

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ  
8<sup>ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ : ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ  
Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.**

**Π. Δ. Μπούρκας  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**ΞΑΝΘΗ 2012**



## 1. Είδη ηλεκτρολογικών σχεδίων εγκαταστάσεων

Η ανάγκη συνεννόησης των τεχνικών μέσω ηλεκτρολογικών σχεδίων στις διάφορες φάσεις ενός ηλεκτρολογικού έργου (μελέτη, κατασκευή, επίβλεψη, συντήρηση, επισκευές, κ.λ.π.), έχει οδηγήσει στα παρακάτω είδη σχεδίων :

1. Το πολυγραμμικό σχέδιο.
2. Το μονογραμμικό σχέδιο.
3. Το ανάπτυγμα σχεδίου (ή σχέδιο διευθύνσεων του ρεύματος).
4. Το σχέδιο της εγκατάστασης στην κάτοψη του χώρου.
5. Τα σχέδια καλωδιώσεων του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων.
6. Τα λειτουργικά διαγράμματα (ή μπλοκ διαγράμματα).
7. Το μηχανολογικό σχέδιο ηλεκτροτεχνικών κατασκευών.

### 1.1. Το πολυγραμμικό και το μονογραμμικό σχέδιο

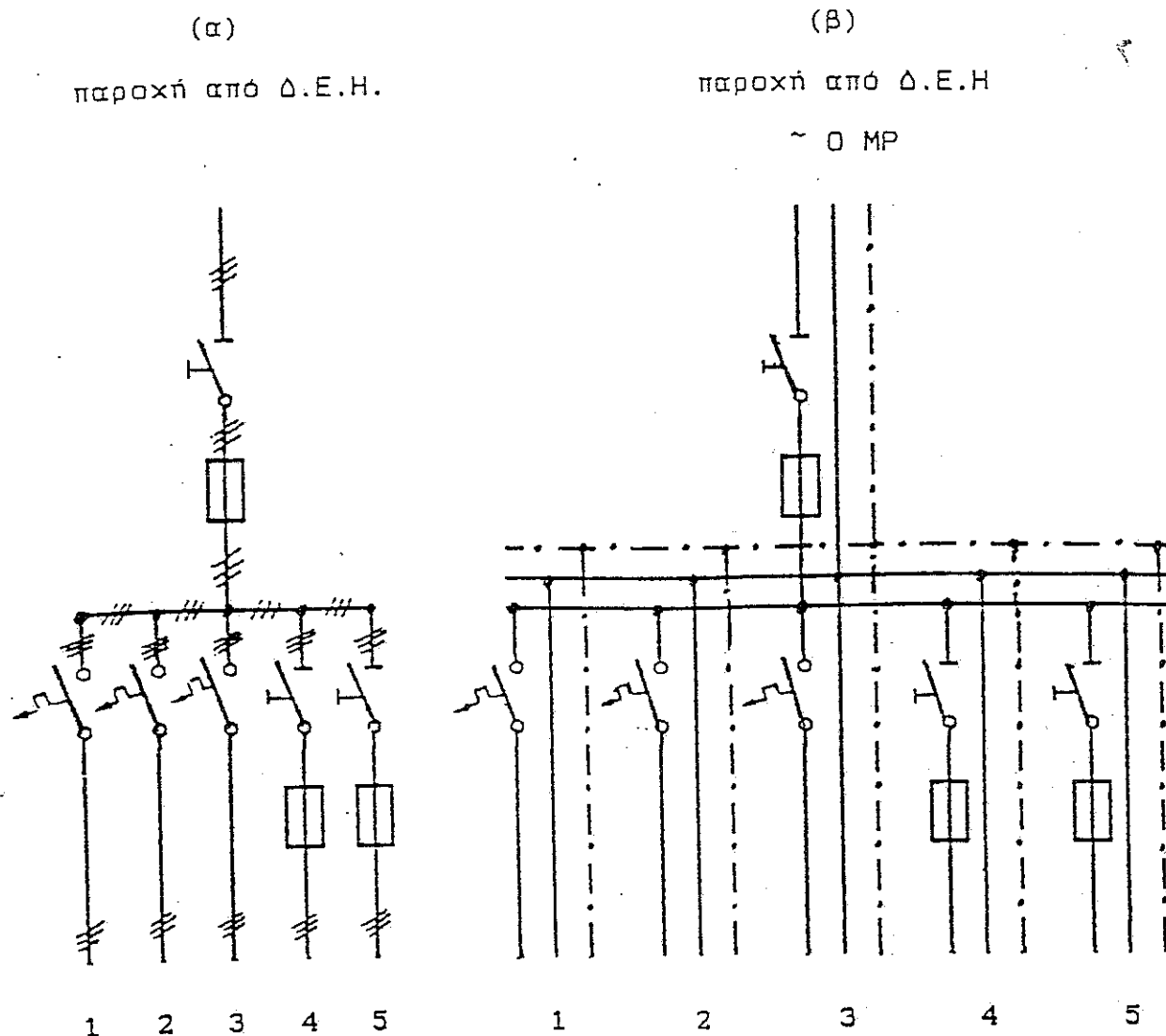
Το πολυγραμμικό σχέδιο δίνει αναλυτικά τη λειτουργία μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης, ή ενός κυκλώματος γενικά μίας ηλεκτροτεχνικής κατασκευής ( π.χ. το κύκλωμα ενός πίνακα χαμηλής ή μέσης τάσης κ.λ.π.).

Το μονογραμμικό σχέδιο είναι ένα απλοποιημένο είδος σχεδίου του κυκλώματος λειτουργίας μίας εγκατάστασης ή μίας ηλεκτροτεχνικής κατασκευής γενικότερα . Διακρίνει κανείς δύο περιπτώσεις μονογραμμικού σχεδίου :

- Το μονογραμμικό σχέδιο με επισήμανση του πλήθους των αγωγών, των ασφαλειών , των πόλων των διακοπών & γενικά στοιχείων του κυκλώματος, που σχετίζονται με τον αριθμό των φάσεων.
- Το μονογραμμικό σχέδιο χωρίς επισήμανση του πλήθους των στοιχείων, που προαναφέρθηκαν.

Η δεύτερη περίπτωση μονογραμμικού σχεδίου χρησιμεύει συνήθως στην απλοποιημένη παράσταση του συνόλου ή μέρους μίας εγκατάστασης μαζί με τον πίνακά της.

Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα παραδείγματα μονογραμμικού και πολυγραμμικού σχεδίου. Όπως φαίνεται σ' αυτό, στο μονογραμμικό σχέδιο επισημαίνονται με διαγραμμίσεις τα διάφορα στοιχεία της εγκατάστασης , που δίνονται αναλυτικά στο πολυγραμμικό σχέδιο ( στο συγκεκριμένα παραδείγματα το πλήθος των αγωγών ).

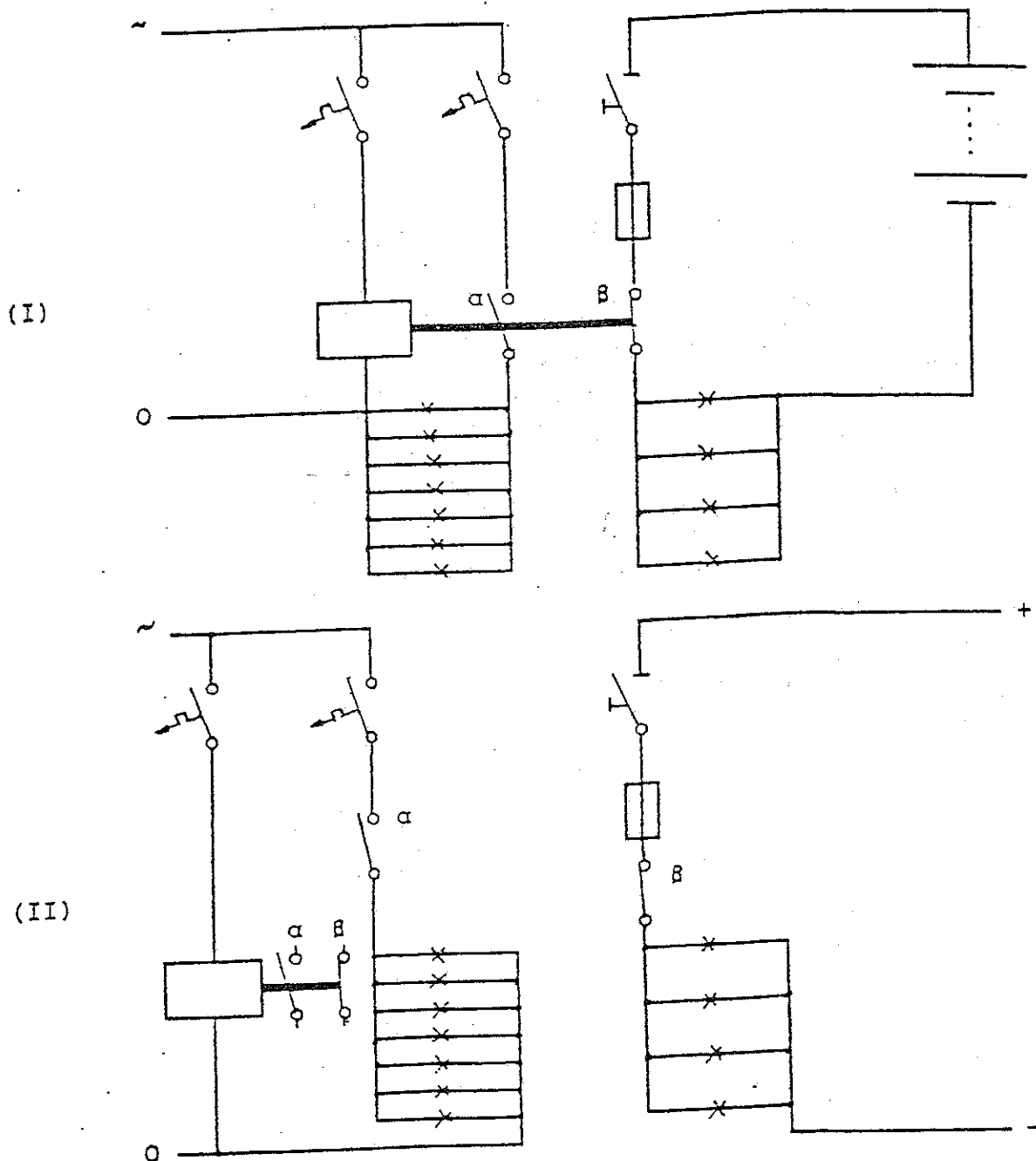


Σχήμα 1.1-1 : Παράδειγμα μονογραμμικού και πολυγραμμικού σχεδίου του ηλεκτρικού πίνακα μίας κατοικίας με μονοφασική παροχή από το δίκτυο της Δ.Ε.Η.  
α: μονογραμμικό σχέδιο.  
β: πολυγραμμικό σχέδιο.  
1,2 & 3: αναχωρήσεις γραμμών φωτισμού-ρευματοδοτών.  
4: αναχώρηση ηλεκτρικής κουζίνας.  
5: αναχώρηση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα.  
~: φάση.  
0: ουδέτερος.  
ΜΡ: γείωση.

### 1.2. Το ανάπτυγμα σχεδίου (ή σχέδια διευθύνσεων του ρεύματος)

Στο είδος αυτό του σχεδίου ενδιαφέρει η απόδοση των διαφόρων κυκλωμάτων μίας κατασκευής, όπως αυτά αναπτύσσονται ακολουθώντας τη ροή (διεύθυνση) του ρεύματος με κάθε λεπτομέρεια. Πρόκειται για μία πλήρη ανάλυση των κυκλωμάτων, η οποία διευκολύνει σημαντικά στην ανασήτση βλαβών σε πολύπλοκες κατασκευές, όπου συνήθως αλληλοεξαρτώνται διάφορα κυκλώματα.

Ένα απλό παράδειγμα αναπτύγματος σχεδίου δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Κύκλωμα φωτισμού ασφάλειας (ή εφεδρικού φωτισμού) μέσω ενός ηλεκτρονόμου (I) και ανάπτυγμα σχεδίου του κυκλώματος αυτού (II)

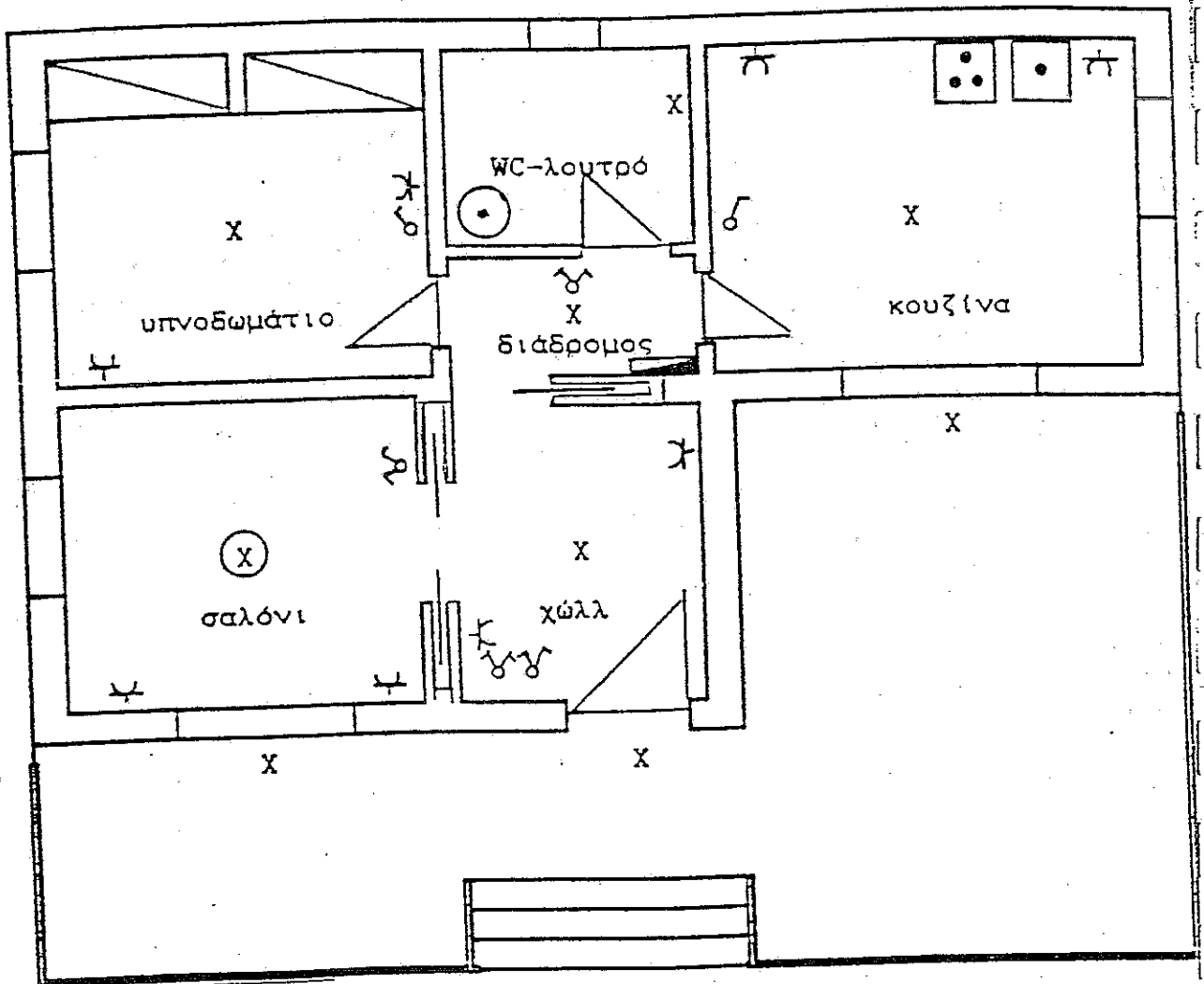
Σχήμα 1.2-1 : Παράδειγμα αναπτύγματος σχεδίου  
~ : φάση  
0 : ουδέτερος  
+ και - : πόλοι της μπαταρίας

### 1.3. Το σχέδιο της εγκατάστασης στην κάτοψη του χώρου





Το σχέδιο αυτό δίνει τα στοιχεία μίας εγκατάστασης στην κάτοψη των χώρων. Διακρίνει κανείς δύο περιπτώσεις :

- Το σχέδιο στην κάτοψη των χώρων χωρίς τις γραμμές.
- Το σχέδιο στην κάτοψη των χώρων με τις γραμμές.

Το σχέδιο χωρίς γραμμές είναι μία απλοποιημένη παράσταση της εγκατάστασης, που πρέπει να βασίζεται στην κάτοψη των χώρων με



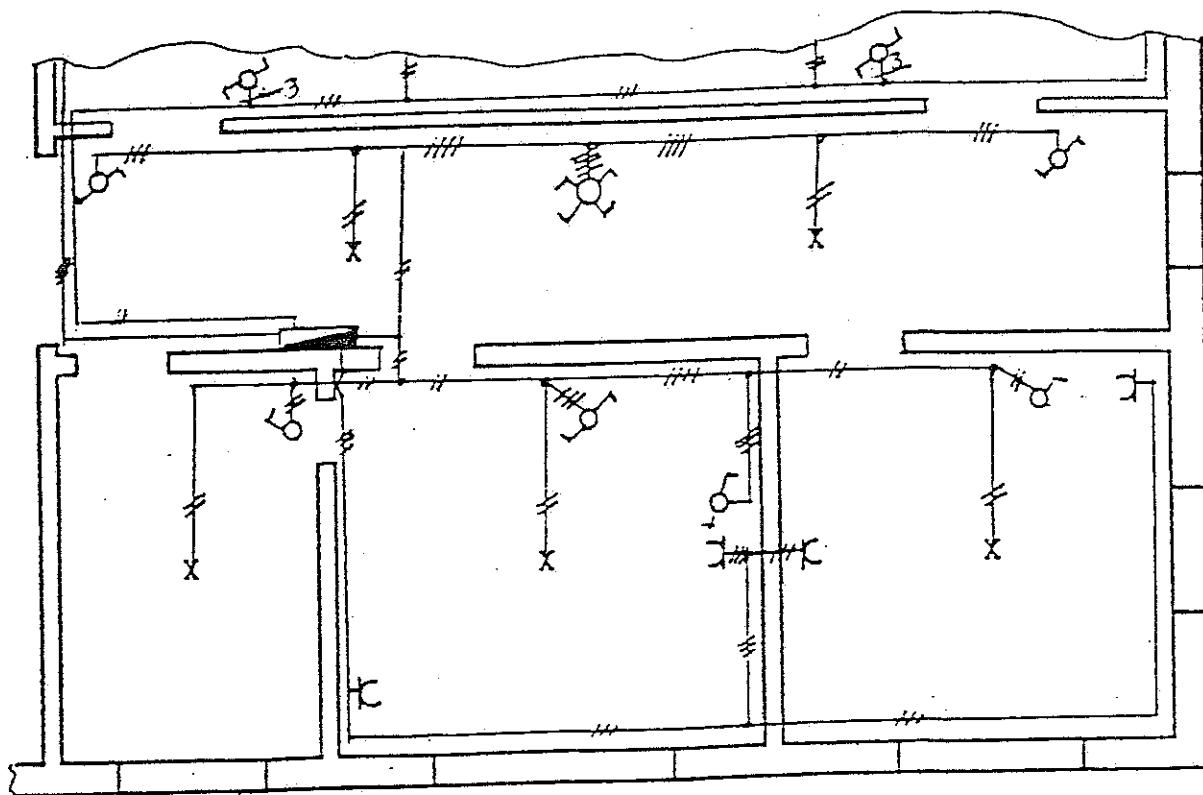
Σχήμα 1.3-1 : Παράδειγμα ηλεκτρολογικού σχεδίου χωρίς γραμμές στη κάτοψη των χώρων μίας κατοικίας.

- σύμβολο ηλεκτρικού πίνακα : 
- σύμβολο ηλεκτρικής κουζίνας : 
- σύμβολο ηλεκτρικού ψυγείου : 
- σύμβολο ηλεκτρικού θερμοσίφωνα : 

όλο τον σταθερό και κινητό εξοπλισμό στη θέση του , ανάλογα με τη λειτουργικότητα των χώρων . Σε μία ομάδα μηχανικών , που εκπονεί μία μελέτη , η λειτουργικότητα των χώρων καθορίζεται από τον αρχιτέκτονα μηχανικό . Η συμβολή των μηχανικών άλλων ειδικοτήτων στο θέμα αυτό συνίσταται στη σωστή πληροφόρηση του αρχιτέκτονα σε εξειδικευμένα θέματα , που δεν μπορεί να γνωρίζει (π.χ.: παραγωγική διαδικασία σε ένα τμήμα εργοστασίου , χώρος υποσταθμού ενός ξενοδοχείου , μηχανοστάσιο ενός νοσοκομείου , κ.λ.π.) .

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές , ότι ο ηλεκτρολόγος μηχανικός βασίζει τα σχέδια του στα πλήρη αρχιτεκτονικά σχέδια , που δίνουν όλα τα στοιχεία για τη θέση του σταθερού και του κινητού εξοπλισμού σε κάθε χώρο . Στο σχήμα 1.3-1 δίνεται ένα απλό παράδειγμα σχεδίου της εγκατάστασης χωρίς γραμμές για μία κατοικία , το οποίο έχει βασιστεί στην πλήρη αρχιτεκτονική κάτοψη . Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό , έχει σχεδιαστεί η ηλεκτρική εγκατάσταση με τα διάφορα σύμβολά της ( πίνακας , διακόπτες φωτιστικών , φωτιστικά , ρευματοδότες , και ηλεκτρικές συσκευές ) . Δείχνεται επίσης η φορά περιστροφής των εσωτερικών κουφωμάτων , που ενδιαφέρει ιδιαίτερα για την επιλογή της θέσης των διακοπών . Για λόγους συντόμευσης της εργασίας σχεδίασης των ηλεκτρολογικών σχεδίων εγκαταστάσεων , δεν περιλαμβάνεται συνήθως στα σχέδια αυτά ο μη ηλεκτρολογικός εξοπλισμός .

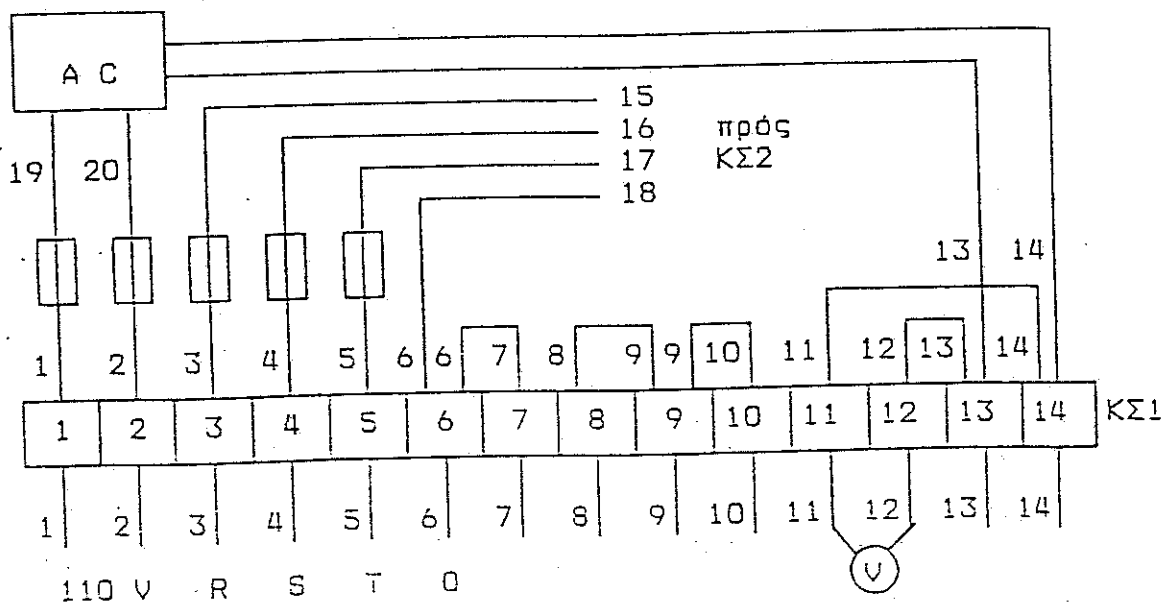
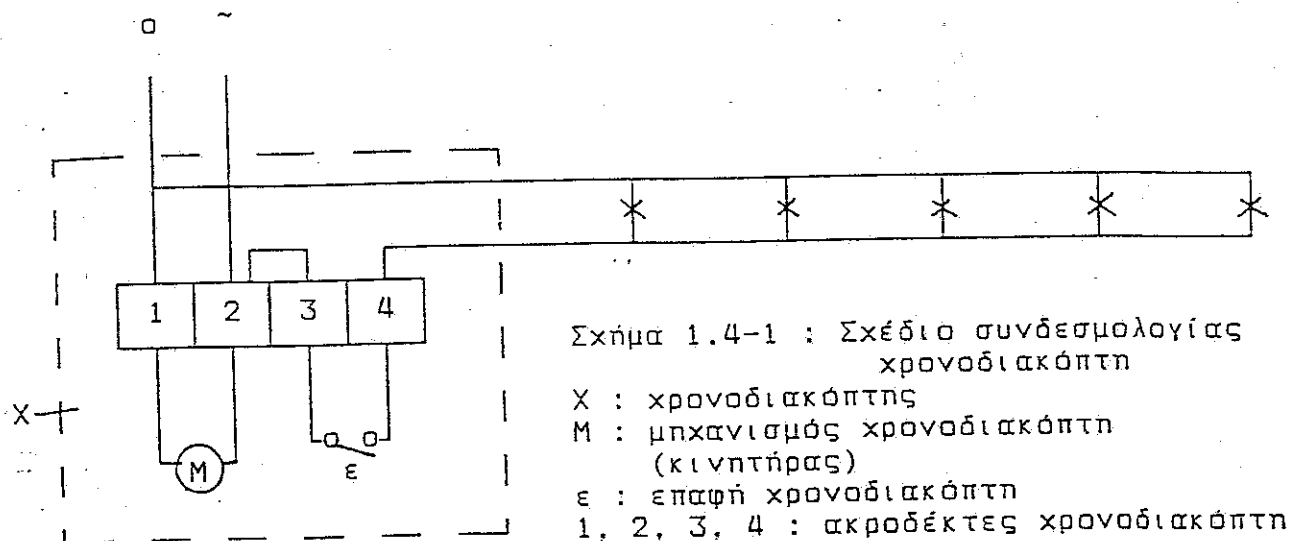
Το σχέδιο της εγκατάστασης στην κάτοψη των χώρων με τις γραμμές είναι πρακτικά ένα μονογραμμικό σχέδιο στην πραγματική θέση της εγκατάστασης (σχήμα 1.3-2) . Στο σχέδιο αυτό και στο σχέδιο του πίνακα βασίζεται ουσιαστικά ο ηλεκτροτεχνίτης για την πραγματοποίηση απλών οικιακών εγκαταστάσεων .



Σχήμα 1.3-2 : Παράδειγμα σχεδίου μίας εγκατάστασης στην κάτοψη των χώρων με τις γραμμές

1.4. Σχέδια καλωδιώσεων του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων

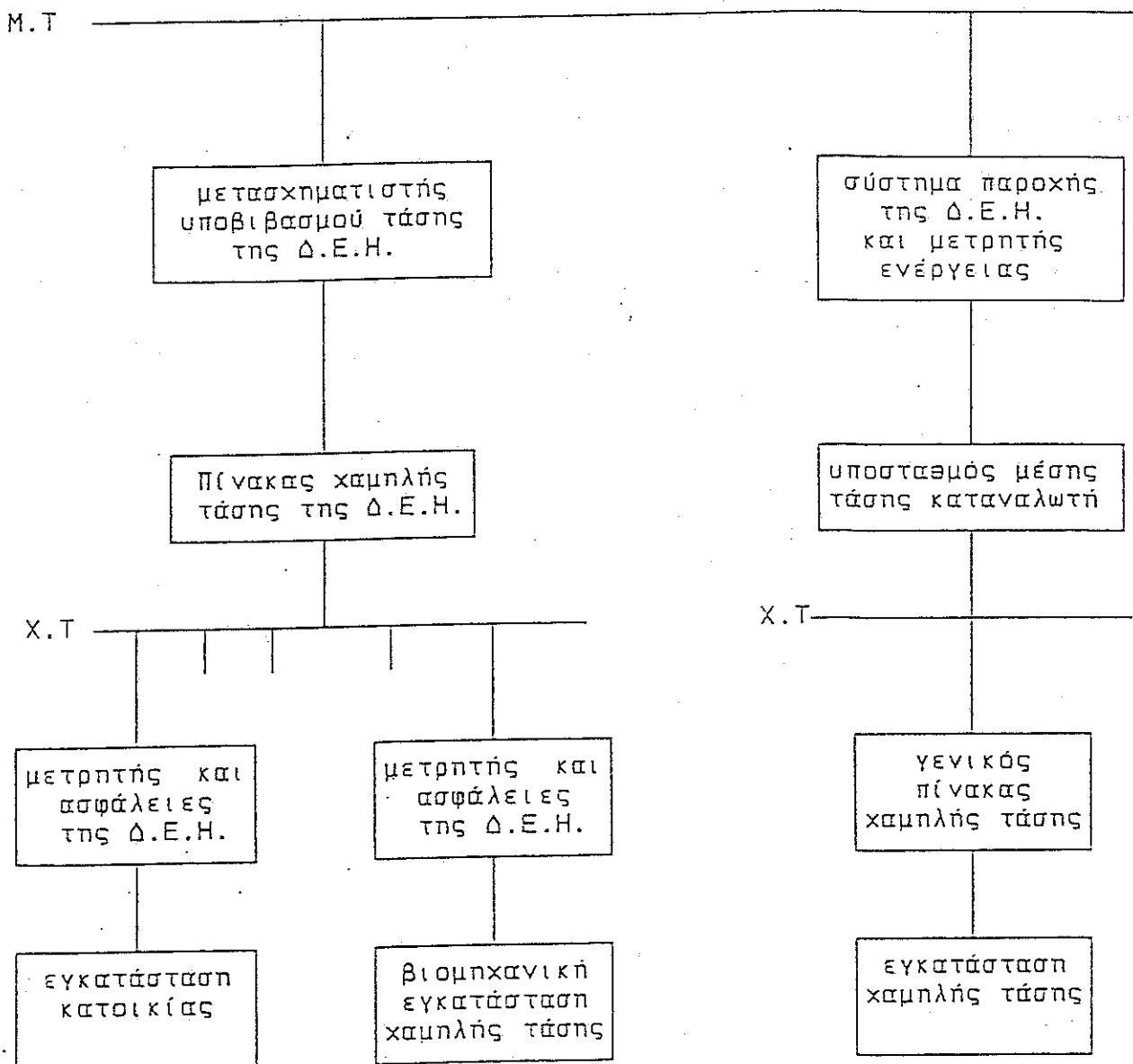
Τα σχέδια καλωδιώσεων εξυπηρετούν στην εγκατάσταση και στις συνδέσεις των καλωδίων προς τις διάφορες συσκευές ή κυκλώματα. Για το σκοπό αυτό γίνεται συνήθως μία αρίθμηση των ακροδεκτών ή των καλωδίων ή και των δύο, ώστε να διευκολύνεται ο τεχνίτης στην πραγματοποίηση της κατασκευής. Τα σχέδια αυτά δεν αποδίδουν συνήθως τη λειτουργία του κυκλώματος. Στο σχήμα 1.4-1 δίνεται ένα σχέδιο καλωδιώσεων, με αρίθμηση των ακροδεκτών ενός χρονοδιακόπτη για τη λειτουργία τεσσάρων φωτιστικών. Ένα άλλο παράδειγμα με αρίθμηση των ακροδεκτών και των καλωδίων φαίνεται στο σχήμα 1.4-2.





### 1.5. Τα λειτουργικά διαγράμματα (ή μπλόκ διαγράμματα)

Το είδος αυτό του σχεδίου, που εφαρμόζεται συχνά για την επεξήγηση της λειτουργίας ηλεκτρονικών μηχανημάτων, διευκολύνει επίσης στην απλοποιημένη παράστασή της λειτουργίας πολύπλοκων εγκαταστάσεων και παραγωγικών διαδικασιών, όπως π.χ. : η παράσταση των υποσταθμών του δικτύου μίας περιοχής, η παραγωγική διαδικασία σε ένα εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου, κ.λ.π. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ένα μπλόκ διάγραμμα, το οποίο αποσκοπεί σε μία απλοποιημένη ενέρωση για τις παροχές χαμηλής και μέσης τάσης.



Σχήμα 1.5-1 : Ένα απλοποιημένο μπλόκ διάγραμμα για τις παροχές χαμηλής και μέσης τάσης.  
Χ.Τ. : χαμηλή τάση (τριφασικό δίκτυο 380 V , 50 Hz και 220 V , 50 Hz)  
Μ.Τ. : μέση τάση (20 kV , 15 kV και 6,6 kV)

## 1.6. Το μηχανολογικό σχέδιο ηλεκτροτεχνικών κατασκευών

Γιά την πραγματοποίηση ενός σημαντικού μέρους των περισσότερων ηλεκτροτεχνικών κατασκευών, χρειάζονται μηχανολογικά σχέδια, όπως π.χ. πίνακες χαμηλής και μέσης τάσης, ηλεκτρικές μηχανές, διακόπτες, κ.λ.π.

Με σκοπό την ενημέρωση γιά τις παροχές χαμηλής τάσης της ΔΕΗ εξετάζονται παρακάτω ως παράδειγμα δύο γενικά μηχανολογικά σχέδια ενός πίνακα χαμηλής τάσης του δικτύου της (σχήματα 1.6-1 & 1.6-2), που αφορούν ένα πίνακα 6 διευθύνσεων (ή 5 αναχωρήσεων), ο οποίος αποτελείται από μία τριφασική είσοδος μέσω μονοπολικών αποζευκτών και πέντε τριφασικές αναχωρήσεις. Ο παραπάνω πίνακας είναι εξωτερικού χώρου. Από τις αναχωρήσεις του ξεκινούν οι γραμμές ρευματοδότησης πρὸς τις κατοικίες και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης (τριφασικές παροχές 380 V/50 Hz και μονοφασικές παροχές 220 V/50 Hz, βλέπετε σχήμα 1.5-1).

Ενα απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα πέντε αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων), που διευκολύνει στη κατανόηση της λειτουργίας του, δίνεται στο σχήμα 1.6-3. Όπως φαίνεται από το σχήμα αυτό (αλλά και από το σχήμα 1.6-1) η τροφοδοσία του πίνακα από τον μετασχηματιστή μέσης τάσης (σχήμα 1.5-1) γίνεται μέσω τεσσάρων μονοπολικών αποζευκτών (ένας σε κάθε φάση και ένας στον ουδέτερο). Οι τριφασικές αναχωρήσεις του πίνακα είναι κατακόρυφες διακλαδώσεις πέντε οριζόντιων ζυγών (R, S T, O και MP). Παρατηρεί κανείς, ότι σε κάθε αναχώρηση προβλέπονται τέσσερις ασφάλειες (μία σε κάθε φάση και μία στον ουδέτερο). Οι συνδέσεις των καλωδίων προς τις αναχωρήσεις του πίνακα γίνονται στα ακροκιβώτια, που βρίσκονται ακριβώς κάτω από κάθε αναχώρηση. Η τροφοδοσία του πίνακα και μία αναχώρηση φαίνονται αναλυτικά στις τομές Α-Α και Β-Β αντίστοιχα. Στην τομή Α-Α παρατηρεί κανείς κυρίως : τον μονοπολικό αποζεύκτη της φάσης R και τον ζυγό (μπάρα) εισόδου προς αυτόν, τους ζυγούς (μπάρες) και το ακροκιβώτιο της πρώτης αναχώρησης, δύο μονωτικά διαχωριστικά (1 και 2) και έναν πίνακα φωτισμού-μετρήσεων. Τα ονομαστικά στοιχεία του αποζεύκτη είναι 800 A, 500 V. Στην τομή Β-Β φαίνονται κυρίως τα στοιχεία της πρώτης αναχώρησης : οι τέσσερις ασφαλειοθήκες, οι ζυγοί των τριών φάσεων και του ουδέτερου, το ακροκιβώτιο και το μονωτικό διαχωριστικό (2). Οι ασφάλειες που τοποθετούνται στους πίνακες αυτούς είναι μαχαιρωτού τύπου με ονομαστικά στοιχεία 400 A/500 V (βλέπετε παράγραφο 8.1).

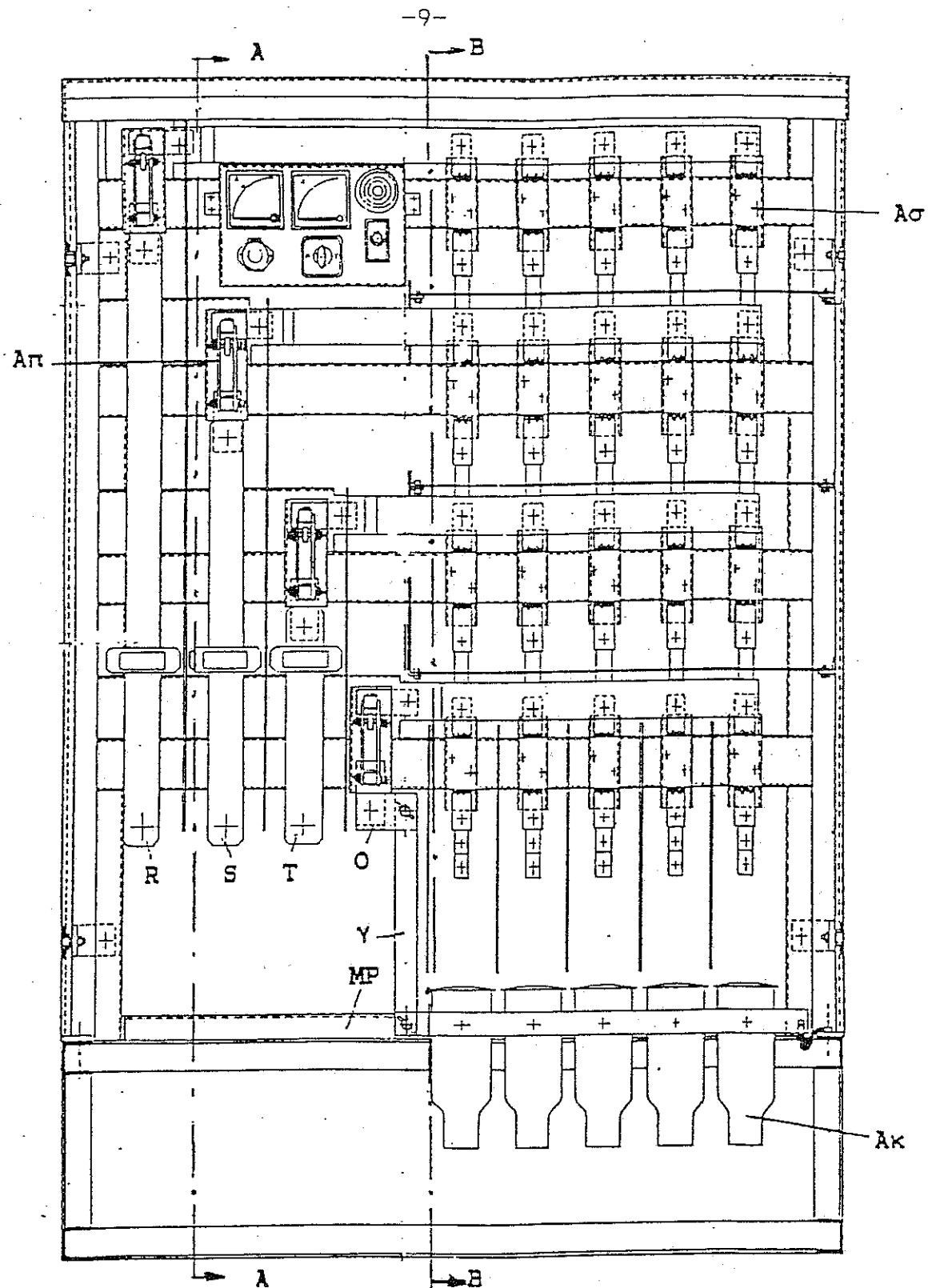
Οι πίνακες χαμηλής τάσης του δικτύου της Δ.Ε.Η διακρίνονται γενικά σε δύο κατηγορίες :

1) πίνακες με τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών :

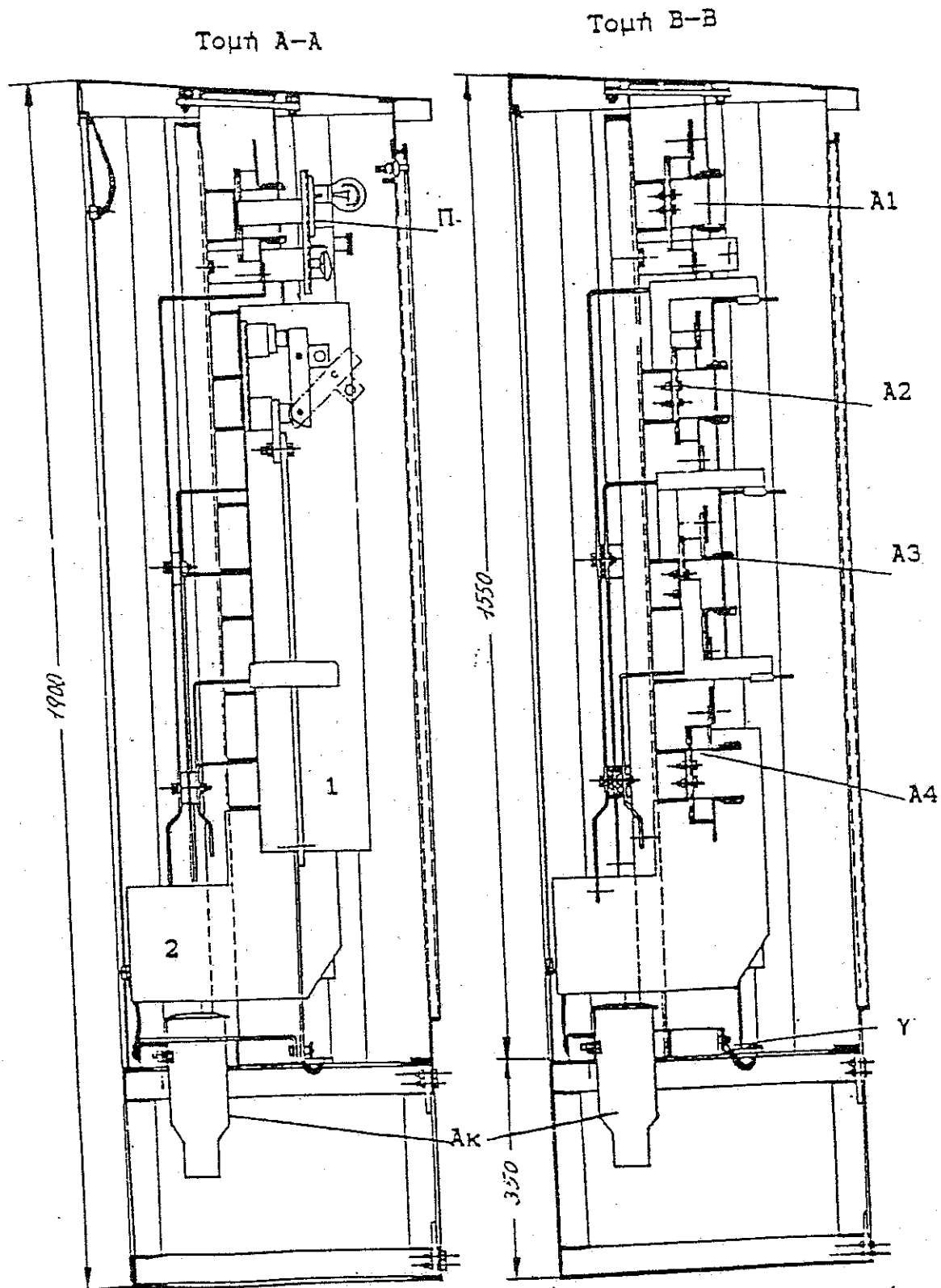
α) πίνακες 5 αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων) κατά τα σχήματα 1.6-1 & 1.6-3

β) πίνακες 8 αναχωρήσεων (ή 9 διευθύνσεων), που είναι εσωτερικού χώρου

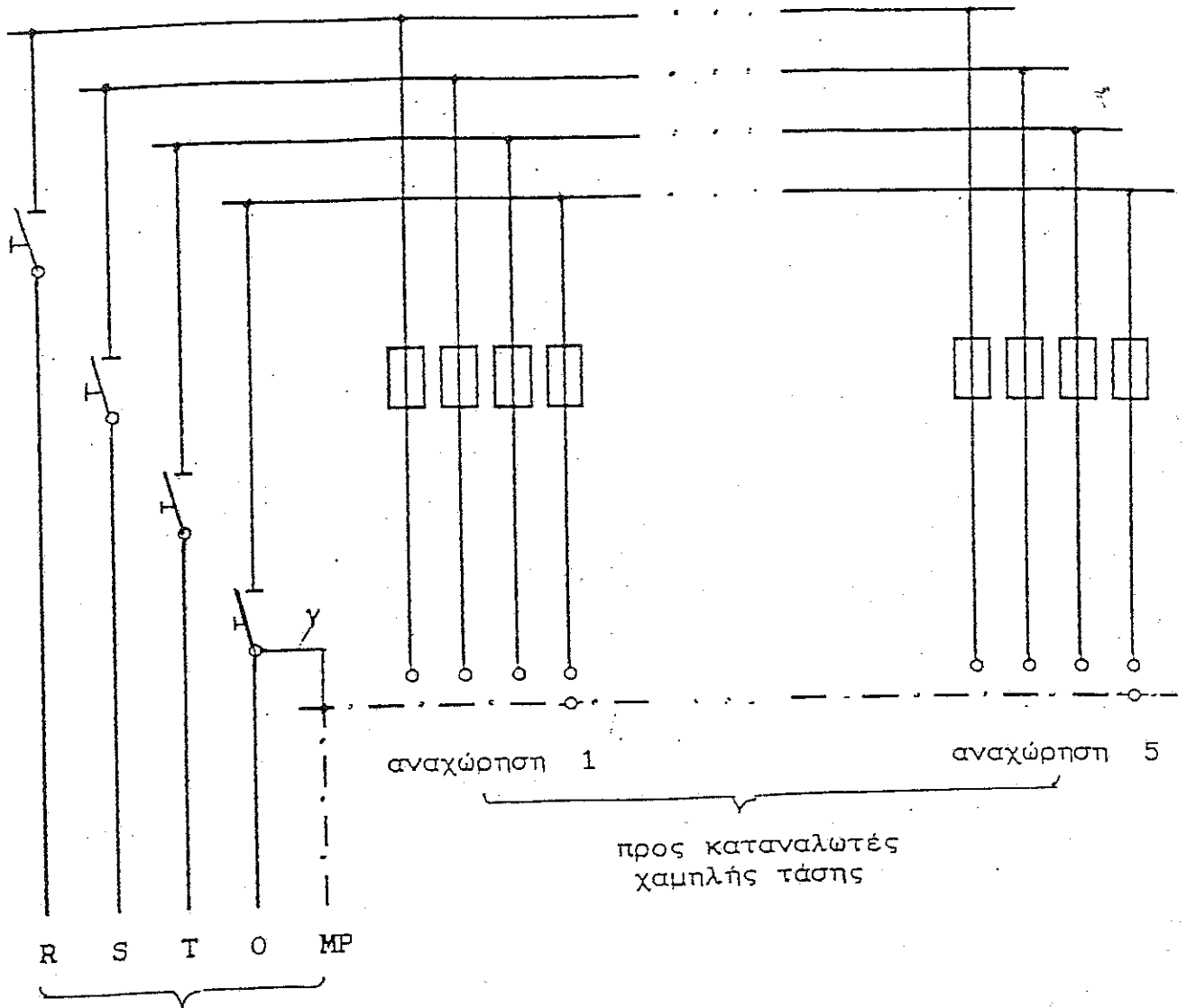
2) τα ασφαλειοκιβώτια (τεσσάρων ή δύο ή μιας αναχώρησης), που είναι εξωτερικού χώρου και δεν έχουν στην είσοδο αποζεύκτες.



Σχήμα 1.6-1 : Πίνακας 6 διευθύνσεων του δικτύου χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. ( 6 διευθύνσεις : μία είσοδος και πέντε αναχωρήσεις).  
 R, S, T, O, MP : ζυγοί φάσεων (R, S & T), ουδέτερου (O) και γείωσης (MP).  
 Aσ : ασφαλειοθήκη 400 A , 500 V  
 Aπ : μονοπολικός αποζεύκτης 800 A, 500 V  
 Ak : ακροκιβώτιο , γέφυρα μεταξύ O και MP



Σχήμα 1.6-2 : Τομή Α-Α και Τομή Β-Β του πίνακος 6 διευθύνσεων κατά το προηγούμενο σχήμα.  
Α1, Α2, Α3 και Α4 : ασφαλειοθήκες 400 Α, 500 V  
1 και 2 : μονωτικά διαχωριστικά  
Απ : μονοπολικός αποζεύκτης 800 Α, 500 V  
Ακ : ακροκιβώτιο . Υ : γέφυρα γείωσης  
Π : Πίνακας φωτισμού-μετρήσεων



από μετασχηματιστή  
μέσης τάσης

Σχήμα 1.6-3 : Απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα 6  
διευθύνσεων κατά το σχήμα 1.6-1.  
Μονοπολικός αποεζύκτης : 800 A , 500 V  
Ασφάλειες : 400 A , 500 V  
γ : γέφυρα μεταξύ O και MP

### 1.6.1. Συμβολα Βαθμού προστασίας κατά DIN 40050 / IEC 144

Ο βαθμός προστασίας των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών , αναφέρεται στην προστασία , που παρέχει η κατασκευή , έναντι : επαφής , ξένων σωματιδίων (κυρίως σκόνη) και νερού ( κυρίως σταγανότητα της κατασκευής κατά τη βροχή ) . Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο βαθμός προστασίας κατά DIN 40050 / IEC 144 . Τα γράμματα IP ή P συνοδεύονται από δύο αριθμούς . Ο πρώτος αριθμός αφορά την προστασία έναντι επαφής και ο δεύτερος , εκείνη έναντι ξένων σωματιδίων και νερού .

Σύμφωνα με τα προηγούμενα , ο βαθμός προστασίας του πίνακα 6

διευθύνσεων, κατά τα σχήματα 1.6-1 και 1.6-2 είναι IP 44. Η επιλογή αυτή είναι σωστή, αφού ο πίνακας είναι εξωτερικού χώρου (εγκαθίσταται συνήθως σε πεζοδρόμια και πλατείες κάτω απ' το μετασχηματιστή μέσης τάσης). Ο βαθμός προστασίας του ίδιου πίνακα ή του πίνακα 9 διευθύνσεων (μία τριφασική είσοδος & οκτώ τριφασικές αναχωρήσεις) σε κλειστό χώρο (συνήθως σε υπόγειους χώρους πολυκατοικιών μαζί με τον μετασχηματιστή μέσης τάσης), είναι IP 10.

|       |      |   |
|-------|------|---|
| IP 00 | P 00 | Καμία προστασία από επαφή, σωματίδια και νερό   |
| IP 10 | P 10 | Προστασία από επαφή με το χέρι και μεγάλου μεγέθους σωματίδια. Καμία προστασία από νερό   |
| IP 11 | P 11 | Προστασία από επαφή με το χέρι (επί μεγάλης επιφάνειας), μεγάλου μεγέθους σωματίδια και σταγονίδια νερού  |
| IP 20 | P 20 | Προστασία από επαφή με τα δάκτυλα και μεσαίου μεγέθους σωματίδια. Καμία προστασία από νερό  |
| -     | P 21 | Προστασία από επαφή με τα δάκτυλα, μεσαίου μεγέθους σωματίδια και σταγονίδια νερού  |
| IP 23 | P 22 | Προστασία από επαφή με τα δάκτυλα & μεσαίου μεγέθους σωματίδια. Προστασία από εκσφενδονιζόμενο νερό, κάθετως ή υπό γωνία μέχρι 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο |
| IP 40 | P 30 | Προστασία από επαφή με εργαλεία και μικρού μεγέθους σωματίδια. Καμία προστασία από νερό   |
| -     | P 31 | Προστασία από επαφή με εργαλεία, μικρού μεγέθους σωματίδια και σταγονίδια νερού   |
| IP 43 | P 32 | Προστασία από επαφή με εργαλεία & μικρού μεγέθους σωματίδια. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό, καθέτως ή υπό γωνία μέχρι 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο     |
| IP 44 | P 33 | Προστασία από επαφή με εργαλεία & μικρού μεγέθους σωματίδια. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό προς όλες τις διευθύνσεις                                       |
| IP 40 | P 40 | Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, σκόνη. Καμία προστασία από νερό   |
| -     | P 42 | Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους και σκόνη. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό, καθέτως ή υπό γωνία μέχρι 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο              |
| IP 54 | P 43 | Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, σκόνη και εκσφενδονισμένο νερό προς όλες τις διευθύνσεις  |
| IP 55 | P 44 | Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, σκόνη και εκτοξευόμενο νερό   |
| -     | P 50 | Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, πλήρης προστασία από σκόνη και καμία προστασία από νερό   |
| IP 65 | P 54 | Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, πλήρης προστασία από σκόνη και προστασία από νερό   |
| IP 67 | P 55 | Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, πλήρης προστασία από σκόνη και προστασία από εκτοξευόμενο νερό υπό πίεση  |

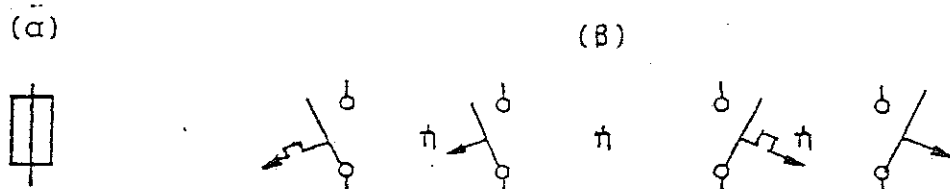
Πίνακας 1.6.1-1 : Σύμβολα βαθμού προστασίας κατά DIN 40050/IEC 144  
 IP : νέος συμβολισμός  
 P : παλιός συμβολισμός

## 2. ΜΕΛΕΤΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

### 2.1 Ασφάλειες και διακόπτες σε κυκλώματα φωτισμού

Ως ηλεκτρική γραμμή θεωρούμε το σύνολο των αγωγών παροχής τάσης σε ένα φορτίο. Η γραμμή π.χ. ενός θερμοσίφωνα είναι οι αγωγοί από τον πίνακα μέχρι τον θερμοσίφωνα. Μία γραμμή είναι επίσης οι αγωγοί των φωτιστικών και των ρευματοδοτών δύο δωματίων, κ.λ.π.

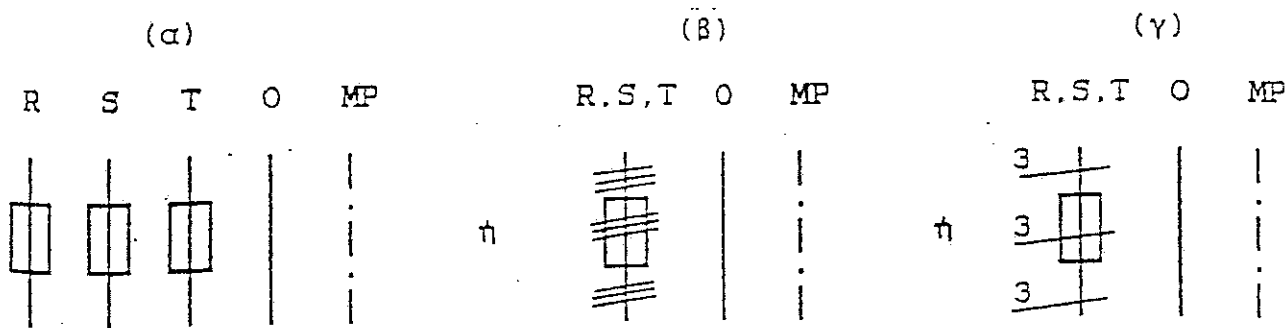
Η ασφάλεια προστατεύει τους αγωγούς μίας γραμμής από υπερτάσεις. Οι ασφάλειες διακρίνονται σε δύο τύπους (σχήμα 2.1-1). Οι ασφάλειες τήξης έχουν, συγκριτικά προς τις ασφάλειες τύπου μι-



Σχήμα 2.1-1 : Τύποι ασφαιλιών σε εγκαταστάσεις φωτισμού  
 α : ασφάλειες τήξης (τήξη του συρματιδίου κατά την υπερένταση)  
 β : ασφάλειες τύπου μικροαυτόματου

κροαυτόματου ένα χρονικό όριο ανοχής σε απότομες μεταβολές του φορτίου. Για το λόγο αυτό οι ασφάλειες τήξης χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις φωτισμού ως γενικές ασφάλειες πινάκων. Τοποθετούνται επίσης ως προστασία για τη γραμμή της ηλεκτρικής κουζίνας και τη γραμμή του θερμοσίφωνα.

Οι ασφάλειες τήξης διακρίνονται σε ταχείας και βραδείας τήξης (βλέπετε παράγραφο 8.1).



Σχήμα 2.1-2 : ασφάλειες σε μία τριφασική παροχή.  
 α : πολυγραμμικό σχέδιο,  
 β (ή γ) : μονογραμμικό σχέδιο  
 R, S, T: οι τρεις φάσεις,  
 O: ουδέτερος,  
 Μρ : γείωση

Οι ασφάλειες τοποθετούνται στις φάσεις (σχ. 2.1-2) . Σε περίπτωση μονοφασικών γραμμών τοποθετείται μία μόνο ασφάλεια στην φάση . Οι ασφάλειες στον γενικό πίνακα του καταναλωτή έχουν γενικά μικρότερη τιμή από εκείνες της Δ.Ε.Η.

Στο παρακάτω σχήμα δίνονται σύμβολα διακοπών κατά DIN 40713, καθώς και παραλλαγές τους, που συνηθίζονται στην πράξη.

| Είδος διακόπτη         | Πολυγραμμικό σχέδιο |          | Μονογραμμικό σχέδιο |          |
|------------------------|---------------------|----------|---------------------|----------|
|                        | *                   | κατά DIN | *                   | κατά DIN |
| Μονοπολικός αποξεύκτης |                     |          |                     |          |
| Διπολικός αποξεύκτης   |                     |          |                     |          |
| Τριπολικός αποξεύκτης  |                     |          |                     |          |
| Ασφαλει-αποξεύκτης     |                     |          |                     |          |
| Αυτόματος διακόπτης    |                     |          |                     |          |

Σχήμα 2.1-3 : Σύμβολα διακοπών σε πίνακες χαμηλής τάσης  
\* : χρησιμοποιείται συχνά

Οι διακόπτες αποτελούνται από κινητά και σταθερά μέρη. Τα μεταλλικά τμήματα των μερών αυτών, με τα οποία επιτυγχάνεται η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζονται επαφές. Οι θέσεις σύνδεσης των αγωγών στους διακόπτες ονομάζονται ακροδέκτες. Όλες οι επαφές ενός διακόπτη κλείνουν ή ανοίγουν ταυτόχρονα κατά τον αντίστοιχο χειρισμό του.

Οι διακόπτες του παραπάνω σχήματος έχουν δύο λειτουργι-



κές θέσεις :

- διακόπτης στη θέση εντός (ON) : κατάσταση λειτουργίας (διακόπτης κλειστός)
- διακόπτης στη θέση εκτός (OFF) : κατάσταση μη λειτουργίας (διακόπτης ανοικτός)

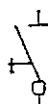
Από το παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι ολοι οι διακόπτες έχουν σχεδιαστεί στη θέση εκτός . Ο τρόπος αυτός σχεδίασης είναι ένας γενικός κανόνας του ηλεκτρολογικού σχεδίου σύμφωνα με τον οποίο :

ΟΛΑ ΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στο σχήμα 2.1-4 δίνεται ένα παράδειγμα σωστής και λανθασμένης σχεδίασης ενός μονοπολικού αποζευκτη.

σωστό

λάθος



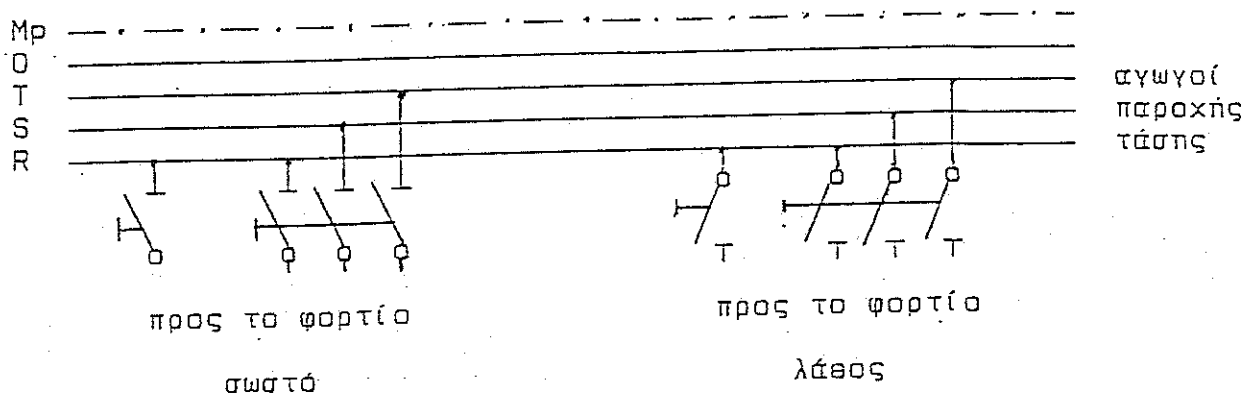
Σχήμα 2.1-4 : Παράδειγμα σωστής και λανθασμένης σχεδίασης ενός μονοπολικού αποζευκτη

Στις οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν εφαρμογή μονοπολικοί διπολικοί και τριπολικοί αποζευκτες.

Οι μονοπολικοί αποζευκτες χρησιμοποιούνται ως γενικοί διακόπτες στους μονοφασικούς πίνακες και ως διακόπτες στις αναχωρήσεις των πινάκων αυτών προς την ηλεκτρική κουζίνα και τον θερμοσίφωνα.

Οι τριπολικοί αποζευκτες έχουν αντίστοιχη εφαρμογή προς εκείνη των μονοπολικών αποζευκτών, αλλά σε τριφασικούς πίνακες και τριφασικές αναχωρήσεις τους.

Οι παραπάνω αποζευκτες χρησιμεύουν γενικά για την απομόνωση της εγκατάστασης από το δίκτυο (διακοπή της τάσης), έτσι, ώστε οι διάφορες εργασίες συντήρησης να είναι ακίνδυνες. Η σωστή σχεδίαση των διακοπών γενικά (και επομένως η σωστή εγκατάσταση τους) σε σχέση με τους αγωγούς παροχής της τάσης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα . Σύμφωνα με αυτό οι μονοπολικοί και οι τριπολικοί αποζευκτες ( και



Σχήμα 2.1-5 : Σωστή και λανθασμένη σχεδίαση μονοπολικών και τριπολικών αποζευκτών (και γενικότερα μονοπολικών και τριπολικών διακοπών κάθε είδους).

γενικότερα οι μονοπολικοί και οι τριπολικοί διακόπτες του σχήματος 2.1-3) πρέπει να συνδέονται μόνο στους αγωγούς φάσης. Οι δύο δηλαδή λειτουργικές καταστάσεις του κυκλώματος του φορτίου (κύκλωμα υπό τάση - κύκλωμα χωρίς τάση) επιτυγχάνονται αντίστοιχα με ζεύξης και απόζευξης προς τους αγωγούς φάσης και όχι προς τον αγωγό ουδέτερου. Σημειώνεται ότι οι ακροδέκτες σύνδεσης του διακόπτη με τους αγωγούς φάσης είναι εκείνοι των επαφών, μέσω των οποίων γίνεται η ζεύξη-απόζευξη και όχι των επαφών, που χρησιμεύουν ως θέση περιστροφής του κινητού μέρους.

Σε μονοφασικούς πίνακες οικιακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων σύγχρονης τεχνολογίας χρησιμοποιούνται ως γενικοί διακόπτες, αλλά και ως διακόπτες για τις αναχωρήσεις προς την κουζίνα και τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, διπολικοί διακόπτες, που φαίνονται εξωτερικά όπως οι ασφάλειες τύπου μικροαυτόματου. Οι διακόπτες αυτοί συνδέονται στην φάση και στον ουδέτερο. Υπάρχουν επίσης τριπολικοί διακόπτες του είδους αυτού, που έχουν εφαρμογή ως γενικοί διακόπτες σε πίνακες οικιακών εγκαταστάσεων και ως διακόπτες τριφασικών αναχωρήσεων.

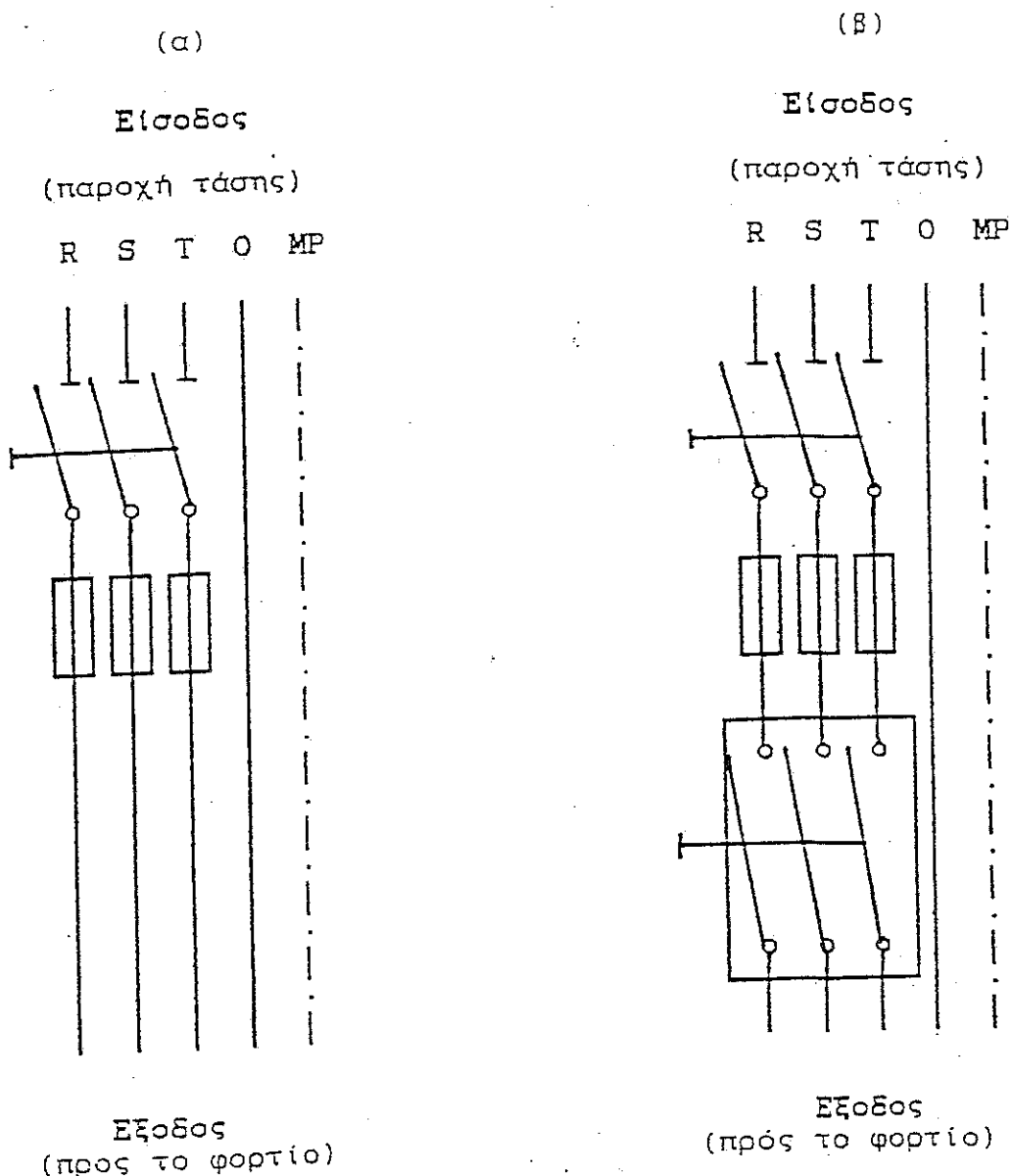
Σε γενικούς πίνακες φωτισμού μεγάλων κτιρίων (βιομηχανίες, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.λ.π.), καθώς και σε υποπίνακες μεγάλων φορτίων φωτισμού των παραπάνω εγκαταστάσεων, χρησιμοποιούνται τριπολικοί αποζεύκτες, ασφαλειοαποζεύκτες και αυτόματοι διακόπτες. Σε περιπτώσεις μονοφασικών φορτίων χρησιμοποιούνται μονοπολικοί αποζεύκτες. Σε υποπίνακες εγκαταστάσεων φωτισμού μικρής ισχύος εφαρμόζονται τα προαναφερόμενα για τις οικιακές εγκαταστάσεις (π.χ. : πίνακας φωτισμού ενός ορόφου ξενοδοχείου, πίνακας φωτισμού ορισμένων γραφείων ενός εργοστασίου, πίνακας μίας κλινικής νοσοκομείου, κ.λ.π.).

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της απορροφημένης έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος σε μία εγκατάσταση, τόσο περισσότερο μειώνεται η δυνατότητα χειρισμού της μέσω ενός αποζεύκτη. Αυτό οφείλεται στο ηλεκτρικό τόξο, που εκδηλώνεται στις επαφές του αποζεύκτη κατά τους χειρισμούς, το οποίο μετά από μία τιμή της απορροφημένης έντασης ( $\sim 80 \text{ A}$ ) είναι επικίνδυνο για τον χειριστή και την εγκατάσταση. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται ως μέσο χειρισμού της εγκατάστασης ο αυτόματος διακόπτης, ενώ ο αποζεύκτης χρησιμεύει μόνο ως μέσο απομόνωσης της από την τάση, μετά όμως από τη διακοπή της τάσης προς το φορτίο μέσω του αυτόματου διακόπτη. Ο αυτόματος διακόπτης περιορίζει δηλαδή την εκδήλωση του ηλεκτρικού τόξου, χωρίς κίνδυνο για τον χειριστή & την εγκατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται στους αυτόματους διακόπτες μέσω ειδικών μηχανισμών ελατηρίων και επαφών, για την ταχύτατη κίνηση των επαφών (συγκριτικά προς εκείνη στους αποζεύκτες), καθώς και μέσα σβέσης του ηλεκτρικού τόξου και απαγωγής της θερμότητάς του (θάλαμοι σβέσης του τόξου στον αέρα ή το μονωτικό λάδι). Ανάλογα με το μονωτικό, που χρησιμεύει για την σβέση του τόξου και την απαγωγή της θερμότητάς του, οι αυτόματοι διακόπτες διακρίνονται σε αυτόματους διακόπτες αέρος και αυτόματους διακόπτες ελαίου.

Εκτός από τα παραπάνω οι αυτόματοι διακόπτες (ή διακόπτες ισχύος) διαθέτουν βοηθητικά κυκλώματα και μηχανισμούς, που σε περιπτώσεις απότομων μεταβολών της τάσης ή του ρεύματος (π.χ. : απότομη αύξηση ή μείωση της τάσης του δικτύου, υπέρ ένταση λόγω υπέρμετρης αύξησης του φορτίου, κ.λ.π.), τους θέτουν αυτόματα εκτός λειτουργίας, προστατεύοντας έτσι την εγκατάσταση. Επομένως οι αυτόματοι διακόπτες είναι γενικά μέσα χειρισμού και

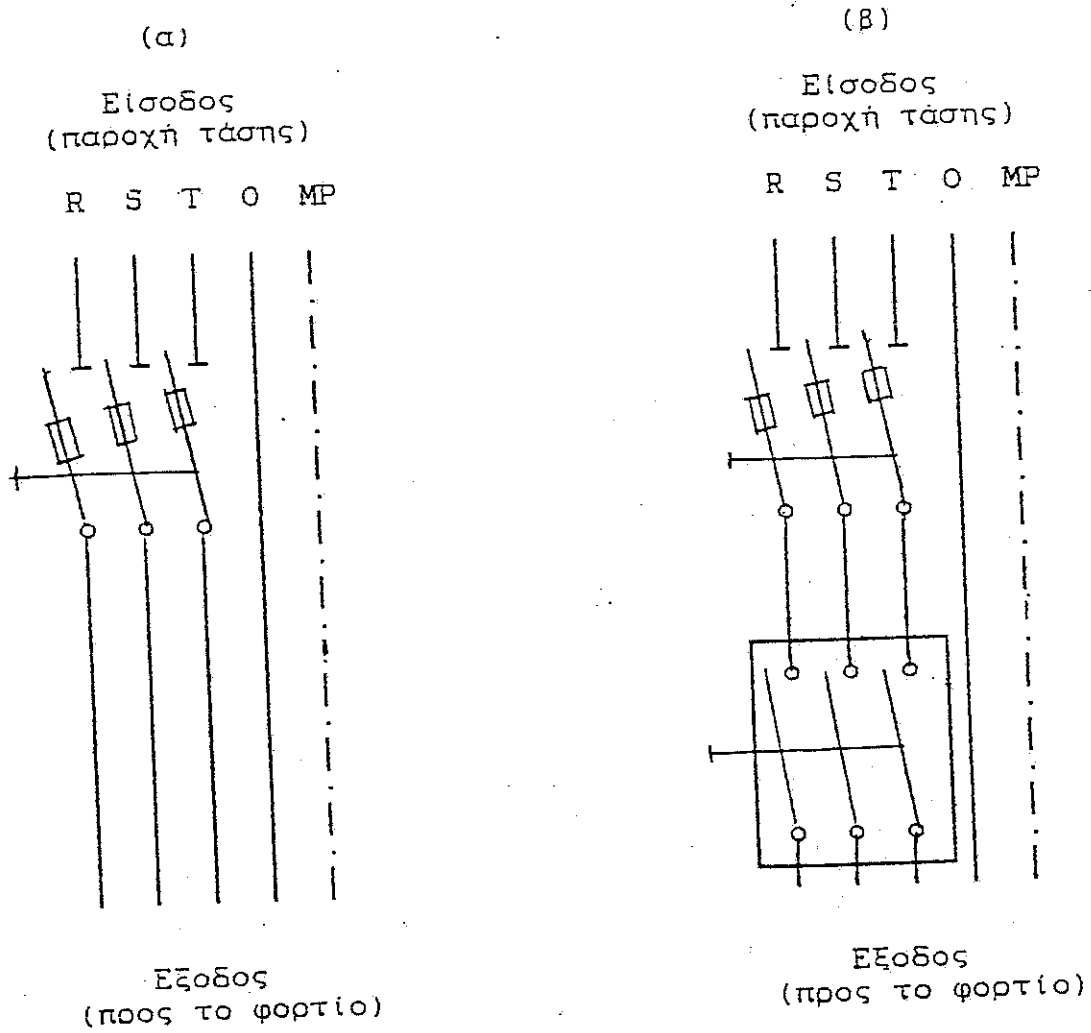
προστασίας των εγκαταστάσεων.

Η θέση των ασφαλειών και των διακοπών σε έναν πίνακα, σε σχέση με την παροχή της τάσης (ή το φορτίο) υπαγορεύεται απ' τον σκοπό, που εξυπηρετεί κάθε ένα από τα παραπάνω εξαρτήματα. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1-6, ο αποζεύκτης προηγείται των ασφαλειών, ως προς την παροχή της τάσης, γιατί διευκολύνει περισσότερο από αυτές στην απομόνωση του κυκλώματος του φορτίου από το δίκτυο, ώστε να γίνονται ακίνδυνα οι διάφορες εργασίες συντήρησης και επισκευών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται η αλλαγή ασφαλειών. Ο αυτόματος διακόπτης τοποθετείται, ως μέσο χειρισμού & προστασίας του φορτίου, προς την μεριά του φορτίου (δηλαδή μετά τις ασφάλειες).




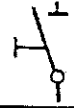

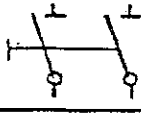

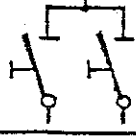

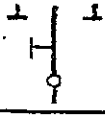


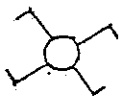
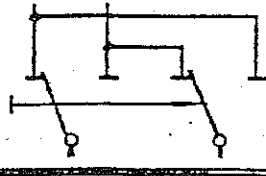
Σχήμα 2.1-6 : θέση των διακοπών και των ασφαλειών στους πίνακες  
α. παροχή τάσης προς ένα φορτίο μέσω αποζεύκτη και ασφαλειών  
β. παροχή τάσης προς ένα φορτίο μέσω αποζεύκτη, ασφαλειών και αυτόματου διακόπτη

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο τριπολικός ασφαλειοπορευκτής είναι ο συνδυασμός του τριπολικού απορευκτή και των ασφαλειών σε ένα ενιαίο είδος . Στο σχήμα 2.1-7 δίνεται ένα παράδειγμα , που αντιστοιχεί στις παροχές κατά το σχήμα 2.1-6.



Σχήμα 2.1-7 : θέση του τριπολικού ασφαλειοπορευκτή στους πίνακες  
 α. τριπολικός ασφαλειοπορευκτής (αντί τριπολικού απορευκτή και ασφαλειών)  
 β. τριπολικός ασφαλειοπορευκτής σε συνδυασμό με αυτόματο διακόπτη

Τα είδη των διακοπών , που προαναφέρθηκαν , χρησιμοποιούνται στους πίνακες . Οι διακόπτες των φωτιστικών έχουν ιδιαίτερο συμβολισμό (πίνακας 2.1-4).  
 Ο απλός διακόπτης χειρισμού φωτιστικών είναι ένα είδος μονοπολικού απορευκτή μικρών διαστάσεων.  
 Οι υπόλοιποι διακόπτες φωτιστικών είναι παραλλαγές του απορευκτή , μέσω των οποίων επιτυγχάνονται ορισμένες διευκολύνσεις στον χειρισμό των φωτιστικών, ανάλογα με τον χώρο . Έτσι , με τον κομμιτατέρ διακόπτη μπορεί κανείς να χειρίζεται μέρος των λαμπτήρων , ή όλους τους λαμπτήρες ενός πολύωτου , οι διακόπτες αλλέ-ρετούρ διευκολύνουν στο χειρισμό φωτιστικών από διάφορες θέσεις ( π.χ. φωτιστικά ενός μεγάλου διαδρόμου ) , κ.λ.π.

| Είδος διακόπτη χειρισμού φωτιστικών | Σύμβολο στα σχέδια των εγκαταστάσεων  | Σχέδιο λειτουργίας του διακόπτη   |
|-------------------------------------|---|---|
| απλός διακόπτης                     |    |    |
| διπολικός διακόπτης                 |    |    |
| διακόπτης κομμιτατέρ                |    |    |
| διακόπτης επιλογής ομάδων           |   |   |
| διακόπτης αλλέ-ρετούρ ακραίος       |  |  |
| διακόπτης αλλέ-ρετούρ μεσαίος       |  |   |

Πίνακας 2.1-4 : Σύμβολα και σχέδια λειτουργίας των διακοπών χειρισμού των φωτιστικών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Καλώδια

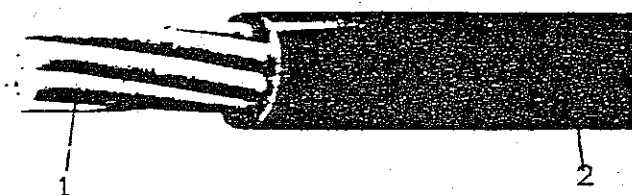
1.1. Σύμβολισμός των καλωδίων στα σχέδια

Ο συμβολισμός των καλωδίων στα σχέδια περιλαμβάνει στοιχεία για τη μόνωση και την διατομή τους (σχήμα 2.1.1-2).

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1) Ένας αγωγός με θερμοπλαστική μόνωση (καλώδιο NYA), η διατομή του οποίου είναι 1,5 mm <sup>2</sup>         | NYA 1,5 mm <sup>2</sup>           |
| 2) Τρεις αγωγοί φάσης με θερμοπλαστική μόνωση (τρία καλώδια NYA) και με διατομή 16 mm <sup>2</sup> ο καθένας | NYA 16 mm <sup>2</sup><br>///     |
| 3) Καλώδιο NYΥ τριών αγωγών με διατομή 1,5 mm <sup>2</sup> ο καθένας   | NYΥ 3x1,5 mm <sup>2</sup><br>///  |
| 4) Καλώδια NYM πέντε αγωγών με διατομή 2,5 mm <sup>2</sup> ο καθένας   | NYM 5x2,5 mm <sup>2</sup><br>//// |

Σχήμα 1.1-1 : Παραδείγματα σχεδίασης αγωγών, ανάλογα με το είδος της μόνωσης και τη διατομή τους.

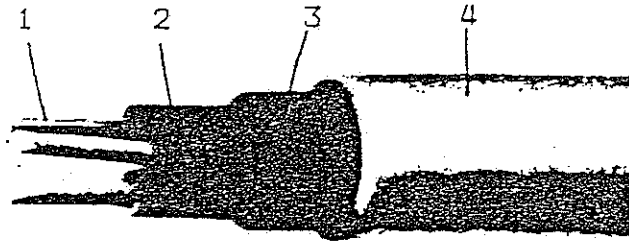
Στο σχήμα 1.1-2, 1.1-3 και 1.1-4 φαίνονται αντίστοιχα οι μονώσεις των καλωδίων NYA, NYM και NYΥ. Τα καλώδια NYA και NYM ανήκουν στη κατηγορία των καλωδίων εσωτερικών εγκαταστάσεων για μόνιμη τοποθέτηση, ενώ τα NYΥ είναι καλώδια ενέργειας.



Σχήμα 1.1-2 : Καλώδιο NYA κατά VDE 0250. Ονομαστική τάση 1 kV  
1 : Αγωγός (μονόκλωνος ή πολύκλωνος από συρματίδια ανωπτημένου χαλκού)  
2 : θερμοπλαστική ύλη PVC

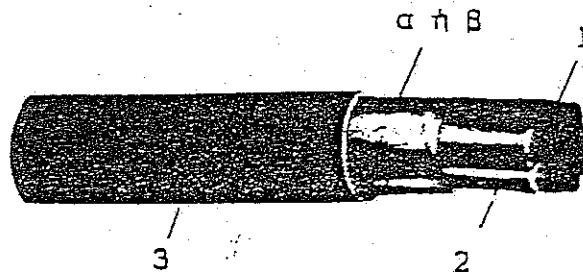
Τα καλώδια NYA και NYM έχουν πολύ μεγάλη εφαρμογή στις οικιακές εγκαταστάσεις. Χρησιμοποιούνται επίσης και στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Τα καλώδια NYA τοποθετούνται εντός σωλήνων (εντοιχισμένων ή εξωτερικών). Τα καλώδια NYM χρησιμοποιούνται κυρίως εκτός σωλήνων. Έχουν επίσης εφαρμογή σε υπαίθριες εγκαταστάσεις.

Εκτός από τα καλώδια NYA και NYM υπάρχουν και άλλα είδη καλωδίων μόνιμων εγκαταστάσεων, όπως π.χ.: NYAF (αντί του NYA), NYIFY (καλώδια με πολλούς αγωγούς για τοποθέτηση σε ξηρούς χώρους, μέσα ή κάτω από το επίχρυσμα), NYFAZ (καλώδια με παράλληλους αγωγούς για τροφοδοσία φωτιστικών). Υπάρχουν επίσης διάφοροι τύποι



Σχήμα 1.1-3 : Καλώδιο NYM κατά VDE 0250. Ονομαστική τάση 500 V

- 1 : Αγωγός (μονόκλωνος ή πολύκλωνος από συρματίδια ανωπτημένου χαλκού)
- 2 : θερμοπλαστική ύλη PVC
- 3 : Λάστιχο
- 4 : θερμοπλαστική ύλη PVC



Σχήμα 1.1-4 : Καλώδιο NYY κατά VDE 0271 .  $U_0/U = 0,6/1$  kV

- Αγωγός : Μονόκλωνος ή πολύκλωνος αγωγός από συρματίδια ανωπτημένου χαλκού (1)
- Μόνωση : θερμοπλαστική ύλη PVC (2)
- Εσωτ. επένδυση : α) Για αγωγούς κυκλικής διατομής : λάστιχο  
β) Για αγωγούς διατομής κυκλικού τομέα : Μο-  
νωτική ταινία από θερμοπλαστική ύλη PVC  
(ελικοειδής περιέλιξη στο σύνολο των  
συνεστραμμένων αγωγών)
- Εξωτ. επένδυση : θερμοπλαστική ύλη PVC (3)

εύκαμπτων καλωδίων, για την τροφοδοσία συσκευών από την εγκατάσταση, όπως π.χ : NYLHY (για μικρές φορητές συσκευές με ελαφρές μηχανικές καταπονήσεις : ραδιόφωνα, ξυριστικές μηχανές, κ.λ.π. ) , NLH ( για συσκευές σε ξηρούς χώρους με μεσαίες καταπονήσεις ) και NMH ( για ξηρούς ή υγρούς χώρους ).

Τα καλώδια NYY χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους ( ορατή εγκατάσταση ή εγκατάσταση σε σωλήνες ) , σε υπαίθριες εγκαταστάσεις (πολλές φορές εντός του εδάφους ) και γενικά όπου είναι αναγκαία η αυξημένη προστασία από υγρασία . Οι εφαρμογές τους αφορούν κυρίως την περιοχή των βιομηχανικών εγκαταστάσεων .

Περισσότερες πληροφορίες για τα καλώδια , που προαναφέρθηκαν, καθώς και για άλλους τύπους καλωδίων , ανάλογα με την χρήση τους (ορυχεία, φωτεινή σήμανση αεροδρομίων, μεταφορά ενέργειας, κ.λ.π). θα πρέπει να αναζητηθούν σε τεχνικά εγχειρίδια κατασκευαστών.

Ο συμβολισμός ενός καλωδίου σε μία παραγγελία με στοιχεία , που αφορούν μόνο τον τύπο του καλωδίου , το πλήθος των αγωγών και την διατομή των αγωγών του , δεν είναι πλήρης , γιατί δεν δίνονται

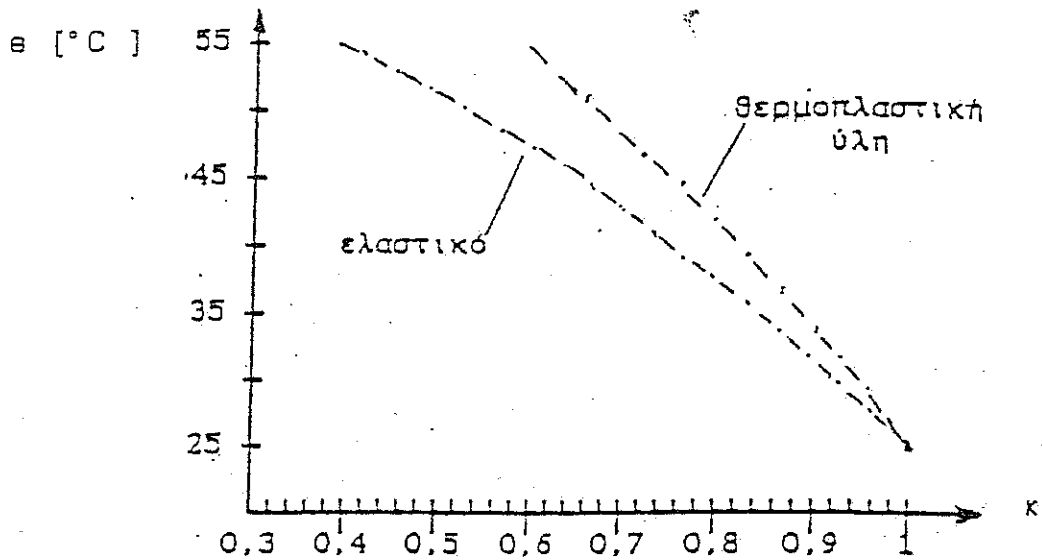
από αυτόν πληροφορίες για την μονωτική ικανότητα του καλωδίου.  
 Η μονωτική ικανότητα ενός καλωδίου δίνεται κατά Γερμανικές προ-  
 διαγραφές ( VDE 0271 ) με τις ονομαστικές τάσεις του  $U_0$  και  $U_N$   
 (βλέπετε παράγραφο 11.4.1, σελ. 141-142).  
 Παράδειγμα : NYG 3x10 mm, 0,6/1 kV .  
 Για το καλώδιο αυτό ισχύει δηλαδή ότι :  $U_0=0,6$  kV και  $U_N=1$  kV.

1.2. Πίνακες υπολογισμού καλωδίων εσωτερικών εγκαταστάσεων για  
μόνιμη τοποθέτηση

| ΔΙΑΤΟΜΗ<br>ΑΓΩΓΟΥ  | ΟΜΑΔΑ 1   |            | ΟΜΑΔΑ 2                                       |            | ΟΜΑΔΑ 3   |            |
|--------------------|---|------------|---|------------|---|------------|
|                    | Ένα ή περισσότερα μονοπολικά καλώδια σε σωλήνες |            | Πολυπολικά, πεπλατυσμένα και εύκαμπτα καλώδια |            | Μονοπολικά καλώδια στον αέρα (ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση (ση με την διάμετρό τους) |            |
| σε mm <sup>2</sup> | Cu<br>σε Α                                      | Al<br>σε Α | Cu<br>σε Α                                    | Al<br>σε Α | Cu<br>σε Α  | Al<br>σε Α |
| 0,75               | -   | -          | 13  | -          | 16  | -          |
| 1                  | 12  | -          | 16  | -          | 20  | -          |
| 1,5                | 16  | -          | 20  | -          | 25  | -          |
| 2,5                | 21  | 16         | 27  | 21         | 34  | 27         |
| 4                  | 27  | 21         | 36  | 29         | 45  | 35         |
| 6                  | 35  | 27         | 47  | 37         | 57  | 45         |
| 10                 | 48  | 38         | 65  | 51         | 78  | 61         |
| 16                 | 65  | 51         | 87  | 68         | 104   | 82         |
| 25                 | 88  | 69         | 115   | 90         | 137   | 107        |
| 35                 | 110   | 86         | 143   | 112        | 168   | 132        |
| 50                 | 140   | 110        | 178   | 140        | 210   | 165        |
| 70                 | 175   | -          | 220   | 173        | 260   | 205        |
| 95                 | 210   | -          | 265   | 210        | 310   | 245        |
| 120                | 250   | -          | 310   | 245        | 365   | 285        |
| 150                | -   | -          | 365   | 280        | 415   | 330        |
| 185                | -   | -          | 405   | 320        | 475   | 375        |
| 240                | -   | -          | 480   | 380        | 560   | 440        |
| 300                | -   | -          | 555   | 435        | 645   | 510        |
| 400                | -   | -          | -   | -          | 770   | 605        |
| 500                | -   | -          | -   | -          | 880   | 690        |

Πίνακας 1.2-1 : Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας για καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κατά VDE 0100. θερμοκρασία περιβάλλοντος: 25 °C. (Για  $\theta > 25$  °C διόρθωση των τιμών: σχήμα 1.2-1.)





Σχήματος 1.2-1 : Συντελεστής διόρθωσης ( $\kappa$ ) του ρεύματος συνεχούς λειτουργίας των καλωδίων εσωτερικών εγκαταστάσεων για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 25 °C.

| Καλώδιο NYA (1kV)                    |                                       | Πολυπολικά καλώδια NYM (500 V)       |                                       |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| διατομή αγωγού<br>σε mm <sup>2</sup> | εξωτερική διάμετρος καλωδίου<br>σε mm | διατομή αγωγού<br>σε mm <sup>2</sup> | εξωτερική διάμετρος καλωδίου<br>σε mm | διατομή αγωγού<br>σε mm <sup>2</sup> | εξωτερική διάμετρος καλωδίου<br>σε mm |
| 1 x 1,5                              | 2,9                                   | 2 x 1,5                              | 9,8                                   | 2 x 10                               | 17,0                                  |
| 1 x 2,5                              | 3,5                                   | 3 x 1,5                              | 10,5                                  | 3 x 10                               | 18,0                                  |
| 1 x 4                                | 4,2                                   | 4 x 1,5                              | 11,0                                  | 4 x 10                               | 19,5                                  |
| 1 x 6                                | 4,7                                   | 5 x 1,5                              | 12,0                                  | 5 x 10                               | 21,5                                  |
| 1 x 10                               | 6,0                                   |                                      |                                       |                                      |                                       |
| 1 x 16                               | 7,5                                   | 2 x 2,5                              | 11,0                                  | 2 x 16                               | 20,0                                  |
| 1 x 25                               | 9,3                                   | 3 x 2,5                              | 11,5                                  | 3 x 16                               | 22,0                                  |
| 1 x 35                               | 10,5                                  | 4 x 2,5                              | 12,5                                  | 4 x 16                               | 23,5                                  |
| 1 x 50                               | 12,5                                  | 5 x 2,5                              | 13,5                                  | 5 x 16                               | 26,0                                  |
| 1 x 70                               | 14,5                                  |                                      |                                       |                                      |                                       |
| 1 x 95                               | 17,0                                  | 2 x 4                                | 12,5                                  | 2 x 25                               | 24,0                                  |
| 1 x 120                              | 18,5                                  | 3 x 4                                | 13,0                                  | 3 x 25                               | 26,0                                  |
|                                      |                                       | 4 x 4                                | 14,5                                  | 4 x 25                               | 28,5                                  |
|                                      |                                       | 5 x 4                                | 16,5                                  | 5 x 25                               | 31,5                                  |
| Μονοπολικά καλώδια NYM (500 V)       |                                       |                                      |                                       |                                      |                                       |
| 1 x 1,5                              | 6,2                                   |                                      |                                       |                                      |                                       |
| 1 x 2,5                              | 6,8                                   | 2 x 6                                | 13,5                                  | 2 x 35                               | 27,5                                  |
| 1 x 4                                | 7,6                                   | 3 x 6                                | 15,0                                  | 3 x 35                               | 29,5                                  |
| 1 x 6                                | 8,2                                   | 4 x 6                                | 16,5                                  | 4 x 35                               | 32,0                                  |
| 1 x 10                               | 9,4                                   | 5 x 6                                | 18,0                                  | 5 x 35                               | 35,5                                  |
| 1 x 16                               | 11,0                                  |                                      |                                       |                                      |                                       |

Στον πίνακα 1.2-1 δίνεται το μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας για καλώδια NYA και NYM και γενικά καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων για θερμοκρασία περιβάλλοντος 25 °C . Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 25 °C, χρειάζεται διόρθωση της τιμής του ρεύματος με την βοήθεια του συντελεστή κ (σχήμα 1.2-1).

Στον πίνακα 1.2-2 δίνονται τιμές των εξωτερικών διαμέτρων για καλώδια NYA και NYM του εμπορίου . Οι τιμές αυτές είναι χρήσιμες στους υπολογισμούς εγκατάστασης των καλωδίων αυτών σε σωλήνες, ή σε δέσμες πάνω σε σχάρες, κ.λ.π.

Εκτος από την παραπάνω μέθοδο υπολογισμού, για το μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας (ή ονομαστικό ρεύμα) κατά VDE 0100, υπάρχουν και άλλοι τρόποι υπολογισμού, όπως π.χ. κατά τον Βρετανικό κανονισμό BS 6004 . Στους πίνακες 1.2-3, 1.2-4 και 1.2-5 δίνονται οι μέγιστες τιμές του ρεύματος συνεχούς λειτουργίας κατά BS 6004 (στούς 30 °C), συγκριτικά προς εκείνες κατά VDE 0100 (στούς 25 °C) . Η αναπροσαρμογή της τιμής του μέγιστου ρεύματος συνεχούς λειτουργίας ενός καλωδίου κατά BS 6004, για θερμοκρασία μεγαλύτερη από 30 °C, γίνεται με τον συντελεστή διόρθωσης κατά τον πίνακα 1.2-6 (κ, ή α.κ, ανάλογα με την περίπτωση εγκατάστασης).

Στον πίνακα 1.2-4 φαίνεται, ότι η τοποθέτηση των μονοπολικών καλωδίων ενός κυκλώματος στον αέρα (για διατομή  $\geq 50 \text{ mm}^2$ ) γίνεται με ορισμένες ελάχιστες αποστάσεις, που διευκολύνουν τον αερισμό τους . Η τοποθέτηση γενικά μονοπολικών και πολυπολικών καλωδίων στον αέρα, πάνω σε επιφάνειες ή σε δέσμες, πρέπει να γίνεται με τρόπο, που να διασφαλίζεται η απαγωγή της θερμότητας Joule . Σε διαφορετική περίπτωση δεν ισχύουν οι τιμές του μέγιστου ρεύματος συνεχούς λειτουργίας (ή ονομαστικού ρεύματος) κατά τις μεθόδους υπολογισμού, που προαναφέρθηκαν . Συμφωνα με τον Βρετανικό κανονισμό BS 6004, η τοποθέτηση των παραπάνω καλωδίων στον αέρα (πάνω σε επιφάνειες, ή σε δέσμες) γίνεται με βάση ορισμένες ελάχιστες αποστάσεις αερισμού, που δίνονται παρακάτω :

1) Απόσταση l μεταξύ κυκλωμάτων πλάτους D, σε οριζόντια διάταξη :

- κύκλωμα από μονοπολικά καλώδια :

$$l > D$$

(1.2-1)

- κύκλωμα από πολυπολικά καλώδια :

$$l > 6 \cdot D \quad \text{και} \quad l < 150 \text{ mm}$$

(1.2-2)

- Όταν ο αριθμός κυκλωμάτων των μονοπολικών, ή πολυπολικών, καλωδίων είναι μικρότερος από 4, τότε τοποθετούνται τα κυκλώματα αυτά στο (δίο οριζόντιο επίπεδο).

2) Η απόσταση l μεταξύ μονοπολικών ή πολυπολικών κυκλωμάτων, σε κατακόρυφη διάταξη :

$$l > 150 \text{ mm}$$

(1.2-3)



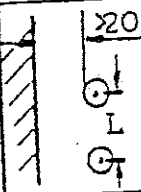
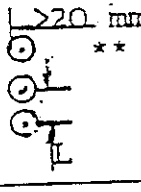

| ΔΙΑΤΟΜΗ<br>ΑΓΩΓΟΥ | Ένα ή περισσότερα<br>μονοπολικά καλώ-<br>δια σε σωλήνες |                             |                         | Διπολικά και πολυ-<br>πολικά καλώδια με<br>μόνωση PVC επί επι-<br>φάνειας ή σε δέσμη<br>σε ανοικτή διαδρομή |            | Διπολικά & τριπο-<br>λικά πεπλατυσμένα<br>καλώδια με μόνωση<br>PVC σε σωλήνες |           |
|-------------------|---|-----------------------------|-------------------------|---|------------|---|-----------|
|                   | σε mm <sup>2</sup>                                      | κατά<br>VDE<br>0100<br>σε A | κατά<br>BS 6004<br>σε A | κατά BS 6004<br>σε A  |            | κατά BS 6004<br>σε A  |           |
|                   |   | 2<br>καλώ-<br>δια           | 3 - 4<br>καλώ-<br>δια   | διπολικά  | πολυπολικά | διπολικά  | τριπολικά |
| 1                 | 12  | 14                          | 12                      |   |            | 14  | 12        |
| 1,5               | 16  | 17                          | 14                      |   |            | 17  | 16        |
| 2,5               | 21  | 24                          | 21                      |   |            | 24  | 21        |
| 4                 | 27  | 32                          | 29                      |   |            | 32  | 29        |
| 6                 | 35  | 41                          | 37                      |   |            | 40  | 36        |
| 10                | 48  | 56                          | 52                      |   |            | 53  | 49        |
| 16                | 65  | 74                          | 66                      |   |            | 70  | 62        |
| 25                | 88  | 97                          | 88                      | 94  | 82         |   |           |
| 35                | 110   | 110                         | 106                     | 116   | 96         |   |           |
| 50                | 140   | 145                         | 125                     | 140   | 125        |   |           |
| 70                | 175   | 185                         | 160                     | 175   | 155        |   |           |
| 95                | 210   | 230                         | 195                     | 215   | 190        |   |           |
| 120               | 250   | 260                         | 220                     | 250   | 215        |   |           |
| 150               | -   |                             |                         | 285   | 250        |   |           |
| 185               | -   |                             |                         | 325   | 280        |   |           |
| 240               | -   |                             |                         | 385   | 335        |   |           |
| 300               | -   |                             |                         | 445   | 390        |   |           |
| θ σε °C           | 25  | 30                          |                         |   |            |   |           |

Πίνακας 1.2-3 : Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας για :

- 1) καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων από χαλκό μέσα σε σωλήνες ,κατά VDE 0100 και BS 6004.
- 2) Διπολικά και πολυπολικά καλώδια επί επιφάνειας ή σε δέσμη επί ανοικτής διαδρομής (BS6004)

θ : θερμοκρασία χώρου

Για διαφορετικές θερμοκρασίες από τις παραπάνω διόρθωση των τιμών (κατά VDE σχήμα 1.2-1 και κατά BS πίνακας 1.2-6)

| Μονοπολικά καλώδια στον αέρα |               |   |   |   |  |   |
|------------------------------|---------------|---|---|---|--|---|
| ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ               | κατά BS 6004  |   |   |   |  |   |
| σε mm <sup>2</sup>           | κατά VDE 0100 |  |  |  |  |  |
|                              | σε Α          | σε Α  | σε Α  | σε Α  | σε Α   | σε Α  |
| 0,75                         | 16            |   | 16  |   |  |   |
| 1                            | 20            | 17  | 20  |   |  |   |
| 1,5                          | 25            | 21  | 26  |   |  |   |
| 2,5                          | 34            | 30  | 36  |   |  |   |
| 4                            | 45            | 40  | 45  |   |  |   |
| 6                            | 57            | 50  | 61  |   |  |   |
| 10                           | 78            | 68  | 81  |   |  |   |
| 16                           | 104           | 90  | 106   |   |  |   |
| 25                           | 137           | 118   | 130   |   |  |   |
| 35                           | 168           | 145   | 160   | 195   | 195  | 170   |
| 50                           | 210           | 175   | 200   | 240   | 240  | 210   |
| 70                           | 260           | 220   | 240   | 300   | 300  | 260   |
| 95                           | 310           | 270   | 280   | 350   | 350  | 300   |
| 120                          | 365           | 310   | 320   | 410   | 410  | 350   |
| 150                          | 415           | 355   | 365   | 470   | 470  | 400   |
| 185                          | 475           | 405   | 430   | 560   | 560  | 480   |
| 240                          | 560           | 480   | 500   | 660   | 660  | 570   |
| 300                          | 645           | 560   | 610   | 800   | 800  | 680   |
| 400                          | 770           | 680   | 710   | 910   | 910  | 770   |
| 500                          | 880           | 800   | 820   | 1040  | 1040   | 880   |
| 630                          | -             | 910   |   |   |  |   |
| θ σε °C                      | 25            | 30  |   |   |  |   |

Πίνακας 1.2-4 : Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας για μονοπολικά καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων από χαλκό στον αέρα κατά VDE & BS

θ : θερμοκρασία περιβάλλοντος . Για διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας χρειάζεται αναπροσαρμογή τιμών, ανάλογα με την προδιαγραφή :  
 κατά VDE 0100 : Σχήμα 1.2-1  
 κατά BS 6004 : Πίνακας 1.2-6.

\* : εγκατάσταση πάνω σε επιφάνεια, ή σε δέσμη σε ανοικτή διαδρομή.

\*\* : Για διατομή αγωγού < 185 mm<sup>2</sup> : L = 2 d  
 (d : εξωτερική διάμετρος του καλωδίου).  
 Για διατομή αγωγού > 240 mm<sup>2</sup> : L = 90 mm.

| ΔΙΑΤΟΜΗ<br>ΑΓΩΓΟΥ  | Πολυπολικά καλώδια με μονώσεις PVC στον αέρα |               |                 | Πολυπολικά πεπλατυσμένα καλώδια με μονώσεις PVC στον αέρα |                |                                 |
|--------------------|--|---------------|-----------------|---|----------------|---------------------------------|
|                    | κατά VDE 0100 σε Α                           | κατά BS 6004. |                 | κατά VDE 0100 σε Α  | κατά BS 6004 * |                                 |
| σε mm <sup>2</sup> | σε Α   | διπολικά σε Α | πολυπολικά σε Α | σε Α  | διπολικά σε Α  | *τριπολικά και τετραπολικά σε Α |
| 1                  | 12   |               |                 | 12  | 16             | 13                              |
| 1,5                | 16   |               |                 | 16  | 20             | 17                              |
| 2,5                | 21   |               |                 | 21  | 28             | 24                              |
| 4                  | 27   |               |                 | 27  | 36             | 32                              |
| 6                  | 35   |               |                 | 35  | 46             | 40                              |
| 10                 | 48   |               |                 | 48  | 64             | 54                              |
| 16                 | 65   |               |                 | 65  | 85             | 72                              |
| 25                 | 88   | 114           | 96              | 88  |                |                                 |
| 35                 | 110  | 139           | 122             | 110   |                |                                 |
| 50                 | 140  | 170           | 154             | 140   |                |                                 |
| 70                 | 175  | 215           | 190             | 175   |                |                                 |
| 95                 | 210  | 260           | 230             | 210   |                |                                 |
| 120                | 250  | 300           | 265             | 250   |                |                                 |
| 150                | -  | 340           | 300             | -   |                |                                 |
| 185                | -  | 385           | 340             | -   |                |                                 |
| 240                | -  | 450           | 400             | -   |                |                                 |
| θ σε °C            | 25   | 30            |                 | 25  | 30             |                                 |

Πίνακας 1.2-5 : Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας για πολυπολικά καλώδια εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων από χαλκό κατά VDE και BS.

θ : θερμοκρασία περιβάλλοντος (για διαφορετικές τιμές βλέπετε σχήμα 1.2-1 και πίνακα 1.2-6.

\* : εγκατάσταση πάνω σε επιφάνεια, ή δέσμη ανοικτής διαδρομής.

| Μη ομαδοποιημένα κυκλώματα | θ °C | 25 | 30   | 35 | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   | 65  |
|----------------------------|------|----|------|----|------|------|------|------|------|-----|
|                            | κ    |    | 1,06 | 1  | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 | 0,5 |

Για ομαδοποιημένα κυκλώματα ο συντελεστής διάρθρωσης είναι : α.κ, όπου α συντελεστής διάρθρωσης του κ, ανάλογα με τον αριθμό η των ομαδοποιημένων κυκλωμάτων, ως ακολούθως :

Ομαδοποίηση μονοπολικών καλωδίων

| η | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16*  | 18*  | 20*  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| α | 0,80 | 0,69 | 0,62 | 0,59 | 0,55 | 0,51 | 0,48 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,38 | 0,36 |

Ομαδοποίηση πολυπολικών καλωδίων

| η | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| α | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,38 |

Πίνακας 1.2-6 : Συντελεστής διάρθρωσης του μέγιστου ρεύματος συνεχούς λειτουργίας κατά BS 6004

\* : δεν ισχύουν για τριφασικά συστήματα

1.3. Πίνακες υπολογισμού των καλωδίων ενέργειας

Η κατηγορία των καλωδίων ενέργειας, στην οποία ανήκουν και τα καλώδια ΝΥΥ, περιλαμβάνει γενικά καλώδια με μεγάλες θερμοκρασίες λειτουργίας (60 έως 85 °C). Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τα καλώδια αυτά σε σταθμούς παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ο υπολογισμός των καλωδίων ενέργειας, εξαρτάται κυρίως : από τον τύπο του καλωδίου (ΝΥΥ, ΝΥΣΦΕΥ, κ.λ.π) και τη μέθοδο εγκατάστασής του (στον αέρα, σε σωλήνα, στο έδαφος, στο έδαφος με προστατευτικά καλύμματα, μαζί με καλώδια άλλων κυκλωμάτων). Για καλώδια, που θα τοποθετηθούν στο έδαφος έχουν επίσης σημασία: η συνεχής λειτουργία υπό πλήρες φορτίο και η θερμοκρασία του εδάφους. Παρακάτω δίνονται ορισμένοι υπολογισμοί για την επιλογή καλωδίων ενέργειας. Οι πίνακες, που ακολουθούν (1.3-1 έως 1.3-4), αφορούν τα καλώδια ΝΥΥ. Περισσότερες πληροφορίες, καθώς και υπολογισμοί για άλλους τύπους καλωδίων, θα πρέπει να αναζητηθούν σε τεχνικά εγχειρίδια κατασκευαστών καλωδίων.

Στον πίνακα 1.3-1 δίνεται η εξωτερική διάμετρος και το ονομαστικό ρεύμα μονοπολικών καλωδίων ΝΥΥ, ανάλογα με την εγκατάστασή

| Καλώδια ΝΥΥ ενός αγωγού (κατά VDE 0271) |                 |                             |    |  |     |     |           |     |     |
|---|-----------------|-----------------------------|----|--|-----|-----|-----------|-----|-----|
| διατομή αγωγού                          |                 | εξωτερική διάμετρος περίπου |    | μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας (ή ονομαστικό ρεύμα) σε Α |     |     |           |     |     |
|   |                 |                             |    | στο έδαφος   |     |     | στον αέρα |     |     |
| σε                                      | mm <sup>2</sup> | σε                          | mm | ⊙  | ⊙⊙  | ⊙⊙⊙ | ⊙         | ⊙⊙  | ⊙⊙⊙ |
| 1 x                                     | 1,5             | 6,6                         |    | 36   |     |     | 25        |     |     |
| 1 x                                     | 2,5             | 7,2                         |    | 50   |     |     | 35        |     |     |
| 1 x                                     | 4               | 7,9                         |    | 65   |     |     | 45        |     |     |
| 1 x                                     | 6               | 8,8                         |    | 85   |     |     | 56        |     |     |
| 1 x                                     | 10              | 10,0                        |    | 105  |     |     | 77        |     |     |
| 1 x                                     | 16              | 10,8                        |    | 140  | 108 | 120 | 100       | 85  | 98  |
| 1 x                                     | 25              | 12,4                        |    | 185  | 135 | 150 | 135       | 118 | 130 |
| 1 x                                     | 35              | 13,6                        |    | 235  | 165 | 180 | 170       | 140 | 165 |
| 1 x                                     | 50              | 15,4                        |    | 275  | 195 | 215 | 210       | 157 | 200 |
| 1 x                                     | 70              | 17,2                        |    | 340  | 240 | 265 | 265       | 220 | 255 |
| 1 x                                     | 95              | 19,4                        |    | 410  | 290 | 320 | 330       | 275 | 315 |
| 1 x                                     | 120             | 21,0                        |    | 470  | 330 | 360 | 380       | 325 | 365 |
| 1 x                                     | 150             | 23,0                        |    | 530  | 370 | 415 | 435       | 370 | 420 |
| 1 x                                     | 185             | 25,6                        |    | 610  | 420 | 460 | 500       | 430 | 480 |
| 1 x                                     | 240             | 28,6                        |    | 705  | 480 | 530 | 610       | 520 | 580 |
| 1 x                                     | 300             | 31,5                        |    | 805  | 540 | 610 | 695       | 600 | 665 |
| 1 x                                     | 400             | 35,3                        |    | 945  | 635 | 695 | 835       | 725 | 805 |
| 1 x                                     | 500             | 39,3                        |    | 1000   | 725 | 805 | 980       | 845 | 940 |

Πίνακας 1.3-1 : Εξωτερική διάμετρος και ονομαστικό ρεύμα μονοπολικών καλωδίων ΝΥΥ. U<sub>0</sub> = 0,6kV και U<sub>N</sub> = 1 kV.

| Πολύκλωνα καλωδία NYG (κατά VDE 0271) στο έδαφος |       |           |                    |       |           |                    |       |                                 |
|--|-------|-----------|--------------------|-------|-----------|--------------------|-------|---------------------------------|
| διατομή αγωγού                                   | $D_a$ | $I_{max}$ | διατομή αγωγού     | $D_a$ | $I_{max}$ | διατομή αγωγού     | $D_a$ | $I_{max}$                       |
| [mm <sup>2</sup> ]                               | [mm]  | [A]       | [mm <sup>2</sup> ] | [mm]  | [A]       | [mm <sup>2</sup> ] | [mm]  | [A]                             |
| 2x1,5  | 11,2  | 30        | 3x1,5              | 11,6  | 27        | 4x1,5              | 12,4  | 27                              |
| 2x2,5  | 12,3  | 40        | 3x2,5              | 12,9  | 35        | 4x2,5              | 13,8  | 35                              |
| 2x4  | 13,7  | 50        | 3x4                | 14,4  | 45        | 4x4                | 15,4  | 45                              |
| 2x6  | 15,4  | 65        | 3x6                | 16,2  | 56        | 4x6                | 17,5  | 56                              |
| 2x10   | 17,2  | 85        | 3x10               | 18,1  | 75        | 4x10               | 19,7  | 75                              |
| 2x16   | 19,4  | 116       | 3x16               | 21,3  | 98        | 4x16               | 23,2  | 98                              |
| 2x25   | 19,3  | 145       | 3x25               | 22,0  | 130       | 4x25               | 25,5  | 130                             |
| 2x35   | 22,1  | 175       | 3x35               | 24,4  | 150       | 4x35               | 27,7  | 150                             |
| 2x50   | 23,6  | 205       | 3x50               | 25,7  | 180       | 4x50               | 29,4  | 180                             |
| 2x70   | 24,8  | 255       | 3x70               | 28,6  | 225       | 4x70               | 32,9  | 225                             |
| 2x95   | 28,1  | 310       | 3x95               | 32,6  | 270       | 4x95               | 37,7  | 270                             |
| 2x120  | 30,4  | 355       | 3x120              | 35,6  | 310       | 4x120              | 41,0  | 310                             |
| 2x150  | 35,5  | 390       | 3x150              | 39,3  | 345       | 4x150              | 46,0  | 345                             |
| 2x185  | 37,1  | 450       | 3x185              | 43,3  | 390       | 4x185              | 50,5  | 390                             |
| 2x240  | 41,4  | 520       | 3x240              | 49,0  | 455       | 4x240              | 57,2  | 455                             |
| 2x300  | 46,2  | 580       | 3x300              | 54,0  | 510       | 4x300              | 63,0  | 510                             |
| 2x400  | 52,0  | 665       | 3x400              | 61,5  | 590       |                    |       |                                 |
| 3x25+16  | 26,7  | 130       | 5x1,5              | 13,3  | 27        | 7x1,5              | 14,1  | Υ<br>ι<br>ά                     |
| 3x35+16  | 27,9  | 150       | 5x2,5              | 14,8  | 35        | 10x1,5             | 16,1  |                                 |
| 3x50+25  | 28,7  | 180       | 5x4                | 16,6  | 45        | 12x1,5             | 16,6  |                                 |
| 3x70+35  | 31,2  | 225       | 5x6                | 19,0  | 56        | 19x1,5             | 19,1  | Τ<br>η<br>λ<br>ε<br>x<br>ε<br>ι |
| 3x95+50  | 35,9  | 270       | 5x10               | 22,2  | 75        | 27x1,5             | 22,5  |                                 |
| 3x120+70   | 39,0  | 310       | 5x16               | 25,6  | 98        | 37x1,5             | 25,5  |                                 |
| 3x150+70   | 42,6  | 345       | 5x25               | 30,2  | 130       | 7x2,5              | 15,9  | ρ<br>ι<br>σ<br>μ<br>ού<br>ς     |
| 3x185+95   | 47,8  | 390       | 5x35               | 33,7  | 150       | 10x2,5             | 18,5  |                                 |
| 3x240+120  | 53,3  | 455       |                    |       |           | 12x2,5             | 19,0  |                                 |
| 3x300+150  | 59,4  | 510       |                    |       |           | 19x2,5             | 22,1  |                                 |
| 3x400+185  | 67,32 | 590       |                    |       |           | 27x2,5             | 26,6  |                                 |
|  |       |           |                    |       |           | 37x2,5             | 29,6  |                                 |

Πίνακας 1.3-2 : Εξωτερική διάμετρος καλωδίου ( $D_a$ ) και μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας ( $I_{max}$ ) για εγκατάσταση στο έδαφος πολυπολικών καλωδίων NYG.  $U_0 = 0.6$  kV και  $U_N = 1$  kV.

τους ( 1 έως 4 μονοπολικά καλώδια στο έδαφος , ή τον αέρα ) . Στον πίνακα 1.3-2 δίνονται οι παραπάνω τιμές για πολυπολικά καλώδια ΝΥΥ στο έδαφος. Η τιμή του μέγιστου ρεύματος συνεχούς λειτουργίας ενός καλωδίου ΝΥΥ εγκατεστημένου στον αέρα είναι μικρότερη από εκείνη κατά την εγκατάστασή του στο έδαφος (βλέπετε πίνακες 1.3-1 και 1.3-2).

Όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες οι τιμές του ονομαστικού ρεύματος είναι μικρότερες , όταν ένα καλώδιο εγκαθίσταται μαζί με άλλα. Αυτό οφείλεται στην μείωση των δυνατοτήτων αερισμού των καλωδίων , η οποία προκαλείται γενικά κατά στην ομαδοποίησή τους . Για τον συντελεστή διόρθωσης (κ) των τιμών του ρεύματος, κατά τους παραπάνω πίνακες, διακρίνει κανείς δύο βασικές περιπτώσεις :

- εγκατάσταση των ομαδοποιημένων καλωδίων στο έδαφος, και
- εγκατάσταση των ομαδοποιημένων καλωδίων στον αέρα

Για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις υπάρχουν αρκετές υποπεριπτώσεις εγκατάστασης καλωδίων , ανάλογα προς τις οποίες υπολογίζεται ο συντελεστής διόρθωσης.

| <p>Ομάδες (n)<br/>των τριών μονοπολικών<br/>καλωδίων μέσα<br/>στο έδαφος<br/>σε βάθος h = 700 mm</p>   |                    |      |      |      |      |                 |      |      |                 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--------------------|------|------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>αριθμός ομάδων (n)</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>συντελεστής (K)</td> <td>1</td> <td>0,82</td> <td>0,74</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>  | αριθμός ομάδων (n) | 1    | 2    | 3    | 4    | συντελεστής (K) | 1    | 0,82 | 0,74            | 0,68 |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| αριθμός ομάδων (n)   | 1                  | 2    | 3    | 4    |      |                 |      |      |                 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| συντελεστής (K)  | 1                  | 0,82 | 0,74 | 0,68 |      |                 |      |      |                 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>Ομάδες (n)<br/>πολυπολικών<br/>καλωδίων μέσα<br/>στο έδαφος<br/>σε βάθος h = 700 mm</p>   |                    |      |      |      |      |                 |      |      |                 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>αριθμός ομάδων (n)</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>8</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>συντελεστής (K)</td> <td>0,85</td> <td>0,75</td> <td>0,68</td> <td>0,64</td> <td>0,60</td> <td>0,56</td> <td>0,53</td> </tr> </tbody> </table> | αριθμός ομάδων (n) | 2    | 3    | 4    | 5    | 6               | 8    | 10   | συντελεστής (K) | 0,85 | 0,75 | 0,68 | 0,64 | 0,60 | 0,56 | 0,53 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| αριθμός ομάδων (n)   | 2                  | 3    | 4    | 5    | 6    | 8               | 10   |      |                 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| συντελεστής (K)  | 0,85               | 0,75 | 0,68 | 0,64 | 0,60 | 0,56            | 0,53 |      |                 |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |

Πίνακας 1.3-3 : Συντελεστής K για τη διόρθωση του ονομαστικού ρεύματος καλωδίων ΝΥΥ (και γενικότερα καλωδίων ενέργειας κατά VDE) στα έδαφος.






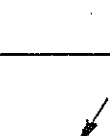




Ο συντελεστής διόρθωσης του ονομαστικού ρεύματος ( $k$ ) ομαδοποιημένων καλωδίων στο έδαφος, υπολογίζεται από το γινόμενο των παρακάτω συντελεστών :

- Τον συντελεστή  $K$  κατά τον πίνακα 1.3-3,
- Τον συντελεστή  $K_e$ , για θερμοκρασία εδάφους ( $\theta_e$ ) διαφορετική από  $20^\circ\text{C}$ . Για  $\theta_e > 20^\circ\text{C}$  η τιμή  $K_e$  είναι 0,93 έως 0,83, ανάλογα με την μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του καλωδίου ( $60$  έως  $85^\circ\text{C}$ ).
- Τον συντελεστή θερμικής αντίστασης του εδάφους  $K_a$ . Για θερμική αντίσταση εδάφους μεγαλύτερη από  $100 [^\circ\text{C cm/W}]$  :  $K_a = 0,94$  έως  $0,63$ , ανάλογα με την διατομή του αγωγού.
- Τον συντελεστή συνεχούς λειτουργίας υπό ονομαστικό ρεύμα: ( $K_s = 0,75$ ).
- Τον συντελεστή ονομαστικής τάσης  $K_t$ , ανάλογα με τον τύπο και την ικανότητα μόνωσης του καλωδίου. Για καλώδια μόνωσης PVC, με ονομαστικές τάσεις :  $U_0 = 0,6 \text{ kV}$  και  $U_N = 1 \text{ kV}$ , ο συντελεστής  $K_t$  είναι περίπου 1.

Στη βιβλιογραφία δίνονται αναλυτικοί πίνακες τιμών για τους συντελεστές  $K_e$ ,  $K_a$  και  $K_t$

#### 1.4. Συμβολισμός της ανοδικής και της καθοδικής διέλευσης καλωδίων

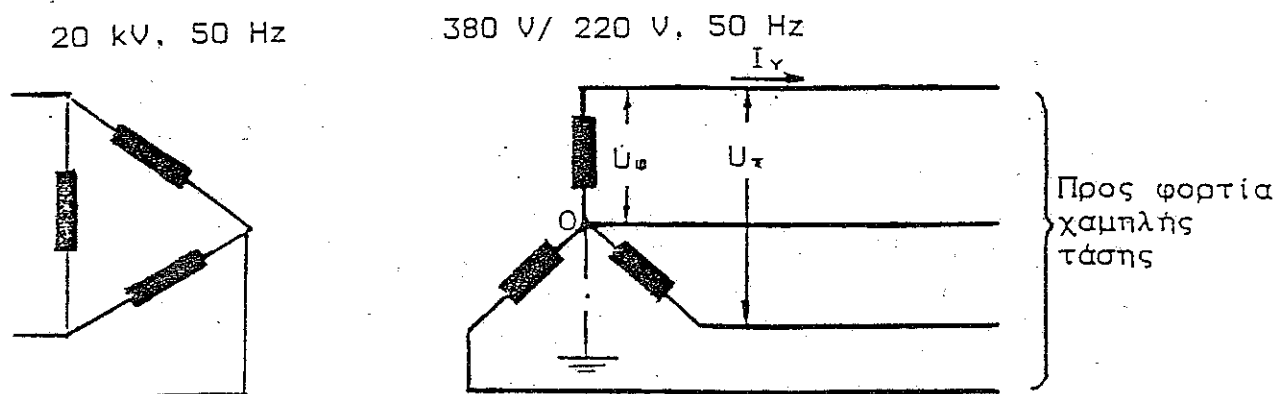
Η ανοδική διέλευση καλωδίων (όπως π.χ. η διέλευση των καλωδίων από τον πρώτο όροφο στο δεύτερο όροφο) και η καθοδική διέλευση καλωδίων (όπως π.χ. από το ισόγειο προς το υπόγειο) δείχνεται στα σχέδια των κατόψεων με τα ειδικά σύμβολα του σχήματος 1.4-1.

|              |   |                       |   |
|--------------|---|-----------------------|---|
| Από κάτω     |  | Από κάτω προς τα πάνω |  |
| Προς τα πάνω |  |                       |  |
| Από πάνω     |  | Από πάνω προς τα κάτω |  |
| Προς τα κάτω |  |                       |  |

Σχήμα 1.4-1: Σύμβολα ανοδικής και καθοδικής διέλευσης καλωδίων

5. Βασικές σχέσεις υπολογισμού σε μονοφασικά και τριφασικά φορτία

Όπως αναφέρθηκε στις παραγράφους 1.5 και 12.4.1 ο μετασχηματιστής μέσης τάσης υποβιβάζει τη μέση τάση του δικτύου της πόλης (π.χ.τα 20 kV) σε χαμηλή τάση (380 V / 220 V, 50 Hz) . Η συνδεσμολογία των πνίων του μετασχηματιστή αυτού είναι στη μέση τάση σε κύκλωμα τριγώνου και στη χαμηλή τάση σε κύκλωμα αστέρα ( σχήμα 5-1) . Ο συμβολισμός του μετασχηματιστή μέσης τάσης δίνεται στο σχήμα 5-2.



Σχήμα 5-1 : Συνδεσμολογία των πνίων του μετασχηματιστή μέσης τάσης.

- $I_{\gamma}$  : ρεύμα γραμμής.
- $U_{\phi}$  : φασική τάση (220 V)
- $U_{\tau}$  : πολική τάση (380 V)
- O : ουδέτερος

Σχήμα 5-2 : Συμβολισμός του μετασχηματιστή μέσης τάσης.

Για τα μεγέθη, που αναφέρονται στο σχήμα 5-1 ισχύουν οι σχέσεις :

$$U_{\tau} = \sqrt{3} U_{\phi} \tag{5-1}$$

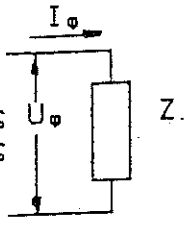
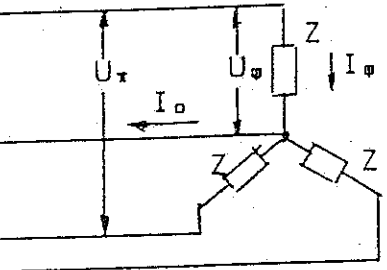
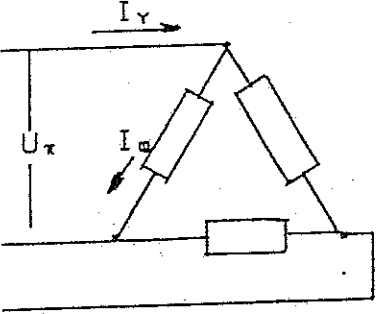
$$P = 3 U_{\phi} I_{\gamma} = \sqrt{3} U_{\tau} I_{\gamma} \tag{5-2}$$

$$P_w = 3 U_{\phi} I_{\gamma} \cos\phi = \sqrt{3} U_{\tau} I_{\gamma} \cos\phi \tag{5-3}$$

$$P_s = 3 U_{\phi} I_{\gamma} \eta_{\mu\phi} = \sqrt{3} U_{\tau} I_{\gamma} \eta_{\mu\phi} \tag{5-4}$$

όπου P η ονομαστική ισχύς (ή φαινόμενη ισχύς) σε kVA,  $P_w$  η ενεργός ισχύς σε kW και  $P_s$  η άεργος ισχύς σε kVA.

Οι βασικές σχέσεις υπολογισμού του ρεύματος, της τάσης και της ισχύος στο φορτίο, ανάλογα με τη συνδεσμολογία του, δίνονται στον πίνακα 5-1.

| Συνδεσμολογία φορτίου  | Σχέσεις υπολογισμού  |
|--|--|
| <p>μονοφασικός καταναλωτής</p>  | $I_\phi = I_\gamma$ $P = U_\phi I_\phi$ $P_W = U_\phi I_\phi \cos\phi$ $P_B = U_\phi I_\phi \sin\phi$  |
|                                | <p>συμμετρικό φορτίο : <math>I_0 = 0</math> , <math>I_\phi = I_\gamma</math></p> $U_L = \sqrt{3} U_\phi$ $P = 3 U_\phi I_\phi = \sqrt{3} U_L I_\phi$ $P_W = 3 U_\phi I_\phi \cos\phi = \sqrt{3} U_L I_\phi \cos\phi$ $P_B = 3 U_\phi I_\phi \sin\phi = \sqrt{3} U_L I_\phi \sin\phi$ |
|                               | $I_L = \sqrt{3} I_\phi$ $P = 3 U_L I_\phi$ $P = \sqrt{3} U_L I_L$ $P_W = \sqrt{3} U_L I_L \cos\phi$ $P_B = \sqrt{3} U_L I_L \sin\phi$  |

Πίνακας 5-1 : Βασικές σχέσεις υπολογισμού ανάλογα με την συνδεσμολογία του φορτίου στο δευτερεύον ( χαμηλή τάση ) του μετασχηματιστή μέσης τάσης.

## 2.2. Υπολογισμός εγκαταστάσεων φωτισμού με λαμπτήρες πυράκτωσης

Ο φωτισμός ενός χώρου εξαρτάται από τη φωτεινή ροή ( $\Phi$ ) των λαμπτήρων, που διαθέτει. Όταν πρόκειται να τοποθετηθούν φωτιστικά με λαμπτήρες πυρακτωμένου νήματος, τότε δεν υπάρχει πρακτικά θέμα υπολογισμού της φωτεινής ροής, γιατί μπορούν να επιλεγούν, ανάλογα με την επιθυμητή στάθμη φωτισμού, λυχνίες μεγαλύτερης ή μικρότερης ηλεκτρικής ισχύος. Στην περίπτωση όμως, που προβλέπεται να εγκατασταθούν φωτιστικά με λυχνίες φθορισμού, τότε απαιτείται υπολογισμός της τιμής  $\Phi$  ανά χώρο.

Για την πραγματοποίηση γενικά μίας πλήρους μελέτης φωτισμού έχουν κυρίως σημασία: η χρήση των χώρων (γραφείο, υπνοδωμάτιο, ιατρείο, μηχανουργείο, κ.λ.π.), οι χρωματισμοί των επιφανειών των χώρων και η διεύθυνση της φωτεινής δέσμης των φωτιστικών. Τα παραπάνω λαμβάνονται υπ' όψη στη φωτοτεχνική μελέτη με διάφορους συντελεστές, από τους οποίους τελικά υπολογίζεται η τιμή  $\Phi$  ανά χώρο, ανάλογα με τη στάθμη φωτισμού ( $E$ ), που καθορίζεται από το είδος του χώρου. Για την τιμή  $\Phi$  ισχύει η σχέση:

$$\Phi = E \cdot A / \nu \cdot \eta \quad (2.2-1)$$

όπου:  $A$  η επιφάνεια του οσπέδου,  $\nu$  ο συντελεστής ελάττωσης φωτισμού του χώρου και  $\eta$  ο συντελεστής απόδοσης του φωτισμού. Αν υποθέσουμε ότι για τον φωτισμό ενός χώρου έχει επιλεγεί ένα είδος λαμπτήρα (π.χ. λαμπτήρας φθορισμού 40 W & μήκους 1,2 m σε ένα αμφιθέατρο), τότε ο αριθμός  $n$  των απαιτούμενων λαμπτήρων θα είναι:

$$n = \Phi / \Phi_{\lambda} \quad (2.2-2)$$

όπου  $\Phi_{\lambda}$  η φωτεινή ροή του λαμπτήρα.

Από την ισχύ των φωτιστικών που επιλέγονται ανά χώρο και τα διάφορα φορτία των ηλεκτρικών συσκευών ανά χώρο, υπολογίζονται ακολουθώς τα υπόλοιπα στοιχεία της εγκατάστασης (διατομές καλωδίων, πίνακας, κ.λ.π.).

Στις οικιακές εγκαταστάσεις φωτισμού και γενικότερα εγκαταστάσεις φωτισμού χώρων, όπου συνήθως χρησιμοποιούνται λυχνίες πυρακτωμένου νήματος, εφαρμόζεται συχνά μία προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού, η οποία βασίζεται στην απορροφημένη ένταση ανά φορτίο κατά τον πίνακα 2.2-1. Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό δεν γίνεται φωτοτεχνική μελέτη και οι λυχνίες επιλέγονται με την ισχύ τους, ανάλογα με την επιθυμητή στάθμη φωτισμού, όπως συμβαίνει συνήθως στην πράξη. Με τις τιμές του πίνακα 2.3-1 γίνεται ομαδοποίηση των φωτιστικών, των ρευματοδοτών, ή και των δύο, σε γραμμές με ρεύμα ανά γραμμή συνήθως μέχρι 10 A.

Ο υπολογισμός της απορροφημένης έντασης ( $I$ ) στις διάφορες συσκευές (κουζίνα, θερμοσίφωνας, πλυντήριο ρούχων, πλυντήριο πιάτων, θερμοσυσσωρευτές, κ.λ.π.) γίνεται βάσει της ισχύος τους ( $P$ ) για  $\cos\phi = 1$ : Η απορροφημένη ένταση για μία μονοφασική συσκευή είναι:

$$I = P / (U_{\phi} \cos\phi) \quad (2.2-3)$$

όπου  $P$  η ισχύς της συσκευής,  $U_{\phi}$  η φασική τάση (220 V).

Η απορροφημένη ένταση για μία τριφασική συσκευή ισχύος P είναι :

$$I = P / ( \sqrt{3} U_{\tau} \cos\varphi ) = P / ( \sqrt{3} U_{\tau} \cos\varphi ) \quad (2.2-4)$$

όπου  $U_{\tau}$  η πολική τάση (380 V) . .

| Είδος φορτίου                          | απορροφημένη ένταση<br>σε A |
|--|-----------------------------|
| φωτιστικό σημείο μέχρι 100 W           | 0,5                         |
| φωτιστικό σημείο από 100 έως 200 W     | 1                           |
| πολύφωτο                               | 2                           |
| έναν ρευματοδότη σε μία γραμμή         | 2                           |
| πολλοί ρευματοδότες σε μία γραμμή      |                             |
| α) κάθε ένας από τους<br>τρεις πρώτους | 2                           |
| β) κάθε ένας από<br>τους υπόλοιπους    | 0,5                         |
| ηλεκτρική κουζίνα                      | 25                          |
| θερμοσίφωνα                            | 20                          |

Πίνακας 2.2-1 : Προσεγγιστικές τιμές της απορροφημένης έντασης σε φορτία οικιακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Η διατομή των χάλκινων αγωγών, που χρησιμοποιούνται στις γραμμές φωτιστικών, ή τις γραμμές, που περιλαμβάνουν φωτιστικά και ρευματοδότες, είναι 1,5 mm<sup>2</sup>. Όταν οι ρευματοδότες αποτελούν ξεχωριστή γραμμή η διατομή των αγωγών είναι 2,5 mm<sup>2</sup>. Οι αγωγοί της γραμμής της ηλεκτρικής κουζίνας έχουν διατομή 6 mm<sup>2</sup> και του θερμοσίφωνα 4 mm<sup>2</sup>.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς η πτώση τάσης ( $\Delta U$ ) σε κάθε γραμμή (από τον μετρητή της Δ.Ε.Η. μέχρι τα σημεία σύνδεσης προς τα φορτία) πρέπει να είναι μικρότερη από 1% της τάσης λειτουργίας. Για τάση λειτουργίας 220 V είναι δηλαδή :

$$\Delta U < 2,2 \text{ V} \quad (2.2-5)$$

Η διατομή επομένως των αγωγών των διαφόρων γραμμών πρέπει να υπολογίζεται με βάση το επιτρεπόμενο όριο της τιμής  $\Delta U$ . Η διατομή των αγωγών μίας μονοφασικής γραμμής (ή μίας γραμμής συνεχούς ρεύματος) υπολογίζεται, λόγω των δύο αγωγών, από την σχέση :

$$\Delta U = \rho (2L/A) I \quad (2.2-6)$$

- όπου :  $\rho$  : η ειδική αντίσταση του αγωγού (  $0,0175 \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$  για αγωγούς χαλκού)  
L : το μήκος της γραμμής  
A : διατομή των αγωγών της γραμμής  
I : η απορροφημένη ένταση

Για τον υπολογισμό της διατομής των αγωγών μίας τριφασικής γραμμής ισχύει, λόγω της μηδενικής τιμής του ρεύματος του ουδετέρου για συμμετρικά φορτία, ότι :

$$\Delta U = \rho (L/A) I \quad (2.2-7)$$

Για την ολοκλήρωση της μελέτης χρειάζεται να υπολογιστούν οι ασφάλειες των γραμμών προστασίας των καλωδίων, τα υπόλοιπα στοιχεία του πίνακα και οι σωλήνες προστασίας των καλωδίων.

Η ονομαστική ένταση των ασφαλειών δίνεται στον πίνακα 2.2-2, ανάλογα με το μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας των καλωδίων (βλέπετε παραρτήματα : πίνακας 1.2-1, Ομάδα I). Από τον πίνακα

| Διατομή αγωγού<br>[mm <sup>2</sup> ] | Μέγιστη ένταση<br>[A] | Ονομαστική ένταση<br>της ασφάλειας<br>[A] |
|--------------------------------------|-----------------------|---|
| 1,5                                  | 16                    | 10  |
| 2,5                                  | 21                    | 16  |
| 4                                    | 27                    | 20  |
| 6                                    | 35                    | 25  |
| 10                                   | 48                    | 35  |
| 16                                   | 65                    | 63  |
| 25                                   | 88                    | 80  |
| 50                                   | 140                   | 125                                       |
| 95                                   | 210                   | 200                                       |
| 120                                  | 250                   | 300                                       |

Πίνακας 2.2-2 : Ονομαστική ένταση ασφαλειών, ανάλογα με τη διατομή των αγωγών

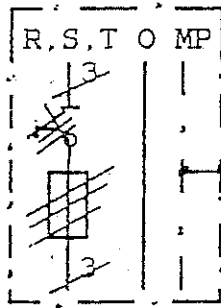
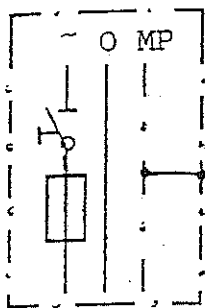
αυτό φαίνεται ότι η ασφάλεια της ηλεκτρικής κουζίνας είναι 25 A (διατομή καλωδίου 6 mm<sup>2</sup>) και του θερμοσίφωνα 20 A (διατομή καλωδίου 4 mm<sup>2</sup>). Οι ασφάλειες των γραμμών των τοπικών κλιματιστικών είναι συνήθως, λόγω του ρεύματος εκκίνησης, για κλιματιστικά μέχρι 15000 BTU/h 16 A και για κλιματιστικά 15000 έως 22000 BTU/h 20 A.

Για τις αναχωρήσεις του πίνακα προς τις διάφορες γραμμές θα πρέπει να εφαρμόζονται τα αναφερόμενα στην παραγράφο 2.1..

Ένα τυπικό παράδειγμα πίνακα έχει ήδη δοθεί στο σχήμα 1.1-1. Μερικά τυποποιημένα μεγέθη αποζευκτών είναι : 25 , 35, 63, 80 και 100 Α. Η από κοινού εγκατάσταση ενός αποζευκτη με τις ασφάλειες σε ένα στεγανό μεταλλικό κιβώτιο ονομάζεται στην πράξη ασφαλειοδιακόπτης (σχήμα 2.2-1) . Πρόκειται για ένα είδος πίνακα , που στις

(α)

(β)



Σχήμα 2.2-1 : μονοπολικός (α) & τριπολικός (β) ασφαλειοδιακόπτης

— — — : μεταλλικό περίβλημα

Τυποποιημένα μεγέθη π.χ : 25 Α, 35 Α, 63 Α, κ.λ.π.

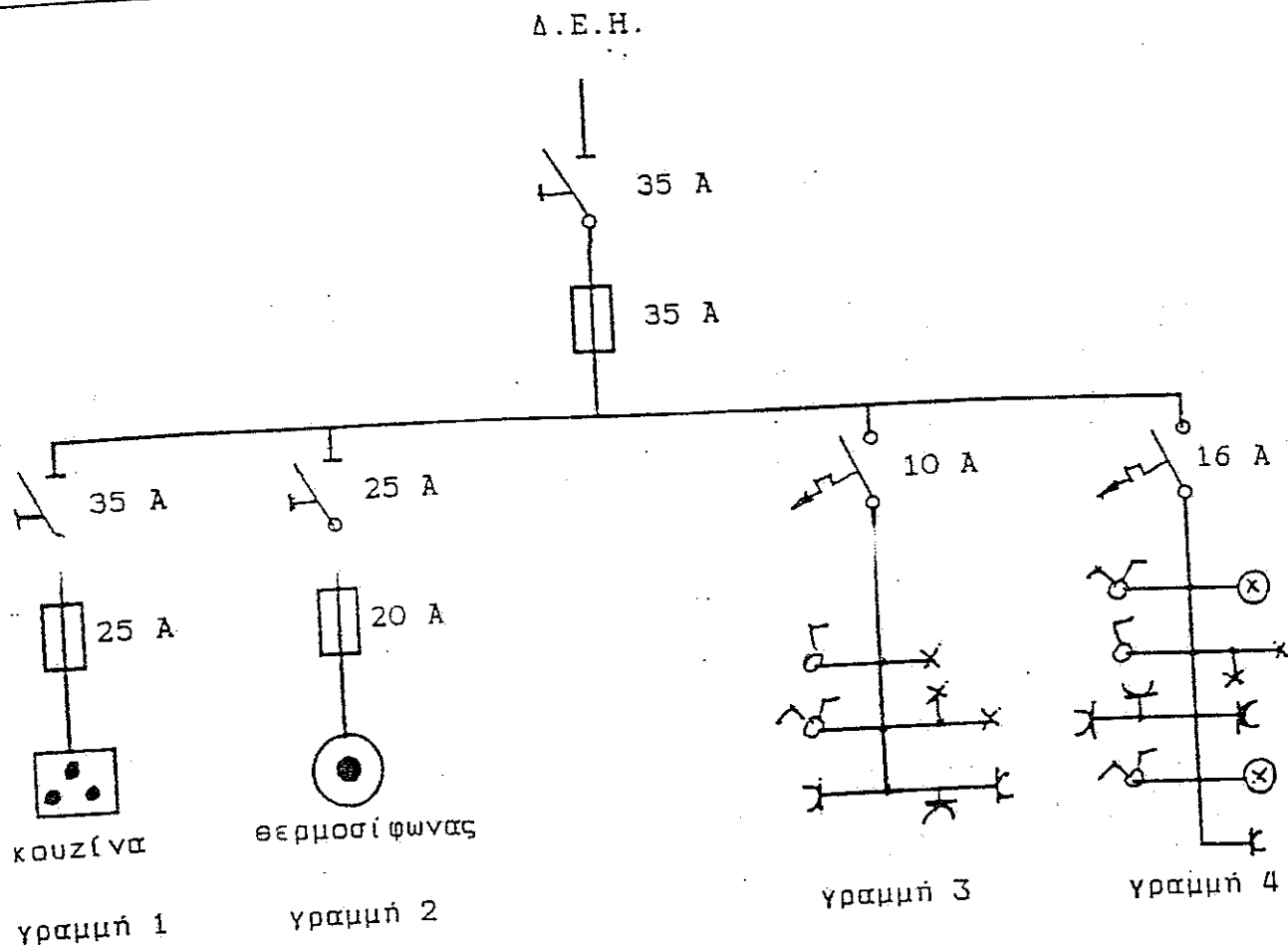
... του λεβητοστασίου, του μηχανοστασίου του ανεκκυστήρα κ.λ.π. Τοποθετείται επίσης σε εξοχικές κατοικίες μετά τον μετρητή της Δ. Ε. Η. , ως ένα είδος ζεύξης-απομόνωσης του πίνακα της κατοικίας από την παροχή τάσης. Ο διακόπτης αυτός έχει μεγάλη εφαρμογή στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις . Χρησιμοποιεί επίσης ως ένα είδος πίνακα για παροχή εργοστασιακού ρεύματος από την Δ.Ε.Η, όπως π.χ. κατά την ανέγερση κατοικιών.

Στον πίνακα 2.2-3 δίνεται η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα προστασίας για καλώδια ΝΥΑ . Οι τιμές αυτές προέρχονται από την πράξη.

| Αγωγοί             | Διάμετρος σωλήνα | Αγωγοί             | Διάμετρος σωλήνα | Αγωγοί             | Διάμετρος σωλήνα |
|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| σε mm <sup>2</sup> | σε mm            | σε mm <sup>2</sup> | σε mm            | σε mm <sup>2</sup> | σε mm            |
| 1x1,5              | 11               | 3x1,5              | 13,5             | 5x1,5              | 13,5             |
| 1x2,5              | 11               | 3x2,5              | 13,5             |                    |                  |
| 1x4                | 11               | 3x4                | 16               | 6x1,5              | 16               |
| 1x6                | 11               | 3x6                | 16               | 7x1,5              | 16               |
| 1x10               | 11               | 3x10               | 23               | 8x1,5              | 16               |
| 1x16               | 13,5             | 3x16               | 29               |                    |                  |
| 2x1,5              | 11               | 4x1,5              | 13,5             |                    |                  |
| 2x2,5              | 13,5             | 4x2,5              | 16               | 9x1,5              |                  |
| 2x4                | 16               | 4x4                | 16               | έως                |                  |
| 2x6                | 16               | 4x6                | 23               | 12x1,5             | 23               |
| 2x10               | 16               | 4x10               | 23               |                    |                  |
| 2x16               | 23               | 4x16               | 29               |                    |                  |

Πίνακας 2.2-3 : Εσωτερική διάμετρος σωλήνα προστασίας καλωδίων ΝΥΑ

2.2.1. Παράδειγμα υπολογισμού του πίνακα μίας κατοικίας από το μονογραμμικό σχέδιο της εγκατάστασης



Γραμμή 1

κουζίνα : ασφάλεια 25 A , αποзеύκτης 35 A (ή 25 A)

Γραμμή 2

θερμοσίφωνα : ασφάλεια 20 A , αποзеύκτης 25 A

Γραμμή 3

τρία φωτιστικά σημεία :  $3 \times 0,5 \text{ A} = 1,5 \text{ A}$   
 τρεις ρευματοδότες :  $3 \times 2 \text{ A} = 6 \text{ A}$   
 σύνολο 7,5 A → ασφάλεια 10 A

Γραμμή 4

δύο φωτιστικά σημεία :  $2 \times 0,5 \text{ A} = 1 \text{ A}$   
 δύο πολύφωτα :  $2 \times 2 \text{ A} = 4 \text{ A}$   
 4 ρευματοδότες :  $(3 \times 2 \text{ A}) + 1 \times 0,5 \text{ A} = 6,5 \text{ A}$   
 σύνολο 11,5 A → ασφάλεια 16 A

Γενική ασφάλεια και γενικός διακόπτης : 35 A


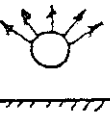
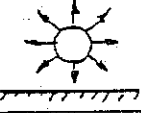
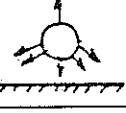
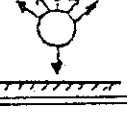


### 2.3. Μελέτη φωτισμού εσωτερικών χώρων με λυχνίες φθορισμού

Για την πραγματοποίηση γενικά της μελέτης φωτισμού έχουν καθοριστεί ορισμένοι συντελεστές, οι οποίοι εξαρτώνται κυρίως από :

- την χρήση του χώρου (μηχανουργείο, τραπεζαρία, γραφείο, κ.λ.π.)
- τον χρωματισμό των επιφανειών του χώρου
- το είδος των φωτιστικών σωμάτων και
- τη θέση των φωτιστικών σωμάτων στον χώρο

Ανάλογα με τη διεύθυνση της φωτεινής δέσμης του φωτιστικού, σε σχέση με το δάπεδο και την οροφή, διακρίνει κανείς πέντε βασικά είδη (κατηγορίες) φωτισμού (πίνακα 2.3.-1).

| α/α | Είδος (κατηγορίες) φωτισμού | Σχηματική παράσταση   | Ποσοστό φωτεινής δέσμης |            |
|-----|-----------------------------|---|-------------------------|------------|
|     |                             |   | πρός δάπεδο             | πρός οροφή |
| 1   | άμεσος                      |  | 80 %                    | 0 %        |
| 2   | έμμεσος                     |  | 0 %                     | 80 %       |
| 3   | ομοιόμορφος                 |  | 45 %                    | 35 %       |
| 4   | υπερισχύων άμεσος           |  | 75 %                    | 10 %       |
| 5   | υπερισχύων έμμεσος          |  | 20 %                    | 70 %       |

Πίνακας 2.3-1 : Είδος φωτισμού, ανάλογα με τη διεύθυνση της φωτεινής δέσμης.

Το είδος του φωτισμού και η θέση των φωτιστικών στον χώρο λαμβάνονται υπ' όψη στη μελέτη με τον συντελεστή χώρου (κ). Στην βιβλιογραφία δίνονται διάφορες σχέσεις για τον υπολογισμό του συντελεστή κ, όπως π.χ. η σχέση 2.3-1 ( ή 2.3-2 ) για χώρους στους οποίους διάφοροι ρύποι στον αέρα (κυρίως σκόνη) μειώνουν την απόδοση των φωτιστικών και η σχέση 2.3-3 ( ή 2.3-4 ) για μελέτες σε συνήθεις χώρους ( γραφεία, νοσοκομεία κ.λ.π.).

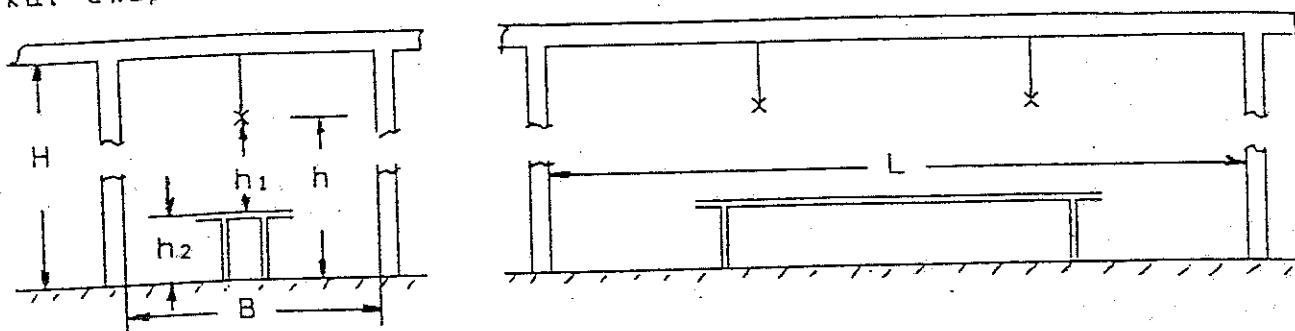
▪ σε ύψος h από το δάπεδο :  $\kappa = (2B+L) / 6 (h-h_2)$  (2.3-1)

▪ στο ύψος της οροφής :  $\kappa = (2B+L) / 6 (H-h_2)$  (2.3-2)

■ στο ύψος  $h$  από το δάπεδο :  $\kappa = (L+4B) / 5 (h-h_2)$  (2.3-3)

■ στο ύψος της οροφής :  $\kappa = (L+4B) / 5 (H-h_2)$  (2.3-4)

όπου (σχήμα 2.3-1):  $B$ ,  $H$  &  $L$  οι διαστάσεις του χώρου και  $h_1$  η κατακόρυφη απόσταση από το επίπεδο εργασίας. Συνήθως είναι  $h_2=0,8$  m και επομένως  $h_1=h-0,8$  m.



Σχήμα 2.3-1 : Διαστάσεις για τον υπολογισμό του συντελεστή  $\kappa$

Η χρήση του χώρου (γραφείο, μηχανουργείο, τραπεζαρία κ.λ.π.) έχει σημασία για την καθαρότητά του, η οποία επιδρά άμεσα στην φωτεινότητα (απόδοσή του φωτισμού) και στην ενεργειακή ακτινοβολία, ενώ το λευκό χρώμα (οχι, κ.λ.π.). Η καθαρότητα του χώρου λόγω της χρήσης του λαμβάνεται υπ'όψη στη μελέτη με τον συντελεστή ελάττωσης ( $\nu$ ), ανάλογα με το είδος φωτισμού (πίνακας 2.3-2).

| Είδος φωτισμού     | Συντελεστής ελάττωσης ( $\nu$ ) |               |
|--------------------|---------------------------------|---------------|
|                    | ακάθαρτος χώρος                 | καθαρός χώρος |
| άμεσος             | 0,50 ... 0,65                   | 0,65 ... 0,80 |
| ομοιόμορφος        | 0,40 ... 0,60                   | 0,60 ... 0,75 |
| έμμεσος            | 0,40 ... 0,50                   | 0,50 ... 0,65 |
| υπερισχύων άμεσος  | 0,50 ... 0,60                   | 0,60 ... 0,85 |
| επερισχύων έμμεσος | 0,40 ... 0,50                   | 0,50 ... 0,65 |

Πίνακας 2.3-2 : Συντελεστής ελάττωσης του φωτισμού ( $\nu$ ) ανάλογα με την καθαρότητα του χώρου.

Η επίδραση του χρώματος των επιφανειών του χώρου στη φωτεινότητά του καθορίζεται στη μελέτη με ένα ποσοστό ανάκλασης (πίνα-

| Χρώμα επιφάνειας | Ποσοστό ανάκλασης |        |
|------------------|-------------------|--------|
|                  | οροφή             | τοίχος |
| ενοικτό          | 75 %              | 50 %   |
| ημιανοικτό       | 50 %              | 30 %   |
| σκοτεινό         | 30 %              | 10 %   |

Πίνακας 2.3-3 : Ποσοστά ανάκλασης του φωτισμού

κας 2.3-3).

Από το είδος του φωτισμού (πίνακας 2.3-1), τον συντελεστή χώρου (σχέση 2.3-1 ÷ 2.3-4) και το ποσοστό ανάκλασης του φωτισμού βρίσκεται από τον πίνακα 2.3-4 ο συντελεστής απόδοσης του φωτισμού (η).

| ανάκλαση οροφής %  |     | 75     | 75  | 75 | 50 | 50 | 50 | 30 | 30 |
|--------------------|-----|--------|-----|----|----|----|----|----|----|
| ανάκλαση τοίχων %  |     | 50     | 30  | 10 | 50 | 30 | 10 | 30 | 10 |
| Είδος φωτισμού     | κ   | η %    |     |    |    |    |    |    |    |
|                    |     | άμεσος | 0,6 | 39 | 34 | 31 | 38 | 34 | 31 |
|                    | 0,8 | 47     | 44  | 42 | 46 | 43 | 41 | 42 | 40 |
|                    | 1,0 | 51     | 48  | 47 | 50 | 47 | 46 | 47 | 45 |
|                    | 1,5 | 58     | 55  | 52 | 56 | 53 | 52 | 52 | 51 |
|                    | 2,0 | 61     | 59  | 57 | 60 | 58 | 58 | 57 | 51 |
|                    | 3,0 | 68     | 65  | 62 | 66 | 63 | 62 | 62 | 61 |
|                    | 5,0 | 71     | 69  | 67 | 69 | 67 | 65 | 66 | 64 |
| υπερισχύων άμεσος  | 0,6 | 22     | 27  | 27 | 22 | 24 | 23 | 25 | 23 |
|                    | 0,8 | 27     | 30  | 30 | 27 | 27 | 27 | 27 | 30 |
|                    | 1,0 | 44     | 39  | 36 | 43 | 39 | 35 | 36 | 35 |
|                    | 1,5 | 52     | 47  | 43 | 50 | 46 | 42 | 45 | 42 |
|                    | 2,0 | 57     | 52  | 48 | 55 | 51 | 47 | 50 | 46 |
|                    | 3,0 | 65     | 59  | 54 | 62 | 57 | 54 | 56 | 53 |
|                    | 5,0 | 71     | 66  | 62 | 67 | 63 | 60 | 61 | 60 |
| ομοιόμορφος        | 0,6 | 24     | 21  | 19 | 21 | 19 | 18 | 18 | 17 |
|                    | 0,8 | 30     | 27  | 26 | 26 | 24 | 23 | 22 | 21 |
|                    | 1,0 | 32     | 30  | 29 | 29 | 27 | 25 | 25 | 24 |
|                    | 1,5 | 38     | 35  | 33 | 32 | 31 | 29 | 28 | 27 |
|                    | 2,0 | 40     | 38  | 36 | 35 | 34 | 32 | 31 | 29 |
|                    | 3,0 | 45     | 42  | 40 | 39 | 37 | 35 | 33 | 32 |
|                    | 5,0 | 48     | 46  | 44 | 41 | 39 | 38 | 35 | 34 |
| υπερισχύων έμμεσος | 0,6 | 18     | 14  | 12 | 14 | 11 | 9  | 8  | 7  |
|                    | 0,8 | 22     | 19  | 17 | 17 | 15 | 13 | 10 | 9  |
|                    | 1,0 | 26     | 22  | 19 | 20 | 17 | 15 | 12 | 10 |
|                    | 1,5 | 32     | 28  | 25 | 24 | 21 | 19 | 15 | 14 |
|                    | 2,0 | 35     | 32  | 29 | 27 | 24 | 21 | 17 | 15 |
|                    | 3,0 | 42     | 38  | 35 | 31 | 28 | 27 | 20 | 19 |
|                    | 5,0 | 48     | 44  | 42 | 36 | 33 | 31 | 23 | 22 |
| έμμεσος            | 0,6 | 15     | 11  | 10 | 9  | 8  | 6  | 4  | 3  |
|                    | 0,8 | 19     | 15  | 13 | 12 | 10 | 9  | 6  | 4  |
|                    | 1,0 | 22     | 19  | 16 | 14 | 12 | 10 | 7  | 5  |
|                    | 1,5 | 28     | 24  | 21 | 19 | 16 | 14 | 9  | 8  |
|                    | 2,0 | 32     | 28  | 25 | 21 | 18 | 17 | 11 | 10 |
|                    | 3,0 | 38     | 34  | 31 | 25 | 22 | 21 | 13 | 12 |
|                    | 5,0 | 43     | 41  | 38 | 29 | 27 | 25 | 16 | 15 |

Πίνακας 2.3-4 : συντελεστής απόδοσης του φωτισμού (η)

Σύμφωνα με τη σχέση 2.2-1 και τους συντελεστές  $\nu$  και  $\eta$ , κατά τους προηγούμενους πίνακες, η απαιτούμενη φωτεινή ροή ( $\Phi$ ) του συνόλου των φωτιστικών, που χρειάζονται σε έναν χώρο, υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\Phi = \frac{E \cdot A \cdot 100}{\nu \cdot \eta} \quad \text{σε Lum} \quad (2.3-5)$$

όπου  $E$  η στάθμη φωτισμού σε Lux και  $A$  η επιφάνεια σε  $m^2$ . Στον πίνακα 2.3-5 δίνονται ορισμένες τιμές Lux, ανάλογα με το είδος του χώρου και τη εργασία, που γίνεται σέ αυτόν.

| Εγκατάσταση                 | Είδος χώρου και εργασία  | E σε Lux             |
|-----------------------------|--|----------------------|
| Κατοικίες και Ξενοδοχεία    | 1. υπνοδωμάτιο : γενικός φωτισμός<br>>> : τοπικός >>                                   | 150<br>250÷ 500      |
|                             | 2. λουτρό : γενικός φωτισμός<br>>> : ξύρισμα & καλλωπισμός                             | 150<br>250           |
|                             | 3. καθιστικό : γενικός φωτισμός<br>>> : τοπικός >>                                     | 150<br>500÷1000      |
|                             | >> : θέσεις εργασίας   | 250                  |
|                             | 4. Κλιμακοστάσιο   | 250÷ 500             |
|                             | 5. μηχανοστάσιο  | 150                  |
| Γραφεία και σχολεία         | 6. Μπάρ-αναψυκτήριο ξενοδοχείου  | 150                  |
|                             | 1. νηπιαγωγεία   | 150                  |
|                             | 2. γραφεία γενικά  | 250÷ 500             |
|                             | 3. σχεδιαστήρια  | 500÷1000             |
|                             | 4. αίθουσες διδασκαλίας, αμφιθέατρα  | 250÷ 500             |
| 5. γυμναστήριο              | 150  |                      |
| Μεγάλα εμπορικά καταστήματα | 1. γενικός φωτισμός  | 500                  |
|                             | 2. δευτερεύοντες χώροι   | 250                  |
|                             | 3. γενικός φωτισμός βιτρινών   | 1000÷ 2000           |
|                             | 4. τοπικός φωτισμός >>   | 5000÷10000           |
| Εργοστασιακοί χώροι         | 1. μηχανουργείο : γενικές εργασίες<br>>> : εργασίες ακριβείας                          | 250÷ 500<br>500÷1000 |
|                             | 2. σταθμός παραγωγής ηλ/κής ενέργειας<br>α) αίθουσα πινάκων ελέγχου<br>β) λοιποί χώροι | 500÷1000<br>150      |
|                             | 3. συναρμολόγηση μηχανών   | 500÷1000             |
|                             | 4. μεταλλουργικές εργασίες   | 250÷ 500             |
|                             | 5. βαφεία  | 500÷1000             |
|                             | 6. συνεργείο : γενικός φωτισμός<br>>> : πάγκος εργασίας                                | 250÷ 500<br>500÷1000 |
|                             | 7. πλυντήρια   | 250÷ 500             |
|                             | 8. λιπαντήρια αυτοκινήτων  | 150                  |

Πίνακας 2.3-5 : Στάθμη φωτισμού εσωτερικών χώρων

Ο αριθμός των απαιτούμενων λαμπτήρων σε έναν χώρο υπολογίζεται από

τη σχέση 2.2-2.

Για την επιλογή των λαμπτήρων θα πρέπει να αναζητηθούν πληροφορίες από τεχνικά εγχειρίδια κατασκευαστών :

### 2.3.1 Παράδειγμα μελέτης φωτισμού εσωτερικού χώρου με λυχνίες φθορισμού

Συνοργείο σε τσιμεντοβιομηχανία :  $L=10$  m,  $B=6$  m και  $H = 5$  m.  
Άμεσος φωτισμός με λυχνίες φθορισμού επί της οροφής ( $h \approx H$ ).  
Οροφή : λευκό χρώμα.  
Τοίχοι : ημιανοικτός χρωματισμός.

#### Λύση

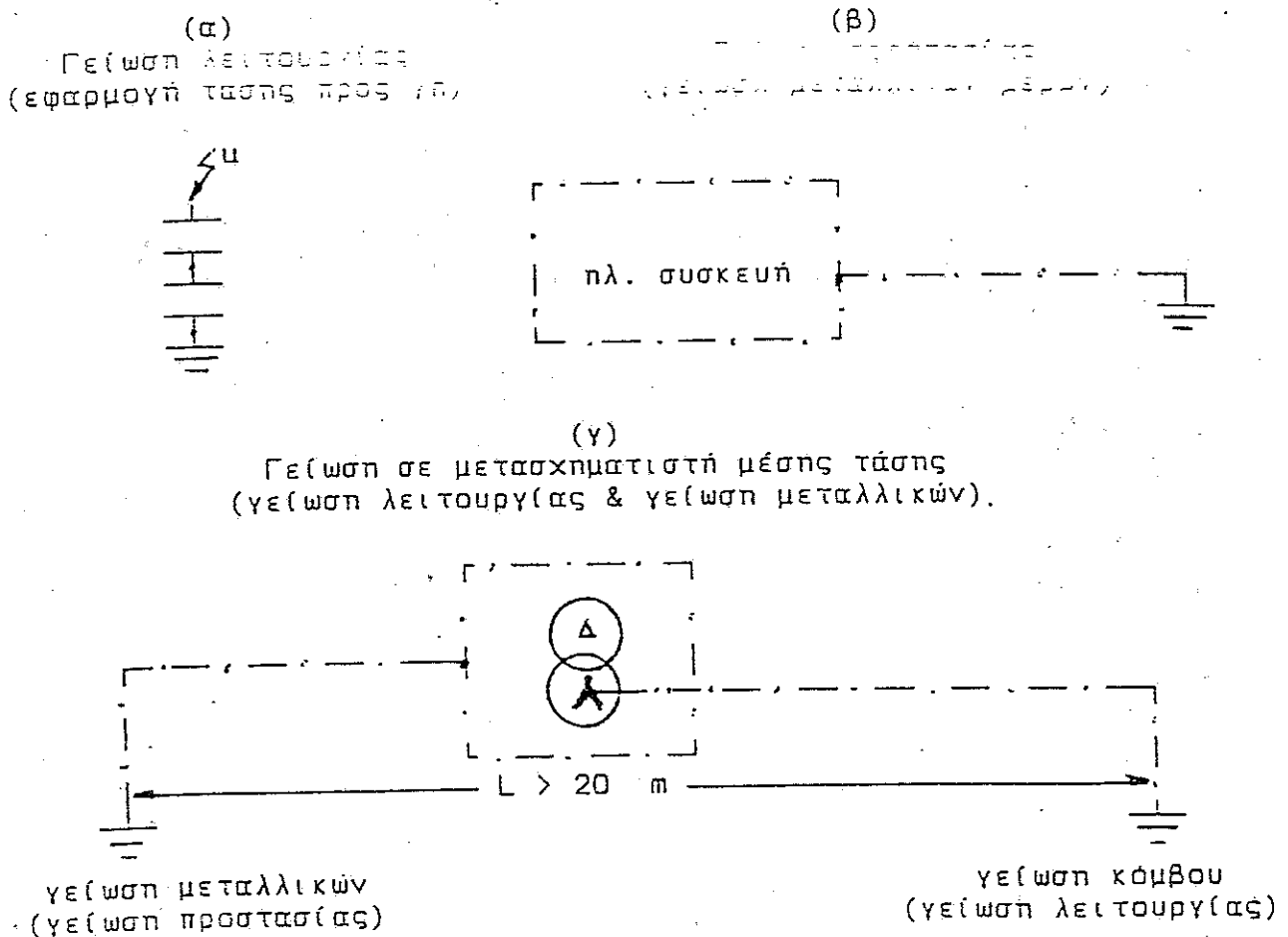
- 1)  $A = L \cdot B = 60 \text{ m}^2$
- 2)  $\kappa = (2B + L) / 6(h - h_2) = (2 \cdot 6 + 10) / 6(3,5 - 0,8) = 1,36$
- 3) Ποσοστό ανάκλασης :  $\rho = 75\%$
- 4) συντελεστής απόδοσης (από πίνακα 2.3-4) :  $\eta = 53\%$
- 5) συντελεστής ελάττωσης (από πίνακα 2.3-2) : εκλέγεται  $\nu = 0,6$
- 6) Εκλέγεται (από πίνακα 2.3-5)  $E = 250 \text{ Lux}$
- 7)  $\Phi = E \cdot A \cdot 100 / \nu \cdot \eta = 250 \cdot 60 \cdot 100 / 0,6 \cdot 53 = 47200 \text{ Lum}$
- 8) Εκλέγονται λαμπτήρες φθορισμού με τα στοιχεία : μήκος 120 cm ,  $\Phi_{\lambda} = 2300 \text{ Lum}$  και ισχύς 40 W.
- 9) αριθμός λαμπτήρων :  $m = \Phi / \Phi_{\lambda} = 47200 / 2300 = 20$

### 3. Η γείωση σε εγκαταστάσεις με ονομαστική τάση μέχρι 1000 V

#### 3.1. Γενικά περί γειώσεων

Στις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις διακρίνεται κανείς δύο ξεχωριστές γειώσεις : τη γείωση λειτουργίας και τη γείωση προστασίας (ή γείωση μεταλλικών). Όταν προβλέπεται προστασία από τους κεραυνούς, τότε υπάρχει ιδιαίτερη γείωση για το αλεξικέραυνο. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση εφεδρικής ρευματοδότησης μέσω ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, καθώς και όταν γενικά απαιτείται γείωση, που δεν σχετίζεται με τη γείωση μεταλλικών της ηλεκτρικής εγκατάστασης (π.χ. γείωση αντιστατικού δαπέδου χειρουργείων, γείωση ηλεκτρονόμου διαφυγής έντασης, κ.λ.π.).

Η διαφορά μεταξύ γείωσης λειτουργίας και γείωσης προστασίας φαίνεται στα παραδείγματα του σχήματος 3.1-1. Η γείωση λειτουργίας είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του κυκλώματος, π.χ. παράδειγμα α και παράδειγμα β ( γείωση του κόμβου του μετασχηματιστή ), ενώ

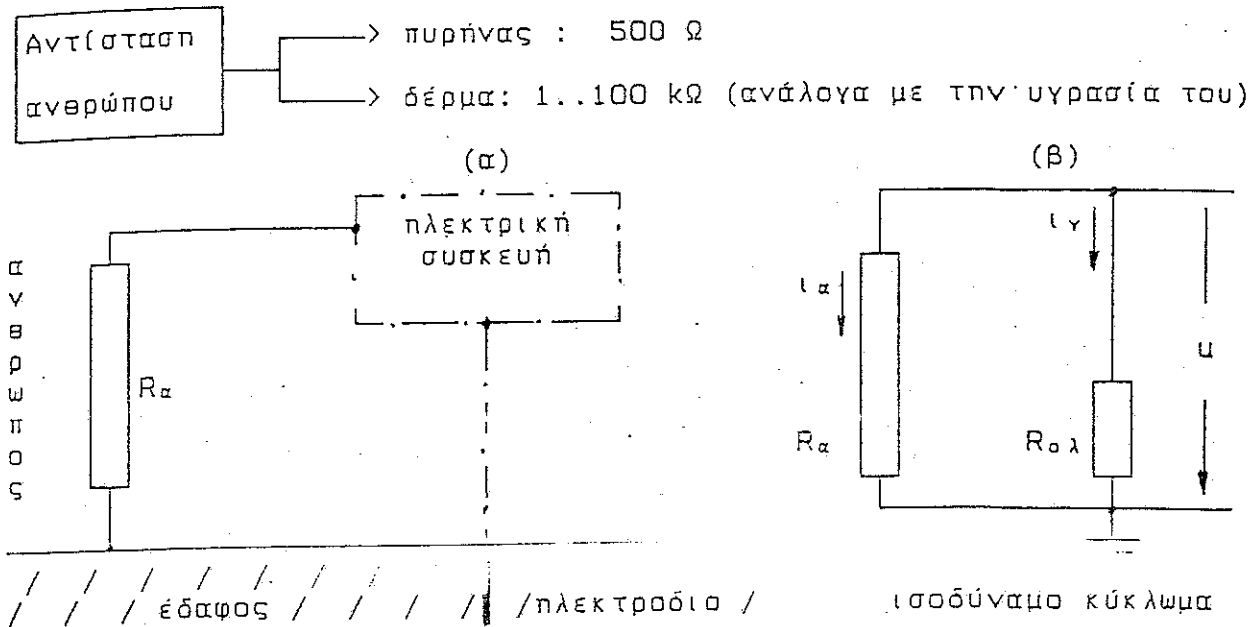


Σχήμα 3.1-1 : Παραδείγματα γείωσης λειτουργίας και γείωσης προστασίας (ή γείωσης μεταλλικών).

η γείωση προστασίας (ή γείωση μεταλλικών) αποσκοπεί στην προστασία του ανθρώπου από διαρροή ρεύματος προς το μεταλλικό περίβλημα μιας

ηλεκτρικής συσκευής, με το οποίο έρχεται αυτός σε επαφή, π.χ. παράδειγμα β & παράδειγμα γ (γείωση μεταλλικών του μετασχηματιστή).

Ο τρόπος με τον οποίο επενεργεί η γείωση προστασίας (ή γείωση μεταλλικών) φαίνεται στο σχήμα 3.1-2. Σύμφωνα με το σχήμα αυτό,



Σχήμα 3.1-2 : Επεξήγηση του κυκλώματος της γείωσης προστασίας (ή γείωσης μεταλλικών).

η αντίσταση του ανθρώπου αποτελείται από δύο μέρη: τον πυρήνα (περίπου 500 Ω) και το δέρμα (1..100 kΩ). Όσο περισσότερο υγρό είναι το δέρμα τόσο μικρότερη γίνεται η αντίστασή του. Όταν ο άνθρωπος έρχεται σε επαφή με το μεταλλικό περίβλημα μίας γειωμένης ηλεκτρικής συσκευής, στο οποίο εκδηλώνεται ένα ρεύμα διαρροής ( περίπτωση "α" του σχήματος 3.1-2 ), τότε περιορίζεται η τιμή του ρεύματος διαρροής προς τον άνθρωπο (αντίσταση  $R_a$ ), ανάλογα με την τιμή της συνολικής αντίστασης του κυκλώματος γείωσης  $R_{ολ}$ . Το ισodύναμο κύκλωμα της παραπάνω διάταξης διαρροής του ρεύματος αποδίδεται από την περίπτωση "β" του σχήματος 3.1-2. Από το παραπάνω ισodύναμο κύκλωμα φαίνεται ότι για :

$$R_{ολ} \ll R_a \quad (3.1-1)$$

είναι :

$$I_\gamma \gg I_\alpha \quad (3.1-2)$$

Επομένως, για τη καλύτερη δυνατή προστασία του ανθρώπου θα πρέπει να επιδιώκεται τιμή της αντίστασης γείωσης, που να προσεγγίζει την θεωρητική τιμή  $R = 0$ . Η συνολική τιμή της αντίστασης γείωσης για τις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι στην πράξη μερικά Ω.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όταν δεν υπάρχει γείωση προστασίας σε μία εγκατάσταση, ή η τιμή της αντίστασης γείωσης είναι μεγάλη,

ή η αντίσταση του ανθρώπου είναι μικρή, τότε υπάρχουν κίνδυνοι για τον άνθρωπο, που έρχεται σε επαφή με τα μεταλλικά περιβλήματα των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Στην περίπτωση αυτή το αποτέλεσμα της ηλεκτροπληξίας εξαρτάται κυρίως από την τιμή του ρεύματος. Σημασία έχουν επίσης και άλλοι παράγοντες, όπως: η τιμή της τάσης, η συχνότητα, η χρονική διάρκεια του ηλεκτροφυσικού φαινομένου, η κατάσταση του εδάφους (υγρό, στεγνό) κ.λ.π. Στη βιβλιογραφία δίνονται διάφοροι πίνακες τιμών, ανάλογα με την περίπτωση ηλεκτροπληξίας. Οι πίνακες αυτοί έχουν καταρτιστεί από πειράματα, που έχουν γίνει σε ζώα. Ένας πίνακας, για το αποτέλεσμα της ηλεκτροπληξίας στον άνθρωπο από το εναλλασσόμενο ρεύμα 50 Hz είναι ο παρακάτω. Παρατηρεί κανείς, ότι η επικίνδυνη τιμή του ρεύ-

|   |  |
|---|--|
| 1 mA  | όριο που γίνεται αντιληπτό   |
| 16 mA   | σύσπαση μυών   |
| 50 mA   | σε ωρισμένες περιπτώσεις απώλεια των αισθήσεων-τραυματισμός  |
| 100...300 mA  | κοιλιακός ινιδισμός (ταχύτατες συσπάσεις του μυοκαρδίου, οι οποίες είναι ανεπαρκείς για την άντληση του αίματος) |
| 5 A   | κοιλιακός ινιδισμός, διακοπή της αναπνοής κατά διαστήματα, εγκαύματα   |
| επικίνδυνη τιμή ρεύματος για ασθενείς σε μονάδες επείγουσας ιατρικής (π.χ. : μονάδα εντατικής θεραπείας, μονάδα αναπνευστικής ανεπάρκειας, κ.λ.π. |  |
| πάνω από 100 μΑ   |  |

Πίνακας 3.1-1 : Αποτέλεσμα του εναλλασσόμενου ρεύματος 50 Hz στον ανθρώπινο οργανισμό

ματος διαρροής σε ασθενείς είναι αρκετά μικρότερη από εκείνη στον υγιή άνθρωπο.

### 3.2. Μέθοδοι προστασίας στις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις

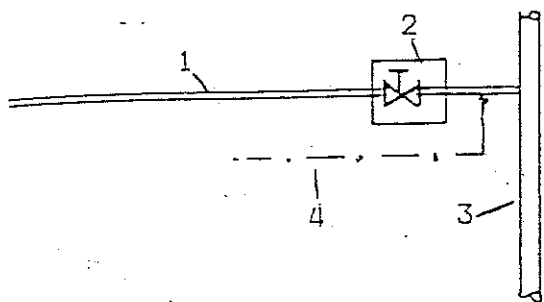
Η γείωση προστασίας σε κτιριακές εγκαταστάσεις γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους :

- α) Με ηλεκτρόδιο γείωσης (ή άμεση γείωση).
- β) Με ουδετέρωση (γείωση στον ουδέτερο του δικτύου όταν ο ουδέτερος του δικτύου είναι γειωμένος).
- γ) Με ηλεκτρονόμους διαφυγής.

Η γείωση στους σωλήνες νερού είναι επίσης ένα είδος γείωσης με ηλεκτρόδιο. Θα πρέπει πάντως να αποφεύγεται, τόσο για τα γαλβανικά



φαινόμενα, που προκαλεί στους σωλήνες ύδρευσης, όσο και για το λόγο χρησιμοποίησης πλαστικών σωλήνων στο δίκτυο ύδρευση της πόλης. Σε περίπτωση πάντως που εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή, θα πρέπει να γίνεται η σύνδεση μετά τον μετρητή νερού (σχήμα 3.2-1).

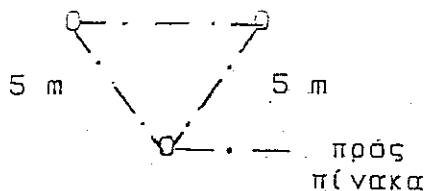


Σχήμα 3.2-1 : γείωση στο δίκτυο ύδρευσης.

- 1 : σωλήνας παροχής νερού της κατοικίας
- 2 : μετρητής νερού
- 3 : σωλήνας νερού του δικτύου της πόλης
- 4 : αγωγός γείωσης

Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις εφαρμόζεται συνήθως η άμεση γείωση. Ως πλεκτρόδιο γείωσης χρησιμοποιείται συνήθως ένα ή περισσότερα τρίγωνα γείωσης (π.χ. τρεις σωλήνες γαλβανισμένοι εσωτερικής διατομής 1,1/4" και μήκους 3 m, που συνδέονται μεταξύ τους με τον αγωγό γείωσης κατά το σχήμα 3.2-2). Οι συνδέσεις γίνονται σε φρεάτια γείωσης, για να ελέγχονται.

Σχήμα 3.2-2 : Τρίγωνο γείωσης



Ο υπολογισμός των πλεκτροδίων γείωσης κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς για ονομαστικές τάσεις μέχρι 1000 V (VDE 0100), γίνεται από την τιμή  $r$  (πίνακας 3.2-1), το είδος του πλεκτροδίου (π.χ. πίνακας 3.2-2 για σωλήνα 1" και πλάκα) και τις σχέσεις 3.2-1

| Είδος εδάφους                | $r$ σε $\Omega$ |
|------------------------------|-----------------|
| πετρώδες έδαφος              | 3000            |
| στεγνή άμμος ή στεγνό χαλίκι | 1000            |
| υγρό χαλίκι                  | 500             |
| υγρή άμμος                   | 200             |
| χώμα αγρού (φυτική γή)       | 100             |
| βαλτώδες έδαφος              | 30              |

Πίνακας 3.2-1 : Αντίσταση ενός  $m^3$  γης μεταξύ των δύο πλευρών του (κατά VDE 0100 για ονομαστικές τάσεις μέχρι 1000 V).

| για $r = 100 \Omega$                           |                        |                   |
|--|------------------------|-------------------|
| είδος ηλεκτροδίου                              | διαστάσεις ηλεκτροδίου | $R_0$ σε $\Omega$ |
| σωλήνας γαλβανισμένος<br>1"                    | 1 m μήκος              | 70                |
|  | 2 m μήκος              | 40                |
|  | 3 m μήκος              | 30                |
|  | 5 m μήκος              | 20                |
| κατακόρυφη πλάκα<br>από St ή Cu<br>πάχους 3 mm | επιφάνεια σε $m^2$     |                   |
|  | 0,5 x 1                | 35                |
|  | 1 x 1                  | 25                |

Πίνακας 3.2-2 : Αντίσταση ηλεκτροδίου ( $R_0$ ), για  $r = 100 \Omega$

και 3.2-2 :

$$\frac{r}{100} = \frac{R}{R_0} \quad (3.2-1)$$

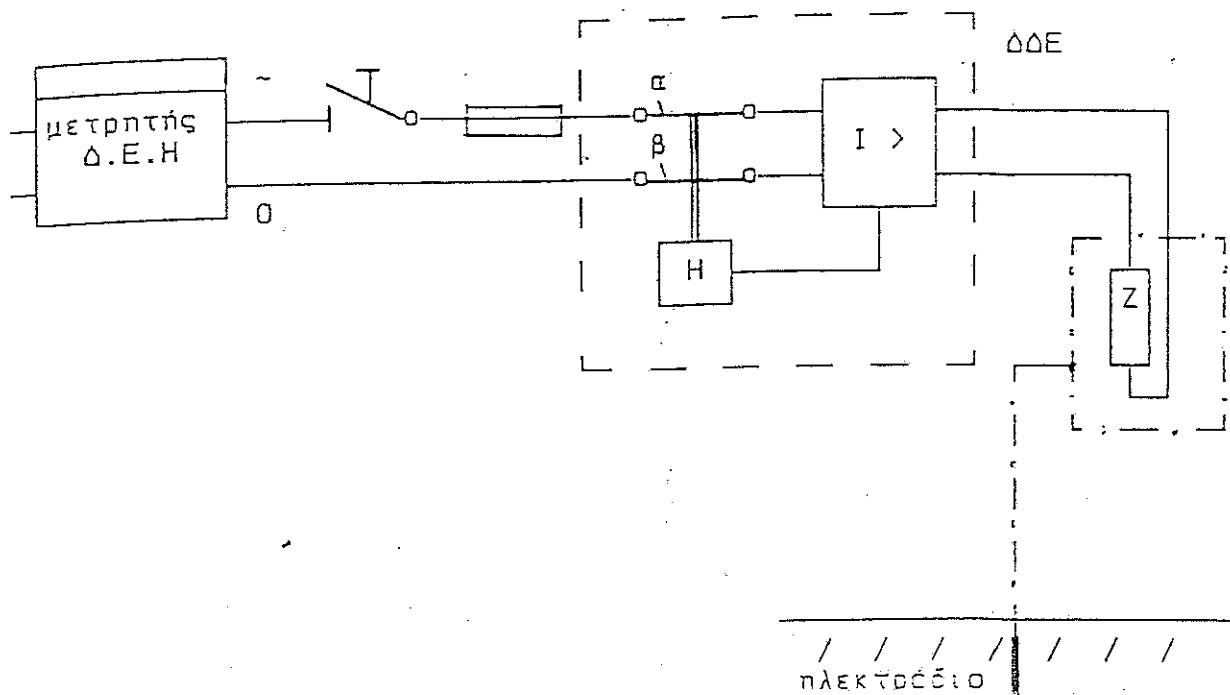
$$R_{ολ} = R + R_{cu} \quad (3.2-2)$$

όπου :  $R$  η αντίσταση του ηλεκτροδίου για τιμή  $r$  διαφορετική από  $100 \Omega$ ,  $R_{cu}$  η αντίσταση του αγωγού γείωσης και  $R_{ολ}$  η ολική αντίσταση.

Η προστασία με διακόπτες διαφυγής (τάσης ή έντασης) επιτυγχάνεται γενικά με άμεση απόξευση της εγκατάστασης (ή μέρους της, που προστατεύεται από τον διακόπτη διαφυγής), σε τιμή της τάσης επαφής μικρότερη από  $50 V$ . Στις οικιακές εγκαταστάσεις ο διακόπτης διαφυγής προκαλεί απόξευση όλης της εγκατάστασης προς τις διάφορες αναχωρήσεις του πίνακα.

Ο διακόπτης διαφυγής έντασης διακόπτει την παροχή της τάσης προς την εγκατάσταση, που επιτρέπει, 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 χρησιμοποιούνται σε μονοφασικές παροχές τάσης & προκαλούν ζεύξη-απόξευση τόσο στη φάση, όσο και στον ουδέτερο. Οι τετραπολικοί έχουν εφαρμογή σε τριφασικές παροχές (ζεύξη-απόξευση των τριών φάσεων και του ουδέτερου). Στο σχήμα 3.2-3 δίνεται απλοποιημένα η μέθοδος σύνδεσης του διπολικού διακόπτη διαφυγής έντασης. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση ουδετέρωσης, η γείωση του



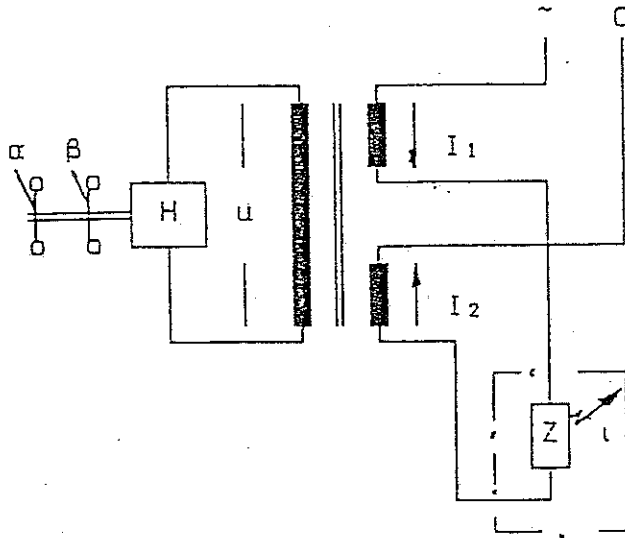
Σχήμα 3.2-3 : Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής έντασης σε περίπτωση που η εγκατάσταση έχει πλεκτόρδιο γείωσης (ή όταν η γείωση έχει γίνει στο δίκτυο ύδρευσης).

- ~ : φάση
- 0 : ουδέτερος
- ΔΔΕ : διακόπτης διαφυγής έντασης ( I > : στοιχείο υπερέντασης, κατά την οποία ανοίγουν οι επαφές α και β μέσω του πλεκτρομαγνήτη Η )
- Z : φορτίο, που παριστάνει όλη την εγκατάσταση μετά τον διακόπτη διαφυγής ρεύματος

ουδετέρου γίνεται πριν τον διακόπτη διαφυγής έντασης ( π.χ. στο κιβώτιο παροχής τάσης που τοποθετεί η Δ.Ε.Η. σε μία κατοικία ). Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα 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 πλεκτρομαγνήτη ( Η ), 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 πλεκτρομαγνήτης είναι, όπως εξετάζεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο, ένα είδος πλεκτρονόμου. Το στοιχείο υπερέντασης βασίζει τη λειτουργία του στη διαφορετική τιμή του ρεύματος στον αγωγό φάσης ως προς εκείνη στον αγωγό ουδετέρου κατά την εκδήλωση της διαρροής. Πρόκειται για ένα μετασχηματιστή (σχήμα 3.2-4), όπου η διαφορά :

$$\Delta I = I_1 - I_2, \quad (3.2-3)$$

από το ρεύμα διαρροής  $i$  προς το μεταλλικό περίβλημα μίας συσκευής, παράγει μία τάση  $\hat{u}$  στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, λόγω της οποίας τρέφεται αυτομάτως σε λειτουργία ο πλεκτρονόμος Η, με αποτέλεσμα να ανοίξουν οι επαφές α και β.



Σχήμα 3.2-4 : Επεξήγηση της λειτουργίας του στοιχείου υπέρτασης του διακόπτη διαφυγής έντασης

Ο διακόπτης διαφυγής τάσης περιλαμβάνει ένα στοιχείο υπέρτασης (πηνίο) και έναν ηλεκτρονόμο (ηλεκτρομαγνήτις ή ηλεκτρονόμος) (σε περίπτωση του διακόπτη διαφυγής έντασης), που διακόπτει το κύκλωμα σε περίπτωση υπέρτασης (σχ. 3.2-5). Για τη λειτουργία του διακόπτη διαφυγής τάσης χρειάζεται, εκτός από τη γείωση μεταλλικών, ένα βοηθητικό ηλεκτρόδιο. Ο αγωγός προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο πρέπει να είναι μονωμένος μέχρι το ηλεκτρόδιο αυτό, ώστε να μη βραχυκυκλώνεται το πηνίο υπέρτασης. Η διατομή του παραπάνω αγωγού είναι τουλάχιστον  $2,5 \text{ mm}^2$ . Για τους ίδιους λόγους είναι επίσης μονωμένος και ο αγωγός γείωσης του ηλεκτροδίου της γείωσης μεταλλικών. Ο διακόπτης διαφυγής τάσης πρέπει να λειτουργεί για τάση στο στοιχείο υπέρτασης (διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο γειώσεων) μικρότερη από  $50 \text{ V}$ . Ως βοηθητικό ηλεκτρόδιο δεν πρέπει να χρησιμοποιείται το δίκτυο ύδρευσης, εκτός εάν είναι απολύτως βέβαιο ότι δεν βραχυκυκλώνεται το πηνίο υπέρτασης από γειώσεις μεταλλικών προς το δίκτυο ύδρευσης. Ως βοηθητικό ηλεκτρόδιο μπορεί να χρησιμοποιείται 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. Όταν στον διακόπτη διαφυγής τάσης συνδέονται πολλές συσκευές, μία εκ των οποίων είναι συνδεδεμένη με την γείωση προστασίας, τότε η διατομή κάθε αγωγού προστασίας πρέπει να είναι τουλάχιστον η μισή από τη διατομή του αγωγού φάσης της μεγαλύτερης σε ισχύ προστατευόμενης συσκευής.

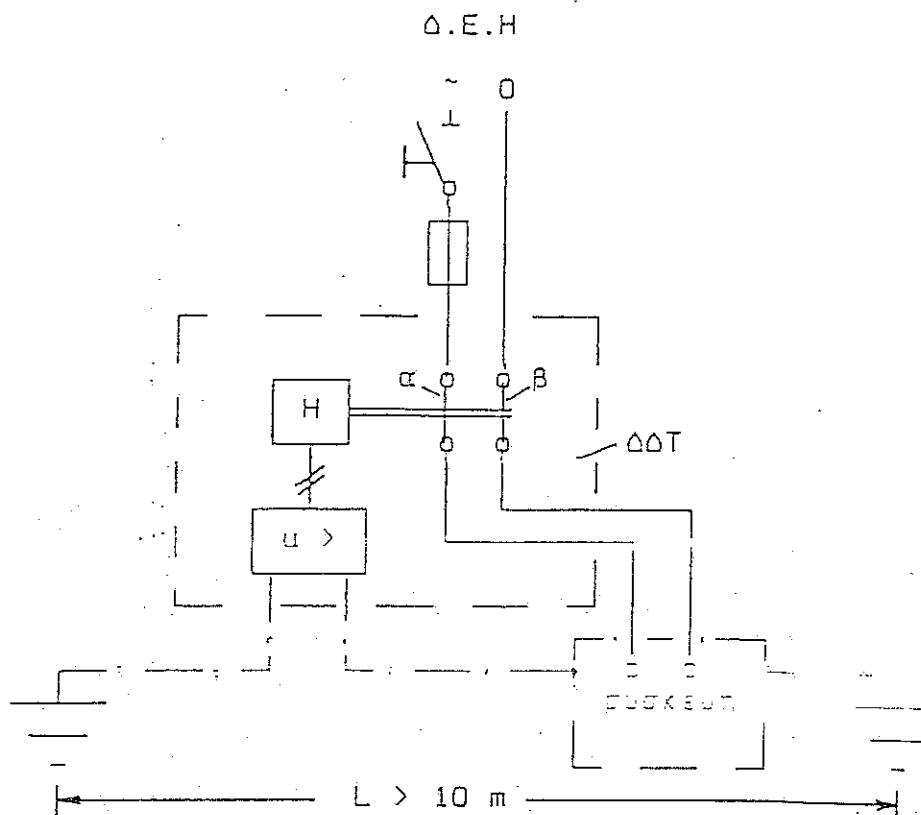
Η συνύπαρξη της άμεσης γείωσης με την ουδετέρωση σε μία εγκατάσταση απαγορεύεται.

Η χρήση διακόπτη διαφυγής, όταν υπάρχει άμεση γείωση, είναι γενικά επιτρεπτή.

Στην περίπτωση της ουδετέρωσης, όπου ο αγωγός γείωσης της εγκατάστασης συνδέεται με τον ουδέτερο του δικτύου, τοποθετείται διακόπτης διαφυγής έντασης. Η χρησιμοποίηση του διακόπτη διαφυγής τάσης προϋποθέτει ηλεκτρόδιο γείωσης των μεταλλικών μερών.

Στο σχήμα 3.2-6 δίνονται σύμβολα των διακοπών διαφυγής κατά

DIN 40717, αλλά και όπως συνθηάζεται συχνά στη βιβλιογραφία.



βοηθητικό  
πλεκτρόδιο

ήλεκτροδίο  
γείωσης της  
συσσκευής

Σχήμα 3.2-5 : Σύνδεση του διακόπτη διαφυγής τάσης ( ΔΔΤ )






- ~ : φάση , 0 : ουδέτερος
- μ > : στοιχείο υπέρτασης του ΔΔΤ
- Η : ηλεκτρομαγνήτης (ανοίγει τις επαφές α και β , κατά τη διέγερσή του από το στοιχείο υπέρτασης)

| Διακόπτης διαφυγής | κατά DIN | συνθηάζεται συχνά |
|--------------------|----------|-------------------|
| έντασης            |          |                   |
| τάσης              |          |                   |

Σχήμα 3.2-6 : Σύμβολα διακοπών διαφυγής

3.3. Σύμβολα γειώσεων

Στο σχήμα 3.3-1 δίνονται σύμβολα της γείωσης κατά DIN , καθώς και σύμβολα, που χρησιμοποιούνται συχνά στην πράξη.

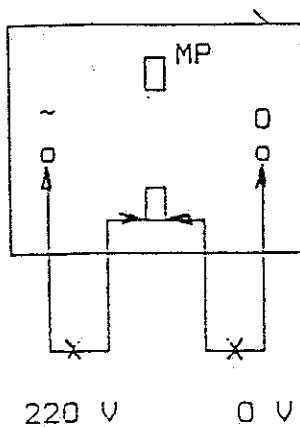
| κατά DIN 40717  | συνηθίζεται επίσης ως γενικό σύμβολο  |
|---|---|
| γενικό σύμβολο                                     |   |
| ακροδέκτης γείωσης σε μία συσκευή                  |    |
| σύνδεση προς το μεταλλικό περίβλημα μίας συσκευής  | ή  |

Σχήμα 3.3-1 : Σύμβολα γειώσεων

3.4. Πρακτικές μέθοδοι ελέγχου της γείωσης

Η μέτρηση της αντίστασης γείωσης γίνεται με μεθόδους , που θα πρέπει να αναζητηθούν στην βιβλιογραφία περί ηλεκτρικών μετρήσεων. Στην πράξη εφαρμόζονται δύο πρακτικοί μέθοδοι : η μέθοδος του βολτομέτρου ( ή του λαμπτήρα ) κατά το σχήμα 3.4-1 και η μέθοδος του ουδέτερου ( σχήμα 3.4-2 ). Οι πρακτικές αυτές μετρήσεις , που δεν μπορούν βέβαια να υποκαστήσουν τις μετρήσεις της αντίστασης γείωσης, είναι ένα κριτήριο ύπαρξης της γείωσης.

Η μέθοδος του βολτομέτρου ( ή του λαμπτήρα ) γίνεται σε ένα

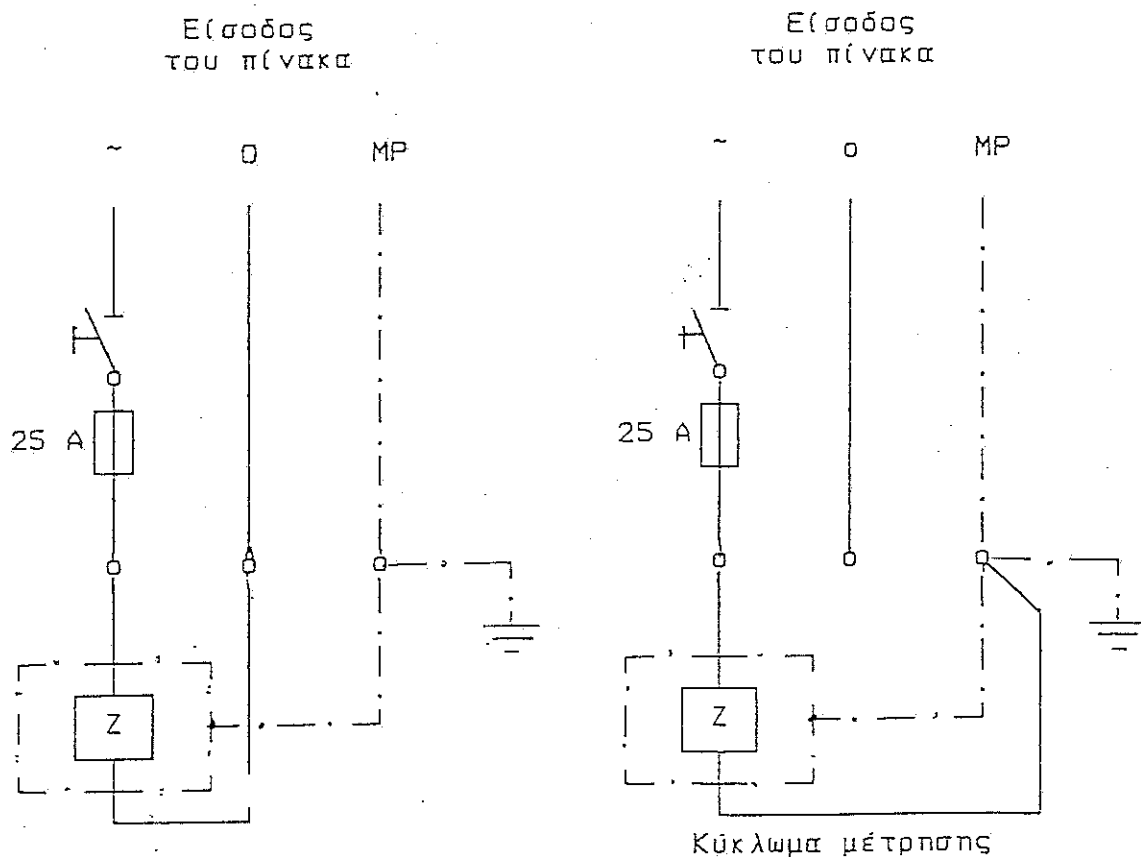


Σχήμα 3.4-1 : Έλεγχος της γείωσης σε ένα ρευματοδότη , με σύγκριση της τάσης μεταξύ φάσης και ουδέτερου , ως προς εκείνη μεταξύ φάσης και γής.

ρευματοδότη της εγκατάστασης . Η μέτρηση βασίζεται στην προϋπόθεση ότι ο ουδέτερος και η γείωση του δικτύου συνδέονται μεταξύ τους . Έτσι , η τάση μεταξύ φάσης και ουδέτερου σε ένα ρευματοδότη έχει την ίδια τιμή με εκείνη μεταξύ φάσης και γείωσης, ενώ η τάση μεταξύ ουδέτερου και γής έχει μηδενική τιμή . Η μέτρηση γίνεται με ένα βολτομετρο. Όταν αντί του βολτομέτρου χρησιμοποιείται ένας λαμπτήρ-

ρας των 220 V , η φωτεινότητα του λαμπτήρα πρέπει να είναι η ίδια κατά τη συνδεσή του μεταξύ φάσης και γής , ως προς εκείνη 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.λ.π.

Η μέθοδος του ουδετέρου πραγματοποιείται στον πίνακα. Βασίζεται στον έλεγχο της εγκατάστασης , όταν αφαιρεθεί ο αγωγός ουδετέρου από τον ακροδέκτη του στον πίνακα και συνδεθεί στον ακροδέκτη του αγωγού γείωσης . Πρόκειται ουσιαστικά για μία ένδειξη ύπαρξης της γείωσης. Στο σχήμα 3.4-2 δίνεται απλοποιημένα η διαδικασία που ακολουθείται σε έναν πίνακα , του οποίου η γενική ασφάλεια είναι 25 A. Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, αφαιρείται ο αγωγός ουδετέρου της όλης εγκατάστασης από το σημείο σύνδε-



Σχήμα 3.4-2 : Πρακτική μέθοδος ελέγχου της γείωσης  
Z : φορτίο της αναχώρησης.

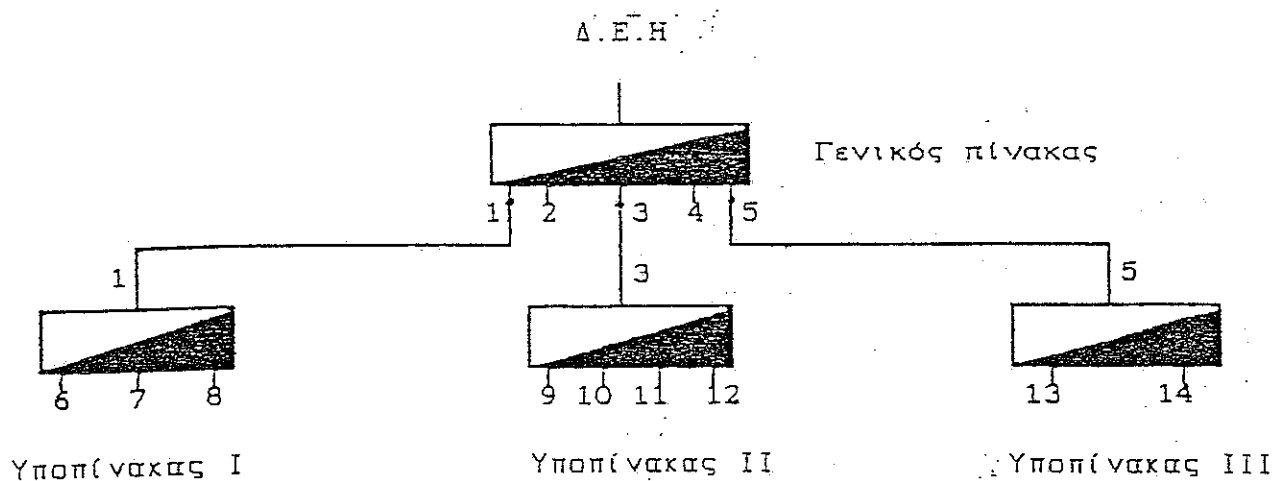
τέρου από το σημείο σύνδεσής του στον πίνακα και συνδέεται στον ακροδέκτη του αγωγού γείωσης του πίνακα . Στη συνέχεια κλείνει κανείς τον διακόπτη . Η λειτουργία του κυκλώματος σημαίνει ότι υπάρχει γείωση.

4. Γενικοί πίνακες και υποπίνακες χαμηλής τάσης

4.1. Γενικός πίνακας και υποπίνακες σε εγκαταστάσεις φωτισμού

Στο παράδειγμα της παραγράφου 2.2.1 θεωρήθηκε ότι η κατοικία έχει έναν μόνο όροφο. Έτσι, σχεδιάστηκε ένας πίνακας για την κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης (είσοδος από το δίκτυο της πόλης και αναχωρήσεις προς τις διάφορες γραμμές της εγκατάστασης).

Σε περίπτωση, που μία κατοικία περιλαμβάνει χώρους με εγκαταστάσεις κίνησης (π.χ. : λεβητοστάσια, μηχανοστάσια ανελκυστήρα, κ.λ.π.), καθώς & όταν αυτή αποτελείται από περισσότερους ορόφους, τότε επιβάλλεται η εγκατάσταση ενός πίνακα ανά εγκατάσταση κίνησης (στον χώρο των μηχανημάτων), καθώς και ανά όροφο. Από όλους τους πίνακες της κατοικίας ένας είναι ο γενικός πίνακας της εγκατάστασης, μέσω του οποίου γίνεται η σύνδεση προς το δίκτυο της πόλης. Οι υπόλοιποι πίνακες της εγκατάστασης ρευματοδοτούνται από τον γενικό πίνακα και ονομάζονται υποπίνακες. Κάθε υποπίνακας δηλαδή είναι μία αναχώρηση του γενικού πίνακα. Στο σχήμα 4.1-1 δίνεται ένα παράδειγμα μονογραμμικού σχεδίου των πινάκων μίας εγκατάστασης φωτισμού. Η μέθοδος αυτή διαχωρισμού της εγκατάστασης, μέσω του



Σχήμα 4.1-1 : Παράδειγμα μονογραμμικού σχεδίου των πινάκων μίας εγκατάστασης φωτισμού.  
1 έως 14 : αναχωρήσεις των πινάκων

γενικού πίνακα και των υποπινάκων του, επιτρέπει την απομόνωση μέρους της εγκατάστασης από τον γενικό διακόπτη του αντίστοιχου υποπίνακα, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται κανείς σε εργασίες συντήρησης και επισκευών, χωρίς να χρειάζεται γενική διακοπή της εγκατάστασης.

Ο διαχωρισμός εγκαταστάσεων φωτισμού μεγάλης έκτασης ( π.χ. : φωτισμός ανά όροφο σε ένα νοσοκομείο, ή ένα ξενοδοχείο, κ.λ.π. ) , μέσω υποπινάκων πρέπει να γίνεται με μεγάλη σχολαστικότητα, ώστε να μη διαταράσσεται η λειτουργία μέρους της εγκατάστασης φωτισμού (π.χ. μίας κλινικής), απο την συντήρηση ή την αναζήτηση βλαβών σε



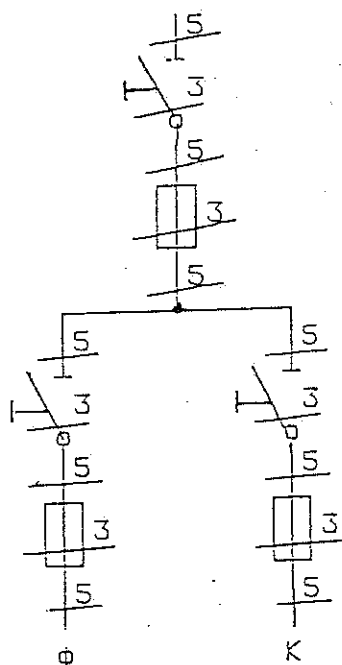
ένα άλλο τμήμα της ( π.χ.: σε άλλη κλινική στον ίδιο όροφο ). Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται υποπίνακες ορόφων από όπου ρευματοδοτούνται αντίστοιχα οι υπόλοιποι υποπίνακες ανά όροφο.

Για τη χρησιμοποίηση των διαφόρων ειδών διακοπών στους πίνακες, καθώς και τον συνδυασμό των διακοπών με τις ασφάλειες ισχύουν τα αναφερόμενα στην παράγραφο 2.1.

Σχετικά με την πραγματοποίηση των διαφόρων γραμμών της εγκατάστασης επιστημαίνεται ως γενικός κανόνας, ανεξαρτήτως του μεγέθους της εγκατάστασης, ότι σε έναν σωλήνα προστασίας τοποθετούνται μόνο καλώδια της ίδιας γραμμής. Έτσι, ενώ αποφεύγονται τυχόν διαρροές ρεύματος από τη μία γραμμή στην άλλη, οι εργασίες συντήρησης και επισκευών σε μία γραμμή (π.χ. συνδέσεις σε ένα κουτί διακλάδωσης κ.λ.π.) γίνονται υπό συνθήκες ασφάλειας, όταν βέβαια έχει προηγηθεί απομόνωση της γραμμής από τον σχετικό πίνακα.

#### 4.2. Γενικός πίνακας και υποπίνακες βιομηχανικών εγκαταστάσεων

Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις γίνεται διάκριση μεταξύ εγκαταστάσεων φωτισμού και εγκαταστάσεων κίνησης. Γι'αυτό προβλέπονται στο γενικό πίνακα δύο βασικές αναχωρήσεις, η μία για τον φωτισμό και η άλλη για την κίνηση ( Σχήμα 4.2-1 ). Όταν η εγκατάσταση πε-

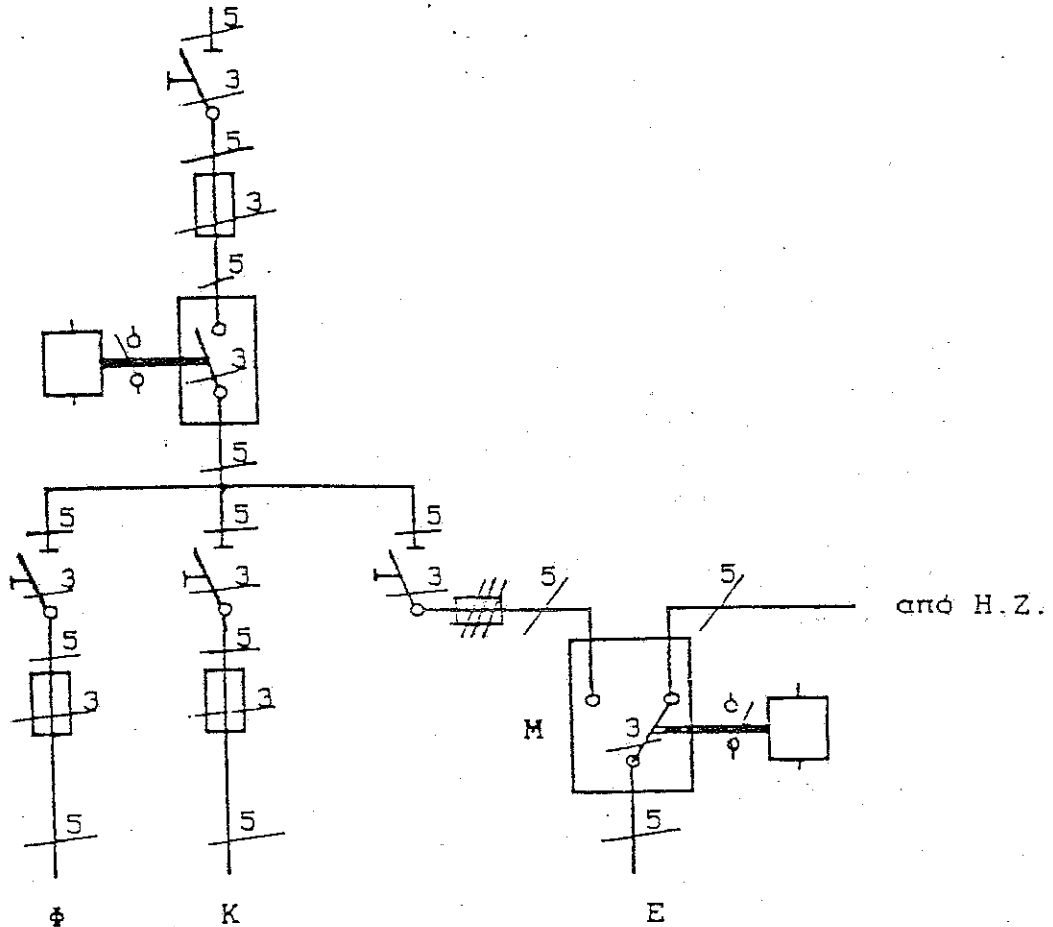


Σχήμα 4.2-1 : Παράδειγμα γενικού πίνακα χαμηλής τάσης βιομηχανικής εγκατάστασης.  
 Φ : γενική αναχώρηση φωτισμού  
 Κ : γενική αναχώρηση κίνησης

ρι λαμβάνει φορτία, που δεν πρέπει να μένουν χωρίς παροχή τάσης (φορτία έκτακτης ανάγκης ή επείγοντα φορτία, π.χ.: χειρουργεία, άλλες ειδικές νοσοκομειακές μονάδες, κ.λ.π.), τότε προβλέπεται μία ακόμα αναχώρηση στον γενικό πίνακα. Στο σχήμα 4.2-2 δίνεται ένα παράδειγμα γενικού πίνακα με τις τρεις βασικές αναχωρήσεις ( Φ, Κ και Ε ). Σύμφωνα με αυτό, σε περίπτωση διακοπής της τάσης από το δίκτυο της πόλης τροφοδοτούνται τα φορτία έκτακτης ανάγκης από ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η.Ζ.: γεννήτρια που εργάζεται με πετρέλαιο και η οποία τίθεται αυτόματα σε λειτουργία όταν διακοπεί η τάση

του δικτύου). Η αυτόματη τροφοδοσία των φορτίων έκτακτης ανάγκης επιτυγχάνεται με τον αυτόματο διακόπτη μεταγωγής της τάσης (M).

από Δ.Ε.Η.

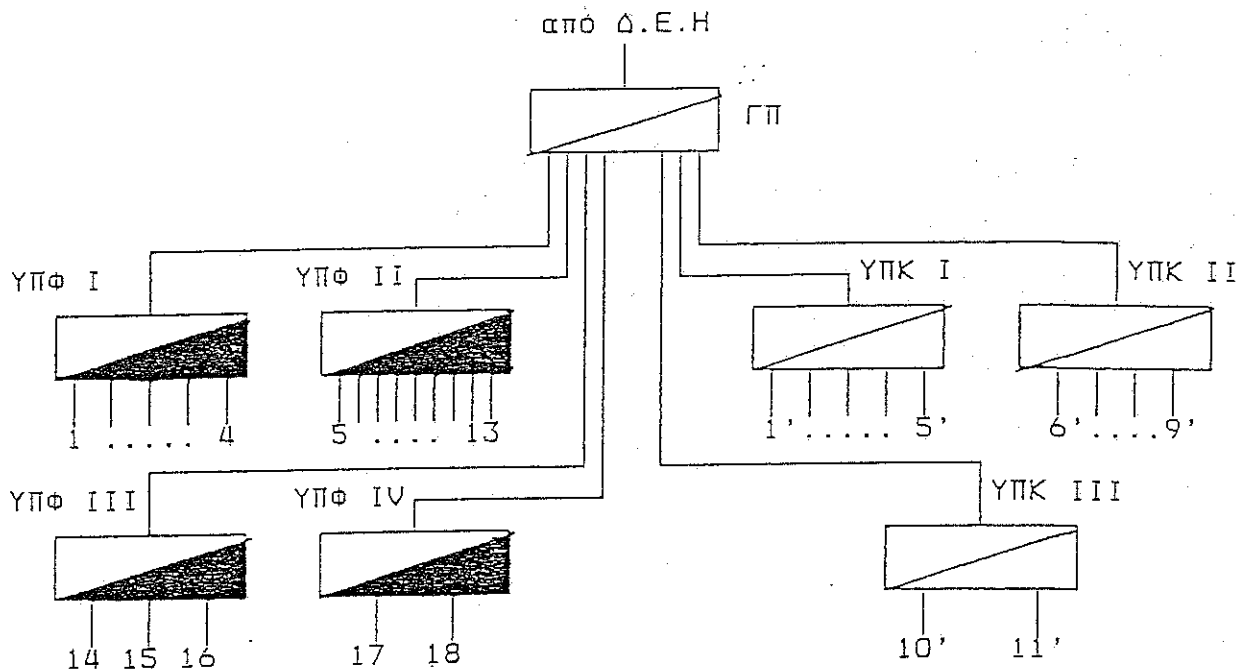
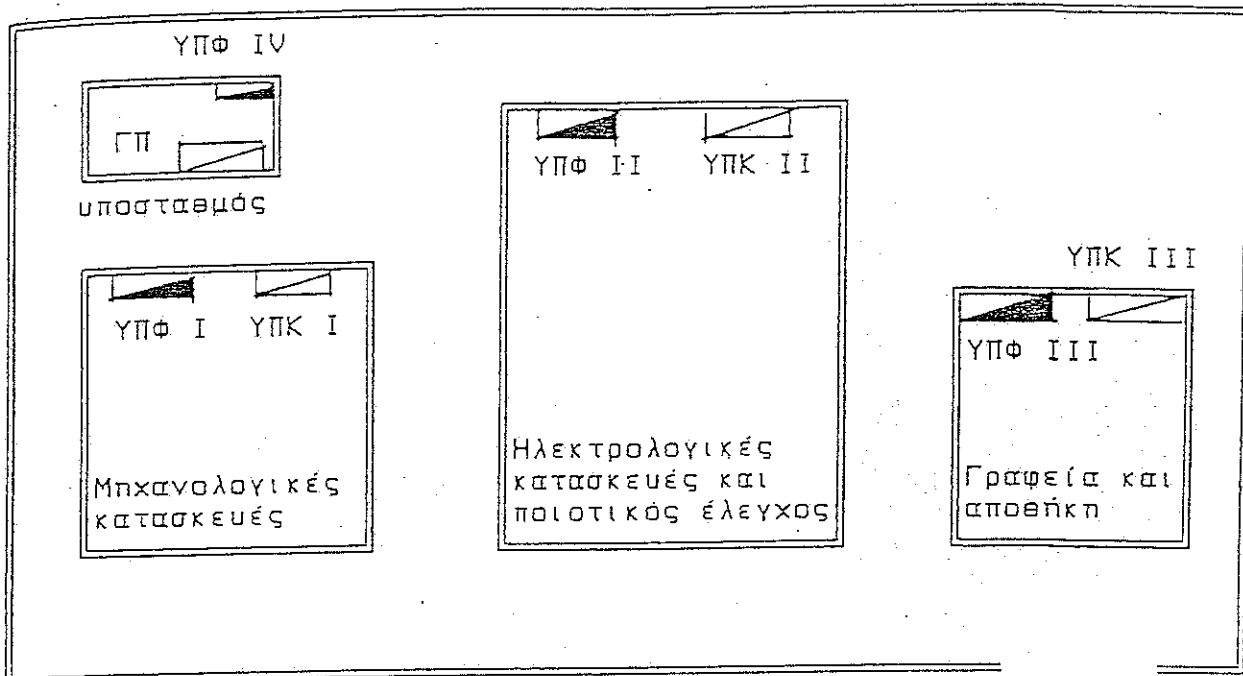


Σχήμα 4.2-2 : Παράδειγμα ενός γενικού πίνακα χαμηλής τάσης μίας βιομηχανικής εγκατάστασης .  
 Φ : γενική αναχώρηση φωτισμού  
 Κ : γενική αναχώρηση κίνησης  
 Ε : γενική αναχώρηση φορτίων έκτακτης ανάγκης  
 Μ : αυτόματος διακόπτης μεταγωγής της τάσης  
 ΗΖ: ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος

Από τις αναχωρήσεις του γενικού πίνακα , τροφοδοτούνται στη συνέχεια οι διάφοροι υποπίνακες φωτισμού και υποπίνακες κίνησης της εγκατάστασης.

Στο σχήμα 4.2-3 δίνεται ένα παράδειγμα μονογραμμικού σχεδίου των πινάκων χαμηλής τάσης μίας βιομηχανικής εγκατάστασης, από το οποίο φαίνεται ο διαχωρισμός της σε εγκατάσταση φωτισμού και εγκατάσταση κίνησης.

Για τη χρησιμοποίηση των διαφόρων ειδών διακοπών στο γενικό πίνακα και στους υποπίνακες ισχύουν τα αναφερόμενα στην παράγραφο 2.1.



Σχήμα 4.2-3 : Παράδειγμα γενικού πίνακα και υποπινάκων μίας βιομηχανικής εγκατάστασης.

ΓΠ : γενικός πίνακας

ΥΠΦ Ι έως ΥΠΦ ΙV : υποπίνακες φωτισμού

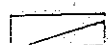
ΥΠΚ Ι έως ΥΠΚ ΙΙΙ : υποπίνακες κίνησης

1.....18 : αναχωρήσεις φωτισμού

1'.....11' : αναχωρήσεις κίνησης



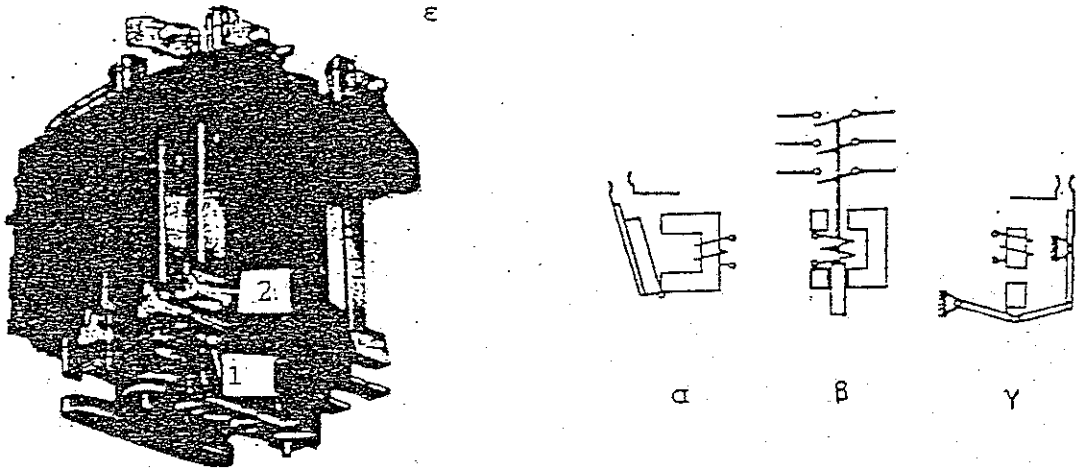
: σύμβολο πίνακα φωτισμού



: σύμβολο πίνακα κίνησης

## 5. Κυκλώματα με ηλεκτρονόμους

Ο ηλεκτρονόμος είναι μία πρακτική εφαρμογή του ηλεκτρομαγνήτη στην περιοχή των διακοπών . Στο σχήμα 5-1 δίνονται τρεις περιπτώσεις ηλεκτρομαγνήτη , όπου κατά την έλξη ενός κατάλληλα κατα-



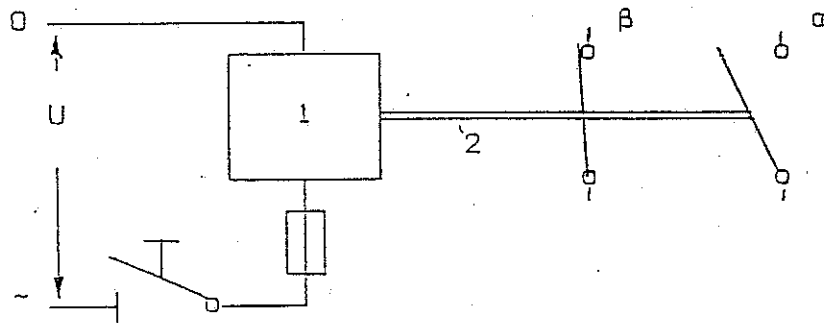
Σχήμα 5-1 : Ηλεκτρονόμος (ρελαί)

α, β, γ : παραδείγματα πρακτικής εφαρμογής του ηλεκτρομαγνήτη στην κατασκευή μιας επαφής

ε : ηλεκτρονόμος (1 : κινητό μέρος της επαφής, 2 : σταθερό μέρος της επαφής)

σκευασμένου σιδηροπυρήνα μπορεί να κλείσει μία επαφή . Όταν η επαφή αυτή είναι μονωμένη ως προς ηλεκτρομαγνήτη & τον σιδηροπυρήνα , τότε η κατασκευή είναι ένα είδος διακόπτη.

Η λειτουργία του ηλεκτρονόμου γίνεται αυτόματα κατά την παροχή ή τη διακοπή της τάσης στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη . Το θέμα



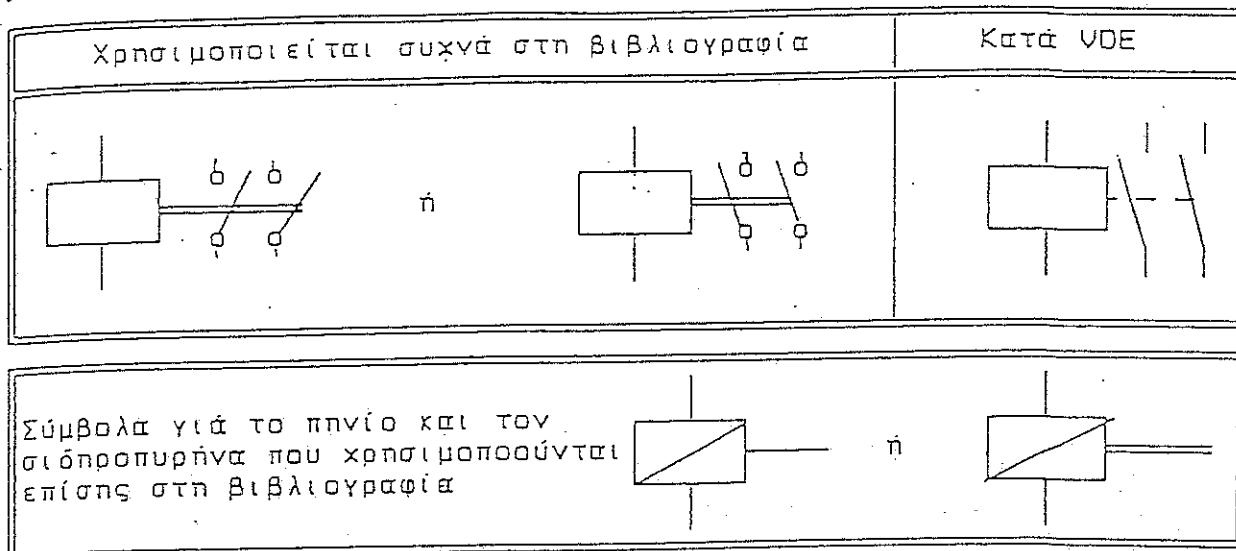
Σχήμα 5-2 : Επεξήγηση της λειτουργίας ενός ηλεκτρονόμου μέσω ενός συμβόλου του

1 : πηνίο με σιδηροπυρήνα

2 : σιδηροπυρήνας που έλκεται όταν το πηνίο τεθεί υπό τάση

α : ανοικτή επαφή (κλείνει όταν το πηνίο τεθεί υπό τάση)

β : κλειστή επαφή (ανοίγει όταν το πηνίο τεθεί υπό τάση)



Σχήμα 5-3 : Σύμβολο ηλεκτρονόμων

αυτό εξετάζεται στο σχήμα 5-2, με ένα σύμβολο του ηλεκτρονόμου από τα διάφορα, που χρησιμοποιούνται (σχήμα 5-3). Όταν κλείσει ο διακόπτης του κυκλώματος του σχήματος 5-2, τότε ρευματοδοτείται ο ηλεκτρομαγνήτης (σπλίζει ο ηλεκτρονόμος\*), με αποτέλεσμα να κλείσει η επαφή α και να ανοίξει η επαφή β.

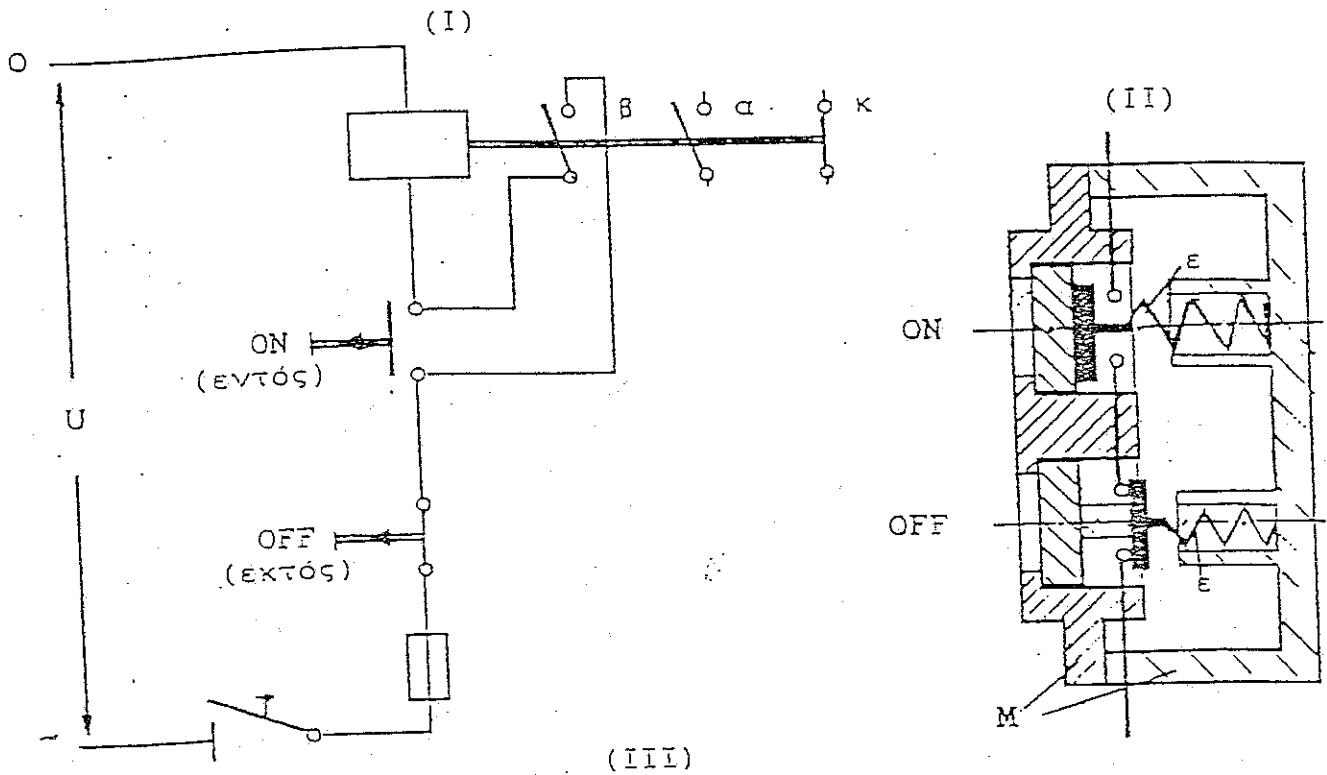
### 5.1. Λειτουργία του ηλεκτρονόμου μέσω πλήκτρων ON-OFF

Η χρησιμοποίηση των ηλεκτρονόμων είναι πολύ μεγάλη στην πράξη, τόσο λόγω του πλήθους των κλειστών & ανοικτών επαφών, που διαστέθουν γενικά, όσο και για τη δυνατότητα να χειρίζονται από απόσταση μέσω ειδικών πλήκτρων ON-OFF (πλήκτρο εντός & πλήκτρο εκτός ή μπουτόν εντός και μπουτόν εκτός). Στο σχήμα 5.1-1 εξετάζεται η λειτουργία ενός ηλεκτρονόμου μέσω των πλήκτρων ON και OFF. Παραδείγματα εφαρμογών των ηλεκτρονόμων, ανάλογα με το πλήθος των κλειστών & ανοικτών επαφών τους, εξετάζονται σε επόμενα κεφάλαια.

Για την κατανόηση της λειτουργίας του κυκλώματος του ηλεκτρονόμου κατά το σχήμα 5.1-1 (I), θα εξετάσουμε αρχικά τον τρόπο με τον οποίο επενεργούν το πλήκτρο ON και το πλήκτρο OFF στο κύκλωμα. Μία απλοποιημένη παράσταση της λειτουργίας των δύο αυτών πλήκτρων δίνεται στο σχήμα που προαναφέρεται (II), για ένα χειριστήριο ON-OFF (μπουτόνι ON-OFF) με μονωτικό (πλαστικό) κάλυμα. Πιέζοντας το πλήκτρο ON κλείνει μία επαφή. Η επαφή αυτή διατηρείται κλειστή όσο χρόνο πιέζει κανείς το πλήκτρο ON. Σε διαφορετική περίπτωση η δύναμη του ελατηρίου διατηρεί την επαφή ανοικτή. Η ίδια αρχή λειτουργίας διέπει και το πλήκτρο OFF, με τη διαφορά ότι η επαφή στην οποία επενεργεί ανοίγει κατά την πίεση του πλήκτρου αυτού, ενώ παραμένει κλειστή, λόγω του ελατηρίου, όταν δεν πιέζει κανείς το πλήκτρο.

\*Χρησιμοποιείται συχνά στην πράξη, λόγω του χαρακτηριστικού θορύβου που ακούγεται.

Για την λειτουργία του ηλεκτρονόμου μέσω των πλήκτρων ON-OFF, χρειάζεται να χρησιμοποιήσει κανείς μία ανοικτή επαφή του ηλεκτρονόμου, η οποία ονομάζεται επαφή αυτοσυγκράτησης ή βοηθητική επαφή (σχήμα 5.1-1, II : επαφή β). Πράγματι, πιέζοντας το πλήκτρο ON οπλίζει ο ηλεκτρονόμος και κλείνουν επομένως οι επαφές β και α, ενώ ανοίγει η επαφή κ. Όταν σταματήσει να πιέζει κανείς το πλή-



|   |                |     |                        |     |
|---|----------------|-----|------------------------|-----|
| Σύμβολα<br>για τα<br>πλήκτρα<br>ON<br>και OFF | κατά DIN 40713 |     | χρησιμοποιούνται συχνά |     |
|   | ON             | OFF | ON                     | OFF |
|   |                |     |                        |     |

Σχήμα 5.1-1 : Λειτουργία ενός ηλεκτρονόμου μέσω πλήκτρων ON-OFF

(I) : κύκλωμα

U : εναλλασσόμενη τάση (220 V, 110 V, κ.λ.π. ανάλογα με την χρήση του ηλεκτρονόμου)

β : επαφή αυτοσυγκράτησης (βοηθητική επαφή)

α : ανοικτή επαφή

κ : κλειστή επαφή

(II) : απλοποιημένη τομή για την επεξήγηση της λειτουργίας του πλήκτρου ON-OFF

M : μονωτικό υλικό

ON : πλήκτρο (μπουτόν) από μονωτικό υλικό κόκκινου χρώματος

OFF : πλήκτρο (μπουτόν) από μονωτικό υλικό πράσινου χρώματος

ε : ελατήριο, : κινητό μέρος επαφής

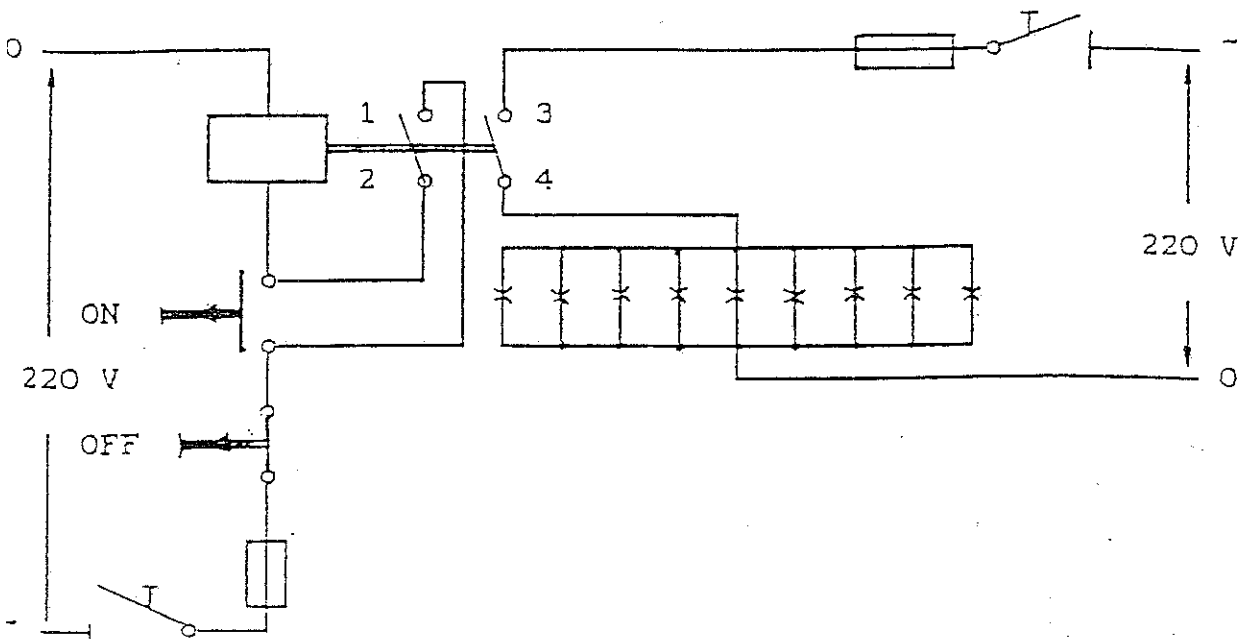
(III) : σύμβολα για τα πλήκτρα ON και OFF

πλήκτρο ON ο ηλεκτρονόμος παραμένει οπλισμένος, γιατί το κύκλωμα του πηνίου του ηλεκτρονόμου είναι κλειστό μέσω της επαφής αυτοσυγκράτησης β. Το κύκλωμα τίθεται πλέον εκτός λειτουργίας μόνο μέσω του πλήκτρου OFF. Πράγματι, πιέζοντας το πλήκτρο αυτό διακόπτεται η τάση στο πηνίο του ηλεκτρονόμου και επομένως ανοίγουν οι επαφές β και α, ενώ η επαφή κ κλείνει. Όταν σταματήσει να πιέζει κανείς το πλήκτρο OFF το κύκλωμα του πηνιού δεν ρευματοδοτείται γιατί η επαφή αυτοσυγκράτησης είναι ανοικτή. Για να λειτουργήσει δηλαδή ξανά το κύκλωμα πρέπει να πιέσει κανείς πάλι το πλήκτρο ON.

### 5.2. Παραδείγματα εφαρμογών ηλεκτρονόμων σε κυκλώματα φωτισμού

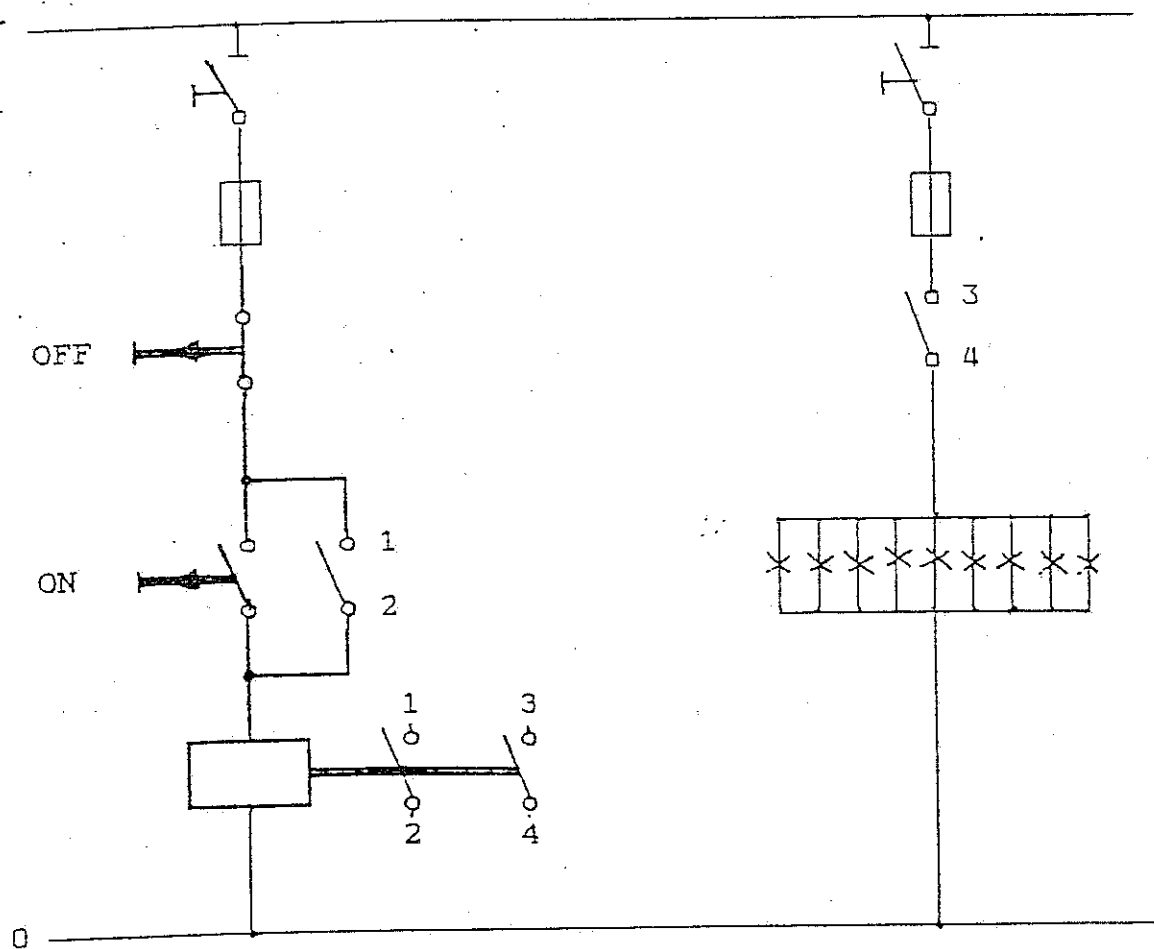
Οι κλειστές και ανοικτές επαφές που διαθέτουν γενικά οι ηλεκτρονόμοι, η ποικιλία ως προς την τάση λειτουργίας του πηνιού ( 220 V, 110 V, 42 V, 12 V, κ.λ.π. ) και ο συνδυασμός τους με άλλα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα, έχουν οδηγήσει σε ένα σημαντικό αριθμό εξαρτημάτων και κυκλωμάτων, που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην πράξη. Δύο εφαρμογές των ηλεκτρονόμων έχουν ήδη εξεταστεί. Πρόκειται για τον εφεδρικό φωτισμό κατά το σχήμα 1.2-1 και τους ηλεκτρονόμους προστασίας ( διακόπτης διαφυγής έντασης και διακόπτης διαφυγής τάσης : σχήματα 3.2-3 έως 3.2-5). Παρακάτω δίνονται δύο ακόμα παραδείγματα από τα οποία φαίνεται η χρησιμότητα του ηλεκτρονόμου, ως ένα είδος διακόπτη, που μπορεί να χειρίζεται από μία, ή περισσότερες θέσεις.

Στο σχήμα 5.2-1 δίνεται ένα κύκλωμα εννέα φωτιστικών σημείων, τα οποία χειρίζονται μέσω ενός ηλεκτρονόμου, που συνδυάζεται με ένα πλήκτρο ON και ένα πλήκτρο OFF. Στο κύκλωμα αυτό το πηνίο του ηλεκτρονόμου έχει τάση λειτουργίας 220 V, όπως και τα φωτιστικά. Η φάση (~) και ο ουδέτερος (0) του κυκλώματος του ηλεκτρονόμου εννοείται ότι αντιστοιχούν με (δία) σημεία του κυκλώματος των φωτιστικών σημείων. Η επαφή 1.2 χρησιμεύει για την αυτοσυγκράτηση του



Σχήμα 5.2-1 : Κύκλωμα εννέα φωτιστικών σημείων, με ηλεκτρονόμο και πλήκτρα ON-OFF

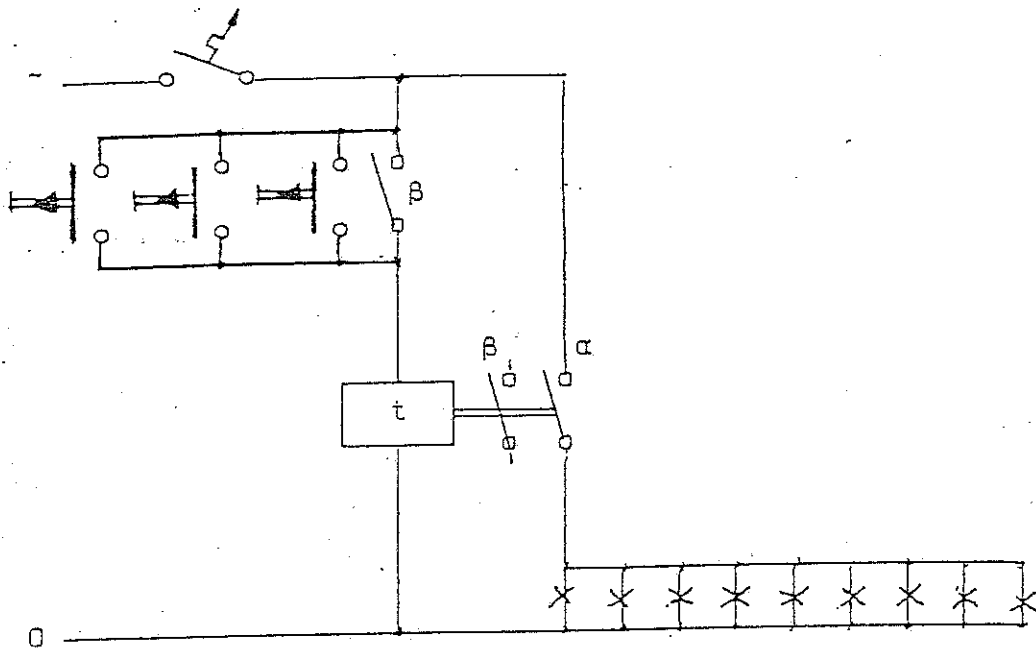
ηλεκτρονόμου και η επαφή 3,4 αφορά το κύκλωμα των φωτιστικών.  
 (Για διαφορετική σχεδίαση του προηγούμενου κυκλώματος δίνεται στο σχήμα 5.2-2. Πρόκειται για το ανάπτυγμα σχεδίου (ή σχέδιο διευθύνσεων του ρεύματος: παράγραφος 1.2), όπου οι επαφές του ηλεκτρονόμου, ενώ δείχνονται με μία αρίθμηση στην φυσική τους θέση (δηλαδή στον ηλεκτρονόμο), τοποθετούνται επίσης στο σχέδιο σύμφωνα με την προτεραιότητά τους κατά τη διέλευση (διεύθυνση) του ηλεκτρικού ρεύματος.



Σχήμα 5.2-2 : Ανάπτυγμα σχεδίου (ή σχέδια διευθύνσεων του ρεύματος) του κυκλώματος φωτισμού κατά το σχήμα 5.2-1  
 1. 2 : επαφή αυτοσυγκράτησης του ηλεκτρονόμου (παράλληλα συνδεδεμένη προς την επαφή του πλήκτρου ON)  
 3. 4 : επαφή του ηλεκτρονόμου για το κύκλωμα φωτισμού

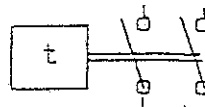
Μία ευρύτατη εφαρμογή των ηλεκτρονόμων είναι ο συνδυασμός τους με μηχανισμό, ο οποίος θέτει υπό τάση το πηνίο του ηλεκτρονόμου για κάποιο χρονικό διάστημα, που μπορεί να ρυθμιστεί από τον παραπάνω μηχανισμό. Τυπικό παράδειγμα είναι ο αυτόματος κλιμακостασίου, όπου το πηνίο ενός ηλεκτρονόμου ρευματοδοτείται για ορισμένο χρόνο (μέσω κατάλληλου μηχανισμού), κατά τον οποίο είναι κλειστή η επαφή του ηλεκτρονόμου και ανάβουν τα φωτιστικά του κλιμακостασίου (σχήμα 5.2-3).





Σχήμα 5.2-3 : Αρχή λειτουργίας του κυκλώματος φωτισμού κλιμακοστασίου.

πλεκτρονόμος με καθυστέρηση χρόνου :



### 5.3. Κυκλώματα κλήσης και κυκλώματα προστασίας με πλεκτρονόμους

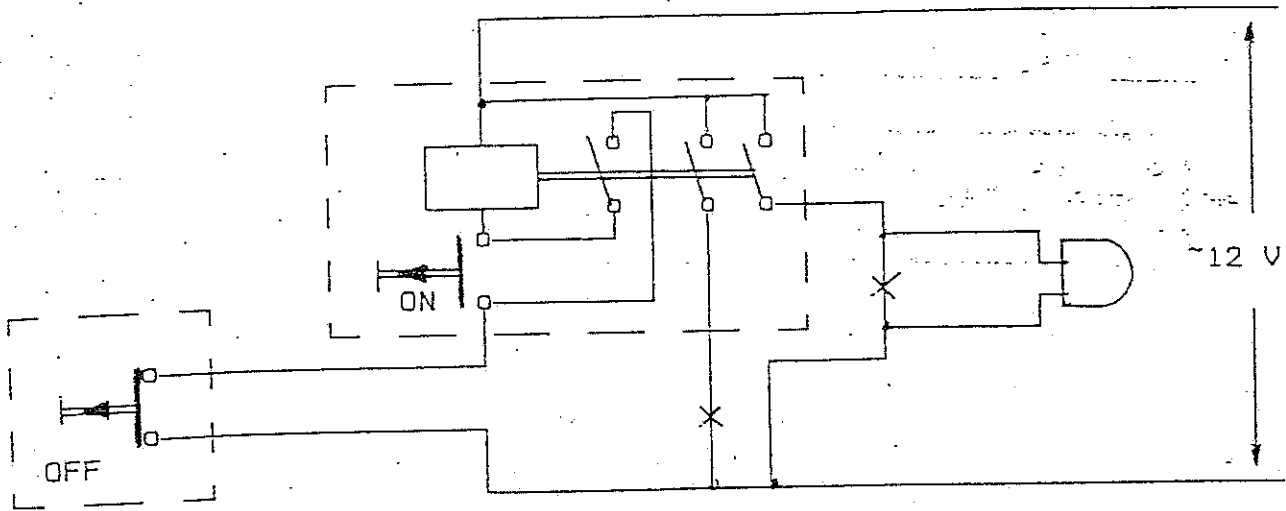
Εκτός από τα κυκλώματα φωτισμού οι πλεκτρονόμοι έχουν πολλές άλλες εφαρμογές (ανελευστήρας, πίνακες εκκίνησης μηχανημάτων, κυκλώματα προστασίας, κυκλώματα κλήσης, κυκλώματα φωτεινών ενδείξεων για τη λειτουργία μηχανημάτων, κ.λ.π.). Παρακάτω εξετάζονται ορισμένα παραδείγματα, που δεν αφορούν κυκλώματα με κινητήρες (για τα κυκλώματα αυτά γίνεται αναφορά στα κεφάλαια 6).

Στο σχήμα 5.3-1 δίνεται η αρχή λειτουργίας του κυκλώματος κλήσης της νοσοκόμας από έναν θάλαμο ασθενούς. Σύμφωνα με αυτό, στον χώρο του ασθενούς υπάρχουν δύο πλήκτρα: ένα πλήκτρο ON και ένα πλήκτρο OFF. Το πλήκτρο ON χειρίζεται από τον ασθενή και το πλήκτρο OFF από τη νοσοκόμα. Όταν πιέσει ο ασθενής το πλήκτρο ON, τότε τίθεται σε λειτουργία το κύκλωμα κλήσης (-ηχητικό και φωτεινό σήμα στο χώρο της νοσοκόμας, καθώς και φωτεινή ένδειξη στο διάδρομο, πάνω από την πόρτα εισόδου του θαλάμου). Η νοσοκόμα μπορεί να θέσει το κύκλωμα εκτός λειτουργίας μόνο από το πλήκτρο OFF, κατά την είσοδό της στον θάλαμο του ασθενούς. Στην πράξη, ο πλεκτρονόμος και το πλήκτρο ON είναι ένα ενιαίο εξάρτημα, που τοποθετείται σε χωνευτές εγκαταστάσεις όπως οι διακόπτες φωτιστικών και οι ρευματοδότες.

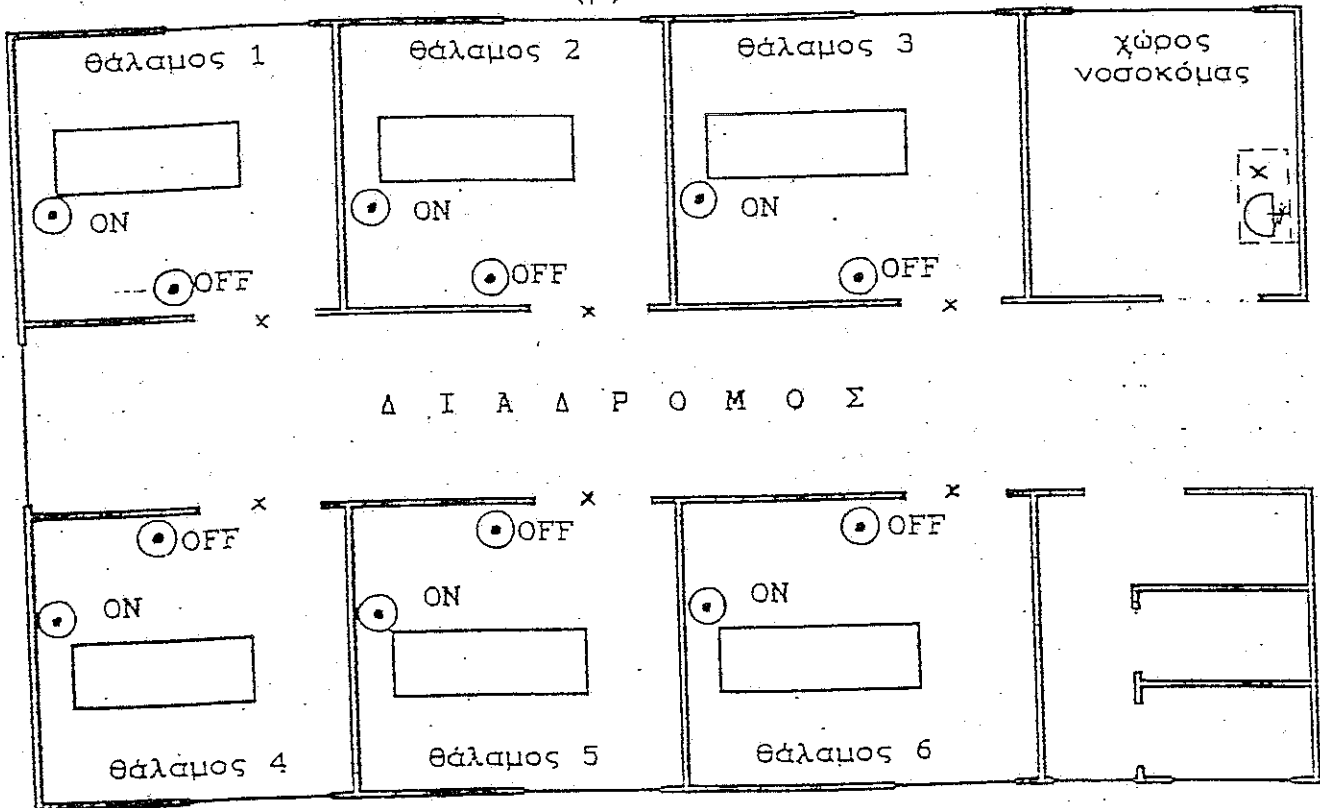
Ενα σχέδιο διευθύνσεων του ρεύματος για τους έξι θαλάμους κατά το σχήμα 5.3-1 δίνεται στο σχήμα 5.3-2.

-64

(α)

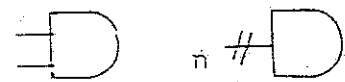


(β)



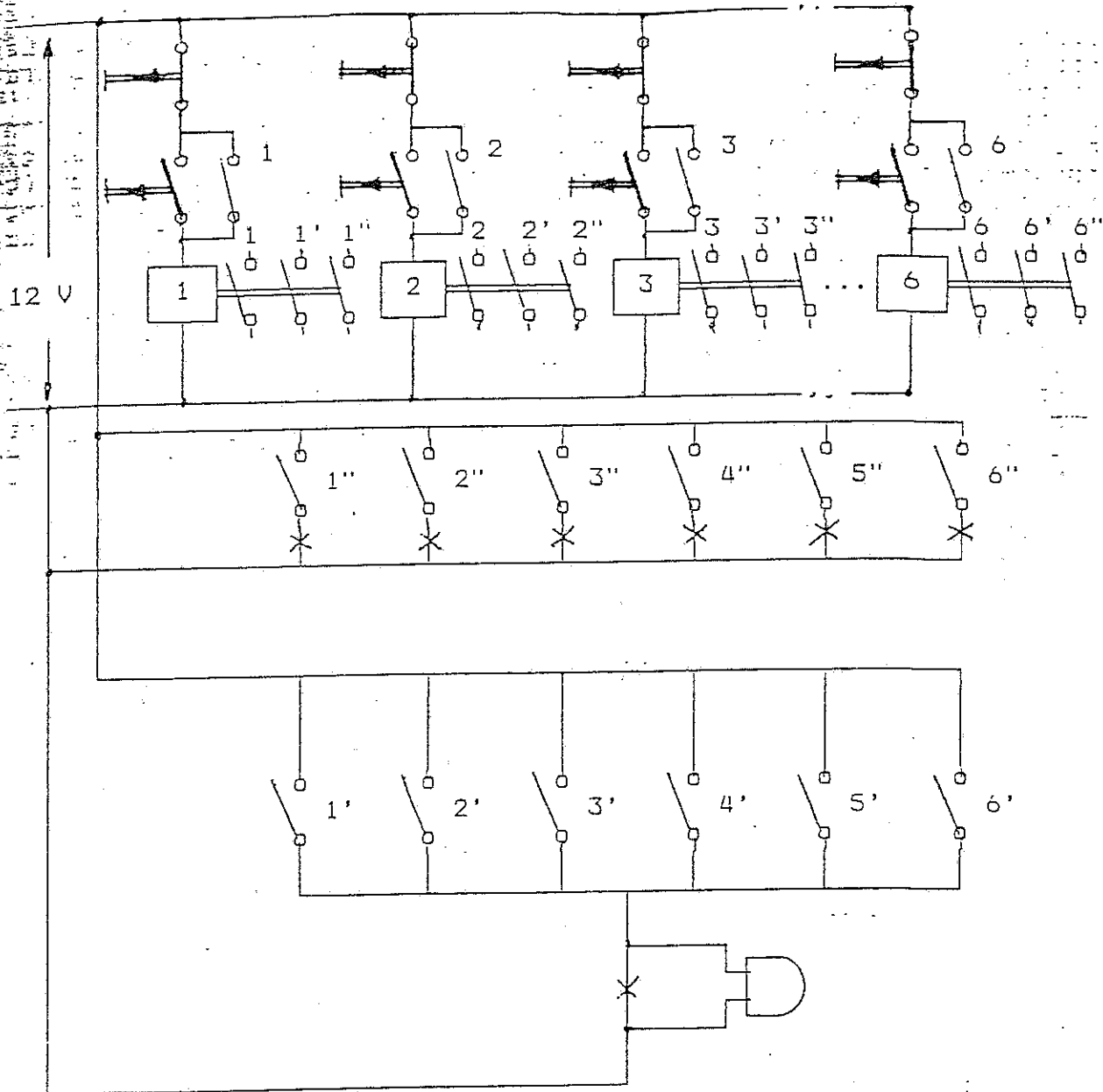
Σχήμα 5.3-1 : α. Αρχή λειτουργίας του κυκλώματος κλήσης της νοσοκόμας (το πλήκτρο ON χειρίζεται από τον ασθενή και το πλήκτρο OFF από τη νοσοκόμα)  
 β. Απλοποιημένη κάτοψη των χώρων

πλεκτρικό κουδούνι :



σύμβολο πλήκτρου (μπουτόν) :

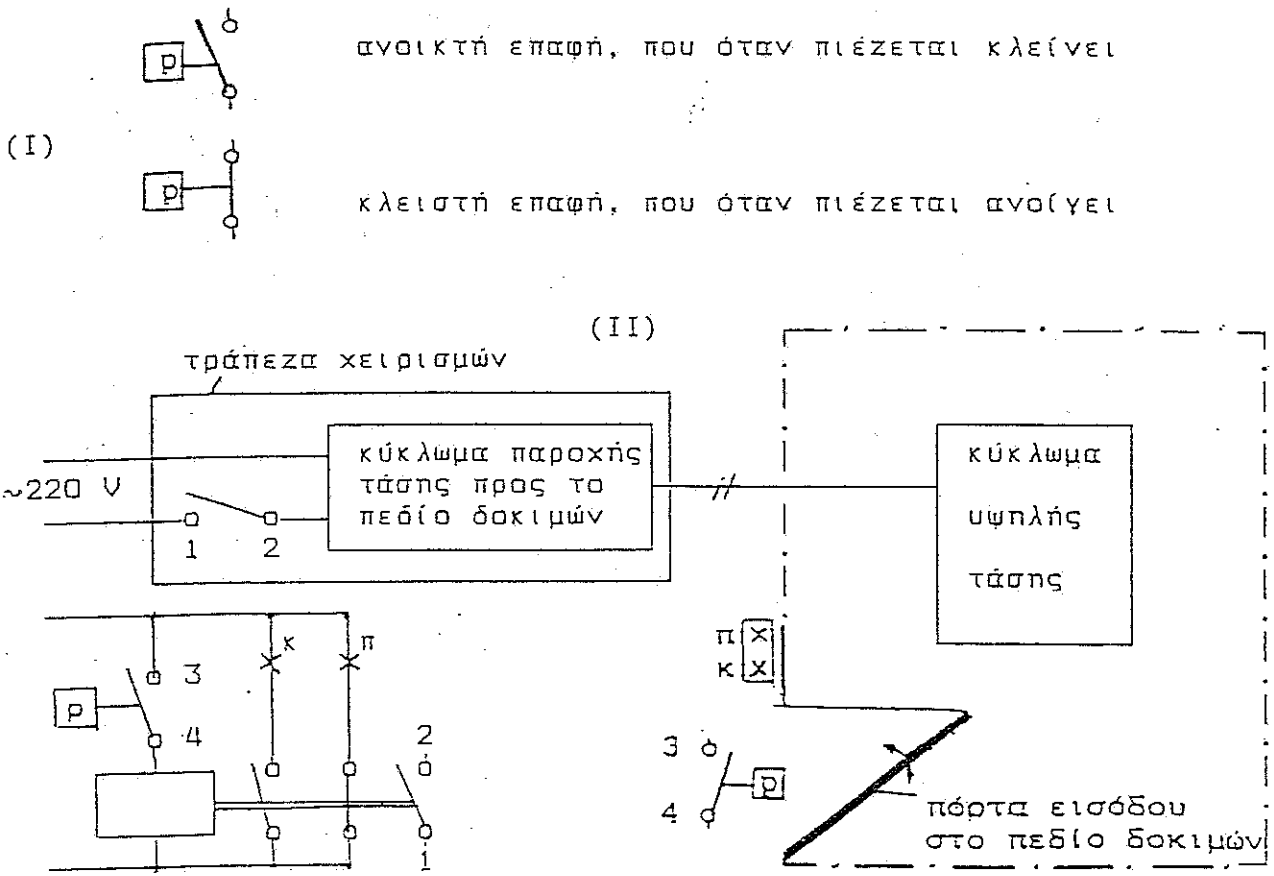




| Υ π ό λ ν η μ α                       |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| αριθμός θαλάμου                       | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| επαφή κλήσης                          | 1'  | 2'  | 3'  | 4'  | 5'  | 6'  |
| επαφή αυτοσυγκρά-<br>τησης του πηνίου | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| φωτεινή ένδειξη<br>πάνω από την πόρτα | 1'' | 2'' | 3'' | 4'' | 5'' | 6'' |

Σχήμα 5.3-2: Ανάπτυγμα σχεδίου του κυκλώματος κλήσης της νοσοκόμας για τους θαλάμους του σχήματος 5.3-1.

Το παράδειγμα του παρακάτω σχήματος είναι ενδεικτικό του συνδυασμού των ηλεκτρονόμων με τους τερματοδιακόπτες και γενικά με επαφές, η κατάσταση λειτουργίας των οποίων εξαρτάται από κάποια μηχανική ή θερμική μεταβολή στο σύστημα των επαφών. Οι τερματοδιακόπτες είναι γενικά επαφές, οι οποίες κλείνουν ή ανοίγουν (ανάλογα με την περίπτωση) υπό την επίδραση μίας δύναμης, που εφαρμόζεται έμμεσα από τον χειριστή. Όταν π.χ. ανοίγει κανείς την πόρτα ενός πίνακα ό διευθύνσεων, τότε ένας τερματοδιακόπτης δεν πιέζεται πλέον, με αποτέλεσμα να κλείνει μέσω αυτού το κύκλωμα μίας λυχνίας πυρακτωμένου νήματος, που έχει ο πίνακας. Οι τερματοδιακόπτες έχουν μία επαφή ON ή μία επαφή OFF ή και τις δύο περιπτώσεις επαφών (σχήμα 5.3-3, I). Ο τερματοδιακόπτης π.χ. στο παράδειγμα του σχήματος 5.3-3, II είναι μία ανοικτή επαφή, που κλείνει ή ανοίγει όταν η πόρτα του πεδίου δοκιμών υψηλών τάσεων είναι αντίστοιχα κλειστή ή ανοικτή. Έτσι, όταν κατά τη διάρκεια μίας δοκιμής ανοίξει κάποιος την πόρτα του πεδίου δοκιμών, τότε διακόπτεται από τον ηλεκτρονόμο (επαφή 1,2) η υψηλή τάση (προστασία εργαζομένων). Μία επιπλέον προστασία, που παρέχεται από το κύκλωμα, είναι η επισήμανση της δυνατότητας εισόδου στο πεδίο δοκιμών με δύο ενδεικτικές λυχνίες (π και κ).

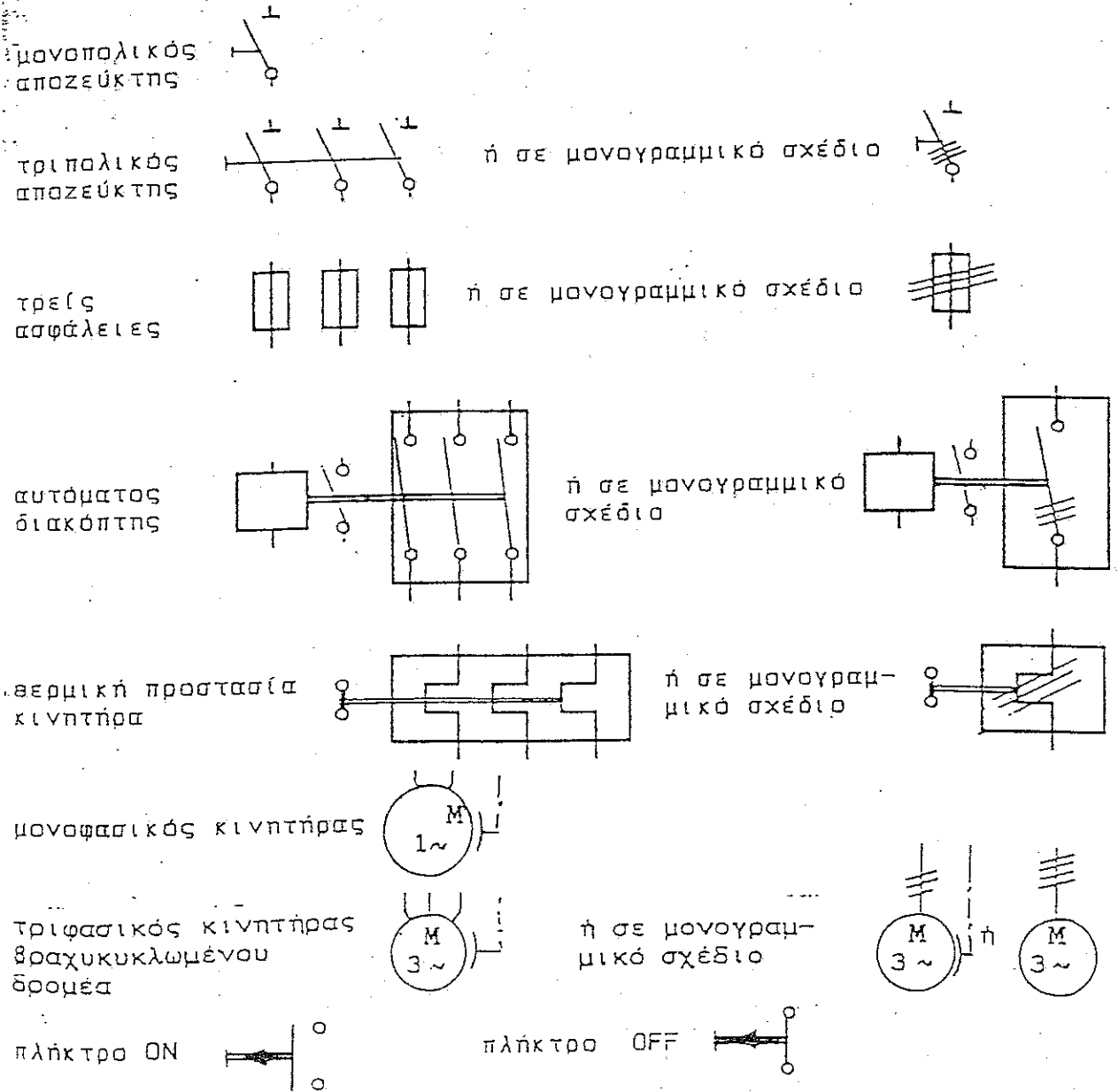


Σχήμα 5.3-3 : Παράδειγμα συνδυασμού του ηλεκτρονόμου με τον τερματοδιακόπτη σε ένα κύκλωμα προστασίας.  
 π : λυχνία πράσινου χρώματος (ένδειξη ότι επιτρέπεται η είσοδος στο πεδίο δοκιμών)  
 κ : λυχνία κόκκινου χρώματος (ένδειξη ότι δεν επιτρέπεται η είσοδος στο πεδίο δοκιμών)

6. Κυκλώματα κίνησης με αυτόματους διακόπτες και διακόπτες "αστέρα-τριγώνου"

6.1. Βασικά σύμβολα σε κυκλώματα κίνησης με αυτόματους διακόπτες

Στο σχήμα 6.1-1 δίνονται ορισμένα βασικά σύμβολα του εξοπλισμού, που χρησιμοποιείται σε κυκλώματα κινητήρων. Αν και αρκετά από αυτά είναι ήδη γνωστά από προηγούμενα κεφάλαια, θεωρήθηκε σκόπιμο (για λόγους ευκολώτερης κατανόησης των περιεχομένων) να παρατεθούν συγκεντρωτικά.

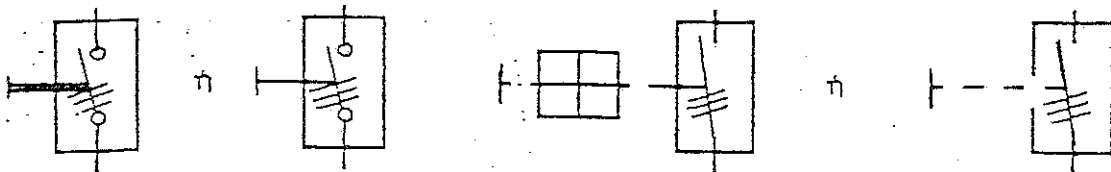


Σχήμα 6.1-1 : Βασικά σύμβολα εξοπλισμού σε κυκλώματα κίνησης με αυτόματους διακόπτες.

Το σύμβολο του αυτόματου διακόπτη κατά το παραπάνω σχήμα σημαίνει ότι ο χειρισμός του γίνεται αυτόματα μέσω πλήκτρων ON-OFF. Όταν ο χειρισμός του αυτόματου διακόπτη γίνεται μόνο χειροκίνητα τότε ισχύει ο συμβολισμός κατά το σχήμα 6.1-2.

συναντάται συχνά στη βιβλιογραφία

κατά DIN 40713



Σχήμα 6.1-2 : Σύμβολα χειροκίνητων αυτομάτων διακοπών.

Ορισμένα σύμβολα χειριστηρίων διακοπών κατά DIN 40713 δίνονται στο παρακάτω σχήμα. Το σχέδιο επομένως κατά DIN του αυτόματου διακόπτη του σχήματος 6.1-1 είναι εκείνο του σχήματος 6.1-4.

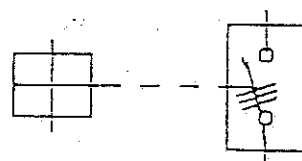
γενικό σύμβολο χειροκίνητου χειριστηρίου :

γενικό σύμβολο μηχανικής μανδάλωσης :

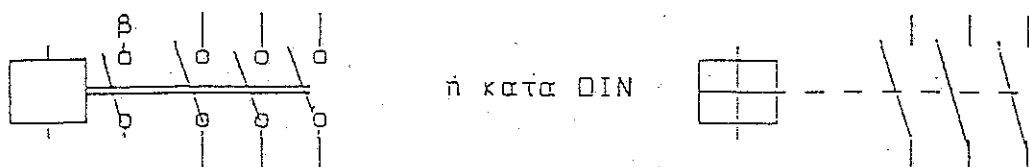
ηλεκτρομηχανικό σύστημα (ηλεκτρονόμος) :

Σχήμα 6.1-3 : Σύμβολα χειριστηρίων διακοπών κατά DIN 40713.

Σχήμα 6.1-4 : Σχέδιο του αυτόματου διακόπτη του σχήματος 6.1-1 κατά DIN 40713.



Ενας άλλος συμβολισμός του αυτόματου διακόπτη δίνεται στο σχήμα 6.1-5. Το σύμβολο αυτό, που ουσιαστικά είναι εκείνο του ηλεκτρονόμου, χρησιμοποιείται για διακόπτες, οι επαφές των οποίων βρίσκονται σε περιβάλλον ατμοσφαιρικού αέρα (αυτόματοι αέρος). Τα σύμβολα των αυτομάτων διακοπών στα σχήματα 6.1-1, 6.1-2 και 6.1-4 χρησιμοποιούνται για αυτόματους διακόπτες, που οι επαφές τους είναι σε περιβάλλον μονωτικού ελαίου (γνωστοί στην πράξη ως ελαιοδιακόπτες ή αυτόματοι ελαίου).



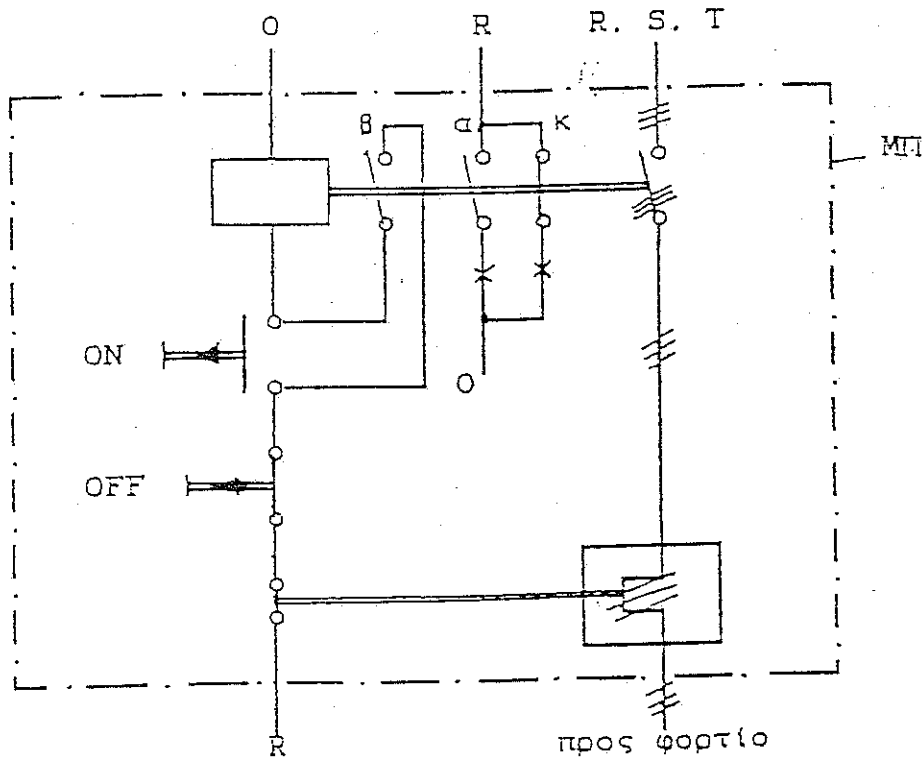
Σχήμα 6.1-5 : Αυτόματος διακόπτης αέρος, που χειρίζεται με πλήκτρα ON-OFF.

6.2. Παραδείγματα κυκλωμάτων κινητήρων με αυτόματους διακόπτες

Στο σχήμα 6.2-1 έχει σχεδιαστεί το κύκλωμα λειτουργίας ενός αυτόματου διακόπτη. Η αρχή λειτουργίας του είναι η ίδια με εκείνη του ηλεκτρονόμου. Ο συγκεκριμένος διακόπτης περιλαμβάνει ουσιαστικά τρία κυκλώματα :

- το κύκλωμα του πηνίου, το οποίο περιλαμβάνει τα πλήκτρα χειρισμού και τη βοηθητική επαφή, και στο οποίο επενεργεί η θερμική προστασία του κινητήρα,
- το κύκλωμα των ενδεικτικών λυχνιών, για την κατάσταση λειτουργίας του διακόπτη, και
- το κύκλωμα του φορτίου ανάλογα με το ονομαστικό ρεύμα των επαφών

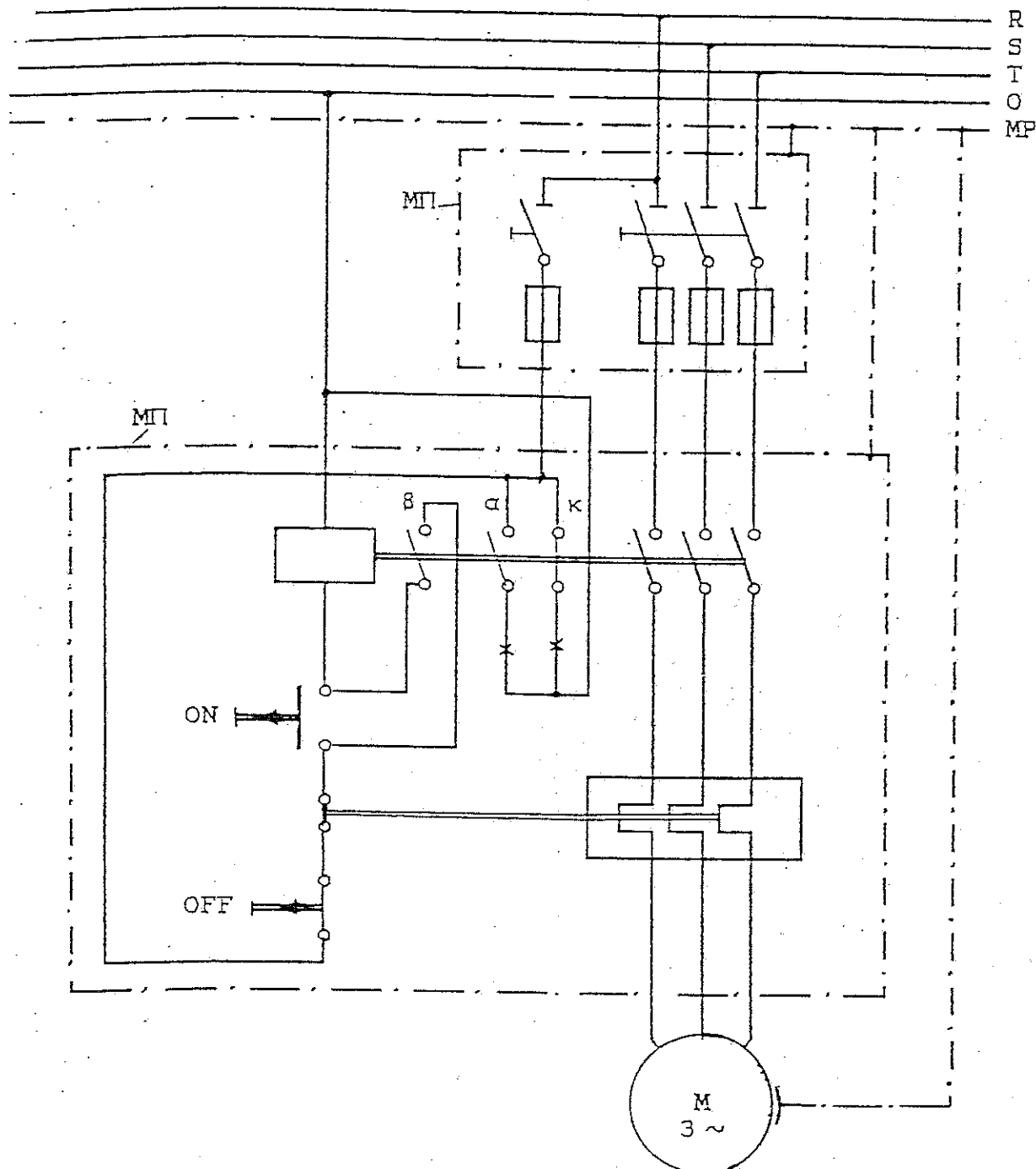
Οι αυτόματοι διακόπτες έχουν εφαρμογή τόσο στα κυκλώματα κίνησης όσο και στα κυκλώματα φωτισμού ( π.χ. σε γενικούς πίνακες και υποπίνακες κτιρίων μεγάλων νασοκομείων ή ξενοδοχείων, κ.λ.π. ). Για τις εφαρμογές των αυτομάτων διακοπών σε κυκλώματα κίνησης ισχύουν γενικά τα αναφερόμενα στην παράγραφο 2.1, περί του συνδυασμού των διαφόρων ειδών διακοπών και των ασφαλειών.



Σχήμα 6.2-1 : Κύκλωμα ενός αυτόματου διακόπτη με πλήκτρα ON-OFF και ενδεικτικές λυχνίες των δύο θέσεων λειτουργίας του.

- Β : επαφή αυτοσυγκράτησης (βοηθητική επαφή).
- α : ανοικτή επαφή και κ : κλειστή επαφή.
- X : ενδεικτικές λυχνίες (θέση ON κόκκινο χρώμα και θέση OFF πράσινο χρώμα).
- R, S, T : οι τρεις φάσεις και O : ουδέτερος.
- ΜΠ : μεταλλικό περίβλημα του διακόπτη (γειώνεται).

Στο σχήμα 6.2-2 δίνεται ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης του αυτόματου διακόπτη του προηγούμενου σχήματος, ως μέσου χειρισμού ενός κινητήρα.



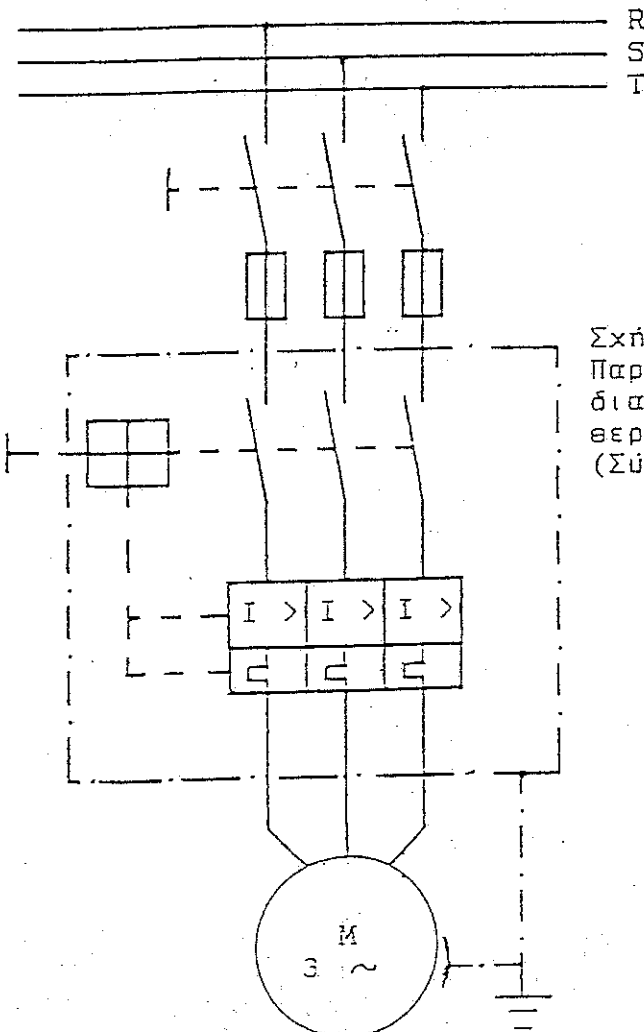
Σχήμα 6.2-2 : Κύκλωμα ενός κινητήρα που λειτουργεί μέσω του αυτόματου διακόπτη του σχήματος 6.2-1  
β : επαφή αυτοσυγκράτησης (βονηπτική επαφή.)  
α : ανοικτή επαφή. κ : κλειστή επαφή.  
x : ανδεικτικές λυχνίες (θέση ON : κόκκινο χρώμα και θέση OFF : πράσινο χρώμα).  
R, S, T : οι τρεις φάσεις και 0 : ο ουδέτερος.  
ΜΠ : γείωση και μεταλλικό περίβλημα.



Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, του αυτόματου διακόπτη προηγούνται οι ασφάλειες και των ασφαλειών ο αποζεύκτης ( βλέπετε παρ. 2.1. ). Επειδή οι ασφάλειες προστατεύουν ( λόγω της χονδρικής διαβάθμισής τους) μόνο τις γραμμές, η προστασία του κινητήρα από υπερφορτίσεις επιτυγχάνεται μέσω των θερμικών, τα οποία ρυθμίζονται στο ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα.

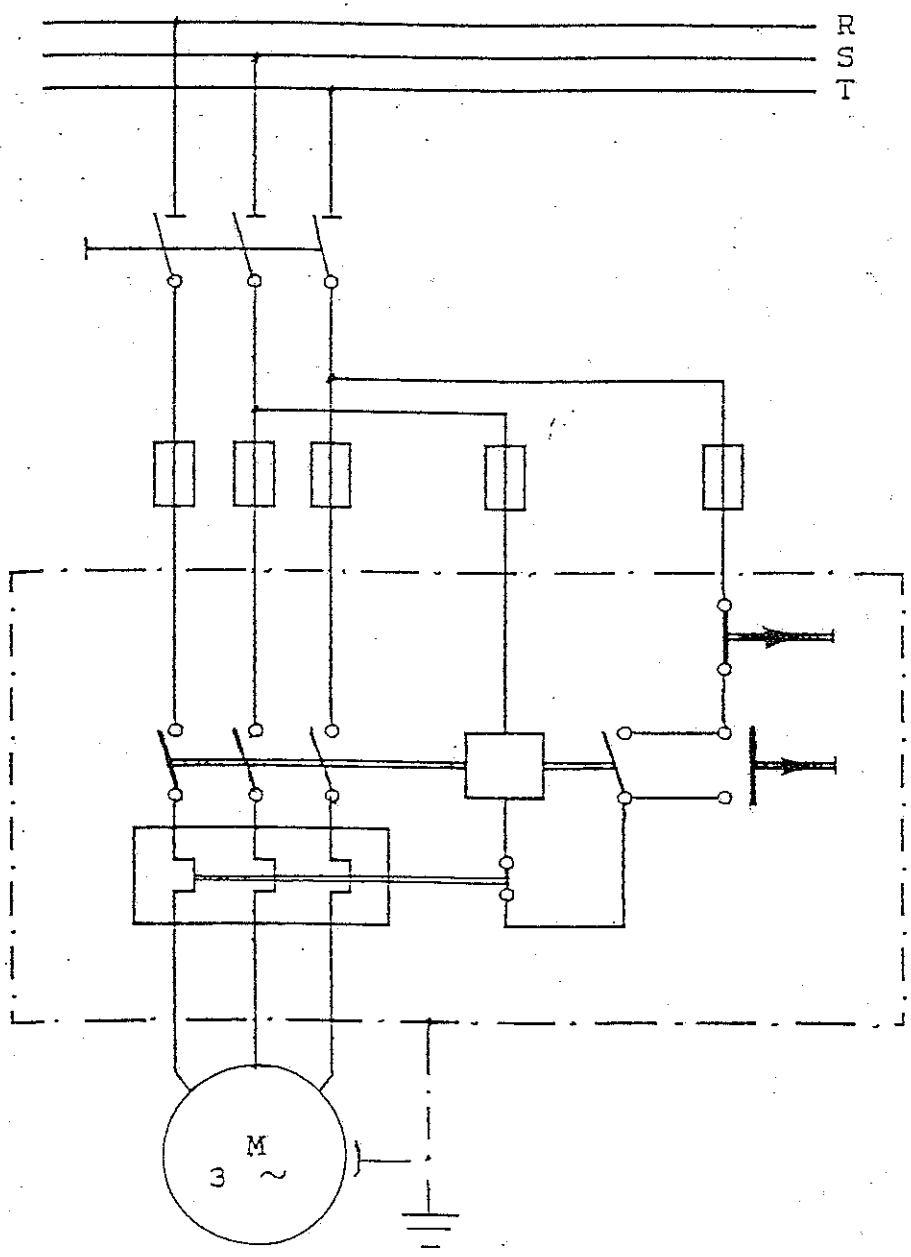
Το θερμικό είναι ουσιαστικά τρεις θερμικές επαφές ( μία επαφή για κάθε φάση ), η λειτουργία των οποίων βασίζεται στην αύξηση του μήκους ενός ελάσματος, ή την κάμψη ενός διμεταλλικού ελάσματος ή το λιώσιμο ενός σημείου συγκόλλησης. Το θερμικό επενεργεί μετά από κάποιο μικρό χρόνο, έτσι ώστε, ενώ δεν διακόπτεται η λειτουργία του κινητήρα κατά την εκκίνηση ( η τιμή του ρεύματος κατά την εκκίνηση είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική : βλέπετε παράγραφο 8 ), προστατεύει τον κινητήρα από μία υπερφόρτιση, που διαρκεί.

Η προστασία του κινητήρα από βραχυκυκλώματα δεν επιτυγχάνεται με το θερμικό, αλλά με πλεκτρομαγνήτες, οι οποίοι διεγείρονται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης, σε μία τιμή μικρότερη από αυτό, στην οποία έχουν ρυθμιστεί. Πρόκειται για έναν πλεκτρονόμο υπερέντασης, που διακόπτει τη λειτουργία του διακόπτη σε μονοφασικό, ή διφασικό, ή τριφασικό βραχυκύκλωμα. Ο πλεκτρονόμος του είδους αυτού ονομάζεται στην πράξη μαγνητική προστασία ( ή μαγνητικά του αυτόματου διακόπτη ). Στο σχήμα 6.2-3 δίνεται ένα παράδειγμα αυτόματου διακόπτη με θερμική και μαγνητική προστασία του κινητήρα.



Σχήμα 6.2-3 :  
Παράδειγμα αυτόματου χειροκίνητου διακόπτη με μαγνητική ( $I >$ ) και θερμική προστασία ( $\zeta$ ).  
(Σύμβολα κατά DIN 40713)

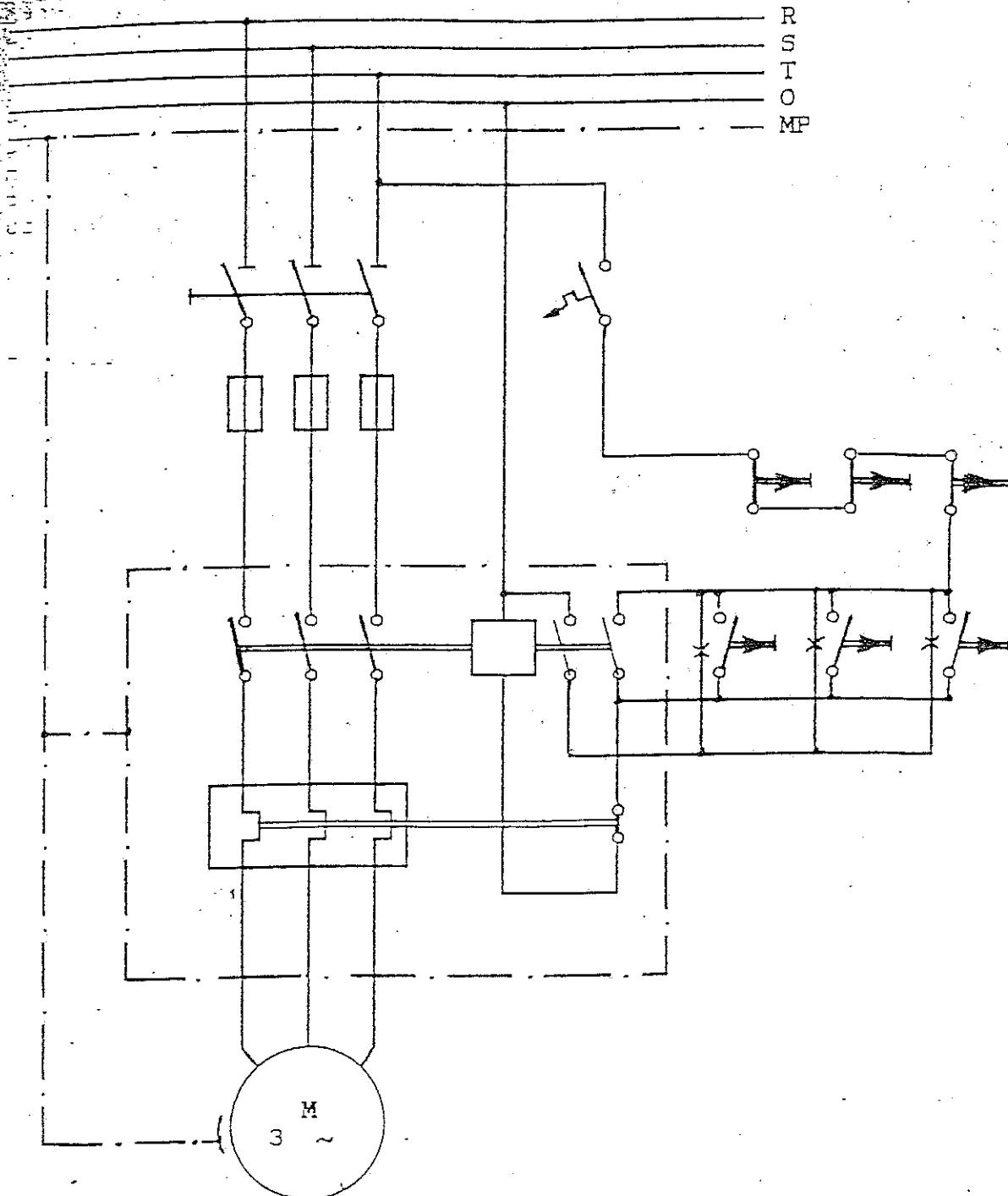
Στα σχήματα 6.2-4 και 6.2-5 δίνονται δύο ακόμα παραδείγματα κυκλωμάτων κινητήρων, όπου οι κινητήρες χειρίζονται με αυτόματους διακόπτες. Η λειτουργία των κυκλωμάτων αυτών συμπεραίνεται εύκολα από τα προαναφερόμενα για τους αυτόματους διακόπτες. Παρατηρεί κανείς, ότι στο κύκλωμα του σχήματος 6.2-4 το πηνίο του αυτόματου διακόπτη λειτουργεί με τάση 380 V. Για το λόγο αυτό η παροχή τάσης προς το πηνίο γίνεται μέσω δύο ασφαλειών. Η γείωση του κινητήρα κατά το κύκλωμα αυτό (καθώς και εκείνη κατά το σχήμα 6.2-3) έχει γίνει με ξεχωριστό πλεκτρόδιο. Μια άλλη ιδιαιτερότητα του κυκλώματος, λόγω της τάσης λειτουργίας του πηνίου, είναι ότι ο τριπολικός αποζεύκτης χρησιμεύει ταυτόχρονα ως μέσο απομόνωσης για τη γραμμή του κινητήρα και για τη γραμμή του πηνίου.



Σχήμα 6.2-4 : Κύκλωμα ενός κινητήρα, που χειρίζεται με έναν αυτόματο διακόπτη, το πηνίο του οποίου λειτουργεί με 380 V.

Οπ  
σι  
Επ  
τα  
επι  
στι  
το  
κα  
κους  
λι  
κά  
του  
κ(ν  
πρ  
με  
το  
έχο  
δια  
τρ  
στ  
πτη  
θε

Στο σχήμα 6.2-5 ο χειρισμός του κινητήρα γίνεται από τρεις διαφορετικές θέσεις. Ο αυτόματος διακόπτης έχει εκτός από τη βοηθητική επαφή, που είναι απαραίτητη για την αυτοσυγκράτηση του πηνίου, και μία άλλη ανοικτή επαφή, η οποία χρησιμεύει για την ρευματοδότηση του κυκλώματος των ενδεικτικών λυχνιών λειτουργίας του κινητήρα.

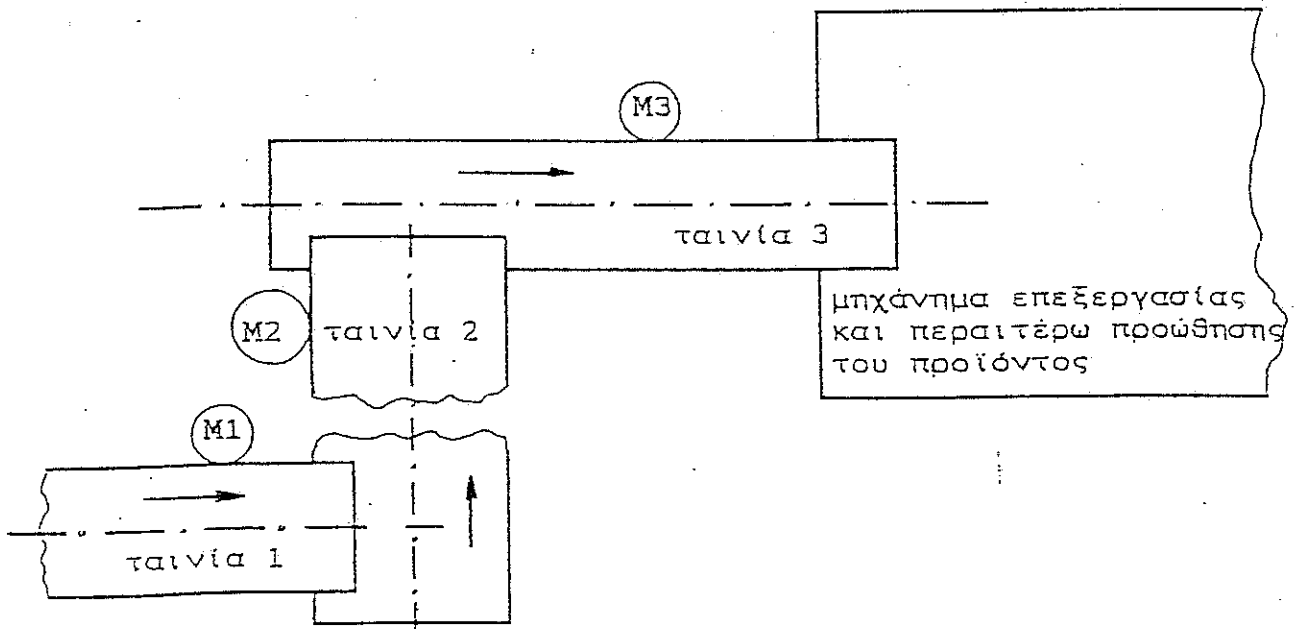


Σχήμα 6.2-5 : Κύκλωμα κινητήρα, που χειρίζεται από τρεις διαφορετικές θέσεις.  
: ενδεικτική λυχνία λειτουργίας του κινητήρα σε κάθε θέση χειρισμού

### 6.3. Αλυσίδες εκκίνησης κινητήρων (κυκλώματα αυτοματισμού)

Υποθέτουμε ότι η μεταφορά κάποιου προϊόντος, προς το μηχάνημα επεξεργασίας και περαιτέρω προώθησής του στην παραγωγική διαδικασία, γίνεται μέσω του ταινιόδρομου του σχήματος 6.3-1. Ο ταινιόδρομος αποτελείται από τρεις ταινίες. Κάθε ταινία έχει δικό της κινητήρα (M1, M2 και M3 αντίστοιχα), που λειτουργεί με αυτόματο διακόπτη.

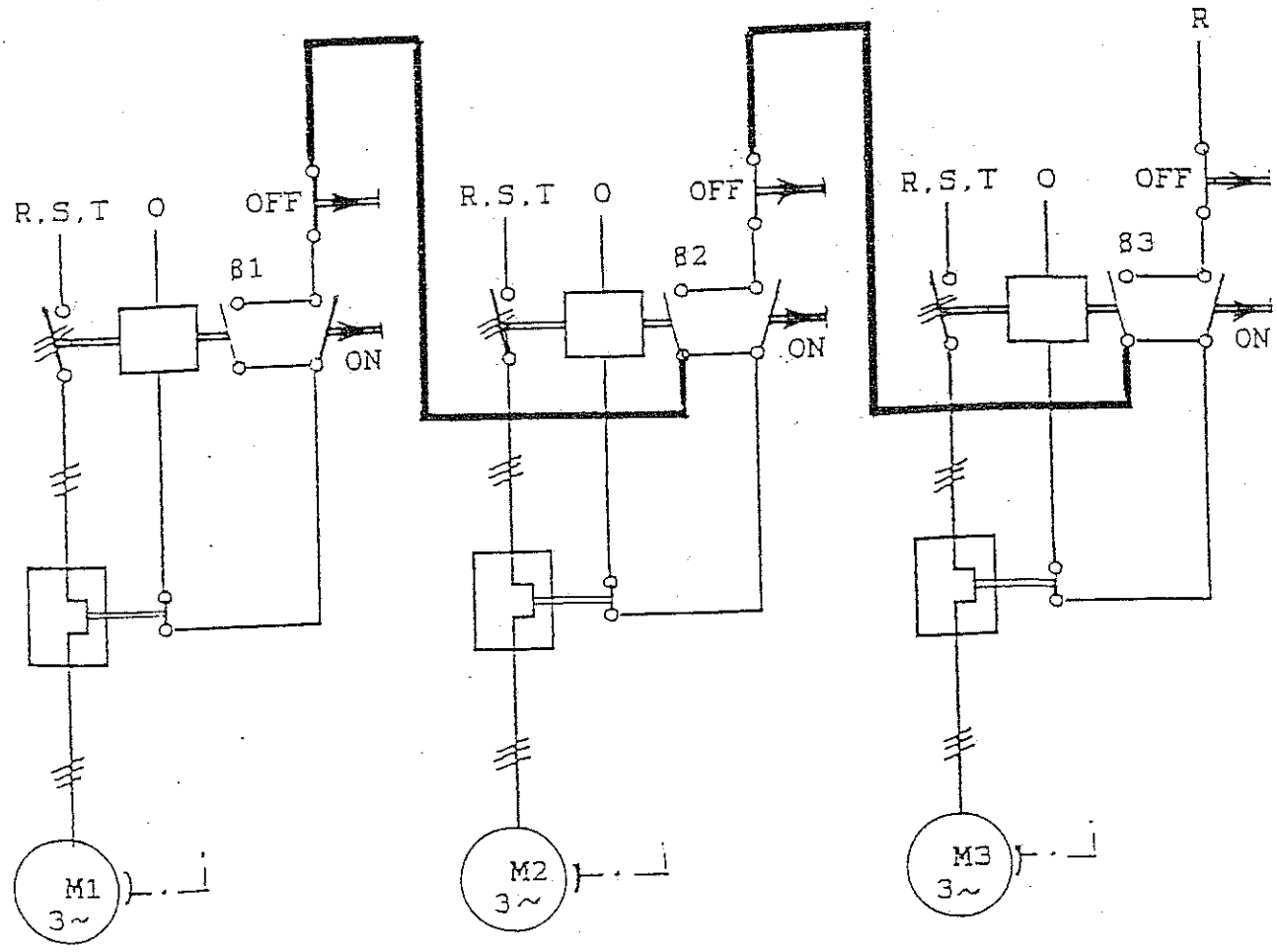
Με τα κυκλώματα, που έχουν ήδη δοθεί στην προηγούμενη παράγραφο, υπάρχει η απαιτούμενη πληροφόρηση, για να σχεδιάσει κανείς το κύκλωμα εκκίνησης κάθε κινητήρα. Όμως, δεν λαμβάνεται υπ' όψη με τα κυκλώματα αυτά η σειρά εκκίνησης των κινητήρων, η οποία όπως θα εξετάσουμε ενδιαφέρει ιδιαίτερα. Πράγματι, η εκκίνηση π.χ. του κινητήρα M1, χωρίς να έχει προηγηθεί η εκκίνηση των δύο άλλων κινητήρων, θα έχει ως αποτέλεσμα την συσσώρευση του προϊόντος, στην αρχή της ταινίας 2. Το ίδιο θα συμβεί όταν εργάζονται όλοι οι κινητήρες και ο κινητήρας M2 τερματίζει εκτός λειτουργίας, από τον χειριστή ή την θερμική προστασία του. Από την εξέταση της σειράς εκκίνησης των τριών κινητήρων (σύμφωνα με το παραπάνω σκεπτικό), καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει αυτή να ελέγχεται αυτόματα, έτσι ώστε να προηγείται η εκκίνηση του κινητήρα M3 εκείνης των M2 και M1, καθώς και η εκκίνηση του M2 εκείνης του M1. Επίσης, όταν σταματήσει να λειτουργεί (για κάποιο λόγο) ο M3 πρέπει να σταματούν αυτόματα οι M2 και M1. Τέλος, η στάση μόνο του M2 (από κάποια αιτία) πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα την διακοπή της λειτουργίας του M1.



Σχήμα 6.3-1 : Απλοποιημένο σχέδιο της κάτωσης του ταινιόδρομου μίας παραγωγικής διαδικασίας.

- : διεύθυνση παραγωγής
- M1 : κινητήρας της ταινίας 1
- M2 : κινητήρας της ταινίας 2
- M3 : κινητήρας της ταινίας 3

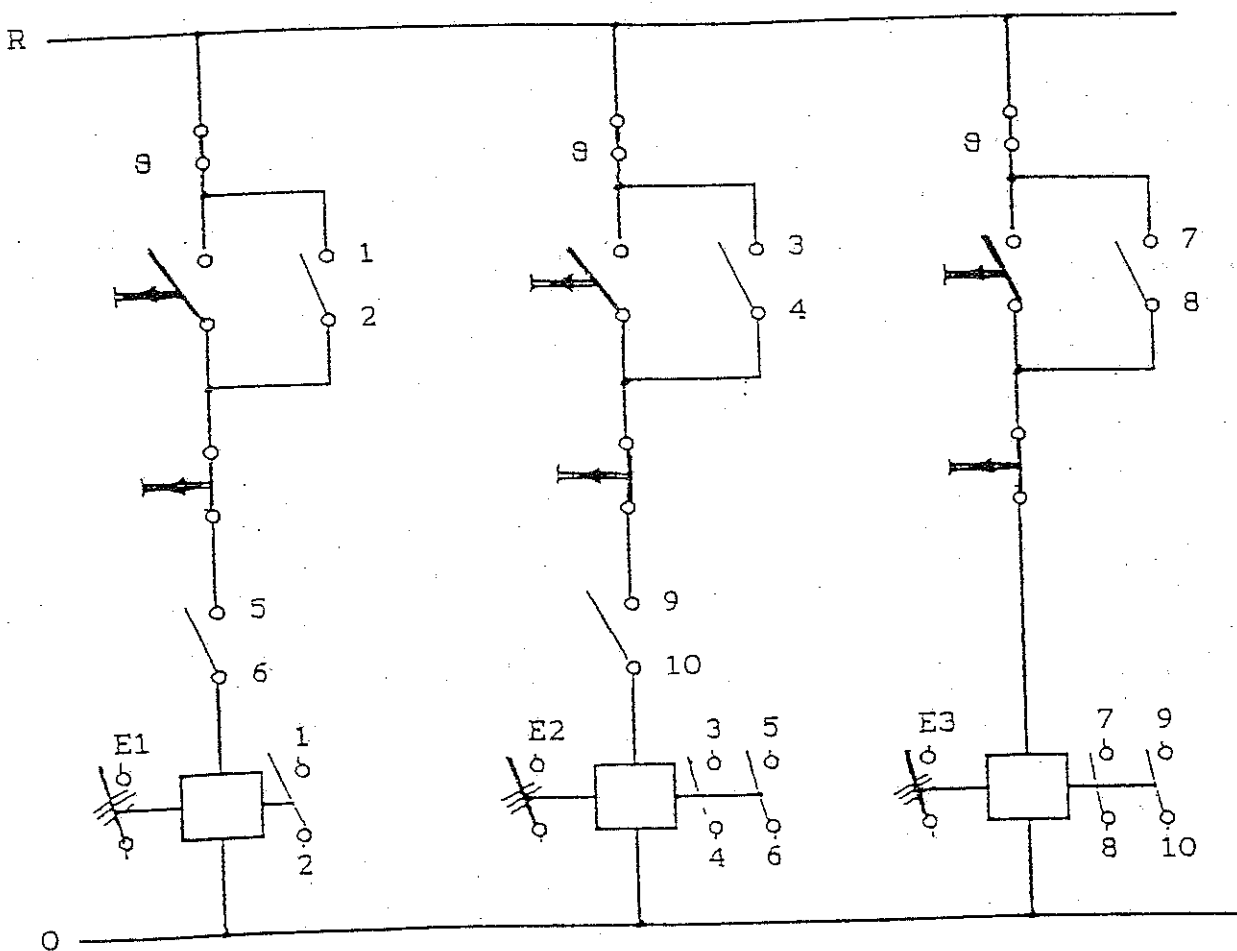
Συνοψίζοντας τα παραπάνω καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι η διεύθυνση του αυτοματισμού για την "εκκίνηση-στάση" των κινητήρων πρέπει να έχει αντίθετη φορά από τη διεύθυνση παραγωγής του προϊόντος. Το θέμα αυτό μπορεί να επιλυθεί με μία αλυσίδα εκκίνησης (ή αυτοματισμό εκκίνησης, όπως λέγεται συνήθως στην πράξη). Στο σχήμα 6.3-2 δίνεται η αρχή λειτουργίας της αλυσίδας εκκίνησης, με βάση το παράδειγμα του προηγούμενου σχήματος. Το κύκλωμα έχει σχεδιαστεί σκόπιμα απλοποιημένα (δεν έχουν σχεδιαστεί οι αποζεύκτες, οι ασφάλειες και τα μεταλλικά περιβλήματα των αυτομάτων διακοπών), ώστε να προέχει σχεδιαστικά η καλωδίωση μεταξύ των αυτομάτων διακοπών, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η αλυσίδα εκκίνησης. Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, πρέπει πρώτα να ξεκινήσει ο M3, ώστε μέσω της κλειστής πλέον βοηθητικής επαφής (β3), να τεθεί υπό τάση το κύκλωμα χειρισμού του αυτόματου διακόπτη του κινητήρα M2. Έτσι πιέζοντας το πλήκτρο ON του αυτόματου διακόπτη αυτού διακόπτη τίθεται σε λειτουργία ο κινητήρας M2, ενώ ταυτόχρονα παίρνει τάση το κύκλωμα χειρισμού του αυτόματου διακόπτη του κινητήρα M1. Ο κινητήρας M1 μπορεί πλέον να τεθεί σε λειτουργία μέσω του πλήκτρου ON του αυτόματου διακόπτη του.



Σχήμα 6.3-2 : Αρχή λειτουργίας της αλυσίδας εκκίνησης των κινητήρων M1, M2 και M3 (των τριών ταινιών του παραδείγματος του σχήματος 6.3-1), μέσω των βοηθητικών επαφών των αυτόματων διακοπών τους (β1, β2 και β3).

Από το παραπάνω κύκλωμα διασφαλίζεται επίσης ότι το σταμάτημα ενός κινητήρα (για κάποιο λόγο) θα έχει ως αποτέλεσμα την αυτόματη διακοπή της λειτουργίας κινητήρων, που προηγούνται στην παραγωγική διαδικασία.

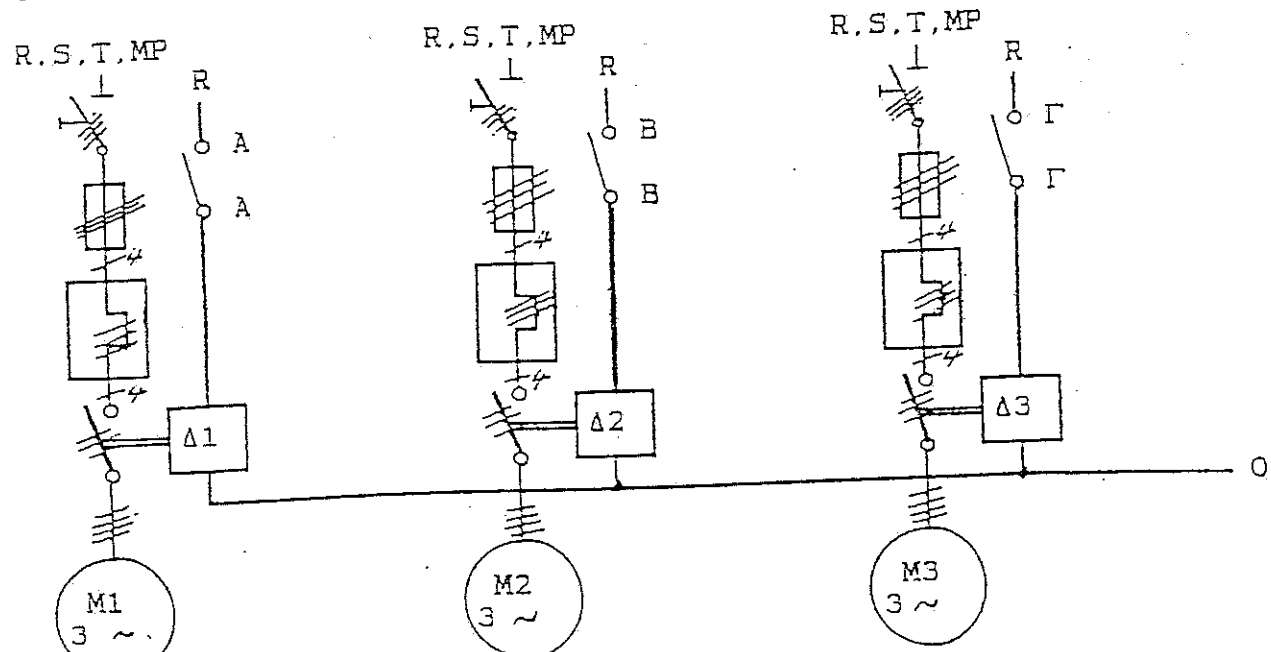
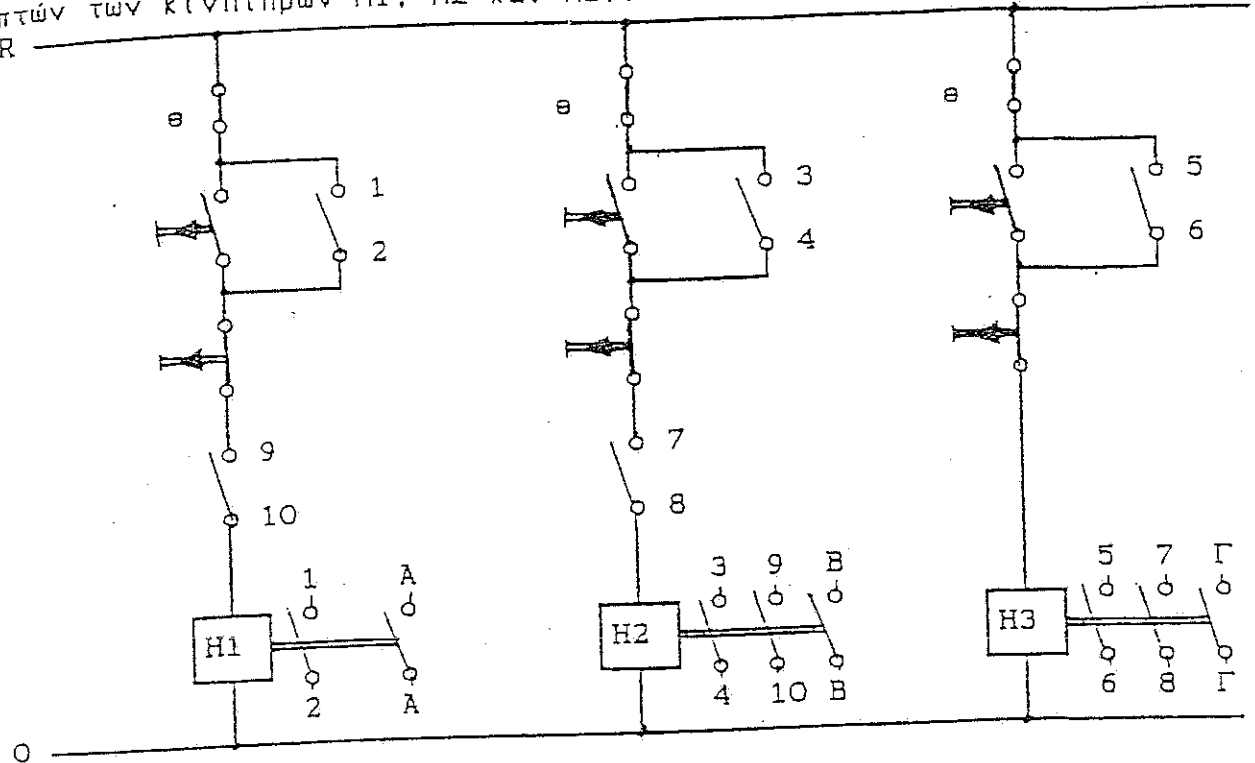
Σε περίπτωση, που οι αυτόματοι διακόπτες των κινητήρων M3 και M2 είχαν μία ακόμα ανοικτή επαφή, εκτός από την επαφή αυτόσυγκράτησης, τότε το κύκλωμα της αλυσίδας εκκίνησης θα μπορούσε να γίνει μέσω της επαφής αυτής. Αυτό δείχνεται στο παράδειγμα του παρακάτω σχήματος, σε ένα ανάπτυγμα σχεδίου, που αφορά μόνο το κύκλωμα χειρισμού των αυτομάτων διακοπών.



Σχήμα 6.3-3 : Παράδειγμα ανάπτυγματος σχεδίου του κυκλώματος χειρισμού των αυτομάτων διακοπών των κινητήρων M1, M2 και M3 του σχήματος 6.3-1, όταν οι αυτόματοι διακόπτες των κινητήρων M3 και M2 έχουν μία ανοικτή επαφή (εκτός από την επαφή αυτόσυγκράτησης του πηνίου).  
E1, E2 και E3 : Επαφές των αυτομάτων διακοπών για τους κινητήρες M1, M2 και M3 αντίστοιχα.

Σημειώνεται τέλος ότι στα κυκλώματα αλυσίδων εκκίνησης έχουν μεγάλη εφαρμογή οι πλεκτρονόμοι. Το κύκλωμα π.χ. της αλυσίδας εκκίνησης των τριών ταινιών του σχήματος 6.3-1, μπορεί να γίνει με πλεκτρονόμους (π.χ. σχήμα 6.3-4 : οι πλεκτρονόμοι H1, H2 και H3

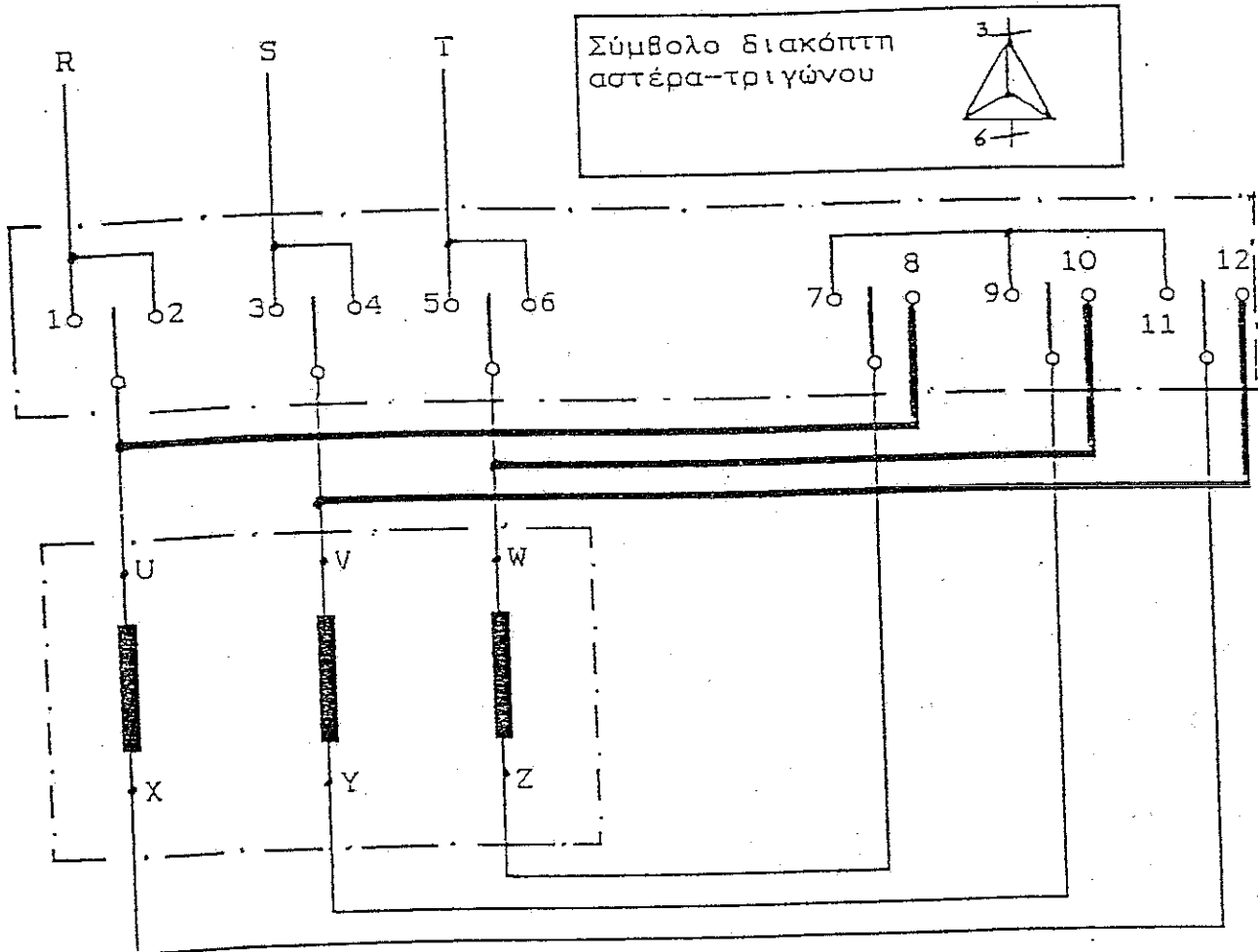
ΕΠΕΝΕΡΓΟΥΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΟΥ ΠΗΝ(ΟΥ ΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ Μ1, Μ2 ΚΑΙ Μ3).



Σχήμα 6.3-4 : Παράδειγμα αναπτύγματος σχεδίου του κυκλώματος χειρισμού των αυτομάτων διακοπών των κινητήρων Μ1, Μ2 και Μ3 του σχήματος 6.3-1, μέσω των ηλεκτρονομίων Η1, Η2 και Η3.  
 Α, Β και Γ : Επαφές, μέσω των οποίων τίθενται αντίστοιχα σε λειτουργία οι αυτόματοι διακόπτες των κινητήρων Μ1, Μ2 και Μ3.  
 Δ1, Δ2 και Δ3 : Αυτόματοι διακόπτες των κινητήρων Μ1, Μ2 και Μ3 αντίστοιχα

### 6.4. Ο διακόπτης "αστέρας-τρίγωνο"

Ο διακόπτης αυτός χρησιμεύει στην εκκίνηση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα. Αρχικά τίθεται ο διακόπτης στη θέση "αστέρας" (με αποτέλεσμα τον περιορισμό της τιμής του ρεύματος εκκίνηση) και μετά στη θέση "τρίγωνο". Το κύκλωμα του χειροκίνητου διακόπτη αστέρα-τριγώνου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



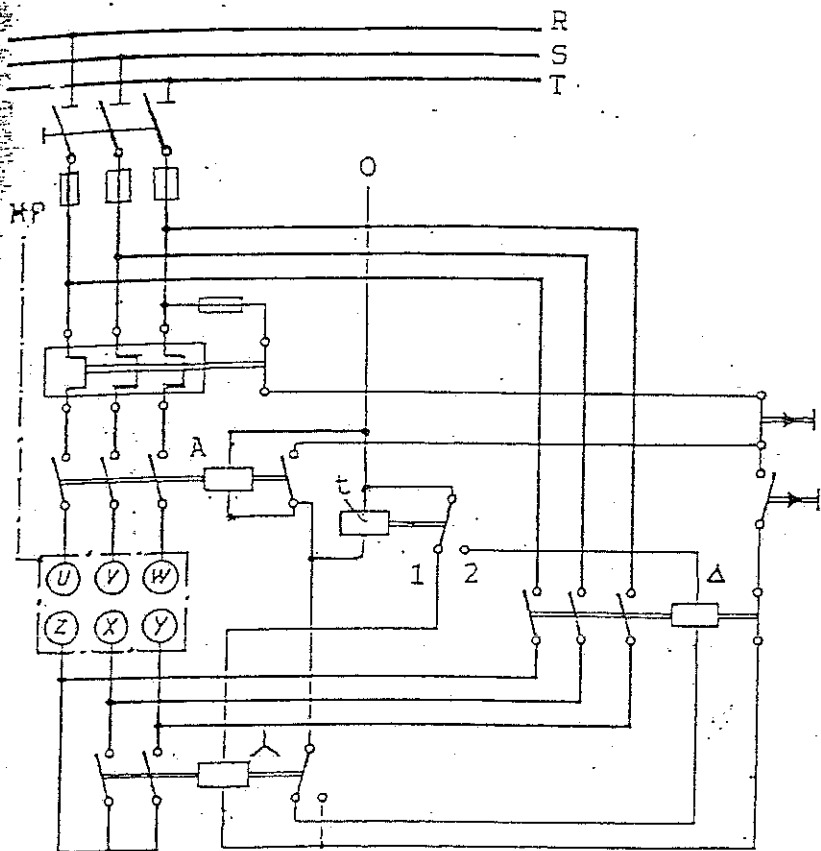
Σχήμα 6.4-1 : Χειροκίνητος διακόπτης αστέρα-τριγώνου  
Διακόπτης στη θέση αστέρα : 1, 3, 5, 7, 9, 11  
Διακόπτης στη θέση τρίγωνο : 2, 4, 6, 8, 10, 12

### 6.5. Συνδυασμός αυτομάτων διακοπών και χρονοδιακοπών σε κυκλώματα κινητήρων

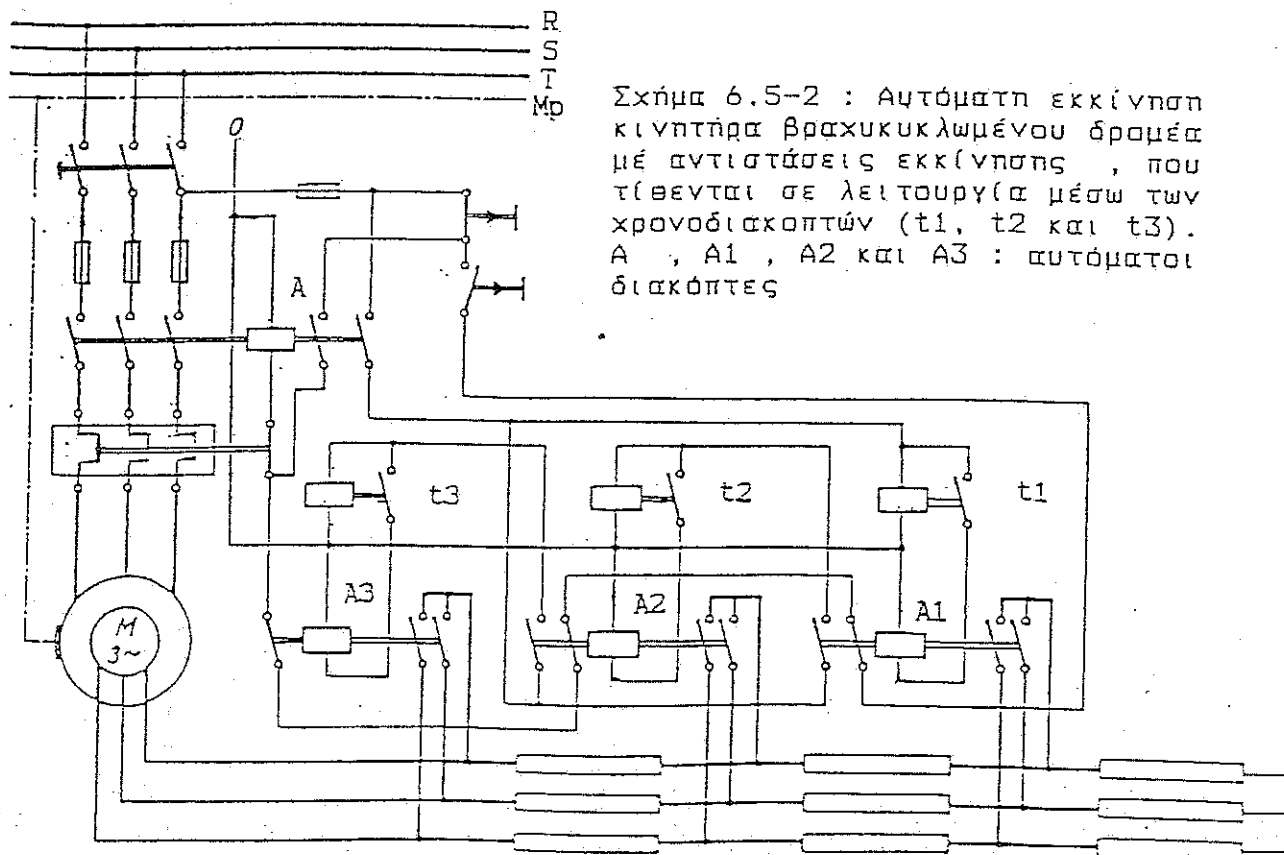
Στα παρακάτω σχήματα δίνονται δύο παραδείγματα συνδυασμού των αυτομάτων διακοπών με τους χρονοδιακόπτες. Στο σχήμα 6.5-1 δείχνεται μία αυτόματη διάταξη διακοπών σε ένα κύκλωμα αστέρα-τριγώνου. Σύμφωνα με αυτό, όταν κλείσει ο αυτόματος διακόπτης A, η επαφή του χρονοδιακόπτη εξακολουθεί να είναι στη θέση 1 για χρόνο  $t$ . Έτσι τίθεται αρχικά σε λειτουργία ο διακόπτης. Μετά τον παραπάνω χρόνο η επαφή του χρονοδιακόπτη κλείνει στη



θέση 2 και ανοίγει επομένως ο διακόπτης  $\lambda$ , ενώ τίθεται σε λειτουργία ο διακόπτης  $\Delta$ . Στο κύκλωμα του σχ. 6.5-2 η εκκίνηση του κινητήρα γίνεται μέσω των αντιστάσεων με τη βοήθεια χρονοδιακοπών



Σχήμα 6.5-1:  
Αυτόματο κύκλωμα  
διακόπτη αστέρα-  
τριγώνου



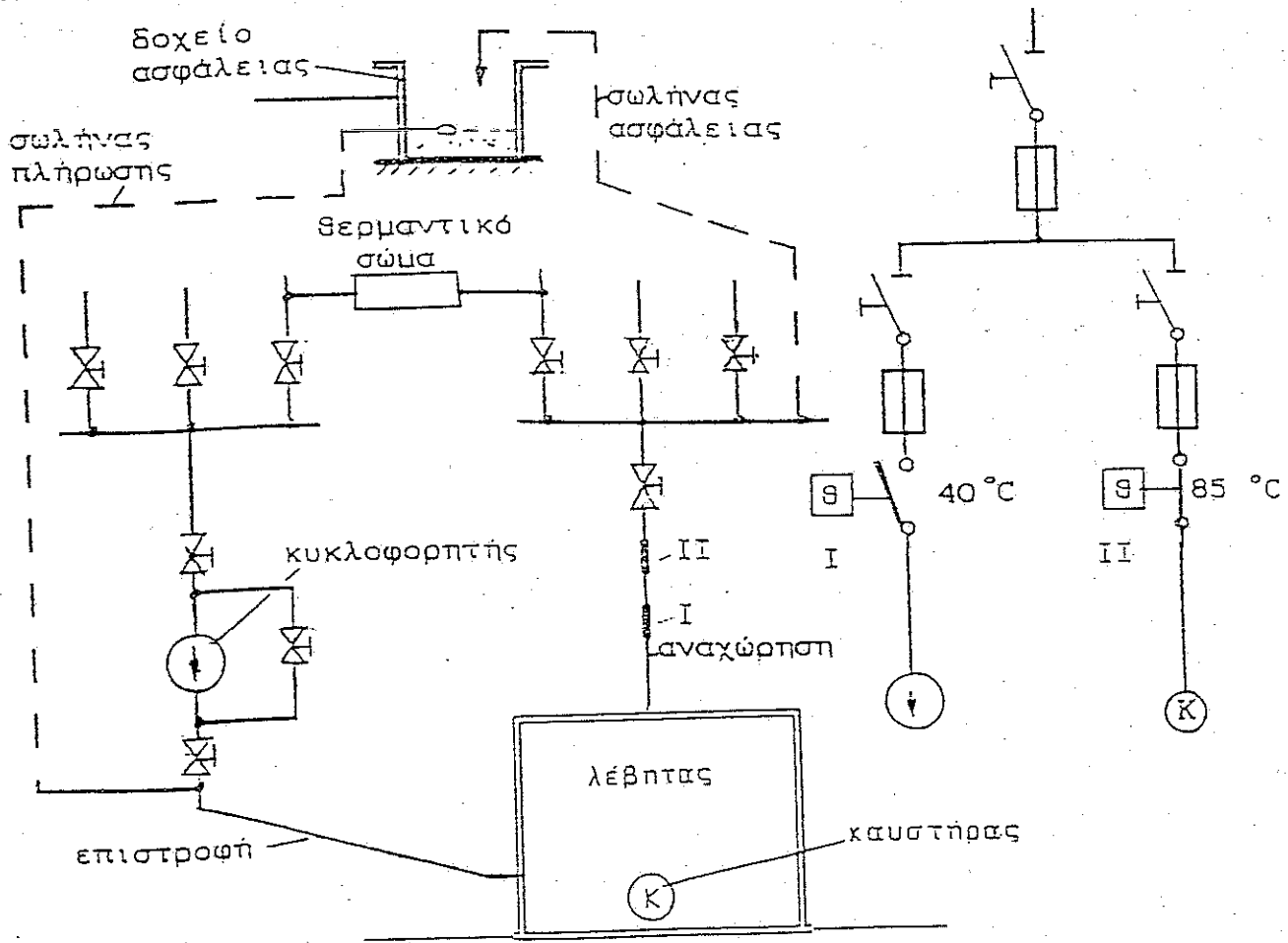
Σχήμα 6.5-2 : Αυτόματη εκκίνηση  
κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα  
μέ αντιστάσεις εκκίνησης , που  
τίθενται σε λειτουργία μέσω των  
χρονοδιακοπών ( $t_1$ ,  $t_2$  και  $t_3$ ).  
A , A1 , A2 και A3 : αυτόματοι  
διακόπτες

## 7. Βοηθητικές επαφές (ή βοηθητικοί διακόπτες)

### 7.1. Οι θερμικές επαφές και θερμοστάτες

Οι θερμικές επαφές (κλειστές ή ανοικτές) είναι ένα είδος διακόπτη, η κατάσταση λειτουργίας του οποίου αλλάζει υπό την επίδραση της θερμοκρασίας. Οι θερμοστάτες είναι ρυθιζόμενες θερμικές επαφές. Ο θερμοστάτης του φούρνου της ηλεκτρικής κουζίνας, ή ο θερμοστάτης του θερμοσίφωνα, είναι μία κλειστή ρυθιζόμενη θερμική επαφή, που ανοίγει το κύκλωμα (διακόπτεται η λειτουργία της συσκευής) μετά από την επιθυμητή θερμοκρασία λειτουργίας. Όταν στη συνέχεια η θερμοκρασία λειτουργίας γίνει μικρότερη από την επιθυμητή, τότε κλείνει η θερμική επαφή και η συσκευή επαναλειτουργεί.

Ένα παράδειγμα ευρύτατης εφαρμογής των θερμοστατών δίνεται στο σχήμα 7.1-1. Σύμφωνα με αυτό ο θερμοστάτης I θέτει σε λειτουργία τον κυκλοφορητή π.χ στους 40 °C, ενώ ο θερμοστάτης II διακόπτει την λειτουργία του καυστήρα στη θερμοκρασία π.χ. των 85 °C.



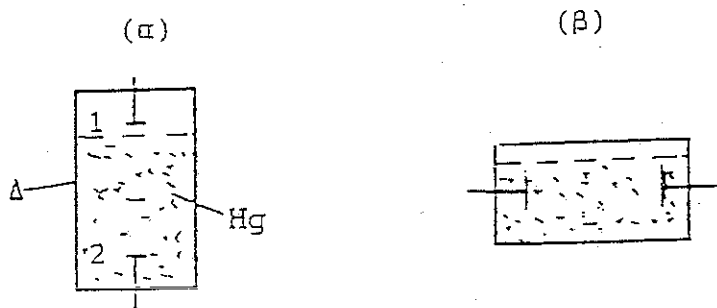
Σχήμα 7.1-1 : Παράδειγμα χρησιμοποίησης θερμοστατών σε ένα δίκτυο θέρμανσης με ζεστό νερό.

☐ : γενικό σύμβολο χειρισμού λόγω θερμοκρασίας

2. Διακόπτες (ή επαφές) τύπου πλωτήρα ή στάθμης

Πρόκειται για κλειστές ή ανοικτές επαφές, που αλλάζουν την θέση λειτουργίας τους, όταν επιπλέουν σε ένα υγρό. Η αρχή λειτουργίας τους εξετάζεται παρακάτω σε ένα παράδειγμα υδραργυρικού διακόπτη.

Η αρχή λειτουργίας των υδραργυρικών επαφών (ή υδραργυρικών διακοπών) βασίζεται στην αγωγή ή μη σύνδεση δύο ηλεκτροδίων μέσω του υδραργύρου, ανάλογα με τη θέση ενός μονωτικού ( $\Delta$ ), που περιλαμβάνει τα ηλεκτρόδια (1, 2) και τον υδράργυρο (σχήμα 7.2-1). Όταν π.χ. το μονωτικό δοχείο είναι σε κατακόρυφη θέση, τότε ο



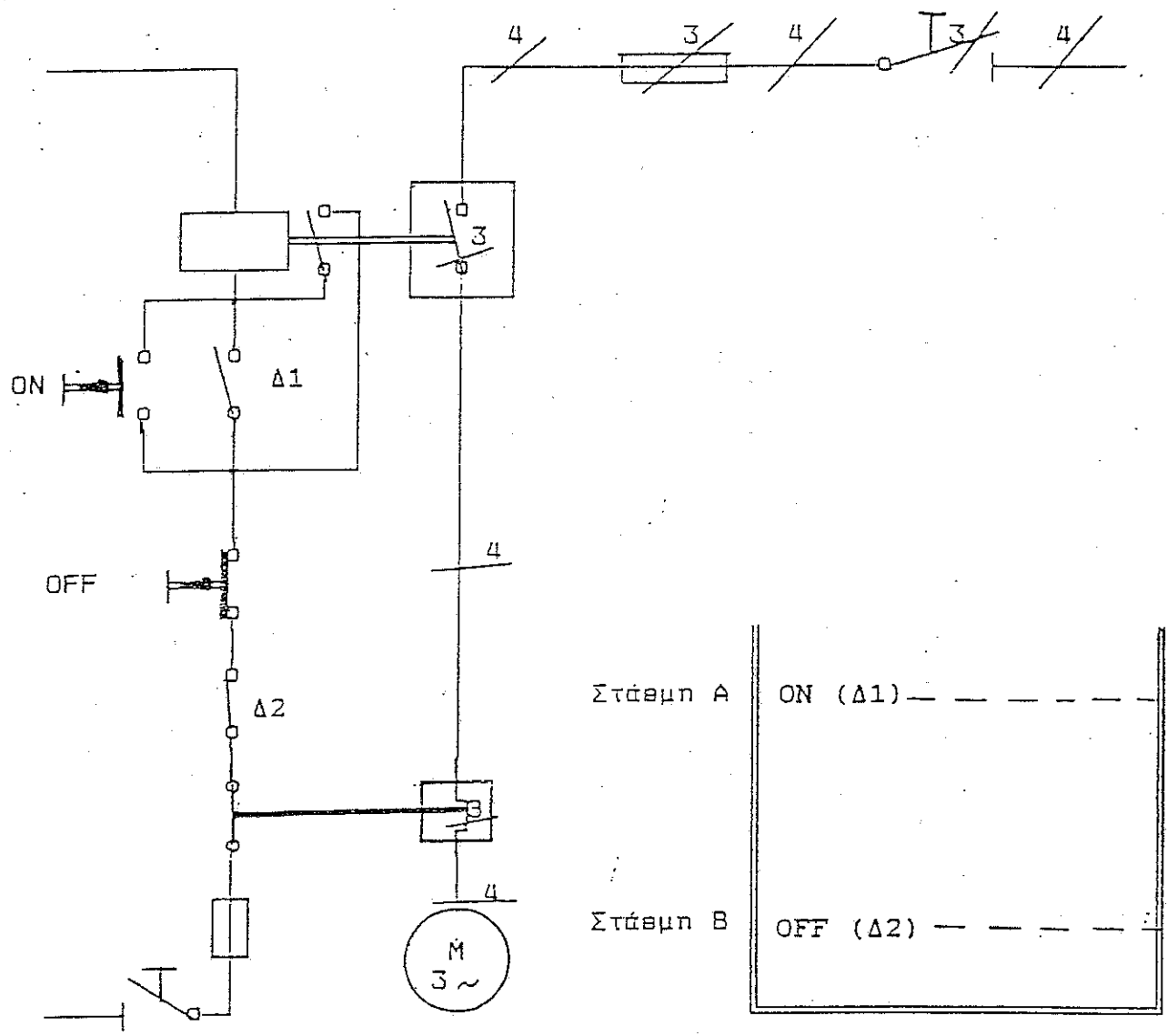
Σχήμα 7.2-1 : Αρχή λειτουργίας της υδραργυρικής επαφής  
 $\Delta$  : δοχείο από μονωτικό υλικό  
1, 2 : ηλεκτρόδια  
Hg : υδράργυρος  
(α) : κατακόρυφη θέση (κατάσταση λειτουργίας : η επαφή είναι ανοικτή)  
(β) : οριζόντια θέση (κατάσταση λειτουργίας : η επαφή είναι κλειστή)

όγκος του υδραργύρου καλύπτει μόνο το ηλεκτρόδιο 2 και επομένως το σύστημα επενεργεί ως μία ανοικτή επαφή. Σε περίπτωση όμως, που το μονωτικό δοχείο έχει την οριζόντια θέση, τότε ο υδράργυρος συνδέει αγωγή τα δύο ηλεκτρόδια, με αποτέλεσμα να λειτουργεί η διάταξη ως κλειστή επαφή.

Σε άλλου είδους διακόπτες τύπου πλωτήρα, η αγωγή ή μη σύνδεση των ηλεκτροδίων (ανάλογα με το είδος της επαφής) επιτυγχάνεται μέσω μίας μεταλλικής σφαίρα η οποία μετακινείται κατά την επίπλευση του μονωτικού δοχείου, που περιλαμβάνει το σύστημα της επαφής.

Παρακάτω εξετάζεται ένα παράδειγμα διακοπών στάθμης σε μία δεξαμενή (σχήμα 7.2-2). Υποτίθεται ότι ο διακόπτης  $\Delta 1$  είναι μία επαφή που κλείνει στην στάθμη Α του υγρού και ο  $\Delta 2$  μία επαφή που ανοίγει στην στάθμη Β του υγρού. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω διακοπών με έναν αυτόματο διακόπτη δίνει τη δυνατότητα της αυτόματης άντλησης του υγρού. Πράγματι, όταν το υγρό έχει τη στάθμη Α τότε κλείνει η επαφή  $\Delta 1$ , με αποτέλεσμα να σπλίσει το πηνίο του αυτόματου διακόπτη και να κλείσει η επαφή αυτοσυγκράτησής του. Η αντλία θα σταματήσει να εργάζεται στη στάθμη Β, όταν η επαφή  $\Delta 2$  διακόψει την παροχή τάσης στο πηνίο του αυτόματου διακόπτη. Ο κύ-

κλος αυτός λειτουργίας της αντλίας επαναλαμβάνεται , όταν το υγρό φτάσει πάλι στη στάθμη Α.  
 Σημειώνεται ότι τα πλήκτρα ON και OFF στο κύκλωμα του πηνίου του αυτόματου διακόπτη χρησιμεύουν για τη χειροκίνητη λειτουργία της αντλίας , όπως π.χ. σε περίπτωση βλάβης στο σύστημα των πλωτήρων στάθμης ή σε εργασίες συντήρησης.



Σχήμα 7.2-2 : Παράδειγμα αυτόματης άντλησης ενός υγρού με τη βοήθεια δύο επαφών τύπου πλωτήρα.

Ο υπολογισμός της ισχύος P της παραπάνω υποβρύχιας αντλίας γίνεται από την σχέση:

$$P = \frac{Q H \gamma}{102 \eta} \quad (7.2-1)$$

όπου: Q η παροχή σε m<sup>3</sup>/h , H το ύψος άντλησης σε m , γ η πυκνότητα του αντλούμενου υγρού σε kg/m<sup>3</sup> και η ο βαθμός απόδοσης (η ≈ 0,6).

**8. Υπολογισμοί σε κυκλώματα κίνησης και απλά μηχανικά μέσα μετάδοσης της κίνησης**

**8.1. Διατομή αγωγών και ασφάλειες**

Οι ασφάλειες προστατεύουν τις γραμμές από υπερφορτίσεις. Στην ονομαστική ένταση των ασφαλειών αντιστοιχούν οι ελάχιστες διατομές αγωγών κατά τον πίνακα 8.1-1. Οι βιδωτές ασφάλειες διακρίνονται σε

| Διατομή αγωγού<br>σε. mm <sup>2</sup> | ΟΜΑΔΑ I   |                  | ΟΜΑΔΑ II  |                  | ΟΜΑΔΑ III |                  |
|---------------------------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|
|                                       | I<br>σε Α | ασφάλεια<br>σε Α | I<br>σε Α | ασφάλεια<br>σε Α | I<br>σε Α | ασφάλεια<br>σε Α |
| 1                                     | 12        | 10               | 16        | 15               | 20        | 20               |
| 1,5                                   | 16        | 15               | 20        | 20               | 25        | 25               |
| 2,5                                   | 21        | 20               | 27        | 25               | 34        | 35               |
| 4                                     | 27        | 25               | 36        | 35               | 45        | 50               |
| 6                                     | 35        | 35               | 47        | 50               | 57        | 60               |
| 10                                    | 48        | 50               | 65        | 60               | 78        | 90               |
| 16                                    | 65        | 60               | 87        | 80               | 104       | 100              |
| 25                                    | 88        | 80               | 115       | 100              | 137       | 125              |
| 35                                    | 110       | 100              | 143       | 125              | 168       | 160              |
| 50                                    | 140       | 125              | 178       | 160              | 210       | 200              |
| 70                                    |           |                  | 220       | 225              | 260       | 260              |
| 95                                    |           |                  | 265       | 260              | 310       | 300              |

Θ ε ρ μ ο κ ρ α σ ί α   π ε ρ ι β á λ λ ο ν τ ο ς : 25 °C.

Πίνακας 8.1-1 : Ονομαστικό ρεύμα καλωδίων χαλκού και μέγιστη ασφάλεια στους 25 °C (κατά VDE 0100).

ΟΜΑΔΑ I : μέχρι τρία μονοπολικά καλώδια σε σωλήνα.

ΟΜΑΔΑ II : πολυπολικά καλώδια στον αέρα, πεπλατισμένα καλώδια και εύκαμπτα καλώδια.

ΟΜΑΔΑ III : μονοπολικά καλώδια στον αέρα

| Γιά θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 25 °C |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| θερμοκρασία σε °C                      | 30  | 35  | 40  | 50  | 55  |
| μείωση του φορτίου στο:                | 92% | 85% | 75% | 53% | 38% |

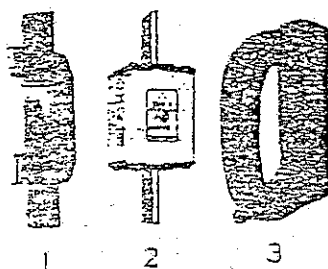
ταχείας και βραδείας τήξης. Οι ασφάλειες βραδείας τήξης είναι λιγότερο εύαισθητες σε απότομες μεταβολές του φορτίου, από ότι οι ασφάλειες ταχείας τήξης. Οι ασφάλειες μαχαιρωτού τύπου (ασφάλειες NH, κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς) χρησιμοποιούνται σε τιμές ρεύματος μεγαλύτερες από 35 A (ασφάλειες υψηλής ισχύος). Οι ασφάλειες NH είναι βραδείας τήξης. Παρουσιάζουν μικρή αντίσταση διάβα-

-84

σης (αντίσταση της επαφής μεταξύ της ασφάλειας και της βάσης της) και καλύτερη συμπεριφορά στους χειρισμούς, από τις βιδωτές ασφάλειες. Η τοποθέτηση των μαχαιρωτών ασφαλειών στην ασφαλειοθήκη τους γίνεται με ειδική λαβή, που έχει μονωτική επένδυση (σχήμα 8.1-2).

Σχήμα 8.1-2 : Μαχαιρωτή ασφάλεια με την ασφαλειοθήκη της.

- 1 : βάση (ασφαλειοθήκη)
- 2 : ασφάλεια
- 3 : λαβή



Οι ονομαστικές τιμές των βιδωτών ασφαλειών είναι από 6 A έως 200 A και των μαχαιρωτών 25 έως 1000 A.

Για τη προστασία ενός κινητήρα από υπερεντάσεις ( υπερφορτίσεις) μέσω ασφαλειών, θα πρέπει η ονομαστική ένταση της ασφάλειας να ανταποκρίνεται σε εκείνη του κινητήρα. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό να γίνει γιατί η διαβάθμιση των ασφαλειών είναι τυποποιημένη και το ρεύμα κατά την εκκίνηση έχει μεγαλύτερη τιμή από το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα.

Στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, που λειτουργούν χωρίς εκκινητή ( χωρίς διακόπτη αστέρα-τρίγωνο, αντιστάσεις εκκίνησης, κ.λ.π.) το ρεύμα εκκίνησης είναι περίπου 6 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό ( $I_n$ ). Στην περίπτωση αυτή ισχύει για ασφάλειες ταχείας τήξης:

$$I_a = 2,5 I_n \quad (8.1-1)$$

και για ασφάλειες βραδείας τήξης είναι:

$$I_a = 1,5 I_n \quad (8.1-2)$$

όπου  $I_a$  το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας. Όπως φαίνεται από τις σχέσεις αυτές, οι ασφάλειες βραδείας τήξης πλεονεκτούν, ως προς εκείνες της ταχείας τήξης, γιατί το ονομαστικό τους ρεύμα είναι μικρότερο (και επομένως πλησιέστερο προς εκείνο του κινητήρα), με αποτέλεσμα να χρειάζεται μικρότερη διατομή αγωγού για τη γραμμή του κινητήρα (πίνακας 8.1-1). Για έναν π.χ. τριφασικό κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα ισχύος 4 kW, που λειτουργεί χωρίς εκκινητή, υπολογίζονται οι παρακάτω τιμές για τις ασφάλειες και τη διατομή των αγωγών προς τον κινητήρα:

- 1) Ασφάλεια ταχείας τήξης :  $2,5 \cdot 8,7 = 21,7$  A, δηλαδή 25 A. Η διατομή του αγωγού, κατά τον πίνακα 8.1-1 (ομάδα I) είναι:  $4 \text{ mm}^2$
- 2) Ασφάλεια βραδείας τήξης :  $1,5 \cdot 8,7 = 13$  A, δηλαδή 15 A. Η διατομή του αγωγού (πίνακας 8.1-1, ομάδα I) είναι :  $1,5 \text{ mm}^2$ .

Στους τριφασικούς κινητήρες, που λειτουργούν μέσω διακόπτη αστέρα-τρίγωνο, τους δακτυλοφόρους κινητήρες καθώς και τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, ενδείκνυνται ( όπως και προηγουμένως ) οι ασφάλειες βραδείας τήξης. Στις περιπτώσεις αυτές η ονομαστική τιμή των ασφαλειών υπολογίζεται από την σχέση :

$$I_a = 2 I_n \quad (8.1-3)$$

Στον πίνακα 8.1-2 δίνονται τιμές ασφαλειών βραδείας τήξης, ανάλογα με την ισχύ του κινητήρα, την τάση λειτουργίας του και την διαδικασία εκκίνησης.

| Όνομαστική ισχύς κινητήρα |       | Όνομαστικό ρεύμα του κινητήρα (περίπου) |       | Ασφάλεια βραδείας τήξης σε Α                            |       | για εκκίνηση με διακόπτη αστέρα-τρίγωνο και δακτυλιοφόρους κινητήρες |
|---------------------------|-------|---|-------|---|-------|--|
|                           |       | σε Α                                    |       | για απευθείας εκκίνηση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα |       |  |
| σε kW                     | σε PS | 220 V                                   | 380 V | 220 V   | 380 V |  |
| 0,125                     | 0,17  | 0,69                                    | 0,4   | 2   | 2     |  |
| 0,18                      | 0,24  | 0,95                                    | 0,55  | 2   | 2     |  |
| 0,25                      | 0,33  | 1,28                                    | 0,74  | 2   | 2     |  |
| 0,37                      | 0,50  | 1,82                                    | 1,05  | 4   | 2     |  |
| 0,55                      | 0,75  | 2,6                                     | 1,48  | 4   | 4     |  |
| 0,80                      | 1,09  | 3,6                                     | 2,1   | 6   | 4     |  |
| 1,1                       | 1,5   | 4,7                                     | 2,7   | 10  | 6     |  |
| 1,5                       | 2,04  | 6,2                                     | 3,6   | 10  | 6     |  |
| 2,2                       | 3     | 8,7                                     | 5,0   | 15  | 10    |  |
| 3                         | 4,1   | 11,6                                    | 6,7   | 20  | 10    |  |
| 4,0                       | 5,4   | 15,1                                    | 8,7   | 25  | 15    |  |
| 5,5                       | 7,5   | 21                                      | 12    | 35  | 20    |  |
| 7,5                       | 10,2  | 28                                      | 16    | 50  | 25    |  |
| 11                        | 15    | 40                                      | 23    | 60  | 35    |  |
| 15                        | 20,4  | 53                                      | 31    | 80  | 50    |  |
| 22                        | 30    | 76                                      | 44    | 100   | 60    |  |
| 30                        | 41    | 100                                     | 59    | 125   | 80    |  |
| 38                        | 52    | 130                                     | 74    | 160   | 100   |  |
| 50                        | 68    | 165                                     | 95    | 200   | 125   |  |

το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας είναι διπλάσιο από εκείνο του κινητήρα

Πίνακας 8.1-2 : Ονομαστική τιμή των ασφαλειών βραδείας τήξης για κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος.

### 8.2. Μέσα προστασίας των κινητήρων

Τα μειονεκτήματα των ασφαλειών ( λόγω των οποίων δεν προστατεύουν τους κινητήρες , παρά μόνο κατά το βραχυκύκλωμα ) είναι τα παρακάτω :

- έχουν χονδρική διαβάθμιση (τυποποίηση) και γι' αυτό η ονομαστική τιμή τους δεν ανταποκρίνεται προς εκείνη του κινητήρα
- τήκονται σε απότομες υπερφορτίσεις μικρής χρονικής διάρκειας , οι οποίες δεν δημιουργούν προβλήματα στον κινητήρα
- η τήξη της μίας ασφάλειας στη γραμμή ενός τριφασικού κινητήρα σημαίνει μονοφασική λειτουργία του, με αποτέλεσμα την μείωση της ισχύος του.
- σε περίπτωση αποκατάστασης της τάσης, μετά από απρόβλεπτη διακοπή της, επαναλειτουργούν οι κινητήρες, με ενδεχόμενους κινδύνους, λόγω της εκκίνησης αυτής.

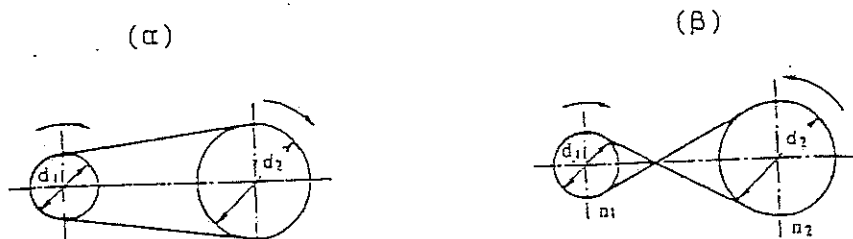
Τα μειονεκτήματα αυτά των ασφαλειών οδήγησαν στη κατασκευή των αυτόματων διακοπών , μέσω των οποίων παρέχονται οι παρακάτω δυνατότητες προστασίας :

- προστασία έναντι βραχυκυκλώματος,
- προστασία έναντι μονοφασικής λειτουργίας,
- προστασία έναντι υπερφόρτισης,
- προστασία από λάθη χειρισμών (αλυσίδες εκκίνησης), και
- προστασία έναντι επαναλειτουργίας σε περίπτωση διακοπής της τάσης

Γιὰ την προστασία έναντι υπερφορτίσεων (υπερεντάσεων), χρησιμοποιούνται τα θερμικά (σχήματα 6-1 έως 6-5), τα οποία ρυθμίζονται στο ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα. Τα θερμικά δεν προστατεύουν τον κινητήρα από στιγμιαίες υπερφορτίσεις του, αλλά διακόπτουν τη λειτουργία του σε υπερφορτίσεις, που διαρκούν, οι οποίες θα προκαλούσαν βλάβη του.

### 8.3. Συνήθειες μέθοδοι ηλεκτροκίνησης με ιμάντες

Στο σχήμα 8.3-1 δείχνονται απλοποιημένα οι δύο μέθοδοι μετάδοσης της κίνησης από τη μικρή τροχαλία στη μεγάλη , μέσω ενός ιμάντα. Η μετάδοση της κίνησης επιτυγχάνεται διά της τριβής . Γι' αυτό





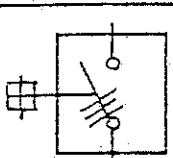


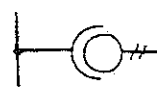



Σχήμα 8.3-1 : Μετάδοση της κίνησης με ιμάντα.  
α : ανοικτή διάταξη (οι τροχαλίες έχουν την ίδια φορά περιστροφής).  
β : διασταυρωμένη διάταξη (οι τροχαλίες έχουν αντίθετη φορά περιστροφής).



9. Τύποι παροχής μέσης τάσης της Δ.Ε.Η. και υποσταθμοί μέσης τάσης των πελατών της Δ.Ε.Η.

9.1. Διακοπτες και ασφάλειες στη μέση τάση

| Είδος εξοπλισμού                                    | Σύμβολο   | Σκοπός χρησιμοποίησης   |
|---|---|---|
| Τριπολικός αποζεύκτης                               |    | Απομονώνει από την παροχή ένα κύκλωμα, που έχει ήδη τεθεί εκτός τάσης (δεν έχει ισχύ διακοπής)                                    |
| Τριπολικός γειωτής                                  |   | Γειώνει ένα κύκλωμα μετά την αποζευξη (δεν έχει ισχύ διακοπής)  |
| Τριπολικός διακόπτης φορτίου                        |  | Μπορεί να χειρίζεται κανείς ένα φορτίο με ισχύ μέχρι την ονομαστική ισχύ (ή ισχύ διακοπής) του διακοπτη αυτού                     |
| Ασφάλεια μέσης τάσης                                |  | Προστασία από το βραχυκύκλωμα   |
| Τριπολικός διακόπτης ισχύος (ή αυτόματος διακόπτης) |  | Εκτός απ' τον χειρισμό ενός φορτίου, ανάλογα με το ονομαστικό ρεύμα του διακοπτη, προστατεύει την εγκατάσταση απ' το βραχυκύκλωμα |
| Μονοπολικό ακροκιβώτιο                              |  | Για τις συνδέσεις καλωδίων στους πίνακες  |
| Μετασχηματιστής έντασης                             |  | Για την παροχή τάσης σε κυκλώματα χειρισμών και προστασίας  |
| Μετασχηματιστής τάσης                               |  |   |
| Φωτεινή ένδειξη ύπαρξης της μέσης τάσης:            |   |   |

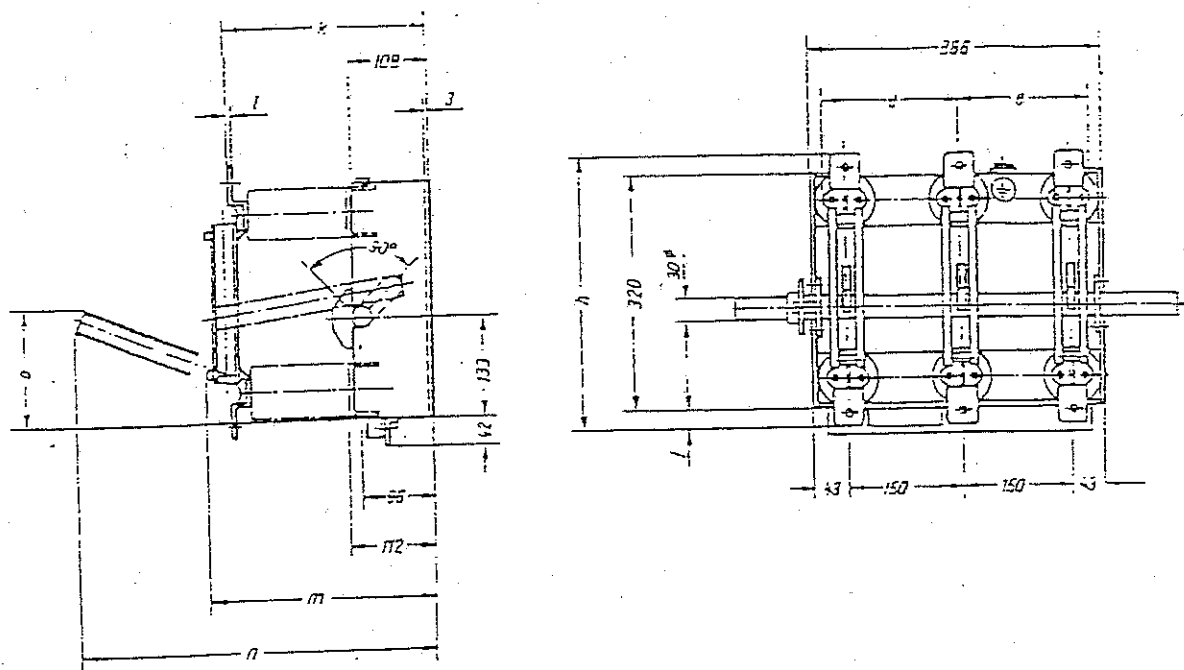
Σχήμα 9.1-1: Σύμβολα βασικού εξοπλισμού σε πίνακες μέσης τάσης

Η ανάγκη για χειρισμούς και προστασία των χειριστών και της εγκατάστασης, οδήγησε σε ορισμένα βασικά είδη διακοπών (σχήμα 9.1-1), που χρησιμοποιούνται στους πίνακες (ή κυβέλες) μέσης τάσης της Δ.Ε.Η. καθώς και σε εκείνους των καταναλωτών μέσης τάσης. Από τον σκοπό, που εξυπηρετεί ένας διακόπτης, ανάλογα με το είδος του

(δίνεται περιληπτικά στο σχήμα 9.1-1), φαίνεται ότι οι διακόπτες ισχύος και οι διακόπτες φορτίου είναι μέσα χειρισμού μίας εγκατάστασης υπό φορτίο, ενώ οι αποzeύκτες και οι γειωτές δεν μπορούν να χειρίζονται υπό φορτίο, γιατί δεν διαθέτουν ισχύ διακοπής. Ο αποzeύκτης χρησιμεύει για την απομόνωση της εγκατάστασης από την τάση και ο γειωτής (που πρέπει να χειρίζεται μόνο μετά την απόzeυξη) για την απομάκρυνση των ηλεκτροστατικών φορτίων της εγκατάστασης. Οι αποzeύκτες και οι γειωτές στους πίνακες χρησιμεύουν, σε συνδυασμό με διάφορα μηχανικά μέσα (κυρίως διαχωριστικά διαφράγματα, που δεν επιτρέπουν την προσπέλαση προς τους υπό τάση ζυγούς ή καλώδια), στην πραγματοποίηση εργασιών συντήρησης και επισκευών υπό συνθήκες ασφάλειας.

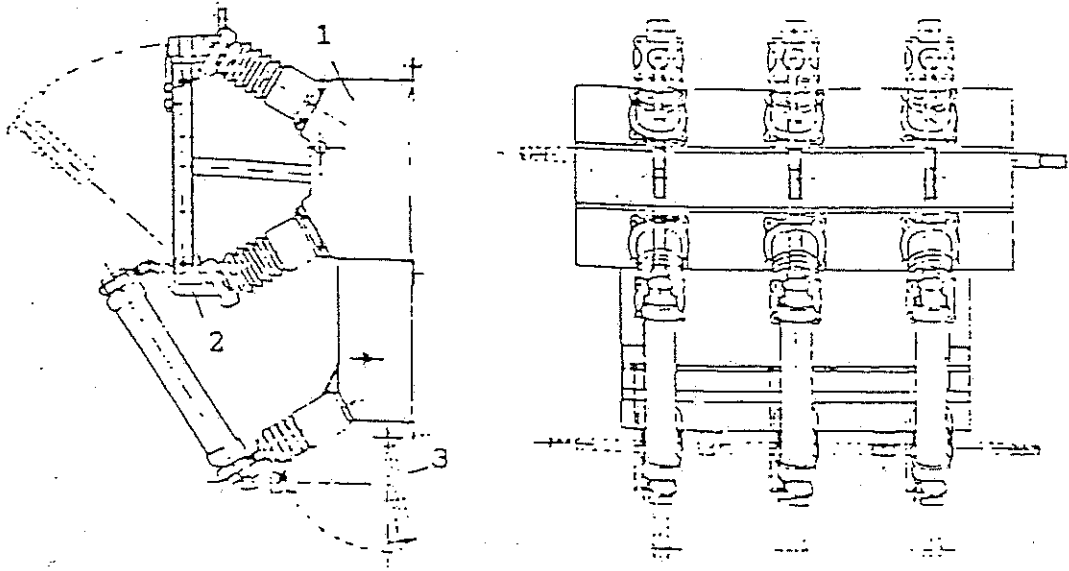
Οι ασφάλειες στους πίνακες μέσης τάσης είναι ένα μέσο προστασίας της εγκατάστασης από το βραχυκύκλωμα. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τον διακόπτη φορτίου (οι διακόπτες ισχύος προστατεύουν οι ίδιοι την εγκατάσταση από το βραχυκύκλωμα και γι' αυτό δεν συνδυάζονται με ασφάλειες).

Στο σχήμα 9.1-2 δίνεται το σχέδιο προσφοράς ενός αποzeύκτη μέσης τάσης. Οι διαστάσεις, που δίνονται με γράμματα καθορίζονται από τα ονομαστικά στοιχεία του διακόπτη. Οι αποστάσεις των ρευματοφόρων μερών από το γειωμένο μεταλλικό περίβλημα και εκείνες μεταξύ ρευματοφόρων μερών (και στις δύο λειτουργικές θέσεις του διακόπτη) ονομάζονται αποστάσεις μόνωσης. Ο αποzeύκτης και οι γειωτές είναι χειροκίνητοι διακόπτες. Ο χειρισμός γίνεται από ένα χειριστήριο, που παρέχει στον χειριστή την απαιτούμενη απόσταση προστασίας από τα υπό τάση μέρη. Το χειριστήριο αυτό θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζει την συγκράτηση (μανδά-



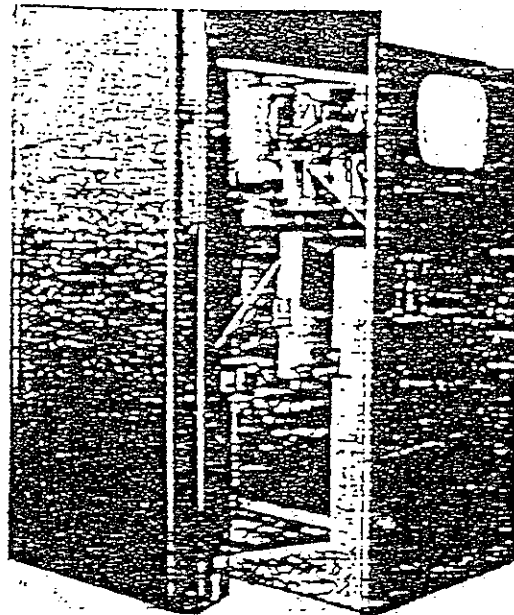
Σχήμα 9.1-2 : Τριπολικός αποzeύκτης μέσης τάσης

λωση) του διακόπτη στην λειτουργική θέση, που τον οδήγησε ο χειριστής.



Σχήμα 9.1-7 : Συνδυασμός ενός διακόπτη φορτίου 20 kV, 400 A (1) με μία ασφαλειοθήκη (2) και έναν γειωτή (3) , ως " ένα είδος διακόπτη".

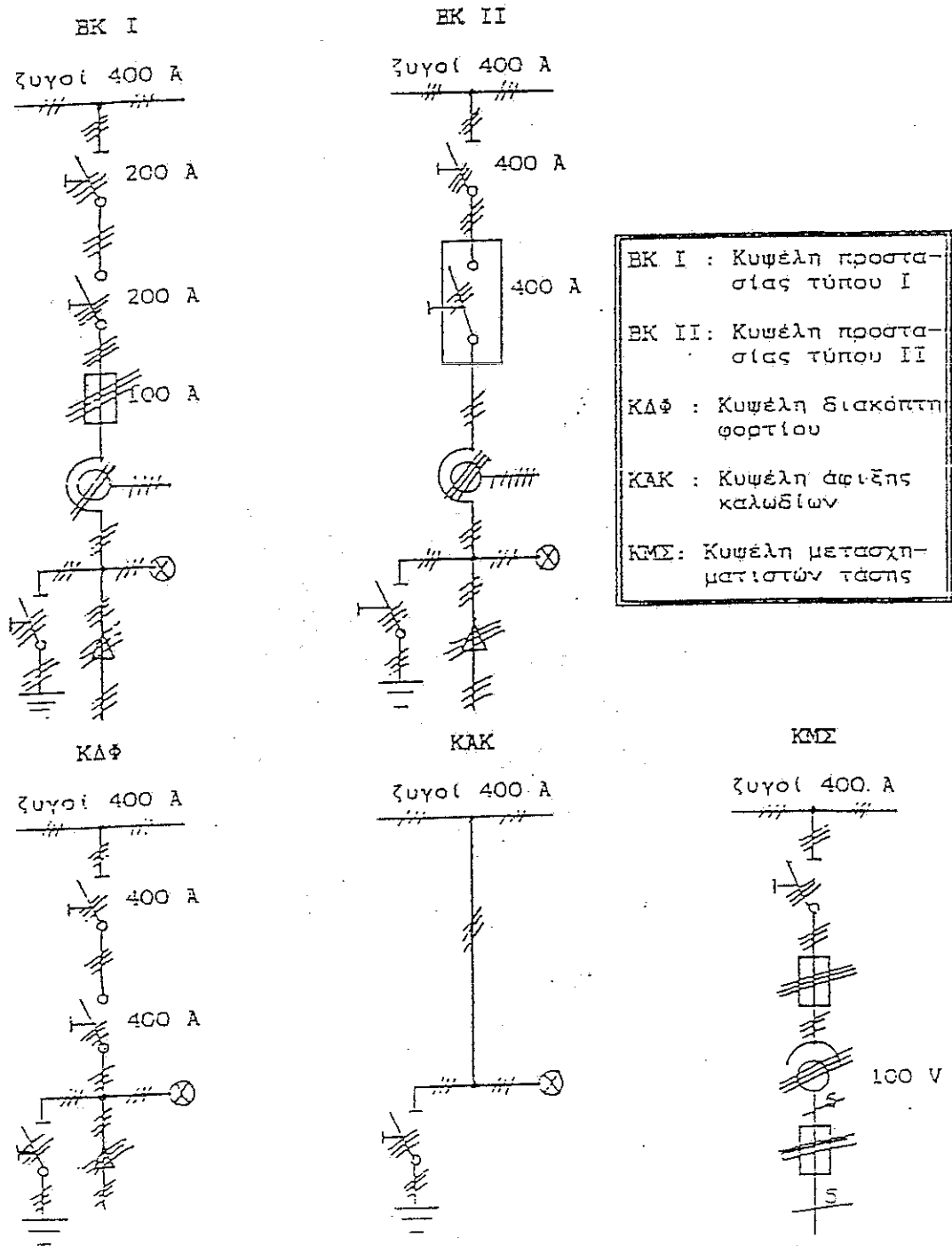
Σχήμα 9.1-8:  
Πίνακας μέσης τάσης με  
αποζεύκτη τύπου φορείου.



9.2. Πίνακες μέσης τάσης του δικτύου της Δ.Ε.Η. & των καταναλωτών

9.2.1 Πίνακες του δικτύου μέσης τάσης της Δ.Ε.Η.

Στο σχήμα 9.2.1-1 δίνονται τα μονογραμμικά σχέδια των πινάκων (ή κυψελών) του δικτύου της Δ.Ε.Η. Εκτός από τους πίνακες αυτούς,



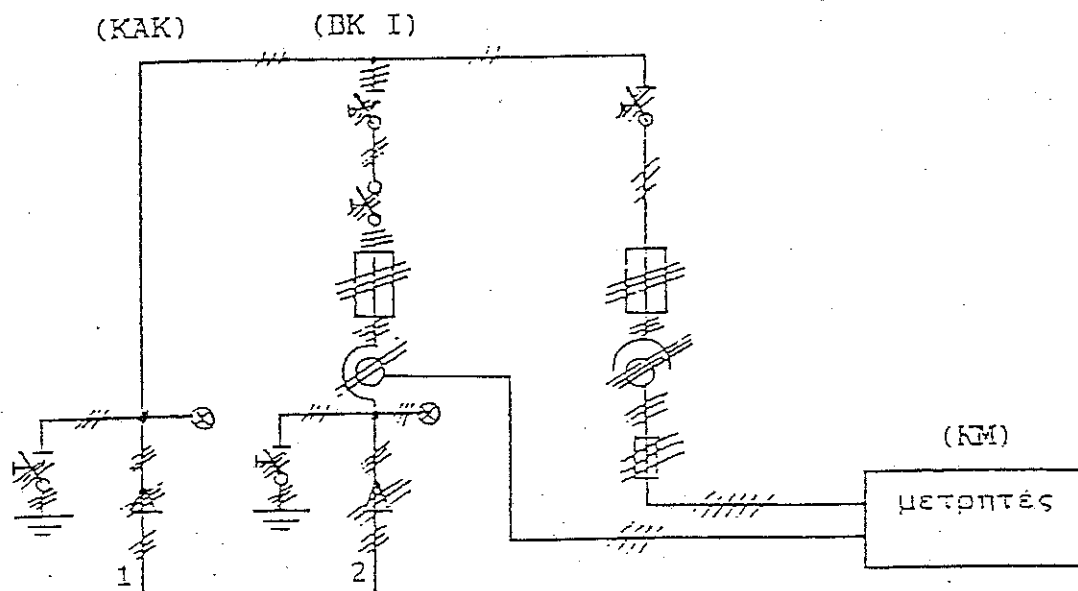
Σχήμα 9.2.1-1 : Πίνακες (κυψέλες) της Δ.Ε.Η. στη μέση τάση

υπάρχει και ένας πίνακας για τη μέτρηση και τη καταγραφή της ισχύος. Στους πίνακες αυτούς συναντά κανείς τα βασικά είδη διακοπών καθώς και τους συνδυασμούς τους, που προαναφέρθηκαν. Οι πίνακες του σχήματος 9.2.1-1 & ο πίνακας για τη μέτρηση και καταγραφή της ισχύος (πίνακας ΚΜ) συναρμολογούνται (σε χώρο που διατίθεται από τον καταναλωτή) σε ένα συγκρότημα πινάκων, το είδος του οποίου εξαρτάται από τις ανάγκες του δικτύου της Δ.Ε.Η. Από το συγκρότημα αυτό τροφοδοτείται ο καταναλωτής, μέσω ενός πίνακα ΒΚ Ι ή ΒΚ ΙΙ. Στον πίνακα 9.2.1-1 δίνονται τα τέσσερα τυποποιημένα είδη συγκροτημάτων μέσης τάσης.

| α/α | Σύστημα τροφοδοσίας  | Περιλαμβάνει                   |
|-----|----------------------|--------------------------------|
| 1   | Βροχοειδές σύστημα Ι | 2 ΚΔΦ + 1 ΒΚ Ι + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ  |
| 2   | >> >> ΙΙ             | 2 ΚΔΦ + 1 ΒΚ ΙΙ + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ |
| 3   | Ακτινικό >> Ι        | 1 ΚΑΚ + 1 ΒΚ Ι + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ  |
| 4   | >> >> ΙΙ             | 1 ΚΑΚ + 1 ΒΚ ΙΙ + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ |

Πίνακας 9.2.1-1 : Συστήματα τροφοδοσίας, μέσω συγκροτημάτων πινάκων, από το δίκτυο μέσης τάσης

Στο σχήμα 9.2.1-2 δίνεται ένα παράδειγμα συστήματος τροφοδοσίας. Πρόκειται για το μονογραμμικό σχέδιο του ακτινικού συστήματος Ι, από τον πίνακα ΒΚ Ι του οποίου τροφοδοτείται ο καταναλωτής μέσης τάσης.

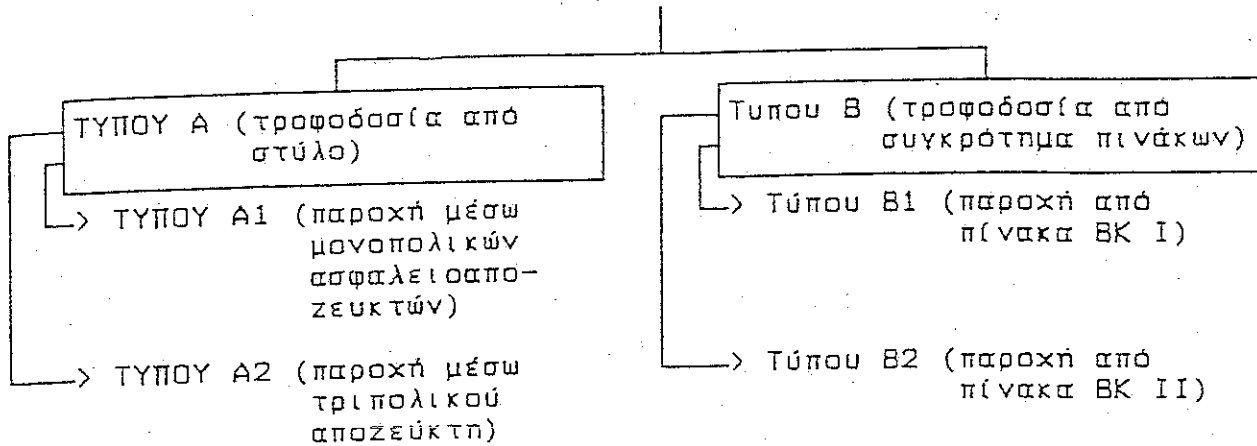


Σχήμα 9.2.1-2 : Ακτινικό σύστημα τροφοδοσίας  
 1 : από το δίκτυο  
 2 : προς τον καταναλωτή

### 9.2.2. Τύποι παροχής μέσης τάσης και υποσταθμοί καταναλωτών

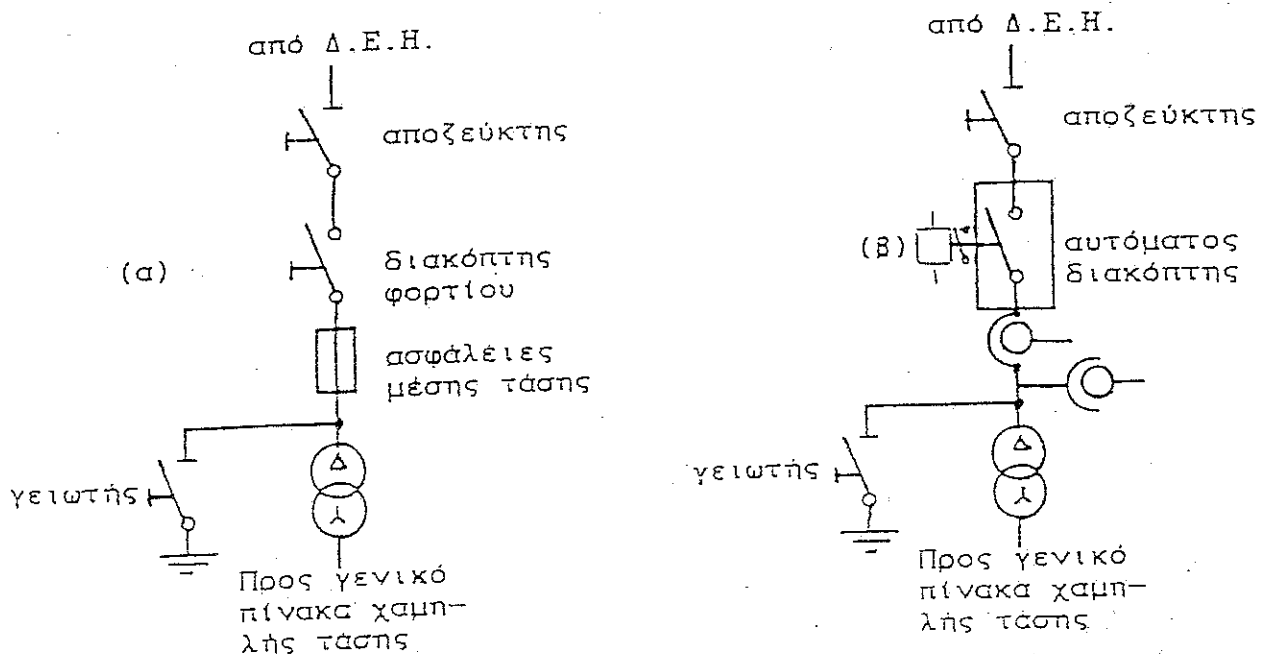
Η μέθοδος παροχής μέσης τάσης από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. προς τους καταναλωτές μέσης τάσης δίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 9.2.2-1.

#### Τύποι παροχής μέσης τάσης

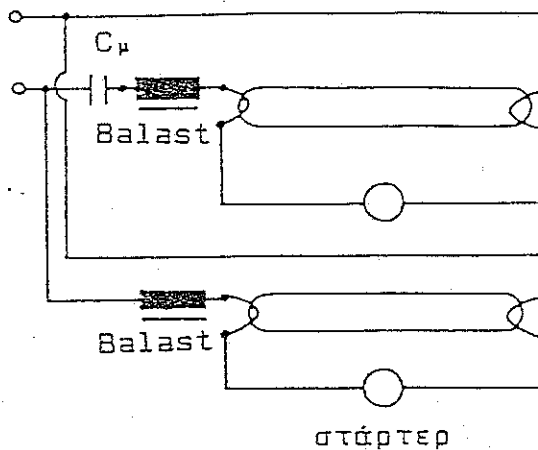


Σχήμα 9.2.2-1 : Τύποι παροχής μέσης τάσης της Δ.Ε.Η.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 9.1. η ανάγκη για χειρισμούς και προστασία των χειριστών και της εγκατάστασης, οδήγησε στα βασικά είδη διακοπών μέσης τάσης, που δίνονται στο σχήμα 9.1-1. Σύμφωνα με το σκεπτικό αυτό, υπάρχουν δύο παραδεκτές περιπτώσεις ιδιωτικών υποσταθμών μέσης τάσης, που δίνονται απλοποιημένα στο σχήμα 9.2.2-2. Παρατηρεί κανείς ότι ο πίνακας στους υποσταθμούς



Σχήμα 9.2.2-2 : Τύποι ιδιωτικών υποσταθμών. (α): μέσω διακόπτη φορτίου και ασφαλειών μέσης τάσης, (β): μέσω αυτόματου διακόπτη.



Σχήμα 14.3.5.1-2

Αντιστάθμιση σε σειρά για κύκλωμα δύο παραλλήλων λυχνιών (συνδεσμολογία DUO)

14.3.5.2. Ατομική αντιστάθμιση λαμπτήρων NEON, υδραργύρου και νατρίου

Και στις λυχνίες αυτές οι τιμή του του συντελεστή ισχύος είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη.

Η τάξη μεγέθους του πυκνωτή αντιστάθμισης είναι :

- για λυχνίες νατρίου από 45 ÷ 140 W : 20 μF
- για λυχνίες υδραργύρου από 50 ÷ 900 W σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

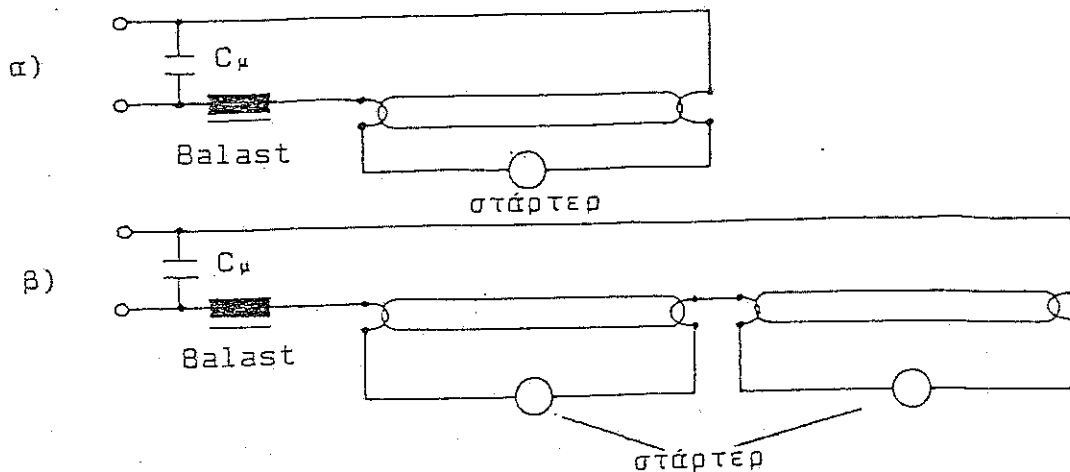
| ισχύς<br>σε W | Cμ<br>σε μF |
|---------------|-------------|
| 50            | 7           |
| 80            | 8           |
| 125           | 10          |
| 250           | 18          |
| 400           | 25          |
| 900           | 60          |

Πίνακας 14.3.5.2-1 : Τάξη μεγέθους πυκνωτών ατομικής αντιστάθμισης για λυχνίες υδραργύρου.

- για λυχνίες NEON ισχύει περίπου :

$$C_{\mu} \approx P_{\text{φαι}} / 25 \quad \text{σε } \mu\text{F} \quad (14.3.5.2-1)$$

όπου P<sub>φαι</sub> η φαινόμενη ισχύς του μετασχηματιστή σε VA ( 100 VA έως 1000 VA ανάλογα με το μετασχηματιστή ).



Σχήμα 14.3.5.1-1 : Ατομική αντιστάθμιση λυχνιτών φορισμού με παράλληλη σύνδεση πυκνωτή προς την παροχή.  
 α) κύκλωμα για μία λυχνία φορισμού  
 β) κύκλωμα για δύο λυχνίες φορισμού

Η τιμή του ατομικού πυκνωτή αντιστάθμισης  $C_{\mu}$  καθορίζονται από την ισχύ του λαμπτήρα φορισμού και τον τύπο του (κατασκευαστή σίκο). Για το λόγο αυτό οι τιμές του παρακάτω πίνακα είναι ενδεικτικές.

|                              |   |   |   |    |    |    |    |     |     |     |    |     |     |    |    |     |
|------------------------------|---|---|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| ισχύς λαμπτήρα φορισμού σε W | 4 | 6 | 8 | 10 | 13 | 14 | 15 | 20  | 22  | 25  | 30 | 32  | 40  | 65 | 90 | 100 |
| $C_{\mu}$ σε $\mu F$         | 2 | 2 | 2 | 2  | 2  | 4  | 4  | 4,5 | 4,5 | 3,5 | 4  | 4,5 | 4,5 | 7  | 20 | 20  |

Πίνακας 13.3.5.1-1: Πυκνωτής αντιστάθμισης για μία λυχνία φορισμού

Σε περίπτωση παράλληλης σύνδεσης δύο λυχνιών (συνδεσμολογία DUO) ο πυκνωτής αντιστάθμισης συνδέεται σε σειρά με το BALAST μίας λυχνίας (σχήμα 13.3.5.1-2). Πρόκειται για μία υπεραντιστάθμιση στην μία λυχνία (χωρητικός χαρακτήρας), λόγω της οποίας αντισταθμίζεται τελικά το επαγωγικό φορτίο του φωτιστικού στο σύνολό του. Λόγω της υπέρτασης, που δημιουργείται, ο πυκνωτής έχει μεγαλύτερη ονομαστική τάση από 220 V. Για το κύκλωμα αυτό ισχύει :

- για λαμπτήρες 40 W/100 :  $C_{\mu} = 4,6 \mu F$  , τάση 420 V.
- για λαμπτήρες 40 W/120 :  $C_{\mu} = 3,75 \mu F$  , τάση 380 V.
- για λαμπτήρες 15 ή 25 W :  $C_{\mu} = 2,6 \mu F$  , τάση 420 V.



-148-

Γιά την αντιστάθμιση μίας ομάδας λαμπτήρων φθορισμού ισχύει η σχέση :

$$P_c = n \cdot C_m \cdot 0,015 \quad \text{σε kVA} \quad (14.3.4-1)$$

όπου  $C_m$  η χωρητικότητα του πυκνωτή σε  $\mu F$  σε περίπτωση ατομικής αντιστάθμισης (βλέπετε πίνακα 14.3.5.1-1 παρακάτω) και  $n$  ο αριθμός των λαμπτήρων.

### Παραδείγματα

#### Παράδειγμα 1

Μία εγκατάσταση φωτισμού περιλαμβάνει 44 λαμπτήρες φθορισμού. Κάθε λαμπτήρας είναι 40 W και έχει μήκος 1,2 m. Ζητείται ο πυκνωτής ομαδικής αντιστάθμισης.

Λύση

Κατά τον πίνακα 14.3.5.1-1 :  $C_m = 4,5 \mu F$

$$P_c = n \cdot C_m \cdot 0,015 = 44 \cdot 4,5 \cdot 0,015 \approx 3 \text{ kVAR}$$

#### Παράδειγμα 2

Δύο κινητήρες 60 kW ο καθένας έχουν  $\cos\phi_1 \approx 0,76$ . Ζητείται ο πυκνωτής ομαδικής αντιστάθμισης.

Λύση

$$P = P_w / \cos\phi_1 = \frac{2,60}{0,76} \approx 158 \text{ kVA}$$

$$P_b = P_w \cdot \tan\phi = 120 \cdot 0,86 \approx 103 \text{ kVAR}$$

Με αντιστάθμιση  $P_b \approx 103 \text{ kVAR}$  η γραμμή, που έχει κατασκευασθεί για λειτουργία χωρίς πυκνωτές αντιστάθμισης είναι κατάλληλη για 158 kVA.

### 13.3.5. Ατομική αντιστάθμιση

Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται σε εγκαταστάσεις φωτισμού με λάμπες φθορισμού, ΝΕΟΝ, υδραργύρου και νατρίου.

#### 13.3.5.1. Ατομική αντιστάθμιση σε φωτιστικά με λαμπτήρες φθορισμού

Τα φωτιστικά με λαμπτήρες φθορισμού έχουν, λόγω του στραγγαλιστικού πηνίου (BALAST)  $\cos\phi \approx 0,5$  ( $\phi \approx 60^\circ$ ). Μια απλή λύση αντιστάθμισης είναι ο περιορισμός της άεργης ισχύος στο ίδιο το φωτιστικό (ατομική αντιστάθμιση). Η τοπική αυτή βελτίωση του συντελεστή ισχύος στην τιμή περίπου 0,95 γίνεται μέσω πυκνωτή που συνδέεται παράλληλα προς την παροχή (σχ. 14.3.5.1-1).

~~117~~

Η σύνδεση του συγκροτήματος των παράλληλων πυκνωτών αντιστάθμισης γίνεται στην πλευρά της χαμηλής τάσης. Ενδείκνυται μάλιστα η αντιστάθμιση μέρους της αέργου ισχύος (περίπου η άεργος ισχύς του μετασχηματιστή χωρίς φορτίο) να γίνεται στο δευτερεύον του μετασχηματιστή. Οι υπόλοιποι πυκνωτές αντιστάθμισης συνδέονται με αυτόματο σύστημα στους ζυγούς του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης. Στον πίνακα 14.3.3.1-1 δίνονται, σύμφωνα με οδηγίες κατασκευαστών, ορισμένες τιμές πυκνωτών αντιστάθμισης σε υποσταθμούς.

| P<br>kVA | Συγκρότημα παράλληλων πυκνωτών                    |  |
|----------|---|--|
|          | μόνιμα στη χαμηλή τάση του μετασχηματιστή σε kVAR | στους συλλεκτικούς ζυγούς του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης σε kVAR |
| 250      | 1 x 10  | 100  |
| 315      | 1 x 10  | 100  |
| 400      | 1 x 20  | 150  |
| 630      | 1 x 50  | 200  |
| 1000     | 1 x 70  | 300  |

Πίνακας 14.3.3.1-1 : κεντρική αντιστάθμιση σε υποσταθμούς μέσης τάσης.

#### 14.3.3.2. Αυτόματα κεντρική αντιστάθμιση σε τριφασικές παροχές χαμηλής τάσης

Η τάξη μεγέθους του αυτόματου συγκροτήματος των παράλληλων πυκνωτών σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης δίνεται στον πίνακα 14.3.3.2-1. Οι τιμές του πίνακα αυτού είναι εμπειρικές και γι' αυτό πρέπει να υπολογίζεται ο πυκνωτής αντιστάθμισης (παράγραφος 14.3.)

| ονομαστικό ρεύμα περίπου σε A | Αυτόματο σύστημα πυκνωτή αντιστάθμισης σε kVAR |
|-------------------------------|--|
| 100                           | 60   |
| 160                           | 80   |
| 200                           | 100  |

Πίνακας 14.3.3.2-1 :

Κεντρική αντιστάθμιση σε τριφασικά φορτία χαμηλής τάσης

#### 14.3.4. Ομαδική αντιστάθμιση

Η αντιστάθμιση αυτή γίνεται σε μία ομάδα επαγωγικών φορτίων, όπου υπάρχει το πρόβλημα αύξησης του cosφ, όπως π.χ. : σε έναν υποπίνακα φωτισμού (λόγω φωτιστικών θεορισμού, που δεν έχουν ταπικούς πυκνωτές αντιστάθμισης), στον υποπίνακα κίνησης κάποιων κινητήρων που έχουν μικρό συντελεστή ισχύος κ.λ.π.

β) Με ηλεκτρονικά συστήματα, τα οποία όμως μειονεκτούν έναντι της προηγούμενης μεθόδου ως προς την ευαισθησία που διαθέτει ο κινητήρας.

Η απαιτούμενη ισχύς των πυκνωτών κεντρικής αντιστάθμισης σε μία βιομηχανική εγκατάσταση καθορίζεται με υπολογισμό του μέσου όρου  $\text{tg}\varphi_{1\text{m}}$ , μετά από μετρήσεις της ενεργού ενέργειας ( $W_w$ ) και της αέργου ενέργειας ( $W_b$ ) επί αρκετές ημέρες :

$$\text{tg}\varphi_{1\text{m}} = W_b/W_w \quad (14.3.3-1)$$

Ετσι, με την επιθυμητή τιμή  $\cos\varphi$  υπολογίζεται η απαιτούμενη ισχύς  $P_c$  του συγκροτήματος των πυκνωτών από τη σχέση :

$$P_c = P_{w\text{m}} (\text{tg}\varphi_{1\text{m}} - \text{tg}\varphi) \quad (14.3.3-2)$$

όπου  $P_{w\text{m}}$  ο μέσος όρος της ενεργού ισχύος.  
Για μεγάλες εγκαταστάσεις γίνεται μία προσαύξηση της ενεργού ισχύος κατά 10 έως 25%. Ετσι η ισχύς των πυκνωτών υπολογίζεται από τη σχέση :

$$P_c = 1,1 P_{w\text{m}} (\text{tg}\varphi_{1\text{m}} - \text{tg}\varphi) \text{ έως } 1,25 P_{w\text{m}} (\text{tg}\varphi_{1\text{m}} - \text{tg}\varphi) \quad (14.3.3-3)$$

#### Παράδειγμα

Σύμφωνα με τις ενδείξεις των μετρητών, για 200 ώρες λειτουργίας, είναι :  $W_w = 10000 \text{ kWh}$  και  $W_b = 1500 \text{ kVARh}$ . Ζητείται η ισχύς του απαραίτητου πυκνωτή αντιστάθμισης, για επιθυμητό συντελεστή ισχύος  $\cos\varphi = 0,85$ .

Λύση :

$$P_{w\text{m}} = \frac{10000}{200} + 0,17 \frac{10000}{200} = 58,5 \text{ kW}$$

$$\text{tg}\varphi_{1\text{m}} = \frac{15000}{10000} = 1,5 \quad \text{και} \quad \cos\varphi = 0,56.$$

Για  $\cos\varphi_{1\text{m}} = 0,56$  και  $\cos\varphi = 0,85$  είναι :  $\text{tg}\varphi_{1\text{m}} - \text{tg}\varphi = 0,86$ .

Από τη σχέση 14.3.3-2 έχουμε :  $P_c = 58,5 \cdot 0,86 \approx 50 \text{ kVAR}$ .

#### 14.3.3.1. Κεντρική αυτόματη αντιστάθμιση στον υποσταθμό

##### μέσης τάσης

Η άεργος ισχύς στον υποσταθμό μέσης τάσης (20, 15 και 6,6 KV) είναι της τάξης :

- χωρίς φορτίο : 4%  $P_N$  έως 6%  $P_N$
- με πλήρες φορτίο : 8%  $P_N$  έως 12%  $P_N$

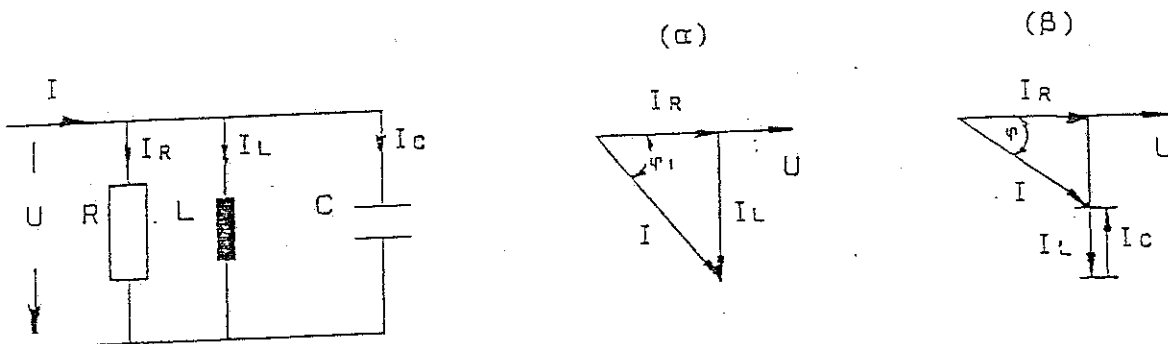
όπου  $P_N$  η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή.

και επομένως η πτώση τάσης  $\Delta U$  και η γωνία  $\psi$  γίνεται μικρότερη ( για λόγους ευστάθειας της γραμμής  $\psi < 20^\circ$  ). Κατά τον τρόπο αυτό δηλαδή, μεταφέρεται με ευστάθεια ( $\psi < 20^\circ$ ) μεγαλύτερη ενέργεια ( περιορίζεται η πτώση τάσης  $\Delta U$  στα ανεκτά όρια ).

### 14.3.2. Αντιστάθμιση με πυκνωτή παράλληλα συνδεδεμένο προς το φορτίο

Η μέθοδος αυτή χρησιμεύει για τη βελτίωση του  $\cos\phi$ , στον καταναλωτή, ως κεντρική ή ομαδική αντιστάθμιση. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε, ότι ο επιθυμητός συντελεστής ισχύος ( $\cos\phi$ ) επιτυγχάνεται με αντιστάθμιση του επαγωγικού ρεύματος  $I_L$  από το χωρητικό  $I_C$ .

Η αντιστάθμιση του είδους αυτού σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις επιτυγχάνεται με ομάδα παράλληλων πυκνωτών (παράγρ. 14.3.3). Για το είδος της αντιστάθμισης αυτής ισχύουν (όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα) οι σχέσεις 14.1-2, 14.2-2.



Σχήμα 14.3.2-1 : Προς επεξήγηση της αντιστάθμισης με παράλληλο πυκνωτή.

- R, L : επαγωγικό φορτίο
- C : πυκνωτής αντιστάθμισης
- α) χωρίς αντιστάθμιση
- β) με αντιστάθμιση

### 14.3.3. Κεντρική αντιστάθμιση

Η κεντρική αντιστάθμιση γίνεται με αυτόματο σύστημα παράλληλων πυκνωτών, μέσω του οποίου επιτυγχάνεται :

- 1) ζεύξη ανάλογου αριθμού πυκνωτών.
- 2) απόζευξη σε περίπτωση χωρητικής συμπεριφοράς του καταναλωτή κατά την αντιστάθμιση.

Η ζεύξη και η απόζευξη πυκνωτών, ανάλογα με την εκάστοτε απαιτούμενη αντιστάθμιση, γίνεται :

- α) Με ένα μικρό κινητήριο κατά τη μέθοδο FERRARI. Ανάλογα δηλαδή με την προπορεία ή κλασματότητα του ρεύματος ως προς την τάση, στρέφεται ο κινητήρας δεξιά ή αριστερά (αλλάζει η διέγερση).

ο συντελεστής :

$$K_\alpha = \operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi$$

(14.2-3)

ονομάζεται συντελεστής αναπροσαρμογής.

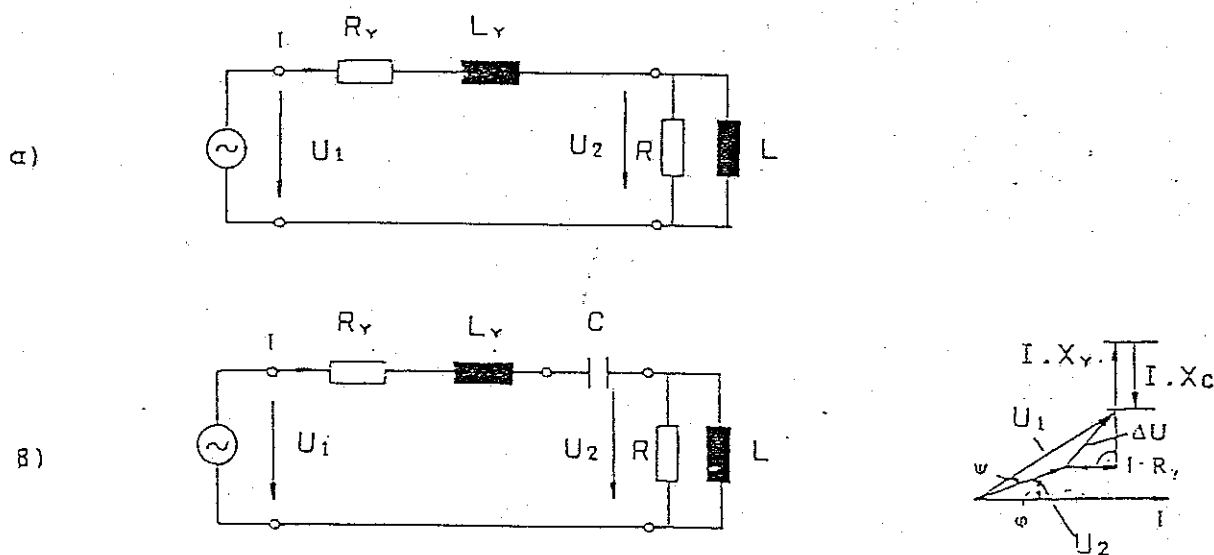
### 14.3. Είδη χωρητικής αντιστάθμισης

Η μείωση της αέργου ισχύος  $P_B$  με πυκνωτή αντιστάθμισης διακρίνεται :

1. ως προς τον τρόπο σύνδεσης του πυκνωτή με το επαγωγικό φορτίο:
  - σύνδεση σε σειρά, και
  - σύνδεση παράλληλα
2. ως προς την περιοχή σύνδεσης του πυκνωτή στο δίκτυο :
  - κεντρική αντιστάθμιση (στην κεντρική παροχή),
  - ομαδική αντιστάθμιση (σε επιμέρους παροχή, π.χ. στον υποπίνακα φωτισμού, λόγω φωτιστικών φθορισμού), και
  - ατομική αντιστάθμιση (αντιστάθμιση για κάθε φορτίο ξεχωριστά, π.χ. στα φωτιστικά φθορισμού)

#### 14.3.1. Αντιστάθμιση με πυκνωτή σε σειρά συνδεδεμένο με το φορτίο

Στην περίπτωση αυτή ο πυκνωτής διαρρέεται από το ισχυρό ρεύμα της εγκατάστασης. Το είδος αυτό της αντιστάθμισης χρησιμεύει κυρίως στη σταθεροποίηση δικτύων μεταφοράς της ενέργειας (βλέπετε σχήμα 14.3.1-1), στη ρύθμιση μεταβολών της τάσης στο δίκτυο και τη διατήρηση της συμμετρίας σε φορτία με μεγάλες μεταβολές.



Σχήμα 14.3.1-1 : Προς επεξήγηση της χωρητικής αντιστάθμισης της γραμμής μεταφοράς ( $R_Y, L_Y$ ).  
 α) γραμμή μεταφοράς ( $R_Y, L_Y$ ) χωρίς αντιστάθμιση.  
 β) γραμμή μεταφοράς ( $R_Y, L_Y$ ) με αντιστάθμιση.

Από τα διαγράμματα των τάσεων και εντάσεων παρατηρούμε ότι με τη σε σειρά σύνδεση του πυκνωτή C, μειώνεται η άεργος ισχύς της γραμμής

γι' αυτό και έχει καθιερώσει την ταρλίφα :

$$\cos\phi \geq 0,85$$

(14.1-6)

Για τιμές  $\cos\phi < 0,85$ , ο καταναλωτής πληρώνει δηλαδή την άεργο ισχύ (κάτι που δεν τον συμφέρει) και για το λόγο αυτό είναι αναγκασμένος να βελτιώσει το  $\cos\phi$  της εγκατάστασής του. Το πηλίκο:

$$K = \cos\phi / \cos\phi_1$$

(14.1-7)

(όπου  $\cos\phi_1$  ο μετρούμενος συντελεστής ισχύος σε έναν καταναλωτή) ονομάζεται συντελεστής προσαρμογής. Με το συντελεστή αυτό και το μέγιστο της ενεργού ισχύος του καταναλωτή (από την καταγραφή της ενεργού ισχύος για ένα μήνα) βρίσκεται η επιπλέον ισχύς, που πληρώνεται επιπρόσθετα στη Δ.Ε.Η..

Παράδειγμα

Από τα καταγραφικά όργανα της Δ.Ε.Η. για την κατανάλωση ενός μήνα διαπιστώνεται: μέγιστο κατανάλωσης 1,20 kW και  $\cos\phi_1 = 0,75$ . Ζητείται η επιπλέον ισχύς που πληρώνεται στη Δ.Ε.Η..

Λύση:

- απαίτηση της ΔΕΗ :  $\cos\phi \geq 0,85$
- συντελεστής προσαρμογής :  $K = \cos\phi / \cos\phi_1 = 0,85 / 0,75 = 1,13$
- $120 \text{ kW} \cdot 1,13 = 135,6 \text{ kW}$ .

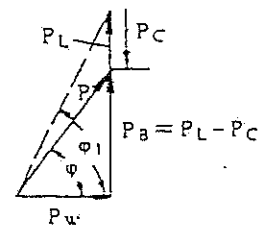
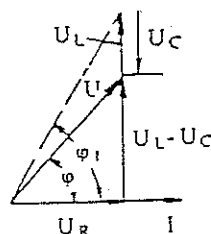
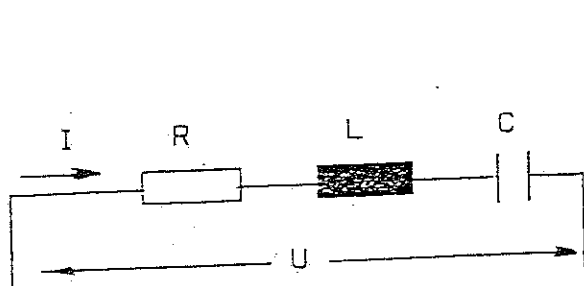
Ενώ καταγράφηκαν 120 kW, ο λογαριασμός της Δ.Ε.Η. γίνεται για 135,6 kW. Πληρώνεται δηλαδή λόγω κακού συντελεστή ισχύος η επιπλέον ισχύς των 15,6 kW.

14.2. Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος

Η άεργος ισχύς  $P_B$ , που προέρχεται από τον επαγωγικό χαρακτήρα (R & L) του δικτύου του καταναλωτή, μπορεί να μειωθεί με τη σύνδεση πυκνωτών. Πράγματι, λόγω του πυκνωτή C (σχήμα 14.2-1) η τάση  $U_L$  αντισταθμίζεται από τη  $U_C$  και επομένως η άεργος ισχύς παίρνει τη μικρότερη τιμή (σχήμα 14.2-1) :

(14.2-1)

$$P_B = P_L - P_C$$



Σχήμα 14.2.-1 : Επεξήγηση της χωρητικής αντιστάθμισης

Με τη σε σειρά σύνδεση δηλαδή του πυκνωτή C έγινε καλύτερη εκμετάλλευση του δικτύου (αύξηση της ενεργού ισχύος). Η απαιτούμενη ισχύς του πυκνωτή C, για τη μείωση της άεργου ισχύος στην τιμή  $P_B$ , είναι :

$$P_C = P_L - P_B = P_w (\tan\phi_1 - \tan\phi)$$

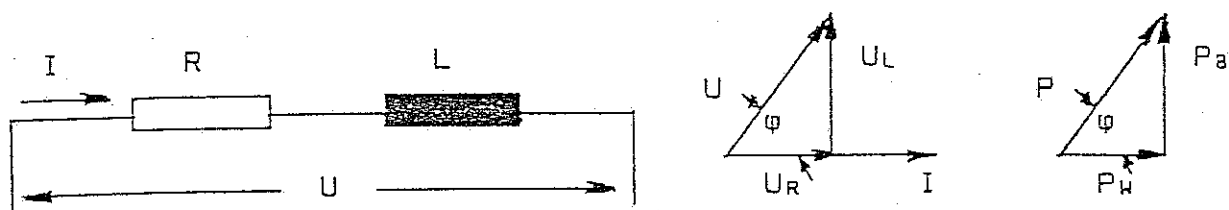
(14.2-2)

## 14. Χωρητική αντιστάθμιση

### 14.1. Η σημασία του συντελεστή ισχύος

Μία βιομηχανική ηλεκτρική εγκατάσταση είναι (λόγω του υποσταθμού μέσης τάσης των κινητήρων, των φωτιστικών φθορισμού κ.λ.π.), ένα επαγωγικό φορτίο.

Αν θεωρήσουμε ότι το ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση του παραπάνω δικτύου είναι η ωμική αντίσταση  $R$  και η αυτεπαγωγή  $L$  (σχήμα 14.1-1), τότε η συνολική ισχύς  $P$  δίνεται από την ενεργό  $P_W$  και την άεργο ισχύ  $P_B$  (σχέση 14.1-1).



Σχήμα 14.1-1 : Συντελεστή ισχύος ( $\cos\phi$ ) μιας εγκατάστασης.

$$P = \sqrt{P_W^2 + P_B^2} \quad (14.1-1)$$

Από το διάγραμμα των ισχύων του παραπάνω σχήματος έχουμε :

$$P_W = P \cos\phi \quad \text{σε kW} \quad (14.1-2)$$

$$P_B = P \sin\phi \quad \text{σε kVAR} \quad (14.1-3)$$

και

$$\tan\phi = P_B/P_W \quad (14.1-4)$$

Από τη σχέση 14.1-2 παρατηρούμε ότι η τιμή του συνημιτόνου της φασικής γωνίας  $\phi$  έχει σημασία για το μέγεθος της απορροφημένης ισχύος  $P_W$ . Όσο επαγωγικότερο δηλαδή είναι το φορτίο τόσο μειώνεται το  $\cos\phi$  και η ενεργός ισχύς  $P_W$  γίνεται μικρότερη. Η μείωση αυτή όμως της ενεργού ισχύος έχει σαν αποτέλεσμα, λόγω των σταθερών τιμών τάσης και  $\cos\phi$ , της αύξησης της τιμής του ρεύματος προς κάλυψη των αναγκών, που έχει σαν επακόλουθο την υπερθέρμανση της γραμμής μεταφοράς. Στη Δ.Ε.Η. πληρώνεται όμως η ενέργεια :

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P_W(t) dt \quad (14.1-5)$$

Αυτό σημαίνει ότι η Δ.Ε.Η. ζημιούται, λόγω του κακού συντελεστή ισχύος  $\cos\phi$ , αφού παράγει ενέργεια  $P$  (σχέση 14.1-1) και πληρώνεται για τη μικρότερη  $P_W$  (σχέση 14.1-2). Έτσι είναι υποχρεωμένη να επιβάλλει στους καταναλωτές την βελτίωση του  $\cos\phi$ .

$$X_{HT} = \frac{u_b U_{0.4}^2}{100 P_N} \quad \text{σε} \quad \text{m}\Omega/\text{φάση} \quad (13.3.4-4)$$

όπου :  $u_r$  η σχετική ωμική τάση βραχυκύκλωσης σε % ,  
 $u_b$  η σχετική επαγωγική τάση βραχυκύκλωσης σε % ,  
 $U_{0.4}$  σε V (400 V) , και  
 $P_N$  η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή σε kVA.

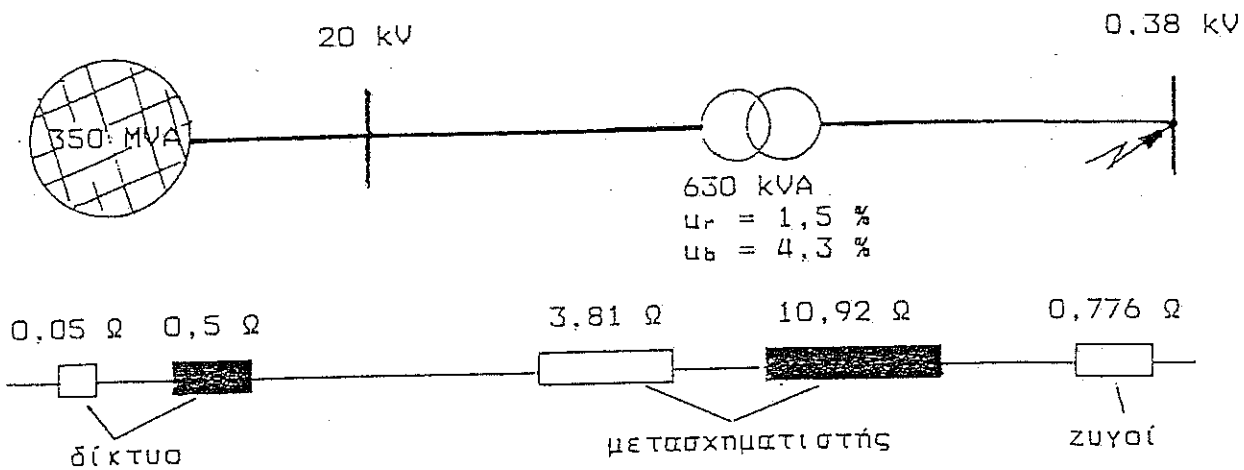
### 3. Αντίσταση των ζυγών ανά φάση

$$R = \frac{L}{\sigma A} 10^3 \quad \text{σε} \quad \text{m}\Omega/\text{φάση} \quad (13.3.4-5)$$

όπου : L το μήκος σε m ,  
A η διατομή σε mm<sup>2</sup> και  
σ η ειδική αγωγιμότητα σε m/Ω mm<sup>2</sup>  
(για χαλκό 56 m/Ω mm<sup>2</sup> και για αλουμίνιο 34,8 m/Ω mm<sup>2</sup>)

#### Παράδειγμα

Για αντίσταση των ζυγών 0,776 Ω (στη μέση και χαμηλή τάση) υπολογίζεται από τις παραπάνω σχέσεις το ισοδύναμο κύκλωμα των αντιστάσεων.



Η συνολική αντίσταση είναι :

$$Z_{0λ} = \sqrt{4,64^2 + 11,42^2} = 12,33 \quad \text{m}\Omega/\text{φάση}$$

Για εναλλασσόμενο τμήμα του ρεύματος βραχυκύκλωσης έχουμε επομένως:

$$I_{sw} = \frac{1,1 U_{0.38}}{\sqrt{3} Z_{0λ}} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 0.01233} = 19600 \text{ A} = 19,6 \text{ kA}$$

#### Προστίθεση:

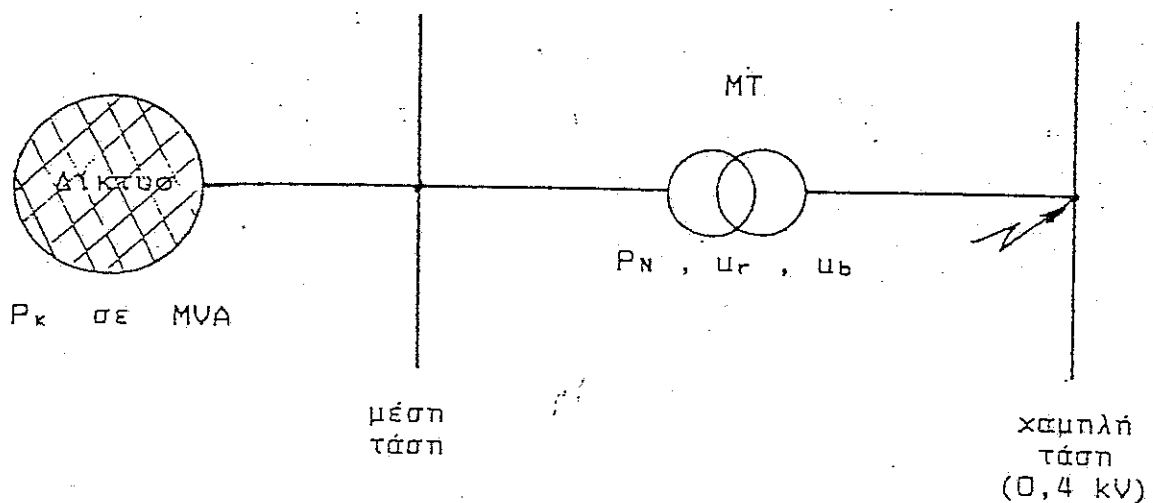
Με τον προσεγγιστικό υπολογισμό κατά τη σχέση 10.6-1 έχουμε:

$$I_N = \frac{630}{100 \cdot 0,7} \approx 0,96 \text{ kA} \quad \text{και} \quad I_{sw} < \frac{100 \cdot 0,96}{4,3} \approx 22,3 \text{ kA.}$$



φοδοτούνται ακολούθως οι καταναλωτές χαμηλής τάσης. Οι πίνακες αυτοί της Δ.Ε.Η. και ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης του ιδιωτικού υποσταθμού υπολογίζονται με βάση την πιθανή εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος. Ο υπολογισμός γίνεται με τις σύνθετες αντιστάσεις. Οι υπολογιζόμενες τιμές είναι μεγαλύτερες από τις μετρούμενες, γιατί δεν λαμβάνονται υπ' όψη οι αντιστάσεις διάβασης στις επαφές των διακοπών και των ασφαλειοθηκών.

Ενας απλοποιημένος υπολογισμός μπορεί να γίνει ως ακολούθως (σχήμα 13.3.4-2) :



Σχήμα 13.3.4-2 : Απλοποιημένη παράσταση της διαδρομής του ρεύματος βραχυκύκλωσης στο γενικό πίνακα χαμηλής τάσης ενός υποσταθμού.

### 1. Αντιστάσεις του δικτύου

α) Επαγωγική αντίδραση του δικτύου ανά φάση (X<sub>δ</sub>) :

$$X_{\delta} = \frac{1,1 \cdot U_{0,4}^2 \cdot 10^3}{P_{\kappa}} = \frac{176}{P_{\kappa}} \quad \text{σε } \text{m}\Omega/\text{φάση} \quad (13.3.4-1)$$

όπου P<sub>κ</sub> η ισχύς βραχυκύκλωσης του δικτύου σε ΜΒΑ και U<sub>0,4</sub> = 0,4 kV.

β) Ωμική αντίσταση ανά φάση :

$$R_{\delta} \approx 0,1 X_{\delta} \quad \text{σε } \text{m}\Omega/\text{φάση} \quad (13.3.4-2)$$

### 2. Αντιστάσεις του μετασχηματιστή

Από τον ορισμό της σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης έχουμε :

$$R_{\text{HT}} = \frac{u_r \cdot U_{0,4}}{100 P_{\kappa}} \quad \text{σε } \text{m}\Omega/\text{φάση} \quad (13.3.4-3)$$

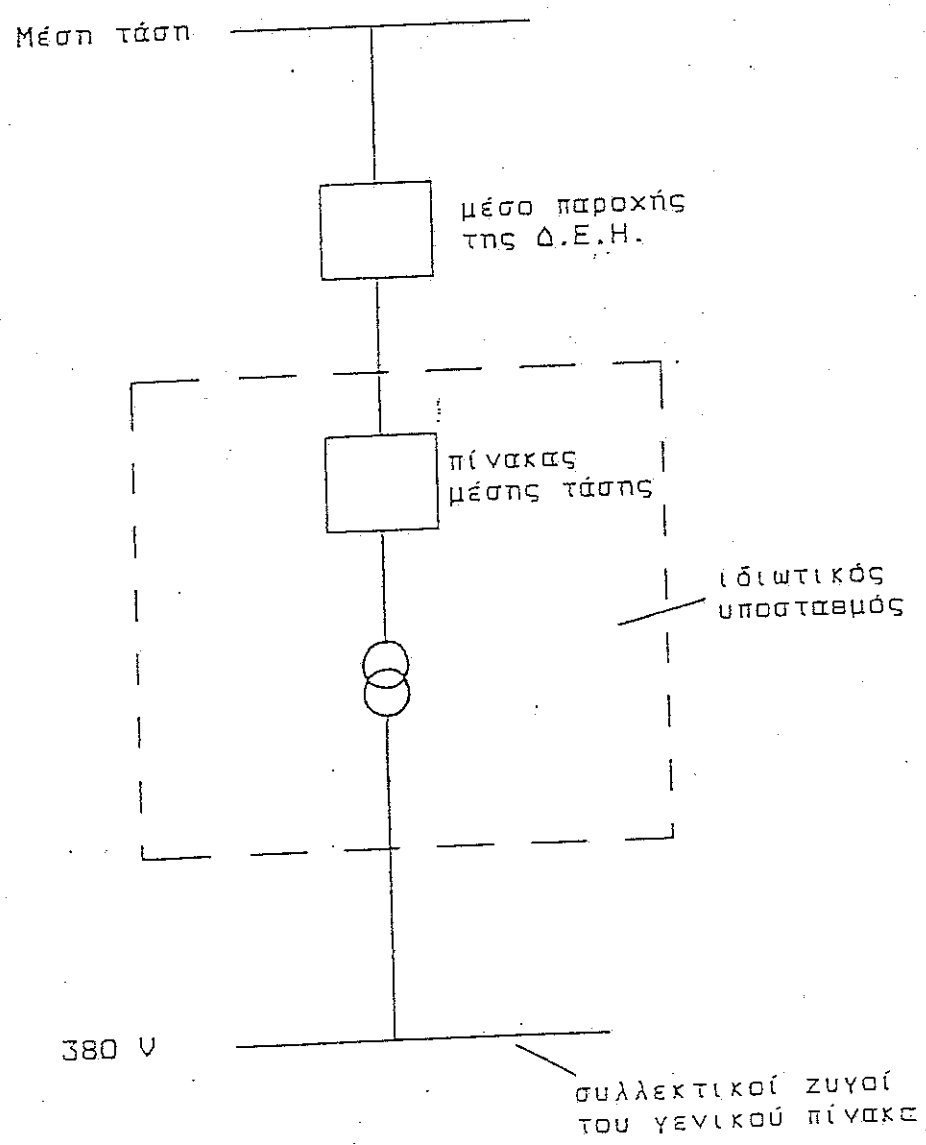
Για  $C_p = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} = 10^3 \text{ Ws/kg}^\circ\text{C}$  και  $\rho = 1,1 \text{ kg/m}^3$  έχουμε :

$$V = 0,9 \frac{P_{Fe} + P_{Cu}}{\Delta\theta} \quad \text{σε} \quad \text{m}^3 / \text{s} \quad (13.3.3-4)$$

όπου  $P_{Fe} + P_{Cu}$  σε kW και  $\Delta\theta$  σε  $^\circ\text{C}$ .

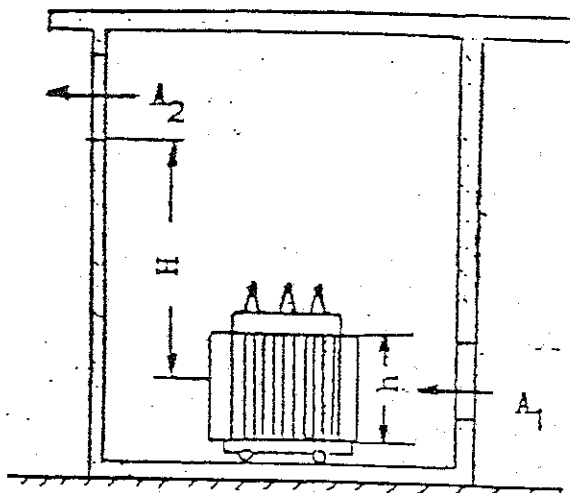
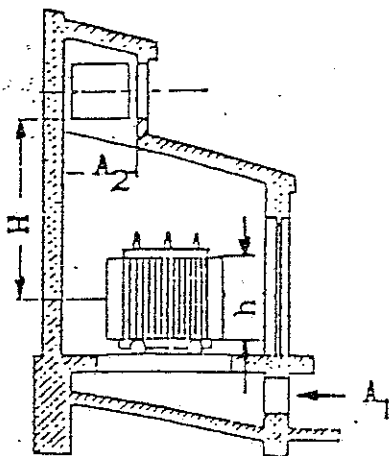
### 13.3.4. Υπολογισμός του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης

Ο μετασχηματιστής του ιδιωτικού υποσταθμού τροφοδοτεί κατά κανόνα τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης (σχήμα 13.3.4-1). Όταν ο μετασχηματιστής ανήκει στο δίκτυο της Δ.Ε.Η τότε η παροχή γίνεται προς τον πίνακα χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η (πίνακες 8 ή 6, κ.λ.π ανάχωρήσεων, ανάλογα με την ισχύ του μετασχηματιστή) από όπου τρώ-



Σχήμα 13.3.4-1 : Απλοποιημένο σχέδιο της παροχής τάσης ενός ιδιωτικού υποσταθμού μέσης τάσης

Τα ανοίγματα αερισμού  $A_1$  και  $A_2$  ( σχήμα 13.3.3-2 ) υπολογίζονται από τις απώλειες χαλκού ( $P_{Cu}$ ) και τις απώλειες σιδήρου ( $P_{Fe}$ ) του μετασχηματιστή ( πίνακας 13.3.1-1 ). Ο υπολογισμός αυτός



Σχήμα 13.3.3-2 : Παραδείγματα αερισμού του χώρου του μετασχηματιστή.  
( $h \approx 1,2$  m).

μπορεί να γίνει προσεγγιστικά με τις σχέσεις :

$$A_2 = 0,19 (P_{Fe} + P_{Cu}) / H \quad \text{σε} \quad \text{m}^2 \quad (13.3.3-1)$$

και

$$A_1 = 0,92 A_2 \quad \text{σε} \quad \text{m}^2 \quad (13.3.3-2)$$

όπου  $H$  η απόσταση σε m από το μέσο περίπου του δοχείου του μετασχηματιστή μέχρι το άνοιγμα αερισμού  $A_2$ .

#### Παράδειγμα

Γιά ένα μετασχηματιστή 400 kVA και  $H = 2$  m έχουμε :

$$P_{Fe} + P_{Cu} = 7300 \text{ W}$$

$$A_2 = 0,19 \cdot 7,3 / 2 \approx 0,7 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 0,92 \cdot 0,7 \approx 0,65 \text{ m}^2$$

Σε περίπτωση τεχνητού αερισμού του χώρου του μετασχηματιστή ο υπολογισμός του ανεμιστήρα γίνεται με βάση τον όγκο του αέρα  $V$  :

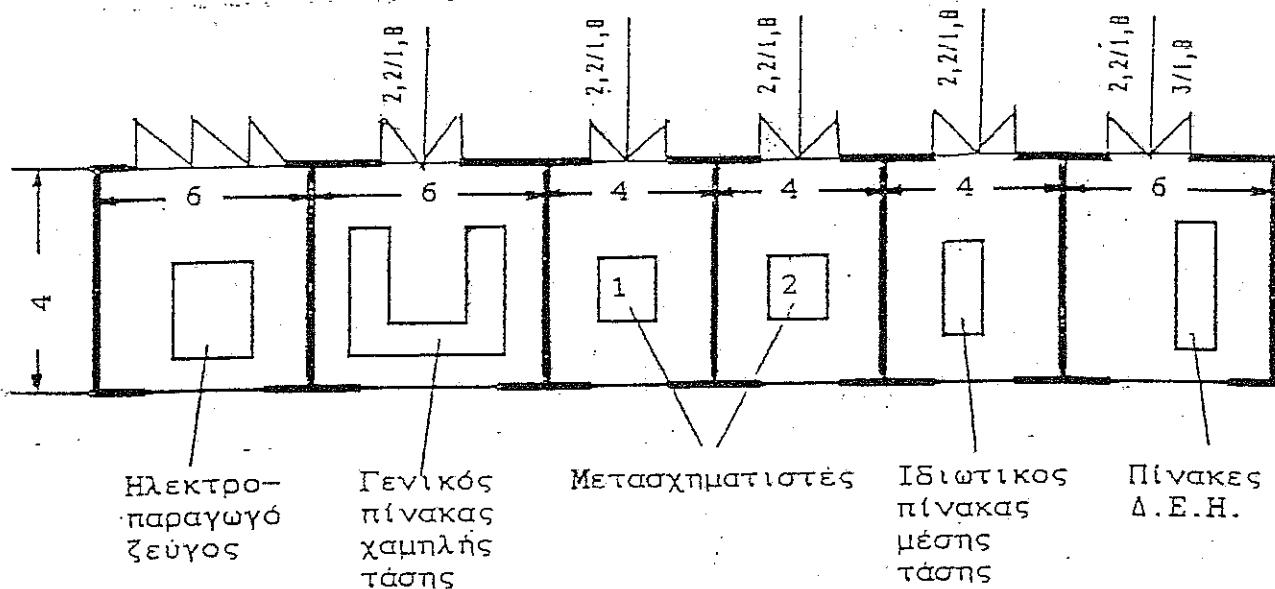
$$V = \frac{P_{Fe} + P_{Cu}}{\rho C_p \Delta \theta} \quad (13.3.3-3)$$

όπου  $\rho$  η ειδική μάζα του αέρα .  $C_p$  η ειδική θερμότητα του αέρα υπό σταθερό όγκο και  $\Delta \theta$  η διαφορά θερμοκρασίας.

### 13.3.3. Διαστάσεις χώρων σε υποστάθμους

Οι χώροι, που θα απαιτηθούν σε έναν υποσταθμό εξαρτώνται από το είδος παροχής (βλέπετε παράγραφο 9.2). Σε περίπτωση παροχής από συγκρότημα πινάκων της Δ.Ε.Η. απαιτείται η διάθεση χώρου για τους πίνακες αυτούς, που πρέπει να ανταποκρίνεται στις υποδείξεις της (υπάρχει ειδικό σχέδιο που δίνεται από τη Δ.Ε.Η.). Στο παρακάτω σχήμα δίνεται μία ενδεικτική κάτοψη των χώρων ηλεκτροδότησης ενός καταναλωτή μέσης τάσης. Πρόκειται για ένα παράδειγμα ηλεκτροστατίου, το οποίο περιλαμβάνει :

- 1) τον υποσταθμό μέσης τάσης (πίνακες της Δ.Ε.Η., πίνακας μέσης τάσης του ιδιωτικού υποσταθμού και δύο μετασχηματιστές μέσης τάσης του ιδιωτικού υποσταθμού).
- 2) τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης (σε ειδικό χώρο).
- 3) το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (σε ειδικό χώρο)



Σχήμα 13.3.3-1 : Ενδεικτική κάτοψη των χώρων του ηλεκτροστατίου σε ένα καταναλωτή μέσης τάσης

#### Παρατηρήσεις :

- 1) Οι διαστάσεις στο σχέδιο είναι σε m.
- 2) Όλες οι πόρτες είναι μεταλλικές και ανοίγουν προς τα έξω.
- 3) Διαστάσεις πόρτας στους χώρους της Δ.Ε.Η. κατόπιν συνεννόησης ( 2,2/1,8 m ή 3/ 1,8 m).
- 4) Διαστάσεις πόρτας του χώρου του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους ανάλογα με την ισχύ του (συνήθως 2,2/1,8 m).
- 5) Επιθυμητό ύψος των χώρων : 5 m .Το ύψος μπορεί να είναι μικρότερο από 5 m όταν δεν δημιουργούνται από αυτό προβλήματα αποστάσεων προστασίας και αερισμού.

$$Z_{κ1} = \frac{U_{κ1}}{I_{N1}} \quad (13.3.2-1)$$

όπου  $U_{κ1}$  η τάση βραχυκύκλωσης και  $I_{N1}$  το ονομαστικό ρεύμα του ΜΤ<sub>1</sub>.  
Για την αντίσταση βραχυκύκλωσης  $Z_{κ2}$  του μετασχηματιστή ΜΤ<sub>2</sub> ισχύει αντίστοιχα:

$$Z_{κ2} = \frac{U_{κ2}}{I_{N2}} \quad (13.3.2-2)$$

όπου  $U_{κ2}$  η τάση βραχυκύκλωσης και  $I_{N2}$  το ονομαστικό ρεύμα του ΜΤ<sub>2</sub>.  
Η πτώση τάσης  $\Delta U$  είναι επομένως:

$$\Delta U = \frac{U_{κ1}}{I_{N1}} I_1 = \frac{U_{κ2}}{I_{N2}} I_2 \quad (13.3.2-3)$$

Διαιρούμε και τα δύο μέλη της παραπάνω σχέσης με την ονομαστική τάση  $U_N$ , οπότε έχουμε:

$$u_{κ1} \frac{I_1}{I_{N1}} = u_{κ2} \frac{I_2}{I_{N2}} \quad (13.3.2-4)$$

Για την ολική ισχύ  $P$  των δύο μετασχηματιστών και την ολική σχετική τάση βραχυκύκλωσης  $u_{κ}$  έχουμε:

$$\frac{P}{u_{κ}} = \frac{P_1}{u_{κ1}} + \frac{P_2}{u_{κ2}} \quad (13.3.2-5)$$

Από την παραπάνω σχέση έπεται ότι:

$$\frac{1260}{u_{κ}} = \frac{630}{5,2} + \frac{630}{4,5} \quad (13.3.2-6)$$

$$\eta \quad u_{κ} = 4,825 \% \quad (13.3.2-7)$$

Επομένως, η ισχύς του μετασχηματιστή ΜΤ<sub>1</sub> είναι στην πραγματικότητα:

$$P_1' = \frac{P_1 u_{κ}}{u_{κ1}} = \frac{630 \cdot 4,825}{5,2} = 584,6 \text{ kVA} \quad (13.3.2-8)$$

και η ισχύς του μετασχηματιστή ΜΤ<sub>2</sub> αντίστοιχα:

$$P_2' = \frac{P_2 u_{κ}}{u_{κ2}} = \frac{630 \cdot 4,825}{4,5} = 675,5 \text{ kVA} \quad (13.3.2-9)$$

Παρατηρούμε, ότι ο μετασχηματιστής με την μικρότερη σχετική τάση βραχυκύκλωσης καταπονείται περισσότερο.

σης, που θα ρευματοδοτεί. Με βάση την ισχύ αυτή επιλέγεται το κατάλληλο τυποποιημένο μέγεθος μετασχηματιστή (πίνακας 13.3.1-1).

Σε περίπτωση, που η ονομαστική τάση του δικτύου μέσης τάσης της περιοχής ( προς το οποίο θα συνδεθεί ο υποσταθμός, ανάλογα με τον τύπο παροχής : βλέπετε παράγραφο 9.2) δεν είναι 20 kV, θα πρέπει τόσο ο μετασχηματιστής όσο και ο υπόλοιπος εξοπλισμός μέσης τάσης (καλώδια, πίνακες, κ.λ.π) να μπορούν να λειτουργήσουν και σε ονομαστική τάση 20 kV. Η παραπάνω προϋπόθεση είναι απαραίτητη γιατί η Δ.Ε.Η. αποσκοπεί να μετατρέψει όλα τα δίκτυα μέσης τάσης στα 20 kV. Χρειάζεται επομένως προσοχή κατά την επιλογή του μετασχηματιστή και του υπόλοιπου εξοπλισμού μέσης τάσης. Οι μετασχηματιστές, που είναι κατάλληλοι για δύο τάσεις (20 kV & 15 kV ή 20 kV & 6,6 kV) έχουν πάνω στο δοχείο τους διακόπτη μεταγωγής της μέσης τάσης. Διακόπτης μεταγωγής της τάσης πρέπει επίσης να υπάρχει και στη χαμηλή τάση για τυχόν ρύθμισή της στα 380 V, λόγω των διακυμάνσεων, που έχει το δίκτυο, από περιοχή σε περιοχή.

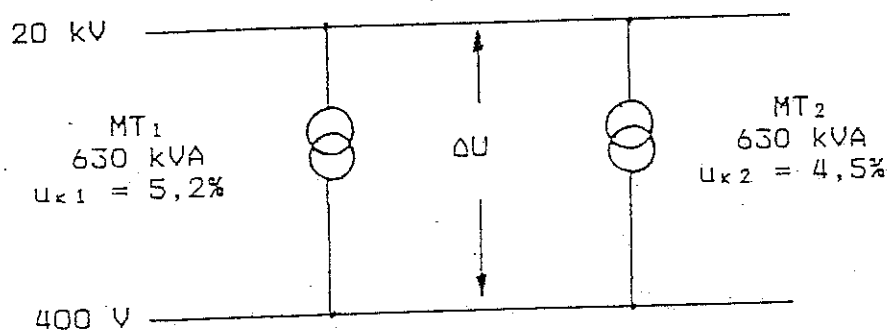
### 13.3.2. Παραλληλισμός μετασχηματιστών

Ο παραλληλισμός των μετασχηματιστών εφαρμόζεται για την αύξηση της ισχύος σε υπάρχοντες υποσταθμούς, ή ως εφεδρική λύση ρευματοδότησης (κυρίως σε νοσοκομεία).

Στον παραλληλισμό των μετασχηματιστών πρέπει να λαμβάνονται οπωσδήποτε υπ' όψη οι " συνθήκες παραλληλισμού ", δηλαδή οι μετασχηματιστές να έχουν :

- 1) Την ίδια τάση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος (ίδια σχέση μετασχηματισμού).
- 2) Την ίδια ομάδα ζεύξης.
- 3) Την ίδια ακολουθία φάσεων.
- 4) Την ίδια σχετική τάση βραχυκύκλωσης (με ανοχή το πολύ  $\pm 10\%$  κατά VDE 0532).
- 5) Ανοχή στην ισχύ (κατά VDE 0532) 1:3.

Στο παρακάτω σχήμα εξετάζεται ένα παράδειγμα για το αποτέλεσμα, που έχει η διαφορετική τιμή της σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης, κατά τον παραλληλισμό δύο μετασχηματιστών.



Σχήμα 13.3.2-1 : Παράδειγμα παραλληλισμού μετασχηματιστών με διαφορετική σχετική τάση βραχυκύκλωσης

Η αντίσταση βραχυκύκλωσης  $Z_{k1}$  του μετασχηματιστή MT<sub>1</sub> δίνεται από την σχέση :

### 13.2.3. Οι αποστάσεις μόνωσης και προστασίας

Όταν γίνει η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού μέσης τάσης (διακόπτες, μονωτήρες κ.λ.π.), καθώς και του υπόλοιπου βοηθητικού εξοπλισμού χαμηλής τάσης (ηλεκτρονόμοι, όργανα μέτρησης κ.λ.π), τότε σχεδιάζεται (με βάση τις διαστάσεις του παραπάνω εξοπλισμού και την ελάχιστη απόσταση μόνωσης και προστασίας κατά τον πίνακα 12-2), η μεταλλική κατασκευή του πίνακα. Η ελάχιστη απόσταση μόνωσης για ονομαστική τάση 20 kV είναι 18 cm. Για ονομαστική τάση 15 kV η ελάχιστη απόσταση μόνωσης είναι περίπου 16,5 cm και για ονομαστική τάση 6,6 kV περίπου 11,5 cm.

Για τη μείωση του κόστους σε μία παραγωγική διαδικασία πινάκων κατασκευάζεται αρχικά ένα δείγμα. Έτσι, από τη διεξαγωγή των διηλεκτρικών δοκιμών στο δείγμα αυτό, μπορούν να καθοριστούν οι τελικές διαστάσεις του πίνακα. Σε μεμονωμένες κατασκευές κρίνεται σκόπιμο να επιλέγονται αποστάσεις προστασίας και μόνωσης μεγαλύτερες από τις τιμές που δίνονται στον πίνακα 12-2, ώστε να εξασφαλίζεται με τον τρόπο αυτό η απαιτούμενη διηλεκτρική αντοχή του πίνακα.

### 13.3. Υπολογισμός του υποσταθμού μέσης τάσης

#### 13.3.1. Η επιλογή του μετασχηματιστή

Η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή υπολογίζεται από το άθροισμα των ηλεκτρικών φορτίων φωτισμού και κίνησης της εγκατάστα-

| Ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή<br>σε kVA | Απώλειες χαλκού<br>σε W | Απώλειες σιδήρου<br>σε W | Σχετική τάση βραχυκύκλωσης |
|---|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 250                                       | 4450                    | 610                      | περίπου<br>4 έως 6 %       |
| 315                                       | 5400                    | 720                      |                            |
| 400                                       | 6450                    | 850                      |                            |
| 500                                       | 7800                    | 1000                     |                            |
| 630                                       | 9300                    | 1200                     |                            |
| 800                                       | 11000                   | 1450                     |                            |
| 1000                                      | 13500                   | 1750                     |                            |

Πίνακας 13.3.1-1 : Τάξη μεγέθους των απωλειών χαλκού και σιδήρου καθώς και της σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης σε τυποποιημένους μετασχηματιστές μέσης τάσης.

$$I_{\delta} = 4 I_N$$

(13.2.2-2)

Παράδειγμα

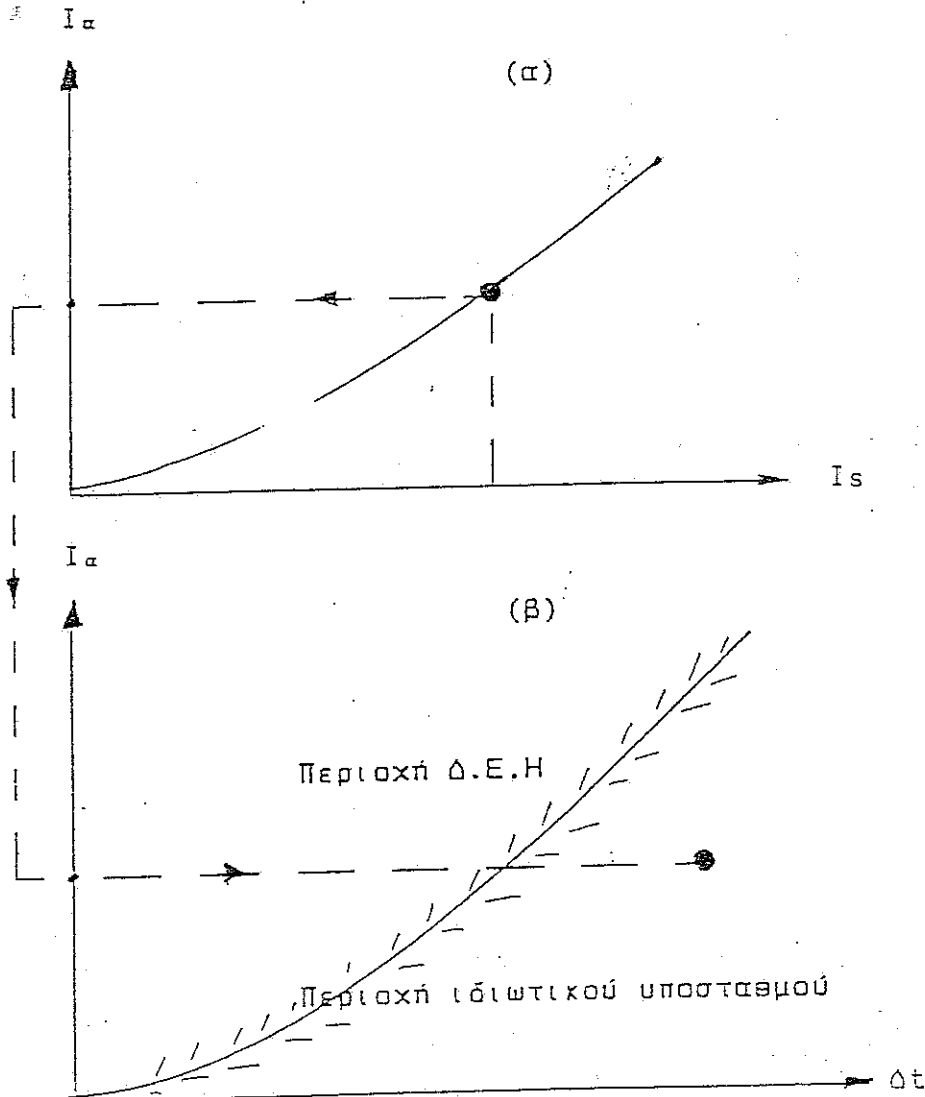
Μετασχηματιστής υποσταθμού 20 kV / 630 kVA :

Όνομαστικό ρεύμα  $I_N = P_N / \sqrt{3} \cdot U_N = 18,2 \text{ A}$  . Επομένως:

- ασφάλειες υποσταθμού 25 A.
- ασφάλειες δικτύου : 40 A.

Εκτός από τη παραπάνω προϋπόθεση, η επιλογή των ασφαλειών γίνεται με βάση δύο διαγράμματα :

- α) το διάγραμμα  $I_{\alpha} = f(I_s)$  κατά το σχήμα 13.2.2-1,α , έτσι ώστε να προστατεύουν οι ασφάλειες από το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης,
- β) το διάγραμμα  $I_{\alpha} = f(\Delta t)$  της Δ.Ε.Η. , σύμφωνα με το οποίο ο χρόνος τήξης  $\Delta t$  των ασφαλειών του ιδιωτικού υποσταθμού πρέπει να βρίσκεται στην περιοχή κάτω της χαρακτηριστικής αυτής, όπως καθορίζεται στο σχήμα 13.2.2-1,β ως " περιοχή ιδιωτικού υποσταθμού " .



Σχήμα 13.2.2-1 : Χαρακτηριστικές επιλογής των ασφαλειών μέσης τάσης



| Διάμετρος<br><br>mm | Βάρος<br><br>kg/m |           | Όνομαστικό ρεύμα<br><br>A |           |
|---------------------|-------------------|-----------|---------------------------|-----------|
|                     | χαλκός            | αλουμίνιο | χαλκός                    | αλουμίνιο |
|                     | 6                 | 0,254     | 0,076                     | 125       |
| 8                   | 0,447             | 0,136     | 160                       | -         |
| 10                  | 0,699             | 0,212     | 250                       | 200       |
| 16                  | 1,789             | 0,543     | 480                       | 380       |
| 20                  | 2,796             | 0,860     | 640                       | 500       |
| 30                  | 6,291             | 1,910     | 1100                      | 870       |

Πίνακας 13.1-5 : Ζυγιά κυκλικής διατομής κατά DIN για εναλλασσόμενη τάση 40 έως 50 Hz και θερμοκρασία χώρου 30 °C. Για μεγαλύτερες θερμοκρασίες και συχνότητες ισχύουν τα αναφερόμενα στους προηγούμενους πίνακες (13.1-1 έως 13.1-4)

### 13.2. Επιλογή του εξοπλισμού μέσης τάσης και αποστάσεις μόνωσης

---

σε πίνακες υποσταθμών μέσης τάσης

#### 13.2.1. Η επιλογή των διακοπών

---

Η επιλογή των διακοπών γίνεται κυρίως με βάση τα ονομαστικά στοιχεία τους (ονομαστική τάση και ονομαστικό ρεύμα) και την αντοχή τους κατά το βραχυκύκλωμα. Στην περίπτωση των διακοπών ισχύος ενδιαφέρουν ιδιαίτερα το ρεύμα διακοπής (σχέση 10.4-1) και η ισχύς διακοπής (σχέση 10.4-2). Η αξιοπιστία της κατασκευής πρέπει να εναρμονίζεται με τα αναφερόμενα στις παραγράφους 12 και 12.2.

#### 13.2.2. Η επιλογή των ασφαλειών

---

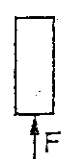
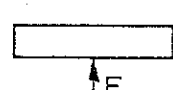
Είναι ασφάλειες περιορισμού της έντασης, τύπου εκτόνωσης, που αποσκοπούν στην προστασία από το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Το ρεύμα διακοπής και η ισχύς διακοπής δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις 10.4-1 και 10.4-2. Οι ονομαστικές τιμές των ασφαλειών είναι τυποποιημένες (6, 10, 15, 22, 25, 35, 40, 63 και 100 A)

Για την επιλογή του ονομαστικού ρεύματος  $I_{na}$  των ασφαλειών σε ιδιωτικούς υποσταθμούς ισχύει :

$$I_{na} = (1.6 \text{ έως } 2) I_n$$

(13.2.2-1)

όπου  $I_n$  το ονομαστικό ρεύμα στη μέση τάση. Οι ασφάλειες του δικτύου της πόλης επιλέγονται σε μεγαλύτερη ονομαστική τιμή  $I_s$ :

| πλάτος<br>x<br>πάχος | Βάρος | Ονομαστικό ρεύμα           |      |                       |      | Ροπή αντίστασης (W) και ροπή αδράνειας (J)  |                 |   |                 |
|----------------------|-------|----------------------------|------|-----------------------|------|---|-----------------|---|-----------------|
|                      |       | ζυγοί (*)<br>κατεργασμένοι |      | ζυγοί<br>ακατέργαστοι |      |  |                 |  |                 |
|                      |       | αριθμός ζυγών              |      | αριθμός ζυγών         |      | W   | J               | W   | J               |
| mmxmm                | kg/m  | 3                          | 4    | 3                     | 4    | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> |
| 40x10                | 1,08  | 1650                       | 2250 | 1350                  | 1800 | 2,666   | 5,333           | 0,666   | 0,333           |
| 50x5                 | 0,675 | 1400                       | 1850 | 1120                  | 1500 | 2,080   | 5,200           | 0,208   | 0,052           |
| 50x10                | 1,35  | 1960                       | 2660 | 1600                  | 2160 | 4,160   | 10,400          | 0,833   | 0,416           |
| 60x5                 | 0,810 | 1580                       | 2120 | 1300                  | 1730 | 3,000   | 9,000           | 0,250   | 0,063           |
| 60x10                | 1,62  | 2230                       | 3040 | 1850                  | 2500 | 6,000   | 18,000          | 1,000   | 0,500           |
| 80x5                 | 1,08  | 1950                       | 2600 | 1650                  | 2130 | 5,333   | 21,330          | 0,333   | 0,0833          |
| 80x10                | 2,16  | 2760                       | 3680 | 2300                  | 3100 | 10,660  | 42,600          | 1,333   | 0,666           |
| 100x5                | 1,35  | 2350                       | 3000 | 2000                  | 2500 | 8,333   | 41,660          | 0,4166  | 0,104           |
| 100x10               | 2,7   | 3200                       | 4300 | 2700                  | 3700 | 16,660  | 83,300          | 1,666   | 0,833           |

Πίνακας 13.1-4 : Ζυγοί ορθογωνικής διατομής κατά DIN από αλουμίνιο για εναλλασσόμενη τάση 40 έως 60 Hz.

Θερμοκρασία χώρου 30 °C.


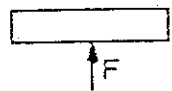
(\*) : επιμετάλλωση που διευκολύνει την απαγωγή της θερμότητας.

Για θερμοκρασία  $\theta > 30$  °C ισχύει η σχέση :

$$I_{\theta} = I \sqrt{\theta / 30} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα)}$$

Για μεγαλύτερες συχνότητες ισχύει η σχέση :

$$I_f = I \sqrt{50 / f} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα και } f \text{ η συχνότητα)}$$

| πλάτος<br>x<br>πάχος | Βά-<br>ρος | Ονομαστικό ρεύμα                |                |                            |                | Ροπή αντίστασης (W) και ροπή αδράνειας (J)  |                 |   |                 |
|----------------------|------------|---------------------------------|----------------|----------------------------|----------------|---|-----------------|---|-----------------|
|                      |            | ζυγοί (*)<br>κατεργα-<br>σμένοι |                | ζυγοί<br>ακατέργα-<br>στοι |                |  |                 |  |                 |
|                      |            | αριθμ. ζυγών                    |                | αριθμ. ζυγών               |                | W   | J               | W   | J               |
| mmxmm                | kp/m       | 3<br>                           | 4<br>    <br>A | 3<br>                      | 4<br>    <br>A | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> |
| 40x10                | 3,56       | 2060                            | 2800           | 1850                       | 2500           | 2,666   | 5,333           | 0,666   | 0,333           |
| 50x5                 | 2,23       | 1750                            | 2310           | 1550                       | 2100           | 2,080   | 5,200           | 0,208   | 0,052           |
| 50x10                | 4,45       | 2450                            | 3330           | 2200                       | 3000           | 4,160   | 10,400          | 0,833   | 0,416           |
| 60x5                 | 2,67       | 1980                            | 2650           | 1800                       | 2400           | 3,000   | 9,000           | 0,250   | 0,063           |
| 60x10                | 5,34       | 2800                            | 3800           | 2500                       | 3400           | 6,000   | 18,000          | 1,000   | 0,500           |
| 80x5                 | 3,56       | 2450                            | 3300           | 2200                       | 2900           | 5,333   | 21,330          | 0,333   | 0,0833          |
| 80x10                | 7,12       | 3450                            | 4600           | 3100                       | 4200           | 10,660  | 42,600          | 1,333   | 0,666           |
| 100x5                | 4,45       | 2950                            | 3800           | 2600                       | 3400           | 8,333   | 41,660          | 0,4166  | 0,104           |
| 100x10               | 8,90       | 4000                            | 5400           | 3600                       | 4800           | 16,660  | 83,300          | 1,666   | 0,833           |

Πίνακας 13.1-3 : Ζυγοί ορθογωνικής διατομής κατά DIN από χαλκό για εναλλασσόμενη τάση 40 έως 60 Hz. θερμοκρασία χώρου 30 °C.

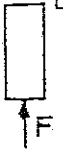
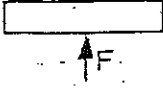
(\*) : επιμετάλλωση που διευκολύνει την απαγωγή της θερμότητας.

Για θερμοκρασία  $\theta > 30$  °C ισχύει η σχέση :

$$I_{\theta} = I \sqrt{\theta / 30} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα})$$

Για μεγαλύτερες συχνότητες ισχύει η σχέση :

$$I_f = I \sqrt{50 / f} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα και } f \text{ η συχνότητα})$$

| πλάτος<br>x<br>πάχος<br><br>mmxmm | Βά-<br>ρος<br><br>kg/m | Ονομαστικό ρεύμα                |      |                            |      | Ροπή αντίστασης (W) και ροπή αδράνειας (J)  |                 |   |                 |
|-----------------------------------|------------------------|---------------------------------|------|----------------------------|------|---|-----------------|---|-----------------|
|                                   |                        | ζυγοί (*)<br>κατεργα-<br>σμένοι |      | ζυγοί<br>ακατέργα-<br>στοι |      |  |                 |  |                 |
|                                   |                        | αριθμός ζυγών                   |      |                            |      | W   | J               | W   | J               |
|                                   |                        | 1                               | 2    | 1                          | 2    | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> |
|                                   |                        | A                               |      | A                          |      |   |                 |   |                 |
| 12x2                              | 0,065                  | 100                             | 180  | 80                         | 140  | 0,048   | 0,0288          | 0,008   | 0,0008          |
| 15x2                              | 0,081                  | 125                             | 215  | 95                         | 170  | 0,075   | 0,0562          | 0,010   | 0,0010          |
| 15x3                              | 0,122                  | 150                             | 265  | 115                        | 210  | 0,112   | 0,084           | 0,022   | 0,0030          |
| 20x2                              | 0,108                  | 165                             | 280  | 120                        | 220  | 0,133   | 0,133           | 0,0133  | 0,0013          |
| 20x3                              | 0,162                  | 195                             | 340  | 145                        | 270  | 0,200   | 0,200           | 0,030   | 0,0045          |
| 20x5                              | 0,270                  | 200                             | 400  | 195                        | 350  | 0,333   | 0,333           | 0,083   | 0,0208          |
| 25x3                              | 0,202                  | 240                             | 410  | 180                        | 330  | 0,312   | 0,390           | 0,037   | 0,005           |
| 25x5                              | 0,338                  | 310                             | 535  | 230                        | 430  | 0,521   | 0,651           | 0,104   | 0,026           |
| 30x3                              | 0,243                  | 280                             | 480  | 205                        | 385  | 0,450   | 0,675           | 0,045   | 0,007           |
| 30x5                              | 0,405                  | 360                             | 625  | 270                        | 500  | 0,750   | 1,125           | 0,125   | 0,031           |
| 40x3                              | 0,324                  | 370                             | 630  | 280                        | 500  | 0,800   | 1,600           | 0,060   | 0,009           |
| 40x5                              | 0,540                  | 460                             | 800  | 350                        | 650  | 1,333   | 2,666           | 0,166   | 0,042           |
| 40x10                             | 1,08                   | 670                             | 1220 | 515                        | 975  | 2,666   | 5,333           | 0,666   | 0,333           |
| 50x5                              | 0,675                  | 560                             | 970  | 425                        | 780  | 2,080   | 5,200           | 0,208   | 0,052           |
| 50x10                             | 1,35                   | 820                             | 1440 | 625                        | 1150 | 4,160   | 10,400          | 0,833   | 0,416           |
| 60x5                              | 0,810                  | 660                             | 1130 | 500                        | 900  | 3,000   | 9,000           | 0,250   | 0,063           |
| 60x10                             | 1,62                   | 960                             | 1650 | 730                        | 1300 | 6,000   | 18,000          | 1,000   | 0,500           |
| 80x5                              | 1,08                   | 850                             | 1450 | 650                        | 1170 | 5,333   | 21,330          | 0,333   | 0,0833          |
| 80x10                             | 2,16                   | 1230                            | 2100 | 930                        | 1650 | 10,660  | 42,600          | 1,333   | 0,666           |
| 100x5                             | 1,35                   | 1050                            | 1750 | 775                        | 1400 | 8,333   | 41,660          | 0,4166  | 0,104           |
| 100x10                            | 2,70                   | 1500                            | 2450 | 1100                       | 1950 | 16,660  | 83,300          | 1,666   | 0,833           |

Πίνακας 13.1-2 : Ζυγοί ορθογωνικής διατομής κατά DIN από αλουμίνιο για εναλλασσόμενη τάση 40 έως 60 Hz. θερμοκρασία χώρου 30 °C.


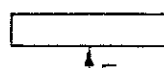
(\*) : επιμετάλλωση που διευκολύνει την απαγωγή της θερμότητας.

Για θερμοκρασία  $\theta > 30$  °C ισχύει η σχέση :

$$I_{\theta} = I \sqrt{\theta / 30} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα})$$

Για μεγαλύτερες συχνότητες ισχύει η σχέση :

$$I_f = I \sqrt{50 / f} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα και } f \text{ η συχνότητα})$$

| πλάτος<br>x<br>πάχος | Βά-<br>ρος | Όνομαστικό ρεύμα                |      |                            |      | Ροπή αντίστασης (W) και ροπή αδράνειας (J)  |                 |   |                 |
|----------------------|------------|---------------------------------|------|----------------------------|------|---|-----------------|---|-----------------|
|                      |            | ζυγοί (*)<br>κατεργα-<br>σμένοι |      | ζυγοί<br>ακατέργα-<br>στοι |      |  |                 |  |                 |
|                      |            | αριθμ. ζυγών                    |      | αριθμ. ζυγών               |      | W   | J               | W   | J               |
|                      |            | 1                               | 2    | 1                          | 2    | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>   | cm <sup>4</sup> |
| mmxmm                | kg/m       | A                               |      | A                          |      |   |                 |   |                 |
| 12x2                 | 0,21       | 125                             | 225  | 110                        | 200  | 0,048   | 0,0288          | 0,008   | 0,0008          |
| 15x2                 | 0,27       | 155                             | 270  | 140                        | 240  | 0,075   | 0,0562          | 0,010   | 0,0010          |
| 15x3                 | 0,40       | 185                             | 330  | 170                        | 300  | 0,112   | 0,084           | 0,022   | 0,0030          |
| 20x2                 | 0,36       | 205                             | 350  | 185                        | 315  | 0,133   | 0,133           | 0,0133  | 0,0013          |
| 20x3                 | 0,53       | 245                             | 425  | 220                        | 380  | 0,200   | 0,200           | 0,030   | 0,0045          |
| 20x5                 | 0,89       | 325                             | 550  | 290                        | 495  | 0,333   | 0,333           | 0,083   | 0,0208          |
| 25x3                 | 0,67       | 300                             | 510  | 270                        | 400  | 0,312   | 0,390           | 0,037   | 0,005           |
| 25x5                 | 1,11       | 385                             | 670  | 350                        | 600  | 0,521   | 0,651           | 0,104   | 0,026           |
| 30x3                 | 0,80       | 350                             | 600  | 315                        | 540  | 0,450   | 0,675           | 0,045   | 0,007           |
| 30x5                 | 1,34       | 450                             | 780  | 400                        | 700  | 0,750   | 1,125           | 0,125   | 0,031           |
| 40x3                 | 1,07       | 460                             | 780  | 420                        | 710  | 0,800   | 1,600           | 0,060   | 0,009           |
| 40x5                 | 1,78       | 600                             | 1000 | 520                        | 900  | 1,333   | 2,666           | 0,166   | 0,042           |
| 40x10                | 3,56       | 835                             | 1500 | 750                        | 1350 | 2,666   | 5,333           | 0,666   | 0,333           |
| 50x5                 | 2,23       | 700                             | 1200 | 630                        | 1100 | 2,080   | 5,200           | 0,208   | 0,052           |
| 50x10                | 4,45       | 1025                            | 1800 | 920                        | 1620 | 4,160   | 10,400          | 0,833   | 0,416           |
| 60x5                 | 2,67       | 825                             | 1400 | 750                        | 1300 | 3,000   | 9,000           | 0,250   | 0,063           |
| 60x10                | 5,34       | 1200                            | 2100 | 1100                       | 1860 | 6,000   | 18,000          | 1,000   | 0,500           |
| 80x5                 | 3,56       | 1060                            | 1800 | 950                        | 1650 | 5,333   | 21,330          | 0,333   | 0,0833          |
| 80x10                | 7,12       | 1540                            | 2600 | 1400                       | 2300 | 10,660  | 42,600          | 1,333   | 0,666           |
| 100x5                | 4,45       | 1310                            | 2200 | 1200                       | 2000 | 8,333   | 41,660          | 0,4166  | 0,104           |
| 100x10               | 8,90       | 1880                            | 3100 | 1700                       | 2700 | 16,660  | 83,300          | 1,666   | 0,833           |

Πίνακας 13.1-1 : Ζυγοί ορθογωνικής διατομής κατά DIN από χαλκό για εναλλασσόμενη τάση 40 έως 60 Hz. θερμοκρασία χώρου 30 °C.

(\*) : επιμετάλλωση που διευκολύνει την απαγωγή της θερμότητας.

Για θερμοκρασία θ > 30 °C ισχύει η σχέση :

$$I_{\theta} = I \sqrt{\theta / 30} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα)}$$

Για μεγαλύτερες συχνότητες ισχύει η σχέση :

$$I_f = I \sqrt{50 / f} \quad (\text{όπου } I \text{ οι τιμές του πίνακα και } f \text{ η συχνότητα)}$$

~~127~~

Λύση

$$F = 2,04 \cdot 10^{-2} I_s^2 \frac{L}{d} \quad \sigma \epsilon \quad \text{kp}$$

Κατά τον πίνακα 12-3 :  $I_{sw} = 7,2 \text{ kA}$  .

$$I_s = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{sw} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7,2 = 18,33 \text{ kA}$$

α) για μήκος 1,2 m :

$$F = 2,04 \cdot 10^{-2} \cdot 18,33^2 \cdot \frac{1,2}{0,2} = 41,13 \text{ kp}$$

$$M_b = \frac{F \cdot L}{16} = \frac{41,13 \cdot 120}{16} = 308,45 \text{ kp cm}$$

Κατά τον πίνακα 13.1-1 είναι :

$$W = 0,166 \text{ cm}^3, \quad J = 0,042 \text{ cm}^4 \quad \text{και} \quad g = 1,78 \text{ kp/m}$$

$$\sigma = \frac{M_b}{W} = \frac{308,45}{0,166} \geq 1000 \text{ kp/cm}^2 : \text{δεν αντέχουν στο βραχυκύκλωμα}$$

β) για μήκος 0,8 m :

$$F = 2,04 \cdot 10^{-2} \cdot 18,33^2 \cdot \frac{0,8}{0,2} = 27,41 \text{ kp}$$

$$M_b = \frac{F \cdot L}{16} = \frac{27,41 \cdot 80}{16} = 137,05 \text{ kp cm}$$

$$\sigma = \frac{M_b}{W} = \frac{137,05}{0,166} = 825,6 \leq 1000 \text{ kp/cm}^2 : \text{αντέχουν στο βραχυκύκλωμα}$$

$$f = 112 \sqrt{\frac{E \cdot J}{g \cdot L^4}} = 112 \sqrt{\frac{1,25 \cdot 10^6 \cdot 0,042}{0,0178 \cdot 0,8^4 \cdot 10^8}} = 112,24 \text{ Hz}$$

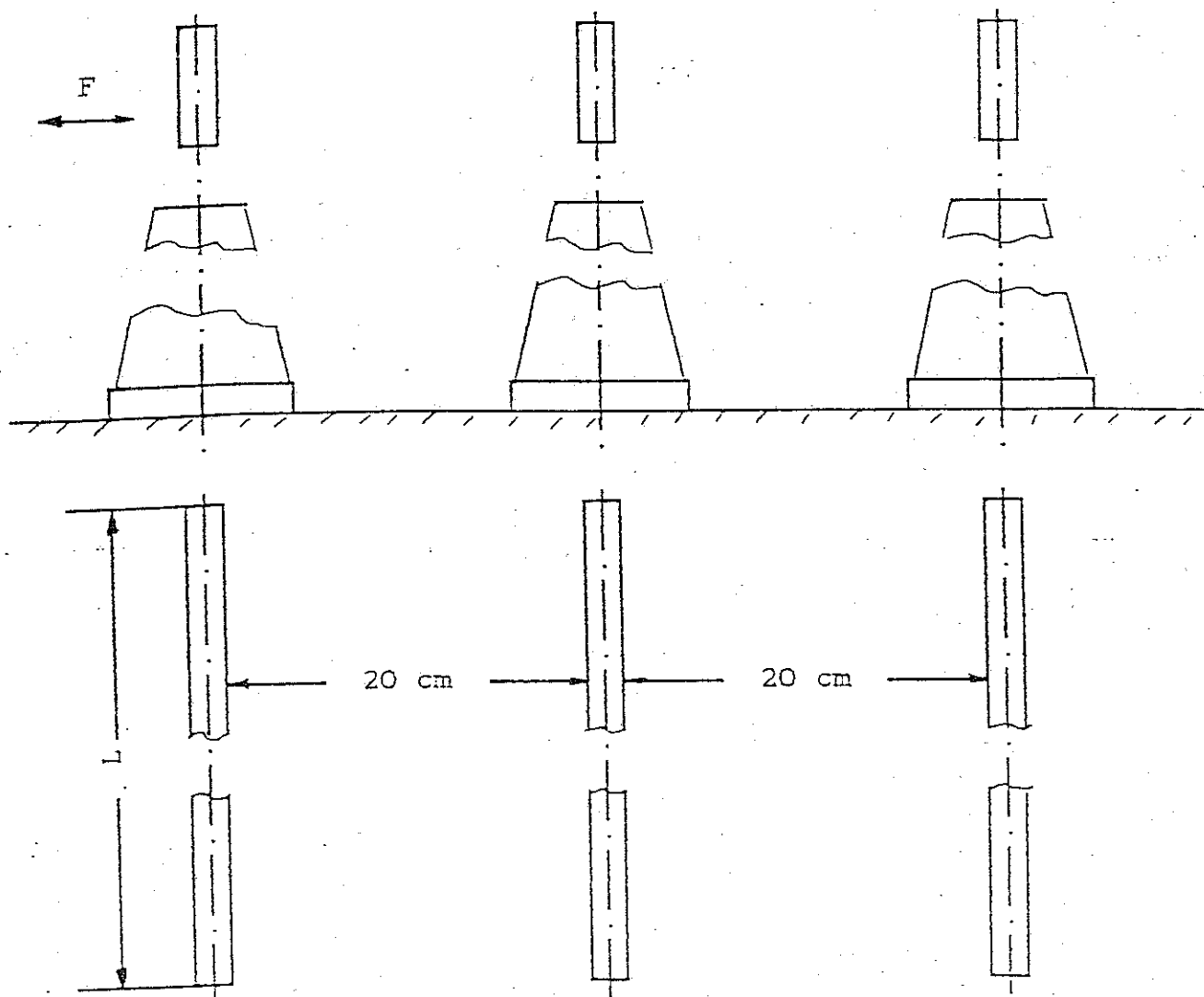
### 13. Υπολογισμοί σε πίνακες και υποσταθμούς

#### 13.1. Υπολογισμός των ζυγών

Ο υπολογισμός των ζυγών βασίζεται στη μηχανική καταπόνησή τους κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα. Αρχικά επιλέγεται η διατομή από τους παρακάτω πίνακες και ακολούθως με τη βοήθεια των σχέσεων 10.8-8 έως 10.8-13 υπολογίζεται η δυναμική αντοχή τους. Με την σχέση 10.8-14 ελέγχεται ο μηχανικός συντονισμός. Σε περιπτώσεις, που παρά την σωστή διατομή, οι υπολογισμοί έδειξαν ακαταλληλότητα των ζυγών, το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με αλλαγή της διατομής ή του μήκους τους ή και τα δύο.

#### Παράδειγμα

Τρεις ζυγοί από χαλκό με διατομή  $40 \times 5$  (σχήμα 13.1-1) θα αποτελούν την είσοδο ενός πίνακα μέσης τάσης (20 kV). Να υπολογιστεί η αντοχή των ζυγών για μήκος (L) 1,2 m και 0,8 m.



Σχήμα 13.1-1 : Παράδειγμα υπολογισμού ζυγών

τόσο μεξύ φάσεων όσο και μεταξύ κάθε φάσης προς γή.

β) με εναλλασσόμενη τάση βιομηχανικής συχνότητας επί 1 min. Η δοκιμή γίνεται και για τις δύο λειτουργικές καταστάσεις του διακόπτη, τόσο μεταξύ των φάσεων, όσο και μεταξύ κάθε φάσης προς γή. Η τιμή της τάσης δοκιμής δίνεται στον πίνακα 12-1.

3. Δοκιμή μηχανικής αντοχής (1000 κύκλοι χειρισμού και κατόπιν δοκιμή υπερθερμανσης).
4. δοκιμή βραχυκύκλωσης.

## II. Δοκιμές σειράς

1. Διηλεκτρική δοκιμή υπό εναλλασσόμενη τάση βιομηχανικής συχνότητας επί 1 min (όπως κατά τη δοκιμή τύπου προηγουμένως).
2. Δοκιμή μηχανικής αντοχής (10 κύκλοι χειρισμού και κατόπιν οπτικός έλεγχος της κατάστασης των επαφών και της στιβαρότητας της κατασκευής.)

### 12.2.3. Πίνακες μέσης τάσης

Οι βασικότερες δοκιμές κατά την προδιαγραφή IEC 298 και την προδιαγραφή GR 240 της Δ.Ε.Η. είναι :

#### I. Δοκιμές τύπου

1. Δοκιμή υπερθερμανσης
2. Διηλεκτρικές δοκιμές (υπό κρουστική τάση και υπό εναλλασσόμενη τάση βιομηχανικής συχνότητας επί 1 min : πίνακας 12-1). Οι δοκιμές πραγματοποιούνται όπως στον αποζεύκτη προηγουμένως.
3. Δοκιμή μηχανικής αντοχής των διακοπών, καθώς και δοκιμή μηχανικής αντοχής της στιβαρότητας των χειριστηρίων και των αλληλασφαλίσεων.
4. Δοκιμή μηχανικής αντοχής του περιβλήματος κατά GR 240
5. Προστασία έναντι επικίνδυνης επαφής με στοιχεία υπό τάση ή κινούμενα στοιχεία (IP22 κατά IEC 298)
6. Δοκιμή υπό τριφασικό βραχυκύκλωμα.

#### II. Δοκιμές σειράς

1. Διηλεκτρική δοκιμή υπό εναλλασσόμενη τάση βιομηχανικής συχνότητας επί 1 min (όπως η δοκιμή τύπου προηγουμένως).
2. Έλεγχος βοηθητικών κυκλωμάτων.
3. Δοκιμή μηχανικής λειτουργίας των διακοπών (όπως η αντίστοιχη δοκιμή στον αποζεύκτη προηγουμένως).



λασσόμενη τάση 800 V , 100 Hz επί 1 min ( όπως η δοκιμή τύπου προηγουμένως)

3. Μέτρηση των απωλειών και της σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης του μετασχηματιστή :

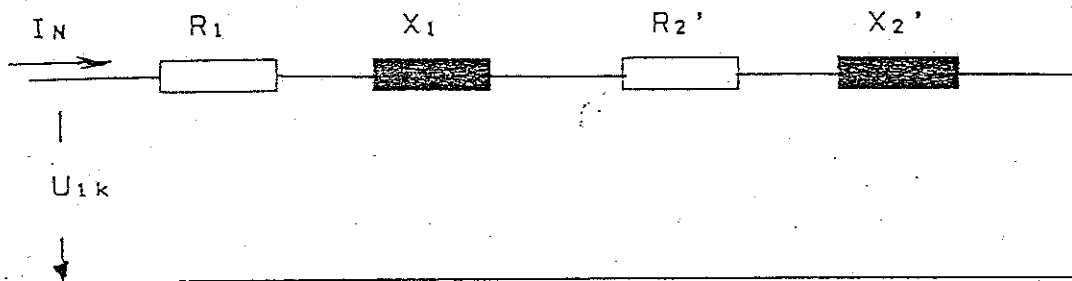
- α) απώλειες σιδήρου (πίνακας 13.3.1-1).
- β) απώλειες χαλκού (πίνακας 13.3.1-1).
- γ) σχετική τάση βραχυκύκλωσης : (η ΔΕΗ προμθεύεται μετασχηματιστές μέσης τάσης με σχετική τάση βραχυκύκλωσης περίπου 4,5%)

Σημείωση :

Ως σχετική τάση βραχυκύκλωσης έχει οριστεί το πηλίκον :

$$u = \frac{U_{1k}}{U_N} \quad (12.2.1-3)$$

όπου  $U_{1k}$  η τάση βραχυκύκλωσης (τάση στη χαμηλή με βραχυκύκλωση την υψηλή, κατά την οποία ρέει το ονομαστικό ρεύμα  $I_N$ : σχήμα 12.2.1-1).



Σχήμα 12.2.1-1 : Ισοδύναμο κύκλωμα του μετασχηματιστή κατά τη δοκιμή βραχυκύκλωσης.  
 $R_1$  ,  $X_1$  : αντιστάσεις των περιελίξεων χαμηλή τάσης  
 $R_2'$  ,  $X_2'$  : αντιστάσεις των περιελίξεων υψηλής τάσης

- 4. Έλεγχος της μόνωσης με Meger (παράγραφος 12.1).
- 5. Οπτικός έλεγχος (ποιότητα βαφής, κατάσταση μονωτήρων, αφυγραντήρας, κ.λ.π.)

### 12.2.2. Αποзеύκτης μέσης τάσης (εσωτερικού χώρου)

Οι βασικότερες δοκιμές π.χ. κατά IEC 129 ή VDE 0670/τμήμα 2 :

#### I. Δοκιμές τύπου

- 1. Δοκιμή υπερθέρμανσης.
- 2. Διηλεκτρικές δοκιμές
  - α) κρουστική τάση 1,2/50  $\mu s$  : 5 κρούσεις θετικής και 5 αρνητικής πολικότητας (πίνακας 12-1) . Η δοκιμή γίνεται και για τις δύο λειτουργικές καταστάσεις του διακόπτη (θέση ON & θέση OFF) .

## 12.2. Παραδείγματα δοκιμών ποιοτικού ελέγχου σε ηλεκτρολογικό εξοπλισμό μέσης τάσης

### 12.2.1. Μετασχηματιστές υποσταθμών μέσης τάσης (20 kV, 15 kV και 6,6 kV)

Προδιαγραφές δοκιμών : IEC 76, ASA C 57.2, προδιαγραφή GR 46 της ΔΕΗ.

Οι βασικότερες δοκιμές είναι :

#### I. Δοκιμές τύπου

1. Δοκιμή υπερθέρμανσης.
2. Διηλεκτρικές δοκιμές.
  - α) δοκιμή με κρουστική τάση 1,2/50  $\mu$ s (πίνακας 12-1 : 5 κρούσεις θετικής πολικότητας και 5 κρούσεις αρνητικής πολικότητας)
  - β) δοκιμή με εναλλασσόμενη τάση βιομηχανικής συχνότητας επί 1 min (πίνακας 12-1).
3. Διηλεκτρική αντοχή μεταξύ των πηνίων χαμηλής τάσης , υπό εναλλασσόμενη τάση 800 V, 100 Hz επί 1 min.

#### Σημείωση :

Από την κατασκευαστική σχέση του μετασχηματιστή είναι :

$$U = 4,44 N f B_{max} A \quad (12.2.1-1)$$

όπου N ο αριθμός σπειρών, f η συχνότητα  $B_{max}$  η μαγνητική επαγωγή (μέγιστη τιμή) και A η διατομή του πυρήνα. Για ένα δεδομένο μετασχηματιστή ισχύει επομένως :

$$B_{max} = \text{σταθερά} \frac{U}{f} \quad (11.2.1-2)$$

Ο διπλασιασμός δηλαδή της συχνότητας, σε συνδυασμό με τον διπλασιασμό της τάσης, έχει ως αποτέλεσμα την σταθερή τιμή της μαγνητικής επαγωγής (περίπου 1,5 G), με αποτέλεσμα να μην αυξηθούν οι απώλειες σιδήρου, οι οποίες θα προκαλούσαν υπερθέρμανση στον μετασχηματιστή.

4. Δοκιμή βραχυκύκλωσης.
5. Μέτρηση της ομάδας ζεύξης και της σχέσης μετασχηματισμού.
6. Μέτρηση των ραδιοφωνικών παρεμβολών (πρόκειται για μέτρηση της στάθμης θορύβου λόγω μερικών εκκενώσεων)

#### II. Δοκιμές σειράς

1. Διηλεκτρική δοκιμή υπό εναλλασσόμενη τάση βιομηχανικής συχνότητας επί 1 min (όπως η δοκιμή τύπου προηγουμένως: πίνακας 12-1).
2. Διηλεκτρική αντοχή μεταξύ των πηνίων χαμηλής τάσης , υπό εναλλ-

λασσόμενο τμήματος του ρεύματος βραχυκύκλωσης για το δίκτυο μέσης τάσης της Δ.Ε.Η.

| Όνομαστική τάση<br>σε kV | Μέγιστη τάση<br>λειτουργίας<br>σε kV | Εναλλασσόμενο τμήμα<br>του ρεύματος<br>βραχυκύκλωσης<br>σε kA |
|--------------------------|--------------------------------------|---|
| 6,6                      | 7,2                                  | 10  |
| 15                       | 17,5                                 | 10  |
| 20                       | 24                                   | 7,2   |

Πίνακας 12-3 : Τιμές του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης για το δίκτυο μέσης τάσης της Δ.Ε.Η.

### 12.1. Μετρήσεις μόνωσης σε εγκαταστάσεις μέχρι 1000 V

Ως αντίσταση μόνωσης των βιομηχανικών και κτιριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων θεωρείται η αντίσταση, που παρουσιάζει η μόνωση της εγκατάστασης προς γή.

Για την αντίσταση μόνωσης (R) σε συνήθεις εγκαταστάσεις στεγνών και υγρών χώρων πρέπει να ισχύει :

$$R \geq 1000 \frac{\Omega}{V} \quad (12.1-1)$$

Ετσι, η τιμή R και το ρεύμα διαρροής I για τάση λειτουργίας 220 V, 380 V και 1000 V πρέπει να είναι :

- για τάση λειτουργίας 220 V :  $R \geq 220 \text{ k}\Omega$  ,  $I \leq 1 \text{ mA}$
- για τάση λειτουργίας 380 V :  $R \geq 380 \text{ k}\Omega$  ,  $I \leq 1 \text{ mA}$
- για τάση λειτουργίας 1000 V :  $R \geq 1000 \text{ k}\Omega$  ,  $I \leq 1 \text{ mA}$

Σε ειδικές νοσοκομειακές εγκαταστάσεις (π.χ. χειρουργεία, μονάδες εντατικής θεραπείας, κ.λ.π.) οι απαιτήσεις προστασίας του ασθενούς είναι πολύ μεγαλύτερες από προηγουμένως ( $I \leq 100 \mu\text{A}$ ).

Ο έλεγχος της παραπάνω αντίστασης γίνεται στην πράξη με το Megger και την εγκατάσταση εκτός τάσης. Μετρά κανείς την αντίσταση μεταξύ αγωγών καθώς και εκείνη μεταξύ αγωγών και γής.

στική τάση πάνω από 1000 V, ενδιαφέρει ιδιαίτερα η τήρηση ορισμένων αποστάσεων μεταξύ αγωγών και αγωγών προς γή. Ενδιαφέρουν επίσης οι αποστάσεις προστασίας από τοίχους, μεταλλικά πλέγματα και γενικά μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. αποστάσεις προστασίας των ρευματοφόρων μερών ενός υποσταθμού, αποστάσεις προστασίας για την τοποθέτηση του πλέγματος σε ένα πεδίο δοκιμών ή σε έναν υπαίθριο υποσταθμό, κ.λ.π.). Στον πίνακα 12-2 δίνονται ορισμένες τιμές αποστάσεων, οι οποίες διευκολύνουν στις διάφορες επιλογές.

| Όνομαστική τάση<br>σε kV | Ελάχιστη απόσταση μόνωσης |      | Απόσταση μεταξύ αγωγού και επιφάνειας προστασίας<br>σε mm |      |        |      | λαμαρίνα |
|--------------------------|---------------------------|------|---|------|--------|------|----------|
|                          | σε mm                     |      | κιγκλίδομα  |      | εσχάρα |      |          |
|                          | Εσ.                       | Εξ.  | Εσ.   | Εξ.  | Εσ.    | Εξ.  |          |
| 1                        | 40                        | -    | -   | -    | 140    | -    | 70       |
| 3                        | 75                        | -    | -   | -    | 175    | -    | 105      |
| 6                        | 100                       | -    | -   | -    | 200    | -    | 130      |
| 10                       | 125                       | 180  | 500   | 500  | 225    | 280  | 155      |
| 20                       | 180                       | 260  | -   | 500  | 280    | 360  | 210      |
| 30                       | 260                       | 360  | -   | 560  | 360    | 460  | 290      |
| 45                       | 360                       | 470  | 560   | 670  | 460    | 570  | 390      |
| 60                       | 470                       | 580  | 670   | 780  | 570    | 680  | 500      |
| 110                      | 800                       | 1000 | 1000  | 1200 | 900    | 1100 | 830      |
| 150                      | -                         | 1450 | -   | 1650 | -      | 1550 | -        |
| 220                      | -                         | 2200 | -   | 2400 | -      | 2300 | -        |

Πίνακας 12-2 : Αποστάσεις στον αέρα για εγκαταστάσεις πάνω από 1000 V.

Εσ. : εγκατάσταση εσωτερικού χώρου.

Εξ. : εγκατάσταση εξωτερικού χώρου.

Η δοκιμή μηχανικής αντοχής αφορά τη στιβαρότητα της κατασκευής, η οποία στην περίπτωση των επαφών των διακοπών σχετίζεται με την ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα, μετά από ένα αριθμό χειρισμών. Ένας διακόπτης, π.χ. με ονομαστικό ρεύμα 400 A, πρέπει να έχει μετά από 1000 πλήρεις κύκλους λειτουργίας την ίδια ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα (δηλαδή 400 A). Πρόκειται για μία δοκιμή τύπου, κατά την οποία ελέγχονται τυχόν παραμορφώσεις και αποσυναρμολογήσεις (ακατάλληλα ελατήρια σύσφιξης κ.λ.π.) στις επαφές του διακόπτη. Η ικανότητα σε ονομαστικό ρεύμα, μετά την δοκιμή αυτή, διαπιστώνεται με την πραγματοποίηση στη συνέχεια της δοκιμής υπερθέρμανσης. Η δοκιμή μηχανικής αντοχής στους διακόπτες προβλέπεται στις προδιαγραφές και ως δοκιμή σειράς, αλλά με πολύ μικρό αριθμό χειρισμών (10 κύκλοι χειρισμού), μετά από τους οποίους γίνεται οπτικός έλεγχος της στιβαρότητας των επαφών.

Η δοκιμή βραχυκύκλωσης δίνει πληροφορίες για τη δυναμική και τη θερμική καταπόνηση της κατασκευής από το ρεύμα βραχυκύκλωσης (παράγραφος 10.10). Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τιμές του εναλ-

Οι διηλεκτρικές δοκιμές αποσκοπούν στη διαπίστωση της διηλεκτρικής αντοχής της κατασκευής, ανάλογα με την ονομαστική της τάση. Οι τιμές της ονομαστικής τάσης των διαφόρων κατασκευών είναι τυποποιημένες ( π.χ. στο τριφασικό δίκτυο των 50 Hz : 500 V , 6,6 kV , 15 kV , 20 kV , κ.λ.π.). Οι μετρήσεις, που γίνονται, αφορούν κυρίως τον έλεγχο της μονωτικής ικανότητας έναντι υπερτάσεων, που εκδηλώνονται κατά τη λειτουργία της κατασκευής στο δίκτυο. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές των τάσεων δοκιμής, ανάλογα με την ονομαστική τάση.

| U <sub>N</sub> | Τάση μόνωσης (μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας) | Τ Α Σ Η Δ Ο Κ Ι Μ Η Σ                          |                                    |  |     |                                    |
|----------------|--|--|------------------------------------|--|-----|------------------------------------|
|                |  | Εναλλασσόμενη τάση 50 Hz                       |                                    | Κρουστική τάση 1,2/50 μs                       |     |                                    |
|                |  | Έλεγχος της μόνωσης ως προς γη ή μεταξύ φάσεων | Έλεγχος της απόστασης σε διακόπτες | Έλεγχος της μόνωσης ως προς γη ή μεταξύ φάσεων |     | Έλεγχος της απόστασης σε διακόπτες |
| kV             | kV   | kV   | kV                                 | -  | +   | kV                                 |
| 3              | 3,6  | 21   | 25                                 | 45   | 48  | 52                                 |
| 6              | 7,2  | 27   | 35                                 | 60   | 57  | 70                                 |
| 10             | 12   | 35   | 45                                 | 75   | 71  | 85                                 |
| 15             | 17,5   | 45   | 60                                 | 95   | 90  | 110                                |
| 20             | 24   | 55   | 75                                 | 125  | 120 | 145                                |
| 25             | 27,5   | 65   | 90                                 | 145  | 130 | 170                                |
| 30             | 36   | 75   | 100                                | 170  | 150 | 195                                |
| 45             | 52   | 105  | 145                                | 235  | 220 | 290                                |
| 60             | 72,5   | 140  | 190                                | 300  | 280 | 300                                |
| 110            | 123  | 230  | 310                                | 450  | 430 | 650                                |

Πίνακας 12-1: Τιμές για τη δοκιμή με εναλλασσόμενης τάση 50 Hz επί 1 μίλ και τη δοκιμή με κρουστική τάση 1,2/50 μs (αρνητικής πολικότητας "-" και θετικής πολικότητας "+")

Οι διηλεκτρικές δοκιμές αποσκοπούν δηλαδή στην επιβεβαίωση της ονομαστικής τάσης, ανάλογα με την οποία μπορεί να καταπονείται η κατασκευή σε κεραυνικές υπερτάσεις και τάσεις χειρισμών, χωρίς να προκαλείται από αυτές μείωση της διηλεκτρικής αντοχής της. Η δοκιμή υπό κρουστικές τάσης είναι δοκιμή τύπου, ενώ η δοκιμή με εναλλασσόμενο τάση βιομηχανικής συχνότητας ( 50 Hz ) δοκιμή τύπου και σειράς. Στην κατασκευή εγκαταστάσεων στον αέρα, που έχουν ονομα-

δίκτυο (π.χ. για αποзеύκτες εξωτερικού χώρου προβλέπεται στις προδιαγραφές, ως δοκιμή τύπου, η εξακρίβωση της ικανότητας μόνωσης υπό βροχή ο έλεγχος αυτός δεν έχει νόημα σε αποζεύκτες εσωτερικού χώρου).

Το σκεπτικό για την αναζήτηση των δοκιμών, που χρειάζεται να πραγματοποιηθούν σε μία ηλεκτροτεχνική κατασκευή, πηγάζει βασικά από την ανάγκη να δοθεί μία απάντηση στα παρακάτω ερωτήματα, όταν βέβαια αυτά έχουν νόημα για την προς έλεγχο κατασκευή (σε ένα μονωτήρα δεν έχει π.χ. νόημα η δοκιμή βραχυκύκλωσης, η οποία όμως ενδιαφέρει ιδιαίτερα σε έναν μετασχηματιστή μέσης τάσης, κ.λ.π.):

- 1) Πως θα επιβεβαιωθεί το ονομαστικό ρεύμα;
- 2) Πως θα επιβεβαιωθεί η διηλεκτρική αντοχή της κατασκευής;
- 3) Ποιές είναι οι απαιτήσεις σε μηχανική αντοχή;
- 4) Αντέχει η κατασκευή το βραχυκύκλωμα μέχρι να γίνει διακοπή του από το μέσο προστασίας του δικτύου;
- 5) Ποιές είναι οι ειδικές απαιτήσεις, που πρέπει να χαρακτηρίζουν την κατασκευή;

Η απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα δίνεται από τις διάφορες προδιαγραφές με συγκεκριμένες δοκιμές. Οι δοκιμές αυτές για τα τέσσερα πρώτα ερωτήματα είναι αντίστοιχα:

- 1) Η δοκιμή υπερθερμάνσης (ή δοκιμή ανύψωσης της θερμοκρασίας)
- 2) Οι διηλεκτρικές δοκιμές
- 3) Η δοκιμή μηχανικής αντοχής
- 4) Η δοκιμή βραχυκύκλωσης (βλέπετε παράγραφο 10.10)

Σε ότι αφορά την τελευταία ερώτηση, οι δοκιμές που χαρακτηρίζονται ως "ειδικές" περιλαμβάνονται επίσης στις προδιαγραφές, ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι, η μέτρηση π.χ. των απωλειών ενός μετασχηματιστή, ο έλεγχος της ποιότητας βαφής (ή της επιψευδαργύρωσης) ενός πίνακα εξωτερικού χώρου κ.λ.π., αποτελούν, κατά το παραπάνω σκεπτικό, ειδικές δοκιμές, γιατί αναφέρονται σε συγκεκριμένες ειδικές απαιτήσεις, που καθορίζονται από το είδος της κατασκευής.

Η δοκιμή υπερθερμάνσης αφορά την εξακρίβωση του ονομαστικού ρεύματος (μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας) μιας κατασκευής. Η τιμή αυτή δεν μπορεί να είναι τυχαία θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε προδιαγεγραμμένες τιμές, ανάλογα με την κατασκευή (π.χ. για διακόπτες πινάκων μέσης τάσης: 200 A, 400 A, 600 A, 1000 A, κ.λ.π.). Η δοκιμή υπερθερμάνσης διαρκεί συνήθως αρκετές ώρες (στους μετασχηματιστές είναι της τάξης των 24 ωρών και στους διακόπτες των 4-περίπου ωρών) και θεωρείται ότι είναι επιτυχής όταν η θερμοκρασία δεν υπερβεί ένα συγκεκριμένο κατά τις προδιαγραφές όριο. Η θερμοκρασία αυτή είναι κατά VDE 0670 για π.χ. χάλκινες επαφές μέσα σε μονωτικό λάδι 80 °C (με μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας ως προς το περιβάλλον 40 °C). Η δοκιμή υπερθερμάνσης είναι δοκιμή τύπου.

## 12. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία μιας ηλεκτροτεχνικής κατασκευής, θα πρέπει να εναρμονίζονται τα επιμέρους στοιχεία της ( διακόπτες, πίνακες, μετασχηματιστές, καλώδια, κ.λ.π.), καθώς και η κατασκευή στο σύνολό της, με τις απαιτήσεις των κατά περίπτωση κανονισμών κατασκευής και προδιαγραφών δοκιμής ( DIN, VDE, IEC, ASM, προδιαγραφές της ΔΕΗ, κ.λ.π.). Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται ένα σκεπτικό, το οποίο πιστεύεται ότι διευκολύνει στην κατανόηση ορισμένων γενικών κανόνων αξιολόγησης του ηλεκτροτεχνικού εξοπλισμού, οι οποίοι προβλέπονται αναλυτικά στους κανονισμούς και στις προδιαγραφές.

Η αξιοπιστία μιας ηλεκτροτεχνικής κατασκευής διασφαλίζεται όταν ανταπεξέλθει με επιτυχία, πριν διατεθεί σε χρήση, δοκιμές υπό λειτουργικές συνθήκες, που αντιστοιχούν στις μελλοντικές μέγιστες καταπονήσεις της στο δίκτυο. Οι δοκιμές αυτές, που συνήθως αποτελούν την τελευταία φάση της παραγωγικής διαδικασίας, προβλέπονται στις προδιαγραφές ( IEC, VDE, κ.λ.π.) και διακρίνονται σε δοκιμές τύπου και δοκιμές σειράς.

Οι δοκιμές τύπου γίνονται σε διεθνώς ανεγνωρισμένα εργαστήρια ή σε εργαστήριο του κατασκευαστή (όσες είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν σε αυτό) και αφορούν συνήθως (εκτός αν ορίζεται διαφορετικά με σύμβαση) ένα τυχαίο δείγμα, ακριβώς ίδιο με τα έτοιμα προς διάθεση προϊόντα (π.χ. για παραγωγή μετασχηματιστών 20 kV /400 kVA σε ένα μετασχηματιστή). Οι δοκιμές τύπου χαρακτηρίζονται ως καταστρεπτικές, γιατί, παρά την επιτυχή διεξαγωγή τους, μπορεί να γίνουν αιτία πρόκλησης μελλοντικών βλαβών. Για το λόγο αυτό η προμήθεια εξοπλισμού, με την προϋπόθεση της πραγματοποίησης των δοκιμών αυτών από τον προμηθευτή, έχει νόημα μόνο σε περιπτώσεις μεγάλου αριθμού τεμαχίων (π.χ. 100 τεμαχίων από τους παραπάνω μετασχηματιστές), όπως συμβαίνει με την προμήθεια εξοπλισμού από τη ΔΕΗ. Σε διαφορετική περίπτωση, θα πρέπει να αρκείται κανείς στην επιβεβαίωση της ποιότητας μέσω πιστοποιητικών εργαστηριακών δοκιμών, τα οποία βεβαίως δεν μπορούν να υποκατασταθούν από διαφημιστικά φυλλάδια ή άλλα έντυπα.

Οι δοκιμές σειράς πραγματοποιούνται σε όλα ανεξαιρέτως τα τεμάχια (π.χ. σε όλους τους παραπάνω μετασχηματιστές). Οι δοκιμές αυτές δεν είναι καταστρεπτικές και γι' αυτό θα πρέπει να πραγματοποιούνται παρουσία του αγοραστή. Η ΔΕΗ πραγματοποιεί όλες τις δοκιμές σειράς στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, που προμηθεύεται. Σε μικρές προμήθειες εξοπλισμού (όπως συμβαίνει συνήθως σε ιδιωτικούς υποσταθμούς μέσης τάσης) και σε περιπτώσεις, που δεν είναι δυνατό να γίνουν οι παραπάνω δοκιμές παρουσία του αγοραστή (π.χ. προμήθεια ενός μετασχηματιστή 20 kV/400 kVA προέλευσης εξωτερικού), θα πρέπει να επιβεβαιώνεται η ποιότητα με πιστοποιητικά διεθνώς ανεγνωρισμένου εργαστηρίου.

Οι δοκιμές τύπου και σειράς δεν είναι (δies για κάθε ηλεκτροτεχνική κατασκευή, αλλά εξαρτώνται από το είδος της (μετασχηματιστής, καλώδιο, αποζεύκτης, διακόπτης ισχύος, κ.λ.π.), τα ονομαστικά στοιχεία της (ονομαστική τάση, ονομαστικό ρεύμα, κ.λ.π.) και τις συνθήκες λειτουργίας, που πρόκειται να αντιμετωπίσει αυτή στο

Μια μέθοδος διάγνωσης της ποιότητας του ηλεκτρομονωτικού ελαίου, που εφαρμόζεται από τις εταιρείες παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, βασίζεται στα είδη των παραγόμενων αερίων ( κυρίως : υδρογόνο, μεθάνιο, αιθάνιο αιθυλένιο και ακετυλένιο ) : και στις σχετικές ποσότητές τους, οι οποίες εντοπίζονται μέσω χρωματογράφου αερίων. Μια μικρή αποσύνθεση γίνεται φανερή σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, όπου παράγονται κυρίως υδρογόνο και μεθάνιο. Η παραγωγή του αιθανίου και του αιθυλενίου θεωρείται ότι σχετίζεται με θέσεις αυξημένης θερμοκρασίας του μετασχηματιστή. Το ακετυλένιο γίνεται σημαντικό ως ποσότητα σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες, που οφείλονται κυρίως στην εκδήλωση ηλεκτρικού τόξου και ισχυρών μερικών εκκενώσεων.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται βασικές οδηγίες για τη συντήρηση των μετασχηματιστών ελαίου, που πρέπει να εφαρμόζονται για να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.

| Χρονικό διάστημα           | Είδος συντήρησης   |
|----------------------------|--|
| Σε 3 μήνες<br>(Μηνιαίως *) | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Έλεγχος στάθμης λαδιού</li> <li>2) Έλεγχος θερμοκρασίας</li> <li>2) Έλεγχος υγρασίας από τον αφυγραντήρα</li> <li>3) Εξωτερικά μέρη και ειδικότερα οι μονωτήρες να καθαρίζονται από σκόνη κ.λ.π.</li> <li>4) καθαριότητα δαπέδου του χώρου</li> <li>5) Έλεγχος για τυχόν εξωτερικές σκουριές.</li> </ol> |
| Ετησίως<br>(Σε 6 μήνες *)  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Έλεγχος διηλεκτρικής αντοχής λαδιού (**)</li> <li>2) Έλεγχος της προστασίας του μετασχηματιστή</li> <li>3) Έλεγχος και σύσφιξη λυομένων συνδέσμων</li> <li>4) Αίπαυση κινητήρων αερισμού (αν υπάρχουν)</li> <li>5) Έλεγχος πυροσβεστήρων</li> </ol>  |
| Σε 2 έτη                   | Αλλαγή ρουλιών κινητήρων αερισμού (αν υπάρχουν)  |
| Σε 5 έτη                   | Πλήρης έλεγχος του λαδιού & σε περίπτωση μη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων αλλαγή (ή αναγέννηση)   |

Πίνακας 11.5-1 : Οδηγίες συντήρησης μετασχηματιστών ελαίου.

- \* : Σε τσιμεντοβιομηχανίες, λατομεία και γενικά σε περιβάλλον που προκαλεί δρα-  
στική μείωση της διηλεκτρικής αντοχής.
- \*\* : 1 λίτρο σε τελείως στεγνό και καθαρό δοχείο.

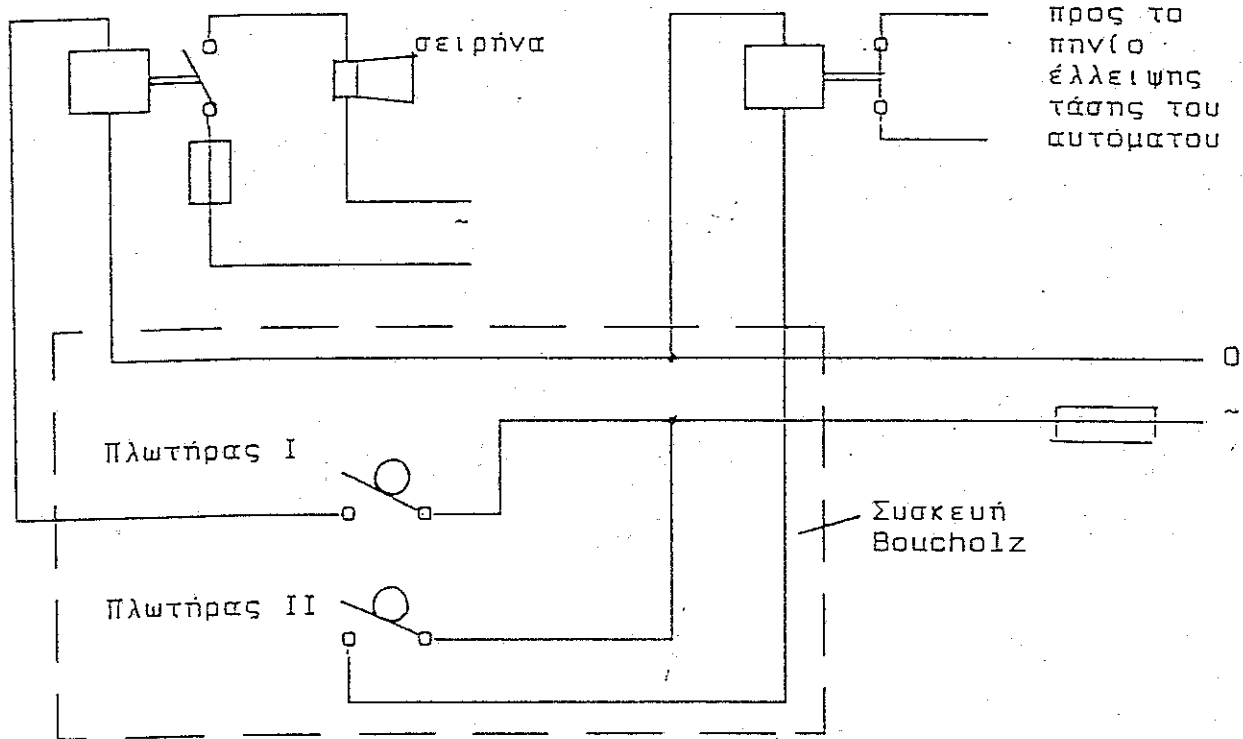


συσκευή Boucholz , που πρέπει να περιλαμβάνει ο μετασχηματιστής. Ο αφυγραντήρας τοποθετείται επί του δοχείου διαστολής του μετασχηματιστή . Περιέχει υλικό (το siticagel), που απορροφά την υγρασία. Από το γυάλινο μέρος του δοχείου του αφυγραντήρα παρακολουθεί κανείς το χρώμα του siticagel . Όταν το χρώμα είναι γαλάζιο , τότε έχει το υλικό αυτό τη δυνατότητα απορρόφησης υγρασίας . Όταν το χρώμα γίνει κόκκινο, τότε το παραπάνω υλικό είναι κορεσμένο από υγρασία και πρέπει να υποβληθεί σε ξήρανση ( 3 έως 6 ώρες σε θερμοκρασία 140 °C το πολύ).

Η αρχή λειτουργίας της συσκευής Boucholz (σχήμα 11.5.1-1) βασίζεται στα αέρια , που παράγονται κατά τη μείωση της διηλεκτρικής αντοχής του λαδιού . Τα αέρια διέρχονται από τη συσκευή Boucholz , η

Ηλεκτρονόμος  
για τη σειρήνα

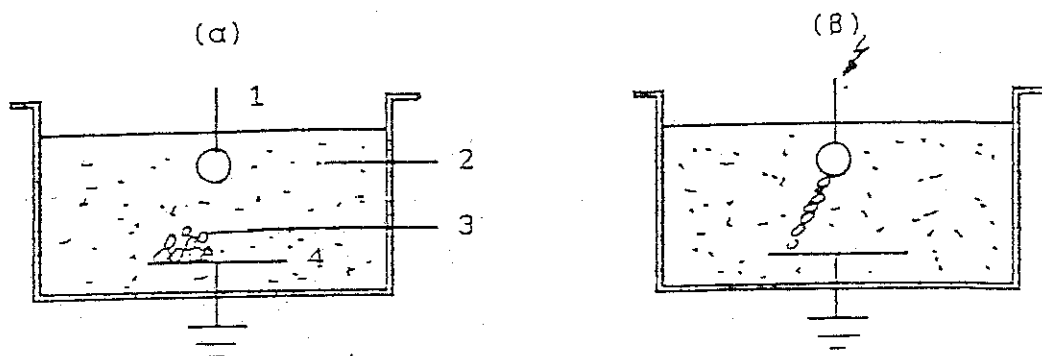
Ηλεκτρονόμος για τη  
διακοπή της λειτουργίας  
του αυτόματου διακόπτη



Σχήμα 11.5.1-1 : Κύκλωμα της προστασίας Boucholz

οποία έχει δύο πλωτήρες (I και II) . Όταν ο χώρος του Boucholz καταλαμβάνεται μόνο από λάδι, τότε οι πλωτήρες αυτοί είναι δύο ανοικτές επαφές . Κατά την μείωση της διηλεκτρικής αντοχής του λαδιού εισχωρούν τα παραγόμενα αέρια στο χώρο του Boucholz. Όταν το ποσοστό τους είναι μικρό κλείνει ο πλωτήρας I και ενεργοποιείται έτσι το κύκλωμα της σειρήνας. Για μεγαλύτερο ποσοστό αερίων κλείνει και ο πλωτήρας II , με αποτέλεσμα να τεθεί εκτός λειτουργίας ο αυτόματος διακόπτης . Η συσκευή Boucholz διαθέτει χειροκίνητη βαλβίδα εξαερισμού, η οποία είναι απαραίτητη κατά την πρώτη εγκατάσταση (ή μετά την αλλαγή λαδιών ) . Έχει επίσης γυάλινο παραθεράκι για τον έλεγχο της θέσης των πλωτήρων.

γεγικότερα των υγρών μονωτικών) απόδίδονται στους παράγοντες, που αναφέρθηκαν στα στερεά μονωτικά (παράγραφος 11.4) αλλά και στα αιωρούμενα σε αυτά ξένα σωματίδια, τα οποία σχηματίζουν αγώγιμες γέφυρες. Η δημιουργία των παραπάνω αγώγιμων γεφυρών μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί πειραματικά (σχήμα 11.5-1: τα μικρά τεμάχια από χαρτί διατάσσονται, κατά την εφαρμογή της τάσης, μεταξύ των ηλεκτροδίων). Η διηλεκτρική αντοχή του μονωτικού λαδιού μειώνεται σημαντι-



Σχήμα 11.5-1 : Δημιουργία "γέφυρας από μικρά τεμάχια χαρτιού" μεταξύ των ηλεκτροδίων.

1,4 : ηλεκτρόδια, 2 : μονωτικό λάδι

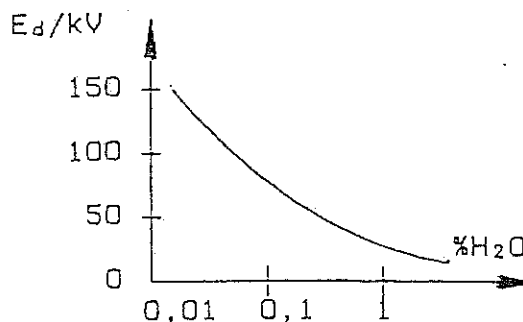
3 : μικρά τεμάχια από χαρτί

α) : Μικρά τεμάχια χαρτιού πάνω στο ηλεκτρόδιο

"πλάκα" προ της εφαρμογής της τάσης

β) : Διάταξη των μικρών τεμαχίων χαρτιού κατά την εφαρμογή της τάσης

κά όταν έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Η υγρασία προκαλεί επίσης δραστική μείωση της διηλεκτρικής αντοχής του μονωτικού λαδιού (σχήμα 11.5-2).



Σχήμα 11.5-2 : Μείωση της διηλεκτρικής αντοχής του μονωτικού λαδιού ανάλογα με το ποσοστό νερού

### 11.5.1. Μέσα ελέγχου της μονωτικής ικανότητας του λαδιού κατά τη λειτουργία των μετασχηματιστών

Η υγρασία και τα αέρια, που δημιουργούνται κατά τη γήρανση του μονωτικού λαδιού, μειώνουν δραστικά τη διηλεκτρική αντοχή του. Για το λόγο αυτό προβλέπονται (κατά τη λειτουργία των μετασχηματιστών) μέσα ελέγχου, που προειδοποιούν για τη μείωση της διηλεκτρικής αντοχής του μονωτικού λαδιού. Προβλέπεται επίσης προστασία του μετασχηματιστή, όταν η μείωση της διηλεκτρικής αντοχής του λαδιού είναι σημαντική. Πρόκειται για τον αφυγραντήρα και την

|                       |                  |     |     |     |     |    |     |      |    |      |    |    |
|-----------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|------|----|----|
| $U_N$ σε kV           | 1                | 3,3 | 6   | 6,6 | 10  | 11 | 15  | 20   | 22 | 30   | 33 |    |
| $U_0$ σε kV           | 0,6              |     | 3,5 |     | 5,8 |    | 8,7 | 11,6 |    | 17,3 |    |    |
| $U_{max}$<br>σε<br>kV | κατά<br>VDE 0111 | 1,2 | -   | 7,2 | -   | 12 | -   | 17,5 | 24 | -    | 36 | -  |
|                       | κατά BS 77       | 1,1 | 3,6 | -   | 7,2 | -  | 12  | -    | -  | 24   | -  | 36 |

Πίνακας 4.1-1 : Μέγιστη τάση λειτουργίας ( $U_{max}$ ) των καλωδίων, κατά VDE και BS, ανάλογα με την ονομαστική τάση ( $U_N$ ).

αγωγών του σε δεδομένο δίκτυο. Σύμφωνα με την προδιαγραφή VDE 0250 η τάση λειτουργίας ενός καλωδίου δεν μπορεί να υπερβεί το 15 % της ονομαστικής τάσης συνεχούς λειτουργίας.

Τα καλώδια με μόνωση από θερμοπλαστική ύλη έχουν σχεδόν καθιερωθεί στην περιοχή των χαμηλών τάσεων. Τα καλώδια αυτά τείνουν να αντικαταστήσουν στη μέση τάση εκείνα με μόνωση χαρτί ποτισμένο με λάδι. Αυτό οφείλεται στους παρακάτω βασικούς λόγους :

- 1) Είναι εύχρηστα κατά την τοποθέτηση, σύνδεση και τον τερματισμό τους.
- 2) Έχουν μικρότερο βάρος και κόστος από τα καλώδια με μόνωση "χαρτί-λάδι".
- 3) Οι χρησιμοποιούμενες μονώσεις έχουν πολύ καλές ηλεκτρικές ιδιότητες (μεγάλη διηλεκτρική αντοχή, μικρή τήξη και μικρή θερμική αντίσταση)

Στην Ελλάδα, κατά μεγάλο ποσοστό, τα καλώδια των υπογείων και υποβρυχίων δικτύων χαμηλής, μέσης και υψηλής τάσης έχουν μόνωση από χαρτί-λάδι. Καλώδια από ελαστικό και θερμοπλαστικές μονώσεις χρησιμοποιούνται κυρίως για εσωτερικές συνδέσεις στους υποσταθμούς και στις παροχές καταναλωτών.

### Μονωτήρες

Οι περισσότεροι μονωτήρες των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και των δικτύων μεταφοράς και διανομής κατασκευάζονται από πορσελάνη ή γυαλί. Σε εσωτερικούς χώρους έχουν μεγάλη εφαρμογή οι εποξειδικές ρητίνες. Η επιφάνεια των μονωτήρων είναι λεία, ώστε να παρεμποδίζεται η συγκράτηση ξένων επικαθίσεων. Οι μονωτήρες διακρίνονται, ανάλογα με τον σκοπό που εξυπηρετούν, σε : κανονικού τύπου (χρησιμοποιούνται σε συνθιεσμένο περιβάλλον), εσωτερικού χώρου, ομίχλης (έχουν μεγάλο μήκος ερπυσμού και χρησιμοποιούνται σε περιοχές με υψηλή υγρασία και ρύπανση), ανάρτησης (στις γραμμές μεταφοράς), στήριξης (σε γραμμές μεταφοράς και ζυγούς υποσταθμών) και διέλευσης (ως είσοδος και έξοδος των ζυγών, όταν παρεμβάλλονται διαχωριστικές επιφάνειες).

### 11.5. Το μονωτικό λάδι των μετασχηματιστών

Τα φαινόμενα γήρανσης και διάσπασης του μονωτικού λαδιού (και

Παράδειγμα 3 : Σε μία ρυπασμένη ατμόσφαιρα το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων είναι , λόγω του αυξημένου ρόλου των εξωτερικών μερικών εκκενώσεων, μεγαλύτερο από ότι συνήθως.

#### 11.4.1. Παραδείγματα εφαρμογών των στερεών μονωτικών

Τα στερεά μονωτικά χρησιμοποιούνται στις μονώσεις των ηλεκτρικών μηχανών, όπου οι αποστάσεις μόνωσης είναι, για λόγους μείωσης του όγκου των μηχανών, περιορισμένες. Χρησιμοποιούνται επίσης σε καλώδια (μόνωση μεταξύ αγωγών και αγωγών προς γή) καθώς και την κατασκευή μονωτήρων, κάθε είδους σε συνδυασμό με τον αέρα. Συχνά συνδυάζονται τα στερεά μονωτικά με τα υγρά μονωτικά, όπως : το χαρτί, το pergίπαχ, ο βακελίτης και άλλα μονωτικά με το λάδι. Χαρακτηριστικά παραδείγματα του συνδυασμού "στερεό-υγρό" μονωτικό είναι οι μετασχηματιστές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τα καλώδια με μόνωση "χαρτί-λάδι". Ο συνδυασμός "στερεό-υγρό" μονωτικό αποκλείει κυρίως στον εμπότισμό του στερεού μονωτικού με το υγρό, ώστε να αποφεύγονται οι εύλακες αέρα.

#### Μονώσεις καλωδίων

Τα βασικά μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα καλώδια είναι θερμοπλαστικές ύλες, ελαστικές ύλες, χαρτί και χαρτί ποτισμένο με μονωτικό λάδι.

Η μονωτική ικανότητα ενός καλωδίου δίνεται, κατά VDE 0271, από τις ονομαστικές τάσεις του  $U_0$  και  $U_N$ . Συγκεκριμένα :

- Η ονομαστική τάση  $U_0$  είναι η τάση μεταξύ αγωγού και γής (ή μεταξύ αγωγού και μεταλλικής επένδυσης του καλωδίου)
- Η ονομαστική τάση  $U_N$  είναι η τάση μεταξύ αγωγών φάσης

Μεταξύ  $U_N$  και  $U_0$  ισχύει :

α) για τα καλώδια του τριφασικού συστήματος :

$$U_N = \sqrt{3} U_0 \quad (11.4.1-1)$$

β) για τα καλώδια σε μονοφασικό σύστημα και σε συνεχές ρεύμα με δύο αγωγούς :

$$U_N = 2 U_0 \quad (11.4.1-2)$$

και

γ) για καλώδια σε μονοφασικό σύστημα και σε συνεχές ρεύμα με ένα αγωγό μονωμένο :

$$U_N = U_0 \quad (11.4.1-3)$$

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται, κατά VDE και BS, η μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας των καλωδίων  $U_{max}$ , ανάλογα με την ονομαστική τάση. Η τάση λειτουργίας ενός καλωδίου είναι η τάση μεταξύ των

ύση

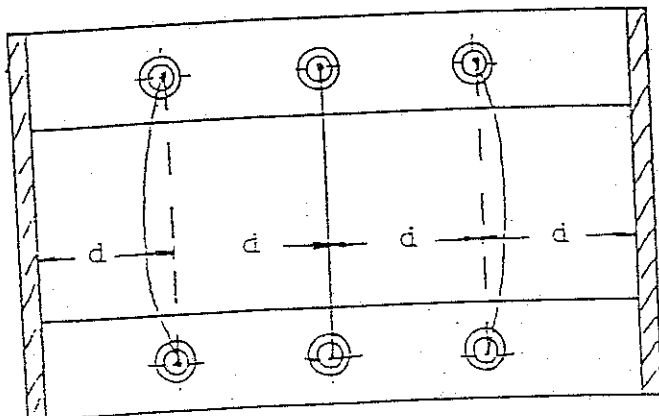
- )  $I_{sw}/I_g = 0,71$ . Επομένως  $\mu_d = 0,87$  (πίνακας 10-2)
- )  $I_d = \mu_d I_{sw} = 0,87 \cdot 20,3 = 17,6$  kA
- )  $\Delta\theta = 0,0058 \cdot 17600^2 [1,5 + 0,2 (20,3/17,6)^2] / 95^2 \approx 351$  °C

κατά τον πίνακα 10.9-1  $\theta_{max} = 150$  °C. Επομένως το καλώδιο είναι ακατάλληλο. Για την καταλληλότητα του καλωδίου θα πρέπει να μειωθεί, μέσω ηλεκτρονόμενου προστασίας, η χρονική διάρκεια του βραχυκυκλώματος. Όταν π.χ. γίνει  $t < 0,5$  s, τότε η τιμή  $\Delta\theta$  είναι μικρότερη των 150 °C, που σημαίνει, ότι το καλώδιο με διατομή 95 mm<sup>2</sup> έχει πλέον την απαιτούμενη θερμική αντοχή κατά το βραχυκύκλωμα. (Σημείωση: Η επιλογή ενός καλωδίου μεγαλύτερης διατομής, όπως π.χ. 150 mm<sup>2</sup>, που θα έλυνε το πρόβλημα, δεν ενδείκνυται όταν, λόγω του μήκους του καλωδίου, δεν συμφέρει οικονομικά, ως προς την προηγούμενη λύση).

### 10.10. Η δοκιμή υπό τριφασικό βραχυκύκλωμα

Επειδή η δυναμική και η θερμική καταπόνηση κάθε ηλεκτροτεχνικής κατασκευής κατά το βραχυκύκλωμα είναι δυνατό να προκαλέσει τη μείωση ονομαστικών στοιχείων της, ή ακόμα και την καταστροφή της, έχει προβλεφθεί στις προδιαγραφές η δοκιμή υπό τριφασικό βραχυκύκλωμα ( $I_{sw}$  επί 1 s), όπου βέβαια μπορεί να εφαρμοστεί η δοκιμή αυτή (όπως π.χ.: σε διακόπτες, πίνακες, μετασχηματιστές, κ.λ.π.). Πρόκειται για μία δοκιμή τύπου, με την οποία επιβεβαιώνεται η αντοχή της κατασκευής σε χρόνο, που θεωρείται αρκετός για να διακοπεί το βραχυκύκλωμα από το μέσο προστασίας. Μετά τη δοκιμή βραχυκύκλωσης θα πρέπει να πραγματοποιούνται (ανάλογα με το είδος της κατασκευής) δοκιμές τύπου (βλέπετε κεφάλαιο 11), των οποίων τα αποτελέσματα σχετίζονται άμεσα με την εκδήλωση τυχόν ατελειών κατά τη δοκιμή βραχυκύκλωσης (π.χ.: διηλεκτρικές δοκιμές σε έναν πίνακα, δοκιμή υπερθέρμανσης σε ένα μετασχηματιστή, κ.λ.π.).

Στο σχήμα 10.10-1 δείχνεται ένα παράδειγμα, σύμφωνα με το οποίο η μόνιμη παραμόρφωση των ζυγών σε έναν πίνακα, κατά τη δοκιμή βραχυκύκλωσης, φαίνεται ότι έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των



Σχήμα 10.10-1 : Παράδειγμα παραμόρφωσης των ζυγών ενός πίνακα κατά τη δοκιμή υπό τριφασικό βραχυκύκλωμα :

- d : απόσταση μόνωσης
- : ζυγοί μετά το βραχυκύκλωμα
- - - : ζυγοί πρό του βραχυκύκλωματος
- ⊗ : μονωτήρας

αποστάσεων μόνωσης σε βάρος της διηλεκτρικής αντοχής. Μπορούμε να υποθέσουμε, ότι στη μελέτη του παραπάνω πίνακα δεν έγιναν οι σχετικοί υπολογισμοί μηχανικής αντοχής της παραγράφου 10.3.

10.9. Η θερμική καταπόνηση των ηλεκτροτεχνικών κατασκευών και εγκαταστάσεων κατά το τριπολικό βραχυκύκλωμα

Το βραχυκύκλωμα προκαλεί στους αγωγούς, στις επαφές (λυόμενες ή μόνιμες) και στον εξοπλισμό γενικά, που είναι στη διαδρομή βραχυκύκλωσης, μία επιπλέον θερμική καταπόνηση. Για τη θερμική αυτή καταπόνηση έχουν ιδιαίτερη σημασία η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_d$ : σχήμα 10-1) και ο χρόνος μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε αγωγούς υπολογίζεται από εμπειρικές σχέσεις, όπως π.χ. από τη σχέση:

$$\Delta\theta = \frac{\kappa}{A^2} I_d^2 [t + T (I_{sw} / I_d)^2] \quad \text{σε } ^\circ\text{C} \quad (10.9-1)$$

- όπου :
- 1)  $I_d$  και  $I_{sw}$  σε A
  - 2)  $\Delta\theta$  η αύξηση της θερμοκρασίας σε  $^\circ\text{C}$
  - 3)  $\kappa$  : σταθερά του υλικού :
    - για χαλκό :  $\kappa = 0,0058$
    - για αλουμίνιο :  $\kappa = 0,0135$
  - 4) A : η διατομή του αγωγού σε  $\text{mm}^2$
  - 5) t : ο χρόνος σε sec από την εμφάνιση μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος
  - 6) T : Ένας συντελεστής χρόνου η τιμή του οποίου είναι :
    - για τριφασικό βραχυκύκλωμα : T = 0,3 έως 0,15
    - για διφασικό βραχυκύκλωμα : T = 0,6 έως 0,25
 Η τιμή T μειώνεται με την απόσταση από τη θέση βραχυκύκλωσης.

Ως οριακές θερμοκρασίες θεωρούνται :

- 1) για γυμνούς αγωγούς:
  - από χαλκό :  $200^\circ\text{C}$
  - από αλουμίνιο :  $180^\circ\text{C}$
- 2) για τα καλώδια ισχύουν οι τιμές του παρακάτω πίνακα.

| U<br>σε kV                | θερμοκρασία λειτουργίας<br>σε $^\circ\text{C}$ | $\theta_{max}$<br>σε $^\circ\text{C}$ |
|---------------------------|--|---------------------------------------|
| 1...6                     | 45   | 120                                   |
| 10...20                   | 35   | 115                                   |
| 30...60                   | 25   | 100                                   |
| για καλώδια χαμηλής τάσης |  | 150                                   |

Πίνακας 10.9-1 :

θερμοκρασία λειτουργίας και οριακή θερμοκρασία  $\theta_{max}$  για καλώδια.

Παράδειγμα :

Από την ανάλυση του τριφασικού βραχυκυκλώματος σε μία εγκατάσταση η τιμή  $I_{sw}$  για ένα καλώδιο από χαλκό ( τάση λειτουργίας 380 V και διατομή  $95 \text{ mm}^2$ ) είναι 20,3 kA. Το ρεύμα της πηγής είναι 28,8 kA. Να υπολογιστεί η αύξηση της θερμοκρασίας στο καλώδιο, όταν η χρονική διάρκεια του βραχυκυκλώματος είναι 1,5 sec. Να προταθεί λύση του προβλήματος σε περίπτωση μη ικανοποιητικής θερμικής συμπεριφοράς του καλώδιου.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση  $\sigma_{max}$  είναι :

για ζυγούς από χαλκό :  $\sigma_{max} = 1000$  έως  $1200 \text{ kp/cm}^2$

για ζυγούς από αλουμίνιο :  $\sigma_{max} = 400$  έως  $600 \text{ kp/cm}^2$

Η ροπή αντίστασης ισούται με το λόγο της ροπής αδράνειας (J) προς τη μέγιστη διάσταση της διατομής. Αποδεικνύεται ότι ισχύει :

α) για ορθογωνική διατομή (σχήμα 10.8-3) :

$$W = \frac{h b^2}{6} \quad \text{σε} \quad \text{cm}^3 \quad (10.8-12)$$

β) για κυκλική διατομή διαμέτρου D :

$$W = \frac{\pi D^3}{32} \quad \text{σε} \quad \text{cm}^3 \quad (10.8-13)$$

Από τη μηχανική καταπόνηση των ζυγών κατά το βραχυκύκλωμα μπορεί να συμβεί μηχανικός συντονισμός, όταν η μηχανική ιδιοσυχνότητα κυμαίνεται μεταξύ των ορίων  $\pm 10\%$  των 50 Hz και  $\pm 10\%$  των 100 Hz, με αποτέλεσμα την επιπλέον καταπόνηση των ζυγών και των μονωτήρων. Το πρόβλημα μπορεί να αποφευχθεί με αλλαγή του μήκους ή της διατομής των ζυγών. Η ιδιοσυχνότητα των ζυγών υπολογίζεται από εμπειρικές εκθέσεις, όπως π.χ. από τη σχέση :

$$f = 112 \sqrt{\frac{E \cdot J}{g \cdot L^4}} \quad \text{σε} \quad \text{Hz} \quad (10.8-14)$$

όπου : 1) E : το μέτρο ελαστικότητας (ελαστική σταθερά) του υλικού του ζυγού :

■ για χαλκό :  $E_{cu} = 1,25 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$

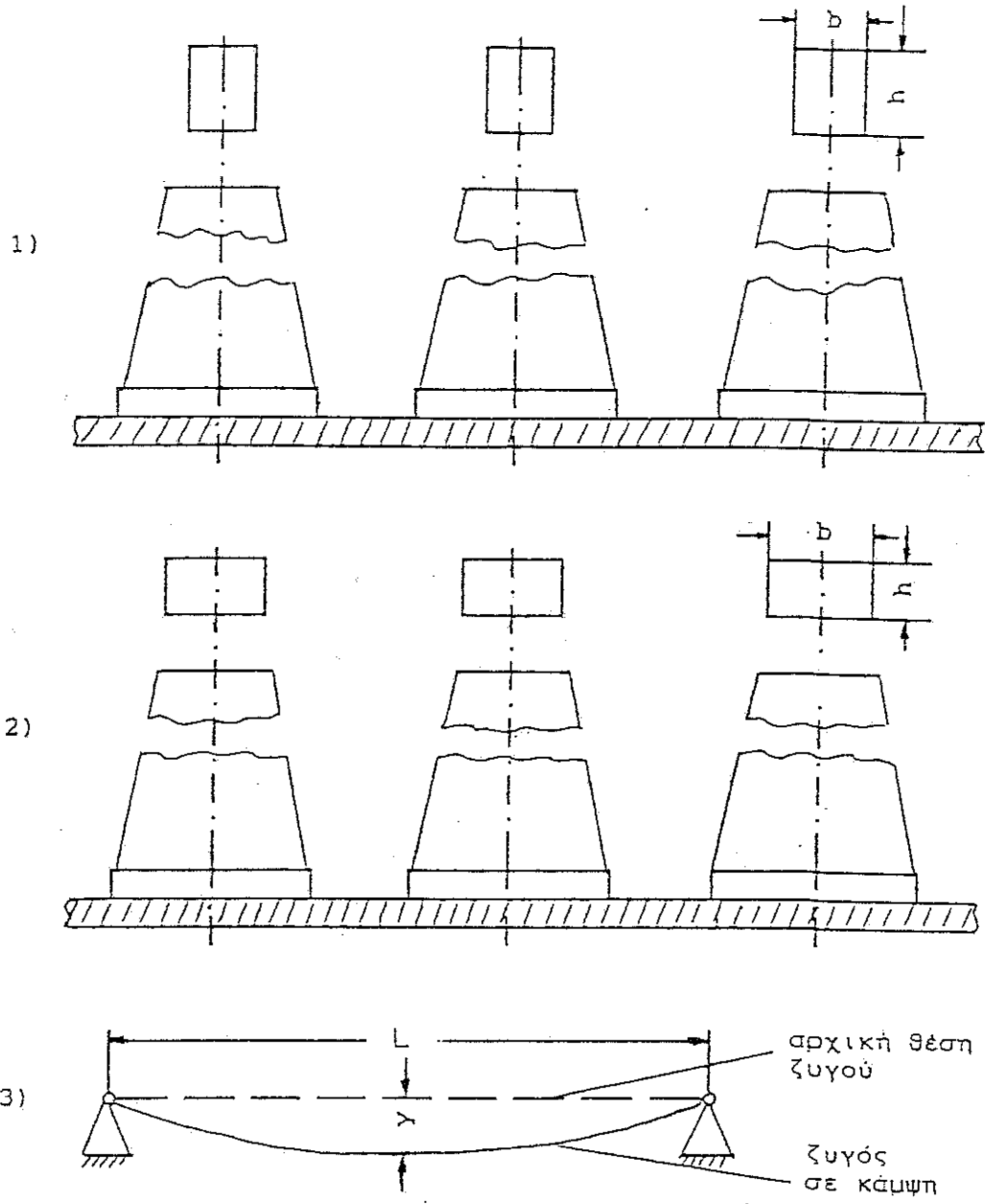
■ για αλουμίνιο :  $E_{al} = 0,72 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$

2) J : Η ροπή αδράνειας σε  $\text{cm}^4$ .  
Για ζυγούς ορθογωνικής διατομής (βλέπετε σχήμα 10.8-3) είναι :

$$J = h \cdot b^3 / 12 \quad \text{σε} \quad \text{cm}^4 \quad (b \text{ και } h \text{ σε cm}) \quad (10.8-15)$$

3) g : το βάρος του ζυγού σε  $\text{kp/cm}$

4) L : το μήκος του ζυγού (μεταξύ των πακτωμένων άκρων του) σε cm.



Σχήμα 10.8-3 : Παράδειγμα για την επεξήγηση της μηχανικής καταπόνησης των ζυγών κατά το βραχυκύκλωμα 1 και 2 : ο καθορισμός των h & b σε ζυγούς ορθογωνικής διατομής καθορίζεται σε σχέση με τη συναρμολόγησή τους στους μονωτήρες . 3 : Ο ζυγός θεωρείται ως πακτωμένη δοκός .

2) Η μηχανική αντοχή των ζυγών εξαρτάται από την μέγιστη ορθή τάση ( $\sigma_{max}$ ) και την ροπή αντίστασης (W) :

$$\sigma = \frac{M_b}{W} \leq \sigma_{max} \quad (10.8-11)$$



μη, κάθετα προς το ρεύμα  $I_2$  και την μαγνητική επαγωγή  $B_1$ , η φορά της οποίας είναι προς τον αγωγό 2 :

$$F = B_1 I_2 L \quad (10.8-5)$$

(όπου  $L$  το μήκος του μήματος του αγωγού που εξετάζεται), ή σε συνδυασμό με τη σχέση 10.8-4 :

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 L}{d} \quad (10.8-6)$$

Η δύναμη αυτή είναι η (δία με εκείνη, που υφίσταται ο αγωγός 1 από το μαγνητικό πεδίο του αγωγού 2. Στην προκειμένη περίπτωση, όπου τα ρεύματα είναι ομόρροπα, οι αγωγοί έλκονται μεταξύ τους. Όταν τα ρεύματα είναι αντίρροπα οι αγωγοί απωθούνται μεταξύ τους.

Η απότομη αύξηση του ρεύματος κατά την εκδήλωση βραχυκυκλώματος έχει ως αποτέλεσμα την εξάσκηση σημαντικών μηχανικών δυνάμεων μεταξύ των αγωγών. Η μεγαλύτερη τιμή της δύναμης αντιστοιχεί στο κρουστικό τμήμα του ρεύματος βραχυκύκλωσης (σχήμα 10-2). Σε περίπτωση συμμετρικού φορτίου έχουμε :

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_s^2 L}{d} \quad (10.8-7)$$

Για  $L$  και  $d$  στις ίδιες μονάδες και  $I_s$  σε kA είναι :

$$F = 0,2 I_s^2 \frac{L}{d} \quad \text{σε N} \quad (10.8-8)$$

ή :

$$F = 2,04 \cdot 10^{-2} \cdot I_s^2 \frac{L}{d} \quad \text{σε kp} \quad (10.8-9)$$

Η μηχανική καταπόνηση από τις δυνάμεις, που εξασκούνται μεταξύ των ρευματοφόρων μερών κατά το βραχυκύκλωμα, είναι ένα σημαντικό θέμα για τη μελέτη, την κατασκευή και την δοκιμή των ηλεκτροτεχνικών κατασκευών και των εγκαταστάσεων γενικότερα. Στο σχήμα 10.8-3 εξετάζεται ένα παράδειγμα μηχανικής αντοχής ζυγών κατά το βραχυκύκλωμα. Σύμφωνα με αυτό, τρεις ζυγοί ορθογωνικής διατομής (h.b) και μήκους  $L$  ο καθένας έχουν συναρμολογηθεί στους μονωτήρες στήριξής τους. Κάθε ζυγός μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μία δοκός πακτωμένη και στις δύο πλευρές της. Κατά τους κανόνες επομένως της μηχανικής αντοχής των υλικών έχουμε :

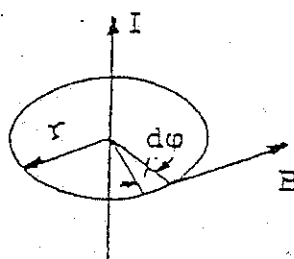
1) για τη ροπή κάμψης  $M_b$  ενός ζυγού λόγω της δύναμης, που εξασκείται σε αυτόν κατά το βραχυκύκλωμα :

$$M_b = \frac{F \cdot L}{16} \quad \text{σε kp cm} \quad (10.8-10)$$

10.8. Η μηχανική (ή δυναμική) καταπόνηση ηλεκτροτεχνικών κατασκευών και εγκαταστάσεων κατά το βραχυκύκλωμα

Για έναν αγωγό, που άγει εναλλασσόμενο ρεύμα ενεργού τιμής  $I$  ισχύει (σχήμα 10.8-1) :

Σχήμα 10.8-1 : Το μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου αγωγού, που διαρρέεται από ρεύμα



$$\oint \bar{B} \, d\bar{s} = \mu_0 I \quad (10.8-1)$$

όπου  $B$  η μαγνητική επαγωγή και  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$  η μαγνητική διαπερατότητα του αέρα. Για το ολοκλήρωμα της μαγνητικής επαγωγής, κατά το παραπάνω σχήμα, έχουμε :

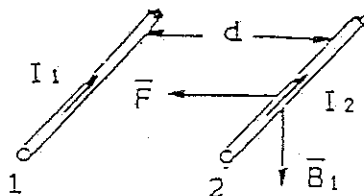
$$\oint \bar{B} \, d\bar{s} = \int_0^{2\pi} B r \, d\phi = B 2 \pi r \quad (10.8-2)$$

Από τις σχέσεις 10.8-1 και 10.8-2 έπεται ότι :

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r} \quad (10.8-3)$$

Αν υποθέσουμε ότι δύο παράλληλοι αγωγοί άπειρου μήκους, που απέχουν μεταξύ τους κατά  $d$ , άγουν αντίστοιχα τα ρεύματα  $I_1$  και  $I_2$

Σχήμα 10.8-2 : Δύναμη μεταξύ παραλλήλων αγωγών



(σχήμα 10.8-2), τότε η μαγνητική επαγωγή  $B_1$  ( του αγωγού 1 ) στη θέση του άλλου αγωγού είναι :

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{d} \quad (10.8-4)$$

Ο αγωγός 2 υφίσταται από το μαγνητικό πεδίο του αγωγού 1 μία δύνα-

τη του δικτύου του σχήματος 10.7-1 δίνεται από την σχέση :

$$= (P_{G1} + P_{G2}) / \sqrt{3} U_N \quad \text{σε kA} \quad (10.7-1)$$

τον λόγο  $I_{sw}/I_G$  και τον πίνακα 10.4-1 βρίσκειται η τιμή  $\mu_{0,15}$ .  
 από τη σχέση 10.4-1 υπολογίζεται η τιμή  $I_\alpha$  (πίνακας 10.7-4  
 αλφούς) και από τη σχέση 10.4-2 η τιμή  $P_\alpha$  (πίνακας 10.7-5 ακο-  
 αούς).

| θέση | $U_N$<br>σε kV | $I_{sw}$<br>σε kA | $I_G = \frac{P_{G1}+P_{G2}}{\sqrt{3} U_N}$<br>σε kA | $\frac{I_{sw}}{I_G}$      | $\mu_{0,15}$ | $I_\alpha = \mu_{0,15} I_{sw}$<br>σε kA |
|------|----------------|-------------------|---|---------------------------|--------------|---|
| A    | 60             | 1,89              | $\frac{15+20}{\sqrt{3} \cdot 60} = 0,34$            | $\frac{1,89}{0,34} = 5,6$ | 0,79         | $0,79 \cdot 1,89 = 1,49$                |
| B    | 60             | 1,58              | $\frac{15+20}{\sqrt{3} \cdot 60} = 0,34$            | $\frac{1,58}{0,34} = 4,6$ | 0,82         | $0,82 \cdot 1,58 = 1,29$                |
| Γ    | 20             | 3,20              | $\frac{15+20}{\sqrt{3} \cdot 20} = 1,01$            | $\frac{3,20}{1,01} = 3,2$ | 0,90         | $0,90 \cdot 3,20 = 2,88$                |

Πίνακας 10.7-4 :  $I_\alpha$  στις θέσεις A, B και Γ.

| θέση | $I_\alpha$<br>σε kA | $P_\alpha = \sqrt{3} U_N I_\alpha$<br>σε MVA |
|------|---------------------|--|
| A    | 1,49                | $\sqrt{3} \cdot 60 \cdot 1,49 = 155$         |
| B    | 1,29                | $\sqrt{3} \cdot 60 \cdot 1,29 = 134$         |
| Γ    | 2,88                | $\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 2,88 = 100$         |

Πίνακας 10.7-5 :  
 $P_\alpha$  στις θέσεις A, B και Γ.

5) Υπολογισμός του  $I_d$

Από τον λόγο  $I_{sw}/I_G$ , τον πίνακα 10-2 και την σχέση 10-4 υπολογίζεται το  $I_d$  :

| θέση | $I_{sw}$<br>σε kA | $I_{sw}/I_G$ | $\mu_d$ | $I_d = \mu_d I_{sw}$<br>σε kA |
|------|-------------------|--------------|---------|-------------------------------|
| A    | 1,89              | 5,6          | 0,46    | $0,46 \cdot 1,89 = 0,87$      |
| B    | 1,58              | 4,6          | 0,50    | $0,50 \cdot 1,58 = 0,79$      |
| Γ    | 3,20              | 3,2          | 0,57    | $0,57 \cdot 3,20 = 1,82$      |

Πίνακας 10.7-6 :  
 $I_d$  στις θέσεις A, B και Γ.

-105-

- Αντίσταση μετασχηματιστή  $MT_3$ :  $X_{10\mu T3} = u_3 / P_{N3} = 7/10 = 0,70 \Omega/\text{φάση}$ .
- Αντίσταση μετασχηματιστή  $MT_4$ :  $X_{10\mu T4} = u_4 / P_{N4} = 7,2/12 = 0,60 \Omega/\text{φάση}$ .

Το (σοδύναμο κύκλωμα του δικτύου με τις παραπάνω αντιστάσεις δίνονται στο σχήμα 10.7-1,β. Από το κύκλωμα αυτό υπολογίζεται η ολική αντίσταση  $X_{ολιο}$  ανάλογα με τη θέση βραχυκύκλωσης (πίνακας 10.7-1).

| θέση | $X_{ολιο}$ σε $\Omega/\text{φάση}$ |
|------|------------------------------------|
| A    | 0,56                               |
| B    | $0,56 + 0,11 = 0,67$               |
| Γ    | $0,56 + 0,11 + 0,32 = 0,99$        |

Πίνακας 10.7-1 :  
Ολική αντίσταση  $X_{ολιο}$   
στις θέσεις A, B και Γ.

## 2) Υπολογισμός του $I_{sw}$

Από την τιμή της ολικής αντίστασης ανά θέση (κατά τον παραπάνω πίνακα) υπολογίζεται η τιμή  $I_{sw10}$  και ακολούθως η  $I_{sw}$ :

| θέση | $I_{sw10} = \frac{6,35}{X_{ολιο}}$ σε kA | $I_{sw} = I_{sw10} \frac{10}{U_N}$ σε kA |
|------|--|--|
| A    | $6,35 / 0,56 = 11,33$                    | $11,33 \cdot 10 / 60 = 1,89$             |
| B    | $6,35 / 0,67 = 9,48$                     | $9,48 \cdot 10 / 60 = 1,58$              |
| Γ    | $6,35 / 0,99 = 6,41$                     | $6,41 \cdot 10 / 20 = 3,20$              |

Πίνακας 10.7-2 :  $I_{sw}$  στις θέσεις A, B και Γ

## 3) Υπολογισμός του $I_s$

Από την τιμή  $I_{sw}$  ανά θέση (κατά τον παραπάνω πίνακα) υπολογίζεται η τιμή  $I_s$ :

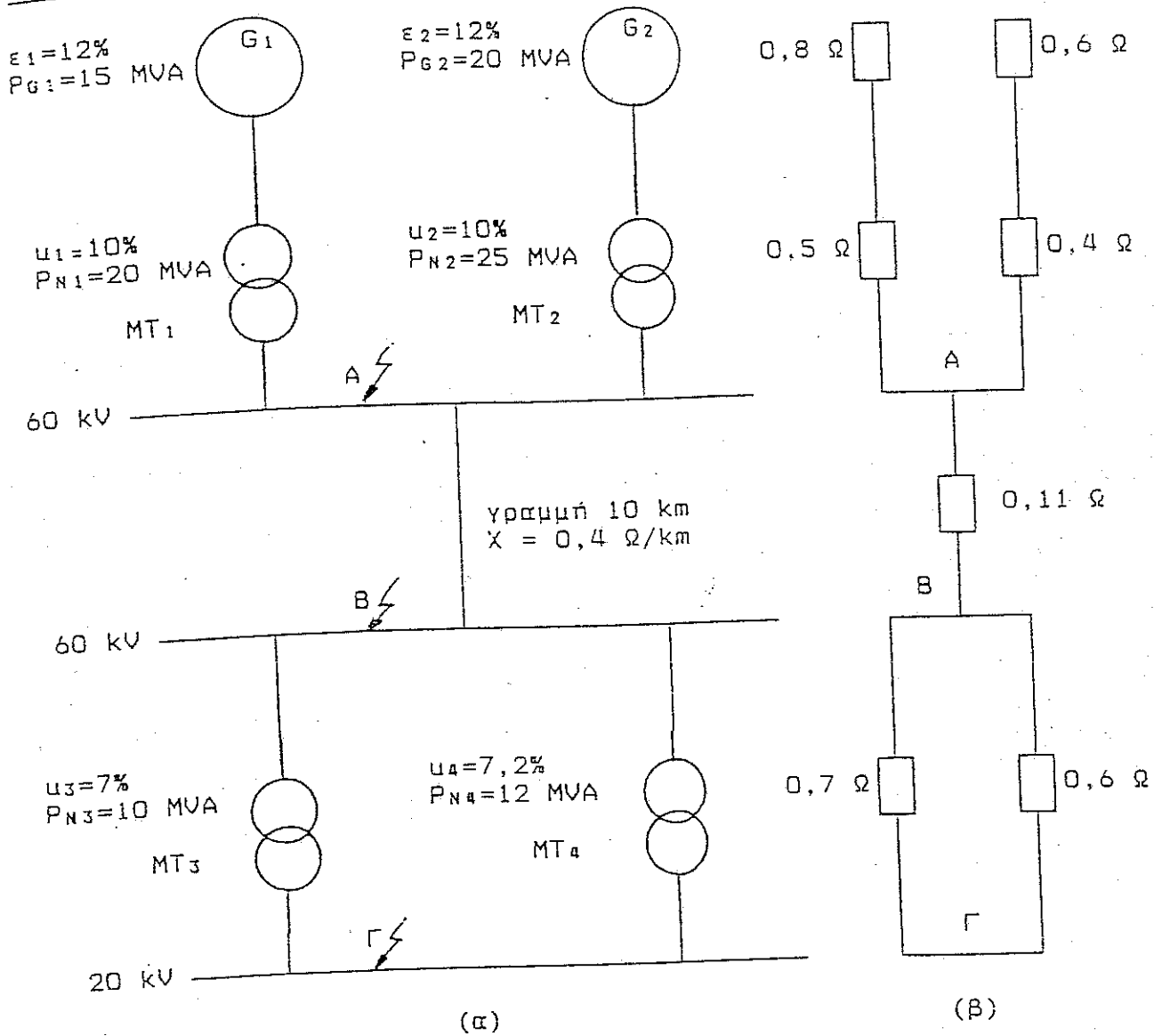
| θέση | $I_s = 1,8 \sqrt{2} I_{sw}$ σε kA      |
|------|--|
| A    | $1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,89 = 4,82$ |
| B    | $1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,58 = 4,02$ |
| Γ    | $1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,20 = 8,16$ |

Πίνακας 10.7-3 :  
 $I_s$  στις θέσεις A, B και Γ.

## 4) Υπολογισμός του ρεύματος διακοπής $I_d$ και της ισχύος διακοπής $P_d$

Αρχικά υπολογίζεται το ρεύμα της πηγής, το οποίο στην περί-

Υπολογισμός των αντιστάσεων



Σχήμα 10.7-1 : Παράδειγμα ανάλυσης τριφασικού βραχυκυκλώματος  
 $\alpha$  : δίκτυο  
 $\beta$  : ισοδύναμο κύκλωμα δικτύου

Ο υπολογισμός γίνεται για τάση αναγωγής 10 kV:

- Αντίσταση γενήτριας  $G_1$ :  $X_{10G1} = \epsilon_1 / P_{G1} = 12 / 15 = 0,8 \Omega/\text{φάση}$ .
- Αντίσταση γενήτριας  $G_2$ :  $X_{10G2} = \epsilon_2 / P_{G2} = 12 / 20 = 0,6 \Omega/\text{φάση}$ .
- Αντίσταση μετασχηματιστή  $MT_1$ :  $X_{10MT1} = u_1 / P_{N1} = 10 / 20 = 0,5 \Omega/\text{φάση}$ .
- Αντίσταση μετασχηματιστή  $MT_2$ :  $X_{10MT2} = u_2 / P_{N2} = 10 / 25 = 0,4 \Omega/\text{φάση}$ .
- Αντίσταση γραμμής:  $X_{\gamma} = L \chi = 10 \cdot 0,4 = 4 \Omega$ .  
 Έτσι, από τον πίνακα 10.1-1 έχουμε:  $\epsilon/P = 0,11 \Omega/\text{φάση}$ .

από το μέσο προστασίας. Ο υπολογισμός των τιμών  $I_{\alpha}$  και  $P_{\alpha}$  μπορεί να γίνει από τις σχέσεις :

$$I_{\alpha} = \mu I_{\Sigma\kappa} \quad \text{σε kA} \quad (10.4-1)$$

και

$$P_{\alpha} = \sqrt{3} U_{\kappa} I_{\alpha} \quad \text{σε MVA} \quad (10.4-2)$$

Οι τιμές  $I_{\alpha}$  και  $P_{\alpha}$  ενδιαφέρουν ιδιαίτερα στην επιλογή διακοπών ισχύος ή των ασφαλειών, ανάλογα με το μέσο προστασίας της εγκατάστασης (παράγραφος 9.1).

#### 10.5. Υπολογισμός του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{\alpha}$ )

Ο υπολογισμός γίνεται από την σχέση 10-3 και τον πίνακα 10-2. Η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης ενδιαφέρει ιδιαίτερα στη θερμική καταπόνηση των κατασκευών (π.χ. υπερθέρμανση : ζυγών, επαφών διακοπών, πηνίων μετασχηματιστών, κ.λ.π.).

#### 10.6. Υπολογισμός της τάξης μεγέθους του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{\Sigma\kappa}$ ) και της ισχύος διακοπής ( $P_{\alpha}$ )

Η τάξη μεγέθους των τιμών  $I_{\Sigma\kappa}$  και  $P_{\alpha}$  υπολογίζεται από τα στοιχεία του μετασχηματιστή προ της θέσης βραχυκύκλωσης :

$$I_{\Sigma\kappa} \leq 100 I_{\kappa} / \mu \quad \text{σε kA} \quad (10.6-1)$$

και

$$P_{\alpha} \leq 100 P_{\kappa} / \mu \quad \text{σε MVA} \quad (10.6-2)$$

όπου :  $I_{\kappa}$  : το ονομαστικό ρεύμα του μετασχηματιστή σε kA  
 $P_{\kappa}$  : η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή σε MVA  
 $\mu$  : η σχετική τάση βραχυκύκλωσης του μετασχηματιστή σε %

Οι τιμές, που υπολογίζονται από τις παραπάνω σχέσεις, είναι μεγαλύτερες από τα ακριβή αποτελέσματα και μάλιστα αυξάνουν με την απόσταση από τη θέση της πηγής της ενέργειας.

#### 10.7. Παράδειγμα ανάλυσης του τριφασικού βραχυκυκλώματος σε μία εγκατάσταση υψηλής τάσης

Στο σχήμα 10.7-1 δίνεται ένα δίκτυο υψηλής τάσης, στο οποίο θα γίνει ανάλυση του τριφασικού βραχυκυκλώματος στους συλλεκτικούς ζυγούς Α, Β και Γ.

10.2. Υπολογισμός του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{sw}$ )

Από την σχέση 10-2 έχουμε, για τάση αναγωγής 10 kV και  $R_{0λ} \approx X_{0λ}$  :

$$I_{sw10} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} X_{0λ10}} = \frac{6,35}{X_{0λ10}} \text{ σε kA} \quad (10.2-1)$$

και

$$I_{sw} = I_{sw10} \frac{10}{U_N} \text{ σε kA} \quad (10.2-2)$$

10.3. Υπολογισμός του κρουστικού ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_s$ )

Όταν η τιμή  $R_{0λ}$  είναι αμελητέα ως προς εκείνη της  $X_{0λ}$ , τότε είναι  $k=1,8$  (πίνακας 10-1) και επομένως από την σχέση 10-1 έχουμε:

$$I_s = 1,8 \sqrt{2} I_{sw} \text{ σε kA} \quad (10.3-1)$$

Η τιμή αυτή ενδιαφέρει ιδιαίτερα στους υπολογισμούς μηχανικών καταπονήσεων, οι οποίες εκδηλώνονται στο αρχικό στάδιο του βραχυκύκλωματος (π.χ.: εξάσκηση δυνάμεων μεταξύ των ζυγών ενός πίνακα μέσης τάσης, εξάσκηση δυνάμεων στους καύλεις σύνδεσης επί των μονωτήρων, κ.λ.π.).

10.4. Υπολογισμός του ρεύματος διακοπής ( $I_d$ ) και

της ισχύος διακοπής ( $P_d$ )

Το ρεύμα διακοπής ( $I_d$ ) είναι το εναλλασσόμενο τμήμα του ρεύματος βραχυκύκλωσης τη χρονική στιγμή της διακοπής του ρεύματος

| $I_{sw}/I_g$ | για $\cos\phi = 0,8$ |               |
|--------------|----------------------|---------------|
|              | $\mu_{0,1s}$         | $\mu_{0,25s}$ |
| από 0,1      |                      |               |
| έως 1,6      |                      |               |
| 2            | 1,0                  | 1,0           |
| 3            | 0,97                 | 0,95          |
| 4            | 0,90                 | 0,85          |
| 5            | 0,85                 | 0,77          |
| 6            | 0,80                 | 0,72          |
| 7            | 0,79                 | 0,70          |
| 8            | 0,70                 | 0,67          |
| 9            | 0,75                 | 0,65          |
| 10           | 0,74                 | 0,63          |
|              | 0,74                 | 0,62          |

Πίνακας 10.4-1 :  $\mu = f(I_{sw}/I_g)$   
για  $\cos\phi=0,8$ .

|               |                                  |
|---------------|----------------------------------|
| $\mu_{0,1s}$  | : τιμή για χρόνο διακοπής 0,1 s  |
| $\mu_{0,25s}$ | : τιμή για χρόνο διακοπής 0,25 s |
| $I_g$ :       | ονομαστικό ρεύμα της πηγής.      |

| Πολική τάση λειτουργίας της γραμμής |               |      |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| U <sub>τ</sub> σε kV                |               |      |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| X <sub>γ</sub>                      | 3             | 5    | 6     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40   | 50   | 60   | 100  | 150  | 200  |
| σε Ω                                | ε/P σε Ω/φάση |      |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 0,10                                | 1,2           | 0,40 | 0,27  | 0,10  | 0,05  |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 0,20                                | 2,3           | 0,80 | 0,55  | 0,20  | 0,09  | 0,05  |       |      |      |      |      |      |      |
| 0,30                                | 3,5           | 1,25 | 0,80  | 0,30  | 0,14  | 0,08  |       |      |      |      |      |      |      |
| 0,40                                | 3,3           | 1,60 | 1,10  | 0,40  | 0,19  | 0,10  | 0,05  |      |      |      |      |      |      |
| 0,50                                | 5,8           | 2,00 | 1,40  | 0,50  | 0,23  | 0,13  | 0,06  |      |      |      |      |      |      |
| 0,60                                | 6,9           | 2,50 | 1,55  | 0,60  | 0,27  | 0,15  | 0,07  |      |      |      |      |      |      |
| 0,70                                | 8,0           | 2,90 | 1,90  | 0,70  | 0,30  | 0,17  | 0,08  |      |      |      |      |      |      |
| 0,80                                | 9,0           | 3,10 | 2,00  | 0,80  | 0,33  | 0,20  | 0,09  | 0,05 |      |      |      |      |      |
| 0,90                                | 10,0          | 3,50 | 2,50  | 0,90  | 0,40  | 0,22  | 0,10  | 0,06 |      |      |      |      |      |
| 1,00                                |               | 4,00 | 2,55  | 1,00  | 0,45  | 0,25  | 0,12  | 0,07 |      |      |      |      |      |
| 2,00                                |               | 8,00 | 5,00  | 2,00  | 0,90  | 0,50  | 0,22  | 0,13 | 0,08 | 0,06 |      |      |      |
| 3,00                                |               |      | 8,00  | 3,00  | 1,45  | 0,70  | 0,32  | 0,19 | 0,12 | 0,09 |      |      |      |
| 4,00                                |               |      | 10,00 | 4,00  | 1,55  | 1,00  | 0,42  | 0,25 | 0,16 | 0,11 |      |      |      |
| 5,00                                |               |      |       | 5,00  | 2,10  | 1,25  | 0,50  | 0,30 | 0,20 | 0,14 | 0,05 |      |      |
| 6,00                                |               |      |       | 6,00  | 2,60  | 1,50  | 0,65  | 0,38 | 0,25 | 0,17 | 0,06 |      |      |
| 7,00                                |               |      |       | 7,00  | 3,00  | 1,75  | 0,80  | 0,41 | 0,27 | 0,20 | 0,07 |      |      |
| 8,00                                |               |      |       | 8,00  | 3,50  | 2,00  | 0,90  | 0,50 | 0,30 | 0,22 | 0,08 |      |      |
| 9,00                                |               |      |       | 9,00  | 4,00  | 2,20  | 1,00  | 0,55 | 0,35 | 0,25 | 0,09 |      |      |
| 10,00                               |               |      |       | 10,00 | 4,20  | 2,50  | 1,05  | 0,60 | 0,40 | 0,27 | 0,10 |      |      |
| 15,00                               |               |      |       |       | 6,50  | 3,50  | 1,60  | 0,90 | 0,60 | 0,40 | 0,15 | 0,07 |      |
| 20,00                               |               |      |       |       | 8,50  | 5,00  | 2,00  | 1,25 | 0,75 | 0,55 | 0,20 | 0,09 | 0,05 |
| 25,00                               |               |      |       |       | 10,00 | 6,00  | 2,50  | 1,50 | 0,95 | 0,69 | 0,25 | 0,11 | 0,06 |
| 30,00                               |               |      |       |       |       | 7,00  | 3,00  | 1,70 | 1,20 | 0,80 | 0,30 | 0,14 | 0,08 |
| 40,00                               |               |      |       |       |       | 10,00 | 4,00  | 2,50 | 1,50 | 1,10 | 0,40 | 0,19 | 0,10 |
| 50,00                               |               |      |       |       |       |       | 5,00  | 3,00 | 2,00 | 1,40 | 0,50 | 0,24 | 0,12 |
| 60,00                               |               |      |       |       |       |       | 6,00  | 3,50 | 2,40 | 1,60 | 0,60 | 0,27 | 0,15 |
| 70,00                               |               |      |       |       |       |       | 7,00  | 4,00 | 2,70 | 1,90 | 0,70 | 0,30 | 0,17 |
| 80,00                               |               |      |       |       |       |       | 8,00  | 4,90 | 3,00 | 2,10 | 0,80 | 0,37 | 0,20 |
| 90,00                               |               |      |       |       |       |       | 9,00  | 5,10 | 3,20 | 2,50 | 0,90 | 0,40 | 0,22 |
| 100,00                              |               |      |       |       |       |       | 10,00 | 6,00 | 3,40 | 2,60 | 1,00 | 0,45 | 0,25 |

Πίνακας 9.4.1-1: Τιμή ε/P για γραμμές, ανάλογα με την επαγωγική αντίδραση (X<sub>γ</sub>) και την τάση λειτουργίας U<sub>τ</sub> (τάση μεταξύ των φάσεων)



στην τάση των 10 kV . Η αναγωγή γενικά μιας αντίστασης X υπό τάση U<sub>1</sub> σε μία άλλη τάση U<sub>2</sub> γίνεται με τη σχέση :

$$X_2 = X_1 (U_2/U_1)^2 \quad (10.1-2)$$

Από τη σχέση 10.1-1 για X<sub>γ</sub> = 0 και τη σχέση 10.1-2 για τάση αναγωγής 10 kV, έπεται ότι :

$$X_{ολ10} = \frac{\epsilon_{ολ} 10^2}{P_G} 10^{-2} = \frac{\epsilon_{ολ}}{P_G} \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση} \quad (10.1-3)$$

Με βάση την παραπάνω σχέση ισχύει :

1) για γεννήτριες :

$$X_{10} = \frac{\epsilon}{P_G} \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση} \quad (10.1-4)$$

2) για μετασχηματιστές και στραγγαλιστικά πηνία :

$$X_{10} = \frac{u}{P_N} \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση} \quad (10.1-5)$$

Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις , για τον υπολογισμό των αντίστασεων των γεννητριών , των μετασχηματιστών και των στραγγαλιστικών πηνίων πρέπει να γνωρίζει κανείς :

1) για τις γεννήτριες : την ονομαστική ισχύ ( P<sub>ε</sub> ) σε MVA και την σχετική τάση διασποράς ( ε ) σε % .

2) για τους μετασχηματιστές : την ονομαστική ισχύ ( P<sub>N</sub> ) σε MVA και την σχετική τάση βραχυκύκλωσης ( u ) σε % .

3) για στραγγαλιστικά πηνία : την διερχόμενη ισχύ ( P<sub>N</sub> ) σε MVA και την σχετική τάση βραχυκύκλωσης ( u ) σε % .

Σε ότι αφορά τις γραμμές , είναι απαραίτητη η γνώση της επαγωγικής αντίδρασης X<sub>γ</sub> σε Ω. Με βάση την τιμή αυτή και την τάση λειτουργίας της γραμμής βρίσκεται από τον πίνακα 10.1-1 η τιμή ε/P της γραμμής Παράδειγμα :

Για μία γραμμή μήκους L = 20 km και X = 0,4 Ω/km . που λειτουργεί στα 60 kV, η τιμή ε/P υπολογίζεται ως ακολούθως :

$$X_{\gamma} = L \cdot X = 20 \cdot 0,4 = 8 \quad \Omega$$

Η τιμή ε/P κατά τον πίνακα 10.1-1 ( για X<sub>γ</sub> = 8 Ω και τάση λειτουργίας U<sub>τ</sub> = 60 kV ) είναι :

$$\frac{\epsilon}{P} = 0,22 \quad \Omega/\text{φάση}$$

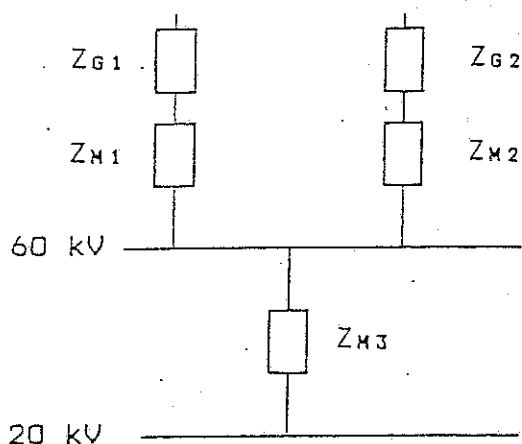
$$Z_{0\lambda} = \sqrt{R_{0\lambda}^2 + X_{0\lambda}^2} \quad (10-3)$$

Μεταξύ του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_d$ ) και του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{sw}$ ) ισχύει η σχέση :

$$I_d = \mu_d \cdot I_{sw} \quad (10-4)$$

όπου  $\mu_d$  ένας συντελεστής η τιμή του οποίου εξαρτάται από το πηλίκο  $I_{sw}/I_0$ , όπου  $I_0$  είναι το ονομαστικό ρεύμα της πηγής (των γεννητριών). (πίνακας 10-2).

Στο σχήμα 10-3 δίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα όλων των αντιστάσεων της διαδρομής βραχυκύκλωσης κατά το σχήμα 10-1.



Σχήμα 10-3 : Ισοδύναμο κύκλωμα των αντιστάσεων του δικτύου κατά το σχήμα 10-1.

$Z_{G1}$  και  $Z_{G2}$ : αντιστάσεις των γεννητριών  $G_1$  και  $G_2$  αντίστοιχα.

$Z_{M1}$ ,  $Z_{M2}$  και  $Z_{M3}$ : αντιστάσεις των μετασχηματιστών  $MT_1$ ,  $MT_2$  και  $MT_3$  αντίστοιχα.

Η μελέτη αντοχής σε τριφασικό βραχυκύκλωμα περιλαμβάνει :

- 1) Τον υπολογισμό της συνολικής σύνθετης αντίστασης ανά φάση, από τις επιμέρους αντιστάσεις των στοιχείων της εγκατάστασης μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.
- 2) Τον υπολογισμό των :  $I_{sw}$ ,  $I_s$  και  $I_d$ .
- 3) Τον υπολογισμό του συμμετρικού ρεύματος διακοπής ( $I_e$ ) και της ισχύος διακοπής ( $P_e$ ).

### 10.1. Υπολογισμός της ολικής σύνθετης αντίστασης ανά φάση

Στις εγκαταστάσεις μέσης και υψηλής η τιμή  $R_{0\lambda}$  θεωρείται συνήθως αμελητέα συγκριτικά προς την τιμή  $X_{0\lambda}$ . Στην περίπτωση αυτή η ολική σύνθετη αντίσταση  $Z_{0\lambda}$  ισούται περίπου με  $X_{0\lambda}$  και δίνεται από τη σχέση :

$$Z_{0\lambda} \approx X_{0\lambda} = \epsilon_{0\lambda} \frac{U_N^2}{P_0} + X_\gamma \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση} \quad (10.1-1)$$

όπου  $U_N$  η ονομαστική τάση (μεταξύ των φάσεων) σε kV,  $P_0$  η ονομαστική ισχύς σε MVA,  $\epsilon_{0\lambda}$  το άθροισμα των επιμέρους  $\epsilon$  και  $\mu$  σε % και  $X_\gamma$  η επαγωγική αντίδραση της γραμμής.

Ο υπολογισμός των επιμέρους αντιστάσεων γίνεται με αναγωγή

τμήμα περιλαμβάνει το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_{sw}$ ) και το συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_g$ ). Το συμμετρικό τμήμα βραχυκύκλωσης αποτελείται από το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_d$ ). Η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_s$ ) ονομάζεται κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης. Μεταξύ του κρουστικού ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_s$ ) και του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{sw}$ ) ισχύει η σχέση :

$$I_s = \kappa \sqrt{2} \cdot I_{sw} \quad (10-1)$$

όπου  $\kappa$  ένας συντελεστής η τιμή του οποίου δίνεται στον πίνακα 10-1, ανάλογα με την τιμή της ολικής ωμικής αντίστασης  $R_{o\lambda}$  μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης και την τιμή της ολικής επαγωγικής αντίδρασης  $X_{o\lambda}$  μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης. Η τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{sw}$ ) υπολογίζεται από την σχέση:

$$I_{sw} = \frac{1.1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \sqrt{R_{o\lambda}^2 + X_{o\lambda}^2}} \quad (10-2)$$

Η συνισταμένη των  $R_{o\lambda}$  και  $X_{o\lambda}$  στη σχέση 10-2 είναι η ολική σύνθετη αντίσταση ( $Z_{o\lambda}$ ) της διαδρομής βραχυκύκλωσης :

| $R_{o\lambda}/X_{o\lambda}$ | $\kappa$ |
|-----------------------------|----------|
| 0.00                        | 1.800    |
| 0.05                        | 1.680    |
| 0.10                        | 1.590    |
| 0.15                        | 1.500    |
| 0.20                        | 1.440    |
| 0.25                        | 1.380    |
| 0.30                        | 1.330    |
| 0.35                        | 1.290    |
| 0.40                        | 1.250    |
| 0.45                        | 1.220    |
| 0.50                        | 1.190    |
| 0.55                        | 1.170    |
| 0.60                        | 1.140    |
| 0.65                        | 1.120    |
| 0.70                        | 1.110    |
| 0.75                        | 1.100    |
| 0.80                        | 1.095    |
| 0.85                        | 1.090    |
| 0.90                        | 1.080    |
| 0.95                        | 1.075    |
| 1.00                        | 1.070    |
| 1.05                        | 1.065    |
| 1.10                        | 1.060    |
| 1.15                        | 1.055    |
| 1.20                        | 1.050    |

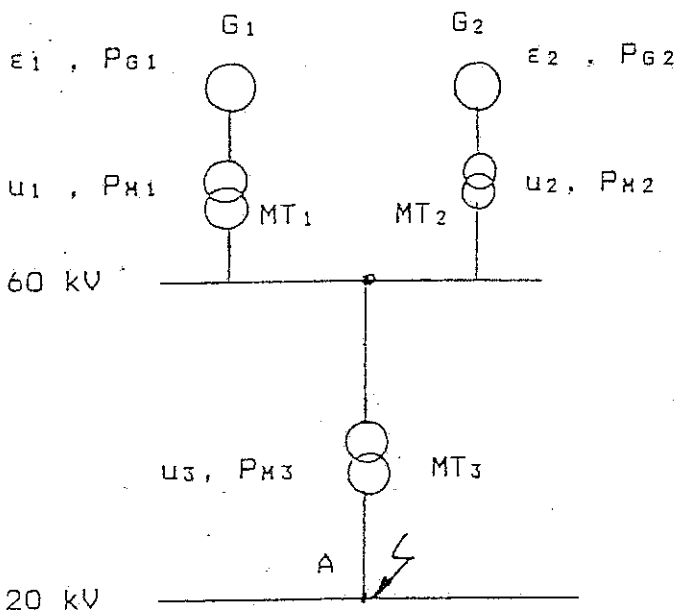
| $I_{sw}/I_g$ | $\mu_d$ για $\cos\phi=0.8$ |
|--------------|----------------------------|
| 0.1          | 1.0                        |
| 0.2          | 0.97                       |
| 0.3          | 0.96                       |
| 0.4          | 0.93                       |
| 0.5          | 0.90                       |
| 0.6          | 0.89                       |
| 0.7          | 0.87                       |
| 0.8          | 0.85                       |
| 0.9          | 0.82                       |
| 1.0          | 0.80                       |
| 1.6          | 0.70                       |
| 2.0          | 0.67                       |
| 3.0          | 0.58                       |
| 4.0          | 0.52                       |
| 5.0          | 0.49                       |
| 6.0          | 0.44                       |
| 7.0          | 0.41                       |
| 8.0          | 0.40                       |
| 9.0          | 0.39                       |
| 10.0         | 0.35                       |

Πίνακας 9.4-1 :  $\kappa = f(R_{o\lambda}/X_{o\lambda})$

Πίνακας 9.4-2 :  $\mu_d = f(I_{sw}/I_g)$

10. Η καταπόνηση των εγκαταστάσεων μέσης και υψηλής τάσης σε τριφασικό βραχυκύκλωμα

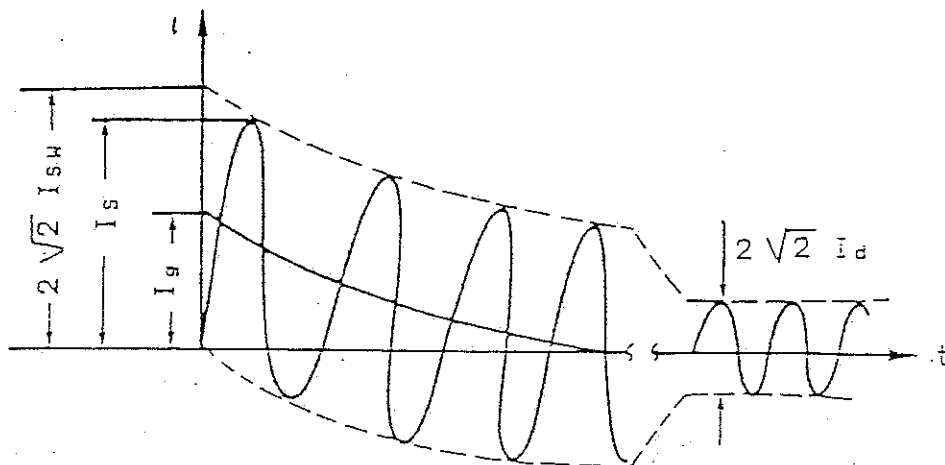
Ο υπολογισμός των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων μεταφοράς και διανομής βασίζεται στη δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας, η οποία θεωρείται ότι είναι το τριφασικό βραχυκύκλωμα. Αν υποθέσουμε ότι το τριφασικό βραχυκύκλωμα εκδηλώνεται στο σημείο Α της εγκατάστα-



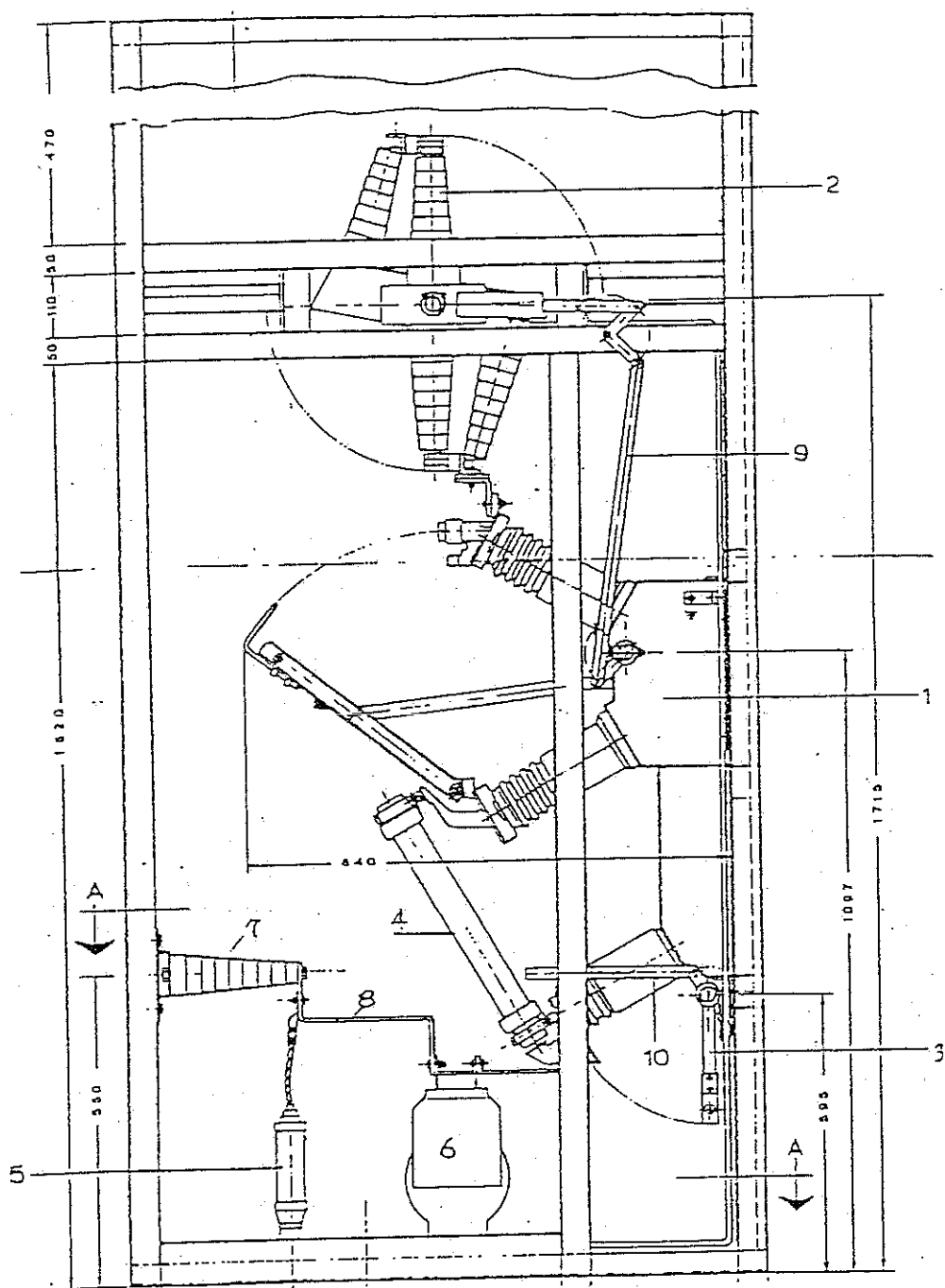
Σχήμα 9.4-1 : Παράδειγμα τριφασικού βραχυκυκλώματος.  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$  : οι κρουστικές τάσεις διασποράς των γεννητριών  $G_1$  και  $G_2$  αντίστοιχα.  $P_{\kappa 1}$  &  $P_{\kappa 2}$  ονομαστική ισχύς των γεννητριών  $G_1$  &  $G_2$  αντίστοιχα.  $u_1, u_2$  και  $u_3$  : σχετική τάση βραχυκύκλωσης των μετασχηματιστών  $MT_1, MT_2$  και  $MT_3$  αντίστοιχα.  $P_{\kappa 1}, P_{\kappa 2}$  και  $P_{\kappa 3}$  : ονομαστική ισχύς των μετασχηματιστών  $MT_1, MT_2$  και  $MT_3$  αντίστοιχα.

σης του σχήματος 10-1, τότε η συνολική ισχύς του δικτύου θα οδεύσει προς το σημείο αυτό. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι η τιμή του ρεύματος στο σημείο Α. Η τιμή αυτή εξαρτάται από την ισχύ του δικτύου μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 10-2, το ρεύμα βραχυκύκλωσης εμφανίζεται αρχικά ως ασύμμετρο και κατόπιν ως συμμετρικό. Το ασύμμετρο



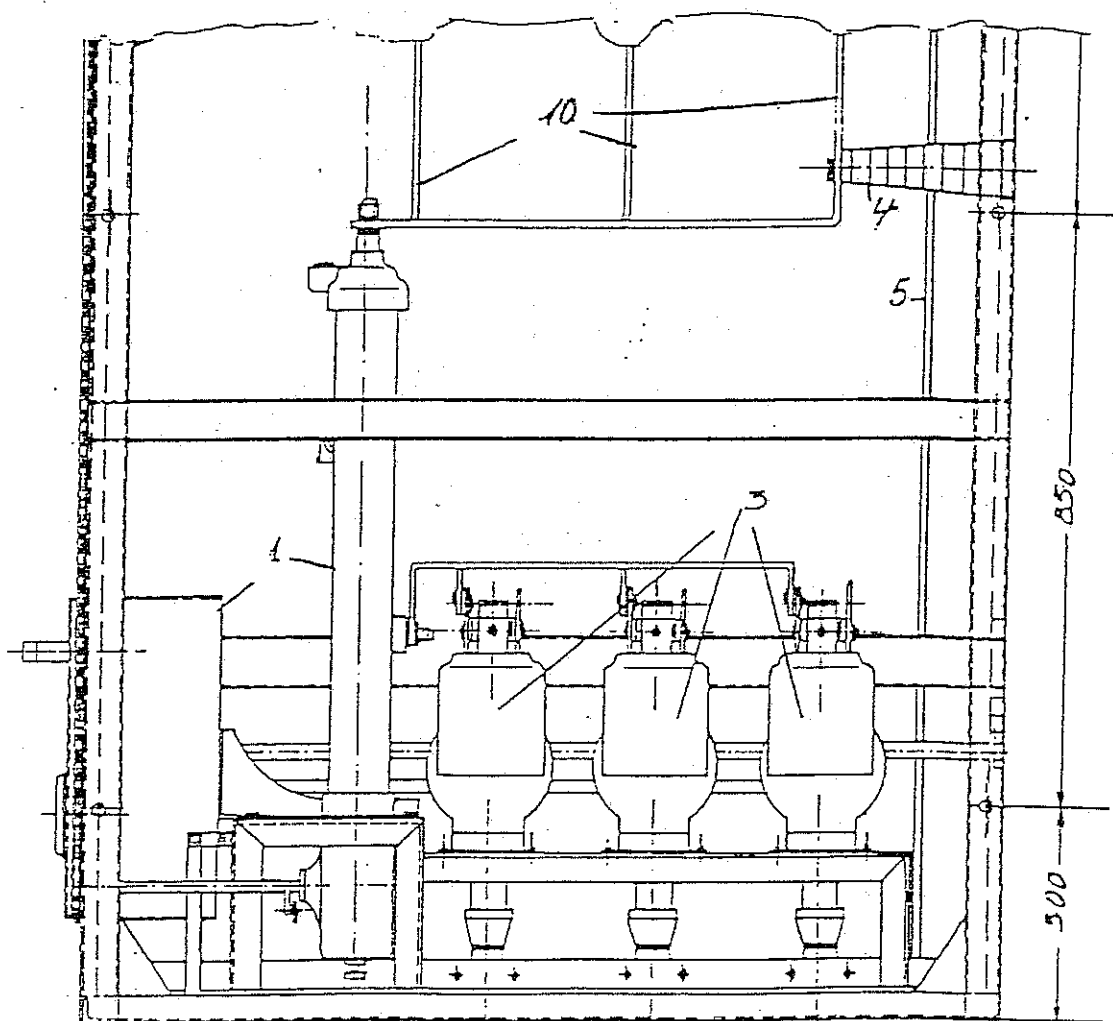
Σχήμα 10-2 : Μορφή του ρεύματος κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα



Σχήμα 9.2.2-5 : Πρόσψη ( χωρίς τα εξωτερικά καλύμματα ) ενός πίνακα με διακόπτη φορτίου.

- διακόπτης φορτίου (1),
- αποзеύκτης (2),
- γειωτής (3)
- ασφάλειες μέσης τάσης (4).
- ακροκιβώτιο (5) : τρία τεμάχια.
- μετασχηματιστές έντασης (6) : τρία τεμάχια.
- μονωτήσες στήριξης (7) : τρία τεμάχια.
- ζυγός (8) : τρία τεμάχια.
- μηχανισμός μανδάλωσης (ή αλληλασφάλισης) από τον διακόπτη φορτίου προς τον αποзеύκτη (9).

Στα σχήματα 9.2.2-4 και 9.2.2-5 δίνεται δύο ενδεικτικά μηχανολογικά σχέδια, που αφορούν τις δύο περιπτώσεις των ιδιωτικών υποσταθμών κατά το σχήμα 9.2.2-2 (ή τους πίνακες ΒΚ ΙΙ και ΒΚ Ι αντ(στοιχα). Στο σχήμα 9.2.2-4 δεν φαίνεται ο αποζευκτης γιατί δεν περιλαμβάνονται στην τομή. Στο σχέδιο αυτό δεν υπάρχει επίσης ο γειωτής γιατί δεν φαίνεται από την όψη αυτή.



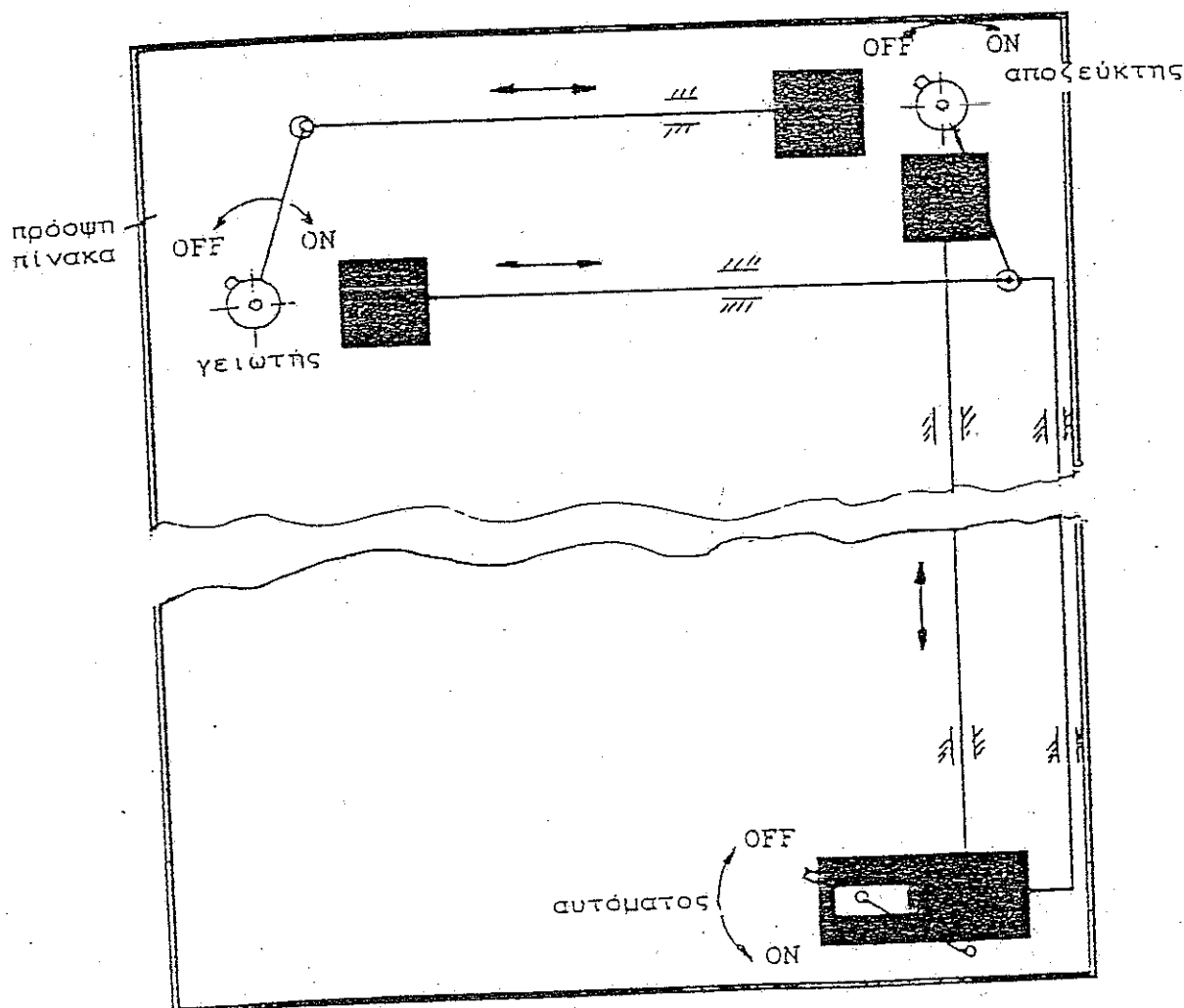
Σχήμα 9.2.2-4 : Μέρος της πλάγιας όψης (χωρίς τα εξωτερικά καλύμματα) ενός πίνακα μέσης τάσης με αυτόματα διακόπτη. Στο σχέδιο αυτό φαίνονται :

- ο αυτόματος διακόπτης (1),
- οι μετασχηματιστές έντασης (3),
- οι μονωτήρες στήριξης (4) των ζυγών,
- ένας ζυγός γείωσης (5),
- οι ζυγοί (10) προς τον αποζευκτη, και

Εκτός από τους δύο παραπάνω τύπους ιδιωτικών υποσταθμών, συνα-  
τά κανείς στην πράξη πίνακες, που δεν περιλαμβάνουν π.χ. αποζεύ-  
ση, ή διακόπτη φορτίου, κ.λ.π., ή πίνακες με ανεπαρκείς αλληλασφα-  
σεις. Κατασκευές του είδους αυτού θα πρέπει να αποφεύγονται.

Πρατήρηση:

Για τον εξοπλισμό μέσης τάσης των ιδιωτικών υποσταθμών, από  
προχές του δικτύου με ονομαστική τάση διαφορετική από 20 kV, θα  
πρέπει να έχει κανείς υπ' όψη ότι η Δ.Ε.Η. στοχεύει στη μετατροπή  
των δικτύων μέσης τάσης στα 20 kV. Για το λόγο αυτό ο εξοπλι-  
σμός μέσης τάσης του υποσταθμού θα πρέπει να είναι κατάλληλος και  
για ονομαστική τάση 20 kV. Αυτό σημαίνει π.χ. για έναν υποσταθμό,  
που θα λειτουργήσει στα 6,6 kV, ότι ο εξοπλισμός μέσης τάσης (με-  
σχηματιστής, πίνακες και γενικά οι αποστάσεις μόνωσης & προστα-  
σίας στον χώρο του υποσταθμού) θα πρέπει να είναι κατάλληλος τόσο  
για τα 6,6 kV, όσο και τα 20 kV.



Σχήμα 9.2.2-3 : Παράδειγμα αρχής λειτουργίας των αλληλασφάλισσεων σε έναν πίνακα μέσης τάσης

αυτούς είναι ουσιαστικά ο ΒΚΙ, ή ο ΒΚΙΙ, που χρησιμοποιεί η Δ.Ε.Η ( συγκρίνατε με τους πίνακες ΒΚΙ και ΒΚΙΙ του σχήματος 9.2.1-1 ) . Από το σχήμα 9.2.2-2 διαπιστώνεται ότι :

- Στην περίπτωση (α) ο χειρισμός της εγκατάστασης γίνεται μέσω ενός διακόπτη φορτίου, ενώ στην περίπτωση (β) μέσω ενός αυτόματου διακόπτη.
- Η προστασία από βραχυκύκλωμα γίνεται : στην περίπτωση (α) μέσω των ασφαλειών μέσης τάσης , ενώ στην περίπτωση (β) με ηλεκτρονόμους προστασίας, που επενεργούν στο χειριστήριο του αυτόματου διακόπτη.
- Και στις δύο περιπτώσεις η απομόνωση της εγκατάστασης από το δίκτυο γίνεται μέσω αποζεύκτη και η γείωσή της μέσω γειωτή.

Από τον σκοπό χρησιμοποίησης των διαφόρων τύπων διακοπών (σχήμα 9.1-1) , τα σχέδια των πινάκων της ΔΕΗ (σχήμα 9.2.1-1) και τις δύο περιπτώσεις των ιδιωτικών υποσταθμών (σχήμα 9.2.2-2) αντιλαμβάνεται κανείς την ανάγκη της προστασίας του χειριστή και της εγκατάστασης από λανθασμένους χειρισμούς (αναλογιστείτε ως παράδειγμα να κλείσει ο χειριστής τον γειωτή στον πίνακα μέσης τάσης ενός ιδιωτικού υποσταθμού , όταν ο πίνακας αυτός ρευματοδοτεί τον μετασχηματιστή μέσης τάσης του εργοστασίου υπό πλήρες φορτίο). Γι' αυτό , προς αποφυγή λανθασμένων χειρισμών , πρέπει να προβλέπονται στους πίνακες αλληλασφαλίσεις (μανδάλωσεις) μεταξύ των χειριστηρίων. Πρόκειται για απλούς μηχανισμούς , μέσω των οποίων εξασφαλίζεται κυρίως ότι :

- 1) Δεν μπορεί να χειριστεί κανείς τον αποζεύκτη, όταν ο διακόπτης φορτίου , ή ο διακόπτης ισχύος (ανάλογα με το είδος του πίνακα) είναι κλειστός.
- 2) Αποκλείεται να γίνουν χειρισμοί στον διακόπτη φορτίου , ή τον διακόπτη ισχύος (ανάλογα με το είδος του πίνακα), όταν ο αποζεύκτης δεν είναι τελείως κλειστός ή τελείως ανοικτός.
- 3) Δεν μπορεί να χειριστεί κανείς τον γειωτή, όταν ο αποζεύκτης είναι κλειστός.
- 4) Δεν μπορεί να χειριστεί κανείς τον αποζεύκτη, όταν ο γειωτής είναι κλειστός.

Οι μηχανισμοί αλληλασφαλίσεων με τους οποίους ικανοποιούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις εξαρτώνται γενικά από είδος του πίνακα . Όταν π.χ. ένας πίνακας έχει πόρτα εισόδου στον χώρο των διακοπών τότε χρειάζεται μηχανισμός αλληλασφάλισης και για την πόρτα. Στο σχήμα 9.2.2-3 δεικνύεται απλοποιημένα η αρχή λειτουργίας των αλληλασφαλίσεων σε έναν πίνακα που περιλαμβάνει αποζεύκτη , γειωτή και αυτόματο διακόπτη . Η αλληλασφάλιση βασίζεται σε απλούς μηχανισμούς μοχλών , που συνδέονται μόνιμα στους αντίστοιχους άξονες των διακοπών . Έτσι , ανάλογα με το είδος και τη θέση λειτουργίας ενός διακόπτη επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αλληλασφάλιση με κάλυψη συνήθως των χειριστηρίων των υπολοίπων διακοπών.