



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΓΩΓΟΥ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ACSR 50mm²
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ 100km-200km**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΥΛΟΥΡΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

Επιβλέπων : Περικλής Δ. Μπούρκας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΓΩΓΟΥ

ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ACSR 50mm²

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ 100km-200km

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΥΛΟΥΡΙΔΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

Επιβλέπων : Περικλής Δ. Μπούρκας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τηνη Οκτωβρίου 2009.

.....

Περικλής Δ. Μπούρκας

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Νικόλαος Ι. Θεοδώρου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Κωνσταντίνος Γ. Καραγιαννόπουλος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2009

.....

Κουλουρίδης χαράλαμπος

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

Copyright © Κουλουρίδης Χαράλαμπος '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.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τη θερμική συμπεριφορά υπό τριφασικό και διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα καθώς και την διηλεκτρική συμπεριφορά υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας των αγωγών του εναέριου δικτύου διανομής μέσης τάσης. Εξετάζεται ο αγωγός τύπου ACSR, ισοδύναμης διατομής χαλκού 50mm^2 για μήκος γραμμής εκατό έως διακόσια χιλιόμετρα. Επίσης εξετάζεται η περίπτωση επαναληπτικής διακοπής (από διακόπτη ισχύος ή διακόπτη αυτόματης επαναφοράς) και η επίδραση αυτής στην αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δείχνουν ότι για σφάλματα σε όλο το μήκος της γραμμής, εκατό έως διακόσια χιλιόμετρα, δεν υφίσταται πρόβλημα υπερθέρμανσης του αγωγού άνω των επιτρεπτών ορίων. Όσον αφορά την διηλεκτρική συμπεριφορά του αγωγού τα αποτελέσματα των υπολογισμών δείχνουν ότι κατά την κανονική λειτουργία οι τιμές της μέγιστης πεδιακής έντασης που αναπτύσσεται μεταξύ των αγωγών και των αγωγών- εδάφους είναι τέτοιες, ώστε αποκλείεται η εκδήλωση θορύβου, σπινθηρισμών ή άλλων μορφών μερικών εκκενώσεων, πολύ σε περισσότερο διάσπαση μεταξύ των αγωγών.

Λέξεις κλειδιά:

βραχυκύκλωμα, θερμική καταπόνηση, μέση τάση, γυμνοί αγωγοί, διακόπτης αυτόματης επαναφοράς, διηλεκτρική συμπεριφορά, φαινόμενο Korona, μερικές εκκενώσεις.

Abstract

The present diploma thesis focuses on the thermal behaviour in the case of two-phase or three-phase short circuit without grounding as well as the dielectric behaviour under normal operating conditions of the overhead lines of medium voltage distribution network. Aluminum conductor steel reinforced is investigated with a corresponding cross section of a copper conductor of 50mm^2 for line length area 100-200 kilometres. Moreover the presence of a reclosing circuit breaker or a recloser is investigated along with its impact on the operation of the lines. The emerging results demonstrate that for the faults that occur in the area of 100-200 kilometres there is no problem for overheating of the conductor. Regarding the dielectric behaviour of the conductor the results of calculations show that during normal operation the values of the maximum field intensity that develop between the conductors and conductor- soil is such, that noise, scintillation or other forms of partial discharges and insulation breakdown are excluded.

Keywords:

Short-circuit, thermal distress, medium-voltage, bare conductors, recloser, dielectric behaviour, Korona phenomenon, partial discharges.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μια πενταετία συνεχούς προσπάθειας και αγώνα για την απόκτηση όλων εκείνων των δεξιοτήτων, που αφορούν μια δύσκολη και απαιτητική επιστήμη όπως αυτή του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού και Μηχανικού Υπολογιστών, φτάνει στο τέλος της. Ως επιστέγασμα όλων αυτών των προσπαθειών και με την αμέριστη βοήθεια του καθηγητή μου Κυρίου Περικλή Δ. Μπούρκα, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά, έχω την τιμή να υπογράψω τη διπλωματική αυτή εργασία. Από τα χρόνια που πέρασαν κράτω μέσα μου πολλές αναμνήσεις και παίρνω μαζί μου την κουλτούρα του Μηχανικού, που μου μετέδωσαν οι καθηγητές της σχολής ΗΜΜΥ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, ως σημαντικό εφόδιο για μια επιτυχημένη επαγγελματική πορεία.

Αρωγοί και συμπαραστάτες στην προσπάθεια μου όλα αυτά τα χρόνια οι γονείς μου Ευαγγελία και Σταμάτης όπως επίσης και η κοπέλα μου Ασημίνα Κριμπένη στους οποίους αφιερώνεται η εργασία αυτή, ως ελάχιστο χρέος.

Κουλουρίδης χαράλαμπος
Αθήνα, Οκτώβριος 2009

**«Όλα τελειώνουνε
κι όλα περνάνε!
Ιδέες βασίλισσες
κακογερνάνε.
Στις νέες ανάγκες σου
(κόπος βαρής!)
σκοπούς αλάθεφτους
κοίτα να βρεις.»**

Κώστας Βάρναλης

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	9
1.1 Δίκτυα διανομής.....	9
1.2 Συνέπειες των σφαλμάτων βραχυκύκλωσης στα δίκτυα διανομής	12
1.3 Διακόπτες ισχύος (βραχυκύκλωσεως) και προστασία των δικτύων διανομής	13
2. Σκοπός της εργασίας	15
3. Υπολογισμοί	16
3.1 Το ακτινικό δίκτυο στο οποίο γίνονται οι υπολογισμοί	15
3.2 Θερμική συμπεριφορά των γραμμών μεταφοράς	16
3.3 Ωμική αντίσταση και επιδερμικό φαινόμενο της εναέριας γραμμής του δικτύου.....	19
3.4 Υπολογισμός της συνολικής σύνθετης αντίστασης του δικτύου μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.....	21
Υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης.....	22
3.5 Δηλεκτρική συμπεριφορά των γραμμών μεταφοράς	24
3.6.1 Γενικά περί σπινθηρισμών και έρπουσων εκκενώσεων	24
3.6.2 Εκδήλωση σπινθηρισμών σε γυμνούς αγωγούς μέσης τάσης	24
3.6.3 Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση σε αγωγούς μέσης	25
3.6.4 Επιλογή του μήκους ερπυσμού κεραμικών και γυάλινων μονωτήρων προς αποφυγή σπινθηρισμών	26
4. Αποτελέσματα των υπολογισμών	28
4.1 Θερμική καταπόνηση	28
4.1.1 Τριφασικό βραχυκύκλωμα	28
4.1.2 Διφασικό βραχυκύκλωμα	60
4.2 Δηλεκτρική καταπόνηση	92
4.2.1 Υπολογισμός της μέγιστης και ελάχιστης πεδιακής έντασης για την έναρξη μερικών εκκενώσεων	92
4.2.2 Μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου κατά την ονομαστική λειτουργία του εναέριου δικτύου MT	92
5. Σχόλια, παρατηρήσεις, συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων	95
6. Παράρτημα	97
A. Υπολογισμοί στο mathcad	97
7. Βιβλιογραφία	100

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Δίκτυα διανομής

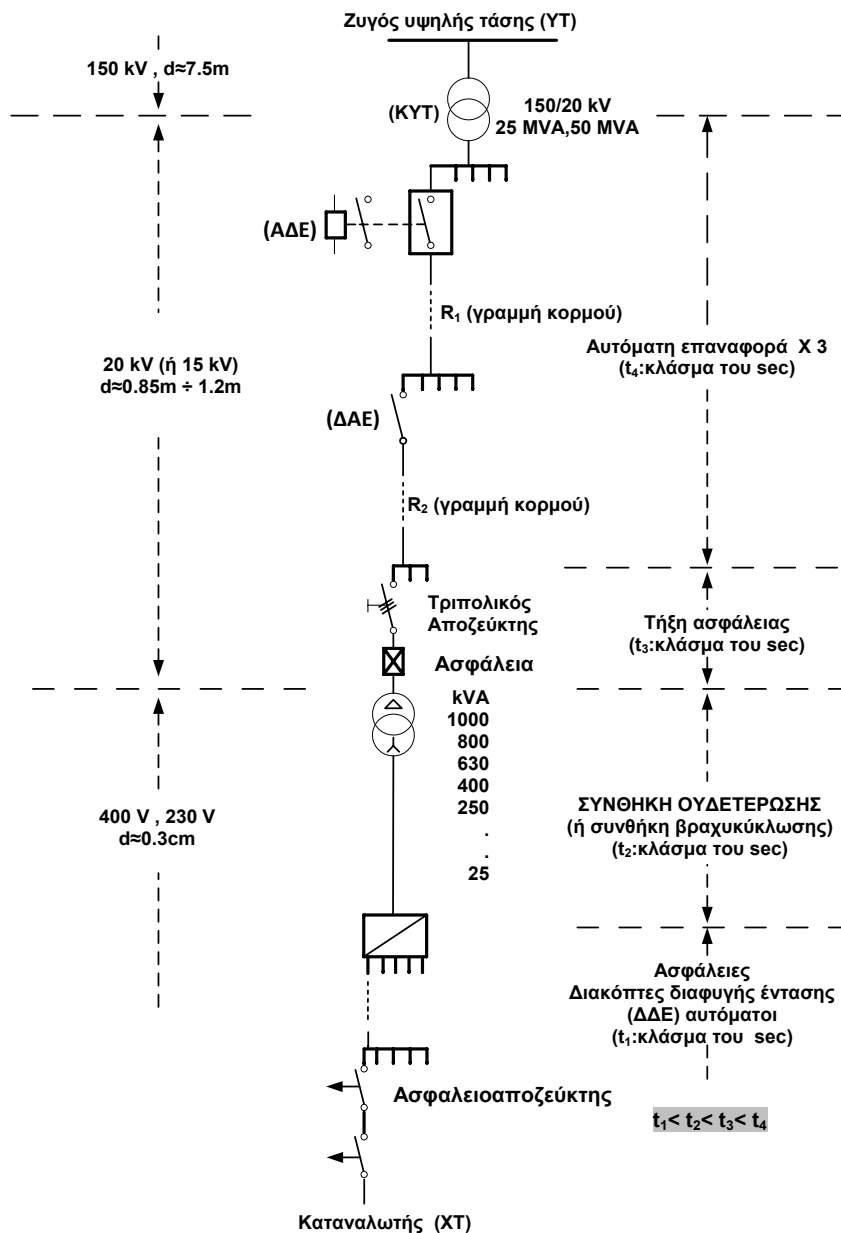
Τα δίκτυα διανομής περιλαμβάνουν γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας (ΜΤ 20 ή 15 ΚV), υποσταθμούς σύνδεσης με το δίκτυο μεταφοράς και υποσταθμούς υποβιβασμού σε χαμηλή τάση. Οι υποσταθμοί διανομής είναι πολύ συνηθισμένα στοιχεία του δικτύου, αφού αντιστοιχεί ένας ανά μερικές δεκάδες ή εκατοντάδες κατοικίες. Τοποθετούνται κατά συνήθη πρακτική εναερίως πάνω σε κατασκευές που αποτελούνται από δύο κολώνες ή σε εσωτερικούς χώρους στα υπόγεια μεγάλων κτηρίων. Η κατασκευαστική διαμόρφωση των δικτύων διανομής συνδέεται άμεσα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά δόμησης των πόλεων και, γενικότερα, του τρόπου χωροταξικής διαμόρφωσης κάθε χώρας. Αυτό διαπιστώνεται και από το γεγονός ότι τα δίκτυα διανομής κάθε χώρας έχουν κατά γενικό κανόνα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, σε αντίθεση με τα δίκτυα μεταφοράς που είναι διεθνώς όμοια. Τα δίκτυα διανομής διακρίνονται ανάλογα με το επίπεδο της τάσης, σε δίκτυα υψηλής τάσης (π.χ 150 ΚV), δίκτυα μέσης τάσης (20 ή 15 ΚV), και δίκτυα χαμηλής τάσης (400V, 230 V). Ανάλογα με την κατασκευαστική τους διαμόρφωση τα δίκτυα διανομής διακρίνονται σε εναέρια και υπόγεια. Πλεονέκτημα των εναέριων δικτύων έναντι των υπογείων είναι ότι είναι λιγότερο δαπανηρά και η αποκατάσταση των βλαβών είναι ταχύτερη.

Οι χρησιμοποιούμενοι στύλοι στήριξης των γραμμών ηλεκτρικής είναι συνήθως ξύλινοι ή τσιμεντένιοι και σπανιότερα μεταλλικοί. Οι χρησιμοποιούμενοι αγωγοί είναι κατασκευασμένοι, συνήθως, από κλώνους αλουμινίου στα δίκτυα χαμηλής τάσης, ή κλώνους αλουμινίου με χαλύβδινη ψυχή στα δίκτυα μέσης και υψηλής τάσης (λόγο των μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ των στύλων), ή κράματα αλουμινίου. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν αγωγοί χαλκού, σήμερα όμως η χρήση αυτών των αγωγών χαλκού χαλκού είναι περιορισμένη.

Τα εναέρια δίκτυα ΜΤ ενδείκνυνται να έχουν δενδροειδή μορφή. Αποτελούνται δηλαδή από τον "κορμό" (η την κύρια γραμμή) που κατασκευάζεται με αγωγούς μεγάλης διατομής, (π.χ. στη ΔΕΗ συνήθως χρησιμοποιούνται αγωγοί 95mm^2 ισοδύναμου χαλκού) και τις "διακλαδώσεις" πάνω στις οποίες συνδέονται (κατά κανόνα) οι υποσταθμοί ΜΤ/ΧΤ. Οι διακλαδώσεις κατασκευάζονται με αγωγούς μικρότερης, από ότι ο κορμός, διατομής (π.χ. στη ΔΕΗ συνήθως 35mm^2 ισοδύναμου χαλκού). Η "δενδροειδής" μορφή επιτυγχάνεται σχετικά εύκολα σε αγροτικές περιοχές, όχι όμως και στις ημιαστικές περιοχές όπου οι υπάρχοντες περιορισμοί στην όδευση των γραμμών δεν το επιτρέπουν.

Οπωσδήποτε τα εναέρια δίκτυα ΜΤ λειτουργούν σχεδόν πάντα "ακτινικά" (ή "ανοιχτά"), δηλαδή όλες οι γραμμές από τις οποίες αποτελούνται το δίκτυα τροφοδοτούνται από το ένα μόνο άκρο τους. [14]

Στο Σχ 1.1-1 δίνεται απλοποιημένα ένα παράδειγμα δικτύου 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) 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 95mm^2 ισοδύναμου χαλκού, ενώ συμβολίζονται στα σχέδια με το γράμμα R και ένα αριθμό (π.χ. R1).



Σχήμα1.1-1: Απλοποιημένο παράδειγμα δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας

Καθεμία από τις παραπάνω γραμμές διακλαδίζεται σε ορισμένες γραμμές, που αφορούν την ηλεκτροδότηση (τμημάτων της ευρύτερης περιοχής) μέσω διακοπών αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ) οι οποίες ονομάζονται επίσης γραμμές κορμού.

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 ηλεκτροδότησης" 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 μιας μεγάλης περιοχής, όσο και στην αποφυγή άσκοπων μετακινήσεων συνεργείων. Σημειώνεται ότι η διακοπή της ηλεκτροδότησης σε κάθε κύκλο λειτουργίας των ΑΔΕ και των ΔΑΕ συμβαίνει πάντοτε σε κλάσμα του δευτερολέπτου (σχεδόν ακαριαία διακοπή, π.χ.: 0,15 sec, 0,35 sec, κ.λ.π.), που στην πράξη σημαίνει πως δεν υπάρχει αρκετός διαθέσιμος χρόνος για την εκδήλωση αξιόλογων θερμικών φαινομένων (δεν προκαλείται υπερθέρμανση της γραμμής πάνω από τα ανεκτά όρια, πολύ δε περισσότερο δεν δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από τους αγωγούς).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1-1, 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 Σχ. 1.1-1, 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 ασφαλειοαποζεύκτες και τριπολικοί αποζεύκτες μη εντασσόμενοι σε υπαίθριους υποσταθμούς.

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

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.

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

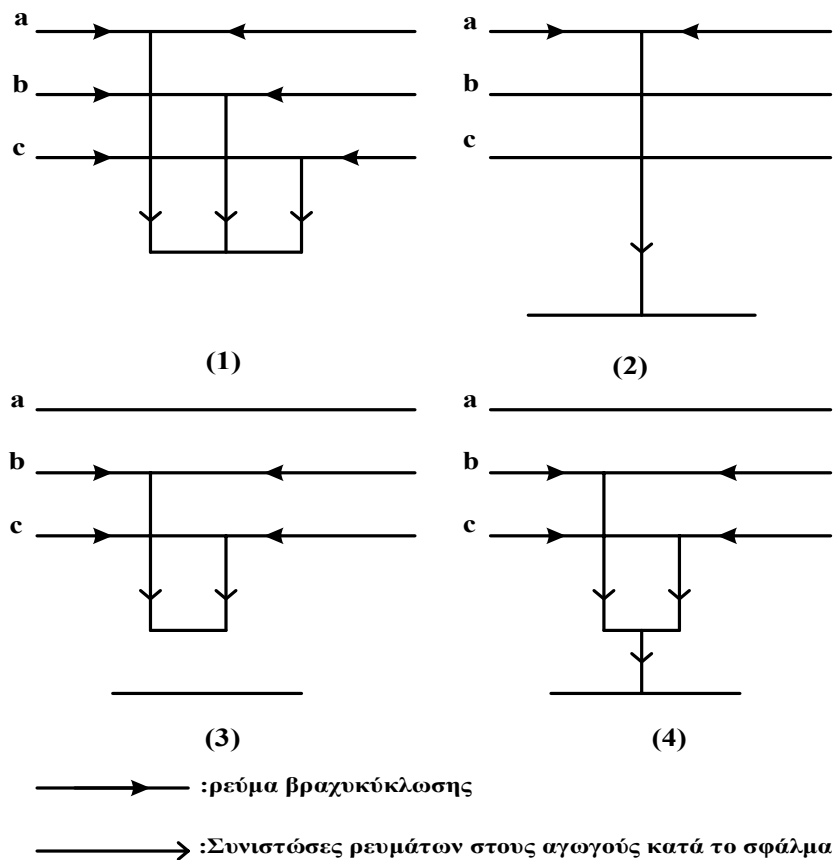
- Προστασία των γραμμών κορμού διανομής μέσης τάσης μέσω ΑΔΕ ή ΔΑΕ.
- Προστασία γραμμών διανομής μέσης (για λόγους διασύνδεσης ή απομόνωσης) μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών και τριπολικών αποζευκτών.
- Προστασία υπαίθριων υποσταθμών μέσης τάσης μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών.
- Προστασία υποσταθμών 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 ασφαλιοκιβώτιο των υποσταθμών μέσης τάσης.
- Προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των καταναλωτών χαμηλής τάσης (κυρίως κατοικίες, γραφεία, βιοτεχνίες, κ.λ.π.) μέσω ΔΔΕ, ασφαλειών και αυτόματων 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. ο χρόνος διακοπής t) επιτυγχάνεται η ιεράρχηση των προστασιών του δικτύου.

Τα σφάλματα του δικτύου διανομής οδηγούν στην μη κανονική λειτουργία του και οφείλονται κατά κύριο λόγο στην απώλεια μόνωσης, η οποία οδηγεί σε βραχυκύκλωμα. Το βραχυκύκλωμα, καταπονεί δυναμικά και θερμικά τα στοιχεία του δικτύου και γενικότερα τις ηλεκτροτεχνικές κατασκευές, με αποτέλεσμα να προκαλούνται ακόμα και μόνιμες βλάβες του υλικού. Εκτός από το βραχυκύκλωμα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει και η διηλεκτρική συμπεριφορά του εξοπλισμού μέσης και χαμηλής τάσης μίας εγκατάστασης διανομής, όπως, η αδυναμία εκδήλωσης σπινθηρισμών στους μονωτήρες μέσης τάσης, οι σωστές αποστάσεις μόνωσης κ.λ.π

1.2 Συνέπειες των σφαλμάτων βραχυκύκλωσης στα δίκτυα διανομής

Τα είδη των βραχυκυκλωμάτων που μπορεί να εμφανιστούν σε ένα ΣΗΕ, φαίνονται στο Σχ.1.2-1 [1,6]



Σχ.1.2-1 : (1) Τριφασικό βραχυκύκλωμα (2) Μονοφασικό βραχυκύκλωμα ως προς γη
(3) Διφασικό βραχυκύκλωμα (4) Διφασικό βραχυκύκλωμα ως προς γη

Τα αποτελέσματα των σφαλμάτων βραχυκύκλωσης στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρουν ανάλογα με το είδος του σφάλματος, τη διάρκεια του σφάλματος, την τοπολογία του συστήματος στο σημείο που συμβαίνει το σφάλμα και την ισχύ βραχυκύκλωσης στο σημείο του σφάλματος. [6,15]

Στην ευρύτερη περιοχή του συστήματος γύρω από το σημείο του σφάλματος οι συνέπειες μπορεί να είναι οι εξής:

- ✓ Καταστροφή της μονωτικής ικανότητας των αγωγών η των καλωδίων
- ✓ Τήξη των αγωγών με κίνδυνο εμφάνισης πυρκαϊάς
- ✓ Κίνδυνος για τον άνθρωπο.

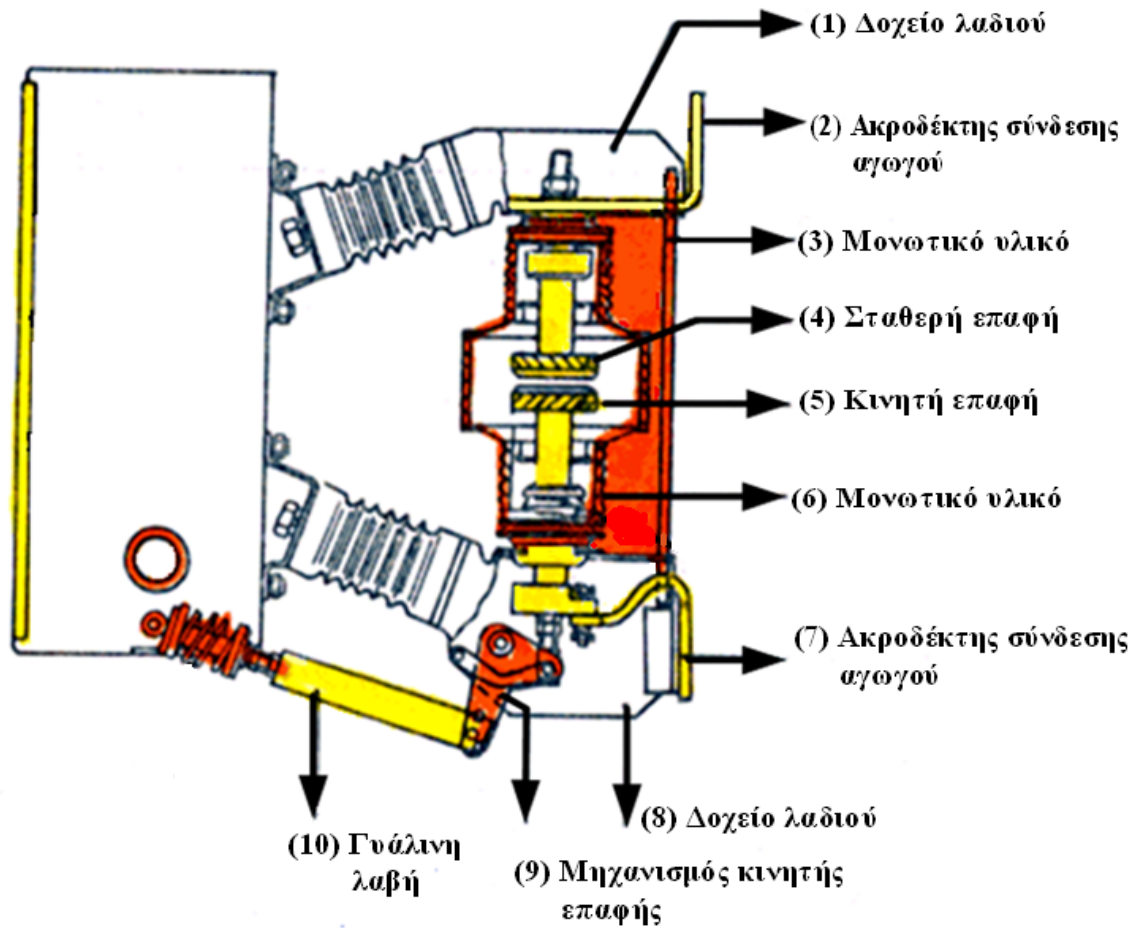
- ✓ Αν το σφάλμα συμβεί στους ζυγούς ενός υποσταθμού έχουμε εμφάνιση ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων που μπορεί να δημιουργήσουν παραμόρφωση των ζυγών.
- ✓ Κάθε σφάλμα, έστω και παροδικό, προκαλεί μια μείωση της τάσης του δικτύου (έστω και για μερικά δέκατα του δευτερολέπτου που μπορεί όμως να έχει σοβαρές συνέπειες στην ομαλή τροφοδότηση των καταναλωτών, κυρίως λόγω των επιπτώσεων που έχει στη λειτουργία των κινητήρων (απόξευση ασύγχρονων κινητήρων, αποσυνγχρονισμός σύγχρονων μηχανών κ.λπ.), των διατάξεων αυτοματισμού εργοστασίων κ.ά.
- ✓ Όταν πρόκειται για σφάλματα στο διασυνδεδεμένο σύστημα ΥΥΤ ή ΥΤ, μπορεί να προκληθούν προβλήματα ευστάθειας του όλου συστήματος, εφ' όσον τα σφάλματα αυτά δεν απομονωθούν έγκαιρα.
- ✓ Οι υπερεντάσεις που προκαλούν τα βραχυκυκλώματα καταπονούν, μηχανικά και θερμικά τα διάφορα στοιχεία του δικτύου από τα οποία διέρχονται. Επίσης το ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται συχνά στη θέση του σφάλματος μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες.
- ✓ Διαταραχές στον έλεγχο και το χειρισμό του συστήματος.
- ✓ Επί πλέον είναι γνωστό ότι κάθε υπέρβαση των χαρακτηριστικών μεγεθών λειτουργίας ενός στοιχείου του ηλεκτρικού συστήματος (π.χ. της τάσεως) ή της ικανότητας φορτίσεως του, μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη.

Σε κάθε περίπτωση το σημείο του συστήματος, στο οποίο εντοπίζεται το σφάλμα πρέπει να απομονωθεί το ταχύτερο. Εδώ βρίσκεται και ο ρόλος της προστασίας ενός ηλεκτρικού συστήματος που συνίσταται στο να προλάβει μια βλάβη ή, εάν για οποιοδήποτε λόγο συμβεί ένα σφάλμα να περιορίσει κατά το δυνατόν περισσότερο τις επιπτώσεις του στο υπόλοιπο σύστημα.

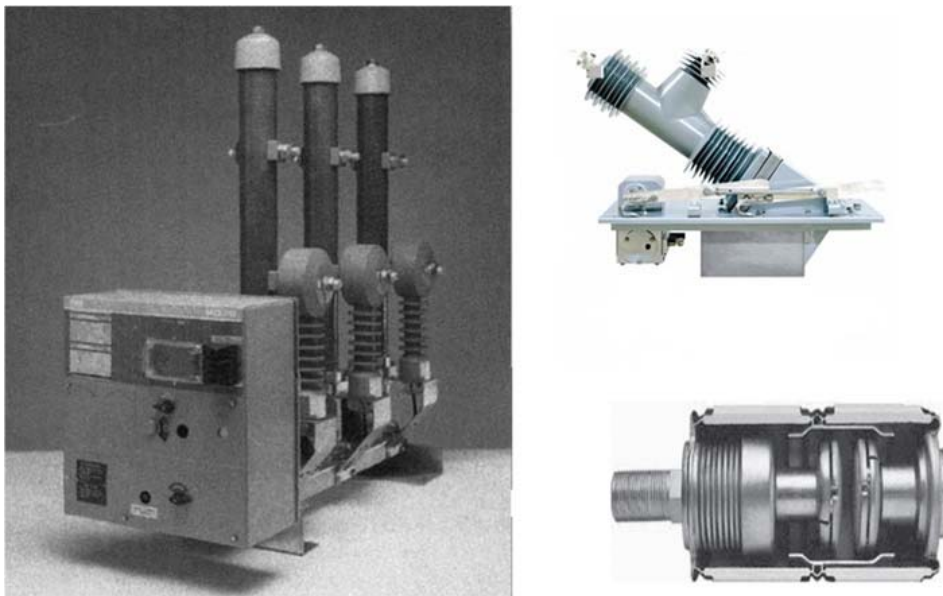
1.3 Διακόπτες ισχύος (αυτόματοι) και προστασία των δικτύων διανομής

Οι διακόπτες ισχύος (ΔΙ) έχουν ως σκοπό την διακοπή σφαλμάτων βραχυκύκλωσης και τη προστασία του συστήματος από τις συνέπειες τέτοιων σφαλμάτων, ενώ η λειτουργία τους θα πρέπει να διασφαλίζει υψηλή ασφάλεια και αξιοπιστία στο σύστημα. Εκτός όμως από την ικανότητα διακοπής σε μη κανονικές συνθήκες λειτουργίας όπως το βραχυκύκλωμα οι διακόπτες ισχύος μπορούν να εκτελούν και λειτουργίες χειρισμού (on-off λειτουργίες) όπως ακριβώς και τα μέσα ζεύξεως του συστήματος. Οι διακόπτες ισχύος είναι εξοπλισμός που αφορά την προστασία του συστήματος κατά κύριο λόγο.

Η κατασκευαστική τους διαμόρφωση διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το αν προορίζονται για εγκατάσταση σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο και την τάση του δικτύου στο οποίο πρόκειται να εγκατασταθούν, επίσης η επιλογή των ΔΙ βασίζεται στον υπολογισμό της ισχύος βραχυκύκλωσης του δικτύου στο οποίο εγκαθίστανται. Στο σχήμα 1.1-1 §1.1 βλέπουμε ότι η τροφοδότηση της γραμμής κορμού R_1 γίνεται στους ζυγούς ΜΤ του υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ μέσω ενός διακόπτη ισχύος (ΑΔΕ) ο οποίος ελέγχεται μέσω ενός ρελέ. Η γραμμή κορμού R_2 τροφοδοτείται από μη ελεγχόμενο (αυτόνομο) διακόπτη ισχύος (ΔΑΕ βλέπε σχ. 1.3-3) ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε εξωτερικό χώρο (στύλοι γραμμής ΜΤ). Στα σχήματα 1.3-1 και 1.3-2 φαίνεται ένας τυπικός ΔΙ.



Σχήμα 1.3-1 Τυπικός διακόπτης ισχύος.



σχ.1.3-2 Αυτόματος διακόπτης ελαίου (ΑΔΕ)



σχ.1.3-3 Διακόπτης αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ)

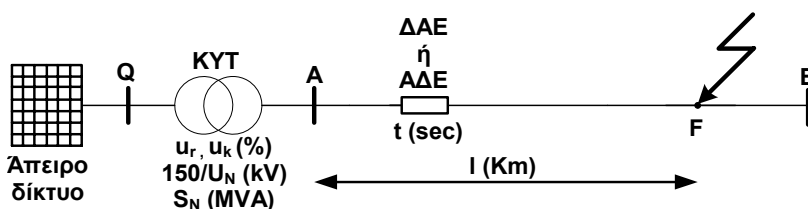
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αφορά τη θερμική και τη διηλεκτρική συμπεριφορά των εναέριων γραμμών μέσης τάσης. Η θερμική συμπεριφορά επικεντρώνεται στο τριφασικό και διαφασικό βραχυκύκλωμα. Για τον σκοπό αυτό γίνονται υπολογισμοί που μπορούν να χρησιμεύσουν για όλα τα είδη γραμμών μέσης τάσης. Εξετάζεται ως παράδειγμα μια εναέρια γραμμή μέσης τάσης από το 100 Km έως 200 Km, με αγωγούς ACSR διατομής 50 mm^2 (βλέπετε σχ.3.1-1). Συγκεκριμένα θεωρήθηκε ότι η εν λόγω γραμμή ηλεκτροδοτείται από μετασχηματιστή ΥΤ/ΜΤ 25 MVA ή 50 MVA και οι υπολογισμοί έγιναν για χρόνους διακοπής των μέσων προστασίας 0.15, 0.25, 0.4 και 1 sec.

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

3.1 Το ακτινικό δίκτυο στο οποίο γίνονται οι υπολογισμοί

Στο Σχ.3.1-1 φαίνεται το ακτινικό δίκτυο βάση του οποίου θα γίνουν οι υπολογισμοί. Η γραμμή μεταφοράς μεταξύ των ζυγών (Α) και (Β) έχει μήκος 200 Km και θα μελετήσουμε το τμήμα από 100Km έως 200Km, εξετάζοντας το τριφασικό και διαφασικό σφάλμα βραχυκύκλωσης στο σημείο (F) ανα 3 Km. Το κέντρο υψηλής τάσης (ΚΥΤ) τροφοδοτείται από άπειρο δίκτυο και βρίσκεται μακριά από γεννήτριες, που συμβάλλουν στο σφάλμα βραχυκύκλωσης, κάτι που λαμβάνεται υπόψη κατά τους υπολογισμούς των σφαλμάτων στη γραμμή μεταφοράς. Επίσης θεωρούμε ότι στη γραμμή μεταφοράς δεν συνδέονται στρεφόμενες μηχανές (κινητήρες) ούτε διεσπαρμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (γεννήτριες) που επίσης συμβάλλουν στο σφάλμα βραχυκύκλωσης.



Σχ.3.1-1: Απλοποιημένο σχέδιο της διάταξης υπολογισμών

3.2 Θερμική συμπεριφορά των γραμμών μεταφοράς

Η θερμική συμπεριφορά W_{θ} ενός αγωγού με ειδική θερμότητα (c) και όγκο (v) δίνεται από τη σχέση:

$$W_{\theta} = c \cdot v \cdot \Delta\theta = A \cdot l \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (3.2-1)$$

Όπου A : η διατομή του αγωγού

l : το μήκος του αγωγού

Για την ηλεκτρική ενέργεια $W_{\eta\lambda}$ στην ωμική αντίσταση R ενός αγωγού, λόγω του ρεύματος (τιμή I_{rms}) που ρέει στον αγωγό ισχύει η σχέση:

$$W_{\eta\lambda} = I_{rms}^2 R \cdot t = I_{rms}^2 \rho \frac{l}{A} \cdot t \quad (3.2-2)$$

Όπου ρ : η ειδική αντίσταση του αγωγού

t : χρόνος

Από τις σχέσεις (3.2-1) και (3.2-2) έχουμε:

$$\Delta\theta = \frac{I_{rms}^2}{A^2} \cdot \frac{\rho}{c} t \quad (3.2-3)$$

Όμως $k = \frac{\rho}{c}$, όπου k η σταθερά θερμικής αγωγιμότητας που στην περίπτωση του αλουμινίου (Al) έχει τιμή $0,0135 \left(\frac{mm^2 \cdot ^\circ C}{A^2 \cdot sec}\right)$.

Τελικά έχουμε:

$$\Delta\theta = \frac{k}{A^2} I_{rms}^2 t \quad (3.2-4)$$

Για τη θερμική καταπόνηση των γραμμών μεταφοράς έχουν ιδιαίτερη σημασία η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) σχέση (3.2-5) και ο χρόνος t μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος.

$$I_d = \mu_d \cdot I_{sw} \quad (3.2-5)$$

Μια εμπειρική σχέση για τον υπολογισμό της αύξησης της θερμοκρασίας ($\Delta\theta$) που αναπτύσσεται στους αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα είναι η (3.2-6):

$$\Delta\theta = \frac{k}{A^2} I_d^2 \left[t + T \left(\frac{I_{sw}}{I_d} \right)^2 \right] = \frac{k}{A^2} [I_d^2 t + I_{sw}^2 T] \xrightarrow{(3.2-5)} \Delta\theta = \frac{k}{A^2} [\mu_d^2 I_{sw}^2 t + I_{sw}^2 T] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta\theta = \frac{k}{A^2} I_{sw}^2 [\mu_d^2 t + T]} \quad (3.2-6)$$

Όπου :

k : Θερμική αγωγιμότητα. Στην περίπτωση του αλουμινίου (Al) έχει τιμή $0,0135 \left(\frac{mm^2 \cdot ^\circ C}{A^2 \cdot sec}\right)$.

$\Delta\theta$: Η αύξηση της θερμοκρασίας σε ($^\circ C$)

I_d : Διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης σε (A)

I_{sw} : Εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε (A)

A : Η διατομή των αγωγών σε (mm^2)

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

T : Συντελεστής χρόνου

μ_d : Συντελεστής προσέγγισης της θέσης βραχυκύκλωσης

- Για τριφασικό βραχυκύκλωμα ο συντελεστής χρόνου T έχει τιμές $0,15 \div 0,30$ sec

- Για διφασικό βραχυκύκλωμα ο συντελεστής χρόνου T έχει τιμές $0,25 \div 0,60$ sec

Η τιμή του συντελεστή χρόνου T μειώνεται σε σχέση με την απόσταση από τη θέση βραχυκύκλωσης. Συγκεκριμένα θα επιλέγουν οι ακραίες τιμές του T ώστε οι υπολογισμοί να γίνουν με βάση τη δυσμενέστερη περίπτωση δηλαδή:

$$T_{LLL} = 0,3 \text{ sec} \quad \text{και} \quad T_{LLL} = 0,6 \text{ sec}$$

Όσον αφορά την αύξηση της θερμοκρασίας οι υπολογισμοί θα γίνουν για την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή της ανάλογα με τον συντελεστή μ_d .

Προσέγγιση θέσης βραχυκύκλωσης:

- «κοντά στη γεννήτρια» $\mu_{d_min} = 0,35$
- «μακριά από τη γεννήτρια» $\mu_{d_max} = 1,00$

$$\checkmark \quad \Delta\theta_{max} = \frac{k}{A^2} I_{SW}^2 [\mu_{d,max}^2 t + T] \quad (3.2-7)$$

$$\checkmark \quad \Delta\theta_{min} = \frac{k}{A^2} I_{SW}^2 [\mu_{d,min}^2 t + T] \quad (3.2-8)$$

Η συνολική θερμοκρασία των αγωγών δίνεται από τη σχέση:

$$\theta = \theta_N + \Delta\theta \quad (3.2-9)$$

Όπου:

θ_N : Η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για τους υπολογισμούς λαμβάνεται η τιμή

$$\theta_N = 40 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Στην περίπτωση όπου υπάρχει στη γραμμή κορμού Αυτόματος διακόπτης Ελαίου (ΑΔΕ) ή Αυτόματος διακόπτης Επαναφοράς (ΔΑΕ) με τρεις τρεις κύκλους λειτουργίας (γίνεται επαναφορά του συστήματος σε τρία στάδια, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή) ο χρόνος t πολλαπλασιάζεται με $\sqrt{2}$ μετά από κάθε επαναφορά (on-off). Δηλαδή μετά από κάθε on-off πολλαπλασιάζουμε την αύξηση της θερμοκρασίας με $\sqrt{2}$. Αρχικά εξετάζουμε την αύξηση της θερμοκρασίας στον αγωγό για $(\theta_{max}, \mu_{d,max})$ και $(\theta_{min}, \mu_{d,min})$, με βάση τη χειρότερη κατάσταση λειτουργίας του αγωγού, δηλαδή στο τρίτο on-off του διακόπτη όπως άλλωστε δείχνουν και οι σχέσεις (3.2-10), (3.2-11), (3.2-12) υπολογισμού της θερμοκρασίας για διαφορετικά on-off του διακόπτη. Το κριτήριο ελέγχου είναι η προδιαγραφή της μέγιστης αύξησης θερμοκρασίας $\theta_{op-Al} = 180^\circ\text{C}$ σε περίπτωση σφάλματος βραχυκύκλωσης. Αν στο τρίτο on-off κάποια από τις θερμοκρασίες, θ_{max} ή θ_{min} , ξεπερνάει τους 180°C τότε ελέγχουμε την αύξηση της θερμοκρασίας του αγωγού για το δεύτερο on-off, αν και εδώ ξεπερνάμε τους 180°C ελέγχουμε την αύξηση της θερμοκρασίας και στο πρώτο on-off. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται γιατί δεν γνωρίζουμε σε πόσα on-off θα γίνει εκαθάριση του σφάλματος από το διακόπτη. Ουσιαστικά ενδιαφέρει το τρίτο on-off αφού αν ικανοποιείται η προδιαγραφή γι' αυτό ικανοποιούνται και οι άλλες.

- Πρώτο on-off :

$$\theta_1 = \theta_N + \Delta\theta \quad (3.2-10)$$

- Δεύτερο on-off :

$$\theta_2 = \theta_N + \sqrt{2}\Delta\theta \quad (3.2-11)$$

- Τρίτο on-off :

$$\theta_3 = \theta_N + \sqrt{2}\sqrt{2}\Delta\theta = \theta_N + 2\Delta\theta \quad (3.2-12)$$

Σημειώνεται ότι η οριακή θερμοκρασία για αγωγούς αλουμινίου (Al) είναι :

$$\theta_{op_Al} = 180 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Από τις σχέσεις (3.2-4) και (3.2-5) εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι στην εμπειρική σχέση (3.2-5) έγινε η προσέγγιση : [26]

$$I_{rms}^2 t \approx I_{sw}^2 [\mu_d^2 t + T] \quad (3.2-13)$$

με $I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t i(\tau)^2 d\tau}$ και $i(t)$ που δίνεται από τη σχέση (3.5-3) §3.5

Επομένως η ακρίβεια των υπολογισμών εξαρτάται από το πόσο προσεγγίζει το ολοκλήρωμα του τετραγώνου του ρεύματος βραχυκύκλωσης την τιμή $I_{sw}^2 [\mu_d^2 t + T]$.

$$\int_0^t i(\tau)^2 d\tau \cong I_{sw}^2 [\mu_d^2 t + T] \quad (3.2-14)$$

3.3 Ωμική αντίσταση και επιδερμικό φαινόμενο της εναέριας γραμμής του δικτύου

Από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι η ωμική αντίσταση ενός αγωγού εξαρτάται από τρεις παράγοντες.[19,27,33]

1) Τη θερμοκρασία λειτουργίας του αγωγού θ ($^{\circ}C$)

Η επίδραση της θερμοκρασίας φαίνεται στην σχέση:

$$R_L = [1 + a(\theta_e - 20^{\circ}C)]R_{L20} \quad (3.3-1)$$

Όπου:

ρ : Η ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού.

$$\text{Για χαλκό (cu)} \quad \rho = \frac{1}{56} \left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right)$$

$$\text{Για αλουμίνιο (Al)} \quad \rho = \frac{1}{34.8} \left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right)$$

$$\text{Για σίδηρο (Fe)} \quad \rho = \frac{1}{6.67} \left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right)$$

a : Συντελεστής θερμοκρασίας του αγωγού.

$$\text{Για χαλκό (cu)} \quad a = 3,9 \cdot 10^{-3} \left(\frac{1}{^{\circ}C} \right)$$

$$\text{Για αλουμίνιο (Al)} \quad a = 4 \cdot 10^{-3} \left(\frac{1}{^{\circ}C} \right)$$

Η αποτελεσματική τιμή της ωμικής αντίστασης του αγωγού R_{L20} στους $20^{\circ}C$ δίνεται από τη σχέση:

$$R_{L20} = \frac{\rho}{q} \quad (3.3-2)$$

Όπου:[2,3]

q : Η αποτελεσματική διατομή του αγωγού με η χωρίς το επιδερμικό φαινόμενο.

2) Την πυκνότητα ρεύματος J (A/mm^2) που διαρρέει τον αγωγό

Από το νόμο του Ωhm για την πυκνότητα ρεύματος σε ένα αγωγό είναι προφανής η επίδραση του J στην ωμική αντίσταση του αγωγού.

$$J = \sigma E \quad (3.3-3)$$

3) Την συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος f (Hz)

Λόγο της συχνότητας f η πυκνότητα της ροής του ρεύματος στη μάζα του αγωγού δεν είναι ομοιόμορφη όπως συμβαίνει στο συνεχές ρεύμα όπου $f=0$ (Hz). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ροή του ρεύματος να μεταφέρεται στην επιφάνεια του αγωγού, έτσι μειώνεται η αποτελεσματική διατομή του αγωγού με συνέπεια να αυξάνεται η αποτελεσματική τιμή της ωμικής αντίστασης R_{L20} του αγωγού. Η μείωση της αποτελεσματικής διατομής q του αγωγού δίνεται από τη σχέση (3.3-4) του βάθους διείσδυσης (δ).

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot f \cdot \mu}} \quad (3.3-4)$$

Όπου: μ η μαγνητική διαπερατότητα του υλικού.

Για συχνότητα 50 Hz το βάθος διείσδυσης στα υλικά των αγωγών είναι:

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

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

$$\delta_{Fe} = 1,8 \text{ mm στο σίδηρο (ατσάλι) όταν η σχετική μαγνητική διαπερατότητα } \mu_r \text{ έχει τιμή } 200 \text{ (H} \cdot \text{m}^{-1}\text{)}$$

Ο αγωγός ACSR είναι ενισχυμένος με χαλύβδινη ψυχή διατομής ισοδύναμου χαλκού 50 mm², ο οποίος έχει $N_{Al} = 6$ κλώνους αλουμινίου και 1 κλώνο χάλυβα (χαλύβδινη ψυχή). Τόσο οι κλώνοι αλουμινίου όσο και οι κλώνοι χάλυβα έχουν διάμετρο $d_{Fe} = d_{Al} = 4,11 \text{ mm}$. Η συνολική διάμετρος του αγωγού είναι $d = 12,33 \text{ mm}$.

Επειδή $\delta_{Al} > d_{Al}$ γίνεται πλήρης εκμετάλλευση των κλώνων αλουμινίου. Η συνολική διατομή των κλώνων αλουμινίου θα είναι:

$$A_{Al} = N_{Al} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_{Al}}{2}\right)^2 = 6 \cdot \pi \cdot \left(\frac{4,11}{2}\right)^2 \Rightarrow \boxed{A_{Al} = 79,6 \text{ mm}^2} \quad (3.3-5)$$

Για τον κλώνο χάλυβα επειδή $\delta_{Fe} < d_{Al}$ δεν γίνεται πλήρης εκμετάλλευση του κλώνου. Με αυτή την παρατήρηση η διατομή του κλώνου χάλυβα είναι:

$$A_{Fe} = \pi \left(\frac{d_{Fe}}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{d_{Fe}}{2} - \delta_{Fe}\right)^2 = \pi \left(\frac{4,11}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{4,11}{2} - 1,8\right)^2 \Rightarrow \boxed{A_{Fe} = 13,06 \text{ mm}^2} \quad (3.3-6)$$

Για την μετατροπή της διατομής αυτής σε ισοδύναμη αλουμινίου θα έχουμε:

$$A'_{Al} = A_{Fe} \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Fe}} = 13,06 \cdot \frac{6,67}{34,8} \Rightarrow \boxed{A'_{Al} = 2,5 \text{ mm}^2} \quad (3.3-7)$$

Η συνολική διατομή του αγωγού σε ισοδύναμη αλουμινίου λαμβάνοντας υπόψη το επιδερμικό φαινόμενο είναι:

$$A_{ACSR50,se} = A_{Al} + A'_{Al} = 79,6 + 2,5 \Rightarrow \boxed{A_{ACSR50,se} = 82,1 \text{ mm}^2} \quad (3.3-8)$$

Ενώ χωρίς να ληφθεί υπόψη το επιδερμικό φαινόμενο η συνολική διατομή γίνεται:

$$A_{ACSR50} = 82,25mm^2 \quad (3.3-9)$$

Όπως φαίνεται από τις σχέσεις (3.3-8), (3.3-9) η διαφορά στην διατομή του αγωγού λόγω του επιδερμικού φαινομένου είναι αμελητέα, κάτι που επιβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία [24], όπου η επίδραση του επιδερμικού φαινομένου είναι σημαντική σε μεγάλες διατομές αγωγών και έχει αμελητέα επίδραση στην ωμική αντίσταση αγωγών με διατομή (ισοδύναμη χαλκού) μικρότερη των $150mm^2$. Παρά το γεγονός αυτό στην εργασία που κάνουμε, θα χρησιμοποιηθεί η διατομή του αγωγού που προέκυψε λαμβάνοντας υπόψη το επιδερμικό φαινόμενο.

3.4 Υπολογισμός της συνολικής σύνθετης αντίστασης του δικτύου μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης

1) Σύνθετη αντίσταση του μετασχηματιστή

- Ωμική αντίσταση Μ/Σ :

$$R_{M\Sigma} = u_r \frac{V_N^2}{S_N} \quad (3.4-1)$$

- Επαγωγική αντίδραση Μ/Σ :

$$X_{M\Sigma} = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \frac{V_N^2}{S_N} \quad (3.4-2)$$

- Σύνθετη αντίσταση Μ/Σ :

$$Z_{M\Sigma} = R_{M\Sigma} + iX_{M\Sigma} \quad (3.4-3)$$

Όπου:

u_r : Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης που αντιστοιχεί στην p.u τιμή της ωμικής αντίστασης του Μ/Σ

u_k : Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης που αντιστοιχεί στην p.u τιμή της σύνθετης αντίστασης του Μ/Σ

V_N : Ονομαστική τάση δευτερεύοντος του Μ/Σ (Πλευρά Μ.Τ)

S_N : Ονομαστική τιμή ισχύος του Μ/Σ

2) Γραμμή μεταφοράς

Στον παρακάτω πίνακα 3.4-1 δίνονται οι τιμές της ωμικής αντίστασης της γραμμής ανά Km ($R_{Γ_Km}$), της επαγωγικής αντίδρασης της γραμμής ανά Km ($X_{Γ_Km}$), της πραγματικής διατομής του αγωγού (A_{35}), και της ακτίνας r του αγωγού. [25]

Είδος αγωγού	R_{Γ_Km} (Ω/Km)	X_{Γ_Km} (Ω/Km)	$A_{ACSR50,SE}$ (mm^2)	d (mm)
ACSR ισοδύναμος με cu 50 mm ² (μόνο για Μ.Τ)	0,404	0,386	82,1	12,33

Πίνακας 3.4-1

- Ωμική αντίσταση της γραμμής :

$$R_{\Gamma} = R_{\Gamma_Km} \cdot l \quad (3.4-4)$$

- Επαγωγική αντίδραση της γραμμής :

$$X_{\Gamma} = X_{\Gamma_Km} \cdot l \quad (3.4-5)$$

- Σύνθετη αντίσταση της γραμμής :

$$Z_{\Gamma} = R_{\Gamma} + iX_{\Gamma} \quad (3.4-6)$$

Όπου:

l (Km) : το σημείο στο οποίο γίνεται το βραχυκύκλωμα.

3) Η συνολική σύνθετη αντίσταση μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης είναι:

$$Z_T = Z_{M\Sigma} + Z_{\Gamma} \quad (3.4-7)$$

3.5 Υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης

Ο εξοπλισμός που είναι εγκατεστημένος σε υποσταθμούς (μετασχηματιστές, διακόπτες, αποξυέκτες, κ.λπ.) δέχεται ακραίες καταπονήσεις από τα ρεύματα βραχυκύκλωσης, που δεν πρέπει να οδηγούν σε αστοχία. Το βραχυκύκλωμα προκαλεί δυναμική και θερμική καταπόνηση στον εξοπλισμό που είναι εγκατεστημένος στη διαδρομή βραχυκύκλωσης. Για τη θερμική καταπόνηση έχουν ιδιαίτερη σημασία η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_d) και ο χρόνος μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος από τα μέσα προστασίας.

Γενικά, το ρεύμα βραχυκύκλωσης εμφανίζεται αρχικά ως ασύμμετρο και κατόπιν ως συμμετρικό. Το ασύμμετρο τμήμα περιλαμβάνει το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sw}) και το συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_g). Το συμμετρικό τμήμα βραχυκύκλωσης αποτελείται από το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_d).

Τα ρεύματα (I_d) και (I_{sw}) συνδέονται μέσω της σχέσης:

$$I_d = \mu_d I_{sw} \quad (3.5-1)$$

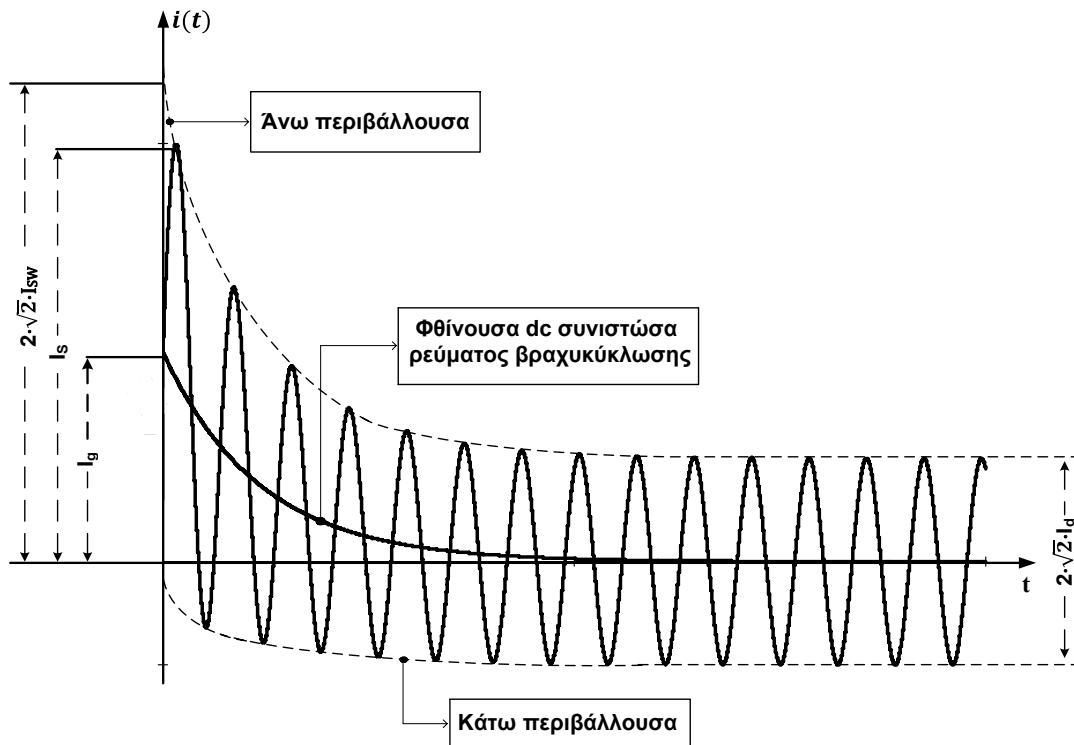
Όπου μ_d συντελεστής που πρακτικά δείχνει πόσο απέχει το βραχυκύκλωμα από τη γεννήτρια. Ισχύει ότι:

$$0.35 \leq \mu_d \leq 1 \quad \text{με } \mu_{d_max} = 1 \text{ και } \mu_{d_min} = 0.35 \quad (3.5-2)$$

Για την τιμή $\mu_{d_max} = 1 \Rightarrow I_d = I_{sw}$ γίνεται μια προσέγγιση της θέσης βραχυκύκλωσης «μακριά από τη γεννήτρια».

Η μορφή του ρεύματος βραχυκύκλωσης μπορεί να προσομοιωθεί από την μαθηματική σχέση (3.5-3) και η οποία αποδίδει ικανοποιητικά τη χρονική μεταβολή του ρεύματος βραχυκύκλωσης όπως φαίνεται στο σχ. 3.5-1

$$i(t) = \sqrt{2}[I_d + (I_{sw} - I_d)e^{-at}] \sin \omega t + I_g e^{-bt} \quad (3.5-3)$$



Σχ. 3.5-1 Μορφή ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά τη σχέση (1)

Τα a και b στη σχέση (3.5-3) είναι συντελεστές χρόνου (1/sec) που εξαρτώνται από τη μορφή του ρεύματος βραχυκύκλωσης και συναρτώνται κυρίως από την επαγωγή και την αντίσταση του δικτύου πριν από την θέση βραχυκύκλωσης.

Στήν παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η δυσμενέστερη περίπτωση λειτουργίας, η οποία θεωρείται το τριφασικό βραχυκύκλωμα (3φ) στον αέρα. Επίσης εξετάζεται το διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ). Για τις περιπτώσεις αυτές το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$I_{SW_{3\phi}} = \frac{1,1V_N}{\sqrt{3}|Z_T|} \quad (3.5-4)$$

$$I_{SW_{2\phi}} = \frac{1,1V_N}{2|Z_T|} \quad (3.5-5)$$

Όπου 1,1 είναι ο συντελεστής προσαύξησης για την διακύμανη της τάσης στη μέση τάση.

Τέλος η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_S) λέγεται κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_S = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{SW} \quad (3.5-6)$$

Όπου k συντελεστής που έχει τιμές $k \approx 1.8 \div 1$

3.6 Διηλεκτρική συμπεριφορά των γραμμών μεταφοράς

3.6.1 Γενικά περί σπινθηρισμών και έρπουσων εκκενώσεων

Ως σπινθηρισμοί ορίζονται οι μερικές εκκενώσεις περιορισμένης διαδρομής (έρπουσες εκκενώσεις) που δημιουργούνται στην επιφάνεια των μονωτήρων ή των αγωγών. Στην επιφάνεια των αγωγών οι σπινθηρισμοί λέγονται φαινόμενο Corona. Τα χαρακτηριστικά των σπινθηρισμών είναι φωτεινή ακτινοβολία και θόρυβος, και τα οποία βέβαια δεν οφείλονται σε τήγματα των μονωτήρων ή των αγωγών.

Οι σπινθηρισμοί δημιουργούνται λόγω της ύπαρξης ρύπων (καθαλαττώσεις, σκόνη, καπναιθάλη κ.λπ.) και υγρασίας στην επιφάνεια των μονωτήρων. Από έρπουσες εκκενώσεις εξελίσσονται σε έρπουσες διαρροές (υπερπήδησεις) όταν τα ποσοστά των ρύπων και της υγρασίας στην επιφάνεια των μονωτήρων είναι μεγάλα. Η υπερπήδησεις στους μονωτήρες δημιουργούν πρόβλημα στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας γιατί είναι σφάλματα βραχυκύκλωσης και ενεργοποιούν την προστασία του συστήματος, ενώ οι μερικές εκκενώσεις περιορισμένης διαδρομής δημιουργούν παρεμβολές στα συστήματα τηλεπικοινωνιών. Οι σπινθηρισμοί και η εξέλιξή τους σε έρπουσες εκκενώσεις επί των μονωτήρων οφείλονται κατά κανόνα σε ταυτόχρονη επίδραση υγρασίας της ατμόσφαιρας και ρύπανσης στην επιφάνεια των μονωτήρων. Είναι απαραίτητο να συνυπάρχουν και οι δύο αυτές συνθήκες για να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις σπινθηρισμών μετά έρπουσων εκκενώσεων, επιφανειακής διάσπασης ή υπερπήδησης.

Σε ένα απλοποιημένο μοντέλο για τους σπινθηρισμούς και τις έρπουσες εκκενώσεις, οι σπινθηρισμοί είναι φωτεινή ακτινοβολία και ήχος (κυρίως λόγω συλλογής ελευθέρων ηλεκτρονίων από την άνοδο) και οι έρπουσες εκκενώσεις η διαρροή επί του μονωτήρα λόγω της ωμικής αντίστασης που παρουσιάζει ο συνδιασμός «ρύπανση-υγρασία υπό μορφή δρόσου». Στην πρώτη περίπτωση μιλά κανείς για στεγνές ζώνες επί του μονωτήρα και στη δεύτερη περίπτωση για υγρές ζώνες.

3.6.2 Εκδήλωση σπινθηρισμών σε γυμνούς αγωγούς μέσης τάσης

Για την εκδήλωση σπινθηρισμών μεταξύ των αγωγών, πολύ δε περισσότερο για τη διάσπαση μεταξύ αυτών, απαιτείται δραστική μείωση της μονωτικής ικανότητας (η διηλεκτρικής αντοχής) του αέρα από αγωγίμους ρύπους, όπως αυτό συμβαίνει στην περίπτωση της καπναιθάλης. Η ελάχιστη πεδιακή ένταση E_a που απαιτείται για την έναρξη των μερικών εκκενώσεων μιας γραμμής μέσης τάσης δίνεται από τη σχέση:

$$E_a = 30m_1m_2\delta \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta \cdot r}}\right) \left(\frac{kV}{cm}\right) \quad (3.6.2-1)$$

r : Η ακτίνα του αγωγού

m_1 : Συντελεστής που εξαρτάται από την κατάσταση των αγωγών (ρυπασμένο περιβάλλον)

m_2 : Συντελεστής υγρασίας

δ : Σχετική πυκνότητα αέρα

3.6.3 Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση σε αγωγούς μέσης τάσης

Σε ένα ανομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο το διάνυσμα της έντασης δεν έχει παντού την ίδια διεύθυνση και το ίδιο μέτρο. Κάθε ανομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο έχει μια μέγιστη πεδιακή ένταση E_{max} . Σε μια δεδομένη διάταξη ηλεκτροδίων, από υψηλή τάση, η E_{max} έχει ιδιαίτερη σημασία για την πράξη, γιατί εκφράζει τη μέγιστη δύναμη που εξασκείται από το πεδίο.

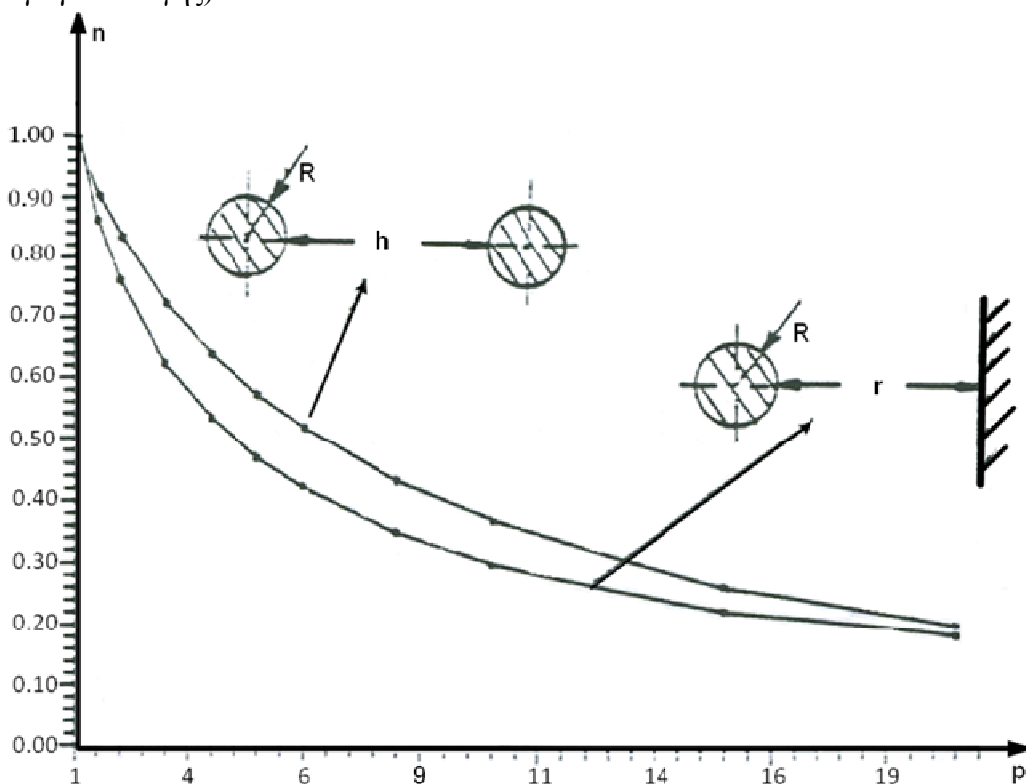
Από την εμπειρία είναι γνωστό, ότι η μέγιστη τιμή της πεδιακής έντασης, σε μια δεδομένη διάταξη ηλεκτροδίων εκδηλώνεται στις θέσεις, όπου οι μεταλλικές επιφάνειες έχουν την μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας. Ο εμπειρικός αυτός κανόνας αποδεικνύεται εύκολα πειραματικά με το φορτισμένο δοχείο Faraday.

Στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο δεν υπάρχει η έννοια της E_{max} , γιατί η πεδιακή ένταση είναι σε κάθε σημείο η ίδια. Η E_{max} στο ανομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο μπορεί να δοθεί από την ακόλουθη σχέση:

$$E_{max} = \frac{V_n}{d \cdot n} \quad (3.6.3-1)$$

d : Η απόσταση μεταξύ των αγωγών ή μεταξύ αγωγού και γής που συνήθως συμβολίζεται με h
 n : Συντελεστής χρησιμοποίησης.

Στο σχ.3.6.3-1 δίνονται οι χαρακτηριστικές για το συντελεστή χρησιμοποίησης n (με ικανοποιητική προσέγγιση για την πράξη), οι οποίες αφορούν κυλινδρικά τμήματα παράλληλων επιπέδων (δηλαδή μεταξύ των αγωγών) και κυλινδρικές επιφάνειες ως προς μια πλάκα (δηλαδή μεταξύ αγωγού και γης).



Σχ.3.6.3-1 $n=f(p)$ για κύλινδρο-κύλινδρο και για κύλινδρο-πλάκα και για $p < 19,6$

Η γεωμετρική σταθερά p του πεδίου για τη διάταξη κύλινδρος-κύλινδρος (δηλαδή μεταξύ των αγωγών) είναι:

$$p_d = \frac{r+d}{r} \quad (3.6.3-2)$$

Η γεωμετρική σταθερά p του πεδίου για τη διάταξη κύλινδρος-πλάκα(δηλαδή μεταξύ αγωγού και γης) είναι:

$$p_h = \frac{r+h}{r} \quad (3.6.3-3)$$

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης n για $p > 19,6$ υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

1) Για τη διάταξη κύλινδρος-κύλινδρος και $p > 19,6$ ισχύει περίπου:

$$n_d \approx \frac{2r \ln(2 + \frac{d}{r})}{d} \quad (3.6.3-4)$$

2) Για τη διάταξη κύλινδρος-πλάκα και $p > 19,6$ μπορεί αν γίνει χρήση της προσεγγιστικής σχέσης:

$$n_h \approx \frac{10r \ln(1 + \frac{h}{R})}{9h} \quad (3.6.3-5)$$

3.6.4 Επιλογή του μήκους ερπυσμού κεραμικών και γυάλινων μονωτήρων προς αποφυγή σπινθηρισμών

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται κατά IEC 825/1986 η δυνατότητα επιλογής του ελάχιστου μήκους ερπυσμού κεραμικών μονωτήρων και μονωτήρων από γυαλί, αναλόγως του περιβάλλοντός τους.

α/α	Επίπεδο ρύπανσης	Τυπικό παράδειγμα περιβάλλοντος	Ελάχιστο μήκος ερπυσμού
I	Μικρό (0,006 mg/cm ²)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Περιοχές χωρίς βιομηχανίες και με μικρή πυκνότητα σπιτιών με κεντρική θέρμανση. 2. Περιοχές με χαμηλή πυκνότητα εργοστασίων ή σπιτιών υπό συνήθεις ανέμους και/η βροχές. 3. Αγροτικές περιοχές (η χρήση λιπασμάτων μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο επίπεδο επίπεδο ρύπανσης). <p><u>Σημείωση:</u> Οι προαναφερθείσες περιοχές θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 10 km έως 20 km από τη θάλασσα και να μην εκτίθενται σε ανέμους που έρχονται από τη θάλασσα.</p>	16 mm/kV

II	Μεσαίο (0,2 mg/cm ²)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Περιοχές με εργοστάσια που δεν παράγουν ρυπαντικό καπνό και/ή με μέση πυκνότητα σπιτιών εξοπλισμένων με κεντρική θέρμανση. 2. Περιοχές με υψηλή πυκνότητα σπιτιών και/ή εργοστάσια, αλλά εκτεθειμένες σε συνήθεις ανέμους και/ή βροχοπτώσεις. 3. Περιοχές εκτεθειμένες σε ανέμους προερχόμενους από τη θάλασσα, αλλά όχι τόσο κοντά στην ακτή (το λιγότερο σε απόσταση αρκετών km). 	20 mm/kV
III	Υψηλό (0,6 mg/cm ²)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Περιοχές με μεγάλη πυκνότητα Εργοστασίων και προάστια μεγάλων πόλεων με μεγάλη πυκνότητα εγκαταστάσεων θέρμανσης που παράγουν καπνό. 2. Περιοχές κοντά στη θάλασσα ή σε κάθε περίπτωση εκτεθειμένες σε σχετικά ισχυρούς ανέμους προερχόμενους από τη θάλασσα. 	25 mm/kV
IV	Πολύ Υψηλό (>0,6 mg/cm ²)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Περιοχές γενικά μέτριας έκτασης εκτεθειμένες σε αιώγιμες σκόνες και σε βιομηχανικό καπνό ο οποίος παράγει ειδικά λεπτές αιώγιμες επικαθήσεις. 2. Περιοχές γενικά μέτριας έκτασης πολύ κοντά στην ακτή η εκτεθειμένες σε πολύ ισχυρό αέρα προερχόμενο από τη θάλασσα. 3. Περιοχές ερήμου, που χαρακτηρίζονται από την απουσία βροχής για μεγάλες χρονικές περιόδους, εκτεθειμένες σε ισχυρούς ανέμους που μεταφέρουν άμμο και αλάτι. 	31 mm/kV

Πίνακας 3.6.4-1: Επιλογή του ελάχιστου μήκους ερπυσμού κεραμικών υλικών και γυάλινων μονωτήρων, αναλόγως του περιβάλλοντός τους.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

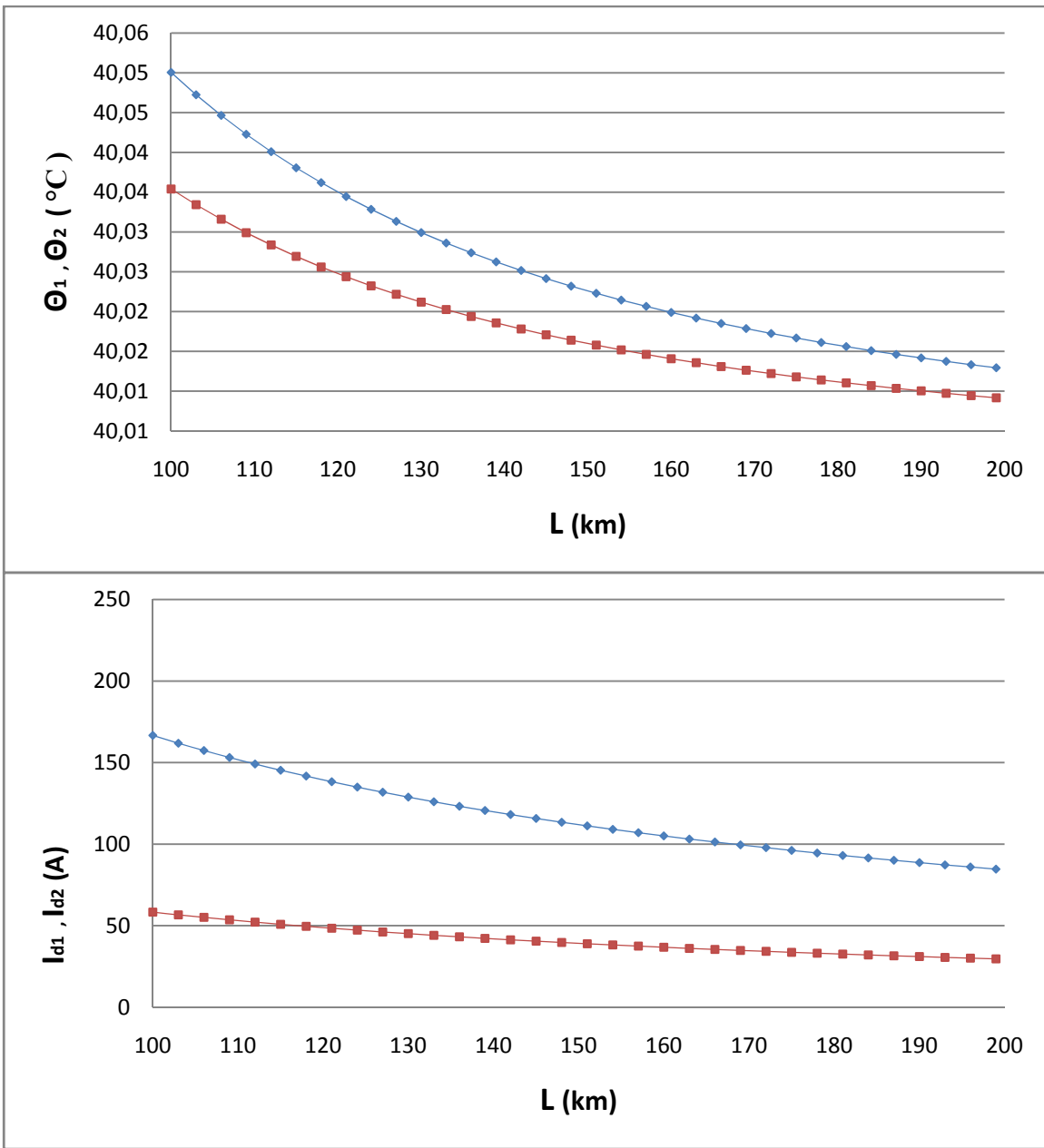
4.1) Θερμική καταπόνηση

4.4 Τριφασικό βραχυκύκλωμα

- 1) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=0,15sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	57,17	166,63	166,63	58,32	40,05	40,04
103	41,61	39,76	58,85	161,88	161,88	56,66	40,05	40,03
106	42,82	40,92	60,52	157,40	157,40	55,09	40,04	40,03
109	44,04	42,07	62,20	153,16	153,16	53,60	40,04	40,03
112	45,25	43,23	63,88	149,14	149,14	52,20	40,04	40,03
115	46,46	44,39	65,55	145,33	145,33	50,86	40,04	40,03
118	47,67	45,55	67,23	141,70	141,70	49,60	40,04	40,03
121	48,88	46,71	68,90	138,26	138,26	48,39	40,03	40,02
124	50,10	47,86	70,58	134,97	134,97	47,24	40,03	40,02
127	51,31	49,02	72,26	131,84	131,84	46,14	40,03	40,02
130	52,52	50,18	73,93	128,85	128,85	45,10	40,03	40,02
133	53,73	51,34	75,61	126,00	126,00	44,10	40,03	40,02
136	54,94	52,50	77,28	123,26	123,26	43,14	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,96	120,65	120,65	42,23	40,03	40,02
142	57,37	54,81	80,64	118,14	118,14	41,35	40,03	40,02
145	58,58	55,97	82,31	115,73	115,73	40,51	40,02	40,02
148	59,79	57,13	83,99	113,42	113,42	39,70	40,02	40,02
151	61,00	58,29	85,66	111,21	111,21	38,92	40,02	40,02
154	62,22	59,44	87,34	109,07	109,07	38,17	40,02	40,02
157	63,43	60,60	89,02	107,02	107,02	37,46	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,69	105,04	105,04	36,76	40,02	40,01
163	65,85	62,92	92,37	103,13	103,13	36,10	40,02	40,01
166	67,06	64,08	94,04	101,30	101,30	35,45	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,72	99,52	99,52	34,83	40,02	40,01
172	69,49	66,39	97,40	97,81	97,81	34,23	40,02	40,01
175	70,70	67,55	99,07	96,15	96,15	33,65	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,75	94,55	94,55	33,09	40,02	40,01
181	73,12	69,87	102,43	93,01	93,01	32,55	40,02	40,01
184	74,34	71,02	104,10	91,51	91,51	32,03	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,78	90,06	90,06	31,52	40,01	40,01
190	76,76	73,34	107,45	88,65	88,65	31,03	40,01	40,01
193	77,97	74,50	109,13	87,29	87,29	30,55	40,01	40,01
196	79,18	75,66	110,81	85,97	85,97	30,09	40,01	40,01
199	80,40	76,81	112,48	84,69	84,69	29,64	40,01	40,01

Πίνακας 1: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,15sec
ΜΣ 150kV/15kV: R_{ΜΣ}= 0,054Ω, X_{ΜΣ}=1,799
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

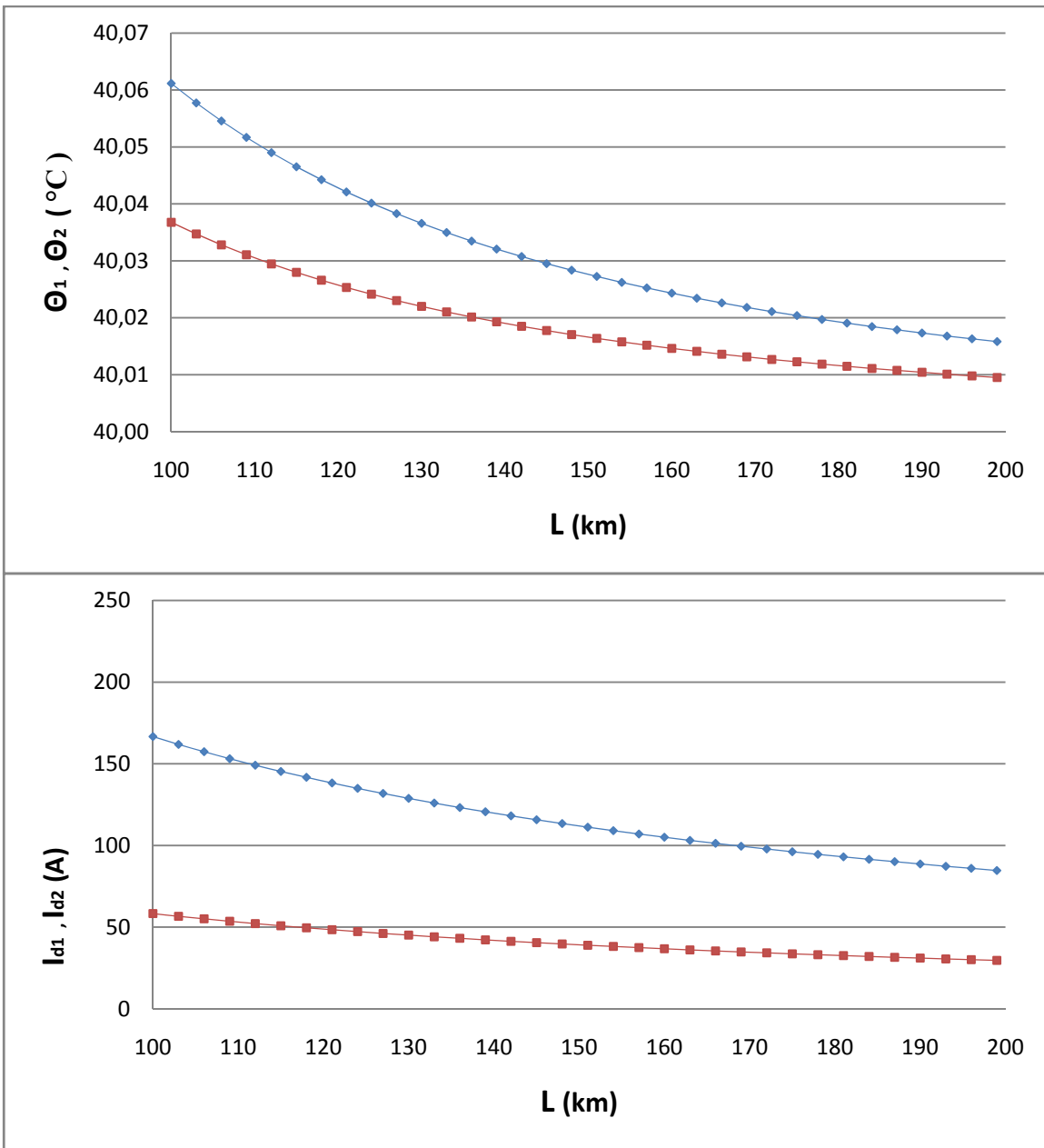


Σχήμα 1: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N=15KV$, $P_N=25MVA$, $t=0,15sec$

2) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (Δt) t=0,25sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	57,17	166,63	166,63	58,32	40,06	40,04
103	41,61	39,76	58,85	161,88	161,88	56,66	40,06	40,03
106	42,82	40,92	60,52	157,40	157,40	55,09	40,05	40,03
109	44,04	42,07	62,20	153,16	153,16	53,60	40,05	40,03
112	45,25	43,23	63,88	149,14	149,14	52,20	40,05	40,03
115	46,46	44,39	65,55	145,33	145,33	50,86	40,05	40,03
118	47,67	45,55	67,23	141,70	141,70	49,60	40,04	40,03
121	48,88	46,71	68,90	138,26	138,26	48,39	40,04	40,03
124	50,10	47,86	70,58	134,97	134,97	47,24	40,04	40,02
127	51,31	49,02	72,26	131,84	131,84	46,14	40,04	40,02
130	52,52	50,18	73,93	128,85	128,85	45,10	40,04	40,02
133	53,73	51,34	75,61	126,00	126,00	44,10	40,03	40,02
136	54,94	52,50	77,28	123,26	123,26	43,14	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,96	120,65	120,65	42,23	40,03	40,02
142	57,37	54,81	80,64	118,14	118,14	41,35	40,03	40,02
145	58,58	55,97	82,31	115,73	115,73	40,51	40,03	40,02
148	59,79	57,13	83,99	113,42	113,42	39,70	40,03	40,02
151	61,00	58,29	85,66	111,21	111,21	38,92	40,03	40,02
154	62,22	59,44	87,34	109,07	109,07	38,17	40,03	40,02
157	63,43	60,60	89,02	107,02	107,02	37,46	40,03	40,02
160	64,64	61,76	90,69	105,04	105,04	36,76	40,02	40,01
163	65,85	62,92	92,37	103,13	103,13	36,10	40,02	40,01
166	67,06	64,08	94,04	101,30	101,30	35,45	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,72	99,52	99,52	34,83	40,02	40,01
172	69,49	66,39	97,40	97,81	97,81	34,23	40,02	40,01
175	70,70	67,55	99,07	96,15	96,15	33,65	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,75	94,55	94,55	33,09	40,02	40,01
181	73,12	69,87	102,43	93,01	93,01	32,55	40,02	40,01
184	74,34	71,02	104,10	91,51	91,51	32,03	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,78	90,06	90,06	31,52	40,02	40,01
190	76,76	73,34	107,45	88,65	88,65	31,03	40,02	40,01
193	77,97	74,50	109,13	87,29	87,29	30,55	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,81	85,97	85,97	30,09	40,02	40,01
199	80,40	76,81	112,48	84,69	84,69	29,64	40,02	40,01

Πίνακας 2: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,25sec
ΜΣ 150kV/15kV: R_{ΜΣ}= 0,054Ω, X_{ΜΣ}=1,799
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

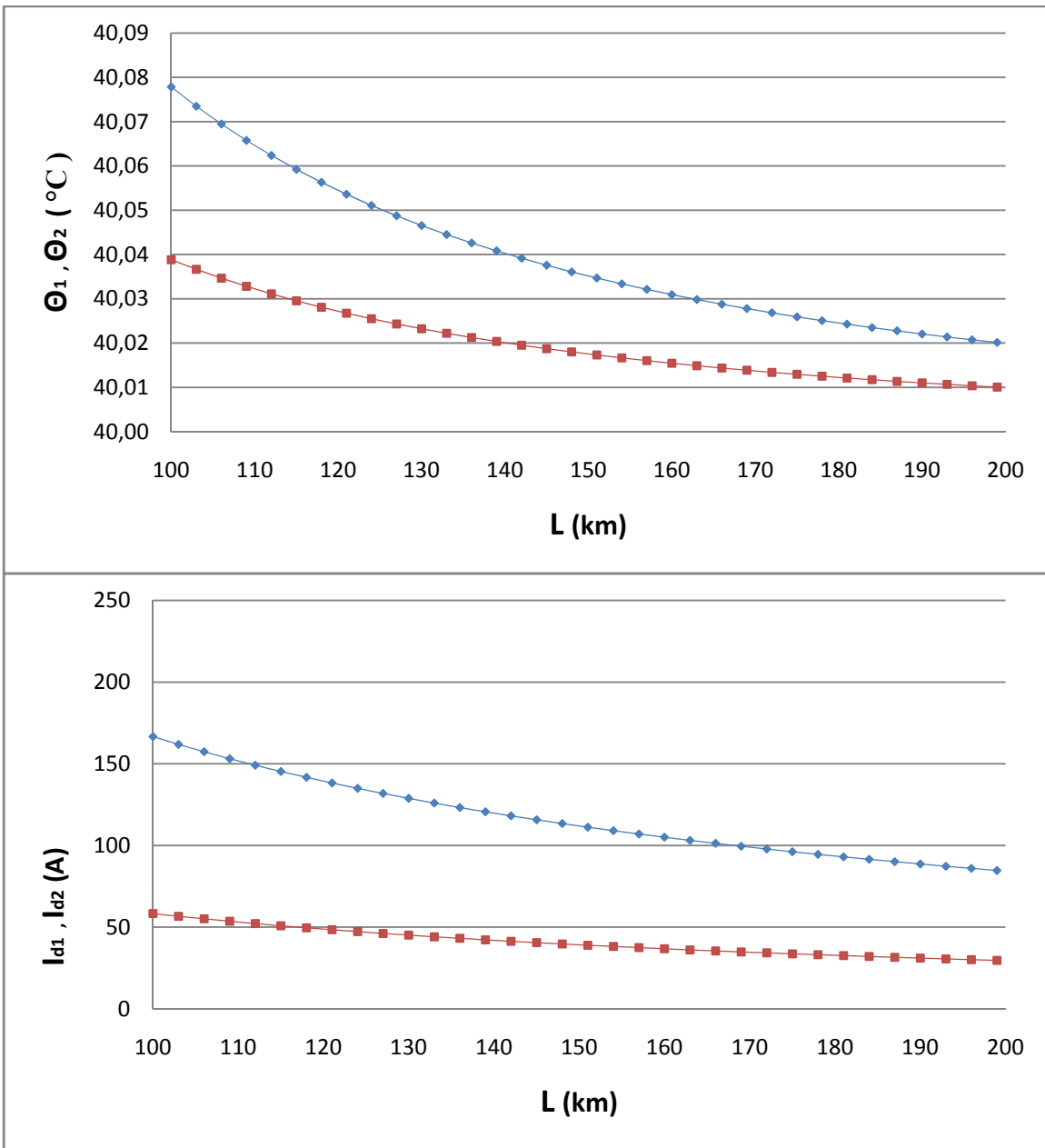


Σχήμα 2: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15\text{KV}$, $P_N= 25\text{MVA}$, $t=0,25\text{sec}$

3) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,4sec$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}C$)	Θ_2 ($^{\circ}C$)
100	40,40	38,60	57,17	166,63	166,63	58,32	40,08	40,04
103	41,61	39,76	58,85	161,88	161,88	56,66	40,07	40,04
106	42,82	40,92	60,52	157,40	157,40	55,09	40,07	40,03
109	44,04	42,07	62,20	153,16	153,16	53,60	40,07	40,03
112	45,25	43,23	63,88	149,14	149,14	52,20	40,06	40,03
115	46,46	44,39	65,55	145,33	145,33	50,86	40,06	40,03
118	47,67	45,55	67,23	141,70	141,70	49,60	40,06	40,03
121	48,88	46,71	68,90	138,26	138,26	48,39	40,05	40,03
124	50,10	47,86	70,58	134,97	134,97	47,24	40,05	40,03
127	51,31	49,02	72,26	131,84	131,84	46,14	40,05	40,02
130	52,52	50,18	73,93	128,85	128,85	45,10	40,05	40,02
133	53,73	51,34	75,61	126,00	126,00	44,10	40,04	40,02
136	54,94	52,50	77,28	123,26	123,26	43,14	40,04	40,02
139	56,16	53,65	78,96	120,65	120,65	42,23	40,04	40,02
142	57,37	54,81	80,64	118,14	118,14	41,35	40,04	40,02
145	58,58	55,97	82,31	115,73	115,73	40,51	40,04	40,02
148	59,79	57,13	83,99	113,42	113,42	39,70	40,04	40,02
151	61,00	58,29	85,66	111,21	111,21	38,92	40,03	40,02
154	62,22	59,44	87,34	109,07	109,07	38,17	40,03	40,02
157	63,43	60,60	89,02	107,02	107,02	37,46	40,03	40,02
160	64,64	61,76	90,69	105,04	105,04	36,76	40,03	40,02
163	65,85	62,92	92,37	103,13	103,13	36,10	40,03	40,01
166	67,06	64,08	94,04	101,30	101,30	35,45	40,03	40,01
169	68,28	65,23	95,72	99,52	99,52	34,83	40,03	40,01
172	69,49	66,39	97,40	97,81	97,81	34,23	40,03	40,01
175	70,70	67,55	99,07	96,15	96,15	33,65	40,03	40,01
178	71,91	68,71	100,75	94,55	94,55	33,09	40,03	40,01
181	73,12	69,87	102,43	93,01	93,01	32,55	40,02	40,01
184	74,34	71,02	104,10	91,51	91,51	32,03	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,78	90,06	90,06	31,52	40,02	40,01
190	76,76	73,34	107,45	88,65	88,65	31,03	40,02	40,01
193	77,97	74,50	109,13	87,29	87,29	30,55	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,81	85,97	85,97	30,09	40,02	40,01
199	80,40	76,81	112,48	84,69	84,69	29,64	40,02	40,01

**Πίνακας 3: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 25MVA$, αγωγός ACSR $50mm^2$, Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,4sec$
**ΜΣ 150kV/15kV: $R_{MΣ}= 0,054\Omega$, $X_{MΣ}=1,799$
 Γραμμή: $A= 82,1mm^2$, $R_{\gamma}= 0,404\Omega/km$, $X_{\gamma}= 0,386\Omega/km$****

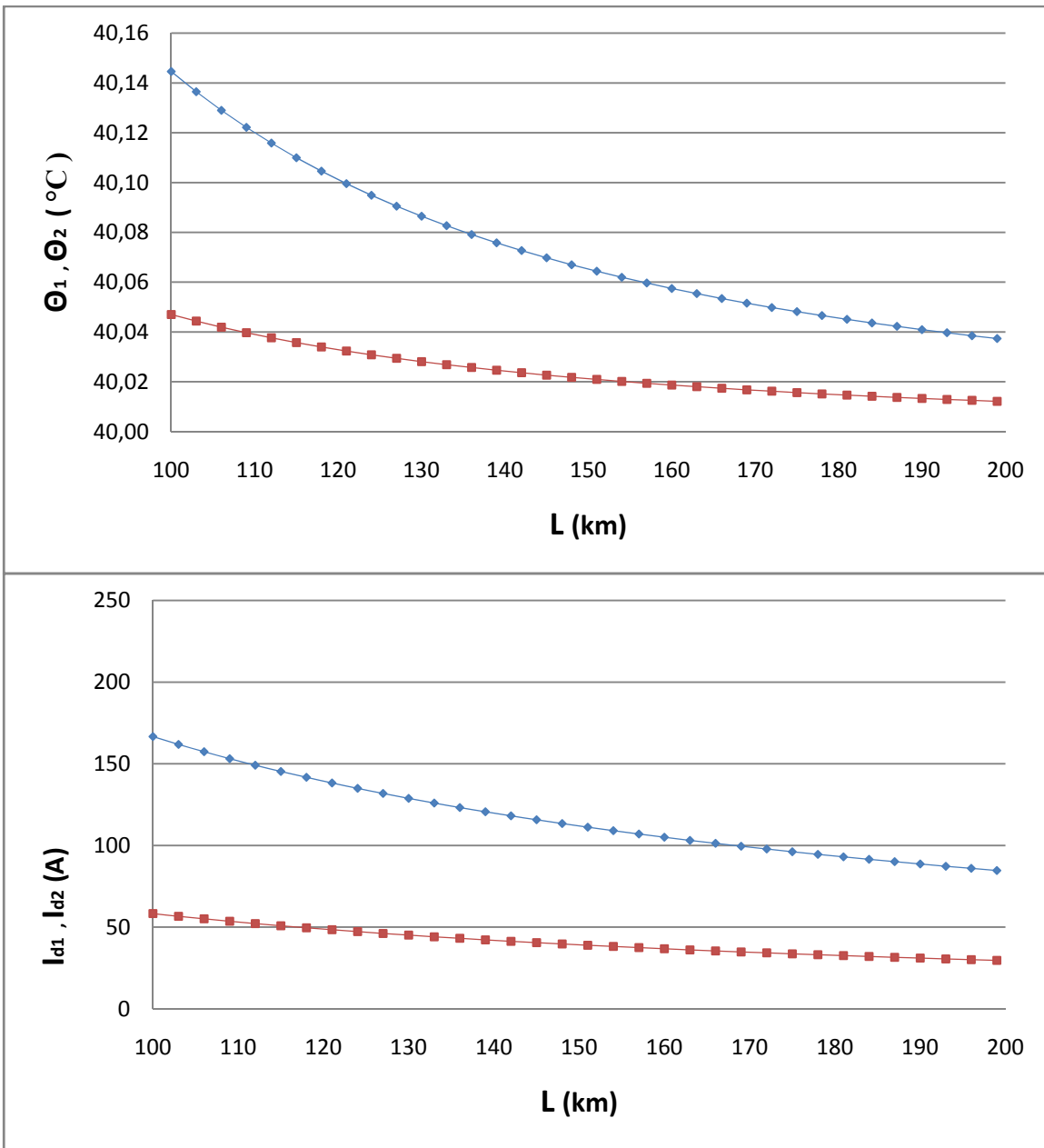


Σχήμα 3: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15KV$, $P_N= 25MVA$, $t=0,4sec$

4) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=1sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	57,17	166,63	166,63	58,32	40,14	40,05
103	41,61	39,76	58,85	161,88	161,88	56,66	40,14	40,04
106	42,82	40,92	60,52	157,40	157,40	55,09	40,13	40,04
109	44,04	42,07	62,20	153,16	153,16	53,60	40,12	40,04
112	45,25	43,23	63,88	149,14	149,14	52,20	40,12	40,04
115	46,46	44,39	65,55	145,33	145,33	50,86	40,11	40,04
118	47,67	45,55	67,23	141,70	141,70	49,60	40,10	40,03
121	48,88	46,71	68,90	138,26	138,26	48,39	40,10	40,03
124	50,10	47,86	70,58	134,97	134,97	47,24	40,09	40,03
127	51,31	49,02	72,26	131,84	131,84	46,14	40,09	40,03
130	52,52	50,18	73,93	128,85	128,85	45,10	40,09	40,03
133	53,73	51,34	75,61	126,00	126,00	44,10	40,08	40,03
136	54,94	52,50	77,28	123,26	123,26	43,14	40,08	40,03
139	56,16	53,65	78,96	120,65	120,65	42,23	40,08	40,02
142	57,37	54,81	80,64	118,14	118,14	41,35	40,07	40,02
145	58,58	55,97	82,31	115,73	115,73	40,51	40,07	40,02
148	59,79	57,13	83,99	113,42	113,42	39,70	40,07	40,02
151	61,00	58,29	85,66	111,21	111,21	38,92	40,06	40,02
154	62,22	59,44	87,34	109,07	109,07	38,17	40,06	40,02
157	63,43	60,60	89,02	107,02	107,02	37,46	40,06	40,02
160	64,64	61,76	90,69	105,04	105,04	36,76	40,06	40,02
163	65,85	62,92	92,37	103,13	103,13	36,10	40,06	40,02
166	67,06	64,08	94,04	101,30	101,30	35,45	40,05	40,02
169	68,28	65,23	95,72	99,52	99,52	34,83	40,05	40,02
172	69,49	66,39	97,40	97,81	97,81	34,23	40,05	40,02
175	70,70	67,55	99,07	96,15	96,15	33,65	40,05	40,02
178	71,91	68,71	100,75	94,55	94,55	33,09	40,05	40,02
181	73,12	69,87	102,43	93,01	93,01	32,55	40,05	40,01
184	74,34	71,02	104,10	91,51	91,51	32,03	40,04	40,01
187	75,55	72,18	105,78	90,06	90,06	31,52	40,04	40,01
190	76,76	73,34	107,45	88,65	88,65	31,03	40,04	40,01
193	77,97	74,50	109,13	87,29	87,29	30,55	40,04	40,01
196	79,18	75,66	110,81	85,97	85,97	30,09	40,04	40,01
199	80,40	76,81	112,48	84,69	84,69	29,64	40,04	40,01

Πίνακας 4: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=1sec
ΜΣ 150kV/15kV: R_{ΜΣ}= 0,054Ω, X_{ΜΣ}=1,799
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

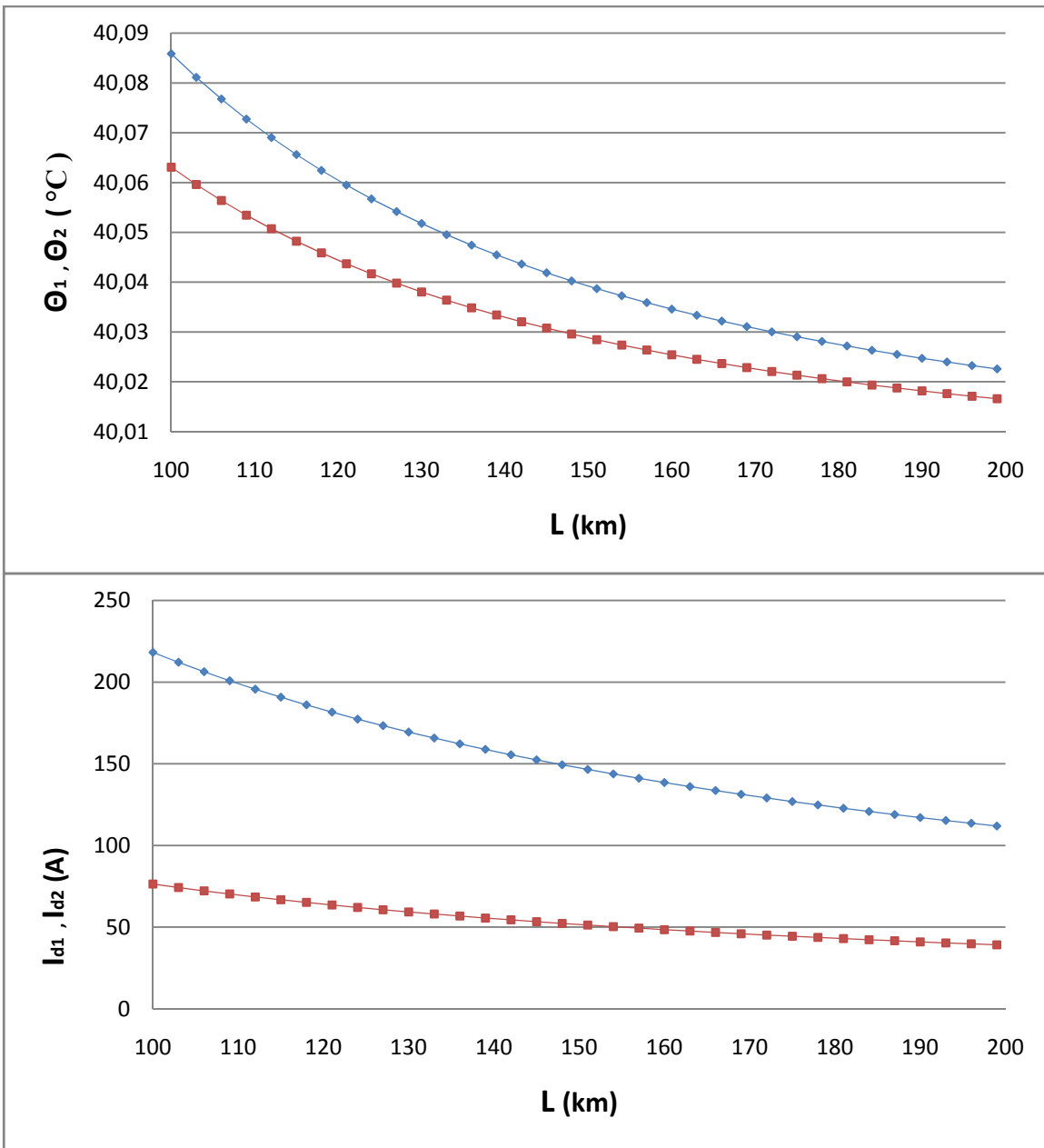


Σχήμα 4: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15\text{KV}$, $P_N= 25\text{MVA}$, $t=1\text{sec}$

5) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,15\text{sec}$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}\text{C}$)	Θ_2 ($^{\circ}\text{C}$)
100	40,40	38,60	58,20	218,25	218,25	76,39	40,09	40,06
103	41,61	39,76	59,87	212,14	212,14	74,25	40,08	40,06
106	42,82	40,92	61,55	206,37	206,37	72,23	40,08	40,06
109	44,04	42,07	63,22	200,90	200,90	70,32	40,07	40,05
112	45,25	43,23	64,90	195,72	195,72	68,50	40,07	40,05
115	46,46	44,39	66,57	190,79	190,79	66,78	40,07	40,05
118	47,67	45,55	68,25	186,11	186,11	65,14	40,06	40,05
121	48,88	46,71	69,92	181,65	181,65	63,58	40,06	40,04
124	50,10	47,86	71,60	177,40	177,40	62,09	40,06	40,04
127	51,31	49,02	73,28	173,34	173,34	60,67	40,05	40,04
130	52,52	50,18	74,95	169,47	169,47	59,31	40,05	40,04
133	53,73	51,34	76,63	165,76	165,76	58,02	40,05	40,04
136	54,94	52,50	78,30	162,21	162,21	56,77	40,05	40,03
139	56,16	53,65	79,98	158,81	158,81	55,59	40,05	40,03
142	57,37	54,81	81,65	155,56	155,56	54,44	40,04	40,03
145	58,58	55,97	83,33	152,43	152,43	53,35	40,04	40,03
148	59,79	57,13	85,01	149,42	149,42	52,30	40,04	40,03
151	61,00	58,29	86,68	146,53	146,53	51,29	40,04	40,03
154	62,22	59,44	88,36	143,76	143,76	50,31	40,04	40,03
157	63,43	60,60	90,03	141,08	141,08	49,38	40,04	40,03
160	64,64	61,76	91,71	138,50	138,50	48,48	40,03	40,03
163	65,85	62,92	93,38	136,02	136,02	47,61	40,03	40,02
166	67,06	64,08	95,06	133,62	133,62	46,77	40,03	40,02
169	68,28	65,23	96,74	131,30	131,30	45,96	40,03	40,02
172	69,49	66,39	98,41	129,07	129,07	45,17	40,03	40,02
175	70,70	67,55	100,09	126,91	126,91	44,42	40,03	40,02
178	71,91	68,71	101,76	124,82	124,82	43,69	40,03	40,02
181	73,12	69,87	103,44	122,79	122,79	42,98	40,03	40,02
184	74,34	71,02	105,11	120,84	120,84	42,29	40,03	40,02
187	75,55	72,18	106,79	118,94	118,94	41,63	40,03	40,02
190	76,76	73,34	108,47	117,10	117,10	40,99	40,02	40,02
193	77,97	74,50	110,14	115,32	115,32	40,36	40,02	40,02
196	79,18	75,66	111,82	113,59	113,59	39,76	40,02	40,02
199	80,40	76,81	113,49	111,91	111,91	39,17	40,02	40,02

**Πίνακας 5: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 25\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm^2 , Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,15\text{sec}$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{ΜΣ}= 0,096\Omega$, $X_{ΜΣ}=3,199\Omega$
Γραμμή: $A= 82,1\text{mm}^2$, $R_{\gamma}= 0,404\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma}= 0,386\Omega/\text{km}$**

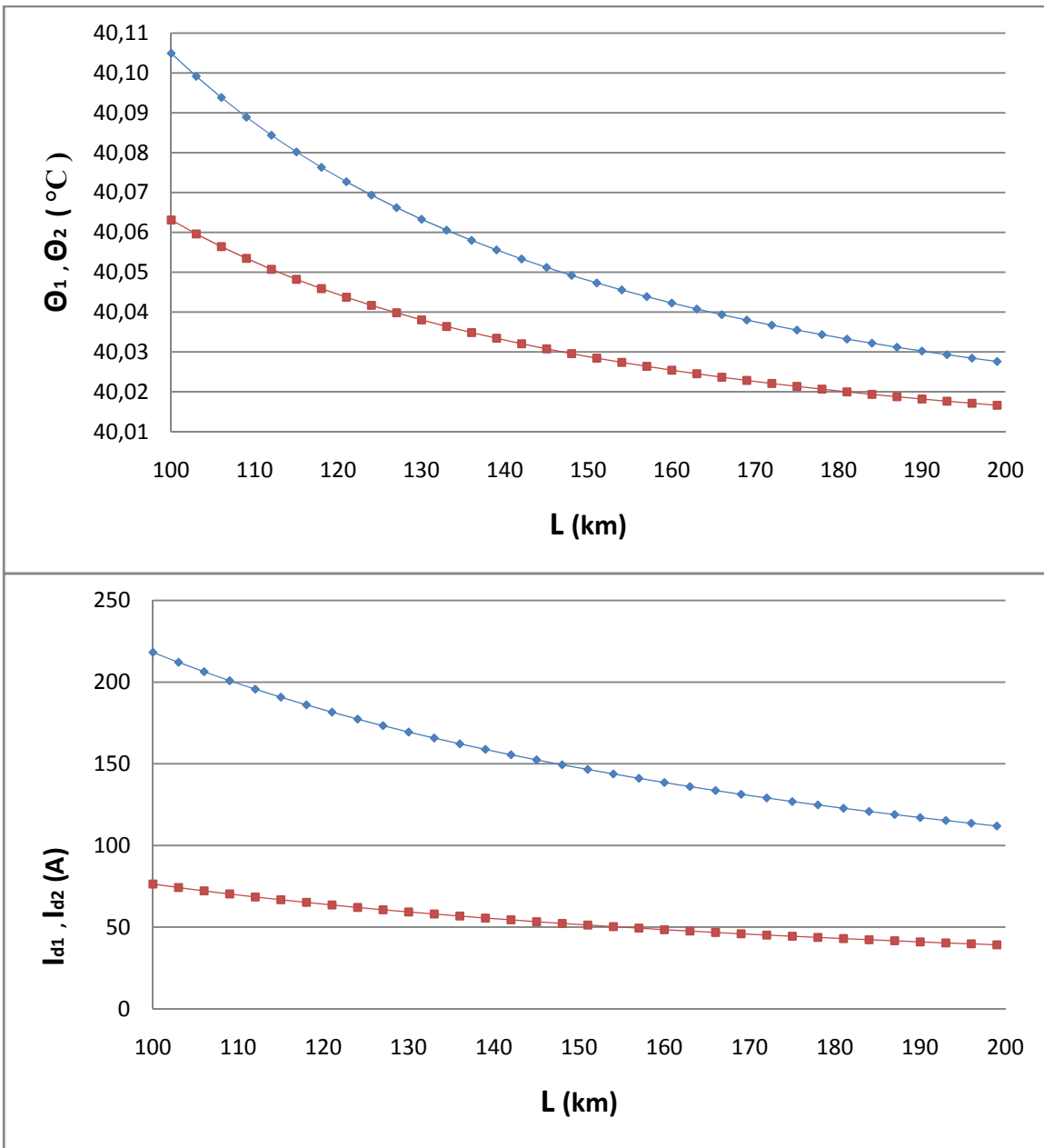


Σχήμα 5: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 25MVA$, $t=0,15sec$

6) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,25sec$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}C$)	Θ_2 ($^{\circ}C$)
100	40,40	38,60	58,20	218,25	218,25	76,39	40,10	40,06
103	41,61	39,76	59,87	212,14	212,14	74,25	40,10	40,06
106	42,82	40,92	61,55	206,37	206,37	72,23	40,09	40,06
109	44,04	42,07	63,22	200,90	200,90	70,32	40,09	40,05
112	45,25	43,23	64,90	195,72	195,72	68,50	40,08	40,05
115	46,46	44,39	66,57	190,79	190,79	66,78	40,08	40,05
118	47,67	45,55	68,25	186,11	186,11	65,14	40,08	40,05
121	48,88	46,71	69,92	181,65	181,65	63,58	40,07	40,04
124	50,10	47,86	71,60	177,40	177,40	62,09	40,07	40,04
127	51,31	49,02	73,28	173,34	173,34	60,67	40,07	40,04
130	52,52	50,18	74,95	169,47	169,47	59,31	40,06	40,04
133	53,73	51,34	76,63	165,76	165,76	58,02	40,06	40,04
136	54,94	52,50	78,30	162,21	162,21	56,77	40,06	40,03
139	56,16	53,65	79,98	158,81	158,81	55,59	40,06	40,03
142	57,37	54,81	81,65	155,56	155,56	54,44	40,05	40,03
145	58,58	55,97	83,33	152,43	152,43	53,35	40,05	40,03
148	59,79	57,13	85,01	149,42	149,42	52,30	40,05	40,03
151	61,00	58,29	86,68	146,53	146,53	51,29	40,05	40,03
154	62,22	59,44	88,36	143,76	143,76	50,31	40,05	40,03
157	63,43	60,60	90,03	141,08	141,08	49,38	40,04	40,03
160	64,64	61,76	91,71	138,50	138,50	48,48	40,04	40,03
163	65,85	62,92	93,38	136,02	136,02	47,61	40,04	40,02
166	67,06	64,08	95,06	133,62	133,62	46,77	40,04	40,02
169	68,28	65,23	96,74	131,30	131,30	45,96	40,04	40,02
172	69,49	66,39	98,41	129,07	129,07	45,17	40,04	40,02
175	70,70	67,55	100,09	126,91	126,91	44,42	40,04	40,02
178	71,91	68,71	101,76	124,82	124,82	43,69	40,03	40,02
181	73,12	69,87	103,44	122,79	122,79	42,98	40,03	40,02
184	74,34	71,02	105,11	120,84	120,84	42,29	40,03	40,02
187	75,55	72,18	106,79	118,94	118,94	41,63	40,03	40,02
190	76,76	73,34	108,47	117,10	117,10	40,99	40,03	40,02
193	77,97	74,50	110,14	115,32	115,32	40,36	40,03	40,02
196	79,18	75,66	111,82	113,59	113,59	39,76	40,03	40,02
199	80,40	76,81	113,49	111,91	111,91	39,17	40,03	40,02

Πίνακας 6: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 25MVA$, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,25sec$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{MΣ}= 0,096\Omega$, $X_{MΣ}=3,199\Omega$
Γραμμή: $A= 82,1mm^2$, $R_{\gamma}= 0,404\Omega/km$, $X_{\gamma}= 0,386\Omega/km$

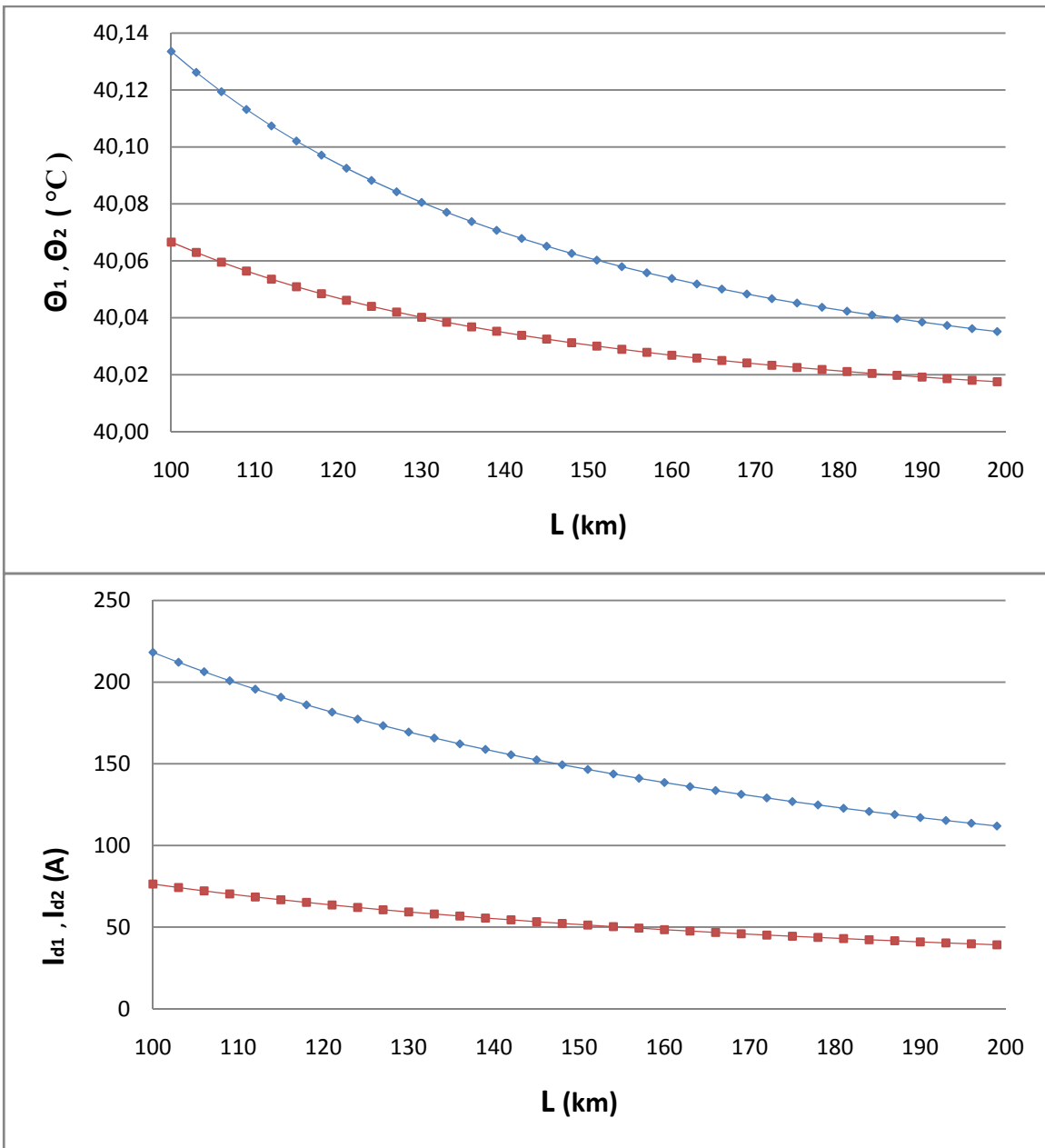


Σχήμα 6: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 25MVA$, $t=0,25sec$

7) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=0,4sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	58,20	218,25	218,25	76,39	40,13	40,07
103	41,61	39,76	59,87	212,14	212,14	74,25	40,13	40,06
106	42,82	40,92	61,55	206,37	206,37	72,23	40,12	40,06
109	44,04	42,07	63,22	200,90	200,90	70,32	40,11	40,06
112	45,25	43,23	64,90	195,72	195,72	68,50	40,11	40,05
115	46,46	44,39	66,57	190,79	190,79	66,78	40,10	40,05
118	47,67	45,55	68,25	186,11	186,11	65,14	40,10	40,05
121	48,88	46,71	69,92	181,65	181,65	63,58	40,09	40,05
124	50,10	47,86	71,60	177,40	177,40	62,09	40,09	40,04
127	51,31	49,02	73,28	173,34	173,34	60,67	40,08	40,04
130	52,52	50,18	74,95	169,47	169,47	59,31	40,08	40,04
133	53,73	51,34	76,63	165,76	165,76	58,02	40,08	40,04
136	54,94	52,50	78,30	162,21	162,21	56,77	40,07	40,04
139	56,16	53,65	79,98	158,81	158,81	55,59	40,07	40,04
142	57,37	54,81	81,65	155,56	155,56	54,44	40,07	40,03
145	58,58	55,97	83,33	152,43	152,43	53,35	40,07	40,03
148	59,79	57,13	85,01	149,42	149,42	52,30	40,06	40,03
151	61,00	58,29	86,68	146,53	146,53	51,29	40,06	40,03
154	62,22	59,44	88,36	143,76	143,76	50,31	40,06	40,03
157	63,43	60,60	90,03	141,08	141,08	49,38	40,06	40,03
160	64,64	61,76	91,71	138,50	138,50	48,48	40,05	40,03
163	65,85	62,92	93,38	136,02	136,02	47,61	40,05	40,03
166	67,06	64,08	95,06	133,62	133,62	46,77	40,05	40,02
169	68,28	65,23	96,74	131,30	131,30	45,96	40,05	40,02
172	69,49	66,39	98,41	129,07	129,07	45,17	40,05	40,02
175	70,70	67,55	100,09	126,91	126,91	44,42	40,05	40,02
178	71,91	68,71	101,76	124,82	124,82	43,69	40,04	40,02
181	73,12	69,87	103,44	122,79	122,79	42,98	40,04	40,02
184	74,34	71,02	105,11	120,84	120,84	42,29	40,04	40,02
187	75,55	72,18	106,79	118,94	118,94	41,63	40,04	40,02
190	76,76	73,34	108,47	117,10	117,10	40,99	40,04	40,02
193	77,97	74,50	110,14	115,32	115,32	40,36	40,04	40,02
196	79,18	75,66	111,82	113,59	113,59	39,76	40,04	40,02
199	80,40	76,81	113,49	111,91	111,91	39,17	40,04	40,02

Πίνακας 7: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm², Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,4sec
 ΜΣ 150kV/20kV: R_{ΜΣ}= 0,096Ω, X_{ΜΣ}=3,199Ω
 Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

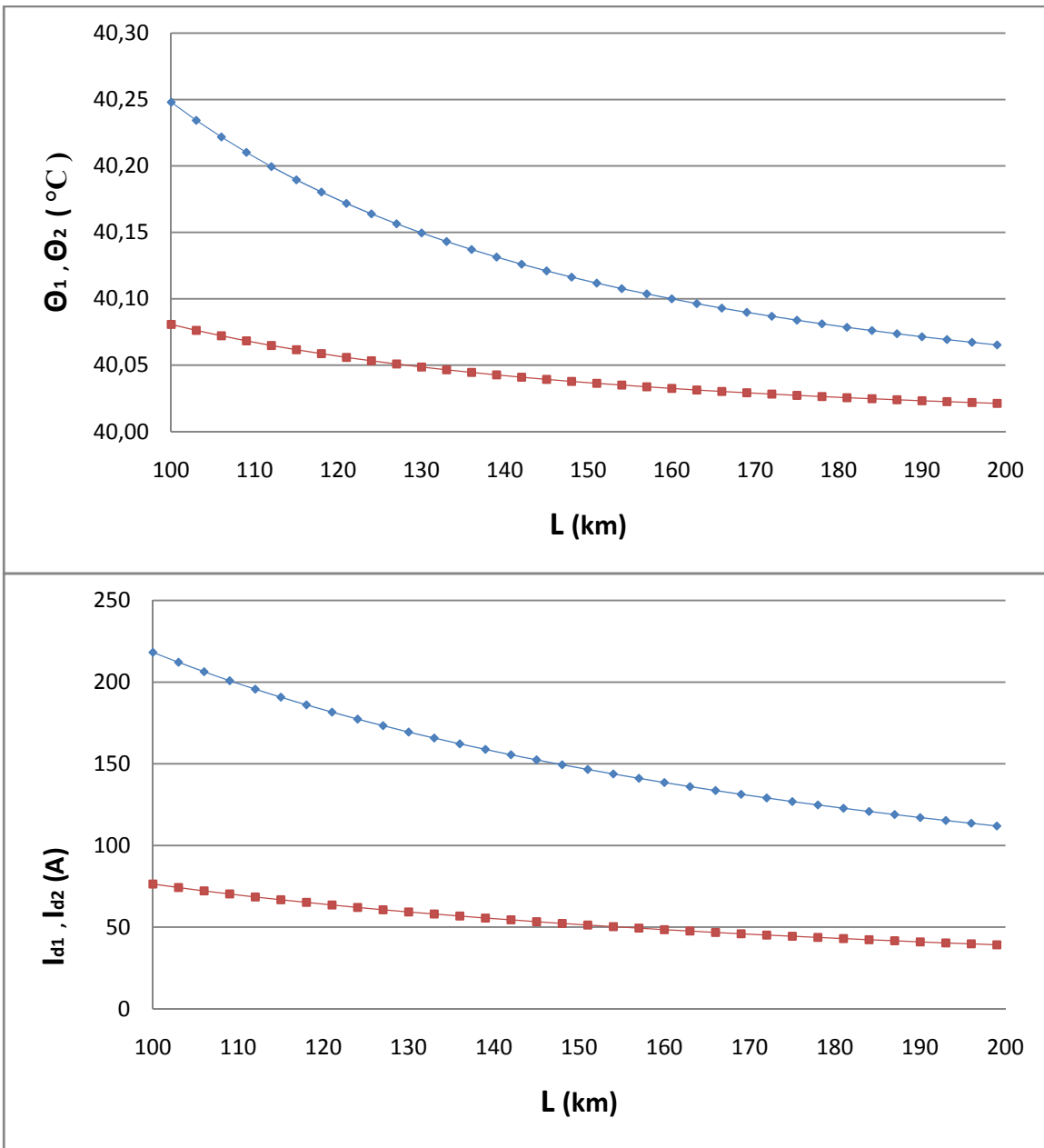


Σχήμα 7: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N=20\text{KV}$, $P_N=25\text{MVA}$, $t=0,4\text{sec}$

8) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=1sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	58,20	218,25	218,25	76,39	40,25	40,08
103	41,61	39,76	59,87	212,14	212,14	74,25	40,23	40,08
106	42,82	40,92	61,55	206,37	206,37	72,23	40,22	40,07
109	44,04	42,07	63,22	200,90	200,90	70,32	40,21	40,07
112	45,25	43,23	64,90	195,72	195,72	68,50	40,20	40,06
115	46,46	44,39	66,57	190,79	190,79	66,78	40,19	40,06
118	47,67	45,55	68,25	186,11	186,11	65,14	40,18	40,06
121	48,88	46,71	69,92	181,65	181,65	63,58	40,17	40,06
124	50,10	47,86	71,60	177,40	177,40	62,09	40,16	40,05
127	51,31	49,02	73,28	173,34	173,34	60,67	40,16	40,05
130	52,52	50,18	74,95	169,47	169,47	59,31	40,15	40,05
133	53,73	51,34	76,63	165,76	165,76	58,02	40,14	40,05
136	54,94	52,50	78,30	162,21	162,21	56,77	40,14	40,04
139	56,16	53,65	79,98	158,81	158,81	55,59	40,13	40,04
142	57,37	54,81	81,65	155,56	155,56	54,44	40,13	40,04
145	58,58	55,97	83,33	152,43	152,43	53,35	40,12	40,04
148	59,79	57,13	85,01	149,42	149,42	52,30	40,12	40,04
151	61,00	58,29	86,68	146,53	146,53	51,29	40,11	40,04
154	62,22	59,44	88,36	143,76	143,76	50,31	40,11	40,03
157	63,43	60,60	90,03	141,08	141,08	49,38	40,10	40,03
160	64,64	61,76	91,71	138,50	138,50	48,48	40,10	40,03
163	65,85	62,92	93,38	136,02	136,02	47,61	40,10	40,03
166	67,06	64,08	95,06	133,62	133,62	46,77	40,09	40,03
169	68,28	65,23	96,74	131,30	131,30	45,96	40,09	40,03
172	69,49	66,39	98,41	129,07	129,07	45,17	40,09	40,03
175	70,70	67,55	100,09	126,91	126,91	44,42	40,08	40,03
178	71,91	68,71	101,76	124,82	124,82	43,69	40,08	40,03
181	73,12	69,87	103,44	122,79	122,79	42,98	40,08	40,03
184	74,34	71,02	105,11	120,84	120,84	42,29	40,08	40,02
187	75,55	72,18	106,79	118,94	118,94	41,63	40,07	40,02
190	76,76	73,34	108,47	117,10	117,10	40,99	40,07	40,02
193	77,97	74,50	110,14	115,32	115,32	40,36	40,07	40,02
196	79,18	75,66	111,82	113,59	113,59	39,76	40,07	40,02
199	80,40	76,81	113,49	111,91	111,91	39,17	40,07	40,02

Πίνακας 8: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=1sec
ΜΣ 150kV/20kV: R_{ΜΣ}= 0,096Ω, X_{ΜΣ}=3,199Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

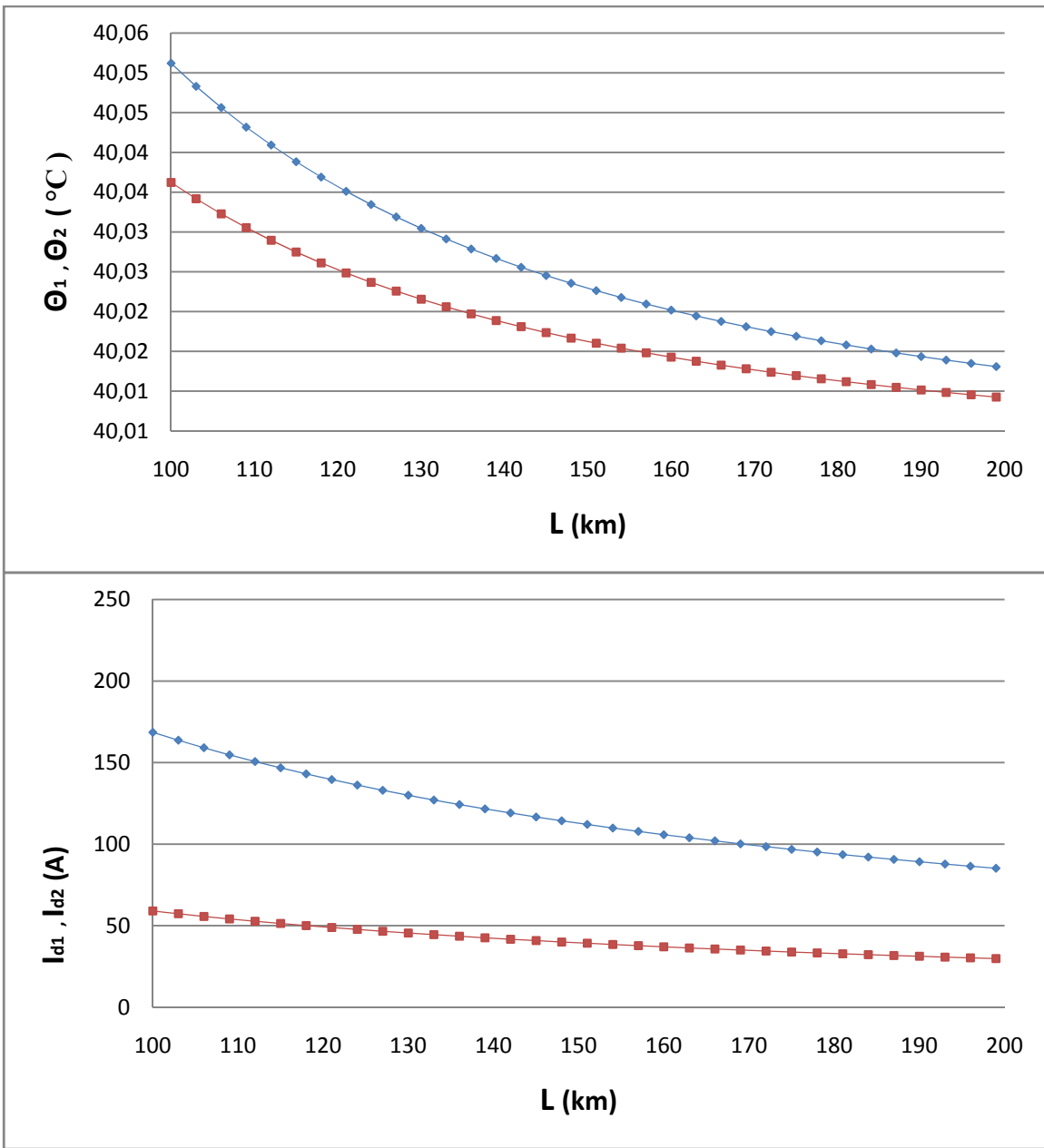


Σχήμα 8: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20\text{KV}$, $P_N= 25\text{MVA}$, $t=1\text{sec}$

9) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=0,15sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	56,52	168,55	168,55	58,99	40,05	40,04
103	41,61	39,76	58,20	163,69	163,69	57,29	40,05	40,03
106	42,82	40,92	59,87	159,11	159,11	55,69	40,05	40,03
109	44,04	42,07	61,55	154,78	154,78	54,17	40,04	40,03
112	45,25	43,23	63,23	150,67	150,67	52,74	40,04	40,03
115	46,46	44,39	64,90	146,78	146,78	51,37	40,04	40,03
118	47,67	45,55	66,58	143,09	143,09	50,08	40,04	40,03
121	48,88	46,71	68,25	139,57	139,57	48,85	40,04	40,02
124	50,10	47,86	69,93	136,23	136,23	47,68	40,03	40,02
127	51,31	49,02	71,61	133,04	133,04	46,56	40,03	40,02
130	52,52	50,18	73,28	129,99	129,99	45,50	40,03	40,02
133	53,73	51,34	74,96	127,09	127,09	44,48	40,03	40,02
136	54,94	52,50	76,63	124,31	124,31	43,51	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,31	121,65	121,65	42,58	40,03	40,02
142	57,37	54,81	79,99	119,10	119,10	41,68	40,03	40,02
145	58,58	55,97	81,66	116,65	116,65	40,83	40,02	40,02
148	59,79	57,13	83,34	114,31	114,31	40,01	40,02	40,02
151	61,00	58,29	85,02	112,05	112,05	39,22	40,02	40,02
154	62,22	59,44	86,69	109,89	109,89	38,46	40,02	40,02
157	63,43	60,60	88,37	107,80	107,80	37,73	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,04	105,80	105,80	37,03	40,02	40,01
163	65,85	62,92	91,72	103,86	103,86	36,35	40,02	40,01
166	67,06	64,08	93,40	102,00	102,00	35,70	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,07	100,20	100,20	35,07	40,02	40,01
172	69,49	66,39	96,75	98,46	98,46	34,46	40,02	40,01
175	70,70	67,55	98,43	96,79	96,79	33,88	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,10	95,17	95,17	33,31	40,02	40,01
181	73,12	69,87	101,78	93,60	93,60	32,76	40,02	40,01
184	74,34	71,02	103,45	92,08	92,08	32,23	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,13	90,61	90,61	31,71	40,01	40,01
190	76,76	73,34	106,81	89,19	89,19	31,22	40,01	40,01
193	77,97	74,50	108,48	87,81	87,81	30,73	40,01	40,01
196	79,18	75,66	110,16	86,48	86,48	30,27	40,01	40,01
199	80,40	76,81	111,84	85,18	85,18	29,81	40,01	40,01

Πίνακας 9: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 50MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,15sec
ΜΣ 150kV/15kV: R_{ΜΣ}= 0,027Ω, X_{ΜΣ}=0,9Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

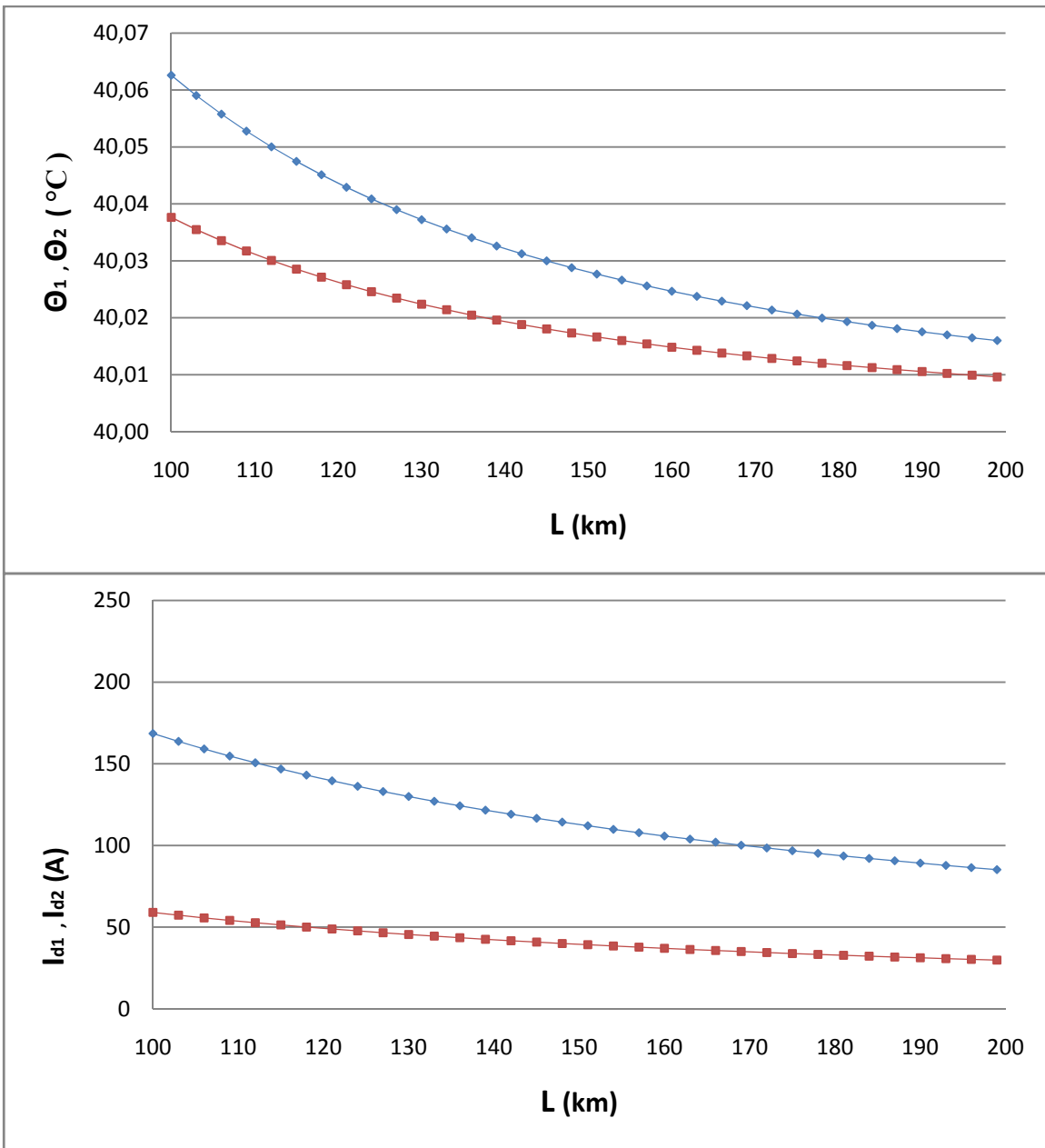


Σχήμα 9: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15\text{KV}$, $P_N= 50\text{MVA}$, $t=0,15\text{sec}$

10) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,25\text{sec}$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}\text{C}$)	Θ_2 ($^{\circ}\text{C}$)
100	40,40	38,60	56,52	168,55	168,55	58,99	40,06	40,04
103	41,61	39,76	58,20	163,69	163,69	57,29	40,06	40,04
106	42,82	40,92	59,87	159,11	159,11	55,69	40,06	40,03
109	44,04	42,07	61,55	154,78	154,78	54,17	40,05	40,03
112	45,25	43,23	63,23	150,67	150,67	52,74	40,05	40,03
115	46,46	44,39	64,90	146,78	146,78	51,37	40,05	40,03
118	47,67	45,55	66,58	143,09	143,09	50,08	40,05	40,03
121	48,88	46,71	68,25	139,57	139,57	48,85	40,04	40,03
124	50,10	47,86	69,93	136,23	136,23	47,68	40,04	40,02
127	51,31	49,02	71,61	133,04	133,04	46,56	40,04	40,02
130	52,52	50,18	73,28	129,99	129,99	45,50	40,04	40,02
133	53,73	51,34	74,96	127,09	127,09	44,48	40,04	40,02
136	54,94	52,50	76,63	124,31	124,31	43,51	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,31	121,65	121,65	42,58	40,03	40,02
142	57,37	54,81	79,99	119,10	119,10	41,68	40,03	40,02
145	58,58	55,97	81,66	116,65	116,65	40,83	40,03	40,02
148	59,79	57,13	83,34	114,31	114,31	40,01	40,03	40,02
151	61,00	58,29	85,02	112,05	112,05	39,22	40,03	40,02
154	62,22	59,44	86,69	109,89	109,89	38,46	40,03	40,02
157	63,43	60,60	88,37	107,80	107,80	37,73	40,03	40,02
160	64,64	61,76	90,04	105,80	105,80	37,03	40,02	40,01
163	65,85	62,92	91,72	103,86	103,86	36,35	40,02	40,01
166	67,06	64,08	93,40	102,00	102,00	35,70	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,07	100,20	100,20	35,07	40,02	40,01
172	69,49	66,39	96,75	98,46	98,46	34,46	40,02	40,01
175	70,70	67,55	98,43	96,79	96,79	33,88	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,10	95,17	95,17	33,31	40,02	40,01
181	73,12	69,87	101,78	93,60	93,60	32,76	40,02	40,01
184	74,34	71,02	103,45	92,08	92,08	32,23	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,13	90,61	90,61	31,71	40,02	40,01
190	76,76	73,34	106,81	89,19	89,19	31,22	40,02	40,01
193	77,97	74,50	108,48	87,81	87,81	30,73	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,16	86,48	86,48	30,27	40,02	40,01
199	80,40	76,81	111,84	85,18	85,18	29,81	40,02	40,01

**Πίνακας 10: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm^2 , Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,25\text{sec}$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0,027\Omega$, $X_{M\Sigma}=0,9\Omega$
Γραμμή: $A=82,1\text{mm}^2$, $R_{\gamma}=0,404\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma}=0,386\Omega/\text{km}$**

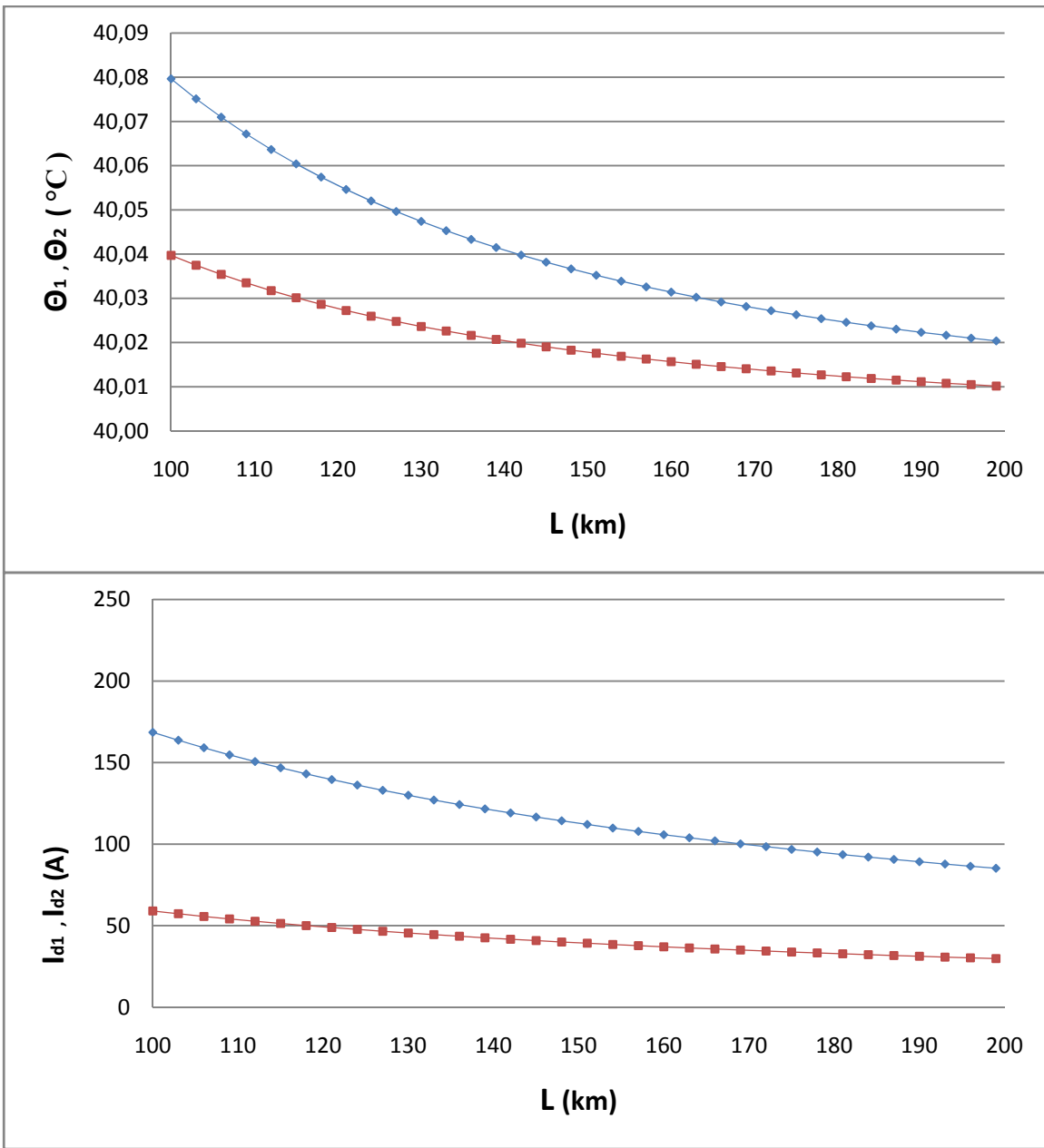


Σχήμα 10: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15KV$, $P_N= 50MVA$, $t=0,25sec$

11) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,4sec$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}C$)	Θ_2 ($^{\circ}C$)
100	40,40	38,60	56,52	168,55	168,55	58,99	40,08	40,04
103	41,61	39,76	58,20	163,69	163,69	57,29	40,08	40,04
106	42,82	40,92	59,87	159,11	159,11	55,69	40,07	40,04
109	44,04	42,07	61,55	154,78	154,78	54,17	40,07	40,03
112	45,25	43,23	63,23	150,67	150,67	52,74	40,06	40,03
115	46,46	44,39	64,90	146,78	146,78	51,37	40,06	40,03
118	47,67	45,55	66,58	143,09	143,09	50,08	40,06	40,03
121	48,88	46,71	68,25	139,57	139,57	48,85	40,05	40,03
124	50,10	47,86	69,93	136,23	136,23	47,68	40,05	40,03
127	51,31	49,02	71,61	133,04	133,04	46,56	40,05	40,02
130	52,52	50,18	73,28	129,99	129,99	45,50	40,05	40,02
133	53,73	51,34	74,96	127,09	127,09	44,48	40,05	40,02
136	54,94	52,50	76,63	124,31	124,31	43,51	40,04	40,02
139	56,16	53,65	78,31	121,65	121,65	42,58	40,04	40,02
142	57,37	54,81	79,99	119,10	119,10	41,68	40,04	40,02
145	58,58	55,97	81,66	116,65	116,65	40,83	40,04	40,02
148	59,79	57,13	83,34	114,31	114,31	40,01	40,04	40,02
151	61,00	58,29	85,02	112,05	112,05	39,22	40,04	40,02
154	62,22	59,44	86,69	109,89	109,89	38,46	40,03	40,02
157	63,43	60,60	88,37	107,80	107,80	37,73	40,03	40,02
160	64,64	61,76	90,04	105,80	105,80	37,03	40,03	40,02
163	65,85	62,92	91,72	103,86	103,86	36,35	40,03	40,02
166	67,06	64,08	93,40	102,00	102,00	35,70	40,03	40,01
169	68,28	65,23	95,07	100,20	100,20	35,07	40,03	40,01
172	69,49	66,39	96,75	98,46	98,46	34,46	40,03	40,01
175	70,70	67,55	98,43	96,79	96,79	33,88	40,03	40,01
178	71,91	68,71	100,10	95,17	95,17	33,31	40,03	40,01
181	73,12	69,87	101,78	93,60	93,60	32,76	40,02	40,01
184	74,34	71,02	103,45	92,08	92,08	32,23	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,13	90,61	90,61	31,71	40,02	40,01
190	76,76	73,34	106,81	89,19	89,19	31,22	40,02	40,01
193	77,97	74,50	108,48	87,81	87,81	30,73	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,16	86,48	86,48	30,27	40,02	40,01
199	80,40	76,81	111,84	85,18	85,18	29,81	40,02	40,01

**Πίνακας 11: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 50MVA$, αγωγός ACSR $50mm^2$, Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,4sec$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{MΣ}= 0,027\Omega$, $X_{MΣ}=0,9\Omega$
Γραμμή: $A= 82,1mm^2$, $R_{\gamma}= 0,404\Omega/km$, $X_{\gamma}= 0,386\Omega/km$**

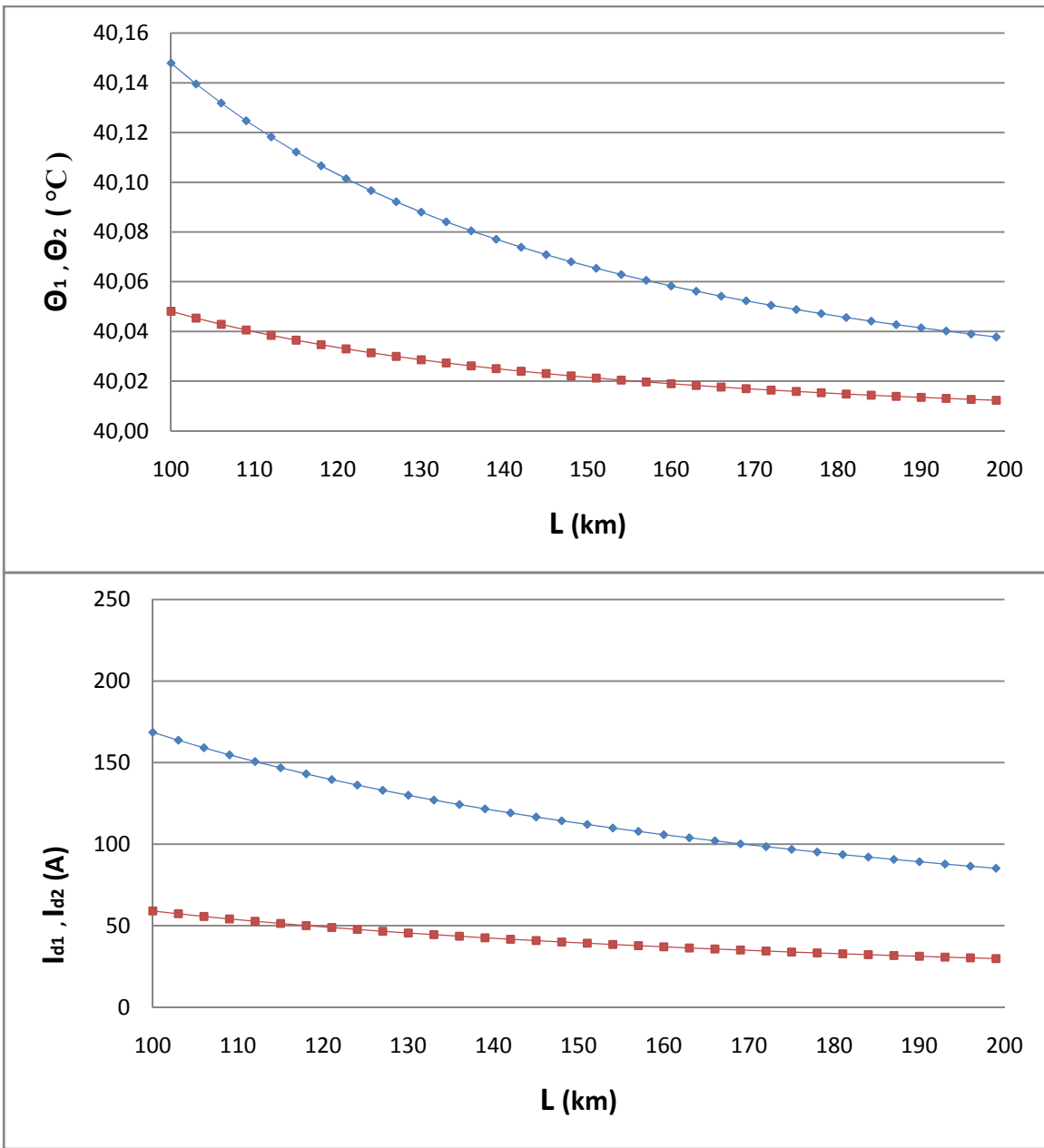


Σχήμα 11: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N=15\text{KV}$, $P_N=50\text{MVA}$, $t=0,4\text{sec}$

12) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=1sec$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}C$)	Θ_2 ($^{\circ}C$)
100	40,40	38,60	56,52	168,55	168,55	58,99	40,15	40,05
103	41,61	39,76	58,20	163,69	163,69	57,29	40,14	40,05
106	42,82	40,92	59,87	159,11	159,11	55,69	40,13	40,04
109	44,04	42,07	61,55	154,78	154,78	54,17	40,12	40,04
112	45,25	43,23	63,23	150,67	150,67	52,74	40,12	40,04
115	46,46	44,39	64,90	146,78	146,78	51,37	40,11	40,04
118	47,67	45,55	66,58	143,09	143,09	50,08	40,11	40,03
121	48,88	46,71	68,25	139,57	139,57	48,85	40,10	40,03
124	50,10	47,86	69,93	136,23	136,23	47,68	40,10	40,03
127	51,31	49,02	71,61	133,04	133,04	46,56	40,09	40,03
130	52,52	50,18	73,28	129,99	129,99	45,50	40,09	40,03
133	53,73	51,34	74,96	127,09	127,09	44,48	40,08	40,03
136	54,94	52,50	76,63	124,31	124,31	43,51	40,08	40,03
139	56,16	53,65	78,31	121,65	121,65	42,58	40,08	40,03
142	57,37	54,81	79,99	119,10	119,10	41,68	40,07	40,02
145	58,58	55,97	81,66	116,65	116,65	40,83	40,07	40,02
148	59,79	57,13	83,34	114,31	114,31	40,01	40,07	40,02
151	61,00	58,29	85,02	112,05	112,05	39,22	40,07	40,02
154	62,22	59,44	86,69	109,89	109,89	38,46	40,06	40,02
157	63,43	60,60	88,37	107,80	107,80	37,73	40,06	40,02
160	64,64	61,76	90,04	105,80	105,80	37,03	40,06	40,02
163	65,85	62,92	91,72	103,86	103,86	36,35	40,06	40,02
166	67,06	64,08	93,40	102,00	102,00	35,70	40,05	40,02
169	68,28	65,23	95,07	100,20	100,20	35,07	40,05	40,02
172	69,49	66,39	96,75	98,46	98,46	34,46	40,05	40,02
175	70,70	67,55	98,43	96,79	96,79	33,88	40,05	40,02
178	71,91	68,71	100,10	95,17	95,17	33,31	40,05	40,02
181	73,12	69,87	101,78	93,60	93,60	32,76	40,05	40,01
184	74,34	71,02	103,45	92,08	92,08	32,23	40,04	40,01
187	75,55	72,18	105,13	90,61	90,61	31,71	40,04	40,01
190	76,76	73,34	106,81	89,19	89,19	31,22	40,04	40,01
193	77,97	74,50	108,48	87,81	87,81	30,73	40,04	40,01
196	79,18	75,66	110,16	86,48	86,48	30,27	40,04	40,01
199	80,40	76,81	111,84	85,18	85,18	29,81	40,04	40,01

**Πίνακας 12: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 50MVA$, αγωγός ACSR 50mm², Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=1sec$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{ΜΣ}= 0,027\Omega$, $X_{ΜΣ}=0,9\Omega$
Γραμμή: $A= 82,1mm^2$, $R_{\gamma}= 0,404\Omega/km$, $X_{\gamma}= 0,386\Omega/km$**

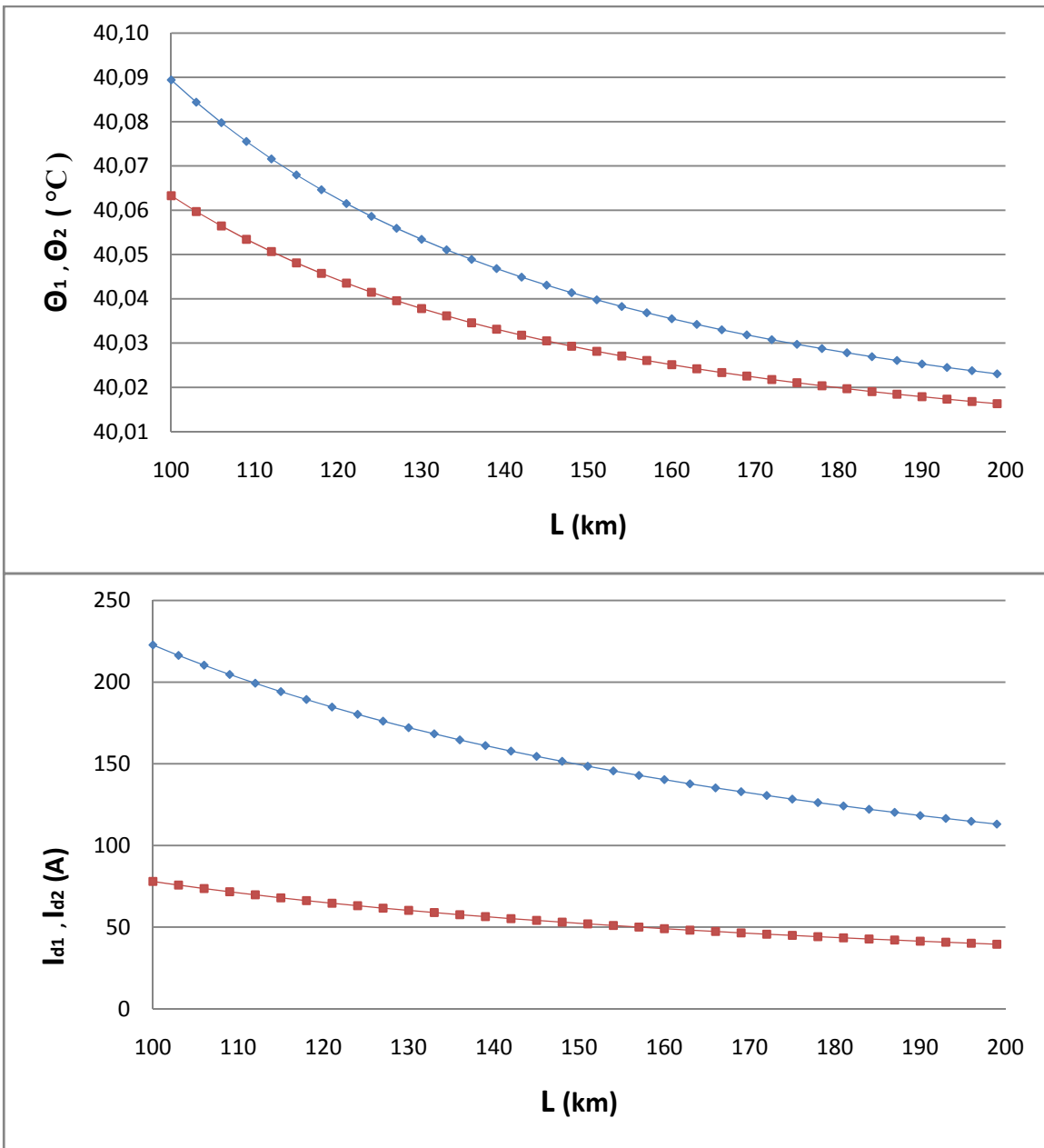


Σχήμα 12: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N=15\text{KV}$, $P_N=50\text{MVA}$, $t=1\text{sec}$

13) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,15\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	57,03	222,73	222,73	77,96	40,09	40,06
103	41,61	39,76	58,70	216,37	216,37	75,73	40,08	40,06
106	42,82	40,92	60,38	210,37	210,37	73,63	40,08	40,06
109	44,04	42,07	62,05	204,69	204,69	71,64	40,08	40,05
112	45,25	43,23	63,73	199,30	199,30	69,76	40,07	40,05
115	46,46	44,39	65,41	194,20	194,20	67,97	40,07	40,05
118	47,67	45,55	67,08	189,34	189,34	66,27	40,06	40,05
121	48,88	46,71	68,76	184,73	184,73	64,66	40,06	40,04
124	50,10	47,86	70,43	180,33	180,33	63,12	40,06	40,04
127	51,31	49,02	72,11	176,14	176,14	61,65	40,06	40,04
130	52,52	50,18	73,79	172,14	172,14	60,25	40,05	40,04
133	53,73	51,34	75,46	168,32	168,32	58,91	40,05	40,04
136	54,94	52,50	77,14	164,66	164,66	57,63	40,05	40,03
139	56,16	53,65	78,82	161,16	161,16	56,41	40,05	40,03
142	57,37	54,81	80,49	157,80	157,80	55,23	40,04	40,03
145	58,58	55,97	82,17	154,58	154,58	54,10	40,04	40,03
148	59,79	57,13	83,84	151,49	151,49	53,02	40,04	40,03
151	61,00	58,29	85,52	148,52	148,52	51,98	40,04	40,03
154	62,22	59,44	87,20	145,67	145,67	50,98	40,04	40,03
157	63,43	60,60	88,87	142,92	142,92	50,02	40,04	40,03
160	64,64	61,76	90,55	140,28	140,28	49,10	40,04	40,03
163	65,85	62,92	92,22	137,73	137,73	48,20	40,03	40,02
166	67,06	64,08	93,90	135,27	135,27	47,34	40,03	40,02
169	68,28	65,23	95,58	132,90	132,90	46,51	40,03	40,02
172	69,49	66,39	97,25	130,61	130,61	45,71	40,03	40,02
175	70,70	67,55	98,93	128,39	128,39	44,94	40,03	40,02
178	71,91	68,71	100,60	126,25	126,25	44,19	40,03	40,02
181	73,12	69,87	102,28	124,18	124,18	43,46	40,03	40,02
184	74,34	71,02	103,96	122,18	122,18	42,76	40,03	40,02
187	75,55	72,18	105,63	120,24	120,24	42,09	40,03	40,02
190	76,76	73,34	107,31	118,36	118,36	41,43	40,03	40,02
193	77,97	74,50	108,99	116,54	116,54	40,79	40,02	40,02
196	79,18	75,66	110,66	114,78	114,78	40,17	40,02	40,02

Πίνακας 13: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm², Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,15\text{sec}$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0,048\Omega$, $X_{M\Sigma}=1,599\Omega$
Γραμμή: $A=82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma=0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma=0,386\Omega/\text{km}$

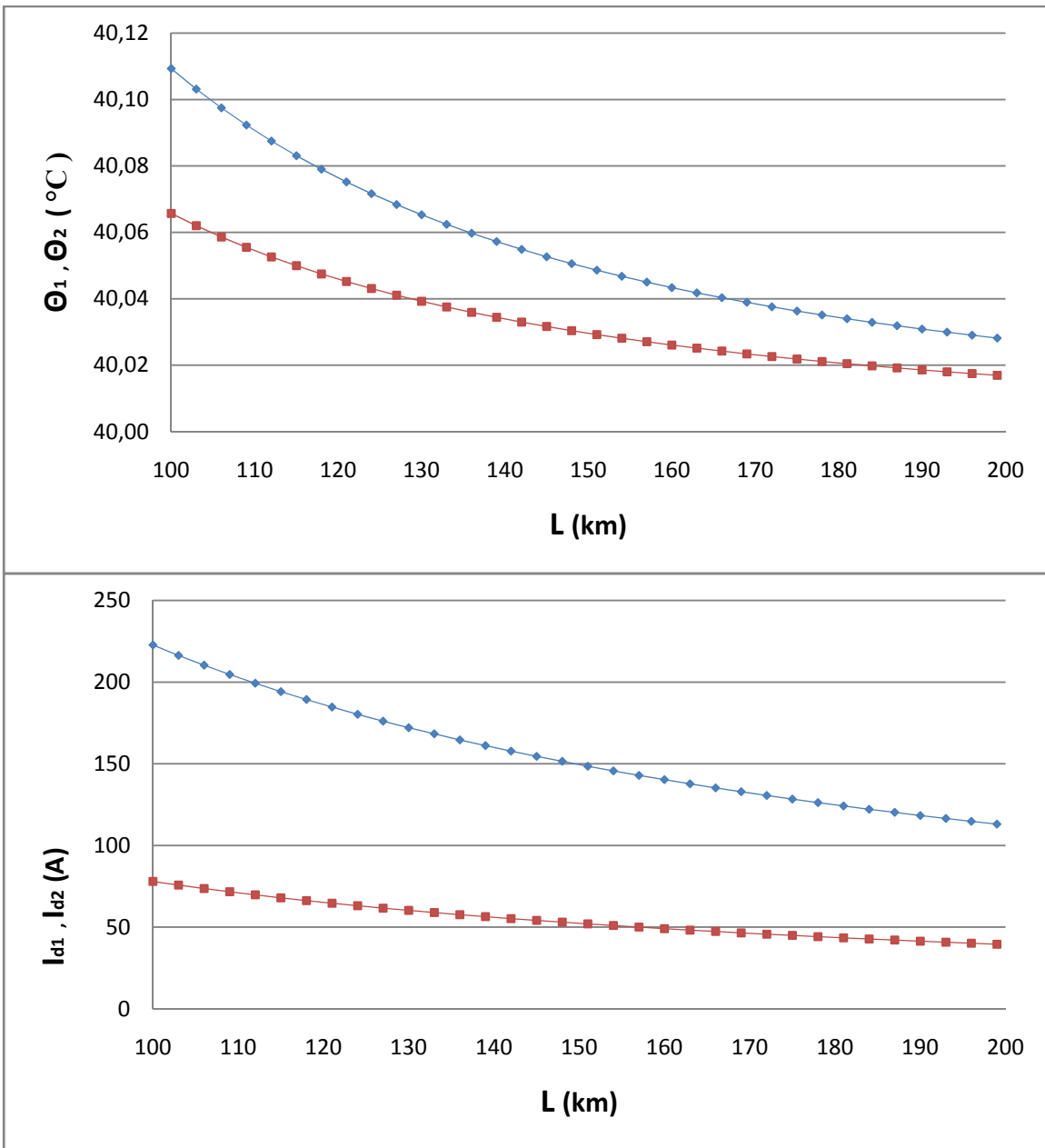


Σχήμα 13: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20\text{KV}$, $P_N= 50\text{MVA}$, $t=0,15\text{sec}$

14) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,25\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	57,03	222,73	222,73	77,96	40,11	40,07
103	41,61	39,76	58,70	216,37	216,37	75,73	40,10	40,06
106	42,82	40,92	60,38	210,37	210,37	73,63	40,10	40,06
109	44,04	42,07	62,05	204,69	204,69	71,64	40,09	40,06
112	45,25	43,23	63,73	199,30	199,30	69,76	40,09	40,05
115	46,46	44,39	65,41	194,20	194,20	67,97	40,08	40,05
118	47,67	45,55	67,08	189,34	189,34	66,27	40,08	40,05
121	48,88	46,71	68,76	184,73	184,73	64,66	40,08	40,05
124	50,10	47,86	70,43	180,33	180,33	63,12	40,07	40,04
127	51,31	49,02	72,11	176,14	176,14	61,65	40,07	40,04
130	52,52	50,18	73,79	172,14	172,14	60,25	40,07	40,04
133	53,73	51,34	75,46	168,32	168,32	58,91	40,06	40,04
136	54,94	52,50	77,14	164,66	164,66	57,63	40,06	40,04
139	56,16	53,65	78,82	161,16	161,16	56,41	40,06	40,03
142	57,37	54,81	80,49	157,80	157,80	55,23	40,05	40,03
145	58,58	55,97	82,17	154,58	154,58	54,10	40,05	40,03
148	59,79	57,13	83,84	151,49	151,49	53,02	40,05	40,03
151	61,00	58,29	85,52	148,52	148,52	51,98	40,05	40,03
154	62,22	59,44	87,20	145,67	145,67	50,98	40,05	40,03
157	63,43	60,60	88,87	142,92	142,92	50,02	40,05	40,03
160	64,64	61,76	90,55	140,28	140,28	49,10	40,04	40,03
163	65,85	62,92	92,22	137,73	137,73	48,20	40,04	40,03
166	67,06	64,08	93,90	135,27	135,27	47,34	40,04	40,02
169	68,28	65,23	95,58	132,90	132,90	46,51	40,04	40,02
172	69,49	66,39	97,25	130,61	130,61	45,71	40,04	40,02
175	70,70	67,55	98,93	128,39	128,39	44,94	40,04	40,02
178	71,91	68,71	100,60	126,25	126,25	44,19	40,04	40,02
181	73,12	69,87	102,28	124,18	124,18	43,46	40,03	40,02
184	74,34	71,02	103,96	122,18	122,18	42,76	40,03	40,02
187	75,55	72,18	105,63	120,24	120,24	42,09	40,03	40,02
190	76,76	73,34	107,31	118,36	118,36	41,43	40,03	40,02
193	77,97	74,50	108,99	116,54	116,54	40,79	40,03	40,02
196	79,18	75,66	110,66	114,78	114,78	40,17	40,03	40,02

**Πίνακας 14: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm^2 , Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,25\text{sec}$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0,048\Omega$, $X_{M\Sigma}=1,599\Omega$
Γραμμή: $A=82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma=0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma=0,386\Omega/\text{km}$**

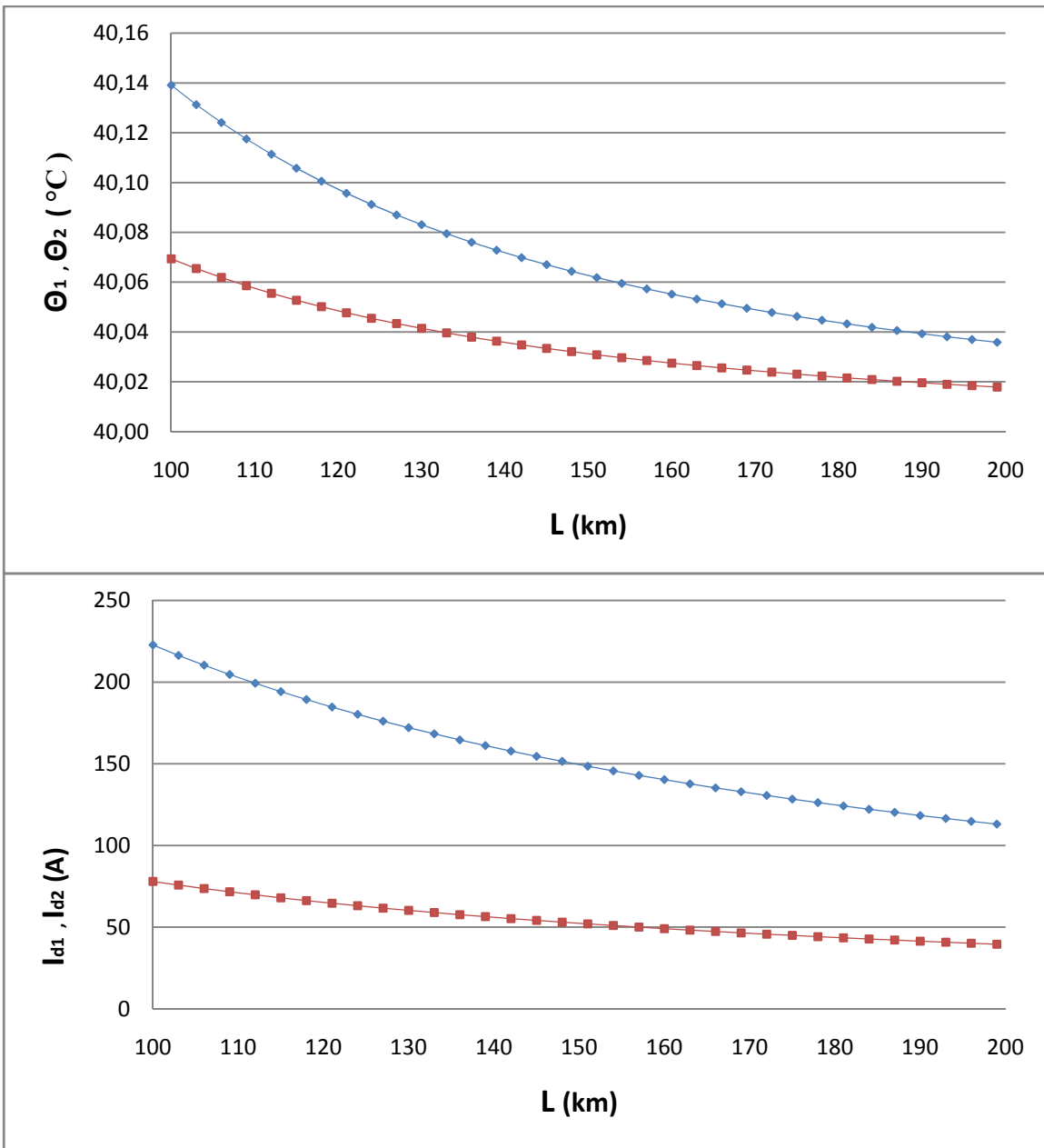


Σχήμα 14: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20\text{KV}$, $P_N= 50\text{MVA}$, $t=0,25\text{sec}$

15) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (Δt) t=0,4sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	57,03	222,73	222,73	77,96	40,14	40,07
103	41,61	39,76	58,70	216,37	216,37	75,73	40,13	40,07
106	42,82	40,92	60,38	210,37	210,37	73,63	40,12	40,06
109	44,04	42,07	62,05	204,69	204,69	71,64	40,12	40,06
112	45,25	43,23	63,73	199,30	199,30	69,76	40,11	40,06
115	46,46	44,39	65,41	194,20	194,20	67,97	40,11	40,05
118	47,67	45,55	67,08	189,34	189,34	66,27	40,10	40,05
121	48,88	46,71	68,76	184,73	184,73	64,66	40,10	40,05
124	50,10	47,86	70,43	180,33	180,33	63,12	40,09	40,05
127	51,31	49,02	72,11	176,14	176,14	61,65	40,09	40,04
130	52,52	50,18	73,79	172,14	172,14	60,25	40,08	40,04
133	53,73	51,34	75,46	168,32	168,32	58,91	40,08	40,04
136	54,94	52,50	77,14	164,66	164,66	57,63	40,08	40,04
139	56,16	53,65	78,82	161,16	161,16	56,41	40,07	40,04
142	57,37	54,81	80,49	157,80	157,80	55,23	40,07	40,03
145	58,58	55,97	82,17	154,58	154,58	54,10	40,07	40,03
148	59,79	57,13	83,84	151,49	151,49	53,02	40,06	40,03
151	61,00	58,29	85,52	148,52	148,52	51,98	40,06	40,03
154	62,22	59,44	87,20	145,67	145,67	50,98	40,06	40,03
157	63,43	60,60	88,87	142,92	142,92	50,02	40,06	40,03
160	64,64	61,76	90,55	140,28	140,28	49,10	40,06	40,03
163	65,85	62,92	92,22	137,73	137,73	48,20	40,05	40,03
166	67,06	64,08	93,90	135,27	135,27	47,34	40,05	40,03
169	68,28	65,23	95,58	132,90	132,90	46,51	40,05	40,02
172	69,49	66,39	97,25	130,61	130,61	45,71	40,05	40,02
175	70,70	67,55	98,93	128,39	128,39	44,94	40,05	40,02
178	71,91	68,71	100,60	126,25	126,25	44,19	40,04	40,02
181	73,12	69,87	102,28	124,18	124,18	43,46	40,04	40,02
184	74,34	71,02	103,96	122,18	122,18	42,76	40,04	40,02
187	75,55	72,18	105,63	120,24	120,24	42,09	40,04	40,02
190	76,76	73,34	107,31	118,36	118,36	41,43	40,04	40,02
193	77,97	74,50	108,99	116,54	116,54	40,79	40,04	40,02
196	79,18	75,66	110,66	114,78	114,78	40,17	40,04	40,02
199	80,40	76,81	112,34	113,07	113,07	39,57	40,04	40,02

**Πίνακας 15: Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 50MVA, αγωγός ACSR 50mm², Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,4sec
ΜΣ 150kV/20kV: R_{ΜΣ}= 0,048Ω, X_{ΜΣ}=1,599Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km**

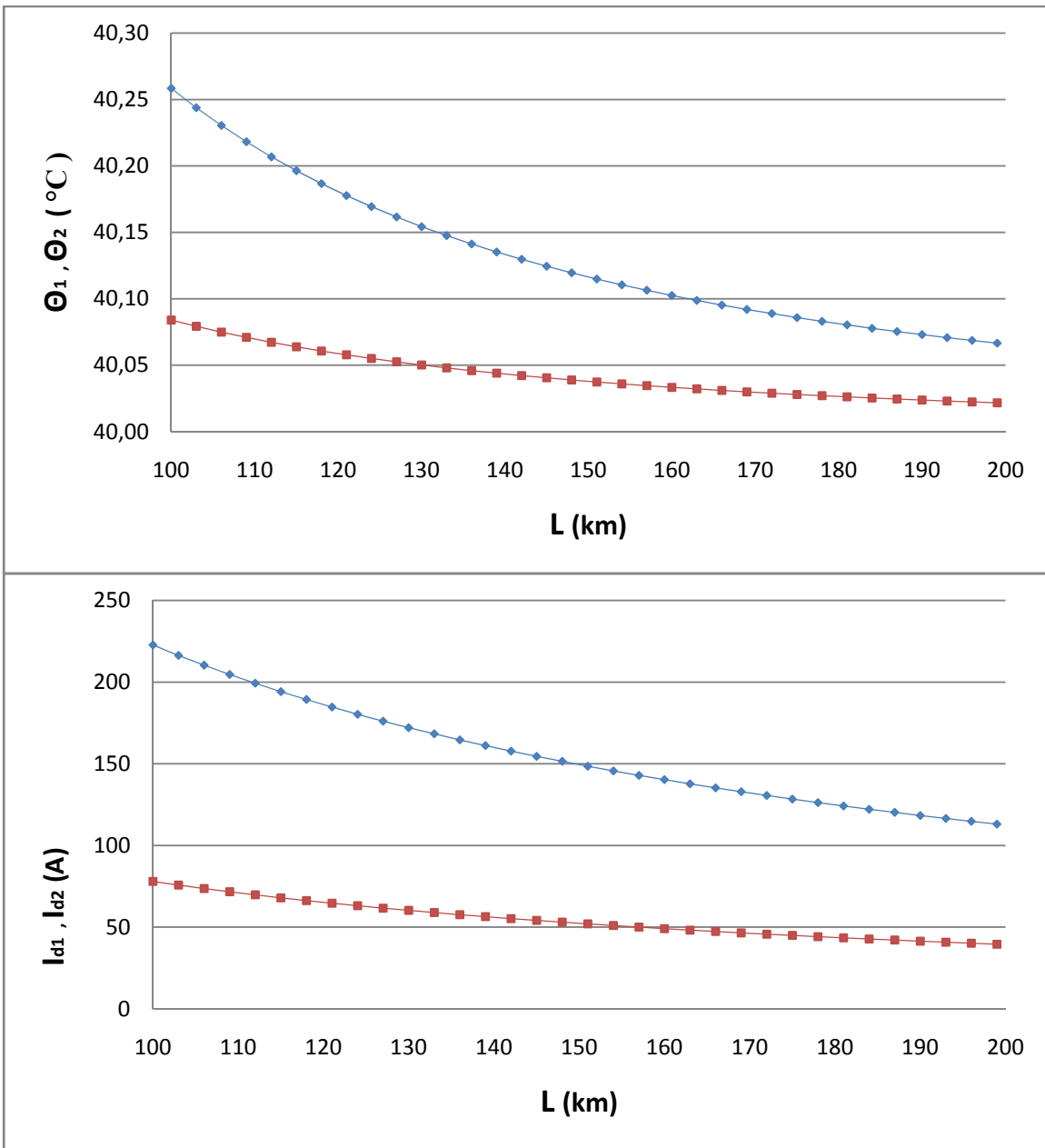


Σχήμα 15: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 50MVA$, $t=0,4sec$

16) Τριφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=1\text{sec}$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}\text{C}$)	Θ_2 ($^{\circ}\text{C}$)
100	40,40	38,60	57,03	222,73	222,73	77,96	40,26	40,08
103	41,61	39,76	58,70	216,37	216,37	75,73	40,24	40,08
106	42,82	40,92	60,38	210,37	210,37	73,63	40,23	40,07
109	44,04	42,07	62,05	204,69	204,69	71,64	40,22	40,07
112	45,25	43,23	63,73	199,30	199,30	69,76	40,21	40,07
115	46,46	44,39	65,41	194,20	194,20	67,97	40,20	40,06
118	47,67	45,55	67,08	189,34	189,34	66,27	40,19	40,06
121	48,88	46,71	68,76	184,73	184,73	64,66	40,18	40,06
124	50,10	47,86	70,43	180,33	180,33	63,12	40,17	40,06
127	51,31	49,02	72,11	176,14	176,14	61,65	40,16	40,05
130	52,52	50,18	73,79	172,14	172,14	60,25	40,15	40,05
133	53,73	51,34	75,46	168,32	168,32	58,91	40,15	40,05
136	54,94	52,50	77,14	164,66	164,66	57,63	40,14	40,05
139	56,16	53,65	78,82	161,16	161,16	56,41	40,14	40,04
142	57,37	54,81	80,49	157,80	157,80	55,23	40,13	40,04
145	58,58	55,97	82,17	154,58	154,58	54,10	40,12	40,04
148	59,79	57,13	83,84	151,49	151,49	53,02	40,12	40,04
151	61,00	58,29	85,52	148,52	148,52	51,98	40,11	40,04
154	62,22	59,44	87,20	145,67	145,67	50,98	40,11	40,04
157	63,43	60,60	88,87	142,92	142,92	50,02	40,11	40,03
160	64,64	61,76	90,55	140,28	140,28	49,10	40,10	40,03
163	65,85	62,92	92,22	137,73	137,73	48,20	40,10	40,03
166	67,06	64,08	93,90	135,27	135,27	47,34	40,10	40,03
169	68,28	65,23	95,58	132,90	132,90	46,51	40,09	40,03
172	69,49	66,39	97,25	130,61	130,61	45,71	40,09	40,03
175	70,70	67,55	98,93	128,39	128,39	44,94	40,09	40,03
178	71,91	68,71	100,60	126,25	126,25	44,19	40,08	40,03
181	73,12	69,87	102,28	124,18	124,18	43,46	40,08	40,03
184	74,34	71,02	103,96	122,18	122,18	42,76	40,08	40,03
187	75,55	72,18	105,63	120,24	120,24	42,09	40,08	40,02
190	76,76	73,34	107,31	118,36	118,36	41,43	40,07	40,02
193	77,97	74,50	108,99	116,54	116,54	40,79	40,07	40,02
196	79,18	75,66	110,66	114,78	114,78	40,17	40,07	40,02
199	80,40	76,81	112,34	113,07	113,07	39,57	40,07	40,02

**Πίνακας 16: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm², Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=1\text{sec}$
**ΜΣ 150kV/20kV: $R_{ΜΣ}= 0,048\Omega$, $X_{ΜΣ}=1,599\Omega$
 Γραμμή: $A= 82,1\text{mm}^2$, $R_{\gamma}= 0,404\Omega/\text{km}$, $X_{\gamma}= 0,386\Omega/\text{km}$****



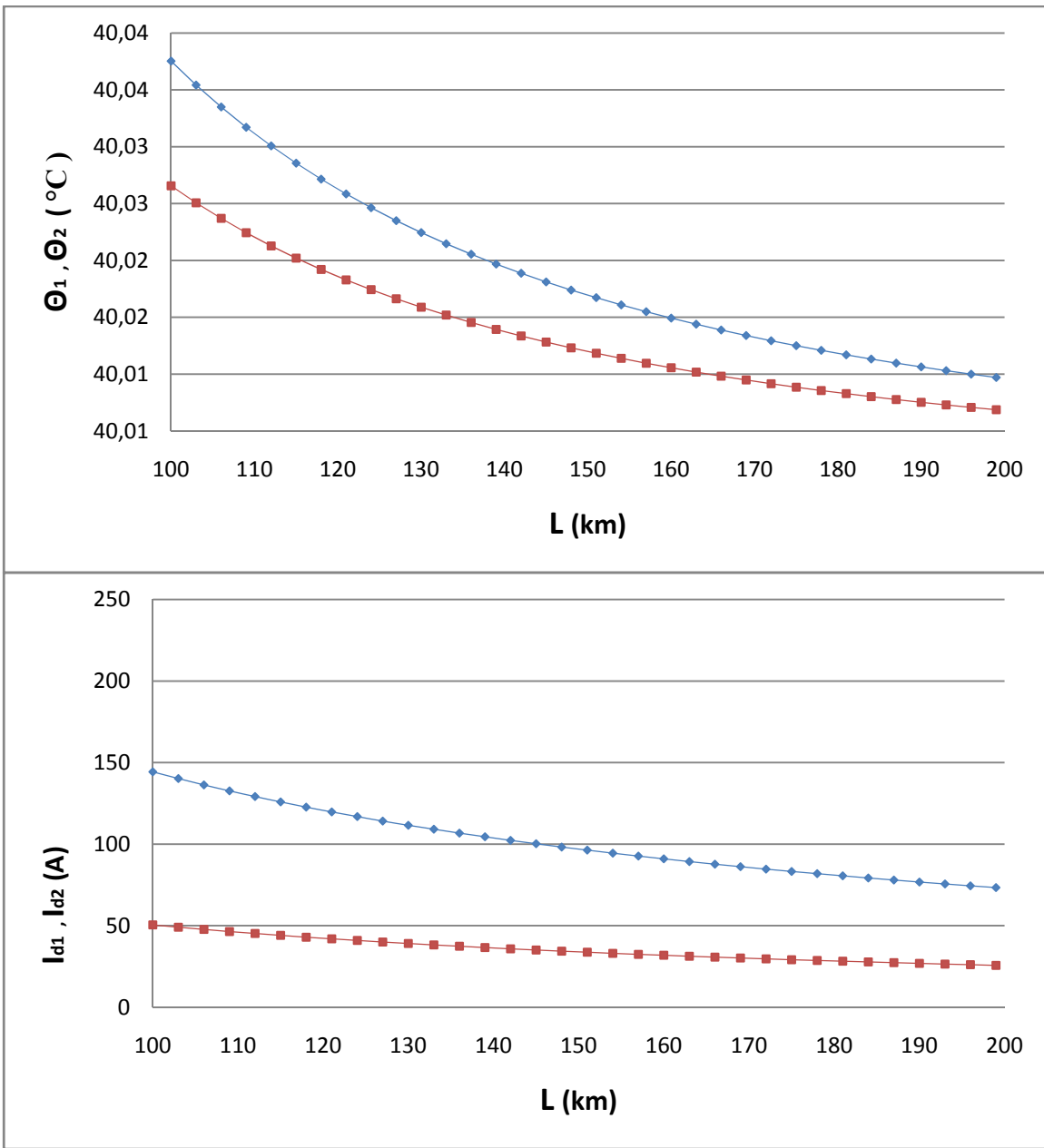
Σχήμα 16: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 50MVA$, $t=1sec$

4.5 Διφασικό βραχυκύκλωμα

A) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=0,15sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	57,17	144,30	144,30	50,51	40,04	40,03
103	41,61	39,76	58,85	140,19	140,19	49,07	40,04	40,03
106	42,82	40,92	60,52	136,31	136,31	47,71	40,03	40,02
109	44,04	42,07	62,20	132,64	132,64	46,42	40,03	40,02
112	45,25	43,23	63,88	129,16	129,16	45,21	40,03	40,02
115	46,46	44,39	65,55	125,86	125,86	44,05	40,03	40,02
118	47,67	45,55	67,23	122,72	122,72	42,95	40,03	40,02
121	48,88	46,71	68,90	119,73	119,73	41,91	40,03	40,02
124	50,10	47,86	70,58	116,89	116,89	40,91	40,02	40,02
127	51,31	49,02	72,26	114,18	114,18	39,96	40,02	40,02
130	52,52	50,18	73,93	111,59	111,59	39,06	40,02	40,02
133	53,73	51,34	75,61	109,12	109,12	38,19	40,02	40,02
136	54,94	52,50	77,28	106,75	106,75	37,36	40,02	40,01
139	56,16	53,65	78,96	104,48	104,48	36,57	40,02	40,01
142	57,37	54,81	80,64	102,31	102,31	35,81	40,02	40,01
145	58,58	55,97	82,31	100,23	100,23	35,08	40,02	40,01
148	59,79	57,13	83,99	98,23	98,23	34,38	40,02	40,01
151	61,00	58,29	85,66	96,31	96,31	33,71	40,02	40,01
154	62,22	59,44	87,34	94,46	94,46	33,06	40,02	40,01
157	63,43	60,60	89,02	92,68	92,68	32,44	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,69	90,97	90,97	31,84	40,01	40,01
163	65,85	62,92	92,37	89,32	89,32	31,26	40,01	40,01
166	67,06	64,08	94,04	87,72	87,72	30,70	40,01	40,01
169	68,28	65,23	95,72	86,19	86,19	30,17	40,01	40,01
172	69,49	66,39	97,40	84,71	84,71	29,65	40,01	40,01
175	70,70	67,55	99,07	83,27	83,27	29,15	40,01	40,01
178	71,91	68,71	100,75	81,89	81,89	28,66	40,01	40,01
181	73,12	69,87	102,43	80,55	80,55	28,19	40,01	40,01
184	74,34	71,02	104,10	79,25	79,25	27,74	40,01	40,01
187	75,55	72,18	105,78	77,99	77,99	27,30	40,01	40,01
190	76,76	73,34	107,45	76,78	76,78	26,87	40,01	40,01
193	77,97	74,50	109,13	75,60	75,60	26,46	40,01	40,01
196	79,18	75,66	110,81	74,45	74,45	26,06	40,01	40,01
199	80,40	76,81	112,48	73,34	73,34	25,67	40,01	40,01

Πίνακας Α: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,15sec
ΜΣ 150kV/15kV: R_{ΜΣ}= 0,054Ω, X_{ΜΣ}=1,799Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

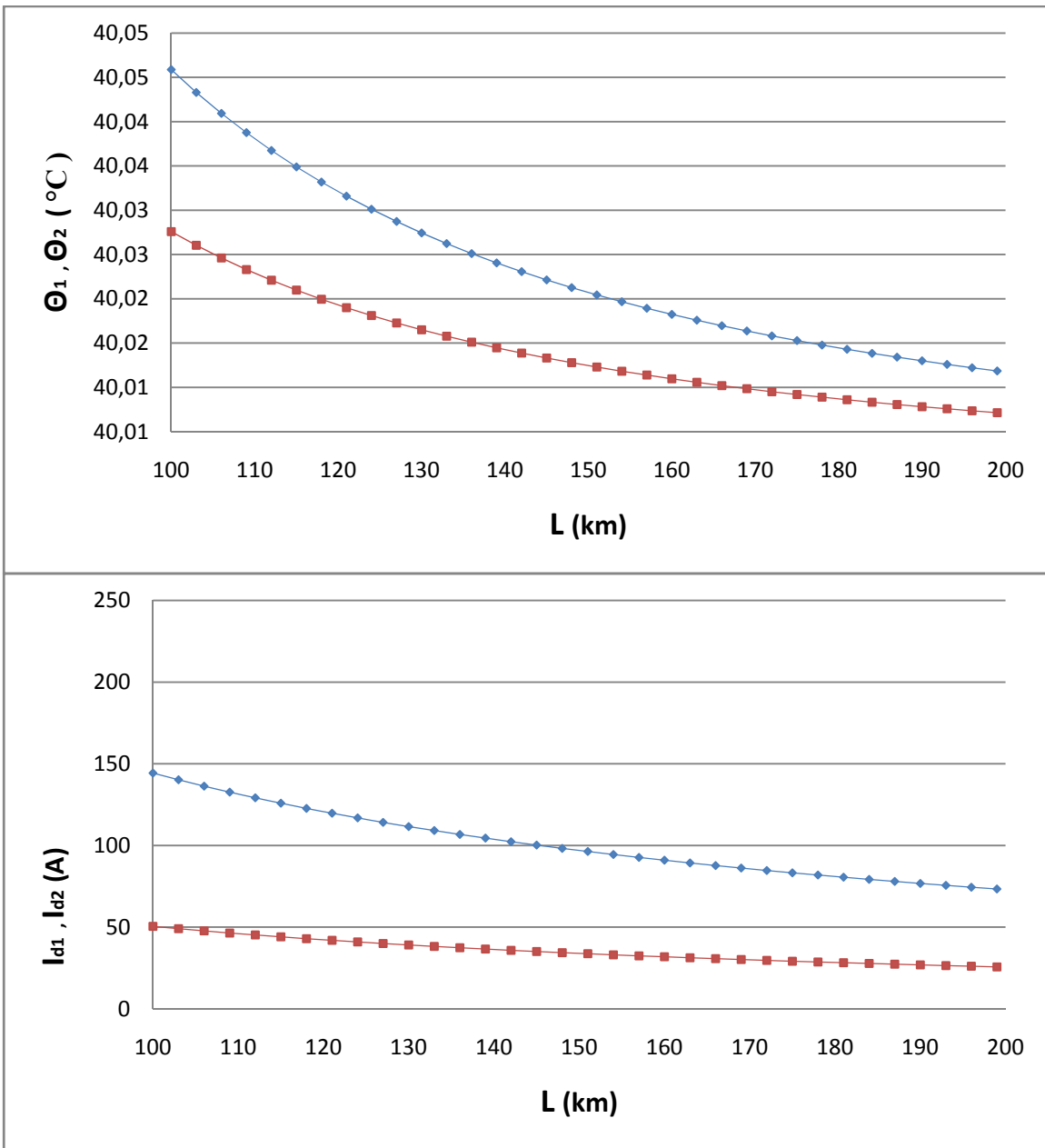


Σχήμα Α: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N=15\text{KV}$, $P_N=25\text{MVA}$, $t=0,15\text{sec}$

B) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,25\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	57,17	144,30	144,30	50,51	40,05	40,03
103	41,61	39,76	58,85	140,19	140,19	49,07	40,04	40,03
106	42,82	40,92	60,52	136,31	136,31	47,71	40,04	40,02
109	44,04	42,07	62,20	132,64	132,64	46,42	40,04	40,02
112	45,25	43,23	63,88	129,16	129,16	45,21	40,04	40,02
115	46,46	44,39	65,55	125,86	125,86	44,05	40,03	40,02
118	47,67	45,55	67,23	122,72	122,72	42,95	40,03	40,02
121	48,88	46,71	68,90	119,73	119,73	41,91	40,03	40,02
124	50,10	47,86	70,58	116,89	116,89	40,91	40,03	40,02
127	51,31	49,02	72,26	114,18	114,18	39,96	40,03	40,02
130	52,52	50,18	73,93	111,59	111,59	39,06	40,03	40,02
133	53,73	51,34	75,61	109,12	109,12	38,19	40,03	40,02
136	54,94	52,50	77,28	106,75	106,75	37,36	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,96	104,48	104,48	36,57	40,02	40,01
142	57,37	54,81	80,64	102,31	102,31	35,81	40,02	40,01
145	58,58	55,97	82,31	100,23	100,23	35,08	40,02	40,01
148	59,79	57,13	83,99	98,23	98,23	34,38	40,02	40,01
151	61,00	58,29	85,66	96,31	96,31	33,71	40,02	40,01
154	62,22	59,44	87,34	94,46	94,46	33,06	40,02	40,01
157	63,43	60,60	89,02	92,68	92,68	32,44	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,69	90,97	90,97	31,84	40,02	40,01
163	65,85	62,92	92,37	89,32	89,32	31,26	40,02	40,01
166	67,06	64,08	94,04	87,72	87,72	30,70	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,72	86,19	86,19	30,17	40,02	40,01
172	69,49	66,39	97,40	84,71	84,71	29,65	40,02	40,01
175	70,70	67,55	99,07	83,27	83,27	29,15	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,75	81,89	81,89	28,66	40,01	40,01
181	73,12	69,87	102,43	80,55	80,55	28,19	40,01	40,01
184	74,34	71,02	104,10	79,25	79,25	27,74	40,01	40,01
187	75,55	72,18	105,78	77,99	77,99	27,30	40,01	40,01
190	76,76	73,34	107,45	76,78	76,78	26,87	40,01	40,01
193	77,97	74,50	109,13	75,60	75,60	26,46	40,01	40,01
196	79,18	75,66	110,81	74,45	74,45	26,06	40,01	40,01
199	80,40	76,81	112,48	73,34	73,34	25,67	40,01	40,01

Πίνακας Β: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 25\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,25\text{sec}$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{ΜΣ}= 0,054\Omega$, $X_{ΜΣ}=1,799\Omega$
Γραμμή: $A= 82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma= 0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma= 0,386\Omega/\text{km}$

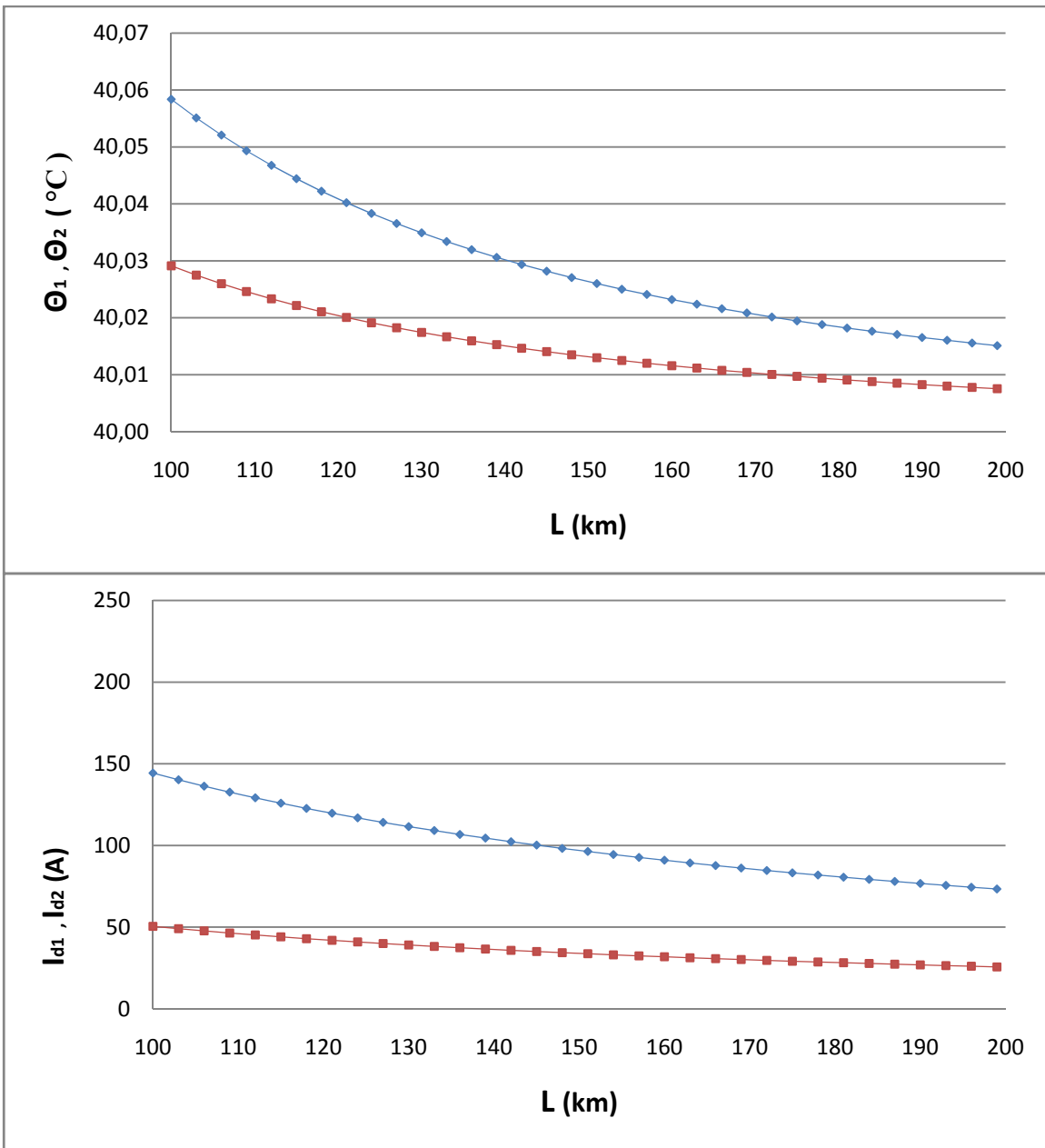


Σχήμα Β: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15\text{KV}$, $P_N= 25\text{MVA}$, $t=0,25\text{sec}$

Γ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,4\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 (°C)	Θ_2 (°C)
100	40,40	38,60	57,17	144,30	144,30	50,51	40,06	40,03
103	41,61	39,76	58,85	140,19	140,19	49,07	40,06	40,03
106	42,82	40,92	60,52	136,31	136,31	47,71	40,05	40,03
109	44,04	42,07	62,20	132,64	132,64	46,42	40,05	40,02
112	45,25	43,23	63,88	129,16	129,16	45,21	40,05	40,02
115	46,46	44,39	65,55	125,86	125,86	44,05	40,04	40,02
118	47,67	45,55	67,23	122,72	122,72	42,95	40,04	40,02
121	48,88	46,71	68,90	119,73	119,73	41,91	40,04	40,02
124	50,10	47,86	70,58	116,89	116,89	40,91	40,04	40,02
127	51,31	49,02	72,26	114,18	114,18	39,96	40,04	40,02
130	52,52	50,18	73,93	111,59	111,59	39,06	40,03	40,02
133	53,73	51,34	75,61	109,12	109,12	38,19	40,03	40,02
136	54,94	52,50	77,28	106,75	106,75	37,36	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,96	104,48	104,48	36,57	40,03	40,02
142	57,37	54,81	80,64	102,31	102,31	35,81	40,03	40,01
145	58,58	55,97	82,31	100,23	100,23	35,08	40,03	40,01
148	59,79	57,13	83,99	98,23	98,23	34,38	40,03	40,01
151	61,00	58,29	85,66	96,31	96,31	33,71	40,03	40,01
154	62,22	59,44	87,34	94,46	94,46	33,06	40,03	40,01
157	63,43	60,60	89,02	92,68	92,68	32,44	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,69	90,97	90,97	31,84	40,02	40,01
163	65,85	62,92	92,37	89,32	89,32	31,26	40,02	40,01
166	67,06	64,08	94,04	87,72	87,72	30,70	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,72	86,19	86,19	30,17	40,02	40,01
172	69,49	66,39	97,40	84,71	84,71	29,65	40,02	40,01
175	70,70	67,55	99,07	83,27	83,27	29,15	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,75	81,89	81,89	28,66	40,02	40,01
181	73,12	69,87	102,43	80,55	80,55	28,19	40,02	40,01
184	74,34	71,02	104,10	79,25	79,25	27,74	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,78	77,99	77,99	27,30	40,02	40,01
190	76,76	73,34	107,45	76,78	76,78	26,87	40,02	40,01
193	77,97	74,50	109,13	75,60	75,60	26,46	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,81	74,45	74,45	26,06	40,02	40,01
199	80,40	76,81	112,48	73,34	73,34	25,67	40,02	40,01

**Πίνακας Γ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=25\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,4\text{sec}$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{ΜΣ}=0,054\Omega$, $X_{ΜΣ}=1,799\Omega$
Γραμμή: $A=82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma=0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma=0,386\Omega/\text{km}$**

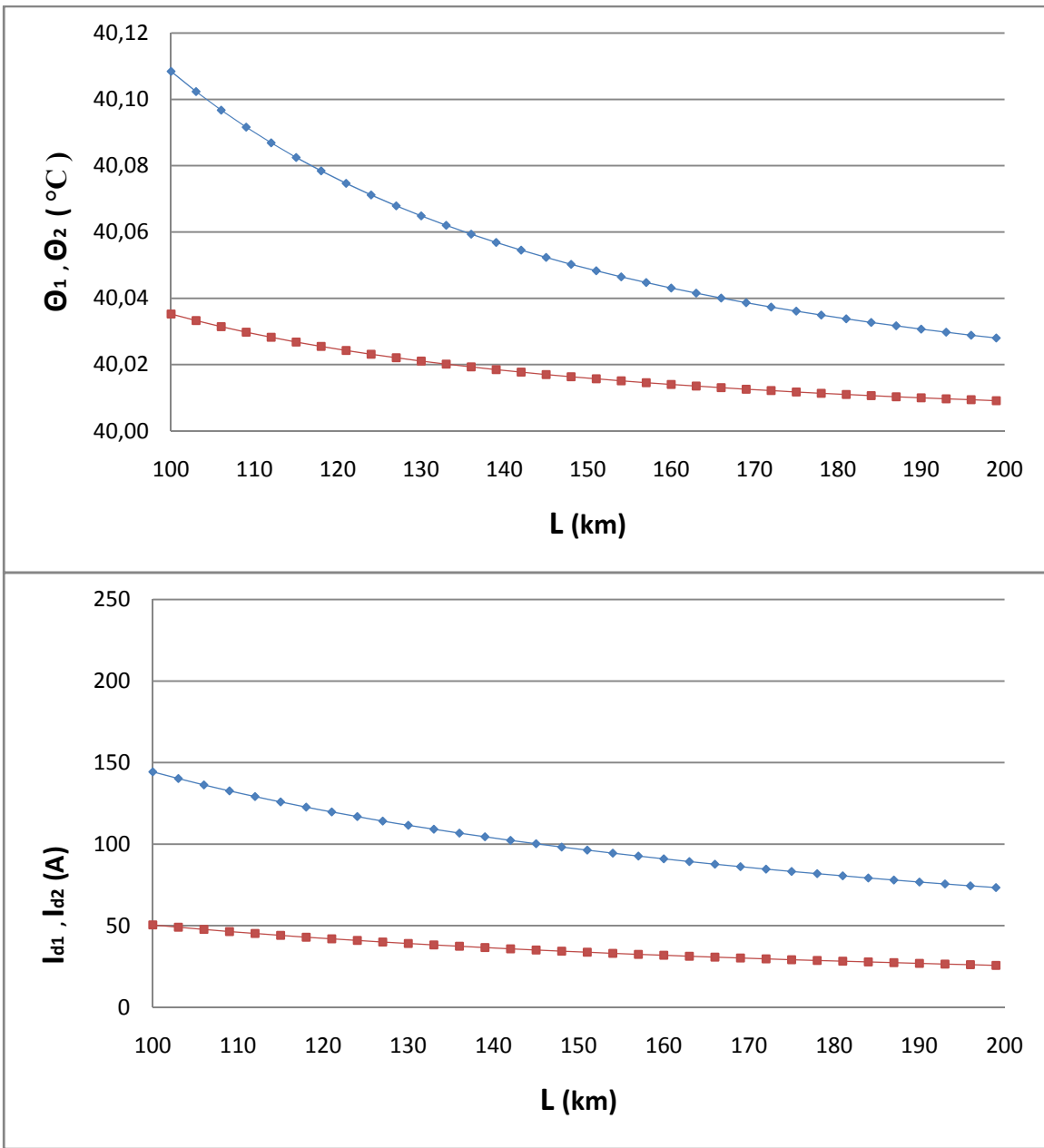


Σχήμα Γ: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15KV$, $P_N= 25MVA$, $t=0,4sec$

Δ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=1sec$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}C$)	Θ_2 ($^{\circ}C$)
100	40,40	38,60	57,17	144,30	144,30	50,51	40,11	40,04
103	41,61	39,76	58,85	140,19	140,19	49,07	40,10	40,03
106	42,82	40,92	60,52	136,31	136,31	47,71	40,10	40,03
109	44,04	42,07	62,20	132,64	132,64	46,42	40,09	40,03
112	45,25	43,23	63,88	129,16	129,16	45,21	40,09	40,03
115	46,46	44,39	65,55	125,86	125,86	44,05	40,08	40,03
118	47,67	45,55	67,23	122,72	122,72	42,95	40,08	40,03
121	48,88	46,71	68,90	119,73	119,73	41,91	40,07	40,02
124	50,10	47,86	70,58	116,89	116,89	40,91	40,07	40,02
127	51,31	49,02	72,26	114,18	114,18	39,96	40,07	40,02
130	52,52	50,18	73,93	111,59	111,59	39,06	40,06	40,02
133	53,73	51,34	75,61	109,12	109,12	38,19	40,06	40,02
136	54,94	52,50	77,28	106,75	106,75	37,36	40,06	40,02
139	56,16	53,65	78,96	104,48	104,48	36,57	40,06	40,02
142	57,37	54,81	80,64	102,31	102,31	35,81	40,05	40,02
145	58,58	55,97	82,31	100,23	100,23	35,08	40,05	40,02
148	59,79	57,13	83,99	98,23	98,23	34,38	40,05	40,02
151	61,00	58,29	85,66	96,31	96,31	33,71	40,05	40,02
154	62,22	59,44	87,34	94,46	94,46	33,06	40,05	40,02
157	63,43	60,60	89,02	92,68	92,68	32,44	40,04	40,01
160	64,64	61,76	90,69	90,97	90,97	31,84	40,04	40,01
163	65,85	62,92	92,37	89,32	89,32	31,26	40,04	40,01
166	67,06	64,08	94,04	87,72	87,72	30,70	40,04	40,01
169	68,28	65,23	95,72	86,19	86,19	30,17	40,04	40,01
172	69,49	66,39	97,40	84,71	84,71	29,65	40,04	40,01
175	70,70	67,55	99,07	83,27	83,27	29,15	40,04	40,01
178	71,91	68,71	100,75	81,89	81,89	28,66	40,03	40,01
181	73,12	69,87	102,43	80,55	80,55	28,19	40,03	40,01
184	74,34	71,02	104,10	79,25	79,25	27,74	40,03	40,01
187	75,55	72,18	105,78	77,99	77,99	27,30	40,03	40,01
190	76,76	73,34	107,45	76,78	76,78	26,87	40,03	40,01
193	77,97	74,50	109,13	75,60	75,60	26,46	40,03	40,01
196	79,18	75,66	110,81	74,45	74,45	26,06	40,03	40,01
199	80,40	76,81	112,48	73,34	73,34	25,67	40,03	40,01

**Πίνακας Δ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=25MVA$, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=1sec$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{ΜΣ}=0,054\Omega$, $X_{ΜΣ}=1,799\Omega$
Γραμμή: $A=82,1mm^2$, $R_{\gamma}=0,404\Omega/km$, $X_{\gamma}=0,386\Omega/km$**

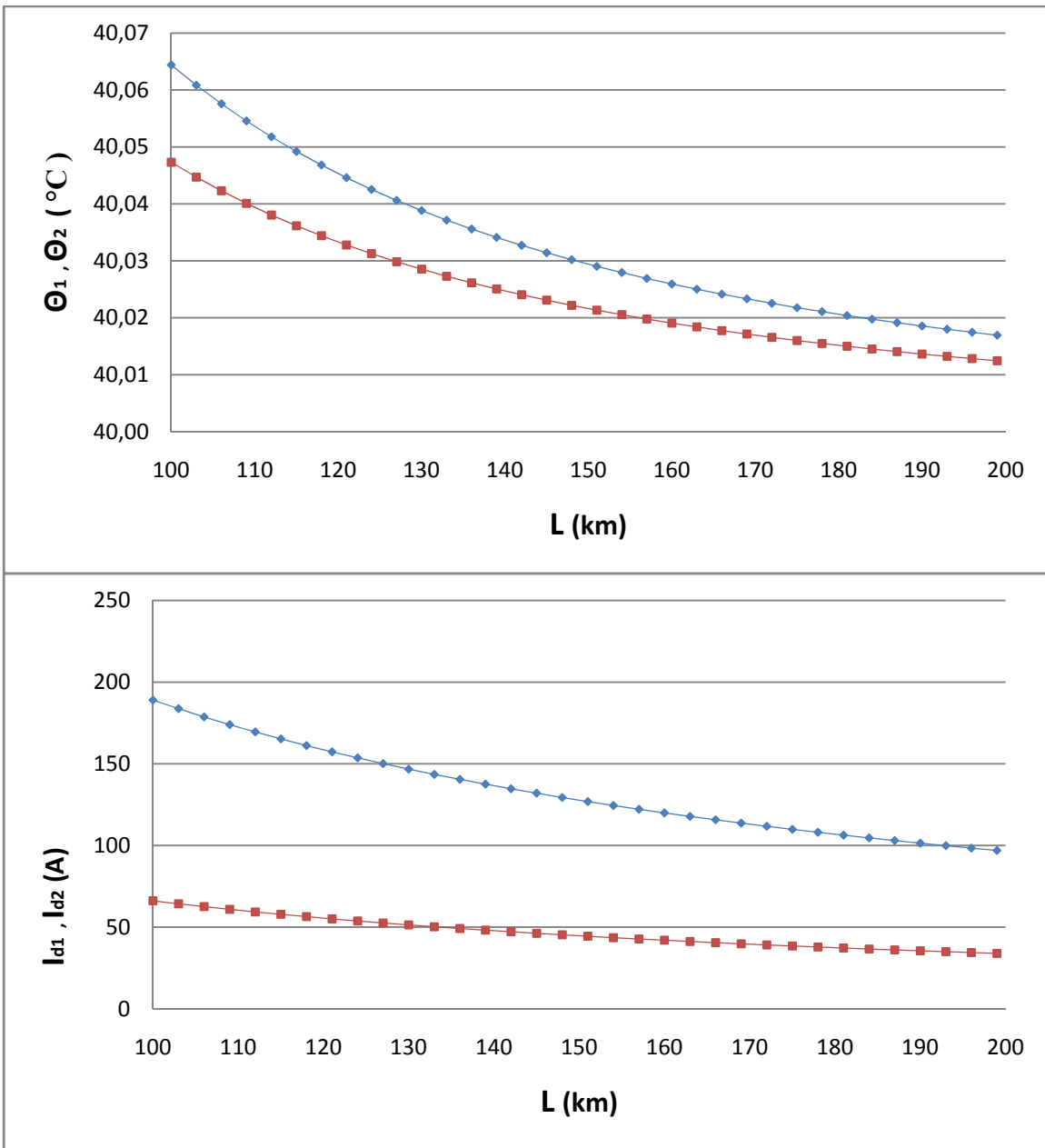


Σχήμα Δ: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15KV$, $P_N= 25MVA$, $t=1sec$

Ε) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=0,15sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	58,20	189,01	189,01	66,15	40,06	40,05
103	41,61	39,76	59,87	183,72	183,72	64,30	40,06	40,04
106	42,82	40,92	61,55	178,72	178,72	62,55	40,06	40,04
109	44,04	42,07	63,22	173,99	173,99	60,89	40,05	40,04
112	45,25	43,23	64,90	169,49	169,49	59,32	40,05	40,04
115	46,46	44,39	66,57	165,23	165,23	57,83	40,05	40,04
118	47,67	45,55	68,25	161,17	161,17	56,41	40,05	40,03
121	48,88	46,71	69,92	157,31	157,31	55,06	40,04	40,03
124	50,10	47,86	71,60	153,63	153,63	53,77	40,04	40,03
127	51,31	49,02	73,28	150,12	150,12	52,54	40,04	40,03
130	52,52	50,18	74,95	146,76	146,76	51,37	40,04	40,03
133	53,73	51,34	76,63	143,55	143,55	50,24	40,04	40,03
136	54,94	52,50	78,30	140,48	140,48	49,17	40,04	40,03
139	56,16	53,65	79,98	137,54	137,54	48,14	40,03	40,03
142	57,37	54,81	81,65	134,72	134,72	47,15	40,03	40,02
145	58,58	55,97	83,33	132,01	132,01	46,20	40,03	40,02
148	59,79	57,13	85,01	129,40	129,40	45,29	40,03	40,02
151	61,00	58,29	86,68	126,90	126,90	44,42	40,03	40,02
154	62,22	59,44	88,36	124,50	124,50	43,57	40,03	40,02
157	63,43	60,60	90,03	122,18	122,18	42,76	40,03	40,02
160	64,64	61,76	91,71	119,95	119,95	41,98	40,03	40,02
163	65,85	62,92	93,38	117,79	117,79	41,23	40,03	40,02
166	67,06	64,08	95,06	115,72	115,72	40,50	40,02	40,02
169	68,28	65,23	96,74	113,71	113,71	39,80	40,02	40,02
172	69,49	66,39	98,41	111,78	111,78	39,12	40,02	40,02
175	70,70	67,55	100,09	109,90	109,90	38,47	40,02	40,02
178	71,91	68,71	101,76	108,09	108,09	37,83	40,02	40,02
181	73,12	69,87	103,44	106,34	106,34	37,22	40,02	40,01
184	74,34	71,02	105,11	104,65	104,65	36,63	40,02	40,01
187	75,55	72,18	106,79	103,01	103,01	36,05	40,02	40,01
190	76,76	73,34	108,47	101,41	101,41	35,49	40,02	40,01
193	77,97	74,50	110,14	99,87	99,87	34,95	40,02	40,01
196	79,18	75,66	111,82	98,37	98,37	34,43	40,02	40,01
199	80,40	76,81	113,49	96,92	96,92	33,92	40,02	40,01
100	40,40	38,60	58,20	189,01	189,01	66,15	40,06	40,05

Πίνακας Ε: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,15sec
ΜΣ 150kV/20kV: R_{ΜΣ}= 0,096Ω, X_{ΜΣ}=3,199Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

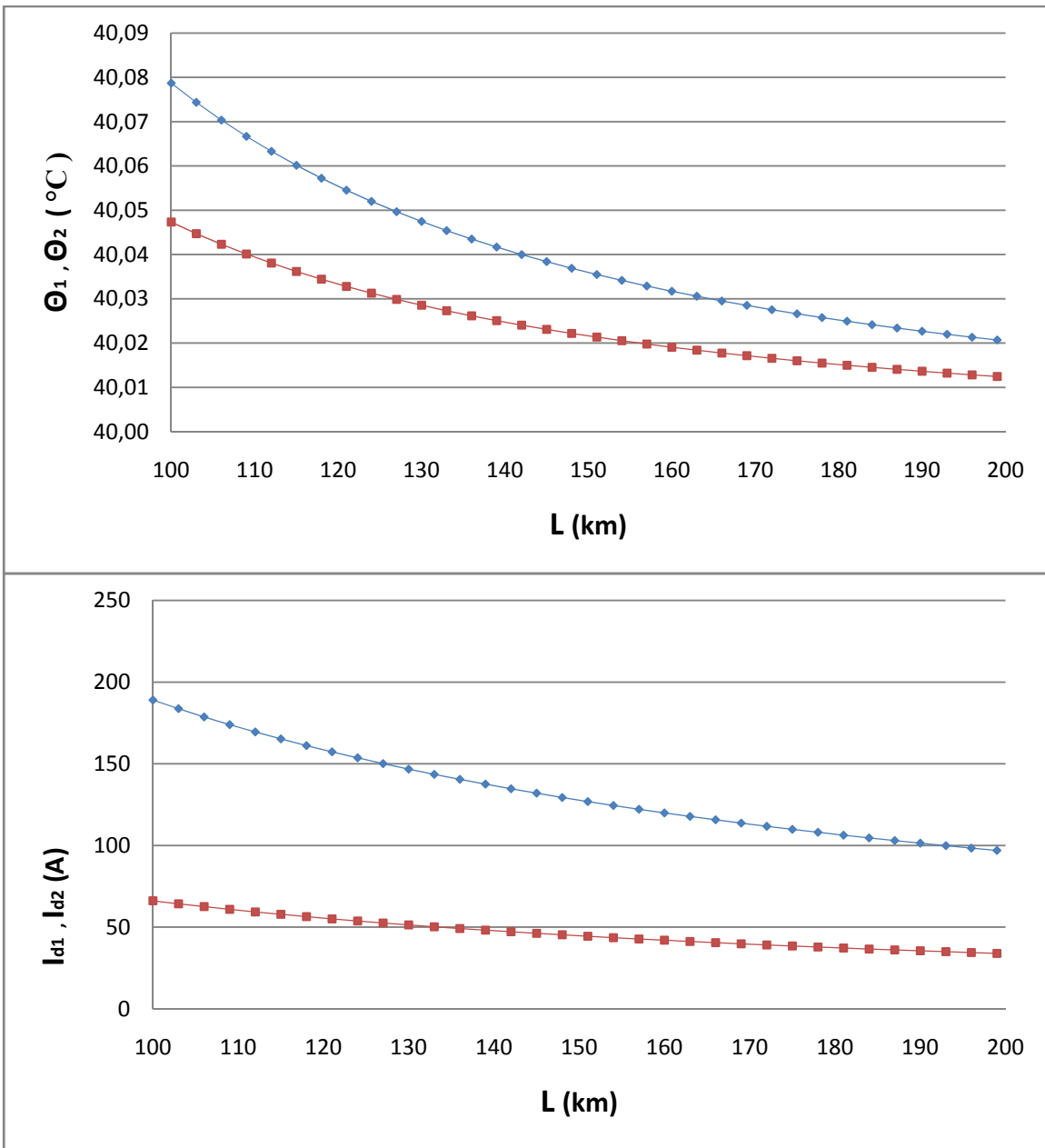


Σχήμα Ε: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N=20\text{KV}$, $P_N=25\text{MVA}$, $t=0,15\text{sec}$

ΣΤ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,25\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	58,20	189,01	189,01	66,15	40,08	40,05
103	41,61	39,76	59,87	183,72	183,72	64,30	40,07	40,04
106	42,82	40,92	61,55	178,72	178,72	62,55	40,07	40,04
109	44,04	42,07	63,22	173,99	173,99	60,89	40,07	40,04
112	45,25	43,23	64,90	169,49	169,49	59,32	40,06	40,04
115	46,46	44,39	66,57	165,23	165,23	57,83	40,06	40,04
118	47,67	45,55	68,25	161,17	161,17	56,41	40,06	40,03
121	48,88	46,71	69,92	157,31	157,31	55,06	40,05	40,03
124	50,10	47,86	71,60	153,63	153,63	53,77	40,05	40,03
127	51,31	49,02	73,28	150,12	150,12	52,54	40,05	40,03
130	52,52	50,18	74,95	146,76	146,76	51,37	40,05	40,03
133	53,73	51,34	76,63	143,55	143,55	50,24	40,05	40,03
136	54,94	52,50	78,30	140,48	140,48	49,17	40,04	40,03
139	56,16	53,65	79,98	137,54	137,54	48,14	40,04	40,03
142	57,37	54,81	81,65	134,72	134,72	47,15	40,04	40,02
145	58,58	55,97	83,33	132,01	132,01	46,20	40,04	40,02
148	59,79	57,13	85,01	129,40	129,40	45,29	40,04	40,02
151	61,00	58,29	86,68	126,90	126,90	44,42	40,04	40,02
154	62,22	59,44	88,36	124,50	124,50	43,57	40,03	40,02
157	63,43	60,60	90,03	122,18	122,18	42,76	40,03	40,02
160	64,64	61,76	91,71	119,95	119,95	41,98	40,03	40,02
163	65,85	62,92	93,38	117,79	117,79	41,23	40,03	40,02
166	67,06	64,08	95,06	115,72	115,72	40,50	40,03	40,02
169	68,28	65,23	96,74	113,71	113,71	39,80	40,03	40,02
172	69,49	66,39	98,41	111,78	111,78	39,12	40,03	40,02
175	70,70	67,55	100,09	109,90	109,90	38,47	40,03	40,02
178	71,91	68,71	101,76	108,09	108,09	37,83	40,03	40,02
181	73,12	69,87	103,44	106,34	106,34	37,22	40,02	40,01
184	74,34	71,02	105,11	104,65	104,65	36,63	40,02	40,01
187	75,55	72,18	106,79	103,01	103,01	36,05	40,02	40,01
190	76,76	73,34	108,47	101,41	101,41	35,49	40,02	40,01
193	77,97	74,50	110,14	99,87	99,87	34,95	40,02	40,01
196	79,18	75,66	111,82	98,37	98,37	34,43	40,02	40,01
199	80,40	76,81	113,49	96,92	96,92	33,92	40,02	40,01

**Πίνακας ΣΤ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=25\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm^2 ,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,25\text{sec}$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0,096\Omega$, $X_{M\Sigma}=3,199\Omega$
Γραμμή: $A=82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma=0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma=0,386\Omega/\text{km}$**

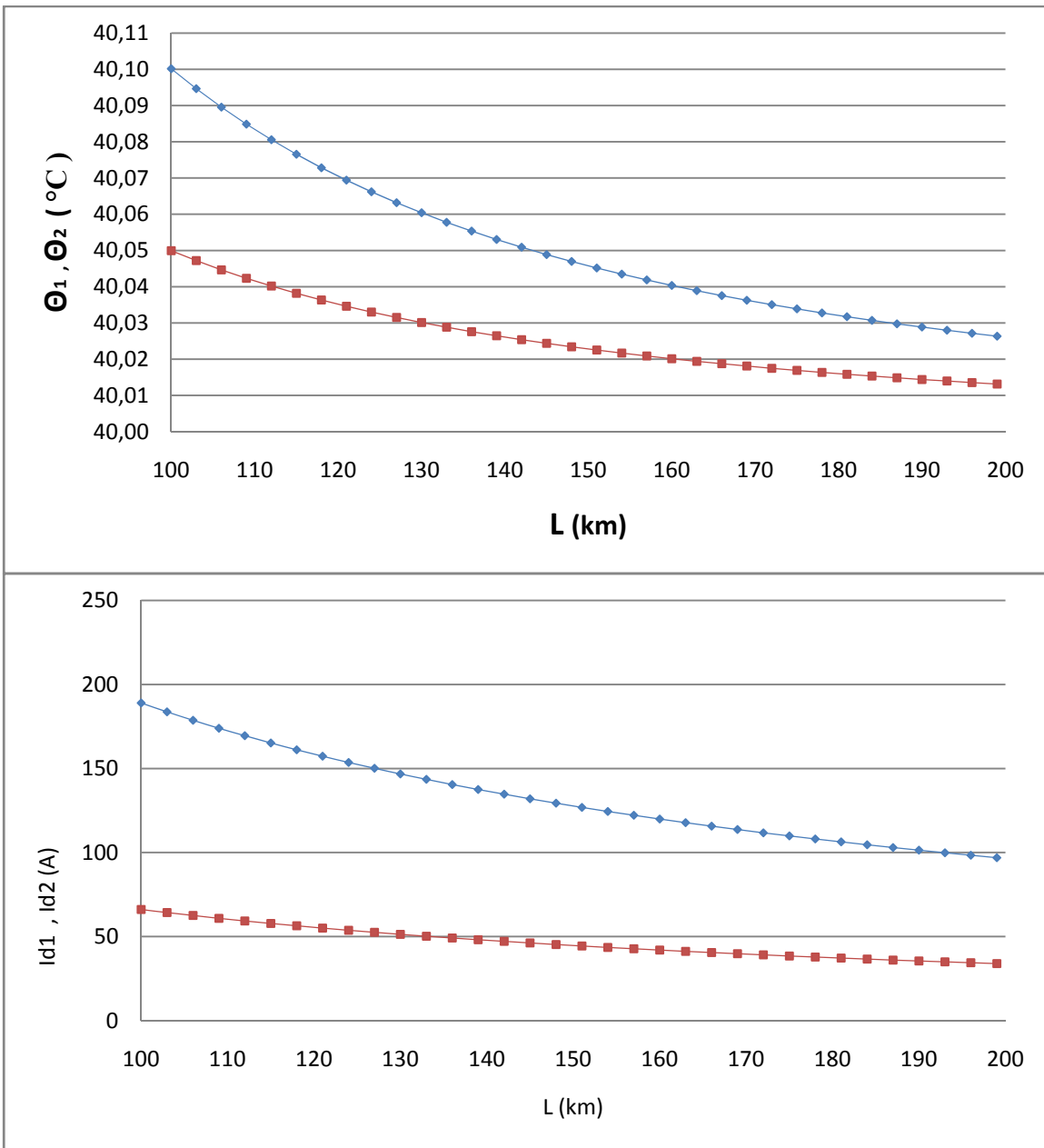


Σχήμα ΣΤ: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 25MVA$, $t=0,25sec$

Z) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (Δt) t=0,4sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	58,20	189,01	189,01	66,15	40,10	40,05
103	41,61	39,76	59,87	183,72	183,72	64,30	40,09	40,05
106	42,82	40,92	61,55	178,72	178,72	62,55	40,09	40,04
109	44,04	42,07	63,22	173,99	173,99	60,89	40,08	40,04
112	45,25	43,23	64,90	169,49	169,49	59,32	40,08	40,04
115	46,46	44,39	66,57	165,23	165,23	57,83	40,08	40,04
118	47,67	45,55	68,25	161,17	161,17	56,41	40,07	40,04
121	48,88	46,71	69,92	157,31	157,31	55,06	40,07	40,03
124	50,10	47,86	71,60	153,63	153,63	53,77	40,07	40,03
127	51,31	49,02	73,28	150,12	150,12	52,54	40,06	40,03
130	52,52	50,18	74,95	146,76	146,76	51,37	40,06	40,03
133	53,73	51,34	76,63	143,55	143,55	50,24	40,06	40,03
136	54,94	52,50	78,30	140,48	140,48	49,17	40,06	40,03
139	56,16	53,65	79,98	137,54	137,54	48,14	40,05	40,03
142	57,37	54,81	81,65	134,72	134,72	47,15	40,05	40,03
145	58,58	55,97	83,33	132,01	132,01	46,20	40,05	40,02
148	59,79	57,13	85,01	129,40	129,40	45,29	40,05	40,02
151	61,00	58,29	86,68	126,90	126,90	44,42	40,05	40,02
154	62,22	59,44	88,36	124,50	124,50	43,57	40,04	40,02
157	63,43	60,60	90,03	122,18	122,18	42,76	40,04	40,02
160	64,64	61,76	91,71	119,95	119,95	41,98	40,04	40,02
163	65,85	62,92	93,38	117,79	117,79	41,23	40,04	40,02
166	67,06	64,08	95,06	115,72	115,72	40,50	40,04	40,02
169	68,28	65,23	96,74	113,71	113,71	39,80	40,04	40,02
172	69,49	66,39	98,41	111,78	111,78	39,12	40,04	40,02
175	70,70	67,55	100,09	109,90	109,90	38,47	40,03	40,02
178	71,91	68,71	101,76	108,09	108,09	37,83	40,03	40,02
181	73,12	69,87	103,44	106,34	106,34	37,22	40,03	40,02
184	74,34	71,02	105,11	104,65	104,65	36,63	40,03	40,02
187	75,55	72,18	106,79	103,01	103,01	36,05	40,03	40,01
190	76,76	73,34	108,47	101,41	101,41	35,49	40,03	40,01
193	77,97	74,50	110,14	99,87	99,87	34,95	40,03	40,01
196	79,18	75,66	111,82	98,37	98,37	34,43	40,03	40,01
199	80,40	76,81	113,49	96,92	96,92	33,92	40,03	40,01

Πίνακας Z: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 25MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,4sec
ΜΣ 150kV/20kV: R_{ΜΣ}= 0,096Ω, X_{ΜΣ}=3,199Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km

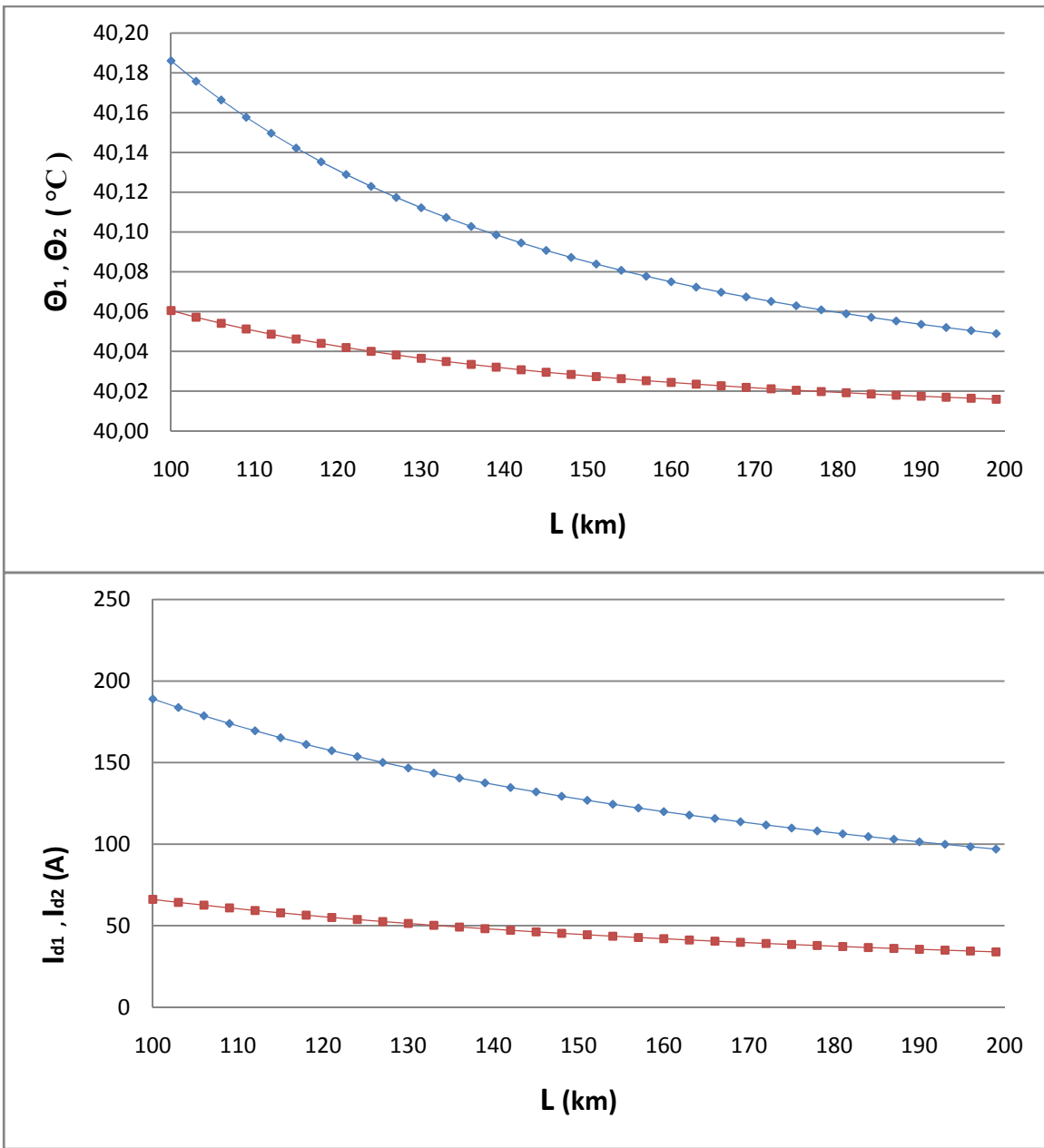


Σχήμα Z: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20\text{KV}$, $P_N= 25\text{MVA}$, $t=0,4\text{sec}$

Η) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 25MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=1sec$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}C$)	Θ_2 ($^{\circ}C$)
100	40,40	38,60	58,20	189,01	189,01	66,15	40,19	40,06
103	41,61	39,76	59,87	183,72	183,72	64,30	40,18	40,06
106	42,82	40,92	61,55	178,72	178,72	62,55	40,17	40,05
109	44,04	42,07	63,22	173,99	173,99	60,89	40,16	40,05
112	45,25	43,23	64,90	169,49	169,49	59,32	40,15	40,05
115	46,46	44,39	66,57	165,23	165,23	57,83	40,14	40,05
118	47,67	45,55	68,25	161,17	161,17	56,41	40,14	40,04
121	48,88	46,71	69,92	157,31	157,31	55,06	40,13	40,04
124	50,10	47,86	71,60	153,63	153,63	53,77	40,12	40,04
127	51,31	49,02	73,28	150,12	150,12	52,54	40,12	40,04
130	52,52	50,18	74,95	146,76	146,76	51,37	40,11	40,04
133	53,73	51,34	76,63	143,55	143,55	50,24	40,11	40,03
136	54,94	52,50	78,30	140,48	140,48	49,17	40,10	40,03
139	56,16	53,65	79,98	137,54	137,54	48,14	40,10	40,03
142	57,37	54,81	81,65	134,72	134,72	47,15	40,09	40,03
145	58,58	55,97	83,33	132,01	132,01	46,20	40,09	40,03
148	59,79	57,13	85,01	129,40	129,40	45,29	40,09	40,03
151	61,00	58,29	86,68	126,90	126,90	44,42	40,08	40,03
154	62,22	59,44	88,36	124,50	124,50	43,57	40,08	40,03
157	63,43	60,60	90,03	122,18	122,18	42,76	40,08	40,03
160	64,64	61,76	91,71	119,95	119,95	41,98	40,07	40,02
163	65,85	62,92	93,38	117,79	117,79	41,23	40,07	40,02
166	67,06	64,08	95,06	115,72	115,72	40,50	40,07	40,02
169	68,28	65,23	96,74	113,71	113,71	39,80	40,07	40,02
172	69,49	66,39	98,41	111,78	111,78	39,12	40,07	40,02
175	70,70	67,55	100,09	109,90	109,90	38,47	40,06	40,02
178	71,91	68,71	101,76	108,09	108,09	37,83	40,06	40,02
181	73,12	69,87	103,44	106,34	106,34	37,22	40,06	40,02
184	74,34	71,02	105,11	104,65	104,65	36,63	40,06	40,02
187	75,55	72,18	106,79	103,01	103,01	36,05	40,06	40,02
190	76,76	73,34	108,47	101,41	101,41	35,49	40,05	40,02
193	77,97	74,50	110,14	99,87	99,87	34,95	40,05	40,02
196	79,18	75,66	111,82	98,37	98,37	34,43	40,05	40,02
199	80,40	76,81	113,49	96,92	96,92	33,92	40,05	40,02

**Πίνακας Η: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=25MVA$, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=1sec$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{ΜΣ}=0,096\Omega$, $X_{ΜΣ}=3,199\Omega$
Γραμμή: $A=82,1mm^2$, $R_{\gamma}=0,404\Omega/km$, $X_{\gamma}=0,386\Omega/km$**

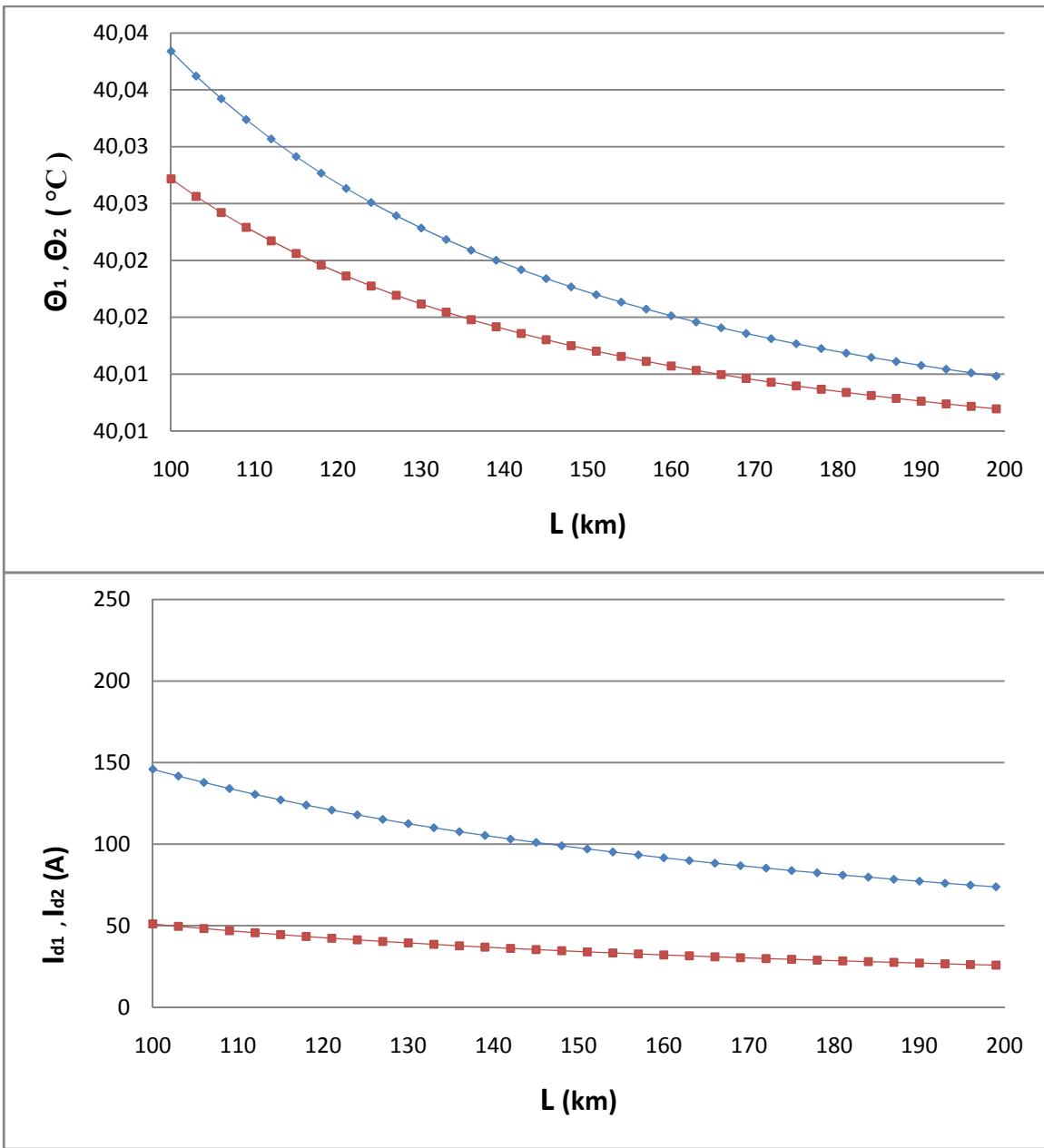


Σχήμα Η: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας,όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 25MVA$, $t=1sec$

Θ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,15\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	56,52	145,96	145,96	51,09	40,04	40,03
103	41,61	39,76	58,20	141,76	141,76	49,62	40,04	40,03
106	42,82	40,92	59,87	137,79	137,79	48,23	40,03	40,02
109	44,04	42,07	61,55	134,04	134,04	46,91	40,03	40,02
112	45,25	43,23	63,23	130,49	130,49	45,67	40,03	40,02
115	46,46	44,39	64,90	127,12	127,12	44,49	40,03	40,02
118	47,67	45,55	66,58	123,92	123,92	43,37	40,03	40,02
121	48,88	46,71	68,25	120,87	120,87	42,31	40,03	40,02
124	50,10	47,86	69,93	117,98	117,98	41,29	40,03	40,02
127	51,31	49,02	71,61	115,21	115,21	40,32	40,02	40,02
130	52,52	50,18	73,28	112,58	112,58	39,40	40,02	40,02
133	53,73	51,34	74,96	110,06	110,06	38,52	40,02	40,02
136	54,94	52,50	76,63	107,65	107,65	37,68	40,02	40,01
139	56,16	53,65	78,31	105,35	105,35	36,87	40,02	40,01
142	57,37	54,81	79,99	103,14	103,14	36,10	40,02	40,01
145	58,58	55,97	81,66	101,02	101,02	35,36	40,02	40,01
148	59,79	57,13	83,34	98,99	98,99	34,65	40,02	40,01
151	61,00	58,29	85,02	97,04	97,04	33,96	40,02	40,01
154	62,22	59,44	86,69	95,16	95,16	33,31	40,02	40,01
157	63,43	60,60	88,37	93,36	93,36	32,68	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,04	91,62	91,62	32,07	40,02	40,01
163	65,85	62,92	91,72	89,95	89,95	31,48	40,01	40,01
166	67,06	64,08	93,40	88,33	88,33	30,92	40,01	40,01
169	68,28	65,23	95,07	86,78	86,78	30,37	40,01	40,01
172	69,49	66,39	96,75	85,27	85,27	29,85	40,01	40,01
175	70,70	67,55	98,43	83,82	83,82	29,34	40,01	40,01
178	71,91	68,71	100,10	82,42	82,42	28,85	40,01	40,01
181	73,12	69,87	101,78	81,06	81,06	28,37	40,01	40,01
184	74,34	71,02	103,45	79,75	79,75	27,91	40,01	40,01
187	75,55	72,18	105,13	78,47	78,47	27,47	40,01	40,01
190	76,76	73,34	106,81	77,24	77,24	27,03	40,01	40,01
193	77,97	74,50	108,48	76,05	76,05	26,62	40,01	40,01
196	79,18	75,66	110,16	74,89	74,89	26,21	40,01	40,01
199	80,40	76,81	111,84	73,77	73,77	25,82	40,01	40,01

Πίνακας Θ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm^2 ,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,15\text{sec}$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0,027\Omega$, $X_{M\Sigma}=0,9\Omega$
Γραμμή: $A=82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma=0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma=0,386\Omega/\text{km}$

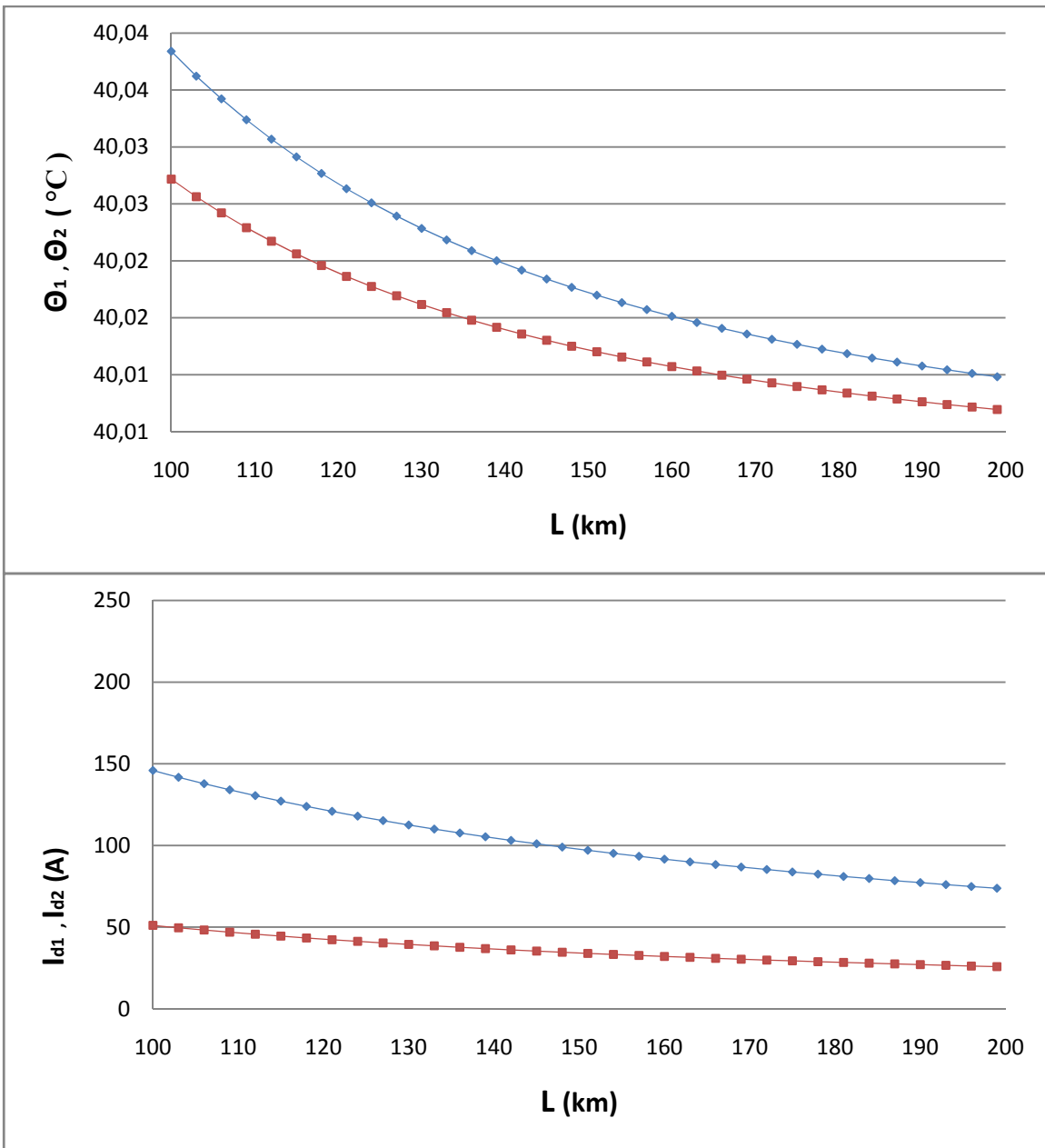


Σχήμα Θ: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N=15\text{KV}$, $P_N=50\text{MVA}$, $t=0,15\text{sec}$

I) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔI) $t=0,25\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	56,52	145,96	145,96	51,09	40,05	40,03
103	41,61	39,76	58,20	141,76	141,76	49,62	40,04	40,03
106	42,82	40,92	59,87	137,79	137,79	48,23	40,04	40,03
109	44,04	42,07	61,55	134,04	134,04	46,91	40,04	40,02
112	45,25	43,23	63,23	130,49	130,49	45,67	40,04	40,02
115	46,46	44,39	64,90	127,12	127,12	44,49	40,04	40,02
118	47,67	45,55	66,58	123,92	123,92	43,37	40,03	40,02
121	48,88	46,71	68,25	120,87	120,87	42,31	40,03	40,02
124	50,10	47,86	69,93	117,98	117,98	41,29	40,03	40,02
127	51,31	49,02	71,61	115,21	115,21	40,32	40,03	40,02
130	52,52	50,18	73,28	112,58	112,58	39,40	40,03	40,02
133	53,73	51,34	74,96	110,06	110,06	38,52	40,03	40,02
136	54,94	52,50	76,63	107,65	107,65	37,68	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,31	105,35	105,35	36,87	40,02	40,01
142	57,37	54,81	79,99	103,14	103,14	36,10	40,02	40,01
145	58,58	55,97	81,66	101,02	101,02	35,36	40,02	40,01
148	59,79	57,13	83,34	98,99	98,99	34,65	40,02	40,01
151	61,00	58,29	85,02	97,04	97,04	33,96	40,02	40,01
154	62,22	59,44	86,69	95,16	95,16	33,31	40,02	40,01
157	63,43	60,60	88,37	93,36	93,36	32,68	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,04	91,62	91,62	32,07	40,02	40,01
163	65,85	62,92	91,72	89,95	89,95	31,48	40,02	40,01
166	67,06	64,08	93,40	88,33	88,33	30,92	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,07	86,78	86,78	30,37	40,02	40,01
172	69,49	66,39	96,75	85,27	85,27	29,85	40,02	40,01
175	70,70	67,55	98,43	83,82	83,82	29,34	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,10	82,42	82,42	28,85	40,01	40,01
181	73,12	69,87	101,78	81,06	81,06	28,37	40,01	40,01
184	74,34	71,02	103,45	79,75	79,75	27,91	40,01	40,01
187	75,55	72,18	105,13	78,47	78,47	27,47	40,01	40,01
190	76,76	73,34	106,81	77,24	77,24	27,03	40,01	40,01
193	77,97	74,50	108,48	76,05	76,05	26,62	40,01	40,01
196	79,18	75,66	110,16	74,89	74,89	26,21	40,01	40,01
199	80,40	76,81	111,84	73,77	73,77	25,82	40,01	40,01

Πίνακας I: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm^2 ,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,25\text{sec}$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{ΜΣ}= 0,027\Omega$, $X_{ΜΣ}=0,9\Omega$
Γραμμή: $A= 82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma= 0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma= 0,386\Omega/\text{km}$

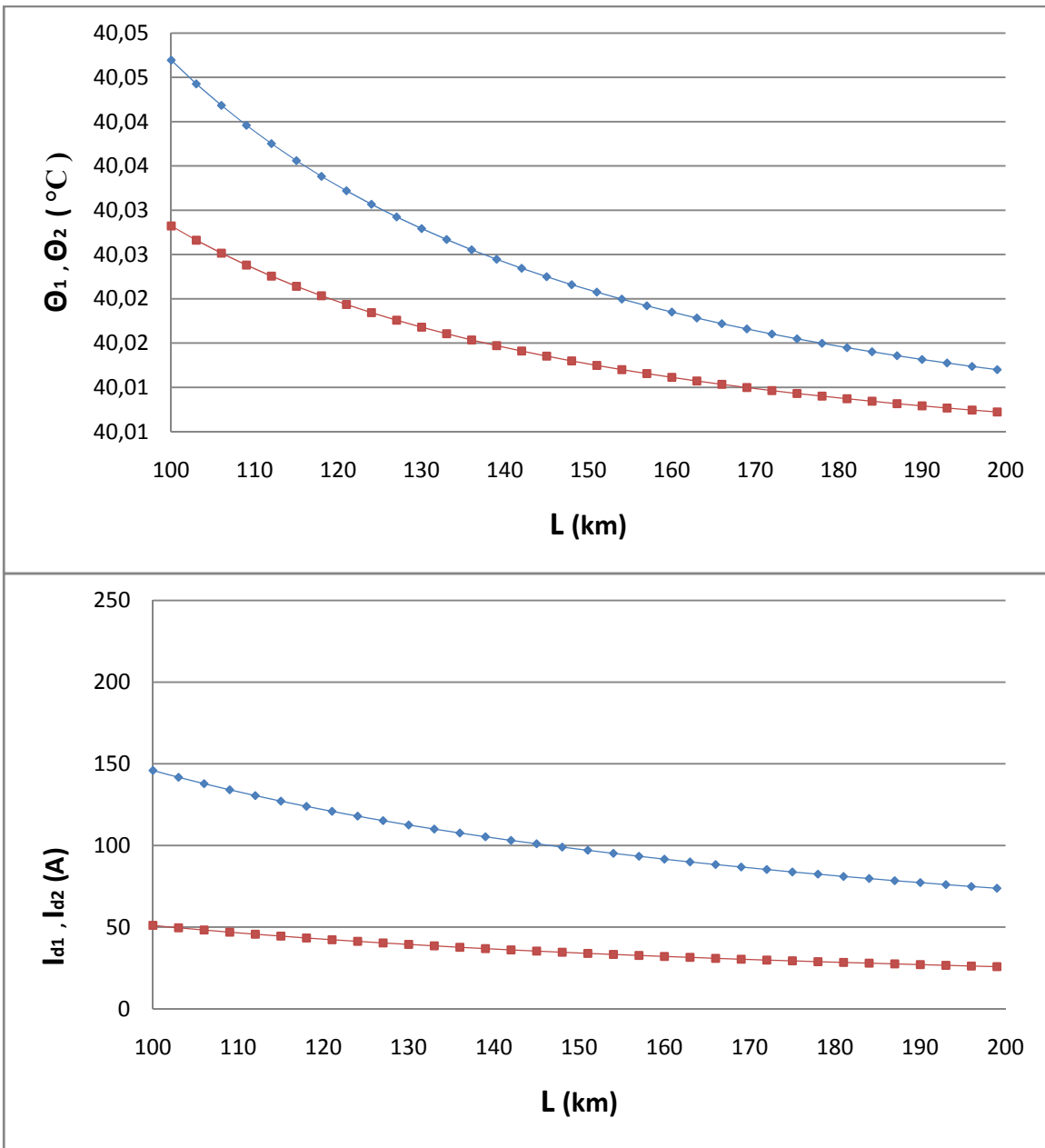


Σχήμα Ι: Μεταβολή της μέγιστης (Θ₁) και ελάχιστης (Θ₂) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. V_N= 15KV, P_N= 50MVA, t=0,25sec

Κ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,4\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	56,52	145,96	145,96	51,09	40,06	40,03
103	41,61	39,76	58,20	141,76	141,76	49,62	40,06	40,03
106	42,82	40,92	59,87	137,79	137,79	48,23	40,05	40,03
109	44,04	42,07	61,55	134,04	134,04	46,91	40,05	40,03
112	45,25	43,23	63,23	130,49	130,49	45,67	40,05	40,02
115	46,46	44,39	64,90	127,12	127,12	44,49	40,05	40,02
118	47,67	45,55	66,58	123,92	123,92	43,37	40,04	40,02
121	48,88	46,71	68,25	120,87	120,87	42,31	40,04	40,02
124	50,10	47,86	69,93	117,98	117,98	41,29	40,04	40,02
127	51,31	49,02	71,61	115,21	115,21	40,32	40,04	40,02
130	52,52	50,18	73,28	112,58	112,58	39,40	40,04	40,02
133	53,73	51,34	74,96	110,06	110,06	38,52	40,03	40,02
136	54,94	52,50	76,63	107,65	107,65	37,68	40,03	40,02
139	56,16	53,65	78,31	105,35	105,35	36,87	40,03	40,02
142	57,37	54,81	79,99	103,14	103,14	36,10	40,03	40,01
145	58,58	55,97	81,66	101,02	101,02	35,36	40,03	40,01
148	59,79	57,13	83,34	98,99	98,99	34,65	40,03	40,01
151	61,00	58,29	85,02	97,04	97,04	33,96	40,03	40,01
154	62,22	59,44	86,69	95,16	95,16	33,31	40,03	40,01
157	63,43	60,60	88,37	93,36	93,36	32,68	40,02	40,01
160	64,64	61,76	90,04	91,62	91,62	32,07	40,02	40,01
163	65,85	62,92	91,72	89,95	89,95	31,48	40,02	40,01
166	67,06	64,08	93,40	88,33	88,33	30,92	40,02	40,01
169	68,28	65,23	95,07	86,78	86,78	30,37	40,02	40,01
172	69,49	66,39	96,75	85,27	85,27	29,85	40,02	40,01
175	70,70	67,55	98,43	83,82	83,82	29,34	40,02	40,01
178	71,91	68,71	100,10	82,42	82,42	28,85	40,02	40,01
181	73,12	69,87	101,78	81,06	81,06	28,37	40,02	40,01
184	74,34	71,02	103,45	79,75	79,75	27,91	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,13	78,47	78,47	27,47	40,02	40,01
190	76,76	73,34	106,81	77,24	77,24	27,03	40,02	40,01
193	77,97	74,50	108,48	76,05	76,05	26,62	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,16	74,89	74,89	26,21	40,02	40,01
199	80,40	76,81	111,84	73,77	73,77	25,82	40,02	40,01

Πίνακας Κ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,4\text{sec}$
ΜΣ 150kV/15kV: $R_{M\Sigma}=0,027\Omega$, $X_{M\Sigma}=0,9\Omega$
Γραμμή: $A=82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma=0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma=0,386\Omega/\text{km}$

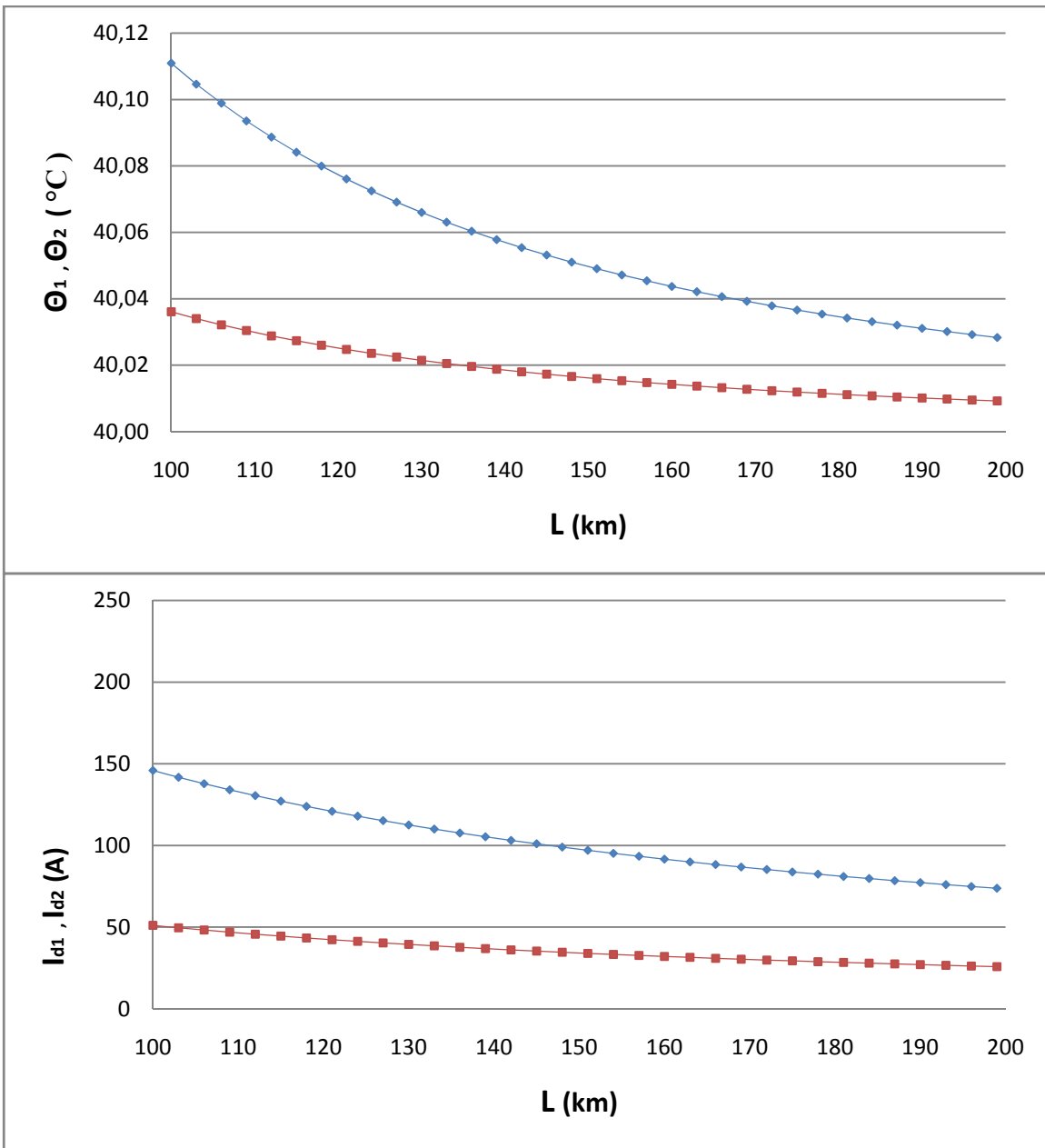


Σχήμα Κ: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας,όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15\text{KV}$, $P_N= 50\text{MVA}$, $t=0,4\text{sec}$

Λ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 15kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) t=1sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	56,52	145,96	145,96	51,09	40,11	40,04
103	41,61	39,76	58,20	141,76	141,76	49,62	40,10	40,03
106	42,82	40,92	59,87	137,79	137,79	48,23	40,10	40,03
109	44,04	42,07	61,55	134,04	134,04	46,91	40,09	40,03
112	45,25	43,23	63,23	130,49	130,49	45,67	40,09	40,03
115	46,46	44,39	64,90	127,12	127,12	44,49	40,08	40,03
118	47,67	45,55	66,58	123,92	123,92	43,37	40,08	40,03
121	48,88	46,71	68,25	120,87	120,87	42,31	40,08	40,02
124	50,10	47,86	69,93	117,98	117,98	41,29	40,07	40,02
127	51,31	49,02	71,61	115,21	115,21	40,32	40,07	40,02
130	52,52	50,18	73,28	112,58	112,58	39,40	40,07	40,02
133	53,73	51,34	74,96	110,06	110,06	38,52	40,06	40,02
136	54,94	52,50	76,63	107,65	107,65	37,68	40,06	40,02
139	56,16	53,65	78,31	105,35	105,35	36,87	40,06	40,02
142	57,37	54,81	79,99	103,14	103,14	36,10	40,06	40,02
145	58,58	55,97	81,66	101,02	101,02	35,36	40,05	40,02
148	59,79	57,13	83,34	98,99	98,99	34,65	40,05	40,02
151	61,00	58,29	85,02	97,04	97,04	33,96	40,05	40,02
154	62,22	59,44	86,69	95,16	95,16	33,31	40,05	40,02
157	63,43	60,60	88,37	93,36	93,36	32,68	40,05	40,01
160	64,64	61,76	90,04	91,62	91,62	32,07	40,04	40,01
163	65,85	62,92	91,72	89,95	89,95	31,48	40,04	40,01
166	67,06	64,08	93,40	88,33	88,33	30,92	40,04	40,01
169	68,28	65,23	95,07	86,78	86,78	30,37	40,04	40,01
172	69,49	66,39	96,75	85,27	85,27	29,85	40,04	40,01
175	70,70	67,55	98,43	83,82	83,82	29,34	40,04	40,01
178	71,91	68,71	100,10	82,42	82,42	28,85	40,04	40,01
181	73,12	69,87	101,78	81,06	81,06	28,37	40,03	40,01
184	74,34	71,02	103,45	79,75	79,75	27,91	40,03	40,01
187	75,55	72,18	105,13	78,47	78,47	27,47	40,03	40,01
190	76,76	73,34	106,81	77,24	77,24	27,03	40,03	40,01
193	77,97	74,50	108,48	76,05	76,05	26,62	40,03	40,01
196	79,18	75,66	110,16	74,89	74,89	26,21	40,03	40,01
199	80,40	76,81	111,84	73,77	73,77	25,82	40,03	40,01

**Πίνακας Λ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 50MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=1sec
ΜΣ 150kV/15kV: R_{ΜΣ}= 0,027Ω, X_{ΜΣ}=0,9Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km**

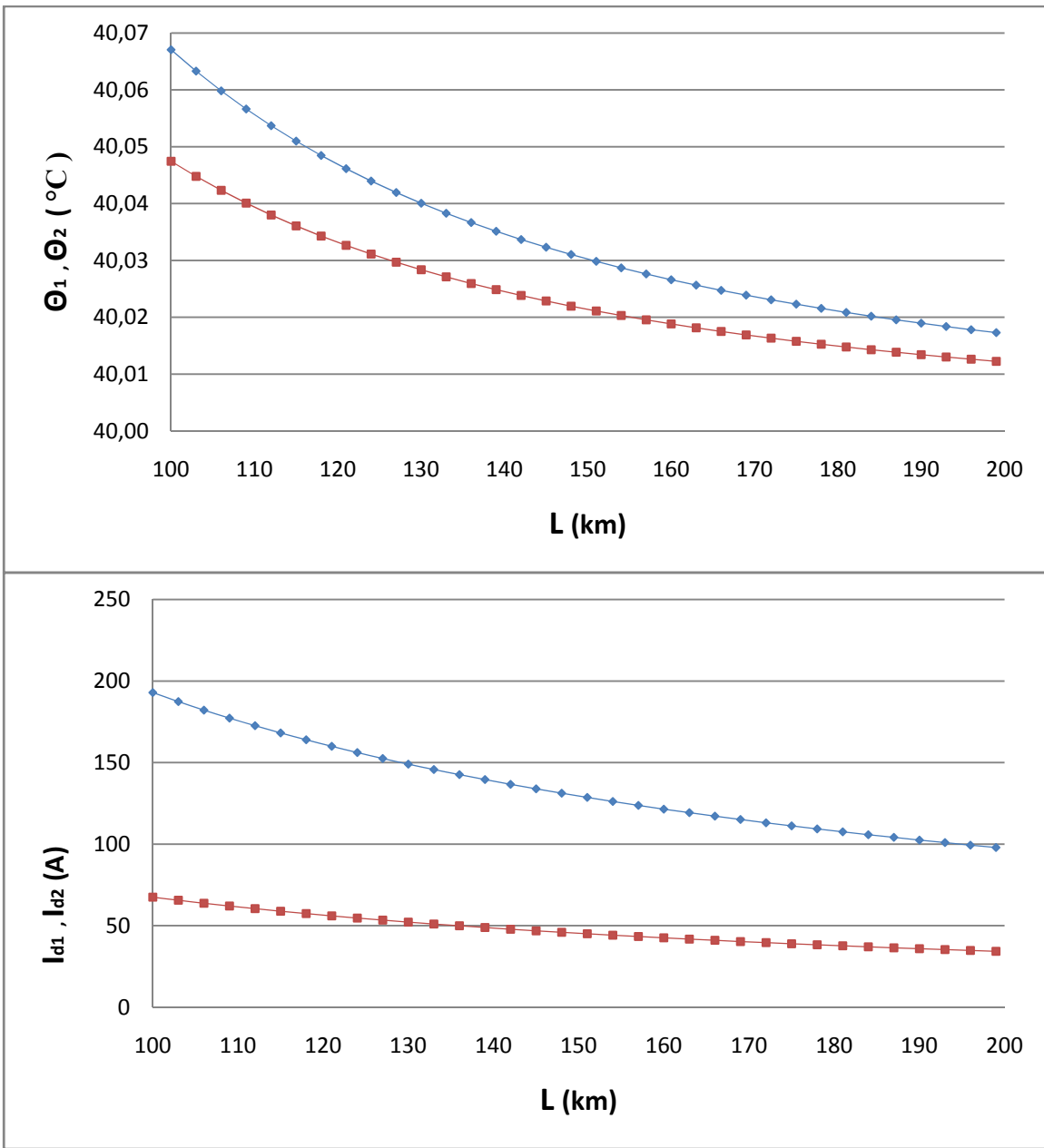


Σχήμα Α: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 15KV$, $P_N= 50MVA$, $t=1sec$

Μ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,15\text{sec}$

L (km)	R_γ (Ω)	X_γ (Ω)	$Z_{ολ}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^\circ\text{C}$)	Θ_2 ($^\circ\text{C}$)
100	40,40	38,60	57,03	192,89	192,89	67,51	40,07	40,05
103	41,61	39,76	58,70	187,39	187,39	65,58	40,06	40,04
106	42,82	40,92	60,38	182,18	182,18	63,76	40,06	40,04
109	44,04	42,07	62,05	177,26	177,26	62,04	40,06	40,04
112	45,25	43,23	63,73	172,60	172,60	60,41	40,05	40,04
115	46,46	44,39	65,41	168,18	168,18	58,86	40,05	40,04
118	47,67	45,55	67,08	163,98	163,98	57,39	40,05	40,03
121	48,88	46,71	68,76	159,98	159,98	55,99	40,05	40,03
124	50,10	47,86	70,43	156,17	156,17	54,66	40,04	40,03
127	51,31	49,02	72,11	152,54	152,54	53,39	40,04	40,03
130	52,52	50,18	73,79	149,08	149,08	52,18	40,04	40,03
133	53,73	51,34	75,46	145,77	145,77	51,02	40,04	40,03
136	54,94	52,50	77,14	142,60	142,60	49,91	40,04	40,03
139	56,16	53,65	78,82	139,57	139,57	48,85	40,04	40,02
142	57,37	54,81	80,49	136,66	136,66	47,83	40,03	40,02
145	58,58	55,97	82,17	133,87	133,87	46,86	40,03	40,02
148	59,79	57,13	83,84	131,20	131,20	45,92	40,03	40,02
151	61,00	58,29	85,52	128,63	128,63	45,02	40,03	40,02
154	62,22	59,44	87,20	126,15	126,15	44,15	40,03	40,02
157	63,43	60,60	88,87	123,77	123,77	43,32	40,03	40,02
160	64,64	61,76	90,55	121,48	121,48	42,52	40,03	40,02
163	65,85	62,92	92,22	119,27	119,27	41,75	40,03	40,02
166	67,06	64,08	93,90	117,15	117,15	41,00	40,02	40,02
169	68,28	65,23	95,58	115,09	115,09	40,28	40,02	40,02
172	69,49	66,39	97,25	113,11	113,11	39,59	40,02	40,02
175	70,70	67,55	98,93	111,19	111,19	38,92	40,02	40,02
178	71,91	68,71	100,60	109,34	109,34	38,27	40,02	40,02
181	73,12	69,87	102,28	107,55	107,55	37,64	40,02	40,01
184	74,34	71,02	103,96	105,81	105,81	37,03	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,63	104,13	104,13	36,45	40,02	40,01
190	76,76	73,34	107,31	102,51	102,51	35,88	40,02	40,01
193	77,97	74,50	108,99	100,93	100,93	35,33	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,66	99,40	99,40	34,79	40,02	40,01
199	80,40	76,81	112,34	97,92	97,92	34,27	40,02	40,01

Πίνακας Μ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N= 50\text{MVA}$, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,15\text{sec}$
ΜΣ 150kV/20kV: $R_{ΜΣ}= 0,048\Omega$, $X_{ΜΣ}=1,599\Omega$
Γραμμή: $A= 82,1\text{mm}^2$, $R_\gamma= 0,404\Omega/\text{km}$, $X_\gamma= 0,386\Omega/\text{km}$

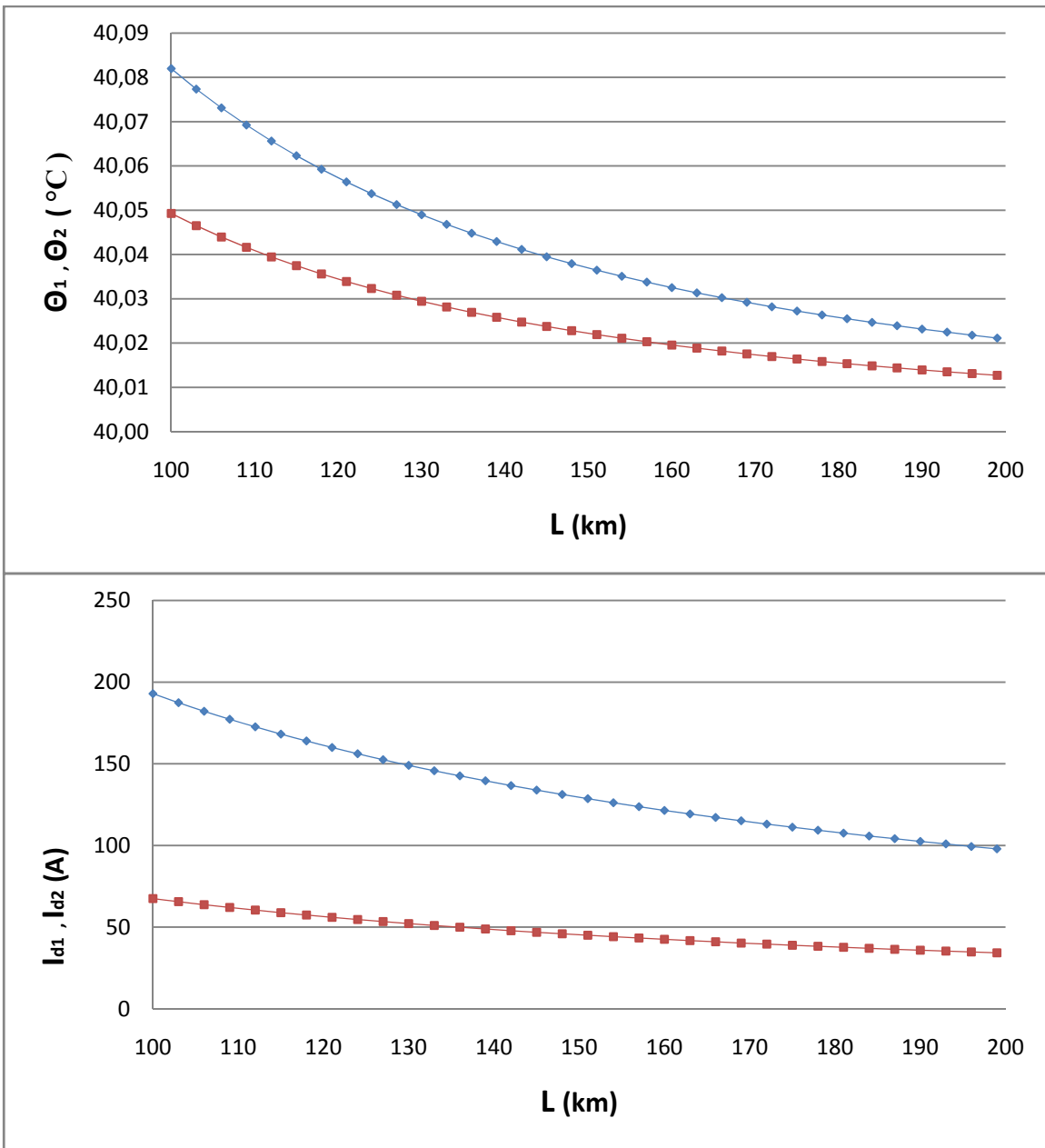


Σχήμα Μ: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20\text{KV}$, $P_N= 50\text{MVA}$, $t=0,15\text{sec}$

N) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (Δt) t=0,25sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	57,03	192,89	192,89	67,51	40,08	40,05
103	41,61	39,76	58,70	187,39	187,39	65,58	40,08	40,05
106	42,82	40,92	60,38	182,18	182,18	63,76	40,07	40,04
109	44,04	42,07	62,05	177,26	177,26	62,04	40,07	40,04
112	45,25	43,23	63,73	172,60	172,60	60,41	40,07	40,04
115	46,46	44,39	65,41	168,18	168,18	58,86	40,06	40,04
118	47,67	45,55	67,08	163,98	163,98	57,39	40,06	40,04
121	48,88	46,71	68,76	159,98	159,98	55,99	40,06	40,03
124	50,10	47,86	70,43	156,17	156,17	54,66	40,05	40,03
127	51,31	49,02	72,11	152,54	152,54	53,39	40,05	40,03
130	52,52	50,18	73,79	149,08	149,08	52,18	40,05	40,03
133	53,73	51,34	75,46	145,77	145,77	51,02	40,05	40,03
136	54,94	52,50	77,14	142,60	142,60	49,91	40,04	40,03
139	56,16	53,65	78,82	139,57	139,57	48,85	40,04	40,03
142	57,37	54,81	80,49	136,66	136,66	47,83	40,04	40,02
145	58,58	55,97	82,17	133,87	133,87	46,86	40,04	40,02
148	59,79	57,13	83,84	131,20	131,20	45,92	40,04	40,02
151	61,00	58,29	85,52	128,63	128,63	45,02	40,04	40,02
154	62,22	59,44	87,20	126,15	126,15	44,15	40,04	40,02
157	63,43	60,60	88,87	123,77	123,77	43,32	40,03	40,02
160	64,64	61,76	90,55	121,48	121,48	42,52	40,03	40,02
163	65,85	62,92	92,22	119,27	119,27	41,75	40,03	40,02
166	67,06	64,08	93,90	117,15	117,15	41,00	40,03	40,02
169	68,28	65,23	95,58	115,09	115,09	40,28	40,03	40,02
172	69,49	66,39	97,25	113,11	113,11	39,59	40,03	40,02
175	70,70	67,55	98,93	111,19	111,19	38,92	40,03	40,02
178	71,91	68,71	100,60	109,34	109,34	38,27	40,03	40,02
181	73,12	69,87	102,28	107,55	107,55	37,64	40,03	40,02
184	74,34	71,02	103,96	105,81	105,81	37,03	40,02	40,01
187	75,55	72,18	105,63	104,13	104,13	36,45	40,02	40,01
190	76,76	73,34	107,31	102,51	102,51	35,88	40,02	40,01
193	77,97	74,50	108,99	100,93	100,93	35,33	40,02	40,01
196	79,18	75,66	110,66	99,40	99,40	34,79	40,02	40,01
199	80,40	76,81	112,34	97,92	97,92	34,27	40,02	40,01

**Πίνακας N: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 50MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=0,25sec
ΜΣ 150kV/20kV: R_{ΜΣ}= 0,048Ω, X_{ΜΣ}=1,599Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km**

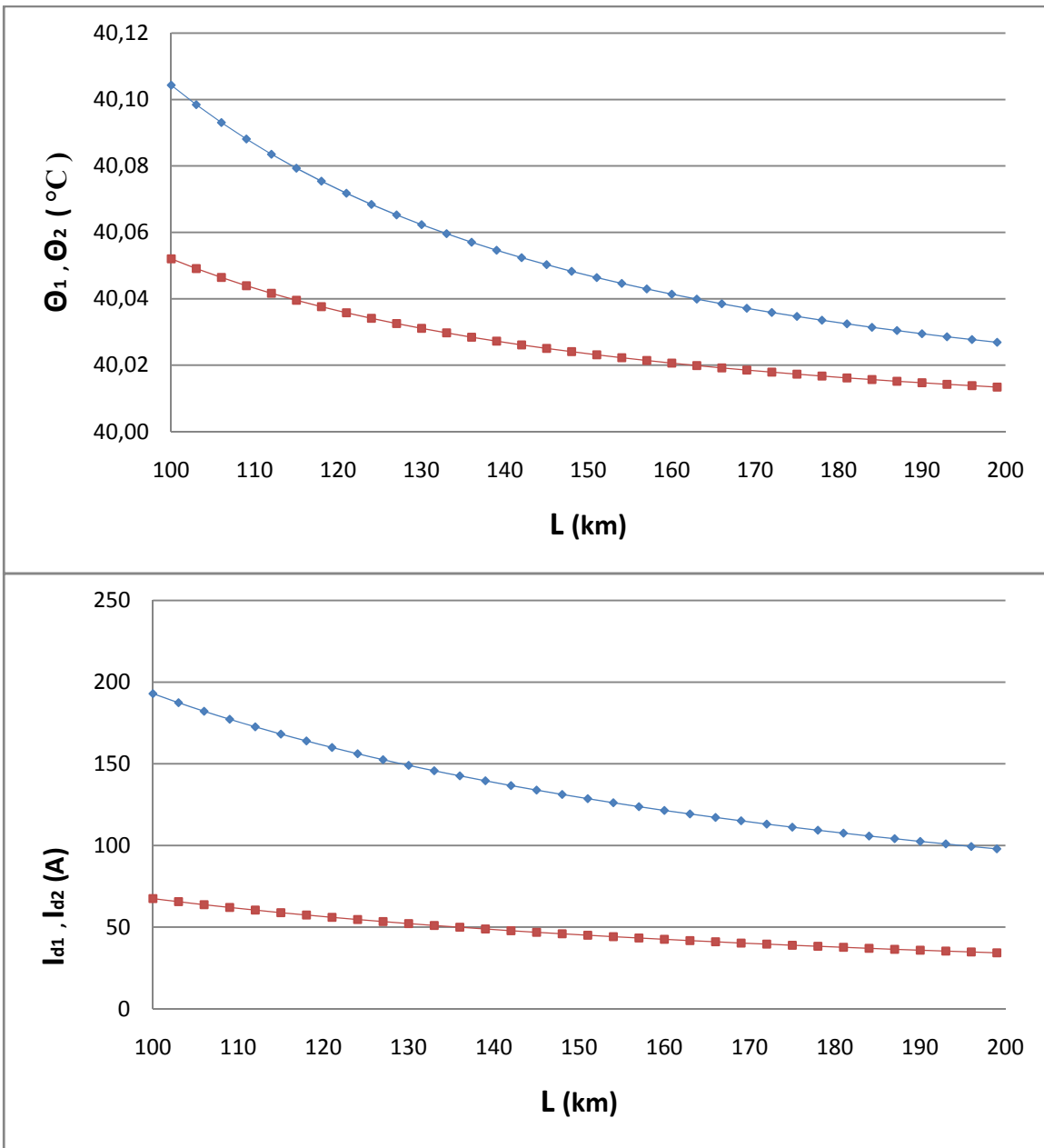


Σχήμα N: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20\text{KV}$, $P_N= 50\text{MVA}$, $t=0,25\text{sec}$

Ξ) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (ΔΙ) $t=0,4sec$

L (km)	R_{γ} (Ω)	X_{γ} (Ω)	$Z_{o\lambda}$ (Ω)	I_{sw} (kA)	I_{d1} (A)	I_{d2} (A)	Θ_1 ($^{\circ}C$)	Θ_2 ($^{\circ}C$)
100	40,40	38,60	57,03	192,89	192,89	67,51	40,10	40,05
103	41,61	39,76	58,70	187,39	187,39	65,58	40,10	40,05
106	42,82	40,92	60,38	182,18	182,18	63,76	40,09	40,05
109	44,04	42,07	62,05	177,26	177,26	62,04	40,09	40,04
112	45,25	43,23	63,73	172,60	172,60	60,41	40,08	40,04
115	46,46	44,39	65,41	168,18	168,18	58,86	40,08	40,04
118	47,67	45,55	67,08	163,98	163,98	57,39	40,08	40,04
121	48,88	46,71	68,76	159,98	159,98	55,99	40,07	40,04
124	50,10	47,86	70,43	156,17	156,17	54,66	40,07	40,03
127	51,31	49,02	72,11	152,54	152,54	53,39	40,07	40,03
130	52,52	50,18	73,79	149,08	149,08	52,18	40,06	40,03
133	53,73	51,34	75,46	145,77	145,77	51,02	40,06	40,03
136	54,94	52,50	77,14	142,60	142,60	49,91	40,06	40,03
139	56,16	53,65	78,82	139,57	139,57	48,85	40,05	40,03
142	57,37	54,81	80,49	136,66	136,66	47,83	40,05	40,03
145	58,58	55,97	82,17	133,87	133,87	46,86	40,05	40,03
148	59,79	57,13	83,84	131,20	131,20	45,92	40,05	40,02
151	61,00	58,29	85,52	128,63	128,63	45,02	40,05	40,02
154	62,22	59,44	87,20	126,15	126,15	44,15	40,04	40,02
157	63,43	60,60	88,87	123,77	123,77	43,32	40,04	40,02
160	64,64	61,76	90,55	121,48	121,48	42,52	40,04	40,02
163	65,85	62,92	92,22	119,27	119,27	41,75	40,04	40,02
166	67,06	64,08	93,90	117,15	117,15	41,00	40,04	40,02
169	68,28	65,23	95,58	115,09	115,09	40,28	40,04	40,02
172	69,49	66,39	97,25	113,11	113,11	39,59	40,04	40,02
175	70,70	67,55	98,93	111,19	111,19	38,92	40,03	40,02
178	71,91	68,71	100,60	109,34	109,34	38,27	40,03	40,02
181	73,12	69,87	102,28	107,55	107,55	37,64	40,03	40,02
184	74,34	71,02	103,96	105,81	105,81	37,03	40,03	40,02
187	75,55	72,18	105,63	104,13	104,13	36,45	40,03	40,02
190	76,76	73,34	107,31	102,51	102,51	35,88	40,03	40,01
193	77,97	74,50	108,99	100,93	100,93	35,33	40,03	40,01
196	79,18	75,66	110,66	99,40	99,40	34,79	40,03	40,01
199	80,40	76,81	112,34	97,92	97,92	34,27	40,03	40,01

**Πίνακας Ξ: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, $P_N=50MVA$, αγωγός ACSR 50mm², Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος $t=0,4sec$
**ΜΣ 150kV/20kV: $R_{M\Sigma}=0,048\Omega$, $X_{M\Sigma}=1,599\Omega$
 Γραμμή: $A=82,1mm^2$, $R_{\gamma}=0,404\Omega/km$, $X_{\gamma}=0,386\Omega/km$****

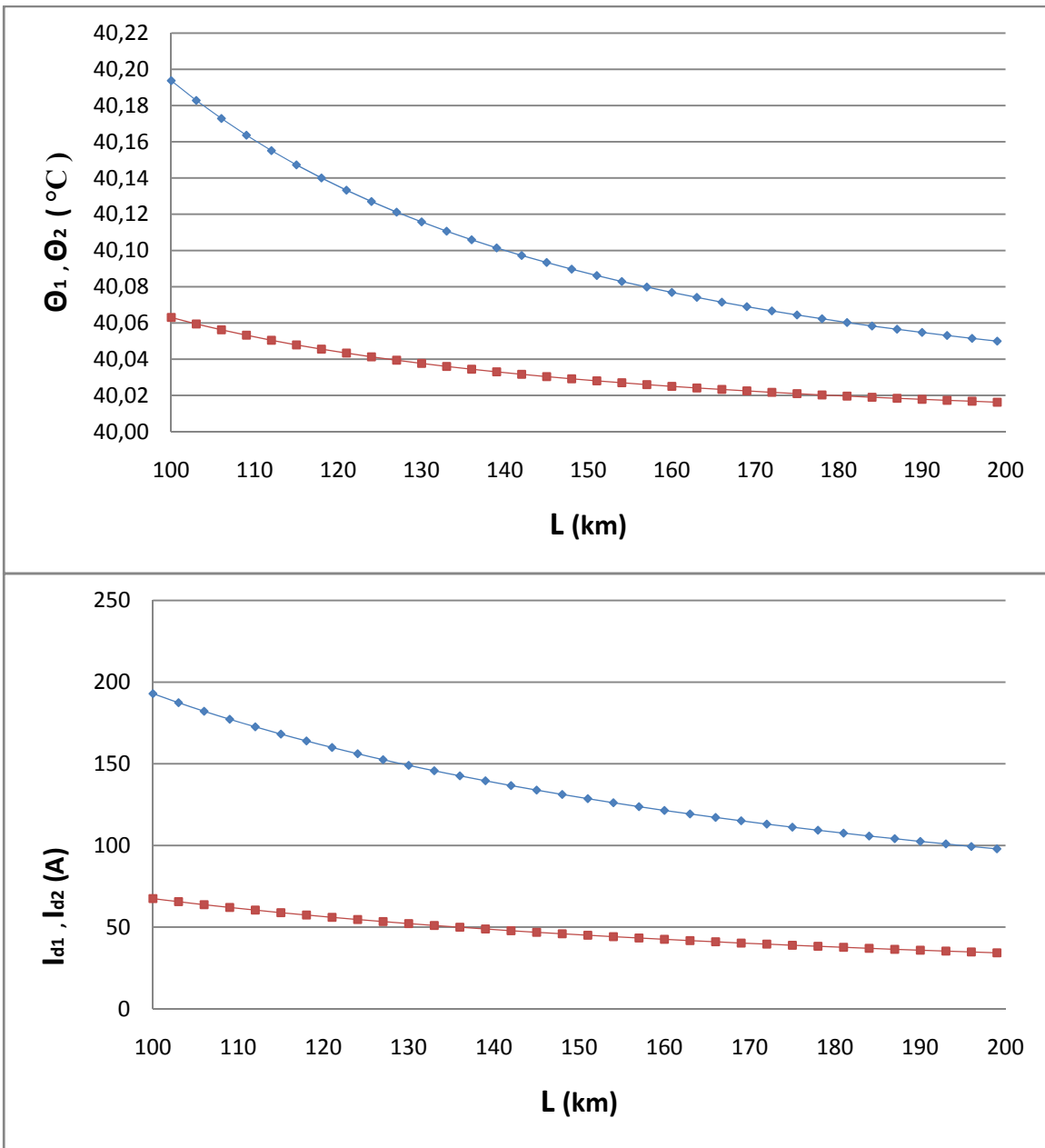


Σχήμα Ξ: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας, όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 50MVA$, $t=0,4sec$

Ο) Διφασικό βραχυκύκλωμα σε γραμμή ΜΤ τάσης 20kV, ισχύος 50MVA και χρόνο διακοπής του (Δt) t=1sec

L (km)	R _γ (Ω)	X _γ (Ω)	Z _{ολ} (Ω)	I _{sw} (kA)	I _{d1} (A)	I _{d2} (A)	Θ ₁ (°C)	Θ ₂ (°C)
100	40,40	38,60	57,03	192,89	192,89	67,51	40,19	40,06
103	41,61	39,76	58,70	187,39	187,39	65,58	40,18	40,06
106	42,82	40,92	60,38	182,18	182,18	63,76	40,17	40,06
109	44,04	42,07	62,05	177,26	177,26	62,04	40,16	40,05
112	45,25	43,23	63,73	172,60	172,60	60,41	40,16	40,05
115	46,46	44,39	65,41	168,18	168,18	58,86	40,15	40,05
118	47,67	45,55	67,08	163,98	163,98	57,39	40,14	40,05
121	48,88	46,71	68,76	159,98	159,98	55,99	40,13	40,04
124	50,10	47,86	70,43	156,17	156,17	54,66	40,13	40,04
127	51,31	49,02	72,11	152,54	152,54	53,39	40,12	40,04
130	52,52	50,18	73,79	149,08	149,08	52,18	40,12	40,04
133	53,73	51,34	75,46	145,77	145,77	51,02	40,11	40,04
136	54,94	52,50	77,14	142,60	142,60	49,91	40,11	40,03
139	56,16	53,65	78,82	139,57	139,57	48,85	40,10	40,03
142	57,37	54,81	80,49	136,66	136,66	47,83	40,10	40,03
145	58,58	55,97	82,17	133,87	133,87	46,86	40,09	40,03
148	59,79	57,13	83,84	131,20	131,20	45,92	40,09	40,03
151	61,00	58,29	85,52	128,63	128,63	45,02	40,09	40,03
154	62,22	59,44	87,20	126,15	126,15	44,15	40,08	40,03
157	63,43	60,60	88,87	123,77	123,77	43,32	40,08	40,03
160	64,64	61,76	90,55	121,48	121,48	42,52	40,08	40,02
163	65,85	62,92	92,22	119,27	119,27	41,75	40,07	40,02
166	67,06	64,08	93,90	117,15	117,15	41,00	40,07	40,02
169	68,28	65,23	95,58	115,09	115,09	40,28	40,07	40,02
172	69,49	66,39	97,25	113,11	113,11	39,59	40,07	40,02
175	70,70	67,55	98,93	111,19	111,19	38,92	40,06	40,02
178	71,91	68,71	100,60	109,34	109,34	38,27	40,06	40,02
181	73,12	69,87	102,28	107,55	107,55	37,64	40,06	40,02
184	74,34	71,02	103,96	105,81	105,81	37,03	40,06	40,02
187	75,55	72,18	105,63	104,13	104,13	36,45	40,06	40,02
190	76,76	73,34	107,31	102,51	102,51	35,88	40,05	40,02
193	77,97	74,50	108,99	100,93	100,93	35,33	40,05	40,02
196	79,18	75,66	110,66	99,40	99,40	34,79	40,05	40,02
199	80,40	76,81	112,34	97,92	97,92	34,27	40,05	40,02

**Πίνακας Ο: Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα, P_N= 50MVA, αγωγός ACSR 50mm²,
Χρόνος διακοπής του διακόπτη ισχύος t=1sec
ΜΣ 150kV/20kV: R_{ΜΣ}= 0,048Ω, X_{ΜΣ}=1,599Ω
Γραμμή: A= 82,1mm², R_γ= 0,404Ω/km, X_γ= 0,386Ω/km**



Σχήμα Ο: Μεταβολή της μέγιστης (Θ_1) και ελάχιστης (Θ_2) θερμοκρασίας,όπως και του μέγιστου (I_{d1}) και ελάχιστου ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά το 3^ο on-off του διακόπτη ισχύος σε χρόνο. $V_N= 20KV$, $P_N= 50MVA$, $t=1sec$

4.2 Διηλεκτρική καταπόνηση

Τύπος αγωγού: ACSR := 50mm²

4.2.1 Υπολογισμός μέγιστης και ελάχιστης πεδιακής έντασης έναρξης μερικών εκκενώσεων (φαινόμενο corona)

Ακτίνα αγωγού :

$$r := 6.165$$

Σχετική πυκνότητα αέρα :

$$\delta_{\max} := 0.98 \text{ και } \delta_{\min} := 0.92$$

Συντελεστής που εξαρτάται από την κατάσταση των αγωγών (ρυπασμένο περιβάλλον) :

$$m_{1_max} := 0.93 \text{ και } m_{1_min} := 0.83$$

Συντελεστής υγρασίας:

$$m_{2_max} := 1 \text{ για ξηρασία}$$

$$m_{2_min} := 0.8 \text{ σε περίπτωση βροχής}$$

Μέγιστη πεδιακή ένταση μερικών εκκενώσεων :

$$E_{a_max} := m_{1_max} \cdot m_{2_max} \cdot \delta_{\max} \cdot 30 \cdot \left(1 + \frac{0.3}{\sqrt{\delta_{\max} \cdot r}} \right) \cdot \frac{\text{kV}}{\text{cm}} = \boxed{E_{a_max} = 30.679 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}}$$

Ελάχιστη πεδιακή ένταση μερικών εκκενώσεων:

$$E_{a_min} := m_{1_min} \cdot m_{2_min} \cdot \delta_{\min} \cdot 30 \cdot \left(1 + \frac{0.3}{\sqrt{\delta_{\min} \cdot r}} \right) \cdot \frac{\text{kV}}{\text{cm}} = \boxed{E_{a_min} = 20.635 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}}$$

4.2.2 Μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου κατά την ονομαστική λειτουργία του εναέριου δικτύου ΜΤ

1) Περίπτωση κυλίνδρου-κυλίνδρου (δηλαδή μεταξύ δύο αγωγών).

$$\text{Απόσταση μεταξύ αγωγών : } d := \begin{pmatrix} 0.8 \\ 1 \\ 1.2 \end{pmatrix} \cdot \text{m}$$

$$\text{Γεωμετρική σταθερά για την περίπτωση κυλίνδρου-κυλίνδρου : } P_d := \frac{(r + d)}{r}$$

Όπως παρατηρούμε πάντα η $P_d > 19.6$. Άρα για τον υπολογισμό του συντελεστή χρησιμοποίησης n_d εφαρμόζουμε την παρακάτω προσεγγιστική σχέση :

$$n_d := \frac{2 \cdot r \cdot \ln\left(2 + \frac{d}{r}\right)}{d}$$

Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση E_{\max} για $U_{N1} := 20\text{kV}$:

$$E_{\max_d_N1} = \frac{U_{N1}}{d \cdot n_d}$$

Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση E_{\max} για $U_{N2} := 15\text{kV}$:

$$E_{\max_d_N2} = \frac{U_{N2}}{d \cdot n_d}$$

τα αποτελέσματα συνολικά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

d (m)	P_d	n_d	$E_{\max_d_N1}$ (kV/cm)	$E_{\max_d_N2}$ (kV/cm)
0,8	156,04	0,07	3,83	2,87
1	194,80	0,05	3,67	2,75
1,2	233,56	0,05	3,55	2,66

Πίνακας 4.2.2-1: Μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, μεταξύ δύο αγωγών, σε ονομαστικές τάσεις λειτουργίας (20KV και 15KV) του δικτύου μέσης τάσης.

2) Περίπτωση κυλίνδρου-πλάκας (δηλαδή μεταξύ αγωγού και γης).

Απόσταση μεταξύ αγωγού και γης :

$$h := \begin{pmatrix} 2.5 \\ 4.5 \\ 7.5 \\ 8 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{pmatrix} \cdot \text{m}$$

Γεωμετρική σταθερά για την περίπτωση κυλίνδρου-πλάκας :

$$P_h := \frac{r+h}{r}$$

Όπως παρατηρούμε πάντα η $P_h > 19.6$. Άρα για τον υπολογισμό του συντελεστή χρησιμοποίησης n_h εφαρμόζουμε την παρακάτω προσεγγιστική σχέση :

$$n_h := \frac{10 \cdot r \cdot \ln\left(1 + \frac{h}{r}\right)}{9 \cdot h}$$

Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση E_{\max} για $U_{N1} := 20\text{kV}$:

$$E_{\max_h_N1} = \frac{U_{N1}}{h \cdot n_h}$$

Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση E_{\max} για $U_{N2} := 15\text{kV}$:

$$E_{\max_h_N2} = \frac{U_{N2}}{h \cdot n_h}$$

τα αποτελέσματα συνολικά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

h (m)	P_h	n_h	$E_{\max_h_N1}$ (kV/cm)	$E_{\max_h_N2}$ (kV/cm)
2,5	485,50	0,014	5,64	4,23
4,5	873,09	0,009	5,15	3,86
7,5	1454,49	0,006	4,79	3,59
8	1551,39	0,005	4,75	3,56
10	1938,98	0,004	4,61	3,46
11	2132,78	0,004	4,55	3,41
12	2326,58	0,004	4,50	3,37

Πίνακας 4.2.2-2: Μέγιστη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, μεταξύ αγωγών και γης, σε ονομαστικές τάσεις λειτουργίας (20KV και 15KV) του δικτύου μέσης τάσης.

5) Σχόλια, παρατηρήσεις, συμπεράσματα επί των αποτελεσμάτων

1. Από τις σχέσεις (3.2-7), (3.2-8), (3.5-4) προκύπτει ότι η μεταβολή ($\Delta\Theta$) της θερμοκρασίας θα είναι μικρότερη καθώς το μήκος της γραμμής μεταφοράς αυξάνεται και ως εκ τούτου η δυσμενέστερη μεταβολή θα συμβαίνει για μήκος $L=100(\text{Km})$. Από τις σχέσεις (3.5-1), (3.5-4) το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωση I_d για σταθερή τάση λειτουργίας U_N της γραμμής μειώνεται με την αύξηση του μήκους της γραμμής, όπως είναι λογικό, και επίσης δεν εξαρτάται από το χρόνο διακοπής του μέσου προστασίας. Στον πίνακα 5-1 έχουμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα στην γραμμή μεταφοράς και για μήκος $L=100(\text{Km})$. Οι υπολογισμοί αφορούν μόνο το πρώτο on-off του διακόπτη προστασίας επειδή για $L=100\text{Km} \div 200 \text{ Km}$ η θερμοκρασία του αγωγού είναι κατά πολύ μικρότερη των 180°C , όπως φαίνεται και στον πίνακα 5-1.

U (KV)	t (sec)	$P_N=25\text{MVA}$		$P_N=50\text{MVA}$	
		$I_{dmin} \div I_{dmax}$ (A)	$\Theta_{min} \div \Theta_{max}$ ($^\circ\text{C}$)	$I_{dmin} \div I_{dmax}$ (A)	$\Theta_{min} \div \Theta_{max}$ ($^\circ\text{C}$)
15	0,15	58,32÷166,32	40,04÷40,05	58,99÷168,55	40,04÷40,05
	0,25	58,32÷166,32	40,04÷40,06	58,99÷168,55	40,04÷40,06
	0,4	58,32÷166,63	40,04÷40,08	58,99÷168,55	40,04÷40,08
	1	58,32÷166,63	40,05÷40,14	58,99÷168,55	40,05÷40,15
20	0,15	76,39÷218,25	40,06÷40,09	77,96÷222,73	40,06÷40,09
	0,25	76,39÷218,25	40,06÷40,10	77,96÷222,73	40,07÷40,11
	0,4	76,39÷218,25	40,07÷40,13	77,96÷222,73	40,07÷40,14
	1	76,39÷218,25	40,08÷40,25	77,96÷222,73	40,08÷40,26

Πίνακας 5-1: Αποτελέσματα υπολογισμών κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα για $L=100(\text{Km})$

Στον πίνακα 5-2 έχουμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών κατά το διφασικό βραχυκύκλωμα στην γραμμή μεταφοράς και για μήκος $L=100(\text{Km})$, όμοια με τον πίνακα 5-1.

U (KV)	t (sec)	$P_N=25\text{MVA}$		$P_N=50\text{MVA}$	
		$I_{dmin} \div I_{dmax}$ (A)	$\Theta_{min} \div \Theta_{max}$ (°C)	$I_{dmin} \div I_{dmax}$ (A)	$\Theta_{min} \div \Theta_{max}$ (°C)
1,5	0,15	50,51÷144,30	40,03÷40,04	51,09÷145,96	40,03÷40,04
	0,25	50,51÷144,30	40,03÷40,05	51,09÷145,96	40,03÷40,05
	0,4	50,51÷144,30	40,03÷40,06	51,09÷145,96	40,03÷40,06
	1	50,51÷144,30	40,04÷40,11	51,09÷145,96	40,04÷40,11
20	0,15	66,15÷189,01	40,05÷40,06	67,51÷192,89	40,05÷40,07
	0,25	66,15÷189,01	40,05÷40,08	67,51÷192,89	40,05÷40,08
	0,4	66,15÷189,01	40,05÷40,10	67,51÷192,89	40,05÷40,10
	1	66,15÷189,01	40,06÷40,19	67,51÷192,89	40,06÷40,19

Πίνακας 5-2: Αποτελέσματα υπολογισμών κατά το διφασικό βραχυκύκλωμα για $L=100(\text{Km})$

Από τις τιμές των πινάκων 5.1-1,5.1-2 φαίνεται ότι η θερμοκρασία του αγωγού μεταβάλλεται ελάχιστα, κατά το τριφασικό και διφασικό βραχυκύκλωμα, και είναι περίπου ίση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος ($\Theta_N=40^\circ\text{C}$). Αυτό σημαίνει ότι στον αγωγό δεν έχουμε θερμική καταπόνηση, για χρόνους διακοπής του μέσου προστασίας (ΑΔΕ ή ΔΑΕ) $0,15(\text{sec}) < t < 1(\text{sec})$. Ωστόσο παρατηρούνται όπως είναι αναμενόμενο μεταβολές στην τιμή του ρεύματος I_d , που όμως δεν έχουν σημαντική επίδραση στην μεταβολή της θερμοκρασίας του αγωγού.

2. Για την διηλεκτρική καταπόνηση των αγωγών ACSR 50mm^2 εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Οι τιμές της μέγιστης πεδιακής έντασης, όπως προκύπτει από τους πίνακες 4.2.2-1, 4.2.2-1, που αναπτύσσεται μεταξύ των αγωγών και των αγωγών – εδάφους είναι μικρότερη από την τιμή της ελάχιστης πεδιακής έντασης έναρξης των μερικών εκκενώσεων §4.2.1, η οποία υπολογίζεται για συνθήκες υγρασίας και αυξημένων ρύπων στην επιφάνεια του αγωγού. Κατά συνέπεια αποκλείεται η εκδήλωση θορύβου, σπινθηρισμών ή άλλων μορφών μερικών εκκενώσεων, πολύ δε περισσότερο διάσπαση μεταξύ των αγωγών.

Παράρτημα:

A. Υπολογισμοί στο mathcad

Τύπος αγωγού ACSR := 50mm²

- Πραγματική διατομή του αγωγού: $A_{50} = 82.1 \text{ mm}^2$
- Ωμική αντίσταση γραμμής μεταφοράς ανά km: $R_{\Gamma_km} = 0.404 \frac{\Omega}{km}$
- Επαγωγική αντίδραση γραμμής μεταφοράς ανά km: $X_{\Gamma_km} = 0.386 \frac{\Omega}{km}$
- (l) το σημείο στο οποίο γίνεται το βραχυκύκλωμα: $l = 100km, 103km, 200km$
- Ωμική αντίσταση της γραμμής μεταφοράς: $R_{\Gamma(l)} := R_{\Gamma_km} \cdot l$
- Επαγωγική αντίδραση της γραμμής μεταφοράς: $X_{\Gamma(l)} := X_{\Gamma_km} \cdot l$
- Σύνθετη αντίσταση της γραμμής μεταφοράς: $Z_{\Gamma(l)} := R_{\Gamma(l)} + i \cdot X_{\Gamma(l)}$
- Χρόνοι διακοπής του διακόπτη, από την εμφάνιση μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος:
 $t_1 := 0.15s$ $t_2 := 0.25s$ $t_3 := 0.40s$ $t_4 := 1.00s$
- Συντελεστής χρόνου για τριφασικό βραχυκύκλωμα $T_{LLL} := 0.3s$
- Συντελεστής χρόνου για διφασικό βραχυκύκλωμα: $T_{LL} := 0.6s$
- Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης που αντιστοιχεί στην p.u τιμή της σύνθετης αντίστασης του Μ/Σ: $u_k := 20\%$
- Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης που αντιστοιχεί στην p.u τιμή της ωμικής αντίστασης του Μ/Σ: $u_r := 0.6\%$
- Θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας (σελ.(34) μικρού βιβλίου): $\Theta_N := 40 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Ονομαστικές τάσεις δευτερεύοντος του Μ/Σ: $U_{N1} := 20kV$ $U_{N2} := 15kV$
- Ονομαστικές τιμές ισχύος των Μ/Σ: $S_{N1} := 25MVA$ $S_{N2} := 50MVA$
- Συντελεστής που πρακτικά μας δείχνει πόσο απέχει το βραχυκύκλωμα από τη γεννήτρια. Ο συντελεστής αυτός είναι μονάδα στην περίπτωση κατά την οποία η γεννήτρια θεωρηθεί πολύ μακριά από το βραχυκύκλωμα.

$$\mu_{d_max} := 1$$

$$\mu_{d_min} := 0.35$$

- Η θερμική αγωγιμότητα του ΑΙ είναι:

$$\kappa := 0.0135 \frac{\text{mm}^4}{\text{A}^2 \cdot \text{s}} \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Ωμική αντίσταση Μ/Σ:

$$R_{M\Sigma_11} := u_r \cdot \frac{U_{N1}^2}{S_{N1}} \quad X_{M\Sigma_11} := \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{U_{N1}^2}{S_{N1}} \quad R_{M\Sigma_12} := u_r \cdot \frac{U_{N1}^2}{S_{N2}} \quad X_{M\Sigma_12} := \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{U_{N1}^2}{S_{N2}}$$

$$Z_{M\Sigma_11} := R_{M\Sigma_11} + i \cdot X_{M\Sigma_11}$$

$$Z_{M\Sigma_12} := R_{M\Sigma_12} + i \cdot X_{M\Sigma_12}$$

$$R_{M\Sigma_21} := u_r \cdot \frac{U_{N2}^2}{S_{N1}} \quad X_{M\Sigma_21} := \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{U_{N2}^2}{S_{N1}} \quad R_{M\Sigma_22} := u_r \cdot \frac{U_{N2}^2}{S_{N2}} \quad X_{M\Sigma_22} := \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{U_{N2}^2}{S_{N2}}$$

$$R_{M\Sigma_11} = 0.054\Omega$$

$$R_{M\Sigma_12} = 0.027\Omega$$

$$R_{M\Sigma_21} = 0.096\Omega$$

$$R_{M\Sigma_22} = 0.048\Omega$$

$$X_{M\Sigma_11} = 1.799\Omega$$

$$X_{M\Sigma_12} = 0.9\Omega$$

$$X_{M\Sigma_21} = 3.199\Omega$$

$$X_{M\Sigma_22} = 1.599\Omega$$

$$Z_{M\Sigma_21} := R_{M\Sigma_21} + i \cdot X_{M\Sigma_21}$$

$$Z_{M\Sigma_22} := R_{M\Sigma_22} + i \cdot X_{M\Sigma_22}$$

- Συνολική σύνθετη αντίσταση Z_T μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης:

$$Z_{T_11}(l) := Z_{M\Sigma_11} + Z_T(l)$$

$$Z_{T_12}(l) := Z_{M\Sigma_12} + Z_T(l)$$

$$Z_{T_21}(l) := Z_{M\Sigma_21} + Z_T(l)$$

$$Z_{T_22}(l) := Z_{M\Sigma_22} + Z_T(l)$$

- Εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης:

$$I_{sw_LLL_11}(l) := \frac{1.1 \cdot U_{N1}}{\sqrt{3} \cdot |Z_{T_11}(l)|}$$

$$I_{sw_LLL_12}(l) := \frac{1.1 \cdot U_{N1}}{\sqrt{3} \cdot |Z_{T_12}(l)|}$$

$$I_{sw_LLL_21}(l) := \frac{1.1 \cdot U_{N2}}{\sqrt{3} \cdot |Z_{T_21}(l)|}$$

$$I_{sw_LLL_22}(l) := \frac{1.1 \cdot U_{N2}}{\sqrt{3} \cdot |Z_{T_22}(l)|}$$

- Διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης:

$$I_{d_LLL_11_max}(l) := I_{sw_LLL_11}(l) \cdot \mu_{d_max}$$

$$I_{d_LLL_12_max}(l) := I_{sw_LLL_12}(l) \cdot \mu_{d_max}$$

$$I_{d_LLL_21_max}(l) := I_{sw_LLL_21}(l) \cdot \mu_{d_max}$$

$$I_{d_LLL_22_max}(l) := I_{sw_LLL_22}(l) \cdot \mu_{d_max}$$

$$I_{d_LLL_11_min}(l) := I_{sw_LLL_11}(l) \cdot \mu_{d_min}$$

$$I_{d_LLL_12_min}(l) := I_{sw_LLL_12}(l) \cdot \mu_{d_min}$$

$$I_{d_LLL_21_min}(l) := I_{sw_LLL_21}(l) \cdot \mu_{d_min}$$

$$I_{d_LLL_22_min}(l) := I_{sw_LLL_22}(l) \cdot \mu_{d_min}$$

- **Μέγιστη και ελάχιστη αύξηση θερμοκρασίας ανάλογα με το συντελεστή μ_d και για χρόνο t_1 : (με όμοιο τρόπο εργαζόμαστε και για τους υπόλοιπους χρόνους)**

$$\Delta\Theta_{LLL_111_max(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_max}^2 \cdot t_1 + T_{LLL}) \quad \Delta\Theta_{LLL_112_max(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_max}^2 \cdot t_2 + T_{LLL})$$

$$\Delta\Theta_{LLL_113_max(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_max}^2 \cdot t_3 + T_{LLL}) \quad \Delta\Theta_{LLL_114_max(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_max}^2 \cdot t_4 + T_{LLL})$$

$$\Delta\Theta_{LLL_111_min(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_min}^2 \cdot t_1 + T_{LLL}) \quad \Delta\Theta_{LLL_112_min(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_min}^2 \cdot t_2 + T_{LLL})$$

$$\Delta\Theta_{LLL_113_min(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_min}^2 \cdot t_3 + T_{LLL}) \quad \Delta\Theta_{LLL_114_min(l)} := \frac{\kappa}{A_{50}^2} \cdot I_{sw_LLL_11(l)}^2 \cdot (\mu_{d_min}^2 \cdot t_4 + T_{LLL})$$

- **Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία μετά το τρίτο on-off του διακόπτη: (με όμοιο τρόπο εργαζόμαστε και για τους υπόλοιπους χρόνους)**

$$\Theta_{3_LLL_111_max(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_111_max(l)}$$

$$\Theta_{3_LLL_121_max(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_121_max(l)}$$

$$\Theta_{3_LLL_211_max(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_211_max(l)}$$

$$\Theta_{3_LLL_221_max(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_221_max(l)}$$

$$\Theta_{3_LLL_111_min(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_111_min(l)}$$

$$\Theta_{3_LLL_121_min(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_121_min(l)}$$

$$\Theta_{3_LLL_211_min(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_211_min(l)}$$

$$\Theta_{3_LLL_221_min(l)} := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{LLL_221_min(l)}$$

- **Συνάρτηση υπολογισμού:**

```

create_martix(L, A, B, C, D, E, F, G, H) :=
  J ← 0
  for i ∈ 0..last(L)
    if Li ≠ 0
      Mj,0 ← Li
      Mj,1 ← Ai
      Mj,2 ← Bi
      Mj,3 ← Ci
      Mj,4 ← Di
      Mj,5 ← Ei
      Mj,6 ← Fi
      Mj,7 ← Gi
      Mj,8 ← Hi
      j ← j + 1
  return M

```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] IEC 60909-0 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Calculation of Currents.
- [2] IEC 60909-1 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Factors for the Calculation of short-circuit currents.
- [3] IEC 60909-2 Electrical equipment - Data for short-circuit current calculations.
- [4] IEC 60909-3 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Currents during Two separate simultaneous single phase line-to-earth short circuits and partial Short-circuit currents flowing through earth.
- [5] IEC 60909-4 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Examples for the Calculation of short-circuit currents.
- [6] Cahier technique no. 158 Calculation of short-circuit current, Schneider Electric, September 2005.
- [7] IEEE Std551, Short-Circuit Currents, 2006.
- [8] IEEE Std141, Power Distribution, 1993.
- [9] Arieh L. Shenkman, Transient Analysis of Electric Power Circuits Handbook, Springer, 2007.
- [10] A.D. Polykrati, C.G. Kargiannopoulos*, P.D. Bourkas, Thermal effect on electric Power network components under short-circuit currents, Elsevier Electric Power Systems Research 72 (2004) 261–267 2004
- [11] M.P. Filippakou, C.G. Karagiannopoulos , D.P. Agoris, P.D. Bourkas, Electrical Contact overheating under short-circuits currents Elsevier Electric Power Systems Research 57 (2001) 141–147.
- [12] G. F. Moore, Electric Cables Handbook Third Edition, Blackwell Science Ltd, 1997.
- [13] ABB,OVR Recloser & PCD Relay Training Program,2009.
- [14] ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Μ.Π., Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος Ι, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.
- [15] ΠΑΠΑΔΙΑΣ Β.Κ., Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος ΙΙ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1985.
- [16] ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ., ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ Κ.Γ., Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Διατάξεις και Υλικά, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2003.
- [17] ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ., Ασκήσεις Βιομηχανικών και Κτιριακών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2008.
- [18] ΜΠΟΥΡΚΑΣ Π.Δ., Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1998 .
- [19] ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ Π., Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις Ζήτη,

Θεσσαλονίκη 2005.

- [20] ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ Ι.Α., Υψηλές Τάσεις Ι, Εκδόσεις Συμεών.
- [21] ΤΣΑΝΑΚΑΣ Κ.Δ., Συμμετρικές Συνιστώσες και Ανάλυση Σφαλμάτων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ξάνθη 1985.
- [22] ΕΕΑΕ,Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας,Χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία,2005.
- [23] Bharat Heavy Electricals Limited, Handbook of Switchgears , McGraw-Hill, 2007.
- [24] BICC Cables Ltd, Electric Cables Handbook, Wiley-Blackwell, 1997
- [25] Εικονικό εργαστήριο ΕΜΠ.
- [26] Koller, L; Novak, B; Tevan, G, Heating Effects of Short-Circuit Current Impulses on Contacts and Conductors—Part I, Power Delivery, IEEE Transactions on Volume 23, Issue 1, Jan. 2008 Page(s):221 – 227.
- [27] Power system analysis and design (fourth edition),J. Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma, and Thomas J. Overbye, 2008.
- [28] ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Μ.Π., Προστασία συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1997.
- [29] Engineering Electromagnetics 6th. Ed,Hayt, William H. Buck, John A., McGraw-Hill, 1991