



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Πτώση Αγωγού Al 35 mm² Χαμηλής Τάσης
ηλεκτροδοτούμενου από υποσταθμό μέσης τάσης 75 kVA**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Λ. Δημητρόπουλος

Επιβλέπων : Περικλής Δ. Μπούρκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Πτώση Αγωγού ΑΙ 35 mm² Χαμηλής Τάσης
ηλεκτροδοτούμενου από υποσταθμό μέσης τάσης 75 kVA**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Α. Δημητρόπουλος

Επιβλέπων : Περικλής Δ. Μπούρκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 15^η Ιουλίου 2009.

.....
Π. Δ. Μπούρκας
Καθηγητής

.....
Ν. Ι. Θεοδώρου
Καθηγητής

.....
Κ. Γ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2009

.....
Κωνσταντίνος Α. Δημητρόπουλος

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

Copyright © Κωνσταντίνος Α. Δημητρόπουλος, 2009

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.

Πρόλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Περικλή Μπούρκα τον οποίο ευχαριστώ θερμά. Ακόμα θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στην Αικ. Πολυκράτη Ε.Ε.ΔΙ.Π, για τη συνεχή βοήθεια, την καθοδήγηση και τη διάθεση χρόνου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Αθήνα, Ιούλιος 2009

Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη και η αξιολόγηση των επιπτώσεων από πτώση ρευματοφόρου αγωγού Χαμηλής Τάσης στο έδαφος και η πρόταση λύσεων για αποφυγή δυσμενών συνεπειών της. Εξετάζεται η περίπτωση αγωγού AI διατομής 35 mm² που ηλεκτροδοτείται από υποσταθμό μέσης τάσης 75 KVA.

Στην εισαγωγή γίνεται μία πολύ συνοπτική περιγραφή του δικτύου διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας με βασικό άξονα το δίκτυο της ΔΕΗ. Στη συνέχεια εξηγείται η συνθήκη ουδετέρωσης ενώ γίνεται και μία συνοπτική αναφορά στο βραχυκύκλωμα. Τέλος αναφέρονται κάποια χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα μεγέθη που πρέπει να υπολογιστούν για την αξιολόγηση των επιπτώσεων καθώς και ο τρόπος υπολογισμού τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται οι πίνακες και τα διαγράμματα με τους υπολογισμούς.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια πολύ σύντομη μελέτη στην περίπτωση που αποκόπτεται ο ουδέτερος.

Στο έβδομο κεφάλαιο προτείνονται λύσεις για την αποφυγή των δυσμενών συνεπειών από πτώση αγωγού.

Abstract

The aim of this thesis is to study and evaluate the incursions of a low voltage conductor fallen to the ground and to recommend solutions how to avoid such unfavorable incursions.

The first chapter constitutes an introduction of the overhead networks of distribution and transmission of the electric power. Then a short report of the features of short circuits in low voltage level is presented and some characteristics of fire.

At the second chapter the aim of this thesis is presented.

At the third chapter basic magnitudes needed to evaluate the incursion of the fallen conductor and the way to compute them are presented.

At the fourth chapter, result boards, and graphs are presented.

At the fifth chapter the results are commented.

At the sixth chapter, there is a short report on the case of a fallen neutral conductor.

At the seventh chapter solutions are suggested in order to avoid the unfavourable incursions of the fallen conductor.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	- 5 -
Περίληψη.....	- 6 -
Abstract -	7 -
Περιεχόμενα.....	- 9 -
1. Εισαγωγή	- 10 -
1.1 Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.....	- 10 -
1.2 Συνθήκη ουδετέρωσης – σύνθετες αντιστάσεις Μ/Σ και γραμμών μεταφοράς ...	- 22 -
1.3 Βραχυκύκλωμα	- 28 -
1.3.1 Το βραχυκύκλωμα σε γραμμές διανομής χαμηλής τάσης	- 28 -
1.4 Γενικά για την πυρκαγιά	- 33 -
2. Σκοπός της Εργασίας.....	- 35 -
3. Μέθοδος υπολογισμού ρευμάτων διαρροής και θερμοκρασιών στο έδαφος.....	- 36 -
3.1 Υπολογισμός Ρεύματος Διαρροής	- 36 -
3.2 Υπολογισμός της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο τμήμα του αγωγού που είναι στο έδαφος	- 38 -
4. Αποτελέσματα Ρευμάτων Διαρροής και Θερμοκρασιών	- 41 -
4.1 Ασφάλεια 63 A	- 41 -
4.2 Ασφάλεια 80 A	- 52 -
4.3 Ασφάλεια 100 A	- 63 -
4.4 Ασφάλεια 125 A	- 73 -
5. Ανάλυση αποτελεσμάτων - Σχόλια	- 83 -
5.1 Ρεύματα διαρροής.....	- 83 -
5.2 Θερμοκρασίες	- 85 -
6. Αποκοπή ουδέτερου προ του μετρητή του καταναλωτή	- 87 -
6.1 Γειωμένος Ουδέτερος	- 87 -
6.2 Αγείωτος ουδέτερος (γειωμένος στον Μ/Σ)	- 89 -
7. Προτάσεις για την αποφυγή των δυσμενών συνεπειών της πτώσης αγωγού	- 90 -
7.1 Πτώση αγωγού φάσης.....	- 90 -
7.2 Αποκοπή ουδέτερου.....	- 91 -
Βιβλιογραφία	- 92 -

1. Εισαγωγή

Τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Τα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να διακριθούν στους σταθμούς παραγωγής και στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή του δικτύου διανομής και μεταφοράς.

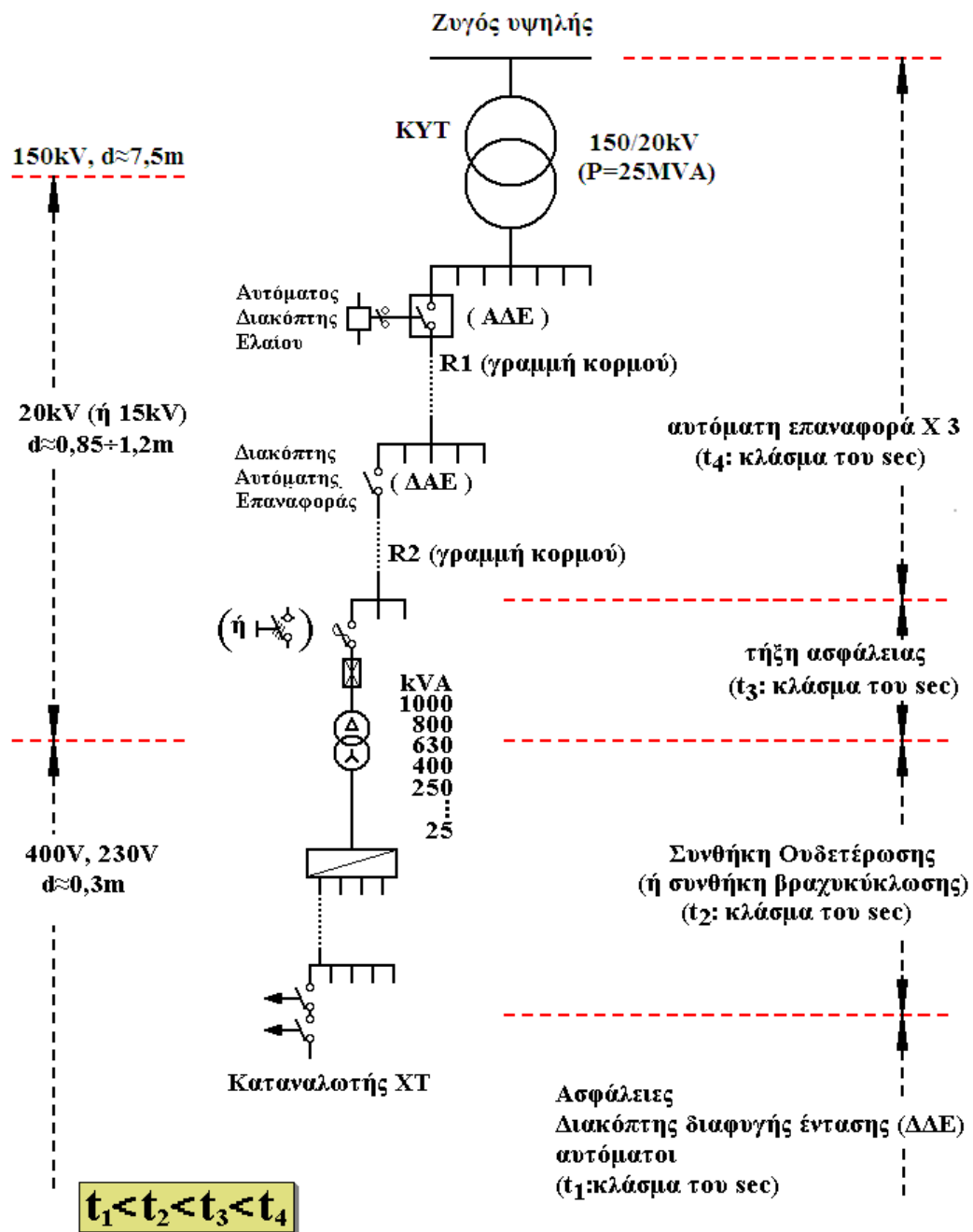
1.1 Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας

Τα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης (ΜΤ) του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούνται από μεγάλο πλήθος στοιχείων και έχουν κατά κανόνα δενδροειδή μορφή. Στο σχήμα 1.1-1 δίνεται μια γενική εικόνα του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ στο 1.1-2 δίνεται διαγραμματικά η δομή του συστήματος. Σύμφωνα με το 1.1-2, από το μετασχηματιστή υψηλής τάσης (π.χ 150 kV/20 kV, 25 MVA) του Κέντρου Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ) αναχωρούν μέσω αυτόματων διακοπών ελαίου (ΑΔΕ –βλ. σχήμα 1.1-3) διάφορες γραμμές μέσης τάσης (20 kV), που η καθεμία αφορά τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μία ευρύτερη περιοχή. Οι γραμμές αυτές ονομάζονται «γραμμές κορμού» και κατασκευάζονται με αγωγούς μεγάλης διατομής, συνήθως 95mm² ισοδύναμου χαλκού, ενώ συμβολίζονται στα σχέδια με το γράμμα R και ένα αριθμό (π.χ. R 23). Καθεμία από τις παραπάνω γραμμές διακλαδίζεται σε ορισμένες γραμμές, που αφορούν την ηλεκτροδότηση (τμημάτων της ευρύτερης περιοχής) μέσω διακοπών αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ), οι οποίες ονομάζονται επίσης γραμμές κορμού.

Δεδομένου ότι τα δίκτυα διανομής λειτουργούν ακτινικά η προστασία τους είναι δυνατή με απλές διατάξεις διαβαθμισμένες κατάλληλα. Κατά μήκος του δικτύου διανομής μέσης τάσης εγκαθίστανται μέσα ζεύξεως όπως αποζεύκτες (Σχήμα 1.1-4) και διακόπτες φορτίου και μέσα προστασίας όπως γειωτές (Σχήμα 1.1-5), διακόπτες ισχύος (ΑΔΕ), διακόπτες απομονώσεως (Sectionalizers) και ασφάλειες.

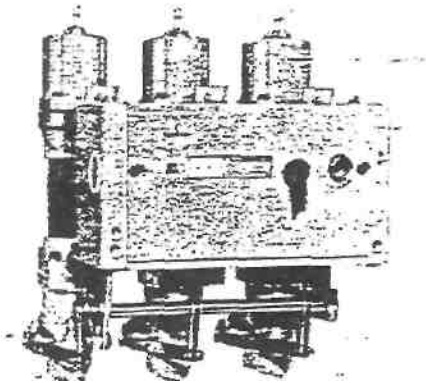


Σχήμα 1.1-1: Απλοποιημένο σχήμα του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 1.1-2: Απλοποιημένο διάγραμμα του συστήματος διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας

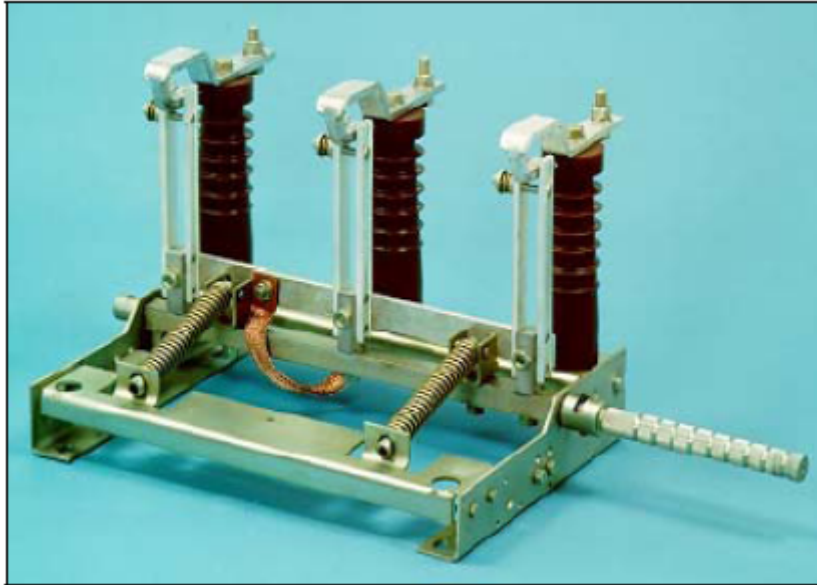
Τα μέσα ζεύξεως χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση ή απομόνωση των τμημάτων του δικτύου (π.χ. σε περιπτώσεις πυρκαγιών, εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης βλαβών). Τα μέσα προστασίας χρησιμοποιούνται για την αυτόματη απομόνωση τμημάτων του δικτύου σε περίπτωση σφάλματος. Λόγω του ότι τα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης είναι εκτεθειμένα, η συχνότητα εμφάνισης σφαλμάτων είναι αυξημένη. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε ποσοστό που υπερβαίνει το 80% του συνόλου, τα σφάλματα είναι παροδικά.



Σχήμα 1.1-3: Αυτόματος διακόπτης ελαίου



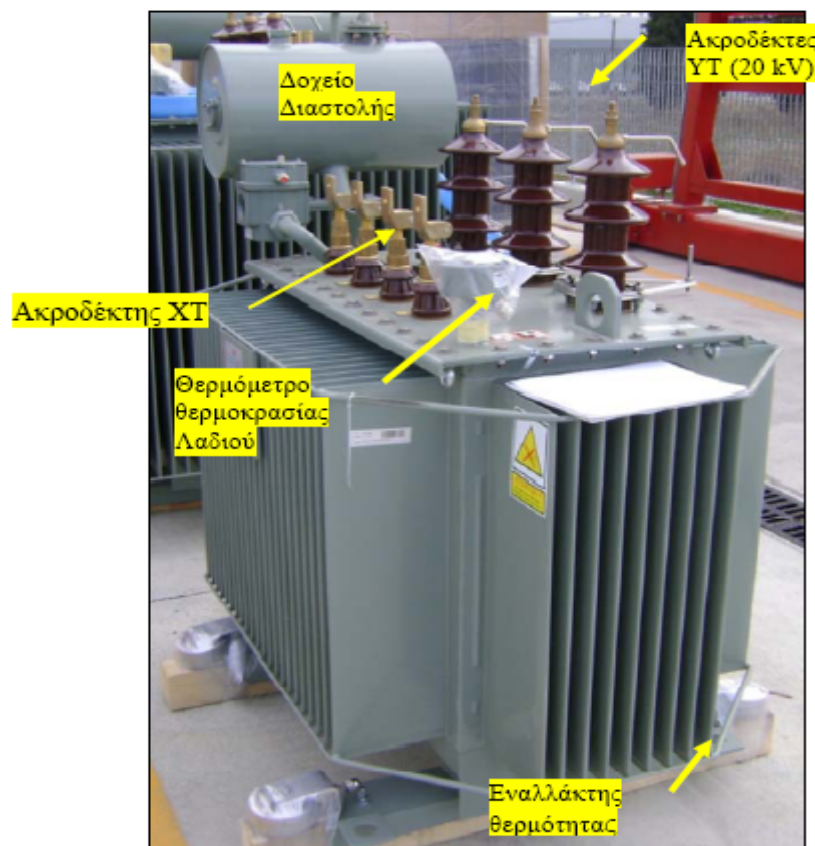
Σχήμα 1.1-4: Τριπολικός αποζεύκτης Μέσης Τάσης



Σχήμα 1.1-5: Τριπολικός γειωτής Μέσης Τάσης

Όταν συμβεί ένα σφάλμα σε μία γραμμή κορμού (π.χ. βραχυκύκλωμα λόγω πτώσης ενός κλαδιού στη γραμμή), τότε ο διακόπτης προστασίας (ΑΔΕ ή ο ΔΑΕ) θα διακόψει αυτομάτως την ηλεκτροδότηση της συγκεκριμένης γραμμής και θα τεθεί αμέσως αυτομάτως στη θέση εντός για να ηλεκτροδοτηθεί η γραμμή και αν υπάρχει ακόμα το σφάλμα θα γίνει και πάλι αυτόματη διακοπή και ακολούθως αυτόματη εκ νέου ηλεκτροδότηση. Αν και κατά την δεύτερη αυτή αυτόματη προσπάθεια του διακόπτη συνεχίζει να υπάρχει το σφάλμα, θα γίνει και μία τρίτη αυτόματη διακοπή και μόνο αν εξακολουθεί να υπάρχει το σφάλμα θα συμβεί πλέον οριστική διακοπή ρεύματος της εν λόγω γραμμής κορμού. Είναι προφανές ότι η προαναφερθείσα σε "τρεις κύκλους λειτουργία" των ΑΔΕ και των ΔΑΕ αποσκοπεί, σε περιπτώσεις εμφάνισης παροδικών σφαλμάτων, τόσο στην προσπάθεια για απρόσκοπτη ηλεκτροδότηση μίας μεγάλης περιοχής, όσο και στην αποφυγή άσκοπων μετακινήσεων συνεργείων. Σημειώνεται ότι η διακοπή της ηλεκτροδότησης σε κάθε κύκλο λειτουργίας των ΑΔΕ και των ΔΑΕ συμβαίνει πάντοτε σε κλάσμα του δευτερολέπτου (σχεδόν ακαριαία διακοπή, π.χ.: 0,15 sec, 0,35 sec, κ.λ.π.), που στην πράξη σημαίνει πως δεν υπάρχει αρκετός διαθέσιμος χρόνος για την εκδήλωση αξιόλογων θερμικών φαινομένων (δεν προκαλείται υπερθέρμανση της γραμμής πάνω από τα ανεκτά όρια, πολύ δε περισσότερο δεν δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από τους αγωγούς).

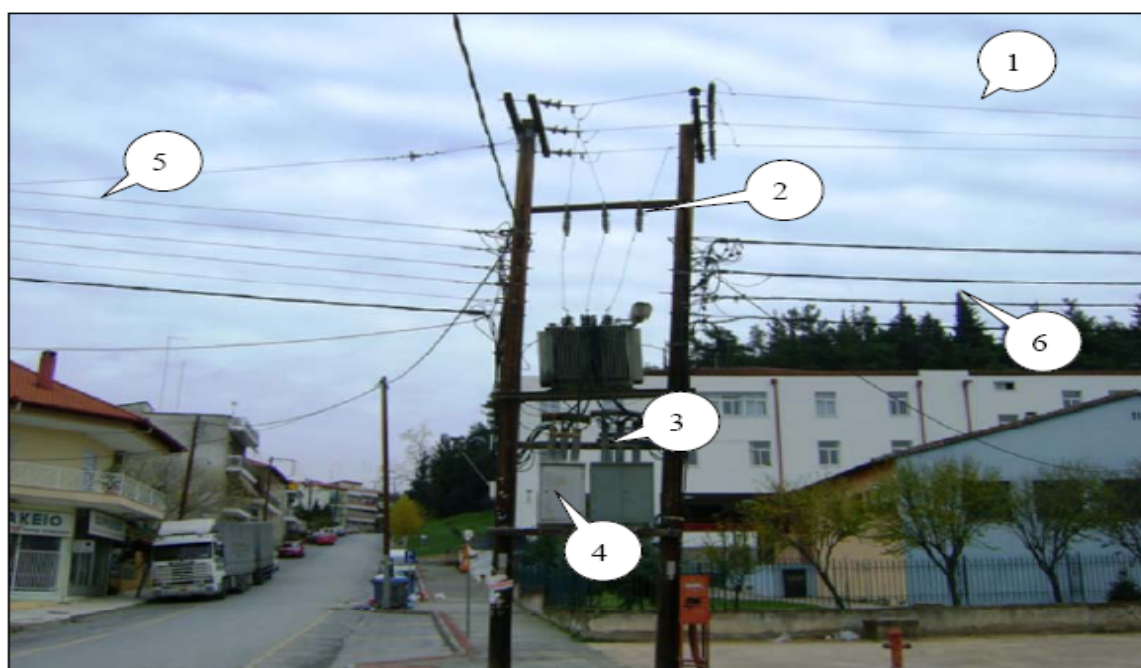
Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1-2, οι γραμμές κορμού μέσω των ΔΑΕ διακλαδίζονται με την σειρά τους σε διάφορες γραμμές που καταλήγουν σε υποσταθμούς υποβιβασμού της μέσης τάσης σε χαμηλή τάση (π.χ 20 kV/400V, 230 V). Οι υποσταθμοί αυτοί διακρίνονται σε υπαίθριους επί στύλων ισχύος μέχρι 400 kVA και σε εσωτερικού χώρου (συνήθως σε υπόγεια πολυκατοικιών) μεγαλύτερης ισχύος από 400 kVA. Στους υπαίθριους υποσταθμούς η γραμμή μέσης τάσης ηλεκτροδοτεί τον μετασχηματιστή (Σχήμα 1.1-6) μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποξευκτών ή τριπολικών αποξευκτών, ενώ στους υποσταθμούς εσωτερικού χώρου η ηλεκτροδότηση του μετασχηματιστή γίνεται μέσω συγκροτήματος πινάκων.



Σχήμα 1.1-6: Τριφασικός Μετασχηματιστής 20 kV / 0,4 kV 400 KVA

Σημειώνεται ότι για λόγους διασύνδεσης ή απομόνωσης γραμμών (σε περιπτώσεις π.χ. πυρκαγιών, εργασιών συντήρησης και εργασιών αποκατάστασης βλαβών) υπάρχουν στις γραμμές μέσης τάσης μονοπολικοί ασφαλειοαποζεύκτες και τριπολικοί αποζεύκτες μη εντασσόμενοι σε υπαίθριους υποσταθμούς.

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 τη σύγχρονη εξέλιξη των γραμμών διανομής χαμηλής τάσης.



Σχήμα 1.1-7: Εναέριος υποσταθμός διανομής

1. Εναέριες γραμμές μέσης τάσης
2. Ασφάλειες μέσης τάσης
3. Καλώδια χαμηλής τάσης
4. Πίνακας χαμηλής τάσης
5. Εναέριες γραμμές χαμηλής τάσης
6. Συνεστραμμένο καλώδιο

Στο Σχ. 1.1-7 φαίνεται ένας εναέριος υποσταθμός διανομής της Δ.Ε.Η πάνω στους στύλους. Στον υποσταθμό υπάρχει ένας μετασχηματιστής 20/0,4 kV που προστατεύεται με ασφάλειες εκτόνωσης στην μέση τάση. Οι εναέριες γραμμές μέσης τάσης (1) καταλήγουν στους στύλους και από εκεί μέσω των ασφαλειών (2) φτάνουν στους ακροδέκτες μέσης τάσης του μετασχηματιστή. Στη συνέχεια ξεκινούν από τους

ακροδέκτες χαμηλής τάσης του μετασχηματιστή, καλώδια χαμηλής τάσης (3) και φτάνουν στα ερμάρια (4). Μέσα στο ερμάριο υπάρχουν μαχαιρωτές ασφάλειες, μία ανά φάση, με εντάσεις 100 A, 125 A και 200 A . Το μέγεθος της ασφάλειας εξαρτάται από τις συνθήκες ουδετέρωσης, το είδος των καταναλωτών χαμηλής τάσης αλλά και από το μήκος του δικτύου χαμηλής τάσης. Μετά από κάθε ασφάλεια ξεκινούν είτε εναέριες γραμμές χαμηλής τάσης (5) είτε συνεστραμμένα καλώδια (6) για να τροφοδοτήσουν τους καταναλωτές.

Με σκοπό την ενημέρωση για τις παροχές χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. δίνονται παρακάτω ως παράδειγμα δύο γενικά μηχανολογικά σχέδια ενός πίνακα χαμηλής τάσης του δικτύου της (σχήματα 1.1-8 & 1.1-9), που αφορούν ένα πίνακα 6 διευθύνσεων (ή 5 αναχωρήσεων), ο οποίος αποτελείται από μία τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών και πέντε τριφασικές αναχωρήσεις. Ο παραπάνω πίνακας είναι εξωτερικού χώρου. Από τις αναχωρήσεις του ξεκινούν οι γραμμές ρευματοδότησης 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, αλλά η ασφαλειοθήκη γεφυρώνεται. Η ύπαρξη της ασφαλειοθήκης στον ουδέτερο είναι Αγγλική τεχνική που στην Ευρωπαϊκή Ένωση εφαρμόζεται μόνο στην Αγγλία και στην Κύπρο.

Ένα απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα πέντε αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων), που διευκολύνει στην κατανόηση της λειτουργίας του, δίνεται στο σχήμα 1.1-10. Όπως φαίνεται από το σχήμα 1.1-10 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).

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.

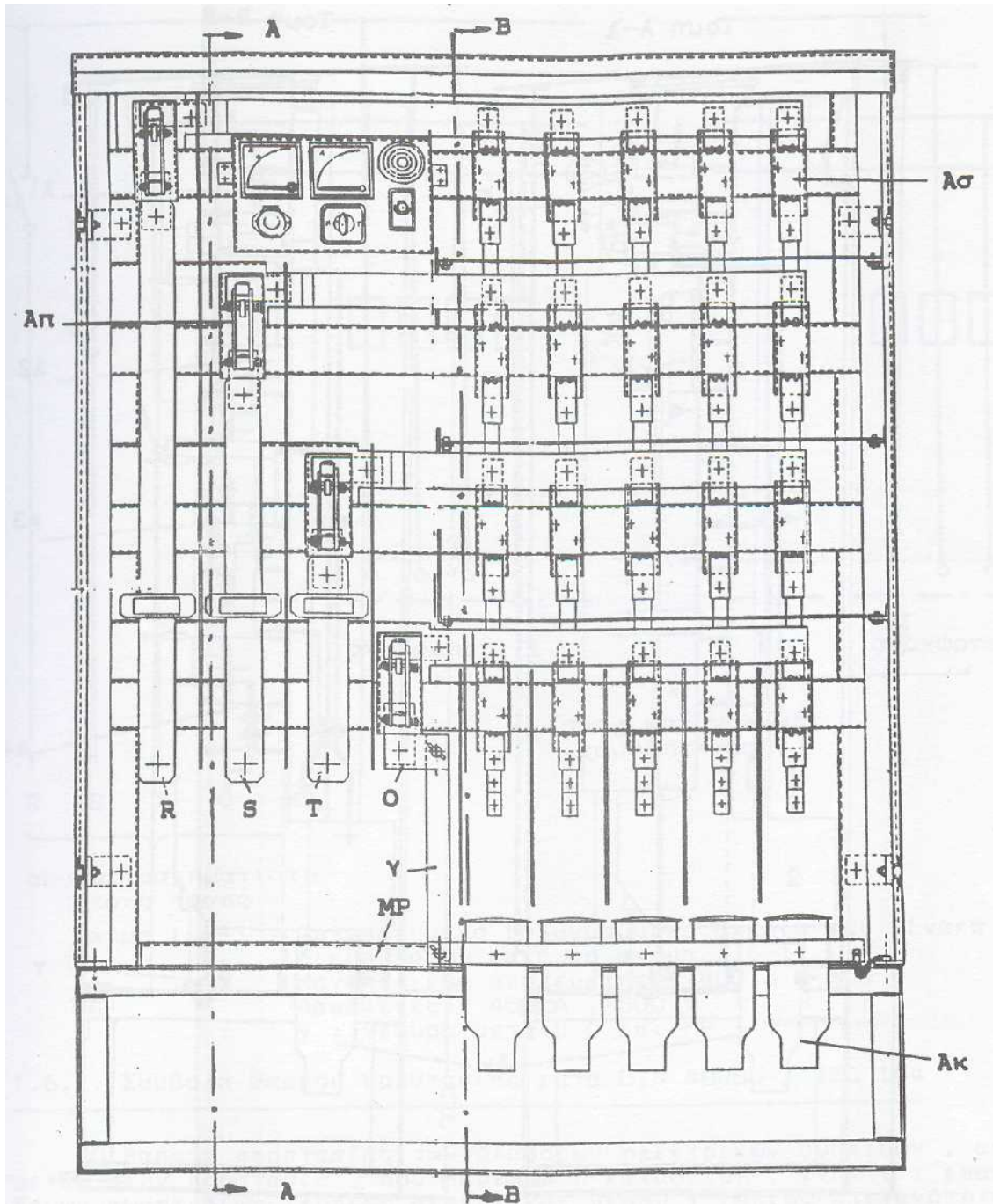
Οι πίνακες χαμηλής τάσης του δικτύου της Δ.Ε.Η. διακρίνονται γενικά σε δύο κατηγορίες:

1) πίνακες με τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών:

α) πίνακες 5 αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων)

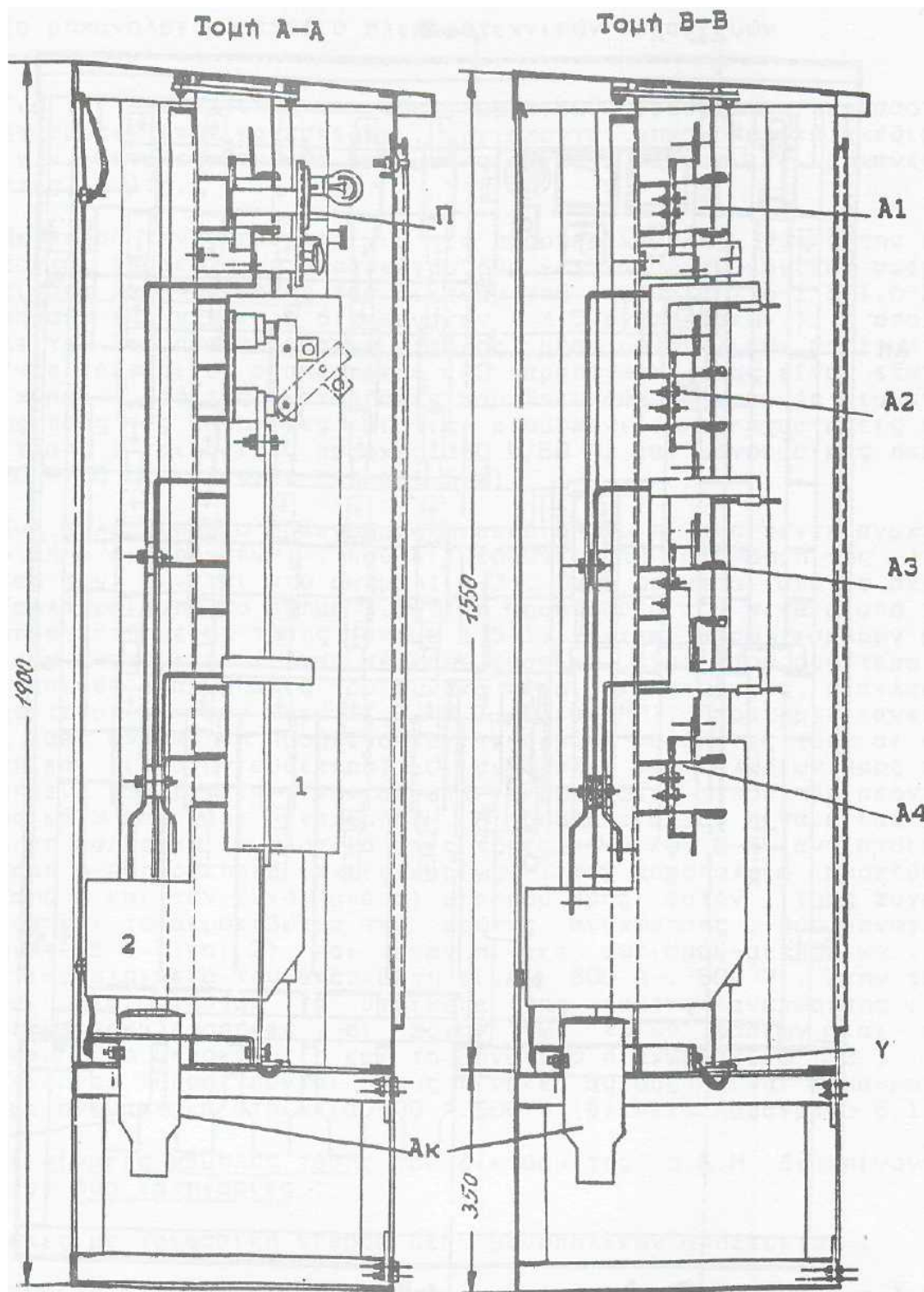
β) πίνακες 8 αναχωρήσεων (ή 9 διευθύνσεων), που είναι εσωτερικού χώρου

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



Σχήμα 1.1-8: Πίνακας 6 διευθύνσεων του δικτύου χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η.
(6 διευθύνσεις: μία είσοδος και πέντε αναχωρήσεις)

R, S, T, O, ΜΡ: ζυγοί φάσεων (R, S & T), ουδετέρου (O) και γείωσης ΜΡ
 Ασ: ασφαλειοθήκη 400Α/500V
 Απ: μονοπολικός αποζεύκτης 800Α/500V
 Ακ: ακροκιβώτιο, γέφυρα μεταξύ O και ΜΡ



Σχήμα 1.1-9: Τομή Α-Α και Τομή Β-Β του πίνακα 6 διευθύνσεων κατά το προηγούμενο σχήμα

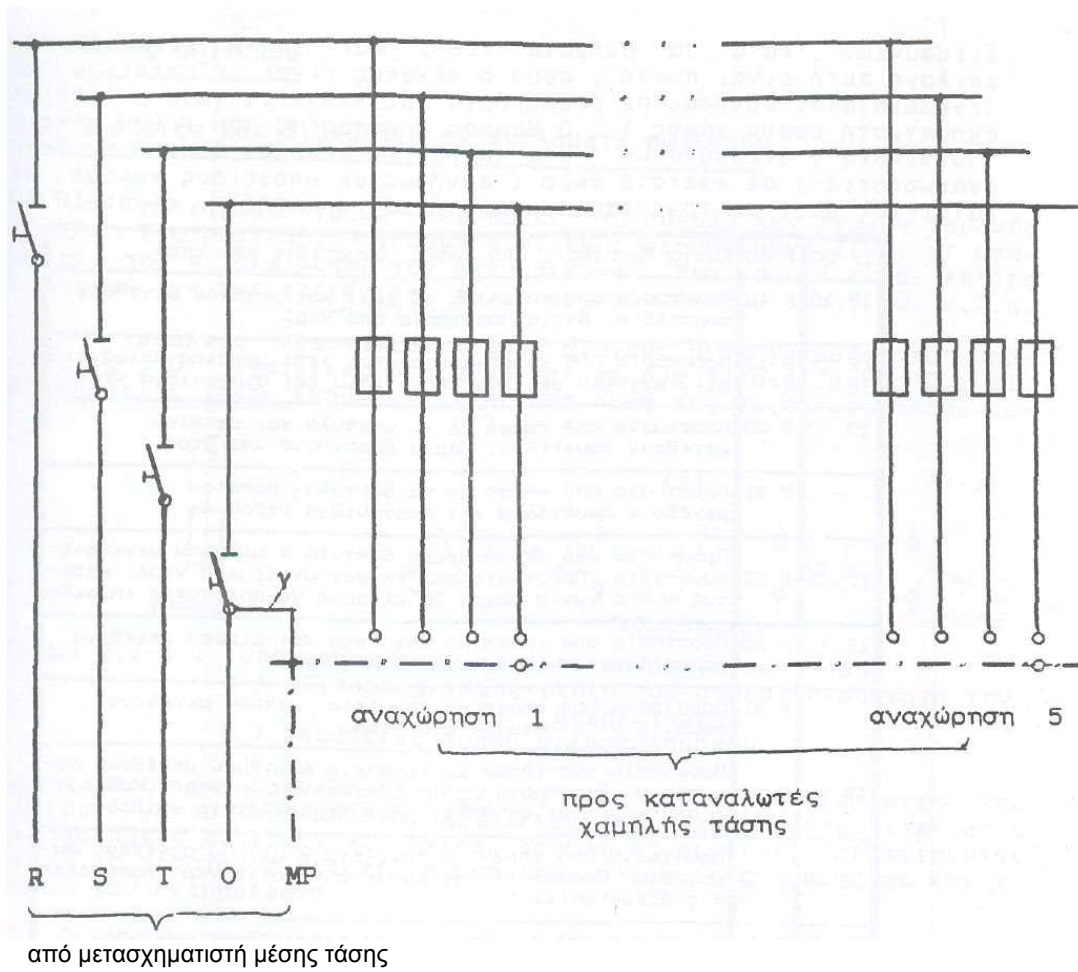
Α1, Α2, Α3 και Α4: ασφαλειοθήκες 400Α/500V

1 και 2: μονωτικά διαχωριστικά

Απ: μονοπολικός αποζεύκτης 800Α/500V

Ακ: ακροκιβώτιο, γ: γέφυρα γείωσης

Π: Πίνακας φωτισμού - μετρήσεων



Σχήμα 1.1-10: Απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα 6 διευθύνσεων

Μονοπολικός απαζεύκτης: 800A/500V

Ασφάλειες: 400A/500V

γ : γέφυρα μεταξύ O και MP

1.2 Συνθήκη ουδετέρωσης – σύνθετες αντιστάσεις M/Σ και γραμμών μεταφοράς

Στον πίνακα 1.2-5 δίνονται οι τιμές των ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης του δικτύου διανομής, ανάλογα με τον μετασχηματιστή και το μήκος της γραμμής. Το μικρότερο μήκος αφορά την γραμμή χωρίς το καλώδιο παροχής (συγκεντρικό καλώδιο 2×6mm² μήκους 30 m) και το μεγαλύτερο μήκος, τη γραμμή με το καλώδιο παροχής. Τα μήκη των γραμμών στους πίνακες προκύπτουν από τη σχέση (1.2-1) η οποία έχει αποδειχθεί θεωρητικά :

$$l \leq \sqrt{\left(\frac{220}{3Z_\gamma I_{N\alpha}}\right)^2 - \left(\frac{R_\gamma X_{MT} - X_\gamma R_{MT}}{Z_\gamma^2}\right)^2} - \left(\frac{R_\gamma R_{MT} + X_\gamma X_{MT}}{Z_\gamma^2}\right) \quad (1.2-1)$$

όπου l: το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος δικτύου σε km, I_{Nα}: η ονομαστική τιμή της ασφάλειας της γραμμής (σε A), η οποία επιλέγεται βάσει του μετασχηματιστή που χρησιμοποιείται κάθε φορά, Z_γ: η σύνθετη αντίσταση της γραμμής (σε Ω/km), R_γ, X_γ: η ωμική και αυτεπαγωγική αντίσταση της γραμμής στη χαμηλή τάση (σε Ω) και R_{MT}, X_{MT}: η ωμική και αυτεπαγωγική αντίσταση του M/Σ στη χαμηλή τάση (σε Ω).

Για τον υπολογισμό της σύνθετης αντίστασης του μετασχηματιστή μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας ισχύουν οι σχέσεις:

$$R_{MT} = u_r \frac{U_2^2}{P_N} \quad (1.2-2)$$

και

$$X_{MT} = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \frac{U_2^2}{P_N} \quad (1.2-3)$$

όπου U₂ η τάση του δευτερεύοντος σε kV (20kV), P_N η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή σε MVA και u_k και u_r οι συνιστώσες της σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης σε επί τοις εκατό (20% και 0,6% αντίστοιχα). Στον πίνακα 1.2-1 δίνονται οι συνήθεις τιμές για τις σύνθετες αντιστάσεις των μετασχηματιστών μέσης τάσης ανάλογα με την ονομαστική τους ισχύ.

P_N [KVA]	15	25	50	75	100	150	200	250	400	500	630	750	1000
R [mΩ]	356	175	75	40	29	18,3	13,4	10,5	5,7	4,5	3,6	3,0	2,2
X [mΩ]	320	228	122	86,8	65,5	44,5	33,5	26,8	17	13,7	10,8	9,1	6,9

Πίνακας 1.2-1 : Αντιστάσεις των συνήθων μεγεθών των μετασχηματιστών μέσης προς χαμηλή τάση (με έντονα γράμματα οι τιμές που χρειάζονται για την συγκεκριμένη εργασία)
 P_N : η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή
 R : η ωμική αντίσταση του μετασχηματιστή
 X : η επαγωγική αντίσταση του μετασχηματιστή

Για τον υπολογισμό της σύνθετης αντίστασης των γραμμών ACSR μέσης τάσης (στο παράδειγμα γραμμή κορμού R_1) ισχύει ο πίνακας 1.2-2. Οι αντιστάσεις των γυμνών αγωγών αλουμινίου και των συνεστραμμένων καλωδίων χαμηλής τάσης δίνονται στον πίνακα 1.2-3.

Γραμμή MT	Πραγματική διατομή σε mm	R σε Ω/km	ωL σε Ω/km
ACSR 3×16	29 (25/4)	1,268	0,422
ACSR 3×35	65 (59/9)	0,576	0,397
ACSR 3×95	175 (150/25)	0,215	0,334
Cu 3×16	16	1,274	0,417
Cu 3×35	35	0,596	0,393
Cu 3×95	95	0,220	0,358

Πίνακας 1.2-2: Αντίσταση γραμμών μέσης τάσης, τύπου ACSR και Cu

R : η ωμική αντίσταση της γραμμής ανά μήκος του αγωγού
 ωL : η επαγωγική αντίσταση της γραμμής ανά μήκος του αγωγού

Είδος γραμμής χαμηλής τάσης	R σε [mΩ/km]	X σε [mΩ/km]
Γυμνοί αγωγοί 4×16 mm ²	1140	330
Γυμνοί αγωγοί 4×35 mm²	533	306
Γυμνοί αγωγοί 4×50 mm ²	381	294
Γυμνοί αγωγοί 4×70 mm ²	277	284
Συνεστραμμένα καλώδια 3×35 mm ² + 54,6 mm ²	888 + 630	443 + 630
Συνεστραμμένα καλώδια 3×70 mm ² + 54,6 mm ²	1127	100

Πίνακας 1.2-3: Αντιστάσεις των γυμνών αγωγών αλουμινίου και των συνεστραμμένων καλωδίων που χρησιμοποιούνται σε γραμμές διανομής χαμηλής τάσης (με έντονα γράμματα οι τιμές που χρειάζονται για την συγκεκριμένη εργασία)

R: η ωμική αντίσταση της γραμμής ανά μήκος του αγωγού

X: η επαγωγική αντίσταση της γραμμής ανά μήκος του αγωγού

Οι διατομές των γυμνών αγωγών που δίνονται στον πίνακα αφορούν ισοδύναμη διατομή χαλκού

Σε περίπτωση που μία γραμμή αποτελείται από γυμνούς αγωγούς διαφορετικών διατομών, τότε το ισοδύναμο μήκος της γραμμής βρίσκεται με μετατροπή των επιμέρους αγωγών σε ένα είδος αγωγού σταθερής διατομής. Για τη μετατροπή α μέτρων αγωγού αντίστασης Z_α (σε Ω/km) σε αντίσταση Z_β (σε Ω/km) ισχύει η σχέση

$$\beta = \alpha (Z_\alpha/Z_\beta) \quad (1.2-4)$$

Στον πίνακα 1.2-4 δίνεται το πηλίκο Z_α/Z_β για γυμνούς αγωγούς και συγκεντρικά καλώδια.

Διατομή γυμνού αγωγού Cu ή ισοδύναμου Al	16 mm² (Z_β=2,570 Ω/km)	35 mm² (Z_β=1,310 Ω/km)	50 mm² (Z_β=0,967 Ω/km)	70 mm² (Z_β=0,797 Ω/km)
16 mm ² (Z _α =2,570 Ω/km)	1,000	1,962	2,658	3,224
35 mm ² (Z _α =1,310 Ω/km)	0,509	1,000	1,355	1,644
50 mm ² (Z _α =0,967 Ω/km)	0,376	0,738	1,000	1,213
70 mm ² (Z _α =0,797 Ω/km)	0,310	0,608	0,824	1,000
Διατομή συγκεντρικού καλωδίου Cu				
6 mm ² (Z _α =7,754 Ω/km)	3,017	5,917	8,020	9,730
10 mm ² (Z _α =4,334 Ω/km)	1,685	3,307	4,482	5,438
16 mm ² (Z _α =2,804 Ω/km)	1,091	2,140	2,900	3,518
25 mm ² (Z _α =1,788 Ω/km)	0,695	1,364	1,850	2,243

Πίνακας 1.2-4: Τιμές Z_α/Z_β για γυμνούς αγωγούς Cu ή ισοδύναμου Al και συγκεντρικά καλώδια

Σημειώνεται ότι όταν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις κατά τους ανωτέρω πίνακες, τότε ισχύει η συνθήκη ουδετέρωσης (ή βραχυκύκλωσης), που σημαίνει ότι κατά το βραχυκύκλωμα συμβαίνει ακαριαία (σε κλάσμα του δευτερολέπτου) τήξη της ασφάλειας, με αποτέλεσμα να θερμαίνονται οι αγωγοί μόνο μερικούς βαθμούς Κελσίου και συνεπώς να μη δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από αυτούς.

Ισχύς P [KVA]	Ασφάλεια $I_{ασφ}$ [A]	Γυμνοί Αγωγοί Al [16 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί Al [35 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί Al [50 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί Al [70 mm ²]	Συνεστραμμένο Καλώδιο Al [3x35+54,6mm ²]	Συνεστραμμένο Καλώδιο Al [3x70+54,6mm ²]
		Μέγιστο 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 30			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

Πίνακας 1.2-5: Τιμές ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η., ανάλογα με την ισχύ του μετασχηματιστή (με έντονα γράμματα οι τιμές που εξετάζονται στη συγκεκριμένη εργασία)
Σημείωση: οι αγωγοί είναι αλουμινίου και η διατομή που δίνεται αφορά ισοδύναμη χαλκού

Ισχύς P [KVA]	Ασφάλεια $I_{ασφ}$ [A]	Γυμνοί Αγωγοί Al [16 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί Al [35 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί Al [50 mm ²]	Γυμνοί Αγωγοί Al [70 mm ²]	Συνεστραμμένο Καλώδιο Al [3x35+54,6mm ²]	Συνεστραμμένο Καλώδιο Al [3x70+54,6mm ²]
		Μέγιστο μήκος γραμμής σε m					
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
250- 400	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
500- 630	200		280 140	370 180	460 240	220 100	310 140
	250		230 80	300 100	360 40		250 80
750- 1000	315			230 40	280 50		
	400				220		
	500						

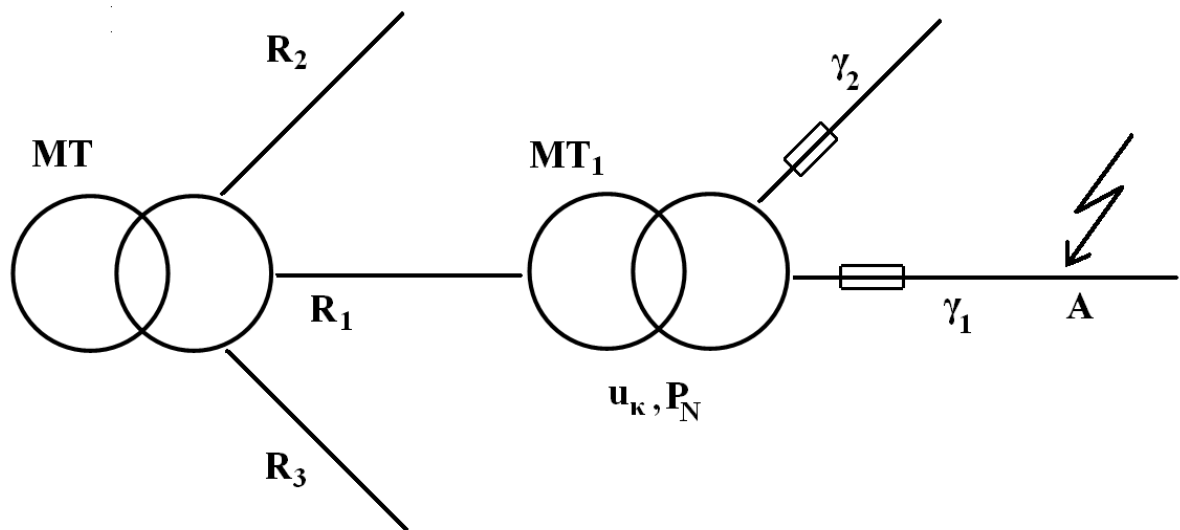
Πίνακας 1.2-5 (συνέχεια): Τιμές ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η., ανάλογα με την ισχύ του μετασχηματιστή
Σημείωση: οι αγωγοί είναι αλουμινίου και η διατομή που δίνεται αφορά ισοδύναμη χαλκού

1.3 Βραχυκύκλωμα

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 τις γεννήτριες και τους μετασχηματιστές. Η μελέτη βραχυκυκλωμάτων αναφέρεται πρώτιστα στον προσδιορισμό των ρευμάτων βραχυκύκλωσης, που ενδιαφέρουν τα μέσα διακοπής και προστασίας. Συγκεκριμένα η ικανότητα διακοπής των διακοπών αναφέρεται στη δυσμενέστερη περίπτωση βραχυκυκλώματος, ενώ η αποτελεσματικότητα του συστήματος προστασίας σχετίζεται με το μέγεθος και τη φορά κατεύθυνσης των ρευμάτων βραχυκύκλωσης.

1.3.1 Το βραχυκύκλωμα σε γραμμές διανομής χαμηλής τάσης

Ο υπολογισμός των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων διανομής χαμηλής τάσης βασίζεται στην καταπόνησή τους υπό βραχυκύκλωμα. Αν θεωρηθεί ότι εκδηλώνεται τριφασικό βραχυκύκλωμα στο σημείο Α της γραμμής χαμηλής τάσης του σχήματος 1.3-1 τότε η συνολική ισχύς του δικτύου θα οδεύσει προς το σημείο αυτό. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι η τιμή του ρεύματος στο σημείο Α. Η τιμή αυτή εξαρτάται από την ισχύ του δικτύου μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.



Σχήμα 1.3-1: Απλοποιημένο παράδειγμα τριφασικού βραχυκυκλώματος
 MT: μετασχηματιστής μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. 150kV/20kV) με σχετική τάση βραχυκύκλωσης u_k περίπου 20% για το φανταστικό μέρος και σχετική τάση βραχυκύκλωσης $u_r=0,6\%$ για το πραγματικό μέρος
 R_1, R_2 και R_3 : γραμμές κορμού μέσης τάσης
 MT₁: μετασχηματιστής διανομής ονομαστικής ισχύος P_N σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης u_k περίπου 4%
 γ_1 : 1^η γραμμή χαμηλής τάσης
 γ_2 : 2^η γραμμή χαμηλής τάσης

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3-2, το ρεύμα βραχυκύκλωσης εμφανίζεται αρχικά ως ασύμμετρο και κατόπιν ως συμμετρικό. Το ασύμμετρο τμήμα περιλαμβάνει το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sw}) και το συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_g). Το συμμετρικό τμήμα βραχυκύκλωσης αποτελείται από το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_d). Η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_s) ονομάζεται κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης. Για τις παραπάνω τιμές του ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_s) ισχύουν οι σχέσεις:

$$I_s = \kappa \sqrt{2} I_{sw} \quad (1.3-1)$$

$$I_{sw} = \frac{1,1U_N}{\sqrt{3} \sqrt{R_{ολ}^2 + X_{ολ}^2}} \quad (1.3-2)$$

όπου κ ένας συντελεστής η τιμή του οποίου δίνεται στον πίνακα 1.3-1 και είναι $\kappa = f(R_{ολ} + X_{ολ})$, U_N η ονομαστική τάση στη θέση βραχυκύκλωσης, $R_{ολ}$ η ολική ωμική αντίσταση μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης και $X_{ολ}$ η ολική επαγωγική αντίδραση μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.

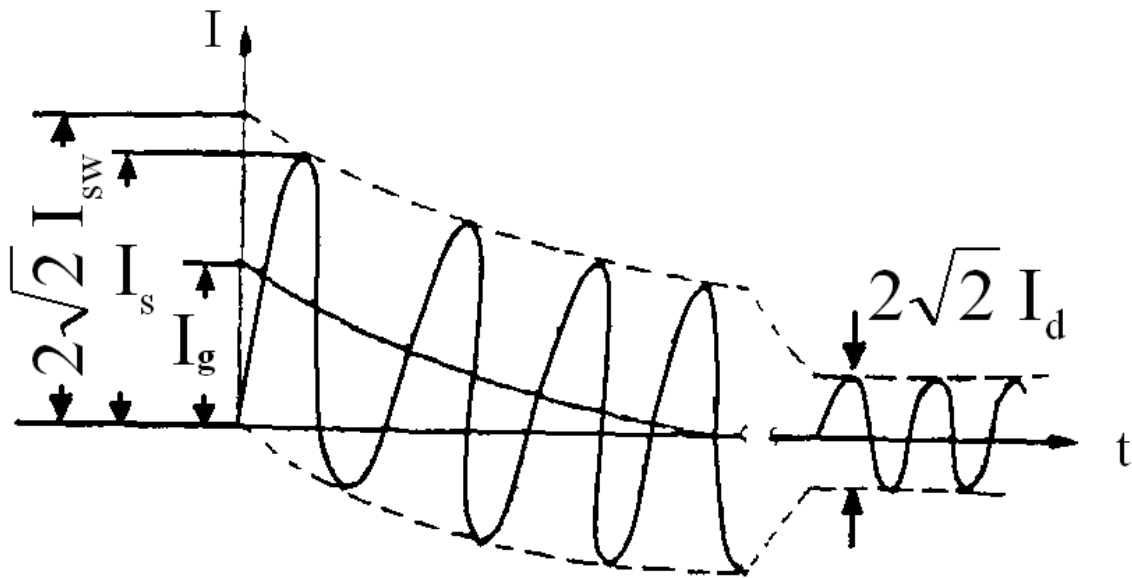
$$\text{και } I_d = \mu_d I_{sw} \quad (1.3-3)$$

όπου μ_d ένας συντελεστής κατά τον πίνακα 1.3-2: $\mu_d = f(I_{sw}/I_G)$

I_G είναι το ονομαστικό ρεύμα της πηγής (των γεννητριών).

Η συνισταμένη των $R_{o\lambda}$ και $X_{o\lambda}$ στη σχέση (1.3-2) είναι η ολική σύνθετη αντίσταση ($Z_{o\lambda}$) της διαδρομής βραχυκύκλωσης:

$$Z_{o\lambda}^2 = R_{o\lambda}^2 + X_{o\lambda}^2 \quad (1.3-4)$$



Σχήμα 1.3-2: Μορφή του ρεύματος κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα

- | | | |
|----------|---|-----------------------------------|
| I_s | : | κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης |
| I_{sw} | : | εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης |
| I_d | : | διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης |
| I_g | : | συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης |

$R_{o\lambda}/X_{o\lambda}$	κ
0,00	1,800
0,05	1,680
0,10	1,590
0,15	1,500
0,20	1,440
0,25	1,380
0,30	1,330
0,35	1,290
0,40	1,250
0,45	1,220
0,50	1,190
0,55	1,170
0,60	1,140
0,65	1,120
0,70	1,110
0,75	1,100
0,80	1,095
0,85	1,090
0,90	1,080
0,95	1,075
1,00	1,070
1,05	1,065
1,10	1,060
1,15	1,055
1,20	1,050

Πίνακας 1.3-1: $\kappa = f(R_{o\lambda} + X_{o\lambda})$

I_{sw}/I_G	μ_d για $\cos\phi=0,8$
0,1	1,00
0,2	0,97
0,3	0,96
0,4	0,93
0,5	0,90
0,6	0,89
0,7	0,87
0,8	0,85
0,9	0,82
1,0	0,80
1,6	0,70
2,0	0,67
3,0	0,58
4,0	0,52
5,0	0,49
6,0	0,44
7,0	0,41
8,0	0,40
9,0	0,39
10,0	0,35

Πίνακας 1.3-2: $\mu_d = f(I_{sw}/I_G)$

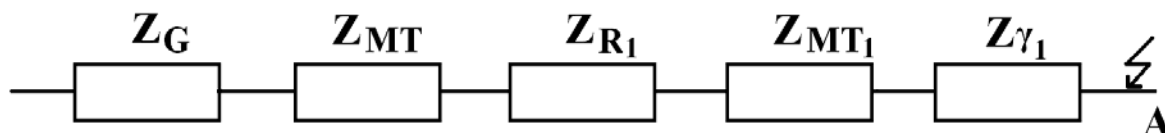
Στο σχήμα 1.3-3 δίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα όλων των αντιστάσεων της διαδρομής βραχυκύκλωσης κατά το σχήμα 1.3-1. Η μελέτη αντοχής σε τριφασικό βραχυκύκλωμα περιλαμβάνει:

- 1) τον υπολογισμό της συνολικής σύνθετης αντίστασης ($Z_{ολ}$)
- 2) τον υπολογισμό των ρευμάτων I_{sw} , I_s και I_d .

Η σύνθετη αντίσταση της γεννήτριας δίνεται από τη σχέση:

$$Z_G \approx \varepsilon \frac{U_G^2}{P_G} \quad (1.3-5)$$

όπου: ε η σχετική τάση διασποράς, U_G η παραγόμενη τάση και P_G η ονομαστική ισχύς της γεννήτριας



Σχήμα 1.3-3: Ισοδύναμο κύκλωμα των σύνθετων αντιστάσεων του δικτύου κατά το σχήμα.

Z_G : σύνθετη αντίσταση της γεννήτριας

Z_{MT} : σύνθετη αντίσταση του μετασχηματιστή μεταφοράς

Z_{R1} : σύνθετη αντίσταση της γραμμής μέσης τάσης

Z_{MT1} : σύνθετη αντίσταση του μετασχηματιστή διανομής

$Z_{\gamma 1}$: σύνθετη αντίσταση της γραμμής χαμηλής τάσης μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης A

Για τον υπολογισμό της σύνθετης αντίστασης των γραμμών ACSR μέσης τάσης (στο παράδειγμα γραμμή κορμού R_1) ισχύει ο πίνακας 1.2-2 ενώ αντίστοιχα για τις γραμμές χαμηλής τάσης ο πίνακας 1.2-3. Οι αντιστάσεις των συνήθων μεγεθών μετασχηματιστών διανομής δίνονται στον πίνακα 1.2-1.

Ο χρόνος του βραχυκυκλώματος είναι πάντοτε μικρότερος του 1 sec. Στην περίπτωση των αυτόματων διακοπών και των διακοπών αυτόματης επαναφοράς του δικτύου διανομής μέσης τάσης πρόκειται για κλάσμα του δευτερολέπτου, ενώ οι ασφάλειες χαμηλής τάσης στα ασφαλειοκιβώτια των υποσταθμών θεωρείται ότι διακόπτουν λόγω της συνθήκης ουδετέρωσης το βραχυκύκλωμα πρακτικά ακαριαία. Συνεπώς δεδομένης της συνθήκης ουδετέρωσης και της σωστής λειτουργίας των διακοπών και ασφαλειών το βραχυκύκλωμα δεν είναι επικίνδυνο για ηλεκτροπληξία ή πυρκαγιά σε αντίθεση με την διαρροή ρεύματος όπως θα φανεί στα κεφάλαια 4 και 5.

1.4 Γενικά για την πυρκαγιά

Οι πυρκαγιές αρχίζουν συνήθως από μία μικρή εστία όταν συνυπάρχουν οι παρακάτω 4 παράγοντες:

- 1) η καύσιμη ύλη,
- 2) η θερμότητα ικανή να διατηρήσει υψηλή θερμοκρασία (τη θερμοκρασία ανάφλεξης που εξαρτάται από το είδος της καύσιμης ύλης – βλ. πίνακα 1.4-1)
- 3) το οξυγόνο (ή γενικότερα ένα οξειδωτικό μέσο) το οποίο είναι σε ποσοστό 21% κατ' όγκο στον ατμοσφαιρικό αέρα,
- 4) η διαδικασία αυτοσυντήρησης της φωτιάς

Η πυρκαγιά από αυτανάφλεξη (που συνήθως εκδηλώνεται σε σκουπιδότοπους), οφείλεται στη δημιουργία ενός μίγματος με την αυτόματη αναπήδηση φλόγας και φωτιάς.

Υλικό	Θερμοκρασία ανάφλεξης (°C)	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης(°C)
άχυρα	175	-
βαμβάκι	230-266	254
εφημερίδες	185	-
χαρτί	230	-
μαλλί	200	-
πευκόξυλο	228-264	260
PVC	391	454

Πίνακας 1.4-1: Θερμοκρασία ανάφλεξης και αυτανάφλεξης ορισμένων στερεών υλικών που αποτελούν συνήθως καύσιμη ύλη σε πυρκαγιές υπαίθρου

Πολλές φορές υπό περιορισμένη ποσότητα οξυγόνου μπορεί να υπάρξει καύση χωρίς ύπαρξη φλόγας που ονομάζεται αργή καύση και εμφανίζεται όταν μία στερεά επιφάνεια υφίσταται ταυτόχρονα πυράκτωση και αποτέφρωση. Αυτή η πυράκτωση είναι μία ένδειξη ότι η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 1000°C. Περιπτώσεις αργής καύσης είναι η καύση στο τσιγάρο ή η καύση των κάρβουνων. Αλλάζοντας τις συνθήκες καύσης αυξάνοντας τη ροή αέρα (άρα και του οξυγόνου στην καιγόμενη επιφάνεια), μπορεί η αργή καύση να μετατραπεί σε φλεγόμενη καύση με ύπαρξη φλόγας, όπως συμβαίνει για παράδειγμα φυσώντας τα χωρίς φλόγα καρβουνιασμένα ξύλα μέσα σε ένα τζάκι. Οι φωτιές μπορούν να σβήσουν με την απομάκρυνση ενός από τα 4 απαραίτητα στοιχεία για την ύπαρξή της, δηλαδή την καύσιμη ύλη ή το οξυγόνο ή την θερμότητα ή την αυτοσυντήρηση της φωτιάς. Η πυρόσβεση με νερό προκαλεί την ελάττωση της θερμότητας ενώ με διοξείδιο του άνθρακα τη μείωση της ποσότητας οξυγόνου. Η μείωση του οξυγόνου στο περιβάλλον της πυρκαγιάς μπορεί να προκαλέσει αίσθηση πνιγμονής, ασφυξία και τελικά το θάνατο. Πολύ μεγάλος είναι ο κίνδυνος από το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) που συνυπάρχει στα καυσαέρια. Ένα ποσοστό του στον ατμοσφαιρικό αέρα 1% έως 1,3% κατ' όγκο προκαλεί το θάνατο. Από το διοξείδιο του άνθρακα μπορούν να προκληθούν σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα (σε ποσοστό μέχρι 5%), ενώ σε ποσοστό 10% σε συνδυασμό με την έλλειψη οξυγόνου μπορεί να προκληθεί απώλεια των αισθήσεων ακόμα και ο θάνατος.

2. Σκοπός της Εργασίας

Η σωστή επιλογή των ασφαλειών με βάση τη συνθήκη ουδετέρωσης εξασφαλίζει την ακαριαία τήξη τους σε κάθε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις όπου δεν συμβαίνει βραχυκύκλωμα, όπως η αποκοπή αγωγού προς γη. Οι συνηθέστεροι λόγοι που προκαλούν αποκοπή αγωγού είναι τα κνηγετικά σκάγια ή η πτώση κάποιου δένδρου στους αγωγούς. Στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει διαρροή ρεύματος προς την γη, το οποίο μπορεί να είναι μικρό για να προκαλέσει άμεση τήξη των ασφαλειών, μπορεί όμως να είναι επαρκές ώστε να προκαλέσει είτε θανατηφόρα ατυχήματα, είτε πυρκαγιά.

Για να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει η αποκοπή του αγωγού θα υπολογιστούν θεωρητικά τα ρεύματα διαρροής καθώς και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μετά την πτώση του αγωγού.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να εξετασθεί αν οι τιμές των ρευμάτων αυτών είναι τέτοιες ώστε αφενός να μπορούν να προκαλέσουν θανατηφόρο ατύχημα και αφετέρου αν οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι τέτοιες, ώστε κατά την πτώση του αγωγού στο έδαφος να είναι πιθανή η πρόκληση πυρκαγιάς. Θα εξεταστεί η περίπτωση ρευμάτων διαρροής που προκαλούνται από πτώση αγωγού αλουμινίου 35 mm² στο έδαφος που ηλεκτροδοτείται από υποσταθμό μέσης τάσης 75 kVA.

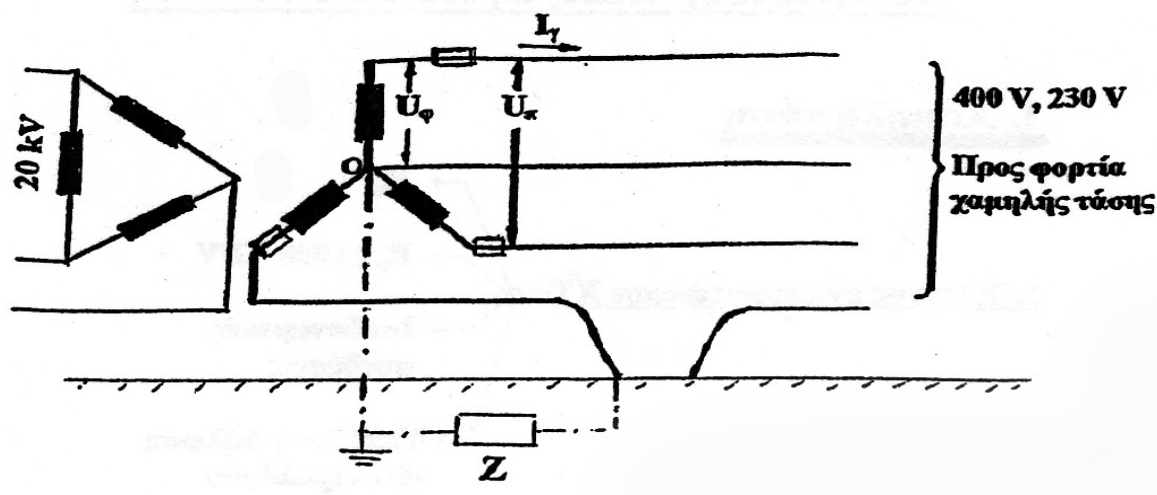
Θα εξεταστεί επίσης η περίπτωση της αποκοπής ουδετέρου με γείωσή του στους καταναλωτές (προ του μετρητή), καθώς και αυτή της αποκοπής ουδετέρου χωρίς γείωσή του στους καταναλωτές.

Τέλος θα γίνει προσπάθεια να προταθούν τυχόν τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος.

3. Μέθοδος υπολογισμού ρευμάτων διαρροής και θερμοκρασιών στο έδαφος

3.1 Υπολογισμός Ρεύματος Διαρροής

Κατά την αποκοπή του αγωγού και την πτώση του στο έδαφος όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1-1, το ρεύμα ρέει μέσω της συνολικής αντίστασης Z και δίνεται από τη σχέση 3.1-1:



Σχήμα 3.1-1: Αποκοπή αγωγού με πτώση στο έδαφος και ροή ρεύματος μέσω της αντίστασης Z .

$$I = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{(R_{\gamma\rho} + R_{\mu\sigma} + R_{\delta} + R_T + R_{\gamma\sigma})^2 + (X_{\gamma\rho} + X_{\mu\sigma})^2}} \quad (3.1-1)$$

όπου:

U_{ϕ} : Η φασική τάση $U_{\phi} = 400/\sqrt{3}$

$R_{\gamma\rho}, X_{\gamma\rho}$: Οι αντιστάσεις της γραμμής μέχρι τη θέση βραχυκύκλωσης.

$R_{\mu\sigma}, X_{\mu\sigma}$: Οι αντιστάσεις του μετασχηματιστή μεταφοράς.

R_{δ} : Η αντίσταση διάβασης.

R_T : Η αντίσταση τόξου.

$R_{\gamma\eta\varsigma}$: Η αντίσταση γης.

Αντίσταση διάβασης είναι η αντίσταση που δημιουργείται από την επαφή του αγωγού με το έδαφος (πέτρα, ξύλο, χόρτα κ.λ.π ακριβώς στο σημείο επαφής).

Όσον αφορά την αντίσταση γης ($R_{\gamma\eta\varsigma}$) γνωρίζουμε ότι για κοντινές αποστάσεις και γειωμένο κόμβο είναι: $R_{\gamma\eta\varsigma} \ll R_{\delta}$. Επίσης, επειδή στη χαμηλή τάση δεν συμβαίνει κατά το νόμο του Paschen διάσπαση του αέρα (δεν εκδηλώνεται δηλαδή τόξο) μπορεί να θεωρηθεί $R_T = 0$.

Οι αντιστάσεις της γραμμής μέχρι τη θέση βραχυκύκλωσης ($R_{\gamma\rho}$, $X_{\gamma\rho}$) , δίνονται στον πίνακα 1.2-3. Για αγωγούς Al 35 mm² (με έντονα γράμματα στον πίνακα) είναι $R_{\gamma\rho} = 533 \text{ m}\Omega / \text{km}$ και $X_{\gamma\rho} = 306 \text{ m}\Omega / \text{km}$.

Οι αντιστάσεις του μετασχηματιστή μεταφοράς ($R_{M\Sigma}$, $X_{M\Sigma}$), δίνονται στον πίνακα 1.2-1. Για μετασχηματιστή 75 kVA (με έντονα γράμματα στον πίνακα) είναι $R_{M\Sigma} = 40 \text{ m}\Omega$ και $X_{M\Sigma} = 86,8 \text{ m}\Omega$.

Οι ασφάλειες στον μετασχηματιστή και τα αντίστοιχα μέγιστα μήκη γραμμών που επιβάλλονται από την συνθήκη ουδετέρωσης δίνονται από τον πίνακα 1.2-5. Για μετασχηματιστή 75 KVA (με έντονα γράμματα στον πίνακα) είναι:

Αφάλεια 63 A → μέγιστο μήκος 870 m

Αφάλεια 80 A → μέγιστο μήκος 670 m

Αφάλεια 100 A → μέγιστο μήκος 530 m

Αφάλεια 125 A → μέγιστο μήκος 410 m

Από τη σχέση υπολογισμού του ρεύματος διαροής (3.1-1) γίνεται αντιληπτό ότι το ρεύμα είναι συνάρτηση δύο μεταβλητών : του μήκους L της γραμμής (που καθορίζει την $R_{\gamma\rho}$ και $X_{\gamma\rho}$) και της αντίστασης $R_{\gamma\eta\varsigma} + R_{\delta} = R$

Οι υπολογισμοί γίνονται από αρχικό μήκος της γραμμής ίσο με το μηδέν (L = 0) και μέχρι το μέγιστο μήκος με βήμα 20 μέτρα. Όσον αφορά το άθροισμα των

αντιστάσεων διάβασης και γης επειδή αυτό είναι σε άμεση εξάρτηση με το είδος του εδάφους (πίνακας 3.1-1) θεωρούνται οι παρακάτω τιμές:

$R_{\delta} + R_{\gamma\eta\varsigma} = 0, 1, 2, 10, 20, 30, 100, 200, 500, 1000, 2000$ και 3000Ω .

Είδος εδάφους	Αντίσταση σε Ω/m^3
Πετρώδες έδαφος	3000
Στεγνή άμμος ή χαλίκι	1000
Υγρό χαλίκι	500
Υγρή άμμος	200
Χώμα αγρού	100
Βαλτώδες έδαφος	30

Πίνακας 3.1-1: Αντίσταση για διάφορα είδη εδάφους

3.2 Υπολογισμός της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο τμήμα του αγωγού που είναι στο έδαφος

Στο θερμό τμήμα του αγωγού, μάζας m , στη θέση αποκοπής επί της επιφάνειας της γης ισχύει η θερμοδυναμική σχέση:

$$m \cdot c \cdot (d\Delta\theta / dt) + P_{\alpha} = 0 \quad (3.2-1)$$

όπου $m \cdot c \cdot (d\Delta\theta / dt)$ 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).

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

$$P_{\alpha} = K \cdot B \cdot \Delta\theta \quad (3.2-2)$$

όπου K ο συντελεστής ειδικής θερμοχωρητικότητας.

Στην περίπτωση που έχει πέσει στο έδαφος το τμήμα του αγωγού στη πλευρά του καταναλωτή τότε με βάση τις δοκιμές υπερθέρμανσης που θα πρέπει να έχουν

υποστεί οι αγωγοί για το ονομαστικό τους ρεύμα, η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας με το περιβάλλον που αναπτύσσεται είναι $\Delta\theta = 55^{\circ}\text{C}$. Δηλαδή στην ακραία περίπτωση που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι 40°C μπορεί να αναπτυχθεί θερμοκρασία 95°C στο τμήμα του αγωγού και συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος για εκδήλωση πυρκαγιάς.

Όταν έχει πέσει στο έδαφος το τμήμα του αγωγού προς τον υποσταθμό τότε ισχύει περίπου:

$$m \cdot c \cdot (d\Delta\theta / dt) \approx I^2 \cdot R_{\delta} \quad (3.2-3)$$

όπου I το ρεύμα διαρροής που υπολογίζεται από τη σχέση (3.1-1) και R_{δ} η αντίσταση διάβασης. Από τις σχέσεις (3.2-1), (3.2-2) και (3.2-3) προκύπτει

$$K \cdot B \cdot \Delta\theta \approx I^2 \cdot R_{\delta} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{I^2 \cdot R_{\delta}}{K \cdot B} \quad (3.2-4)$$

Θεωρώντας A τη διατομή του αγωγού με $A = \pi r^2$ και επειδή $B = (2\pi\rho) \cdot \lambda$ όπου ρ η ακτίνα του αγωγού και λ το μήκος του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, (θεωρείται μέγιστο μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος $\lambda = 40$ m λόγω απόστασης 50 μέτρων μεταξύ των στύλων και ύψους 10 m του κάθε στύλου) προκύπτει:

$$B \approx 3,545 \cdot \lambda \cdot \sqrt{A} \quad (3.2-5)$$

Για το συγκεκριμένο πρόβλημα έχουμε από πίνακες $K = 7 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ και $A = 35 \text{ mm}^2$ οπότε από (3.2-4) και (3.2-5) ισχύει:

$$\Delta\theta = \frac{I^2 R_{\delta}}{24,8 \cdot \lambda \cdot \sqrt{A}} \quad (3.2-6)$$

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία από μετρήσεις στην Γερμανία έχουν βρεθεί τιμές για την $R = R_{\delta} + R_{\gamma\eta\varsigma}$ μεταξύ 20Ω και 400Ω . Για το λόγο αυτό ως ελάχιστη τιμή θεωρείται η τιμή 20Ω και λόγω του πετρώδους που συχνά εμφανίζει το ελληνικό έδαφος, παίρνουμε μέγιστη τιμή την $R = 3000 \Omega$.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρατίθενται οι πίνακες των αποτελεσμάτων για τα ρεύματα διαρροής και τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται, καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα.

4. Αποτελέσματα Ρευμάτων Διαρροής και Θερμοκρασιών

4.1 Ασφάλεια 63 A

Στον πίνακα 4.1-1 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής για ασφάλεια μετασχηματιστή 63 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 870$ m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2 και 10 Ω.

			R = 0 Ω	R = 1 Ω	R = 2 Ω	R = 10 Ω
L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0.000	0.000	2406.53	220.39	112.64	22.91
20	0.011	0.006	2173.24	218.06	112.04	22.88
40	0.021	0.012	1974.48	215.77	111.45	22.86
60	0.032	0.018	1804.84	213.53	110.86	22.83
80	0.043	0.024	1659.34	211.33	110.28	22.81
100	0.053	0.031	1533.75	209.17	109.70	22.79
120	0.064	0.037	1424.62	207.05	109.13	22.76
140	0.075	0.043	1329.14	204.97	108.56	22.74
160	0.085	0.049	1245.05	202.92	108.00	22.71
180	0.096	0.055	1170.52	200.91	107.44	22.69
200	0.107	0.061	1104.09	198.94	106.89	22.67
220	0.117	0.067	1044.55	197.01	106.35	22.64
240	0.128	0.073	990.92	195.10	105.80	22.62
260	0.139	0.080	942.38	193.23	105.27	22.59
280	0.149	0.086	898.27	191.40	104.73	22.57
300	0.160	0.092	858.01	189.59	104.21	22.55
320	0.171	0.098	821.13	187.82	103.68	22.52
340	0.181	0.104	787.24	186.08	103.17	22.50
360	0.192	0.110	755.98	184.36	102.65	22.47
380	0.203	0.116	727.08	182.68	102.14	22.45
400	0.213	0.122	700.27	181.03	101.64	22.43
420	0.224	0.129	675.35	179.40	101.14	22.40
440	0.235	0.135	652.11	177.80	100.64	22.38
460	0.245	0.141	630.41	176.22	100.15	22.36
480	0.256	0.147	610.08	174.67	99.67	22.33
500	0.267	0.153	591.02	173.15	99.18	22.31
520	0.277	0.159	573.09	171.65	98.71	22.29
540	0.288	0.165	556.21	170.18	98.23	22.26

560	0.298	0.171	540.29	168.73	97.76	22.24
580	0.309	0.177	525.25	167.30	97.29	22.22
600	0.320	0.184	511.02	165.89	96.83	22.19
620	0.330	0.190	497.53	164.51	96.37	22.17
640	0.341	0.196	484.73	163.15	95.92	22.15
660	0.352	0.202	472.57	161.81	95.47	22.12
680	0.362	0.208	461.00	160.49	95.02	22.10
700	0.373	0.214	449.98	159.19	94.58	22.08
720	0.384	0.220	439.48	157.91	94.14	22.06
740	0.394	0.226	429.45	156.65	93.71	22.03
760	0.405	0.233	419.86	155.41	93.27	22.01
780	0.416	0.239	410.69	154.19	92.85	21.99
800	0.426	0.245	401.91	152.98	92.42	21.96
820	0.437	0.251	393.50	151.80	92.00	21.94
840	0.448	0.257	385.43	150.63	91.58	21.92
860	0.458	0.263	377.68	149.48	91.17	21.90
870	0.464	0.266	373.92	148.91	90.96	21.88

Πίνακας 4.1-1: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για $R = 0,1,2$ και 10Ω για την ασφάλεια 63 Α.

L : Μήκος αγωγού Al 35 mm^2 μέχρι το σημείο αποκοπής του
 $R_{\gamma\rho}, X_{\gamma\rho}$: Αντιστάσεις της γραμμής μέχρι την θέση βραχυκύκλωσης
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.1-2 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής, για ασφάλεια μετασχηματιστή 63 Α (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 870 \text{ m}$) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω .

			R = 20 Ω	R = 30 Ω	R = 100 Ω	R = 200 Ω
L (m)	R _{γp} (Ω)	X _{γp} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0	0	11.477	7.656	2.299	1.150
20	0.01066	0.00612	11.471	7.654	2.299	1.150
40	0.02132	0.01224	11.465	7.651	2.299	1.150
60	0.03198	0.01836	11.459	7.648	2.298	1.150
80	0.04264	0.02448	11.453	7.646	2.298	1.150
100	0.0533	0.0306	11.446	7.643	2.298	1.149
120	0.06396	0.03672	11.440	7.640	2.298	1.149
140	0.07462	0.04284	11.434	7.637	2.297	1.149
160	0.08528	0.04896	11.428	7.635	2.297	1.149
180	0.09594	0.05508	11.422	7.632	2.297	1.149
200	0.1066	0.0612	11.416	7.629	2.297	1.149
220	0.11726	0.06732	11.410	7.627	2.296	1.149
240	0.12792	0.07344	11.404	7.624	2.296	1.149
260	0.13858	0.07956	11.398	7.621	2.296	1.149
280	0.14924	0.08568	11.392	7.618	2.296	1.149
300	0.1599	0.0918	11.386	7.616	2.295	1.149
320	0.17056	0.09792	11.380	7.613	2.295	1.149
340	0.18122	0.10404	11.374	7.610	2.295	1.149
360	0.19188	0.11016	11.368	7.608	2.295	1.149
380	0.20254	0.11628	11.362	7.605	2.294	1.149
400	0.2132	0.1224	11.356	7.602	2.294	1.149
420	0.22386	0.12852	11.350	7.600	2.294	1.148
440	0.23452	0.13464	11.344	7.597	2.294	1.148
460	0.24518	0.14076	11.338	7.594	2.293	1.148
480	0.25584	0.14688	11.332	7.592	2.293	1.148
500	0.2665	0.153	11.326	7.589	2.293	1.148
520	0.27716	0.15912	11.320	7.586	2.293	1.148
540	0.28782	0.16524	11.314	7.584	2.292	1.148
560	0.29848	0.17136	11.308	7.581	2.292	1.148
580	0.30914	0.17748	11.302	7.578	2.292	1.148
600	0.3198	0.1836	11.296	7.576	2.292	1.148
620	0.33046	0.18972	11.290	7.573	2.292	1.148
640	0.34112	0.19584	11.284	7.570	2.291	1.148
660	0.35178	0.20196	11.278	7.567	2.291	1.148
680	0.36244	0.20808	11.272	7.565	2.291	1.148
700	0.3731	0.2142	11.266	7.562	2.291	1.148
720	0.38376	0.22032	11.260	7.559	2.290	1.148
740	0.39442	0.22644	11.254	7.557	2.290	1.148
760	0.40508	0.23256	11.248	7.554	2.290	1.147
780	0.41574	0.23868	11.242	7.552	2.290	1.147
800	0.4264	0.2448	11.236	7.549	2.289	1.147

820	0.43706	0.25092	11.231	7.546	2.289	1.147
840	0.44772	0.25704	11.225	7.544	2.289	1.147
860	0.45838	0.26316	11.219	7.541	2.289	1.147
870	0.46371	0.26622	11.216	7.540	2.288	1.147

Πίνακας 4.1-2: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για R = 20,30,100 και 200 Ω για την ασφάλεια 63 A
L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.1-3 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3 το μήκος λ παίρνει τιμές 0 m < λ ≤ 40 m. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω

	R = 20 Ω	R = 30 Ω	R = 100 Ω	R = 200 Ω
λ (m)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)
5	3588.2	2396.0	720.4	360.4
10	1793.6	1197.8	360.2	180.2
15	1195.4	798.4	240.1	120.1
20	896.3	598.7	180.1	90.1
25	716.9	478.9	144.1	72.1
30	597.2	399.0	120.0	60.1
35	511.8	341.9	102.9	51.5
40	447.7	299.1	90.0	45.0

Πίνακας 4.1-3: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για R = 20,30,100 και 200 Ω για την ασφάλεια 63 A
λ : Μήκος αγωγού Al 35 mm² που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
Δθ : Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στον πίνακα 4.1-4 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής, για ασφάλεια μετασχηματιστή 63 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης L = 870 m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω

			R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
L (m)	R _{γp} (Ω)	X _{γp} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0	0	0.460	0.230	0.115	0.077
20	0.01066	0.00612	0.460	0.230	0.115	0.077
40	0.02132	0.01224	0.460	0.230	0.115	0.077
60	0.03198	0.01836	0.460	0.230	0.115	0.077
80	0.04264	0.02448	0.460	0.230	0.115	0.077
100	0.0533	0.0306	0.460	0.230	0.115	0.077
120	0.06396	0.03672	0.460	0.230	0.115	0.077
140	0.07462	0.04284	0.460	0.230	0.115	0.077
160	0.08528	0.04896	0.460	0.230	0.115	0.077
180	0.09594	0.05508	0.460	0.230	0.115	0.077
200	0.1066	0.0612	0.460	0.230	0.115	0.077
220	0.11726	0.06732	0.460	0.230	0.115	0.077
240	0.12792	0.07344	0.460	0.230	0.115	0.077
260	0.13858	0.07956	0.460	0.230	0.115	0.077
280	0.14924	0.08568	0.460	0.230	0.115	0.077
300	0.1599	0.0918	0.460	0.230	0.115	0.077
320	0.17056	0.09792	0.460	0.230	0.115	0.077
340	0.18122	0.10404	0.460	0.230	0.115	0.077
360	0.19188	0.11016	0.460	0.230	0.115	0.077
380	0.20254	0.11628	0.460	0.230	0.115	0.077
400	0.2132	0.1224	0.460	0.230	0.115	0.077
420	0.22386	0.12852	0.460	0.230	0.115	0.077
440	0.23452	0.13464	0.460	0.230	0.115	0.077
460	0.24518	0.14076	0.460	0.230	0.115	0.077
480	0.25584	0.14688	0.460	0.230	0.115	0.077
500	0.2665	0.153	0.460	0.230	0.115	0.077
520	0.27716	0.15912	0.460	0.230	0.115	0.077
540	0.28782	0.16524	0.460	0.230	0.115	0.077
560	0.29848	0.17136	0.460	0.230	0.115	0.077
580	0.30914	0.17748	0.460	0.230	0.115	0.077
600	0.3198	0.1836	0.460	0.230	0.115	0.077
620	0.33046	0.18972	0.460	0.230	0.115	0.077
640	0.34112	0.19584	0.460	0.230	0.115	0.077
660	0.35178	0.20196	0.460	0.230	0.115	0.077
680	0.36244	0.20808	0.460	0.230	0.115	0.077
700	0.3731	0.2142	0.460	0.230	0.115	0.077
720	0.38376	0.22032	0.460	0.230	0.115	0.077
740	0.39442	0.22644	0.460	0.230	0.115	0.077
760	0.40508	0.23256	0.460	0.230	0.115	0.077
780	0.41574	0.23868	0.460	0.230	0.115	0.077
800	0.4264	0.2448	0.460	0.230	0.115	0.077
820	0.43706	0.25092	0.460	0.230	0.115	0.077

840	0.44772	0.25704	0.460	0.230	0.115	0.077
860	0.45838	0.26316	0.460	0.230	0.115	0.077
870	0.46371	0.26622	0.460	0.230	0.115	0.077

Πίνακας 4.1-4: Τιμές Ρευμάτων για R = 500,1000,2000 και 3000 Ω για την ασφάλεια 63 A

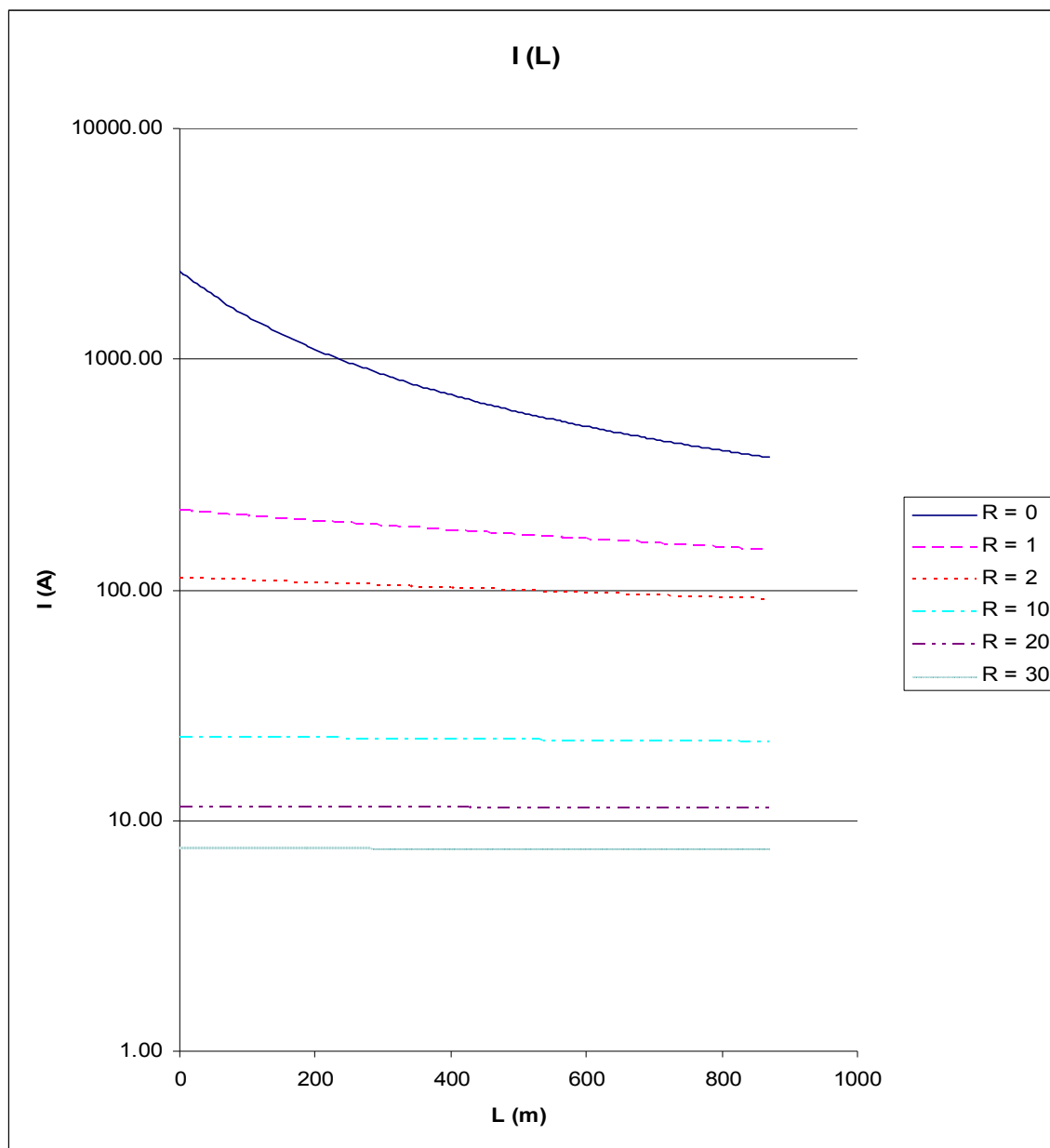
L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.1-5 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως και προηγουμένως το μήκος λ παίρνει τιμές $0 \text{ m} < \lambda \leq 40 \text{ m}$. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη, όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω

	R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
λ (m)	ΔΘ (°C)	ΔΘ (°C)	ΔΘ (°C)	ΔΘ (°C)
5	144.19	72.10	36.05	24.04
10	72.10	36.05	18.03	12.02
15	48.06	24.03	12.02	8.01
20	36.05	18.03	9.01	6.01
25	28.84	14.42	7.21	4.81
30	24.03	12.02	6.01	4.01
35	20.60	10.30	5.15	3.43
40	18.02	9.01	4.51	3.00

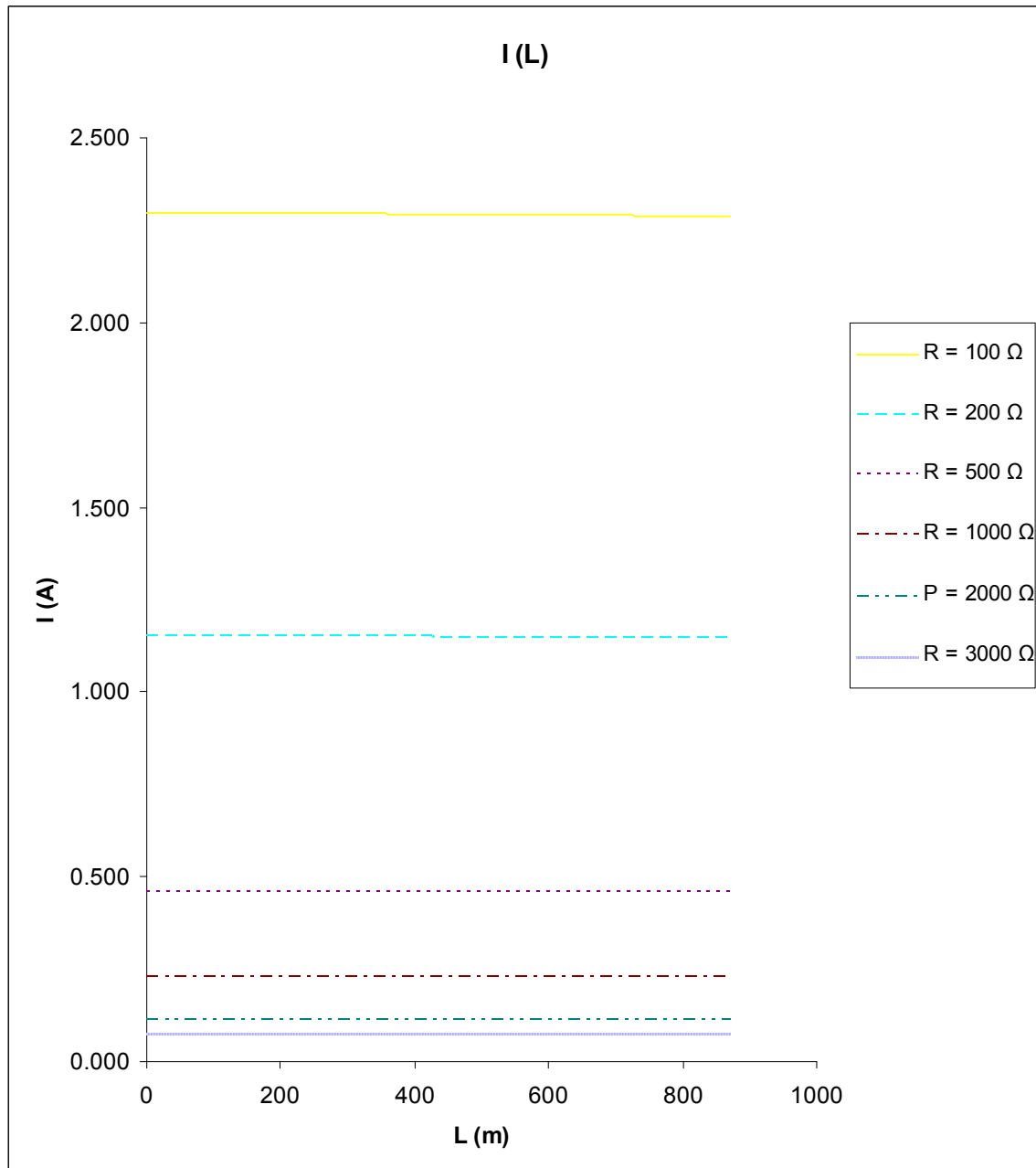
Πίνακας 4.1-5: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για R = 500,1000,2000 και 3000 Ω για την ασφάλεια 63 A
λ : Μήκος αγωγού Al 35 mm² που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
Δθ : Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στο διάγραμμα 4.1-1 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασηματιστή 63A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2,10,20 και 30 Ω για μήκη L 0 – 870 m.



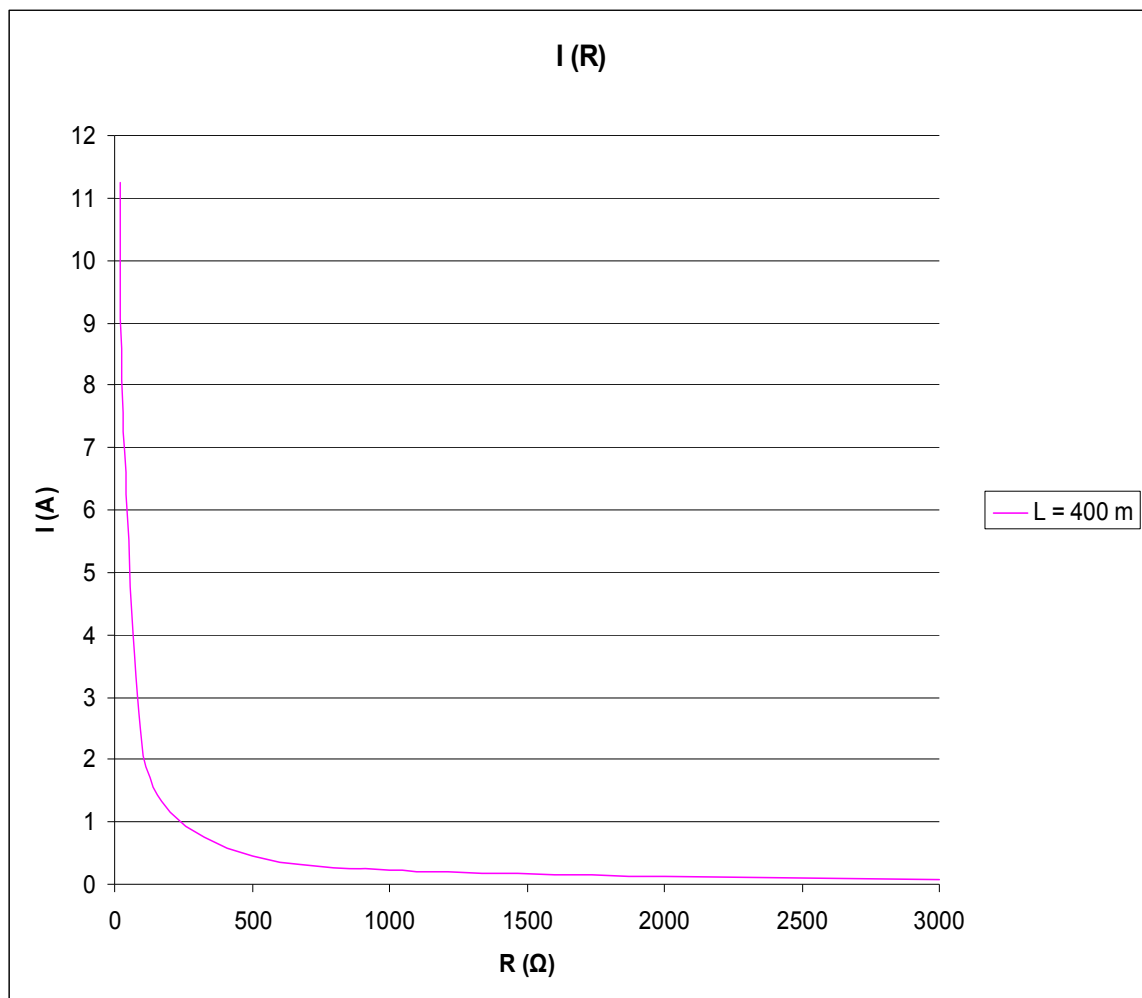
Διάγραμμα 4.1-1: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 0,1,2,10,20 και 30 Ω και ασφάλεια 63 A (ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.1-2 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασηματιστή 63A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω για μήκη L 0 – 870 m.



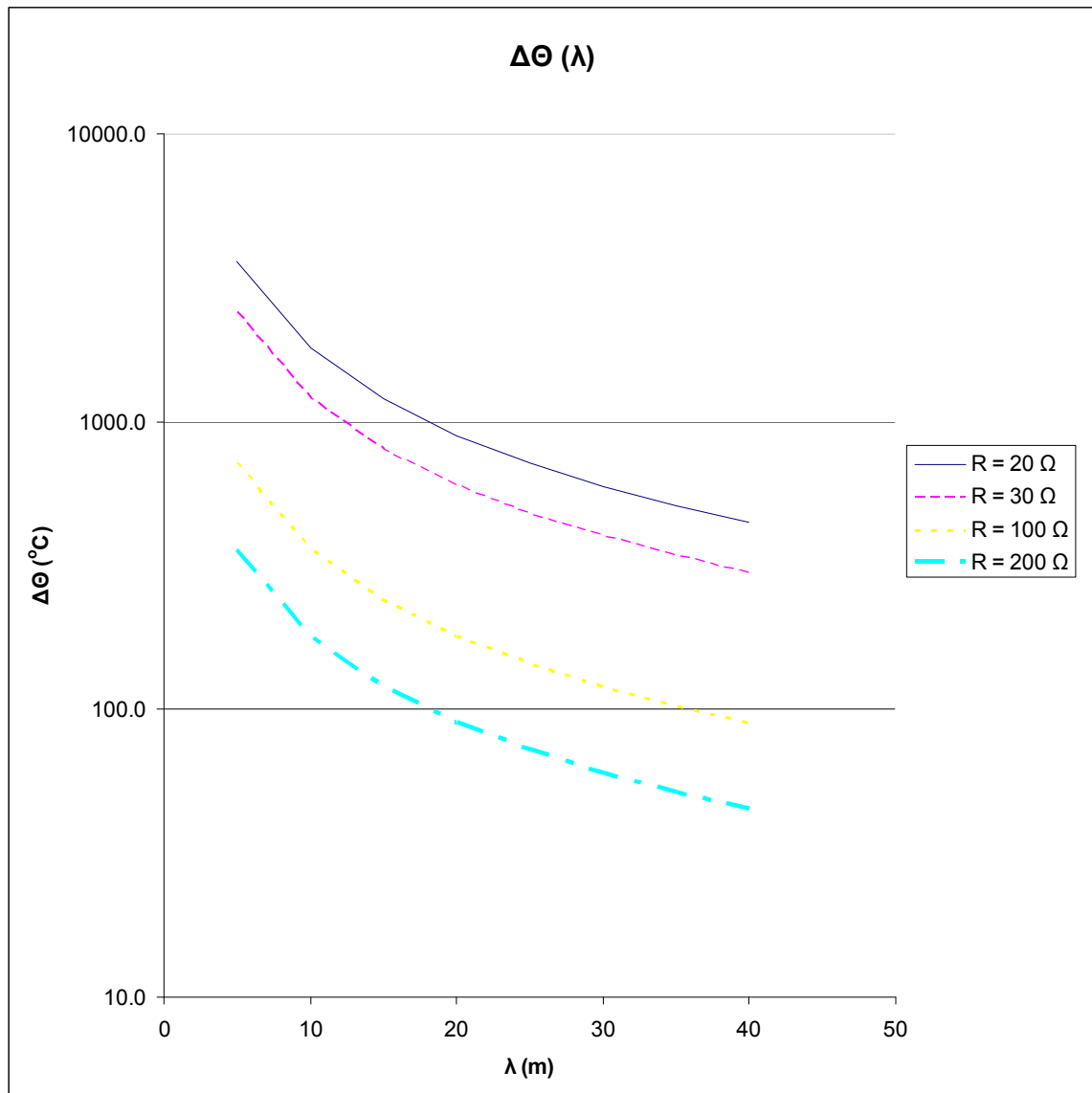
Διάγραμμα 4.1-2: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 63 A

Στο διάγραμμα 4.1-3 που ακολουθεί, δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την αντίσταση R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης), με ασφάλεια μετασηματιστή 63A, για μήκος γραμμής (που αποκόπτεται) $L = 400$ m. Η επιλογή $L = 400$ m είναι τυχαία αφού όπως φαίνεται και απο τους πίνακες των ρευμάτων διαρροής, η τιμή του ρεύματος διαρροής μεταβάλλεται ελάχιστα με τη μεταβολή του μήκους αποκοπής L .



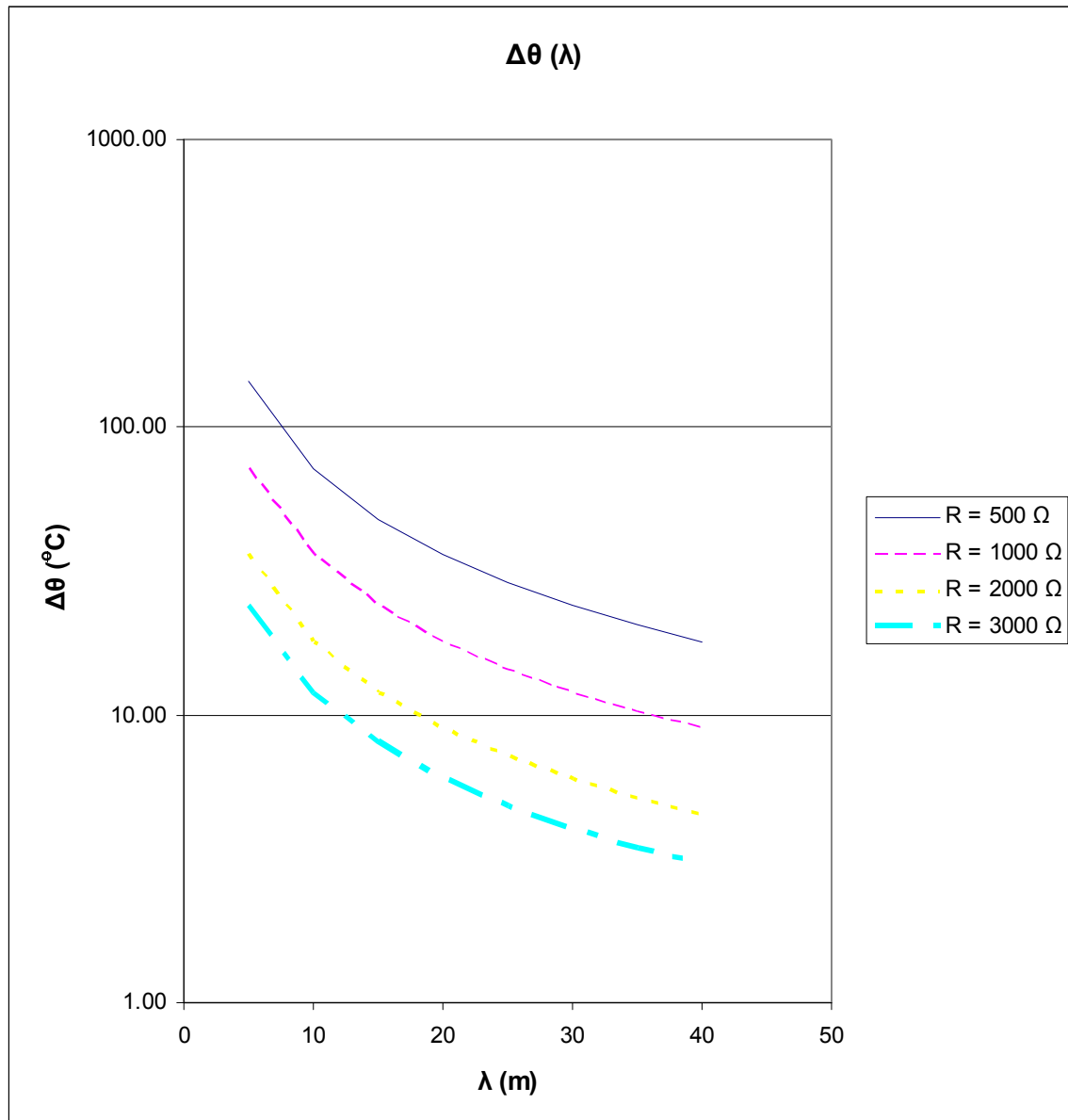
Διάγραμμα 4.1-3: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την $R = R_{\delta} + R_{\gamma}$ για $L = 400$ m (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής) και ασφάλεια 63 A

Στο διάγραμμα 4.1-4 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 63A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω για μήκη λ 5 – 40 m.



Διάγραμμα 4.1-4: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 20,30,100 και 200 Ω και ασφάλεια 63 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.1-5 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 63A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000, 2000 και 3000 Ω για μήκη λ 5 – 40 m.



Διάγραμμα 4.1-5: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 63 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

4.2 Ασφάλεια 80 A

Στον πίνακα 4.2-1 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής για ασφάλεια μετασχηματιστή 80 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 670$ m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2 και 10 Ω.

			R = 0 Ω	R = 1 Ω	R = 2 Ω	R = 10 Ω
L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0.000	0.000	2406.53	220.39	112.64	22.91
20	0.011	0.006	2173.24	218.06	112.04	22.88
40	0.021	0.012	1974.48	215.77	111.45	22.86
60	0.032	0.018	1804.84	213.53	110.86	22.83
80	0.043	0.024	1659.34	211.33	110.28	22.81
100	0.053	0.031	1533.75	209.17	109.70	22.79
120	0.064	0.037	1424.62	207.05	109.13	22.76
140	0.075	0.043	1329.14	204.97	108.56	22.74
160	0.085	0.049	1245.05	202.92	108.00	22.71
180	0.096	0.055	1170.52	200.91	107.44	22.69
200	0.107	0.061	1104.09	198.94	106.89	22.67
220	0.117	0.067	1044.55	197.01	106.35	22.64
240	0.128	0.073	990.92	195.10	105.80	22.62
260	0.139	0.080	942.38	193.23	105.27	22.59
280	0.149	0.086	898.27	191.40	104.73	22.57
300	0.160	0.092	858.01	189.59	104.21	22.55
320	0.171	0.098	821.13	187.82	103.68	22.52
340	0.181	0.104	787.24	186.08	103.17	22.50
360	0.192	0.110	755.98	184.36	102.65	22.47
380	0.203	0.116	727.08	182.68	102.14	22.45
400	0.213	0.122	700.27	181.03	101.64	22.43
420	0.224	0.129	675.35	179.40	101.14	22.40
440	0.235	0.135	652.11	177.80	100.64	22.38
460	0.245	0.141	630.41	176.22	100.15	22.36
480	0.256	0.147	610.08	174.67	99.67	22.33
500	0.267	0.153	591.02	173.15	99.18	22.31
520	0.277	0.159	573.09	171.65	98.71	22.29
540	0.288	0.165	556.21	170.18	98.23	22.26
560	0.298	0.171	540.29	168.73	97.76	22.24
580	0.309	0.177	525.25	167.30	97.29	22.22
600	0.320	0.184	511.02	165.89	96.83	22.19
620	0.330	0.190	497.53	164.51	96.37	22.17

640	0.341	0.196	484.73	163.15	95.92	22.15
660	0.352	0.202	472.57	161.81	95.47	22.12
670	0.357	0.205	466.72	161.15	95.25	22.11

Πίνακας 4.2-1: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για $R = 0,1,2$ και 10Ω για την ασφάλεια 80 A.

L : Μήκος αγωγού Al 35 mm^2 μέχρι το σημείο αποκοπής του
 $R_{\gamma\rho}, X_{\gamma\rho}$: Αντιστάσεις της γραμμής μέχρι την θέση βραχυκύκλωσης
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.2-2 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής και των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, για ασφάλεια μετασχηματιστή 80 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 670 \text{ m}$) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω .

			R = 20 Ω	R = 30 Ω	R = 100 Ω	R = 200 Ω
L (m)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0	0	11.477	7.656	2.299	1.150
20	0.01066	0.00612	11.471	7.654	2.299	1.150
40	0.02132	0.01224	11.465	7.651	2.299	1.150
60	0.03198	0.01836	11.459	7.648	2.298	1.150
80	0.04264	0.02448	11.453	7.646	2.298	1.150
100	0.0533	0.0306	11.446	7.643	2.298	1.149
120	0.06396	0.03672	11.440	7.640	2.298	1.149
140	0.07462	0.04284	11.434	7.637	2.297	1.149
160	0.08528	0.04896	11.428	7.635	2.297	1.149
180	0.09594	0.05508	11.422	7.632	2.297	1.149
200	0.1066	0.0612	11.416	7.629	2.297	1.149
220	0.11726	0.06732	11.410	7.627	2.296	1.149
240	0.12792	0.07344	11.404	7.624	2.296	1.149
260	0.13858	0.07956	11.398	7.621	2.296	1.149
280	0.14924	0.08568	11.392	7.618	2.296	1.149
300	0.1599	0.0918	11.386	7.616	2.295	1.149
320	0.17056	0.09792	11.380	7.613	2.295	1.149
340	0.18122	0.10404	11.374	7.610	2.295	1.149
360	0.19188	0.11016	11.368	7.608	2.295	1.149
380	0.20254	0.11628	11.362	7.605	2.294	1.149
400	0.2132	0.1224	11.356	7.602	2.294	1.149

420	0.22386	0.12852	11.350	7.600	2.294	1.148
440	0.23452	0.13464	11.344	7.597	2.294	1.148
460	0.24518	0.14076	11.338	7.594	2.293	1.148
480	0.25584	0.14688	11.332	7.592	2.293	1.148
500	0.2665	0.153	11.326	7.589	2.293	1.148
520	0.27716	0.15912	11.320	7.586	2.293	1.148
540	0.28782	0.16524	11.314	7.584	2.292	1.148
560	0.29848	0.17136	11.308	7.581	2.292	1.148
580	0.30914	0.17748	11.302	7.578	2.292	1.148
600	0.3198	0.1836	11.296	7.576	2.292	1.148
620	0.33046	0.18972	11.290	7.573	2.292	1.148
640	0.34112	0.19584	11.284	7.570	2.291	1.148
660	0.35178	0.20196	11.278	7.567	2.291	1.148
670	0.35711	0.20502	11.275	7.566	2.291	1.148

Πίνακας 4.2-2: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για R = 20,30,100 και 200 Ω για την ασφάλεια 80 A

L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.2-3 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3 το μήκος λ παίρνει τιμές $0 \text{ m} < \lambda \leq 40 \text{ m}$. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω.

	R = 20 Ω	R = 30 Ω	R = 100 Ω	R = 200 Ω
λ (m)	ΔΘ (°C)	ΔΘ (°C)	ΔΘ (°C)	ΔΘ (°C)
5	3588.2	2396.0	720.4	360.4
10	1793.6	1197.8	360.2	180.2
15	1195.4	798.4	240.1	120.1
20	896.3	598.7	180.1	90.1
25	716.9	478.9	144.1	72.1
30	597.2	399.0	120.0	60.1
35	511.8	341.9	102.9	51.5
40	447.7	299.1	90.0	45.0

Πίνακας 4.2-3: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για R = 20,30,100 και 200 Ω για την ασφάλεια 80 A
λ : Μήκος αγωγού Al 35 mm² που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
Δθ : Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στον πίνακα 4.2-4 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής, για ασφάλεια μετασχηματιστή 80 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης L = 670 m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω

			R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0	0	0.460	0.230	0.115	0.077
20	0.01066	0.00612	0.460	0.230	0.115	0.077
40	0.02132	0.01224	0.460	0.230	0.115	0.077
60	0.03198	0.01836	0.460	0.230	0.115	0.077
80	0.04264	0.02448	0.460	0.230	0.115	0.077
100	0.0533	0.0306	0.460	0.230	0.115	0.077
120	0.06396	0.03672	0.460	0.230	0.115	0.077
140	0.07462	0.04284	0.460	0.230	0.115	0.077
160	0.08528	0.04896	0.460	0.230	0.115	0.077
180	0.09594	0.05508	0.460	0.230	0.115	0.077
200	0.1066	0.0612	0.460	0.230	0.115	0.077
220	0.11726	0.06732	0.460	0.230	0.115	0.077
240	0.12792	0.07344	0.460	0.230	0.115	0.077
260	0.13858	0.07956	0.460	0.230	0.115	0.077
280	0.14924	0.08568	0.460	0.230	0.115	0.077
300	0.1599	0.0918	0.460	0.230	0.115	0.077
320	0.17056	0.09792	0.460	0.230	0.115	0.077
340	0.18122	0.10404	0.460	0.230	0.115	0.077

360	0.19188	0.11016	0.460	0.230	0.115	0.077
380	0.20254	0.11628	0.460	0.230	0.115	0.077
400	0.2132	0.1224	0.460	0.230	0.115	0.077
420	0.22386	0.12852	0.460	0.230	0.115	0.077
440	0.23452	0.13464	0.460	0.230	0.115	0.077
460	0.24518	0.14076	0.460	0.230	0.115	0.077
480	0.25584	0.14688	0.460	0.230	0.115	0.077
500	0.2665	0.153	0.460	0.230	0.115	0.077
520	0.27716	0.15912	0.460	0.230	0.115	0.077
540	0.28782	0.16524	0.460	0.230	0.115	0.077
560	0.29848	0.17136	0.460	0.230	0.115	0.077
580	0.30914	0.17748	0.460	0.230	0.115	0.077
600	0.3198	0.1836	0.460	0.230	0.115	0.077
620	0.33046	0.18972	0.460	0.230	0.115	0.077
640	0.34112	0.19584	0.460	0.230	0.115	0.077
660	0.35178	0.20196	0.460	0.230	0.115	0.077
670	0.35711	0.20502	0.460	0.230	0.115	0.077

Πίνακας 4.2-4: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για R = 500,1000,2000 και 3000 Ω για την ασφάλεια 80 A

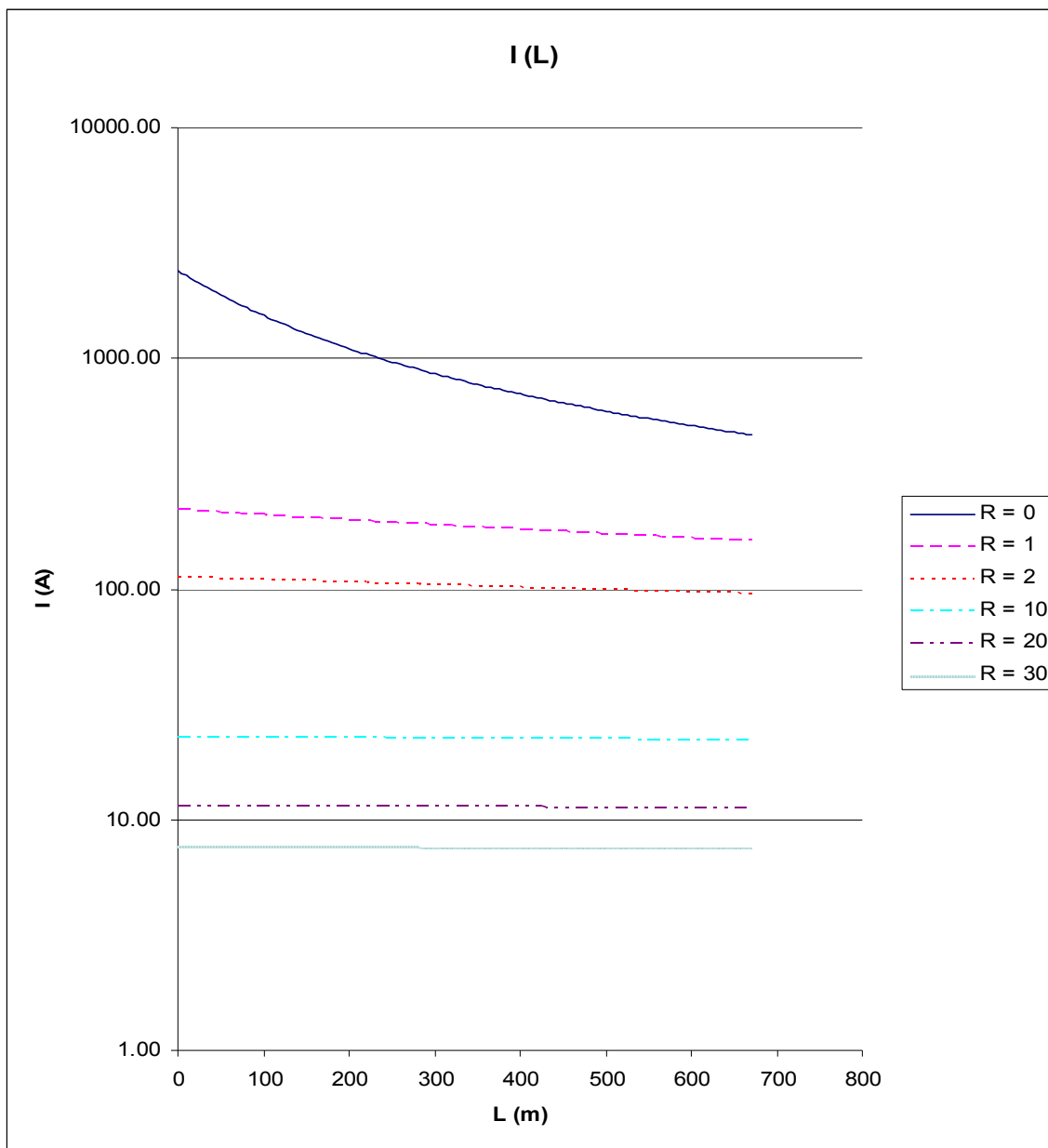
L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.2-5 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως εξηγήθηκε και προηγουμένως, το μήκος λ παίρνει τιμές $0 \text{ m} < \lambda \leq 40 \text{ m}$. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη, όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω

	R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
λ (m)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)
5	144.19	72.10	36.05	24.04
10	72.10	36.05	18.03	12.02
15	48.06	24.03	12.02	8.01
20	36.05	18.03	9.01	6.01
25	28.84	14.42	7.21	4.81
30	24.03	12.02	6.01	4.01
35	20.60	10.30	5.15	3.43
40	18.02	9.01	4.51	3.00

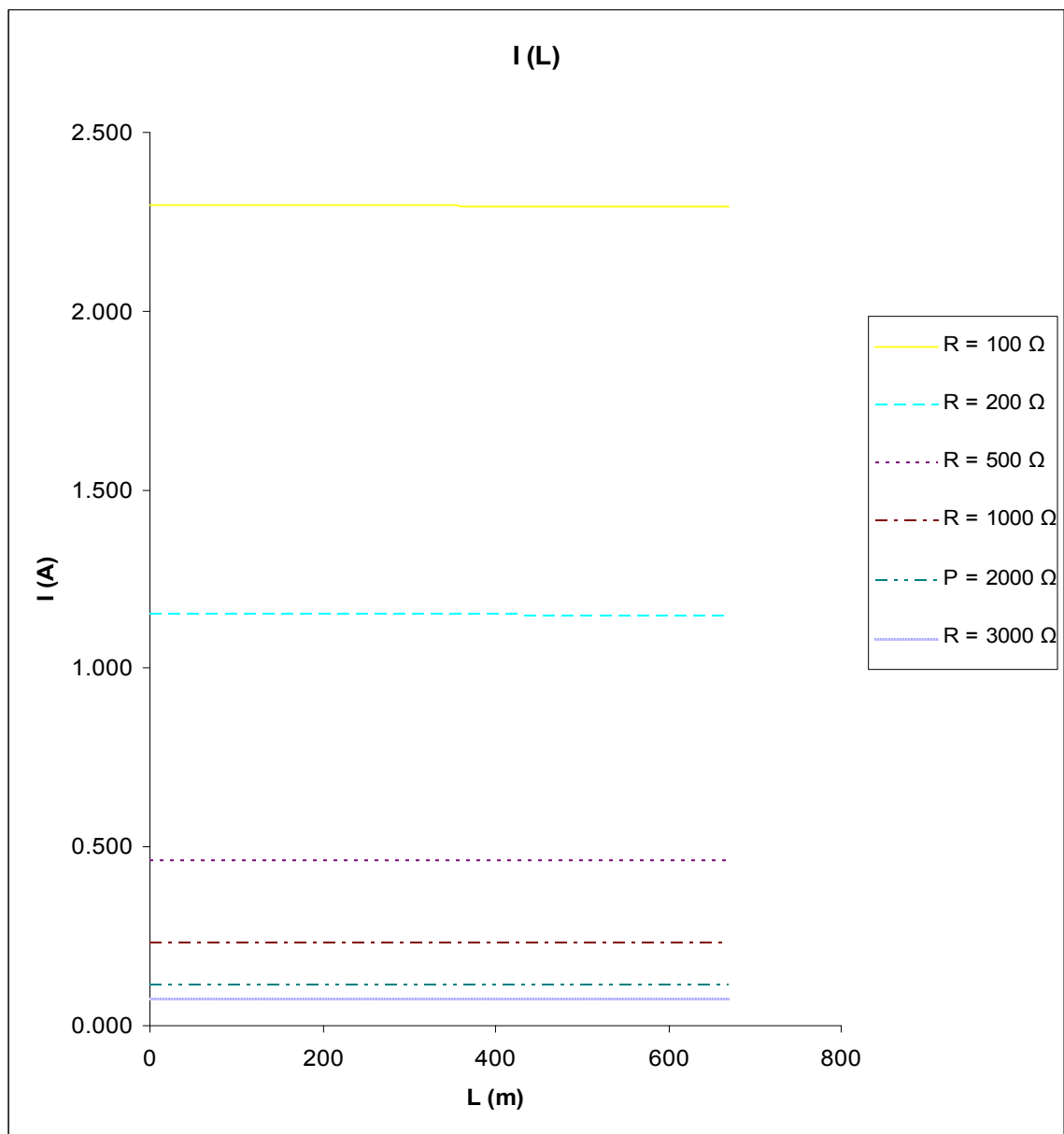
Πίνακας 4.2-5: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για R = 500,1000,2000 και 3000 Ω για την ασφάλεια 80 A
λ : Μήκος αγωγού Al 35 mm² που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
Δθ : Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στο διάγραμμα 4.2-1 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασηματιστή 80Α, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2,10,20 και 30 Ω για μήκη L 0 – 670 m.



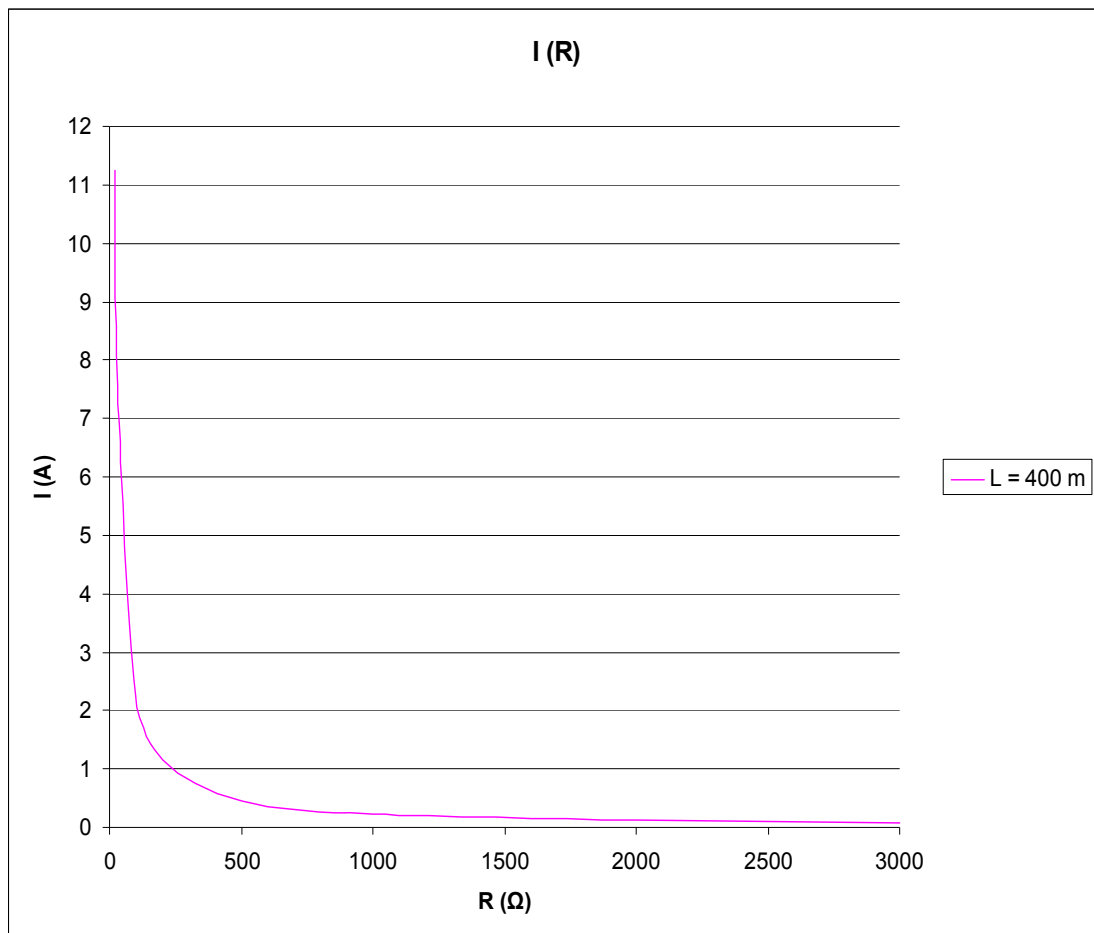
Διάγραμμα 4.2-1: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R(αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2,10,20 και 30 Ω και ασφάλεια 80 A (ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.2-2 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασηματιστή 80A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω για μήκη L 0 – 670 m.



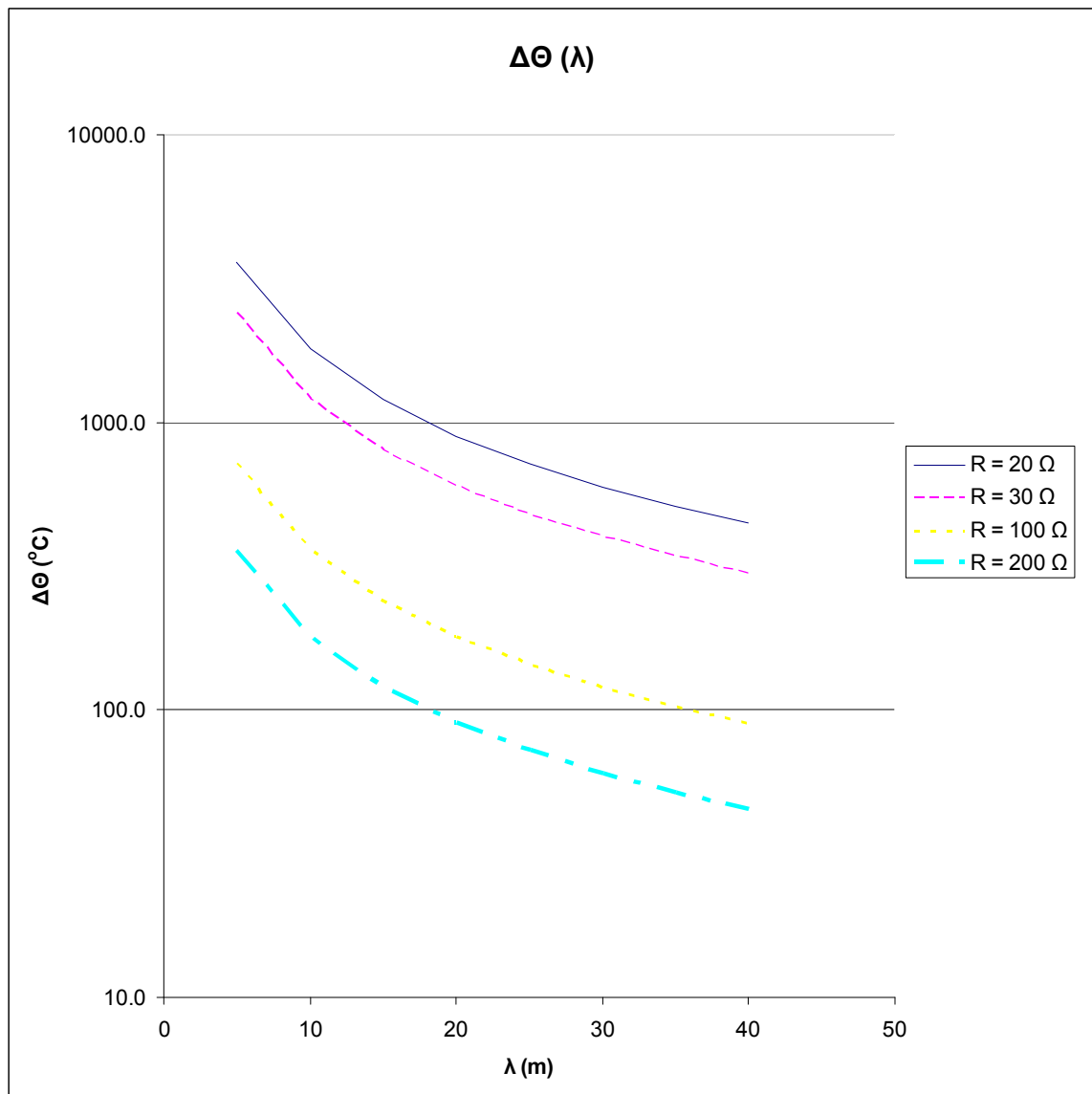
Διάγραμμα 4.2-2: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 80 A

Στο διάγραμμα 4.2-3 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την αντίσταση R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης), με ασφάλεια μετασηματιστή 80A, για μήκος γραμμής (που αποκόπτεται) $L = 400$ m. Η επιλογή $L = 400$ m είναι τυχαία αφού όπως φαίνεται και απο τους πίνακες των ρευμάτων διαρροής, η τιμή του ρεύματος διαρροής μεταβάλλεται ελάχιστα με τη μεταβολή του μήκους αποκοπής L .



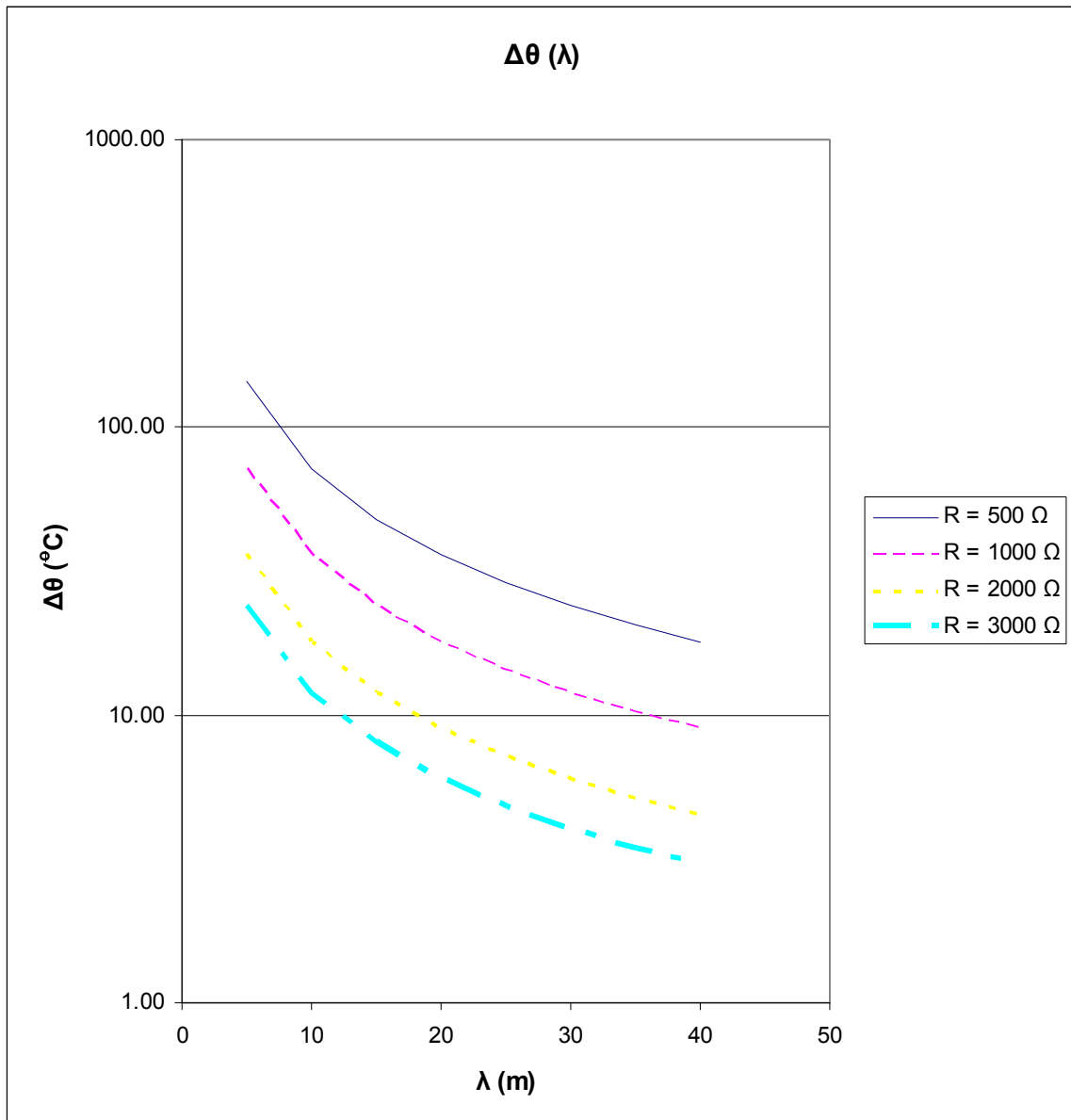
Διάγραμμα 4.2-3: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την $R = R_{\delta} + R_{\gamma}$ για $L = 400$ m (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής) και ασφάλεια 80 A

Στο διάγραμμα 4.2-4 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 80A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30, 100 και 200 Ω για μήκη λ 5 – 40 m.



Διάγραμμα 4.2-4: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 20,30, 100 και 200 Ω και ασφάλεια 80 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.2-5 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 80A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000, 2000 και 3000 Ω για μήκη λ 5 – 40 m.



Διάγραμμα 4.2-5: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 500, 1000, 2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 80 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

4.3 Ασφάλεια 100 A

Στον πίνακα 4.3-1 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής για ασφάλεια μετασχηματιστή 100 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 530$ m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2 και 10 Ω.

			R = 0 Ω	R = 1 Ω	R = 2 Ω	R = 10 Ω
L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0.000	0.000	2406.53	220.39	112.64	22.91
20	0.011	0.006	2173.24	218.06	112.04	22.88
40	0.021	0.012	1974.48	215.77	111.45	22.86
60	0.032	0.018	1804.84	213.53	110.86	22.83
80	0.043	0.024	1659.34	211.33	110.28	22.81
100	0.053	0.031	1533.75	209.17	109.70	22.79
120	0.064	0.037	1424.62	207.05	109.13	22.76
140	0.075	0.043	1329.14	204.97	108.56	22.74
160	0.085	0.049	1245.05	202.92	108.00	22.71
180	0.096	0.055	1170.52	200.91	107.44	22.69
200	0.107	0.061	1104.09	198.94	106.89	22.67
220	0.117	0.067	1044.55	197.01	106.35	22.64
240	0.128	0.073	990.92	195.10	105.80	22.62
260	0.139	0.080	942.38	193.23	105.27	22.59
280	0.149	0.086	898.27	191.40	104.73	22.57
300	0.160	0.092	858.01	189.59	104.21	22.55
320	0.171	0.098	821.13	187.82	103.68	22.52
340	0.181	0.104	787.24	186.08	103.17	22.50
360	0.192	0.110	755.98	184.36	102.65	22.47
380	0.203	0.116	727.08	182.68	102.14	22.45
400	0.213	0.122	700.27	181.03	101.64	22.43
420	0.224	0.129	675.35	179.40	101.14	22.40
440	0.235	0.135	652.11	177.80	100.64	22.38
460	0.245	0.141	630.41	176.22	100.15	22.36
480	0.256	0.147	610.08	174.67	99.67	22.33
500	0.267	0.153	591.02	173.15	99.18	22.31
520	0.277	0.159	573.09	171.65	98.71	22.29
530	0.282	0.162	564.53	170.91	98.47	22.27

Πίνακας 4.3-1: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για $R = 0,1,2$ και 10Ω για την ασφάλεια $100 A$

L : Μήκος αγωγού $Al 35 \text{ mm}^2$ μέχρι το σημείο αποκοπής του
 $R_{\gamma\rho}, X_{\gamma\rho}$: Αντιστάσεις της γραμμής μέχρι την θέση βραχυκύκλωσης
 R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
 I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.3-2 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής, για ασφάλεια μετασχηματιστή $100 A$ (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 530 \text{ m}$) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) $20,30,100$ και 200Ω .

			$R = 20 \Omega$	$R = 30 \Omega$	$R = 100 \Omega$	$R = 200 \Omega$
$L \text{ (m)}$	$R_{\gamma\rho} \text{ (}\Omega\text{)}$	$X_{\gamma\rho} \text{ (}\Omega\text{)}$	$I \text{ (A)}$	$I \text{ (A)}$	$I \text{ (A)}$	$I \text{ (A)}$
0	0	0	11.477	7.656	2.299	1.150
20	0.01066	0.00612	11.471	7.654	2.299	1.150
40	0.02132	0.01224	11.465	7.651	2.299	1.150
60	0.03198	0.01836	11.459	7.648	2.298	1.150
80	0.04264	0.02448	11.453	7.646	2.298	1.150
100	0.0533	0.0306	11.446	7.643	2.298	1.149
120	0.06396	0.03672	11.440	7.640	2.298	1.149
140	0.07462	0.04284	11.434	7.637	2.297	1.149
160	0.08528	0.04896	11.428	7.635	2.297	1.149
180	0.09594	0.05508	11.422	7.632	2.297	1.149
200	0.1066	0.0612	11.416	7.629	2.297	1.149
220	0.11726	0.06732	11.410	7.627	2.296	1.149
240	0.12792	0.07344	11.404	7.624	2.296	1.149
260	0.13858	0.07956	11.398	7.621	2.296	1.149
280	0.14924	0.08568	11.392	7.618	2.296	1.149
300	0.1599	0.0918	11.386	7.616	2.295	1.149
320	0.17056	0.09792	11.380	7.613	2.295	1.149
340	0.18122	0.10404	11.374	7.610	2.295	1.149
360	0.19188	0.11016	11.368	7.608	2.295	1.149
380	0.20254	0.11628	11.362	7.605	2.294	1.149
400	0.2132	0.1224	11.356	7.602	2.294	1.149
420	0.22386	0.12852	11.350	7.600	2.294	1.148
440	0.23452	0.13464	11.344	7.597	2.294	1.148
460	0.24518	0.14076	11.338	7.594	2.293	1.148
480	0.25584	0.14688	11.332	7.592	2.293	1.148
500	0.2665	0.153	11.326	7.589	2.293	1.148

520	0.27716	0.15912	11.320	7.586	2.293	1.148
530	0.28249	0.16218	11.317	7.585	2.293	1.148

Πίνακας 4.3-2: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για $R = 20, 30, 100$ και 200Ω για την ασφάλεια $100 A$
 L : Μήκος αγωγού $Al 35 mm^2$ μέχρι το σημείο αποκοπής του
 R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
 I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.3-3 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3 το μήκος λ παίρνει τιμές $0 m < \lambda \leq 40 m$. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) $20, 30, 100$ και 200Ω .

	$R = 20 \Omega$	$R = 30 \Omega$	$R = 100 \Omega$	$R = 200 \Omega$
$\lambda (m)$	$\Delta\theta (^{\circ}C)$	$\Delta\theta (^{\circ}C)$	$\Delta\theta (^{\circ}C)$	$\Delta\theta (^{\circ}C)$
5	3588.2	2396.0	720.4	360.4
10	1793.6	1197.8	360.2	180.2
15	1195.4	798.4	240.1	120.1
20	896.3	598.7	180.1	90.1
25	716.9	478.9	144.1	72.1
30	597.2	399.0	120.0	60.1
35	511.8	341.9	102.9	51.5
40	447.7	299.1	90.0	45.0

Πίνακας 4.3-3: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για $R = 20, 30, 100$ και 200Ω για την ασφάλεια $100 A$
 λ : Μήκος αγωγού $Al 35 mm^2$ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
 R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
 $\Delta\theta$: Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στον πίνακα 4.3-4 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής, για ασφάλεια μετασχηματιστή 100 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 530$ m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω.

			R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0	0	0.460	0.230	0.115	0.077
20	0.01066	0.00612	0.460	0.230	0.115	0.077
40	0.02132	0.01224	0.460	0.230	0.115	0.077
60	0.03198	0.01836	0.460	0.230	0.115	0.077
80	0.04264	0.02448	0.460	0.230	0.115	0.077
100	0.0533	0.0306	0.460	0.230	0.115	0.077
120	0.06396	0.03672	0.460	0.230	0.115	0.077
140	0.07462	0.04284	0.460	0.230	0.115	0.077
160	0.08528	0.04896	0.460	0.230	0.115	0.077
180	0.09594	0.05508	0.460	0.230	0.115	0.077
200	0.1066	0.0612	0.460	0.230	0.115	0.077
220	0.11726	0.06732	0.460	0.230	0.115	0.077
240	0.12792	0.07344	0.460	0.230	0.115	0.077
260	0.13858	0.07956	0.460	0.230	0.115	0.077
280	0.14924	0.08568	0.460	0.230	0.115	0.077
300	0.1599	0.0918	0.460	0.230	0.115	0.077
320	0.17056	0.09792	0.460	0.230	0.115	0.077
340	0.18122	0.10404	0.460	0.230	0.115	0.077
360	0.19188	0.11016	0.460	0.230	0.115	0.077
380	0.20254	0.11628	0.460	0.230	0.115	0.077
400	0.2132	0.1224	0.460	0.230	0.115	0.077
420	0.22386	0.12852	0.460	0.230	0.115	0.077
440	0.23452	0.13464	0.460	0.230	0.115	0.077
460	0.24518	0.14076	0.460	0.230	0.115	0.077
480	0.25584	0.14688	0.460	0.230	0.115	0.077
500	0.2665	0.153	0.460	0.230	0.115	0.077
520	0.27716	0.15912	0.460	0.230	0.115	0.077
530	0.28249	0.16218	0.460	0.230	0.115	0.077

Πίνακας 4.3-4: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για R = 500,1000,2000 και 3000 Ω για την ασφάλεια 100 A

L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του

R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης

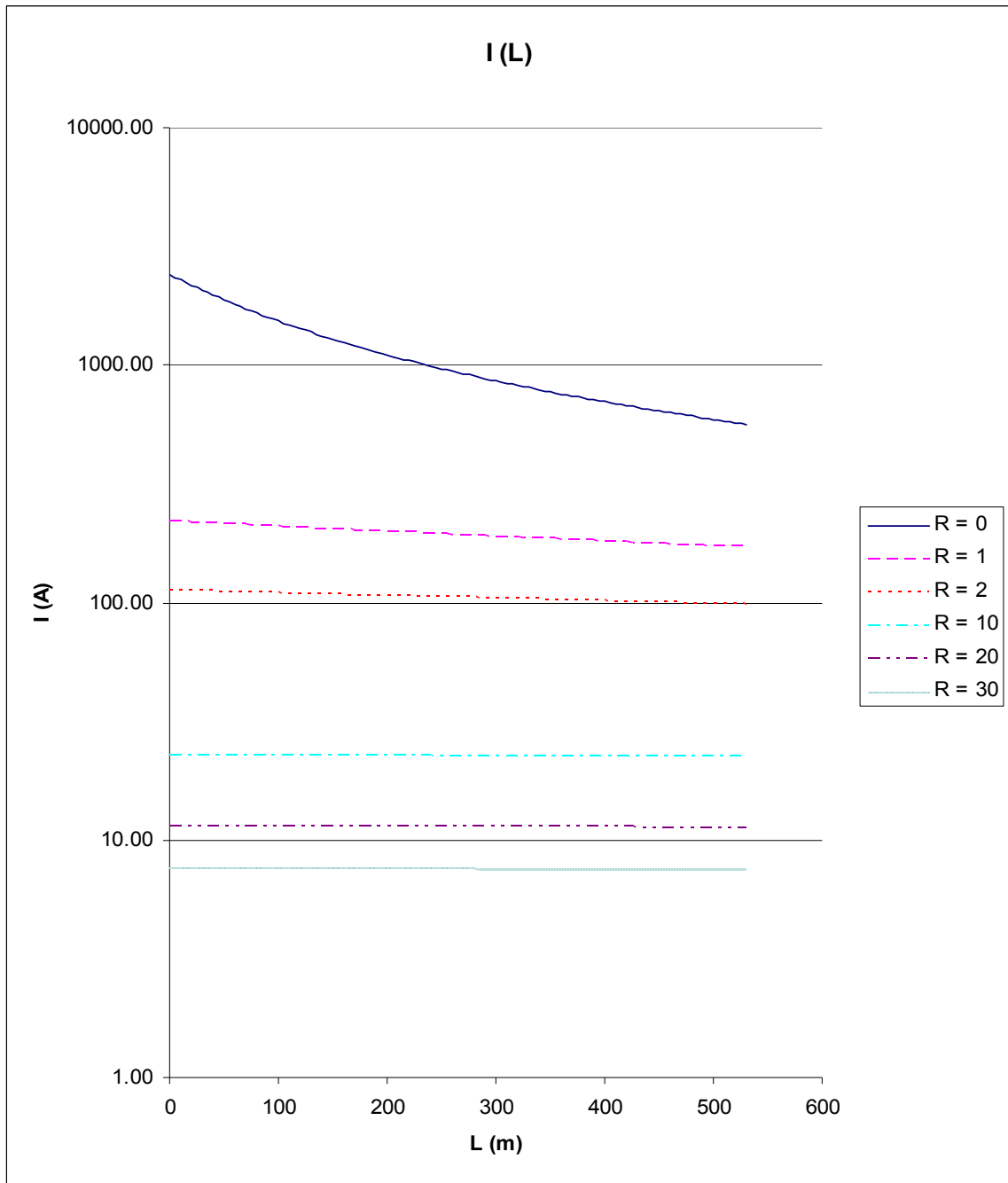
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.3-5 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως και προηγουμένως, το μήκος λ παίρνει τιμές $0 \text{ m} < \lambda \leq 40 \text{ m}$. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη, όπως φαίνεται και απο τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω .

	R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
λ (m)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)
5	144.19	72.10	36.05	24.04
10	72.10	36.05	18.03	12.02
15	48.06	24.03	12.02	8.01
20	36.05	18.03	9.01	6.01
25	28.84	14.42	7.21	4.81
30	24.03	12.02	6.01	4.01
35	20.60	10.30	5.15	3.43
40	18.02	9.01	4.51	3.00

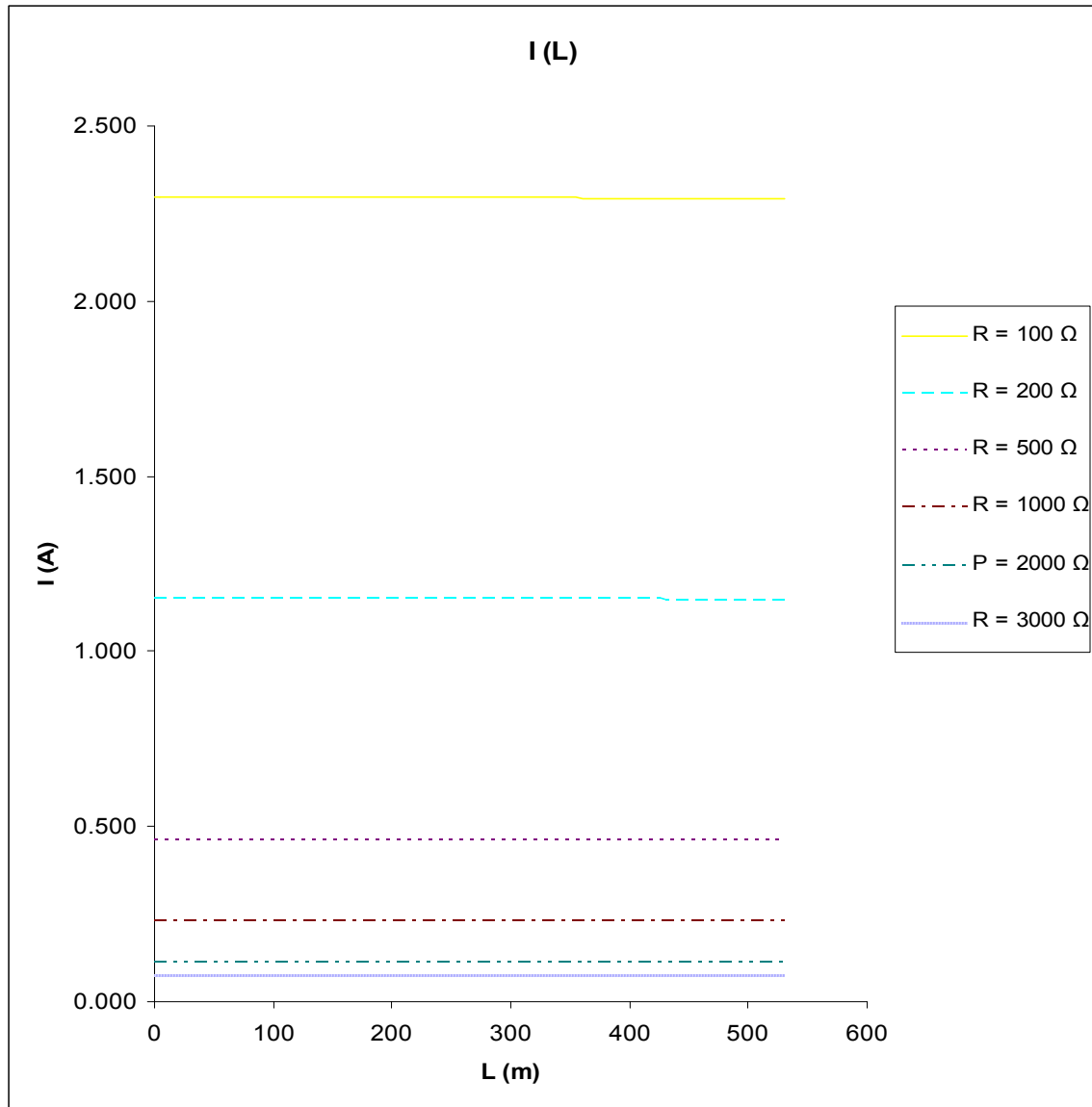
Πίνακας 4.3-5: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για $R = 500,1000,2000$ και 3000Ω για την ασφάλεια 100 A
 λ : Μήκος αγωγού $\text{Al } 35 \text{ mm}^2$ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
 R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
 $\Delta\theta$: Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στο διάγραμμα 4.3-1 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασηματιστή 100A , για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) $0,1,2,10,20$ και 30Ω για μήκη L $0 - 530 \text{ m}$.



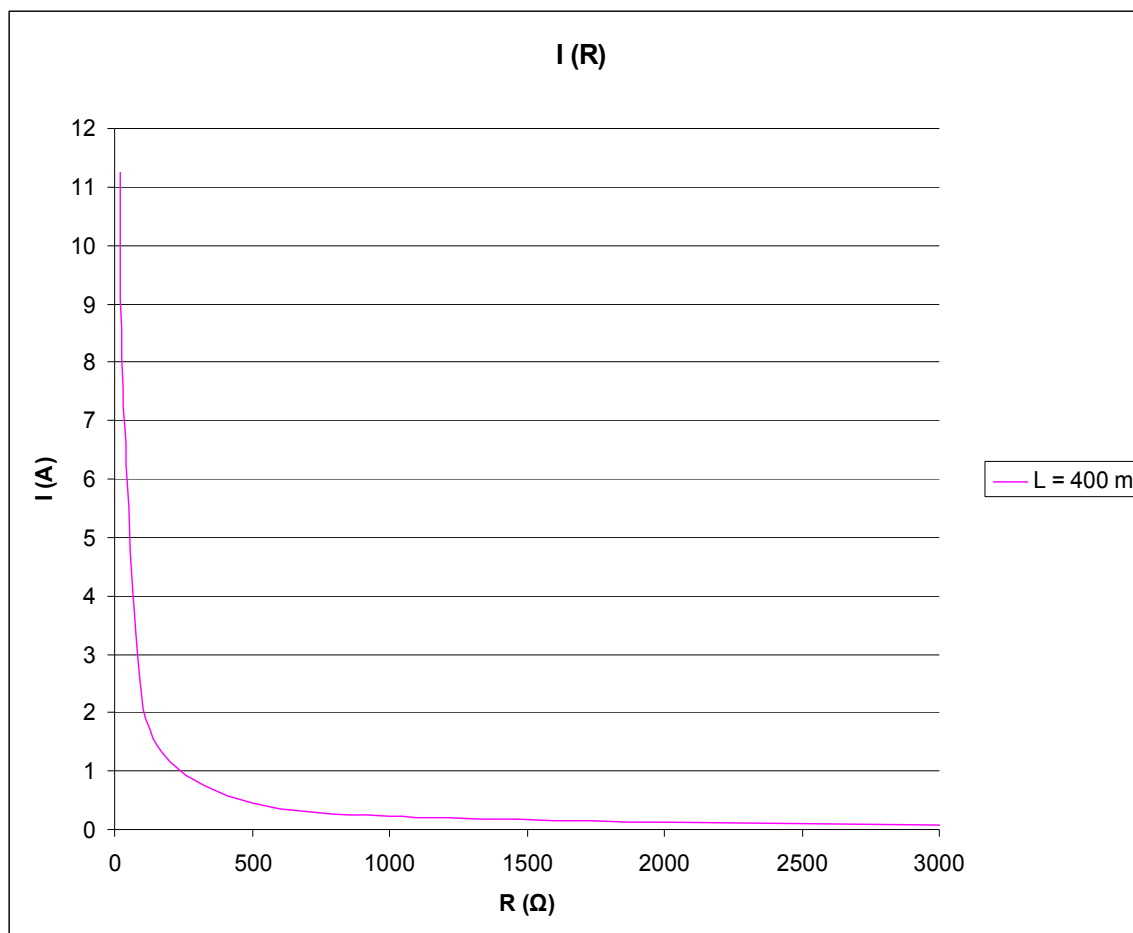
Διάγραμμα 4.3-1: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2,10,20 και 30 Ω και ασφάλεια 100 A (ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.3-2 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασηματιστή 100A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω για μήκη L 0 – 530 m.



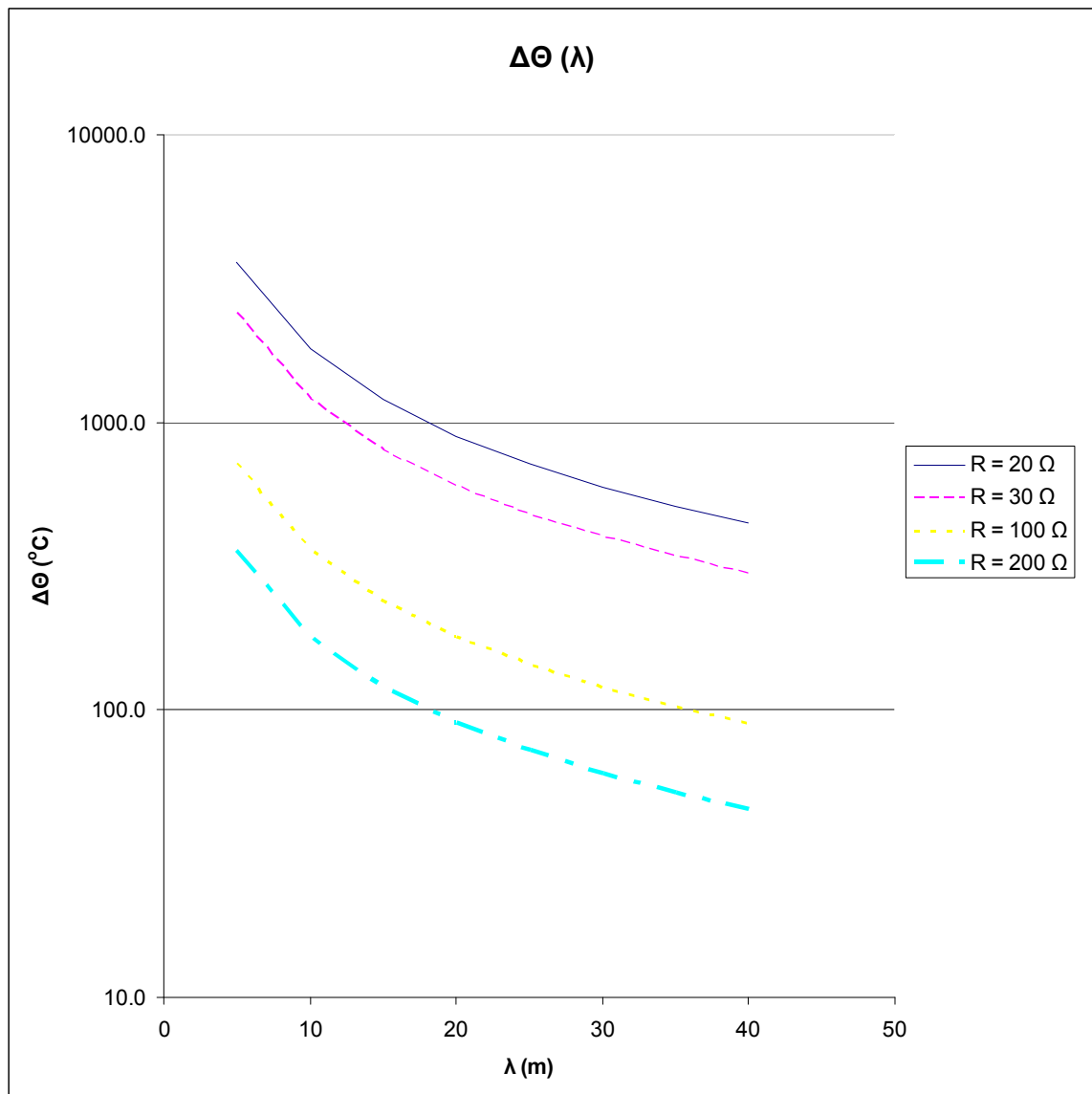
Διάγραμμα 4.3-2: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 100 A

Στο διάγραμμα 4.3-3 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την αντίσταση R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης), με ασφάλεια μετασηματιστή 100A, για μήκος γραμμής (που αποκόπτεται) $L = 400$ m. Η επιλογή $L = 400$ m είναι τυχαία αφού όπως φαίνεται και απο τους πίνακες των ρευμάτων διαρροής, η τιμή του ρεύματος διαρροής μεταβάλλεται ελάχιστα με τη μεταβολή του μήκους αποκοπής L .



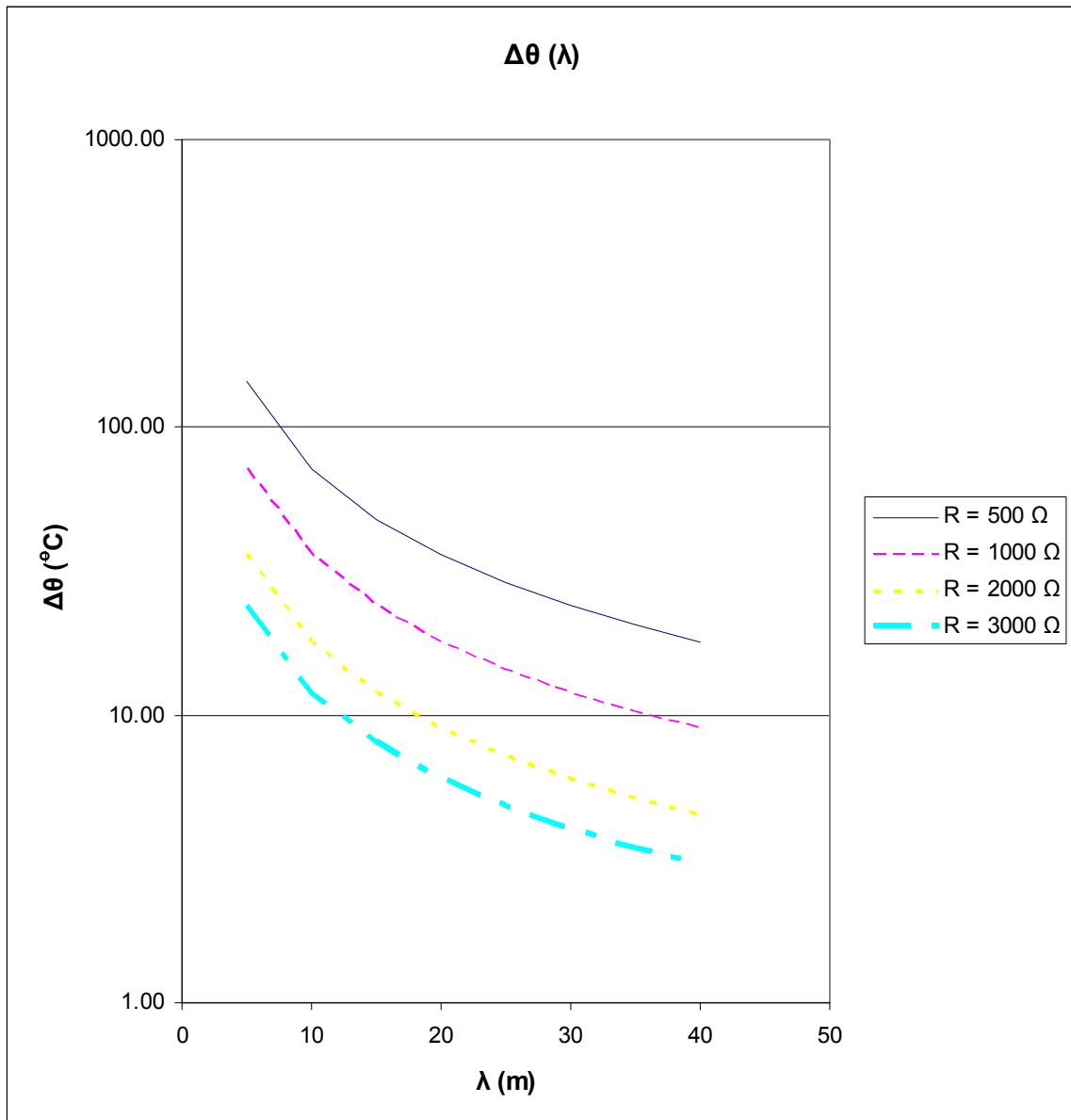
Διάγραμμα 4.3-3: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την $R = R_{\delta} + R_{\gamma}$ για $L = 400$ m (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής) και ασφάλεια 100 A

Στο διάγραμμα 4.3-4 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 100A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30, 100 και 200 Ω για μήκη $\lambda = 5 - 40$ m.



Διάγραμμα 4.3-4: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 20,30,100 και 200 Ω και ασφάλεια 100 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.3-5 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 100A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000, 2000 και 3000, Ω για μήκη λ 5 – 40 m.



Διάγραμμα 4.3-5: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 100 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

4.4 Ασφάλεια 125 A

Στον πίνακα 4.4-1 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής για ασφάλεια μετασχηματιστή 125 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 410$ m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2 και 10 Ω.

L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	R = 0 Ω	R = 1 Ω	R = 2 Ω	R = 10 Ω
			I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0.000	0.000	2406.53	220.39	112.64	22.91
20	0.011	0.006	2173.24	218.06	112.04	22.88
40	0.021	0.012	1974.48	215.77	111.45	22.86
60	0.032	0.018	1804.84	213.53	110.86	22.83
80	0.043	0.024	1659.34	211.33	110.28	22.81
100	0.053	0.031	1533.75	209.17	109.70	22.79
120	0.064	0.037	1424.62	207.05	109.13	22.76
140	0.075	0.043	1329.14	204.97	108.56	22.74
160	0.085	0.049	1245.05	202.92	108.00	22.71
180	0.096	0.055	1170.52	200.91	107.44	22.69
200	0.107	0.061	1104.09	198.94	106.89	22.67
220	0.117	0.067	1044.55	197.01	106.35	22.64
240	0.128	0.073	990.92	195.10	105.80	22.62
260	0.139	0.080	942.38	193.23	105.27	22.59
280	0.149	0.086	898.27	191.40	104.73	22.57
300	0.160	0.092	858.01	189.59	104.21	22.55
320	0.171	0.098	821.13	187.82	103.68	22.52
340	0.181	0.104	787.24	186.08	103.17	22.50
360	0.192	0.110	755.98	184.36	102.65	22.47
380	0.203	0.116	727.08	182.68	102.14	22.45
400	0.213	0.122	700.27	181.03	101.64	22.43
410	0.219	0.125	687.59	180.21	101.39	22.42

Πίνακας 4.4-1: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για R = 0,1,2 και 10 Ω για την ασφάλεια 125 A

L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του
R_{γρ}, Χ_{γρ} : Αντιστάσεις της γραμμής μέχρι την θέση βραχυκύκλωσης
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.4-2 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής, για ασφάλεια μετασχηματιστή 125 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 410$ m) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω .

			R = 20 Ω	R = 30 Ω	R = 100 Ω	R = 200 Ω
L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0	0	11.477	7.656	2.299	1.150
20	0.01066	0.00612	11.471	7.654	2.299	1.150
40	0.02132	0.01224	11.465	7.651	2.299	1.150
60	0.03198	0.01836	11.459	7.648	2.298	1.150
80	0.04264	0.02448	11.453	7.646	2.298	1.150
100	0.0533	0.0306	11.446	7.643	2.298	1.149
120	0.06396	0.03672	11.440	7.640	2.298	1.149
140	0.07462	0.04284	11.434	7.637	2.297	1.149
160	0.08528	0.04896	11.428	7.635	2.297	1.149
180	0.09594	0.05508	11.422	7.632	2.297	1.149
200	0.1066	0.0612	11.416	7.629	2.297	1.149
220	0.11726	0.06732	11.410	7.627	2.296	1.149
240	0.12792	0.07344	11.404	7.624	2.296	1.149
260	0.13858	0.07956	11.398	7.621	2.296	1.149
280	0.14924	0.08568	11.392	7.618	2.296	1.149
300	0.1599	0.0918	11.386	7.616	2.295	1.149
320	0.17056	0.09792	11.380	7.613	2.295	1.149
340	0.18122	0.10404	11.374	7.610	2.295	1.149
360	0.19188	0.11016	11.368	7.608	2.295	1.149
380	0.20254	0.11628	11.362	7.605	2.294	1.149
400	0.2132	0.1224	11.356	7.602	2.294	1.149
410	0.21853	0.12546	11.353	7.601	2.294	1.149

Πίνακας 4.4-2: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για R = 20,30,100 και 200 Ω για την ασφάλεια 125 A
L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.4-3 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3 το μήκος λ παίρνει τιμές $0 \text{ m} < \lambda \leq 40 \text{ m}$. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω .

	R = 20 Ω	R = 30 Ω	R = 100 Ω	R = 200 Ω
λ (m)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)
5	3588.2	2396.0	720.4	360.4
10	1793.6	1197.8	360.2	180.2
15	1195.4	798.4	240.1	120.1
20	896.3	598.7	180.1	90.1
25	716.9	478.9	144.1	72.1
30	597.2	399.0	120.0	60.1
35	511.8	341.9	102.9	51.5
40	447.7	299.1	90.0	45.0

Πίνακας 4.4-3: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για $R = 20,30,100$ και 200Ω για την ασφάλεια 125 A.
 λ : Μήκος αγωγού Al 35 mm² που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
 R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
 $\Delta\theta$: Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στον πίνακα 4.4-4 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των ρευμάτων διαρροής, για ασφάλεια μετασχηματιστή 125 A (μέγιστο μήκος γραμμής σύμφωνα με τη συνθήκη ουδετέρωσης $L = 410 \text{ m}$) και για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω .

			R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
L (m)	R _{γρ} (Ω)	Χ _{γρ} (Ω)	I (A)	I (A)	I (A)	I (A)
0	0	0	0.460	0.230	0.115	0.077
20	0.01066	0.00612	0.460	0.230	0.115	0.077
40	0.02132	0.01224	0.460	0.230	0.115	0.077
60	0.03198	0.01836	0.460	0.230	0.115	0.077
80	0.04264	0.02448	0.460	0.230	0.115	0.077
100	0.0533	0.0306	0.460	0.230	0.115	0.077
120	0.06396	0.03672	0.460	0.230	0.115	0.077
140	0.07462	0.04284	0.460	0.230	0.115	0.077
160	0.08528	0.04896	0.460	0.230	0.115	0.077
180	0.09594	0.05508	0.460	0.230	0.115	0.077
200	0.1066	0.0612	0.460	0.230	0.115	0.077
220	0.11726	0.06732	0.460	0.230	0.115	0.077
240	0.12792	0.07344	0.460	0.230	0.115	0.077
260	0.13858	0.07956	0.460	0.230	0.115	0.077
280	0.14924	0.08568	0.460	0.230	0.115	0.077
300	0.1599	0.0918	0.460	0.230	0.115	0.077
320	0.17056	0.09792	0.460	0.230	0.115	0.077
340	0.18122	0.10404	0.460	0.230	0.115	0.077
360	0.19188	0.11016	0.460	0.230	0.115	0.077
380	0.20254	0.11628	0.460	0.230	0.115	0.077
400	0.2132	0.1224	0.460	0.230	0.115	0.077
410	0.21853	0.12546	0.460	0.230	0.115	0.077

Πίνακας 4.4-4: Τιμές Ρευμάτων διαρροής για R = 500,1000,2000 και 3000 Ω για την ασφάλεια 125 A

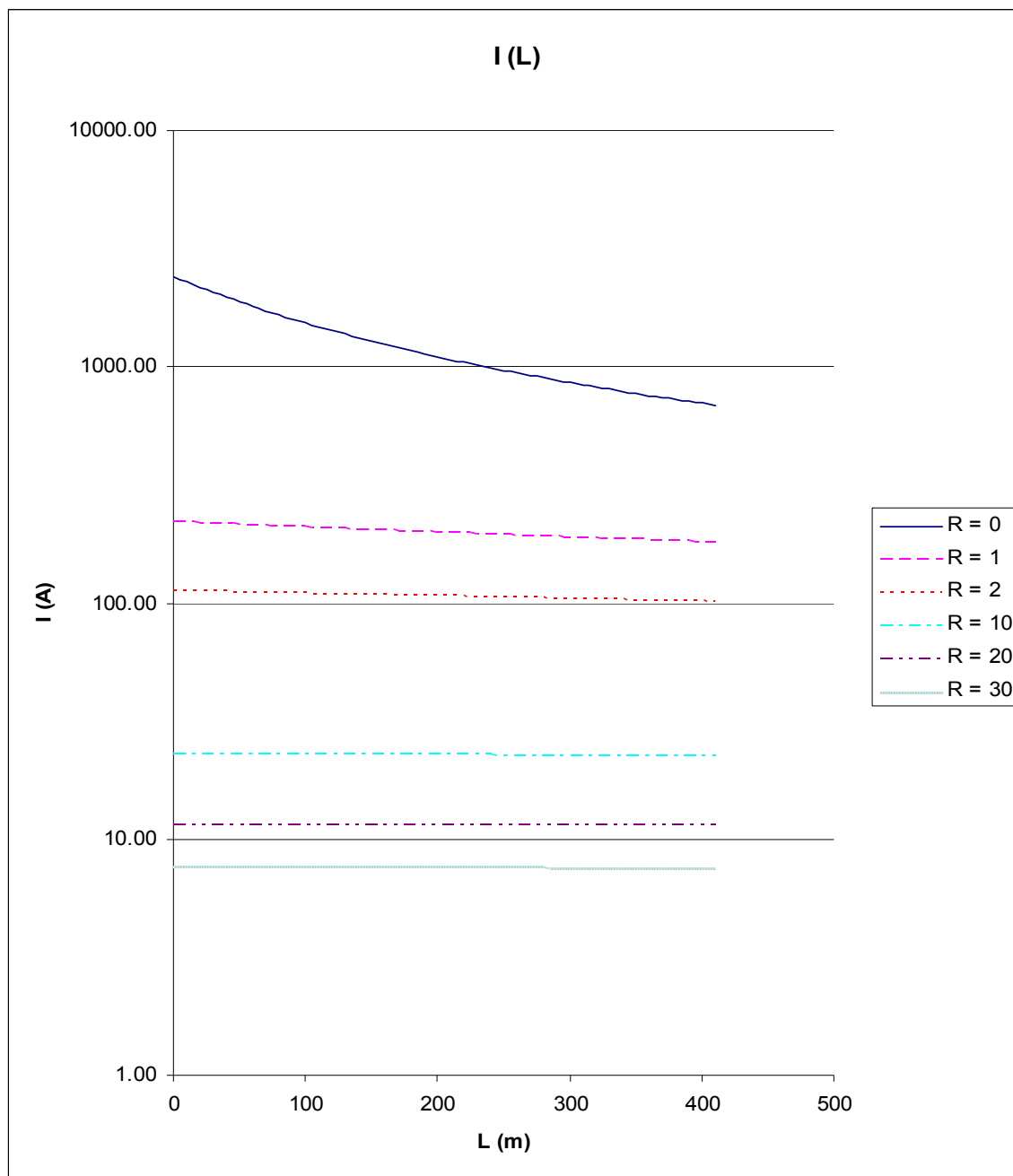
L : Μήκος αγωγού Al 35 mm² μέχρι το σημείο αποκοπής του
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
I : Ρεύμα διαρροής προς γη

Στον πίνακα 4.4-5 που ακολουθεί, παρατίθενται τα αποτελέσματα των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος λ του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Όπως και προηγουμένως, το μήκος λ παίρνει τιμές $0 \text{ m} < \lambda \leq 40 \text{ m}$. Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διαρροής με την αύξηση του μήκους L (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής του) είναι ελάχιστη, όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, εξετάζονται οι θερμοκρασίες για τα 50 πρώτα μέτρα του αγωγού χαμηλής τάσης, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω.

	R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
λ (m)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)
5	144.19	72.10	36.05	24.04
10	72.10	36.05	18.03	12.02
15	48.06	24.03	12.02	8.01
20	36.05	18.03	9.01	6.01
25	28.84	14.42	7.21	4.81
30	24.03	12.02	6.01	4.01
35	20.60	10.30	5.15	3.43
40	18.02	9.01	4.51	3.00

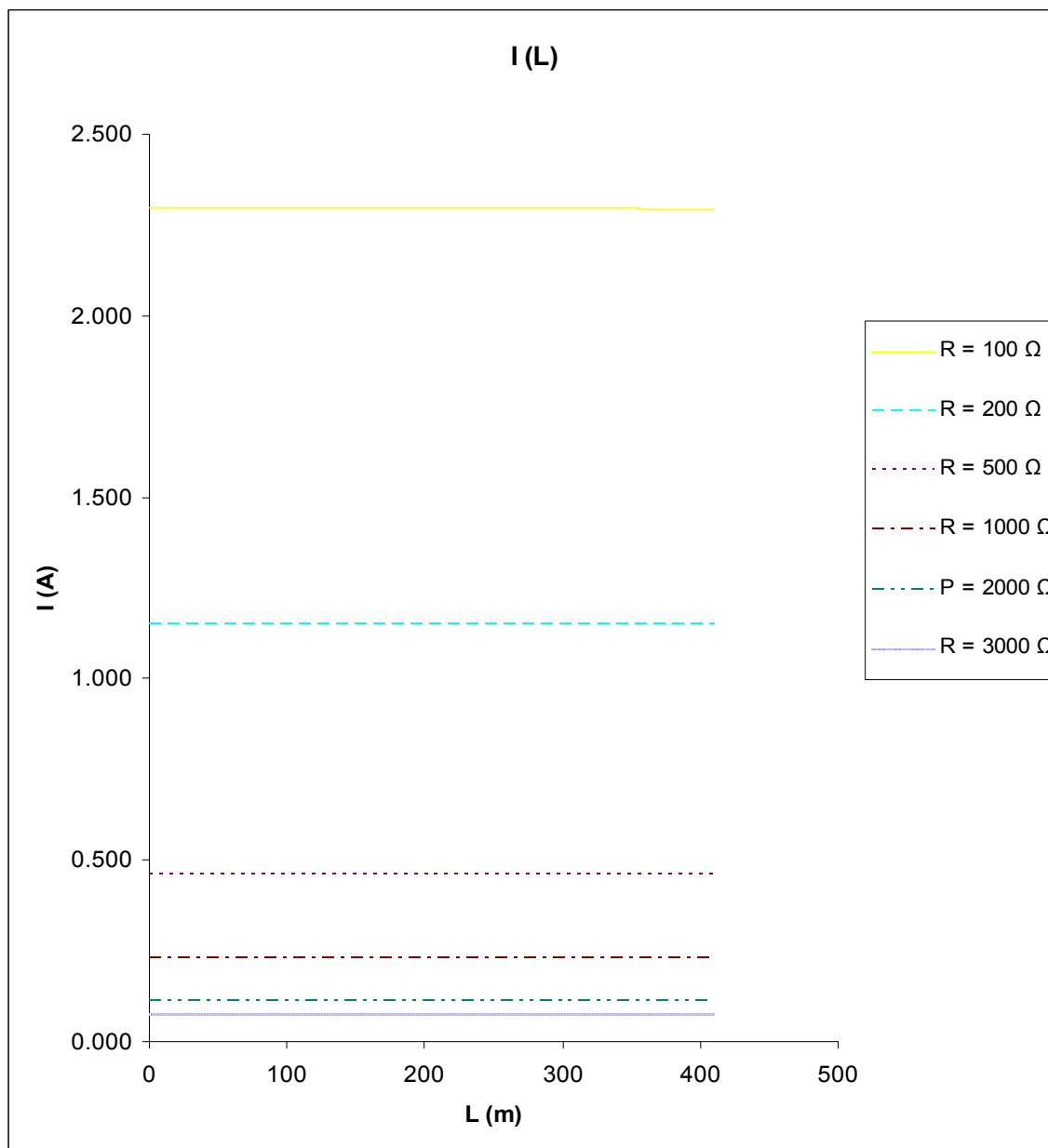
Πίνακας 4.3-5: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για R = 500,1000,2000 και 3000 Ω για την ασφάλεια 125 A
λ : Μήκος αγωγού Al 35 mm² που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
Δθ : Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Στο διάγραμμα 4.4-1 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασχηματιστή 125A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2,10,20 και 30 Ω για μήκη L 0 – 410 m.



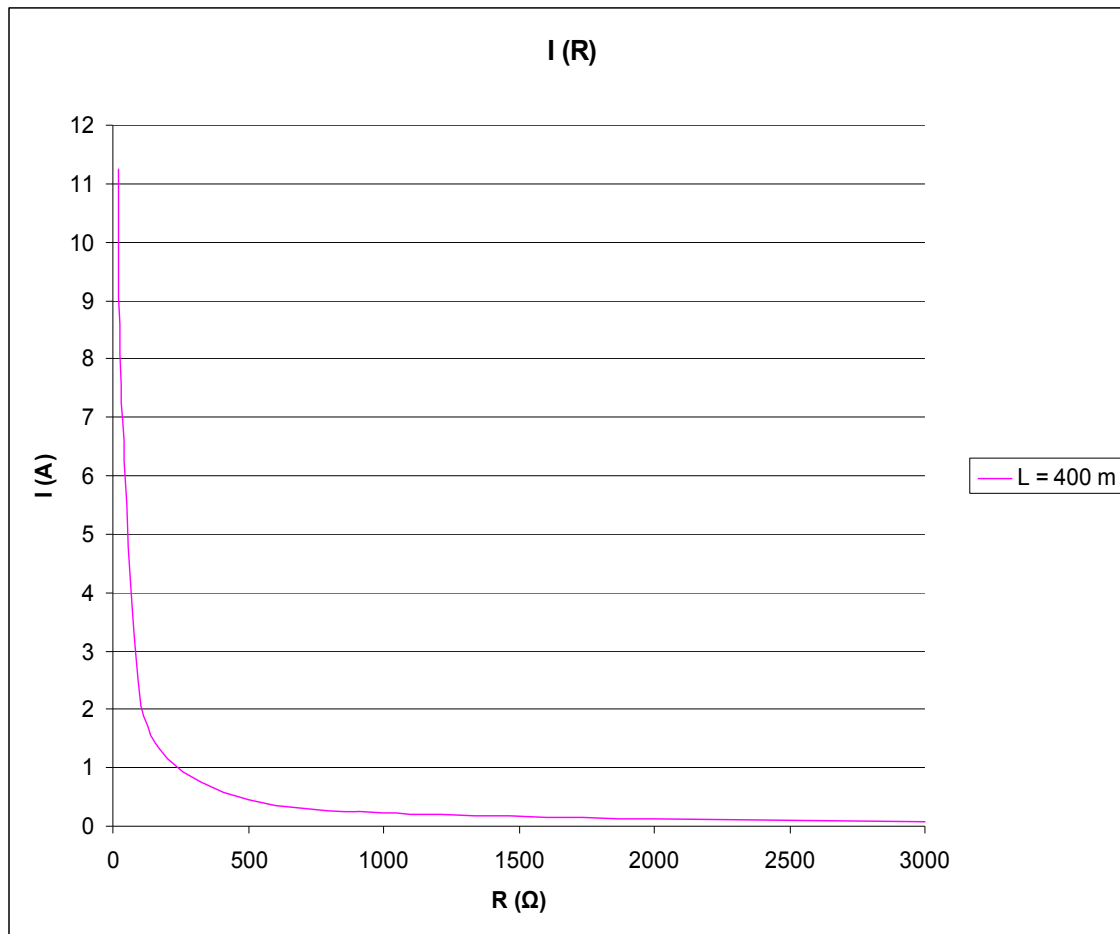
Διάγραμμα 4.4-1: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 0,1,2,10,20 και 30 Ω και ασφάλεια 125 A (ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.4-2 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής (που γίνεται η αποκοπή), με ασφάλεια μετασηματιστή 125A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω για μήκη L 0 – 410 m



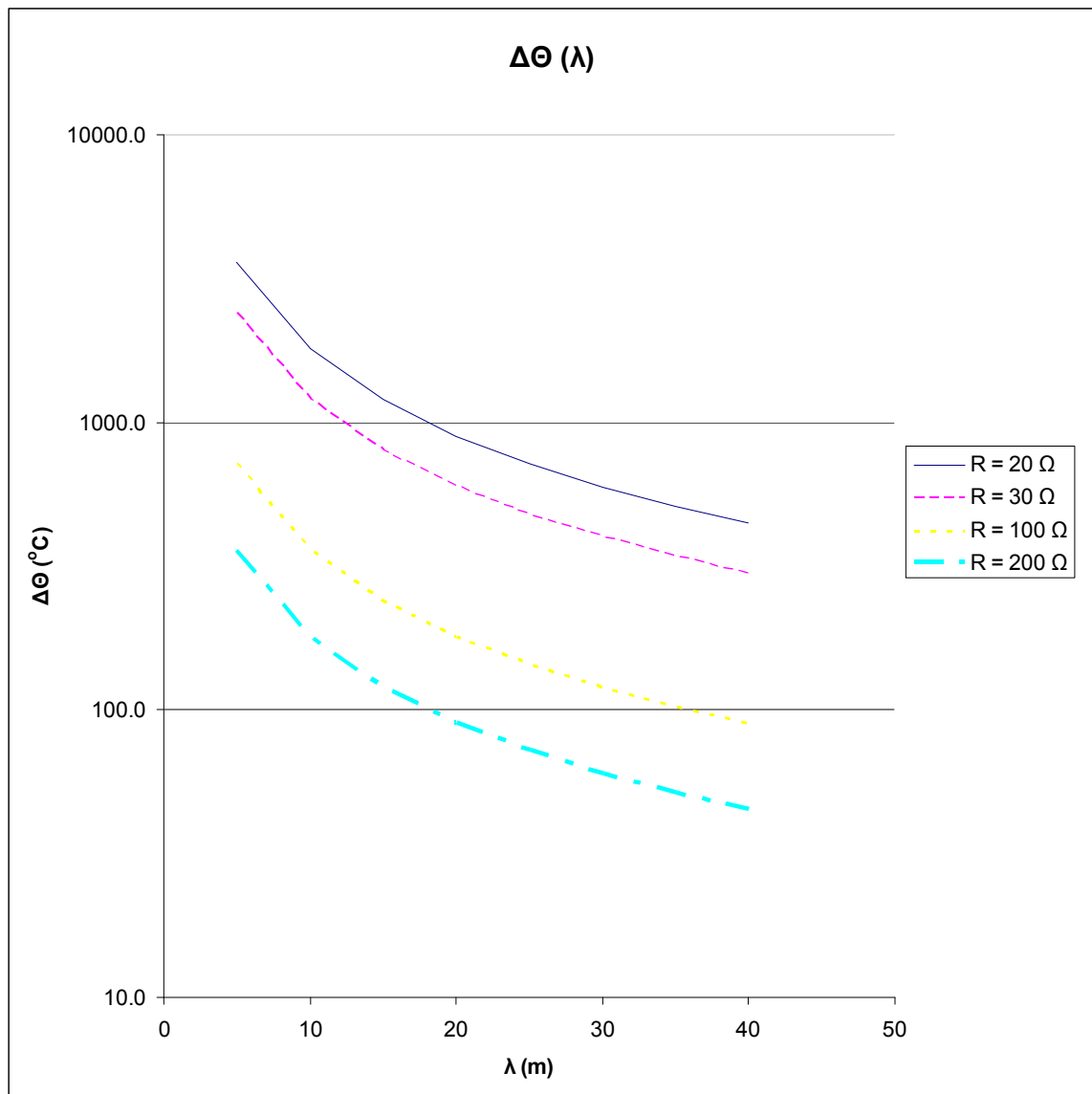
Διάγραμμα 4.4-2: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 125 A

Στο διάγραμμα 4.4-3 που ακολουθεί δίνεται το ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την αντίσταση R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης), με ασφάλεια μετασηματιστή 125A, για μήκος γραμμής (που αποκόπτεται) $L = 400$ m. Η επιλογή $L = 400$ m είναι τυχαία αφού όπως φαίνεται και απο τους πίνακες των ρευμάτων διαρροής, η τιμή του ρεύματος διαρροής μεταβάλλεται ελάχιστα με τη μεταβολή του μήκους αποκοπής L.



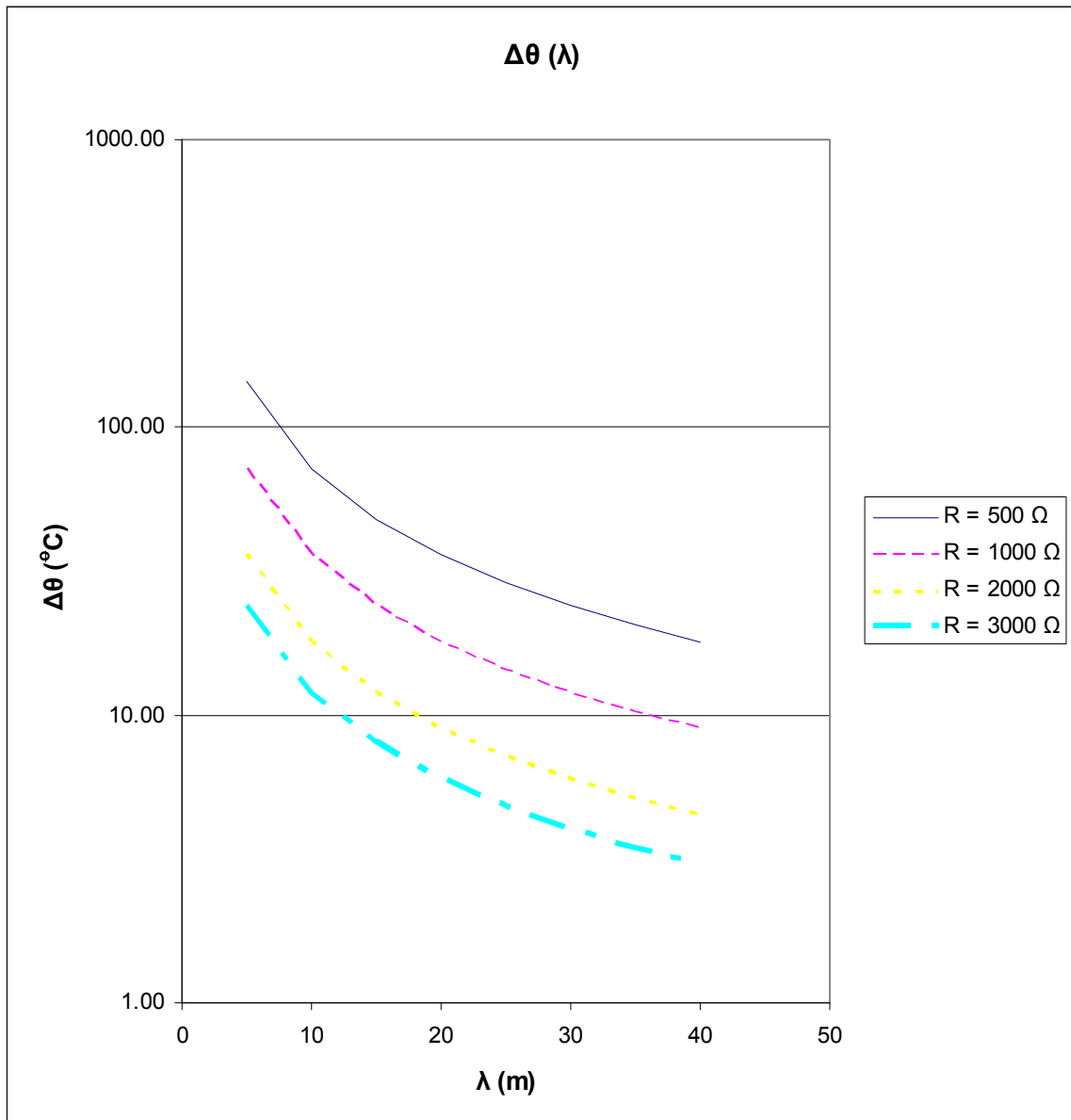
Διάγραμμα 4.4-3: Ρεύμα διαρροής σε συνάρτηση με την $R = R_{\delta} + R_{\gamma}$ για $L = 400$ m (μήκος μέχρι το σημείο αποκοπής) και ασφάλεια 125 A

Στο διάγραμμα 4.4-4 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 125A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 20,30,100 και 200 Ω για μήκη λ 5 – 40 m.



Διάγραμμα 4.4-4: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 20,30,100 και 200 Ω και ασφάλεια 125 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

Στο διάγραμμα 4.4-5 που ακολουθεί δίνεται η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο έδαφος σε συνάρτηση με το μήκος γραμμής λ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, με ασφάλεια μετασηματιστή 125A, για αντιστάσεις R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης) 500,1000, 2000 και 3000 Ω για μήκη λ 5 – 40 m.

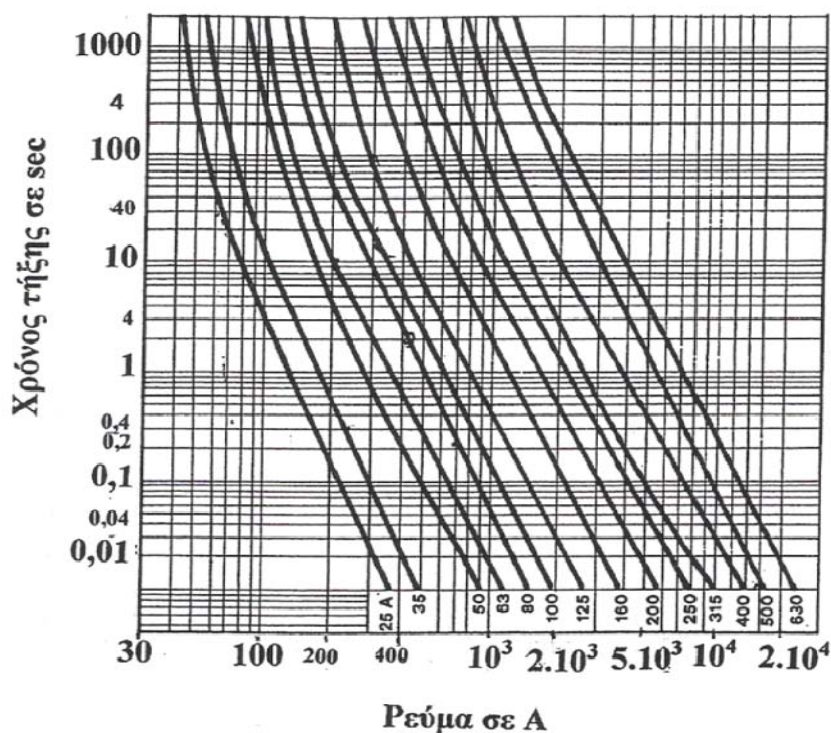


Διάγραμμα 4.4-5: Θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε συνάρτηση με το μήκος λ (μήκος αγωγού σε επαφή με το έδαφος) για R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) 500,1000,2000 και 3000 Ω και ασφάλεια 100 A (Ημιλογαριθμικό διάγραμμα)

5. Ανάλυση αποτελεσμάτων - Σχόλια

5.1 Ρεύματα διαρροής

Από τους παραπάνω πίνακες γίνεται αντιληπτό ότι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις τα ρεύματα διαρροής έχουν τιμές (μεγαλύτερες από 100mA) που μπορούν να προκαλέσουν θάνατο στον άνθρωπο. Μόνο στην περίπτωση $R = 3000 \Omega$ (πετρώδες έδαφος) η τιμή του ρεύματος (77 mA) είναι τέτοια ώστε να μπορεί να αποφευχθεί ο θάνατος με πιθανή την απώλεια αισθήσεων. Για να εξεταστεί αν οι τιμές των ρευμάτων διαρροής τήκουν τις ασφάλειες του υποσταθμού σε ικανοποιητικό χρόνο ($t < 1 \text{ sec}$) ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας, παρατίθεται το παρακάτω λογαριθμικό διάγραμμα 5.1-1. Σε κάθε ασφάλεια μετασχηματιστή αντιστοιχεί μία καμπύλη και για δεδομένο ρεύμα προκύπτει ο χρόνος τήξεως της.



Διάγραμμα 5.1-1 : Χρόνος τήξεως ασφαλειών σε συνάρτηση με το ρεύμα

Από το διάγραμμα 5.1-1 προκύπτει ο πίνακας 5.1-1 για τα “οριακά” ρεύματα που προκαλούν τήξη των ασφαλειών σε $t = 1 \text{ sec}$ (δηλαδή για τιμές ρεύματος μεγαλύτερες από αυτές δεν υπάρχει κίνδυνος και αντίστοιχα για τιμές μικρότερες υπάρχει).

Ασφάλεια	Όριο I (A)
63A	370
80A	500
100A	600
125A	800

Πίνακας 5.1-1 : Τιμές ρευμάτων που τήκουν τις ασφάλειες σε 1 sec

Οι τιμές των ρευμάτων διαροής για $R = 1, 2, \dots, 3000$ προέκυψαν μικρότερες από 370 A συνεπώς (σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα) για όλες τις ασφάλειες και όλα τα μήκη ο χρόνος τήξεως είναι $t > 1 \text{ sec}$ και άρα τα ρεύματα αυτά είναι επικίνδυνα για ηλεκτροπληξία.

Από τα διαγράμματα I (L) παρατηρούμε μια πολύ ελαφριά μείωση των ρευμάτων διαροής με την αύξηση του μήκους της γραμμής η οποία οφείλεται στην πολύ μικρή αύξηση της αντίστασης της γραμμής με την αύξηση του μήκους.

Από το διάγραμμα I (R) παρατηρούμε αισθητή μείωση του ρεύματος διαροής με την αύξηση της R (αντίσταση διάβασης + αντίσταση γης). Αυτό είναι πολύ λογικό αφού οι τιμές της R (0 - 3000Ω) είναι τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες της $Z_{\gamma\rho}$ με αποτέλεσμα να είναι η R αυτή που ουσιαστικά καθορίζει τη συνολική αντίσταση.

5.2 Θερμοκρασίες

Για την αξιολόγηση των θερμοκρασιών που προέκυψαν χρησιμοποιείται ο πίνακας 5.2-1 ο οποίος περιέχει κάποια βασικά υλικά και τη θερμοκρασία ανάφλεξης τους καθώς και ο πίνακας 5.2-2 με τις θερμοκρασίες που προέκυψαν για κάθε περίπτωση.

Υλικό	Θερμοκρασία ανάφλεξης (°C)	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης(°C)
άχυρα	175	-
βαμβάκι	230-266	254
εφημερίδες	185	-
χαρτί	230	-
μαλλί	200	-
πευκόξυλο	228-264	260
PVC	391	454

Πίνακας 5.2-1: Θερμοκρασία ανάφλεξης και αυτανάφλεξης ορισμένων στερεών υλικών που αποτελούν συνήθως καύσιμη ύλη σε πυρκαγιές υπαίθρου

	R = 20 Ω	R = 30 Ω	R = 100 Ω	R = 200 Ω	R = 500 Ω	R = 1000 Ω	R = 2000 Ω	R = 3000 Ω
λ (m)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)	Δθ (°C)
5	3588.2	2396	720.4	360.4	144.19	72.1	36.05	24.04
10	1793.6	1197.8	360.2	180.2	72.1	36.05	18.03	12.02
15	1195.4	798.4	240.1	120.1	48.06	24.03	12.02	8.01
20	896.3	598.7	180.1	90.1	36.05	18.03	9.01	6.01
25	716.9	478.9	144.1	72.1	28.84	14.42	7.21	4.81
30	597.2	399	120	60.1	24.03	12.02	6.01	4.01
35	511.8	341.9	102.9	51.5	20.6	10.3	5.15	3.43
40	447.7	299.1	90	45	18.02	9.01	4.51	3

Πίνακας 5.2-2: Τιμές θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο έδαφος για R = 20,30,100,200,500,1000,2000 και 3000 Ω
λ : Μήκος αγωγού Al 35 mm² που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος
R : Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης
Δθ : Θερμοκρασία αγωγού που ακουμπάει στο έδαφος

Σημειώνεται ότι οι τιμές $\Delta\theta$ του πίνακα 5.2-2 αφορούν σε αύξηση θερμοκρασίας σε σχέση με αυτήν που επικρατεί στο περιβάλλον.

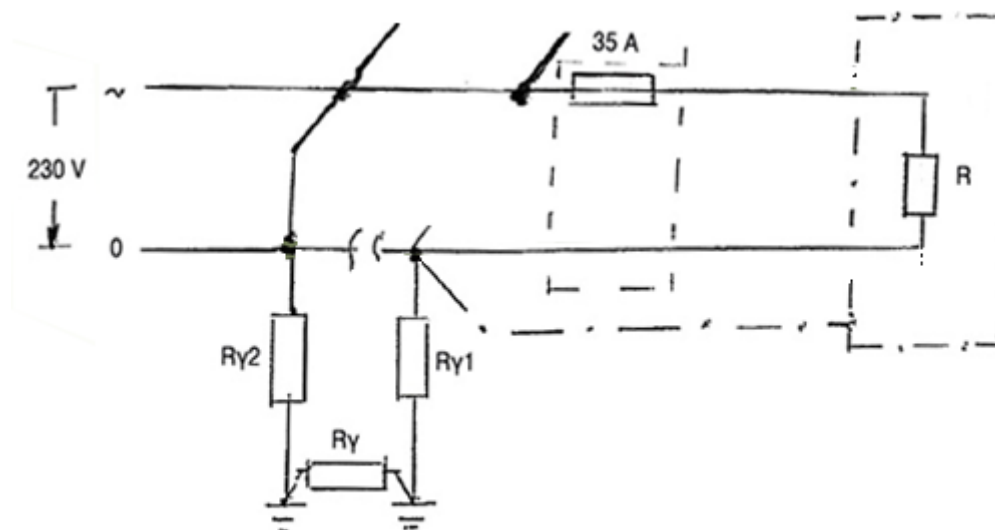
Από τους παραπάνω πίνακες συμπεραίνουμε ότι διαρροές σε εδάφη αντιστάσεων R (Αντίσταση Διάβασης + Αντίσταση Γης) με τιμές $R \leq 30 \Omega$ μπορούν να οδηγήσουν σε ανάφλεξη όλα τα παραπάνω υλικά εκτός από το PVC κι αυτό για $R = 30 \Omega$ και $\lambda > 30$ m. Αντίθετα, διαρροές σε εδάφη με $R \geq 500 \Omega$ δεν μπορούν να αναφλέξουν τα παραπάνω υλικά εκτός από την περίπτωση όπου $R = 500 \Omega$ και $\lambda < 5$ m όπου είναι δυνατόν να αναφλεχθούν άχυρα ειδικά για θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεγαλύτερες των 30°C . Για εδάφη με τιμές $R = 30 - 500 \Omega$ η ανάφλεξη των υλικών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος του αγωγού που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Για παράδειγμα, για έδαφος με $R = 100 \Omega$ για μήκος αγωγού $\lambda < 15$ m και θερμοκρασία περιβάλλοντος μεγαλύτερη από 20°C οδηγούνται σε ανάφλεξη όλα τα παραπάνω υλικά (εκτός από το PVC) ενώ για μήκος αγωγού $\lambda > 25$ m οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται δεν είναι ικανές να προκαλέσουν ανάφλεξη κάποιου από τα παραπάνω υλικά.

6. Αποκοπή ουδετέρου προ του μετρητή του καταναλωτή

Μέχρι στιγμής μελετήθηκε η αποκοπή αγωγού μιας φάσης. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια πολύ συνοπτική μελέτη της αποκοπής του αγωγού του ουδετέρου πριν το μετρητή του καταναλωτή με τις συνέπειες που έχει. Εξετάζονται, η περίπτωση που ο ουδέτερος είναι γειωμένος στον καταναλωτή και η περίπτωση που δεν είναι γειωμένος.

6.1 Γειωμένος Ουδέτερος

Στην περίπτωση που ο ουδέτερος αγωγός είναι γειωμένος πριν τον καταναλωτή τότε μετά την αποκοπή του, ισχύει το εξής απλοποιημένο σχήμα.



Σχήμα 6.1-1 Αποκοπή ουδετέρου γειωμένου πριν τον καταναλωτή

Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να διερευνηθεί η πιθανότητα εκδήλωσης επικίνδυνων τάσεων. Όπως φαίνεται από το σχήμα, μετά την αποκοπή το κύκλωμα κλείνει μέσω των αντιστάσεων σε σειρά $R_{\gamma 1}$, $R_{\gamma 2}$ και R_{γ} . Έστω ότι η ένταση του

ρεύματος πριν την αποκοπή ήταν $I_{\text{priv}} = 65\%$ και $I_{\text{ασφ}} = 23 \text{ A}$. Τότε εξετάζονται δύο περιπτώσεις :

A) $R_{\gamma 1} + R_{\gamma 2} + R_{\gamma} = 50 \Omega$

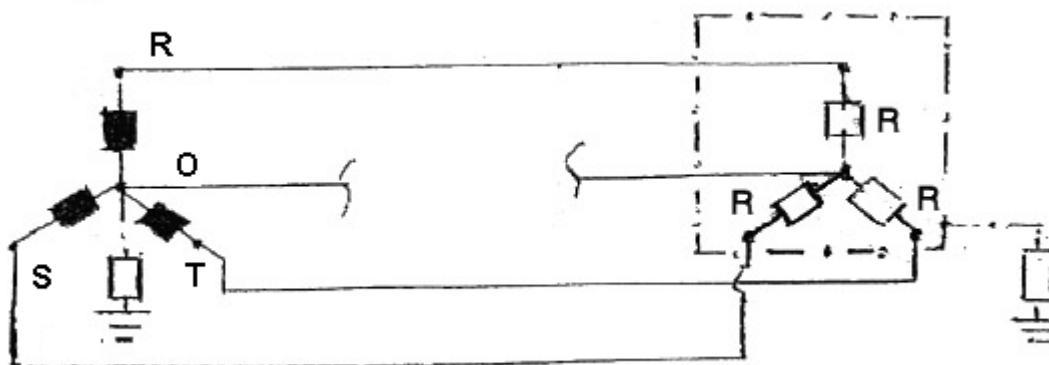
Στην περίπτωση αυτή θα ισχύει $R = 230 / 23 = 10 \Omega$ και $I = 230 / (R_{\gamma 1} + R_{\gamma 2} + R_{\gamma} + R) = 3,83 \text{ A}$. Η τάση του φορτίου θα ελαττωθεί και θα γίνει $U_R = I \cdot R = 3,83 \cdot 10 = 38,3 \text{ V}$ και η τάση που θα αναπτυχθεί μεταξύ των σημείων που γειώνονται οι ουδέτεροι των καταναλωτών θα είναι $U_{\gamma} = I \cdot (R_{\gamma 1} + R_{\gamma 2} + R_{\gamma}) = 191,6 \text{ V}$. Συμπερασματικά η πτώση τάσης στο φορτίο μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε ορισμένες οικιακές συσκευές, ενώ η τάση $U_{\gamma} = 191,6 \text{ V}$ που αναπτύσσεται είναι προφανώς επικίνδυνη για ηλεκτροπληξία.

B) $R_{\gamma 1} + R_{\gamma 2} + R_{\gamma} = 2,5 \Omega$

Στην περίπτωση αυτή θα ισχύει ομοίως $R = 230 / 23 = 10 \Omega$ αλλά $I = 230 / (R_{\gamma 1} + R_{\gamma 2} + R_{\gamma} + R) = 18,4 \text{ A}$. Η τάση του φορτίου θα ελαττωθεί και θα γίνει $U_R = I \cdot R = 18,4 \cdot 10 = 184 \text{ V}$ και η τάση που θα αναπτυχθεί μεταξύ των σημείων που γειώνονται οι ουδέτεροι των καταναλωτών θα είναι $U_{\gamma} = I \cdot (R_{\gamma 1} + R_{\gamma 2} + R_{\gamma}) = 46 \text{ V}$. Συμπερασματικά η πτώση τάσης στο φορτίο αν και μικρότερη σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε οικιακές συσκευές, ενώ η τάση $U_{\gamma} = 46 \text{ V}$ που αναπτύσσεται μεταξύ των σημείων που γειώνονται οι ουδέτεροι των καταναλωτών είναι ακίνδυνη για τον άνθρωπο.

6.2 Αγείωτος ουδέτερος (γειωμένος στον Μ/Σ)

Στην περίπτωση που ο ουδέτερος αγωγός είναι αγείωτος πριν τον καταναλωτή τότε μετά την αποκοπή του, ισχύει το εξής απλοποιημένο σχήμα



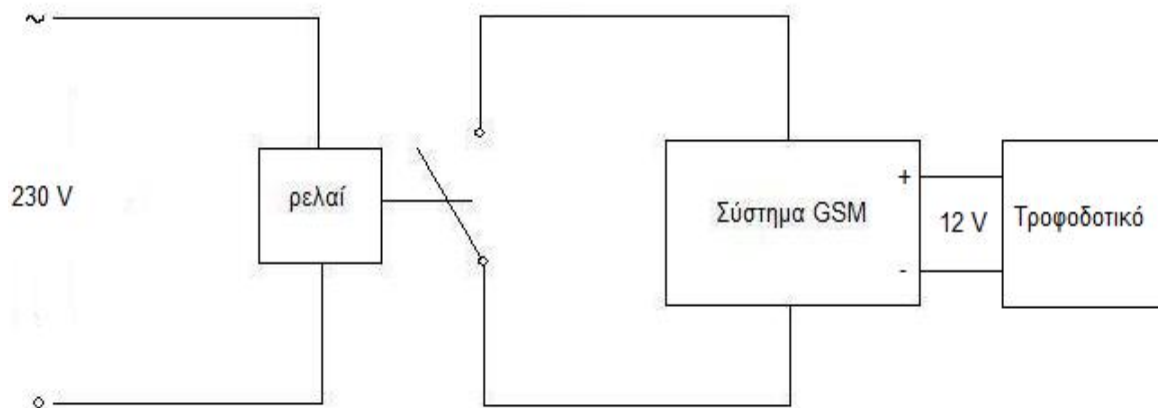
Σχήμα 6.2-1 Αποκοπή ουδετέρου γειωμένου στον Μ/Σ

Σε αυτή την περίπτωση το κύκλωμα κλείνει μέσω των φορτίων των άλλων φάσεων με αποτέλεσμα τα φορτία των φάσεων να συνδέονται σε σειρά γεγονός που πιθανότατα θα προκαλέσει την τήξη κάποιων ασφαλειών.

7. Προτάσεις για την αποφυγή των δυσμενών συνεπειών της πτώσης αγωγού

7.1 Πτώση αγωγού φάσης

Στην περίπτωση αποκοπής αγωγού φάσης, προτείνεται η χρήση ηλεκτρονόμου πριν τον τελευταίο καταναλωτή, σε συνδυασμό με κάποιο δίκτυο επικοινωνίας με τον υποσταθμό π.χ δίκτυο GSM. Στην πρόταση αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις ηλεκτρονόμοι, που ο καθένας συνδέεται μεταξύ μιας φάσης και ουδετέρου, των οποίων οι επαφές θα μπορούν να ενεργοποιήσουν το σύστημα τηλεπικοινωνίας με τον υποσταθμό. Σε περίπτωση αποκοπής ενός αγωγού το αντίστοιχο ρελαί δεν θα έχει τάση, με αποτέλεσμα η επαφή του να θέτει εντός λειτουργίας το σύστημα τηλεπικοινωνίας. Μέσω του δικτύου, ο δέκτης του συστήματος στον υποσταθμό, θα τροφοδοτεί έναν δεύτερο ηλεκτρονόμο ο οποίος με την κατάλληλη θέση των επαφών του θα ανοίγει τον διακόπτη φορτίου ή τον αυτόματο διακόπτη του υποσταθμού. Με αυτό τον τρόπο θα διακόπτονται οι παροχές ηλεκτρικού ρεύματος από τον υποσταθμό μέχρι να επιδιορθωθεί η βλάβη. Αντίστοιχα όταν επιδιορθώνεται η βλάβη ο ηλεκτρονόμος στον τελευταίο καταναλωτή θα βρίσκεται υπό τάση με αποτέλεσμα να θέτει εκτός λειτουργίας το σύστημα τηλεπικοινωνίας. Στο σχήμα 7.1-1 δίνεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα της προτεινόμενης προστασίας με χρήση του δικτύου GSM. Σημειώνεται ότι συστήματα GSM είναι διαθέσιμα στο εμπόριο, τα οποία βρίσκουν ήδη εφαρμογές στα «έξυπνα σπίτια» και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε κυκλώματα αποκοπής αγωγών.



Σχήμα 7.1-1: Απλοποιημένο διάγραμμα προστασίας από αποκοπή αγωγού φάσεως με χρήση δικτύου GSM. Σημείωση: η επαφή του ρελαί είναι ανοικτή επειδή δεν έχει κοπεί ο αγωγός (κανονική λειτουργία)

7.2 Αποκοπή ουδετέρου

Σημειώνεται πως σύμφωνα με το ΦΕΚ 470/Β/5-3-2004 (που επικυρώνει το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384/2002) ο καταναλωτής πρέπει να προστατεύει την εγκατάσταση του με δικά του μέσα. Συνεπώς δε νοείται ευθύνη της ΔΕΗ για οποιοδήποτε ατύχημα. Για την προστασία της εγκατάστασης και την ασφάλεια του καταναλωτή προτείνεται τοποθέτηση διακοπών διαφυγής έντασης στην εγκατάστασή του. Επίσης ακόμα μεγαλύτερη αξιοπιστία και ασφάλεια προσδίδουν οι ισοδυναμικές συνδέσεις στις γειώσεις προστασίας στα σπίτια των καταναλωτών

Βιβλιογραφία

- [1] ΦΕΚ 608/Β/6.10.1967, 'Περί εγκρίσεως Κανονισμών δια την εγκατάστασιν και συντήρησιν Υπαιθρίων Γραμμών Ηλεκτρικής Ενέργειας', 1967
- [2] Τσανάκας Δ., 'Συμμετρικές Συνιστώσες και Ανάλυση Σφαλμάτων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας' Ξάνθη, 1985
- [3] Δ.Ε.Η., 'Τυποποιημένες Κατασκευές Διανομής', Τόμος 2, 3η έκδοση, 1984
- [4] ΔΕΗ, 'Κανονισμός ΟΔ-22/ΔΕΔ-ΤΤΕ Δ-4/4-7-88', 1988
- [5] Σελλούντος, Β., Παπαϊωάννου, Γ., Πέρδιος, Στ., Χουσιανάκος, Κ. 'Πυρασφάλεια, Εφαρμογές πυροπροστασίας και στοιχεία πυρόσβεσης', Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα, 1988
- [6] Ντοκόπουλος Π., Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1992
- [7] Μπούρκας Π., Καραγιαννόπουλος Κ., 'Βιομηχανικές ηλεκτρικές διατάξεις και υλικά', Εκδόσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2003
- [8] Μπούρκας Π., 'Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων', ΕΜΠ, 2004
- [9] Κατσούλου Α. 'Έλεγχος Συνθήκης Ουδετέρωσης σε Δίκτυα Διανομής Χαμηλής Τάσης', ΕΜΠ, Αθήνα, 2008
- [10] Walter M. Kurzschlußströme in Drehstromnetzen, Muchen Oldenbourg - Verlag
- [11] Holm R, Electric contacts. Theory and applications, Springer – Verlag Berlin
- [12] Σελλούντος, Β., Παπαϊωάννου, Γ., Πέρδιος, Στ., Χουσιανάκος, Κ. «Πυρασφάλεια, Εφαρμογές πυροπροστασίας και στοιχεία πυρόσβεσης» Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα 1988.
- [13] HUTTE, Taschenbuch für Betriebsingenieure, Band II
- [14] Καλπακίδης Ι., Διπλωματική εργασία «Περιγραφή των Μέσων Προστασίας και των Εγκαταστάσεων Μέσης Τάσης της Δ.Ε.Η και των Καταναλωτών», Α.Π.Θ Μάιος 2009

[15] Μιχαήλ Α. Κεραμίδας , Διπλωματική εργασία «Συνέπειες πτώσης αγωγού ΑΙ 35 mm² στο έδαφος, που ηλεκτροδοτείτο από υποσταθμό μέσης τάσης με μετασχηματιστή διανομής ονομαστικής ισχύος 100KVA», Ε.Μ.Π Ιούλιος 2009

