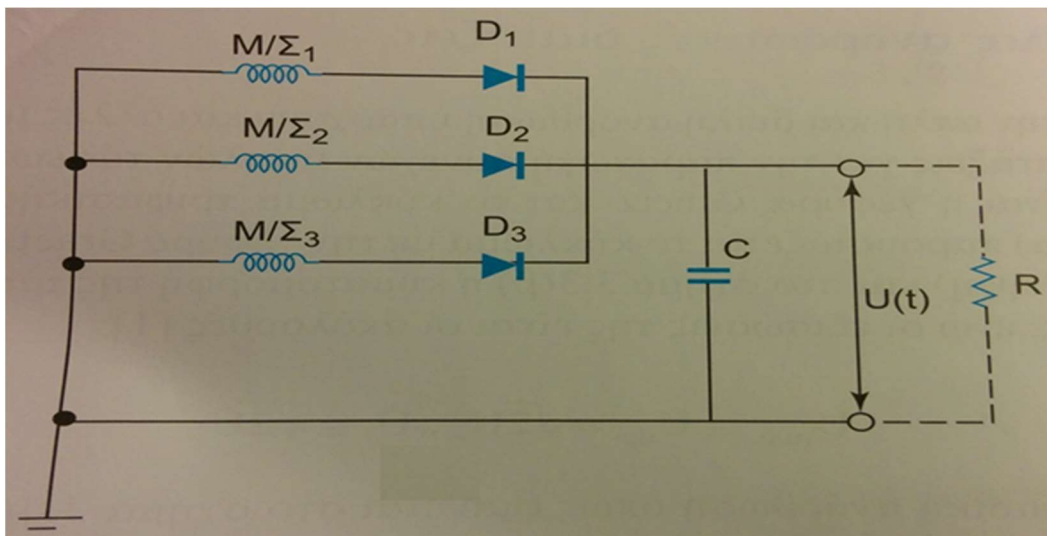
β) Άλλες ανορθωτικές διατάξεις

Πέρα από την απλή και διπλή ανόρθωση υπάρχουν και άλλες μονοβάθμιες ανορθωτικές διατάξεις για την παραγωγή συνεχών υψηλών τάσεων. Από τις πιο σημαντικές είναι η γέφυρα Graetz και το κύκλωμα τριφασικής ανόρθωσης. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται το κύκλωμα με την γέφυρα Graetz.



Σχήμα 3: Γέφυρα Graetz

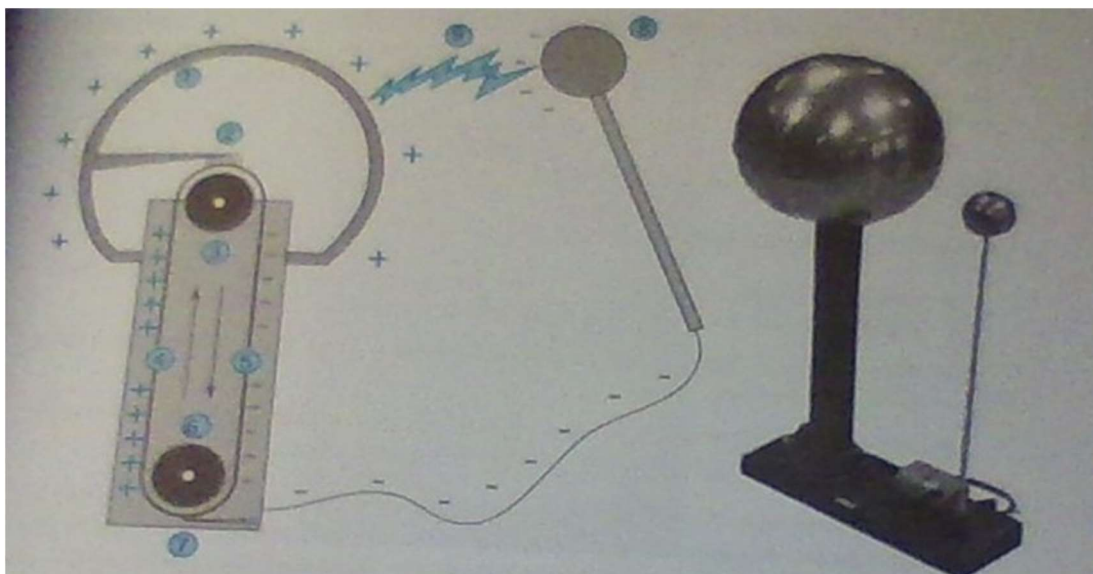
Στην τριφασική ανόρθωση όπως φαίνεται στο σχήμα 4 χρησιμοποιείται όλη η τάση στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, ενώ η κυμάτωση είναι πολύ μικρή γιατί ο πυκνωτής εξομάλυνσης C τροφοδοτείται συνεχώς από κάποια φάση.



Σχήμα 4: Κύκλωμα τριφασικής ανόρθωσης

γ) Ηλεκτροστατική γεννήτρια – Γεννήτρια Van de Graaff

Η βασική αρχή λειτουργίας των ηλεκτροστατικών γεννητριών είναι ότι ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια τα οποία κινούνται ενάντια των ηλεκτροστατικών δυνάμεων που ασκούνται σε αυτά, αναπτύσσουν τάση μετατρέποντας την κινητική τους ενέργεια σε ηλεκτρική.



Σχήμα 5: Γεννήτρια Van de Graaff

1.4.2 Παραγωγή υψηλών εναλλασσόμενων τάσεων

Οι εναλλασσόμενες υψηλές τάσεις είναι σημαντικότερες στην τεχνολογία των υψηλών τάσεων, γιατί είναι απαραίτητες όχι μόνο για την παραγωγή συνεχών και κρουστικών υψηλών τάσεων. Οι υψηλές εναλλασσόμενες τάσεις παράγονται μέσω των μετασχηματιστών δοκιμής. Οι μετασχηματιστές δοκιμής, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για εργαστηριακές δοκιμές είναι διαφορετικοί από τους μετασχηματιστές ισχύος (π.χ. Μετασχηματιστές υποβιβασμού από τα 20 kV στα 400V στο δίκτυο διανομής της ΔΕΗ).

α) Μετασχηματιστές δοκιμής

Οι μετασχηματιστές δοκιμών χαρακτηρίζονται από:

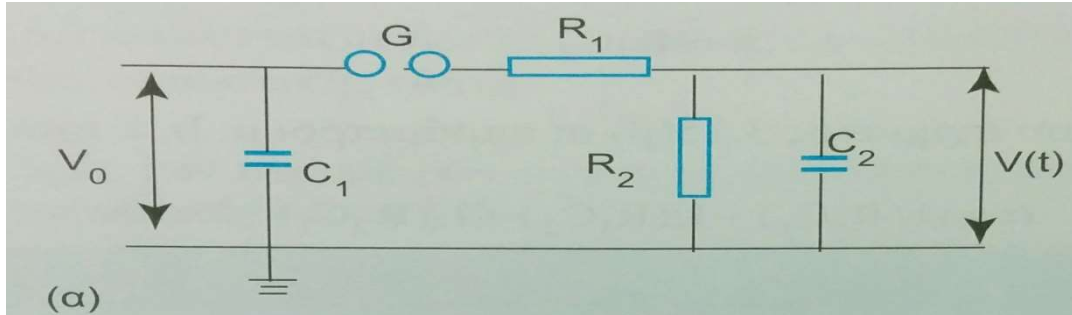
- i) Υψηλούς λόγους μετασχηματισμού. Για παράδειγμα μετασχηματιστές δοκιμών των 500 kV έχουν τάση πρωτεύοντος 500V.
- ii) Περιορισμένη ισχύ. Η ένταση του ρεύματος στην πλευρά υψηλής τάσης είναι από ένα έως μερικά αμπέρ.
- iii) Αντοχή σε βραχυκυκλώματα, καθώς η διάσπαση των δοκιμών υπό υψηλές εναλλασσόμενες τάσεις μπορεί εύκολα να προκύψει.

β) Πολυβάθμιοι μετασχηματιστές δοκιμών

Όταν οι απαιτήσεις για δοκιμή είναι μικρότερες των 300 kV ένας και μόνο μετασχηματιστής δοκιμών ενδεχομένως να είναι αρκετός. Υψηλότερες όμως τάσεις δοκιμών κάνουν την κατασκευή ενός τέτοιου μετασχηματιστή δύσκολη και εξαιρετικά δαπανηρή. Επιπλέον, η μεταφορά τέτοιου όγκου μετασχηματιστών είναι εξαιρετικά δύσκολη. Για τους λόγους αυτούς και για την επίτευξη υψηλών επίπεδων τάσης χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές δοκιμών συνδεδεμένοι σε βαθμίδες.

1.4.3 Παραγωγή υψηλών κρουστικών τάσεων

α) Κρουστικές γεννήτριες μίας βαθμίδας



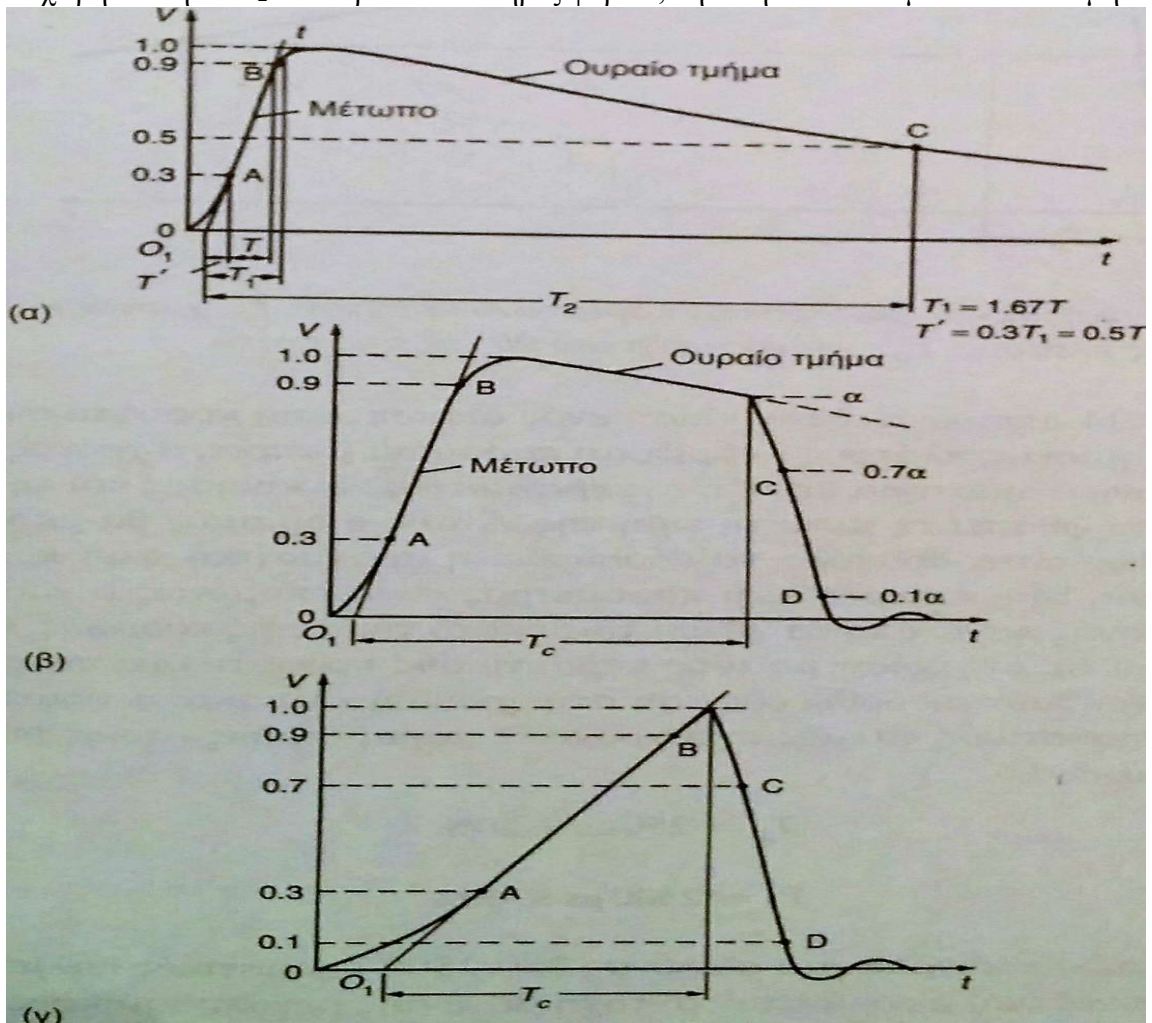
Λειτουργία της κρουστικής γεννήτριας: Ο πυκνωτής C_1 φορτίζεται αργά από μία πηγή συνεχούς ρεύματος, μέχρι το διάκενο G του σπινθηριστή να καταρρεύσει (διάσπαση). Το διάκενο G λειτουργεί σαν διακόπτης και μετά την κατάρρευση του, αφήνει το ρεύμα να περάσει στο υπόλοιπο κύκλωμα.

Οι αντιστάσεις R_1 , R_2 και η χωρητικότητα C_2 σχηματίζουν το κύκλωμα που μορφοποιεί την τάση.

Αρχικά η R_1 θα αποσβέσει το κύκλωμα και θα ελέγξει το χρόνο μετώπου T_1 .

Η R_2 θα εκκενώσει τους πυκνωτές και επομένως θα ελέγχει την ούρα της κρουστικής κυματομορφής.

Η χωρητικότητα C_2 αναπαριστά το πλήρες φορτίο, δηλαδή το αντικείμενο υπό δοκιμή.



Γενική μορφή κρουστικών κεραυνικών τάσεων:

α) Πλήρης παλμός

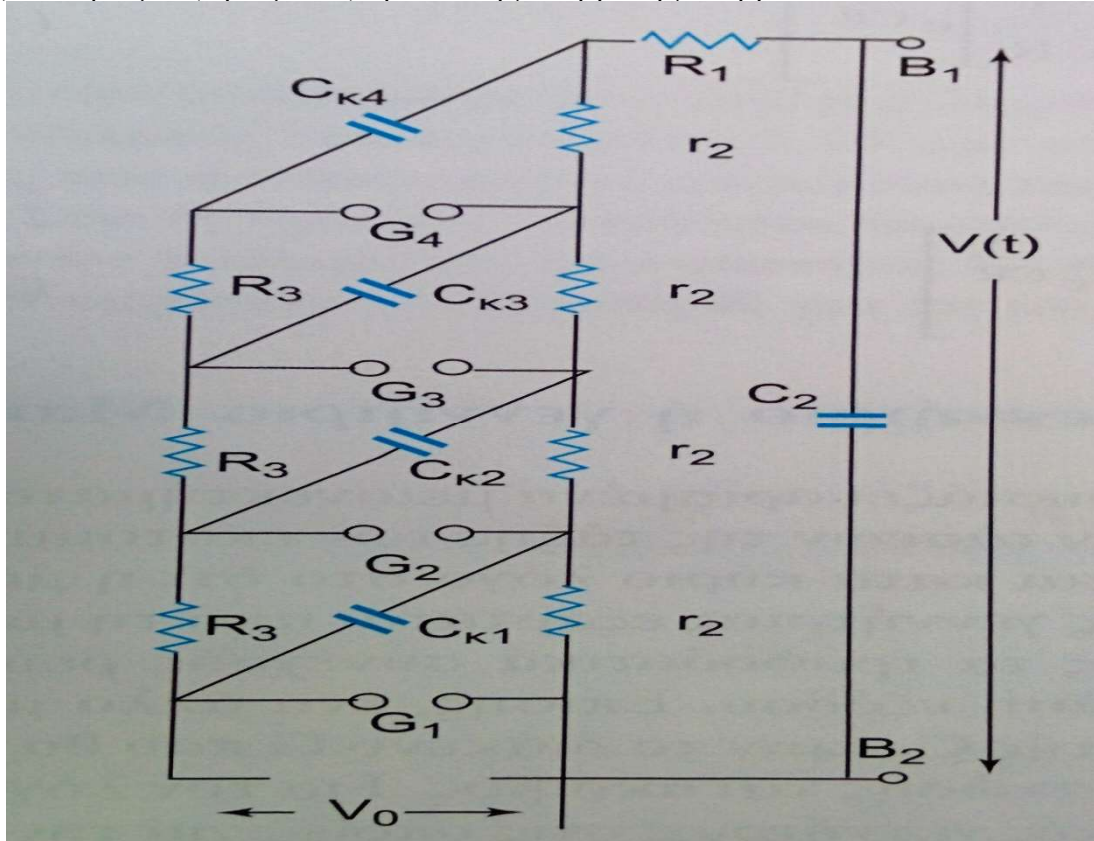
β) Αποκομμένος παλμός επί του ουραίου τμήματος

γ) Αποκομμένος παλμός επί του μετώπου

T_1 : χρόνος μετώπου, T_2 : χρόνος ημίσειας πλάτους, T_c : χρόνος αποκοπής,

O_1 : σημείο κατ' ουσία εκκίνησης.

β) Πολυβάθμια (4 βαθμίδων) κρουστική γεννήτρια ή γεννήτρια Marx.



R_1 : αντίσταση μετώπου, R_2 : αντίσταση ουράς, R_3 : αντίσταση φόρτισης, C_1 : πυκνωτής κρούσης, C_2 : πυκνωτής φορτίου.

Για την παραγωγή υψηλής τάσης, φορτίζονται σε παράλληλη σύνδεση περισσότεροι του ενός πυκνωτές και εκφορτίζονται σε σειρά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το κύκλωμα εκφόρτισης να δίνει συνολική τάση ίση με το άθροισμα των τάσεων των επιμέρους πυκνωτών.

Η έξοδος της είναι $V_{ολ} = nV_0$, με $n=4$ αφού το κύκλωμα έχει τέσσερις βαθμίδες.

1.5 Τεχνολογία και εφαρμογές υψηλών τάσεων

Η κύρια χρήση των υψηλών τάσεων αφορά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτή την παράγραφο θα γίνει αναφορά του συστήματος μεταφοράς ενώ στη συνέχεια θα εξεταστούν τα επιμέρους στοιχεία που το απαρτίζουν, όπως είναι τα καλώδια και οι αγωγοί των γραμμών μεταφοράς, οι μονωτήρες, οι μετασχηματιστές, κλπ.

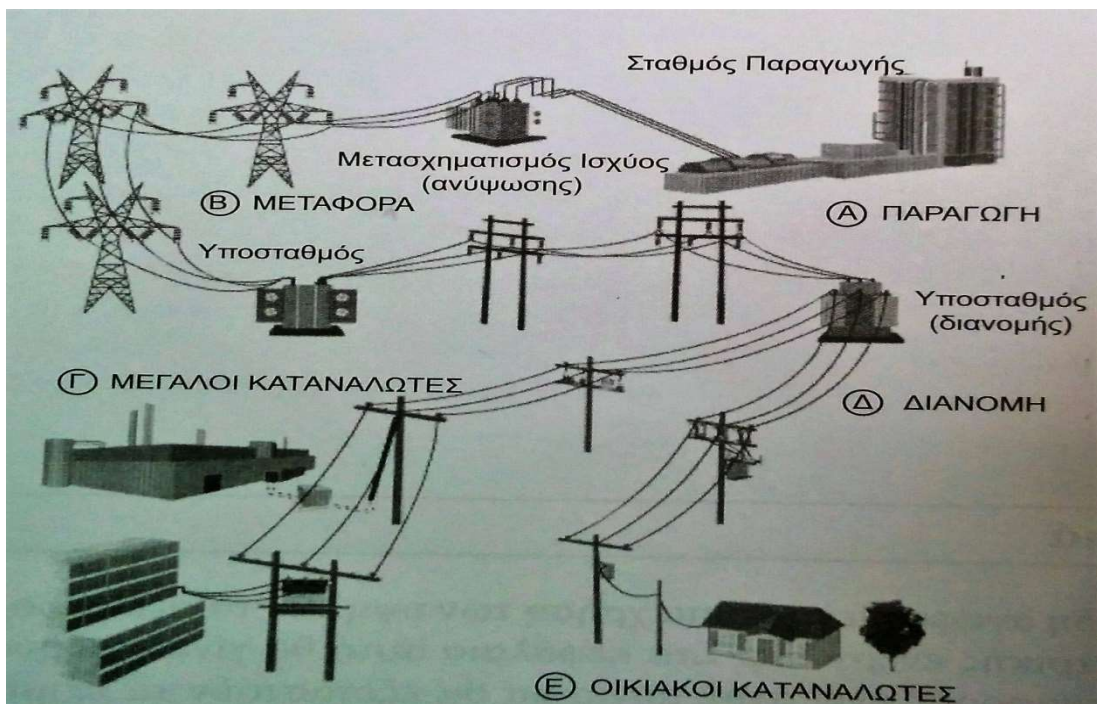
1.5.1 Το σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Η χρήση των υψηλών τάσεων στη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται για οικονομικούς λόγους. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται στο σχήμα 6, το οποίο και χωρίζεται σε 5 κυρίως τμήματα. Το πρώτο περιλαμβάνει την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς παραγωγής (υδροηλεκτρικοί, θερμοηλεκτρικοί, αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκά, κλπ).

Το δεύτερο τμήμα του συστήματος είναι το τμήμα της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που πραγματοποιείται σε υψηλή τάση για λόγους οικονομικούς. Η ενέργεια μετά την παραγωγή της ανυψώνεται και μέσω κέντρων ελέγχου ενέργειας γίνεται ο έλεγχος της μεταφοράς της. Στην Ελλάδα το Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας βρίσκεται στο Κρυονέρι Αττικής.

Το τρίτο τμήμα αφορά τους μεγάλους καταναλωτές που είναι συνήθως μεγάλες βιομηχανίες με αυξημένες απαιτήσεις για ενέργεια (τσιμεντοβιομηχανίες, χαλυβουργία, εργοστάσια, κλπ). Η μεταφορά ενέργειας σε αυτούς γίνεται, είτε σε μέση τάση είτε και σε υψηλή.

Το τέταρτο τμήμα είναι η διανομή (μέση τάση) και τέλος το πέμπτο τμήμα οι οικιακοί καταναλωτές.



Σχήμα 6: Τυπικό σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

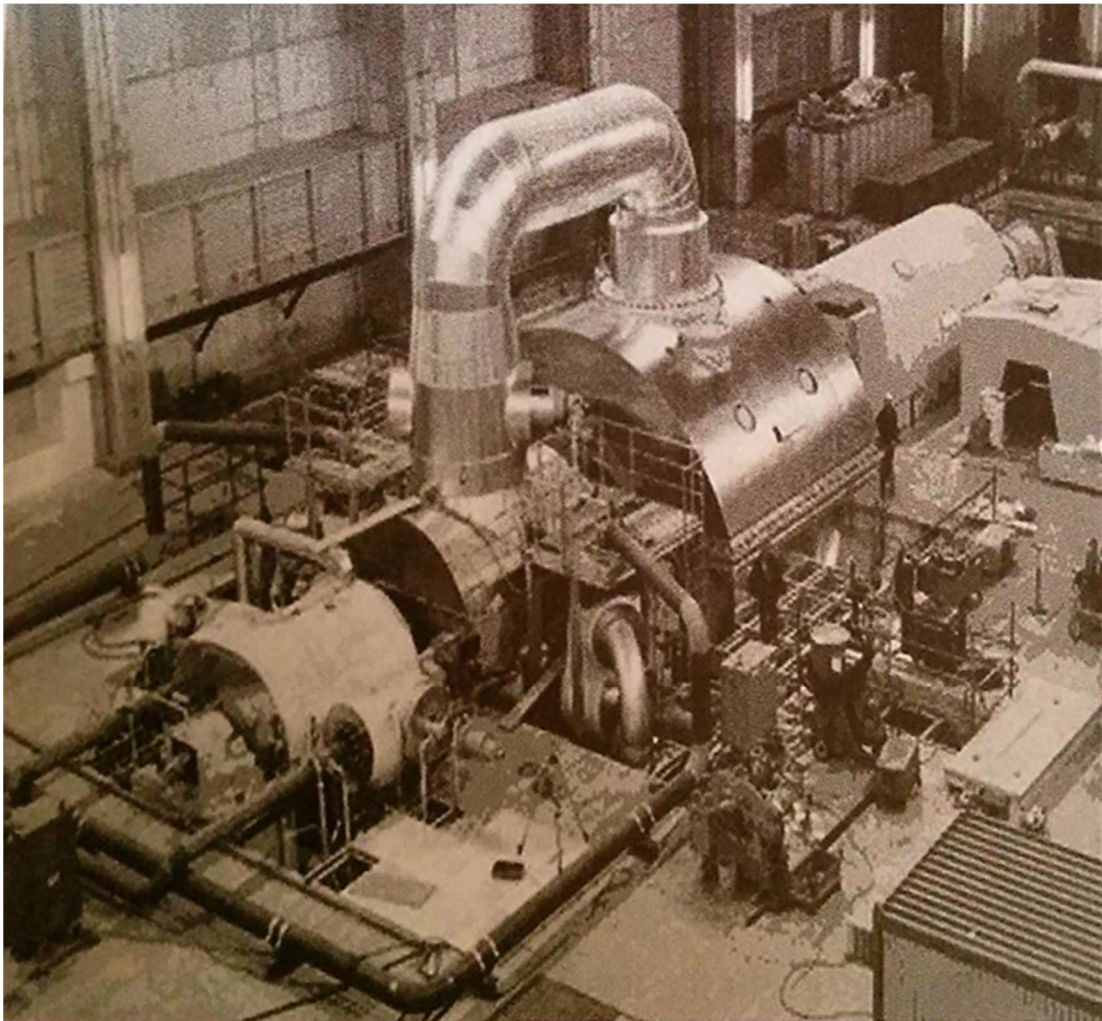
1.5.2 Σύγχρονες γεννήτριες

Οι σύγχρονες γεννήτριες χρησιμοποιούνται στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σύγχρονες γεννήτριες χωρίζονται κυρίως σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την τάση την οποία παράγουν.

Η πρώτη περιλαμβάνει τις γεννήτριες με τάση εξόδου μικρότερη από 6,6KV οι οποίες και ονομάζονται γεννήτριες χαμηλής τάσης.

Η δεύτερη η οποία περιλαμβάνει γεννήτριες με τάση εξόδου μεγαλύτερη από 6,6KV οι οποίες και ονομάζονται γεννήτριες υψηλής τάσης. Υπάρχουν σταθμοί παραγωγής και ιδιαίτερα πυρηνικοί σταθμοί στους οποίους η εγκατεστημένη ισχύς ξεπερνά το 1GW. Γεννήτριες με ονομαστική ισχύς τόσο μεγάλη είναι δύσκολο να κατασκευαστούν και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται πολλές γεννήτριες σε παράλληλη σύνδεση.

Στο σχήμα 7 φαίνεται ένα ζεύγος ατμοστρόβιλου – σύγχρονης γεννήτριας της εταιρίας Siemens.

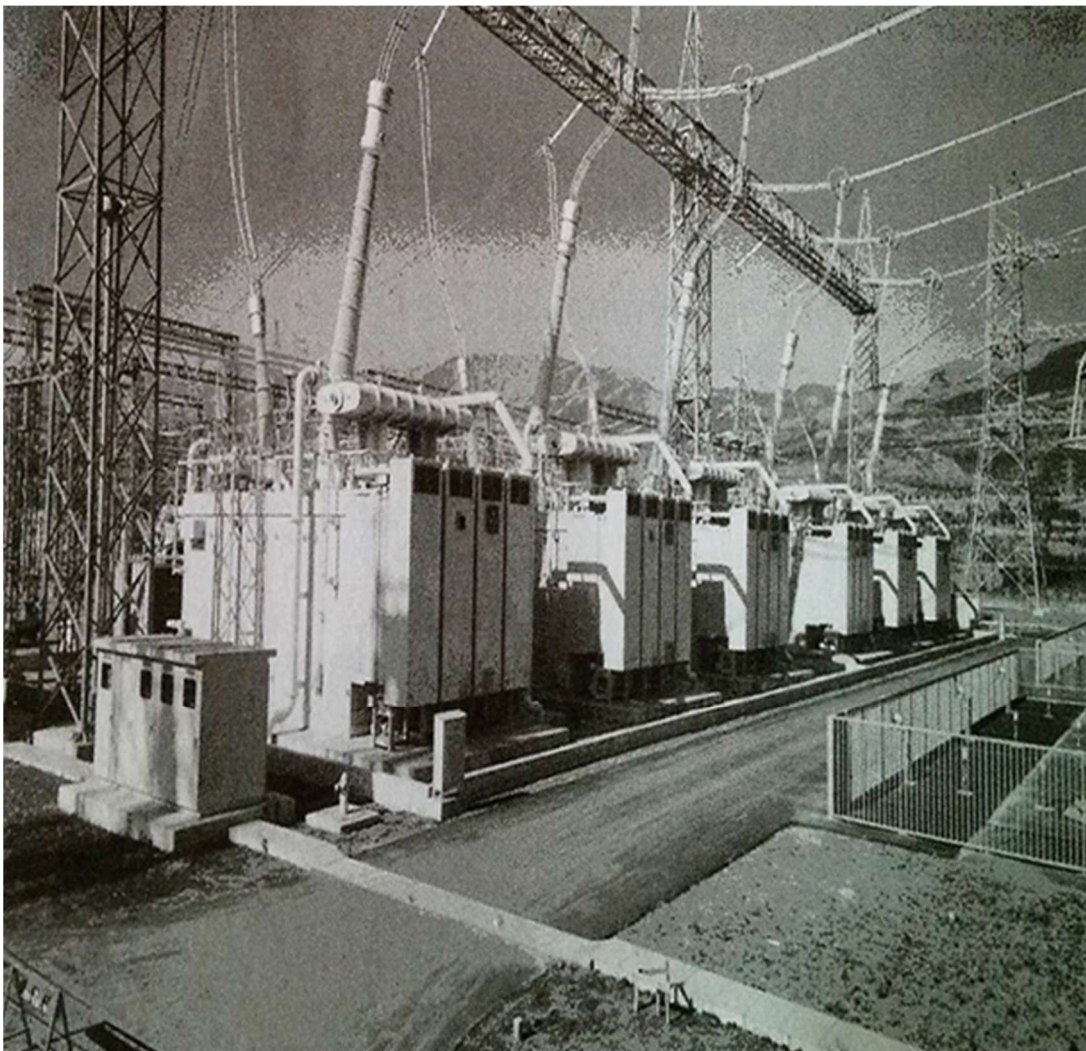


Σχήμα 7: Ζεύγος ατμοστρόβιλου – σύγχρονης γεννήτριας τύπου SST-6000 σε μονάδα συνδυσμένου με ισχύ εξόδου από 300 έως 1200MW.

1.5.3 Μετασχηματιστές ισχύος

Οι μετασχηματιστές ισχύος χρησιμοποιούνται σε εκείνο το σημείο του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, όπου υπάρχει αλλαγή του επιπέδου της τάσης. Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι η σύνδεση τμημάτων του δικτύου με διαφορετικές τάσεις μπορεί να γίνει και με τη χρήση αυτομετασχηματιστών (ΑΜ/Σ). Η χρήση ΑΜ/Σ είναι οικονομικότερη αφού έχουν μικρότερο κόστος παραγωγής και λειτουργίας, ενώ χρησιμοποιούνται όταν τα δίκτυα είναι <<εν φάση>>, οι ουδέτεροι γειωμένοι και ο λόγος μετασχηματισμού 3:1 ή μικρότερος.

Στο [σχήμα 8](#) φαίνεται ένας μονοφασικός αυτομετασχηματιστής των 1500MVA της εταιρείας Mitsubishi Electric.



Σχήμα 8: Μονοφασικός αυτομετασχηματιστής των 1500MVA

1.5.4 Διακοπτικός εξοπλισμός

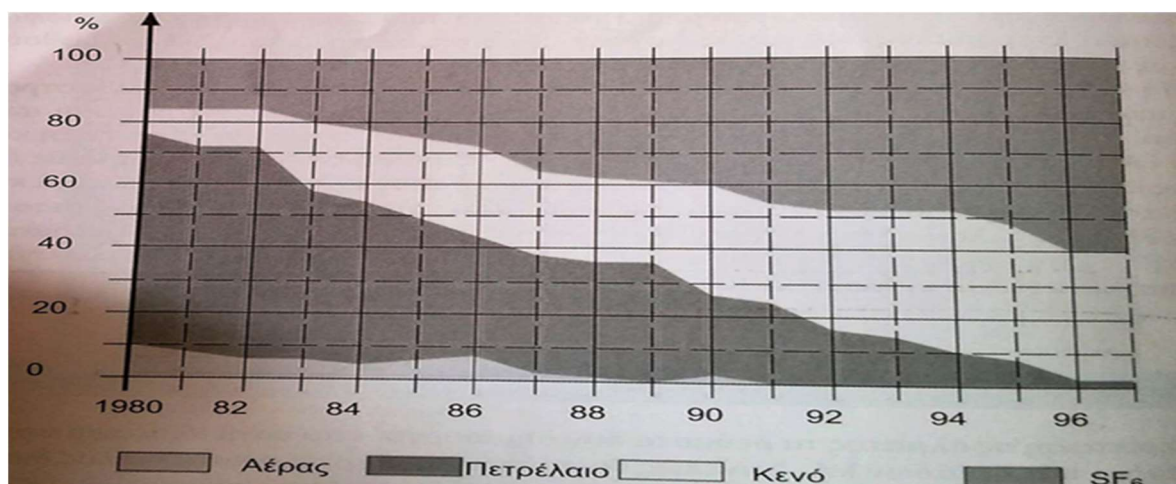
Σε περίπτωση σφαλμάτων τα ρεύματα που δημιουργούνται είναι ιδιαίτερα υψηλά της τάξης των δεκάδων kA. Συνεπώς θα πρέπει να υπάρχει ο κατάλληλος διακοπτικός εξοπλισμός με τη χρήση του οποίου τα ρεύματα αυτά να μπορούν να διακοπούν σε μερικά ms, ώστε οι συσκευές στο σύστημα να μην καταπονηθούν ή καταστραφούν και επιπλέον να διατηρηθεί η ευστάθεια του συστήματος.

Οι διακόπτες ισχύος, όπως ονομάζονται οι διακόπτες αυτοί, θα πρέπει να έχουν πολύ μικρό χρόνο απόκρισης (της τάξης των ms), να μηδενίζουν το ρεύμα σφάλματος και επιπλέον μετά το μηδενισμό του ρεύματος αυτού η τάση στα άκρα των επαφών του διακόπτη να είναι ίση με την τάση λειτουργίας του συστήματος.

Οι διακόπτες ισχύος σβένουν το ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται μέσα σε κάποιο μονωτικό υλικό. Το υλικό αυτό μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή αλλά και την τάση ανά περίπτωση. Έτσι συνηθισμένα μονωτικά υλικά σε διακόπτες ισχύος είναι ο αέρας, το λάδι, το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) και το κενό.

Αυτό το οποίο επιτυγχάνεται με τη χρήση του μονωτικού λαδιού, του SF₆ ή του κενού έναντι της χρήσης του αέρα είναι ότι οι διακόπτες ισχύος κατασκευάζονται με μικρότερες διαστάσεις, λόγω των καλύτερων ιδιοτήτων που παρουσιάζουν τα μονωτικά αυτά υλικά με το τόξο να σβήνει σε μικρότερη απόσταση μεταξύ των δύο επαφών του διακόπτη ισχύος.

Στο σχήμα 9 φαίνεται η εξέλιξη της χρήσης των διακοπών ισχύος της μέσης τάσης στην Ευρώπη από το 1980 έως το 2000 περίπου. Η χρήση του SF₆ και του κενού είναι οι δύο πιο μοντέρνες τεχνικές διακοπής για πεδία μέσης τάσης (από 1 έως 52 KV) και για υψηλές τάσεις (μεγαλύτερες των 72,5 KV).



Σχήμα 9: η εξέλιξη της χρήσης των διακοπών ισχύος της μέσης τάσης στην Ευρώπη από το 1980 έως το 2000

1.5.5 Εναέριες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Συνοπτικά αναφέρεται ότι οι γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης, που χρησιμοποιούνται σήμερα στον ηπειρωτικό ελλαδικό χώρο είναι κατά κύριο λόγο εναέριες και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την τάση που μεταφέρουν. Στις γραμμές μεταφοράς των 150KV και στις γραμμές μεταφοράς των 400KV.

Τόσο οι γραμμές των 150KV, όσο και οι γραμμές των 400KV, διαχωρίζονται σε γραμμές ελαφριού και βαρέως τύπου, όπως επίσης και σε μονού ή διπλού κυκλώματος.

Οι εναέριες γραμμές αναρτώνται από μονωτήρες που με τη σειρά τους αναρτώνται από πύργους. Οι πύργοι ή πυλώνες είναι συνήθως χαλύβδινα στατικά δικτυώματα. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πύργων εξαρτάται από το επιτρεπόμενο κατακόρυφο βέλος του τόξου (κοιλία) του αναρτημένου αγωγού και για χαλύβδινους πύργους με γραμμές υψηλής τάσεως, το άνοιγμα, η απόσταση των πύργων οριζοντίως κυμαίνεται μεταξύ 330m και 400m.

Υπάρχουν δύο κύρια είδη πύργου:

- α) Οι πύργοι ευθύγραμμου πορείας στους οποίους πρέπει να υποστηριχθεί μόνο η δύναμη που προέρχεται από το βάρος και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες.
- β) Οι πύργοι αλλαγής πορείας που ονομάζονται πύργοι αποκλίσεως ή πύργοι γωνίας, επειδή υποστηρίζουν επιπλέον και τη δύναμη που χρειάζεται για να αλλάξει η κατεύθυνση της γραμμής.

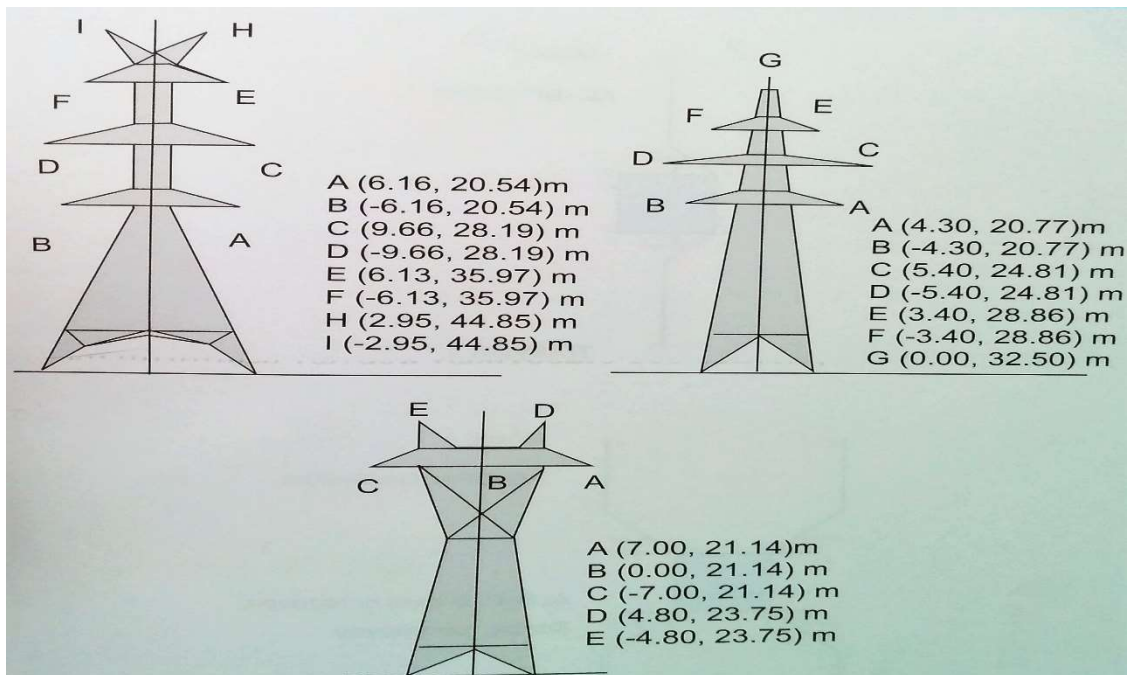
Οι πύργοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας στον ελλαδικό χώρο είναι κυρίως τριών τύπων και παρουσιάζονται στο σχήμα 10.

Στις γραμμές μεταφοράς των 150KV το μέσο ύψος αγωγών φάσης είναι περί τα 22m (ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους μπορούν να αναρτηθούν έως και τα 25m), ενώ στις γραμμές μεταφοράς των 400KV το μέσο ύψος των αγωγών φάσης είναι περί 28m (ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους μπορούν να αναρτηθούν έως και τα 47m).

Επίσης η μέση οριζόντια απόσταση ανάμεσα στους αγωγούς φάσης για τις γραμμές μεταφοράς των 150KV με μονό κύκλωμα είναι τα 7m, ενώ με διπλό κύκλωμα είναι τα 8,5m. Αντίθετα η μέση οριζόντια απόσταση ανάμεσα στους αγωγούς φάσης για τις γραμμές μεταφοράς των 400KV με μονό κύκλωμα είναι τα 8,5m, ενώ με διπλό κύκλωμα φτάνουν έως και τα 13m.

Ανάλογα, πάντα με τον τύπο του πύργου στον οποίο αναρτώνται οι γραμμές μεταφοράς, χρησιμοποιούνται ένας οι δύο αγωγοί προστασίας (γειωμένοι αγωγοί), έτσι

ώστε να μπορούν να καλυφθούν (προστατευθούν) οι αγωγοί φάσης από απευθείας πτώση κεραυνού και να ανακουφισθούν από μέρος της επαγόμενης τάσης από έμμεσους κεραυνούς (κεραυνός που κτυπά τη γη κοντά σε μια γραμμή).

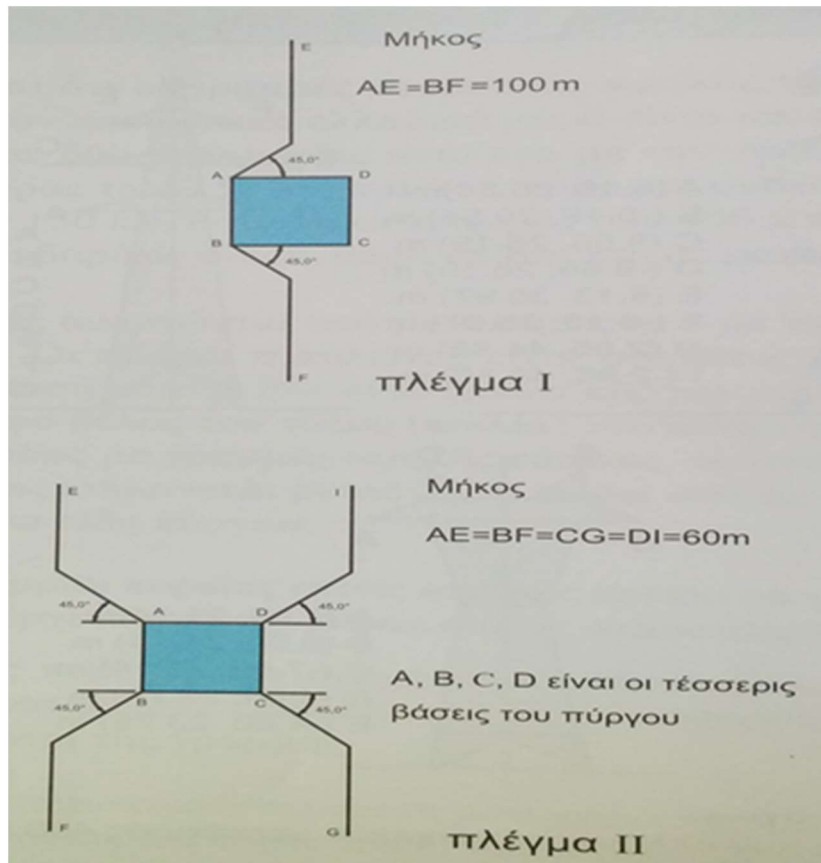


Σχήμα 10: Πύργοι τριών τύπων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας στον ελληνικό χώρο 400 kV και 1550 kV.

Η ΔΕΗ Α.Ε. σχεδιάζει τις γραμμές μεταφοράς των 150KV να έχουν μέγιστη τάση αντοχής ίση με 750KV, ενώ η μέγιστη τάση αντοχής που προβλέπεται για τις γραμμές μεταφοράς των 400KV είναι τα 1425KV και 1550KV.

Τέλος στην ελληνική επικράτεια χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ Α.Ε. δύο διαφορετικά πλέγματα συστήματα γείωσης πύργων, όπως δίνονται στο σχήμα 11. Η χρήση των πλεγμάτων αυτών εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους, με το πλέγμα I να χρησιμοποιείται όταν η ειδική αντίσταση του εδάφους παρουσιάζει χαμηλές τιμές και το πλέγμα II να χρησιμοποιείται όταν η ειδική αντίσταση του εδάφους παρουσιάζει υψηλές τιμές.

Για όλους τους πύργους του ελληνικού συστήματος μεταφοράς, το πλέγμα I έχει συνολικό μήκος 200m και το πλέγμα II 240m. Η πλευρά όμως του τετραγώνου, και συνεπώς το μήκος και των υπόλοιπων ηλεκτροδίων μεταβάλλονται και είναι διαφορετικά σε κάθε πύργο, εφόσον εξαρτώνται από τις διαστάσεις του εκάστοτε πύργου.



Σχήμα 11: Συστήματα γείωσης για τους πύργους των ελληνικών γραμμών μεταφοράς.

1.5.6 Αγωγοί και καλώδια υψηλής τάσης

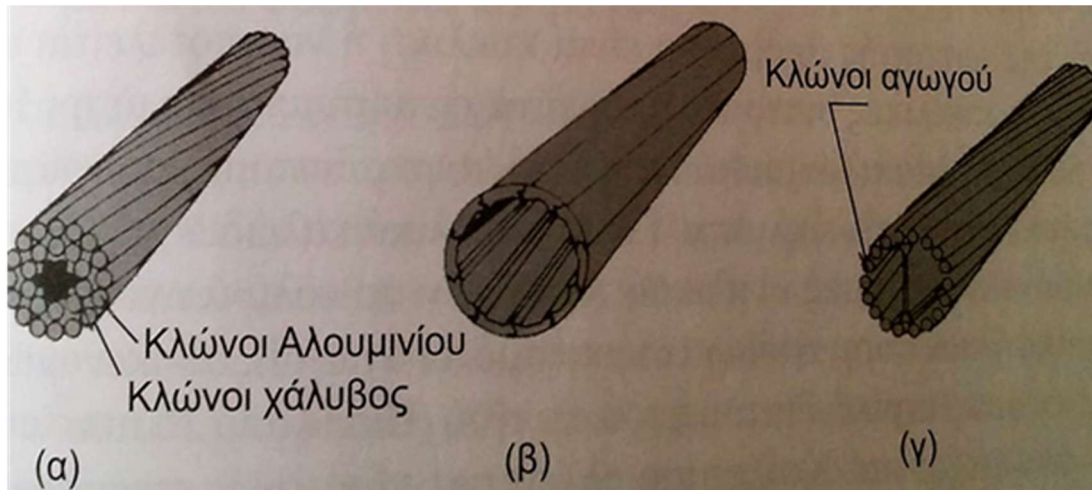
α) Αγωγοί

Οι αγωγοί των εναέριων γραμμών μεταφοράς κατασκευάζονται από χαλκό ή αλουμίνιο. Οι χάλκινοι αγωγοί έχουν καλύτερη αγωγιμότητα και καλύτερη μηχανική αντοχή από τους αγωγούς αλουμινίου, αλλά το κύριο μειονέκτημα τους είναι το βάρος τους. Έτσι, αν και το αλουμίνιο είναι κατώτερο σε αγωγιμότητα σε σχέση με το χαλκό, συνδυαζόμενο με χάλυβα για τη βελτίωση της μηχανικής αντοχής του, συναγωνίζεται το χαλκό.

Στις γραμμές μεταφοράς της Ελλάδας χρησιμοποιούνται αποκλειστικά αγωγοί αλουμινίου. Οι αγωγοί αυτοί δεν είναι συμπαγείς αλλά αποτελούνται από έναν αριθμό συνεστραμμένων αγωγών για να είναι πιο εύκαμπτοι και να έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Μάλιστα για να αυξηθεί η μηχανική αντοχή των αγωγών ενσωματώνονται μέσα τους συνεστραμμένους κλώνους αλουμινίου σύρματα χάλυβα.

Έτσι, προκύπτει ο ευρύτατα χρησιμοποιούμενος <<αγωγός αλουμινίου με ενίσχυση χάλυβα>> (ACSR), ο οποίος στο κέντρο έχει τους κλώνους από χάλυβα και επάνω από αυτούς τους κλώνους από αλουμίνιο (σχήμα 12(α)).

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται αγωγοί από κράμα αλουμινίου με άλλα μέταλλα όπως μαγνήσιο και πυρίτιο, οι οποίοι παρουσιάζουν αυξημένη μηχανική αντοχή. Οι αγωγοί κατασκευάζονται σε κομμάτια ορισμένου μήκους και για να κατασκευαστεί μια γραμμή αρκετών χιλιομέτρων τέτοια κομμάτια ενώνονται μεταξύ τους με τη βοήθεια συνδετήρων ή σφικτήρων.



Σχήμα 12: Αγωγοί γραμμών μεταφοράς α) Τυπικός αγωγός αλουμινίου με ενίσχυση χάλυβα, β) Κοίλος αγωγός χαλκού, γ) Κοίλος αγωγός χαλκού με διαμήκη αγωγή δοκό.

Ένα γνωστό φαινόμενο που εμφανίζεται στις εναέριες γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης είναι το φαινόμενο Corona, το οποίο προκαλεί ορισμένες απώλειες και θόρυβο στα ραδιοφωνικά κύματα.

Με τον όρο Corona εννοούνται οι εκκενώσεις στο στρώμα του αέρα που περιβάλλει τον αγωγό που είναι ορατός κατά τη νύχτα σαν αμυδρή λάμψη γύρω από τον αγωγό, χρώματος βιολετί, και οι οποίες οφείλονται στο γεγονός του ότι ο αγωγός δεν είναι απόλυτα λείος και καθαρός.

Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι να παρατηρούνται απώλειες ισχύος και διάβρωση του αγωγού. Οι απώλειες αυτές σε κανονικές συνθήκες κυμαίνονται στα 1 με 2 kW/km, ενώ σε δυνατή βροχή μπορεί να φτάσουν τα 30 kW/km.

Για τον περιορισμό του φαινομένου Corona, δηλαδή τη μείωση του ηλεκτρικού πεδίου που προκαλεί τις εν λόγω εκκενώσεις αυξάνεται η διάμετρος των χρησιμοποιούμενων αγωγών.

Προς αντιμετώπιση του φαινομένου Corona στους αγωγούς χαλκού αναπτύχθηκαν οι <<κοίλοι αγωγοί>> χαλκού με αυξημένη διάμετρο για ορισμένη αγωγιμότητα και αντοχή (σχήμα 12(β) & (γ)).

β) Καλώδια

Τα καλώδια αποτελούνται από τα παρακάτω στοιχεία:

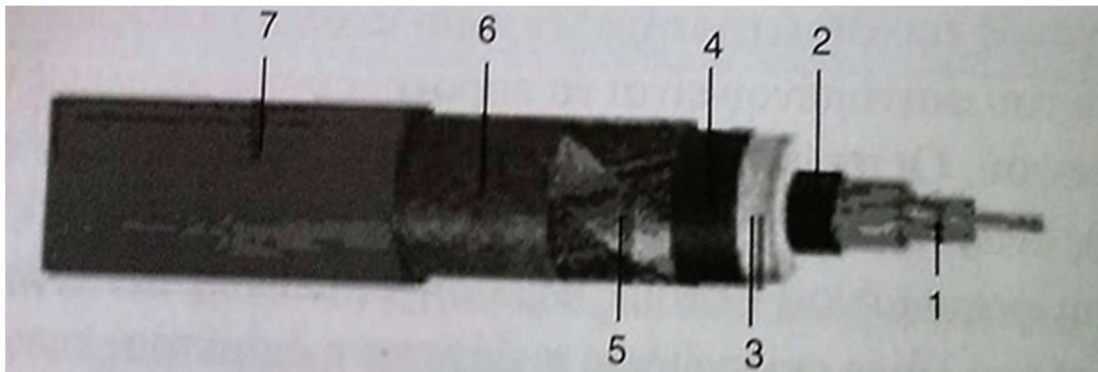
Αγωγοί

Ένας ή τρεις αγωγοί φέρουν το ρεύμα του φορτίου. Είναι από αλουμίνιο ή χαλκό όπως φαίνεται στο σχήμα 13. Τα μέταλλα αυτά είναι κατεργασμένα θερμικά ώστε να είναι εύκαμπτα.

Ο χαλκός είναι υψηλής αγωγιμότητας και όταν είναι σκληρής ολκήσεως, εμφανίζει μεγάλη μηχανική αντοχή. Βασικό τεχνικό μειονέκτημα είναι το βάρος του.

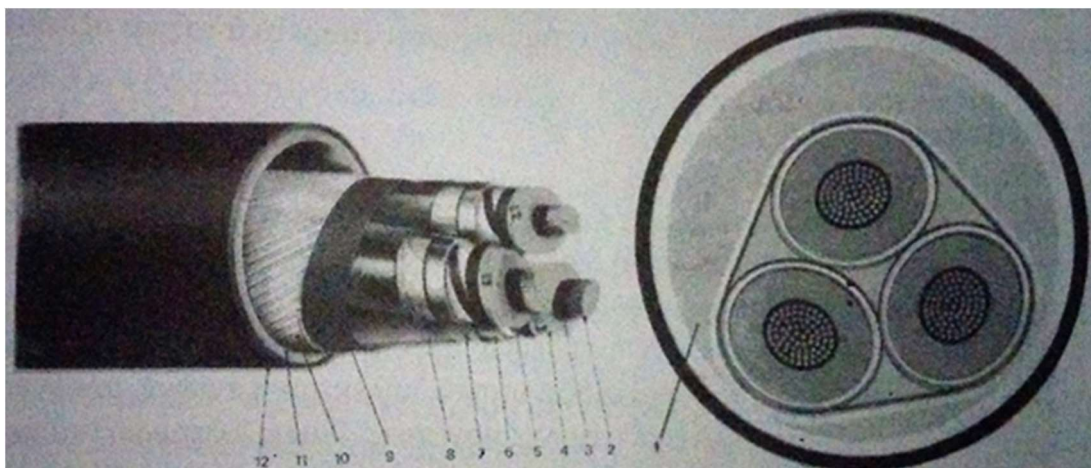
Το αλουμίνιο είναι κατώτερου του χαλκού σε αγωγιμότητα και αντοχή, αλλά είναι φθηνότερο και πολύ ελαφρύτερο από το χαλκό. Μειονέκτημα του είναι επίσης ότι δεν συγκολλείται με μαλακή κόλληση χαμηλού σημείου τήξεως (π.χ. κασιτεροκόλληση) και ότι διαβρώνεται ευκολότερα λόγω ηλεκτροχημικών δράσεων.

Η μορφή της διατομής μπορεί να είναι κυκλική ή να αποτελείται από κυκλικούς τομείς. Οι κυκλικές διατομές μπορεί να είναι συμπαγείς μέχρι 16 mm^2 για χαλκό και 50 mm^2 για αλουμίνιο.



Σχήμα 13: 1) Πολύκλωνος στρογγυλός αγωγός χαλκού (ή αλουμινίου), 2) Εσωτερικό ημιαγωγίμο στρώμα XLPE, 3) Μόνωση XLPE, 4) Εξωτερικό ημιαγωγίμο στρώμα XLPE, 5) Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς (χάλκινη ταινία προαιρετική κατόπιν παραγγελίας), 6) Πλαστική ταινία (προαιρετική), 7) Εξωτερικός μανδύας PVC

Στο σχήμα 14 φαίνεται ένα καλώδιο υψηλής τάσης εξωτερικής πίεσης αερίου. Τρία ξεχωριστά μονοπολικά καλώδια με μόνωση από χαρτί είναι τοποθετημένα σε έναν χαλύβδινο σωλήνα, ο οποίος περιέχει αέριο υπό πίεση (συνήθως χρησιμοποιείται άζωτο ή εξαφθοριούχο θείο). Το αέριο ασκεί πίεση στο μανδύα κάθε πόλου, η οποία μεταδίδεται και στη μόνωση του καλωδίου.



Σχήμα 14: Καλώδιο εξωτερικής πίεσης αερίου 110 KV. 1) αέριο άζωτο υπό πίεση, 2) αγωγός, 3) ημιαγώγιο στρώμα, 4) μόνωση, 5) φύλλα ημιαγώγιμου χαρτιού με αλουμίνιο, 6) μανδύας από μόλυβδο, 7) στρώμα προστατευτικό, 8) ενίσχυση με χαλύβδινα σύρματα, 9) χαλύβδινος σωλήνας, 10) εξωτερικό στρώμα προστασίας από pvc

Μόνωση

Η μόνωση είναι συνήθως χαρτί εμποτισμένο με λάδι ή παχύρρευστη μάζα, PVC, PE, XLPE, κ.α. Το μονωτικό και το πάχος του προσδιορίζει την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου σε τάση, αλλά και την επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος φόρτισης του αγωγού, μιας και είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας στην οποία αντέχει το μονωτικό.

Το είδος της μόνωσης καθορίζει τόσο τη μέγιστη συνεχή όσο και την παροδικά επιτρεπόμενη θερμοκρασία. Η εκλογή της μόνωσης γίνεται ανάλογα με την εφαρμογή, λαμβάνοντας υπόψη τις ηλεκτρικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες, καθώς και τη δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης του καλωδίου, σε σχέση με την ευκαμψία του ή τη μηχανική αντοχή του.

γ) Υπόγεια καλώδια

Τα υπόγεια καλώδια χρειάζονται στα σημεία τερματισμού των εναέριων συστημάτων, σχηματίζοντας την τελική διασύνδεση προς τους υποσταθμούς ή προς άλλο εξοπλισμό και είναι συνήθως μικρού μήκους.

Γενικά τα υπόγεια καλώδια δεν προτιμώνται λόγω των παρακάτω μειονεκτημάτων:

- 1) έχουν πολυέξοδη κατασκευή
- 2) η εγκατάστασή τους είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, ειδικά δε όταν πρόκειται για δύσκολο ανάγλυφο εδάφους
- 3) απαιτούνται περισσότερες άδειες και εγκρίσεις
- 4) απαιτείται μεγάλος βαθμός προστασίας έναντι τρωκτικών και μηχανών.

δ) Υποβρύχια καλώδια

Τα υποβρύχια καλώδια χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δικτύων νήσων με το κύριο ενεργό δίκτυο, τη διάσχιση λιμνών, ποταμών και λιμανιών. Η ζωτικής σημασίας μηχανική προστασία και αντοχή σε εφελκυσμό που απαιτείται στα υποβρύχια καλώδια, επιτυγχάνεται πιο δαπανηρά από ότι στα εναέρια. Τα υποβρύχια καλώδια είναι φιλικά προς το περιβάλλον, αθέατα και χωρίς εναπομείναντα ίχνη μετά την εγκατάστασή τους.

Στα υποβρύχια καλώδια η πόντιση γίνεται με ειδικά πλοία βύθισης καλωδίων ή ακάτους. Το καλώδιο τοποθετείται στους υποδοχείς των μπομπίνων στο πίσω μέρος του πλοίου, και καταδύεται με σταθερή ταχύτητα καθώς το πλοίο διασχίζει τα νερά.

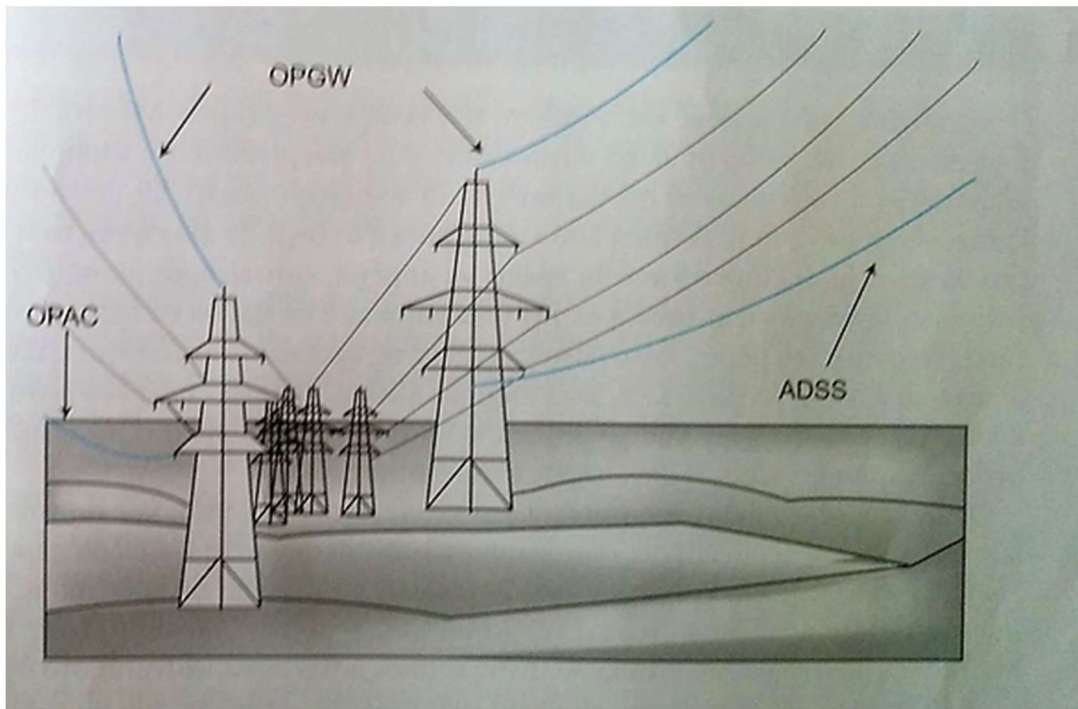
ε) Εφαρμογή οπτικών ινών σε αγωγούς και καλώδια

Τα τελευταία χρόνια επικρατεί η διεθνής τάση από τις εταιρίες ηλεκτρισμού να αξιοποιούν τα υπάρχοντα ηλεκτρικά τους δίκτυα για την παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η τάση αυτή ενισχύθηκε τόσο λόγω των οικονομικών παραγόντων όπως είναι: οι αυξανόμενες τηλεπικοινωνιακές ανάγκες, η απελευθέρωση της αγοράς τηλεπικοινωνιών, οι υπάρχοντες εν δυνάμει καταναλωτές (οι ήδη διασυνδεδεμένοι στο ηλεκτρικό δίκτυο), όσο και λόγω τεχνολογικών παραγόντων όπως είναι: οι εξελίξεις στην τεχνολογία των οπτικών ινών καθιστώντας εφικτή τη συνύπαρξη τηλεπικοινωνιακών και ηλεκτρικών δικτύων.

Οι οπτικές ίνες έχουν τη δυνατότητα να ενσωματωθούν σε εναλλασσόμενες γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης χρησιμοποιώντας την ήδη εγκατεστημένη υποδομή μειώνοντας με τον τρόπο αυτό δραστικά το κόστος εγκατάστασης του νέου τηλεπικοινωνιακού δικτύου.

Οι οπτικές ίνες έχουν τη δυνατότητα να ενσωματωθούν τόσο σε εναέριους αγωγούς, όσο και σε υπόγεια και υποβρύχια καλώδια, τα οποία και κατασκευάζονται εξαρχής με την οπτική ίνα τοποθετημένη στο εσωτερικό τους.

Η εγκατάσταση οπτικών ινών σε εναέριους αγωγούς και σε εναέρια ηλεκτρικά δίκτυα μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας πολλές διαφορετικές τεχνικές. Οι πιο διαδεδομένες από αυτές αποτελούν του οπτικού αγωγού γείωσης (Optical Ground Wire, OPGW), των προσαρτημένων καλωδίων (Optical Attached Cables, OPAC) και των αυτοφερόμενων καλωδίων (All Dielectric Self-Supporting, ADSS). Οι τεχνικές αυτές παρουσιάζονται στο σχήμα 15.



Σχήμα 15: Τρόποι εγκατάστασης οπτικών ινών σε εναέριες εναλλασσόμενες γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης

1.5.7 Μονωτήρες

Οι μονωτήρες χρησιμεύουν στη σύνδεση των εναέριων γραμμών μεταφοράς με τους πυλώνες. Ως προς το υλικό κατασκευής τους διακρίνονται σε κεραμικούς (πορσελάνη ή γυαλί) και σε συνθετικούς (από πολυμερή υλικά). Οι μονωτήρες πρέπει να έχουν τόσο ηλεκτρική όσο και μηχανική αντοχή.

Η ηλεκτρική αντοχή έχει να κάνει με τη μόνωση που θα πρέπει να παρέχει ο μονωτήρας μεταξύ αγωγού και πυλώνα, ενώ η μηχανική με την ικανότητα που θα πρέπει να έχει ο μονωτήρας να αντέχει το βάρος του αγωγού και όλες τις επιπλέον καταπονήσεις όπως οι ισχυροί άνεμοι, το χιόνι, κλπ. Στις γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας δύο είναι οι κύριοι τύποι μονωτήρων που χρησιμοποιούνται. Ο πρώτος είναι ο μονωτήρας στήριξης και ο δεύτερος ο μονωτήρας ανάρτησης.

Ο μονωτήρας στήριξης χρησιμοποιείται κυρίως στη μέση τάση και για τάσεις έως 69KV.

Για τάσεις μεγαλύτερες από 69KV οι μονωτήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται λέγονται μονωτήρες αναρτήσεως. Οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάρτηση των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης και αποτελούνται από μια ή δύο σειρές δισκοειδών μονωτήρων, διατεταγμένων ο ένας πάνω στον άλλο σε μορφή αλυσίδας (αλυσοειδής μονωτήρας).



Σχήμα 16: Μονωτήρας στήριξης.

Κεφάλαιο 2

Εργαστήρια υψηλών τάσεων

2.1 Είδη

Τα εργαστήρια υψηλών τάσεων, ανάλογα με το σκοπό χρήσης τους και τους πόρους που διαθέτουν ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους εργαστήρια. Τα βασικά χαρακτηριστικά των εργαστηρίων αυτών αναλύονται στη συνέχεια.

α) Μικρού μεγέθους εργαστήρια:

Μικρό εργαστήριο θεωρείται αυτό που περιλαμβάνει εξοπλισμό για την πραγματοποίηση δοκιμών d.c., δοκιμών βιομηχανικής συχνότητας και κρουστικές δοκιμές. Η ονομαστική παραγόμενη τάση των εργαστηρίων αυτών κυμαίνεται για την εναλλασσόμενη τάση έως 300KV με μετασχηματιστή μίας βαθμίδας και έως 600KV για διβάθμιο μετασχηματιστή, για τη συνεχή τάση από ± 200 έως 400KV και λιγότερο από 100KV για την κρουστική τάση.

Ο εξοπλισμός πρέπει να εγκαθίσταται σε χώρο διαστάσεων 15m x 10m x 8m αν και πολλές φορές παρατηρείται ότι εγκαθίσταται σε χώρους ύψους μόνο 5 με 6 μέτρα. Τα μικρά μεγέθους εργαστήρια χρησιμοποιούνται συνήθως από εκπαιδευτικά ιδρύματα, τα οποία πέρα από τις εκπαιδευτικές υπηρεσίες δύνανται να παρέχουν υπηρεσίες (δοκιμές) προς τρίτους, καθώς και να διεξάγουν έρευνα.

β) Μεσαίου μεγέθους εργαστήρια – Βιομηχανικά εργαστήρια:

Η κύρια δραστηριότητα των μεσαίων μεγέθους εργαστηρίων είναι η διεξαγωγή προγραμματισμένων δοκιμών. Τα εργαστήρια αυτά διαθέτουν εξοπλισμό για δοκιμές εναλλασσόμενης τάσης της τάξεως των 200 με 600KV, ανάλογα με το μέγεθος του εξοπλισμού που κατασκευάζεται και υπόκεινται σε δοκιμές (π.χ. καλώδια και μετασχηματιστές), με τη φαινόμενη ισχύ να είναι αρκετά μεγαλύτερη της τάξεως τουλάχιστον των 100 με 1000KVA. Τα εργαστήρια αυτά διαθέτουν επίσης γεννήτριες κρουστικής τάσης της τάξεως τουλάχιστον των 20 με 200KJ, καθώς και άλλο εξοπλισμό δοκιμών, όπως γεννήτρια κρουστικών ρευμάτων για δοκιμές απαγωγέων υπερτάσεων και εξοπλισμό συνεχούς ρεύματος, για δοκιμές καλωδίων και πυκνωτών.

Στα βιομηχανικά εργαστήρια η έμφαση σε εργαστηριακές διαδικασίες είναι περιορισμένη, ενώ η ενσωμάτωση νέου εξοπλισμού είναι πρακτικά αδύνατη.

γ) Μεγάλου μεγέθους εργαστήρια:

Τα εργαστήρια αυτού του είδους έχουν ως στόχο τη διεξαγωγή δοκιμών και τη διενέργεια έρευνας, διαθέτοντας για τους σκοπούς αυτούς το σύνολο του εξοπλισμού υψηλών τάσεων και ρευμάτων που υπάρχει.

Ο βασικός εξοπλισμός των εργαστηρίων αυτών περιλαμβάνει:

- α) Έναν ή περισσότερους χώρους δοκιμών υψηλής τάσης,
- β) Θαλάμους δοκιμών Corona και τεχνικής ρύπανσης,
- γ) Εξωτερικούς χώρους δοκιμών ογκώδους εξοπλισμού γραμμών μεταφοράς.
Πύργων, κλπ,
- δ) Θάλαμο δοκιμών ελεγχόμενων ατμοσφαιρικών συνθηκών,
- ε) Ηλεκτρονικούς υπολογιστές, χώρους συνεδριάσεων, βιβλιοθήκη, κλπ.

Τα μεγάλη μεγέθους εργαστήρια υποστηρίζονται από συνεργείο το οποίο πέρα από εξειδικευμένο εξοπλισμό, όπως γερανούς, σκαλωσιές, εγκαταστάσεις ελέγχου και ηλεκτρικών παροχών της τάξης MVA, στελεχώνεται από εξειδικευμένο προσωπικό υποστήριξης όπως μηχανικούς δοκιμών, τεχνικούς, προσωπικό γραφείου και εργάτες.

Επίσης υπάρχει και το εργαστήριο υψηλής τάσης εξωτερικού χώρου. Αυτού του τύπου τα εργαστήρια αποτελούνται από ένα μετασχηματιστή 1800KV, 2000KVA. Έχουν το πλεονέκτημα του κόστους σε σχέση με τα υπόλοιπα καθώς δεν υπάρχουν κτιριακές εγκαταστάσεις, ωστόσο οι δοκιμές στην ύπαιθρο παρουσιάζουν περιορισμούς όπως: α) έλλειψη ανυψωτικών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων υποστήριξης, β) ατμοσφαιρικές συνθήκες οι οποίες μπορεί να περιορίσουν ή να δυσχεράνουν τις δοκιμές, γ) δυσκολία επανάληψης των δοκιμών και δ) δυσκολία πραγματοποίησης δοκιμών τεχνικών συνθηκών, λόγω αλλαγής του αέρα.

2.2 Διαστάσεις εργαστηρίων εσωτερικού τύπου

Καθορίζονται από τις εξής παραμέτρους:

- α) Το μέγεθος του εξοπλισμού δοκιμών, που απαιτούνται για εναλλασσόμενες, συνεχής και κρουστικές γεννήτριες.
- β) Την απόσταση ανάμεσα στα δοκίμια και το έδαφος, κατά τη διάρκεια των συνθηκών δοκιμών και ανάμεσα στους ακροδέκτες υψηλής τάσης και των γειωμένων σημείων (τοίχοι, οροφή, δάπεδα και άλλος εξοπλισμός δοκιμής που δεν είναι υπό τάση).

2.3 Εξοπλισμός των εργαστηρίων

Ο σχεδιασμός του κάθε εργαστηρίου είναι μοναδικός λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο του εξοπλισμού, που θα χρησιμοποιηθεί, το διαθέσιμο χώρο, τα απαραίτητα εξαρτήματα για τις δοκιμές, τους χώρους αποθήκευσης κλπ.

Σύστημα δοκιμών αποτελούμενο από:

- Μετασχηματιστή δοκιμών 200V/100KV - 7,5KVA
- Διβάθμιο ανορθωτή 200KV - 16mA3
- Μονοβάθμια κρουστική γεννήτρια 200KV/300J
- Γεννήτρια DC 30KV – 10mA
- Γεννήτρια DC 25KV – 1mA
- Πολυβάθμια κρουστική γεννήτρια 200kV – 350J
- Κυψέλη δοκιμών
- Παλμογράφος 500MHz – 1 Gsa/s
- Παλμογράφος 400MHz – 400 Msa/s
- Γεννήτρια κρουστικού ρεύματος 3kA/2.5kJ
- Κυψέλη μέτρησης διηλεκτρικής αντοχής μονωτικών λαδιών

2.4 Κανονισμοί

Σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 510 – 1983 το οποίο ασχολείται με την εφαρμογή και τη μέτρηση της υψηλής τάσης και παρέχει τις συνιστώμενες πρακτικές ασφάλειας όσον αφορά τους εν λόγω κινδύνους.

- 1) Όλοι οι ανυπόστατοι τερματικοί εξοπλισμοί δοκιμών ή συσκευή υπό δοκιμή θα πρέπει να θεωρηθούν ότι βρίσκονται υπό τάση.
- 2) Θα πρέπει να υπάρχει κοινή σύνδεση γείωσης σε σταθερά και μη σταθερά δοκίμια. Ως ελάχιστη απαίτηση, πρέπει το δυναμικό των αγωγών γείωσης να μην υπερβαίνει το μέγιστο ρεύμα γείωσης για οποιαδήποτε εφαρμογή.
- 3) Θα πρέπει να λαμβάνεται προφύλαξη για την αποφυγή τυχαίας επαφής των ενεργών αγωγών με το προσωπικό, είτε με θωράκιση των ενεργών αγωγών ή με την τοποθέτηση εμποδίων γύρο από την περιοχή.
- 4) Το κύκλωμα θα πρέπει να περιλαμβάνει όργανα που δηλώνουν τις τάσεις δοκιμής.
- 5) Κατά την εναλλαγή και ανάλογα με την περίπτωση, θα πρέπει να προβλεφθεί ένας παρατηρητής για την άμεση απενεργοποίηση των κυκλωμάτων δοκιμής για λόγους ασφαλείας. Στην περίπτωση των δοκιμών dc, οι διατάξεις θα πρέπει να γειώνονται και να έχουν μόνωση.
- 6) Για τη δοκιμή υψηλής τάσης και υψηλής ισχύος θα πρέπει να γίνεται επίβλεψη από εξειδικευμένο προσωπικό.

Ασφάλεια στο χώρο δοκιμών

- 1) Κατάλληλες προειδοποιητικές πινακίδες, για παράδειγμα "ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ", θα πρέπει να αναρτηθούν πάνω ή κοντά στις πόρτες εισόδου.
- 2) Στο βαθμό που είναι εφικτό, θα πρέπει να προβλέπονται αυτόματοι μηχανισμοί γείωσης, να εφαρμοστεί ορατή θέση στα κυκλώματα υψηλής τάσης μετά την απενεργοποίηση. Σε ορισμένα κυκλώματα υψηλής τάσης, ιδιαίτερα σε εκείνα στα οποία τα στοιχεία κρέμονται από μία εγκατάσταση σε μία άλλη, αυτό μπορεί να μην είναι εφικτό. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο χειριστής θα πρέπει να επισυνάψει μια γείωση στον ακροδέκτη της υψηλής τάσης χρησιμοποιώντας κατάλληλη μονωτική

λαβή (κοντάρι). Στην περίπτωση πολλών πυκνωτών συνδεδεμένων εν σειρά, δεν είναι πάντα επαρκής για να γειώσει μόνο το τερματικό της υψηλής τάσης. Οι εκτιθέμενοι ενδιάμεσοι τερματικοί σταθμοί θα πρέπει επίσης να είναι γειωμένοι. Αυτό ισχύει ιδίως για την λειτουργία γεννητριών όπου οι πυκνωτές πρέπει να είναι βραχυκυκλωμένοι και γειωμένοι.

- 3) Ασφαλή γείωση των οργάνων πρέπει να τηρεί όλα τα μέτρα προστασίας, εκτός αν έχουν ληφθεί ειδικά μέτρα για να εξασφαλίσει την ασφάλεια του προσωπικού.

Έλεγχου και μέτρηση κυκλωμάτων

Καμία ενέργεια δεν πρέπει να εκτελεστεί σε μία περιοχή δοκιμής, εκτός αν είναι μέσα σε ένα γειωμένο μεταλλικό περίβλημα το οποίο είναι συνδεδεμένο με τη γείωση ή εκτός αν έχουν ληφθεί άλλες προφυλάξεις για τη διασφάλιση του προσωπικού ασφαλείας. Τα καλώδια ελέγχου, σύνδεσης μετρητή και τα καλώδια που ενώνονται με τον παλμογράφο εμπίπτουν στην ίδια κατηγορία.

Προσωρινά κυκλώματα

- 1) Προσωρινά κυκλώματα μέτρησης, πρέπει να βρίσκονται εξ ολοκλήρου εντός της περιοχής δοκιμής και εντός του περιφραγμένου χώρου. Εναλλακτικά, οι μετρήσεις μπορούν να βρίσκονται έξω από το φράχτη, εφόσον τα στοιχεία περικλείονται σε γειωμένο μεταλλικό περίβλημα.
- 2) Προσωρινά κυκλώματα ελέγχου θα πρέπει να αντιμετωπίζονται το ίδιο, όπως τα κυκλώματα μέτρησης που βρίσκονται μέσα σε ένα γειωμένο κουτί με όλα τα χειριστήρια προσβάσιμα του φορέα εκμετάλλευσης στο δυναμικό της γης.

Κανόνες ασφαλείας

Θα πρέπει να θεσπιστεί ένα σύνολο κανόνων ασφαλείας και η επιβολή για τις εργαστηριακές εγκαταστάσεις δοκιμών. Ένα αντίγραφο από αυτά θα πρέπει να δοθεί, και να αναλυθεί, με κάθε άτομο που έχει οριστεί για να εργαστεί σε μια περιοχή δοκιμής. Θα πρέπει να θεσπιστεί διαδικασία για την περιοδική επανεξέταση των κανόνων αυτών με τους φορείς.

Επιθεώρηση ασφαλείας

Θα πρέπει να θεσπιστεί διαδικασία για την περιοδική επιθεώρηση των περιοχών δοκιμής. Οι συστάσεις από τους ελέγχους αυτούς θα πρέπει να ακολουθούνται από διορθωτικά μέτρα για το μη ασφαλή εξοπλισμό ή πρακτικές που δεν είναι σύμφωνες με τις απαιτούμενες ρυθμίσεις.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Μια επιτροπή ασφαλείας που αποτελείται από πολλούς φορείς που διορίζονται εκ περιτροπής, πρέπει να έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματική, όχι μόνο από τη σκοπιά ελέγχου, αλλά και στη λήψη όλο το προσωπικό ότι γνωρίζει την ασφάλεια.

Γείωση & Βραχυκυκλώματα

- 1) Η δρομολόγηση και σύνδεση των προσωρινών καλωδιώσεων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να είναι ασφαλής έναντι τυχαίας διακοπής που μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο για το προσωπικό ή εξοπλισμό.
- 2) Συσκευές που βασίζονται σε ένα στερεό ή στερεό / υγρό διηλεκτρικό για τη μόνωση θα πρέπει κατά προτίμηση να είναι γειωμένες και βραχυκυκλωμένες όταν δεν είναι σε χρήση.
- 3) Η ορθή πρακτική ασφάλειας προϋποθέτει ότι χωρητικά αντικείμενα θα βραχυκυκλώνονται στις ακόλουθες περιπτώσεις:
 - i. Οποιοδήποτε χωρητικό αντικείμενο (capacitive object) το οποίο δεν είναι σε χρήση, αλλά μπορεί να είναι υπό την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου dc, θα πρέπει να έχει γειωμένο τον ακροδέκτη της υψηλής τάσης. Η μη τήρηση αυτής της προφύλαξης μπορεί να οδηγήσει σε μία τάση που προέρχεται από το χωρητικό αντικείμενο από το πεδίο.
 - ii. Χωρητικά αντικείμενα (capacitive object) με μια διηλεκτρική σταθερά θα πρέπει να είναι βραχυκυκλωμένα μετά από dc δοκιμές.
 - iii. Οποιαδήποτε ανοικτή χωρητική συσκευή θα πρέπει να είναι βραχυκυκλωμένη και γειωμένη προτού έρθει σε επαφή με το προσωπικό.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Είναι καλή πρακτική για όλες τις χωρητικές συσκευές για να παραμείνει βραχυκυκλωμένες όταν δεν είναι σε χρήση.

Απόσταση

- 1) Όλα τα αντικείμενα που είναι συνδεδεμένα στο δυναμικό της γης θα πρέπει να τοποθετούνται μακριά από όλα τα εκτεθειμένα σημεία υψηλής τάσης σε μια ελάχιστη απόσταση 25,4 mm για κάθε 7500 Volts, (π.χ. 50 kV απαιτεί απόσταση τουλάχιστον 171 mm).
- 2) Επιτρέπεται μια απόσταση ερπυσμού 25,4 mm για κάθε 7.500 Volts για μονωτές τοποθετημένους σε επαφή με τα σημεία υψηλής τάσης.

Δοκιμή Υψηλής Ισχύος

- 1) Η δοκιμή υψηλής ισχύος περιλαμβάνει έναν ειδικό τύπο μέτρησης υψηλής τάσης παράλληλα με μεγάλο ρεύμα. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ασφάλεια προφύλαξης για τη δοκιμή υψηλής ισχύος, λόγω αυτού του γεγονότος. Τυχόν εκρηκτική φύση του δοκιμίου επιφέρει επίσης ιδιαίτερη ανησυχία σχετικά με την ασφάλεια στο εργαστήριο.
- 2) Ο εξοπλισμός προστασίας των ματιών και του προσώπου θα πρέπει να χρησιμοποιείται από όλο το προσωπικό κατά τη διεξαγωγή ή την παρατήρηση μιας δοκιμής υψηλής ισχύος, όπου υπάρχει εύλογη πιθανότητα τραυματισμού του προσώπου και των ματιών κατά τη διεξαγωγή της δοκιμής.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: κατά τη διεξαγωγή του πειράματος υπάρχει κίνδυνος για το πρόσωπο και τα μάτια λόγω του έντονου φωτός (συμπεριλαμβανόμενου του υπεριώδους), σπινθήρων και λιωμένων μετάλλων.

Γυαλιά ασφαλείας που περιέχουν απορροφητικούς φακούς θα πρέπει να φορούνται από όλους τους τεχνικούς, κατά την μια υψηλής ισχύος δοκιμή ακόμα και όταν το ηλεκτρικό τόξο δεν αναμένεται. Οι φακοί θα πρέπει να είναι ανθεκτικοί και οι αποχρώσεις να συνάδουν με το επίπεδο περιβάλλοντος του φωτισμού του χώρου εργασίας, αλλά να είναι σε θέση να παρέχουν προστασία από επικίνδυνες ακτινοβολίες που οφείλονται σε οποιοδήποτε ακούσιο ηλεκτρικό τόξο.

Γενικά

- 1) Όλος ο εξοπλισμός παραγωγής υψηλής τάσης θα πρέπει να έχει ένα ενιαίο προφανές έλεγχο για να αλλάξει ο εξοπλισμός υπό συνθήκες έκτακτης ανάγκης.
- 2) Όλος ο εξοπλισμός παραγωγής υψηλής τάσης θα πρέπει να έχει κατάλληλη σήμανση η οποία να σηματοδοτεί ότι η υψηλή τάση της εξόδου είναι ενεργοποιημένη.
- 3) Όλος ο εξοπλισμός παραγωγής υψηλής τάσης θα πρέπει να έχει διατάξεις για εξωτερικές συνδέσεις (αλληλοσυνδέονται) όπου, όταν είναι ανοικτή, να ενημερώνει την πηγή υψηλής τάσης ώστε να απενεργοποιηθεί. Αυτές οι συνδέσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις εξωτερικές ασφαλιστικές δικλείδες ασφαλείας σε εμπόδια και για την προστασία των εργαζόμενων.

Κεφάλαιο 3

Παρουσίαση Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων του Πανεπιστημίου Πατρών

Η κατασκευή του εργαστηρίου έχει γίνει με σκοπό την διεξαγωγή εκπαιδευτικής φύσεως πειραμάτων.

Οι διαστάσεις του είναι: ύψος 6m, πλάτος 17,35m και μήκος 22,75m και λόγω του ύψους και των πειραμάτων που διεξάγονται κατηγοριοποιείται σε μικρό εργαστήριο υψηλής τάσης.

Το εργαστήριο είναι εξοπλισμένο με τις παρακάτω κύριες διατάξεις παραγωγής υψηλών τάσεων:

1) Προγραμματιζόμενη διάταξη δοκιμών μονωτικών ελαίων BAUR DTA 100 C

$$V_{in} = 90 - 264 \text{ V (50/60 Hz)}$$

$$V_{out} = 0 - 100 \text{ kV}_{rms}$$

$$\text{Power consumption} = 70 \text{ VA}$$

$$I = 70\text{VA}/230\text{V} = 0,3\text{A}$$

2) Γεννήτρια κρουστικών Υ.Τ. Haefely 400 kV

Μετασχηματιστής 80 kV / 50 Hz

Ανορθωτική διάταξη 400 kV

Μονάδα ελέγχου TYPE 273

Βολτόμετρο κορυφής TYPE 65

3) Προγραμματιζόμενος Μ/Σ δοκιμών Υ.Τ.

HIGHVOLT Pruftechnik Dresden GmbH, PEOI 40/100, 40 kVA / 100 kV

Για τη θέρμανση και ψύξη του εργαστηρίου θα χρησιμοποιηθούν 4 κλιματιστικά τα οποία δεν υπάρχουν αυτή τη στιγμή στο εργαστήριο.

Κεφάλαιο 4



Μελέτη Φωτισμού

Η μελέτη του φωτισμού είναι το σημαντικότερο κομμάτι για τη σωστή λειτουργία του εργαστηρίου. Ο καλός φωτισμός έχει αντίκτυπο στην μαθησιακή μεταδοτικότητα και ενισχύει την παραγωγικότητα του μαθήματος. Στα εργαστήρια, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι οι επιφάνειες εργασίας δεν πέφτουν σε σκιές και οι λεπτομέρειες γίνονται εύκολα ορατές.

Με τη σωστή επιλογή φωτισμού και με την χρήση της τεχνολογίας, μπορεί να εξοικονομηθεί το 50% της κατανάλωσης ενέργειας. Αυτό γίνεται με την επιλογή λαμπτήρων τελευταίας γενιάς (Led) και με τη χρήση αισθητήρων που αλλάζουν την ένταση φωτός που εκπέμπουν οι λαμπτήρες, ανάλογα με το φυσικό φωτισμό που μπαίνει στην αίθουσα από τον ήλιο.

Στη μελέτη του φωτισμού έγινε επιλογή λαμπτήρων led για τους παρακάτω λόγους:

- Είναι πιο οικονομικές σε κατανάλωση ρεύματος, αν συγκριθούν με μία φθορισμού ίδιας φωτεινότητας
- Οι λαμπτήρες φθορίου τρεμοπαίζουν και δυσκολεύουν το μαθητή να συγκεντρωθεί, ενώ οι λαμπτήρες led δεν παρουσιάζουν αυτό το μειονέκτημα
- Έχουν 5-10 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- Άμεση maximum φωτεινότητα με το που την ανάβουμε (ενώ στις φθορισμού μερικές φορές στην αρχή αργεί να πιάσει τη maximum φωτεινότητα)
- Δεν ζεσταίνονται καθόλου
- Μπορούν να τις λειτουργήσουμε με dimmer (ροοστάτη) ενώ τους λαμπτήρες φθορισμού δεν γίνεται
- Δεν περιέχουν μέσα τους διάφορες τοξικές και επικίνδυνες για την υγεία μας ουσίες (φυσικά και οι λαμπτήρες φθορισμού μόνο αν σπάσουν είναι επικίνδυνες)

Διαστάσεις αίθουσας: Μήκος (L) = 17,75m Πλάτος (W) = 23,1m Ύψος (h) = 6m

Από τον πίνακα EN12464-1 που έχει τα ευρωπαϊκά πρότυπα φωτισμών εσωτερικού χώρου πήραμε τις παρακάτω τιμές για την κατηγορία: Practical rooms and laboratories

Η συνιστώμενη ένταση φωτισμού (E) = 500lx

Άμεση ψυχολογική θάμβωση (UGR_L) = 19

Ομοιομορφία (U_o) = 0,6

Δείκτης χρωματικής απόδοσης (Ra) = 80

Επομένως για το συγκεκριμένο χώρο επιλέχθηκε μια ομάδα 56 λαμπτήρων ENDO RAD706W LED τοποθετημένα στην οροφή σε 8 σειρές, όπου η κάθε μια έχει 7 φωτιστικά, με φωτεινή ροή 5620 lm και κατανάλωση ισχύς 39,3 W ο κάθε ένας λαμπτήρας.

Επίσης προστέθηκε ακόμα ένα φωτιστικό ENDO ERK9169W_RAD531N Wall Washer Light

για να καλύψει τις ανάγκες φωτισμού του πίνακα, με φωτεινή ροή 11738 lm και κατανάλωση ισχύς 80 W.

Άρα η συνολική κατανάλωση ισχύος των φωτιστικών είναι: $P=39,3 \cdot 56 + 80=2280,8W$

Επίσης έγινε μελέτη φωτισμού συνυπολογίζοντας και το φωτισμό του ηλίου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ανάγκη χρησιμοποίησης μόνο του 30% των φωτιστικών με τις συγκεκριμένες συνθήκες. Επομένως η κατανάλωση της ισχύς σε αυτή την περίπτωση μειώνετε σε μεγάλο ποσοστό.

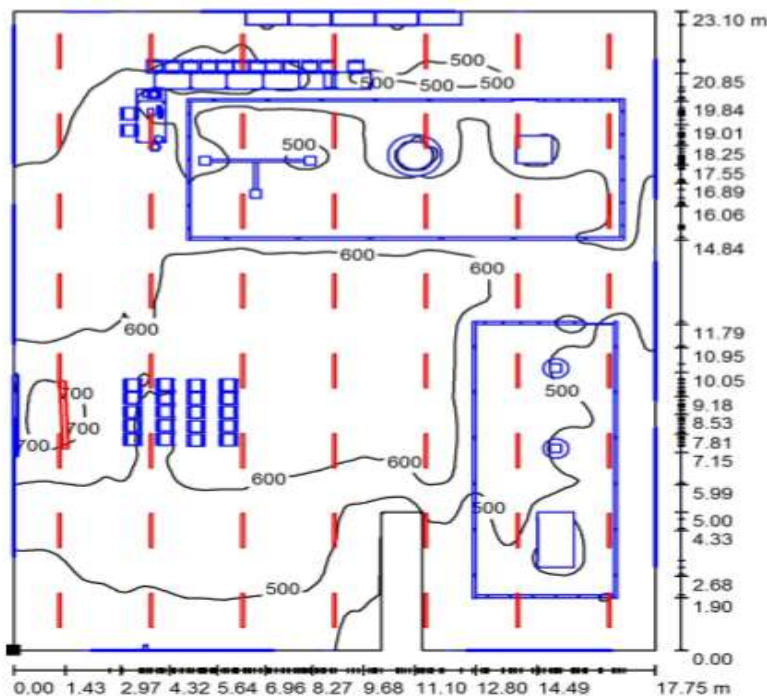
Αποτελέσματα της μελέτης φωτισμού όταν εκπέμπεται φωτεινότητα μόνο από τους λαμπτήρες μέσα στην αίθουσα:

❖ Αποτελέσματα ολόκληρης της αίθουσας:

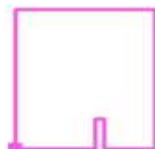
Μελέτη 1



Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Μόνο φώτα / Επίπεδο εργασίας / Ισοδύναμες γραμμές (E)



Θέση της επιφάνειας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 181

Κάνναβος: 128 x 128 Σημεία

E_m [lx]
532

E_{min} [lx]
300

E_{max} [lx]
781

E_{min} / E_m
0.563

E_{min} / E_{max}
0.384

❖ Αποτελέσματα στην επιφάνεια του πίνακα:

Μελέτη 1

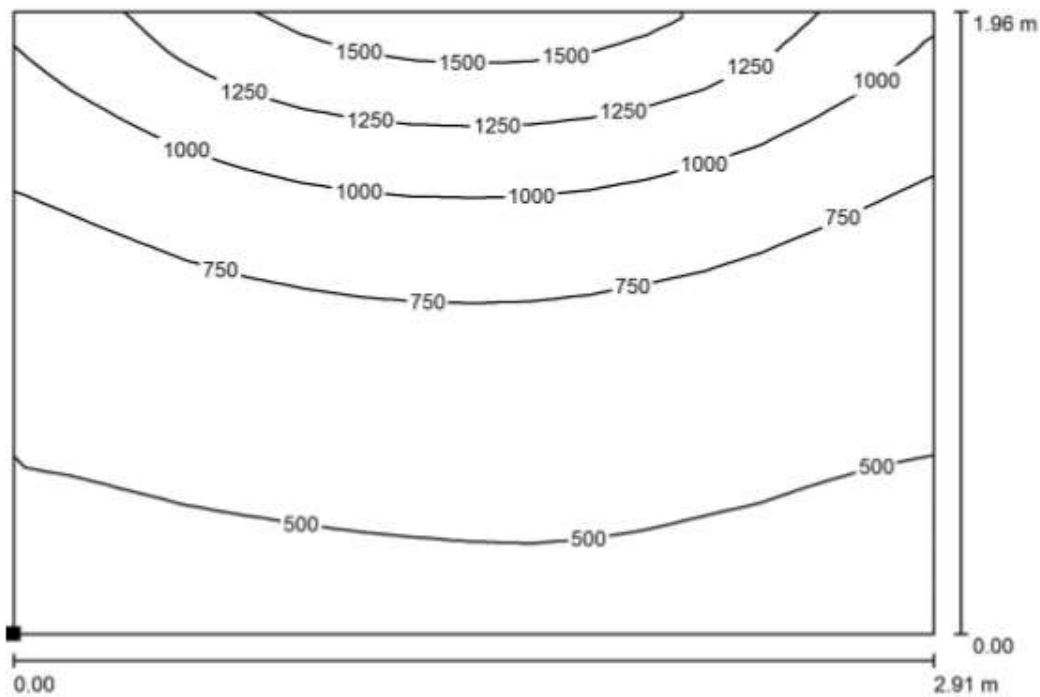


DIALux

03.03.2017

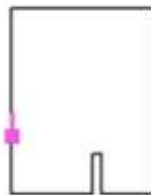
Υπεύθυνος επεξεργασίας
Τηλέφωνο
Φαξ
e-Mail

**Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Μόνο φώτα / Επιφάνεια υπολογισμού 1 /
Ισοδύναμες γραμμές (E, κάθετα)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 21

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(0.200 m, 7.072 m, 1.079 m)



Κάνναβος: 16 x 16 Σημεία

E_m [lx]
768

E_{min} [lx]
444

E_{max} [lx]
1661

E_{min} / E_m
0.578

E_{min} / E_{max}
0.267

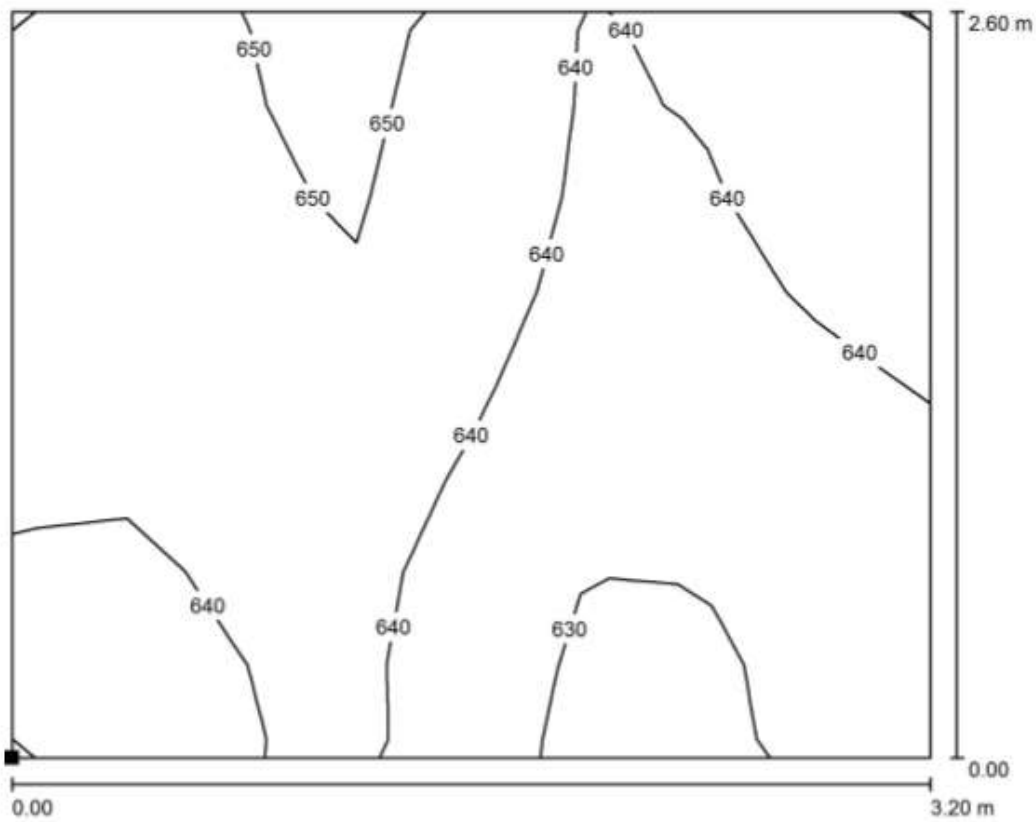
- ❖ Αποτελέσματα στην επιφάνεια των καθισμάτων μπροστά από τον πίνακα:

Μελέτη 1



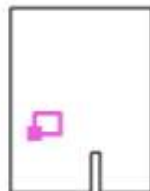
Υπεύθυνος επεξεργασίας
Τηλέφωνο
Φαξ
e-Mail

Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Μόνο φώτα / Επιφάνεια υπολογισμού καρέκλες / Ισοδύναμες γραμμές (E, κάθετα)



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 23

Θέση της επιφανείας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(3.100 m, 7.300 m, 1.000 m)



Κάνναβος: 8 x 8 Σημεία

E_m [lx]
640

E_{min} [lx]
625

E_{max} [lx]
656

E_{min} / E_m
0.975

E_{min} / E_{max}
0.952

❖ Αποτελέσματα στην επιφάνεια των θρανίων:

Μελέτη 1

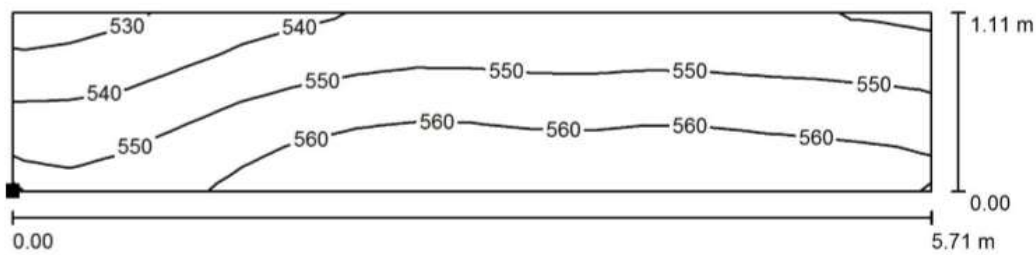


DIALux

03.03.2017

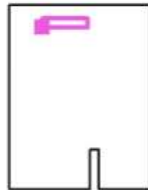
Υπεύθυνος επεξεργασίας
Τηλέφωνο
Φαξ
e-Mail

Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Μόνο φώτα / Επιφάνεια υπολογισμού θρανία 1 / Ισοδύναμες γραμμές (E, κάθετα)



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 41

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(4.190 m, 20.288 m, 1.400 m)



Κάνναβος: 16 x 4 Σημεία

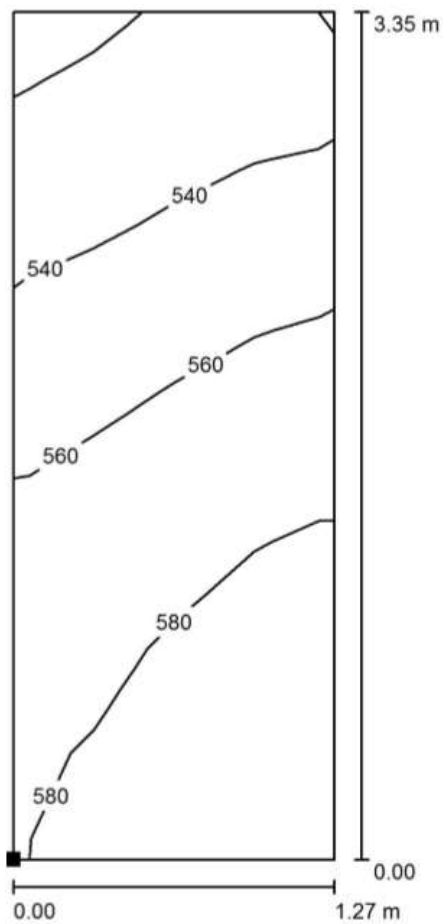
E_m [lx]
552

E_{min} [lx]
527

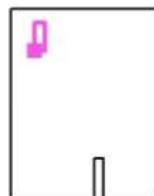
E_{max} [lx]
569

E_{min} / E_m
0.956

E_{min} / E_{max}
0.926



Θέση της επιφανείας στον χώρο:
 Επιλεγμένο σημείο:
 (2.950 m, 18.023 m, 1.400 m)



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 27

Κάναβος: 4 x 8 Σημεία

E_m [lx]
561

E_{min} [lx]
517

E_{max} [lx]
595

E_{min} / E_m
0.921

E_{min} / E_{max}
0.869

Αποτελέσματα της μελέτης φωτισμού όταν εκπέμπεται φωτεινότητα από τους λαμπτήρες σε συνδυασμό με το φυσικό φως από τον ήλιο μέσα στην αίθουσα:

❖ Αποτελέσματα ολόκληρης της αίθουσας:

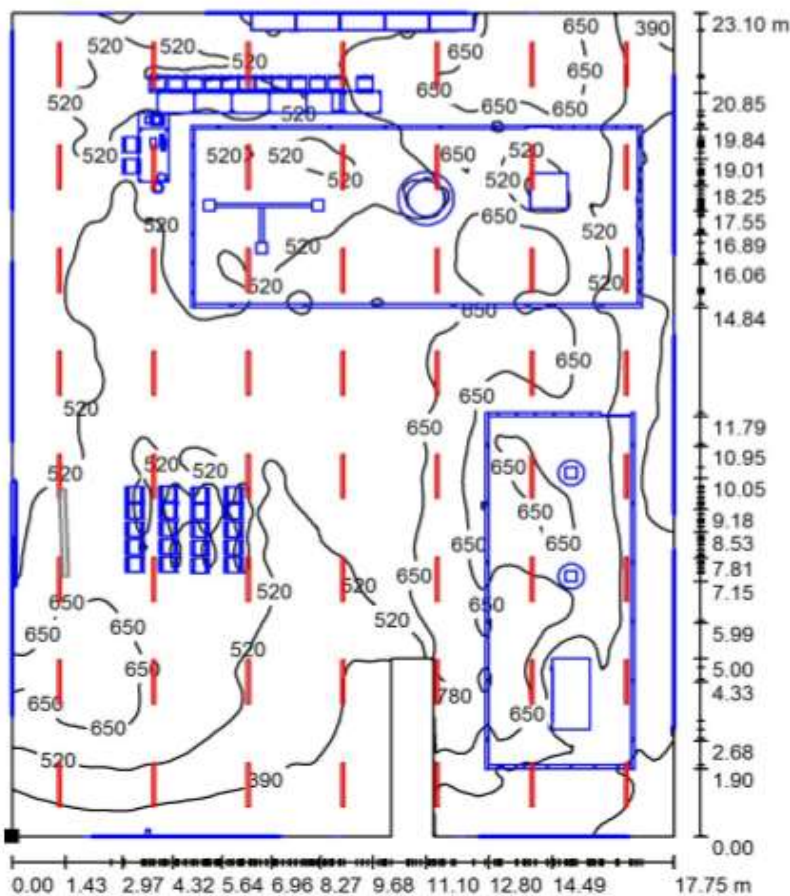
Μελέτη 1

DIALux

03.03.2017

Υπεύθυνος επεξεργασίας
Τηλέφωνο
Φαξ
e-Mail

Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Με ήλιο / Επίπεδο εργασίας / Ισοδύναμες γραμμές (E)



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 181

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Κάνναβος: 128 x 128 Σημεία

E_m [lx]
537

E_{min} [lx]
267

E_{max} [lx]
889

E_{min} / E_m
0.498

E_{min} / E_{max}
0.301

❖ Αποτελέσματα στην επιφάνεια του πίνακα:

Μελέτη 1

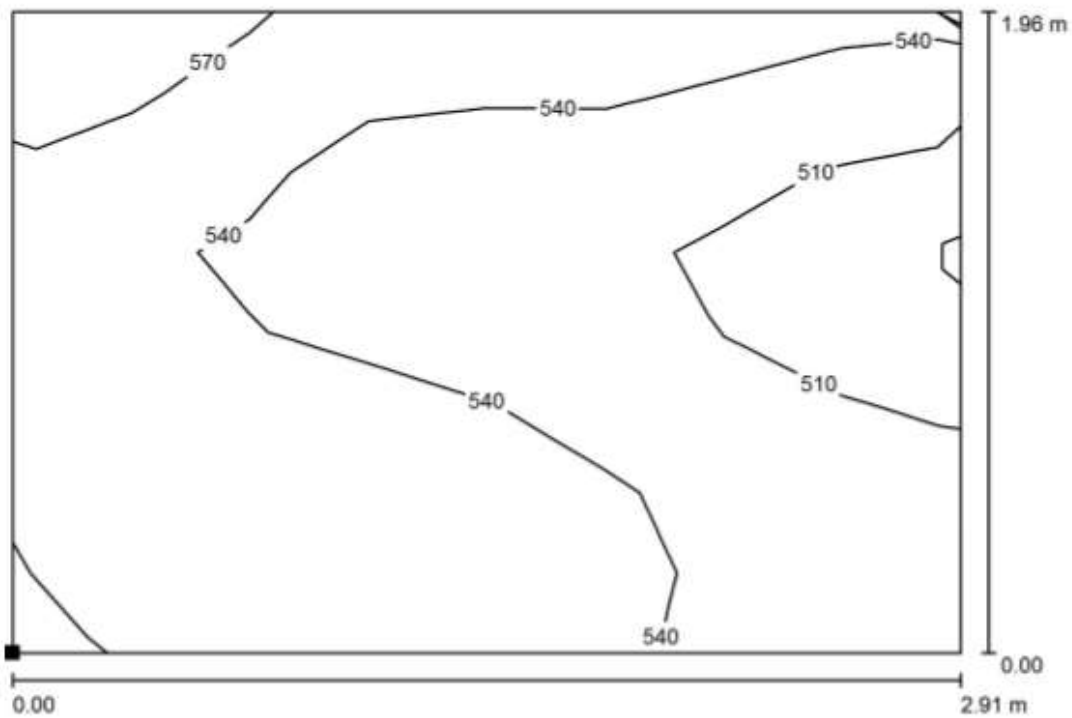


DIALux

03.03.2017

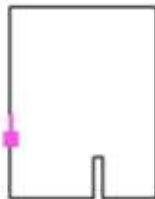
Υπεύθυνος επεξεργασίας
Τηλέφωνο
Φαξ
e-Mail

**Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Με ήλιο / Επιφάνεια υπολογισμού 1 /
Ισοδύναμες γραμμές (E, κάθετα)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 21

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(0.200 m, 7.072 m, 1.079 m)



Κάνναβος: 8 x 8 Σημεία

E_m [lx]
537

E_{min} [lx]
458

E_{max} [lx]
584

E_{min} / E_m
0.854

E_{min} / E_{max}
0.784

❖ Αποτελέσματα στην επιφάνεια των καθισμάτων μπροστά από τον πίνακα:

Μελέτη 1

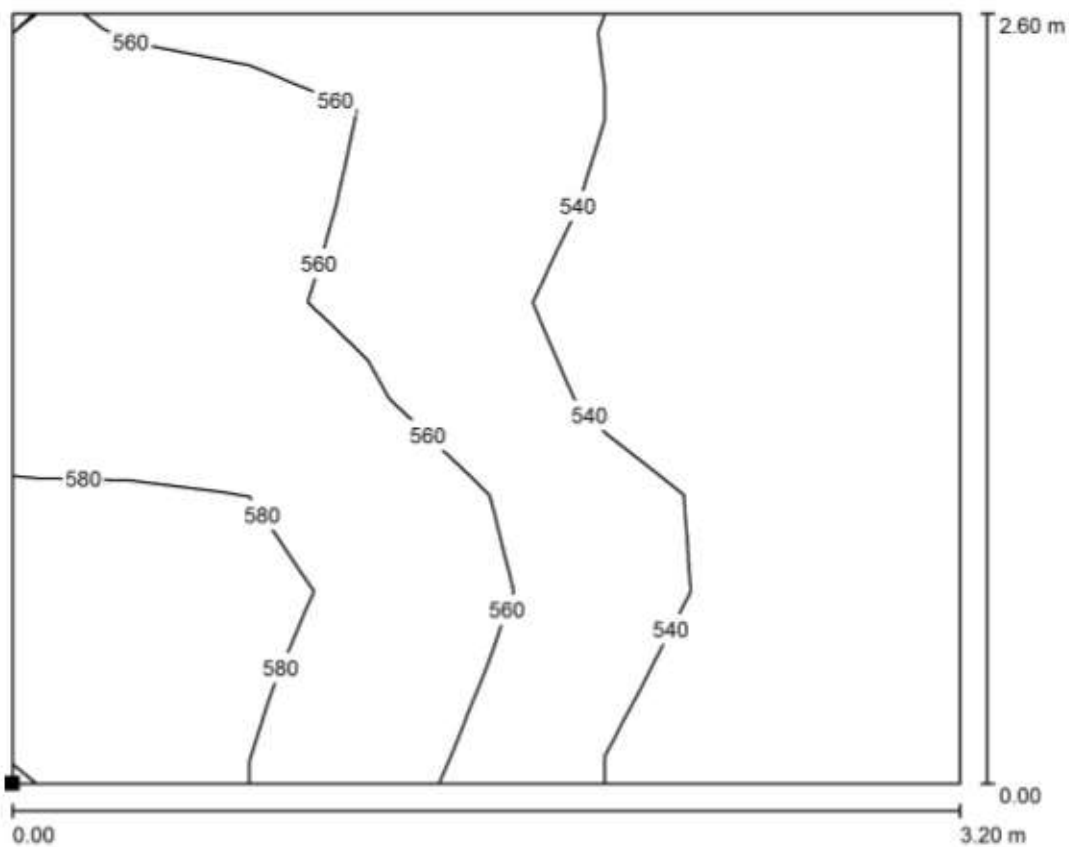


DIALux

03.03.2017

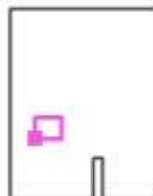
Υπεύθυνος επεξεργασίας
Τηλέφωνο
Φαξ
e-Mail

**Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Με ήλιο / Επιφάνεια υπολογισμού καρέκλες /
Ισοδύναμες γραμμές (E, κάθετα)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 23

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(3.100 m, 7.300 m, 1.000 m)



Κάνναβος: 8 x 8 Σημεία

E_m [lx]
553

E_{min} [lx]
520

E_{max} [lx]
599

E_{min} / E_m
0.941

E_{min} / E_{max}
0.868

❖ Αποτελέσματα στην επιφάνεια των θρανίων:

Μελέτη 1

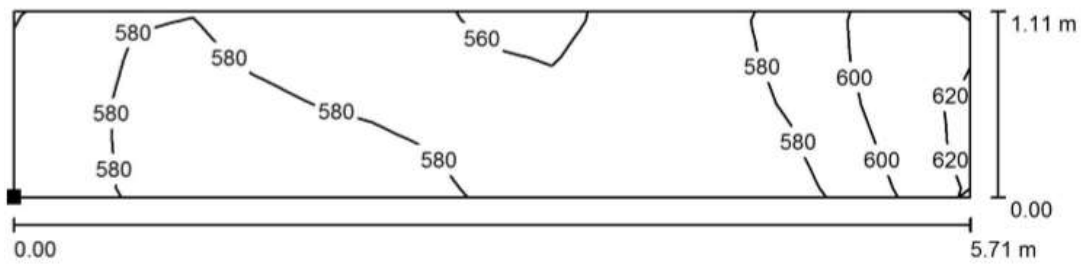


DIALux

03.03.2017

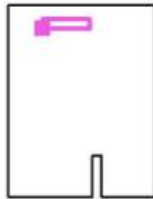
Υπεύθυνος επεξεργασίας
Τηλέφωνο
Φαξ
e-Mail

**Εσωτερικός χώρος 1 / Φωτεινή σκηνή Με ήλιο / Επιφάνεια υπολογισμού θρανία 1 /
Ισοδύναμες γραμμές (E, κάθετα)**



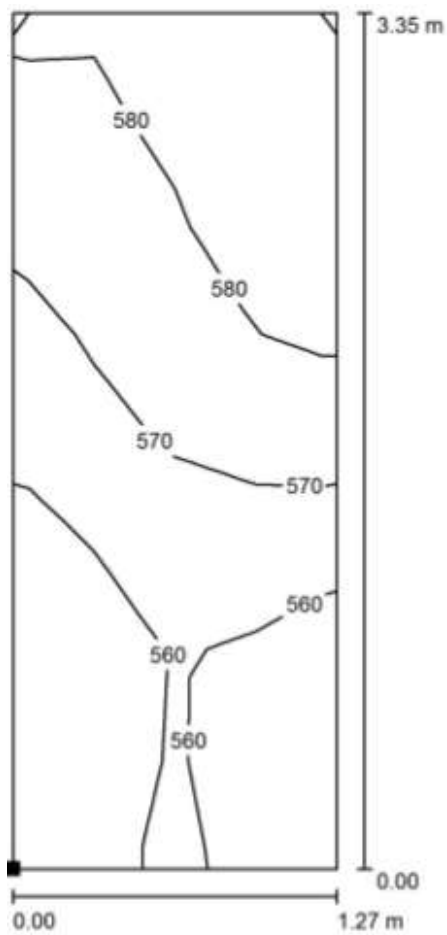
Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 41

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(4.190 m, 20.288 m, 1.400 m)



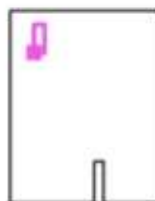
Κάνναβος: 16 x 4 Σημεία

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
580	547	628	0.944	0.872



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 27

Θέση της επιφανείας στον χώρο:
Επιλεγμένο σημείο:
(2.950 m, 18.023 m, 1.400 m)



Κάνναβος: 4 x 8 Σημεία

E_m [lx]
569

E_{min} [lx]
548

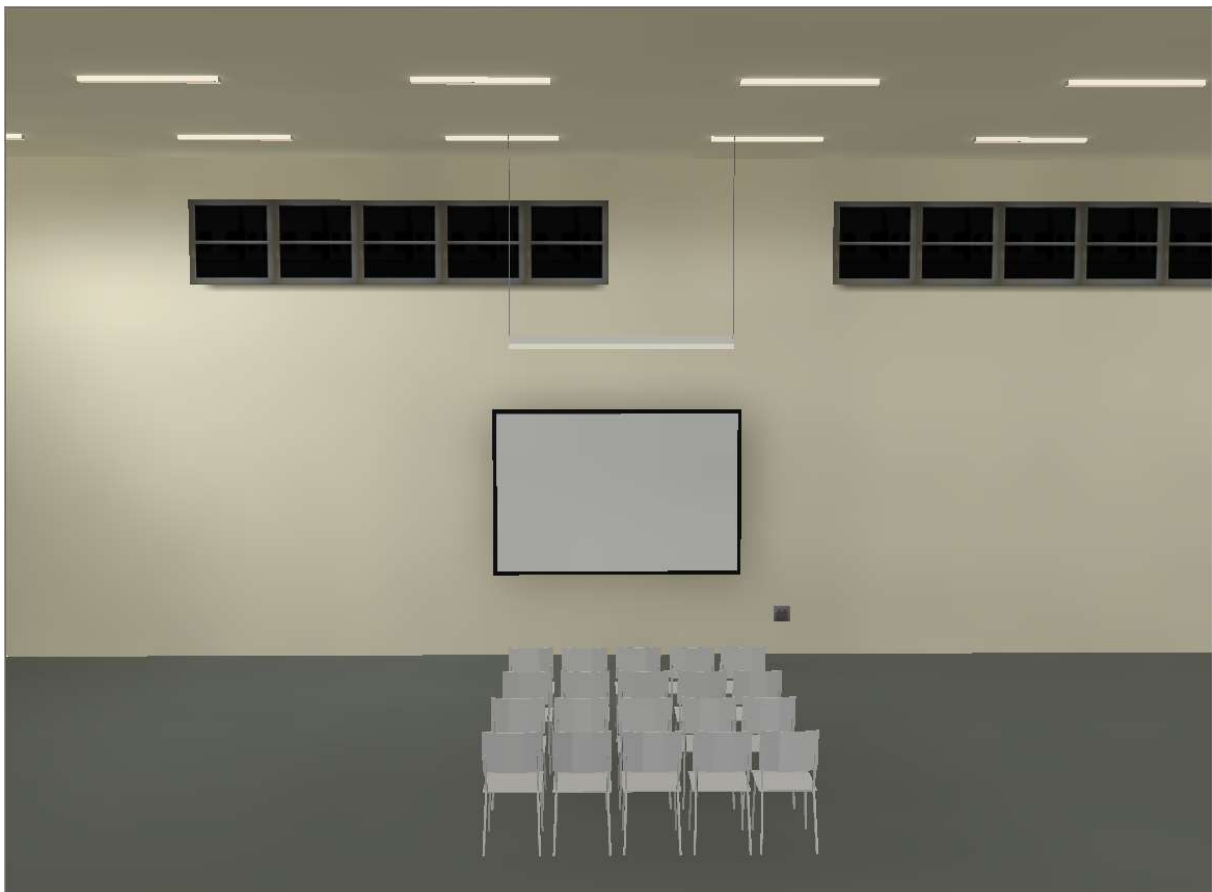
E_{max} [lx]
590

E_{min} / E_m
0.963

E_{min} / E_{max}
0.929

Τα αποτελέσματα δίδουν ότι ο φωτισμός είναι επαρκής καθώς το η ελάχιστη τιμή που απαιτούν τα πρότυπα είναι τα 500 lm.

Εικόνες της αίθουσας μέσα από το πρόγραμμα Dialux:





Ηλεκτρολογική μελέτη

Τα φορτία που θα πρέπει να σηκώσει η ηλεκτρική εγκατάσταση αναγράφονται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 3.

Το εργαστήριο θα χρειαστεί τριφασική παροχή Νο 4 από την οποία θα παίρνει ρεύμα ένας πίνακας διανομής από τον οποίο θα τροφοδοτείται ο πίνακας κίνησης και φωτισμού. Συστήματα γείωσης TNS.

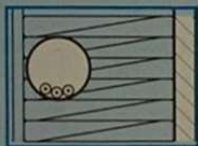
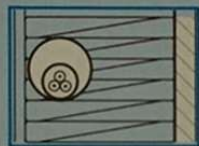
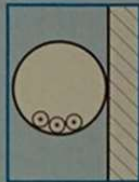
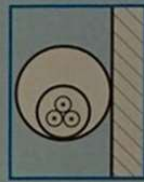
✚ Καθορισμός καλωδίων και προστασίας γραμμής φωτισμού:

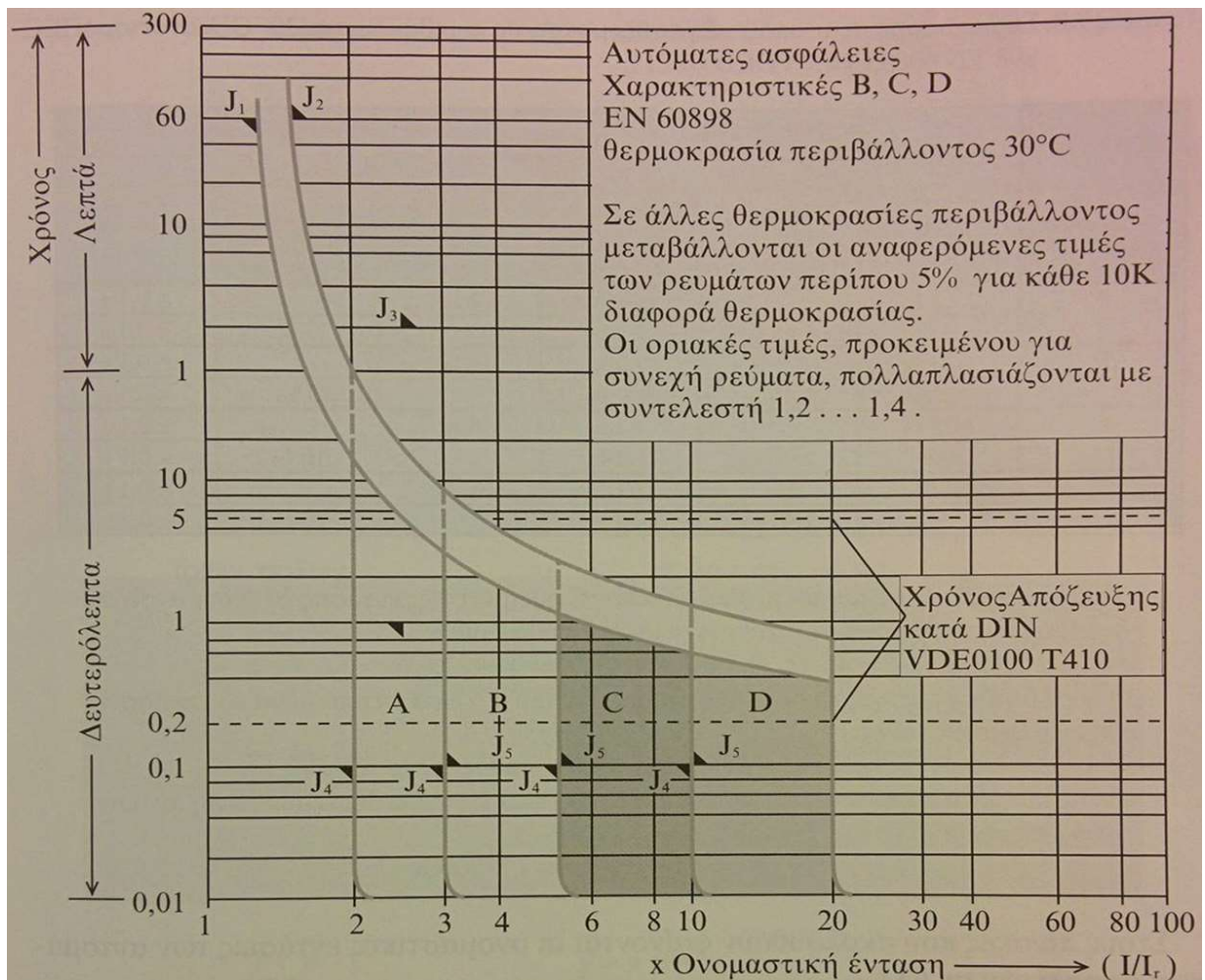
Από τη μελέτη του φωτισμού καταλήξαμε ότι θα χρειαστούν 56 φωτιστικά σημεία όπου το κάθε ένα καταναλώνει 39,3W ισχύς και ακόμα ένα φωτιστικό που καταναλώνει 80W. Έτσι καταλήγουμε ότι η συνολική ισχύς θα είναι $P=39,3*56+80=2280,8W$. Και το ρεύμα που περνά μέσα από τα καλώδια είναι $I=2280,8/230=9,9A$.

- ❖ Επειδή τα μονοπολικά καλώδια θα τοποθετηθούν μέσα σε μονωμένους σωλήνες, οι οποίοι θα βρίσκονται μέσα σε τοίχο, θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα 6.1 ο οποίος μας δείχνει ότι μέχρι 15,5A χρειαζόμαστε 1,5mm² καλώδιο.
- ❖ Και επειδή η ασφάλεια θα πρέπει να είναι μικρότερη των 15,5A, θα χρησιμοποιήσουμε αυτόματη ασφάλεια τύπου B των 10A (σχήμα 9.6) για την προστασία της γραμμής του φωτισμού.

Για πρακτικούς λόγους, για να έχουμε πάντα φωτισμό μέσα στο χώρο σε περίπτωση βλάβης της γραμμής, θα χρησιμοποιήσουμε δύο γραμμές φωτισμού και θα μοιράσουμε τα φωτιστικά σημεία της εγκατάστασης. Άρα θα έχουμε δύο καλώδια 3*1,5mm² και μία αυτόματη ασφάλεια τύπου B των 10A για την κάθε μια γραμμή.

Πίνακας 6.1. Ονομαστικές τιμές ρεύματος για εγκατάσταση A₁, A₂, B₁, B₂. Καλώδια για μόνιμη εγκατάσταση μέσα σε κτίρια. Θερμοκρασία λειτουργίας αγωγών 70 °C. Θερμοκρασία περιβάλλοντος 30 °C.

Τύπος καλωδίου	HD7V-U,-R,-K HO7V3-U,-R,K		NYM,NYMZ, NYMT, NHYRUZY, NYBUY, NYDY NO5VV-U, NO5VV-R, NHXMH, NYY, NYCY		HD7V-U,-R,-K HO7V3-U,-R,K		NYM,NYMZ, NYMT, NHYRUZY, NYBUY, NYDY NO5VV-U, NO5VV-R, NHXMH, NYY, NYCY	
	Μονοπολικά καλώδια μέσα σε μονωτικούς σωλήνες που είναι τοποθετημένοι μέσα σε τοίχους μονωμένους		Πολυπολικά καλώδια σε περίβλημα μέσα σε μονωτικούς σωλήνες μέσα σε θερμικά μονωμένους τοίχους		Μονοπολικά καλώδια μέσα σε μονωτικούς σωλήνες πάνω σε τοίχο		Πολυπολικά καλώδια ή πολυπολικά καλώδια σε περίβλημα μέσα σε μονωμένους σωλήνες πάνω στο τοίχο	
Εγκατάστ.: 1. Μέσα σε θερμικά μονωμένους τοίχους 2. Μέσα σε μονωτικούς σωλήνες								
	Εγκατάσταση μέσα σε θερμικά μονωμένους τοίχους				Εγκατάσταση μέσα σε μονωτικούς σωλήνες			
Μέθοδος εγκατάστ.	A ₁		A ₂		B ₁		B ₂	
Αριθμός αγωγών φορτίου	2	3	2	3	2	3	2	3
Διατομή αγωγού σε mm ²	Ονομαστική τιμή ρεύματος σε (A)							
1,5	15,5	13,5	15,5	13,0	17,5	15,5	16,5	15,0
2,5	19,5	18,0	18,5	17,5	24	21	23	20
4	26	24	25	23	32	28	30	27
6	34	31	32	29	41	36	38	34
10	46	42	43	39	57	50	52	46
10	-	-	-	-	-	-	-	47,17
16	61	56	57	52	76	68	69	62
25	80	73	75	68	101	89	90	80
35	99	89	92	83	125	110	111	99
50	119	108	110	99	151	134	133	118
70	151	136	139	125	192	171	168	149
95	182	164	167	150	232	207	201	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206
150	240	216	219	196	-	-	-	-
185	273	245	248	223	-	-	-	-
240	320	286	291	261	-	-	-	-
300	367	328	334	298	-	-	-	-



Σχήμα 9.6. Χαρακτηριστικές καμπύλες απόζευξης για εναλλασσόμενο ρεύμα αυτομάτων ασφαλειών SIEMENS.

Σημείωση: **Τύπος Α:** Τοποθέτηση κατά προτεραιότητα σε κυκλώματα τηλεχειρισμών με μεγάλα μήκη αγωγών. Χρησιμεύει επίσης και για προστασία ημιαγωγών.
Τύπος Β: Χρησιμεύει κατά προτεραιότητα για προστασία αγωγών και καλωδίων.
Τύπος C: Χρησιμοποιείται γενικά για την προστασία αγωγών-καλωδίων. Ο τύπος αυτός πλεονεκτεί ιδιαίτερα σε συσκευές που έχουν υψηλά ρεύματα εκκίνησης (κινητήρας, ειδικού τύπου λαμπτήρων κλπ.).
Τύπος D: Η περιοχή χρησιμοποίησής τους είναι προσαρμοσμένη σε συσκευές που παράγουν ισχυρά πάλλοντα ρεύματα (μετασχηματιστές, μαγνητικές βαλβίδες κλπ.).

Καθορισμός καλωδίων και προστασίας γραμμής για μονοφασικούς ρευματοδότες:

Οι μονοφασικές συσκευές που χρησιμοποιεί το εργαστήριο για την διεξαγωγή των πειραμάτων είναι αρκετές αλλά με μικρή κατανάλωση ισχύς, επομένως θα χρησιμοποιήσουμε δύο γραμμές όπου η κάθε μία θα έχει τέσσερις μονοφασικούς ενισχυμένους ρευματοδότες για την κάλυψη των αναγκών του εργαστηρίου.

- ❖ Επειδή έχουμε καλώδια μονοπολικά μέσα σε σωλήνα τοποθετημένους μέσα σε τοίχο, θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα 6.1. Έτσι θα χρειαστούμε καλώδια $3 \times 2,5\text{mm}^2$ για κάθε γραμμή.
- ❖ Με αυτόματη ασφάλεια προστασίας 16A τύπου B (σχήμα 9.6) σε κάθε γραμμή.

Η ισχύς που μπορεί να αντέξει η κάθε γραμμή είναι $P=16 \times 230= 3680\text{W}$ η οποία είναι αρκετή για τις ανάγκες του εργαστηρίου.

🔧 Καθορισμός καλωδίων και προστασίας γραμμής για τριφασικούς ρευματοδότες:

Για τις ανάγκες του εργαστηρίου θα χρησιμοποιηθούν τρεις τριφασικές πρίζες $5 \times 16\text{A}$, 400V IP44(415-6).

Επειδή τα καλώδια θα είναι μέσα σε σωλήνα και μέσα σε τοίχο, θα πρέπει να αυξήσουμε την τιμή του ρεύματος κατά $n_1 = 0,85$ (2) και κατά $n_2 = 0,79$ για θερμοκρασία περιβάλλοντος 45°C από τον πίνακα 6.8.2.

❖ Άρα $I' = \frac{16}{0,85 \times 0,79} = 23,8\text{A}$ επομένως από τον πίνακα 6.8 (στήλη 2) για 23,8A βρίσκουμε καλώδιο NYY $5 \times 2,5\text{mm}^2$ $I_o = 28\text{A}$, $I_{\text{max}} = 28 \times 0,85 \times 0,79 = 18,8\text{A}$

❖ Η αυτόματη ασφάλεια προστασίας θα είναι $16\text{A} \leq \text{Ασφάλεια} < 18,8\text{A}$, άρα 16A τύπου D (σχήμα 9.6) για την τροφοδοσία των μετασχηματιστών.

🔧 Καθορισμός καλωδίων και προστασίας γραμμής τριφασικού κινητήρα γερανογέφυρας:

Χαρακτηριστικά του κινητήρα: 3 τόνους, 5,5 ίππους εξόδου, βαθμός απόδοσης $\eta = 0,85$, $\cos\phi = 0,85$, εκκίνηση Y/Δ.

$$P_n = 5,5 \times 0,736 = 4,05\text{kW}$$

$$P_{\eta\lambda} = P_n / \eta = 4,05\text{kW} / 0,85 = 4,765\text{kW} \approx 4,8\text{kW}$$

$$I = P_{\eta\lambda} / (400 \times \cos\phi \times \sqrt{3}) = 8,15\text{A}$$

$I_{\text{εκ}} = 6 \times 8,15 = 48,9\text{A} < 50\text{A}$. Άρα δεν χρειαζόμαστε ειδική εκκίνηση στον κινητήρα (ΟΔΗΓΙΑ 33 της ΔΕΗ).

$$I_{\text{εκY}} = I_{\text{εκ}} / 3 = 16,3\text{A}$$

Λόγω των μεταβατικών ρευμάτων εκκίνησης το ρεύμα θα πρέπει να αυξηθεί κατά 1,25 (1). Άρα $I = 8,15 \times 1,25 = 10,2\text{A}$

Επειδή τα καλώδια θα είναι μέσα σε σωλήνα, θα πρέπει να αυξήσουμε την τιμή του ρεύματος κατά $n_1 = 0,85$ (2). Όταν τις καλοκαιρινές ημέρες έχουμε θερμοκρασία περιβάλλοντος μεγαλύτερη των 40°C με επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας των καλωδίων PVC είναι 70°C , τότε από τον πίνακα 6.5.1 για θερμοκρασία 45°C $n_2 = 0,79$.

$$\text{Άρα } I_n = 10,2 / (0,79 \times 0,85) = 15,2\text{A}$$

- ❖ Επομένως με τη χρήση του πίνακα 6.5 βρίσκουμε ότι για ρεύμα 15,2Α μας δίνει καλώδιο με διατομή 1,5mm².
Άρα θα χρησιμοποιήσω καλώδιο 4*1,5mm² με I_o = 18Α (επειδή ο κινητήρας δεν χρειάζεται αγωγό ουδετέρου).

Σχόλιο: (Οι ελάχιστες διατομές καλωδίων και αγωγών, προσδιορίζονται από το πρότυπο της CENELEC HD 384.5.324.1.

Στον προηγούμενο ελληνικό Κ.Ε.Η.Ε αλλά και στο πρότυπο VDE 0100 υπήρχαν και άλλες πρόσθετες περιπτώσεις όπου επιβάλλονταν μια ελάχιστη διατομή.

Έτσι, για κινητήρες δεχόταν κανείς 2,5mm² ελάχιστη διατομή, πράγμα που δεν ισχύει πλέον. Εφόσον η τροφοδοσία του κινητήρα υπολογισθεί τόσο στην εκκίνηση όσο και στην ομαλή λειτουργία και σφάλμα δεν υπάρχει πλέον λόγος για την ελάχιστη διατομή των 2,5mm² αλλά η ελάχιστη διατομή είναι 1,5mm² ενιαία όπως οι άλλες.)

- ❖ Η ασφάλεια προστασίας θα πρέπει να είναι I_{max} = 18*0,79 = 14,22Α Ασφάλεια ≤ I_{max}.
Άρα θα χρησιμοποιηθεί και αυτόματη ασφάλεια 3*10Α, 3P+N τύπου C (ανάγκης κατά VDE 0113), από τον πίνακα 9.10.

Πίνακας 6.5. Ονομαστικές τιμές ρεύματος (γενικά) για εύκαμπτα καλώδια για όλους τους τύπους καλωδίων.

Ονομαστική διατομή αγωγού σε mm ²	Ομάδα 1		Ομάδα 2		Ομάδα 3	
	Ονομαστική τιμή ρεύματος (Α)	Ασφάλεια προστασίας	Ονομαστική τιμή ρεύματος (Α)	Ασφάλεια προστασίας	Ονομαστική τιμή ρεύματος (Α)	Ασφάλεια προστασίας
0,05	1	-	1	-	2	-
0,14	2	-	2	-	3,5	-
0,25	4	-	4,5	-	6	-
0,34	6	-	6	-	9	-
0,5	9	-	9	-	12	-
0,75	12	-	12	10	15	10
1	15	10	15	10	19	16
1,5	18	16	18	16	24	20
2,5	26	25	26	25	32	25
4	34	25	34	25	42	35
6	44	35	44	35	54	50
10	61	50	61	50	73	63
16	82	80	82	80	98	80
25	108	100	108	100	129	100
35	135	125	135	125	158	125
50	168	160	168	160	198	160
70	207	200	207	200	245	200
95	250	250	250	250	292	250
120	292	250	292	250	344	315
150	335	300	335	300	391	355
185	382	355	382	355	448	400
240	-	-	453	425	528	500
300	-	-	523	500	608	600
400	-	-	-	-	726	630

Πίνακας 6.5.1. Ποσοστό επί τοις εκατό των εντάσεων των Πινάκων των καλωδίων για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30 °C, για λειτουργία σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες.

α/α	Θερμοκρασία περιβάλλοντος °C	Ονομαστικές τιμές σε ποσοστό % των τιμών των ΠΙΝΑΚΩΝ για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30 °C	
		Μόνωση με λάστιχο επιτρεπόμενη θερμοκρασία αγωγού 60 °C %	Μόνωση από PVC επιτρεπόμενη θερμοκρασία αγωγού 70 °C %
1	από 30 έως 35	91	92
2	από 35 έως 40	82	87
3	από 40 έως 45	71	79
4	από 45 έως 50	58	71
5	από 50 έως 55	41	61

Πίνακας 9.10.

Ονομαστικές εντάσεις τυποποιημένων αυτομάτων ασφαλειών σε (A), τάση λειτουργίας 230/400 V, 50-60 Hz, ικανότητα διακοπής 6 KA

ΤΥΠΟΣ C

α/α	Ενός πόλου	Δύο πόλων	Ενός πόλου +N	Τριών πόλων	Τριών πόλων +N
1	6	6	6	6	6
2	8	8	8	8	8
3	10	10	10	10	10
4	13	13	13	13	13
5	15	15	15	15	15
6	16	16	16	16	16
7	20	20	20	20	20
8	25	25	25	25	25
9	32	32	32	32	32
10	40	40	40	40	40
11	50	50	50	50	50
12	63	63	63	63	63
13	80	80	-	80	80
14	100	100	-	100	100
15	125	125	-	125	125

ΤΥΠΟΣ D

α/α	Ενός πόλου	Δύο πόλων	Ενός πόλου +N	Τριών πόλων	Τεσσάρων πόλων
1	40	40	-	40	40
2	50	50	-	50	50
3	63	63	-	63	63
4	80	80	-	80	80
5	100	100	-	100	100
6	125	125	-	125	125

✚ Μετά τον διακόπτη Υ-Δ:

$$I_{Y\Delta} = 8,15/\sqrt{3} = 4,7A$$

$$I'_{Y\Delta} = I_{Y\Delta} * 1,25 / (0,85 * 0,87) = 7,94A$$

- ❖ Η διατομή του καλωδίου βάση τον πίνακα 6.5 θα είναι πάλι 1,5mm² επειδή είναι κινητήρας.
- ❖ Προσδιορισμός ηλεκτρονόμου: $I_{HN} = 4,7A$, άρα από τον πίνακα 11.1 βρίσκουμε τον ηλεκτρονόμο CL00A3

❖ Και το θερμικό θα ρυθμιστεί στα 5Α.

Πίνακας Π1.1. Χαρακτηριστικά στοιχεία τριπολικών ρελέ ισχύος, για τάση λειτουργίας μέχρι 500 V, 50/60 Hz και τάση κυκλώματος ελέγχου μέχρι 500 V για Ε.Ρ. και 440 V για Σ.Ρ. (στοιχεία κατασκευαστή G.E.).

25 έως 140 Α για AC-1 και 9 έως 105 Α για AC-3 σύμφωνα με IEC 947. Θερμοκρασία <40°C

α/α	Μέγιστο ρεύμασυνεχούς λειτουργία για ομικά φορτία κατ AC-1 (Α)	Μέγιστο ρεύμασυνεχούς λειτουργία τριφασ. κινητήρ. για τάση ≤440 V - 50/60 Hz κατ. AC-3 (Α)	Επιτρεπόμενη ισχύς κινητήρων για κατηγορία AC-3				Διάρκεια ζωής (αριθμός ηλεκτρικών ανοιγμάτων)	Κύκλωμα ελέγχου (τροφοδοσία πηνίου ρελέ)	Κωδικός ρελέ ισχύος
			220-230V	380-400V	415-440V	500 V			
			KW-HP	KW-HP	KW-HP	KW-HP			
1	25	9	2,2-3	4-5,5	4-5,5	5,5-7,5	2×10 ⁶	AC - DC	CL00A3
2	25	12	3-4	5,5-7,5	5,5-7,5	7,5-10	2×10 ⁶	AC - DC	CL01A3
3	32	18	4-5,5	7,5-10	7,5-10	10-13,5	1,7×10 ⁶	AC - DC	CL02A3
4	45	25	7,5-10	11-15	11-15	15-20	2×10 ⁶	AC - DC	CL25A3
5	45	25	7,5-10	12-16	12-16	15-20	2×10 ⁶	AC - DC	CL03A3
6	60	32	9-12	16-22	16-22	18,5-25	2×10 ⁶	AC - DC	CL04A3
7	60	40	11-15	18,5-25	22-30	25-34	2×10 ⁶	AC - DC	CL45A3
8	90	50	15-20	22-30	25-34	30-40	1,8×10 ⁶	AC - DC	CL06A3
9	110	65	18,5-25	30-40	37-50	40-55	1,7×10 ⁶	AC - DC	CL07A3
10	110	80	22-30	37-50	45-60	45-60	1,5×10 ⁶	AC - DC	CL08A3
11	140	95	25-34	45-60	50-68	55-75	1,7×10 ⁶	AC - DC	CL09A3
12	140	105	30-40	55-75	55-75	65-88	1,5×10 ⁶	AC - DC	CL10A3
13	250	150	45-60	75-100	80-108	100-135	1,7×10 ⁶	AC - DC	CK75
14	250	185	55-75	90-125	100-135	110-150	1,2×10 ⁶	AC - DC	CK08
15	315	205	65-88	110-150	125-170	132-180	1,7×10 ⁶	AC - DC	CK85
16	315	250	75-100	132-180	132-180	160-220	1,5×10 ⁶	AC - DC	CK09
17	450	309	90-125	160-220	185-250	200-270	1,1×10 ⁶	AC - DC	CK95
18	600	420	125-170	220-300	230-312	300-405	1,3×10 ⁶	AC - DC	CK10
19	700	550	160-220	280-380	315-425	400-540	1×10 ⁶	AC - DC	CK11
20	1000	700	220-300	375-510	400-540	480-650	0,7×10 ⁶	AC - DC	CK12
21	1250	825	250-340	450-610	450-610	500-680	0,7×10 ⁶	AC - DC	CK13

(1): Κανονισμός ΚΕΗΕ.

Άρθρον 130.

Γραμμάι Κινητήρων.

Αι διακλαδώσεις τροφοδοτήσεως κινητήρων δέον να υπολογίζονται ως γραμμάι διαρρέομεναι υπό ρεύματος υπερβαίνοντος κατά 25% την κανονικήν έντασιν ρεύματος του κινητήρος ήτις σημειούται επί της ενδεικτικής αυτού πλακός, ή της οπωσδήποτε αντιστοιχούσης εις το πλήρες φορτίον του κινητήρος.

(2): Με συντελεστή n=0,85 καλώδια μέσα σε σωλήνα μήκους μεγαλύτερα από 6m. (5)&(6).

✚ Καθορισμός καλωδίων και προστασίας γραμμής κλιματισμού:

Καθορισμός Btu για τον χώρο: Χρησιμοποιώντας το btu calculator που υπάρχει ελεύθερο στο διαδίκτυο κατέληξα στο παρακάτω αποτέλεσμα (επειδή το calculator έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει για χώρο έως 100 τ.μ. αποφάσισα να χρησιμοποιήσω 4 κλιματιστικά καθώς ο χώρος είναι 410 τ.μ).

EMBAΔΟ 100 τ.μ.

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
 Νότια Ελλάδα Βόρεια Ελλάδα

ΤΥΠΟΣ ΧΩΡΟΥ
 Οικιακός Επαγγελματικός

ΤΖΑΜΙΑ
 Μονά Διπλά

ΜΟΝΩΣΗ
 Όχι Ναι

ΥΨΟΜΕΤΡΟ
 Κάτω από 400 μέτρα Πάνω

Το αποτέλεσμα που έδειξε ήταν ότι ο χώρος αυτός χρειάζεται 52,900 Btu/h.

Άρα θα χρειαστούμε 4 κλιματιστικά με απόδοση 52,900 Btu/h το κάθε ένα.

Τα κλιματιστικά που επιλέχθηκαν είναι inverter τύπου κασέτας Inventor V4MCI-60 / U4MRT-60 με τεχνικά χαρακτηριστικά:

Ψυκτική απόδοση= 54.000 Btu/h

Θερμική απόδοση= 62.000 Btu/h

Τάση= 380V, 50Hz, 3ph→3ph*0,736= 2,208Kw

Ρεύμα λειτουργίας ψύξη/θέρμανση= 2,9-10,5A / 3-12,6A

Φορτίο σχεδιασμού ψύξης= 16kW

Φορτίο σχεδιασμού μέσης ζώνης= 11,5kW

Φορτίο σχεδιασμού θερμής ζώνης= 12,2kW

Καλώδια παροχής εξωτερικής μονάδας = 5*2,5mm²

Αυτόματη ασφάλεια = 3*20A

Καλώδια εντολών = 3*1,5mm² και 2*1shield

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} 380 \cos\varphi} = \frac{2,208kW}{\sqrt{3} 380} = 10A, \text{ μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας του κλιματιστικού ανά φάση}$$

✚ Υπολογισμός συνολικού ρεύματος γραμμής κίνησης:

$$I_{ολκR} = 8,15*0,85+4*10+3*16 = 94,9A$$

$$I_{ολκX} = 8,15*\eta\mu[\sin^{-1}(0,85)] = 4,29A$$

$$I_{ολκ} = \sqrt{94,9^2 + 4,29^2} = 95A$$

Επειδή το καλώδιο είναι μικρότερο των 6m, δεν θα φτιάξουμε ένα φανταστικό ρεύμα για να μεγαλώσουμε τη διατομή του καλωδίου (2) .

Από τον πίνακα 6.8.2 για επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας 70°C και θερμοκρασία περιβάλλοντος 45° C, $I_{\theta} = \frac{95}{0,79} = 120,25A$

❖ Επομένως βάση του πίνακα 6.8, θα χρησιμοποιήσουμε καλώδιο NYNY 5*25mm², $I_0 = 129A$

Πίνακας 6.8. Ονομαστικές τιμές ρεύματος για καλώδια NYNY, NAYY, NYCY, NYCWY, NAYCWY, NKBA, NAKBA, N2XY, NA2XY, σύμφωνα με DIN VDE 0298, τάση 0,6/1 KV. β) Ικανότητα φόρτισης σε (A), τοποθέτηση στον αέρα, θερμοκρασία περιβάλλοντος 30 °C, ένα σύστημα τριφασικό.

1. ΑΓΩΓΟΙΧΑΛΚΟΥ

Διατομή αγωγών σε mm ²	NYNY				NYCWY, NYCY				N2XY				NKBA			
	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙ ⊙ ⊙	⊙
1,5	26	21	20	27	27	22	20	28	31	24	23	31			-	
2,5	35	28	25	35	36	29	26	37	42	33	31	42			-	
4	45	37	34	47	47	39	34	48	55	43	41	56			-	
6	56	47	43	59	58	49	44	59	70	56	52	71			-	
10	76	64	59	81	79	67	60	80	95	77	73	98			-	
16	98	84	79	107	103	89	80	105	128	102	96	130			-	
25	129	114	106	144	134	119	108	139	172	140	131	176			115	
35	163	139	129	176	170	146	132	175	210	170	160	217			141	
50	200	169	157	214	208	177	160	213	260	207	194	265			170	
70	250	213	199	270	258	221	202	270	327	265	247	338			214	
90	315	264	246	334	322	270	249	332	405	325	304	415			261	
120	367	307	285	389	370	310	289	387	470	380	354	486			300	
150	417	352	326	446	416	350	329	444	540	437	406	560			344	
185	488	406	374	516	482	399	377	512	626	506	468	647			398	
240	588	483	445	618	570	462	443	614	750	605	550	780			468	
300	680	557	511	717	642	519	504	708	865	696	637	900			533	
400	810	646	597	843	750	583	577	861	1065	815	745	1065			610	
500	940	747	669	994	850	657	626	1000	1245	932	-	1245			-	
830	1080	858	-	1180	967	744	-	-	-	-	-	-			-	
800	1220	971	-	1396	-	-	-	-	-	-	-	-			-	
1000	1350	1078	-	1620	-	-	-	-	-	-	-	-			-	

Πίνακας 6.8.2. Μετατροπή συντελεστών για ονομαστικές τιμές ρεύματος για διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Συντελεστής n_2 .

Επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας	40 °C	60 °C	70 °C	80 °C	85 °C	90 °C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος °C	Μετατροπή συντελεστών. Χρησιμοποιούνται για τις ονομαστικές τιμές των ρευμάτων στους ΠΙΝΑΚΕΣ					
10	1,73	1,29	1,22	1,18	1,17	1,15
15	1,58	1,22	1,17	1,14	1,13	1,12
20	1,41	1,15	1,12	1,10	1,09	1,08
25	1,22	1,08	1,06	1,05	1,04	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,71	0,91	0,94	0,95	0,95	0,96
40	-	0,82	0,87	0,89	0,90	0,91
45	-	0,71	0,79	0,84	0,85	0,87
50	-	0,58	0,71	0,77	-	0,82
55	-	0,41	0,61	0,71	-	0,76
60	-	-	0,50	0,63	-	0,71
65	-	-	0,35	0,55	-	0,65
70	-	-	-	0,45	-	0,58
75	-	-	-	0,32	-	0,50
80	-	-	-	-	-	0,41
85	-	-	-	-	-	0,29

❖ Η ασφάλεια προστασίας της γραμμής από υπερτάσεις και βραχυκυκλώματα , θα είναι

$I_{\max} = 129 \cdot 0,79 = 101,1A$ $95A \leq \text{Ασφάλεια} < 101,9A$, επομένως χρειαζόμαστε ασφάλεια τήξης $3 \cdot 100A$ τύπου αΜ.

❖ Αυτόματη ασφάλεια $4 \cdot 100A$ τύπου C.

❖ ΔΔΕ $4 \cdot 100A$ (30 mA) τύπου Α.

✚ Υπολογισμός καλωδίου και προστασίας γραμμής φωτισμού:

$$I_{\text{ολφX1}} = I_{\text{ολφX2}} = I_{\text{ολφX3}} = 0$$

$$I_{\text{ολφ1}} = I_{\text{ολφR1}} = 9,9A$$

$$I_{\text{ολφ2}} = I_{\text{ολφR2}} = 16A$$

$$I_{\text{ολφ3}} = I_{\text{ολφR3}} = 16A$$

Επειδή τα καλώδια είναι μικρότερα των 6m, δεν θα χρειαστεί να υπολογιστεί ένα φανταστικό ρεύμα για τη χρήση μεγαλύτερης διατομής καλωδίου.

Για τη χρήση του πίνακα 6.5, θα γίνει και χρήση του πίνακα 6.5.1 για μόνωση από PVC και θερμοκρασία έως 45°C .

Ο πίνακας 6.5 δίνει καλώδιο $1,5\text{mm}^2$ με ρεύμα $I_0 = 18A$, αν $I_\theta = 18 \cdot 0,79 = 14,22A$ άρα δεν κάνει αυτό το καλώδιο για 16A.

Για καλώδιο $2,5\text{mm}^2$ με ρεύμα $I_0 = 26\text{A}$, $I_0 = 26 \cdot 0,79 = 20,54\text{A} > 16\text{A}$ άρα είναι ιδανικό.

- ❖ Επομένως θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο $5 \cdot 2,5\text{mm}^2$
- ❖ Η ασφάλεια προστασίας της γραμμής από υπερτάσεις και βραχυκυκλώματα, θα είναι $16\text{A} \leq \text{Ασφάλεια} < 20,54\text{A}$, επομένως χρειαζόμαστε ασφάλεια τήξης $3 \cdot 16\text{A}$ τύπου gL.
- ❖ Αυτόματη ασφάλεια $4 \cdot 16\text{A}$ τύπου B.
- ❖ ΔΔΕ $4 \cdot 16\text{A}$ (30 mA) τύπου A.

🔧 Υπολογισμός καλωδίων και προστασίας γενικού πίνακα:

$$I_{\text{ολ}} = I_{\text{ολκ}} + I_{\text{ολφ2}} = 111\text{A}$$

Για τη χρήση του πίνακα 6.5, θα γίνει και χρήση του πίνακα 6.5.1 για μόνωση από PVC και θερμοκρασία έως 45°C $n_2 = 0,79$.

$$I' = \frac{111}{0,79} = 140,5\text{A}$$

- ❖ Επομένως βάση του πίνακα 6.8, θα χρησιμοποιήσουμε καλώδιο $5 \cdot 35\text{mm}^2$ τύπου NYΥ

$$I_0 = 163\text{A}, I_{\text{max}} = I_0 \cdot 0,85 = 138,55\text{A}$$

- ❖ Η ασφάλεια προστασίας της γραμμής από υπερτάσεις και βραχυκυκλώματα, θα είναι $111\text{A} \leq \text{Ασφάλεια} < 138,55\text{A}$, επομένως χρειαζόμαστε ασφάλεια $3 \cdot 125\text{A}$ τύπου gL.
- ❖ Αυτόματη ασφάλεια $4 \cdot 125\text{A}$ τύπου C.
- ❖ ΔΔΕ $4 \cdot 125\text{A}$ (30 mA) τύπου A.

🔧 Αντικεραυνική ασφάλεια: Σύμφωνα με τον πίνακα των αντικεραυνικών επιλέγουμε την κατηγορία του κτηρίου υψηλού κινδύνου, επειδή το εργαστήριο είναι κοντά σε δέντρα και εγκαταστάσεις με αλεξικέραυνο.



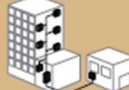







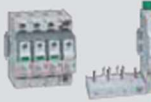







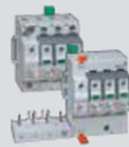

- ❖ Για το γενικό πίνακα ασφάλεια 3P+N τύπου T1+T2 / 12,5kA για $I_n \leq 125\text{A}$.
- ❖ Και για τους υποπίνακες φωτισμού και κίνησης, ασφάλειες 3P+N τύπου T2 / 12kA για τον κάθε ένα.





Σημείωση: Για τους υπολογισμούς των διατομών των καλωδίων της εγκατάστασης έγινε επαλήθευση από το λογισμικό Cable.

Επίπεδα κινδύνου:



- Πολύ υψηλού κινδύνου: πρότυπα EN/IEC 62305, εγκαταστάσεις με αλεξικέραυνο ή μεταλλική κατασκευή (που λειτουργεί ως αγωγός), εγκαταστάσεις απομονωμένες ή σε υψηλό υψόμετρο, ή με ιστορικό πτώσης κεραυνών, κλπ.
- Υψηλού κινδύνου: έξω από αστικές περιοχές, σε περιοχές με βουνά, απομονωμένες, κοντά σε νερό ή δέντρα, ή κοντά σε εγκαταστάσεις εξοπλισμένες με αλεξικέραυνα, κλπ..
- Χαμηλού κινδύνου: σε αστικές περιοχές (ή σε συστάδα κτιρίων), πεδινές περιοχές, ή σε χαμηλά βουνά

Επίπεδο κινδύνου:	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ 1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΙΝΑΚΑ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΓΕΝΙΚΟ ΠΙΝΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ		
				
		$I_n \leq 125 \text{ A}$	$I_n \leq 400 \text{ A}$	$I_n > 400 \text{ A}$
Πολύ υψηλού κινδύνου  Όλες οι περιοχές	T1+T2 / 12,5 kA 	T1+T2 / 12,5 kA 	T1 / 25 kA 	T1 / 25 kA ή T1 / 35 kA 
Υψηλού κινδύνου  Μη αστικές περιοχές, βουνά, κλπ.	T2 / 40 kA 	T1+T2 / 12,5 kA ή T2 / 40 kA 	T1+T2 / 12,5 kA 	T1 / 25 kA 
Χαμηλού κινδύνου  Αστικές περιοχές, πεδιάδες, χαμηλά βουνά, κλπ.	T2 / 12 kA (1)  T2 / 20 kA 	T2 / 40 kA 	T1+T2 / 12,5 kA ή T2 / 40 kA 	T1+T2 / 12,5 kA 

ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ	T2 / 12 kA	T2 / 20 kA	T2 / 20 kA	T2 / 20 kA
	 (1)			

- ✚ Παροχή: $S_{ολ} = [3,26 + (4 \times 3,8) + (3 \times 6,4) + 1,1 + 1,2 + (2 \times 3,68)] KVA = 47,3 KVA$.
Αρα θα χρησιμοποιήσουμε τριφασική παροχή Νο 4.

Πίνακας Π.1: Τυποποιημένες τριφασικές παροχές ΔΕΗ.

Παροχή	Μέγιστη ισχύς	Γενικές ασφάλειες	Ισχύς εγκατ/σης	Διατομή γραμμής μετρητή-πίνακα που προστατεύεται για:	
				βραχυκύκλωμα	υπερφόρτιση
No	kVA	A	kVA	mm ²	mm ²
1	16	25	16	6	6
2	25	35	25	6	10
3	35	50	35	6	16
4	55	63	45	10	25
		80	55		25
5	85	100	65	25 ⁽²⁾	35 ⁽¹⁾
		125	85		50
6	135	160	105	35 ⁽²⁾	95
		200	135		120
7	250	250	165	95 ⁽²⁾	185
		315	210		240
		400	250		2×150

- ✚ Χαρακτηριστικά των μηχανισμών που επιλέχθηκαν για την προστασία της εγκατάστασης:
- ❖ Διακόπτης διαφυγής έντασης: Η εφαρμογή τους ως μέσω προστασίας είναι υποχρεωτική στην Ελλάδα από το Σεπτέμβριο του 2006 (πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384-4-413). Η σύνδεση του γίνεται μετά το γενικό διακόπτη του γενικού πίνακα (εφόσον είναι σύστημα ουδετερογειωμένου δικτύου TNS).

Επειδή ο ΔΔΕ δεν προστατεύει από βραχυκυκλώματα ή υπερφορτίσεις. Θα πρέπει πάντα να προηγείται του διακόπτη ασφάλειας προστασίας ως βοηθητικό μέσο προστασίας.

Λειτουργεί σε περίπτωση διαρροής ρεύματος σφάλματος προς τη γη, σε τιμή μεγαλύτερη από ένα προκαθορισμένο όριο.

Τα πλεονεκτήματα που έχουμε από τη χρήση ΔΔΕ είναι:

1. Αποτελεσματική προστασία της ανθρώπινης ζωής από ηλεκτροπληξία.
2. Προστασία από ενδεχόμενη πυρκαγιά.
3. Συνεχή επιτήρηση της καλής λειτουργίας της εγκατάστασης.

4. Προστασία από απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας λόγω διαρροής.
5. Μεγάλη ευαισθησία και μικρό χρόνο λειτουργίας.
6. Προστασία σε εγκαταστάσεις που δεν λειτουργεί η γείωση ή έχει διακοπεί ο ουδέτερος.
7. Απομόνωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης σε περίπτωση που έχουμε πλημμύρα.

Μεγάλοι καταναλωτές δεν προστατεύονται μόνο με ένα ΔΔΕ, αλλά με πολλούς, αφού χωριστούν σε ομάδες. Αυτό εξασφαλίζει μία ανεξαρτησία των κυκλωμάτων. Δεν επηρεάζεται το ένα κύκλωμα αν διακοπεί το άλλο. Αυτός ο χωρισμός εξασφαλίζει και μικρότερο χωρητικό ρεύμα προς τη γη. Το χωρητικό ρεύμα μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία του ΔΔΕ, προκαλώντας τη μη επιθυμητή πτώση του.

Πίνακας ΔΔΕ που κυκλοφορούν στο εμπόριο:

$I_{\Delta N}$ (mA)	10	30	100	300	500	1000
I_N (A)	10/16/25	10/16/25/ 40/63/100	25 ... 100	25 ... 224	25 ... 224	100 ... 224

Η επιλογή ΔΔΕ τύπου A, έγινε επειδή είναι ευαίσθητος όχι μόνο στα διαφορικά ημιτονοειδή εναλλασσόμενα ρεύματα αλλά και στα διαφορικά ρεύματα παλμικής κυματομορφής (σύμφωνα με το πρότυπο EN 61008). Τα διαφορικά ρεύματα παλμικής κυματομορφής μπορούν να προκύψουν από ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές με ανορθωτικές διατάξεις.

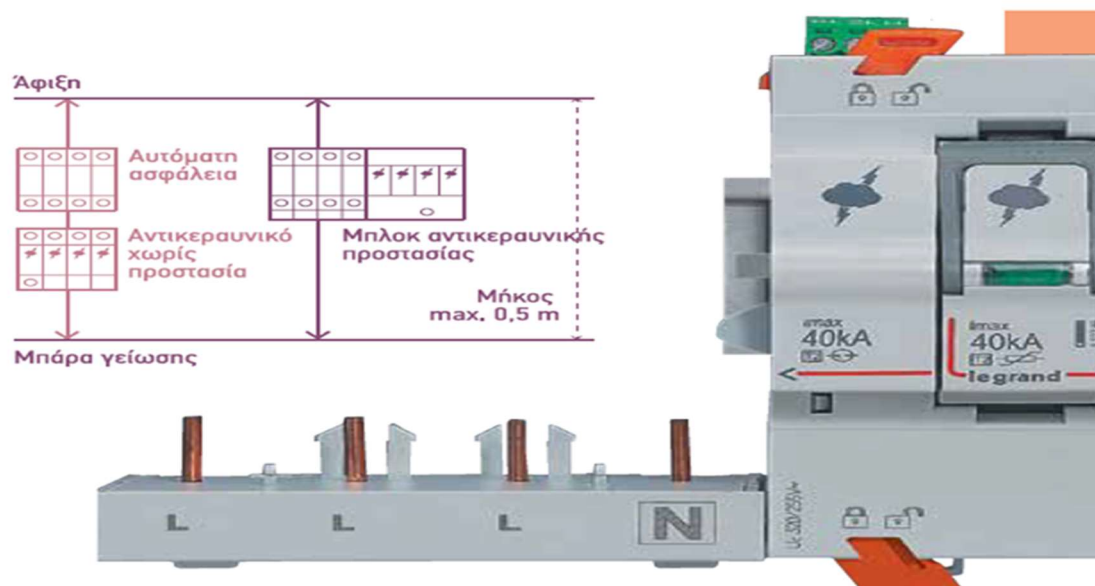
- ❖ Ασφάλεια τήξης: Προστατεύουν τα κυκλώματα από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα.

Η κατηγορία gL χρησιμοποιείται για την πλήρη προστασία γραμμών.

Η κατηγορία aM χρησιμοποιείται για την μερική προστασία σε υψηλά ρεύματα για κινητήρες.

- ❖ Αυτόματες ασφάλειες ή μικροαυτόματοι προστασίας γραμμών: Κάθε αυτόματη ασφάλεια με κατάλληλα διακριτικά λειτουργίας (σύμφωνα με το Άρθρο 50 των Κ.Ε.Η.Ε.), μπορεί να υποκαταστήσει την ασφάλεια τήξης (Άρθρο 52, Κ.Ε.Η.Ε.). Προσφέρουν θερμική προστασία σε περίπτωση υπερφόρτισης και μαγνητική προστασία σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.
- ❖ Αντικεραυνική ασφάλεια: Τα αντικεραυνικά με διαφορική προστασία επιτρέπουν την προστασία από υπερτάσεις μεταξύ φάσης, ουδέτερου και γείωσης αλλά και μεταξύ φάσης και ουδέτερου που μπορούν να συμβούν σε συστήματα γείωσης TT και TNS. Η λειτουργία των δικτύων διανομής και του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων μπορούν να προκαλέσουν μεταβατικές υπερτάσεις με σημαντικές επιπτώσεις στις ευαίσθητες συσκευές. Εκτός από τις ατμοσφαιρικές υπερτάσεις, τα αντικεραυνικά προστατεύουν τις συσκευές και από τα φαινόμενα τέτοιου τύπου.

Η αντικεραυνική τοποθετείται μετά την αυτόματη ασφάλεια.



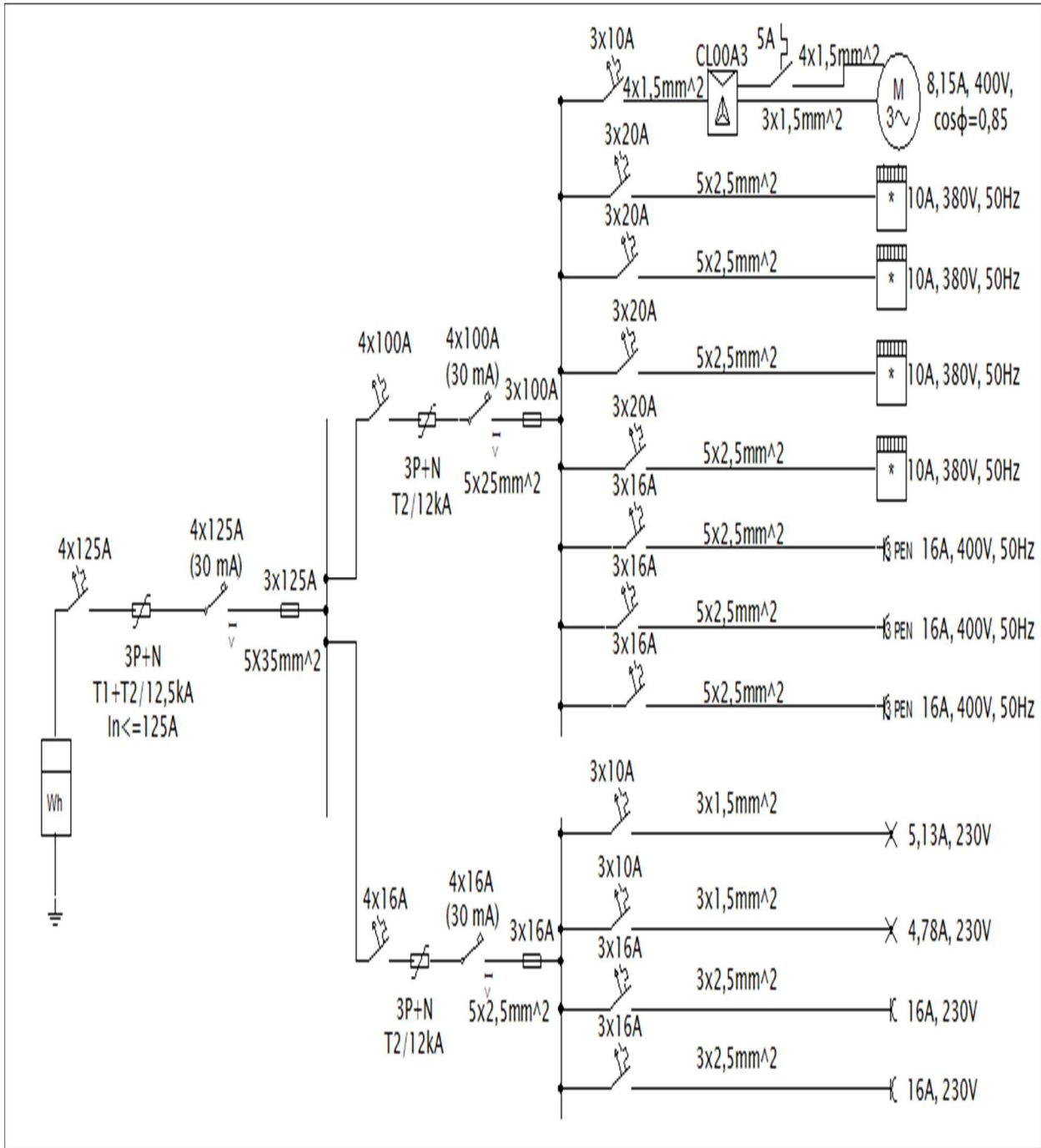
✚ Ηλεκτρολογικοί πίνακες: Πίνακας διανομής τριών σειρών με κωδικό IP 30 μεταλλικός

Πίνακας φωτισμού δύο σειρών με κωδικό IP 30 μεταλλικός

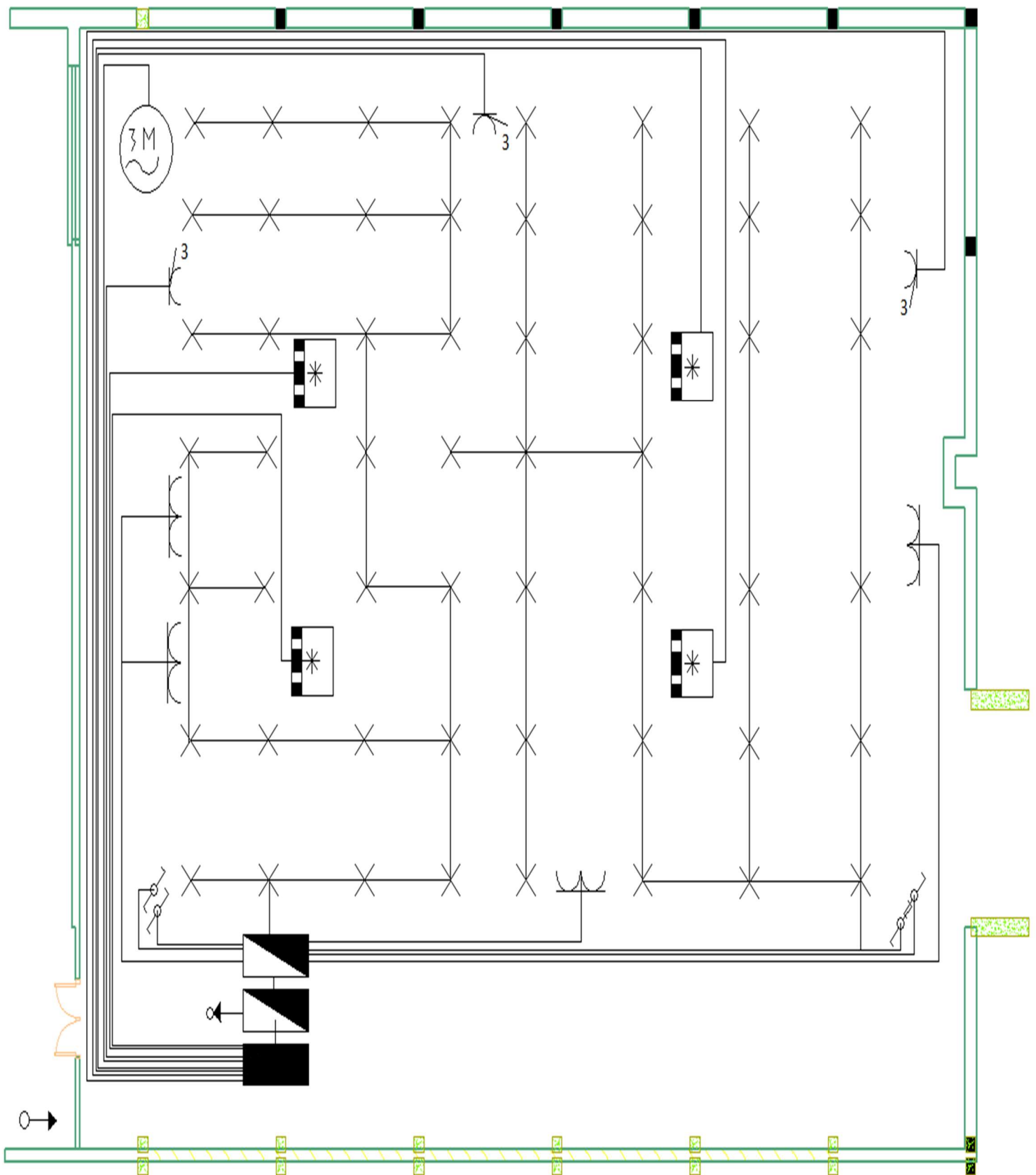
Πίνακας κίνησης τεσσάρων σειρών με κωδικό IP 30 μεταλλικός

α/α	Κωδικός	Προστασία από είσοδο ξένου υλικού	Προστασία από ηλεκτρικό σοκ	Συμβολισμός				Παρατηρήσεις
1	IP0X	Χωρίς προστασία	Χωρίς προστασία					-
2	IP1X	Ξένο υλικό $\geq \Phi 50 \text{ mm}$	Προστασία από επαφή με χέρι					Εξασφαλισμένη απόσταση από επικίνδυνα μέρη
3	IP2X	Ξένο υλικό $\geq \Phi 12,5 \text{ mm}$	Προστασία από επαφή με δάχτυλο	IP20				"
4	IP3X	Ξένο υλικό $\geq 2,5 \text{ mm}$	Επαφή με εργαλεία $\geq \Phi 2,5 \text{ mm}$	IP30	IP31			"
5	IP4X	Ξένο υλικό $\geq \Phi 1 \text{ mm}$	Επαφή με εργαλεία $\geq \Phi 1 \text{ mm}$	IP40	IP41	IP43	IP44	"
6	IP5X	Προστασία από σκόνη	Επαφή με οποιονδήποτε βοηθητικό εξοπλισμό			IP45	IP55	
7	IP6X	Δεν μπαίνει καθόλου σκόνη	Επαφή με οποιονδήποτε βοηθητικό εξοπλισμό				IP65	








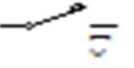






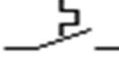



Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης:



Πολυγραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης:



Ηλεκτρολογικά σύμβολα σχεδίασης:

	: Γραμμή ανερχόμενη με τροφοδοσία προς τα κάτω
	: Γραμμή ανερχόμενη με τροφοδοσία προς τα πάνω
	: Ηλεκτρολογικός πίνακας διανομής και φωτισμού
	: Ηλεκτρολογικός πίνακας κίνησης
	: Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας
	: Αυτόματος διακόπτης
	: Αντικεραυνική ασφάλεια
	: Διακόπτης Διαφυγής Έντασης
	: Ασφάλεια τήξης
	: Ρευματοδότης σούκο
	: Τριφασκός ρευματοδότης σούκο
	: Φωτιστικό σημείο
	: Κλιματιστικό
	: Διακόπτης αστέρα-τριγώνου
	: Θερμικό ρελαί
	: Διακόπτης ακραίος αλλη-ρετούρ
	: Τριφασικός κινητήρας
	: Γείωση

Ηλεκτρομαγνητική θωράκιση και γείωση εργαστηρίων υψηλών τάσεων:

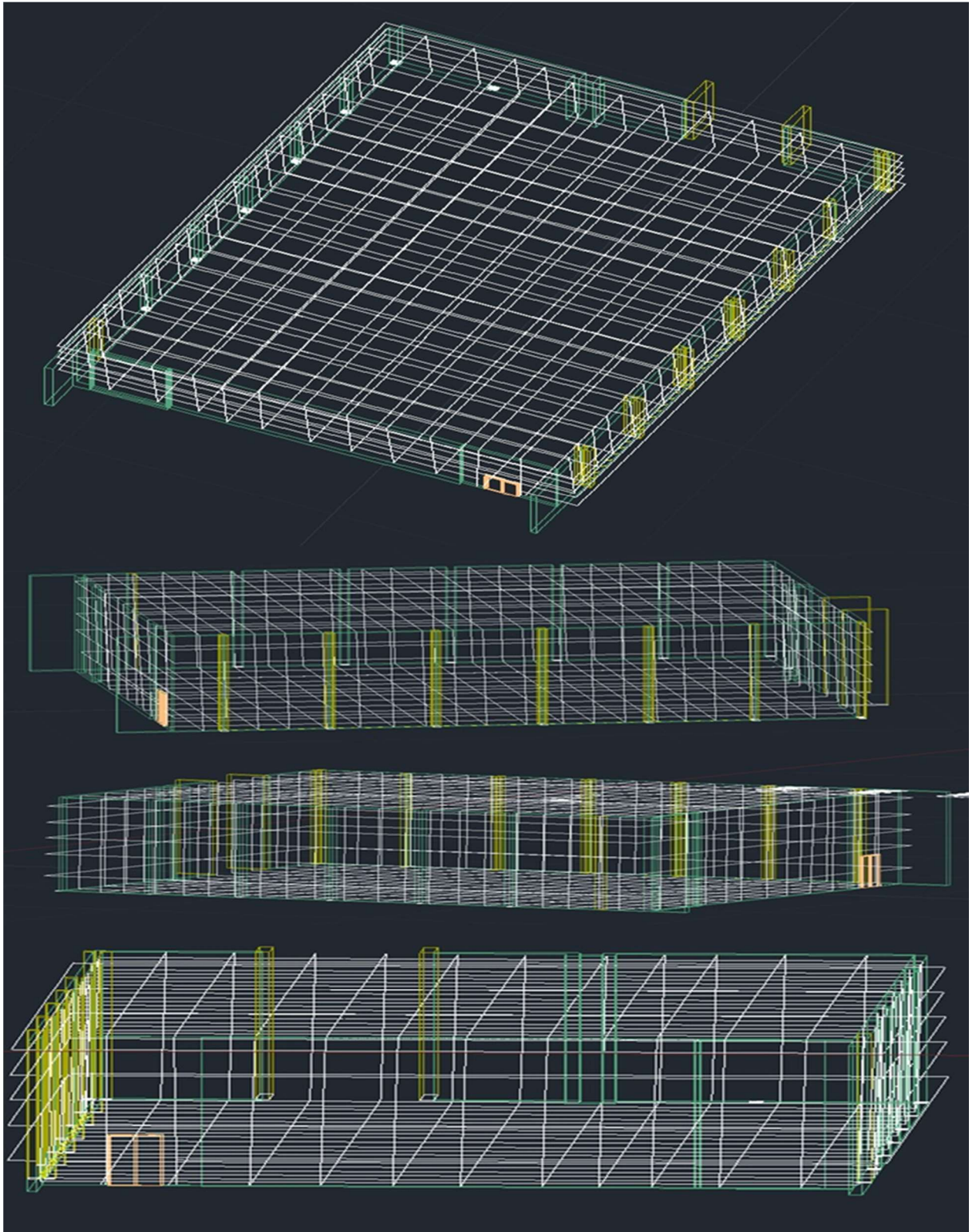
Σύμφωνα με τους κανονισμούς των εργαστηρίων υψηλής τάσης, τα εργαστήρια μικρού, μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους, θα πρέπει να είναι θωρακισμένα έναντι των ηλεκτροστατικών και ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Η θωράκιση κρίνεται απαραίτητη για την πραγματοποίηση δοκιμών μερικών εκκενώσεων. Οι παρεμβολές στα εργαστήρια προέρχονται από α) χειρισμούς ηλεκτρικών φορτίων εντός εργαστηρίου όπως γερανοί, ανυψωτικές εγκαταστάσεις, μετασχηματιστές, β) κυκλώματα ανορθωτών, και γ) μονωμένα καλώδια που λειτουργούν ως κεραίες εξωτερικών σημάτων. Αποτελεσματική θωράκιση επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος στην οροφή, στους τοίχους και στο δάπεδο συνδεδεμένα μεταξύ τους.

Ο γειωτής πλέγματος είναι ένα πλέγμα από ταινίες με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους 0,5-2m και τοποθετείται οριζόντια σε βάθος 0,5-1m. Το πλεονέκτημα τους είναι ότι οι βηματικές τάσεις στο έδαφος, επάνω στο πλέγμα, είναι αμελητέες.

Γείωση πλέγματος στο κτήριο:

Το πλέγμα έχει δημιουργηθεί σύμφωνα με τα παραπάνω πρότυπα, με τη μόνη διαφορά στο βάθος της οροφής και των τοίχων που είναι αδύνατο να γίνει όσο δίνουν τα πρότυπα στο συγκεκριμένο κτήριο.

Γείωση πλέγματος του εργαστηρίου:



Βιβλιογραφία

- 1) <http://www.ee.teihal.gr/labs/tyt.asp>
- 2) Εισαγωγή στις υψηλές τάσεις, Λάμπρος Οικονόμου & Γεώργιος Φώτης
- 3) <http://www.spellmanhv.com/Technical-Resources/Articles/IEEE-Std-510-1983-IEEE-Recommended-Practices-for-Safety-in-High-Voltage-and-High-Power-Testing.aspx>
- 4) http://www.legrand.gr/images/pdfs/pdfs_entypon/entyra2015/antikeraunika_02_15.pdf
- 5) Βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Βασίλης Δ. Μπιτζιώνης
- 6) Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών, Πέτρος Ντοκόπουλος
- 7) High Voltage Engineering, E. Kuffel, W.S, Zaengl, J. Kuffel
- 8) Φωτοτεχνία, Φραγκίσκος Β. Τοπάλης, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση
- 9) <http://www.creli.gr/products/residual-circuit-breakers-2>
- 10) <http://www.iec.ch/>
- 11) www.legrand.gr
- 12) <https://www.inventoraircondition.gr/klimatistika/commercial-ac/kasetes-pseudorofis>
- 13) <https://standards.ieee.org/findstds/standard/510-1983.html>
- 14) http://www.etaplighting.com/uploadedFiles/Downloadable_documentation/documentatie/EN12464_E_OK.pdf
- 15) http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/59-55.1112004434364.pdf
- 16) Εγχειρίδιο Εφαρμογών του Πρότυπου ΕΛΟΤ HD 384