

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ**

**ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

***ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ***

***ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ***

***TITLE OF THESIS : STUDY AND ANALYSIS***

***OF INDUSTRIAL'S ELECTROLOGICAL CONSTRUCTION***

**ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ**

***ΠΛΩΤΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ***

***ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ 35858***

***ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ***

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |          |
|--|----------|
| Εισαγωγή.....  | 5        |
| <b>Κεφάλαιο 1ο: Αγωγή Υλικά, ΕΗΕ και Είδη Καλωδίων.....</b>                        | <b>6</b> |
| 1.1 Αγωγή Υλικά για Χρήση σε Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις.....            | 6        |
| 1.1.1 Χαρακτηριστικά Αγωγιμων Υλικών.....  | 6        |
| 1.1.2 Βασικά Αγωγιμα Υλικά.....  | 7        |
| 1.2 Η Χρήση των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων στις Βιομηχανίες.....          | 10       |
| 1.2.1 Βασικά Μέρη μιάς Ε.Η.Ε. στις Βιομηχανίες .....                               | 11       |
| 1.2.2 Επιτρεπόμενες Εντάσεις Αγωγών.....   | 13       |
| 1.2.3 Ελάχιστες Επιτρεπόμενες Διατομές Χάλκινων Αγωγών σε Ε.Η.Ε.....               | 15       |
| 1.3 Καλώδια Εσωτερικών Εγκαταστάσεων σε Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις..... | 16       |
| 1.3.1 Συνήθεις Τύποι Καλωδίων.....   | 17       |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2.Κεφάλαιο 2ο : Ανάλυση και Μελέτη Στοιχείων Βιομηχανικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης.....</b>   | <b>25</b> |
| 2.1 Όργανα Προστασίας Ελέγχου της Ηλεκτρικής Εγκατάστασης σε Βιομηχανική Μονάδα.....  | 25        |
| 2.1.1 Ασφάλειες.....  | 26        |
| 2.1.2 Διακόπτες Αγωγών .....  | 27        |
| 2.1.3 Θερμικά Ρελέ .....  | 27        |
| 2.1.4 Ρύθμιση θερμικού .....  | 28        |
| 2.1.5 Σύστημα Εκκίνησης Κινητήρων .....   | 29        |
| 2.1.6 Αυτόματοι Διακόπτες .....   | 30        |
| 2.1.7 Υπολογισμός Οργάνων Προστασίας και Ελέγχου Σχετικά με Ασφάλειες, Διακόπτες, Θερμικά Συστήματα Εκκίνησης και Αυτόματους Διακόπτες.....   | 31        |
| 2.2 Πίνακας Οργάνων Προστασίας και Ελέγχου .....  | 34        |
| 2.3 Μελέτη της Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης Αναφορικά με τους Αγωγούς και τα Εσωτερικά Καλώδια της Εγκατάστασης Καθώς και τα Υλικά και Εξαρτήματα που Χρησιμοποιούνται Σχετικά..... | 35        |
| 2.3.1 Ηλεκτρική παροχή της ΔΕΗ στη Συγκεκριμένη Βιομηχανική Μονάδα.....   | 45        |
| 2.3.2 Κύρια Ηλεκτρική Γραμμή Μετρητή ΔΕΗ – Γενικού Πίνακα ΕΗΕ.....  | 47        |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.3 Ηλεκτρικός Πίνακας Διανομής ΕΗΕ στην Βιομηχανική Εγκατάσταση..... | 51 |
| 2.3.4 Κυκλώματα Διακλάδωσης ΕΗΕ στην Βιομηχανική Μονάδα.....            | 56 |
| Επίλογος – Συμπεράσματα.....  | 59 |
| Βιβλιογραφία.....   | 62 |

## **Εισαγωγή**

Με τον όρο Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) εννοούμε την τοποθέτηση, τον έλεγχο και το χειρισμό διαφόρων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων, που εξυπηρετούν τις ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τις Ε.Η.Ε. μπορεί κανείς να τις διακρίνει ανάλογα με τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος σε:

- Οικιακές εγκαταστάσεις ή φωτισμού (μονοφασική παροχή)
- Εγκαταστάσεις κίνησης ή βιομηχανικές (τριφασική παροχή)

ανάλογα με το χώρο σε:

- Εγκαταστάσεις υπαίθρου (εξωτερικών χώρων)
- Εγκαταστάσεις κλειστού χώρου

ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο σε:

- Χώρων ηλεκτρικής υπηρεσίας (υποσταθμοί, μετασχηματιστές, κλπ)
- Ξηρών χώρων
- Πρόσκαιρα υγρών χώρων (στεγνωτήρια, βεράντες, κ.λπ)
- Υγρών χώρων (ψυγεία, τουαλέτες, κακώς αεριζόμενα υπόγεια)
- Βρεγμένων χώρων (λουτρά, πλυντήρια, ψυκτικοί θάλαμοι, κ.λπ)
- Χώρων με κίνδυνο πυρκαγιάς (αποθήκες ξύλου, καυσίμων, κ.λπ)
- Χώρων με κίνδυνο εκρήξεων (εργοστάσια, αποθήκες)
- Σκονιζόμενων χώρων (υφαντήρια, αποθήκες τσιμέντου, κ.λπ)
- Εγκαταστάσεις ρυπαρών χώρων (χημικά εργοστάσια, βαφεία, κ.λπ)
- Χώρων μεγάλης συγκέντρωσης (αίθουσες θεάτρων, κινηματογράφοι, καταστήματα, εκθέσεις, χώροι συναυλιών, κ.λπ)
- Εγκαταστάσεις σε σταύλους, κτηνοστάσια, σιτοβολώνες, κ.λπ

Βέβαια για κάθε κατηγορία Ε.Η.Ε. πρέπει να χρησιμοποιείται το κατάλληλο ηλεκτρολογικό υλικό και να εφαρμόζονται οι σχετικοί Κανονισμοί.

# **1. Κεφάλαιο 1ο : Αγώγιμα Υλικά, Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις και Είδη Καλωδίων που Χρησιμοποιούνται Σχετικά στις Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις**

## **1.1 Αγώγιμα Υλικά για Χρήση σε Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις**

Ως αγώγιμα υλικά, χαρακτηρίζονται εκείνα τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη αγωγιμότητα (ή αλλιώς μικρή ηλεκτρική αντίσταση). Αυτό σημαίνει ότι το ηλ. ρεύμα περνάει με ευκολία μέσα από την μάζα τους<sup>1</sup>. Ως προς την χρήση τους στις ηλεκτρικές εφαρμογές, διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Υλικά αγωγών: Είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των αγωγών και καλωδίων.
- Υλικά αντιστάσεων: Είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αντιστάσεων (π.χ. αντιστάσεις ηλ. θερμάστρας, νήματα λυχνιών πυρακτώσεως κλπ. )
- Υλικά συγκολλήσεων: Αυτά που χρησιμοποιούνται στις ενώσεις (συγκολλήσεις) των αγωγών και των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

### **1.1.1 Χαρακτηριστικά Αγώγιμων Υλικών**

Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα αγώγιμο υλικό στις ηλεκτρικές εφαρμογές, πρέπει να παρουσιάζει μερικά χαρακτηριστικά, κυριότερα των οποίων είναι:

- Σταθερή αγωγιμότητα: Να μην μεταβάλλεται η αγωγιμότητα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

---

<sup>1</sup> Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη «Τεχνολογία Υλικών και Εξαρτημάτων Ηλεκτρικών – Ηλεκτρονικών Συσκευών», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1991

- Μηχανική αντοχή : Να αντέχει το υλικό στις διάφορες μηχανικές καταπονήσεις.
- Χημική αντοχή : Να μην είναι ευαίσθητο σε οξείδωση και διαβρώσεις.
- Δυνατότητα μηχανικής κατεργασίας : Να μπορεί το υλικό να υποστεί διάφορες μηχανικές κατεργασίες χωρίς να αλλάξουν οι ιδιότητές του (π.χ. στρέψη , κάμψη , έλαση κλπ.)
- Δυνατότητα συγκόλλησης : Να μπορεί να συγκολληθεί με τα υλικά συγκόλλησης.

### **1.1.2 Βασικά Αγωγιμα Υλικά**

#### Χαλκός



#### Κρυσταλλικός χαλκός

Είναι μέταλλο με χρώμα κοκκινόχρυσο, σχετικά μαλακό, ελατό, όλκιμο και ευθερμαγωγό. Βρίσκεται σαν ορυκτό ενωμένος με άλλα στοιχεία. Για να πάρουμε καθαρό χαλκό, ο οποίος χρειάζεται για τις ηλεκτρικές εφαρμογές, το ορυκτό υφίσταται διάφορες κατεργασίες και στο τέλος ηλεκτρόλυση. Έτσι λαμβάνεται ο λεγόμενος ηλεκτρολυτικός χαλκός, καθαρότητας 99,9%. Έχει σημαντική αντοχή στην οξείδωση, επειδή σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα οξειδίου στην επιφάνειά του, το οποίο προστατεύει το πιο μέσα υλικό<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη «Τεχνολογία Υλικών και Εξαρτημάτων Ηλεκτρικών – Ηλεκτρονικών Συσκευών», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1991

Έχει πολύ μικρή ηλεκτρική αντίσταση ( $\rho=0,017 \Omega \text{ mm}^2$ ), αρκετή αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και καλή μηχανική αντοχή. Μειονέκτημά του είναι το υψηλό του κόστος. Στις ηλεκτρικές εφαρμογές ο χαλκός χρησιμοποιείται ευρύτατα για την κατασκευή αγωγών και καλωδίων. Επίσης για πολλά ηλεκτρικά εξαρτήματα όπως συλλέκτες και δακτυλίδια ηλεκτρικών μηχανών, επαφές διακοπών, ελάσματα πινάκων κλπ.

### Αλουμίνιο



Είναι μέταλλο μαλακό με χρώμα ανοικτό γκρίζο. Βρίσκεται στο ορυκτό «βωξίτης», από το οποίο λαμβάνεται μετά από μία σειρά κατεργασιών και ηλεκτρόλυση. Το αλουμίνιο είναι αρκετά φθηνότερο από τον χαλκό και είναι πιο ελαφρύ. Στον αέρα οξειδώνεται, αλλά σχηματίζει ένα λεπτό προστατευτικό στρώμα οξειδίου, το οποίο προστατεύει το υλικό από παραπέρα διάβρωση. Το προστατευτικό αυτό όμως στρώμα εμποδίζει την συγκόλληση. Έχει καλή ηλεκτρική συμπεριφορά (μικρή αντίσταση) με  $\rho=0,028 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}^3$ .

Στις ηλεκτρικές εφαρμογές το αλουμίνιο χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή αγωγών και καλωδίων στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης χρησιμοποιείται για την κατασκευή πτερυγίων ψύξης μετασχηματιστών, ημιαγωγών κλπ. Για να κατασκευασθεί ένας αγωγός αλουμινίου με την ίδια αγωγιμότητα ενός αγωγού χαλκού, πρέπει να έχει διατομή μεγαλύτερη κατά 60%. Παρ' όλα αυτά, ο αγωγός αλουμινίου θα έχει

---

<sup>3</sup> Diffie, W., Landau, S., 1998, “*Beyond Calculation*”, The MIT Press



μικρότερο βάρος και μικρότερο κόστος. Αγωγοί αλουμινίου δεν χρησιμοποιούνται στις ΕΗΕ<sup>4</sup>.

### Πλατίνα

Είναι μαλακό πολύτιμο μέταλλο και χρησιμοποιείται σαν υλικό επαφών.

### Χρυσός

Είναι μαλακό πολύτιμο μέταλλο και χρησιμοποιείται σαν υλικό επαφών.

### Ψευδάργυρος

Είναι μαλακό μέταλλο και χρησιμοποιείται στην κατασκευή πυκνωτών και σε κράματα μετάλλων.

### Υδράργυρος

Είναι υγρό μέταλλο και χρησιμοποιείται στην κατασκευή λυχνιών και διακοπών.

### Βολφράμιο

Είναι πολύ σκληρό μέταλλο και χρησιμοποιείται στην κατασκευή των νημάτων στις λυχνίες πυρακτώσεως και αντιστάσεων θερμάνσεως.

### Άνθρακας

Ο καθαρός άνθρακας είναι ημιαγωγός. Αν όμως αναμιχθεί με σκόνη μετάλλου, τότε το μίγμα έχει αγωγιμότητα παρόμοια με την αγωγιμότητα του καθαρού μετάλλου. Αυτό το μίγμα ονομάζεται ηλεκτραγώγιμος άνθρακας. Χρησιμοποιείται: Στην κατασκευή ψηκτρών ηλεκτρικών μηχανών, ηλεκτροδίων συσσωρευτών, ηλεκτροδίων βολταϊκού τόξου,

---

<sup>4</sup> Φάκαρος Α. «Εσωτερικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές». Αθήνα εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 2001

ηλεκτροδίων συγκόλλησης, μικροφώνων άνθρακος , αντιστάσεων άνθρακος , ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, κ. ά.

### Κράματα υψηλής ηλεκτρικής αντίστασης

Είναι διάφορα κράματα μετάλλων τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ηλ. αντίσταση και επιπλέον έχουν μεγάλη αντοχή σε ψηλές θερμοκρασίες και δεν οξειδώνονται από τον αέρα. Χρησιμοποιούνται ως θερμαντικά στοιχεία (αντιστάσεις) των ηλεκτρικών συσκευών που παράγουν θέρμανση (αντιστάσεις θερμοσιφώνων, ηλεκτρικών πλυντηρίων, ηλεκτρικών κουζίνας, ηλεκτρικών καλοριφέρ, ηλεκτρικών κλιβάνων κλπ.). Κατασκευάζονται δεκάδες είδη τέτοιων κραμάτων, από τα οποία σημαντικότερα είναι<sup>5</sup>:

- Κράμα Κωνσταντάν : Αποτελείται από χαλκό (50-60%) , και νικέλιο. Έχει ειδ. αντίσταση  $\rho=0,5 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$  και αντέχει έως 12000 C.
- Κράμα χρωμονικελίνη: Αποτελείται από νικέλιο (62%) ,σίδηρο (22%) και χρώμιο (16%). Έχει  $\rho=1,1$  και αντέχει έως 14.000°C.
- Κράμα Σούπερ Καντάλ : Έχει  $\rho=3,5$  και αντέχει έως 16.000oC.

## **1.2 Η Χρήση των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων στις Βιομηχανίες**

Με τον όρο Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) εννοούμε την τοποθέτηση, τον έλεγχο και το χειρισμό διαφόρων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων, που εξυπηρετούν τις ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας<sup>6</sup>. Τις Ε.Η.Ε. στις βιομηχανίες μπορεί κανείς να τις διακρίνει

### ανάλογα με τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος σε:

- Οικιακές εγκαταστάσεις ή φωτισμού (μονοφασική παροχή)
- Εγκαταστάσεις κίνησης ή βιομηχανικές (τριφασική παροχή)

<sup>5</sup> Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη «Τεχνολογία Υλικών και Εξαρτημάτων Ηλεκτρικών – Ηλεκτρονικών Συσκευών», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1991

<sup>6</sup> Φάκαρος Α. «Εσωτερικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές». Αθήνα εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 2001

ανάλογα με το χώρο σε:

- Εγκαταστάσεις υπαίθρου (εξωτερικών χώρων)
- Εγκαταστάσεις κλειστού χώρου

ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο σε:

- Χώρων ηλεκτρικής υπηρεσίας (υποσταθμοί, μετασχηματιστές, κλπ)
- Ξηρών χώρων
- Πρόσκαιρα υγρών χώρων (στεγνωτήρια, βεράντες, κ.λπ)
- Υγρών χώρων (ψυγεία, τουαλέτες, κακώς αεριζόμενα υπόγεια)
- Βρεγμένων χώρων (λουτρά, πλυντήρια, ψυκτικοί θάλαμοι, κ.λπ)
- Χώρων με κίνδυνο πυρκαγιάς (αποθήκες ξύλου, καυσίμων, κ.λπ)
- Χώρων με κίνδυνο εκρήξεων (εργοστάσια, αποθήκες)
- Σκονιζόμενων χώρων (υφαντήρια, αποθήκες τσιμέντου, κ.λπ)
- Εγκαταστάσεις ρυπαρών χώρων (χημικά εργοστάσια, βαφεία, κ.λπ)
- Χώρων μεγάλης συγκέντρωσης (αίθουσες θεάτρων, κινηματογράφοι, καταστήματα, εκθέσεις, χώροι συναυλιών, κ.λπ)
- Εγκαταστάσεις σε σταύλους, κτηνοστάσια, σιτοβολώνες, κ.λπ

Για κάθε κατηγορία Ε.Η.Ε. στις βιομηχανίες πρέπει να χρησιμοποιείται το κατάλληλο ηλεκτρολογικό υλικό και να εφαρμόζονται οι σχετικοί Κανονισμοί

### **1.2.1 Βασικά Μέρη μίας Ε.Η.Ε.στις Βιομηχανίες**

Μια Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) στις βιομηχανίες τροφοδοτείται από τις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ μέσω του μετρητή. Από το κιβώτιο του μετρητή αρχίζει η κύρια γραμμή που τροφοδοτεί το σύνολο της Ε.Η.Ε.. Η γραμμή αυτή καταλήγει στον πίνακα διανομής και λέγεται «γραμμή

μετρητή - πίνακα»<sup>7</sup>. Μια γραμμή που ξεκινάει από τον πίνακα είναι δυνατόν να τροφοδοτεί:

- Είτε μία μόνο συσκευή κατανάλωσης.
- Είτε περισσότερες από μια συσκευές κατανάλωσης.
- Είτε έναν άλλο πίνακα, που λέγεται «δευτερεύων πίνακας».

Ανεξάρτητες (ή ευθείες) γραμμές, είναι εκείνες που η καθεμία τροφοδοτεί μία μόνο συσκευή κατανάλωσης. Τέτοιες γραμμές στις κατοικίες π.χ. είναι:

- Η γραμμή μαγειρείου που τροφοδοτεί την ηλεκτρική κουζίνα.
- Η γραμμή του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα.
- Οι γραμμές που τροφοδοτούν σταθερές συσκευές κατανάλωσης μεγάλης σχετικά ισχύος, όπως π.χ. οι θερμοσυσσωρευτές.
- Οι γραμμές, που η καθεμία τροφοδοτεί ένα μόνο ρευματοδότη (πρίζα), που λέγεται «ενισχυμένη πρίζα». Ρευματοδότες με ανεξάρτητη γραμμή χρησιμοποιούμε για την τροφοδότηση φορητών συσκευών μεγάλης σχετικά ισχύος, π.χ. ηλεκτρικά καλοριφέρ ή συσκευές με ειδικές απαιτήσεις όπως π.χ. ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Δευτερεύοντες πίνακες (ή υποπίνακες) χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση των συσκευών κατανάλωσης που βρίσκονται σε κάποια απόσταση ή έχουν κάποιο φυσικό διαχωρισμό από τη θέση που βρίσκεται ο γενικός πίνακας, κατά τρόπο που θα ήταν ασύμφορο να ξεκινούν από το γενικό πίνακα όλες οι γραμμές που χρειάζονται για να τροφοδοτήσουν αυτές τις συσκευές. Σε ένα τριώροφο κτίριο π.χ., από κάθε υποπίνακα θα ξεκινούν γραμμές για την τροφοδότηση των συσκευών κατανάλωσης του ίδιου ορόφου. Κάθε πίνακας, ανάλογα με τον αριθμό φάσεων με τις οποίες τροφοδοτείται, είναι μονοφασικός ή τριφασικός<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> Μπιτζιώνης Δ.Β. «Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις». Θεσσαλονίκη εκδ. Τζιόλα, 2000

<sup>8</sup> Φάκαρος Α. «Εσωτερικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές». Αθήνα εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 2001

Ο αγωγός προστασίας αρχίζει από το κιβώτιο του μετρητή όπου συνδέεται με τον αγωγό γείωσης και μέσω αυτού με το ηλεκτρόδιο γείωσης. Σε όλη τη διαδρομή ο αγωγός προστασίας ακολουθεί τους ενεργούς αγωγούς μέχρι τις συσκευές κατανάλωσης για να συνδεθεί με τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη τους. Συσκευές κατανάλωσης είναι οι συσκευές που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, μετατρέποντάς την σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας<sup>9</sup>. Τα βασικά μέρη μιας Ε.Η.Ε. είναι<sup>10</sup>:

- Αγωγοί και καλώδια
- Ηλεκτρικοί πίνακες
- Γειώσεις
- Σωλήνες - εξαρτήματα - κανάλια διανομής
- Ασφάλειες
- Διακόπτες
- Ρευματοδότες και ρευματολήπτες
- Φωτιστικά σώματα

### **1.2.2 Επιτρεπόμενες Εντάσεις Αγωγών**

Η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση εξαρτάται από τρεις παράγοντες<sup>11</sup>:

- Από τη διατομή του αγωγού
- Από το είδος της μόνωσής του
- Από τις συνθήκες τοποθέτησης και λειτουργίας του.

Αν ξεπεράσουμε τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή έντασης του παρακάτω πίνακα Νο.1, τότε ο αγωγός υπερθερμαίνεται (λόγω της αναπτυσσόμενης θερμότητας  $Q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$  σε cal) και φθείρεται πρόωρα. Αν η υπερθέρμανση είναι πιο ισχυρή τότε υπάρχει σοβαρός κίνδυνος πυρκαγιάς.

---

<sup>9</sup> Μπιτζιώνης Δ.Β. «Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις». Θεσσαλονίκη εκδ. Τζιόλα, 2000

<sup>10</sup> Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη «Τεχνολογία Υλικών και Εξαρτημάτων Ηλεκτρικών – Ηλεκτρονικών Συσκευών», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1991

<sup>11</sup> Ντοκόπουλος Π. «Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης». Θεσσαλονίκη εκδ. Ζήτη, 1992

Πίνακας Νο.1

| <b>Επιτρεπόμενη ένταση συνεχούς ροής για χάλκινους αγωγούς με μόνωση</b><br>(για θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C και μέγιστη θερμοκρασία αγωγού 60°C) |   |                 |                 |
|--|---|-----------------|-----------------|
| <b>Διατομή αγωγού (mm<sup>2</sup>)</b>   | <b>Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση σε (A)</b> |                 |                 |
|  | <b>1η ομάδα</b>                           | <b>2η ομάδα</b> | <b>3η ομάδα</b> |
| 0,75   | -   | 15              | 16              |
| 1  | 12  | 18              | 20              |
| 1,5  | 16  | 22              | 25              |
| 2,5  | 21  | 31              | 34              |
| 4  | 27  | 41              | 45              |
| 6  | 35  | 54              | 57              |
| 10   | 48  | 70              | 78              |
| 16   | 65  | 96              | 104             |
| 25   | 88  | 128             | 137             |
| 35   | 110                                       | 153             | 168             |
| 50   | 140                                       | 178             | 210             |
| 70   | 175                                       | 220             | 260             |
| 95   | 210                                       | 265             | 310             |
| 120  | 250                                       | 310             | 365             |
| 150  | -   | 355             | 415             |
| 185  | -   | 405             | 475             |
| 240  | -   | 480             | 560             |
| 300  | -   | 555             | 645             |
| 400  | -   | -               | 770             |
| 500  | -   | -               | 880             |

**Ομάδες:**

1η: Τρεις το πολύ ενεργοί αγωγοί μέσα στον ίδιο σωλήνα ή στο ίδιο καλώδιο, σε ορατή ή χωνευτή εγκατάσταση.  
 2η: Μονωμένοι αγωγοί που είναι τοποθετημένοι σε ορατή εγκατάσταση χωρίς σωλήνες, με απόσταση μεταξύ τους ίση ή μεγαλύτερη από τη διάμετρό τους.  
 3η: Εύκαμπτα καλώδια τροφοδότησης κινητών ή φορητών συσκευών κατανάλωσης.

Για θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεγαλύτερες των 30°C, πρέπει οι τιμές του παραπάνω πίνακα Νο.1 να πολλαπλασιαστούν αντίστοιχα με τους παρακάτω συντελεστές.

|                                  |              |              |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Θερμοκρασία περιβάλλοντος</b> | <b>35 °C</b> | <b>40 °C</b> | <b>45 °C</b> | <b>50 °C</b> | <b>55 °C</b> |
| <b>Συντελεστής</b>               | <b>91 %</b>  | <b>82 %</b>  | <b>71 %</b>  | <b>58 %</b>  | <b>41 %</b>  |

Αν οι ενεργοί αγωγοί που βρίσκονται στο ίδιο περίβλημα είναι περισσότεροι από τρεις, παίρνουμε μέρος των τιμών του πίνακα επιτρεπομένων εντάσεων.

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| <b>Για 4 - 6 αγωγούς</b> | <b>80 %</b> |
| <b>7 - 9 αγωγούς</b>     | <b>70 %</b> |

### 1.2.3 Ελάχιστες Επιτρεπόμενες Διατομές Χάλκινων Αγωγών σε Ε.Η.Ε.

| <b>Χρήση του αγωγού</b>                                    | <b>Ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή αγωγού (mm<sup>2</sup>)</b> |
|--|--|
| Γραμμές μόνιμης εγκατάστασης φωτισμού                      | 1,5  |
| Γραμμές ρευματοδότησης κινητήρων (εγκατ. κίνησης)          | 2,5  |
| Παροχές καταναλωτών Χ.Τ. (ΔΕΗ)                             | 6 (συνήθως 10)   |
| Σύνδεση φωτιστικών σημείων                                 | 0,75   |
| Εύκαμπτα καλώδια σύνδεσης συσκευών μέσω ρευματοληπτών για: |  |

|  |            |      |
|--|------------|------|
| 1 < 2,5 A  |            | 0,5  |
| 2,5 < 1 < 10 A   |            | 0,75 |
| 1 > 10A  |            | 1,0  |
| Αιωρούμενες<br>γραμμές μήκους:                         | < 20 m     | 4    |
|  | 20-40<br>m | 6    |
| <b>Αγωγοί προστασίας</b>                               |            |      |
| Γείωση μετρητή   |            | 16   |
| Ενταφιασμένοι ή απρόσιτοι<br>αγωγοί γείωσης προστασίας |            | 25   |
| Ανεξάρτητοι μονωμένοι<br>αγωγοί γείωσης                |            | 2,5  |
| Ανεξάρτητοι γυμνοί αγωγοί<br>γείωσης                   |            | 6    |

### **1.3 Καλώδια Εσωτερικών Εγκαταστάσεων σε Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις**

Τα καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων στις βιομηχανίες κατασκευάζονται με χάλκινους αγωγούς δύσκαμπτους (μονόκλωνους ή πολύκλωνους) όταν προορίζονται για μόνιμη εγκατάσταση ή εύκαμπτους (λεπτοπολύκλωνους) όταν προορίζονται για εγκαταστάσεις όπου απαιτείται κινητικότητα των καλωδίων. Σαν μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται κυρίως PVC ή ελαστικό και σαν προστατευτικός μανδύας αντίστοιχα PVC ή ελαστικό. Καλώδια που τοποθετούνται σε σταθερές καλωδιώσεις μέσα σε σωλήνες μπορούν να έχουν μόνωση χωρίς προστατευτικό μανδύα<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Μπιτζιώνης Δ.Β. «Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις». Θεσσαλονίκη εκδ. Τζιόλα, 2000



### 1.3.1 Συνήθεις Τύποι Καλωδίων

Στις Ε.Η.Ε. στις βιομηχανίες χρησιμοποιούνται συνηθέστερα οι τύποι καλωδίων που αναγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί, όπου σημειώνονται μερικές οδηγίες σχετικά με τη χρήση τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει μεγάλο πλήθος τύπων καλωδίων, για τους οποίους περισσότερες πληροφορίες παρέχουν οι κατάλογοι των βιομηχανιών παραγωγής τους<sup>13</sup>. Οι αντίστοιχοι τύποι των καλωδίων, αναφέρονται ως εξής.

#### **ΜΟΝΟΠΟΛΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ PVC ΧΩΡΙΣ**

#### **ΜΑΝΔΥΑ ΜΕ ΕΥΚΑΜΠΤΟ ΑΓΩΓΟ ΓΙΑ ΓΕΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ**

|                     |  |
|---------------------|--|
| ΤΥΠΟΣ:              | <b>H07V-K</b>  |
| ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ<br>ΤΑΣΗ: | <b>450/750 V</b>   |
| ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:       | <b>ΕΛΟΤ 563.3, VDE 0281, BS 6004,<br/>CENELEC HD 21.3</b>  |
| ΧΡΗΣΕΙΣ:            | <b>Κατάλληλα για τοποθέτηση σε<br/>σωλήνες πάνω ή μέσα σε τοίχο, σε<br/>πίνακες ή άλλους κλειστούς χώρους.</b> |



**H07V-K**

#### **ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ PVC ΧΩΡΙΣ ΜΑΝΔΥΑ ΜΕ ΕΥΚΑΜΠΤΟ ΑΓΩΓΟ ΓΙΑ ΓΕΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ**

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| ΤΥΠΟΣ:              | <b>H05V-K</b>    |
| ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ<br>ΤΑΣΗ: | <b>300/500 V</b> |

<sup>13</sup> Φάκαρας Α. «Εσωτερικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές». Αθήνα εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 2001

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 563.3, VDE 0281, CENELEC HD 21.3

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Κατάλληλα για σταθερές προστατευμένες εγκαταστάσεις μέσα σε συσκευές και μέσα ή πάνω σε βάσεις φωτιστικών.

**ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ PVC ΧΩΡΙΣ ΜΑΝΔΥΑ ΜΕ  
ΕΥΚΑΜΠΤΟ ΑΓΩΓΟ ΓΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ**

**ΤΥΠΟΣ:** H05V-K

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ  
ΤΑΣΗ:** 300/500 V

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 563.3, VDE 0281, CENELEC HD 21.3

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Κατάλληλα για σταθερές προστατευμένες εγκαταστάσεις, μέσα σε συσκευές και μέσα ή πάνω σε βάσεις φωτιστικών.

**ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC ΓΙΑ  
ΣΤΑΘΕΡΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ**

**ΤΥΠΟΣ:** A05VV-U (ΜΟΝΟΚΛΩΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ)  
A05VV-R (ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ)

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ  
ΤΑΣΗ:** 300/500 V

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 563.4

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Ελαφρύ καλώδιο με δύσκαμπτο αγωγό για τοποθέτηση σε σταθερές εγκαταστάσεις σε ξηρούς ή υγρούς χώρους.



**A05VV-R**

**ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ  
ΚΟΙΝΟ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ**

**ΤΥΠΟΣ:** H05RR-F  
**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ**  
**ΤΑΣΗ:** 300/500 V  
**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 623.4, VDE 0282, CENELEC HD 22.4, BS 6007 & BS 6500  
**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Εύκαμπτο καλώδιο για γενική χρήση σε κατοικίες, μαγειρεία και γραφεία και για τη τροφοδότηση συσκευών στις οποίες τα καλώδια υποβάλλονται σε μικρές μηχανικές καταπονήσεις.

**ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ  
PVC**

**ΤΥΠΟΣ:** H05VV-F  
**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ**  
**ΤΑΣΗ:** 300/500 V  
**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 563.5, BS 6500, VDE 0281.402, CENELEC HD 21.5  
**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Εύκαμπτο καλώδιο για γενική χρήση σε κατοικίες, μαγειρεία (κουζίνες) και γραφεία και για τη τροφοδότηση συσκευών ακόμα και σε υγρές περιστάσεις και μέτριες μηχανικές

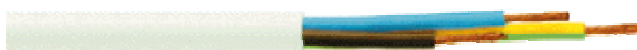
**καταπονήσεις.**



**H05VV-F**

**ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ  
PVC**

**ΤΥΠΟΣ:** H03VV-F  
**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ  
ΤΑΣΗ:** 300/300 V  
**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 563.5, BS 6500, VDE 0281.401,  
CENELEC HD 21.5  
**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Εύκαμπτο καλώδιο για γενική χρήση  
σε κατοικίες, μαγειρεία (κουζίνες) και  
γραφεία. Για τροφοδότηση ελαφρών  
φορητών συσκευών όπου χρειάζεται  
ευκαμψία για ελαφρές μηχανικές  
καταπονήσεις. Ακατάλληλο για  
τροφοδότηση συσκευών με υψηλές  
θερμοκρασίες.



**H03VV-F**

**ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΑΠΟ PVC  
(ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΑ ΚΑΛΩΔΙΑ)**

**ΤΥΠΟΣ:** H03VH-H  
**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ  
ΤΑΣΗ:** 300/300 V  
**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 563.5, BS 6500, VDE 0281.302,  
CENELEC HD 21.5

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Πολύ εύκαμπτο καλώδιο για πολύ ελαφριές χρήσεις σε κατοικίες και γραφεία. Ακατάλληλο για τροφοδότηση συσκευών με υψηλές θερμοκρασίες.



**H03VH-H**

**ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC ΓΙΑ  
ΣΤΑΘΕΡΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ (ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΑ ΚΑΛΩΔΙΑ)**

**ΤΥΠΟΣ:** NYIFY  
AO5VVH3-U

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ  
ΤΑΣΗ:** 230/400 V

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** VDE 0250.201

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Ελαφρύ καλώδιο με δύσκαμπτο αγωγό κατάλληλο για τοποθέτηση σε σταθερές εγκαταστάσεις όπου η μορφή του διευκολύνει.



**NYIFY-J**

**ΚΑΛΩΔΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC  
ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ**

**ΤΥΠΟΣ:** J1VV-R (ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ)  
J1VV-U (ΜΟΝΟΚΛΩΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ)  
J1VV-S (ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ)

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΕΛΟΤ 843

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ** 600/1000 V

**ΤΑΣΗ:**

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Τα καλώδια ισχύος χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, σταθμούς διανομής ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε εσωτερικούς χώρους, ύπαιθρο και εφ' όσον δεν υπόκεινται σε μηχανικές καταπονήσεις.

**ΕΥΚΑΜΠΤΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΣΗΜΑΝΣΕΩΝ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC**

**ΤΥΠΟΣ:** NYSLYO

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ:** 300/500 V

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** VDE 0250.405

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Εύκαμπτα καλώδια κατάλληλα για τοποθέτηση σε σταθερές ή κινητές εγκαταστάσεις χωρίς μηχανικές φορτίσεις, σε ξηρούς ή υγρούς χώρους. Δεν συνιστώνται για τοποθέτηση σε εξωτερικούς χώρους.

**ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC**

**ΤΥΠΟΣ:** JYYe

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ:** 200 V

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Σύνδεση τηλεφωνικών συσκευών σε καλωδιώσεις εσωτερικών χώρων.

**ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ  
ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟ (PE)**

**ΤΥΠΟΣ:** Α02YS(L)2Y  
**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ  
ΤΑΣΗ:** 200 V  
**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** ΟΤΕ 012.6/Γ/4-92  
**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Τηλεφωνικά δίκτυα εξωτερικών χώρων  
(υπέργεια - υπόγεια).

**ΚΑΛΩΔΙΑ DR. VERS**

**ΤΥΠΟΣ:** ΤΥΠΟΥ "Υ" DR. VERS  
**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ  
ΤΑΣΗ:** 400 V  
**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** VDE 815  
**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Σύρματα συνδέσεων γενικής χρήσης  
(τηλεφωνικών και ηλεκτρονικών  
συσκευών).

**ΚΑΛΩΔΙΑ "Υ" ΚΩΔΩΝΩΝ**

**ΤΥΠΟΣ:** "Υ" ΚΩΔΩΝΩΝ  
**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ:** 400 V  
**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** VDE 815  
**ΧΡΗΣΕΙΣ:** Σύρματα συνδέσεων γενικής  
χρήσης (τηλεφωνικών και  
ηλεκτρονικών συσκευών).

**ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΥΠΟΣ:** **UTP CATEGORY 5 (J-2YY)**  
**FTP CATEGORY 5 (J-2Y(St)Y)**  
**STP CATEGORY 5 (J-2Y(St)Y)**

**ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ**  
**ΤΑΣΗ:** **225 V**

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ:** **ISO / IEC 11801, EIA / TIA 568 A, (TSB**  
**36)**

**ΧΡΗΣΕΙΣ:** **Καλώδια για τηλεφωνικά δίκτυα και**  
**δίκτυα υπολογιστών.**



## **2. Κεφάλαιο 2ο : Ανάλυση και Μελέτη Στοιχείων Βιομηχανικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης**

### **2.1 Όργανα Προστασίας Ελέγχου της Ηλεκτρικής Εγκατάστασης σε Βιομηχανική Μονάδα**

Στη παρούσα ενότητα, θα ξεκινήσουμε την μελέτη από τα όργανα προστασίας ελέγχου της ηλεκτρικής εγκατάστασης στη βιομηχανική μονάδα. Θα αναφέρουμε λοιπόν σχετικά πως τα όργανα προστασίας και ελέγχου της συγκεκριμένης ηλεκτρικής εγκατάστασης στη βιομηχανική μονάδα, θα πρέπει να προστατεύουν τις γραμμές της εγκατάστασης και εμάς ως καταναλωτές από ανεπιθύμητες ενέργειες καθώς θα βοηθούν στον έλεγχο τη γραμμής ή του φορτίου που τροφοδοτεί η γραμμή. Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε πως ανεπιθύμητες καταστάσεις μπορεί να έχουμε στις περιπτώσεις υπερφόρτισης της γραμμής, βραχυκυκλώματος ή και υπότασης εντός της μονάδας. Ο έλεγχος της γραμμής ή του φορτίου θα αφορά τη διακοπή τροφοδοσίας της γραμμής ή του φορτίου καθώς και την επανατροφοδότηση της γραμμής ή του φορτίου. Παρακάτω περιγράφονται τα όργανα προστασίας και ελέγχου της ηλεκτρικής βιομηχανικής εγκατάστασης<sup>14</sup>

#### **2.1.1 Ασφάλειες**

Οι ασφάλειες που τοποθετούνται στον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης και ασφαλίζουν τις γραμμές της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, προκύπτουν από τον εξής τρόπο :

---

<sup>14</sup> Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη «Τεχνολογία Υλικών και Εξαρτημάτων Ηλεκτρικών – Ηλεκτρονικών Συσκευών», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1991

- Γραμμές φωτισμού : Οι ασφάλειες στις γραμμές φωτισμού επιλέγονται σύμφωνα με τη διατομή του αγωγού που θα χρησιμοποιήσουμε στην περίπτωση που δεν λαμβάνουμε υπόψη την πτώση αυτή
- Γραμμές κίνησης : Οι ασφάλειες στις γραμμές που τροφοδοτούν ηλεκτρικούς κινητήρες λαμβάνονται υπόψη με τιμή ίση ή μεγαλύτερη από την ονομαστική ένταση του φορτίου που θα τροφοδοτήσουν, Δηλαδή το μέγεθος της ασφάλειας που θα χρησιμοποιήσουμε καθορίζεται από το φορτίο που τροφοδοτεί η γραμμή.

Οι διαθέσιμες ασφάλειες που υπάρχουν στο εμπόριο είναι : 6<sup>A</sup>, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 35 A, 50 A, 80 A, 100 A, 125 A. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ονομαστικές εντάσεις ρεύματος ασφαλειών για τις αντίστοιχες διατομές αγωγών.

**Πίνακας Νο.1**

| <b>A/A</b> | <b>Διατομή χάλκινων<br/>Αγωγών .mm<sup>2</sup></b> | <b>Ονομαστική ένταση<br/>Ασφαλειών</b> |
|------------|--|--|
| 1          | 1,5  | 10                                     |
| 2          | 2,5  | (16) 20                                |
| 3          | 4  | 25                                     |
| 4          | 6  | 25                                     |
| 5          | 10   | 35                                     |
| 6          | 16   | 50                                     |
| 7          | 25   | 80                                     |
| 8          | 35   | 100                                    |
| 9          | 50   | 125                                    |
| 10         | 70   | 125                                    |
| 11         | 95   | 160                                    |
| 12         | 120  | 200                                    |
| 13         | 150  | 224                                    |

|    |     |     |
|----|-----|-----|
| 14 | 185 | 250 |
| 15 | 240 | 300 |
| 16 | 300 | 355 |
|    |     |     |

### **2.1.2 Διακόπτες Αγωγών**

Οι διακόπτες που θα χρησιμοποιήσουμε στον πίνακα διανομής, θα τους επιλέξουμε με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ίσης ή μεγαλύτερης έντασης από τη μέγιστη ένταση που διαρρέει μια γραμμή. Οι διαθέσιμοι διακόπτες που υπάρχουν στο εμπόριο είναι : 16 A, 25 A, 40 A, 63 A, 100 A, 160 A, 200 A, 250 A, 400 A.<sup>15</sup>

### **2.1.3 Θερμικά Ρελέ**

Τα θερμικά ρελέ θα τα χρησιμοποιήσουμε για την προστασία των κινητήρων από υπερφορτώσεις και όχι από βραχυκυκλώματα για τα οποία πρέπει να υπάρχουν ασφάλειες. Τα θερμικά δέχονται ρύθμιση της ονομαστικής έντασης ρεύματος μέσα σε μια περιοχή ρύθμισης. Παρακάτω στον πίνακα δίνονται οι τυποποιημένες περιοχές ρύθμισης των θερμικών ρελέ ανάλογα με τον τύπο του θερμικού.

### **2.1.4 Ρύθμιση θερμικού**

Η ένταση ρύθμισης του θερμικού ρελέ θα πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική ένταση του κινητήρα που προστατεύει. Στην περίπτωση που ο κινητήρας περιλαμβάνει σύστημα εκκίνησης αστέρα τριγώνου επειδή το θερμικό συνδέεται μετά το κύριο ρελέ το ρεύμα που περνά μέσα από το θερμικό είναι το ρεύμα που διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα. Στην κανονική λειτουργία του κινητήρα το ρεύμα που θα διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα είναι ίσο με το 58% της κανονικής έντασης του κινητήρα και για αυτό

<sup>15</sup> Ντοκόπουλος Π. «Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης». Θεσσαλονίκη εκδ. Ζήτη, 1992

το λόγο σε αυτή την περίπτωση ρυθμίζουμε το θερμικό σε 58% της κανονικής έντασης λειτουργίας του κινητήρα.

**Πίνακας Νο.2**

| Α/Α | ΠΕΡΙΟΧΗ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΕ Α |         | ΤΥΠΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΡΕΛΕ | Α/Α | ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΡΕΛΕ ΣΕ Α |         | ΤΥΠΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΡΕΛΕ |
|-----|--------------------------------|---------|---------------------|-----|----------------------------|---------|---------------------|
|     | ΕΛΑΧΙΣΤΗ                       | ΜΕΓΙΣΤΗ | RT1                 |     | ΕΛΑΧΙΣΤΗ                   | ΜΕΓΙΣΤΗ | RT2                 |
| 1   | 1.9                            | 2.7     |                     | 15  | 54                         | 65      |                     |
| 2   | 2.5                            | 4       |                     | 16  | 64                         | 75      |                     |
| 3   | 4                              | 6.3     |                     | 17  | 70                         | 80      |                     |
| 4   | 5.5                            | 7.5     |                     | 18  | 80                         | 95      |                     |
| 5   | 7                              | 10      |                     | 19  | 90                         | 110     |                     |
| 6   | 10                             | 13      |                     | 20  | 110                        | 140     | RT3                 |
| 7   | 12                             | 15      |                     | 21  | 140                        | 180     |                     |
| 8   | 14.5                           | 17      |                     | 22  | 175                        | 280     | RT4                 |
| 9   | 17.5                           | 22      |                     | 23  | 200                        | 310     |                     |
| 10  | 21                             | 25      |                     | 24  | 250                        | 400     | RT5                 |
| 11  | 25                             | 32      |                     | 25  | 315                        | 500     |                     |
| 12  | 30                             | 40      |                     | 26  | 430                        | 700     |                     |
| 13  | 44                             | 47      |                     | 27  | 500                        | 850     | RT6                 |

### **2.1.5 Σύστημα Εκκίνησης Κινητήρων**

Κάθε κινητήρας στη συγκεκριμένη βιομηχανική μονάδα, κατά την εκκίνησή του θ' απορροφά μεγάλο ρεύμα που είναι ανεπιθύμητο για το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Για το λόγο αυτό σε κινητήρες που απορροφούν μεγάλο

ρεύμα εκκίνησης, θα χρησιμοποιήσουμε κάποιο σύστημα εκκίνησης για τη μείωση του ρεύματος εκκίνησης. Ένα πολύ διαδεδομένο σύστημα εκκίνησης είναι ο διακόπτης αστέρα τριγώνου. Επίσης, αξίζει να σημειώσουμε πως σε κινητήρες μεγάλης ισχύος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτομετασχηματιστής ή σύστημα εκκίνησης με αντιστάσεις στα τυλίγματα της μηχανής.

- *Που απαιτείται σύστημα εκκίνησης*

Οι κινητήρων που μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς σύστημα εκκίνησης στη συγκεκριμένη βιομηχανική μονάδα, είναι οι εξής<sup>16</sup> :

- Μονοφασικοί κινητήρες : Επιτρέπεται η απευθείας εκκίνηση για ισχύ μέχρι 4 HP για υπόγειο δίκτυο και για ισχύ μέχρι 1 HP για εναέριο δίκτυο.
- Τριφασικοί κινητήρες : Επιτρέπεται η απευθείας εκκίνηση για ισχύ μέχρι 4 HP για υπόγειο δίκτυο και για ισχύ μέχρι 2,5 HP για εναέριο δίκτυο.

Στην περίπτωση που οι κινητήρες που θα χρησιμοποιήσουμε δεν ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες ισχύος, θα πρέπει να υπολογίζεται η ένταση εκκίνησης του κινητήρα και ανάλογα αν οι εκκινήσεις του κινητήρα είναι σπάνιες ή συχνές με περισσότερες από μια εκκινήσεις σε μια ώρα, να προσδιορίζεται αν απαιτείται σύστημα εκκίνησης. Παρακάτω στον πίνακα δίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις ρεύματος κινητήρων χωρίς σύστημα εκκίνησης

### **Πίνακας Νο.3**

| <i>A/A</i> | <i>ΕΙΔΟΣ</i> | <i>ΕΙΔΟΣ</i> | <i>ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ</i> | <i>ΜΕΓΙΣΤΗ</i> |
|------------|--------------|--------------|------------------|----------------|
|------------|--------------|--------------|------------------|----------------|

<sup>16</sup> Φάκαρας Α. «Εσωτερικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές». Αθήνα εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 2001

|   | <i>ΡΕΥΜΑΤΟΣ</i> | <i>ΔΙΚΤΥΟΥ</i> | <i>ΕΚΙΝΗΣΗΣ</i> | <i>ΈΝΤΑΣΗ<br/>ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ</i> |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| 1 | ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟ      | ΕΝΑΕΡΙΟ        | -               | 27                          |
| 2 |                 | ΥΠΟΓΕΙΟ        | -               | 40                          |
| 3 |                 |                | ΣΠΑΝΙΕΣ         | 50                          |
| 4 | ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ       | ΕΝΑΕΡΙΟ        | ΣΥΧΝΕΣ          | 30                          |
| 5 |                 |                | ΣΠΑΝΙΕΣ         | 70                          |
| 6 |                 | ΥΠΟΓΕΙΟ        | ΣΥΧΝΕΣ          | 50                          |

Στην περίπτωση της βιομηχανίας που μελετάμε θεωρούμε ότι το δίκτυο είναι υπόγειο και ότι οι εκκινήσεις όλων των κινητήρων είναι συχνές.

### **2.1.6 Αυτόματοι Διακόπτες**

Οι αυτόματοι διακόπτες αποτελούνται από το ρελέ τροφοδοσίας ενός κινητήρα και το θερμικό. Στην περίπτωση της βιομηχανίας που μελετάμε, αυτόματους διακόπτες περιλαμβάνουν όλοι οι κινητήρες. Στην περίπτωση που έχουμε ένα σύστημα εκκίνησης αστέρα τριγώνου χρησιμοποιούμε αυτόματο διακόπτη αστέρα τριγώνου που αποτελείται από τρία ρελέ και ένα θερμικό. Οι αυτόματοι διακόπτες τοποθετούνται κοντά στον κινητήρα σε ειδικό πίνακα που τροφοδοτεί τον κινητήρα. Οι αυτόματοι διακόπτες περιλαμβάνουν σύστημα εντολοδότησης που με τη βοήθεια μπουτόν ελέγχουμε τη λειτουργία του κάθε κινητήρα. Τα μπουτόν για τον έλεγχο της λειτουργίας του κάθε κινητήρα μπορεί να είναι τοποθετημένα κοντά στον κινητήρα ή σε μια σχετική απόσταση όπου λέμε έχουμε τηλεχειρισμό.

### **2.1.7 Υπολογισμός Οργάνων Προστασίας και Ελέγχου Σχετικά με Ασφάλειες, Διακόπτες, Θερμικά Συστήματα Εκκίνησης και Αυτόματους Διακόπτες**

Η συγκεκριμένη βιομηχανική μονάδα και την οποία αναλύουμε ως μελέτη περίπτωσης με σκοπό την εφαρμογή της ηλεκτρικής εγκατάστασης,

αποτελείται από έξι (6) γραμμές, τα στοιχεία των οποίων ως προς την Ασφάλεια, Αυτόματο Διακόπτη και Σύστημα Εκκίνησης, αναφέρονται ως εξής.

- ΓΡΑΜΜΗ 1 : φωτισμός 1000 KW - ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής 1 4,3 A, η διατομή αγωγού με τη μέθοδο της ασφαλούς λειτουργίας βρέθηκε 1,5 mm άρα η ασφάλεια για την προστασία της γραμμής είναι 10 A. / ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25 A / ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Στις γραμμές φωτισμού επειδή η ισχύ συνήθως είναι χαμηλή δεν απαιτείται η τοποθέτηση διακόπτη στον πίνακα διανομής αλλά παρόλα αυτά εμείς στις γραμμές φωτισμού της εγκατάστασης περιλαμβάνουμε και διακόπτη για τον έλεγχο της γραμμής.
- ΓΡΑΜΜΗ 2 : Φωτισμός 1500 A - ΑΣΦΑΛΕΙΑ : Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 6,5 A , η διατομή αγωγού με τη μέθοδο της ασφαλούς λειτουργίας είναι 1,5 mm άρα η ασφάλεια για την προστασία της γραμμής είναι 10<sup>A</sup>. ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Λόγω του μεγάλου μήκους γραμμής οι αγωγοί της γραμμής έχουν διατομή 10 mm αλλά παρόλα αυτά όπως αναφέραμε και πιο πριν για την ασφάλιση της γραμμής χρησιμοποιούμε ασφάλεια 10 A που προκύπτει από τον υπολογισμό της διατομής αγωγών με τη μέθοδο της ασφαλούς λειτουργίας.
- ΓΡΑΜΜΗ 3 : Μονοφασικός κινητήρας 0.55 HP - ΑΣΦΑΛΕΙΑ : Η ονομαστική ένταση του ρεύματος της γραμμής 3 είναι 3 A .Θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια 10 A. ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25<sup>A</sup> - ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ : Ο κινητήρας είναι μικρής ισχύος και δεν απαιτείται σύστημα εκκίνησης ΘΕΡΜΙΚΟ : Από τον παραπάνω πίνακα επιλέγουμε το θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 2.5 – 4A / Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού σε 3<sup>A</sup> - ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από ρελέ και θερμικό. Το ρελέ που χρησιμοποιούμε έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά : 415 V, 9A.
- ΓΡΑΜΜΗ 4 : Μονοφασικός κινητήρας 0.85 HP / ΑΣΦΑΛΕΙΑ : Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 4.2<sup>A</sup>, θα

- χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια 10<sup>A</sup> / ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής είναι 25A - ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ : Ο κινητήρας είναι μικρής ισχύος και δεν απαιτείται σύστημα εκκίνησης / ΘΕΡΜΙΚΟ : Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 4-6.3A / Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού στα 4.2<sup>A</sup> - ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από θερμικό και ρελέ. Το ρελέ που χρησιμοποιείται έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά 415 V, 9A.
- ΓΡΑΜΜΗ 5 : Τριφασικός κινητήρας 1.2H / ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής είναι 25<sup>A</sup> / ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ : Οκ κινητήρας είναι μικρής ισχύος και δεν απαιτείται σύστημα εκκίνησης / ΘΕΡΜΙΚΟ : Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 1.9 – 2.7<sup>A</sup> / Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού στα 2<sup>A</sup> / ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Για τον έλεγχο του κινητήρα επιλέγουμε αυτόματο διακόπτη που αποτελείται από θερμικό και ρελέ. Το ρελέ που χρησιμοποιούμε έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά 415 V, 9 A
  - ΓΡΑΜΜΗ 6: Τριφασικός κινητήρας 4.6HP / ΑΣΦΑΛΕΙΑ : Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 6.6A. η ασφάλεια που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι με τιμή > 6.6A. Άρα η ονομαστική ένταση της ασφάλειας θα είναι 10A / ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25<sup>A</sup> - ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ: Το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα είναι  $I_{εκ} = 7 \cdot 6,6 = 46,2A$  / Το δίκτυο είναι υπόγειο και οι εκκινήσεις του κινητήρα είναι συχνές άρα η μέγιστη ένταση ρεύματος εκκίνησης για αυτή την περίπτωση κινητήρων σύμφωνα με τον πίνακα 11 είναι 50A. Κατά συνέπεια για αυτό τον κινητήρα δε χρειάζεται σύστημα εκκίνησης / ΘΕΡΜΙΚΟ : Από τον πίνακα 1<sup>ο</sup> επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 5.5 – 7.5 A. Ρυθμίζουμε την ένταση θερμικού στα 6.6<sup>A</sup> / ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από ρελέ και θερμικό. Το ρελέ έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά 400 V, 9A



Άρα θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια με ονομαστική ένταση ρεύματος > 600. 1Α. Επειδή η γραμμή είναι μεγάλης ισχύος για τρεις φάσεις της γραμμής θα χρησιμοποιήσουμε μαχαιρωτές ασφάλειες μεγέθους 4 και ονομαστικής αξίας ρεύματος 630Α. Η παραπάνω τιμή ασφάλειας τοποθετείται στην αρχή της γραμμής. Επειδή η γραμμή αποτελείται από τρεις παράλληλους αγωγούς διατομής 120 mm ο κάθε ένας από αυτούς θα τοποθετήσουμε ασφάλειες σε κάθε αγωγό που αναχωρεί από τον πίνακα διανομής. Σύμφωνα με τον πίνακα που αναφέρει τις τιμές των ασφαλειών για αντίστοιχες διατομές αγωγών θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια 200<sup>Α</sup>. ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι τριφασικός ονομαστικής έντασης ρεύματος 1000Α

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ : Ο κινητήρας εκκίνησης είναι μεγάλης ισχύος και η ένταση του ρεύματος εκκίνησης είναι συχνά μεγαλύτερη από 50<sup>Α</sup> που ορίζει ο πίνακας 11 για υπόγειο δίκτυο με συχνές εκκινήσεις κινητήρα. Άρα για την εκκίνηση του κινητήρα και επειδή ο κινητήρας είναι μεγάλης ισχύος θα χρησιμοποιήσουμε σύστημα εκκίνησης με τριφασικό αυτομετασχηματιστή. Με τη βοήθεια του οποίου θα πετύχουμε μειωμένη τάση στα τυλίγματα του κινητήρα και μικρό ρεύμα εκκίνησης.

ΘΕΡΜΙΚΟ : Επιλέγουμε θερμικό τύπου RT6 με περιοχή ρύθμισης 500-850 Α

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ : Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από ρελέ και θερμικό. Το ρελέ έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά 400 V, 2000 Α

## **2.2 Πίνακας Οργάνων Προστασίας και Ελέγχου**

Στον παρακάτω πίνακα είναι συγκεντρωμένα όλα τα όργανα προστασίας και ελέγχου για τις γραμμές και τους κινητήρες που τροφοδοτούν τις γραμμές

**Πίνακας Νο.4**

| ΑΡΙΘΜΟΣ<br>ΓΡΑΜΜΗΣ        | ΕΙΔΟΣ<br>ΓΡΑΜΜΗΣ          | ΑΣΦΑΛΕΙΑ<br>ΓΡΑΜΜΗΣ | ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ         | ΣΥΣΤΗΜΑ<br>ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ     | ΘΕΡΜΙΚΟ         |              | ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ<br>ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ      |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|
|                           |                           |                     |                   |                          | ΠΕΡ.<br>ΡΥΘΜΙΣΗ | Ρυθμιση<br>Α |                             |
| 1                         | Φωτισμού<br>1 KW          | 10 A                | 25 A              | -                        | -               | -            | -                           |
| 2                         | Φωτισμού<br>1,5 KW        | 10 <sup>A</sup>     | 25 <sup>A</sup>   | -                        | -               | -            | -                           |
| 3                         | Κινητήρας<br>0,55 HP      | 10 <sup>A</sup>     | 25 <sup>A</sup>   | -                        | 2.5-4 RT1       | 3            | PELE<br>400 V<br>9A         |
| 4                         | Κινητήρας<br>0,85 HP      | 10 <sup>A</sup>     | 25 <sup>A</sup>   | -                        | 4-6.3 RT1       | 4.2          | PELE<br>400V<br>9A          |
| 5                         | Κινητήρας<br>1,2 HP       | 10 <sup>A</sup>     | 25 <sup>A</sup>   | -                        | 5.5.-7.5<br>RT1 | 2            | RELE 400<br>400V<br>9A      |
| 6                         | Κινητήρας<br>4,6 HP       | 10 <sup>A</sup>     | 25 <sup>A</sup>   | -                        | 17.5-22<br>RT1  | 6.6          | RELE<br>400V 9A<br>9A       |
| 7                         | Κινητήρας<br>23 HP        | 35 <sup>A</sup>     | 80 <sup>A</sup>   | Υ-Δ                      | 110-140<br>RT3  | 17,5         | ΑΥΤΟΜΑΤΟ<br>ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ       |
| 8                         | Κινητήρας<br>160 HP       | 224 <sup>A</sup>    | 400 <sup>A</sup>  | Υ-Δ                      | 500-850<br>RT6  | 121          | 3 PE<br>ΛΕ<br>400<br>45A    |
| 9                         | Κινητήρας<br>482 HP       | 630 A               | 1000 <sup>A</sup> | Αυτόματος<br>σχηματιστής | -               | 600          | RELE<br>400 V<br>1000A<br>A |
| 10                        | Εφεδρική<br>γραμμή        | 125 <sup>A</sup>    | 200 <sup>A</sup>  | -                        | -               | -            | -                           |
| ΓΡΑΜΜΗΤ<br>ΡΟΦΟΔΟΣ<br>ΪΑΣ | ΓΡΑΜΜΗ<br>ΤΡΟΦΟΔ<br>ΟΣΙΑΣ | 1000 <sup>A</sup>   | 1250 <sup>A</sup> | -                        |                 | -            | -                           |

### **2.3 Μελέτη της Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης Αναφορικά με τους Αγωγούς και τα Εσωτερικά Καλώδια της Εγκατάστασης Καθώς και τα Υλικά και Εξαρτήματα που Χρησιμοποιούνται Σχετικά**

Αναφερόμενοι στην Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) που θα χρησιμοποιήσουμε, εννοούμε την τοποθέτηση, τον έλεγχο και το χειρισμό διαφόρων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων, που εξυπηρετούν τις ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην βιομηχανική μονάδα. Τα βασικά μέρη της συγκεκριμένης Ε.Η.Ε.θα είναι τα εξής:

- Αγωγοί και καλώδια
- Ηλεκτρικοί πίνακες
- Γειώσεις
- Σωλήνες - εξαρτήματα - κανάλια διανομής
- Ασφάλειες □
- Διακόπτες
- Ρευματοδότες και ρευματολήπτες
- Φωτιστικά σώματα
- Μια Ε.Η.Ε. τροφοδοτείται από τις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ μέσω του μετρητή
- Από το κιβώτιο του μετρητή αρχίζει η κύρια γραμμή που τροφοδοτεί το σύνολο της Ε.Η.Ε.

Σημειώνεται επίσης πως οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στην εν λόγω ΕΗΕ είναι μονωμένοι ή ακόμα και καλυμμένοι με προστατευτικό μανδύα αγωγοί ή μπορεί και υπόγεια καλώδια. Για την κατασκευή των αγωγών χρησιμοποιούνται δύο βασικά υλικά, ο χαλκός (το πιο ηλεκτραγωγό υλικό, με υψηλή μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα στη διάβρωση και εύκολη κατεργασία)

και το αλουμίνιο (μικρότερη αγωγιμότητα, πολύ πιο ελαφρύ, μικρότερο κόστος).

Οι αγωγοί αλουμινίου χρησιμοποιούνται πολύ στις εναέριες γραμμές (μικρό βάρος) και ελάχιστα στις εγκαταστάσεις κλειστού χώρου (οξειδωση άκρων, εύκολος τραυματισμός, παραμόρφωση υπό πίεση). Οι γυμνοί αγωγοί χρησιμοποιούνται στις γραμμές υπαίθρου σε περίπτωση εναέριων γραμμών και σε ορισμένες περιπτώσεις εγκαταστάσεων κλειστών χώρων όταν οι γραμμές είναι από χαλκό ή αλουμίνιο, μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι. Τέλος, οι γυμνοί αγωγοί μπορεί να βρίσκονται σε μονωτήρες.

Πριν προχωρήσουμε λοιπόν στην επεξήγηση της λειτουργίας της συγκεκριμένης εγκατάστασης, θα πρέπει να διευκρινισθούν τα ακόλουθα θέματα:

- Ποιές προβλέψεις χρειάζεται να γίνουν για συσκευές που δεν υπάρχουν στην αρχή, αλλά είναι ενδεχόμενο να αποκτηθούν μελλοντικά.
- Πού είναι επιθυμητό να τοποθετηθούν ρευματοδότες, σε ποιές θέσεις είναι επιθυμητό να είναι οι διακόπτες για τα φώτα και αν τα τελευταία θα είναι απλά, κομιτατέρ ή αλέ-ρετούρ, από ποιά θέση είναι επιθυμητό να γίνεται ο χειρισμός ορισμένων συσκευών.
- Ποιές θα είναι οι συνθήκες λειτουργίας των συσκευών (θα λειτουργούν όλες ταυτόχρονα και με πλήρη ισχύ ή όχι;)
- Αν υπάρχουν ορισμένες συγκεκριμένες απαιτήσεις που προκύπτουν από το δομικό μέρος, π.χ. αν, για κάποιο λόγο που αφορά το κτίριο, δεν πρέπει να περάσουν γραμμές της Ε.Η.Ε. από ορισμένα σημεία.
- Αν μπορούν να γίνουν ορισμένες προβλέψεις στο στάδιο της κατασκευής του κτιρίου, που θα διευκολύνουν και την κατασκευή της Ε.Η.Ε.

Η μελέτη λοιπόν, μπορεί να ακολουθήσει τα εξής στάδια:

- Καταγραφή και εντοπισμός, πάνω σε σχέδιο, των συσκευών κατανάλωσης σημαντικής ισχύος. Επίσης σημειώνονται στο σχέδιο οι θέσεις των φωτιστικών σημείων και των διακοπών τους, οι θέσεις των ρευματοδοτών και τυχόν σταθερές συσκευές μεγάλης ισχύος.

- Καθορισμός των γραμμών που χρειάζονται για την τροφοδότηση των συσκευών κατανάλωσης.
- Τυπικό Σχέδιο Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης βιομηχανικής μονάδας.
- Καθορισμός των οργάνων προστασίας και της διατομής των αγωγών καθεμιάς από τις προηγούμενες γραμμές.
- Καθορισμός του είδους της παροχής που θα ζητηθεί (τριφασική) και του μεγέθους της. Καθορισμός των γενικών ασφαλειών του πίνακα διανομής και της διατομής των αγωγών της κύριας γραμμής (γραμμής μετρητή-πίνακα).
- Καθορισμός της θέσης του πίνακα διανομής.
- Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν υποπίνακες: καθορισμός για καθέναν από αυτούς αν θα είναι τριφασικός ή μονοφασικός.
- Καθορισμός της σύνθεσης του πίνακα διανομής και καθενός από τους υποπίνακες, αν υπάρχουν.
- Σχεδίαση της όδευσης όλων των γραμμών μέσα στο κτίριο.
- Καθορισμός του είδους των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στους διάφορους χώρους. Μονογραμμικό σχέδιο τριφασικού πίνακα διανομής κατοικίας.
- Καθορισμός του τρόπου κατασκευής και σύνδεσης της γείωσης και των αγωγών προστασίας.
- Μέγιστη θερμοκρασία αγωγού καλωδίων για συνεχή λειτουργία

*Πίνακας Νο.4 και 5 - Στοιχεία για τον υπολογισμό της μέγιστης επιτρεπομένης έντασης φόρτισης, Καλώδια στον αέρα, Συντελεστές Διόρθωσης του Ρεύματος σε Συνάρτηση με τη Θερμοκρασία Περιβάλλοντος*

| ΥΛΙΚΟ ΜΟΝΩΣΗΣ | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ<br>ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΗ<br>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ<br>°C | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ<br>ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ<br>ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ<br>°C |
|---------------|--|--|
| PVC           | 70   | 160  |

|  |    |     |
|--|----|-----|
| Ελαστικό                               | 60 | 160 |
| Ελαστικό EPR                           | 90 | 250 |
| Διασυνδεδεμένο<br>Πολυαιθυλένιο (XLPE) | 90 | 250 |

| ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΩΣΗΣ | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΟΝΤΟΣ ΣΕ °C |      |      |     |      |      |      |      |
|---------------|--------------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|
|               | 15                             | 20   | 25   | 30  | 35   | 40   | 45   | 50   |
| PVC           | 1.17                           | 1.12 | 1.06 | 1.0 | 0.94 | 0.87 | 0.79 | 0.71 |
| Ελαστικό      | 1.22                           | 1.15 | 1.08 | 1.0 | 0.91 | 0.82 | 0.71 | 0.58 |
| XLPE          | 1.14                           | 1.09 | 1.04 | 1.0 | 0.96 | 0.91 | 0.87 | 0.82 |

Υλικό PVC για καλώδια

H07V-U, H07V-R, H07V-K, H05V-U, H05V-K, A05VV-U, A05VV-R, H05VV-F, A05VV-F, H03VV-F, NYIFY, HO3VH-H, NYY, NYSLYO, J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S, NYCY

ΕΛΑΣΤΙΚΟ για καλώδια

H05RR-F, A05RR-F, H07RN-F, A07RN-F, NSLF, NSLFFOU, HO1N2-D, HO1N2-E

XLPE για καλώδια

XLPE/PVC, XLP/CWS/PVC

Σε περίπτωση που τοποθετούνται περισσότερα του ενός καλώδια το ένα κοντά στο άλλο είναι απαραίτητο να υπάρχει αρκετός χώρος για αερισμό. Η μεταφερόμενη ισχύς δεν επηρεάζεται εάν:

- Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των καλωδίων είναι τουλάχιστον ίση με δύο φορές τη διάμετρο των καλωδίων
- Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των καλωδίων δεν είναι μικρότερη από τέσσερις φορές τη διάμετρο τους.
- Τοποθετούνται σε οριζόντια διάταξη ακόμα και αν ο αριθμός των καλωδίων υπερβαίνει τα τρία.

Συνεχίζοντας, θα πρέπει να σημειώσουμε πως στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται αναφέρονται σχετικά τα χαρακτηριστικά της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης που θα χρησιμοποιήσουμε για την εν λόγω βιομηχανική μονάδα, περιγράφονται τα βασικά μέρη αυτής της ηλεκτρικής εγκατάστασης, επισημαίνονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη που είναι αναγκαία για τη μελέτη της, διατυπώνονται τα βήματα σύνταξης της μελέτης ΕΗΕ, αναφέρονται τα είδη των ηλεκτρικών παροχών και περιγράφεται η δομή των ηλεκτρικών πινάκων με τα κυκλώματα διακλάδωσης τροφοδότησης των φορτίων μιας εγκατάστασης. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα είδη των τυποποιημένων αγωγών και καλωδίων που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων και παρουσιάζεται η διαδικασία επιλογής της διατομής καλωδίων εγκατεστημένων στον αέρα ή μέσα στο έδαφος με βάση την ασφαλή, καλή και οικονομική λειτουργία τους και λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες εγκατάστασης και λειτουργίας των καλωδίων. Έτσι λοιπόν και βάση των ανωτέρω, μπορούμε να σημειώσουμε τα εξής.

Αναφορικά λοιπόν με την ηλεκτρική εγκατάσταση της συγκεκριμένης βιομηχανίας, θα λέγαμε πως η ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγεται στους σταθμούς παραγωγής και θα μεταφέρεται στα κέντρα κατανάλωσης μέσω των γραμμών μεταφοράς θα είναι υψηλής τάσης (ΥΤ). Στο συγκεκριμένο κέντρο κατανάλωσης, η ΥΤ θα υποβιβάζεται (π.χ. από 150 kV) στη ΜΤ (π.χ. στα 20 kV) μέσω μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσης. Οι μετασχηματιστές (ΜΣ) με τον αναγκαίο εξοπλισμό τους θα βρίσκονται εγκατεστημένοι σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, οι οποίοι θα ονομάζονται υποσταθμοί διανομής και ανήκουν στην επιχείρηση διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, ΔΕΗ). Διακρίνουμε τους υποσταθμούς διανομής ΥΤ/ΜΤ (150 kV/20 kV), όπου η ΥΤ υποβιβάζεται στη ΜΤ και τους

υποσταθμούς διανομής ΜΤ/ΧΤ (400 V/230 V, πολική τάση/φασική τάση), όπου η ΜΤ υποβιβάζεται στη ΧΤ.

Ανάλογα με την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ της συγκεκριμένης ηλεκτρικής εγκατάστασης, διακρίνουμε τους καταναλωτές ΥΤ, οι οποίοι τροφοδοτούνται από το δίκτυο ΥΤ της ΔΕΗ των 150 (kV), τους καταναλωτές ΜΤ, οι οποίοι τροφοδοτούνται από το δίκτυο ΜΤ της ΔΕΗ των 20 (kV) και τους καταναλωτές ΧΤ, οι οποίοι τροφοδοτούνται από το δίκτυο ΧΤ της ΔΕΗ των 400 (V) / 230 (V), 50 (Hz). Οι καταναλωτές ΥΤ και ΜΤ πρέπει να κατασκευάσουν με δική τους ευθύνη υποσταθμό με ΜΣ υποβιβασμού της ΥΤ ή ΜΤ σε ΧΤ. Οι καταναλωτές ΧΤ διαθέτουν μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος τοποθετείται με ευθύνη της ΔΕΗ στο σημείο παροχέτευσης της εγκατάστασης<sup>17</sup>. Στη περιπτώσή μας βέβαια, αναφερόμαστε ως καταναλωτές ΥΤ.

Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί πως η ΔΕΗ έχει την υποχρέωση και είναι υπεύθυνη να κατασκευάσει όλες τις αναγκαίες εγκαταστάσεις (υποσταθμοί, εναέρια δίκτυα διανομής ή υπόγεια καλώδια κλπ.), ώστε να φέρει την ηλεκτρική ενέργεια με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τάσης και συχνότητας μέχρι το σημείο παροχέτευσης της εγκατάστασης στη συγκεκριμένη βιομηχανία. Το σημείο παροχέτευσης ή σημείο σύνδεσης της εγκατάστασης με τη ΔΕΗ, είναι ο ΜΣ ΜΤ/ΧΤ για καταναλωτές ΜΤ ή ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας για καταναλωτές ΧΤ<sup>18</sup>.

Από το σημείο σύνδεσης, εμείς ως καταναλωτές (πελάτης) παραλαμβάνουμε την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία διανέμεται σε διάφορα σημεία στο εσωτερικό του χώρου του κτιρίου της βιομηχανίας, όπου και καταναλώνεται από τα ηλεκτρικά φορτία της εγκατάστασης (π.χ. ηλεκτρικές μηχανές και λοιπές συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας). Η ηλεκτρική εγκατάσταση (ΗΕ) στην συγκεκριμένη βιομηχανία που απαιτείται για την παραλαβή, διανομή και χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας στο εσωτερικό του κτιρίου, το οποίο ανήκει στον καταναλωτή, δηλαδή εμάς,

---

<sup>17</sup> Μπιτζιώνης Δ.Β. «Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις». Θεσσαλονίκη εκδ. Τζιόλα, 2000

<sup>18</sup> Φάκαρος Α. «Εσωτερικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές». Αθήνα εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 2001



ονομάζεται λοιπόν εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση (ΕΗΕ) και είναι ιδιοκτησία του καταναλωτή, δηλαδή της συγκεκριμένης βιομηχανίας. Εμείς λοιπόν ως καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας μπορούμε να μεριμνούμε μόνοι τους για την εκτέλεση της ΕΗΕ, στην οποία η ΔΕΗ δεν έχει καμία ανάμιξη. Η κάθε ΕΗΕ όπως και η δική μας, περιλαμβάνει ένα σύνολο από ηλεκτρολογικά υλικά, τα οποία έχουν επιλεγμένα χαρακτηριστικά και συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους, ώστε να επιτελούν ένα συγκεκριμένο σκοπό.

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να αναφέρουμε πως οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που θα συμπεριλαμβάνονται στην εν λόγω βιομηχανία, διακρίνονται σε:

- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων ΧΤ (κάτω από 1kV), οι οποίες περιλαμβάνουν τις εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων (εγκαταστάσεις φωτισμού, ρευματοδοτών, κινήσεως) και τις εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων (εγκαταστάσεις κουδουνιών, θυροτηλεφώνων, θυροτηλεοράσεων, κεραιών, επεξεργασίας πληροφοριών κλπ.).
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις για τάσεις άνω του 1(kV), στις οποίες περιλαμβάνονται οι υποσταθμοί ΥΤ/ΜΤ και ΜΤ/ΧΤ.
- Ειδικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, στις οποίες περιλαμβάνονται οι σύγχρονες τεχνολογίες, οι εγκαταστάσεις πυρανίχνευσης κλπ.
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις υπαίθριων χώρων.
- Η μελέτη και η κατασκευή των ΕΗΕ ΧΤ (<1 kV) γίνεται σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 (ΦΕΚ Αρ. 470, Τεύχος Β/5-3-2004), το οποίο αντικατέστησε τους προηγούμενους Κανονισμούς Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) (ΦΕΚ Β/59/11-4-1955). Η αντικατάσταση του ΚΕΗΕ με το Πρότυπο HD 384 έγινε και για την ανάγκη εναρμόνισης της χώρας μας προς τα ισχύοντα Ευρωπαϊκά Πρότυπα, που διέπουν τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής

Εκτός όμως της ΕΗΕ που αναφερόμαστε, μπορεί να εφαρμοστεί και εκείνη των ισχυρών ή ασθενών ρευμάτων. Οι ΕΗΕ ισχυρών ρευμάτων υλοποιούνται σε κτίρια ή τμήματα κτιρίων, τα οποία προορίζονται για κατοικία, εργασία ή παραμονή ατόμων. Με την υλοποίησή τους εξασφαλίζεται η δυνατότητα τεχνητού φωτισμού και η δυνατότητα λήψης ηλεκτρικής ενέργειας στις θέσεις κατανάλωσης (φορτία), ανεξάρτητα εάν αυτές οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις συνδεθούν με δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ή με άλλη πηγή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στις εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων, η ένταση ρεύματος που διαρρέει τα διάφορα κυκλώματα της ηλεκτρικής εγκατάστασης μπορεί, σε συνθήκες σφάλματος (π.χ. βραχυκυκλώματος), να αποκτήσει υψηλή τιμή και να καταστεί επικίνδυνη για πρόσωπα ή πράγματα (π.χ. ανάπτυξη επικίνδυνων τάσεων επαφής ή καταστροφή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης). Σε συνθήκες σφάλματος πρέπει να αποκλείεται η εμφάνιση υψηλών τάσεων επαφής σε μεταλλικά περιβλήματα συσκευών με τα οποία μπορεί να έλθει κανείς σε επαφή. Για το λόγο αυτό, η μελέτη και η κατασκευή των ΕΗΕ πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 και των εκάστοτε μελλοντικών συμπληρώσεων ή τροποποιήσεών τους<sup>19</sup>.

Οι ΕΗΕ ασθενών ρευμάτων και ειδικότερα το τμήμα των εγκαταστάσεων επεξεργασίας πληροφοριών, που παλαιότερα χαρακτηρίζονταν ως τηλεφωνικές, κτιρίων ή τμημάτων κτιρίων πρέπει να σχεδιάζονται και κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται το απόρρητο της επικοινωνίας και η προστασία των ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής, όπως και στην περιπτώσή μας.

Η κατασκευή των εγκαταστάσεων ασθενών ρευμάτων όπως της περίπτωσης της δικής μας, γίνεται σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό εσωτερικών τηλεφωνικών δικτύων (ΦΕΚ 773/Β/1983) και τον ισχύοντα κανονισμό τοποθέτησης και συντήρησης δευτερευουσών τηλεφωνικών εγκαταστάσεων (ΦΕΚ 269/Β/1971) και τις εκάστοτε τροποποιήσεις τους.

---

<sup>19</sup> Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη «Τεχνολογία Υλικών και Εξαρτημάτων Ηλεκτρικών – Ηλεκτρονικών Συσκευών», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1991

Έτσι λοιπόν και βάση των ανωτέρω, πριν από τη μελέτη ΕΗΕ του κτιρίου της βιομηχανίας μας, θα πρέπει να συγκεντρωθούν όλες οι αναγκαίες πληροφορίες που αφορούν στις συνθήκες λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης και οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σύνταξη της μελέτης της ΕΗΕ. Οι πληροφορίες αυτές που χρειαζόμαστε για την εφαρμογή της ΕΗΕ, είναι οι εξής:

- Η κατηγορία του χώρου, όπου πρόκειται να πραγματοποιηθεί η ΕΗΕ (π.χ. χώροι ξηροί, χώροι υγροί, χώροι με κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιών ή εκρήξεων κλπ.).
- Η ισχύς της εγκατάστασης, η οποία προσδιορίζεται από το σύνολο και το είδος των συσκευών ή μηχανημάτων, των φωτιστικών σημείων και ρευματοδοτών, λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή ταυτοχρονισμού της εγκατάστασης. Επίσης, πρέπει να γίνεται πρόβλεψη για μελλοντική επέκταση της ηλεκτρικής ισχύος της εγκατάστασης.
- Η θέση του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να προσδιοριστεί η πορεία της γραμμής (παροχή) από τον μετρητή έως το γενικό πίνακα διανομής της ΕΗΕ.
- Τα σχέδια των κατόψεων, των πλάγιων όψεων και των χαρακτηριστικών τομών του κτιρίου με κατάλληλη κλίμακα (συνήθως 1:50 ή 1:100). Στις κατόψεις σχεδιάζεται η ΕΗΕ με τη θέση των φωτιστικών σημείων, των ρευματοδοτών, των ηλεκτρικών γραμμών, του γενικού πίνακα και των υποπινάκων (εάν υπάρχουν) κλπ. Το εσωτερικό ύψος του χώρου του κτιρίου λαμβάνεται από τις χαρακτηριστικές τομές.
- Οι συνθήκες λειτουργίας της ΕΗΕ (π.χ. θερμοκρασία περιβάλλοντος, υψόμετρο, υγρασία κλπ.), οι οποίες λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαστασιολόγηση και εκλογή του ηλεκτρολογικού υλικού της εγκατάστασης. Μετά τη συλλογή των παραπάνω πληροφοριών συντάσσεται η μελέτη της ΕΗΕ, με σκοπό να ικανοποιούνται τρεις βασικοί όροι: η καλή λειτουργία, η

οικονομική λειτουργία και η ασφαλής λειτουργία της εγκατάστασης. Η μελέτη μιας ΕΗΕ περιλαμβάνει:

- ❖ Τη σύνταξη τεύχους υπολογισμών, όπου παρατίθενται αναλυτικοί υπολογισμοί για τη διαστασιολόγηση και εκλογή του προτεινόμενου ηλεκτρολογικού υλικού της ΕΗΕ (διατομές καλωδίων, διάμετροι σωληνώσεων, μέσων προστασίας και ελέγχου λειτουργίας της εγκατάστασης κλπ.).
- ❖ Τη σύνταξη των ηλεκτρολογικών σχεδίων των κυκλωμάτων της ΕΗΕ στις κατόψεις του κτιρίου, καθώς και την παράθεση των μονογραμμικών διαγραμμάτων των ηλεκτρικών πινάκων της ΕΗΕ.
- ❖ Τη σύνταξη τεχνικής περιγραφής των ηλεκτρολογικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση της ΕΗΕ, καθώς και την περιγραφή των αναγκαίων κατασκευαστικών λεπτομερειών της ΕΗΕ, όταν αυτό απαιτείται

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί πως η ΕΗΕ του κτιρίου της βιομηχανίας μας, αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

- Την κύρια γραμμή (ονομάζεται και παροχή), δηλαδή τη γραμμή που αναχωρεί από το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και καταλήγει στον πίνακα διανομής της εγκατάστασης, όταν πρόκειται για οικιακό καταναλωτή. Στην περίπτωση δε καταναλωτή ΜΤ, αυτή είναι τη γραμμή που συνδέει το ΜΣ ΜΤ/ΧΤ με το γενικό πίνακα διανομής της εγκατάστασης.
- Το γενικό πίνακα και τους υποπίνακες διανομής. Για τους οικιακούς καταναλωτές απαιτείται συνήθως μόνο ο γενικός πίνακας. Όμως, σε εκτεταμένες εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος όπως η συγκεκριμένη, απαιτείται η ξεχωριστή τροφοδότηση ομοειδών φορτίων (φωτισμού, ρευματοδοτών, κίνησης), κάτι που επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση αντίστοιχων υποπινάκων διανομής.

- Τα ηλεκτρικά φορτία (λέγονται και καταναλώσεις), όπως οι ηλεκτρικές μηχανές και οι συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία τροφοδοτούνται από τους πίνακες με τα κυκλώματα διακλάδωσης.
- Τις διατάξεις γείωσης προστασίας της εγκατάστασης.

Εκτός από τα παραπάνω μέρη της ΕΗΕ, τα οποία αφορούν στην συγκεκριμένη βιομηχανική μονάδα, υπάρχουν η ηλεκτρική παροχή και ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης, τα οποία εξασφαλίζονται στη θέση παροχέτευσης της εγκατάστασης από τη ΔΕΗ. Στη συνέχεια βέβαια, παρουσιάζονται βασικές πληροφορίες, που αφορούν στην παροχή της ΔΕΗ και τα μέρη της ΕΗΕ στην βιομηχανία μας.

### **2.3.1 Ηλεκτρική Παροχή της ΔΕΗ στη Συγκεκριμένη Βιομηχανική Μονάδα**

Η μόνιμη παροχή ή ρευματοδότηση ή ηλεκτροδότηση της συγκεκριμένης ΕΗΕ είναι το καλώδιο που αναχωρεί από το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ και καταλήγει στο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας του καταναλωτή. Εκτός από το καλώδιο της παροχής, η ΔΕΗ τοποθετεί το κιβώτιο, τη μετρητική διάταξη και την ασφάλεια τήξης ή τον μικροαυτόματο, για την προστασία του μετρητή από βραχυκυκλώματα. Στο κτίριο ή τμήμα κτιρίου πρέπει να προβλέπεται ειδικά διαμορφωμένος χώρος για την τοποθέτηση του μετρητή ή των μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας (κατοικιών, καταστημάτων κλπ.).

Το καλώδιο της παροχής θα πρέπει να προστατεύεται από μηχανικές καταπονήσεις, όταν αυτό δε διαθέτει κατάλληλο χαλύβδινο οπλισμό. Η όδευση του καλωδίου παροχής, εάν δηλαδή θα είναι εναέρια ή υπόγεια, καθώς και η θέση των μετρητών στο χώρο του κτιρίου, υποδεικνύεται από τη ΔΕΗ σε συνεργασία με τον μηχανικό – ιδιοκτήτη του κτιρίου.

Οι ηλεκτρικές παροχές διακρίνονται σε μονοφασικές και τριφασικές. Οι μονοφασικές παροχές εξυπηρετούν μονοφασικές καταναλώσεις με μικρή ισχύ (π.χ. κατοικίες) και οι οποίες τροφοδοτούνται από το δίκτυο ΧΤ με φασική τάση ενεργού τιμής 230 (V) και συχνότητας 50 (Hz). Οι τριφασικές παροχές εξυπηρετούν καταναλώσεις μεγάλης ισχύος με τριφασικά ή και μονοφασικά

φορτία (π.χ. εμπορικές, βιοτεχνικές και βιομηχανικές μονάδες, μεγάλες σύγχρονες κατοικίες), όπως δηλαδή η δική μας περίπτωση.

Εάν η τροφοδότηση της δικής μας τριφασικής περίπτωσης γίνεται από το δίκτυο ΧΤ, η ενεργός τιμή της πολικής και φασικής τάσης είναι 400 (V) και 230 (V) αντίστοιχα και η συχνότητα 50 (HZ). Εάν η τροφοδότηση της τριφασικής κατανάλωσης γίνεται από το δίκτυο ΜΤ, η ενεργός τιμή της πολικής τάσης είναι 20 (kV) και απαιτείται από τον καταναλωτή η κατασκευή ιδιωτικού υποσταθμού ΜΤ/ΧΤ για την τροφοδότηση των φορτίων της εγκατάστασης. Το καλώδιο παροχής της ΔΕΗ είναι συγκεντρικό τύπου Butyl Neoprene (BN) κατάλληλης διατομής και είναι διπολικό (φάση L και ουδέτερος N) για μονοφασική παροχή και τετραπολικό (τρεις φάσεις L1, L2, L3 και ουδέτερος N) για τριφασική παροχή.

Κρίνεται σκόπιμο, στο σημείο αυτό, να επεξηγηθούν κάποιοι τεχνικοί όροι, προκειμένου να γνωρίζουμε την τεχνική ορολογία που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ σε θέματα ηλεκτρικής τροφοδότησης καταναλωτών.

Η Εγκατεστημένη ισχύς (kVA) που χρησιμοποιούμε είναι το σύνολο της ονομαστικής ισχύος (kVA) των συσκευών και μηχανημάτων του καταναλωτή. Η ονομαστική ισχύς αναγράφεται στην πινακίδα της ηλεκτρικής συσκευής και είναι η ισχύς που μπορεί να αποδίδει συνεχώς η συσκευή, χωρίς προβλήματα υπερφόρτισης. Αντί της φαινόμενης ισχύος, στην πινακίδα της συσκευής μπορεί να αναγράφεται η πραγματική ισχύς (W, kW) και ο συντελεστής ισχύος (cosφ). Από τα δύο αυτά μεγέθη υπολογίζεται η ονομαστική φαινόμενη ισχύς της συσκευής (εξ.3.22). Η ΔΕΗ πρέπει να γνωρίζει τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Αντίστοιχα μια ιδιαίτερη σημασία αποδίδουμε και στη συμφωνημένη ισχύς (kVA) όπου είναι η ανώτατη φαινόμενη ισχύς (kVA) που δικαιούται να απορροφά καταναλωτής από τη ΔΕΗ με το συντελεστή ισχύος που του προσδιορίζεται και που οφείλει να τον διατηρεί στις τιμές που του καθορίζονται (ελάχιστη τιμή ΣΙ:  $\cos\varphi = 0,85$ ). Η συμφωνημένη ισχύς αναφέρεται και στο συμβόλαιο παροχής που θα υπογράψουμε ως καταναλωτής με τη ΔΕΗ και είναι η ισχύς με βάση την οποία υπολογίζεται η διατομή των αγωγών της

παροχής της ΕΗΕ.

Ο συντελεστής ταυτοχρονισμού είναι μικρότερος της μονάδας, είναι διαφορετικός για κάθε είδος καταναλωτή και εκφράζει το ποσοστό των φορτίων που είναι ενεργοποιημένα την ίδια χρονική στιγμή στην εγκατάσταση. Θα πρέπει να σημειωθεί πως ο συντελεστής ταυτοχρονισμού της ΕΗΕ προσδιορίζεται επακριβώς μόνο εάν γνωρίζουμε τα χρονικά διαστήματα λειτουργίας κάθε μιας συσκευής της εγκατάστασης, κάτι που βεβαίως σπάνια συμβαίνει. Συνήθως, λαμβάνονται εμπειρικές τιμές του συντελεστή ταυτοχρονισμού, οι οποίες έχουν επιβεβαιωθεί στην πράξη.

Το μέγεθος της ηλεκτρικής παροχής της ΕΗΕ επιλέγεται από το μελετητή μηχανικό της εγκατάστασης, ανάλογα με τις ανάγκες της εγκατάστασης. Στο γνωμονοκιβώτιο (κιβώτιο μετρητή ΔΕΗ) των παροχών τοποθετούνται, εκτός από το μετρητή, γενικές ασφάλειες τήξης ή μικροαυτόματοι για την προστασία του μετρητή από βραχυκυκλώματα. Η προστασία του μετρητή από υπερφορτίσεις εξασφαλίζεται από τις γενικές ασφάλειες του κεντρικού πίνακα διανομής της ΕΗΕ.

Το τιμολόγιο μειωμένης τιμής Γ1N, που έχει θεσπίσει η ΔΕΗ για τις κατοικίες, αναφέρεται σε χαμηλή τιμή ρεύματος για οχτώ συνολικά ώρες το 24ωρο και είναι σπαστό κατά τους χειμερινούς μήνες (δύο ώρες το μεσημέρι και έξι ώρες τη νύχτα) και συνεχόμενο τους καλοκαιρινούς μήνες (οχτώ ώρες τη νύχτα).

### **2.3.2 Κύρια Ηλεκτρική Γραμμή Μετρητή ΔΕΗ – Γενικού Πίνακα ΕΗΕ**

Η μορφή του δικτύου που χρησιμοποιείται σήμερα από τη ΔΕΗ για την τροφοδοσία καταναλωτών ΧΤ όπως και της δικής μας στην ελληνική επικράτεια (εκτός από κάποιες περιοχές της Αττικής, όπου εφαρμόζεται η άμεση γείωση), είναι το ουδετερογειωμένο δίκτυο, TN-S. Σε ένα δίκτυο TN-S, ο ουδέτερος γειώνεται στον υποσταθμό του καταναλωτή και πριν από το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας του καταναλωτή και από το σημείο γείωσης αναχωρούν ξεχωριστοί αγωγοί ουδέτερου και προστασίας. Επομένως, η κύρια γραμμή μετρητή – γενικού πίνακα, πρέπει εκτός από τους αγωγούς φάσεων (L1, L2, L3) και τον ουδέτερο αγωγό (N), να περιλαμβάνει και τον

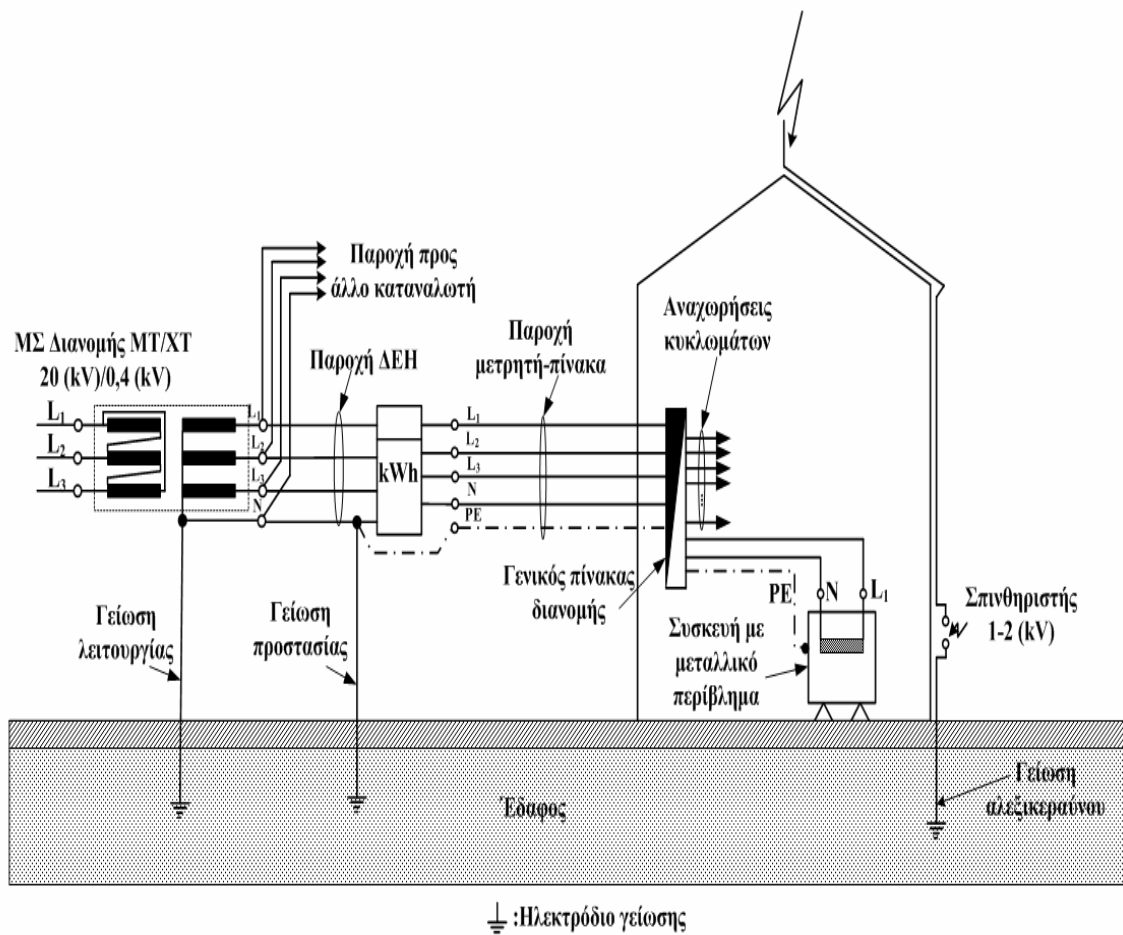
αγωγό προστασίας (PE).

Η παροχή της ΔΕΗ είναι ένα τετραπολικό καλώδιο (L1, L2, L3, N) και συνδέει το δίκτυο ΧΤ με το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας του καταναλωτή. Πριν το μετρητή, ο ουδέτερος γειώνεται (γείωση προστασίας δικτύου TN-S), π.χ. προς την εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης του κτιρίου. Από τον κόμβο γείωσης του ουδέτερου αγωγού αναχωρεί και ο αγωγός προστασίας (PE), πάνω στον οποίο συνδέονται όλα τα μεταλλικά περιβλήματα των ηλεκτρικών συσκευών της εγκατάστασης. Στο ίδιο φαίνεται η γείωση του ουδέτερου κόμβου του ΜΣ διανομής ΜΤ/ΧΤ (γείωση λειτουργίας), καθώς και η γείωση της εγκατάστασης αλεξικεραύνου.

Η γραμμή (παροχή) μετρητή – πίνακα προστατεύεται μόνο από βραχυκυκλώματα (εντάσεις ρεύματος πολλαπλάσιες της ονομαστικής) από το μικροαυτόματο ή τις ασφάλειες του μετρητή, ενώ η προστασία από υπερφορτίσεις (εντάσεις ρεύματος λίγο μεγαλύτερες της ονομαστικής) εξασφαλίζεται από τις γενικές ασφάλειες του γενικού πίνακα διανομής της ΕΗΕ. Ο τρόπος εκτέλεσης της γείωσης προστασίας αφορά στην περίπτωση καταναλωτών μικρής ισχύος και περιορισμένης έκτασης, όπου η γείωση του ουδέτερου αγωγού γίνεται πριν το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης και από αυτό το σημείο αναχωρεί και ο αγωγός προστασίας, όπου συνδέονται τα μεταλλικά μέρη των συσκευών της εγκατάστασης.

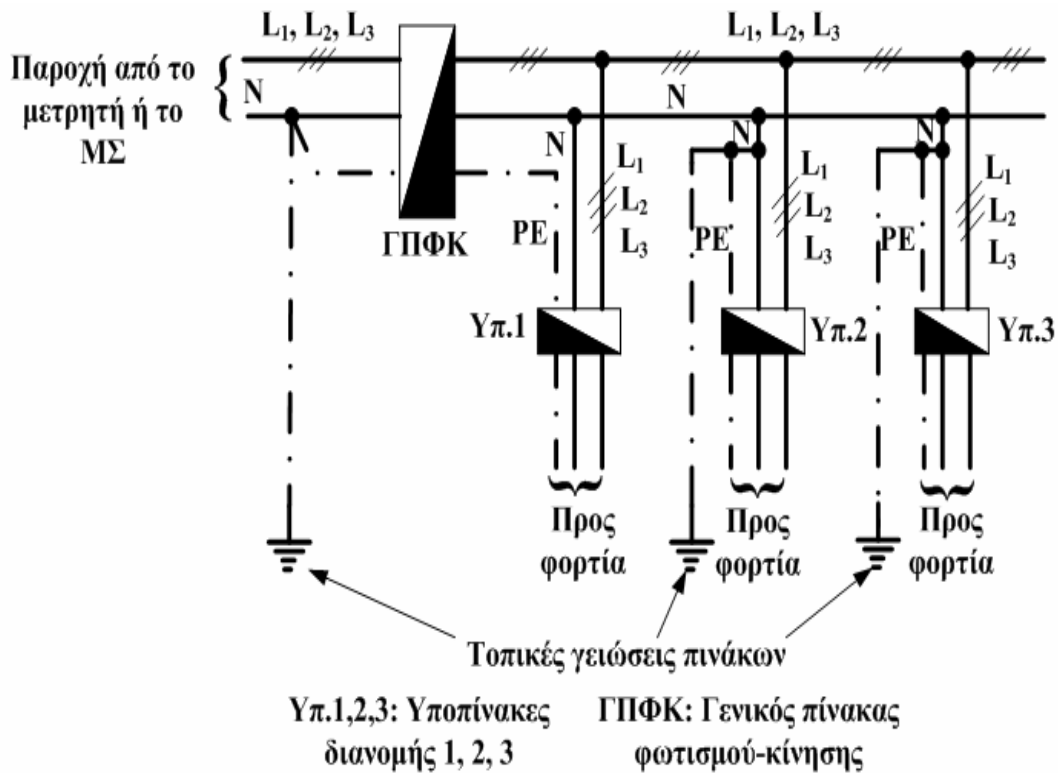
Σε περιπτώσεις βιομηχανικών εγκαταστάσεων ή εκτεταμένων εσωτερικών δικτύων διανομής όπως η δική μας περίπτωση, η γείωση του ουδέτερου αγωγού μπορεί να μην πραγματοποιείται στο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά στο γενικό πίνακα ή και στους επιμέρους υποπίνακες της ΕΗΕ.





Η γείωση του ουδέτερου πριν από τους πίνακες γίνεται με ξεχωριστά ηλεκτρόδια κατάλληλης αντίστασης γείωσης. Με αυτόν τον τρόπο εκτέλεσης των γειώσεων επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία υλικού αγωγών, αφού οι πίνακες διανομής της εγκατάστασης τροφοδοτούνται με τετραπολικά και όχι με πενταπολικά καλώδια. Πάντως, μετά το σημείο σύνδεσης του ουδέτερου αγωγού και αγωγού προστασίας πριν από τον πίνακα διανομής, απαγορεύεται η εκ νέου κοινή σύνδεση των δύο αγωγών (N και PE) σε οποιοδήποτε σημείο της εγκατάστασης.

Η κύρια γραμμή μετρητή – γενικού πίνακα και τα εξαρτήματά της (γενικός διακόπτης, γενικές ασφάλειες) υπολογίζονται βάσει της μέγιστης έντασης ρεύματος της γραμμής. Εάν είναι γνωστή η συμφωνημένη ισχύς (S) και η τάση (V) του καταναλωτή (παρ.6.1.3.1), τότε η μέγιστη ένταση της κύριας γραμμής μετρητή – πίνακα για μονοφασικό και τριφασικό καταναλωτή είναι (εξ.3.19)



Σχήμα - Τρόπος εκτέλεσης γειώσεων εκτεταμένης ΕΗΕ με γείωση του ουδέτερου πριν από τον πίνακα διανομής.

Είναι προφανές ότι η μέγιστη ένταση της κύριας γραμμής μετρητή - πίνακα, με βάση την οποία θα επιλεγεί και η διατομή των αγωγών του καλωδίου, εξαρτάται από τη μέγιστη δυνατή ισχύ που ο καταναλωτής θα απαιτήσει από το δίκτυο της ΔΕΗ. Στην μέγιστη αυτή ισχύ, η οποία ονομάζεται και μέγιστη ισχύς ζήτησης της εγκατάστασης, πρέπει να προβλέπεται και τυχόν μελλοντική επαύξηση της εγκαταστημένης ισχύος.

Σε ΕΗΕ με εκτεταμένα εσωτερικά δίκτυα (π.χ. βιομηχανικές, εμπορικές κλπ. εγκαταστάσεις), τα ηλεκτρικά φορτία ομαδοποιούνται σε φορτία κίνησης (ηλεκτρικοί κινητήρες), φορτία φωτισμού και φορτία ρευματοδοτών, τα οποία τροφοδοτούνται από ξεχωριστούς υποπίνακες και οι οποίοι συνδέονται μέσω παροχών από το γενικό πίνακα φωτισμού - κίνησης (ΓΠΦΚ). Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται η γνώση της μέγιστης έντασης ζήτησης της παροχής του υποπίνακα, προκειμένου να επιλεγεί η διατομή των αγωγών της παροχής του.

Η μέγιστη αναμενόμενη ένταση ρεύματος παροχής υποπίνακα προκύπτει από το άθροισμα των μέγιστων εντάσεων των κυκλωμάτων διακλάδωσης του υποπίνακα επί ένα συντελεστή ζήτησης (συντελεστής ταυτοχρονισμού), αφού τα κυκλώματα διακλάδωσης δε λειτουργούν ποτέ όλα μαζί ταυτόχρονα. Εάν, όμως, ο υποπίνακας θα τροφοδοτεί διαφορετικά φορτία, τότε ο συντελεστής ζήτησης είναι διαφορετικός για τις διάφορες κατηγορίες φορτίων. Στην περίπτωση αυτή, τα φορτία του υποπίνακα ομαδοποιούνται και σε κάθε είδος φορτίου εφαρμόζεται ο αντίστοιχος συντελεστής ζήτησης. Το άθροισμα των αντίστοιχων ισχύων ζήτησης των κυκλωμάτων διακλάδωσης ισούται με τη μέγιστη αναμενόμενη ισχύ ζήτησης του υποπίνακα, από την οποία προκύπτει η ένταση γραμμής του υποπίνακα

### **2.3.3 Ηλεκτρικός Πίνακας Διανομής ΕΗΕ στην Βιομηχανική Εγκατάσταση**

Οι ηλεκτρικοί πίνακες χρησιμοποιούνται για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας προς τα ηλεκτρικά φορτία, καθώς και για τους χειρισμούς ελέγχου και λειτουργίας των φορτίων της εγκατάστασης. Η τοποθέτηση ενός ηλεκτρικού πίνακα διανομής στη βιομηχανική μας εγκατάσταση, θα πρέπει να γίνεται σε τέτοιο σημείο του χώρου, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα της εύκολης χρήσης του (εύκολη προσπέλαση), της προφύλαξης του από καταπονήσεις και ταυτόχρονα της προστασίας του από υγρασία. Ακόμη, πρέπει να τοποθετείται σε κεντρικό σημείο του χώρου του κτιρίου, ώστε τα κυκλώματα διακλάδωσης που αναχωρούν από αυτόν να έχουν περίπου το ίδιο μήκος γραμμής.

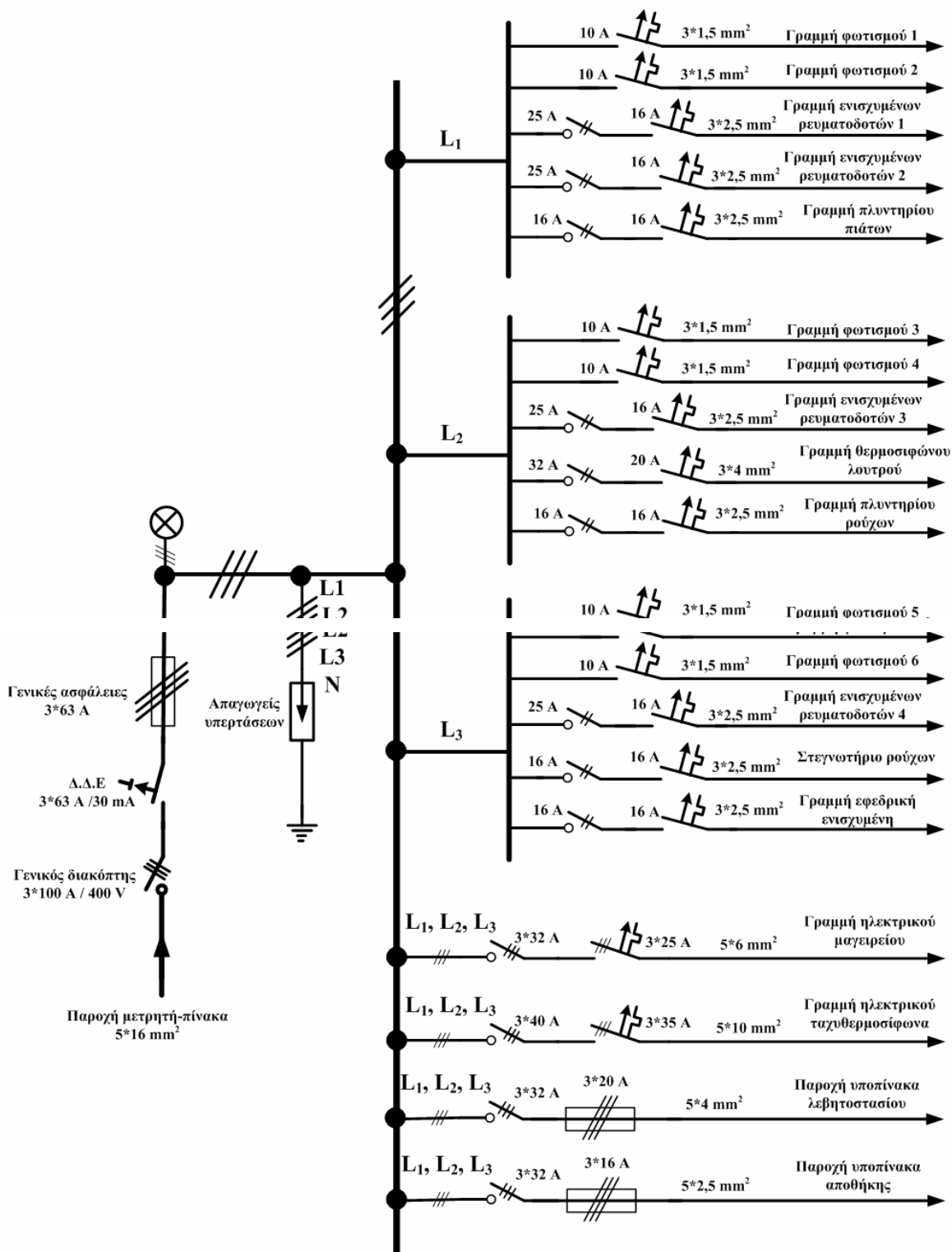
Οι ηλεκτρικοί πίνακες θα περιέχουν τα μέσα προστασίας, αυτόματους ή ασφάλειες, μέσα ελέγχου, χρονοδιακόπτες, ρελαί, όργανα μέτρησης, αμπερόμετρα, βολτόμετρα, ενδεικτικές λυχνίες (σημάνσεις) και γενικότερα ότι είναι αναγκαίο για την προστασία, λειτουργία και έλεγχο των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν. Οι πίνακες διανομής διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς.

Ο βασικός εξοπλισμός του ηλεκτρικού πίνακα της ΕΗΕ που χρησιμοποιούμε, είναι: ο γενικός διακόπτης (μονοπολικός ή τριπολικός), οι

γενικές ασφάλειες τήξης, ο διακόπτης διαφυγής έντασης (ΔΔΕ), οι ενδεικτικές λυχνίες, οι ζυγοί (μπάρες) διακλάδωσης των αγωγών φάσεων – ουδετέρου - γείωσης και τα μέσα προστασίας και λειτουργίας των κυκλωμάτων διακλάδωσης, που αναχωρούν από τους ζυγούς του πίνακα.

Τα κυκλώματα διακλάδωσης προστατεύονται από βραχυκυκλώματα και υπερφορτίσεις είτε με ασφάλειες τήξης είτε με μικροαυτόματους διακόπτες (ραγοδιακόπτες). Σε κυκλώματα διακλάδωσης που τροφοδοτούν φορτία με ισχύ μεγαλύτερη από 1,5 (kW) επιβάλλεται η ύπαρξη διπολικού διακόπτη, για την ταυτόχρονη διακοπή της φάσης και του ουδετέρου (L, N). Δεν τοποθετείται διακοπτικό στοιχείο στον αγωγό προστασίας (PE).

Η εσωτερική περιγραφή των στοιχείων και της συνδεσμολογίας ενός πίνακα ΕΗΕ επιτυγχάνεται με τη μονογραμμική σχεδίαση του ηλεκτρικού πίνακα, όπου παρουσιάζονται με σύμβολα τα στοιχεία που προβλέπονται για την προστασία και λειτουργία των γραμμών διακλάδωσης και της κύριας παροχής μετρητή – πίνακα, καθώς και οι πληροφορίες σχετικά με τις γραμμές των κυκλωμάτων διακλάδωσης. Στα Σχήματα ακολούθως παρουσιάζονται παραδείγματα μονοφασικού και τριφασικού πίνακα αντίστοιχα, ενώ δίνεται παράδειγμα διάταξης γενικού πίνακα και υποπινάκων διανομής βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης.

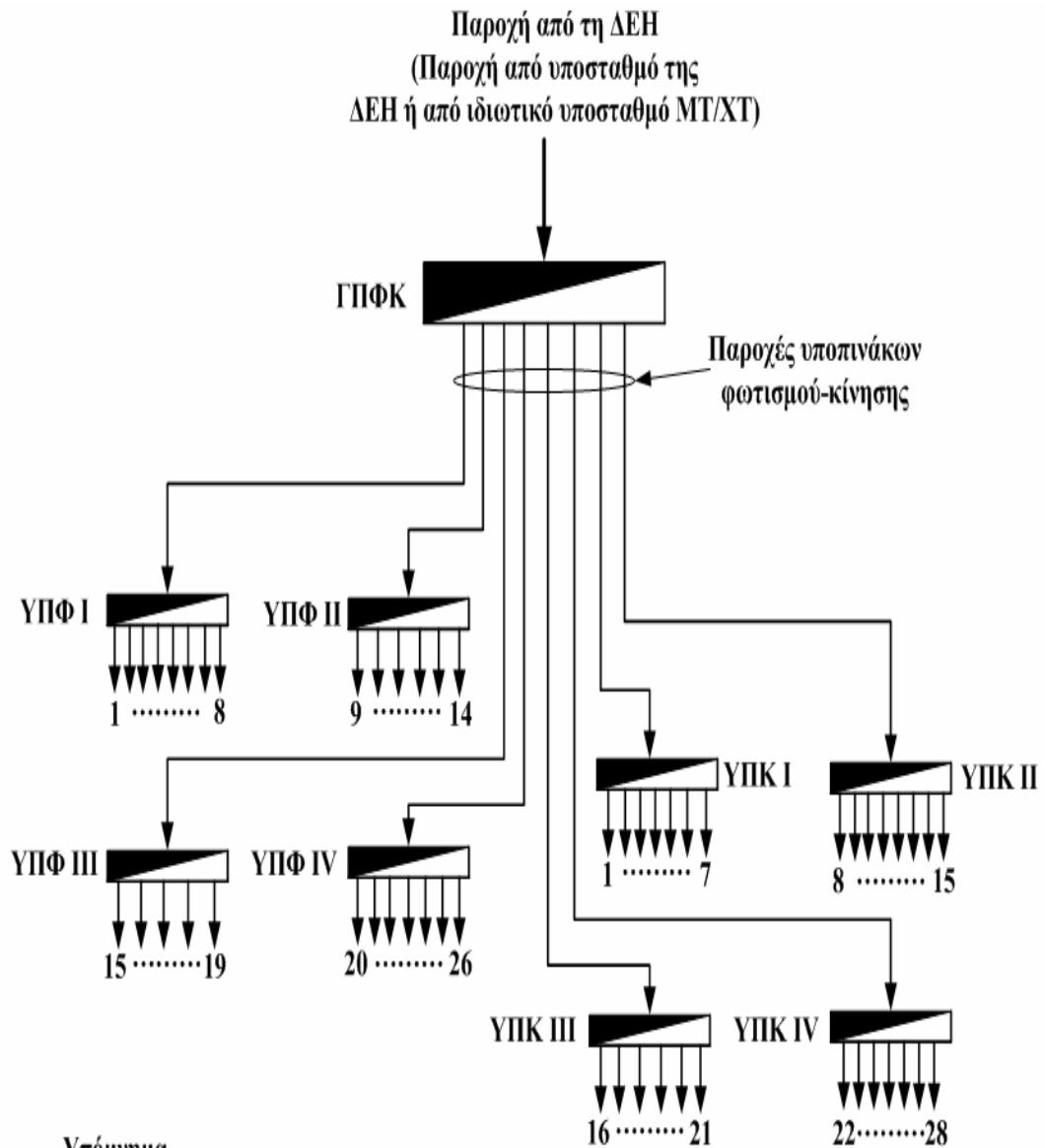


Σχήμα - Μονογραμμικό σχέδιο πίνακα τριφασικού καταναλωτή με κυκλώματα φωτισμού, ρευματοδοτών και σταθερών ηλεκτρικών συσκευών.

Η κατανομή του φορτίου στις τρεις φάσεις ενός τριφασικού πίνακα πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε κάθε φάση να φορτίζεται περίπου με την ίδια πραγματική ισχύ και τον ίδιο συντελεστή ισχύος. Υπό αυτή την προϋπόθεση,

το φορτίο του καταναλωτή ισοκατανέμεται στις τρεις φάσεις και θεωρείται προσεγγιστικά ως ένα συμμετρικό τριφασικό φορτίο. Ο περιορισμός αυτός είναι και απαίτηση της ΔΕΗ.

(α)



Υπόμνημα

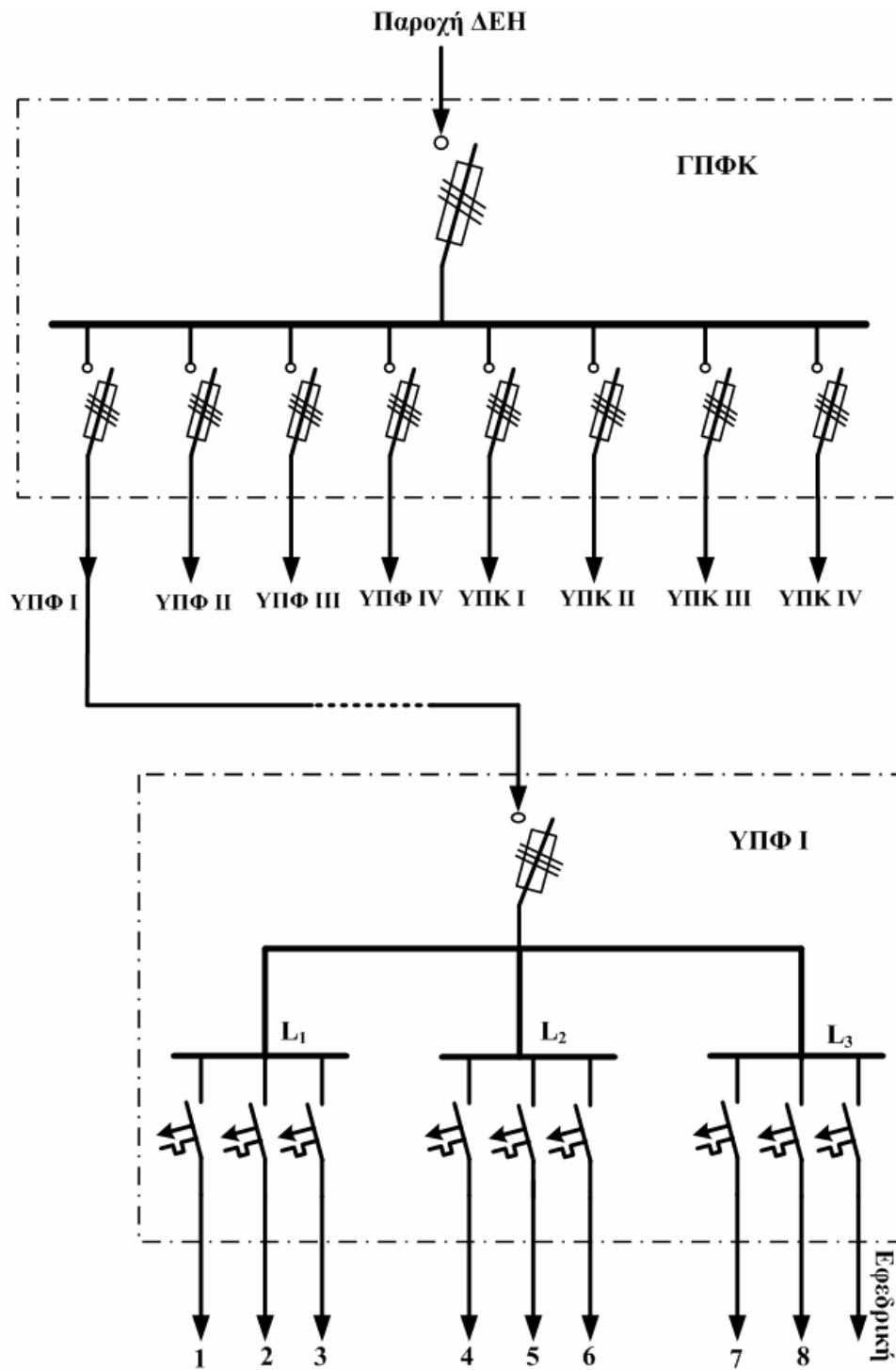
ΓΠΦΚ: Γενικός πίνακας φωτισμού-κίνησης

ΥΠΦ Ι έως ΥΠΦ ΙV: Υποπίνακες φωτισμού Ι έως ΙV

ΥΠΚ Ι έως ΥΠΚ ΙV: Υποπίνακες κίνησης Ι έως ΙV

1 έως 26: Γραμμές διακλάδωσης κυκλωμάτων φωτισμού από 1 έως 26

1 έως 28: Γραμμές διακλάδωσης κυκλωμάτων κίνησης από 1 έως 28



(β)

Σχήμα (α) Παράδειγμα γενικού πίνακα και υποπινάκων φωτισμού-κίνησης βιομηχανικής εγκατάστασης. (β) Ανάπτυξη ΓΠΦΚ και ΥΠΦ Ι (μονογραμμικά διαγράμματα).

### **2.3.4 Κυκλώματα Διακλάδωσης ΕΗΕ στην Βιομηχανική Μονάδα**

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα της ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι οι γραμμές τροφοδότησης, μέσω των οποίων γίνεται η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας προς τις καταναλώσεις. Οι γραμμές τροφοδότησης αναχωρούν από τον πίνακα και καταλήγουν στα φορτία της εγκατάστασης. Τα ηλεκτρικά φορτία μιας κατοικίας είναι του φωτισμού, των ρευματοδοτών (ή πριζών), των φορητών και σταθερών οικιακών συσκευών. Τα ηλεκτρικά φορτία της βιομηχανικής εγκατάστασης είναι του γενικού και τοπικού φωτισμού, των ρευματοδοτών, του φορητού και σταθερού βιομηχανικού ηλεκτρικού εξοπλισμού και των φορτίων κίνησης, δηλαδή των ηλεκτρικών κινητήρων.

Το πρώτο βήμα της μελέτης της ΕΗΕ είναι ο καθορισμός του πλήθους, του είδους και της ισχύος των καταναλώσεων (φορτίων) της εγκατάστασης, καθώς επίσης και ο προσδιορισμός της θέσης των φορτίων στην κάτοψη του κτιρίου. Στη συνέχεια, αποφασίζεται ο αναγκαίος αριθμός των ανεξάρτητων κυκλωμάτων διακλάδωσης της ΕΗΕ, τα οποία θα τροφοδοτήσουν τις καταναλώσεις. Γενικώς, τα διάφορα είδη φορτίων ομαδοποιούνται (π.χ. φορτία φωτισμού, ρευματοδοτών κλπ.) και τροφοδοτούνται με περισσότερα από ένα ανεξάρτητα μεταξύ τους κυκλώματα. Με αυτό τον τρόπο, εξασφαλίζεται η απομόνωση ενός πιθανού σφάλματος σε κάποιο κύκλωμα και ο περιορισμός των επιδράσεων αυτού του σφάλματος στα υπόλοιπα ανεξάρτητα κυκλώματα.

Στο βιομηχανικό κτίριο υπάρχουν πολλές κατηγορίες χώρων, όπως ο κύριος χώρος παραγωγής, ο χώρος ηλεκτρικής υπηρεσίας (υποσταθμός), οι χώροι αποθήκευσης προϊόντων, τα γραφεία διοίκησης, το εστιατόριο κλπ., στους οποίους πρέπει να προβλέπονται τα αναγκαία κυκλώματα διακλάδωσης για την τροφοδότηση των φορτίων που εγκαθίστανται στους χώρους αυτούς. Έτσι, η συγκεκριμένη βιομηχανική εγκατάσταση, εκτός από τα κυκλώματα που αναφέρθηκαν, απαιτούνται και επιπλέον κυκλώματα, όπως κυκλώματα τροφοδότησης ηλεκτρικών κινητήρων, κυκλώματα τροφοδότησης ειδικού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ. φούρνοι παραγωγής θερμότητας, μονάδα παραγωγής πεπιεσμένου αέρα για τη λειτουργία αεροεργαλείων



κλπ.), κυκλώματα εξωτερικού φωτισμού, κυκλώματα ενεργητικής πυροπροστασίας (κυκλώματα πυρανίχνευσης, φωτισμού ασφαλείας οδεύσεων διαφυγής, αγγελτήρων κλπ.).

Οι γραμμές των κυκλωμάτων μπορεί να είναι πολυπολικά καλώδια, τα οποία φέρουν τον κατάλληλο αριθμό αγωγών ή να είναι μεμονωμένοι αγωγοί, οι οποίοι τοποθετούνται μέσα σε πλαστικούς ή μεταλλικούς προστατευτικούς ηλεκτρολογικούς σωλήνες. Οι γραμμές των μονοφασικών κυκλωμάτων φέρουν τρεις αγωγούς, τη φάση (L), τον ουδέτερο (N) και τον αγωγό προστασίας (PE). Οι γραμμές των τριφασικών κυκλωμάτων φέρουν τέσσερις αγωγούς, τις τρεις φάσεις (L1, L2, L3) και τον αγωγό προστασίας (PE), όταν πρόκειται για συμμετρικό τριφασικό φορτίο, ενώ για μη συμμετρικό τριφασικό φορτίο φέρουν επιπλέον και τον ουδέτερο αγωγό (N). Οι διάφοροι τρόποι εγκατάστασης των γραμμών περιγράφονται στο πρότυπο CENELEC HD 384.5.52. Έτσι, η εγκατάσταση των γραμμών μπορεί να γίνει:

- Πάνω σε τοίχο μέσα σε σωλήνες.
- Με απευθείας τοποθέτηση πάνω σε τοίχο με στηρίγματα.
- Με απευθείας τοποθέτηση καλωδίου ή σωλήνα μέσα σε επίχρισμα (σουβάς) μονωμένου ή μη □μονωμένου τοίχου.
- Με απευθείας τοποθέτηση καλωδίων πάνω σε σχάρα.
- Με απευθείας τοποθέτηση καλωδίων με μηχανική προστασία πάνω σε δάπεδο. Η μηχανική προστασία εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση των καλωδίων μέσα σε χαλυβδοσωλήνες.
- Εναερίως με στήριξη ή όχι σε χαλύβδινο συρματόσχοινο.
- Μέσα στο έδαφος σε σωλήνες πλαστικούς, μεταλλικούς ή τσιμεντοσωλήνες.
- Μέσα στο νερό, π.χ. για την τροφοδοσία υποβρύχιων αντλιών.

Τέλος, σημειώνεται πως η επιλογή των μεμονωμένων αγωγών ή του

πολυπολικού καλωδίου ενός κυκλώματος διακλάδωσης γίνεται με βάση τη διατομή, το είδος της μόνωσης, το πλήθος και το υλικό των αγωγών της γραμμής. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται συνήθως στα κυκλώματα διακλάδωσης των ΕΗΕ είναι χάλκινα με θερμοπλαστική μόνωση ή με μόνωση από σιλικόνη. Η διατομή των αγωγών της γραμμής υπολογίζεται, λαμβάνοντας υπόψη το μήκος της γραμμής, το ηλεκτρικό φορτίο που εξυπηρετεί η γραμμή και την επιτρεπτή πτώση τάσης πάνω στη γραμμή. Το πλήθος των αγωγών μιας γραμμής κυκλώματος διακλάδωσης προσδιορίζεται από τον αριθμό των φάσεων του φορτίου (μονοφασικό ή τριφασικό) και από τον τύπο του δικτύου (εδώ εξετάζονται μόνο τα ουδετερογειωμένα δίκτυα TN-S της ΔΕΗ).

## **Επίλογος – Συμπεράσματα**

Με τον όρο Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) εννοούμε την τοποθέτηση, τον έλεγχο και το χειρισμό διαφόρων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων, που εξυπηρετούν τις ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Μια Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) στις βιομηχανίες τροφοδοτείται από τις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ μέσω του μετρητή. Από το κιβώτιο του μετρητή αρχίζει η κύρια γραμμή που τροφοδοτεί το σύνολο της Ε.Η.Ε.. Η γραμμή αυτή καταλήγει στον πίνακα διανομής και λέγεται «γραμμή μετρητή - πίνακα».

Τα καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων στις βιομηχανίες κατασκευάζονται με χάλκινους αγωγούς δύσκαμπτους (μονόκλωνους ή πολύκλωνους) όταν προορίζονται για μόνιμη εγκατάσταση ή εύκαμπτους (λεπτοπολύκλωνους) όταν προορίζονται για εγκαταστάσεις όπου απαιτείται κινητικότητα των καλωδίων. Σαν μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται κυρίως PVC ή ελαστικό και σαν προστατευτικός μανδύας αντίστοιχα PVC ή ελαστικό. Καλώδια που τοποθετούνται σε σταθερές καλωδιώσεις μέσα σε σωλήνες μπορούν να έχουν μόνωση χωρίς προστατευτικό μανδύα. Στη παρούσα ενότητα, θα ξεκινήσουμε την μελέτη από τα όργανα προστασίας ελέγχου της ηλεκτρικής εγκατάστασης στη βιομηχανική μονάδα.

Θα αναφέρουμε λοιπόν σχετικά πως τα όργανα προστασίας και ελέγχου της συγκεκριμένης ηλεκτρικής εγκατάστασης στη βιομηχανική μονάδα, θα πρέπει να προστατεύουν τις γραμμές της εγκατάστασης και εμάς ως καταναλωτές από ανεπιθύμητες ενέργειες καθώς θα βοηθούν στον έλεγχο τη γραμμής ή του φορτίου που τροφοδοτεί η γραμμή. Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε πως ανεπιθύμητες καταστάσεις μπορεί να έχουμε στις περιπτώσεις υπερφόρτισης της γραμμής, βραχυκυκλώματος ή και υπότασης εντός της μονάδας. Αναφερόμενοι στην Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (Ε.Η.Ε.) που θα χρησιμοποιήσουμε, εννοούμε την τοποθέτηση, τον έλεγχο και το χειρισμό διαφόρων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων, που εξυπηρετούν τις ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην βιομηχανική μονάδα.

Τα βασικά μέρη της συγκεκριμένης Ε.Η.Ε.θα είναι τα εξής:

- Αγωγοί και καλώδια
- Ηλεκτρικοί πίνακες
- Γειώσεις
- Σωλήνες - εξαρτήματα - κανάλια διανομής
- Ασφάλειες□
- Διακόπτες
- Ρευματοδότες και ρευματολήπτες
- Φωτιστικά σώματα
- Μια Ε.Η.Ε. τροφοδοτείται από τις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ μέσω του μετρητή
- Από το κιβώτιο του μετρητή αρχίζει η κύρια γραμμή που τροφοδοτεί το σύνολο της Ε.Η.Ε.

Αναφορικά λοιπόν με την ηλεκτρική εγκατάσταση της συγκεκριμένης βιομηχανίας, θα λέγαμε πως η ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγεται στους σταθμούς παραγωγής και θα μεταφέρεται στα κέντρα κατανάλωσης μέσω των γραμμών μεταφοράς θα είναι υψηλής τάσης (ΥΤ). Στο συγκεκριμένο κέντρο κατανάλωσης, η ΥΤ θα υποβιβάζεται (π.χ. από 150 kV) στη ΜΤ (π.χ. στα 20 kV) μέσω μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσης. Οι μετασχηματιστές (ΜΣ) με τον αναγκαίο εξοπλισμό τους θα βρίσκονται εγκατεστημένοι σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, οι οποίοι θα ονομάζονται υποσταθμοί διανομής και ανήκουν στην επιχείρηση διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, ΔΕΗ).

Οι ηλεκτρικοί πίνακες χρησιμοποιούνται για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας προς τα ηλεκτρικά φορτία, καθώς και για τους χειρισμούς ελέγχου και λειτουργίας των φορτίων της εγκατάστασης. Η τοποθέτηση ενός ηλεκτρικού πίνακα διανομής στη βιομηχανική μας εγκατάσταση, θα πρέπει να

γίνεται σε τέτοιο σημείο του χώρου, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα της εύκολης χρήσης του (εύκολη προσπέλαση), της προφύλαξης του από καταπονήσεις και ταυτόχρονα της προστασίας του από υγρασία. Ακόμη, πρέπει να τοποθετείται σε κεντρικό σημείο του χώρου του κτιρίου, ώστε τα κυκλώματα διακλάδωσης που αναχωρούν από αυτόν να έχουν περίπου το ίδιο μήκος γραμμής.

Οι ηλεκτρικοί πίνακες θα περιέχουν τα μέσα προστασίας, αυτόματους ή ασφάλειες, μέσα ελέγχου, χρονοδιακόπτες, ρελαί, όργανα μέτρησης, αμπερόμετρα, βολτόμετρα, ενδεικτικές λυχνίες (σημάνσεις) και γενικότερα ότι είναι αναγκαίο για την προστασία, λειτουργία και έλεγχο των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν. Οι πίνακες διανομής διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς.

Τέλος, ο βασικός εξοπλισμός του ηλεκτρικού πίνακα της ΕΗΕ που χρησιμοποιούμε, είναι: ο γενικός διακόπτης (μονοπολικός ή τριπολικός), οι γενικές ασφάλειες τήξης, ο διακόπτης διαφυγής έντασης (ΔΔΕ), οι ενδεικτικές λυχνίες, οι ζυγοί (μπάρες) διακλάδωσης των αγωγών φάσεων – ουδετέρου - γείωσης και τα μέσα προστασίας και λειτουργίας των κυκλωμάτων διακλάδωσης, που αναχωρούν από τους ζυγούς του πίνακα.

## **Βιβλιογραφία**

- Α. Σ. Βατάλης «Επιστήμη και Τεχνολογία Υλικών», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2007.
- Κ. Καγκαράκη «Μαθήματα στα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Αθήνα 1988.
- Κ.Ε. Σαββάκης «Τεχνολογία Υλικών», Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2000.
- Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη «Τεχνολογία Υλικών και Εξαρτημάτων Ηλεκτρικών – Ηλεκτρονικών Συσκευών», Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1991
- “Smithells Metals Reference Book”, 6th edition, Ed. E.A. Brandes, Butterworth & Co Ltd.
- Μπιτζιώνης Δ.Β. «Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις». Θεσσαλονίκη εκδ. Τζιόλα, 2000
- Ντοκόπουλος Π. «Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης». Θεσσαλονίκη εκδ. Ζήτη, 1992
- Κάπου Μιλτ. «Βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις». Αθήνα εκδ. Τεχνικές εκδόσεις Μιλτ. Κάπου, 1999
- Φάκαρος Α. «Εσωτερικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές». Αθήνα εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 2001
- Γκαρούτσος Γ. «Ηλεκτρικές μηχανές». Αθήνα, εκδ. Spin, 2002
- Stephen J. Charman «Ηλεκτρικές μηχανές». Θεσσαλονίκη. Εκδ. Τζιόλα, 2003
- Γούτη Ανδ. «Ηλεκτρικές μηχανές». Αθήνα. Εκδ. Ίων, 1998
- Βασιλακόπουλος Ν. ΣΠ., «Ηλεκτρικές μηχανές». Αθήνα Εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου, 1999
- Frank D. Petruzella «Βιομηχανικά ηλεκτρονικά». Θεσσαλονίκη εκδ. Τζιόλα
- Γούτη Ανδ.. «Το ηλεκτρολογικό σχέδιο». Εκδ. ΟΕΔΒ Αθήνα, 1999
- Νικόπουλος Α. Τουλόγλου Στ. «Ηλεκτροτεχνικές εφαρμογές» Αθήνα Εκδ. ΟΕΔΒ, 1999