



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Εκτίμηση των συνεπειών λόγω διαφασικού σφάλματος δύο αγωγών
ACSR 16mm^2 (Aluminum Conductor Steel Reinforced, ισοδύναμης
διατομής χαλκού 16mm^2) του Εναέριου Δικτύου Διανομής Μέσης
Τάσης της ΔΕΗ, ηλεκτροδοτούμενο από Κέντρο Διανομής 15 ή 25 ή
50 MVA**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μανούσος Γ. Κοκκινάκης

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

Αθήνα, Ιούλιος 2009

*Στους γονείς μου
και στις αδελφές μου*



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Εκτίμηση των συνεπειών λόγω διφασικού σφάλματος δύο αγωγών
ACSR 16mm² (Aluminum Conductor Steel Reinforced, ισοδύναμης
διατομής χαλκού 16mm²) του Εναέριου Δικτύου Διανομής Μέσης
Τάσης της ΔΕΗ, ηλεκτροδοτούμενο από Κέντρο Διανομής 15 ή 25 ή
50 MVA**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μανούσος Γ. Κοκκινάκης

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

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

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

.....
Νικόλαος Ι. Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Κωνσταντίνος Γ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2009

.....
Μανούσος Γ. Κοκκινάκης

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

Copyright © Μανούσος Γ. Κοκκινάκης, 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.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη μελέτη διφασικού σφάλματος δύο αγωγών στο Εναέριο Δίκτυο Διανομής Μέσης Τάσης της ΔΕΗ. Μελετάται η θερμική καταπόνηση των αγωγών σε περίπτωση διφασικού βραχυκυκλώματος στον αέρα και σε περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος. Επίσης εξετάζεται η περίπτωση επαναληπτικής διακοπής (από διακόπτη αυτόματης επαναφοράς ΔΑΕ) και η επίδραση αυτής στην αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού. Εξετάζεται ως παράδειγμα μια γραμμή μέσης τάσης μήκους 100 km από αγωγούς αλουμινίου με χαλύβδινο πυρήνα (ACSR) ισοδύναμης διατομής χαλκού 16 mm².

Στην περίπτωση διφασικού βραχυκυκλώματος στον αέρα εξετάζεται η δυνατότητα πρόκλησης πυρκαγιάς λόγω πρόσπτωσης στο έδαφος τηγμάτων μετάλλου, ενώ στην περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος εξετάζεται η δυνατότητα πρόκλησης πυρκαγιάς λόγω επαφής των αγωγών με κάποια σχετικά εύφλεκτη ουσία στο έδαφος. Επιπλέον, για τη δεύτερη περίπτωση εξετάζεται υπό ποιες συνθήκες δε θα ενεργοποιηθούν οι προστασίες της γραμμής και θα υπάρξει ρεύμα διαρροής στους δυο αγωγούς και προτείνονται κάποιες λύσεις.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών επιβεβαιώνουν ότι οι αγωγοί ACSR 16mm² είναι ακατάλληλοι για χρήση στις γραμμές κορμού, καθώς, σε περίπτωση σφάλματος μέχρι το 5^ο χιλιόμετρο της γραμμής, υφίστανται υπερθέρμανση άνω των επιτρεπτών ορίων, ενώ μπορεί να προκληθεί μέχρι και πυρκαγιά από τήγματα αλουμινίου. Απαιτείται λοιπόν η χρήση αγωγού μεγαλύτερης διατομής στις γραμμές κορμού. Επίσης, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι σε περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος μπορεί να δημιουργηθεί ρεύμα διαρροής που είναι επικίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή σε περίπτωση άμεσης επαφής, και επίσης είναι πιθανή η πρόκληση πυρκαγιάς από τη ροή ρεύματος στο έδαφος εφόσον υπάρχει μια σχετικά εύφλεκτη ουσία.

Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της εργασίας αυτής μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο για τους εγκαταστάτες μηχανικούς και εμπειρογνώμονες, καθώς μπορούν να βασιστούν σε αυτά για την εξαγωγή συμπερασμάτων στα πεδία που τους απασχολούν.

Λέξεις κλειδιά:

βραχυκύκλωμα, πτώση αγωγού στο έδαφος, θερμική καταπόνηση, εναέριο δίκτυο διανομής, μέση τάση, γυμνοί αγωγοί ACSR, διακόπτης αυτόματης επαναφοράς, τήγματα αλουμινίου, πρόκληση πυρκαγιάς, ρεύμα διαρροής.

ABSTRACT

The subject of the present diploma thesis is the study of two-phase fault on the medium-voltage overhead distribution network of electric power. The thermal stress of the distribution network bare conductors is examined in case of two-phase fault in the air and on the ground. In addition, the presence of a reclosing circuit breaker or a recloser is investigated along with its impact on the thermal stress of the conductors. The study of a medium-voltage distribution line up to 100 kilometres of ACSR 16mm² (Aluminum Conductor Steel Reinforced with equivalent cross section of copper conductor of 16mm²) is taken as an example.

The possibility of fire breakout because of molten aluminum particles is investigated in the case of two-phase short circuit in the air, as well as the possibility of fire breakout due to conductor-material on the ground contact, in the case that the conductors are cut and fall on the ground. Moreover, in the second case, the circumstances under which the protection of the line fails are examined and as a result leakage current is generated through the two conductors. Some solutions to this problem are discussed.

The emerging results confirm that ACSR 16mm² conductors are inappropriate for the main line of overhead distribution networks, as in case of fault in the first 5 km of the line they are subject to excessive thermal stress, which can result in fire breakout because of molten aluminum particles. This makes the use of conductors with a larger cross section compulsory for the main line of overhead distribution networks. Furthermore, the results demonstrate that, in the case that the conductors are cut and fall on the ground, a leakage current would be hazardous in case of human contact, and also the current through the ground is probable to set fire, in case any flammable material lay on the ground.

The results and conclusions of this project may seem especially useful for installation engineers and experts, as regards the area of application.

Keywords:

short-circuit, fall of conductor on the ground, thermal stress, overhead distribution network, medium-voltage, bare conductors ACSR, recloser, molten aluminum particles, fire breakout, leakage current.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αξιότιμο καθηγητή κ. Περικλή Δ. Μπούρκα για το άριστο κλίμα συνεργασίας και τις πολύτιμες συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Το μεγαλύτερο ευχαριστώ ωστόσο το οφείλω στην οικογένειά μου, χάρη στην αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

*Μανούσος Γ. Κοκκινάκης,
Αθήνα, Ιούλιος 2009*

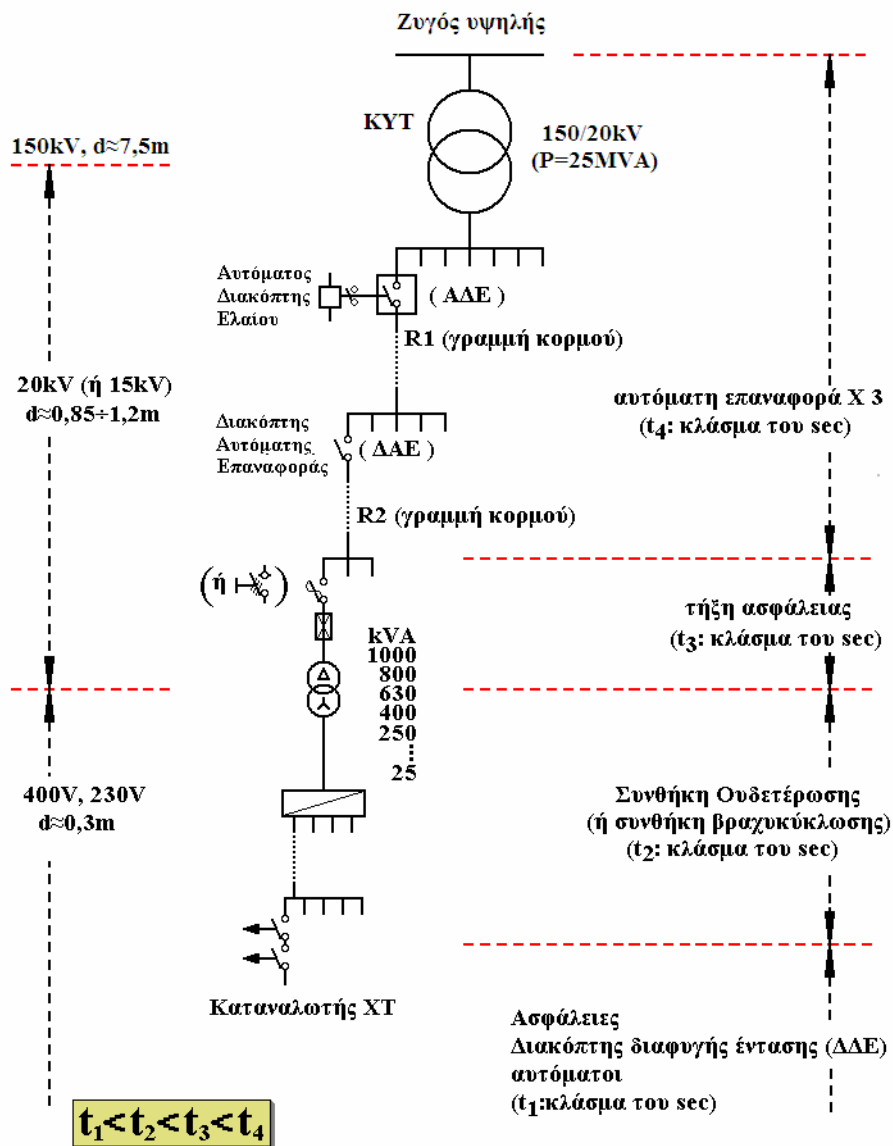
Περιεχόμενα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
2.	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	20
3.	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΤΟΥ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ... ..	20
3.1.	Γενικά περί αγωγών δικτύου διανομής ΜΤ.....	20
3.2.	Η ωμική και επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής ΜΤ	22
3.3.	Επιδερμικό φαινόμενο.....	25
4.	ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ Ή ΤΟ ΔΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ	26
4.1.	Εισαγωγικές παρατηρήσεις – Βασικοί ορισμοί	26
4.2.	Υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε εναέρια δίκτυα διανομής μέσης τάσης 15kV και 20kV από τις αντιστάσεις.....	28
4.2.1	Υπολογισμός της ολικής σύνθετης αντίστασης κατά το βραχυκύκλωμα	28
	Οι αντιστάσεις του μετασχηματιστή υψηλής τάσης προς μέση τάση.....	28
	Η ωμική και η επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής ΜΤ	29
4.2.2.	Υπολογισμός του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_{sw}) στην περίπτωση διφασικού σφάλματος στον αέρα (ή άμεση επαφή των αγωγών στο έδαφος)	30
4.2.3.	Υπολογισμός του ρεύματος προς γη (I) στην περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος.....	30
4.3.	Προσδιορισμός της θερμικής καταπόνησης σε γυμνούς αγωγούς του δικτύου διανομής κατά το βραχυκύκλωμα.	32
	Επίδραση των διακοπών των Διακοπών Αυτόματης Επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση των αγωγών.....	32
4.4.	Υπολογισμός θερμοκρασίας σε αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα σύμφωνα με το σχετικό ευρωπαϊκό πρότυπο.	35
5.	ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	38
5.1.	Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα ή με άμεση επαφή των αγωγών στο έδαφος.	38
5.1.1	Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm ² , S _N =15MVA, ΜΣ 150kV/20kV	40
5.1.2	Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm ² , S _N =25MVA, ΜΣ 150kV/20kV	49
5.1.3	Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm ² , S _N =50MVA, ΜΣ 150kV/20kV	58
5.1.4	Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm ² , S _N =15MVA, ΜΣ 150kV/15kV	67
5.1.5	Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm ² , S _N =25MVA, ΜΣ 150kV/15kV	76
5.1.6	Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm ² , S _N =50MVA, ΜΣ 150kV/15kV	85

5.2. Ροή ρεύματος στο έδαφος μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή αγωγών και πτώση τους στο έδαφος	94
5.2.1 Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm ² , $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/20kV	94
5.2.2 Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm ² , $S_N=25MVA$, ΜΣ 150kV/20kV	108
5.2.3 Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm ² , $S_N=50MVA$, ΜΣ 150kV/20kV	122
5.2.4 Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm ² , $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/15kV	136
5.2.5 Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm ² , $S_N=25MVA$, ΜΣ 150kV/15kV	150
5.2.6 Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm ² , $S_N=50MVA$, ΜΣ 150kV/15kV	164
6. ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΑΠΟ ΡΟΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ R_d ΤΟΥ ΕΓΑΦΟΥΣ, ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΟΠΗ ΑΓΩΓΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΤΩΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	179
7. ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΓΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΩΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	184
8. ΣΧΟΛΙΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	186
8.1. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων των <i>Παραγράφων 5.1.1-5.1.6 και του Κεφαλαίου 7.</i>	186
8.2. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων των <i>Παραγράφων 5.2.1-5.2.6 και του Κεφαλαίου 6.</i>	186
8.3. Παρουσίαση των τεχνικών προστασίας γραμμών μεταφοράς με ηλεκτρονόμους και προτάσεις επίλυσης του προβλήματος του ρεύματος διαρροής	187
8.3.1 Τεχνικές και εξοπλισμός προστασίας γραμμών μεταφοράς με ηλεκτρονόμους	187
8.3.2 Προτάσεις επίλυσης του προβλήματος του ρεύματος διαρροής	191
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	195

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

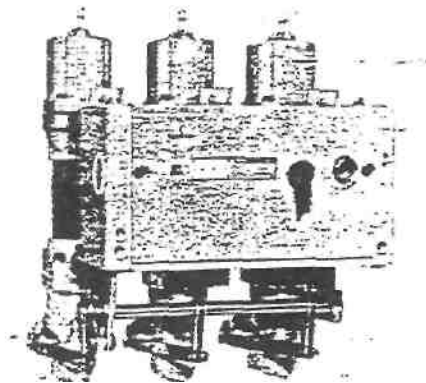
Τα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης (ΜΤ) του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούνται από μεγάλο πλήθος στοιχείων και έχουν κατά κανόνα δενδροειδή μορφή. Στο Σχήμα 1-1 δίνεται απλοποιημένα ένα παράδειγμα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με αυτό, από το μετασχηματιστή υψηλής τάσης (150 kV/20 kV, 25 MVA) του Κέντρου Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ) αναχωρούν μέσω αυτόματων διακοπών ελαίου (ΑΔΕ –βλ. Σχήμα 1-2) 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) [2, 6, 8, 10, 13, 14]. Καθεμία από τις παραπάνω γραμμές διακλαδίζεται σε ορισμένες



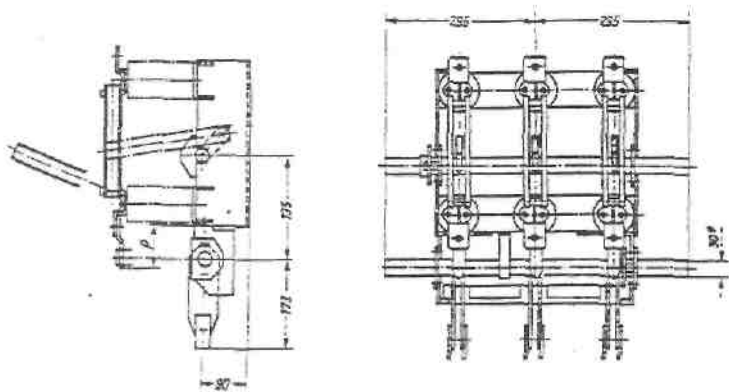
Σχήμα 1-1 Απλοποιημένο παράδειγμα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας

γραμμές, που αφορούν την ηλεκτροδότηση (τμημάτων της ευρύτερης περιοχής) μέσω διακοπών αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ), οι οποίες ονομάζονται επίσης γραμμές κορμού [2, 10, 13, 14].

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 1-3) και διακόπτες φορτίου και μέσα προστασίας όπως διακόπτες ισχύος (ΑΔΕ), διακόπτες απομονώσεως (sectionalizers) και ασφάλειες. 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 [8, 13].



Σχήμα 1-2 Αυτόματος διακόπτης ελαίου



Σχήμα 1-3 Τριπολικός αποζεύκτης μέσης τάσης με γείωση

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 - εκ νέου ηλεκτροδότηση" 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 [1, 2, 3, 11, 12], πολύ δε περισσότερο δεν δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από τους αγωγούς).

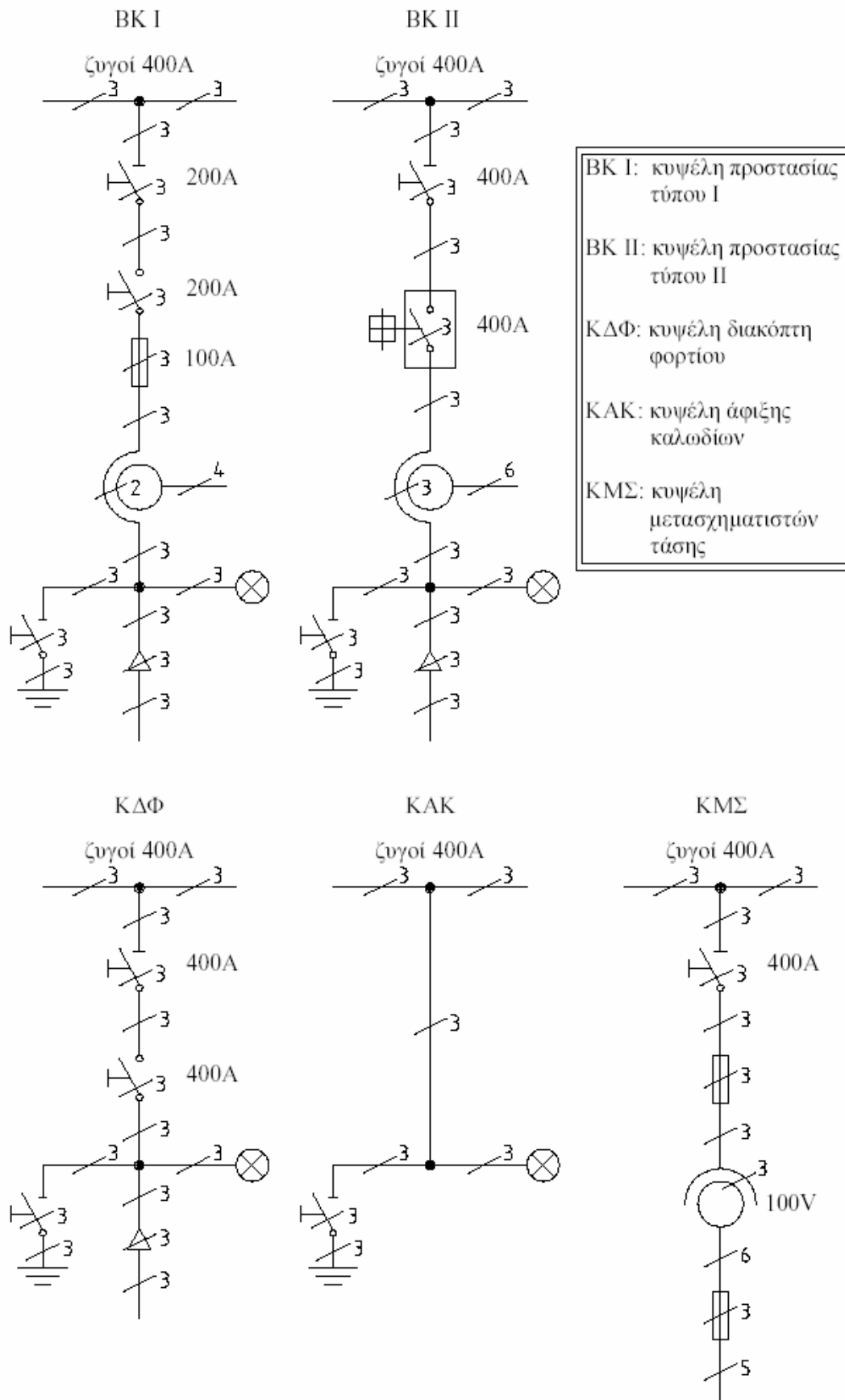
Όπως φαίνεται στο *Σχήμα 1-1*, οι γραμμές κορμού μέσω των ΔΑΕ διακλαδίζονται με την σειρά τους σε διάφορες γραμμές που καταλήγουν σε υποσταθμούς υποβιβασμού της μέσης τάσης σε χαμηλή τάση (20 kV/400V, 230 V). Οι υποσταθμοί αυτοί διακρίνονται σε υπαίθριους επί στύλων ισχύος μέχρι 400 kVA και σε εσωτερικού χώρου (συνήθως σε υπόγεια πολυκατοικιών) μεγαλύτερης ισχύος από 400 kVA. Στους υπαίθριους υποσταθμούς η γραμμή μέσης τάσης ηλεκτροδοτεί τον μετασχηματιστή μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών ή τριπολικών αποζευκτών (βλ. *Σχήμα 1-1*), ενώ στους υποσταθμούς εσωτερικού χώρου η ηλεκτροδότηση του μετασχηματιστή γίνεται μέσω συγκροτήματος πινάκων. 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 ασφαλειοαποζευκτές και τριπολικοί αποζευκτές μη εντασσόμενοι σε υπαίθριους υποσταθμούς.

Στο *Σχήμα 1-4* δίνονται τα μονογραμμικά σχέδια των πινάκων (ή κυψελών) του δικτύου της Δ.Ε.Η.. Εκτός από τους πίνακες αυτούς υπάρχει και ένας πίνακας για τη μέτρηση και τη καταγραφή της ισχύος. Στους πίνακες αυτούς συναντώνται τα βασικά είδη διακοπών καθώς και τους συνδυασμούς τους, που προαναφέρθηκαν. Οι πίνακες του *Σχήματος 1-4* και ο πίνακας για τη μέτρηση και καταγραφή της ισχύος (πίνακας ΚΜ) συναρμολογούνται (σε χώρο που διατίθεται από τον καταναλωτή) σε ένα συγκρότημα πινάκων, το είδος του οποίου εξαρτάται από τις ανάγκες του δικτύου της Δ.Ε.Η.. Από το συγκρότημα αυτό τροφοδοτείται ο καταναλωτής, μέσω ενός πίνακα ΒΚ I ή ΒΚ II. Στον *Πίνακα 1-1* δίνονται τα τέσσερα τυποποιημένα είδη συγκροτημάτων μέσης τάσης [1, 3].

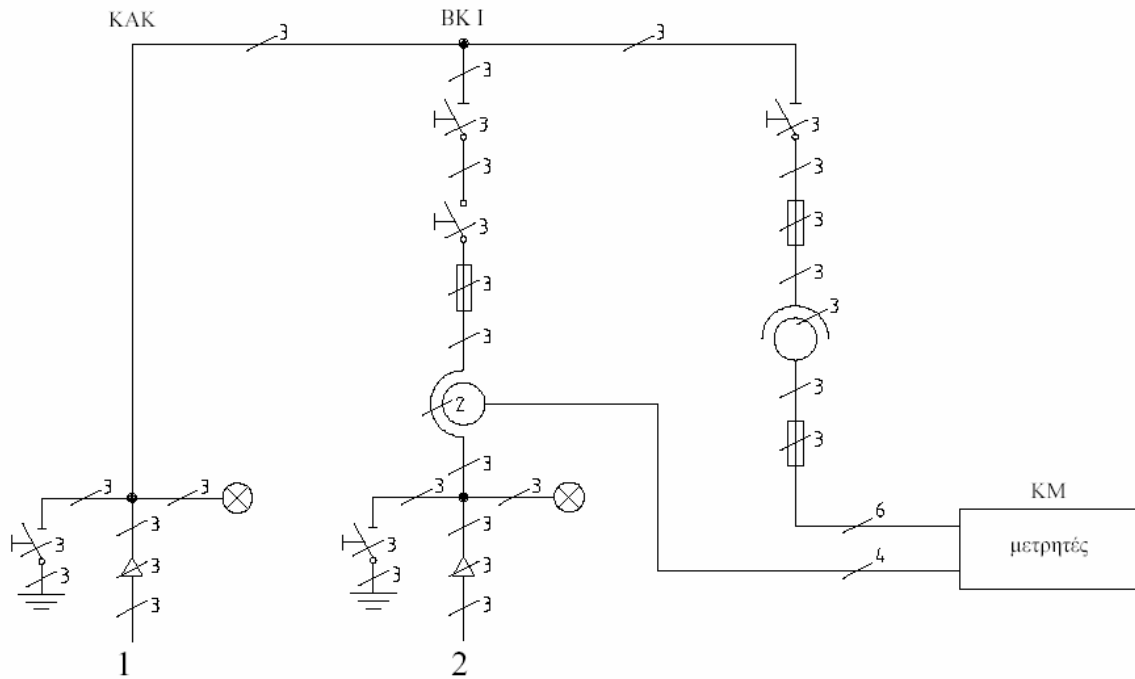
A/A	Σύστημα τροφοδοσίας	Περιλαμβάνει
1	Βροχοειδές σύστημα I	2 ΚΔΦ + 1 ΒΚ I + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ
2	Βροχοειδές σύστημα II	2 ΚΔΦ + 1 ΒΚ II + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ
3	Ακτινικό σύστημα I	1 ΚΑΚ + 1 ΒΚ I + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ
4	Ακτινικό σύστημα II	1 ΚΑΚ + 1 ΒΚ II + 1 ΚΜΣ + 1 ΚΜ

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

Στο *Σχήμα 1-5* δίνεται ένα παράδειγμα συστήματος τροφοδοσίας. Πρόκειται για το μονογραμμικό σχέδιο του ακτινικού συστήματος I, από τον πίνακα ΒΚ I που τροφοδοτείται ο καταναλωτής μέσης τάσης.



Σχήμα 1-4 Πίνακες (κυψέλες) της Δ.Ε.Η. στη μέση τάση



Σχήμα 1-5 Ακτινικό σύστημα τροφοδοσίας
1: από το δίκτυο. 2: προς τον καταναλωτή

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 συντεταγμένα καλώδια αποτελούν την σύγχρονη εξέλιξη των γραμμών διανομής χαμηλής. Με σκοπό την ενημέρωση για τις παροχές χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η. εξετάζονται παρακάτω ως παράδειγμα δύο γενικά μηχανολογικά σχέδια ενός πίνακα χαμηλής τάσης του δικτύου της (Σχήματα 1-6 και 1-7), 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 380V/50Hz και μονοφασικές παροχές 220V/50Hz) [1, 3]. 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 στη κατανόηση της λειτουργίας του, δίνεται στο Σχήμα 1-8. Όπως φαίνεται από το σχήμα αυτό (αλλά και από το Σχήμα 1-6) 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) [1, 3].

Η τροφοδοσία του πίνακα και μια 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 το 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, 3]:

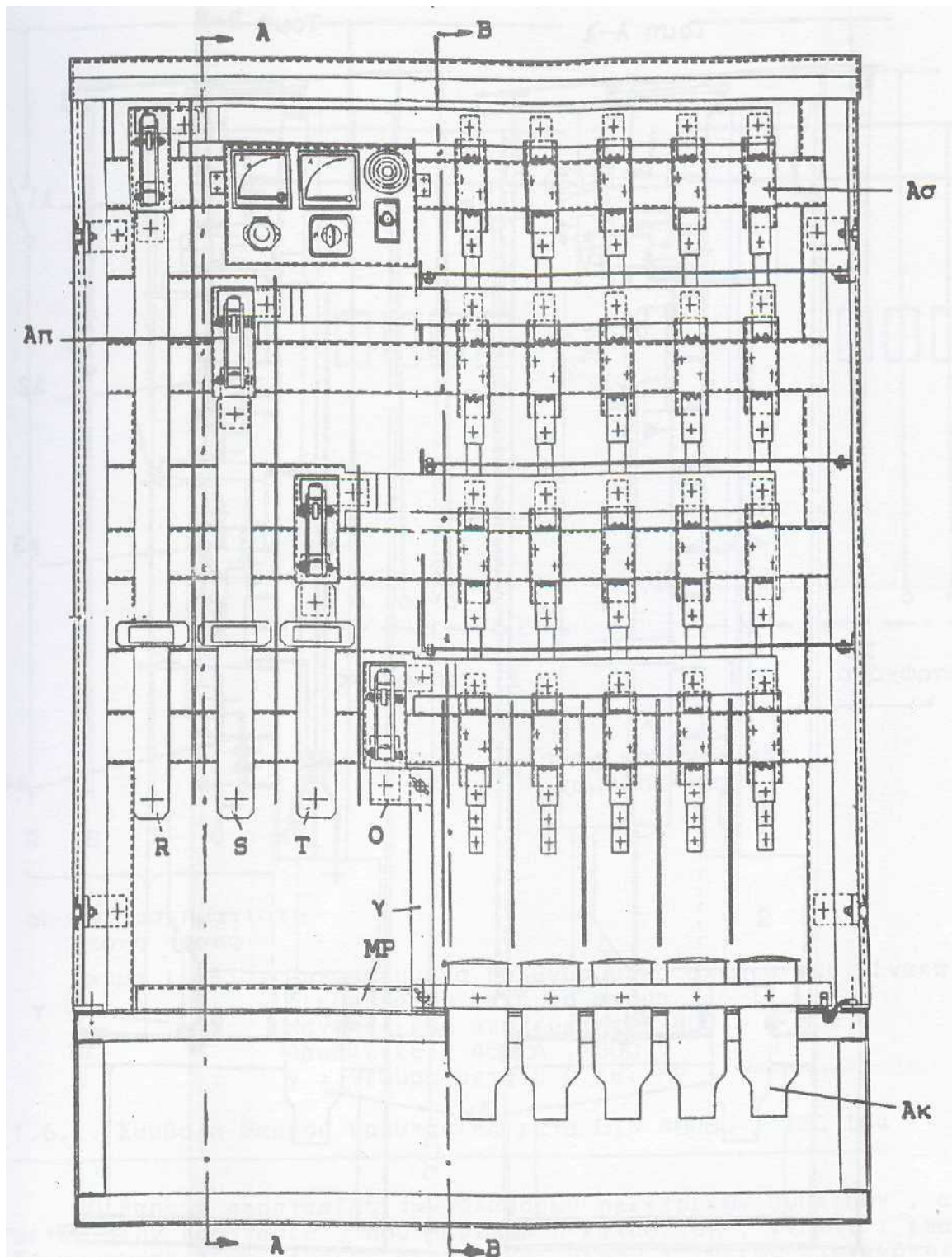
1) πίνακες με τριφασική είσοδο μέσω μονοπολικών αποζευκτών :

α) πίνακες 5 αναχωρήσεων (ή 6 διευθύνσεων) κατά τα Σχήματα 1-6 έως 1-8

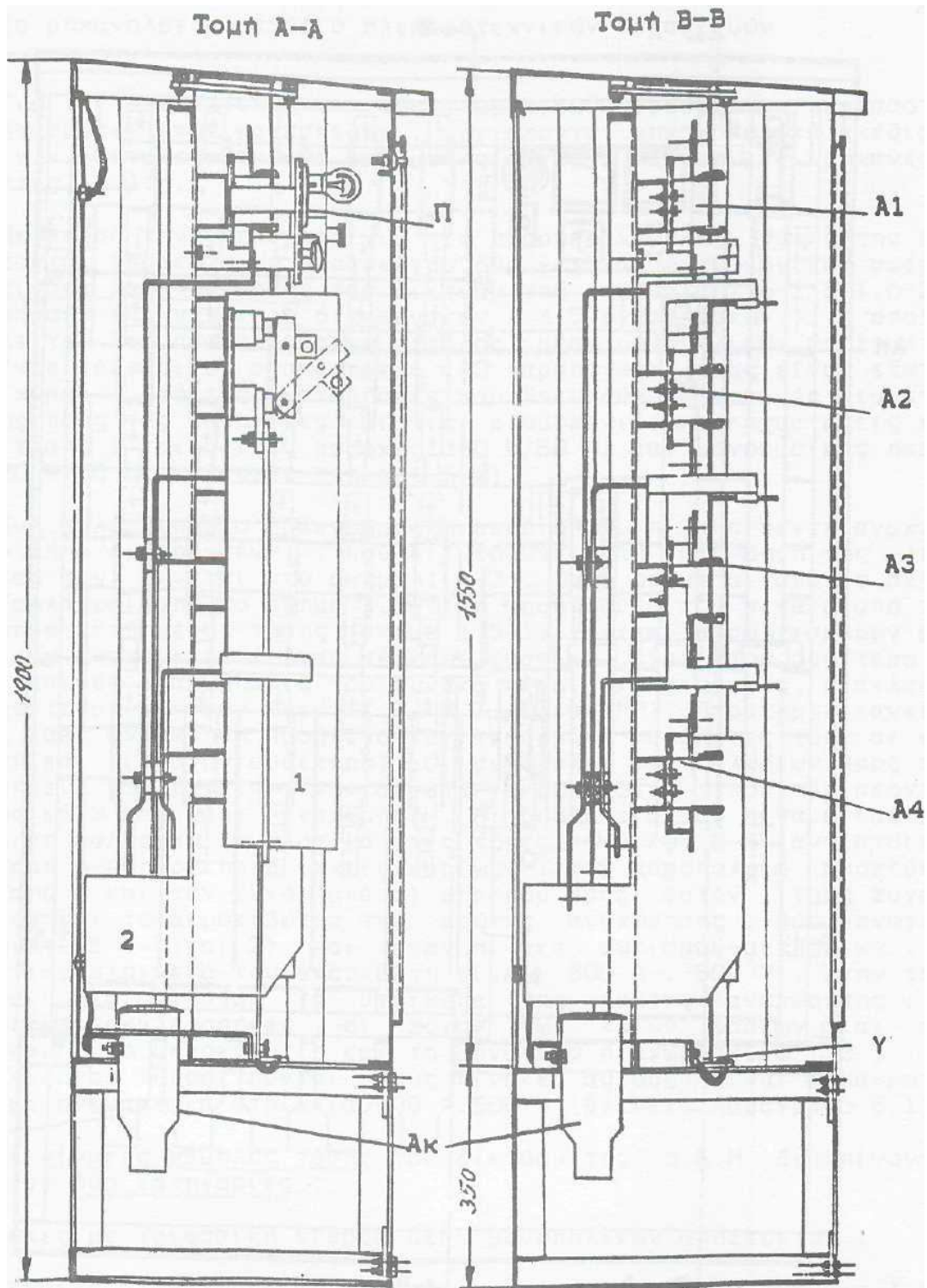
β) πίνακες 8 αναχωρήσεων (ή 9 διευθύνσεων) , που είναι εσωτερικού χώρου

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

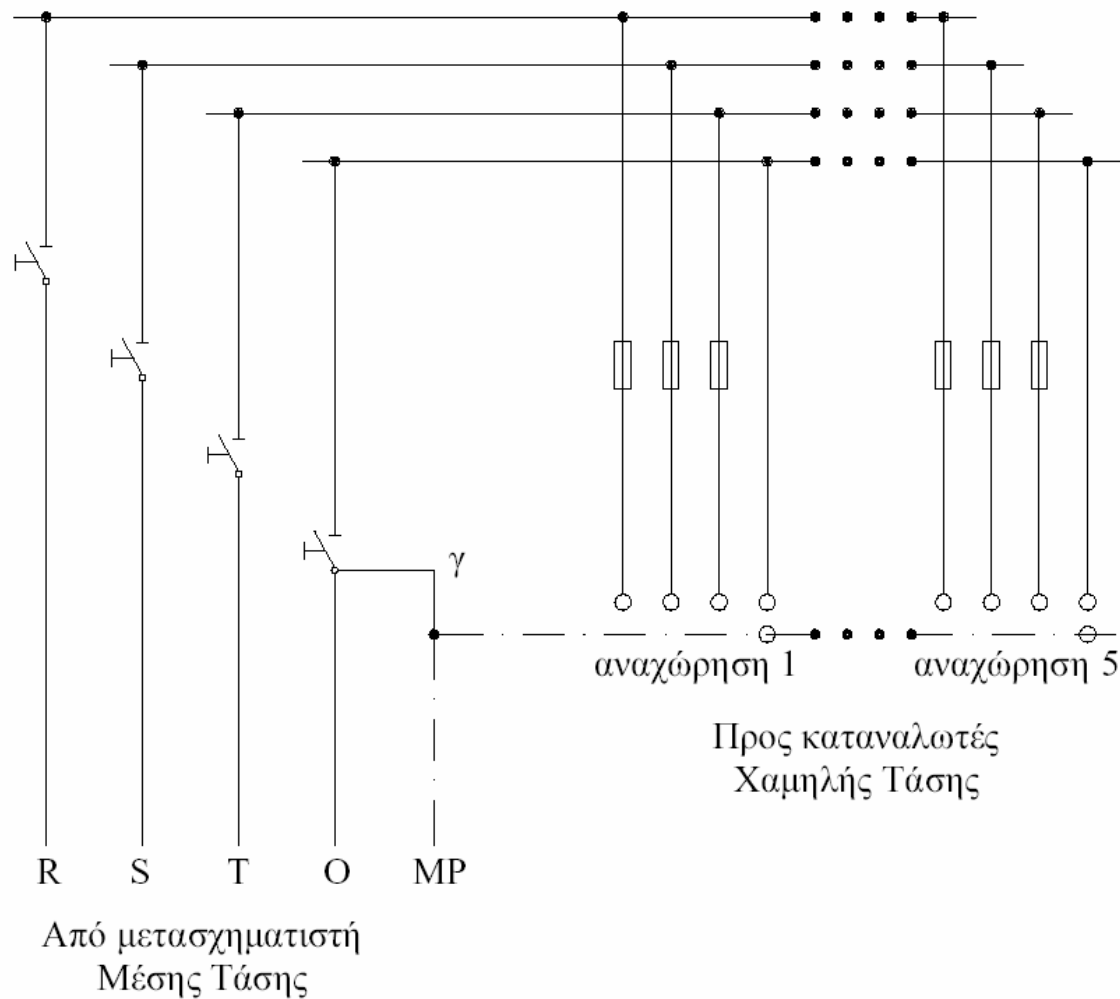
Διευκρινίζεται ότι επειδή στην Ελλάδα δεν τοποθετείται ασφάλεια στον ουδέτερο, οι ασφαλειοθήκες του ουδέτερου στα Σχήματα 1-6 και 1-7 γεφυρώνονται.



Σχήμα 1-6 Πίνακας 6 διευθύνσεων του δικτύου χαμηλής τάσης της Δ.Ε.Η.
 (6 διευθύνσεις: μία είσοδος και πέντε αναχωρήσεις)
 R, S, T, 0, ΜΡ: ζυγοί φάσεων (R, S, T), ουδετέρου (0) και γείωσης (ΜΡ)
 Ασ: ασφαλειοθήκη 400Α/500V
 Απ: μονοπολικός αποζεύκτης 800Α/500V
 Ακ: ακροκιβώτιο , γέφυρα μεταξύ 0 και ΜΡ



Σχήμα 1-7 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 1-8 Απλοποιημένο πολυγραμμικό σχέδιο του πίνακα 6 διευθύνσεων κατά το Σχήμα 1-7.
 Μονοπολικός αποζεύκτης: 800A/500V
 Ασφάλειες: 500V / ονομαστικού ρεύματος αναλόγως των απαιτήσεων της κατανάλωσης,
 γ: γέφυρα μεταξύ 0 και ΜΡ

Η παροχή μέσης τάσης σε καταναλωτές αφορά απορροφημένες εντάσεις ρεύματος άνω των 200Α ανά φάση, όπως συμβαίνει συνήθως σε βιομηχανίες, νοσοκομεία άνω των 100 κλινών, μεγάλα ξενοδοχεία, κτίρια ΑΕΙ, κ.λ.π. Οι τύποι παροχής μέσης τάσης από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. προς τους καταναλωτές μέσης τάσης δίνονται στον Πίνακα 1-2.

ΤΥΠΟΙ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ			
ΤΥΠΟΥ Α (Τροφοδοσία από στύλο)		ΤΥΠΟΥ Β (Τροφοδοσία από συγκρότημα πινάκων)	
<u>ΤΥΠΟΥ Α1</u> παροχή μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών	<u>ΤΥΠΟΥ Α2</u> παροχή μέσω τριπολικού αποζεύκτη	<u>ΤΥΠΟΥ Β1</u> παροχή από πίνακα ΒΚ Ι	<u>ΤΥΠΟΥ Β2</u> παροχή από πίνακα ΒΚ ΙΙ

Πίνακας 1-2 Τύποι παροχής μέσης τάσης της Δ.Ε.Η.

Για τον εξοπλισμό μέσης τάσης των ιδιωτικών υποσταθμών, από παροχές του δικτύου με ονομαστική τάση διαφορετική από 20kV, είναι γνωστό ότι η Δ.Ε.Η. στοχεύει στη μετατροπή όλων των δικτύων μέσης τάσης στα 20kV. Για το λόγο αυτό ο εξοπλισμός μέσης τάσης του υποσταθμού θα πρέπει να είναι κατάλληλος και για ονομαστική τάση 20kV. Αυτό σημαίνει ότι π.χ. για έναν υποσταθμό, που θα λειτουργήσει στα 15kV ή στα 6.6kV, ο εξοπλισμός μέσης τάσης (μετασχηματιστής, πίνακες και γενικά οι αποστάσεις μόνωσης και προστασίας στον χώρο του υποσταθμού) θα πρέπει να είναι κατάλληλος στα 15kV ή στα 6.6kV και για 20kV.

Από τα παραπάνω, που πολύ περιληπτικά επεξηγήθηκαν, διακρίνονται ως προς την προστασία έναντι του βραχυκυκλώματος 7 περιοχές (ζώνες):

- Προστασία των γραμμών κορμού διανομής μέσης τάσης μέσω ΑΔΕ ή ΔΑΕ.
- Προστασία γραμμών διανομής μέσης (για λόγους διασύνδεσης ή απομόνωσης) μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών και τριπολικών αποζευκτών.
- Προστασία υπαίθριων υποσταθμών μέσης τάσης μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών.
- Προστασία υποσταθμών εσωτερικού χώρου μέσω ασφαλειών μέσης τάσης ή μέσω αυτόματων διακοπών.
- Προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των καταναλωτών μέσης τάσης (κυρίως Βιομηχανίες, μεγάλα κτίρια γραφείων, μεγάλα ξενοδοχεία, νοσοκομεία άνω των 100 κλινών, κτίρια ΑΕΙ, κ.λ.π.) μέσω ασφαλειών μέσης τάσης ή μέσω αυτόματων διακοπών στους ιδιωτικούς πίνακες τους.
- Προστασία των γραμμών διανομής χαμηλής τάσης μέσω των ασφαλειών στο ασφαλειοκιβώτιο των υποσταθμών μέσης τάσης
- Προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των καταναλωτών χαμηλής τάσης (κυρίως κατοικίες, γραφεία, βιοτεχνίες, κ.λ.π.) μέσω ΔΔΕ, ασφαλειών και αυτομάτων διακοπών.

Στην αρχή κάθε ζώνης υπάρχει ένα μέσο προστασίας ώστε να απομονώνει το προστατευόμενο τμήμα του δικτύου σε περίπτωση σφάλματος. Με κατάλληλη ρύθμιση (π.χ. του χρόνου διακοπής t) επιτυγχάνεται η ιεράρχηση των προστασιών του δικτύου [1, 8, 13].

Τα σφάλματα του δικτύου διανομής οδηγούν στη μη κανονική λειτουργία του και οφείλονται κατά κύριο λόγο στην απώλεια μόνωσης, η οποία οδηγεί σε βραχυκύκλωμα. Το βραχυκύκλωμα, λόγω των υπερεντάσεων που δημιουργεί, καταπονεί δυναμικά και θερμικά [1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 20] τα στοιχεία του δικτύου και γενικότερα τις ηλεκτροτεχνικές κατασκευές, με αποτέλεσμα να προκαλούνται ακόμα και μόνιμες βλάβες του υλικού. Η δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας θεωρείται ότι είναι το τριφασικό βραχυκύκλωμα λόγω των μεγάλων ρευμάτων βραχυκυκλώσεως που δημιουργούνται. Εκτός από το βραχυκύκλωμα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει και η διηλεκτρική συμπεριφορά του εξοπλισμού μέσης και χαμηλής τάσης μίας εγκατάστασης διανομής, όπως, η εκδήλωση σπινθηρισμών στους μονωτήρες μέσης τάσης, οι σωστές αποστάσεις μόνωσης, κ.λ.π.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

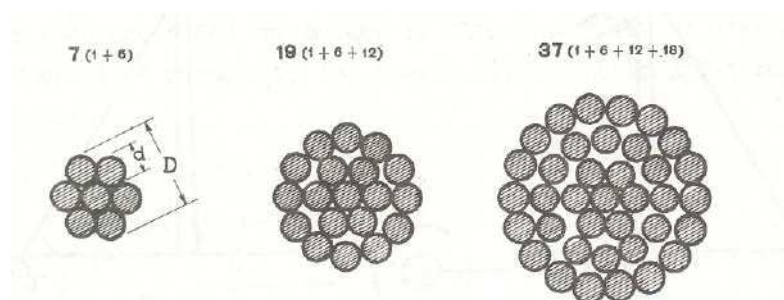
Η διπλωματική εργασία αυτή αφορά στη μελέτη διφασικού σφάλματος δύο αγωγών στο Εναέριο Δίκτυο Διανομής Μέσης Τάσης της ΔΕΗ. Μελετάται η θερμική καταπόνηση των αγωγών σε περίπτωση διφασικού βραχυκυκλώματος στον αέρα και σε περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος. Επίσης, στην πρώτη περίπτωση εξετάζεται η δυνατότητα πρόκλησης πυρκαγιάς λόγω πρόσπτωσης στο έδαφος τηγμάτων μετάλλου, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ελέγχεται η δυνατότητα πρόκλησης πυρκαγιάς λόγω επαφής των αγωγών με κάποια σχετικά εύφλεκτη ουσία στο έδαφος. Επιπλέον, για την περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος εξετάζεται υπό ποιες συνθήκες δε θα ενεργοποιηθούν οι προστασίες της γραμμής και θα υπάρξει ρεύμα διαρροής και προτείνονται κάποιες λύσεις. Για το σκοπό αυτό γίνονται αρχικά υπολογισμοί που μπορούν να χρησιμεύσουν για όλα τα είδη γραμμών μέσης τάσης και εξετάζεται ως παράδειγμα μια γραμμή μέσης τάσης μήκους 100 km από αγωγούς αλουμινίου με χαλύβδινο πυρήνα (ACSR) ισοδύναμης διατομής χαλκού 16 mm².

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΤΟΥ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

3.1. Γενικά περί αγωγών δικτύου διανομής MT

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης είναι χωρίς μόνωση και κατασκευάζονται από χαλκό, αλουμίνιο ή αλουμίνιο-χάλυβα (ACSR) [1, 2, 3, 9, 10, 14]. Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από άλλα υλικά και κράμματα π.χ. από γαλβανισμένο χάλυβα, φωσφορούχο ορείχαλκο κ.λ.π. [10].

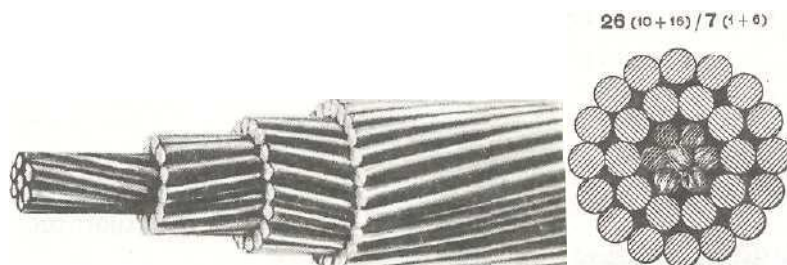
Οι αγωγοί κατασκευάζονται μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι. Στα εναέρια δίκτυα σπάνια χρησιμοποιούνται μονόκλωνοι αγωγοί, γιατί έχουν πολύ μικρότερη μηχανική αντοχή από τους πολύκλωνους. Επίσης, οι μονόκλωνοι είναι δύσκαμπτοι. Η διατομή των μονόκλωνων αγωγών είναι μέχρι 16mm² [10]. Οι πολύκλωνοι έχουν τη μορφή του Σχήματος 3.1-1.



Σχήμα 3.1-1 Γυμνός πολύκλωνος αγωγός αποτελούμενος από 7, 19 και 37 κλώνους [10].

Οι αγωγοί, χαλκού και αλουμινίου, αποτελούνται από κλώνους της ίδιας διατομής. Γύρω από ένα κεντρικό αγωγό περιελίσσονται οι υπόλοιποι σε στρώσεις και οι αγωγοί παίρνουν τη μορφή των συρματόσχοινων. Οι αριθμοί των κλώνων είναι 7, 19, 37, 61 κ.λ.π. Ο χαλκός έχει μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα και καλή μηχανική αντοχή ενώ παράλληλα δε διαβρώνεται εύκολα και γι' αυτό χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε δίκτυα που είναι κοντά στη θάλασσα. Το αλουμίνιο από την άλλη είναι τρεις φορές ελαφρύτερο από το χαλκό και είναι φθηνότερο. Όμως έχει το 1/2 της μηχανικής αντοχής και το 60% περίπου της αγωγιμότητας του χαλκού [10].

Τα μειονεκτήματα των αγωγών αλουμινίου αντιμετωπίζονται με επιτυχία με τους αγωγούς αλουμινίου-χάλυβα (ACSR). Αυτοί έχουν ψυχή από κλώνους με γαλβανισμένο χάλυβα. Ο χάλυβας αναλαμβάνει τη μηχανική αντοχή και το αλουμίνιο το μεγαλύτερο μέρος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος ενώ παράλληλα είναι πιο φθηνό από τους αγωγούς χαλκού [10]. Οι αγωγοί αλουμινίου-χάλυβα έχουν τη μορφή που φαίνεται στο Σχήμα 3.1-2.



Σχήμα 3.1-2 Διατομή αγωγού αλουμινίου-χάλυβα. (ACSR) [10].

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΥΜΝΩΝ ΑΓΩΓΩΝ				
Διατομή Αγωγών mm ²	Βάρος kg / m	Διάμετρος mm	Κλώνοι mm	Φορτίο Θραύσεως kg
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΨΥΧΗ (ACSR)				
16	0,102	6,96	6Al / 1St / 2,32	950
35	0,224	10,32	6Al / 1St / 3,44	2000
50	0,321	12,33	6Al / 1St / 4,11	2800
95	0,609	17,24	26 / 2,72Al+7 / 2,12St	5650
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΨΥΧΗ (ACSR-R)				
16	0,372	10,32	3Al / 4St / 3,44	4635
ΑΓΩΓΟΙ ΕΚ ΚΡΑΜΑΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (AAAC)				
35	0,098	7,50	7 / 2,50	980
70	0,189	10,50	19 / 2,10	1880
95	0,269	12,50	19 / 2,50	2670
185	0,525	17,50	37 / 2,50	5170
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (Al)				
16	0,074	6,63	7 / 2,21	470
35	0,158	9,66	7 / 3,22	940
50	0,229	11,75	19 / 2,35	1442
70	0,320	13,90	19 / 2,78	2018
ΑΓΩΓΟΙ ΧΑΛΚΟΥ (Cu)				
16	0,144	5,13	7 / 1,71	739
35	0,315	7,59	7 / 2,53	1566
50	0,453	9,20	19 / 1,83	2299
70	0,634	10,70	19 / 2,17	3162

Πίνακας 3.1-1 Χαρακτηριστικά γυμνών αγωγών εναέριου δικτύου [10]

Σημείωση:

Οι διατομές αγωγών ACSR, ACSR-R και Al είναι ισοδύναμου χαλκού.

Οι διατομές των αγωγών Χαλκού και AAAC είναι πραγματικές.

Η ανοχή του βάρους των αγωγών είναι +2%.

Οι αγωγοί ACSR έχουν περίπου 50% μεγαλύτερη αντοχή από τους αγωγούς χαλκού και είναι 20% ελαφρύτεροι για ισοδύναμη διατομή με το χαλκό. Στον Πίνακα 3.1-1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά αγωγών που χρησιμοποιούνται στα εναέρια δίκτυα. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία [1] οι κλώνοι αλουμινίου των αγωγών αλουμινίου και των αγωγών τύπου ACSR σχηματίζουν υπό την επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα οξείδιο αλουμινίου, που τους προστατεύει από τη διάβρωση. Είναι γνωστό ότι οι καθαλατώσεις προκαλούν αλλοιώσεις στους κλώνους αλουμινίου γιατί σχηματίζουν χλωρίδια του αλουμινίου τα οποία εξατμίζονται, ενώ το οξείδιο του αλουμινίου δεν καταστρέφεται αλλά παραμερίζεται στις θέσεις εξάτμισης. Πρόβλημα διάβρωσης του αλουμινίου υπάρχει ακόμα και υπό την επίδραση της ηλεκτρικής τάσης που ονομάζεται ηλεκτρική διάβρωση και η οποία γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνει η θερμοκρασία, καθώς έτσι εννοούνται οι κινήσεις των ηλεκτρικών φορέων. Μια φυσική ερμηνεία της ηλεκτρικής διάβρωσης μπορεί να αποδοθεί στις ξένες επικαθίσεις επί των αγωγών, οι οποίες προκαλούν κατανομή του πεδίου στην επιφάνεια, με επακόλουθο την ενεργοποίηση μηχανισμών παραγωγής ελεύθερων ηλεκτρικών φορέων [1].

3.2. Η ωμική και επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής MT

Η αντίδραση των εναέριων γραμμών μεταφοράς αποτελείται από **αντίσταση R**, **επαγωγική $X_L = \omega L$** και **χωρητική αντίδραση $X_C = \omega C$** . Οι τιμές και των τριών αντιδράσεων είναι συνήθως σημαντική.

Η **αντίσταση R** των γραμμών εξαρτάται από το υλικό και τη διατομή των αγωγών. Τυπικές τιμές δίνονται από τους κατασκευαστές των αγωγών. Για τη μελέτη σφαλμάτων είναι απαραίτητο η τιμή της R να λαμβάνει υπόψη το επιδερμικό φαινόμενο [23].

Οι αγωγοί των εναέριων γραμμών παρουσιάζουν ωμική αντίσταση που δεν είναι σταθερή, αλλά επηρεάζεται από τρεις παράγοντες: τη θερμοκρασία, τη συχνότητα και την πυκνότητα ρεύματος. Από την βιβλιογραφία [5, 9, 10] γνωρίζουμε ότι αν είναι γνωστή η ωμική αντίσταση ενός αγωγού R_{T_1} σε θερμοκρασία T_1 και ζητείται να υπολογιστεί σε θερμοκρασία T_2 τότε ισχύει η σχέση:

$$R_{T_2} = R_{T_1} \left[1 + a(T_2 - T_1) \right] \quad (3.2-1)$$

Όπου a : ο συντελεστής θερμοκρασίας του αγωγού, ο οποίος μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, όμως για θερμοκρασίες -20°C έως 80°C η μεταβολή του είναι ελάχιστη.

Για το αλουμίνιο [1, 2, 10]: $a \approx 0,0037 \frac{1}{^\circ\text{C}}$

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα παρατηρείται αύξηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών λόγω του επιδερμικού φαινομένου το οποίο αναλύεται στην επόμενη παράγραφο. Για την συχνότητα των 50 Hz όμως η αύξηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών είναι πολύ μικρή (λιγότερη του 1%) για τις συνηθισμένες διατομές [10]. Επίσης, για τον υπολογισμό της αντίστασης των αγωγών δεν λαμβάνεται υπόψη το πραγματικό μήκος που εξαρτάται από το βέλος των γραμμών, αλλά το μήκος ανοίγματος μεταξύ των σημείων στήριξής τους.

Καθώς οι αγωγοί των εναέριων γραμμών διαρρέονται από εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργείται γύρω τους ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο αντιδρά στην αιτία που το προκάλεσε δηλαδή την κίνηση των ηλεκτρονίων. Σε αυτήν ακριβώς την αδράνεια στην κίνηση των ηλεκτρονίων, που προκαλείται από την αντίδραση του μαγνητικού πεδίου, οφείλεται η επαγωγική αντίσταση των γραμμών, η οποία δίνεται από τον τύπο [5, 9, 10]:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L \quad (3.2-2)$$

Όπου X_L σε Ω , f η κυκλική συχνότητα (Hz) και L ο συντελεστής αυτεπαγωγής (H). Η επαγωγική αντίδραση X_L των εναέριων γραμμών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των αγωγών (αυτεπαγωγή) και τη φυσική απόσταση μεταξύ τους (αλληλεπαγωγή). Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ των αγωγών, τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή της X_L . Επομένως, όσο μεγαλύτερη είναι η τάση της γραμμής, απαιτείται μεγαλύτερη απόσταση για λόγους μόνωσης, οπότε αυξάνεται και ο λόγος X/R της γραμμής [23]. Οι εναέριοι αγωγοί είναι παράλληλοι και σχεδόν συγγραμμικοί, οπότε η απόσταση μεταξύ των ακραίων αγωγών δεν είναι ίση με την απόσταση του καθενός από αυτούς από το μεσαίο αγωγό. Παρόλο, λοιπόν, που οι εναέριες γραμμές είναι εγγενώς ασύμμετρες, στη Μέση Τάση γίνεται η παραδοχή ότι υπάρχει συμμετρία.

Από τη βιβλιογραφία [1, 2, 5, 9, 10, 14] δίνονται τιμές για την ωμική και επαγωγική αντίσταση των αγωγών ACSR (και ειδικότερα για τον ACSR 16mm² στην περίπτωση που εξετάζεται) οι οποίες όμως εμφανίζουν μικρές διαφορές. Στον Πίνακα 3.2-1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των γραμμών μέσης τάσης έτσι όπως δίνονται από τη Δ.Ε.Η.

Τέλος η χωρητικότητα των εναέριων γραμμών MT (όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.2-1) είναι της τάξεως των 10nF/km [1, 5, 9, 10]. Όμως, η χωρητικότητα C στις εναέριες γραμμές λόγω του σχετικά μικρού μήκους των γραμμών αυτών και επειδή είναι γυμνοί αγωγοί χωρίς διηλεκτρική μόνωση και με μεγάλη απόσταση από το έδαφος (>6m) συνήθως αμελείται για τη μελέτη σφάλματος καθώς έχει μικρή επίδραση στα ρεύματα βραχυκύκλωσης. Δεν λαμβάνεται επίσης υπ' όψη η αγωγιμότητα G (που βασικά εκφράζει τις απώλειες εξαιτίας του φαινομένου Κορονα) [1,2,3]. Το ισοδύναμο δηλαδή κύκλωμα της εναέριας γραμμής MT είναι η σύνθετη αντίσταση: $Z=R+j\omega L$.

Οι τιμές των αντιστάσεων για τον αγωγό ACSR 16mm² που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την εργασία είναι αυτές του Πίνακα 3.2-1, δηλαδή:
 $R_{\gamma\rho/\text{km}}=1,268\Omega/\text{km}$ και $X_{\gamma\rho/\text{km}}=0,422\Omega/\text{km}$.

ΑΓΩΓΟΙ	$Z_1=Z_2=R+jX$		$Y_1=Y_2=j\omega C$	$Z_0=R_0+jX_0$		$Y_0=j\omega C_0$	$Z_c=(Z_1+Z_2+Z_0)/3$	I _{max} (A)
	R (Ω/km)	X (Ω/km)	C (nF/km)	R ₀ (Ω/km)	X ₀ (Ω/km)	C ₀ (nF/km)	Z _c (Ω/km)	
16 ACSR	1,268	0,422	9,248	1,416	1,620	4,388	1,317+j0,821	136
35 ACSR	0,576	0,397	9,896	0,724	1,595	4,518	0,625+j0,796	224
50 ACSR	0,404	0,386	10,220	0,552	1,584	4,587	0,453+j0,785	295
95 ACSR	0,215	0,334	10,890	0,363	1,556	4,712	0,264+j0,741	448
95 ACSR (διπλή)	0,108	0,160	20,970	0,256	1,363	5,966	0,157+j0,561	896
35 AAAC	1,071	0,393	9,364	1,219	1,616	4,406	1,120+j0,801	160
70 AAAC	0,562	0,370	9,927	0,710	1,592	4,527	0,611+j0,777	240
185 AAAC	0,204	0,337	10,922	0,352	1,559	4,723	0,253+j0,744	462
16 Cu	1,274	0,417	8,802	1,422	1,639	4,292	1,323+j0,824	115
35 Cu	0,596	0,393	9,383	0,744	1,615	4,443	0,645+j0,800	185
50 Cu	0,426	0,377	9,698	0,574	1,600	4,510	0,475+j0,785	232
95 Cu	0,220	0,358	10,268	0,368	1,580	4,629	0,269+j0,765	352
95 Cu (διπλή)	0,110	0,172	19,817	0,258	1,375	5,922	0,159+j0,573	704
16 ACSR-R	1,150	0,397	9,896	1,298	1,600	4,507	1,199+j0,798	148
3x50 Al+50 St	0,823	0,150	146	1,689	1,589	146	1,112+j0,630	123
3x150Al+50 St	0,266	0,125	217	1,183	1,395	217	0,572+j0,548	241
3x150 Al NAEKBA	0,245	0,116		1,117	0,616		0,536+j0,283	233
3x240 Al NAEKBA	0,150	0,108	530	1,083	0,585	530	0,461+j0,267	310
3X240 Al+ 25 Al XLPE	0,162	0,115	270	1,092	0,800	270	0,472+j0,343	410
1x50 Al υποβρ.	0,739	0,619	235	3,695	1,857	235	1,724+j1,032	203
1x50Cu υποβρ.	0,388	0,645	247	1,940	1,935	247	0,905+j1,075	228
1x95 Cu υποβρ.	0,215	0,626	296	1,075	1,878	296	0,502+j1,043	300
3x35 Al υποβρ.	1,035	0,115	226	5,175	0,345	226	2,415+j0,192	145
3x35 CU υποβρ.	0,617	0,115	226	3,085	0,345	226	1,440+j0,192	190
3x50 Al υποβρ.	0,757	0,112	280	3,785	0,336	280	1,766+j0,187	170
3x150Al υποβρ.	0,243	0,079	373	1,215	0,237	373	0,567+j0,132	300
3x95 Cu υποβρ.	0,248	0,125	296	0,620	0,210	296	0,372+j0,153	350

Πίνακας 3.2-1

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά γραμμών ΜΤ (Πηγή: ΔΕΗ) (συνέχεια)

Πίνακας 3.2-1 (συνέχεια)

1. Απόσταση 100m μεταξύ διαδοχικών πόλων μονοπολικών υποβρυχίων καλωδίων.
2. Όλες οι τιμές I_{max} αντιστοιχούν σε συνεχή φόρτιση (συντελεστής φορτίου 100%).
3. Οι τιμές I_{max} για τα υποβρύχια καλώδια αντιστοιχούν σε θερμοκρασία νερού 25°C.
4. Με σκίαση υποδηλώνεται η αναθεώρηση του I_{max} για τα ΣΚ ΜΤ με την επανέκδοση της ΟΔ Νο 46.
5. Για τις διπλές γραμμές θεωρείται παράλληλη λειτουργία των δύο κυκλωμάτων.
6. Οι ομοπολικές χωρητικότητες έχουν υπολογιστεί με βάση το ελάχιστο ύψος ανάρτησης των αγωγών, για κανονικό έδαφος, βασικό άνοιγμα 75m και θερμοκρασία περιβάλλοντος +16°C.

3.3. Επιδερμικό φαινόμενο

Η αντίσταση ενός αγωγού που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση του ίδιου αγωγού όταν αυτός διαρρέεται από συνεχές ρεύμα. Η διαφορά αυτή της τιμής της αντίστασης ενός αγωγού οφείλεται αποκλειστικά στην διαφορετική κατανομή της πυκνότητας του ρεύματος επί της διατομής του αγωγού. Στο εναλλασσόμενο ρεύμα παρατηρείται μεγαλύτερη πυκνότητα ρεύματος στην επιφάνεια των αγωγών από ότι στο κέντρο τους. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται με τον όρο επιδερμικό φαινόμενο (skin effect) [10, 12, 16]. Το επιδερμικό φαινόμενο οφείλεται σε επαγωγικά φαινόμενα που προκαλούνται από το χρονικά μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.

Όπως γίνεται σαφές, λόγω του επιδερμικού φαινομένου το ρεύμα δε διαρρέει ολόκληρη τη διατομή ενός αγωγού. Ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει το μέγεθος του επιδερμικού φαινομένου ορίζεται από το βάθος διείσδυσης (επιδερμικό βάθος) δ . Σε απόσταση δ από την επιφάνεια του αγωγού η πυκνότητα ρεύματος έχει το $1/e$ της αρχικής της τιμής S_0 στη επιφάνεια του αγωγού. Το βάθος διείσδυσης δίνεται από τον τύπο [12, 16, 18]:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}} \quad (3.3-1)$$

όπου ρ η ειδική αντίσταση του υλικού, μ η μαγνητική διαπερατότητα του υλικού και f η συχνότητα.

Για συχνότητα 50 Hz έχουμε:

$$\delta_{Cu} = 9,44\text{mm στο χαλκό}$$

$$\delta_{Al} = 12,3\text{mm στο αλουμίνιο}$$

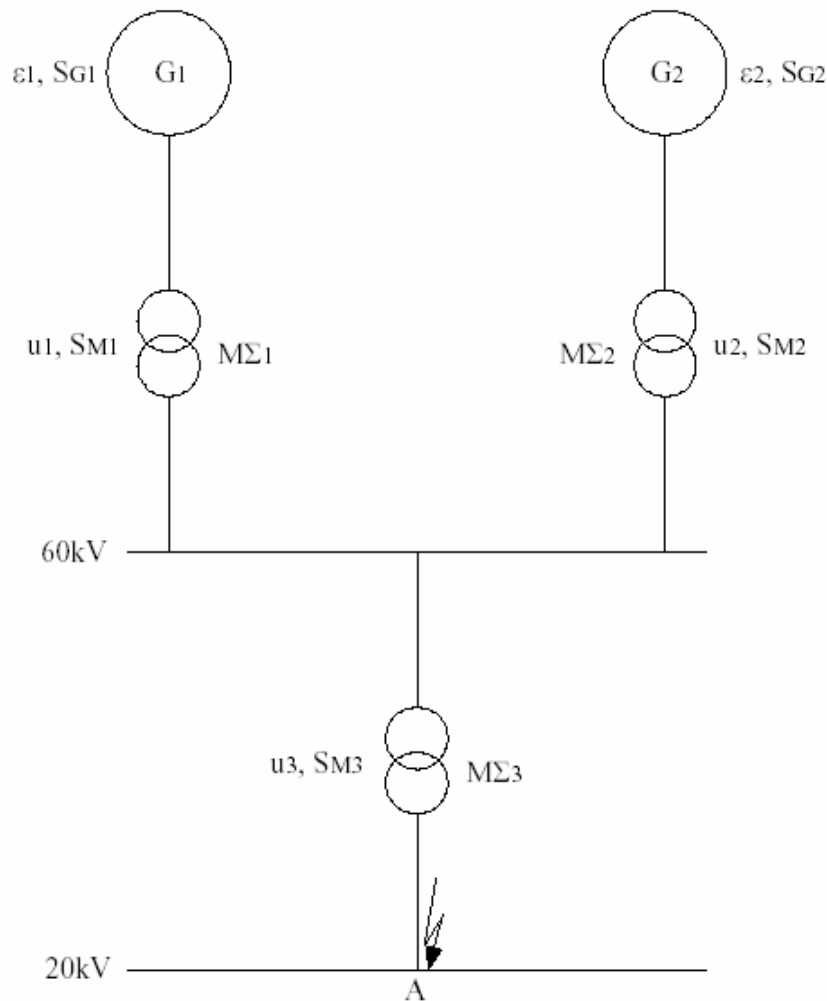
$$\delta_{Fe} = 1,8\text{mm στο σίδηρο όταν η σχετική μαγνητική διαπερατότητα } \mu_r \text{ έχει τιμή 200}$$

Στην πραγματικότητα η ανάλυση της επίδρασης του επιδερμικού φαινομένου είναι αρκετά πιο συνθέτη, ιδιαίτερα κατά τα μεταβατικά φαινόμενα όπου λαμβάνουν χώρα, π.χ. κατά το βραχυκύκλωμα ή την καταπόνηση υπό κεραυνικό ρεύμα. Από τη βιβλιογραφία [16] είναι γνωστό ότι η επίδραση του επιδερμικού φαινομένου σε τέτοιες περιπτώσεις είναι σημαντική ιδιαίτερα για μεγάλες διατομές αγωγών, στις οποίες η κατανομή της πυκνότητας ρεύματος καλύπτει μόνο τα στρώματα πλησίον της επιφάνειας. Με την αύξηση της διατομής του αγωγού το επιδερμικό φαινόμενο γίνεται ισχυρότερο. Για διατομές της τάξεως αυτής των αγωγών μέσης τάσης, η επίδραση του επιδερμικού φαινομένου κατά την μελέτη θερμικής καταπόνησής των αγωγών θεωρείται αμελητέα.

4. ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ Ή ΤΟ ΔΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ

4.1. Εισαγωγικές παρατηρήσεις – Βασικοί ορισμοί

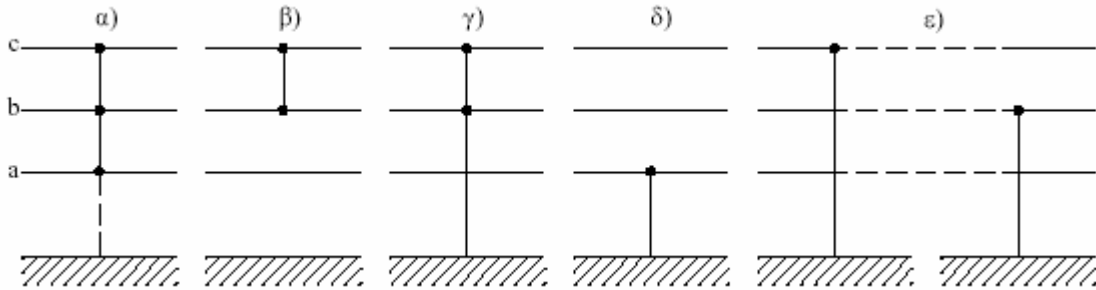
Για τη θερμική καταπόνηση των ηλεκτρικών αγωγών μελετάται η δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας, η οποία θεωρείται ότι είναι το βραχυκύκλωμα [1, 3, 4, 5, 13, 14, 20]. Το βραχυκύκλωμα, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, προκαλεί στους αγωγούς, στις επαφές (λύόμενες ή μόνιμες) και στον εξοπλισμό γενικά μια επιπλέον θερμική καταπόνηση [1, 5, 11, 15, 16, 17, 20]. Αν υποθεθεί ότι στο σημείο A της εγκατάστασης του Σχήματος 4-1 εκδηλώνεται κάποιο βραχυκύκλωμα, τότε η συνολική ισχύς του δικτύου θα οδεύσει προς το σημείο αυτό. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι η τιμή του ρεύματος στο σημείο A. Η τιμή αυτή εξαρτάται από την αντίσταση του δικτύου μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης [1, 3].



Σχήμα 4.1-1 Παράδειγμα βραχυκυκλώματος

ϵ_1 και ϵ_2 : οι κρουστικές τάσεις διασποράς των γεννητριών G_1 και G_2
 S_{G1} και S_{G2} : ονομαστική ισχύς των γεννητριών G_1 και G_2 αντίστοιχα
 u_1, u_2 και u_3 : σχετική τάση βραχυκύκλωσης των μετασχηματιστών $M\Sigma_1, M\Sigma_2$ και $M\Sigma_3$ αντίστοιχα
 S_{M1}, S_{M2} και S_{M3} : ονομαστική ισχύς των μετασχηματιστών $M\Sigma_1, M\Sigma_2$ και $M\Sigma_3$ αντίστοιχα

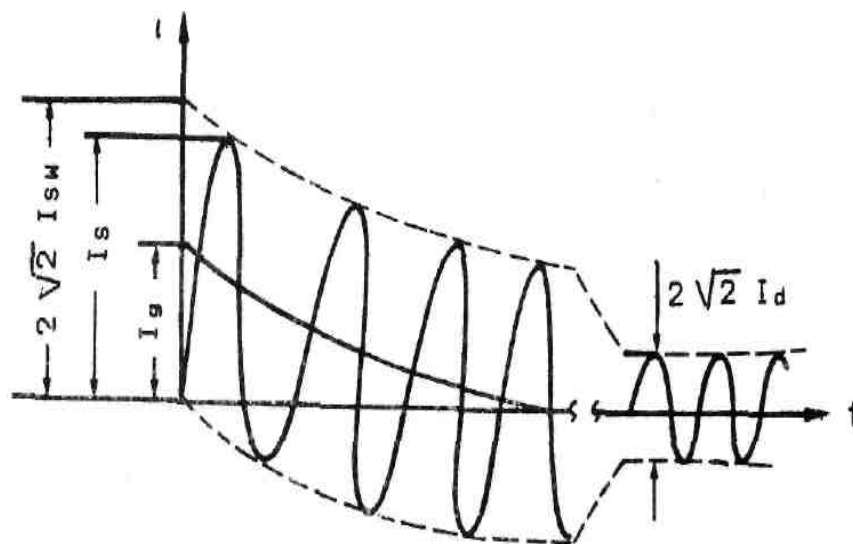
Το Σχήμα 4.1-2 δείχνει τα σπουδαιότερα βραχυκυκλώματα [5, 14]. Το τριφασικό και το διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς επαφή γης ή με επαφή γης προκαλεί μεγάλα ρεύματα βραχυκυκλώσεως [1, 2, 3, 5]. Επειδή το τριφασικό βραχυκύκλωμα είναι ένα συμμετρικό σφάλμα, τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως δεν επηρεάζονται από την ενδεχόμενη ύπαρξη επαφής προς γη, που συμβολίζεται με διακεκομμένη γραμμή στο Σχήμα 4.1-2.α.



Σχήμα 4.1-2 Είδη βραχυκυκλωμάτων

- α) Τριφασικό βραχυκύκλωμα
- β) Διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς επαφή γης
- γ) Διφασικό βραχυκύκλωμα με επαφή γης
- δ) Μονοφασικό βραχυκύκλωμα
- ε) Διπλό βραχυκύκλωμα

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.1-3 το ρεύμα βραχυκύκλωσης εμφανίζεται αρχικά κατά την υπομεταβατική και μεταβατική περίοδο ως ασύμμετρο και κατόπιν κατά την περίοδο μόνιμης κατάστασης ως συμμετρικό [1, 3, 4, 5, 7]. Το ασύμμετρο τμήμα περιλαμβάνει το εναλλασσόμενο ή αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sw} ή I_k'') και το συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_g). Το συμμετρικό τμήμα αποτελείται από το διαρκές ή μόνιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_d ή I_k). Η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης ονομάζεται κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_s).



Σχήμα 4.1-3 Μορφή του ρεύματος κατά το βραχυκύκλωμα

Παρακάτω δίνονται οι ορισμοί βασικών μεγεθών:

- Ρεύμα βραχυκυκλώσεως $i_k(t)$ είναι το ρεύμα που ρέει κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος στη θέση του σφάλματος.
- Εναλλασσόμενη συνιστώσα $i_{k,ac}(t)$ είναι η συνιστώσα του $i_k(t)$ με τη συχνότητα του δικτύου.
- Αρχικό ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_{SW} ή I_k'' ή υπομεταβατικό ρεύμα βραχυκυκλώσεως είναι η ενδεικνύμενη τιμή του $i_{k,ac}(t)$ κατά τη στιγμή εμφάνισης του βραχυκυκλώματος.
- Κρουστικό ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_s είναι η μέγιστη στιγμιαία τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως $i_k(t)$. Το ρεύμα $i_k(t)$ αποκτά τη μέγιστη τιμή του όταν και η συνεχής συνιστώσα αποκτά τη μέγιστη τιμή της (I_g).
- Ρεύμα διακοπής I_a ενός διακόπτη είναι η ενδεικνύμενη τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως κατά τη στιγμή της διακοπής του πρώτου πόλου του διακόπτη.
- Μόνιμο ρεύμα βραχυκυκλώσεως I_d ή I_k είναι η ενδεικνύμενη τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως που παραμένει μετά την απόσβεση των μεταβατικών φαινομένων.

Η μελέτη αντοχής στο βραχυκύκλωμα σε μια θέση του δικτύου περιλαμβάνει [1, 2, 3]:

1. Τον υπολογισμό της συνολικής σύνθετης αντίστασης ανά φάση, από τις επιμέρους αντιστάσεις των στοιχείων της εγκατάστασης μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.
2. Τον υπολογισμό των I_{SW} , I_d , I_s
3. Τον υπολογισμό του συμμετρικού ρεύματος διακοπής (I_a) και τις ισχύος διακοπής (P_a)

Ιδιαίτερη σημασία για τη θερμική καταπόνηση των αγωγών κατά το βραχυκύκλωμα έχουν, όπως αναλύεται παρακάτω, η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) και ο χρόνος (t) μέχρι την διακοπή του βραχυκυκλώματος [1, 2].

4.2. Υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε εναέρια δίκτυα διανομής μέσης τάσης 15kV και 20kV από τις αντιστάσεις

Στους υπολογισμούς αυτούς λαμβάνονται μόνο υπόψη οι αντιστάσεις από ΚΥΤ μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης. Δεν λαμβάνονται δηλαδή υπόψη οι αντιστάσεις της γεννήτριας και του μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης. Αυτό έχει ως επακόλουθο οι υπολογιζόμενες τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης να είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές τιμές τους, με ικανοποιητική όμως προσέγγιση προς αυτές.

4.2.1 Υπολογισμός της ολικής σύνθετης αντίστασης κατά το βραχυκύκλωμα

- **Οι αντιστάσεις του μετασχηματιστή υψηλής τάσης προς μέση τάση**

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία [1, 2, 5] ο υπολογισμός των αντιστάσεων του μετασχηματιστή υψηλής προς μέση τάση γίνεται με εφαρμογή των παρακάτω τύπων:

$u_r = 0,6\%$, η ωμική συνιστώσα της σχετικής τάσης βραχυκύκλωσης

$u_k = 20\%$, η σχετική τάση βραχυκύκλωσης

S_N MVA η ονομαστική ισχύς του ΜΣ (15MVA ή 25MVA ή 50MVA)

V_{N2} kV, η ονομαστική τάση του δευτερεύοντος του Μ/Σ (20kV ή 15kV)

$R_{M\Sigma,pu} = u_r = 0.006 pu$, η ωμική αντίσταση του ΜΣ (σε ανά μονάδα τιμή-per unit)

$$u_k = Z_{M\Sigma,pu} = \sqrt{R_{M\Sigma,pu}^2 + X_{M\Sigma,pu}^2} \Rightarrow X_{M\Sigma,pu} = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} = \sqrt{0.2^2 - 0.006^2} \Rightarrow$$

$X_{M\Sigma,pu} \approx 0.2 pu$, η επαγωγική αντίδραση του ΜΣ (σε ανά μονάδα τιμή-per unit)

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} \quad \Omega, \text{ η βασική τιμή της αντίστασης στο } 2\text{ον του ΜΣ}$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = u_r \cdot \frac{V_{N2}^2}{S_N} \quad \Omega, \text{ η ωμική αντίσταση του ΜΣ} \quad (4.2.1-1)$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{V_{N2}^2}{S_N} \quad \Omega, \text{ η επαγωγική αντίδραση του ΜΣ} \quad (4.2.1-2)$$

Έτσι, για $S_N = 15\text{MVA}, 25\text{MVA}, 50\text{MVA}$ και $V_{N2} = 20\text{kV}, 15\text{kV}$ προκύπτουν οι πίνακες:

S_N MVA	V_{N2} kV	$R_{M\Sigma} = u_r \cdot \frac{V_{N2}^2}{S_N} \quad \Omega$	$X_{M\Sigma} = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{V_{N2}^2}{S_N} \quad \Omega$
15	20	0,16	5,331
25	20	0,096	3,2
50	20	0,048	1,6

Πίνακας 4.2.1-1

Αντιστάσεις του μετασχηματιστή 150kV/20kV ($u_k=20\%$, $u_r=0.6\%$), για διάφορα ονομαστικά MVA του μετασχηματιστή.

S_N MVA	V_{N2} kV	$R_{M\Sigma} = u_r \cdot \frac{V_{N2}^2}{S_N} \quad \Omega$	$X_{M\Sigma} = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{V_{N2}^2}{S_N} \quad \Omega$
15	15	0,09	3
25	15	0,054	1,8
50	15	0,027	0,9

Πίνακας 4.2.1-2

Αντιστάσεις του μετασχηματιστή 150kV/15kV ($u_k=20\%$, $u_r=0.6\%$), για διάφορα ονομαστικά MVA του μετασχηματιστή.

- Η ωμική και η επαγωγική αντίσταση της εναέριας γραμμής ΜΤ

$\ell = 0 \dots 100\text{km}$, μήκος του καλωδίου από το ΜΣ μέχρι το σημείο βραχυκυκλώματος

$R_{\gamma\rho/km} = 1.268 \Omega/km$, ωμική αντίσταση / km του αγωγού ACSR-16 (Παράγραφος 3.2)

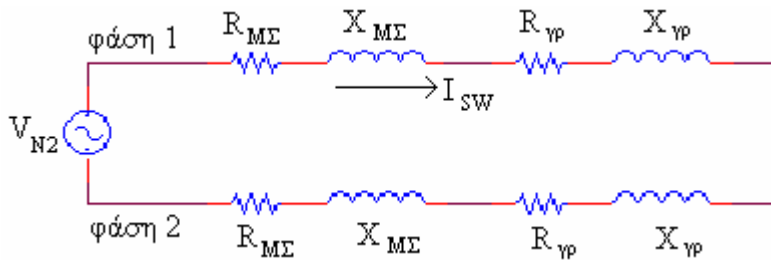
$X_{\gamma\rho/km} = 0.422 \Omega/km$, επαγωγική αντίδραση/km του αγωγού ACSR-16 (Παράγραφος 3.2)

$$R_{\gamma\rho} = R_{\gamma\rho/km} \cdot \ell \quad \Omega, \text{ η συνολική ωμική αντίσταση του αγωγού} \quad (4.2.1-3)$$

$$X_{\gamma\rho} = X_{\gamma\rho/km} \cdot \ell \quad \Omega, \text{ η συνολική επαγωγική αντίδραση του αγωγού} \quad (4.2.1-4)$$

4.2.2. Υπολογισμός του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_{sw}) στην περίπτωση διφασικού σφάλματος στον αέρα (ή άμεση επαφή των αγωγών στο έδαφος)

Για την τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_{sw}) στην περίπτωση διφασικού σφάλματος στον αέρα (ή άμεση επαφή των αγωγών στο έδαφος) ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις [1, 2, 3, 5, 7, 13, 14]:



Σχήμα 4.2.2-1

Ισοδύναμο κύκλωμα για διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (ή με άμεση επαφή των αγωγών στο έδαφος)

$$I_{sw,max} = \frac{c \cdot V_{N2}}{2 \cdot Z_{ολ}} \text{ kA}, \text{ η μέγιστη ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης} \quad (4.2.2-1)$$

$$Z_{ολ} = \sqrt{(R_{γρ} + R_{MΣ})^2 + (X_{γρ} + X_{MΣ})^2} \text{ } \Omega, \text{ συνολική ισοδύναμη αντίσταση μέχρι το σημείο του σφάλματος} \quad (4.2.2-2)$$

V_{N2} kV, η ονομαστική-πολική τάση στο 2ον του ΜΣ, που εφαρμόζεται στα άκρα των 2 αγωγών που υφίστανται το διφασικό βραχυκύκλωμα

$c=1.1$, συντελεστής προσαύξησης για τη διακύμανση της τάσεως

$R_{MΣ}$ Ω, η ωμική αντίσταση του ΜΣ

$X_{MΣ}$ Ω, η επαγωγική αντίδραση του ΜΣ

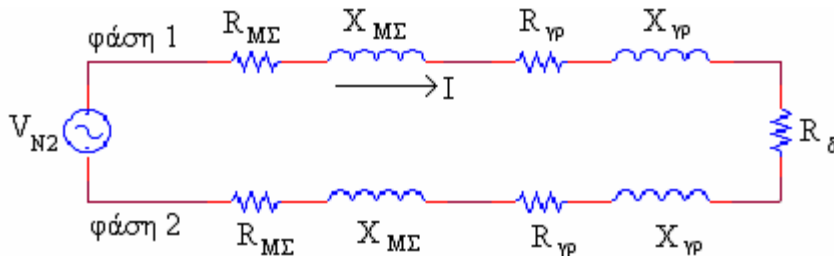
$R_{γρ}$ Ω, η συνολική ωμική αντίσταση του αγωγού

$X_{γρ}$ Ω, η συνολική επαγωγική αντίδραση του αγωγού

Σημειώνεται, ότι η μέγιστη τιμή του I_{sw} σε δίκτυα των 20kV της Δ.Ε.Η. είναι (σύμφωνα με τις προδιαγραφές προμηθειών της Δ.Ε.Η.) 7.2kA για τριφασικό βραχυκύκλωμα και για διάρκεια του βραχυκυκλώματος $t=1\text{sec}$. Στα δίκτυα των 15kV και 6.6kV η μέγιστη τιμή του I_{sw} είναι 10kA για $t=1\text{sec}$ [1, 2].

4.2.3. Υπολογισμός του ρεύματος προς γη (I) στην περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος

Ομοίως, για την τιμή του ρεύματος προς γη (I) μέσω της αντίστασης R_δ του εδάφους, στην περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος, ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις [1, 2, 3, 5, 7, 13, 14]:



Σχήμα 4.2.2-2

Ισοδύναμο κύκλωμα για τον υπολογισμό του ρεύματος προς γη μέσω της αντίστασης R_δ του εδάφους, στην περίπτωση αποκοπής των αγωγών και πτώσης τους στο έδαφος

$$I_{\max} = \frac{c \cdot V_{N2}}{Z_{o\lambda}} \text{ kA}, \text{ η μέγιστη ενεργός τιμή του ρεύματος προς γη} \quad (4.2.2-3)$$

$$Z_{o\lambda} = \sqrt{(2 \cdot R_{\gamma\rho} + 2 \cdot R_{M\Sigma} + R_\delta)^2 + (2 \cdot X_{\gamma\rho} + 2 \cdot X_{M\Sigma})^2} \text{ } \Omega, \text{ συνολική ισοδύναμη} \\ \text{αντίσταση στην οποία εφαρμόζεται η τάση } V_{N2} \quad (4.2.2-4)$$

V_{N2} kV, η ονομαστική-πολική τάση στο 2ον του ΜΣ, που εφαρμόζεται στα άκρα των 2 αγωγών που έχουν αποκοπεί

$c=1.1$, συντελεστής προσαύξησης για την διακύμανση της τάσεως

$R_{M\Sigma}$ Ω, η ωμική αντίσταση του ΜΣ

$X_{M\Sigma}$ Ω, η επαγωγική αντίδραση του ΜΣ

$R_{\gamma\rho}$ Ω, η συνολική ωμική αντίσταση του αγωγού

$X_{\gamma\rho}$ Ω, η συνολική επαγωγική αντίδραση του αγωγού

R_δ Ω, η αντίσταση του εδάφους

Στον Πίνακα 4.2.2-1 παρουσιάζονται διάφορες τιμές για την αντίσταση R_δ για διάφορα είδη εδάφους.

Είδος εδάφους	R_δ ($\Omega \cdot m$)
πετρώδες έδαφος	3000
στεγνή άμμος ή στεγνό χαλίκι	1000
υγρό χαλίκι	500
υγρή άμμος	200
χώμα αγρού (φυτική γη)	100
βαλτώδες έδαφος	30

Πίνακας 4.2.2-1

Αντίσταση ενός m^3 γης μεταξύ των δυο πλευρών του [1].

4.3. Προσδιορισμός της θερμικής καταπόνησης σε γυμνούς αγωγούς του δικτύου διανομής κατά το βραχυκύκλωμα.

Το βραχυκύκλωμα, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, προκαλεί στους αγωγούς, στις επαφές (λύομενες ή μόνιμες) και στον εξοπλισμό γενικά μια επιπλέον θερμική καταπόνηση [1, 5, 11, 15, 16, 17]. Για τη θερμική αυτή καταπόνηση έχουν ιδιαίτερη σημασία η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης I_d και ο χρόνος t μέχρι την διακοπή του βραχυκυκλώματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε αγωγούς υπολογίζεται αναλυτικά από τα γραφήματα κατά το πρότυπο IEC 60865-1 και -2 (Short-circuit currents - Calculation of effects - Part 1 and 2) [15]. Στην πράξη όμως για το υπολογισμό της θερμοκρασίας στους αγωγούς που καταπονούνται από τα ρεύματα βραχυκύκλωσης, χρησιμοποιούνται συχνότερα εμπειρικές σχέσεις (όπως η σχέση (4.3-4) παρακάτω) [1, 2, 15, 16, 17] αλλά και μαθηματικά μοντέλα [15, 17].

Σε έναν αγωγό με ωμική αντίσταση R (Ω), ειδική αντίσταση ρ ($m \cdot \Omega$), διατομή A (m^2), μήκος ℓ (m), που διαρρέεται από ρεύμα ενεργού τιμής I_{rms} (A) για χρονικό διάστημα t (sec), παρουσιάζονται απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας

$$W_{\eta} = I_{rms}^2 \cdot R \cdot t = I_{rms}^2 \cdot \rho \cdot \frac{\ell}{A} \cdot t \quad (\text{Watt} \cdot \text{sec}),$$

οι οποίες (σύμφωνα, με την Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας) μετατρέπονται σε θερμική ενέργεια W_{θ} (Joule), η οποία θα αυξήσει τη θερμοκρασία του αγωγού κατά $\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$). Έστω,

επιπλέον, ότι ο αγωγός έχει ειδική θερμότητα c $\left(\frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}\right)$, μάζα m (kg), όγκο V (m^3) και

πυκνότητα d (kg/m^3), οπότε θα ισχύει:

$$W_{\theta} = m \cdot c \cdot \Delta\theta = d \cdot V \cdot c \cdot \Delta\theta = d \cdot (A \cdot \ell) \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (\text{Joule})$$

Από Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας:

$$W_{\eta} (\text{Watt} \cdot \text{sec}) = W_{\theta} (\text{Joule}) \Rightarrow I_{rms}^2 \cdot \rho \cdot \frac{\ell}{A} \cdot t = d \cdot (A \cdot \ell) \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Delta\theta = \frac{I_{rms}^2 \cdot \rho \cdot t}{A^2 \cdot d \cdot c} = \left(\frac{\rho}{d \cdot c}\right) \cdot \frac{I_{rms}^2}{A^2} \cdot t \Rightarrow$$

$$\boxed{\Delta\theta = k \cdot \frac{I_{rms}^2}{A^2} \cdot t \quad (^{\circ}\text{C})} \quad (4.3-1)$$

Για το χαλκό ισχύουν [19]:

$$\rho = 1.72 \cdot 10^{-8} (m \cdot \Omega), \quad d = 8.9 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{kg}}{m^3}\right), \quad c = 390 \left(\frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}\right)$$

$$k_{Cu} = \frac{\rho}{d \cdot c} = 5 \cdot 10^{-15} \left(\frac{\Omega \cdot m^4 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Joule}}\right) \Rightarrow (m^4 = mm^4 \cdot 10^{12}) \Rightarrow$$

$$k_{Cu} = 0.005 \left(\frac{\Omega \cdot mm^4 \cdot ^\circ C}{Joule} \right) \quad (4.3-2)$$

Για το αλουμίνιο ισχύουν [19]:

$$\rho = 2.63 \cdot 10^{-8} (m \cdot \Omega), \quad d = 2.7 \cdot 10^3 \left(\frac{kg}{m^3} \right), \quad c = 910 \left(\frac{Joule}{kg \cdot ^\circ C} \right)$$

$$k_{Al} = \frac{\rho}{d \cdot c} = 10.7 \cdot 10^{-15} \left(\frac{\Omega \cdot m^4 \cdot ^\circ C}{Joule} \right) \Rightarrow (m^4 = mm^4 \cdot 10^{12}) \Rightarrow$$

$$k_{Al} = 0.0107 \left(\frac{\Omega \cdot mm^4 \cdot ^\circ C}{Joule} \right) \quad (4.3-3)$$

Επομένως για διατομή A σε mm^2 , η αύξηση στη θερμοκρασία ενός αγωγού που διαρρέεται από ρεύμα ενεργού τιμής I_{rms} (A) για χρονικό διάστημα t (sec) δίνεται από τη σχέση (4.3-1), και για χάλκινο αγωγό η σταθερά k δίνεται από τη σχέση (4.3-2), ενώ για αγωγό αλουμινίου η σταθερά k δίνεται από τη σχέση (4.3-3).

Σύμφωνα με την Παράγραφο 4.1 το ρεύμα βραχυκύκλωσης αποτελείται από 2 συνιστώσες:

- 1) Την ημιτονοειδή συνιστώσα μόνιμης κατάστασης, ενεργού τιμής I_d (διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης) και
- 2) Τη συνεχή συνιστώσα που έχει μεταβατική φύση και το πλάτος της μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Αν το βραχυκύκλωμα διαρκέσει t sec, λοιπόν, σύμφωνα με τη σχέση (4.3-1), η θερμική καταπόνηση του αγωγού από τη συνιστώσα μόνιμης κατάστασης θα είναι:

$$\Delta\theta_a = k \cdot \frac{I_d^2}{A^2} \cdot t \quad (^\circ C),$$

ενώ από τη συνεχή συνιστώσα στη μεταβατική φάση η θερμική καταπόνηση προσεγγίζεται εμπειρικά από τη σχέση:

$$\Delta\theta_b = k \cdot \frac{I_{sw,max}^2}{A^2} \cdot T \quad (^\circ C),$$

όπου $I_{sw,max}$ η μέγιστη ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης και T ένας συντελεστής χρόνου, για διφασικό βραχυκύκλωμα είναι 0.25-0.6sec.

Επομένως, η συνολική αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού κατά το βραχυκύκλωμα ισούται με:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_a + \Delta\theta_b = k \cdot \frac{I_d^2}{A^2} \cdot t + k \cdot \frac{I_{sw,max}^2}{A^2} \cdot T \Rightarrow$$

$$\Delta\theta = \frac{k}{A^2} \cdot I_d^2 \cdot \left(t + T \cdot \left(\frac{I_{sw,max}}{I_d} \right)^2 \right) = \frac{k}{A^2} \cdot I_d^2 \cdot \left(t + \frac{T}{\mu_d^2} \right) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.3-4)$$

Συνοψίζοντας, η συνολική αύξηση της θερμοκρασίας ενός αγωγού κατά το βραχυκύκλωμα, δίνεται από τη σχέση (4.3-4), όπου:

- $I_{sw,max}$ είναι η μέγιστη ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά τη μεταβατική φάση (σε A)
- $I_d = \mu_d \cdot I_{sw,max}$ (4.3-5)
 διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης, η ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης στη μόνιμη κατάσταση (σε A). Για διφασικό βραχυκύκλωμα ο συντελεστής μ_d παίρνει τιμές από 0.35-1.
- t : ο χρόνος διακοπής του βραχυκυκλώματος (σε sec). Στις εγκαταστάσεις Μέσης Τάσης ο χρόνος που χρειάζονται οι διακόπτες για να απομονώσουν ένα βραχυκύκλωμα είναι από 0.15sec- $t_{max}=1$ sec.
- T : ένας συντελεστής χρόνου, η τιμή του οποίου για τριφασικό βραχυκύκλωμα είναι $T=0,3$ έως $0,15$ sec και για διφασικό βραχυκύκλωμα είναι 0.25-0.6sec.
- A : η διατομή του αγωγού (σε mm^2)
- $k = \frac{\rho}{d \cdot c}$: σταθερά του υλικού (σε $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^4 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Joule}}$). Για το χαλκό είναι $k_{Cu}=0.005$ και για το αλουμίνιο $k_{Al}=0.0107$.

Ο αγωγός ACSR 16mm², που είναι αγωγός αλουμινίου με χαλύβδινη ψυχή, έχει **ισοδύναμη διατομή χαλκού 16mm² ($A_{Cu}=16\text{mm}^2$)**, αλλά η πραγματική του διατομή ισούται με $A_{Al} = A_{Cu} \cdot \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} = 16\text{mm}^2 \cdot \frac{2.63 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \Omega}{1.72 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \Omega} \Rightarrow A_{Al}=24.4651\text{mm}^2$.

$$\text{Όμως: } \frac{k_{Al}}{A_{Al}^2} = \frac{0.0107}{24.4651^2} = 1.7884 \cdot 10^{-5}, \quad \frac{k_{Cu}}{A_{Cu}^2} = \frac{0.005}{16^2} = 1.9357 \cdot 10^{-5},$$

οπότε για τον υπολογισμό του $\Delta\theta$ από τη σχέση (4.3-4) ο όρος $\frac{k}{A^2}$ δίνει πρακτικά ίδιο αποτέλεσμα είτε θεωρηθεί αγωγός Al πραγματικής διατομής $A_{Al}=24.4651\text{mm}^2$, είτε αγωγός Cu ισοδύναμης διατομής $A_{Cu}=16\text{mm}^2$. Λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή,

$$\frac{k}{A^2} = 1.9357 \cdot 10^{-5} \frac{\Omega \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Joule}} \quad (4.3-6)$$

Η συνολική θερμοκρασία των αγωγών εκφράζεται από την σχέση:

$$\theta = \theta_{\text{περιβάλ}} + \Delta\theta \quad (4.3-7)$$

όπου:

$\theta_{\text{περιβάλ}}$ η αρχική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Λαμβάνεται $\theta_{\text{περιβάλ}} = 40^{\circ}\text{C}$ (καλοκαίρι), ώστε οι υπολογισμοί να καλύπτουν τη δυσμενή αυτή περίπτωση, όπου η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή.

Η **οριακή επιτρεπτή θερμοκρασία** για γυμνούς αγωγούς από αλουμίνιο είναι 180°C , ενώ για γυμνούς αγωγούς χαλκού 200°C [1, 3, 15].

Επομένως, για να είναι ασφαλής ο αγωγός ACSR (αλουμινίου) θα πρέπει να ισχύει:

$$\theta_{\text{περιβάλ}} + \Delta\theta \leq 180^{\circ}\text{C} \Rightarrow 40^{\circ}\text{C} + \Delta\theta \leq 180^{\circ}\text{C} \Rightarrow$$

$$\boxed{\Delta\theta \leq 140^{\circ}\text{C}}$$

(4.3-8)

Επίδραση των διακοπών των Διακοπών Αυτόματης Επαναφοράς στη Θερμική καταπόνηση των αγωγών.

Στο δίκτυο διανομής μέσης τάσης μπορεί να υπάρξουν **αλληπάλληλα βραχυκυκλώματα** χωρίς άμεση διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος. Ο λόγος είναι επειδή γίνεται αυτομάτως σε τρία στάδια-κύκλους, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, και σε **κλάσμα δευτερολέπτου** κάθε φορά, προσπάθεια από τους **διακόπτες αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ)** να διακόψουν το βραχυκύκλωμα και να επαναηλεκτροδοτήσουν αμέσως τη γραμμή, ώστε να αποφευχθεί η οριστική διακοπή του ρεύματος και η χρονοβόρα κατ' ανάγκη πλέον επέμβαση του συνεργείου της ΔΕΗ, όταν δεν πρόκειται για μόνιμο αλλά παροδικό απλώς βραχυκύκλωμα, που προέρχεται συνήθως από την πτώση ενός κλαδιού δένδρου στους αγωγούς [2].

Οι διακόπτες αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ) ρυθμίζονται ώστε να ανοιγοκλείνουν μετά την πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος ώστε να **απάγεται** θερμότητα στο περιβάλλον από τους αγωγούς μέσω του αέρα. Έτσι, η αύξηση της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ των αγωγών δεν διπλασιάζεται μετά από διαδοχικά ON-OFF των ΔΑΕ, αλλά δίνονται κατά τη βιβλιογραφία [26] από τους εξής τύπους:

$$1\text{o ON-OFF } \Delta\text{AE: } \Delta\theta \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (4.3-9)$$

$$2\text{o ON-OFF } \Delta\text{AE: } \sqrt{2} \cdot \Delta\theta \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (4.3-10)$$

$$3\text{o ON-OFF } \Delta\text{AE: } 2 \cdot \Delta\theta \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (4.3-11)$$

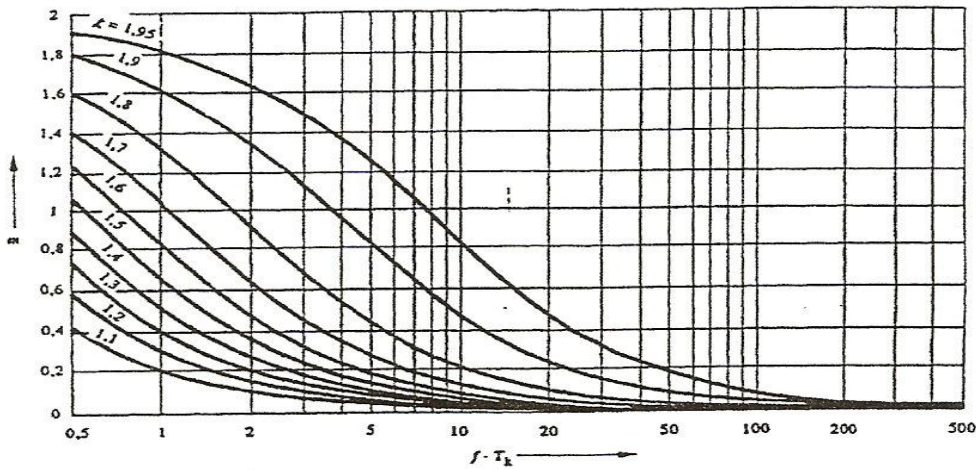
4.4. Υπολογισμός θερμοκρασίας σε αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα σύμφωνα με το σχετικό ευρωπαϊκό πρότυπο.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στους αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα υπολογίζεται από το θερμικά ισοδύναμο ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{th} , από τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος και από συντελεστές που εξαρτώνται από το υλικό των αγωγών. Το θερμικά ισοδύναμο ρεύμα βραχυκύκλωσης δίνεται από τη σχέση [15]:

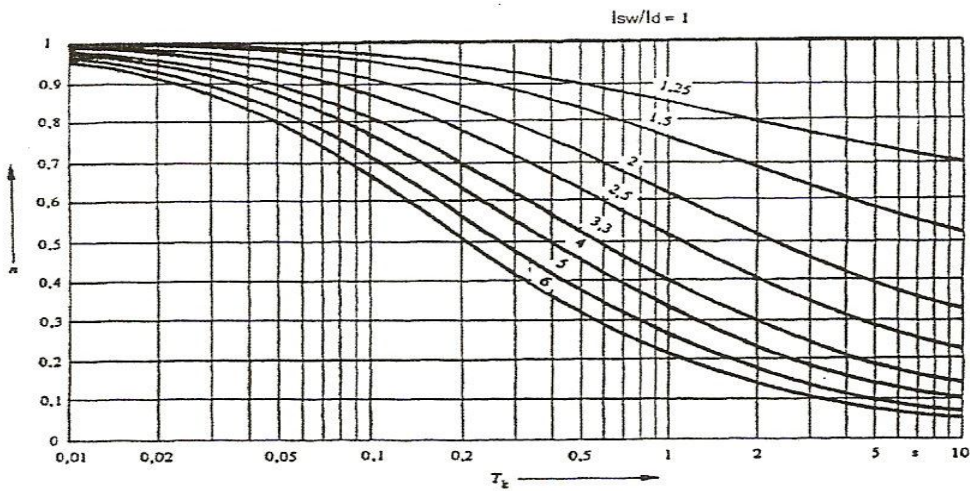
$$I_{th} = I_{sw} \cdot \sqrt{m+n} \quad (4.4-1)$$

όπου I_{sw} είναι η ενεργός τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης και m και n παράγοντες που υπολογίζονται είτε αναλυτικά από μαθηματικές σχέσεις που εξαρτώνται από τα στοιχεία του δικτύου και των ρευμάτων βραχυκύκλωσης, είτε από διαγράμματα που

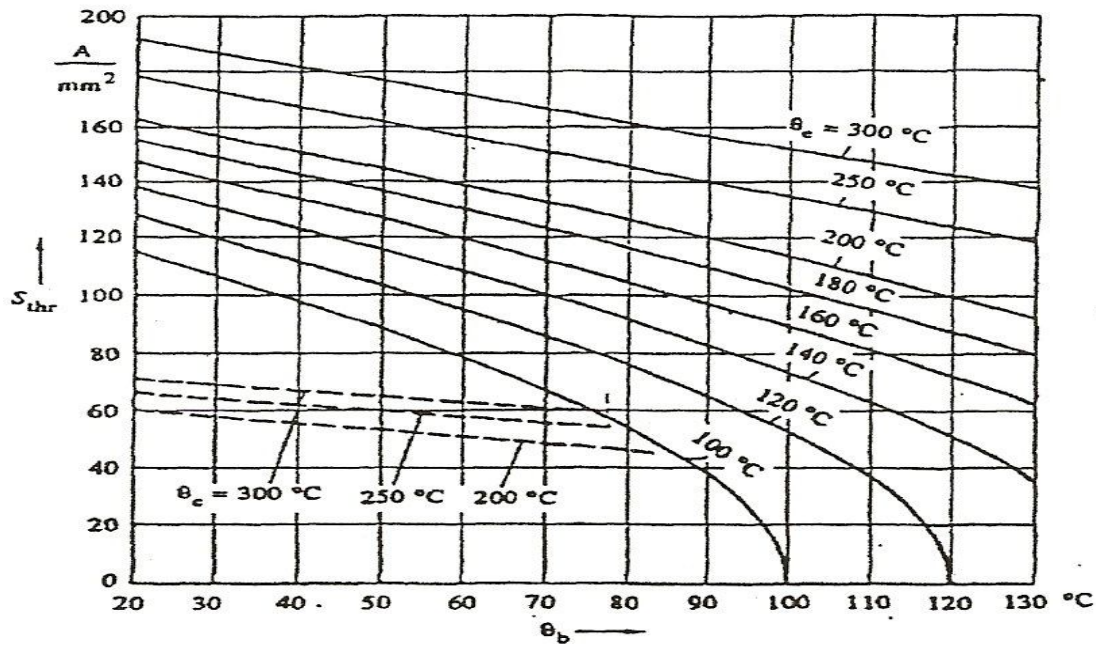
δίνονται επίσης από το πρότυπο. Οι συντελεστές m και n αφορούν στην έκλυση της θερμότητας που οφείλεται στη συνεχή και στην εναλλασσόμενη συνιστώσα του ρεύματος βραχυκύκλωσης αντίστοιχα. Τα Σχήματα 4.4-1 και 4.4-2 δίνουν τους συντελεστές m και n . Η θερμοκρασία βάσει των προηγούμενων συντελεστών και της πυκνότητας του ρεύματος δίνεται για αγωγούς από χαλκό και κράμα χάλυβα στο Σχήμα 4.4-3, ενώ για αγωγούς από αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου στο Σχήμα 4.4-4. Η μέγιστη προτεινόμενη θερμοκρασία για τους αγωγούς που δίνεται από το πρότυπο είναι 200°C για χαλκό και αλουμίνιο και 300°C για χάλυβα.



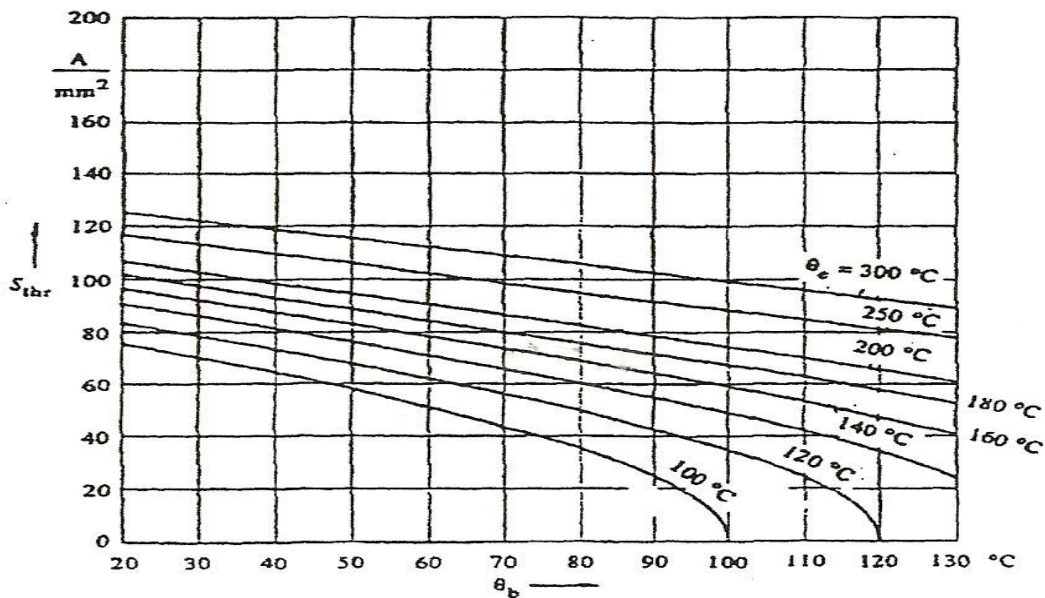
Σχήμα 4.4-1 Συντελεστής m συναρτήσει του χρόνου καταπόνησης (T_k) και της παραμέτρου k , f η συχνότητα της πηγής.



Σχήμα 4.4-2 Συντελεστής n συναρτήσει του χρόνου καταπόνησης (T_k) και του λόγου I_{sw}/I_d



Σχήμα 4.4-3 Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στους αγωγούς από χαλκό και κράμα χάλυβα (διακεκομμένες γραμμές) και της πυκνότητας του ρεύματος για διάρκεια βραχυκύκλωσης 1sec.



Σχήμα 4.4-4 Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στους αγωγούς από αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου και της πυκνότητας του ρεύματος για διάρκεια βραχυκύκλωσης 1sec.

5. ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες και τα διαγράμματα που προέκυψαν από την παραπάνω ανάλυση για τη θερμική καταπόνηση των αγωγών ACSR 16mm², του εναέριου δικτύου μέσης τάσης 20kV και 15kV κατά το διαφασικό σφάλμα στον αέρα και στο έδαφος, σε απόσταση μέχρι 100km από το μετασχηματιστή υψηλής προς μέση τάση, ονομαστικής ισχύος 15MVA, 25MVA και 50MVA.

5.1. Διαφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα ή με άμεση επαφή των αγωγών στο έδαφος

Από τους Πίνακες 4.2.1-1, 4.2.1-2 και τις Σχέσεις (4.2.2-1), (4.2.2-2) υπολογίζεται η μέγιστη ενεργός τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης $I_{sw,max}$.

Από τις Σχέσεις (4.3-4), (4.3-5), (4.3-6) αντίστοιχα:

$$\Delta\theta = \frac{k}{A^2} \cdot I_d^2 \cdot \left(t + T \cdot \left(\frac{I_{sw,max}}{I_d} \right)^2 \right) = \frac{k}{A^2} \cdot I_d^2 \cdot \left(t + \frac{T}{\mu_d^2} \right) \quad ^\circ C$$

$$I_d = \mu_d \cdot I_{sw,max} \quad A$$

$$\frac{k}{A^2} = 1.9357 \cdot 10^{-5} \quad \frac{\Omega \cdot ^\circ C}{Joule}$$

Γίνονται υπολογισμοί για τις **οριακές τιμές** του μ_d [0.35-1], του T [0.25-0.6sec] και για διάρκεια βραχυκυκλώματος $t = 0.15 \text{ sec}$, $t = 0.25 \text{ sec}$, $t = 0.4 \text{ sec}$, $t = 1 \text{ sec}$:

$$\mu_{d1} = 0.35: \quad I_{d1} = 0.35 \cdot I_{sw,max} \quad A$$

$$\mu_{d2} = 1: \quad I_{d2} = I_{sw,max} \quad A$$

$$T_1 = 0.25 \text{ sec}, \quad T_2 = 0.6 \text{ sec}$$

Έτσι προκύπτουν:

$$\mu_{d1} = 0.35: \quad I_{d1} = 0.35 \cdot I_{sw,max} \quad A, \quad T_1 = 0.25 \text{ sec}$$

$$\Delta\theta_1 = \frac{k}{A^2} \cdot I_{d1}^2 \cdot \left(t + \frac{T_1}{\mu_{d1}^2} \right) = 1.9357 \cdot 10^{-5} \cdot (0.35 \cdot I_{sw,max})^2 \cdot \left(t + \frac{0.25}{0.35^2} \right) \quad ^\circ C \quad (5-1)$$

$$\mu_{d1} = 0.35: \quad I_{d1} = 0.35 \cdot I_{sw,max} \quad A, \quad T_2 = 0.6 \text{ sec}$$

$$\Delta\theta_2 = \frac{k}{A^2} \cdot I_{d1}^2 \cdot \left(t + \frac{T_2}{\mu_{d1}^2} \right) = 1.9357 \cdot 10^{-5} \cdot (0.35 \cdot I_{sw,max})^2 \cdot \left(t + \frac{0.6}{0.35^2} \right) \quad ^\circ C \quad (5-2)$$

$$\mu_{d2} = 1: \quad I_{d2} = I_{sw,max} \quad A, \quad T_1 = 0.25 \text{ sec}$$

$$\Delta\theta_3 = \frac{k}{A^2} \cdot I_{d2}^2 \cdot \left(t + \frac{T_1}{\mu_{d2}^2} \right) = 1.9357 \cdot 10^{-5} \cdot (1 \cdot I_{sw,max})^2 \cdot \left(t + \frac{0.25}{1^2} \right) \quad ^\circ C \quad (5-3)$$

$$\mu_{d2} = 1: I_{d2} = I_{sw,max} \text{ A}, \quad T_2 = 0.6 \text{ sec}$$

$$\Delta\theta_4 = \frac{k}{A^2} \cdot I_{d2}^2 \cdot \left(t + \frac{T_2}{\mu_{d2}} \right) = 1.9357 \cdot 10^{-5} \cdot (1 \cdot I_{sw,max})^2 \cdot \left(t + \frac{0.6}{1} \right) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5-4)$$

Τέλος, από τις *Σχέσεις (4.3-9), (4.3-10), (4.3-11)* υπολογίζεται η αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών λόγω της λειτουργίας των διακοπών αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ).

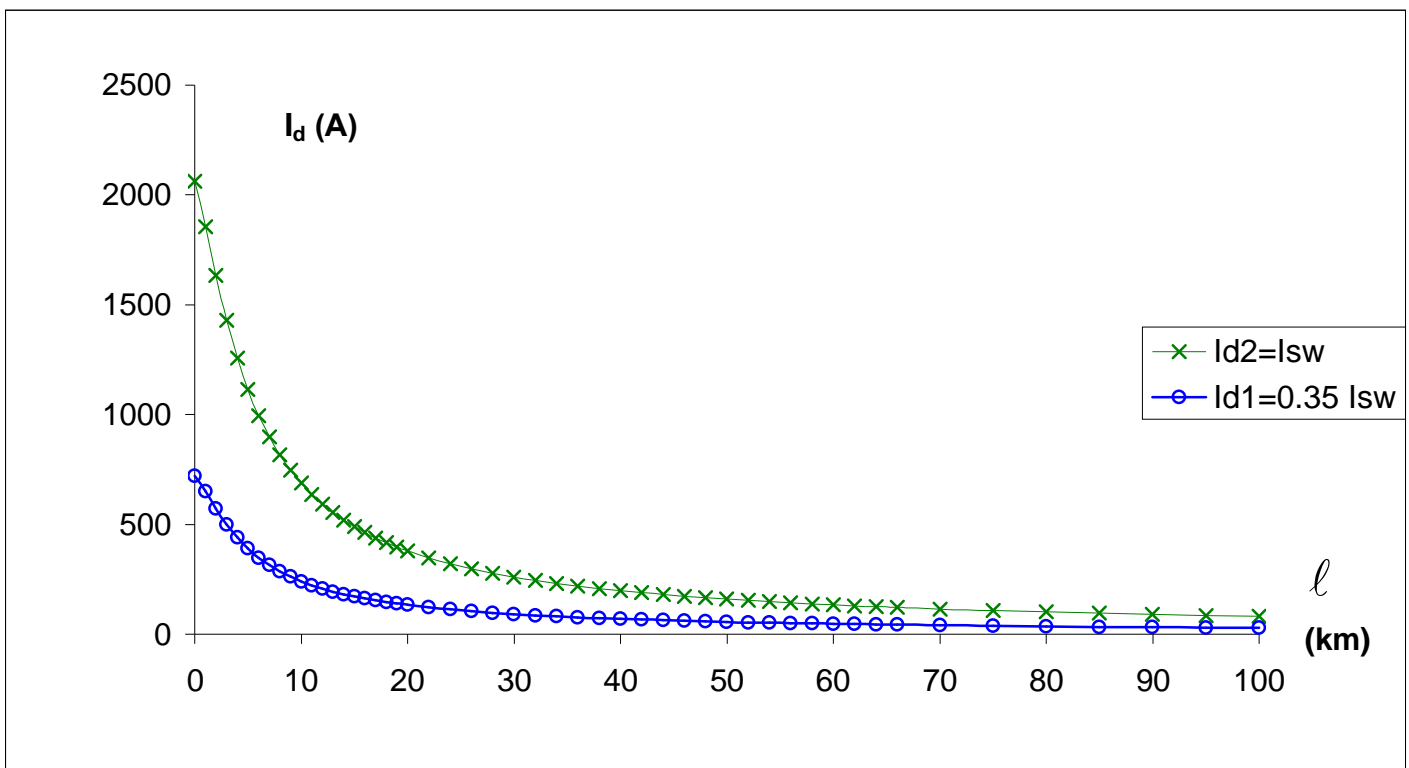
Στους Πίνακες και τα Σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για ενδεικτικές τιμές της απόστασης που συμβαίνει το σφάλμα $\ell = 0-20 \text{ km}$.

**5.1.1. Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm²,
S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV**

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 26.667\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.16\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 5.331\Omega$$



Σχήμα 5.1.1-1

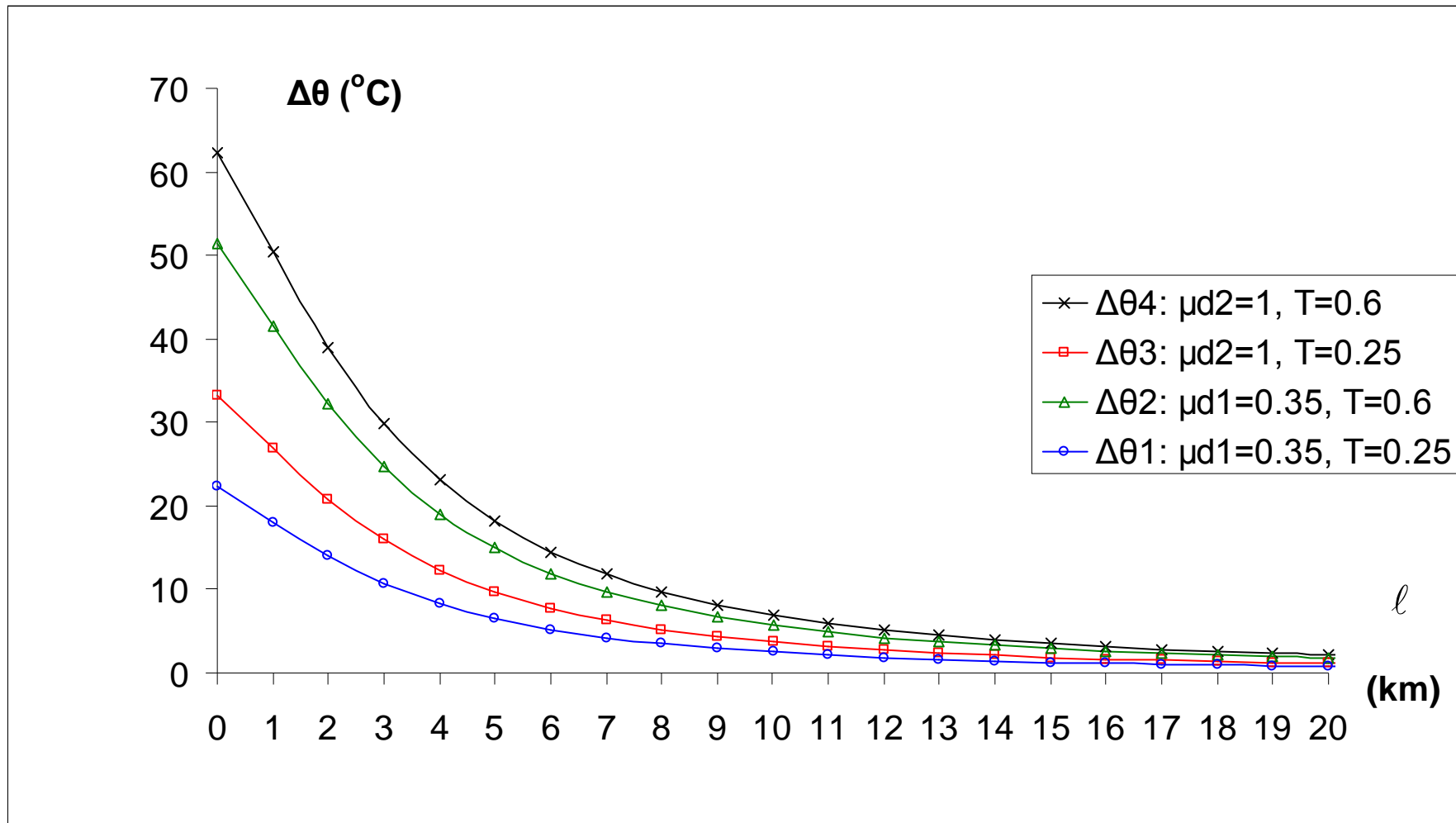
Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	10,667	2062,5	721,875	2062,5	22,298	51,377	33,234	62,313
1	1,268	0,422	11,855	1855,75	649,513	1855,75	18,051	41,593	26,905	50,447
2	2,536	0,844	13,476	1632,58	571,401	1632,58	13,971	32,191	20,823	39,043
3	3,804	1,266	15,393	1429,26	500,241	1429,26	10,708	24,672	15,959	29,924
4	5,072	1,688	17,509	1256,51	439,78	1256,51	8,2757	19,068	12,335	23,127
5	6,34	2,11	19,76	1113,34	389,67	1113,34	6,4973	14,971	9,6838	18,157
6	7,608	2,532	22,106	995,21	348,324	995,21	5,1916	11,962	7,7378	14,508
7	8,876	2,954	24,519	897,281	314,048	897,281	4,2202	9,7239	6,2899	11,794
8	10,144	3,376	26,98	815,412	285,394	815,412	3,4852	8,0304	5,1945	9,7397
9	11,412	3,798	29,479	746,301	261,205	746,301	2,9194	6,7268	4,3513	8,1587
10	12,68	4,22	32,005	687,385	240,585	687,385	2,4767	5,7067	3,6914	6,9214
11	13,948	4,642	34,554	636,684	222,839	636,684	2,1248	4,8959	3,1669	5,938
12	15,216	5,064	37,12	592,67	207,435	592,67	1,8412	4,2424	2,7442	5,1454
13	16,484	5,486	39,7	554,152	193,953	554,152	1,6096	3,7089	2,3991	4,4983
14	17,752	5,908	42,292	520,193	182,068	520,193	1,4184	3,2682	2,1141	3,9639
15	19,02	6,33	44,893	490,052	171,518	490,052	1,2588	2,9005	1,8762	3,5178
16	20,288	6,752	47,502	463,135	162,097	463,135	1,1243	2,5906	1,6757	3,142
17	21,556	7,174	50,118	438,962	153,637	438,962	1,01	2,3272	1,5054	2,8226
18	22,824	7,596	52,74	417,143	146	417,143	0,9121	2,1016	1,3594	2,5489
19	24,092	8,018	55,366	397,354	139,074	397,354	0,8276	1,9069	1,2335	2,3129
20	25,36	8,44	57,997	379,331	132,766	379,331	0,7542	1,7379	1,1242	2,1078

Πίνακας 5.1.1-1 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.16\Omega$, $X_{M\Sigma}=5.331\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.15sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	22,298	31,534	44,595	51,377	72,658	102,75	33,234	46,999	66,467	62,313	88,124	124,63
1	18,051	25,529	36,103	41,593	58,822	83,186	26,905	38,049	53,81	50,447	71,342	100,89
2	13,971	19,758	27,941	32,191	45,524	64,381	20,823	29,448	41,645	39,043	55,214	78,085
3	10,708	15,143	21,415	24,672	34,892	49,344	15,959	22,57	31,919	29,924	42,318	59,847
4	8,2757	11,704	16,551	19,068	26,967	38,137	12,335	17,444	24,669	23,127	32,707	46,255
5	6,4973	9,1885	12,995	14,971	21,172	29,941	9,6838	13,695	19,368	18,157	25,678	36,314
6	5,1916	7,342	10,383	11,962	16,917	23,924	7,7378	10,943	15,476	14,508	20,518	29,017
7	4,2202	5,9682	8,4403	9,7239	13,752	19,448	6,2899	8,8953	12,58	11,794	16,679	23,587
8	3,4852	4,9288	6,9704	8,0304	11,357	16,061	5,1945	7,3461	10,389	9,7397	13,774	19,479
9	2,9194	4,1287	5,8389	6,7268	9,5132	13,454	4,3513	6,1537	8,7026	8,1587	11,538	16,317
10	2,4767	3,5026	4,9534	5,7067	8,0704	11,413	3,6914	5,2204	7,3828	6,9214	9,7883	13,843
11	2,1248	3,0049	4,2496	4,8959	6,9238	9,7917	3,1669	4,4787	6,3339	5,938	8,3976	11,876
12	1,8412	2,6038	3,6824	4,2424	5,9996	8,4847	2,7442	3,8809	5,4884	5,1454	7,2767	10,291
13	1,6096	2,2764	3,2193	3,7089	5,2451	7,4177	2,3991	3,3928	4,7982	4,4983	6,3616	8,9966
14	1,4184	2,0059	2,8368	3,2682	4,622	6,5364	2,1141	2,9897	4,2281	3,9639	5,6058	7,9278
15	1,2588	1,7802	2,5176	2,9005	4,1019	5,8009	1,8762	2,6533	3,7524	3,5178	4,975	7,0357
16	1,1243	1,59	2,2486	2,5906	3,6636	5,1812	1,6757	2,3698	3,3515	3,142	4,4435	6,284
17	1,01	1,4284	2,02	2,3272	3,2912	4,6544	1,5054	2,1289	3,0108	2,8226	3,9917	5,6452
18	0,9121	1,2899	1,8242	2,1016	2,9721	4,2032	1,3594	1,9225	2,7189	2,5489	3,6048	5,0979
19	0,8276	1,1704	1,6552	1,9069	2,6968	3,8139	1,2335	1,7445	2,467	2,3129	3,2709	4,6257
20	0,7542	1,0667	1,5085	1,7379	2,4577	3,4757	1,1242	1,5898	2,2483	2,1078	2,9809	4,2156

Πίνακας 5.1.1-2 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.15sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.1-2

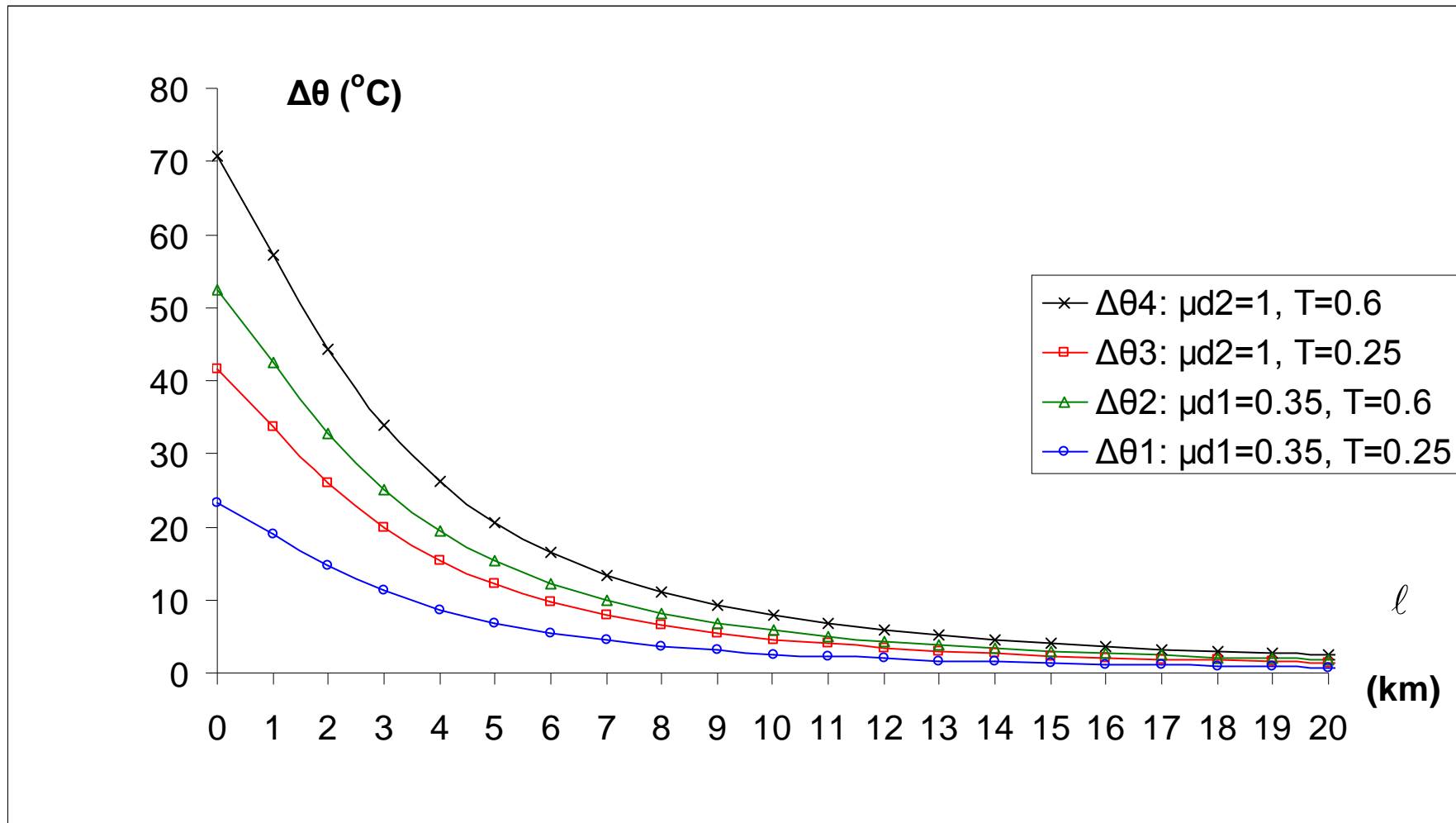
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.15sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	10,667	2062,5	721,875	2062,5	23,315	52,395	41,542	70,621
1	1,268	0,422	11,855	1855,75	649,513	1855,75	18,875	42,417	33,631	57,173
2	2,536	0,844	13,476	1632,58	571,401	1632,58	14,608	32,828	26,028	44,248
3	3,804	1,266	15,393	1429,26	500,241	1429,26	11,196	25,161	19,949	33,913
4	5,072	1,688	17,509	1256,51	439,78	1256,51	8,6535	19,446	15,418	26,211
5	6,34	2,11	19,76	1113,34	389,67	1113,34	6,7938	15,267	12,105	20,578
6	7,608	2,532	22,106	995,21	348,324	995,21	5,4286	12,199	9,6723	16,443
7	8,876	2,954	24,519	897,281	314,048	897,281	4,4128	9,9165	7,8624	13,366
8	10,144	3,376	26,98	815,412	285,394	815,412	3,6443	8,1895	6,4931	11,038
9	11,412	3,798	29,479	746,301	261,205	746,301	3,0527	6,8601	5,4391	9,2465
10	12,68	4,22	32,005	687,385	240,585	687,385	2,5897	5,8197	4,6142	7,8442
11	13,948	4,642	34,554	636,684	222,839	636,684	2,2218	4,9929	3,9587	6,7297
12	15,216	5,064	37,12	592,67	207,435	592,67	1,9252	4,3264	3,4303	5,8314
13	16,484	5,486	39,7	554,152	193,953	554,152	1,6831	3,7823	2,9989	5,0981
14	17,752	5,908	42,292	520,193	182,068	520,193	1,4832	3,333	2,6426	4,4924
15	19,02	6,33	44,893	490,052	171,518	490,052	1,3163	2,9579	2,3452	3,9869
16	20,288	6,752	47,502	463,135	162,097	463,135	1,1756	2,6419	2,0947	3,5609
17	21,556	7,174	50,118	438,962	153,637	438,962	1,0561	2,3733	1,8817	3,1989
18	22,824	7,596	52,74	417,143	146	417,143	0,9537	2,1432	1,6993	2,8888
19	24,092	8,018	55,366	397,354	139,074	397,354	0,8654	1,9447	1,5419	2,6212
20	25,36	8,44	57,997	379,331	132,766	379,331	0,7887	1,7723	1,4052	2,3888

Πίνακας 5.1.1-3 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.16\Omega$, $X_{M\Sigma}=5.331\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.25sec$

ON-OFF	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	23,315	32,973	46,631	52,395	74,098	104,79	41,542	58,749	83,084	70,621	99,874	141,24
1	18,875	26,694	37,751	42,417	59,987	84,834	33,631	47,561	67,262	57,173	80,854	114,35
2	14,608	20,659	29,217	32,828	46,426	65,657	26,028	36,81	52,057	44,248	62,576	88,496
3	11,196	15,834	22,393	25,161	35,583	50,322	19,949	28,212	39,898	33,913	47,961	67,827
4	8,6535	12,238	17,307	19,446	27,501	38,892	15,418	21,805	30,836	26,211	37,068	52,422
5	6,7938	9,6079	13,588	15,267	21,591	30,534	12,105	17,119	24,21	20,578	29,102	41,156
6	5,4286	7,6772	10,857	12,199	17,252	24,398	9,6723	13,679	19,345	16,443	23,254	32,886
7	4,4128	6,2406	8,8256	9,9165	14,024	19,833	7,8624	11,119	15,725	13,366	18,903	26,732
8	3,6443	5,1538	7,2885	8,1895	11,582	16,379	6,4931	9,1827	12,986	11,038	15,611	22,077
9	3,0527	4,3172	6,1054	6,8601	9,7016	13,72	5,4391	7,6921	10,878	9,2465	13,077	18,493
10	2,5897	3,6624	5,1795	5,8197	8,2303	11,639	4,6142	6,5255	9,2285	7,8442	11,093	15,688
11	2,2218	3,1421	4,4436	4,9929	7,061	9,9857	3,9587	5,5984	7,9173	6,7297	9,5173	13,459
12	1,9252	2,7227	3,8505	4,3264	6,1185	8,6528	3,4303	4,8511	6,8605	5,8314	8,2469	11,663
13	1,6831	2,3803	3,3662	3,7823	5,349	7,5646	2,9989	4,241	5,9977	5,0981	7,2098	10,196
14	1,4832	2,0975	2,9663	3,333	4,7135	6,6659	2,6426	3,7372	5,2852	4,4924	6,3532	8,9848
15	1,3163	1,8615	2,6325	2,9579	4,1831	5,9158	2,3452	3,3166	4,6904	3,9869	5,6383	7,9738
16	1,1756	1,6626	2,3513	2,6419	3,7362	5,2838	2,0947	2,9623	4,1893	3,5609	5,0359	7,1219
17	1,0561	1,4936	2,1122	2,3733	3,3564	4,7466	1,8817	2,6612	3,7634	3,1989	4,524	6,3978
18	0,9537	1,3488	1,9075	2,1432	3,031	4,2865	1,6993	2,4032	3,3986	2,8888	4,0854	5,7776
19	0,8654	1,2238	1,7308	1,9447	2,7503	3,8894	1,5419	2,1806	3,0838	2,6212	3,707	5,2425
20	0,7887	1,1153	1,5773	1,7723	2,5064	3,5446	1,4052	1,9872	2,8104	2,3888	3,3783	4,7777

Πίνακας 5.1.1-4 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.25sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.1-3

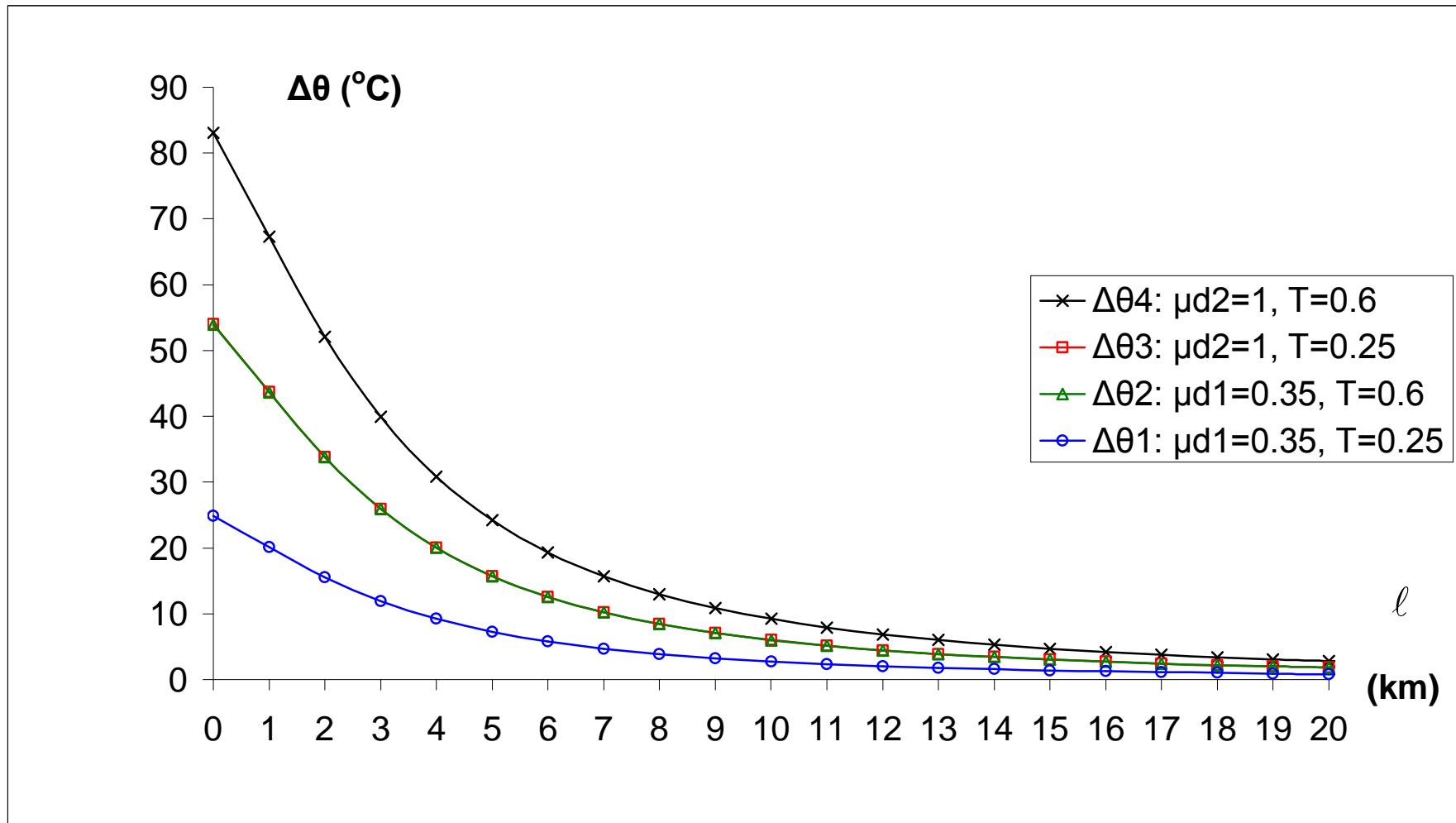
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.25sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	10,667	2062,5	721,875	2062,5	24,842	53,922	54,005	83,084
1	1,268	0,422	11,855	1855,75	649,513	1855,75	20,111	43,653	43,72	67,262
2	2,536	0,844	13,476	1632,58	571,401	1632,58	15,565	33,785	33,837	52,057
3	3,804	1,266	15,393	1429,26	500,241	1429,26	11,93	25,894	25,934	39,898
4	5,072	1,688	17,509	1256,51	439,78	1256,51	9,2201	20,013	20,044	30,836
5	6,34	2,11	19,76	1113,34	389,67	1113,34	7,2387	15,712	15,736	24,21
6	7,608	2,532	22,106	995,21	348,324	995,21	5,784	12,555	12,574	19,345
7	8,876	2,954	24,519	897,281	314,048	897,281	4,7017	10,205	10,221	15,725
8	10,144	3,376	26,98	815,412	285,394	815,412	3,8829	8,4281	8,4411	12,986
9	11,412	3,798	29,479	746,301	261,205	746,301	3,2526	7,06	7,0709	10,878
10	12,68	4,22	32,005	687,385	240,585	687,385	2,7593	5,9893	5,9985	9,2285
11	13,948	4,642	34,554	636,684	222,839	636,684	2,3673	5,1383	5,1463	7,9173
12	15,216	5,064	37,12	592,67	207,435	592,67	2,0513	4,4525	4,4593	6,8605
13	16,484	5,486	39,7	554,152	193,953	554,152	1,7933	3,8925	3,8985	5,9977
14	17,752	5,908	42,292	520,193	182,068	520,193	1,5803	3,4301	3,4354	5,2852
15	19,02	6,33	44,893	490,052	171,518	490,052	1,4024	3,0441	3,0488	4,6904
16	20,288	6,752	47,502	463,135	162,097	463,135	1,2526	2,7189	2,7231	4,1893
17	21,556	7,174	50,118	438,962	153,637	438,962	1,1253	2,4425	2,4462	3,7634
18	22,824	7,596	52,74	417,143	146	417,143	1,0162	2,2057	2,2091	3,3986
19	24,092	8,018	55,366	397,354	139,074	397,354	0,9221	2,0014	2,0045	3,0838
20	25,36	8,44	57,997	379,331	132,766	379,331	0,8403	1,8239	1,8268	2,8104

Πίνακας 5.1.1-5 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.16\Omega$, $X_{M\Sigma}=5.331\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.4sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	24,842	35,132	49,684	53,922	76,257	107,84	54,005	76,374	108,01	83,084	117,5	166,17
1	20,111	28,442	40,223	43,653	61,735	87,306	43,72	61,83	87,441	67,262	95,123	134,52
2	15,565	22,012	31,13	33,785	47,779	67,57	33,837	47,853	67,674	52,057	73,619	104,11
3	11,93	16,871	23,859	25,894	36,62	51,788	25,934	36,676	51,868	39,898	56,425	79,796
4	9,2201	13,039	18,44	20,013	28,302	40,026	20,044	28,346	40,087	30,836	43,609	61,673
5	7,2387	10,237	14,477	15,712	22,22	31,424	15,736	22,254	31,472	24,21	34,238	48,419
6	5,784	8,1799	11,568	12,555	17,755	25,109	12,574	17,782	25,148	19,345	27,357	38,689
7	4,7017	6,6493	9,4035	10,205	14,433	20,411	10,221	14,455	20,442	15,725	22,238	31,45
8	3,8829	5,4912	7,7658	8,4281	11,919	16,856	8,4411	11,937	16,882	12,986	18,365	25,973
9	3,2526	4,5999	6,5052	7,06	9,9843	14,12	7,0709	9,9997	14,142	10,878	15,384	21,756
10	2,7593	3,9023	5,5186	5,9893	8,4701	11,979	5,9985	8,4832	11,997	9,2285	13,051	18,457
11	2,3673	3,3478	4,7346	5,1383	7,2667	10,277	5,1463	7,2779	10,293	7,9173	11,197	15,835
12	2,0513	2,901	4,1026	4,4525	6,2967	8,9049	4,4593	6,3064	8,9187	6,8605	9,7022	13,721
13	1,7933	2,5361	3,5866	3,8925	5,5049	7,7851	3,8985	5,5134	7,7971	5,9977	8,4821	11,995
14	1,5803	2,2348	3,1605	3,4301	4,8509	6,8601	3,4354	4,8583	6,8707	5,2852	7,4744	10,57
15	1,4024	1,9834	2,8049	3,0441	4,305	6,0882	3,0488	4,3116	6,0976	4,6904	6,6333	9,3809
16	1,2526	1,7715	2,5052	2,7189	3,8451	5,4378	2,7231	3,851	5,4461	4,1893	5,9246	8,3787
17	1,1253	1,5914	2,2505	2,4425	3,4542	4,8849	2,4462	3,4595	4,8925	3,7634	5,3223	7,5269
18	1,0162	1,4371	2,0324	2,2057	3,1193	4,4114	2,2091	3,1241	4,4182	3,3986	4,8063	6,7972
19	0,9221	1,304	1,8441	2,0014	2,8304	4,0028	2,0045	2,8347	4,0089	3,0838	4,3612	6,1676
20	0,8403	1,1884	1,6806	1,8239	2,5794	3,6479	1,8268	2,5834	3,6535	2,8104	3,9745	5,6208

Πίνακας 5.1.1-6 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.4sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.1-4

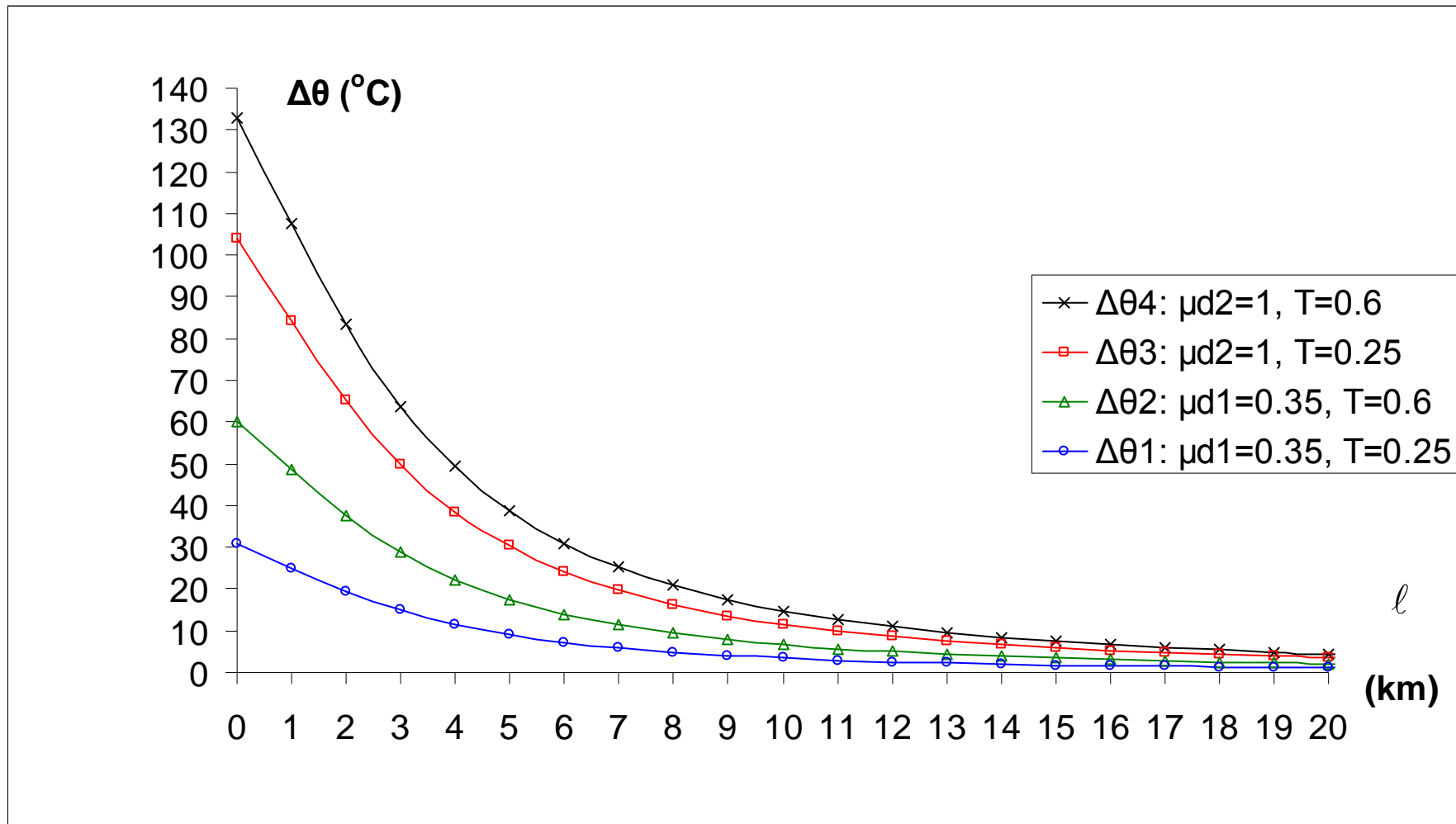
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.4sec
 (Οι καμπύλες $\Delta\theta_2$ και $\Delta\theta_3$ ταυτίζονται)

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	10,667	2062,5	721,875	2062,5	30,949	60,028	103,86	132,93
1	1,268	0,422	11,855	1855,75	649,513	1855,75	25,055	48,597	84,078	107,62
2	2,536	0,844	13,476	1632,58	571,401	1632,58	19,391	37,611	65,071	83,291
3	3,804	1,266	15,393	1429,26	500,241	1429,26	14,862	28,826	49,873	63,837
4	5,072	1,688	17,509	1256,51	439,78	1256,51	11,487	22,279	38,546	49,338
5	6,34	2,11	19,76	1113,34	389,67	1113,34	9,0181	17,491	30,262	38,735
6	7,608	2,532	22,106	995,21	348,324	995,21	7,2059	13,976	24,181	30,951
7	8,876	2,954	24,519	897,281	314,048	897,281	5,8575	11,361	19,656	25,16
8	10,144	3,376	26,98	815,412	285,394	815,412	4,8374	9,3826	16,233	20,778
9	11,412	3,798	29,479	746,301	261,205	746,301	4,0521	7,8595	13,598	17,405
10	12,68	4,22	32,005	687,385	240,585	687,385	3,4376	6,6676	11,536	14,766
11	13,948	4,642	34,554	636,684	222,839	636,684	2,9492	5,7203	9,8967	12,668
12	15,216	5,064	37,12	592,67	207,435	592,67	2,5555	4,9567	8,5756	10,977
13	16,484	5,486	39,7	554,152	193,953	554,152	2,2342	4,3334	7,4972	9,5964
14	17,752	5,908	42,292	520,193	182,068	520,193	1,9687	3,8185	6,6065	8,4563
15	19,02	6,33	44,893	490,052	171,518	490,052	1,7472	3,3888	5,8631	7,5047
16	20,288	6,752	47,502	463,135	162,097	463,135	1,5605	3,0268	5,2367	6,7029
17	21,556	7,174	50,118	438,962	153,637	438,962	1,4019	2,7191	4,7043	6,0215
18	22,824	7,596	52,74	417,143	146	417,143	1,266	2,4555	4,2482	5,4378
19	24,092	8,018	55,366	397,354	139,074	397,354	1,1487	2,228	3,8548	4,9341
20	25,36	8,44	57,997	379,331	132,766	379,331	1,0469	2,0305	3,513	4,4966

Πίνακας 5.1.1-7 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.16\Omega$, $X_{M\Sigma}=5.331\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=1sec$

ON-OFF	1°	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	30,949	43,768	61,898	60,028	84,893	120,06	103,86	146,87	207,71	132,93	188	265,87
1	25,055	35,433	50,11	48,597	68,726	97,194	84,078	118,9	168,16	107,62	152,2	215,24
2	19,391	27,423	38,782	37,611	53,19	75,222	65,071	92,024	130,14	83,291	117,79	166,58
3	14,862	21,018	29,724	28,826	40,767	57,653	49,873	70,531	99,745	63,837	90,279	127,67
4	11,487	16,244	22,973	22,279	31,508	44,559	38,546	54,512	77,091	49,338	69,775	98,677
5	9,0181	12,753	18,036	17,491	24,737	34,983	30,262	42,797	60,524	38,735	54,78	77,471
6	7,2059	10,191	14,412	13,976	19,766	27,953	24,181	34,197	48,361	30,951	43,772	61,903
7	5,8575	8,2838	11,715	11,361	16,067	22,722	19,656	27,798	39,312	25,16	35,581	50,32
8	4,8374	6,8411	9,6748	9,3826	13,269	18,765	16,233	22,957	32,466	20,778	29,385	41,556
9	4,0521	5,7306	8,1043	7,8595	11,115	15,719	13,598	19,23	27,196	17,405	24,615	34,81
10	3,4376	4,8615	6,8752	6,6676	9,4294	13,335	11,536	16,314	23,071	14,766	20,882	29,531
11	2,9492	4,1708	5,8984	5,7203	8,0897	11,441	9,8967	13,996	19,793	12,668	17,915	25,335
12	2,5555	3,6141	5,1111	4,9567	7,0099	9,9134	8,5756	12,128	17,151	10,977	15,524	21,954
13	2,2342	3,1596	4,4683	4,3334	6,1283	8,6667	7,4972	10,603	14,994	9,5964	13,571	19,193
14	1,9687	2,7842	3,9375	3,8185	5,4002	7,6371	6,6065	9,3429	13,213	8,4563	11,959	16,913
15	1,7472	2,4709	3,4944	3,3888	4,7926	6,7777	5,8631	8,2916	11,726	7,5047	10,613	15,009
16	1,5605	2,2069	3,1211	3,0268	4,2805	6,0536	5,2367	7,4058	10,473	6,7029	9,4794	13,406
17	1,4019	1,9826	2,8038	2,7191	3,8454	5,4382	4,7043	6,6529	9,4086	6,0215	8,5157	12,043
18	1,266	1,7904	2,532	2,4555	3,4726	4,911	4,2482	6,0079	8,4965	5,4378	7,6901	10,876
19	1,1487	1,6245	2,2974	2,228	3,1509	4,4561	3,8548	5,4514	7,7095	4,9341	6,9778	9,8682
20	1,0469	1,4805	2,0937	2,0305	2,8716	4,061	3,513	4,9681	7,026	4,4966	6,3592	8,9932

Πίνακας 5.1.1-8 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=1sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.1-5

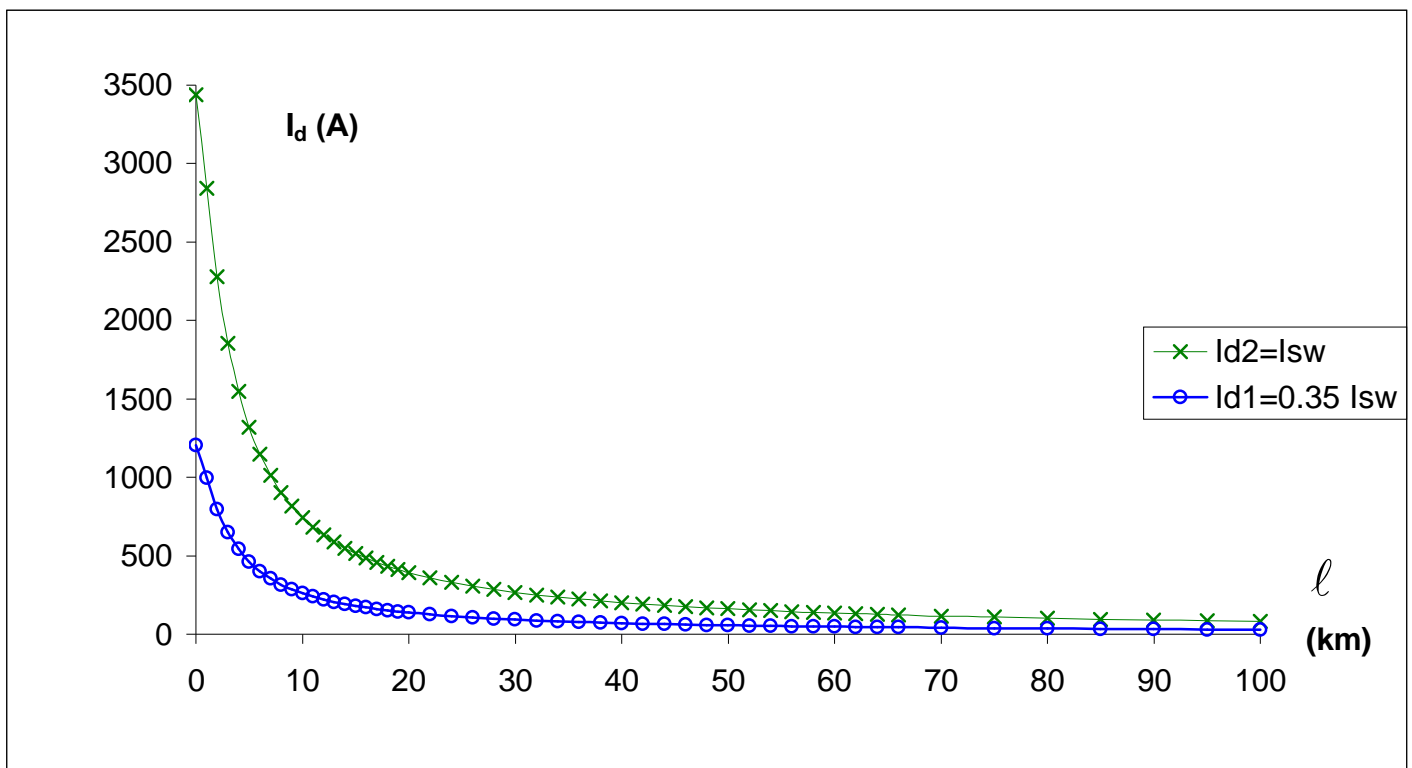
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=1sec

**5.1.2. Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm²,
S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/20kV**

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 16\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.096\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 3.2\Omega$$



Σχήμα 5.1.2-1

Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος

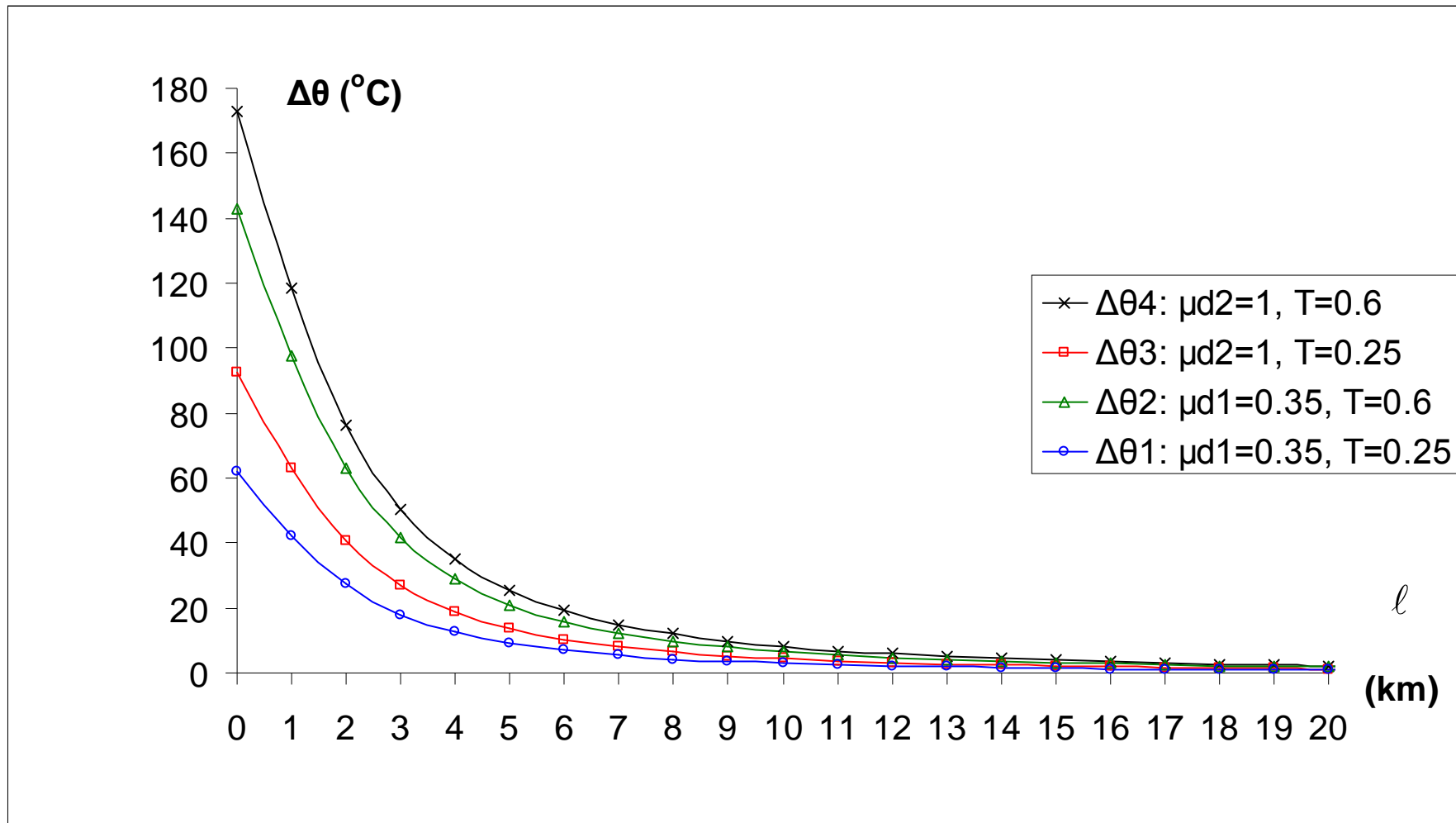
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6,4	3437,5	1203,13	3437,5	61,938	142,71	92,316	173,09
1	1,268	0,422	7,7379	2843,13	995,096	2843,13	42,371	97,628	63,152	118,41
2	2,536	0,844	9,6477	2280,33	798,115	2280,33	27,256	62,802	40,624	76,17
3	3,804	1,266	11,856	1855,57	649,45	1855,57	18,048	41,585	26,9	50,437
4	5,072	1,688	14,225	1546,59	541,306	1546,59	12,538	28,889	18,687	35,038
5	6,34	2,11	16,686	1318,5	461,474	1318,5	9,1123	20,996	13,582	25,465
6	7,608	2,532	19,203	1145,64	400,974	1145,64	6,8797	15,852	10,254	19,226
7	8,876	2,954	21,758	1011,13	353,896	1011,13	5,359	12,348	7,9874	14,976
8	10,144	3,376	24,338	903,943	316,38	903,943	4,2831	9,8688	6,3837	11,969
9	11,412	3,798	26,936	816,753	285,864	816,753	3,4967	8,0568	5,2116	9,7718
10	12,68	4,22	29,547	744,568	260,599	744,568	2,9059	6,6956	4,3311	8,1208
11	13,948	4,642	32,169	683,892	239,362	683,892	2,4516	5,6488	3,654	6,8512
12	15,216	5,064	34,798	632,218	221,276	632,218	2,0951	4,8274	3,1227	5,855
13	16,484	5,486	37,434	587,708	205,698	587,708	1,8105	4,1716	2,6984	5,0596
14	17,752	5,908	40,074	548,985	192,145	548,985	1,5798	3,64	2,3546	4,4148
15	19,02	6,33	42,718	515,001	180,25	515,001	1,3902	3,2033	2,0721	3,8851
16	20,288	6,752	45,366	484,943	169,73	484,943	1,2327	2,8403	1,8373	3,4449
17	21,556	7,174	48,017	458,175	160,361	458,175	1,1004	2,5354	1,64	3,0751
18	22,824	7,596	50,669	434,186	151,965	434,186	0,9882	2,2769	1,4728	2,7615
19	24,092	8,018	53,324	412,57	144,399	412,57	0,8922	2,0558	1,3298	2,4934
20	25,36	8,44	55,981	392,992	137,547	392,992	0,8095	1,8653	1,2066	2,2623

Πίνακας 5.1.2-1 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=25MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.096\Omega$, $X_{M\Sigma}=3.2\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.15sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	61,938	87,594	123,88	142,71	201,83	285,43	92,316	130,55	184,63	173,09	244,79	346,18
1	42,371	59,921	84,742	97,628	138,07	195,26	63,152	89,31	126,3	118,41	167,46	236,82
2	27,256	38,546	54,513	62,802	88,816	125,6	40,624	57,451	81,248	76,17	107,72	152,34
3	18,048	25,524	36,096	41,585	58,81	83,17	26,9	38,042	53,799	50,437	71,328	100,87
4	12,538	17,731	25,076	28,889	40,855	57,778	18,687	26,427	37,374	35,038	49,551	70,076
5	9,1123	12,887	18,225	20,996	29,693	41,992	13,582	19,207	27,163	25,465	36,013	50,931
6	6,8797	9,7294	13,759	15,852	22,418	31,704	10,254	14,501	20,508	19,226	27,19	38,452
7	5,359	7,5788	10,718	12,348	17,463	24,696	7,9874	11,296	15,975	14,976	21,18	29,953
8	4,2831	6,0572	8,5661	9,8688	13,957	19,738	6,3837	9,0279	12,767	11,969	16,927	23,939
9	3,4967	4,945	6,9933	8,0568	11,394	16,114	5,2116	7,3703	10,423	9,7718	13,819	19,544
10	2,9059	4,1096	5,8118	6,6956	9,469	13,391	4,3311	6,1251	8,6622	8,1208	11,485	16,242
11	2,4516	3,4671	4,9032	5,6488	7,9886	11,298	3,654	5,1675	7,3079	6,8512	9,6891	13,702
12	2,0951	2,9629	4,1902	4,8274	6,827	9,6549	3,1227	4,4161	6,2453	5,855	8,2802	11,71
13	1,8105	2,5604	3,621	4,1716	5,8996	8,3432	2,6984	3,8162	5,3969	5,0596	7,1553	10,119
14	1,5798	2,2341	3,1595	3,64	5,1478	7,28	2,3546	3,3299	4,7091	4,4148	6,2435	8,8296
15	1,3902	1,9661	2,7805	3,2033	4,5302	6,4066	2,0721	2,9304	4,1442	3,8851	5,4944	7,7703
16	1,2327	1,7433	2,4654	2,8403	4,0168	5,6806	1,8373	2,5983	3,6745	3,4449	4,8718	6,8898
17	1,1004	1,5561	2,2007	2,5354	3,5856	5,0708	1,64	2,3194	3,2801	3,0751	4,3488	6,1501
18	0,9882	1,3975	1,9763	2,2769	3,22	4,5537	1,4728	2,0828	2,9456	2,7615	3,9053	5,523
19	0,8922	1,2618	1,7844	2,0558	2,9073	4,1116	1,3298	1,8806	2,6596	2,4934	3,5262	4,9867
20	0,8095	1,1449	1,6191	1,8653	2,6379	3,7306	1,2066	1,7064	2,4132	2,2623	3,1994	4,5247

Πίνακας 5.1.2-2 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.15sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.2-2

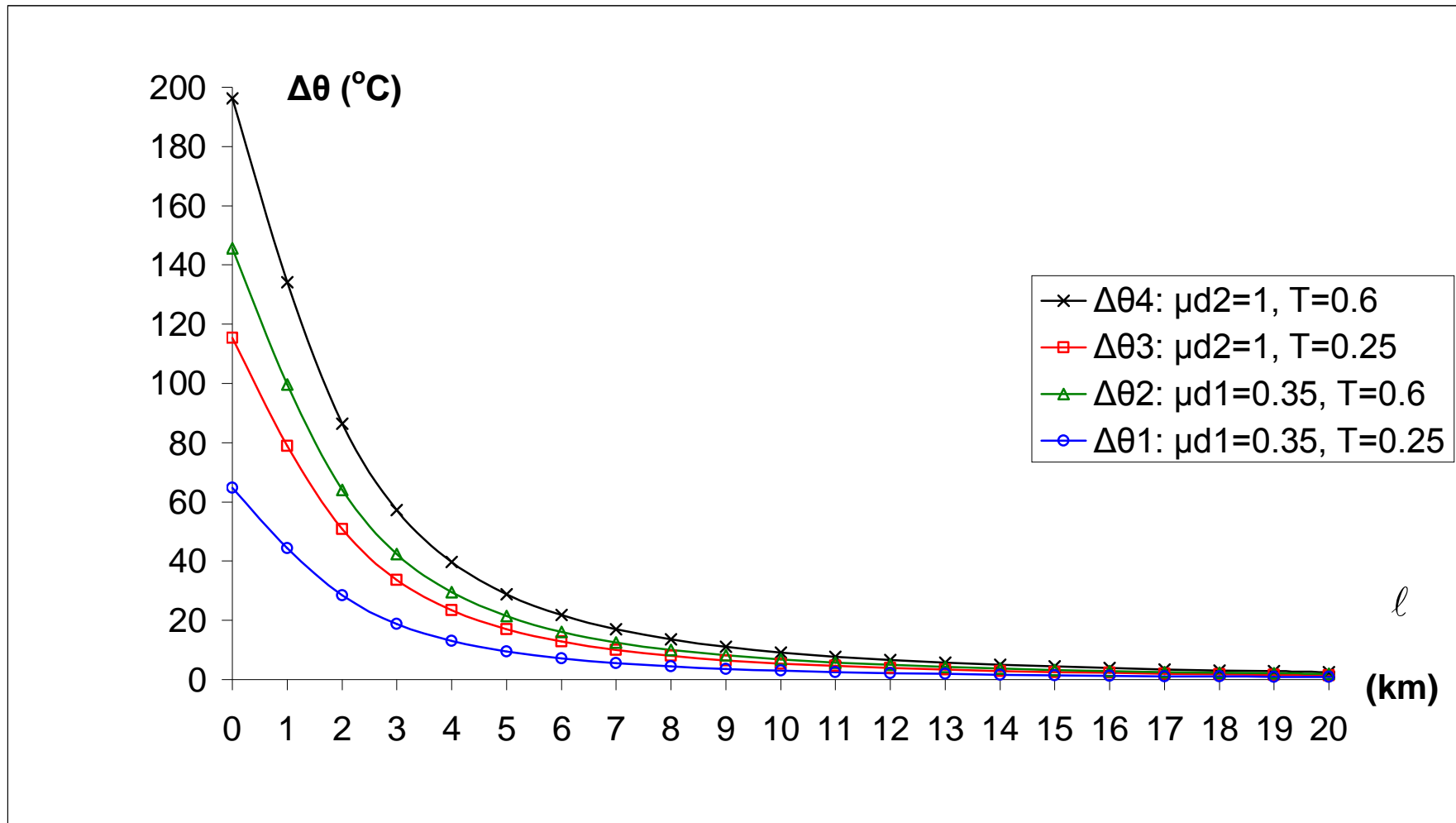
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.15sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6,4	3437,5	1203,13	3437,5	64,765	145,54	115,39	196,17
1	1,268	0,422	7,7379	2843,13	995,096	2843,13	44,305	99,562	78,939	134,2
2	2,536	0,844	9,6477	2280,33	798,115	2280,33	28,5	64,047	50,78	86,326
3	3,804	1,266	11,856	1855,57	649,45	1855,57	18,872	42,409	33,624	57,162
4	5,072	1,688	14,225	1546,59	541,306	1546,59	13,11	29,461	23,359	39,71
5	6,34	2,11	16,686	1318,5	461,474	1318,5	9,5283	21,412	16,977	28,861
6	7,608	2,532	19,203	1145,64	400,974	1145,64	7,1937	16,166	12,817	21,789
7	8,876	2,954	21,758	1011,13	353,896	1011,13	5,6036	12,593	9,9842	16,973
8	10,144	3,376	24,338	903,943	316,38	903,943	4,4786	10,064	7,9796	13,565
9	11,412	3,798	26,936	816,753	285,864	816,753	3,6563	8,2164	6,5145	11,075
10	12,68	4,22	29,547	744,568	260,599	744,568	3,0385	6,8283	5,4139	9,2036
11	13,948	4,642	32,169	683,892	239,362	683,892	2,5635	5,7607	4,5675	7,7647
12	15,216	5,064	34,798	632,218	221,276	632,218	2,1907	4,9231	3,9033	6,6356
13	16,484	5,486	37,434	587,708	205,698	587,708	1,8931	4,2543	3,3731	5,7342
14	17,752	5,908	40,074	548,985	192,145	548,985	1,6519	3,7121	2,9432	5,0035
15	19,02	6,33	42,718	515,001	180,25	515,001	1,4537	3,2668	2,5901	4,4032
16	20,288	6,752	45,366	484,943	169,73	484,943	1,289	2,8966	2,2966	3,9042
17	21,556	7,174	48,017	458,175	160,361	458,175	1,1506	2,5856	2,05	3,4851
18	22,824	7,596	50,669	434,186	151,965	434,186	1,0333	2,322	1,841	3,1297
19	24,092	8,018	53,324	412,57	144,399	412,57	0,9329	2,0965	1,6622	2,8258
20	25,36	8,44	55,981	392,992	137,547	392,992	0,8465	1,9022	1,5082	2,564

Πίνακας 5.1.2-3 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=25MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.096\Omega$, $X_{M\Sigma}=3.2\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.25sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	64,765	91,592	129,53	145,54	205,83	291,08	115,39	163,19	230,79	196,17	277,43	392,34
1	44,305	62,656	88,61	99,562	140,8	199,12	78,939	111,64	157,88	134,2	189,78	268,39
2	28,5	40,306	57,001	64,047	90,575	128,09	50,78	71,814	101,56	86,326	122,08	172,65
3	18,872	26,689	37,743	42,409	59,975	84,818	33,624	47,552	67,249	57,162	80,839	114,32
4	13,11	18,54	26,22	29,461	41,664	58,922	23,359	33,034	46,717	39,71	56,158	79,42
5	9,5283	13,475	19,057	21,412	30,281	42,824	16,977	24,009	33,954	28,861	40,815	57,721
6	7,1937	10,173	14,387	16,166	22,862	32,332	12,817	18,126	25,635	21,789	30,815	43,579
7	5,6036	7,9248	11,207	12,593	17,809	25,185	9,9842	14,12	19,968	16,973	24,004	33,946
8	4,4786	6,3336	8,9571	10,064	14,233	20,129	7,9796	11,285	15,959	13,565	19,184	27,131
9	3,6563	5,1707	7,3125	8,2164	11,62	16,433	6,5145	9,2129	13,029	11,075	15,662	22,149
10	3,0385	4,2971	6,0771	6,8283	9,6566	13,657	5,4139	7,6564	10,828	9,2036	13,016	18,407
11	2,5635	3,6253	5,127	5,7607	8,1469	11,521	4,5675	6,4594	9,1349	7,7647	10,981	15,529
12	2,1907	3,0982	4,3815	4,9231	6,9623	9,8461	3,9033	5,5201	7,8066	6,6356	9,3842	13,271
13	1,8931	2,6773	3,7863	4,2543	6,0164	8,5085	3,3731	4,7702	6,7461	5,7342	8,1094	11,468
14	1,6519	2,3361	3,3038	3,7121	5,2497	7,4242	2,9432	4,1623	5,8864	5,0035	7,076	10,007
15	1,4537	2,0558	2,9074	3,2668	4,6199	6,5335	2,5901	3,6629	5,1802	4,4032	6,227	8,8063
16	1,289	1,8229	2,5779	2,8966	4,0964	5,7931	2,2966	3,2479	4,5932	3,9042	5,5214	7,8084
17	1,1506	1,6272	2,3012	2,5856	3,6566	5,1712	2,05	2,8992	4,1001	3,4851	4,9286	6,9701
18	1,0333	1,4612	2,0665	2,322	3,2837	4,6439	1,841	2,6036	3,682	3,1297	4,4261	6,2594
19	0,9329	1,3194	1,8659	2,0965	2,9649	4,193	1,6622	2,3508	3,3245	2,8258	3,9963	5,6516
20	0,8465	1,1971	1,693	1,9022	2,6902	3,8045	1,5082	2,133	3,0165	2,564	3,626	5,128

Πίνακας 5.1.2-4 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.25sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.2-3

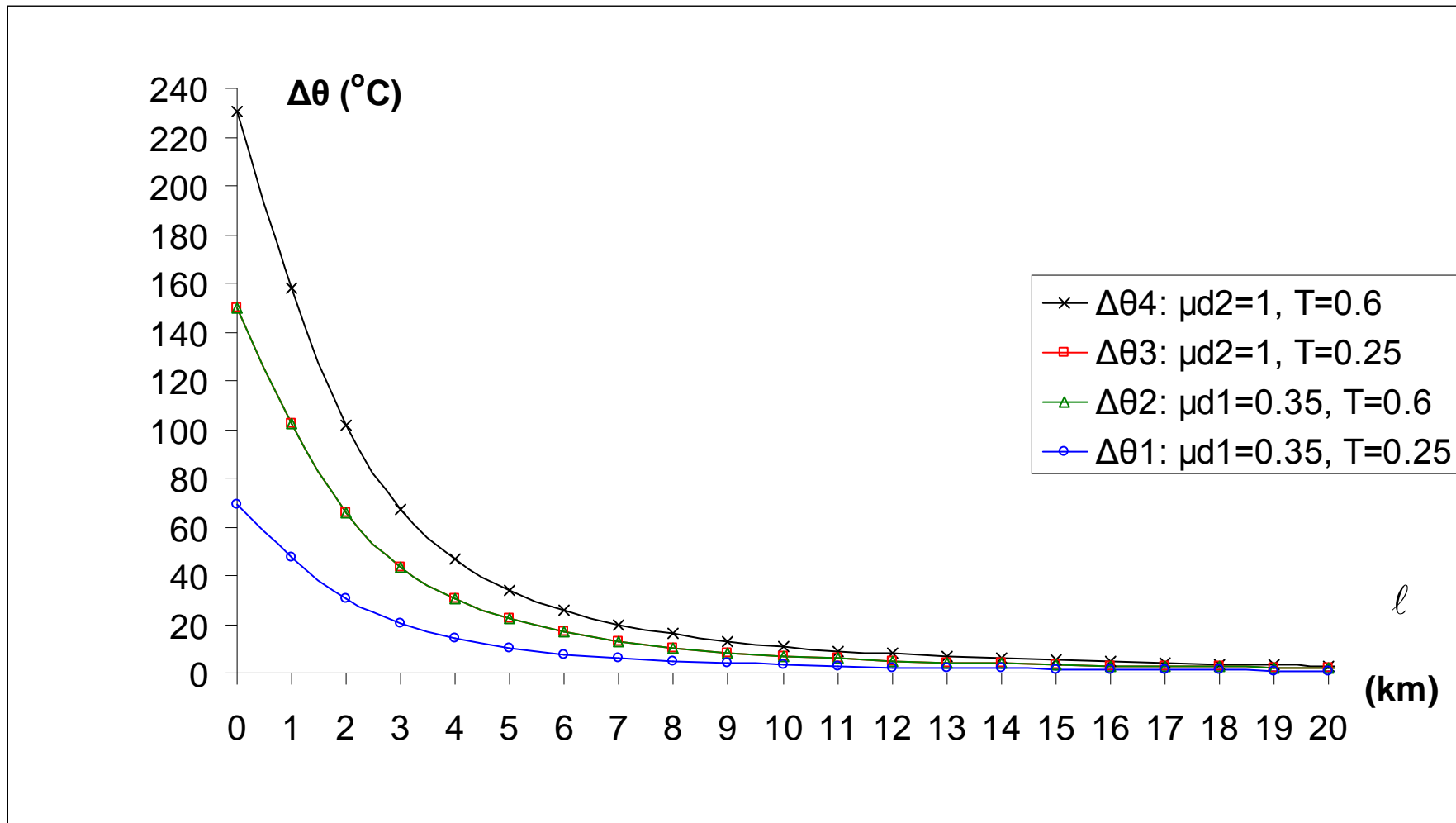
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.25sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6,4	3437,5	1203,13	3437,5	69,006	149,78	150,01	230,79
1	1,268	0,422	7,7379	2843,13	995,096	2843,13	47,206	102,46	102,62	157,88
2	2,536	0,844	9,6477	2280,33	798,115	2280,33	30,367	65,913	66,014	101,56
3	3,804	1,266	11,856	1855,57	649,45	1855,57	20,107	43,645	43,712	67,249
4	5,072	1,688	14,225	1546,59	541,306	1546,59	13,969	30,32	30,366	46,717
5	6,34	2,11	16,686	1318,5	461,474	1318,5	10,152	22,036	22,07	33,954
6	7,608	2,532	19,203	1145,64	400,974	1145,64	7,6648	16,637	16,663	25,635
7	8,876	2,954	21,758	1011,13	353,896	1011,13	5,9706	12,96	12,979	19,968
8	10,144	3,376	24,338	903,943	316,38	903,943	4,7718	10,358	10,373	15,959
9	11,412	3,798	26,936	816,753	285,864	816,753	3,8957	8,4558	8,4689	13,029
10	12,68	4,22	29,547	744,568	260,599	744,568	3,2375	7,0272	7,038	10,828
11	13,948	4,642	32,169	683,892	239,362	683,892	2,7313	5,9286	5,9377	9,1349
12	15,216	5,064	34,798	632,218	221,276	632,218	2,3342	5,0665	5,0743	7,8066
13	16,484	5,486	37,434	587,708	205,698	587,708	2,0171	4,3782	4,385	6,7461
14	17,752	5,908	40,074	548,985	192,145	548,985	1,76	3,8203	3,8262	5,8864
15	19,02	6,33	42,718	515,001	180,25	515,001	1,5489	3,3619	3,3671	5,1802
16	20,288	6,752	45,366	484,943	169,73	484,943	1,3734	2,981	2,9856	4,5932
17	21,556	7,174	48,017	458,175	160,361	458,175	1,2259	2,661	2,6651	4,1001
18	22,824	7,596	50,669	434,186	151,965	434,186	1,1009	2,3896	2,3933	3,682
19	24,092	8,018	53,324	412,57	144,399	412,57	0,994	2,1576	2,1609	3,3245
20	25,36	8,44	55,981	392,992	137,547	392,992	0,9019	1,9577	1,9607	3,0165

Πίνακας 5.1.2-5 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=25MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.096\Omega$, $X_{M\Sigma}=3.2\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.4sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	69,006	97,589	138,01	149,78	211,82	299,56	150,01	212,15	300,03	230,79	326,39	461,58
1	47,206	66,759	94,412	102,46	144,91	204,93	102,62	145,13	205,24	157,88	223,27	315,76
2	30,367	42,945	60,733	65,913	93,215	131,83	66,014	93,358	132,03	101,56	143,63	203,12
3	20,107	28,436	40,215	43,645	61,723	87,289	43,712	61,818	87,424	67,249	95,104	134,5
4	13,969	19,754	27,937	30,32	42,878	60,639	30,366	42,944	60,733	46,717	66,068	93,435
5	10,152	14,357	20,304	22,036	31,164	44,072	22,07	31,212	44,14	33,954	48,018	67,908
6	7,6648	10,84	15,33	16,637	23,528	33,274	16,663	23,564	33,325	25,635	36,253	51,269
7	5,9706	8,4437	11,941	12,96	18,328	25,919	12,979	18,356	25,959	19,968	28,24	39,937
8	4,7718	6,7484	9,5436	10,358	14,648	20,715	10,373	14,67	20,747	15,959	22,57	31,918
9	3,8957	5,5093	7,7914	8,4558	11,958	16,912	8,4689	11,977	16,938	13,029	18,426	26,058
10	3,2375	4,5785	6,475	7,0272	9,938	14,054	7,038	9,9533	14,076	10,828	15,313	21,656
11	2,7313	3,8627	5,4627	5,9286	8,3843	11,857	5,9377	8,3972	11,875	9,1349	12,919	18,27
12	2,3342	3,301	4,6684	5,0665	7,1651	10,133	5,0743	7,1762	10,149	7,8066	11,04	15,613
13	2,0171	2,8526	4,0342	4,3782	6,1917	8,7564	4,385	6,2013	8,7699	6,7461	9,5404	13,492
14	1,76	2,4891	3,5201	3,8203	5,4027	7,6406	3,8262	5,411	7,6523	5,8864	8,3246	11,773
15	1,5489	2,1904	3,0978	3,3619	4,7545	6,7239	3,3671	4,7618	6,7343	5,1802	7,3259	10,36
16	1,3734	1,9422	2,7467	2,981	4,2157	5,9619	2,9856	4,2222	5,9711	4,5932	6,4957	9,1863
17	1,2259	1,7337	2,4518	2,661	3,7632	5,3219	2,6651	3,769	5,3301	4,1001	5,7984	8,2002
18	1,1009	1,5569	2,2018	2,3896	3,3794	4,7792	2,3933	3,3846	4,7866	3,682	5,2071	7,364
19	0,994	1,4058	1,988	2,1576	3,0513	4,3152	2,1609	3,056	4,3218	3,3245	4,7015	6,649
20	0,9019	1,2755	1,8038	1,9577	2,7686	3,9154	1,9607	2,7728	3,9214	3,0165	4,2659	6,0329

Πίνακας 5.1.2-6 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.4sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.2-4

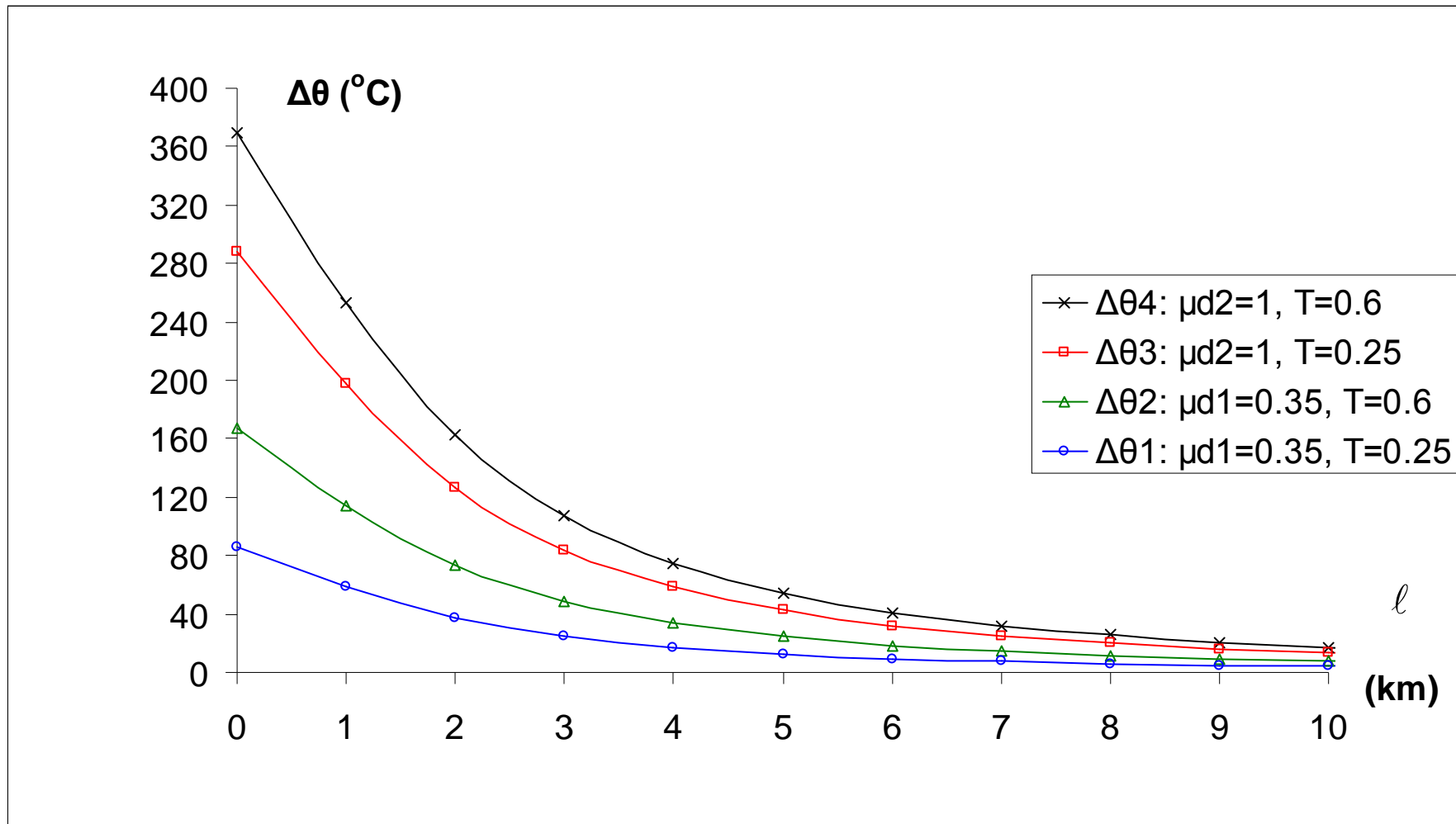
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.4sec
 (Οι καμπύλες Δθ₂ και Δθ₃ ταυτίζονται)

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6,4	3437,5	1203,13	3437,5	85,969	166,75	288,49	369,26
1	1,268	0,422	7,7379	2843,13	995,096	2843,13	58,81	114,07	197,35	252,61
2	2,536	0,844	9,6477	2280,33	798,115	2280,33	37,831	73,377	126,95	162,5
3	3,804	1,266	11,856	1855,57	649,45	1855,57	25,05	48,587	84,061	107,6
4	5,072	1,688	14,225	1546,59	541,306	1546,59	17,402	33,753	58,397	74,748
5	6,34	2,11	16,686	1318,5	461,474	1318,5	12,648	24,532	42,442	54,326
6	7,608	2,532	19,203	1145,64	400,974	1145,64	9,5489	18,521	32,043	41,015
7	8,876	2,954	21,758	1011,13	353,896	1011,13	7,4382	14,427	24,961	31,95
8	10,144	3,376	24,338	903,943	316,38	903,943	5,9448	11,531	19,949	25,535
9	11,412	3,798	26,936	816,753	285,864	816,753	4,8533	9,4135	16,286	20,846
10	12,68	4,22	29,547	744,568	260,599	744,568	4,0333	7,8231	13,535	17,324
11	13,948	4,642	32,169	683,892	239,362	683,892	3,4028	6,6	11,419	14,616
12	15,216	5,064	34,798	632,218	221,276	632,218	2,908	5,6403	9,7583	12,491
13	16,484	5,486	37,434	587,708	205,698	587,708	2,5129	4,8741	8,4326	10,794
14	17,752	5,908	40,074	548,985	192,145	548,985	2,1927	4,2529	7,358	9,4183
15	19,02	6,33	42,718	515,001	180,25	515,001	1,9296	3,7427	6,4752	8,2883
16	20,288	6,752	45,366	484,943	169,73	484,943	1,711	3,3186	5,7415	7,3491
17	21,556	7,174	48,017	458,175	160,361	458,175	1,5273	2,9623	5,1251	6,5601
18	22,824	7,596	50,669	434,186	151,965	434,186	1,3715	2,6602	4,6025	5,8912
19	24,092	8,018	53,324	412,57	144,399	412,57	1,2384	2,4019	4,1556	5,3192
20	25,36	8,44	55,981	392,992	137,547	392,992	1,1236	2,1794	3,7706	4,8263

Πίνακας 5.1.2-7 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=25MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $MΣ 150kV/20kV$: $R_{MΣ}=0.096\Omega$, $X_{MΣ}=3.2\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=1sec$

ON-OFF	1 $^{\circ}$	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	85,969	121,58	171,94	166,75	235,81	333,49	288,49	407,98	576,97	369,26	522,22	738,53
1	58,81	83,17	117,62	114,07	161,32	228,14	197,35	279,09	394,7	252,61	357,24	505,21
2	37,831	53,501	75,662	73,377	103,77	146,75	126,95	179,54	253,9	162,5	229,8	324,99
3	25,05	35,426	50,1	48,587	68,713	97,175	84,061	118,88	168,12	107,6	152,17	215,2
4	17,402	24,61	34,805	33,753	47,734	67,507	58,397	82,586	116,79	74,748	105,71	149,5
5	12,648	17,887	25,296	24,532	34,693	49,063	42,442	60,022	84,884	54,326	76,829	108,65
6	9,5489	13,504	19,098	18,521	26,193	37,042	32,043	45,316	64,087	41,015	58,005	82,031
7	7,4382	10,519	14,876	14,427	20,403	28,854	24,961	35,3	49,921	31,95	45,183	63,899
8	5,9448	8,4072	11,89	11,531	16,307	23,061	19,949	28,212	39,898	25,535	36,112	51,07
9	4,8533	6,8636	9,7066	9,4135	13,313	18,827	16,286	23,032	32,573	20,846	29,481	41,693
10	4,0333	5,704	8,0667	7,8231	11,063	15,646	13,535	19,141	27,069	17,324	24,5	34,649
11	3,4028	4,8122	6,8055	6,6	9,3338	13,2	11,419	16,148	22,837	14,616	20,67	29,232
12	2,908	4,1125	5,8159	5,6403	7,9766	11,281	9,7583	13,8	19,517	12,491	17,664	24,981
13	2,5129	3,5538	5,0258	4,8741	6,893	9,7481	8,4326	11,926	16,865	10,794	15,265	21,588
14	2,1927	3,1009	4,3854	4,2529	6,0146	8,5059	7,358	10,406	14,716	9,4183	13,319	18,837
15	1,9296	2,7289	3,8592	3,7427	5,293	7,4854	6,4752	9,1574	12,95	8,2883	11,721	16,577
16	1,711	2,4197	3,4219	3,3186	4,6932	6,6371	5,7415	8,1196	11,483	7,3491	10,393	14,698
17	1,5273	2,1599	3,0546	2,9623	4,1893	5,9246	5,1251	7,248	10,25	6,5601	9,2774	13,12
18	1,3715	1,9397	2,7431	2,6602	3,7621	5,3205	4,6025	6,5089	9,205	5,8912	8,3314	11,782
19	1,2384	1,7513	2,4767	2,4019	3,3969	4,8039	4,1556	5,8769	8,3112	5,3192	7,5225	10,638
20	1,1236	1,5891	2,2473	2,1794	3,0821	4,3588	3,7706	5,3324	7,5411	4,8263	6,8255	9,6526

Πίνακας 5.1.2-8 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών $ACSR 16mm^2$ στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, $MΣ 150kV/20kV$
 $t=1sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.2-5

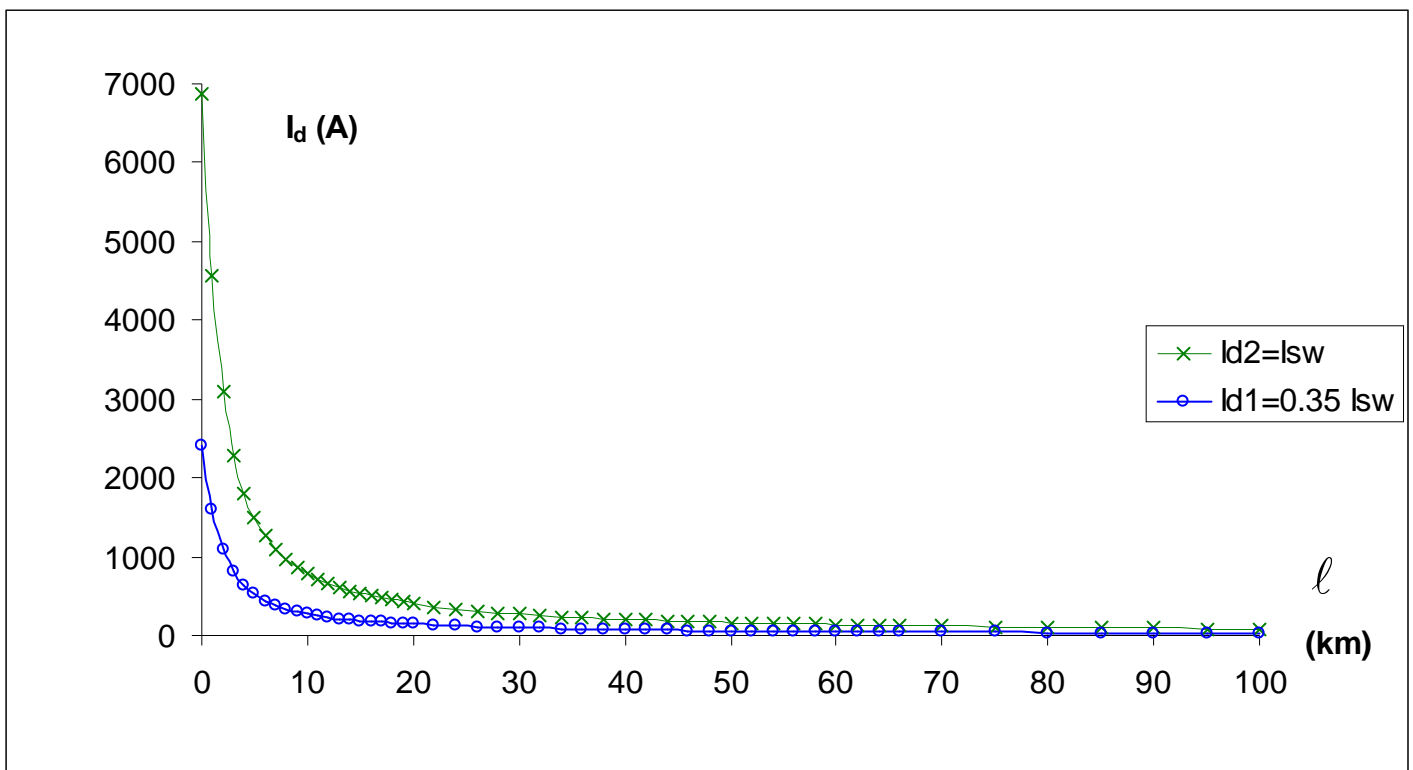
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=1sec

**5.1.3. Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm²,
S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/20kV**

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 8\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.048\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 1.6\Omega$$



Σχήμα 5.1.3-1

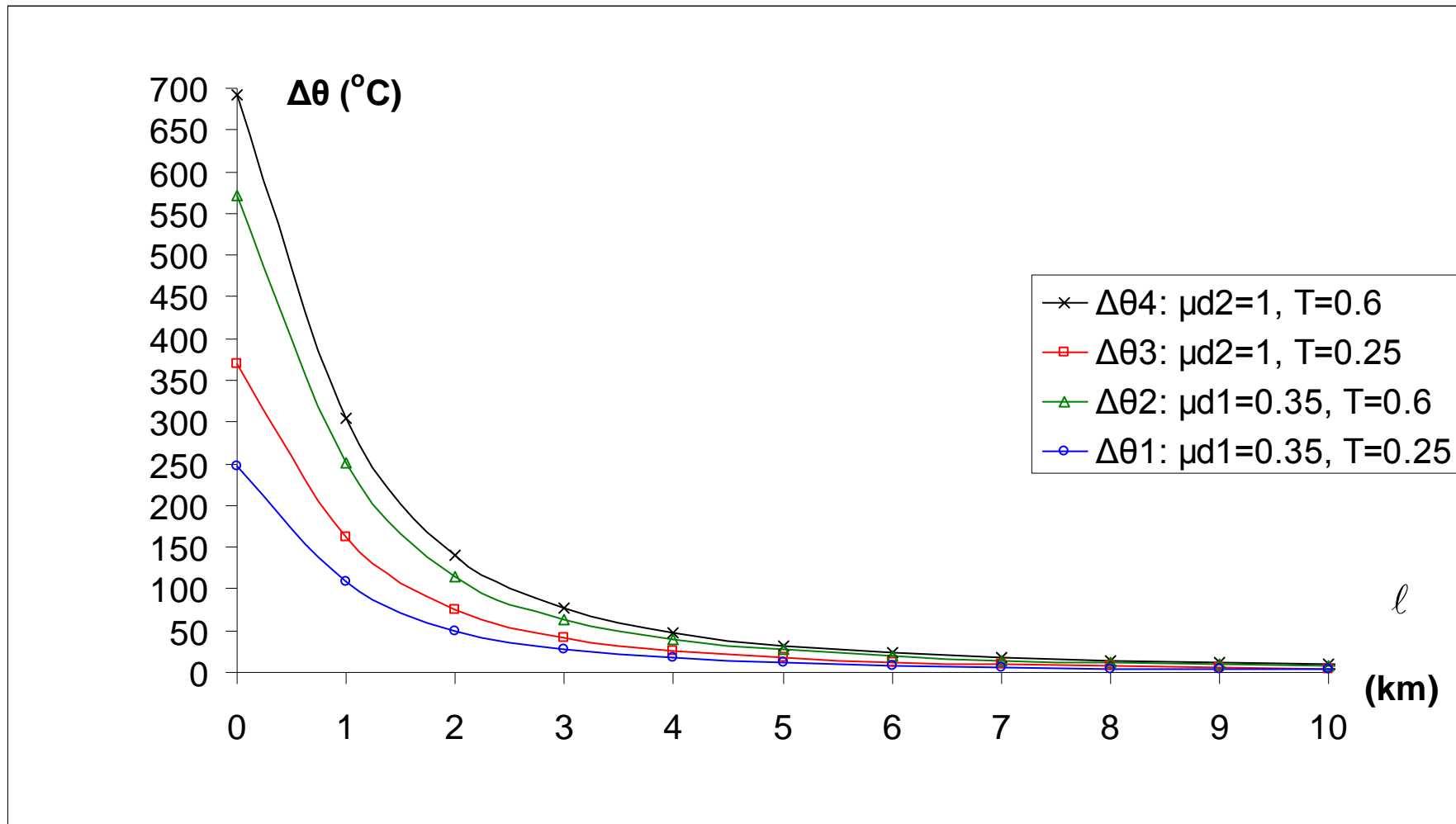
Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,2	6875	2406,25	6875	247,75	570,86	369,26	692,37
1	1,268	0,422	4,8239	4560,65	1596,23	4560,65	109,03	251,21	162,5	304,68
2	2,536	0,844	7,1124	3093,18	1082,61	3093,18	50,151	115,56	74,748	140,15
3	3,804	1,266	9,6016	2291,28	801,949	2291,28	27,519	63,407	41,015	76,904
4	5,072	1,688	12,169	1807,89	632,76	1807,89	17,132	39,475	25,535	47,878
5	6,34	2,11	14,774	1489,14	521,198	1489,14	11,624	26,782	17,324	32,483
6	7,608	2,532	17,399	1264,44	442,553	1264,44	8,3804	19,31	12,491	23,42
7	8,876	2,954	20,037	1097,97	384,289	1097,97	6,3191	14,56	9,4183	17,659
8	10,144	3,376	22,683	969,887	339,46	969,887	4,9308	11,361	7,3491	13,78
9	11,412	3,798	25,335	868,373	303,931	868,373	3,9526	9,1074	5,8912	11,046
10	12,68	4,22	27,99	785,983	275,094	785,983	3,2382	7,4612	4,8263	9,0494
11	13,948	4,642	30,649	717,803	251,231	717,803	2,7007	6,2229	4,0253	7,5475
12	15,216	5,064	33,31	660,462	231,162	660,462	2,2865	5,2684	3,4079	6,3898
13	16,484	5,486	35,973	611,575	214,051	611,575	1,9605	4,5173	2,9221	5,4789
14	17,752	5,908	38,637	569,406	199,292	569,406	1,6995	3,9159	2,533	4,7494
15	19,02	6,33	41,302	532,663	186,432	532,663	1,4872	3,4268	2,2166	4,1562
16	20,288	6,752	43,968	500,364	175,127	500,364	1,3123	3,0238	1,956	3,6674
17	21,556	7,174	46,635	471,75	165,112	471,75	1,1665	2,6879	1,7387	3,26
18	22,824	7,596	49,302	446,226	156,179	446,226	1,0437	2,4049	1,5556	2,9168
19	24,092	8,018	51,97	423,318	148,161	423,318	0,9393	2,1643	1,4	2,625
20	25,36	8,44	54,639	402,643	140,925	402,643	0,8498	1,958	1,2666	2,3748

Πίνακας 5.1.3-1 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $MΣ 150kV/20kV$: $R_{MΣ}=0.048\Omega$, $X_{MΣ}=1.6\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.15sec$

ON-OFF	1 $^{\circ}$	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	247,75	350,37	495,5	570,86	807,31	1141,7	369,26	522,22	738,53	692,37	979,16	1384,7
1	109,03	154,18	218,05	251,21	355,26	502,42	162,5	229,8	324,99	304,68	430,88	609,36
2	50,151	70,924	100,3	115,56	163,42	231,11	74,748	105,71	149,5	140,15	198,21	280,3
3	27,519	38,917	55,038	63,407	89,671	126,81	41,015	58,005	82,031	76,904	108,76	153,81
4	17,132	24,229	34,264	39,475	55,826	78,95	25,535	36,112	51,07	47,878	67,709	95,755
5	11,624	16,438	23,247	26,782	37,876	53,565	17,324	24,5	34,649	32,483	45,938	64,967
6	8,3804	11,852	16,761	19,31	27,308	38,619	12,491	17,664	24,981	23,42	33,121	46,84
7	6,3191	8,9365	12,638	14,56	20,591	29,12	9,4183	13,319	18,837	17,659	24,974	35,318
8	4,9308	6,9732	9,8615	11,361	16,067	22,722	7,3491	10,393	14,698	13,78	19,487	27,559
9	3,9526	5,5898	7,9052	9,1074	12,88	18,215	5,8912	8,3314	11,782	11,046	15,621	22,092
10	3,2382	4,5795	6,4763	7,4612	10,552	14,922	4,8263	6,8255	9,6526	9,0494	12,798	18,099
11	2,7007	3,8194	5,4015	6,2229	8,8005	12,446	4,0253	5,6927	8,0506	7,5475	10,674	15,095
12	2,2865	3,2336	4,573	5,2684	7,4506	10,537	3,4079	4,8195	6,8158	6,3898	9,0365	12,78
13	1,9605	2,7726	3,921	4,5173	6,3885	9,0347	2,9221	4,1324	5,8441	5,4789	7,7483	10,958
14	1,6995	2,4034	3,399	3,9159	5,5379	7,8317	2,533	3,5822	5,066	4,7494	6,7166	9,4987
15	1,4872	2,1033	2,9745	3,4268	4,8462	6,8536	2,2166	3,1348	4,4333	4,1562	5,8778	8,3124
16	1,3123	1,8559	2,6247	3,0238	4,2763	6,0476	1,956	2,7662	3,9119	3,6674	5,1865	7,3349
17	1,1665	1,6497	2,3331	2,6879	3,8012	5,3757	1,7387	2,4588	3,4773	3,26	4,6103	6,52
18	1,0437	1,476	2,0874	2,4049	3,401	4,8097	1,5556	2,2	3,1112	2,9168	4,1249	5,8335
19	0,9393	1,3284	1,8786	2,1643	3,0608	4,3286	1,4	1,9799	2,8	2,625	3,7123	5,2499
20	0,8498	1,2018	1,6996	1,958	2,7691	3,9161	1,2666	1,7912	2,5331	2,3748	3,3585	4,7497

Πίνακας 5.1.3-2 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών $ACSR 16mm^2$ στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, $MΣ 150kV/20kV$
 $t=0.15sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.3-2

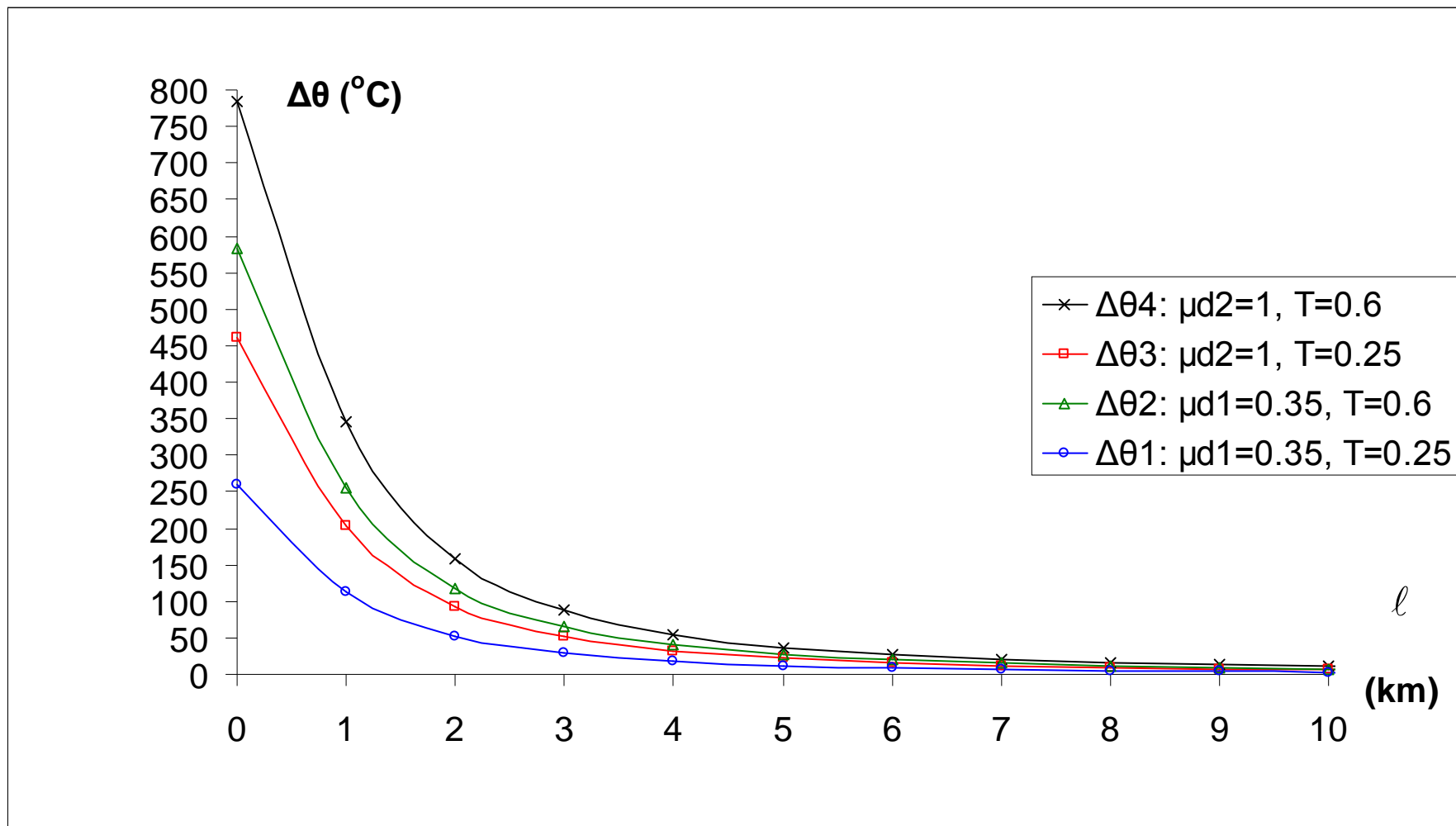
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.15sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,2	6875	2406,25	6875	259,06	582,17	461,58	784,68
1	1,268	0,422	4,8239	4560,65	1596,23	4560,65	114	256,19	203,12	345,31
2	2,536	0,844	7,1124	3093,18	1082,61	3093,18	52,44	117,84	93,435	158,84
3	3,804	1,266	9,6016	2291,28	801,949	2291,28	28,775	64,663	51,269	87,158
4	5,072	1,688	12,169	1807,89	632,76	1807,89	17,914	40,257	31,918	54,261
5	6,34	2,11	14,774	1489,14	521,198	1489,14	12,154	27,313	21,656	36,814
6	7,608	2,532	17,399	1264,44	442,553	1264,44	8,7629	19,692	15,613	26,543
7	8,876	2,954	20,037	1097,97	384,289	1097,97	6,6075	14,848	11,773	20,014
8	10,144	3,376	22,683	969,887	339,46	969,887	5,1558	11,586	9,1863	15,617
9	11,412	3,798	25,335	868,373	303,931	868,373	4,133	9,2878	7,364	12,519
10	12,68	4,22	27,99	785,983	275,094	785,983	3,386	7,609	6,0329	10,256
11	13,948	4,642	30,649	717,803	251,231	717,803	2,824	6,3462	5,0316	8,5538
12	15,216	5,064	33,31	660,462	231,162	660,462	2,3909	5,3728	4,2599	7,2418
13	16,484	5,486	35,973	611,575	214,051	611,575	2,05	4,6068	3,6526	6,2094
14	17,752	5,908	38,637	569,406	199,292	569,406	1,7771	3,9934	3,1662	5,3826
15	19,02	6,33	41,302	532,663	186,432	532,663	1,5551	3,4947	2,7708	4,7104
16	20,288	6,752	43,968	500,364	175,127	500,364	1,3722	3,0837	2,445	4,1564
17	21,556	7,174	46,635	471,75	165,112	471,75	1,2198	2,7411	2,1733	3,6946
18	22,824	7,596	49,302	446,226	156,179	446,226	1,0914	2,4525	1,9445	3,3057
19	24,092	8,018	51,97	423,318	148,161	423,318	0,9822	2,2072	1,75	2,975
20	25,36	8,44	54,639	402,643	140,925	402,643	0,8886	1,9968	1,5832	2,6915

Πίνακας 5.1.3-3 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=50MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.048\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.6\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.25sec$

ON-OFF	1 $^{\circ}$	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	259,06	366,37	518,12	582,17	823,31	1164,3	461,58	652,77	923,16	784,68	1109,7	1569,4
1	114	161,22	228	256,19	362,3	512,37	203,12	287,26	406,24	345,31	488,34	690,61
2	52,44	74,162	104,88	117,84	166,66	235,69	93,435	132,14	186,87	158,84	224,63	317,68
3	28,775	40,694	57,55	64,663	91,448	129,33	51,269	72,506	102,54	87,158	123,26	174,32
4	17,914	25,335	35,828	40,257	56,932	80,514	31,918	45,14	63,837	54,261	76,737	108,52
5	12,154	17,189	24,308	27,313	38,626	54,626	21,656	30,626	43,311	36,814	52,063	73,629
6	8,7629	12,393	17,526	19,692	27,849	39,384	15,613	22,081	31,227	26,543	37,537	53,085
7	6,6075	9,3444	13,215	14,848	20,999	29,697	11,773	16,649	23,546	20,014	28,304	40,028
8	5,1558	7,2914	10,312	11,586	16,385	23,173	9,1863	12,991	18,373	15,617	22,085	31,234
9	4,133	5,845	8,2661	9,2878	13,135	18,576	7,364	10,414	14,728	12,519	17,704	25,038
10	3,386	4,7885	6,7719	7,609	10,761	15,218	6,0329	8,5318	12,066	10,256	14,504	20,512
11	2,824	3,9938	5,648	6,3462	8,9748	12,692	5,0316	7,1158	10,063	8,5538	12,097	17,108
12	2,3909	3,3812	4,7817	5,3728	7,5982	10,746	4,2599	6,0244	8,5197	7,2418	10,241	14,484
13	2,05	2,8992	4,1	4,6068	6,515	9,2136	3,6526	5,1655	7,3052	6,2094	8,7814	12,419
14	1,7771	2,5131	3,5541	3,9934	5,6476	7,9869	3,1662	4,4777	6,3325	5,3826	7,6122	10,765
15	1,5551	2,1993	3,1102	3,4947	4,9422	6,9893	2,7708	3,9185	5,5416	4,7104	6,6615	9,4207
16	1,3722	1,9406	2,7445	3,0837	4,361	6,1674	2,445	3,4577	4,8899	4,1564	5,8781	8,3129
17	1,2198	1,725	2,4396	2,7411	3,8765	5,4822	2,1733	3,0735	4,3466	3,6946	5,225	7,3893
18	1,0914	1,5434	2,1827	2,4525	3,4684	4,905	1,9445	2,7499	3,889	3,3057	4,6749	6,6113
19	0,9822	1,389	1,9644	2,2072	3,1214	4,4143	1,75	2,4748	3,5	2,975	4,2072	5,9499
20	0,8886	1,2566	1,7772	1,9968	2,8239	3,9937	1,5832	2,239	3,1664	2,6915	3,8063	5,3829

Πίνακας 5.1.3-4 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.25sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.3-3

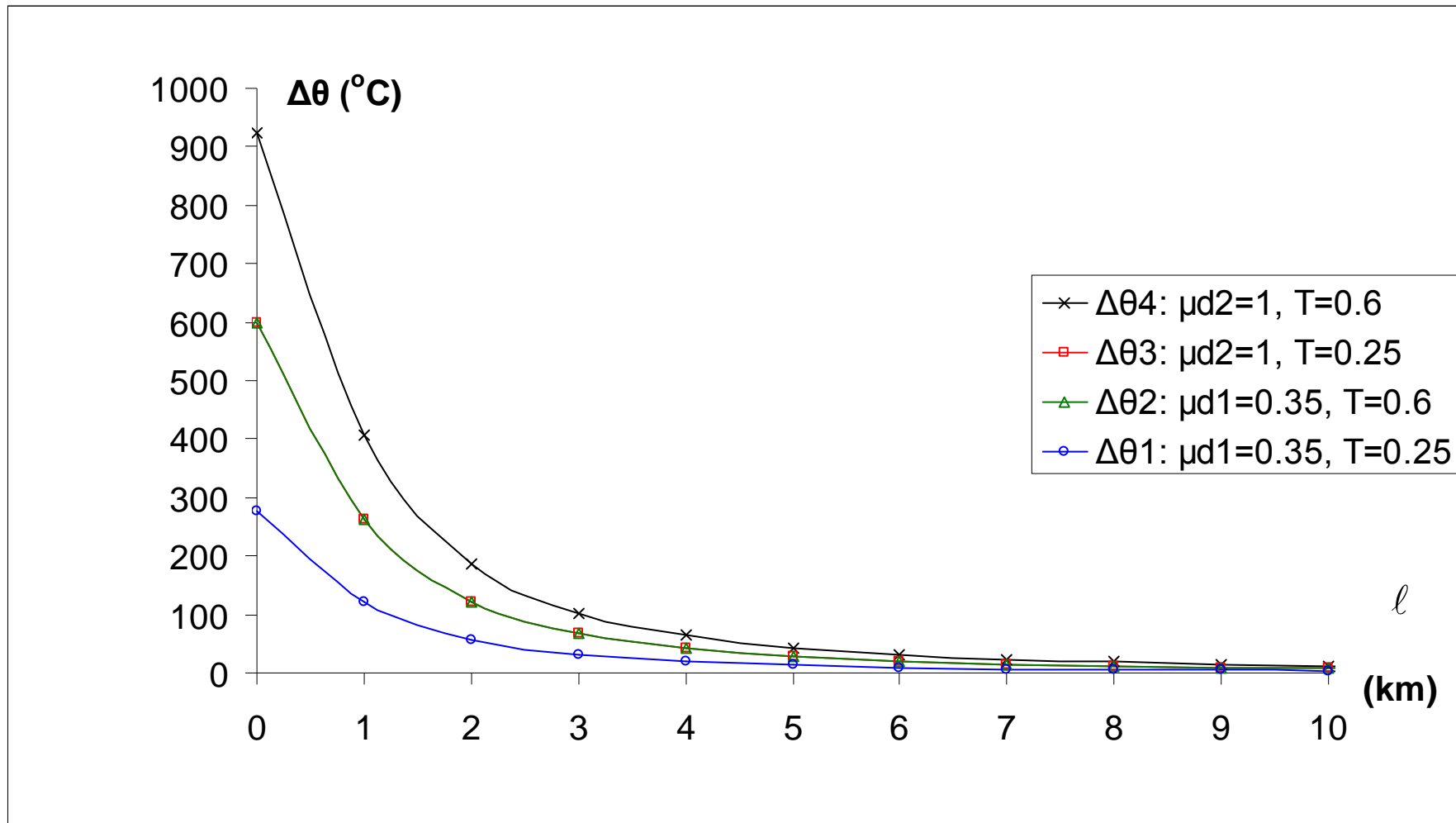
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.25sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,2	6875	2406,25	6875	276,02	599,13	600,05	923,16
1	1,268	0,422	4,8239	4560,65	1596,23	4560,65	121,47	263,65	264,06	406,24
2	2,536	0,844	7,1124	3093,18	1082,61	3093,18	55,874	121,28	121,47	186,87
3	3,804	1,266	9,6016	2291,28	801,949	2291,28	30,659	66,548	66,65	102,54
4	5,072	1,688	12,169	1807,89	632,76	1807,89	19,087	41,43	41,494	63,837
5	6,34	2,11	14,774	1489,14	521,198	1489,14	12,95	28,109	28,152	43,311
6	7,608	2,532	17,399	1264,44	442,553	1264,44	9,3367	20,266	20,297	31,227
7	8,876	2,954	20,037	1097,97	384,289	1097,97	7,0402	15,281	15,305	23,546
8	10,144	3,376	22,683	969,887	339,46	969,887	5,4934	11,924	11,942	18,373
9	11,412	3,798	25,335	868,373	303,931	868,373	4,4037	9,5584	9,5732	14,728
10	12,68	4,22	27,99	785,983	275,094	785,983	3,6077	7,8307	7,8428	12,066
11	13,948	4,642	30,649	717,803	251,231	717,803	3,0089	6,5311	6,5411	10,063
12	15,216	5,064	33,31	660,462	231,162	660,462	2,5474	5,5293	5,5378	8,5197
13	16,484	5,486	35,973	611,575	214,051	611,575	2,1842	4,7411	4,7484	7,3052
14	17,752	5,908	38,637	569,406	199,292	569,406	1,8934	4,1098	4,1161	6,3325
15	19,02	6,33	41,302	532,663	186,432	532,663	1,6569	3,5965	3,602	5,5416
16	20,288	6,752	43,968	500,364	175,127	500,364	1,4621	3,1736	3,1784	4,8899
17	21,556	7,174	46,635	471,75	165,112	471,75	1,2996	2,821	2,8253	4,3466
18	22,824	7,596	49,302	446,226	156,179	446,226	1,1628	2,524	2,5279	3,889
19	24,092	8,018	51,97	423,318	148,161	423,318	1,0465	2,2715	2,275	3,5
20	25,36	8,44	54,639	402,643	140,925	402,643	0,9468	2,055	2,0582	3,1664

Πίνακας 5.1.3-5 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=50MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.048\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.6\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.4sec$

ON-OFF	1°	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	276,02	390,36	552,05	599,13	847,3	1198,3	600,05	848,6	1200,1	923,16	1305,5	1846,3
1	121,47	171,78	242,93	263,65	372,86	527,3	264,06	373,43	528,11	406,24	574,51	812,48
2	55,874	79,018	111,75	121,28	171,51	242,56	121,47	171,78	242,93	186,87	264,27	373,74
3	30,659	43,358	61,318	66,548	94,112	133,1	66,65	94,257	133,3	102,54	145,01	205,08
4	19,087	26,993	38,174	41,43	58,591	82,86	41,494	58,681	82,988	63,837	90,279	127,67
5	12,95	18,314	25,9	28,109	39,752	56,218	28,152	39,813	56,304	43,311	61,251	86,622
6	9,3367	13,204	18,673	20,266	28,66	40,532	20,297	28,705	40,595	31,227	44,161	62,453
7	7,0402	9,9563	14,08	15,281	21,611	30,562	15,305	21,644	30,609	23,546	33,299	47,091
8	5,4934	7,7689	10,987	11,924	16,863	23,848	11,942	16,889	23,884	18,373	25,983	36,745
9	4,4037	6,2277	8,8073	9,5584	13,518	19,117	9,5732	13,539	19,146	14,728	20,828	29,456
10	3,6077	5,102	7,2154	7,8307	11,074	15,661	7,8428	11,091	15,686	12,066	17,064	24,132
11	3,0089	4,2553	6,0179	6,5311	9,2363	13,062	6,5411	9,2506	13,082	10,063	14,232	20,127
12	2,5474	3,6026	5,0948	5,5293	7,8196	11,059	5,5378	7,8317	11,076	8,5197	12,049	17,039
13	2,1842	3,089	4,3685	4,7411	6,7049	9,4821	4,7484	6,7152	9,4967	7,3052	10,331	14,61
14	1,8934	2,6777	3,7868	4,1098	5,8121	8,2196	4,1161	5,8211	8,2322	6,3325	8,9555	12,665
15	1,6569	2,3433	3,3139	3,5965	5,0862	7,193	3,602	5,0941	7,2041	5,5416	7,837	11,083
16	1,4621	2,0677	2,9242	3,1736	4,4881	6,3471	3,1784	4,495	6,3569	4,8899	6,9154	9,7798
17	1,2996	1,838	2,5993	2,821	3,9895	5,6419	2,8253	3,9956	5,6506	4,3466	6,1471	8,6933
18	1,1628	1,6445	2,3256	2,524	3,5694	5,0479	2,5279	3,5749	5,0557	3,889	5,4999	7,778
19	1,0465	1,48	2,093	2,2715	3,2123	4,5429	2,275	3,2173	4,5499	3,5	4,9497	6,9999
20	0,9468	1,3389	1,8935	2,055	2,9062	4,11	2,0582	2,9107	4,1164	3,1664	4,478	6,3329

Πίνακας 5.1.3-6 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=0.4sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.3-4

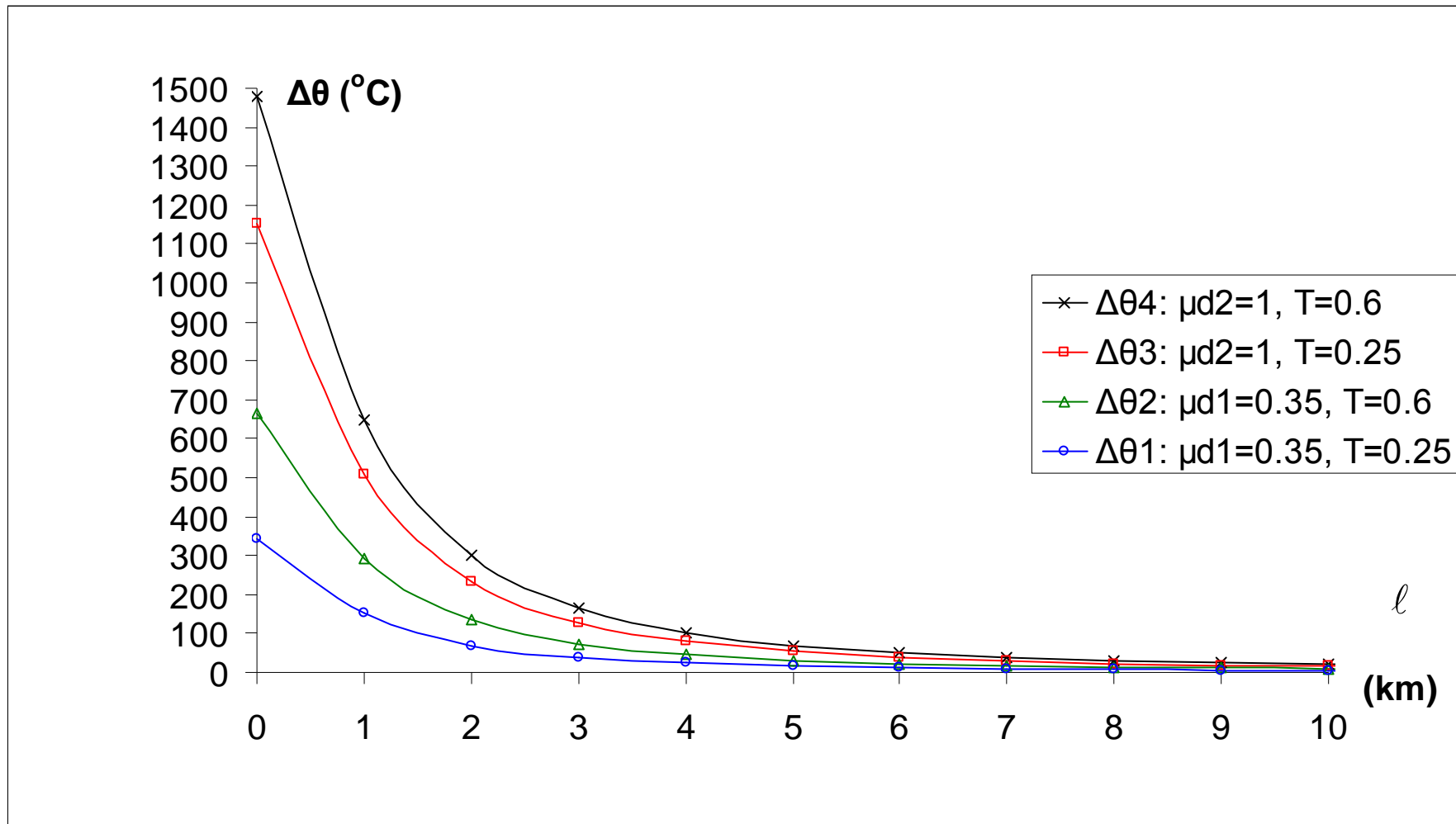
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=0.4sec
 (Οι καμπύλες $\Delta\theta_2$ και $\Delta\theta_3$ ταυτίζονται)

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,2	6875	2406,25	6875	343,88	666,98	1153,9	1477,1
1	1,268	0,422	4,8239	4560,65	1596,23	4560,65	151,32	293,51	507,8	649,99
2	2,536	0,844	7,1124	3093,18	1082,61	3093,18	69,609	135,01	233,59	298,99
3	3,804	1,266	9,6016	2291,28	801,949	2291,28	38,196	74,084	128,17	164,06
4	5,072	1,688	12,169	1807,89	632,76	1807,89	23,779	46,122	79,796	102,14
5	6,34	2,11	14,774	1489,14	521,198	1489,14	16,133	31,292	54,139	69,298
6	7,608	2,532	17,399	1264,44	442,553	1264,44	11,632	22,561	39,033	49,962
7	8,876	2,954	20,037	1097,97	384,289	1097,97	8,7708	17,012	29,432	37,673
8	10,144	3,376	22,683	969,887	339,46	969,887	6,8438	13,274	22,966	29,396
9	11,412	3,798	25,335	868,373	303,931	868,373	5,4862	10,641	18,41	23,565
10	12,68	4,22	27,99	785,983	275,094	785,983	4,4945	8,7175	15,082	19,305
11	13,948	4,642	30,649	717,803	251,231	717,803	3,7486	7,2707	12,579	16,101
12	15,216	5,064	33,31	660,462	231,162	660,462	3,1736	6,1555	10,65	13,632
13	16,484	5,486	35,973	611,575	214,051	611,575	2,7212	5,278	9,1315	11,688
14	17,752	5,908	38,637	569,406	199,292	569,406	2,3589	4,5752	7,9156	10,132
15	19,02	6,33	41,302	532,663	186,432	532,663	2,0642	4,0038	6,927	8,8666
16	20,288	6,752	43,968	500,364	175,127	500,364	1,8215	3,533	6,1124	7,8239
17	21,556	7,174	46,635	471,75	165,112	471,75	1,6191	3,1404	5,4333	6,9546
18	22,824	7,596	49,302	446,226	156,179	446,226	1,4487	2,8098	4,8613	6,2224
19	24,092	8,018	51,97	423,318	148,161	423,318	1,3037	2,5287	4,3749	5,5999
20	25,36	8,44	54,639	402,643	140,925	402,643	1,1795	2,2878	3,958	5,0663

Πίνακας 5.1.3-7 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=50MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.048\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.6\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=1sec$

ON-OFF	1°	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	343,88	486,31	687,75	666,98	943,25	1334	1153,9	1631,9	2307,9	1477,1	2088,9	2954,1
1	151,32	214,01	302,65	293,51	415,09	587,02	507,8	718,14	1015,6	649,99	919,22	1300
2	69,609	98,442	139,22	135,01	190,94	270,03	233,59	330,34	467,17	298,99	422,84	597,98
3	38,196	54,017	76,391	74,084	104,77	148,17	128,17	181,26	256,35	164,06	232,02	328,12
4	23,779	33,629	47,558	46,122	65,227	92,244	79,796	112,85	159,59	102,14	144,45	204,28
5	16,133	22,816	32,267	31,292	44,254	62,584	54,139	76,564	108,28	69,298	98,002	138,6
6	11,632	16,45	23,264	22,561	31,906	45,122	39,033	55,201	78,066	49,962	70,658	99,925
7	8,7708	12,404	17,542	17,012	24,058	34,023	29,432	41,623	58,864	37,673	53,278	75,346
8	6,8438	9,6786	13,688	13,274	18,773	26,549	22,966	32,479	45,932	29,396	41,573	58,793
9	5,4862	7,7586	10,972	10,641	15,049	21,282	18,41	26,036	36,82	23,565	33,326	47,129
10	4,4945	6,3562	8,989	8,7175	12,328	17,435	15,082	21,33	30,165	19,305	27,302	38,611
11	3,7486	5,3013	7,4972	7,2707	10,282	14,541	12,579	17,79	25,158	16,101	22,771	32,203
12	3,1736	4,4882	6,3472	6,1555	8,7052	12,311	10,65	15,061	21,299	13,632	19,278	27,263
13	2,7212	3,8483	5,4423	5,278	7,4642	10,556	9,1315	12,914	18,263	11,688	16,53	23,377
14	2,3589	3,3359	4,7177	4,5752	6,4703	9,1505	7,9156	11,194	15,831	10,132	14,329	20,264
15	2,0642	2,9193	4,1285	4,0038	5,6622	8,0076	6,927	9,7963	13,854	8,8666	12,539	17,733
16	1,8215	2,576	3,643	3,533	4,9964	7,0659	6,1124	8,6442	12,225	7,8239	11,065	15,648
17	1,6191	2,2898	3,2382	3,1404	4,4413	6,2809	5,4333	7,6838	10,867	6,9546	9,8353	13,909
18	1,4487	2,0487	2,8973	2,8098	3,9737	5,6196	4,8613	6,8749	9,7225	6,2224	8,7998	12,445
19	1,3037	1,8438	2,6075	2,5287	3,5761	5,0574	4,3749	6,1871	8,7499	5,5999	7,9195	11,2
20	1,1795	1,6681	2,359	2,2878	3,2354	4,5755	3,958	5,5975	7,9161	5,0663	7,1648	10,133

Πίνακας 5.1.3-8 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, ΜΣ 150kV/20kV
 $t=1sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.3-5

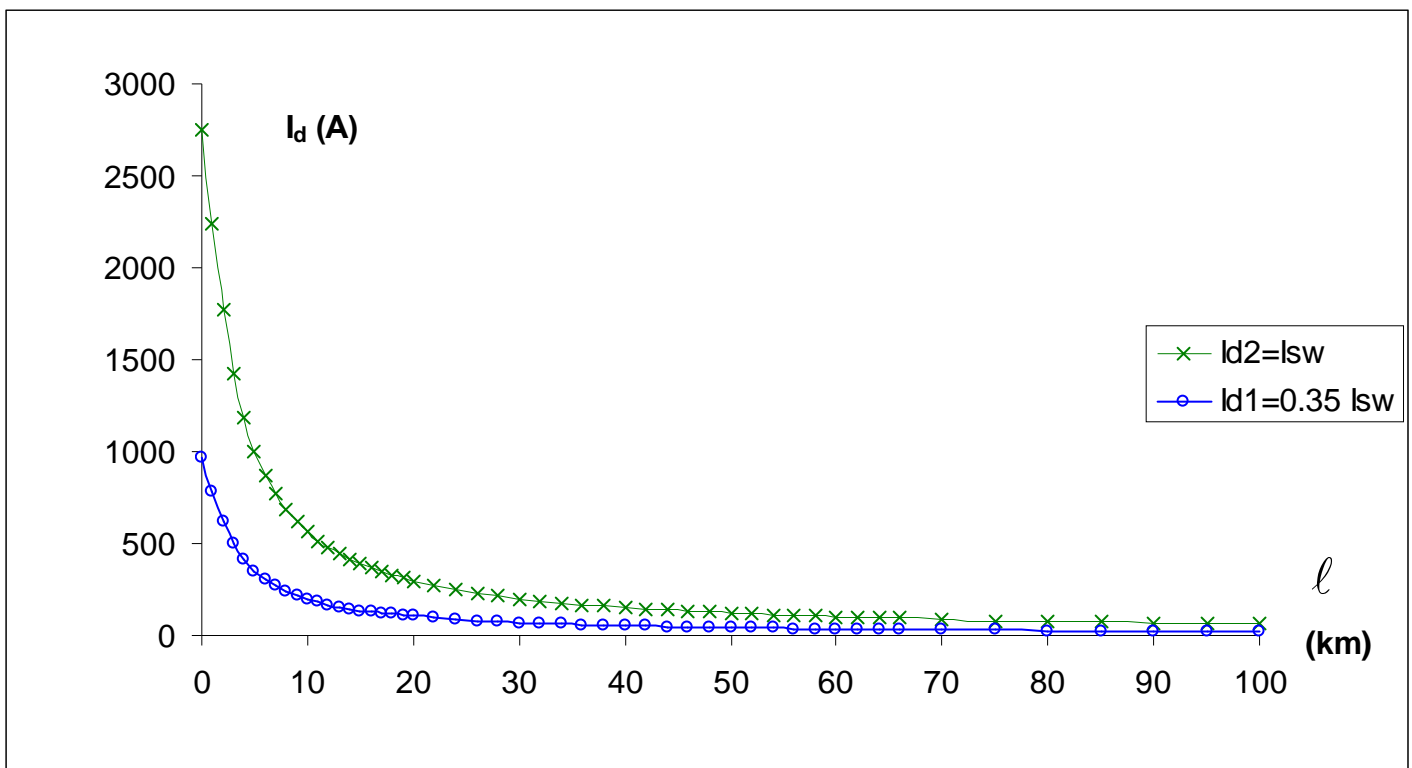
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/20kV,
 t=1sec

**5.1.4. Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm²,
S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/15kV**

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 15\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.09\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 3\Omega$$



Σχήμα 5.1.4-1

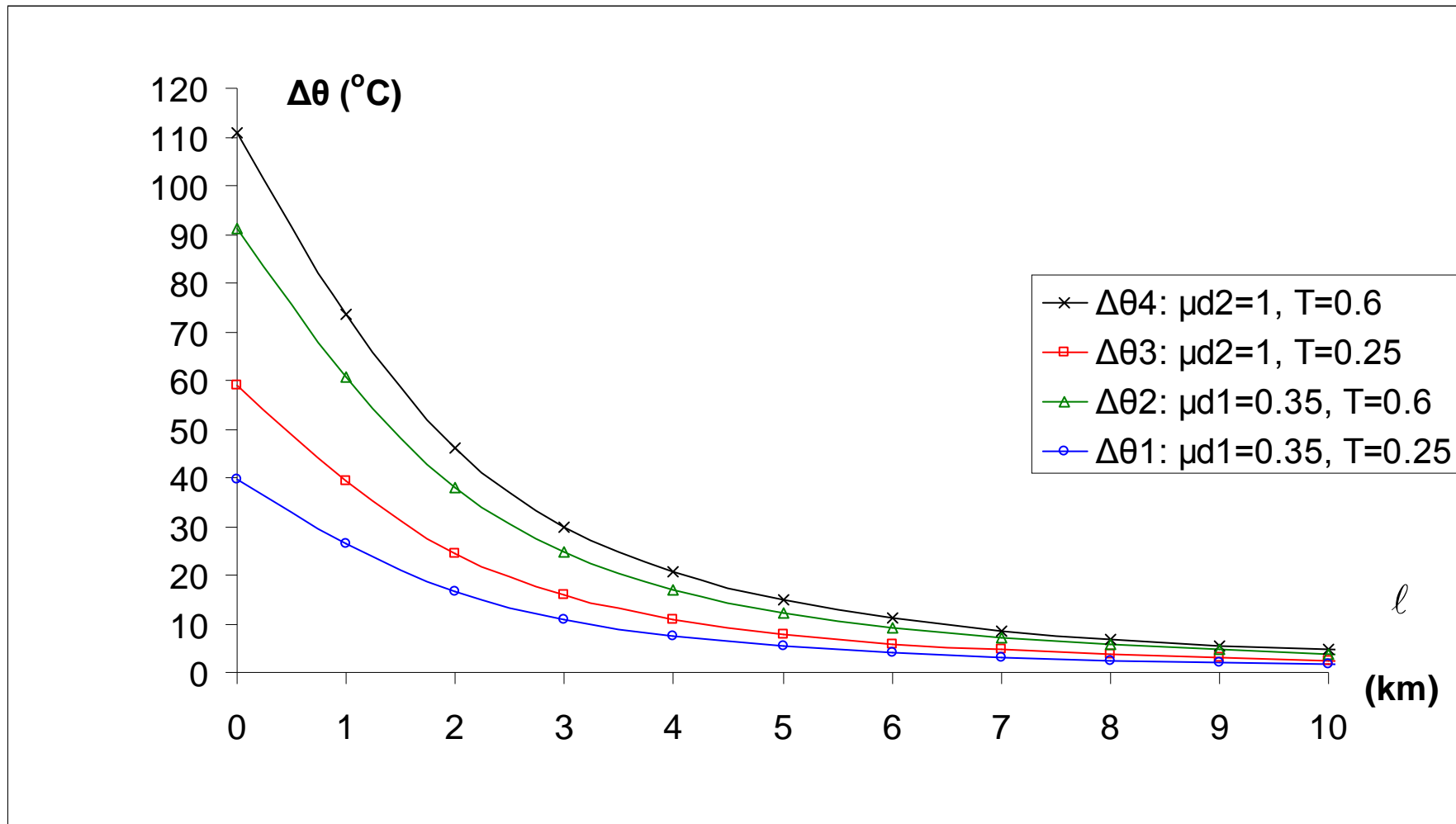
Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/15kV

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6	2750	962,5	2750	39,64	91,337	59,082	110,78
1	1,268	0,422	7,3607	2241,63	784,571	2241,63	26,339	60,689	39,257	73,607
2	2,536	0,844	9,3085	1772,58	620,404	1772,58	16,47	37,949	24,547	46,026
3	3,804	1,266	11,55	1428,57	500,001	1428,57	10,697	24,648	15,944	29,895
4	5,072	1,688	13,944	1183,28	414,147	1183,28	7,3392	16,91	10,939	20,51
5	6,34	2,11	16,425	1004,58	351,603	1004,58	5,2898	12,189	7,8842	14,783
6	7,608	2,532	18,958	870,365	304,628	870,365	3,9708	9,1492	5,9182	11,097
7	8,876	2,954	21,524	766,578	268,302	766,578	3,0802	7,0973	4,5909	8,608
8	10,144	3,376	24,114	684,251	239,488	684,251	2,4542	5,6547	3,6578	6,8584
9	11,412	3,798	26,72	617,513	216,13	617,513	1,9988	4,6055	2,9791	5,5858
10	12,68	4,22	29,338	562,408	196,843	562,408	1,658	3,8202	2,4711	4,6333
11	13,948	4,642	31,965	516,185	180,665	516,185	1,3966	3,218	2,0816	3,903
12	15,216	5,064	34,599	476,887	166,91	476,887	1,1921	2,7467	1,7767	3,3314
13	16,484	5,486	37,239	443,083	155,079	443,083	1,0291	2,3711	1,5338	2,8758
14	17,752	5,908	39,883	413,709	144,798	413,709	0,8971	2,0672	1,3372	2,5072
15	19,02	6,33	42,531	387,955	135,784	387,955	0,7889	1,8178	1,1759	2,2047
16	20,288	6,752	45,181	365,195	127,818	365,195	0,6991	1,6108	1,0419	1,9536
17	21,556	7,174	47,834	344,94	120,729	344,94	0,6237	1,437	0,9296	1,7429
18	22,824	7,596	50,49	326,8	114,38	326,8	0,5598	1,2899	0,8344	1,5644
19	24,092	8,018	53,146	310,463	108,662	310,463	0,5052	1,1641	0,753	1,4119
20	25,36	8,44	55,805	295,673	103,486	295,673	0,4582	1,0559	0,683	1,2806

Πίνακας 5.1.4-1 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Xi 150kV/15kV$: $R_{M\Xi}=0.09\Omega$, $X_{M\Xi}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.15sec$

ON-OFF	1 $^{\circ}$	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	39,64	56,06	79,281	91,337	129,17	182,67	59,082	83,555	118,16	110,78	156,66	221,56
1	26,339	37,249	52,678	60,689	85,827	121,38	39,257	55,518	78,514	73,607	104,1	147,21
2	16,47	23,292	32,939	37,949	53,667	75,897	24,547	34,715	49,094	46,026	65,091	92,052
3	10,697	15,128	21,395	24,648	34,858	49,297	15,944	22,548	31,888	29,895	42,278	59,79
4	7,3392	10,379	14,678	16,91	23,915	33,821	10,939	15,47	21,877	20,51	29,005	41,02
5	5,2898	7,481	10,58	12,189	17,237	24,377	7,8842	11,15	15,768	14,783	20,906	29,566
6	3,9708	5,6155	7,9415	9,1492	12,939	18,298	5,9182	8,3697	11,836	11,097	15,693	22,193
7	3,0802	4,3561	6,1605	7,0973	10,037	14,195	4,5909	6,4926	9,1819	8,608	12,174	17,216
8	2,4542	3,4707	4,9083	5,6547	7,997	11,309	3,6578	5,1729	7,3156	6,8584	9,6992	13,717
9	1,9988	2,8267	3,9976	4,6055	6,5131	9,211	2,9791	4,2131	5,9582	5,5858	7,8995	11,172
10	1,658	2,3447	3,3159	3,8202	5,4026	7,6404	2,4711	3,4947	4,9422	4,6333	6,5525	9,2667
11	1,3966	1,9751	2,7933	3,218	4,551	6,4361	2,0816	2,9438	4,1632	3,903	5,5197	7,8061
12	1,1921	1,6858	2,3841	2,7467	3,8844	5,4934	1,7767	2,5127	3,5535	3,3314	4,7113	6,6627
13	1,0291	1,4553	2,0581	2,3711	3,3533	4,7422	1,5338	2,1691	3,0675	2,8758	4,067	5,7516
14	0,8971	1,2688	1,7943	2,0672	2,9234	4,1343	1,3372	1,891	2,6743	2,5072	3,5457	5,0143
15	0,7889	1,1157	1,5778	1,8178	2,5707	3,6356	1,1759	1,6629	2,3517	2,2047	3,1179	4,4094
16	0,6991	0,9886	1,3981	1,6108	2,278	3,2215	1,0419	1,4735	2,0839	1,9536	2,7628	3,9073
17	0,6237	0,882	1,2474	1,437	2,0323	2,8741	0,9296	1,3146	1,8591	1,7429	2,4649	3,4859
18	0,5598	0,7917	1,1196	1,2899	1,8242	2,5797	0,8344	1,18	1,6687	1,5644	2,2124	3,1289
19	0,5052	0,7145	1,0105	1,1641	1,6463	2,3283	0,753	1,0649	1,5061	1,4119	1,9968	2,8238
20	0,4582	0,6481	0,9165	1,0559	1,4932	2,1117	0,683	0,9659	1,366	1,2806	1,811	2,5612

Πίνακας 5.1.4-2 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών $ACSR 16mm^2$ στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, $M\Xi 150kV/15kV$
 $t=0.15sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.4-2

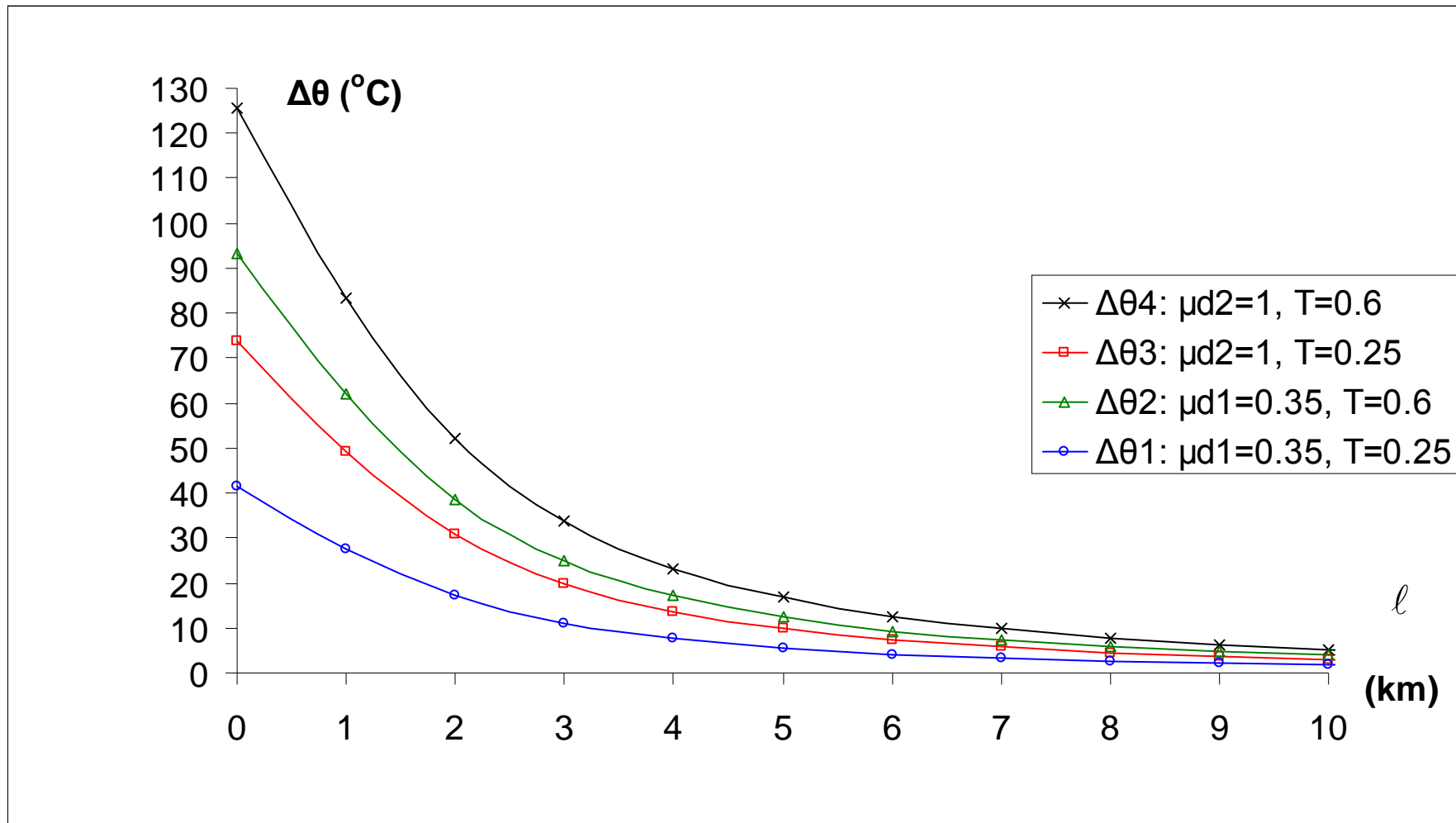
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.15sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6	2750	962,5	2750	41,45	93,147	73,853	125,55
1	1,268	0,422	7,3607	2241,63	784,571	2241,63	27,541	61,891	49,071	83,421
2	2,536	0,844	9,3085	1772,58	620,404	1772,58	17,221	38,7	30,684	52,163
3	3,804	1,266	11,55	1428,57	500,001	1428,57	11,186	25,137	19,93	33,881
4	5,072	1,688	13,944	1183,28	414,147	1183,28	7,6742	17,245	13,673	23,245
5	6,34	2,11	16,425	1004,58	351,603	1004,58	5,5313	12,43	9,8553	16,754
6	7,608	2,532	18,958	870,365	304,628	870,365	4,152	9,3305	7,3978	12,576
7	8,876	2,954	21,524	766,578	268,302	766,578	3,2208	7,2379	5,7387	9,7558
8	10,144	3,376	24,114	684,251	239,488	684,251	2,5662	5,7668	4,5723	7,7728
9	11,412	3,798	26,72	617,513	216,13	617,513	2,09	4,6967	3,7239	6,3306
10	12,68	4,22	29,338	562,408	196,843	562,408	1,7336	3,8959	3,0889	5,2511
11	13,948	4,642	31,965	516,185	180,665	516,185	1,4604	3,2818	2,602	4,4234
12	15,216	5,064	34,599	476,887	166,91	476,887	1,2465	2,8011	2,2209	3,7755
13	16,484	5,486	37,239	443,083	155,079	443,083	1,076	2,4181	1,9172	3,2593
14	17,752	5,908	39,883	413,709	144,798	413,709	0,9381	2,1081	1,6714	2,8414
15	19,02	6,33	42,531	387,955	135,784	387,955	0,8249	1,8538	1,4698	2,4987
16	20,288	6,752	45,181	365,195	127,818	365,195	0,731	1,6427	1,3024	2,2141
17	21,556	7,174	47,834	344,94	120,729	344,94	0,6521	1,4655	1,162	1,9753
18	22,824	7,596	50,49	326,8	114,38	326,8	0,5854	1,3154	1,043	1,773
19	24,092	8,018	53,146	310,463	108,662	310,463	0,5283	1,1872	0,9413	1,6002
20	25,36	8,44	55,805	295,673	103,486	295,673	0,4792	1,0768	0,8537	1,4514

Πίνακας 5.1.4-3 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0.09\Omega$, $X_{M\Sigma}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.25sec$

ON-OFF	1 ^ο	2ο	3ο	1ο	2ο	3ο	1ο	2ο	3ο	1ο	2ο	3ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	41,45	58,619	82,899	93,147	131,73	186,29	73,853	104,44	147,71	125,55	177,55	251,1
1	27,541	38,949	55,083	61,891	87,528	123,78	49,071	69,397	98,143	83,421	117,98	166,84
2	17,221	24,355	34,443	38,7	54,73	77,401	30,684	43,394	61,368	52,163	73,769	104,33
3	11,186	15,819	22,371	25,137	35,549	50,273	19,93	28,185	39,86	33,881	47,915	67,762
4	7,6742	10,853	15,348	17,245	24,389	34,491	13,673	19,337	27,347	23,245	32,873	46,489
5	5,5313	7,8224	11,063	12,43	17,579	24,86	9,8553	13,937	19,711	16,754	23,694	33,508
6	4,152	5,8718	8,304	9,3305	13,195	18,661	7,3978	10,462	14,796	12,576	17,786	25,153
7	3,2208	4,555	6,4417	7,2379	10,236	14,476	5,7387	8,1157	11,477	9,7558	13,797	19,512
8	2,5662	3,6291	5,1324	5,7668	8,1554	11,534	4,5723	6,4661	9,1445	7,7728	10,992	15,546
9	2,09	2,9557	4,18	4,6967	6,6422	9,3934	3,7239	5,2663	7,4477	6,3306	8,9528	12,661
10	1,7336	2,4517	3,4673	3,8959	5,5096	7,7917	3,0889	4,3683	6,1778	5,2511	7,4262	10,502
11	1,4604	2,0653	2,9208	3,2818	4,6412	6,5636	2,602	3,6798	5,204	4,4234	6,2557	8,8469
12	1,2465	1,7628	2,493	2,8011	3,9614	5,6022	2,2209	3,1408	4,4418	3,7755	5,3394	7,5511
13	1,076	1,5217	2,1521	2,4181	3,4197	4,8362	1,9172	2,7114	3,8344	3,2593	4,6093	6,5185
14	0,9381	1,3267	1,8762	2,1081	2,9813	4,2162	1,6714	2,3638	3,3429	2,8414	4,0184	5,6829
15	0,8249	1,1666	1,6499	1,8538	2,6217	3,7076	1,4698	2,0786	2,9396	2,4987	3,5337	4,9974
16	0,731	1,0338	1,462	1,6427	2,3231	3,2853	1,3024	1,8419	2,6048	2,2141	3,1312	4,4282
17	0,6521	0,9223	1,3043	1,4655	2,0725	2,931	1,162	1,6432	2,3239	1,9753	2,7935	3,9506
18	0,5854	0,8278	1,1707	1,3154	1,8603	2,6309	1,043	1,475	2,0859	1,773	2,5074	3,546
19	0,5283	0,7471	1,0566	1,1872	1,6789	2,3744	0,9413	1,3312	1,8826	1,6002	2,263	3,2004
20	0,4792	0,6776	0,9583	1,0768	1,5228	2,1536	0,8537	1,2074	1,7075	1,4514	2,0525	2,9027

Πίνακας 5.1.4-4 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/15kV
 $t=0.25sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.4-3

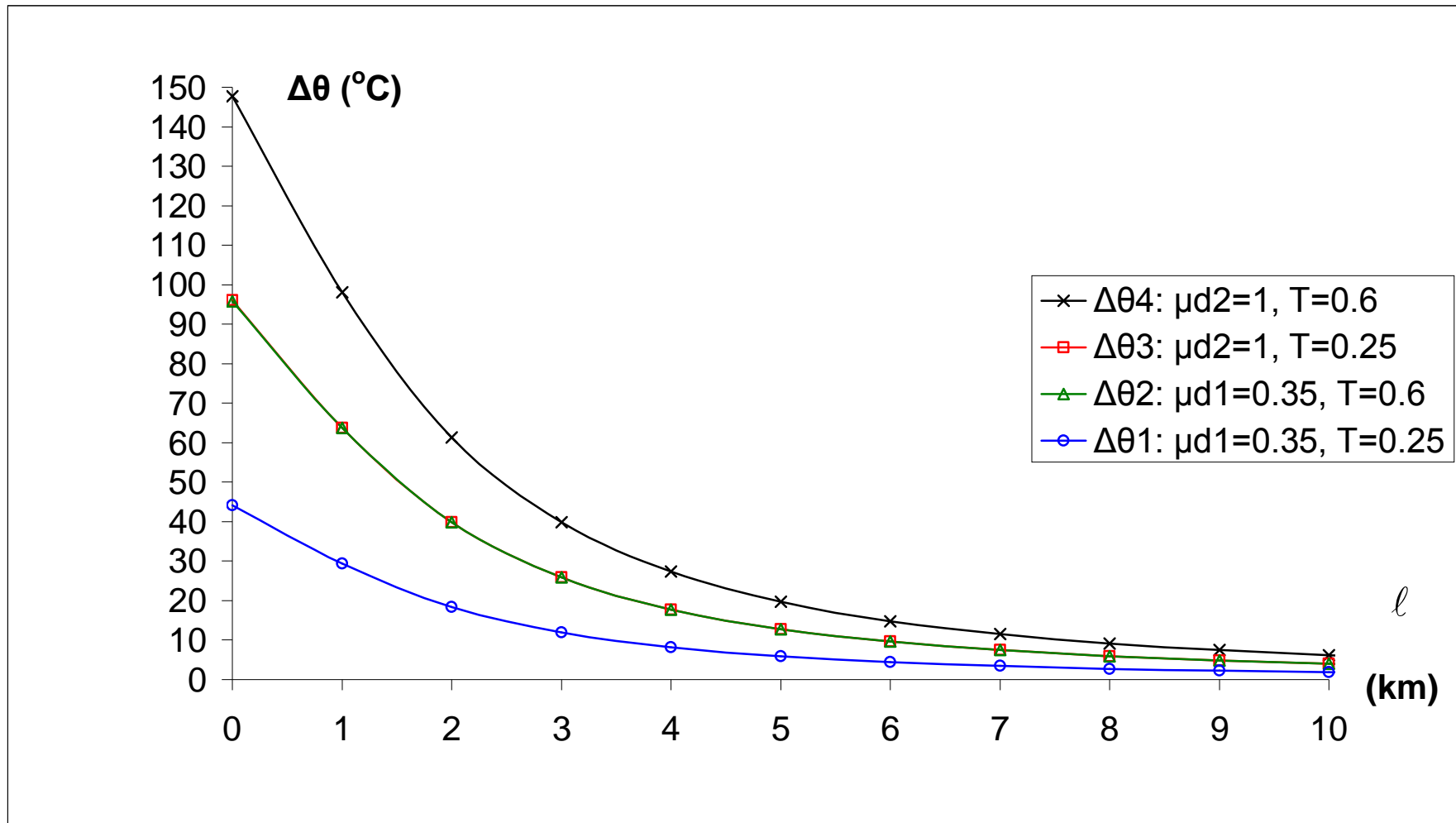
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.25sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6	2750	962,5	2750	44,164	95,861	96,008	147,71
1	1,268	0,422	7,3607	2241,63	784,571	2241,63	29,345	63,695	63,793	98,143
2	2,536	0,844	9,3085	1772,58	620,404	1772,58	18,349	39,828	39,889	61,368
3	3,804	1,266	11,55	1428,57	500,001	1428,57	11,918	25,869	25,909	39,86
4	5,072	1,688	13,944	1183,28	414,147	1183,28	8,1766	17,748	17,775	27,347
5	6,34	2,11	16,425	1004,58	351,603	1004,58	5,8935	12,792	12,812	19,711
6	7,608	2,532	18,958	870,365	304,628	870,365	4,4239	9,6024	9,6171	14,796
7	8,876	2,954	21,524	766,578	268,302	766,578	3,4317	7,4488	7,4603	11,477
8	10,144	3,376	24,114	684,251	239,488	684,251	2,7342	5,9348	5,9439	9,1445
9	11,412	3,798	26,72	617,513	216,13	617,513	2,2269	4,8336	4,841	7,4477
10	12,68	4,22	29,338	562,408	196,843	562,408	1,8472	4,0094	4,0156	6,1778
11	13,948	4,642	31,965	516,185	180,665	516,185	1,556	3,3774	3,3826	5,204
12	15,216	5,064	34,599	476,887	166,91	476,887	1,3281	2,8827	2,8872	4,4418
13	16,484	5,486	37,239	443,083	155,079	443,083	1,1465	2,4885	2,4924	3,8344
14	17,752	5,908	39,883	413,709	144,798	413,709	0,9995	2,1695	2,1729	3,3429
15	19,02	6,33	42,531	387,955	135,784	387,955	0,8789	1,9078	1,9108	2,9396
16	20,288	6,752	45,181	365,195	127,818	365,195	0,7788	1,6905	1,6931	2,6048
17	21,556	7,174	47,834	344,94	120,729	344,94	0,6948	1,5082	1,5105	2,3239
18	22,824	7,596	50,49	326,8	114,38	326,8	0,6237	1,3538	1,3558	2,0859
19	24,092	8,018	53,146	310,463	108,662	310,463	0,5629	1,2218	1,2237	1,8826
20	25,36	8,44	55,805	295,673	103,486	295,673	0,5105	1,1082	1,1099	1,7075

Πίνακας 5.1.4-5 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $MΣ 150kV/15kV$: $R_{MΣ}=0.09\Omega$, $X_{MΣ}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.4sec$

ON-OFF	1 $^{\circ}$	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	44,164	62,457	88,328	95,861	135,57	191,72	96,008	135,78	192,02	147,71	208,89	295,41
1	29,345	41,5	58,689	63,695	90,078	127,39	63,793	90,217	127,59	98,143	138,79	196,29
2	18,349	25,949	36,698	39,828	56,325	79,656	39,889	56,412	79,779	61,368	86,788	122,74
3	11,918	16,855	23,836	25,869	36,584	51,738	25,909	36,641	51,818	39,86	56,37	79,72
4	8,1766	11,564	16,353	17,748	25,099	35,496	17,775	25,138	35,551	27,347	38,674	54,693
5	5,8935	8,3346	11,787	12,792	18,091	25,584	12,812	18,119	25,624	19,711	27,875	39,421
6	4,4239	6,2563	8,8478	9,6024	13,58	19,205	9,6171	13,601	19,234	14,796	20,924	29,591
7	3,4317	4,8532	6,8635	7,4488	10,534	14,898	7,4603	10,55	14,921	11,477	16,231	22,955
8	2,7342	3,8668	5,4684	5,9348	8,3931	11,87	5,9439	8,406	11,888	9,1445	12,932	18,289
9	2,2269	3,1493	4,4537	4,8336	6,8357	9,6671	4,841	6,8462	9,682	7,4477	10,533	14,895
10	1,8472	2,6123	3,6943	4,0094	5,6701	8,0188	4,0156	5,6789	8,0311	6,1778	8,7367	12,356
11	1,556	2,2005	3,112	3,3774	4,7764	6,7548	3,3826	4,7838	6,7653	5,204	7,3596	10,408
12	1,3281	1,8782	2,6562	2,8827	4,0768	5,7655	2,8872	4,0831	5,7744	4,4418	6,2817	8,8836
13	1,1465	1,6214	2,293	2,4885	3,5193	4,9771	2,4924	3,5248	4,9848	3,8344	5,4227	7,6689
14	0,9995	1,4135	1,999	2,1695	3,0682	4,3391	2,1729	3,0729	4,3457	3,3429	4,7275	6,6858
15	0,8789	1,243	1,7579	1,9078	2,6981	3,8156	1,9108	2,7022	3,8215	2,9396	4,1573	5,8793
16	0,7788	1,1015	1,5577	1,6905	2,3908	3,3811	1,6931	2,3945	3,3863	2,6048	3,6838	5,2097
17	0,6948	0,9827	1,3897	1,5082	2,1329	3,0164	1,5105	2,1362	3,0211	2,3239	3,2865	4,6478
18	0,6237	0,882	1,2474	1,3538	1,9145	2,7075	1,3558	1,9174	2,7117	2,0859	2,9499	4,1718
19	0,5629	0,796	1,1258	1,2218	1,7279	2,4436	1,2237	1,7305	2,4473	1,8826	2,6623	3,7651
20	0,5105	0,722	1,0211	1,1082	1,5672	2,2163	1,1099	1,5696	2,2197	1,7075	2,4147	3,4149

Πίνακας 5.1.4-6 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών $ACSR 16mm^2$ στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, $MΣ 150kV/15kV$
 $t=0.4sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.4-4

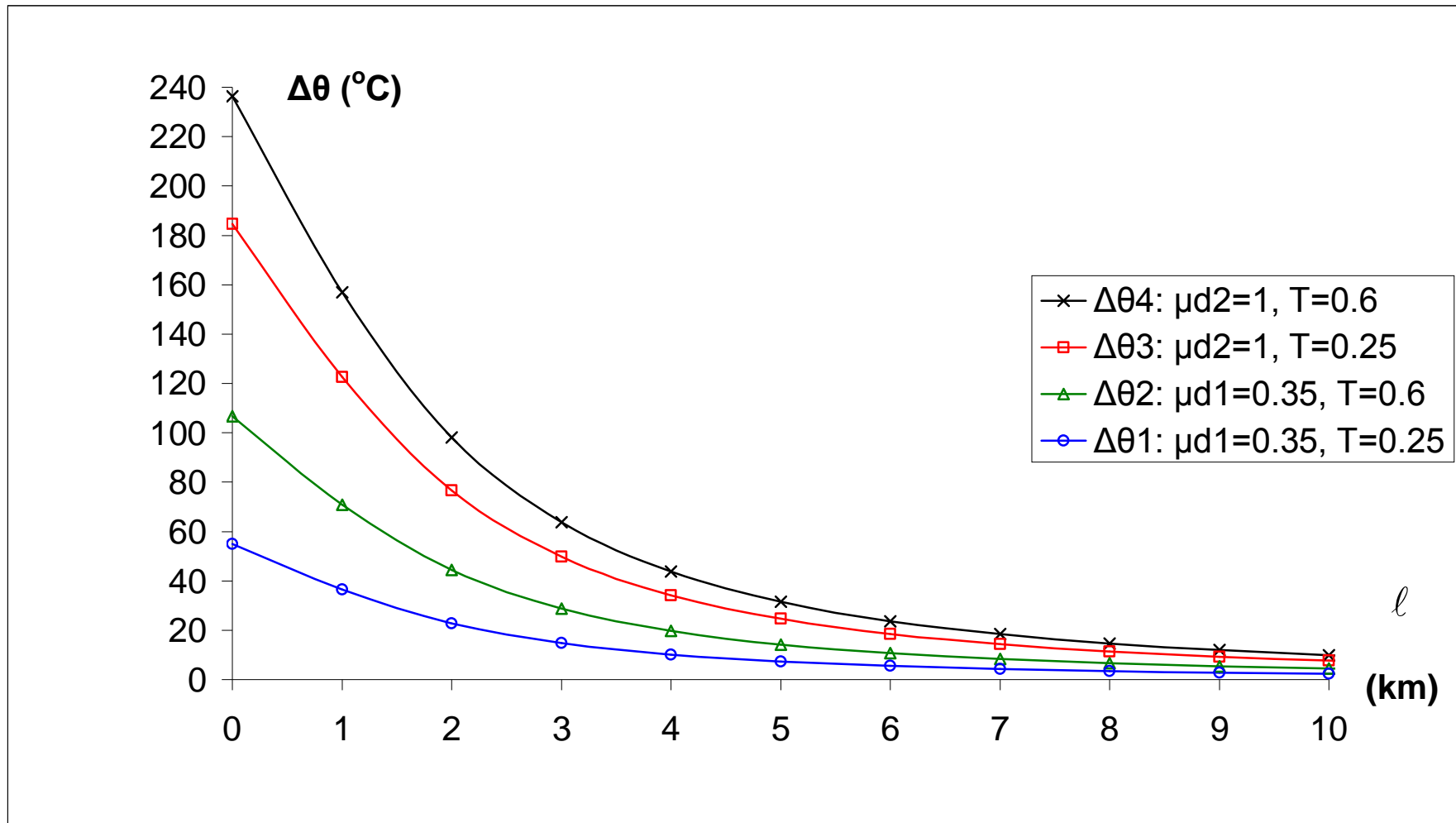
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.4sec
 (Οι καμπύλες Δθ₂ και Δθ₃ ταυτίζονται)

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	6	2750	962,5	2750	55,02	106,72	184,63	236,33
1	1,268	0,422	7,3607	2241,63	784,571	2241,63	36,558	70,908	122,68	157,03
2	2,536	0,844	9,3085	1772,58	620,404	1772,58	22,86	44,338	76,71	98,189
3	3,804	1,266	11,55	1428,57	500,001	1428,57	14,848	28,799	49,825	63,776
4	5,072	1,688	13,944	1183,28	414,147	1183,28	10,187	19,758	34,183	43,755
5	6,34	2,11	16,425	1004,58	351,603	1004,58	7,3422	14,241	24,638	31,537
6	7,608	2,532	18,958	870,365	304,628	870,365	5,5114	10,69	18,495	23,673
7	8,876	2,954	21,524	766,578	268,302	766,578	4,2753	8,2924	14,347	18,364
8	10,144	3,376	24,114	684,251	239,488	684,251	3,4063	6,6069	11,431	14,631
9	11,412	3,798	26,72	617,513	216,13	617,513	2,7743	5,381	9,3096	11,916
10	12,68	4,22	29,338	562,408	196,843	562,408	2,3012	4,4634	7,7222	9,8844
11	13,948	4,642	31,965	516,185	180,665	516,185	1,9385	3,7599	6,505	8,3265
12	15,216	5,064	34,599	476,887	166,91	476,887	1,6546	3,2092	5,5523	7,1069
13	16,484	5,486	37,239	443,083	155,079	443,083	1,4283	2,7704	4,793	6,1351
14	17,752	5,908	39,883	413,709	144,798	413,709	1,2452	2,4152	4,1786	5,3486
15	19,02	6,33	42,531	387,955	135,784	387,955	1,095	2,1239	3,6745	4,7034
16	20,288	6,752	45,181	365,195	127,818	365,195	0,9703	1,882	3,256	4,1677
17	21,556	7,174	47,834	344,94	120,729	344,94	0,8657	1,679	2,9049	3,7182
18	22,824	7,596	50,49	326,8	114,38	326,8	0,777	1,5071	2,6074	3,3375
19	24,092	8,018	53,146	310,463	108,662	310,463	0,7013	1,3602	2,3532	3,0121
20	25,36	8,44	55,805	295,673	103,486	295,673	0,636	1,2336	2,1343	2,732

Πίνακας 5.1.4-7 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=15MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0.09\Omega$, $X_{M\Sigma}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=1sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	55,02	77,81	110,04	106,72	150,92	213,43	184,63	261,11	369,26	236,33	334,22	472,66
1	36,558	51,701	73,116	70,908	100,28	141,82	122,68	173,49	245,36	157,03	222,07	314,06
2	22,86	32,328	45,719	44,338	62,704	88,677	76,71	108,48	153,42	98,189	138,86	196,38
3	14,848	20,998	29,696	28,799	40,728	57,598	49,825	70,463	99,65	63,776	90,193	127,55
4	10,187	14,406	20,373	19,758	27,942	39,516	34,183	48,342	68,367	43,755	61,878	87,509
5	7,3422	10,383	14,684	14,241	20,14	28,482	24,638	34,844	49,276	31,537	44,6	63,074
6	5,5114	7,7942	11,023	10,69	15,118	21,38	18,495	26,155	36,989	23,673	33,479	47,346
7	4,2753	6,0462	8,5506	8,2924	11,727	16,585	14,347	20,289	28,693	18,364	25,97	36,728
8	3,4063	4,8173	6,8127	6,6069	9,3436	13,214	11,431	16,165	22,861	14,631	20,692	29,262
9	2,7743	3,9234	5,5485	5,381	7,6098	10,762	9,3096	13,166	18,619	11,916	16,852	23,833
10	2,3012	3,2544	4,6024	4,4634	6,3123	8,9269	7,7222	10,921	15,444	9,8844	13,979	19,769
11	1,9385	2,7415	3,877	3,7599	5,3173	7,5198	6,505	9,1995	13,01	8,3265	11,775	16,653
12	1,6546	2,3399	3,3092	3,2092	4,5385	6,4184	5,5523	7,8521	11,105	7,1069	10,051	14,214
13	1,4283	2,02	2,8566	2,7704	3,9179	5,5407	4,793	6,7784	9,5861	6,1351	8,6763	12,27
14	1,2452	1,761	2,4904	2,4152	3,4156	4,8305	4,1786	5,9094	8,3572	5,3486	7,5641	10,697
15	1,095	1,5486	2,19	2,1239	3,0036	4,2478	3,6745	5,1966	7,3491	4,7034	6,6516	9,4068
16	0,9703	1,3722	1,9406	1,882	2,6615	3,764	3,256	4,6047	6,5121	4,1677	5,8941	8,3355
17	0,8657	1,2242	1,7313	1,679	2,3745	3,358	2,9049	4,1081	5,8098	3,7182	5,2584	7,4365
18	0,777	1,0988	1,554	1,5071	2,1313	3,0141	2,6074	3,6874	5,2148	3,3375	4,7199	6,6749
19	0,7013	0,9917	1,4025	1,3602	1,9235	2,7203	2,3532	3,3279	4,7064	3,0121	4,2598	6,0242
20	0,636	0,8995	1,2721	1,2336	1,7446	2,4673	2,1343	3,0184	4,2687	2,732	3,8636	5,4639

Πίνακας 5.1.4-8 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/15kV
 $t=1sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.4-5

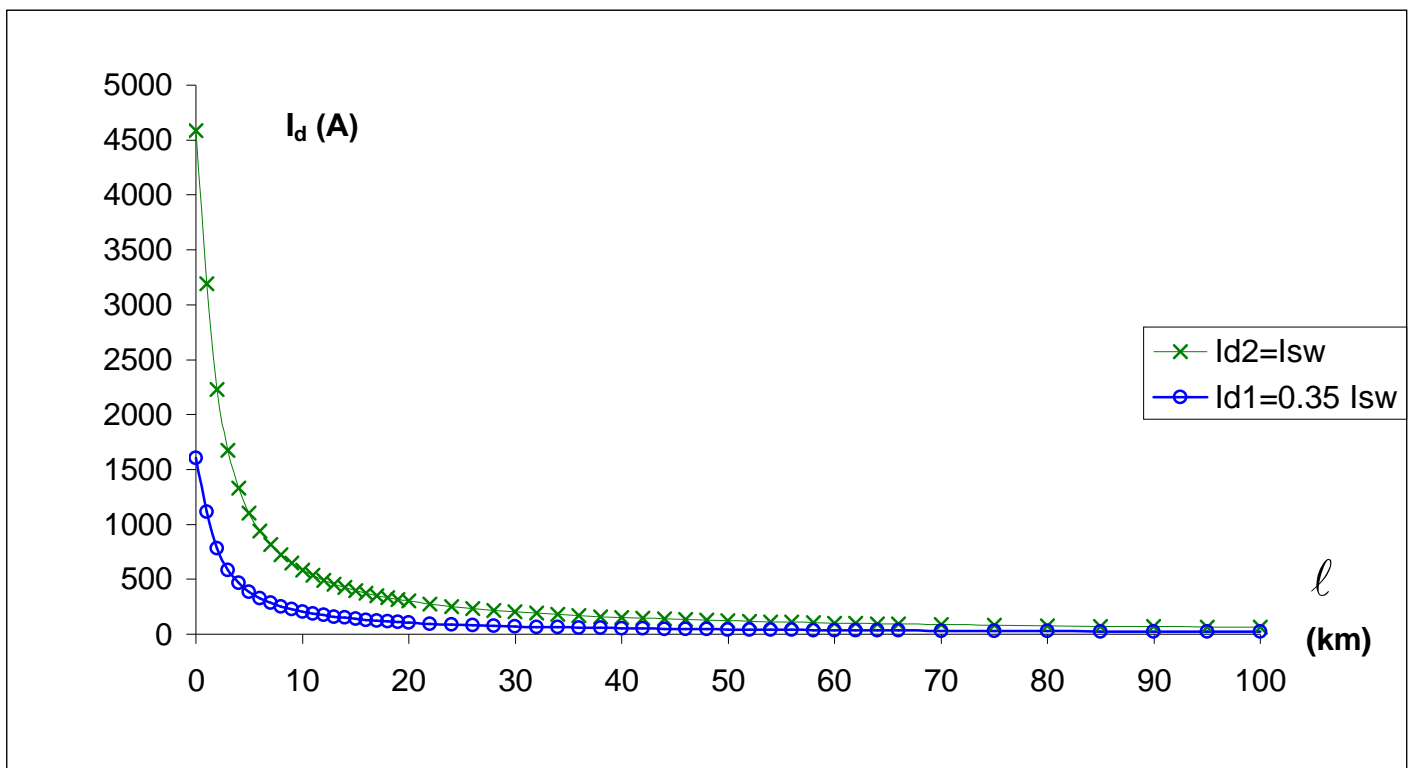
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=15MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=1sec

**5.1.5. Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm²,
S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/15kV**

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 9\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.054\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 1.8\Omega$$



Σχήμα 5.1.5-1

Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος

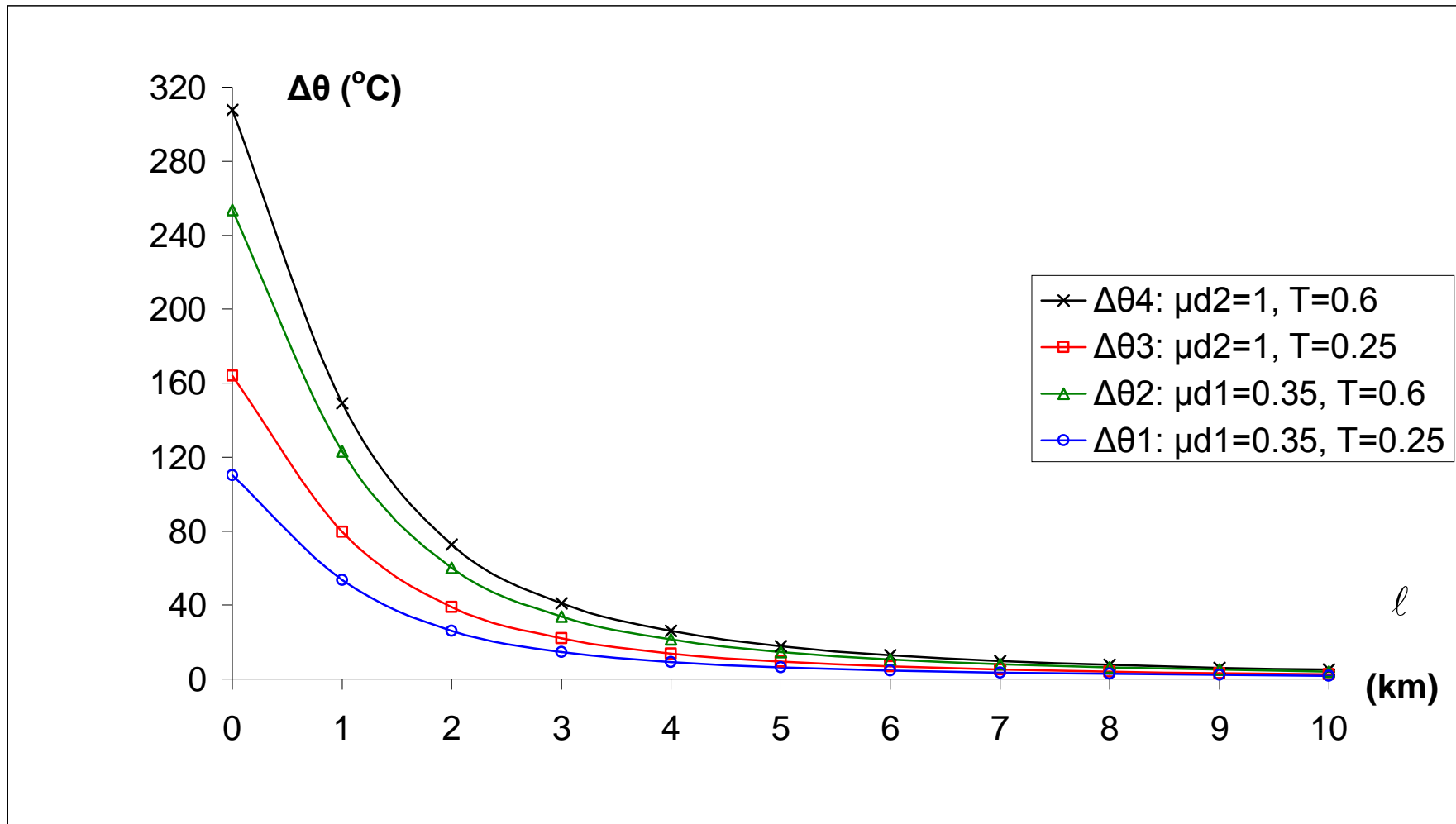
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/15kV

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,6	4583,33	1604,17	4583,33	110,11	253,71	164,12	307,72
1	1,268	0,422	5,1697	3191,69	1117,09	3191,69	53,397	123,03	79,585	149,22
2	2,536	0,844	7,4012	2229,36	780,276	2229,36	26,051	60,026	38,828	72,803
3	3,804	1,266	9,8549	1674,3	586,005	1674,3	14,694	33,857	21,901	41,064
4	5,072	1,688	12,399	1330,71	465,748	1330,71	9,2819	21,387	13,834	25,939
5	6,34	2,11	14,989	1100,83	385,291	1100,83	6,3521	14,636	9,4674	17,751
6	7,608	2,532	17,603	937,346	328,071	937,346	4,6054	10,612	6,8642	12,87
7	8,876	2,954	20,232	815,523	285,433	815,523	3,4861	8,0326	5,1959	9,7423
8	10,144	3,376	22,872	721,407	252,492	721,407	2,7279	6,2855	4,0658	7,6235
9	11,412	3,798	25,518	646,591	226,307	646,591	2,1915	5,0494	3,2663	6,1242
10	12,68	4,22	28,17	585,732	205,006	585,732	1,7983	4,1436	2,6803	5,0256
11	13,948	4,642	30,825	535,28	187,348	535,28	1,5019	3,4605	2,2385	4,1971
12	15,216	5,064	33,483	492,789	172,476	492,789	1,2729	2,9329	1,8972	3,5572
13	16,484	5,486	36,143	456,52	159,782	456,52	1,0924	2,5171	1,6282	3,0529
14	17,752	5,908	38,805	425,204	148,822	425,204	0,9477	2,1836	1,4125	2,6484
15	19,02	6,33	41,468	397,896	139,264	397,896	0,8299	1,9121	1,2369	2,3192
16	20,288	6,752	44,133	373,874	130,856	373,874	0,7327	1,6882	1,092	2,0476
17	21,556	7,174	46,798	352,58	123,403	352,58	0,6516	1,5014	0,9712	1,821
18	22,824	7,596	49,464	333,576	116,752	333,576	0,5833	1,3439	0,8693	1,63
19	24,092	8,018	52,131	316,511	110,779	316,511	0,5251	1,2099	0,7827	1,4675
20	25,36	8,44	54,798	301,104	105,387	301,104	0,4752	1,095	0,7083	1,3281

Πίνακας 5.1.5-1 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη MT, $S_N=25MVA$, ACSR 16mm²
MΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0.054\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.15sec$

ON-OFF	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	110,11	155,72	220,22	253,71	358,81	507,43	164,12	232,1	328,23	307,72	435,18	615,44
1	53,397	75,514	106,79	123,03	174	246,07	79,585	112,55	159,17	149,22	211,03	298,44
2	26,051	36,842	52,103	60,026	84,89	120,05	38,828	54,912	77,657	72,803	102,96	145,61
3	14,694	20,78	29,388	33,857	47,881	67,714	21,901	30,972	43,801	41,064	58,073	82,127
4	9,2819	13,127	18,564	21,387	30,246	42,774	13,834	19,565	27,668	25,939	36,684	51,878
5	6,3521	8,9832	12,704	14,636	20,699	29,272	9,4674	13,389	18,935	17,751	25,104	35,503
6	4,6054	6,5131	9,2109	10,612	15,007	21,223	6,8642	9,7074	13,728	12,87	18,201	25,741
7	3,4861	4,9301	6,9723	8,0326	11,36	16,065	5,1959	7,3481	10,392	9,7423	13,778	19,485
8	2,7279	3,8579	5,4559	6,2855	8,8891	12,571	4,0658	5,75	8,1317	7,6235	10,781	15,247
9	2,1915	3,0992	4,3829	5,0494	7,141	10,099	3,2663	4,6192	6,5325	6,1242	8,661	12,248
10	1,7983	2,5432	3,5967	4,1436	5,86	8,2872	2,6803	3,7906	5,3607	5,0256	7,1073	10,051
11	1,5019	2,124	3,0038	3,4605	4,8939	6,9211	2,2385	3,1657	4,4769	4,1971	5,9357	8,3943
12	1,2729	1,8001	2,5458	2,9329	4,1478	5,8659	1,8972	2,683	3,7944	3,5572	5,0307	7,1145
13	1,0924	1,5449	2,1848	2,5171	3,5597	5,0342	1,6282	2,3026	3,2564	3,0529	4,3174	6,1058
14	0,9477	1,3402	1,8954	2,1836	3,0881	4,3672	1,4125	1,9976	2,825	2,6484	3,7454	5,2968
15	0,8299	1,1736	1,6597	1,9121	2,7042	3,8243	1,2369	1,7492	2,4738	2,3192	3,2798	4,6383
16	0,7327	1,0362	1,4654	1,6882	2,3875	3,3765	1,092	1,5444	2,1841	2,0476	2,8957	4,0952
17	0,6516	0,9215	1,3032	1,5014	2,1233	3,0028	0,9712	1,3735	1,9424	1,821	2,5753	3,642
18	0,5833	0,8249	1,1665	1,3439	1,9006	2,6878	0,8693	1,2294	1,7386	1,63	2,3051	3,2599
19	0,5251	0,7426	1,0502	1,2099	1,7111	2,4199	0,7827	1,1068	1,5653	1,4675	2,0753	2,9349
20	0,4752	0,6721	0,9505	1,095	1,5486	2,19	0,7083	1,0017	1,4166	1,3281	1,8782	2,6562

Πίνακας 5.1.5-2 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη MT
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, MΣ 150kV/15kV
 $t=0.15sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.5-2

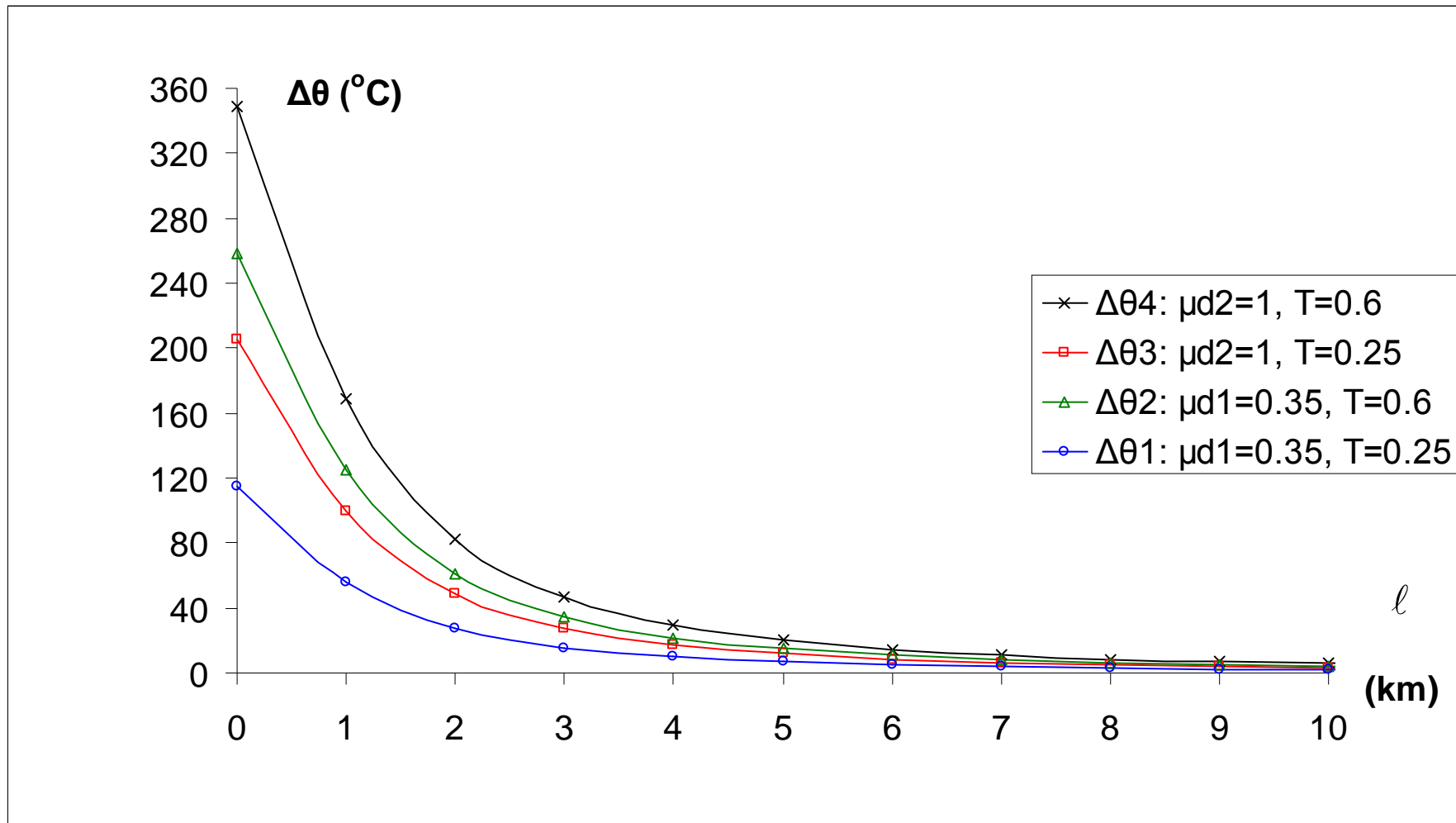
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.15sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,6	4583,33	1604,17	4583,33	115,14	258,74	205,15	348,75
1	1,268	0,422	5,1697	3191,69	1117,09	3191,69	55,834	125,47	99,482	169,12
2	2,536	0,844	7,4012	2229,36	780,276	2229,36	27,241	61,215	48,536	82,51
3	3,804	1,266	9,8549	1674,3	586,005	1674,3	15,365	34,528	27,376	46,539
4	5,072	1,688	12,399	1330,71	465,748	1330,71	9,7056	21,811	17,293	29,398
5	6,34	2,11	14,989	1100,83	385,291	1100,83	6,642	14,926	11,834	20,118
6	7,608	2,532	17,603	937,346	328,071	937,346	4,8157	10,822	8,5802	14,586
7	8,876	2,954	20,232	815,523	285,433	815,523	3,6453	8,1917	6,4949	11,041
8	10,144	3,376	22,872	721,407	252,492	721,407	2,8524	6,4101	5,0823	8,6399
9	11,412	3,798	25,518	646,591	226,307	646,591	2,2915	5,1495	4,0828	6,9408
10	12,68	4,22	28,17	585,732	205,006	585,732	1,8804	4,2257	3,3504	5,6957
11	13,948	4,642	30,825	535,28	187,348	535,28	1,5704	3,5291	2,7981	4,7568
12	15,216	5,064	33,483	492,789	172,476	492,789	1,331	2,991	2,3715	4,0315
13	16,484	5,486	36,143	456,52	159,782	456,52	1,1423	2,567	2,0353	3,4599
14	17,752	5,908	38,805	425,204	148,822	425,204	0,991	2,2269	1,7656	3,0015
15	19,02	6,33	41,468	397,896	139,264	397,896	0,8678	1,95	1,5461	2,6284
16	20,288	6,752	44,133	373,874	130,856	373,874	0,7661	1,7217	1,3651	2,3206
17	21,556	7,174	46,798	352,58	123,403	352,58	0,6814	1,5311	1,214	2,0638
18	22,824	7,596	49,464	333,576	116,752	333,576	0,6099	1,3705	1,0866	1,8473
19	24,092	8,018	52,131	316,511	110,779	316,511	0,5491	1,2339	0,9783	1,6631
20	25,36	8,44	54,798	301,104	105,387	301,104	0,4969	1,1167	0,8854	1,5052

Πίνακας 5.1.5-3 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=25MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0.054\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.25sec$

ON-OFF	1°	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	115,14	162,83	230,28	258,74	365,91	517,48	205,15	290,12	410,29	348,75	493,2	697,5
1	55,834	78,961	111,67	125,47	177,44	250,94	99,482	140,69	198,96	169,12	239,17	338,24
2	27,241	38,524	54,481	61,215	86,572	122,43	48,536	68,64	97,071	82,51	116,69	165,02
3	15,365	21,729	30,729	34,528	48,83	69,056	27,376	38,715	54,752	46,539	65,816	93,078
4	9,7056	13,726	19,411	21,811	30,845	43,621	17,293	24,456	34,586	29,398	41,575	58,796
5	6,642	9,3932	13,284	14,926	21,109	29,852	11,834	16,736	23,669	20,118	28,452	40,237
6	4,8157	6,8104	9,6313	10,822	15,304	21,644	8,5802	12,134	17,16	14,586	20,628	29,173
7	3,6453	5,1552	7,2905	8,1917	11,585	16,383	6,4949	9,1852	12,99	11,041	15,615	22,083
8	2,8524	4,034	5,7049	6,4101	9,0652	12,82	5,0823	7,1875	10,165	8,6399	12,219	17,28
9	2,2915	3,2406	4,583	5,1495	7,2824	10,299	4,0828	5,774	8,1656	6,9408	9,8158	13,882
10	1,8804	2,6593	3,7608	4,2257	5,9761	8,4514	3,3504	4,7382	6,7008	5,6957	8,0549	11,391
11	1,5704	2,2209	3,1409	3,5291	4,9909	7,0582	2,7981	3,9571	5,5962	4,7568	6,7271	9,5135
12	1,331	1,8823	2,662	2,991	4,23	5,9821	2,3715	3,3538	4,743	4,0315	5,7015	8,0631
13	1,1423	1,6154	2,2846	2,567	3,6302	5,1339	2,0353	2,8783	4,0705	3,4599	4,8931	6,9199
14	0,991	1,4014	1,9819	2,2269	3,1493	4,4538	1,7656	2,497	3,5312	3,0015	4,2448	6,0031
15	0,8678	1,2272	1,7355	1,95	2,7578	3,9001	1,5461	2,1865	3,0922	2,6284	3,7171	5,2568
16	0,7661	1,0835	1,5323	1,7217	2,4348	3,4434	1,3651	1,9305	2,7301	2,3206	3,2818	4,6412
17	0,6814	0,9636	1,3627	1,5311	2,1654	3,0623	1,214	1,7168	2,428	2,0638	2,9186	4,1276
18	0,6099	0,8625	1,2198	1,3705	1,9382	2,7411	1,0866	1,5368	2,1733	1,8473	2,6125	3,6946
19	0,5491	0,7765	1,0982	1,2339	1,745	2,4678	0,9783	1,3835	1,9566	1,6631	2,352	3,3263
20	0,4969	0,7028	0,9938	1,1167	1,5792	2,2334	0,8854	1,2521	1,7708	1,5052	2,1286	3,0103

Πίνακας 5.1.5-4 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, ΜΣ 150kV/15kV
 $t=0.25sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.5-3

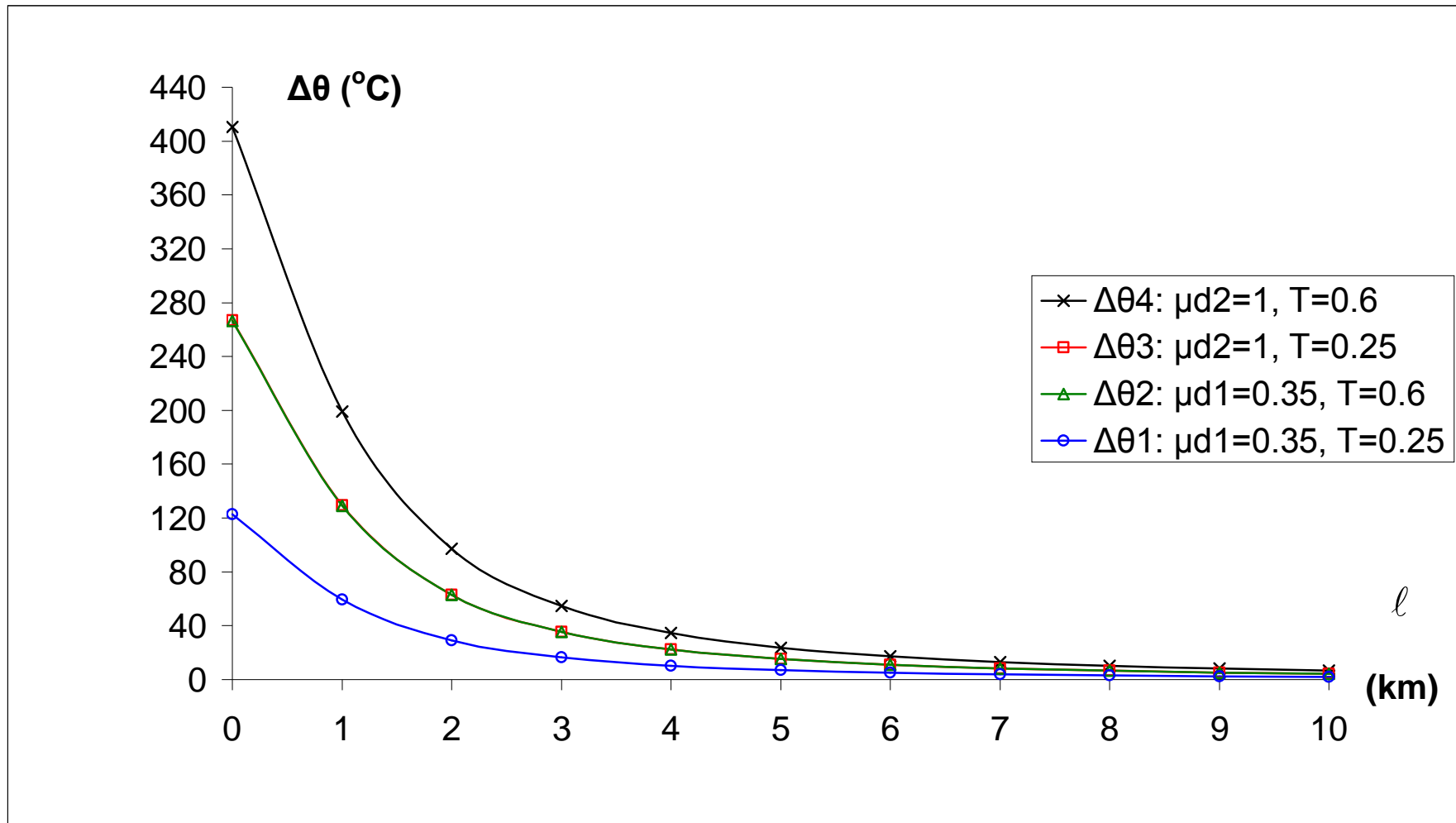
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.25sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,6	4583,33	1604,17	4583,33	122,68	266,28	266,69	410,29
1	1,268	0,422	5,1697	3191,69	1117,09	3191,69	59,49	129,13	129,33	198,96
2	2,536	0,844	7,4012	2229,36	780,276	2229,36	29,024	62,999	63,096	97,071
3	3,804	1,266	9,8549	1674,3	586,005	1674,3	16,371	35,534	35,589	54,752
4	5,072	1,688	12,399	1330,71	465,748	1330,71	10,341	22,446	22,481	34,586
5	6,34	2,11	14,989	1100,83	385,291	1100,83	7,0769	15,361	15,385	23,669
6	7,608	2,532	17,603	937,346	328,071	937,346	5,131	11,137	11,154	17,16
7	8,876	2,954	20,232	815,523	285,433	815,523	3,8839	8,4304	8,4434	12,99
8	10,144	3,376	22,872	721,407	252,492	721,407	3,0392	6,5968	6,607	10,165
9	11,412	3,798	25,518	646,591	226,307	646,591	2,4415	5,2995	5,3077	8,1656
10	12,68	4,22	28,17	585,732	205,006	585,732	2,0035	4,3488	4,3555	6,7008
11	13,948	4,642	30,825	535,28	187,348	535,28	1,6733	3,6319	3,6375	5,5962
12	15,216	5,064	33,483	492,789	172,476	492,789	1,4182	3,0782	3,0829	4,743
13	16,484	5,486	36,143	456,52	159,782	456,52	1,2171	2,6418	2,6458	4,0705
14	17,752	5,908	38,805	425,204	148,822	425,204	1,0558	2,2918	2,2953	3,5312
15	19,02	6,33	41,468	397,896	139,264	397,896	0,9246	2,0068	2,0099	3,0922
16	20,288	6,752	44,133	373,874	130,856	373,874	0,8163	1,7718	1,7746	2,7301
17	21,556	7,174	46,798	352,58	123,403	352,58	0,726	1,5758	1,5782	2,428
18	22,824	7,596	49,464	333,576	116,752	333,576	0,6498	1,4105	1,4126	2,1733
19	24,092	8,018	52,131	316,511	110,779	316,511	0,585	1,2699	1,2718	1,9566
20	25,36	8,44	54,798	301,104	105,387	301,104	0,5295	1,1492	1,151	1,7708

Πίνακας 5.1.5-5 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη MT, $S_N=25MVA$, ACSR 16mm²
MΣ 150kV/15kV: $R_{MΣ}=0.054\Omega$, $X_{MΣ}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.4sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	122,68	173,49	245,35	266,28	376,58	532,56	266,69	377,16	533,38	410,29	580,24	820,58
1	59,49	84,132	118,98	129,13	182,61	258,25	129,33	182,89	258,65	198,96	281,38	397,93
2	29,024	41,047	58,049	62,999	89,094	126	63,096	89,232	126,19	97,071	137,28	194,14
3	16,371	23,152	32,741	35,534	50,252	71,068	35,589	50,33	71,177	54,752	77,431	109,5
4	10,341	14,625	20,682	22,446	31,744	44,892	22,481	31,792	44,961	34,586	48,911	69,171
5	7,0769	10,008	14,154	15,361	21,724	30,722	15,385	21,757	30,769	23,669	33,472	47,337
6	5,131	7,2563	10,262	11,137	15,75	22,274	11,154	15,775	22,309	17,16	24,269	34,321
7	3,8839	5,4927	7,7679	8,4304	11,922	16,861	8,4434	11,941	16,887	12,99	18,37	25,98
8	3,0392	4,2981	6,0784	6,5968	9,3293	13,194	6,607	9,3437	13,214	10,165	14,375	20,329
9	2,4415	3,4528	4,883	5,2995	7,4946	10,599	5,3077	7,5062	10,615	8,1656	11,548	16,331
10	2,0035	2,8334	4,0071	4,3488	6,1502	8,6977	4,3555	6,1597	8,7111	6,7008	9,4764	13,402
11	1,6733	2,3663	3,3465	3,6319	5,1363	7,2638	3,6375	5,1442	7,275	5,5962	7,9142	11,192
12	1,4182	2,0056	2,8363	3,0782	4,3532	6,1564	3,0829	4,3599	6,1659	4,743	6,7076	9,486
13	1,2171	1,7212	2,4342	2,6418	3,736	5,2835	2,6458	3,7418	5,2917	4,0705	5,7566	8,141
14	1,0558	1,4932	2,1117	2,2918	3,241	4,5835	2,2953	3,246	4,5906	3,5312	4,9939	7,0625
15	0,9246	1,3075	1,8491	2,0068	2,8381	4,0137	2,0099	2,8425	4,0199	3,0922	4,373	6,1844
16	0,8163	1,1544	1,6326	1,7718	2,5058	3,5437	1,7746	2,5096	3,5491	2,7301	3,861	5,4602
17	0,726	1,0267	1,4519	1,5758	2,2285	3,1515	1,5782	2,2319	3,1564	2,428	3,4337	4,856
18	0,6498	0,919	1,2996	1,4105	1,9947	2,8209	1,4126	1,9978	2,8253	2,1733	3,0735	4,3466
19	0,585	0,8274	1,1701	1,2699	1,7958	2,5397	1,2718	1,7986	2,5436	1,9566	2,7671	3,9133
20	0,5295	0,7488	1,0589	1,1492	1,6253	2,2985	1,151	1,6278	2,302	1,7708	2,5043	3,5416

Πίνακας 5.1.5-6 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη MT
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, MΣ 150kV/15kV
 $t=0.4sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.5-4

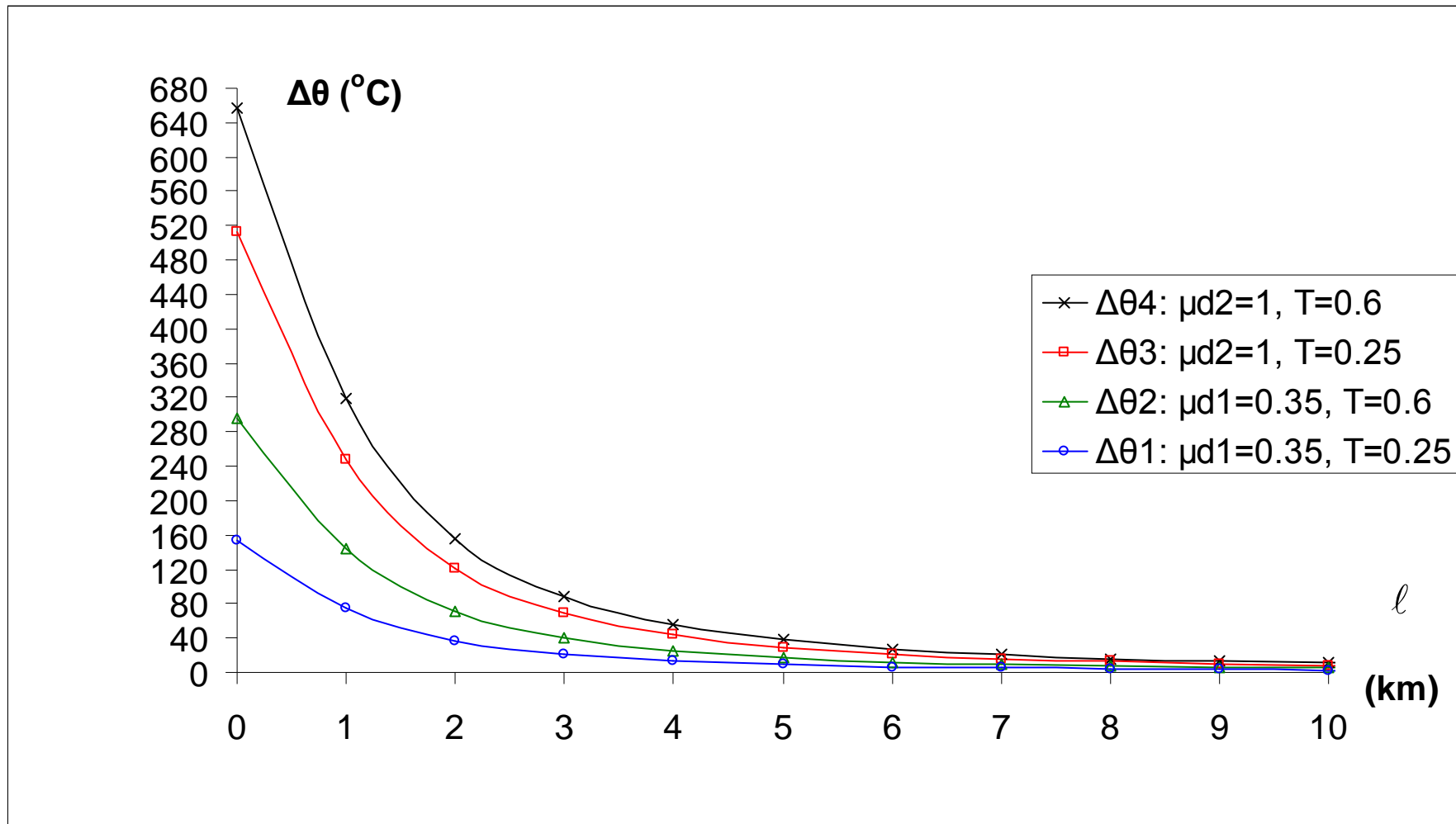
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.4sec
 (Οι καμπύλες Δθ₂ και Δθ₃ ταυτίζονται)

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	3,6	4583,33	1604,17	4583,33	152,83	296,44	512,86	656,47
1	1,268	0,422	5,1697	3191,69	1117,09	3191,69	74,114	143,75	248,7	318,34
2	2,536	0,844	7,4012	2229,36	780,276	2229,36	36,159	70,134	121,34	155,31
3	3,804	1,266	9,8549	1674,3	586,005	1674,3	20,395	39,558	68,44	87,603
4	5,072	1,688	12,399	1330,71	465,748	1330,71	12,883	24,988	43,232	55,337
5	6,34	2,11	14,989	1100,83	385,291	1100,83	8,8165	17,101	29,586	37,87
6	7,608	2,532	17,603	937,346	328,071	937,346	6,3923	12,398	21,451	27,457
7	8,876	2,954	20,232	815,523	285,433	815,523	4,8387	9,3851	16,237	20,784
8	10,144	3,376	22,872	721,407	252,492	721,407	3,7863	7,3439	12,706	16,263
9	11,412	3,798	25,518	646,591	226,307	646,591	3,0417	5,8997	10,207	13,065
10	12,68	4,22	28,17	585,732	205,006	585,732	2,4961	4,8413	8,376	10,721
11	13,948	4,642	30,825	535,28	187,348	535,28	2,0846	4,0432	6,9952	8,9539
12	15,216	5,064	33,483	492,789	172,476	492,789	1,7668	3,4268	5,9287	7,5888
13	16,484	5,486	36,143	456,52	159,782	456,52	1,5163	2,9409	5,0881	6,5128
14	17,752	5,908	38,805	425,204	148,822	425,204	1,3154	2,5513	4,414	5,65
15	19,02	6,33	41,468	397,896	139,264	397,896	1,1518	2,2341	3,8653	4,9475
16	20,288	6,752	44,133	373,874	130,856	373,874	1,017	1,9725	3,4126	4,3682
17	21,556	7,174	46,798	352,58	123,403	352,58	0,9044	1,7542	3,035	3,8848
18	22,824	7,596	49,464	333,576	116,752	333,576	0,8096	1,5702	2,7166	3,4773
19	24,092	8,018	52,131	316,511	110,779	316,511	0,7288	1,4137	2,4458	3,1306
20	25,36	8,44	54,798	301,104	105,387	301,104	0,6596	1,2794	2,2135	2,8332

Πίνακας 5.1.5-7 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=25MVA$, ACSR 16mm²
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0.054\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=1sec$

ON-OFF	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	152,83	216,14	305,67	296,44	419,22	592,87	512,86	725,3	1025,7	656,47	928,38	1312,9
1	74,114	104,81	148,23	143,75	203,29	287,5	248,7	351,72	497,41	318,34	450,2	636,68
2	36,159	51,137	72,318	70,134	99,184	140,27	121,34	171,6	242,68	155,31	219,65	310,63
3	20,395	28,843	40,79	39,558	55,944	79,116	68,44	96,788	136,88	87,603	123,89	175,21
4	12,883	18,22	25,766	24,988	35,339	49,976	43,232	61,139	86,464	55,337	78,258	110,67
5	8,8165	12,468	17,633	17,101	24,184	34,201	29,586	41,841	59,171	37,87	53,556	75,739
6	6,3923	9,0401	12,785	12,398	17,534	24,797	21,451	30,336	42,901	27,457	38,83	54,914
7	4,8387	6,843	9,6774	9,3851	13,273	18,77	16,237	22,963	32,474	20,784	29,393	41,567
8	3,7863	5,3547	7,5726	7,3439	10,386	14,688	12,706	17,969	25,412	16,263	23	32,527
9	3,0417	4,3016	6,0834	5,8997	8,3434	11,799	10,207	14,435	20,414	13,065	18,477	26,13
10	2,4961	3,53	4,9921	4,8413	6,8467	9,6827	8,376	11,845	16,752	10,721	15,162	21,443
11	2,0846	2,948	4,1692	4,0432	5,718	8,0865	6,9952	9,8928	13,99	8,9539	12,663	17,908
12	1,7668	2,4986	3,5335	3,4268	4,8462	6,8536	5,9287	8,3845	11,857	7,5888	10,732	15,178
13	1,5163	2,1443	3,0325	2,9409	4,1591	5,8819	5,0881	7,1957	10,176	6,5128	9,2105	13,026
14	1,3154	1,8602	2,6308	2,5513	3,6081	5,1026	4,414	6,2424	8,8281	5,65	7,9903	11,3
15	1,1518	1,629	2,3037	2,2341	3,1595	4,4682	3,8653	5,4663	7,7305	4,9475	6,9969	9,8951
16	1,017	1,4382	2,0339	1,9725	2,7895	3,945	3,4126	4,8262	6,8253	4,3682	6,1775	8,7364
17	0,9044	1,279	1,8088	1,7542	2,4808	3,5084	3,035	4,2921	6,07	3,8848	5,4939	7,7695
18	0,8096	1,1449	1,6191	1,5702	2,2206	3,1404	2,7166	3,8419	5,4332	3,4773	4,9176	6,9545
19	0,7288	1,0307	1,4577	1,4137	1,9992	2,8273	2,4458	3,4589	4,8916	3,1306	4,4273	6,2612
20	0,6596	0,9328	1,3192	1,2794	1,8093	2,5588	2,2135	3,1303	4,4269	2,8332	4,0068	5,6665

Πίνακας 5.1.5-8 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=25MVA$, ΜΣ 150kV/15kV
 $t=1sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.5-5

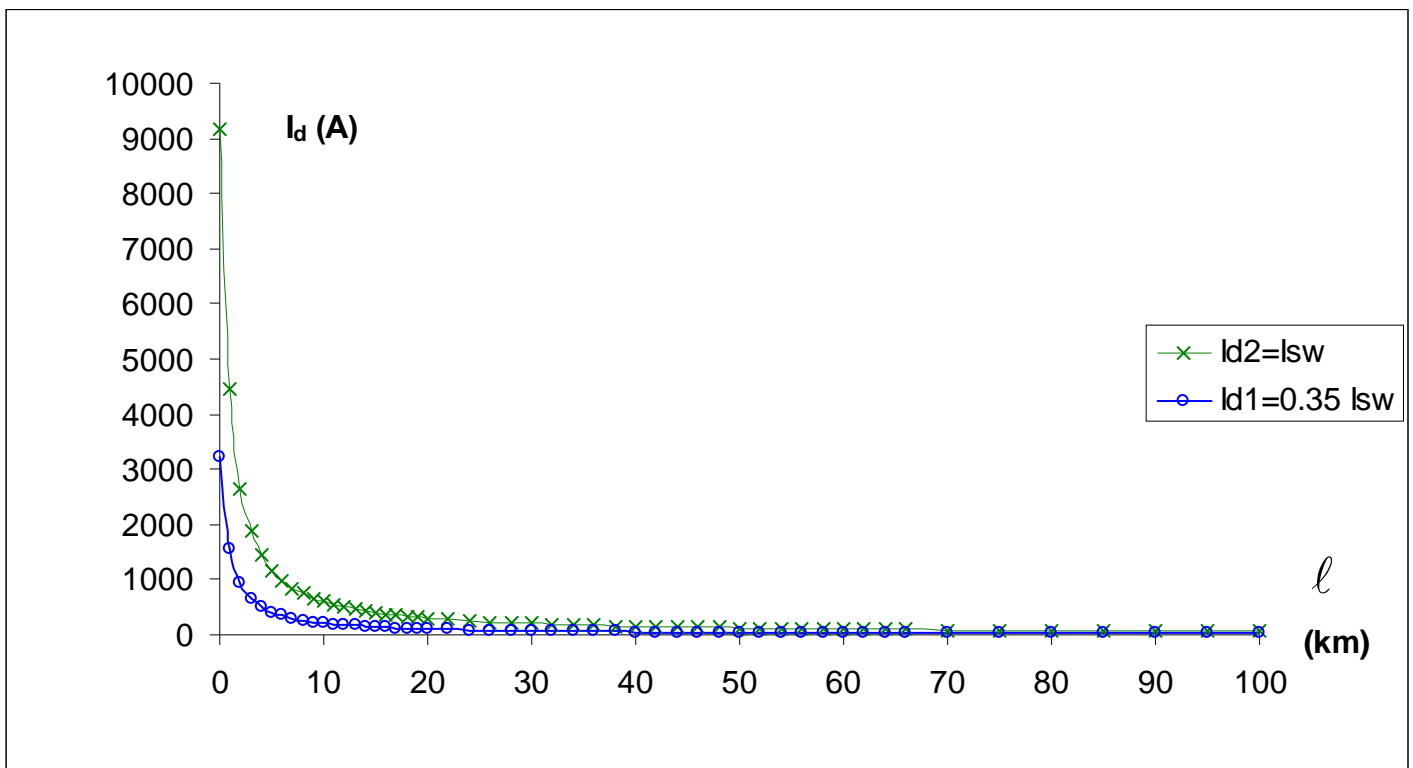
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=25MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=1sec

**5.1.6. Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm²,
S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/15kV**

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 4.5\Omega$$

$$R_{ΜΣ} = R_{ΜΣ,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.027\Omega$$

$$X_{ΜΣ} = X_{ΜΣ,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 0.9\Omega$$



Σχήμα 5.1.6-1

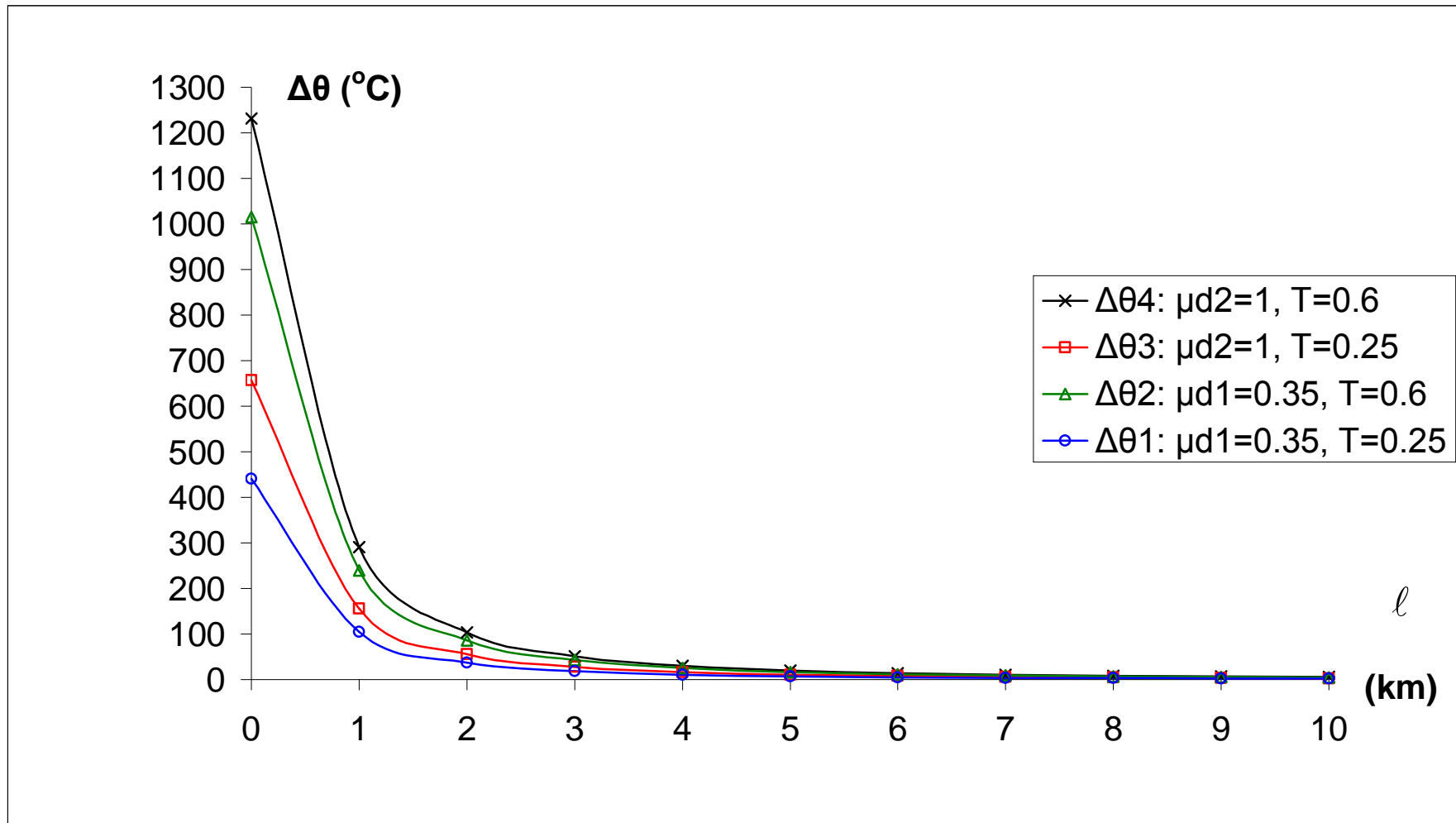
Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/15kV

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	1,8	9166,67	3208,33	9166,67	440,45	1014,9	656,47	1230,9
1	1,268	0,422	3,7006	4458,72	1560,55	4458,72	104,21	240,11	155,31	291,21
2	2,536	0,844	6,1997	2661,42	931,496	2661,42	37,128	85,548	55,337	103,76
3	3,804	1,266	8,8014	1874,69	656,142	1874,69	18,422	42,446	27,457	51,481
4	5,072	1,688	11,436	1442,81	504,985	1442,81	10,912	25,142	16,263	30,494
5	6,34	2,11	14,085	1171,46	410,013	1171,46	7,1933	16,574	10,721	20,102
6	7,608	2,532	16,741	985,577	344,952	985,577	5,0916	11,732	7,5888	14,229
7	8,876	2,954	19,402	850,409	297,643	850,409	3,7908	8,7345	5,65	10,594
8	10,144	3,376	22,066	747,748	261,712	747,748	2,9308	6,7529	4,3682	8,1903
9	11,412	3,798	24,732	667,152	233,503	667,152	2,333	5,3756	3,4773	6,5199
10	12,68	4,22	27,399	602,209	210,773	602,209	1,9009	4,38	2,8332	5,3123
11	13,948	4,642	30,067	548,77	192,069	548,77	1,5785	3,6372	2,3527	4,4114
12	15,216	5,064	32,736	504,03	176,411	504,03	1,3316	3,0683	1,9847	3,7214
13	16,484	5,486	35,406	466,028	163,11	466,028	1,1384	2,623	1,6967	3,1814
14	17,752	5,908	38,076	433,349	151,672	433,349	0,9843	2,2681	1,4671	2,7509
15	19,02	6,33	40,746	404,95	141,732	404,95	0,8596	1,9805	1,2811	2,4021
16	20,288	6,752	43,416	380,041	133,014	380,041	0,7571	1,7444	1,1284	2,1157
17	21,556	7,174	46,087	358,017	125,306	358,017	0,6719	1,5481	1,0014	1,8776
18	22,824	7,596	48,758	338,404	118,441	338,404	0,6003	1,3831	0,8947	1,6775
19	24,092	8,018	51,43	320,827	112,29	320,827	0,5395	1,2432	0,8041	1,5078
20	25,36	8,44	54,101	304,985	106,745	304,985	0,4876	1,1234	0,7267	1,3625

Πίνακας 5.1.6-1 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Xi 150kV/15kV$: $R_{M\Xi}=0.027\Omega$, $X_{M\Xi}=0.9\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.15sec$

ON-OFF	1 $^{\circ}$	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	440,45	622,89	880,9	1014,9	1435,2	2029,7	656,47	928,38	1312,9	1230,9	1740,7	2461,8
1	104,21	147,37	208,41	240,11	339,56	480,21	155,31	219,65	310,63	291,21	411,84	582,43
2	37,128	52,506	74,255	85,548	120,98	171,1	55,337	78,258	110,67	103,76	146,73	207,51
3	18,422	26,052	36,844	42,446	60,028	84,893	27,457	38,83	54,914	51,481	72,806	102,96
4	10,912	15,431	21,823	25,142	35,556	50,284	16,263	23	32,527	30,494	43,125	60,988
5	7,1933	10,173	14,387	16,574	23,44	33,149	10,721	15,162	21,443	20,102	28,429	40,205
6	5,0916	7,2006	10,183	11,732	16,591	23,464	7,5888	10,732	15,178	14,229	20,123	28,458
7	3,7908	5,361	7,5815	8,7345	12,352	17,469	5,65	7,9903	11,3	10,594	14,982	21,187
8	2,9308	4,1447	5,8616	6,7529	9,5501	13,506	4,3682	6,1775	8,7364	8,1903	11,583	16,381
9	2,333	3,2994	4,6661	5,3756	7,6023	10,751	3,4773	4,9176	6,9545	6,5199	9,2205	13,04
10	1,9009	2,6883	3,8019	4,38	6,1943	8,76	2,8332	4,0068	5,6665	5,3123	7,5128	10,625
11	1,5785	2,2324	3,1571	3,6372	5,1437	7,2743	2,3527	3,3273	4,7054	4,4114	6,2386	8,8227
12	1,3316	1,8832	2,6633	3,0683	4,3392	6,1366	1,9847	2,8068	3,9695	3,7214	5,2628	7,4428
13	1,1384	1,6099	2,2768	2,623	3,7095	5,2461	1,6967	2,3995	3,3935	3,1814	4,4992	6,3628
14	0,9843	1,3921	1,9687	2,2681	3,2075	4,5362	1,4671	2,0748	2,9342	2,7509	3,8903	5,5017
15	0,8596	1,2156	1,7191	1,9805	2,8009	3,9611	1,2811	1,8118	2,5623	2,4021	3,3971	4,8042
16	0,7571	1,0706	1,5141	1,7444	2,4669	3,4888	1,1284	1,5958	2,2567	2,1157	2,992	4,2314
17	0,6719	0,9502	1,3437	1,5481	2,1893	3,0961	1,0014	1,4162	2,0027	1,8776	2,6553	3,7552
18	0,6003	0,8489	1,2005	1,3831	1,956	2,7662	0,8947	1,2652	1,7893	1,6775	2,3723	3,355
19	0,5395	0,763	1,0791	1,2432	1,7581	2,4863	0,8041	1,1372	1,6083	1,5078	2,1323	3,0155
20	0,4876	0,6895	0,9751	1,1234	1,5887	2,2468	0,7267	1,0277	1,4534	1,3625	1,9269	2,7251

Πίνακας 5.1.6-2 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών $ACSR 16mm^2$ στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, $M\Xi 150kV/15kV$
 $t=0.15sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.6-2

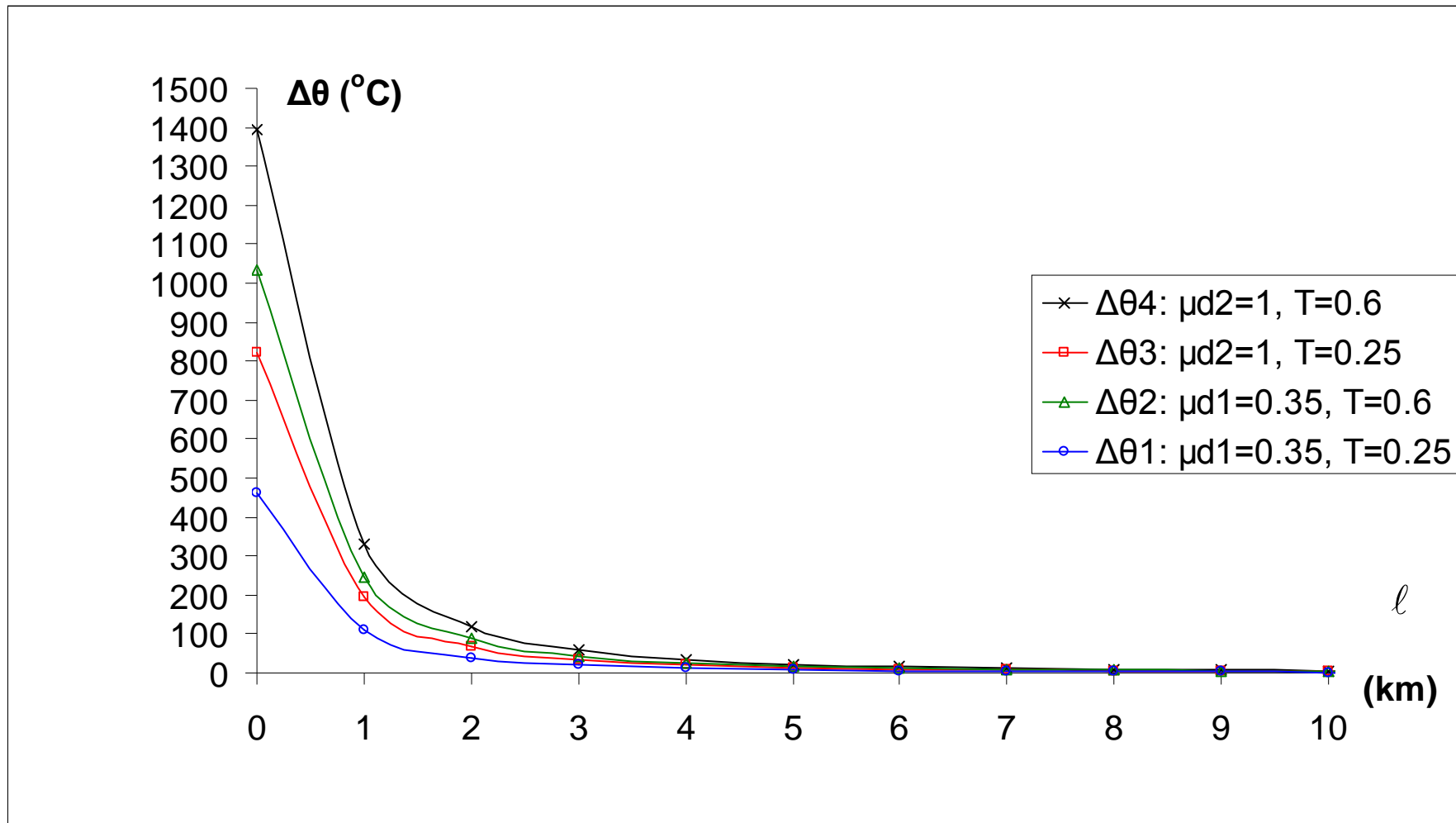
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.15sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	1,8	9166,67	3208,33	9166,67	460,55	1035	820,58	1395
1	1,268	0,422	3,7006	4458,72	1560,55	4458,72	108,96	244,86	194,14	330,04
2	2,536	0,844	6,1997	2661,42	931,496	2661,42	38,822	87,242	69,171	117,59
3	3,804	1,266	8,8014	1874,69	656,142	1874,69	19,263	43,287	34,321	58,346
4	5,072	1,688	11,436	1442,81	504,985	1442,81	11,41	25,64	20,329	34,56
5	6,34	2,11	14,085	1171,46	410,013	1171,46	7,5217	16,903	13,402	22,783
6	7,608	2,532	16,741	985,577	344,952	985,577	5,324	11,964	9,486	16,126
7	8,876	2,954	19,402	850,409	297,643	850,409	3,9638	8,9075	7,0625	12,006
8	10,144	3,376	22,066	747,748	261,712	747,748	3,0646	6,8867	5,4602	9,2824
9	11,412	3,798	24,732	667,152	233,503	667,152	2,4395	5,4821	4,3466	7,3892
10	12,68	4,22	27,399	602,209	210,773	602,209	1,9877	4,4668	3,5416	6,0206
11	13,948	4,642	30,067	548,77	192,069	548,77	1,6506	3,7092	2,9409	4,9995
12	15,216	5,064	32,736	504,03	176,411	504,03	1,3924	3,1291	2,4809	4,2176
13	16,484	5,486	35,406	466,028	163,11	466,028	1,1904	2,675	2,1209	3,6056
14	17,752	5,908	38,076	433,349	151,672	433,349	1,0293	2,313	1,8339	3,1176
15	19,02	6,33	40,746	404,95	141,732	404,95	0,8988	2,0198	1,6014	2,7224
16	20,288	6,752	43,416	380,041	133,014	380,041	0,7916	1,7789	1,4105	2,3978
17	21,556	7,174	46,087	358,017	125,306	358,017	0,7025	1,5787	1,2517	2,1279
18	22,824	7,596	48,758	338,404	118,441	338,404	0,6277	1,4105	1,1183	1,9012
19	24,092	8,018	51,43	320,827	112,29	320,827	0,5642	1,2678	1,0052	1,7088
20	25,36	8,44	54,101	304,985	106,745	304,985	0,5098	1,1457	0,9084	1,5442

Πίνακας 5.1.6-3 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη MT, $S_N=50MVA$, ACSR 16mm²
MΣ 150kV/15kV: $R_{MΣ}=0.027\Omega$, $X_{MΣ}=0.9\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.25sec$

ON-OFF	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	460,55	651,32	921,11	1035	1463,7	2069,9	820,58	1160,5	1641,2	1395	1972,8	2790
1	108,96	154,1	217,92	244,86	346,29	489,72	194,14	274,56	388,28	330,04	466,75	660,08
2	38,822	54,903	77,645	87,242	123,38	174,48	69,171	97,823	138,34	117,59	166,3	235,18
3	19,263	27,242	38,525	43,287	61,218	86,575	34,321	48,537	68,642	58,346	82,513	116,69
4	11,41	16,136	22,82	25,64	36,261	51,28	20,329	28,75	40,658	34,56	48,875	69,119
5	7,5217	10,637	15,043	16,903	23,904	33,806	13,402	18,953	26,803	22,783	32,22	45,566
6	5,324	7,5293	10,648	11,964	16,92	23,928	9,486	13,415	18,972	16,126	22,806	32,252
7	3,9638	5,6057	7,9276	8,9075	12,597	17,815	7,0625	9,9878	14,125	12,006	16,979	24,012
8	3,0646	4,3339	6,1291	6,8867	9,7393	13,773	5,4602	7,7219	10,92	9,2824	13,127	18,565
9	2,4395	3,45	4,8791	5,4821	7,7529	10,964	4,3466	6,147	8,6932	7,3892	10,45	14,778
10	1,9877	2,811	3,9754	4,4668	6,317	8,9336	3,5416	5,0085	7,0831	6,0206	8,5145	12,041
11	1,6506	2,3343	3,3012	3,7092	5,2456	7,4184	2,9409	4,1591	5,8818	4,9995	7,0704	9,9991
12	1,3924	1,9692	2,7848	3,1291	4,4252	6,2581	2,4809	3,5086	4,9618	4,2176	5,9645	8,4351
13	1,1904	1,6834	2,3807	2,675	3,783	5,35	2,1209	2,9994	4,2418	3,6056	5,099	7,2111
14	1,0293	1,4556	2,0586	2,313	3,2711	4,626	1,8339	2,5935	3,6678	3,1176	4,409	6,2353
15	0,8988	1,2711	1,7976	2,0198	2,8564	4,0396	1,6014	2,2647	3,2028	2,7224	3,85	5,4448
16	0,7916	1,1195	1,5832	1,7789	2,5158	3,5579	1,4105	1,9947	2,8209	2,3978	3,391	4,7956
17	0,7025	0,9935	1,4051	1,5787	2,2327	3,1575	1,2517	1,7702	2,5034	2,1279	3,0093	4,2558
18	0,6277	0,8877	1,2553	1,4105	1,9947	2,821	1,1183	1,5816	2,2367	1,9012	2,6887	3,8023
19	0,5642	0,7978	1,1283	1,2678	1,7929	2,5356	1,0052	1,4215	2,0104	1,7088	2,4166	3,4176
20	0,5098	0,721	1,0196	1,1457	1,6202	2,2913	0,9084	1,2846	1,8167	1,5442	2,1838	3,0884

Πίνακας 5.1.6-4 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη MT
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, MΣ 150kV/15kV
 $t=0.25sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.6-3

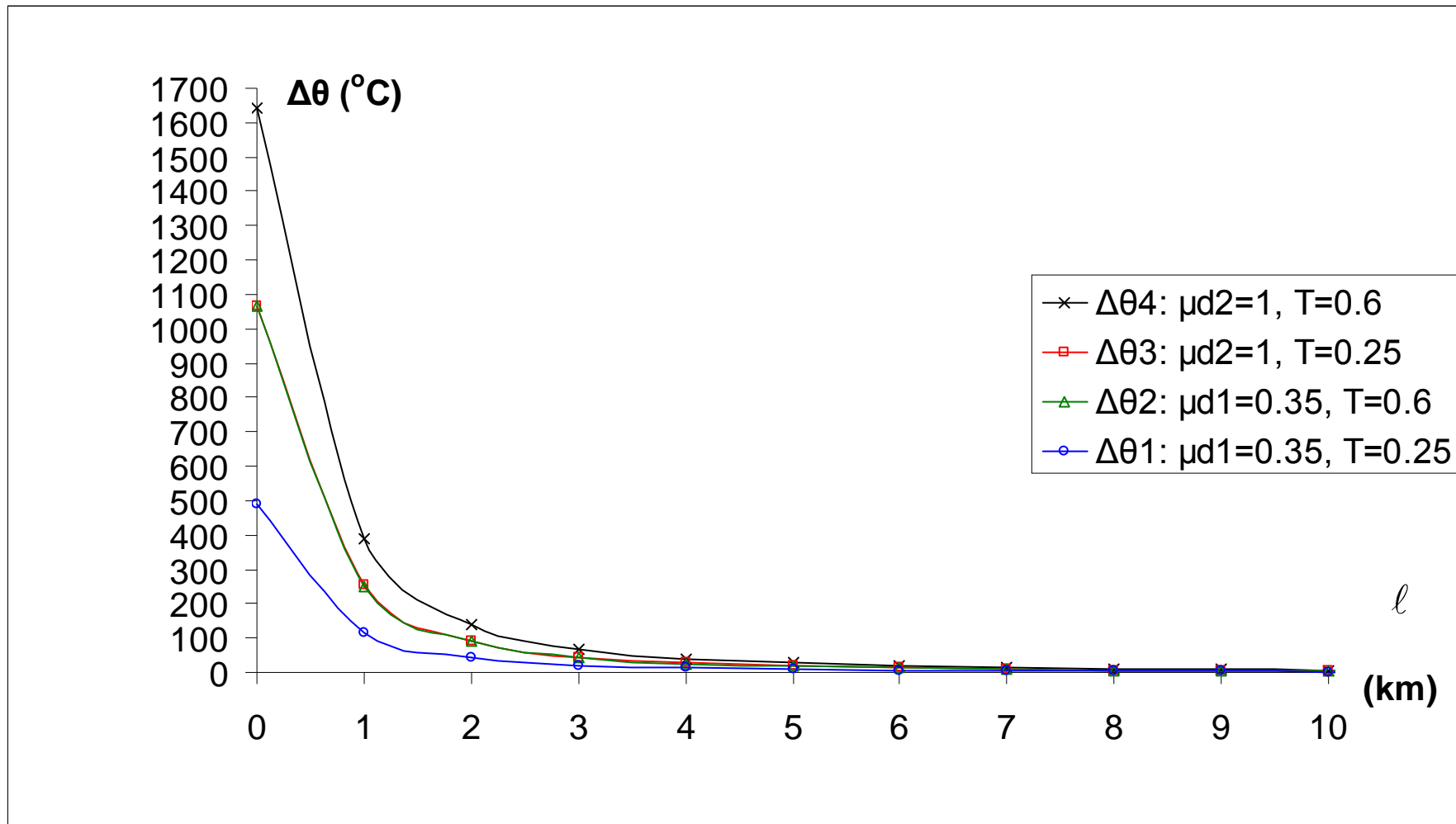
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.25sec

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	1,8	9166,67	3208,33	9166,67	490,71	1065,1	1066,8	1641,2
1	1,268	0,422	3,7006	4458,72	1560,55	4458,72	116,1	252	252,38	388,28
2	2,536	0,844	6,1997	2661,42	931,496	2661,42	41,364	89,784	89,923	138,34
3	3,804	1,266	8,8014	1874,69	656,142	1874,69	20,524	44,549	44,617	68,642
4	5,072	1,688	11,436	1442,81	504,985	1442,81	12,157	26,387	26,428	40,658
5	6,34	2,11	14,085	1171,46	410,013	1171,46	8,0142	17,395	17,422	26,803
6	7,608	2,532	16,741	985,577	344,952	985,577	5,6726	12,313	12,332	18,972
7	8,876	2,954	19,402	850,409	297,643	850,409	4,2233	9,1671	9,1812	14,125
8	10,144	3,376	22,066	747,748	261,712	747,748	3,2652	7,0874	7,0983	10,92
9	11,412	3,798	24,732	667,152	233,503	667,152	2,5993	5,6419	5,6506	8,6932
10	12,68	4,22	27,399	602,209	210,773	602,209	2,1179	4,5969	4,604	7,0831
11	13,948	4,642	30,067	548,77	192,069	548,77	1,7587	3,8173	3,8232	5,8818
12	15,216	5,064	32,736	504,03	176,411	504,03	1,4836	3,2202	3,2252	4,9618
13	16,484	5,486	35,406	466,028	163,11	466,028	1,2683	2,753	2,7572	4,2418
14	17,752	5,908	38,076	433,349	151,672	433,349	1,0967	2,3804	2,3841	3,6678
15	19,02	6,33	40,746	404,95	141,732	404,95	0,9576	2,0786	2,0818	3,2028
16	20,288	6,752	43,416	380,041	133,014	380,041	0,8435	1,8308	1,8336	2,8209
17	21,556	7,174	46,087	358,017	125,306	358,017	0,7485	1,6247	1,6272	2,5034
18	22,824	7,596	48,758	338,404	118,441	338,404	0,6688	1,4516	1,4538	2,2367
19	24,092	8,018	51,43	320,827	112,29	320,827	0,6011	1,3047	1,3067	2,0104
20	25,36	8,44	54,101	304,985	106,745	304,985	0,5432	1,1791	1,1809	1,8167

Πίνακας 5.1.6-5 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, $S_N=50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $MΣ 150kV/15kV$: $R_{MΣ}=0.027\Omega$, $X_{MΣ}=0.9\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=0.4sec$

ON-OFF	1 $^{\circ}$	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o	1 o	2 o	3 o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	490,71	693,97	981,42	1065,1	1506,3	2130,2	1066,8	1508,6	2133,5	1641,2	2321	3282,3
1	116,1	164,19	232,19	252	356,38	503,99	252,38	356,93	504,77	388,28	549,12	776,57
2	41,364	58,498	82,729	89,784	126,97	179,57	89,923	127,17	179,85	138,34	195,65	276,68
3	20,524	29,025	41,048	44,549	63,001	89,097	44,617	63,098	89,235	68,642	97,074	137,28
4	12,157	17,192	24,314	26,387	37,317	52,775	26,428	37,375	52,856	40,658	57,5	81,317
5	8,0142	11,334	16,028	17,395	24,601	34,791	17,422	24,639	34,844	26,803	37,906	53,607
6	5,6726	8,0223	11,345	12,313	17,413	24,626	12,332	17,44	24,664	18,972	26,83	37,944
7	4,2233	5,9727	8,4467	9,1671	12,964	18,334	9,1812	12,984	18,362	14,125	19,976	28,25
8	3,2652	4,6177	6,5304	7,0874	10,023	14,175	7,0983	10,039	14,197	10,92	15,444	21,841
9	2,5993	3,6759	5,1985	5,6419	7,9788	11,284	5,6506	7,9911	11,301	8,6932	12,294	17,386
10	2,1179	2,9951	4,2357	4,5969	6,5011	9,1939	4,604	6,5111	9,2081	7,0831	10,017	14,166
11	1,7587	2,4871	3,5173	3,8173	5,3985	7,6346	3,8232	5,4068	7,6463	5,8818	8,3181	11,764
12	1,4836	2,0981	2,9672	3,2202	4,5541	6,4405	3,2252	4,5611	6,4504	4,9618	7,0171	9,9237
13	1,2683	1,7937	2,5366	2,753	3,8933	5,5059	2,7572	3,8993	5,5144	4,2418	5,9989	8,4837
14	1,0967	1,5509	2,1933	2,3804	3,3664	4,7608	2,3841	3,3716	4,7681	3,6678	5,1871	7,3356
15	0,9576	1,3543	1,9153	2,0786	2,9396	4,1573	2,0818	2,9442	4,1637	3,2028	4,5295	6,4056
16	0,8435	1,1928	1,6869	1,8308	2,5891	3,6615	1,8336	2,5931	3,6672	2,8209	3,9894	5,6418
17	0,7485	1,0586	1,4971	1,6247	2,2977	3,2495	1,6272	2,3013	3,2545	2,5034	3,5404	5,0069
18	0,6688	0,9458	1,3375	1,4516	2,0529	2,9032	1,4538	2,056	2,9077	2,2367	3,1631	4,4733
19	0,6011	0,8501	1,2022	1,3047	1,8452	2,6094	1,3067	1,848	2,6135	2,0104	2,8431	4,0207
20	0,5432	0,7682	1,0864	1,1791	1,6674	2,3581	1,1809	1,67	2,3617	1,8167	2,5692	3,6334

Πίνακας 5.1.6-6 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών $ACSR 16mm^2$ στη ΜΤ
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, $MΣ 150kV/15kV$
 $t=0.4sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.6-4

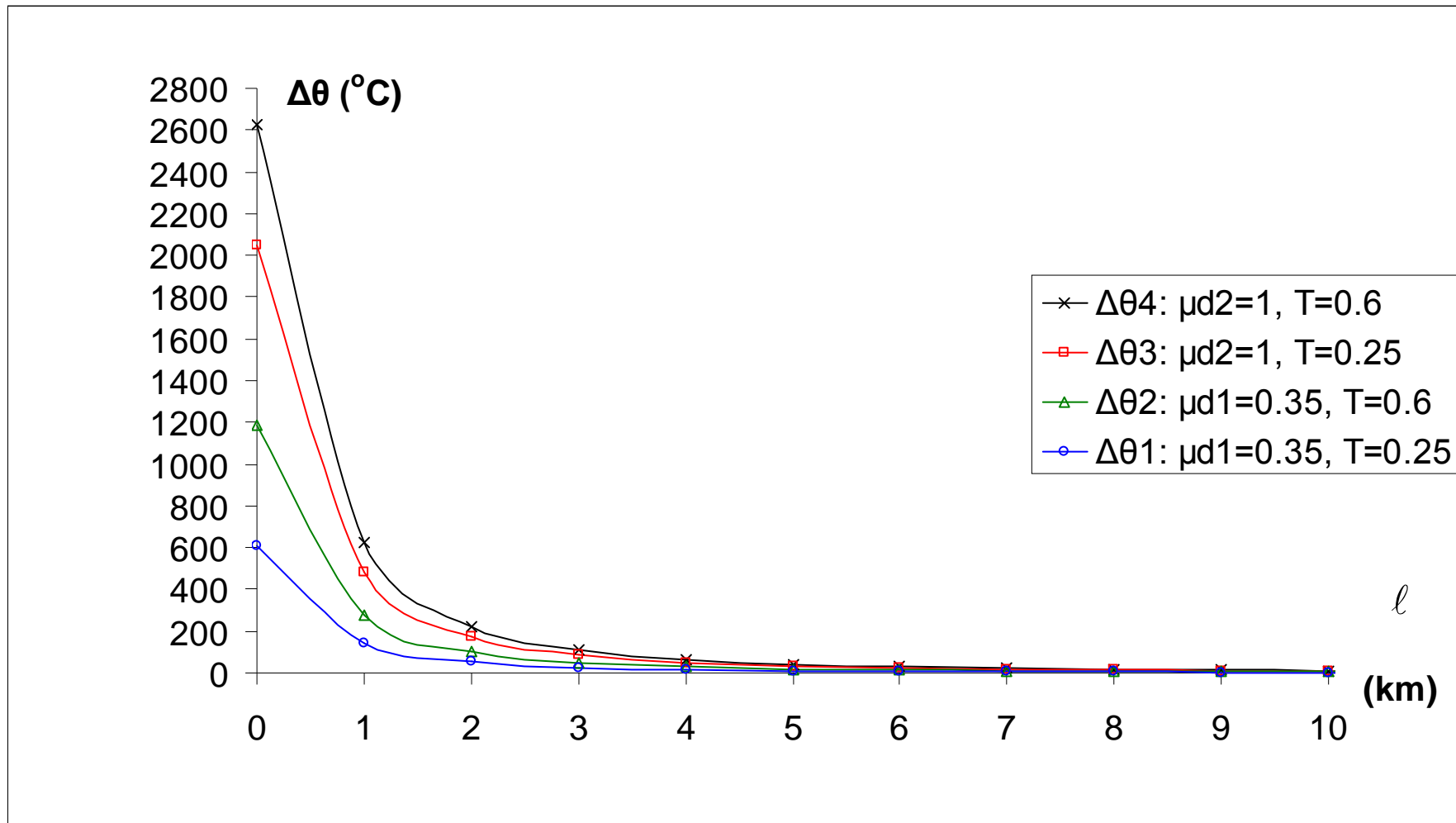
Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=0.4sec (Οι καμπύλες Δθ₂ και Δθ₃ ταυτίζονται)

ℓ (km)	$R_{\gamma p}$ (Ω)	$X_{\gamma p}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	$I_{sw,max}$ (A)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	0	0	1,8	9166,67	3208,33	9166,67	611,33	1185,7	2051,5	2625,9
1	1,268	0,422	3,7006	4458,72	1560,55	4458,72	144,64	280,54	485,36	621,26
2	2,536	0,844	6,1997	2661,42	931,496	2661,42	51,533	99,952	172,93	221,35
3	3,804	1,266	8,8014	1874,69	656,142	1874,69	25,569	49,594	85,802	109,83
4	5,072	1,688	11,436	1442,81	504,985	1442,81	15,145	29,376	50,823	65,053
5	6,34	2,11	14,085	1171,46	410,013	1171,46	9,9842	19,365	33,504	42,885
6	7,608	2,532	16,741	985,577	344,952	985,577	7,067	13,707	23,715	30,355
7	8,876	2,954	19,402	850,409	297,643	850,409	5,2615	10,205	17,656	22,6
8	10,144	3,376	22,066	747,748	261,712	747,748	4,0679	7,89	13,651	17,473
9	11,412	3,798	24,732	667,152	233,503	667,152	3,2382	6,2808	10,866	13,909
10	12,68	4,22	27,399	602,209	210,773	602,209	2,6385	5,1176	8,8539	11,333
11	13,948	4,642	30,067	548,77	192,069	548,77	2,191	4,2496	7,3523	9,4109
12	15,216	5,064	32,736	504,03	176,411	504,03	1,8483	3,5849	6,2023	7,939
13	16,484	5,486	35,406	466,028	163,11	466,028	1,5801	3,0647	5,3023	6,7869
14	17,752	5,908	38,076	433,349	151,672	433,349	1,3663	2,65	4,5848	5,8685
15	19,02	6,33	40,746	404,95	141,732	404,95	1,193	2,314	4,0035	5,1245
16	20,288	6,752	43,416	380,041	133,014	380,041	1,0508	2,0381	3,5261	4,5135
17	21,556	7,174	46,087	358,017	125,306	358,017	0,9325	1,8087	3,1293	4,0055
18	22,824	7,596	48,758	338,404	118,441	338,404	0,8332	1,616	2,7958	3,5787
19	24,092	8,018	51,43	320,827	112,29	320,827	0,7489	1,4525	2,5129	3,2166
20	25,36	8,44	54,101	304,985	106,745	304,985	0,6767	1,3126	2,2709	2,9068

Πίνακας 5.1.6-7 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη MT, $S_N=50MVA$, ACSR 16mm²
MΣ 150kV/15kV: $R_{MΣ}=0.027\Omega$, $X_{MΣ}=0.9\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma p/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma p/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-20km$
 $t=1sec$

ON-OFF	1°	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o	1o	2o	3o
ℓ (km)	$\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_1$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_2$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_3$ ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$\sqrt{2}\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)	$2\Delta\theta_4$ ($^{\circ}C$)
0	611,33	864,56	1222,7	1185,7	1676,9	2371,5	2051,5	2901,2	4102,9	2625,9	3713,5	5251,7
1	144,64	204,55	289,27	280,54	396,74	561,07	485,36	686,4	970,71	621,26	878,59	1242,5
2	51,533	72,878	103,07	99,952	141,35	199,9	172,93	244,56	345,86	221,35	313,03	442,7
3	25,569	36,16	51,138	49,594	70,136	99,188	85,802	121,34	171,6	109,83	155,32	219,65
4	15,145	21,419	30,291	29,376	41,544	58,751	50,823	71,875	101,65	65,053	92	130,11
5	9,9842	14,12	19,968	19,365	27,387	38,731	33,504	47,382	67,008	42,885	60,649	85,771
6	7,067	9,9943	14,134	13,707	19,385	27,414	23,715	33,538	47,43	30,355	42,929	60,71
7	5,2615	7,4409	10,523	10,205	14,432	20,41	17,656	24,97	35,312	22,6	31,961	45,2
8	4,0679	5,7528	8,1357	7,89	11,158	15,78	13,651	19,305	27,301	17,473	24,71	34,945
9	3,2382	4,5795	6,4764	6,2808	8,8824	12,562	10,866	15,368	21,733	13,909	19,67	27,818
10	2,6385	3,7313	5,2769	5,1176	7,2373	10,235	8,8539	12,521	17,708	11,333	16,027	22,666
11	2,191	3,0985	4,3819	4,2496	6,0098	8,4992	7,3523	10,398	14,705	9,4109	13,309	18,822
12	1,8483	2,6139	3,6966	3,5849	5,0699	7,1699	6,2023	8,7714	12,405	7,939	11,227	15,878
13	1,5801	2,2346	3,1602	3,0647	4,3342	6,1295	5,3023	7,4986	10,605	6,7869	9,5982	13,574
14	1,3663	1,9322	2,7325	2,65	3,7477	5,3	4,5848	6,4838	9,1695	5,8685	8,2993	11,737
15	1,193	1,6872	2,3861	2,314	3,2725	4,6281	4,0035	5,6618	8,007	5,1245	7,2471	10,249
16	1,0508	1,486	2,1016	2,0381	2,8823	4,0762	3,5261	4,9867	7,0523	4,5135	6,383	9,0269
17	0,9325	1,3188	1,8651	1,8087	2,5579	3,6175	3,1293	4,4255	6,2586	4,0055	5,6646	8,011
18	0,8332	1,1783	1,6663	1,616	2,2854	3,232	2,7958	3,9539	5,5917	3,5787	5,061	7,1573
19	0,7489	1,059	1,4977	1,4525	2,0541	2,905	2,5129	3,5538	5,0259	3,2166	4,5489	6,4331
20	0,6767	0,957	1,3535	1,3126	1,8563	2,6252	2,2709	3,2115	4,5418	2,9068	4,1108	5,8135

Πίνακας 5.1.6-8 Επίδραση των διακοπών αυτόματης επαναφοράς στη θερμική καταπόνηση αγωγών ACSR 16mm² στη MT
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $S_N=50MVA$, MΣ 150kV/15kV
 $t=1sec$, $\ell=0-20km$



Σχήμα 5.1.6-5

Θερμική καταπόνηση αγωγών σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα στη ΜΤ, ACSR 16mm², S_N=50MVA, ΜΣ 150kV/15kV,
 t=1sec

5.2. Ροή ρεύματος στο έδαφος μέσω της αντίστασης R_δ του εδάφους κατά την αποκοπή αγωγών και πτώση τους στο έδαφος

Σε αυτήν την περίπτωση οι δυο αγωγοί δε βρίσκονται σε άμεση επαφή, αλλά κλείνουν κύκλωμα μέσω της αντίστασης R_δ του εδάφους. Συνεπώς, η αντίσταση $Z_{ολ}$ σε αυτήν την περίπτωση είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αντίσταση στην περίπτωση άμεσης επαφής των δυο αγωγών, οπότε το ρεύμα που τους διαρρέει θα είναι μικρότερο.

Για τη ροή ρεύματος στο έδαφος μέσω της αντίστασης R_δ του εδάφους αρκεί να υπολογιστεί το ρεύμα προς γη I_{max} και στη συνέχεια να βρεθεί η θερμική καταπόνηση $\Delta\theta$ των αγωγών για αυτό το ρεύμα από τις καμπύλες για το διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα ή στο έδαφος με άμεση επαφή (Παράγραφος 5.1).

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

1) Για χαρακτηριστικές τιμές $R_\delta=10, 50, 100, 200, 1000, 2000, 3000 \Omega$ και από τους Πίνακες 4.2.1-1, 4.2.1-2, 4.2.2-1 και τις Σχέσεις (4.2.2-3), (4.2.2-4) υπολογίζεται η μέγιστη ενεργός τιμή του ρεύματος προς γη I_{max} και το διαρκές ρεύμα I_d από τη Σχέση (4.3-5), για τις οριακές τιμές του μ_d (0.35 και 1).

2) Στη συνέχεια, από τις καμπύλες $\ell - I_d$ για το διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα ή στο έδαφος με άμεση επαφή (Παράγραφος 5.1), προσδιορίζεται το αντίστοιχο μήκος ℓ , από το ΜΣ μέχρι το σημείο των αγωγών που συμβαίνει το βραχυκύκλωμα.

3) Τέλος, για αυτό το μήκος ℓ προσδιορίζεται από τις καμπύλες $\ell - \Delta\theta$ της Παραγράφου 5.1 η θερμική καταπόνηση του αγωγού.

5.2.1. Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_δ του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm², $S_N=15MVA$, ΜΣ 150kV/20kV

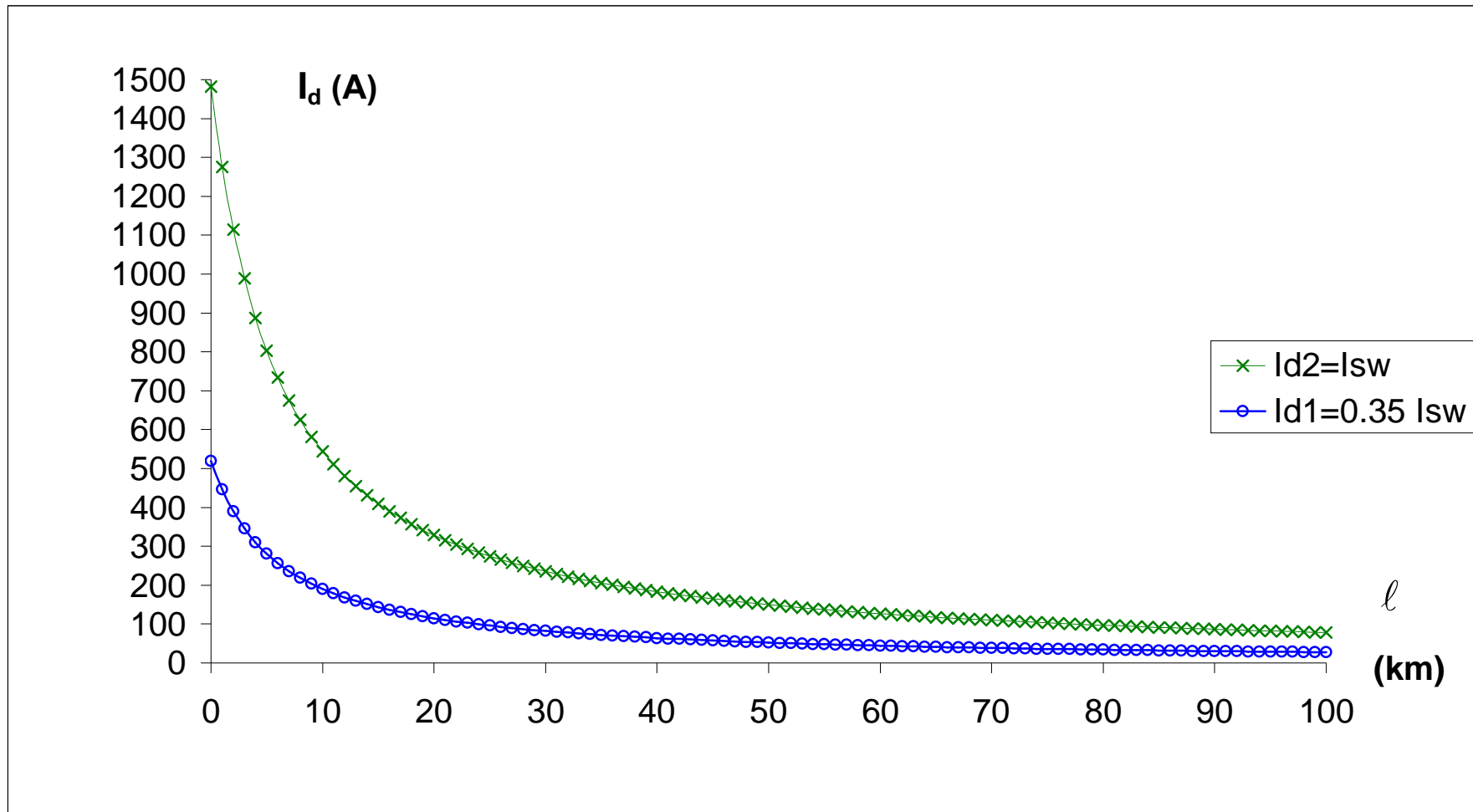
$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 26.667\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.16\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 5.331\Omega$$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	14,838	1482,64	51	64,668	21,522	149,63	147,033
1	1,268	0,422	17,253	1275,15	52	65,936	21,944	152,3	144,455
2	2,536	0,844	19,734	1114,82	53	67,204	22,366	154,97	141,966
3	3,804	1,266	22,26	988,336	54	68,472	22,788	157,64	139,561
4	5,072	1,688	24,816	886,523	55	69,74	23,21	160,31	137,237
5	6,34	2,11	27,395	803,075	56	71,008	23,632	162,98	134,988
6	7,608	2,532	29,99	733,582	57	72,276	24,054	165,65	132,812
7	8,876	2,954	32,598	674,898	58	73,544	24,476	168,32	130,705
8	10,144	3,376	35,215	624,735	59	74,812	24,898	170,99	128,663
9	11,412	3,798	37,84	581,394	60	76,08	25,32	173,66	126,685
10	12,68	4,22	40,472	543,592	61	77,348	25,742	176,33	124,766
11	13,948	4,642	43,108	510,346	62	78,616	26,164	179	122,904
12	15,216	5,064	45,749	480,888	63	79,884	26,586	181,67	121,097
13	16,484	5,486	48,393	454,612	64	81,152	27,008	184,34	119,343
14	17,752	5,908	51,04	431,034	65	82,42	27,43	187,01	117,638
15	19,02	6,33	53,69	409,761	66	83,688	27,852	189,68	115,982
16	20,288	6,752	56,342	390,474	67	84,956	28,274	192,36	114,371
17	21,556	7,174	58,996	372,91	68	86,224	28,696	195,03	112,805
18	22,824	7,596	61,651	356,848	69	87,492	29,118	197,7	111,281
19	24,092	8,018	64,308	342,105	70	88,76	29,54	200,37	109,797
20	25,36	8,44	66,966	328,525	71	90,028	29,962	203,04	108,353
21	26,628	8,862	69,625	315,978	72	91,296	30,384	205,71	106,946
22	27,896	9,284	72,285	304,349	73	92,564	30,806	208,38	105,575
23	29,164	9,706	74,947	293,543	74	93,832	31,228	211,05	104,239
24	30,432	10,128	77,608	283,474	75	95,1	31,65	213,73	102,936
25	31,7	10,55	80,271	274,071	76	96,368	32,072	216,4	101,665
26	32,968	10,972	82,934	265,27	77	97,636	32,494	219,07	100,425
27	34,236	11,394	85,598	257,014	78	98,904	32,916	221,74	99,2153
28	35,504	11,816	88,263	249,256	79	100,17	33,338	224,41	98,0342
29	36,772	12,238	90,928	241,951	80	101,44	33,76	227,08	96,8809
30	38,04	12,66	93,593	235,06	81	102,71	34,182	229,75	95,7544
31	39,308	13,082	96,259	228,551	82	103,98	34,604	232,43	94,6538
32	40,576	13,504	98,925	222,391	83	105,24	35,026	235,1	93,5781
33	41,844	13,926	101,59	216,554	84	106,51	35,448	237,77	92,5267
34	43,112	14,348	104,26	211,014	85	107,78	35,87	240,44	91,4986
35	44,38	14,77	106,93	205,751	86	109,05	36,292	243,11	90,493
36	45,648	15,192	109,59	200,743	87	110,32	36,714	245,78	89,5094
37	46,916	15,614	112,26	195,973	88	111,58	37,136	248,46	88,5468
38	48,184	16,036	114,93	191,424	89	112,85	37,558	251,13	87,6048
39	49,452	16,458	117,6	187,081	90	114,12	37,98	253,8	86,6826
40	50,72	16,88	120,26	182,93	91	115,39	38,402	256,47	85,7796
41	51,988	17,302	122,93	178,959	92	116,66	38,824	259,14	84,8952
42	53,256	17,724	125,6	175,157	93	117,92	39,246	261,82	84,0288
43	54,524	18,146	128,27	171,512	94	119,19	39,668	264,49	83,1799
44	55,792	18,568	130,94	168,016	95	120,46	40,09	267,16	82,3481
45	57,06	18,99	133,61	164,66	96	121,73	40,512	269,83	81,5326
46	58,328	19,412	136,28	161,434	97	123	40,934	272,5	80,7332
47	59,596	19,834	138,95	158,333	98	124,26	41,356	275,17	79,9493
48	60,864	20,256	141,62	155,348	99	125,53	41,778	277,85	79,1804
49	62,132	20,678	144,29	152,474	100	126,8	42,2	280,52	78,4263
50	63,4	21,1	146,96	149,704					

Πίνακας 5.2.1-1 Διφασικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 10\Omega$ του εδάφους $S_N = 15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/20kV$: $R_{M\Sigma} = 0.16\Omega$, $X_{M\Sigma} = 5.331\Omega$
Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$

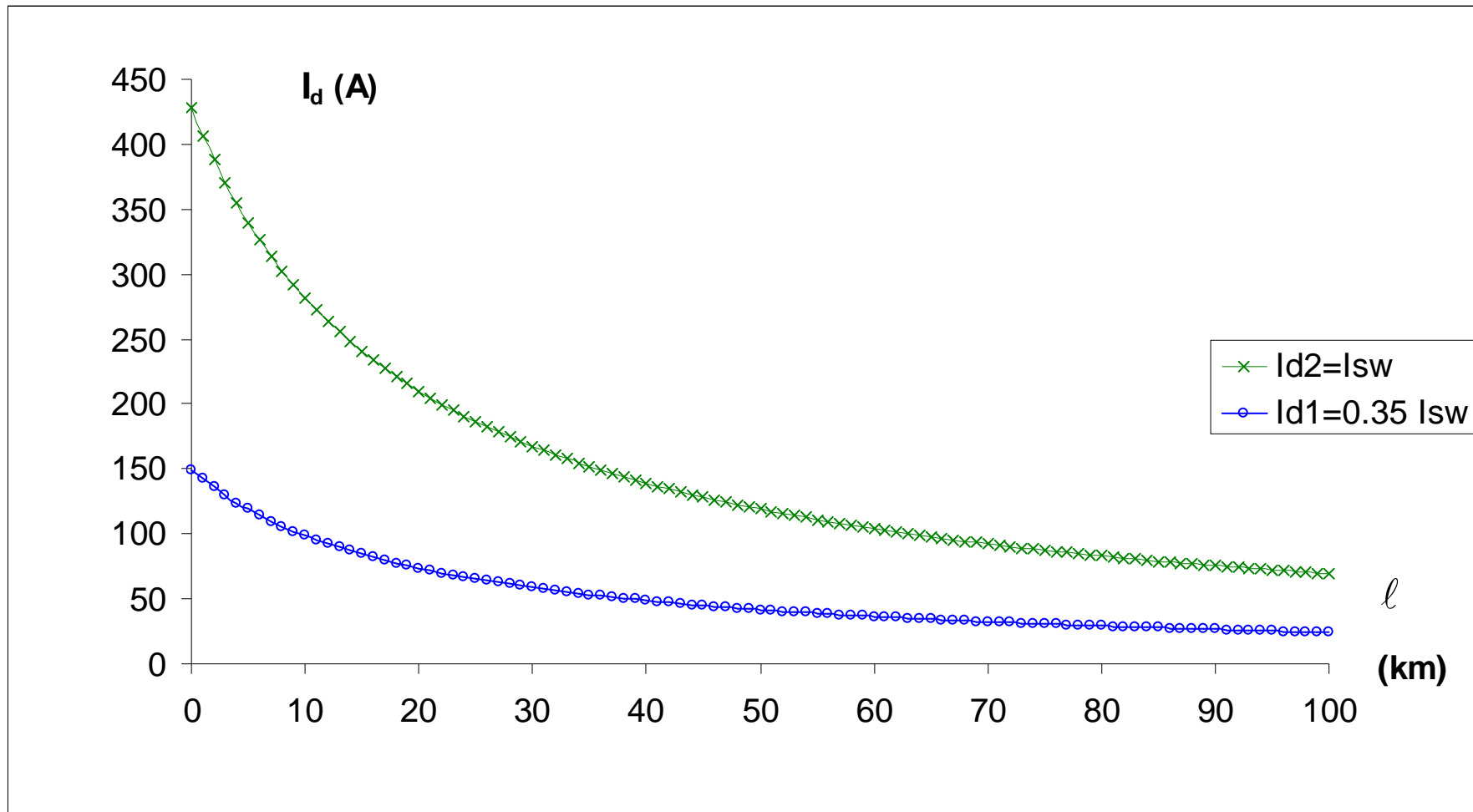


Σχήμα 5.2.1-1

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=10\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)		ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	51,437	427,707		51	64,668	21,522	187,51	117,326
1	1,268	0,422	54,094	406,701		52	65,936	21,944	190,18	115,678
2	2,536	0,844	56,752	387,651		53	67,204	22,366	192,85	114,076
3	3,804	1,266	59,412	370,298		54	68,472	22,788	195,53	112,517
4	5,072	1,688	62,072	354,426		55	69,74	23,21	198,2	111
5	6,34	2,11	64,734	339,853		56	71,008	23,632	200,87	109,524
6	7,608	2,532	67,396	326,427		57	72,276	24,054	203,54	108,086
7	8,876	2,954	70,06	314,018		58	73,544	24,476	206,21	106,686
8	10,144	3,376	72,724	302,515		59	74,812	24,898	208,88	105,321
9	11,412	3,798	75,388	291,823		60	76,08	25,32	211,56	103,991
10	12,68	4,22	78,053	281,858		61	77,348	25,742	214,23	102,694
11	13,948	4,642	80,719	272,55		62	78,616	26,164	216,9	101,429
12	15,216	5,064	83,385	263,836		63	79,884	26,586	219,57	100,195
13	16,484	5,486	86,052	255,66		64	81,152	27,008	222,24	98,9905
14	17,752	5,908	88,719	247,975		65	82,42	27,43	224,92	97,8146
15	19,02	6,33	91,386	240,737		66	83,688	27,852	227,59	96,6662
16	20,288	6,752	94,054	233,909		67	84,956	28,274	230,26	95,5445
17	21,556	7,174	96,721	227,457		68	86,224	28,696	232,93	94,4485
18	22,824	7,596	99,39	221,351		69	87,492	29,118	235,6	93,3774
19	24,092	8,018	102,06	215,564		70	88,76	29,54	238,28	92,3303
20	25,36	8,44	104,73	210,071		71	90,028	29,962	240,95	91,3064
21	26,628	8,862	107,4	204,851		72	91,296	30,384	243,62	90,3049
22	27,896	9,284	110,06	199,883		73	92,564	30,806	246,29	89,3252
23	29,164	9,706	112,73	195,151		74	93,832	31,228	248,96	88,3665
24	30,432	10,128	115,4	190,637		75	95,1	31,65	251,64	87,4282
25	31,7	10,55	118,07	186,327		76	96,368	32,072	254,31	86,5096
26	32,968	10,972	120,74	182,207		77	97,636	32,494	256,98	85,61
27	34,236	11,394	123,41	178,265		78	98,904	32,916	259,65	84,729
28	35,504	11,816	126,08	174,49		79	100,17	33,338	262,32	83,8659
29	36,772	12,238	128,75	170,872		80	101,44	33,76	265	83,0203
30	38,04	12,66	131,42	167,4		81	102,71	34,182	267,67	82,1915
31	39,308	13,082	134,09	164,067		82	103,98	34,604	270,34	81,3791
32	40,576	13,504	136,76	160,863		83	105,24	35,026	273,01	80,5825
33	41,844	13,926	139,43	157,782		84	106,51	35,448	275,68	79,8015
34	43,112	14,348	142,1	154,817		85	107,78	35,87	278,36	79,0354
35	44,38	14,77	144,77	151,961		86	109,05	36,292	281,03	78,2839
36	45,648	15,192	147,44	149,209		87	110,32	36,714	283,7	77,5465
37	46,916	15,614	150,12	146,554		88	111,58	37,136	286,37	76,8229
38	48,184	16,036	152,79	143,992		89	112,85	37,558	289,05	76,1127
39	49,452	16,458	155,46	141,518		90	114,12	37,98	291,72	75,4155
40	50,72	16,88	158,13	139,128		91	115,39	38,402	294,39	74,7309
41	51,988	17,302	160,8	136,817		92	116,66	38,824	297,06	74,0587
42	53,256	17,724	163,47	134,581		93	117,92	39,246	299,73	73,3984
43	54,524	18,146	166,14	132,418		94	119,19	39,668	302,41	72,7498
44	55,792	18,568	168,81	130,322		95	120,46	40,09	305,08	72,1126
45	57,06	18,99	171,48	128,292		96	121,73	40,512	307,75	71,4864
46	58,328	19,412	174,15	126,325		97	123	40,934	310,42	70,871
47	59,596	19,834	176,83	124,416		98	124,26	41,356	313,1	70,2661
48	60,864	20,256	179,5	122,565		99	125,53	41,778	315,77	69,6714
49	62,132	20,678	182,17	120,767		100	126,8	42,2	318,44	69,0868
50	63,4	21,1	184,84	119,022						

Πίνακας 5.2.1-2 Διφασικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_\delta = 50\Omega$ του εδάφους $S_N = 15MVA$, ACSR 16mm²
MΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma} = 0.16\Omega$, $X_{M\Sigma} = 5.331\Omega$
Γραμμή: A=16mm², $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$

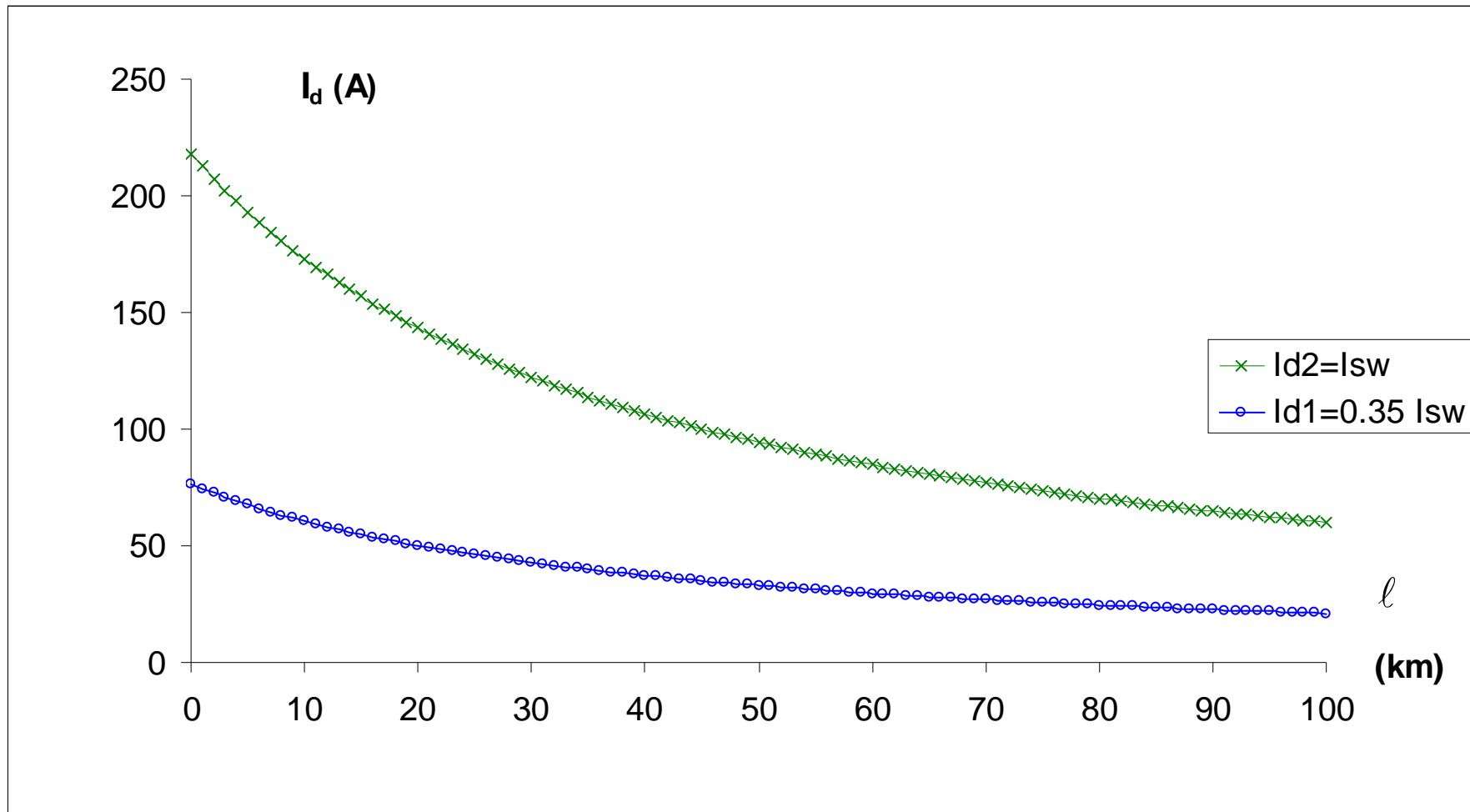


Σχήμα 5.2.1-2

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη MT μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=50\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm², SN=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)		ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	100,88	218,07		51	64,668	21,522	235,85	93,2788
1	1,268	0,422	103,5	212,565		52	65,936	21,944	238,51	92,2379
2	2,536	0,844	106,11	207,326		53	67,204	22,366	241,18	91,2198
3	3,804	1,266	108,73	202,333		54	68,472	22,788	243,84	90,2239
4	5,072	1,688	111,35	197,571		55	69,74	23,21	246,5	89,2494
5	6,34	2,11	113,98	193,024		56	71,008	23,632	249,16	88,2957
6	7,608	2,532	116,6	188,677		57	72,276	24,054	251,83	87,362
7	8,876	2,954	119,23	184,519		58	73,544	24,476	254,49	86,4478
8	10,144	3,376	121,86	180,537		59	74,812	24,898	257,15	85,5525
9	11,412	3,798	124,49	176,721		60	76,08	25,32	259,82	84,6755
10	12,68	4,22	127,12	173,06		61	77,348	25,742	262,48	83,8162
11	13,948	4,642	129,76	169,546		62	78,616	26,164	265,14	82,9741
12	15,216	5,064	132,39	166,17		63	79,884	26,586	267,81	82,1487
13	16,484	5,486	135,03	162,924		64	81,152	27,008	270,47	81,3396
14	17,752	5,908	137,67	159,801		65	82,42	27,43	273,14	80,5461
15	19,02	6,33	140,31	156,794		66	83,688	27,852	275,8	79,768
16	20,288	6,752	142,95	153,896		67	84,956	28,274	278,46	79,0047
17	21,556	7,174	145,6	151,103		68	86,224	28,696	281,13	78,2558
18	22,824	7,596	148,24	148,408		69	87,492	29,118	283,79	77,5209
19	24,092	8,018	150,88	145,807		70	88,76	29,54	286,46	76,7997
20	25,36	8,44	153,53	143,294		71	90,028	29,962	289,12	76,0917
21	26,628	8,862	156,18	140,866		72	91,296	30,384	291,79	75,3967
22	27,896	9,284	158,82	138,517		73	92,564	30,806	294,46	74,7142
23	29,164	9,706	161,47	136,245		74	93,832	31,228	297,12	74,0439
24	30,432	10,128	164,12	134,046		75	95,1	31,65	299,79	73,3854
25	31,7	10,55	166,77	131,916		76	96,368	32,072	302,45	72,7386
26	32,968	10,972	169,42	129,852		77	97,636	32,494	305,12	72,103
27	34,236	11,394	172,07	127,852		78	98,904	32,916	307,79	71,4785
28	35,504	11,816	174,73	125,911		79	100,17	33,338	310,45	70,8646
29	36,772	12,238	177,38	124,028		80	101,44	33,76	313,12	70,2611
30	38,04	12,66	180,03	122,2		81	102,71	34,182	315,78	69,6679
31	39,308	13,082	182,69	120,425		82	103,98	34,604	318,45	69,0845
32	40,576	13,504	185,34	118,7		83	105,24	35,026	321,12	68,5108
33	41,844	13,926	188	117,024		84	106,51	35,448	323,78	67,9465
34	43,112	14,348	190,65	115,394		85	107,78	35,87	326,45	67,3914
35	44,38	14,77	193,31	113,809		86	109,05	36,292	329,12	66,8453
36	45,648	15,192	195,96	112,266		87	110,32	36,714	331,79	66,308
37	46,916	15,614	198,62	110,764		88	111,58	37,136	334,45	65,7792
38	48,184	16,036	201,28	109,302		89	112,85	37,558	337,12	65,2588
39	49,452	16,458	203,93	107,878		90	114,12	37,98	339,79	64,7465
40	50,72	16,88	206,59	106,49		91	115,39	38,402	342,45	64,2422
41	51,988	17,302	209,25	105,137		92	116,66	38,824	345,12	63,7456
42	53,256	17,724	211,91	103,818		93	117,92	39,246	347,79	63,2567
43	54,524	18,146	214,57	102,531		94	119,19	39,668	350,46	62,7752
44	55,792	18,568	217,23	101,276		95	120,46	40,09	353,12	62,301
45	57,06	18,99	219,89	100,051		96	121,73	40,512	355,79	61,8338
46	58,328	19,412	222,55	98,8553		97	123	40,934	358,46	61,3736
47	59,596	19,834	225,21	97,6875		98	124,26	41,356	361,13	60,9202
48	60,864	20,256	227,87	96,5469		99	125,53	41,778	363,8	60,4734
49	62,132	20,678	230,53	95,4325		100	126,8	42,2	366,46	60,0331
50	63,4	21,1	233,19	94,3434						

Πίνακας 5.2.1-3 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=100\Omega$ του εδάφους $S_N=15MVA$, ACSR 16mm²
 ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.16\Omega$, $X_{M\Sigma}=5.331\Omega$
 Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-100km$

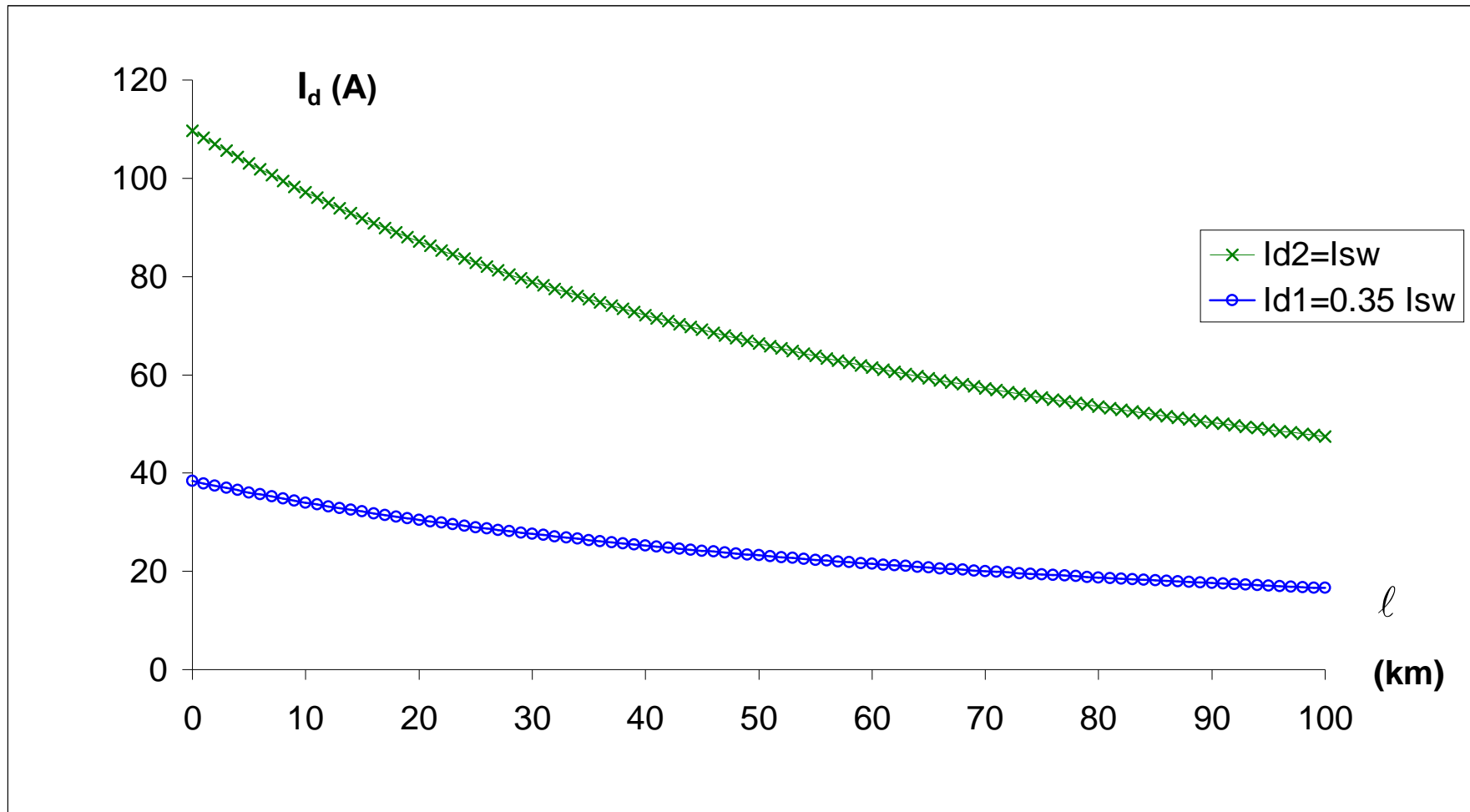


Σχήμα 5.2.1-3

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta} = 100 \Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm², SN=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	200,6	109,669	51	64,668	21,522	334	65,8679
1	1,268	0,422	203,18	108,277	52	65,936	21,944	336,64	65,3515
2	2,536	0,844	205,76	106,919	53	67,204	22,366	339,28	64,8431
3	3,804	1,266	208,35	105,593	54	68,472	22,788	341,92	64,3424
4	5,072	1,688	210,93	104,299	55	69,74	23,21	344,56	63,8493
5	6,34	2,11	213,52	103,035	56	71,008	23,632	347,2	63,3637
6	7,608	2,532	216,11	101,801	57	72,276	24,054	349,84	62,8852
7	8,876	2,954	218,7	100,594	58	73,544	24,476	352,49	62,4139
8	10,144	3,376	221,29	99,4152	59	74,812	24,898	355,13	61,9495
9	11,412	3,798	223,89	98,2627	60	76,08	25,32	357,77	61,4919
10	12,68	4,22	226,49	97,1358	61	77,348	25,742	360,41	61,0409
11	13,948	4,642	229,09	96,0338	62	78,616	26,164	363,06	60,5964
12	15,216	5,064	231,69	94,9558	63	79,884	26,586	365,7	60,1582
13	16,484	5,486	234,29	93,9011	64	81,152	27,008	368,35	59,7263
14	17,752	5,908	236,89	92,869	65	82,42	27,43	370,99	59,3005
15	19,02	6,33	239,5	91,8587	66	83,688	27,852	373,64	58,8806
16	20,288	6,752	242,11	90,8696	67	84,956	28,274	376,28	58,4666
17	21,556	7,174	244,71	89,9011	68	86,224	28,696	378,93	58,0583
18	22,824	7,596	247,32	88,9525	69	87,492	29,118	381,58	57,6557
19	24,092	8,018	249,93	88,0232	70	88,76	29,54	384,22	57,2585
20	25,36	8,44	252,55	87,1127	71	90,028	29,962	386,87	56,8667
21	26,628	8,862	255,16	86,2205	72	91,296	30,384	389,52	56,4801
22	27,896	9,284	257,77	85,3459	73	92,564	30,806	392,17	56,0988
23	29,164	9,706	260,39	84,4885	74	93,832	31,228	394,81	55,7225
24	30,432	10,128	263,01	83,6478	75	95,1	31,65	397,46	55,3512
25	31,7	10,55	265,63	82,8233	76	96,368	32,072	400,11	54,9847
26	32,968	10,972	268,25	82,0146	77	97,636	32,494	402,76	54,623
27	34,236	11,394	270,87	81,2212	78	98,904	32,916	405,41	54,2661
28	35,504	11,816	273,49	80,4427	79	100,17	33,338	408,06	53,9137
29	36,772	12,238	276,11	79,6787	80	101,44	33,76	410,71	53,5658
30	38,04	12,66	278,73	78,9288	81	102,71	34,182	413,36	53,2223
31	39,308	13,082	281,36	78,1926	82	103,98	34,604	416,01	52,8832
32	40,576	13,504	283,98	77,4698	83	105,24	35,026	418,66	52,5483
33	41,844	13,926	286,61	76,76	84	106,51	35,448	421,31	52,2177
34	43,112	14,348	289,23	76,0629	85	107,78	35,87	423,96	51,8911
35	44,38	14,77	291,86	75,3781	86	109,05	36,292	426,62	51,5685
36	45,648	15,192	294,49	74,7053	87	110,32	36,714	429,27	51,2499
37	46,916	15,614	297,12	74,0442	88	111,58	37,136	431,92	50,9352
38	48,184	16,036	299,75	73,3945	89	112,85	37,558	434,57	50,6243
39	49,452	16,458	302,38	72,756	90	114,12	37,98	437,23	50,3172
40	50,72	16,88	305,01	72,1283	91	115,39	38,402	439,88	50,0137
41	51,988	17,302	307,64	71,5111	92	116,66	38,824	442,53	49,7138
42	53,256	17,724	310,28	70,9043	93	117,92	39,246	445,19	49,4175
43	54,524	18,146	312,91	70,3076	94	119,19	39,668	447,84	49,1247
44	55,792	18,568	315,55	69,7206	95	120,46	40,09	450,49	48,8353
45	57,06	18,99	318,18	69,1432	96	121,73	40,512	453,15	48,5492
46	58,328	19,412	320,82	68,5752	97	123	40,934	455,8	48,2665
47	59,596	19,834	323,45	68,0163	98	124,26	41,356	458,46	47,987
48	60,864	20,256	326,09	67,4664	99	125,53	41,778	461,11	47,7107
49	62,132	20,678	328,73	66,9251	100	126,8	42,2	463,77	47,4376
50	63,4	21,1	331,36	66,3923					

Πίνακας 5.2.1-4 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=200\Omega$ του εδάφους $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/20kV: R_{M\Sigma}=0.16\Omega, X_{M\Sigma}=5.331\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$

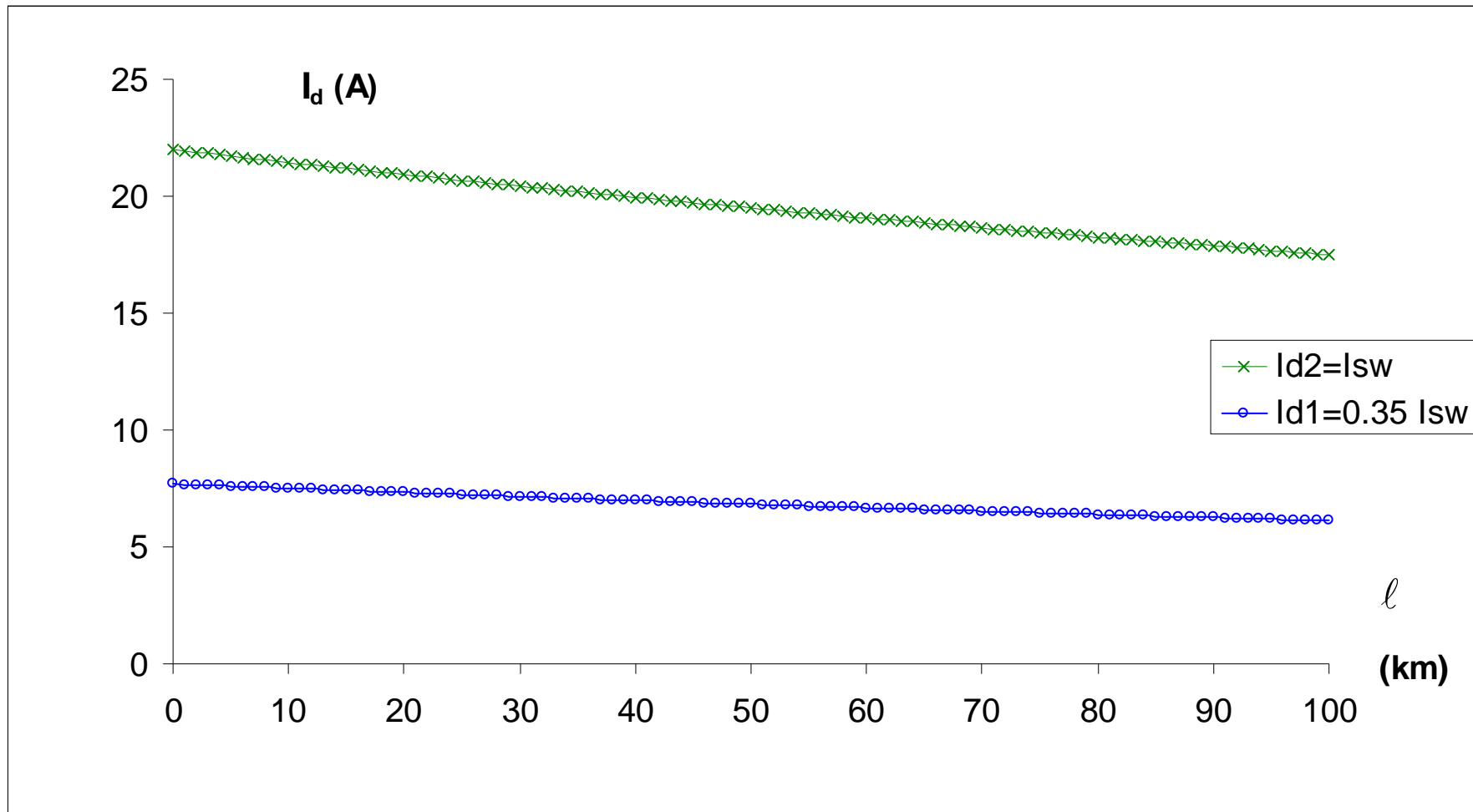


Σχήμα 5.2.1-4

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=200\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm², SN=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	1000,4	21,9917	51	64,668	21,522	1130,9	19,453
1	1,268	0,422	1002,9	21,9359	52	65,936	21,944	1133,5	19,4088
2	2,536	0,844	1005,5	21,8804	53	67,204	22,366	1136,1	19,3648
3	3,804	1,266	1008	21,8251	54	68,472	22,788	1138,7	19,3211
4	5,072	1,688	1010,6	21,7701	55	69,74	23,21	1141,2	19,2775
5	6,34	2,11	1013,1	21,7153	56	71,008	23,632	1143,8	19,2341
6	7,608	2,532	1015,7	21,6608	57	72,276	24,054	1146,4	19,1909
7	8,876	2,954	1018,2	21,6066	58	73,544	24,476	1149	19,1478
8	10,144	3,376	1020,8	21,5526	59	74,812	24,898	1151,5	19,105
9	11,412	3,798	1023,3	21,4989	60	76,08	25,32	1154,1	19,0623
10	12,68	4,22	1025,9	21,4455	61	77,348	25,742	1156,7	19,0198
11	13,948	4,642	1028,4	21,3923	62	78,616	26,164	1159,3	18,9775
12	15,216	5,064	1031	21,3393	63	79,884	26,586	1161,8	18,9354
13	16,484	5,486	1033,5	21,2866	64	81,152	27,008	1164,4	18,8935
14	17,752	5,908	1036,1	21,2341	65	82,42	27,43	1167	18,8517
15	19,02	6,33	1038,6	21,1819	66	83,688	27,852	1169,6	18,8102
16	20,288	6,752	1041,2	21,1299	67	84,956	28,274	1172,2	18,7688
17	21,556	7,174	1043,7	21,0782	68	86,224	28,696	1174,7	18,7275
18	22,824	7,596	1046,3	21,0267	69	87,492	29,118	1177,3	18,6865
19	24,092	8,018	1048,8	20,9755	70	88,76	29,54	1179,9	18,6456
20	25,36	8,44	1051,4	20,9245	71	90,028	29,962	1182,5	18,6049
21	26,628	8,862	1054	20,8737	72	91,296	30,384	1185,1	18,5644
22	27,896	9,284	1056,5	20,8232	73	92,564	30,806	1187,6	18,524
23	29,164	9,706	1059,1	20,7728	74	93,832	31,228	1190,2	18,4838
24	30,432	10,128	1061,6	20,7228	75	95,1	31,65	1192,8	18,4438
25	31,7	10,55	1064,2	20,6729	76	96,368	32,072	1195,4	18,4039
26	32,968	10,972	1066,8	20,6233	77	97,636	32,494	1198	18,3642
27	34,236	11,394	1069,3	20,5739	78	98,904	32,916	1200,6	18,3247
28	35,504	11,816	1071,9	20,5247	79	100,17	33,338	1203,2	18,2853
29	36,772	12,238	1074,4	20,4758	80	101,44	33,76	1205,7	18,2461
30	38,04	12,66	1077	20,4271	81	102,71	34,182	1208,3	18,2071
31	39,308	13,082	1079,6	20,3786	82	103,98	34,604	1210,9	18,1682
32	40,576	13,504	1082,1	20,3303	83	105,24	35,026	1213,5	18,1294
33	41,844	13,926	1084,7	20,2823	84	106,51	35,448	1216,1	18,0909
34	43,112	14,348	1087,3	20,2344	85	107,78	35,87	1218,7	18,0525
35	44,38	14,77	1089,8	20,1868	86	109,05	36,292	1221,3	18,0142
36	45,648	15,192	1092,4	20,1394	87	110,32	36,714	1223,8	17,9761
37	46,916	15,614	1095	20,0922	88	111,58	37,136	1226,4	17,9382
38	48,184	16,036	1097,5	20,0452	89	112,85	37,558	1229	17,9004
39	49,452	16,458	1100,1	19,9984	90	114,12	37,98	1231,6	17,8628
40	50,72	16,88	1102,7	19,9518	91	115,39	38,402	1234,2	17,8253
41	51,988	17,302	1105,2	19,9055	92	116,66	38,824	1236,8	17,788
42	53,256	17,724	1107,8	19,8593	93	117,92	39,246	1239,4	17,7508
43	54,524	18,146	1110,4	19,8134	94	119,19	39,668	1242	17,7138
44	55,792	18,568	1112,9	19,7676	95	120,46	40,09	1244,6	17,6769
45	57,06	18,99	1115,5	19,7221	96	121,73	40,512	1247,2	17,6402
46	58,328	19,412	1118,1	19,6767	97	123	40,934	1249,7	17,6036
47	59,596	19,834	1120,6	19,6316	98	124,26	41,356	1252,3	17,5672
48	60,864	20,256	1123,2	19,5866	99	125,53	41,778	1254,9	17,5309
49	62,132	20,678	1125,8	19,5419	100	126,8	42,2	1257,5	17,4948
50	63,4	21,1	1128,4	19,4973					

Πίνακας 5.2.1-5 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 1000\Omega$ του εδάφους $S_N = 15\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Sigma 150\text{kV}/20\text{kV}$: $R_{M\Sigma} = 0.16\Omega$, $X_{M\Sigma} = 5.331\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

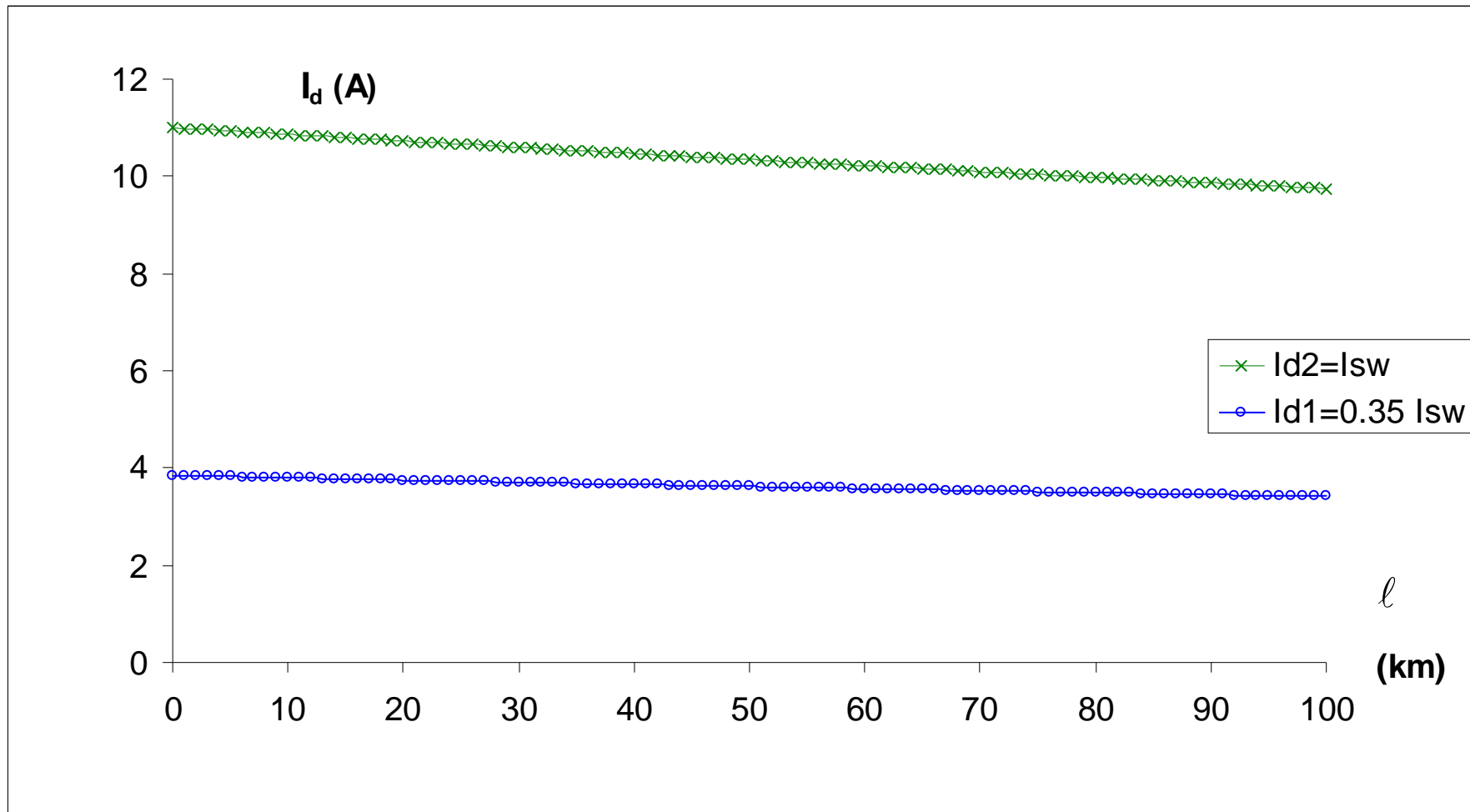


Σχήμα 5.2.1-5

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=1000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm², SN=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	2000,3	10,9981	51	64,668	21,522	2130,3	10,327
1	1,268	0,422	2002,9	10,9841	52	65,936	21,944	2132,9	10,3146
2	2,536	0,844	2005,4	10,9702	53	67,204	22,366	2135,4	10,3023
3	3,804	1,266	2008	10,9563	54	68,472	22,788	2138	10,29
4	5,072	1,688	2010,5	10,9425	55	69,74	23,21	2140,6	10,2777
5	6,34	2,11	2013,1	10,9287	56	71,008	23,632	2143,1	10,2654
6	7,608	2,532	2015,6	10,9149	57	72,276	24,054	2145,7	10,2532
7	8,876	2,954	2018,1	10,9011	58	73,544	24,476	2148,2	10,241
8	10,144	3,376	2020,7	10,8874	59	74,812	24,898	2150,8	10,2288
9	11,412	3,798	2023,2	10,8737	60	76,08	25,32	2153,4	10,2166
10	12,68	4,22	2025,8	10,8601	61	77,348	25,742	2155,9	10,2045
11	13,948	4,642	2028,3	10,8464	62	78,616	26,164	2158,5	10,1924
12	15,216	5,064	2030,9	10,8329	63	79,884	26,586	2161	10,1803
13	16,484	5,486	2033,4	10,8193	64	81,152	27,008	2163,6	10,1683
14	17,752	5,908	2035,9	10,8058	65	82,42	27,43	2166,2	10,1563
15	19,02	6,33	2038,5	10,7923	66	83,688	27,852	2168,7	10,1443
16	20,288	6,752	2041	10,7788	67	84,956	28,274	2171,3	10,1323
17	21,556	7,174	2043,6	10,7654	68	86,224	28,696	2173,8	10,1204
18	22,824	7,596	2046,1	10,752	69	87,492	29,118	2176,4	10,1085
19	24,092	8,018	2048,7	10,7386	70	88,76	29,54	2179	10,0966
20	25,36	8,44	2051,2	10,7253	71	90,028	29,962	2181,5	10,0847
21	26,628	8,862	2053,8	10,712	72	91,296	30,384	2184,1	10,0729
22	27,896	9,284	2056,3	10,6987	73	92,564	30,806	2186,6	10,0611
23	29,164	9,706	2058,9	10,6855	74	93,832	31,228	2189,2	10,0493
24	30,432	10,128	2061,4	10,6723	75	95,1	31,65	2191,8	10,0376
25	31,7	10,55	2064	10,6591	76	96,368	32,072	2194,3	10,0258
26	32,968	10,972	2066,5	10,646	77	97,636	32,494	2196,9	10,0141
27	34,236	11,394	2069,1	10,6328	78	98,904	32,916	2199,5	10,0025
28	35,504	11,816	2071,6	10,6197	79	100,17	33,338	2202	9,99082
29	36,772	12,238	2074,2	10,6067	80	101,44	33,76	2204,6	9,97919
30	38,04	12,66	2076,7	10,5937	81	102,71	34,182	2207,2	9,9676
31	39,308	13,082	2079,3	10,5807	82	103,98	34,604	2209,7	9,95603
32	40,576	13,504	2081,8	10,5677	83	105,24	35,026	2212,3	9,94449
33	41,844	13,926	2084,4	10,5548	84	106,51	35,448	2214,8	9,93297
34	43,112	14,348	2086,9	10,5419	85	107,78	35,87	2217,4	9,92148
35	44,38	14,77	2089,5	10,529	86	109,05	36,292	2220	9,91001
36	45,648	15,192	2092	10,5162	87	110,32	36,714	2222,5	9,89857
37	46,916	15,614	2094,6	10,5033	88	111,58	37,136	2225,1	9,88715
38	48,184	16,036	2097,1	10,4906	89	112,85	37,558	2227,7	9,87576
39	49,452	16,458	2099,7	10,4778	90	114,12	37,98	2230,2	9,8644
40	50,72	16,88	2102,2	10,4651	91	115,39	38,402	2232,8	9,85306
41	51,988	17,302	2104,8	10,4524	92	116,66	38,824	2235,4	9,84174
42	53,256	17,724	2107,3	10,4397	93	117,92	39,246	2237,9	9,83045
43	54,524	18,146	2109,9	10,4271	94	119,19	39,668	2240,5	9,81918
44	55,792	18,568	2112,4	10,4145	95	120,46	40,09	2243,1	9,80794
45	57,06	18,99	2115	10,4019	96	121,73	40,512	2245,6	9,79672
46	58,328	19,412	2117,6	10,3893	97	123	40,934	2248,2	9,78553
47	59,596	19,834	2120,1	10,3768	98	124,26	41,356	2250,8	9,77436
48	60,864	20,256	2122,7	10,3643	99	125,53	41,778	2253,4	9,76322
49	62,132	20,678	2125,2	10,3519	100	126,8	42,2	2255,9	9,7521
50	63,4	21,1	2127,8	10,3394					

Πίνακας 5.2.1-6 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=2000\Omega$ του εδάφους $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.16\Omega$, $X_{M\Sigma}=5.331\Omega$
 Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-100km$

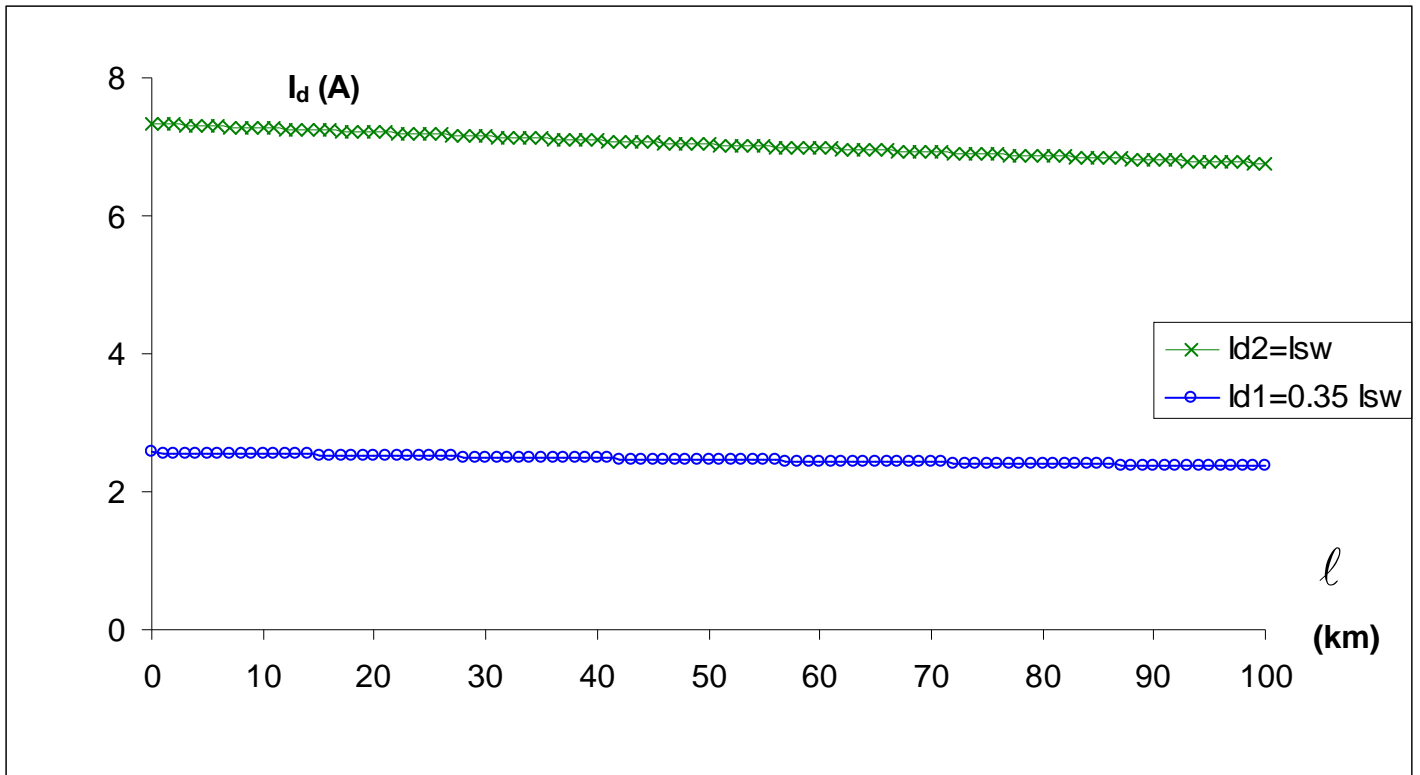


Σχήμα 5.2.1-6

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=2000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm², SN=15MVA, ΜΣ 150kV/20kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	3000,3	7,3325	51	64,668	21,522	3130,1	7,02849
1	1,268	0,422	3002,9	7,3263	52	65,936	21,944	3132,7	7,02277
2	2,536	0,844	3005,4	7,32011	53	67,204	22,366	3135,2	7,01706
3	3,804	1,266	3008	7,31393	54	68,472	22,788	3137,8	7,01135
4	5,072	1,688	3010,5	7,30776	55	69,74	23,21	3140,3	7,00566
5	6,34	2,11	3013	7,3016	56	71,008	23,632	3142,9	6,99997
6	7,608	2,532	3015,6	7,29545	57	72,276	24,054	3145,4	6,99429
7	8,876	2,954	3018,1	7,28931	58	73,544	24,476	3148	6,98863
8	10,144	3,376	3020,7	7,28318	59	74,812	24,898	3150,5	6,98297
9	11,412	3,798	3023,2	7,27706	60	76,08	25,32	3153,1	6,97731
10	12,68	4,22	3025,7	7,27095	61	77,348	25,742	3155,6	6,97167
11	13,948	4,642	3028,3	7,26485	62	78,616	26,164	3158,2	6,96604
12	15,216	5,064	3030,8	7,25875	63	79,884	26,586	3160,7	6,96041
13	16,484	5,486	3033,4	7,25267	64	81,152	27,008	3163,3	6,95479
14	17,752	5,908	3035,9	7,2466	65	82,42	27,43	3165,8	6,94919
15	19,02	6,33	3038,4	7,24054	66	83,688	27,852	3168,4	6,94359
16	20,288	6,752	3041	7,23448	67	84,956	28,274	3170,9	6,938
17	21,556	7,174	3043,5	7,22844	68	86,224	28,696	3173,5	6,93241
18	22,824	7,596	3046,1	7,2224	69	87,492	29,118	3176,1	6,92684
19	24,092	8,018	3048,6	7,21638	70	88,76	29,54	3178,6	6,92127
20	25,36	8,44	3051,2	7,21036	71	90,028	29,962	3181,2	6,91572
21	26,628	8,862	3053,7	7,20436	72	91,296	30,384	3183,7	6,91017
22	27,896	9,284	3056,3	7,19836	73	92,564	30,806	3186,3	6,90463
23	29,164	9,706	3058,8	7,19237	74	93,832	31,228	3188,8	6,8991
24	30,432	10,128	3061,3	7,1864	75	95,1	31,65	3191,4	6,89358
25	31,7	10,55	3063,9	7,18043	76	96,368	32,072	3193,9	6,88806
26	32,968	10,972	3066,4	7,17447	77	97,636	32,494	3196,5	6,88256
27	34,236	11,394	3069	7,16852	78	98,904	32,916	3199	6,87706
28	35,504	11,816	3071,5	7,16258	79	100,17	33,338	3201,6	6,87157
29	36,772	12,238	3074,1	7,15665	80	101,44	33,76	3204,2	6,86609
30	38,04	12,66	3076,6	7,15073	81	102,71	34,182	3206,7	6,86061
31	39,308	13,082	3079,2	7,14481	82	103,98	34,604	3209,3	6,85515
32	40,576	13,504	3081,7	7,13891	83	105,24	35,026	3211,8	6,84969
33	41,844	13,926	3084,2	7,13302	84	106,51	35,448	3214,4	6,84425
34	43,112	14,348	3086,8	7,12713	85	107,78	35,87	3216,9	6,83881
35	44,38	14,77	3089,3	7,12126	86	109,05	36,292	3219,5	6,83338
36	45,648	15,192	3091,9	7,11539	87	110,32	36,714	3222	6,82795
37	46,916	15,614	3094,4	7,10954	88	111,58	37,136	3224,6	6,82254
38	48,184	16,036	3097	7,10369	89	112,85	37,558	3227,2	6,81713
39	49,452	16,458	3099,5	7,09785	90	114,12	37,98	3229,7	6,81173
40	50,72	16,88	3102,1	7,09202	91	115,39	38,402	3232,3	6,80634
41	51,988	17,302	3104,6	7,0862	92	116,66	38,824	3234,8	6,80096
42	53,256	17,724	3107,2	7,08039	93	117,92	39,246	3237,4	6,79559
43	54,524	18,146	3109,7	7,07459	94	119,19	39,668	3240	6,79022
44	55,792	18,568	3112,3	7,06879	95	120,46	40,09	3242,5	6,78486
45	57,06	18,99	3114,8	7,06301	96	121,73	40,512	3245,1	6,77951
46	58,328	19,412	3117,4	7,05723	97	123	40,934	3247,6	6,77417
47	59,596	19,834	3119,9	7,05147	98	124,26	41,356	3250,2	6,76884
48	60,864	20,256	3122,5	7,04571	99	125,53	41,778	3252,7	6,76351
49	62,132	20,678	3125	7,03996	100	126,8	42,2	3255,3	6,75819
50	63,4	21,1	3127,6	7,03422					

Πίνακας 5.2.1-7 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 3000\Omega$ του εδάφους $S_N = 15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/20kV$: $R_{M\Sigma} = 0.16\Omega$, $X_{M\Sigma} = 5.331\Omega$
Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$



Σχήμα 5.2.1-7

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=3000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

5.2.2. Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_{δ} του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

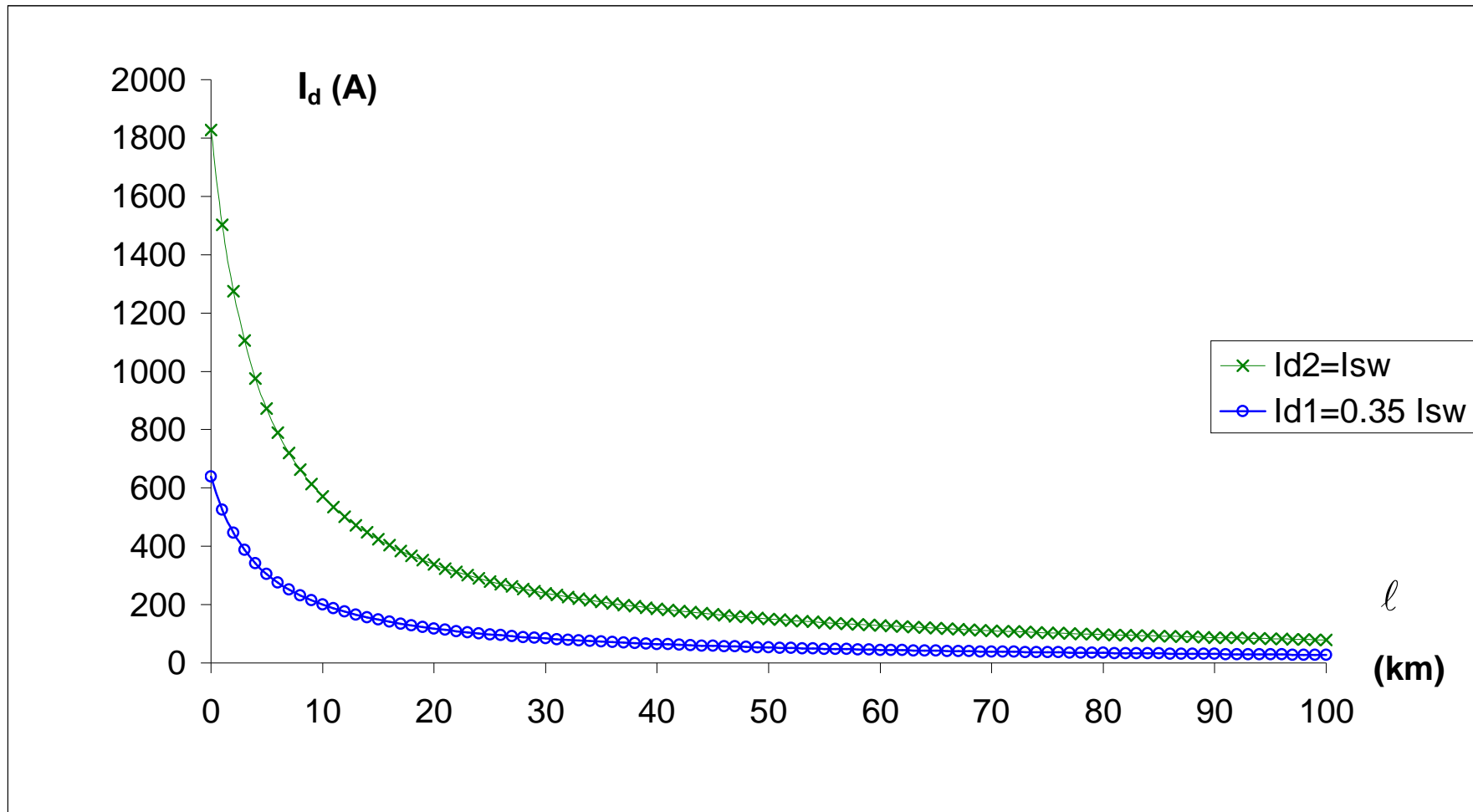
$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 16\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.096\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 3.2\Omega$$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	12,033	1828,26	51	64,668	21,522	148,03	148,62
1	1,268	0,422	14,644	1502,36	52	65,936	21,944	150,7	145,984
2	2,536	0,844	17,273	1273,66	53	67,204	22,366	153,37	143,441
3	3,804	1,266	19,914	1104,75	54	68,472	22,788	156,05	140,984
4	5,072	1,688	22,563	975,069	55	69,74	23,21	158,72	138,611
5	6,34	2,11	25,216	872,459	56	71,008	23,632	161,39	136,316
6	7,608	2,532	27,873	789,284	57	72,276	24,054	164,06	134,095
7	8,876	2,954	30,533	720,525	58	73,544	24,476	166,73	131,946
8	10,144	3,376	33,195	662,744	59	74,812	24,898	169,41	129,865
9	11,412	3,798	35,859	613,515	60	76,08	25,32	172,08	127,848
10	12,68	4,22	38,524	571,075	61	77,348	25,742	174,75	125,893
11	13,948	4,642	41,19	534,114	62	78,616	26,164	177,42	123,996
12	15,216	5,064	43,856	501,636	63	79,884	26,586	180,1	122,156
13	16,484	5,486	46,524	472,875	64	81,152	27,008	182,77	120,37
14	17,752	5,908	49,192	447,228	65	82,42	27,43	185,44	118,636
15	19,02	6,33	51,86	424,216	66	83,688	27,852	188,11	116,95
16	20,288	6,752	54,529	403,453	67	84,956	28,274	190,79	115,312
17	21,556	7,174	57,199	384,625	68	86,224	28,696	193,46	113,719
18	22,824	7,596	59,868	367,474	69	87,492	29,118	196,13	112,17
19	24,092	8,018	62,538	351,786	70	88,76	29,54	198,8	110,662
20	25,36	8,44	65,208	337,381	71	90,028	29,962	201,48	109,194
21	26,628	8,862	67,878	324,109	72	91,296	30,384	204,15	107,764
22	27,896	9,284	70,549	311,84	73	92,564	30,806	206,82	106,372
23	29,164	9,706	73,22	300,466	74	93,832	31,228	209,49	105,015
24	30,432	10,128	75,89	289,892	75	95,1	31,65	212,17	103,692
25	31,7	10,55	78,561	280,036	76	96,368	32,072	214,84	102,402
26	32,968	10,972	81,232	270,828	77	97,636	32,494	217,51	101,144
27	34,236	11,394	83,903	262,206	78	98,904	32,916	220,18	99,9164
28	35,504	11,816	86,575	254,116	79	100,17	33,338	222,86	98,7182
29	36,772	12,238	89,246	246,509	80	101,44	33,76	225,53	97,5483
30	38,04	12,66	91,918	239,345	81	102,71	34,182	228,2	96,4059
31	39,308	13,082	94,589	232,585	82	103,98	34,604	230,87	95,29
32	40,576	13,504	97,261	226,196	83	105,24	35,026	233,55	94,1995
33	41,844	13,926	99,932	220,149	84	106,51	35,448	236,22	93,1338
34	43,112	14,348	102,6	214,417	85	107,78	35,87	238,89	92,0918
35	44,38	14,77	105,28	208,975	86	109,05	36,292	241,56	91,073
36	45,648	15,192	107,95	203,803	87	110,32	36,714	244,24	90,0764
37	46,916	15,614	110,62	198,88	88	111,58	37,136	246,91	89,1014
38	48,184	16,036	113,29	194,19	89	112,85	37,558	249,58	88,1473
39	49,452	16,458	115,96	189,715	90	114,12	37,98	252,25	87,2134
40	50,72	16,88	118,64	185,443	91	115,39	38,402	254,93	86,2991
41	51,988	17,302	121,31	181,358	92	116,66	38,824	257,6	85,4037
42	53,256	17,724	123,98	177,449	93	117,92	39,246	260,27	84,5268
43	54,524	18,146	126,65	173,705	94	119,19	39,668	262,95	83,6676
44	55,792	18,568	129,32	170,116	95	120,46	40,09	265,62	82,8258
45	57,06	18,99	132	166,672	96	121,73	40,512	268,29	82,0007
46	58,328	19,412	134,67	163,365	97	123	40,934	270,96	81,1919
47	59,596	19,834	137,34	160,187	98	124,26	41,356	273,64	80,3989
48	60,864	20,256	140,01	157,129	99	125,53	41,778	276,31	79,6212
49	62,132	20,678	142,68	154,187	100	126,8	42,2	278,98	78,8584
50	63,4	21,1	145,36	151,352					

Πίνακας 5.2.2-1 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=10\Omega$ του εδάφους
 $S_N=25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $\text{ΜΣ } 150\text{kV}/20\text{kV}$: $R_{\text{ΜΣ}}=0.096\Omega$, $X_{\text{ΜΣ}}=3.2\Omega$
Γραμμή: $A=16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}}=1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}}=0.422\Omega/\text{km}$, $\ell=0-100\text{km}$

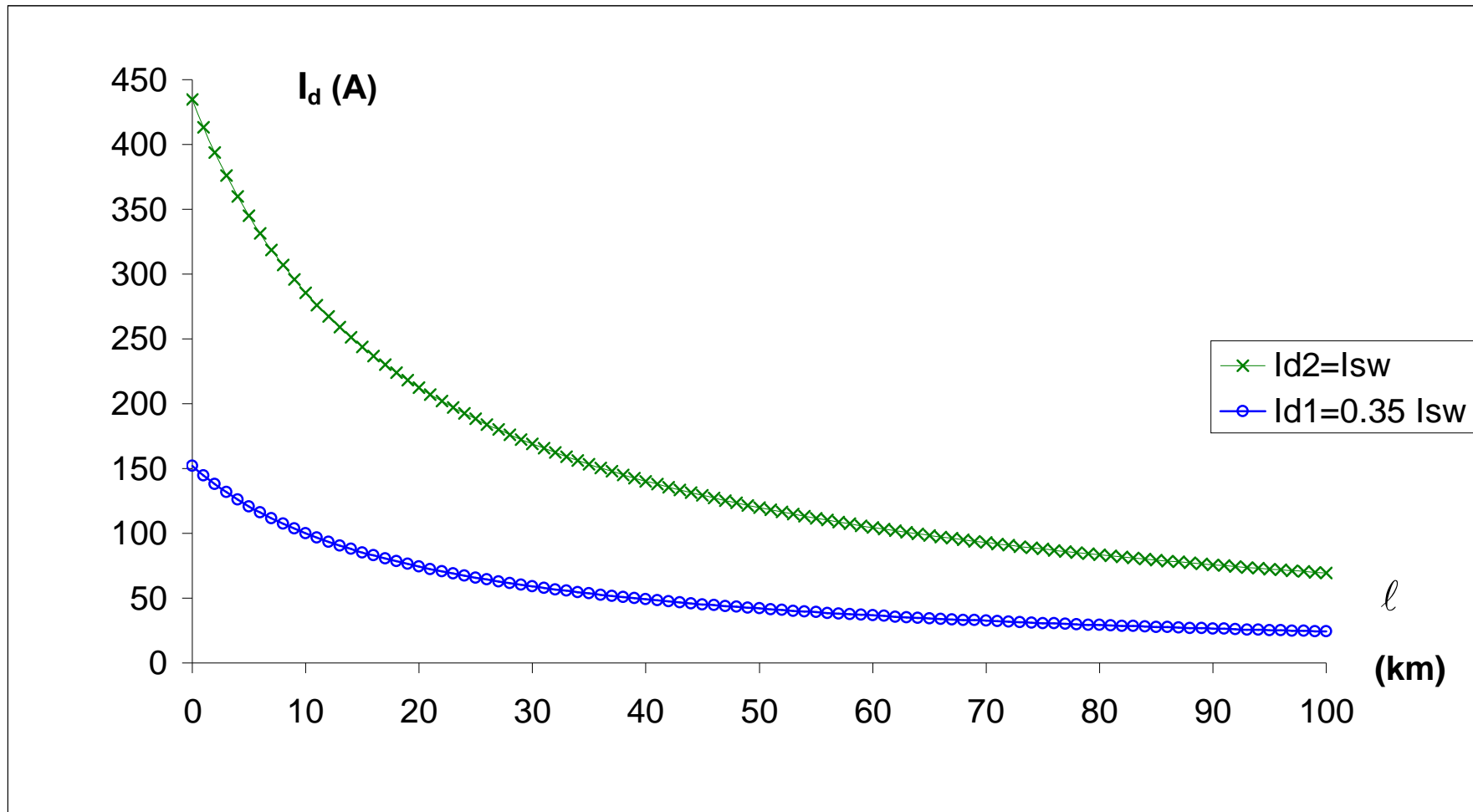


Σχήμα 5.2.2-1

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=10\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	50,598	434,8	51	64,668	21,522	186,21	118,145
1	1,268	0,422	53,223	413,356	52	65,936	21,944	188,88	116,476
2	2,536	0,844	55,852	393,896	53	67,204	22,366	191,55	114,853
3	3,804	1,266	58,486	376,161	54	68,472	22,788	194,22	113,274
4	5,072	1,688	61,122	359,934	55	69,74	23,21	196,89	111,738
5	6,34	2,11	63,762	345,032	56	71,008	23,632	199,56	110,244
6	7,608	2,532	66,405	331,303	57	72,276	24,054	202,23	108,788
7	8,876	2,954	69,049	318,613	58	73,544	24,476	204,9	107,371
8	10,144	3,376	71,696	306,851	59	74,812	24,898	207,57	105,99
9	11,412	3,798	74,345	295,919	60	76,08	25,32	210,24	104,644
10	12,68	4,22	76,995	285,732	61	77,348	25,742	212,91	103,332
11	13,948	4,642	79,647	276,219	62	78,616	26,164	215,58	102,052
12	15,216	5,064	82,3	267,314	63	79,884	26,586	218,25	100,803
13	16,484	5,486	84,955	258,962	64	81,152	27,008	220,92	99,5849
14	17,752	5,908	87,61	251,113	65	82,42	27,43	223,59	98,3957
15	19,02	6,33	90,267	243,722	66	83,688	27,852	226,26	97,2344
16	20,288	6,752	92,924	236,752	67	84,956	28,274	228,93	96,1002
17	21,556	7,174	95,582	230,168	68	86,224	28,696	231,6	94,9922
18	22,824	7,596	98,242	223,938	69	87,492	29,118	234,27	93,9094
19	24,092	8,018	100,9	218,035	70	88,76	29,54	236,94	92,851
20	25,36	8,44	103,56	212,433	71	90,028	29,962	239,61	91,8161
21	26,628	8,862	106,22	207,112	72	91,296	30,384	242,28	90,8041
22	27,896	9,284	108,88	202,049	73	92,564	30,806	244,95	89,8141
23	29,164	9,706	111,55	197,227	74	93,832	31,228	247,62	88,8454
24	30,432	10,128	114,21	192,628	75	95,1	31,65	250,29	87,8974
25	31,7	10,55	116,87	188,239	76	96,368	32,072	252,96	86,9694
26	32,968	10,972	119,54	184,044	77	97,636	32,494	255,63	86,0608
27	34,236	11,394	122,2	180,032	78	98,904	32,916	258,3	85,1709
28	35,504	11,816	124,86	176,191	79	100,17	33,338	260,98	84,2993
29	36,772	12,238	127,53	172,509	80	101,44	33,76	263,65	83,4452
30	38,04	12,66	130,19	168,978	81	102,71	34,182	266,32	82,6084
31	39,308	13,082	132,86	165,588	82	103,98	34,604	268,99	81,7881
32	40,576	13,504	135,53	162,331	83	105,24	35,026	271,66	80,9839
33	41,844	13,926	138,19	159,2	84	106,51	35,448	274,33	80,1954
34	43,112	14,348	140,86	156,186	85	107,78	35,87	277	79,4221
35	44,38	14,77	143,52	153,284	86	109,05	36,292	279,67	78,6636
36	45,648	15,192	146,19	150,488	87	110,32	36,714	282,34	77,9194
37	46,916	15,614	148,86	147,792	88	111,58	37,136	285,01	77,1891
38	48,184	16,036	151,52	145,191	89	112,85	37,558	287,69	76,4724
39	49,452	16,458	154,19	142,679	90	114,12	37,98	290,36	75,7688
40	50,72	16,88	156,86	140,253	91	115,39	38,402	293,03	75,0781
41	51,988	17,302	159,53	137,908	92	116,66	38,824	295,7	74,3999
42	53,256	17,724	162,19	135,639	93	117,92	39,246	298,37	73,7338
43	54,524	18,146	164,86	133,444	94	119,19	39,668	301,04	73,0795
44	55,792	18,568	167,53	131,319	95	120,46	40,09	303,71	72,4367
45	57,06	18,99	170,2	129,26	96	121,73	40,512	306,38	71,8051
46	58,328	19,412	172,87	127,265	97	123	40,934	309,06	71,1845
47	59,596	19,834	175,54	125,33	98	124,26	41,356	311,73	70,5744
48	60,864	20,256	178,2	123,453	99	125,53	41,778	314,4	69,9748
49	62,132	20,678	180,87	121,632	100	126,8	42,2	317,07	69,3852
50	63,4	21,1	183,54	119,863					

Πίνακας 5.2.2-2 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 50\Omega$ του εδάφους $S_N = 25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Sigma 150\text{kV}/20\text{kV}$: $R_{M\Sigma} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma} = 3.2\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

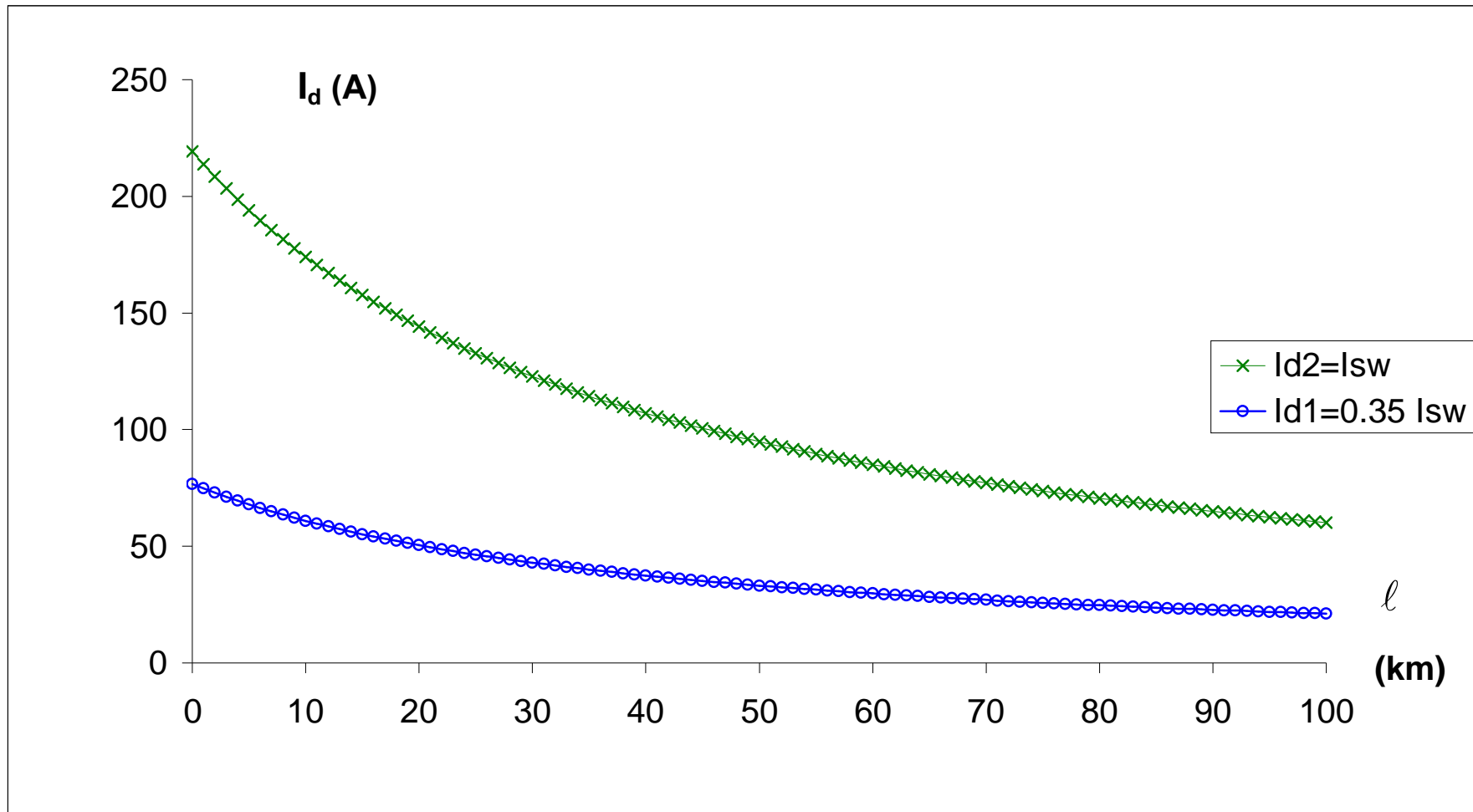


Σχήμα 5.2.2-2

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=50\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	100,4	219,132	51	64,668	21,522	234,79	93,6997
1	1,268	0,422	102,98	213,628	52	65,936	21,944	237,45	92,6513
2	2,536	0,844	105,57	208,385	53	67,204	22,366	240,11	91,6258
3	3,804	1,266	108,17	203,385	54	68,472	22,788	242,76	90,6227
4	5,072	1,688	110,77	198,613	55	69,74	23,21	245,42	89,6412
5	6,34	2,11	113,37	194,054	56	71,008	23,632	248,08	88,6807
6	7,608	2,532	115,98	189,695	57	72,276	24,054	250,74	87,7404
7	8,876	2,954	118,58	185,522	58	73,544	24,476	253,4	86,8197
8	10,144	3,376	121,2	181,525	59	74,812	24,898	256,06	85,918
9	11,412	3,798	123,81	177,693	60	76,08	25,32	258,72	85,0348
10	12,68	4,22	126,43	174,015	61	77,348	25,742	261,38	84,1695
11	13,948	4,642	129,04	170,484	62	78,616	26,164	264,04	83,3215
12	15,216	5,064	131,67	167,091	63	79,884	26,586	266,7	82,4904
13	16,484	5,486	134,29	163,827	64	81,152	27,008	269,36	81,6756
14	17,752	5,908	136,91	160,686	65	82,42	27,43	272,02	80,8767
15	19,02	6,33	139,54	157,662	66	83,688	27,852	274,68	80,0932
16	20,288	6,752	142,17	154,747	67	84,956	28,274	277,34	79,3246
17	21,556	7,174	144,8	151,936	68	86,224	28,696	280	78,5706
18	22,824	7,596	147,43	149,224	69	87,492	29,118	282,66	77,8308
19	24,092	8,018	150,06	146,606	70	88,76	29,54	285,33	77,1047
20	25,36	8,44	152,7	144,077	71	90,028	29,962	287,99	76,3919
21	26,628	8,862	155,33	141,632	72	91,296	30,384	290,65	75,6922
22	27,896	9,284	157,97	139,268	73	92,564	30,806	293,31	75,0051
23	29,164	9,706	160,61	136,98	74	93,832	31,228	295,98	74,3303
24	30,432	10,128	163,25	134,766	75	95,1	31,65	298,64	73,6676
25	31,7	10,55	165,89	132,621	76	96,368	32,072	301,3	73,0165
26	32,968	10,972	168,53	130,542	77	97,636	32,494	303,97	72,3767
27	34,236	11,394	171,17	128,527	78	98,904	32,916	306,63	71,7481
28	35,504	11,816	173,81	126,572	79	100,17	33,338	309,29	71,1302
29	36,772	12,238	176,46	124,676	80	101,44	33,76	311,96	70,5228
30	38,04	12,66	179,1	122,835	81	102,71	34,182	314,62	69,9257
31	39,308	13,082	181,75	121,046	82	103,98	34,604	317,28	69,3386
32	40,576	13,504	184,4	119,309	83	105,24	35,026	319,95	68,7612
33	41,844	13,926	187,04	117,62	84	106,51	35,448	322,61	68,1934
34	43,112	14,348	189,69	115,978	85	107,78	35,87	325,28	67,6348
35	44,38	14,77	192,34	114,381	86	109,05	36,292	327,94	67,0852
36	45,648	15,192	194,99	112,827	87	110,32	36,714	330,61	66,5445
37	46,916	15,614	197,64	111,314	88	111,58	37,136	333,27	66,0125
38	48,184	16,036	200,29	109,841	89	112,85	37,558	335,94	65,4888
39	49,452	16,458	202,94	108,406	90	114,12	37,98	338,6	64,9733
40	50,72	16,88	205,59	107,008	91	115,39	38,402	341,27	64,4659
41	51,988	17,302	208,24	105,645	92	116,66	38,824	343,93	63,9663
42	53,256	17,724	210,9	104,316	93	117,92	39,246	346,6	63,4744
43	54,524	18,146	213,55	103,02	94	119,19	39,668	349,26	62,99
44	55,792	18,568	216,2	101,756	95	120,46	40,09	351,93	62,5129
45	57,06	18,99	218,86	100,522	96	121,73	40,512	354,59	62,0429
46	58,328	19,412	221,51	99,317	97	123	40,934	357,26	61,58
47	59,596	19,834	224,17	98,1406	98	124,26	41,356	359,93	61,1238
48	60,864	20,256	226,82	96,9917	99	125,53	41,778	362,59	60,6744
49	62,132	20,678	229,48	95,8691	100	126,8	42,2	365,26	60,2315
50	63,4	21,1	232,14	94,7721					

Πίνακας 5.2.2-3 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 100\Omega$ του εδάφους $S_N = 25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{\text{ΜΣ}} = 0.096\Omega$, $X_{\text{ΜΣ}} = 3.2\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

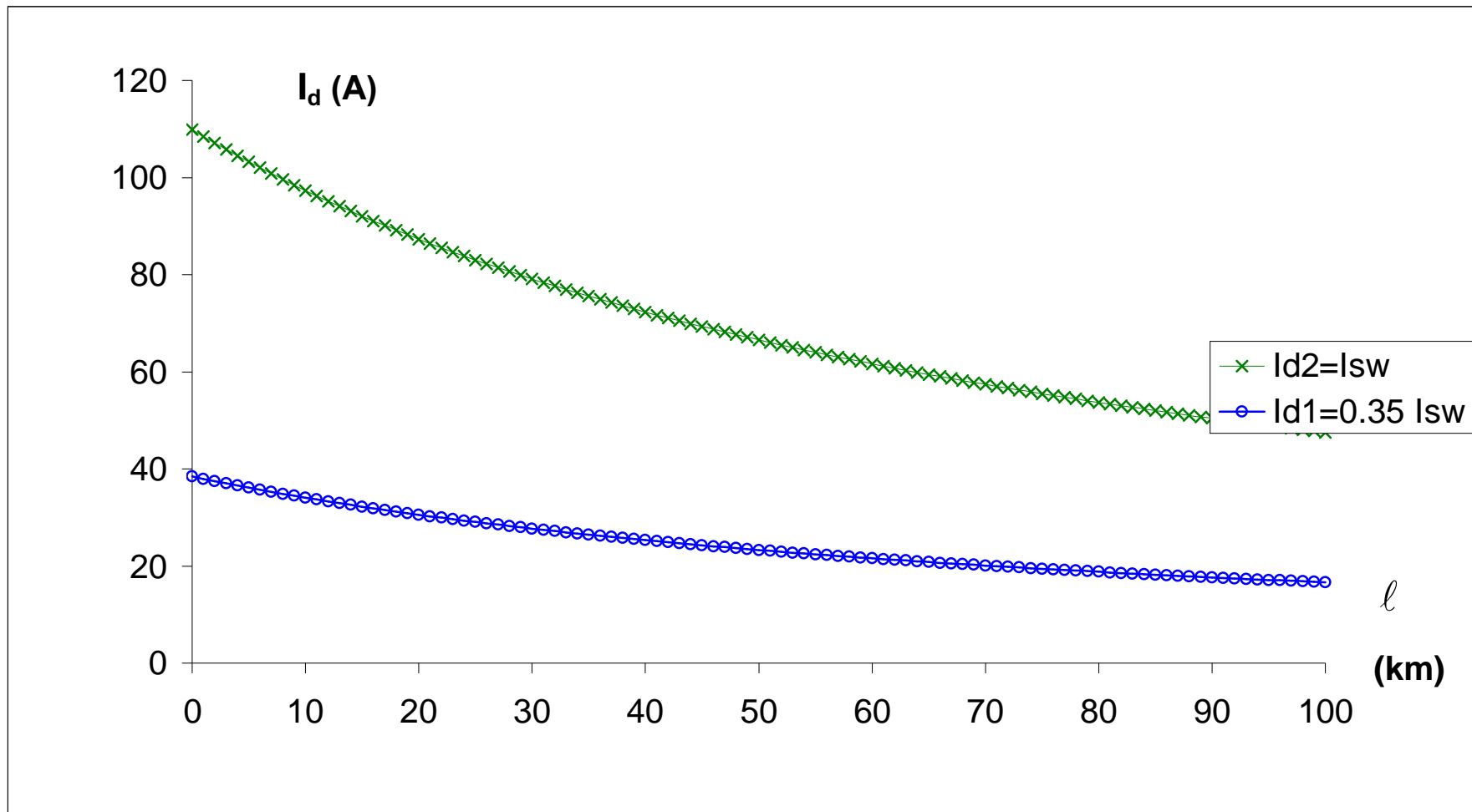


Σχήμα 5.2.2-3

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=100\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	200,29	109,838	51	64,668	21,522	333,22	66,0232
1	1,268	0,422	202,86	108,451	52	65,936	21,944	335,85	65,5055
2	2,536	0,844	205,42	107,096	53	67,204	22,366	338,48	64,9957
3	3,804	1,266	207,99	105,773	54	68,472	22,788	341,12	64,4937
4	5,072	1,688	210,56	104,482	55	69,74	23,21	343,75	63,9993
5	6,34	2,11	213,14	103,22	56	71,008	23,632	346,39	63,5123
6	7,608	2,532	215,71	101,988	57	72,276	24,054	349,03	63,0325
7	8,876	2,954	218,29	100,783	58	73,544	24,476	351,66	62,5599
8	10,144	3,376	220,87	99,6053	59	74,812	24,898	354,3	62,0942
9	11,412	3,798	223,45	98,454	60	76,08	25,32	356,94	61,6353
10	12,68	4,22	226,04	97,3281	61	77,348	25,742	359,58	61,183
11	13,948	4,642	228,63	96,2269	62	78,616	26,164	362,22	60,7372
12	15,216	5,064	231,22	95,1494	63	79,884	26,586	364,86	60,2978
13	16,484	5,486	233,81	94,0951	64	81,152	27,008	367,5	59,8646
14	17,752	5,908	236,4	93,0631	65	82,42	27,43	370,14	59,4376
15	19,02	6,33	238,99	92,0529	66	83,688	27,852	372,78	59,0165
16	20,288	6,752	241,59	91,0637	67	84,956	28,274	375,42	58,6013
17	21,556	7,174	244,19	90,095	68	86,224	28,696	378,06	58,1918
18	22,824	7,596	246,79	89,146	69	87,492	29,118	380,7	57,7879
19	24,092	8,018	249,39	88,2163	70	88,76	29,54	383,35	57,3895
20	25,36	8,44	251,99	87,3053	71	90,028	29,962	385,99	56,9965
21	26,628	8,862	254,59	86,4123	72	91,296	30,384	388,63	56,6088
22	27,896	9,284	257,2	85,537	73	92,564	30,806	391,28	56,2263
23	29,164	9,706	259,81	84,6789	74	93,832	31,228	393,92	55,8489
24	30,432	10,128	262,41	83,8373	75	95,1	31,65	396,56	55,4764
25	31,7	10,55	265,02	83,0119	76	96,368	32,072	399,21	55,1089
26	32,968	10,972	267,63	82,2022	77	97,636	32,494	401,86	54,7461
27	34,236	11,394	270,24	81,4077	78	98,904	32,916	404,5	54,388
28	35,504	11,816	272,86	80,6282	79	100,17	33,338	407,15	54,0345
29	36,772	12,238	275,47	79,8631	80	101,44	33,76	409,79	53,6856
30	38,04	12,66	278,09	79,112	81	102,71	34,182	412,44	53,341
31	39,308	13,082	280,7	78,3747	82	103,98	34,604	415,09	53,0009
32	40,576	13,504	283,32	77,6507	83	105,24	35,026	417,74	52,665
33	41,844	13,926	285,94	76,9396	84	106,51	35,448	420,38	52,3333
34	43,112	14,348	288,56	76,2412	85	107,78	35,87	423,03	52,0057
35	44,38	14,77	291,18	75,5551	86	109,05	36,292	425,68	51,6821
36	45,648	15,192	293,8	74,881	87	110,32	36,714	428,33	51,3625
37	46,916	15,614	296,42	74,2186	88	111,58	37,136	430,98	51,0468
38	48,184	16,036	299,04	73,5676	89	112,85	37,558	433,63	50,7349
39	49,452	16,458	301,67	72,9277	90	114,12	37,98	436,28	50,4268
40	50,72	16,88	304,29	72,2986	91	115,39	38,402	438,93	50,1224
41	51,988	17,302	306,92	71,6802	92	116,66	38,824	441,58	49,8216
42	53,256	17,724	309,55	71,072	93	117,92	39,246	444,23	49,5243
43	54,524	18,146	312,17	70,4738	94	119,19	39,668	446,88	49,2305
44	55,792	18,568	314,8	69,8855	95	120,46	40,09	449,53	48,9402
45	57,06	18,99	317,43	69,3068	96	121,73	40,512	452,18	48,6533
46	58,328	19,412	320,06	68,7374	97	123	40,934	454,83	48,3697
47	59,596	19,834	322,69	68,1771	98	124,26	41,356	457,48	48,0893
48	60,864	20,256	325,32	67,6258	99	125,53	41,778	460,13	47,8121
49	62,132	20,678	327,95	67,0831	100	126,8	42,2	462,79	47,5381
50	63,4	21,1	330,58	66,549					

Πίνακας 5.2.2-4 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=200\Omega$ του εδάφους $S_N=25MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/20kV: R_{M\Sigma}=0.096\Omega, X_{M\Sigma}=3.2\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$

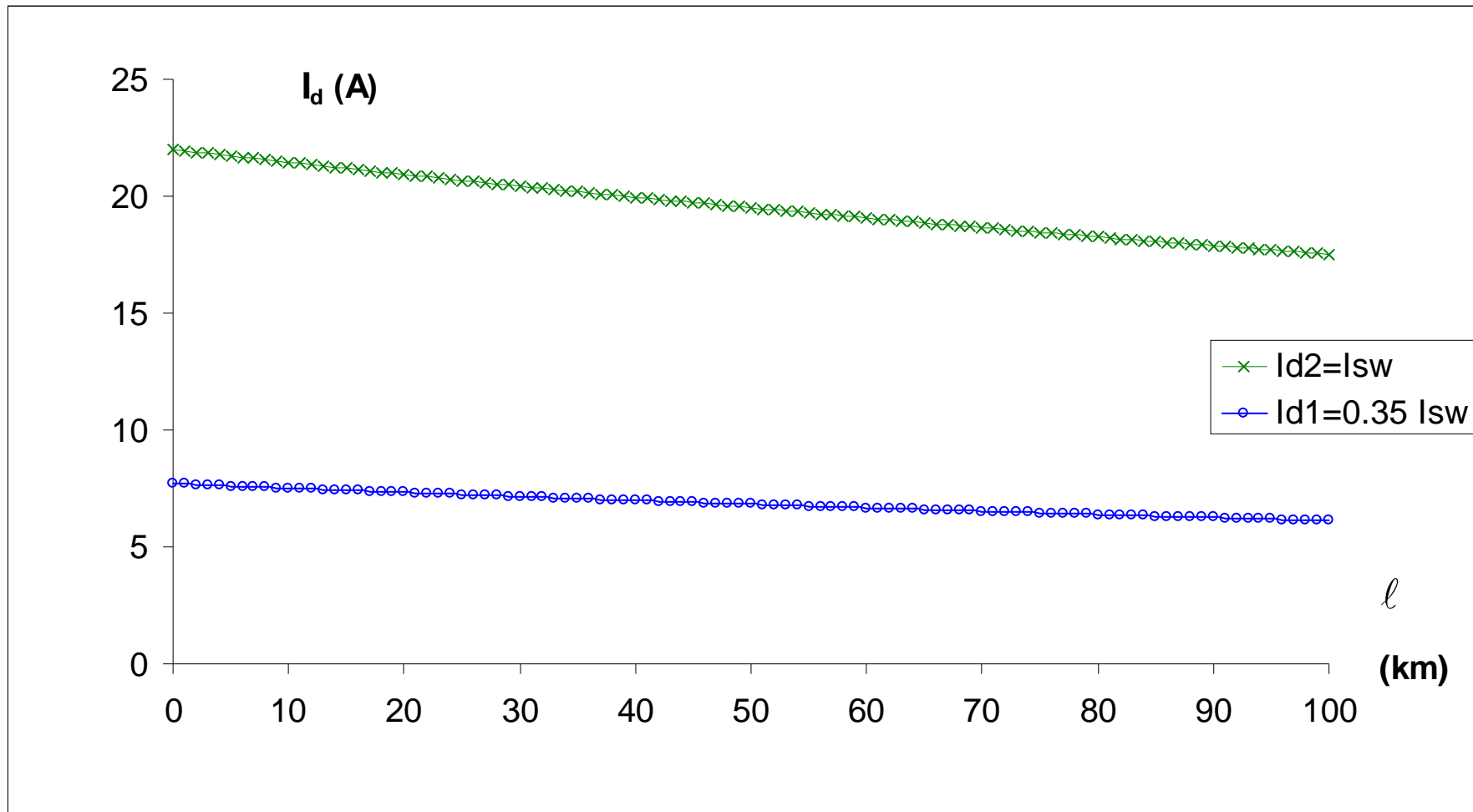


Σχήμα 5.2.2-4

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=200\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	1000,2	21,9953	51	64,668	21,522	1130,6	19,4585
1	1,268	0,422	1002,8	21,9396	52	65,936	21,944	1133,2	19,4144
2	2,536	0,844	1005,3	21,8841	53	67,204	22,366	1135,8	19,3704
3	3,804	1,266	1007,8	21,8289	54	68,472	22,788	1138,3	19,3267
4	5,072	1,688	1010,4	21,7739	55	69,74	23,21	1140,9	19,2831
5	6,34	2,11	1012,9	21,7192	56	71,008	23,632	1143,5	19,2397
6	7,608	2,532	1015,5	21,6648	57	72,276	24,054	1146	19,1965
7	8,876	2,954	1018	21,6106	58	73,544	24,476	1148,6	19,1535
8	10,144	3,376	1020,6	21,5567	59	74,812	24,898	1151,2	19,1107
9	11,412	3,798	1023,1	21,503	60	76,08	25,32	1153,8	19,068
10	12,68	4,22	1025,7	21,4496	61	77,348	25,742	1156,3	19,0256
11	13,948	4,642	1028,2	21,3965	62	78,616	26,164	1158,9	18,9833
12	15,216	5,064	1030,8	21,3435	63	79,884	26,586	1161,5	18,9412
13	16,484	5,486	1033,3	21,2909	64	81,152	27,008	1164,1	18,8993
14	17,752	5,908	1035,9	21,2385	65	82,42	27,43	1166,6	18,8576
15	19,02	6,33	1038,4	21,1863	66	83,688	27,852	1169,2	18,816
16	20,288	6,752	1041	21,1344	67	84,956	28,274	1171,8	18,7746
17	21,556	7,174	1043,5	21,0827	68	86,224	28,696	1174,4	18,7334
18	22,824	7,596	1046,1	21,0312	69	87,492	29,118	1177	18,6924
19	24,092	8,018	1048,6	20,98	70	88,76	29,54	1179,5	18,6515
20	25,36	8,44	1051,2	20,9291	71	90,028	29,962	1182,1	18,6108
21	26,628	8,862	1053,7	20,8783	72	91,296	30,384	1184,7	18,5703
22	27,896	9,284	1056,3	20,8278	73	92,564	30,806	1187,3	18,5299
23	29,164	9,706	1058,8	20,7776	74	93,832	31,228	1189,8	18,4897
24	30,432	10,128	1061,4	20,7275	75	95,1	31,65	1192,4	18,4497
25	31,7	10,55	1063,9	20,6777	76	96,368	32,072	1195	18,4099
26	32,968	10,972	1066,5	20,6281	77	97,636	32,494	1197,6	18,3702
27	34,236	11,394	1069,1	20,5788	78	98,904	32,916	1200,2	18,3307
28	35,504	11,816	1071,6	20,5296	79	100,17	33,338	1202,8	18,2913
29	36,772	12,238	1074,2	20,4807	80	101,44	33,76	1205,3	18,2521
30	38,04	12,66	1076,7	20,4321	81	102,71	34,182	1207,9	18,2131
31	39,308	13,082	1079,3	20,3836	82	103,98	34,604	1210,5	18,1742
32	40,576	13,504	1081,9	20,3354	83	105,24	35,026	1213,1	18,1355
33	41,844	13,926	1084,4	20,2873	84	106,51	35,448	1215,7	18,0969
34	43,112	14,348	1087	20,2395	85	107,78	35,87	1218,3	18,0585
35	44,38	14,77	1089,5	20,1919	86	109,05	36,292	1220,8	18,0203
36	45,648	15,192	1092,1	20,1445	87	110,32	36,714	1223,4	17,9822
37	46,916	15,614	1094,7	20,0974	88	111,58	37,136	1226	17,9443
38	48,184	16,036	1097,2	20,0504	89	112,85	37,558	1228,6	17,9065
39	49,452	16,458	1099,8	20,0037	90	114,12	37,98	1231,2	17,8689
40	50,72	16,88	1102,4	19,9571	91	115,39	38,402	1233,8	17,8314
41	51,988	17,302	1104,9	19,9108	92	116,66	38,824	1236,4	17,7941
42	53,256	17,724	1107,5	19,8647	93	117,92	39,246	1239	17,7569
43	54,524	18,146	1110,1	19,8187	94	119,19	39,668	1241,5	17,7199
44	55,792	18,568	1112,6	19,773	95	120,46	40,09	1244,1	17,6831
45	57,06	18,99	1115,2	19,7275	96	121,73	40,512	1246,7	17,6463
46	58,328	19,412	1117,8	19,6822	97	123	40,934	1249,3	17,6098
47	59,596	19,834	1120,3	19,637	98	124,26	41,356	1251,9	17,5734
48	60,864	20,256	1122,9	19,5921	99	125,53	41,778	1254,5	17,5371
49	62,132	20,678	1125,5	19,5474	100	126,8	42,2	1257,1	17,5009
50	63,4	21,1	1128	19,5029					

Πίνακας 5.2.2-5 Διασπαστικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 1000\Omega$ του εδάφους $S_N = 25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $\text{M}\Sigma 150\text{kV}/20\text{kV}$: $R_{\text{M}\Sigma} = 0.096\Omega$, $X_{\text{M}\Sigma} = 3.2\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

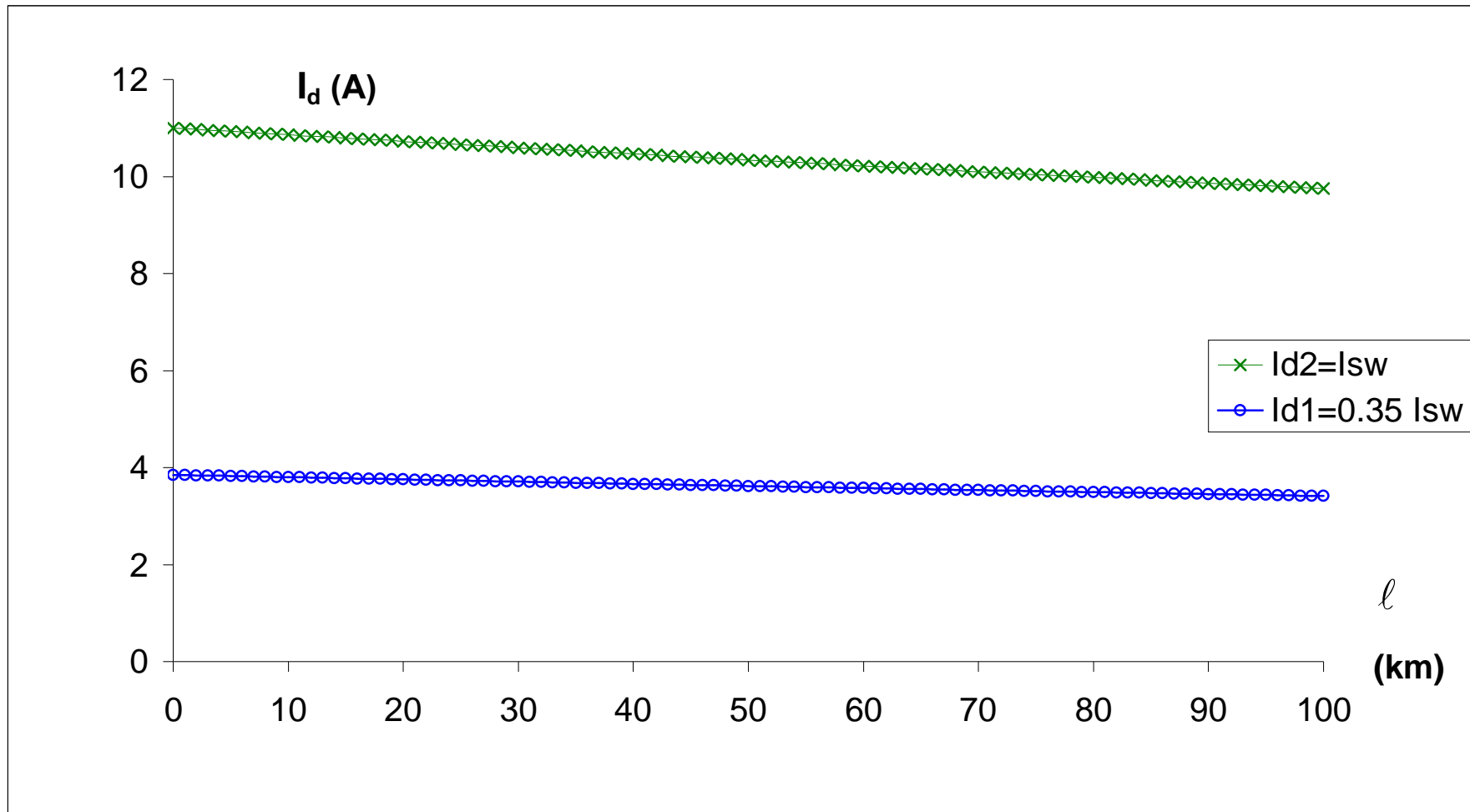


Σχήμα 5.2.2-5

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=1000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	2000,2	10,9989	51	64,668	21,522	2130,1	10,3281
1	1,268	0,422	2002,7	10,9849	52	65,936	21,944	2132,7	10,3158
2	2,536	0,844	2005,3	10,971	53	67,204	22,366	2135,2	10,3034
3	3,804	1,266	2007,8	10,9572	54	68,472	22,788	2137,8	10,2911
4	5,072	1,688	2010,4	10,9433	55	69,74	23,21	2140,3	10,2788
5	6,34	2,11	2012,9	10,9295	56	71,008	23,632	2142,9	10,2666
6	7,608	2,532	2015,4	10,9157	57	72,276	24,054	2145,4	10,2543
7	8,876	2,954	2018	10,902	58	73,544	24,476	2148	10,2421
8	10,144	3,376	2020,5	10,8883	59	74,812	24,898	2150,6	10,2299
9	11,412	3,798	2023,1	10,8746	60	76,08	25,32	2153,1	10,2178
10	12,68	4,22	2025,6	10,8609	61	77,348	25,742	2155,7	10,2057
11	13,948	4,642	2028,1	10,8473	62	78,616	26,164	2158,2	10,1936
12	15,216	5,064	2030,7	10,8337	63	79,884	26,586	2160,8	10,1815
13	16,484	5,486	2033,2	10,8202	64	81,152	27,008	2163,3	10,1695
14	17,752	5,908	2035,8	10,8067	65	82,42	27,43	2165,9	10,1574
15	19,02	6,33	2038,3	10,7932	66	83,688	27,852	2168,5	10,1455
16	20,288	6,752	2040,9	10,7797	67	84,956	28,274	2171	10,1335
17	21,556	7,174	2043,4	10,7663	68	86,224	28,696	2173,6	10,1216
18	22,824	7,596	2046	10,7529	69	87,492	29,118	2176,1	10,1097
19	24,092	8,018	2048,5	10,7396	70	88,76	29,54	2178,7	10,0978
20	25,36	8,44	2051	10,7262	71	90,028	29,962	2181,3	10,0859
21	26,628	8,862	2053,6	10,7129	72	91,296	30,384	2183,8	10,0741
22	27,896	9,284	2056,1	10,6997	73	92,564	30,806	2186,4	10,0623
23	29,164	9,706	2058,7	10,6865	74	93,832	31,228	2188,9	10,0505
24	30,432	10,128	2061,2	10,6732	75	95,1	31,65	2191,5	10,0388
25	31,7	10,55	2063,8	10,6601	76	96,368	32,072	2194,1	10,0271
26	32,968	10,972	2066,3	10,6469	77	97,636	32,494	2196,6	10,0154
27	34,236	11,394	2068,9	10,6338	78	98,904	32,916	2199,2	10,0037
28	35,504	11,816	2071,4	10,6207	79	100,17	33,338	2201,7	9,99206
29	36,772	12,238	2074	10,6077	80	101,44	33,76	2204,3	9,98044
30	38,04	12,66	2076,5	10,5947	81	102,71	34,182	2206,9	9,96885
31	39,308	13,082	2079,1	10,5817	82	103,98	34,604	2209,4	9,95728
32	40,576	13,504	2081,6	10,5687	83	105,24	35,026	2212	9,94574
33	41,844	13,926	2084,2	10,5558	84	106,51	35,448	2214,6	9,93423
34	43,112	14,348	2086,7	10,5429	85	107,78	35,87	2217,1	9,92274
35	44,38	14,77	2089,3	10,53	86	109,05	36,292	2219,7	9,91128
36	45,648	15,192	2091,8	10,5172	87	110,32	36,714	2222,3	9,89984
37	46,916	15,614	2094,4	10,5044	88	111,58	37,136	2224,8	9,88843
38	48,184	16,036	2096,9	10,4916	89	112,85	37,558	2227,4	9,87704
39	49,452	16,458	2099,5	10,4789	90	114,12	37,98	2230	9,86568
40	50,72	16,88	2102	10,4661	91	115,39	38,402	2232,5	9,85434
41	51,988	17,302	2104,6	10,4535	92	116,66	38,824	2235,1	9,84303
42	53,256	17,724	2107,1	10,4408	93	117,92	39,246	2237,7	9,83174
43	54,524	18,146	2109,7	10,4282	94	119,19	39,668	2240,2	9,82048
44	55,792	18,568	2112,2	10,4156	95	120,46	40,09	2242,8	9,80924
45	57,06	18,99	2114,8	10,403	96	121,73	40,512	2245,4	9,79802
46	58,328	19,412	2117,3	10,3904	97	123	40,934	2247,9	9,78684
47	59,596	19,834	2119,9	10,3779	98	124,26	41,356	2250,5	9,77567
48	60,864	20,256	2122,4	10,3654	99	125,53	41,778	2253,1	9,76453
49	62,132	20,678	2125	10,353	100	126,8	42,2	2255,6	9,75342
50	63,4	21,1	2127,5	10,3405					

Πίνακας 5.2.2-6 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=2000\Omega$ του εδάφους $S_N=25MVA$, $ACSR 16mm^2$
 ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0.096\Omega$, $X_{M\Sigma}=3.2\Omega$
 Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-100km$

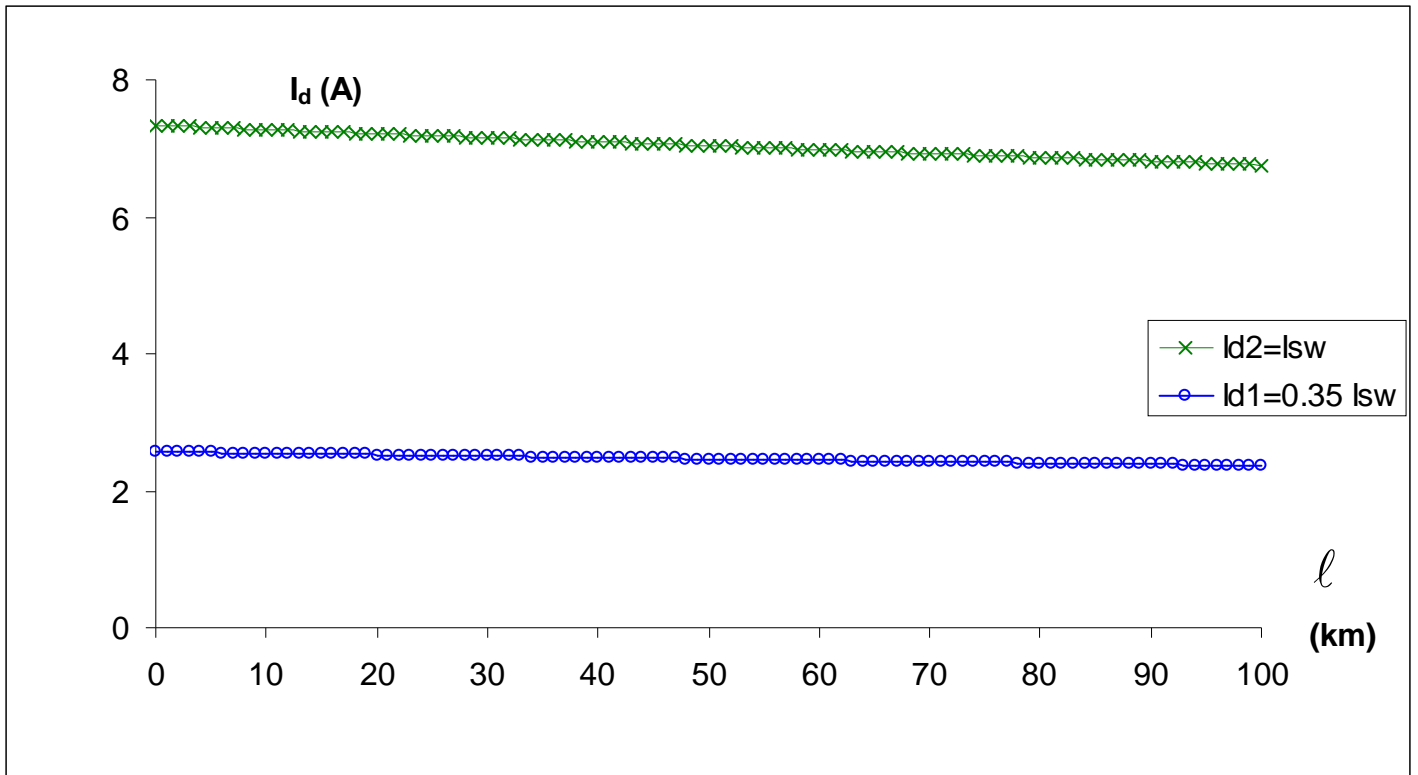


Σχήμα 5.2.2-6

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=2000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	3000,2	7,33285	51	64,668	21,522	3129,9	7,02894
1	1,268	0,422	3002,7	7,32665	52	65,936	21,944	3132,5	7,02322
2	2,536	0,844	3005,3	7,32046	53	67,204	22,366	3135	7,01751
3	3,804	1,266	3007,8	7,31428	54	68,472	22,788	3137,6	7,0118
4	5,072	1,688	3010,4	7,30812	55	69,74	23,21	3140,1	7,00611
5	6,34	2,11	3012,9	7,30196	56	71,008	23,632	3142,7	7,00043
6	7,608	2,532	3015,4	7,29581	57	72,276	24,054	3145,2	6,99475
7	8,876	2,954	3018	7,28967	58	73,544	24,476	3147,8	6,98908
8	10,144	3,376	3020,5	7,28354	59	74,812	24,898	3150,3	6,98342
9	11,412	3,798	3023	7,27742	60	76,08	25,32	3152,9	6,97777
10	12,68	4,22	3025,6	7,27131	61	77,348	25,742	3155,4	6,97213
11	13,948	4,642	3028,1	7,26521	62	78,616	26,164	3158	6,9665
12	15,216	5,064	3030,7	7,25912	63	79,884	26,586	3160,5	6,96088
13	16,484	5,486	3033,2	7,25304	64	81,152	27,008	3163,1	6,95526
14	17,752	5,908	3035,8	7,24697	65	82,42	27,43	3165,6	6,94966
15	19,02	6,33	3038,3	7,24091	66	83,688	27,852	3168,2	6,94406
16	20,288	6,752	3040,8	7,23486	67	84,956	28,274	3170,7	6,93847
17	21,556	7,174	3043,4	7,22882	68	86,224	28,696	3173,3	6,93289
18	22,824	7,596	3045,9	7,22278	69	87,492	29,118	3175,8	6,92731
19	24,092	8,018	3048,5	7,21676	70	88,76	29,54	3178,4	6,92175
20	25,36	8,44	3051	7,21075	71	90,028	29,962	3180,9	6,9162
21	26,628	8,862	3053,5	7,20474	72	91,296	30,384	3183,5	6,91065
22	27,896	9,284	3056,1	7,19875	73	92,564	30,806	3186	6,90511
23	29,164	9,706	3058,6	7,19277	74	93,832	31,228	3188,6	6,89958
24	30,432	10,128	3061,2	7,18679	75	95,1	31,65	3191,2	6,89406
25	31,7	10,55	3063,7	7,18082	76	96,368	32,072	3193,7	6,88855
26	32,968	10,972	3066,3	7,17487	77	97,636	32,494	3196,3	6,88304
27	34,236	11,394	3068,8	7,16892	78	98,904	32,916	3198,8	6,87755
28	35,504	11,816	3071,3	7,16298	79	100,17	33,338	3201,4	6,87206
29	36,772	12,238	3073,9	7,15705	80	101,44	33,76	3203,9	6,86658
30	38,04	12,66	3076,4	7,15113	81	102,71	34,182	3206,5	6,86111
31	39,308	13,082	3079	7,14522	82	103,98	34,604	3209	6,85564
32	40,576	13,504	3081,5	7,13932	83	105,24	35,026	3211,6	6,85019
33	41,844	13,926	3084,1	7,13343	84	106,51	35,448	3214,1	6,84474
34	43,112	14,348	3086,6	7,12755	85	107,78	35,87	3216,7	6,8393
35	44,38	14,77	3089,2	7,12167	86	109,05	36,292	3219,3	6,83388
36	45,648	15,192	3091,7	7,11581	87	110,32	36,714	3221,8	6,82845
37	46,916	15,614	3094,3	7,10996	88	111,58	37,136	3224,4	6,82304
38	48,184	16,036	3096,8	7,10411	89	112,85	37,558	3226,9	6,81763
39	49,452	16,458	3099,3	7,09827	90	114,12	37,98	3229,5	6,81224
40	50,72	16,88	3101,9	7,09245	91	115,39	38,402	3232	6,80685
41	51,988	17,302	3104,4	7,08663	92	116,66	38,824	3234,6	6,80147
42	53,256	17,724	3107	7,08082	93	117,92	39,246	3237,2	6,79609
43	54,524	18,146	3109,5	7,07502	94	119,19	39,668	3239,7	6,79073
44	55,792	18,568	3112,1	7,06923	95	120,46	40,09	3242,3	6,78537
45	57,06	18,99	3114,6	7,06344	96	121,73	40,512	3244,8	6,78002
46	58,328	19,412	3117,2	7,05767	97	123	40,934	3247,4	6,77468
47	59,596	19,834	3119,7	7,05191	98	124,26	41,356	3249,9	6,76935
48	60,864	20,256	3122,3	7,04615	99	125,53	41,778	3252,5	6,76403
49	62,132	20,678	3124,8	7,0404	100	126,8	42,2	3255,1	6,75871
50	63,4	21,1	3127,4	7,03467					

Πίνακας 5.2.2-7 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=3000\Omega$ του εδάφους $S_N=25MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/20kV: R_{M\Sigma}=0.096\Omega, X_{M\Sigma}=3.2\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$



Σχήμα 5.2.2-7

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d = 3000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N = 25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

5.2.3. Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm^2 , $S_N = 50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

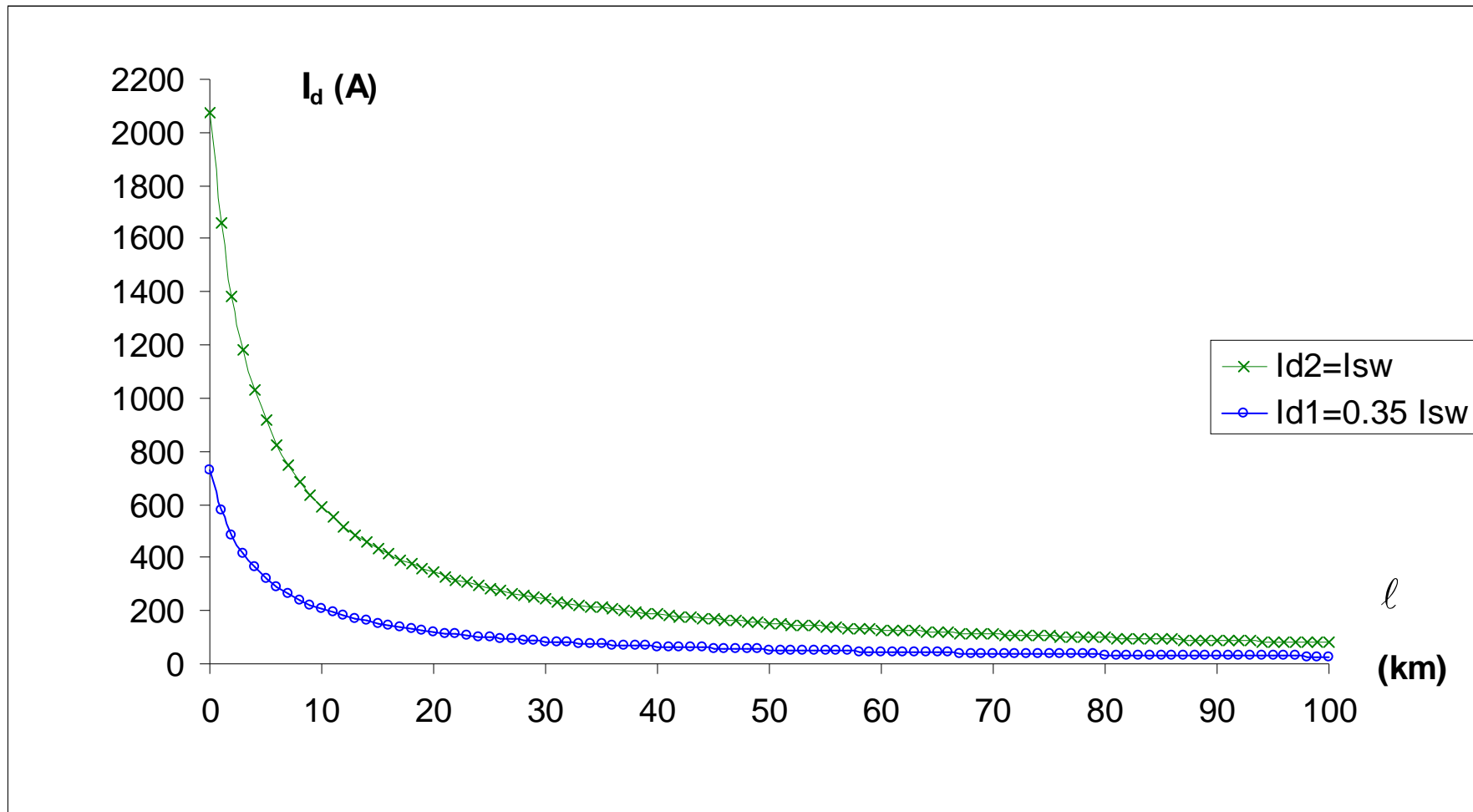
$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 8\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.048\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 1.6\Omega$$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	10,591	2077,32	51	64,668	21,522	146,9	149,762
1	1,268	0,422	13,263	1658,74	52	65,936	21,944	149,57	147,085
2	2,536	0,844	15,936	1380,55	53	67,204	22,366	152,25	144,503
3	3,804	1,266	18,608	1182,26	54	68,472	22,788	154,92	142,01
4	5,072	1,688	21,281	1033,78	55	69,74	23,21	157,59	139,602
5	6,34	2,11	23,954	918,437	56	71,008	23,632	160,26	137,274
6	7,608	2,532	26,626	826,246	57	72,276	24,054	162,94	135,022
7	8,876	2,954	29,299	750,875	58	73,544	24,476	165,61	132,843
8	10,144	3,376	31,972	688,105	59	74,812	24,898	168,28	130,733
9	11,412	3,798	34,645	635,019	60	76,08	25,32	170,95	128,689
10	12,68	4,22	37,317	589,538	61	77,348	25,742	173,63	126,708
11	13,948	4,642	39,99	550,136	62	78,616	26,164	176,3	124,787
12	15,216	5,064	42,663	515,672	63	79,884	26,586	178,97	122,923
13	16,484	5,486	45,336	485,27	64	81,152	27,008	181,65	121,115
14	17,752	5,908	48,008	458,254	65	82,42	27,43	184,32	119,358
15	19,02	6,33	50,681	434,087	66	83,688	27,852	186,99	117,652
16	20,288	6,752	53,354	412,342	67	84,956	28,274	189,66	115,994
17	21,556	7,174	56,027	392,671	68	86,224	28,696	192,34	114,383
18	22,824	7,596	58,699	374,792	69	87,492	29,118	195,01	112,815
19	24,092	8,018	61,372	358,469	70	88,76	29,54	197,68	111,29
20	25,36	8,44	64,045	343,51	71	90,028	29,962	200,36	109,805
21	26,628	8,862	66,718	329,748	72	91,296	30,384	203,03	108,359
22	27,896	9,284	69,39	317,047	73	92,564	30,806	205,7	106,951
23	29,164	9,706	72,063	305,288	74	93,832	31,228	208,37	105,58
24	30,432	10,128	74,736	294,37	75	95,1	31,65	211,05	104,243
25	31,7	10,55	77,409	284,206	76	96,368	32,072	213,72	102,939
26	32,968	10,972	80,081	274,721	77	97,636	32,494	216,39	101,667
27	34,236	11,394	82,754	265,848	78	98,904	32,916	219,06	100,427
28	35,504	11,816	85,427	257,53	79	100,17	33,338	221,74	99,2165
29	36,772	12,238	88,1	249,718	80	101,44	33,76	224,41	98,0348
30	38,04	12,66	90,772	242,365	81	102,71	34,182	227,08	96,8809
31	39,308	13,082	93,445	235,432	82	103,98	34,604	229,76	95,7539
32	40,576	13,504	96,118	228,886	83	105,24	35,026	232,43	94,6528
33	41,844	13,926	98,791	222,693	84	106,51	35,448	235,1	93,5768
34	43,112	14,348	101,46	216,827	85	107,78	35,87	237,77	92,5249
35	44,38	14,77	104,14	211,262	86	109,05	36,292	240,45	91,4964
36	45,648	15,192	106,81	205,975	87	110,32	36,714	243,12	90,4905
37	46,916	15,614	109,48	200,947	88	111,58	37,136	245,79	89,5065
38	48,184	16,036	112,15	196,158	89	112,85	37,558	248,46	88,5437
39	49,452	16,458	114,83	191,592	90	114,12	37,98	251,14	87,6014
40	50,72	16,88	117,5	187,234	91	115,39	38,402	253,81	86,6789
41	51,988	17,302	120,17	183,07	92	116,66	38,824	256,48	85,7756
42	53,256	17,724	122,85	179,087	93	117,92	39,246	259,16	84,891
43	54,524	18,146	125,52	175,274	94	119,19	39,668	261,83	84,0244
44	55,792	18,568	128,19	171,619	95	120,46	40,09	264,5	83,1753
45	57,06	18,99	130,86	168,114	96	121,73	40,512	267,17	82,3433
46	58,328	19,412	133,54	164,749	97	123	40,934	269,85	81,5277
47	59,596	19,834	136,21	161,516	98	124,26	41,356	272,52	80,7281
48	60,864	20,256	138,88	158,408	99	125,53	41,778	275,19	79,944
49	62,132	20,678	141,55	155,417	100	126,8	42,2	277,87	79,1751
50	63,4	21,1	144,23	152,537					

Πίνακας 5.2.3-1 Διφασικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_\delta = 10\Omega$ του εδάφους
 $S_N = 50\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $\text{ΜΣ } 150\text{kV}/20\text{kV}$: $R_{\text{ΜΣ}} = 0.048\Omega$, $X_{\text{ΜΣ}} = 1.6\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

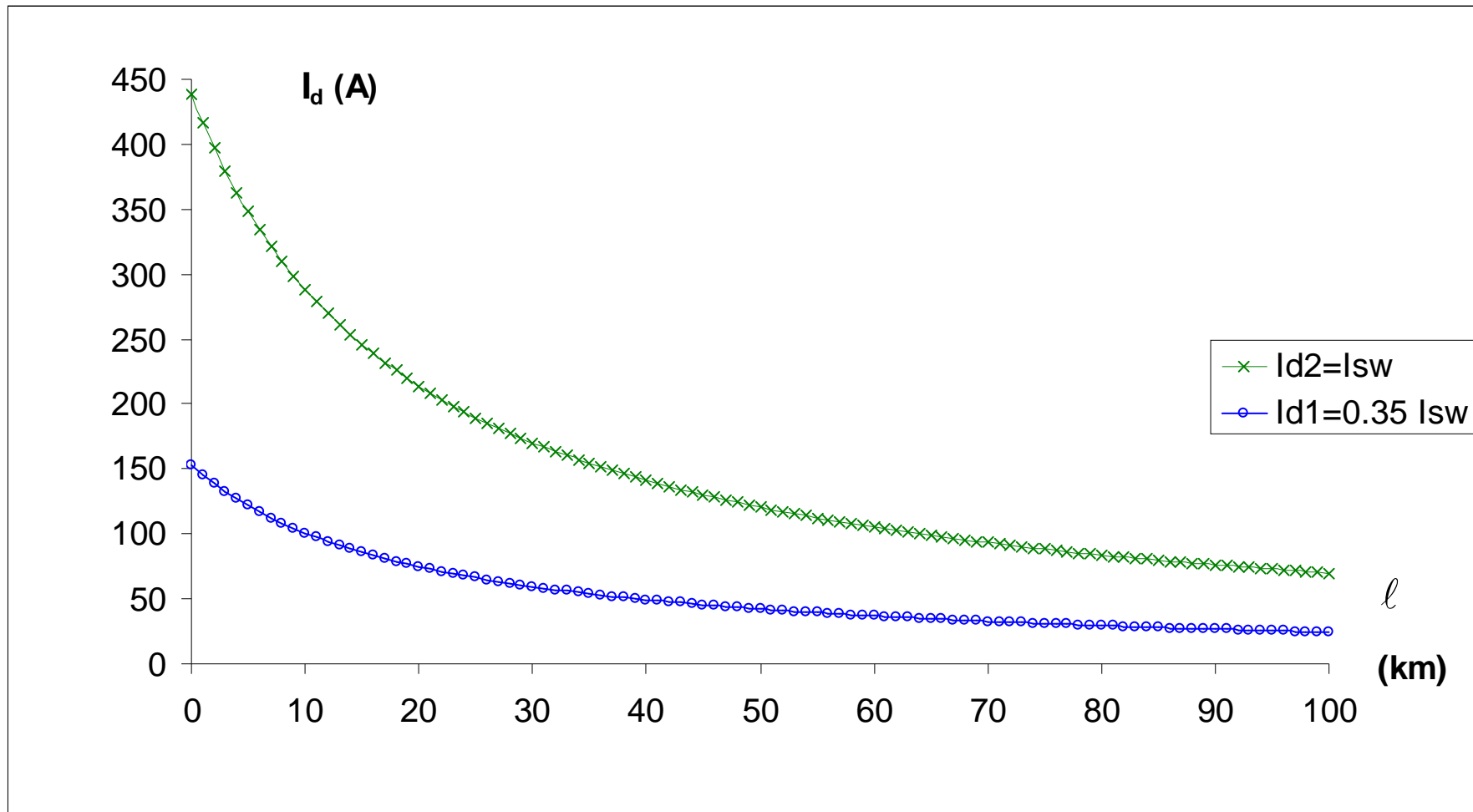


Σχήμα 5.2.3-1

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=10\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	50,198	438,264	51	64,668	21,522	185,29	118,73
1	1,268	0,422	52,787	416,769	52	65,936	21,944	187,96	117,045
2	2,536	0,844	55,384	397,227	53	67,204	22,366	190,63	115,408
3	3,804	1,266	57,988	379,39	54	68,472	22,788	193,29	113,816
4	5,072	1,688	60,598	363,05	55	69,74	23,21	195,96	112,267
5	6,34	2,11	63,213	348,031	56	71,008	23,632	198,63	110,759
6	7,608	2,532	65,833	334,181	57	72,276	24,054	201,3	109,292
7	8,876	2,954	68,456	321,372	58	73,544	24,476	203,96	107,862
8	10,144	3,376	71,084	309,493	59	74,812	24,898	206,63	106,47
9	11,412	3,798	73,715	298,448	60	76,08	25,32	209,3	105,113
10	12,68	4,22	76,348	288,153	61	77,348	25,742	211,97	103,79
11	13,948	4,642	78,985	278,535	62	78,616	26,164	214,63	102,5
12	15,216	5,064	81,623	269,531	63	79,884	26,586	217,3	101,241
13	16,484	5,486	84,264	261,084	64	81,152	27,008	219,97	100,013
14	17,752	5,908	86,907	253,145	65	82,42	27,43	222,64	98,8145
15	19,02	6,33	89,551	245,669	66	83,688	27,852	225,31	97,6442
16	20,288	6,752	92,198	238,618	67	84,956	28,274	227,98	96,5013
17	21,556	7,174	94,845	231,957	68	86,224	28,696	230,64	95,3847
18	22,824	7,596	97,494	225,654	69	87,492	29,118	233,31	94,2937
19	24,092	8,018	100,14	219,682	70	88,76	29,54	235,98	93,2273
20	25,36	8,44	102,8	214,016	71	90,028	29,962	238,65	92,1847
21	26,628	8,862	105,45	208,633	72	91,296	30,384	241,32	91,1652
22	27,896	9,284	108,1	203,511	73	92,564	30,806	243,99	90,1679
23	29,164	9,706	110,76	198,634	74	93,832	31,228	246,66	89,1922
24	30,432	10,128	113,41	193,983	75	95,1	31,65	249,33	88,2373
25	31,7	10,55	116,07	189,544	76	96,368	32,072	252	87,3027
26	32,968	10,972	118,72	185,303	77	97,636	32,494	254,67	86,3876
27	34,236	11,394	121,38	181,245	78	98,904	32,916	257,34	85,4915
28	35,504	11,816	124,04	177,361	79	100,17	33,338	260,01	84,6137
29	36,772	12,238	126,7	173,639	80	101,44	33,76	262,67	83,7538
30	38,04	12,66	129,36	170,07	81	102,71	34,182	265,34	82,9112
31	39,308	13,082	132,02	166,643	82	103,98	34,604	268,01	82,0853
32	40,576	13,504	134,68	163,351	83	105,24	35,026	270,68	81,2757
33	41,844	13,926	137,34	160,186	84	106,51	35,448	273,35	80,4819
34	43,112	14,348	140	157,141	85	107,78	35,87	276,02	79,7034
35	44,38	14,77	142,66	154,209	86	109,05	36,292	278,69	78,9398
36	45,648	15,192	145,33	151,384	87	110,32	36,714	281,36	78,1907
37	46,916	15,614	147,99	148,661	88	111,58	37,136	284,03	77,4557
38	48,184	16,036	150,65	146,033	89	112,85	37,558	286,7	76,7344
39	49,452	16,458	153,31	143,496	90	114,12	37,98	289,37	76,0263
40	50,72	16,88	155,98	141,046	91	115,39	38,402	292,04	75,3312
41	51,988	17,302	158,64	138,677	92	116,66	38,824	294,71	74,6487
42	53,256	17,724	161,31	136,387	93	117,92	39,246	297,38	73,9784
43	54,524	18,146	163,97	134,17	94	119,19	39,668	300,05	73,32
44	55,792	18,568	166,64	132,025	95	120,46	40,09	302,72	72,6733
45	57,06	18,99	169,3	129,947	96	121,73	40,512	305,4	72,0378
46	58,328	19,412	171,97	127,933	97	123	40,934	308,07	71,4134
47	59,596	19,834	174,63	125,98	98	124,26	41,356	310,74	70,7996
48	60,864	20,256	177,3	124,086	99	125,53	41,778	313,41	70,1964
49	62,132	20,678	179,96	122,248	100	126,8	42,2	316,08	69,6033
50	63,4	21,1	182,63	120,463					

Πίνακας 5.2.3-2 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 50\Omega$ του εδάφους $S_N = 50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/20kV$: $R_{M\Sigma} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma} = 1.6\Omega$
Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$

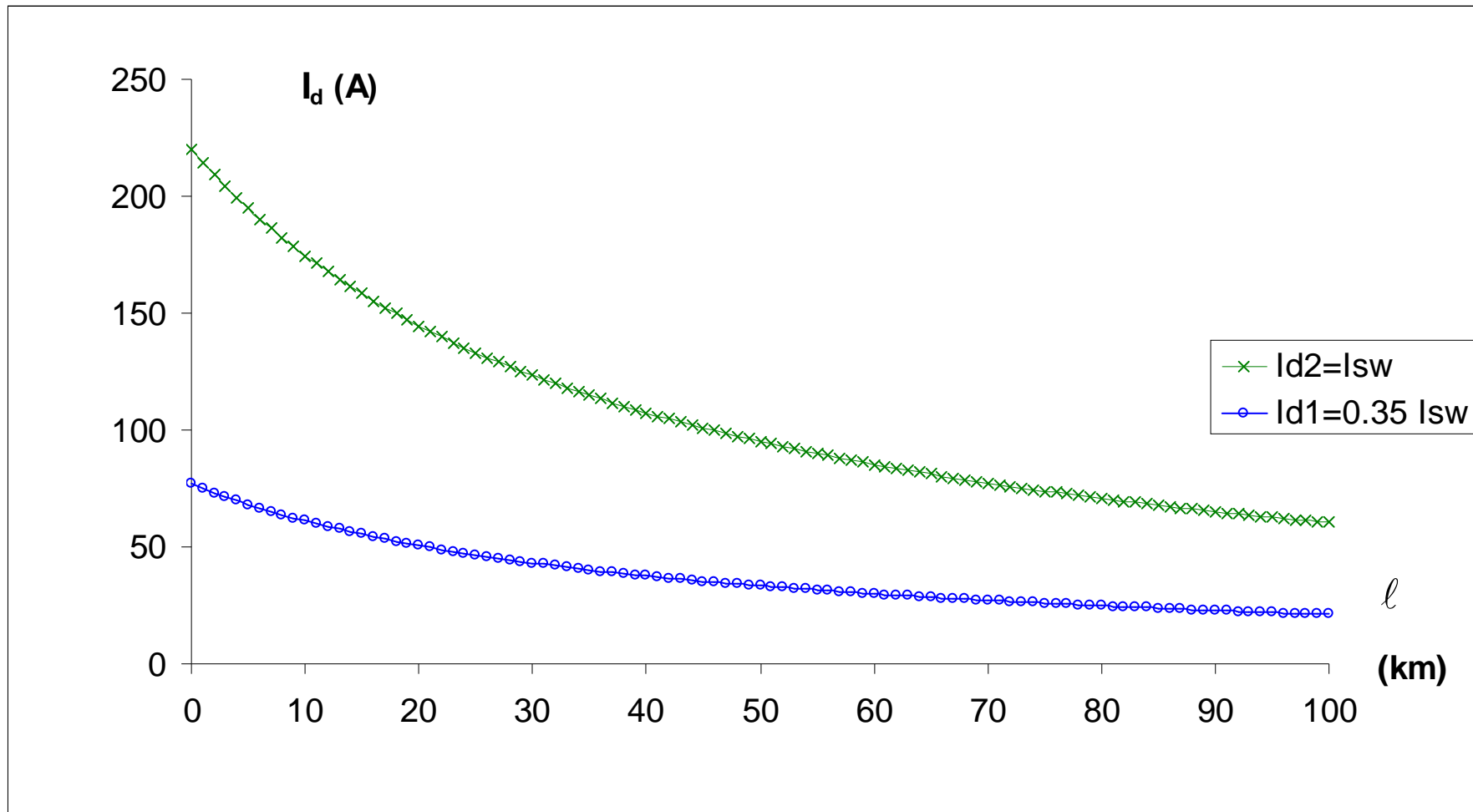


Σχήμα 5.2.3-2

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=50\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	100,15	219,677	51	64,668	21,522	234,05	93,9987
1	1,268	0,422	102,71	214,192	52	65,936	21,944	236,7	92,9451
2	2,536	0,844	105,28	208,964	53	67,204	22,366	239,35	91,9148
3	3,804	1,266	107,86	203,975	54	68,472	22,788	242,01	90,9068
4	5,072	1,688	110,44	199,211	55	69,74	23,21	244,66	89,9206
5	6,34	2,11	113,02	194,656	56	71,008	23,632	247,31	88,9554
6	7,608	2,532	115,61	190,299	57	72,276	24,054	249,97	88,0106
7	8,876	2,954	118,2	186,126	58	73,544	24,476	252,63	87,0855
8	10,144	3,376	120,79	182,127	59	74,812	24,898	255,28	86,1795
9	11,412	3,798	123,39	178,292	60	76,08	25,32	257,94	85,292
10	12,68	4,22	125,99	174,611	61	77,348	25,742	260,59	84,4226
11	13,948	4,642	128,6	171,074	62	78,616	26,164	263,25	83,5705
12	15,216	5,064	131,21	167,675	63	79,884	26,586	265,91	82,7355
13	16,484	5,486	133,82	164,404	64	81,152	27,008	268,57	81,9168
14	17,752	5,908	136,43	161,256	65	82,42	27,43	271,22	81,1141
15	19,02	6,33	139,04	158,224	66	83,688	27,852	273,88	80,3269
16	20,288	6,752	141,66	155,301	67	84,956	28,274	276,54	79,5547
17	21,556	7,174	144,28	152,482	68	86,224	28,696	279,2	78,7972
18	22,824	7,596	146,9	149,762	69	87,492	29,118	281,86	78,0538
19	24,092	8,018	149,52	147,135	70	88,76	29,54	284,52	77,3243
20	25,36	8,44	152,15	144,597	71	90,028	29,962	287,18	76,6083
21	26,628	8,862	154,77	142,144	72	91,296	30,384	289,83	75,9053
22	27,896	9,284	157,4	139,771	73	92,564	30,806	292,49	75,215
23	29,164	9,706	160,03	137,475	74	93,832	31,228	295,15	74,5372
24	30,432	10,128	162,66	135,252	75	95,1	31,65	297,82	73,8713
25	31,7	10,55	165,29	133,098	76	96,368	32,072	300,48	73,2173
26	32,968	10,972	167,92	131,011	77	97,636	32,494	303,14	72,5746
27	34,236	11,394	170,56	128,987	78	98,904	32,916	305,8	71,9431
28	35,504	11,816	173,19	127,025	79	100,17	33,338	308,46	71,3224
29	36,772	12,238	175,83	125,12	80	101,44	33,76	311,12	70,7123
30	38,04	12,66	178,47	123,271	81	102,71	34,182	313,78	70,1125
31	39,308	13,082	181,11	121,474	82	103,98	34,604	316,44	69,5228
32	40,576	13,504	183,75	119,729	83	105,24	35,026	319,11	68,9428
33	41,844	13,926	186,39	118,033	84	106,51	35,448	321,77	68,3724
34	43,112	14,348	189,03	116,384	85	107,78	35,87	324,43	67,8113
35	44,38	14,77	191,67	114,779	86	109,05	36,292	327,09	67,2594
36	45,648	15,192	194,32	113,218	87	110,32	36,714	329,75	66,7163
37	46,916	15,614	196,96	111,698	88	111,58	37,136	332,42	66,1819
38	48,184	16,036	199,6	110,218	89	112,85	37,558	335,08	65,6559
39	49,452	16,458	202,25	108,776	90	114,12	37,98	337,74	65,1382
40	50,72	16,88	204,9	107,371	91	115,39	38,402	340,41	64,6286
41	51,988	17,302	207,54	106,002	92	116,66	38,824	343,07	64,1268
42	53,256	17,724	210,19	104,667	93	117,92	39,246	345,73	63,6328
43	54,524	18,146	212,84	103,364	94	119,19	39,668	348,4	63,1463
44	55,792	18,568	215,49	102,094	95	120,46	40,09	351,06	62,6672
45	57,06	18,99	218,14	100,854	96	121,73	40,512	353,73	62,1952
46	58,328	19,412	220,79	99,6431	97	123	40,934	356,39	61,7303
47	59,596	19,834	223,44	98,4611	98	124,26	41,356	359,05	61,2722
48	60,864	20,256	226,09	97,3066	99	125,53	41,778	361,72	60,8209
49	62,132	20,678	228,74	96,1786	100	126,8	42,2	364,38	60,3762
50	63,4	21,1	231,39	95,0763					

Πίνακας 5.2.3-3 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 100\Omega$ του εδάφους $S_N = 50\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma} = 1.6\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

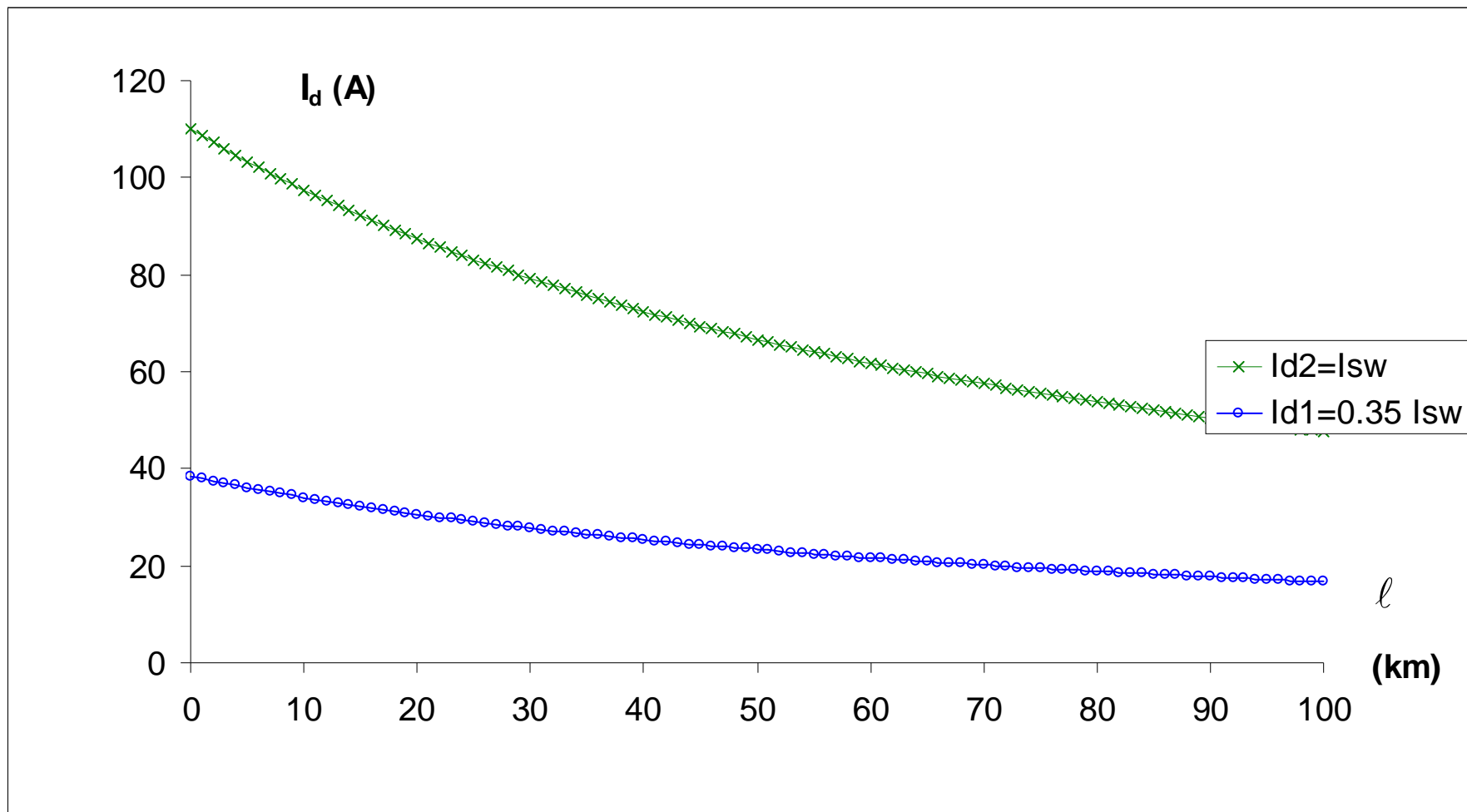


Σχήμα 5.2.3-3

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=100\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	200,12	109,933	51	64,668	21,522	332,66	66,1332
1	1,268	0,422	202,67	108,55	52	65,936	21,944	335,29	65,6147
2	2,536	0,844	205,23	107,199	53	67,204	22,366	337,92	65,1041
3	3,804	1,266	207,78	105,88	54	68,472	22,788	340,55	64,6012
4	5,072	1,688	210,34	104,591	55	69,74	23,21	343,18	64,1059
5	6,34	2,11	212,91	103,332	56	71,008	23,632	345,81	63,6181
6	7,608	2,532	215,47	102,102	57	72,276	24,054	348,45	63,1375
7	8,876	2,954	218,04	100,9	58	73,544	24,476	351,08	62,664
8	10,144	3,376	220,61	99,7242	59	74,812	24,898	353,71	62,1974
9	11,412	3,798	223,18	98,5746	60	76,08	25,32	356,35	61,7377
10	12,68	4,22	225,76	97,4503	61	77,348	25,742	358,98	61,2845
11	13,948	4,642	228,33	96,3503	62	78,616	26,164	361,62	60,8379
12	15,216	5,064	230,91	95,274	63	79,884	26,586	364,25	60,3977
13	16,484	5,486	233,49	94,2207	64	81,152	27,008	366,89	59,9637
14	17,752	5,908	236,08	93,1896	65	82,42	27,43	369,53	59,5358
15	19,02	6,33	238,66	92,18	66	83,688	27,852	372,16	59,1139
16	20,288	6,752	241,25	91,1914	67	84,956	28,274	374,8	58,6979
17	21,556	7,174	243,84	90,223	68	86,224	28,696	377,44	58,2876
18	22,824	7,596	246,43	89,2744	69	87,492	29,118	380,08	57,8829
19	24,092	8,018	249,02	88,3449	70	88,76	29,54	382,72	57,4837
20	25,36	8,44	251,62	87,434	71	90,028	29,962	385,36	57,0899
21	26,628	8,862	254,21	86,5411	72	91,296	30,384	388	56,7014
22	27,896	9,284	256,81	85,6657	73	92,564	30,806	390,64	56,3181
23	29,164	9,706	259,41	84,8074	74	93,832	31,228	393,28	55,9399
24	30,432	10,128	262,01	83,9657	75	95,1	31,65	395,92	55,5667
25	31,7	10,55	264,61	83,14	76	96,368	32,072	398,56	55,1984
26	32,968	10,972	267,22	82,3299	77	97,636	32,494	401,2	54,8348
27	34,236	11,394	269,82	81,5351	78	98,904	32,916	403,85	54,476
28	35,504	11,816	272,43	80,7552	79	100,17	33,338	406,49	54,1218
29	36,772	12,238	275,04	79,9896	80	101,44	33,76	409,13	53,7721
30	38,04	12,66	277,64	79,238	81	102,71	34,182	411,78	53,4268
31	39,308	13,082	280,25	78,5001	82	103,98	34,604	414,42	53,0859
32	40,576	13,504	282,87	77,7755	83	105,24	35,026	417,07	52,7493
33	41,844	13,926	285,48	77,0638	84	106,51	35,448	419,71	52,4169
34	43,112	14,348	288,09	76,3648	85	107,78	35,87	422,36	52,0886
35	44,38	14,77	290,71	75,678	86	109,05	36,292	425	51,7643
36	45,648	15,192	293,32	75,0032	87	110,32	36,714	427,65	51,4441
37	46,916	15,614	295,94	74,3401	88	111,58	37,136	430,3	51,1277
38	48,184	16,036	298,55	73,6883	89	112,85	37,558	432,94	50,8151
39	49,452	16,458	301,17	73,0477	90	114,12	37,98	435,59	50,5063
40	50,72	16,88	303,79	72,4178	91	115,39	38,402	438,24	50,2012
41	51,988	17,302	306,41	71,7986	92	116,66	38,824	440,88	49,8998
42	53,256	17,724	309,03	71,1896	93	117,92	39,246	443,53	49,6018
43	54,524	18,146	311,66	70,5906	94	119,19	39,668	446,18	49,3074
44	55,792	18,568	314,28	70,0015	95	120,46	40,09	448,83	49,0165
45	57,06	18,99	316,9	69,4219	96	121,73	40,512	451,48	48,7289
46	58,328	19,412	319,53	68,8517	97	123	40,934	454,13	48,4447
47	59,596	19,834	322,15	68,2906	98	124,26	41,356	456,78	48,1637
48	60,864	20,256	324,78	67,7384	99	125,53	41,778	459,43	47,8859
49	62,132	20,678	327,41	67,1949	100	126,8	42,2	462,08	47,6113
50	63,4	21,1	330,03	66,6599					

Πίνακας 5.2.3-4 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 200\Omega$ του εδάφους $S_N = 50\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma} = 1.6\Omega$
 Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

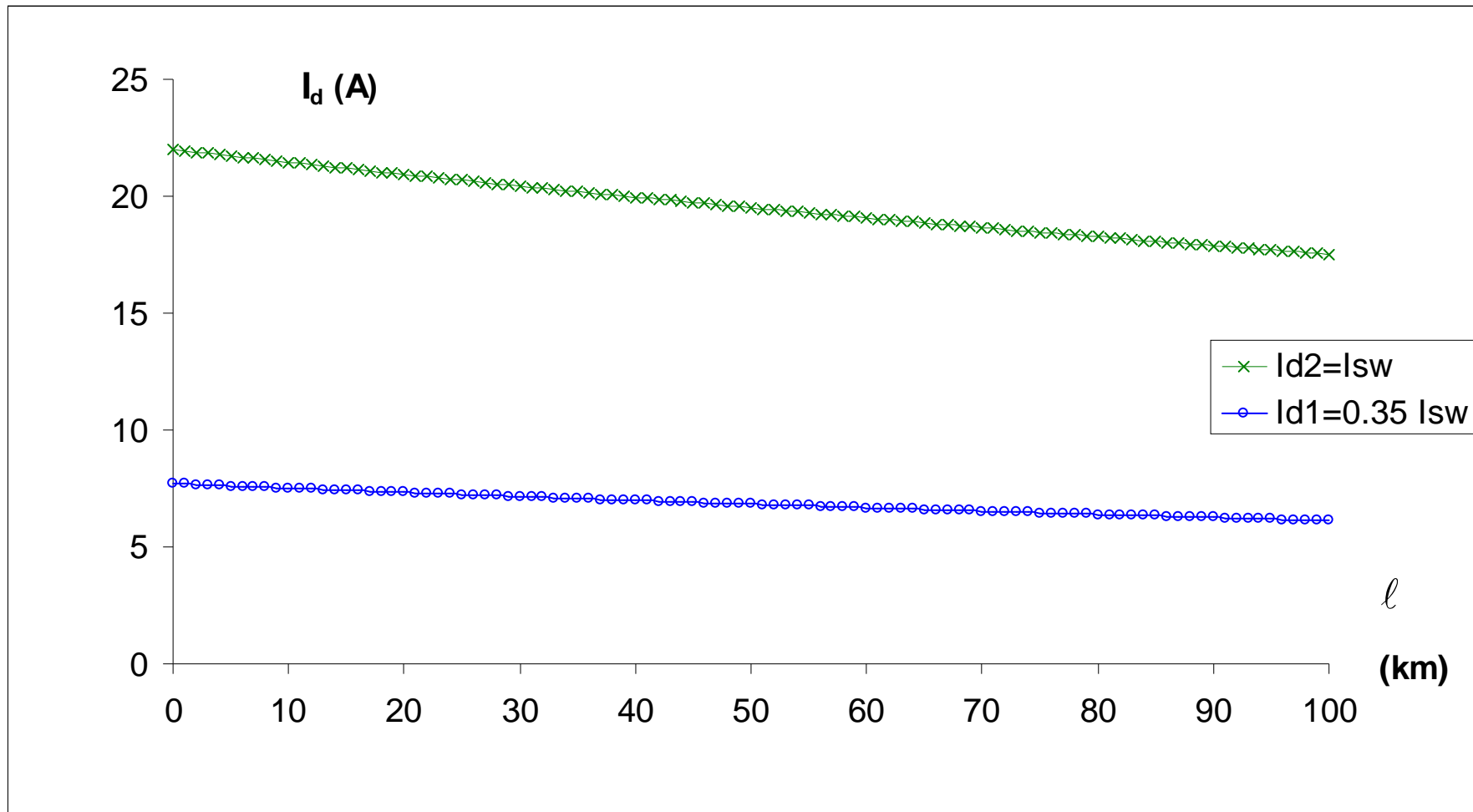


Σχήμα 5.2.3-4

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=200\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	1000,1	21,9978	51	64,668	21,522	1130,4	19,4625
1	1,268	0,422	1002,6	21,9421	52	65,936	21,944	1132,9	19,4184
2	2,536	0,844	1005,2	21,8866	53	67,204	22,366	1135,5	19,3745
3	3,804	1,266	1007,7	21,8315	54	68,472	22,788	1138,1	19,3307
4	5,072	1,688	1010,3	21,7765	55	69,74	23,21	1140,7	19,2872
5	6,34	2,11	1012,8	21,7219	56	71,008	23,632	1143,2	19,2438
6	7,608	2,532	1015,3	21,6675	57	72,276	24,054	1145,8	19,2006
7	8,876	2,954	1017,9	21,6134	58	73,544	24,476	1148,4	19,1576
8	10,144	3,376	1020,4	21,5595	59	74,812	24,898	1150,9	19,1148
9	11,412	3,798	1023	21,5059	60	76,08	25,32	1153,5	19,0722
10	12,68	4,22	1025,5	21,4525	61	77,348	25,742	1156,1	19,0297
11	13,948	4,642	1028,1	21,3994	62	78,616	26,164	1158,7	18,9875
12	15,216	5,064	1030,6	21,3465	63	79,884	26,586	1161,2	18,9454
13	16,484	5,486	1033,2	21,2939	64	81,152	27,008	1163,8	18,9035
14	17,752	5,908	1035,7	21,2415	65	82,42	27,43	1166,4	18,8617
15	19,02	6,33	1038,3	21,1894	66	83,688	27,852	1169	18,8202
16	20,288	6,752	1040,8	21,1375	67	84,956	28,274	1171,5	18,7788
17	21,556	7,174	1043,4	21,0858	68	86,224	28,696	1174,1	18,7376
18	22,824	7,596	1045,9	21,0344	69	87,492	29,118	1176,7	18,6966
19	24,092	8,018	1048,5	20,9832	70	88,76	29,54	1179,3	18,6557
20	25,36	8,44	1051	20,9323	71	90,028	29,962	1181,8	18,6151
21	26,628	8,862	1053,6	20,8816	72	91,296	30,384	1184,4	18,5745
22	27,896	9,284	1056,1	20,8311	73	92,564	30,806	1187	18,5342
23	29,164	9,706	1058,7	20,7809	74	93,832	31,228	1189,6	18,494
24	30,432	10,128	1061,2	20,7309	75	95,1	31,65	1192,2	18,454
25	31,7	10,55	1063,8	20,6811	76	96,368	32,072	1194,7	18,4142
26	32,968	10,972	1066,3	20,6315	77	97,636	32,494	1197,3	18,3745
27	34,236	11,394	1068,9	20,5822	78	98,904	32,916	1199,9	18,335
28	35,504	11,816	1071,4	20,5331	79	100,17	33,338	1202,5	18,2956
29	36,772	12,238	1074	20,4842	80	101,44	33,76	1205,1	18,2565
30	38,04	12,66	1076,6	20,4356	81	102,71	34,182	1207,6	18,2174
31	39,308	13,082	1079,1	20,3871	82	103,98	34,604	1210,2	18,1786
32	40,576	13,504	1081,7	20,3389	83	105,24	35,026	1212,8	18,1399
33	41,844	13,926	1084,2	20,2909	84	106,51	35,448	1215,4	18,1013
34	43,112	14,348	1086,8	20,2431	85	107,78	35,87	1218	18,0629
35	44,38	14,77	1089,3	20,1956	86	109,05	36,292	1220,5	18,0247
36	45,648	15,192	1091,9	20,1482	87	110,32	36,714	1223,1	17,9866
37	46,916	15,614	1094,5	20,1011	88	111,58	37,136	1225,7	17,9487
38	48,184	16,036	1097	20,0541	89	112,85	37,558	1228,3	17,9109
39	49,452	16,458	1099,6	20,0074	90	114,12	37,98	1230,9	17,8733
40	50,72	16,88	1102,2	19,9609	91	115,39	38,402	1233,5	17,8359
41	51,988	17,302	1104,7	19,9146	92	116,66	38,824	1236,1	17,7986
42	53,256	17,724	1107,3	19,8685	93	117,92	39,246	1238,6	17,7614
43	54,524	18,146	1109,8	19,8226	94	119,19	39,668	1241,2	17,7244
44	55,792	18,568	1112,4	19,7769	95	120,46	40,09	1243,8	17,6875
45	57,06	18,99	1115	19,7314	96	121,73	40,512	1246,4	17,6508
46	58,328	19,412	1117,5	19,6861	97	123	40,934	1249	17,6143
47	59,596	19,834	1120,1	19,641	98	124,26	41,356	1251,6	17,5778
48	60,864	20,256	1122,7	19,596	99	125,53	41,778	1254,2	17,5416
49	62,132	20,678	1125,2	19,5513	100	126,8	42,2	1256,8	17,5054
50	63,4	21,1	1127,8	19,5068					

Πίνακας 5.2.3-5 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 1000\Omega$ του εδάφους $S_N = 50\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Sigma 150\text{kV}/20\text{kV}$: $R_{M\Sigma} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma} = 1.6\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

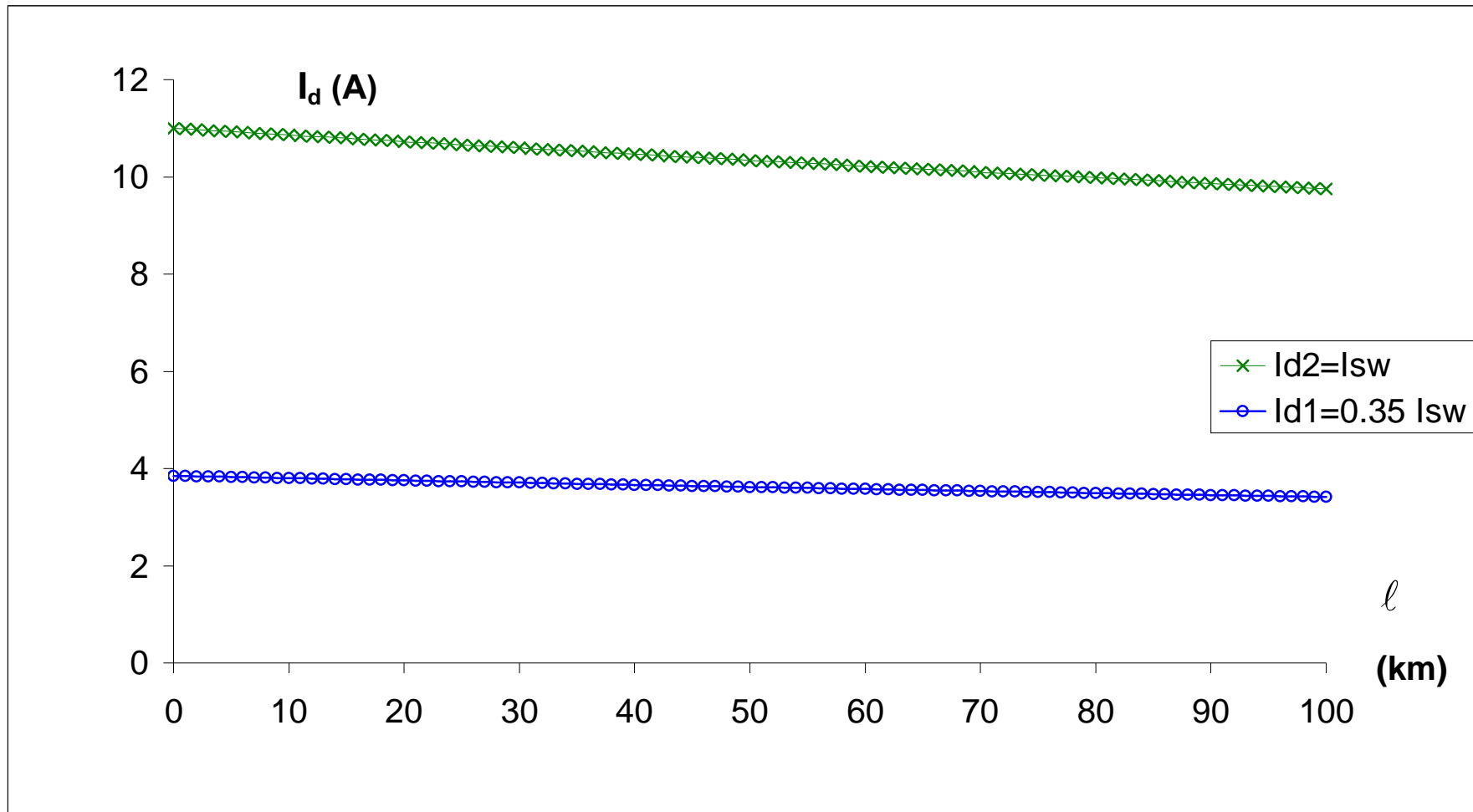


Σχήμα 5.2.3-5

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d = 1000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N = 50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	2000,1	10,9995	51	64,668	21,522	2129,9	10,329
1	1,268	0,422	2002,6	10,9855	52	65,936	21,944	2132,5	10,3166
2	2,536	0,844	2005,2	10,9716	53	67,204	22,366	2135	10,3042
3	3,804	1,266	2007,7	10,9577	54	68,472	22,788	2137,6	10,2919
4	5,072	1,688	2010,3	10,9439	55	69,74	23,21	2140,2	10,2796
5	6,34	2,11	2012,8	10,9301	56	71,008	23,632	2142,7	10,2674
6	7,608	2,532	2015,3	10,9163	57	72,276	24,054	2145,3	10,2552
7	8,876	2,954	2017,9	10,9026	58	73,544	24,476	2147,8	10,243
8	10,144	3,376	2020,4	10,8889	59	74,812	24,898	2150,4	10,2308
9	11,412	3,798	2022,9	10,8752	60	76,08	25,32	2152,9	10,2186
10	12,68	4,22	2025,5	10,8616	61	77,348	25,742	2155,5	10,2065
11	13,948	4,642	2028	10,848	62	78,616	26,164	2158	10,1944
12	15,216	5,064	2030,6	10,8344	63	79,884	26,586	2160,6	10,1824
13	16,484	5,486	2033,1	10,8208	64	81,152	27,008	2163,2	10,1703
14	17,752	5,908	2035,7	10,8073	65	82,42	27,43	2165,7	10,1583
15	19,02	6,33	2038,2	10,7938	66	83,688	27,852	2168,3	10,1463
16	20,288	6,752	2040,7	10,7804	67	84,956	28,274	2170,8	10,1344
17	21,556	7,174	2043,3	10,767	68	86,224	28,696	2173,4	10,1224
18	22,824	7,596	2045,8	10,7536	69	87,492	29,118	2175,9	10,1105
19	24,092	8,018	2048,4	10,7402	70	88,76	29,54	2178,5	10,0987
20	25,36	8,44	2050,9	10,7269	71	90,028	29,962	2181,1	10,0868
21	26,628	8,862	2053,5	10,7136	72	91,296	30,384	2183,6	10,075
22	27,896	9,284	2056	10,7004	73	92,564	30,806	2186,2	10,0632
23	29,164	9,706	2058,5	10,6871	74	93,832	31,228	2188,7	10,0514
24	30,432	10,128	2061,1	10,6739	75	95,1	31,65	2191,3	10,0397
25	31,7	10,55	2063,6	10,6608	76	96,368	32,072	2193,9	10,028
26	32,968	10,972	2066,2	10,6476	77	97,636	32,494	2196,4	10,0163
27	34,236	11,394	2068,7	10,6345	78	98,904	32,916	2199	10,0046
28	35,504	11,816	2071,3	10,6215	79	100,17	33,338	2201,5	9,99296
29	36,772	12,238	2073,8	10,6084	80	101,44	33,76	2204,1	9,98135
30	38,04	12,66	2076,4	10,5954	81	102,71	34,182	2206,7	9,96976
31	39,308	13,082	2078,9	10,5824	82	103,98	34,604	2209,2	9,9582
32	40,576	13,504	2081,5	10,5695	83	105,24	35,026	2211,8	9,94666
33	41,844	13,926	2084	10,5565	84	106,51	35,448	2214,4	9,93515
34	43,112	14,348	2086,6	10,5437	85	107,78	35,87	2216,9	9,92366
35	44,38	14,77	2089,1	10,5308	86	109,05	36,292	2219,5	9,9122
36	45,648	15,192	2091,7	10,518	87	110,32	36,714	2222	9,90077
37	46,916	15,614	2094,2	10,5051	88	111,58	37,136	2224,6	9,88936
38	48,184	16,036	2096,8	10,4924	89	112,85	37,558	2227,2	9,87797
39	49,452	16,458	2099,3	10,4796	90	114,12	37,98	2229,7	9,86661
40	50,72	16,88	2101,9	10,4669	91	115,39	38,402	2232,3	9,85528
41	51,988	17,302	2104,4	10,4542	92	116,66	38,824	2234,9	9,84397
42	53,256	17,724	2107	10,4416	93	117,92	39,246	2237,4	9,83268
43	54,524	18,146	2109,5	10,4289	94	119,19	39,668	2240	9,82142
44	55,792	18,568	2112,1	10,4163	95	120,46	40,09	2242,6	9,81019
45	57,06	18,99	2114,6	10,4038	96	121,73	40,512	2245,1	9,79898
46	58,328	19,412	2117,2	10,3912	97	123	40,934	2247,7	9,78779
47	59,596	19,834	2119,7	10,3787	98	124,26	41,356	2250,3	9,77663
48	60,864	20,256	2122,3	10,3662	99	125,53	41,778	2252,8	9,76549
49	62,132	20,678	2124,8	10,3538	100	126,8	42,2	2255,4	9,75438
50	63,4	21,1	2127,4	10,3414					

Πίνακας 5.2.3-6 Διφασικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=2000\Omega$ του εδάφους $S_N=50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/20kV$: $R_{M\Sigma}=0.048\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.6\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-100km$

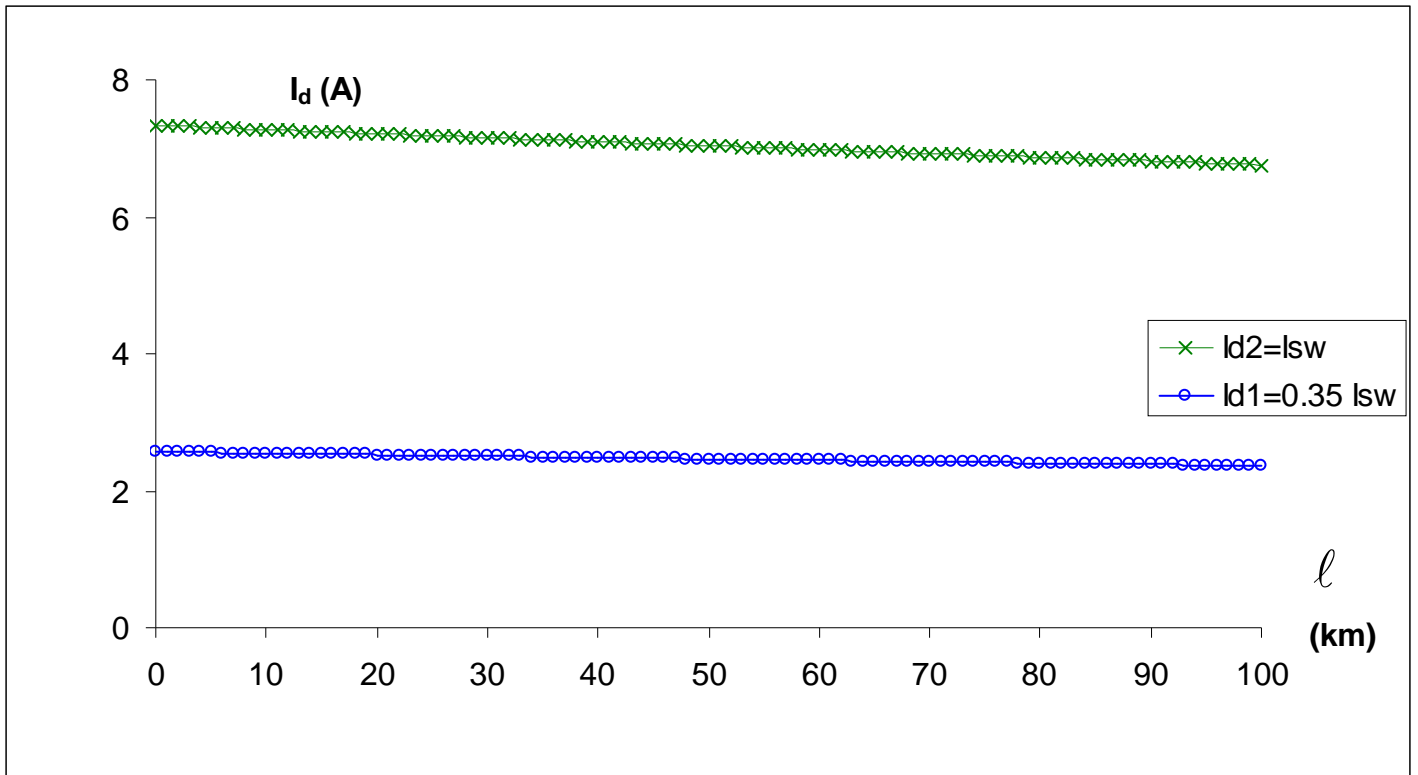


Σχήμα 5.2.3-6

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=2000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	3000,1	7,33309	51	64,668	21,522	3129,8	7,02926
1	1,268	0,422	3002,6	7,3269	52	65,936	21,944	3132,3	7,02354
2	2,536	0,844	3005,2	7,32071	53	67,204	22,366	3134,9	7,01783
3	3,804	1,266	3007,7	7,31454	54	68,472	22,788	3137,4	7,01213
4	5,072	1,688	3010,2	7,30837	55	69,74	23,21	3140	7,00644
5	6,34	2,11	3012,8	7,30221	56	71,008	23,632	3142,5	7,00076
6	7,608	2,532	3015,3	7,29607	57	72,276	24,054	3145,1	6,99508
7	8,876	2,954	3017,9	7,28993	58	73,544	24,476	3147,6	6,98942
8	10,144	3,376	3020,4	7,2838	59	74,812	24,898	3150,2	6,98376
9	11,412	3,798	3022,9	7,27769	60	76,08	25,32	3152,7	6,97811
10	12,68	4,22	3025,5	7,27158	61	77,348	25,742	3155,3	6,97247
11	13,948	4,642	3028	7,26548	62	78,616	26,164	3157,8	6,96684
12	15,216	5,064	3030,6	7,25939	63	79,884	26,586	3160,4	6,96122
13	16,484	5,486	3033,1	7,25331	64	81,152	27,008	3162,9	6,9556
14	17,752	5,908	3035,6	7,24724	65	82,42	27,43	3165,5	6,95
15	19,02	6,33	3038,2	7,24118	66	83,688	27,852	3168	6,9444
16	20,288	6,752	3040,7	7,23513	67	84,956	28,274	3170,6	6,93881
17	21,556	7,174	3043,3	7,22909	68	86,224	28,696	3173,1	6,93323
18	22,824	7,596	3045,8	7,22306	69	87,492	29,118	3175,7	6,92766
19	24,092	8,018	3048,3	7,21704	70	88,76	29,54	3178,2	6,9221
20	25,36	8,44	3050,9	7,21103	71	90,028	29,962	3180,8	6,91655
21	26,628	8,862	3053,4	7,20503	72	91,296	30,384	3183,3	6,911
22	27,896	9,284	3056	7,19903	73	92,564	30,806	3185,9	6,90546
23	29,164	9,706	3058,5	7,19305	74	93,832	31,228	3188,4	6,89993
24	30,432	10,128	3061	7,18708	75	95,1	31,65	3191	6,89441
25	31,7	10,55	3063,6	7,18111	76	96,368	32,072	3193,5	6,8889
26	32,968	10,972	3066,1	7,17516	77	97,636	32,494	3196,1	6,8834
27	34,236	11,394	3068,7	7,16921	78	98,904	32,916	3198,6	6,8779
28	35,504	11,816	3071,2	7,16327	79	100,17	33,338	3201,2	6,87242
29	36,772	12,238	3073,8	7,15735	80	101,44	33,76	3203,8	6,86694
30	38,04	12,66	3076,3	7,15143	81	102,71	34,182	3206,3	6,86147
31	39,308	13,082	3078,9	7,14552	82	103,98	34,604	3208,9	6,85601
32	40,576	13,504	3081,4	7,13962	83	105,24	35,026	3211,4	6,85055
33	41,844	13,926	3083,9	7,13373	84	106,51	35,448	3214	6,84511
34	43,112	14,348	3086,5	7,12785	85	107,78	35,87	3216,5	6,83967
35	44,38	14,77	3089	7,12198	86	109,05	36,292	3219,1	6,83424
36	45,648	15,192	3091,6	7,11612	87	110,32	36,714	3221,6	6,82882
37	46,916	15,614	3094,1	7,11026	88	111,58	37,136	3224,2	6,82341
38	48,184	16,036	3096,7	7,10442	89	112,85	37,558	3226,8	6,818
39	49,452	16,458	3099,2	7,09858	90	114,12	37,98	3229,3	6,81261
40	50,72	16,88	3101,8	7,09276	91	115,39	38,402	3231,9	6,80722
41	51,988	17,302	3104,3	7,08694	92	116,66	38,824	3234,4	6,80184
42	53,256	17,724	3106,8	7,08113	93	117,92	39,246	3237	6,79647
43	54,524	18,146	3109,4	7,07533	94	119,19	39,668	3239,5	6,79111
44	55,792	18,568	3111,9	7,06954	95	120,46	40,09	3242,1	6,78575
45	57,06	18,99	3114,5	7,06376	96	121,73	40,512	3244,6	6,7804
46	58,328	19,412	3117	7,05799	97	123	40,934	3247,2	6,77506
47	59,596	19,834	3119,6	7,05223	98	124,26	41,356	3249,8	6,76973
48	60,864	20,256	3122,1	7,04647	99	125,53	41,778	3252,3	6,76441
49	62,132	20,678	3124,7	7,04073	100	126,8	42,2	3254,9	6,75909
50	63,4	21,1	3127,2	7,03499					

Πίνακας 5.2.3-7 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 3000\Omega$ του εδάφους $S_N = 50MVA$, $ACSR 16mm^2$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma} = 1.6\Omega$
Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$



Σχήμα 5.2.3-7

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d = 3000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N = 50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/20\text{kV}$

5.2.4. Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm^2 , $S_N = 15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

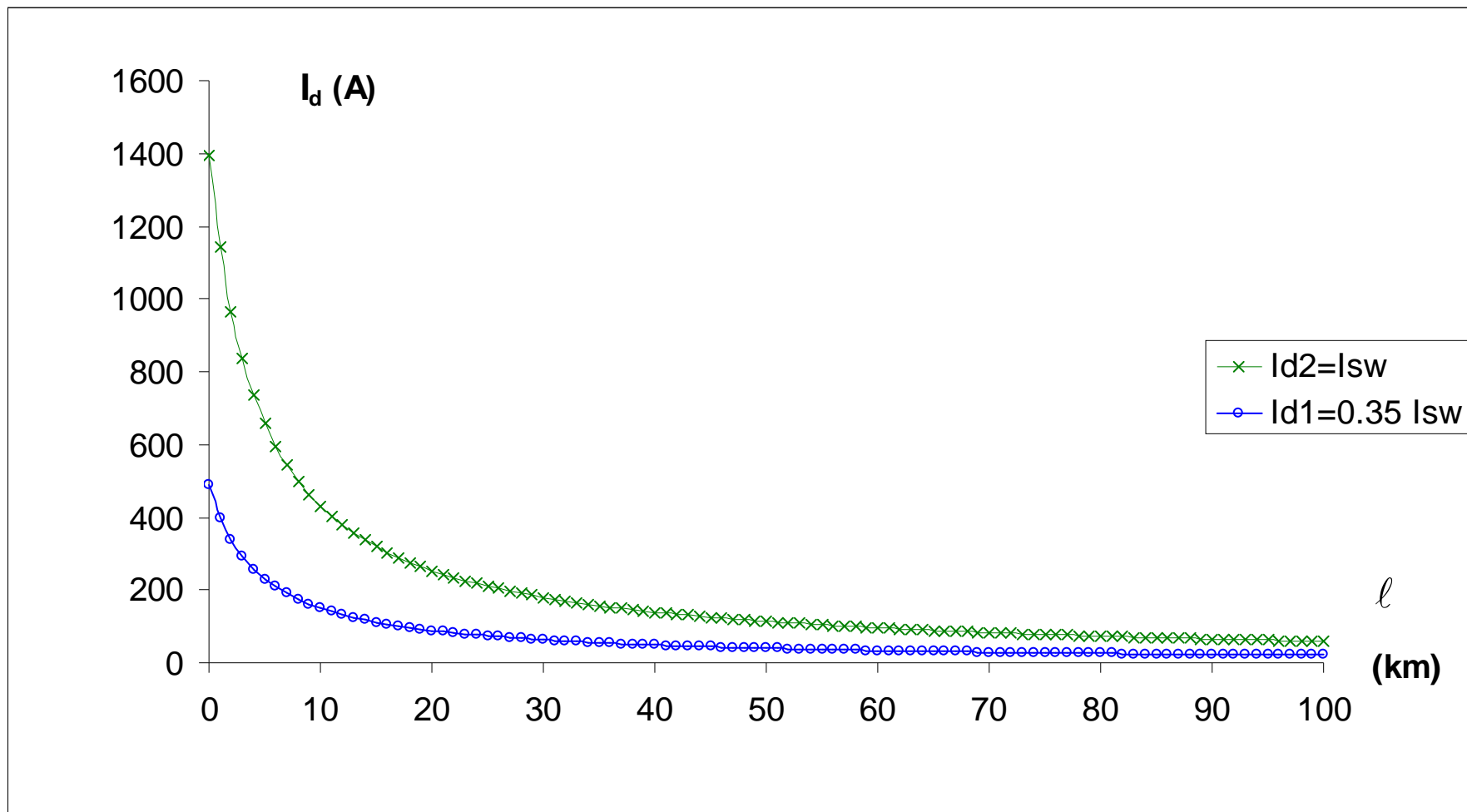
$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 15\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.09\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 3\Omega$$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	11,815	1396,5	51	64,668	21,522	147,88	111,574
1	1,268	0,422	14,44	1142,7	52	65,936	21,944	150,56	109,593
2	2,536	0,844	17,079	966,107	53	67,204	22,366	153,23	107,682
3	3,804	1,266	19,727	836,409	54	68,472	22,788	155,9	105,836
4	5,072	1,688	22,381	737,222	55	69,74	23,21	158,57	104,052
5	6,34	2,11	25,039	658,961	56	71,008	23,632	161,25	102,328
6	7,608	2,532	27,7	595,66	57	72,276	24,054	163,92	100,66
7	8,876	2,954	30,363	543,418	58	73,544	24,476	166,59	99,0448
8	10,144	3,376	33,028	499,577	59	74,812	24,898	169,26	97,481
9	11,412	3,798	35,694	462,266	60	76,08	25,32	171,94	95,9658
10	12,68	4,22	38,36	430,13	61	77,348	25,742	174,61	94,497
11	13,948	4,642	41,028	402,164	62	78,616	26,164	177,28	93,0725
12	15,216	5,064	43,696	377,607	63	79,884	26,586	179,95	91,6903
13	16,484	5,486	46,365	355,872	64	81,152	27,008	182,63	90,3485
14	17,752	5,908	49,034	336,501	65	82,42	27,43	185,3	89,0454
15	19,02	6,33	51,704	319,127	66	83,688	27,852	187,97	87,7794
16	20,288	6,752	54,373	303,457	67	84,956	28,274	190,64	86,5489
17	21,556	7,174	57,044	289,253	68	86,224	28,696	193,32	85,3523
18	22,824	7,596	59,714	276,317	69	87,492	29,118	195,99	84,1885
19	24,092	8,018	62,384	264,489	70	88,76	29,54	198,66	83,0559
20	25,36	8,44	65,055	253,631	71	90,028	29,962	201,33	81,9534
21	26,628	8,862	67,726	243,628	72	91,296	30,384	204,01	80,8798
22	27,896	9,284	70,397	234,384	73	92,564	30,806	206,68	79,8339
23	29,164	9,706	73,068	225,816	74	93,832	31,228	209,35	78,8148
24	30,432	10,128	75,74	217,852	75	95,1	31,65	212,02	77,8213
25	31,7	10,55	78,411	210,43	76	96,368	32,072	214,7	76,8526
26	32,968	10,972	81,082	203,497	77	97,636	32,494	217,37	75,9077
27	34,236	11,394	83,754	197,006	78	98,904	32,916	220,04	74,9857
28	35,504	11,816	86,426	190,916	79	100,17	33,338	222,71	74,0859
29	36,772	12,238	89,097	185,191	80	101,44	33,76	225,39	73,2074
30	38,04	12,66	91,769	179,799	81	102,71	34,182	228,06	72,3495
31	39,308	13,082	94,441	174,712	82	103,98	34,604	230,73	71,5114
32	40,576	13,504	97,113	169,906	83	105,24	35,026	233,4	70,6926
33	41,844	13,926	99,785	165,356	84	106,51	35,448	236,08	69,8923
34	43,112	14,348	102,46	161,044	85	107,78	35,87	238,75	69,1099
35	44,38	14,77	105,13	156,951	86	109,05	36,292	241,42	68,3448
36	45,648	15,192	107,8	153,06	87	110,32	36,714	244,1	67,5965
37	46,916	15,614	110,47	149,358	88	111,58	37,136	246,77	66,8644
38	48,184	16,036	113,14	145,831	89	112,85	37,558	249,44	66,148
39	49,452	16,458	115,82	142,466	90	114,12	37,98	252,11	65,4468
40	50,72	16,88	118,49	139,253	91	115,39	38,402	254,79	64,7603
41	51,988	17,302	121,16	136,182	92	116,66	38,824	257,46	64,088
42	53,256	17,724	123,83	133,243	93	117,92	39,246	260,13	63,4295
43	54,524	18,146	126,51	130,429	94	119,19	39,668	262,8	62,7845
44	55,792	18,568	129,18	127,731	95	120,46	40,09	265,48	62,1524
45	57,06	18,99	131,85	125,142	96	121,73	40,512	268,15	61,5329
46	58,328	19,412	134,52	122,656	97	123	40,934	270,82	60,9257
47	59,596	19,834	137,19	120,267	98	124,26	41,356	273,49	60,3303
48	60,864	20,256	139,87	117,969	99	125,53	41,778	276,17	59,7465
49	62,132	20,678	142,54	115,757	100	126,8	42,2	278,84	59,1738
50	63,4	21,1	145,21	113,627					

Πίνακας 5.2.4-1 Διασπαστικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 10\Omega$ του εδάφους $S_N = 15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma} = 0.09\Omega$, $X_{M\Sigma} = 3\Omega$
 Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$

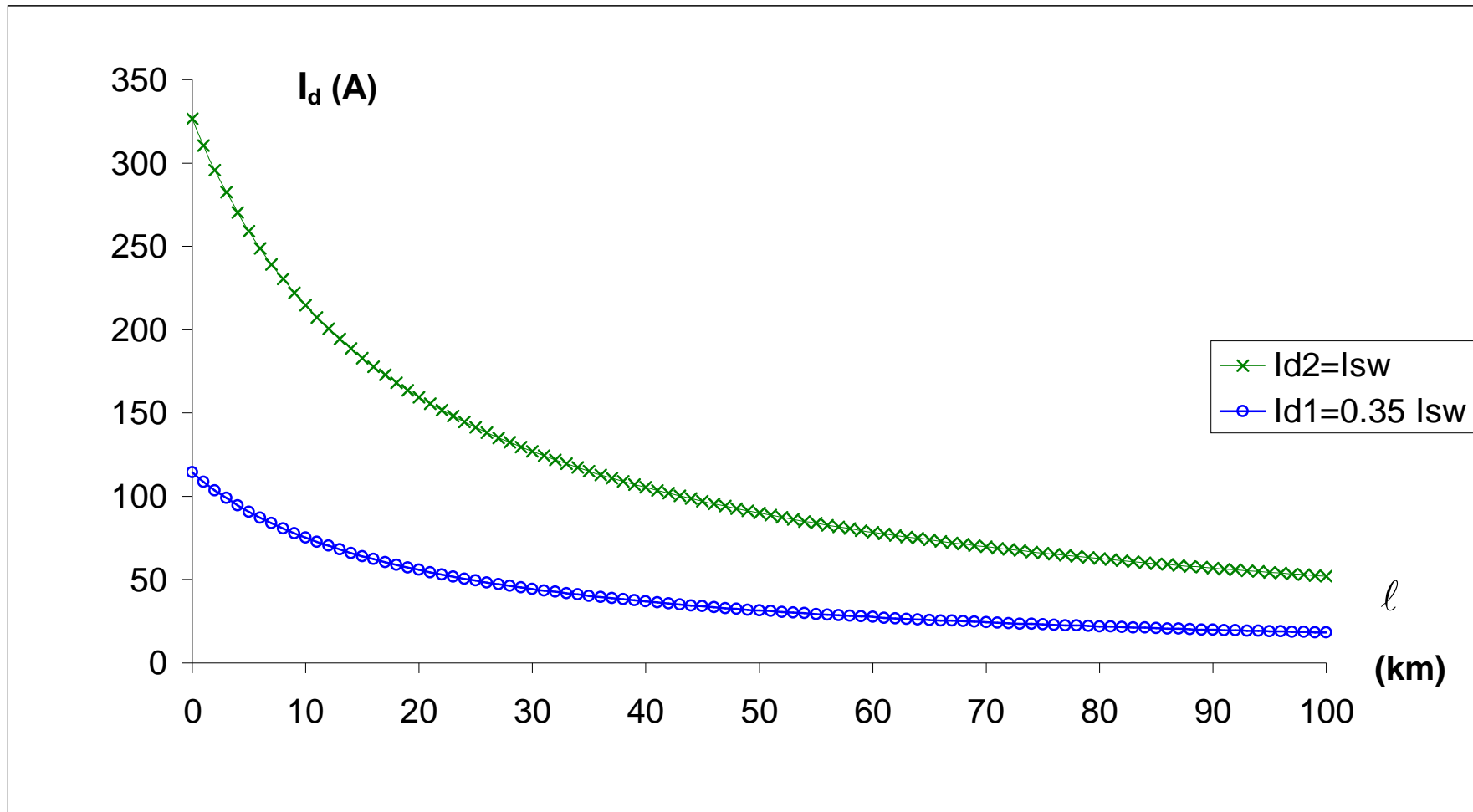


Σχήμα 5.2.4-1

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=10\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ 150kV/15kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	50,537	326,493	51	64,668	21,522	186,09	88,6648
1	1,268	0,422	53,158	310,395	52	65,936	21,944	188,76	87,4112
2	2,536	0,844	55,784	295,784	53	67,204	22,366	191,43	86,1925
3	3,804	1,266	58,414	282,466	54	68,472	22,788	194,1	85,0073
4	5,072	1,688	61,048	270,28	55	69,74	23,21	196,77	83,8542
5	6,34	2,11	63,685	259,088	56	71,008	23,632	199,44	82,7319
6	7,608	2,532	66,325	248,775	57	72,276	24,054	202,11	81,6392
7	8,876	2,954	68,967	239,244	58	73,544	24,476	204,78	80,575
8	10,144	3,376	71,612	230,408	59	74,812	24,898	207,45	79,5381
9	11,412	3,798	74,259	222,196	60	76,08	25,32	210,12	78,5276
10	12,68	4,22	76,907	214,544	61	77,348	25,742	212,79	77,5424
11	13,948	4,642	79,557	207,397	62	78,616	26,164	215,46	76,5815
12	15,216	5,064	82,209	200,708	63	79,884	26,586	218,13	75,6442
13	16,484	5,486	84,862	194,433	64	81,152	27,008	220,8	74,7295
14	17,752	5,908	87,516	188,537	65	82,42	27,43	223,47	73,8366
15	19,02	6,33	90,171	182,985	66	83,688	27,852	226,14	72,9648
16	20,288	6,752	92,828	177,749	67	84,956	28,274	228,81	72,1133
17	21,556	7,174	95,485	172,803	68	86,224	28,696	231,48	71,2815
18	22,824	7,596	98,143	168,123	69	87,492	29,118	234,15	70,4686
19	24,092	8,018	100,8	163,688	70	88,76	29,54	236,82	69,674
20	25,36	8,44	103,46	159,48	71	90,028	29,962	239,49	68,8971
21	26,628	8,862	106,12	155,483	72	91,296	30,384	242,16	68,1374
22	27,896	9,284	108,78	151,68	73	92,564	30,806	244,83	67,3942
23	29,164	9,706	111,44	148,057	74	93,832	31,228	247,5	66,667
24	30,432	10,128	114,11	144,603	75	95,1	31,65	250,17	65,9553
25	31,7	10,55	116,77	141,306	76	96,368	32,072	252,84	65,2587
26	32,968	10,972	119,43	138,156	77	97,636	32,494	255,51	64,5766
27	34,236	11,394	122,09	135,142	78	98,904	32,916	258,18	63,9086
28	35,504	11,816	124,76	132,257	79	100,17	33,338	260,85	63,2543
29	36,772	12,238	127,42	129,491	80	101,44	33,76	263,52	62,6132
30	38,04	12,66	130,09	126,839	81	102,71	34,182	266,19	61,985
31	39,308	13,082	132,75	124,293	82	103,98	34,604	268,86	61,3693
32	40,576	13,504	135,42	121,847	83	105,24	35,026	271,54	60,7656
33	41,844	13,926	138,08	119,495	84	106,51	35,448	274,21	60,1737
34	43,112	14,348	140,75	117,232	85	107,78	35,87	276,88	59,5933
35	44,38	14,77	143,41	115,053	86	109,05	36,292	279,55	59,0239
36	45,648	15,192	146,08	112,953	87	110,32	36,714	282,22	58,4653
37	46,916	15,614	148,75	110,928	88	111,58	37,136	284,89	57,9171
38	48,184	16,036	151,41	108,974	89	112,85	37,558	287,56	57,3791
39	49,452	16,458	154,08	107,088	90	114,12	37,98	290,23	56,851
40	50,72	16,88	156,75	105,266	91	115,39	38,402	292,9	56,3326
41	51,988	17,302	159,41	103,505	92	116,66	38,824	295,57	55,8235
42	53,256	17,724	162,08	101,801	93	117,92	39,246	298,25	55,3235
43	54,524	18,146	164,75	100,153	94	119,19	39,668	300,92	54,8324
44	55,792	18,568	167,42	98,557	95	120,46	40,09	303,59	54,35
45	57,06	18,99	170,08	97,011	96	121,73	40,512	306,26	53,8759
46	58,328	19,412	172,75	95,5127	97	123	40,934	308,93	53,41
47	59,596	19,834	175,42	94,0599	98	124,26	41,356	311,6	52,9522
48	60,864	20,256	178,09	92,6506	99	125,53	41,778	314,27	52,5021
49	62,132	20,678	180,76	91,2828	100	126,8	42,2	316,94	52,0596
50	63,4	21,1	183,43	89,9548					

Πίνακας 5.2.4-2 Διασπαστικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 50\Omega$ του εδάφους $S_N = 15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Omega 150kV/15kV$: $R_{M\Omega} = 0.09\Omega$, $X_{M\Omega} = 3\Omega$
Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$

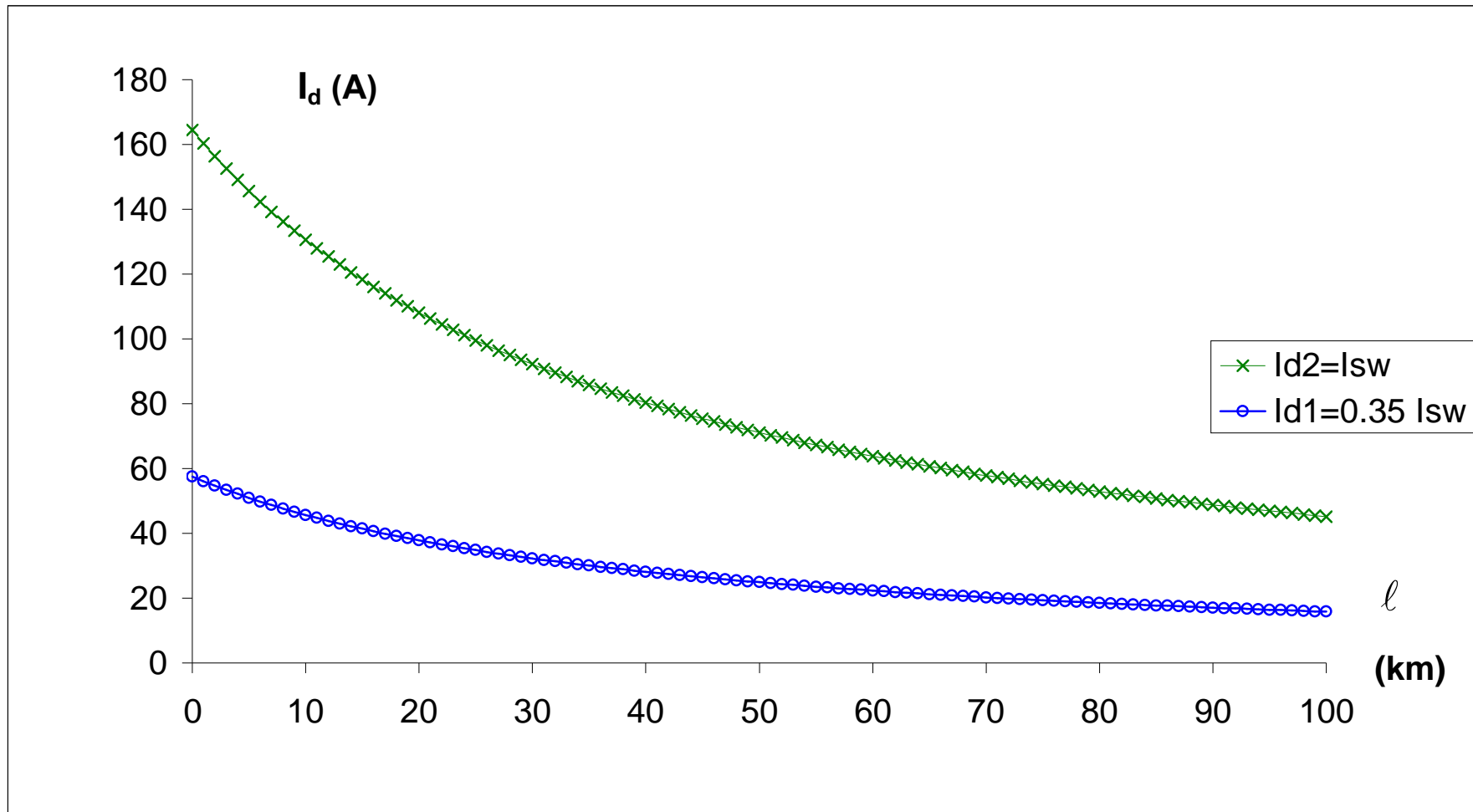


Σχήμα 5.2.4-2

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=50\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	100,36	164,409	51	64,668	21,522	234,7	70,3034
1	1,268	0,422	102,94	160,282	52	65,936	21,944	237,35	69,5166
2	2,536	0,844	105,53	156,35	53	67,204	22,366	240,01	68,747
3	3,804	1,266	108,12	152,601	54	68,472	22,788	242,67	67,9942
4	5,072	1,688	110,72	149,023	55	69,74	23,21	245,33	67,2576
5	6,34	2,11	113,32	145,603	56	71,008	23,632	247,98	66,5368
6	7,608	2,532	115,92	142,333	57	72,276	24,054	250,64	65,8311
7	8,876	2,954	118,53	139,204	58	73,544	24,476	253,3	65,1402
8	10,144	3,376	121,14	136,205	59	74,812	24,898	255,96	64,4635
9	11,412	3,798	123,75	133,33	60	76,08	25,32	258,62	63,8007
10	12,68	4,22	126,37	130,572	61	77,348	25,742	261,28	63,1513
11	13,948	4,642	128,98	127,922	62	78,616	26,164	263,94	62,5149
12	15,216	5,064	131,6	125,376	63	79,884	26,586	266,6	61,8912
13	16,484	5,486	134,22	122,928	64	81,152	27,008	269,26	61,2797
14	17,752	5,908	136,85	120,571	65	82,42	27,43	271,92	60,6801
15	19,02	6,33	139,47	118,302	66	83,688	27,852	274,58	60,0921
16	20,288	6,752	142,1	116,115	67	84,956	28,274	277,24	59,5154
17	21,556	7,174	144,73	114,006	68	86,224	28,696	279,9	58,9495
18	22,824	7,596	147,36	111,971	69	87,492	29,118	282,56	58,3943
19	24,092	8,018	149,99	110,006	70	88,76	29,54	285,22	57,8494
20	25,36	8,44	152,62	108,109	71	90,028	29,962	287,89	57,3145
21	26,628	8,862	155,26	106,274	72	91,296	30,384	290,55	56,7894
22	27,896	9,284	157,89	104,5	73	92,564	30,806	293,21	56,2738
23	29,164	9,706	160,53	102,783	74	93,832	31,228	295,87	55,7674
24	30,432	10,128	163,17	101,122	75	95,1	31,65	298,53	55,2701
25	31,7	10,55	165,81	99,512	76	96,368	32,072	301,2	54,7814
26	32,968	10,972	168,45	97,9522	77	97,636	32,494	303,86	54,3014
27	34,236	11,394	171,09	96,44	78	98,904	32,916	306,52	53,8296
28	35,504	11,816	173,73	94,9732	79	100,17	33,338	309,19	53,3659
29	36,772	12,238	176,38	93,5499	80	101,44	33,76	311,85	52,9101
30	38,04	12,66	179,02	92,1682	81	102,71	34,182	314,51	52,462
31	39,308	13,082	181,67	90,8263	82	103,98	34,604	317,18	52,0214
32	40,576	13,504	184,31	89,5225	83	105,24	35,026	319,84	51,5882
33	41,844	13,926	186,96	88,2552	84	106,51	35,448	322,5	51,162
34	43,112	14,348	189,61	87,023	85	107,78	35,87	325,17	50,7429
35	44,38	14,77	192,25	85,8244	86	109,05	36,292	327,83	50,3305
36	45,648	15,192	194,9	84,6581	87	110,32	36,714	330,5	49,9247
37	46,916	15,614	197,55	83,5228	88	111,58	37,136	333,16	49,5254
38	48,184	16,036	200,2	82,4172	89	112,85	37,558	335,83	49,1324
39	49,452	16,458	202,85	81,3403	90	114,12	37,98	338,49	48,7456
40	50,72	16,88	205,5	80,291	91	115,39	38,402	341,16	48,3649
41	51,988	17,302	208,15	79,2682	92	116,66	38,824	343,82	47,99
42	53,256	17,724	210,81	78,2709	93	117,92	39,246	346,49	47,6208
43	54,524	18,146	213,46	77,2982	94	119,19	39,668	349,15	47,2573
44	55,792	18,568	216,11	76,3492	95	120,46	40,09	351,82	46,8993
45	57,06	18,99	218,77	75,4231	96	121,73	40,512	354,48	46,5466
46	58,328	19,412	221,42	74,519	97	123	40,934	357,15	46,1992
47	59,596	19,834	224,07	73,6362	98	124,26	41,356	359,81	45,8569
48	60,864	20,256	226,73	72,7739	99	125,53	41,778	362,48	45,5197
49	62,132	20,678	229,38	71,9315	100	126,8	42,2	365,15	45,1873
50	63,4	21,1	232,04	71,1082					

Πίνακας 5.2.4-3 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 100\Omega$ του εδάφους $S_N = 15\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Omega 150\text{kV}/15\text{kV}$: $R_{M\Omega} = 0.09\Omega$, $X_{M\Omega} = 3\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

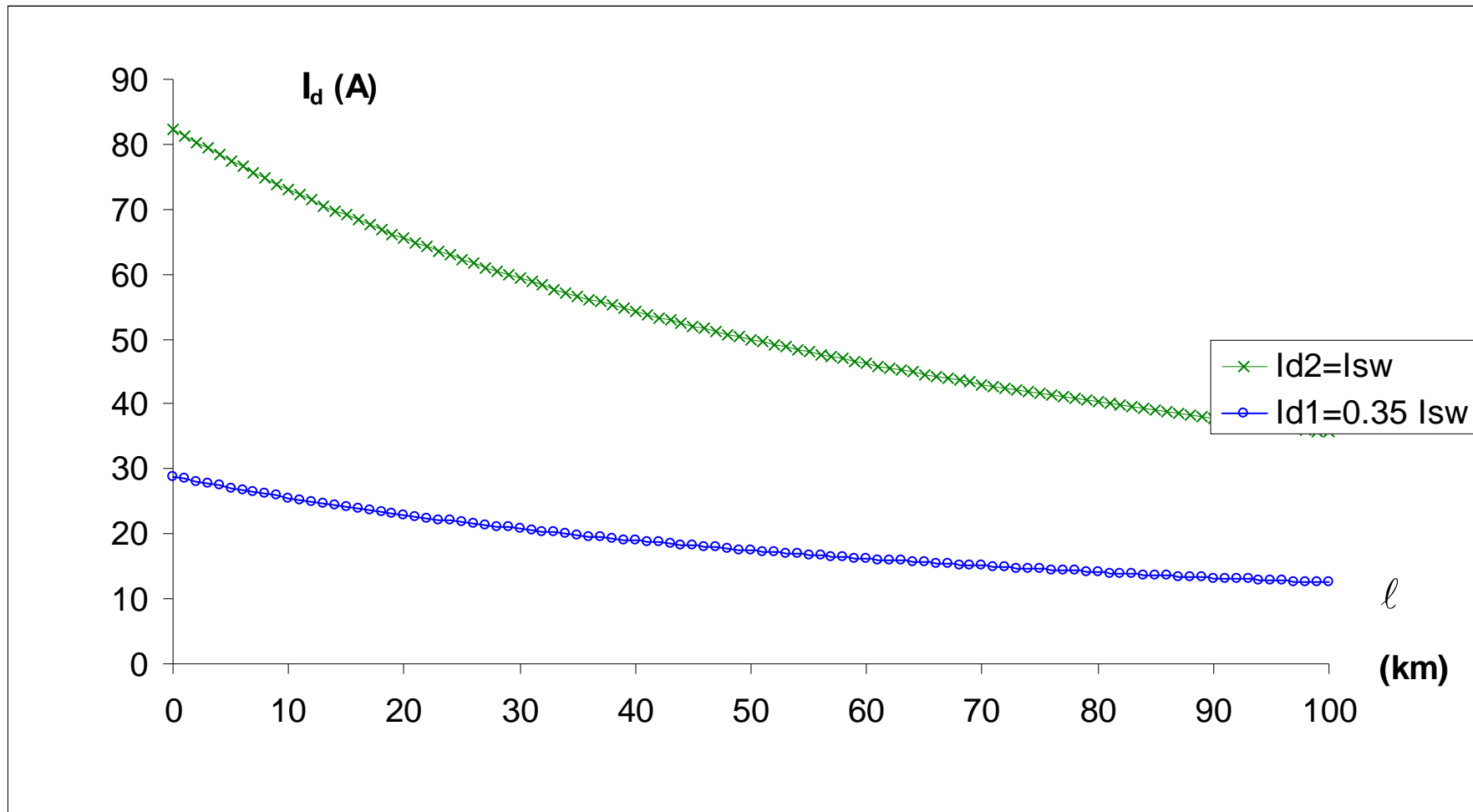


Σχήμα 5.2.4-3

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d = 100 \Omega$ του εδάφους
 ACSR 16 mm^2 , $S_N = 15 \text{ MVA}$, ΜΣ 150kV/15kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	200,27	82,3889	51	64,668	21,522	333,15	49,5279
1	1,268	0,422	202,83	81,3483	52	65,936	21,944	335,78	49,1396
2	2,536	0,844	205,4	80,3327	53	67,204	22,366	338,41	48,7572
3	3,804	1,266	207,96	79,341	54	68,472	22,788	341,05	48,3806
4	5,072	1,688	210,53	78,3726	55	69,74	23,21	343,68	48,0097
5	6,34	2,11	213,11	77,4266	56	71,008	23,632	346,32	47,6443
6	7,608	2,532	215,68	76,5023	57	72,276	24,054	348,95	47,2844
7	8,876	2,954	218,26	75,599	58	73,544	24,476	351,59	46,9299
8	10,144	3,376	220,84	74,716	59	74,812	24,898	354,23	46,5805
9	11,412	3,798	223,42	73,8526	60	76,08	25,32	356,86	46,2362
10	12,68	4,22	226	73,0083	61	77,348	25,742	359,5	45,8969
11	13,948	4,642	228,59	72,1825	62	78,616	26,164	362,14	45,5625
12	15,216	5,064	231,18	71,3745	63	79,884	26,586	364,78	45,2329
13	16,484	5,486	233,76	70,5838	64	81,152	27,008	367,42	44,9079
14	17,752	5,908	236,36	69,8099	65	82,42	27,43	370,06	44,5876
15	19,02	6,33	238,95	69,0522	66	83,688	27,852	372,7	44,2717
16	20,288	6,752	241,54	68,3104	67	84,956	28,274	375,34	43,9602
17	21,556	7,174	244,14	67,5838	68	86,224	28,696	377,98	43,653
18	22,824	7,596	246,74	66,8721	69	87,492	29,118	380,62	43,35
19	24,092	8,018	249,34	66,1749	70	88,76	29,54	383,27	43,0511
20	25,36	8,44	251,94	65,4916	71	90,028	29,962	385,91	42,7563
21	26,628	8,862	254,54	64,8219	72	91,296	30,384	388,55	42,4654
22	27,896	9,284	257,15	64,1654	73	92,564	30,806	391,19	42,1785
23	29,164	9,706	259,75	63,5217	74	93,832	31,228	393,84	41,8953
24	30,432	10,128	262,36	62,8905	75	95,1	31,65	396,48	41,6159
25	31,7	10,55	264,97	62,2714	76	96,368	32,072	399,13	41,3402
26	32,968	10,972	267,58	61,6641	77	97,636	32,494	401,77	41,068
27	34,236	11,394	270,19	61,0682	78	98,904	32,916	404,42	40,7994
28	35,504	11,816	272,8	60,4835	79	100,17	33,338	407,06	40,5342
29	36,772	12,238	275,42	59,9096	80	101,44	33,76	409,71	40,2724
30	38,04	12,66	278,03	59,3462	81	102,71	34,182	412,36	40,0139
31	39,308	13,082	280,64	58,7932	82	103,98	34,604	415	39,7587
32	40,576	13,504	283,26	58,2501	83	105,24	35,026	417,65	39,5067
33	41,844	13,926	285,88	57,7167	84	106,51	35,448	420,3	39,2579
34	43,112	14,348	288,5	57,1928	85	107,78	35,87	422,95	39,0121
35	44,38	14,77	291,12	56,6782	86	109,05	36,292	425,59	38,7694
36	45,648	15,192	293,74	56,1726	87	110,32	36,714	428,24	38,5296
37	46,916	15,614	296,36	55,6757	88	111,58	37,136	430,89	38,2928
38	48,184	16,036	298,98	55,1873	89	112,85	37,558	433,54	38,0588
39	49,452	16,458	301,6	54,7073	90	114,12	37,98	436,19	37,8277
40	50,72	16,88	304,23	54,2355	91	115,39	38,402	438,84	37,5993
41	51,988	17,302	306,85	53,7715	92	116,66	38,824	441,49	37,3736
42	53,256	17,724	309,48	53,3153	93	117,92	39,246	444,14	37,1506
43	54,524	18,146	312,11	52,8666	94	119,19	39,668	446,79	36,9302
44	55,792	18,568	314,73	52,4253	95	120,46	40,09	449,44	36,7124
45	57,06	18,99	317,36	51,9911	96	121,73	40,512	452,09	36,4971
46	58,328	19,412	319,99	51,564	97	123	40,934	454,74	36,2844
47	59,596	19,834	322,62	51,1437	98	124,26	41,356	457,39	36,074
48	60,864	20,256	325,25	50,7301	99	125,53	41,778	460,04	35,8661
49	62,132	20,678	327,88	50,3231	100	126,8	42,2	462,7	35,6605
50	63,4	21,1	330,51	49,9224					

Πίνακας 5.2.4-4 Διφασικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=200\Omega$ του εδάφους $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Omega 150kV/15kV$: $R_{M\Omega}=0.09\Omega$, $X_{M\Omega}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-100km$

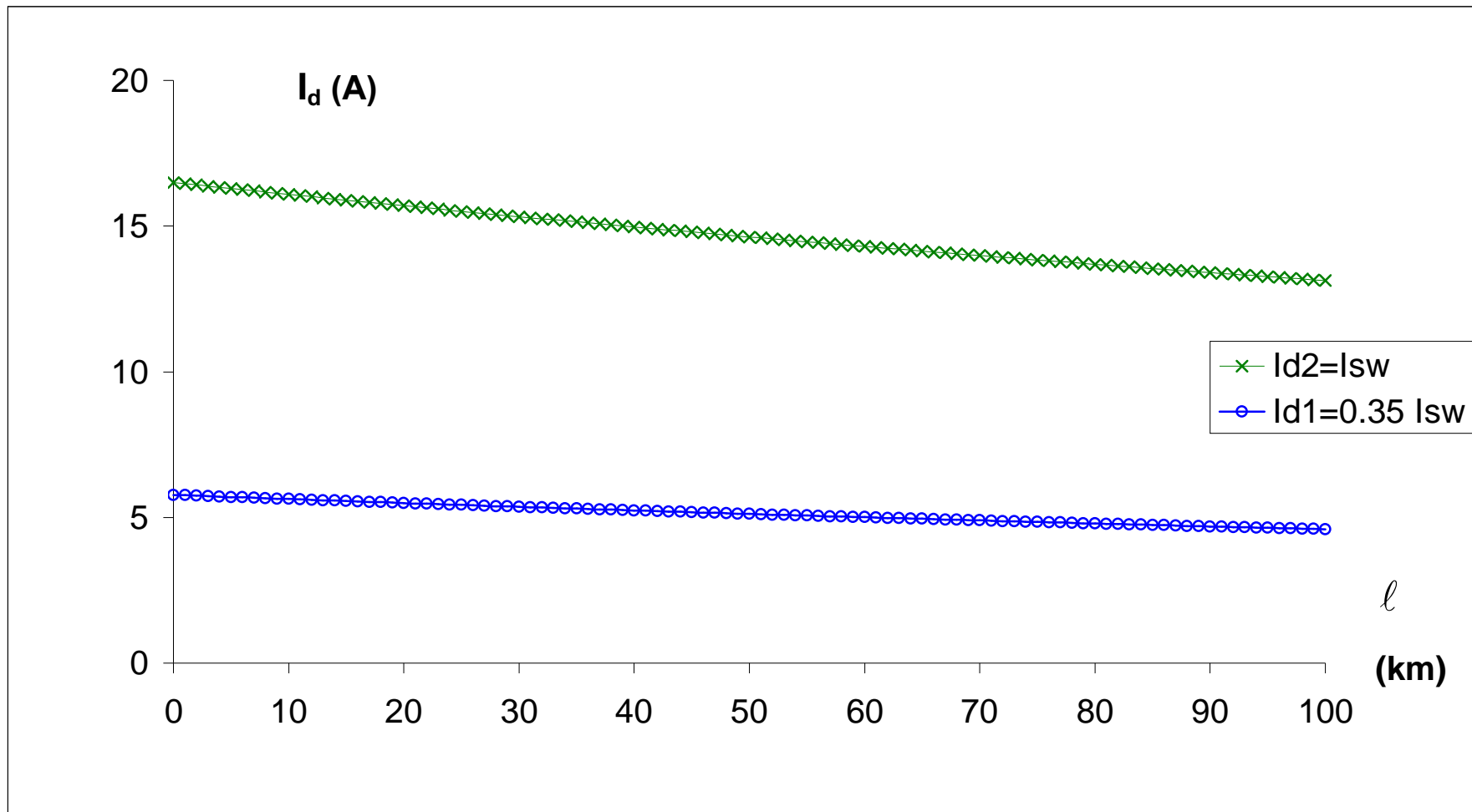


Σχήμα 5.2.4-4

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=200\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	1000,2	16,4967	51	64,668	21,522	1130,6	14,5943
1	1,268	0,422	1002,7	16,4549	52	65,936	21,944	1133,2	14,5612
2	2,536	0,844	1005,3	16,4133	53	67,204	22,366	1135,7	14,5282
3	3,804	1,266	1007,8	16,3719	54	68,472	22,788	1138,3	14,4954
4	5,072	1,688	1010,4	16,3307	55	69,74	23,21	1140,9	14,4627
5	6,34	2,11	1012,9	16,2897	56	71,008	23,632	1143,4	14,4302
6	7,608	2,532	1015,5	16,2489	57	72,276	24,054	1146	14,3978
7	8,876	2,954	1018	16,2082	58	73,544	24,476	1148,6	14,3655
8	10,144	3,376	1020,5	16,1678	59	74,812	24,898	1151,2	14,3334
9	11,412	3,798	1023,1	16,1275	60	76,08	25,32	1153,7	14,3014
10	12,68	4,22	1025,6	16,0875	61	77,348	25,742	1156,3	14,2696
11	13,948	4,642	1028,2	16,0476	62	78,616	26,164	1158,9	14,2379
12	15,216	5,064	1030,7	16,0079	63	79,884	26,586	1161,5	14,2063
13	16,484	5,486	1033,3	15,9685	64	81,152	27,008	1164	14,1749
14	17,752	5,908	1035,8	15,9291	65	82,42	27,43	1166,6	14,1436
15	19,02	6,33	1038,4	15,89	66	83,688	27,852	1169,2	14,1124
16	20,288	6,752	1040,9	15,8511	67	84,956	28,274	1171,8	14,0814
17	21,556	7,174	1043,5	15,8123	68	86,224	28,696	1174,3	14,0504
18	22,824	7,596	1046	15,7737	69	87,492	29,118	1176,9	14,0197
19	24,092	8,018	1048,6	15,7353	70	88,76	29,54	1179,5	13,989
20	25,36	8,44	1051,1	15,6971	71	90,028	29,962	1182,1	13,9585
21	26,628	8,862	1053,7	15,6591	72	91,296	30,384	1184,7	13,9281
22	27,896	9,284	1056,3	15,6212	73	92,564	30,806	1187,2	13,8978
23	29,164	9,706	1058,8	15,5835	74	93,832	31,228	1189,8	13,8677
24	30,432	10,128	1061,4	15,546	75	95,1	31,65	1192,4	13,8377
25	31,7	10,55	1063,9	15,5086	76	96,368	32,072	1195	13,8078
26	32,968	10,972	1066,5	15,4714	77	97,636	32,494	1197,6	13,778
27	34,236	11,394	1069	15,4344	78	98,904	32,916	1200,1	13,7484
28	35,504	11,816	1071,6	15,3976	79	100,17	33,338	1202,7	13,7189
29	36,772	12,238	1074,2	15,3609	80	101,44	33,76	1205,3	13,6895
30	38,04	12,66	1076,7	15,3244	81	102,71	34,182	1207,9	13,6602
31	39,308	13,082	1079,3	15,288	82	103,98	34,604	1210,5	13,6311
32	40,576	13,504	1081,8	15,2519	83	105,24	35,026	1213,1	13,602
33	41,844	13,926	1084,4	15,2158	84	106,51	35,448	1215,6	13,5731
34	43,112	14,348	1087	15,18	85	107,78	35,87	1218,2	13,5443
35	44,38	14,77	1089,5	15,1443	86	109,05	36,292	1220,8	13,5156
36	45,648	15,192	1092,1	15,1088	87	110,32	36,714	1223,4	13,4871
37	46,916	15,614	1094,6	15,0734	88	111,58	37,136	1226	13,4586
38	48,184	16,036	1097,2	15,0382	89	112,85	37,558	1228,6	13,4303
39	49,452	16,458	1099,8	15,0031	90	114,12	37,98	1231,2	13,4021
40	50,72	16,88	1102,3	14,9682	91	115,39	38,402	1233,7	13,374
41	51,988	17,302	1104,9	14,9334	92	116,66	38,824	1236,3	13,346
42	53,256	17,724	1107,5	14,8989	93	117,92	39,246	1238,9	13,3181
43	54,524	18,146	1110	14,8644	94	119,19	39,668	1241,5	13,2904
44	55,792	18,568	1112,6	14,8301	95	120,46	40,09	1244,1	13,2627
45	57,06	18,99	1115,2	14,796	96	121,73	40,512	1246,7	13,2352
46	58,328	19,412	1117,7	14,762	97	123	40,934	1249,3	13,2078
47	59,596	19,834	1120,3	14,7282	98	124,26	41,356	1251,9	13,1804
48	60,864	20,256	1122,9	14,6945	99	125,53	41,778	1254,4	13,1532
49	62,132	20,678	1125,4	14,6609	100	126,8	42,2	1257	13,1261
50	63,4	21,1	1128	14,6275					

Πίνακας 5.2.4-5 Διασπαστικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=1000\Omega$ του εδάφους $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Omega 150kV/15kV: R_{M\Omega}=0.09\Omega, X_{M\Omega}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$

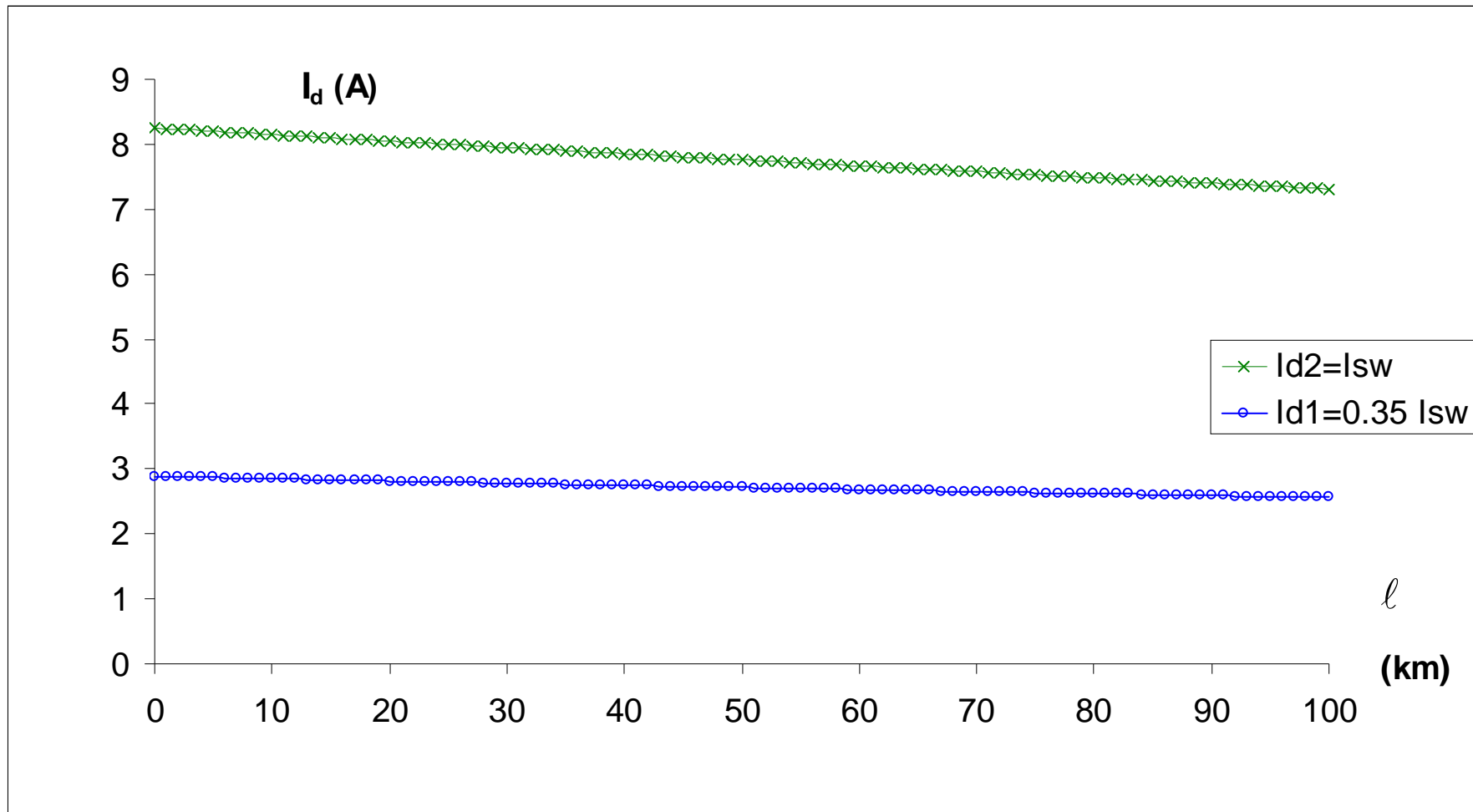


Σχήμα 5.2.4-5

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=1000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	2000,2	8,24922	51	64,668	21,522	2130,1	7,74619
1	1,268	0,422	2002,7	8,23876	52	65,936	21,944	2132,6	7,73691
2	2,536	0,844	2005,3	8,22833	53	67,204	22,366	2135,2	7,72765
3	3,804	1,266	2007,8	8,21792	54	68,472	22,788	2137,7	7,71841
4	5,072	1,688	2010,3	8,20754	55	69,74	23,21	2140,3	7,70919
5	6,34	2,11	2012,9	8,19719	56	71,008	23,632	2142,9	7,7
6	7,608	2,532	2015,4	8,18685	57	72,276	24,054	2145,4	7,69082
7	8,876	2,954	2018	8,17655	58	73,544	24,476	2148	7,68167
8	10,144	3,376	2020,5	8,16626	59	74,812	24,898	2150,5	7,67253
9	11,412	3,798	2023	8,156	60	76,08	25,32	2153,1	7,66342
10	12,68	4,22	2025,6	8,14577	61	77,348	25,742	2155,6	7,65433
11	13,948	4,642	2028,1	8,13556	62	78,616	26,164	2158,2	7,64526
12	15,216	5,064	2030,7	8,12537	63	79,884	26,586	2160,8	7,63621
13	16,484	5,486	2033,2	8,11521	64	81,152	27,008	2163,3	7,62718
14	17,752	5,908	2035,8	8,10507	65	82,42	27,43	2165,9	7,61817
15	19,02	6,33	2038,3	8,09496	66	83,688	27,852	2168,4	7,60918
16	20,288	6,752	2040,8	8,08487	67	84,956	28,274	2171	7,60021
17	21,556	7,174	2043,4	8,0748	68	86,224	28,696	2173,6	7,59126
18	22,824	7,596	2045,9	8,06476	69	87,492	29,118	2176,1	7,58233
19	24,092	8,018	2048,5	8,05474	70	88,76	29,54	2178,7	7,57342
20	25,36	8,44	2051	8,04475	71	90,028	29,962	2181,2	7,56453
21	26,628	8,862	2053,6	8,03478	72	91,296	30,384	2183,8	7,55566
22	27,896	9,284	2056,1	8,02483	73	92,564	30,806	2186,4	7,54681
23	29,164	9,706	2058,7	8,0149	74	93,832	31,228	2188,9	7,53798
24	30,432	10,128	2061,2	8,005	75	95,1	31,65	2191,5	7,52917
25	31,7	10,55	2063,8	7,99512	76	96,368	32,072	2194	7,52038
26	32,968	10,972	2066,3	7,98527	77	97,636	32,494	2196,6	7,51161
27	34,236	11,394	2068,9	7,97544	78	98,904	32,916	2199,2	7,50286
28	35,504	11,816	2071,4	7,96563	79	100,17	33,338	2201,7	7,49413
29	36,772	12,238	2073,9	7,95584	80	101,44	33,76	2204,3	7,48542
30	38,04	12,66	2076,5	7,94608	81	102,71	34,182	2206,8	7,47672
31	39,308	13,082	2079	7,93634	82	103,98	34,604	2209,4	7,46805
32	40,576	13,504	2081,6	7,92662	83	105,24	35,026	2212	7,45939
33	41,844	13,926	2084,1	7,91692	84	106,51	35,448	2214,5	7,45076
34	43,112	14,348	2086,7	7,90725	85	107,78	35,87	2217,1	7,44214
35	44,38	14,77	2089,2	7,8976	86	109,05	36,292	2219,7	7,43355
36	45,648	15,192	2091,8	7,88797	87	110,32	36,714	2222,2	7,42497
37	46,916	15,614	2094,3	7,87837	88	111,58	37,136	2224,8	7,41641
38	48,184	16,036	2096,9	7,86878	89	112,85	37,558	2227,4	7,40787
39	49,452	16,458	2099,4	7,85922	90	114,12	37,98	2229,9	7,39935
40	50,72	16,88	2102	7,84968	91	115,39	38,402	2232,5	7,39084
41	51,988	17,302	2104,5	7,84016	92	116,66	38,824	2235,1	7,38236
42	53,256	17,724	2107,1	7,83067	93	117,92	39,246	2237,6	7,37389
43	54,524	18,146	2109,7	7,8212	94	119,19	39,668	2240,2	7,36545
44	55,792	18,568	2112,2	7,81174	95	120,46	40,09	2242,8	7,35702
45	57,06	18,99	2114,8	7,80231	96	121,73	40,512	2245,3	7,34861
46	58,328	19,412	2117,3	7,79291	97	123	40,934	2247,9	7,34022
47	59,596	19,834	2119,9	7,78352	98	124,26	41,356	2250,5	7,33184
48	60,864	20,256	2122,4	7,77415	99	125,53	41,778	2253	7,32349
49	62,132	20,678	2125	7,76481	100	126,8	42,2	2255,6	7,31515
50	63,4	21,1	2127,5	7,75549					

Πίνακας 5.2.4-6 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=2000\Omega$ του εδάφους $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/15kV: R_{M\Sigma}=0.09\Omega, X_{M\Sigma}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$

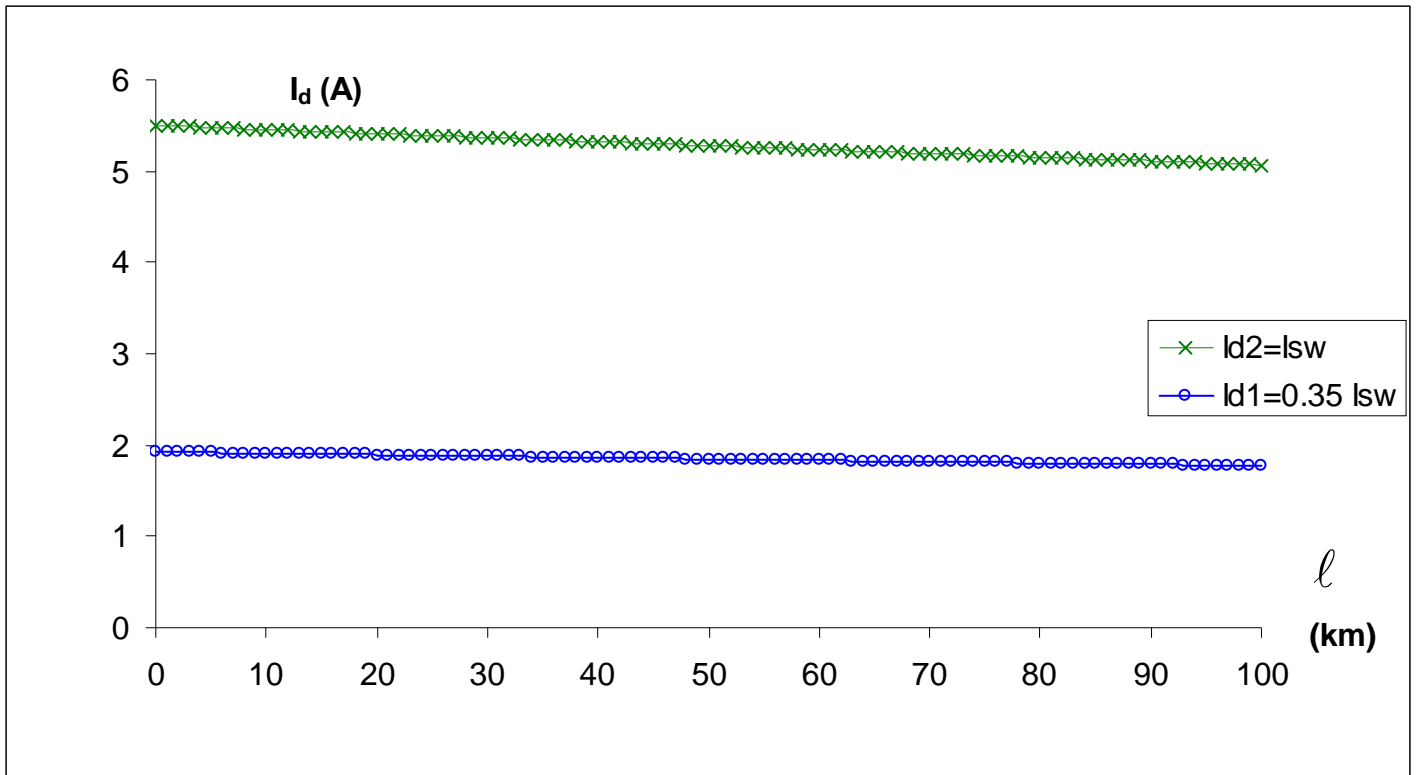


Σχήμα 5.2.4-6

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=2000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	3000,2	5,49966	51	64,668	21,522	3129,9	5,27173
1	1,268	0,422	3002,7	5,49501	52	65,936	21,944	3132,4	5,26744
2	2,536	0,844	3005,3	5,49037	53	67,204	22,366	3135	5,26316
3	3,804	1,266	3007,8	5,48574	54	68,472	22,788	3137,5	5,25888
4	5,072	1,688	3010,3	5,48111	55	69,74	23,21	3140,1	5,25461
5	6,34	2,11	3012,9	5,47649	56	71,008	23,632	3142,6	5,25035
6	7,608	2,532	3015,4	5,47188	57	72,276	24,054	3145,2	5,24609
7	8,876	2,954	3018	5,46728	58	73,544	24,476	3147,7	5,24184
8	10,144	3,376	3020,5	5,46268	59	74,812	24,898	3150,3	5,2376
9	11,412	3,798	3023	5,45809	60	76,08	25,32	3152,8	5,23336
10	12,68	4,22	3025,6	5,45351	61	77,348	25,742	3155,4	5,22913
11	13,948	4,642	3028,1	5,44894	62	78,616	26,164	3158	5,22491
12	15,216	5,064	3030,7	5,44437	63	79,884	26,586	3160,5	5,22069
13	16,484	5,486	3033,2	5,43981	64	81,152	27,008	3163,1	5,21648
14	17,752	5,908	3035,7	5,43525	65	82,42	27,43	3165,6	5,21227
15	19,02	6,33	3038,3	5,43071	66	83,688	27,852	3168,2	5,20808
16	20,288	6,752	3040,8	5,42617	67	84,956	28,274	3170,7	5,20388
17	21,556	7,174	3043,4	5,42164	68	86,224	28,696	3173,3	5,1997
18	22,824	7,596	3045,9	5,41712	69	87,492	29,118	3175,8	5,19552
19	24,092	8,018	3048,4	5,4126	70	88,76	29,54	3178,4	5,19135
20	25,36	8,44	3051	5,40809	71	90,028	29,962	3180,9	5,18718
21	26,628	8,862	3053,5	5,40359	72	91,296	30,384	3183,5	5,18302
22	27,896	9,284	3056,1	5,39909	73	92,564	30,806	3186	5,17887
23	29,164	9,706	3058,6	5,3946	74	93,832	31,228	3188,6	5,17472
24	30,432	10,128	3061,2	5,39012	75	95,1	31,65	3191,1	5,17058
25	31,7	10,55	3063,7	5,38565	76	96,368	32,072	3193,7	5,16644
26	32,968	10,972	3066,2	5,38118	77	97,636	32,494	3196,2	5,16232
27	34,236	11,394	3068,8	5,37672	78	98,904	32,916	3198,8	5,15819
28	35,504	11,816	3071,3	5,37226	79	100,17	33,338	3201,3	5,15408
29	36,772	12,238	3073,9	5,36782	80	101,44	33,76	3203,9	5,14997
30	38,04	12,66	3076,4	5,36338	81	102,71	34,182	3206,5	5,14586
31	39,308	13,082	3079	5,35895	82	103,98	34,604	3209	5,14177
32	40,576	13,504	3081,5	5,35452	83	105,24	35,026	3211,6	5,13768
33	41,844	13,926	3084,1	5,3501	84	106,51	35,448	3214,1	5,13359
34	43,112	14,348	3086,6	5,34569	85	107,78	35,87	3216,7	5,12951
35	44,38	14,77	3089,1	5,34128	86	109,05	36,292	3219,2	5,12544
36	45,648	15,192	3091,7	5,33689	87	110,32	36,714	3221,8	5,12137
37	46,916	15,614	3094,2	5,3325	88	111,58	37,136	3224,3	5,11731
38	48,184	16,036	3096,8	5,32811	89	112,85	37,558	3226,9	5,11326
39	49,452	16,458	3099,3	5,32373	90	114,12	37,98	3229,5	5,10921
40	50,72	16,88	3101,9	5,31936	91	115,39	38,402	3232	5,10517
41	51,988	17,302	3104,4	5,315	92	116,66	38,824	3234,6	5,10114
42	53,256	17,724	3107	5,31064	93	117,92	39,246	3237,1	5,09711
43	54,524	18,146	3109,5	5,30629	94	119,19	39,668	3239,7	5,09308
44	55,792	18,568	3112,1	5,30195	95	120,46	40,09	3242,2	5,08907
45	57,06	18,99	3114,6	5,29761	96	121,73	40,512	3244,8	5,08505
46	58,328	19,412	3117,2	5,29328	97	123	40,934	3247,4	5,08105
47	59,596	19,834	3119,7	5,28896	98	124,26	41,356	3249,9	5,07705
48	60,864	20,256	3122,3	5,28464	99	125,53	41,778	3252,5	5,07306
49	62,132	20,678	3124,8	5,28033	100	126,8	42,2	3255	5,06907
50	63,4	21,1	3127,4	5,27603					

Πίνακας 5.2.4-7 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=3000\Omega$ του εδάφους $S_N=15MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Omega 150kV/15kV: R_{M\Omega}=0.09\Omega, X_{M\Omega}=3\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$



Σχήμα 5.2.4-7

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=3000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=15\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

5.2.5. Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

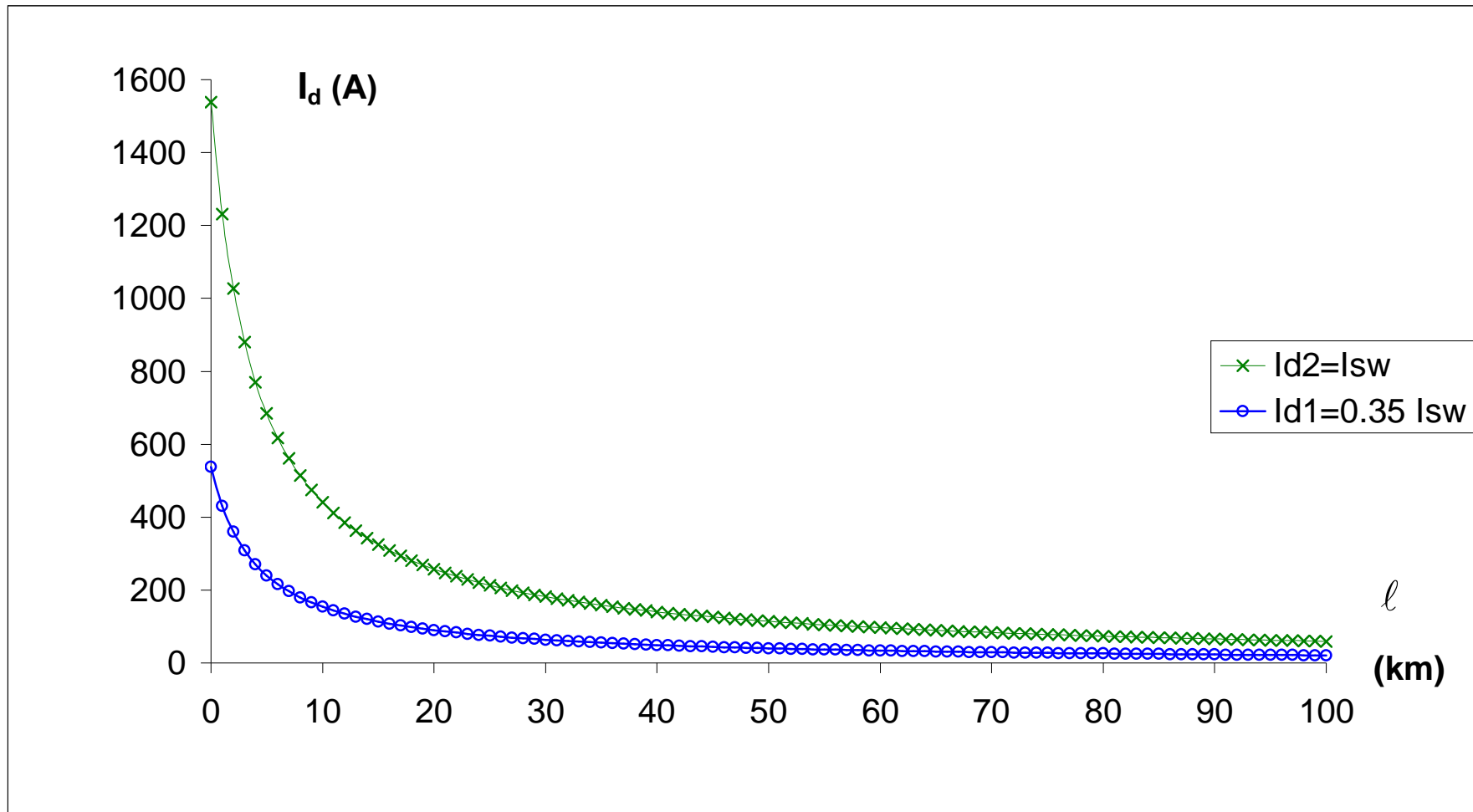
$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 9\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.054\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 1.8\Omega$$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	10,729	1537,83	51	64,668	21,522	147,04	112,216
1	1,268	0,422	13,402	1231,19	52	65,936	21,944	149,71	110,213
2	2,536	0,844	16,074	1026,49	53	67,204	22,366	152,38	108,28
3	3,804	1,266	18,747	880,156	54	68,472	22,788	155,06	106,413
4	5,072	1,688	21,419	770,334	55	69,74	23,21	157,73	104,61
5	6,34	2,11	24,092	684,877	56	71,008	23,632	160,4	102,867
6	7,608	2,532	26,765	616,487	57	72,276	24,054	163,07	101,181
7	8,876	2,954	29,437	560,515	58	73,544	24,476	165,75	99,5492
8	10,144	3,376	32,11	513,86	59	74,812	24,898	168,42	97,9694
9	11,412	3,798	34,783	474,375	60	76,08	25,32	171,09	96,439
10	12,68	4,22	37,455	440,525	61	77,348	25,742	173,77	94,9556
11	13,948	4,642	40,128	411,184	62	78,616	26,164	176,44	93,5172
12	15,216	5,064	42,801	385,507	63	79,884	26,586	179,11	92,1217
13	16,484	5,486	45,473	362,849	64	81,152	27,008	181,78	90,7672
14	17,752	5,908	48,146	342,706	65	82,42	27,43	184,46	89,452
15	19,02	6,33	50,819	324,682	66	83,688	27,852	187,13	88,1744
16	20,288	6,752	53,492	308,459	67	84,956	28,274	189,8	86,9327
17	21,556	7,174	56,164	293,78	68	86,224	28,696	192,47	85,7255
18	22,824	7,596	58,837	280,435	69	87,492	29,118	195,15	84,5514
19	24,092	8,018	61,51	268,25	70	88,76	29,54	197,82	83,4091
20	25,36	8,44	64,183	257,079	71	90,028	29,962	200,49	82,2971
21	26,628	8,862	66,855	246,801	72	91,296	30,384	203,17	81,2145
22	27,896	9,284	69,528	237,314	73	92,564	30,806	205,84	80,1599
23	29,164	9,706	72,201	228,529	74	93,832	31,228	208,51	79,1324
24	30,432	10,128	74,874	220,371	75	95,1	31,65	211,18	78,1309
25	31,7	10,55	77,546	212,776	76	96,368	32,072	213,86	77,1544
26	32,968	10,972	80,219	205,687	77	97,636	32,494	216,53	76,2021
27	34,236	11,394	82,892	199,055	78	98,904	32,916	219,2	75,2729
28	35,504	11,816	85,565	192,837	79	100,17	33,338	221,88	74,3662
29	36,772	12,238	88,237	186,996	80	101,44	33,76	224,55	73,481
30	38,04	12,66	90,91	181,498	81	102,71	34,182	227,22	72,6167
31	39,308	13,082	93,583	176,314	82	103,98	34,604	229,89	71,7724
32	40,576	13,504	96,256	171,419	83	105,24	35,026	232,57	70,9476
33	41,844	13,926	98,928	166,787	84	106,51	35,448	235,24	70,1415
34	43,112	14,348	101,6	162,4	85	107,78	35,87	237,91	69,3535
35	44,38	14,77	104,27	158,237	86	109,05	36,292	240,58	68,583
36	45,648	15,192	106,95	154,283	87	110,32	36,714	243,26	67,8295
37	46,916	15,614	109,62	150,521	88	111,58	37,136	245,93	67,0923
38	48,184	16,036	112,29	146,938	89	112,85	37,558	248,6	66,371
39	49,452	16,458	114,96	143,522	90	114,12	37,98	251,28	65,665
40	50,72	16,88	117,64	140,261	91	115,39	38,402	253,95	64,9739
41	51,988	17,302	120,31	137,145	92	116,66	38,824	256,62	64,2972
42	53,256	17,724	122,98	134,165	93	117,92	39,246	259,29	63,6344
43	54,524	18,146	125,66	131,311	94	119,19	39,668	261,97	62,9852
44	55,792	18,568	128,33	128,576	95	120,46	40,09	264,64	62,3491
45	57,06	18,99	131	125,953	96	121,73	40,512	267,31	61,7256
46	58,328	19,412	133,67	123,435	97	123	40,934	269,98	61,1146
47	59,596	19,834	136,35	121,015	98	124,26	41,356	272,66	60,5155
48	60,864	20,256	139,02	118,688	99	125,53	41,778	275,33	59,9281
49	62,132	20,678	141,69	116,449	100	126,8	42,2	278	59,3519
50	63,4	21,1	144,37	114,294					

Πίνακας 5.2.5-1 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=10\Omega$ του εδάφους $S_N=25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\epsilon 150\text{kV}/15\text{kV}$: $R_{M\epsilon}=0.054\Omega$, $X_{M\epsilon}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}}=1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}}=0.422\Omega/\text{km}$, $\ell=0-100\text{km}$

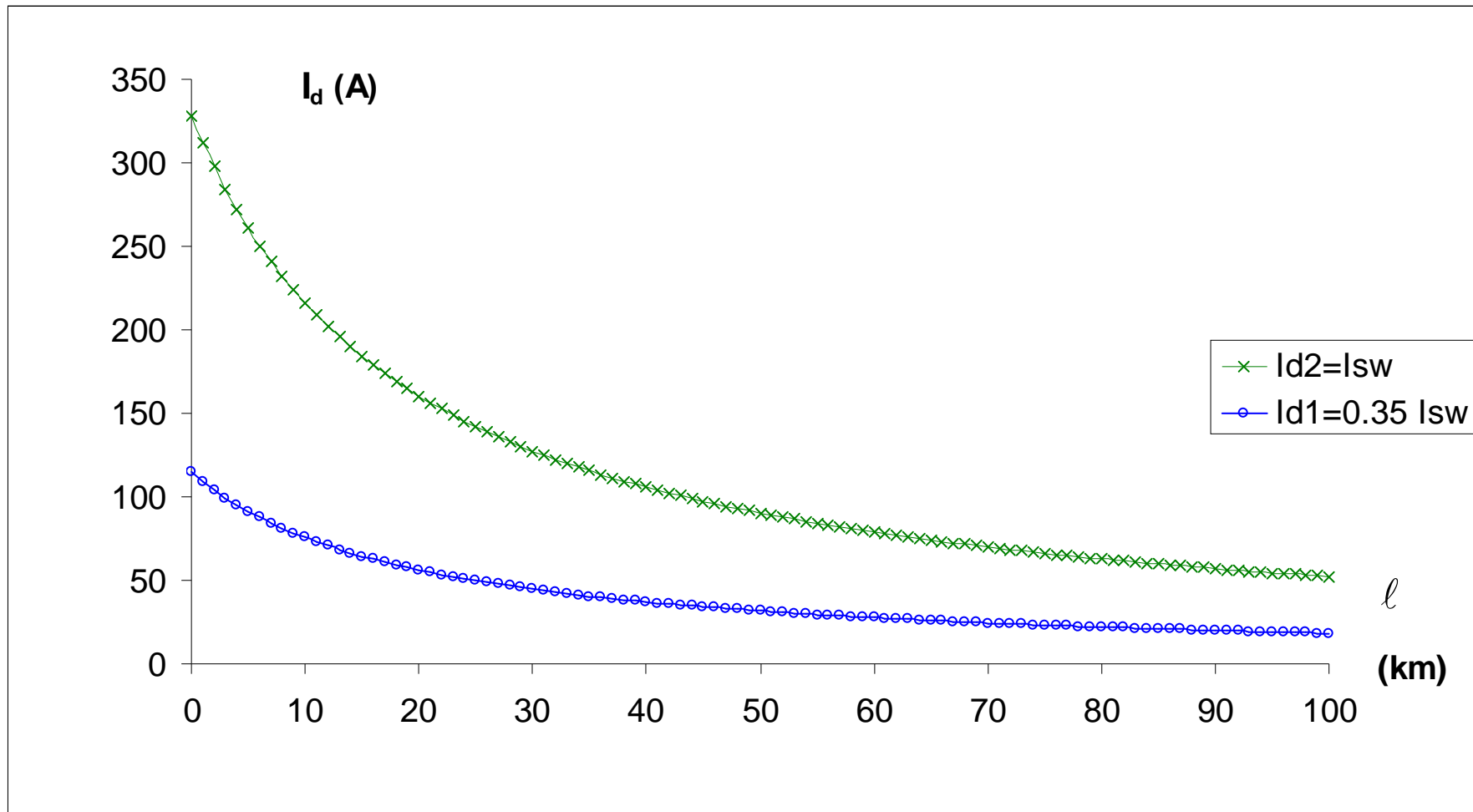


Σχήμα 5.2.5-1

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=10\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	50,237	328,443	51	64,668	21,522	185,41	88,9935
1	1,268	0,422	52,831	312,316	52	65,936	21,944	188,07	87,7316
2	2,536	0,844	55,433	297,659	53	67,204	22,366	190,74	86,5049
3	3,804	1,266	58,041	284,283	54	68,472	22,788	193,41	85,312
4	5,072	1,688	60,654	272,033	55	69,74	23,21	196,08	84,1514
5	6,34	2,11	63,273	260,775	56	71,008	23,632	198,74	83,022
6	7,608	2,532	65,896	250,395	57	72,276	24,054	201,41	81,9224
7	8,876	2,954	68,523	240,796	58	73,544	24,476	204,08	80,8515
8	10,144	3,376	71,153	231,895	59	74,812	24,898	206,75	79,8081
9	11,412	3,798	73,786	223,619	60	76,08	25,32	209,41	78,7914
10	12,68	4,22	76,422	215,906	61	77,348	25,742	212,08	77,8001
11	13,948	4,642	79,061	208,701	62	78,616	26,164	214,75	76,8335
12	15,216	5,064	81,701	201,955	63	79,884	26,586	217,42	75,8905
13	16,484	5,486	84,344	195,627	64	81,152	27,008	220,09	74,9704
14	17,752	5,908	86,989	189,68	65	82,42	27,43	222,76	74,0722
15	19,02	6,33	89,635	184,08	66	83,688	27,852	225,42	73,1953
16	20,288	6,752	92,283	178,799	67	84,956	28,274	228,09	72,3389
17	21,556	7,174	94,932	173,809	68	86,224	28,696	230,76	71,5023
18	22,824	7,596	97,582	169,088	69	87,492	29,118	233,43	70,6848
19	24,092	8,018	100,23	164,615	70	88,76	29,54	236,1	69,8857
20	25,36	8,44	102,89	160,371	71	90,028	29,962	238,77	69,1045
21	26,628	8,862	105,54	156,338	72	91,296	30,384	241,44	68,3405
22	27,896	9,284	108,2	152,502	73	92,564	30,806	244,11	67,5932
23	29,164	9,706	110,85	148,849	74	93,832	31,228	246,78	66,8621
24	30,432	10,128	113,51	145,366	75	95,1	31,65	249,45	66,1466
25	31,7	10,55	116,16	142,041	76	96,368	32,072	252,12	65,4462
26	32,968	10,972	118,82	138,863	77	97,636	32,494	254,79	64,7605
27	34,236	11,394	121,48	135,825	78	98,904	32,916	257,45	64,0889
28	35,504	11,816	124,14	132,915	79	100,17	33,338	260,12	63,4312
29	36,772	12,238	126,8	130,127	80	101,44	33,76	262,79	62,7868
30	38,04	12,66	129,46	127,453	81	102,71	34,182	265,46	62,1553
31	39,308	13,082	132,12	124,887	82	103,98	34,604	268,13	61,5364
32	40,576	13,504	134,78	122,421	83	105,24	35,026	270,8	60,9297
33	41,844	13,926	137,44	120,05	84	106,51	35,448	273,47	60,3349
34	43,112	14,348	140,1	117,769	85	107,78	35,87	276,14	59,7515
35	44,38	14,77	142,77	115,573	86	109,05	36,292	278,81	59,1793
36	45,648	15,192	145,43	113,457	87	110,32	36,714	281,48	58,6179
37	46,916	15,614	148,09	111,416	88	111,58	37,136	284,15	58,0671
38	48,184	16,036	150,76	109,448	89	112,85	37,558	286,82	57,5265
39	49,452	16,458	153,42	107,547	90	114,12	37,98	289,49	56,9959
40	50,72	16,88	156,08	105,712	91	115,39	38,402	292,16	56,4749
41	51,988	17,302	158,75	103,938	92	116,66	38,824	294,84	55,9634
42	53,256	17,724	161,41	102,222	93	117,92	39,246	297,51	55,4611
43	54,524	18,146	164,08	100,561	94	119,19	39,668	300,18	54,9677
44	55,792	18,568	166,74	98,954	95	120,46	40,09	302,85	54,483
45	57,06	18,99	169,41	97,3971	96	121,73	40,512	305,52	54,0068
46	58,328	19,412	172,08	95,8883	97	123	40,934	308,19	53,5388
47	59,596	19,834	174,74	94,4254	98	124,26	41,356	310,86	53,0788
48	60,864	20,256	177,41	93,0063	99	125,53	41,778	313,53	52,6267
49	62,132	20,678	180,07	91,6292	100	126,8	42,2	316,2	52,1822
50	63,4	21,1	182,74	90,2922					

Πίνακας 5.2.5-2 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 50\Omega$ του εδάφους $S_N = 25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{\text{ΜΣ}} = 0.054\Omega$, $X_{\text{ΜΣ}} = 1.8\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

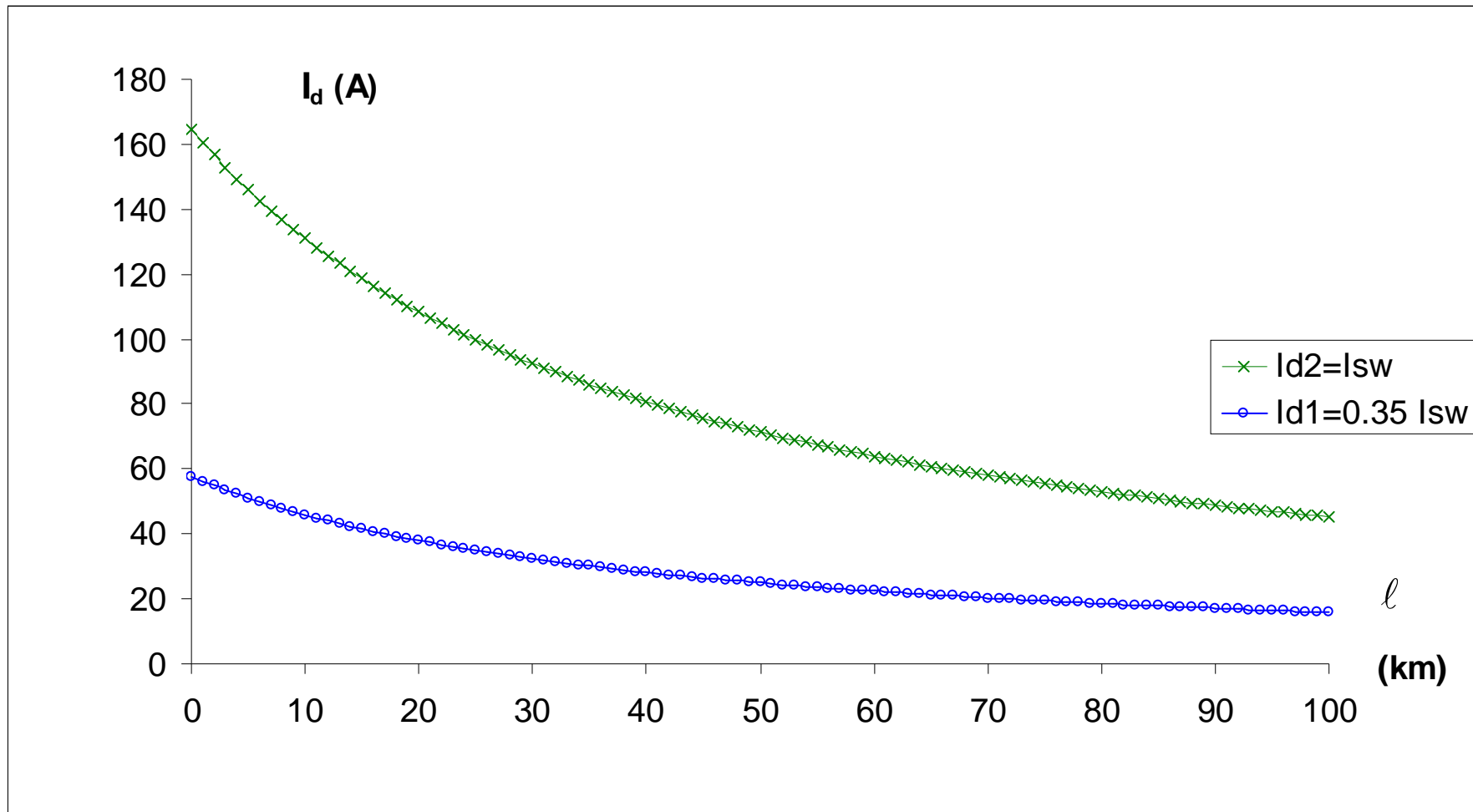


Σχήμα 5.2.5-2

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=50\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	100,17	164,716	51	64,668	21,522	234,14	70,4716
1	1,268	0,422	102,74	160,599	52	65,936	21,944	236,79	69,6819
2	2,536	0,844	105,31	156,676	53	67,204	22,366	239,44	68,9096
3	3,804	1,266	107,89	152,933	54	68,472	22,788	242,1	68,154
4	5,072	1,688	110,47	149,359	55	69,74	23,21	244,75	67,4148
5	6,34	2,11	113,06	145,942	56	71,008	23,632	247,41	66,6913
6	7,608	2,532	115,65	142,673	57	72,276	24,054	250,06	65,9831
7	8,876	2,954	118,24	139,543	58	73,544	24,476	252,72	65,2896
8	10,144	3,376	120,84	136,544	59	74,812	24,898	255,38	64,6105
9	11,412	3,798	123,44	133,667	60	76,08	25,32	258,03	63,9453
10	12,68	4,22	126,04	130,906	61	77,348	25,742	260,69	63,2936
11	13,948	4,642	128,65	128,254	62	78,616	26,164	263,35	62,655
12	15,216	5,064	131,26	125,705	63	79,884	26,586	266	62,029
13	16,484	5,486	133,87	123,253	64	81,152	27,008	268,66	61,4154
14	17,752	5,908	136,49	120,892	65	82,42	27,43	271,32	60,8137
15	19,02	6,33	139,1	118,618	66	83,688	27,852	273,98	60,2236
16	20,288	6,752	141,72	116,427	67	84,956	28,274	276,64	59,6448
17	21,556	7,174	144,34	114,313	68	86,224	28,696	279,3	59,077
18	22,824	7,596	146,96	112,274	69	87,492	29,118	281,96	58,5198
19	24,092	8,018	149,59	110,304	70	88,76	29,54	284,62	57,973
20	25,36	8,44	152,21	108,402	71	90,028	29,962	287,28	57,4362
21	26,628	8,862	154,84	106,562	72	91,296	30,384	289,94	56,9093
22	27,896	9,284	157,47	104,783	73	92,564	30,806	292,6	56,3919
23	29,164	9,706	160,1	103,062	74	93,832	31,228	295,26	55,8838
24	30,432	10,128	162,73	101,395	75	95,1	31,65	297,92	55,3847
25	31,7	10,55	165,36	99,7806	76	96,368	32,072	300,58	54,8944
26	32,968	10,972	168	98,216	77	97,636	32,494	303,24	54,4127
27	34,236	11,394	170,63	96,699	78	98,904	32,916	305,9	53,9393
28	35,504	11,816	173,27	95,2276	79	100,17	33,338	308,56	53,474
29	36,772	12,238	175,91	93,7997	80	101,44	33,76	311,22	53,0167
30	38,04	12,66	178,55	92,4134	81	102,71	34,182	313,88	52,5671
31	39,308	13,082	181,19	91,0671	82	103,98	34,604	316,55	52,125
32	40,576	13,504	183,83	89,7589	83	105,24	35,026	319,21	51,6903
33	41,844	13,926	186,47	88,4873	84	106,51	35,448	321,87	51,2627
34	43,112	14,348	189,11	87,2509	85	107,78	35,87	324,53	50,8422
35	44,38	14,77	191,75	86,0481	86	109,05	36,292	327,2	50,4284
36	45,648	15,192	194,4	84,8777	87	110,32	36,714	329,86	50,0213
37	46,916	15,614	197,04	83,7384	88	111,58	37,136	332,52	49,6207
38	48,184	16,036	199,69	82,629	89	112,85	37,558	335,19	49,2265
39	49,452	16,458	202,33	81,5483	90	114,12	37,98	337,85	48,8384
40	50,72	16,88	204,98	80,4952	91	115,39	38,402	340,51	48,4564
41	51,988	17,302	207,63	79,4688	92	116,66	38,824	343,18	48,0803
42	53,256	17,724	210,28	78,4679	93	117,92	39,246	345,84	47,7099
43	54,524	18,146	212,93	77,4917	94	119,19	39,668	348,5	47,3452
44	55,792	18,568	215,58	76,5393	95	120,46	40,09	351,17	46,9861
45	57,06	18,99	218,23	75,6098	96	121,73	40,512	353,83	46,6323
46	58,328	19,412	220,88	74,7025	97	123	40,934	356,5	46,2838
47	59,596	19,834	223,53	73,8165	98	124,26	41,356	359,16	45,9404
48	60,864	20,256	226,18	72,9511	99	125,53	41,778	361,83	45,6021
49	62,132	20,678	228,83	72,1056	100	126,8	42,2	364,49	45,2687
50	63,4	21,1	231,48	71,2793					

Πίνακας 5.2.5-3 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 100\Omega$ του εδάφους $S_N = 25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Sigma 150\text{kV}/15\text{kV}$: $R_{M\Sigma} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma} = 1.8\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

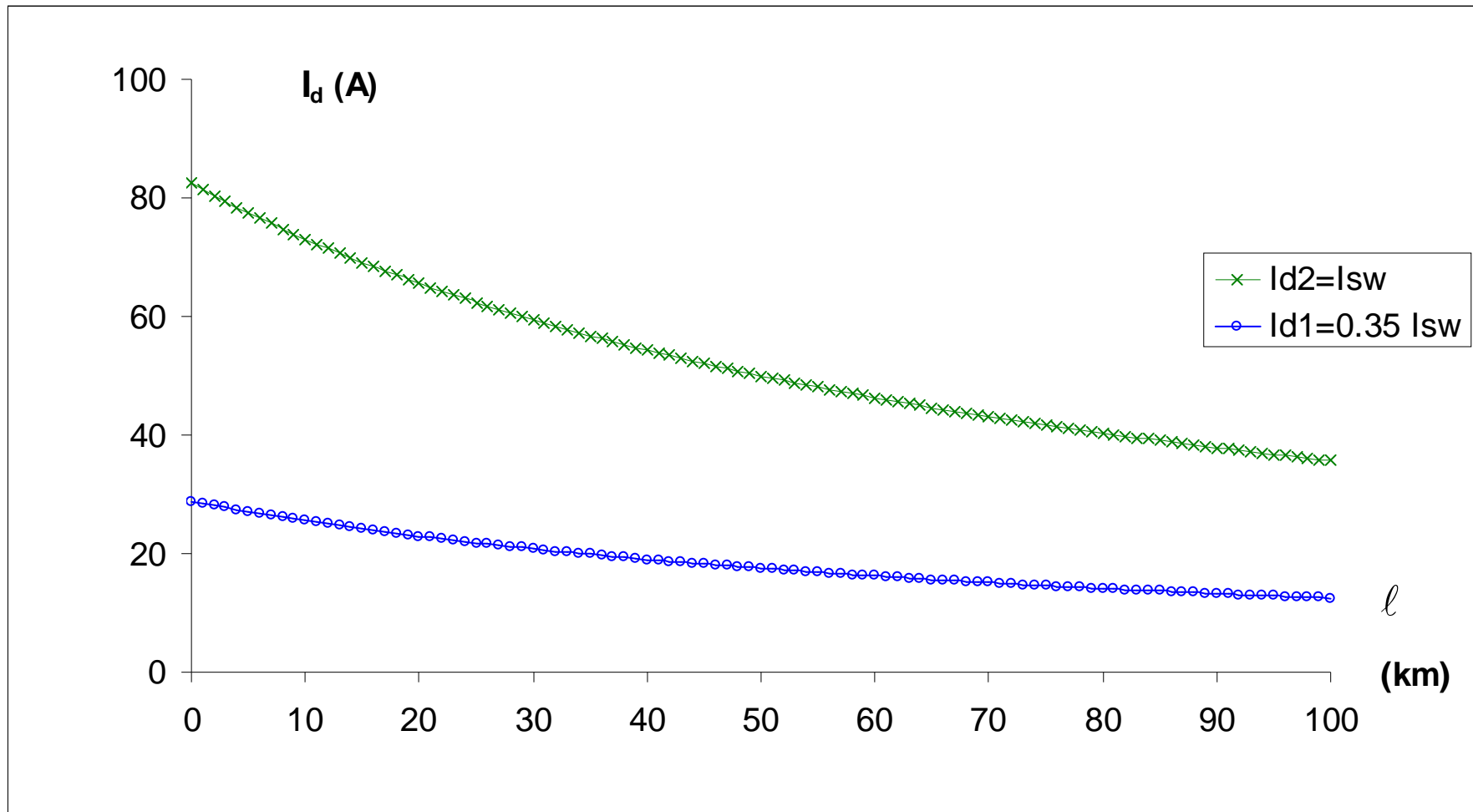


Σχήμα 5.2.5-3

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=100\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ 150kV/15kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	200,14	82,4421	51	64,668	21,522	332,73	49,5898
1	1,268	0,422	202,69	81,404	52	65,936	21,944	335,36	49,201
2	2,536	0,844	205,25	80,3905	53	67,204	22,366	337,99	48,8181
3	3,804	1,266	207,81	79,4008	54	68,472	22,788	340,62	48,441
4	5,072	1,688	210,37	78,4341	55	69,74	23,21	343,25	48,0697
5	6,34	2,11	212,93	77,4897	56	71,008	23,632	345,88	47,7038
6	7,608	2,532	215,5	76,5668	57	72,276	24,054	348,52	47,3435
7	8,876	2,954	218,07	75,6647	58	73,544	24,476	351,15	46,9884
8	10,144	3,376	220,64	74,7828	59	74,812	24,898	353,78	46,6386
9	11,412	3,798	223,21	73,9205	60	76,08	25,32	356,42	46,2938
10	12,68	4,22	225,79	73,077	61	77,348	25,742	359,05	45,9541
11	13,948	4,642	228,37	72,2519	62	78,616	26,164	361,69	45,6192
12	15,216	5,064	230,95	71,4446	63	79,884	26,586	364,33	45,2891
13	16,484	5,486	233,53	70,6544	64	81,152	27,008	366,96	44,9637
14	17,752	5,908	236,12	69,881	65	82,42	27,43	369,6	44,6428
15	19,02	6,33	238,7	69,1237	66	83,688	27,852	372,24	44,3265
16	20,288	6,752	241,29	68,3822	67	84,956	28,274	374,88	44,0145
17	21,556	7,174	243,88	67,6559	68	86,224	28,696	377,52	43,7068
18	22,824	7,596	246,47	66,9444	69	87,492	29,118	380,15	43,4034
19	24,092	8,018	249,07	66,2472	70	88,76	29,54	382,79	43,1041
20	25,36	8,44	251,66	65,564	71	90,028	29,962	385,43	42,8088
21	26,628	8,862	254,26	64,8943	72	91,296	30,384	388,08	42,5175
22	27,896	9,284	256,86	64,2378	73	92,564	30,806	390,72	42,2301
23	29,164	9,706	259,46	63,594	74	93,832	31,228	393,36	41,9466
24	30,432	10,128	262,06	62,9627	75	95,1	31,65	396	41,6667
25	31,7	10,55	264,66	62,3434	76	96,368	32,072	398,64	41,3905
26	32,968	10,972	267,27	61,7359	77	97,636	32,494	401,28	41,1179
27	34,236	11,394	269,87	61,1399	78	98,904	32,916	403,93	40,8489
28	35,504	11,816	272,48	60,5549	79	100,17	33,338	406,57	40,5833
29	36,772	12,238	275,09	59,9807	80	101,44	33,76	409,22	40,3211
30	38,04	12,66	277,7	59,4171	81	102,71	34,182	411,86	40,0622
31	39,308	13,082	280,31	58,8637	82	103,98	34,604	414,5	39,8066
32	40,576	13,504	282,92	58,3203	83	105,24	35,026	417,15	39,5542
33	41,844	13,926	285,53	57,7866	84	106,51	35,448	419,79	39,3049
34	43,112	14,348	288,15	57,2624	85	107,78	35,87	422,44	39,0588
35	44,38	14,77	290,76	56,7473	86	109,05	36,292	425,09	38,8156
36	45,648	15,192	293,38	56,2413	87	110,32	36,714	427,73	38,5755
37	46,916	15,614	296	55,744	88	111,58	37,136	430,38	38,3383
38	48,184	16,036	298,61	55,2553	89	112,85	37,558	433,03	38,1039
39	49,452	16,458	301,23	54,7748	90	114,12	37,98	435,67	37,8724
40	50,72	16,88	303,85	54,3025	91	115,39	38,402	438,32	37,6436
41	51,988	17,302	306,47	53,8381	92	116,66	38,824	440,97	37,4176
42	53,256	17,724	309,1	53,3814	93	117,92	39,246	443,62	37,1942
43	54,524	18,146	311,72	52,9323	94	119,19	39,668	446,27	36,9735
44	55,792	18,568	314,34	52,4905	95	120,46	40,09	448,91	36,7553
45	57,06	18,99	316,97	52,0559	96	121,73	40,512	451,56	36,5397
46	58,328	19,412	319,59	51,6283	97	123	40,934	454,21	36,3265
47	59,596	19,834	322,22	51,2076	98	124,26	41,356	456,86	36,1159
48	60,864	20,256	324,84	50,7935	99	125,53	41,778	459,51	35,9076
49	62,132	20,678	327,47	50,3859	100	126,8	42,2	462,16	35,7017
50	63,4	21,1	330,1	49,9848					

Πίνακας 5.2.5-4 Διφασικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=200\Omega$ του εδάφους $S_N=25MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/15kV$: $R_{M\Sigma}=0.054\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-100km$

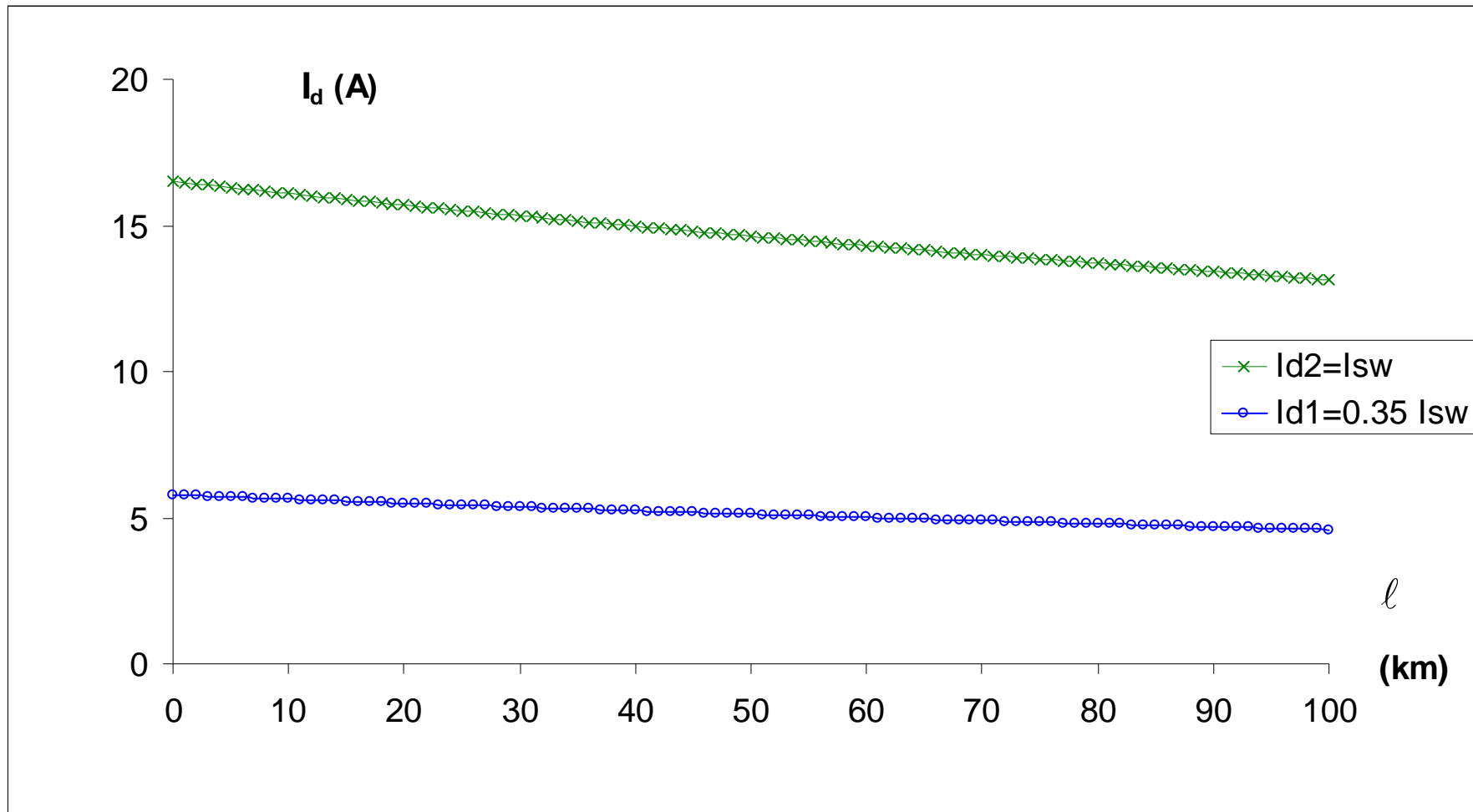


Σχήμα 5.2.5-4

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=200\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	1000,1	16,4981	51	64,668	21,522	1130,4	14,5965
1	1,268	0,422	1002,7	16,4563	52	65,936	21,944	1133	14,5634
2	2,536	0,844	1005,2	16,4147	53	67,204	22,366	1135,5	14,5305
3	3,804	1,266	1007,7	16,3734	54	68,472	22,788	1138,1	14,4977
4	5,072	1,688	1010,3	16,3322	55	69,74	23,21	1140,7	14,465
5	6,34	2,11	1012,8	16,2912	56	71,008	23,632	1143,3	14,4325
6	7,608	2,532	1015,4	16,2504	57	72,276	24,054	1145,8	14,4001
7	8,876	2,954	1017,9	16,2098	58	73,544	24,476	1148,4	14,3678
8	10,144	3,376	1020,4	16,1694	59	74,812	24,898	1151	14,3357
9	11,412	3,798	1023	16,1291	60	76,08	25,32	1153,5	14,3037
10	12,68	4,22	1025,5	16,0891	61	77,348	25,742	1156,1	14,2719
11	13,948	4,642	1028,1	16,0493	62	78,616	26,164	1158,7	14,2402
12	15,216	5,064	1030,6	16,0096	63	79,884	26,586	1161,3	14,2086
13	16,484	5,486	1033,2	15,9701	64	81,152	27,008	1163,8	14,1772
14	17,752	5,908	1035,7	15,9308	65	82,42	27,43	1166,4	14,1459
15	19,02	6,33	1038,3	15,8917	66	83,688	27,852	1169	14,1148
16	20,288	6,752	1040,8	15,8528	67	84,956	28,274	1171,6	14,0837
17	21,556	7,174	1043,4	15,8141	68	86,224	28,696	1174,1	14,0528
18	22,824	7,596	1045,9	15,7755	69	87,492	29,118	1176,7	14,0221
19	24,092	8,018	1048,5	15,7371	70	88,76	29,54	1179,3	13,9914
20	25,36	8,44	1051	15,6989	71	90,028	29,962	1181,9	13,9609
21	26,628	8,862	1053,6	15,6609	72	91,296	30,384	1184,5	13,9305
22	27,896	9,284	1056,1	15,623	73	92,564	30,806	1187	13,9003
23	29,164	9,706	1058,7	15,5854	74	93,832	31,228	1189,6	13,8701
24	30,432	10,128	1061,2	15,5478	75	95,1	31,65	1192,2	13,8401
25	31,7	10,55	1063,8	15,5105	76	96,368	32,072	1194,8	13,8102
26	32,968	10,972	1066,3	15,4733	77	97,636	32,494	1197,3	13,7805
27	34,236	11,394	1068,9	15,4363	78	98,904	32,916	1199,9	13,7508
28	35,504	11,816	1071,5	15,3995	79	100,17	33,338	1202,5	13,7213
29	36,772	12,238	1074	15,3629	80	101,44	33,76	1205,1	13,6919
30	38,04	12,66	1076,6	15,3264	81	102,71	34,182	1207,7	13,6627
31	39,308	13,082	1079,1	15,29	82	103,98	34,604	1210,3	13,6335
32	40,576	13,504	1081,7	15,2539	83	105,24	35,026	1212,8	13,6045
33	41,844	13,926	1084,3	15,2179	84	106,51	35,448	1215,4	13,5756
34	43,112	14,348	1086,8	15,182	85	107,78	35,87	1218	13,5468
35	44,38	14,77	1089,4	15,1463	86	109,05	36,292	1220,6	13,5181
36	45,648	15,192	1091,9	15,1108	87	110,32	36,714	1223,2	13,4896
37	46,916	15,614	1094,5	15,0755	88	111,58	37,136	1225,8	13,4611
38	48,184	16,036	1097,1	15,0403	89	112,85	37,558	1228,3	13,4328
39	49,452	16,458	1099,6	15,0052	90	114,12	37,98	1230,9	13,4046
40	50,72	16,88	1102,2	14,9703	91	115,39	38,402	1233,5	13,3765
41	51,988	17,302	1104,7	14,9356	92	116,66	38,824	1236,1	13,3485
42	53,256	17,724	1107,3	14,901	93	117,92	39,246	1238,7	13,3206
43	54,524	18,146	1109,9	14,8666	94	119,19	39,668	1241,3	13,2929
44	55,792	18,568	1112,4	14,8323	95	120,46	40,09	1243,9	13,2652
45	57,06	18,99	1115	14,7982	96	121,73	40,512	1246,4	13,2377
46	58,328	19,412	1117,6	14,7642	97	123	40,934	1249	13,2103
47	59,596	19,834	1120,1	14,7304	98	124,26	41,356	1251,6	13,183
48	60,864	20,256	1122,7	14,6967	99	125,53	41,778	1254,2	13,1558
49	62,132	20,678	1125,3	14,6631	100	126,8	42,2	1256,8	13,1287
50	63,4	21,1	1127,8	14,6298					

Πίνακας 5.2.5-5 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 1000\Omega$ του εδάφους $S_N = 25\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma} = 1.8\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

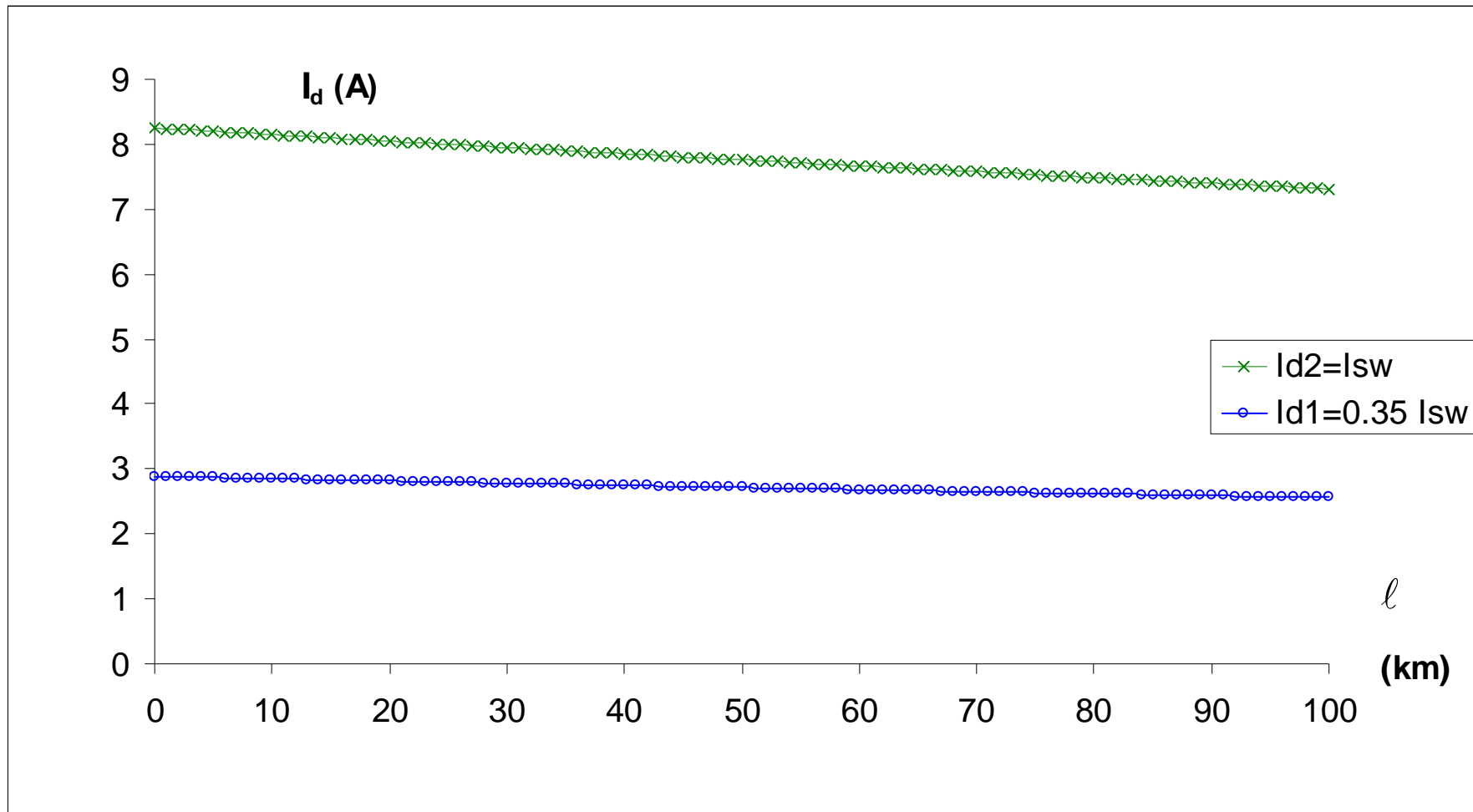


Σχήμα 5.2.5-5

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=1000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	2000,1	8,24954	51	64,668	21,522	2130	7,74664
1	1,268	0,422	2002,6	8,23909	52	65,936	21,944	2132,5	7,73737
2	2,536	0,844	2005,2	8,22866	53	67,204	22,366	2135,1	7,72811
3	3,804	1,266	2007,7	8,21826	54	68,472	22,788	2137,6	7,71887
4	5,072	1,688	2010,3	8,20788	55	69,74	23,21	2140,2	7,70966
5	6,34	2,11	2012,8	8,19752	56	71,008	23,632	2142,7	7,70046
6	7,608	2,532	2015,3	8,18719	57	72,276	24,054	2145,3	7,69129
7	8,876	2,954	2017,9	8,17689	58	73,544	24,476	2147,8	7,68214
8	10,144	3,376	2020,4	8,16661	59	74,812	24,898	2150,4	7,67301
9	11,412	3,798	2023	8,15635	60	76,08	25,32	2153	7,6639
10	12,68	4,22	2025,5	8,14612	61	77,348	25,742	2155,5	7,65481
11	13,948	4,642	2028	8,13591	62	78,616	26,164	2158,1	7,64574
12	15,216	5,064	2030,6	8,12573	63	79,884	26,586	2160,6	7,63669
13	16,484	5,486	2033,1	8,11557	64	81,152	27,008	2163,2	7,62766
14	17,752	5,908	2035,7	8,10544	65	82,42	27,43	2165,7	7,61865
15	19,02	6,33	2038,2	8,09533	66	83,688	27,852	2168,3	7,60967
16	20,288	6,752	2040,8	8,08524	67	84,956	28,274	2170,9	7,6007
17	21,556	7,174	2043,3	8,07518	68	86,224	28,696	2173,4	7,59175
18	22,824	7,596	2045,8	8,06514	69	87,492	29,118	2176	7,58282
19	24,092	8,018	2048,4	8,05512	70	88,76	29,54	2178,5	7,57392
20	25,36	8,44	2050,9	8,04513	71	90,028	29,962	2181,1	7,56503
21	26,628	8,862	2053,5	8,03516	72	91,296	30,384	2183,6	7,55616
22	27,896	9,284	2056	8,02522	73	92,564	30,806	2186,2	7,54731
23	29,164	9,706	2058,6	8,01529	74	93,832	31,228	2188,8	7,53848
24	30,432	10,128	2061,1	8,00539	75	95,1	31,65	2191,3	7,52968
25	31,7	10,55	2063,7	7,99552	76	96,368	32,072	2193,9	7,52089
26	32,968	10,972	2066,2	7,98567	77	97,636	32,494	2196,5	7,51212
27	34,236	11,394	2068,7	7,97584	78	98,904	32,916	2199	7,50337
28	35,504	11,816	2071,3	7,96603	79	100,17	33,338	2201,6	7,49464
29	36,772	12,238	2073,8	7,95625	80	101,44	33,76	2204,1	7,48593
30	38,04	12,66	2076,4	7,94649	81	102,71	34,182	2206,7	7,47724
31	39,308	13,082	2078,9	7,93675	82	103,98	34,604	2209,3	7,46856
32	40,576	13,504	2081,5	7,92703	83	105,24	35,026	2211,8	7,45991
33	41,844	13,926	2084	7,91734	84	106,51	35,448	2214,4	7,45128
34	43,112	14,348	2086,6	7,90767	85	107,78	35,87	2216,9	7,44266
35	44,38	14,77	2089,1	7,89802	86	109,05	36,292	2219,5	7,43407
36	45,648	15,192	2091,7	7,8884	87	110,32	36,714	2222,1	7,42549
37	46,916	15,614	2094,2	7,87879	88	111,58	37,136	2224,6	7,41693
38	48,184	16,036	2096,8	7,86921	89	112,85	37,558	2227,2	7,40839
39	49,452	16,458	2099,3	7,85965	90	114,12	37,98	2229,8	7,39987
40	50,72	16,88	2101,9	7,85012	91	115,39	38,402	2232,3	7,39137
41	51,988	17,302	2104,4	7,8406	92	116,66	38,824	2234,9	7,38289
42	53,256	17,724	2107	7,83111	93	117,92	39,246	2237,5	7,37443
43	54,524	18,146	2109,5	7,82164	94	119,19	39,668	2240	7,36598
44	55,792	18,568	2112,1	7,81219	95	120,46	40,09	2242,6	7,35755
45	57,06	18,99	2114,6	7,80276	96	121,73	40,512	2245,2	7,34914
46	58,328	19,412	2117,2	7,79335	97	123	40,934	2247,7	7,34075
47	59,596	19,834	2119,7	7,78397	98	124,26	41,356	2250,3	7,33238
48	60,864	20,256	2122,3	7,7746	99	125,53	41,778	2252,9	7,32403
49	62,132	20,678	2124,8	7,76526	100	126,8	42,2	2255,4	7,31569
50	63,4	21,1	2127,4	7,75594					

Πίνακας 5.2.5-6 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=2000\Omega$ του εδάφους $S_N=25MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/15kV$: $R_{M\Sigma}=0.054\Omega$, $X_{M\Sigma}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km$, $\ell=0-100km$

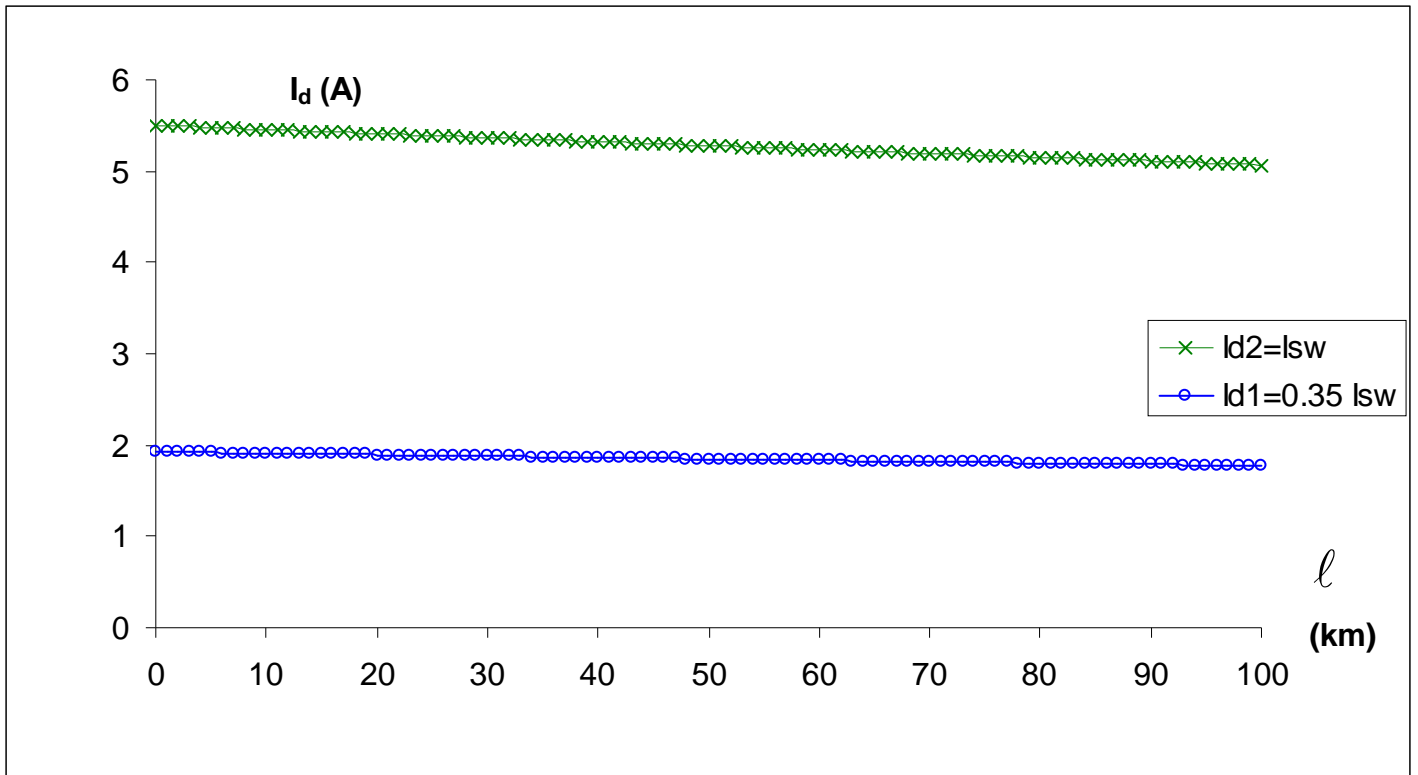


Σχήμα 5.2.5-6

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=2000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ 150kV/15kV

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	3000,1	5,4998	51	64,668	21,522	3129,8	5,27192
1	1,268	0,422	3002,6	5,49515	52	65,936	21,944	3132,3	5,26763
2	2,536	0,844	3005,2	5,49051	53	67,204	22,366	3134,9	5,26334
3	3,804	1,266	3007,7	5,48588	54	68,472	22,788	3137,4	5,25907
4	5,072	1,688	3010,3	5,48125	55	69,74	23,21	3140	5,2548
5	6,34	2,11	3012,8	5,47664	56	71,008	23,632	3142,5	5,25054
6	7,608	2,532	3015,3	5,47203	57	72,276	24,054	3145,1	5,24628
7	8,876	2,954	3017,9	5,46742	58	73,544	24,476	3147,6	5,24203
8	10,144	3,376	3020,4	5,46283	59	74,812	24,898	3150,2	5,23779
9	11,412	3,798	3023	5,45824	60	76,08	25,32	3152,7	5,23355
10	12,68	4,22	3025,5	5,45366	61	77,348	25,742	3155,3	5,22932
11	13,948	4,642	3028	5,44908	62	78,616	26,164	3157,8	5,2251
12	15,216	5,064	3030,6	5,44452	63	79,884	26,586	3160,4	5,22088
13	16,484	5,486	3033,1	5,43996	64	81,152	27,008	3162,9	5,21667
14	17,752	5,908	3035,7	5,43541	65	82,42	27,43	3165,5	5,21247
15	19,02	6,33	3038,2	5,43086	66	83,688	27,852	3168	5,20827
16	20,288	6,752	3040,7	5,42632	67	84,956	28,274	3170,6	5,20408
17	21,556	7,174	3043,3	5,42179	68	86,224	28,696	3173,1	5,19989
18	22,824	7,596	3045,8	5,41727	69	87,492	29,118	3175,7	5,19571
19	24,092	8,018	3048,4	5,41275	70	88,76	29,54	3178,2	5,19154
20	25,36	8,44	3050,9	5,40825	71	90,028	29,962	3180,8	5,18738
21	26,628	8,862	3053,4	5,40374	72	91,296	30,384	3183,4	5,18322
22	27,896	9,284	3056	5,39925	73	92,564	30,806	3185,9	5,17906
23	29,164	9,706	3058,5	5,39476	74	93,832	31,228	3188,5	5,17492
24	30,432	10,128	3061,1	5,39028	75	95,1	31,65	3191	5,17078
25	31,7	10,55	3063,6	5,38581	76	96,368	32,072	3193,6	5,16664
26	32,968	10,972	3066,2	5,38134	77	97,636	32,494	3196,1	5,16252
27	34,236	11,394	3068,7	5,37688	78	98,904	32,916	3198,7	5,15839
28	35,504	11,816	3071,2	5,37243	79	100,17	33,338	3201,2	5,15428
29	36,772	12,238	3073,8	5,36798	80	101,44	33,76	3203,8	5,15017
30	38,04	12,66	3076,3	5,36354	81	102,71	34,182	3206,3	5,14607
31	39,308	13,082	3078,9	5,35911	82	103,98	34,604	3208,9	5,14197
32	40,576	13,504	3081,4	5,35469	83	105,24	35,026	3211,4	5,13788
33	41,844	13,926	3084	5,35027	84	106,51	35,448	3214	5,1338
34	43,112	14,348	3086,5	5,34586	85	107,78	35,87	3216,6	5,12972
35	44,38	14,77	3089	5,34146	86	109,05	36,292	3219,1	5,12565
36	45,648	15,192	3091,6	5,33706	87	110,32	36,714	3221,7	5,12158
37	46,916	15,614	3094,1	5,33267	88	111,58	37,136	3224,2	5,11752
38	48,184	16,036	3096,7	5,32828	89	112,85	37,558	3226,8	5,11347
39	49,452	16,458	3099,2	5,32391	90	114,12	37,98	3229,3	5,10942
40	50,72	16,88	3101,8	5,31954	91	115,39	38,402	3231,9	5,10538
41	51,988	17,302	3104,3	5,31518	92	116,66	38,824	3234,4	5,10135
42	53,256	17,724	3106,9	5,31082	93	117,92	39,246	3237	5,09732
43	54,524	18,146	3109,4	5,30647	94	119,19	39,668	3239,6	5,09329
44	55,792	18,568	3112	5,30213	95	120,46	40,09	3242,1	5,08928
45	57,06	18,99	3114,5	5,29779	96	121,73	40,512	3244,7	5,08527
46	58,328	19,412	3117,1	5,29346	97	123	40,934	3247,2	5,08126
47	59,596	19,834	3119,6	5,28914	98	124,26	41,356	3249,8	5,07726
48	60,864	20,256	3122,1	5,28482	99	125,53	41,778	3252,3	5,07327
49	62,132	20,678	3124,7	5,28051	100	126,8	42,2	3254,9	5,06928
50	63,4	21,1	3127,2	5,27621					

Πίνακας 5.2.5-7 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=3000\Omega$ του εδάφους $S_N=25MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/15kV: R_{M\Sigma}=0.054\Omega, X_{M\Sigma}=1.8\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$



Σχήμα 5.2.5-7

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=3000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=25\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

5.2.6. Διφασικό σφάλμα μέσω της αντίστασης R_d του εδάφους κατά την αποκοπή δυο αγωγών και πτώση τους στο έδαφος, ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

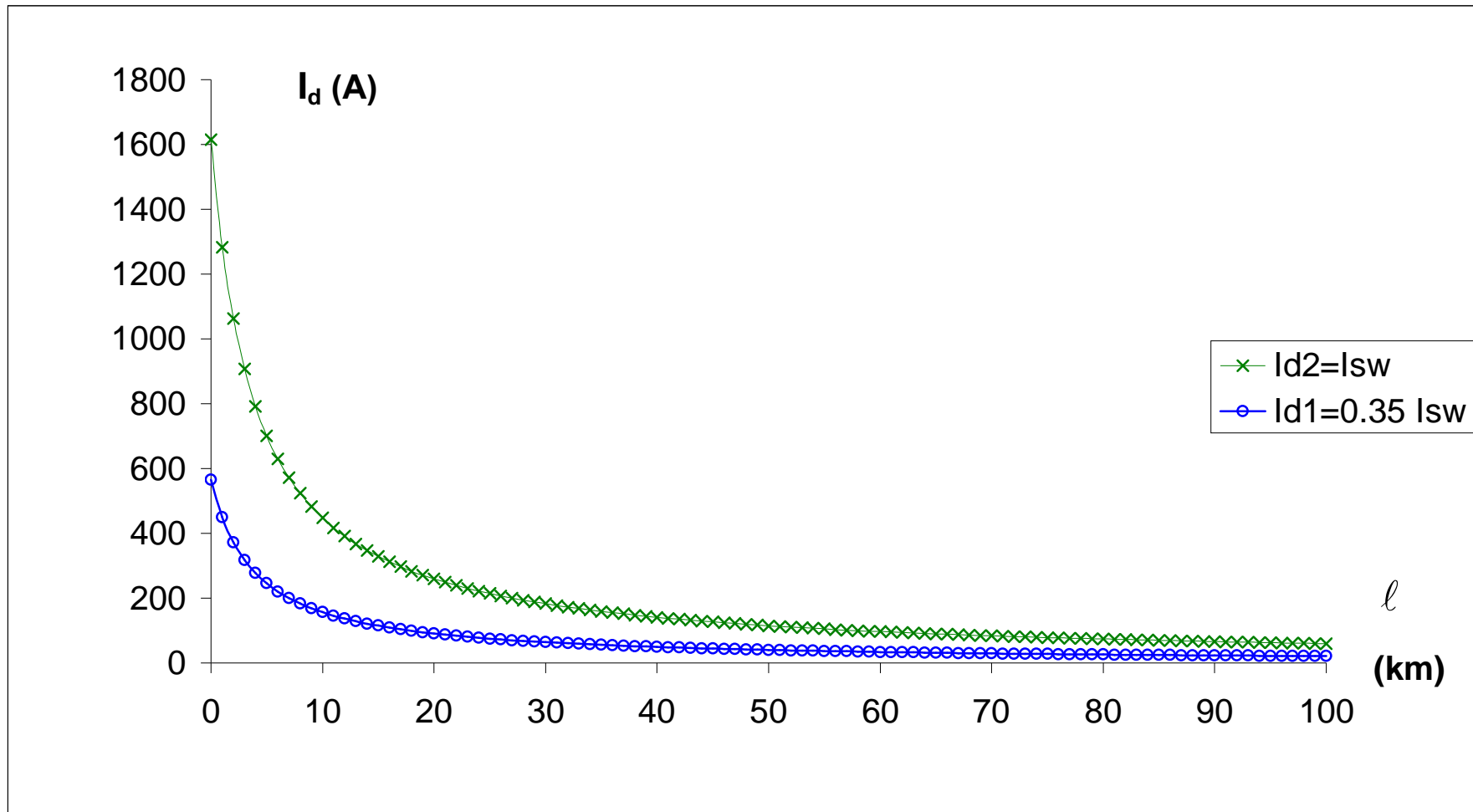
$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{V_{N2}^2}{S_N} = 4.5\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = R_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.006 \cdot Z_b = 0.027\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = X_{M\Sigma,pu} \cdot Z_b = 0.2 \cdot Z_b = 0.9\Omega$$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	10,214	1615,47	51	64,668	21,522	146,43	112,685
1	1,268	0,422	12,864	1282,6	52	65,936	21,944	149,1	110,665
2	2,536	0,844	15,523	1062,95	53	67,204	22,366	151,77	108,716
3	3,804	1,266	18,185	907,326	54	68,472	22,788	154,44	106,835
4	5,072	1,688	20,85	791,349	55	69,74	23,21	157,12	105,018
5	6,34	2,11	23,517	701,61	56	71,008	23,632	159,79	103,261
6	7,608	2,532	26,185	630,122	57	72,276	24,054	162,46	101,563
7	8,876	2,954	28,854	571,837	58	73,544	24,476	165,13	99,9188
8	10,144	3,376	31,524	523,411	59	74,812	24,898	167,81	98,3274
9	11,412	3,798	34,194	482,54	60	76,08	25,32	170,48	96,7858
10	12,68	4,22	36,865	447,585	61	77,348	25,742	173,15	95,2919
11	13,948	4,642	39,535	417,349	62	78,616	26,164	175,82	93,8434
12	15,216	5,064	42,206	390,937	63	79,884	26,586	178,5	92,4383
13	16,484	5,486	44,878	367,667	64	81,152	27,008	181,17	91,0746
14	17,752	5,908	47,549	347,011	65	82,42	27,43	183,84	89,7506
15	19,02	6,33	50,221	328,551	66	83,688	27,852	186,52	88,4645
16	20,288	6,752	52,892	311,955	67	84,956	28,274	189,19	87,2148
17	21,556	7,174	55,564	296,955	68	86,224	28,696	191,86	85,9998
18	22,824	7,596	58,236	283,331	69	87,492	29,118	194,53	84,8183
19	24,092	8,018	60,908	270,901	70	88,76	29,54	197,21	83,6688
20	25,36	8,44	63,58	259,516	71	90,028	29,962	199,88	82,55
21	26,628	8,862	66,252	249,05	72	91,296	30,384	202,55	81,4607
22	27,896	9,284	68,924	239,394	73	92,564	30,806	205,22	80,3999
23	29,164	9,706	71,596	230,459	74	93,832	31,228	207,9	79,3662
24	30,432	10,128	74,268	222,167	75	95,1	31,65	210,57	78,3589
25	31,7	10,55	76,941	214,451	76	96,368	32,072	213,24	77,3768
26	32,968	10,972	79,613	207,253	77	97,636	32,494	215,92	76,419
27	34,236	11,394	82,285	200,522	78	98,904	32,916	218,59	75,4846
28	35,504	11,816	84,958	194,215	79	100,17	33,338	221,26	74,5728
29	36,772	12,238	87,63	188,292	80	101,44	33,76	223,93	73,6827
30	38,04	12,66	90,302	182,719	81	102,71	34,182	226,61	72,8137
31	39,308	13,082	92,975	177,467	82	103,98	34,604	229,28	71,9649
32	40,576	13,504	95,647	172,509	83	105,24	35,026	231,95	71,1356
33	41,844	13,926	98,32	167,82	84	106,51	35,448	234,62	70,3253
34	43,112	14,348	100,99	163,379	85	107,78	35,87	237,3	69,5332
35	44,38	14,77	103,66	159,167	86	109,05	36,292	239,97	68,7588
36	45,648	15,192	106,34	155,167	87	110,32	36,714	242,64	68,0014
37	46,916	15,614	109,01	151,363	88	111,58	37,136	245,31	67,2605
38	48,184	16,036	111,68	147,741	89	112,85	37,558	247,99	66,5356
39	49,452	16,458	114,35	144,288	90	114,12	37,98	250,66	65,8262
40	50,72	16,88	117,03	140,993	91	115,39	38,402	253,33	65,1317
41	51,988	17,302	119,7	137,845	92	116,66	38,824	256,01	64,4517
42	53,256	17,724	122,37	134,834	93	117,92	39,246	258,68	63,7858
43	54,524	18,146	125,04	131,953	94	119,19	39,668	261,35	63,1335
44	55,792	18,568	127,72	129,191	95	120,46	40,09	264,02	62,4944
45	57,06	18,99	130,39	126,543	96	121,73	40,512	266,7	61,8681
46	58,328	19,412	133,06	124,002	97	123	40,934	269,37	61,2542
47	59,596	19,834	135,74	121,56	98	124,26	41,356	272,04	60,6524
48	60,864	20,256	138,41	119,213	99	125,53	41,778	274,71	60,0623
49	62,132	20,678	141,08	116,955	100	126,8	42,2	277,39	59,4836
50	63,4	21,1	143,75	114,78					

Πίνακας 5.2.6-1 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_\delta = 10\Omega$ του εδάφους $S_N = 50\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Xi 150\text{kV}/15\text{kV}$: $R_{M\Xi} = 0.027\Omega$, $X_{M\Xi} = 0.9\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

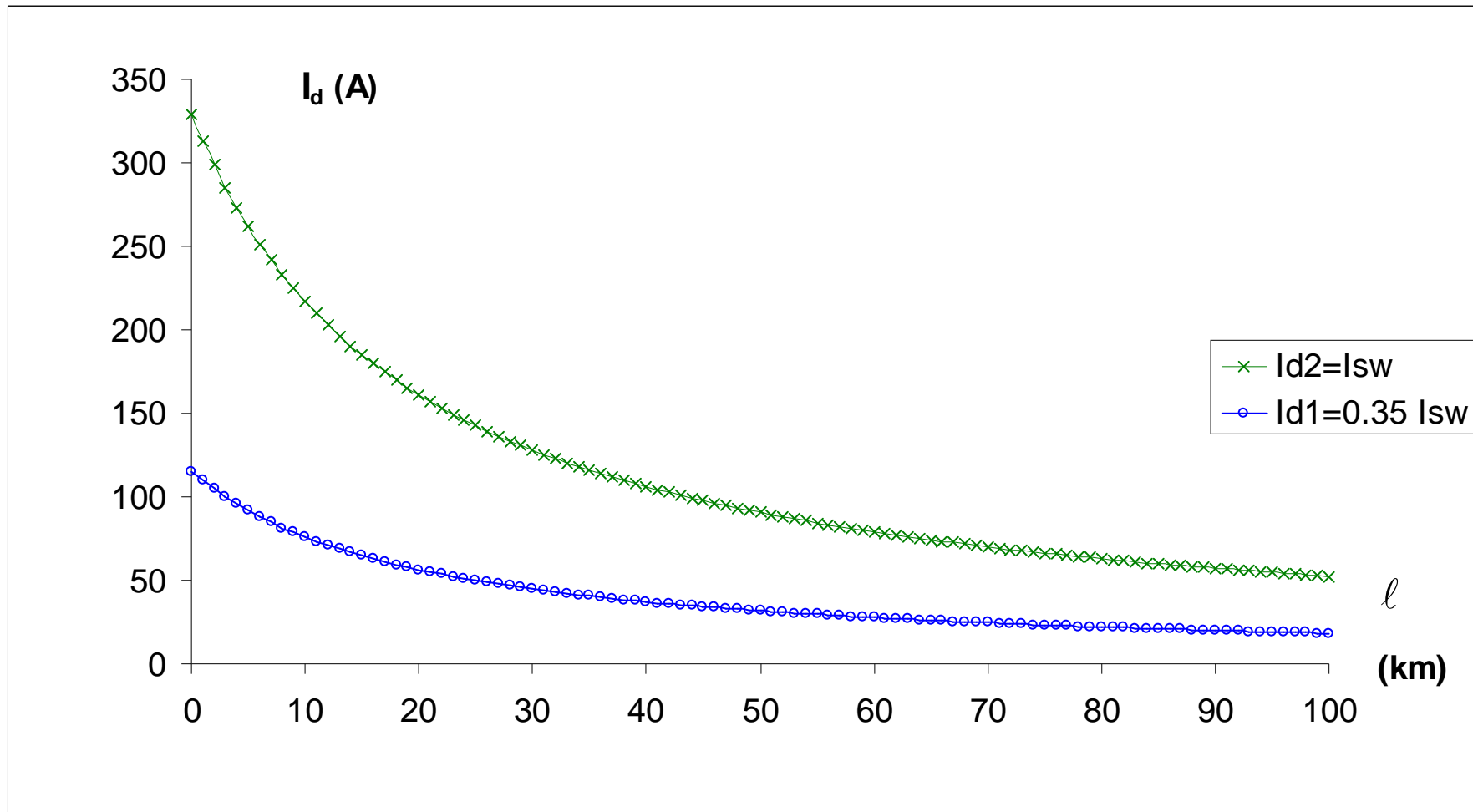


Σχήμα 5.2.6-1

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=10\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	50,086	329,431	51	64,668	21,522	184,91	89,2326
1	1,268	0,422	52,656	313,352	52	65,936	21,944	187,58	87,9648
2	2,536	0,844	55,236	298,717	53	67,204	22,366	190,24	86,7324
3	3,804	1,266	57,824	285,346	54	68,472	22,788	192,91	85,534
4	5,072	1,688	60,42	273,088	55	69,74	23,21	195,57	84,3681
5	6,34	2,11	63,022	261,813	56	71,008	23,632	198,24	83,2335
6	7,608	2,532	65,63	251,41	57	72,276	24,054	200,9	82,129
7	8,876	2,954	68,243	241,784	58	73,544	24,476	203,57	81,0533
8	10,144	3,376	70,86	232,854	59	74,812	24,898	206,24	80,0054
9	11,412	3,798	73,481	224,548	60	76,08	25,32	208,9	78,9841
10	12,68	4,22	76,106	216,803	61	77,348	25,742	211,57	77,9886
11	13,948	4,642	78,734	209,566	62	78,616	26,164	214,24	77,0177
12	15,216	5,064	81,365	202,79	63	79,884	26,586	216,9	76,0707
13	16,484	5,486	83,999	196,432	64	81,152	27,008	219,57	75,1467
14	17,752	5,908	86,635	190,455	65	82,42	27,43	222,24	74,2448
15	19,02	6,33	89,273	184,827	66	83,688	27,852	224,91	73,3642
16	20,288	6,752	91,913	179,518	67	84,956	28,274	227,57	72,5042
17	21,556	7,174	94,555	174,502	68	86,224	28,696	230,24	71,6642
18	22,824	7,596	97,199	169,755	69	87,492	29,118	232,91	70,8433
19	24,092	8,018	99,844	165,258	70	88,76	29,54	235,58	70,041
20	25,36	8,44	102,49	160,99	71	90,028	29,962	238,24	69,2566
21	26,628	8,862	105,14	156,936	72	91,296	30,384	240,91	68,4896
22	27,896	9,284	107,79	153,079	73	92,564	30,806	243,58	67,7394
23	29,164	9,706	110,44	149,405	74	93,832	31,228	246,25	67,0053
24	30,432	10,128	113,09	145,902	75	95,1	31,65	248,92	66,287
25	31,7	10,55	115,74	142,559	76	96,368	32,072	251,59	65,5839
26	32,968	10,972	118,4	139,364	77	97,636	32,494	254,25	64,8956
27	34,236	11,394	121,05	136,308	78	98,904	32,916	256,92	64,2215
28	35,504	11,816	123,7	133,383	79	100,17	33,338	259,59	63,5613
29	36,772	12,238	126,36	130,579	80	101,44	33,76	262,26	62,9145
30	38,04	12,66	129,02	127,891	81	102,71	34,182	264,93	62,2807
31	39,308	13,082	131,67	125,31	82	103,98	34,604	267,6	61,6595
32	40,576	13,504	134,33	122,831	83	105,24	35,026	270,27	61,0505
33	41,844	13,926	136,99	120,447	84	106,51	35,448	272,94	60,4535
34	43,112	14,348	139,65	118,154	85	107,78	35,87	275,61	59,868
35	44,38	14,77	142,31	115,946	86	109,05	36,292	278,28	59,2937
36	45,648	15,192	144,97	113,819	87	110,32	36,714	280,94	58,7304
37	46,916	15,614	147,63	111,768	88	111,58	37,136	283,61	58,1776
38	48,184	16,036	150,29	109,789	89	112,85	37,558	286,28	57,6351
39	49,452	16,458	152,95	107,879	90	114,12	37,98	288,95	57,1026
40	50,72	16,88	155,61	106,033	91	115,39	38,402	291,62	56,5799
41	51,988	17,302	158,27	104,25	92	116,66	38,824	294,29	56,0666
42	53,256	17,724	160,94	102,525	93	117,92	39,246	296,96	55,5626
43	54,524	18,146	163,6	100,857	94	119,19	39,668	299,63	55,0675
44	55,792	18,568	166,26	99,2414	95	120,46	40,09	302,3	54,5812
45	57,06	18,99	168,92	97,6768	96	121,73	40,512	304,97	54,1034
46	58,328	19,412	171,59	96,1605	97	123	40,934	307,64	53,6338
47	59,596	19,834	174,25	94,6905	98	124,26	41,356	310,31	53,1723
48	60,864	20,256	176,92	93,2646	99	125,53	41,778	312,98	52,7187
49	62,132	20,678	179,58	91,8808	100	126,8	42,2	315,65	52,2728
50	63,4	21,1	182,25	90,5374					

Πίνακας 5.2.6-2 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 50\Omega$ του εδάφους $S_N = 50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Omega 150kV/15kV$: $R_{M\Omega} = 0.027\Omega$, $X_{M\Omega} = 0.9\Omega$
Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$

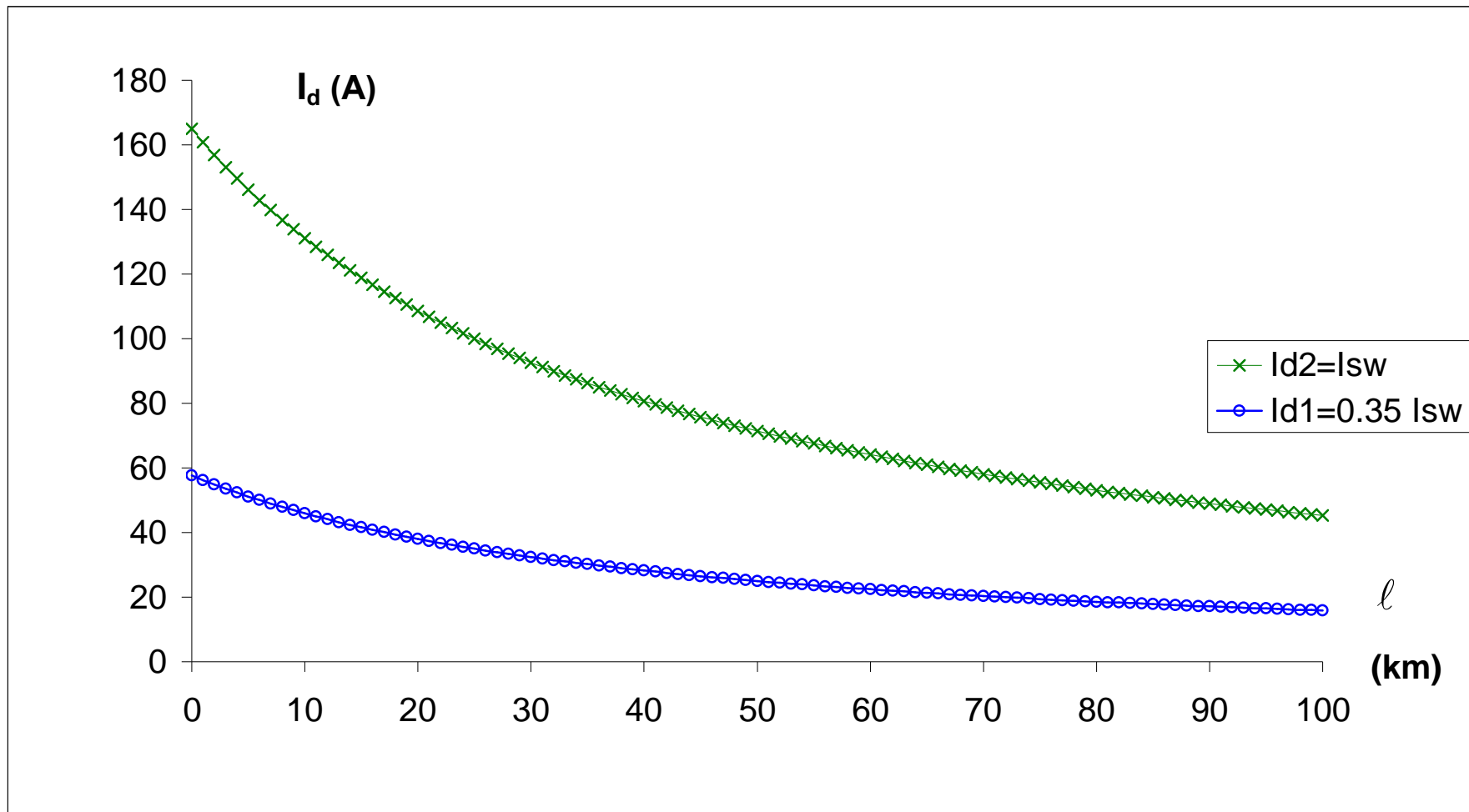


Σχήμα 5.2.6-2

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=50\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{\max} (A)
0	0	0	100,07	164,884	51	64,668	21,522	233,73	70,5936
1	1,268	0,422	102,62	160,781	52	65,936	21,944	236,38	69,8019
2	2,536	0,844	105,18	156,868	53	67,204	22,366	239,03	69,0276
3	3,804	1,266	107,75	153,134	54	68,472	22,788	241,69	68,2702
4	5,072	1,688	110,32	149,566	55	69,74	23,21	244,34	67,5291
5	6,34	2,11	112,89	146,154	56	71,008	23,632	246,99	66,8038
6	7,608	2,532	115,47	142,889	57	72,276	24,054	249,65	66,0937
7	8,876	2,954	118,06	139,762	58	73,544	24,476	252,3	65,3986
8	10,144	3,376	120,65	136,764	59	74,812	24,898	254,95	64,7177
9	11,412	3,798	123,24	133,889	60	76,08	25,32	257,61	64,0509
10	12,68	4,22	125,83	131,128	61	77,348	25,742	260,26	63,3975
11	13,948	4,642	128,43	128,476	62	78,616	26,164	262,92	62,7572
12	15,216	5,064	131,03	125,925	63	79,884	26,586	265,57	62,1297
13	16,484	5,486	133,63	123,472	64	81,152	27,008	268,23	61,5145
14	17,752	5,908	136,24	121,11	65	82,42	27,43	270,89	60,9113
15	19,02	6,33	138,85	118,834	66	83,688	27,852	273,54	60,3197
16	20,288	6,752	141,46	116,641	67	84,956	28,274	276,2	59,7395
17	21,556	7,174	144,07	114,525	68	86,224	28,696	278,86	59,1702
18	22,824	7,596	146,69	112,483	69	87,492	29,118	281,51	58,6117
19	24,092	8,018	149,31	110,511	70	88,76	29,54	284,17	58,0635
20	25,36	8,44	151,93	108,605	71	90,028	29,962	286,83	57,5254
21	26,628	8,862	154,55	106,763	72	91,296	30,384	289,49	56,9971
22	27,896	9,284	157,17	104,981	73	92,564	30,806	292,15	56,4785
23	29,164	9,706	159,8	103,257	74	93,832	31,228	294,81	55,9691
24	30,432	10,128	162,42	101,587	75	95,1	31,65	297,46	55,4688
25	31,7	10,55	165,05	99,9696	76	96,368	32,072	300,12	54,9773
26	32,968	10,972	167,68	98,402	77	97,636	32,494	302,78	54,4943
27	34,236	11,394	170,31	96,8821	78	98,904	32,916	305,44	54,0198
28	35,504	11,816	172,94	95,4077	79	100,17	33,338	308,1	53,5534
29	36,772	12,238	175,58	93,9768	80	101,44	33,76	310,76	53,095
30	38,04	12,66	178,21	92,5876	81	102,71	34,182	313,42	52,6443
31	39,308	13,082	180,84	91,2384	82	103,98	34,604	316,08	52,2012
32	40,576	13,504	183,48	89,9273	83	105,24	35,026	318,75	51,7654
33	41,844	13,926	186,12	88,6529	84	106,51	35,448	321,41	51,3368
34	43,112	14,348	188,76	87,4137	85	107,78	35,87	324,07	50,9152
35	44,38	14,77	191,4	86,2082	86	109,05	36,292	326,73	50,5005
36	45,648	15,192	194,04	85,0351	87	110,32	36,714	329,39	50,0924
37	46,916	15,614	196,68	83,8931	88	111,58	37,136	332,05	49,6908
38	48,184	16,036	199,32	82,781	89	112,85	37,558	334,72	49,2956
39	49,452	16,458	201,96	81,6978	90	114,12	37,98	337,38	48,9067
40	50,72	16,88	204,61	80,6421	91	115,39	38,402	340,04	48,5238
41	51,988	17,302	207,25	79,6132	92	116,66	38,824	342,7	48,1468
42	53,256	17,724	209,9	78,6099	93	117,92	39,246	345,36	47,7756
43	54,524	18,146	212,54	77,6313	94	119,19	39,668	348,03	47,41
44	55,792	18,568	215,19	76,6765	95	120,46	40,09	350,69	47,05
45	57,06	18,99	217,84	75,7448	96	121,73	40,512	353,35	46,6954
46	58,328	19,412	220,48	74,8352	97	123	40,934	356,02	46,3461
47	59,596	19,834	223,13	73,9469	98	124,26	41,356	358,68	46,002
48	60,864	20,256	225,78	73,0794	99	125,53	41,778	361,34	45,6629
49	62,132	20,678	228,43	72,2317	100	126,8	42,2	364,01	45,3287
50	63,4	21,1	231,08	71,4034					

Πίνακας 5.2.6-3 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 100\Omega$ του εδάφους $S_N = 50\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Sigma 150\text{kV}/15\text{kV}$: $R_{M\Sigma} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma} = 0.9\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

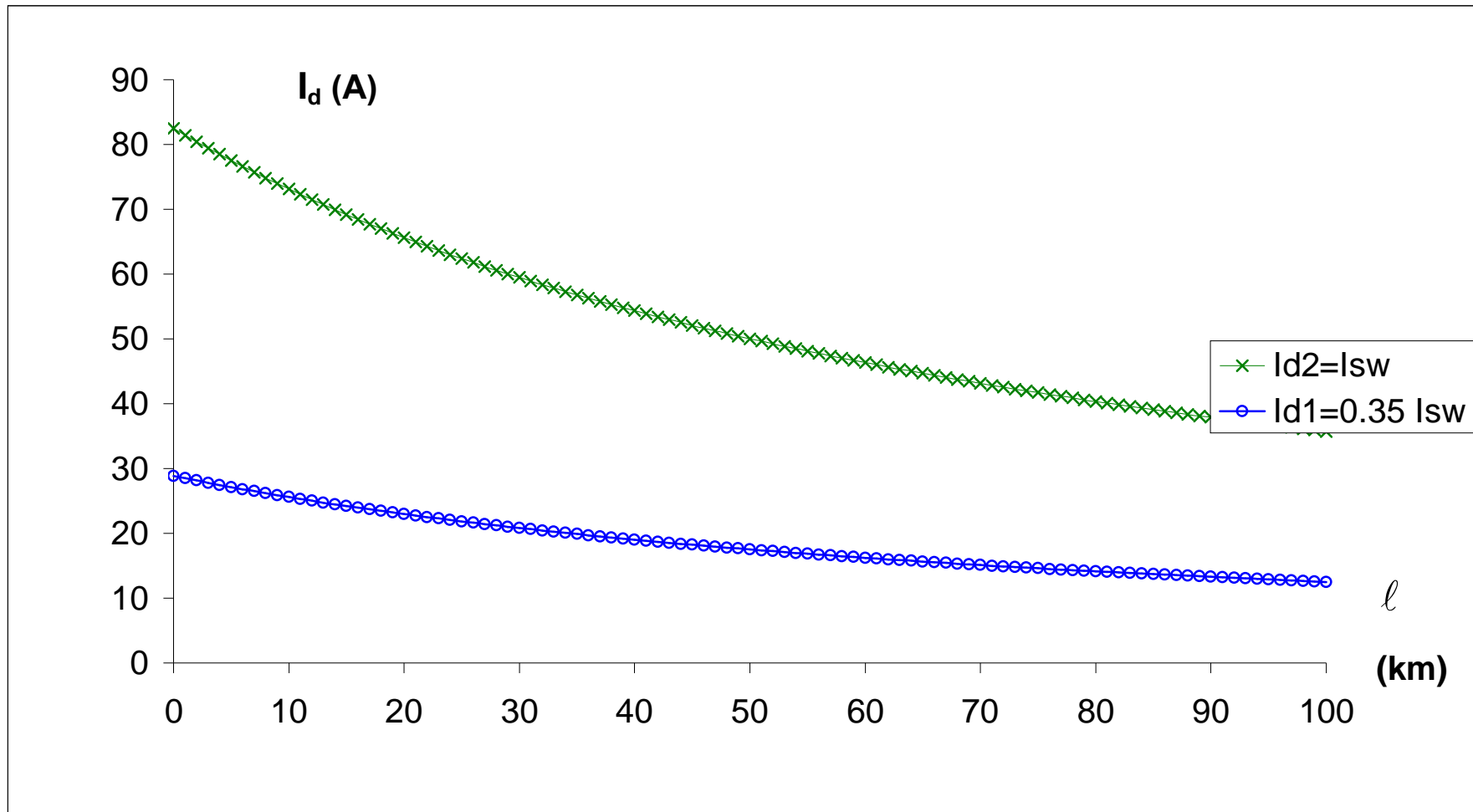


Σχήμα 5.2.6-3

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=100\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	200,06	82,4744	51	64,668	21,522	332,43	49,6347
1	1,268	0,422	202,61	81,4384	52	65,936	21,944	335,06	49,2456
2	2,536	0,844	205,16	80,4267	53	67,204	22,366	337,68	48,8624
3	3,804	1,266	207,71	79,4388	54	68,472	22,788	340,31	48,485
4	5,072	1,688	210,26	78,4736	55	69,74	23,21	342,94	48,1133
5	6,34	2,11	212,82	77,5306	56	71,008	23,632	345,57	47,7471
6	7,608	2,532	215,38	76,609	57	72,276	24,054	348,2	47,3864
7	8,876	2,954	217,94	75,7081	58	73,544	24,476	350,83	47,031
8	10,144	3,376	220,51	74,8273	59	74,812	24,898	353,46	46,6809
9	11,412	3,798	223,08	73,9658	60	76,08	25,32	356,1	46,3358
10	12,68	4,22	225,65	73,1232	61	77,348	25,742	358,73	45,9957
11	13,948	4,642	228,22	72,2989	62	78,616	26,164	361,36	45,6605
12	15,216	5,064	230,79	71,4922	63	79,884	26,586	364	45,3301
13	16,484	5,486	233,37	70,7027	64	81,152	27,008	366,63	45,0043
14	17,752	5,908	235,95	69,9297	65	82,42	27,43	369,27	44,6832
15	19,02	6,33	238,53	69,1729	66	83,688	27,852	371,9	44,3665
16	20,288	6,752	241,12	68,4318	67	84,956	28,274	374,54	44,0542
17	21,556	7,174	243,7	67,7058	68	86,224	28,696	377,18	43,7462
18	22,824	7,596	246,29	66,9945	69	87,492	29,118	379,81	43,4425
19	24,092	8,018	248,88	66,2976	70	88,76	29,54	382,45	43,1428
20	25,36	8,44	251,47	65,6145	71	90,028	29,962	385,09	42,8473
21	26,628	8,862	254,06	64,945	72	91,296	30,384	387,73	42,5557
22	27,896	9,284	256,66	64,2885	73	92,564	30,806	390,37	42,268
23	29,164	9,706	259,25	63,6448	74	93,832	31,228	393,01	41,9841
24	30,432	10,128	261,85	63,0135	75	95,1	31,65	395,65	41,7039
25	31,7	10,55	264,45	62,3943	76	96,368	32,072	398,29	41,4274
26	32,968	10,972	267,05	61,7867	77	97,636	32,494	400,93	41,1545
27	34,236	11,394	269,65	61,1906	78	98,904	32,916	403,57	40,8852
28	35,504	11,816	272,25	60,6055	79	100,17	33,338	406,21	40,6193
29	36,772	12,238	274,86	60,0313	80	101,44	33,76	408,85	40,3568
30	38,04	12,66	277,46	59,4675	81	102,71	34,182	411,5	40,0976
31	39,308	13,082	280,07	58,914	82	103,98	34,604	414,14	39,8417
32	40,576	13,504	282,68	58,3704	83	105,24	35,026	416,78	39,589
33	41,844	13,926	285,29	57,8365	84	106,51	35,448	419,43	39,3395
34	43,112	14,348	287,9	57,312	85	107,78	35,87	422,07	39,093
35	44,38	14,77	290,51	56,7968	86	109,05	36,292	424,71	38,8496
36	45,648	15,192	293,12	56,2905	87	110,32	36,714	427,36	38,6092
37	46,916	15,614	295,74	55,793	88	111,58	37,136	430	38,3717
38	48,184	16,036	298,35	55,304	89	112,85	37,558	432,65	38,1371
39	49,452	16,458	300,97	54,8233	90	114,12	37,98	435,3	37,9053
40	50,72	16,88	303,58	54,3507	91	115,39	38,402	437,94	37,6762
41	51,988	17,302	306,2	53,8861	92	116,66	38,824	440,59	37,4499
42	53,256	17,724	308,82	53,4291	93	117,92	39,246	443,23	37,2263
43	54,524	18,146	311,44	52,9797	94	119,19	39,668	445,88	37,0053
44	55,792	18,568	314,06	52,5376	95	120,46	40,09	448,53	36,7869
45	57,06	18,99	316,68	52,1027	96	121,73	40,512	451,18	36,571
46	58,328	19,412	319,3	51,6748	97	123	40,934	453,83	36,3576
47	59,596	19,834	321,93	51,2537	98	124,26	41,356	456,47	36,1467
48	60,864	20,256	324,55	50,8393	99	125,53	41,778	459,12	35,9382
49	62,132	20,678	327,18	50,4315	100	126,8	42,2	461,77	35,732
50	63,4	21,1	329,8	50,03					

Πίνακας 5.2.6-4 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 200\Omega$ του εδάφους $S_N = 50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/15kV$: $R_{M\Sigma} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma} = 0.9\Omega$
Γραμμή: $A = 16mm^2$, $R_{\gamma\rho/km} = 1.268\Omega/km$, $X_{\gamma\rho/km} = 0.422\Omega/km$, $\ell = 0-100km$

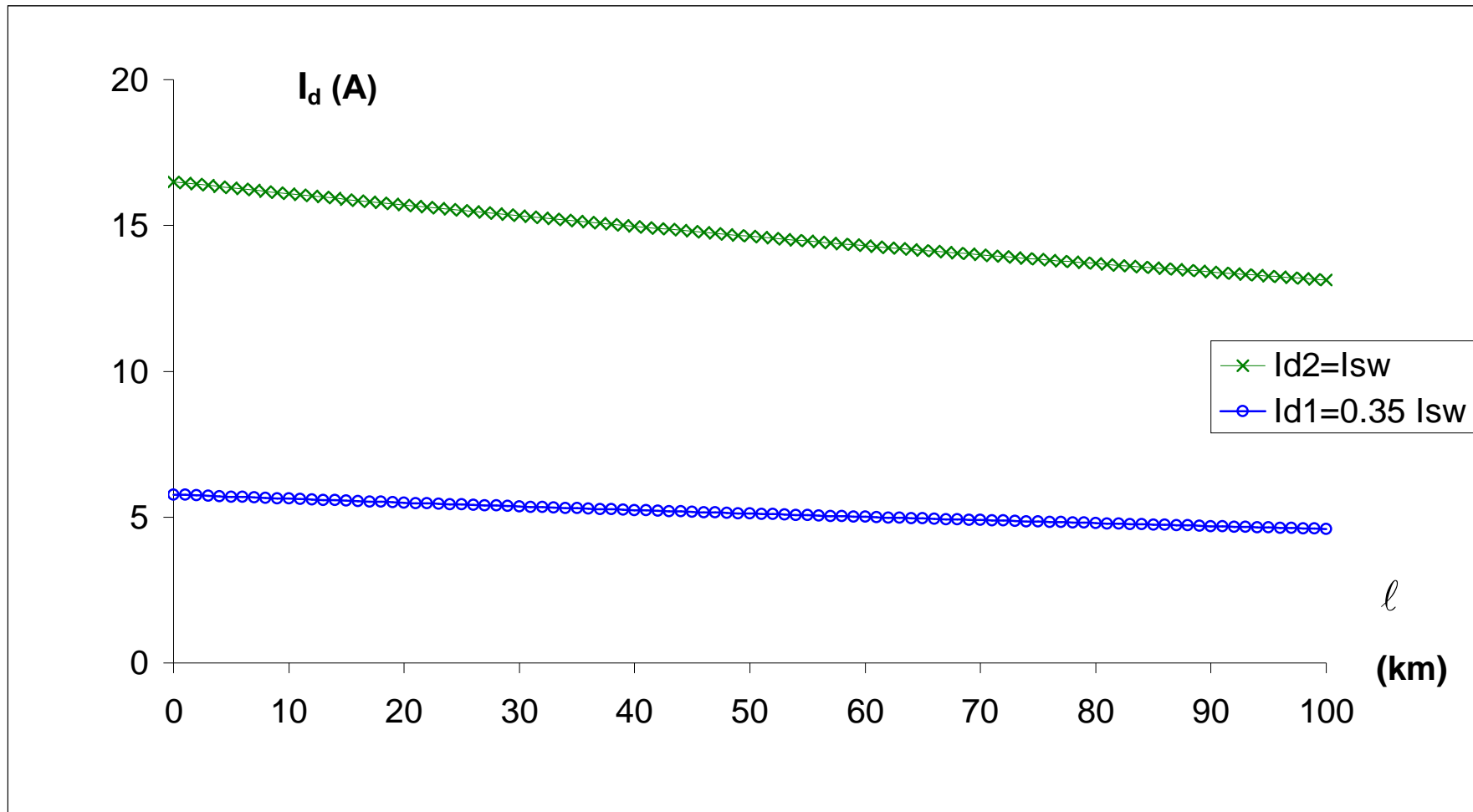


Σχήμα 5.2.6-4

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d=200\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	1000,1	16,4991	51	64,668	21,522	1130,3	14,5982
1	1,268	0,422	1002,6	16,4573	52	65,936	21,944	1132,8	14,5651
2	2,536	0,844	1005,1	16,4158	53	67,204	22,366	1135,4	14,5321
3	3,804	1,266	1007,7	16,3744	54	68,472	22,788	1138	14,4993
4	5,072	1,688	1010,2	16,3332	55	69,74	23,21	1140,6	14,4667
5	6,34	2,11	1012,8	16,2922	56	71,008	23,632	1143,1	14,4341
6	7,608	2,532	1015,3	16,2515	57	72,276	24,054	1145,7	14,4018
7	8,876	2,954	1017,8	16,2109	58	73,544	24,476	1148,3	14,3695
8	10,144	3,376	1020,4	16,1705	59	74,812	24,898	1150,8	14,3374
9	11,412	3,798	1022,9	16,1303	60	76,08	25,32	1153,4	14,3054
10	12,68	4,22	1025,5	16,0903	61	77,348	25,742	1156	14,2736
11	13,948	4,642	1028	16,0504	62	78,616	26,164	1158,6	14,2419
12	15,216	5,064	1030,6	16,0108	63	79,884	26,586	1161,1	14,2104
13	16,484	5,486	1033,1	15,9713	64	81,152	27,008	1163,7	14,1789
14	17,752	5,908	1035,6	15,9321	65	82,42	27,43	1166,3	14,1477
15	19,02	6,33	1038,2	15,893	66	83,688	27,852	1168,8	14,1165
16	20,288	6,752	1040,7	15,8541	67	84,956	28,274	1171,4	14,0855
17	21,556	7,174	1043,3	15,8153	68	86,224	28,696	1174	14,0546
18	22,824	7,596	1045,8	15,7768	69	87,492	29,118	1176,6	14,0238
19	24,092	8,018	1048,4	15,7384	70	88,76	29,54	1179,1	13,9932
20	25,36	8,44	1050,9	15,7002	71	90,028	29,962	1181,7	13,9627
21	26,628	8,862	1053,5	15,6622	72	91,296	30,384	1184,3	13,9323
22	27,896	9,284	1056	15,6244	73	92,564	30,806	1186,9	13,902
23	29,164	9,706	1058,6	15,5867	74	93,832	31,228	1189,5	13,8719
24	30,432	10,128	1061,1	15,5492	75	95,1	31,65	1192	13,8419
25	31,7	10,55	1063,7	15,5119	76	96,368	32,072	1194,6	13,812
26	32,968	10,972	1066,3	15,4747	77	97,636	32,494	1197,2	13,7823
27	34,236	11,394	1068,8	15,4377	78	98,904	32,916	1199,8	13,7526
28	35,504	11,816	1071,4	15,4009	79	100,17	33,338	1202,3	13,7231
29	36,772	12,238	1073,9	15,3643	80	101,44	33,76	1204,9	13,6937
30	38,04	12,66	1076,5	15,3278	81	102,71	34,182	1207,5	13,6645
31	39,308	13,082	1079	15,2915	82	103,98	34,604	1210,1	13,6353
32	40,576	13,504	1081,6	15,2553	83	105,24	35,026	1212,7	13,6063
33	41,844	13,926	1084,1	15,2193	84	106,51	35,448	1215,3	13,5774
34	43,112	14,348	1086,7	15,1835	85	107,78	35,87	1217,8	13,5486
35	44,38	14,77	1089,3	15,1478	86	109,05	36,292	1220,4	13,5199
36	45,648	15,192	1091,8	15,1123	87	110,32	36,714	1223	13,4914
37	46,916	15,614	1094,4	15,077	88	111,58	37,136	1225,6	13,463
38	48,184	16,036	1096,9	15,0418	89	112,85	37,558	1228,2	13,4346
39	49,452	16,458	1099,5	15,0067	90	114,12	37,98	1230,8	13,4064
40	50,72	16,88	1102,1	14,9719	91	115,39	38,402	1233,3	13,3783
41	51,988	17,302	1104,6	14,9371	92	116,66	38,824	1235,9	13,3504
42	53,256	17,724	1107,2	14,9026	93	117,92	39,246	1238,5	13,3225
43	54,524	18,146	1109,8	14,8681	94	119,19	39,668	1241,1	13,2947
44	55,792	18,568	1112,3	14,8339	95	120,46	40,09	1243,7	13,2671
45	57,06	18,99	1114,9	14,7997	96	121,73	40,512	1246,3	13,2396
46	58,328	19,412	1117,4	14,7658	97	123	40,934	1248,9	13,2121
47	59,596	19,834	1120	14,732	98	124,26	41,356	1251,4	13,1848
48	60,864	20,256	1122,6	14,6983	99	125,53	41,778	1254	13,1576
49	62,132	20,678	1125,1	14,6648	100	126,8	42,2	1256,6	13,1305
50	63,4	21,1	1127,7	14,6314					

Πίνακας 5.2.6-5 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s = 1000\Omega$ του εδάφους $S_N = 50\text{MVA}$, $\text{ACSR } 16\text{mm}^2$
 $M\Sigma 150\text{kV}/15\text{kV}$: $R_{M\Sigma} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma} = 0.9\Omega$
Γραμμή: $A = 16\text{mm}^2$, $R_{\gamma\rho/\text{km}} = 1.268\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma\rho/\text{km}} = 0.422\Omega/\text{km}$, $\ell = 0-100\text{km}$

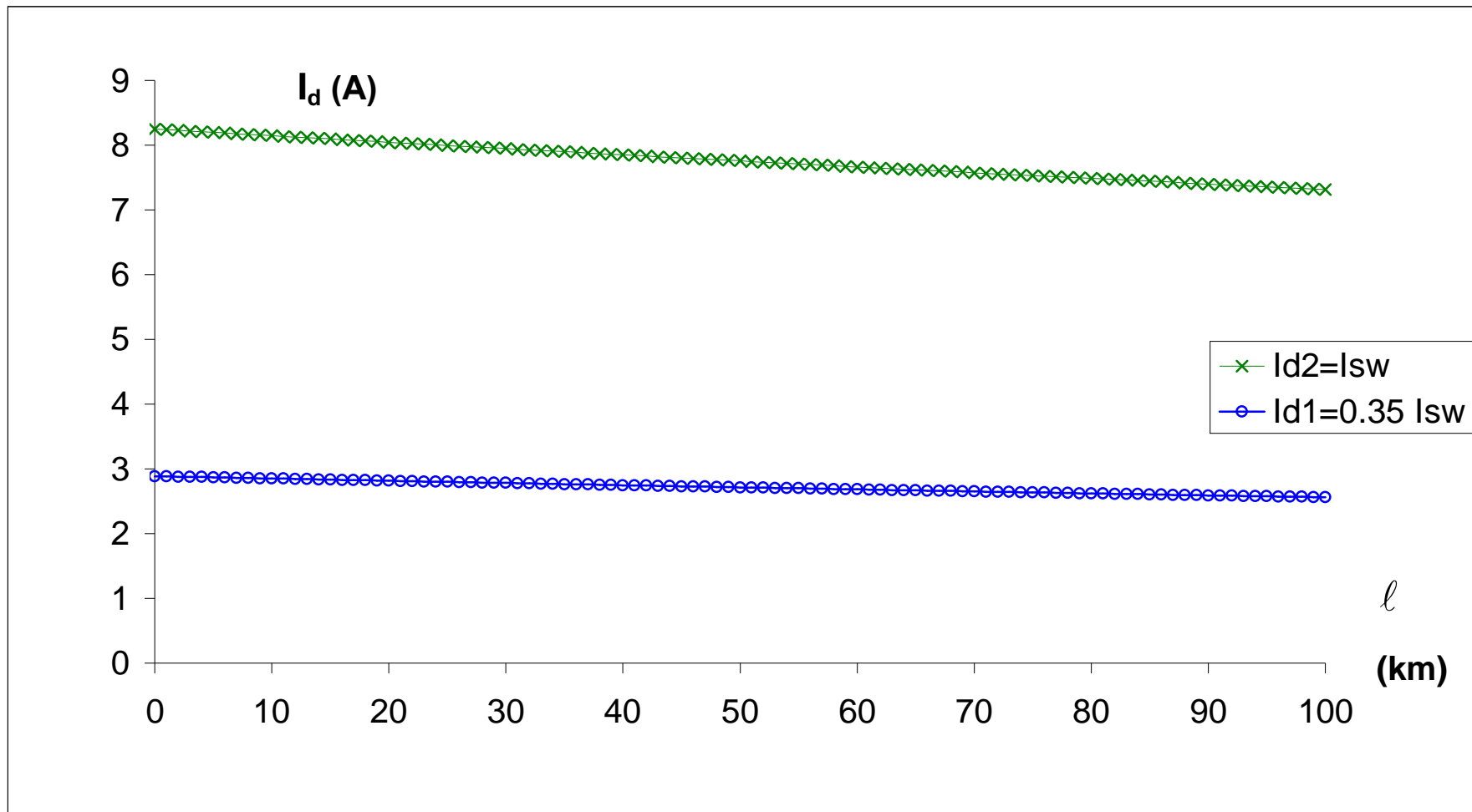


Σχήμα 5.2.6-5

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_d = 1000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N = 50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	2000,1	8,24977	51	64,668	21,522	2129,9	7,74698
1	1,268	0,422	2002,6	8,23932	52	65,936	21,944	2132,4	7,7377
2	2,536	0,844	2005,1	8,2289	53	67,204	22,366	2135	7,72845
3	3,804	1,266	2007,7	8,2185	54	68,472	22,788	2137,5	7,71921
4	5,072	1,688	2010,2	8,20812	55	69,74	23,21	2140,1	7,71
5	6,34	2,11	2012,7	8,19777	56	71,008	23,632	2142,6	7,70081
6	7,608	2,532	2015,3	8,18744	57	72,276	24,054	2145,2	7,69164
7	8,876	2,954	2017,8	8,17714	58	73,544	24,476	2147,7	7,68249
8	10,144	3,376	2020,4	8,16686	59	74,812	24,898	2150,3	7,67336
9	11,412	3,798	2022,9	8,15661	60	76,08	25,32	2152,9	7,66425
10	12,68	4,22	2025,4	8,14638	61	77,348	25,742	2155,4	7,65516
11	13,948	4,642	2028	8,13617	62	78,616	26,164	2158	7,64609
12	15,216	5,064	2030,5	8,12599	63	79,884	26,586	2160,5	7,63705
13	16,484	5,486	2033,1	8,11584	64	81,152	27,008	2163,1	7,62802
14	17,752	5,908	2035,6	8,1057	65	82,42	27,43	2165,6	7,61901
15	19,02	6,33	2038,1	8,0956	66	83,688	27,852	2168,2	7,61002
16	20,288	6,752	2040,7	8,08551	67	84,956	28,274	2170,8	7,60106
17	21,556	7,174	2043,2	8,07545	68	86,224	28,696	2173,3	7,59211
18	22,824	7,596	2045,8	8,06541	69	87,492	29,118	2175,9	7,58319
19	24,092	8,018	2048,3	8,0554	70	88,76	29,54	2178,4	7,57428
20	25,36	8,44	2050,9	8,04541	71	90,028	29,962	2181	7,56539
21	26,628	8,862	2053,4	8,03544	72	91,296	30,384	2183,5	7,55653
22	27,896	9,284	2055,9	8,0255	73	92,564	30,806	2186,1	7,54768
23	29,164	9,706	2058,5	8,01558	74	93,832	31,228	2188,7	7,53885
24	30,432	10,128	2061	8,00568	75	95,1	31,65	2191,2	7,53005
25	31,7	10,55	2063,6	7,99581	76	96,368	32,072	2193,8	7,52126
26	32,968	10,972	2066,1	7,98596	77	97,636	32,494	2196,3	7,51249
27	34,236	11,394	2068,7	7,97613	78	98,904	32,916	2198,9	7,50374
28	35,504	11,816	2071,2	7,96633	79	100,17	33,338	2201,5	7,49502
29	36,772	12,238	2073,8	7,95654	80	101,44	33,76	2204	7,48631
30	38,04	12,66	2076,3	7,94679	81	102,71	34,182	2206,6	7,47762
31	39,308	13,082	2078,9	7,93705	82	103,98	34,604	2209,1	7,46894
32	40,576	13,504	2081,4	7,92734	83	105,24	35,026	2211,7	7,46029
33	41,844	13,926	2084	7,91765	84	106,51	35,448	2214,3	7,45166
34	43,112	14,348	2086,5	7,90798	85	107,78	35,87	2216,8	7,44305
35	44,38	14,77	2089	7,89833	86	109,05	36,292	2219,4	7,43445
36	45,648	15,192	2091,6	7,88871	87	110,32	36,714	2222	7,42588
37	46,916	15,614	2094,1	7,87911	88	111,58	37,136	2224,5	7,41732
38	48,184	16,036	2096,7	7,86953	89	112,85	37,558	2227,1	7,40878
39	49,452	16,458	2099,2	7,85997	90	114,12	37,98	2229,7	7,40026
40	50,72	16,88	2101,8	7,85043	91	115,39	38,402	2232,2	7,39176
41	51,988	17,302	2104,3	7,84092	92	116,66	38,824	2234,8	7,38328
42	53,256	17,724	2106,9	7,83143	93	117,92	39,246	2237,3	7,37482
43	54,524	18,146	2109,4	7,82196	94	119,19	39,668	2239,9	7,36637
44	55,792	18,568	2112	7,81251	95	120,46	40,09	2242,5	7,35795
45	57,06	18,99	2114,5	7,80309	96	121,73	40,512	2245	7,34954
46	58,328	19,412	2117,1	7,79368	97	123	40,934	2247,6	7,34115
47	59,596	19,834	2119,7	7,7843	98	124,26	41,356	2250,2	7,33278
48	60,864	20,256	2122,2	7,77494	99	125,53	41,778	2252,7	7,32443
49	62,132	20,678	2124,8	7,7656	100	126,8	42,2	2255,3	7,31609
50	63,4	21,1	2127,3	7,75628					

Πίνακας 5.2.6-6 Διασπαστικό σφάλμα στη MT λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=2000\Omega$ του εδάφους $S_N=50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/15kV: R_{M\Sigma}=0.027\Omega, X_{M\Sigma}=0.9\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$

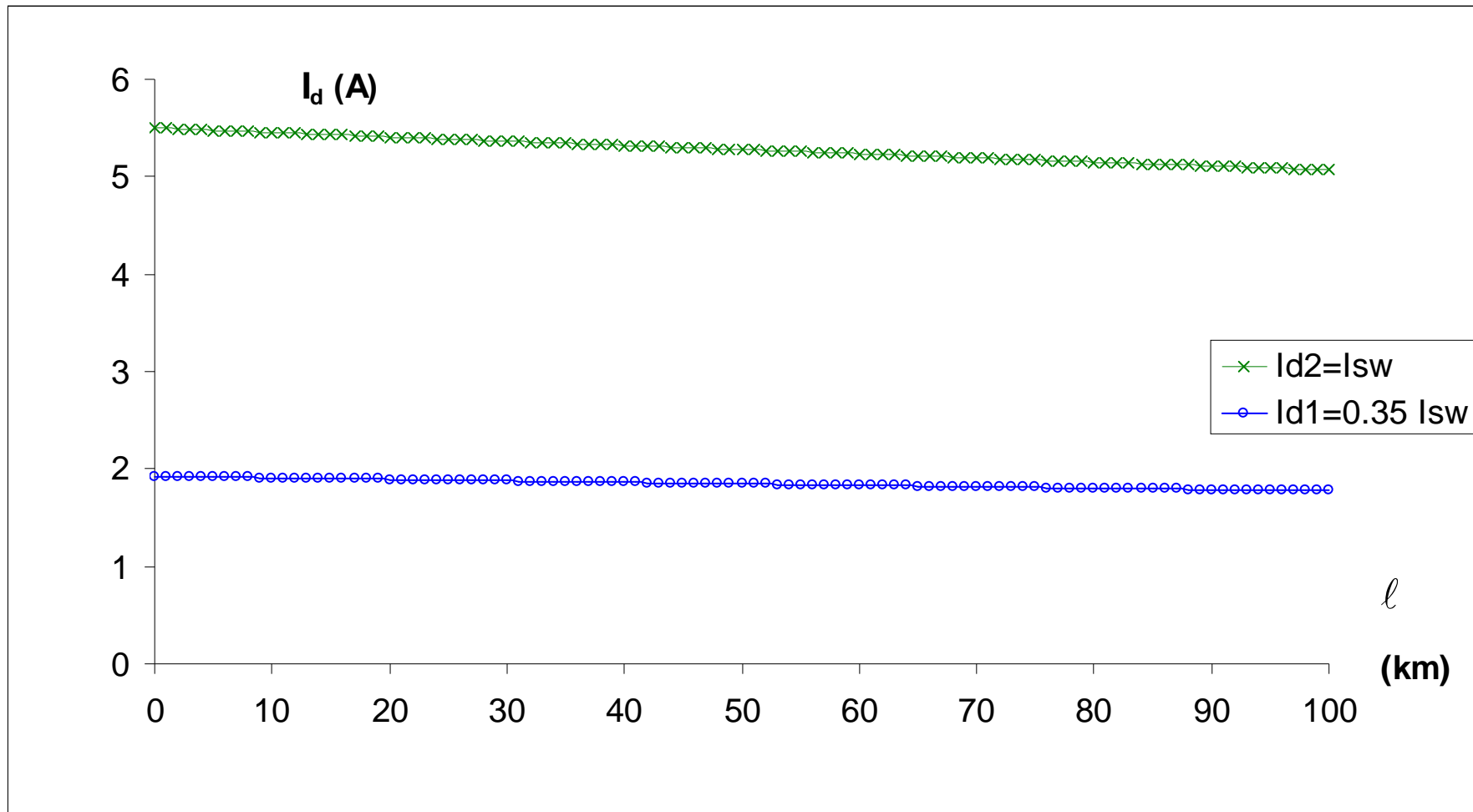


Σχήμα 5.2.6-6

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=2000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)	ℓ (km)	$R_{\gamma\rho}$ (Ω)	$X_{\gamma\rho}$ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{max} (A)
0	0	0	3000,1	5,4999	51	64,668	21,522	3129,7	5,27205
1	1,268	0,422	3002,6	5,49525	52	65,936	21,944	3132,3	5,26776
2	2,536	0,844	3005,1	5,49061	53	67,204	22,366	3134,8	5,26348
3	3,804	1,266	3007,7	5,48598	54	68,472	22,788	3137,4	5,25921
4	5,072	1,688	3010,2	5,48136	55	69,74	23,21	3139,9	5,25494
5	6,34	2,11	3012,7	5,47674	56	71,008	23,632	3142,5	5,25068
6	7,608	2,532	3015,3	5,47213	57	72,276	24,054	3145	5,24642
7	8,876	2,954	3017,8	5,46753	58	73,544	24,476	3147,6	5,24217
8	10,144	3,376	3020,4	5,46294	59	74,812	24,898	3150,1	5,23793
9	11,412	3,798	3022,9	5,45835	60	76,08	25,32	3152,7	5,23369
10	12,68	4,22	3025,4	5,45377	61	77,348	25,742	3155,2	5,22946
11	13,948	4,642	3028	5,44919	62	78,616	26,164	3157,7	5,22524
12	15,216	5,064	3030,5	5,44463	63	79,884	26,586	3160,3	5,22102
13	16,484	5,486	3033	5,44007	64	81,152	27,008	3162,9	5,21681
14	17,752	5,908	3035,6	5,43552	65	82,42	27,43	3165,4	5,21261
15	19,02	6,33	3038,1	5,43098	66	83,688	27,852	3168	5,20841
16	20,288	6,752	3040,7	5,42644	67	84,956	28,274	3170,5	5,20422
17	21,556	7,174	3043,2	5,42191	68	86,224	28,696	3173,1	5,20004
18	22,824	7,596	3045,7	5,41739	69	87,492	29,118	3175,6	5,19586
19	24,092	8,018	3048,3	5,41287	70	88,76	29,54	3178,2	5,19169
20	25,36	8,44	3050,8	5,40836	71	90,028	29,962	3180,7	5,18752
21	26,628	8,862	3053,4	5,40386	72	91,296	30,384	3183,3	5,18336
22	27,896	9,284	3055,9	5,39937	73	92,564	30,806	3185,8	5,17921
23	29,164	9,706	3058,5	5,39488	74	93,832	31,228	3188,4	5,17507
24	30,432	10,128	3061	5,3904	75	95,1	31,65	3190,9	5,17093
25	31,7	10,55	3063,5	5,38593	76	96,368	32,072	3193,5	5,16679
26	32,968	10,972	3066,1	5,38146	77	97,636	32,494	3196	5,16266
27	34,236	11,394	3068,6	5,377	78	98,904	32,916	3198,6	5,15854
28	35,504	11,816	3071,2	5,37255	79	100,17	33,338	3201,1	5,15443
29	36,772	12,238	3073,7	5,36811	80	101,44	33,76	3203,7	5,15032
30	38,04	12,66	3076,3	5,36367	81	102,71	34,182	3206,2	5,14622
31	39,308	13,082	3078,8	5,35924	82	103,98	34,604	3208,8	5,14212
32	40,576	13,504	3081,3	5,35481	83	105,24	35,026	3211,3	5,13803
33	41,844	13,926	3083,9	5,35039	84	106,51	35,448	3213,9	5,13395
34	43,112	14,348	3086,4	5,34598	85	107,78	35,87	3216,5	5,12987
35	44,38	14,77	3089	5,34158	86	109,05	36,292	3219	5,1258
36	45,648	15,192	3091,5	5,33718	87	110,32	36,714	3221,6	5,12174
37	46,916	15,614	3094,1	5,3328	88	111,58	37,136	3224,1	5,11768
38	48,184	16,036	3096,6	5,32841	89	112,85	37,558	3226,7	5,11362
39	49,452	16,458	3099,2	5,32404	90	114,12	37,98	3229,2	5,10958
40	50,72	16,88	3101,7	5,31967	91	115,39	38,402	3231,8	5,10554
41	51,988	17,302	3104,2	5,3153	92	116,66	38,824	3234,3	5,1015
42	53,256	17,724	3106,8	5,31095	93	117,92	39,246	3236,9	5,09747
43	54,524	18,146	3109,3	5,3066	94	119,19	39,668	3239,5	5,09345
44	55,792	18,568	3111,9	5,30226	95	120,46	40,09	3242	5,08943
45	57,06	18,99	3114,4	5,29792	96	121,73	40,512	3244,6	5,08542
46	58,328	19,412	3117	5,29359	97	123	40,934	3247,1	5,08142
47	59,596	19,834	3119,5	5,28927	98	124,26	41,356	3249,7	5,07742
48	60,864	20,256	3122,1	5,28496	99	125,53	41,778	3252,2	5,07343
49	62,132	20,678	3124,6	5,28065	100	126,8	42,2	3254,8	5,06944
50	63,4	21,1	3127,2	5,27635					

Πίνακας 5.2.6-7 Διασπαστικό σφάλμα στη ΜΤ λόγω ροής ρεύματος μέσω της αντίστασης $R_s=3000\Omega$ του εδάφους $S_N=50MVA$, $ACSR 16mm^2$
 $M\Sigma 150kV/15kV: R_{M\Sigma}=0.027\Omega, X_{M\Sigma}=0.9\Omega$
Γραμμή: $A=16mm^2, R_{\gamma\rho/km}=1.268\Omega/km, X_{\gamma\rho/km}=0.422\Omega/km, \ell=0-100km$



Σχήμα 5.2.6-7

Τιμή ρεύματος ροής προς γη σε συνάρτηση με την απόσταση του σφάλματος
 Διφασικό σφάλμα στη ΜΤ μέσω της αντίστασης $R_{\delta}=3000\Omega$ του εδάφους
 ACSR 16mm^2 , $S_N=50\text{MVA}$, ΜΣ $150\text{kV}/15\text{kV}$

6. ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΑΠΟ ΡΟΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ R_s ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ, ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΟΠΗ ΑΓΩΓΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΤΩΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Θα εξεταστεί αν είναι δυνατή η έναρξη πυρκαγιάς από ροή ρεύματος στο έδαφος μέσω της αντίστασης R_s του εδάφους κατά την αποκοπή αγωγών Μέσης Τάσης και πτώση τους στο έδαφος, όταν στο έδαφος βρίσκεται κάποια σχετικά εύφλεκτη ουσία.

Για να μπορεί να ελεγχθεί η πιθανότητα ανάφλεξης μιας ουσίας εξετάζεται το όριο ανάφλεξης (flash point) που είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία κατάλληλο μίγμα ατμών του αερίου ή του εξεταζόμενου υγρού ή στερεού, μπορούν να αναφλεχθούν αν βρεθεί στον παρακείμενο χώρο τους κάποια πηγή θερμότητας [21].

Θα εξεταστεί λοιπόν πόση πρέπει να είναι η μάζα (m) του υλικού και πόσο χρόνο (t) πρέπει να διαρκέσει το βραχυκύκλωμα, ώστε το εξεταζόμενο υλικό να φτάσει στη θερμοκρασία ανάφλεξής του.

Από το Ισοζύγιο Ενέργειας για το Θερμοδυναμικό Σύστημα υλικού-αγωγού (που είναι κλειστό σύστημα, σταθερή μάζα), για να αυξηθεί η θερμοκρασία του συστήματος κατά $\Delta\theta = \theta_{\text{ανάφλεξης}} - \theta_{\text{περιβάλλοντος}} = \theta_{\text{ανάφλεξης}} - 40^\circ\text{C}$ προκύπτει:

$$E_{\text{in}} - E_{\text{out}} = \Delta U_{\text{αγωγού}} + \Delta U_{\text{υλικού}} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{d}{dt} E_{\text{in}} - \frac{d}{dt} E_{\text{out}} = \frac{d}{dt} \Delta U_{\text{αγωγού}} + \frac{d}{dt} \Delta U_{\text{υλικού}}} \quad (6-1)$$

E_{in} : η ενέργεια που εισέρχεται στο σύστημα από τις ωμικές απώλειες της αντίστασης R_s του εδάφους και της αντίστασης του αγωγού με ειδική αντίσταση ρ ($\text{m} \cdot \Omega$), πυκνότητα d (kg/m^3), ειδική θερμότητα c $\left(\frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$, ακτίνα r (m), μήκος ℓ (m), που διαρρέεται από ρεύμα ενεργού τιμής I (A) για χρονικό διάστημα t (sec)

$$\frac{d}{dt} E_{\text{in}} = I^2 \cdot (R_s + R_{\text{αγωγού}}) = I^2 \cdot \left(R_s + \rho \cdot \frac{\ell}{\pi \cdot r^2} \right) \quad (\text{Watt}) \quad (6-2)$$

E_{out} : η ενέργεια που απάγεται στο περιβάλλον (κυρίως από την εξωτερική επιφάνεια A_o του αγωγού) μέσω του αέρα

$$\frac{d}{dt} E_{out} = h \cdot A_o \cdot \Delta\theta = h \cdot (2\pi r \cdot \ell) \cdot \Delta\theta \quad (Watt) \quad (6-3)$$

όπου

h : συντελεστής μετάδοσης θερμότητας για τον αέρα και ισχύει:

$$h = 7 + 400 \cdot v \frac{Watt}{m^2 \cdot ^\circ C}, \text{ όπου } v \text{ η ταχύτητα του αέρα σε m/s [27]. Εξαρτάται από τη γεωμετρία}$$

της επιφάνειας, τη φύση της κίνησης του αέρα και την ταχύτητα του αέρα [22].

$\Delta\theta$: η αύξηση της θερμοκρασίας σε $^\circ C$

$\Delta U_{αγωγού}$: η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αγωγού

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \Delta U_{αγωγού} &= \frac{d}{dt} (m_{αγωγού} \cdot c_{αγωγού} \cdot \Delta\theta) = m_{αγωγού} \cdot c_{αγωγού} \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta = (d \cdot V)_{αγωγού} \cdot c_{αγωγού} \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta \Rightarrow \\ \frac{d}{dt} \Delta U_{αγωγού} &= (d \cdot \pi r^2 \cdot \ell) \cdot c_{αγωγού} \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta \quad (Watt) \end{aligned} \quad (6-4)$$

$\Delta U_{υλικού}$: η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του υλικού

$$\frac{d}{dt} \Delta U_{υλικού} = \frac{d}{dt} (m_{υλικού} \cdot c_{υλικού} \cdot \Delta\theta) = m_{υλικού} \cdot c_{υλικού} \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta \quad (Watt) \quad (6-5)$$

Έτσι τελικά από τις Σχέσεις (6-1) έως (6-5):

$$I^2 \cdot \left(R_\delta + \rho \cdot \frac{\ell}{\pi \cdot r^2} \right) - h \cdot (2\pi r \cdot \ell) \cdot \Delta\theta = (d \cdot \pi r^2 \cdot \ell) \cdot c_{αγωγού} \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta + m_{υλικού} \cdot c_{υλικού} \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\left[(d \cdot \pi r^2 \cdot \ell) \cdot c_{αγωγού} + m_{υλικού} \cdot c_{υλικού} \right] \cdot \frac{d}{dt} \Delta\theta + [h \cdot (2\pi r \cdot \ell)] \cdot \Delta\theta = I^2 \cdot \left(R_\delta + \rho \cdot \frac{\ell}{\pi \cdot r^2} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{d}{dt} \Delta\theta + \frac{h \cdot (2\pi r \cdot \ell)}{(d \cdot \pi r^2 \cdot \ell) \cdot c_{αγωγού} + m_{υλικού} \cdot c_{υλικού}} \cdot \Delta\theta = \frac{I^2 \cdot \left(R_\delta + \rho \cdot \frac{\ell}{\pi \cdot r^2} \right)}{(d \cdot \pi r^2 \cdot \ell) \cdot c_{αγωγού} + m_{υλικού} \cdot c_{υλικού}}$$

Θέτοντας:

$$A = \frac{h \cdot (2\pi r \cdot \ell)}{(d \cdot \pi r^2 \cdot \ell) \cdot c_{αγωγού} + m_{υλικού} \cdot c_{υλικού}} \quad (6-6)$$

$$B = \frac{I^2 \cdot \left(R_{\delta} + \rho \cdot \frac{\ell}{\pi \cdot r^2} \right)}{(d \cdot \pi r^2 \cdot \ell) \cdot c_{\alpha\gamma\omega\gamma\acute{o}\upsilon} + m_{\upsilon\lambda\iota\kappa\acute{o}\upsilon} \cdot c_{\upsilon\lambda\iota\kappa\acute{o}\upsilon}} \quad (6-7)$$

λαμβάνεται η γραμμική διαφορική εξίσωση πρώτης τάξης:

$$\frac{d}{dt} \Delta\theta + A \cdot \Delta\theta = B,$$

η γενική λύση της οποίας είναι:

$$\Delta\theta = \left(c + \int B \cdot e^{\int A \cdot dt} \cdot dt \right) \cdot e^{-\int A \cdot dt} \Rightarrow$$

$$\Delta\theta = \left(c + \int B \cdot e^{A \cdot t} \cdot dt \right) \cdot e^{-A \cdot t} \Rightarrow$$

$$\Delta\theta = \left(c + \frac{B}{A} \cdot e^{A \cdot t} \right) \cdot e^{-A \cdot t} \Rightarrow$$

$$\Delta\theta = c \cdot e^{-A \cdot t} + \frac{B}{A}, \quad \text{όπου } c \text{ μια σταθερά}$$

$$\text{Όμως για } t=0, \Delta\theta=0. \text{ Άρα } 0 = c \cdot e^{-A \cdot 0} + \frac{B}{A} \Rightarrow c = -\frac{B}{A}$$

$$\text{Επομένως: } \Delta\theta = -\frac{B}{A} \cdot e^{-A \cdot t} + \frac{B}{A} = \frac{B}{A} \cdot (1 - e^{-A \cdot t})$$

Λύνοντας ως προς το χρόνο t:

$$\Delta\theta = \frac{B}{A} \cdot (1 - e^{-A \cdot t}) \Rightarrow e^{-A \cdot t} = 1 - \frac{A}{B} \cdot \Delta\theta \Rightarrow -A \cdot t = \ln\left(1 - \frac{A}{B} \cdot \Delta\theta\right) \Rightarrow$$

$$t = -\frac{\ln\left(1 - \frac{A}{B} \cdot \Delta\theta\right)}{A}$$

(6-8)

Για αγωγό ACSR 16mm², δηλαδή αγωγό αλουμινίου πραγματικής διατομής A_{αγ}=24.4651mm², ισχύουν [19]:

$$\rho = 2.63 \cdot 10^{-8} (m \cdot \Omega), \quad d = 2.7 \cdot 10^3 \left(\frac{kg}{m^3} \right), \quad c = 910 \left(\frac{Joule}{kg \cdot ^\circ C} \right)$$

$$A_{\alpha\gamma} = \pi \cdot r^2 \Rightarrow 24.4651 mm^2 = \pi \cdot r^2 \Rightarrow r = 2.7906 mm \Rightarrow$$

$$r = 2.7906 \cdot 10^{-3} m$$

Η αύξηση της θερμοκρασίας για να γίνει ανάφλεξη στο υλικό είναι Δθ= θ_{ανάφλεξης}- θ_{περιβάλλοντος}=θ_{ανάφλεξης}-40°C

Θεωρείται μηδενική ταχύτητα αέρα ώστε να εξεταστεί η δυσμενέστερη περίπτωση που παράγεται πολύ μικρή ποσότητα θερμότητας στον αέρα. Άρα $h=7 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

Η μέση απόσταση μεταξύ δυο στύλων είναι 50m και αφαιρώντας 10m αγωγού που κρέμεται από το στύλο και βρίσκεται στον αέρα, **σε επαφή με το έδαφος θα βρίσκονται συνολικά $\ell = 50\text{m} - 10\text{m} = 40\text{m}$ ενός αγωγού.**

Διακρίνονται τώρα 2 περιπτώσεις, για ρεύμα βραχυκύκλωσης και ρεύμα διαρροής προς γη στους δυο αγωγούς:

• Περίπτωση 1

Η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης που βρήκαμε για διφασικό βραχυκύκλωμα στο έδαφος (Παράγραφος 5.2) ισούται με $I_{sw}=2077\text{A}$ για αντίσταση εδάφους $R_\delta=10\Omega$ και για μήκος αγωγού $\ell=0\text{km}$ και $I_{sw}=1658\text{A}$ για μήκος αγωγού $\ell=1\text{km}=1000\text{m}$. Με γραμμική παρεμβολή προκύπτει $I_{sw}=1867.5\text{A}$ για μήκος αγωγού $\ell=0.5\text{km}=500\text{m}$. Έστω, δηλαδή, ότι σε 500m από το ΜΣ κόπηκαν 2 αγωγοί και σε επαφή με το έδαφος θα βρίσκονται συνολικά $\ell = 2 \cdot (50\text{m} - 10\text{m}) = 80\text{m}$ αγωγού.

Έτσι τελικά για τις τιμές αυτές, από τις σχέσεις (6-6), (6-7), (6-8):

Για μάζα υλικού $m_{υλικού} = 1\text{kg}$ και $I_{sw}=1867.5\text{A}$ υπολογίζονται οι αντίστοιχοι χρόνοι ανάφλεξης t για διάφορα υλικά:

Υλικό	$\theta_{ανάφλεξης} (^\circ\text{C})$ [21]	$C (J / \text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ [22]	$t_{ανάφλεξης} (\text{sec})$
Μαλλί	200	1260	0.028
PVC	391	840	0.056
Χαρτί	230	1340	0.033
Πευκόξυλο	228 έως 264	2805	0.041 – 0.048

Πίνακας 6-1

Θερμοκρασία ανάφλεξης, ειδική θερμότητα και χρόνος ανάφλεξης για διάφορα υλικά μάζας $m=1\text{kg}$, σε περίπτωση ρεύματος βραχυκύκλωσης $I_{sw}=1867.5\text{A}$

Συνεπώς, είναι πιθανή η πρόκληση ανάφλεξης και πυρκαγιάς καθώς οι προστασίες ίσως δεν απομονώσουν το σφάλμα έγκαιρα.

• Περίπτωση 2

Οι διακόπτες ή οι ασφάλειες προστασίας ενεργοποιούνται ή τήκονται αντίστοιχα κάθε φορά που το ρεύμα βραχυκύκλωσης $I_{sw,max}$ ξεπερνά το ρεύμα ονομαστικής τιμής $I_{\alpha,ov}$ των προστασιών ($I_{sw,max} > I_{\alpha,ov}$). Δυο τυπικές τιμές για το δίκτυο διανομής μέσης τάσης είναι $I_{\alpha,ov}=50\text{A}$ και 80A .

Είναι σαφές λοιπόν ότι όταν $I < I_{\alpha,ov}$ δεν πρόκειται για ρεύμα βραχυκύκλωσης, αλλά για ρεύμα διαρροής προς γη, οπότε οι προστασίες δε θα λειτουργήσουν και υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης των αγωγών.

Λαμβάνοντας λοιπόν $I=50\text{A}$ και 80A , $R_{\delta}=3000\Omega$ και ότι σε επαφή με το έδαφος θα βρίσκονται συνολικά $\ell=2(50\text{m}-10\text{m})=80\text{m}$, προκύπτουν τα εξής σύμφωνα και με τις σχέσεις (6-6), (6-7), (6-8):

Για μάζα υλικού $m_{\text{υλικού}}=1\text{kg}$ και $I=50\text{A}$ υπολογίζονται οι αντίστοιχοι χρόνοι ανάφλεξης t για διάφορα υλικά:

Υλικό	$\theta_{\text{ανάφλεξης}} (^{\circ}\text{C})$ [21]	$C (\text{J} / \text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ [22]	$t_{\text{ανάφλεξης}} (\text{sec})$
Μαλλί	200	1260	0.129
PVC	391	840	0.264
Χαρτί	230	1340	0.156
Πευκόξυλο	228 έως 264	2805	0.191 – 0.227

Πίνακας 6-2

Θερμοκρασία ανάφλεξης, ειδική θερμότητα και χρόνος ανάφλεξης για διάφορα υλικά μάζας $m=1\text{kg}$, σε περίπτωση ρεύματος διαρροής $I=50\text{A}$

Συνεπώς, είναι πιθανή η πρόκληση ανάφλεξης και πυρκαγιάς.

Για μάζα υλικού $m_{\text{υλικού}}=1\text{kg}$ και $I=80\text{A}$ υπολογίζονται οι αντίστοιχοι χρόνοι ανάφλεξης t για διάφορα υλικά:

Υλικό	$\theta_{\text{ανάφλεξης}} (^{\circ}\text{C})$ [21]	$C (\text{J} / \text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ [22]	$t_{\text{ανάφλεξης}} (\text{sec})$
Μαλλί	200	1260	0.051
PVC	391	840	0.103
Χαρτί	230	1340	0.061
Πευκόξυλο	228 έως 264	2805	0.075 – 0.089

Πίνακας 6-3

Θερμοκρασία ανάφλεξης, ειδική θερμότητα και χρόνος ανάφλεξης για διάφορα υλικά μάζας $m=1\text{kg}$, σε περίπτωση ρεύματος διαρροής $I=80\text{A}$

Συνεπώς, είναι πιθανή η πρόκληση ανάφλεξης και πυρκαγιάς.

Σε περίπτωση που η αποκοπή των αγωγών γίνει προς την πλευρά του καταναλωτή, δε θα υπάρξει ροή ρεύματος και η αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών θα είναι μικρότερη από 55°C , σύμφωνα με τη δοκιμή υπερθέρμανσης [1], και συνεπώς δε συντρέχει κανένας κίνδυνος πυρκαγιάς.

7. ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΓΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΤΩΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ

Θα εξεταστεί αν είναι δυνατή η έναρξη πυρκαγιάς από την πτώση στο έδαφος τηγμάτων αλουμινίου, που θα δημιουργηθούν όταν η θερμοκρασία ενός αγωγού ACSR φτάσει τους 660°C (θερμοκρασία τήξης αλουμινίου). Ο πυρήνας του αγωγού ACSR είναι από χάλυβα που έχει πολύ υψηλό σημείο τήξης (1530°C). Λαμβάνεται $\theta_{\text{περιβάλ}} = 40^\circ\text{C}$ (καλοκαίρι), ώστε οι υπολογισμοί να καλύπτουν τη δυσμενή αυτή περίπτωση, όπου η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή.

Έστω τήγμα αλουμινίου μορφής σφαιριδίου με [19] πυκνότητα $d=2700$ (kg/m³), ειδική θερμότητα $c=910$ $\left(\frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$, διάμετρο $D=2.32 \cdot 10^{-3}$ (m), μάζα $m = d \cdot V = d \cdot \pi \cdot \frac{D^3}{6}$ (kg), και επιφάνεια $A = \pi \cdot D^2$ (m²).

Από το Ισοζύγιο Ενέργειας για το Θερμοδυναμικό Σύστημα σφαιρίδιο αλουμινίου-αέρας προκύπτει:

$$\begin{aligned} \frac{dW_{\eta\lambda\epsilon\kappa\tau\rho}}{dt} &= \frac{d}{dt} (m_{\text{τήγματος}} \cdot c_{\text{τήγματος}} \cdot \Delta\theta) + h \cdot A_{\text{τήγματος}} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \\ P_{\eta\lambda\epsilon\kappa\tau\rho} &= m_{\text{τήγματος}} \cdot c_{\text{τήγματος}} \cdot \frac{d\Delta\theta}{dt} + h \cdot A_{\text{τήγματος}} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \\ 0 &= m_{\text{τήγματος}} \cdot c_{\text{τήγματος}} \cdot \frac{d\Delta\theta}{dt} + h \cdot A_{\text{τήγματος}} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \\ \frac{d\Delta\theta}{dt} + \frac{h \cdot A_{\text{τήγματος}}}{m_{\text{τήγματος}} \cdot c_{\text{τήγματος}}} \cdot \Delta\theta &= 0 \Rightarrow \\ \Delta\theta &= \Delta\theta_0 \cdot \exp\left(-\frac{h \cdot A_{\text{τήγματος}}}{m_{\text{τήγματος}} \cdot c_{\text{τήγματος}}} \cdot t\right) \Rightarrow \\ \Delta\theta &= \Delta\theta_0 \cdot \exp\left(-\frac{h \cdot \pi \cdot D^2}{d \cdot \pi \cdot \frac{D^3}{6} \cdot c_{\text{τήγματος}}} \cdot t\right) \Rightarrow \\ \Delta\theta &= \Delta\theta_0 \cdot \exp\left(-\frac{6 \cdot h}{d \cdot D \cdot c_{\text{τήγματος}}} \cdot t\right) \end{aligned} \quad (7-1)$$

όπου

t ο χρόνος πτώσης του τήγματος. Κατά τη θεωρία της ελεύθερης βολής:

$$H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \quad (\text{sec}), \text{ όπου } H \text{ το ύψος πτώσης (π.χ. } H = 6 \text{ m) και } g=9,81 \text{ m/sec}^2. \text{ Οπότε } t= 1.106 \text{ sec}$$

h: συντελεστής μετάδοσης θερμότητας για τον αέρα και ισχύει [27]:

$$h=7+400 \cdot v \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}, \text{ όπου } v \text{ η ταχύτητα του αέρα σε m/s. Θεωρείται μηδενική ταχύτητα}$$

$$\text{αέρα ώστε να απάγεται μικρή ποσότητα θερμότητας. Άρα } h=7 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$\Delta\theta_0$: η αρχική διαφορά της θερμοκρασίας του τήγματος από το περιβάλλον $\Delta\theta_0 = \theta_{\text{τήγματος}} - \theta_{\text{περιβάλλοντος}} = 660^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 620^\circ\text{C}$

$\Delta\theta$: η τελική διαφορά της θερμοκρασίας του τήγματος από το περιβάλλον

Επομένως, για τις τιμές αυτές από τη Σχέση (7-1):

$$\Delta\theta = \Delta\theta_0 \cdot \exp\left(-\frac{6 \cdot h}{d \cdot D \cdot c_{\text{τήγματος}}} \cdot t\right) \Rightarrow$$
$$\Delta\theta = 620(^\circ\text{C}) \cdot \exp\left(-\frac{6 \cdot 7 \left(\frac{\text{Watt}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}\right)}{2700 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 2.32 \cdot 10^{-3}(\text{m}) \cdot 910 \left(\frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)} \cdot 1.106(\text{sec})\right) \Rightarrow$$

$$\Delta\theta = 614.968^\circ\text{C}$$

Επομένως, υπό συνθήκες υψηλού καύσωνα ($\theta_{\text{περιβάλ}} = 40^\circ\text{C}$) η θερμοκρασία είναι:
 $\theta = \theta_{\text{περιβάλ}} + \Delta\theta = 40 + 614.968 = 654.968^\circ\text{C}$

Συνεπώς, η θερμοκρασία των τηγμάτων κατά την πτώση τους στο έδαφος θα είναι 655°C περίπου, θερμοκρασία που **θα προκαλέσει ανάφλεξη και πυρκαγιά** σύμφωνα με τον Πίνακα 7-1.

Υλικό	$\theta_{\text{ανάφλεξης}} (^\circ\text{C})$
Εφημερίδα	185
Μαλλί	200
PVC	391
Χαρτί	230
Πευκόξυλο	228 έως 264

Πίνακας 7-1 Θερμοκρασία ανάφλεξης για διάφορα υλικά [21]

8. ΣΧΟΛΙΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

8.1. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων των Παραγράφων 5.1.1-5.1.6 και του Κεφαλαίου 7.

Σύμφωνα με την *Παράγραφο 4.3*, για να είναι ασφαλής ο αγωγός ACSR (αλουμινίου) θα πρέπει, σύμφωνα με τη σχέση $\Delta\theta \leq 140^{\circ}\text{C}$ (4.3-8), η αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού κατά τη θερμική του καταπόνηση από το διαφασικό βραχυκύκλωμα να μην υπερβαίνει τους 140°C . Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η **θερμοκρασία τήξης του αλουμινίου είναι 660°C** , ενώ του **χαλύβδινου πυρήνα του αγωγού ACSR 1530°C** . Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, λοιπόν, και από τους υπολογισμούς για τη μέγιστη θερμική καταπόνηση ($\Delta\theta_4$) των αγωγών ACSR 16mm^2 κατά το διαφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (*Παράγραφοι 5.1.1-5.1.6*), προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών των Παραγράφων 5.1.1-5.1.6 επιβεβαιώνουν ότι οι αγωγοί ACSR 16mm^2 είναι ακατάλληλοι για χρήση στις γραμμές κορμού καθώς υφίστανται υπερθέρμανση άνω των επιτρεπτών ορίων ($\Delta\theta > 140^{\circ}\text{C}$), σε περίπτωση σφάλματος μέχρι το 5° χιλιόμετρο της γραμμής. Επίσης, σύμφωνα με το *Κεφάλαιο 7* μπορεί να προκληθεί μέχρι και πυρκαγιά από τήγματα αλουμινίου. Απαιτείται λοιπόν η χρήση αγωγού μεγαλύτερης διατομής τουλάχιστον στα 5 πρώτα χιλιόμετρα στις γραμμές κορμού.

8.2. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων των Παραγράφων 5.2.1-5.2.6 και του Κεφαλαίου 6

Όπως αναφέρθηκε και στην *Παράγραφο 5.2*, στο διαφασικό σφάλμα στο έδαφος οι δυο αγωγοί δε βρίσκονται σε άμεση επαφή, αλλά κλείνουν κύκλωμα μέσω της αντίστασης R_{δ} του εδάφους. Συνεπώς, η αντίσταση $Z_{\omega\lambda}$ σε αυτήν την περίπτωση είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αντίσταση στην περίπτωση άμεσης επαφής των δυο αγωγών, οπότε **το ρεύμα που τους διαρρέει θα είναι μικρότερο**. Αυτό είναι εμφανές και από τα αποτελέσματα στις *Παραγράφους 5.2.1-5.2.6*.

Συνεπώς, η θερμική καταπόνηση των αγωγών κατά την αποκοπή και πτώση τους στο έδαφος είναι μικρότερη σε σχέση με το διαφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα.

Στις εγκαταστάσεις Μέσης Τάσης ο χρόνος που χρειάζονται οι διακόπτες για να απομονώσουν ένα βραχυκύκλωμα είναι από $0.15\text{sec}-t_{\text{max}}=1\text{sec}$ και η προσπάθεια από τους διακόπτες αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ) να διακόψουν το βραχυκύκλωμα και να επαναηλεκτροδοτήσουν τη γραμμή γίνεται αυτομάτως κατ' επανάληψη και σε κλάσμα δευτερολέπτου κάθε φορά, μέχρι 3 φορές συνολικά. **Άρα, σύμφωνα με την *Περίπτωση 1* του *Κεφαλαίου 6*, είναι πιθανή η πρόκληση ανάφλεξης και πυρκαγιάς λόγω ρεύματος βραχυκύκλωσης όταν στο έδαφος βρίσκεται κάποια σχετικά εύφλεκτη ουσία, καθώς οι**

προστασίες ίσως δεν απομονώσουν το σφάλμα έγκαιρα. Αυτό είναι εμφανές από τα αποτελέσματα στον Πίνακα 6-1.

Οι διακόπτες ή οι ασφάλειες προστασίας ενεργοποιούνται ή τήκονται αντίστοιχα κάθε φορά που το ρεύμα βραχυκύκλωσης $I_{sw,max}$ ξεπερνά το ρεύμα ονομαστικής τιμής $I_{a,ov}$ των προστασιών ($I_{sw,max} > I_{a,ov}$). Δυο τυπικές τιμές για το δίκτυο διανομής μέσης τάσης είναι $I_{a,ov}=50A$ και $80A$.

Είναι σαφές λοιπόν ότι όταν $I < I_{a,ov}$ δεν πρόκειται για ρεύμα βραχυκύκλωσης, αλλά για ρεύμα διαρροής προς γη, οπότε οι προστασίες δε θα λειτουργήσουν και υπάρχει κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή σε περίπτωση άμεσης επαφής καθώς και κίνδυνος υπερθέρμανσης των αγωγών.

Επομένως, τα αποτελέσματα (Παράγραφοι 5.2.1-5.2.6) δείχνουν ότι σε περίπτωση αποκοπής και πτώσης δυο αγωγών στο έδαφος, θα δημιουργηθεί **ρεύμα διαρροής στους δυο αγωγούς που είναι επικίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή σε περίπτωση άμεσης επαφής**. Επίσης, σύμφωνα με την *Περίπτωση 2* του *Κεφαλαίου 6* είναι πιθανή η πρόκληση πυρκαγιάς λόγω ρεύματος διαρροής προς γη μέσω της αντίστασης R_δ του εδάφους κατά την αποκοπή αγωγών Μέσης Τάσης και πτώση τους στο έδαφος, όταν στο έδαφος βρίσκεται κάποια σχετικά εύφλεκτη ουσία.

Σε περίπτωση που η αποκοπή των αγωγών γίνει προς την πλευρά του καταναλωτή, δε θα υπάρξει ροή ρεύματος και η αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών θα είναι μικρότερη από $55^\circ C$, σύμφωνα με τη δοκιμή υπερθέρμανσης [1], και συνεπώς δε συντρέχει κανένας κίνδυνος πυρκαγιάς.

8.3. Παρουσίαση των τεχνικών προστασίας γραμμών μεταφοράς με ηλεκτρονόμους και προτάσεις επίλυσης του προβλήματος του ρεύματος διαρροής.

8.3.1 Τεχνικές και εξοπλισμός προστασίας γραμμών μεταφοράς με ηλεκτρονόμους.

Οι τεχνικές προστασίας με ηλεκτρονόμους που χρησιμοποιούνται σε γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν τα εξής [25]:

1. Στιγμιαίοι ηλεκτρονόμοι Υπερέντασης (instantaneous overcurrent relays)

Η κύρια εφαρμογή των ηλεκτρονόμων υπερέντασης είναι στα ακτινικά συστήματα όπου παρέχουν προστασία για σφάλματα φάσεων αλλά και γης. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικά συστήματα και σε δευτερεύουσες γραμμές μεταφοράς, όπου δε συμφέρουν οικονομικά άλλα είδη προστασίας, όπως ηλεκτρονόμοι απόστασης και τηλεπροστασίας (distance or pilot relays).

2. Ηλεκτρονόμοι Υπερέντασης, Αντιστρόφου χρόνου, Χρονικής καθυστέρησης (inverse, time delay overcurrent relays)

Η χρονική καθυστέρηση εισάγεται ώστε να είναι δυνατός ο συντονισμός και η συνεργασία μεταξύ διαφόρων ηλεκτρονόμων. Για παράδειγμα, ένας ηλεκτρονόμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βοηθητική προστασία (back-up) σε περίπτωση που ο κύριος ηλεκτρονόμος που επιβλέπει μια ζώνη προστασίας δεν ανταποκριθεί μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.

3. Ηλεκτρονόμοι Υπερέντασης, Κατεύθυνσης (directional overcurrent relays)

Οι ηλεκτρονόμοι υπερέντασης και κατεύθυνσης είναι απαραίτητοι για δίκτυα με πολλαπλές πηγές ενέργειας, όταν είναι σκόπιμο να απομονώνονται σφάλματα προς μια μόνο κατεύθυνση. Προσδίδεται το χαρακτηριστικό της κατεύθυνσης στους ηλεκτρονόμους υπερέντασης, ώστε να είναι δυνατή η συνεργασία και ο συντονισμός μεταξύ όλων των ηλεκτρονόμων που «βλέπουν» ένα σφάλμα. Έτσι, ένας ηλεκτρονόμος κατεύθυνσης μπορεί να ξεχωρίσει αν ένα σφάλμα είναι εσωτερικό ή εξωτερικό της ζώνης προστασίας του. Απαιτούνται δυο είσοδοι, το ρεύμα λειτουργίας και μια είσοδος αναφοράς (τάση ή ρεύμα), γνωστή ως «πόλωση», που μένει αμετάβλητη σε περίπτωση σφάλματος.

4. Ηλεκτρονόμοι αποστάσεως (distance relays)

Οι ηλεκτρονόμοι αυτοί μετρούν τη σύνθετη αντίσταση της γραμμής από τη θέση που είναι εγκατεστημένοι μέχρι τη θέση του σφάλματος και ανάλογα με την προκαθορισμένη τους ρύθμιση (στη R-X χαρακτηριστική που εκφράζει τη ζώνη προστασίας τους) επενεργούν στον αντίστοιχο διακόπτη ισχύος. Καθώς η αντίσταση ανά χιλιόμετρο μιας γραμμής είναι σχετικά σταθερή ποσότητα, οι ηλεκτρονόμοι αποστάσεως ουσιαστικά ανταποκρίνονται στην απόσταση που συμβαίνει το σφάλμα.

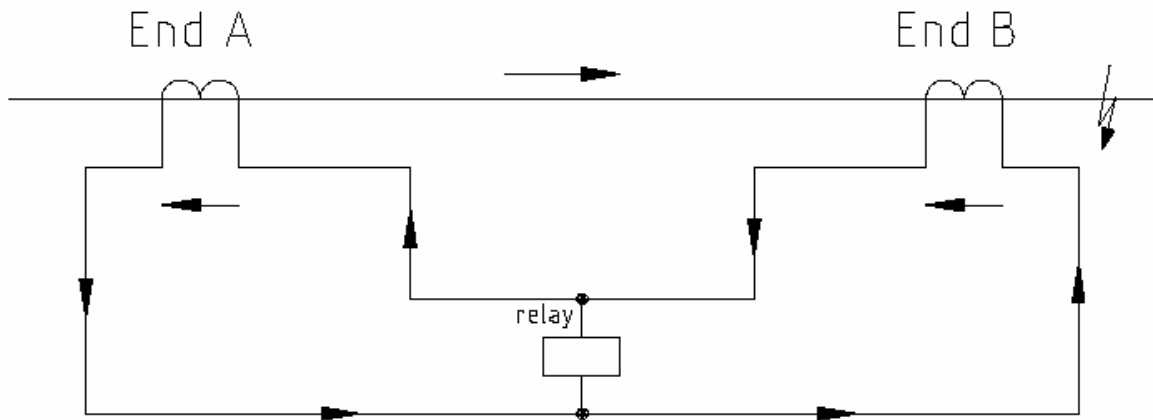
5. Σύστημα «τηλεπροστασίας» (pilot protection system)

Στα συστήματα τηλεμέτρησης και τηλεπροστασίας, τα διάφορα μεγέθη του συστήματος μετρούνται σε κάθε άκρο μιας γραμμής και οι πληροφορίες αυτές είναι διαθέσιμες και στα υπόλοιπα τερματικά άκρα της γραμμής μέσω ενός συστήματος τηλεπικοινωνίας. Έτσι, είναι δυνατή η συνεργασία και ο συντονισμός των μονάδων προστασίας σε μεγάλες αποστάσεις σε μικρό χρονικό διάστημα.

6. Διαφορικοί ηλεκτρονόμοι εντάσεως (Current balance)

Η Διαφορική Προστασία, όπως υποδηλώνει και η ονομασία, συγκρίνει τα ρεύματα που εισέρχονται και εξέρχονται από τη ζώνη προστασίας και λειτουργεί όταν η διαφορά τους υπερβαίνει μια προκαθορισμένη τιμή.

Η αρχή λειτουργίας του **συστήματος ισορροπίας εντάσεως (balanced circulating current system)** παρουσιάζεται στο *Σχήμα 8.3.1-1*. Οι μετασχηματιστές εντάσεως συνδέονται εν σειρά και ο ηλεκτρονόμος προστασίας συνδέεται στη μέση του κυκλώματος ελέγχου. Σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας ή σε περίπτωση σφάλματος εκτός της ζώνης προστασίας A-B, τα ρεύματα στο δευτερεύον και των δυο μετασχηματιστών εντάσεως είναι ίσα, οπότε σύμφωνα με το Νόμο Εντάσεως του Kirchhoff δεν κυκλοφορεί ρεύμα από το πηνίο του ηλεκτρονόμου και μένει ανενεργός (ισορροπία εντάσεως) [24].

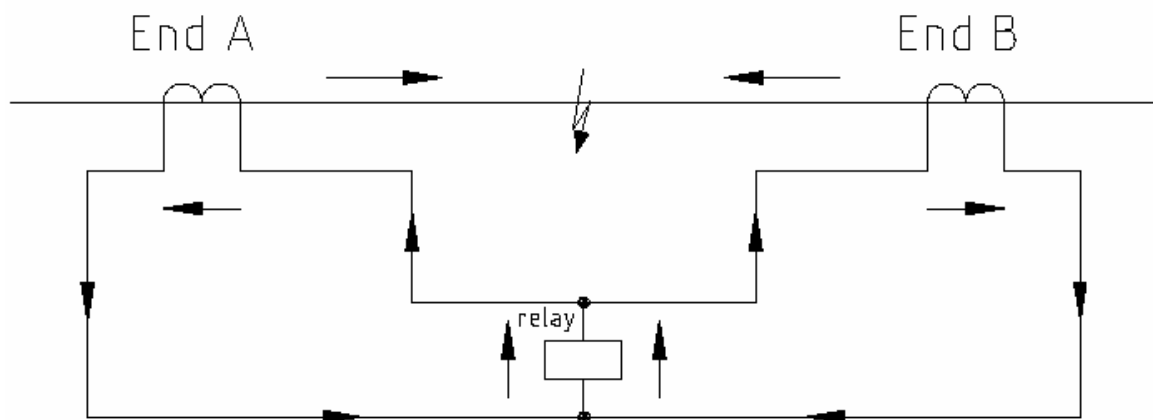


Σχήμα 8.3.1-1 [24]

Σύστημα ισοροπίας εντάσεως

Κατάσταση κανονικής λειτουργίας ή σφάλμα εκτός της ζώνης προστασίας A-B

Αντίθετα, σε περίπτωση σφάλματος εντός της ζώνης προστασίας A-B, η ροή ισχύος και ρεύματος είναι προς το σημείο βραχυκύκλωσης, οπότε παύει να ισχύει η ισοροπία εντάσεως στο κύκλωμα ελέγχου, δηλαδή κυκλοφορεί ρεύμα από το πηνίο του ηλεκτρονόμου και αυτός ενεργοποιείται (Σχήμα 8.3.1-2) [24].



Σχήμα 8.3.1-2 [24]

Σύστημα ισοροπίας εντάσεως

Σφάλμα εντός της ζώνης προστασίας A-B και ενεργοποίηση ηλεκτρονόμου

Η διαφορική προστασία εντάσεως (current balance) χρησιμοποιείται στις γραμμές μεταφοράς για να συγκρίνει τα ρεύματα δυο παράλληλων αγωγών για τον εντοπισμό σφάλματος σε έναν αγωγό από αυτούς. Τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου προστασίας είναι ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την προστασία ενός μόνο αγωγού, πρέπει να τεθεί εκτός για τη λειτουργία του ενός μόνο, απαιτεί διασυνδέσεις στα κυκλώματα ελέγχου και των δυο αγωγών και μπορεί να μη λειτουργήσει σωστά σε περίπτωση σφάλματος και των δυο υπό προστασία αγωγών [23].

Η ιδανική λύση για την προστασία μιας γραμμής μεταφοράς θα ήταν να χρησιμοποιηθεί η αρχή της διαφορικής προστασίας για κάθε αγωγό της γραμμής. Η τεχνική **pilot wire relaying** έχει αυτή την αρχή λειτουργίας και η σύγκριση των ρευμάτων γίνεται μέσω δυο μεταλλικών καλωδίων. Μέχρι πρόσφατα αυτή η λύση δεν ήταν πρακτική λόγω των

μεγάλων αποστάσεων των γραμμών. Για μια τριφασική γραμμή θα απαιτούνταν 6 αγωγοί: ένας για κάθε φάση, ένας για τον ουδέτερο και δυο για το κύκλωμα ελέγχου του ηλεκτρονόμου. Σήμερα όμως, με τη χρήση **ψηφιακών ηλεκτρονόμων** που συνεργάζονται μέσω **τηλεπικοινωνιακών συστημάτων**, η διαφορική προστασία των γραμμών μεταφοράς έχει γίνει δημοφιλής [25].

Με την εισαγωγή ενός διαύλου μετάδοσης πληροφορίας ανάμεσα στα δυο άκρα της γραμμής είναι εφικτή η εφαρμογή της αρχής της διαφορικής προστασίας χωρίς τη χρήση καλωδίων ελέγχου (pilot protection). Στα δυο άκρα είναι τοποθετημένοι οι ηλεκτρονόμοι προστασίας οι οποίοι ανταλλάσσουν πληροφορίες και, συγκρίνοντας την τοπική κατάσταση με αυτή του απομακρυσμένου άκρου της γραμμής, εντοπίζουν αν έχει συμβεί κάποιο σφάλμα ενδιάμεσα. Κάθε ηλεκτρονόμος επενεργεί στον αντίστοιχο διακόπτη ισχύος και έτσι είναι δυνατή η άμεση απομόνωση ενός σφάλματος εντός της γραμμής και από τα δυο άκρα της. Αυτό δεν είναι δυνατόν στις απλές προστασίες υπερέντασης και απόστασης επειδή ένα σφάλμα ανιχνεύεται μόνο από πληροφορίες στο ένα άκρο της γραμμής και επομένως η απομόνωση ενός σφάλματος που θα συμβεί στο μακρινό άκρο απαιτεί κάποια χρονική καθυστέρηση [25].

Τα μέσα που χρησιμοποιούνται συνήθως ως κανάλια επικοινωνίας είναι τηλεφωνικά καλώδια από χαλκό, οπτικές ίνες, μικροκύματα.

Μια άλλη κοινή μέθοδος για την εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακής ζεύξης μεταξύ των δυο άκρων της γραμμής είναι μέσω της ίδιας της γραμμής ισχύος (power line carrier, plc). Το υψίσυγχο σήμα διαβιβάζεται από το ένα άκρο της γραμμής ισχύος μέσω χωρητικού μετασχηματιστή τάσης και συλλέγεται στο άλλο άκρο με παρόμοια συσκευή. Ειδικό μηχανισμοί, που είναι εγκατεστημένοι και στα δυο άκρα, εμποδίζουν τη διάδοση του σήματος προς άλλες γραμμές του δικτύου [24].

Συνήθεις τεχνικές «τηλεπροστασίας» είναι οι εξής:

Σύγκριση κατεύθυνσης (Directional comparison)

Ένας ηλεκτρονόμος κατεύθυνσης μπορεί να διακρίνει ένα εσωτερικό ή ένα εξωτερικό σφάλμα στη ζώνη προστασίας του. Αποστέλλοντας την πληροφορία αυτή στο απομακρυσμένο άκρο της γραμμής και με κατάλληλη λογική και ψηφιακή σχεδίαση, οι ηλεκτρονόμοι και των δυο άκρων είναι σε θέση να λάβουν τις κατάλληλες αποφάσεις.

Σύγκριση φάσεως (Phase comparison relaying)

Η προστασία μέσω σύγκρισης φάσεως είναι ένα είδος διαφορικής προστασίας που συγκρίνει τις φάσεις των ρευμάτων της γραμμής και στα δυο άκρα. Αν τα δυο ρεύματα είναι σε φάση, δεν υπάρχει σφάλμα στην περιοχή προστασίας, ενώ αν έχουν διαφορά φάσης 180° τότε υπάρχει σφάλμα στη γραμμή.

Διαφορική προστασία εντάσεως (Current differential)

Πρόκειται για πραγματική διαφορική μέτρηση των ρευμάτων της γραμμής και στα δυο άκρα. Ιδανικά, η διαφορά θα έπρεπε να ήταν μηδενική, αλλά αυτό είναι πρακτικά αδύνατο εξαιτίας σφαλμάτων μέτρησης των μετασχηματιστών έντασης, μη πανομοιότυπων λόγω μετασχηματισμού ή λόγω χωρητικών και επαγωγικών ρευμάτων της γραμμής.

Οι πληροφορίες από τη μέτρηση αφορούν τη φάση και το πλάτος του ρεύματος σε κάθε άκρο και αποστέλλονται σε όλα τα άκρα της γραμμής για το σωστό συντονισμό των προστασιών.

Υπάρχουν δυο μέθοδοι για την υλοποίηση της διαφορικής προστασίας εντάσεως. Η πρώτη μέθοδος συνδυάζει τις πληροφορίες από το κάθε άκρο σε ένα σύνθετο σήμα και στη συνέχεια συγκρίνει τα σύνθετα αυτά σήματα μέσω ενός καναλιού επικοινωνίας. Η δεύτερη

μέθοδος κάνει δειγματοληψία σε κάθε φασικό ρεύμα ξεχωριστά και μέσω ψηφιακής επεξεργασίας σήματος το μετατρέπει σε ψηφιακό σήμα και το αποστέλλει στα άκρα της γραμμής.

Ως μέσα επικοινωνίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεταλλικά τηλεφωνικά καλώδια, μικροκύματα ή οπτικές ίνες, αλλά όχι η μέθοδος PLC (power line carrier) λόγω του μεγάλου εύρους ζώνης (bandwidth) που απαιτεί αυτή η τεχνική.

8.3.2 Προτάσεις επίλυσης του προβλήματος του ρεύματος διαρροής.

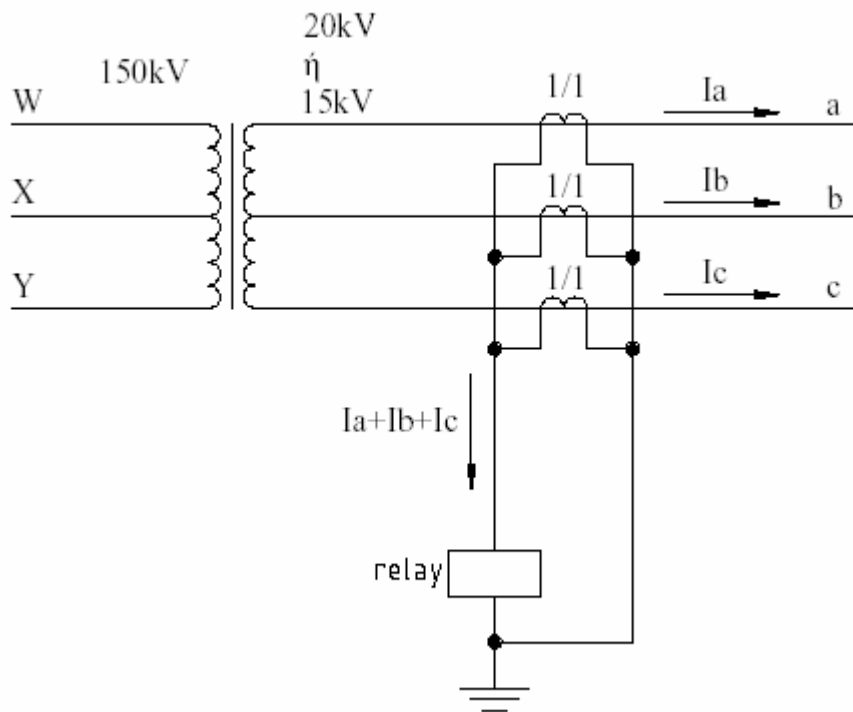
Οι ηλεκτρονόμοι (relays) σε συνδυασμό με τους διακόπτες ισχύος (circuit breakers) χρησιμοποιούνται καθολικά στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά στα συστήματα διανομής έχουν κυρίως εφαρμογή οι ασφάλειες (fuses), οι διακόπτες αυτόματης επαναφοράς (reclosers) και οι διακόπτες απομονώσεως (sectionalizers) [23], όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή.

Όμως, όπως αναφέρθηκε και στην *Παράγραφο 8.2*, οι διακόπτες ή οι ασφάλειες προστασίας ενεργοποιούνται ή τήκονται αντίστοιχα κάθε φορά που το ρεύμα βραχυκύκλωσης $I_{sw,max}$ ξεπερνά το ρεύμα ονομαστικής τιμής $I_{α,ov}$ των προστασιών ($I_{sw,max} > I_{α,ov}$). Αν όμως κάποιος αγωγός της γραμμής μεταφοράς κοπεί και έρθει σε επαφή με το έδαφος, εάν η αντίσταση του εδάφους είναι υψηλή, παρατηρείται ότι $I < I_{α,ov}$, οπότε δεν πρόκειται για ρεύμα βραχυκύκλωσης, αλλά για ρεύμα διαρροής προς γη. Στην περίπτωση αυτή οι προστασίες δε θα λειτουργήσουν και υπάρχει κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή σε περίπτωση άμεσης επαφής με τον αγωγό.

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, λοιπόν, θα πρέπει να κάνουμε χρήση των τεχνικών προστασίας που περιγράφονται στην *Παράγραφο 8.3.1*.

1. Μια λύση είναι η διαφορική προστασία εντάσεως (current balance) για τη σύγκριση των ρευμάτων σε δυο παράλληλους αγωγούς και τον εντοπισμό σφάλματος σε έναν αγωγό από αυτούς. Αλλά, όπως αναφέρθηκε και στην *Παράγραφο 8.3.1*, τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου προστασίας είναι ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την προστασία ενός μόνο αγωγού, πρέπει να τεθεί εκτός για τη λειτουργία του ενός μόνο, απαιτεί διασυνδέσεις στα κυκλώματα ελέγχου και των δυο αγωγών και μπορεί να μη λειτουργήσει σωστά σε περίπτωση σφάλματος και των δυο υπό προστασία αγωγών [23].

Μια παραλλαγή αυτής της λύσης, παρουσιάζεται στο *Σχήμα 8.3.2-1*.



Σχήμα 8.3.2-1

Σύγκριση ρευμάτων στους 3 παράλληλους αγωγούς της γραμμής.

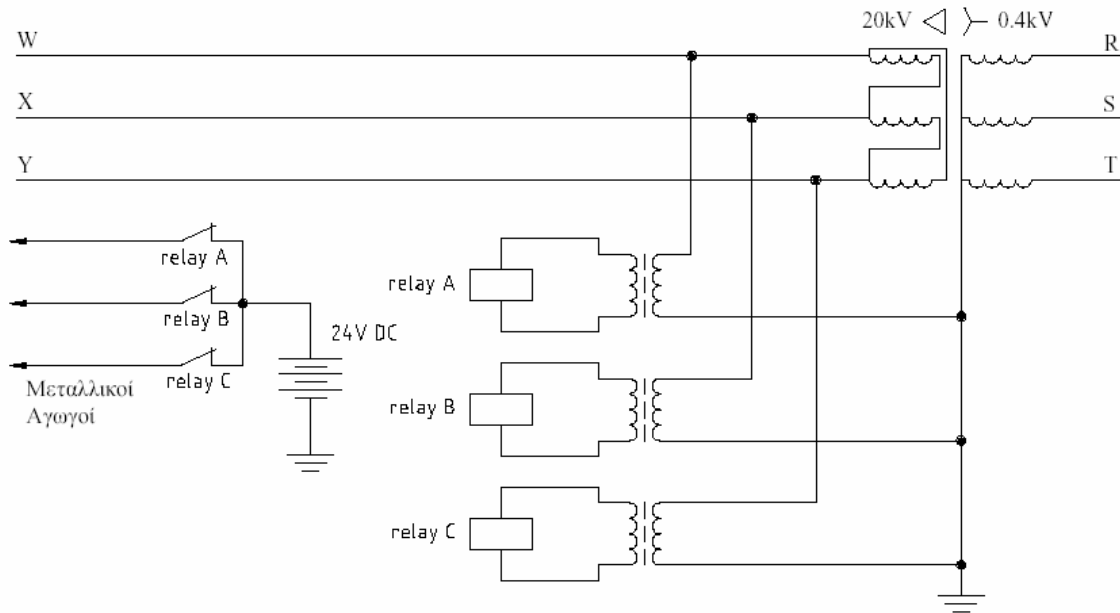
Υπό φυσιολογικές συνθήκες, λόγω των συμμετρικών ρευμάτων \tilde{I}_a , \tilde{I}_b και \tilde{I}_c ισχύει $\tilde{I}_a + \tilde{I}_b + \tilde{I}_c = 0$, οπότε ο ηλεκτρονόμος είναι ανενεργός. Σε περίπτωση που κοπούν ένας ή δυο αγωγοί από τις φάσεις a, b, c δεν υπάρχει συμμετρία και ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται. Ο ηλεκτρονόμος και οι διακόπτες ισχύος τοποθετούνται στην αρχή της γραμμής Μέσης Τάσης και έτσι απομονώνεται το ρεύμα διαρροής. Τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου προστασίας είναι ότι πρέπει να τεθεί εκτός σε περίπτωση βλάβης μιας ή δυο φάσεων, αλλιώς διακόπτεται όλη η τροφοδοσία των καταναλωτών. Επίσης, μπορεί να μη λειτουργήσει σωστά σε περίπτωση σφάλματος και των τριών αγωγών.

2. Μια δεύτερη λύση είναι η εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακής ζεύξης μεταξύ των δυο άκρων της γραμμής Μέσης Τάσης μέσω της ίδιας της γραμμής ισχύος (power line carrier, plc). Τρία υψίσυχνα σήματα αποστέλλονται μέσω των τριών φάσεων από το τέλος της γραμμής προς την αρχή της γραμμής, όπου είναι εγκατεστημένος ένας ψηφιακός ηλεκτρονόμος και τρεις διακόπτες ισχύος για κάθε φάση. Σε περίπτωση που κοπεί κάποιος αγωγός από τις φάσεις a, b, c σταματάει η λήψη του αντίστοιχου σήματος από τον ψηφιακό ηλεκτρονόμο οπότε στέλνει εντολή στον αντίστοιχο διακόπτη ισχύος στην αρχή της γραμμής να ανοίξει και να αποτρέψει κάθε κίνδυνο δημιουργίας ρεύματος διαρροής. Στην περίπτωση αυτή απομονώνεται μόνο η φάση που υπέστη το σφάλμα και οι άλλες φάσεις λειτουργούν κανονικά.

Τα συστήματα PLC με ισχύ εξόδου των 10 W είναι αξιόπιστα μέχρι 100 μίλια, ενώ με ισχύ εξόδου των 100 W είναι αποτελεσματικά για πάνω από 150 μίλια [25].

Τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου προστασίας είναι το υψηλότερο κόστος και πιθανά προβλήματα θορύβου στα μεταδιδόμενα σήματα λόγω κεραυνών, σφαλμάτων, διακοπτικών και άλλων φαινομένων που δημιουργούν τόξο [25].

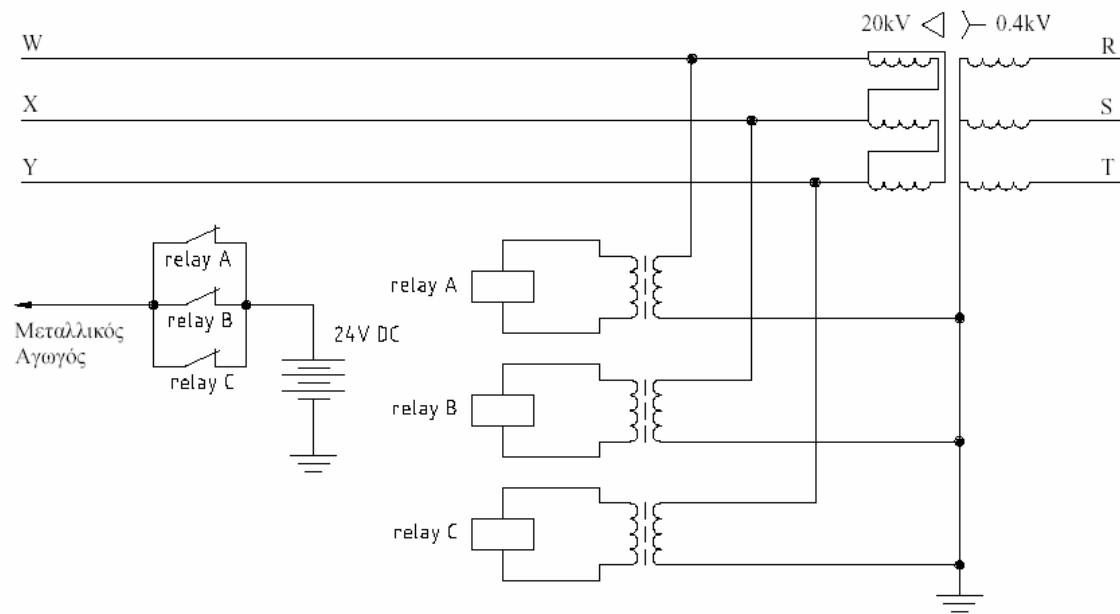
3. Μια τρίτη λύση για την ανίχνευση κομμένου αγωγού στη γραμμή είναι η τοποθέτηση στο τέλος της γραμμής Μέσης Τάσης ενός μετασχηματιστή τάσεως μεταξύ κάθε φάσεως και ουδετέρου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.3.2-2.



Σχήμα 8.3.2-2

Έλεγχος ύπαρξης τάσης στο τέλος της γραμμής. Κύκλωμα ελέγχου με 3 μεταλλικούς αγωγούς.

Σε περίπτωση που κοπεί κάποιος αγωγός, στο τέλος της γραμμής δε θα υπάρχει τάση στην αντίστοιχη φάση, οπότε ο αντίστοιχος ηλεκτρονόμος θα απενεργοποιηθεί και η NC επαφή του που βρίσκεται στο κύκλωμα ελέγχου θα κλείσει. Τότε η τάση από την μπαταρία του κυκλώματος ελέγχου θα μεταφερθεί μέσω μεταλλικών καλωδίων στον αντίστοιχο διακόπτη ισχύος στην αρχή της γραμμής Μέσης Τάσης ώστε αυτός να ανοίξει και να αποτρέψει κάθε κίνδυνο δημιουργίας ρεύματος διαρροής. Στην περίπτωση αυτή απομονώνεται μόνο η φάση που υπέστη το σφάλμα και οι άλλες φάσεις λειτουργούν κανονικά. Όμως χρειάζονται συνολικά τρία μεταλλικά καλώδια για το κύκλωμα ελέγχου, μήκους ίσο με το μήκος της γραμμής. Το κόστος θα μπορούσε να μειωθεί χρησιμοποιώντας μόνο ένα μεταλλικό αγωγό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.3.2-3, αλλά σε περίπτωση σφάλματος σε μια φάση θα βγουν εκτός λειτουργίας και οι τρεις φάσεις της γραμμής.



Σχήμα 8.3.2-3

Έλεγχος ύπαρξης τάσης στο τέλος της γραμμής. Κύκλωμα ελέγχου με 1 μεταλλικό αγωγό.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] **ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ., ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ Κ.Γ.:** Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Διατάξεις και Υλικά, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2003.
- [2] **ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ.:** Ασκήσεις Βιομηχανικών και Κτιριακών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2008
- [3] **ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ.:** Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1998
- [4] **ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ Π.:** Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2005.
- [5] **ΤΣΑΝΑΚΑΣ Κ.Α.:** Συμμετρικές Συνιστώσες και Ανάλυση Σφαλμάτων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ξάνθη 1985
- [6] **ΠΑΠΑΔΙΑΣ Β.Κ.:** Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος I, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1985
- [7] **ΠΑΠΑΔΙΑΣ Β.Κ.:** Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος II, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1985
- [8] **ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Μ.Π.:** Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος I, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1994
- [9] **ΤΣΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α.Α.:** Μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής Ενέργειας, Αθήνα 1973
- [10] **ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Φ.Ι., ΤΣΑΡΑΜΙΑΔΗΣ Π.:** Δίκτυα Σταθμοί, Εκδόσεις Ήβος.
- [11] **AEG:** Hilfsbuch für elektrische Licht und Kraft-Anlagen, 6 Aufgabe
- [12] **PHILLIPPOW E.:** Taschenbuch Elektrotechnik, Band 2 Starkstromtechnik, VEB Verlag Technik Berlin, 1966
- [13] **GERS J.M., HOLMES E.J.:** Protection of Electricity Distribution Networks 2nd Edition, IEE Power & Energy Series 47
- [14] **NASAR S.A., TRUTT F.C.:** Electric Power Systems, CRC Press
- [15] **ΠΟΛΥΚΡΑΤΗ Α.Α.:** Συμπεριφορά Στατικών Ηλεκτρικών Συνδέσμων υπό Ταχέως Μεταβαλλόμενες Ηλεκτρικές Καταπονήσεις, PhD thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, 2005
- [16] **ΠΑΪΣΙΟΣ Μ.Π.:** Θερμική Συμπεριφορά Στατικών Ηλεκτρικών Επαφών υπό Συνεχές ή Κεραυνικό Ρεύμα, PhD thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, 2007
- [17] **ΦΙΛΙΠΠΑΚΟΥ Μ.Π.:** Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων και πειραματική διερεύνηση θερμικών και ηλεκτρικών φαινομένων καταπόνησης σε επαφές διακοπών. PhD thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, 1999
- [18] **KUPFMULLER K.:** Einführung in die theoretische Elektrotechnik, Springer - Verlag, 1962
- [19] **HUGH D. YOUNG:** Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Α και Β – Εκδόσεις Παπαζήση, 1994
- [20] **ΒΙΛΛΙΑΣ Γ.Α., ΜΕΡΜΙΓΚΑΣ Α. Χ., ΠΥΡΓΙΩΤΗ Ε. Χ., ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π. Δ.:** Θερμική Συμπεριφορά Γραμμών Κορμού Διανομής Μέσης Τάσης κατά το Βραχυκύκλωμα στον Αέρα, 3^ο Συνέδριο Φοιτητών Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Θεσσαλονίκη, 2009.

- [21] **ΣΕΛΛΟΥΝΤΟΣ Β., ΠΕΡΔΙΟΣ ΣΤ., ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ Γ., ΧΟΥΣΙΑΝΑΚΟΣ Κ.:** Πυρασφάλεια.: Εφαρμοσμένη πυροπροστασία και στοιχεία πυρόσβεσης - Εκδόσεις Φοίβος, Αθήνα, 1988
- [22] **YUNUS A. CENGEL:** Heat Transfer : A Practical Approach - McGraw-Hill, 1998
- [23] **J. LEWIS BLACKBURN, THOMAS J. DOMIN :** Protective Relaying Principles and Applications, Third Edition - 2006 by Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press
- [24] **LES HEWITSON, MARK BROWN, BEN RAMESH :** Practical Power Systems Protection - 2004, IDC Technologies, Newnes Publications
- [25] **STANLEY H. HOROWITZ, ARUN G. PHADKE :** Power System Relaying, Third Edition - 2008 Research Studies Press Limited and John Wiley & Sons, Ltd.
- [26] **WALTER M. :** Kurtzschlußströme in Drehstromnetzen, Oldenburg Verlag, München.
- [27] **HOLM R. :** Electric contacts. Theory and Applications, Springer-Verlag, Berlin.