

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ



Ανακεφαλαίωση

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στους **σταθμούς παραγωγής** και από εκεί, μέσω των γραμμών μεταφοράς και των υποσταθμών, μεταφέρεται στους τόπους κατανάλωσης.

Η πλειοψηφία των καταναλωτών χρησιμοποιεί τη **χαμηλή τάση** (μονοφασική ή τριφασική, 230/400 V) για την τροφοδοσία των φορτίων τους. Οι μεγάλοι καταναλωτές παίρνουν την ηλεκτρική ενέργεια στη **μέση τάση** (6,6kV, 15 kV, 20kV και 22 kV) και την υποβιβάζουν οι ίδιοι με δικούς τους υποσταθμούς στα επίπεδα τάσης που απαιτούνται από τη βιομηχανική μονάδα.

- Οι **υποσταθμοί διανομής** είναι οι κόμβοι του δικτύου διανομής μέσης τάσης και τα σημεία τροφοδότησης και αφετηρίας του δικτύου χαμηλής τάσης. Συνήθως περιλαμβάνουν τα καλώδια, τους ζυγούς μέσης (ή υψηλής) τάσης, τους ζυγούς χαμηλής τάσης, μετασχηματιστές, μετρητές ισχύος και ενέργειας, μετασχηματιστές οργάνων καθώς επίσης διακόπτες και ασφάλειες προστασίας.

- Το τμήμα του ηλεκτρικού κυκλώματος από το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ έως το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας του καταναλωτή ονομάζεται **παροχή** και είναι στην αποκλειστική ευθύνη της ΔΕΗ.

Οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την παραλαβή, διανομή και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στο χώρο του καταναλωτή αποτελούν την **Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (ΕΗΕ)**. Αυτές οι εγκαταστάσεις ανήκουν αποκλειστικά στον καταναλωτή και ο σχεδιασμός, η τοποθέτηση και η συντήρησή τους επιβαρύνουν τον ίδιο.

- Βασικό μέρος της μελέτης μιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης αποτελούν και τα **ηλεκτρολογικά σχέδια**.

Αυτά ανάλογα με τον τρόπο παρουσίασής τους διακρίνονται σε **Μονογραμμικά**, που είναι μια απλουστευμένη παράσταση των κυκλωμάτων της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης και **Πολυγραμμικά**, που περιγράφουν αναλυτικά τα κυκλώματα της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης ή τμήματα αυτής.

Επιπλέον τα ηλεκτρολογικά σχέδια ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν διακρίνονται σε **Λειτουργικά σχέδια**, σε **Σχέδια της εγκατάστασης** στην αρχιτεκτονική κάτοψη των χώρων, σε **Σχέδια καλωδίσεων** του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, σε **Σχηματικά διαγράμματα** (block diagrams) και σε **Μηχανολογικά σχέδια** ηλεκτροτεχνικών συσκευών, διατάξεων, κ.λπ..

Ερωτήσεις

1. Γιατί η **μεταφορά** της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με υψηλή τάση; (να δικαιολογήσετε την απάντησή σας)
2. Να περιγράψετε τη **διαδρομή** που ακολουθεί η ηλεκτρική ενέργεια από την παραγωγή της μέχρι τους τόπους κατανάλωσής της.
3. Τι είναι οι **υποσταθμοί** και ποιος ο ρόλος τους στην παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας;
4. Ποια τα επίπεδα των τάσεων στη **μέση τάση** και ποια στη **χαμηλή τάση**;
5. Γιατί κατά τη γνώμη σας η **κατανάλωση** της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με χαμηλή τάση;
6. Τι ονομάζεται **παροχή** μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και ποιος έχει την ευθύνη για την κατασκευή και τη συντήρησή της;
7. Περιγράψτε τα βασικά μέρη μιας **βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης**.
8. Ποιος ο ρόλος των **ηλεκτρολογικών σχεδίων** μιας εγκατάστασης και ποια η διαφορά μεταξύ μονογραμμικών και πολυγραμμικών σχεδίων;
9. Σε ποιες **κατηγορίες** διακρίνονται τα ηλεκτρολογικά σχέδια ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν;
10. Μια **ηλεκτρολογική μελέτη** για να είναι πλήρης τι στοιχεία πρέπει να περιλαμβάνει;

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

2

Ανακεφαλαίωση

○ Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση **χαμηλής τάσης** κατασκευάζεται με βάση **κανονισμούς** που καθορίζουν τη σωστή λειτουργία και την ασφάλειά της. Αυτοί οι κανονισμοί αποτελούνται από νόμους και υπουργικές αποφάσεις καθώς και από ελληνικά, ευρωπαϊκά ή άλλα διεθνή πρότυπα.

Τα διάφορα υλικά, συσκευές και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από **πρότυπα** ποιότητας και καταλληλότητας. Στις περιπτώσεις που οι ελληνικοί κανονισμοί ή τα πρότυπα δεν καλύπτουν συγκεκριμένες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή υλικά, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει τα πρότυπα της Διεθνούς Ένωσης IEC της οποίας η Ελλάδα είναι μέλος.

Για εγκαταστάσεις **μέσης** και **υψηλής τάσης** η επιλογή σε κανονισμούς είναι περιορισμένη. Ο γερμανικός κανονισμός VDE 101, που αναφέρεται σε εγκαταστάσεις μέσης και υψηλής τάσης πάνω από 1000 V, ακολουθείται και στην Ελλάδα.

○ Για τη μελέτη και σχεδίαση μιας βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι απαραίτητη μια **αρχιτεκτονική κάτοψη** του χώρου της εγκατάστασης, στην οποία πρέπει να φαίνονται καθαρά οι θέσεις των μηχανών και η αναγκαία ισχύς κάθε μηχανής. Επίσης κατά τη μελέτη θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τρία βασικά στοιχεία σχετικά με τα φορτία της εγκατάστασης:

1. Η **εγκατεστημένη ισχύς**
2. Ο **συντελεστής χρησιμοποίησης**
3. Ο **συντελεστής ταυτοχρονισμού**

○ Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των υλικών και τις ανάγκες της εγκατάστασης. Έτσι λοιπόν, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. **Χωνευτές ή εντοιχισμένες** εγκαταστάσεις
2. **Ορατές ή εξωτερικές** εγκαταστάσεις
3. **Ενδοδαπέδιες** εγκαταστάσεις
4. Εγκαταστάσεις με **κανάλια**
5. Εγκαταστάσεις **συνεχούς τροφοδοσίας** με κανάλια οροφής
6. **Εναέριες** εγκαταστάσεις
7. Εγκαταστάσεις με **σχάρες**

○ Η **επιλογή** της κατάλληλης **διατομής** αγωγών και καλωδίων στις γραμμές τροφοδοσίας των διαφόρων καταναλώσεων της εγκατάστασης, γίνεται από πίνακες που συσχετίζουν διατομές **αγωγών** και **καλωδίων** διάφορων τύπων, με τα επιτρεπόμενα ρεύματα που τους διαρρέουν κάτω από διάφορες συνθήκες λειτουργίας και θερμοκρασίας. Οι πίνακες αυτοί είναι σύμφωνοι με ελληνικούς και διεθνείς κανονισμούς.

Επίσης η **επιλογή** των διατάξεων **προστασίας** και **ελέγχου** μιας βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης, καθώς και των διατάξεων **αντιστάθμισης άεργης ισχύος**, γίνεται από πίνακες στοιχείων διαφόρων κατασκευαστών ηλεκτρολογικού υλικού.

Τα στοιχεία αυτών των πινάκων μπορεί να διαφοροποιούνται από εταιρεία σε εταιρεία, χωρίς ωστόσο ο τρόπος επιλογής των κατάλληλων υλικών για μια βιομηχανική εγκατάσταση να διαφοροποιείται.

Ερωτήσεις

1. Ποιος ο **σκοπός** των κανονισμών εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, πού εφαρμόζονται αυτοί και πού δεν εφαρμόζονται;
2. Για εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης να αναφέρετε **κανονισμούς** και **πρότυπα** καλής λειτουργίας.
3. Να αναφέρετε **πρότυπα ποιότητας** και **καταλληλότητας** ηλεκτρολογικών υλικών και συσκευών χαμηλής τάσης.
4. Κατά τη **μελέτη** και **σχεδίαση** μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης ποιες απαιτήσεις πρέπει να ικανοποιηθούν;
5. Σε ποιες **κατηγορίες** διακρίνονται οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους;
6. Ποιος θεωρείται αποτελεσματικότερος **τρόπος κατασκευής** μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και ποια τα πλεονεκτήματά του;
7. Τι είναι οι εγκαταστάσεις **συνεχούς τροφοδοσίας** με κανάλια οροφής και που εφαρμόζονται;
8. Πια είναι τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των **ασφαλειών τήξης** ή των **αυτόματων ασφαλειών**;
9. Τι παρέχουν οι **αυτόματοι διακόπτες ισχύος** σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση, ποια η διαφορά τους με τους **διακόπτες φορτίου** και γιατί μπορούν να αντικαταστήσουν το συνδυασμό «διακόπτης φορτίου - ασφάλεια τήξης»;
10. Τι είναι οι **ηλεκτρονόμοι** (ρελέ ισχύος) και που χρησιμοποιούνται;

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

3

Ανακεφαλαίωση

○ Η ρευματοδότηση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης γίνεται μέσω **εναέριων** ή **υπόγειων παροχών** από το δίκτυο της ΔΕΗ. Η ΔΕΗ έχει τυποποιήσει κάποιες μονοφασικές και τριφασικές παροχές που αφορούν τη γραμμή σύνδεσης από το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ μέχρι το γενικό Πίνακα της εγκατάστασης.

Για κάθε τυποποιημένη παροχή δίνονται στοιχεία που αφορούν τη **μέγιστη ισχύ της παροχής**, τις **ασφάλειες στο μετρητή**, τις **γενικές ασφάλειες της εγκατάστασης** και τις **ελάχιστες διατομές της γραμμής παροχής**.

○ Ο **μετρητής** ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετείται σε ένα κιβώτιο που ονομάζεται **γνωμονοκιβώτιο**. Αυτό περιέχει επιπλέον μία ή τρεις ασφάλειες για την προστασία της εγκατάστασης από βραχυκυκλώματα, ανάλογα με το αν αυτή είναι μονοφασική ή τριφασική. Το γνωμονοκιβώτιο σφραγίζεται από τη ΔΕΗ, αποτελεί περιουσιακό της στοιχείο και απαγορεύεται κάθε είδους επέμβαση από μη εξουσιοδοτημένο άτομο.

○ Για την διαδικασία ηλεκτροδότησης της εγκατάστασης η ΔΕΗ έχει εκδώσει οδηγίες για τους ηλεκτρολόγους εγκαταστάτες που αφορούν τη διαδικασία αίτησης, την εγκατάσταση των μετρητών, τις τυποποιημένες παροχές, την ισχύ, τις ασφάλειες κ.λπ. Οι **οδηγίες** αυτές **δεν αφορούν** την ηλεκτρική εγκατάσταση από τον κεντρικό πίνακα και μετά από αυτόν, γιατί αυτά ανήκουν αποκλειστικά στον καταναλωτή.

○ Οι **πίνακες** αποτελούν την καρδιά κάθε ηλεκτρικής εγκατάστασης. Αυτοί **παραλαμβάνουν** την ηλεκτρική ενέργεια από την παροχή της εγκατάστασης και τη **διανέμουν** στα διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα της εγκατάστασης. Επίσης χρησιμοποιούνται για τον **έλεγχο** λειτουργίας της εγκατάστασης.

○ Σε μια βιομηχανική εγκατάσταση υπάρχει ο **γενικός Πίνακας** και οι Πίνακες **Φωτισμού** και **Κίνησης**. Από του πίνακες Φωτισμού ελέγχονται τα φωτιστικά κυκλώματα της εγκατάστασης και από τους πίνακες Κίνησης ελέγχεται η λειτουργία διαφόρων μηχανών παραγωγής έργου του βιομηχανικού χώρου.

○ Ανάλογα με το είδος τροφοδοσίας τους οι ηλεκτρικοί πίνακες διακρίνονται σε **μονοφασικούς** και **τριφασικούς**, ενώ ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησής τους σε **Εξωτερικούς** και **Χωνευτούς**.

○ Στο εμπόριο, ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους συναντώνται διάφορα είδη τυποποιημένων πινάκων όπως οι **Πλαστικοί**, οι **Μεταλλικοί**, οι **Χαλύβδινοι** πίνακες, οι πίνακες **Κιβωτίων**, οι πίνακες τύπου **Πεδίου** και οι πίνακες τύπου **Ερμαρίου**.

○ Η **επιλογή** ενός ηλεκτρικού πίνακα γίνεται βάσει ορισμένων κριτηρίων όπως:

1. Η ισχύς των καταναλώσεων που τροφοδοτούνται από τον πίνακα.

2. Η αντοχή σε βραχυκύκλωμα.
3. Ο αριθμός των φάσεων (μονοφασικός ή τριφασικός)
4. Ο αριθμός των κυκλωμάτων που τροφοδοτούνται από τον πίνακα.
5. Ο βαθμός προστασίας. Αυτός προσδιορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο που θα εγκατασταθεί.
6. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτές, σύμφωνα με τους κανονισμούς, προσδιορίζουν το υλικό του πίνακα, π.χ. αν υπάρχει οξειδωτική ατμόσφαιρα και μηχανικές κρούσεις διαλέγουμε χυτοσιδερένιους πίνακες.
7. Η ενδεχόμενη τοποθέτηση χειριστηρίων, οργάνων αυτοματισμών, κ.λπ.

○ Κατά τη **συναρμολόγηση** ενός πίνακα διανομής τηρείται η παρακάτω σειρά: **ακροδέκτες εισόδου, κύριος διακόπτης, γενική ασφάλεια, μερικοί διακόπτες, μερικές ασφάλειες, ακροδέκτες εξόδου**. Σε περίπτωση πίνακα μιας γραμμής έχουμε μια ασφάλεια (σαν μερική και γενική) και ένα διακόπτη (σαν μερικό και γενικό).

○ Κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι πιθανόν να εμφανιστούν **σφάλματα**, με αποτέλεσμα να υποβάλλονται σε **κίνδυνο** οι άνθρωποι ή να κινδυνεύει από καταστροφή η εγκατάσταση. Το πιο συνηθισμένο αποτέλεσμα αυτών των σφαλμάτων στον άνθρωπο είναι η **ηλεκτροπληξία**, δηλαδή η διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το ανθρώπινο σώμα, που έχει ως συνέπεια τη δημιουργία εγκαυμάτων, την προσβολή του αναπνευστικού συστήματος ή την προσβολή της καρδιάς με οδυνηρές συνέπειες.

○ Για τη σωστή λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης και τον περιορισμό του κινδύνου από **ηλεκτροπληξία** για τα άτομα που τη χρησιμοποιούν, πρέπει να τοποθετείται απαραίτητα **γείωση προστασίας**.

Αυτή η γείωση εφαρμόζεται **υποχρεωτικά** σε κάθε εγκατάσταση με σκοπό την προστασία των ανθρώπων από εμφάνιση επικίνδυνης τάσης στα μεταλλικά μέρη των συσκευών, τα οποία σε κανονική λειτουργία δεν είναι υπό τάση.

○ Η **γείωση προστασίας** σε κτιριακές και βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους:

1. Με άμεση γείωση
2. Με ουδετέρωση

Προαιρετικά οι παραπάνω μέθοδοι μπορούν να συνδυαστούν και με την προστασία μέσω ηλεκτρονόμων διαφυγής, όπως οι **Διακόπτες Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ)** ή οι **Διακόπτες Διαφυγής Τάσης (ΔΔΤ)**.

Ερωτήσεις

1. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι **παροχές** ανάλογα με τον τρόπο ρευματοδότησης του καταναλωτή;
2. Τι προβλήματα κατά τη γνώμη σας μπορεί να προκαλέσει σε μια τριφασική εγκατάσταση η **ασύμμετρη κατανομή** μονοφασικών φορτίων στις τρεις φάσεις;
3. Τι σκοπό εξυπηρετούν οι **ηλεκτρικοί πίνακες** μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και ποια τα κυριότερα μέρη τους;
4. Πώς **τυποποιούνται** οι ηλεκτρικοί πίνακες ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους;
5. Με ποια κριτήρια γίνεται η **επιλογή** ενός ηλεκτρικού πίνακα;
6. Ποια σειρά τοποθέτησης στοιχείων πρέπει να ακολουθείται κατά τη **συναρμολόγηση** ενός ηλεκτρικού πίνακα;
7. Πώς μπορεί να προκληθεί ηλεκτροπληξία από **άμεση** ή **έμμεση** επαφή και πώς περιορίζεται ο κίνδυνος **ηλεκτροπληξίας** ή **καταστροφής** της εγκατάστασης από εμφάνιση πιθανών σφαλμάτων σε αυτή;
8. Τι είναι η **γείωση** και ποια **είδη γειώσεων** γνωρίζεται;
9. Με ποιες μεθόδους επιτυγχάνεται η **γείωση προστασίας** και τι γνωρίζετε για αυτές;
10. Περιγράψτε δυο **πρακτικές μεθόδους ελέγχου** γειώσεων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

4

Ανακεφαλαίωση

○ Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις βιομηχανικών χώρων, σχετίζονται με τη διαχείριση και τον έλεγχο της ηλεκτρικής ισχύος που απορροφούν τα διάφορα ηλεκτρικά φορτία (ηλεκτρικές συσκευές) του βιομηχανικού χώρου και περιλαμβάνουν:

- Τις εγκαταστάσεις **κίνησης**, που αφορούν την τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ, τον έλεγχο και την προστασία ηλεκτρικών κινητήρων, που υπάρχουν σε διάφορες μηχανές παραγωγής έργου.
- Τις εγκαταστάσεις **φωτισμού**, που αφορούν την τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ, τον έλεγχο και την προστασία φωτιστικών κυκλωμάτων.

○ Τα κυκλώματα των γραμμών τροφοδοσίας των διάφορων ηλεκτρικών φορτίων της εγκατάστασης, ξεκινούν από τους **Πίνακες Κίνησης** (για τα φορτία κίνησης) και **Φωτισμού** (για τα φορτία φωτισμού). Η τροφοδοσία του Πίνακα Φωτισμού γίνεται από τον Πίνακα Κίνησης, ενώ του Πίνακα Κίνησης από το **Γενικό Πίνακα** της βιομηχανικής εγκατάστασης.

○ Η **επιλογή** της **διατομής** των αγωγών των γραμμών τροφοδοσίας των ηλεκτρικών φορτίων κίνησης και φωτισμού, γίνεται με τη βοήθεια Πινάκων που δίνουν στοιχεία για διατομές αγωγών και μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα.

- Πριν την επιλογή της διατομής από τους Πίνακες, είναι απαραίτητος ο **υπολογισμός** του ρεύματος που απορροφά το ηλεκτρικό φορτίο. Αυτός ο υπολογισμός γίνεται με βάση την ηλεκτρική πραγματική ισχύ, την τάση λειτουργίας και το συντελεστή ισχύος του φορτίου.
- Επίσης πριν την τελική επιλογή της διατομής, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος **επιτρεπτής πτώσης τάσης** στη γραμμή τροφοδοσίας, η οποία για την κίνηση είναι μέχρι 3% και για το φωτισμό μέχρι 1%.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή για γραμμές κίνησης είναι 2,5 mm², ενώ για γραμμές φωτισμού είναι 1,5 mm².

○ Όλα τα ηλεκτρικά φορτία μιας βιομηχανικής εγκατάστασης πρέπει να προστατεύονται από **υπερφορτίσεις** και **βραχυκυκλώματα**. Έτσι οι διατάξεις προστασίας και ελέγχου θα πρέπει να παρέχουν αυτή τη δυνατότητα.

- Η **επιλογή** των διατάξεων αυτών, όπως ασφάλειες τήξης ή μαχαιρωτές ασφάλειες, διακόπτες φορτίου, αυτόματοι διακόπτες ισχύος, ρελέ ισχύος, θερμικά, κ.λπ. γίνεται από Πίνακες κατασκευαστών που δίνουν τυποποιημένα μεγέθη αυτών των στοιχείων.
- Οι **ασφάλειες** θα πρέπει να είναι ονομαστικού ρεύματος το **πολύ ίσο** με το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής τροφοδοσίας, ή το μέγιστο απορροφούμενο ρεύμα του ηλεκτρικού φορτίου.
- Οι **διακόπτες** θα πρέπει να διακόπτουν **τουλάχιστο** το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής τροφοδοσίας, ή το μέγιστο απορροφούμενο ρεύμα του ηλεκτρικού φορτίου.

○ Η **ιδιαιτερότητα** ορισμένων ηλεκτρικών φορτίων μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, όπως οι **ηλεκτρικοί κινητήρες**, να απαιτούν μεγάλο ρεύμα κατά την **εκκίνησή** τους, αντιμετωπίζεται με διάφορες διάταξεις, ανάλογα με την ισχύ τους όπως με τη συνδεσμολογία **αστέρα - τριγώνου**, με **ομαλούς εκκινήτες (soft starters)**, κ.λπ. Επίσης η **ρύθμιση στροφών** των ηλεκτρικών κινητήρων, που απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές γίνεται με διάφορες μεθόδους με πιο αποτελεσματική αυτή με τη χρήση των **ανορθωτών** για τους κινητήρες *Συνεχούς Ρεύματος* και των **inverters** για τους κινητήρες *Εναλλασσόμενου Ρεύματος*.

○ Η απορρόφηση **άεργης ισχύος**, από πολλά ηλεκτρικά φορτία μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, όπως οι ηλεκτρικοί κινητήρες, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του απορροφούμενου ρεύματος της εγκατάστασης με συνέπεια και την αύξηση των απωλειών ενέργειας λόγω των ωμικών αντιστάσεων των γραμμών.

Το ποσό της απορροφούμενης άεργης ισχύος σχετίζεται με το **συντελεστή ισχύος** των φορτίων αυτών. Έτσι, όσο ο συντελεστής ισχύος αυτών των φορτίων, και επομένως της βιομηχανικής εγκατάστασης πλησιάζει τη μονάδα τόσο ελαττώνεται η απορροφούμενη άεργος ισχύς, οπότε και το απορροφούμενο ρεύμα και επομένως οι απώλειες ενέργειας ελαττώνονται.

Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος ή διαφορετικά η **αντιστάθμιση άεργης ισχύος**, επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό κατάλληλων πυκνωτών, που συνδέονται παράλληλα με τα επιμέρους φορτία (τοπική αντιστάθμιση) ή παράλληλα με όλη την εγκατάσταση (κεντρική αντιστάθμιση).

Ερωτήσεις

1. Τι εννοούμε όταν λέμε ηλεκτρικό **φορτίο κίνησης** μιας βιομηχανικής εγκατάστασης;
2. Γιατί στον υπολογισμό της **διατομής** των αγωγών μιας γραμμής τροφοδοσίας ενός φορτίου κίνησης ή στον υπολογισμό μιας **γραμμής φωτισμού**, πρέπει να ελέγχουμε αν έχουμε την επιτρεπτή πτώση τάσης;
3. Ποια είναι η **ελάχιστη διατομή** των αγωγών γραμμής τροφοδοσίας φορτίου κίνησης και γραμμής φωτισμού;
4. Γιατί ο **συντελεστής ισχύος** των ηλεκτρικών καταναλωτών πρέπει να πλησιάζει τη μονάδα; Ποιες οι συνέπειες στις γραμμές τροφοδοσίας των καταναλωτών, όταν αυτοί έχουν χαμηλό συντελεστή ισχύος;
5. Γιατί οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις παρουσιάζουν **επαγωγική** συμπεριφορά;
6. Τι εννοούμε όταν λέμε **αντιστάθμιση άεργης ισχύος** μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και ποιος ο ρόλος των πυκνωτών σε αυτήν την αντιστάθμιση;
7. Τι εννοούμε όταν λέμε **θερμική και μαγνητική προστασία** ενός ηλεκτρικού καταναλωτή και με ποια μέσα την επιτυγχάνουμε;
8. Ποια στοιχεία **προστασίας και ελέγχου** μιας βιομηχανικής εγκατάστασης παρέχουν α) θερμική προστασία, β) μαγνητική προστασία και γ) θερμική και μαγνητική προστασία;
9. Γιατί σε μια γραμμή τροφοδοσίας το συνδυασμό "**ασφάλεια τήξης - διακόπτη φορτίου**", μπορούμε να τον αντικαταστήσουμε με **αυτόματο διακόπτη ισχύος**;
10. Τι είναι τα **ρελέ ισχύος** και ποια η χρήση τους;
11. Τι είναι τα **θερμικά** προστασίας των ηλεκτρικών κινητήρων;
12. Γιατί, κατά τη γνώμη σας, οι Ασύγχρονοι Τριφασικοί κινητήρες και οι κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος κατά την **εκκίνησή** τους, απορροφούν από την πηγή τροφοδοσίας τους μεγάλο ρεύμα;

13. Πότε μπορούμε έναν ηλεκτρικό κινητήρα να τον ξεκινήσουμε συνδέοντάς τον απ' ευθείας στο δίκτυο;
14. Να αναφέρετε **τρόπους εκκίνησης** Ασύγχρονων Τριφασικών κινητήρων και κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος.
15. Γιατί υπάρχει η ανάγκη για **ρύθμιση των στροφών** στους Ασύγχρονους Τριφασικούς κινητήρες και στους κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος;
16. Να αναφέρετε **τρόπους ρύθμισης των στροφών** Ασύγχρονων Τριφασικών κινητήρων και κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος.
17. Γιατί στην **εκκίνηση** ενός Ασύγχρονου Τριφασικού κινητήρα με τη χρήση της διάταξης **αστέρα - τρίγωνο**, το *ρελέ ισχύος του αστέρα*, μπορεί να είναι μικρότερου ονομαστικού ρεύματος από το *ρελέ ισχύος του τριγώνου* και το κύριο *ρελέ ισχύος* (ρελέ γραμμής);
18. Γιατί στην **εκκίνηση** ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με τη χρήση της διάταξης **αστέρα - τρίγωνου**, το *ρελέ ισχύος του τριγώνου* και το κύριο *ρελέ ισχύος* (ρελέ γραμμής) πρέπει να είναι του ίδιου ονομαστικού ρεύματος;
19. Γιατί, όταν στη **διάταξη ελέγχου** ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα χρησιμοποιούμε το συνδυασμό "ασφάλεια τήξης - διακόπτη φορτίου", πρέπει στη **διάταξη εκκίνησής** του να χρησιμοποιήσουμε και θερμικό ρελέ προστασίας του;
20. Γιατί, όταν στη **διάταξη ελέγχου** ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα χρησιμοποιούμε ένα αυτόματο διακόπτη ισχύος, πρέπει στη **διάταξη εκκίνησής** του να παραλείψουμε το θερμικό ρελέ προστασίας του;

Ασκήσεις

1. Να υπολογιστεί η διατομή των αγωγών τετραπολικού καλωδίου NYY μικρού μήκους (με τρεις ενεργούς αγωγούς), που τροφοδοτεί τριφασικό φορτίο κίνησης 20 kW, τάσης 400 V, με συντελεστή ισχύος $\cos\phi = 0,85$. Το καλώδιο βρίσκεται στον αέρα με θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C. Τι ασφάλεια προστασίας θα επιλεγεί για το καλώδιο;
(**Σημείωση:** Να χρησιμοποιήσετε τους Ελληνικούς κανονισμούς)
2. Να υπολογιστεί η διατομή και η ασφάλεια προστασίας τετραπολικού καλωδίου NYY μικρού μήκους (με τρεις ενεργούς αγωγούς), που βρίσκεται στον αέρα και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C. Το καλώδιο τροφοδοτεί τριφασικό φορτίο κίνησης ισχύος 50 kW, τάσης 400 V, με συντελεστή ισχύος $\cos\phi = 0,85$.
(**Σημείωση:** Να χρησιμοποιήσετε τους κανονισμούς DIN VDE και IEC)
3. Να υπολογιστεί η διατομή των αγωγών δύο τετραπολικών καλωδίων NYY, που τροφοδοτούν αντίστοιχα δυο Ασύγχρονους Τριφασικούς κινητήρες με στοιχεία: **α)** ισχύς 4 kW, τάση 400 V, βαθμός απόδοσης 84%, συντελεστής ισχύος $\cos\phi = 0,92$ και **β)** ισχύς 1,5 kW, τάση 400 V, βαθμός απόδοσης 79%, συντελεστής ισχύος $\cos\phi = 0,89$. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος για τους δύο κινητήρες είναι 35°C.
(**Σημείωση:** Να χρησιμοποιήσετε τους κανονισμούς DIN VDE και IEC)
4. Ποιο είναι το **μέγιστο ρεύμα** φόρτισης ενός τετραπολικού καλωδίου NYY (με τρεις ενεργούς αγωγούς) διατομής 10 mm², που βρίσκεται τοποθετημένο στον αέρα σε μια θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C. Με τι ασφάλεια θα προστατευθεί αυτό το καλώδιο. Αν χρησιμοποιήσουμε στην αναχώρηση του καλωδίου αυτόματο διακόπτη ισχύος, ποια τα στοιχεία του διακόπτη και ποια η ρύθμισή του;
5. Πόση **μέγιστη ισχύ** μπορεί να μεταφέρει ένα καλώδιο NYY 3x35+16 mm², που τροφοδοτεί τριφασικό φορτίο κίνησης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 35°C, με ονομαστική τάση 400 V και συντελεστή ισχύος $\cos\phi = 0,85$;

6. Να αποδείξετε ότι η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά, από τριφασικό δίκτυο, ένα τριφασικό συμμετρικό φορτίο, **ανεξάρτητα** από τη συνδεσμολογία του, είναι: $P=3.U.I$, όπου U είναι η πολική τάση του δικτύου, I το ρεύμα της γραμμής τροφοδοσίας του φορτίου και **συνφ** είναι ο συντελεστής ισχύος του φορτίου.
7. Μια βιομηχανική εγκατάσταση καταναλώνει ισχύ 50 kW με συντελεστή ισχύος $\text{συνφ} = 0,75$. Η τάση τροφοδοσίας της εγκατάστασης είναι 400 V - 50 Hz. Να υπολογιστεί η **άεργος ισχύς αντιστάθμισης Q_c** που θα παράγει συστοιχία τριφασικών πυκνωτών συνδεσμολογίας τριγώνου, ώστε να βελτιωθεί ο συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης και να γίνει 0,9. Ποια η ανά φάση τιμή της χωρητικότητας των πυκνωτών; Να επιλέξετε από τους πίνακες την κατάλληλη συστοιχία των πυκνωτών.
8. Ένα **φορτίο κίνησης** ισχύος 100 kW με συντελεστή ισχύος $\text{συνφ} = 0,85$ τροφοδοτείται από τριφασική γραμμή μήκους 150 m. Να υπολογίσετε τη διατομή των αγωγών της γραμμής, λαμβάνοντας υπόψη και την πτώση τάσης στη γραμμή λόγω της **επαγωγικής της αντίδρασης**. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 30°C.
9. Μια **μηχανή παραγωγής έργου** τροφοδοτείται από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** με γραμμή μήκους 50 m. Η μηχανή παραγωγής έργου έχει έναν ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα ισχύος 30 kW, τάσης 400 V με βαθμό απόδοσης 91% και συντελεστή ισχύος 0,84. Να υπολογίσετε τη διατομή της γραμμής από το Γενικό Πίνακα Κίνησης μέχρι τον **Υποπίνακα Κίνησης** της μηχανής παραγωγής έργου και να επιλέξετε τη διάταξη ελέγχου στην αναχώρηση της γραμμής από το Γενικό Πίνακα Κίνησης.
10. Στη μηχανή παραγωγής έργου της προηγούμενης άσκησης, να επιλέξετε τη **διάταξη ελέγχου και εκκίνησης** του κινητήρα της (αυτόματο διακόπτη ισχύος, ρελέ ισχύος, θερμικό, κ.λπ). Ο **Υποπίνακας Κίνησης** της μηχανής παραγωγής έργου βρίσκεται κοντά στη μηχανή παραγωγής έργου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

- 1.1.1** Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας
- 1.1.2** Δομή βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης
- 1.1.3** Ηλεκτρολογικά σχέδια εγκαταστάσεων



Ενότητα 1.1

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του Κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να περιγράφουν τη διαδρομή και τις μεταβολές τάσης της ηλεκτρικής ενέργειας, από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωσή της
- ☞ να γνωρίζουν τι είναι και από τι αποτελείται ο υποσταθμός, καθώς και ποια η χρήση του σε μια βιομηχανική εγκατάσταση
- ☞ να γνωρίζουν τα επίπεδα της μέσης τάσης και της χαμηλής τάσης
- ☞ να περιγράφουν τη δομή μιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης στη βιομηχανία
- ☞ να αναγνωρίζουν τα είδη των ηλεκτρολογικών σχεδίων μιας εγκατάστασης και να κατανοούν την αναγκαιότητά τους στη μελέτη και κατασκευή της εγκατάστασης

1.1.1 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στους **σταθμούς παραγωγής**, οι οποίοι συνήθως βρίσκονται σε απομακρυσμένα μέρη από τους χώρους κατανάλωσης. Η παραγωγή της γίνεται με διάφορους τύπους **τριφασικών γεννητριών** και σε επίπεδα τάσης μερικών kV (3 kV έως 22 kV). Στη συνέχεια με τη χρήση μετασχηματιστών γίνεται η ανύψωση της τάσης μέχρι και 400 kV, με σκοπό να μεταφερθεί οικονομικότερα η ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γραμμών μεταφοράς στους χώρους κατανάλωσης. Εκεί γίνεται υποβιβασμός της τάσης με τη βοήθεια μετασχηματιστών και διανέμεται με τις γραμμές διανομής **μέσης τάσης** (6,6 kV, 15 kV, 20 kV, ή 22 kV) ή **χαμηλής τάσης** (230 V/400 V) στους καταναλωτές, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.1.

Η πλειοψηφία των καταναλωτών χρησιμοποιεί τη χαμηλή τάση (*μονοφασική ή τριφασική*) για την τροφοδοσία των φορτίων τους. Στους μεγάλους καταναλωτές, στους οποίους συμπεριλαμβάνεται μέρος των βιομηχανικών μονάδων της χώρας μας, η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στη μέση τάση, την οποία οι καταναλωτές χρησιμοποιούν ανάλογα με τις ανάγκες τους αφού την υποβιβάσουν οι ίδιοι με δικούς τους **υποσταθμούς** στα επίπεδα τάσης που απαιτούνται από τη βιομηχανική μονάδα.

➤ Ειδικά σε πολύ μεγάλες βιομηχανίες η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στο επίπεδο της **υψηλής τάσης** (150 kV) και γίνεται ο υποβιβασμός της στους υποσταθμούς της ίδιας της βιομηχανίας.

Οι υποσταθμοί διανομής είναι οι κόμβοι του δικτύου διανομής μέσης τάσης και τα σημεία τροφοδότησης και αφετηρίας του δικτύου χαμηλής τάσης.

Συνήθως οι υποσταθμοί περιλαμβάνουν τα καλώδια, τους ζυγούς μέσης (ή υψηλής) τάσης, τους

ζυγούς χαμηλής τάσης, μετασχηματιστές, μετρητές ισχύος και ενέργειας, μετασχηματιστές οργάνων καθώς επίσης διακόπτες και ασφάλειες προστασίας.

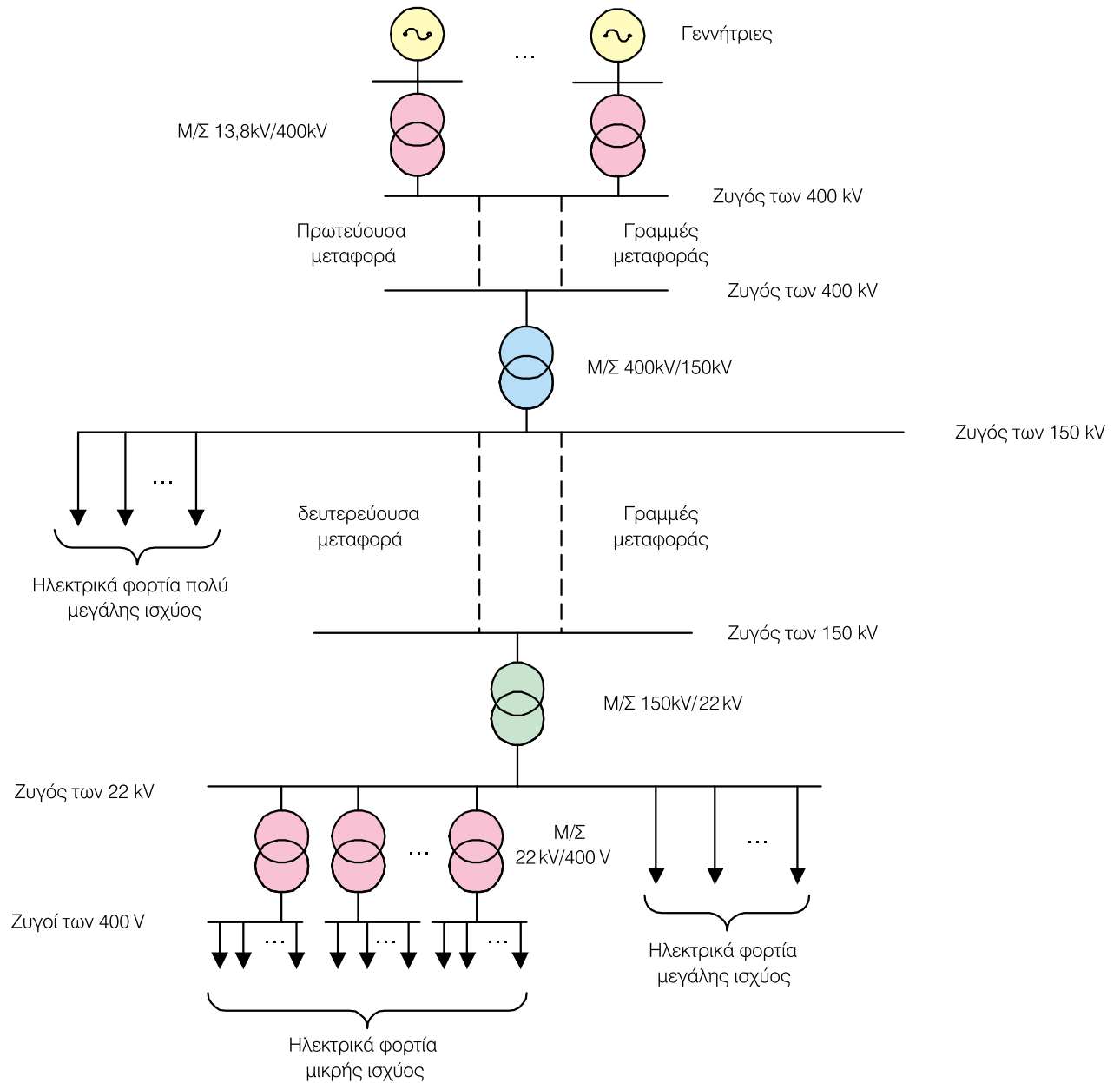
Διακρίνονται στους **υποσταθμούς της ΔΕΗ** και στους **ιδιωτικούς υποσταθμούς** των καταναλωτών.

- Οι **υποσταθμοί της ΔΕΗ** είναι υπαίθριοι ή στεγασμένοι σε εναέρια δίκτυα, ενώ σε υπόγεια δίκτυα είναι πάντα στεγασμένοι.
- Οι **ιδιωτικοί υποσταθμοί** είναι συνήθως στεγασμένοι.

Σε βιομηχανικές μονάδες και κτίρια, όπου ο καταναλωτής έχει ανάγκη ηλεκτρικής παροχής με ένταση μεγαλύτερη των 200 A - 250 A ανά φάση, επιβάλλεται η εγκατάσταση ιδιωτικού υποσταθμού.

Έτσι η ΔΕΗ παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με μέση τάση **6,6 kV, 15 kV, 20 kV ή 22 kV**, ανάλογα με την περιοχή. Σε αυτούς τους καταναλωτές η χρέωση είναι αρκετά φθηνότερη ανά kWh. Η φθηνότερη αυτή χρέωση επιβάλλεται για διάφορους λόγους, όπως:

- Ο καταναλωτής μέσης τάσης *επιβαρύνεται με τη δαπάνη εγκατάστασης και συντήρησης του μετασχηματιστή και της κατασκευής του αντίστοιχου δικτύου χαμηλής τάσης.*
- Οι απώλειες του μετασχηματιστή και του δικτύου χαμηλής τάσης *βαρύνουν τον καταναλωτή μέσης τάσης και όχι τη ΔΕΗ, όπως συμβαίνει στις παροχές χαμηλής τάσης.*
- Ο καταναλωτής μέσης τάσης *έχει έκπτωση είτε γιατί έχει σταθερό φορτίο (χωρίς μεγάλες αιχμές), είτε για λόγους επιδότησης της βιομηχανίας με σκοπό την ενίσχυση της απασχόλησης.*



Σχήμα 1.1 Σχηματική διάταξη παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

1.1.2 Δομή βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης

➔ Η υποχρέωση της ΔΕΗ είναι να μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια μέχρι την είσοδο της βιομηχανικής μονάδας του καταναλωτή που είναι ο πελάτης της. Αυτό γίνεται με καλώδιο που ξεκινά από δίκτυο της ΔΕΗ και καταλήγει σε κάποιο κιβώτιο στην είσοδο του κτιρίου του καταναλωτή. Μέσα στο κιβώτιο αυτό τοποθετείται συνήθως και ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας.

Όλες οι εγκαταστάσεις από το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ μέχρι και το κιβώτιο του μετρητή του καταναλωτή αποτελούν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης, η οποία θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα σε επόμενο Κεφάλαιο. Οι εγκαταστάσεις της παροχής ανήκουν αποκλειστικά στη ΔΕΗ η οποία και επιβαρύνεται οικονομικά για τη συντήρησή τους.

➔ Από το κιβώτιο του μετρητή ο καταναλωτής διανέμει την ηλεκτρική ενέργεια στο εσωτερικό της βιομηχανικής μονάδας με σκοπό να τροφοδοτήσει κατάλληλα όλα τα ηλεκτρικά φορτία (φωτισμό, κινητήρες, κ.λπ.). Αυτές οι εγκαταστάσεις ανήκουν αποκλειστικά στον καταναλωτή και ο σχεδιασμός, η τοποθέτηση και η συντήρησή τους επιβαρύνουν τον ίδιο.

Οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την παραλαβή, διανομή και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στο χώρο του καταναλωτή αποτελούν την Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση (ΕΗΕ)

➤ Η Εσωτερική Ηλεκτρική Εγκατάσταση πρέπει να γίνει από κατάλληλο αδειούχο εγκαταστάτη (μηχανικό μελετητή). Ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης πρέπει να έχει μια αρχιτεκτονική κάτοψη του χώρου και καλή γνώση της θέσης και του μεγέθους των ηλεκτρικών φορτίων για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό της εγκατάστασης.

➤ Κάθε **ΕΗΕ** θα πρέπει να κατασκευάζεται με γνώμονα:

- την **ασφαλή λειτουργία** της έναντι ηλεκτροπληξίας, πυρκαγιάς, βραχυκυκλωμάτων, διακοπών, κ.λπ.
- την **καλή λειτουργία** όλων των εξαρτημάτων της εγκατάστασης με σκοπό τη συνεχή και ικανοποιητική κάλυψη των φορτίων
- το **λογικό και ανταγωνιστικό κόστος κατασκευής**
- την **οικονομική λειτουργία**
- την **επεκτασιμότητα**
- την **ικανοποιητική εφεδρεία** και
- την **καλαισθησία**

Ο προσεκτικός σχεδιασμός και η εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας οδηγεί στην ικανοποίηση των παραπάνω απαιτήσεων.

➔ Μία βιομηχανική ηλεκτρική εγκατάσταση αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά μέρη:

1	Τον υποσταθμό (αν υπάρχει)
2	Την κύρια γραμμή , δηλαδή το καλώδιο που αναχωρεί από το μετρητή και καταλήγει στον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης
3	Τις διατάξεις μετασχηματισμού τάσης (αν υπάρχουν)
4	Το γενικό πίνακα διανομής και τους πίνακες φωτισμού και κίνησης
5	Τα τοπικά κυκλώματα διακλάδωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης
6	Τις ηλεκτρικές μηχανές και άλλες συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας
7	Τις διατάξεις γείωσης προστασίας

➤ Η **μελέτη** μιας βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης θα πρέπει να περιλαμβάνει αρκετά στοιχεία, έτσι ώστε ο μεν κατασκευαστής να πάρει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζονται για την υλοποίηση της εγκατάστασης, ο δε καταναλωτής να έχει τη δυνατότητα να αντιλαμβάνεται τη γενική μορφή της εγκατάστασης καθώς και το τελικό κόστος.

Ο τρόπος παρουσίασης μιας μελέτης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, αν και εξαρτάται από τον υπεύθυνο ηλεκτρολόγο μελετητή, ακολουθεί κάποιους κανόνες και διαδικασίες που επιβάλλονται από τη νομοθεσία και τους ισχύοντες κανονισμούς.

Έτσι λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι μία πλήρης μελέτη βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει:

- 1. ηλεκτρολογικά σχέδια όλων των κυκλωμάτων της εγκατάστασης (κυκλώματα φωτισμού, κίνησης, λοιπών λειτουργιών),**
- 2. τεχνική περιγραφή της ηλεκτρικής εγκατάστασης μαζί με τους απαραίτητους υπολογισμούς,**
- 3. κατάλογο όλων των χρησιμοποιούμενων υλικών με τις προδιαγραφές τους, και**
- 4. το κόστος κατασκευής της ηλεκτρικής εγκατάστασης.**

1.1.3 Ηλεκτρολογικά σχέδια εγκαταστάσεων

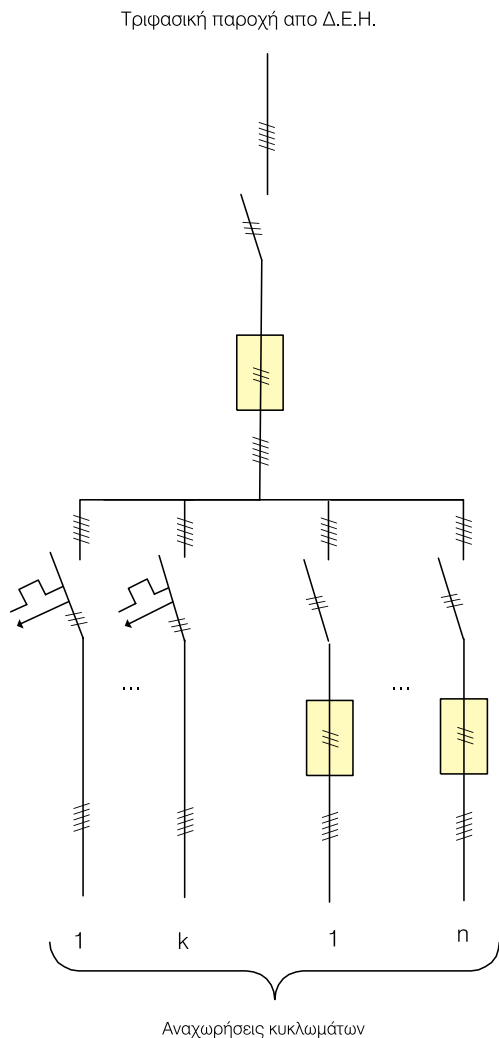
➔ Όπως αναφέραμε προηγουμένως βασικό μέρος μιας μελέτης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης αποτελεί το ηλεκτρολογικό σχέδιο. Η χρήση του ηλεκτρολογικού σχεδίου είναι απαραίτητη για την **καλύτερη συνεργασία** όλων των τεχνικών, που εμπλέκονται στις διάφορες φάσεις ενός ηλεκτρολογικού έργου δηλαδή στη μελέτη, στην κατασκευή, στην επίβλεψη, στη συντήρηση, στην επισκευή βλαβών, κ.λπ.

➔ Τα είδη των **ηλεκτρολογικών σχεδίων**, ως προς

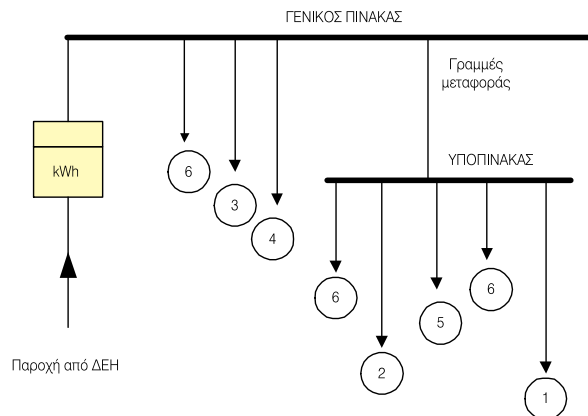
τον τρόπο παρουσίασής τους, διακρίνονται σε:

1. Μονογραμμικά και
2. Πολυγραμμικά

Το μονογραμμικό σχέδιο είναι μία απλουστευμένη παράσταση των κυκλωμάτων της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης με την επισήμανση ή όχι του πλήθους των αγωγών, των ασφαλειών, και άλλων στοιχείων της εγκατάστασης, (Σχήμα 1.2 και 1.3).



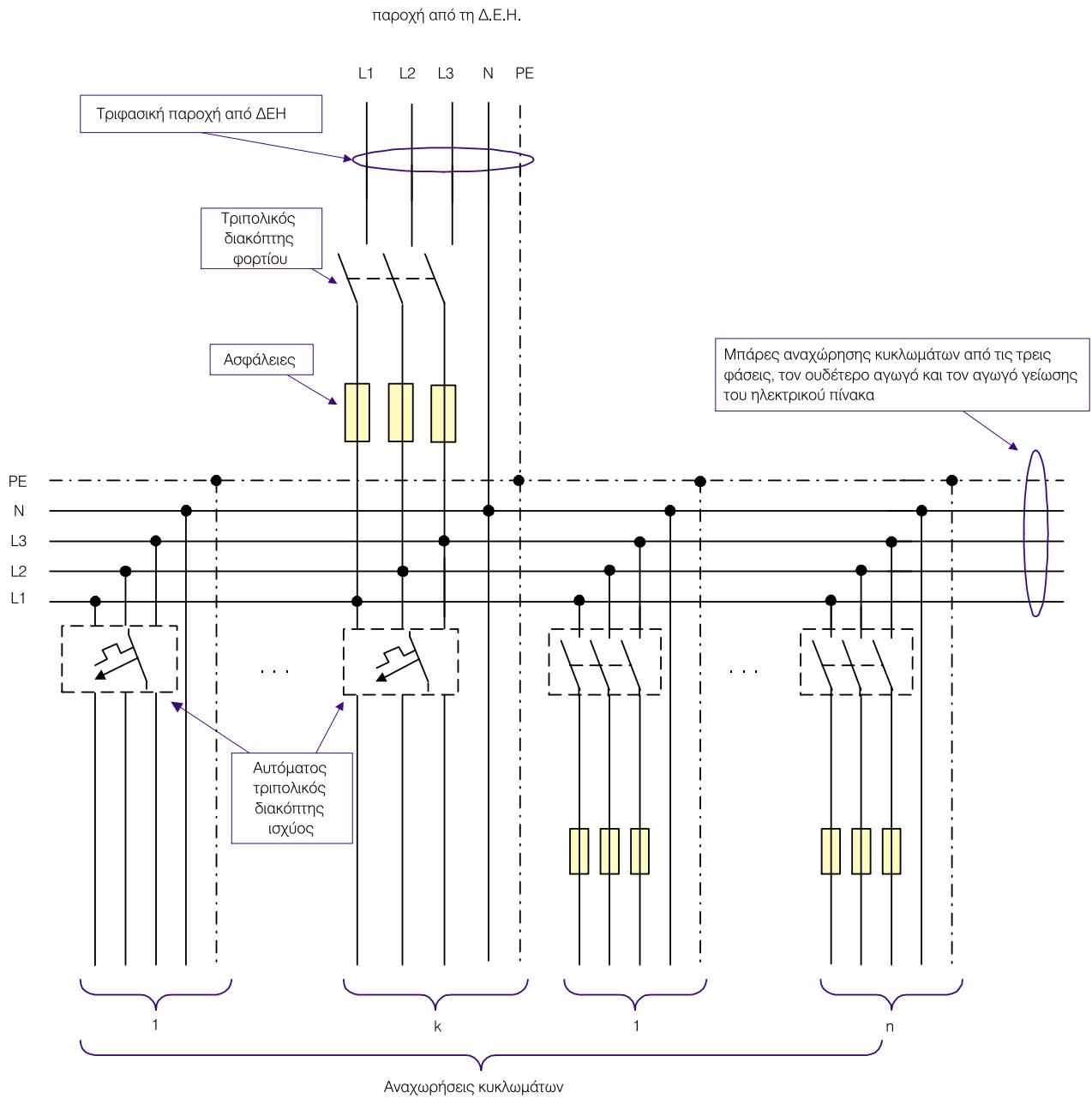
Σχήμα 1.2 Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα με τριφασική παροχή από το δίκτυο της ΔΕΗ



Οι αριθμοί 1 έως 6 αφορούν συγκεκριμένα ηλεκτρικά φορτία του ξυλουργείου, όπως ηλεκτρικά πριόνια, ηλεκτρικά τριβεία, φωτισμός

Σχήμα 1.3 Μονογραμμικό σχέδιο ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός ξυλουργείου

Το πολυγραμμικό σχέδιο περιγράφει αναλυτικά τα κυκλώματα μιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης ή τμήματα αυτής, όπως ηλεκτρολογικό σχέδιο πίνακα, κυκλωμάτων τροφοδοσίας διαφόρων καταναλώσεων, κ.λπ. (Σχήμα 1.4).



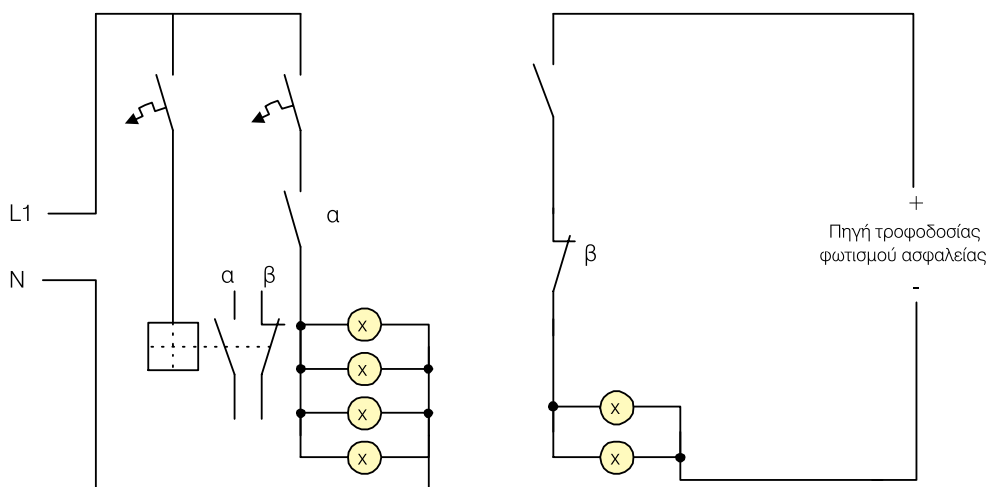
Σχήμα 1.4 Πολυγραμμικό σχέδιο ηλεκτρικού πίνακα με μονοφασική παροχή από το δίκτυο της ΔΕΗ

➔ Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετεί ένα σχέδιο, διακρίνουμε:

1. Το λειτουργικό σχέδιο.
2. Το σχέδιο της εγκατάστασης στην κάτοψη των χώρων.
3. Τα σχέδια καλωδιώσεων του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.
4. Τα σχηματικά διαγράμματα (block diagrams).
5. Το μηχανολογικό σχέδιο ηλεκτροτεχνικών συσκευών, διατάξεων, κ.λπ.

Το λειτουργικό σχέδιο είναι εκείνο το είδος σχεδίου, σε μία ηλεκτρολογική εγκατάσταση, όπου υπάρχει αναπαράσταση των διάφορων κυκλωμάτων καθώς και της λειτουργίας τους ακολουθώντας τη ροή του ρεύματος. Το λειτουργικό σχέδιο συμβάλλει σημαντικά στον εντοπισμό και επισκευή βλαβών σε πολύπλοκες κατασκευές με αλληλοεξαρτώμενα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Ένα τέτοιο παράδειγμα λειτουργικού σχεδίου δίνεται στο Σχήμα 1.5.

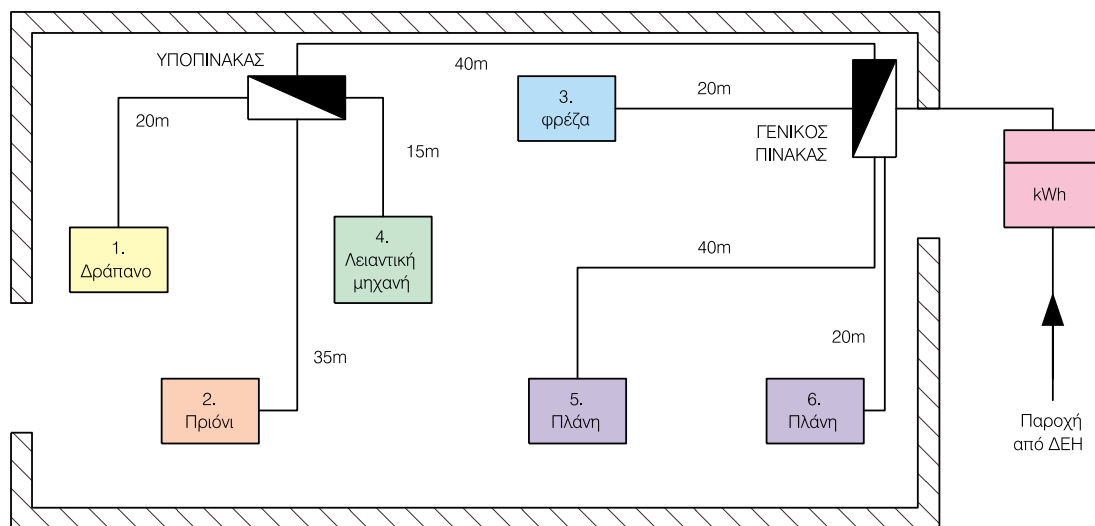


Στην κανονική λειτουργία (τροφοδοσία από δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας) ο διακόπτης α είναι κλειστός και ο β ανοικτός. Σε περίπτωση διακοπής ανοίγει ο διακόπτης α και κλείνει ο β, οπότε έχουμε τροφοδοσία του φωτισμού ασφάλειας από τη βοηθητική πηγή (συσσωρευτής).

Σχήμα 1.5 Κύκλωμα φωτισμού ασφάλειας μέσω ηλεκτρονόμου

Το σχέδιο της εγκατάστασης στην κάτοψη των χώρων δίνει τη θέση και τη διάταξη της ηλεκτρικής εγκατάστασης στο χώρο. Το σχέδιο αυτό παριστάνει την εγκατάσταση με όλο το σταθερό και κινητό εξοπλισμό στη θέση του. Ο ηλεκτρολόγος μηχανικός φτιάχνει τα σχέδιά του με βάση τα πλήρη αρχιτεκτονικά σχέδια του χώρου για την αποτελεσματικότερη μελέτη της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.

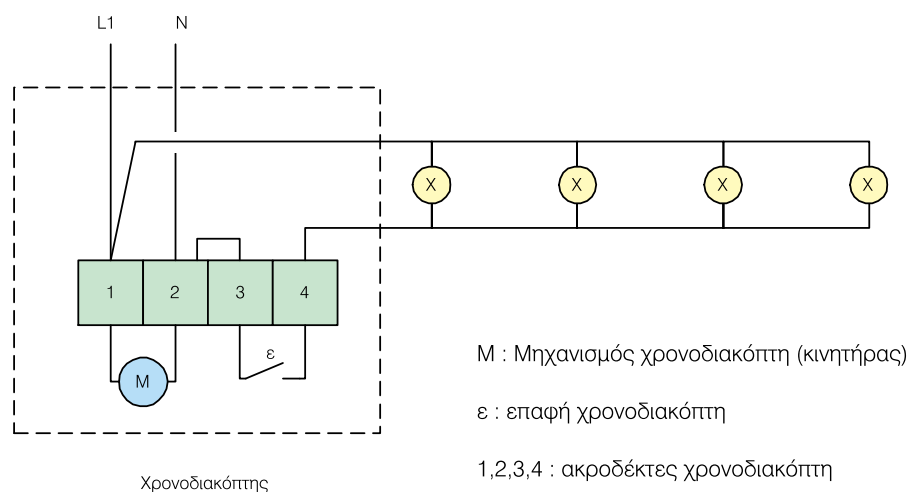
Στο Σχήμα 1.6 φαίνεται το σχέδιο της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός Ξυλουργείου στην αρχιτεκτονική κάτοψη του χώρου.



Σχήμα 1.6 Σχέδιο στην αρχιτεκτονική κάτοψη των χώρων ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός Ξυλουργείου

Τα σχέδια καλωδιώσεων του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση και σύνδεση των καλωδίων με τις διάφορες συσκευές και τα κυκλώματα. Για το σκοπό αυτό γίνεται συνήθως μία αρίθμηση των ακροδεκτών και των καλωδίων για τη διευκόλυνση του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη για την υλοποίηση της κατασκευής. Η λειτουργία των κυκλωμάτων συνήθως δεν φαίνεται σε αυτά τα σχέδια.

Στο Σχήμα 1.7 φαίνεται ένα σχέδιο καλωδιώσεων με αρίθμηση των ακροδεκτών ενός χρονοδιακόπτη για τη λειτουργία τεσσάρων φωτιστικών.



Σχήμα 1.7 Σχέδιο συνδεσμολογίας ενός χρονοδιακόπτη

➔ Από τα προηγούμενα, που αφορούν μια **βιομηχανική ηλεκτρική εγκατάσταση**, και έχοντας υπόψη μας τη δομή μιας **οικιακής ηλεκτρικής εγκατάστασης**, μπορούμε να πούμε ότι οι διαφορές μεταξύ των βιομηχανικών και οικιακών εγκαταστάσεων εντοπίζονται στα παρακάτω **βασικά σημεία**:

➤ **Στο μέγεθος της ισχύος.** Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι εγκαταστάσεις που απορροφούν **μεγάλα** ποσά ισχύος, ενώ στις οικιακές εγκαταστάσεις τα φορτία τους απορροφούν **μικρά** ποσά ισχύος.

➤ **Στο είδος της παροχής.** Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι **πάντα** τριφασικές, ενώ οι οικιακές εγκαταστάσεις μπορεί να είναι μονοφασικές ή τριφασικές.

➤ **Στην πολυπλοκότητα μελέτης και σχεδίασης.** Για την κατασκευή μιας βιομηχανικής εγκατάστασης απαιτείται, όπως είδαμε και προηγουμένως, μια σειρά από σχέδια που επιτελούν διαφορετικό

σκοπό. Αντίθετα στις οικιακές εγκαταστάσεις είναι αρκετό για την υλοποίησή τους, μια κάτοψη του χώρου της εγκατάστασης με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν θέσεις φορτίων, διαδρομές ηλεκτρικών κυκλωμάτων, διατομές αγωγών κυκλωμάτων, στοιχεία πίνακα τροφοδοσίας και διατάξεων προστασίας και ελέγχου.

➤ **Στο συντελεστή ισχύος.** Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις έχουν κατά κανόνα **χαμηλό** συντελεστή ισχύος (κάτω από 0,85) λόγω της φύσης των φορτίων τους (μεγάλοι επαγωγικοί κινητήρες που χρειάζονται μεγάλα ποσά άεργης ισχύος). Αντίθετα οι οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν συντελεστή ισχύος μεγάλο (πλησιάζει τη μονάδα), λόγω του ότι τα φορτία τους που απορροφούν μεγάλη ισχύ (ηλεκτρικές κουζίνες, θερμοσίφωνες, θερμοσυσσωρευτές, κ.λπ.) είναι ωμικές καταναλώσεις. Περισσότερες πληροφορίες για το συντελεστή ισχύος μιας βιομηχανικής εγκατάστασης και τις επιπτώσεις που έχει ο **χαμηλός συντελεστής ισχύος** παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4.

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

- 2.1.1** Κανονισμοί ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- 2.1.2** Κανονισμοί εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε.)
- 2.1.3** Είδη εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

2

Ενότητα 2.1

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του Κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να γνωρίζουν τους κανονισμούς και τα πρότυπα, που αφορούν βιομηχανικές εγκαταστάσεις
- ☞ να αναγνωρίζουν τα πρότυπα που αφορούν την ποιότητα και καταλληλότητα του ηλεκτρολογικού υλικού και των ηλεκτρικών συσκευών
- ☞ να διακρίνουν τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο που λειτουργούν

2.1.1 Κανονισμοί ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων

Κάθε ηλεκτρική βιομηχανική εγκατάσταση κατασκευάζεται με βάση κανονισμούς, που καθορίζουν τη σωστή λειτουργία και κυρίως την ασφάλειά της και η τήρησή τους επιβάλλεται από την πολιτεία. Αυτοί οι κανονισμοί απαρτίζονται από νόμους, υπουργικές αποφάσεις, καθώς και από ελληνικά, ευρωπαϊκά ή άλλα εθνικά πρότυπα.

⇒ Για τις εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης υπάρχουν οι ακόλουθοι κανονισμοί, ή πρότυπα καλής λειτουργίας:

➤ **Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε).** Οι κανονισμοί αυτοί είναι μία συλλογή διατάξεων δημοσιευμένων στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, με σκοπό την εξασφάλιση της ακίνδυνης χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας από τους καταναλωτές. Οι διατάξεις αυτές περιέχουν απαιτήσεις για τον τρόπο κατασκευής των Ε.Η.Ε., αλλά και για το είδος και τα χαρακτηριστικά των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με την κατηγορία του χώρου που γίνεται η εγκατάσταση, ώστε, όταν εφαρμοσθούν σωστά, να προκύπτουν ασφαλείς ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

➤ **VDE 100 (Verband Deutscher Elektrotechniker)** και **DIN 57 100 (Deutsche Industrie Normen).** Αυτοί είναι γερμανικοί κανονισμοί εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που ενημερώνονται συνεχώς και εναρμονίζονται με άλλους ευρωπαϊκούς κανονισμούς.

➤ **IEC (International Electrotechnical Commission).** Κανονισμοί Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Ένωσης.

➤ **EN (European Norm),** Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί και **HD (Harmonization Documents),** έγγραφα εναρμόνισης (κοινής προσέγγισης) διαφόρων εθνικών κανονισμών, όπως η εναρμόνιση HD 384 που διέπει τις εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης.

➤ **CEI (Comitato Electrotecnico Italiano).** Ιταλικό Κανονισμοί για τις Ε.Η.Ε.

➤ **IEE Wiring Regulations (Institute of Electrical Engineers).** Κανονισμοί Ε.Η.Ε. της Μεγάλης Βρετανίας.

➤ **NEC (National Electrical Code).** Κανονισμοί Ε.Η.Ε. των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

Για την Ευρώπη υπάρχει η Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικών Κανονισμών (**CENELEC, Comite Europeenne de Normalisation Electrotechnique**), η οποία εναρμονίζει τους διάφορους εθνικούς κανονισμούς των χωρών μελών της. Τα έγγραφα αυτά εναρμόνισης θεωρούνται δεσμευτικά και για την Ελλάδα η οποία είναι μέλος της.

⇒ Για την ποιότητα και καταλληλότητα των ηλεκτρολογικών υλικών αλλά και των συσκευών χαμηλής τάσης υπάρχουν πρότυπα όπως:

- **ΕΛ.Ο.Τ. (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποιήσεων).** Ο ΕΛ.Ο.Τ. ιδρύθηκε το 1976 ως κρατικός οργανισμός και είναι μέλος του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO), της CENELEC, του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Ελέγχου Ποιότητας (EOQC) και του Διεθνούς Δικτύου Πληροφόρησης (ISONET). Σκοπός του ΕΛ.Ο.Τ. είναι η ανάπτυξη της τυποποίησης στη χώρα μας με την εκπόνηση προτύπων, τον έλεγχο ποιότητας των προϊόντων, την απονομή σήματος ποιότητας, την λειτουργία εργαστηρίων και την πληροφόρηση.

- **VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker).** Γερμανικά πρότυπα για εγκαταστάσεις, ηλεκτρολογικά υλικά και δοκιμές.

- **DIN (Deutsche Industrie Normen).** Γερμανικά πρότυπα υλικών.

- **BS (British Standards)**. Βρετανικά πρότυπα.
- **NF (Norm Francaise)**. Γαλλικά πρότυπα.
- **OVE**. Αυστριακά πρότυπα.

Για εγκαταστάσεις μέσης και υψηλής τάσης, η επιλογή σε κανονισμούς και πρότυπα είναι περιορισμένη. Ο Γερμανικός κανονισμός VDE 101, που αναφέρεται στις εγκαταστάσεις μέσης και υψηλής τάσης πάνω από 1000 V, ακολουθείται και στην Ελλάδα.

Στις περιπτώσεις που οι ελληνικοί κανονισμοί ή τα πρότυπα δεν καλύπτουν συγκεκριμένες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή υλικά, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει τα πρότυπα της Διεθνούς Ένωσης IEC της οποίας η Ελλάδα είναι μέλος. Στον Πίνακα 2.1.1 φαίνεται ένας κατάλογος με τα σήματα ποιότητας διεθνών οργανισμών για συσκευές και ηλεκτρολογικά εξαρτήματα.

Πίνακας 2.1.1: Σήματα ποιότητας και χώρα προέλευσης για συσκευές και ηλεκτρολογικά υλικά

Σήμα	Χώρα	Σήμα	Χώρα
	Αυσταλία	I I S	Ισραήλ
	Βέλγιο		Ιταλία
	Γαλλία		Καναδάς
	Δ.Γερμανία	B.S.I.	Μ. Βρετανία
	Δανία		Ολλανδία
	Ελβετία		Νορβηγία
	ΗΠΑ		Σουηδία
	Ισλανδία		Φινλανδία

2.1.2 Κανονισμοί εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε.)

Ο σκοπός των **κανονισμών Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Ε.Η.Ε)** είναι η εξασφάλιση προστασίας ανθρώπων, κτιρίων και άλλων αγαθών από κινδύνους που προέρχονται από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι κανονισμοί εφαρμόζονται στις μόνιμες ή προσωρινές εγκαταστάσεις ηλεκτρικών αγωγών, μηχανημάτων ή εξαρτημάτων, όπως σε δημόσια ή ιδιωτικά κτίρια, σε περιφραγμένα γήπεδα, σε χώρους διασκέδασης, σε ζώνες στάθμευσης αυτοκινήτων, κ.λπ.

⇒ Οι κανονισμοί Ε.Η.Ε. δεν εφαρμόζονται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- α) Σε εγκαταστάσεις πλοίων, σιδηροδρομικών οχημάτων και αυτοκινήτων.
- β) Σε εγκαταστάσεις ή εξοπλισμούς που χρησιμοποιούνται από επιχειρήσεις παραγωγής,

μεταφοράς και διανομής κοινόχρηστης ηλεκτρικής ενέργειας, ή τηλεπικοινωνιακών επιχειρήσεων, καθώς και επιχειρήσεων σιδηροδρόμων ή τροχιοδρόμων, άσχετα αν οι εγκαταστάσεις είναι υπαίθριες ή μέσα σε κτίρια. Αντίθετα οι κανονισμοί εφαρμόζονται στις συνηθισμένες εγκαταστάσεις των κτιρίων των παραπάνω επιχειρήσεων που δεν εξυπηρετούν ειδικούς σκοπούς.

- γ) Σε εναέριες γραμμές φωτισμού ή διανομής, με άνοιγμα μεγαλύτερο από είκοσι μέτρα, ακόμα και στην περίπτωση που αποτελούν τμήμα εσωτερικών εγκαταστάσεων.

⇒ Οι κανονισμοί Ε.Η.Ε. εφαρμόζονται στις νέες εγκαταστάσεις και στις εγκαταστάσεις που μετατρέπονται ή επισκευάζονται ή αναθεωρούνται μερικώς ή ολικώς. Βασικά οι κανονισμοί αναφέρονται στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από ισχυρά ρεύματα χαμηλής τάσης (230/400 V, 50 Hz).

Για εγκαταστάσεις που λειτουργούν με υψηλότερη τάση ή με τάση κάτω των 50 V οι παρόντες κανονισμοί περιέχουν ειδικές διατάξεις.

Οι κανονισμοί Ε.Η.Ε πρέπει να εφαρμόζονται πιστά τόσο από τους ηλεκτρολόγους μελετητές, όσο και από τους ηλεκτρολόγους εγκαταστάτες. Είναι υποχρεωτικοί και αποτελούν νόμους του κράτους, ενώ τροποποιούνται και αναθεωρούνται κάθε φορά που αυτό επιβάλλεται από την πρόοδο της τεχνολογίας.

→ Οι κανονισμοί Ε.Η.Ε. αποτελούνται από **17 κεφάλαια** και **6 παραρτήματα**, τα περιεχόμενα των οποίων μπορούν να συνοψισθούν όπως παρακάτω:

Κεφάλαιο I (άρθρα 1-3)	Περιέχεται ο σκοπός και το αντικείμενο των κανονισμών Ε.Η.Ε.
Κεφάλαιο II (άρθρα 4-15)	Περιέχονται τρόποι εφαρμογής των κανονισμών Ε.Η.Ε., όπως οι τρόποι προστασίας από τάση, οι κίνδυνοι από πυρκαγιά, η τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων, κ.λπ..
Κεφάλαιο III (άρθρα 16-28)	Περιέχονται τα είδη γειώσεων προστασίας, οι μέθοδοι γείωσης καθώς και παραδείγματα για το ποιες γειώσεις θεωρούνται απαράδεκτες.
Κεφάλαιο IV (άρθρα 29-37)	Περιέχονται οι εγκαταστάσεις ζεύξης , οι πίνακες διανομής και οι οδηγίες διατάξεων και διαδρόμων υπηρεσίας.
Κεφάλαιο V (άρθρα 38-103)	Περιέχονται οδηγίες για την προστασία των ανθρώπων και των υλικών από τη θέρμανση των συσκευών, οδηγίες για την επιλογή και εγκατάσταση διακοπών, οδηγίες για την επιλογή οργάνων προστασίας από υπερένταση ή υπερθέρμανση, οδηγίες για τις συσκευές κατανάλωσης, τις λυχνίες πυράκτωσης, τις λυχνιολαβές, τις φωτιστικές συσκευές, τις θερμικές συσκευές, τις ιατρικές συσκευές, τα ηλεκτρικά παιχνίδια, κ.λ.π..
Κεφάλαιο VI (άρθρα 104-113)	Περιέχονται οδηγίες για την εγκατάσταση ηλεκτρικών γεννητριών και κινητήρων , ανυψωτικών μηχανημάτων και γερανών και ηλεκτρικών μηχανών οικιακής χρήσης.
Κεφάλαιο VII (άρθρα 114-119)	Περιέχονται οδηγίες για τις εγκαταστάσεις μετασχηματιστών και ανορθωτών .
Κεφάλαιο VIII (άρθρα 120-124)	Περιέχονται οδηγίες για την εγκατάσταση και συντήρηση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με συσσωρευτές .
Κεφάλαιο IX (άρθρα 125-178Α)	Περιέχονται οδηγίες για τη διάταξη και τις διαστάσεις των γραμμών , τις ιδιότητες και τις χρήσεις των υλικών που χρησιμοποιούνται για τις γραμμές, τους μονωτήρες και τα εξαρτήματα στήριξης, την εγκατάσταση των γραμμών.
Κεφάλαιο X (άρθρα 179-274)	Περιέχονται οδηγίες για την κατασκευή ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ανάλογα με τις ιδιότητες του χώρου . Οι διάφοροι χώροι κατατάσσονται σε κατηγορίες και για κάθε μία κατηγορία υπάρχουν άρθρα που αναφέρονται στους γυμνούς αγωγούς, τους μονωμένους αγωγούς, τους σωλήνες, τις διαβάσεις των γραμμών, τις ασφάλειες, τους διακόπτες, τους ρευματοδότες, κ.λπ., τις φωτιστικές και άλλες συσκευές κατανάλωσης και τις ηλεκτρικές μηχανές. Στο ίδιο κεφάλαιο επίσης αναφέρονται και οι προϋποθέσεις για την εγκατάσταση και χρησιμοποίηση των διάφορων υλικών και του εξοπλισμού Ε.Η.Ε. στους χώρους της συγκεκριμένης κατηγορίας.

Κεφάλαιο XI (άρθρα 275-282)	Περιέχονται οδηγίες για ηλεκτρικά μηχανήματα και εξαρτήματα των ανελκυστήρων και ανυψωτικών μηχανημάτων.
Κεφάλαιο XII (άρθρα 283-291)	Περιέχονται οδηγίες για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που η τάση λειτουργίας ξεπερνά τα 250 V .
Κεφάλαιο XIII (άρθρα 292-293)	Περιέχονται οδηγίες για προσωρινές και πρόσκαιρες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καθώς και για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σε αχρηστία.
Κεφάλαιο XIV (άρθρα 294-302)	Περιέχονται οδηγίες για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται κοντά ή διασταυρώνονται με κοινόχρηστες ή ιδιωτικές γραμμές ασθενών ρευμάτων .
Κεφάλαιο XV (άρθρο 303)	Περιέχονται οδηγίες για την εγκατάσταση ραδιοφωνικών δεκτών, μεγαφώνων, συστημάτων σήμανσης και κουδουνιών και άλλων παρόμοιων συσκευών.
Κεφάλαιο XVI (άρθρο 304)	Περιέχονται οδηγίες για την εξασφάλιση επαρκούς αντίστασης μόνωσης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.
Κεφάλαιο XVII (άρθρα 305)	Περιέχονται οδηγίες για τον έλεγχο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα ανάλογα με τη φύση των χώρων, τις μηχανικές και διαβρωτικές δράσεις, που επενεργούν στις εγκαταστάσεις και τους κινδύνους που μπορεί να προξενήσει η παρουσία σφαλμάτων.

⇒ Στα **παραρτήματα** των κανονισμών Ε.Η.Ε. αναφέρονται οδηγίες σχετικές με την **κατασκευή γείωσης**, την **προστασία** των ατόμων από **τάση επαφής**, τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις με υποβιβασμένη τάση που συμπεριλαμβάνουν και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τη μέτρηση **αντίστασης γείωσης** και αντίστασης βρόχων και την εγκατάσταση **θεμελιακής γείωσης**.

2.1.3 Είδη εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

■ Οι Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, ανάλογα με τον **προορισμό** τους, διακρίνονται σε:

- **Εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων**
- **Εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων**

Στην κατηγορία των εγκαταστάσεων **ισχυρών ρευμάτων** ανήκουν οι εγκαταστάσεις **φωτισμού** και **κίνησης**, ενώ στην κατηγορία των εγκαταστάσεων **ασθενών ρευμάτων** ανήκουν οι εγκαταστάσεις **τηλεφωνίας**, **δικτύων Η/Υ**, **θυροτηλεφώνων**, **κουδουνιών**, κ.λπ.

➔ Ανάλογα με το **χώρο** στον οποίο γίνονται οι ΕΗΕ διακρίνουμε τις:

- **Εγκαταστάσεις υπαίθρου**
- **Εγκαταστάσεις κλειστού χώρου**

➔ Οι **εγκαταστάσεις υπαίθρου** είναι εκείνες που τοποθετούνται σε ασκεπείς χώρους όπου οι αγωγοί και τα άλλα εξαρτήματα εκτίθενται στις καιρικές συνθήκες (σκόνη, αέρα, ήλιο, βροχή, κ.λπ.) και στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Οι εγκαταστάσεις κλειστού χώρου αφορούν εγκαταστάσεις που γίνονται μέσα σε κλειστούς οικοδομικούς χώρους.

■ Οι **Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις** μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο που λειτουργούν, ως εξής (Κ.Ε.Η.Ε, Κεφάλαιο Χ):

A. Εγκαταστάσεις σε χώρους ηλεκτρικής υπηρεσίας

➔ Χώροι **ηλεκτρικής υπηρεσίας** θεωρούνται αυτοί που προορίζονται αποκλειστικά για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις προσιτές μόνο στο αρμόδιο προσωπικό.

➤ Το διαμέρισμα των μηχανών, οι υποσταθμοί μετασηματισμού, τα διαμερίσματα συσσωρευτών, οι

αίθουσες διανομής κ.λπ., είναι χώροι ηλεκτρικής υπηρεσίας. Κατά γενικό κανόνα, οι χώροι αυτοί είναι προσιτοί μόνο στο αρμόδιο προσωπικό, ενώ τα ξένα για την υπηρεσία πρόσωπα, δεν επιτρέπεται να μπουν, παρά μόνο συνοδευόμενα από το προσωπικό αυτό.

B. Εγκαταστάσεις σε ξηρούς χώρους

➔ **Ξηροί** θεωρούνται οι χώροι στους οποίους η σχετική υγρασία είναι χαμηλή.

➤ Στην κατηγορία ξηρών χώρων υπάγονται χώροι μη υποκείμενοι σε κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης, χώροι που δεν περιέχουν διαβρωτικούς ατμούς και χώροι που δεν είναι ρυπαροί και σκονιζόμενοι.

Γ. Εγκαταστάσεις σε σκονιζόμενους χώρους

➔ **Σκονιζόμενοι** είναι οι χώροι εκείνοι μέσα στους οποίους οι γραμμές ή τα υπόλοιπα τμήματα της εγκατάστασης είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένα στη σκόνη.

➤ Σκονιζόμενους χώρους συναντάμε στα χυτήρια, κεραμουργεία, κλωστήρια, νηματουργεία, στα εργοστάσια ανθρακασβεστίου, χημικών λιπασμάτων κυτταρίνης, πλαστικών ουσιών, στις αποθήκες γαιανθράκων, γύψου, τσιμέντου, αλεύρου, κ.λπ.

Δ. Εγκαταστάσεις σε χώρους πρόσκαιρα υγρούς

➔ Ως **πρόσκαιρα υγροί** θεωρούνται οι χώροι που εξ' αιτίας του προορισμού τους, είναι υγροί κατά τη διάρκεια μικρών χρονικών περιόδων και αποξηραίνονται εύκολα χάρη στον καλό τους αερισμό.

➤ Χώροι πρόσκαιρα υγροί είναι τα στεγνωτήρια, οι τουαλέτες (όταν διαθέτουν απαγωγή του νερού και αερίζονται κανονικά), τα μαγειρεία (όταν δεν χρησιμοποι-

ούνται σαν πλυντήρια), οι καλυμμένοι εξώστες, οι βεράντες, τα υπόγεια που αερίζονται καλά, κ.λπ.

Ε. Εγκαταστάσεις σε υγρούς χώρους

➔ Θεωρούνται ως **υγροί** χώροι εκείνοι μέσα στους οποίους από την πρόσκαιρη ή μόνιμη παρουσία υδρατμών, η υγρασία του αέρα είναι αυξημένη σε τέτοιο βαθμό ώστε να εκδηλώνεται με μορφή πάχνης επάνω στα τοιχώματα, την οροφή ή αλλού, χωρίς όμως να σχηματίζονται μεγάλες σταγόνες από νερό αλλά ούτε τα τοιχώματα ή η οροφή να εμποτίζονται με νερό.

➤ Υγροί χώροι υπάρχουν μέσα στα τυροκομεία, σφαγεία, ζυθοποιεία, ζαχαρουργεία, μέσα σε ψυκτικούς θαλάμους, εργοστάσια κλωστοποιίας και φωταερίου, εργοστάσια κόλλας ή λιπασμάτων, κεραμουργεία, κ.λπ. Τα υπόγεια με κακό αερισμό, καθώς και οι τουαλέτες που δε διαθέτουν σύστημα απαγωγής νερού πρέπει να θεωρηθούν σαν υγροί χώροι.

ΣΤ. Εγκαταστάσεις σε χώρους βρεγμένους

➔ Θεωρούνται ως **βρεγμένοι** χώροι εκείνοι μέσα στους οποίους τα τοιχώματα, οι οροφές και τα δάπεδα, είναι εμποτισμένα με υγρασία, εκείνοι μέσα στους οποίους σχηματίζονται συνεχώς ή πρόσκαιρα μεγάλες σταγόνες από νερό, οφειλόμενες σε συμπύκνωση ατμών ή αναθυμιάσεων στα τοιχώματα, τις οροφές ή αλλού, και τέλος οι χώροι εκείνοι που είναι γεμάτοι κατά μεγάλα χρονικά διαστήματα από υδρατμούς ή αναθυμιάσεις.

➤ Τέτοιους χώρους συναντάμε σε δημόσια λουτρά, τυροκομεία, ζυθοποιεία, κεραμουργεία, σε σφαγεία, βυρσοδεψεία, βαφεία, πλυντήρια, εργοστάσια χαρτιού, χημικών προϊόντων, χημικών λιπασμάτων, κυτταρίνης, εργοστάσια υφαντουργίας κ.λπ. Θεωρούνται επίσης ως βρεγμένοι χώροι τα ακάλυπτα εργοτάξια, οι ψυκτικοί θάλαμοι και τα πλυντήρια διάφορων χρήσεων.

Ζ. Εγκαταστάσεις σε ρυπαρούς χώρους ποτισμένους με αγωγή υγρή ή χώρους κορεσμένους με διαβρωτικούς ατμούς

➔ **Ρυπαροί** θεωρούνται οι χώροι που είναι ποτισμένοι με αγωγή υγρή ή οι χώροι που είναι κορεσμένοι με διαβρωτικούς ατμούς, οι χώροι μέσα στους οποίους τα δάπεδα ή τα τοιχώματα είναι ποτισμένα ή επικαλυμμένα με αγωγή υγρή μέχρι τέτοιου σημείου, ώστε επαφή με τα στοιχεία που έχουν τάση, να παρουσιάζει σοβαρούς κινδύνους για τους ανθρώπους, καθώς και οι χώροι οι κορεσμένοι με διαβρωτικούς ατμούς που προσβάλλουν ισχυρά τα μέταλλα και τα λοιπά υλικά, που χρησιμοποιούνται στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

➤ Χώρους ρυπαρούς, ποτισμένους με αγωγή υγρή ή κορεσμένους με διαβρωτικούς ατμούς, συναντάμε στα τυροκομεία, αλλαντοποιεία, σφαγεία, βυρσοδεψεία, χυτήρια, ζαχαροποιεία, βαφεία, εργοστάσια νημάτων και χαρτιού, εργοστάσια χημικών προϊόντων. Θεωρούνται επίσης εμποτισμένοι χώροι τα διαμερίσματα συσσωρευτών, οι αποθήκες αλατιού, κ.λπ.

Η. Εγκαταστάσεις σε χώρους υποκείμενους σε πυρκαγιά

➔ Χώροι υποκείμενοι σε **πυρκαγιά** θεωρούνται εκείνοι μέσα στους οποίους κατασκευάζονται, επεξεργάζονται ή εναποθηκεύονται εύφλεκτες ύλες σε μεγάλες ποσότητες.

➤ Χώρους υποκείμενους σε κινδύνους πυρκαγιάς συναντάμε σε πλεκτήρια, εργοστάσια κυτταρίνης, χαρτιού, αντικειμένων από κυτταρίνη, στις σκηνές θεάτρων και τους παρακείμενους σε αυτές χώρους, κ.λπ. Σαν τέτοιοι χώροι πρέπει επίσης να θεωρούνται και οι χώροι μέσα στους οποίους γίνεται επεξεργασία ξύλου, ή ινωδών ουσιών που αποδίδουν σκόνη εύκολα αναφλέξιμη, οι ξυλαποθήκες, οι αχυρώνες και σιτοβολώνες, οι σοφίτες, ορισμένα είδη

καταστημάτων, προθήκες ή αποθήκες εύφλεκτων υλών, καθώς και τα διαμερίσματα των οποίων τα δάπεδα είναι εμποτισμένα με λάδι.

Θ. Εγκαταστάσεις σε κτίρια και χώρους υποκείμενους σε εκρήξεις

➔ Θεωρούνται ως υποκείμενοι σε **εκρήξεις** οι χώροι και τα κτίρια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή, επεξεργασία ή αποθήκευση σε μεγάλες ποσότητες, στερεών, υγρών ή αερίων σωμάτων, των οποίων η ανάφλεξη μπορεί να προκαλέσει εκρήξεις. Επίσης χώροι στους οποίους υπάρχει φόβος συσσώρευσης επικίνδυνων ποσοτήτων αερίων, ατμών ή σκόνης, που θα μπορούσαν να σχηματίσουν μεταξύ τους ή με τον αέρα εκρηκτικά μίγματα ανήκουν στην ίδια κατηγορία.

➤ Εργοστάσια στα οποία παρασκευάζονται, χρησιμοποιούνται, αποθηκεύονται ή μεταγγίζονται σε μεγάλες ποσότητες, ανθρακασβέστιο, υδρογόνο, αιθέρας, βενζίνη, πετρέλαιο, οινόπνευμα, ακετόνη, ή άλλες ανάλογες ουσίες αποτελούν παραδείγματα τέτοιων χώρων. Επίσης, κτίρια ή χώροι που ενδέχεται να περιέχουν εκρηκτικά μίγματα σκόνης και αέρα όπως μύλοι, ζαχαουργεία, εργοστάσια αμύλου και λιπασμάτων, εγκαταστάσεις τριβείων (κοινοποίησης) άνθρακα κ.λπ. ανήκουν στην ίδια κατηγορία.

➤ Μηχανήματα, συσκευές και ηλεκτρικές λυχνίες, πρέπει, στο μέτρο του δυνατού, να τοποθετούνται έξω από τους πολύ επικίνδυνους χώρους και τα κτίρια, όπως οι αποθήκες εκρηκτικών υλών και πυρομαχικών. Όταν παρά τους περιορισμούς αυτούς μέσα σε κτίριο αυτής της κατηγορίας υπάρχει μια ηλεκτρική εγκατάσταση, που τροφοδοτείται από εναέριο δίκτυο, η τροφοδοσία της από το δίκτυο πρέπει να γίνεται με τη χρήση υπόγειου καλωδίου.

➤ Μέσα σε επικίνδυνους χώρους από ενδεχόμενη παρουσία μιγμάτων αέρα και αερίων, ή ατμών και σκόνης, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε κανένα

τμήμα της εγκατάστασης να μη μπορεί να φθάσει σε υψηλή θερμοκρασία, που θα μπορούσε να προκαλέσει την ανάφλεξη αυτών των μιγμάτων. Κάθε εξάρτημα ή συσκευή της εγκατάστασης, που μπορεί σε κανονική λειτουργία να προκαλέσει σπινθήρα, πρέπει να τοποθετείται μέσα σε αντιαεκρηκτικό κιβώτιο. Πρέπει επίσης να παίρνονται μέτρα ασφάλειας σε περιπτώσεις που μπορούν να προκύψουν σπινθήρες από ανωμαλίες.

I. Εγκαταστάσεις σε υπαίθρο

➔ Εγκαταστάσεις **υπαίθρου** θεωρούνται οι εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν ασκεπείς χώρους, που οι αγωγοί και τα εξαρτήματά τους είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες και την εξωτερική θερμοκρασία.

➤ Τέτοιες εγκαταστάσεις είναι αυτές που εξυπηρετούν το φωτισμό κήπων, αυλών, τη λειτουργία βιομηχανικών ή γεωργικών υπαίθριων εγκαταστάσεων, οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται στο εξωτερικό των οικοδομών κ.λπ.

ΙΑ. Εγκαταστάσεις σε αίθουσες θεάτρων, κινηματογράφων, συναυλιών, μεγάλους χώρους συγκέντρωσης, μεγάλα καταστήματα, αίθουσες εκθέσεων, κ.λπ.

➔ Οι ειδικές διατάξεις που αναφέρονται σε αυτούς τους χώρους, περιλαμβάνονται στους «Ειδικούς Κανονισμούς περί Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων θεάτρων, κινηματογράφων κ.λπ.».

ΙΒ. Εγκαταστάσεις σε σκηνές θεάτρων, θαλαμίσκων, κινηματογράφων

➔ Στις σκηνές θεάτρων, τους θαλαμίσκους κινηματογράφων, κ.λπ., πρέπει να τηρούνται γενικώς οι ειδικές διατάξεις της προηγούμενης κατηγορίας.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

- 2.2.1** Τρόποι κατασκευής ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- 2.2.2** Διατομές και επιτρεπόμενα ρεύματα σε αγωγούς και καλώδια
- 2.2.3** Διατάξεις προστασίας και ελέγχου ηλεκτρικών κυκλωμάτων και καταναλωτών
- 2.2.4** Πυκνωτές διόρθωσης συντελεστή ισχύος
- 2.2.5** Λοιπά εξαρτήματα ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- 2.2.6** Συμβολισμός βασικών διατάξεων και μέσων προστασίας - ελέγχου

2

Ενότητα 2.2

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του Κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να διακρίνουν τις διάφορες κατηγορίες ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και αιτιολογούν την επιλογή συγκεκριμένου τρόπου εγκατάστασης
- ☞ να γνωρίζουν την ύπαρξη πινάκων που συσχετίζουν διατομές αγωγών και καλωδίων με επιτρεπόμενα ρεύματα που διαρρέουν αυτούς
- ☞ να γνωρίζουν τις διατάξεις προστασίας και ελέγχου μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης

2.2.1 Τρόποι κατασκευής ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων

⇒ Οι βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν τις ηλεκτρικές **εγκαταστάσεις φωτισμού** και τις ηλεκτρικές **εγκαταστάσεις κίνησης**. Οι εγκαταστάσεις κίνησης ακολουθούν κατά κανόνα τους κανονισμούς των εγκαταστάσεων φωτισμού με τη διαφορά ότι είναι εγκαταστάσεις μεγαλύτερου φορτίου και εξυπηρετούν ηλεκτρικές μηχανές (κινητήρες).

⇒ Ο μελετητής και ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης για να σχεδιάσει και να υλοποιήσει μία βιομηχανική εγκατάσταση είναι απαραίτητο να έχει μία κάτοψη του χώρου της βιομηχανικής εγκατάστασης. Στην κάτοψη θα πρέπει να φαίνονται καθαρά οι θέσεις των μηχανών και η αναγκαία ισχύς κάθε μηχανής, όπως αυτές θα υποδειχθούν από το κατάλληλο τεχνικό προσωπικό της μονάδας.

Επίσης πρέπει να προσαρμόσει την ηλεκτρική εγκατάσταση σύμφωνα με τις ανάγκες που υποδείχθηκαν από τους τεχνικούς του εργοστασίου και επιπλέον να λάβει υπόψη του τρία βασικά στοιχεία σχετικά με τα φορτία της βιομηχανικής μονάδας:

- **Την εγκατεστημένη ισχύ**
- **Το συντελεστή χρησιμοποίησης**
- **Το συντελεστή ταυτοχρονισμού**

⇒ Με βάση τα στοιχεία αυτά και την τοπογραφική διάταξη των φορτίων, τα οποία χρειάζονται για τη σχεδίαση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω απαιτήσεις:

- 1. Προστασία των χειριστών από ενδεχόμενες τάσεις επαφής.**
- 2. Ελαχιστοποίηση της διατομής των γραμμών, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος της εγκατάστασης.**
- 3. Δυνατότητα διακοπής και απομόνωσης μόνο του μέρους της εγκατάστασης που έπαθε βλάβη.**
- 4. Προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων και υπερφορτίσεων με σκοπό τη γρήγορη απομόνωση τέτοιων σημείων και την ελαχιστοποίηση των συνεπειών.**
- 5. Ίση κατανομή των φορτίου στις τρεις φάσεις.**
- 6. Διαχωρισμός των μηχανών που απορροφούν μεγάλα ρεύματα κατά την εκκίνηση και παρενοχλούν τη λειτουργία της υπόλοιπης εγκατάστασης.**

⇒ Οποιαδήποτε προβλήματα παρουσιασθούν κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης μιας εγκατάστασης, πρέπει να επιλύονται με γνώμονα πάντοτε την προσαρμογή της εγκατάστασης στον επιδιωκόμενο σκοπό και την ασφαλή λειτουργία της.

■ Οι ηλεκτρικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των υλικών και τις ανάγκες της εγκατάστασης. Έτσι λοιπόν οι εγκαταστάσεις, ανάλογα με τον **τρόπο κατασκευής** τους, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

A. Χωνευτές ή εντοιχισμένες εγκαταστάσεις

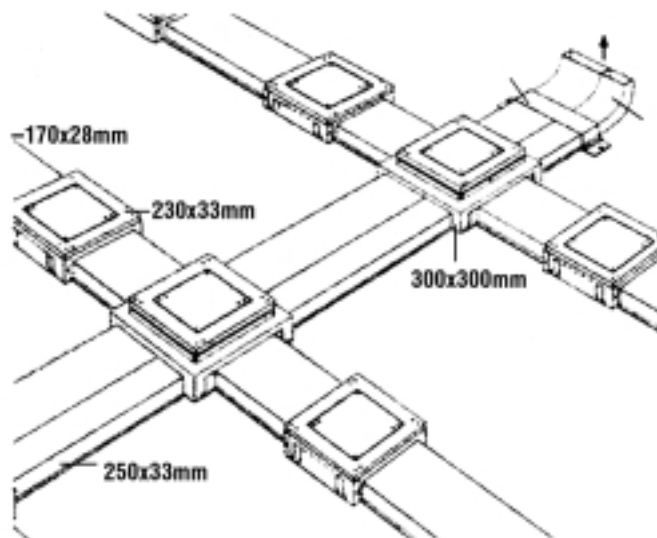
Οι **χωνευτές** ή **εντοιχισμένες** εγκαταστάσεις είναι οι εγκαταστάσεις στις οποίες οι αγωγοί και τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, τοποθετούνται μέσα σε κατάλληλους σωλήνες, οι οποίοι με τη σειρά τους τοποθετούνται στο επίχρισμα των τοίχων.

➤ Ο **τρόπος** αυτός εγκατάστασης δεν ενδείκνυται για μεγάλους χώρους όπου είναι τοποθετημένα πολλά μηχανήματα, παρά μόνο σε χώρους γραφείων.

B. Ορατές ή εξωτερικές εγκαταστάσεις

Οι **ορατές** ή **εξωτερικές** εγκαταστάσεις είναι οι εγκαταστάσεις στις οποίες οι αγωγοί και τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, τοποθετούνται μέσα σε χαλυβδοσωλήνες που στερεώνονται πάνω στους τοίχους.

➤ Ο **τρόπος** αυτός εγκατάστασης δεν ενδείκνυται για μεγάλους χώρους.



Σχήμα 2.2.1 Τμήμα εγκατάστασης ενδοδαπέδιου συστήματος

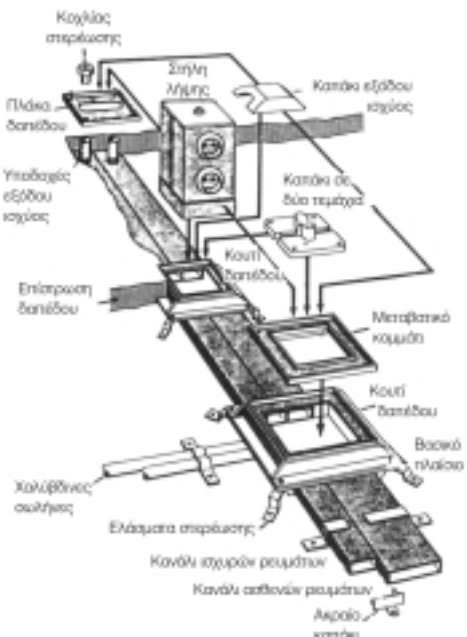
Γ. Ενδοδαπέδιες εγκαταστάσεις

Οι **ενδοδαπέδιες** εγκαταστάσεις είναι οι εγκαταστάσεις στις οποίες οι αγωγοί και τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, τοποθετούνται μέσα σε μονωμένους χαλυβδοσωλήνες ή κανάλια και κάτω από το πάτωμα, όπως φαίνεται στα Σχήματα 2.2.1 και 2.2.2.

Ο τρόπος αυτός εγκατάστασης έχει το πλεονέκτημα ότι δεν υπάρχει διαδρομή τροφοδοσίας στον εξωτερικό χώρο, με αποτέλεσμα την αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων από τη διακοπή κάποιου αγωγού.

Στις ενδοδαπέδιες εγκαταστάσεις τα διάφορα μηχανήματα τροφοδοτούνται από το πάτωμα και ακριβώς στη βάση του μηχανήματος. Προσοχή πρέπει να δοθεί έτσι ώστε η τροφοδοσία να γίνεται με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο και να είναι γνωστή η θέση των δρόμων τροφοδοσίας.

➤ **Σήμερα** οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν πολύ περιορισμένη εφαρμογή στη βιομηχανία και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε ανοιχτούς χώρους γραφείων.

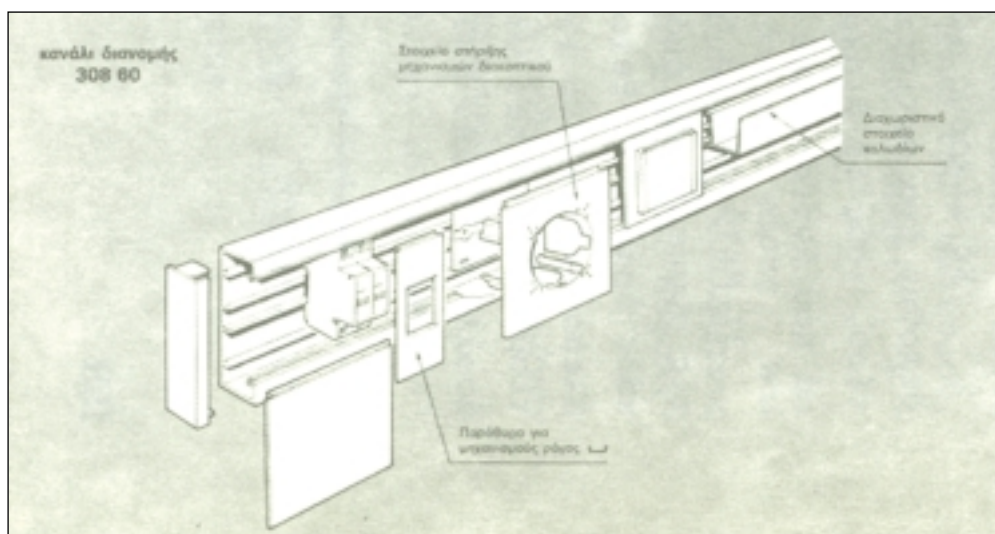


Σχήμα 2.2.2 Ενδοδαπέδιο σύστημα διανομής

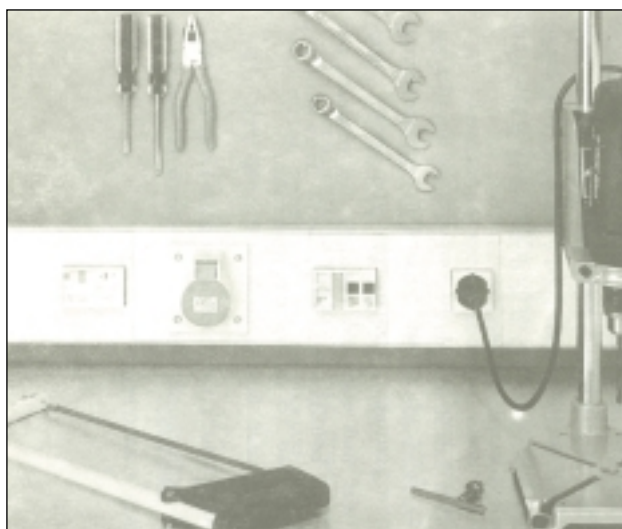
Δ. Εγκαταστάσεις με κανάλια

Εγκαταστάσεις με **κανάλια** είναι οι εγκαταστάσεις στις οποίες οι αγωγοί και τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, τοποθετούνται μέσα σε δρόμους (κανάλια), όπως φαίνεται στα Σχήματα 2.2.3 και 2.2.4.

► **Σήμερα** οι εγκαταστάσεις με κανάλια χρησιμοποιούνται μόνο σε καθαρά βιοτεχνικούς χώρους ή χώρους γραφείων και συνήθως δεν ξεπερνούν τα **100 Α**.



Σχήμα 2.2.3 Κανάλι διανομής



Σχήμα 2.2.4 Εγκατεστημένο κανάλι διανομής

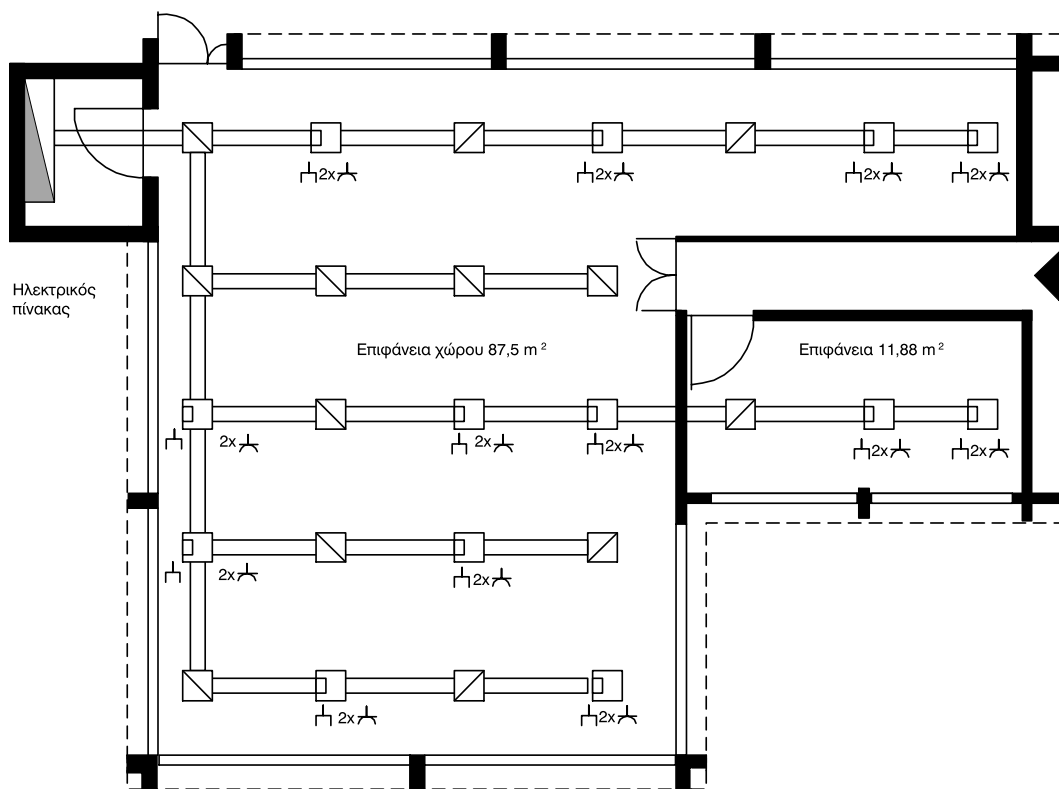
➔ Τα κανάλια διανομής είναι προκατασκευασμένες διατάξεις και η χρήση τους θεωρείται ως ο αποτελεσματικότερος τρόπος κατασκευής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης με πλεονεκτήματα όπως:

- εύκολη και γρήγορη τοποθέτηση,
- εύκολη τοποθέτηση αγωγών και εξαρτημάτων,
- εύκολος έλεγχος της εγκατάστασης για εντοπισμό βλαβών,
- εύκολος και οικονομικός τρόπος επέκτασης της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Κατασκευάζονται από **πλαστικό** ή **χαλυβδόελασμα** και ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησής τους κατατάσσονται σε **επιτοίχια**, σε **ενδοδαπέδια**, σε **ανοιχτά** και σε **επιδαπέδια**.

Υπάρχει επίσης και μεγάλος αριθμός εξαρτημάτων καναλιών για τη διευκόλυνση του εγκαταστάτη ηλεκτρολόγου στην τοποθέτηση, αλλαγή διευθύνσεων, κ.λπ.

➔ Μία εγκατάσταση με κανάλια διανομής φαίνεται στο Σχήμα 2.2.5.



Σχήμα 2.2.5 Ενδοδαπέδια ηλεκτρική εγκατάσταση με κανάλια διανομής

Ε. Εγκαταστάσεις συνεχούς τροφοδοσίας με κανάλια οροφής

Το σύστημα **συνεχούς τροφοδοσίας** με κανάλια οροφής εφαρμόζεται κυρίως σε βιομηχανικές μονάδες όπου οι θέσεις διαφόρων ηλεκτρικών φορτίων (εργαλειομηχανών) των μονάδων, μπορεί να αλλάζουν θέσεις λόγω αλλαγής της παραγωγής ή ανακατανομής τους στο χώρο. Τέτοιες μονάδες είναι τα εργοστάσια κατασκευής εργαλείων, αυτοκινήτων, χαρτιού, οι εγκαταστάσεις κατεργασίας ξύλου, παραγωγής τροφίμων, τα υφαντουργεία, τα εργαστήρια, κ.λπ.

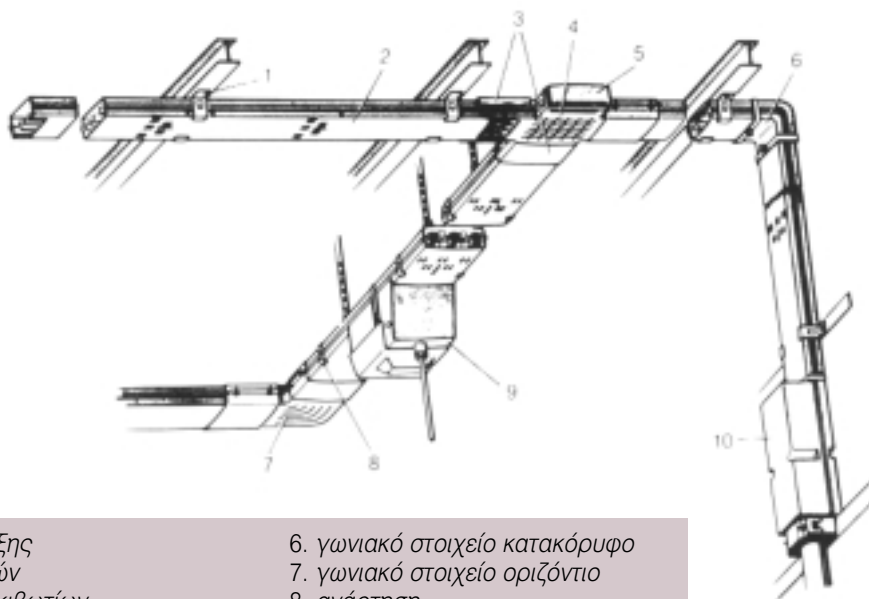
Το σύστημα αυτό, όπως είναι φανερό, επιτρέπει ευελιξία στην τοποθέτηση και τροφοδότηση των διαφόρων ηλεκτρικών φορτίων της εγκατάστασης (εργαλειομηχανών, κ.λπ.) χωρίς ουσιώδεις αλλαγές στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

➔ Οι γραμμές τροφοδοσίας αποτελούνται από 5

χάλκινες μπάρες (τρεις φάσεις, ουδέτερος και γείωση) που τοποθετούνται μέσα σε κανάλια από συνθετική ύλη και οδεύουν σε ύψος 3 – 4 m κατά μήκος των γραμμών τοποθέτησης των διαφόρων μηχανών παραγωγής έργου (Σχήματα 2.2.6 και 2.2.7).

Με τη βοήθεια **κιβωτίων απαγωγής** (κιβώτια ρευματοληψίας για τη σύνδεση φορτίων) με δυνατότητα τοποθέτησης ανά 25 cm περίπου που φέρουν ασφάλειες (τιμών 25 A, 63 A, 100 A, 200 A και 400 A) τροφοδοτούνται οι διάφορες μηχανές. Υπάρχει η δυνατότητα τα κανάλια αυτά να χρησιμοποιηθούν και σαν φέρουσα κατασκευή του φωτισμού (τοποθέτηση λαμπτήρων στα πλάγια ή από κάτω, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.8) ιδιαίτερα στην περίπτωση αιθουσών με στέγη από σιδηροκατασκευή.

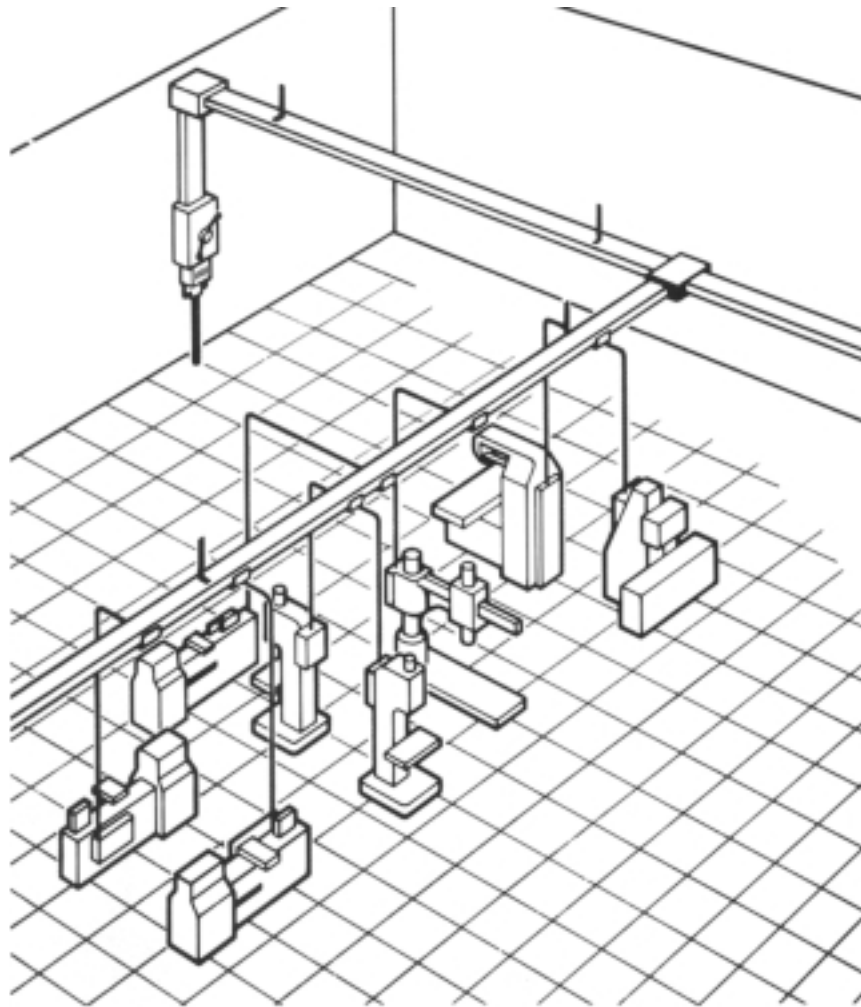
➤ Η **σύνδεση** και **αποσύνδεση** των κιβωτίων των απαγωγών **με ή χωρίς τάση** εξασφαλίζεται με μηχανική μανδάλωση.



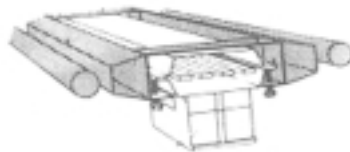
1. γωνία στήριξης
2. κιβώτιο ζυγών
3. σύνδεσμος κιβωτίων
4. κιβώτιο διακλάδωσης
5. καπάκι

6. γωνιακό στοιχείο κατακόρυφο
7. γωνιακό στοιχείο οριζόντιο
8. ανάρτηση
9. κιβώτιο απαγωγής
10. κιβώτιο τροφοδοσίας

Σχήμα 2.2.6 Σύστημα συνεχούς τροφοδοσίας από την οροφή



Σχήμα 2.2.7 Παράσταση συστήματος συνεχούς τροφοδοσίας



Σχήμα 2.2.8 Τοποθέτηση λαμπτήρα στο σύστημα συνεχούς τροφοδοσίας

ΣΤ. Εναέριες εγκαταστάσεις

Οι **εναέριες** εγκαταστάσεις είναι οι εγκαταστάσεις στις οποίες οι αγωγοί και τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, εκτίθενται στον αέρα (με τη στήριξη ή μη χαλύβδινου συρματόσχοινου), ακολουθώντας τους ισχύοντες κανονισμούς ασφαλείας.

Το πλεονέκτημα αυτών των εγκαταστάσεων είναι το μικρό κόστος. Παρουσιάζουν όμως μειονεκτήματα επειδή μπορούν πιο εύκολα να προκληθούν ατυχήματα λόγω της μη προστασίας των αγωγών αλλά και της μόνιμης έκθεσής τους στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

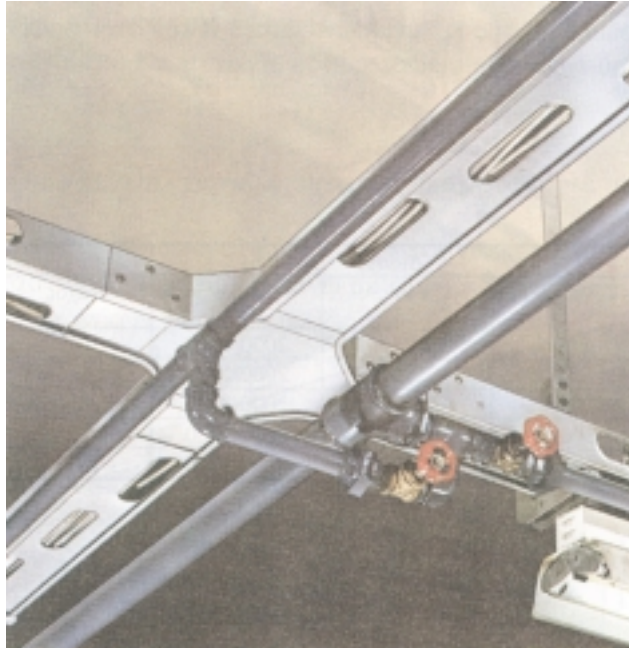
Η. Εγκαταστάσεις με σχάρες

Οι **σχάρες** χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ορατών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε βιοτεχνικούς και βιομηχανικούς χώρους. Τοποθετούνται στους τοίχους ή τις οροφές (Σχήμα 2.2.9) με τη βοήθεια οριζόντιων ή κάθετων στηριγμάτων. Μπορούν μετά την τοποθέτηση των καλωδίων να παραμείνουν ανοικτές ή να τοποθετηθούν πάνω σε αυτές ειδικά καλύμματα.

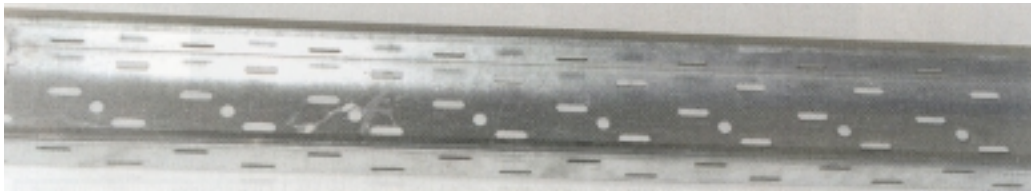
Οι σχάρες συνοδεύονται από μία σειρά βοηθητικών εξαρτημάτων, όπως γωνίες, σύνδεσμοι, στηρίγματα, κ.λπ. Κατασκευάζονται από **πλαστικό (PVC)** (πλαστικές σχάρες) ή από **γαλβανισμένη λαμαρίνα** (μεταλλικές σχάρες) για αυξημένη αντοχή (Σχήμα 2.2.10).

Στο εμπόριο υπάρχουν, σε διάφορα μήκη και πλάτη, πλαστικές και μεταλλικές σχάρες.

Σχάρες πλαστικές (σε μήκη των 3 μέτρων)										
Διαστάσεις σε mm (πλάτος x ύψος)	100 x 60	150 x 60	200 x 60	200 x 100	300 x 100					
Σχάρες μεταλλικές (σε μήκη των 2,5 μέτρων)										
Διαστάσεις σε mm (πλάτος x ύψος)	50x50	100x50	150x50	200x50	300x50	400x50	50x35	100x35	200x35	



Σχήμα 2.2.9 Ανάρτηση σχάρας στην οροφή



Σχήμα 2.2.10 Μεταλλική σχάρα

2.2.2 Διατομές και επιτρεπόμενα ρεύματα σε αγωγούς και καλώδια

Η **επιλογή** της κατάλληλης διατομής αγωγών και καλωδίων στις γραμμές τροφοδοσίας, γίνεται χρησιμοποιώντας πίνακες που συσχετίζουν διατομές **αγωγών** και **καλωδίων** με τα επιτρεπόμενα ρεύματα που τους διαρρέουν.

→ Στη συνέχεια παρατίθενται τέτοιοι πίνακες σύμφωνα με:

- A.** Τους **Ελληνικούς κανονισμούς** των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων, άρθρο 126 (Πίνακας 2.2.1).
- B.** Στοιχεία που δίνουν οι **Έλληνες κατασκευαστές καλωδίων** (Πίνακας 2.2.3).
- Γ.** Τους **Γερμανικούς κανονισμούς** (DIN VDE), **διε-**

θνείς κανονισμούς (IEC) και τα **έντυπα εναρμόνισης** (HD) που επικαλύπτουν τους Ελληνικούς κανονισμούς (Πίνακας 2.2.4)

A. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς των ΕΗΕ)

Σύμφωνα με τους **Ελληνικούς κανονισμούς ΕΗΕ**, αγωγοί μονωμένοι, ελεύθερα καλώδια ή εντοιχισμένα καθώς και εύκαμπτα καλώδια, κατατάσσονται σε τρεις ομάδες με βάση το είδος τους και τον τρόπο εγκατάστασής τους. Η κατάταξη αυτή φαίνεται στον επόμενο **Πίνακα 2.2.1**.

Πίνακας 2.2.1 <i>Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας σε μονωμένους αγωγούς, σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων</i>			
Διατομή Cu mm ²	Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα I συνεχούς λειτουργίας σε (A)		
	ΟΜΑΔΑ I	ΟΜΑΔΑ II	ΟΜΑΔΑ III
0,75	9	15	7
1	11	18	9
1,5	14	22	10
2,5	20	31	15
4	25	41	20
6	33	54	26
10	43	70	35
16	60	96	48
25	83	128	65
35	100	153	78
50	127	197	100
70	147	237	-
95	181	287	-
120	208	336	-
150	238	383	-
185	266	435	-
240	310	515	-
300	355	596	-
375	-	683	-
400	-	710	-
500	-	810	-

Ο **Πίνακας 2.2.1** μας δίνει τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή ρεύματος συνεχούς λειτουργίας σε αγωγούς με μόνωση από ελαστικό ή θερμοπλαστικό υλικό. Οι τιμές αυτές αφορούν θερμοκρασία περιβάλλοντος 30ο C και θερμοκρασία λειτουργίας των αγωγών 60ο C, ενώ η τάση λειτουργίας τους είναι μέχρι 250 V ως προς γη.

1η Ομάδα: Τρεις το πολύ ενεργοί αγωγοί μέσα στον ίδιο σωλήνα ή μέσα στο ίδιο περίβλημα (καλώδια), σε εξωτερική ή χωνευτή εγκατάσταση. Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται και οι τριφασικές γραμμές. Ο ουδέτερος αγωγός και η γείωση δεν περιλαμβάνονται στους ενεργούς αγωγούς.

2η Ομάδα: Μονοπολικά καλώδια ή αγωγοί ορατών εγκαταστάσεων ή γραμμές τροφοδοσίας κι-

νητών συσκευών αρκεί η μεταξύ τους απόσταση να είναι μεγαλύτερη της διαμέτρου των.

3η Ομάδα: Καλώδια συνδέσεων φορητών συσκευών με τρεις το πολύ ενεργούς αγωγούς.

➔ Τα στοιχεία του **Πίνακα 2.2.1** ισχύουν για θερμοκρασίες περιβάλλοντος 30°C. Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 30°C, το επιτρεπόμενο ρεύμα θα λαμβάνεται ως ποσοστό των τιμών του **Πίνακα 2.2.1** με βάση τις τιμές του επόμενου **Πίνακα 2.2.2**. Επίσης για περισσότερους από τρεις ενεργούς αγωγούς μέσα στον ίδιο σωλήνα το επιτρεπόμενο ρεύμα θα λαμβάνεται ως ποσοστό των τιμών του **Πίνακα 2.2.1** με βάση τις τιμές που φαίνονται στον **Πίνακα 2.2.2**.

Πίνακας 2.2.2 A. Μετατροπή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του Πίνακα 2.2.1 για θερμοκρασία περιβάλλοντος μεγαλύτερη των 30°C. B. Μετατροπή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος για περισσότερους από τρεις αγωγούς στον ίδιο σωλήνα ή περίβλημα.			
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	Ποσοστά ελάττωσης των τιμών του Πίνακα 2.2.1	Αριθμός ενεργών αγωγών στον ίδιο σωλήνα ή περίβλημα	Ποσοστά ελάττωσης των τιμών του Πίνακα 2.2.1
30° C	100%	-	-
35° C	91%	4 έως 6	80%
40° C	82%	7 έως 9	70%
45° C	71%	-	-
50° C	58%	-	-
55° C	41%	-	-

Β. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (σύμφωνα με τους Ελληνικούς κατασκευαστές καλωδίων)

➔ Ο Πίνακας 2.2.3, που ακολουθεί, περιέχει για διάφορους τύπους καλωδίων, στοιχεία διατομών και μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης ρεύματος για μονωμένους αγωγούς με τρεις το πολύ ενεργούς αγωγούς μέσα στον ίδιο σωλήνα ή καλώδιο σε ορατή ή χωνευτή εγκατάσταση. Οι τιμές αυτές δίνονται με βάση στοιχεία **Ελλήνων κατασκευαστών καλωδίων**.

Πίνακας 2.2.3 Διατομές και μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα διαφόρων τύπων καλωδίων με βάση στοιχεία από Έλληνες κατασκευαστές καλωδίων									
Διατομή αγωγών mm ²	Επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος (A)					Προτεινόμενη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος σε (A)		Προτεινόμενη ασφάλεια προστασίας σε (A) για καλώδια NYG για καλώδια NYG	
	H07V-K (NYAF) (αέρας)	H07V-U H07V-R (NYA) (αέρας)	A05VY-U A05VY-R (NYM) (αέρας)	J1VV-U J1VV-R J1VV-S (NYY)		αέρας	έδαφος	αέρας	έδαφος
				αέρας	έδαφος				
1	12	12	-	-	-	12	-	10	-
1,5	16	16	20	18	27	18	25	16	20
2,5	21	21	27	25	35	25	35	20	25
4	27	27	36	35	45	35	45	25	35
6	35	35	47	45	56	45	55	35	50
10	48	48	65	58	75	55	75	50	63
16	65	65	87	80	98	80	95	63	80
25	-	88	-	103	130	100	125	80	100
35	-	110	-	125	150	120	150	100	125
50	-	140	-	155	180	150	175	125	160
70	-	175	-	195	225	180	220	160	200
95	-	210	-	240	270	220	260	200	224
120	-	-	-	280	310	260	300	224	250
150	-	-	-	320	345	300	335	250	300
185	-	-	-	360	390	340	380	300	355
240	-	-	-	425	455	400	440	355	400
300	-	-	-	525	540	500	525	400	500
375	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Οι τιμές του παραπάνω πίνακα αφορούν θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C για εγκατάσταση στον αέρα και 20°C για εγκατάσταση στο έδαφος και τάση λειτουργίας 230/400 V. Ο υπολογισμός των μέγιστων επιτρεπόμενων εντάσεων ρευμάτων, του πίνακα αυτού, έγινε σύμφωνα με το **πρότυπο IEC 287**.

Γ. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

(σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς (DIN VDE), τους Διεθνείς κανονισμούς (IEC) και τα έντυπα εναρμόνισης (HD))

Η ικανότητα φόρτισης καλωδίων σύμφωνα με τα DIN VDE, IEC και HD, που επικαλύπτουν τους ελληνικούς κανονισμούς, παρουσιάζεται στον επόμενο Πίνακα 2.2.4.

Ο πίνακας αυτός δίνει τις ονομαστικές τιμές ρεύματος για εύκαμπτα καλώδια και για όλους τους τύπους καλωδίων σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος 30°C.

Πίνακας 2.2.4 Διατομές - Ονομαστικές τιμές ρεύματος και τιμές ασφαλειών προστασίας, για όλους τους τύπους καλωδίων σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς, Διεθνείς κανονισμούς και τα έντυπα εναρμόνισης						
Διατομή αγωγού σε mm ²	ΟΜΑΔΑ I		ΟΜΑΔΑ II		ΟΜΑΔΑ III	
	Ονομαστική τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας (A)	Ονομαστική τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας (A)	Ονομαστική τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας (A)
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

Όπως βλέπουμε στον **Πίνακα 2.2.4** οι αγωγοί χωρίζονται σε τρεις ομάδες, ανάλογα με το είδος και τις συνθήκες λειτουργίας τους.

1η Ομάδα: Σε αυτή την ομάδα περιέχονται μονοπολικά καλώδια και μονωμένοι αγωγοί με περίβλημα HO3V.../HO5V.../HO7V... σύμφωνα με τους κανονισμούς VDE 0281.

2η Ομάδα: Σε αυτή την ομάδα περιλαμβάνονται καλώδια με περίβλημα από PVC, εύκαμπτα καλώ-

δια, καλώδια με μεταλλικό περίβλημα σε ανοιχτούς ή αεριζόμενους χώρους.

3η Ομάδα: Σε αυτή την ομάδα περιλαμβάνονται καλώδια τοποθετημένα στον αέρα σε απόσταση ίση με τη διάμετρο του καλωδίου ή μονωμένοι αγωγοί για κατασκευή πινάκων διανομής.

→ Για θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεγαλύτερες των 30°C οι τιμές του **Πίνακα 2.2.4** μεταβάλλονται σύμφωνα με τον επόμενο **Πίνακα 2.2.5**.

Πίνακας 2.2.5 Μεταβολή των τιμών του Πίνακα 2.2.4 για θερμοκρασία περιβάλλοντος μεγαλύτερη των 30°C		
	Ονομαστικές τιμές σε ποσοστό των τιμών του Πίνακα 2.2.4	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος °C	Μόνωση με λάστιχο - επιτρεπόμενη θερμοκρασία αγωγού 60°C	Μόνωση από PVC - επιτρεπόμενη θερμοκρασία αγωγού 70°C
31 - 35	91 %	92 %
36 - 40	82 %	87 %
41 - 45	71 %	79 %
46 - 50	58 %	71 %
51 - 55	41 %	61 %

2.2.3 Διατάξεις προστασίας και ελέγχου ηλεκτρικών κυκλωμάτων και καταναλωτών

Οι διατάξεις προστασίας χρησιμοποιούνται για την προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και των συσκευών που τροφοδοτούνται από αυτά, σε περιπτώσεις υπερεντάσεων (ή αλλιώς υπερφορτίσεων) και βραχυκυκλωμάτων.

Τα όργανα των διατάξεων αυτών θα πρέπει να διακόπτουν έγκαιρα την παροχή ηλεκτρικής ισχύος στα κυκλώματα ή τις συσκευές, ώστε να προστατεύουν αυτά από υπερεντάσεις ή βραχυκυκλώματα.

■ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ

Σύμφωνα με τους κανονισμούς κάθε συσκευή ή γραμμή τροφοδοσίας πρέπει να προστατεύεται με ασφάλειες τήξης ή αυτόματες ασφάλειες έναντι υπερεντάσεων που μπορούν να προκαλέσουν επικίνδυνες υπερθερμάνσεις στους ίδιους τους αγωγούς ή τις συσκευές.

Οι ασφάλειες, τήξης ή αυτόματες, τοποθετούνται στους πίνακες διανομής στην αρχή κάθε κυκλώματος, καθώς και στα σημεία αλλαγής της διατομής μιας γραμμής ενός κυκλώματος τροφοδοσίας

➤ Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των ασφαλειών είναι:

- η Τάση λειτουργίας τους σε (V)
- το Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας τους σε (A)
- το Ρεύμα διακοπής τους σε (kA), δηλαδή το μέγιστο ρεύμα που μπορούν να διακόψουν υπό ονομαστική τάση, χωρίς να έχουμε βλάβη στα κυκλώματα και τις συσκευές που προστατεύουν
- η σχέση μεταξύ χρόνου ενεργοποίησης και ρεύματος που τις διαρρέει

➔ Ασφάλειες τήξης

Το ονομαστικό ρεύμα των ασφαλειών τήξης (ή αλλιώς συντηκτικές ασφάλειες), που τοποθετούνται στην αρχή των γραμμών, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας της γραμμής, όπως αυτό ορίζεται από τους Πίνακες: 2.2.1 (Ελληνικοί κανονισμοί), 2.2.3 (στοιχεία από Έλληνες κατασκευαστές καλωδίων) και 2.2.4 (κανονισμοί DIN VDE, IEC, HD) που παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

Ονομαστικές τιμές ασφαλειών τήξης με βάση τους προηγούμενους πίνακες δίνονται στους επόμενους Πίνακες 2.2.6, 2.2.7 και 2.2.8.

Πίνακας 2.2.6 Ονομαστικές τιμές ρεύματος ασφαλειών πήξης, μαζί με τις αντίστοιχες ονομαστικές διατομές και τα μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα συνεχούς λειτουργίας, με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 2.2.1 (Ελληνικοί κανονισμοί)

Ονομαστική διατομή χάλκινου αγωγού σε mm ²	Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας σε (A) ΟΜΑΔΑ Ι Πίνακας 2.2.1	Ονομαστικό ρεύμα ασφαλειών σε (A)
0,75	9	6
1	11	10
1,5	14	10
2,5	20	20
4	25	25
6	33	25 (35)
10	43	35
16	60	50 (63)
25	83	80
35	100	100
50	152	125
70	147	125
95	181	160
120	208	200
150	238	224
185	266	250
240	310	300
300	355	355
375	-	-
400	-	-
500	-	-

Πίνακας 2.2.7 Προτεινόμενες τιμές ρεύματος ασφαλειών τήξης, μαζί με τις αντίστοιχες ονομαστικές διατομές και τα μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα συνεχούς λειτουργίας, με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 2.2.3 (στοιχεία από Έλληνες κατασκευαστές καλωδίων)

Ονομαστική διατομή χάλκινου αγωγού σε mm²	Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας σε (A) Προτεινόμενες τιμές Πίνακα 2.2.3	Ονομαστικό ρεύμα ασφαλειών σε (A) Προτεινόμενες τιμές Πίνακα 2.2.3
1	12	10
1,5	15	16
2,5	25	20
4	35	25
6	45	35
10	55	50
16	80	63
25	100	80
35	120	100
50	150	125
70	180	160
95	220	200
120	260	224
150	300	250
185	340	300
240	400	355
300	500	400
375	-	-
400	-	-
500	-	-

Πίνακας 2.2.8 Προτεινόμενες τιμές ρεύματος ασφαλειών τήξης, μαζί με τις αντίστοιχες ονομαστικές διατομές και τα μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα συνεχούς λειτουργίας, με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 2.2.4 (κανονισμοί DIN VDE, IEC).

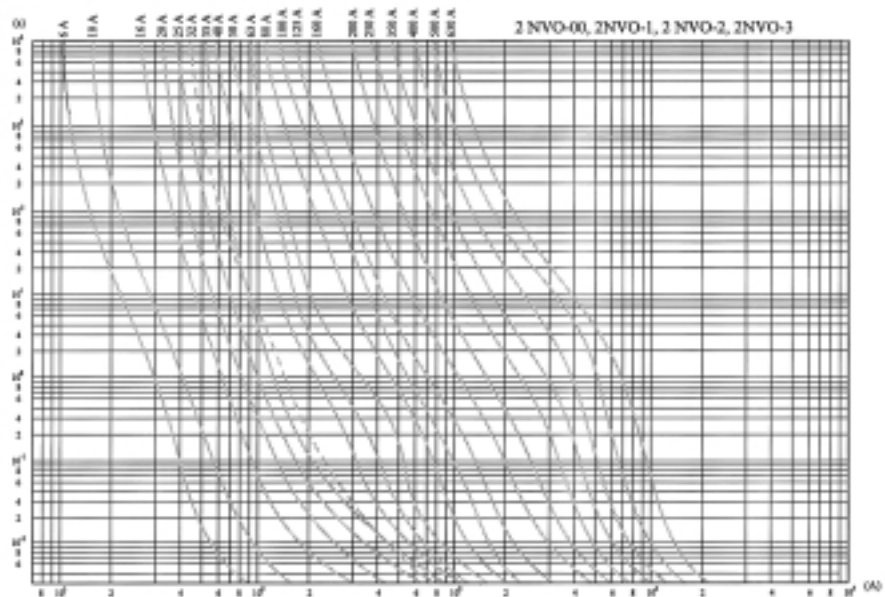
Ονομαστική διατομή χάλκινου αγωγού σε mm ²	Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας σε (A) ΟΜΑΔΑ 2, Πίνακας 2.2.4	Ονομαστικό ρεύμα ασφαλειών σε (A) ΟΜΑΔΑ 2, Πίνακας 2.2.4
0,05	1	-
0,14	2	-
0,25	3	-
0,34	6	-
0,5	9	-
0,75	12	10
1	15	10
1,5	18	16
2,5	26	25 (20)
4	34	25
6	44	35
10	61	50
16	61	80
25	108	100
35	135	125
50	168	160
70	207	200
95	250	250
120	292	250
150	335	300
185	382	355
240	453	425
300	523	500
400	-	-

⇒ Οι ασφάλειες τήξης χαρακτηρίζονται, ανάλογα με το χρόνο ενεργοποίησής τους, ως ασφάλειες **ταχείας τήξης** και ως ασφάλειες **βραδείας τήξης**. Η λειτουργία τους περιγράφεται με χαρακτηριστικές καμπύλες, στις οποίες δίνονται οι χρόνοι ενεργοποίησής τους σε συνάρτηση με το ρεύμα βραχυκύκλωσης για διάφορες τιμές ονομαστικών ρευμάτων των ασφαλειών, όπως αυτές φαίνονται στα Σχήματα 2.2.11 και 2.2.12.

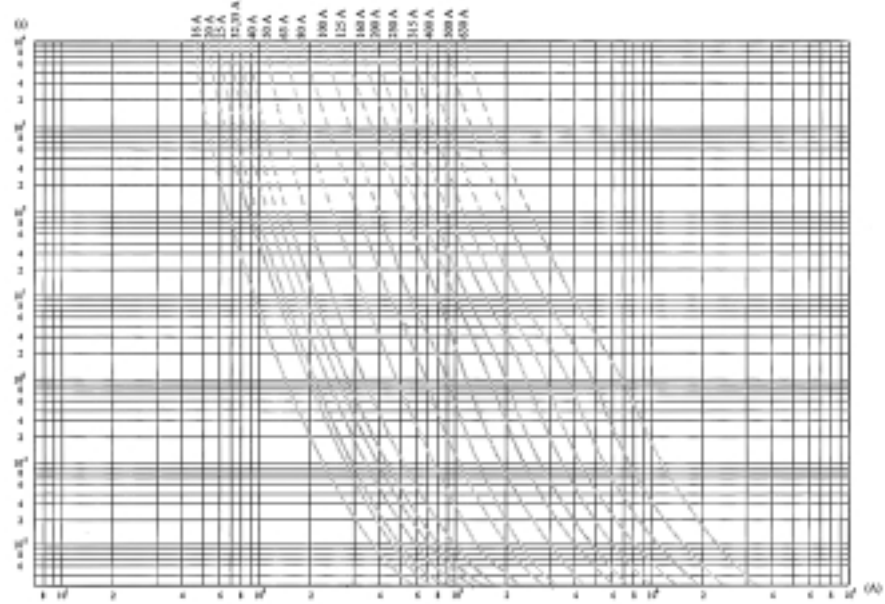
➤ Στις ασφάλειες **ταχείας τήξης** το τηκτό (νήμα) λιώνει γρήγορα σε χρόνο 0,2 έως 0,5 sec περίπου, όταν το ρεύμα που τις διαρρέει ξεπεράσει το ονομαστικό τους κατά 3,5 φορές. Οι ασφάλειες αυτές χαρακτηρίζονται ως ασφάλειες τύπου **gL**.

➤ Στις ασφάλειες **βραδείας τήξης** το τηκτό (νήμα) λιώνει πιο αργά σε χρόνο περίπου 5 sec, όταν το ρεύμα που τις διαρρέει ξεπεράσει το ονομαστικό τους κατά 3,5 φορές. Οι ασφάλειες αυτές χαρακτηρίζονται ως ασφάλειες **τύπου aM**.

➔ Ασφάλειες **βραδείας τήξης** χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία ηλεκτρικών κινητήρων, όπου στην εκκίνησή τους έχουμε μεγάλα ρεύματα και επομένως με ασφάλειες ταχείας τήξης δεν θα ήταν δυνατή η εκκίνηση λόγω καταστροφής της ασφάλειας.



Σχήμα 2.2.11 Καμπύλες ασφαλειών ταχείας τήξης (τύπου gL)




Σχήμα 2.2.12 Καμπύλες ασφαλειών βραδείας τήξης (τύπου aM)

➔ Ασφάλειες τήξης υπάρχουν δύο ειδών, που είναι:


1. οι **βιδωτές ασφάλειες**, οι οποίες δεν χρησιμοποιούνται συχνά στις σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, είτε οικιακές είτε βιομηχανικές.
2. οι **μαχαιρωτές ασφάλειες (NH)**, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις με μεγάλα ρεύματα. Αυτές κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη, τα οποία συνδυάζονται με αντίστοιχα μεγέθη βάσεων ασφαλειών.

Στον επόμενο **Πίνακα 2.2.9** δίνονται στοιχεία για το μέγιστο ρεύμα βάσεων μαχαιρωτών ασφαλειών μεγεθών (00, 0, 1, 2, και 3) και διατομών αγωγών που συνδέονται σε αυτές.


Πίνακας 2.2.9 Στοιχεία για το μέγιστο ρεύμα και τις διατομές των αγωγών βάσεων μαχαιρωτών ασφαλειών μεγεθών 00, 1, 2, 3 και 4α



Μέγεθος 0





Μέγεθος 1



Μέγεθος 2

Διάφορα μεγέθη μαχαιρωτών ασφαλειών

 Μονοπολική βάση	Μέγεθος	Μέγιστο ρεύμα σε (A)	Μέγιστη διατομή αγωγού σε mm ²
		00	160
	0	160	95
	1	250	150
	2	400	300
	3	630	2 x 40 x 5 mm
	4α	1250	2 x 80 x 5 mm
 Τριπολική βάση	Μέγεθος	Μέγιστο ρεύμα σε (A)	Μέγιστη διατομή αγωγού σε mm ²
	00	160	95
	1	250	150

Σημείωση: Δεν υπάρχουν μαχαιρωτές ασφάλειες ταχείας ή βραδείας τήξης. Όλες οι μαχαιρωτές ασφάλειες συμπεριφέρονται όπως οι ασφάλειες ταχείας τήξης.

Στον Πίνακα 2.2.10 δίνονται, από στοιχεία κατασκευαστών, οι ονομαστικές τιμές ρεύματος μαχαιρωτών ασφαλειών σε (A) για τάση λειτουργίας 500 V.

Πίνακας 2.2.10: Ονομαστικά ρεύματα τυποποιημένων μαχαιρωτών ασφαλειών σε (A)
Για τάση λειτουργίας 500 V και ικανότητα διακοπής 80 - 120 kA

Ικανότητα διακοπής: είναι το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διακοπεί με ασφάλεια, χωρίς να προκύψει πρόβλημα στην εγκατάσταση

Μέγεθος 00	Μέγεθος 0	Μέγεθος 1	Μέγεθος 2	Μέγεθος 3	Μέγεθος 4
2	6	16	35	200	500
4	10	20	50	250	630
6	16	25	63	300	800
10	20	35	80	315	1000
16	25	40	100	355	1250
20	32	50	125	400	
25	35	63	160	425	
32	40	80	200	500	
35	50	100	224	630	
40	63	125	250		
50	80	160	300		
63	100	200	315		
80	125	224	355		
100	160	250	400		
125					
160					

→ **Αυτόματες ασφάλειες (ή μικροαυτόματοι προστασίας γραμμών)**

Οι αυτόματες ασφάλειες ή αλλιώς μικροαυτόματοι, είναι διατάξεις (εξαρτήματα) οι οποίες προσφέρουν:

- **Θερμική προστασία** σε περίπτωση υπερφόρτισης (ρεύμα μεγαλύτερο από το κανονικό).
- **Μαγνητική προστασία** σε περίπτωση βραχυκυκλώματος (ρεύμα πολύ μεγαλύτερο από το κανονικό).

➤ Οι αυτόματες ασφάλειες έχουν περιορισμένη ικανότητα διακοπής που είναι της τάξης των 3 - 10 kA (συνήθως είναι των 6 kA). Αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι μεγαλύτερο από αυτή την τιμή, τότε πρέπει να προταθεί κατάλληλος συνδυασμός διακόπτη φορτίου (χαρακτηριστικά του οποίου περιγράφονται στη συνέχεια) και ασφάλειας τήξης.

➤ Ανάλογα με το χρόνο ενεργοποίησης και την ικανότητα διακοπής τους, υπάρχουν τέσσερις χαρακτηριστικοί τύποι μικροαυτομάτων (αυτομάτων ασφαλειών) 'A', 'B', 'C' και 'D'. που περιγράφονται στον επόμενο Πίνακα 2.2.11. Για κάθε τύπο μικροαυτομάτου γίνονται κάποιες **δοκιμές για υπερφόρτιση** και για **βραχυκύκλωμα**. Ο χρόνος δοκιμών για υπερφόρτιση είναι 1 ώρα (1 h) και για βραχυκύκλωμα είναι 0,1 δευτε-

ρόλεπτα (0,1 sec). Οι δοκιμές γίνονται (για υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα) για ένα **μικρό ρεύμα** και για ένα **μεγάλο ρεύμα** που καθορίζονται σαν πολλαπλάσια του ονομαστικού ρεύματος I_N του μικροαυτόματου.

► Στον επόμενο Πίνακα 2.2.11 δίνεται ως παράδειγμα η συμπεριφορά στις δοκιμές των τεσσάρων τύπων, εταιρείας κατασκευής μικροαυτόματων.

Πίνακας 2.2.11 Αυτόματες ασφάλειες (μικροαυτόματοι) για ονομαστικά ρεύματα από 5 έως 60 A (I_N)						
Τύποι ασφαλειών	Δοκιμή σε υπερφόρτιση			Δοκιμή σε βραχυκύκλωμα		
	Ρεύματα δοκιμής- χρόνος ενεργοποίησης					
	Μικρό ρεύμα	Μεγάλο ρεύμα	Χρόνος ενεργοποίησης t	Μικρό ρεύμα	Μεγάλο ρεύμα	Χρόνος ενεργοποίησης t
Τύπος “Α” «Χρησιμοποιείται σε κυκλώματα τηλεχειρισμών με μεγάλα μήκη και επίσης για την προστασία ημιαγωγών»	1,13 I_N		> 1 h	2 I_N		≥ 0,1 sec
		1,45 I_N	< 1 h		3 I_N	< 0,1 sec
Τύπος “Β” «Χρησιμοποιείται κατά προτεραιότητα για την προστασία αγωγών και καλωδίων»	1,13 I_N		> 1 h	3 I_N		≥ 0,1 sec
		1,45 I_N	< 1 h		5 I_N	< 0,1 sec
Τύπος “C” «Χρησιμοποιείται για την προστασία αγωγών και καλωδίων και ιδιαίτερα σε συσκευές με μεγάλο ρεύμα εκκίνησης (κινητήρες, ειδικού τύπου λαμπτήρες)»	1,13 I_N		> 1 h	5 I_N		≥ 0,1 sec
		1,45 I_N	< 1 h		10 I_N	< 0,1 sec
Τύπος “D” «Χρησιμοποιείται σε συσκευές που παράγουν ισχυρά πάλλοντα ρεύματα όπως μετασχηματιστές, μαγνητικές βαλβίδες, κ.λπ.»	1,13 I_N		> 1 h	10 I_N		≥ 0,1 sec
		1,45 I_N	< 1 h		20 I_N	< 0,1 sec

Παράδειγμα επεξήγησης του Πίνακα 2.2.11

Δοκιμή σε υπερφόρτιση

► Ένας μικροαυτόματος τύπου C με ονομαστικό ρεύμα $I_N = 40$ A θα ενεργοποιηθεί σε χρόνο περισσότερο από 1 ώρα, όταν περάσει από αυτόν το **μικρό ρεύμα** $I = 1,13 \cdot I_N = 1,13 \cdot 40 = 45,2$ A.



➤ Ο ίδιος μικροαυτόματος θα ενεργοποιηθεί σε χρόνο λιγότερο από 1 ώρα, όταν περάσει από αυτόν το **μεγάλο ρεύμα** $I = 1,45 \cdot I_N = 1,45 \cdot 40 = 58 \text{ A}$.



Δοκιμή σε βραχυκύκλωμα

➤ Ένας μικροαυτόματος θα ενεργοποιηθεί σε χρόνο μεγαλύτερο από 0,1 sec, όταν περάσει από αυτόν το **μικρό ρεύμα** $I = 5 \cdot I_N = 5 \cdot 40 = 200 \text{ A}$.

➤ Ο ίδιος μικροαυτόματος θα ενεργοποιηθεί σε χρόνο λιγότερο από 0,1 sec, όταν περάσει από αυτόν το **μεγάλο ρεύμα** $I = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 40 = 400 \text{ A}$.

➔ Ο επόμενος **Πίνακας 2.2.12** μας δίνει τα ονομαστικά ρεύματα αυτόματων ασφαλειών σε (A) για όλους τους τύπους, από στοιχεία κατασκευαστών.

Πίνακας 2.2.12 Ονομαστικά ρεύματα τυποποιημένων αυτόματων ασφαλειών σε (A) για τάση λειτουργίας 230/400 V, 50 Hz και ικανότητα διακοπής 6 kA					
	Μονοπολική	Διπολική	Μονοπολική + N	Τριπολική	Τριπολική + N
Τύπος "Α"					
 <p>Μονοπολική Μονοπολική + N</p>	1	1	-	1	-
	1,6	1,6	-	1,6	-
	2	2	-	2	-
	3	3	-	3	-
	4	4	-	4	-
	6	6	-	6	-
	10	10	-	10	-
	16	16	-	16	-
	20	20	-	20	-
	25	25	-	25	-
	32	32	-	32	-
40	40	-	40	-	
Τύπος "Β"					
 <p>Διπολική</p>	6	6	6	6	-
	10	10	10	10	-
	13	13	13	13	-
	16	16	16	16	-
	20	20	20	20	-
	25	25	25	25	-
	32	32	32	32	-
	40	40	40	40	-
	50	50	50	50	-
	63	63	63	63	-

 <p>Τριπολική</p>	Τύπος “C”				
	6	6	6	6	6
	8	8	8	8	8
	10	10	10	10	10
	13	13	13	13	13
	15	15	15	15	15
	16	16	16	16	16
	20	20	20	20	20
	25	25	25	25	25
	32	32	32	32	32
	40	40	40	40	40
	50	50	50	50	50
	63	63	63	63	63
	80	80	-	80	80
100	100	-	100	100	
125	125	-	125	125	
 <p>Τριπολική + N</p>	Τύπος “D”				
	40	40	-	40	40
	50	50	-	50	50
	63	63	-	63	63
	80	80	-	80	80
	100	100	-	100	100
	125	125	-	125	125

■ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

• Αυτόματοι διακόπτες ισχύος

Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος είναι διατάξεις που παρέχουν **θερμική** και **μαγνητική** προστασία (προστασία από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα αντίστοιχα). Η θερμική και μαγνητική προστασία επιτυγχάνεται με σταθερά ή ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά στοιχεία που φέρουν οι διακόπτες και κατασκευάζονται για μικρά έως και πολύ μεγάλα ρεύματα λειτουργίας, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2.2.13.

- **Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος χρησιμοποιούνται για προστασία από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα, αγωγών, κινητήρων, συσκευών αλλά και άλλων τμημάτων μιας εγκατάστασης.**
- **Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως γενικοί διακόπτες εισόδου, σε πίνακες διανομής, αλλά και αντί του συνδυασμού «διακόπτης φορτίου - ασφάλεια τήξης».**

► Τους αυτόματους διακόπτες ισχύος τους διακρίνουμε σε:

- αυτόματους κινητήρων
- αυτόματους συσκευών
- αυτόματους γραμμών
- αυτόματους διανομών

► Ανάλογα με τον τύπο τους οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος μπορούν να συνοδεύονται από:

- **διακόπτες συναγερμού** (οι επαφές συναγερμού λειτουργούν, όταν ο διακόπτης ισχύος απελευθερώνεται π.χ. εξαιτίας υπερφόρτισης ή βραχυκυκλώματος)
- **πηνία έλλειψης τάσης** (ο διακόπτης ισχύος μπορεί να ενεργοποιηθεί μόνο εφόσον το πηνίο έλλειψης τάσης βρίσκεται υπό τάση. Αν δεν υπάρχει τάση στη διάταξη προστασίας τότε χειρισμός του διακόπτη οδηγεί σε κενές ζεύξεις)
- **πηνία εργασίας** (το πηνίο εργασίας χρησιμοποιείται για την απόζευξη με τηλεχειρισμό του διακόπτη ισχύος).
- **μοτέρ τηλεχειρισμού**
- **διατάξεις μανδάλωσης**
- **βοηθητικούς διακόπτες και ρελέ διαρροής**

► Υπάρχουν διακόπτες ισχύος με ηλεκτρονικά στοιχεία προστασίας από υπερφόρτιση, βραχυκυκλώματα και διαρροή προς γη. Με τη βοήθεια μικροεπεξεργαστή αυτά τα ηλεκτρονικά στοιχεία μπορούν να αποκτήσουν ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε οποιαδήποτε απαίτηση προστασίας.

Σημείωση 1η: Αν το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου του αυτόματου διακόπτη ισχύος θα πρέπει να τοποθετηθούν σε σειρά, με τον αυτόματο, ασφάλειες τήξης.

Σημείωση 2η: Αν ο αυτόματος διακόπτης ισχύος για την προστασία γραμμής **έχει** την απαιτούμενη

ικανότητα διακοπής, δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ασφαλειών τήξης στη γραμμή. Αν αυτός **δεν έχει** την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής τότε:

- α.** Για διακόπτες ισχύος **μέχρι 25 A** τοποθετούνται ασφάλειες ταχείας τήξης μέχρι 60 A ή ασφάλειες βραδείας τήξης μέχρι 40 A, με την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής.
- β.** Για διακόπτες ισχύος **πάνω από 25 A** οι ασφάλειες τήξης, που θα τοποθετηθούν πριν από αυτούς και θα έχουν την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής, θα πρέπει να ενεργοποιηθούν **πριν** από τον αυτόματο διακόπτη ισχύος για ρεύματα βραχυκυκλώματος μεγαλύτερα από την ικανότητα διακοπής των διακοπών ισχύος.



Σημείωση 3η: Αν ο αυτόματος διακόπτης ισχύος για την προστασία κινητήρα **έχει** την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα, τοποθετείται πριν από αυτόν ασφάλεια τήξης με τιμή ονομαστικού ρεύματος μέχρι το **τριπλάσιο** του ονομαστικού ρεύματος του διακόπτη ισχύος.

Σημείωση 4η: Αν ο αυτόματος διακόπτης ισχύος για την προστασία κινητήρα **δεν έχει** την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής σε βραχυκύκλωμα, τότε τοποθετείται πριν από αυτόν ασφάλεια τήξης με την απαιτούμενη ικανότητα διακοπής και η οποία θα ενεργοποιείται πριν από τον αυτόματο διακόπτη ισχύος.

Παρατήρηση: Η απόσταση μεταξύ του αυτόματου διακόπτη ισχύος προστασίας γραμμής ή κινητήρα και της ασφάλειας τήξης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από ένα μέτρο (άρθρο 51 των Κ.Ε.Η.Ε).

► Στον επόμενο Πίνακα 2.2.13 δίνονται, ως παράδειγμα από κατασκευαστές, χαρακτηριστικά στοιχεία τριπολικών και τετραπολικών αυτόματων διακοπών ισχύος.

Πίνακας 2.2.13 Στοιχεία αυτόματων διακοπών ισχύος από κατασκευαστές

	Όνομαστικό ρεύμα (σε A)	Ρύθμιση Θερμικού (σε A)	Ρύθμιση μαγνητικού (σε A)	Ικανότητα διακοπής (σε kA)
	Τριπολική και τετραπολική από 16 - 125 A με ρυθμιζόμενα θερμικά και σταθερά μαγνητικά στοιχεία			
	16	12,8 - 16	190	16
	25	20 - 25	300	16
	40	32 - 40	500	16
	63	50,4 - 63	500	16
	80	64 - 80	1000	16
	100	80 - 100	1250	16
	125	100 - 125	1250	16
<p>Αυτόματοι διακόπτες ισχύος</p> 	Τριπολική και τετραπολική από 16 - 1250 A με ρυθμιζόμενα θερμικά και μαγνητικά στοιχεία			
	16	12,8 - 16	200	25
	25	20 - 25	300	25
	32	25,6 - 32	400	25
	40	32 - 40	500	25
	50	40 - 50	500	25
	63	50,4 - 63	500	25
	80	64 - 80	640	25
	100	80 - 100	800	25
	80	64 - 80	1000	36
	100	80 - 100	1250	36
	125	100 - 125	1250	36
	160	128 - 160	1250	36
	160	64 - 160	128 - 1600	36
	200	160 - 200	1000 - 2000	36
	250	200 - 250	1250 - 2500	36
	250	100 - 250	200 - 2500	36
	400	160 - 400	320 - 4000	45
	630	252 - 630	504 - 6300	45
	800	320 - 800	480 - 8000	50
1000	400 - 1000	600 - 10000	50	
1250	500 - 1250	750 - 12500	50	

• Αυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων

Οι αυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων είναι διατάξεις (εξαρτήματα) με περιστροφικό ή ON OFF διακόπτη, που παρέχουν σε έναν κινητήρα προστασία:



- από **υπερφόρτιση** και **βραχυκύκλωμα** (θερμική και μαγνητική προστασία), ή
- μόνο από **βραχυκύκλωμα** (μόνο μαγνητική προστασία)

Οι αυτόματοι διακόπτες κατασκευάζονται κυρίως για τριφασικούς κινητήρες ισχύος μέχρι 15 kW ή μέχρι 32 A απορροφούμενο ρεύμα. Έχουν επίσης, για κάθε ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη, ρύθμιση για υπερφόρτιση.

Το ρεύμα σε βραχυκύκλωμα έχει ρυθμιστεί σε σταθερή τιμή από τον κατασκευαστή.

➔ Στον επόμενο Πίνακα 2.2.14 δίνονται, ως παράδειγμα από κατασκευαστές, στοιχεία αυτόματων διακοπών προστασίας ηλεκτρικών κινητήρων με θερμική και μαγνητική προστασία ή μόνο με μαγνητική.

Πίνακας 2.2.14 Στοιχεία αυτόματων διακοπών προστασίας τριφασικών κινητήρων

Θερμικής και μαγνητικής προστασίας - 400 V, 50 Hz			
	Ισχύς τριφασικού κινητήρα (σε kW)	Περιοχή ρύθμισης (σε A)	Ικανότητα διακοπής (σε kA)
 <p>Με διακόπτη START - STOP</p> <p>Με περιστροφικό διακόπτη</p>	-	0,1 - 0,16	> 100
	0,06	0,16 - 0,40	> 100
	0,09	0,25 - 0,40	> 100
	0,12	0,40 - 0,63	> 100
	0,25	0,63 - 1	> 100
	0,37	1 - 1,6	> 100
	0,75	1,16 - 2,5	> 100
	1,1	2,5 - 4	> 100
	2,2	4 - 6,3	> 100
	3	6 - 10	> 100
	5,5	9 - 14	15
	7,5	13 - 18	15
	9	17 - 23	15
	11	20 - 25	15
	15	24 - 32	10
Μαγνητικής προστασίας - 400 V, 50 Hz			
	Ισχύς τριφασικού κινητήρα (σε kW)	Ρεύμα (σε A)	Ικανότητα διακοπής (σε kA)
 <p>Με διακόπτη Τόμπλερ</p> <p>Με περιστροφικό διακόπτη</p>	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	-	0,40	100
	-	0,63	100
	-	1	100
	0,55	1,6	100
	0,75	2,5	100
	1,5	4	100
	2,2	6,3	100
	4	10	100
	5,5	14	15
	7,5	18	15
	11	25	15
	15	32	10

- Οι αυτόματοι διακόπτες κατασκευάζονται κυρίως για τριφασικούς κινητήρες ισχύος μέχρι 15 kW ή μέχρι 32 A απορροφούμενο ρεύμα. Έχουν επίσης, για κάθε ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη, ρύθμιση για υπερφόρτιση.
- Το ρεύμα σε βραχυκύκλωμα έχει ρυθμιστεί σε σταθερή τιμή από τον κατασκευαστή.

- Διακόπτες φορτίου - Ραγοδιακόπτες - Ασφαλειοαποζεύκτες.

Οι διακόπτες φορτίου είναι μηχανισμοί οι οποίοι δεν ανοίγουν σε βραχυκύκλωμα ή υπερφόρτιση και χρησιμοποιούνται μόνο για να διακόπτουν χειροκίνητα γενικώς ή μερικώς, διάφορα κυκλώματα τροφοδοσίας μιας εγκατάστασης.







Εμφανίζονται ως μονοπολικοί, διπολικοί, τριπολικοί και τετραπολικοί, ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών, τους οποίους συνδέουν ή αποσυνδέουν.

→ Ο τύπος του διακόπτη φορτίου που σήμερα χρησιμοποιείται αποκλειστικά είναι ο διακόπτης **τύπου τύμπανου** λόγω της ισχυρής κατασκευής, του μικρού μεγέθους και της μεγάλης διάρκειας ζωής που έχει.


→ Στο εμπόριο υπάρχουν **Πίνακες** με διάφορες **κατηγορίες** διακοπών φορτίου, που δίνουν πληροφορίες για την τάση λειτουργίας τους, για το μέγιστο ρεύμα γραμμής που διακόπτουν, για τον αριθμό των πόλων τους, για την αντοχή τους σε βραχυκυκλώματα, για την ηλεκτρική και μηχανική αντοχή τους (αριθμός κύκλων λειτουργίας), κ.λπ.

→ Στον επόμενο **Πίνακα 2.2.15** δίνονται, ως παράδειγμα από κατασκευαστές, βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία **διακοπών φορτίου** τύπου τύμπανου διαφόρων κατηγοριών.

Πίνακας 2.2.15 Βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία διακοπών φορτίου τύπου τύμπανου - 400 V, 50 Hz - από κατασκευαστές

	Κατηγορία	Μέγιστο Ρεύμα που διακόπτουν (σε A)	Αριθμός πόλων	Μέγιστη αντοχή σε βραχυκύκλωμα (σε kA)
	00	16	2 - 3 - 4	6
		25	2 - 3 - 4	6
		32	2 - 3 - 4	6
		40	2 - 3 - 4	6
	0	32	2 - 3 - 4	10
		40	2 - 3 - 4	10
		63	2 - 3 - 4	10
		80	2 - 3 - 4	10
	1	40	2 - 3 - 4	10
		63	2 - 3 - 4	10
		80	2 - 3 - 4	10
		100	2 - 3 - 4	10
		125	2 - 3 - 4	10
	2	160	2 - 3 - 4	10
		200	2 - 3 - 4	10
	1 H	40	3 - 4	10
		63	3 - 4	10
		125	3 - 4	10
	3	160	3 - 4	30
		200	3 - 4	30
		250	3 - 4	30
		315	3 - 4	30
	4	400	3 - 4	60
		500	3 - 4	60
		630	3 - 4	60
	6	800	3 - 4	84
		1000	3 - 4	84
		1250	3 - 4	84
	7	1600	3 - 4	105
		2000	3 - 4	105
	8	2500	3 - 4	105
		3150	3 - 4	105
	9	4000	3 - 4	105

- Οι **ραγοδιακόπτες** είναι διακόπτες φορτίου που τοποθετούνται στο εσωτερικό των πινάκων διανομής επάνω σε ράγες (από όπου πήραν και την ονομασία τους ως ραγοδιακόπτες) και εμφανίζονται ως **μονοπολικό, διπολικό, τριπολικό και τετραπολικό**.
- Οι **ασφαλειοαποζεύκτες** είναι ένας συνδυασμός ασφάλειας και διακόπτη μαζί και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα ως ασφάλεια και διακόπτης ενώ **δεν πρέπει να ανοίγουν** υπό φορτίο. Ως διακόπτες χρησιμοποιούνται για να απομονώνονται οι ασφάλειες που φέρουν.
- Κάποια τυποποιημένα μεγέθη ραγοδιακοπών και ασφαλειοαποζευκτών (στοιχεία κατασκευαστών) φαίνονται στον επόμενο **Πίνακα 2.2.16**.

Πίνακας 2.2.16 Τυποποιημένα μεγέθη ραγοδιακοπών ασφαλειοαποζευκτών από στοιχεία κατασκευαστών			
Ονομαστικό ρεύμα ραγοδιακοπών σε (A) για τάση 220 - 250 / 380 - 415 V			
Μονοπολικός	Διπολικός	Τριπολικός	Τετραπολικός
32	32	32	32
40	40	40	40
63	63	63	63
100	100	80	80
-	-	100	100
-	-	125	125
-	-	160	160
Ονομαστικό ρεύμα ασφαλειοαποζευκτών σε (A) για τάση 230/400 V			
Βάση ασφάλειας για μέγεθος 00	Βάση ασφάλειας για μέγεθος 0 και 1	Βάση ασφάλειας για μέγεθος 1 και 2	Βάση ασφάλειας για μέγεθος 2 και 3
160	250	400	630
Διάφορες μορφές ραγοδιακοπών και ασφαλειοαποζευκτών			
			

- **Ηλεκτρονόμοι (ρελέ ισχύος)**



- Οι ηλεκτρονόμοι (ρελέ ισχύος) είναι διατάξεις που στο μηχανισμό τους έχουν:
 - τις **κύριες επαφές** ή **επαφές ισχύος** που συνδέουν ή αποσυνδέουν το κύκλωμα ισχύος και
 - τις **βοηθητικές επαφές** μέσω των οποίων, από κυκλώματα ελέγχου, ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται οι κύριες επαφές.
- Οι **βοηθητικές επαφές** σε κατάσταση ηρεμίας του ρελέ (δηλαδή όταν δεν είναι οπλισμένο) μπορεί να είναι ανοιχτές (**NO**, Normally Open) ή κλειστές (**NC**, Normally Closed). Επίσης φέρουν αρίθμηση και, αν ο αριθμός λήγει σε **1** ή **2**, τότε αυτές σε κατάσταση ηρεμίας είναι **κλειστές**, ενώ, αν αριθμός λήγει σε **3** ή **4**, τότε αυτές σε ηρεμία είναι **ανοιχτές**.
- Το άνοιγμα ή το κλείσιμο των κύριων επαφών μπορεί να γίνει είτε **χειροκίνητα** (με μπουτόν start - stop), είτε **αυτόματα** παίρνοντας εντολές από χρονοδιακόπτες, θερμοστάτες, προγραμματιστές (PLC), κ.λπ., μέσω των κυκλωμάτων ελέγχου που τελικά τροφοδοτούν τα πηνία.
- Ανάλογα με τη χρήση τους τα ρελέ ισχύος διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

Κατηγορία AC - 1	Για έλεγχο και λειτουργία δικτύων διανομής.
Κατηγορία AC - 2	Για έλεγχο και λειτουργία ειδικών τύπων κινητήρων, π.χ. κινητήρων δακτυλιοφόρου δρομέα .
Κατηγορία AC - 3	Για έλεγχο και λειτουργία κινητήρων.
Κατηγορία AC - 4	Για έλεγχο και λειτουργία πυκνωτών και κινητήρων σε ειδικές συνθήκες.

➤ **Ο έλεγχος των ρελέ ισχύος μπορεί να γίνει και από απόσταση.**

- Οι εταιρείες που κατασκευάζουν ρελέ, ανάλογα με την κατηγορία χρήσης τους (AC - 1, AC - 2, AC - 3, AC - 4) και το πλήθος των κύριων επαφών (**διπολικά, τριπολικά, τετραπολικά**), δίνουν χαρακτηριστικά τους στοιχεία που αφορούν:
 1. την **τάση λειτουργίας** τους
 2. το **ονομαστικό ρεύμα** τους
 3. το πλήθος και την κατάσταση των **βοηθητικών επαφών** τους και
 4. έναν **κωδικό** για κάθε τύπο ρελέ.
- Στη συνέχεια, ως παράδειγμα, στον **Πίνακα 2.2.17** δίνονται στοιχεία για ρελέ ισχύος από κατασκευαστές, που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση ή αποσύνδεση της τροφοδοσίας τριφασικών κινητήρων.

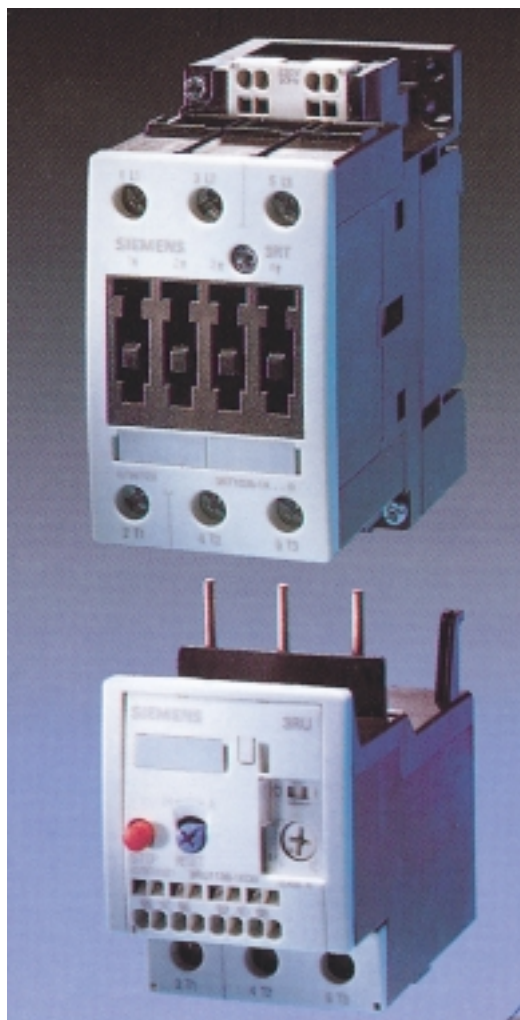
Πίνακας 2.2.17 Στοιχεία για τριπολικά ρελέ ισχύος για χρήση AC-3 (ηλεκτρικοί κινητήρες) 380/400 V, 50 Hz

Τριπολικά ρελέ για χρήση AC-3 (κινητήρες) από 4 kW έως 75 kW Κύκλωμα ισχύος: εναλλασσόμενο ρεύμα - Κύκλωμα ελέγχου: εναλλασσόμενο ρεύμα				
	Ισχύς 3φασικού κινητήρα (kW)	Ονομαστικό ρεύμα (A)	Βοηθητικές επαφές	Κωδικός ρελέ
	4	9	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D09●7
	5,5	12	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D12●7
	7,5	18	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D18●7
	11	25	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D25●7
	15	32	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D32●7
	18,5	38	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D38●7
	18,5	40	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D40●5
	22	50	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D50●5
	30	65	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D65●5
	37	80	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D80●5
	45	95	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D95●5
	55	115	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D115●5
75	150	1 "A" + 1 "K"	LC1 - D150●7	
Τριπολικά ρελέ για χρήση AC-3 (κινητήρες) από 90 kW έως 450 kW Κύκλωμα ισχύος: εναλλασσόμενο ρεύμα - Κύκλωμα ελέγχου: εναλλασσόμενο ρεύμα				
	Ισχύς 3φασικού κινητήρα (kW)	Ονομαστικό ρεύμα (A)	Βοηθητικές επαφές	Κωδικός ρελέ
	90	185	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F185●5
	110	225	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F225●5
	132	265	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F265●7
	160	330	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F330●7
	200	400	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F400●7
	250	500	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F500●7
	335	630	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F630●7
	450	800	1 "A" + 1 "K"	LC1 - F800●7
Σημείωση: Στον κωδικό του ρελέ η τελεία (●) αντικαθίσταται με κάποιο γράμμα που αντιστοιχεί στην τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος ελέγχου του ρελέ				

Παρατήρηση: Τα ρελέ πρέπει να προστατεύονται από υπερφόρτιση ή βραχυκύκλωμα, με ασφάλειες ή αυτόματους διακόπτες ισχύος.

- Θερμικά προστασίας κινητήρων

→ Τα θερμικά είναι διατάξεις (εξαρτήματα), που συνδέονται (κουμπώνουν) μηχανικά και ηλεκτρικά με τα **ρελέ ισχύος** (Εικόνα 2.2.1). Χρησιμοποιούνται για την προστασία του κινητήρα **μόνο** από υπερφόρτιση και όχι από βραχυκύκλωμα, δηλαδή παρέχουν στον κινητήρα **θερμική** μόνο προστασία και όχι μαγνητική.



Εικόνα 2.2.1

➤ Τα θερμικά κατασκευαστικά αποτελούνται:

- από τις **επαφές εισόδου**
- τις **επαφές εξόδου**
- τις **επαφές ελέγχου**
- το **μηχανισμό ρύθμισης** του ρεύματος και
- μπουτόν **start** και **reset**.



➤ Σύμφωνα με τον IEC 947 - 4 κανονισμό, καθορίζεται για κάθε θερμικό η **κλάση** του σε σχέση με το χρόνο διακοπής, π.χ. κλάση 10 με χρόνο διακοπής 2 - 10 sec, κλάση 20 με χρόνο διακοπής 6 - 20 sec, κ.λπ.

→ Οι εταιρείες που κατασκευάζουν θερμικά, δίνουν στοιχεία που αφορούν για κάθε τύπο:

- την **περιοχή ρύθμισης** σε A
- τον **κωδικό του ρελέ ισχύος** με το οποίο μπορεί να συνεργαστεί
- την **κλάση** του και
- έναν **κωδικό** για κάθε **τύπο θερμικού**.

➤ Στη συνέχεια, ως παράδειγμα, στον **Πίνακα 2.2.18** δίνονται στοιχεία θερμικών ρελέ ισχύος από κατασκευαστές για τροφοδοσία τριφασικών κινητήρων.

Πίνακας 2.2.18 Στοιχεία για τριπολικά θερμικά προστασίας για χρήση AC-3 (ηλεκτρικοί κινητήρες) 380/400 V, 50 Hz

Τριπολικά θερμικά προστασίας με περιοχή ρύθμισης από 0,1 έως 140 A, κλάση 10 A			
	Περιοχή ρύθμισης σε A (από έως)	Κωδικοί ρελέ ισχύος που συνεργάζονται	Κωδικός θερμικού
		0,1 - 0,16	D09•D38
	0,16 - 0,25	D09•D38	LRD-02
	0,25 - 0,40	D09•D38	LRD-03
	0,40 - 0,63	D09•D38	LRD-04
	0,63 - 1	D09•D38	LRD-05
	1 - 1,6	D09•D38	LRD-06
	1,6 - 2,5	D09•D38	LRD-07
	2,5 - 4	D09•D38	LRD-08
	4 - 6	D09•D38	LRD-10
	5,5 - 8	D09•D38	LRD-12
	7 - 10	D09•D38	LRD-14
	9 - 13	D12•D38	LRD-16
	12 - 18	D18•D38	LRD-21
	17 - 25	D25•D38	LRD-22
	23 - 32	D25•D38	LRD-32
	30 - 38	D32 και D38	LRD-35
	17 - 25	D40•D95	LRD-3322
	23 - 32	D40•D95	LRD-3353
	30 - 40	D40•D95	LRD-3355
	55 - 70	D50•D95	LRD-3361
	63 - 80	D65 και D95	LRD-3363
	80 - 104	D80 και D95	LRD-3365
	80 - 104	D115 και D150	LRD-4365
	95 - 120	D115 και D150	LRD-4367
	110 - 140	D150	LRD-4369
Τριπολικά θερμικά προστασίας με περιοχή ρύθμισης από 30 έως 630 A, κλάση 10 A			
	Περιοχή ρύθμισης σε A	Στήριξη κάτω από ρελέ LC1	Κωδικός θερμικού
	30 - 50	F185	LR9-F5357
48 - 80	F185	LR9-F5363	
60 - 100	F185	LR9-F5367	
90 - 150	F185	LR9-F5369	
132 - 220	F225 και F265	LR9-F5371	
200 - 330	F225...F500	LR9-F7375	
300 - 500	F225...F500	LR9-F7379	
380 - 630	F400...F800	LR9-F7381	

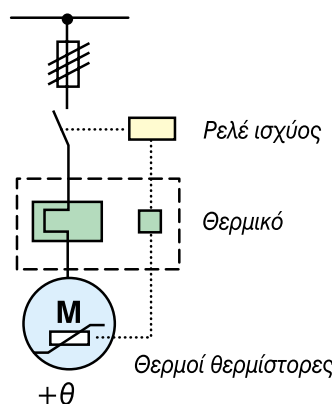
• **Ανιχνευτές θερμοκρασίας (θερμίστορες) για την προστασία κινητήρων**

➔ Μια πολλή αξιόπιστη μέθοδος θερμικής προστασίας των κινητήρων είναι η χρήση **ανιχνευτών θερμοκρασίας**, που αλλιώς ονομάζονται και **θερμίστορες**. Αυτοί είναι αντιστάσεις οι οποίες ανάλογα με τη θερμοκρασία μεταβάλλουν την τιμή τους. Υπάρχουν δύο τύποι που είναι οι «**ψυχροί θερμίστορες**» (αυξάνεται η αντίσταση με την αύξηση της θερμοκρασίας) και οι «**θερμοί θερμίστορες**» (μειώνεται η αντίσταση με την αύξηση της θερμοκρασίας).

➤ Οι **θερμίστορες** εμφυτεύονται στις κεφαλές κάθε τυλίγματος του κινητήρα από την κατασκευή

του, ή μπορούν να εμφυτευτούν εκ των υστέρων στον κινητήρα εφόσον υπάρχει η υποδομή στον κινητήρα από την κατασκευή του. Για τριφασικούς κινητήρες τριών τυλιγμάτων υπάρχουν τρεις θερμίστορες ενώ για τριφασικούς κινητήρες έξι τυλιγμάτων (όπου γίνεται αλλαγή μαγνητικών πόλων και ρύθμιση στροφών) υπάρχουν έξι θερμίστορες.

➤ Οι **θερμίστορες** συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά και έξω στην πινακίδα του κινητήρα βγαίνουν τελικά δύο ακροδέκτες, μέσω των οποίων οι θερμίστορες συνδέονται σε σειρά με κύκλωμα ελέγχου, το οποίο ελέγχει το κύκλωμα ισχύος του κινητήρα (ρελέ ισχύος). Αν υπάρχει και θερμικό προστασίας του κινητήρα, τότε συνδέεται και αυτό σε σειρά με τους θερμίστορες (Εικόνα 2.2.2).



Εικόνα 2.2.2

➤ Στο εμπόριο υπάρχουν θερμίστορες για κινητήρες με απόκριση θερμοκρασίας από 60 °C έως 160 °C. Η **εκλογή** και η **ρύθμιση** τους μπορεί να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουμε και **προειδοποίηση** αλλά και εντολή για **απόζευξη** του κινητήρα από το κύκλωμα τροφοδοσίας του. Έτσι π.χ. για κινητήρα με μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας 120 °C, προειδοποίηση μπορεί να γίνει για 20 °C κάτω από τους 120 °C, δηλαδή στους 100 °C, ενώ για απόζευξη θα γίνει ρύθμιση στους 120 °C.

➤ Οι περιπτώσεις **αύξησης της θερμοκρασίας του**

κινητήρα για τις οποίες οι θερμίστορες μπορούν να προσφέρουν προστασία είναι:

- α. **Υπερφόρτιση** (ρεύμα μεγαλύτερο του ονομαστικού).
- β. **Λειτουργία με δύο φάσεις** λόγω διακοπής της τρίτης φάσης (λειτουργία ως μονοφασικός).
- γ. **Αύξηση** του ρεύματος λόγω **μειωμένης τάσης**.
- δ. **Δύσκολη εκκίνηση** και **πολλές εκκινήσεις** του κινητήρα ανά ώρα.
- ε. **Μεγάλη θερμοκρασία** περιβάλλοντος.
- στ. **Ανεπαρκής ψύξη** του κινητήρα.

• Διακόπτες ανάγκης

→ Εκτός από τα γενικά μέσα προστασίας μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, είναι ανάγκη πολλές φορές για την άμεση προστασία των εργαζόμενων (χειριστών μηχανών, κ.λπ.), να γίνει άμεση διακοπή τροφοδοσίας όλης της εγκατάστασης ή τμήματος αυτής, ή να γίνει διακοπή μιας συγκεκριμένης μηχανής παραγωγής έργου.

Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση διακοπών που βρίσκονται σε εμφανή και άμεσα προσπελάσιμα σημεία για την όσο το δυνατόν γρηγορότερη ενεργοποίησή τους, όταν παραστεί ανάγκη.

Οι διακόπτες αυτοί ονομάζονται **διακόπτες ανάγκης** ή «**μανιτάρια**» **ασφαλείας** (λόγω της μορφής τους). Συνδέονται πάντα σε σειρά με το κύκλωμα ελέγχου του τμήματος της εγκατάστασης ή της συγκεκριμένης μηχανής.

Με την ενεργοποίηση του διακόπτη ανάγκης γί-

νεται διακοπή του κυκλώματος ισχύος. Μετά τη διακοπή, η **επανασύνδεση** του κυκλώματος ισχύος (για την επαναλειτουργία της εγκατάστασης ή της μηχανής) δεν μπορεί να γίνει επαναφέροντας το διακόπτη ανάγκης σε κατάσταση ετοιμότητας (για επόμενη χρήση). Επίσης αν δεν επανέλθει ο διακόπτης ανάγκης σε κατάσταση ετοιμότητας, η **επανασύνδεση** του κυκλώματος ισχύος δεν μπορεί να γίνει ακόμη και αν έχει αποκατασταθεί η βλάβη εξαιτίας της οποίας έγινε χρήση του διακόπτη ανάγκης.

► Ένας διακόπτης ανάγκης (Εικόνα 2.2.3) αποτελείται από:

1. την **κεφαλή**
2. την **μεταλλική βάση** και
3. τις **βοηθητικές επαφές**, οι οποίες συνήθως είναι Normally Closed (NC) (κλειστές σε κατάσταση ηρεμίας).

► Υπάρχουν πολλών ειδών κεφαλές όπως με **αυτόματη** επαναφορά, επαναφορά με **έλξη** και επαναφορά με **κλειδί** (Εικόνα 2.2.3).



Εικόνα 2.2.3

Παρατήρηση: Για διακόπτες ανάγκης που έχουν επαναφορά με κλειδί, θα πρέπει μετά την ενεργοποίησή τους να **αφαιρείται το κλειδί**, ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος επαναλειτουργίας της εγκατάστασης (όλης ή τμήματός της) ή της μηχανής από απροσεξία, πριν αποκατασταθεί η βλάβη.

2.2.4 Πυκνωτές διόρθωσης συντελεστή ισχύος

Για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος (**συνφ**), όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιούνται **Στατικοί Πυκνωτές**, οι οποίοι συνδέονται παράλληλα με τον καταναλωτή και παράγουν την απαραίτητη άεργο ισχύ που απαιτείται για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος ή αλλιώς κάνουν αντιστάθμιση άεργης ισχύος.

→ Στην πράξη έχουμε **συστοιχίες** πυκνωτών και κάθε φορά συνδέονται τόσοι πυκνωτές, όσοι είναι απαραίτητοι για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος στην επιθυμητή τιμή. Ο τρόπος σύνδεσης ή αποσύνδεσης των κατάλληλων πυκνωτών επιτυγχάνε-

ται με ένα **αυτοματοποιημένο σύστημα** παρακολούθησης και καταγραφής του συντελεστή ισχύος και στη συνέχεια γίνεται ενεργοποίηση του κατάλληλου αριθμού πυκνωτών που θα συνδεθούν ή θα αποσυνδεθούν. Αυτό το σύστημα υπάρχει σε **ξεχωριστό πεδίο** μέσα στο γενικό ηλεκτρικό πίνακα της εγκατάστασης.

→ Οι συστοιχίες πυκνωτών που υπάρχουν έχουν καθορισμένη χωρητικότητα και παράγουν συγκεκριμένη άεργο ισχύ για ορισμένη τάση λειτουργίας. Τεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν οι συστοιχίες των πυκνωτών είναι:

○ Ονομαστική τάση U_N	230/400/415/440/550 V
○ Ονομαστική συχνότητα	50 Hz
○ Περιοχή θερμοκρασίας	- 25° C / + 50°C
○ Ανοχή χωρητικότητας	- 5 % +10 %
○ Μέγιστη τάση λειτουργίας	1,10 U_N
○ Μέγιστη έντασης λειτουργίας	1,3 I_N (I_N ονομαστικό ρεύμα)
○ Τύπος συνδεσμολογίας	τρίγωνο (Δ)
○ Πρότυπα (Standards)	CEI-EN60831
○ Απώλειες	= < 0,2 kVAr

➤ Στις **σύγχρονες** εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται **ψηφιακοί ρυθμιστές άεργης ισχύος**, μέσω των οποίων προγραμματίζεται η σύνδεση ή αποσύνδεση των πυκνωτών, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Επίσης παρέχουν τη δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης και προγραμματισμού.

Στην Εικόνα 2.2.4, που ακολουθεί φαίνεται η μορφή ενός ψηφιακού ρυθμιστή άεργης ισχύος και η μορφή κάποιων τύπων τριφασικών πυκνωτών αντιστάθμισης άεργης ισχύος από εταιρεία κατασκευής σύγχρονου ηλεκτρολογικού υλικού.



Ψηφιακός ρυθμιστής
άεργης ισχύος



Τριφασικοί πυκνωτές αντιστάθμισης άεργης ισχύος



Εικόνα 2.2.4

► Χαρακτηριστικά στοιχεία πυκνωτών αντιστάθμισης άεργης ισχύος (στοιχεία κατασκευαστή σε συνδεσμολογία τριγώνου) δίνονται στον επόμενο **Πίνακα 2.2.19**.

Πίνακας 2.2.19 Χαρακτηριστικά στοιχεία πυκνωτών αντιστάθμισης άεργης ισχύος από κατασκευαστές (ισχύς, τάση λειτουργίας, ρεύμα, χωρητικότητα)

Τριφασική άεργος ισχύς αντιστάθμισης που παράγουν οι πυκνωτές(σε kVAr)	Πολική τάση στην κατά τρίγωνο συνδεσμολογία των πυκνωτών (σε V)	Πολικό ρεύμα στην κατά τρίγωνο συνδεσμολογία των πυκνωτών ή συστοιχίας (σε A)	Συνολική τιμή χωρητικότητας της κατά τρίγωνο συνδεσμολογίας των πυκνωτών (σε μF)	Αριθμός και ισχύς των πυκνωτών συναρμολόγησης για την επίτευξη της απαιτούμενης προς αντιστάθμιση άεργης ισχύος
2,5	230	6,28	150	-
5,0	230	12,56	300	-
7,5	230	18,89	450	-
10,0	230	25,12	600	-
15,0	230	37,68	900	-
20,0	230	50,25	1200	-
25,0	230	62,82	1500	-
2,5	400	3,60	50	-
5,0	400	7,20	100	-
7,5	400	10,80	150	-
10,0	400	14,40	200	-
12,5	400	18,00	250	-
15,0	400	21,60	300	-
20,0	400	28,90	400	-
25,0	400	36,12	500	-
30,0	400	43,35	600	-
40,0	400	57,80	800	-
50,0	400	72,50	1000	-
60,0	400	86,70	1200	-
70,0	400	101,0	-	10,20,20,20
80,0	400	115,4	-	20,20,20,20
90,0	400	130,0	-	10,20,20,40
100,0	400	144,3	-	20,20,20,40
110,0	400	158,3	-	10,20,40,40
120,0	400	173,2	-	20,20,40,40
125,0	400	180,4	-	25,25,25,50
137,5	400	198,7	-	12.5,25,50,50
150,0	400	216,5	-	25,25,50,50
175,0	400	252,0	-	25,50,50,50
200,0	400	288,0	-	25,25,50,50,50
225,0	400	324,0	-	25,50,50,50,50
250,0	400	360,0	-	50,50,50,50,50
275,0	400	369,0	-	25,50,50,50,50,50
300,0	400	433,0	-	50,50,50,50,50,50
325,0	400	469,0	-	25,50,50,50,50,50,50
350,0	400	505,0	-	50,50,50,50,50,50,50
400,0	400	578,0	-	50,50,50,50,50,50,50,50
450,0	400	648,0	-	50,50,50,50,50,50,50,50,50
500,0	400	720,0	-	50,50,50,50,50,50,50,50,50,50

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Πολλοί από τους Πίνακες που παρουσιάστηκαν σε αυτή την ενότητα, αφορούν στοιχεία από κατασκευαστές ηλεκτρολογικού υλικού. Τα στοιχεία αυτών των πινάκων μπορεί να διαφοροποιούνται από εταιρεία σε εταιρεία, χωρίς ωστόσο ο τρόπος επιλογής των κατάλληλων υλικών για μια βιομηχανική εγκατάσταση να διαφοροποιείται.

2.2.5 Λοιπά εξαρτήματα ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων

→ Για την κατασκευή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης απαιτείται η χρησιμοποίηση και άλλων υλικών και εξαρτημάτων που καθορίζονται από τους ισχύοντες κανονισμούς και πρότυπα. Τα κυριότερα από αυτά τα υλικά είναι:

- **Σωλήνες** και **εξαρτήματά** τους
- **Ρευματοδότες** (πρίζες) και **ρευματολήπτες** (φίς)

Σύντομη περιγραφή των παραπάνω υλικών και εξαρτημάτων γίνεται στη συνέχεια.

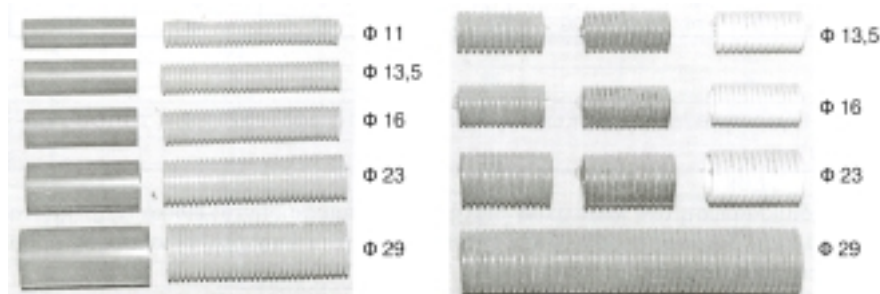
• Σωλήνες και εξαρτήματά τους

→ Η χρήση των **σωλήνων** στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις γίνεται για την προστασία των αγωγών και

των καλωδίων από μηχανικές βλάβες. Ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης διακρίνονται σε **ορατούς**, που τοποθετούνται πάνω στο εξωτερικό μέρος των επιφανειών, και σε **χωνευτούς** που τοποθετούνται στο εσωτερικό μέρος των επιφανειών, δαπέδων, κ.λπ.

➤ Τα κυριότερα είδη των σωλήνων είναι:

α) Πλαστικοί. Είναι οι πιο εύχρηστοι σωλήνες ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Υπάρχουν σε δύο τύπους: Ο τύπος σπιράλ με ελικοειδή μορφή σε κουλούρες των 50 m, και ο ευθύς τύπος σε κομμάτια των 3 m (Σχήμα 2.2.9). Οι πλαστικοί σωλήνες κυκλοφορούν στο εμπόριο ως ελαφρού ή βαρέως τύπου ανάλογα με τη μηχανική τους αντοχή.



Σχήμα 2.2.13 Πλαστικοί σωλήνες

β) Εύκαμπτοι σωλήνες με ελικοειδή οπλισμό.

Είναι εύκαμπτοι μεταλλικοί σωλήνες σπιράλ, που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κυρίως βιομηχανικών χώρων και συνήθως για τη μηχανική προστασία των καλωδίων τροφοδότησης των κινητήρων.

γ) Σωλήνες με χαλύβδινο οπλισμό που έχει ραφή (χαλυβδοσωλήνες).

Αποτελούνται από χαλύβδινο σωλήνα πάχους 1 mm τουλάχιστον και στο εσωτερικό τους έχει τοποθετηθεί μονωτικός σωλήνας από χαρτί ποτισμένο με μονωτικές ουσίες. Οι σωλήνες αυτοί παρέχουν πλήρη μηχανική προστασία στους αγωγούς ακόμη και

προστασία κατά της υγρασίας. Η επιτυγχανόμενη αγωγή συνεχεία σε όλο το μήκος του σωλήνα, με τη βοήθεια των εξαρτημάτων του, μας κάνει αποτελεσματικότερη τη γείωση.

Επίσης είναι ακατάλληλοι για χώρους με διαβρωτικούς ατμούς ή για χωνευτές εγκαταστάσεις πολύ υγρών χώρων. Κυκλοφορούν στο εμπόριο σε κουλούρες σπιράλ ή σε κομμάτια μήκους 3 m.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη εσωτερική διάμετρος των σωλήνων για ορατή ή χωνευτή εγκατάσταση, ανάλογα με τον αριθμό και τη διατομή των αγωγών καθορίζεται από τους κανονισμούς Ε.Η.Ε. και δίνεται στον Πίνακα 2.2.20.

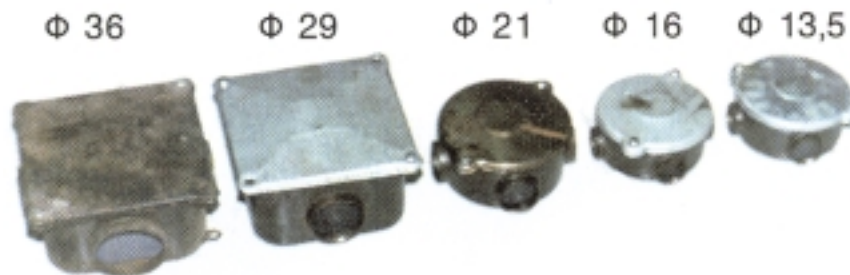
Πίνακας 2.2.20 Διάμετρος σωλήνων σε συνάρτηση με τον αριθμό και τη διατομή των αγωγών		
Διατομή αγωγών σε mm ²	Εσωτερική διάμετρος σωλήνων σε mm ²	
	Ορατοί σωλήνες	Χωνευτοί σωλήνες
1 x 1	9	11
1 x 1,5	9	11
1x 2,5	9	11
1 x 4	11	11
1 x 6	11	11
1 x 10	11	11
1 x 16	13,5	13,5
2 x 1	9	11
2 x 1,5	11	13,5
2 x 2,5	13,5	16
2 x 4	13,5	16
2 x 6	16	16
2 x 10	23	23
2 x 16	23	23
3 x 1	11	11
3 x 1,5	13,5	16
3 x 2,5	13,5	16
3 x 4	16	23
3 x 6	16	23
3 x 10	23	23
3 x 16	29	29
4 x 1	13,5	13,5
4 x 1,5	13,5	16
4 x 2,5	16	16
4 x 4	16	23
4 x 6	23	23
4 x 10	29	29
4 x 16	29	29
5 x 1	13,5	13,5
6 μέχρι 7 x 1	16	16
8 μέχρι 12 x 1	23	23
5 μέχρι 7 x 1,5	16	16
8 μέχρι 12 x 1,5	23	23

→ Για την αποτελεσματικότερη χρήση των σωλήνων ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης έχει στη διάθεσή του και έναν αριθμό **εξαρτημάτων** των σωλήνων. Τα κυριότερα εξαρτήματα των σωλήνων είναι:

- 1. Σύνδεσμοι ή μούφες.** Χρησιμοποιούνται για την ένωση δύο κομματιών σωλήνων.
- 2. Καμπύλες και γωνίες.** Χρησιμοποιούνται για την αλλαγή διεύθυνσης της σωλήνωσης ή την ένωση δύο κομματιών σωλήνων.
- 3. Διακλαδώσεις.** Χρησιμοποιούνται για να κά-
νουμε μια διακλάδωση στο σημείο της έν-
ωσης δύο σωλήνων.
- 4. Περιλαίμια στήριξης ή κολάρα.** Χρησιμοποι-
ούνται για τη στήριξη των σωλήνων των ορα-

τών εγκαταστάσεων.

- 5. Κουτιά διακοπών και διακλάδωσης.** Χρησι-
μοποιούνται για τη διακλάδωση μιας σωλή-
νωσης σε δύο ή περισσότερες κατευθύνσεις
και ταυτόχρονα για την ένωση τμημάτων της.
Τα κουτιά διακλάδωσης συνήθως είναι στρογ-
γυλά ή τετραγωνικά, πλαστικά ή χαλύβδινα με
εσωτερική μονωτική επένδυση. Κλείνουν με
βιδωτό ή πρεσσαριστό καπάκι (Σχήμα 2.2. 14).
- 6. Κουτιά διακοπών.** Τα κουτιά αυτά τοποθε-
τούνται στα άκρα της σωλήνωσης και σε θέσεις
που προβλέπεται η τοποθέτηση διακοπών ή
ρευματοδοτών. Κατασκευάζονται από πλαστι-
κό ή από χαρτί ποτισμένο με μονωτικές ύλες.
Στις ορατές εγκαταστάσεις από χαλυβδοσω-
λήνες τα κουτιά διακοπών είναι χυτοσιδερένια.



Σχήμα 2.2.14. Κουτιά διακλάδωσης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

- **Ρευματοδότες (πρίζες) και ρευματολήπτες (φίς)**

→ Οι βιομηχανικοί **ρευματοδότες** ή **πρίζες** (Σχήμα 2.2.16 και Σχήμα 2.2.17) είναι εξαρτήματα, που χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση φορητών συσκευών ή μηχανημάτων.

→ Οι βιομηχανικοί **ρευματολήπτες** ή **φίς** είναι εξαρτήματα, που τοποθετούνται στο άκρο τροφοδοσίας του καλωδίου των φορητών συσκευών ή μηχανημάτων (σειρίδιο), για να τροφοδοτηθούν κατάλληλα από τους ρευματοδότες (Σχήμα 2.2.17).

→ Οι **ρευματοδότες** και **ρευματολήπτες** ανάλογα με το περιβάλλον που θα εγκατασταθούν, χαρακτηρίζονται από κάποιο **βαθμό προστασίας (IP)** έναντι εισχώρησης ξένων σωμάτων ή σκόνης και έναντι εισχώρησης νερού ή υγρασίας.

➤ Σε σχέση με το είδος τροφοδοσίας τους οι ρευματοδότες και ρευματολήπτες διακρίνονται σε:

- **Μονοφασικούς.** Εξυπηρετούν μονοφασικά κυκλώματα και είναι **τριπολικοί** (περιέχουν φάση, ουδέτερο και γείωση) ονομαστικού ρεύματος 16 A και
- **Τριφασικούς.** Εξυπηρετούν τριφασικά κυκλώματα και μπορεί να είναι **τετραπολικοί** (περιέχουν 3 φάσεις και ουδέτερο) ή **πενταπολικοί**

(περιέχουν 3 φάσεις, ουδέτερο και γείωση) ονομαστικού ρεύματος 16, 32, 63 και 125 A.

➤ Για την εύκολη αναγνώριση της **ονομαστικής τάσης** των ρευματοδοτών και ρευματοληπτών, υπάρχει χρωματική κωδικοποίηση που είναι:

1. **Μπλε** χρώμα για τάση **200 - 250 V** (πάντα μονοφασικοί)
2. **Κόκκινο** χρώμα για τάση **380 - 415 V** (πάντα τριφασικοί)

➤ Ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησής τους και τη χρήση τους οι βιομηχανικοί ρευματοδότες διακρίνονται σε:

- **Προέκτασης** (χρησιμοποιούνται για την προέκταση σημείου τροφοδοσίας μέσω καλωδίου) μονοφασικούς και τριφασικούς (Σχήμα 2.2.16).
- **Επίτοιχους** (τοποθετούνται στον τοίχο) μονοφασικούς και τριφασικούς (Σχήμα 2.2.16).
- **Γωνιακούς Πίνακα** (τοποθετούνται στον πίνακα της εγκατάστασης) μονοφασικούς και τριφασικούς (Σχήμα 2.2.16).
- **Επίτοιχους με διακόπτη και μηχανική μανδάλωση**, μονοφασικούς και τριφασικούς (Σχήμα 2.2.17).
- **Επίτοιχους με διακόπτη, μηχανική μανδάλωση και μικροαυτόματους διακόπτες**, μονοφασικούς και τριφασικούς (Σχήμα 2.2.17).



Προέκτασης μονοφασικός 16 Α



Προέκτασης τριφασικός 32 Α

Σχήμα 2.2.15 Βιομηχανικοί ρευματολήπτες



Επίτοιχος μονοφασικός 16 Α



Επίτοιχος τριφασικός 32 Α



Γωνιακός Πίνακα μονοφασικός 16 Α



Γωνιακός Πίνακα τριφασικός 32 Α

Σχήμα 2.2.16 Βιομηχανικοί ρευματοδότες



Επίτοιχος μονοφασικός 16 A
με διακόπτη και μηχανική μανδάλωση



Επίτοιχος τριφασικός 32 A
με διακόπτη και μηχανική μανδάλωση



Γωνιακός Πίνακα μονοφασικός 16 A
με διακόπτη, μηχανική μανδάλωση
και μικροαυτόματο διακόπτη



Γωνιακός Πίνακα τριφασικός 32 A
με διακόπτη, μηχανική μανδάλωση
και μικροαυτόματο διακόπτη

Σχήμα 2.2.17 Βιομηχανικοί ρευματοδότες

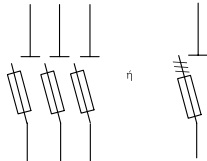
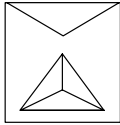
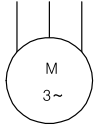
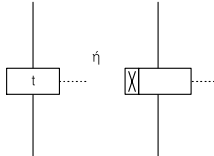

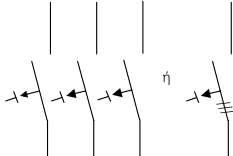
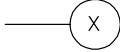
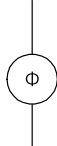
2.2.6 Συμβολισμός βασικών διατάξεων και μέσων προστασίας - ελέγχου

Στη συνέχεια δίνεται ο συμβολισμός των βασικών διατάξεων και μέσων προστασίας - ελέγχου μιας βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

Πίνακας 2.2.21 Βασικά σύμβολα για διατάξεις και μέσα προστασίας - ελέγχου βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης

Διακόπτης φορτίου	
Αυτόματος Διακόπτης ισχύος με θερμική και μαγνητική διάταξη	
Ηλεκτρονόμος (ρελέ) ισχύος	
Ανοιχτή επαφή NO (Normally Open)	
Κλειστή επαφή NC (Normally Closed)	
Ηλεκτρονόμος (ρελέ) ισχύος με βοηθητικές επαφές (μία NO και μία NC)	
Θερμικό προστασίας ηλεκτρικών κινητήρων	

Πίνακας 2.2.21 (συνέχεια)

<p>Ασφαλειοαποξεύκτης</p>	
<p>Διάταξη εκκίνησης αστέρα - τριγώνου</p>	
<p>Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας</p>	
<p>Χρονοδιακόπτης</p>	
<p>Ασφάλεια τήξης</p>	
<p>Διακόπτης διαφυγής έντασης (ρελέ προστασίας)</p>	
<p>Ενδεικτική λυχνία</p>	
<p>Φωτοκύτταρο</p>	

ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

- 3.1.1** Παροχές ηλεκτρικής ενέργειας
- 3.1.2** Υλικά παροχών ηλεκτρικής ενέργειας
- 3.1.3** Διαδικασία ηλεκτροδότησης



Ενότητα 3.1

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του Κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να γνωρίζουν τι είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας
- ☞ να γνωρίζουν τα είδη και τα υλικά των παροχών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης
- ☞ να επιλέγουν την κατάλληλη παροχή μιας εγκατάστασης, ανάλογα με το είδος και την ισχύ της
- ☞ να γνωρίζουν τη διαδικασία ηλεκτροδότησης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης

3.1.1 Παροχές ηλεκτρικής ενέργειας

Ως παροχή ή ρευματοδότηση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης ορίζεται το τμήμα του δικτύου που αρχίζει από το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ και καταλήγει στο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας του καταναλωτή.

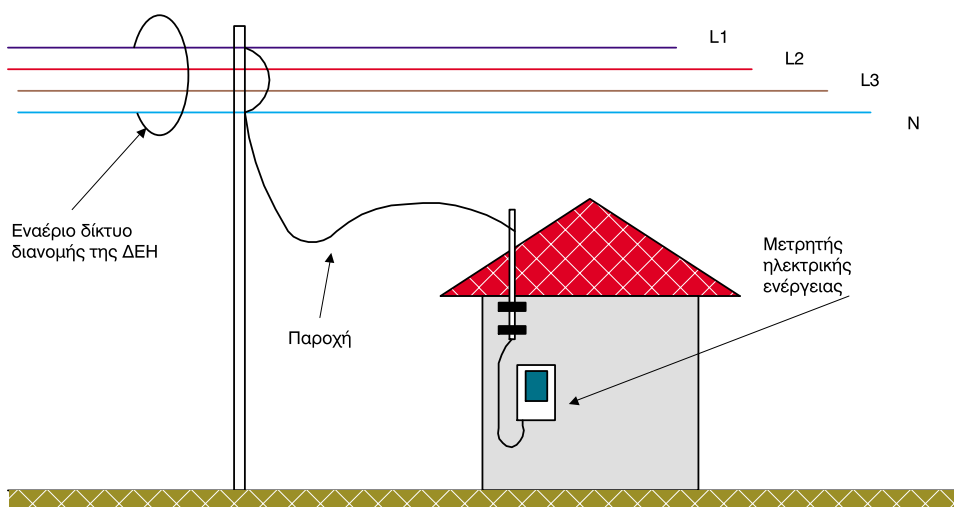
→ Η ΔΕΗ κατασκευάζει εγκαθιστά και είναι υπεύθυνη για την εγκατάσταση μέχρι τον μετρητή. Από εκεί και πέρα την ευθύνη έχει ο καταναλωτής και όσον αφορά το τεχνικό μέρος, την ευθύνη έχει ο εγκαταστάτης και ο συντηρητής ηλεκτρολόγος της εγκατάστασης.

→ Ανάλογα με τον τρόπο ρευματοδότησης του καταναλωτή διακρίνουμε τις εναέριες και τις υπόγειες παροχές.

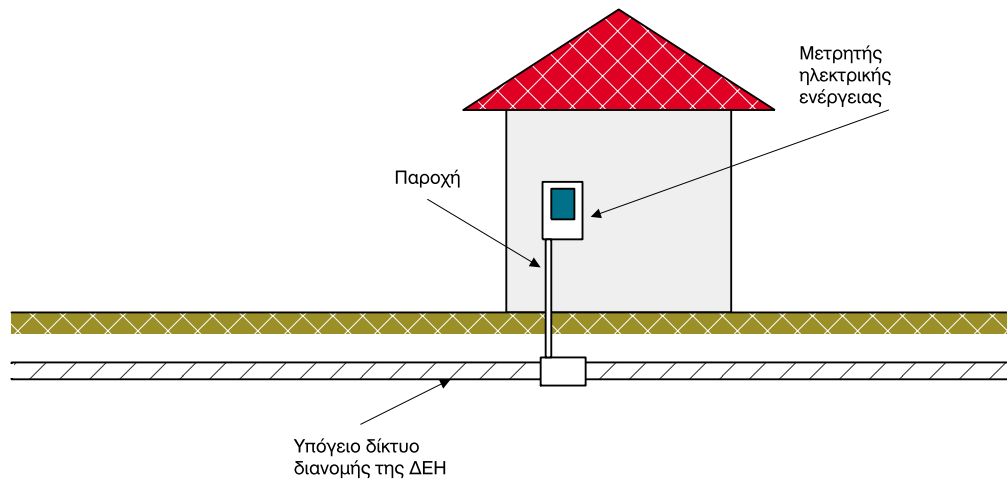
► **Εναέριες παροχές** είναι εκείνες που τροφοδοτούνται από το εναέριο δίκτυο διανομής. Στις

παροχές αυτές το καλώδιο της ΔΕΗ καταλήγει σε ένα στυλίσκο από γαλβανισμένο σωλήνα ή δένεται κατάλληλα στο κτίριο σε ασφαλές ύψος από το δρόμο. Στις περιπτώσεις αυτές η τοποθέτηση του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνει στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό μέρος του κτιρίου του καταναλωτή, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κτιρίου (Σχήμα 3.1.1).

► **Υπόγειες παροχές** είναι εκείνες που προέρχονται από εναέριο ή υπόγειο δίκτυο διανομής της ΔΕΗ. Στις υπόγειες παροχές η τροφοδοσία γίνεται με διακλάδωση από το καλώδιο που βρίσκεται σε φρεάτιο (Σχήμα 3.1.2). Στις περιπτώσεις αυτές η τοποθέτηση του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται συνήθως στο εξωτερικό μέρος του κτιρίου του καταναλωτή λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κτιρίου (Σχήμα 3.1.2). Οι υπόγειες παροχές συναντώνται κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα.



Σχήμα 3.1.1 Εναέρια παροχή ηλεκτρικής ενέργειας



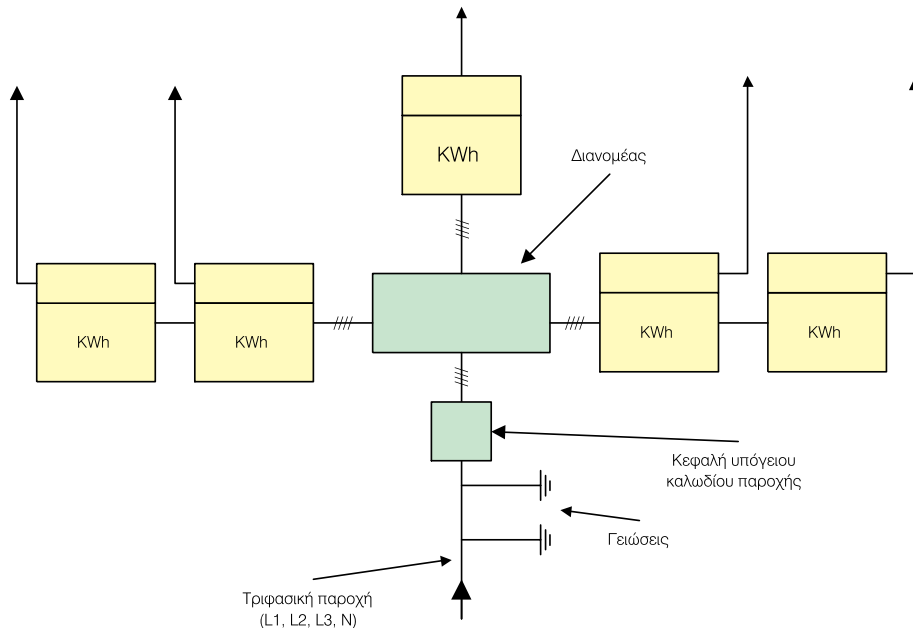
Σχήμα 3.1.2 Υπόγεια παροχή ηλεκτρικής ενέργειας

➔ Οι παροχές ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνονται σε:

- α) μονοφασικές και
- β) τριφασικές

Οι τριφασικές παροχές συναντώνται κυρίως στη βιομηχανία ή σε οικιακούς καταναλωτές μεγάλης ηλεκτρικής κατανάλωσης.

➤ Σε περιπτώσεις τροφοδοσίας μονοφασικών φορτίων από τριφασική παροχή, θα πρέπει αυτά να μοιραστούν στις τρεις φάσεις, έτσι ώστε να υπάρχει συμμετρική κατανομή των φορτίων (Σχήμα 3.1.3).



Σχήμα 3.1.3 Κατανομή μονοφασικών φορτίων

➔ Τέλος, ανάλογα με τον τρόπο και το σκοπό μιας παροχής διακρίνουμε:

α) τις μόνιμες και

β) τις προσωρινές παροχές

➤ **Μόνιμες** θεωρούνται οι παροχές που προορίζονται για την ηλεκτρική τροφοδότηση σε όλη τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης. Αυτές οι παροχές γίνονται σε συγκεκριμένη θέση μόνιμης, σταθερής και ασφαλούς κατασκευής.

➤ **Προσωρινές** θεωρούνται οι παροχές που προορίζονται για την ηλεκτρική τροφοδότηση για μικρό χρονικό διάστημα. Για την προσωρινή παροχή εφαρμόζονται κανόνες ασφάλειας, όπως εγκατάσταση σε κλειστό χώρο, που να είναι προσιτός μόνο στον εγκαταστάτη και συντηρητή αλλά και διατάξεις προστασίας. Τέτοιες παροχές είναι αυτές των εργασιών, των πολιτιστικών εκδηλώσεων, κ.λπ.

➔ Η παροχή ηλεκτρικής ισχύος ενός καταναλωτή και μέχρι τα **135 kVA**, γίνεται κατά κανόνα από το δίκτυο **χαμηλής τάσης (Χ.Τ. - 380/400 V)** της ΔΕΗ.

Για μεγαλύτερη ισχύ η παροχή γίνεται από το δίκτυο μέσης τάσης (**Μ.Τ.:** 6 kV, 15 kV, 20 kV, 22kV).

➤ Η ΔΕΗ μπορεί ωστόσο να επιβάλλει την τροφοδοσία ενός καταναλωτή, ακόμη και για ισχύ μικρότερη των **135 kVA**, από το δίκτυο ΜΤ για τεχνικούς ή οικονομικούς λόγους ή σε περιπτώσεις εκκίνησης μεγάλων κινητήρων ή όταν στο δίκτυο της ΧΤ έχει επέλθει κορεσμός, από ήδη τροφοδοτούμενους καταναλωτές.

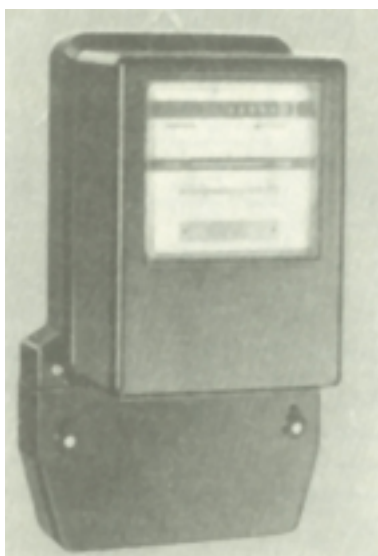
➤ Για την τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ ενός βιομηχανικού ή μη καταναλωτή, υπάρχουν κάποιες τυποποιημένες μονοφασικές και τριφασικές παροχές που αφορούν τη **γραμμή σύνδεσης** από το **μετρητή** της ΔΕΗ μέχρι το **γενικό Πίνακα** της εγκατάστασης.

Για κάθε τέτοια τυποποιημένη παροχή δίνονται στοιχεία που αφορούν τη μέγιστη ισχύ της παροχής, τις ασφάλειες στο μετρητή, τις γενικές ασφάλειες της εγκατάστασης και τις ελάχιστες διατομές της γραμμής παροχής. Στον Πίνακα 3.1.1 δίνονται στοιχεία για τριφασικές τυποποιημένες παροχές.

Πίνακας 3.1.1 Τυποποιημένες τριφασικές παροχές ΔΕΗ				
Νούμερο Παροχής	Μέγιστη ισχύς παροχής σε kW	Ασφάλειες ΔΕΗ στο μετρητή σε A	Ασφάλειες εγκατάστασης (γενικές) σε A	Ελάχιστη διατομή γραμμής από το μετρητή μέχρι τον γενικό πίνακα σε mm²
1	15	25	25	5x6
2	25	35	35	5x10
3	35	63	50	5x16
4	55	100	80	3x25+16+16
5	85	160	125	3x50+25+25
6	135	200	160	3x120+70+70 3x120+95+95
7	250	400	315 355	3x240+120+120 3x240+150+150

3.1.2 Υλικά παροχών ηλεκτρικής ενέργειας

→ Τα κυριότερα υλικά για την εγκατάσταση μιας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα **καλώδια** ή οι **αγωγοί** παροχής, ο **μετρητής** ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 3.1.4), τα μέσα **προστασίας** και τα διάφορα **υλικά στερέωσης** και **σύνδεσης**.



Σχήμα 3.1.4 Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας

→ Τα καλώδια ή οι αγωγοί παροχής πρέπει να μην υπερβαίνουν ορισμένο μήκος, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα πτώσης τάσης και μηχανικής καταπόνησης στις εναέριες παροχές.

Ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετείται σε ένα κιβώτιο, το οποίο ονομάζεται **γνωμονοκιβώτιο**. Αυτό περιέχει, εκτός από το μετρητή, μία ή τρεις **ασφάλειες** για την προστασία της ηλεκτρικής εγκατάστασης, ανάλογα με το αν η παροχή εί-

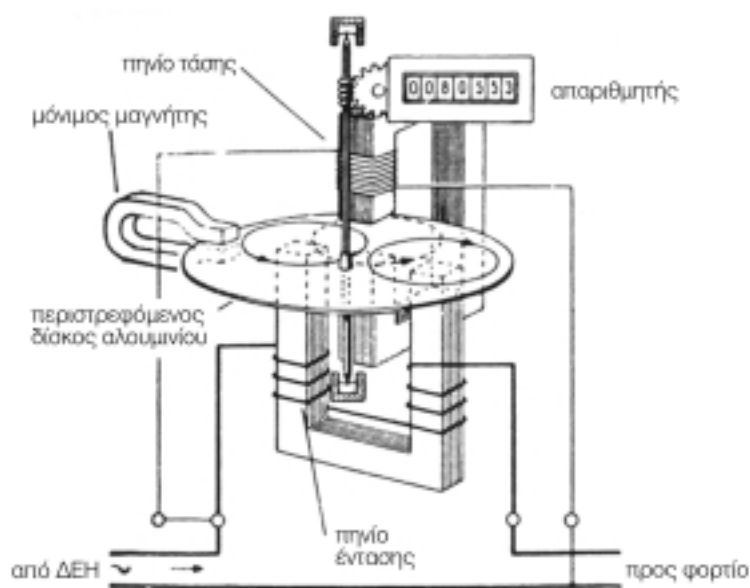
ναι μονοφασική ή τριφασική. Το **γνωμονοκιβώτιο** σφραγίζεται από τη ΔΕΗ, αποτελεί περιουσιακό στοιχείο της και απαγορεύεται κάθε είδους επέμβασης από μη εξουσιοδοτημένα άτομα.

➤ Οι **ασφάλειες** της παροχής προστατεύουν κυρίως από **βραχυκυκλώματα** και όχι από υπερφορτίσεις. Οι μονοφασικοί καταναλωτές έχουν στο γνωμονοκιβώτιό τους ασφάλεια 35 A ή μικροαυτόματο 40 A.

Σε δίκτυα με μειωμένη δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας η ΔΕΗ μπορεί να τοποθετήσει μικροαυτόματο 25 ή 16 A.

➤ Τα **γνωμονοκιβώτια** τοποθετούνται σε προσιτά μέρη στο κτίριο του καταναλωτή, έτσι ώστε να ελέγχονται και να παίρνονται οι μετρήσεις κατανάλωσης από τους αρμόδιους φορείς, και να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες για την ασφαλή, ορθή και μακρόχρονη λειτουργία τους.

➤ Οι **μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας** είναι τύπου επαγωγικού δίσκου (Σχήμα 3.1.5). Έχουν ένα πηνίο τάσης και ένα πηνίο ρεύματος. Ο δίσκος περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογη της πραγματικής ισχύος. Με μηχανισμό αθροίζονται οι στροφές και παρουσιάζονται σε έναν **καταχωρητή** (απαριθμητή), όπου διαβάζει κανείς απ' ευθείας την ενέργεια (σε kWh), που έχει καταναλωθεί από το χρόνο εγκατάστασης του μετρητή.



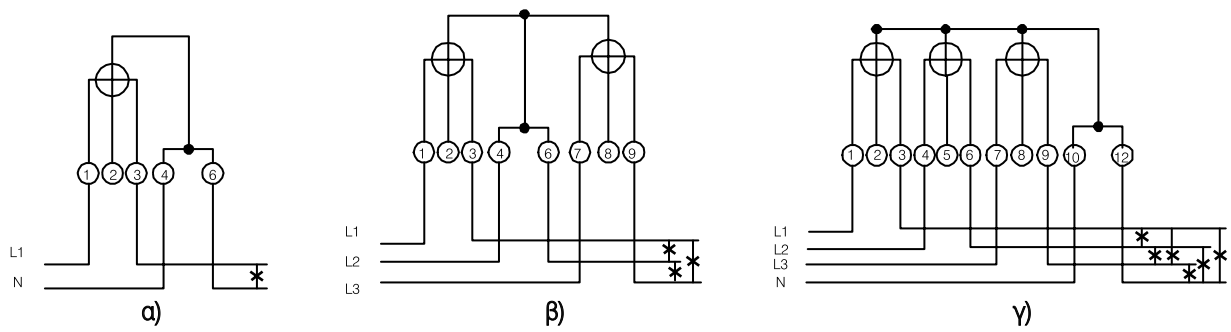
Σχήμα 3.1.5 Παράσταση μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας

➔ Υπάρχουν μετρητές απλής, διπλής ή και πολλαπλής εγγραφής. Οι μετρητές αυτοί έχουν τον ίδιο επαγωγικό δίσκο αλλά δύο ή περισσότερους καταχωρητές, π.χ. ένα ημερήσιο και ένα νυχτερινό. Οι **καταχωρητές** ενεργοποιούνται με ρελέ. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος αλλαγής καταχωρητή είναι με **τηλεχειρισμό ακουστικής συχνότητας (ΤΑΣ)**. Σε περίπτωση έλλειψης ΤΑΣ, η μετάβαση από τον ημερήσιο στο νυχτερινό καταχωρητή και το αντίστροφο μπορεί να γίνει με **χρονοδιακόπτη**. Επίσης, υπάρχει ένδειξη σε κάθε

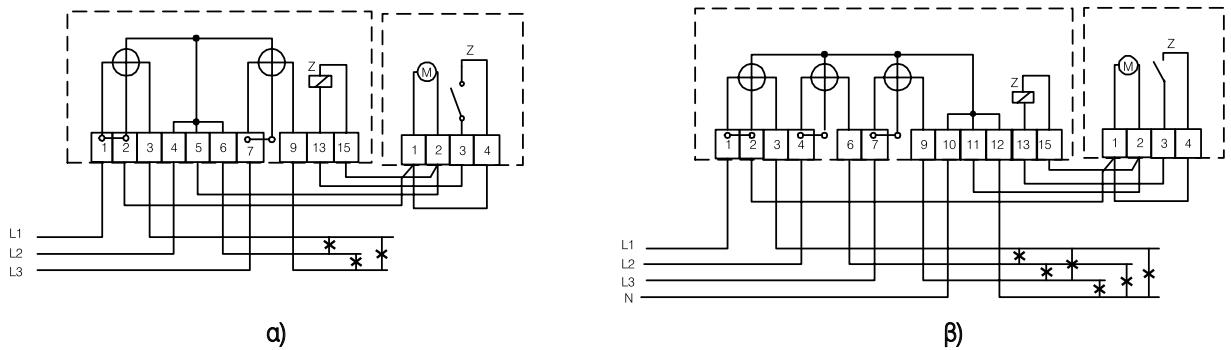
στιγμή ποιος καταχωρητής είναι σε λειτουργία.

➤ Οι **μετρητές ηλεκτρικής** ενέργειας, ανάλογα με το είδος της κατανάλωσης που καταγράφουν, διακρίνονται σε **μονοφασικούς** και **τριφασικούς**. Οι τριφασικοί μετρητές έχουν δύο ή τρία μονοφασικά συστήματα (δίσκους) σε κοινό άξονα.

➤ Οι **βασικές συνδεσμολογίες** μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας φαίνονται στα Σχήματα 3.1.6, 3.1.7.

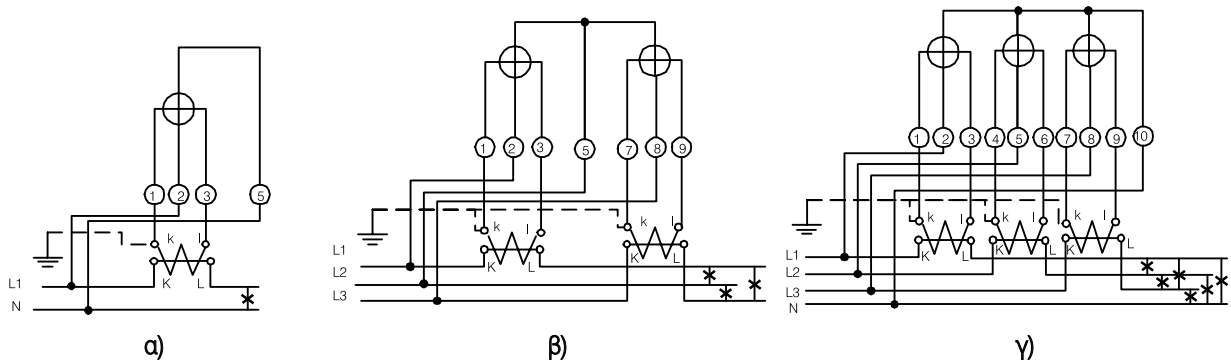


Σχήμα 3.1.6 Βασική συνδεσμολογία μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας
 α) Μονοφασικός
 β) Τριφασικός σε δίκτυο τριών αγωγών
 γ) Τριφασικός σε δίκτυο τεσσάρων αγωγών



Σχήμα 3.1.7 Βασική συνδεσμολογία τριφασικών μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας διπλού τιμολογίου
 α) Τριφασικός σε δίκτυο τριών αγωγών
 β) Τριφασικός σε δίκτυο τεσσάρων αγωγών

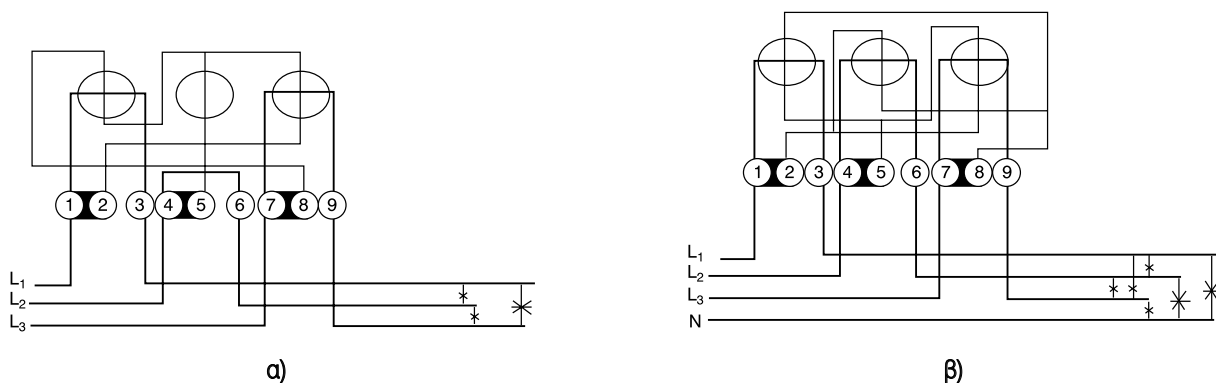
► Σε παροχές ηλεκτρικής ενέργειας μεγαλύτερης των 60 A τα πηνία των μετρητών τροφοδοτούνται μέσω μετασχηματιστών έντασης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1.8.



Σχήμα 3.1.8 Βασική συνδεσμολογία μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας με μετασχηματιστές έντασης
 α) Μονοφασικός
 β) Τριφασικός σε δίκτυο τριών αγωγών
 γ) Τριφασικός σε δίκτυο τεσσάρων αγωγών

► Σε περιπτώσεις που έχουμε ειδικά τιμολόγια μέσης ή υψηλής τάσης, επειδή η επιβάρυνση έχει σχέση με τη μέγιστη ζήτηση ισχύος και την κατανάλωση άεργης ισχύος, τοποθετούνται μετρητές με δείκτη για τη μέγιστη ζήτηση και **μετρητές άεργης ισχύος**.

► Στο σχήμα 3.1.9 φαίνεται η συνδεσμολογία τριφασικού μετρητή άεργης ισχύος.



Σχήμα 3.1.9 Συνδεσμολογία τριφασικού μετρητή άεργης ισχύος
 α) Τριών αγωγών
 β) Τριών αγωγών με ουδέτερο

3.1.3 Διαδικασία ηλεκτροδότησης

➔ Η ΔΕΗ έχει εκδώσει οδηγίες για τους εγκαταστάτες ηλεκτρολόγους που αφορούν τη διαδικασία αίτησης, την εγκατάσταση των μετρητών, τις τυποποιημένες παροχές, την ισχύ, τις ασφάλειες, κ.λπ. Οι οδηγίες δεν αφορούν την εγκατάσταση από τον κεντρικό πίνακα και μετά από αυτόν, γιατί αυτά ανήκουν αποκλειστικά στον καταναλωτή και υπόκεινται στους κανονισμούς των Ε.Η.Ε.. Μία σύνομη αναφορά των οδηγιών αυτών της ΔΕΗ γίνεται στη συνέχεια.

Γενικές πληροφορίες

➤ Οι εγκαταστάσεις κατασκευάζονται με την αποκλειστική ευθύνη των κατασκευαστών αδειούχων ηλεκτρολόγων εγκαταστατών, οι οποίοι είναι υποχρεωμένοι να τηρούν τους σχετικούς Νόμους και Κανονισμούς. Οποιαδήποτε τροποποίηση ή προσθήκη σε ηλεκτρική εγκατάσταση, που υπάρχει ήδη, πρέπει να εκτελείται από τον κατάλληλο εγκαταστάτη ηλεκτρολόγο.

➤ Η ηλεκτροδότηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων γίνεται αφού υποβληθεί στη ΔΕΗ **Υπεύθυνη Δήλωση Εγκαταστάτη (ΥΔΕ)** με την οποία ο εγκαταστάτης δηλώνει υπεύθυνα, ότι η εγκατάσταση έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τους κανονισμούς ασφαλείας που ισχύουν και συνοδεύεται από λεπτομερές ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης. Η ΥΔΕ μπορεί να υποβληθεί στη ΔΕΗ το αργότερο σε ένα χρόνο από την ημερομηνία σύνταξής της.

➤ Κάθε ΥΔΕ πρέπει να αναφέρεται σε ολόκληρη την εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση μετά το μετρητή της ΔΕΗ, ανεξάρτητα από το λόγο για τον οποίο υποβάλλεται αυτή. Ειδικά σε μερικές περιπτώσεις (προσθήκες, τροποποιήσεις, κ.λπ.) η συμπλήρωση ορισμένων στοιχείων της ΥΔΕ περιορίζεται στο τμήμα της εγκατάστασης που κατασκευάστηκε.

➤ Η ΔΕΗ υποχρεούται να αρνηθεί την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος αν κατά την παραλαβή της ΥΔΕ διαπιστώσει ότι:

1. η προς ηλεκτροδότηση ηλεκτρική εγκατάσταση έχει μεγαλύτερη ισχύ,
2. η εγκατάσταση είναι διαφορετική από αυτή που έχει σχεδιάσει ο ηλεκτρολόγος και
3. τα όργανά της αντιληφθούν ότι η εγκατάσταση παρουσιάζει σοβαρές ελλείψεις.

➤ Επίσης δικαιούται να προβεί στη διακοπή της ηλεκτροδότησης μιας εγκατάστασης, αν υποπέσει στην αντίληψή της λειτουργική ή κατασκευαστική βλάβη, μέχρις ότου υποβληθεί υπεύθυνη δήλωση εγκαταστάτη ηλεκτρολόγου ότι η βλάβη αποκαταστάθηκε.

Η υπεύθυνη αυτή δήλωση ονομάζεται όχι ΥΔΕ αλλά **ΥΔΕΠΑΒ (Υπεύθυνη Δήλωση Εγκαταστάτη περί Αποκατάστασης Βλάβης)**. Βέβαια, αν για την αποκατάσταση της βλάβης ο εγκαταστάτης τροποποιήσει την εγκατάσταση, τότε είναι υποχρεωμένος να υποβάλλει στην ΔΕΗ όχι ΥΔΕΠΑΒ αλλά ΥΔΕ.

Τρόπος σύνταξης Υπεύθυνης Δήλωσης Εγκαταστάτη

➤ Η ΥΔΕ περιλαμβάνει τα στοιχεία του ακινήτου, του ιδιοκτήτη και του καταναλωτή, τα στοιχεία του εγκαταστάτη και της άδειάς του, το Τεχνικό Υπόμνημα της εγκατάστασης, τη θεώρηση του γνήσιου της υπογραφής του εγκαταστάτη, κ.λπ.

➤ Η δήλωση του εγκαταστάτη θα πρέπει να αναφέρει ότι εκτέλεσε την ΕΗΕ σύμφωνα με τους Κανονισμούς που ισχύουν και ότι παρέχει εγγύηση για την απρόσκοπτη λειτουργία της εγκατάστασης για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

➤ Τα ηλεκτρολογικά σχέδια που συνοδεύουν την ΥΔΕ πρέπει να περιλαμβάνουν:

1. τη θέση και την ισχύ των συσκευών κατανάλωσης,
2. τη διαδρομή των γραμμών και τη διατομή τους,
3. τις θέσεις των διακοπών, ρευματοδοτών και πινάκων σε σχέση με το ακίνητο και
4. αναλυτικά διαγράμματα των πινάκων (εφ' όσον δεν είναι τυποποιημένοι) ή τον τύπο τους (αν είναι τυποποιημένοι).

➤ Στις περιπτώσεις μεγάλων εγκαταστάσεων, που

είναι ενδεχόμενο να μην είναι εύκολη η αναγραφή των διατομών των γραμμών στο υπόμνημα, είναι δυνατό, κατά την κρίση του εγκαταστάτη, να αναγράφονται οι διατομές ή στο σχέδιο ή στα μονογραμμικά διαγράμματα των πινάκων.

Θεώρηση Υπεύθυνης Δήλωσης Εγκαταστάτη

➤ Η ΥΔΕ που υποβάλλεται στη ΔΕΗ, εκτός από αυτή που υποβάλλεται από τους διπλωματούχους μηχανικούς, πρέπει να θεωρείται για το γνήσιο της υπογραφής του εγκαταστάτη (ατελώς) από το Σωματείο το οποίο είναι «οικείο» και «τοπικό» ταυτόχρονα ή αν δεν υπάρχει τέτοιο από οποιαδήποτε Αστυνομική Αρχή.

➤ Γίνεται η διευκρίνιση ότι, «οικείο» Σωματείο είναι εκείνο στο οποίο είναι μέλος ο εγκαταστάτης που υποβάλλει την ΥΔΕ, «τοπικό» δε Σωματείο είναι αυτό που υπάρχει στην έδρα του γραφείου της ΔΕΗ στο οποίο υποβάλλεται η ΥΔΕ.

➤ Αν το «οικείο» και το «τοπικό» σωματείο αρνηθεί τη θεώρηση αυτή, τότε η θεώρηση γίνεται από οποιαδήποτε Αστυνομική Αρχή, αφού ο εγκαταστάτης υποβάλλει σε αυτή υπεύθυνη δήλωση ότι αρνήθηκε το Σωματείο να θεωρήσει το γνήσιο της υπογραφής του.

ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ - ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

- 3.2.1** Δομή και είδη ηλεκτρικών πινάκων
- 3.2.2** Τυποποίηση και κατασκευαστικά στοιχεία ηλεκτρικών πινάκων
- 3.2.3** Επιλογή και τοποθέτηση ηλεκτρικών πινάκων
- 3.2.4** Συναρμολόγηση ηλεκτρικών πινάκων



Ενότητα 3.2

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του Κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να γνωρίζουν τα είδη και τη δομή των ηλεκτρικών πινάκων, καθώς και την αποστολή τους σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση
- ☞ να γνωρίζουν την τυποποίηση των ηλεκτρικών πινάκων ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους
- ☞ να γνωρίζουν τα κριτήρια επιλογής ενός ηλεκτρικού πίνακα και να επιλέγουν τον κατάλληλο πίνακα, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εγκατάστασής του
- ☞ να επιλέγουν τα υλικά ενός πίνακα και να γνωρίζουν τον τρόπο και τη σειρά συναρμολόγησής του

3.2.1 Δομή και είδη ηλεκτρικών πινάκων

➔ Οι **ηλεκτρικοί πίνακες** διανομής αποτελούν την καρδιά κάθε ηλεκτρικής εγκατάστασης. Χρησιμοποιούνται για την *παραλαβή* και τη *διανομή* της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα κυκλώματα τροφοδοσίας, αλλά και τον *έλεγχο* λειτουργίας της εγκατάστασης.

Οι ηλεκτρικοί πίνακες ανάλογα με την αποστολή τους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Γενικοί πίνακες διανομής
2. Πίνακες φωτισμού
3. Πίνακες κίνησης

Οι ηλεκτρικοί πίνακες περιέχουν τα μέσα προστασίας, αυτόματους διακόπτες ή ασφάλειες, χρονοδιακόπτες, ηλεκτρονόμους (ρελέ), αμπερόμετρα, βολτόμετρα, σημάνσεις (π.χ. ενδεικτικές λυχνίες) και γενικότερα, ό,τι είναι αναγκαίο για την προστασία, λειτουργία και έλεγχο των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν.

➤ Συχνά οι πίνακες των βιομηχανικών εγκαταστάσεων περιέχουν πληθώρα οργάνων μετρήσεων και ελέγχου, καθώς και συστήματα αυτοματισμού εξειδικευμένα στην εκάστοτε ηλεκτρική εγκατάσταση.

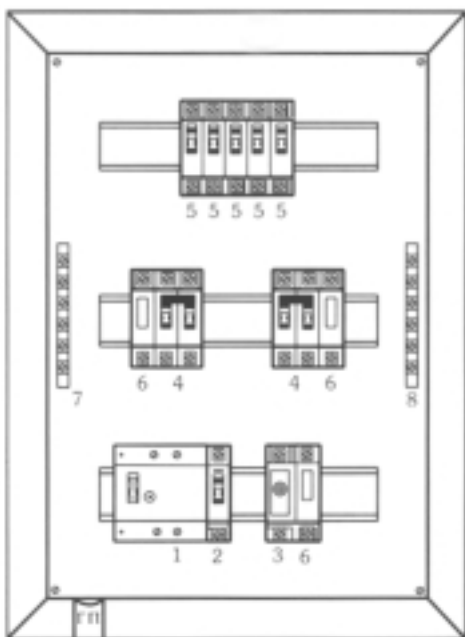
Οι πίνακες συνήθως συναρμολογούνται για την εκάστοτε εγκατάσταση, μπορεί όμως να είναι και προκατασκευασμένοι.

➤ Στους πίνακες **κίνησης** τοποθετούνται σε διάφορα πεδία οι ασφάλειες και οι διακόπτες των κινητήρων. Τέτοιοι υπάρχουν και σε ολοκληρωμένη μορφή, που περιέχουν τα όργανα ζεύξης και προστασίας.

■ Στο Σχήμα 3.2.1 φαίνεται μία γενική παράσταση ενός πίνακα διανομής στον οποίο φαίνονται τα κυ-

ριότερα μέρη του, όπως:

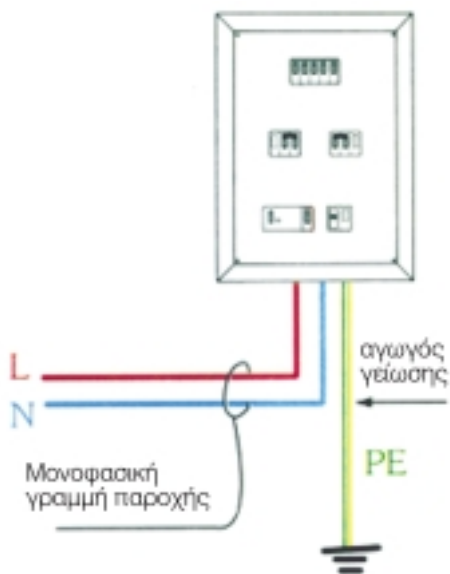
- **Ο αντιηλεκτροπληξιακός διακόπτης (1)** (Διακόπτης Διαφυγής Έντασης Δ.Δ.Ε.). Χρησιμοποιείται για την προστασία των ανθρώπων και της Ε.Η.Ε. από ηλεκτροπληξία. Διακόπτει την τροφοδότηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης στην περίπτωση που ανιχνεύσει διαρροή ρεύματος προς τη γη.
- **Ο γενικός διακόπτης (2)**. Χρησιμοποιείται για τη διακοπή του ρεύματος σε όλη την εγκατάσταση. Χαρακτηρίζεται από τη ονομαστική τάση (σε V) και ένταση λειτουργίας (σε A), καθώς και από τον αριθμό των αγωγών που διακόπτει (μονοπολικός, διπολικός, τριπολικός και τετραπολικός).
- **Η γενική ασφάλεια (3)**. Χρησιμοποιείται για την προστασία όλων των γραμμών της ηλεκτρικής εγκατάστασης από βραχυκύκλωμα. Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται αυτόματες ασφάλειες.
- **Μερικοί διακόπτες (μονοπολικοί, διπολικοί, τριπολικοί και τετραπολικοί) (4)**. Χρησιμοποιούνται για τη διακοπή ρεύματος σε γραμμές τροφοδοσίας κ.λπ.
- **Μερικές ασφάλειες (5)**. Χρησιμοποιούνται για την προστασία κάθε γραμμής από βραχυκύκλωμα.
- **Οι ενδεικτικές λυχνίες (6)**. Χρησιμοποιούνται για την ένδειξη ύπαρξης τάσης στη γραμμή ή και λειτουργίας της γραμμής.
- **Η μπάρα του ουδετέρου (7)**. Εκεί συνδέονται όλοι οι αγωγοί του ουδετέρου της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- **Η μπάρα της γείωσης (8)**. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των αγωγών προστασίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Χαρακτηριστικό χρώμα το πράσινο-κίτρινο. Η μπάρα αυτή έρχεται σε επαφή με το μεταλλικό κέλυφος (σασί) του πίνακα.



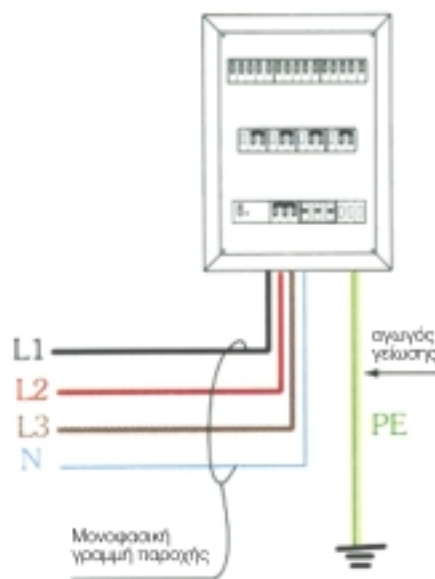
Σχήμα 3.2.1 Ηλεκτρικός πίνακας διανομής

➔ Ανάλογα με το είδος της τάσης τροφοδοσίας οι πίνακες διακρίνονται σε **μονοφασικούς** και **τριφασικούς**.

- **Μονοφασικοί πίνακες.** Χρησιμοποιούνται σε μονοφασικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Τροφοδοτούνται με μία φάση (L1), τον ουδέτερο (N) και τη γείωση (PE), (Σχήμα.3.2.2).
- **Τριφασικοί πίνακες.** Χρησιμοποιούνται σε τριφασικές εγκαταστάσεις. Τροφοδοτούνται με τρεις φάσεις (L1, L2, L3), τον ουδέτερο (N) και τη γείωση (PE), (Σχήμα.3.2.3).

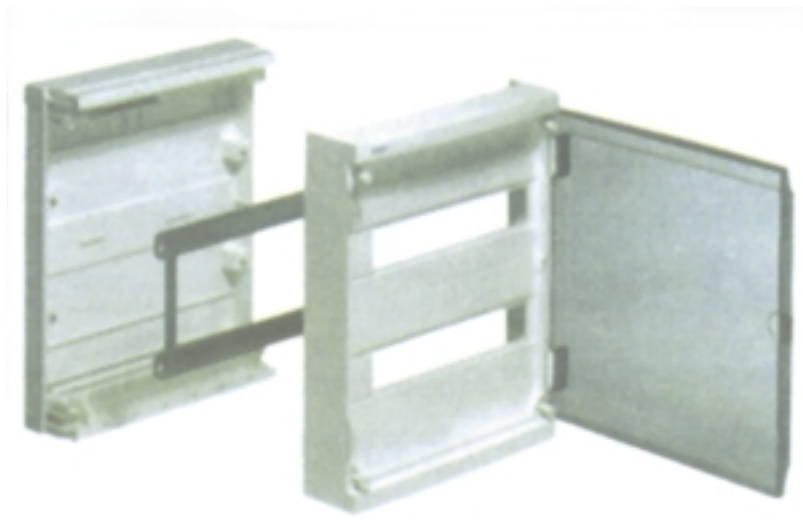


Σχήμα 3.2.2 Μονοφασικός πίνακας διανομής

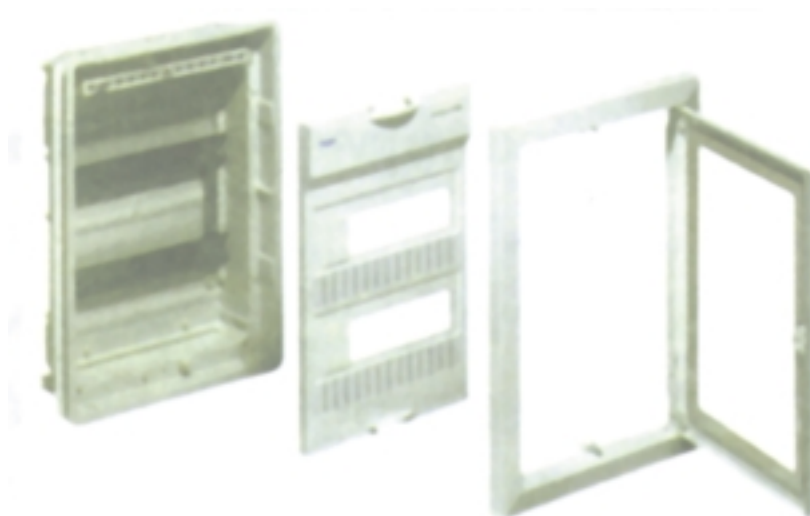


Σχήμα 3.2.3 Τριφασικός πίνακας διανομής

- ➔ Ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των πινάκων τους διακρίνουμε σε **εξωτερικούς** και **χωνευτούς**.
- **Εξωτερικοί (επίτοιχοι) πίνακες.** Αυτοί τοποθετούνται στην επιφάνεια του τοίχου (Σχήμα 3.2.4).
 - **Χωνευτοί πίνακες.** Αυτοί τοποθετούνται μέσα στον τοίχο στο ίδιο επίπεδο με το επίχρισμα. (Σχήμα 3.2.5).



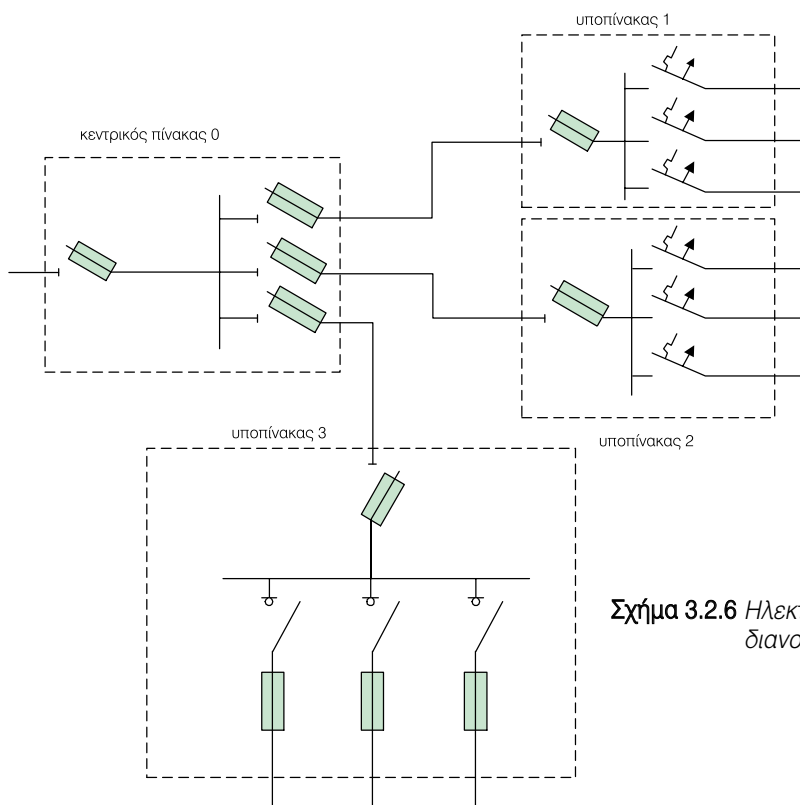
Σχήμα 3.2.4 Εξωτερικός πίνακας διανομής



Σχήμα 3.2.5 Χωνευτός πίνακας διανομής

➔ Σε **μικρούς καταναλωτές** συνήθως αρκεί ένας μόνο πίνακας. Σε μεγαλύτερους καταναλωτές με ποικιλία φορτίων και με φορτία εκτεταμένα σε διάφορους χώρους, γίνεται εγκατάσταση πολλών πινάκων για λόγους λειτουργικότητας και εύκολου χειρισμού. Έτσι υπάρχει ένας **κεντρικός ή κύριος πίνακας**, που τροφοδοτεί πολλούς **υποπίνακες** (Σχήμα 3.2.6).

Η μέθοδος αυτή διαχωρισμού της εγκατάστασης, μέσω του γενικού πίνακα και των υποπινάκων του, επιτρέπει την απομόνωση μέρους της εγκατάστασης από το γενικό διακόπτη του αντίστοιχου υποπίνακα, με αποτέλεσμα να διευκολύνονται οι εργασίες συντήρησης και επισκευής, χωρίς να χρειάζεται γενική διακοπή της εγκατάστασης.



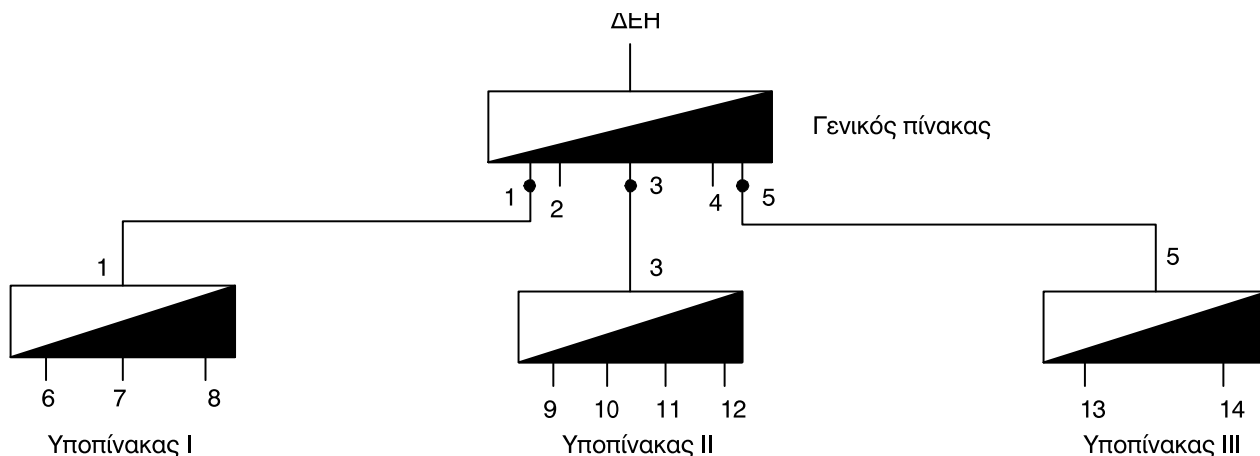
Σχήμα 3.2.6 Ηλεκτρικό διάγραμμα κεντρικού πίνακα διανομής με υποπίνακες

➤ Ο **γενικός πίνακας** διανομής τοποθετείται αμέσως μετά το γνωμονοκιβώτιο της ΔΕΗ και συνήθως στην πιο προσιτή θέση του χώρου, ώστε σε περίπτωση κινδύνου να μπορούμε εύκολα να διακόψουμε την παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας στην εγκατάσταση.

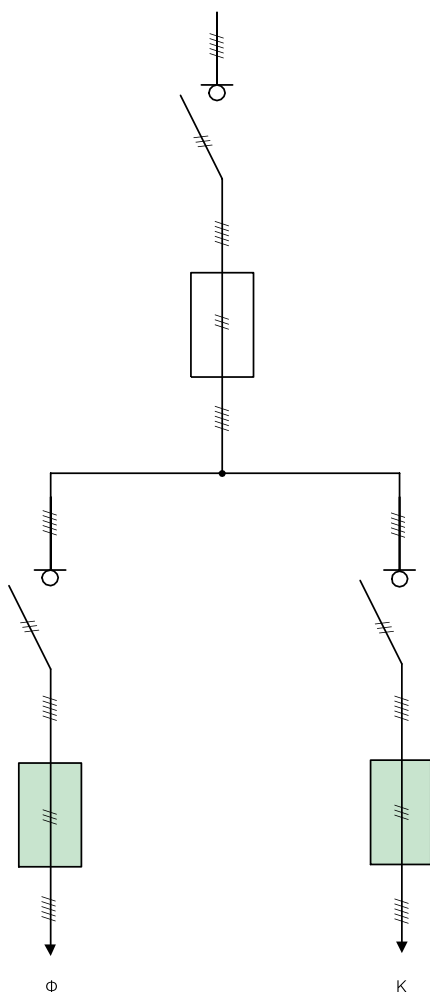
➤ Οι **επιμέρους καταναλώσεις** μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης ομαδοποιούνται ανά χώρο και ανά είδος κατανάλωσης (φωτισμός, κίνηση) και κάθε τέτοια ομάδα εξυπηρετείται από έναν υποπίνακα.

➤ Σε ένα πολυώροφο κτίριο μπορεί να έχουμε ένα

κεντρικό πίνακα και έναν υποπίνακα ανά όροφο (Σχήμα 3.2.7). Ο διαχωρισμός εγκαταστάσεων φωτισμού μεγάλης έκτασης (π.χ. φωτισμός ανά όροφο σε ένα νοσοκομείο, ή ένα ξενοδοχείο, κ.λπ.), γίνεται μέσω υποπινάκων. Αυτός πρέπει να γίνεται με μεγάλη σχολαστικότητα, ώστε να μη διαταρασσεται η λειτουργία μέρους της εγκατάστασης φωτισμού (π.χ. μιας κλινικής), από τη συντήρηση ή την αναζήτηση βλαβών σε ένα άλλο τμήμα της, (π.χ. σε άλλη κλινική στον ίδιο όροφο). Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται υποπίνακες ορόφων από όπου τροφοδοτούνται, αντίστοιχα, οι υπόλοιποι υποπίνακες ανά όροφο.

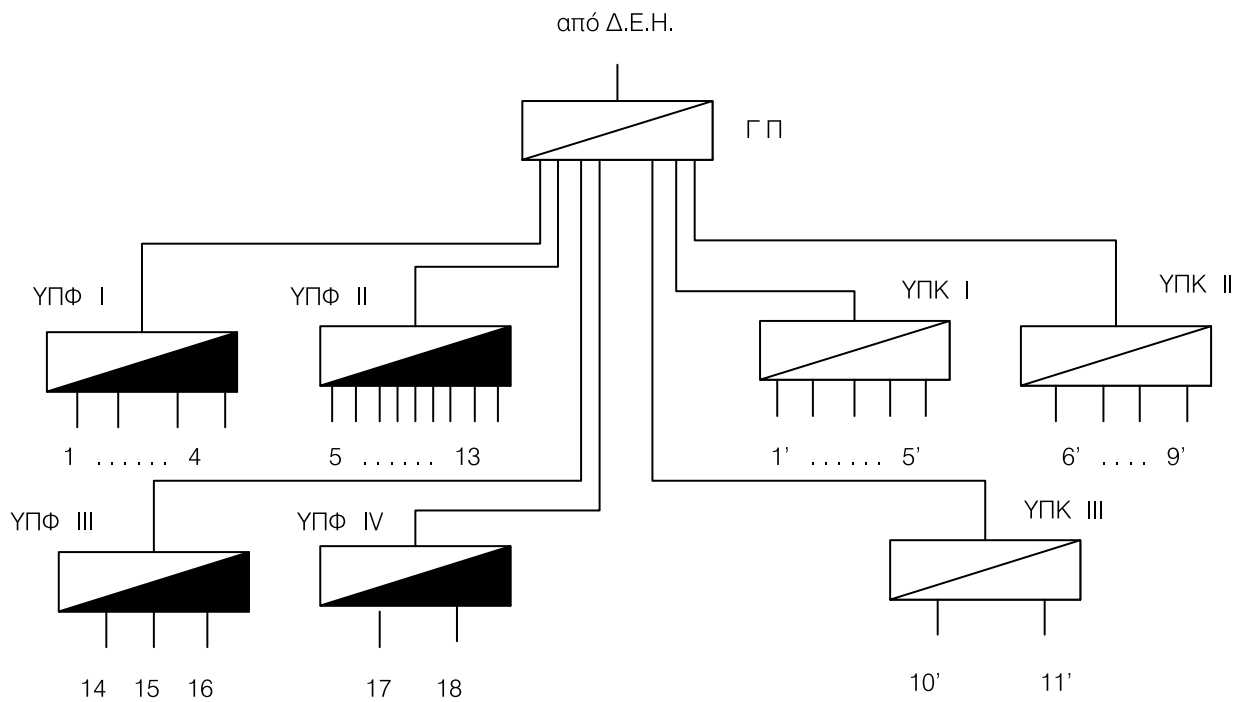
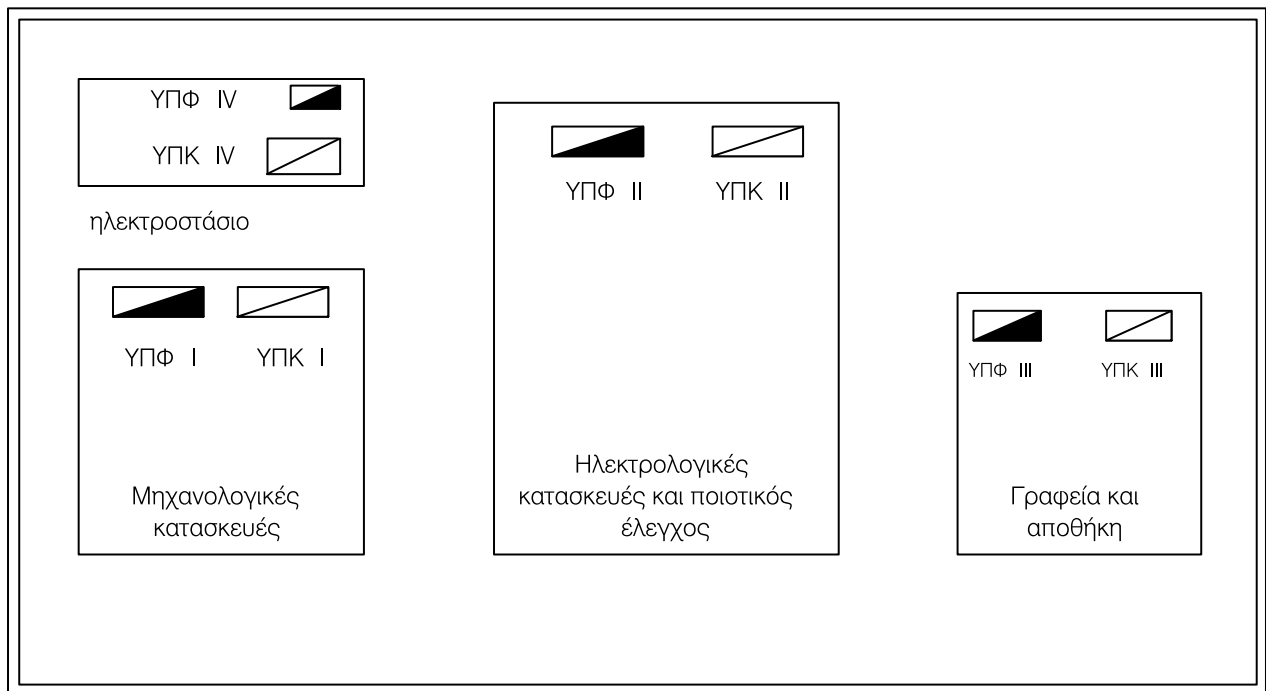


Σχήμα 3.2.7 Μονογραμμικό διάγραμμα των πινάκων μιας εγκατάστασης φωτισμού (1 έως 14: αναχωρήσεις γραμμών από τους πίνακες)



➔ Σε βιομηχανικούς καταναλωτές η ομαδοποίηση συνήθως γίνεται σε πίνακες **κίνησης**, **φωτισμού** ή άλλων λειτουργιών. Για το λόγο αυτό προβλέπονται στο γενικό πίνακα δύο βασικές αναχωρήσεις, η μία για το φωτισμό και η άλλη για την κίνηση (Σχήματα 3.2.8 και 3.2.9). Οι πίνακες φωτισμού μπορεί να δέχονται μονοφασική ή τριφασική παροχή αλλά τα κυκλώματα που αναχωρούν από αυτούς είναι **πάντοτε** μονοφασικά.

Σχήμα 3.2.8 Ηλεκτρικό διάγραμμα πίνακα βιομηχανικής εγκατάστασης με γενική αναχώρηση φωτισμού (Φ) και γενική αναχώρηση κίνησης (Κ)



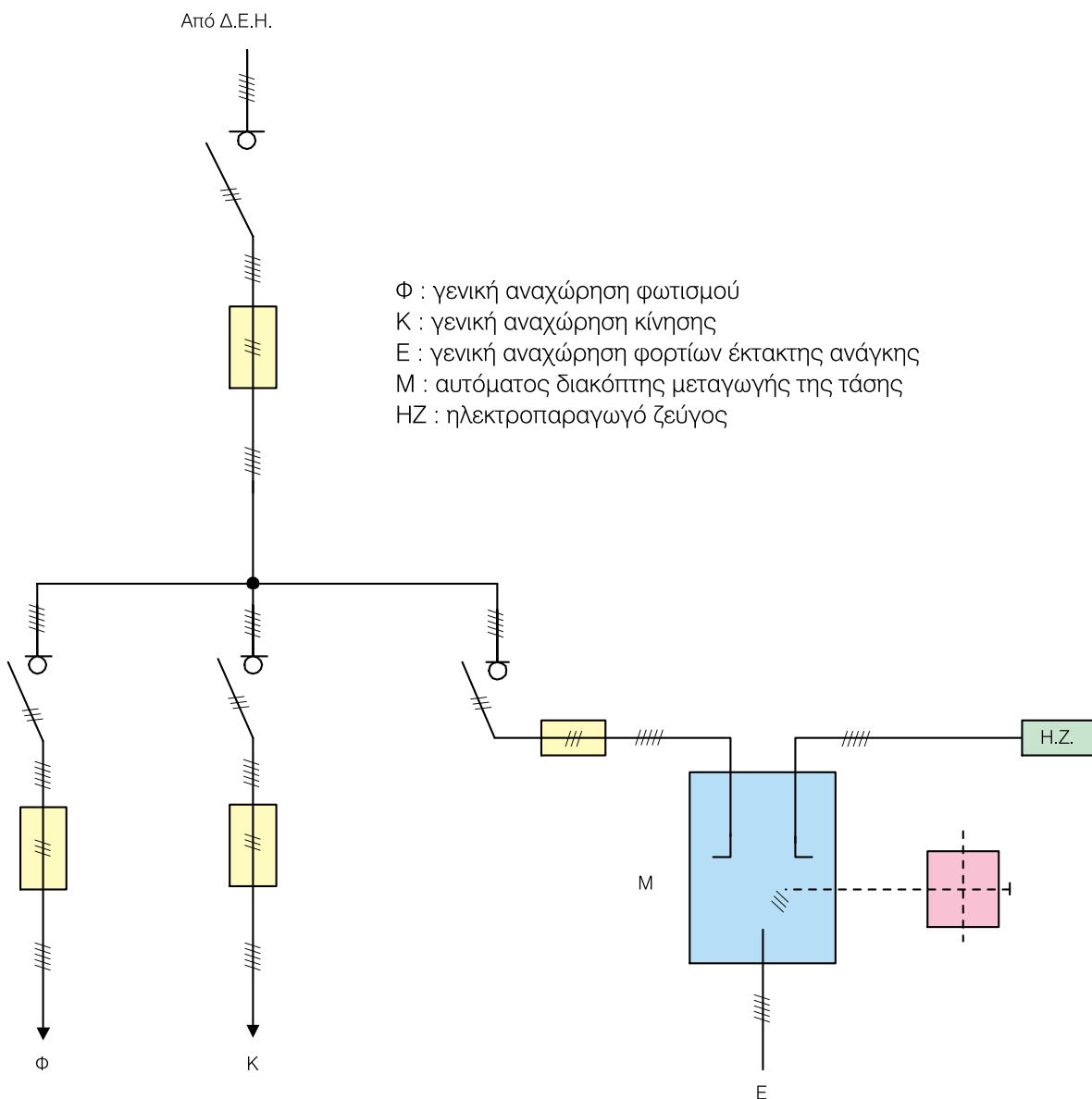
ΓΠ : Γενικός πίνακας
 ΥΠΦ I έως ΥΠΦ IV : υποπίνακες φωτισμού
 ΥΠΚ I έως ΥΠΚ III : υποπίνακες κίνησης

Σχήμα 3.2.9 Μονογραμμικό διάγραμμα των πινάκων μιας βιομηχανικής εγκατάστασης

- 1 έως 18: αναχωρήσεις φωτισμού
- 1' έως 11': αναχωρήσεις κίνησης

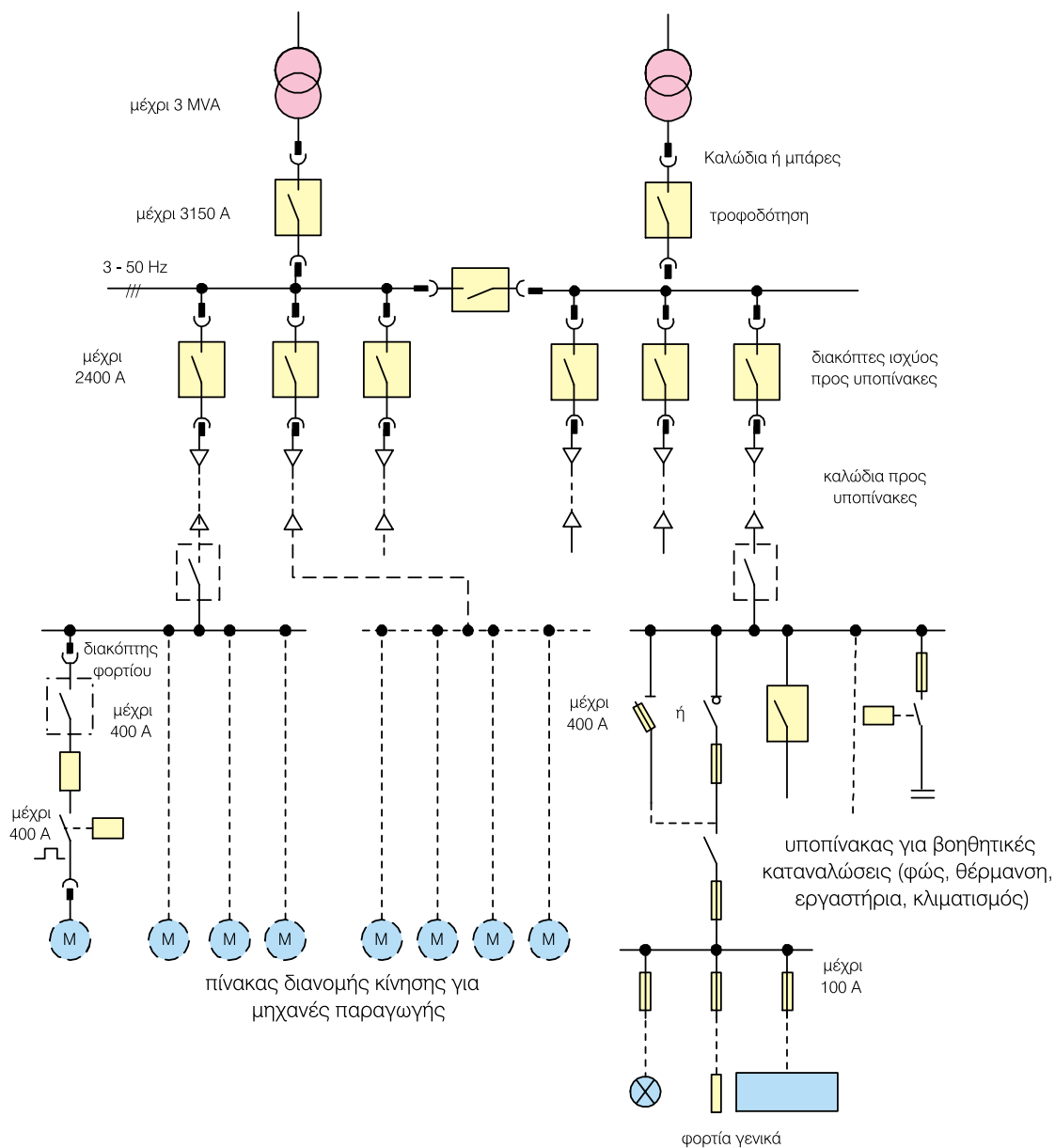
► Όταν η εγκατάσταση περιλαμβάνει φορτία, που δεν πρέπει να μένουν χωρίς παροχή τάσης (**φορτία έκτακτης ανάγκης ή επείγοντα φορτία**, π.χ. χειρουργεία, κ.λπ.), τότε προβλέπεται μία ακόμα αναχώρηση από το γενικό πίνακα.

Στο Σχήμα 3.2.10 δίνεται ένα παράδειγμα γενικού πίνακα με τις τρεις βασικές αναχωρήσεις φωτισμού (**Φ**), κίνησης (**Κ**) και εκτάκτων αναγκών (**Ε**). Σύμφωνα με αυτό, σε περίπτωση διακοπής της τάσης από το δίκτυο της ΔΕΗ τροφοδοτούνται τα φορτία έκτακτης ανάγκης από ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος το οποίο τίθεται αυτόματα σε λειτουργία, όταν διακοπεί η τάση του δικτύου. Η αυτόματη τροφοδοσία των φορτίων έκτακτης ανάγκης επιτυγχάνεται με τον αυτόματο διακόπτη μεταγωγής (**Μ**).



Σχήμα 3.2.10 Ηλεκτρικό διάγραμμα πίνακα βιομηχανικής εγκατάστασης με γενική αναχώρηση φωτισμού, αναχώρηση κίνησης και αναχώρηση φορτίων έκτακτης ανάγκης

► Αν υπάρχουν πολλοί μετασηματιστές σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τότε οι πίνακες κίνησης έχουν το δικό τους μετασηματιστή για να μην παρενοχλούνται οι άλλοι καταναλωτές. (Σχήμα 3.2.11).



Σχήμα 3.2.11 Σύστημα διανομής σε βιομηχανία (η κίνηση τροφοδοτείται από ιδιαίτερο μετασηματιστή)

3.2.2 Τυποποίηση και κατασκευαστικά στοιχεία ηλεκτρικών πινάκων

➔ Ανάλογα με την κατηγορία του χώρου στον οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί ο πίνακας, επιλέγουμε και το κατάλληλο υλικό κατασκευής του.

➤ Σε χώρους ξηρούς ή χώρους ηλεκτρικής υπηρεσίας, μπορούμε να εγκαταστήσουμε κάθε τύπο ηλεκτρικού πίνακα, αρκεί να υπάρχουν μέτρα προστασίας από τυχαία επαφή με στοιχεία του πίνακα που έχουν τάση.

➤ Σε χώρους σκονιζόμενους, πρόσκαιρα υγρούς, υγρούς, βρεγμένους και υποκείμενους σε πυρκαγιά, χρησιμοποιούνται στεγανοί πίνακες. Αυτοί κατασκευάζονται μέσα σε στεγανά κουτιά από λαμαρίνα ή χυτοσίδηρο ή χυτοαλουμίνιο. Όταν ο πίνακας πρόκειται να εγκατασταθεί σε βρεγμένο χώρο, πρέπει να έχει τον κατάλληλο βαθμό προστασίας έναντι νερού.

➤ Σε χώρους που υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης εκρήξεων μπορεί να τοποθετηθεί πίνακας μόνο όταν το υλικό του είναι αντιαεκρηκτικού τύπου.

➤ Όταν πρόκειται να εγκαταστήσουμε ηλεκτρικό

πίνακα μέσα σε υπόγειες κατασκευές (σήραγγες, στοές ορυχείων, διαμορφωμένα σπήλαια κ.λπ.), πρέπει να κατασκευάζουμε και να τοποθετούμε πρώτα κιβώτιο από γαλβανισμένη λαμαρίνα και μέσα σε αυτό να τοποθετούμε το στεγανό χυτοσίδηρο πίνακα.

Το λαμαρινένιο κιβώτιο, πρέπει να έχει περσίδες αερισμού με εσωτερικό προστατευτικό πλέγμα για να μη μπαίνουν μέσα στο κουτί έντομα, ποντικοί κ.λπ. Το λαμαρινένιο κουτί που προστατεύει το στεγανό πίνακα της υπόγειας κατασκευής, πρέπει να είναι ευρύχωρο, ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση της υγρασίας με περιοδική θέρμανση.

➔ Σύμφωνα με τους κανονισμούς που ισχύουν, ο **βαθμός προστασίας (IP, International Protection)** ενός πίνακα χαρακτηρίζεται από **δύο αριθμούς** που ακολουθούν τα γράμματα IP. Ο πρώτος αριθμός δηλώνει την προστασία του πίνακα από είσοδο **ξένου υλικού** και ηλεκτροπληξία, ενώ ο δεύτερος αριθμός δηλώνει τη προστασία του πίνακα από **νερό**. Αναλυτικά ο βαθμός προστασίας των πινάκων φαίνεται στους Πίνακες 3.2.1 και 3.2.2.

Πίνακας 3.2.1 Προστασία από είσοδο ξένου υλικού και από ηλεκτροπληξία 1ος αριθμός μετά το IP									
α/α	Κωδικός	Προστασία από είσοδο ξένου υλικού	Προστασία από ηλεκτροπληξία	Συμβολισμός					Παρατηρήσεις
1	IP0X	Χωρίς προστασία	Χωρίς προστασία						-
2	IP1X	Ξένο υλικό με διάμετρο > 50 mm	Προστασία από επαφή με χέρι						Εξασφαλισμένη απόσταση από επικίνδυνα μέρη
3	IP2X	Ξένο υλικό με διάμετρο > 12,5 mm	Προστασία από επαφή με δάκτυλο	Ip20					-
4	IP3X	Ξένο υλικό με διάμετρο > 2,5 mm	Επαφή με εργαλεία με διάμετρο > 2,5 mm	IP30	IP31				-
5	IP4X	Ξένο υλικό με διάμετρο > 1 mm	Επαφή με εργαλεία με διάμετρο > 1 mm	IP40	IP41	IP43	IP44		-
6	IP5X	Προστασία από σκόνη	Επαφή με οποιοδήποτε βοηθητικό εξοπλισμό				IP54	IP55	-
7	IP6X	Δεν μπαίνει καθόλου σκόνη	Επαφή με οποιοδήποτε βοηθητικό εξοπλισμό					IP65	-

Πίνακας 3.2.2 Προστασία από νερό 2ος αριθμός μετά το IP									
α/α	Κωδικός	Προστασία από νερό	Συμβολισμός						
			1	IPX0	Χωρίς προστασία	IP20	IP30	IP40	
2	IPX1	Προστασία από κατακόρυφο στάξιμο νερού		IP31	IP41				
3	IPX3	Προστασία από πλάγιο στάξιμο νερού σε γωνία μέχρι 60°			IP43				
4	IPX4	Προστασία από πιτσιλιές νερού από όλες τις κατευθύνσεις				IP44	IP45		
5	IPX5	Προστασία από δέσμη νερού από όλες τις κατευθύνσεις						IP55	IP56
6	IPX7	Προστασία μέσα σε νερό							IP67
7	IPX8	Προστασία μέσα σε νερό με πίεση μέχρι 10 atm							IP68

■ Στο **εμπόριο**, ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής, συναντώνται διάφορα είδη τυποποιημένων πινάκων διανομής όπως:

- A. Πλαστικοί πίνακες**
- B. Χαλύβδινοι πίνακες**
- Γ. Πίνακες κιβωτίων**
- Δ. Πίνακες τύπου πεδίου**
- Ε. Πίνακες τύπου ερμαρίου**

A. Πλαστικοί πίνακες

Κατασκευάζονται, από άκαυστο πλαστικό και χαρακτηρίζονται από το μικρό κόστος, το μικρό βάθος και τις μικρές διαστάσεις.

B. Χαλύβδινοι πίνακες

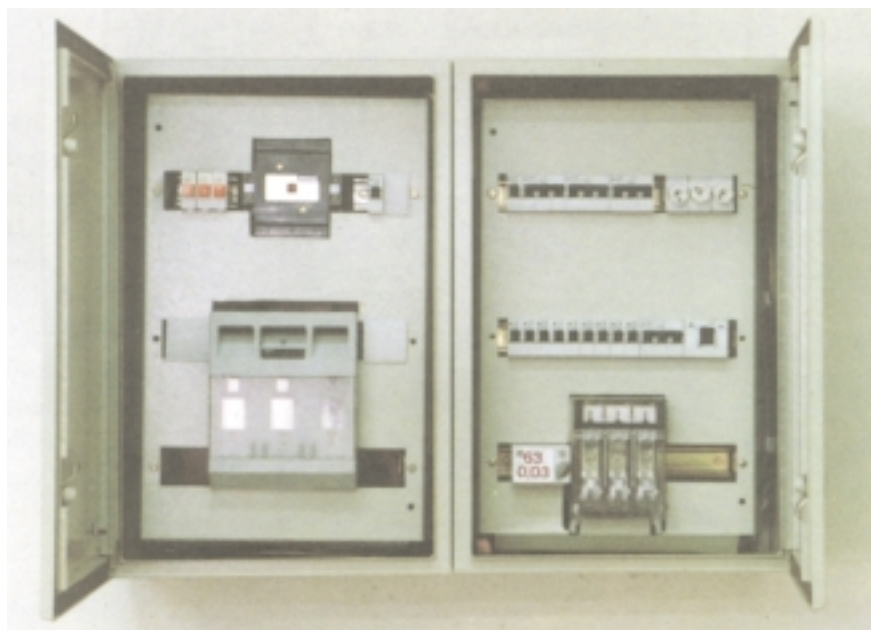
Σε μικρούς ή μεσαίους καταναλωτές συνηθίζονται χαλύβδινοι πίνακες με **σύστημα ράγας** (Σχήμα 3.2.12) ή με συρόμενα στοιχεία (Σχήματα 3.2.13 και 3.2.14). Στις ράγες προσαρμόζονται (κουμπώ-

νουν) τα διάφορα υλικά, όπως διακόπτες, ρελέ, χρονοδιακόπτες, ενδεικτικές λυχνίες, ηλεκτρονικά εξαρτήματα κ.λπ. Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλων ραγών είναι συνήθως 125 mm.

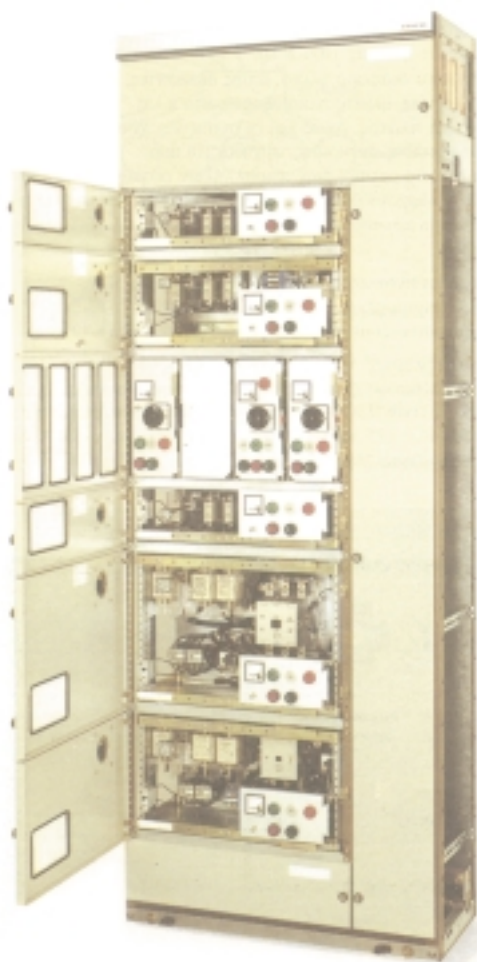
➤ Με βάση τον τρόπο τοποθέτησης οι χαλύβδινοι πίνακες διακρίνονται σε:

- **Εντοιχιζόμενους** πίνακες μέχρι 400 A
- **Εξωτερικούς** πίνακες μέχρι 400 A
- **Αυτοστηριζόμενους** πίνακες με πόδια στο έδαφος μέχρι 1250 A.

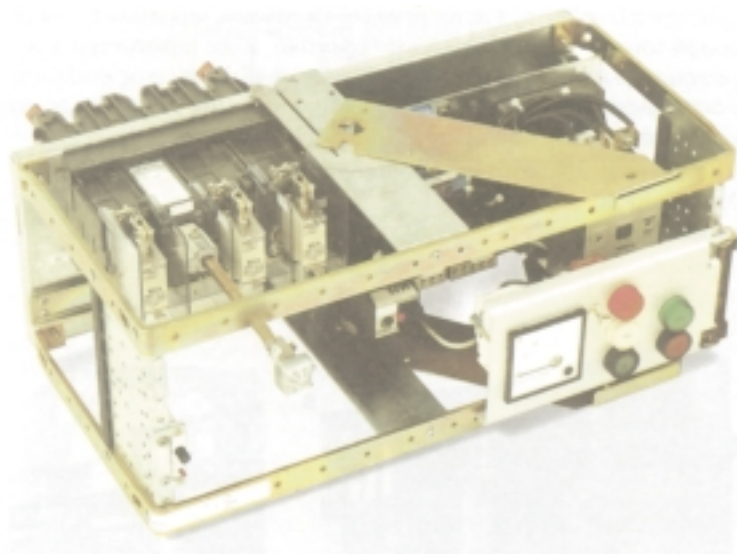
➤ Οι εντοιχιζόμενοι πίνακες των 63 A έχουν βάθος 65-110 mm, έτσι ώστε οι μικροί από αυτούς να μπορούν να εντοιχίζονται και σε δομικό τοίχο πάχους 100 mm. Τα πλάτη είναι πολλαπλάσια των 250 mm, ενώ το ύψος είναι πολλαπλάσιο των 125 mm. Υπάρχουν πίνακες των 63 A διαστάσεων 250x125, 250x250 και 250x500 mm².



Σχήμα 3.2.12 Χαλύβδινος πίνακας ράγας



Σχήμα 3.2.13 Χαλύβδινος πίνακας με συρόμενα στοιχεία



Σχήμα 3.2.14 Συρόμενο στοιχείο χαλύβδινου πίνακα

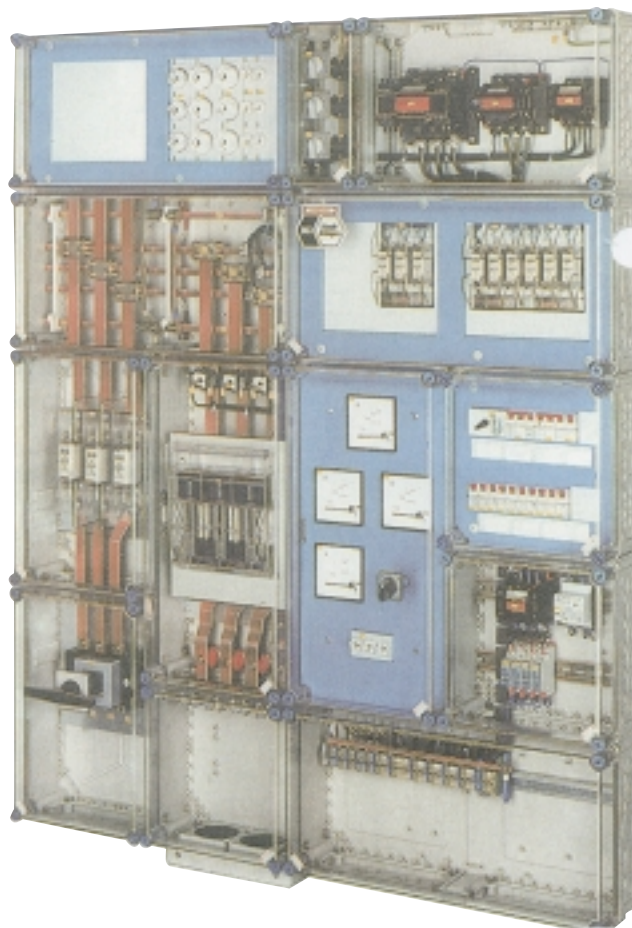
► Οι συνηθισμένοι χαλύβδινοι πίνακες δεν προσφέρουν προστασία από σκόνη και νερό. Υπάρχουν όμως και χαλύβδινοι πίνακες με προστασία τέτοια που δεν αφήνουν να περάσει σκόνη, αντέχουν σε ψεκασμό νερού και τα καλώδια εισέρχονται με σιπιποθλίπτες, που στεγανοποιούν την είσοδο του καλωδίου.

Οι χαλύβδινοι πίνακες είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται συνήθως. Είναι φθηνοί, μηχανικά ανθεκτικοί και παρουσιάζουν αντοχή σε περίπτωση πυρκαγιάς. Δεν είναι κατάλληλοι για υψηλό βαθμό προστασίας, δηλαδή δεν αντέχουν σε πολλή σκόνη ή δέσμη νερού και οξειδώνονται με τον καιρό σε οξειδωτική ατμόσφαιρα.

Γ. Πίνακες κιβωτίων

Οι πίνακες κιβωτίων αποτελούνται από πολλά μικρά **στεγανά** κιβώτια τυποποιημένων διαστάσεων, που συνδέονται μεταξύ τους με ελαστικούς συνδέσμους. Κατασκευάζονται από **χυτοσίδηρο** ή **πλαστικό** ή **χυτοαλουμίνιο** (Σχήμα 3.2.15). Τα καλώδια εισέρχονται στα κιβώτια με σιπιποθλίπτες.

Τα κιβώτια έχουν διαστάσεις από 307x353,5 mm² έως 614x614 mm² και ταιριάζουν πλευρικά το ένα με το άλλο. Οι πίνακες κιβωτίων έχουν στην πρόσοψη τους καπάκια που κλείνουν ερμητικά. Κάθε κιβώτιο έχει και μία συγκεκριμένη λειτουργικότητα, π.χ. οι διακόπτες ενός κυκλώματος και οι ασφαλειοαποζεύκτες έχουν διαφορετικά κιβώτια.



Σχήμα 3.2.15 Πίνακας πλαστικών κιβωτίων

► Τα **πλεονεκτήματα** των πινάκων κιβωτίων είναι:

- εύκολη επεκτασιμότητα
- υψηλός βαθμός προστασίας
- μηχανική και χημική αντοχή, ιδιαίτερα σε χυτοσιδερένους πίνακες.

► Οι πίνακες κιβωτίων τοποθετούνται συνήθως σε βρεγμένους χώρους ή χώρους πολύ σκονισμένους, ιδιαίτερα εκεί όπου υπάρχει αγωγήμη σκόνη, π.χ. εργοστάσια τσιμέντων, καλωδίων κ.λπ.

Αν εκτός από τον υψηλό βαθμό προστασίας απαιτείται και μηχανική, διαβρωτική και γενικά χημική αντοχή, τότε γίνεται χρήση χυτοσιδερένων κιβωτίων, π.χ. σε αντλιοστάσια ή ορυχεία.

Οι χυτοσιδερένιοι πίνακες έχουν δοκιμαστεί για πολλές δεκαετίες. Είναι οι ακριβότεροι αλλά και οι πιο ανθεκτικοί. Είναι κατάλληλοι για κάθε ηλεκτρικό ρεύμα με τάση μέχρι 500 V και ένταση συνήθως μέχρι 630 A.

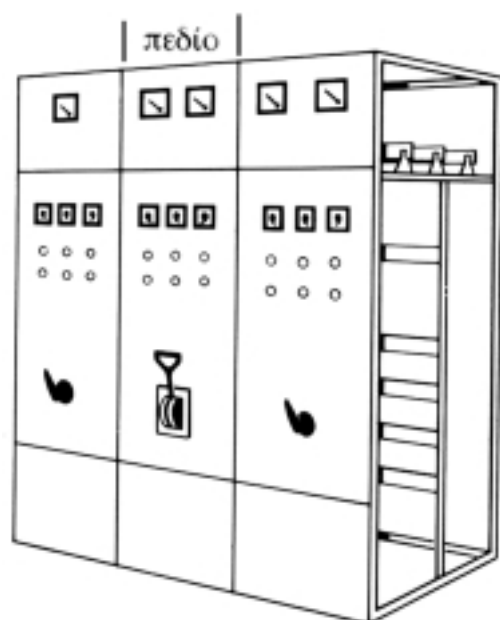
Δ. Πίνακες τύπου πεδίου

Οι πίνακες τύπου πεδίου, λόγω της στιβαρής κατασκευής τους, στηρίζονται στο δάπεδο και δεν χρειάζονται στήριξη σε τοίχο. Προτιμούνται σε μεγάλες παροχές άνω των 630 A, με πολλά κυκλώματα και όρ-

γανα χειρισμού. Τέτοιοι πίνακες χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, στις μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις, στα πολυκαταστήματα και τους ουρανοξύστες. Αυτοί αποτελούνται από **ερμάρια** τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο. Είναι κατασκευασμένοι από **χαλυβδόφυλλο** (λαμαρίνα) πάχους 1,5 mm έως 2,0 mm στηριγμένη σε χαλύβδινα προφίλ.

► Οι πίνακες τύπου πεδίου υποδιαιρούνται κατά πλάτος σε τμήματα τα οποία ονομάζονται **πεδία**. Κάθε πεδίο έχει πλάτος συνήθως 0,75 - 0,90 m. Το ύψος των πινάκων πεδίου είναι 2 - 2,20 m, το βάθος 0,50 - 0,80 m και το πλάτος 0,75 - 4,0 m ανάλογα με τον αριθμό των πεδίων που απαιτούνται για την τοποθέτηση όλων των απαραίτητων υλικών και οργάνων, (Σχήμα 3.2.16).

► Επειδή η επέκταση των πινάκων πεδίου δεν είναι εύκολη, συνήθως προβλέπεται κατά την αρχική κατασκευή εφεδρικός κενός χώρος (ένα μέρος πεδίου ή ολόκληρα πεδία) όπου μπορούν αργότερα να τοποθετηθούν εύκολα τα πρόσθετα υλικά. Επίσης, όταν υπάρχει προοπτική επέκτασης προβλέπεται μεγαλύτερος γενικός διακόπτης και ανάλογα ενισχυμένες μπάρες.



Σχήμα 3.2.16
Πίνακας τύπου πεδίου

► Στους πίνακες πεδίου όλα τα στοιχεία στα οποία πρέπει να γίνονται χειρισμοί, διακόπτες, ασφάλειες, όργανα, ενδείξεις ελέγχου κ.λπ. βρίσκονται στο μπροστινό μέρος. Ως προς τη δυνατότητα επιθεώρησης, οι πίνακες πεδίου διακρίνονται σε **επισκέψιμους από την πίσω πλευρά** (πρόσβαση από την πίσω πλευρά) και **επισκέψιμους από την μπροστινή πλευρά** (πρόσβαση από την μπροστινή πλευρά).

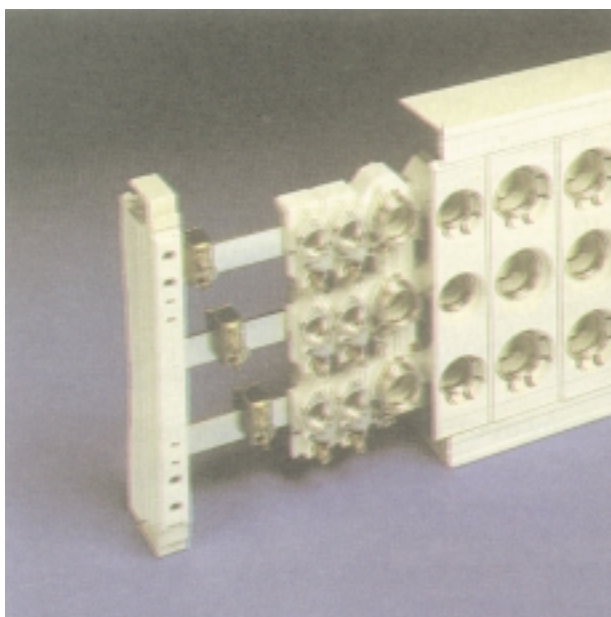
► Στην ανοιχτή πλευρά των πινάκων πεδίου **επισκέψιμων από την πίσω πλευρά**, πρέπει να υπάρχουν **εμπόδια** (μπάρες), έτσι ώστε να μην επιτρέπουν την επαφή ανθρώπων με τα **υπό τάση αντικείμενα**. Ο χώρος που εγκαθίσταται είναι κυρίως χώρος υπηρεσίας, προσπελάσιμος μόνο από ειδικό προσωπικό. Για να υπάρχει άνεση, χρειάζεται κατά τις εργασίες εγκατάστασης και συντήρησης να υπάρχει τουλάχιστον 80 cm ελεύθερος χώρος (διάδρομος) πίσω από τον πίνακα.

► Οι **πίνακες επισκέψιμοι από εμπρός** είναι από παντού κλειστοί. Κάθε πεδίο έχει πόρτα που ανοίγει ή και αφαιρείται για να γίνει η εγκατάσταση ή

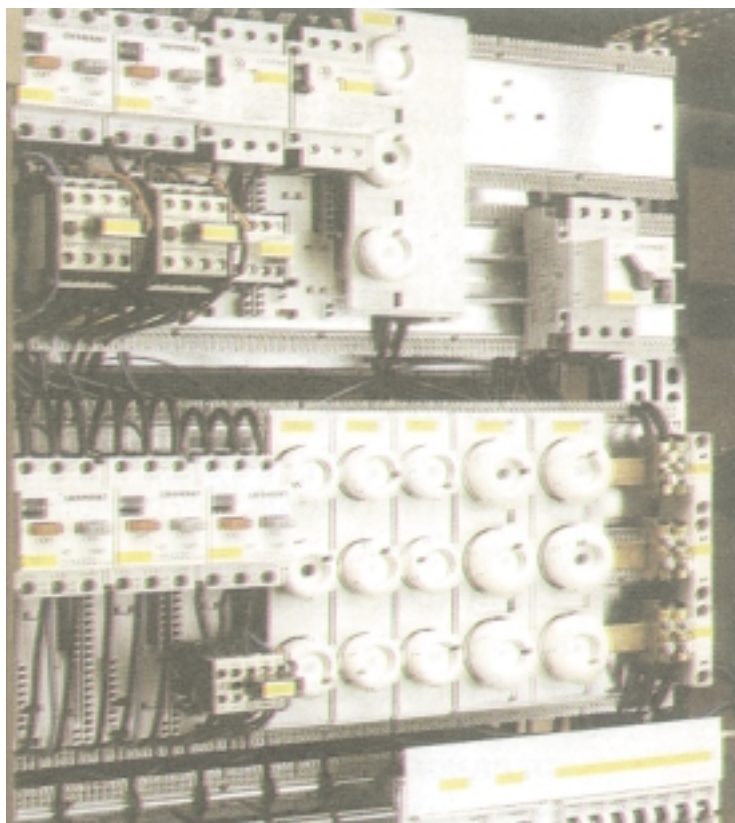
η συντήρηση. Οι πόρτες μπορεί να έχουν μεγάλα τζάμια με πλαστικό διαφανές φύλλο, έτσι ώστε να έχουμε οπτικό έλεγχο των συσκευών. Στους κλειστούς πίνακες μπορεί να εγκατασταθούν συσκευές με συρόμενη κατασκευή. Τέτοιοι είναι οι διακόπτες ισχύος ή οι συσκευές ελέγχου κινητήρων. Αυτές οι συσκευές (έτοιμες στο εμπόριο) είναι σε τροχιές, με σύστημα ρευματοδότη-ρευματολήπτη στο πίσω μέρος και συρταρώνονται στον πίνακα.

► Οι πίνακες τύπου πεδίου απαιτούν μεγάλο χώρο σε σχέση με άλλους πίνακες. Έχουν όμως το πλεονέκτημα της ασφάλειας λόγω των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ των υλικών, της εύκολης συντήρησης, της δυνατότητας ψύξης, μελετώνται ανεξάρτητα και είναι σχετικά φθηνοί.

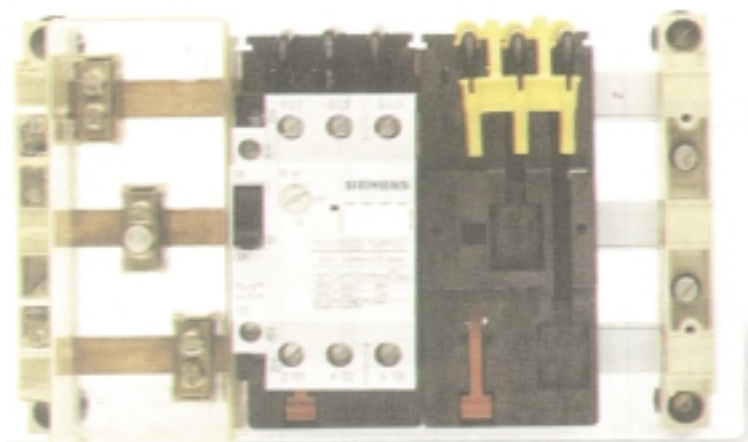
► Σε πίνακες πεδίου μπορεί να εφαρμοσθούν συστήματα σύνδεσης όπου οι ασφάλειες, οι αυτόματοι διακόπτες, κ.λπ. κουμπώνουν κατ' ευθείαν στις **μπάρες τροφοδοσίας**. Έτσι εξοικονομεί κανείς χώρο, όπως δείχνουν τα Σχήματα 3.2.17, 3.2.18, 3.2.19 και 3.2.20.



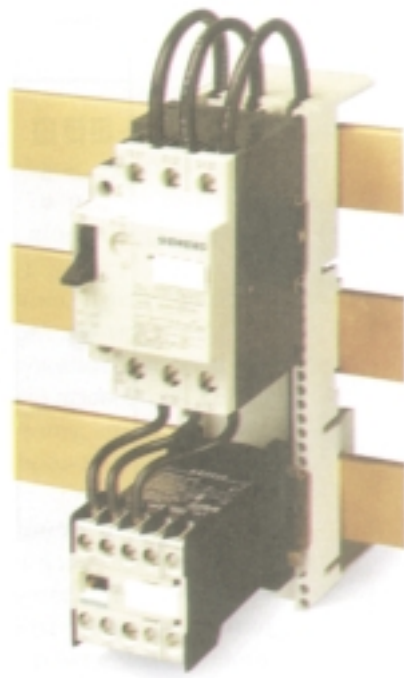
Σχήμα 3.2.17 Σύστημα μπαρών τροφοδοσίας με ασφαλειοθήκη σε πίνακα πεδίου



Σχήμα 3.2.18 Συναρμολογημένα στοιχεία σε πίνακα πεδίου με μπάρες τροφοδοσίας



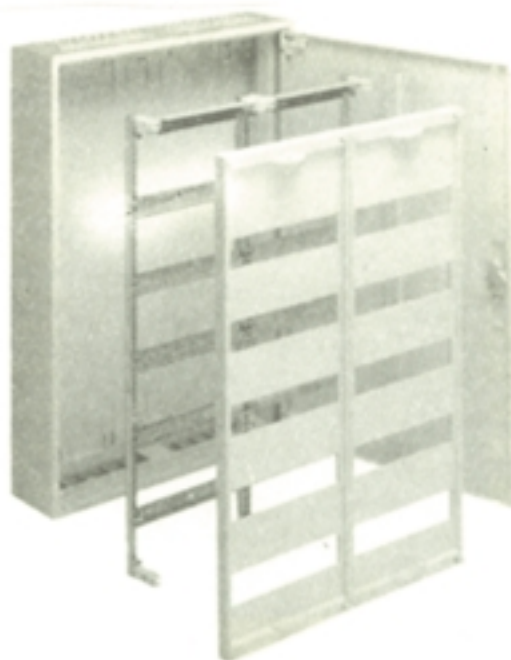
Σχήμα 3.2.19 Πίνακας πεδίου με μπάρες τροφοδοσίας (διακόπτης ισχύος και κενός χώρος για υποδοχή άλλου στοιχείου)



Σχήμα 3.2.20 Πίνακας πεδίου με μπάρες τροφοδοσίας (αυτόματος διακόπτης εκκίνησης κινητήρα)

Ε. Πίνακες τύπου ερμαρίου

Οι πίνακες αυτοί, όπως άλλωστε φανερώνει και η ονομασία τους, έχουν **σχήμα ερμαρίου** (ντουλαπιού) όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2.21. Στηρίζονται συνήθως επάνω σε ένα τοίχο (**επίτοιχοι**) ή, σπανιότερα, ένα μέρος τους εντοιχίζεται (**χωνευτοί**). Κατασκευάζονται από χαλυβδοέλασμα πάχους 1,25 - 1,50 mm ή από άκαυστο πλαστικό.



Σχήμα 3.2.21 Πίνακας τύπου ερμαρίου

► Τα ηλεκτρολογικά υλικά στερεώνονται συνήθως στο βάθος του πίνακα επάνω σε ένα μεταλλικό πλαίσιο (σασί) και καλύπτονται για λόγους ασφάλειας από ένα χαλυβδοέλεγμα που ονομάζεται μετωπική πλάκα. Στη μετωπική πλάκα γίνονται κατάλληλες τρύπες, ώστε να προεξέχουν τα χειριστήρια των διακοπών, τα καλύμματα των ασφαλειών, οι ενδεικτικές λυχνίες κ.λπ.

► Σε ειδικές περιπτώσεις τα υλικά (π.χ. βολτόμετρα, αμπερόμετρα κ.λπ.) στηρίζονται πάνω στην πόρτα οπότε δεν χρειάζεται να υπάρχει μετωπική πλάκα.

► Ανάλογα με το είδος του χώρου και με το είδος των υλικών οι πίνακες τύπου ερμαρίου κατασκευ-

άζονται συνήθως:

- χωρίς πόρτα
- με διαφανή πόρτα (όταν οι διαστάσεις είναι μικρές)
- με μεταλλική πόρτα
- με στεγανή μεταλλική πόρτα.

► Ακόμη υπάρχει δυνατότητα ένα τμήμα του πίνακα να έχει πόρτα και άλλο όχι.

Οι πίνακες τύπου ερμαρίου σε σύγκριση με τους πίνακες από κιβώτια χυτοσιδερένια ή χυτοαλουμινίου παρουσιάζουν πλεονεκτήματα, όπως οι μικρότερες εξωτερικές διαστάσεις, η άνεση απόστασης μεταξύ των υλικών, το μικρότερο βάθος καθώς και η δυνατότητα επέκτασης.

3.2.3 Επιλογή και τοποθέτηση ηλεκτρικών πινάκων

→ Η επιλογή ενός ηλεκτρικού πίνακα γίνεται βάσει ορισμένων **κριτηρίων** όπως:

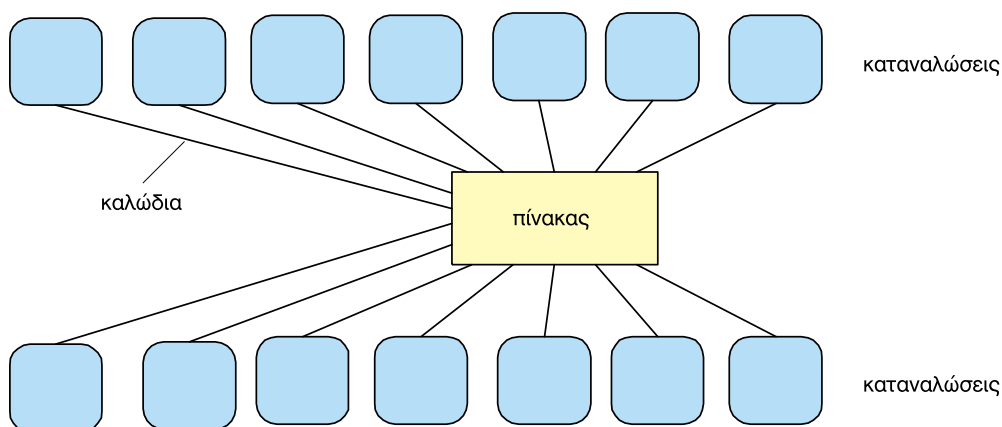
- 1. Η ισχύς των καταναλώσεων που τροφοδοτούνται από τον πίνακα. Αυτή δίνεται σε A ή kVA και προσδιορίζει το μέγεθος της υποδοχής των καλωδίων, των διακοπών και του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού υλικού, και συνεπώς και τις διαστάσεις του πίνακα και των ακροδεκτών.**
- 2. Η αντοχή σε βραχυκύκλωμα.**
- 3. Ο αριθμός των φάσεων (μονοφασικός ή τριφασικός)**
- 4. Ο αριθμός των καταναλώσεων (κυκλωμάτων) που τροφοδοτούνται από τον πίνακα.**
- 5. Ο βαθμός προστασίας. Αυτός προσδιορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο που θα εγκατασταθεί.**
- 6. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτές, σύμφωνα με τους κανονισμούς, προσδιορίζουν το υλικό του πίνακα, π.χ. αν υπάρχει οξειδωτική ατμόσφαιρα και μηχανικές κρούσεις διαλέγουμε χυτοσιδερένιους πίνακες.**
- 7. Η ενδεχόμενη τοποθέτηση χειριστηρίων, οργάνων αυτοματισμών, κ.λπ.**

➤ Ο χώρος εγκατάστασης ενός ηλεκτρικού πίνακα διανομής πρέπει να είναι προσπελάσιμος από οποιοδήποτε σημείο του εξυπηρετούμενου χώρου. Δεν επιτρέπεται να εγκαταστήσουμε ένα πίνακα σε χώρο που είναι αδύνατη η προσέγγισή μας, όπως αποθήκες ή γραφεία που δεν είναι επισκέψιμα όλο το εικοσιτετράωρο από τα πρόσωπα που βρίσκονται στο χώρο.

➤ Η εγκατάσταση γενικού πίνακα σε χώρο που κλειδώνεται, είναι δυνατή μόνο όταν οι υποπίνακες για τα επιμέρους κυκλώματα είναι εγκαταστημένοι σε ελεύθερους χώρους προσιτούς σε όλους.

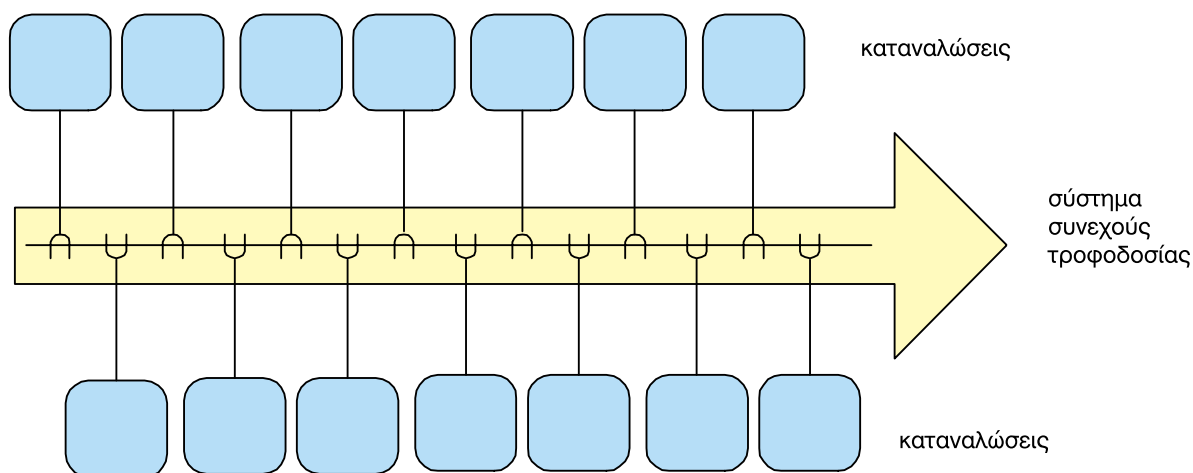
➤ Όταν από ένα πίνακα τροφοδοτούνται πολλές καταναλώσεις, εκλέγουμε τη θέση του πίνακα σε σημείο που να βρίσκεται όσο πιο κοντά στο **κέντρο βάρους των καταναλώσεων** (δηλαδή σημείο στο οποίο οι αποστάσεις των φορτίων από τον πίνακα ελαχιστοποιούνται).

Η τεχνική αυτή της διανομής με πίνακες λέγεται και **σημειακή τεχνική**, όπου από ένα πίνακα (σημείο) αναχωρούν **ακτινικά** οι γραμμές των παροχών (Σχήμα 3.2.22).



Σχήμα 3.2.22 Ακτινικός (σημειακός) τρόπος διανομής

► Σε βιομηχανίες με πολλά και μεγάλα μεταβαλλόμενα φορτία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το **σύστημα συνεχούς τροφοδοσίας** (Σχήμα 3.2.23). Εκεί οι ρευματοφόροι αγωγοί διασχίζουν το χώρο και γίνεται ζεύξη των φορτίων με ειδικούς ρευματολήπτες από **συνεχόμενες** θέσεις αναχώρησης στους ρευματοφόρους αγωγούς.



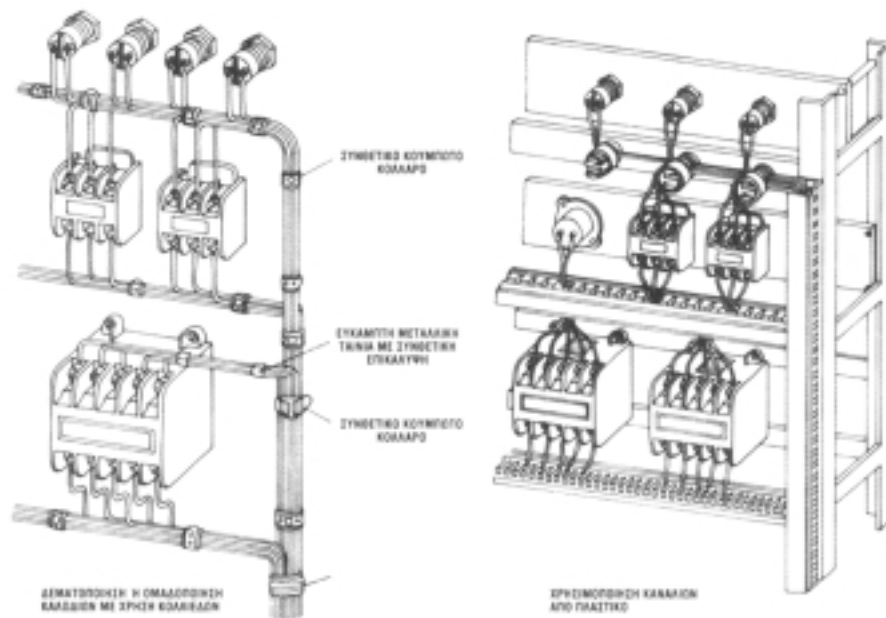
Σχήμα 3.2.23 Σύστημα συνεχούς τροφοδοσίας

- Όταν πρόκειται για πίνακα βιομηχανικού χώρου, διαλέγουμε τη θέση του σε σημείο στο οποίο μπορούν να φθάσουν γρήγορα και χωρίς εμπόδια όλοι όσοι βρίσκονται στο χώρο.
- Όταν μια βιομηχανική αίθουσα είναι μεγάλη κι έχει μηχανήματα σ' όλη της την έκταση, είναι δυνατή η εγκατάσταση πινάκων κατά ομάδα μηχανημάτων ή και ανά μηχανήμα.
- Γενικά ο πίνακας χειρισμού ενός μηχανήματος, πρέπει να βρίσκεται σε τέτοια θέση, ώστε να μπορεί ο χειριστής να βλέπει το κινούμενο μηχανήμα από τη θέση του χειρισμού. Όταν είναι αδύνατος ο οπτικός έλεγχος του μηχανήματος από τη θέση χειρισμού του πρέπει να παίρνονται ειδικά μέτρα προστασίας των εργαζόμενων και κάθε τρίτου, όπως εγκατάσταση προστατευτικών πλεγμάτων και προειδοποιητικών πινακίδων. Τα ίδια μέτρα παίρνονται και για μηχανήματα που ξεκινάνε και σταματάνε αυτόματα.

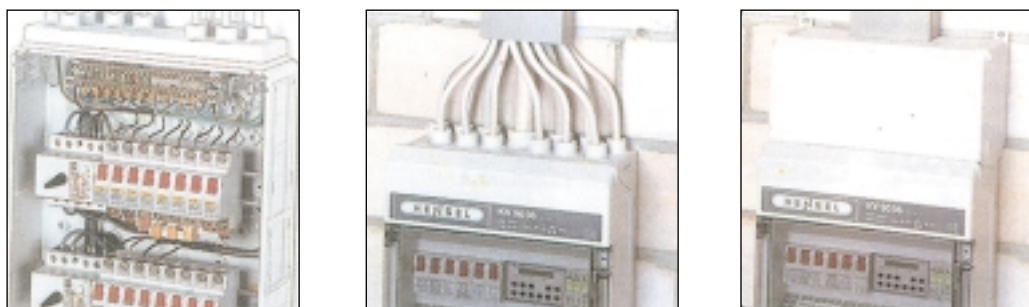
3.2.4 Συναρμολόγηση ηλεκτρικών πινάκων

Κατά τη συναρμολόγηση ενός πίνακα διανομής τηρείται η παρακάτω σειρά: ακροδέκτες εισόδου, κύριος διακόπτης, γενική ασφάλεια, μερικοί διακόπτες, μερικές ασφάλειες, ακροδέκτες εξόδου. Σε περίπτωση πίνακα μιας γραμμής έχουμε μια ασφάλεια (σαν μερική και γενική) και ένα διακόπτη (σαν μερικό και γενικό).

→ Η καλωδίωση και συναρμολόγηση ενός βιομηχανικού ηλεκτρικού πίνακα πρέπει να γίνεται με **ομαδοποίηση των αγωγών** είτε τοποθετώντας τους μέσα σε πλαστικά κανάλια είτε **δεματοποιώντας** τους με ειδικούς συνδέσμους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2.24 και 3.2.25.



Σχήμα 3.2.24 Καλωδίωση πινάκων διανομής



Σχήμα 3.2.25 Συναρμολόγηση πινάκων διανομής

► Όλοι οι ακροδέκτες του υλικού του πίνακα **αριθμούνται** βάσει σχεδίου. Το σχέδιο συνδεσμολογίας επικολλάται στο εσωτερικό της πόρτας του πίνακα για τον εντοπισμό των κυκλωμάτων σε περίπτωση βλάβης. Οι συνδέσεις των γραμμών που αναχωρούν από τον πίνακα θα πρέπει να γίνονται πάνω σε σειρές ακροδεκτών (κλέμες) αριθμημένες.

► Οι κλέμες τύπου ράγας εξασφαλίζουν καλή και σίγουρη ηλεκτρική επαφή μεταξύ των συρμάτων που συνδέουν. Είναι συνήθως εφοδιασμένες με ειδικό σύστημα, που αποκλείει τη βαθμιαία χαλάρωση (ξεβίδωμα, λασκάρισμα) ακόμη και όταν είναι εκτεθειμένες σε ισχυρούς κραδασμούς ή μεταβολές θερμοκρασίας για πολύ χρόνο.

Έχουν τη δυνατότητα να φέρουν αριθμούς ή γράμματα για το χαρακτηρισμό τους, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό σε περίπτωση μεγάλων εγκαταστάσεων ή σύνθετων συνδεσμολογιών. Επίσης, διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό την εφαρμογή ή την ανάγνωση των ηλεκτρολογικών σχεδίων των εγκαταστάσεων καθώς και την ανεύρεση μιας ενδεχόμενης βλάβης.

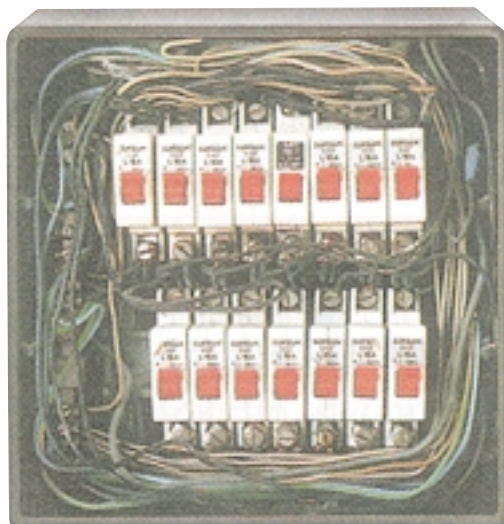
→ Ως **κριτήρια ποιότητας** κατά τη σύγκριση των προϊόντων διαφορετικών εργοστασίων πρέπει να ελέγχουμε τα εξής σημεία:

- την επιφανειακή επικάλυψη των μεταλλικών μερών, ώστε να αντέχουν σε οξείδωση και διάβρωση,
- το είδος του μονωτικού υλικού, δεδομένου ότι υπάρχουν πολύ σημαντικές διαφορές μεταξύ μονωτικών υλικών,
- την οριακή θερμοκρασία λειτουργίας,
- το είδος και την αντοχή του μηχανισμού σύσφιξης,
- την ονομαστική τάση,

→ Οι **ηλεκτρικές συνδέσεις** πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή. Όταν δεν γίνονται σωστά είναι δυνατόν να προκληθεί:

- υπερθέρμανση του αγωγού και του ακροδέκτη με αποτέλεσμα την πρόωρη φθορά και καταστροφή τους (ιδιαίτερα υποφέρει η μόνωση από τη μεγάλη θερμοκρασία),
- πτώση της τάσης,
- πυρκαγιά, εφόσον υπάρχουν κοντά στον πίνακα εύφλεκτες ύλες,
- ηλεκτροπληξία, αν οι συνδέσεις ανήκουν στο κύκλωμα της γείωσης.

Στο Σχήμα 3.2.26 φαίνεται μία **απαράδεκτη** τοποθέτηση οργάνων προστασίας και ελέγχου και καλωδίωσης ηλεκτρικού πίνακα.



Σχήμα 3.2.26 Κακή καλωδίωση και συναρμολόγηση ηλεκτρικού πίνακα

→ Μια καλή σύνδεση διατρέχει τον κίνδυνο με την πάροδο του χρόνου να πάψει να είναι καλή. Αυτό μπορεί να οφείλεται π.χ. σε οξείδωση (σκουριά) ή σε χαλάρωση (λασκάρισμα) από κραδασμούς κ.λπ. Γι' αυτό πρέπει να προτιμούμε τις συνδέσεις με κλέμες καλής ποιότητας ή με συμπίεση.

→ Κατά τη τοποθέτηση και συναρμολόγηση ενός πίνακα διανομής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα ακόλουθα:

1	Η σύνδεση των διακοπών και ασφαλειών γίνεται στον αγωγό φάσης.
2	Οι γενικές ασφάλειες του κεντρικού πίνακα προστατεύουν την εγκατάσταση από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα.
3	Οι ασφάλειες του κεντρικού πίνακα είναι κατά κανόνα ένα μέγεθος μικρότερες από αυτές του μετρητή για να επιτύχουμε επιλεκτική προστασία, πράγμα απαραίτητο γιατί δεν επιτρέπεται στον καταναλωτή η πρόσβαση στις ασφάλειες του μετρητή.
4	Η γραμμή παροχής ενός πίνακα περνά από το διακόπτη φορτίου και μετά ασφαλίζεται. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθούν ασφαλειοαποζεύκτες ή αυτόματοι διακόπτες ισχύος, όταν έχουμε εγκατάσταση μεγάλης ισχύος, π.χ. 100kW.
5	Ασφάλειες χρησιμοποιούνται μέχρι 400 A.
6	Αυτόματοι διακόπτες ισχύος χρησιμοποιούνται από 80 μέχρι 4000 A.
7	Τα μέσα προστασίας που μπαίνουν στον πίνακα πρέπει να ελεγχθούν αν είναι ρυθμισμένα (επιλεκτική συνεργασία) στην περιοχή των ρευμάτων βραχυκύκλωσης.
8	Οι ρυθμιζόμενοι διακόπτες ισχύος έχουν το πλεονέκτημα του εύκολου χειρισμού, της εύκολης ρύθμισης με άλλα μέσα προστασίας και του ότι δεν χρειάζονται αντικατάσταση μετά το άνοιγμά τους.
9	Ο γενικός διακόπτης του φορτίου πρέπει να μπαίνει σε ένα πίνακα για λόγους συντήρησης.
10	Σε περίπτωση επέμβασης στην εγκατάσταση πρέπει πάντα να ανοίγουμε το διακόπτη του αντίστοιχου κυκλώματος, που υπάρχει το σφάλμα.

ΓΕΙΩΣΕΙΣ

- 3.3.1** Ηλεκτροπληξία και προστασία ηλεκτρικής εγκατάστασης
- 3.3.2** Υλικά γειώσεων προστασίας
- 3.3.3** Είδη γειώσεων προστασίας
- 3.3.4** Πρακτικές μέθοδοι ελέγχου γειώσεων



Ενότητα 3.3

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του Κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να γνωρίζουν τα είδη των γειώσεων και τη χρησιμότητα του κάθε είδους γείωσης σε μια εγκατάσταση
- ☞ να αναγνωρίζουν τα υλικά και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στις γειώσεις των εγκαταστάσεων
- ☞ να επιλέγουν τα κατάλληλα υλικά για κάθε είδος γείωσης
- ☞ να ελέγχουν την καταλληλότητα της γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης

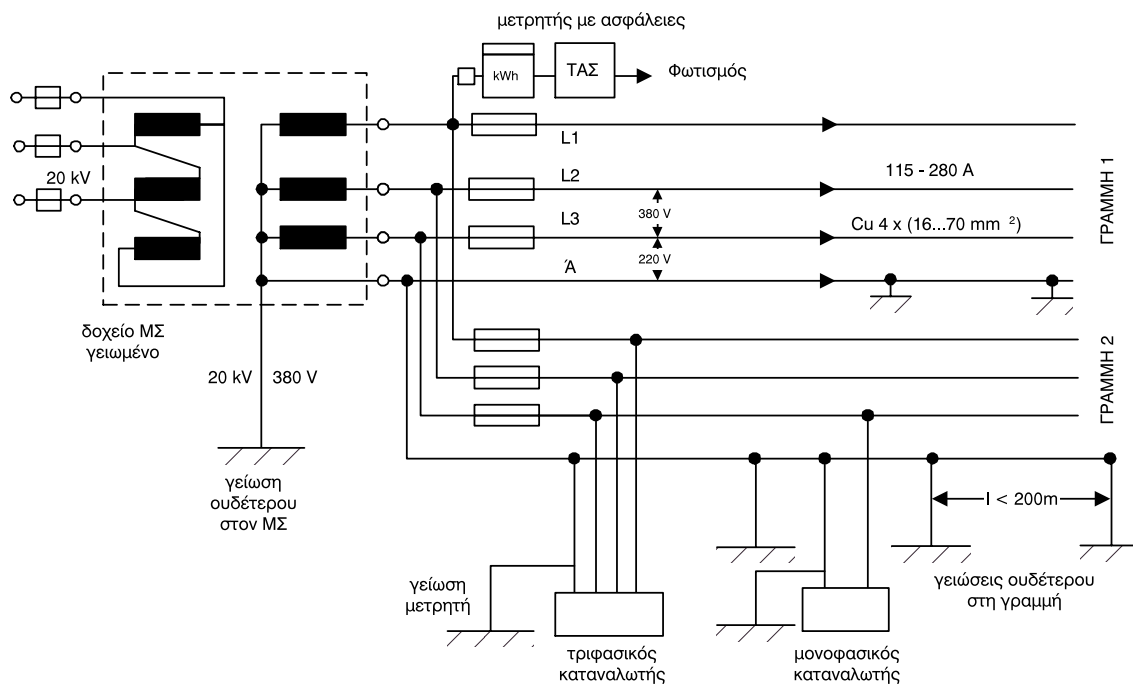
3.3.1 Ηλεκτροπληξία και προστασία ηλεκτρικής εγκατάστασης

➔ Κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι πιθανόν να εμφανιστούν **σφάλματα**, με αποτέλεσμα να υποβάλλονται σε **κίνδυνο** οι άνθρωποι ή να κινδυνεύουν από καταστροφή περιουσιακά στοιχεία. Το πιο συνηθισμένο αποτέλεσμα αυτών των σφαλμάτων στον άνθρωπο είναι η **ηλεκτροπληξία**, δηλαδή η διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το ανθρώπινο σώμα, που έχει ως συνέπεια τη δημιουργία εγκαυμάτων, την προσβολή του αναπνευστικού συστήματος ή την προσβολή της καρδιάς με οδυνηρές συνέπειες.

➤ Ο κίνδυνος αυτός μπορεί να περιοριστεί, όταν για την κατασκευή της ΕΗΕ:

- εφαρμόζονται σωστά οι κανονισμοί,
- γίνεται η κατάλληλη συντήρηση της ΕΗΕ και
- αποφεύγεται η κακή χρήση της.

➔ Η δομή του δικτύου διανομής **ΧΤ** της ΔΕΗ είναι η αφετηρία για τον προσδιορισμό των τρόπων και μέσων προστασίας κατά της ηλεκτροπληξίας σε εγκαταστάσεις καταναλωτών (Σχήμα 3.3.1). Το δίκτυο **ΧΤ** τροφοδοτείται συνήθως από μετασχηματιστές συνδεσμολογίας Δyn ή Υzn, με αγείωτη τη μέση τάση και γειωμένο τον ουδέτερο στην **ΧΤ**. Από το μετασχηματιστή ξεκινούν μία ή περισσότερες ασφαλισμένες γραμμές και διακλαδίζονται ακτινικά στους καταναλωτές. Τα δίκτυα διανομής **ΧΤ** στην Ελλάδα είναι ακτινικά.

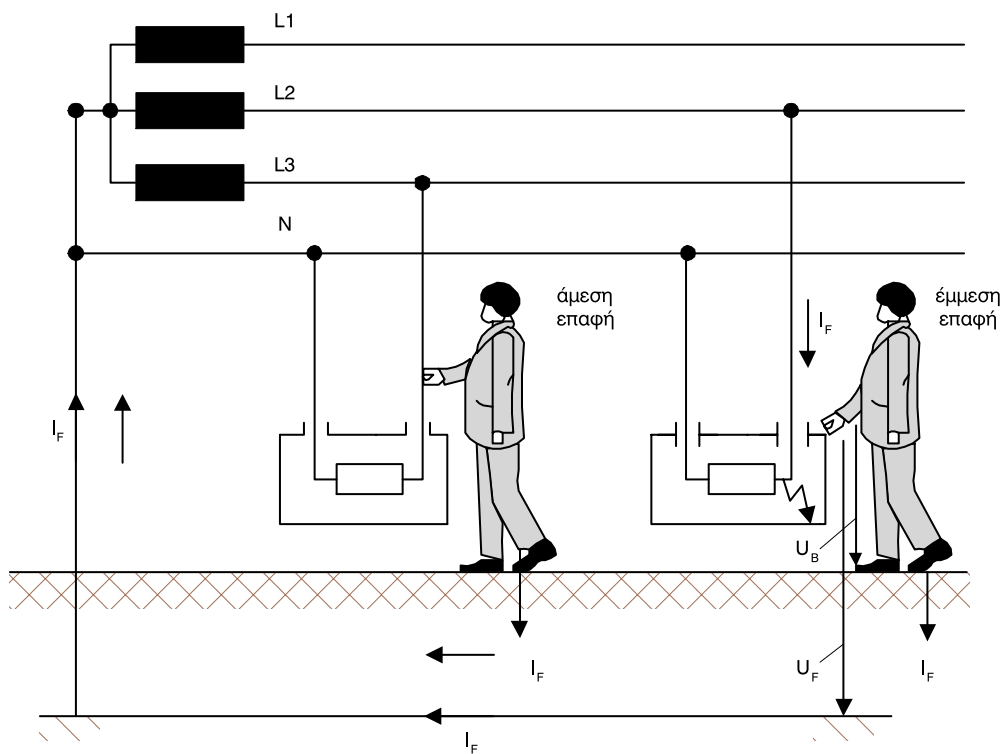


Σχήμα 3.3.1 Δομή του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης

Στο Σχήμα 3.3.1 μετασχηματιστές υποβιβάζουν την τάση από τα 20 kV στα 400 V. Ο ουδέτερος γειώνεται στον αστέρα του μετασχηματιστή και κατά κανόνα ανά 200 m κατά μήκος της διαδρομής του.

➔ Ηλεκτροπληξία μπορεί να επέλθει με άμεση ή έμμεση επαφή του ανθρώπου με ένα κύκλωμα:

- Άμεση επαφή έχουμε όταν ακουμπήσει κάποιος ένα ρευματοφόρο αγωγό.
- Έμμεση επαφή έχουμε στην περίπτωση όπου, λόγω καταστροφής της μόνωσης, μεταλλικά και αγείωτα μέρη τεθούν υπό τάση, οπότε η επαφή με αυτά μπορεί να προκαλέσει ηλεκτροπληξία (Σχήμα 3.3.2).



U_F = τάση σφάλματος, U_B = τάση επαφής, I_F = ρεύμα σφάλματος

Σχήμα 3.3.2 Ηλεκτροπληξία με άμεση και έμμεση επαφή

Για τη σωστή λειτουργία μιας εγκατάστασης και τον περιορισμό του κινδύνου από ηλεκτροπληξία για τα άτομα που τη χρησιμοποιούν, πρέπει να τοποθετείται απαραίτητα γείωση.

- **Γείωση** ονομάζουμε την αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών τμημάτων των συσκευών με τη γη, μέσω αγωγών γείωσης (ηλεκτρόδια γείωσης).
- Στην **κανονική λειτουργία** τα μεταλλικά τμήματα των συσκευών δεν είναι υπό τάση ως προς τη γη.

➔ Διακρίνουμε τα παρακάτω είδη γειώσεων:

1. Γειώσεις λειτουργίας. Ονομάζουμε γείωση λειτουργίας τη γείωση ενός τμήματος εγκατάστασης που ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας, π.χ. η γείωση του ουδέτερου κόμβου ενός Μ/Σ υποβιβασμού Μ.Τ. σε Χ.Τ. ή η γείωση της σιδηροτροχιάς του ηλεκτρικού σιδηρόδρομου.

2. Γειώσεις προστασίας. Ονομάζουμε γείωση προστασίας την αγωγίμη σύνδεση με τη γη των μεταλλικών τμημάτων μιας εγκατάστασης που δεν ανήκουν στο κύκλωμα λειτουργίας. Αυτή η γείωση εφαρμόζεται υποχρεωτικά σε κάθε ΕΗΕ με σκοπό την προστασία των ανθρώπων από εμφάνιση επικίνδυνης τάσης στα μεταλλικά μέρη των συσκευών, τα οποία σε κα-

νονική λειτουργία δεν είναι υπό τάση.

3. Γειώσεις ασφαλείας. Ονομάζουμε γείωση ασφαλείας κάθε γείωση μιας εγκατάστασης που χρησιμεύει για τη διοχέτευση των ρευμάτων από κεραυνούς προς τη γη ή για τη μεταφορά στατικών ηλεκτρικών φορτίων στη γη.

Τα τρία είδη των γειώσεων συνήθως συνυπάρχουν στις εγκαταστάσεις και μπορεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, να χρησιμοποιούν και κοινά υλικά ή κυκλώματα γείωσης, όπως π.χ. κοινά ηλεκτρόδια.

➔ Οι μέθοδοι προστασίας από ηλεκτροπληξία, αναφέρονται στους Κανονισμούς των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) καθώς και σε διεθνή πρότυπα όπως:

IEC 364	Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Ένωση (IEC = International Electrotechnical Commission).
VDE 100, DIN 5710	Γερμανική Ομοσπονδιακή Δημοκρατία. (VDE = Verband Deutscher Elektrotechniker, DIN = Deutsche Industrie Normen)
HD 384	Ευρωπαϊκή Κοινότητα, CENELEC (Comite Europeenne de Normalisation Electrotechnique)
IEE Wiring Regulations	Μεγάλη Βρετανία (IEE = Institute of Electrical Engineers).
National Electrical Code	Ηνωμένες Πολιτείες, ANSI, IEEE

➤ Η CENELEC φροντίζει για την εναρμόνιση των διάφορων εθνικών κανονισμών μέσα στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα και, συνεπώς, το έγγραφο εναρμόνισης HD 384 πρέπει να θεωρείται δεσμευτικό στην Ελλάδα.

Σύμφωνα λοιπόν με τους Κανονισμούς των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) μία εγκατάσταση θεωρείται ασφαλής για ανθρώπους, όταν η τάση λειτουργίας δεν υπερβαίνει τα 50 V στο συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα.

➤ Για τάση λειτουργίας πάνω από 50 V, πρέπει να αποκλείεται η τυχαία επαφή με τα υπό τάση μέρη και, επιπρόσθετα, να ικανοποιείται μία τουλάχιστον από τις πιο κάτω συνθήκες:

α. Το ρεύμα δια μέσου του ανθρώπινου σώματος στην περίπτωση ατυχήματος να μην υπερβαίνει τα 30 mA. Αυτό όταν πρόκειται για συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα μέχρι 60 Hz.

β. Η τάση επαφής να μην υπερβαίνει τα 50 V.

γ. Η Τάση επαφής πάνω από 50 V να μην μπορεί να διατηρηθεί για χρόνους μεγαλύτερους των 5 sec.

➔ Για να ικανοποιηθούν οι παραπάνω συνθήκες **α**

και **β** χρησιμοποιούνται ειδικές μέθοδοι προστασίας, οι οποίες είναι:

1. Χρησιμοποίηση συσκευών με διπλή μόνωση.
2. Ηλεκτρικός διαχωρισμός κυκλώματος με τη βοήθεια μετασχηματιστή.
3. Εγκατάσταση των συσκευών σε μονωμένο δάπεδο ή πρόβλεψη σταθερής μεμονωμένης θέσης χειρισμού.

➤ Η ικανοποίηση της συνθήκης **γ** μπορεί να γίνει με την **εγκατάσταση γείωσης προστασίας**, η οποία μπορεί να συνδυαστεί με **Διακόπτες Διαφυγής Έντασης (Δ.Δ.Ε.)** ή με **Διακόπτες Διαφυγής Τάσης (Δ.Δ.Τ.)**.

Η επιλογή της μεθόδου προστασίας στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις γίνεται από την εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ), εκτός αν οι ΚΕΗΕ απαιτούν μία συγκεκριμένη μέθοδο.

3.3.2 Υλικά γειώσεων προστασίας

➔ Τα κυριότερα υλικά για την εγκατάσταση μιας γείωσης προστασίας είναι τα ακόλουθα:

- α. Ο αγωγός γείωσης
- β. Τα ηλεκτρόδια γείωσης
- γ. Εξαρτήματα συνδέσεων

A. Αγωγός γείωσης

Ο αγωγός γείωσης ενώνει το ηλεκτρόδιο γείωσης με τους ακροδέκτες των μεταλλικών τμημάτων των συσκευών. Με βάση τους κανονισμούς ο αγωγός γείωσης πρέπει:

- για μονωμένο αγωγό, όταν δεν βρίσκεται στον ίδιο σωλήνα με ενεργούς αγωγούς ή γενικότερα ακολουθεί δικιά του διαδρομή, να έχει διατομή τουλάχιστον $2,5 \text{ mm}^2$.
- για μονωμένο αγωγό, όταν βρίσκεται στον ίδιο σωλήνα με ενεργούς αγωγούς, να έχει ίδια μόνωση και ίδια διατομή με αυτούς (μέχρι και τη διατομή των 16 mm^2), ξεκινώντας από επιτρεπτή διατομή $1,5 \text{ mm}^2$.

➔ Στην περίπτωση που οι ενεργοί αγωγοί έχουν τιμή μεγαλύτερη των 16 mm^2 , ο αγωγός γείωσης επιτρέπεται να έχει διατομή ίση με το 50% αυτών, αλλά ποτέ μικρότερη των 16 mm^2 .

B. Ηλεκτρόδια γείωσης

Τα ηλεκτρόδια γείωσης εξασφαλίζουν την αγωγική σύνδεση του αγωγού γείωσης, με τη γη και με βάση τους κανονισμούς πρέπει να έχουν επιφάνεια επαφής με τη γη τουλάχιστον $0,50 \text{ m}^2$.

➔ Ως ηλεκτρόδια γείωσης, με βάση τους κανονισμούς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα:

1. Το δίκτυο ύδρευσης

Το δίκτυο ύδρευσης ως ηλεκτρόδιο γείωσης δεν

πρέπει να εφαρμόζεται σήμερα, για τους εξής λόγους:

- Οι σωλήνες ύδρευσης, στις σημερινές κατασκευές, μπορεί να είναι και πλαστικοί και έτσι δεν υπάρχει αγωγίμος δρόμος με τη γη.
- Το δίκτυο ύδρευσης, με μεταλλικούς σωλήνες, στην περίπτωση διακοπής της παροχής και της ένωσης των σωλήνων μεταξύ τους με μούφα που στεγανοποιείται με μονωτικό κανάβι και μπογιά, δεν παρέχει αγωγίμο δρόμο τουλάχιστον ικανοποιητικό με τη γη.
- Το δίκτυο ύδρευσης, με μεταλλικούς σωλήνες, στην περίπτωση μεγάλης διαρροής, τίθεται υπό τάση με αποτέλεσμα να “χτυπάει” τον καθένα που το χρησιμοποιεί, εκείνη τη στιγμή, γιατί το σώμα του αποτελεί τότε έναν επιπλέον αγωγίμο δρόμο για τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος.

2. Ράβδος γείωσης

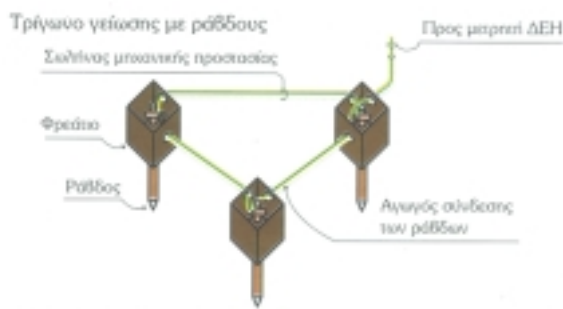
Η **ράβδος γείωσης** είναι σωλήνας διαμέτρου μιας ίντσας ή μία ράβδος κυλινδρική από γαλβανισμένο χάλυβα ή μεταλλική επιχαλκωμένη ή επιμολυβδωμένη για μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση (Σχήμα 3.3.3). Η ράβδος καρφώνεται κατακόρυφα ή λοξά στο έδαφος με σφυρί και όσο μεγαλύτερη είναι τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση γείωσης.



Σχήμα 3.3.3

Ράβδος
γείωσης

Σε περίπτωση που μία απλή ράβδος δεν αρκεί για την αποτελεσματική γείωση της εγκατάστασης, τότε χρησιμοποιούνται τρεις ράβδοι σε **μορφή ισόπλευρου τριγώνου**, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3.4.



Σχήμα 3.3.4 Τρίγωνο γείωσης με ράβδους

3. Μεταλλική πλάκα

Η **μεταλλική πλάκα** πρέπει να είναι διαστάσεων **50x50x2 cm**, τουλάχιστον. Η κατασκευή της είναι από χαλκό ή επιψευδαργυρωμένο σίδηρο και τοποθετείται σε βάθος τουλάχιστον 1 m από την επιφάνεια και πάντοτε κατακόρυφα.

Η διατομή του αγωγού γείωσης που συνδέεται με την πλάκα πρέπει να είναι τουλάχιστον **25 mm²** σε όλο το τμήμα του, που βρίσκεται κάτω από τη γη (Σχήμα 3.3.5). Συνήθως, κατά την τοποθέτηση, ακολουθούνται τα παρακάτω στάδια:

- τοποθέτηση της πλάκας
- κάλυψη γύρω από την πλάκα με μίγμα από λεπτή άμμο, σκόνη άνθρακα και αλάτι, για να δημιουργηθεί πιο καλή αγωγιμότητα μεταξύ πλάκας και γης.

➔ Στην περίπτωση που ο έλεγχος δείξει ότι η ολική αντίσταση γείωσης δεν έχει παραδεκτή τιμή, τοποθετούμε και άλλη πλάκα αγωγή συνδεδεμένη

με την πρώτη και διατομής αγωγού τουλάχιστον 25 mm² μέχρι να επιτευχθεί παραδεκτή τιμή της αντίστασης γείωσης.



Σχήμα 3.3.5 Γείωση με μεταλλική πλάκα

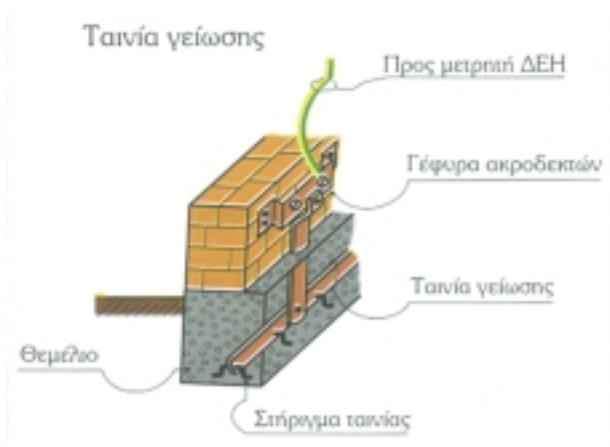
4. Γείωση ταινίας ή συρματόσχοινο

Ταινία ή συρματόσχοινο τοποθετείται σε χαντάκι βάθους τουλάχιστον 0.5 m. Το βάθος που προτιμάται είναι **0,7 - 1,0 m** για να υπάρχει υγρό έδαφος. Η ταινία μπορεί να είναι χάλυβας γαλβανισμένος ή επιχαλκωμένος. Χρησιμοποιούνται επίσης χάλκινες ταινίες. Η ταινία μπορεί να τοποθετηθεί ευθύγραμμα (**ευθύγραμμος γειωτής**) ή κυκλικά γύρω από την εγκατάσταση (**γειωτής βρόχου**).

Η αντίσταση γείωσης στην περίπτωση γείωσης ταινίας είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του μήκους. Για το ίδιο μήκος ταινίας ο ευθύγραμμος γειωτής έχει μικρότερη αντίσταση από το γειωτή βρόχου.

➔ **Δεν συνιστάται συρματόσχοινο αντί ταινίας σαν ηλεκτρόδιο γείωσης, αν και το επιτρέπουν οι ΚΕΝΕ, γιατί διαβρώνεται εύκολα. Γι' αυτό το λόγο δεν το συνιστούν και οι κανονισμοί VDE 100.**

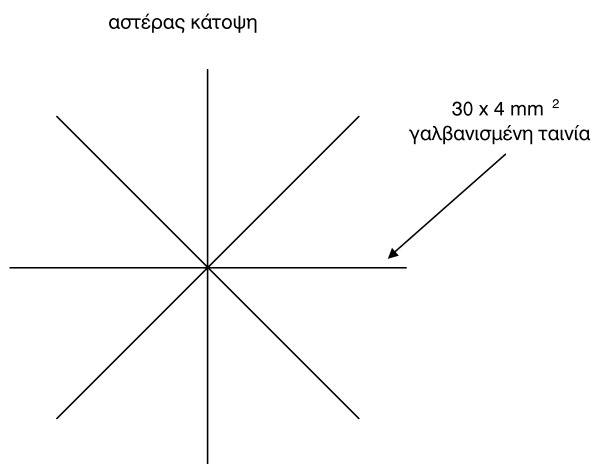
→ Μία περίπτωση του γειωτή ταινίας είναι η **θεμελιακή γείωση**. Η θεμελιακή γείωση είναι εκείνη που χρησιμοποιείται σήμερα, συνήθως, σε όλες τις κατασκευές. Είναι ταινία από γαλβανισμένο χάλυβα διαστάσεων **2,5x4x30 mm** και τοποθετείται σε όλη την περίμετρο των θεμελίων της οικοδομής μέσα σε στρώμα μπετόν πάχους **10 cm**. Η μορφή της είναι κλειστή και, από κάποιο κατάλληλο αγωγό σύνδεσης από ίδια ταινία, καταλήγει στο ζυγό του ηλεκτρικού πίνακα εγκατάστασης. (Σχήμα 3.3.6).



Σχήμα 3.3.6 Θεμελιακή γείωση με ταινία

5. Ακτινική γείωση

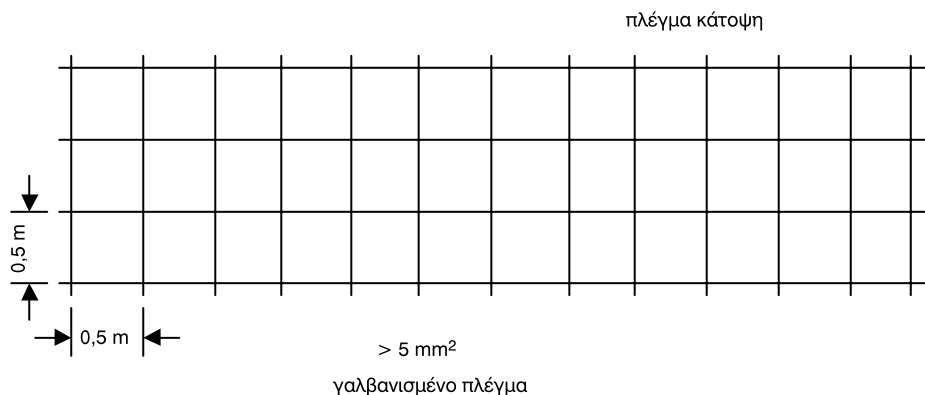
Ταινίες ή **ράβδοι** διαμορφώνονται σε **μορφή αστέρα** με πολλές ακτίνες (Σχήμα 3.3.7). Ο αστέρας βρίσκεται σε οριζόντια θέση, ενταφιασμένος σε βάθος τουλάχιστον **0,8 m**. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι όμοια, όπως στο γειωτή ταινίας.



Σχήμα 3.3.7 Ακτινική γείωση

6. Γείωση με πλέγμα

Πλέγμα από ταινίες με τετραγωνικά ανοίγματα πλάτους **0,7 - 2,0 m** τοποθετείται οριζόντια σε βάθος **0,5 - 1,0 m** (Σχήμα 3.3.8). Οι ελάχιστες διαστάσεις των ταινιών είναι όπως στους γειωτές ταινίας. Το πλεονέκτημα των γειωτών πλέγματος είναι ότι, οι **βηματικές τάσεις** στο έδαφος (που θα εξεταστούν στο Κεφάλαιο των «Υποσταθμών») επάνω από το πλέγμα είναι αμελητέες. Επιτρέπονται, προφανώς, και ανοίγματα μικρότερα από **0,7 m**, όμως δεν έχουν μικρότερες βηματικές τάσεις απ' ότι πλέγματα με ανοίγματα **0,7 m**.



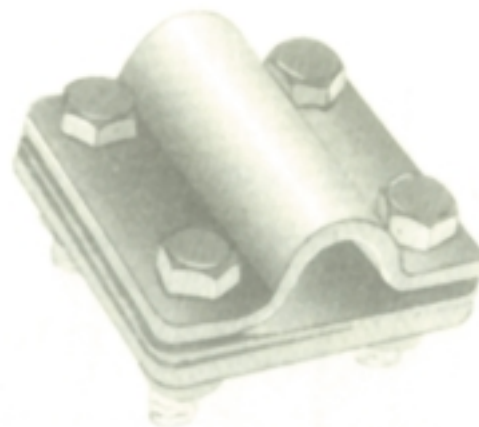
Σχήμα 3.3.8 Πλέγμα γείωσης

Γ. Εξαρτήματα συνδέσεων

1. Κολάρα γείωσης

Αυτά είναι εξαρτήματα που εξασφαλίζουν την αγωγή σύνδεση του αγωγού γείωσης και του ηλεκτροδίου γείωσης. Η κατασκευή τους πρέπει να είναι από γαλβανισμένο χάλυβα και όχι από σίδηρο οποιασδήποτε ποιότητας.

- Η διάμετρός τους είναι ανάλογη με τη διατομή και το είδος του χρησιμοποιούμενου ηλεκτροδίου.
- Η τοποθέτησή τους στο ηλεκτρόδιο πρέπει να είναι τέτοια ώστε να γίνεται εύκολα ορατός έλεγχος.



Σχήμα 3.3.9 Σφικτήρες γείωσης

2. Σφικτήρες

Αυτοί είναι εξαρτήματα που εξασφαλίζουν την αγωγή σύνδεση μεταξύ δύο διαφορετικών αγωγών. (Σχήμα 3.3.9).

3.3.3 Είδη γειώσεων προστασίας

➔ Η γείωση προστασίας σε κτιριακές και βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους:

1. Με άμεση γείωση
2. Με ουδετέρωση

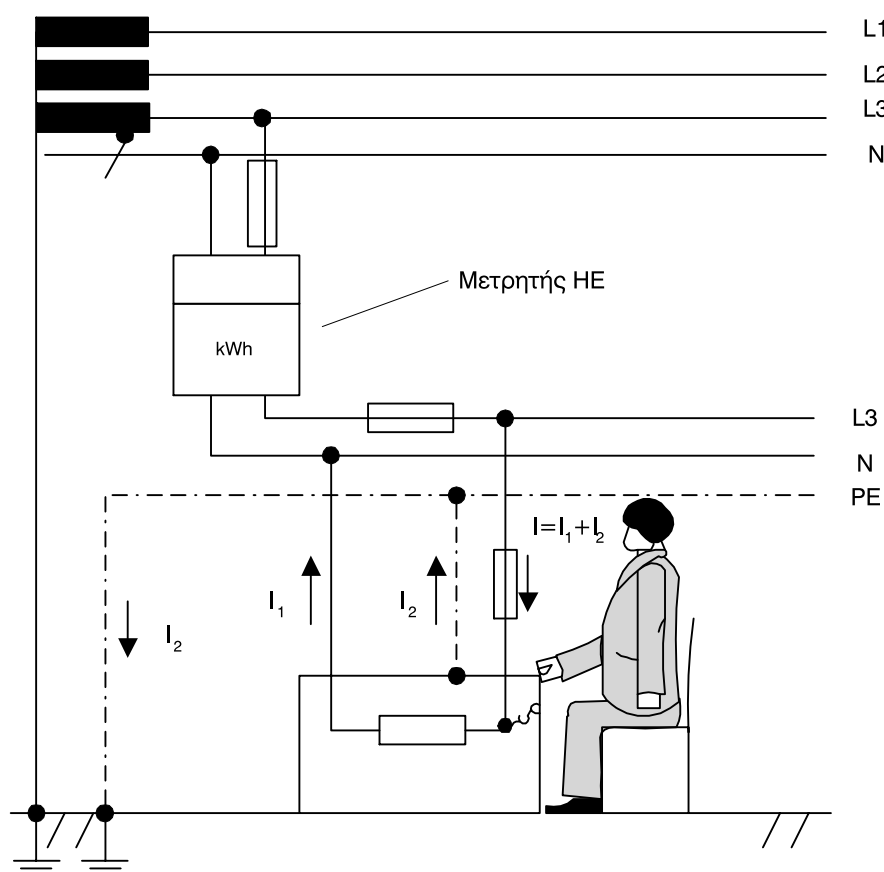
Προαιρετικά οι παραπάνω μέθοδοι μπορούν να συνδυαστούν και με την προστασία μέσω ηλεκτρονόμων διαφυγής, όπως οι Διακόπτες Διαφυγής Έντασης (ΔΔΕ) ή οι Διακόπτες Διαφυγής Τάσης (ΔΔΤ).

➤ Η προστασία με διακόπτες διαφυγής (τάσης ή έντασης) επιτυγχάνεται γενικά με άμεση απόζευξη του τμήματος της εγκατάστασης, που προστατεύ-

εται από το διακόπτη διαφυγής, όταν η τιμή της τάσης επαφής είναι μικρότερη από **50 V**. Στις οικιακές εγκαταστάσεις ο διακόπτης διαφυγής προκαλεί απόζευξη όλης της εγκατάστασης προς τις διάφορες αναχωρήσεις του πίνακα.

A. Άμεση γείωση

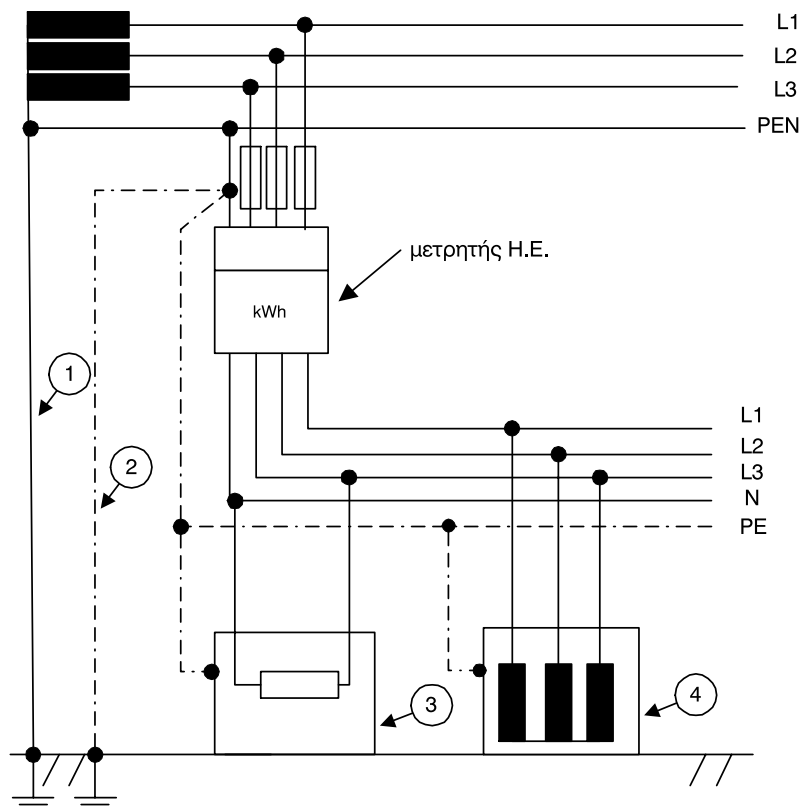
Με τη μέθοδο της **άμεσης γείωσης** συνδέουμε τα μεταλλικά τμήματα της εγκατάστασης, στα οποία δεν θέλουμε να εμφανιστεί επικίνδυνη τάση, απ' ευθείας με τη γη. Αυτό γίνεται με τη γραμμή της γείωσης που καταλήγει σε ηλεκτρόδια τεχνητών γειώσεων ή στα μεταλλικά δίκτυα των σωληνώσεων της ύδρευσης ή και στα δύο μαζί (Σχήμα 3.3.10).



Σχήμα 3.3.10 Σύστημα προστασίας με άμεση γείωση

Β. Ουδετέρωση

Στο σύστημα προστασίας με **ουδετέρωση**, τα μεταλλικά μέρη των συσκευών της εγκατάστασης συνδέονται με τον αγωγό γείωσης, όπως και στην άμεση γείωση (Σχήμα 3.3.11). Φυσικά και στην ουδετέρωση ο αγωγός της γείωσης είναι ανεξάρτητος από τον κύριο ουδέτερο αγωγό σε όλη την εγκατάσταση.

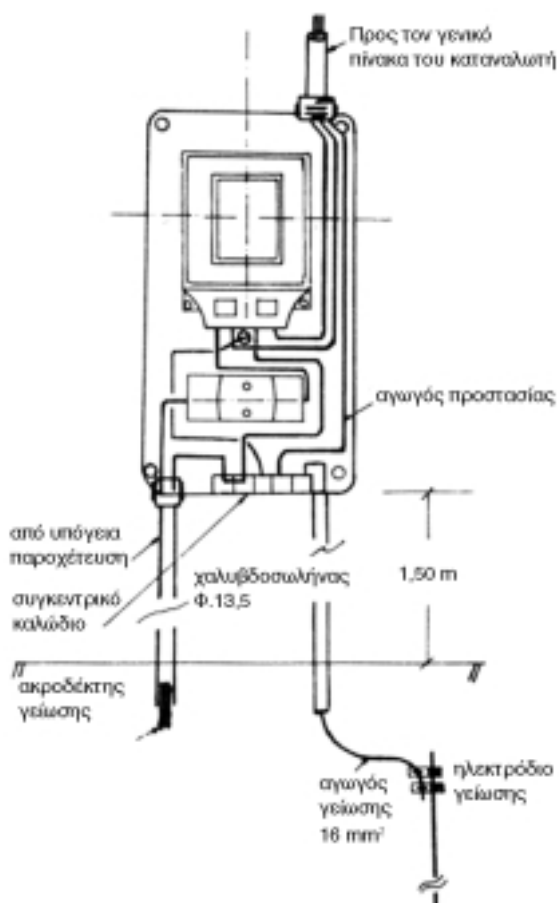


Σχήμα 3.3.11 Σύστημα προστασίας με ουδετέρωση

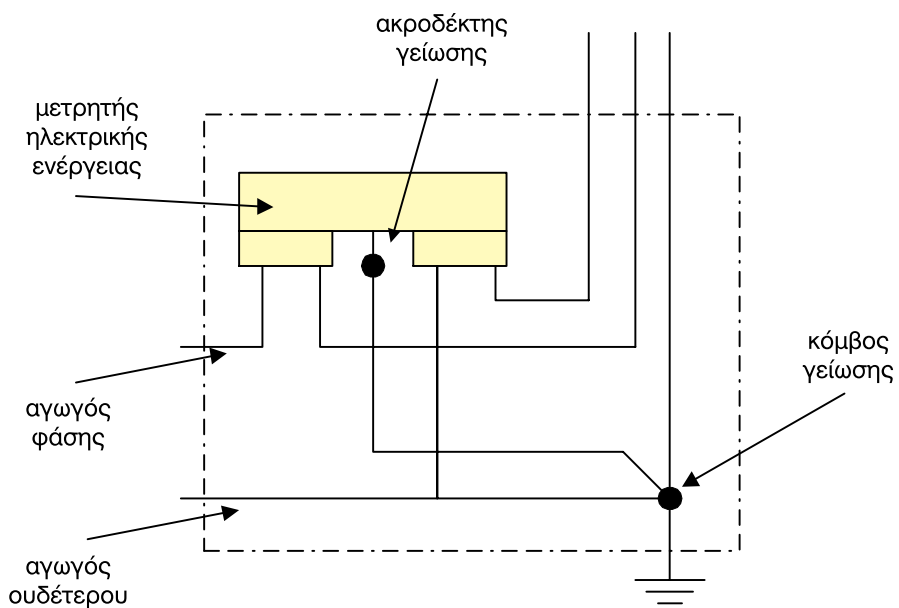
Σε όλη την Ελλάδα εφαρμόζεται το σύστημα ουδετέρωσης εκτός από το λεκανοπέδιο Αττικής που εφαρμόζεται ακόμα το σύστημα άμεσης γείωσης, γιατί δεν έχουν δημιουργηθεί ακόμα όλες οι προϋποθέσεις αλλαγής. Η ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο μεθόδων γείωσης στο ίδιο δίκτυο κατά κανόνα απαγορεύεται.

➔ Οι διαφορές μεταξύ του συστήματος άμεσης γείωσης και ουδετέρωσης είναι οι εξής:

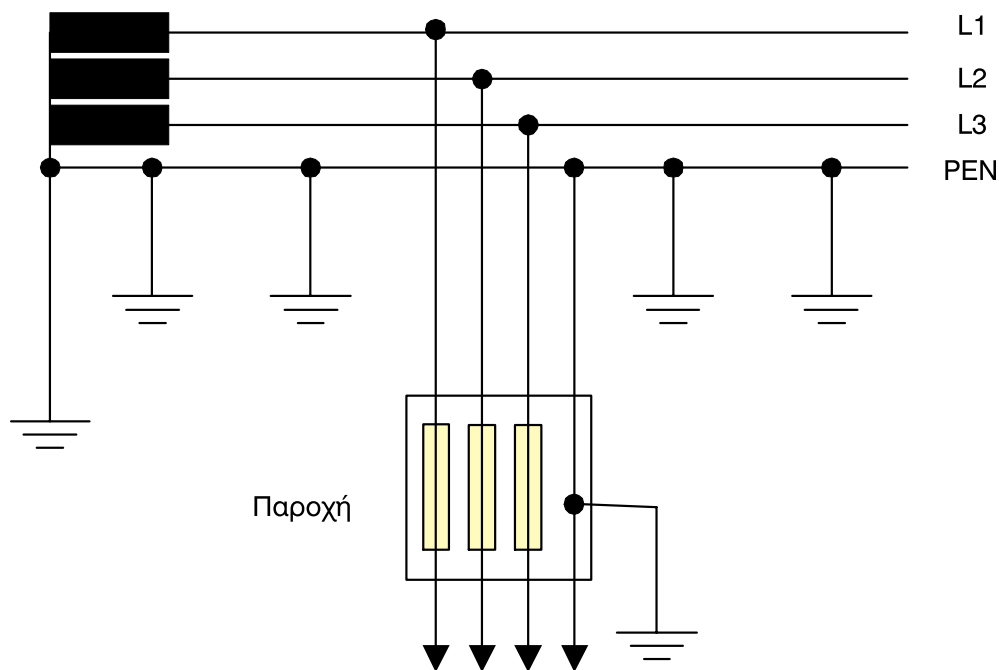
- 1. Στην άμεση γείωση ο αγωγός γείωσης και ο ουδέτερος δεν συνδέονται μεταξύ τους πουθενά.**
- 2. Στην ουδετέρωση ο αγωγός γείωσης και ο ουδέτερος συνδέονται μεταξύ τους μέσα στο κιβώτιο του μετρητή της ΔΕΗ όπου και καταλήγει ο αγωγός γης από το ηλεκτρόδιο της γείωσης και από εκεί αναχωρούν ανεξάρτητοι σε όλη την εγκατάσταση (Σχήματα 3.3.12 και 3.3.13).**
- 3. Στην ουδετέρωση ο ουδέτερος αγωγός διανομής της ΔΕΗ γειώνεται σε τακτά διαστήματα (Σχήμα 3.3.14).**



Σχήμα 3.3.12 Διάταξη γνωμονοκιβώτιου με σύστημα προστασίας ουδετέρωσης



Σχήμα 3.3.13 Σχηματική παράσταση ουδετέρωσης σε γνωμονοκιβώτιο



Σχήμα 3.3.14 Γείωση ουδέτερου γραμμής διανομής στο σύστημα προστασίας με ουδετέρωση

Η ουδετέρωση σαν μέθοδος προστασίας είναι ασφαλέστερη από την άμεση γείωση γιατί ο ουδέτερος αγωγός γειώνεται σε πολλά σημεία με αποτέλεσμα η συνολική αντίσταση γείωσης να είναι πολύ μικρή. Αν η αντίσταση του ηλεκτροδίου γης μιας κατοικίας είναι κάτω των 20 Ω, η γείωση κρίνεται επαρκής, όταν πρόκειται για σύστημα ουδετέρωσης.

Γ. Προστασία με Διακόπτη Διαφυγής Έντασης

Ο διακόπτης διαφυγής έντασης διακόπτει την παροχή της τάσης προς την εγκατάσταση, που επιτηρεί, σε χρόνο περίπου 30 ms και για τιμή του ρεύματος διαρροής της τάξης των 30 mA σε οποιοδήποτε σημείο της εγκατάστασης. Οι διακόπτες αυτοί είναι **διπολικοί** ή **τετραπολικοί**.

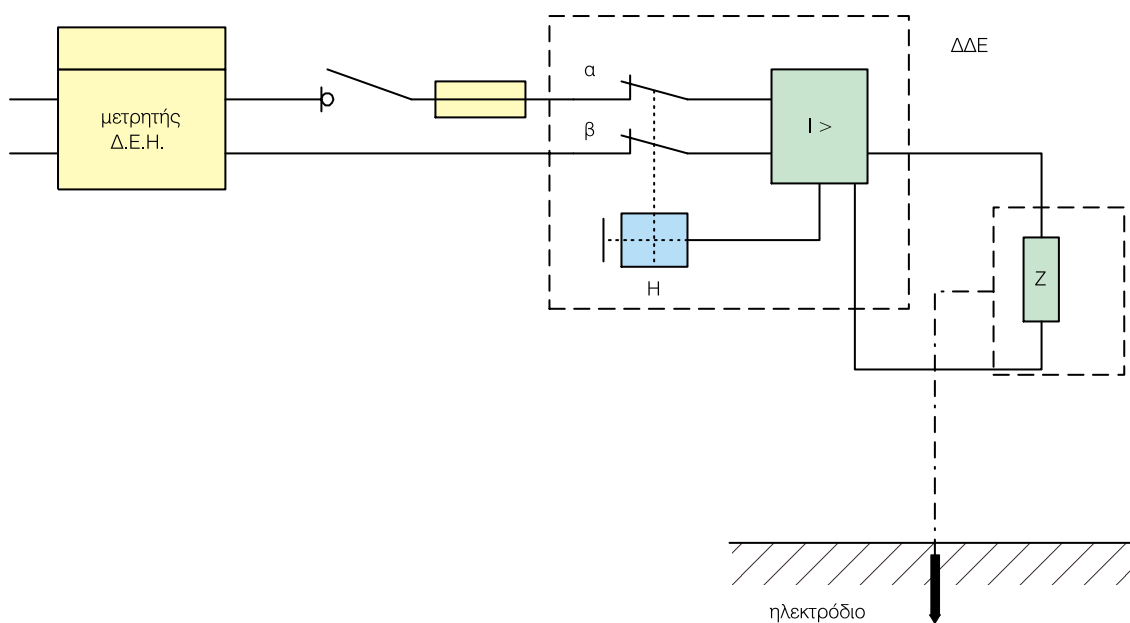
► Οι **διπολικοί** διακόπτες χρησιμοποιούνται σε μο-

νοφασικές παροχές τάσης και προκαλούν ζεύξη-απόζευξη τόσο στη φάση, όσο και στον ουδέτερο.

► Οι **τετραπολικοί** διακόπτες έχουν εφαρμογή σε τριφασικές παροχές (ζεύξη-απόζευξη των τριών φάσεων και του ουδέτερου).

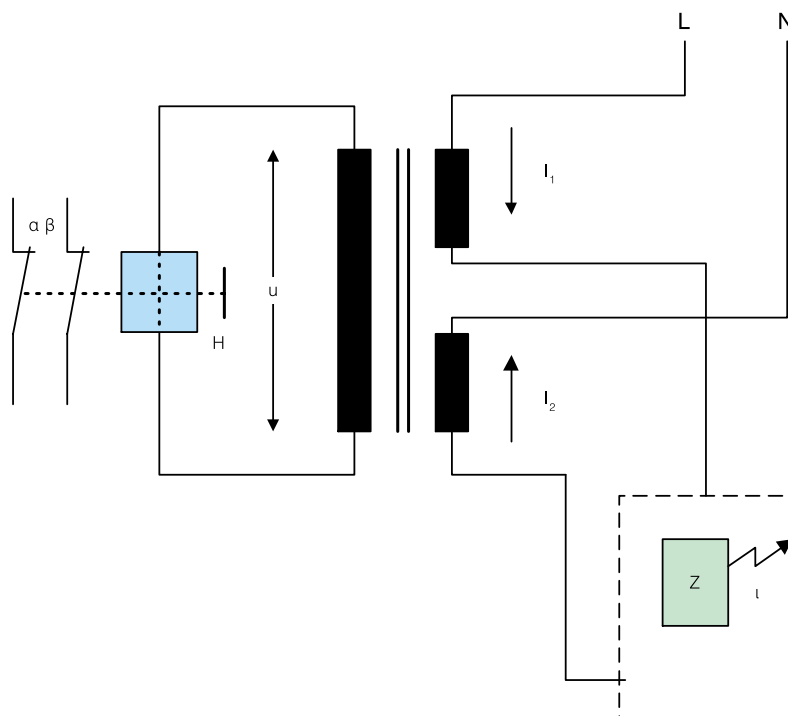
Στο Σχήμα 3.3.15 δίνεται απλοποιημένα η μέθοδος σύνδεσης του διπολικού διακόπτη διαφυγής έντασης. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση ουδετέρωσης, η γείωση του ουδέτερου γίνεται πριν το διακόπτη διαφυγής έντασης (π.χ. στο κιβώτιο παροχής τάσης που τοποθετεί η Δ.Ε.Η σε έναν καταναλωτή).

Σύμφωνα με το Σχήμα 3.3.15 ο διακόπτης διαφυγής ρεύματος έχει ένα στοιχείο υπερέντασης (**I** >). Το στοιχείο αυτό προκαλεί, σε περίπτωση διαρροής ρεύματος της τάξης των **30 mA**, τη διέγερση ενός ηλεκτρομαγνήτη (**H**), που ανοίγει κατά την έλξη του σιδηροπυρήνα του τις επαφές **α** και **β**, με αποτέλεσμα τη διακοπή της τάσης προς την εγκατάσταση (φορτίο **Z**). Ο παραπάνω ηλεκτρομαγνήτης είναι ένα είδος ηλεκτρονόμου.



Σχήμα 3.3.15 Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής έντασης σε εγκατάσταση που έχει ηλεκτρόδιο γείωσης

► Το στοιχείο υπερέντασης στηρίζει τη λειτουργία του στη διαφορετική τιμή του ρεύματος στον αγωγό φάσης, από τον αγωγό του ουδέτερου, κατά την εκδήλωση της διαρροής. Πρόκειται για ένα μετασχηματιστή (Σχήμα 3.3.16), όπου η διαφορά $\Delta I = I_1 - I_2$ από το ρεύμα διαρροής προς το μεταλλικό περίβλημα μιας συσκευής, παράγει μία τάση u στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, λόγω της οποίας διεγείρεται ο ηλεκτρονόμος H , με αποτέλεσμα να ανοίξουν οι επαφές α και β .



Σχήμα 3.3.16 Λειτουργία του στοιχείου υπερέντασης του διακόπτη διαφυγής έντασης

Δ. Προστασία με Διακόπτη Διαφυγής Τάσης

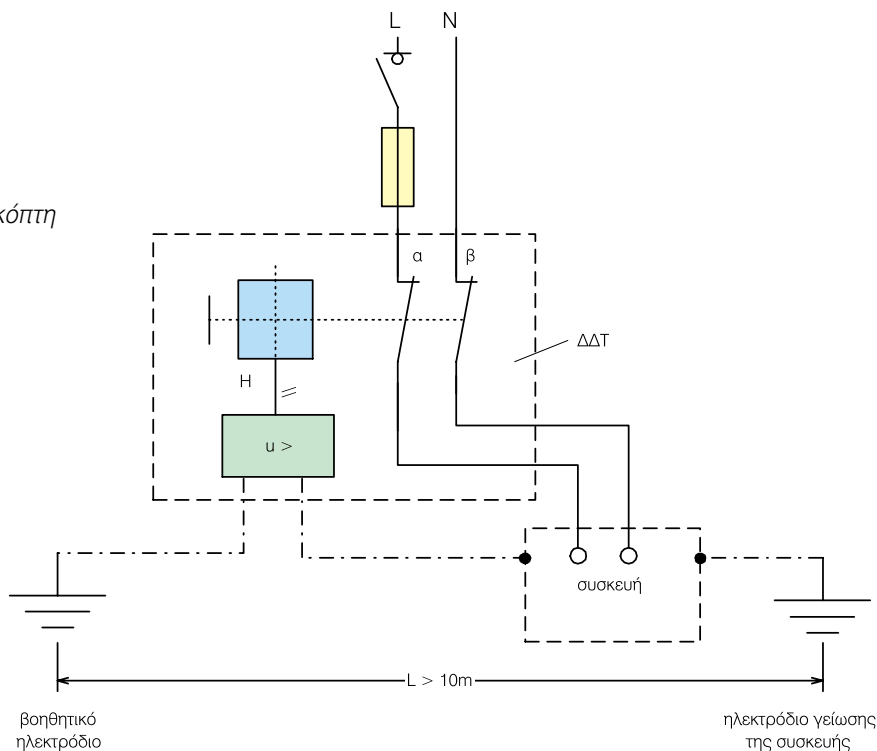
Ο διακόπτης διαφυγής τάσης περιλαμβάνει ένα στοιχείο υπέρτασης (πηνίο) ($u >$) και έναν ηλεκτρονόμο (ηλεκτρομαγνήτης) (H), (όπως και στην περίπτωση του διακόπτη διαφυγής έντασης), που διακόπτει το κύκλωμα σε περίπτωση υπέρτασης (Σχήμα 3.3.17).

► Για τη λειτουργία του διακόπτη διαφυγής τάσης χρειάζεται, εκτός από τη γείωση μεταλλικών μερών, ένα βοηθητικό ηλεκτρόδιο (Σχήμα 3.3.17),

όπου αυτό μέσω ενός μονωμένου αγωγού διατομής τουλάχιστον $2,5 \text{ mm}^2$, συνδέεται στο στοιχείο υπέρτασης. Επίσης στο στοιχείο υπέρτασης συνδέονται μέσω ενός επίσης μονωμένου αγωγού, τα μεταλλικά μέρη μιας ή περισσότερων συσκευών.

Ως βοηθητικό ηλεκτρόδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία μεταλλική ράβδος ηλεκτροδίων γείωσης του εμπορίου (π.χ. $12,5 \text{ mm}^2$ και μήκους $1,5 \text{ m}$) ή ισοδύναμο ηλεκτρόδιο από γαλβανισμένο σωλήνα. Επιπλέον δεν πρέπει να επηρεάζεται το βοηθητικό ηλεκτρόδιο από το ηλεκτρόδιο γείωσης της εγκατάστασης και γι' αυτό θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 10 m .

Σχήμα 3.3.17 Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής τάσης



- Σκοπός του διακόπτη διαφυγής τάσης είναι να αποκλειστεί η περίπτωση διατήρησης τάσης μεγαλύτερης των 50 V ανάμεσα στη γη και στα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών ή γενικά των μεταλλικών μερών της εγκατάστασης.
- Έτσι όταν η τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων γείωσης της εγκατάστασης και του βοηθητικού ηλεκτροδίου γίνει μεγαλύτερη των 50 V, τότε μέσω του στοιχείου υπέρτασης ($u >$) δίνεται εντολή στον ηλεκτρονόμο (H) και διακόπτεται η τροφοδοσία της εγκατάστασης σε όλους τους πόλους τροφοδοσίας.

3.3.4 Πρακτικές μέθοδοι ελέγχου γειώσεων

➔ Ο έλεγχος της αντίστασης γείωσης μιας εγκατάστασης συχνά γίνεται με τις ακόλουθες δυο πρακτικές μεθόδους:

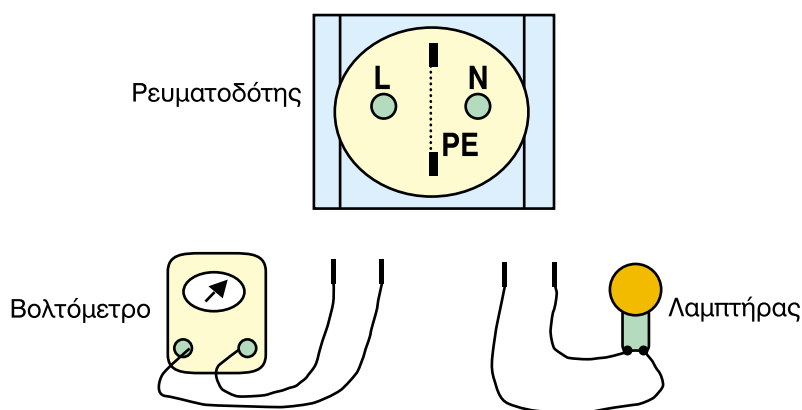
1. τη μέθοδο του βολτομέτρου (ή του λαμπτήρα) και
2. τη μέθοδο της ασφάλειας

Οι πρακτικές αυτές μέθοδοι ελέγχου της αντίστασης γείωσης δεν μπορούν να υποκαταστήσουν τις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης, είναι όμως ένα κριτήριο καταλληλότητας της γείωσης.

➔ Η μέθοδος του βολτόμετρου (ή του λαμπτήρα) γίνεται σε ένα ρευματοδότη της εγκατάστασης με την προϋπόθεση ότι ο ουδέτερος και η γείωση του

δικτύου συνδέονται μεταξύ τους. Έτσι, αν η τάση μεταξύ φάσης (**L**) και ουδετέρου (**N**) σε ένα ρευματοδότη έχει την ίδια τιμή με εκείνη μεταξύ φάσης (**L**) και γείωσης (**PE**) και η τάση μεταξύ ουδετέρου (**N**) και γης (**PE**) έχει μηδενική τιμή, τότε η γείωση είναι κατάλληλη. Η μέτρηση αυτή γίνεται με ένα βολτόμετρο (Σχήμα 3.3.18).

➤ Αν αντί του βολτόμετρου χρησιμοποιηθεί ένας λαμπτήρας των **230 V**, θα πρέπει, για να είναι κατάλληλη η γείωση, η φωτεινότητα του **λαμπτήρα** να είναι η ίδια κατά τη σύνδεσή του μεταξύ φάσης και γης και μεταξύ φάσης και ουδετέρου. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμόζεται σε προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης, όπως π.χ. σε όλους τους ρευματοδότες των θαλάμων νοσηλείας ενός νοσοκομείου, στα δωμάτια ενός ξενοδοχείου, κ.λπ.



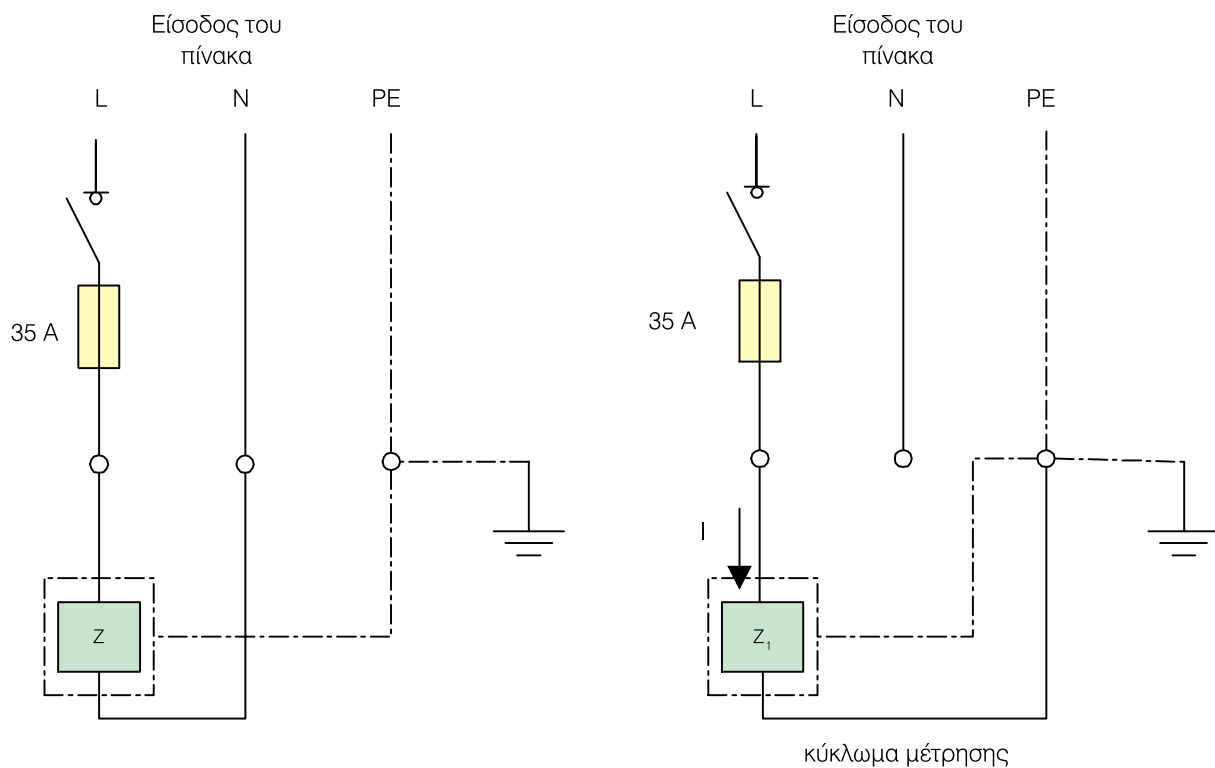
Σχήμα 3.3.18 Έλεγχος της γείωσης με τη μέθοδο του βολτομέτρου ή του λαμπτήρα

→ Η **μέθοδος της ασφάλειας** πραγματοποιείται στον πίνακα διανομής της εγκατάστασης. Στηρίζεται στον έλεγχο ενός κυκλώματος μέσω μιας ασφάλειας. Στο Σχήμα 3.3.19 δίνεται απλοποιημένα η διαδικασία που ακολουθείται σε ένα γενικό πίνακα ενός καταναλωτή, του οποίου η γενική ασφάλεια είναι **35 A**.

► Όπως φαίνεται στο σχήμα αφαιρείται ο ουδέτερος αγωγός όλης της εγκατάστασης από το σημείο

σύνδεσής του στον πίνακα και συνδέεται στον ακροδέκτη του αγωγού γείωσης του πίνακα.

Στη συνέχεια επιλέγεται ένα φορτίο της εγκατάστασης το οποίο θα απορροφούσε ρεύμα I ελάχιστα μεγαλύτερο των **35 A**, όταν συνδεόταν με αγωγό φάσης και ουδέτερο αγωγό. Κλείνοντας το διακόπτη του κυκλώματος, αν η ασφάλεια «πέσει», τότε η γείωση είναι κατάλληλη (παρεμβάλλει δηλαδή μικρή αντίσταση μεταξύ **φάσης - φορτίου και επιστροφής μέσω της γείωσης**).



Z : φορτίο όλων των αναχωρήσεων της εγκατάστασης

Z₁: Επιλογή του φορτίου ώστε η τιμή I να είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από 35 A

Σχήμα 3.3.19 Έλεγχος της γείωσης με τη μέθοδο της ασφάλειας

4

Ενότητα 4.1

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

- 4.1.1** Υπολογισμός ρεύματος τροφοδοσίας ηλεκτρικών καταναλωτών
- 4.1.2** Υπολογισμός πτώσης τάσης γραμμών τροφοδοσίας
- 4.1.3** Υπολογισμός και επιλογή διατομής αγωγών τροφοδοσίας
- 4.1.4** Υπολογισμός και επιλογή διατάξεων προστασίας και ελέγχου ηλεκτρικών κυκλωμάτων και καταναλωτών (ασφαλειών, διακοπών, κ.λπ.)
- 4.1.5** Υπολογισμός και επιλογή πυκνωτών διόρθωσης συντελεστή ισχύος (συνφ)

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να υπολογίζουν το απαιτούμενο ρεύμα τροφοδοσίας και να επιλέγουν τη διατομή των αγωγών ηλεκτρικών καταναλωτών (φωτισμός, κίνηση, κ.λπ.)
- ☞ να επιλέγουν διατάξεις ελέγχου και προστασίας (διακόπτες, ασφάλειες, κ.λπ.) τροφοδοσίας και συσκευών, ανάλογα με την ισχύ και το είδος τους
- ☞ να υπολογίζουν τους κατάλληλους πυκνωτές για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης

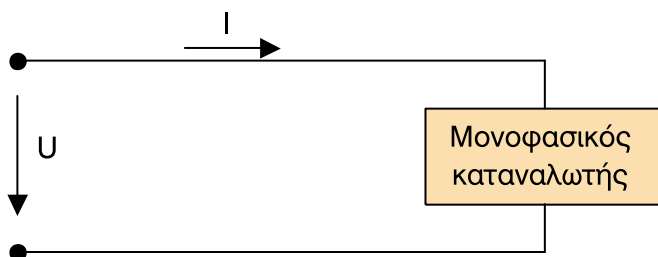
4.1.1 Υπολογισμός ρεύματος τροφοδοσίας ηλεκτρικών καταναλωτών

Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στους ηλεκτρικούς καταναλωτές, **μονοφασικούς** ή **τριφασικούς**, δια μέσου των ηλεκτρικών γραμμών τροφοδοσίας.

► Για **μονοφασικούς** ηλεκτρικούς καταναλωτές (Σχήμα 4.1.1) ο υπολογισμός της έντασης του ρεύματος τροφοδοσίας γίνεται από την επόμενη σχέση:

$$I = \frac{P}{U \cdot \text{συν}\phi} \quad (\text{A}) \quad (4.1.1)$$

όπου **P**: η ηλεκτρική ισχύς του καταναλωτή σε W
U: η τάση λειτουργίας του καταναλωτή σε V
συνφ: ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή



Σχήμα 4.1.1 Μονοφασικός καταναλωτής

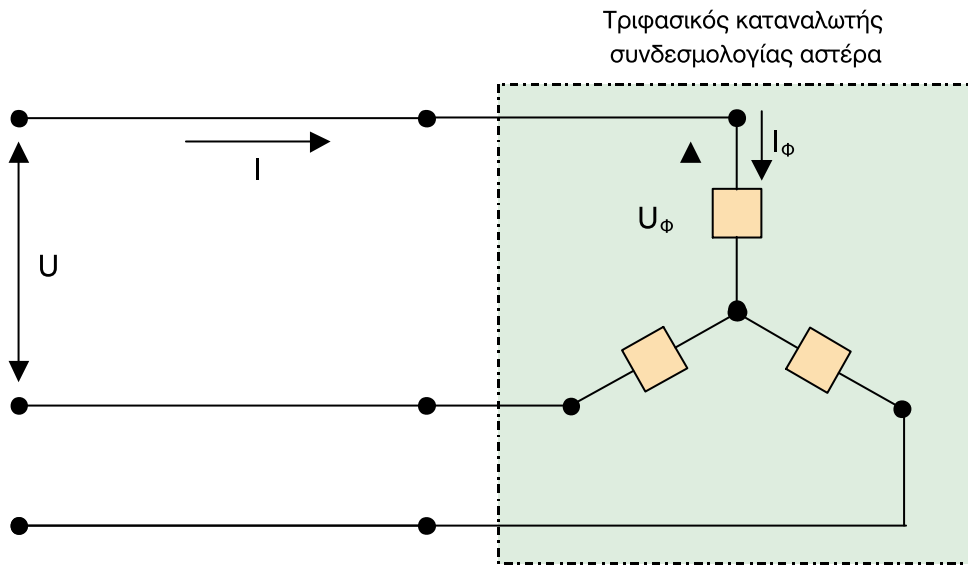
► Για **τριφασικούς** ηλεκτρικούς καταναλωτές υπάρχουν δυο ειδών συνδεσμολογίες, του **αστέρα** (Σχήμα 4.1.2) και του **τριγώνου** (Σχήμα 4.2.2). Ο υπολογισμός της έντασης του ρεύματος τροφοδοσίας τους, ανεξάρτητα από τη συνδεσμολογία τους, γίνεται από την επόμενη σχέση:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \text{συν}\phi} \quad (\text{A}) \quad (4.1.2)$$

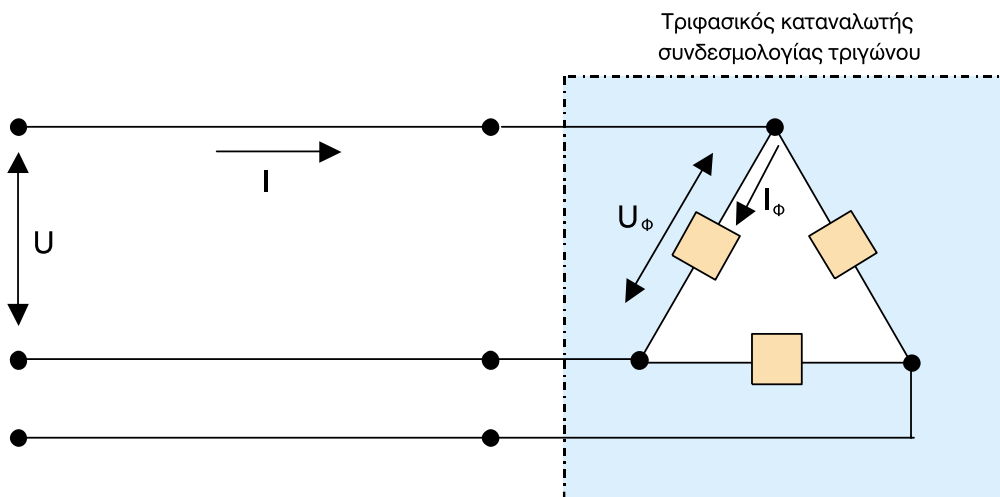
όπου **P**: η ηλεκτρική ισχύς του καταναλωτή σε W
U: η πολική τιμή της τάσης σε V (400 V)
I: το ρεύμα τροφοδοσίας του καταναλωτή (πολική τιμή)
συνφ: ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή

► Η σχέση πολικών και φασικών τάσεων και ρευμάτων, για τις δυο συνδεσμολογίες είναι:

- Συνδεσμολογία αστέρα: $U = \sqrt{3} \cdot U_{\phi}$ και $I = I_{\phi}$
- Συνδεσμολογία τριγώνου: $U = U_{\phi}$ και $I = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$



Σχήμα 4.1.2 Τριφασικός καταναλωτής συνδεσμολογίας αστέρα



Σχήμα 4.1.3 Τριφασικός καταναλωτής συνδεσμολογίας τριγώνου

➔ Αν οι ηλεκτρικοί καταναλωτές είναι καθαρά ωμικοί, τότε ο συντελεστής ισχύος τους **συνφ** λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα (**συνφ = 1**).

Καθαροί **ωμικοί** καταναλωτές είναι - οι λαμπτήρες πυρακτώσεως φωτισμού, οι θερμοσίφωνες, οι ηλεκτρικές κουζίνες χωρίς κινητήρα, τα θερμαντικά σώματα αντίστασης. Στη βιομηχανία είναι οι ηλεκτρικοί φούρνοι που λειτουργούν με ωμικές αντιστάσεις και άλλες ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση διάφορων υλικών και υγρών καυσίμων όπως μαζούτ κ.λπ.

Στις παραπάνω σχέσεις υπολογισμού της έντασης του ρεύματος τροφοδοσίας, η ισχύς **P** αφορά την **ηλεκτρική ισχύ** που καταναλώνουν οι διάφοροι καταναλωτές.

➔ Προκειμένου όμως για **ηλεκτρικούς κινητήρες**, η ισχύς που αναγράφεται στην πινακίδα τους αφορά τη μηχανική ισχύ **P_{μηχ.}** που αποδίδουν στον άξονά τους. Για να γίνει επομένως χρήση των προηγούμενων σχέσεων θα πρέπει να υπολογιστεί η ηλεκτρική ισχύς **P** που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο τροφοδοσίας του. Επομένως είναι απαραίτητος και ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα **η**, ο οποίος μπορεί να βρεθεί από εμπορικούς καταλόγους ηλεκτρικών κινητήρων, αν αυτός δεν αναγράφεται επάνω στην πινακίδα του. Με δεδομένο το βαθμό απόδοσης του κινητήρα **η** ηλεκτρική του ισχύς υπολογίζεται από την επόμενη σχέση:

$$P = \frac{P_{\text{μηχ.}}}{\eta} \quad (\text{W}) \quad (4.1.3)$$

Σημείωση: Συνήθως η ένταση του ρεύματος, η ισχύς, η τάση, ο συντελεστής ισχύος **συνφ** και ο βαθμός απόδοσης, αναγράφονται στην πινακίδα του ηλεκτρικού καταναλωτή.

Παράδειγμα:

➤ Ηλεκτρικός τριφασικός κινητήρας ισχύος 10 kW, συνδεσμολογίας τριγώνου, τροφοδοτείται με τάση $U = 400 \text{ V}$. Να βρεθεί η ονομαστική ένταση του ρεύματος αν ο συντελεστής ισχύος του είναι $\text{συνφ} = 0,85$ και ο βαθμός απόδοσής του είναι $\eta = 0,8$ (80%).

Λύση:

Ανεξάρτητα από τη συνδεσμολογία του κινητήρα, η ένταση του ρεύματος τροφοδοσίας του θα υπολογιστεί από τη σχέση 4.1.2 και 4.1.3, οπότε έχουμε:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \text{συνφ}} = \frac{P_{\text{μηχ.}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \text{συνφ} \cdot \eta} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,86 \cdot 0,8} = 21 \text{ A}$$

4.1.2 Υπολογισμός πτώσης τάσης γραμμών τροφοδοσίας

Κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στους διάφορους καταναλωτές, λόγω της **ωμικής** και **επαγωγικής** αντίστασης της γραμμής τροφοδοσίας, έχουμε πάνω στην ίδια τη γραμμή μια πτώση τάσης.

Σύμφωνα με το άρθρο 126 των κανονισμών εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, η πτώση τάσης δεν πρέπει να ξεπερνά κάποια όρια τα οποία είναι:

- **3 %** για τροφοδοσία **ηλεκτρικών κινητήρων**, αλλά και **συσκευών** με δικό τους κύκλωμα τροφοδοσίας, όπως μαγειρεία, θερμοσίφωνες, κ.λπ. (για τάση **U = 400 V** επιτρεπτή πτώση τάσης μέχρι **ΔU = 12 V**, ενώ για τάση **U = 230 V** επιτρεπτή πτώση τάσης μέχρι **ΔU = 6,9 V**).
- **1 %** για φωτισμό και ρευματοδότες γενικής χρήσης (για τάση **U = 400 V** επιτρεπτή πτώση τάσης μέχρι **ΔU = 4 V**, ενώ για τάση **U = 230 V** επιτρεπτή πτώση τάσης μέχρι **ΔU = 2,3 V**).

➔ Μεγαλύτερες πτώσεις τάσης από τα παραπάνω όρια μπορούν να προκαλέσουν σημαντική μείωση της ισχύος μέχρι και αδυναμία εκκίνησης των ηλεκτρικών κινητήρων. Σε εγκαταστάσεις φωτισμού πέφτει σημαντικά η ένταση του φωτός, γεγονός που είναι ιδιαίτερα ενοχλητικό.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Τα προηγούμενα όρια τη επιτρεπτής πτώσης τάσης για κίνηση και φωτισμό ενδεχομένως να τροποποιηθούν με την αναμόρφωση των Κανονισμών Ε.Η.Ε. που βρήσκειται σε εξέλιξη. Γι' αυτό το λόγο συνιστάται η προσοχή στους μαθητές.

➔ Η πτώση τάσης σε μία γραμμή τροφοδοσίας ενός καταναλωτή (μονοφασικού ή τριφασικού) με τάση λειτουργίας **230 / 400 V**, υπολογίζεται από τις επόμενες σχέσεις:

- **Μονοφασικός καταναλωτής:**

$$\Delta U = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{S} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (4.1.4)$$

- **Τριφασικός καταναλωτής:**

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (4.1.5)$$

όπου **ΔU**: η πτώση τάσης στον αγωγό της γραμμής (σε V)

ρ: η ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού (σε $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$)

l: το μήκος της γραμμής τροφοδοσίας του καταναλωτή (σε m)

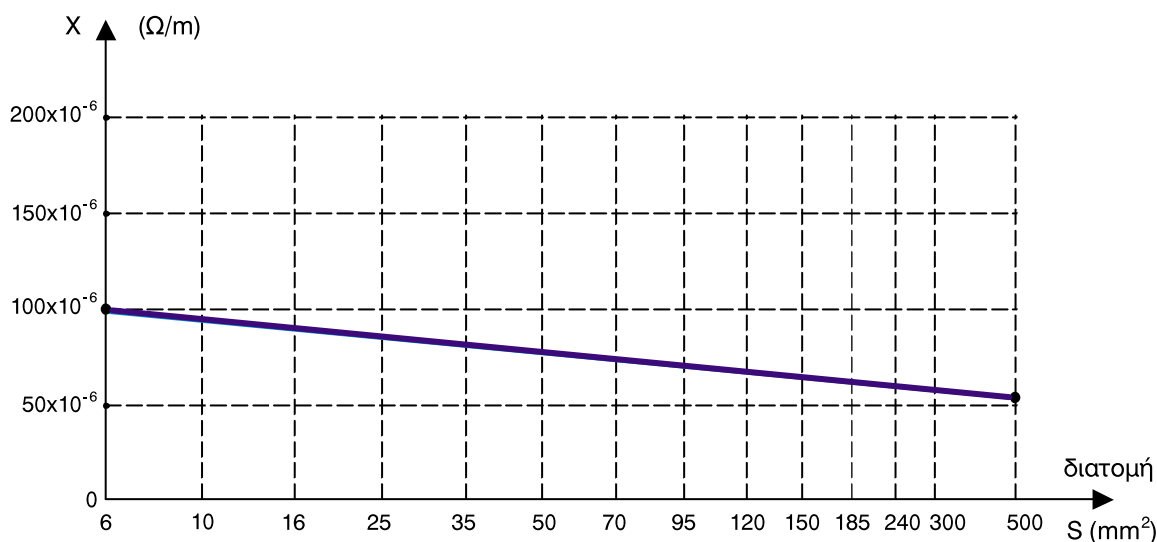
S: η διατομή των αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας (σε mm²)

I: η ένταση του ρεύματος που περνάει από τη γραμμή (σε A)

cosφ: ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή

ΠΡΟΣΟΧΗ: Όταν η γραμμή έχει μήκος μεγαλύτερο των 100 μέτρων ($l > 100\text{m}$) και η διατομή των αγωγών της είναι μεγαλύτερη των 35 mm^2 ($S > 35\text{ mm}^2$), τότε στον υπολογισμό της πτώσης τάσης ΔU , θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και την επαγωγική αντίσταση της γραμμής $X_{\text{γρ}}$. (πέρα από την ωμική αντίσταση $R_{\text{γρ}}$), με αποτέλεσμα να αλλάξει και η πτώση τάσης στη γραμμή.

Για να προσδιορίσουμε την επαγωγική αντίσταση $X_{\text{γρ}}$ για καλώδια χαμηλής τάσης μέχρι 1000 V θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη χαρακτηριστική του Σχήματος 4.1.4, η οποία μας δίνει την επαγωγική αντίσταση γραμμής ανά μέτρο σε συνάρτηση με τη διατομή των αγωγών της γραμμής.



Σχήμα 4.1.4 Χαρακτηριστική επαγωγικής αντίστασης - διατομής

➔ Όταν λαμβάνουμε υπόψη μας και την επαγωγική αντίσταση της γραμμής, τότε οι σχέσεις υπολογισμού της πτώσης τάσης ΔU γίνονται ως εξής:

- **Μονοφασικός καταναλωτής:**

$$\Delta U = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi + 2 \cdot X \cdot l \cdot I \cdot \eta\mu\phi \quad (4.1.6)$$

- **Τριφασικός καταναλωτής:**

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi + \sqrt{3} \cdot X \cdot l \cdot I \cdot \eta\mu\phi \quad (4.1.7)$$

όπου X : η επαγωγική αντίσταση ανά μέτρο (σε Ω/m)

Παράδειγμα:

➔ Ένα τριφασικό φορτίο κίνησης ισχύος 100 kW, τάσης 400 V και συντελεστή ισχύος 0,8 τροφοδοτείται από γραμμή μήκους 250 m. Οι αγωγοί της γραμμής είναι από χαλκό με ειδική αντίσταση $\rho = 0,018$ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) και με διατομή 150 mm^2 . Αυτή η διατομή των αγωγών είναι αποδεκτή για την τροφοδοσία του φορτίου;

Λύση:

➤ Για να είναι αποδεκτή η διατομή της γραμμής θα πρέπει η πτώση τάσης σε αυτή να είναι μικρότερη ή ίση των 12 V ($\Delta U \leq 12 \text{ V}$), αφού έχουμε φορτίο κίνησης.

➤ Επειδή το μήκος της γραμμής είναι μεγαλύτερο από 100 m ($l > 100 \text{ m}$) και η διατομή των αγωγών μεγαλύτερη των 35 mm^2 ($S > 35 \text{ mm}^2$) για να βρούμε την πτώση τάσης θα λάβουμε υπόψη μας και την επαγωγική αντίσταση της γραμμής.

- Το ρεύμα που απορροφά το τριφασικό φορτίο κίνησης από τη σχέση (4.1.2) είναι:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{100.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 180,4 \text{ A}$$

- Από το σχήμα 4.1.4 η ανά μονάδα μήκους επαγωγική αντίσταση για διατομή αγωγών 150 mm^2 , είναι:

$$X = 67 \cdot 10^{-6} \Omega/\text{m}$$

- Έτσι για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης, από τη σχέση (4.1.7) η οποία λαμβάνει υπόψη και την επαγωγική αντίσταση της γραμμής, θα έχουμε:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi + \sqrt{3} \cdot X \cdot l \cdot I \cdot \eta\mu\phi =$$

$$\sqrt{3} \cdot 0,018 \cdot \frac{250}{150} \cdot 180,4 \cdot 0,8 + \sqrt{3} \cdot 67 \cdot 10^{-6} \cdot 250 \cdot 180,4 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} =$$

$$7,499 + 3,14 \Rightarrow \Delta U = 10,64 \text{ V}$$

➤ Επειδή η πτώση τάσης που υπολογίσαμε είναι μικρότερη των 12 V, συμπεραίνουμε ότι η διατομή των αγωγών της γραμμής είναι αποδεκτή.

4.1.3 Υπολογισμός και επιλογή διατομής αγωγών τροφοδοσίας

Ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας ενός καταναλωτή **μονοφασικού** ή **τριφασικού**, με βάση την επιτρεπτή πτώση τάσης, γίνεται από τις επόμενες σχέσεις, οι οποίες αντίστοιχα προκύπτουν από τις σχέσεις (4.1.4), (4.1.5), (4.1.6), (4.1.7).

- **Μονοφασικός καταναλωτής:**

$$S = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{\Delta U} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (4.1.8)$$

Αν λάβουμε υπόψη και την επαγωγική αντίσταση της γραμμής θα έχουμε:

$$S = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{\Delta U - 2 \cdot X \cdot l \cdot I \cdot \eta \mu \varphi} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (4.1.9)$$

- **Τριφασικός καταναλωτής:**

$$S = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{\Delta U} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (4.1.10)$$

Αν λάβουμε υπόψη και την επαγωγική αντίσταση της γραμμής θα έχουμε:

$$S = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{\Delta U - \sqrt{3} \cdot X \cdot l \cdot I \cdot \eta \mu \varphi} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (4.1.11)$$

όπου **S**: η διατομή του αγωγού (σε mm²)

ρ: η ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού (σε $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$)

l: το μήκος της γραμμής τροφοδοσίας (σε m)

I: η ένταση του ρεύματος της γραμμής (σε A)

ΔU: η επιτρεπτή πτώση τάσης στη γραμμή (σε V)

➔ Στις προηγούμενες σχέσεις το ρεύμα **I** είναι το μέγιστο *επιτρεπόμενο ρεύμα* που απορροφά ο καταναλωτής, δηλαδή το ρεύμα υπό πλήρες φορτίο για συνεχή λειτουργία (ονομαστικό ρεύμα). Το ρεύμα αυτό υπολογίζεται σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο **4.1.1**.

■ Βήματα διαδικασίας επιλογής διατομής αγωγών

Η διαδικασία **επιλογής** της κατάλληλης διατομής αγωγών και καλωδίων στις γραμμές τροφοδοσίας ενός καταναλωτή γίνεται με βάση **Πίνακες**, που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2 - Ενότητα 2.2 και σχετίζονται με **διατομές αγωγών - καλωδίων** διαφόρων τύπων με τα επιτρεπόμενα ρεύματα που διαρρέουν αυτούς.

Από τους Πίνακες αυτούς παρατηρούμε ότι οι Έλληνες κατασκευαστές αγωγών και καλωδίων, λόγω της χρήσης μονωτικών υλικών με αυξημένες αντοχές σε θερμοκρασίες, δίνουν επιτρεπόμενα ρεύματα μεγαλύτερα από αυτά που ορίζουν οι Ελληνικοί κανονισμοί των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα αυστηροί. Με τους Γερμανικούς και Διεθνείς κανονισμούς τα περιθώρια των επιτρεπόμενων ρευμάτων βλέπουμε ότι γίνονται ακόμα μεγαλύτερα.

➔ Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το **άρθρο 130** των Ελληνικών κανονισμών, ο υπολογισμός της διατομής γραμμής τροφοδοσίας **ηλεκτρικού κινητήρα**, χρησιμοποιώντας στοιχεία που αφορούν τους Ελληνικούς κανονισμούς, πρέπει να γίνεται παίρνοντας ρεύμα μεγαλύτερο κατά **25%** από αυτό που προκύπτει σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.1.1, δηλαδή:

$$I = 1,25 \cdot I_{ov} \quad (4.1.12)$$

όπου I_{ov} : το πολικό ρεύμα (ρεύμα γραμμής) που υπολογίστηκε.

➤ Η προσαύξηση αυτή γίνεται για να ληφθεί υπόψη το αυξημένο ρεύμα κατά την εκκίνηση του κινητήρα και καλύπτει ελαφριές εκκινήσεις μέχρι μερικά δευτερόλεπτα, ενώ για εκκινήσεις μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας, ή όταν έχουμε αναστροφή της φοράς περιστροφής των κινητήρων χρειάζονται ειδικές μελέτες.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η παραπάνω προσαύξηση του ρεύματος δεν ισχύει όταν η επιλογή γίνεται με τους Γερμανικούς και Διεθνείς κανονισμούς.

➔ Τα βήματα που ακολουθούμε για την επιλογή της διατομής των αγωγών των γραμμών τροφοδοσίας ηλεκτρικών καταναλωτών περιγράφονται στη συνέχεια.

Βήμα 1ο: Υπολογίζουμε το ρεύμα που απορροφά ο καταναλωτής, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.1.1.

Αν ο καταναλωτής είναι ηλεκτρικός κινητήρας, τότε **προσαυξάνουμε** το ρεύμα που υπολογίστηκε κατά **25%**.

Αν η θερμοκρασία λειτουργίας του αγωγού είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (30°C), τότε **διορθώνουμε** το ρεύμα που υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τους πίνακες διόρθωσης τιμών (**Πίνακας 2.2.2** και **Πίνακας 2.2.5**) της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2.

Βήμα 2ο: Ο υπολογισμός και η επιλογή της απαιτούμενης διατομής μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

1^{ος} τρόπος (απ' ευθείας από τους πίνακες φόρτισης καλωδίων):

➔ Με βάση το ρεύμα που υπολογίστηκε στο 1^ο βήμα και ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου και τις συνθήκες εγκατάστασής του, πηγαίνουμε στους Πίνακες 2.2.1 ή 2.2.3 ή 2.2.4 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 και βλέπουμε για το ρεύμα που υπολογίσαμε ποια επιτρεπτή τιμή διατομής πρέπει να χρησιμοποιήσουμε.

➔ Αν δεν υπάρχει στους πίνακες η τιμή του ρεύματος που υπολογίσαμε, που είναι το πιο πιθανό να συμβεί, παίρνουμε σαν ρεύμα την αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη τιμή του πίνακα και στη συνέχεια βρίσκουμε την αντίστοιχη διατομή.

➔ Για τη διατομή που επιλέξαμε ελέγχουμε την πτώση τάσης ΔU στη γραμμή με αυτή τη διατομή, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις υπολογισμού πτώσης τάσης της παραγράφου 4.1.2. Αν προκύψει πτώση τάσης μεγαλύτερη της επιτρεπτής, επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή και ελέγχουμε ξανά τη νέα πτώση τάσης, ώστε να πετύχουμε πτώση τάσης μικρότερη ή ίση της επιτρεπτής.

2^{ος} τρόπος (με βάση την επιτρεπτή πτώση τάσης):

➔ Με βάση το ρεύμα που υπολογίστηκε στο 1^ο βήμα χρησιμοποιούμε τις σχέσεις 4.1.8 και 4.1.9 ή 4.1.10 και 4.1.11 υπολογισμού διατομής αγωγού. Σε αυτές τις σχέσεις ως πτώση τάσης θέτουμε την

επιτρεπτή πτώση τάσης, που για κυκλώματα φωτισμού είναι μέχρι 1% και για κυκλώματα κίνησης (ηλεκτρικοί κινητήρες) είναι μέχρι 3%.

➔ Αφού υπολογίσουμε την απαιτούμενη διατομή στη συνέχεια πηγαίνουμε στους Πίνακες 2.2.1 ή 2.2.3 ή 2.2.4 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 και επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη διατομή, αν η τιμή που υπολογίσαμε δεν είναι ίδια με κάποια τυποποιημένη, που είναι και το πιο πιθανό.

➔ Αν η διατομή που υπολογίσαμε δεν επιτρέπει τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος που υπολογίσαμε στο 1^ο βήμα, τότε χρησιμοποιούμε τον 1^ο τρόπο υπολογισμού διατομής αγωγού.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1η: Ο 1^{ος} τρόπος υπολογισμού της διατομής είναι πιο ασφαλής, ενώ ο 2^{ος} τρόπος, για να μας δώσει συμβατές διατομές με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος, πρέπει να εφαρμοστεί σε γραμμές τροφοδοσίας μεγάλης απόστασης.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2η: Κατά την επιλογή της διατομής των αγωγών τροφοδοσίας, πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι οι κανονισμοί των Ε.Η.Ε δεν επιτρέπουν στην εγκατάσταση κίνησης να χρησιμοποιήσουμε αγωγούς με διατομή μικρότερη των 2,5 mm².

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 3η: Η ελάχιστη διατομή για εγκαταστάσεις κίνησης ενδεχομένως να τροποποιηθεί με την αναμόρφωση των Κανονισμών Ε.Η.Ε. που βρίσκεται σε εξέλιξη. Γι' αυτό το λόγο συνιστάται η προσοχή στους μαθητές.

Παράδειγμα:

➔ Ένας τριφασικός κινητήρας ισχύος 15 kW, τάσης 400 V, βαθμού απόδοσης 90% και συντελεστή ισχύος 0,84 τροφοδοτείται από γραμμή μήκους 80 m. Οι αγωγοί της γραμμής είναι από χαλκό με ειδική αντίσταση $\rho = 0,018$ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$). Η θερμοκρασία περιβάλλοντος που λειτουργεί ο κινητήρας είναι 40°C . Ποια η διατομή των αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας; (**Σημείωση:** Να χρησιμοποιηθούν οι Ελληνικοί Κανονισμοί Ε.Η.Ε).

Λύση:

➤ Το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας από τη σχέση 4.1.2 είναι:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \text{συνφ}} = \frac{P_{\text{μηχ}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \text{συνφ} \cdot \eta} = \frac{15.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,84 \cdot 0,9} = 28,6 \text{ A}$$

➤ Σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς επειδή έχουμε φορτίο κίνησης θα έχουμε προσαύξηση του ρεύματος 25%. Έτσι θα έχουμε:

$$I_1 = 1,25 \cdot I = 1,25 \cdot 28,6 = 35,75 \text{ A}$$

- Για θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C από τον Πίνακα 2.2.2. της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, θα έχουμε ποσοστό διόρθωσης του ρεύματος 82%. Έτσι θα έχουμε:

$$I_2 = \frac{I_1}{0,82} = \frac{35,75}{0,82} = 43,6 \text{ A}$$

➤ Από τον Πίνακα 2.2.1 - ΟΜΑΔΑ II, της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, θα έχουμε διατομή:

$$S = 6 \text{ mm}^2$$

- Κάνοντας έλεγχο πτώσης τάσης από τη σχέση 4.1.5 (γραμμή μήκους μικρότερης των 100 m), θα έχουμε:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \text{συνφ} = \sqrt{3} \cdot 0,018 \cdot \frac{80}{6} \cdot 43,6 \cdot 0,84 = 15,2 \text{ V}$$

- Η πτώση τάσης δεν είναι επιτρεπτή (είναι μεγαλύτερη των 12 V για φορτίο κίνησης), γι' αυτό και επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή που είναι:

$$S = 10 \text{ mm}^2$$

- Κάνοντας έλεγχο πτώσης τάσης για τη νέα διατομή θα έχουμε:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \text{συνφ} = \sqrt{3} \cdot 0,018 \cdot \frac{80}{10} \cdot 43,6 \cdot 0,84 = 9,1 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης που υπολογίσαμε για διατομή αγωγών 10 mm^2 είναι αποδεκτή, (μικρότερη των 12 V) γι' αυτό και επιλέγουμε τελικά διατομή αγωγών, της γραμμής τροφοδοσίας του κινητήρα μας, $S = 10 \text{ mm}^2$

4.1.4 Υπολογισμός και επιλογή διατάξεων προστασίας και ελέγχου ηλεκτρικών κυκλωμάτων και καταναλωτών (ασφαλειών, διακοπών, κ.λπ.)

Οι διατάξεις προστασίας και ελέγχου, όπως ασφάλειες (τήξης ή αυτόματες), διακόπτες (διαφόρων τύπων), κ.λπ. περιγράφηκαν στην Ενότητα 2.2 του Κεφαλαίου 2. Αυτές χρησιμοποιούνται για τον **έλεγχο** και την **προστασία** ηλεκτρικών κυκλωμάτων και συσκευών, σε περιπτώσεις **υπερεντάσεων** (ή υπερφορτίσεων) και **βραχυκυκλωμάτων**.

Οι διατάξεις αυτές, όπως αναφέρθηκε, θα πρέπει να διακόπτουν έγκαιρα την παροχή ηλεκτρικής ισχύος στα κυκλώματα ή τις συσκευές, ώστε να προστατεύουν αυτά από **υπερεντάσεις** ή **βραχυκυκλώματα**. Αυτό σημαίνει ότι η επιλογή τους θα πρέπει να γίνεται με βάση κάποιες απαιτήσεις, που σχετίζονται με χαρακτηριστικά λειτουργίας τους, όπως ονομαστική τάση, ονομαστικό ρεύμα, ρεύμα διακοπής, με στοιχεία του καταναλωτή όπως τάση λειτουργίας, απορροφούμενο ρεύμα.

➔ Ο **υπολογισμός** των παραπάνω διατάξεων προστασίας και ελέγχου ενός καταναλωτή, είτε αυτός είναι **ολόκληρη** η εγκατάσταση, είτε **τμήμα** της εγκατάστασης, είτε μια **επιμέρους** συσκευή της εγκατάστασης, γίνεται με βάση:

1. το **απορροφούμενο ρεύμα** του καταναλωτή
2. την **τάση λειτουργίας** του καταναλωτή
3. το **είδος** του καταναλωτή
4. το **αναμενόμενο ρεύμα** σε περίπτωση **σφάλματος** (βραχυκυκλώματος) στον καταναλωτή

➔ Επίσης **πρέπει**:

- η ονομαστική τάση των ασφαλειών και διακοπών να είναι **μεγαλύτερη ή ίση** από την τάση λειτουργίας του καταναλωτή.
- το ονομαστικό ρεύμα των ασφαλειών **τήξης** ή **αυτόματων ασφαλειών** να μην είναι **μεγαλύτερο** από το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα γραμμής συνεχούς λειτουργίας, όπως αυτό ορίζεται από τους κανονισμούς (**Πίνακες: 2.1** - Ελληνικοί κανονισμοί, **2.3** - στοιχεία από Έλληνες κατασκευαστές καλωδίων και **2.4** - κανονισμοί DIN VDE, IEC και HD, που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 2.2 του Κεφαλαίου 2).
- Το ονομαστικό ρεύμα των **διακοπών** να είναι **τουλάχιστο ίσο** με το ονομαστικό ρεύμα των ασφαλειών που επελέγησαν και επίσης να **διακόπτουν** το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας των αγωγών που ελέγχουν.

➔ Με βάση τα προηγούμενα η **επιλογή** των ασφαλειών (τήξης ή αυτόματων) και των διακοπών (φορτίου, αυτόματων ισχύος, μικροαυτόματων προστασίας κινητήρων, ρελέ ισχύος, θερμικών προστασίας κινητήρων, κ.λπ) γίνεται από πίνακες με τυποποιημένες τιμές που δίνουν κατασκευαστές και οι οποίες δόθηκαν στην **Ενότητα 2.2 του Κεφαλαίου 2**.

Παρατηρήσεις:

1. Όταν επιλέγεται **αυτόματος διακόπτης ισχύος** ή **αυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων** ή **θερμικά προστασίας κινητήρων**, η **ρύθμιση** της θερμικής τους προστασίας γίνεται στην τιμή του **μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος** που αντιστοιχεί στη διατομή των αγωγών της γραμμής που επιλέχτηκε ή στο ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα.
2. Για να προστατεύεται ο **διακόπτης φορτίου** από βραχυκυκλώματα, θα πρέπει να γίνεται σωστή επιλογή των **ασφαλειών τήξης**, που συνοδεύουν το διακόπτη φορτίου.
3. Κατά την **επιλογή** των ρελέ ισχύος, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες, που αποτελούν και τα χαρακτηριστικά τους στοιχεία:

1. **Η κατηγορία χρήσης (AC - 1, AC - 2, AC - 3, AC - 4)**
2. **Η τάση του δικτύου που θα συνδεθεί το ρελέ**
3. **Το ονομαστικό ρεύμα του φορτίου, για την αντίστοιχη κατηγορία χρήσης του ρελέ**
4. **Η προστασία του ρελέ (ασφάλειες, κ.λπ.)**
5. **Η τάση τροφοδοσίας του πηνίου του ρελέ**
6. **Η διάρκεια ζωής του ρελέ (αριθμός ηλεκτρικών ανοιγμάτων) η οποία έχει σχέση με την κατηγορία χρήσης**
7. **Το μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα όταν το ρελέ είναι οπλισμένο**

4. Η **επιλογή** του θερμικού προστασίας των κινητήρων γίνεται σε σχέση με αντίστοιχα ρελέ ισχύος, με τα οποία μπορεί να συνεργαστεί. Επιπλέον πρέπει να λαμβάνονται υπόψη χαρακτηριστικά τους στοιχεία, όπως:

- **Η τάση του κυκλώματος ισχύος**
- **Η τάση του κυκλώματος ελέγχου (των επαφών ελέγχου του θερμικού)**
- **Η περιοχή ρύθμισης του ρεύματος, ανάλογα με το ονομαστικό ρεύμα του κυκλώματος που θα τοποθετηθεί**
- **Ο χρόνος διακοπής (κλάση)**
- **Τα στοιχεία του ρελέ ισχύος με το οποίο θα συνδεθεί**
- **Το θερμικό ρεύμα της κλειστής επαφής του βοηθητικού κυκλώματος που φέρουν αριθμηση (95 - 96)**
- **Η θερμοκρασία περιβάλλοντος**
- **Η δυνατότητα για χειροκίνητο ή αυτόματο reset ή και τα δυο**

■ Πίνακας επιλογής ρελέ ισχύος και θερμικών αυτόματου διακόπτη Υ - Δ στην εκκίνηση ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Ο Πίνακας 4.1.1, που ακολουθεί, δίνει εύκολα και γρήγορα την επιλογή των **ρελέ ισχύος** και **θερμικών** που θα χρειαστούν για τον αυτόματο διακόπτη **αστέρα - τριγώνου** (Υ-Δ) στην εκκίνηση ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων.

Τα στοιχεία του πίνακα, δίνονται με βάση την ισχύ του κινητήρα (σε kW και HP) και το ονομαστικό ρεύμα του I_n . Οι κωδικοί των ρελέ και θερμικών, που δίνονται στον πίνακα, αφορούν στοιχεία των Πινάκων 2.2.17 και 2.2.18, της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2.

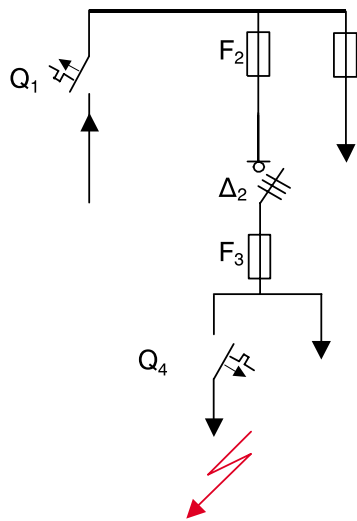
Πίνακας 4.1.1 Στοιχεία για την επιλογή των ρελέ και του θερμικού, αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου, για την εκκίνηση τριφασικού κινητήρα							
Τριφασικός κινητήρας 4 μαγνητικών πόλων 380 - 400 V , 50 Hz		Ρελέ ισχύος					Θερμικό (A) $(I_n / \sqrt{3})$
Ισχύς kW	HP	Ρεύμα I_n (A)	Ρύθμιση θερμικού $(I_n / \sqrt{3})$	Ρελέ	Ρελέ	Ρελέ	
				αστέρα Κ _Υ $I_n / 3$	τριγώνου Κ _Δ $(I_n / \sqrt{3})$	γραμμής Κ _Λ $(I_n / \sqrt{3})$	
4	5,5	8,7	5,1	LC1-D09	LC1-D09	LC1-D09	LRD-10 (4 - 6)
5,5	7,5	11,5	6,7	LC1-D09	LC1-D09	LC1-D09	LRD-12 (5,5 - 8)
7,5	10	15,5	9	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D12	LRD-14 (7 - 10)
11	15	23	13,4	LC1-D09	LC1-D18	LC1-D18	LRD-21 (12 - 18)
15	20	30	17,5	LC1-D12	LC1-D25	LC1-D25	LRD-22 (16 - 24)
18,5	25	37	21,5	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D25	LRD-22 (16 - 24)
22	30	44	25,5	LC1-D18	LC1-D32	LC1-D32	LRD-32 (23 - 32)
30	40	59	34,2	LC1-D25	LC1-D40	LC1-D40	LRD-3355 (30 - 40)
37	50	73	42,3	LC1-D32	LC1-D50	LC1-D50	LRD-3357 (37 - 50)
45	60	88	51	LC1-D40	LC1-D65	LC1-D65	LRD-3359 (48 - 65)
55	75	106	61,5	LC1-D40	LC1-D65	LC1-D65	LRD-3361 (55 - 70)
75	100	142	83	LC1-D65	LC1-D95	LC1-D95	LRD-3365 (80 - 104)
90	125	170	99	LC1-D65	LC1-D115	LC1-D115	LRD-4365 (80 - 104)
110	150	206	119,5	LC1-D80	LC1-D150	LC1-D150	LRD-4369 (110 - 140)
132	180	245	142	LC1-D95	LC1-D150	LC1-D150	LR9-D5369 (90 - 150)
160	220	298	172,8	LC1-D115	LC1-F185	LC1-F185	LR9-F5371 (132 - 220)
200	270	370	215	LC1-D150	LC1-F225	LC1-F225	LR9-F5371 (132 - 220)
250	340	460	267	LC1-F185	LC1-F330	LC1-F330	LR9-F7375 (200 - 330)
315	430	578	335	LC1-F225	LC1-F400	LC1-F400	LR9-F7379 (300 - 500)
355	480	638	370	LC1-F225	LC1-F400	LC1-F400	LR9-F7379 (300 - 500)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Το ρεύμα που διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα (φασικό ρεύμα) στην κανονική του λειτουργία, που είναι συνδεδεμένα σε **τρίγωνο**, είναι ίσο με το ονομαστικό του ρεύμα (ρεύμα γραμμής τροφοδοσίας - πολικό ρεύμα) διαιρεμένο με $\sqrt{3}$ ($I_n / \sqrt{3}$). Το ρεύμα αυτό διαρρέει και τα **ρελέ τριγώνου και γραμμής** και γι' αυτό γίνεται και η **ρύθμιση του θερμικού** σε αυτό το ρεύμα. Στη συνδεσμολογία των τυλιγμάτων σε αστέρα, που έχουμε κατά την εκκίνηση του κινητήρα, το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας είναι το ονομαστικό διαιρεμένο με το **3**, ($I_n / 3$), ρεύμα το οποίο διαρρέει και το **ρελέ του αστέρα**.

■ Συνεργασία των Διατάξεων Προστασίας

➔ Σε εγκαταστάσεις Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.) είναι αναγκαίο να υπάρχει μια συνεργασία ή επιλεκτικότητα των μέσων προστασίας (ασφαλειών, αυτόματων διακοπών ισχύος, κ.λπ.). Στο μονογραμμικό διάγραμμα τμήματος μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, που αποτελείται από πολλά επιμέρους κυκλώματα, φαίνονται οι διατάξεις προστασίας της (Σχήμα 4.1.5).

➤ Αν συμβεί κάποιο σφάλμα (βραχυκύκλωμα) κοντά στη διάταξη προστασίας Q₄, όπως φαίνεται



Q ₁ , Q ₄ : Αυτόματοι διακόπτες ισχύος
F ₂ , F ₃ : Ασφάλειες τήξης
Δ ₂ : Διακόπτης φορτίου

Σχήμα 4.1.5 Μονογραμμικό διάγραμμα τμήματος διάταξης προστασίας

στο Σχήμα 4.1.5, θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν τυχαία κάποιες από τις διατάξεις προστασίας, π.χ. η διάταξη Q₁ με αποτέλεσμα να απομονωθούν όλες οι καταναλώσεις.

➤ Σε τέτοιες περιπτώσεις οι διατάξεις προστασίας, όπως ασφάλειες τήξης, μικροαυτόματοι, αυτόματοι διακόπτες ισχύος, κ.λπ., θα πρέπει να επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος να ενεργοποιείται πρώτα η διάταξη που βρί-

σκεται πιο κοντά στο βραχυκύκλωμα.

➤ Θα πρέπει λοιπόν ο χρόνος ενεργοποίησης, από τις χαρακτηριστικές καμπύλες των διατάξεων προστασίας, όσο πλησιάζουμε προς τον καταναλωτή να μικραίνει. Έτσι για το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος στο συγκεκριμένο σημείο, όσον αφορά το χρόνο ενεργοποίησης των διατάξεων θα πρέπει να έχουμε $t_1 > t_2 > t_3 > t_4$, αντίστοιχα, για τις διατάξεις προστασίας Q₁, F₂, F₃, Q₄.

4.1.5 Υπολογισμός και επιλογή πυκνωτών διόρθωσης συντελεστή ισχύος (συνφ)

Πολλοί ηλεκτρικοί καταναλωτές, πέρα από την **πραγματική ισχύ** που απορροφούν (και με την οποία θα παράγουν κάποιο ωφέλιμο έργο), για να λειτουργήσουν πρέπει να απορροφήσουν από την πηγή ενέργειας και ένα άλλο είδος ισχύος που δεν παράγει έργο και πηγαινοέρχεται μεταξύ πηγής ενέργειας και φορτίου με συχνότητα διπλάσια της συχνότητας της πηγής.

Αυτή η ισχύς ονομάζεται **άεργος ισχύς** και συνέπεια αυτής είναι να επιβαρύνονται οι γραμμές μεταφοράς με επιπλέον ρεύμα για τη μεταφορά της.

► **Πραγματική** (ή ενεργός) ισχύς είναι η ισχύς που παράγει έργο (ενεργεί) και ορίζεται ως εξής:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{\pi} \cdot I_{\pi} \cdot \text{συνφ} \quad \text{για τριφασικό φορτίο}$$

$$P = U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \text{συνφ} \quad \text{για μονοφασικό φορτίο}$$

με **U_π**: πολική τάση

I_π: πολικό ρεύμα

φ: διαφορά φάσης τάσης και ρεύματος του φορτίου

συνφ: ο συντελεστής ισχύος του φορτίου

► **Άεργος** ισχύς είναι η ισχύς που δεν παράγει έργο και ορίζεται ως εξής:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_{\pi} \cdot I_{\pi} \cdot \eta\mu\phi \quad \text{για τριφασικό φορτίο}$$

$$Q = U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \eta\mu\phi \quad \text{για μονοφασικό φορτίο}$$

► **Άεργο** ισχύ απορροφούν κυρίως ηλεκτρικοί καταναλωτές όπως οι κινητήρες, οι μετασχηματιστές οι λαμπτήρες φθορισμού και οι διατάξεις μετατροπής του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές και το αντίστροφο, δηλαδή καταναλωτές

που περιέχουν στη δομή τους αυτεπαγωγές (πηνία) και διατάξεις που προκαλούν διαφορά φάσης τάσης - ρεύματος (ανορθωτές - αντιστροφείς).

Για να παραχθεί και να φθάσει στους καταναλωτές άεργος ισχύς επιβαρύνονται οι γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι γραμμές μεταφοράς καθώς και οι τοπικές γραμμές τροφοδοσίας των ηλεκτρικών καταναλωτών με πρόσθετες τιμές ρεύματος, πέρα από αυτές που απαιτούνται για τη μεταφορά της πραγματικής ισχύος.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα **αυξημένες** απώλειες ισχύος στους αγωγούς των γραμμών τροφοδοσίας, **υπερφόρτιση** των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και, κατά συνέπεια, μείωση της ικανότητας μεταφοράς πραγματικής ισχύος.

► Η **ολική** ή **φαινόμενη** ισχύς ενός ηλεκτρικού καταναλωτή αποτελείται από την πραγματική και την άεργο ισχύ και η σχέση που εμπλέκει αυτά τα τρία είδη ισχύων είναι:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (4.1.13)$$

όπου **S**: η φαινόμενη ισχύς σε VA

P: η πραγματική ισχύς σε W

Q: η άεργος ισχύς σε VAR

► Ο **συντελεστής ισχύος** εκφράζει το λόγο της πραγματικής προς τη φαινόμενη ισχύ ενός ηλεκτρικού καταναλωτή, ή διαφορετικά εκφράζει το ποσοστό (%) της φαινόμενης ισχύος που θα γίνει πραγματική και ορίζεται από την επόμενη σχέση:

$$\text{συνφ} = \frac{P}{S} \quad (4.1.14)$$

Είναι φανερό από τα προηγούμενα ότι όσο ο συντελεστής ισχύος πλησιάζει τη μονάδα τόσο η άεργος ισχύς ελαττώνεται (πλησιάζει το μηδέν) και επομένως η τιμή του ρεύματος που μεταφέρει πραγματική και άεργο ισχύ ελαχιστοποιείται

→ Οι Ηλεκτρικές Εταιρείες ενέργειας (**Δ.Ε.Η**), στην προσπάθειά τους να ελαχιστοποιήσουν το κόστος παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές, επιβάλλουν κυρώσεις σε όσους καταναλωτές δεν βελτιώνουν το συντελεστή ισχύος των εγκαταστάσεών τους, μειώνοντας έτσι τη απορροφούμενη άεργο ισχύ.

➤ Για το λόγο αυτό οι Ηλεκτρικές Εταιρείες τοποθετούν μετρητές καταγραφής όχι μόνο της πραγματικής ισχύος (ενέργειας) αλλά και της άεργης. Από τις ενδείξεις των μετρητών πραγματικής Ενέργειας **W (kWh)** και άεργης ενέργειας **A (kVAh)** υπολογίζεται το **μέσο μηνιαίο συνημίτονο** χρησιμοποιώντας την επόμενη σχέση.

$$\text{συνφ} = \frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon\phi^2\phi}} \quad (4.1.15)$$

$$\text{όπου} \quad \epsilon\phi\phi = \frac{A}{W}$$

➤ Για το συντελεστή ισχύος συνφ μιας βιομηχανικής εγκατάστασης έχουν καθιερωθεί τρεις περιοχές:

1^η περιοχή: $\text{συνφ} < 0,80$

2^η περιοχή: $\text{συνφ} > 0,85$

3^η περιοχή: $\text{συνφ} \leq 0,80 \leq 0,85$

➤ Με βάση το μέσο συνημίτονο που υπολογίστηκε, για κάθε μία περιοχή από τις παραπάνω, προκύπτει ένας συντελεστής λ που ονομάζεται **Συντελεστής Προσαρμογής**, ως εξής:

$$\text{1^η περιοχή:} \quad \lambda = \frac{0,80}{\text{συνφ}}$$

$$\text{2^η περιοχή:} \quad \lambda = \frac{0,85}{\text{συνφ}}$$

3^η περιοχή: $\lambda = 1$

Ο συντελεστής προσαρμογής είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό της χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας, του πελάτη της Ηλεκτρικής Εταιρείας.

→ Πέρα από την **καταμετρηθείσα ηλεκτρική ενέργεια** που κοστολογείται από τις Ηλεκτρικές Εταιρείες (**Δ.Ε.Η.**), ένας άλλος παράγοντας που τιμολογείται αυστηρά είναι και η **Μέγιστη Ζήτηση (Αιχμή)** της πραγματικής ενέργειας που καταναλώνει ο πελάτης σε χρονική περίοδο μέτρησης ενός μήνα.

Η μέγιστη ζήτηση καταγράφεται κάθε **15 λεπτά** από ειδικά όργανα μέτρησης, τους **Μεγιστοδείκτες**, που τοποθετούνται μαζί με τους μετρητές ενέργειας.

Από το γινόμενο του Συντελεστή Προσαρμογής και της καταγραφείσας Μέγιστης Ζήτησης, προκύπτει η Χρεωστέα Μέγιστη Ζήτηση που τιμολογείται αυστηρά (μεγάλη τιμή σε δραχμές ανά kWh) από τις Ηλεκτρικές Εταιρείες (Δ.Ε.Η.).

Παρατήρηση: Από τα προηγούμενα είναι φανερό ότι όσο ο μέσος συντελεστής ισχύος πλησιάζει τη μονάδα, τόσο μικρότερη Χρεωστέα Μέγιστη Ζήτηση προκύπτει γιατί ο Συντελεστής Προσαρμογής μικραίνει.

Σημείωση: Περισσότερες πληροφορίες για τα τιμολόγια και τον τρόπο υπολογισμού της χρέωσης, για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από βιομηχανικούς καταναλωτές, ο ενδιαφερόμενος μπορεί να βρει από τις Ηλεκτρικές Εταιρείες (**Δ.Ε.Η.**) ή συναφή βιβλιογραφία.

Παράδειγμα 1°:

➔ Έστω ότι ένας ηλεκτρικός καταναλωτής παρουσιάζει κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 100.000 kWh με μέσο μηνιαίο συντελεστή ισχύος $\text{συνφ} = 0,55$ και Μέγιστη Ζήτηση (Αιχμή) 130.000 kWh.

➤ Πέρα από την καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια, η οποία θα κοστολογηθεί από τη ΔΕΗ, θα τιμολογηθεί επίσης και η Χρεωστέα Μέγιστη Ζήτηση η οποία προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή προσαρμογής και της Μέγιστης Ζήτησης.

Ο **συντελεστής προσαρμογής** είναι:

$$\lambda = \frac{0,80}{\text{συνφ}} = \frac{0,80}{0,50} = 1,6$$

Επομένως η Χρεωστέα Μέγιστη Ζήτηση θα είναι:

$$\lambda \cdot 130.000 = 1,6 \cdot 130.000 = 208.000 \text{ kWh}$$

➤ Επομένως αν ο καταναλωτής είχε μεγάλο συντελεστή ισχύος η Χρεωστέα Μέγιστη Ζήτηση θα ήταν μικρότερη. Επομένως η διόρθωση του συντελεστή ισχύος από την πλευρά του καταναλωτή είναι επιβεβλημένη.

■ Αντιστάθμιση άεργης ισχύος

➔ Για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος συνφ , χρησιμοποιούνται Στατικοί Πυκνωτές, οι οποίοι συνδέονται παράλληλα με τον ηλεκτρικό καταναλωτή και παράγουν την απαραίτητη άεργο ισχύ που απαιτείται για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος και κάνουν, όπως λέγεται, **αντιστάθμιση άεργης ισχύος**.

Ανάλογα με το σημείο σύνδεσης των πυκνωτών έχουμε τρεις μορφές αντιστάθμισης:

1. Κεντρική αντιστάθμιση: Με αυτή τη μορφή αντιστάθμισης πετυχαίνουμε βελτίωση του συντελεστή ισχύος όλης της ηλεκτρικής εγκατάστασης (για όλα τα ηλεκτρικά της φορτία).

2. Ομαδική αντιστάθμιση: Με αυτή τη μορφή αντιστάθμισης πετυχαίνουμε διόρθωση του συντελεστή ισχύος μιας ομάδας ηλεκτρικών φορτίων της εγκατάστασης.

3. Τοπική αντιστάθμιση: Εφαρμόζεται σε συγκεκριμένο ηλεκτρικό φορτίο της εγκατάστασης π.χ. σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα.

➔ Η άεργος ισχύς που πρέπει να παράγουν οι ζητούμενοι πυκνωτές και η τιμή της χωρητικότητας αυτών των πυκνωτών, που θα συνδεθούν παράλληλα στον καταναλωτή (μονοφασικό ή τριφασικό) γίνεται από τις επόμενες σχέσεις:

$$Q_C = P \cdot (\epsilon\phi\phi_{\text{αρχ.}} - \epsilon\phi\phi_{\text{τελ.}}) \quad (\text{kVAr}) \quad (4.1.16)$$

$$C = \frac{Q_C}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} \cdot 10^9 \quad (\mu\text{F}) \quad (4.1.17)$$

όπου **P(kW)**: η πραγματική ισχύς του καταναλωτή

Q_C(kVAr): η απαιτούμενη άεργος ισχύς των πυκνωτών

εφφ_{αρχ.}: η εφαπτομένη της γωνίας του αρχικού συντελεστή ισχύος $\text{συνφ}_{\text{αρχ.}}$

εφφ_{τελ.}: η εφαπτομένη της γωνίας του τελικού (επιθυμητού) συντελεστή ισχύος $\text{συνφ}_{\text{τελ.}}$

f(Hz): η συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας του καταναλωτή

U(Volts): η τιμή της τάσης του καταναλωτή

C(μF): η μονοφασική ή τριφασική τιμή της χωρητικότητας του πυκνωτή

Από τις προηγούμενες σχέσεις υπολογίζεται η απαιτούμενη άεργος ισχύς και η τιμή της χωρητικότητας C των πυκνωτών, που θα συνδεθούν παράλληλα στον καταναλωτή και ο συντελεστής ισχύος από συνφ_{αρχ.} (αρχικός συντελεστής) γίνεται συνφ_{τελ.} (τελικός συντελεστής).

Σημείωση: Για τριφασικό καταναλωτή η τιμή της χωρητικότητας C που προκύπτει εφαρμόζοντας τη σχέση 4.1.17 είναι η **συνολική χωρητικότητα**, της κατά τρίγωνο συνδεσμολογίας των πυκνωτών, όταν θέσουμε στην παραπάνω σχέση όπου P την τριφασική πραγματική ισχύ και όπου U την πολική τάση του καταναλωτή.

Παράδειγμα 2°:

➔ Μια βιομηχανική εγκατάσταση λειτουργεί με τάση 400 V, συχνότητας 50 Hz και καταναλώνει πραγματική τριφασική ισχύ 50 kW με συντελεστή ισχύος 0,7.

1. Ποια η απαιτούμενη άεργος ισχύς αντιστάθμισης ώστε ο συντελεστής ισχύος της να γίνει 0,9;
2. Ποια η χωρητικότητα των πυκνωτών, συνδεσμολογίας τριγώνου, που θα συνδεθούν παράλληλα στην εγκατάσταση και θα παράγουν την προηγούμενη άεργο ισχύ αντιστάθμισης της εγκατάστασης;

Λύση:

- Από αρχικό συντελεστή ισχύος συνφ_{αρχ.} = 0,7 έχουμε: $\Phi_{αρχ.} = 45,57^\circ$
- Από τελικό συντελεστή ισχύος συνφ_{τελ.} = 0,9 έχουμε: $\Phi_{τελ.} = 25,84^\circ$

1. Από τη σχέση 4.1.16 για την άεργο ισχύ αντιστάθμισης έχουμε:

$$Q_C = P \cdot (\epsilon\phi\phi_{αρχ.} - \epsilon\phi\phi_{τελ.}) = 50 \cdot (\epsilon\phi\phi_{45,57^\circ} - \epsilon\phi\phi_{25,84^\circ}) = 26,79 \text{ kVA}$$

2. Από τη σχέση (4.1.17) για την τιμή της συνολικής χωρητικότητας της κατά τρίγωνο συνδεσμολογίας των πυκνωτών έχουμε:

$$C = \frac{Q_C}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} = \frac{P \cdot (\epsilon\phi\phi_{αρχ.} - \epsilon\phi\phi_{τελ.})}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} \cdot 10^9 = \frac{26,79}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 400^2} = 533,24 \text{ } \mu\text{F}$$

➔ Στις **σύγχρονες** βιομηχανικές εγκαταστάσεις, για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος, όπως είδαμε στην Ενότητα 2.2 του Κεφαλαίου 2, χρησιμοποιείται ένας **ψηφιακός ρυθμιστής άεργης ισχύος**, κάποιου αριθμού βημάτων σύνδεσης των πυκνωτών (μέχρι και 12 βήματα).

➤ Ο **αριθμός των βημάτων** που θα επιλεγεί, εξαρτάται:

- από τη **συνολική άεργο ισχύ** αντιστάθμισης της εγκατάστασης.
- από τις **τυποποιημένες τιμές** άεργης ισχύος των πυκνωτών, που δίνουν οι κατασκευαστές.
- από τον **τρόπο** που μεταβάλλεται η πραγματική ισχύς της εγκατάστασης. Δηλαδή κάποιο χρονικό διάστημα η εγκατάσταση λειτουργεί με το συνολικό φορτίο της, κάποιο άλλο χρονικό διάστημα λειτουργεί με τα 2/3 του συνολικού φορτίου της, κ.ο.κ.. Έτσι όταν μεταβάλλεται η πραγματική ισχύς μεταβάλλεται και η άεργος προς αντιστάθμιση ισχύς και κατά συνέπεια διαφοροποιείται και ο αριθμός των πυκνωτών που συνδέονται και αποσυνδέονται κατά χρονικά διαστήματα.

Παράδειγμα 3°:

➔ Μια βιομηχανική εγκατάσταση καταναλώνει συνολική τριφασική ισχύ $P = 100 \text{ kW}$, με τάση 400 V , συχνότητας 50 Hz . Ο συνολικός συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης είναι $\text{συνφ}_{\text{αρχ.}} = 0,7$.

- α)** Να υπολογιστεί η ισχύς των πυκνωτών (kVAr) που θα συνδεθούν, ώστε ο συντελεστής ισχύος να γίνει $\text{συνφ}_{\text{τελ.}} = 1,0$.
- β)** Να χρησιμοποιηθεί ψηφιακός ρυθμιστής και να οριστεί το πλήθος των βημάτων και το μέγεθος των πυκνωτών για κάθε βήμα σύνδεσης.
- γ)** Να γίνει το σχέδιο της συνδεσμολογίας ρυθμιστή και πυκνωτών.

Λύση:

α) Η απαιτούμενη ισχύς των πυκνωτών θα είναι:

$$Q_C = P \cdot (\text{εφφ}_{\text{αρχ.}} - \text{εφφ}_{\text{τελ.}}) = 100 \cdot \{\text{εφ}(\text{συνφ}_{\text{αρχ.}}^{-1}) - \text{εφ}(\text{συνφ}_{\text{τελ.}}^{-1})\} = 100 \cdot (1,02 - 0) = 102 \text{ kVAr}$$

β) Με βάση την ισχύ των 102 kVAr , για κάθε βήμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, από τον Πίνακα 2.2.19 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, τριφασικούς πυκνωτές 400 V των 5 kVAr (1° βήμα), 10 kVAr (2° βήμα), 15 kVAr (3° βήμα), 20 kVAr (4° βήμα), 25 kVAr (5° βήμα) και 25 kVAr (6° βήμα).

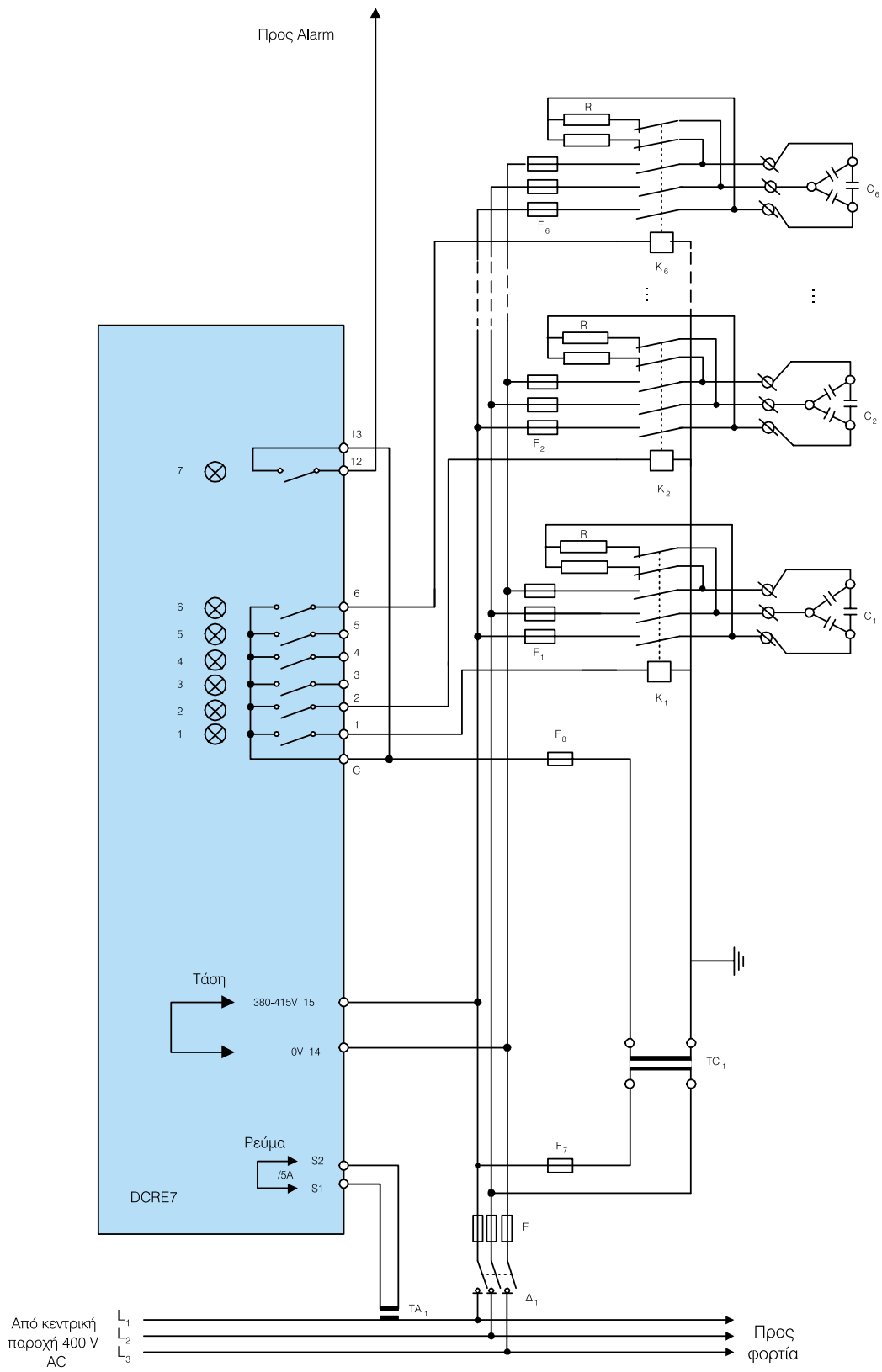
Το άθροισμα αυτών των πυκνωτών μας δίνει 100 kVAr (που είναι κοντά στα 102 kVAr που υπολογίσαμε).

➤ Ο ψηφιακός ρυθμιστής ρυθμίζεται σε 7 βήματα. Έξι βήματα για τη σύνδεση των παραπάνω πυκνωτών και ένα εβδομο ως προειδοποιητικό σήμα (alarm) στην περίπτωση που εμφανιστεί κάποιο λάθος στη λειτουργία της διάταξης, ή όταν είναι αδύνατο να φτάσουν οι πυκνωτές για την επιθυμητή τιμή του συντελεστή ισχύος.

➤ Η επιλογή των βημάτων που θα συνδεθούν κάθε φορά είναι ελεύθερη, συνήθως όμως συνδέεται πρώτα η μικρότερη συστοιχία πυκνωτών και ακολουθούν οι άλλες.

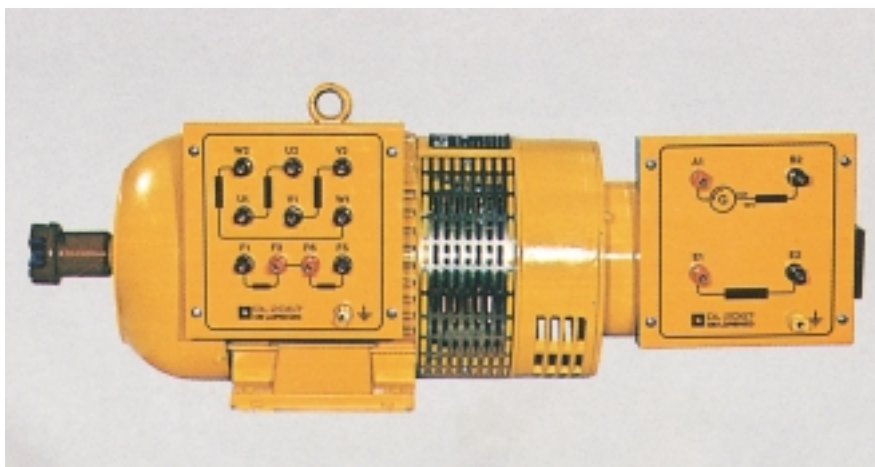
γ) Το σχέδιο της συνδεσμολογίας φαίνεται στο Σχήμα 4.1.6, με το υπόμνημα συμβόλων που ακολουθεί:

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ Σχήματος 4.1.5	
Δ_1	Διακόπτης φορτίου πυκνωτών
F	Ασφάλειες τήξης γενικές πεδίου πυκνωτών
F_1 έως F_6	Ασφάλειες τήξης πυκνωτών
K_1 έως K_6	Ρελέ ισχύος πυκνωτών
C_1 έως C_6	Σετ πυκνωτών
TA_1	Μετασχηματιστής ρεύματος με δευτερεύον 5 A
TC_1	Μετασχηματιστής τάσης για την τροφοδοσία των ρελέ
F_1	Ασφάλειες πρωτεύοντος μετασχηματιστή τάσης
F_8	Ασφάλεια κυκλώματος των ρελέ
PCRE7	Μονάδα ψηφιακού ρυθμιστή 7 βημάτων
R	Αντιστάσεις εκφόρτισης πυκνωτών



Σχήμα 4.1.6 Συνδεσμολογία ψηφιακού ρυθμιστή και πυκνωτών

➔ Διόρθωση επίσης του συντελεστή ισχύος ενός τριφασικού και όχι μονοφασικού καταναλωτή μπορεί να γίνει με τη χρήση ενός **Σύγχρονου Κινητήρα** (Εικόνα 4.1.1).



Εικόνα 4.1.1 Σύγχρονος κινητήρας

Ο σύγχρονος κινητήρας πέρα από τη χρήση του για την ικανοποίηση ενός μηχανικού φορτίου σε μια βιομηχανική εγκατάσταση, μπορεί όταν λειτουργεί σε υπερδιέγερση (μεγάλο ρεύμα διέγερσης) να παράγει και άεργο ισχύ, βελτιώνοντας έτσι το συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης.

Πολλές φορές μάλιστα ένας σύγχρονος κινητήρας λειτουργεί χωρίς κανένα απολύτως μηχανικό φορτίο στον άξονά του, έχοντας ως μοναδικό σκοπό τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης.

Αρκετοί σύγχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται ήδη σήμερα αποκλειστικά για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης. Μάλιστα είναι αδύνατη η σύνδεση στον άξονά του ενός μηχανικού

φορτίου, επειδή ο άξονάς του δεν βγαίνει καν έξω από το περίβλημα του κινητήρα. Κινητήρες αυτού του τύπου ονομάζονται σύγχρονοι πυκνωτές ή σύγχρονες χωρητικότητες.

➤ Στις μέρες μας οι στατικοί πυκνωτές αρχίζουν και εκτοπίζουν τις σύγχρονες χωρητικότητες (σύγχρονους κινητήρες) και μόνο σε παλιά βιομηχανικά δίκτυα οι σύγχρονοι πυκνωτές θα υπάρχουν για καιρό ακόμη.

Ο υπολογισμός της άεργης ισχύος, που θα παράγει ο σύγχρονος κινητήρας, εξαρτάται από το ποσοστό της άεργης ισχύος της εγκατάστασης, την οποία θέλουμε να αντισταθμίσουμε, ώστε να πετύχουμε την επιθυμητή βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΤΡΟΦΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ - ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ

- 4.2.1** Εκκίνηση και ρύθμιση στροφών κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος
- 4.2.2** Εκκίνηση και ρύθμιση στροφών Ασύγχρονων Τριφασικών κινητήρων
- 4.2.3** Εκκίνηση και έλεγχος Σερβοκινητήρων Συνεχούς Ρεύματος
- 4.2.4** Εκκίνηση και έλεγχος Βηματικών κινητήρων
- 4.2.5** Μετάδοση κίνησης



Ενότητα 4.2

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να περιγράφουν και να υλοποιούν τις μεθόδους εκκίνησης κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος και Ασύγχρονων Τριφασικών κινητήρων
- ☞ να περιγράφουν και να υλοποιούν τις μεθόδους ρύθμισης στροφών κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος και Ασύγχρονων Τριφασικών κινητήρων
- ☞ να περιγράφουν τον έλεγχο Σερβοκινητήρων Συνεχούς Ρεύματος και Βηματικών κινητήρων
- ☞ να περιγράφουν τους μηχανισμούς μετάδοσης της κίνησης και να υπολογίζουν αυτούς

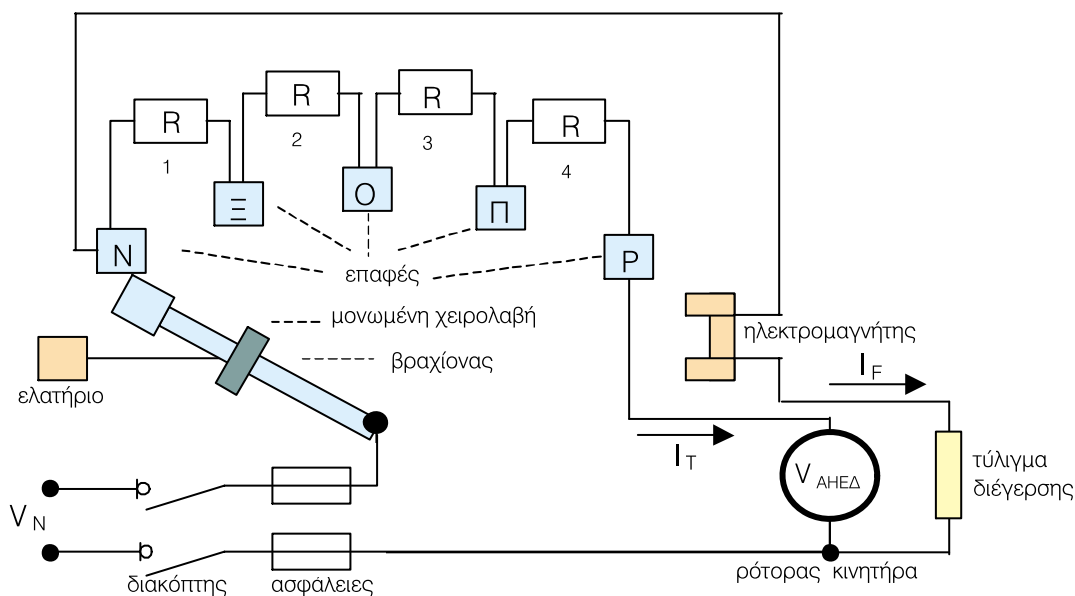
4.2.1 Εκκίνηση και ρύθμιση στροφών κινητήρων συνεχούς ρεύματος

Αν σε έναν κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος εφαρμόσουμε την ονομαστική τάση, τότε το ρεύμα εκκίνησης θα είναι πολύ μεγάλο και υπάρχει ο κίνδυνος:

- να καταστραφεί η περιέλιξη του κινητήρα
- να καταστραφούν οι ψήκτρες από μεγάλους σπινθηρισμούς
- να υπερφορτωθεί η πηγή τροφοδοσίας
- να καταστραφεί ο άξονας του κινητήρα από απότομη εκκίνηση
- να καταστραφεί η μηχανή παραγωγής έργου από απότομη εκκίνηση

► Για όλους τους παραπάνω κινδύνους είναι απαραίτητο οι κινητήρες να εφοδιαστούν με κάποια διάταξη, η οποία θα περιορίζει το ρεύμα εκκίνησης σε μία επιθυμητή τιμή, η οποία είναι συνήθως μεταξύ 1,5 και 2 φορές το ρεύμα λειτουργίας του κινητήρα με πλήρες φορτίο.

► Μία λύση, η οποία εφαρμοζόταν παλαιότερα και σχεδόν καθόλου σήμερα, είναι η σύνδεση ενός **ρευσοστάτη** (χειροκίνητου εκκινήτη) με πολλές βαθμίδες αντιστάσεων σε σειρά με το τύλιγμα του ρότορα (ή τυμπάνου), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.1.



Σχήμα 4.2.1 Χειροκίνητος εκκινήτης κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος

► Η αντίσταση του ρεοστάτη βαθμιαία ελαττώνεται καθώς ο κινητήρας επιταχύνει και τελικά η αντίσταση εξαλείφεται τελείως, όταν πλέον ο κινητήρας περιστρέφεται στις ονομαστικές του στροφές ανά λεπτό.

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία των κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος, ο αριθμός στροφών του κινητήρα είναι ανάλογος της τάσης που εφαρμόζεται στο τύλιγμα τυμπάνου.

► Αν θέλουμε επομένως να έχουμε και **ρύθμιση στροφών** του κινητήρα, θα πρέπει ανάλογα με την επιθυμητή τιμή στροφών, να έχουμε συνδεδεμένες κάποιες βαθμίδες αντιστάσεων, ώστε να δημιουργείται η κατάλληλη πτώση τάσης επάνω σε αυτές και έτσι να εφαρμόζεται μικρότερη τάση στο τύλιγμα τυμπάνου του κινητήρα.

Ο τρόπος αυτός ρύθμισης των στροφών έχει **χαμηλό βαθμό απόδοσης**, λόγω των απωλειών στις αντιστάσεις και δεν ρυθμίζει τις στροφές σε **συνεχή** και **ευρεία κλίμακα**.

Σήμερα κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικές μέθοδοι περιορισμού του ρεύματος εκκίνησης, οι οποίες ταυτόχρονα παρέχουν και τη δυνατότητα γρήγορου και σε μεγάλη κλίμακα ελέγχου των στροφών του κινητήρα.

■ Περιγραφή της διάταξης εκκίνησης με αντιστάσεις

Οι γυμνές επαφές χαλκού είναι συνδεδεμένες στις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , R_4 . Ο βραχίονας μετακινείται σταδιακά προς τα δεξιά από τη θέση N στη θέση P . Κατά τη σταδιακή μετακίνηση λειτουργικά στον κινητήρα συμβαίνουν τα εξής:

► Αρχικά ο βραχίονας συνδέεται με την επαφή N .

Η τάση τροφοδοσίας V_N , προκαλεί ένα πλήρες ρεύμα I_F στο τύλιγμα διέγερσης, αλλά το ρεύμα τυμπάνου I_T περιορίζεται από τις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , που είναι συνδεδεμένες σε σειρά.

► Ο κινητήρας αρχίζει να περιστρέφεται και εμφανίζεται η αντι-ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΑΗΕΔ) $V_{ΑΗΕΔ}$ (τάση εξ' επαγωγής στο τύλιγμα τυμπάνου του κινητήρα λόγω περιστροφής), η οποία αρχίζει να αυξάνεται με αποτέλεσμα το ρεύμα τυμπάνου I_T βαθμιαία να ελαττώνεται.

► Όταν η ταχύτητα του κινητήρα παύει να αυξάνεται μεταφέρουμε το βραχίονα στην επόμενη επαφή Ξ θέτοντας έτσι την αντίσταση R_1 εκτός. Το ρεύμα τυμπάνου I_T αυξάνεται σε μία μεγαλύτερη τιμή και ο κινητήρας γρήγορα επιταχύνει στην επόμενη υψηλότερη ταχύτητα.

► Όταν η ταχύτητα έχει σταθεροποιηθεί μετακινούμε το βραχίονα στην επόμενη επαφή και ούτως καθ' εξής μέχρι ο βραχίονας να συνδεθεί με την τελευταία επαφή P . Ο βραχίονας συγκρατείται στη θέση αυτή με έναν μικρό ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος είναι συνδεδεμένος σε σειρά με το τύλιγμα διέγερσης του κινητήρα.

► Αν για οποιοδήποτε λόγο η τάση τροφοδοσίας διακοπεί, ο ηλεκτρομαγνήτης αφήνει το βραχίονα, ο οποίος επιστρέφει με τη βοήθεια του ελατηρίου στην αρχική του θέση. Αυτή η ασφαλής διάταξη δεν επιτρέπει στον κινητήρα να εκκινήσει από μόνος του αν επανέλθει η τάση τροφοδοσίας του.

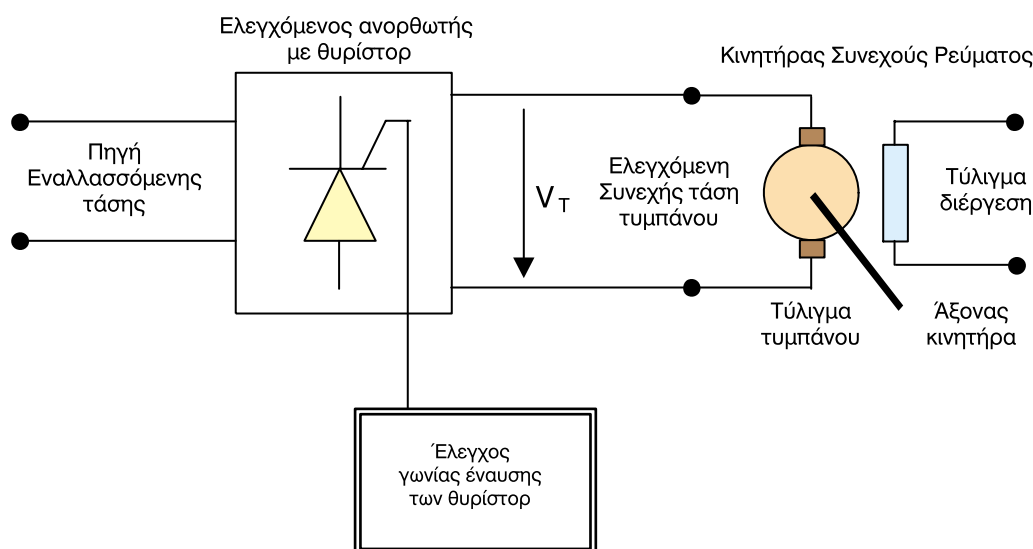
Η ραγδαία εξέλιξη των ηλεκτρονικών ισχύος έχει αλλάξει την εκκίνηση και τον έλεγχο των κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος. Εύχρηστοι και αποδοτικοί μετατροπείς ισχύος έχουν εξαλείψει τις αντιστάσεις ελέγχου των χειροκίνητων εκκινήτων οι οποίες καταναλώνουν μεγάλη ηλεκτρική ενέργεια.

➔ Δύο τύποι μετατροπέων έχουν επικρατήσει για την εκκίνηση και τον έλεγχο των κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος:

A. Μετατροπείς Συνεχούς Ρεύματος (DC - to - DC), οι οποίοι χρησιμοποιούνται μόνο όταν είναι διαθέσιμη πηγή Συνεχούς Ρεύματος.

B. Ελεγχόμενοι Ανορθωτές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται μόνο όταν είναι διαθέσιμη πηγή Εναλλασσόμενου Ρεύματος.

Στο Σχήμα 4.2.2 φαίνεται μια σχηματική διάταξη της εκκίνησης και ρύθμισης στροφών κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος με ελεγχόμενο ανορθωτή.



Σχήμα 4.2.2 Διάταξη εκκίνησης και ρύθμισης με ελεγχόμενο ανορθωτή

Με τον ελεγχόμενο ανορθωτή μεταβάλλοντας τη γωνία έναυσης των θυρίστορ, μπορούμε να πετύχουμε μεταβαλλόμενη τάση τυμπάνου γρήγορα και σε συνεχή κλίμακα και επομένως θα έχουμε:

- **ομαλή εκκίνηση**
- **γρήγορη και συνεχή ρύθμιση στροφών από μηδέν μέχρι τον ονομαστικό αριθμό στροφών του.**

4.2.2 Εκκίνηση και ρύθμιση στροφών ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων

Οι Ασύγχρονοι Τριφασικοί κινητήρες, όπως είναι γνωστό από τη θεωρία των ηλεκτρικών μηχανών, κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

1. Στους κινητήρες **Βραχυκυκλωμένου** δρομέα (ή κλωβού) και
2. Στους κινητήρες **Δακτυλιοφόρου** δρομέα.

■ Κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα (ή κλωβού)

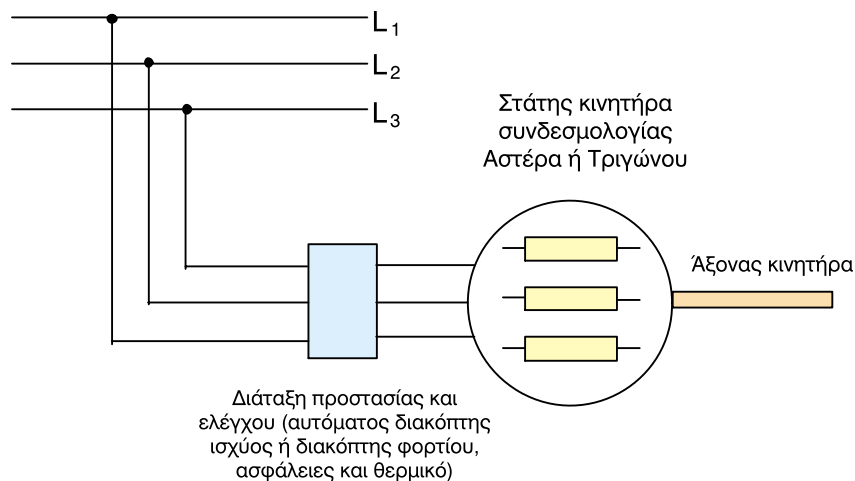
→ ΕΚΚΙΝΗΣΗ

Η εκκίνηση των κινητήρων Βραχυκυκλωμένου δρομέα γίνεται με τους εξής τρόπους:

- α) απ' ευθείας εκκίνηση
- β) εκκίνηση με διακόπτη αστέρα - τριγώνου
- γ) εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη
- δ) εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή
- ε) εκκίνηση με ηλεκτρονικό ομαλό εκκινητή (soft starter)

• Απ' ευθείας εκκίνηση

Με την απ' ευθείας εκκίνηση ο στάτης του κινητήρα συνδέεται κατ' ευθείαν στο δίκτυο τροφοδοσίας του, μέσω διατάξεων προστασίας και ελέγχου (αυτόματος διακόπτης ισχύος ή διακόπτης φορτίου, ασφάλειες και θερμικό προστασίας), όπως στο Σχήμα 4.2.3.



Σχήμα 4.2.3 Απ' ευθείας εκκίνηση κινητήρα

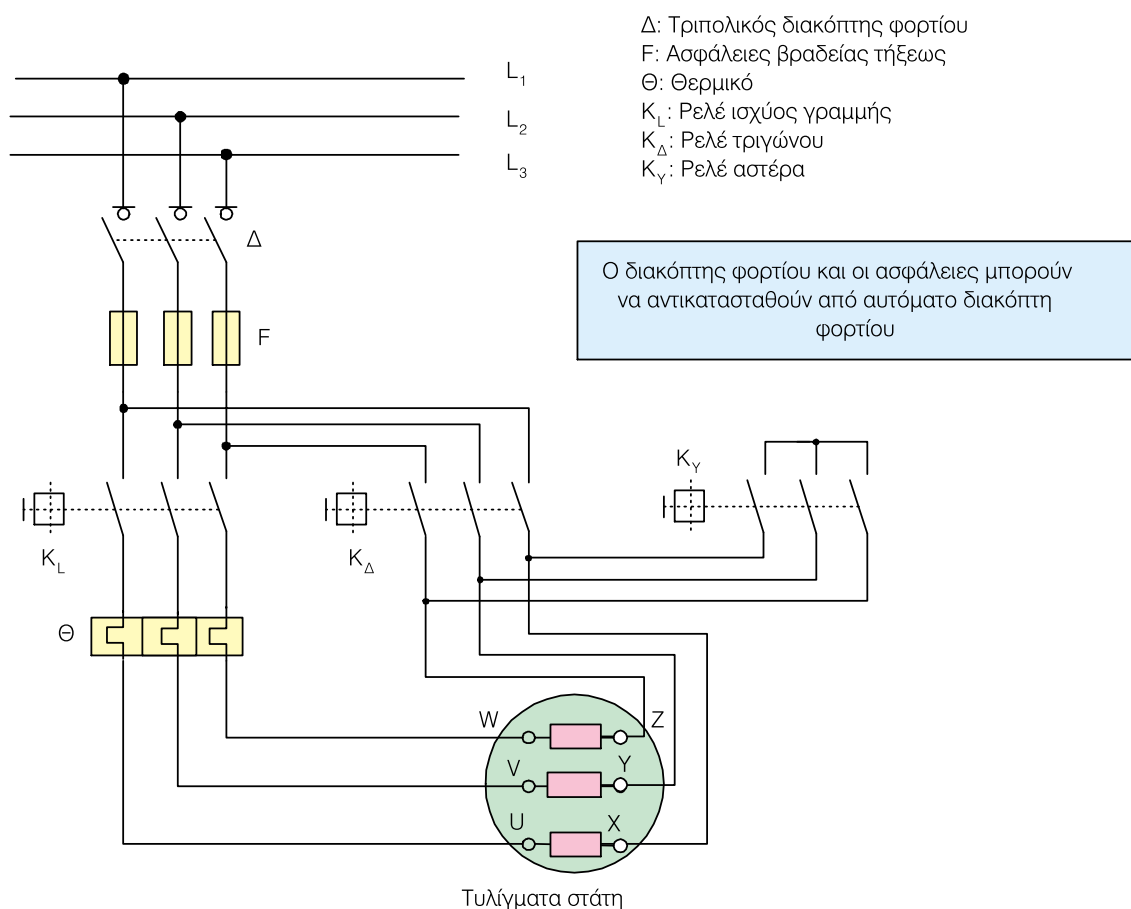
Η ισχύς του κινητήρα, για να χρησιμοποιηθεί η απ' ευθείας εκκίνηση, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 kW.

Κατά την εκκίνηση το **ρεύμα εκκίνησης** του κινητήρα είναι **5 έως 8 φορές** μεγαλύτερο από το **ρεύμα κανονικής** λειτουργίας του, αλλά λόγω της μικρής ισχύος του το ρεύμα αυτό είναι σχετικά μικρό και δεν προκαλεί προβλήματα στο δίκτυο τροφοδοσίας. *Αν η ισχύς του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από τα 2 kW, η απ' ευθείας εκκίνηση δημιουργεί προβλήματα στο δίκτυο τροφοδοσίας (πτώση τάσης).*

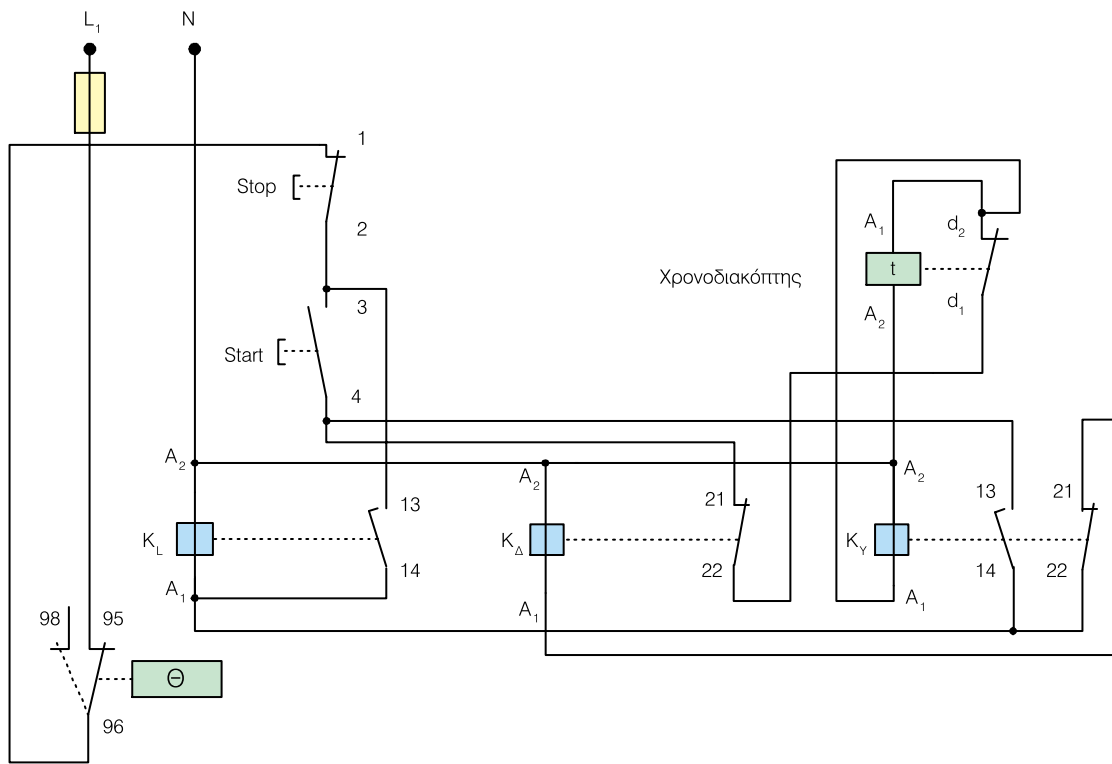
• **Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα - τριγώνου**

Αν η ισχύς του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από 2 kW, η εκκίνηση γίνεται με αυτόματο διακόπτη αστέρα - τριγώνου.

Στο Σχήματα 4.2.4 και 4.2.5, φαίνονται, αντίστοιχα, το κύκλωμα ισχύος για την εκκίνηση του κινητήρα με αυτόματο διακόπτη **αστέρα - τριγώνου** και το **βοηθητικό κύκλωμα** ενεργοποίησης του αυτόματου διακόπτη αστέρα τριγώνου, μέσω των βοηθητικών επαφών των ρελέ ισχύος που χρησιμοποιούνται.



Σχήμα 4.2.4 Κύκλωμα ισχύος αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου



Σχήμα 4.2.5 Βοηθητικό κύκλωμα αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου

Κατά την εκκίνηση το τριφασικό τύλιγμα του στάτη είναι συνδεδεμένο σε **αστέρα** και όταν ο κινητήρας αποκτήσει το 90% των κανονικών του στροφών, αλλάζει η σύνδεση των τυλιγμάτων του από αστέρα σε **τρίγωνο** που είναι και η κανονική του λειτουργία.

Το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα στη συνδεσμολογία αστέρα είναι 3 φορές μικρότερο, από την εκκίνησή του με τα τυλίγματά του σε συνδεσμολογία τριγώνου.

Περιγραφή της διαδικασίας:

➤ Πατώντας το κουμπί εκκίνησης (**start**) (Σχήμα 4.2.5) το ρεύμα από την επαφή 4 πηγαίνει στην κλειστή επαφή 21-22 του ρελέ **K_Δ** (ρελέ τριγώνου). Από εκεί το ρεύμα πηγαίνει στην κλειστή επαφή

d1-d2 του **χρονικού** (χρονοδιακόπτης ρύθμισης του χρόνου λειτουργίας του κινητήρα σε συνδεσμολογία αστέρα).

➤ Από την επαφή **d2** του χρονικού τροφοδοτείται με ρεύμα η επαφή **A1** του πηνίου του χρονικού, καθώς και η επαφή **A1** του ρελέ **K_Υ** (ρελέ αστέρα).

➤ Το ρελέ **K_Υ** οπλίζει (κλείνει τις κύριες επαφές ή επαφές ισχύος), οπότε συνδέονται τα τυλίγματα του κινητήρα σε αστέρα. Επίσης κλείνει και η επαφή **13-14** του ίδιου ρελέ, οπότε το ρεύμα από την επαφή 4 της διάταξης **start** μέσω της κλειστής επαφής **13-14** πηγαίνει στην επαφή **A1** του κυρίως ρελέ **K_L**, οπότε και οπλίζει (κλείνουν οι κύριες επαφές του) λειτουργώντας έτσι ο κινητήρας σε αστέρα.

➤ Ταυτόχρονα κλείνει και η επαφή **13-14** του ρε-

λέ **K_L** και κάνει αυτοσυγκράτηση παραμένοντας σε διέγερση μόλις αφήσουμε ελεύθερο το **start** (τροφοδοτείται από την επαφή **3** του start).

➤ Μετά την παρέλευση του χρόνου ρύθμισης του χρονικού (χρονοδιακόπτη) ανοίγει η επαφή του **d₁-d₂** και διακόπτεται η τροφοδοσία με ρεύμα, τόσο στο πηνίο του χρονικού όσο και στο πηνίο του ρελέ του αστέρα **K_Y**.

➤ Μόλις απενεργοποιηθεί το ρελέ **K_Y** ανοίγει η επαφή του **13-14** και κλείνει η επαφή του **21-22**, οπότε το ρεύμα από την κλειστή επαφή **13-14** του ενεργοποιημένου ρελέ **K_L** πηγαίνει στην κλειστή επαφή **22-21** του ρελέ **K_Y** και από εκεί μεταφέρεται στην επαφή **A₁** του ρελέ τριγώνου **K_Δ**, οπότε οπλίζει (κλείνει τις κύριες επαφές του) και ο κινητήρας

δουλεύει πλέον με συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του σε τρίγωνο.

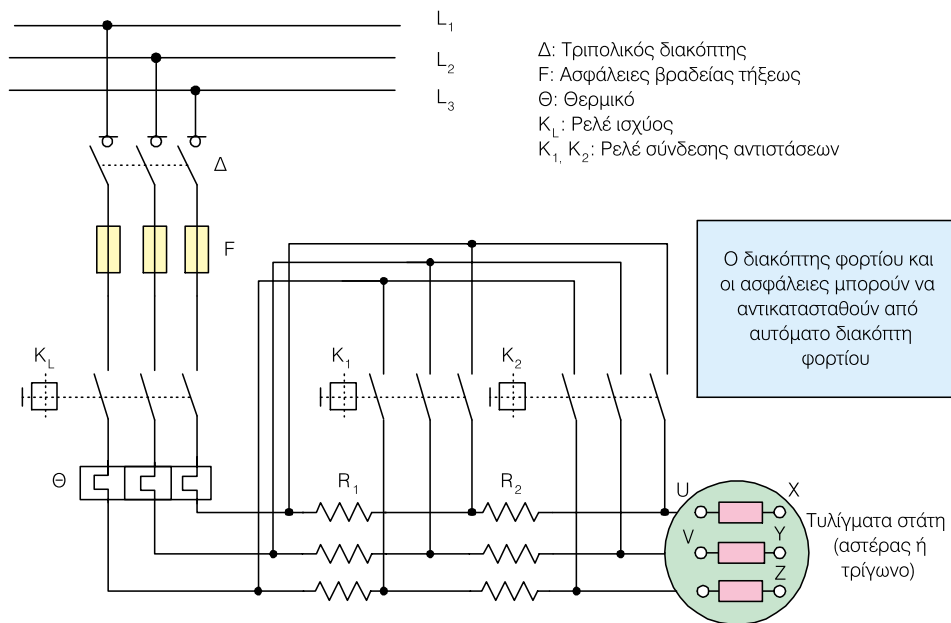
➤ Η λειτουργία του κινητήρα μπορεί πλέον να σταματήσει, αν πατήσουμε το διακόπτη σταματήματος (stop). Αν γίνει διακοπή μέσω του **θερμικού** προστασίας του κινητήρα, τότε ανοίγει η επαφή **95-96** και κλείνει η επαφή **95-98**, οπότε μπορούμε στα άκρα της να έχουμε μια ειδοποίηση (φωτεινή ένδειξη ή σειρήνα, κ.λπ.) για τη διακοπή λειτουργίας του κινητήρα.

➔ Η εκκίνηση ενός Ασύγχρονου Τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με τη συνδεσμολογία «**αστέρα - τριγώνου**» γίνεται ανάλογα με την τάση λειτουργίας που αναγράφεται επάνω στον κινητήρα, σύμφωνα με τον **Πίνακα 4.2.1**.

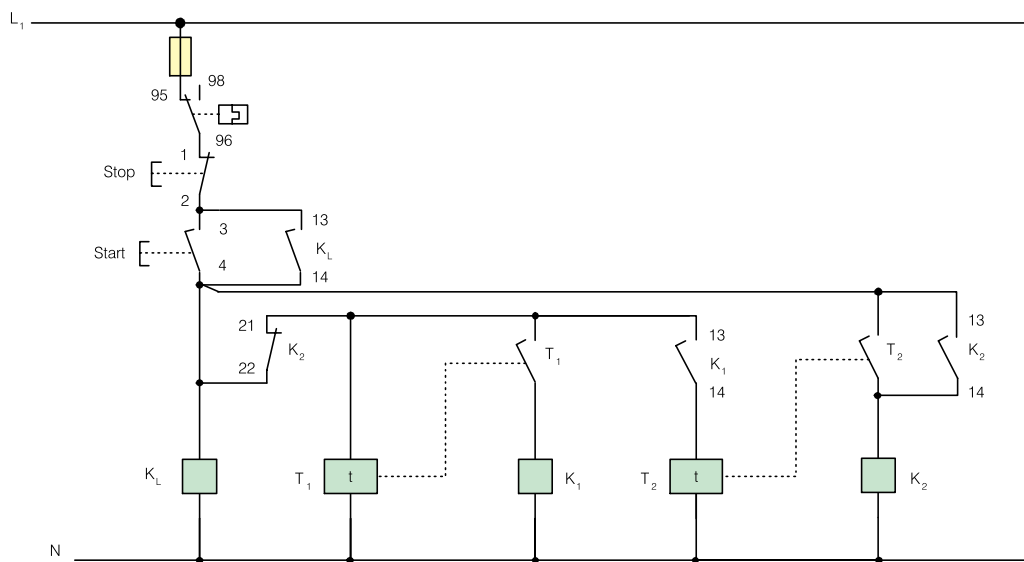
Πίνακας 4.2.1 Εκκίνηση με συνδεσμολογία αστέρα - τριγώνου Ασύγχρονου Τριφασικού κινητήρα Βραχυκυκλωμένου δρομέα	
Επιτρέπεται η συνδεσμολογία αστέρα - τριγώνου, όταν στον κινητήρα αναγράφεται τάση λειτουργίας	Δεν επιτρέπεται η συνδεσμολογία αστέρα - τριγώνου, όταν στον κινητήρα αναγράφεται τάση λειτουργίας
380 / 660 V 380 / 660 V - Υ/Δ 380 V - Δ 660 V - Υ	220 / 380 V 220 / 380 V - Υ/Δ 220 V - Δ 380 V - Υ

• **Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη**

Όταν δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση αστέρα - τριγώνου για εκκίνηση, τότε μπορούμε να παρεμβάλουμε εξωτερικές **αντιστάσεις** μεταξύ κάθε φάσης και τυλιγμάτων του στάτη. Τα Σχήματα 4.2.6 και 4.2.7, αντίστοιχα, δίνουν το **κύκλωμα ισχύος** και το **βοηθητικό κύκλωμα** της εκκίνησης με αντιστάσεις στο στάτη.



Σχήμα 4.2.6 Κύκλωμα ισχύος, εκκίνησης με αντιστάσεις δύο βαθμίδων στο στάτη



Σχήμα 4.2.7 Βοηθητικό κύκλωμα, εκκίνησης με αντιστάσεις δύο βαθμίδων στο στάτη

Η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του στάτη μπορεί να είναι σε αστέρα ή τρίγωνο. Επειδή οι αντιστάσεις αυτές διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα με τα τυλίγματα του κινητήρα, πρέπει να είναι κατάλληλα υπολογισμένες.

► Κατά την εκκίνηση οι αντιστάσεις R_1 , R_2 είναι όλες εντός (ρελέ K_1 , K_2 απενεργοποιημένα). Έτσι περιορίζεται το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα, μιας και δεν εφαρμόζεται όλη η τάση στα τυλίγματα του στάτη λόγω της πτώσης τάσης επάνω στις εξωτε-

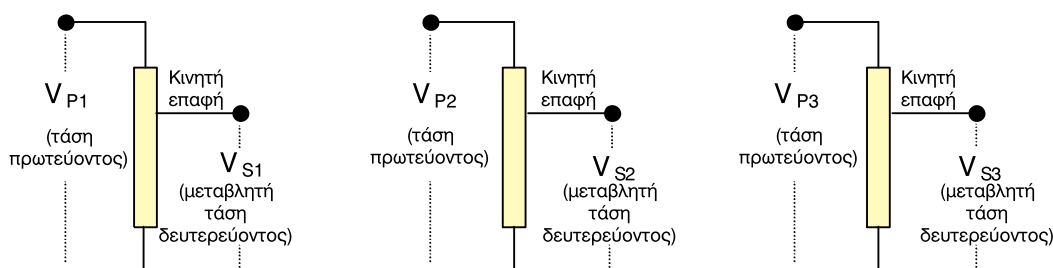
ρικές αντιστάσεις. Όταν αρχίζει να περιστρέφεται ο κινητήρας, οι αντιστάσεις αφαιρούνται σταδιακά (ενεργοποιούνται - οπλίζουν - σταδιακά τα ρελέ K_1 , K_2) έως ότου τεθούν όλες οι αντιστάσεις εκτός.

► Με τη μέθοδο αυτή των αντιστάσεων, πετυχαίνουμε ομαλή αύξηση των στροφών του κινητήρα, ενώ με τη μέθοδο του αστέρα - τριγώνου έχουμε μια απότομη αύξηση των στροφών κατά τη μετάβαση από τον αστέρα στο τρίγωνο.

Η εφαρμογή της μεθόδου εκκίνησης με αντιστάσεις στο στάτη περιορίζεται σε κινητήρες έως 5 kW, λόγω της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας επάνω στις προστιθέμενες εξωτερικά αντιστάσεις.

• Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή

Η μέθοδος αυτή, με τη χρήση **αυτομετασχηματιστή** (Σχήμα 4.2.8), χρησιμοποιείται για κινητήρες με ισχύ μεγαλύτερη των **200 kW**.



Σχήμα 4.2.8 Σχηματική παράσταση τριφασικού αυτομετασχηματιστή

► Κατά την εκκίνηση ο αυτομετασχηματιστής τροφοδοτεί, μέσω της κινητής επαφής, τον κινητήρα, από το δευτερεύον του (Σχήμα 4.2.8), με τη μικρότερη δυνατή τάση, η οποία μπορεί να είναι μέχρι και $1/3$ της ονομαστικής του τάσης. Το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας στην περίπτωση αυτή θα είναι το $1/9$ του ρεύματος που θα απορροφούσε αν ξεκινούσε απ' ευθείας. Το πρόβλημα με αυτή τη μικρή τάση εκκίνησης είναι η μικρή ροπή εκκίνησης που θα αναπτύξει στον άξονά του ο κινη-

τήρας, καθόσον αυτή είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης που εφαρμόζεται στον κινητήρα.

► Όταν ο κινητήρας αρχίσει να περιστρέφεται αυξάνουμε σταδιακά την τάση εξόδου του αυτομετασχηματιστή, που έχει ως αποτέλεσμα την προοδευτική αύξηση των στροφών του κινητήρα. Αυτό γίνεται μέχρις ότου η τάση εξόδου του μετασχηματιστή έχει αποκτήσει την ονομαστική τάση του κινητήρα και έτσι ο κινητήρας περιστρέφεται με τις κανονικές του στροφές.

Το μέγεθος του τριφασικού αυτομετασχηματιστή επιλέγεται με βάση την ισχύ και το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο.

• **Εκκίνηση με ομαλό εκκινητή (soft starter)**

Οι ηλεκτρονικοί **ομαλοί εκκινητές** (ή **soft starters**) είναι συσκευές οι οποίες προσφέρουν μία ομαλή και ελεγχόμενη εκκίνηση ή σταμάτημα ενός τριφασικού ή μονοφασικού κινητήρα. Ταυτόχρονα προστατεύουν τον κινητήρα μειώνοντας τη ροπή και το απορροφούμενο ρεύμα κατά την εκκίνηση.

➔ Το τμήμα **ελέγχου τάσης** του ομαλού εκκινητή παρέχει στον κινητήρα αρχικά μία μικρή τάση. Η τάση αυτή αυξάνεται συνεχώς και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται απότομα φαινόμενα μεταγωγής όπως αυτά συμβαίνουν, για παράδειγμα, στους εκκινητές αστέρα - τριγώνου. Μετά την επιτυχημένη εκκίνηση ο κινητήρας λειτουργεί πλέον με την

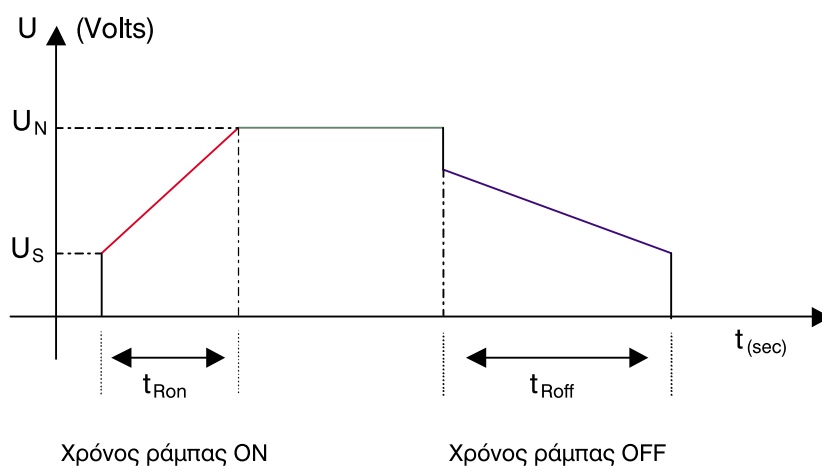
τάση του δικτύου.

➔ Με τον ομαλό εκκινητή δεν είναι μόνο δυνατή η εκκίνηση με μειωμένη ροπή, αλλά και η αποφυγή του απότομου σταματήματος του κινητήρα, με την ενσωματωμένη λειτουργία **ομαλού σταματήματος**.

➔ Επίσης από τον ίδιο τον ομαλό εκκινητή μπορούν να ρυθμιστούν:

1. ο **χρόνος εκκίνησης**
2. ο **χρόνος ανόδου** της τάσης κατά την εκκίνηση
3. ο **χρόνος καθόδου** της τάσης κατά το σταμάτημα

Οι προηγούμενοι χρόνοι φαίνονται στο Σχήμα 4.2.9.






Σχήμα 4.2.9 Ομαλή εκκίνηση και ομαλό σταμάτημα

➔ Πολλοί ηλεκτρονικοί ομαλοί εκκινητές έχουν ενσωματωμένα ηλεκτρονικά θερμικά υπερφόρτισης και ηλεκτρονικούς επιτηρητές τάσης. Φέρουν ακόμη διακόπτη ON - OFF, ενδεικτικές λυχνίες (led), όπως επίσης και επαφές αναγγελίας για τις καταστάσεις λειτουργίας (π.χ. τέλος εκκίνησης κινητήρα κ.λπ.).

Οι ηλεκτρονικοί ομαλοί εκκινητές προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, σε σχέση με άλλους εκκινητές. Έτσι είναι περισσότερο αξιόπιστοι, οικονομικοί, μικροί σε όγκο και βάρος, αθόρυβοι κ.λπ. Κατά συνέπεια αποτελούν πραγματικά μια πολύ καλή λύση ως εκκινητές για ασύγχρονους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Η Εικόνα 4.2.1 δείχνει ως παράδειγμα τη μορφή, τον τύπο και την περιοχή ισχύος ομαλών εκκινητών για ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες.

		
<p style="text-align: center;">Ομαλός εκκινητής (soft starter) <i>Εξομάλυνσης εκκίνησης</i> Από 3 kW έως 11 kW</p>	<p style="text-align: center;">Ομαλός εκκινητής (soft starter) <i>Εξομάλυνσης εκκίνησης και σταματήματος</i> Από 3 kW έως 45 kW</p>	<p style="text-align: center;">Ομαλός εκκινητής (soft starter) <i>Προοδευτικής εκκίνησης και σταματήματος</i> Από 7,5 kW έως 630 kW</p>

Εικόνα 4.2.1 Ομαλοί εκκινητές (starters)

➔ ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΤΡΟΦΩΝ

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι ρύθμισης στροφών τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι η αλλαγή του αριθμού των *μαγνητικών πόλων* του κινητήρα, η *αλλαγή της συχνότητας (inverters)* της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα και η *αλλαγή της τιμής της τάσης* τροφοδοσίας του κινητήρα.

• Αλλαγή των μαγνητικών πόλων

Είναι γνωστό από τη θεωρία των ηλεκτρικών μηχανών ότι οι στροφές ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα (*στροφές δρομέα*) n_m ακολουθούν πάντα τις στροφές του **στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου** $n_{sync.}$, οι οποίες δίνονται από την επόμενη σχέση:

$$n_{sync.} = \frac{120 \cdot f_e}{P} \quad (4.2.1)$$

όπου f_e : η συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα σε Hz

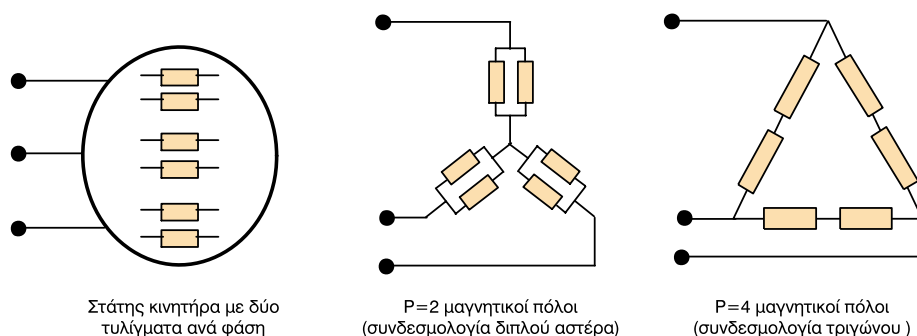
P : ο αριθμός των μαγνητικών πόλων του κινητήρα (2, 4, 6, ...)

$n_{sync.}$: ο αριθμός στροφών του μαγνητικού πεδίου σε στροφές / min

Από την προηγούμενη σχέση είναι φανερό ότι τις στροφές του κινητήρα μπορούμε να τις μεταβάλλουμε αν μεταβάλλουμε τον αριθμό των μαγνητικών πόλων του κινητήρα, ή τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα.

➔ Η αλλαγή των μαγνητικών πόλων του κινητήρα γίνεται με αλλαγή των τυλιγμάτων ανά φάση του κινητήρα. Έτσι οι κινητήρες που ρυθμίζουν τις στροφές τους με αυτόν τον τρόπο, έχουν επάνω στο στάτη περισσότερα του ενός τυλίγματα ανά φάση. Ο αριθμός αυτών των τυλιγμάτων εξαρτάται από το πόσους μαγνητικούς πόλους θέλουμε να έχουμε κάθε φορά.

➤ **Πρακτική αξία** έχει σήμερα η επιλογή δύο (2), τεσσάρων (4), έξι (6) και οκτώ (8) μαγνητικών πόλων. Ως παράδειγμα δίνεται στη συνέχεια η επιλογή δύο (2) ή τεσσάρων (4) μαγνητικών πόλων. Στην επιλογή αυτή ανά φάση θα έχουμε **δύο τυλίγματα**. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης αυτών των τυλιγμάτων θα έχουμε δύο ή τέσσερις μαγνητικούς πόλους (Σχήμα 4.2.10).



Σχήμα 4.2.10
Συνδεσμολογία τυλιγμάτων στάτη για αλλαγή των μαγνητικών πόλων

► Έτσι από τη σχέση 4.2.1 θα έχουμε δύο συγκεκριμένους αριθμούς στροφών του μαγνητικού πεδίου οι οποίοι για συχνότητα τάσης **50 Hz** θα είναι **α) 3000** στροφές το λεπτό για δύο μαγνητικούς πόλους και **β) 1500** στροφές το λεπτό για τέσσερις μαγνητικούς πόλους. Επομένως αφού οι στροφές του δρομέα ακολουθούν τις στροφές του μαγνητικού πεδίου θα έχουμε και ρύθμιση των στροφών του δρομέα.

Η μεταβολή του αριθμού των μαγνητικών πόλων μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή αυτόματα με τη χρήση αυτοματισμών χρησιμοποιώντας ρελέ ισχύος.

• **Αλλαγή της συχνότητας f_e της τάσης τροφοδοσίας**




Από τη σχέση 4.2.1 βλέπουμε ότι μπορούμε να μεταβάλουμε τις στροφές του μαγνητικού πεδίου

του κινητήρα και κατ' επέκταση του δρομέα, αν μεταβάλλουμε τη *συχνότητα* της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα, διατηρώντας τον αριθμό των μαγνητικών πόλων σταθερό.

Ο τρόπος αυτός ρύθμισης των στροφών του κινητήρα είναι ο πιο αποτελεσματικός γιατί μπορούμε να έχουμε ρύθμιση στροφών σε μεγάλη και συνεχή κλίμακα. Η μεταβολή της συχνότητας γίνεται σήμερα με αντιστροφείς (*inverters*).

➔ Ο **inverter** είναι μια ηλεκτρονική διάταξη, η οποία μετατρέπει μονοφασική ή τριφασική εναλλασσόμενη τάση σε μονοφασική ή τριφασική εναλλασσόμενη τάση μεταβλητής συχνότητας.

Η Εικόνα 4.2.2 δείχνει τη μορφή, τις ιδιότητες και την περιοχή ισχύος διάφορων **ρυθμιστών στροφών (inverters)** για ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες.

		
<p>Για κινητήρες από 0,37 kW έως 15 kW</p> <ul style="list-style-type: none"> • Για εφαρμογές σταθερής ή μεταβλητής ροπής • PI control • Μονάδα διαλόγου και γραφικά • Για απλές και σύνθετες εφαρμογές 	<p>Για κινητήρες από 0,37 kW έως 55 kW</p> <ul style="list-style-type: none"> • Για εφαρμογές σταθερής ή μεταβλητής ροπής • PI control • Μονάδα διαλόγου και γραφικά • Για απλές και σύνθετες εφαρμογές • Δυνατότητα επέκτασης και κάρτες ειδικών εφαρμογών 	<p>Για κινητήρες από 75 kW έως 630 kW</p> <ul style="list-style-type: none"> • Για εφαρμογές σταθερής ή μεταβλητής ροπής • PID control • Μονάδα διαλόγου και γραφικά • Για απλές και σύνθετες εφαρμογές • Δυνατότητα επέκτασης και κάρτες ειδικών εφαρμογών

Εικόνα 4.2.2 Ρυθμιστές στροφών (*inverters*)

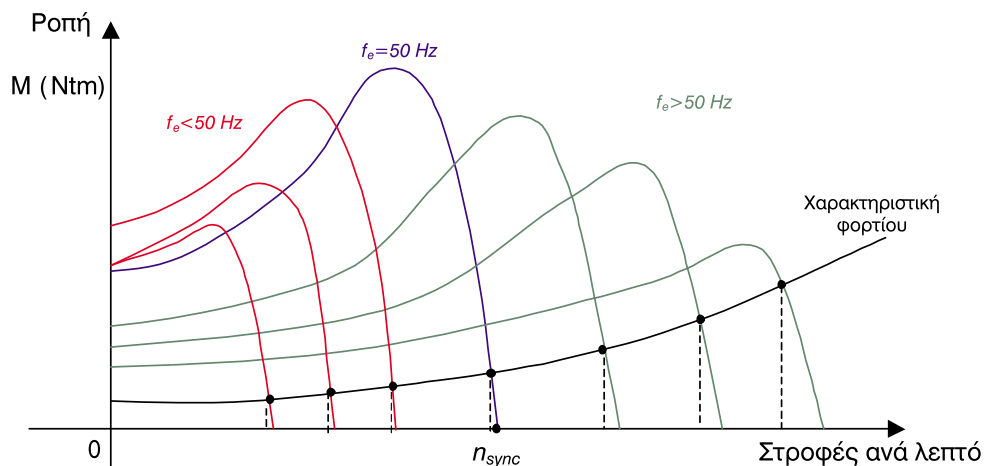
➔ Είναι γνωστό από τη θεωρία των ηλεκτρικών μηχανών ότι η ροή Φ του μαγνητικού πεδίου που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του κινητήρα είναι **αντιστρόφως ανάλογη** της συχνότητας f_e και ευθέως ανάλογη της τάσης τροφοδοσίας V_s σύμφωνα με την επόμενη σχέση:

$$\Phi = \frac{V_s}{2 \cdot \pi \cdot f_e} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_e \cdot t) \quad (4.2.2)$$

Από την προηγούμενη σχέση προκύπτουν δύο βασικές προϋποθέσεις οι οποίες ικανοποιούνται σήμερα από τους inverters που υπάρχουν:

1. Για μεταβολές της συχνότητας f_e από 0 Hz έως 50 Hz, μεταβάλλεται ανάλογα και η τάση V_s , ώστε να μην αυξηθεί η ροή Φ στο εσωτερικό του κινητήρα και οδηγηθεί αυτός στον κόρο με συνέπεια τη θέρμανσή του.
2. Για μεταβολές της συχνότητας f_e επάνω από 50 Hz η τάση V_s μένει σταθερή, ώστε να μην αυξηθεί το ρεύμα του κινητήρα πέρα από την ονομαστική του τιμή και υπερθερμανθεί.

Στο Σχήμα 4.2.11 φαίνονται οι χαρακτηριστικές ροπής - στροφών του Ασύγχρονου Τριφασικού κινητήρα, όταν η συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας μεταβάλλεται κάτω και επάνω από τη βασική συχνότητα των 50 Hz. Τα σημεία τομής της χαρακτηριστικής φορτίου με τις χαρακτηριστικές ροπής - στροφών του κινητήρα είναι τα **σημεία λειτουργίας** του συστήματος κινητήρα - φορτίου, για κάθε συχνότητα.



Σχήμα 4.2.11 Χαρακτηριστικές ροπής - στροφών, όταν μεταβάλλεται η συχνότητα

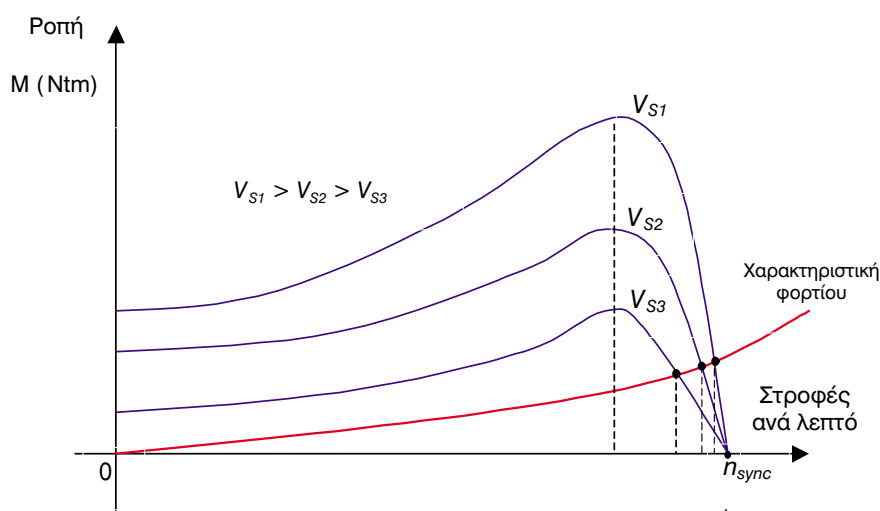
Παρατήρηση: Είναι γνωστό από τη θεωρία των Ασύγχρονων Τριφασικών κινητήρων, ότι η ροπή που αναπτύσσουν είναι **ευθέως ανάλογη** του τετραγώνου της τάσης τροφοδοσίας τους ($M \sim V_s^2$) και **ευθέως ανάλογη** της ροής του μαγνητικού πεδίου Φ ($M \sim \Phi$). Επομένως η ροπή του κινητήρα για συχνότητες κάτω από 50 Hz και επάνω από 50 Hz θα μεταβάλλεται όπως στο Σχήμα 4.2.8, λαμβάνοντας υπόψη και τη σχέση 4.2.2.

Σημείωση: α) Ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας κατασκευαστικά μπορεί να λειτουργεί μέχρι και τις διπλάσιες στροφές από αυτές που αντιστοιχούν στα 50 Hz. **β)** Θα πρέπει για κάθε είδος

μηχανικού φορτίου που συνδέεται στον άξονα του Ασύγχρονου Τριφασικού κινητήρα να διευκρινίζονται οι δυνατότητες ροπής και ισχύος του κινητήρα για ταχύτητες μικρότερες ή μεγαλύτερες από αυτές που αντιστοιχούν στα 50 Hz.

- **Αλλαγή της τάσης τροφοδοσίας**

Η ροπή που αναπτύσσει στον άξονά του ένας Ασύγχρονος Τριφασικός κινητήρας, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι ανάλογη του τετραγώνου της εφαρμοζόμενης τάσης V_s ($M \sim V_s^2$). Αυτό σημαίνει ότι αν η τάση του κινητήρα (ενεργός τιμή της τάσης) ελαττωθεί, τότε θα ελαττωθεί και η ροπή του κινητήρα, όπως αυτό φαίνεται στο Σχήμα 4.2.12.



Σχήμα 4.2.12 Χαρακτηριστικές ροπής - στροφών, όταν μεταβάλλεται η τάση

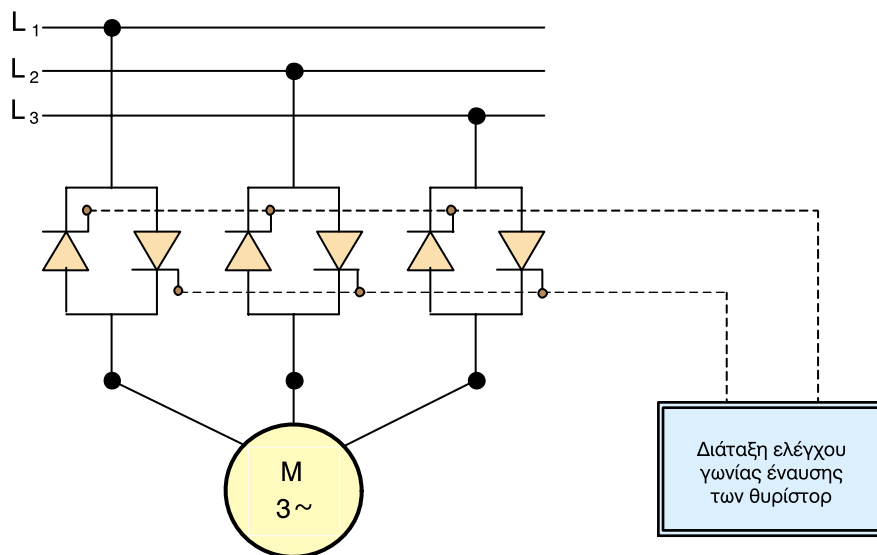
➔ Η ρύθμιση στροφών με μεταβολή της τάσης χρησιμοποιείται σε κινητήρες μέχρι 5 HP και όταν έχουμε μηχανικά φορτία που στην εκκίνησή τους απαιτούν μικρή ροπή, όπως φαίνεται και στη χαρακτηριστική φορτίου στο Σχήμα 4.2.12.

➔ Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε τέτοια μηχανικά φορτία, γιατί όταν ελαττώνουμε την τάση, η ροπή του κινητήρα πέφτει σε μεγάλο βαθμό αλλά παραμένει πάντα μεγαλύτερη από αυτή του φορτίου. Ένα πραγματικό φορτίο με τέτοια χαρακτηριστική, σαν αυτή του Σχήματος 4.2.12, είναι οι ανεμιστήρες. Οι ανεμιστήρες κατά την εκκίνησή τους και όταν δουλεύουν με λίγες στροφές απαιτούν μι-

κρή ροπή, ενώ όσο αυξάνονται οι στροφές, η ροπή τους αυξάνεται ανάλογα με το τετράγωνο των στροφών - (Σχήμα 4.2.12).

➔ Μία διάταξη για να μεταβάλλουμε την τάση τροφοδοσίας του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα είναι αυτή με τα **αντιπαράλληλα θυρίστορ** (Σχήμα 4.2.13).

Ελέγχοντας τη γωνία έναυσης των αντιπαράλληλων θυρίστορ μπορούμε να μεταβάλλουμε την **ενεργό τιμή** της τάσης που τροφοδοτεί τον κινητήρα. Η τάση αυτή δεν είναι πλέον **ημιτονοειδής** λόγω της γωνίας έναυσης των θυρίστορ, αλλά περιέχει **αρμονικές**, οι οποίες προκαλούν ακουστικό θόρυβο κατά τη λειτουργία του κινητήρα.



Σχήμα 4.2.13 Διάταξη ρύθμισης της τάσης

■ Κινητήρες δακτυλιοφόρου δρομέα

Είναι γνωστό από τη θεωρία των ηλεκτρικών μηχανών ότι η αύξηση της **ωμικής αντίστασης** των τυλιγμάτων του δρομέα:

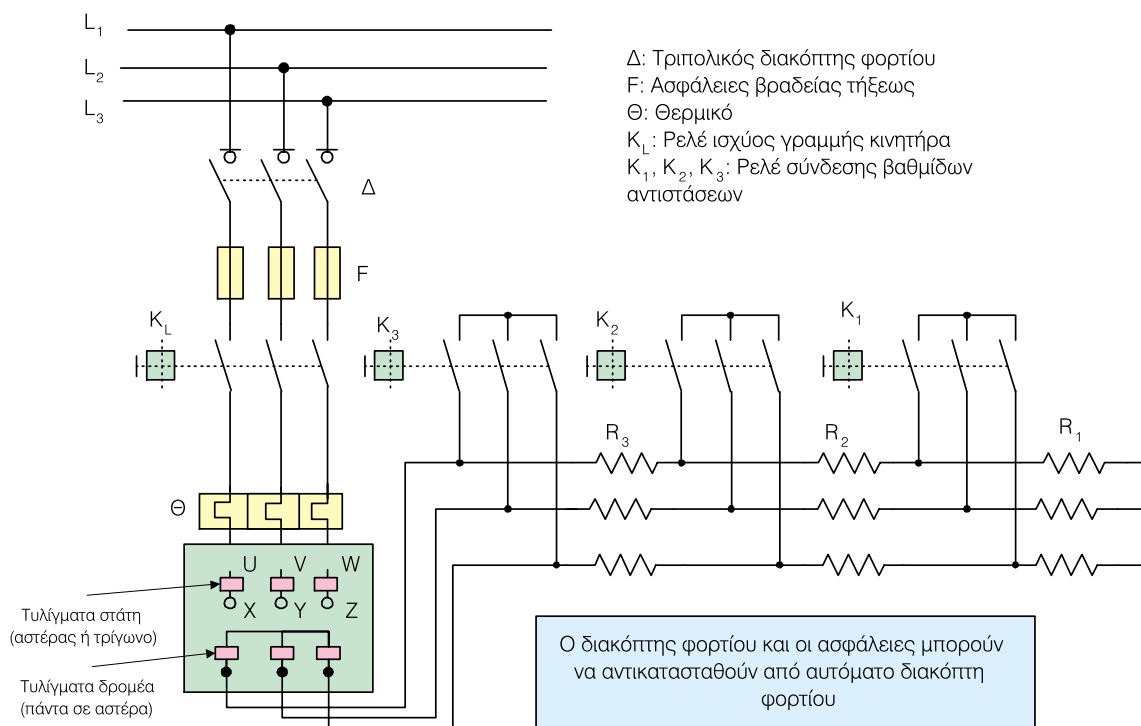
1. προκαλεί **μείωση** του ρεύματος λειτουργίας του κινητήρα (και κατ' επέκταση του ρεύματος εκκίνησης)
2. προκαλεί **αύξηση** της ροπής εκκίνησης
3. προκαλεί **μείωση** των **στροφών** στις οποίες εμφανίζεται η μέγιστη ροπή του κινητήρα
4. **δεν επηρεάζει** τη **μέγιστη ροπή** του κινητήρα

➔ Στους κινητήρες **Δακτυλιοφόρου** δρομέα, είναι δυνατή η σύνδεση εξωτερικών αντιστάσεων συνδεσμολογίας αστέρα στα τυλίγματα του δρομέα, δια μέσου των δακτυλίων και των ψηκτρών του. Στα Σχήματα 4.2.14 και 4.2.15, αντίστοιχα, φαίνονται

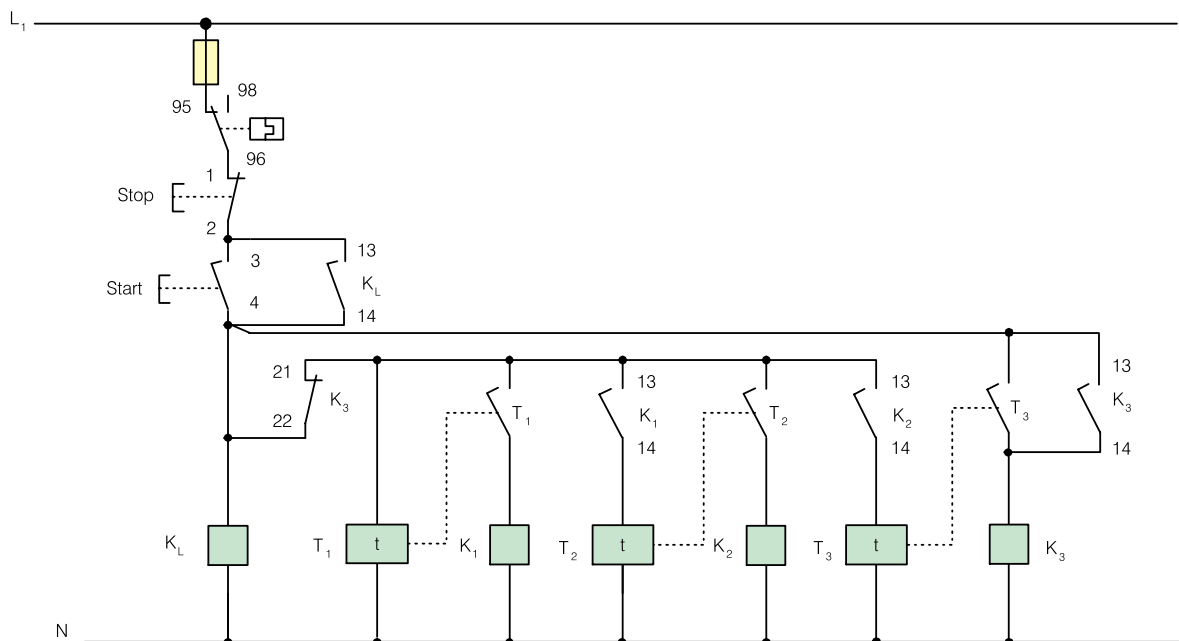
το κύκλωμα ισχύος και το βοηθητικό κύκλωμα εκκίνησης με αντιστάσεις στο δρομέα.

Έτσι, ανάλογα με την τιμή της εξωτερικής αντίστασης η χαρακτηριστική ροπής - στροφών του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα μεταβάλλεται, όπως στο Σχήμα 4.2.16.

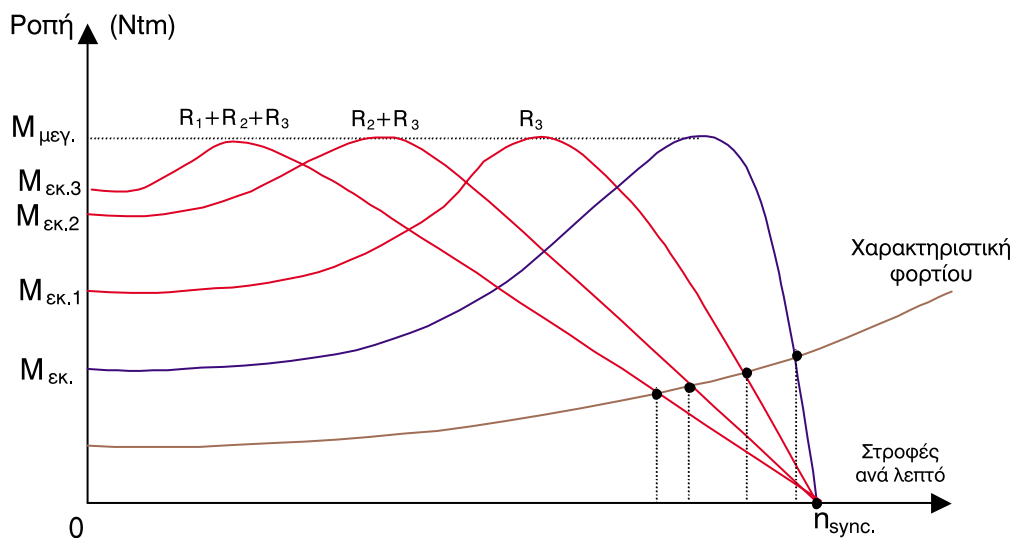
➔ Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, οι αντιστάσεις είναι όλες εντός του κυκλώματος του δρομέα (ρελέ **K₁**, **K₂**, **K₃** απενεργοποιημένα), με αποτέλεσμα την αύξηση της αντίστασης του δρομέα και συνεπώς την ελάττωση του ρεύματος εκκίνησης του κινητήρα. Μειώνοντας σταδιακά τις εξωτερικές αντιστάσεις, (οπλίζοντας διαδοχικά τα ρελέ **K₁**, **K₂**, **K₃** μέσω αυτοματισμού), αυξάνονται σιγά - σιγά οι στροφές του κινητήρα φτάνοντας στις ονομαστικές του. Όταν όλες οι αντιστάσεις τεθούν εκτός του κυκλώματος του δρομέα, τότε ο κινητήρας λειτουργεί με τα τυλίγματα του δρομέα βραχυκυκλωμένα.



Σχήμα 4.2.14 Κύκλωμα ισχύος, εκκίνησης με αντιστάσεις τριών βαθμίδων στο δρομέα



Σχήμα 4.2.15 Βοηθητικό κύκλωμα, εκκίνησης με αντιστάσεις τριών βαθμίδων στο δρομέα



Σχήμα 4.2.16 Χαρακτηριστικές ροπής - στροφών, με μεταβολή της αντίστασης του δρομέα

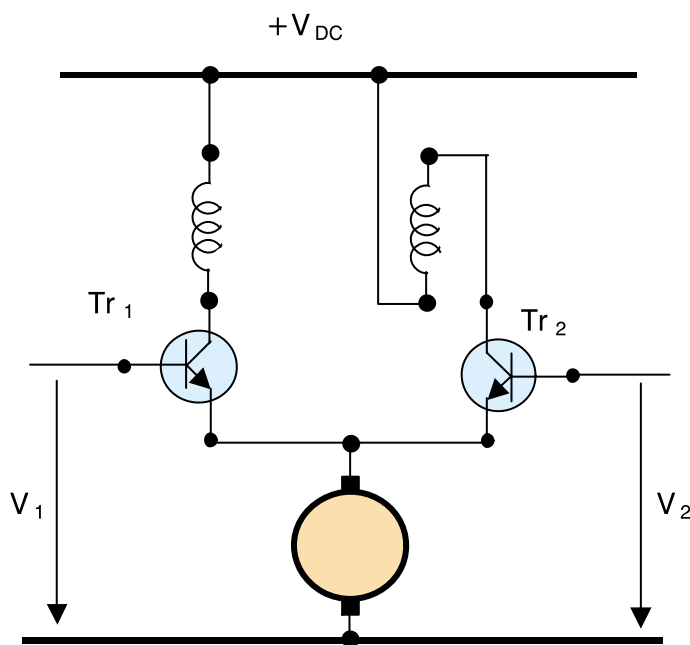
➔ Με χρήση αντιστάσεων στο δρομέα μπορούμε να έχουμε και **ρύθμιση στροφών** του κινητήρα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.2.16 (σημεία τομής χαρακτηριστικής φορτίου και χαρακτηριστικής κινητήρα). Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει, ανάλογα με την επιθυμητή τιμή των στροφών, να παραμένουν κάποιες αντιστάσεις συνδεδεμένες, ωστόσο όμως θα έχουμε μικρό βαθμό απόδοσης του κινητήρα, λόγω των απωλειών στις αντιστάσεις.

4.2.3 Εκκίνηση και έλεγχος σερβοκινητήρων συνεχούς ρεύματος

Οι **σερβοκινητήρες** είναι κινητήρες **Συνεχούς Ρεύματος** και χρησιμοποιούνται σε *Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου*, όπου είναι επιθυμητός ο έλεγχος της ταχύτητας περιστροφής μιας μηχανής παραγωγής έργου, ή η θέση του άξονα της μηχανής παραγωγής έργου.

Παραδείγματα εφαρμογής σερβοκινητήρων έχουμε στην κίνηση βαλβίδων, στη μετακίνηση της γραφίδας ενός καταγραφικού δύο συντεταγμένων, στην τοποθέτηση εργαλείων, σε εργαλειομηχανές, κ.λπ.

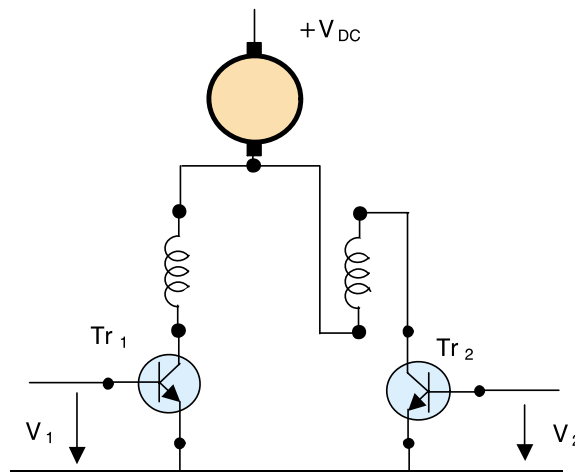
→ Η **εκκίνηση** και ο **έλεγχος** του σερβοκινητήρα γίνεται με τη χρησιμοποίηση ενός σερβοενισχυτή. Τα Σχήματα 4.2.17 και 4.2.18 δείχνουν έναν απλό σερβοκινητήρα συνδεδεμένο σε ένα σερβοενισχυτή.



Σχήμα 4.2.17 Έλεγχος ρότορα

➔ Ο κινητήρας έχει στο στάτη δύο ξεχωριστά τυλίγματα αντίθετης τροφοδότησης, που συνδέονται σε δύο **τρανζίστορ ισχύος**, αντίστοιχα. Τα ρεύματα που διαρρέουν τα τυλίγματα ελέγχονται από τα τρανζίστορ αυτά.

➤ Αν τροφοδοτήσουμε τη βάση του τρανζίστορ **1** με τάση V_1 (ώστε αυτή να πολωθεί ορθά), τότε ο κινητήρας θα στραφεί κατά μία διεύθυνση (π.χ. δεξιόστροφη), ενώ αν τροφοδοτήσουμε τη βάση του τρανζίστορ **2** με τάση V_2 (ώστε αυτή να πολωθεί ορθά), ο κινητήρας θα στραφεί κατά την αντίθετη φορά (π.χ. αριστερόστροφη).



Σχήμα 4.2.18 Έλεγχος στάτη

➔ Με τη συνδεσμολογία του Σχήματος 4.2.17, ο ρότορας συνδέεται στους εκπομπούς των Τρανζίστορ, ενώ τα τυλίγματα του στάτη συνδέονται σε κάθε συλλέκτη του Τρανζίστορ. Με τη συνδεσμολογία του Σχήματος 4.2.18, ο ρότορας και τα τυλίγματα του στάτη συνδέονται στους συλλέκτες των Τρανζίστορ.

Η συνδεσμολογία του Σχήματος 4.2.17 ονομάζεται έλεγχος ρότορα, ενώ η συνδεσμολογία του Σχήματος 4.2.18 ονομάζεται έλεγχος στάτη.

➔ Με τη συνδεσμολογία για **έλεγχο ρότορα**, η αρνητική ανάδραση της αντιηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΑΗΕΔ), αντιτίθεται στο σήμα εισόδου και έτσι τείνει να κρατήσει ένα σταθερό ρεύμα στον κινητήρα. Αυτό έχει σαν συνέπεια μία σταθερή ταχύτητα για μία μεγάλη περιοχή αλλαγών της ροπής.

➔ Με τη συνδεσμολογία για **έλεγχο στάτη**, ο κινητήρας έχει μεγάλη ροπή εκκίνησης με μικρή ικανότητα ρύθμισης της ταχύτητας. Αν ο κινητήρας είναι χωρίς φορτίο, η ταχύτητα περιστροφής γίνεται επικίνδυνα μεγάλη.

➤ Στα **συστήματα αυτόματου ελέγχου ταχύτητας** για τη διόρθωση του σφάλματος χρησιμοποιείται ένα σήμα ανάδρασης, το οποίο προέρχεται συνήθως από μία **ταχογεννήτρια** που είναι προσαρμοσμένη στον άξονα περιστροφής του σερβοκινητήρα. Πολύ συχνά η ταχογεννήτρια αποτελεί μέρος του σερβοκινητήρα.

4.2.4 Εκκίνηση και έλεγχος βηματικών κινητήρων

➔ Για να λειτουργήσουν οι **βηματικοί** κινητήρες πρέπει να τροφοδοτήσουμε τα τυλίγματα του στάτη (ή φάσεις όπως λέγονται) με **ηλεκτρικούς παλμούς συνεχούς ρεύματος**.

Οι Βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε εργαλειομηχανές, σχεδιαστικές συσκευές (plotters), εκτυπωτές και όπου θέλουμε να έχουμε έλεγχο θέσης μεγάλης ακρίβειας.

➔ Υπάρχουν πολλοί τύποι βηματικών κινητήρων αλλά ο πλέον διαδεδομένος είναι ο **υβριδικός** που

έχει τέσσερις φάσεις, την "A", την "B", την "C" και την "D", με γωνία βήματος **1,8 μοίρες**.

Για να περιστραφεί ο ρότορας του κινητήρα κατά 1,8 μοίρες δεξιόστροφα, πρέπει να απενεργοποιήσουμε μία φάση, έστω την "A" και να ενεργοποιήσουμε την επόμενη, π.χ. την "B". Αν δεν ενεργοποιήσουμε τη "B" φάση και ενεργοποιήσουμε την "D", ο ρότορας θα περιστραφεί κατά 1,8 μοίρες αριστερόστροφα, δηλαδή κατά ένα βήμα.

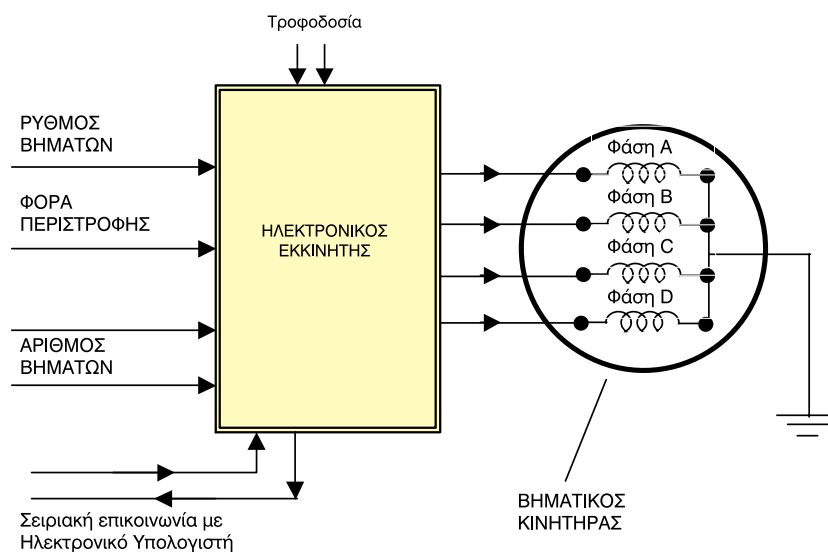
➔ Στον **Πίνακα 4.2.2** φαίνεται η σειρά με την οποία πρέπει να ενεργοποιηθούν οι φάσεις A, B, C και D.

Πίνακας 4.2.2 Σειρά με την οποία πρέπει να ενεργοποιηθούν οι φάσεις του Βηματικού κινητήρα				
ΦΑΣΗ	A	B	C	D
ΒΗΜΑ				
1	ON	FF	OFF	OFF
2	OFF	ON	OFF	OFF
3	OFF	OFF	ON	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON

➤ Για να πετύχουμε μία πλήρη περιστροφή του ρότορα, ο ρότορας πρέπει να κάνει 200 βήματα. Ο **ρυθμός** (συχνότητα) με τον οποίο εκτελούνται τα βήματα καθορίζει την ταχύτητα περιστροφής του.

➡ Για να πετύχουμε μεγάλες ταχύτητες περιστροφής είναι αδύνατο να θέτουμε τις φάσεις **ON** και **OFF** χειροκίνητα παρά μόνο με ηλεκτρονικό τρόπο. Για το σκοπό αυτό έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ηλεκτρονικοί εκκινητές, οι οποίοι τροφοδοτούν τις φάσεις του βηματικού κινητήρα με ηλεκτρικούς παλμούς.

➤ Στο Σχήμα 4.2.19 φαίνεται η συνδεσμολογία ενός ηλεκτρονικού εκκινητή με ένα βηματικό κινητήρα.



Σχήμα 4.2.19 Βηματικός κινητήρας συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό εκκινητή

➤ Ο ηλεκτρονικός εκκινητής έχει **τέσσερες (4) εξόδους**, μία για κάθε φάση του κινητήρα και **εισόδους** που ρυθμίζουν το **ρυθμό (συχνότητα)** των βημάτων του ρότορα, τη **φορά περιστροφής** και τον **αριθμό** των βημάτων που θέλουμε να εκτελέσει ο ρότορας. Υπάρχει επίσης και η δυνατότητα **σειριακής επικοινωνίας** με Η/Υ.

➡ Η καρδιά του Ηλεκτρονικού εκκινητή είναι ένας **μικροεπεξεργαστής** ο οποίος έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζει το ρυθμό (συχνότητα) των βημάτων του κινητήρα, ώστε να είναι μικρός κατά την εκκίνηση και το σταμάτημά του. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται μεγάλοι ρυθμοί (συχνότητες) βημάτων ανά δευτερόλεπτο, χωρίς να χάνονται βήματα λόγω αδράνειας κατά την εκκίνηση και το σταμάτημα του κινητήρα.

4.2.5 Μετάδοση κίνησης

→ Η μετάδοση της κίνησης από τον άξονα του κινητήρα στον άξονα μιας μηχανής παραγωγής έργου, γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- απ' ευθείας
- με κόμπλερ
- με γρανάζια
- με αλυσίδα
- με ιμάντες
- με σταυρό (Universal joint)

■ Στην **απ' ευθείας** μετάδοση ο κινητήρας και η κινούμενη μηχανή στηρίζονται στην ίδια βάση και μοιράζονται τον ίδιο άξονα (υποβρύχιες αντλίες, μικρά μηχανήματα χειρός κ.λπ.).

► Το πλεονέκτημα του παραπάνω τρόπου μετάδοσης της κίνησης είναι η αποφυγή της διαδικασίας της ευθυγράμμισης των αξόνων του κινητήρα και της μηχανής παραγωγής έργου.

■ Το **κόμπλερ** είναι μία σύνδεση των δύο αξόνων (κινητήρα - μηχανή παραγωγής έργου) με τη βοήθεια ελαστικού συνδέσμου. Αποτελεί τη συνηθέστερη μορφή μετάδοσης της κίνησης.

► Το πλεονέκτημα του τρόπου αυτού μετάδοσης, είναι ότι ο κινητήρας και η μηχανή παραγωγής έρ-

γου είναι διαιρούμενα τμήματα, με συνέπεια η συντήρησή τους να είναι ευκολότερη. Επιπλέον δεν υπάρχει απώλεια στροφών κατά την εκκίνηση.

► Το βασικό μειονέκτημα αυτού του τρόπου είναι η σχεδόν τέλεια ευθυγράμμιση που απαιτείται και η αναγκαστική μετάδοση κίνησης με σχέση στροφών **1:1**

■ Η μετάδοση της κίνησης με **γρανάζια** γίνεται με δύο ή περισσότερα γρανάζια που είναι τοποθετημένα στον άξονα του κινητήρα και στον άξονα της μηχανής παραγωγής έργου (Σχήμα 4.2.20).

Η μετάδοση της κίνησης γίνεται με σχέση στροφών που υπολογίζεται από την επόμενη εξίσωση:

$$\lambda = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (4.2.3)$$

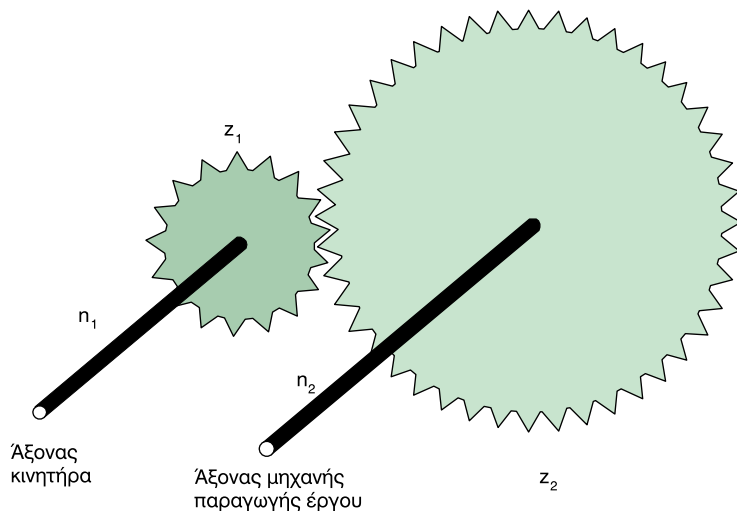
όπου **λ**: λόγος μετασχηματισμού στροφών

n₁: αριθμός στροφών του άξονα του κινητήρα

n₂: αριθμός στροφών του άξονα της μηχανής παραγωγής έργου

z₁: αριθμός δοντιών του γραναζιού στον άξονα του κινητήρα

z₂: αριθμός δοντιών του γραναζιού στον άξονα της μηχανής παραγωγής έργου



Σχήμα 4.2.20
Μετάδοση κίνησης με γρανάζια

Παρατήρηση: Θα πρέπει να παρατηρήσουμε, από την προηγούμενη σχέση μετάδοσης, ότι ο άξονας που έχει τις πολλές στροφές έχει λίγα δόντια, ενώ ο άξονας που έχει τις λίγες στροφές έχει πολλά δόντια. Επίσης θα πρέπει τα δόντια των γραναζιών να έχουν το ίδιο **βήμα** (βήμα είναι η απόσταση μεταξύ των δοντιών).

➤ Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου μετάδοσης της κίνησης είναι ότι, αν θελήσουμε για οποιοδήποτε λόγο να αλλάξουμε τη σχέση μετάδοσης στροφών, θα πρέπει να αλλάξει και η απόσταση των αξόνων. Επίσης το σύστημα χρειάζεται συνεχή λίπανση.

➤ Βασικό πλεονέκτημα της χρήσης γραναζιών είναι και η ακρίβεια της σχέσης μετάδοσης των στροφών.

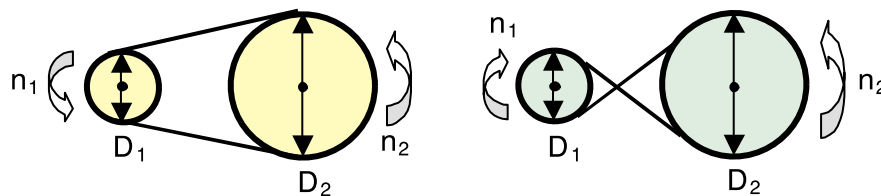
■ Η μετάδοση της κίνησης με **αλυσίδα** είναι ίδια όπως αυτή με τα γρανάζια. Η διαφορά είναι ότι:

α) η φορά περιστροφής των αξόνων, κινητήρα και μηχανής παραγωγής έργου, είναι η ίδια ενώ στη μετάδοση κίνησης με γρανάζια είναι **αντίθετη** και

β) τα γρανάζια βρίσκονται σε απόσταση το ένα από το άλλο και έτσι δίνεται η δυνατότητα να αλλάξουμε τη σχέση μετάδοσης, αλλάζοντας το ένα ή το άλλο γρανάζι και το μήκος της αλυσίδας, χωρίς να αλλάξουμε τη θέση των αξόνων του κινητήρα και της μηχανής παραγωγής έργου.

➤ Το κύριο μειονέκτημα της μετάδοσης κίνησης με αλυσίδα είναι η φθορά της αλυσίδας και η ανάγκη για συνεχή λίπανσή της.

■ Η μετάδοση της κίνησης με **ιμάντες** (Σχήμα 4.2.21) είναι η πλέον διαδεδομένη στη βιομηχανία και ειδικά στις περιπτώσεις όπου η απόσταση μεταξύ των αξόνων κινητήρα και μηχανής παραγωγής έργου είναι μεγάλη.



Σχήμα 4.2.21 Μετάδοση κίνησης με ιμάντα

➤ Η μετάδοση της κίνησης με ιμάντα γίνεται με σχέση στροφών που υπολογίζεται από την επόμενη εξίσωση:

$$\lambda = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (4.2.4)$$

όπου **D₁**, **D₂**: οι διάμετροι των τυμπάνων (**συμπαγείς κύλινδροι στους οποίους εφάπτεται ο ιμάντας**), που είναι σταθερά προσαρμοσμένα στους άξονες του κινητήρα και της μηχανής παραγωγής έργου αντίστοιχα.

➤ Το μειονέκτημα της παραπάνω μεθόδου είναι η ολίσθηση κατά την εκκίνηση και η συχνή αντικατάσταση ιμάντων και τροχαλιών.

■ Η μετάδοση της κίνησης με **σταυρό** ενδείκνυται στις περιπτώσεις που ο άξονας του κινητήρα και ο άξονας της μηχανής παραγωγής έργου δεν είναι δυνατόν να ευθυγραμμιστούν.

► Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ο χαμηλός αριθμός μετάδοσης στροφών, οι κραδασμοί και ο θόρυβος.

Παράδειγμα:

► Μια μηχανή παραγωγής έργου απαιτεί για τη λειτουργία της, να περιστραφεί με 490 στροφές το λεπτό. Η κίνηση της μηχανής παραγωγής έργου θα γίνει με τη χρήση ιμάντα - τυμπάνων, μέσω ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα (κλωβού), ο οποίος θα λειτουργεί με 1470 στροφές το λεπτό. Το τύμπανο, που είναι προσαρμοσμένο στον άξονα του κινητήρα, έχει διάμετρο **D₁ = 0,2 m**. Να υπολογιστεί ο λόγος μετάδοσης της κίνησης **λ** και η διάμετρος **D₂** του τυμπάνου, που πρέπει να προσαρμοστεί στον άξονα της μηχανής παραγωγής έργου.

Λύση:

► Από τη σχέση 4.2.4 για το λόγο μετάδοσης της κίνησης με ιμάντα **λ**, έχουμε:

$$\lambda = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1470}{490} = 3$$

► Επίσης από τη σχέση 4.2.4 για τη διάμετρο του τυμπάνου **D₂**, που είναι προσαρμοσμένο στη μηχανή παραγωγής έργου, έχουμε:

$$\lambda = \frac{D_2}{D_1} \Rightarrow D_2 = \lambda \cdot D_1 = 3 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ m}$$

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

- 4.3.1** Γενικά
- 4.3.2** Μελέτη και Σχεδίαση εγκατάστασης κίνησης
- 4.3.3** Εφαρμογή



Ενότητα 4.3

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να σχεδιάζουν και να υπολογίζουν τις γραμμές τροφοδοσίας κίνησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης
- ☞ να υπολογίζουν και να επιλέγουν τις διατάξεις ελέγχου και προστασίας μιας εγκατάστασης κίνησης
- ☞ να σχεδιάζουν μονογραμμικά σχέδια όλων των πινάκων κίνησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης
- ☞ να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά και το είδος των υλικών που αναφέρονται στα ηλεκτρικά σχέδια κίνησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης

4.3.1 Γενικά

Η μελέτη και σχεδίαση μιας εγκατάστασης κίνησης αφορά τον **υπολογισμό** και τη **σχεδίαση** όλων των διατάξεων που **ελέγχουν και τροφοδοτούν** με ηλεκτρική ισχύ τις διάφορες μηχανές παραγωγής έργου, που είναι εγκατεστημένες στο βιομηχανικό χώρο.

- ➔ Η εγκατάσταση κίνησης περιλαμβάνει:
 - τον **Πίνακα** και τους **Υποπίνακες Κίνησης**
 - τις **γραμμές τροφοδοσίας** των μηχανών παραγωγής έργου

➔ Η σχεδίαση της **εγκατάστασης κίνησης** αρχίζει από το Γενικό Πίνακα Κίνησης και τις γραμμές των κυκλωμάτων που θα τροφοδοτήσουν τις διάφορες **μηχανές παραγωγής έργου** (τόρνους, φρέζες, δράπανα, μεταφορικές ταινίες, ηλεκτρικά πριόνια, κομπρεσέρ, κ.λπ.), οι οποίες βρίσκονται στο βιομηχανικό χώρο.

Ο Πίνακας Κίνησης θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο χώρο των μηχανών παραγωγής έργου και να έχει τον κατάλληλο βαθμό προστασίας IPxy (x, y ακέραιοι αριθμοί που δείχνουν το βαθμό προστασίας, από σκόνη και αντικείμενα ο x και υγρασία και νερό ο y).

➔ Κατά τη μελέτη και σχεδίαση μιας εγκατάστασης κίνησης θα πρέπει να ικανοποιήσουμε κάποιους βασικούς κανόνες - απαιτήσεις:

- **Οικονομία:** Περιορισμός στο ελάχιστο δυνατό, στις διατομές των αγωγών και στις απο-

στάσεις, ώστε το αποτέλεσμα που θα προκύψει να είναι οικονομικό.

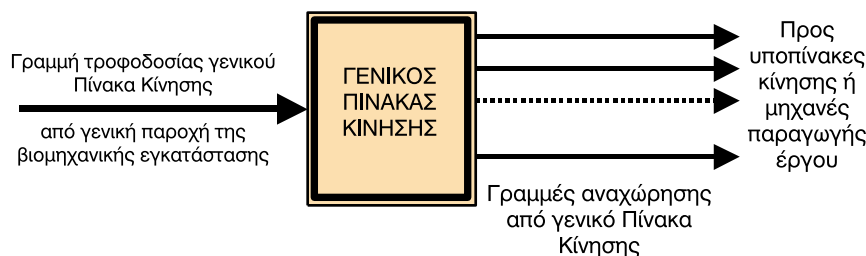
- **Ασφάλεια:** Άριστη προστασία από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα, καλή γείωση και προστασία των μηχανών παραγωγής έργου, ώστε να παρέχεται ασφάλεια εργασίας.
- **Κατανομή φορτίων:** Ομοιόμορφη κατανομή μονοφασικών μηχανών παραγωγής έργου σε κάθε φάση της τριφασικής παροχής της εγκατάστασης, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα από τη βύθιση τάσης κατά την εκκίνησή τους.

➔ Μετά από τα παραπάνω καταλήγουμε στη μελέτη και σχεδίαση της ηλεκτρικής εγκατάστασης κίνησης του συγκεκριμένου χώρου, ξεκινώντας με ένα κατοπτικό αρχιτεκτονικό σχέδιο του χώρου για τον οποίο θα εργαστούμε.

➔ Στην κάτοψη αυτή πρέπει να φαίνεται η χωροθέτηση των διάφορων μηχανών και συσκευών που θα λειτουργήσουν.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η χωροθέτηση πρέπει να γίνει με γνώμονα την εύκολη πρόσβαση των τεχνιτών, που θα χειρίζονται αυτές τις μηχανές ή συσκευές, ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα παραγωγικότητας. Καλό είναι σε τέτοιες περιπτώσεις να παίρνουμε και τη γνώμη αυτών που θα εργαστούν στο χώρο αυτό.

Μια γενική σχηματική παράσταση της εγκατάστασης κίνησης φαίνεται στο Σχήμα 4.3.1.



Σχήμα 4.3.1
Σχηματική παράσταση εγκατάστασης κίνησης

4.3.2 Μελέτη και σχεδίαση εγκατάστασης κίνησης

➔ Τις διάφορες μηχανές παραγωγής έργου, που βρίσκονται στο βιομηχανικό χώρο, κατά τη μελέτη και σχεδίαση της τροφοδοσίας τους δεν τις διαχωρίζουμε ανάλογα με το είδος της εργασίας που παράγουν, δηλαδή σαν φρέζες, τόνους, κ.λπ., αλλά τις θεωρούμε, την καθεμιά, ως ξεχωριστή **κατανάλωση κάποιας εγκατεστημένης ισχύος**.

Έτσι το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται σε βασικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών κινητήρων, που έχουν οι μηχανές παραγωγής έργου, όπως:

- **τάση** λειτουργίας
- **ονομαστική ισχύ** στον άξονά του
- **ονομαστικό ρεύμα** που απορροφά
- **συντελεστή ισχύος** και
- **βαθμό απόδοσης**

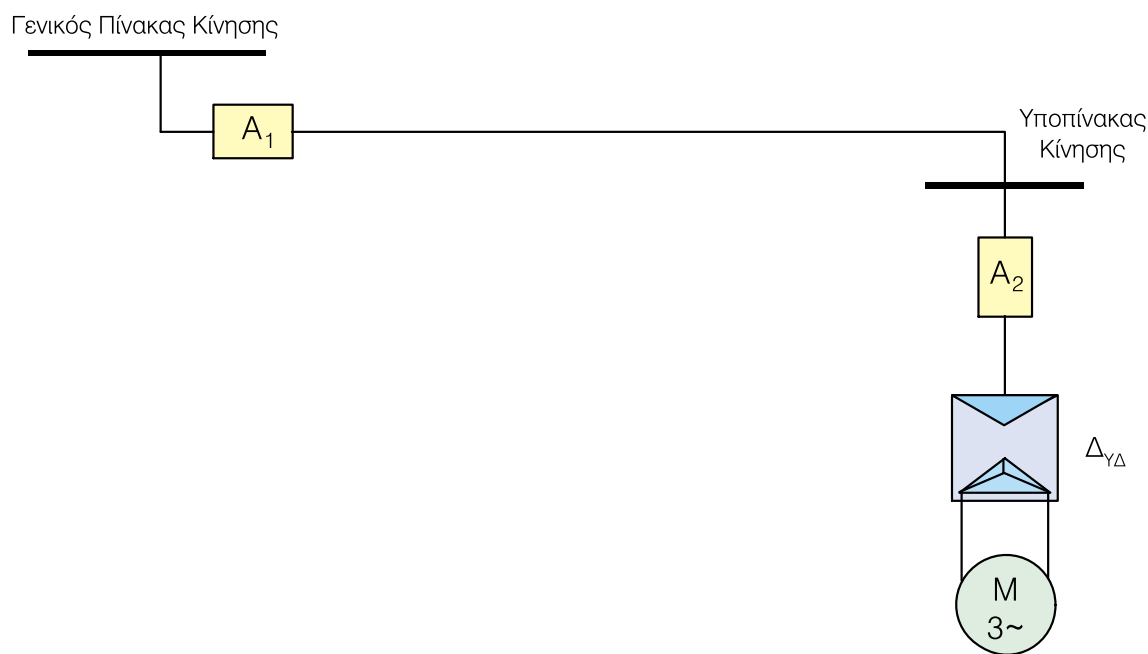
➔ Σε κάθε μηχανή παραγωγής έργου υπάρχει **Υποπί-**

νακας Κίνησης, από τον οποίο ελέγχεται και προστατεύεται η λειτουργία των ηλεκτρικών κινητήρων (ενός ή περισσοτέρων) της μηχανής παραγωγής έργου.

➤ Για κάθε μηχανή παραγωγής έργου είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την απόστασή της από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης**, η οποία είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της διατομής της γραμμής που τροφοδοτεί τον Υποπίνακα Κίνησης από το Γενικό Πίνακα Κίνησης.

■ Μηχανή παραγωγής έργου με μόνο έναν ηλεκτρικό κινητήρα

➔ Μία σχηματική παράσταση της διάταξης από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέχρι τον **Υποπίνακα Κίνησης** της μηχανής παραγωγής έργου, από όπου τροφοδοτείται ένας μόνο ηλεκτρικός κινητήρας, φαίνεται στο Σχήμα 4.3.2.



Σχήμα 4.3.2 Σχηματική διάταξη με έναν κινητήρα

➔ Στην προηγούμενη σχηματική παράσταση, όταν από τον Υποπίνακα κίνησης τροφοδοτείται ένας ηλεκτρικός κινητήρας, τότε για τις διατάξεις **A₁**, **A₂**, **Δγδ** θα έχουμε:

➤ Στη διάταξη προστασίας και ελέγχου **A₁**, που αναχωρεί η γραμμή τροφοδοσίας από το **Γενικό Πίνακα** Κίνησης προς τον **Υποπίνακα** Κίνησης της μηχανής παραγωγής έργου, μπορεί εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί:

- **διακόπτης φορτίου** και **ασφάλεια τήξης ή μαχαιρωτή ασφάλεια**
- **αυτόματος διακόπτης ισχύος**.

➤ Στη διάταξη προστασίας και ελέγχου **A₂**, στον Υποπίνακα Κίνησης, όταν τροφοδοτείται ένας μόνο κινητήρας, μπορεί **εναλλακτικά** να χρησιμοποιηθεί:

- **διακόπτης φορτίου** και **ασφάλεια τήξης ή μαχαιρωτή ασφάλεια**

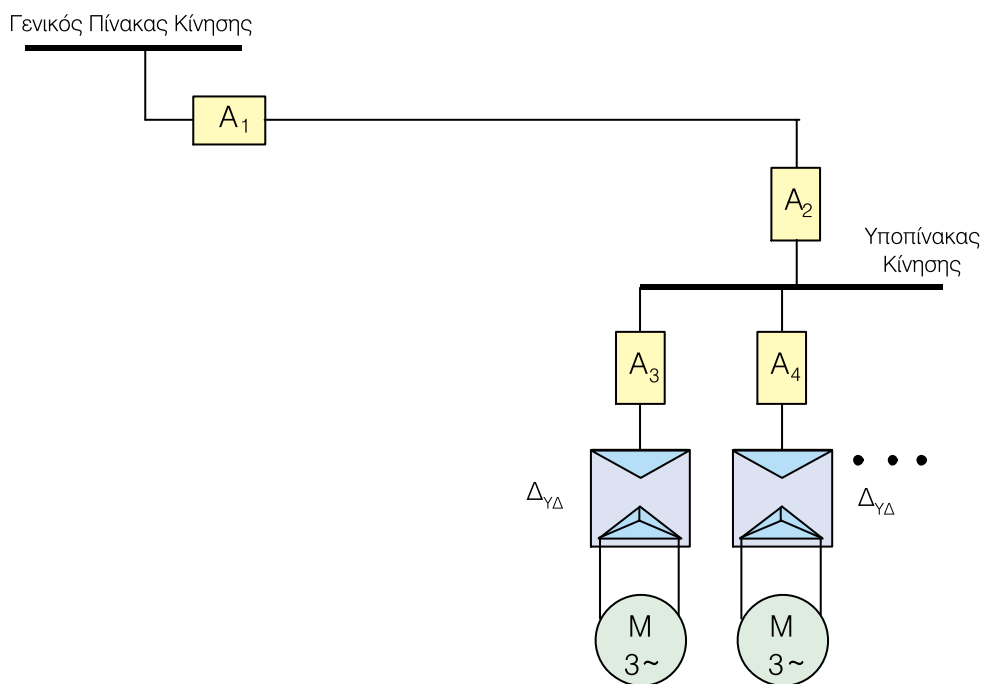
- **αυτόματος διακόπτης ισχύος**
- **αυτόματη ασφάλεια τύπου "C"**
- **μικροαυτόματος** διακόπτης προστασίας κινητήρων με **μαγνητική** και **θερμική** προστασία.

➤ Στη διάταξη εκκίνησης αστέρα - τριγώνου **Δγδ**, στον Υποπίνακα κίνησης θα χρησιμοποιηθούν **εναλλακτικά**:

- τρία **ρελέ** ισχύος (αστέρα, τριγώνου και γραμμής) με ένα **θερμικό** προστασίας των τυλιγμάτων του κινητήρα, **όταν** η διάταξη προστασίας **A₂** είναι ο συνδυασμός **διακόπτης φορτίου** με **ασφάλεια τήξης** (ή μαχαιρωτή) ή **αυτόματη ασφάλεια**.
- μόνο τρία **ρελέ** (αστέρα, τριγώνου και γραμμής) **χωρίς** το θερμικό, **όταν** η διάταξη προστασίας **A₂** είναι **αυτόματος διακόπτης ισχύος**, ή **μικροαυτόματος** διακόπτης προστασίας κινητήρων με μαγνητική και θερμική προστασία.

■ **Μηχανή παραγωγής έργου με περισσότερους από έναν ηλεκτρικούς κινητήρες**

➔ Μία σχηματική παράσταση της διάταξης από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέχρι τον **Υποπίνακα Κίνησης** της μηχανής παραγωγής έργου, από όπου τροφοδοτούνται περισσότεροι του ενός κινητήρες, φαίνεται στο Σχήμα 4.3.3.



Σχήμα 4.3.3 Σχηματική διάταξη με περισσότερους του ενός κινητήρες

➔ Στην περίπτωση αυτή, όπου από τον Υποπίνακα κίνησης τροφοδοτούνται περισσότεροι του ενός κινητήρες, τότε επιπλέον στον **Υποπίνακα Κίνησης** θα πρέπει πριν τις αναχωρήσεις να υπάρχει και γενική διάταξη προστασίας και ελέγχου **A**, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.3.3.

➔ Για τις διατάξεις προστασίας **A1, A2, ..., An** και τις διατάξεις εκκίνησης των κινητήρων **ΔΥΔ**, ισχύει ό,τι και στην περίπτωση που έχουμε στον Υποπίνακα Κίνησης ένα μόνο κινητήρα.

► Η μελέτη και σχεδίαση της εγκατάστασης κίνησης περιλαμβάνει:

- **Σχεδίαση των γραμμών τροφοδοσίας με μονογραμμικό διάγραμμα, από τον πίνακα κίνησης.**
- **Υπολογισμό των διατομών των γραμμών τροφοδοσίας σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στη ενότητα 4.1.**
- **Επιλογή των διατάξεων προστασίας και ελέγχου των γραμμών τροφοδοσίας, σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στη ενότητα 4.1.**
- **Σχεδίαση μονογραμμικού διαγράμματος του πίνακα κίνησης.**
- **Υπολογισμό της παροχής τροφοδοσίας του πίνακα κίνησης από τη γενική παροχή της βιομηχανικής εγκατάστασης.**
- **Πίνακα συμβόλων και υλικών του πίνακα κίνησης.**

■ Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Κίνησης

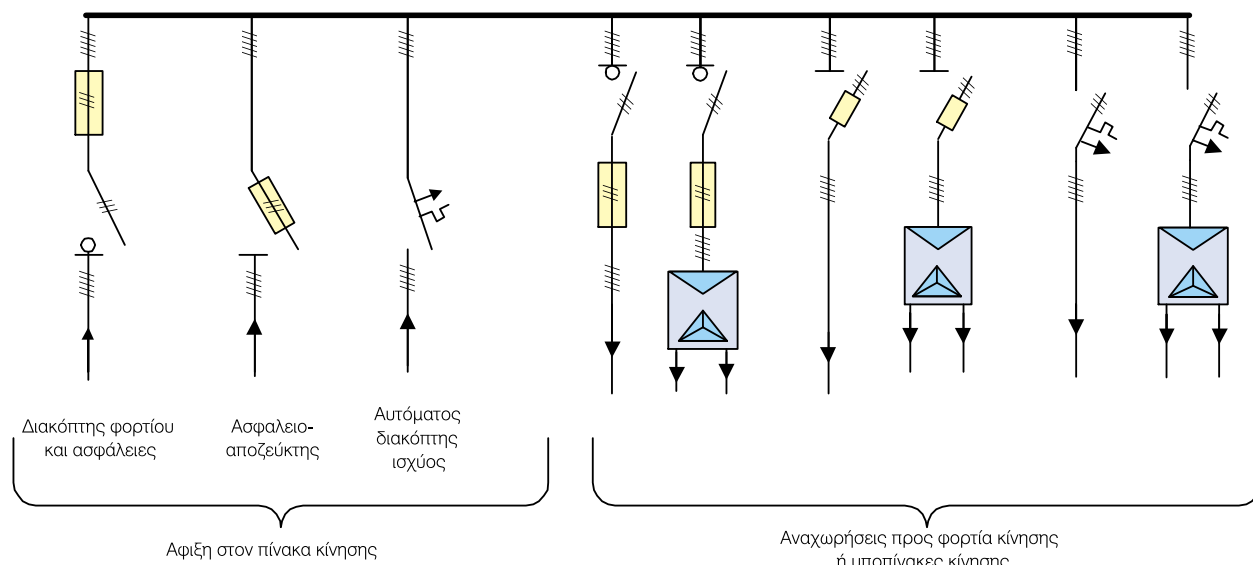
► Το μονογραμμικό διάγραμμα ενός Πίνακα ή Υποπίνακα Κίνησης, φαίνεται στο Σχήμα 4.3.4, όπου:

► Στη γενική παροχή του πίνακα - άφιξη (πάντα τριφασική), μπορεί να χρησιμοποιηθεί **εναλλακτικά**:

1. Διακόπτης φορτίου με ασφάλειες τήξης (ή με μαχαιρωτές ασφάλειες)
2. Ασφαλειοαποζεύκτης
3. Αυτόματος διακόπτης ισχύος

► Στις αναχωρήσεις, (τριφασικές κατά κύριο λόγο ή μονοφασικές για την τροφοδοσία μονοφασικών κινητήρων), από τον πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

1. Διακόπτες φορτίου με ασφάλειες τήξης (ή με μαχαιρωτές ασφάλειες)
2. Διακόπτες φορτίου με ασφάλειες τήξης (ή με μαχαιρωτές ασφάλειες) και διατάξεις αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, θερμικά προστασίας κινητήρων)
3. Ασφαλειοαποζεύκτες
4. Ασφαλειοαποζεύκτες και διατάξεις αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, θερμικά προστασίας κινητήρων)
5. Αυτόματοι διακόπτες ισχύος
6. Αυτόματοι διακόπτες ισχύος και διατάξεις αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, χωρίς θερμικά προστασίας κινητήρων)



Σχήμα 4.3.4 Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Κίνησης

■ Υπολογισμός της γραμμής παροχής του Πίνακα Κίνησης

Ο υπολογισμός της γραμμής παροχής του Πίνακα Κίνησης γίνεται με βάση την απαιτούμενη ισχύ των κυκλωμάτων που αναχωρούν από τον Πίνακα Κίνησης, χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή ταυτοχρονισμού, ο οποίος συνήθως κυμαίνεται, ανάλογα με το είδος και τα φορτία της εγκατάστασης, από 0,4 έως 0,8.

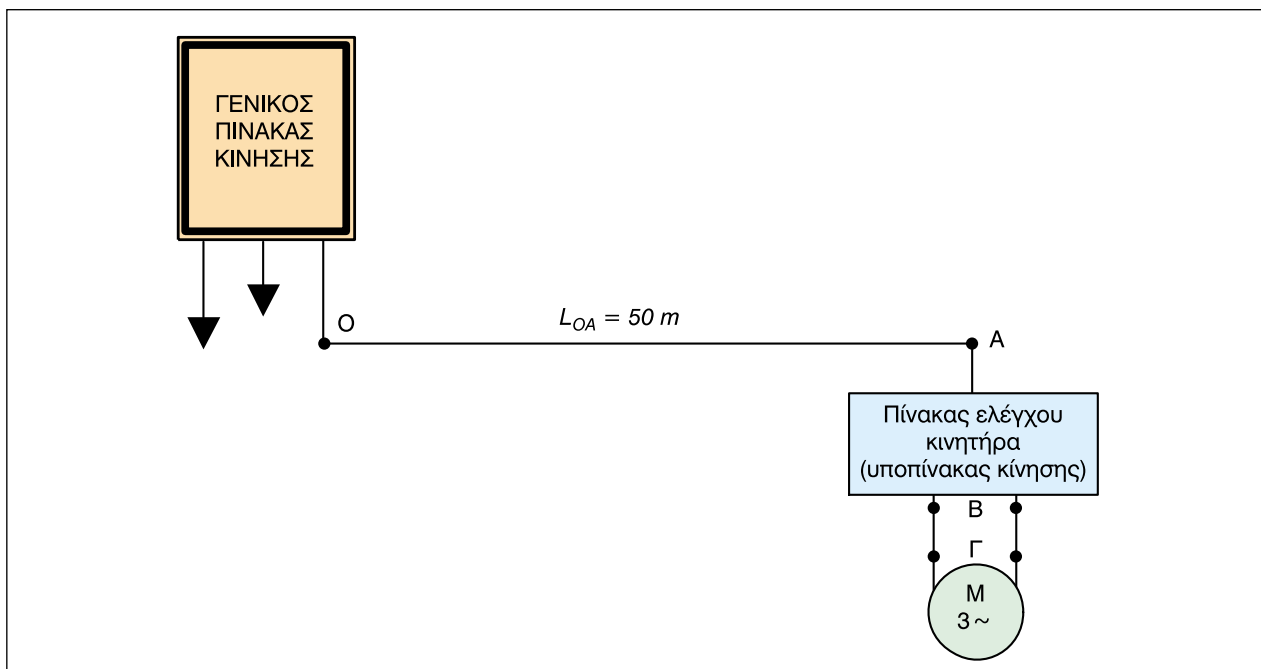
■ Πίνακας συμβόλων και υλικών του Πίνακα Κίνησης

Μετά τους υπολογισμούς συντάσσεται πίνακας με τα υλικά και τα αντίστοιχα σύμβολά τους, τα οποία περιέχει ο Πίνακας και οι Υποπίνακες Κίνησης της εγκατάστασης.

Παράδειγμα:

➤ Στην παρακάτω διάταξη μια μηχανή παραγωγής έργου με έναν ηλεκτρικό κινητήρα τροφοδοτείται από το γενικό Πίνακα Κίνησης με γραμμή τροφοδοσίας μήκους 50 m.

Να υπολογίσετε τη διατομή των αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας, καθώς και τις διατάξεις προστασίας και ελέγχου της γραμμής τροφοδοσίας και του ηλεκτρικού κινητήρα.

**Δεδομένα:**

➤ Στοιχεία κινητήρα:

- Ονομαστική **ισχύς 125 HP (90 kW)** - συνδεσμολογία τυλιγμάτων σε τρίγωνο
- Ονομαστική **τάση 400 V, 50 Hz**
- Συντελεστής ισχύος **συνφ = 0,83**
- Βαθμός απόδοσης **η% = 92%**

➤ Το μήκος της γραμμής από το Γενικό Πίνακα Κίνησης μέχρι τον Πίνακα τροφοδοσίας του κινητήρα (Υποπίνακα Κίνησης) είναι **l_{OA} = 50 μέτρα**.

➤ Το μήκος **l_{BΓ}** από τον Υποπίνακα Κίνησης μέχρι το κιβώτιο ακροδεκτών του κινητήρα είναι **μικρό**.

➤ Η θερμοκρασία περιβάλλοντος που θα λειτουργήσει η εγκατάσταση είναι **40°C**.

➤ Επειδή η ισχύς του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από **2 kW** θα χρησιμοποιηθεί ειδική διάταξη εκκίνησης και στο παράδειγμά μας θα χρησιμοποιήσουμε αυτόματο διακόπτη αστέρα - τριγώνου.

➤ Θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο τετραπολικό **NYΥ** με μόνωση από PVC (τρεις φάσεις και αγωγός γείωσης L₁, L₂, L₃, PE).

Ζητούμενα:

A. Ζητούμενα από γενικό πίνακα κίνησης μέχρι υποπίνακα κίνησης που βρίσκεται στη μηχανή παραγωγής έργου.

1. Το ονομαστικό ρεύμα κινητήρα I_N .
2. Η διατομή αγωγών (ενεργών αγωγών) της γραμμής τροφοδοσίας από το γενικό πίνακα μέχρι τον υποπίνακα κίνησης.
3. Ο διακόπτης φορτίου και οι ασφάλειες τήξης στην αρχή της γραμμής.
4. Ο αυτόματος διακόπτης ισχύος και η περιοχή ρύθμισής του, σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός διακόπτης φορτίου - ασφάλειες τήξης.

B. Ζητούμενα που αφορούν διάταξη εκκίνησης και έλεγχο κινητήρα στον υποπίνακα κίνησης.

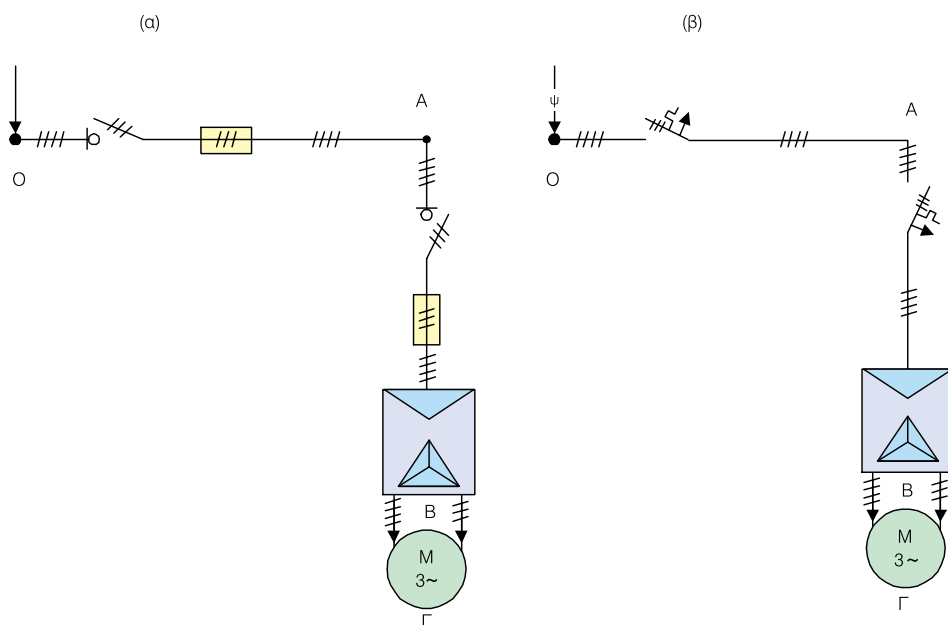
1. Ο διακόπτης φορτίου και οι ασφάλειες τήξης στον υποπίνακα κίνησης.
2. Ο αυτόματος διακόπτης ισχύος και η περιοχή ρύθμισής του, σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός διακόπτης φορτίου - ασφάλειες τήξης.
3. Τα στοιχεία του αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου για την εκκίνηση του κινητήρα.
4. Η διατομή αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας από τον υποπίνακα μέχρι το κιβώτιο ακροδεκτών του κινητήρα.

Λύση:

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ:

➔ Αν χρησιμοποιήσουμε **διακόπτες φορτίου και ασφάλειες τήξης**, το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης θα είναι αυτό του Σχήματος 4.3.5α.

➔ Αν χρησιμοποιήσουμε **αυτόματους διακόπτες ισχύος** αντί του συνδυασμού διακόπτη φορτίου - ασφάλεια τήξης, το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης θα είναι αυτό του Σχήματος 4.3.5β.



Σχήμα 4.3.5
Μονογραμμικό διάγραμμα εγκατάστασης κίνησης

→ **A.1**

Το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα από τη σχέση (4.1.2) της Ενότητας 4.1 είναι:

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{P_{\text{μπκ}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi \cdot \eta} = \frac{90000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,83 \cdot 0,92} = 170 \text{ A}$$

→ **A.2**

Η επιλογή της διατομής των ενεργών αγωγών θα γίνει με βάση τον Πίνακα 2.2.4 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 (κανονισμοί DIN VDE, IEC και HD). Αν χρησιμοποιήσουμε τον Πίνακα 2.2.1 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, που περιέχει στοιχεία με βάση τους Ελληνικούς κανονισμούς, πρέπει να κάνουμε προσαύξηση του ρεύματος που υπολογίσαμε κατά 25%.

Αφού έχουμε θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C από τον Πίνακα 2.2.5 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 για μόνωση με PVC, παίρνουμε συντελεστή διόρθωσης 0,87 και επομένως:

$$I' = \frac{I}{0,87} = \frac{170}{0,87} = 195,4 \text{ A}$$

Από τον Πίνακα 2.2.4 - Ομάδα II της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, θα έχουμε για τυποποιημένη ονομαστική τιμή ρεύματος **207 A** (αμέσως μεγαλύτερη τιμή από 195,4 A), διατομή αγωγού:

$$S = 70 \text{ mm}^2$$

Η επιτρεπόμενη πτώση τάσης για εγκαταστάσεις κίνησης, όπως είναι γνωστό, είναι μέχρι **3%** και επομένως, για τάση 400 V αυτή θα είναι **12 V**.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση 4.1.5 της ενότητας 4.1, ελέγχουμε αν η διατομή των αγωγών που υπολογίσαμε μας ικανοποιεί την επιτρεπτή πτώση τάσης και έχουμε:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \cdot 0,018 \cdot \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{50 \text{ m}}{70 \text{ mm}^2} \cdot 170 \text{ A} \cdot 0,83 = 3,14 \text{ V}$$

Επομένως, επειδή $\Delta U < 12 \text{ V}$, η διατομή που επιλέξαμε για τους αγωγούς της γραμμής τροφοδοσίας από το γενικό πίνακα μέχρι τον υποπίνακα, είναι αποδεκτή και το καλώδιο που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **ΝΥΥ 3x70 mm² + 35 mm²**. Η διατομή του αγωγού γείωσης επιλέγεται σύμφωνα με το άρθρο 19 των κανονισμών Ε.Η.Ε, όπου για διατομές αγωγών μεγαλύτερες των 16 mm² η διατομή του αγωγού γείωσης είναι η μισή των ενεργών αγωγών και όχι μικρότερη των 16 mm².

→ A.3

Από τον Πίνακα 2.2.8 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, για διατομή καλωδίου **70 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **207 A**, θα έχουμε **ασφάλεια βραδείας τήξης** 200 A. Αν χρησιμοποιήσουμε **μαχαιρωτές ασφάλειες NH**, επειδή συμπεριφέρονται ως ασφάλειες ταχείας τήξης, θα πρέπει να είναι ονομαστικής τιμής **250 A** (επιλογή με βάση τις χαρακτηριστικές καμπύλες ασφαλειών ταχείας και βραδείας τήξης της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2).

Το μέγεθος του διακόπτη φορτίου που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι τουλάχιστο ίσο με το μέγεθος των ασφαλειών προστασίας που επελέγησαν και επίσης θα πρέπει να διακόπτει το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας των αγωγών που ελέγχει.

Επομένως στην περίπτωση μας θα επιλέξουμε από τον Πίνακα 2.2.15 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, **διακόπτη φορτίου κατηγορίας 3** με ονομαστικό ρεύμα **250 A**.

→ A.4

Αν χρησιμοποιήσουμε **αυτόματο διακόπτη ισχύος**, αντί του συνδυασμού διακόπτης φορτίου - ασφάλεια τήξης, τότε αυτός από τον Πίνακα 2.2.13 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, είναι τριπολικός ονομαστικού ρεύματος **250 A** με περιοχή ρύθμισης **100 - 250 A**.

➤ Η **ρύθμιση** στην περίπτωση μας γίνεται στα **207 A**, που είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα των αγωγών διατομής 70 mm².

Η ρύθμιση θερμικής προστασίας, αυτόματου διακόπτη ισχύος στην αρχή της γραμμής τροφοδοσίας, γίνεται στην τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που αντιστοιχεί στη διατομή των αγωγών της γραμμής που επιλέχτηκε και όχι στην τιμή του ρεύματος του κινητήρα που πιθανό υπάρχει στο τέλος της γραμμής. Σε μια τέτοια περίπτωση η προστασία του κινητήρα γίνεται μέσω του θερμικού του ή του αυτόματου διακόπτη ισχύος.

➤ Επομένως συγκεντρωτικά θα έχουμε:

Γραμμή τροφοδοσίας από γενικό Πίνακα Κίνησης μέχρι τον υποπίνακα του κινητήρα	NYΥ 3x70+35 mm²
Διακόπτης φορτίου τριπολικός κατηγορίας 3 στην αρχή της γραμμής	250 A
Ασφάλειες βραδείας τήξης (ή μαχαιρωτές) στην αρχή της γραμμής	200 A (250 A)
Αυτόματος τριπολικός διακόπτης ισχύος στην αρχή της γραμμής - ρύθμιση (αντί διακόπτη φορτίου - ασφαλειών)	250 A (100 - 250 A) ρύθμιση στα 207 A

→ B.1

Το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας, όπως υπολογίστηκε, είναι **170 A**. Από τον Πίνακα 2.2.8 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, έχουμε (για το αμέσως μεγαλύτερο από τα 170 A) επιτρεπόμενο ρεύμα 207 A, με **ασφάλεια βραδείας τήξης 200 A**. Αν χρησιμοποιήσουμε **μαχαιρωτές ασφάλειες** αυτές είναι **250 A**.

Το μέγεθος του διακόπτη φορτίου που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι τουλάχιστο ίσο με το μέγεθος των ασφαλειών προστασίας που επελέγησαν και επίσης θα πρέπει να διακόπτει το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας των αγωγών που ελέγχει.

Έτσι από τον Πίνακα 2.2.15 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, έχουμε **διακόπτη φορτίου κατηγορίας 3** με ονομαστικό ρεύμα **250 A**.

→ B.2

Αν χρησιμοποιήσουμε **αυτόματο διακόπτη ισχύος**, αντί του συνδυασμού διακόπτης φορτίου - ασφάλεια τήξης, τότε αυτός από τον Πίνακα 2.2.13 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, είναι τριπολικός ονομαστικού ρεύματος **200 A** με περιοχή ρύθμισης **160 - 200 A**.

➤ Η **ρύθμιση** θερμικής προστασίας του αυτόματου διακόπτη ισχύος, θα γίνει με βάση το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα που στην περίπτωσή μας είναι **170 A**. Έτσι ρυθμίζουμε τον αυτόματο διακόπτη στα 170 A.

→ B.3

Η δομή του αυτόματου **διακόπτη αστέρα - τριγώνου**, που θα χρησιμοποιήσουμε για την εκκίνηση του κινητήρα, έχει τη μορφή που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 4.2 - Σχήμα 4.2.4. Αυτός αποτελείται από **τρία ρελέ ισχύος** (του **αστέρα**, του **τριγώνου** και της **γραμμής**) και το **θερμικό** προστασίας του κινητήρα.

➤ Κατά τη λειτουργία του κινητήρα σε συνδεσμολογία τριγώνου, το ρεύμα που διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα, όπως είναι γνωστό είναι:

$$I = \frac{I_N}{\sqrt{3}} = 0,58 \cdot I_N \quad (4.3.1)$$

Επομένως το **ρελέ ισχύος γραμμής**, το **ρελέ ισχύος τριγώνου** και το **θερμικό προστασίας** του κινητήρα (Ενότητα 4.2 - Σχήμα 4.2.4), διαρρέονται από ρεύμα $I = 0,58 \cdot I_N$, με βάση το οποίο επιλέγεται και το μέγεθός τους.

Το **ρελέ ισχύος αστέρα**, που εμπλέκεται στο κύκλωμα κατά την εκκίνηση (όπου τα τυλίγματα του κινητήρα συνδέονται σε αστέρα), θα διαρρέεται όπως είναι γνωστό από ρεύμα:

$$I = \frac{I_N}{3} \quad (4.3.2)$$

Έτσι το ρελέ αστέρα επιλέγεται με βάση το ρεύμα της προηγούμενης σχέσης.

➤ Το ρεύμα επιλογής στην περίπτωση μας για το ρελέ γραμμής, το ρελέ τριγώνου και το θερμικό προστασίας, θα είναι $I = 0,58 \cdot I_N = 0,58 \cdot 170 = \mathbf{98,6 \text{ A}}$, ενώ το ρεύμα επιλογής για το ρελέ αστέρα, είναι $I = I_N/3 = 170/3 = \mathbf{56,67 \text{ A}}$.

➤ Από τον Πίνακα 2.2.17 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 (στοιχεία τριπολικών ρελέ ισχύος), έχουμε:

- **Ρελέ τριγώνου:** (κωδικός - ρεύμα - ισχύς) LC1-D115 / 115 A / 55 kW
- **Ρελέ γραμμής:** (κωδικός - ρεύμα - ισχύς) LC1-D115 / 115 A / 55 kW
- **Ρελέ αστέρα:** (κωδικός - ρεύμα - ισχύς) LC1-D65 / 65 A / 30 kW

➤ Από τον Πίνακα 2.2.18 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 (στοιχεία τριπολικών θερμικών προστασίας), έχουμε:

- **Θερμικό προστασίας:** (κωδικός, περιοχή ρύθμισης - ρελέ ισχύος που συνεργάζεται) LRD-4365 (80 - 104 A) / LC1-D115. Η **ρύθμιση** εδώ γίνεται στα 99 A, που είναι το ονομαστικό ρεύμα που ρέει στα τυλίγματα του κινητήρα.

Την επιλογή των ρελέ ισχύος και του θερμικού θα μπορούσαμε να την κάνουμε πιο γρήγορα, με τη βοήθεια του Πίνακα 4.1.1 της Ενότητας 4.1, όπου για ισχύ κινητήρα 90 kW, έχουμε, όπως εύκολα διαπιστώνουμε, τα ίδια αποτελέσματα.

➔ B.4

Οι αγωγοί που θα τροφοδοτήσουν τον κινητήρα, από τη διάταξη αστέρα - τριγώνου μέχρι το κιβώτιο ακροδεκτών του, διαρρέονται από ρεύμα:

$$I = 0,58 \cdot I_N = 0,58 \cdot 170 = \mathbf{98,6 \text{ A}}$$

Λόγω θερμοκρασίας 40°C, θα έχουμε:

$$I' = \frac{I}{0,87} = \mathbf{113,33 \text{ A}}$$

Από τον Πίνακα 2.2.4 - Ομάδα II, της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, έχουμε για τυποποιημένη ονομαστική τιμή ρεύματος **135 A** (αμέσως μεγαλύτερη τιμή από 113,33 A), διατομή αγωγού: **S = 35 mm²**.

Επειδή η διαδρομή από τη διάταξη του διακόπτη αστέρα - τριγώνου μέχρι τον κινητήρα είναι διπλή, όπως εύκολα φαίνεται και στο Σχήμα 4.2.3 της Ενότητας 4.2, θα χρησιμοποιήσουμε δύο καλώδια: ένα **ΝΥΥ 3 x 35 + 16 mm²** και ένα **ΝΥΥ 3 x 35 mm²** (η γείωση πηγαίνει στον κινητήρα με το ένα καλώδιο).

► Επομένως συγκεντρωτικά θα έχουμε:

Διακόπτης φορτίου τριπολικός κατηγορίας 3 στον υποπίνακα κίνησης του κινητήρα	250 A
Ασφάλειες βραδείας τήξης (ή μαχαιρωτές) στον υποπίνακα κίνησης του κινητήρα	200 A (250 A)
Αυτόματος τριπολικός διακόπτης ισχύος στην αρχή της γραμμής - ρύθμιση(αντί διακόπτη φορτίου - ασφαλειών)	201 A (160 - 200 A) ρύθμιση στα 170 A
Τριπολικό ρελέ ισχύος γραμμής	LC1-D115 / 115 A / 55 kW
Τριπολικό ρελέ ισχύος τριγώνου	LC1-D115 / 115 A / 55 kW
Τριπολικό ρελέ ισχύος αστέρα	LC1-D65 / 65 A / 30 kW
Θερμικό προστασίας κινητήρα - ρύθμιση	LRD-4365 (80 - 104 A) / 99 A
Γραμμή τροφοδοσίας κινητήρα από τον υποπίνακα κίνησης μέχρι το κιβώτιο των ακροδεκτών του	Ένα καλώδιο NY Y 3x35+16 mm² και ένα NY Y 3x35 mm²

4.3.3 Εφαρμογή

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ)

Στο **Σχέδιο Κ1** φαίνεται η χωροθέτηση των διάφορων μηχανών παραγωγής έργου ενός Μηχανουργείου. Για το συγκεκριμένο χώρο του μηχανουργείου που επιλέξαμε θεωρήσαμε ότι:

1. κάθε μηχανή παραγωγής έργου έχει έναν ηλεκτρικό κινητήρα και
2. η θερμοκρασία περιβάλλοντος του χώρου είναι **35°C**

➔ Ο **υπολογισμός** των διατάξεων ελέγχου και προστασίας:

- των γραμμών τροφοδοσίας από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέχρι τον **Υποπίνακα Κίνησης** κάθε μηχανής παραγωγής έργου και
- των **ηλεκτρικών κινητήρων** κάθε μηχανής παραγωγής έργου,

έγινε σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε αναλυτικά.

➔ Πιο **συγκεκριμένα**:

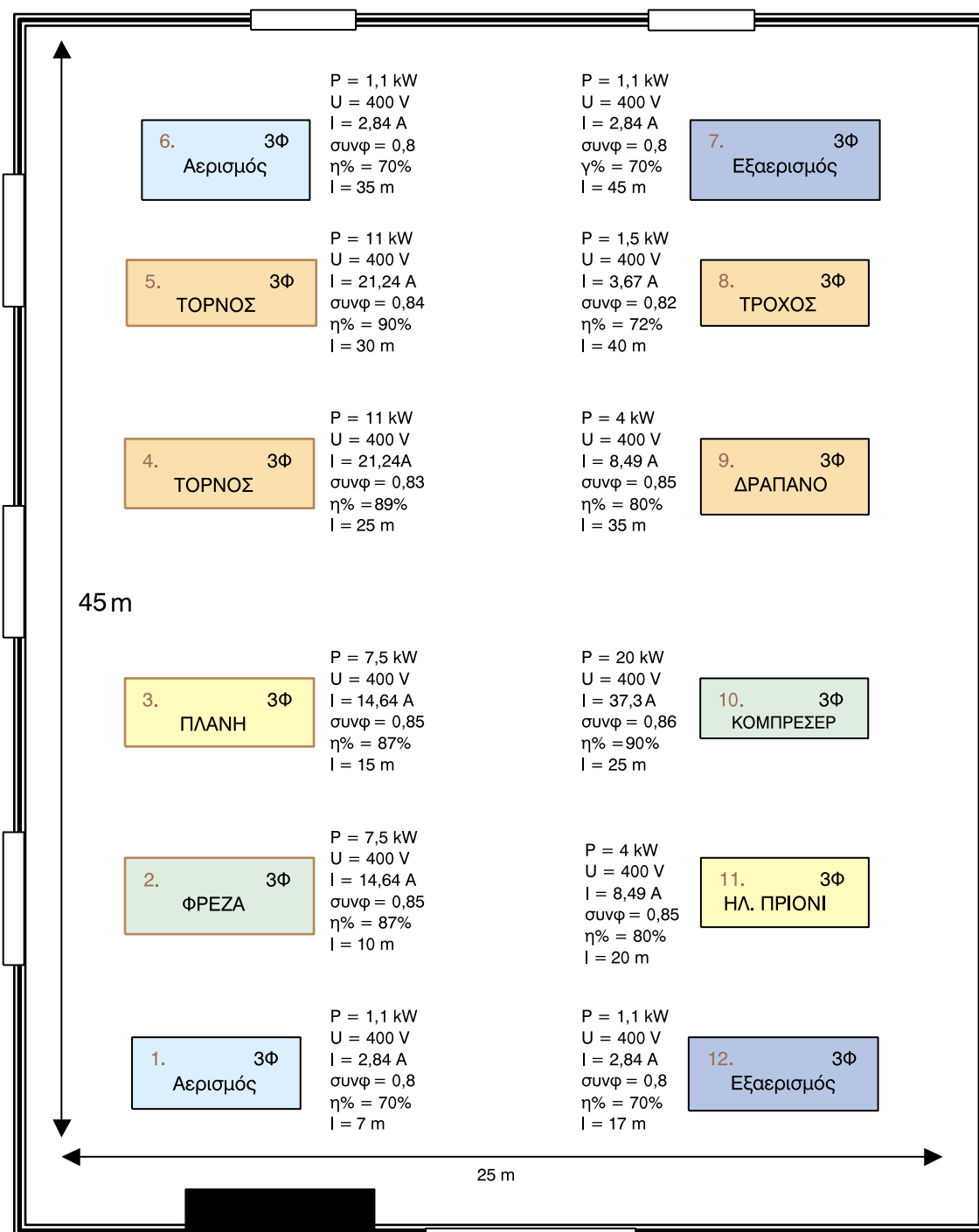
1. Για τις διατομές των γραμμών τροφοδοσίας των κινητήρων, τους κανονισμούς **DIN VDE**, **IEC** και **HD**. (Πίνακα 2.2.4 - ΟΜΑΔΑ II και Πίνακα 2.2.5) της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2.
2. Για τον έλεγχο των πτώσεων τάσης χρησιμοποιήσαμε τις επόμενες σχέσεις:

$$\Delta U = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{S} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{μονοφασική γραμμή - επιτρεπτή πτώση για } \mathbf{230\text{ V} : 2,3\text{ V}}) \text{ και}$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{τριφασική γραμμή - επιτρεπτή πτώση για } \mathbf{400\text{ V} : 12\text{ V}})$$

3. Για τον υπολογισμό των διατάξεων προστασίας και ελέγχου (διακόπτες, ασφάλειες) χρησιμοποιήσαμε τους Πίνακες 2.2.8, 2.2.13, 2.2.14, 2.2.15 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2.
4. Για τις διατάξεις εκκίνησης χρησιμοποιήσαμε τους Πίνακες 2.2.17, 2.2.18 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 και τον Πίνακα 4.1.1 της Ενότητας 4.1 του Κεφαλαίου 4.

➔ Τα **αποτελέσματα** των υπολογισμών παρουσιάζονται σε πίνακες, που ακολουθούν, για κάθε μηχανή παραγωγής έργου:



Γενικός Πίνακας Κίνησης

Σχέδιο Κ1 Στοιχεία και χωροθέτηση μηχανών παραγωγής έργου

► Πίνακες Αποτελεσμάτων Υπολογισμών:

■ Μηχανή παραγωγής έργου 1: Αερισμός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 0,20 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης
4	Διάταξη εκκίνησης	Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης

■ Μηχανή παραγωγής έργου 2: Φρέζα (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 1,55 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 25 A (20-25) ρύθμιση στα 25 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (13-18) με ρύθμιση στα 14,64 A
4	Διάταξη εκκίνησης	Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	ΝΥΥ 3x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃) και ΝΥΥ 4x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE)

■ Μηχανή παραγωγής έργου 3: Πλάνη (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 2,33 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 25 A (20 - 25) με ρύθμιση στα 25 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (13-18) με ρύθμιση στα 14,64
4	Διάταξη εκκίνησης	Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	ΝΥΥ 3x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃) και ΝΥΥ 4x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE)

■ Μηχανή παραγωγής έργου 4: Τόρνος (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x4 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 3,48 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 32 A (25,6 - 32) με ρύθμιση στα 32 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (20-25) με ρύθμιση στα 21,5 A
4	Διάταξη εκκίνησης	Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 7,5 kW - 18 A (χωρίς θερμικό)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	ΝΥΥ 3x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃) και ΝΥΥ 4x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE)

■ Μηχανή παραγωγής έργου 5: Τόρνος (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x4 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 4,17 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 32 A (25,6 - 32) με ρύθμιση στα 32 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (20-25) με ρύθμιση στα 21,5 A
4	Διάταξη εκκίνησης	Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 7,5 kW - 18 A (χωρίς θερμικό)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	ΝΥΥ 3x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃) και ΝΥΥ 4x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE)

■ Μηχανή παραγωγής έργου 6: Αερισμός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 0,99 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης
4	Διάταξη εκκίνησης	Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης

■ Μηχανή παραγωγής έργου 7 : Εξαερισμός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 01,28 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης
4	Διάταξη εκκίνησης	Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης

■ Μηχανή παραγωγής έργου 8: Τροχός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 1,5 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 3,67 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης
4	Διάταξη εκκίνησης	Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης

■ Μηχανή παραγωγής έργου 9: Δράπανο (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 3,15 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 16 A (12,8 - 16) με ρύθμιση στα 16 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (6 - 10) με ρύθμιση στα 8,49 A
4	Διάταξη εκκίνησης	Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	ΝΥΥ 3x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃) και ΝΥΥ 4x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE)

■ Μηχανή παραγωγής έργου 10: Κομπρεσέρ (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x6 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 4,17 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 40 A (32 - 40) με ρύθμιση στα 40 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Διακόπτης φορτίου 40 A με ασφάλεια τήξης 35 A
4	Διάταξη εκκίνησης	Ρελέ αστέρα 5,5 kW - 12 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 11 kW - 25A, θερμικό (17 - 25) με ρύθμιση στα 21,55 A
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	ΝΥΥ 3x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃) και ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE)

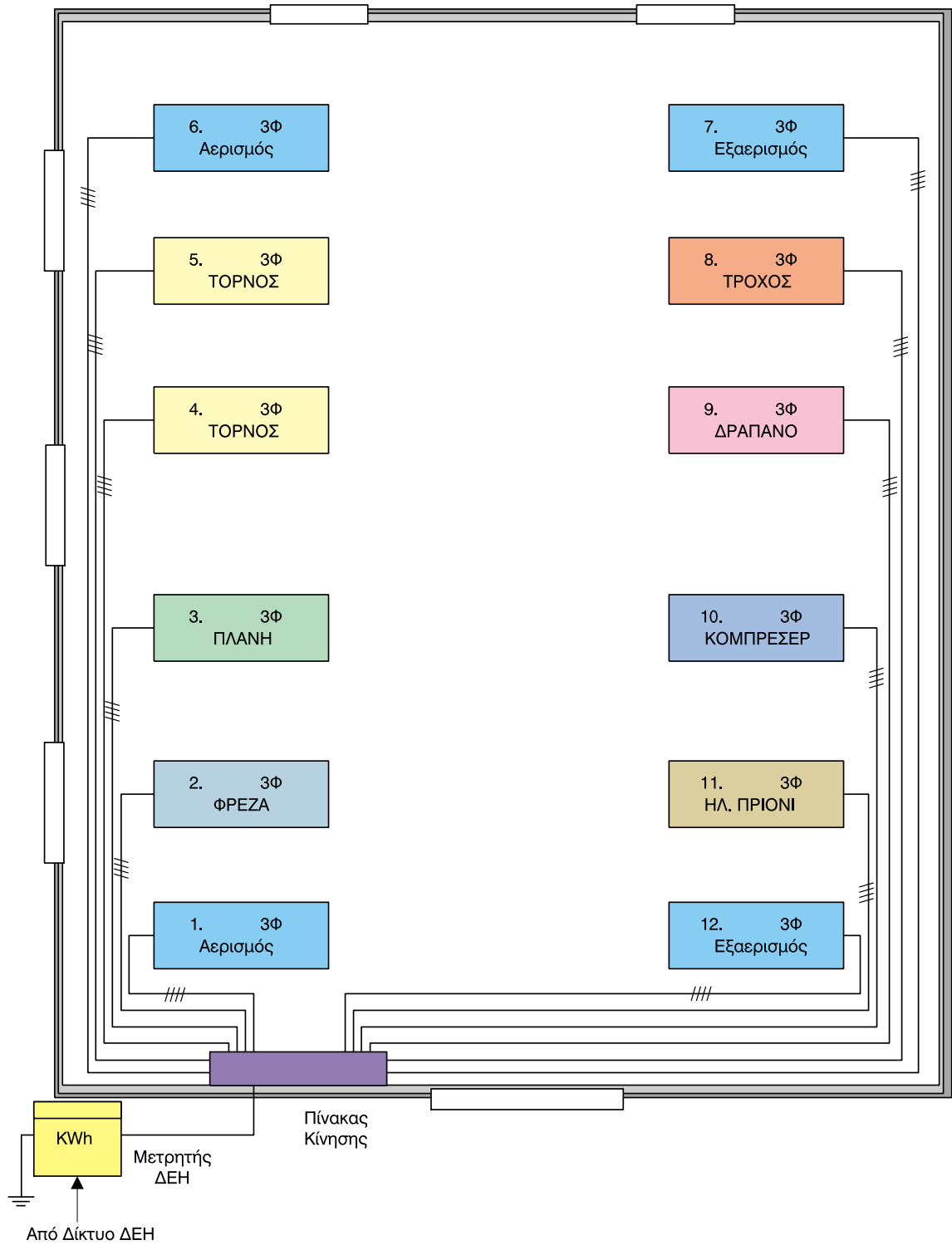
■ Μηχανή παραγωγής έργου 11 : Ηλεκτρικό πριόνι (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x2,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 1,8 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 16 A (12,8 - 16) με ρύθμιση στα 16 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (6 - 10) με ρύθμιση στα 8,49 A
4	Διάταξη εκκίνησης	Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	ΝΥΥ 3x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃) και ΝΥΥ 4x1,5 mm² (L₁, L₂, L₃, PE)

■ Μηχανή παραγωγής έργου 12 : Εξαερισμός (τριφασικός κινητήρας)

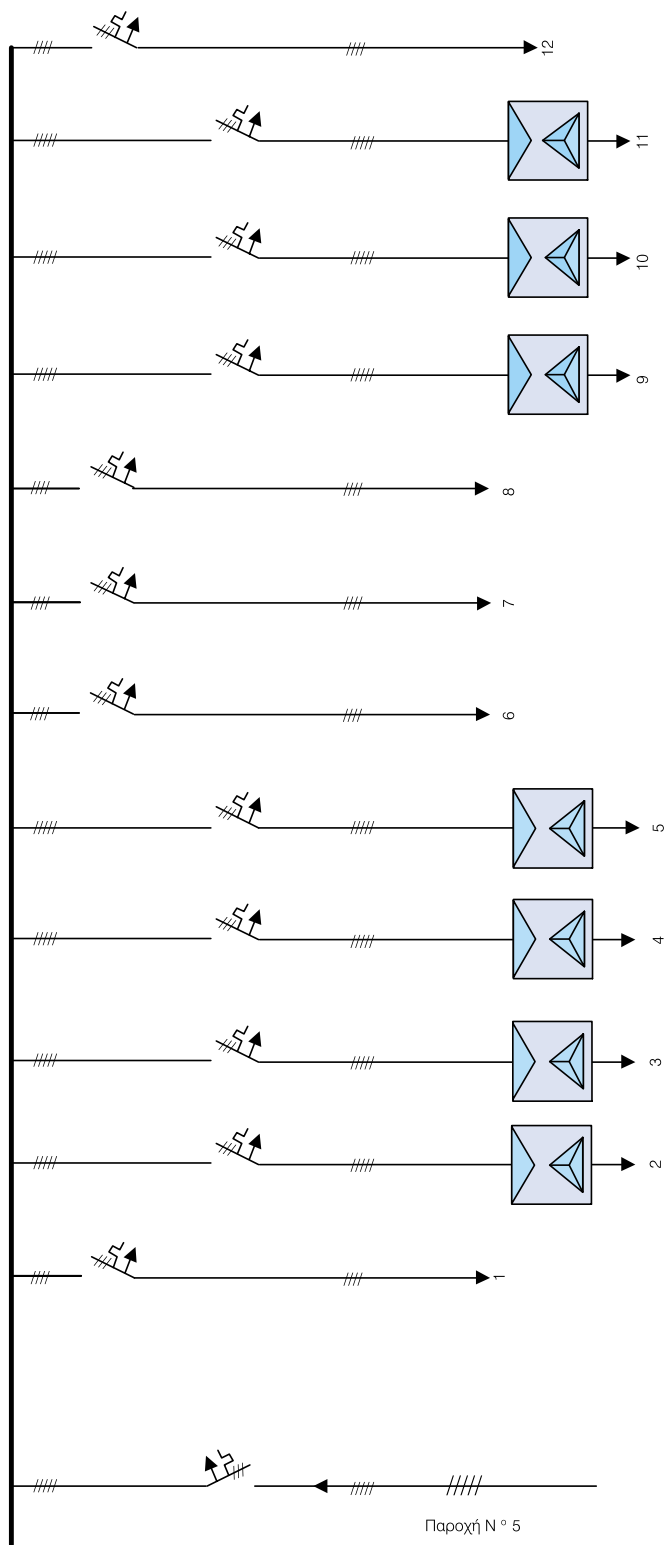
1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	ΝΥΥ 4x6 mm² (L₁, L₂, L₃, PE) 0,48 V
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης
4	Διάταξη εκκίνησης	Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης

➔ Στο Σχέδιο K2 φαίνονται οι γραμμές τροφοδοσίας των διάφορων μηχανών παραγωγής έργου, από τον Πίνακα Κίνησης της εγκατάστασης.



Σχέδιο K2 Γραμμές τροφοδοσίας μηχανών παραγωγής έργου

➔ Στο Σχέδιο Κ3 φαίνεται το μονογραμμικό διάγραμμα του Γενικού Πίνακα Κίνησης.



Σχέδιο Κ3 Μονογραμμικό διάγραμμα Γενικού Πίνακα Κίνησης

► Η **Γενική Παροχή** (αριθμός παροχής από ΔΕΗ) θα υπολογιστεί από τη συνολική ισχύ του βιομηχανικού χώρου θεωρώντας ένα **συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,75**.

Επειδή από το Γενικό Πίνακα Κίνησης τροφοδοτείται και ο Πίνακας Φωτισμού του Μηχανουργείου, θα πρέπει να είναι γνωστή και η ισχύς της εγκατάστασης φωτισμού του Μηχανουργείου, η οποία παρουσιάζεται σε επόμενη Ενότητα. Από αυτή τη μελέτη Φωτισμού προέκυψε μια ισχύς **$P_{\Phi} = 18 \text{ kW}$** .

Έτσι για τη συνολική ισχύ της Βιομηχανικής Εγκατάστασης **P_{BE}** έχουμε:

$$P_{BE} = P_{\Phi} + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{11} + P_{12} =$$

$$= 18 + 1,1 + 7,5 + 7,5 + 11 + 11 + 1,1 + 1,1 + 1,5 + 4 + 20 + 4 + 1,1 = \mathbf{88,9 \text{ kW}}$$

► Για το βιομηχανικό χώρο του μηχανουργείου παίρνουμε συντελεστή ταυτοχρονισμού **0,75** και τελικά έχουμε μέση ισχύ **$P_M = 66,7 \text{ kW}$** . Οπότε από τις τυποποιημένες τριφασικές παροχές, που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3, έχουμε παροχή **N° 5** με:

- **Γραμμή Μετρητή** - Γενικού Πίνακα Κίνησης **$3 \times 50 + 25 + 25 \text{ mm}^2$** (L₁, L₂, L₃, N, PE).
- **Ασφάλειες** μετρητή της ΔΕΗ **160 A** και **γενικές ασφάλειες** Γενικού Πίνακα Κίνησης **125 A**.

► Για το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** επιλέγουμε από τον Πίνακα 2.2.14 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, **Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος 160 A (64 - 160)** με ρύθμιση στα **125 A**.

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

- 4.4.1** Γενικά
- 4.4.2** Μελέτη και Σχεδίαση εγκατάστασης φωτισμού
- 4.4.3** Εφαρμογές



Ενότητα 4.4

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- ☞ να σχεδιάζουν και να υπολογίζουν τις γραμμές τροφοδοσίας φωτιστικών κυκλωμάτων μιας βιομηχανικής εγκατάστασης εσωτερικού και εξωτερικού χώρου
- ☞ να σχεδιάζουν μονογραμμικά σχέδια του πίνακα φωτισμού μιας βιομηχανικής εγκατάστασης
- ☞ να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά και το είδος των υλικών που αναφέρονται στα ηλεκτρικά σχέδια φωτισμού μιας βιομηχανικής εγκατάστασης

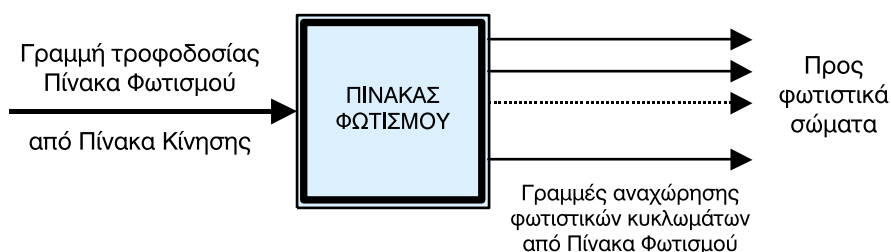
4.4.1 Γενικά

Βασική προϋπόθεση της εγκατάστασης φωτισμού ενός χώρου, είναι η κατά το δυνατόν καλύτερη επιλογή φωτιστικών σωμάτων που να υποκαθιστούν το φυσικό φωτισμό, όπου αυτός δεν υπάρχει.

➔ Μια εγκατάσταση φωτισμού περιλαμβάνει:

- τον **πίνακα φωτισμού**
- τα **κυκλώματα φωτισμού**
- τα **φωτιστικά σώματα**.

Μια γενική σχηματική παράσταση της εγκατάστασης φωτισμού φαίνεται στο Σχήμα 4.4.1.



Σχήμα 4.4.1 Σχηματική παράσταση εγκατάστασης φωτισμού

Ο Πίνακας Φωτισμού θα πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλη θέση του χώρου, ώστε να έχουμε εύκολη πρόσβαση για χειρισμό. Επίσης ο πίνακας θα πρέπει να έχει τον κατάλληλο βαθμό προστασίας IPxy (x, y ακέραιοι αριθμοί που δείχνουν το βαθμό προστασίας, από σκόνη και αντικείμενα ο x και υγρασία ή νερό ο y).

Ο φωτισμός ενός βιομηχανικού χώρου αφορά τον εσωτερικό και τον εξωτερικό φωτισμό του χώρου.

➤ Στο φωτισμό των εσωτερικών χώρων διακρίνουμε δύο είδη φωτισμού:

1. το **γενικό** φωτισμό και
2. τον **τοπικό** φωτισμό

➔ Ο **γενικός φωτισμός** εξυπηρετεί το σύνολο του χώρου για τον οποίο προορίζεται. Για παράδειγμα, φωτισμός σε χώρους που δεν υπάρχουν μόνιμες θέσεις εργασίας, όπως αίθουσες υποδοχής, αποθήκες και σε ορισμένους βιομηχανικούς χώρους, όπως χυτήρια, γαλβανιστήρια κ.λπ..

Επίσης γενικό φωτισμό έχουμε σε χώρους όπου έχουμε πυκνότητα θέσεων εργασίας, όπως αίθουσες διδασκαλίας, σχεδιαστήρια, αμφιθέατρα, κ.λπ..

➔ Ο **τοπικός φωτισμός** εξυπηρετεί μόνο τις θέσεις εργασίας, όπου εκεί απαιτούνται μεγάλες εντάσεις φωτισμού ή μεγάλες αντιθέσεις σκιάς. Ο τοπικός φωτισμός χρησιμοποιείται σε γραφεία, εργοστάσια, εργαστήρια όπου χρησιμοποιούνται λεπτά εργαλεία και όργανα, σε θέσεις ελέγχου προϊόντων κ.λπ..

➤ Εγκαταστάσεις μόνο τοπικού φωτισμού πρέπει να αποφεύγονται, γιατί η αντίθεση της φωτισμένης επιφάνειας εργασίας και του σκοτεινού περιβάλλοντος είναι κουραστική για τα μάτια.

➤ Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως χρησιμοποιούμε μικτό φωτισμό για να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Έτσι έχουμε το βασικό απαιτούμενο γενικό φωτισμό στο χώρο και τοπικό φωτισμό σε κάθε θέση εργασίας. Με την κατανομή αυτή έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα σε οικονομία κατανάλωσης αλλά και ξεκούραστο περιβάλλον.

➔ Πριν αρχίσουμε μία **μελέτη φωτισμού** πρέπει να λάβουμε υπόψη μας κάποιους βασικούς παράγοντες, όπως:

➤ Τις φυσιολογικές ανάγκες - απαιτήσεις του ανθρώπου, που καθορίζουν:

1. τη στάθμη φωτισμού
2. την κατανομή της φωτεινότητας στο χώρο
3. τη θάμβωση του ανθρώπου

➤ Την ψυχολογική διάθεση του ανθρώπου, που επηρεάζεται από:

1. τη χρωματική απόδοση των φωτιστικών σωμάτων
2. τη θερμοκρασία του χρώματος των φωτιστικών

➤ Την οικονομία, που την καθορίζουν:

1. η σωστή επιλογή φωτισμού και η στάθμη του
2. η σωστή επιλογή φωτιστικών

Τα φωτιστικά που θα χρησιμοποιήσουμε σε μια εγκατάσταση φωτισμού πρέπει να εναρμονίζονται ευχάριστα με το χώρο, να διανέμουν τη φωτεινή ροή του λαμπτήρα κατάλληλα και να παρέχουν προσιτό τρόπο συντήρησης.

4.4.2 Μελέτη και σχεδίαση εγκατάστασης φωτισμού

➔ Μια πλήρης μελέτη φωτισμού ενός εσωτερικού βιομηχανικού χώρου περιλαμβάνει:

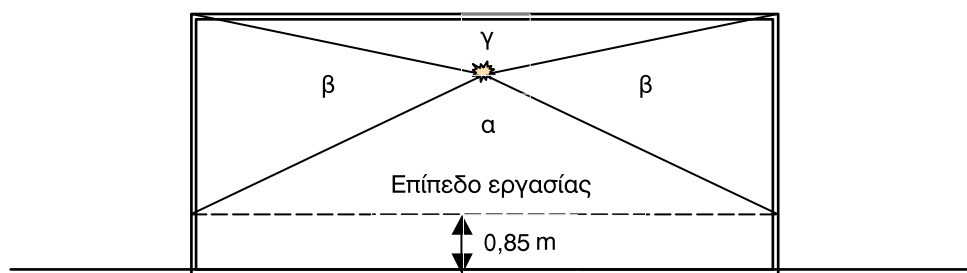
- Τον υπολογισμό της απαιτούμενης φωτεινής ροής Φ_0 (ή φωτεινής ισχύος) σε Lumen, που πρέπει να αποδώσουν τα φωτιστικά σώματα στον υπό μελέτη χώρο.
- Την επιλογή του τύπου και της ισχύος του φωτιστικού σώματος που θα χρησιμοποιηθεί.
- Τον υπολογισμό του πλήθους λ των φωτιστικών σωμάτων που θα απαιτηθούν για το φωτισμό του υπό μελέτη χώρου.
- Το σχεδιασμό των κυκλωμάτων τροφοδοσίας των φωτιστικών σωμάτων με την κατανομή τους ανά φάση.
- Τον υπολογισμό της διατομής των αγωγών τροφοδοσίας των φωτιστικών κυκλωμάτων και
- Τον υπολογισμό των διατάξεων ελέγχου των κυκλωμάτων τροφοδοσίας.

■ Υπολογισμός απαιτούμενης φωτεινής ροής των φωτιστικών σωμάτων

Πριν προχωρήσουμε σε αυτόν τον υπολογισμό θα πρέπει να γίνει μια επισήμανση ανάμεσα στην αποδιδόμενη φωτεινή ροή των φωτιστικών σωμάτων Φ_0 και την ωφέλιμη φωτεινή ροή Φ_n , που φτάνει στο επίπεδο εργασίας.

Είναι γνωστό ότι η αποδιδόμενη φωτεινή ροή δεν φτάνει ποτέ στο επίπεδο εργασίας, γιατί ένα μέρος της απορροφάται από τους τοίχους, την οροφή, κ.λπ.

Στο Σχήμα 4.4.2 φαίνεται ένα παράδειγμα του τρόπου κατανομής της φωτεινής ροής ενός χώρου. Το επίπεδο εργασίας θεωρείται πάντα σε απόσταση 0,85 μέτρα από το έδαφος.



Σχήμα 4.4.2 Τρόπος κατανομής φωτεινής ροής σε ένα χώρο

► Παρατηρούμε λοιπόν ότι ένα μέρος (α) της αποδιδόμενης φωτεινής ροής από το φωτιστικό σώμα, φωτίζει το επίπεδο εργασίας άμεσα. Ένα άλλο μέρος (β) και (γ) απορροφάται από τους τοίχους και την οροφή. Είναι λογικό όμως ένα μέρος από αυτό να επανέλθει στο επίπεδο εργασίας ως ανακλώμενο.

► Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα ότι η ωφέλιμη φωτεινή ροή Φ_n είναι πάντοτε μικρότερη από αυτή που αποδίδουν τα φωτιστικά σώματα Φ_o , οπότε μπορεί να οριστεί ένας **συντελεστής χρησιμοποίησης η** που είναι:

$$\eta = \frac{\Phi_n}{\Phi_o} (< 1) \quad (4.4.1)$$

Βέβαια το ποσοστό της φωτεινής ροής που θεωρούμε ότι απορροφάται από τους τοίχους δεν είναι πραγματική απώλεια, γιατί αυτό μας κάνει τους τοίχους ορατούς.

► Η συνολικά απαιτούμενη στο χώρο, και αποδιδόμενη φωτεινή ροή Φ_o από τα φωτιστικά σώματα, δίδεται από τη σχέση:

$$\Phi_o = \frac{E \cdot A \cdot d}{\eta} \quad (4.4.2)$$

όπου Φ_o : η απαιτούμενη **φωτεινή ροή** σε Lumen

E: η επιθυμητή **στάθμη φωτισμού** του χώρου σε Lux. Ανάλογα με το χώρο οι τιμές της δίνονται από πίνακες

A: η **επιφάνεια** του χώρου σε m^2

d: ο **συντελεστής συντήρησης**. Είναι ένας συντελεστής προσαύξησης της φωτεινής ροής λόγω ρύπανσης των φωτιστικών σωμάτων. Εξαρτάται από το σχήμα του φωτιστικού, το βαθμό ρύπανσης του χώρου και το χρονικό διάστημα (σε χρόνια) στο οποίο γίνεται ο καθαρισμός τους. Η τιμή του δίνεται από πίνακες μαζί με άλλα χαρακτηριστικά των φωτιστικών

η : ο **συντελεστής χρησιμοποίησης**.

➔ Ο **συντελεστής χρησιμοποίησης η** (σχέση 4.4.1), εκφράζει ποσοστό της συνολικά παραγόμενης φωτεινής ροής των φωτιστικών, η οποία τελικώς αξιοποιείται. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το συντελεστή χρησιμοποίησης, όπως είναι γνωστό από τη Φωτοτεχνία, είναι:

- οι αναλογίες του χώρου (**k** ο **συντελεστής αναλογιών**)
- η Φωτομετρική καμπύλη του φωτιστικού σώματος
- οι συντελεστές ανάκλασης στις επιφάνειες του τοίχου και της οροφής (**συντελεστής ανάκλασης οροφής r_c** και **συντελεστής ανάκλασης τοίχων r_w** . Αυτοί οι συντελεστές εξαρτώνται από τα χρώματα των επιφανειών και οι τιμές τους δίνονται στους πίνακες των φωτιστικών)

➔ Ο συντελεστής αναλογιών χώρου k δίνεται από τη σχέση:

$$k = \frac{2 \cdot l + 8 \cdot w}{10 \cdot h_0} \quad (4.4.3)$$

όπου l : το μήκος του χώρου σε m

w : το πλάτος του χώρου σε m

h_0 : το ύψος από το επίπεδο εργασίας σε m

➤ Το ύψος h_0 , όπως είναι γνωστό από τη Φωτοτεχνία, εξαρτάται από το είδος του φωτισμού (Πίνακας 4.4.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4.1		Υπολογισμός του ύψους h_0 του φωτιστικού σώματος, από το επίπεδο εργασίας, ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού του χώρου
Φωτισμός	Ύψος h_0	h : ύψος χώρου h_ϕ : ύψος φωτιστικού από οροφή
άμεσος, ημιάμεσος	$h_0 = h - h_\phi - 0,85$	
ημιέμμεσος, έμμεσος	$h_0 = h - 0,85$	
μικτός (διάχυτος)	$h_0 = \frac{1}{2} \cdot [(h - h_\phi - 0,85) + (h - 0,85)]$	

➔ Αφού υπολογίσουμε, σύμφωνα με τα προηγούμενα, την απαιτούμενη φωτεινή ροή Φ_0 που πρέπει να μας δώσουν τα φωτιστικά σώματα (σχέση 4.4.2), επιλέγουμε από πίνακες **εμπορικών καταλόγων** την ισχύ του φωτιστικού σώματος (σε Watt), για τον τύπο φωτιστικού που χρησιμοποιήσαμε στον υπολογισμό της φωτεινής ροής του χώρου.

➤ Για κάθε ισχύ φωτιστικού σώματος δίνεται επίσης και η φωτεινή ροή $\Phi_{\phi\sigma}$ που αποδίδει αυτό. Έτσι από τη φωτεινή ροή Φ_0 και τη ροή κάθε φωτιστικού, υπολογίζουμε το πλήθος των απαιτούμενων φωτιστικών σωμάτων για το χώρο από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{\Phi_0}{\Phi_{\phi\sigma}} \quad (4.4.4)$$

■ Υπολογισμός διατομών αγωγών τροφοδοσίας φωτιστικών κυκλωμάτων και διατάξεων προστασίας (ασφαλειών, διακοπών)

→ Μετά από:

1. τον υπολογισμό της απαιτούμενης φωτεινής ροής του χώρου,
2. την επιλογή του τύπου του φωτιστικού σώματος, της ισχύος του και του πλήθους των φωτιστικών σωμάτων, που θα χρειαστούν,
3. την κατανομή των φωτιστικών σωμάτων στο χώρο,
4. τη σχεδίαση των φωτιστικών κυκλωμάτων του χώρου και
5. την κατανομή τους ανά φάση ανάλογα με τις χρονικές ανάγκες κάλυψης του χώρου σε φωτισμό,

→ προχωρούμε:

- στον υπολογισμό των διατομών των αγωγών τροφοδοσίας των φωτιστικών κυκλωμάτων,
- στην επιλογή των διατάξεων προστασίας και ελέγχου των φωτιστικών κυκλωμάτων,
- στη σχεδίαση του μονογραμμικού διαγράμματος του πίνακα φωτισμού και
- στον υπολογισμό της γραμμής παροχής του πίνακα φωτισμού, η οποία γίνεται από τον πίνακα κίνησης της βιομηχανικής εγκατάστασης.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1η: Επειδή τα φωτιστικά σώματα είναι μονοφασικές καταναλώσεις, η τροφοδοσία τους γίνεται από μονοφασικές γραμμές (μονοφασικά κυκλώματα φωτισμού) με ή χωρίς αγωγό γείωσης ανάλογα με τον τύπο του φωτιστικού (μεταλλικό περίβλημα ή όχι).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2η: Η διατομή των αγωγών κάθε φωτιστικού κυκλώματος είναι ενιαία.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 3η: Ο συντελεστής ισχύος των φωτιστικών σωμάτων θεωρείται ίσος με τη μονάδα ($\cos\phi = 1$), εφόσον ο τύπος του φωτιστικού σώματος έχει διάταξη αντιστάθμισης άεργης ισχύος, πράγμα το οποίο συμβαίνει σε φωτιστικά σώματα τα οποία λόγω της αρχής λειτουργίας τους καταναλώνουν άεργο ισχύ. Αν το φωτιστικό σώμα δεν έχει διάταξη αντιστάθμισης και έχουμε συνολική αντιστάθμιση στην εγκατάσταση, τότε λαμβάνεται υπόψη και ο συντελεστής ισχύος $\cos\phi$ των φωτιστικών σωμάτων στον υπολογισμό της διατομής.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 4η: Η τροφοδοσία των φωτιστικών κυκλωμάτων πρέπει να γίνεται και από τις **τρεις φάσεις L1, L2, L3**, που φτάνουν στον πίνακα φωτισμού από τον πίνακα κίνησης και θα πρέπει να γίνεται κατά το δυνατόν **ισοκατανομή** στις τρεις φάσεις.

■ Υπολογισμός διατομών φωτιστικού κυκλώματος

➔ Η **διατομή** που χρησιμοποιείται στα φωτιστικά κυκλώματα είναι ενιαία. Αυτή υπολογίζεται με βάση την **επιτρεπτή πτώση τάσης**, η οποία σύμφωνα με τους κανονισμούς για το φωτισμό είναι μέχρι **1%**. Επομένως για τα φωτιστικά κυκλώματα, που είναι **μονοφασικές καταναλώσεις**, με τάση λειτουργίας **230 V**, είναι **$\Delta U = 2,3 V$** .

➤ Ο υπολογισμός της ενιαίας διατομής γίνεται από τη σχέση:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot (l_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1 + l_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 + \dots) = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot \sum_{k=1}^n (l_k \cdot I_k \cdot \cos\varphi_k) \quad (4.4.5)$$

όπου l_k : η απόσταση κάθε φωτιστικού σώματος από την αρχή του φωτιστικού κυκλώματος (από πίνακα φωτισμού)

I_k : το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό (ίδιο για όλα τα φωτιστικά σώματα)

συνφ_k: ο συντελεστής ισχύος κάθε φωτιστικού σώματος (ίδιος για όλα τα φωτιστικά)

ΔU : η επιτρεπτή πτώση τάσης (2,3 V)

ρ : η ειδική αντίσταση του υλικού των αγωγών ($0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ για χαλκό).

➤ Το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό σώμα είναι:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} \quad (4.4.6)$$

■ Υπολογισμός διατάξεων ελέγχου και προστασίας

➔ Ο υπολογισμός των **διατάξεων προστασίας** και **ελέγχου** (ασφάλειες και διακόπτες) υπολογίζεται με βάση όσα αναφέρθηκαν στην Ενότητα 4.1.

■ Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Φωτισμού

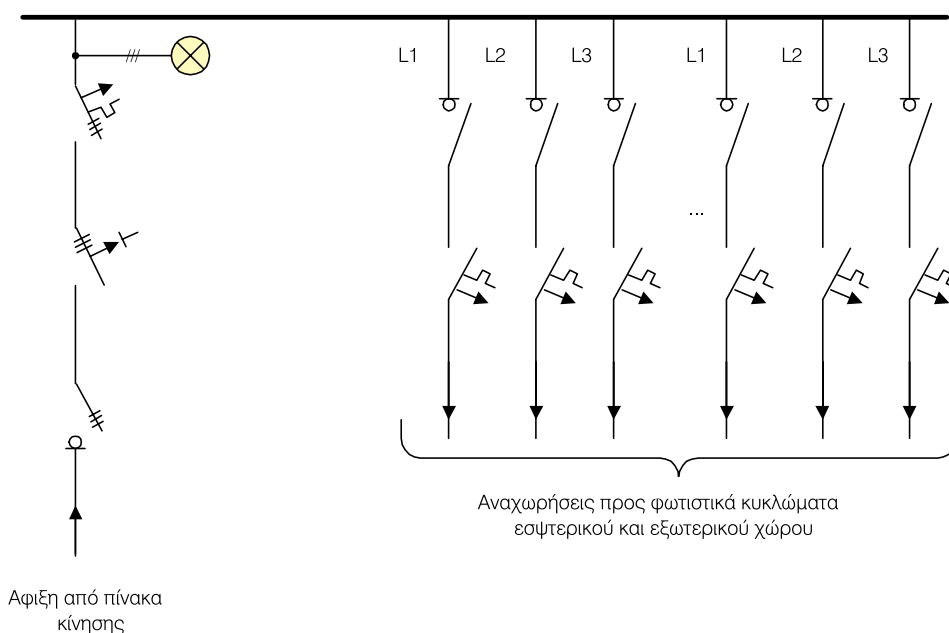
➔ Το μονογραμμικό διάγραμμα ενός τριφασικού **Πίνακα Φωτισμού** φαίνεται στο επόμενο Σχήμα 4.4.3.

➤ Η **παροχή** του Πίνακα Φωτισμού - άφιξη, γίνεται από τον **Πίνακα Κίνησης** της εγκατάστασης και αποτελείται από:

1. Τριπολικό διακόπτη φορτίου
2. Τριφασικό ρελέ προστασίας
3. Τριπολική αυτόματη ασφάλεια
4. Ενδεικτικές λυχνίες

► Οι **αναχωρήσεις** από τον Πίνακα Φωτισμού είναι μονοφασικές και αφορούν την τροφοδοσία των κυκλωμάτων φωτισμού της εγκατάστασης. Κάθε γραμμή φωτιστικού κυκλώματος ελέγχεται και προστατεύεται από:

1. Μονοπολικό ραγοδιακόπτη και
2. Αυτόματη μονοπολική ασφάλεια



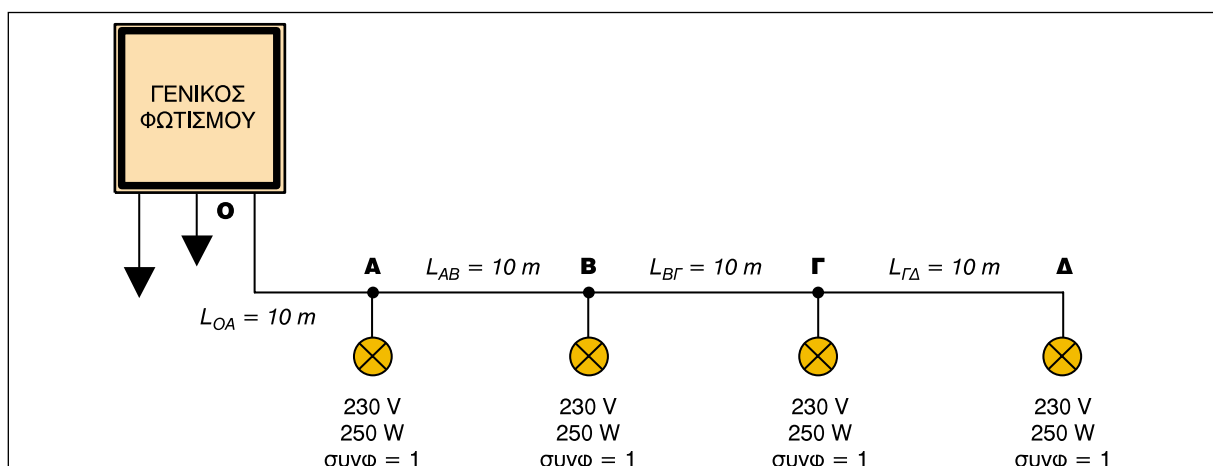
Σχήμα 4.4.3 Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Φωτισμού

■ Υπολογισμός γραμμής παροχής Πίνακα Φωτισμού

► Ο υπολογισμός της **γραμμής παροχής** του Πίνακα Φωτισμού γίνεται με βάση την απαιτούμενη ισχύ των κυκλωμάτων φωτισμού, που αναχωρούν από αυτόν, χρησιμοποιώντας ως **συντελεστή ταυτοχρονισμού** τη μονάδα (1).

Παράδειγμα:

► Στην παρακάτω διάταξη να υπολογιστεί η διατομή των αγωγών ενός φωτιστικού κυκλώματος, καθώς και οι διατάξεις προστασίας και ελέγχου του φωτιστικού κυκλώματος, που τροφοδοτείται από μία φάση. Τα φωτιστικά σώματα έχουν μεταλλικό περίβλημα και διαθέτουν διάταξη διόρθωσης του συντελεστή ισχύος τους.

**Λύση:**

➔ Για το παράδειγμά μας το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό σώμα, από τη σχέση 4.4.6, είναι:

$$I = \frac{P}{U \cdot \text{συνφ}} = \frac{240 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 1,09 \text{ A}$$

➔ Από τη σχέση 4.4.5 για την ενιαία διατομή έχουμε:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot \sum_{k=1}^n (l_k \cdot I_k \cdot \text{συνφ}_k) = \frac{2 \cdot 0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}}{2,3 \text{ V}} \cdot I \cdot \text{συνφ} (l_{OA} + l_{OB} + l_{OΓ} + l_{OΔ}) =$$

$$= 0,0171 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot (10 \text{ m} + 20 \text{ m} + 30 \text{ m} + 40 \text{ m}) = 1,71 \text{ mm}^2$$

Η αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη διατομή αγωγών είναι $2,5 \text{ mm}^2$. Επομένως για το φωτιστικό κύκλωμα θα χρησιμοποιήσουμε:

Τριπολικό καλώδιο NYΥ 3x2,5 mm² (φάση, ουδέτερος και αγωγός γείωσης). Ο αγωγός γείωσης χρησιμοποιείται για φωτιστικά σώματα με μεταλλικό περίβλημα.

Η διατομή των αγωγών, από την κύρια γραμμή του φωτιστικού κυκλώματος προς κάθε φωτιστικό σώμα είναι 3x1,5 mm².

➔ Από τον Πίνακα 2.2.8 και τον Πίνακα 2.2.12 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, επιλέγουμε:

Αυτόματη διπολική ασφάλεια (μικροαυτόματος διακόπτης ράγας) τύπου "C" ονομαστικού ρεύματος 20 A.

4.4.3 Εφαρμογές

A. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μελέτη και σχεδίαση της εγκατάστασης φωτισμού του βιομηχανικού χώρου ενός μηχανουργείου (στον οποίο έγινε και η μελέτη κίνησης στην Ενότητα 4.3), διαστάσεων **45x25x7 m** (μήκος - πλάτος - ύψος), με θερμοκρασία περιβάλλοντος 35°C.

➔ Στη μελέτη αυτή θα υπολογίσουμε τον αριθμό και τον τύπο των φωτιστικών σωμάτων που απαιτούνται και θα επιλέξουμε την ισχύ κάθε φωτιστικού σώματος.

➤ Θα κατανείμουμε ομοιόμορφα τα φωτιστικά στα κυκλώματα τροφοδοσίας τους και σε κάθε φάση της τριφασικής παροχής τους, υπολογίζοντας ταυτόχρονα διατομές των αγωγών τροφοδοσίας και διατάξεις ελέγχου και προστασίας στον πίνακα φωτισμού της εγκατάστασης.

➤ Τέλος θα σχεδιάσουμε τα **μονογραμμικά διαγράμματα** των κυκλωμάτων φωτισμού και του πίνακα φωτισμού.

■ Υπολογισμός φωτεινής ροής χώρου και πλήθους φωτιστικών

Βήμα 1°: Το πρώτο βήμα είναι η επιλογή του κατάλληλου φωτισμού. Για το παράδειγμά μας αυτός θα είναι γενικός φωτισμός για το σύνολο του χώρου και τοπικός για την κάθε θέση εργασίας.

Με τη βοήθεια του **Πίνακα Α** του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α, που δίνει για κάθε χώρο εργασίας την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού, καθορίζουμε την

επιθυμητή στάθμη φωτισμού **E** σε Lux.

Πηγαίνοντας στη θέση **Μηχανουργεία** αυτών των πινάκων βλέπουμε ότι για το συγκεκριμένο χώρο υπάρχουν τέσσερις επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα με το είδος της εργασίας. Εμείς θα ενεργήσουμε με τη δεύτερη κατηγορία (εργασία μέση), η οποία δίνει επιθυμητή στάθμη φωτισμού **250 - 500 Lux** και θεωρούμε μία στάθμη φωτισμού **E = 320 Lux**.

Βήμα 2°: Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός της συνολικής απαιτούμενης φωτεινής ροής (ή αλλιώς φωτεινής ισχύος) του χώρου **Φ_ο**, που θα πρέπει να μας αποδώσουν τα φωτιστικά σώματα που θα επιλέξουμε να τοποθετηθούν στο χώρο μας.

Στη συνέχεια πρέπει να επιλέξουμε το είδος των φωτιστικών σωμάτων. Είναι γνωστό ότι σε εγκαταστάσεις φωτισμού όπου η θέση των φωτιστικών σωμάτων είναι μεγαλύτερη των πέντε (**5**) μέτρων από το επίπεδο εργασίας, ο οικονομικότερος και αποδοτικότερος φωτισμός είναι ο **άμεσος** και με λαμπτήρες ατμών υδραργύρου ή ατμών νατρίου υψηλής πίεσης.

➔ Από πίνακες φωτιστικών σωμάτων που επίσης δίνονται, επιλέγουμε φωτιστικό σώμα με λαμπτήρα ατμών Υδραργύρου **HPL-R - 400 Watt** με στοιχεία αυτά που φαίνονται στον **Πίνακα Β** του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α.

Θεωρούμε για το χώρο μας, ανάλογα με το χρωματισμό της οροφής, π.χ. μεσαίος χρωματισμός οροφής και σκούρος τοίχων, συντελεστές:

ανάκλασης οροφής $r_c = 0,3$ (μεσαίου χρώματος οροφή)

ανάκλασης τοίχων $r_w = 0,1$ (σκούρου χρώματος τοίχοι)

➔ Για το **συντελεστή αναλογιών** χώρου **k** από τη σχέση 4.4.3 και τον Πίνακα 4.4.1, για **άμεσο** φωτισμό θα έχουμε:

$$h_0 = h - h_0 - 0,85 = 7 - 1,0 - 0,85 = 5,15$$

$$k = \frac{2 \cdot l + 8 \cdot w}{10 \cdot h_0} = \frac{2 \cdot 40 + 8 \cdot 25}{10 \cdot 5,15} = 5,44$$

➔ Από τον **Πίνακα Β** του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α με τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου φωτιστικού για:

$$r_c = 0,3, r_w = 0,1 \text{ και } k = 5,44$$

προκύπτει τιμή για το **συντελεστή χρησιμοποίησης η** (κάνοντας παρεμβολή στις τιμές του **η = 0,68** για **k = 5** και **η = 0,72** για **k = 6**):

$$\eta = 0,69$$

Επειδή ο βαθμός ρύπανσης του χώρου είναι υψηλός, θεωρούμε ότι ο καθαρισμός του θα γίνεται κάθε δύο (2) χρόνια και, επομένως, για το **συντελεστή συντήρησης d** έχουμε, από τον **Πίνακα Β** του παραρτήματος:

$$d = 1,90$$

➔ Έτσι τελικά από τη σχέση 4.4.2, έχουμε για την απαιτούμενη φωτεινή ροή του χώρου **Φ₀**:

$$\Phi_0 = \frac{E \cdot A \cdot d}{\eta} = \frac{E \cdot (l \cdot w) \cdot d}{\eta} = \frac{320 \cdot 45 \cdot 25 \cdot 1,90}{0,69} = 991.304 \text{ Lumen}$$

➔ Από εμπορικούς καταλόγους για το συγκεκριμένο τύπο φωτιστικού ισχύος **400 Watt**, βλέπουμε ότι αποδίδει **Φ_{ΦΣ} = 22.000 Lumen**. Έτσι το πλήθος των φωτιστικών για το χώρο, από τη σχέση 4.4.4, είναι:

$$\lambda = \frac{\Phi_0}{\Phi_{\Phi\Sigma}} = \frac{991.304}{22.000} = 45,06 \rightarrow \text{45 φωτιστικά σώματα}$$

■ Κατανομή φωτιστικών και κυκλώματα τροφοδοσίας

➔ Η κατανομή των **σαράντα πέντε (45)** φωτιστικών σωμάτων στο χώρο θα γίνει σε **πέντε (5)** σειρές, **A, B, Γ, Δ, Ε**, κατά μήκος του χώρου, με **εννέα (9)** φωτιστικά η κάθε σειρά, όπως φαίνεται στο **Σχέδιο Φ1**.

→ Κυκλώματα φωτισμού (μονογραμμικό διάγραμμα)

- Η τροφοδοσία των σαράντα πέντε (45) φωτιστικών σωμάτων θα γίνει από τον **Πίνακα Φωτισμού**. Ανάλογα με τον τρόπο φωτισμού που θέλουμε να έχουμε στο χώρο κάνουμε και την κατανομή των φωτιστικών σωμάτων ανά φάση.
- Για τον υπό μελέτη χώρο επιλέγουμε κατανομή των φωτιστικών ανά φάση, αυτή που φαίνεται στο **Σχέδιο Φ1**.
- Έτσι σε καθεμιά σειρά από τις **A, B, Γ, Δ, E**, θα έχουμε ανά φάση, τρία φωτιστικά σώματα ανά φωτιστικό κύκλωμα. Επειδή τα φωτιστικά σώματα είναι μονοφασικές καταναλώσεις τα κυκλώματα τροφοδοσίας τους, που αναχωρούν από τον πίνακα φωτισμού, θα είναι **μονοφασικά**, όπως φαίνονται στο **Σχέδιο Φ1**.

→ Υπολογισμός διατομών φωτιστικών κυκλωμάτων

Ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών κάθε φωτιστικού κυκλώματος θα γίνει χρησιμοποιώντας ενιαία διατομή αγωγών ανά φωτιστικό κύκλωμα.

- Η **διατομή** κάθε φωτιστικού κυκλώματος είναι ενιαία και υπολογίζεται με βάση την **επιτρεπτή πτώση τάσης**, η οποία σύμφωνα με τους κανονισμούς για το φωτισμό είναι μέχρι **1%**, δηλαδή για τάση λειτουργίας **230 V**, θα είναι **$\Delta U = 2,3 \text{ V}$** .

Για τον υπολογισμό της ενιαίας διατομής θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{\Delta U} \cdot \sum_{k=1}^n (l_k \cdot I_k \cdot \cos \varphi_k)$$

όπου l_k : η απόσταση κάθε φωτιστικού σώματος από την αρχή του φωτιστικού κυκλώματος (από πίνακα φωτισμού).

cos φ_k: ο συντελεστής ισχύος κάθε φωτιστικού σώματος (ίδιος για όλα τα φωτιστικά) και στην περίπτωση μας για τον τύπο του φωτιστικού σώματος που χρησιμοποιούμε είναι ίσος με 1.

I_k: το ρεύμα που απορροφά κάθε φωτιστικό (ίδιο για όλα τα φωτιστικά σώματα, αφού είναι της ίδιας ισχύος) είναι:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{400}{230 \cdot 1} = 1,74 \text{ A}$$

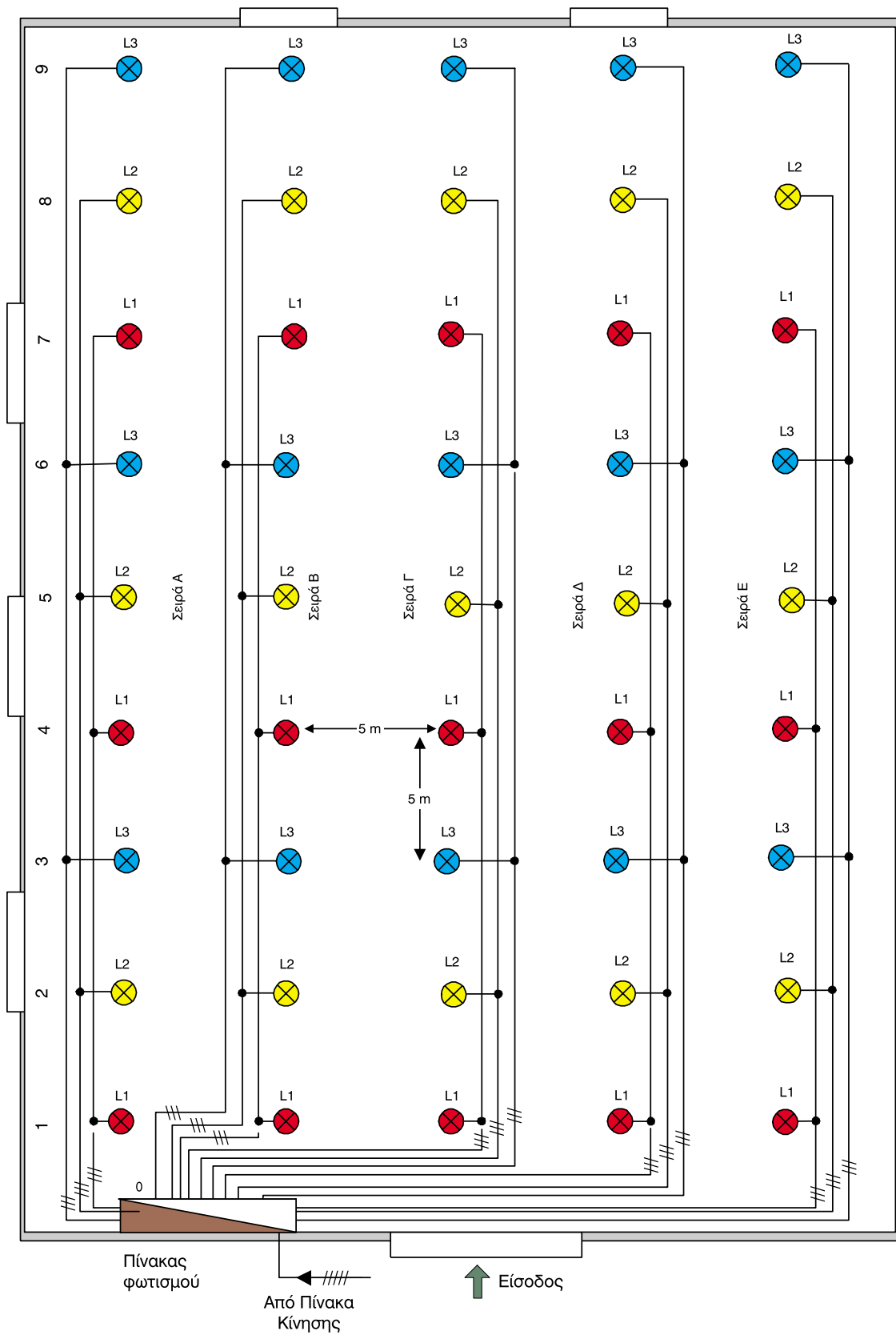
ΔU : η επιτρεπτή πτώση τάσης (2,3 V)

ρ : η ειδική αντίσταση του υλικού των αγωγών ($0,018 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ για χαλκό)

- Με βάση τα προηγούμενα και τη βοήθεια του **Σχεδίου Φ1**, θα έχουμε τον επόμενο πίνακα υπολογισμών, για όλα τα φωτιστικά κυκλώματα. Στον ίδιο πίνακα δίνονται και οι διατάξεις προστασίας και ελέγχου, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην Ενότητα 4.1.

Επειδή οι διατομές προέκυψαν από τους περιορισμούς της πτώσης τάσης, η επιλογή των διακοπών και ασφαλειών μπορεί να γίνει με το συνολικό ρεύμα κάθε φωτιστικού κύκλωματος, που είναι 5,22 A, οπότε προκύπτουν οι διακόπτες και οι ασφάλειες που φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Φωτιστικό κύκλωμα	Φάση	Διατομή γραμμής σε mm ²	Διάταξη προστασίας και ελέγχου
O - A1 - A4 - A7	L1	3x2,5 mm ² (L1,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - A2 - A5 - A8	L2	3x2,5 mm ² (L2,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - A3 - A6 - A9	L3	3x2,5 mm ² (L3,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - B1 - B4 - B7	L1	3x2,5 mm ² (L1,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - B2 - B5 - B8	L2	3x2,5 mm ² (L2,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - B3 - B6 - B9	L3	3x2,5 mm ² (L3,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - Γ1 - Γ4 - Γ7	L1	3x2,5 mm ² (L1,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - Γ2 - Γ5 - Γ8	L2	3x2,5 mm ² (L2,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - Γ3 - Γ6 - Γ9	L3	3x4 mm ² (L3,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - Δ1 - Δ4 - Δ7	L1	3x2,5 mm ² (L1,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - Δ2 - Δ5 - Δ8	L2	3x4 mm ² (L2,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - Δ3 - Δ6 - Δ9	L3	3x4 mm ² (L3,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - E1 - E4 - E7	L1	3x4 mm ² (L1,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - E2 - E5 - E8	L2	3x4 mm ² (L2,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
O - E3 - E6 - E9	L3	3x4 mm ² (L3,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A



Σχέδιο Φ1

➔ Πίνακας φωτισμού (μονογραμμικό διάγραμμα)

Ο υπολογισμός της γραμμής παροχής του Πίνακα Φωτισμού γίνεται με βάση την απαιτούμενη ισχύ των κυκλωμάτων φωτισμού, που αναχωρούν από αυτόν, χρησιμοποιώντας ως **συντελεστή ταυτοχρονισμού** τη μονάδα (1).

➤ Για τα **15** κυκλώματα φωτισμού, αφού το κάθε φωτιστικό κύκλωμα απορροφά **1200 Watt**, θα έχουμε συνολική τριφασική ισχύ στον **Πίνακα Φωτισμού 18000 Watt**, (συντελεστής ταυτοχρονισμού 1).

➤ Η τροφοδοσία του **Πίνακα Φωτισμού**, όπως ήδη γνωρίζουμε, γίνεται από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέσω τριφασικής παροχής. Το ρεύμα αυτής της παροχής είναι:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{18000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 26 \text{ A}$$

➤ Σύμφωνα με τους κανονισμούς **DIN VDE** και **IEC** (Πίνακα 2.2.4 - ΟΜΑΔΑ II και πίνακα 2.2.5 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2) και για θερμοκρασία περιβάλλοντος 35°C, θα χρησιμοποιήσουμε διατομή αγωγών:

$$S = 4 \text{ mm}^2.$$

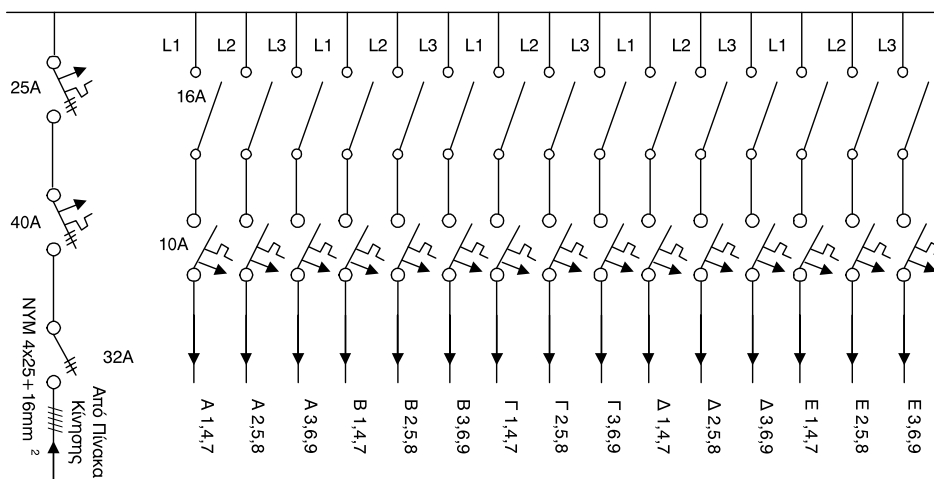
➤ Επομένως από το Γενικό Πίνακα Κίνησης θα έχουμε παροχή:

$$\text{NYM } 4 \times 25 + 16 \text{ mm}^2 (\text{L1, L2, L3, N} + \text{PE}).$$

➤ Για τον υπολογισμό των διατάξεων προστασίας και ελέγχου (διακόπτες, ασφάλειες) από τους Πίνακες 2.2.8, 2.2.12, 2.2.16 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, επιλέγουμε:

- τριπολικό ραγοδιακόπτη **32 A**
- τριπολικό ρελέ προστασίας **40 A** και
- τριπολική αυτόματη ασφάλεια τύπου "B" **25 A**.

➔ Στο **Σχέδιο Φ2** φαίνεται το μονογραμμικό διάγραμμα του **Πίνακα Φωτισμού** της εγκατάστασης.

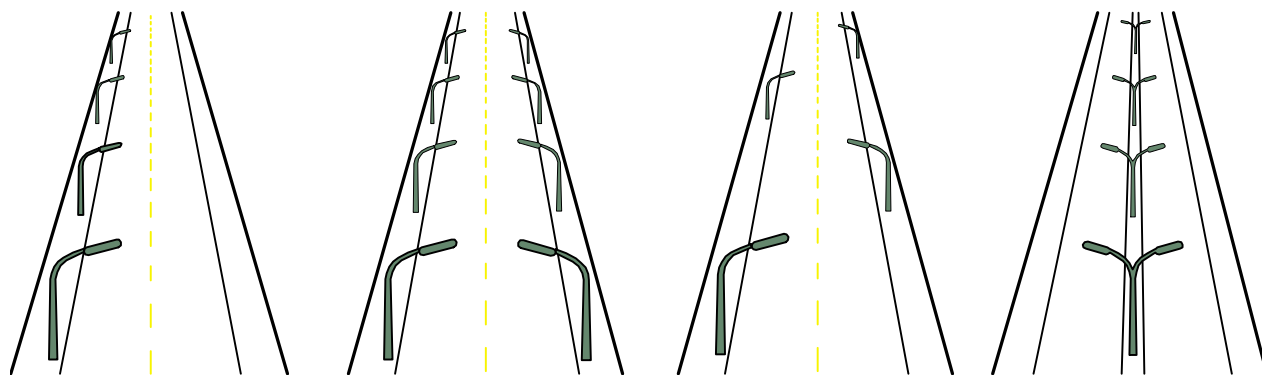


Σχέδιο Φ2

Β. ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

■ Φωτισμός εξωτερικών χώρων - Γενικά

Οι **εξωτερικοί χώροι** όπως εθνικοί δρόμοι, δρόμοι σε βιομηχανικές περιοχές, πλατείες, κ.λπ., φωτίζονται με φωτιστικά σώματα που είναι τοποθετημένα επάνω σε στύλους με ελάχιστο ύψος τα **επτά (7)** μέτρα, ή είναι κρεμασμένα από συρματόσχοινα σε διάφορες διαστάσεις και συνδυασμούς μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.4.



Σχήμα 4.4.4 Τρόποι διάταξης φωτιστικών σε δρόμους

➔ Ως γνώμονα, σε μια μελέτη φωτισμού εξωτερικού χώρου, έχουμε το θεμελιώδη νόμο της φωτομετρίας. Σύμφωνα με αυτόν η ένταση, ή η ποσότητα φωτισμού **E** σε ένα σημείο της φωτιζόμενης επιφάνειας είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης, από το σημείο της επιφάνειας μέχρι την πηγή του φωτός (Σχήμα 4.4.5), δηλαδή

$$E = \frac{I_{\gamma} \cdot \sigma \nu \nu \gamma}{r^2} \quad (4.4.7)$$

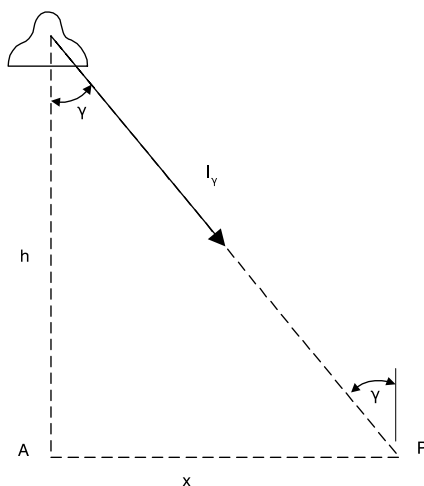
όπου **E**: η ένταση φωτισμού σε **Lux** στο σημείο της επιφάνειας.

I_γ: η **φωτεινή ένταση** της πηγής στην ευθεία πηγής - σημείου επιφάνειας. Αυτή προκύπτει από την καμπύλη κατανομής της φωτεινής έντασης του φωτιστικού σώματος.

γ: η γωνία που σχηματίζει το κάθετο επίπεδο στη φωτιζόμενη επιφάνεια, με την ευθεία πηγής - σημείου επιφάνειας.

r: η απόσταση μεταξύ φωτεινής πηγής και σημείου επιφάνειας.

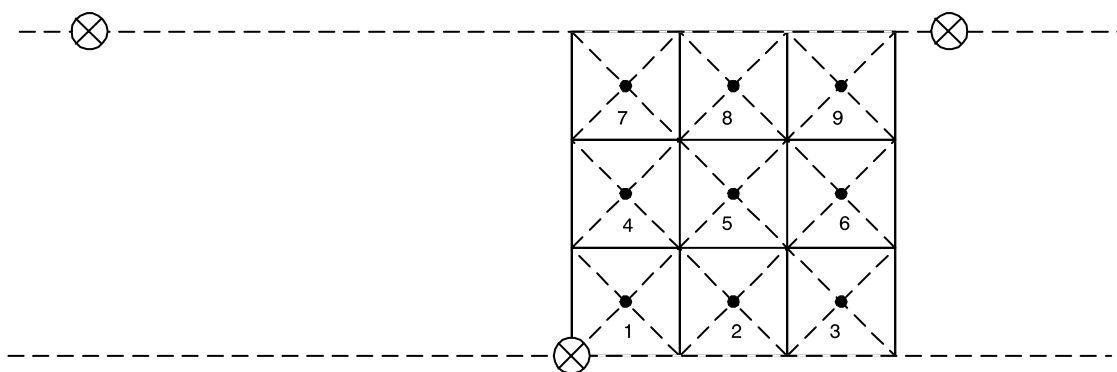
Με την προηγούμενη σχέση υπολογίζουμε την ένταση φωτισμού σε διάφορα σημεία της επιφάνειας που θα φωτιστεί, έχοντας υπόψη και τη συμβολή των γειτονικών φωτιστικών, εάν αυτή είναι αξιόλογη.



Σχήμα 4.4.5 Ορισμός της έντασης φωτισμού σε σημείο επιφάνειας

Στις μελέτες φωτισμού εξωτερικών χώρων, δεν λαμβάνονται υπόψη οι ποσότητες του φωτισμού, που προκύπτουν από τις ανακλάσεις των διαφόρων επιφανειών του περιβάλλοντος χώρου που θα φωτιστεί.

- ➔ Σύμφωνα με το **σχήμα** και το **είδος** της φωτιζόμενης επιφάνειας και με τη βοήθεια εμπορικών καταλόγων από κατασκευαστές φωτιστικών σωμάτων, επιλέγουμε το κατάλληλο φωτιστικό σώμα.
 - Αν ο χώρος είναι κατοικημένος και κλειστός από κτίρια, η επιλογή μας επικεντρώνεται σε φωτιστικά σώματα με μεγάλο εύρος, ώστε εκτός από το οδόστρωμα να μας φωτίζουν και τους τοίχους των κτιρίων.
 - Αν ο χώρος είναι ανοιχτός, τότε επιλέγουμε φωτιστικά σώματα με περισσότερο συγκεντρωτικό φωτισμό.
- ➔ Στη συνέχεια χωρίζουμε την επιφάνεια, που θέλουμε να φωτίσουμε, σε ίσα τετράγωνα τμήματα (Σχήμα 4.4.6) και υπολογίζουμε τη φωτεινή ένταση στο κέντρο κάθε τετραγώνου με βάση τη σχέση 4.4.7.



Σχήμα 4.4.6 Διαίρεση της επιφάνειας για τον υπολογισμό της φωτεινής έντασης

➔ Από τις μερικές φωτεινές εντάσεις των τετραγώνων υπολογίζουμε το μέση τιμή της φωτεινής έντασης E_m .

Για να έχουμε μεγάλη ακρίβεια στη μελέτη μας θα πρέπει τα τετράγωνα τμήματα να τα έχουμε πάρε με μικρές διαστάσεις. Είναι απαραίτητο επίσης στους υπολογισμούς μας να γίνει μια προσαύξηση της τάξης του 20% - 25%, ώστε να καλυφθούν οι απώλειες που θα προκύψουν από το χρόνο γήρανσης του λαμπτήρα και από τη ρύπανση του φωτιστικού σώματος.

➔ Αφού υπολογίσουμε τη **μέση ένταση φωτισμού E_m** , προσδιορίζουμε από τις επιμέρους τιμές τη **μέγιστη ένταση φωτισμού E_{max}** αλλά και την **ελάχιστη E_{min}** . Με βάση αυτές τις τιμές και τη βοήθεια **Πινάκων**, (οι οποίοι ανάλογα με το είδος του χώρου δίνουν τις απαιτούμενες εντάσεις φωτισμού, μέσες, ελάχιστες και κανονικές), συμπεραίνουμε για την επάρκεια και την ομοιομορφία του φωτισμού.

Σημείωση: Η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μη δημιουργεί ανακλάσεις, καθώς επίσης και σκοτεινές περιοχές - ζώνες, γιατί τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε αυτές δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τους οδηγούς.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς κατά DIN 5044/8, 63 όσο μεγαλύτερη είναι η οριζόντια ένταση φωτισμού, τόσο λιγότερο ενοχλούν οι ανακλάσεις.

■ Μελέτη φωτισμού δρόμων - Υπολογισμοί γραμμών τροφοδοσίας

➔ Μια **φωτοτεχνική** μελέτη δρόμου συντάσσεται με τις προδιαγραφές της CIE για τον οδικό φωτισμό και την κυκλοφορία. Στην προσπάθεια επιτυ-

χίας ενός καλού και ομοιόμορφου φωτισμού, επιδιώκουμε για λόγους οικονομίας να χρησιμοποιήσουμε μικρό αριθμό ιστών στήριξης και φωτιστικών σωμάτων.

Αυτό σημαίνει ότι τα φωτιστικά σώματα πρέπει να είναι υψηλής φωτιστικής απόδοσης, να στέλνουν το φως εκεί που το χρειαζόμαστε, δηλαδή σε μεγάλα μήκη, ώστε χρησιμοποιώντας μικρό αριθμό φωτιστικών να επιτυγχάνουμε όχι μόνο την επιθυμητή φωτιστική ένταση αλλά και την απαραίτητη ομοιομορφία.

➔ Τα φωτιστικά σώματα των εξωτερικών χώρων κατασκευάζονται σε διάφορους τύπους και χρησιμοποιούν ειδικούς λαμπτήρες. Δύο από αυτούς τους τύπους παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και είναι:

- Οι λαμπτήρες **ατμών υδραργύρου ή νατρίου υψηλής πίεσης**, ισχύος 250 - 400 Watt με φωτεινότητα 23.000 Lumen - 47.000 Lumen.
- Οι λαμπτήρες ατμών **νατρίου χαμηλής πίεσης**, ισχύος 135 - 180 Watt.

➔ Όσον αφορά το **φωτισμό εθνικών δρόμων ή δρόμων σε βιομηχανικές περιοχές**, θα πρέπει να έχουμε υπόψη τα ακόλουθα:

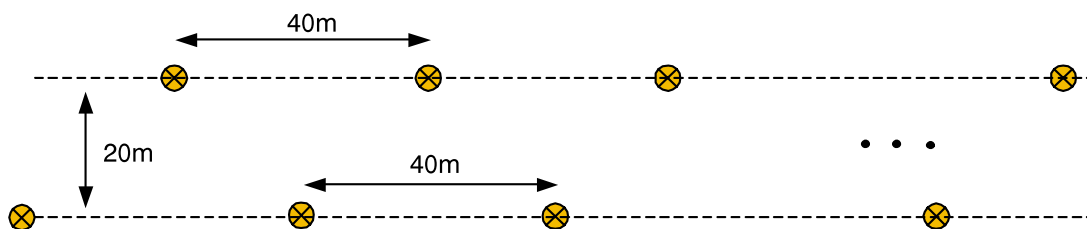
- Όταν γίνεται τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων στη μια πλευρά του δρόμου ισχύει ότι το ύψος ανάρτησης h είναι περίπου ίσο με το πλάτος b του δρόμου.
- Το καλύτερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση των φωτιστικών και από τις δύο πλευρές του δρόμου.
- Η καλύτερη ομοιομορφία επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων επάνω στον άξονα του δρόμου.

Πρέπει να τονιστεί ότι για το φωτισμό εθνικών δρόμων ή δρόμων βιομηχανικών περιοχών επιλέγονται ως καλύτερος τύπος φωτιστικού σώματος οι λαμπτήρες ατμών Νατρίου, οι οποίοι λόγω του κίτρινου χρώματος φωτίζουν με μεγαλύτερη ευκρίνεια ακόμη και σε περιβάλλον ομίχλης.

Παράδειγμα:

➤ Να γίνει μελέτη φωτισμού σε δρόμο βιομηχανικής περιοχής πλάτους **20 m** και μήκους **440 m**, χρησιμοποιώντας φωτιστικά σώματα ατμών νατρίου υψηλής πίεσης **250 W - 23.000 Lumen**.

Τα φωτιστικά σώματα τοποθετούνται στις πλευρές του δρόμου σε τριγωνική διάταξη και η απόστασή τους, για κάθε πλευρά, θα είναι **40 m**, ενώ το ύψος από το οδόστρωμα **10 m** (Σχήμα 4.4.7). Η τάση τροφοδοσίας τους είναι τα **230 V - 50 Hz**.



Σχήμα 4.4.7 Διάταξη φωτιστικών σωμάτων

Λύση:

➤ Για την παραπάνω κάλυψη του δρόμου θα χρησιμοποιήσουμε **είκοσι τέσσερα (24)** φωτιστικά σώματα των **250 W** το καθένα και, επομένως, η συνολική ισχύς τους, είναι $24 \times 250 = 6000 \text{ Watt}$.

➔ Ο έλεγχος των φωτιστικών σωμάτων (άναμμα και σβήσιμο) γίνεται από **Πίνακες Ελέγχου Φωτιστικών Στύλων** που διαφορετικά ονομάζονται **Pillar**. Κάθε τέτοιος πίνακας ελέγχει ένα πλήθος φωτιστικών σωμάτων, που μπορεί να είναι της μιας πλευράς του δρόμου. Επίσης τοποθετείται στο μέσο της διαδρομής που εκτείνονται τα φωτιστικά σώματα που ελέγχει, για να έχουμε έτσι μικρότερες πτώσεις τάσεις στα φωτιστικά κυκλώματα που ξεκινούν από κάθε **Pillar**.

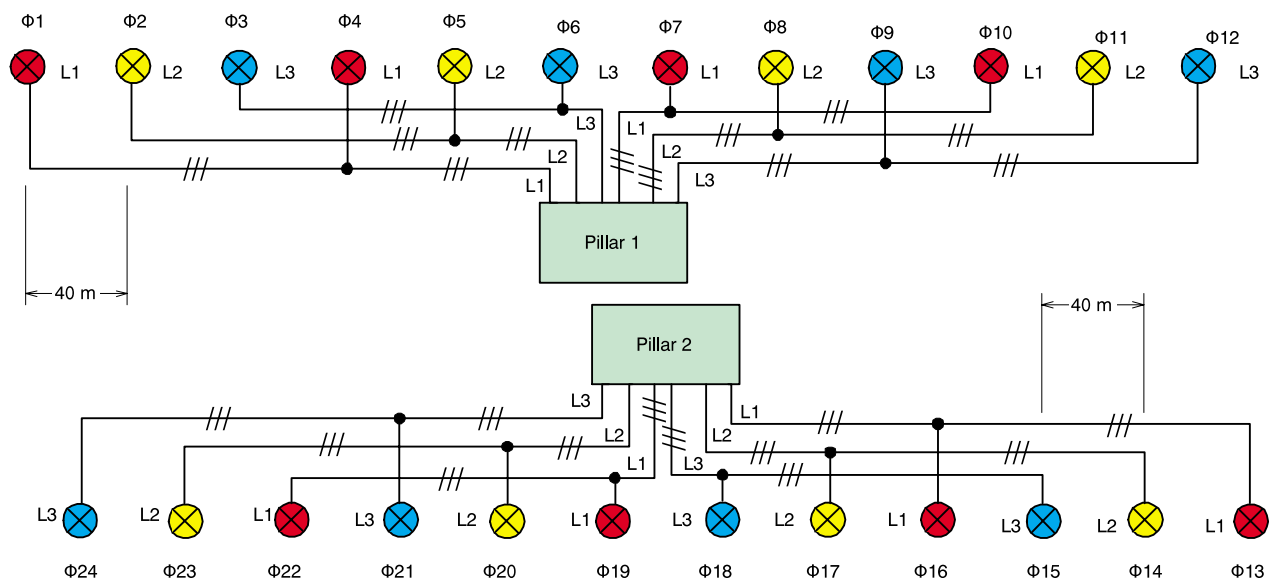
➔ Σε κάθε **Pillar** υπάρχει **χρονοδιακόπτης** και κοντά σε αυτό βρίσκονται **φωτοκύτταρα** που ενεργοποιούν τους αυτοματισμούς του συγκεκριμένου **Pillar**:

- Όταν ο φυσικός φωτισμός πέφτει κάτω από μια καθορισμένη τιμή, το φωτοκύτταρο δίνει εντολή έναυσης και ενεργοποιείται ο γενικός τηλεχειριζόμενος διακόπτης του πίνακα με αποτέλεσμα τα φώτα να ανάβουν.
- Το χρονοδιακόπτη το ρυθμίζουμε, όπως θέλουμε εμείς, έτσι ώστε τις ώρες που δεν υπάρχει μεγάλη κυκλοφορία και δεν χρειάζεται πολύ φως, να θέτει μία ή και δύο φάσεις εκτός λειτουργίας και έτσι να μένουν αναμμένα μόνο τα φώτα που τροφοδοτούνται από μία φάση.

- Το πρωί τα φωτοκύτταρα διεγείρονται από το φως της ημέρας και όλα τα φώτα σβήνουν. Μια άλλη αρμοδιότητα του φωτοκύτταρου είναι να παρεμβαίνει τις ημέρες ή ώρες που η φωτεινότητα είναι χαμηλή π.χ. λόγω βροχής ή ομίχλης και να ανάβει τα φώτα.

Υπολογισμοί γραμμών για κάθε Pillar

- ➔ Η συγκεκριμένη διάταξη του παραδείγματος φαίνεται στο επόμενο Σχήμα 4.4.8, όπως επίσης και η κατανομή των φωτιστικών σωμάτων σε κάθε Pillar και σε κάθε φάση του Pillar.



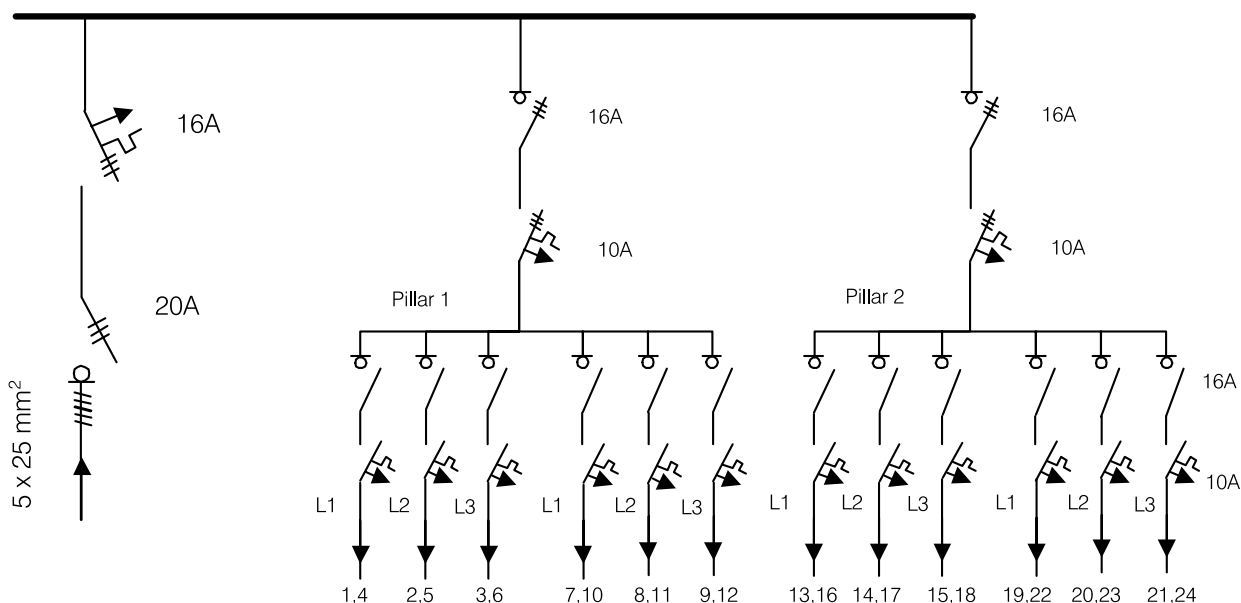
Σχήμα 4.4.8 Κατανομή φωτιστικών ανά Pillar και φάση

- ➔ Ο υπολογισμός της **διατομής** των μονοφασικών κυκλωμάτων που τροφοδοτούν τα φωτιστικά κάθε πίνακα (**Pillar**) γίνεται με τη χρήση **ενιαίας διατομής** για κάθε φωτιστικό κύκλωμα. Η επιλογή των διατάξεων προστασίας των φωτιστικών κυκλωμάτων γίνεται σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην Ενότητα 4.1. Όλα τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Επειδή οι διατομές προέκυψαν από τους περιορισμούς της πτώσης τάσης, η επιλογή των διακοπών και ασφαλειών μπορεί να γίνει με το συνολικό ρεύμα κάθε φωτιστικού κυκλώματος, που είναι 2,17 A, οπότε προκύπτουν οι διακόπτες και οι ασφάλειες που φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

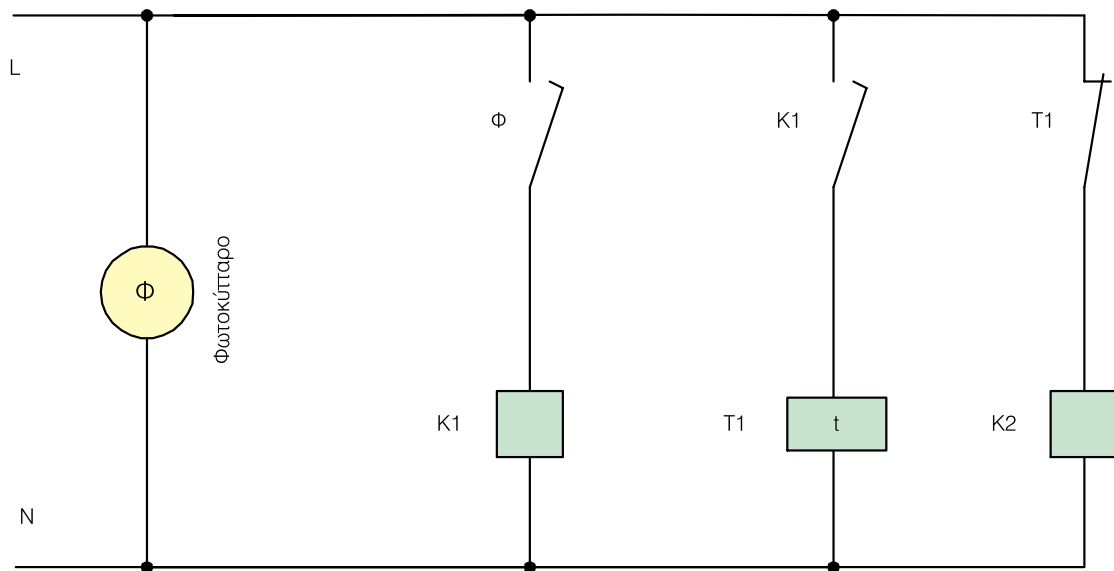
Φωτιστικό κύκλωμα -Pillar - Φάση	Διατομή γραμμής σε m7m ²	Διάταξη προστασίας και ελέγχου
ΚΦ1Φ4 - 1 - L1 ΚΦ9Φ12 - 1 - L3 ΚΦ13Φ16 - 2 - L1 ΚΦ21Φ24 - 2 - L3	3x10 mm ² (L,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
ΚΦ2Φ5 - 1 - L2 ΚΦ8Φ11 - 1 - L2 ΚΦ14Φ17 - 2 - L2 ΚΦ20Φ23 - 2 - L2	3x6 mm ² (L,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A
ΚΦ3Φ6 - 1 - L3 ΚΦ7Φ10 - 1 - L1 ΚΦ15Φ18 - 2 - L3 ΚΦ19Φ22 - 2 - L1	3x4 mm ² (L,N,PE)	Μονοπολικός Ραγοδιακόπτης 16 A Μονοπολική Αυτόματη ασφάλεια "B" 10 A

➔ Τα δύο **Pillar** τροφοδοτούνται από το **Γενικό Πίνακα** τροφοδοσίας, του οποίου το μονογραμμικό διάγραμμα φαίνεται στο Σχήμα 4.4.9. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνονται οι διατομές των αγωγών και οι τιμές των διατάξεων προστασίας.

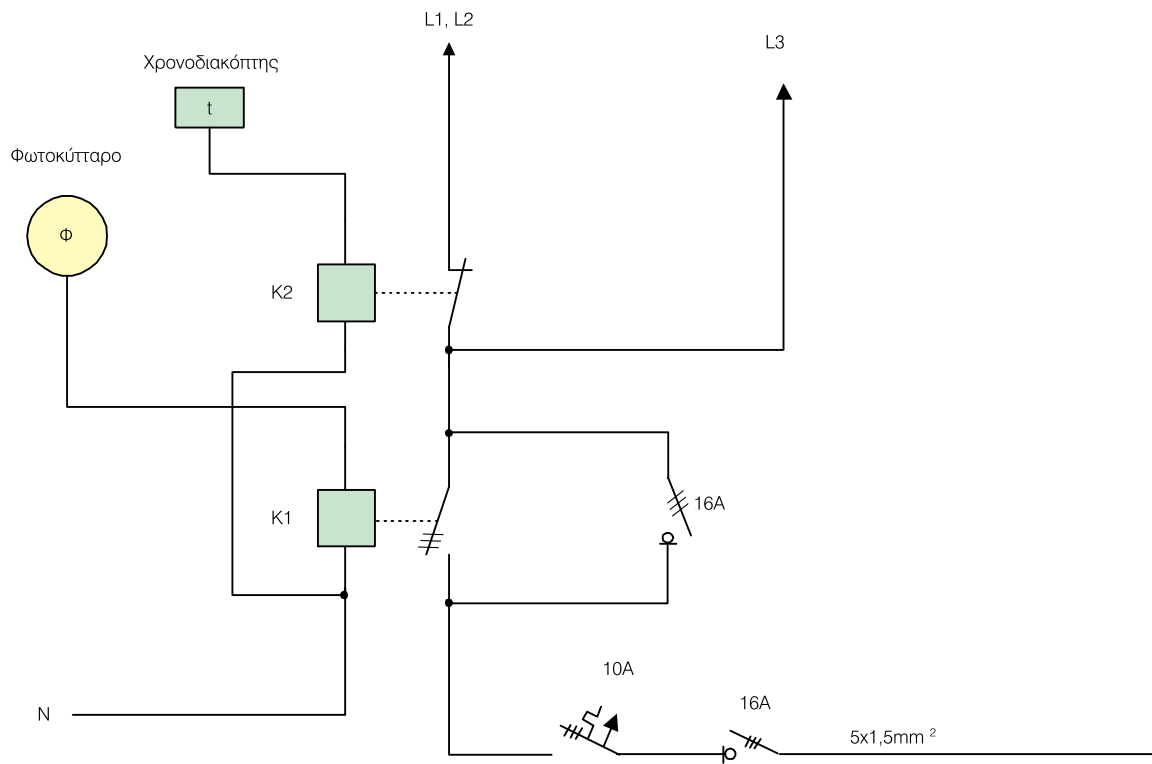


Σχήμα 4.4.9 Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα τροφοδοσίας των *Pillar*

➔ Στα Σχήματα 4.4.10 και 4.4.11, φαίνονται το βοηθητικό και το κύριο κύκλωμα λειτουργίας για κάθε Pillar.



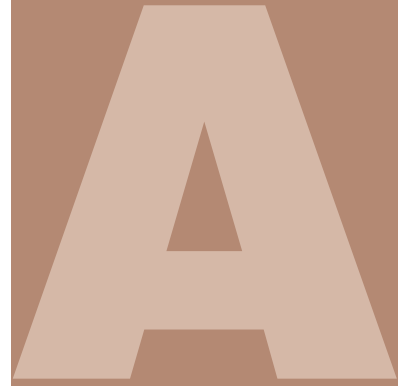
Σχήμα 4.4.10 Βοηθητικό κύκλωμα λειτουργίας του Pillar



Σχήμα 4.4.11 Κύριο κύκλωμα λειτουργίας του Pillar

- ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ
ΠΟΣΟΤΗΤΑ
ΦΩΤΙΣΜΟΥ
ΔΙΑΦΕΡΕΝ
ΧΩΡΩΝ

- ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ
ΑΤΜΩΝ
ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Α:
Απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού Ε σε LUX στο επίπεδο εργασίας διάφορων χώρων

ΧΩΡΟΣ - ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ			Φωτισμός Lux (Ε)
ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	Χώρος υποδοχής (living room)	Γενικός Τοπικός (διάβασμα, γράψιμο, κ.λπ.)	150 1000 - 500
	Κουζίνα	Γενικός Τοπικός (νιπτήρας, τραπέζι κ.λπ.)	150 500 - 250
	Υπνοδωμάτια	Γενικός Τοπικός (καθρέπτες, δωμάτια παιδιών)	150 200 - 70
	Διάδρομοι σκάλες - .5γκαράζ	Γενικός Τοπικός	150 500 - 250
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ - ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ	Υπνοδωμάτια	Γενικός Τοπικός κρεβατιών Τοπικός γραφείου	150 500 - 250 500 - 250
	Κουζίνες - Μεγάλοι χώροι	Χώροι συνεντεύξεων - εστιατορίου - μπαρ Χώροι εκθέσεων	500 - 250 150
	Λουτρά	Γενικός Συμπληρωματικός καθρεπτών	500 - 250 150
	Χολ - σκάλες κ.λπ		150
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ	Γραφεία γιατρών	Γενικός φωτισμός Φωτισμός τράπεζα εργασίας	150 1000 - 500
	Δωμάτια ασθενών	Γενικός Τοπικός φωτισμός κρεβατιών	150 500 - 250
	Χώροι αναμονής		150
	Λουτρά	Γενικός Καθρέπτης	200 - 100 400 - 200
	Βιβλιοθήκη		500 - 250
	Τμήμα πρώτων βοηθειών	Γενικός Τοπικός	1000 - 500 20000 - 10000
	Διάδρομοι - σκάλες		150
	Κουζίνα		500 - 250
	Εργαστήριο	Χώροι έρευνας Τράπεζα εργασίας	500 - 250 1000 - 500
	Χειρουργείο	Γενικός Τράπεζα εργασίας Τμήμα ακτίνων Χ (ρυθμιζόμενος)	1000 - 500 40000 - 20000 0 - 100 , 0 - 50
	Οδοντιατρείο	Γενικός Έδρα (πολυθρόνα)	500 - 250 10000 - 5000
Μαιευτήριο	Κρεβάτι τοκετού Χώρος τοκετού (γενικός) Χώρος απόθεσης βρεφών και αναμονής	10000 - 5000 500 - 250 200 - 100	

Πίνακας Α (συνέχεια)

ΧΩΡΟΣ - ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		Φωτισμός Lux (Ε)
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΡΜΑΤΩΝ		2000 - 1000
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΧΑΡΤΟΥ	Τελικός έλεγχος Άλλες εργασίες Αποθήκες	1000 - 500 500 - 250 150
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΑ - ΛΙΘΟΓΡΑΦΕΙΑ	Ετοιμασία πιεστηρίων, διορθώσεις κ.λπ. Έλεγχος χρωμάτων	1000 - 500 2000
ΥΑΛΟΥΡΓΕΙΑ - ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ	Γενικός φωτισμός Έλεγχος	500 - 250 2000 - 1000
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΥΠΟΔΗΜΑΤΩΝ		2000 - 1000
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΣΑΠΩΝΟΣ	Γενικές εργασίες Έλεγχος - συσκευασία	150 500 - 250
ΚΕΡΑΜΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	Γενικές εργασίες Χρωματοουργικές εργασίες	150 1000 - 500
ΧΗΜΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	Φούρνοι, Ξηραντές, βραστήρες κ.λπ.	300 - 150
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	Καθαρισμός, πλύσιμο Μεταφορικές ταινίες Χώρος κονσερβοποίησης (επιθεώρηση) Άλλοι χώροι	500 - 250 500 - 250 2000 - 1000 500 - 250
ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	Χώροι αποστείρωσης, ψύξης, παρασκευής κρέμας, κ.λπ. Πλύσιμο φιαλών, έλεγχος πλήρωσης αυτών Χώρος ζυγίσματος Εργαστήρια	1000 - 500 1000 - 500 250 - 500 1000 - 500
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ	Χώρος κατασκευής σασί Χώρος προπαρασκευής εξαρτημάτων Χώρος επιθεώρησης	500 - 250 1000 - 500 2000 - 1000
ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ	Συνεργείο (γενικός φωτισμός) Τράπεζα εργασίας Λιπαντήριο Πλυντήριο Χώρος στάθμευσης Έκθεση αυτοκινήτων	500 - 250 1000 - 500 500 - 250 500 - 250 150 1000 - 500
ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΑ	α) Εργασία χοντρή β) Εργασία μέση γ) Εργασία λεπτή δ) Εργασία πολύ λεπτή	100 500 - 250 1000 - 500 2000 - 1000

Πίνακας Α (συνέχεια)

ΧΩΡΟΣ - ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		Φωτισμός Lux (E)	
ΣΧΟΛΕΙΑ	Νηπιαγωγεία	200 - 400	
	Δημοτικά	400 - 200	
	Γυμνάσια	Αίθουσα διδασκαλίας	500 - 250
		Επιστημονικοί χώροι (εργαστήρια)	600 - 300
Βοηθητικοί χώροι		300 - 150	
ΓΡΑΦΕΙΑ - ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	Λογιστήριο - δακτυλογράφοι	1000 - 500	
	Γραφεία γενικά	500 - 250	
	Σχεδιαστήρια	Γενικός φωτισμός	1000 - 500
		Τοπικός φωτισμός	400 - 150
	Αίθουσες αναμονής	400 - 150	
Αίθουσες συνεδριάσεων	500 - 250		
ΡΑΦΕΙΑ	Υφάσματα ανοιχτού χρώματος	150 - 100	
	Υφάσματα σκοτεινού χρώματος	1000 - 250	
ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ	Βιτρίνες στο κέντρο μεγάλων πόλεων	Γενικός	2000 - 1000
		Συμπληρωματικός με spots	10000 - 5000
	Βιτρίνες σε υπόλοιπους χώρους	Γενικός	1000 - 500
		Συμπληρωματικός με spots	5000 - 2500
Εσωτερικός φωτισμός για καταστήματα μεγαλουπόλεων	1000 - 500		
Εσωτερικός φωτισμός για καταστήματα μεγαλουπόλεων	500 - 250		
ΒΑΦΕΙΑ	Γενικές εργασίες	1000 - 500	
	Ειδικές εργασίες και έλεγχος	2000 - 1000	
ΣΤΕΓΝΟ-ΚΑΘΑΡΙΣΤΗΡΙΑ	Γενικές εργασίες	500 - 250	
	Πλυντήρια	500 - 250	
	Χειριστήρια μηχανών	1000 - 500	
	Χώροι επιθεώρησης	2000	
ΑΡΤΟΠΟΙΪΑ	Χώρος ζύμωσης	400 - 200	
	Χώρος παρασκευής	400 - 200	
	Χώρος συσκευασίας	300 - 150	
	Χώρος έκθεσης προϊόντων	500 - 250	
ΞΥΛΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	Λειτουργικές	1000 - 500	
	Συνήθειες	500 - 250	
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΖΑΧΑΡΗΣ	Έλεγχος χρώματος	2000 - 1000	
	Φυγοκεντρικές μηχανές - κάθαρση	1000 - 500	
	Διάφορες εργασίες	500 - 250	
	Αποθήκες	150	

Πίνακας Α (συνέχεια)

ΧΩΡΟΣ - ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		Φωτισμός Lux (Ε)
ΜΕΤΑΛΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	Γενικές εργασίες	500 - 250
	Χώροι ελέγχου προϊόντων	1000 - 500
ΧΥΤΗΡΙΑ	Κατασκευή μητρών (λεπτουργικές εργασίες)	1000 - 500
	Κατασκευή μητρών (βαριά επεξεργασία)	500 - 250
	Χώροι επιθεώρησης λεπτών εργασιών	2000 - 1000
	Χώροι επιθεώρησης άλλων εργασιών	1000 - 500
ΜΟΥΣΕΙΑ	Γενικός φωτισμός	150
	Συμπληρωματικός φωτισμός εικόνων	400 - 200
	Συμπληρωματικός γλυπτών και άλλων αντικειμένων	1000 - 500
ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Αίθουσες πινάκων	
	Άλλοι χώροι	
	Εισιτήριων	
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	Αίθουσες αναμονής	150
	Χώροι έκδοσης εισιτήριων και γραφεία	1000 - 500
	Αναψυκτήριο	150
	Πλατφόρμα	150
ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ	α) Αποθήκευσης χύμα	100 - 50
	β) Αποθήκευσης μικρών τεμαχίων	200 - 100
	γ) Αποθήκευσης πολύ μικρών τεμαχίων	400 - 200
ΒΙΟΤΕΧΝΙΕΣ ΜΕΤΑΞΩΤΩΝ-ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ	Ανοιχτού χρώματος νήματα	400 - 200
	Πολύ σκοτεινού χρώματος νήματα	1500 - 750
ΒΙΟΤΕΧΝΙΕΣ ΜΕΤΑΞΩΤΩΝ-ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ	Χώροι επεξεργασίας	400 - 200
	Χώροι επιθεώρησης	800 - 400
ΚΑΠΝΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	Χώροι με μηχανές επεξεργασίας και διαμόρφωσης	800 - 400
	Χώροι επιθεώρησης παραγωγής	2000 - 1000
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ		1000 - 500
ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ	Χώροι συναρμολόγησης	500 - 250
	Χώροι κίνησης, γερανογέφυρες	150
	Χώροι επιμέρους εργασιών	1000 - 500

Πίνακας Β:
Συντελεστές χρησιμοποίησης για εγκαταστάσεις εσωτερικού φωτισμού

ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ ΑΤΜΩΝ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ HPL-R 250 W

HPL-R 250 W		Συντελεστής χρησιμοποίησης για καινούργια εγκατάσταση									Συντελεστής συντήρησης			
Τύπος Φωτιστικού Σώματος	v %	k										Καθαρισμός κάθε 1 χρόνο ^d A	Καθαρισμός κάθε 2 χρόνια ^d B	Καθαρισμός κάθε 3 χρόνια ^d C
			ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΑΤΜΩΝ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ 	0 ↓ 100 ↓ 100	1	0,36	0,29	0,24	0,35	0,28	0,24	0,34	0,28	0,24
1,2	0,42	0,35			0,29	0,41	0,34	0,29	0,40	0,34	0,29			
1,5	0,50	0,43			0,37	0,49	0,42	0,37	0,48	0,42	0,37			
2	0,60	0,53			0,48	0,58	0,52	0,48	0,57	0,52	0,48			
2,5	0,67	0,60			0,56	0,65	0,60	0,55	0,64	0,59	0,55			
3	0,72	0,66			0,62	0,70	0,65	0,61	0,69	0,65	0,61			
4	0,78	0,74			0,70	0,77	0,73	0,69	0,76	0,73	0,69			
5	0,82	0,78			0,75	0,81	0,78	0,75	0,81	0,77	0,75			
6	0,85	0,82			0,79	0,84	0,81	0,79	0,84	0,81	0,78			
8	0,89	0,86			0,84	0,88	0,86	0,83	0,87	0,85	0,83			
10	0,91	0,89		0,87	0,90	0,88	0,86	0,90	0,88	0,86				
Φωτιστικό σώμα στο κέντρο του χώρου											Βαθμός ρύπανσης μέσος 1,30 1,45 x			
1	0,38	0,31		0,26	0,37	0,31	0,26	0,36	0,31	0,26				
1,2	0,46	0,39		0,34	0,45	0,39	0,34	0,44	0,38	0,34				
1,5	0,57	0,50		0,46	0,56	0,50	0,46	0,55	0,50	0,46				
2	0,71	0,66	0,62	0,70	0,65	0,62	0,69	0,65	0,62	Βαθμός ρύπανσης υψηλός 1,55 1,90 x				

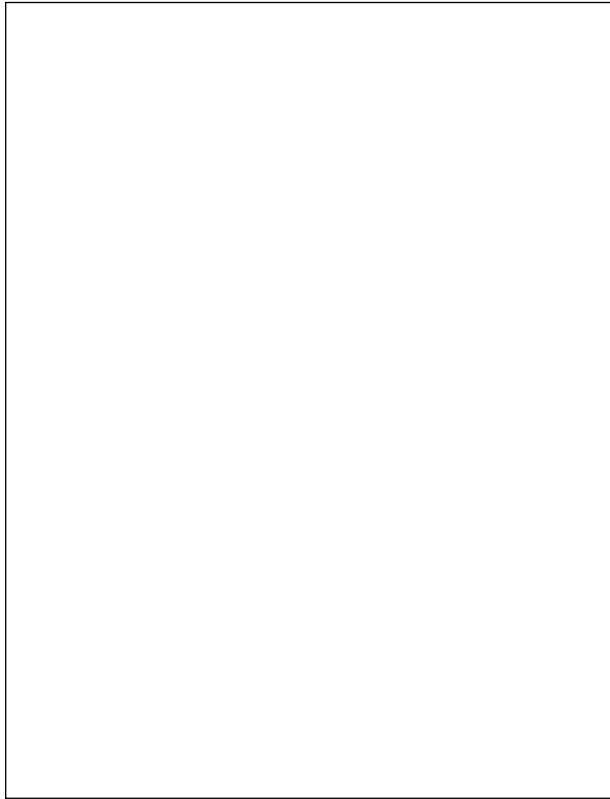
Πίνακας Β (συνέχεια)

ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ ΑΤΜΩΝ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ HPL-R 400 W

HPL-R 400 W			Συντελεστής χρησιμοποίησης για καινούργια εγκατάσταση									Συντελεστής συντήρησης				
Τύπος Φωτιστικού Σώματος	v %	k										Καθαρισμός κάθε 1 χρόνο	Καθαρισμός κάθε 2 χρόνια	Καθαρισμός κάθε 3 χρόνια		
			°A	°B	°C											
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΑΤΜΩΝ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ 	0 ↓ 100 ↓ 100	1	0,32	0,25	0,19	0,31	0,24	0,19	0,30	0,24	0,19	Βαθμός ρύπανσης χαμηλός	1,15	1,30	x	
		1,2	0,38	0,30	0,24	0,37	0,29	0,24	0,36	0,29	0,24					
		1,5	0,45	0,37	0,31	0,44	0,36	0,31	0,42	0,36	0,31					
		2	0,54	0,47	0,41	0,53	0,46	0,41	0,51	0,45	0,40	Βαθμός ρύπανσης μέσος	1,30	1,45	x	
		2,5	0,61	0,54	0,48	0,60	0,53	0,48	0,58	0,52	0,48					
		3	0,66	0,59	0,54	0,65	0,59	0,54	0,63	0,58	0,54					
		4	0,73	0,67	0,62	0,72	0,67	0,62	0,71	0,66	0,62	Βαθμός ρύπανσης υψηλός	1,55	1,90	x	
		5	0,78	0,73	0,68	0,77	0,72	0,68	0,75	0,71	0,68					
		6	0,81	0,77	0,73	0,80	0,76	0,72	0,79	0,75	0,72					
		8	0,85	0,82	0,78	0,84	0,81	0,78	0,84	0,81	0,78	Φωτιστικό σώμα στο κέντρο του χώρου				
	10	0,88	0,85	0,82	0,87	0,85	0,82	0,87	0,84	0,82						
	1	0,34	0,26	0,21	0,33	0,26	0,21	0,32	0,26	0,21						
	1,2	0,41	0,33	0,28	0,40	0,33	0,28	0,39	0,32	0,28						
	1,5	0,50	0,43	0,38	0,49	0,42	0,38	0,48	0,42	0,37						
	2	0,63	0,57	0,52	0,62	0,56	0,52	0,60	0,55	0,51						

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ

Α' ΤΕΥΧΟΣ



ΑΤΕΛΙΕ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΤΕΧΝΩΝ: **Αφοί ΤΖΙΦΑ Α.Ε.Β.Ε.**

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ: **Χούλια Γιώτα**

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΚΕΜΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΠΑΡΓΙΩΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΣΑΝΔΑΛΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ

Α' ΤΕΥΧΟΣ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

2^{ος} κύκλος

Ειδικότητα: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2001

Συγγραφείς

Κεμίδης Απόστολος, *Ηλγος Μηχανικός, έκτακτος Καθηγητής στο Τ.Ε.Ι. Χαλκίδας*
Μπαργιώτας Δημήτριος, *Ηλγος Μηχανικός, Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Χαλκίδας*
Σανδαλίδης Χρήστος, *Ηλγος Μηχανικός, Εκπ/κος Β/θμιας εκπ/σης ΠΕ 12*

Συντονιστής

Τσίλης Βασίλειος, *Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπαίδευσης*

Επιτροπή Κρίσης

Ιωαννίδου Μαρία, *Ηλγος Μηχανικός, Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.*
Μάρης Θεόδωρος, *Ηλγος Μηχανικός, Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Χαλκίδας*
Πάγκαλος Σταύρος, *Ηλγος Μηχανικός, Εκπ/κος Β/θμιας εκπ/σης*

Γλωσσική Επιμέλεια

Παπανδρέου Βασιλική, *Φιλολόγος, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης*

Ηλεκτρονική Επεξεργασία

Τζάμος Στέργιος, *Διπλ. Μηχανικός Μεταλλείων*

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

*Υπεύθυνος του Ηλεκτρολογικού τομέα
Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου*

Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

.....

.....

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΕΝΟΤΗΤΑ 1.1	
1.1.1 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας	13
1.1.2 Δομή βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης	15
1.1.3 Ηλεκτρολογικά σχέδια εγκαταστάσεων	17
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	
Ανακεφαλαίωση	24
Ερωτήσεις	25
ΕΝΟΤΗΤΑ 2.1	
2.1.1 Κανονισμοί ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων	29
2.1.2 Κανονισμοί εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε.)	31
2.1.3 Είδη εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων	34
ΕΝΟΤΗΤΑ 2.2	
2.2.1 Τρόποι κατασκευής ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων	39
2.2.2 Διατομές και επιτρεπόμενα ρεύματα σε αγωγούς και καλώδια	47
2.2.3 Διατάξεις προστασίας και ελέγχου ηλεκτρικών κυκλωμάτων και καταναλωτών	52
2.2.4 Πυκνωτές διόρθωσης συντελεστή ισχύος	75
2.2.5 Λοιπά εξαρτήματα ηλεκτρικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων	78
2.2.6 Συμβολισμός βασικών διατάξεων και μέσων προστασίας - ελέγχου	84
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	
Ανακεφαλαίωση	88
Ερωτήσεις	89
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.1	
3.1.1 Παροχές ηλεκτρικής ενέργειας	93
3.1.2 Υλικά παροχών ηλεκτρικής ενέργειας	96
3.1.3 Διαδικασία ηλεκτροδότησης	100
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.2	
3.2.1 Δομή και είδη ηλεκτρικών πινάκων	105

3.2.2	Τυποποίηση και κατασκευαστικά στοιχεία ηλεκτρικών πινάκων	113
3.2.3	Επιλογή και τοποθέτηση ηλεκτρικών πινάκων	124
3.2.4	Συναρμολόγηση ηλεκτρικών πινάκων	126
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.3		
3.3.1	Ηλεκτροπληξία και προστασία ηλεκτρικής εγκατάστασης	131
3.3.2	Υλικά γειώσεων προστασίας	135
3.3.3	Είδη γειώσεων προστασίας	139
3.3.4	Πρακτικές μέθοδοι ελέγχου γειώσεων	145
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ		
	Ανακεφαλαίωση	148
	Ερωτήσεις	150
ΕΝΟΤΗΤΑ 4.1		
4.1.1	Υπολογισμός ρεύματος τροφοδοσίας ηλεκτρικών καταναλωτών	153
4.1.2	Υπολογισμός πτώσης τάσης γραμμών τροφοδοσίας	156
4.1.3	Υπολογισμός και επιλογή διατομής αγωγών τροφοδοσίας	159
4.1.4	Υπολογισμός και επιλογή διατάξεων προστασίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων και καταναλωτών (ασφαλειών, διακοπών, κ.λπ.)	163
4.1.5	Υπολογισμός και επιλογή πυκνωτών διόρθωσης συντελεστή ισχύος (συνφ)	167
ΕΝΟΤΗΤΑ 4.2		
4.2.1	Εκκίνηση και ρύθμιση στροφών κινητήρων Συνεχούς Ρεύματος	177
4.2.2	Εκκίνηση και ρύθμιση στροφών Ασύγχρονων Τριφασικών κινητήρων	180
4.2.3	Εκκίνηση και έλεγχος Σερβοκινητήρων Συνεχούς Ρεύματος	195
4.2.4	Εκκίνηση και έλεγχος Βηματικών κινητήρων	197
4.2.5	Μετάδοση κίνησης	199
ΕΝΟΤΗΤΑ 4.3		
4.3.1	Γενικά	205
4.3.2	Μελέτη και Σχεδίαση εγκατάστασης κίνησης	206
4.3.3	Εφαρμογή	218
ΕΝΟΤΗΤΑ 4.4		
4.4.1	Γενικά	231
4.4.2	Μελέτη και Σχεδίαση εγκατάστασης φωτισμού	233
4.4.3	Εφαρμογές	240

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ανακεφαλαίωση	254
Ερωτήσεις	256
Ασκήσεις	258

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας Α: Απαιτούμενη ποσότητα φωτισμού Ε σε LUX στο επίπεδο εργασίας διάφορων χωρών	262
Πίνακας Β: Συντελεστές χρησιμοποίησης για εγκαταστάσεις εσωτερικού φωτισμού	266