

Γειώσεις

5.1 Γενικά

Γενικά, "γείωση" ονομάζουμε την αγώγιμη σύνδεση με τη γη κάποιου εξαρτήματος που έχει αγώγιμες ιδιότητες.

Για να λειτουργεί μια ηλεκτρική αντίσταση χωρίς κίνδυνο, είναι απαραίτητη η γείωση - που ανάλογα με τον τρόπο της χρήσης της - διακρίνεται σε:

- γείωση λειτουργίας
- γείωση ασφαλείας
- γείωση προστασίας

Πιο συγκεκριμένα

α. Γείωση λειτουργίας: είναι εκείνη που ο αγωγός της είναι συνδεμένος με τη γη και χρησιμοποιείται ως επιστροφή του ηλεκτρικού ρεύματος, δηλαδή αποτελεί τον "ουδέτερο" του ηλεκτρικού κυκλώματος. Οι γειώσεις αυτού του είδους χρησιμοποιούνται γενικά στα ηλεκτροκίνητα μέσα μεταφοράς - όπου σαν αγωγός γείωσης χρησιμοποιείται η μεταλλική γραμμή, που είναι αγώγιμα συνδεδεμένη με το έδαφος. Έτσι, η επιστροφή του ηλεκτρικού ρεύματος στην πηγή προγραμματοποιείται διαμέσω του εδάφους.

β. Γείωση ασφαλείας: είναι εκείνη που μας προστατεύει από μεγάλα φορτία ηλεκτρικής ενέργειας - που δεν έχουν σχέση

με εγκατάσταση ηλεκτρικών κυκλωμάτων αλλά με ηλεκτρικά κυκλώματα, που δημιουργούνται από διάφορες εξωτερικές μεταβολές, όπως π.χ. το φαινόμενο του κεραυνού.

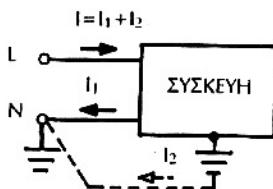
γ. Γείωση προστασίας: είναι εκείνη που μας προστατεύει από διαρροές ή βραχικυκλώματα διαφόρων εξαρτημάτων, που είναι τμήματα κυκλωμάτων κάποιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Στο σημείο αυτό θα ασχοληθούμε ιδιαίτερα με τη γείωση προστασίας, που αποτελεί και αναπόσπαστο τμήμα της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης οικιών.

5.2 Γείωση προστασίας

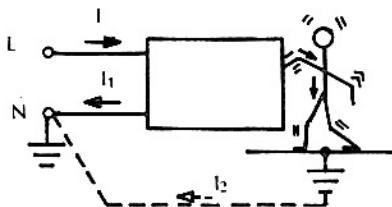
Με τον όρο διαρροϊ, εννοούμε την ύπαρξη ρεύματος σε μεταλλικά τμήματα τέτοια είναι συνήθως τα ξεωτερικά περιβλήματα εξαρτημάτων, που δεν είναι συνδεδεμένα αγώγιμα με αγωγούς ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Αυτό γίνεται, όταν σε κάποιο αγωγό παρουσιαστεί βλάβη και έλθει σε επαφή με το μεταλλικό περίβλημα.

■ Στην περίπτωση, δε, που αυτό ακουμπάει στο έδαφος, μια ποσότητα ρεύματος επιστρέφει στον ουδέτερο της πηγής και οι υπόλοιποι μέσα από τον ουδέτερο αγωγό. (Ο ουδέτερος της ΔΕΗ είναι πάντα γειωμένος).



Σχήμα 5.1. Συσκευή με γείωση σε διαρροή ρεύματος

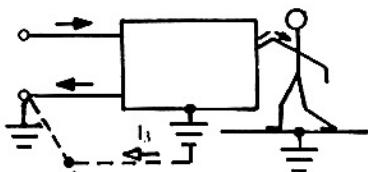
Αν, δε, τη στιγμή εκείνη αγγίζει κάποιος τη συσκευή εξωτερικά - ακόμα και αν δεν ακουμπάει αυτή στο έδαφος θα περάσει μέσα από αυτόν κάποιο ρεύμα, που θα επιστρέψει στον ουδέτερο της πηγής μέσα από το έδαφος.



Σχήμα 5.2. Επαφή ατόμου με συσκευή που έχει διαρροή ρεύματος

Στην περίπτωση που η διαρροή έχει κάποια μεγάλη σχετική τιμή, τα αποτελέσματα για αυτόν, που ακουμπάει το εξάρτημα, θα είναι θανατηφόρα.

Για την αποφυγή αυτής της κατάστασης, χρησιμοποιούμε τη γείωση προστασίας. Αυτή δεν είναι τίποτε άλλο παρά η αγώγιμη σύνδεση των μεταλλικών τμημάτων των εξαρτημάτων με τη γη. Έτσι, η ποσότητα του ρεύματος (στην περίπτωση της διαρροής) επιστρέφει στον ουδέτερο της πηγής μέσα από αγωγός γείωσης - εδάφους - ουδέτερο πηγής και όχι μέσα από το ανθρώπινο σώμα - εδάφους - ουδέτερο πηγής. (Κάποια μικρή ποσότητα ρεύματος είναι φυσικό ότι θα περάσει και μέσα από τον άνθρωπο - χωρίς, όμως δυσάρεστα αποτελέσματα για αυτόν).



Σχήμα 5.3. Σωστή "ουμπεριφορά" διαρροής ρεύματος σε συσκευή με γείωση προστασίας

$$\text{Επειδή: } R_g < R_a \quad I_3 > I_2$$

- Για να γίνει αυτό - όπως ξέρουμε από την Ηλεκτροτεχνία - πρέπει η αντίσταση του αγωγού γείωσης να έχει πολύ μικρότερη τιμή από την αντίστοιχη του ανθρωπίνου σώματος. Πιο συγκεκριμένα, έχει υπολογισθεί ότι κάποιο ρεύμα, που περνάει από το ανθρώπινο σώμα, πολλαλασιαζόμενο με την ανθρώπινη αντίσταση, αν δημιουργεί πτώση τάσης μέχρι 50 V, δεν επιφέρει δυσάρεστα αποτελέσματα στον ανθρώπινο παράγοντα.

Αν, όμως δημιουργεί πτώση τάσης μεγαλύτερη των 50 V τα αποτελέσματα αρχίζουν να γίνονται δυσάρεστα μέχρι και θανατηφόρα για τον ανθρώπινο παράγοντα.

'Όπως γίνεται κατανοητό, η αντίσταση γείωσης, που υπολογίζεται κάθε φορά, έχει σχέση με την αντίστοιχη ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος τροφοδοσίας.

Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις φωτισμού - για τη μελέτη και εγκατάσταση της γείωσης - πρέπει να γνωρίζουμε την ονομαστική ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος της παροχής και τη μέγιστη ένταση λειτουργίας της ασφάλειας (μεγέθη χαρακτηριστικά για την κάθε ασφάλεια).

Η αντίσταση γείωσης υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$R_{γειωσ} = \frac{50}{I_{\max \text{ λειτ. ασφ.}}} \text{ σε } \Omega,$$

όπου 50: η ανώτερη τιμή της πτώσης τάσης (V), που δεν επιφέρει δυσάρεστα αποτελέσματα στον ανθρώπινο παράγοντα.

$I_{\max \text{ λειτ. ασφ.}}$: η μέγιστη ένταση λειτουργίας της ασφάλειας

'Έχει υπολογιστεί ότι για το ανθρώπινο στοιχείο - που έχει κάποια αντίσταση με κατώτερη τιμή περίπου 1250 Ω - για τάση 50 V, το ρεύμα που το διαρρέει δεν φέρει άσχημο αποτέλεσμα.

Το ρεύμα αυτό υπολογίζεται από τον τύπο:

$$I = \frac{U}{R} \text{ (Νόμος Ohm)}$$

όπου: U = τάση των 50 V

R = η κατώτερη τιμή της ανθρώπινης αντίστασης που μπορεί να υπάρξει.

Η πιμή του ρεύματος είναι της τάξης των 40 mA περίπου. ($I = 50/1250$ (A))

5.3 Υλικά και εξαρτήματα γείωσης

Τα εξαρτήματα που απαιτούνται για την εγκατάσταση γείωσης προστασίας είναι τα παρακάτω:

1. Αγωγός γείωσης: είναι εκείνος που ενώνει το ηλεκτρόδιο γείωσης με τους ακροδέκτες των μεταλλικών μερών εξαρτημάτων και συσκευών.

Με βάση τους κανονισμούς οι αγωγοί γείωσης πρέπει:

- Για μονωμένο αγωγό, όταν δεν βρίσκεται στον ίδιο σωλήνα ή γενικώτερα ακολουθεί δικιά του διαδρομή, να έχει διατομή τουλάχιστον $2,5 \text{ mm}^2$.
- Για μονωμένο αγωγό, όταν βρίσκεται στον ίδιο σωλήνα με ενεργούς αγωγούς ή ακολουθεί ίδια πορεία, να έχει ίδια μόνωση και ίδια διατομή με ατμούς (mm^2), ξεκινώντας από επιτρεπτή διατομή $1,5 \text{ mm}^2$.



(a)



(b)

Σχήμα 5.4. (α) Μορφή αγωγού και (β) ταινίας θεμελιακής γείωσης

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

2. Ηλεκτρόδια γείωσης: είναι εκείνα που εξασφαλίζουν την αγώγιμη σύνδεση του αγωγού γείωσης, με τη γη και - με βάση

τους κανονισμούς - πρέπει να έχουν επιφάνεια επαφής με τη γη τουλάχιστον $0,50 \text{ m}^2$.

Αυτά - με βάση τους κανονισμούς - μπορεί να είναι:

i. Το δίκτυο ύδρευσης

Αυτός είναι ο τρόπος που, σήμερα, δεν πρέπει να εφαρμόζεται, γιατί:

- Οι σωλήνες ύδρευσης, στις σημερινές κατασκευές, μπορεί να είναι και πλαστικοί και έτσι δεν υπάρχει αγώγιμο δρόμος με τη γη.
- Το δίκτυο ύδρευσης, με μεταλλικούς σωλήνες, στην περίπτωση διακοπής της παροχής και της ένωσης των σωλήνων μεταξύ τους με μούφα - που στεγανοποιείται με μονωτικό κανάβι και μπογιά - δεν παρέχει αγώγιμο δρόμο - τουλάχιστον ικανοποιητικό - με τη γη.
- Το δίκτυο ύδρευσης, με μεταλλικούς σωλήνες, στην περίπτωση μεγάλης διαρροής, "χυτυπάει" τον καθένα που τον χρησιμοποιεί, εκείνη τη στιγμή, γιατί το σώμα του θα αποτελεί - τότε έναν επί πλέον αγώγιμο δρόμο για τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος.

ii. Μεταλλική πλάκα

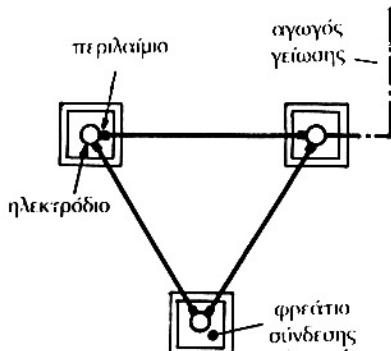
Η μεταλλική πλάκα να είναι διαστάσεων $50 \times 50 \times 2 \text{ cm}$, τουλάχιστον.

Η κατασκευή της είναι από χαλκό ή επιφευδαργυρωμένο σίδηρο και τοποθετείται σε βάθος τουλάχιστον 1 m από την επιφάνεια και πάντοτε κατακόρυφα. Η διατομή του αγωγού γείωσης - που συνδέεται με την πλάκα - πρέπει να είναι τουλάχιστον 25 mm^2 σ' όλο το τμήμα του, που βρίσκεται κάτω από τη γη (μέχρι αυτήν).



Σχήμα 5.5. Υλικά στερέωσης αγωγών γείωσης
(α) κολλάρα, (β) σφριγκτήρας

Συνήθως, κατά την τοποθέτηση, ακολουθούνται τα παρακάτω στάδια:



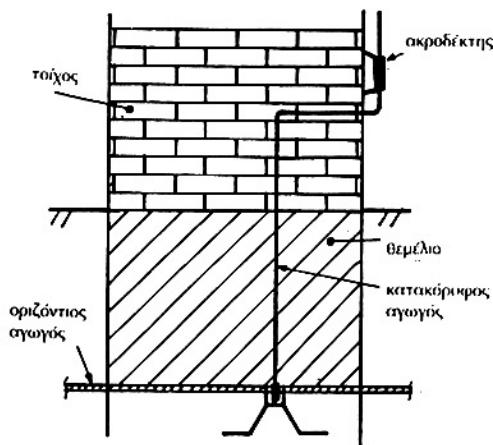
Σχήμα 5.6. Τρίγωνο γείωσης

iii. Θεμελιακή γείωση

Η θεμελιακή γείωση είναι εκείνη που χρησιμοποιείται σήμερα, συνήθως, σ' όλες τις κατασκευές.

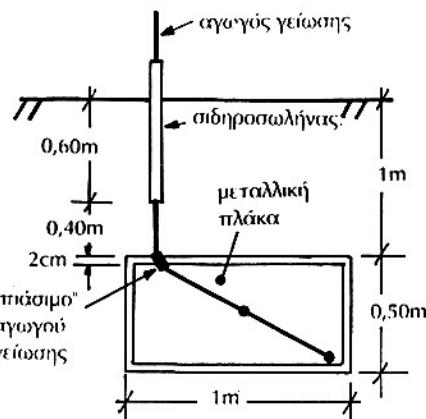
Είναι τανία από γαλβανισμένο χάλυβα διαστάσεων $2,5 \times 4 \times 30$ mm και τοποθετείται σ' άλη την περίμετρο των θεμελιών της οικοδομής μέσα σε στρώμα μπετόν ύψους 10 cm.

Η μορφή της είναι κλειστή και, από κάποιο κατάλληλο αγωγό σύνδεσης - από ίδια τανία - καταλήγει στον ζυγό του ηλεκτρικού πίνακα εγκατάστασης.



Σχήμα 5.7. Θεμελιακή γείωση

- τοποθέτηση της πλάκας
- κάλυψη γύρω από την πλάκα με μίγμα από λεπτή άμμο - σκόνη άνθρακα - αλάτι, για να δημιουργηθεί πιο καλή αγωγιμότητα μεταξύ πλάκας και γης. Στην περίπτωση που ο έλεγχος δείχνει ότι η ολική αντίσταση γείωσης δεν είναι παραδεκτής τιμής, τοποθετούμε και άλλη πλάκα - αγώγιμα συνδεδεμένη με την πρώτη και διατομής αγωγού τουλόχιστον 25 mm² μέχρι να βρεθεί παραδεκτή τιμή της αντίστασης γείωσης.

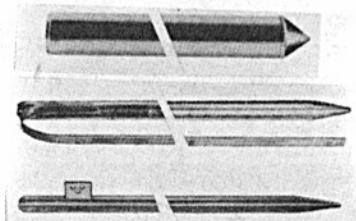


Σχήμα 5.8. Γείωση με μεταλλική πλάκα

iii. Σωλήνες

Ο σωλήνας πρέπει να έχει διάμετρο τουλόχιστον 1 ίντσας και μήκος τουλόχιστον 2,5 m (μέσα στο έδαφος). Η κατασκευή του είναι γαλβανιζέ και καρφώνεται κατακόρυφα στο έδαφος με βαρύ σφυρί.

Στην περίπτωση που ο έλεγχος δείχνει ότι η ολική αντίσταση γείωσης δεν είναι παραδεκτής τιμής, τοποθετούμε άλλους δύο σωλήνες γείωσης έτσι, ώστε να σχηματίζουν κορυφές ισοπλεύρου τριγώνου πλευράς 3 m και που να ενώνονται αγώγιμα μεταξύ τους.



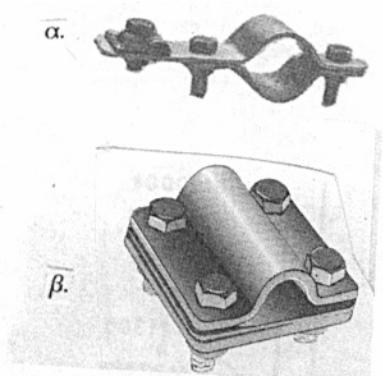
Σχήμα 5.9. Μορφές ηλεκτροδίων γείωσης

3. Κολάρα γείωσης: είναι εκείνα που εξασφαλίζουν την αγώγιμη σύνδεση του αγωγού γείωσης και του ηλεκτροδίου γείωσης (όταν το ηλεκτρόδιο είναι σωλήνας). Η κατασκευή τους πρέπει να είναι από γαλβανισμένο χάλυβα και όχι από σιδηρο κακής ποιότητας (μορφή που κυκλοφορεί σήμερα στο εμπόριο).

Η διάμετρος τους είναι ανάλογη με τη διατομή του χρησιμοποιούμενου σωλήνα.

Η τοποθέτησή τους στο σωλήνα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να γίνεται εύκολα ορατός έλεγχος.

4. Σφικτήρες: είναι εκείνος που εξασφαλίζει την αγώγιμη σύνδεση μεταξύ δύο διαφορετικών αγωγών.



Σχήμα 5.10. α. Περιλαίμιο με υποδοχή αγωγού γείωσης β. σφικτήρας T

Παρατηρήσεις

1. Στον υπολογισμό της αντίστασης γείωσης λαμβάνουμε υπόψη τον I_{ov} της παροχής, για να εξασφαλίσουμε - με τον τρόπο αυτό - και τη σωστή γείωση του πίνακα, που σήμερα είναι μεταλλικής κατασκευής.

2. Οι περόνες των αγωγών γείωσης έχουν:

- μεγαλύτερη διατομή από αυτήν των άλλων αγωγών ή
- μεγαλύτερο μήκος
ώστε να παρέχουν ασφάλεια γείωσης
- κατά τη στιγμή της ζεύξης και από-ζευξης των φορτίων.

3. Επειδή το έδαφος παρουσιάζει διαφορετική ειδική αντίσταση, ανάλογα με τον τόπο και τη μορφολογία του εδάφους, πρέπει - για ίδιες εγκαταστάσεις διαφορετικών, όμως, τοποθεσιών - να γίνεται και στις δύο έλεγχος αντίστασης γείωσης, γιατί σίγουρα θα έχουμε διαφορετικές τιμές αυτής.

4. Τα ηλεκτρόδια γείωσης τοποθετούνται σε μέρη κατάλληλα, ώστε να διευκολύνεται τεχνητά ή αγωγιμότητά τους με τη γη. Τέτοια είναι:

- κοντά σε βρύσες αυλής
- σε παρτέρια με λουλούδια που ποτίζονται
- κοντά σε μέρη που υπάρχει πάντα υγρασία (όπως πηγάδια, βόθροι κ.λ.π.).

5.4 Έλεγχος γείωσης προστασίας

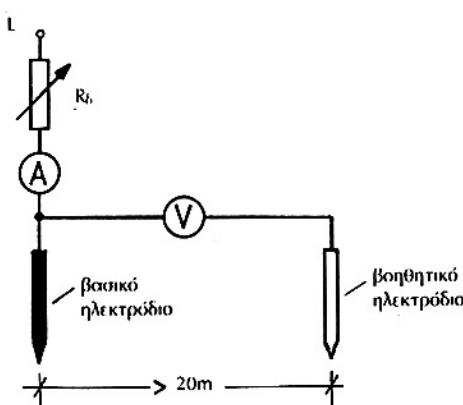
Μετά τη διεκπεραίωσης της ΕΗΕ και την τοποθέτηση της γείωσης, απαιτείται να γίνει, υποχρεωτικά, προσεκτικός έλεγχος σ' αυτήν· γιατί είναι βασικός παράγοντας ασφάλειας για τον άνθρωπο.

Ο έλεγχος της γείωσης προστασίας έγκεται στη μέτρηση της αντίστασής της, γιατί η καλή γείωση - όπως προαναφέραμε - εξαρτάται από αυτήν.

Οι τρόποι ελέγχου της γείωσης είναι:

1. Με τη βοήθεια:

- βοηθητικού ηλεκτροδίου
- βιολτομέτρου
- αμπερόμετρου
- ρυθμιστικής αντίστασης.



Σχήμα 5.11. Ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου της γείωσης.

■ Χρησιμοποιώντας ως πηγή την εγκατάσταση.

Το αμπερόμετρο συνδέεται σε σειρά με το βοηθητικό ηλεκτρόδιο. Το βοηθητικό ηλεκτρόδιο τοποθετείται σε απόσταση τουλάχιστον 20 m από το κύριο και συνδέεται ογώγιμα με τον ογώγο γείωσης, παρεμβάλλοντας το βολτόμετρο.

Η ρυθμιστική αντίσταση συνδέεται σε σειρά με το αμπερόμετρο έτσι, ώστε να παρεμβάλλεται μεταξύ αυτού και της τροφοδοσίας. Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να πάρουμε διάφορα ζεύγη ενδείξεων στα όργανα, αλλά μέχρι τιμής ένδειξης 50 V για το βολτόμετρο. Από κάθε ζεύγος τιμών μπορούμε να υπολογίσουμε την αντίσταση γείωσης, με βάση το N. Ohm.

$$R_y = \frac{U}{I}$$

2. Με τη βοήθεια:

- 2 βοηθητικών ηλεκτροδίων
- βολτόμετρου
- αμπερόμετρου
- χειροκίνητης γεννήτριας (Megger), αν δεν υπάρχει παροχή δικτύου στην εγκατάσταση.

Τα 2 βοηθητικά ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε ευθεία με το κύριο ηλεκτρόδιο και σε απόσταση μεγαλύτερη των 20 m, το ένα από το άλλο.

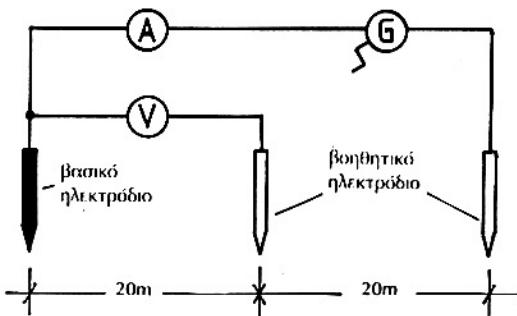
Το πρώτο βοηθητικό ηλεκτρόδιο συνδέεται ογώγιμα με το κύριο ηλεκτρόδιο, παρεμβάλλοντας το βολτόμετρο.

Το δεύτερο βοηθητικό ηλεκτρόδιο συνδέεται και αυτό με το κύριο ηλεκτρόδιο, παρεμβάλλοντας πρώτα το Megger και μετά το αμπερόμετρο.

Με το χειρισμό του Megger μπορούμε να πάρουμε διάφορα ζεύγη ενδείξεων στα όργανα, αλλά μέχρι τιμής ένδειξης 50 V για το βολτόμετρο.

Από κάθε ζεύγος τιμών μπορούμε να υπολογίσουμε την αντίσταση γείωσης, με βάση το N. Ohm.

$$R_y = \frac{U}{I}$$



Σχήμα 5.12. Ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου της γείωσης.



Σχήμα 5.13. Γειωσόμετρο με θήκη

3. Πρακτικοί τρόποι ελέγχου γείωσης

Εκτός των παραπόνω θεωρητικών τρόπων, υπάρχουν και πρακτικοί τρόποι ελέγχου της γείωσης, που, όμως, δεν μας δίνουν σαφή αποτελέσματα, αλλά ενδεικτικά.

Μερικοί από αυτούς είναι:

- **Μέθοδος τήξης ασφάλειας:** κατ' αυτή χρησιμοποιείται κάποια ασφάλεια - ανάλογης τιμής με το ολικό ρεύμα της ΕΗΕ - στον αγωγό φάσης, που τον βραχυκυκλώνουμε με τον αγωγό της γείωσης.

Πιο συγκεκριμένα:

- στην περίπτωση που "καεί" η ασφάλεια, δεν έχουμε καλή γείωση· γιατί, αυτό, σημαίνει πως έχουμε συνδέσει σε σειρά με το ηλεκτρικό κύκλωμα μεγάλης τιμής αντίσταση ενώ - στην περίπτωση, που δεν "καεί" η ασφάλεια, έχουμε καλή γείωση· γιατί, αυτό σημαίνει πως έχουμε συνδέσει σε σειρά με το ηλεκτρικό κύκλωμα μικρής τιμής αντίσταση.
- **Μέθοδος του λαμπτήρα:** κατ' αυτή, συνδέεται, στη φάση της παροχής το μεταλλικό περίβλημα του εξαρτήματος, παρεμβάλλοντας λάμπτα.

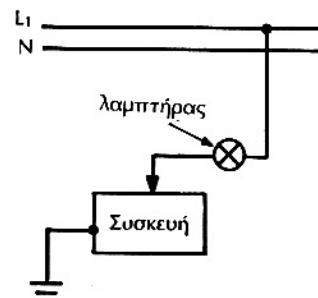
Ανάλογα με την ακτινοβολία της λάμπτας, καταλαβαίνουμε αν έχουμε ή όχι καλή γείωση.

Πιο συγκεκριμένα:

- στην περίπτωση, που η λάμπτα φωτοβολεί κανονικά, σημαίνει πως έχουμε συνδέμενη σε σειρά μικρή αντίσταση· δηλαδή η γείωση είναι καλή.
- στην περίπτωση, που η λάμπτα δεν φωτοβολεί ή φωτοβολεί ασθενικά,

σημαίνει πως έχουμε συνδέμενη σε σειρά μεγάλη αντίσταση· δηλαδή η γείωση είναι κακή.

Σχηματική παράσταση



Σχήμα 5.14. Πρακτικός ελεγχος γείωσης με λαμπτήρα

Παραπήρηση

Η γείωση πρέπει να τοποθετείται, υποχρεωτικά, σε όλες τις ηλεκτρικές συσκευές και εξαρτήματα που έχουν μεταλλικό μέρος και η τάση τους ξεπερνάει τα 50 V.

Πιο συγκεκριμένα σε:

- Θερμοσίφωνες
- ηλεκτρικά μαγειρεία
- ηλεκτρικό ψυγείο
- ηλεκτρικό πλυντήριο
- τοστιέρα, φρυγανιέρα κ.λ.π.
- ηλεκτρικό σίδερο
- σκουπιδοφόρο
- απορροφητήρα
- μεταλλικά μέρη φωτιστικών σωμάτων
- ρευματοδότες κ.λ.π.

Πίνακας 5.1 Διατομή αγωγού γείωσης σε σχέση με τον ενεργό αγωγού				
Διατομή ενεργού Αγωγού (φάσης) [mm ²]	Διατομή αγωγού γείωσης στον ίδιο σωλήνα ή το ίδιο κολώνιο με τους ενεργούς (mm ²)	Διατομή αγωγού γείωσης μέσα σε ανεξάρτητο σωλήνα (mm ²)	Διατομή γυμνού επίτοιχου αγωγού γείωσης (mm ²)	Διατομή αγωγού γείωσης μέσα στο έδαφος ή σε απρό- σιτες θέσεις (mm ²)
1,5	1,5	2,5	6	25
2,5	2,5	2,5	6	25
4	4	4	6	25
6	6	6	6	25
10	10	10	10	25
16	16	16	16	25
25	16	16	16	25
35	16	16	16	25
50	25	25	25	25
70	35	35	35	35
95	50	50	50	50
120	70	70	70	70
150	70	70	70	70
185	95	95	95	95

Πίνακας 5.2 Αντίσταση γείωσης ηλεκτροδιδύνων σε σχέση με το έδαφος

Είδος ηλεκτροδιδύνου	Έδαφος ελώδες	Έδαφος αργυροπηλώδες ή ατρού	Υγρή άμμος	Υγρά χαλκία	Στραγή όμημος	Πετρόδες έδαφος
Αντίσταση γείωσης σε Ωμ						
1. Ταινία ή συρματόσχοινο μήκους 10 m.	6	20	40	100	200	600
2. Ταινία ή συρματόσχοινο μήκους 25 m.	3	10	20	50	100	300
3. Ταινία ή συρματόσχοινο μήκους 50 m.	1,5	5	10	25	500	1.500
4. Ταινία ή συρματόσχοινο μήκους 100 m.	1	3	6	15	300	900
5. Ράβδος ή σωλήνως μήκους 1 m.	21	70	140	350	700	2.100
6. Ράβδος ή σωλήνως μήκους 2 m.	12	40	80	200	400	1.200
7. Ράβδος ή σωλήνως μήκους 3 m.	10	30	60	150	300	900
8. Ράβδος ή σωλήνως μήκους 5 m.	6	20	40	100	200	600
9. Πλάκα ορθογώνια χωμένη κατακόρυφα σε βάθος 1 m περίπου (άνω πλευρά) διαστάσεων 0,5 × 1 m.	11	35	70	175	350	1.000
10. Πλάκα 1 × 1 m κ.λ.π. ως άνω.	8	25	50	125	250	750

5.5 Τρόποι γείωσης στο δίκτυο της ΔΕΗ

Οι τρόποι γείωσης που εφαρμόζονται από τη ΔΕΗ - για την προστασία των καταναλωτών - είναι:

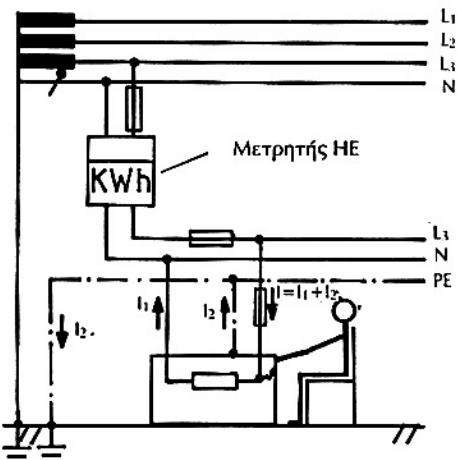
- η άμεση γείωση
- η γείωση μέσω του ουδετέρου ή ουδετέρωση ή ενίσχυση του ουδετέρου

Πιο αναλυτικά είναι:

5.5.1 Άμεση γείωση

Η ΔΕΗ δεν χρησιμοποιεί πλέον αυτό τον τρόπο γείωσης στο δίκτυο της² παρ' όλα αυτά υπάρχει σε κάποια παλιά δίκτυα της Αττικής.

Στην άμεση γείωση ο αγωγός συνδέεται με γειωτή και όχι με τον ουδέτερο.



Σχήμα 5.15. Άμεση γείωση

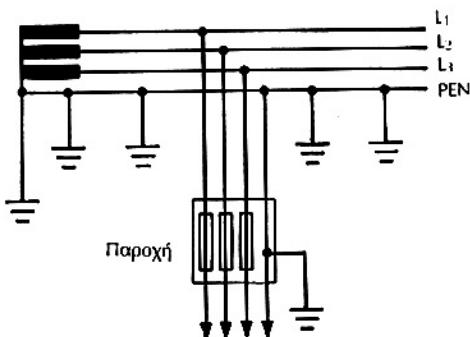
5.5.2 Γείωση μέσω του ουδετέρου ή ουδετέρωση ή ενίσχυση του ουδετέρου

Γ' αυτό:

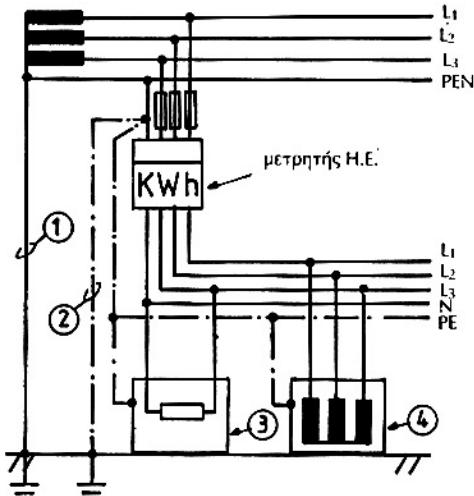
- γειώνει τον ουδέτερο στον υποσταθμό
- γειώνει τον ουδέτερο στον μετρητή κάθε κατανάλωσης

■ γειώνει τον ουδέτερο της γραμμής διανομής κάθε δυο ή τρεις κολώνες, ανάλογα με την απόσταση που βρίσκονται μεταξύ τους και την σχετική τους εδάφους.

Μ' αυτόν τον τρόπο, πετυχαίνεται ενίσχυση του ουδετέρου της γραμμής διανομής της και μεγαλύτερη ασφάλεια λειτουργίας των επί μέρους ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

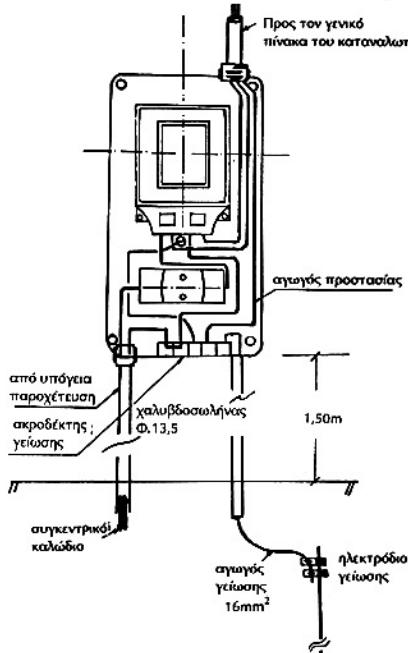


Σχήμα 5.16. Ουδετέρωση

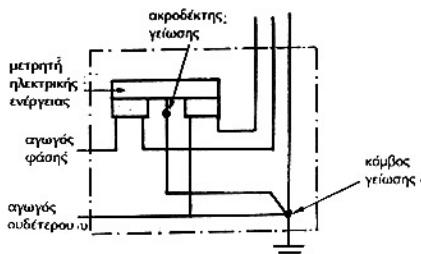


1: γείωση ουδετέρου στον ΜΙΣ διανομής, 2: αγωγός γείωσης στο μετρητή Η.Ε., 3: μονοφασική συσκευή
4: Τριφασική συσκευή συνδεμένη σε αστέρα

Σχήμα 5.17. Ηλεκτρολογική συνδεσμολογία ουδετέρωσης για την τροφοδοσία μονοφασικής και τριφασικής συσκευής.



Σχήμα 5.18. Πραγματική διάταξη γνωμοκιβώτιου με ουδετέρωση



Σχήμα 5.19. Σχηματική μορφή ουδετέρωσης σε γνωμονοκιβώτιο

5.6 Ισοδυναμικές συνδέσεις

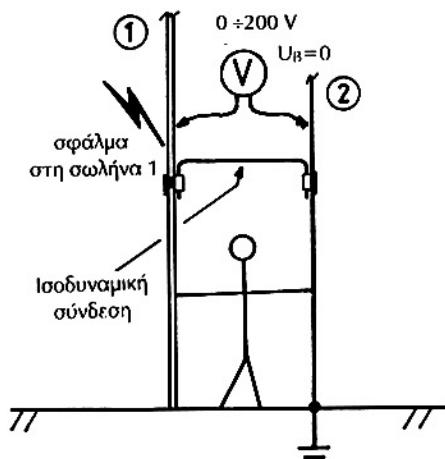
Ισοδυναμικές λέμε τις συνδέσεις εκείνες που γίνονται σε περιπτώσεις μεταλλικών κατασκευών για να εξασφαλίζεται μεταξύ τους διαφορά δυναμικού μηδέν.

Κάθε ισοδυναμική σύνδεση πραγματοποιείται με αγωγό 6 mm².

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις συνήθως χρησιμοποιούνται σε υγρούς χώρους όπως:

- η κουζίνα
- το μπάνιο
- το εργοστάσια

Ηλεκτρολογική συνδεσμολογία

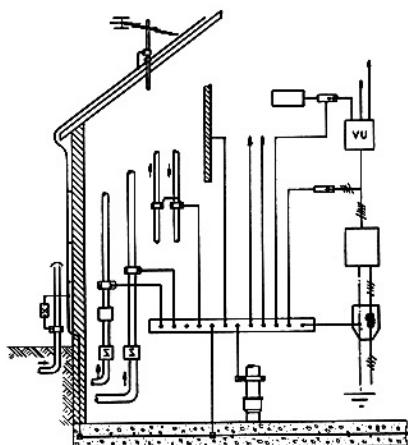


* Είναι προφανές πως αν δεν υπήρχε η ισοδυναμική σύνδεση, ο άνθρωπος θα ευρίσκετο σε επαφή με τάση $U_B = 200$ V

Σχήμα 5.20. Ηλεκτρολογική συνδεσμολογία προστασίας με ισοδυναμική σύνδεση

Πολλές φορές στην πράξη η ισοδυναμική σύνδεση συναντάται νε την ονομασία "γεφύρωση".

Πιο συγκεκριμένα - λοιπόν - με τον όρο γεφύρωση θεωρούμε την αγώγιμη σύνδεση μεταξύ διαφόρων τμημάτων μιας εγκατάστασης, για να υπάρχει σ' αυτά ίδια διαφορά δυναμικού.



Σχήμα 5.21. Πλήρεις ισοδυναμικές συνδέσεις σε κτίριο

Παραπήρσεις

1. Σε περίπτωση βροχοκυκλώματος μεταξύ φάσης και ουδετέρου, το ηλεκτρικό κύκλωμα πρέπει να διακόπτεται περίπου στο χρονικό διάστημα των 5 s.

Για το λόγο αυτό θεωρούμε πως ισχύει:

$$I_{\beta P} < 3 \text{ K.A.}$$

2. Η διατομή του αγωγού του ουδετέρου εξαρτάται από τη διατομή του αγωγού της φάσης.

Πιο συγκεκριμένα για:

Σφάσης $\leq 16 \text{ mm}^2$ ισχύει: $S_{\text{ουδ}} = S_{\text{φάσης}}$

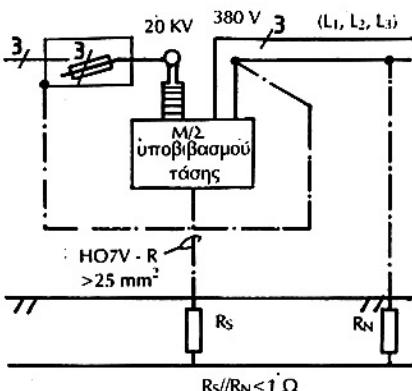
Σφάσης $> 16 \text{ mm}^2$ ισχύει: $S_{\text{ουδ}} \approx S_{\text{φάσης}}$

Γενικά για τη διατομή του αγωγού του ουδετέρου δίνεται στον παραπάνω πίνακα.

3. Η ολική αντίσταση γείωσης του ουδετέρου πρέπει να είναι μικρότερη των 10Ω (με θεώρηση όλων των παράλληλων γειώσεων).

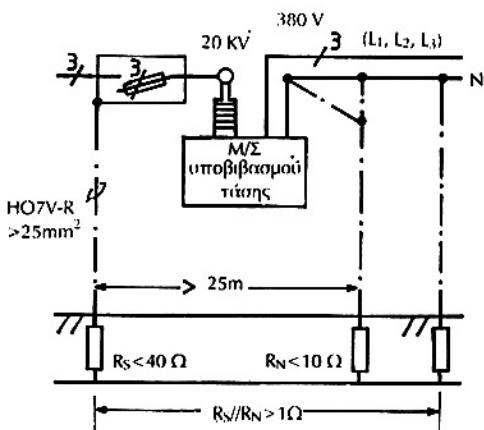
Έτσι έχουμε τις παρακάτω περιπτώσεις: για την ολική αντίσταση του ουδετέρου.

a. $1 < R_{\text{ολ}} < 10 \Omega$, οπότε η γείωση του ουδετέρου του M/S και η γείωση της χαμηλής τάσης πρέπει να είναι ανεξάρτητη.



Σχήμα 5.22. Ηλεκτρολογική διάταξη με γείωση ουδετέρου στο M/S υποβιβασμού για $1 < R_{\text{ολ}} < 10 \Omega$

β. $R_{\text{ολ}} \approx 1 \Omega$, οπότε η γείωση του ουδετέρου του M/S και η γείωση της χαμηλής τάσης πρέπει να είναι κοινή.



Σχήμα 5.23. Ηλεκτρολογική διάταξη με γείωση ουδετέρου στο M/S υποβιβασμού για $R_{\text{ολ}} \approx 1 \Omega$

4. Ο αγωγός του ουδετέρου δεν πρέπει:

- να αποζεύγεται μόνος
- να παρέχει ασφάλεια ή διακόπτη.

Υπενθύμιση

Ο ουδετέρος κόμβος του συνδεμένου σε αστέρα δευτερεύοντος του μετασχηματιστή M/S (χαμηλή τάση) πρέπει να γειώνεται.

Επίσης γειώσεις πρέπει να υπάρχουν σε ομοιόμορφες αποστάσεις - περίπου ανά 200 m - για το κάθε εναέριο δίκτυο.

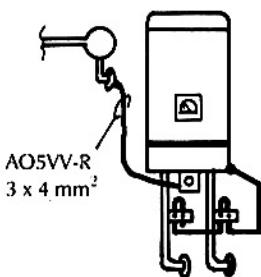
Τέλος πρέπει να γειώνεται ο ουδετέρος αγωγός της κάθε παροχέτευσης πριν τα όργανα προστασίας αυτής.

5.7 Γείωση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα

Η γείωση του θερμοσίφωνα είναι απαραίτητη να γίνει, για να μας προστατέψει από τυχόν ανεπιθύμητες καταστάσεις.

Αυτή γίνεται γεφυρώνοντας τους σωλήνες ζεστού-κρύου νερού. Γι' αυτό, τοποθετούμε από ένα κολάρο γείωσης στους σωλήνες ζεστού και κρύου νερού και, στη

συνέχεια, τα γεφυρώνουμε με αγωγό γείωσης χαλκού, τουλάχιστον των 6 mm^2 .



Σχήμα 5.24. Γείωση θερμοσίφωνα

Για πιο καλή προστασία, μπορούμε να γεφυρώσουμε και το σύστημα σωλήνων ζεστού - κρύου νερού, με το μεταλλικό μέρος του θερμοσίφωνα. Αυτό γίνεται με αγωγό γείωσης, τουλάχιστον 6 mm^2 και βιδωτό πάνω σ' αυτό.

Επίσης, πρέπει - μέσα στο χώρο του λουτρού - να γεφυρώνουμε με αγωγός γείωσης τους σωλήνες ζεστού - κρύου νερού και αποχέτευσης του μπάνιου, του νιπτήρα και του μπιντέ, εάν και εφόσον υπάρχει.

Μ' αυτόν τον τρόπο, εξασφαλιζόμαστε από τυχόν διαρροές και αποφεύγονται δυσάρεστα αποτελέσματα.

Εγκαταστάσεις Κίνησης

15.1 Γενικά

Εκτός από τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις φωτισμού υπάρχουν και οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κίνησης. Αυτές διαφέρουν από τις προηγούμενες, δηλαδή τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις φωτισμού μόνο στο ότι αποτελούν εγκατάσταση μεγαλύτερου φορτίου και εξυπηρετούν Ηλεκτρικές Μηχανές (κινητήρες).

Η παροχή είναι συνήθως τριφασική και μερικές φορές μονοφασική

Επειδή, εδώ, η τάση τροφοδοσίας είναι 380 V - δηλαδή μεγαλύτερη από αυτή του φωτισμού, απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή στον υπολογισμό και στην εγκατάσταση.

15.2 Στοιχεία μελέτης κίνησης

Για την εκτέλεση μιας τέτοιας εγκατάστασης απαιτείται ξεχωριστή μελέτη, που, κάθε φορά, εξαρτάται από τη συγκεκριμένη ποικιλομορφία των φορτίων δηλαδή, στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αυτές ο μελετητής εργάζεται πάντα με πραγματικά στοιχεία.

'Έτσι, για μια μελέτη του είδους αυτού απαιτείται η γνώση:

a. των χαρακτηριστικών των μηχανημάτων, που θα εξυπηρετηθούν και

β. η θέση, όπου θα τοποθετηθούν.

Δεν μπορεί είναι δυνατόν να υλοποιηθεί μια ηλεκτρική εγκατάσταση κίνησης, αν δεν γνωρίζουμε και τα παραπάνω, γιατί το κάθε είδος κινητήρα έχει ποικιλομορφία χαρακτηριστικών, ως προς τον τρόπο εκκίνησης, τη λειτουργία, την απόδοσή του, κ.λπ., που λόγω των μεγαλύτερων φορτίων αλλοιώνουν τελείως τα χαρακτηριστικά της μελέτης.

15.3 Τροφοδοσία Η.Ε. κίνησης

Η ηλεκτρική εγκατάσταση γραμμών τροφοδοσίας και ελέγχου των κινητήρων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν με διάφορους τρόπους ώστε να χαρακτηρίζεται ως:

- **Εξωτερική ή ορατή.** Αυτή υλοποιείται με αγωγούς ή καλώδια που τοποθετούνται μέσα σε χαλυβδοσωλήνες που στερεώνονται πάνω στους τοίχους.

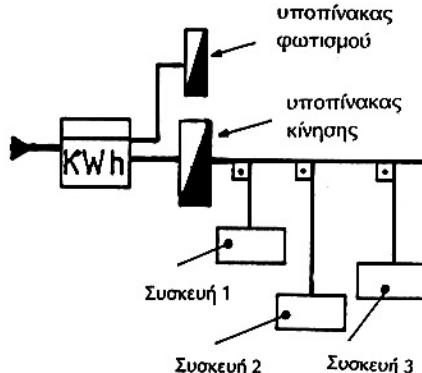
Προκειμένου για μεγάλη αίθουσα - όπου υπάρχει τοποθέτηση πολλών μηχανημάτων - και σε ενδιάμεσους χώρους αυτός ο τρόπος εγκατάστασης δεν ενδείκνυται.

- **Εντοιχισμένη ή χωνευτή.** Αυτή υλοποιείται με αγωγούς ή καλώδια που τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες. Αυτοί, με τη σειρά τους, τοποθετούνται στο επίχρισμα των τοίχων. Όμοια, ο τρόπος αυτός

- προκειμένου για μεγάλη αίθουσα, όπου υπάρχει τοποθέτηση πολλών μηχανημάτων και ενδιάμεσους χώρους - δεν ενδείκνυται.
- **Κανάλια.** Αυτή υλοποιείται με αγωγούς ή καλώδια που τοποθετούνται μέσα σε δρόμους (κανάλια) πλαστικής ή μεταλλικής κατασκευής· είναι, δε ο σύγχρονος τρόπος εγκατάστασης στους βιομηχανικούς χώρους, εδώ όμως, η εγκατάσταση παρουσιάζει πρόβλημα - στην περίπτωση μεγάλων χώρων, όπου τοποθετούνται πολλά ενδιάμεσα μηχανήματα και υπάρχουν αντικείμενα για επεξεργασία μεγάλου μήκους, που απαιτούν και μεταφορά.
- **Ενδοδαπέδια.** Αυτή υλοποιείται γίνεται με αγωγούς ή καλώδια που τοποθετούνται μέσα σε μονωμένους χαλυβδοσωλήνες ή κανάλια μέσα στο πάτωμα. Αυτός ο τρόπος δεν παρουσιάζει διαδρομή τροφοδοσίας στον εξωτερικό χώρο· συνεπώς παρουσιάζει το πλεονέκτημα της αποφυγής δυσάρεστων καταστάσεων από κοπή κάποιου δρόμου για κάποια αιτία.

Η τροφοδοσία των μηχανημάτων πραγματοποιείται από το πάτωμα και ακριβώς στη βάση του μηχανήματος. Πρέπει να αναφερθεί, όμως, ότι η τροφοδοσία πρέπει να γίνεται κατά ορισμένο τρόπο, ώστε να γνωρίζεται η θέση των δρομών, αφού δεν είναι ορατή. Μια εγκατάσταση ενδοδαπέδια ακτινωτής μορφής δρόμων είναι επικίνδυνη και πρέπει να αποφεύγεται.

Οδηγός για τον Εγκαταστάτη ηλεκτρολόγο αποτελεί ο ηλεκτρικός πίνακας διανομής από τον οποίο σε ευθεία βρίσκεται η κύρια διαδρομή, που ακολουθούν οι γραμμές τροφοδοσίας των διαφόρων μηχανημάτων. Η γραμμή εξυπηρέτησης του κάθε μηχανήματος γίνεται ακολουθώντας τον κύριο δρόμο και διαχωρίζεται κάθετα σ' αυτό, στη θέση που αντιστοιχεί το κάθε μηχάνημα.



Σχήμα 15.1. Σχηματική παράσταση κάποιψης εγκατάστασης κίνησης

Με τον τρόπο λοιπόν αυτό γνωρίζουμε τις συγκεκριμένες διαδρομές τροφοδοσίας των μηχανημάτων και μπορούμε να τρυπήσουμε το πάτωμα χωρίς κίνδυνο, κάθε φορά που θα χρειαστεί τα τοποθετήσουμε κάτι.

15.4 Υπολογισμός ηλεκτρικών φορτίων γραμμής

Η πραγματική ισχύς P στο μονοφασικό και το τριφασικό σύστημα υπολογίζεται με διαφορετικό τρόπο - όπως ήδη ξέρουμε. Έτσι έχουμε:

α. Για μονοφασικό σύστημα:

$$P = U \cdot I \cdot \sin \varphi [W]$$

β. Για τριφασικό σύστημα:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi [W]$$

- Η ισχύς των μηχανημάτων δίνεται πάνω στην πινακίδα του καθενός από αυτά, δηλαδή, είναι γνωστή για κάθε μηχάνημα που πρόκειται να εγκατασταθεί και δεν απαιτείται υπολογισμός της.

Η ισχύς αύτή δίγεται σε KW ή Hp

Η σχέση ισοδυναμίας τους είναι η παρακάτω:

$$1 \text{ KW} = 1,36 \text{ Hp} \quad \text{ή}$$

$$1 \text{ Hp} = 0,736 \text{ KW}$$

Ο υπολογισμός της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, που διαρρέει αυτά,

δίνεται, για το κάθε μηχάνημα, από τον τύπο:

i. Για μονοφασικό μηχάνημα:

$$I = \frac{P}{U \cdot \text{συνφ}} \quad (\text{A})$$

ii. Για τριφασικό μηχάνημα:

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

όπου: P = η πραγματική ισχύς σε W (είναι αυτή που χρειάζεται το κάθε μηχάνημα για να λειτουργήσει).

U = η τάση τροφοδοσίας σε V .

- **Ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών, με βάση την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, δίνεται από τον πίνακα.**
- **Η πτώση τάσης της γραμμής για το κάθε μηχάνημα, ελέγχεται από τον τύπο:**

i. Για μονοφασική γραμμή:

$$\Delta u = \frac{\rho I I \text{συνφ}}{S} \quad (\text{V})$$

ii. Για τριφασική γραμμή:

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} \rho I I \text{συνφ}}{S} \quad (\text{V})$$

όπου: ρ = ειδική αντίσταση αγωγού ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

I = ολικό μήκος αγωγού του ηλεκτρικού κυκλώματος (m)

I = ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, που διαρρέει τον αγωγό της γραμμής (A)

συνφ = συντελεστής ισχύος

S = διατομή αγωγού (mm^2)

Απόδειξη

Οι παραπάνω τύποι βρίσκονται με τον παρακάτω τρόπο:

Για την κάθε φάση έχουμε: $u = I \cdot Z$

Όμως, $Z = R \text{ συνφ}$

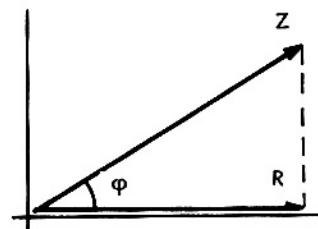
Οπότε: $u = I R \text{ συνφ}$

$$\text{Άκομα } R = \rho \frac{I}{S}$$

$$\text{Άρα } \Delta u = \frac{\rho I I \text{συνφ}}{S}$$

και για τις τρεις φάσεις είναι:

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} \cdot I \rho I \text{συνφ}}{S}$$



Σχήμα 15.2. Διανυσματικό διάγραμμα αρικής και σύνθετης αντίστασης

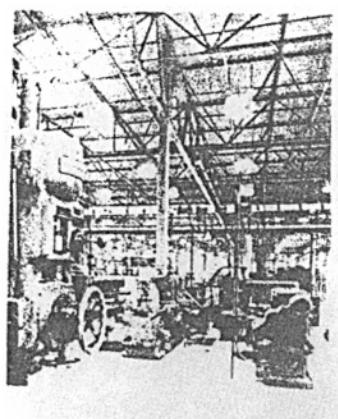
Επιτρεπόμενη πτώση τάσης

- Αν βρεθεί πτώση τάσης μικρότερη του 1% για μονοφασική γραμμή και 3% για τριφασική γραμμή, τότε η διατομή που έχει βρεθεί είναι παραδεκτή.

Σε διαφορετική περίπτωση, εκλέγουμε την αμέσως επόμενη τυποποιημένη διατομή και επαναλαμβάνουμε τον έλεγχο μέχρι να εκπληρωθεί η συνθήκη:

$\Delta u < 2,2 \text{ V}$ για μονοφασική γραμμή

$\Delta u < 11,4 \text{ V}$ για τριφασική γραμμή



Σχήμα 15.3. Αποψη εγκατάστασης κίνησης

Υπάρχουν και πίνακες όπως ο 15.1 και 15.2 στους οποίους δίνεται η ένταση του ρεύματος που απορροφούν διάφοροι τύποι ηλεκτροκινητήρων

Πίνακας 15.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά Α.Μ.Κ.			
KW	hp	220V A	240 V A
0.37	0.5	3.9	3.6
0.55	0.75	5.2	4.8
0.75	1	6.6	6.1
1.1	1.5	9.6	8.8
1.5	2	12.7	11.7
1.8	2.5	15.7	14.4
2.2	3	18.6	17.1
3	4	24.3	22.2
4	5	29.6	27.1
4.4	6	34.7	31.8
5.2	7	39.8	36.5
5.5	7.5	42.2	38.7
6	8	44.5	40.8
7	9	49.5	45.4
7.5	10	54.4	50

Πίνακας 15.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Α.Τ.Κ. 4 πόλων 50/60 Hz

KW	hp	220-240V A	380 V A	415V A	440V A	500V A	600V A	100V A
0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	3.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	3.5
7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	8.9	6
9	12	32	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
11	15	39	22	21	20.1	18.4	14	9
15	20	52	30	28	26.5	23	17.3	12
18.5	25	64	37	35	32.8	28.5	21.3	14.5
22	30	75	44	40	39	33	25.4	17
25	35	85	52	47	45.3	39.4	30.3	20
30	40	103	60	55	51.5	45	34.6	23
33	45	113	68	60	58	50	39	25

Πίνακας 15.2 (συνέχεια)

KW	hp	220-240V A	380 V A	415V A	440V A	500V A	600V A	100V A
37	50	126	72	66	64	55	42	28
40	54	135	79	71	67	60	44	30
45	60	150	85	80	76	65	49	33
51	70	170	98	90	83	75	57	38
55	75	182	105	100	90	80	61	40
59	80	195	112	105	97	85	66	43
63	85	203	117	115	109	89	69	45
75	100	240	138	135	125	105	82	53
80	110	260	147	138	131	112	86	57
90	125	295	170	165	146	129	98	65
100	136	325	188	182	162	143	107	71
110	150	256	205	200	178	156	118	78
129	175	420	242	230	209	184	135	85
132	180	425	245	240	215	187	140	90
140	190	450	260	250	227	200	145	95
147	200	472	273	260	236	207	152	100
150	205	483	280	270	246	210	159	102
160	220	520	300	280	256	220	170	115
180	245	578	333	320	289	254	190	135
185	250	595	342	325	295	263	200	138
200	270	626	370	340	321	281	215	150
220	300	700	408	385	353	310	235	160
250	340	800	460	425	401	360	274	200
257	350	826	475	450	412	365	280	203
280	380	900	510	475	450	400	305	220
295	400	948	546	500	473	416	320	227
300	410	980	565	510	481	420	325	230
315	430	990	584	535	505	445	337	239
335	450	1100	620	550	518	472	355	250
355	480	1500	636	580	549	500	370	262
375	500	1180	670	610	575	527	395	273
400	545	1250	710	650	611	540	410	288
425	580	-	760	690	650	574	445	302
445	600	-	790	730	680	595	455	317
450	610	-	800	740	690	608	460	320
475	645	-	850	780	730	645	485	335
500	680	-	900	820	780	680	515	350

15.5 Είδη ηλεκτροκινητήρων

15.5.1 Γενικά

Τα είδη των ηλεκτροκινητήρων, που χρησιμοποιούμε στις εφαρμογές του Εναλλασσόμενου ρεύματος και θα αναφέρουμε παρακάτω, χαρακτηρίζονται γενικά από:

- την αρχή λειτουργίας τους
- τον τρόπο εκκίνησής τους

15.5.2 Σύγχρονος κινητήρας

Σύγχρονος κινητήρας είναι η ηλεκτρική μηχανή, που παίρνει ηλεκτρική ενέργεια και περιστρέφει τον άξονά της με την σύγχρονη

ταχύτητα περιστροφής n_s , που δίνεται από τη σχέση:

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

όπου: f = συχνότητα ΕΡ

p = αριθμός ζευγαριών πόλων

Κατασκευαστικά αποτελείται από τον:

1. **Στάτη,** στον οποίο ανήκουν: το ζύγωμα, το επαγωγικό τύμπανο, ο ψηκτροφέας με τις υποδοχές για τις ψήκτρες, το κουτί ακροδεκτών και η βάση
2. **Δρομέα,** στον οποίο ανήκουν: ο άξονας, οι μαγνητικοί πόλοι, το τύλιγμα διέγερσης, τα δακτυλίδια υποδοχής συνεχούς ρεύματος διέγερσης, η διεγέρτρια, που μπορεί να είναι: γεννήτρια ΣΡ ή ανορθωτική διάταξη ή συστοιχία

Αρχή λειτουργίας

Είναι φανερό ότι στον σύγχρονο κινητήρα υπάρχει δημιουργία δύο μαγνητικών πεδίων:

- ενός στο στάτη, που είναι το στρεφόμενο πεδίο και
- ενός στο δρομέα, που είναι το σταθερό μαγνητικό πεδίο.

Μεταξύ αυτών των μαγνητικών πεδίων, δημιουργούνται ελκτικές δυνάμεις Coulomb, ανάμεσα στους ετερόνυμους μαγνητικούς πόλους, που στρώχνουν το δρομέα στους επόμενους μαγνητικούς πόλους, μέχρις ότου αναπτύξει τελικά την σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής.

Δηλαδή, μέχρι ότου ο δρομέας να περιστρέφεται με την ταχύτητα που περιστρέφεται και το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Σύγχρονοι κινητήρες υπάρχουν:

- τριφασικοί
- μονοφασικοί

15.5.3 Ασύγχρονοι κινητήρες

Ασύγχρονος κινητήρας είναι η ηλεκτρική μηχανή που παίρνει ηλεκτρική ενέργεια και περιστρέφει τον άξονά της με μια ταχύτητα περιστροφής n , που είναι λίγο μικρότερη από τη σύγχρονη. Είναι δηλαδή:

$$n < n_s$$

Οι ασύγχρονοι κινητήρες διακρίνονται σε:

- τριφασικούς και
- μονοφασικούς

15.5.4 Κατασκευαστική δομή ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων (ΑΤΚ)

Οι ηλεκτροκινητήρες του είδους αυτού διακρίνονται σε:

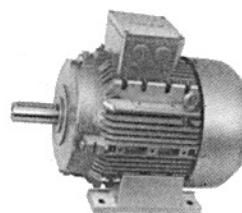
- βραχυκυκλωμένου δρομέα
- δακτυλιοφόρου δρομέα

Ασυγχρονοτριφασικοί κινητήρες

i. βραχυκυκλωμένου δρομέα (ΑΤΚβδ)

Οι κινητήρες αυτοί κατασκευαστικά αποτελούνται από τον:

1. **Στάτη,** στον οποίο ανήκουν: το ζύγωμα, το επαγωγικό τύμπανο με το τριφασικό τύλιγμα ενεργειάς του, το κουτί ακροδεκτών και η βάση
2. **Δρομέα,** στον οποίο ανήκουν: ο άξονας, ο πυρήνας, το τύλιγμα του κλωβού και ο ανεμιστήρας



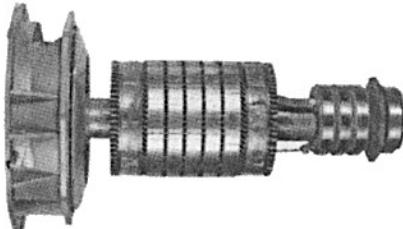
Σχήμα 15.4. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα

ii. Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες δακτυλιοφόρου δρομέα (ΑΤΚδδ)

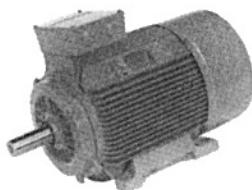
Οι κινητήρες αυτοί κατασκευαστικά αποτελείται από τον:

1. **Στάτη,** στον οποίο ανήκουν το ζύγωμα, το επαγωγικό τύμπανο με το τριφασικό τύλιγμά του, ο ψηκτροφέας με τις υποδοχές για τις ψήκτρες, το κουτί ακροδεκτών, το κουτί ακροδεκτών για τη σύνδεση του εκκινητή, το σύστημα ανύψωσης ψηκτρών, η βάση.

2. Δρομέα, στον οποίο ανήκουν: ο άξονας, ο πυρήνας, το τύλιγμα, που συνήθως είναι τριφασικό, συνδεδεμένο σε αστέρα από τον κατασκευαστή, οι δακτύλιοι, ο ανεμιστήρας κ.λπ.



Σχήμα 15.5. Μορφή δρομέα ATKδδ



Σχήμα 15.6. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας δακτυλιοφόρου δρομέα

15.5.5 Αρχή λειτουργίας των ATK

Είναι φανερό ότι στους ATK δεν υπάρχει σύνδεση των τυλιγμάτων του δρομέα με εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας.

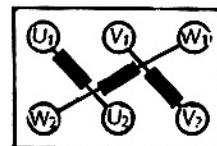
'Έτσι, δημιουργείται επαγωγικά στα τυλίγματα του δρομέα ρεύμα, γιατί οι σιγαγοί τους "κόβονται" από τις γραμμές του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου και κλείνουν το ηλεκτρικό τους κύκλωμα:

- οι μεν ATK βραχυκυκλωμένου δρομέα μέσα από τα στεφάνια βραχυκύκλωσης του τυλιγμάτος κλωβού.
- οι δε ATK με δακτύλιους μέσα από τον εκκινητή.

Εξαιτίας των ρευμάτων αυτών, στο δρομέα δημιουργούνται ζεύγη δυνάμεων Laplace που την περιστρέφουν μέχρις ότου να αποκτήσει την τελική ταχύτητα περιστροφής του ή, που, όπως είπαμε, είναι λίγο μικρότερη (4-8%) από τη σύγχρονη, με την οποία περιστρέφεται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

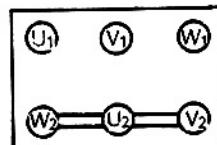
15.5.6 Συνδέσεις τυλιγμάτων ATK

1. Το κουτί ακροδεκτών των ATK έχει την παρακάτω τυποποιημένη κατασκευή:



Σχήμα 15.7. Παράσταση τυλιγμάτων ATK

2. Η σύνδεση των τυλιγμάτων των ATK, στο κουτί ακροδεκτών τους μπορεί να γίνει σε:



Σχήμα 15.8. Σύνδεση αστέρα

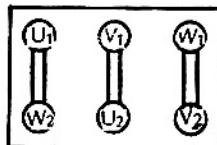
– αστέρα

$$\text{Ισχύει: } U_{\varphi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{\varphi} = I_{\gamma\varphi}$$

Οι αγωγοί τροφοδοσίας των τυλιγμάτων συνδέονται πάντα από την αντίθετη πλευρά από αυτήν που τοποθετούμε λαμάκια, δηλαδή στα U1, V1, W1 (για την παραπάνω περίπτωση).

– τρίγωνο



Σχήμα 15.9. Σύνδεση τριγώνου

Ισχύει:

$$U_{\varphi} = U_{\pi}$$

$$I_{\varphi} = \frac{I_{\gamma\varphi}}{\sqrt{3}}$$

Οι αγωγοί τροφοδοσίας των τυλιγμάτων συνδέονται σε οποιαδήποτε τριάδα α-

κρων θέλουμε, δηλαδή στα U₁, V₁, W₁ ή W₂, Y₂.

- 3. Η πινακίδα του κάθε κινητήρα έχει δύο χαρακτηριστικούς αριθμούς που αναφέρονται στην τάση και που μας δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να συνδεθούν τα τυλίγματα του στάτη του κινητήρα στο δίκτυο.**

Ο πρώτος αριθμός δείχνει:

- πώς τα τυλίγματα πρέπει να συνδεθούν σε τρίγωνο (Δ).
- την τάση που χρειάζεται το κάθε τύλιγμα, για να υπάρχει η κανονική λειτουργία του κινητήρα.

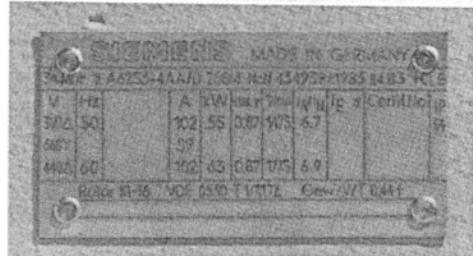
Ο δεύτερος αριθμός δείχνει:

- πώς τα τυλίγματα πρέπει να συνδεθούν σε αστέρα (Y)

Στην Ελλάδα υπάρχουν δύο ειδη πινακίδες ATK.

Αυτές αναγράφουν:

- a. 220V/380V** ο κινητήρας αυτός συνδέεται στο δίκτυο της ΔΕΗ σε αστέρα (Y), γιατί η πολική τάση του δικτύου $U_P = 380\text{ V}$ συμπίπτει με τον δεύτερο αριθμό της πινακίδας.
- β. 380/660V** ο κινητήρας αυτός συνδέεται στο δίκτυο της ΔΕΗ σε τρίγωνο (Δ), γιατί η πολική τάση του δικτύου $U_P = 380\text{ V}$ συμπίπτει με τον πρώτο αριθμό της πινακίδας.



Σχήμα 15.10. Πραγματική μορφή πινακίδας ATK

15.5.6 Τρόπος εκκίνησης ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων δακτυλιοφόρου δρομέα:

4. Οι ATK με δακτύλιους αρχίζουν τη λειτουργία τους με τη βοήθεια των αντιστάσεων του εκκινητή, που παρεμβάλλονται στο κύκλωμα του δρομέα.

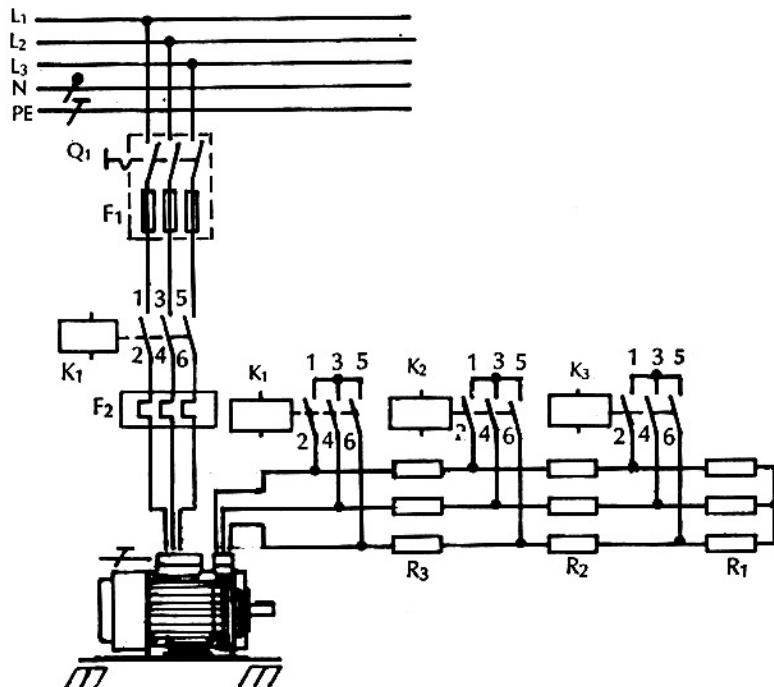
Έτσι, έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

α. μεγάλη ροπή εκκίνησης

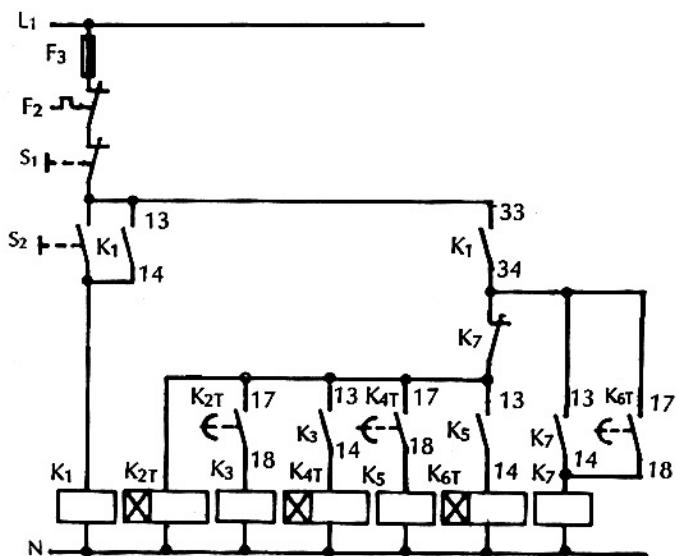
β. δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής, κατά την κανονική λειτουργία

γ. δυνατότητα ρύθμισης μικρής έντασης εκκίνησης

Είναι προφανές, ότι, στην ονομαστική λειτουργία του ATK με δακτύλιους, οι αντιστάσεις του εκκινητή είναι "εκτός" κυκλώματος.



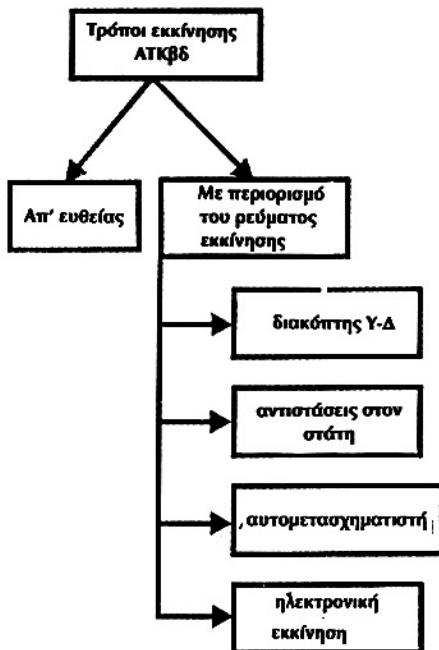
Σχήμα 15.11. Κύκλωμα ισχύος ΑΤΚδδ



Σχήμα 15.12. Κύκλωμα αυτοματισμού ΑΤΚδδ

15.5.7 Τρόποι εκκίνησης ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα

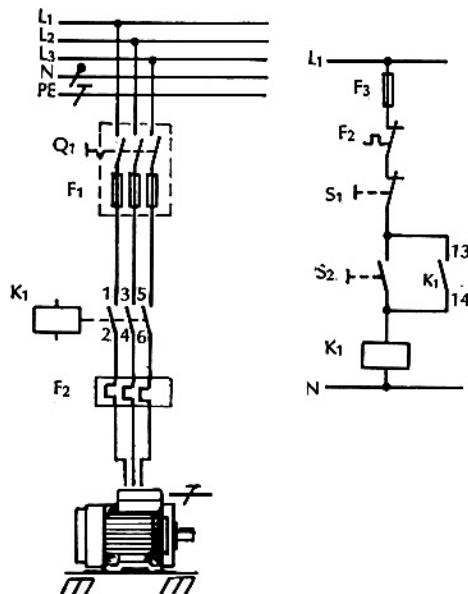
Οι ATK βραχυκυκλωμένου δρομέα - ανάλογα με την ισχύ τους - έχουν και διαφορετικό τρόπο εκκίνησης. Έτσι, διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:



Σχήμα 15.13. Διάταξη τρόπων εκκίνησης ATKδδ

15.5.7 Απ' ευθείας εκκίνηση

- Η ισχύς του κινητήρα πρέπει να είναι μικρότερη των 2 KW.
- Η σύνδεση στο κουτί ακροδεκτών πρέπει να γίνει σε αστέρα ή σε τρίγωνο - ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της πινακίδας του κινητήρα.
- Υπάρχει γρήγορο ξεκίνημα.
- Εμφανίζεται - χωρίς όμως πρόβλημα - το φαινόμενο της βύθισης τάσης, γι' αυτό, για μια τέτοια εγκατάσταση, πρέπει να υπάρχει προσυνεννόηση με τη ΔΕΗ.



Σχήμα 15.14. Κύκλωα ισχύος και αυτοματισμού για απευθείας εκκίνηση ATKδδ

15.5.7.β Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα-τριγώνου (Υ-Δ)

- Η ισχύς του κινητήρα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 2KW και τα τυλίγματα του στάτη να συνδέονται σε τρίγωνο. Για το δίκτυο της ΔΕΗ, πρέπει η πινακίδα του κινητήρα να αναγράφει 380/660V.
- Σύνδεση στο κουτί ακροδεκτών δεν πραγματοποιείται, γιατί αυτή πετυχαίνεται μέσω του διακόπτη αστέρα-τριγώνου.
 - Τα είδη των διακοπτών αστέρα-τριγώνου είναι:

Χειροκίνητος με θέσεις λειτουργίας: Ο-Υ-Δ.

Αυτόματος που περιλαμβάνει: 3 ρελέ

- 1 Θερμικό
- 1 χρονικό
- κουμπιά χειρισμού

- Στην εκκίνηση του κινητήρα σε αστέρα, αυτός υπολειτουργεί γιατί:

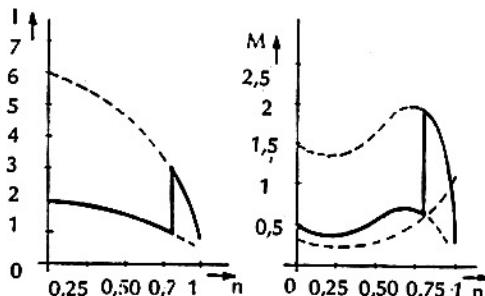
i. στα άκρα κάθε τυλίγματος του εφαρμόζεται τάση:

$$U_Y = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$$

ii. Απορροφά ρεύμα από το δίκτυο τρεις φορές μικρότερο από αυτό που θα απορροφούσε, αν στα άκρα του εφαρμόζόταν η κανονική τάση λειτουργίας του, δηλαδή, η πολική τάση του δικτύου $U_{\pi} = 380 \text{ V}$.

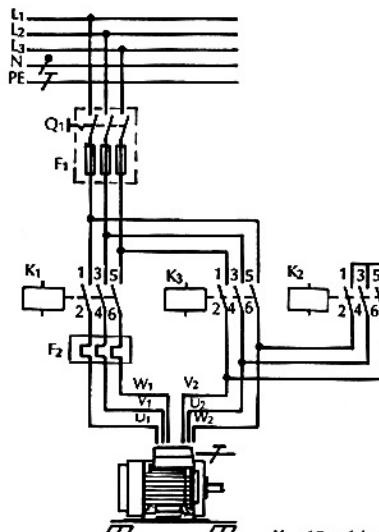
$$I_Y = \frac{I_{\Delta}}{3}$$

και, έτσι, αποφεύγεται, τελικά το φαινόμενο της "βύθισης τάσης".

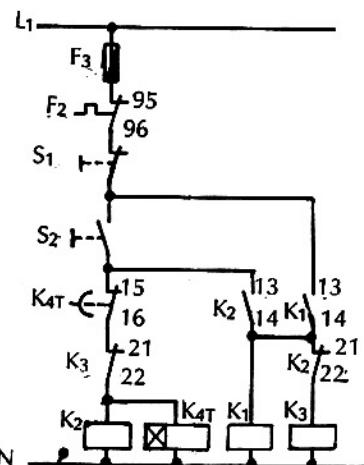


Σχήμα 15.15. Καμπύλες ρεύματος - ροπής για εκκίνηση με διακόπτη αστέρα-τριγώνου

- Στη μεταβολή από τη σύνδεση των τυλιγμάτων από τον αστέρα στο τρίγωνο, υπάρχει αιχμή ρεύματος, που δεν επηρεάζει το δίκτυο.
- Στη σύνδεση των τυλιγμάτων σε τρίγωνο, ο κινητήρας έχει την κανονική τάση τροφοδοσίας του, δηλ. την πολική τάση του δικτύου $U_{\pi} = 380 \text{ V}$ - στα άκρα του κάθε τυλίγματος - και εργάζεται πλέον κανονικά.



$K_1 \cdot 13 - 14$ = επαφή αυτοσυγκράτησης
 $K_2 \cdot 22 - 21$ = μανδάλωση του K_3
 $K_3 \cdot 22 - 21$ = μανδάλωση του K_2
 K_4 = χρονικό
 $K_4 \cdot 17 - 18$ = επαφή του χρονικού
 K_1 = πηνίο του ηλεκτρονόμου του δικτύου
 K_1 = πηνίο του ηλεκτρονόμου για τη σύνδεση τριγώνου
 K_2 = πηνίο του ηλεκτρονόμου για τη σύνδεση αστέρα.



Σχήμα 15.16. Ηλεκτρολογικό κύκλωμα ισχύος και αυτοματισμού για εκκίνηση ΑΤΚβδ με διακόπτη Y-Δ