



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Συνέπειες από την αποκοπή δυο αγωγών ΑΙ 16 mm² γραμμής διανομής χαμηλής τάσης (Χ.Τ. 400V, 230V) ηλεκτροδοτούμενης από υπαίθριο υποσταθμό των 250kVA.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Α. Αντωνιάδης

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Συνέπειες από την αποκοπή δυο αγωγών ΑΙ 16 mm² γραμμής διανομής χαμηλής τάσης (Χ.Τ.-400V, 230V) ηλεκτροδοτούμενης από υπαίθριο υποσταθμό των 250kVA.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Α. Αντωνιάδης

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 2010

.....
Κ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ν. Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Μ. Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2010

.....
Νικόλαος Α. Αντωνιάδης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Νικόλαος Α. Αντωνιάδης, 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
Εισαγωγή.....	8
1. Τοπολογία δικτύου.....	8
Παράδειγμα παροχής μέσης τάσης σε ιδιωτικό υποσταθμό.....	17
2. Βραχυκυκλώματα.....	18
4. Επιλογή των ασφαλειών σε πίνακες ΧΤ της ΔΕΗ (συνθήκη ουδετέρωσης).	25
5. Θερμική συμπεριφορά αγωγών και όρια ανάφλεξης διαφόρων υλικών.	28
6. Επίδραση του εναλλασσόμενου ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό κατά IEC 60479-1.	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	34
Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	35
Υπολογισμός διφασικού βραχυκυκλώματος από επαφή δυο αγωγών στο έδαφος (ή στον αέρα).	35
1η Περίπτωση: Απόσταση L=370m & Ασφάλεια προστασίας 80A.	42
2η Περίπτωση: Απόσταση L=300m & Ασφάλεια προστασίας 100A.	45
3η Περίπτωση: Απόσταση L=240m & Ασφάλεια προστασίας 125A.....	48
4η Περίπτωση: Απόσταση L=180m & Ασφάλεια προστασίας 160A.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	54
Υπολογισμός σφάλματος λόγω ροής ρεύματος μέσω γης.	54
1η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=10Ω	57
2η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=200Ω.....	60
3η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=500Ω.....	63
4η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=3000Ω.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	69
Σχόλια επί των αποτελεσμάτων	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	70
Προτεινόμενες λύσεις για την αντιμετώπιση των κινδύνων, λόγω της πτώσης αγωγού Al 16mm ² στο έδαφος.	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την διερεύνηση των συνεπειών και των κινδύνων στο περιβάλλον και στον άνθρωπο από την αποκοπή και πτώση στο έδαφος δυο αγωγών AI 16 mm² τροφοδοτούμενων από υποσταθμό διανομής χαμηλής τάσης 250kVA.

Αναλύονται τα αποτελέσματα της εμφάνισης διφασικού βραχυκυκλώματος από επαφή δυο αγωγών στο έδαφος ή στον αέρα, αλλά και η εκδήλωση σφάλματος λόγω ροής ρεύματος, μεταξύ των δυο αγωγών, μέσω της γης.

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται μια γενική εισαγωγή: α) ενός τυπικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, β) των βραχυκυκλωμάτων, γ) της συνθήκης ουδετέρωσης, δ) αναλύεται η θερμική συμπεριφορά των αγωγών και των ορίων ανάφλεξης διαφόρων υλικών, ε) η επιλογή των ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης της ΔΕΗ και στ) της επίδρασης του εναλλασσόμενου ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρεται ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται α) η παρουσίαση και η ανάλυση του προβλήματος της αποκοπής και του διφασικού βραχυκυκλώματος από την επαφή δυο αγωγών στον αέρα (ή στο έδαφος), όπου δίδονται όλες οι μαθηματικές σχέσεις για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_d καθώς επίσης και της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται $\Delta\theta$, β) παρουσιάζονται οι πίνακες και τα διαγράμματα των αποτελεσμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, α) παρουσιάζεται ο υπολογισμός της μεταβολής της θερμοκρασίας στη θέση πτώσης των αγωγών, λόγω της ροής ρεύματος μέσω εδάφους (γης), β) παρουσιάζονται οι πίνακες και τα διαγράμματα των αποτελεσμάτων για αντιστάσεις διάβασης των 10, 200, 500 και 3000Ωhm.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται σχολιασμός επί των αποτελεσμάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται προτεινόμενη συσκευή για την προστασία του δικτύου.

Λέξεις κλειδιά: Χαμηλή τάση (Χ.Τ.), διφασικό βραχυκύκλωμα, θερμική καταπόνηση, γυμνοί αγωγοί, διαρροή ρεύματος, πυρκαγιά.

ABSTRACT

This dissertation investigate the effects and the risks to the environment and humans, by the contact on air or on earth, two of three conductors Al 16 mm², powered by low voltage distribution substation at 250kV.

We analyze both the results of two-phase short circuit to ground or on air, and the leakage current between the two wires through the ground.

The first chapter gives a general introduction to: a) a typical electricity distribution network, b) the short-circuit currents, c) the treaty of neutralization, d) an analysis of the thermal behavior of the treatments, the limits of ignition of various materials, e) the selection of the fuses by PPC at LV panels, and st) the effects of alternating (AC) current in the human body.

The second chapter described the purpose of this thesis.

The third chapter described: a) the presentation and analysis of the problem of cut-and short-circuit of two conductors in the air, where they are given all the mathematical relationship to calculate the short-circuit current I_d as well as the developed $\Delta\theta$ temperature, b) Presented tables and charts of the results.

The fourth chapter described: a) the subject of the calculated difference temperature ($\Delta\theta$), to the position of the two conductors drop, as a result of the short circuit current flow through the ground (earth), b) Presented tables and charts of results.

The fifth chapter commentary on the results.

The sixth chapter presented a device control for the protection of the network .

Keywords: line to line fault, thermic distress, low voltage, bare conductors, current leakage, fire hazard

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων στους καθηγητές μου, κο Περικλή Μπούρκα και κο Κωνσταντίνο Καραγιαννόπουλο, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (**Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων**) για την ανάθεση, την κριτική επανεξέταση της διπλωματικής μου και για τις πολύτιμες προτάσεις-παρατηρήσεις τους.

Νικόλαος Α. Αντωνιάδης
Αθήνα, 08 / 07 /2010

I am especially indebted to Professors Perikles Bourkas and Constantino Karagiannopoulos of the National Technical University of Athens (**Division of Industrial Electric Devices and Decision Systems**) for critically reviewing mine dissertation and for valuable suggestions-comments.

Nikolaos A. Antoniadis
Athens, 08 / 07 /2010

Εισαγωγή

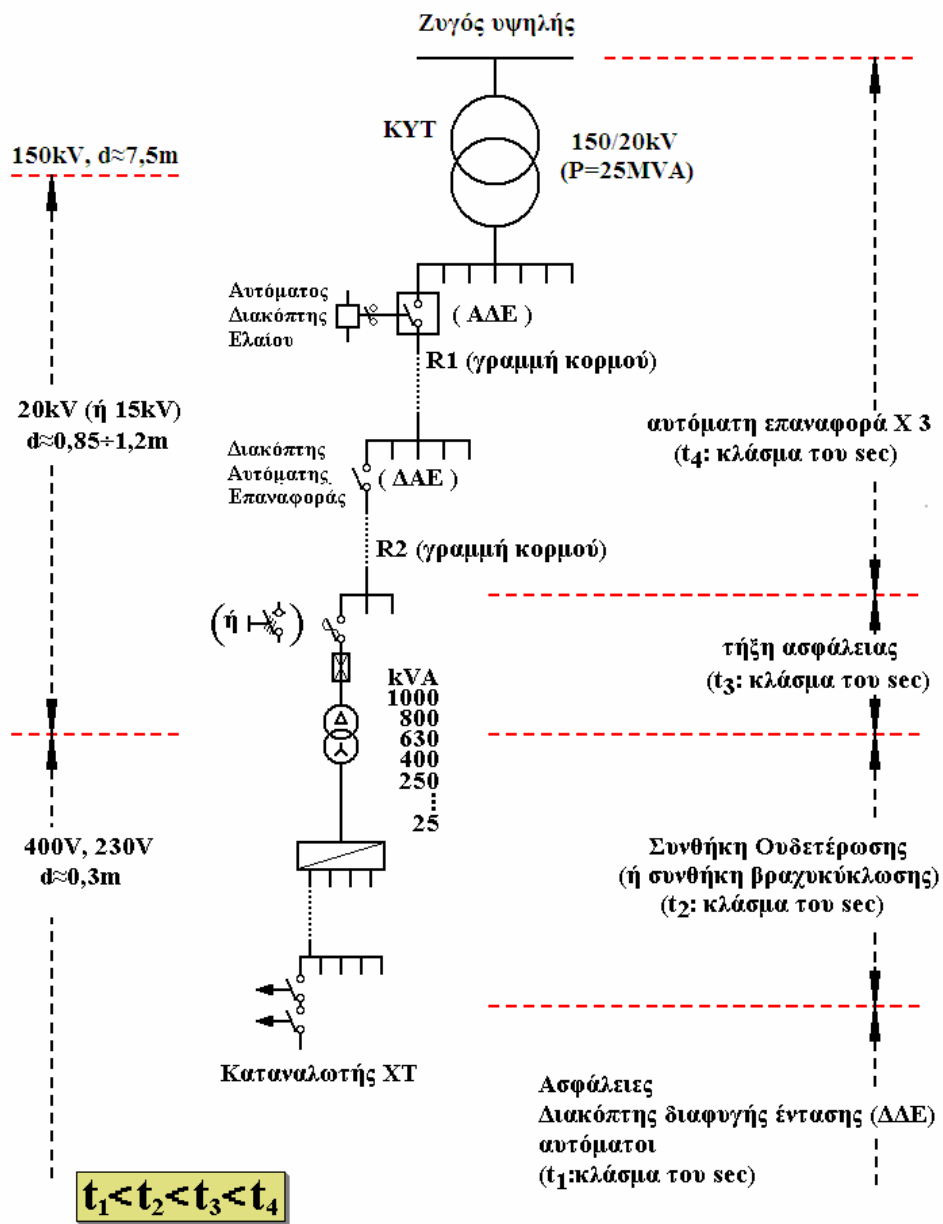
Ακολούθως, γίνεται μια σύντομη περιγραφή ενός απλοποιημένου δικτύου διανομής και θα επεξηγηθούν τα βασικά στοιχεία του. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις διάφορες περιπτώσεις βραχυκυκλώματος, καθώς επίσης στην συνθήκη ουδετέρωσης. Εν κατακλείδι αναλύεται η θερμική συμπεριφορά των αγωγών, των ορίων ανάφλεξης διαφόρων υλικών και οι επιπτώσεις του AC ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό.

1. Τοπολογία δικτύου.

Το σχήμα 1 δείχνει ένα απλοποιημένο μονογραμμικό σχέδιο ενός δικτύου διανομής, όπου από τους ζυγούς μέσης τάσης του μετασχηματιστή 150/20kV αναχωρούν γραμμές κορμού, μέσω αυτόματων διακοπών ελαίου (ΑΔΕ) προς διάφορες κατευθύνσεις. Κατά μήκος των γραμμών κορμού, συνήθως στην αρχή των μεγάλων κλάδων, εγκαθίσταται διακόπτες αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ). Οι περαιτέρω διακλαδώσεις των γραμμών κορμού κατασκευάζονται με αγωγούς μικρότερης διατομής και καταλήγουν σε υποσταθμούς (Υ/Σ) υποβιβασμού της μέσης (Μ.Τ), σε χαμηλή τάση (Χ.Τ).

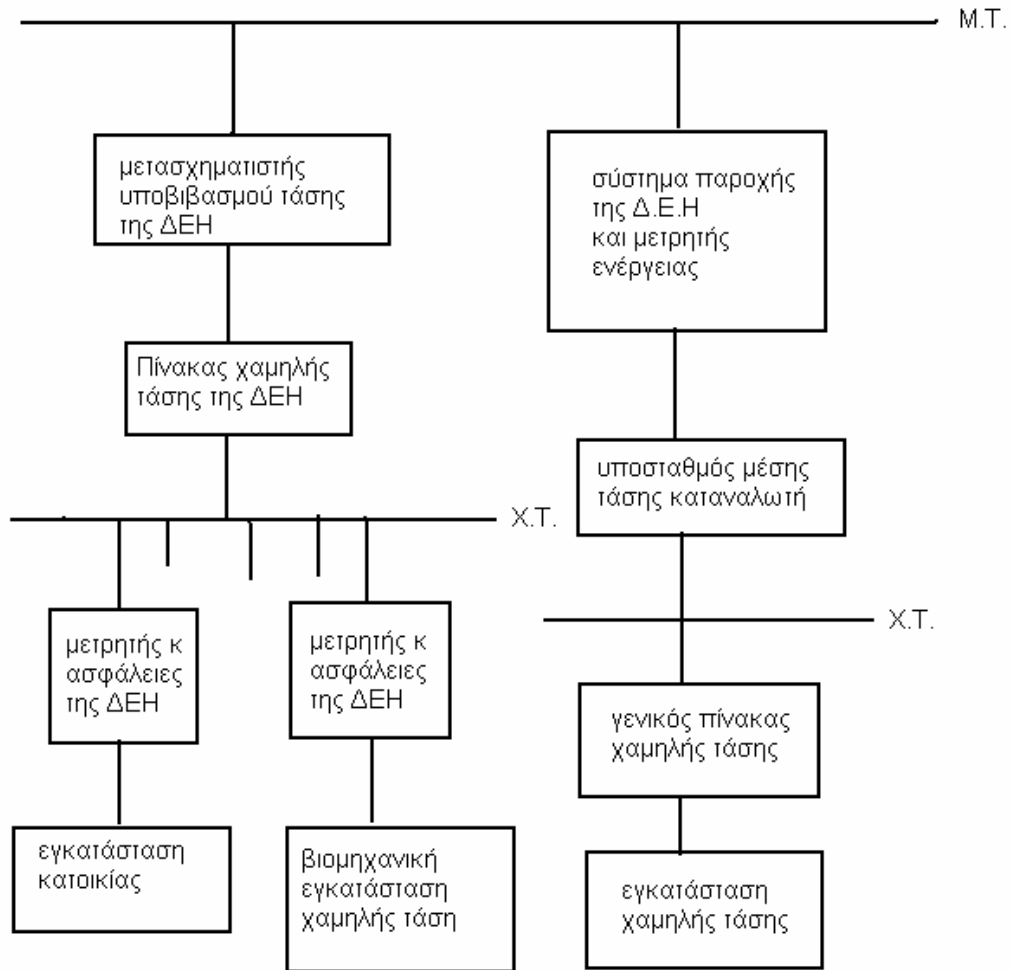
Οι αυτόματοι διακόπτες ελαίου και οι διακόπτες αυτόματης επαναφοράς (ΑΔΕ και ΔΑΕ) λειτουργούν σε τρεις κύκλους. Όταν σε κάποια κύρια γραμμή συμβεί σφάλμα, τότε ο διακόπτης αυτόματα διακόπτει την τροφοδοσία της γραμμής για κλάσματα του δευτερολέπτου και εν συνεχεία την επαναφέρει. Αν συνεχίσει να υπάρχει το σφάλμα, τότε γίνεται εκ νέου διακοπή και επαναφορά της τροφοδοσίας της γραμμής σε χρονικό διάστημα μεγαλύτερο της 1^{ης} διακοπής. Μόνο όταν κατά την τρίτη διακοπή συνεχίσει να υπάρχει το σφάλμα τότε διακόπτεται οριστικά η τροφοδοσία της γραμμής. Έτσι με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η οριστική διακοπή ηλεκτροδότησης μιας περιοχής αλλά και η άσκοπη μετακίνηση των συνεργείων, αφού το μεγαλύτερα ποσοστά των σφαλμάτων είναι παροδικά.

Παρακάτω δίδεται τυπικό διάγραμμα της τοπολογίας του δικτύου.



Σχήμα 1: Μονογραμμικό διάγραμμα δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Στο σχήμα 2 δίνεται ένα διάγραμμα, από το οποίο φαίνεται απλοποιημένα η μέθοδος, που εφαρμόζεται, για την παροχή της τάσης στους καταναλωτές (πελάτες) χαμηλής και μέσης τάσης της Δ.Ε.Η.



Σχήμα 2 : Ένα απλοποιημένο διάγραμμα για τις παροχές χαμηλής και μέσης τάσης

Στην περίπτωση των καταναλωτών Χ.Τ. (χαμηλής τάσης), η μέση τάση (Μ.Τ.) μετασχηματίζεται σε χαμηλή τάση (Χ.Τ.) από Μ/Σ υποβιβασμού και εν συνεχεία, τροφοδοτεί ένα πίνακα χαμηλής τάσης της ΔΕΗ. Από τον εν λόγω πίνακα ξεκινούν οι διάφορες γραμμές χαμηλής τάσης του δικτύου, από όπου και δίνονται οι παροχές προς τους διαφόρους καταναλωτές (κατοικίες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης).

Σε κάθε τριφασική παροχή χαμηλής τάσης προβλέπεται από τη ΔΕΗ μετρητής και τρεις ασφάλειες (μια ασφάλεια για κάθε φάση). Όταν η παροχή είναι μονοφασική, τότε τοποθετείται από τη ΔΕΗ μια μόνο ασφάλεια στον αγωγό φάσης..

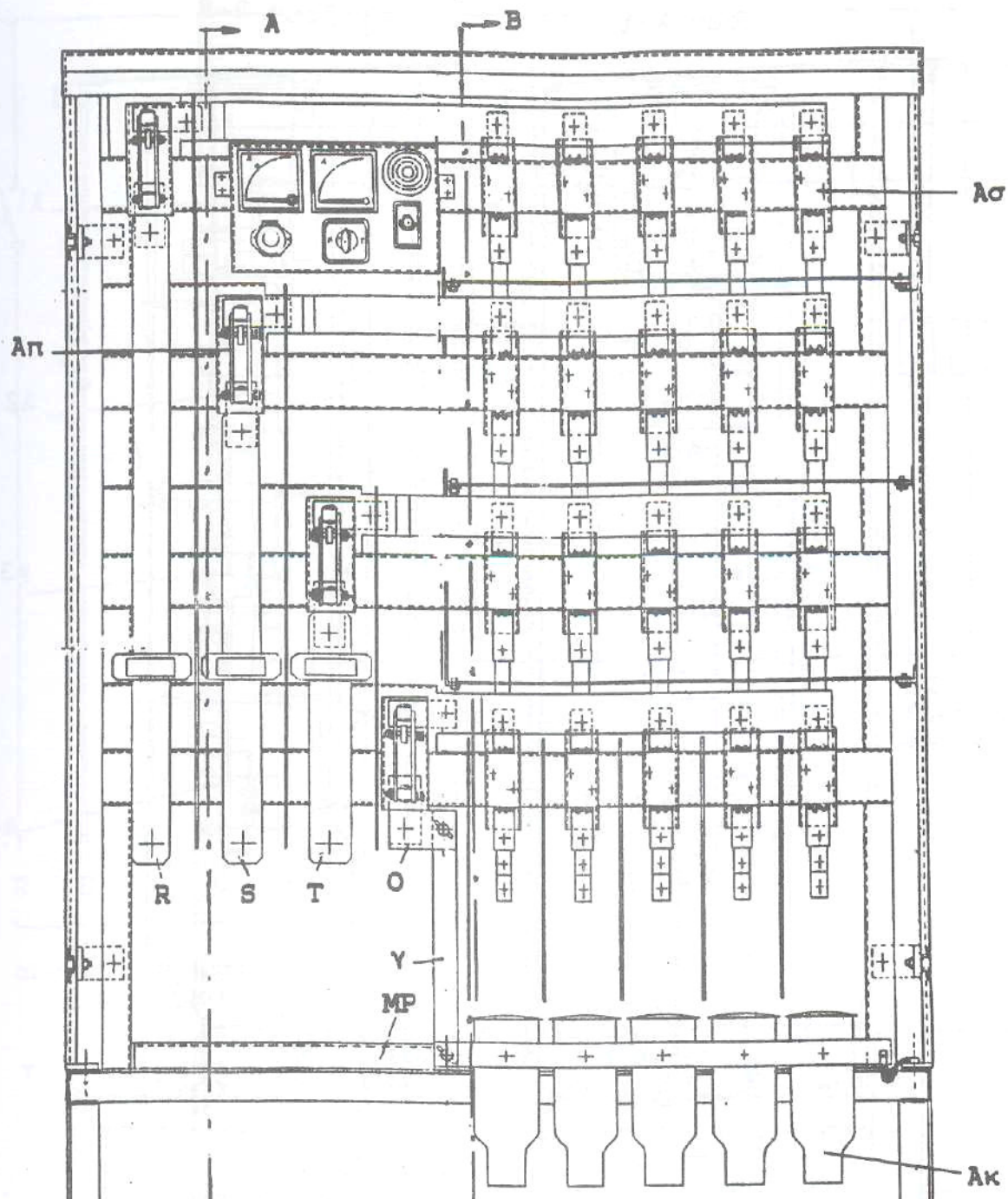
Η παροχή χαμηλής τάσης (400 V, 230 V) σε πελάτες χαμηλής τάσης γίνεται μέσω γραμμών χαμηλής τάσης (από γυμνούς αγωγούς ή συνεστραμμένα καλώδια) που ξεκινούν από τον πίνακα χαμηλής τάσης (ασφαλειοκιβώτιο) του υποσταθμού. Τα συνεστραμμένα καλώδια αποτελούν την σύγχρονη εξέλιξη των γραμμών διανομής χαμηλής.

Οι καταναλωτές Μ.Τ. (καταναλωτές μέσης τάσης) έχουν δικό τους υποσταθμό, ο οποίος περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους μετασχηματιστές υποβιβασμού της μέσης τάσης σε χαμηλή τάση (400V, 230V, 50Hz) και τα ανάλογα μέσα χειρισμού στη μέση τάση (πίνακες μέσης τάσης).

Οι υποσταθμοί μπορεί να είναι, υπαίθριοι (παροχές επί στύλου) ή εσωτερικοί ((συγκροτήματα πινάκων κυρίως σε υπόγειους χώρους).

Στην περίπτωση των καταναλωτών Μ.Τ. (μέσης τάσης), η μέση τάση μετασχηματίζεται σε χαμηλή τάση, η οποία και τροφοδοτεί ένα πίνακα χαμηλής τάσης (Γενικό Πεδίο ΧΤ). Από το πεδίο Χ.Τ. ξεκινούν οι διάφορες γραμμές χαμηλής τάσης του δικτύου του καταναλωτή.

Στη συνέχεια δίνονται δύο γενικά μηχανολογικά σχέδια, ενός πίνακα εξωτερικού χώρου, χαμηλής τάσης του δικτύου της Δ.Ε.Η. (σχήματα 3 και 4) , όπου απεικονίζεται πίνακας 6 διευθύνσεων (ή 5 αναχωρήσεων). Ο σχετικός πίνακας αποτελείται από μία τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών και πέντε τριφασικών αναχωρήσεων. Από τις αναχωρήσεις του ξεκινούν οι γραμμές ηλεκτροδότησης προς τις κατοικίες και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης (τριφασικές παροχές 400V/50Hz και μονοφασικές παροχές 230V/50Hz). Σημειώνεται ότι στον ουδέτερο δεν τοποθετείται ασφάλεια, και η σχετική ασφαλειοθήκη γεφυρώνεται. (Η ύπαρξη της ασφαλειοθήκης στον ουδέτερο είναι Αγγλική τεχνική που στην Ευρωπαϊκή Ένωση εφαρμόζεται μόνο στην Αγγλία και στην Κύπρο).



Σχήμα 3: Πίνακας 6 διευθύνσεων του δικτύου χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. (6 διευθύνσεις: μία είσοδος και πέντε αναχωρήσεις).

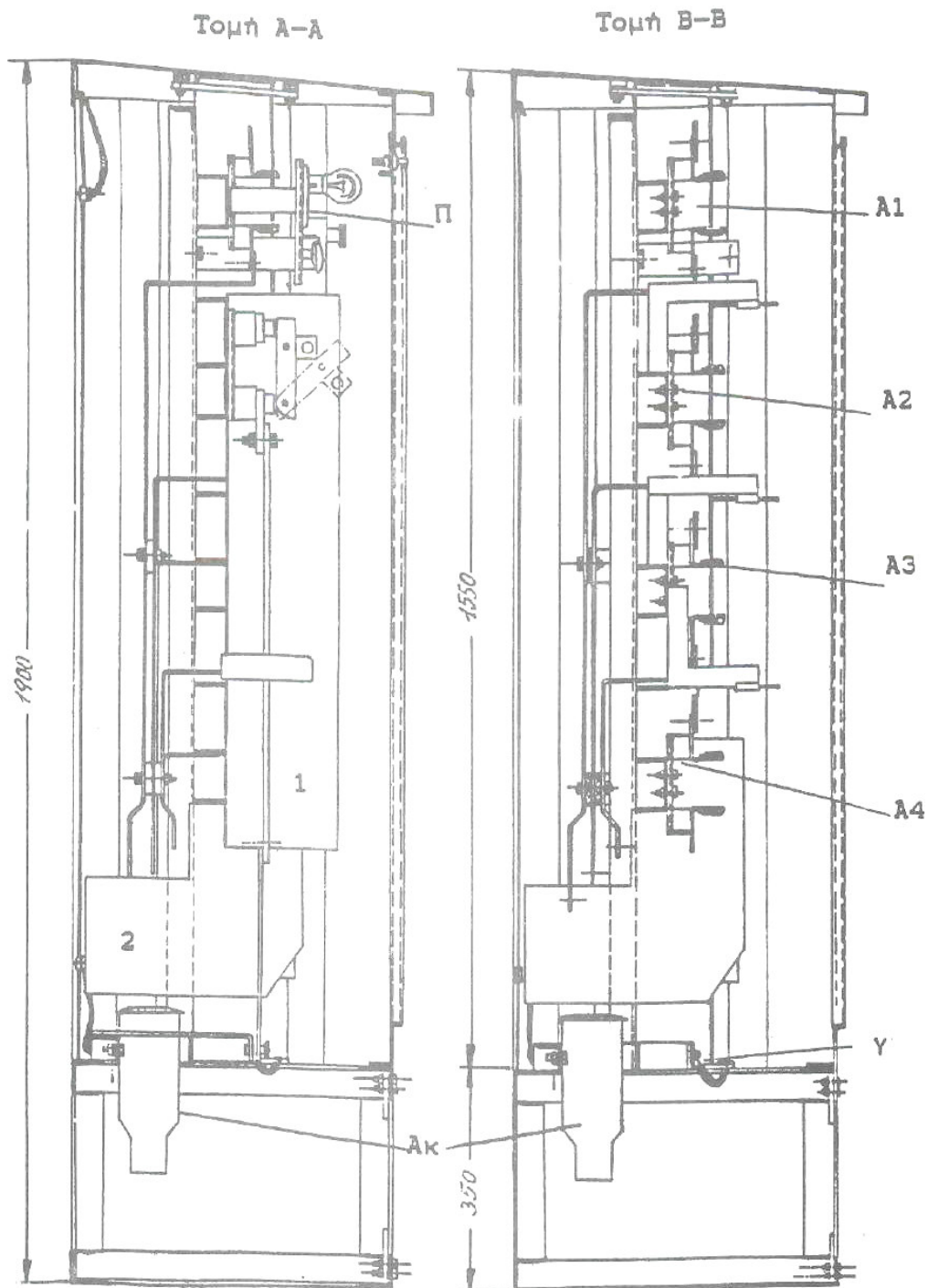
Όπου : R, S, T: οι αφίξεις των φάσεων, O : ο ουδέτερος & MP η νείωση.

Aσ: Ασφαλειοθήκη

Aπ: Μονοπολικός αποζεύκτης (800A/500V)

Aκ: Ακροκιβώτιο.

Σημείωση: Στον ουδέτερο ΔΕΝ τοποθετείται ασφάλεια αλλά γεφυρώνεται η ασφαλειοθήκη.



Σχήμα 4: Πίνακας 6 διευθύνσεων του δικτύου χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η.
Τομή Α-Α και Τομή Β-Β.

Όπου : Α1, Α2, Α3 και Α4: Ασφαλειοθήκες 400Α/500V

Ασ: Ασφαλειοθήκη (400Α/500V),

Ακ: Ακροκιβώτιο, γ: Γέφυρα γείωσης,

1 και 2: Μονωτικά διαχωριστικά

Απ: Μονοπολικός απαζεύκτης 800Α/500V

Π: Πίνακας φωτισμού –μετρήσεων.

Η τροφοδοσία του πίνακα και μία αναχώρηση φαίνονται αναλυτικά στις τομές A-A και B-B αντίστοιχα. Στην τομή A-A 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 800A/500V. Στην τομή B-B 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 και το ονομαστικό ρεύμα τους εξαρτάται από το μέγεθος του μετασχηματιστή, το είδος του αγωγού και το μήκος της γραμμής.

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

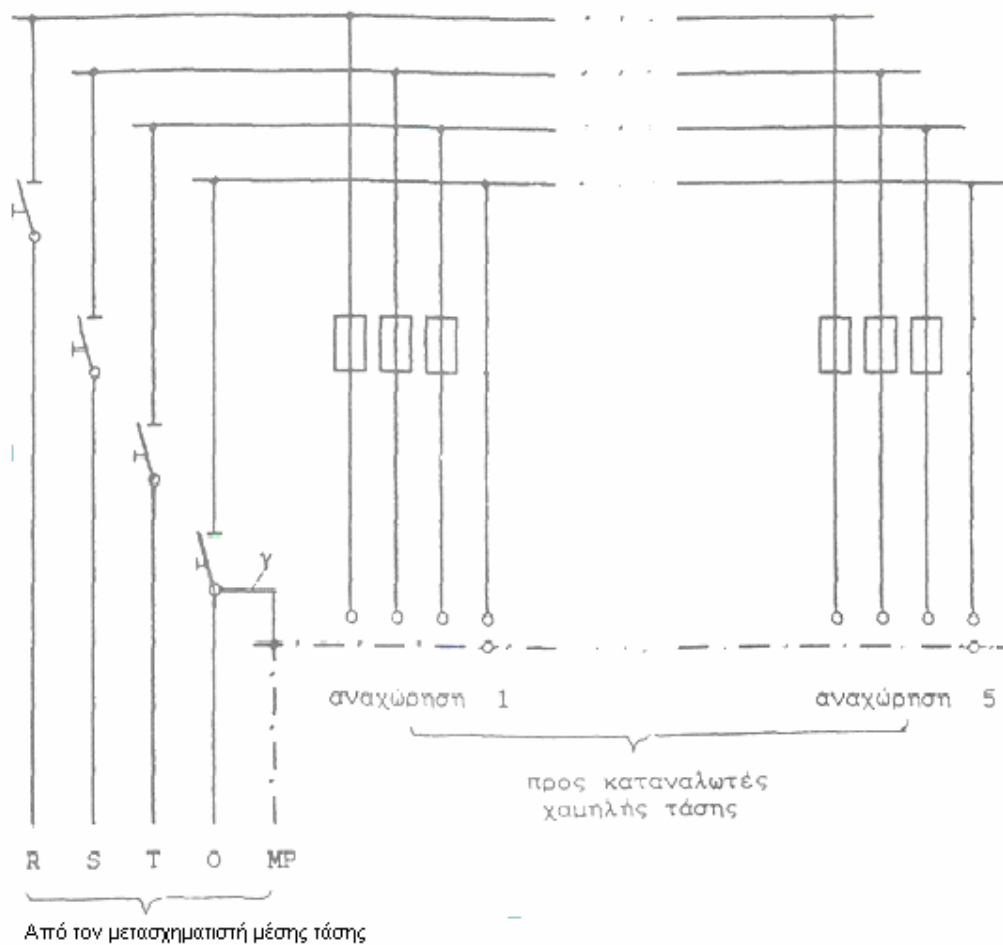
1) πίνακες με τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών :

α) πίνακες 5 αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων) κατά τα σχήματα 3 έως 5,

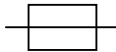

β) πίνακες 8 αναχωρήσεων (ή 9 διευθύνσεων) , που είναι εσωτερικού χώρου

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

Ένα απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα πέντε αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων), που διευκολύνει τη κατανόηση της λειτουργίας του, δίνεται στο σχήμα 5. Όπως φαίνεται από το σχήμα αυτό (αλλά και από το σχήμα 3) η τροφοδοσία του πίνακα από τον μετασχηματιστή μέσης τάσης 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, 0 και MP).



Σχήμα 5: Απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα 6 διευθύνσεων του δικτύου χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η.

- Όπου :
-  Ασφάλειες 400A/500V
 -  Μονοπολικός αποζεύκτης (800A/500V)
 - Y: Γέφυρα μεταξύ O και MP

Οι προαναφερόμενοι πίνακες λόγω του χώρου που εγκαθίστανται, εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου, διακρίνονται από έναν βαθμό προστασίας, IP 10 & IP 44 αντίστοιχα. Ο βαθμός προστασίας, συμβολίζεται με **IP XY**, αναφέρεται στην προστασία που παρέχει η κατασκευή έναντι:

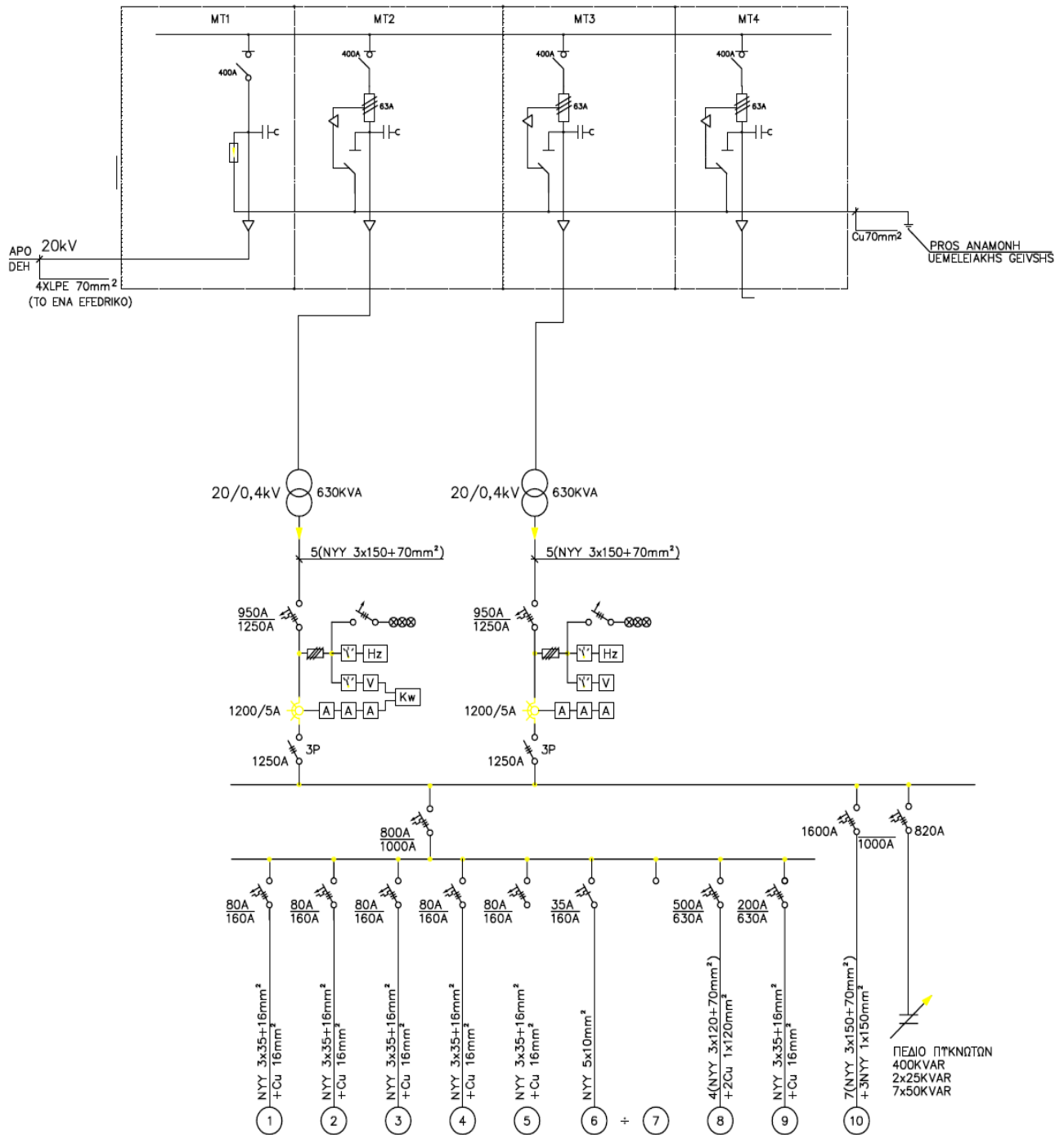
- α. Στην είσοδο ξένων σωμάτων ή επαφή με το ανθρώπινο σώμα. (σημασία του 1^{ου} αριθμού =X)
- β. Στην είσοδο νερού. (σημασία του 2^{ου} αριθμού =Y)

Στο παρακάτω πίνακα Α δίνονται οι βαθμοί προστασίας κατά DIN 40050, EN 60529 & IEC 144.

IP XY (Νέος Συμβολισμός)	P XY (Παλιός Συμβολισμός)	Χαρακτηρηστικά
IP 00	P 00	Καμία προστασία, από επαφή με το χέρι ή το σώμα και στο νερό.
IP 10	P 10	Προστασία από επαφή με το σώμα αλλά μπαίνουν τα δάχτυλα, Δεν μπαίνουν αντικείμενα άνω των 50mm. Καμία προστασία από σταγόνες νερού.
IP 11	P 11	Προστασία από επαφή με το σώμα αλλά μπαίνουν τα δάχτυλα, Δεν μπαίνουν αντικείμενα άνω των 50mm. Δεν μπαίνουν σταγόνες που πέφτουν κατακόρυφα.
IP 20	P 20	Δεν μπαίνουν αντικείμενα άνω των 12mm. Προστασία από επαφή με τα δάχτυλα. Καμία προστασία από σταγόνες νερού.
-	P 21	Δεν μπαίνουν αντικείμενα άνω των 12mm. Προστασία από επαφή με τα δάχτυλα. Δεν μπαίνουν σταγόνες που πέφτουν κατακόρυφα.
IP23	P 22	Προστασία από επαφή με τα δάχτυλα. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό καθέτως ή υπό γωνία 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο.
IP 40	P 30	Δεν μπαίνουν αντικείμενα ή εργαλεία άνω του 1mm. Καμία προστασία από σταγόνες νερού.
-	P 31	Δεν μπαίνουν αντικείμενα ή εργαλεία άνω του 1mm. Δεν μπαίνουν σταγόνες που πέφτουν κατακόρυφα.
IP 43	P 32	Δεν μπαίνουν αντικείμενα ή εργαλεία άνω του 1mm. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό καθέτως ή υπό γωνία 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο.
IP 44	P 33	Δεν μπαίνουν αντικείμενα ή εργαλεία άνω του 1mm. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό προς όλες τις διευθύνσεις.
IP 40	P 40	Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, σκόνη. Καμία προστασία από σταγόνες νερού.
-	P 42	Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, σκόνη. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό καθέτως ή υπό γωνία 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο.
IP 54	P 43	Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, σκόνη. Προστασία από εκσφενδονισμένο νερό προς όλες τις διευθύνσεις.
IP 55	P 44	Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, σκόνη. Προστασία από εκτοξευμένο νερό.
-	P 50	Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, πλήρης προστασία από σκόνη. Καμία προστασία από σταγόνες νερού.
IP 65	P 54	Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, πλήρης προστασία από σκόνη και προστασία από σταγόνες νερού.
IP67	P 55	Προστασία από βοηθητικά μέσα κάθε είδους, πλήρης προστασία από σκόνη και προστασία από εκτοξευμένο νερό υπό πίεση.

Πίνακας Α: Βαθμοί προστασίας κατά DIN 40050, EN 60529 και IEC 144.

Παράδειγμα παροχής μέσης τάσης σε ιδιωτικό υποσταθμό.



Σχήμα 6: Παράδειγμα παροχής μέσης τάσης σε ιδιωτικό υποσταθμό.

Στο σχήμα 6 δίνεται ένα μονογραμμικό διάγραμμα παροχής μέσης τάσης (Μ.Τ.), από το οποίο φαίνεται η διανομή χαμηλής τάσης μέσω ιδιωτικού υποσταθμού Μέσης τάσης.

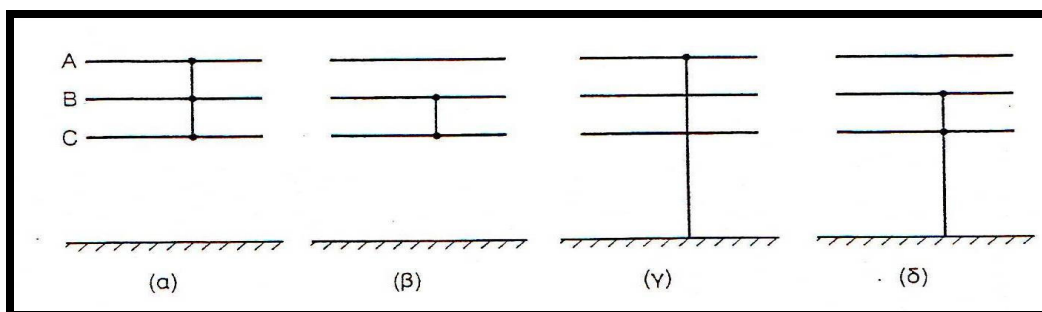
2. Βραχυκυκλώματα.

Τα βραχυκυκλώματα, που είναι πιθανό να συμβούν σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, αποτελούν μεταβατικά φαινόμενα και είναι ηλεκτρικής φύσης και δυναμικής μορφής. Τα περισσότερα βραχυκυκλώματα συμβαίνουν στα εκτεθειμένα μέρη του δικτύου (εναέριες γραμμές, ακροδέκτες εξοπλισμού), και είναι τα πιο ανώδυνα, ενώ οι σπανιότερες περιπτώσεις, όπου βραχυκύκλωμα συμβαίνει στο εσωτερικό μιας συσκευής (π.χ. μετασχηματιστή ή καλωδίου), είναι και οι πιο καταστρεπτικές.

Όταν εκδηλωθεί ένα βραχυκύκλωμα, έχουμε ως αποτέλεσμα την απότομη μεταβολή της κατάστασης του συστήματος. Συγκεκριμένα, παρατηρείται στιγμιαίος μηδενισμός ή βύθιση της τάσης, σε διαφορετικό βαθμό για κάθε ζυγό, ανάλογα με το σημείο όπου συμβαίνει το βραχυκύκλωμα. Αυτό συνεπάγεται την απότομη μείωση της εξερχόμενης ισχύος των γεννητριών με σταθερή τη μηχανική ισχύ των στροβίλων. Παράγεται λοιπόν ένα περίσσειμα κινητήριας ισχύος που δημιουργεί ένα ζεύγος επιτάχυνσης με συνέπειες στην ευστάθεια του συστήματος. Παράλληλα, η αύξηση των εντάσεων που προκαλείται από το βραχυκύκλωμα, αν οι διακόπτες δε λειτουργήσουν άμεσα, ενδέχεται να προκαλέσει μόνιμες βλάβες στα στοιχεία του συστήματος, κυρίως στις γεννήτριες και στους μετασχηματιστές.

• Είδη βραχυκυκλωμάτων

Τα βραχυκυκλώματα μπορούν να είναι συμμετρικά ή ασύμμετρα. Τα συμμετρικά είναι εκείνες οι μεταβατικές καταστάσεις στις οποίες βρίσκεται το σύστημα όταν λόγω βλάβης σε ένα σημείο έρχονται σε επαφή μεταξύ τους οι τρεις φάσεις. Αυτά είναι και οι πιο σοβαρές περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων. Συμμετρικά είναι τα τριφασικά βραχυκυκλώματα. Τα ασύμμετρα βραχυκυκλώματα από την άλλη είναι αρκετά συνηθέστερα, αλλά όχι τόσο σοβαρά. Τα μονοφασικά και διφασικά είναι ασύμμετρα βραχυκυκλώματα. Στο σχήμα 7 δίνονται διάφορα είδη βραχυκυκλωμάτων. Συγκεκριμένα, στο 7(α) φαίνεται το τριφασικό βραχυκύκλωμα, στο 7(β) το διφασικό, στο 7(γ) το μονοφασικό ως προς γη και στο 7(δ) το διφασικό βραχυκύκλωμα ως προς γη.



Σχήμα 7: Είδη βραχυκυκλωμάτων α)Τριφασικό, β)Διφασικό, γ)Μονοφασικό και δ) Διφασικό ως προς γη.

- **Μέσα προστασίας**

Τα συστήματα προστασίας αποτελούνται από ηλεκτρικά κυκλώματα ελέγχου, τα οποία είναι εγκατεστημένα κυρίως στους υποσταθμούς και τους σταθμούς παραγωγής, ή κατά μήκος των γραμμών. Τα σύγχρονα μέσα προστασίας περιλαμβάνουν και ασύρματα μέσα μετάδοσης, όπως τα μικροκύματα. Τα κύρια όργανα προστασίας είναι οι ηλεκτρονόμοι ή αλλιώς ρελέ, με τους οποίους αναγνωρίζεται η εμφάνιση βραχυκυκλώματος και δίνονται οι εντολές προς τους διακόπτες. Η προστασία του σημαντικότερου εξοπλισμού του συστήματος, όπως των γεννητριών, των μετασχηματιστών, των βασικών γραμμών μεταφοράς, είναι πολλαπλή, δηλαδή αναλαμβάνεται από περισσότερα από ένα συστήματα, διαφόρων κατά κανόνα αρχών.

1. Τα μέσα προστασίας χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

Διακόπτες ισχύος ή αυτόματοι διακόπτες:

Το μέγεθος της ισχύος βραχυκύκλωσης, την οποία μπορεί να διακόψει ο διακόπτης και ο χρόνος διακοπής, αποτελούν δύο βασικά χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος. Πρόκειται γενικά για ισχυρότατους και ταχύτατους σύνθετους μηχανισμούς των οποίων ο χρόνος λειτουργίας έχει μεγάλη σημασία διότι προστιθέμενος στο χρόνο λειτουργίας της προστασίας, από την οποία παίρνει εντολή, δίνει το χρόνο εκκαθάρισεως του σφάλματος.

Η διακοπή του βραχυκυκλώματος συνίσταται στην διακοπή του τόξου, το οποίο δημιουργείται μέσα στον διακόπτη μετά τον αποχωρισμό των επαφών και η οποία διακοπή αποτελεί και το δυσχερές έργο του. Η σβέση του τόξου επιτυγχάνεται με εκτόξευση επάνω του μονωτικού ελαίου, μονωτικού αέρα ή άλλου αερίου μονωτικού μέσου. Βασικοί τύποι διακοπών ισχύος είναι οι διακόπτες: ελαίου, πεπιεσμένου αέρα και εξαφθοριούχου θείου (SF₆).

Η αξιοπιστία των διακοπών αυτών είναι στενά συνδεδεμένη με την τεχνολογία κατασκευής τους, το κόστος αγοράς τους και το λειτουργικό τους κόστος. Η αξιοπιστία μιας διάταξης προστασίας η οποία αποτελείται από τον διακόπτη ισχύος, τους ηλεκτρονόμους και τους υπόλοιπους αυτοματισμούς, μετριέται από το κατά πόσο πραγματοποιείται η προδιαγραφόμενη λειτουργία του (π.χ. το άνοιγμα για ορισμένο μέγεθος και είδος βραχυκυκλώματος).

Ασφάλειες:

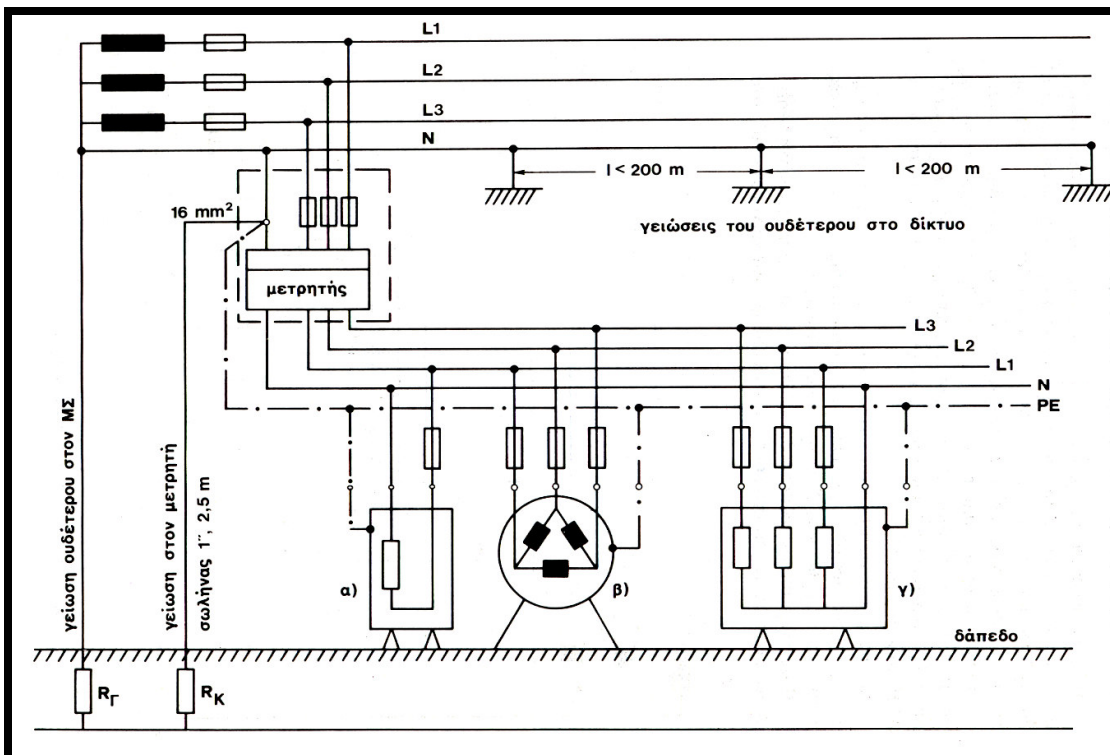
Είναι μέσα προστασίας, των πινάκων μέσης τάσης (Μ.Τ.), της εγκατάστασης από το βραχυκύκλωμα. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με διακόπτες φορτίου.

Η λειτουργία μιας ασφάλειας περιλαμβάνει δύο στάδια:

- α. Το χρονικό διάστημα από την εμφάνιση του ρεύματος που προκαλεί την τήξη μέχρι την έναρξη του τόξου και
- β. το χρονικό διάστημα από την έναρξη μέχρι τη σβέση του τόξου. Μετά την σβέση του τόξου κόβεται το κύκλωμα.

3. Ουδετέρωση

Η **ουδετέρωση** είναι η γείωση του ουδέτερου του δικτύου. Το παρακάτω σχήμα, δείχνει τα σημεία στα οποία γειώνεται ο ουδέτερος του δικτύου.



Σχήμα 8: Ουδετέρωση σε μονοφασικούς και τριφασικούς καταναλωτές.

Συνθήκες Ουδετέρωσης

Η ουδετέρωση είναι η κατά κανόνα μέθοδος προστασίας σε καταναλωτές του δημόσιου δικτύου ΧΤ. Για να εφαρμοστεί όμως, πρέπει να πληρούνται πέντε συνθήκες, οι οποίες αναπτύσσονται παρακάτω:

1^η Συνθήκη ουδετέρωσης

Για στέρεο (ιδανικό) βραχυκύκλωμα μεταξύ φάσης και ουδέτερου, πρέπει τα μέσα προστασίας (ασφάλειες ή αυτόματοι) γενικά, να διακόπτουν το κύκλωμα σε 5 sec. Αυτό θεωρείται ότι ισχύει όταν το ρεύμα του βραχυκυκλώματος είναι τουλάχιστον τριπλάσιο του ονομαστικού ρεύματος της αμέσως προτεταμένης ασφάλειας.

Ειδικά για τις πιο κάτω περιπτώσεις ο χρόνος απόζευξης δεν είναι 5 sec αλλά 0,2 sec (IEC 364, HD 384).

- Κυκλώματα με πρίζες κάτω των 35 A.
- Κυκλώματα με συσκευές χειρός.

Αυτός ο κατά 25 φορές μειωμένος χρόνος είναι απαραίτητος στις προαναφερόμενες περιπτώσεις, γιατί υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.

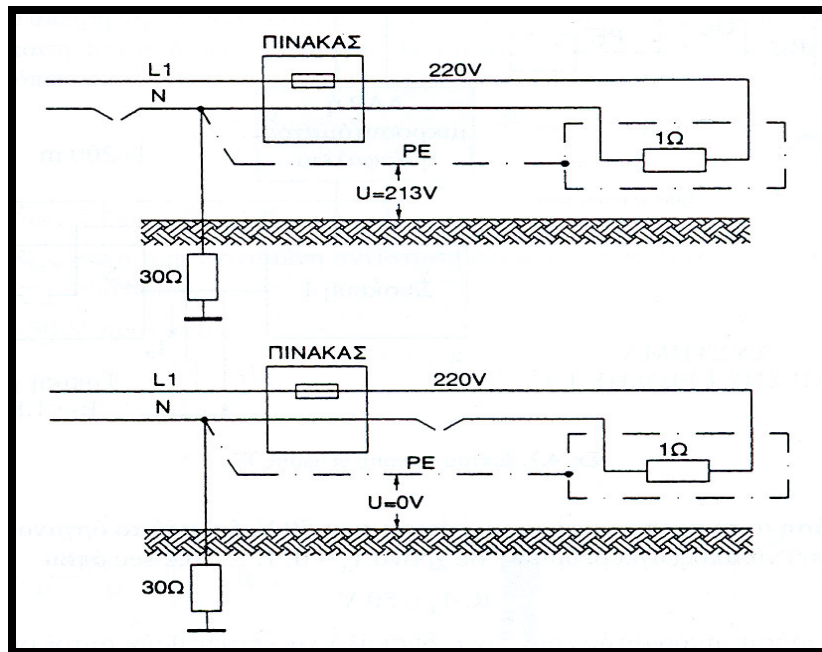
Προσοχή : Ένας έλεγχος του ρεύματος βραχυκύκλωσης μπορεί να δείξει ότι σε πολύ μακριές γραμμές τροφοδότησης αυτό μπορεί να μην ισχύει πάντα, οπότε πρέπει να αυξηθούν οι διατομές των αγωγών.

2η Συνθήκη ουδετέρωσης

Πρέπει να εξασφαλίζεται η συνέχεια του ουδέτερου. Η ελάχιστη διατομή του είναι ίση με αυτή των φάσεων, ως 16 mm² ίδια με την διατομή φάσεων. Για μεγαλύτερες διατομές ο ουδέτερος έχει το ήμισυ της διατομής των φάσεων αλλά τουλάχιστον 16 mm².

Η σημασία της συνέχειας του ουδέτερου προκύπτει από το σχήμα 9 . Εάν διακοπεί ο ουδέτερος μετά το σημείο N, δηλαδή κατά τη διαδρομή του αγωγού προστασίας, τότε δεν υφίσταται κίνδυνος. Συνεπώς πρέπει να εξασφαλισθεί η συνέχεια του ουδέτερου στο δίκτυο.

Στο δημόσιο δίκτυο η Δ.Ε.Η. θεωρείται ότι εξασφαλίζει τη συνέχεια αυτή και όχι ο καταναλωτής. Σε βιομηχανικά δίκτυα ή μεγάλες εγκαταστάσεις, κατά IEC 364 και HD 384, μπορεί να εξασφαλισθεί η συνέχεια του ουδέτερου όταν αυτός έχει διατομή πάνω από 10 mm².



Σχήμα 9 : Τάσεις επαφής όταν διακόπτεται ο ουδέτερος πριν ή μετά την αρχή του αγωγού προστασίας.

3η Συνθήκη ουδετέρωσης

Αυτή η συνθήκη είναι σύμφωνη με τους κανονισμούς IEC 364 και HD 384. Για τη γείωση του ουδετέρου ισχύουν τα εξής:

1. Ο ουδέτερος κόμβος του μετασχηματιστή ΜΤ / ΧΤ γειώνεται. Εκεί συνδέονται (εφ' όσον υπάρχουν) τα μεταλλικά περιβλήματα των καλωδίων αναχώρησης ΧΤ.
2. Σε εναέρια δίκτυα υπάρχουν γειώσεις στα τέρματα των κύριων κορμών και των διακλαδώσεων, τουλάχιστον κάθε 300 m. Πρέπει να γίνουν πρόσθετες γειώσεις και μάλιστα ομοιόμορφα κατανομημένες, για να επιτευχθεί χαμηλή αντίσταση γείωσης, όταν αυτό απαιτείται.
3. Σε εναέρια και υπόγεια δίκτυα γειώνεται ο ουδέτερος σε κάθε παροχέτευση πριν από τα όργανα προστασίας της παροχέτευσης. Η γείωση πρέπει να είναι από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα ονομαστικής διαμέτρου τουλάχιστον μίας ίντσας (εσωτερική διάμετρος) και μήκους 2,5 m. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το μεταλλικό δίκτυο ύδρευσης, εφ' όσον έχει ίση ή μικρότερη αντίσταση από τον πιο πάνω σωλήνα – γειωτή.

Αν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν κύρια γείωση το δίκτυο ύδρευσης, λόγω της μεγάλης του αντίστασης, τότε πρέπει να χρησιμοποιείται ηλεκτρόδιο γείωσης και να γίνει σύνδεση στην ύδρευση. Η γείωση στο μετρητή γίνεται με αγωγό 16 mm², τύπου H07V-R.

Πρέπει να επιδιώκεται χαμηλή αντίσταση γείωσης στην παροχή της οικοδομής για να υπάρχει μια αποτελεσματική προστασία. Με θεμελιακές γειώσεις μπορούν εύκολα να επιτευχθούν χαμηλές αντιστάσεις γείωσης.

Με τον αγωγό γείωσης συνιστάται να συνδέονται όλα τα μεταλλικά αντικείμενα, μπανιέρες, σωλήνες, μεταλλικά δάπεδα. Πρόκειται δηλαδή για ισοδυναμικές συνδέσεις.

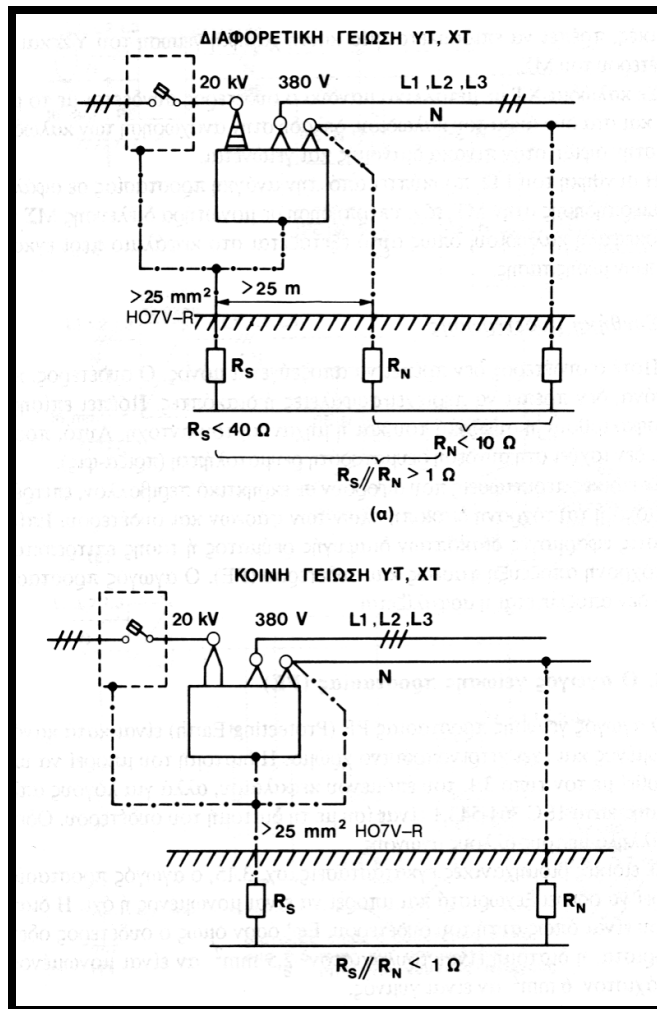
Ο ουδέτερος γειώνεται αμέσως πριν το μετρητή και όχι μέσα στις εγκαταστάσεις του καταναλωτή, διότι η Δ.Ε.Η. θεωρείται ότι εξασφαλίζει καλύτερα τη συνέχεια του ουδέτερου απ' ότι ο ίδιος ο καταναλωτής. Η συνέχεια του ουδέτερου είναι απολύτως αναγκαία, όπως δείχνει και το σχήμα 9 .

4η Συνθήκη ουδετέρωσης

Σύμφωνα με τους Κανονισμούς, η συνολική αντίσταση του ουδέτερου αγωγού με τις γειώσεις του, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 Ω. Εδώ προσμετρώνται όλες οι παράλληλες γειώσεις στο δίκτυο και στις παροχετεύσεις των καταναλωτών.

Η γείωση προστασίας των κυψελών ΜΤ και του δοχείου του Μ/Σ μπορεί να συνδεθεί με τη γείωση του ουδέτερου, μόνο αν προκύπτει συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1 Ω, (σχήμα 10β). Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν η συνολική αντίσταση γείωσης είναι μεν μικρότερη των 10 Ω αλλά μεγαλύτερη του 1 Ω, τότε πρέπει η γείωση των μεταλλικών μερών του υποσταθμού και η γείωση του ουδέτερου του Μ/Σ να είναι ανεξάρτητες, δηλαδή όχι συνδεδεμένες (σχήμα 10α). Εξαιρέση αποτελούν οι εναέριοι σταθμοί διανομής της Δ.Ε.Η. , όπου το όριο αυτό είναι 2 Ω.

Όταν οι γειώσεις ΜΤ και ΧΤ είναι ανεξάρτητες, (σχήμα 10α), πρέπει οι αντιστάσεις στους γειωτές να είναι για την εγκατάσταση της ΜΤ και τον ουδέτερο, το πολύ 40 Ω και 10 Ω αντίστοιχα. Για μεγαλύτερη ασφάλεια στο δίκτυο, προτείνονται αυστηρότερες τιμές αντιστάσεων από τις παραπάνω. Συγκεκριμένα, για την εγκατάσταση της ΜΤ, συνιστάται αντίσταση γείωσης μέχρι 10 Ω, ενώ για τον ουδέτερο αγωγό, συνολική αντίσταση γείωσης, το πολύ 2 Ω.



Σχήμα 10 : Γειώσεις υποσταθμών ΜΤ σε καταναλωτές ΧΤ.

α) Αν η αντίσταση γείωσης του ΥΣ είναι μεγαλύτερη από 1Ω:

εφαρμόζεται ξεχωριστή γείωση Μέσης και Χαμηλής Τάσης.

β) Αν η αντίσταση γείωσης του ΥΣ είναι μικρότερη από 1Ω:

εφαρμόζεται κοινή γείωση Μέσης και Χαμηλής Τάσης.

Σε υποσταθμούς με υπόγεια καλώδια μεταλλικού μανδύα είναι επιτρεπτή η σύνδεση των δύο γειώσεων, αν το συνολικό μήκος των καλωδίων είναι πάνω από 1200 m. Καλώδια που οδεύουν στο ίδιο χαντάκι υπολογίζονται σαν ένα.

Οι γειώσεις του ουδέτερου και του υποσταθμού θεωρούνται ανεξάρτητες όταν το πεδίο ροής της μιας μηδενίζεται στη θέση της άλλης. Αυτό είναι περίπου δεδομένο όταν η απόσταση των γειωτών είναι 8 φορές μεγαλύτερη από τη μεγαλύτερη διάσταση γειωτών. Π.χ., για σωλήνες κατακόρυφους σε 2,5 m βάθος, μία απόσταση 15 m εξασφαλίζει ανεξαρτησία των γειωτών. Επειδή οι δύο γειώσεις και ιδιαίτερα η ανεξαρτησία τους, είναι προβληματικές, πρέπει να επιδιώκεται μία κοινή χαμηλή αντίσταση γείωσης του ΥΣ και του ουδέτερου του Μ/Σ.

Σε καλώδια ΧΤ με μεταλλικό μανδύα, ο ουδέτερος συνδέεται με το μανδύα και στα δύο άκρα του καλωδίου, δηλαδή στην αναχώρηση των καλωδίων και στην άφιξη στον πίνακα διανομής και γειώνεται.

Η συνθήκη του 1Ω προκύπτει από την ανάγκη προστασίας σε σφάλματα υπερπήδησης στη ΜΤ, π.χ. υπερπήδηση σε μονωτήρα διέλευσης Μ/Σ ή σε ακροκεφαλή καλωδίου.

5η Συνθήκη ουδετέρωσης

Ποτέ ο ουδέτερος δεν πρέπει να αποζεύγεται μόνος. Ο ουδέτερος, κατά κανόνα, δεν πρέπει να περιέχει ασφάλειες ή διακόπτες. Πρέπει επίσης να εξασφαλισθούν η συνέχειά του και η μηχανική αντοχή. Αυτό προφανώς δεν ισχύει στη σύνδεση ρευματοδότη ρευματολήπτη (πρίζα-φίς).

Σε ειδικές περιπτώσεις που αφορούν σε εκρηκτικό περιβάλλον, επιτρέπεται μόνο η ταυτόχρονη διακοπή όλων των φάσεων και ουδέτερου. Επίσης και στις εφαρμογές διακοπών διαφυγής ρεύματος ή τάσης επιτρέπεται η ταυτόχρονη απόζευξη φάσεως και ουδέτερου (N). **Ο αγωγός προστασίας ποτέ δεν αποζεύγεται ή ασφαλίζεται.** Η Δ.Ε.Η. χρησιμοποιεί το σύστημα σύνδεσης γείωσης TN (ουδετέρωση) σχεδόν σε ολόκληρο το δίκτυό της. Στην περιοχή της Αττικής, στατιστικά, περισσότερες από 60.000 ηλεκτρικές εγκαταστάσεις διαθέτουν ακόμη άμεση γείωση, από την εποχή που τα μεταλλικά δίκτυα ύδρευσης υπήρχαν σε μεγάλη έκταση. Αυτός ουσιαστικά είναι ο λόγος που η Δ.Ε.Η. δεν επεκτείνει την ουδετέρωση και στην περιοχή της Αττικής, όπως δηλαδή, στην υπόλοιπη επικράτεια.

4. Επιλογή των ασφαλειών σε πίνακες ΧΤ της ΔΕΗ (συνθήκη ουδετέρωσης).

Στους παρακάτω πίνακες 1α και 1β δίνονται κατά τον κανονισμό (ΟΔ-22/ΔΕΔ-ΤΤΕ Δ-4/4-7-88 της ΔΕΗ) οι τιμές των ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης του δικτύου διανομής, ανάλογα με την ισχύ του μετασχηματιστή και το μήκος της γραμμής. Σε κάθε ασφάλεια αντιστοιχεί ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο μήκος γραμμής. Το μέγιστο αναφέρεται στο μήκος της γραμμής απ' το μετασχηματιστή μέχρι το μετρητή του καταναλωτή, ενώ το ελάχιστο αναφέρεται στο μήκος της γραμμής απ' το μετασχηματιστή μέχρι την παροχή.

Ισχύς P [KVA]	Ασφάλεια I ασφ. [A]	Γυμνοί Αγωγοί [16 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί [35 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί [50 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί [70 mm ²]	Συνεστρα μ-μένο Καλώδιο [3x35+54,	Συνεστρα μ-μένο Καλώδιο [3x70+54,
		Μήκος γραμμής σε m					
15	25	1030 950					
	32	760 690					
25	32	850 770					
	40	660 580				1000 380	
50	50	560 480	1070 930			840 720	1130 1010
	63	440 360	830 690	1090 920		660 540	920 750
	80	330 250	630 490	830 660	1010 820	500 380	700 530
75	63	450 370	870 730	1140 970		680 560	950 780
	80	350 270	670 530	880 710	1080 880	530 410	740 570
	100	280 200	530 380	690 510	840 640	420 300	580 410
	125	220 140	410 270	530 360	650 450	330 210	450 290
100	63	460 380	890 750	1160 990		690 570	970 800
	80	360 280	690 550	900 730	1110 910	540 420	760 580
	100	280 210	540 400	710 530	870 670	430 310	600 430
	125	220 150	420 270	550 380	680 480	340 220	470 300
	160	170 90	320 180	420 240	510 310	260 140	360 190
150- 160- 200	80	370 290	710 570	940 760	1150 950	550 430	770 600
	100	300 210	570 420	740 560	910 710	440 320	610 440
	125	230 150	450 300	590 410	720 510	350 230	480 320
	160	180 100	350 200	450 270	560 340	270 150	370 210
	200		270 130	360 170	440 220	210 90	300 130
	250		210 70	280 90	340 110		230 70

Πίνακας 1α: Τιμές ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η., ανάλογα με την ισχύ του μετασχηματιστή.

Ισχύς P [KVA]	Ασφάλεια I ασφ. [A]	Γυμνοί Αγωγοί [16 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί [35 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί [50 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί [70 mm ²]	Συνεστραμμένο Καλώδιο [3x35+54,6mm ²]	Συνεστραμμένο Καλώδιο [3x70+54,6mm ²]
		Μήκος γραμμής σε m					
250- 400 500- 630 750- 1000	80	370 290	720 580	960 770	1170 970	560 440	780 610
	100	300 220	580 480	760 580	940 730	450 330	620 460
	125	240 160	460 310	600 420	740 540	360 240	500 330
	160	180 110	360 210	470 280	580 360	280 160	400 220
	200		280 140	370 180	460 240	220 100	310 140
	250		230 80	300 100	360 40		250 80
	315			230 40	280 50		
	400				220		
500							

Πίνακας 1β: Συνέχεια του Πίνακα 1α: Τιμές ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η., ανάλογα με την ισχύ του μετασχηματιστή.

Αν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες 1α και 1β, τότε ισχύει η συνθήκη ουδετέρωσης (ή βραχυκύκλωσης), που σημαίνει ότι κατά το βραχυκύκλωμα έχουμε ακαριαία τήξη της ασφάλειας, με αποτέλεσμα να θερμαίνονται οι αγωγοί μόνο μερικούς βαθμούς Κελσίου και έτσι δεν δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από αυτούς.

5. Θερμική συμπεριφορά αγωγών και όρια ανάφλεξης διαφόρων υλικών.

Ως θερμαντική ικανότητα ενός υλικού έχει ορισθεί η ενέργεια που απαιτείται σε kcal για την πλήρη καύση 1 kg. Η θερμαντική ικανότητα π.χ. για το χαρτί είναι περίπου 3890 kcal/kg, για τα υφάσματα 4000-^5000 kcal/kg, για το ξύλο της τάξεως των 4400 kcal/kg, κ.λ.π. Επειδή $1 \text{ kW}=860 \text{ kcal/h}$ ή $1 \text{ kWh}=860 \text{ kcal}$, η θερμαντική ικανότητα $Y \text{ kcal/kg}$ ισοδυναμεί σε $Y/860 \text{ kWh/kg}$. Έτσι, η θερμαντική ικανότητα των προαναφερθέντων υλικών είναι περίπου: για το χαρτί 4,53 kWh/kg, για το ύφασμα: 4,65 με 5,81 kWh/kg και για το ξύλο 5,12 kWh/kg. Συνεπώς, για να καεί σε μία ώρα 1 kg από κάθε ένα εκ των ανωτέρω υλικών απαιτείται η ισχύς:

Για το χαρτί: 4,53 kW.

Για το ύφασμα: 4,65 με 5,81 kW.

Για το ξύλο: 5,12 kW.

Είναι φανερό ότι από την συνολική αντίσταση $R_{\delta} + R_t + R_{\eta}$ ς μόνο η αντίσταση $R_{\delta}+R_t$, θα προκαλέσει θερμικό φαινόμενο στην επιφάνεια του εδάφους. Επειδή στην χαμηλή τάση δεν συμβαίνει κατά το νόμο του Paschen διάσπαση του αέρα (δεν εκδηλώνεται δηλαδή τόξο), μπορεί να θεωρηθεί ότι η παραγόμενη θερμότητα προέρχεται από την αντίσταση R_{δ} , η τιμή της οποίας είναι κατά τη βιβλιογραφία σε περιπτώσεις αποκοπής αγωγού της τάξεως :

$$R_{\delta} = 20 \Omega \text{ έως } 400 \Omega$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, αν θεωρηθεί ότι είναι $R=R_{\delta}$ τότε συμπεραίνεται εκ πρώτης όψευς, ότι για κάθε τιμή $P>4530 \text{ W}$ θα μπορούσε να προκληθεί σε μία ώρα ανάφλεξη σε 1 kg χαρτί. Αντίστοιχα, για κάθε τιμή $P>4650 \text{ W}$ θα μπορούσε να προκληθεί σε μία ώρα ανάφλεξη σε 1 kg ύφασμα και για κάθε τιμή $P>5120 \text{ W}$ θα μπορούσε να προκληθεί σε μία ώρα ανάφλεξη σε 1 kg ξύλο. Η παραπάνω όμως σκέψη δεν είναι σωστή γιατί σύμφωνα με τους κανόνες μετάδοσης της θερμότητας, σημαντικό μέρος της θερμότητας απάγεται από το θερμό τμήμα του αγωγού επί του εδάφους:

- με αγωγή (δηλαδή μέσω της μάζας του αγωγού που επενεργεί ως ψύκτης),
- με ακτινοβολία (ο αγωγός ακτινοβολεί θερμότητα προς το περιβάλλον), και
- με μεταφορά (μεταφορά θερμότητας μέσω του περιβάλλοντος μέσου, που είναι ο αέρας).

Στο θερμό δηλαδή τμήμα του αγωγού (μάζας m) στην θέση αποκοπής επί της επιφάνειας της γης (όπου υποτίθεται ότι υπάρχει καύσιμη ύλη) ισχύει για το αποκομμένο τμήμα του αγωγού προς τον καταναλωτή η θερμοδυναμική σχέση:

$$m c (d\Delta\theta/dt) + P_{\alpha} = 0$$

όπου: $m c (d\Delta\theta/dt)$ η ροή θερμότητας στον αγωγό (c είναι η θερμοχωρητικότητα του υλικού του αγωγού) και P_{α} η απαγόμενη θερμική ισχύς κατά τους κανόνες της φυσικής (δηλαδή η απαγόμενη θερμική ισχύς με αγωγή, ακτινοβολία και μεταφορά). Είναι φανερό ότι, για να καταλήξει κανείς σε χρήσιμα συμπεράσματα, θα πρέπει να μελετηθεί περεταίρω το θέμα με βάση την παραπάνω σχέση.

Για το θερμό τμήμα της μάζας του αγωγού μήκους dx ισχύει:

$$m = \gamma A dx$$

όπου γ η πυκνότητα και A η διατομή του αγωγού.

Αν θεωρηθεί ότι η θερμότητα απάγεται στο περιβάλλον μέσω μίας επιφάνειας B τότε είναι:

$$P_{\alpha} = K B \Delta\theta$$

όπου $K=7 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, τότε από τις σχέσεις 1 και 2 έπεται ότι:

$$\gamma A dx c (d\Delta\theta/dt) = K B \Delta\theta$$

ή

$$dx (d\Delta\theta/\Delta\theta) = - (K B/\gamma A c) dt$$

Με αρχική θερμοκρασία $\Delta\theta_1$ (θερμοκρασία αφαιρούμενης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος) η τιμή $\Delta\theta_2$ για μήκος του αγωγού L και χρόνο t θα είναι:

$$L * \ln\Delta\theta_2 = \ln\Delta\theta_1 - K * \frac{B}{\gamma A c} * t$$

ή

$$\Delta\theta_2 = (e^{\ln\Delta\theta_1 - \frac{vK}{\gamma c}t})/L$$

θεωρώντας ότι $B = v A$

Με βάση την τιμή P υπολογίζεται η τιμή $\Delta\theta_1$ (αναλόγως του χρόνου t του μέσου προστασίας από αποκοπή αγωγού) και ακολούθως η $\Delta\theta_2$ για θερμοκρασία από την σχέση.

Η συνολική θερμοκρασία υπολογίζεται αναλόγως της θερμοκρασίας περιβάλλοντος θ_0 από την σχέση:

$$\theta = \theta_0 + \Delta\theta_2$$

Παράδειγμα:

Για τους αγωγούς ΑΙ ισχύει:

- $K=7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (ή $K=0,1673 \text{ cal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C s}$),
- $\gamma=2700 \text{ kg/m}^3$, και
- $c=0,22 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$.

Επομένως: $K/\gamma c = 0,001673/(2700 * 0,22) = 0,000002813 \text{ 1/s}$

Με π.χ. $v=100$ είναι:

$$vK/\gamma c = 0,0002813$$

Συνεπώς, για $t=l$ s:

$$\Delta\theta_2 = (e^{\ln\Delta\theta_1 - 0,0002813})/L \approx \Delta\theta_1/L$$

Η $\Delta\theta_2$ είναι πάντοτε μικρότερη της $\Delta\theta_1$. Επίσης, από τη δοκιμή υπερθέρμανσης προκύπτει ότι $\Delta\theta_1$ μικρότερη των 55°C . Συνεπώς η αποκοπή και πτώση των αγωγών στο έδαφος προς την πλευρά του καταναλωτή δεν μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά γιατί σε όλες τις περιπτώσεις η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μικρότερη των 55°C .

Στην προηγούμενη περίπτωση θεωρήθηκε ότι είχε πέσει στο έδαφος το τμήμα του αγωγού προς τον καταναλωτή. Όταν όμως έχει πέσει στο έδαφος το τμήμα του αγωγού προς τον υποσταθμό τότε ισχύει περίπου:

$$I^2 R_\delta \approx K B \Delta\theta$$

όπου:

- $K = 7 \text{ W/m}^2\text{C}$
- $B \approx \pi D (L-10) = \pi \sqrt{4A/\pi} (L-10) = 3,54 (L-10) \sqrt{A}$

$$I^2 R_\delta \approx K 3,54 (L-10) \sqrt{A} \Delta\theta = 24,8 (L-10) \sqrt{A} \Delta\theta$$

ή

$$\Delta\theta = \frac{I^2 R_\delta}{24,8 * (L - 10) * \sqrt{A}}$$

Παράδειγμα:

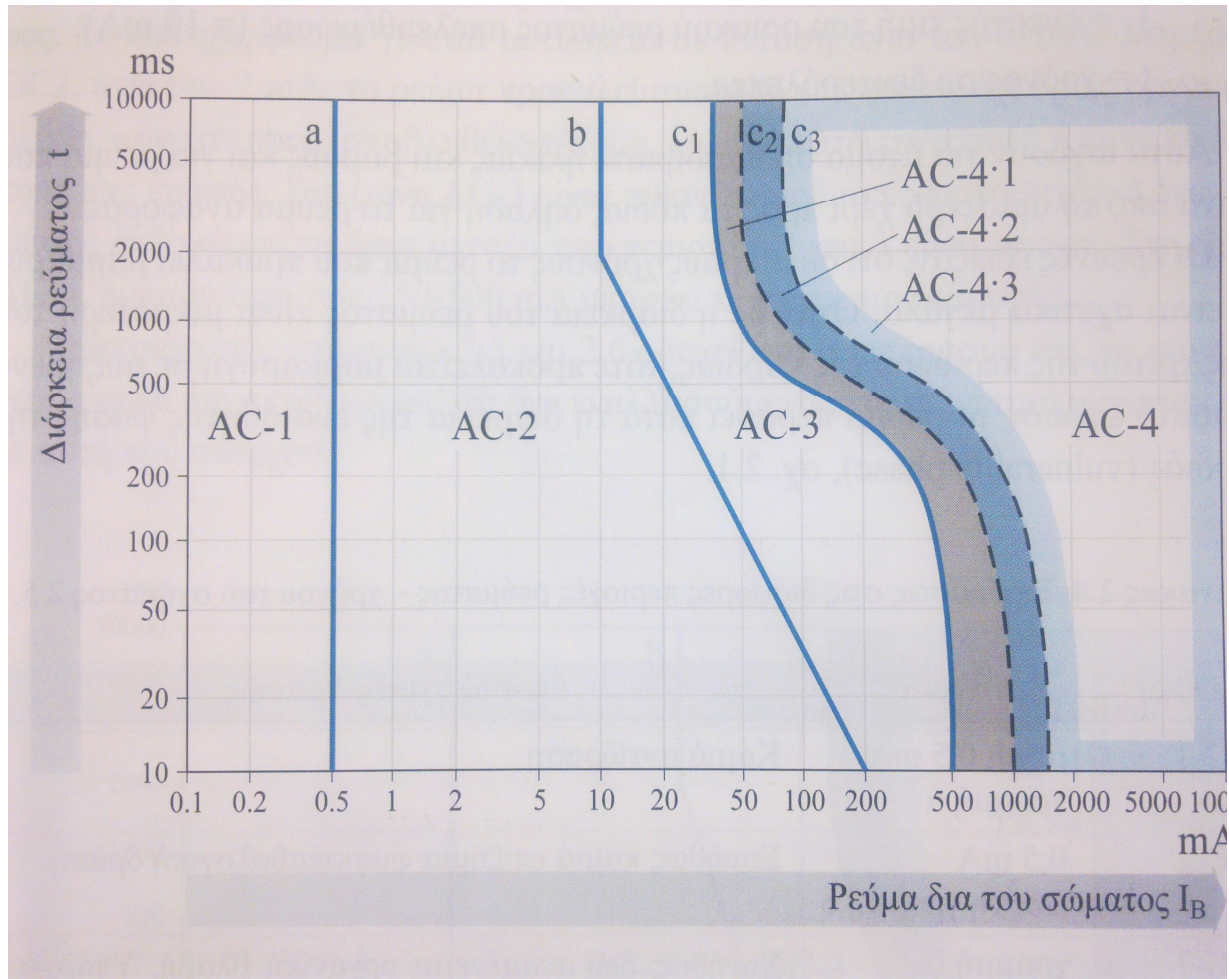
Αγωγός 16 mm^2 , $I = 37 \text{ A}$, $R_\delta = 10 \Omega$ και $L = 370 \text{ m}$

$$\Delta\theta = \frac{I^2 R_\delta}{24,8 * (L - 10) * \sqrt{A}} \approx 380^\circ\text{C}$$

Για κάθε $L < 370 \text{ m}$ είναι $\Delta\theta > 380^\circ\text{C}$

6. Επίδραση του εναλλασσόμενου ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό κατά IEC 60479-1.

Στο διάγραμμα ρεύματος και χρόνου του σχήματος 11, παρουσιάζονται 4 περιοχές επιδράσεων του ρεύματος στον οργανισμό κατά IEC 60479-1.



Σχήμα 11: Επίδραση του εναλλασσόμενου ρεύματος 15-100Hz σε ανθρώπους, ανεξαρτήτως ηλικίας και βάρους με όδευση από το αριστερό χέρι προς τα δυο πόδια.

Στο παρακάτω πίνακα 2 περιγράφουμε τις επιδράσεις του ρεύματος στον οργανισμό. στις διάφορες περιοχές του σχήματος 11.

Ζώνη	Όρια	Φυσιολογικές Δράσεις
AC-1	Ως 0,5mA (γραμμή α)	Καμία Αντίδραση
AC-2	0,5mA ως γραμμή b	Συνήθως καμία επιζήμια φυσιοπαθολογική δράση
AC-3	γραμμή b ως καμπύλη c1	Συνήθως δεν αναμένεται οργανική βλάβη. Πιθανότητα μουδιάσματος και δυσκολίας αναπνοής για διάρκειες ρεύματος άνω των 2sec
AC-4	Πάνω από καμπύλη c1	Αυξανόμενου της έντασης και της διάρκειας του ρεύματος μπορεί να συμβούν επικίνδυνες φυσιοπαθολογικές ενέργειες όπως ανακοπή καρδιάς, ασφυξία, εγκαύματα
AC-4.1	καμπύλη c1- c2	Πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρύγης έως 5%
AC-4.2	καμπύλη c2- c3	Πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρύγης έως 50%
AC-4.3	πάνω c3	Πιθανότητα κοιλιακής μαρμαρύγης πάνω από 50%

Πίνακας 2: Επιδράσεις στις διάφορες περιοχές ρεύματος-χρόνου του σχήματος 11.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων της αποκοπής και πτώσης στο έδαφος δυο (2) αγωγών Al 16 mm² υποσταθμού διανομής χαμηλής τάσης 250 kVA.

Η μελέτη των συνεπειών της αποκοπής των αγωγών χωρίζεται σε δυο υποπεριπτώσεις : διφασικό βραχυκύκλωμα από επαφή των δυο αγωγών στο έδαφος ή στον αέρα, όσο και η διαρροή ρεύματος μεταξύ των δυο αγωγών μέσω της γης.

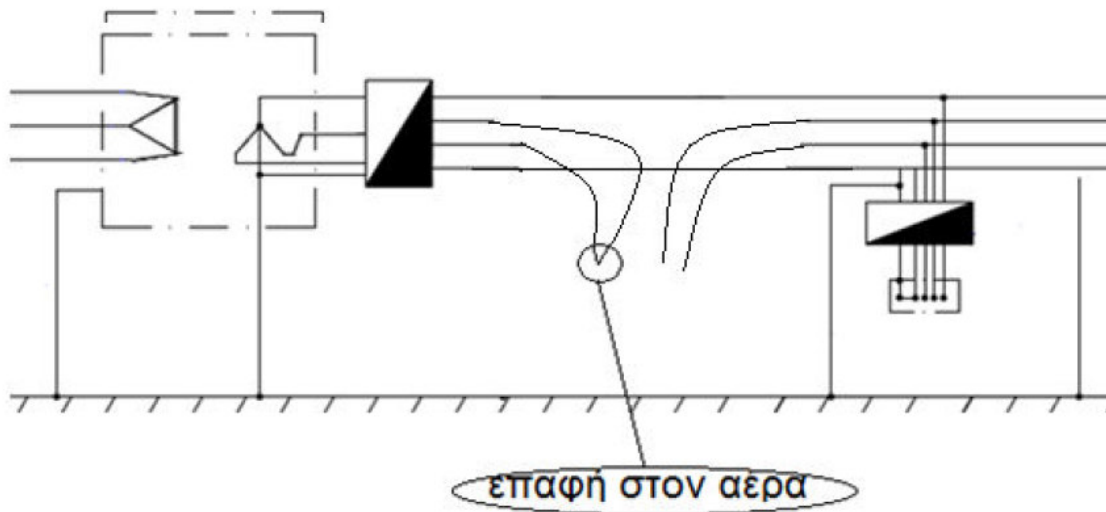
Έτσι οι παράμετροι κάθε περίπτωσης είναι αντίστοιχα:

Στο διφασικό βραχυκύκλωμα ως παράμετροι θεωρούνται : η ισχύς του μετασχηματιστή που τροφοδοτεί τον πίνακα διανομής χαμηλής τάσης, το μέγεθος της ασφάλειας της γραμμής καθώς και το μήκος από τον πίνακα διανομής στο οποίο συμβαίνει το σφάλμα (μέχρι το μέγιστο μήκος για το μέγεθος της ασφάλειας και την ισχύ του Μ/Σ για τα οποία τηρείται η συνθήκη ουδετέρωσης). Τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται από την μελέτη αυτή είναι το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης καθώς και η θερμική καταπόνηση των αγωγών. Με τον όρο θερμική καταπόνηση εννοείται η μέγιστη θερμοκρασία που εμφανίζεται στον αγωγό κατά το βραχυκύκλωμα. Στόχος αυτού είναι η διαπίστωση ή όχι πιθανών ανατάξιμων φαινομένων του αγωγού Al και η δημιουργία ή όχι τηγμάτων.

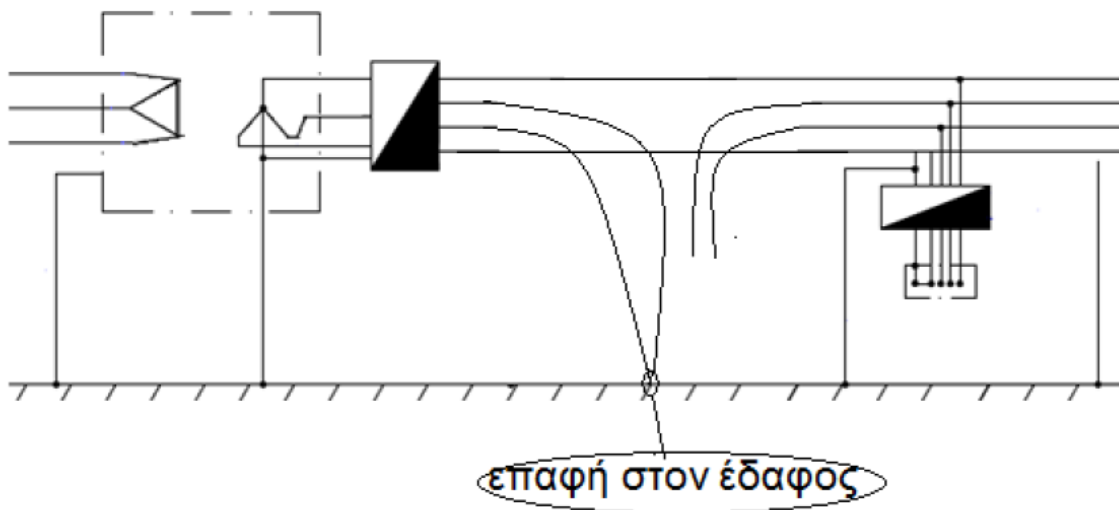
Στη διαρροή ρεύματος μεταξύ των αγωγών ως προς γη ως παράμετροι θεωρούνται : η ισχύς του μετασχηματιστή που τροφοδοτεί τον πίνακα διανομής χαμηλής τάσης, το μήκος από τον πίνακα διανομής στο οποίο συμβαίνει το σφάλμα (μέχρι το μέγιστο μήκος για το μέγεθος της ασφάλειας και την ισχύ του Μ/Σ για τα οποία τηρείται η συνθήκη ουδετέρωσης) καθώς και η αντίσταση διάβασης η οποία συνδέει τους δυο αγωγούς. Τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται από την μελέτη αυτή είναι το ρεύμα διαρροής καθώς και η μέγιστη θερμοκρασία η οποία εμφανίζεται στον αγωγό και αξιολογείται η πιθανότητα πρόκλησης πυρκαγιάς στα διάφορα υλικά που μπορεί να βρίσκονται πλησίον της γραμμής.

Υπολογισμός διφασικού βραχυκυκλώματος από επαφή δυο αγωγών στο έδαφος (ή στον αέρα).

Παρακάτω στα σχήματα 12 και 13 διακρίνονται οι δυο περιπτώσεις διφασικού βραχυκυκλώματος.



Σχήμα 12 : Διφασικό βραχυκύκλωμα από επαφή δυο αγωγών στον αέρα.



Σχήμα 13 : Διφασικό βραχυκύκλωμα από επαφή δυο αγωγών στο έδαφος.

A: Μεθοδολογία υπολογισμών.

Για τον υπολογισμό του βραχυκυκλώματος αυτού απαραίτητος είναι ο πίνακας 1 από τον οποίο προκύπτει το μέγιστο δυνατό μήκος της γραμμής για δεδομένη ισχύ μετασχηματιστή και μέγεθος ασφάλειας.

Απαραίτητοι επίσης είναι οι ακόλουθοι πίνακες που δίνουν τις ωμικές και επαγωγικές αντιστάσεις των γραμμών χαμηλής τάσης και των μετασχηματιστών ΜΤ.

P (kVA)	15	25	50	75	100	150	200	250	400	500	630	750	1000
R _M (mΩ)	356	175	75	40	29	18,3	13,4	10,5	5,7	4,5	3,6	3	2,2
X _M (mΩ)	320	228	122	86,8	65,5	44,5	33,5	26,8	17	13,7	10,8	9,1	6,9

Πίνακας 3.α: Ωμικές (R_M) και επαγωγικές (X_M) αντιστάσεις μετασχηματιστών ΜΤ, αναλόγως της ονομαστικής ισχύος (P).

Είδος γραμμής ΧΤ	R _r /km (mΩ/km)	X _r /km (mΩ/km)
Γυμνοί αγωγοί 4 x 16 mm²	1140	330
Γυμνοί αγωγοί 4 x 35 mm ²	533	306
Γυμνοί αγωγοί 4 x 50 mm ²	381	294
Γυμνοί αγωγοί 4 x 70 mm ²	277	284
Συνεστραμμένα καλώδια 3 x 35 mm ² +54,6 mm ²	888+630	443+630
Συνεστραμμένα καλώδια 3 x 70 mm ² +54,6 mm ²	1127	100

Πίνακας 3.β: Ωμικές (R_r) και επαγωγικές (X_r) αντιστάσεις γραμμών ΧΤ (η διατομή αφορά ισοδύναμη χαλκού).

Από τους άνωθεν πίνακες επιλέγονται οι τιμές που αφορούν των Μ/Σ 250kVA καθώς επίσης και οι τιμές για αγωγό 16mm²

Το ρεύμα της πηγής I_G , το οποίο θεωρείται κατά προσέγγιση ότι ισούται με το ρεύμα στο δευτερεύον του ΜΣ 20kV/400V, δίνεται από τη σχέση

$$I_G = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 0,4} \quad (\text{σε A})$$

όπου :

P : η ονομαστική ισχύς του Μ/Σ σε kVA

U : η τάση στο δευτερεύον του Μ/Σ, η οποία ισούται με 0,4 kV

Για τη γραμμή ΧΤ ισχύει:

$$R_T = (R_T/km) \cdot l$$

$$X_T = (X_T/km) \cdot l$$

όπου :

R_T : η ωμική αντίσταση της γραμμής ΧΤ (σε mΩ)

X_T : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής ΧΤ (σε mΩ)

l : το μήκος της γραμμής ΧΤ (σε km)

R_T/km η ωμική αντίσταση της γραμμής ΧΤ ανά km (σε mΩ/km)

X_T/km η επαγωγική αντίσταση της γραμμής ΧΤ ανά km (σε mΩ/km)

Η συνολική σύνθετη αντίσταση από το Μ/Σ μέχρι το εξεταζόμενο σημείο στο οποίο συμβαίνει το βραχυκύκλωμα, δίνεται από τη σχέση .

$$Z_{\sigma\lambda} = 2\sqrt{(R_{\Gamma} + R_{M\Sigma})^2 + (X_{\Gamma} + X_{M\Sigma})^2}$$

όπου :

$R_{M\Sigma}$: η ωμική αντίσταση του Μ/Σ

R_{Γ} : η ωμική αντίσταση της γραμμής

X_{Γ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής

$X_{M\Sigma}$: η επαγωγική αντίσταση της γραμμής

Το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{SW} δίνεται από τη σχέση.

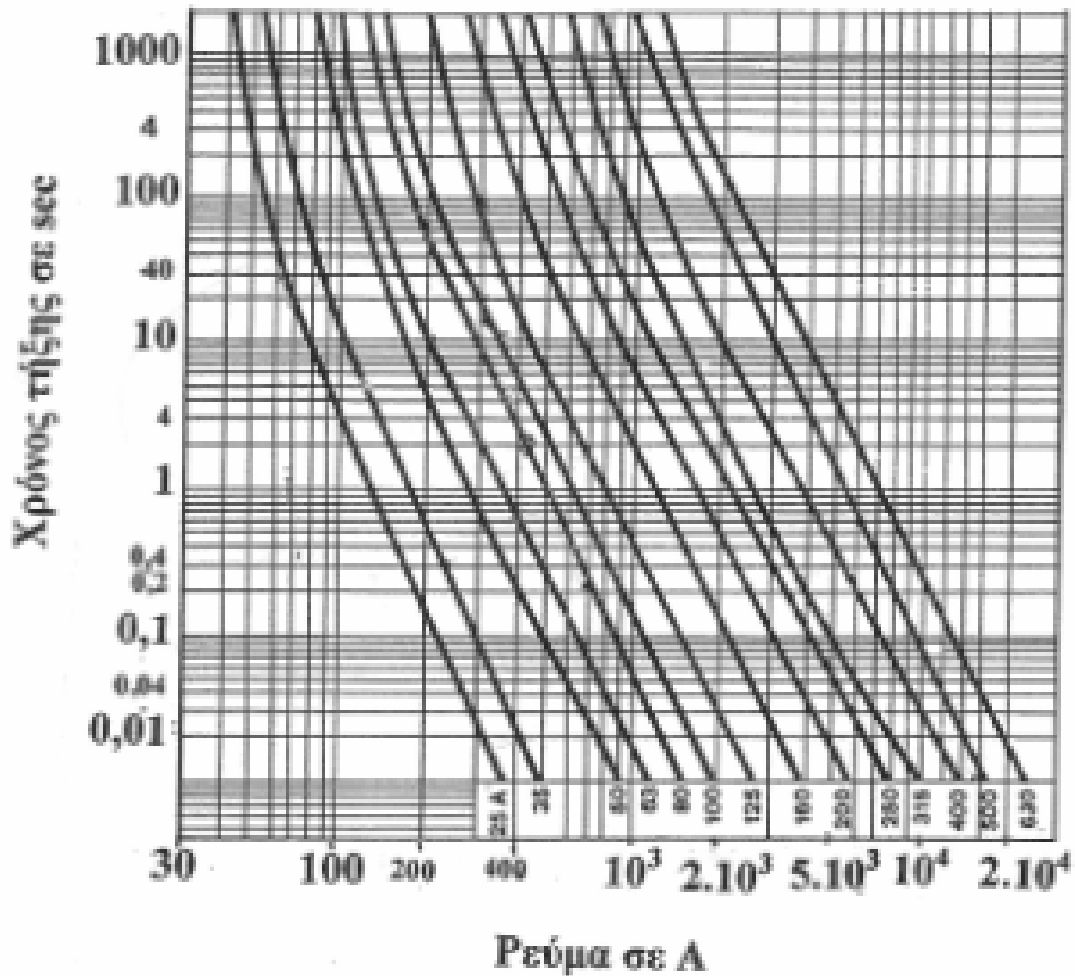
$$I_{\text{SW}} \leq \frac{U}{Z_{\sigma\lambda}} = \frac{400}{Z_{\sigma\lambda}} \quad (\text{σε A})$$

όπου :

U : η τάση στο δευτερεύον του Μ/Σ, η οποία ισούται με 0,4 kV

$Z_{\sigma\lambda}$: η συνολική σύνθετη αντίσταση από το Μ/Σ μέχρι το εξεταζόμενο σημείο, στο οποίο συμβαίνει το βραχυκύκλωμα

Ο χρόνος διακοπής t του βραχυκυκλώματος προκύπτει από τις τιμές του ακόλουθου σχήματος αναλόγως της τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) και του μεγέθους της ασφάλειας.



Σχήμα 14 : Χαρακτηριστική τήξης ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης.

Για την εύρεση του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης I_d , ισχύει :

$$I_d = \mu_d * I_{SW} \quad (\text{σε A})$$

όπου :

μ_d : σταθερά, η οποία για $\cos\phi=0,8$, προσδιορίζεται από τον πίνακα 4.

I_{SW} : η συνολική σύνθετη αντίσταση από το Μ/Σ μέχρι το εξεταζόμενο σημείο, στο οποίο συμβαίνει το βραχυκύκλωμα.

Για την εύρεση της σταθεράς μ_d και για $\cos\phi=0,8$, χρησιμοποιείται ο πίνακας 4 .

Για τον προσδιορισμό της θερμικής καταπόνησης των αγωγών του δικτύου ΧΤ κατά το βραχυκύκλωμα, χρησιμοποιείται η παρακάτω μέθοδος.

Σε αυτή τη μέθοδο βασικό άξονα αποτελεί η συνθήκη ουδετέρωσης στο δίκτυο ΧΤ. Η προαναφερθείσα θερμική καταπόνηση δίνεται από τη σχέση .

$$\Delta\theta = \frac{\kappa}{A^2} * I_d^2 * \left[t + T * \left(\frac{I_{sw}}{I_d} \right)^2 \right]$$

όπου :

$\Delta\theta$: η αύξηση της θερμοκρασίας (σε $^{\circ}\text{C}$)

κ : σταθερά του υλικού($\kappa=0,0053$ για χαλκό και $\kappa=0,0135$ για αλουμίνιο)

A: η διατομή του αγωγού (σε mm^2)

t : ο χρόνος σε από την εμφάνιση μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος (σε sec)

T: συντελεστής χρόνου η τιμή του οποίου ισούται με:

- Για τριφασικό βραχυκύκλωμα : T=0,3 μέχρι 0,15
- Για διφασικό βραχυκύκλωμα : T=0,6 μέχρι 0,25

I_{sw} : το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (σε A)

I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (σε A)

Επιλέχθηκε T = 0,6 για να εκτιμηθεί η χειρότερη περίπτωση.

I_{sw}/I_G	μ_d
0,1	1
0,2	0,97
0,3	0,96
0,4	0,93
0,5	0,9
0,6	0,89
0,7	0,87
0,8	0,85
0,9	0,82
1	0,8
1,6	0,7
2	0,67
3	0,58
4	0,52
5	0,49
6	0,44
7	0,41
8	0,4
9	0,39
10	0,35

Πίνακας 4 : Προσδιορισμός της σταθεράς μ_d

Β. Αποτελέσματα υπολογισμών.

1η Περίπτωση: Απόσταση L=370m & Ασφάλεια προστασίας 80A.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις:

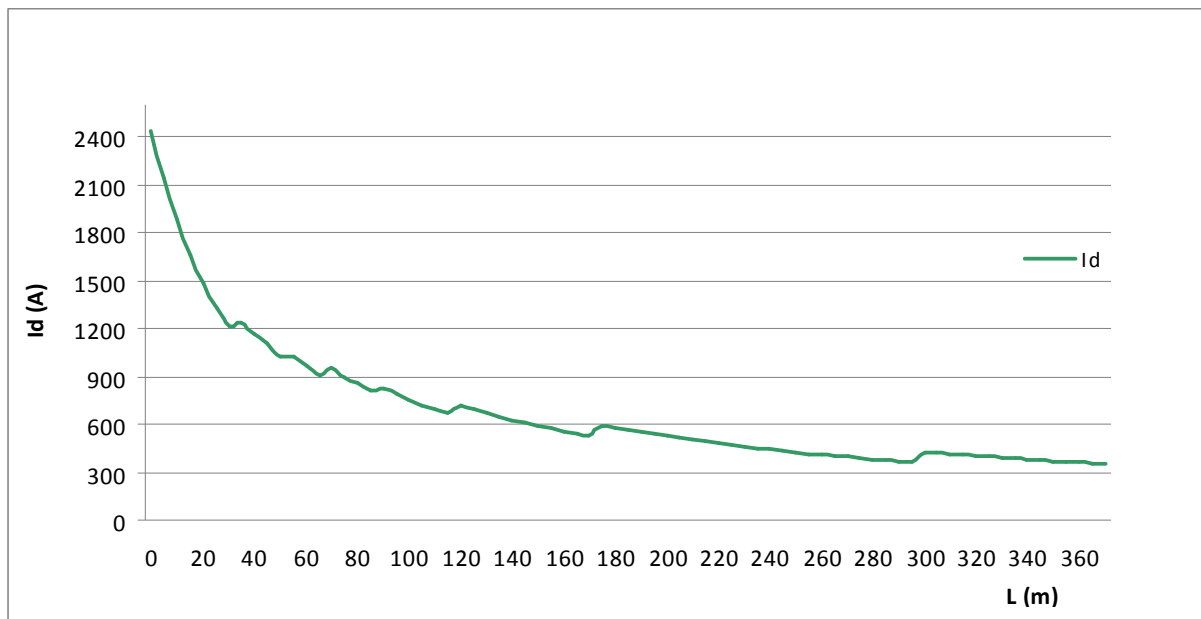
L (m)	Rr (Ω)	Xr (Ω)	RΜΣ (Ω)	XΜΣ (Ω)	Zολ (Ω)	Isw (A)	Isw/I _G	μd	Id	T	Δθ (°C)	t (sec)
0	0	0	0,0105	0,0268	0,058	6948	19	0,3	2432	0,	656,3	0,000
5	0,0057	0,001	0,0105	0,0268	0,065	6109	17	0,3	2138	0,	507,3	0,000
10	0,0114	0,003	0,0105	0,0268	0,074	5373	15	0,3	1881	0,	392,5	0,001
15	0,0171	0,005	0,0105	0,0268	0,084	4754	13	0,3	1664	0,	307,7	0,007
20	0,0228	0,006	0,0105	0,0268	0,094	4241	12	0,3	1484	0,	244,9	0,01
25	0,0285	0,008	0,0105	0,0268	0,105	3814	11	0,3	1335	0,	198,4	0,015
30	0,0342	0,009	0,0105	0,0268	0,116	3458	10	0,3	1210	0,	163,2	0,02
35	0,0399	0,011	0,0105	0,0268	0,127	3158	9	0,3	1232	0,	136,4	0,025
40	0,0456	0,013	0,0105	0,0268	0,138	2903	8	0,4	1161	0,	117,6	0,1
45	0,0513	0,014	0,0105	0,0268	0,149	2684	7	0,4	1100	0,	100,6	0,1
50	0,057	0,016	0,0105	0,0268	0,160	2494	7	0,4	1023	0,	86,9	0,1
55	0,0627	0,018	0,0105	0,0268	0,172	2328	6	0,4	1024	0,	76,1	0,1
60	0,0684	0,019	0,0105	0,0268	0,183	2183	6	0,4	960	0,	66,8	0,1
65	0,0741	0,021	0,0105	0,0268	0,195	2054	6	0,4	904	0,	59,2	0,1
70	0,0798	0,023	0,0105	0,0268	0,206	1939	5	0,4	950	0,	53,1	0,1
75	0,0855	0,024	0,0105	0,0268	0,218	1835	5	0,4	899	0,	51,3	0,3
80	0,0912	0,026	0,0105	0,0268	0,230	1743	5	0,4	854	0,	46,2	0,3
85	0,0969	0,028	0,0105	0,0268	0,241	1658	5	0,4	813	0,	41,9	0,3
90	0,1026	0,029	0,0105	0,0268	0,253	1582	4	0,5	823	0,	38,6	0,3
95	0,1083	0,031	0,0105	0,0268	0,265	1512	4	0,5	786	0,	35,3	0,3
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	0,276	1448	4	0,5	753	0,	32,4	0,3
105	0,1197	0,034	0,0105	0,0268	0,288	1389	4	0,5	722	0,	38,1	1
110	0,1254	0,036	0,0105	0,0268	0,300	1335	4	0,5	694	0,	35,1	1
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	0,311	1285	4	0,5	668	0,	32,5	1
120	0,1368	0,039	0,0105	0,0268	0,323	1238	3	0,5	718	0,	32,5	1
125	0,1425	0,041	0,0105	0,0268	0,335	1194	3	0,5	693	0,	30,3	1
130	0,1482	0,042	0,0105	0,0268	0,347	1154	3	0,5	669	0,	28,2	1
135	0,1539	0,044	0,0105	0,0268	0,358	1116	3	0,5	647	0,	26,4	1
140	0,1596	0,046	0,0105	0,0268	0,370	1080	3	0,5	627	0,	24,8	1
145	0,1653	0,047	0,0105	0,0268	0,382	1047	3	0,5	607	0,	23,3	1
150	0,171	0,049	0,0105	0,0268	0,394	1016	3	0,5	589	0,	37,6	3
155	0,1767	0,051	0,0105	0,0268	0,406	986	3	0,5	572	0,	35,5	3
160	0,1824	0,052	0,0105	0,0268	0,417	958	3	0,5	556	0,	31,4	2,7
165	0,1881	0,054	0,0105	0,0268	0,429	932	3	0,5	541	0,	29,7	2,7
170	0,1938	0,056	0,0105	0,0268	0,441	907	3	0,5	526	0,	28,1	2,7
175	0,1995	0,057	0,0105	0,0268	0,453	883	2	0,6	592	0,	32,0	2,7
180	0,2052	0,059	0,0105	0,0268	0,465	861	2	0,6	577	0,	30,4	2,7
185	0,2109	0,061	0,0105	0,0268	0,476	840	2	0,6	563	0,	28,9	2,7

Πίνακας 5.α Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την επαφή δυο αγωγών ,Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενη από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA

L (m)	R _r (Ω)	X _r (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (A)	I _{sw} /I _G	μ _d	I _d	T	Δθ (°C)	t (sec)
190	0,2166	0,0627	0,0105	0,0268	0,488	819	2	0,67	549	0,6	27,6	2,7
195	0,2223	0,0644	0,0105	0,0268	0,500	800	2	0,67	536	0,6	26,3	2,7
200	0,228	0,066	0,0105	0,0268	0,512	781	2	0,67	524	0,6	25,1	2,7
205	0,2337	0,0677	0,0105	0,0268	0,524	764	2	0,67	512	0,6	25,7	3
210	0,2394	0,0693	0,0105	0,0268	0,535	747	2	0,67	500	0,6	24,6	3
215	0,2451	0,071	0,0105	0,0268	0,547	731	2	0,67	490	0,6	23,6	3
220	0,2508	0,0726	0,0105	0,0268	0,559	715	2	0,67	479	0,6	22,6	3
225	0,2565	0,0743	0,0105	0,0268	0,571	701	2	0,67	469	0,6	26,6	4
230	0,2622	0,0759	0,0105	0,0268	0,583	686	2	0,67	460	0,6	25,6	4
235	0,2679	0,0776	0,0105	0,0268	0,595	673	2	0,67	451	0,6	24,6	4
240	0,2736	0,0792	0,0105	0,0268	0,606	660	2	0,67	442	0,6	23,6	4
245	0,2793	0,0809	0,0105	0,0268	0,618	647	2	0,67	433	0,6	22,7	4
250	0,285	0,0825	0,0105	0,0268	0,630	635	2	0,67	425	0,6	21,9	4
255	0,2907	0,0842	0,0105	0,0268	0,642	623	2	0,67	417	0,6	21,1	4
260	0,2964	0,0858	0,0105	0,0268	0,654	612	2	0,67	410	0,6	20,3	4
265	0,3021	0,0875	0,0105	0,0268	0,666	601	2	0,67	403	0,6	19,6	4
270	0,3078	0,0891	0,0105	0,0268	0,677	590	2	0,67	396	0,6	22,5	5
275	0,3135	0,0908	0,0105	0,0268	0,689	580	2	0,67	389	0,6	18,3	4
280	0,3192	0,0924	0,0105	0,0268	0,701	570	2	0,67	382	0,6	17,7	4
285	0,3249	0,0941	0,0105	0,0268	0,713	561	2	0,67	376	0,6	17,1	4
290	0,3306	0,0957	0,0105	0,0268	0,725	552	2	0,67	370	0,6	16,5	4
295	0,3363	0,0974	0,0105	0,0268	0,737	543	2	0,67	364	0,6	16,0	4
300	0,342	0,099	0,0105	0,0268	0,749	534	1	0,8	427	0,6	16,3	3
305	0,3477	0,1007	0,0105	0,0268	0,760	526	1	0,8	421	0,6	19,8	4
310	0,3534	0,1023	0,0105	0,0268	0,772	518	1	0,8	414	0,6	19,2	4
315	0,3591	0,104	0,0105	0,0268	0,784	510	1	0,8	408	0,6	18,6	4
320	0,3648	0,1056	0,0105	0,0268	0,796	503	1	0,8	402	0,6	18,1	4
325	0,3705	0,1073	0,0105	0,0268	0,808	495	1	0,8	396	0,6	17,6	4
330	0,3762	0,1089	0,0105	0,0268	0,820	488	1	0,8	390	0,6	20,5	5
335	0,3819	0,1106	0,0105	0,0268	0,831	481	1	0,8	385	0,6	23,3	6
340	0,3876	0,1122	0,0105	0,0268	0,843	474	1	0,8	379	0,6	25,9	7
345	0,3933	0,1139	0,0105	0,0268	0,855	468	1	0,8	374	0,6	28,4	8
350	0,399	0,1155	0,0105	0,0268	0,867	461	1	0,8	369	0,6	30,7	9
355	0,4047	0,1172	0,0105	0,0268	0,879	455	1	0,8	364	0,6	32,8	10
360	0,4104	0,1188	0,0105	0,0268	0,891	449	1	0,8	359	0,6	32,0	10
365	0,4161	0,1205	0,0105	0,0268	0,903	443	1	0,8	355	0,6	31,1	10
370	0,4218	0,1221	0,0105	0,0268	0,914	437	1	0,8	350	0,6	30,3	10

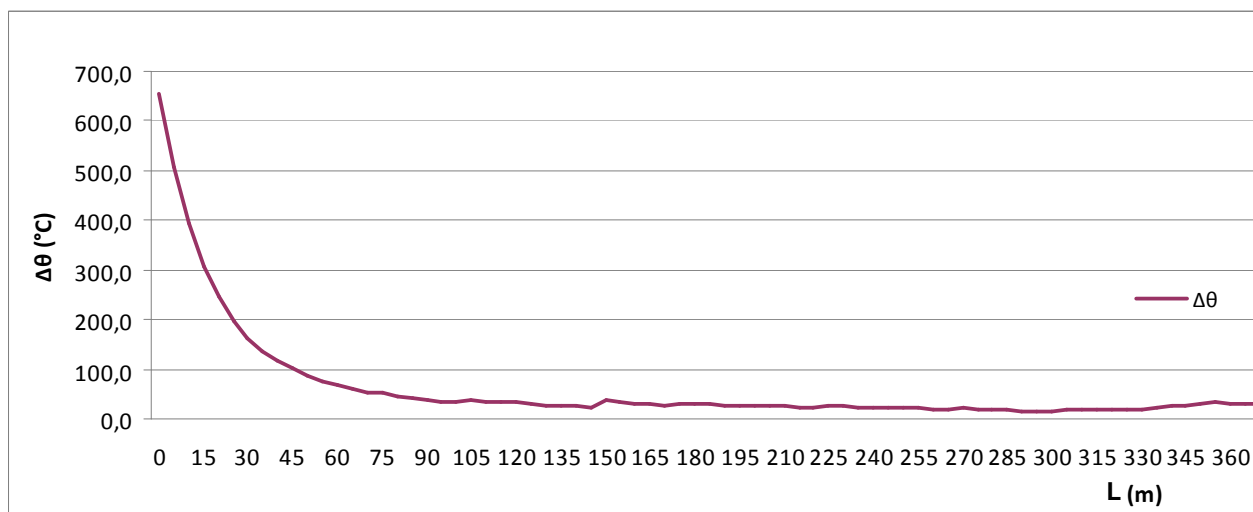
Πίνακας 5.β Συνέχεια Πίνακα 5.α

- όπου :
- L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).
 - R_r : η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).
 - X_r : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
 - Z_{ολ} : η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).
 - μ_d : σταθερά
 - T : συντελεστής χρόνου (sec)
 - Δθ : η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
 - R_{MΣ} : η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
 - X_{MΣ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
 - I_{sw} : το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (A).
 - I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
 - t : χρόνος διακοπής βραχυκυκλώματος (sec)



Σχήμα 15 Χαρακτηριστική $I_d = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης Al 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου : I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (A).
 L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).



Σχήμα 16 Χαρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης Al 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
 L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

2η Περίπτωση: Απόσταση L=300m & Ασφάλεια προστασίας 100A.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις:

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{ΜΣ} (Ω)	X _{ΜΣ} (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (A)	I _{sw} /I _G	μd	I _d (A)	T	Δθ (°C)	t (sec)
0	0	0	0,0105	0,0268	0,058	6948	19	0,35	2432	0,6	657,0	0,005
5	0,0057	0,0017	0,0105	0,0268	0,065	6109	17	0,35	2138	0,6	507,8	0,005
10	0,0114	0,0033	0,0105	0,0268	0,074	5373	15	0,35	1881	0,6	393,2	0,01
15	0,0171	0,005	0,0105	0,0268	0,084	4754	13	0,35	1664	0,6	309,7	0,04
20	0,0228	0,0066	0,0105	0,0268	0,094	4241	12	0,35	1484	0,6	247,4	0,06
25	0,0285	0,0083	0,0105	0,0268	0,105	3814	11	0,35	1335	0,6	200,2	0,06
30	0,0342	0,0099	0,0105	0,0268	0,116	3458	10	0,35	1210	0,6	164,5	0,06
35	0,0399	0,0116	0,0105	0,0268	0,127	3158	9	0,39	1232	0,6	137,6	0,06
40	0,0456	0,0132	0,0105	0,0268	0,138	2903	8	0,4	1161	0,6	116,7	0,07
45	0,0513	0,0149	0,0105	0,0268	0,149	2684	7	0,41	1100	0,6	99,8	0,07
50	0,057	0,0165	0,0105	0,0268	0,160	2494	7	0,41	1023	0,6	88,1	0,15
55	0,0627	0,0182	0,0105	0,0268	0,172	2328	6	0,44	1024	0,6	77,3	0,15
60	0,0684	0,0198	0,0105	0,0268	0,183	2183	6	0,44	960	0,6	68,9	0,2
65	0,0741	0,0215	0,0105	0,0268	0,195	2054	6	0,44	904	0,6	61,0	0,2
70	0,0798	0,0231	0,0105	0,0268	0,206	1939	5	0,49	950	0,6	55,2	0,2
75	0,0855	0,0248	0,0105	0,0268	0,218	1835	5	0,49	899	0,6	49,5	0,2
80	0,0912	0,0264	0,0105	0,0268	0,230	1743	5	0,49	854	0,6	44,6	0,2
85	0,0969	0,0281	0,0105	0,0268	0,241	1658	5	0,49	813	0,6	41,9	0,3
90	0,1026	0,0297	0,0105	0,0268	0,253	1582	4	0,52	823	0,6	38,6	0,3
95	0,1083	0,0314	0,0105	0,0268	0,265	1512	4	0,52	786	0,6	35,3	0,3
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	0,276	1448	4	0,52	753	0,6	32,4	0,3
105	0,1197	0,0347	0,0105	0,0268	0,288	1389	4	0,52	722	0,6	31,0	0,4
110	0,1254	0,0363	0,0105	0,0268	0,300	1335	4	0,52	694	0,6	28,6	0,4
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	0,311	1285	4	0,52	668	0,6	26,5	0,4
120	0,1368	0,0396	0,0105	0,0268	0,323	1238	3	0,58	718	0,6	25,5	0,4
125	0,1425	0,0413	0,0105	0,0268	0,335	1194	3	0,58	693	0,6	23,7	0,4
130	0,1482	0,0429	0,0105	0,0268	0,347	1154	3	0,58	669	0,6	22,2	0,4
135	0,1539	0,0446	0,0105	0,0268	0,358	1116	3	0,58	647	0,6	21,7	0,5
140	0,1596	0,0462	0,0105	0,0268	0,370	1080	3	0,58	627	0,6	20,3	0,5
145	0,1653	0,0479	0,0105	0,0268	0,382	1047	3	0,58	607	0,6	19,1	0,5
150	0,171	0,0495	0,0105	0,0268	0,394	1016	3	0,58	589	0,6	18,0	0,5
155	0,1767	0,0512	0,0105	0,0268	0,406	986	3	0,58	572	0,6	16,9	0,5
160	0,1824	0,0528	0,0105	0,0268	0,417	958	3	0,58	556	0,6	19,5	1

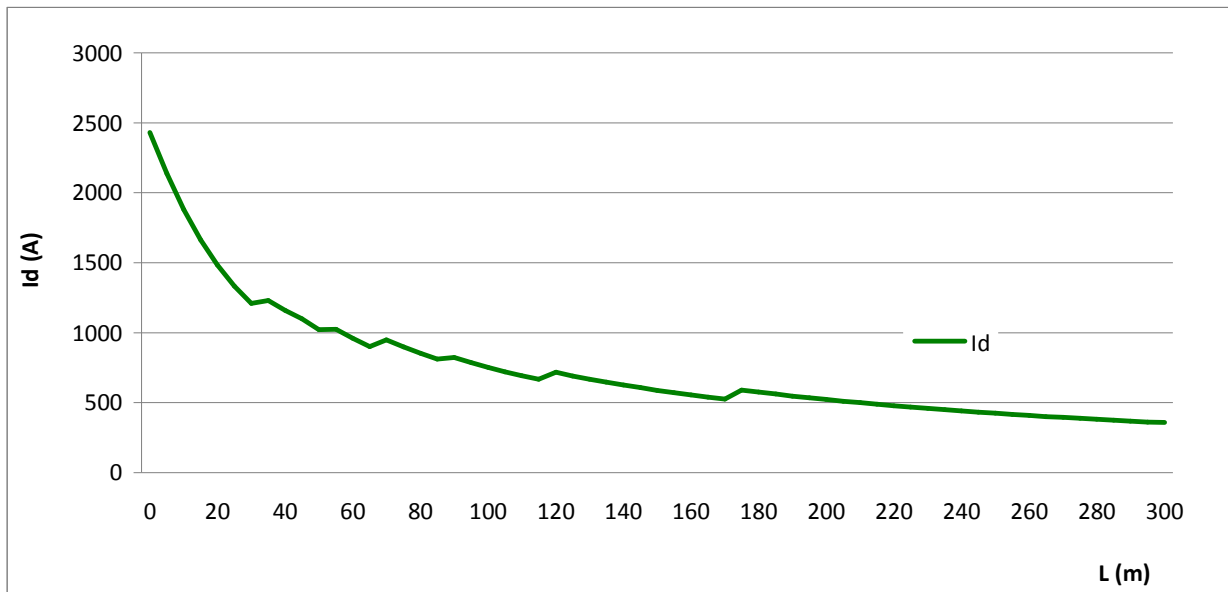
Πίνακας 6.α Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την επαφή δυο αγωγών ,Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενη από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (A)	I _{sw} /I _G	μd	I _d (A)	T	Δθ(°C)	t (sec)
165	0,1881	0,0545	0,0105	0,0268	0,429	932	3	0,58	541	0,6	18,4	1
170	0,1938	0,0561	0,0105	0,0268	0,441	907	3	0,58	526	0,6	17,5	1
175	0,1995	0,0578	0,0105	0,0268	0,453	883	2	0,67	592	0,6	18,5	1
180	0,2052	0,0594	0,0105	0,0268	0,465	861	2	0,67	577	0,6	17,6	1
185	0,2109	0,0611	0,0105	0,0268	0,476	840	2	0,67	563	0,6	16,8	1
190	0,2166	0,0627	0,0105	0,0268	0,488	819	2	0,67	549	0,6	16,0	1
195	0,2223	0,0644	0,0105	0,0268	0,500	800	2	0,67	536	0,6	15,2	1
200	0,228	0,066	0,0105	0,0268	0,512	781	2	0,67	524	0,6	14,5	1
205	0,2337	0,0677	0,0105	0,0268	0,524	764	2	0,67	512	0,6	25,7	3
210	0,2394	0,0693	0,0105	0,0268	0,535	747	2	0,67	500	0,6	24,6	3
215	0,2451	0,071	0,0105	0,0268	0,547	731	2	0,67	490	0,6	23,6	3
220	0,2508	0,0726	0,0105	0,0268	0,559	715	2	0,67	479	0,6	22,6	3
225	0,2565	0,0743	0,0105	0,0268	0,571	701	2	0,67	469	0,6	26,6	4
230	0,2622	0,0759	0,0105	0,0268	0,583	686	2	0,67	460	0,6	25,6	4
235	0,2679	0,0776	0,0105	0,0268	0,595	673	2	0,67	451	0,6	24,6	4
240	0,2736	0,0792	0,0105	0,0268	0,606	660	2	0,67	442	0,6	23,6	4
245	0,2793	0,0809	0,0105	0,0268	0,618	647	2	0,67	433	0,6	22,7	4
250	0,285	0,0825	0,0105	0,0268	0,630	635	2	0,67	425	0,6	21,9	4
255	0,2907	0,0842	0,0105	0,0268	0,642	623	2	0,67	417	0,6	29,0	6
260	0,2964	0,0858	0,0105	0,0268	0,654	612	2	0,67	410	0,6	27,9	6
265	0,3021	0,0875	0,0105	0,0268	0,666	601	2	0,67	403	0,6	26,9	6
270	0,3078	0,0891	0,0105	0,0268	0,677	590	2	0,67	396	0,6	26,0	6
275	0,3135	0,0908	0,0105	0,0268	0,689	580	2	0,67	389	0,6	28,5	7
280	0,3192	0,0924	0,0105	0,0268	0,701	570	2	0,67	382	0,6	27,6	7
285	0,3249	0,0941	0,0105	0,0268	0,713	561	2	0,67	376	0,6	29,9	8
290	0,3306	0,0957	0,0105	0,0268	0,725	552	2	0,67	370	0,6	28,9	8
295	0,3363	0,0974	0,0105	0,0268	0,737	543	2	0,67	364	0,6	31,0	9
300	0,342	0,099	0,0105	0,0268	0,749	534	1	0,67	358	0,6	30,0	9

Πίνακας 6.β Συνέχεια Πίνακα 6.α

όπου :

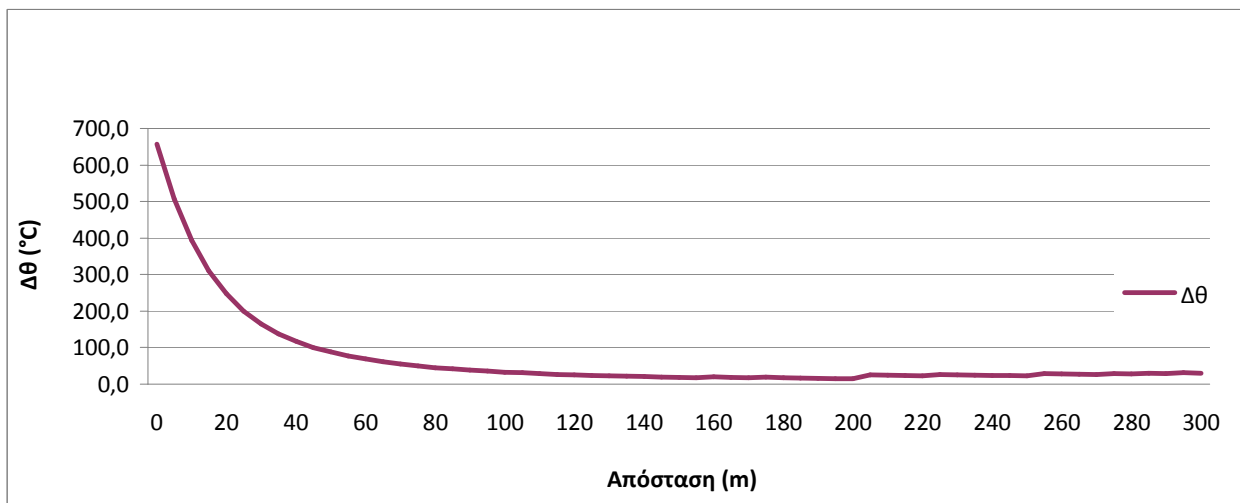
L :	το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).	Δθ :	η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
R _Γ :	η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).	R _{MΣ} :	η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
X _Γ :	η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).	X _{MΣ} :	η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
Z _{ολ} :	η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).	I _{sw} :	το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (A).
μ _d :	σταθερά	I _d :	το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
T :	συντελεστής χρόνου (sec)	t :	χρόνος διακοπής βραχυκυκλώματος (sec)



Σχήμα 17 Χαρακτηριστική $I_d = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης ΑΙ 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου : I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (Α).

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).



Σχήμα 18 Χαρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης ΑΙ 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

3η Περίπτωση: Απόσταση L=240m & Ασφάλεια προστασίας 125A.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις:

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{ΜΣ} (Ω)	X _{ΜΣ} (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (A)	I _{sw} /I _G	μd	I _d (A)	T	Δθ(°C)	t (sec)
0	0	0	0,0105	0,0268	0,058	6948	19	0,35	2432	0,6	657,0	0,005
5	0,0057	0,0017	0,0105	0,0268	0,065	6109	17	0,35	2138	0,6	509,4	0,02
10	0,0114	0,0033	0,0105	0,0268	0,074	5373	15	0,35	1881	0,6	395,6	0,04
15	0,0171	0,005	0,0105	0,0268	0,084	4754	13	0,35	1664	0,6	310,4	0,05
20	0,0228	0,0066	0,0105	0,0268	0,094	4241	12	0,35	1484	0,6	249,4	0,1
25	0,0285	0,0083	0,0105	0,0268	0,105	3814	11	0,35	1335	0,6	201,8	0,1
30	0,0342	0,0099	0,0105	0,0268	0,116	3458	10	0,35	1210	0,6	172,5	0,3
35	0,0399	0,0116	0,0105	0,0268	0,127	3158	9	0,39	1232	0,6	145,9	0,3
40	0,0456	0,0132	0,0105	0,0268	0,138	2903	8	0,4	1161	0,6	126,8	0,4
45	0,0513	0,0149	0,0105	0,0268	0,149	2684	7	0,41	1100	0,6	111,6	0,5
50	0,057	0,0165	0,0105	0,0268	0,160	2494	7	0,41	1023	0,6	96,4	0,5
55	0,0627	0,0182	0,0105	0,0268	0,172	2328	6	0,44	1024	0,6	85,6	0,5
60	0,0684	0,0198	0,0105	0,0268	0,183	2183	6	0,44	960	0,6	85,7	1
65	0,0741	0,0215	0,0105	0,0268	0,195	2054	6	0,44	904	0,6	75,8	1
70	0,0798	0,0231	0,0105	0,0268	0,206	1939	5	0,49	950	0,6	71,5	1
75	0,0855	0,0248	0,0105	0,0268	0,218	1835	5	0,49	899	0,6	64,1	1
80	0,0912	0,0264	0,0105	0,0268	0,230	1743	5	0,49	854	0,6	57,8	1
85	0,0969	0,0281	0,0105	0,0268	0,241	1658	5	0,49	813	0,6	52,3	1
90	0,1026	0,0297	0,0105	0,0268	0,253	1582	4	0,52	823	0,6	49,3	1
95	0,1083	0,0314	0,0105	0,0268	0,265	1512	4	0,52	786	0,6	73,1	3
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	0,276	1448	4	0,52	753	0,6	67,0	3
105	0,1197	0,0347	0,0105	0,0268	0,288	1389	4	0,52	722	0,6	61,7	3
110	0,1254	0,0363	0,0105	0,0268	0,300	1335	4	0,52	694	0,6	57,0	3
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	0,311	1285	4	0,52	668	0,6	62,9	4
120	0,1368	0,0396	0,0105	0,0268	0,323	1238	3	0,58	718	0,6	55,9	3
125	0,1425	0,0413	0,0105	0,0268	0,335	1194	3	0,58	693	0,6	52,0	3
130	0,1482	0,0429	0,0105	0,0268	0,347	1154	3	0,58	669	0,6	48,5	3
135	0,1539	0,0446	0,0105	0,0268	0,358	1116	3	0,58	647	0,6	45,4	3
140	0,1596	0,0462	0,0105	0,0268	0,370	1080	3	0,58	627	0,6	51,5	4
145	0,1653	0,0479	0,0105	0,0268	0,382	1047	3	0,58	607	0,6	48,3	4
150	0,171	0,0495	0,0105	0,0268	0,394	1016	3	0,58	589	0,6	45,5	4
155	0,1767	0,0512	0,0105	0,0268	0,406	986	3	0,58	572	0,6	42,9	4
160	0,1824	0,0528	0,0105	0,0268	0,417	958	3	0,58	556	0,6	68,5	8
165	0,1881	0,0545	0,0105	0,0268	0,429	932	3	0,58	541	0,6	64,8	8
170	0,1938	0,0561	0,0105	0,0268	0,441	907	3	0,58	526	0,6	61,4	8

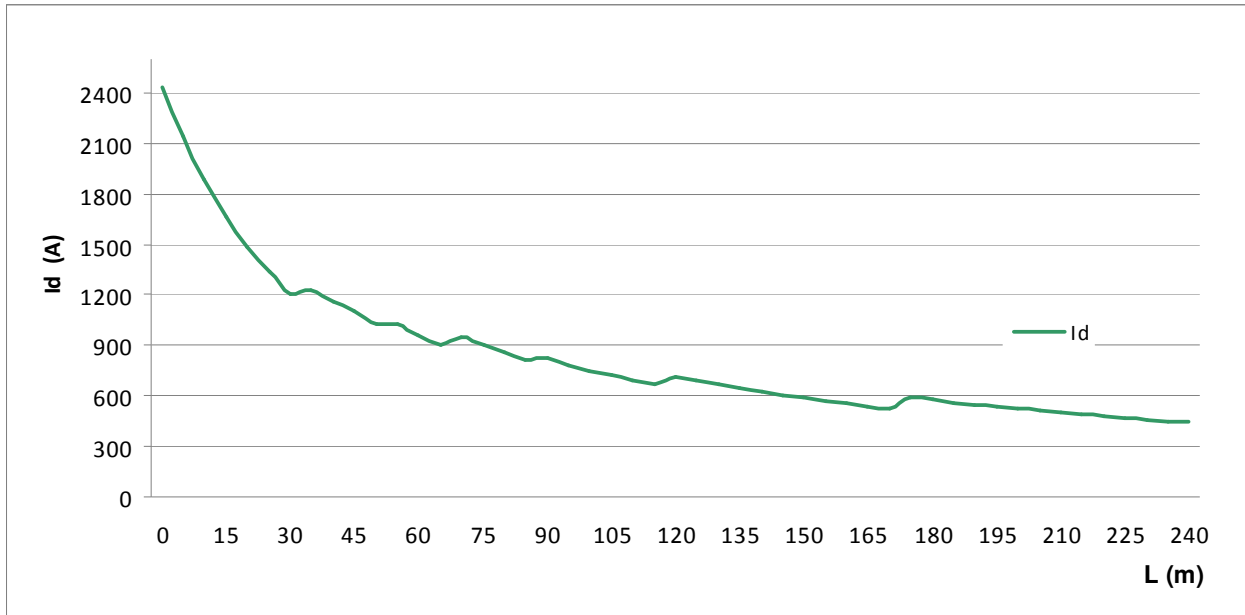
Πίνακας 7.α Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την επαφή δυο αγωγών ,Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενη από μετασηματιστή ισχύος 250kVA

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (A)	I _{sw} /I _G	μ _d	I _d (A)	T	Δθ(°C)	t (sec)
175	0,1995	0,0578	0,0105	0,0268	0,453	883	2	0,67	592	0,6	74,1	8
180	0,2052	0,0594	0,0105	0,0268	0,465	861	2	0,67	577	0,6	70,4	8
185	0,2109	0,0611	0,0105	0,0268	0,476	840	2	0,67	563	0,6	66,9	8
190	0,2166	0,0627	0,0105	0,0268	0,488	819	2	0,67	549	0,6	63,7	8
195	0,2223	0,0644	0,0105	0,0268	0,500	800	2	0,67	536	0,6	60,8	8
200	0,228	0,066	0,0105	0,0268	0,512	781	2	0,67	524	0,6	58,0	8
205	0,2337	0,0677	0,0105	0,0268	0,524	764	2	0,67	512	0,6	55,4	8
210	0,2394	0,0693	0,0105	0,0268	0,535	747	2	0,67	500	0,6	53,0	8
215	0,2451	0,071	0,0105	0,0268	0,547	731	2	0,67	490	0,6	61,6	10
220	0,2508	0,0726	0,0105	0,0268	0,559	715	2	0,67	479	0,6	59,0	10
225	0,2565	0,0743	0,0105	0,0268	0,571	701	2	0,67	469	0,6	56,6	10
230	0,2622	0,0759	0,0105	0,0268	0,583	686	2	0,67	460	0,6	54,3	10
235	0,2679	0,0776	0,0105	0,0268	0,595	673	2	0,67	451	0,6	52,2	10
240	0,2736	0,0792	0,0105	0,0268	0,606	660	2	0,67	442	0,6	50,2	10

Πίνακας 7.β Συνέχεια Πίνακα 7.α

όπου :

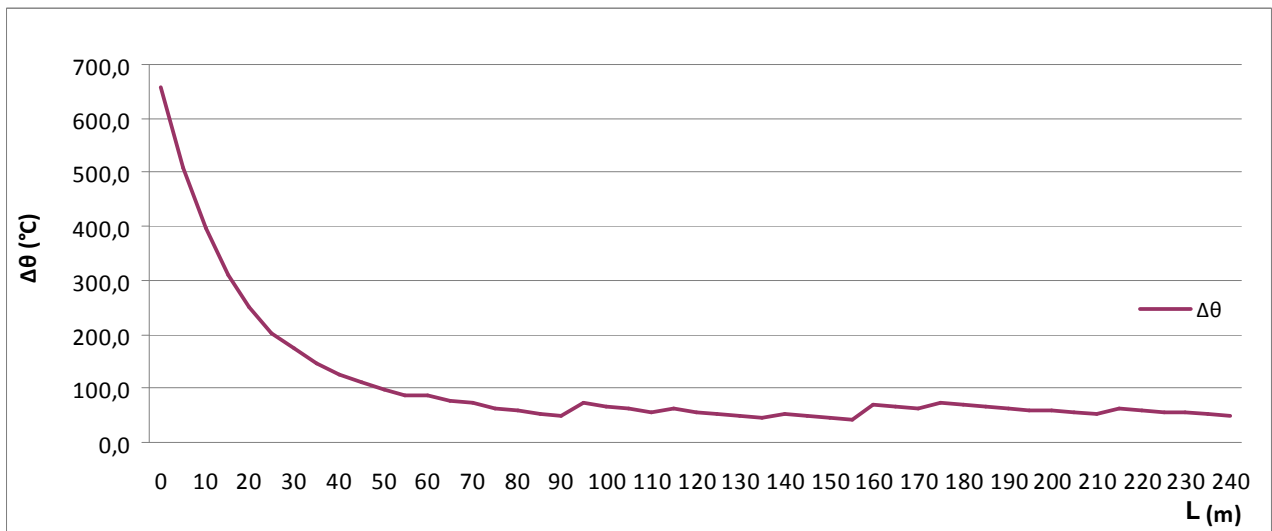
- L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).
- R_Γ : η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- X_Γ : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- Z_{ολ} : η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).
- μ_d : σταθερά
- T : συντελεστής χρόνου (sec)
- Δθ : η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
- R_{MΣ} : η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
- X_{MΣ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- I_{sw} : το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (A).
- I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
- t : χρόνος διακοπής βραχυκυκλώματος (sec)



Σχήμα 19 Χαρακτηριστική $I_d = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης Al 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου : I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (A).

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).



Σχήμα 20 Χαρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης Al 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

4η Περίπτωση: Απόσταση L=180m & Ασφάλεια προστασίας 160A.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις:

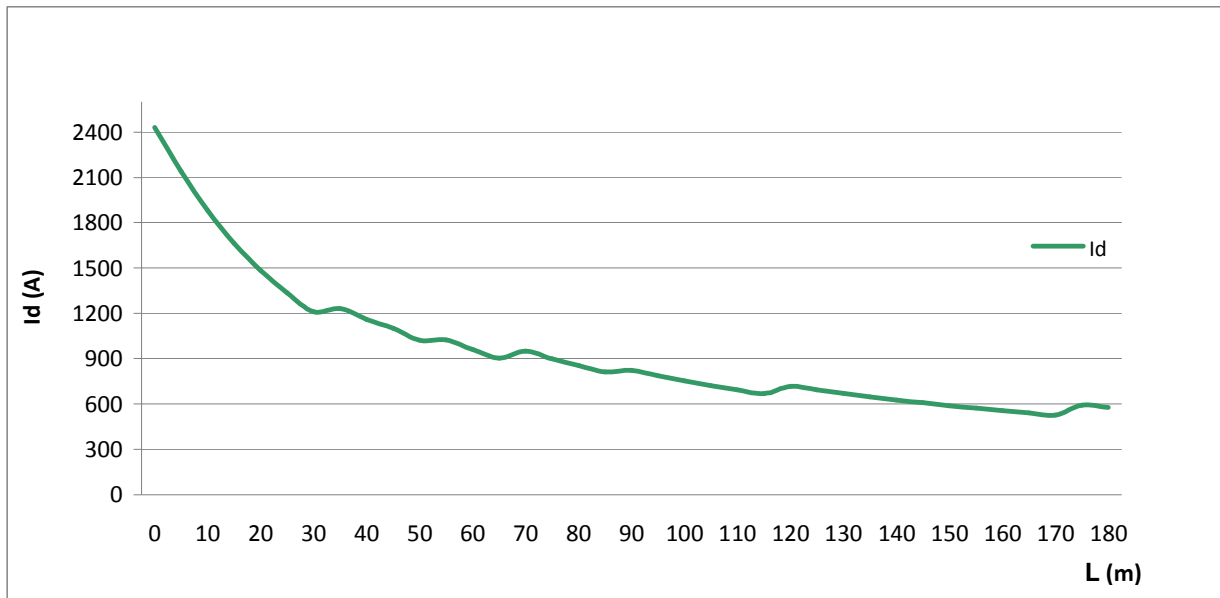
L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{ΜΣ} (Ω)	X _{ΜΣ} (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (A)	I _{sw} /I _G	μd	I _d (A)	T	Δθ(°C)	t (sec)
0	0	0	0,0105	0,0268	0,058	6948	19	0,35	2432	0,6	657,0	0,005
5	0,0057	0,0017	0,0105	0,0268	0,065	6109	17	0,35	2138	0,6	509,4	0,02
10	0,0114	0,0033	0,0105	0,0268	0,074	5373	15	0,35	1881	0,6	395,6	0,04
15	0,0171	0,005	0,0105	0,0268	0,084	4754	13	0,35	1664	0,6	310,4	0,05
20	0,0228	0,0066	0,0105	0,0268	0,094	4241	12	0,35	1484	0,6	249,4	0,1
25	0,0285	0,0083	0,0105	0,0268	0,105	3814	11	0,35	1335	0,6	201,8	0,1
30	0,0342	0,0099	0,0105	0,0268	0,116	3458	10	0,35	1210	0,6	172,5	0,3
35	0,0399	0,0116	0,0105	0,0268	0,127	3158	9	0,39	1232	0,6	145,9	0,3
40	0,0456	0,0132	0,0105	0,0268	0,138	2903	8	0,4	1161	0,6	126,8	0,4
45	0,0513	0,0149	0,0105	0,0268	0,149	2684	7	0,41	1100	0,6	111,6	0,5
50	0,057	0,0165	0,0105	0,0268	0,160	2494	7	0,41	1023	0,6	96,4	0,5
55	0,0627	0,0182	0,0105	0,0268	0,172	2328	6	0,44	1024	0,6	85,6	0,5
60	0,0684	0,0198	0,0105	0,0268	0,183	2183	6	0,44	960	0,6	85,7	1
65	0,0741	0,0215	0,0105	0,0268	0,195	2054	6	0,44	904	0,6	75,8	1
70	0,0798	0,0231	0,0105	0,0268	0,206	1939	5	0,49	950	0,6	71,5	1
75	0,0855	0,0248	0,0105	0,0268	0,218	1835	5	0,49	899	0,6	64,1	1
80	0,0912	0,0264	0,0105	0,0268	0,230	1743	5	0,49	854	0,6	57,8	1
85	0,0969	0,0281	0,0105	0,0268	0,241	1658	5	0,49	813	0,6	52,3	1
90	0,1026	0,0297	0,0105	0,0268	0,253	1582	4	0,52	823	0,6	49,3	1
95	0,1083	0,0314	0,0105	0,0268	0,265	1512	4	0,52	786	0,6	73,1	3
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	0,276	1448	4	0,52	753	0,6	67,0	3
105	0,1197	0,0347	0,0105	0,0268	0,288	1389	4	0,52	722	0,6	61,7	3
110	0,1254	0,0363	0,0105	0,0268	0,300	1335	4	0,52	694	0,6	57,0	3
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	0,311	1285	4	0,52	668	0,6	62,9	4
120	0,1368	0,0396	0,0105	0,0268	0,323	1238	3	0,58	718	0,6	55,9	3
125	0,1425	0,0413	0,0105	0,0268	0,335	1194	3	0,58	693	0,6	52,0	3
130	0,1482	0,0429	0,0105	0,0268	0,347	1154	3	0,58	669	0,6	48,5	3
135	0,1539	0,0446	0,0105	0,0268	0,358	1116	3	0,58	647	0,6	54,9	4
140	0,1596	0,0462	0,0105	0,0268	0,370	1080	3	0,58	627	0,6	51,5	4
145	0,1653	0,0479	0,0105	0,0268	0,382	1047	3	0,58	607	0,6	48,3	4
150	0,171	0,0495	0,0105	0,0268	0,394	1016	3	0,58	589	0,6	45,5	4
155	0,1767	0,0512	0,0105	0,0268	0,406	986	3	0,58	572	0,6	42,9	4
160	0,1824	0,0528	0,0105	0,0268	0,417	958	3	0,58	556	0,6	68,5	8
165	0,1881	0,0545	0,0105	0,0268	0,429	932	3	0,58	541	0,6	64,8	8
170	0,1938	0,0561	0,0105	0,0268	0,441	907	3	0,58	526	0,6	61,4	8
175	0,1995	0,0578	0,0105	0,0268	0,453	883	2	0,67	592	0,6	74,1	8
180	0,2052	0,0594	0,0105	0,0268	0,465	861	2	0,67	577	0,6	70,4	8

Πίνακας 8

Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την επαφή δυο αγωγών ,Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενη από μετασηματιστή ισχύος 250kVA

όπου :

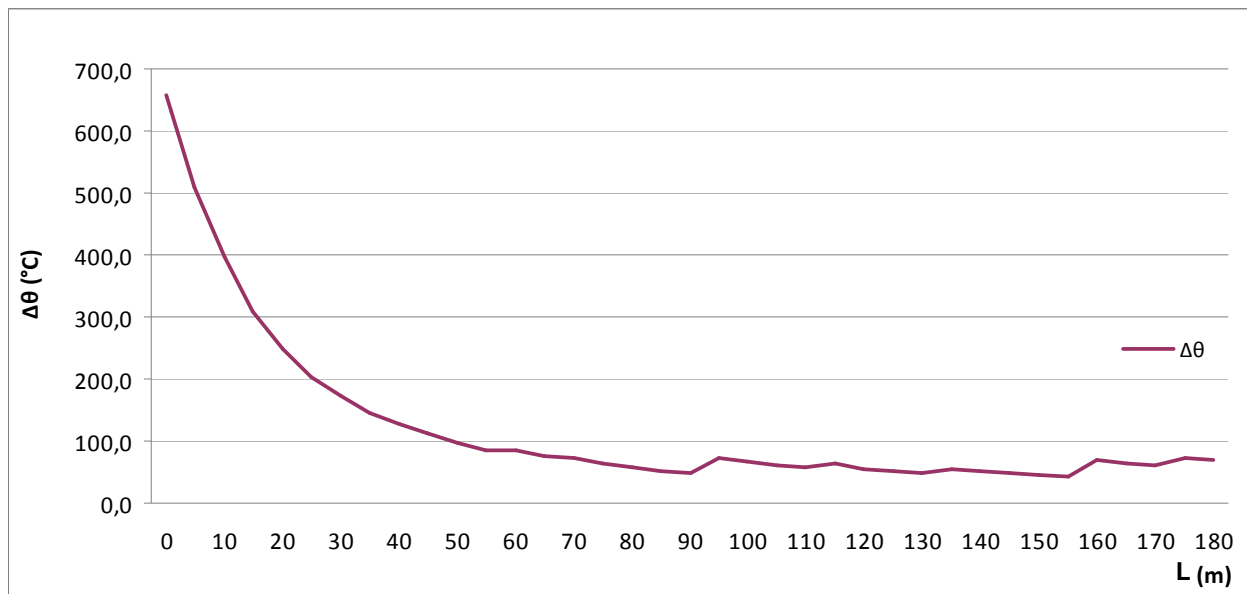
L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).	$\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)
R_F : η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).	$R_{M\Sigma}$: η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
X_F : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).	$X_{M\Sigma}$: η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
$Z_{\sigma\lambda}$: η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).	I_{SW} : το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (A).
μ_d : σταθερά	I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (A)
T: συντελεστής χρόνου (sec)	t : χρόνος διακοπής βραχυκυκλώματος (sec)



Σχήμα 21 Χαρακτηριστική $I_d = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης Al 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου :

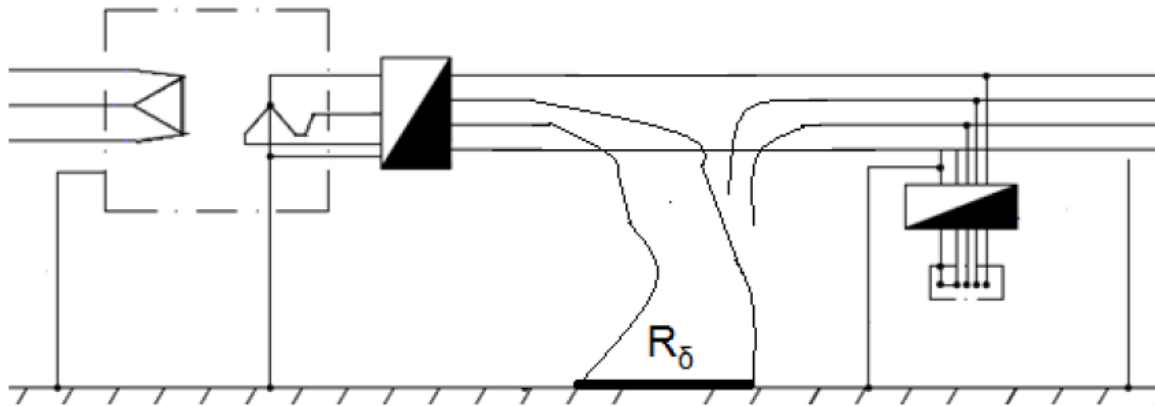
- I_d : το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (A).
- L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).



Σχήμα 22 Χαρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ κατά την επαφή δυο αγωγών μιας γραμμής χαμηλής τάσης Al 16mm² ηλεκτροδοτούμενης από Μ/Σ ισχύος 250KVA.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
 L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

Υπολογισμός σφάλματος λόγω ροής ρεύματος μέσω γης.



Σχήμα 23 : Αποκοπή δυο αγωγών και εκδήλωση σφάλματος λόγω ροής ρεύματος μέσω γης.

A: Μεθοδολογία υπολογισμών.

Για τον υπολογισμό της διαρροής αυτού απαραίτητοι είναι ο πίνακας 1 από τον οποίο προκύπτει το μέγιστο δυνατό μήκος της γραμμής για δεδομένη ισχύ μετασχηματιστή και μέγεθος ασφάλειας.

Απαραίτητοι ομοίως είναι οι ακόλουθοι πίνακες που δίνουν τις ωμικές και επαγωγικές αντιστάσεις των γραμμών χαμηλής τάσης και των μετασχηματιστών ΜΤ.

P (kVA)	15	25	50	75	100	150	200	250	400	500	630	750	1000
R _M (mΩ)	356	175	75	40	29	18,3	13,4	10,5	5,7	4,5	3,6	3	2,2
X _M (mΩ)	320	228	122	86,8	65,5	44,5	33,5	26,8	17	13,7	10,8	9,1	6,9

Πίνακας 8.α: Ωμικές (R_M) και επαγωγικές (X_M) αντιστάσεις μετασχηματιστών ΜΤ, αναλόγως της ονομαστικής ισχύος (P).

Είδος γραμμής ΧΤ	R_T/km (mΩ/km)	X_T/km (mΩ/km)
Γυμνοί αγωγοί 4 x 16 mm ²	1140	330
Γυμνοί αγωγοί 4 x 35 mm ²	533	306
Γυμνοί αγωγοί 4 x 50 mm ²	381	294
Γυμνοί αγωγοί 4 x 70 mm ²	277	284
Συνεστραμμένα καλώδια 3 x 35 mm ² +54,6 mm ²	888+630	443+630
Συνεστραμμένα καλώδια 3 x 70 mm ² +54,6 mm ²	1127	100

Πίνακας 8.β: Ωμικές (R_T) και επαγωγικές (X_T) αντιστάσεις γραμμών ΧΤ (η διατομή αφορά ισοδύναμη χαλκού).

Από τους πίνακες επιλέγουμε τις τιμές που αφορούν των μετασχηματιστή 250KVA καθώς και τις τιμές για αγωγό 16mm²

Για τη γραμμή ΧΤ ισχύει ομοίως με την προηγούμενη μελέτη οι παρακάτω σχέσεις:

$$R_T = (R_T/km) \cdot l$$

$$X_T = (X_T/km) \cdot l$$

όπου :

R_T : η ωμική αντίσταση της γραμμής ΧΤ (σε mΩ)

X_T : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής ΧΤ (σε mΩ)

l : το μήκος της γραμμής ΧΤ (σε km)

R_T/km η ωμική αντίσταση της γραμμής ΧΤ ανά km (σε mΩ/km)

X_T/km η επαγωγική αντίσταση της γραμμής ΧΤ ανά km (σε mΩ/km)

Χρησιμοποιούμε τιμές αντίστασεως διαβάσεως ίσες με 10, 200, 500, και 3000 Ω.

Η συνολική σύνθετη αντίσταση από το Μ/Σ μέχρι το εξεταζόμενο σημείο στο οποίο συμβαίνει η διαρροή, δίνεται από τη σχέση .

$$Z_{ολ} = \sqrt{(2R_{\Gamma} + 2R_{M\Sigma} + R_{\delta})^2 + (2X_{\Gamma} + 2X_{M\Sigma})^2}$$

όπου :

$R_{M\Sigma}$: η ωμική αντίσταση του Μ/Σ

R_{Γ} : η ωμική αντίσταση της γραμμής

R_{δ} : η αντίσταση διάβασης

X_{Γ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής

$X_{M\Sigma}$: η επαγωγική αντίσταση της γραμμής

Το ρεύμα διαρροής I_{δ} δίνεται από τη σχέση .

$$I_{\delta} \leq \frac{U}{Z_{ολ}} = \frac{400}{Z_{ολ}} \quad (\text{σε A})$$

όπου :

U : η τάση στο δευτερεύον του Μ/Σ, η οποία ισούται με 0,4 kV

$Z_{ολ}$: η συνολική σύνθετη αντίσταση από το Μ/Σ μέχρι το εξεταζόμενο σημείο, στο οποίο συμβαίνει

Η ισχύς που απελευθερώνεται στην αντίσταση διάβασης είναι:

$$P = I_{\delta}^2 R_{\delta} \quad (\text{σε W})$$

όπου :

I_{δ} : το ρεύμα διαρροής

R_{δ} : η αντίσταση διάβασης

Προϋπόθεση για την ισότητα αυτής της ισχύος με την ισχύ που απελευθερώνεται στο περιβάλλον είναι η αντίσταση να είναι συγκεντρωμένη στην επιφάνεια κάτω το οποίο ισχύει κατά προσέγγιση

Ο χρόνος διακοπής t του βραχυκυκλώματος προκύπτει από τις τιμές του σχήματος 14, αναλόγως της τιμής του ρεύματος διαρροής και του μεγέθους της ασφάλειας.

Β. Αποτελέσματα υπολογισμών.

1η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=10Ω

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις.

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{ΜΣ} (Ω)	X _{ΜΣ} (Ω)	R _δ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _δ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (οC)
11	0,0125	0,0036	0,0105	0,0268	10	10,0	40	15853,0	16,0	159808
20	0,0228	0,0066	0,0105	0,0268	10	10,1	40	15788,3	16,0	15916
25	0,0285	0,0083	0,0105	0,0268	10	10,1	40	15752,5	16,0	10586
30	0,0342	0,0099	0,0105	0,0268	10	10,1	40	15716,9	16,0	7921,8
35	0,0399	0,0116	0,0105	0,0268	10	10,1	40	15681,3	16,0	6323,1
40	0,0456	0,0132	0,0105	0,0268	10	10,1	40	15645,9	16,0	5257,4
45	0,0513	0,0149	0,0105	0,0268	10	10,1	40	15610,6	16,0	4496,2
50	0,057	0,0165	0,0105	0,0268	10	10,1	39	15575,5	16,0	3925,3
55	0,0627	0,0182	0,0105	0,0268	10	10,1	39	15540,4	16,0	3481,3
60	0,0684	0,0198	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15505,4	16,0	3126,1
65	0,0741	0,0215	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15470,6	16,0	2835,5
70	0,0798	0,0231	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15435,9	16,0	2593,4
75	0,0855	0,0248	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15401,3	16,0	2388,5
80	0,0912	0,0264	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15366,8	16,0	2213
85	0,0969	0,0281	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15332,4	16,0	2060,8
90	0,1026	0,0297	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15298,1	16,0	1927,7
95	0,1083	0,0314	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15264,0	16,0	1810,2
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	10	10,2	39	15229,9	16,0	1705,9
105	0,1197	0,0347	0,0105	0,0268	10	10,3	39	15196,0	16,0	1612,5
110	0,1254	0,0363	0,0105	0,0268	10	10,3	39	15162,2	16,0	1528,4
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	10	10,3	39	15128,5	16,0	1452,4
120	0,1368	0,0396	0,0105	0,0268	10	10,3	39	15094,8	16,0	1383,3
125	0,1425	0,0413	0,0105	0,0268	10	10,3	39	15061,4	16,0	1320,2
130	0,1482	0,0429	0,0105	0,0268	10	10,3	39	15028,0	16,0	1262,4
135	0,1539	0,0446	0,0105	0,0268	10	10,3	39	14994,7	16,0	1209,2
140	0,1596	0,0462	0,0105	0,0268	10	10,3	39	14961,5	16,0	1160,2
145	0,1653	0,0479	0,0105	0,0268	10	10,4	39	14928,4	16,0	1114,7
150	0,171	0,0495	0,0105	0,0268	10	10,4	39	14895,5	16,0	1072,5
155	0,1767	0,0512	0,0105	0,0268	10	10,4	39	14862,6	16,0	1033,3
160	0,1824	0,0528	0,0105	0,0268	10	10,4	39	14829,9	16,0	996,63
165	0,1881	0,0545	0,0105	0,0268	10	10,4	38	14797,3	16,0	962,36
170	0,1938	0,0561	0,0105	0,0268	10	10,4	38	14764,7	16,0	930,24
175	0,1995	0,0578	0,0105	0,0268	10	10,4	38	14732,3	16,0	900,07

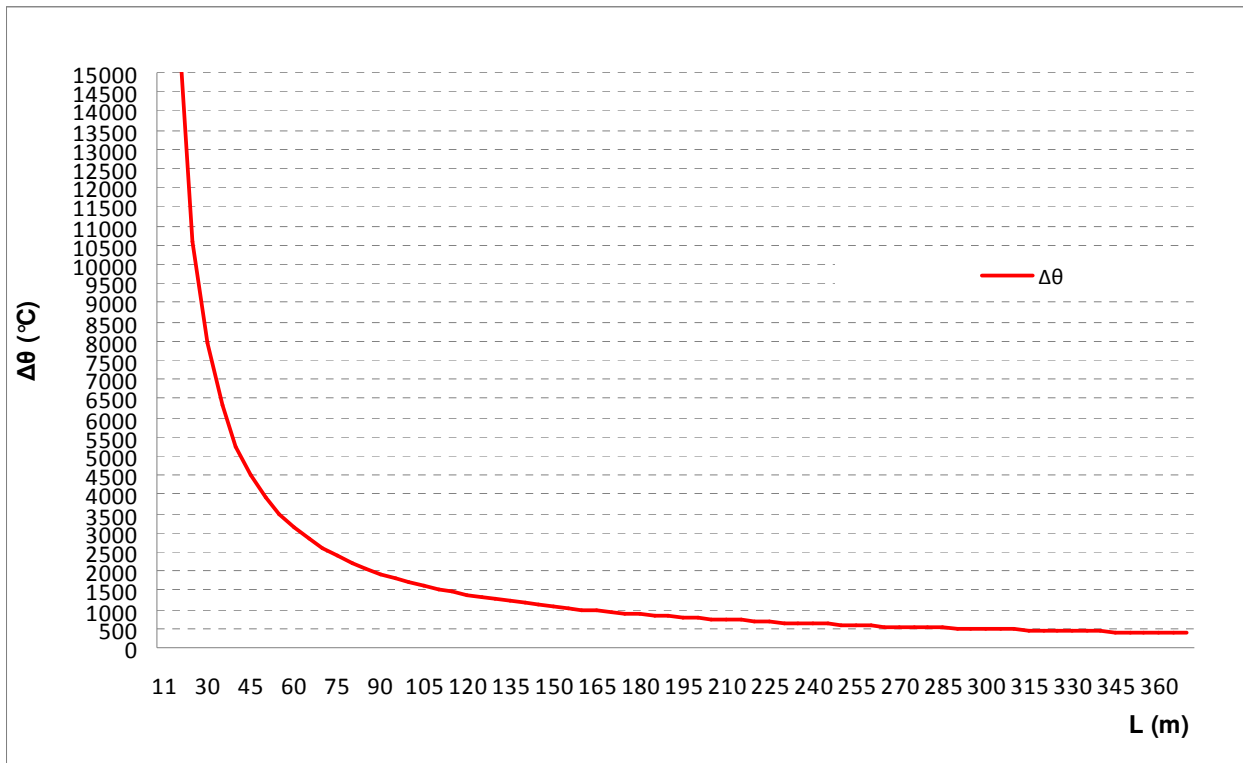
Πίνακας 9.α Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την πτώση δυο αγωγών, Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης, ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA, στο έδαφος. (Αντίσταση διάβασης R_δ=10Ω)

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	R _δ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _δ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (οC)
180	0,2052	0,0594	0,0105	0,0268	10	10,4	38	14700,0	16,0	871,68
185	0,2109	0,0611	0,0105	0,0268	10	10,4	38	14667,7	16,0	844,92
190	0,2166	0,0627	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14635,6	16,0	819,65
195	0,2223	0,0644	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14603,6	16,0	795,75
200	0,228	0,066	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14571,7	16,0	773,12
205	0,2337	0,0677	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14539,9	16,0	751,65
210	0,2394	0,0693	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14508,2	16,0	731,26
215	0,2451	0,071	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14476,6	16,0	711,87
220	0,2508	0,0726	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14445,0	16,0	693,41
225	0,2565	0,0743	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14413,6	16,0	675,81
230	0,2622	0,0759	0,0105	0,0268	10	10,5	38	14382,3	16,0	659,01
235	0,2679	0,0776	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14351,1	16,0	642,97
240	0,2736	0,0792	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14320,0	16,0	627,63
245	0,2793	0,0809	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14289,0	16,0	612,95
250	0,285	0,0825	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14258,1	16,0	598,88
255	0,2907	0,0842	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14227,3	16,0	585,39
260	0,2964	0,0858	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14196,5	16,0	572,44
265	0,3021	0,0875	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14165,9	16,0	560,01
270	0,3078	0,0891	0,0105	0,0268	10	10,6	38	14135,4	16,0	548,05
275	0,3135	0,0908	0,0105	0,0268	10	10,7	38	14105,0	16,0	536,56
280	0,3192	0,0924	0,0105	0,0268	10	10,7	38	14074,6	16,0	525,49
285	0,3249	0,0941	0,0105	0,0268	10	10,7	37	14044,4	16,0	514,82
290	0,3306	0,0957	0,0105	0,0268	10	10,7	37	14014,3	16,0	504,55
295	0,3363	0,0974	0,0105	0,0268	10	10,7	37	13984,2	16,0	494,63
300	0,342	0,099	0,0105	0,0268	10	10,7	37	13954,3	16,0	485,06
305	0,3477	0,1007	0,0105	0,0268	10	10,7	37	13924,4	16,0	475,82
310	0,3534	0,1023	0,0105	0,0268	10	10,7	37	13894,6	16,0	466,89
315	0,3591	0,104	0,0105	0,0268	10	10,7	37	13865,0	16,0	458,25
320	0,3648	0,1056	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13835,4	16,0	449,9
325	0,3705	0,1073	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13805,9	16,0	441,82
330	0,3762	0,1089	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13776,5	16,0	433,99
335	0,3819	0,1106	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13747,2	16,0	426,4
340	0,3876	0,1122	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13718,0	16,0	419,05
345	0,3933	0,1139	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13688,9	16,0	411,92
350	0,399	0,1155	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13659,8	16,0	405
355	0,4047	0,1172	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13630,9	16,0	398,28
360	0,4104	0,1188	0,0105	0,0268	10	10,8	37	13602,0	16,0	391,76
365	0,4161	0,1205	0,0105	0,0268	10	10,9	37	13573,3	16,0	385,43
370	0,4218	0,1221	0,0105	0,0268	10	10,9	37	13544,6	16,0	379,27

Πίνακας 9.β Συνέχεια Πίνακα 9.α

όπου :

- L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).
- R_Γ : η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- X_Γ : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής Ω).
- R_δ : η αντίσταση διάβασης (Ω)
- I_δ : το ρεύμα διαρροής (A)
- A: Διατομή αγωγού
- Δθ : η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
- R_{MΣ} : η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
- X_{MΣ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- Z_{ολ} : η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).
- P : η ισχύς στην R_δ (W)



Σχήμα 24 Χαρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ λόγω ροής ρεύματος μέσω γης από αντίσταση διάβασης ίσης με 10Ω , έπειτα από την πτώση δυο αγωγών (Al 16mm^2) μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA , στο έδαφος.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

2η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=200Ω

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις.

L (m)	RΓ (Ω)	ΧΓ (Ω)	RΜΣ (Ω)	ΧΜΣ (Ω)	Rδ (Ω)	Zολ (Ω)	Iδ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (°C)
11	0,0125	0,0036	0,0105	0,0268	200	200,0	2	799,6	16,0	8060,8
20	0,0228	0,0066	0,0105	0,0268	200	200,1	2	799,5	16,0	805,91
25	0,0285	0,0083	0,0105	0,0268	200	200,1	2	799,4	16,0	537,22
30	0,0342	0,0099	0,0105	0,0268	200	200,1	2	799,3	16,0	402,87
35	0,0399	0,0116	0,0105	0,0268	200	200,1	2	799,2	16,0	322,26
40	0,0456	0,0132	0,0105	0,0268	200	200,1	2	799,1	16,0	268,52
45	0,0513	0,0149	0,0105	0,0268	200	200,1	2	799,0	16,0	230,13
50	0,057	0,0165	0,0105	0,0268	200	200,1	2	798,9	16,0	201,34
55	0,0627	0,0182	0,0105	0,0268	200	200,1	2	798,8	16,0	178,95
60	0,0684	0,0198	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,7	16,0	161,04
65	0,0741	0,0215	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,6	16,0	146,38
70	0,0798	0,0231	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,6	16,0	134,17
75	0,0855	0,0248	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,5	16,0	123,83
80	0,0912	0,0264	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,4	16,0	114,97
85	0,0969	0,0281	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,3	16,0	107,3
90	0,1026	0,0297	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,2	16,0	100,58
95	0,1083	0,0314	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,1	16,0	94,652
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	200	200,2	2	798,0	16,0	89,383
105	0,1197	0,0347	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,9	16,0	84,669
110	0,1254	0,0363	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,8	16,0	80,426
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,7	16,0	76,588
120	0,1368	0,0396	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,6	16,0	73,098
125	0,1425	0,0413	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,6	16,0	69,912
130	0,1482	0,0429	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,5	16,0	66,991
135	0,1539	0,0446	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,4	16,0	64,304
140	0,1596	0,0462	0,0105	0,0268	200	200,3	2	797,3	16,0	61,824
145	0,1653	0,0479	0,0105	0,0268	200	200,4	2	797,2	16,0	59,528
150	0,171	0,0495	0,0105	0,0268	200	200,4	2	797,1	16,0	57,395
155	0,1767	0,0512	0,0105	0,0268	200	200,4	2	797,0	16,0	55,41
160	0,1824	0,0528	0,0105	0,0268	200	200,4	2	796,9	16,0	53,557
165	0,1881	0,0545	0,0105	0,0268	200	200,4	2	796,8	16,0	51,823
170	0,1938	0,0561	0,0105	0,0268	200	200,4	2	796,7	16,0	50,198
175	0,1995	0,0578	0,0105	0,0268	200	200,4	2	796,6	16,0	48,671
180	0,2052	0,0594	0,0105	0,0268	200	200,4	2	796,6	16,0	47,234
185	0,2109	0,0611	0,0105	0,0268	200	200,4	2	796,5	16,0	45,88
190	0,2166	0,0627	0,0105	0,0268	200	200,5	2	796,4	16,0	44,6

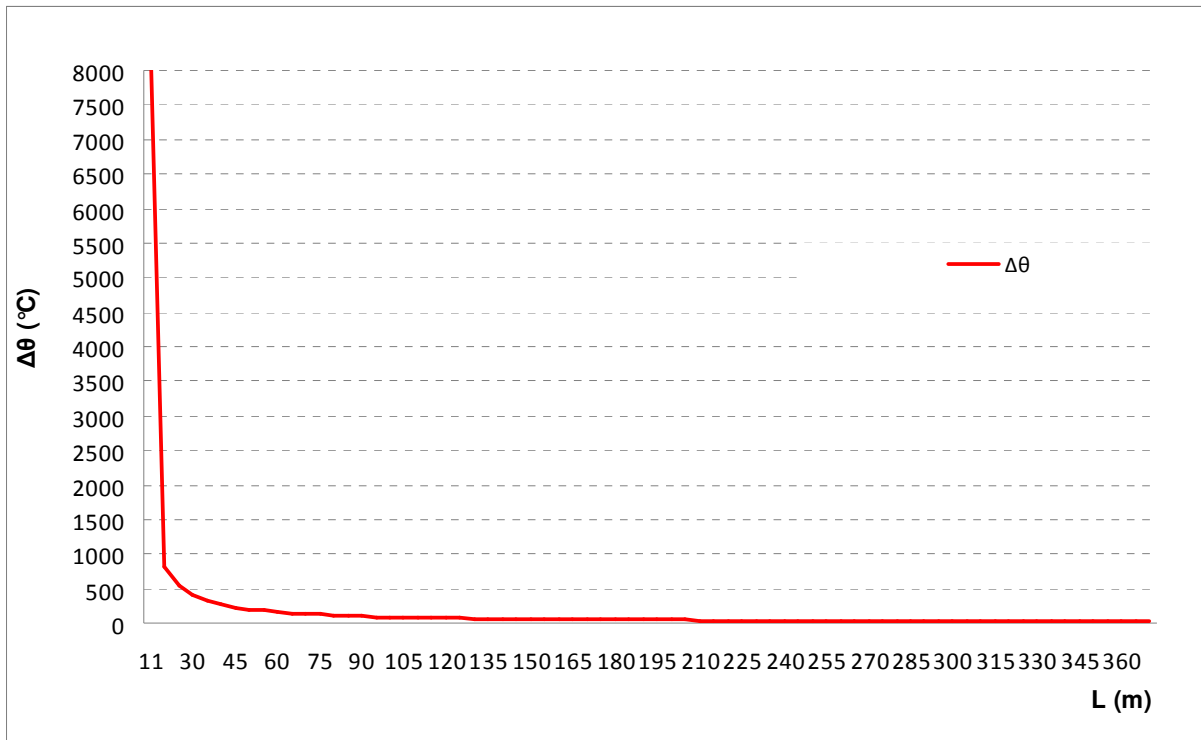
Πίνακας 10.α Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την πτώση δυο αγωγών, Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης, ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA, στο έδαφος. (Αντίσταση διάβασης Rδ=200Ω)

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	R _δ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _δ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (°C)
195	0,2223	0,0644	0,0105	0,0268	200	200,5	2	796,3	16,0	43,39
200	0,228	0,066	0,0105	0,0268	200	200,5	2	796,2	16,0	42,243
205	0,2337	0,0677	0,0105	0,0268	200	200,5	2	796,1	16,0	41,155
210	0,2394	0,0693	0,0105	0,0268	200	200,5	2	796,0	16,0	40,122
215	0,2451	0,071	0,0105	0,0268	200	200,5	2	795,9	16,0	39,139
220	0,2508	0,0726	0,0105	0,0268	200	200,5	2	795,8	16,0	38,203
225	0,2565	0,0743	0,0105	0,0268	200	200,5	2	795,7	16,0	37,31
230	0,2622	0,0759	0,0105	0,0268	200	200,5	2	795,7	16,0	36,458
235	0,2679	0,0776	0,0105	0,0268	200	200,6	2	795,6	16,0	35,644
240	0,2736	0,0792	0,0105	0,0268	200	200,6	2	795,5	16,0	34,865
245	0,2793	0,0809	0,0105	0,0268	200	200,6	2	795,4	16,0	34,119
250	0,285	0,0825	0,0105	0,0268	200	200,6	2	795,3	16,0	33,404
255	0,2907	0,0842	0,0105	0,0268	200	200,6	2	795,2	16,0	32,719
260	0,2964	0,0858	0,0105	0,0268	200	200,6	2	795,1	16,0	32,061
265	0,3021	0,0875	0,0105	0,0268	200	200,6	2	795,0	16,0	31,429
270	0,3078	0,0891	0,0105	0,0268	200	200,6	2	794,9	16,0	30,821
275	0,3135	0,0908	0,0105	0,0268	200	200,6	2	794,8	16,0	30,236
280	0,3192	0,0924	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,7	16,0	29,673
285	0,3249	0,0941	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,7	16,0	29,13
290	0,3306	0,0957	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,6	16,0	28,606
295	0,3363	0,0974	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,5	16,0	28,101
300	0,342	0,099	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,4	16,0	27,614
305	0,3477	0,1007	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,3	16,0	27,143
310	0,3534	0,1023	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,2	16,0	26,687
315	0,3591	0,104	0,0105	0,0268	200	200,7	2	794,1	16,0	26,247
320	0,3648	0,1056	0,0105	0,0268	200	200,8	2	794,0	16,0	25,82
325	0,3705	0,1073	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,9	16,0	25,408
330	0,3762	0,1089	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,8	16,0	25,008
335	0,3819	0,1106	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,8	16,0	24,62
340	0,3876	0,1122	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,7	16,0	24,244
345	0,3933	0,1139	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,6	16,0	23,88
350	0,399	0,1155	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,5	16,0	23,526
355	0,4047	0,1172	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,4	16,0	23,182
360	0,4104	0,1188	0,0105	0,0268	200	200,8	2	793,3	16,0	22,849
365	0,4161	0,1205	0,0105	0,0268	200	200,9	2	793,2	16,0	22,524
370	0,4218	0,1221	0,0105	0,0268	200	200,9	2	793,1	16,0	22,209

Πίνακας 10.β Συνέχεια Πίνακα 10.α

όπου :

- L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).
- R_Γ : η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- X_Γ : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- R_δ : η αντίσταση διάβασης (Ω)
- I_δ : το ρεύμα διαρροής (A)
- A: Διατομή αγωγού
- Δθ : η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
- R_{MΣ} : η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
- X_{MΣ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- Z_{ολ} : η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).
- P : η ισχύς στην R_δ (W)



Σχήμα 25 Χαρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ λόγω ροής ρεύματος μέσω γης από αντίσταση διάβασης ίσης με 200Ω , έπειτα από την πτώση δυο αγωγών (Al 16mm^2) μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA , στο έδαφος.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

3η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=500Ω

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις.

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	R _δ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _δ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (°C)
11	0,0125	0,0036	0,0105	0,0268	500	500,0	1	319,9	16,0	3225,2
20	0,0228	0,0066	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,9	16,0	322,49
25	0,0285	0,0083	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,9	16,0	214,99
30	0,0342	0,0099	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,9	16,0	161,23
35	0,0399	0,0116	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,9	16,0	128,98
40	0,0456	0,0132	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,9	16,0	107,48
45	0,0513	0,0149	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,8	16,0	92,12
50	0,057	0,0165	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,8	16,0	80,602
55	0,0627	0,0182	0,0105	0,0268	500	500,1	1	319,8	16,0	71,643
60	0,0684	0,0198	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,8	16,0	64,475
65	0,0741	0,0215	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,8	16,0	58,611
70	0,0798	0,0231	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,8	16,0	53,725
75	0,0855	0,0248	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,8	16,0	49,59
80	0,0912	0,0264	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,7	16,0	46,045
85	0,0969	0,0281	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,7	16,0	42,974
90	0,1026	0,0297	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,7	16,0	40,286
95	0,1083	0,0314	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,7	16,0	37,915
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	500	500,2	1	319,7	16,0	35,807
105	0,1197	0,0347	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,7	16,0	33,921
110	0,1254	0,0363	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,7	16,0	32,223
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,6	16,0	30,687
120	0,1368	0,0396	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,6	16,0	29,291
125	0,1425	0,0413	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,6	16,0	28,016
130	0,1482	0,0429	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,6	16,0	26,848
135	0,1539	0,0446	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,6	16,0	25,773
140	0,1596	0,0462	0,0105	0,0268	500	500,3	1	319,6	16,0	24,78
145	0,1653	0,0479	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,6	16,0	23,861
150	0,171	0,0495	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,5	16,0	23,008
155	0,1767	0,0512	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,5	16,0	22,214
160	0,1824	0,0528	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,5	16,0	21,472
165	0,1881	0,0545	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,5	16,0	20,779
170	0,1938	0,0561	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,5	16,0	20,128
175	0,1995	0,0578	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,5	16,0	19,518
180	0,2052	0,0594	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,4	16,0	18,943
185	0,2109	0,0611	0,0105	0,0268	500	500,4	1	319,4	16,0	18,401
190	0,2166	0,0627	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,4	16,0	17,889

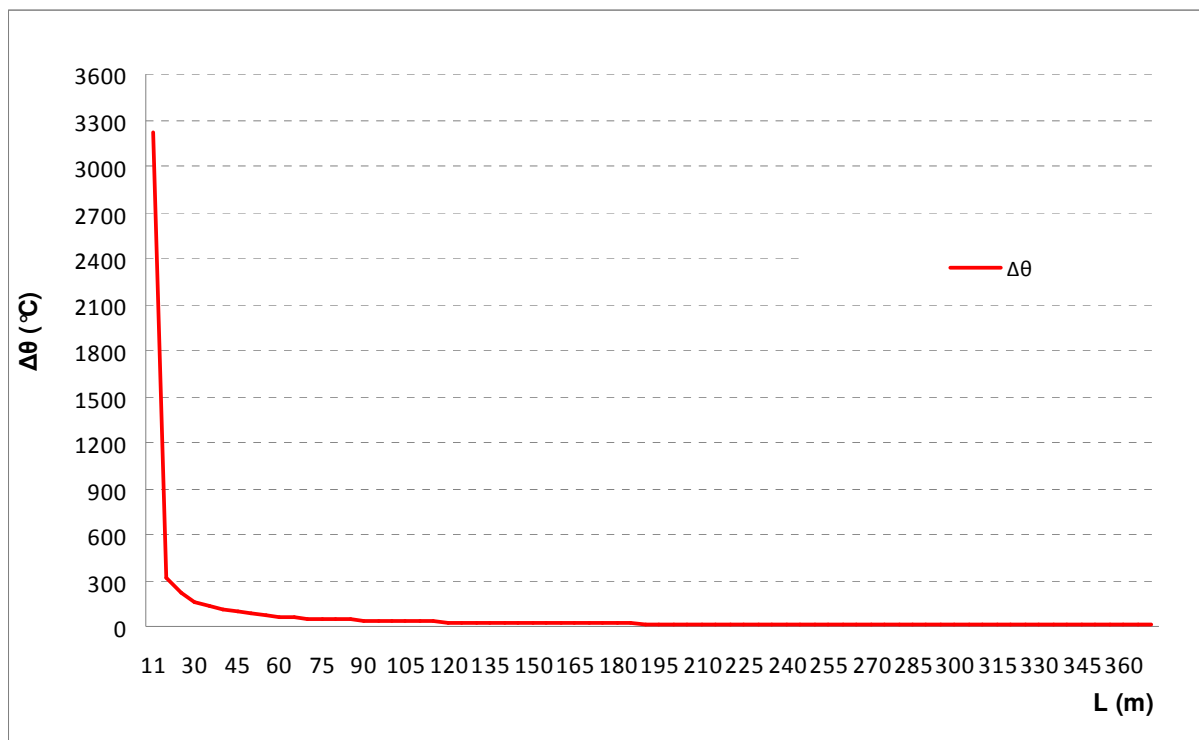
Πίνακας 11.α Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την πτώση δυο αγωγών, Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης, ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA, στο έδαφος. (Αντίσταση διάβασης R_δ=500Ω)

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	R _δ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _δ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (°C)
195	0,2223	0,0644	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,4	16,0	17,404
200	0,228	0,066	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,4	16,0	16,946
205	0,2337	0,0677	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,4	16,0	16,51
210	0,2394	0,0693	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,4	16,0	16,097
215	0,2451	0,071	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,3	16,0	15,704
220	0,2508	0,0726	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,3	16,0	15,329
225	0,2565	0,0743	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,3	16,0	14,972
230	0,2622	0,0759	0,0105	0,0268	500	500,5	1	319,3	16,0	14,631
235	0,2679	0,0776	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,3	16,0	14,305
240	0,2736	0,0792	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,3	16,0	13,993
245	0,2793	0,0809	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,3	16,0	13,695
250	0,285	0,0825	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,2	16,0	13,409
255	0,2907	0,0842	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,2	16,0	13,135
260	0,2964	0,0858	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,2	16,0	12,872
265	0,3021	0,0875	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,2	16,0	12,619
270	0,3078	0,0891	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,2	16,0	12,375
275	0,3135	0,0908	0,0105	0,0268	500	500,6	1	319,2	16,0	12,141
280	0,3192	0,0924	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,2	16,0	11,916
285	0,3249	0,0941	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,1	16,0	11,699
290	0,3306	0,0957	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,1	16,0	11,489
295	0,3363	0,0974	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,1	16,0	11,287
300	0,342	0,099	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,1	16,0	11,092
305	0,3477	0,1007	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,1	16,0	10,904
310	0,3534	0,1023	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,1	16,0	10,721
315	0,3591	0,104	0,0105	0,0268	500	500,7	1	319,1	16,0	10,545
320	0,3648	0,1056	0,0105	0,0268	500	500,8	1	319,0	16,0	10,375
325	0,3705	0,1073	0,0105	0,0268	500	500,8	1	319,0	16,0	10,21
330	0,3762	0,1089	0,0105	0,0268	500	500,8	1	319,0	16,0	10,05
335	0,3819	0,1106	0,0105	0,0268	500	500,8	1	319,0	16,0	9,8945
340	0,3876	0,1122	0,0105	0,0268	500	500,8	1	319,0	16,0	9,7441
345	0,3933	0,1139	0,0105	0,0268	500	500,8	1	319,0	16,0	9,5982
350	0,399	0,1155	0,0105	0,0268	500	500,8	1	319,0	16,0	9,4567
355	0,4047	0,1172	0,0105	0,0268	500	500,8	1	318,9	16,0	9,3192
360	0,4104	0,1188	0,0105	0,0268	500	500,8	1	318,9	16,0	9,1856
365	0,4161	0,1205	0,0105	0,0268	500	500,9	1	318,9	16,0	9,0558
370	0,4218	0,1221	0,0105	0,0268	500	500,9	1	318,9	16,0	8,9297

Πίνακας 11.β Συνέχεια Πίνακα 11.α

όπου :

- L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).
- R_Γ : η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- X_Γ : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- R_δ : η αντίσταση διάβασης (Ω)
- I_δ : το ρεύμα διαρροής (A)
- A: Διατομή αγωγού
- Δθ : η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
- R_{MΣ} : η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
- X_{MΣ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- Z_{ολ} : η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).
- P : η ισχύς στην R_δ (W)



Σχήμα 26 Χαρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ λόγω ροής ρεύματος μέσω γης από αντίσταση διάβασης ίσης με 500Ω , έπειτα από την πτώση δυο αγωγών (Al 16mm^2) μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA , στο έδαφος.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

4η Περίπτωση: Απόσταση L=370m - Rδ=3000Ω

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι γραφικές παραστάσεις.

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	R _δ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _δ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (°C)
11	0,0125	0,0036	0,0105	0,0268	3000	3000,0	0	53,3	16,0	537,62
20	0,0228	0,0066	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	53,761
25	0,0285	0,0083	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	35,84
30	0,0342	0,0099	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	26,88
35	0,0399	0,0116	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	21,504
40	0,0456	0,0132	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	17,92
45	0,0513	0,0149	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	15,36
50	0,057	0,0165	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	13,44
55	0,0627	0,0182	0,0105	0,0268	3000	3000,1	0	53,3	16,0	11,946
60	0,0684	0,0198	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	10,752
65	0,0741	0,0215	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	9,7741
70	0,0798	0,0231	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	8,9595
75	0,0855	0,0248	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	8,2702
80	0,0912	0,0264	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	7,6795
85	0,0969	0,0281	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	7,1674
90	0,1026	0,0297	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	6,7194
95	0,1083	0,0314	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	6,3241
100	0,114	0,033	0,0105	0,0268	3000	3000,2	0	53,3	16,0	5,9727
105	0,1197	0,0347	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	5,6583
110	0,1254	0,0363	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	5,3754
115	0,1311	0,038	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	5,1194
120	0,1368	0,0396	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	4,8866
125	0,1425	0,0413	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	4,6741
130	0,1482	0,0429	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	4,4793
135	0,1539	0,0446	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	4,3001
140	0,1596	0,0462	0,0105	0,0268	3000	3000,3	0	53,3	16,0	4,1347
145	0,1653	0,0479	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,9815
150	0,171	0,0495	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,8393
155	0,1767	0,0512	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,7069
160	0,1824	0,0528	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,5833
165	0,1881	0,0545	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,4677
170	0,1938	0,0561	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,3593
175	0,1995	0,0578	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,2575
180	0,2052	0,0594	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,1616
185	0,2109	0,0611	0,0105	0,0268	3000	3000,4	0	53,3	16,0	3,0713
190	0,2166	0,0627	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,986

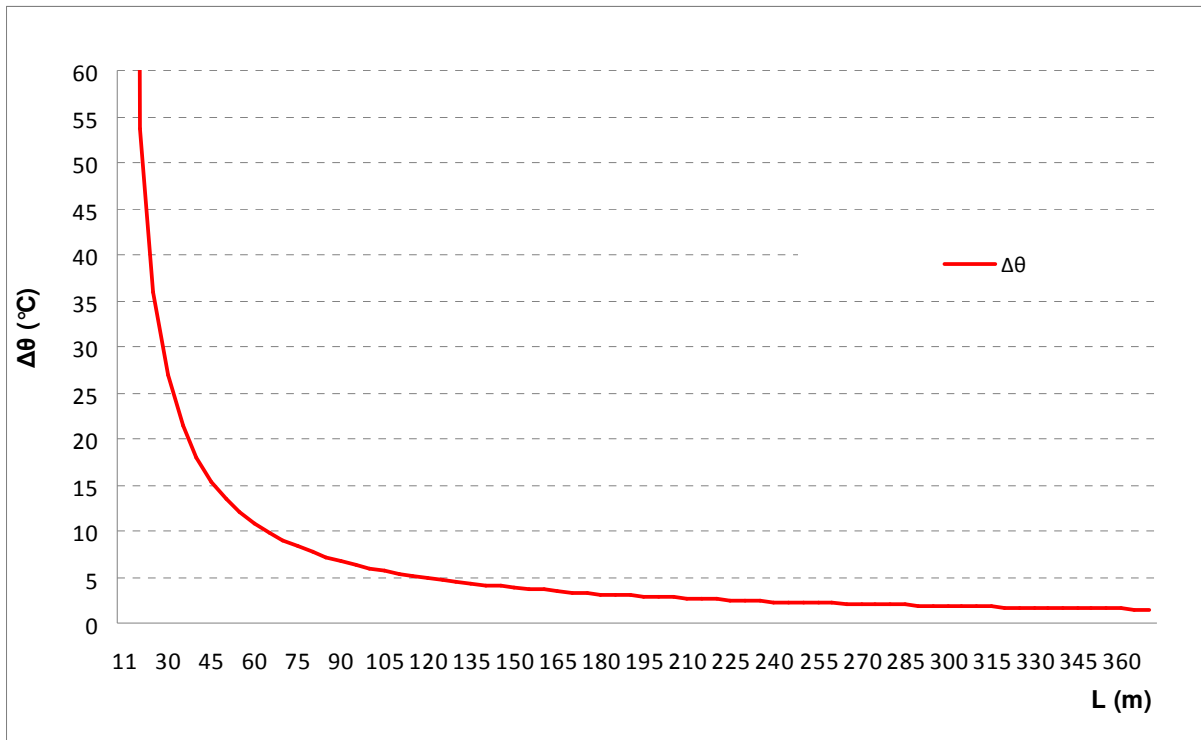
Πίνακας 12.α Αποτελέσματα των υπολογισμών κατά την πτώση δυο αγωγών, Al 16mm², μιας γραμμής χαμηλής τάσης, ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA, στο έδαφος. (Αντίσταση διάβασης R_δ=3000Ω)

L (m)	R _Γ (Ω)	X _Γ (Ω)	R _{MΣ} (Ω)	X _{MΣ} (Ω)	R _δ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _δ (A)	P (W)	A (mm ²)	Δθ (°C)
195	0,2223	0,0644	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,9052
200	0,228	0,066	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,8288
205	0,2337	0,0677	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,7562
210	0,2394	0,0693	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,6873
215	0,2451	0,071	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,6217
220	0,2508	0,0726	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,5593
225	0,2565	0,0743	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,4997
230	0,2622	0,0759	0,0105	0,0268	3000	3000,5	0	53,3	16,0	2,4429
235	0,2679	0,0776	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,3886
240	0,2736	0,0792	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,3367
245	0,2793	0,0809	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,2869
250	0,285	0,0825	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,2393
255	0,2907	0,0842	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,1935
260	0,2964	0,0858	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,1497
265	0,3021	0,0875	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,1075
270	0,3078	0,0891	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,0669
275	0,3135	0,0908	0,0105	0,0268	3000	3000,6	0	53,3	16,0	2,0279
280	0,3192	0,0924	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,9904
285	0,3249	0,0941	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,9542
290	0,3306	0,0957	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,9192
295	0,3363	0,0974	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,8856
300	0,342	0,099	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,853
305	0,3477	0,1007	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,8216
310	0,3534	0,1023	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,7912
315	0,3591	0,104	0,0105	0,0268	3000	3000,7	0	53,3	16,0	1,7619
320	0,3648	0,1056	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,7334
325	0,3705	0,1073	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,7059
330	0,3762	0,1089	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,6792
335	0,3819	0,1106	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,6534
340	0,3876	0,1122	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,6283
345	0,3933	0,1139	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,604
350	0,399	0,1155	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,5804
355	0,4047	0,1172	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,5575
360	0,4104	0,1188	0,0105	0,0268	3000	3000,8	0	53,3	16,0	1,5352
365	0,4161	0,1205	0,0105	0,0268	3000	3000,9	0	53,3	16,0	1,5136
370	0,4218	0,1221	0,0105	0,0268	3000	3000,9	0	53,3	16,0	1,4926

Πίνακας 12.β Συνέχεια Πίνακα 12.α

όπου :

- L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).
- R_Γ : η ωμική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- X_Γ : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- R_δ : η αντίσταση διάβασης (Ω)
- I_δ : το ρεύμα διαρροής (A)
- A: Διατομή αγωγού
- Δθ : η μεταβολή της θερμοκρασίας (°C)
- R_{MΣ} : η ωμική αντίσταση του Μ/Σ (Ω).
- X_{MΣ} : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής (Ω).
- Z_{ολ} : η συνολική σύνθετη αντίσταση (Ω).
- P : η ισχύς στην R_δ (W)



Σχήμα 27 Χααρακτηριστική $\Delta\theta = f(L)$ λόγω ροής ρεύματος μέσω γης από αντίσταση διάβασης ίσης με 3000Ω , έπειτα από την πτώση δυο αγωγών (Al 16mm^2) μιας γραμμής χαμηλής τάσης ηλεκτροδοτούμενης από μετασχηματιστή ισχύος 250kVA , στο έδαφος.

όπου : $\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)

L : το μήκος από τον Υ/Σ (σε m).

Σχόλια επί των αποτελεσμάτων**1) Σχόλια επί των αποτελεσμάτων του κεφαλαίου 3.**

Οι πίνακες και τα διαγράμματα περιγράφουν την μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$) καθώς επίσης και τη ένταση του ρεύματος I_d (Ampere), που αφορούν στην περίπτωση της επαφής δυο αγωγών στο έδαφος ή στο αέρα. Διαφαίνεται ότι προς την πλευρά του Υ/Σ τα όρια ξεπερνούν τις ασφαλείς τιμές. Συγκεκριμένα σε απόσταση <math> < 30\text{m}</math> από τον Υ/Σ εμφανίζονται θερμοκρασίες άνω των 180°C , που είναι η οριακή θερμοκρασία για γυμνούς αγωγούς αλουμινίου.

2) Σχόλια επί των αποτελεσμάτων του κεφαλαίου 4.

Οι πίνακες και τα διαγράμματα περιγράφουν την μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ καθώς επίσης και τη ένταση του ρεύματος I_d , που αφορούν στην περίπτωση της πτώσης δυο αγωγών στο έδαφος. Διαφαίνεται ότι προς την πλευρά του Υ/Σ τα όρια ξεπερνούν τις ασφαλείς τιμές. Σε πολλές περιπτώσεις η θερμοκρασία ξεπερνά κατά πολύ τους 180°C (όριο για αγωγούς Al), παρατηρήθηκαν τιμές πάρα πολύ μεγάλες φτάνοντας μάλιστα για $R_{\delta} = 10 \Omega$ πάνω από τους 10.000°C

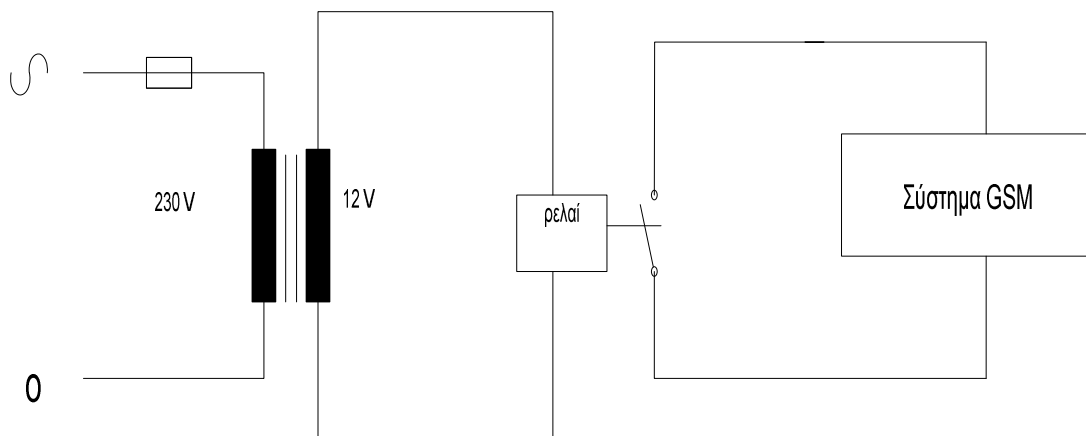
Τα παραπάνω ενισχύονται αν σκεφθούμε ότι οι γραμμές διανομής βρίσκονται στο ύπαιθρο και κοντά σε δασικές εκτάσεις ή σε περιοχές με χαμηλή βλάστηση. Έτσι γίνεται αντιληπτό πόσο σοβαρός είναι ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος μπορεί να υπερβεί τους 40°C .

Προτεινόμενες λύσεις για την αντιμετώπιση των κινδύνων, λόγω της πτώσης αγωγού Al 16mm² στο έδαφος.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, γίνεται κατανοητό ότι απαιτούνται επιπλέον μέτρα προστασίας για την αντιμετώπιση των κινδύνων από την πτώση αγωγού στο έδαφος.

Θεωρούμε ότι με μια συσκευή επιτήρησης-ελέγχου της τάσης των φάσεων του δικτύου, θα καταφέρουμε να προστατεύσουμε το δίκτυο και κατ' επέκταση τον εγκατεστημένο εξοπλισμό.

Σκοπός της εν λόγω συσκευής θα είναι η συνεχής μέτρηση της τάσης των φάσεων και η διακοπή του κυκλώματος, αν εμφανισθεί υπέρβαση ή μείωση της τάσεως πέραν των προκαθορισμένων και επιτρεπτών ορίων λειτουργίας.



Σχήμα 16 : Σύστημα ελέγχου ύπαρξης τάσης σε γραμμή δικτύου.

Το κύκλωμα του σχήματος 16, ελέγχει την ύπαρξη ή μη τάσης, στην γραμμή ενός δικτύου. Μπορούμε να υλοποιήσουμε το σχετικό έλεγχο με ποικίλους τρόπους. Χρησιμοποιώντας ένα ρελέ με τρεις βοηθητικές επαφές ή ένα ρελέ μιας βοηθητικής επαφής. Στην 1^η περίπτωση ελέγχουμε ταυτόχρονα όλες τις γραμμές του δικτύου ενώ στην 2^η κάθε γραμμή ξεχωριστά. Η 1^η είναι όμως οικονομικότερη της 2^{ης}.

ΥΓ: Οι επαφές πρέπει να είναι κανονικά κλειστές (NC) διότι σε περίπτωση σφάλματος και έλλειψης τάσης, το ρελέ θα μας ειδοποιήσει ακαριαία μιας και θα επανέλθει σε κατάσταση ηρεμίας έπειτα από την

απενεργοποίηση του πηνίου του. Εννοείται ότι το σύστημα GSM τροφοδοτείται αυτόνομα από συσσωρευτές. Ο έλεγχος μέσω GSM βρίσκει πολλές εφαρμογές τα τελευταία χρόνια σε συστήματα συναγερμών, σε αντλιοστασίων κα.

Έτσι επειδή στις ημέρες μας τείνει να εκλείψει ο κλασικός αυτοματισμός, μπορεί ο παραπάνω έλεγχος να υλοποιηθεί από συστήματα PLC & SCADA, όπου θα είναι εφικτός ο κεντρικός και οπτικός έλεγχος όλου του δικτύου.

Τέλος ως επιπλέον μέτρο προστασίας προτείνουμε να γίνεται τακτικός καθαρισμός της περιοχής κοντά στον Μ/Σ όπως επίσης και συντήρηση του δικτύου- γραμμών διανομής για των έγκαιρο εντοπισμό διαφόρων φθορών του δικτύου (μονωτήρες κα).

1. **Π. Δ. Μπούρκας** : «Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων» - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. (Αθήνα 1998)
2. **Π. Δ. Μπούρκας** : «Ασκήσεις Κτιριακών-Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων» - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. (Αθήνα 2008)
3. **Β. Σελούντος, Σ. Περδιός, Γ. Παπαιωάνου και Κ. Χασιανάκος**, Πυρασφάλεια, εφαρμοσμένη πυροπροστασία και στοιχεία πυρόσβεσης, Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1998
4. **HUTTE**, Taschenbuch fur Betriebsingenieure, Band II
5. **Walter M.** Kurzschlussstrom in Drehstromnetzen, Munchen Oldenbourg-Verlag.
6. **Holm R**, Electric contact. Theory and Applications, Springer-Verlag Berlin.
7. **Σ.Τουλόγλου** : Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων - Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2004.
8. **Μιλτιάδης Μ. Κάπος** : «Γειώσεις και αλεξικέραυνα» - Εκδόσεις Μιλτ. Κάπου (Γ' έκδοση, Αθήνα 1988)
9. **Β. Κ. Παπαδιάς** : «Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας - Τόμος II Ασύμμετρες και Μεταβατικές Καταστάσεις» - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. (Αθήνα 1993)
10. **Ελευθέριος Γ. Ψαρρός**, Υπαίθριες Γραμμές Διανομής Χαμηλής Τάσης σε Περιβάλλον Πυρκαγιών, Διδακτορική διατριβή, Αθήνα 2009.
11. **Α. Β. Κατσούλου** : «Έλεγχος Συνθήκης Ουδετέρωσης σε Δίκτυα Διανομής Χαμηλής Τάσης» - Διπλωματική Εργασία με επιβλέπων τον Καθηγητή Π.Δ. Μπούρκα (Αθήνα 2006)
12. **Π. ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ** : ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ Εκδόσεις ΖΗΤΗ. (Αθήνα 2005)
13. **ABB** : SWITCHGEAR MANUAL, HENNIG GREMMEL

