ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

2

Ενότητα 2.2

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

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:

Α. 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.

Β. 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 πού στερεώνονται πάνω στους τοίχους.

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

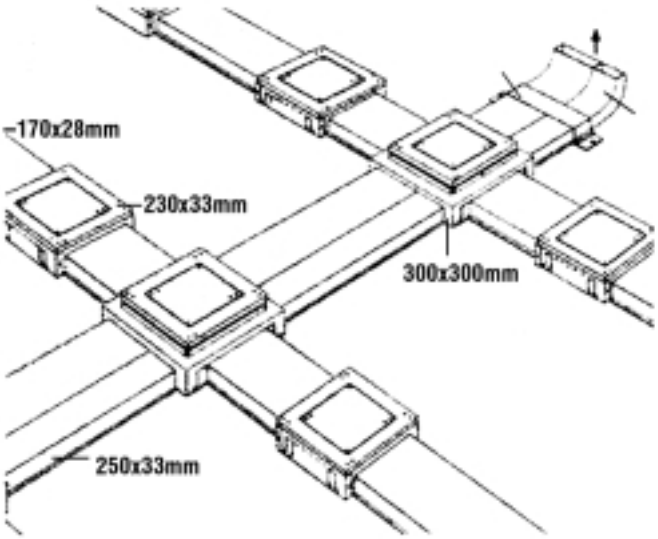
Γ. Ενδοδαπέδιες εγκαταστάσεις

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.

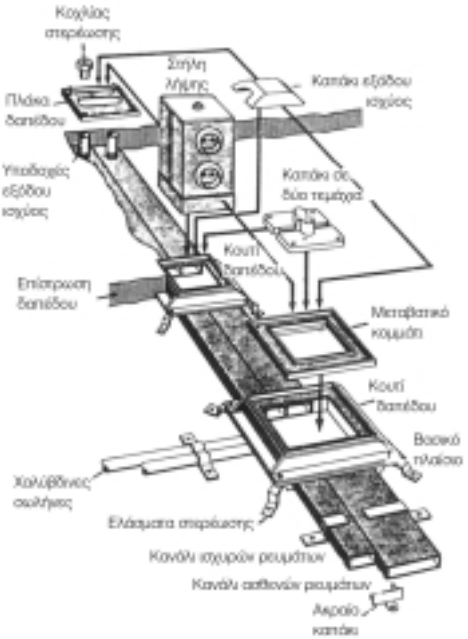
Ο τρόπος αυτός εγκατάστασης έχει το πλεονέκτημα ότι δεν υπάρχει διαδρομή τροφοδοσίας στον εξωτερικό χώρο, με αποτέλεσμα την αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων από τη διακοπή κάποιου αγωγού.

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 2.2.1 *Τμήμα εγκατάστασης ενδοδαπέδιου συστήματος*

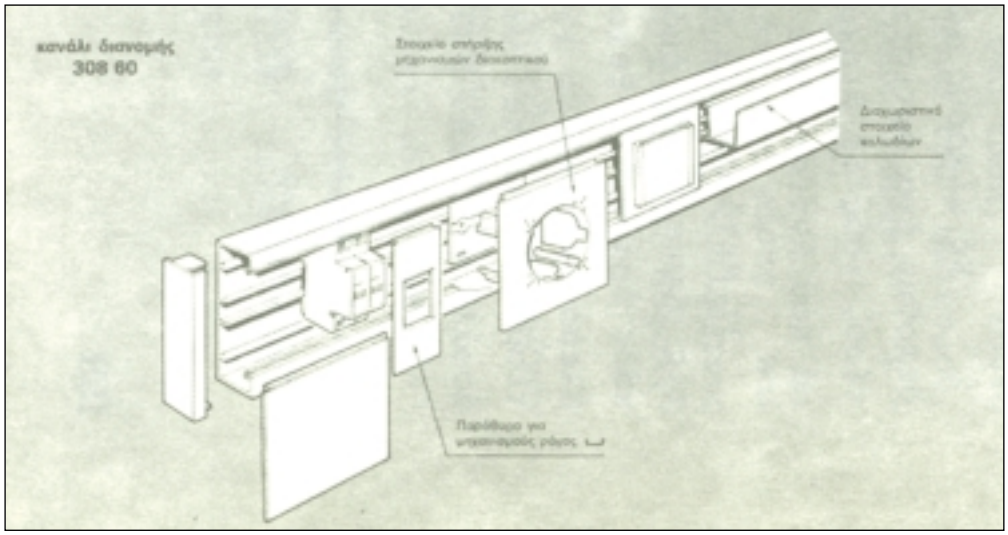


Σχήμα 2.2.2 *Ενδοδαπέδιο σύστημα διανομής*

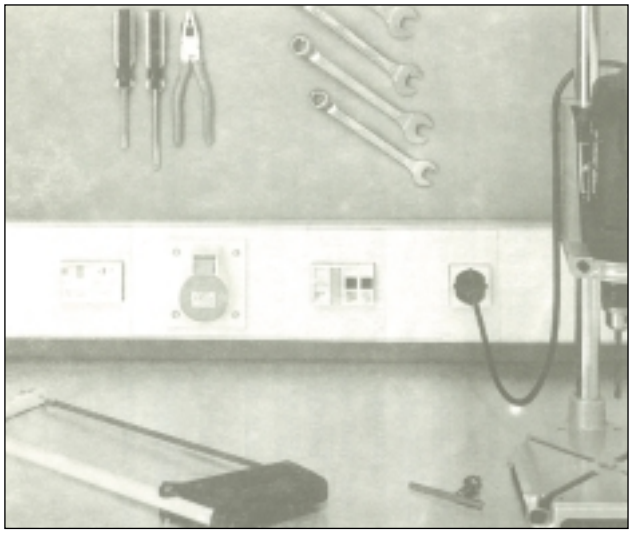
Δ. Εγκαταστάσεις με κανάλια

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*

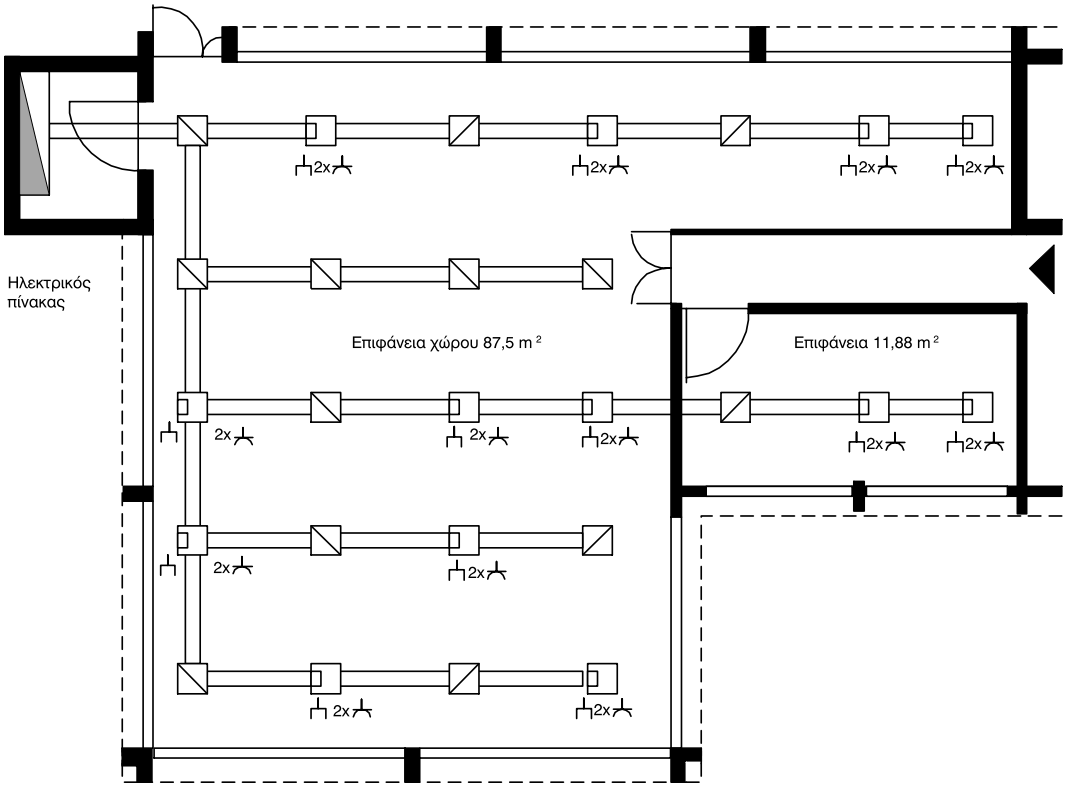
➡ Τα κανάλια διανομής είναι προκατασκευασμένες διατάξεις και η χρήση τους θεωρείται ως ο αποτελεσματικότερος τρόπος κατασκευής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης με πλεονεκτήματα όπως:

- 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 **χαλυβδοέλασμα** 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

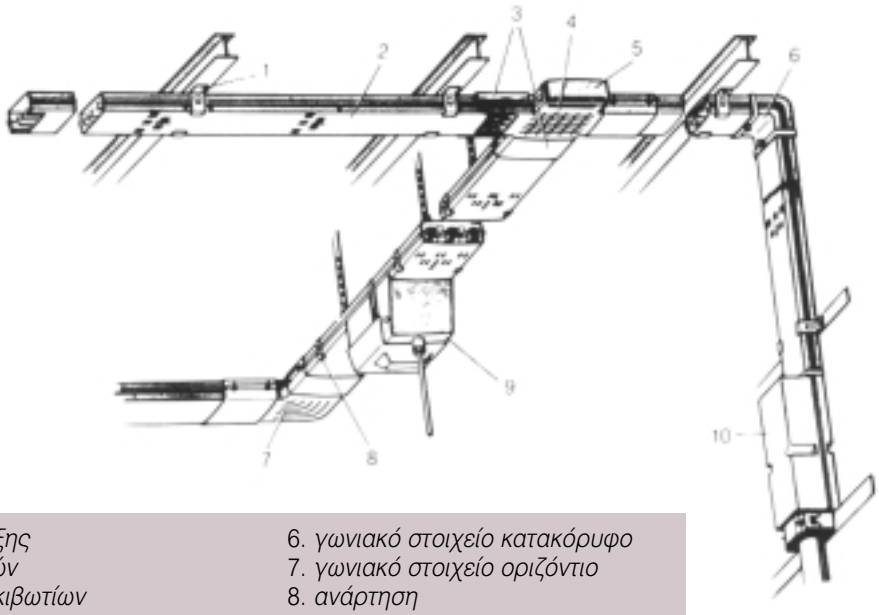
Το σύστημα **συνεχούς τροφοδοσίας** με κανάλια οροφής εφαρμόζεται κυρίως σε βιομηχανικές μονάδες όπου οι θέσεις διαφόρων ηλεκτρικών φορτίων (εργαλειομηχανών) των μονάδων, μπορεί να αλλάζουν θέσεις λόγω αλλαγής της παραγωγής ή ανακατανομής τους στο χώρο. Τέτοιες μονάδες είναι τα εργοστάσια κατασκευής 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).

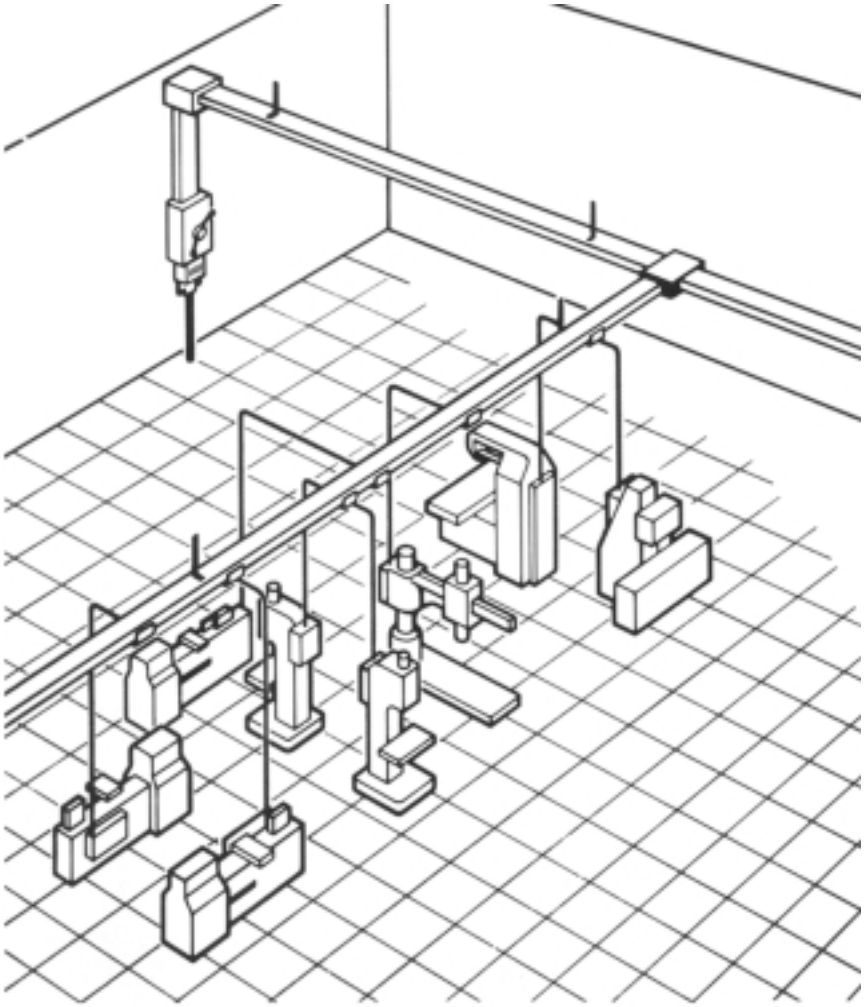
Με τη βοήθεια **κιβωτίων απαγωγής** (κιβώτια ρευματοληψίας για τη σύνδεση φορτίων) με δυνατότητα τοποθέτησης ανά 25 cm περίπου που φέρουν ασφάλειες (τιμών 25 A, 63 A, 100 A, 200 A και 400 A) τροφοδοτούνται οι διάφορες μηχανές. Υπάρχει η δυνατότητα τα κανάλια αυτά να χρησιμοποιηθούν και σαν φέρουσα κατασκευή 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 **<u>με ή χωρίς τάση</u>** 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.

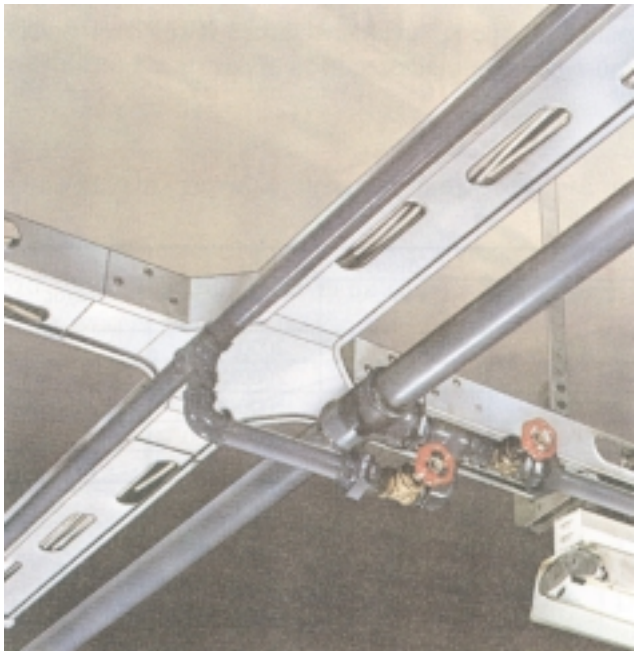
Η. Εγκαταστάσεις με σχάρες

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.

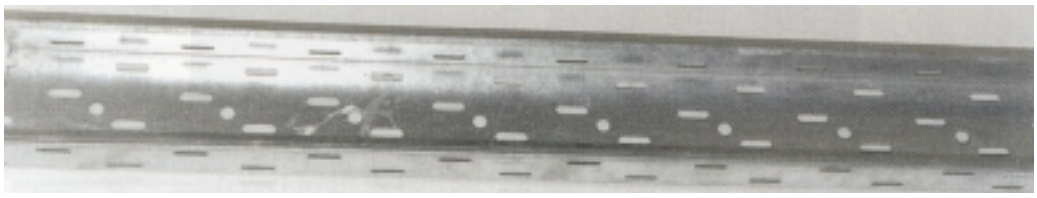
Οι σχάρες συνοδεύονται από μία σειρά βοηθητικών εξαρτημάτων, όπως γωνίες, σύνδεσμοι, στηρίγματα, κ.λπ. Κατασκευάζονται από **πλαστικό** (PVC) (πλαστικές σχάρες) ή από **γαλβανισμένη λαμαρίνα** (μεταλλικές σχάρες) για αυξημένη αντοχή (Σχήμα 2.2.10).

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 χρησιοποιώντας πίνακες που συσχετίζουν διατομές **αγωγών** και **καλωδίων** με τα επιτρεπόμενα ρεύματα που τους διαρρέουν.

➡ Στη συνέχεια παρατίθενται τέτοιοι πίνακες σύμφωνα με:

Α. Τους **Ελληνικούς κανονισμούς** των Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων, άρθρο 126 (Πίνακας 2.2.1).

Β. Στοιχεία που δίνουν οι **Έλληνες κατασκευαστές καλωδίων** (Πίνακας 2.2.3).

Γ. Τους **Γερμανικούς** κανονισμούς (DIN VDE), **διεθνείς κανονισμούς** (IEC) και τα **έντυπα εναρμόνισης** (HD) που επικαλύπτουν τους Ελληνικούς κανονισμούς (Πίνακας 2.2.4)

Α. 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 *Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας σε μονωμένους αγωγούς, σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων*

Διατομή Cu mm²	**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 κινητών 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*

	Επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος (A)								
Διατομή αγωγών mm²	H07V-K (NYAF) (αέρας)	H07V-U H07V-R (NYA) (αέρας)	A05VY-U A05VY-R (NYM) (αέρας)	J1VV-U J1VV-R J1VV-S (NYY)		Προτεινόμενη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος σε (A)		Προτεινόμενη ασφάλεια προστασίας σε (A) για καλώδια για καλώδια NYY	
				αέρας	έδαφος	αέρας	έδαφος	αM	gL
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*

	ΟΜΑΔΑ Ι		ΟΜΑΔΑ ΙΙ		ΟΜΑΔΑ ΙΙΙ	
Διατομή αγωγού σε mm²	**Ονομαστική τιμή ρεύματος (Α)**	**Ασφάλεια προστασίας (Α)**	**Ονομαστική τιμή ρεύματος (Α)**	**Ασφάλεια προστασίας (Α)**	**Ονομαστική τιμή ρεύματος (Α)**	**Ασφάλεια προστασίας (Α)**
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 καλώδια, 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 τήξης*, 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 mm²	**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 (Α) Προτεινόμενες τιμές** Πίνακα 2.2.3	**Ονομαστικό ρεύμα ασφαλειών σε (Α) 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).*

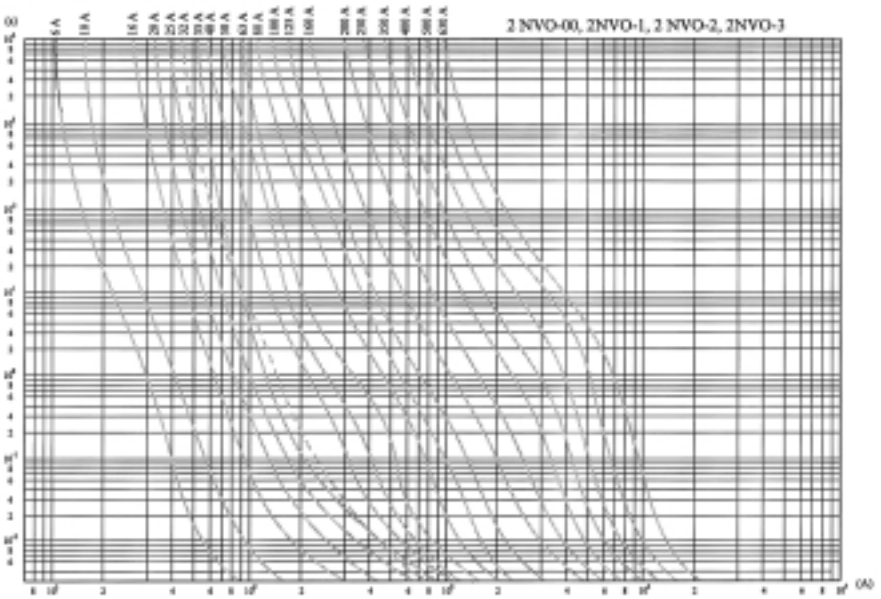
Ονομαστική διατομή χάλκινου αγωγού σε mm²	**Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας σε (A)** ΟΜΑΔΑ 2, Πίνακας 2.2.4	**Ονομαστικό ρεύμα ασφαλειών σε (A)** ΟΜΑΔΑ 2, Πίνακας 2.2.4
0,05	1	**-**
0,14	2	**-**
0,25	3	**-**
0,34	6	**-**
0,5	9	**-**
0,75	12	**10**
1	15	**10**
1,5	18	**16**
2,5	26	**25 (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.

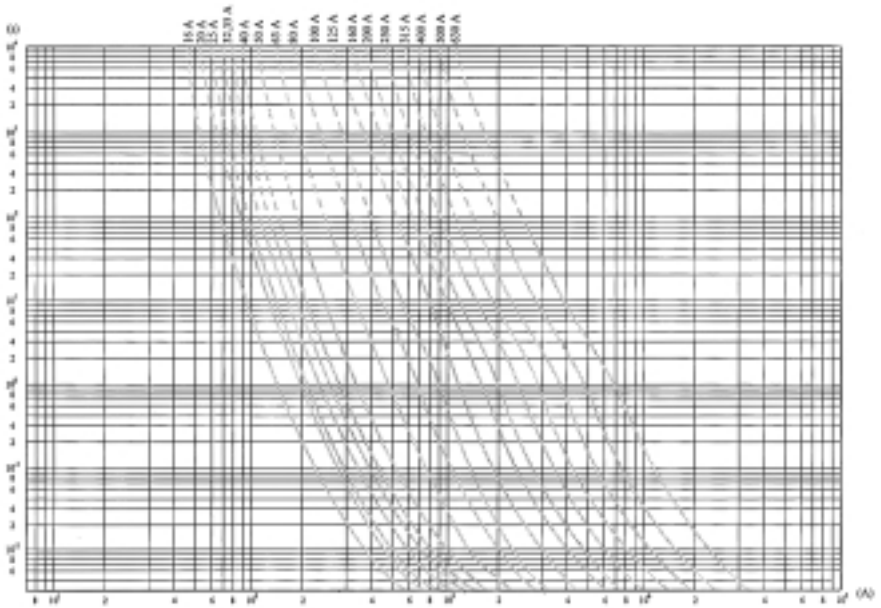
➤ Στις ασφάλειες **ταχείας τήξης** το τηκτό (νήμα) λειώνει γρήγορα σε χρόνο 0,2 έως 0,5 sec περίπου, όταν το ρεύμα που τις διαρρέει ξεπεράσει το ονομαστικό τους κατά 3,5 φορές. Οι ασφάλειες αυτές χαρακτηρίζονται ως ασφάλειες τύπου **gL**.

➤ Στις ασφάλειες **βραδείας τήξης** το τηκτό (νήμα) λειώνει 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 αM**.

➡ 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 αM)*

➡ 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

	Μέγεθος	**Μέγιστο ρεύμα σε (A)**	**Μέγιστη διατομή αγωγού σε mm²**
Μονοπολική βάση	00	160	95
	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
	Μέγεθος	**Μέγιστο ρεύμα σε (A)**	**Μέγιστη διατομή αγωγού σε mm²**
Τριπολική βάση	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 μικροαυτόματων (αυτόματων ασφαλειών) **'A', 'B', 'C'** και **'D'**. που περιγράφονται στον επόμενο Πίνακα 2.2.11. Για κάθε τύπο μικροαυτόματου 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 "A" «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 "B" «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

<u>Παράδειγμα επεξήγησης του Πίνακα 2.2.11</u>

<u>Δοκιμή σε υπερφόρτιση</u>

➤ 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** $I = 1,45 \cdot I_N = 1,45 \cdot 40 = 58$ A.

Δοκιμή σε βραχυκύκλωμα

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

➤ Ο ίδιος μικροαυτόματος θα ενεργοποιηθεί σε χρόνο λιγότερο από 0,1 sec, όταν περάσει από αυτόν το **μεγάλο ρεύμα** $I = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 40 = 400$ 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 "A"				
Μονοπολική *Μονοπολική + N*	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 "B"				
Διπολική	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	-

	Τύπος “C”				
Τριπολική	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
	Τύπος “D”				
Τριπολική + N	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».**