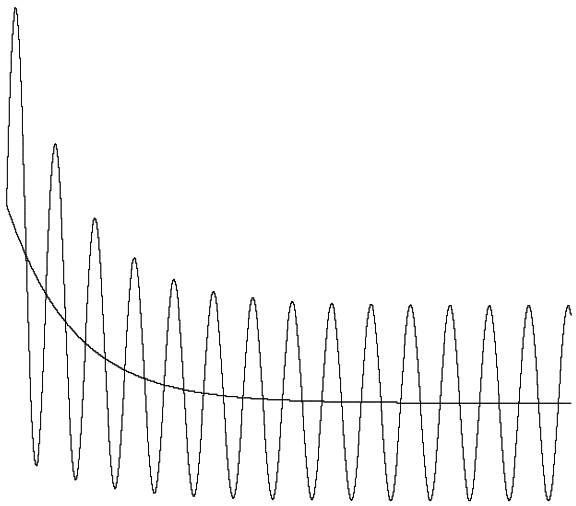
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Θερμική και Διηλεκτρική Συμπεριφορά Γραμμής ACSR 35 mm^2 του Δικτύου Διανομής



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

Χρήστου Α. Θεοδωρίδη

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

Αθήνα , Ιούνιος 2009

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Θερμική και Διηλεκτρική Συμπεριφορά Γραμμής ACSR 35 mm^2 του Δικτύου Διανομής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

Χρήστου Α. Θεοδωρίδη

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την … η Ιουνίου 2009.

.....	.....	.....
Περικλής Δ. Μπούρκας	Νικόλαος Ι. Θεοδώρου	Κωνσταντίνος Γ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα , Ιούνιος 2009

.....

Χρήστος Α. Θεοδωρίδης

Πτυχιούχος Εκπαιδευτικός Τεχνολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε

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

© 2009 ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ - All rights reserved

Αφιερώνεται στην

μνήμη του πατέρα μου

If you want something the whole Universe conspires to help you to realize your desire. (Paulo Coelho - The Alchemist)

Εάν θέλεις κάτι πάρα πολύ, ολόκληρο το σύμπαν συνωμοτεί για να το αποκτήσεις.

(Paulo Coelho – Ο Αλχημιστής)

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους στήριξαν την προσπάθεια μου μέχρι τώρα όπως επίσης τον καθηγητή κ. Περικλή Δ. Μπούρκα που με εμπιστεύτηκε για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας .

Χρήστος Α. Θεοδωρίδης

Αθήνα ,Ιούνιος 2009

Περίληψη

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη μελέτη της θερμικής και διηλεκτρικής συμπεριφοράς των εναέριων γραμμών διανομής μέσης τάσης με παράδειγμα τον αγωγό ACSR 35 mm^2 .

Η μελέτη του θέματος αποτελείται από τέσσερα τμήματα .Το πρώτο τμήμα είναι μια εισαγωγή στην θερμική και διηλεκτρική συμπεριφορά των εναέριων γραμμών μέσης τάσης .Στην συνέχεια , παρουσιάζεται η διαδικασία υπολογισμού των ζητούμενων μεγεθών .Ακολούθως , δίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών (πίνακες και διαγράμματα) .Τέλος ,το τελευταίο τμήμα ,με το οποίο ολοκληρώνεται η εργασία είναι τα συμπεράσματα από τους υπολογισμούς που προηγήθηκαν .

Λέξεις κλειδιά:

βραχυκύκλωμα (σφάλμα) ,θερμική καταπόνηση, μέση τάση, διανομή ,γυμνοί αγωγοί αλουμινίου, διακόπτης αυτόματης επαναφοράς, διηλεκτρική συμπεριφορά, μερικές εκκενώσεις.

Abstract

This dissertation is intended to study the thermal and the dielectric behaviour of the overhead medium voltage distribution lines using Aluminum Conductor Steel Reinforced (ACSR) 35 mm^2 .

The study of the subject is splitted into four segments. The first section is an introductory report of the thermal and the dielectric behaviour of the overhead medium voltage lines. The second section of the dissertation describes the process of calculating the required values .The following section (third) presents the results of the calculations (tables and diagrams). Finally, the last section, which completes the dissertation, is the conclusion from the preceding calculations.

Keywords:

short-circuit (fault), thermal stress, medium voltage, distribution, bare aluminum conductors, recloser, dielectric behaviour, partial discharges.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή…….11

1.1 Σφάλμα – Βραχυκύκλωμα.....11

1.2 Δίκτυα Διανομής.....11

1.3 Θερμική συμπεριφορά υπό βραχυκύκλωμα…….16

1.4 Σπινθηρισμοί και έρπουσες εκκενώσεις…….20

1.5 Σκοπός της εργασίας…….22

2.Διαδικασία υπολογισμού……23

2.1 Γενικά.....23

2.2 Σύνθετη αντίσταση.....23

2.3 Θερμική συμπεριφορά.....25

2.4 Διηλεκτρική συμπεριφορά.....28

2.5 Υπολογισμοί με χρήση του mathcad.....30

3.Αποτελέσματα…….33

3.1 Πίνακες και διαγράμματα για τη θερμική συμπεριφορά της γραμμής μέσης τάσης από αγωγό ACSR 35 mm^2…….33

3.1.1 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος U_{N1}=20 kV και ονομαστικής ισχύος S_{N1}=25 MVA……35

3.1.2 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος U_{N1}=20 kV και ονομαστικής ισχύος S_{N2}=50 MVA……53

3.1.3 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος U_{N2}=15 kV και ονομαστικής ισχύος S_{N1}=25 MVA……71

3.1.4 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος U_{N2}=15 kV και ονομαστικής ισχύος S_{N2}=50 MVA……89

3.2 Διηλεκτρική συμπεριφορά της γραμμής μέσης τάσης από αγωγό ACSR 35 mm^2…….107

3.2.1 Μέγιστη και ελάχιστη πεδιακή ένταση έναρξης μερικών εκκενώσεων.....107

3.2.2 Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση (E_{max}).....108

4.Συμπερασματα…….111

4.1 Θερμική συμπεριφορά…….111

4.2 Διηλεκτρική συμπεριφορά…….112

Παράρτημα……113

Π.1 Σχέση υπολογισμού της αύξησης της θερμοκρασίας

με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα IEC 60909-0,1…….113

Π.2 Θερμική συμπεριφορά της γραμμής

μέσης τάσης από αγωγό ACSR 35 mm^2(mathcad)…….117

Π.3 Κρίσιμη τιμή μήκους (l_c) για αγωγό ACSR

ισοδύναμο με Cu 35 mm^2 (mathcad)…….123

Π.4 Κρίσιμη τιμή μήκους (l_c) για αγωγό ACSR

ισοδύναμο με Cu 95 mm^2 (mathcad).....127

Βιβλιογραφία…….131

1.Εισαγωγή

1.1 Σφάλμα - Βραχυκύκλωμα

Με τον όρο «σφάλμα» δηλώνεται γενικά η ύπαρξη μιας μη ομαλής καταστάσεως ,η οποία συχνά οφείλεται σε απώλεια της κανονικής μονώσεως ,μεταξύ φάσεων ή φάσεως προς γη, ενός στοιχείου του ηλεκτρικού συστήματος .Έτσι ο όρος «σφάλμα» ταυτίζεται συχνά με τον όρο «βραχυκύκλωμα» αν και είναι γενικότερος αυτού, αφού καλύπτει και άλλες μη ομαλές καταστάσεις όπως π.χ. τη διακοπή της συνέχειας μια φάσεως, το ρεύμα διαρροής προς γη, κ.λπ..

1.2 Δίκτυα Διανομής

Με τον όρο διανομή ηλεκτρικής ενέργειας νοείται το σύνολο των διαδικασιών λειτουργίας και ελέγχου με τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στους καταναλωτές. Τα δίκτυα διανομής περιλαμβάνουν γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας ,υποσταθμούς σύνδεσης με το δίκτυο μεταφοράς και υποσταθμούς υποβιβασμού σε χαμηλή τάση.

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 σε μέσης τάσης και χαμηλής τάσης. 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.

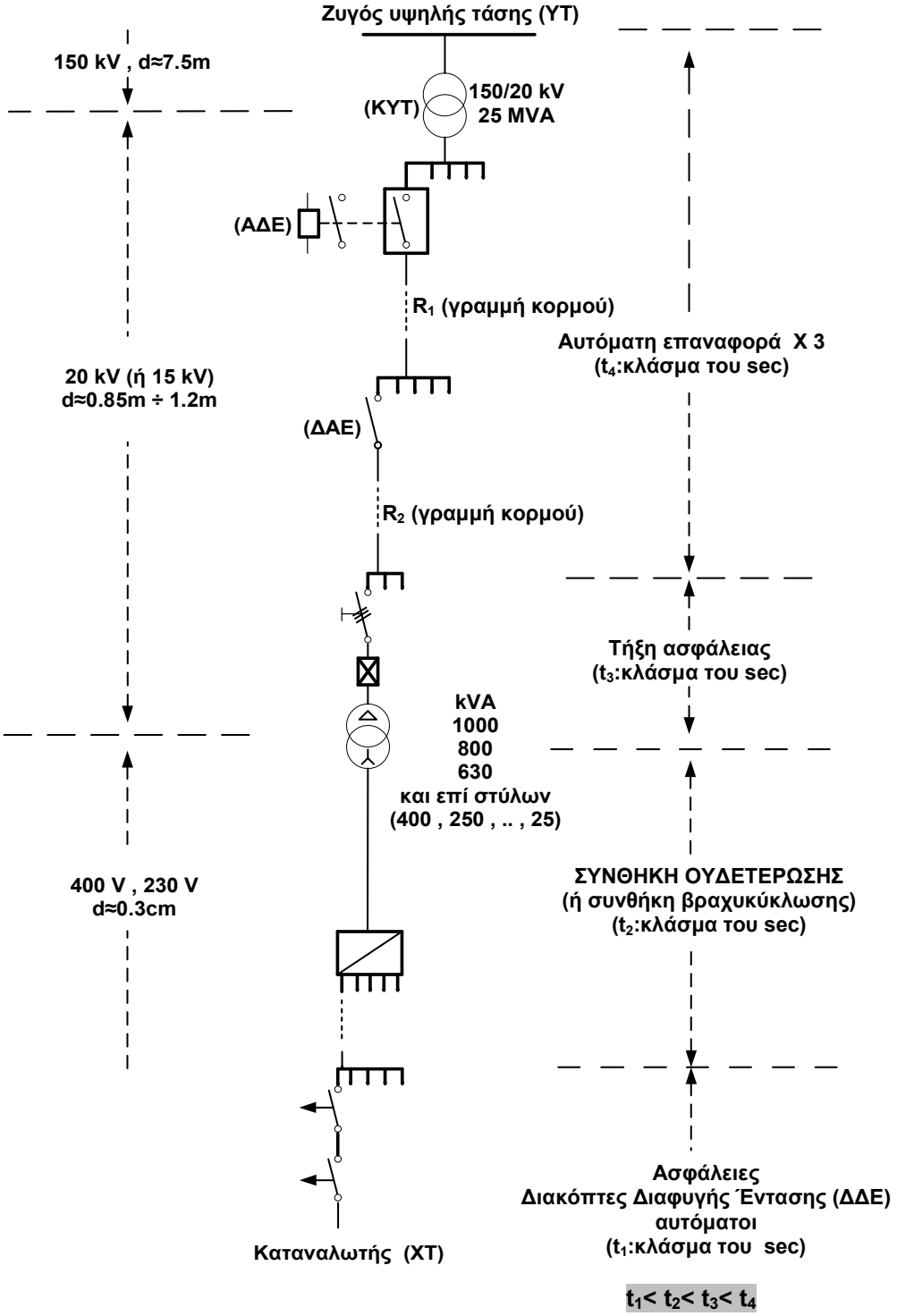
Οι χρησιμοποιούμενοι στύλοι είναι συνήθως ξύλινοι ή τσιμεντένιοι και, σπανιότερα μεταλλικοί .Οι χρησιμοποιούμενοι αγωγοί είναι συνήθως στα δίκτυα χαμηλής τάσης από αλουμίνιο (Al) και στα δίκτυα μέσης τάσης αλουμίνιο με χαλύβδινη ψυχή (αγωγοί ACSR).

Τα εναέρια δίκτυα ΜΤ ενδείκνυνται να έχουν δενδροειδή μορφή. Αποτελούνται δηλαδή από τον ¨κορμό¨ (ή την κύρια γραμμή) που κατασκευάζεται με αγωγούς μεγάλης διατομής,(π.χ. στη ΔΕΗ συνήθως χρησιμοποιούνται αγωγοί ACSR 95 mm^2 ισοδύναμου χαλκού (Cu)) 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 35 mm^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.

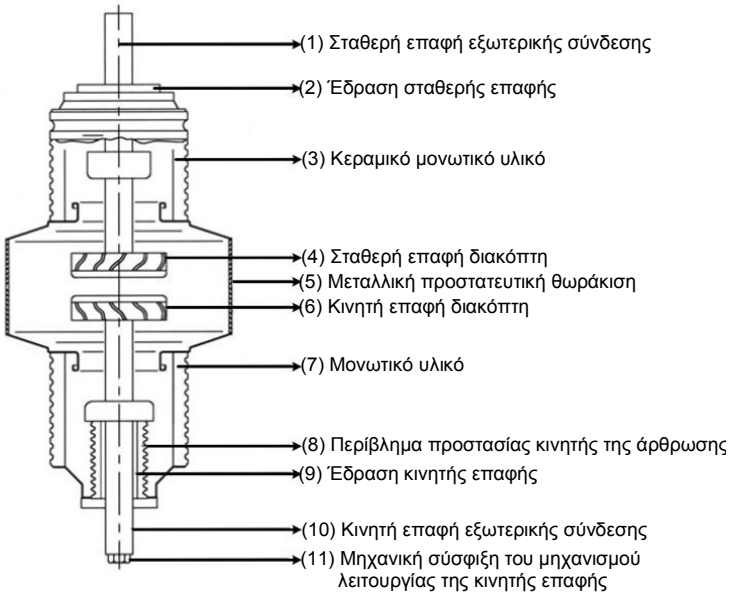
Οπωσδήποτε τα εναέρια δίκτυα ΜΤ λειτουργούν σχεδόν πάντα ¨ακτινικά¨ (ή ¨ανοιχτά¨),δηλαδή όλες οι γραμμές από τις οποίες αποτελείται το δίκτυο, τροφοδοτούνται από το ένα μόνο άκρο τους.

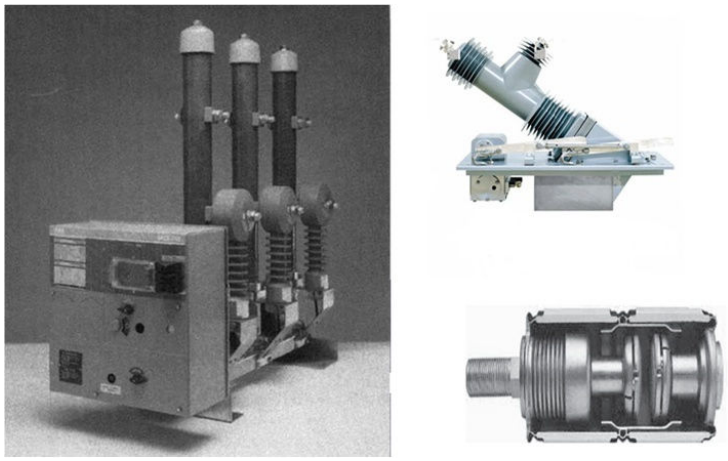
Στο σχήμα 1.2-1 δίνεται απλοποιημένα ένα παράδειγμα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη βιβλιογραφία [15]. Σύμφωνα με αυτό, από το μετασχηματιστή Υψηλής Τάσης (150 kV / 20 kV, 25 MVA) του Κέντρου Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ) αναχωρούν μέσω αυτόματων διακοπτών ελαίου (ΑΔΕ –βλ. σχήμα 1.2-2) διάφορες γραμμές μέσης τάσης (20 kV), που η καθεμία αφορά τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μία ευρύτερη περιοχή. Οι γραμμές αυτές ,όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ονομάζονται «γραμμές κορμού» και κατασκευάζονται με αγωγούς μεγάλης διατομής, συνήθως 95 mm^2 ισοδύναμου χαλκού, ενώ συμβολίζονται στα σχέδια με το γράμμα R και ένα αριθμό (π.χ. R 23).

Καθεμία από τις παραπάνω γραμμές διακλαδίζεται σε ορισμένες γραμμές, που αφορούν την ηλεκτροδότηση (τμημάτων της ευρύτερης περιοχής) μέσω διακοπτών αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ βλ. σχήμα 1.2-3), οι οποίες ονομάζονται επίσης γραμμές κορμού.

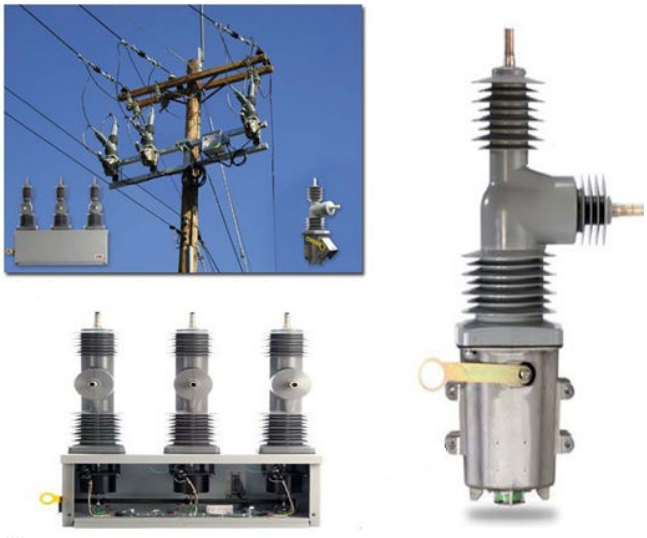


Σχήμα 1.2-1:Απλοποιημένο παράδειγμα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας





Σχήμα 1.2-2:Αυτόματος διακόπτης ελαίου (ΑΔΕ)



Σχήμα 1.2-3:Διακόπτης αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ)

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 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 "διακόπτη - 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 μίας μεγάλης περιοχής, όσο και στην αποφυγή άσκοπων μετακινήσεων συνεργείων. Σημειώνεται ότι η διακοπή της ηλεκτροδότησης σε κάθε κύκλο λειτουργίας των ΑΔΕ και των ΔΑΕ συμβαίνει πάντοτε σε κλάσμα του δευτερολέπτου (σχεδόν ακαριαία διακοπή, π.χ.: 0.15 s , 0.35 s , κ.λπ.), 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 1.2-1, 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 / 400 V , 230 V). Οι υποσταθμοί αυτοί διακρίνονται σε υπαίθριους επί στύλων ισχύος μέχρι 400 kVA και σε εσωτερικού χώρου (συνήθως σε υπόγεια πολυκατοικιών) μεγαλύτερης ισχύος από 400 kVA. Στους υπαίθριους υποσταθμούς η γραμμή μέσης τάσης ηλεκτροδοτεί τον μετασχηματιστή μέσω μονοπολικών ασφαλειοαποζευκτών ή τριπολικών αποζευκτών (βλ. σχήμα 1.2-1), 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 καταναλωτές χαμηλής τάσης γίνεται μέσω γραμμών χαμηλής τάσης (από γυμνούς αγωγούς ή συνεστραμμένα καλώδια) που ξεκινούν από τον πίνακα χαμηλής τάσης(ασφαλειοκιβώτιο) του υποσταθμού (σχήμα1.2-1).

Η παροχή μέσης τάσης σε καταναλωτές αφορά απορροφημένες εντάσεις ρεύματος άνω των 200 A ανά φάση, όπως συμβαίνει συνήθως σε βιομηχανίες, νοσοκομεία άνω των 100 κλινών, μεγάλα ξενοδοχεία, κτίρια ΑΕΙ, κ.λπ..

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

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

1.3 Θερμική συμπεριφορά υπό βραχυκύκλωμα

Το βραχυκύκλωμα αποτελεί μια από τις δυσμενέστερες καταστάσεις λειτουργίας που μπορεί να υποστούν τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Ο εξοπλισμός που είναι εγκατεστημένος σε υποσταθμούς (μετασχηματιστές ,διακόπτες, αποζεύκτες ,κ.λπ.) δέχεται ακραίες καταπονήσεις από τα ρεύματα βραχυκύκλωσης ,που δεν πρέπει να οδηγούν σε αστοχία. Το βραχυκύκλωμα, ως μεταβατικό φαινόμενο ,καταπονεί δυναμικά και θερμικά τον ηλεκτροτεχνικό εξοπλισμό.

Γενικά ,το ρεύμα βραχυκύκλωσης εμφανίζεται αρχικά ως ασύμμετρο και κατόπιν ως συμμετρικό .Το ασύμμετρο τμήμα περιλαμβάνει το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης ($\mathbf{I_{SW}}$) και το συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης ($\mathbf{I_g}$).Το συμμετρικό τμήμα βραχυκύκλωσης αποτελείται από το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης ($\mathbf{I_d}$). Η μέγιστη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης ($\mathbf{I_S}$) ονομάζεται κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης.

Τα ρεύματα ($\mathbf{I_d}$) και ($\mathbf{I_{sw}}$) συνδέονται μεταξύ τους μέσω της σχέσης:

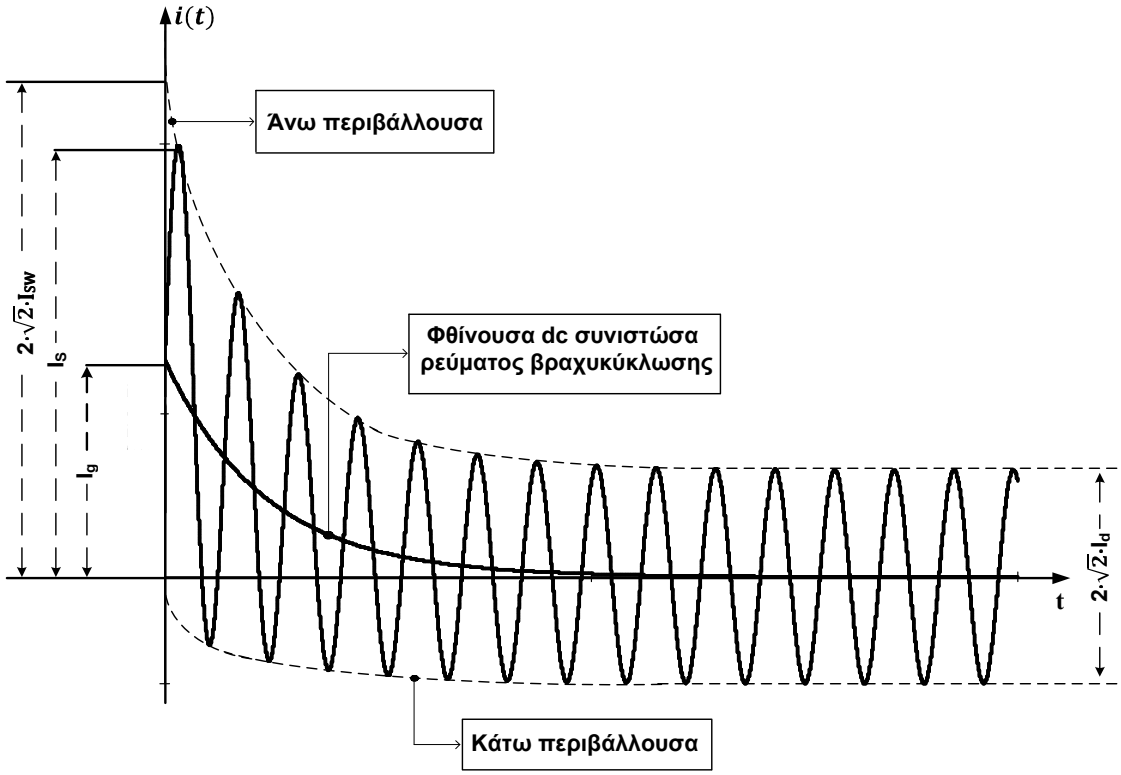
$$I_d = \mu_d \cdot I_{sw} \tag{1.3.1}$$

Όπου $\boldsymbol{\mu_d}$ συντελεστής που μέσω αυτού λαμβάνεται πρακτικά πόσο απέχει το βραχυκύκλωμα από τη γεννήτρια .

Η μορφή του ρεύματος βραχυκύκλωσης μπορεί να προσομοιωθεί κατά τη βιβλιογραφία [10] από την μαθηματική σχέση (1.3-2) που προτείνεται παρακάτω και η οποία αποδίδει ικανοποιητικά τη χρονική μεταβολή του ρεύματος βραχυκύκλωσης όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3-1:

$$\boxed{\mathbf{i(t) = \sqrt{2} \cdot [I_d + (I_{sw} - I_d) \cdot e^{-a \cdot t}] \cdot \sin(\omega \cdot t) + I_g \cdot e^{-b \cdot t}}} \tag{1.3.2}$$

Τα a και b είναι συντελεστές χρόνου (1/s) που εξαρτώνται από τη μορφή του ρεύματος βραχυκύκλωσης και συναρτώνται κυρίως από την επαγωγή και την αντίσταση του δικτύου μέχρι την θέση βραχυκύκλωσης.



Σχήμα 1.3-1: Μορφή ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά τη σχέση (1.3.2)

Το βραχυκύκλωμα προκαλεί στους αγωγούς ,στις επαφές (λυόμενες η μόνιμες) και στον εξοπλισμό γενικά, που είναι στη διαδρομή βραχυκύκλωσης ,μια δυναμική και θερμική καταπόνηση .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).

Η αύξηση της θερμοκρασίας σε αγωγούς υπολογίζεται από εμπειρικές σχέσεις (βλέπε σχέση 1.3.7) [14,15,16] αλλά και αναλυτικά (βλέπε παράρτημα §Π.1 όπου προτείνεται μια σχέση υπολογισμού της αύξησης της θερμοκρασίας βασισμένη στα ευρωπαϊκά πρότυπα IEC 60909-0,1).

Η θερμότητα W_θ ενός αγωγού με ειδική θερμότητα (c) και όγκο (V) δίνεται από τη σχέση:

$$W_\theta = V \cdot c \cdot \Delta\Theta = A \cdot l \cdot c \cdot \Delta\Theta \qquad (1.3.3)$$

Όπου A : διατομή του αγωγού

l : μήκος του αγωγού

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

$$W_{\eta\lambda.} = I^2 \cdot R \cdot t = I^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{A} \cdot t \qquad (1.3.4)$$

Όπου ρ : η ειδική αντίσταση του αγωγού

t : χρόνος

Από τις σχέσεις (1.3.3) και (1.3.4) :

$$\Delta\Theta = \frac{I^2}{A^2} \cdot \frac{\rho}{c} \cdot t \qquad (1.3.5)$$

με $k = \frac{\rho}{c}$ είναι:

$$\boxed{\boldsymbol{\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot I^2 \cdot t}} \qquad (1.3.6)$$

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως για τη θερμική καταπόνηση έχουν ιδιαίτερη σημασία η τιμή του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης (**I_d**) και ο χρόνος μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος (t).

Μια εμπειρική σχέση για τον υπολογισμό της αύξησης της θερμοκρασίας ($\Delta\Theta$) που αναπτύσσεται σε αγωγούς κατά το βραχυκύκλωμα είναι η παρακάτω [14,15,16]:

$$\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot {I_d}^2 \cdot \left[t + T \cdot \left(\frac{I_{SW}}{I_d}\right)^2\right] = \frac{k}{A^2} \cdot \left[{I_d}^2 \cdot t + {I_{SW}}^2 \cdot T\right] \qquad (1.3.7)$$

αντικαθιστώντας την (1.3.1) στην (1.3.7) είναι :

$$\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot \left[{\mu_d}^2 \cdot {I_{SW}}^2 \cdot t + {I_{SW}}^2 \cdot T\right] \qquad (1.3.8)$$

και

$$\boxed{\boldsymbol{\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot {I_{SW}}^2 \cdot [{\mu_d}^2 \cdot t + T]}} \qquad (1.3.9)$$

Όπου

$\Delta\Theta$: Η αύξηση της θερμοκρασίας σε (°C)

I_d : Διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης σε (A)

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

k : Θερμική αγωγιμότητα. Στην περίπτωση του αλουμινίου (Al) έχει τιμή

$0.0135\ \frac{mm^4 \cdot °c}{A^2 \cdot s}$ και για τον χαλκό (Cu) $0.0058\ \frac{mm^4 \cdot °c}{A^2 \cdot s}$

A :Η διατομή των αγωγών σε (mm^2)

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

T : Συντελεστής χρόνου

- για τριφασικό βραχυκύκλωμα από 0,3 έως 0,15 s
- για διφασικό βραχυκύκλωμα από 0,6 έως 0,25 s

Η τιμή του T μειώνεται με την απόσταση από τη θέση βραχυκύκλωσης.

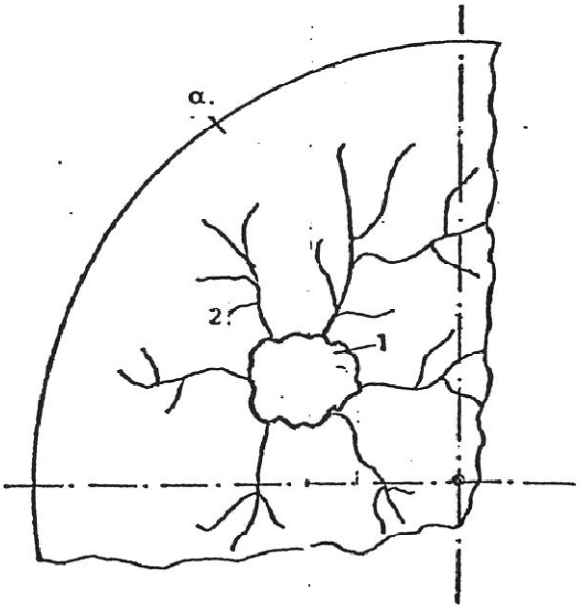
1.4 Σπινθηρισμοί και έρπουσες εκκενώσεις

Σπινθηρισμοί επί των μονωτήρων ονομάζονται οι φωτεινές μερικές εκκενώσεις (δηλαδή εκκενώσεις περιορισμένης διαδρομής επί της επιφάνειας των μονωτήρων) συνοδευόμενες από θόρυβο. Ως σπινθηρισμοί συνηθίζεται να αποκαλούνται επίσης στην πράξη και οι φωτεινές μερικές εκκενώσεις περί των αγωγών, που συνοδεύονται με θόρυβο (φαινόμενο Corona) . Οι σπινθηρισμοί είναι ένα αρκετά σύνηθες ηλεκτρικό φαινόμενο στις γραμμές υψηλής τάσης και στις γραμμές μέσης τάσης .Αποτελούν ένα θεαματικό φαινόμενο αλλά ακίνδυνο για το περιβάλλον, γιατί πρόκειται για φωτεινή ακτινοβολία και ήχο (που αποδίδονται κατά την εξαναγκασμένη συλλογή των ελεύθερων κυρίως ηλεκτρονίων από την άνοδο) και όχι για κάποια πυρακτωμένα σωματίδια μονωτήρων ή αγωγών (τήγματα).

Οι σπινθηρισμοί παρουσιάζονται αρχικά επί των μονωτήρων λόγω ξένων επικαθίσεων .Οι μερικές αυτές εκκενώσεις εξελίσσονται ενίοτε (λόγω πάρα πολύ μεγάλου ποσοστού ρύπων και υγρασίας) και σε έρπουσες διαρροές επί των μονωτήρων, που μπορεί να προκαλέσουν επιφανειακή διάσπαση ή υπερπήδηση, με αποτέλεσμα τη διακοπή της τάσης από το μέσο προστασίας της γραμμής (από τις ασφάλειες ή από τον διακόπτη προστασίας της γραμμής) ή ακόμα και το «Black-Out» (διακοπή της τάσης σε πολλές γραμμές) .Οι σπινθηρισμοί και η εξέλιξή τους σε έρπουσες εκκενώσεις επί των μονωτήρων οφείλονται κατά κανόνα σε ταυτόχρονη επίδραση υγρασίας της ατμόσφαιρας (που επικάθεται στην επιφάνεια των μονωτήρων υπό μορφή δρόσου) και ρύπανσης στην επιφάνεια των μονωτήρων από καθαλατώσεις, σκόνη, καπναιθάλη, κ.λπ.. Είναι απαραίτητο να συνυπάρχουν και οι δύο αυτές συνθήκες για να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις σπινθηρισμών μετά έρπουσων ηλεκτρικών εκκενώσεων, επιφανειακής διάσπασης ή υπερπήδησης. Για το λόγο αυτό, τέτοια φαινόμενα παρουσιάζονται ενίοτε κατά τους φθινοπωρινούς μήνες (Οκτώβριο και Νοέμβριο), όταν υπάρχει παρατεταμένη ανομβρία (πριν η πρώτη βροχή πλύνει τους μονωτήρες) και έντονη υγρασία κατά τις πρώτες μεταμεσονύκτιες και πρωινές ώρες της ημέρας, σε γραμμές υψηλής και μέσης τάσης (όπως προαναφέρθηκε) και σε περιοχές όπου υπάρχουν επικαθίσεις ρύπων στις επιφάνειες των μονωτήρων. Αυτό συμβαίνει σε γραμμές παραθαλάσσιες, ή σε γραμμές που βρίσκονται πολύ κοντά σε ρυπογόνες βιομηχανίες, όπου στη μεν πρώτη περίπτωση είναι ενδεχόμενο να υπάρχουν καθαλατώσεις , στη δε δεύτερη έντονη βιομηχανική ρύπανση στους μονωτήρες.

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

Η μορφή, την οποία παρουσιάζουν τα στερεά βιομηχανικά ηλεκτρομονωτικά υλικά κατά τη διαχρονική επιφανειακή καταπόνησή τους λόγω ξένων επικαθίσεων δίνεται στο σχήμα 1.4-1 και ονομάζεται εικόνα επιφανειακών διαταραχών. Πρόκειται για μία μόνιμη παραμόρφωση του υλικού, η οποία σχετίζεται με την εκδήλωση φωτεινής ακτινοβολίας (υπό μορφή δενδρίτη). Τα σπήλαια και ο κρατήρας έχουν αποδοθεί στη θερμική καταπόνηση του μονωτικού, που είναι αποτέλεσμα κάποιας τήξης του στα ίχνη του επιφανειακού δενδρίτη. Τα θραύσματα (αν υπάρχουν) δημιουργούνται κυρίως στην περιοχή του κρατήρα, η οποία είναι και η θέση, όπου θα συμβεί η διάτρηση.



Σχήμα 1.4-1: Παράδειγμα εικόνας επιφανειακών διαταραχών κατά την καταπόνηση στερεών βιομηχανικών μονωτικών. α: επιφάνεια στερεού μονωτικού, 1:κρατήρας, 2: σπήλαια

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

α/α	Επίπεδο ρύπανσης	Τυπικό παράδειγμα περιβάλλοντος	Ελάχιστο μήκος ερπυσμού
I	Μικρό (**0.006 mg/cm^2**)	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 (ή χρήση λιπασμάτων μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο επίπεδο ρύπανσης). Σημείωση: 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.	**16 mm/kV**
II	Μεσαίο (**0.20 mg/cm^2**)	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/η 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 (**0.60 mg/cm^2**)	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 (**>0,60 mg/cm^2**)	1. Περιοχές γενικά μέτριας έκτασης εκτεθειμένες σε αγώγιμες σκόνες και σε βιομηχανικό καπνό ο οποίος παράγει ειδικά λεπτές αγώγιμες 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 1.4-1: Επιλογή του ελάχιστου μήκους ερπυσμού κεραμικών υλικών και γυάλινων μονωτήρων ,αναλόγως του περιβάλλοντός τους[14,15].

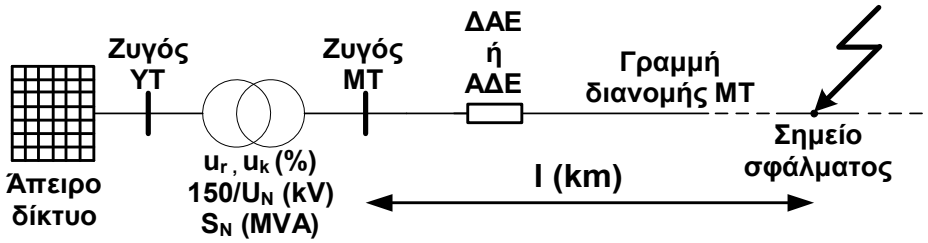
1.5 Σκοπός της εργασίας

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αφορά τη θερμική και διηλεκτρική συμπεριφορά των εναέριων γραμμών διανομής μέσης τάσης. Για τον σκοπό αυτό γίνονται αρχικά υπολογισμοί που μπορούν να χρησιμεύσουν για όλα τα είδη γραμμών μέσης τάσης και εξετάζεται ως παράδειγμα μια εναέρια γραμμή μέσης τάσης (από το 100 km έως 200 km),με αγωγούς ACSR διατομής 35 mm^2 ισοδύναμου χαλκού. Οι υπολογισμοί αφορούν μετασχηματιστές με ονομαστικές τάσεις δευτερεύοντος (πλευρά ΜΤ) 20 kV και 15 kV, ονομαστικές τιμές ισχύος 25 MVA και 50 MVA και χρόνους διακοπής διακόπτη 0.15 s ,0.25 s ,0.40 s και 1.00 s .

2.Διαδικασία υπολογισμού

2.1 Γενικά

Στο σχήμα 2.1-1 φαίνεται το απλοποιημένο ακτινικό δίκτυο βάση του οποίου θα γίνουν οι υπολογισμοί .Θα μελετηθεί μια εναέρια γραμμή μέσης τάσης (από το 100 km έως 200 km),εξετάζοντας σφάλματα βραχυκύκλωσης ανά 3 km .Η μελέτη έχει να κάνει με δίκτυο διανομής ΜΤ που γενικά θεωρείται μακριά από γεννήτριες.



<u>Σχήμα 2.1-1:</u> Απλοποιημένο ακτινικό δίκτυο

2.2 Σύνθετη αντίσταση

Αρχικά πρέπει να υπολογιστεί η συνολική σύνθετη αντίσταση (ανηγμένη στην ΜΤ [U_N (kV)]) μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.

Μετασχηματιστής (Μ/Σ)

Ωμική αντίσταση Μ/Σ : $$R_{M\Sigma} = u_r \cdot \frac{{U_N}^2}{S_N} \quad (2.2.1)$$

Επαγωγική αντίδραση Μ/Σ : $$X_{M\Sigma} = \sqrt{{u_k}^2 - {u_r}^2} \cdot \frac{{U_N}^2}{S_N} \quad (2.2.2)$$

Σύνθετη αντίσταση Μ/Σ : $$\overline{Z_{M\Sigma}} = R_{M\Sigma} + i \cdot X_{M\Sigma} \quad (2.2.3)$$

Όπου

u_r:Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης που αντιστοιχεί στην p.u (ανά μονάδα[α.μ] ή per unit [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

U_N:Ονομαστική τάση δευτερεύοντος του Μ/Σ (πλευρά ΜΤ)

S_N:Ονομαστική τιμή ισχύος του Μ/Σ.

Γραμμή

Ο αγωγός που θα μελετηθεί είναι ο ACSR διατομής 35 mm^2 ισοδύναμου χαλκού, που όπως αναφέρθηκε §1.2 ενδείκνυται για εναέρια δίκτυα διανομής ΜΤ (ACSR Aluminum Conductor Steel Reinforced ,αγωγός ενισχυμένος με χαλύβδινη ψυχή).

Στον παρακάτω πίνακα 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.

Είδος αγωγού	R_{Γ_km} (Ω/km)	X_{Γ_km} (Ω/km)	A_{35} (mm^2)	r (mm)
ACSR ισοδύναμος με Cu 35 mm^2 (μόνο για ΜΤ)	0.576	0.397	57.6	5.16

Πίνακας 2.2.2-1: Χαρακτηριστικά αγωγού ACSR ισοδύναμος με Cu 35 mm^2 (μόνο για ΜΤ)

Σημειώνεται ότι η διαφορά στην πραγματική διατομή λαμβάνοντας υπόψη το επιδερμικό φαινόμενο ,είναι αμελητέα για αγωγούς της τάξεως αυτής .Ο υπολογισμός της επίδρασης του επιδερμικού φαινομένου σε μεταβατικές καταστάσεις (π.χ. βραχυκυκλώματα) είναι μια σύνθετη διαδικασία και εξαρτάται από τη διατομή του αγωγού. Με την αύξηση της διατομής του αγωγού το επιδερμικό φαινόμενο γίνεται ισχυρότερο .Η επίδραση του επιδερμικού φαινομένου είναι σημαντική για μεγάλες διατομές αγωγών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [24] το επιδερμικό φαινόμενο έχει αμελητέα επίδραση σε αγωγούς με διατομή μικρότερη των 150 mm^2,και για το λόγο αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς.

Ωμική αντίσταση της γραμμής : $R_{\Gamma} = R_{\Gamma_km} \cdot l$ (2.2.4)

Επαγωγική αντίδραση της γραμμής : $X_{\Gamma} = X_{\Gamma_km} \cdot l$ (2.2.5)

Σύνθετη αντίσταση της γραμμής : $\overline{Z_{\Gamma}} = R_{\Gamma} + i \cdot X_{\Gamma}$ (2.2.6)

Όπου l: το σημείο στο οποίο γίνεται το βραχυκύκλωμα.

Συνολική σύνθετη αντίσταση μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης :

$$\boxed{\overline{\mathbf{Z_{\Sigma}}} = \overline{\mathbf{Z_{M\Sigma}}} + \overline{\mathbf{Z_{\Gamma}}}} \quad (2.2.7)$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι στον υπολογισμό της $\overline{\mathbf{Z_{\Sigma}}}$ δεν περιλαμβάνεται το άπειρο δίκτυο γιατί η συμβολή του στο βραχυκύκλωμα είναι (πρακτικά) αμελητέα .

2.3 Θερμική συμπεριφορά

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

$$I_{SW_3\varphi} = \frac{1.1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot |\overline{Z_{\Sigma}}|} \quad (2.3.1)$$

και

$$I_{SW_2\varphi} = \frac{1.1 \cdot U_N}{2 \cdot |\overline{Z_{\Sigma}}|} \quad (2.3.2)$$

Παρατήρηση : το 1.1 είναι ο συντελεστής προσαύξησης για τη διακύμανση της τάσης στη ΜΤ.

Παρόλο που η γεννήτρια θεωρείται πολύ μακριά από το βραχυκύκλωμα θα εξεταστεί και η περίπτωση με τον ελάχιστο συντελεστή $\boldsymbol{\mu_d}$ για να δοθεί μια πλήρης εικόνα:

$$\boldsymbol{\mu_{d_max} = 1} \text{ και } \boldsymbol{\mu_{d_min} = 0.35}$$

Προσέγγιση θέσης βραχυκύκλωσης:

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

(Π.χ. για $\boldsymbol{\mu_{d_max} = 1 \Longrightarrow I_d = I_{sw}}$ προσέγγιση θέσης βραχυκύκλωσης «μακριά από τη γεννήτρια»)

Για τον συντελεστή χρόνου Τ θα γίνει επιλογή των ακραίων τιμών ώστε να υπολογιστεί η δυσμενέστερη περίπτωση δηλαδή: $T_{3\varphi} = 0{,}3\ \text{sec}$ και $T_{2\varphi} = 0{,}6\ \text{sec}$

Όσον αφορά την αύξηση της θερμοκρασίας πρέπει κανείς να υπολογίσει την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή αυτής ανάλογα με τον συντελεστή μ_d βάση της σχέσης (1.3.9). Αυτό γίνεται για να καλυφτεί κάθε περίπτωση προσέγγισης.

$$\boxed{\boldsymbol{\Delta\Theta_{max} = \frac{k}{A^2} \cdot I_{SW}{}^2 \cdot \left[\mu_{d_{max}}{}^2 \cdot t + T\right]}} \qquad (2.3.3)$$

και

$$\boxed{\boldsymbol{\Delta\Theta_{min} = \frac{k}{A^2} \cdot I_{SW}{}^2 \cdot \left[\mu_{d_min}{}^2 \cdot t + T\right]}} \qquad (2.3.4)$$

Η συνολική θερμοκρασία των αγωγών δίνεται από τη σχέση:

$$\Theta = \Theta_N + \Delta\Theta \qquad (2.3.5)$$

Όπου

Θ_N : Θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας, για τους υπολογισμούς λαμβάνεται $\Theta_N = 40\ °C$

Στην γραμμή κορμού υπάρχει Αυτόματος Διακόπτης Ελαίου (ΑΔΕ) ή Διακόπτης Αυτόματης Επαναφοράς (ΔΑΕ) με τρεις τρείς κύκλους λειτουργίας (γίνεται επαναφορά του συστήματος σε τρία στάδια, όπως αναφέρθηκε στην §1.2) ο χρόνος διακοπής t πολλαπλασιάζεται με $\sqrt{2}$ μετά από κάθε επαναφορά (on-off).Δηλαδή μετά από κάθε on-off του διακόπτη πολλαπλασιάζεται η αύξηση της θερμοκρασίας με $\sqrt{2}$. ***Ουσιαστικά αν ικανοποιείται η προδιαγραφή για το τρίτο on-off ικανοποιούνται και οι άλλες***.

Πρώτο on-off $\Theta_1 = \Theta_N + \Delta\Theta$

Δεύτερο on-off $\Theta_2 = \Theta_N + \sqrt{2} \cdot \Delta\Theta$

Τρίτο on-off $\Theta_3 = \Theta_N + \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \Delta\Theta = \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta$

$$\boxed{\boldsymbol{\Theta_3 = \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta}} \tag{2.3.6}$$

Σημειώνεται ότι η οριακή θερμοκρασία για αγωγούς αλουμινίου (Al) είναι : $\boxed{\boldsymbol{\Theta_{\text{ορ_Al}} = 180\ °\text{C}}}$

Παρατήρηση:

Παρατηρώντας τις σχέσεις (1.3.6) και (1.3.9) γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι στην εμπειρική σχέση (1.3.9) έγινε η προσέγγιση :

$$I^2 \cdot t \approx {I_{SW}}^2 \cdot [{\mu_d}^2 \cdot t + T]$$

$$\text{με} \quad I = \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \int_0^t i(\tau)^2 d\tau} \ \Rightarrow I^2 \cdot t = \int_0^t i(\tau)^2 d\tau$$

$$I^2 \cdot t = \int_0^t i(\tau)^2 d\tau$$

όπου $i(t)$ δίνεται από τη σχέση (1.3.2).

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

$$\int_0^t i(\tau)^2 d\tau \approx {I_{SW}}^2 \cdot [{\mu_d}^2 \cdot t + T]$$

2.4 Διηλεκτρική συμπεριφορά

Εκδήλωση σπινθηρισμών σε γυμνούς αγωγούς μέσης τάσης

Οι σπινθηρισμοί γύρω από τους αγωγούς οφείλονται όπως προαναφέρθηκε §1.4 στη συνύπαρξη δύο παραγόντων, που είναι η υγρασία και το ρυπογόνο περιβάλλον .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 αγώγιμους ρύπους , όπως αυτό συμβαίνει στην περίπτωση της καπναιθάλης .Η πεδιακή ένταση E_α που απαιτείται για την έναρξη των μερικών εκκενώσεων μιας γραμμής μέσης τάσης υπό ατμοσφαιρικό αέρα δίνεται από τη σχέση[14,15]:

$$\boxed{\mathbf{E_a = 30 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot \delta \left(1 + \frac{0.3}{\sqrt{\delta \cdot r}}\right)}} \quad \text{σε} \quad \frac{\mathbf{kV}}{\mathbf{cm}} \tag{2.4.1}$$

Όπου

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

Για να συμβούν επομένως μερικές εκκενώσεις απαιτείται τουλάχιστον η ανωτέρω τιμή $\boldsymbol{E_\alpha}$.

Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση σε αγωγούς μέσης τάσης

Σε ένα ανομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο το διάνυσμα της πεδιακής 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 ,υπό 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 (μεταλλικό δοχείο σφαιρικού σχήματος επί μονωτικής βάσης),μέσω του οποίου επιχειρείται η φόρτιση μιας αφόρτιστης μεταλλικής σφαίρας (με μονωτική λαβή),μέσω βραχύχρονης επαφής της στο δοχείο .Το πείραμα αυτό δείχνει (μέσω του ηλεκτροσκοπίου),ότι το δοχείο δεν φέρει ηλεκτρισμό στην εξωτερική του επιφάνεια ,αλλά μόνο στην εσωτερική του ,που σημαίνει ότι το ηλεκτρικό πεδίο συγκεντρώνεται στο περισσότερο «αιχμηρό» μέρος μιας επιφάνειας.

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

$$\boxed{\mathbf{E_{max} = \frac{U_N}{d \cdot n}}} \qquad (2.4.2)$$

Όπου

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

n: Συντελεστής χρησιμοποίησης.

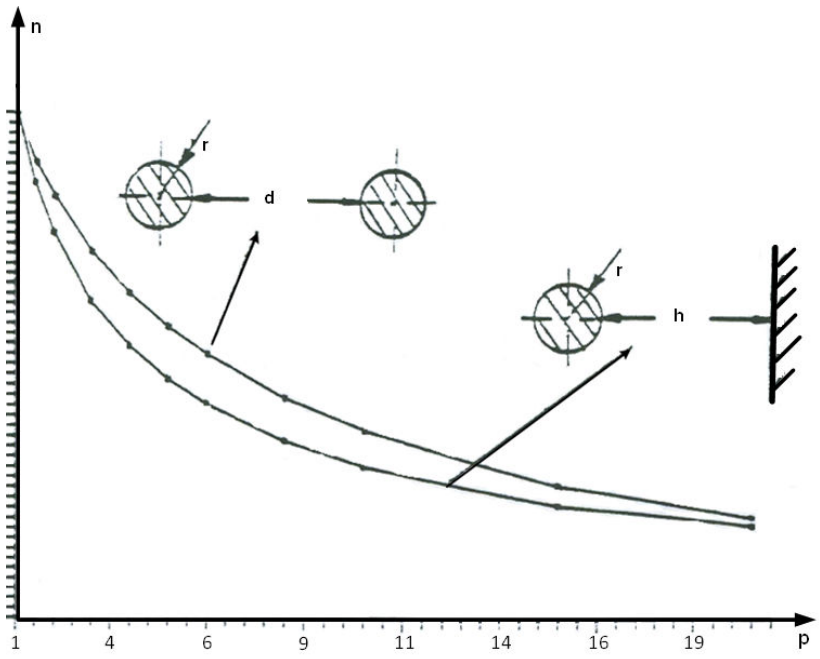
Στο παρακάτω σχήμα (2.4-1) δίνονται οι χαρακτηριστικές για το συντελεστή χρησιμοποίησης n (με ικανοποιητική προσέγγιση για την πράξη),οι οποίες αφορούν κυλινδρικά τμήματα παράλληλων επιπέδων επιφανειών (δηλαδή μεταξύ των αγωγών) και κυλινδρικές επιφάνειες ως προς μια πλάκα (δηλαδή μεταξύ αγωγού και γης).

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

$$P_d = \frac{r + d}{r} \qquad (2.4.3)$$

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

$$P_h = \frac{r + h}{r} \qquad (2.4.4)$$



Σχήμα 2.4-1 : n=f(p) για κύλινδρο-κύλινδρο και για κύλινδρο-πλάκα[14,15]

- p <19.6 από τα διαγράμματα
- p>19.6 από τις παρακάτω προσεγγιστικές σχέσεις

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης n για p>19.6 υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\text{κύλινδρος} - \text{κύλινδρος} \qquad n_d \approx \frac{2 \cdot r \cdot \ln(2 + \frac{d}{r})}{d} \qquad (2.4.5)$$

$$\text{κύλινδρος} - \text{πλάκα} \qquad n_h \approx \frac{10 \cdot r \cdot \ln(1 + \frac{h}{r})}{9 \cdot h} \qquad (2.4.6)$$

2.5 Υπολογισμοί με χρήση του mathcad

Θερμική συμπεριφορά

Οι υπολογισμοί θα γίνουν με τη βοήθεια του προγράμματος mathcad.Ανάλογα με την ονομαστική τάση δευτερεύοντος U_N (πλευρά ΜΤ) και την ονομαστική ισχύ S_N του Μ/Σ υπάρχουν οι περιπτώσεις :

1)Περίπτωση U_{N1}=20 kV και S_{N1}=25 MVA (11)

2)Περίπτωση U_{N1}=20 kV και S_{N2}=50 MVA (12)

3)Περίπτωση U_{N2}=15 kV και S_{N1}=25 MVA (21)

4)Περίπτωση U_{N2}=15 kV και S_{N2}=50 MVA (22)

Επίσης ,σε κάθε περίπτωση αντιστοιχούν τέσσερεις χρόνοι διακοπής του διακόπτη t_1=0.15 s ,t_2=0.25 s ,t_3=0.40 s και t_4=1.00 s .

Πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή των δεικτών έγινε με σκοπό την αποφυγή σφαλμάτων στο mathcad και την γρήγορη επισκόπηση των μεγεθών όσο αφορά την ονομαστική τάση δευτερεύοντος U_N , την ονομαστική ισχύ S_N και τον χρόνο διακοπής του διακόπτη t για τα οποία υπολογίστηκαν. Για παράδειγμα (111) σημαίνει U_{N1}=20 kV, S_{N1}=25 MVA και t_1=0.15 s με την συγκεκριμένη σειρά αντίστοιχα 213 σημαίνει U_{N2}=15 kV, S_{N1}=25 MVA και t_3=0.40 s με την συγκεκριμένη σειρά κ.λπ..

Στο παράρτημα (§Π.2) υπάρχουν τα δεδομένα της μελέτης και η διαδικασία υπολογισμού (mathcad) αναλυτικά για την περίπτωση 1)Περίπτωση U_{N1}=20 kV και S_{N1}=25 MVA. Όμοια ,αλλάζοντας τους δυο πρώτους δείκτες , παντού , από 11 σε 12, 21 και 22 καλύπτονται όλες οι περιπτώσεις . Επίσης , στο παράρτημα (§Π.2),υπάρχει η διαδικασία για την εκτύπωση των πινάκων που ακολουθούν στο επόμενο τμήμα της εργασίας §3.1.

Διηλεκτρική συμπεριφορά

Οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα για την διηλεκτρική συμπεριφορά με την βοήθεια του προγράμματος mathcad φαίνονται αναλυτικά στην §3.2.Σημειώνεται ότι επειδή τα δεδομένα για τις αποστάσεις μεταξύ αγωγών (d) και μεταξύ αγωγού και γης (h) γράφονται σε μητρική μορφή είναι απαραίτητη η διαγωνοποιημένη μορφή του πίνακα για να γίνει ο πολλαπλασιασμός π.χ. diag (d)·n_d.

3.Αποτελέσματα

3.1 Πίνακες και διαγράμματα για τη θερμική συμπεριφορά της γραμμής μέσης τάσης από αγωγό ACSR 35 mm^2

Παρακάτω φαίνονται οι πίνακες και τα διαγράμματα που πρόεκυψαν από τους υπολογισμούς για τη θερμική συμπεριφορά της γραμμής μέσης τάσης από αγωγό ACSR 35 mm^2 , για όλους τους συνδυασμούς ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος U_N (πλευρά ΜΤ) και ονομαστικής ισχύος S_N του Μ/Σ.

3.1.1 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος $U_{N1} = 20 \cdot kV$ και ονομαστικής ισχύος $S_{N1} = 25 \cdot MVA$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	$I_{sw_3\varphi_11}$ (A)	$I_{d_3\varphi_11_max}$ (A)	$I_{d_3\varphi_11_min}$ (A)	$\Theta_{3_3\varphi_111_max}$ (°C)	$\Theta_{3_3\varphi_111_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,9	176,7	176,7	61,8	40,11	40,08
103	59,3	40,9	74,0	171,7	171,7	60,1	40,11	40,08
106	61,1	42,1	76,1	166,9	166,9	58,4	40,10	40,07
109	62,8	43,3	78,2	162,4	162,4	56,9	40,10	40,07
112	64,5	44,5	80,3	158,2	158,2	55,4	40,09	40,06
115	66,2	45,7	82,4	154,2	154,2	54,0	40,09	40,06
118	68,0	46,8	84,5	150,3	150,3	52,6	40,08	40,06
121	69,7	48,0	86,6	146,7	146,7	51,3	40,08	40,06
124	71,4	49,2	88,7	143,2	143,2	50,1	40,08	40,05
127	73,2	50,4	90,8	139,9	139,9	49,0	40,07	40,05
130	74,9	51,6	92,9	136,8	136,8	47,9	40,07	40,05
133	76,6	52,8	95,0	133,7	133,7	46,8	40,07	40,05
136	78,3	54,0	97,1	130,9	130,9	45,8	40,06	40,04
139	80,1	55,2	99,2	128,1	128,1	44,8	40,06	40,04
142	81,8	56,4	101,3	125,4	125,4	43,9	40,06	40,04
145	83,5	57,6	103,4	122,9	122,9	43,0	40,06	40,04
148	85,2	58,8	105,5	120,4	120,4	42,2	40,05	40,04
151	87,0	59,9	107,6	118,1	118,1	41,3	40,05	40,04
154	88,7	61,1	109,7	115,8	115,8	40,5	40,05	40,03
157	90,4	62,3	111,8	113,7	113,7	39,8	40,05	40,03
160	92,2	63,5	113,9	111,6	111,6	39,0	40,05	40,03
163	93,9	64,7	116,0	109,5	109,5	38,3	40,04	40,03
166	95,6	65,9	118,0	107,6	107,6	37,7	40,04	40,03
169	97,3	67,1	120,1	105,7	105,7	37,0	40,04	40,03
172	99,1	68,3	122,2	103,9	103,9	36,4	40,04	40,03
175	100,8	69,5	124,3	102,1	102,1	35,8	40,04	40,03
178	102,5	70,7	126,4	100,5	100,5	35,2	40,04	40,03
181	104,3	71,9	128,5	98,8	98,8	34,6	40,04	40,03
184	106,0	73,0	130,6	97,2	97,2	34,0	40,03	40,02
187	107,7	74,2	132,7	95,7	95,7	33,5	40,03	40,02
190	109,4	75,4	134,8	94,2	94,2	33,0	40,03	40,02
193	111,2	76,6	136,9	92,8	92,8	32,5	40,03	40,02
196	112,9	77,8	139,0	91,4	91,4	32,0	40,03	40,02
199	114,6	79,0	141,1	90,0	90,0	31,5	40,03	40,02

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-1:</u>

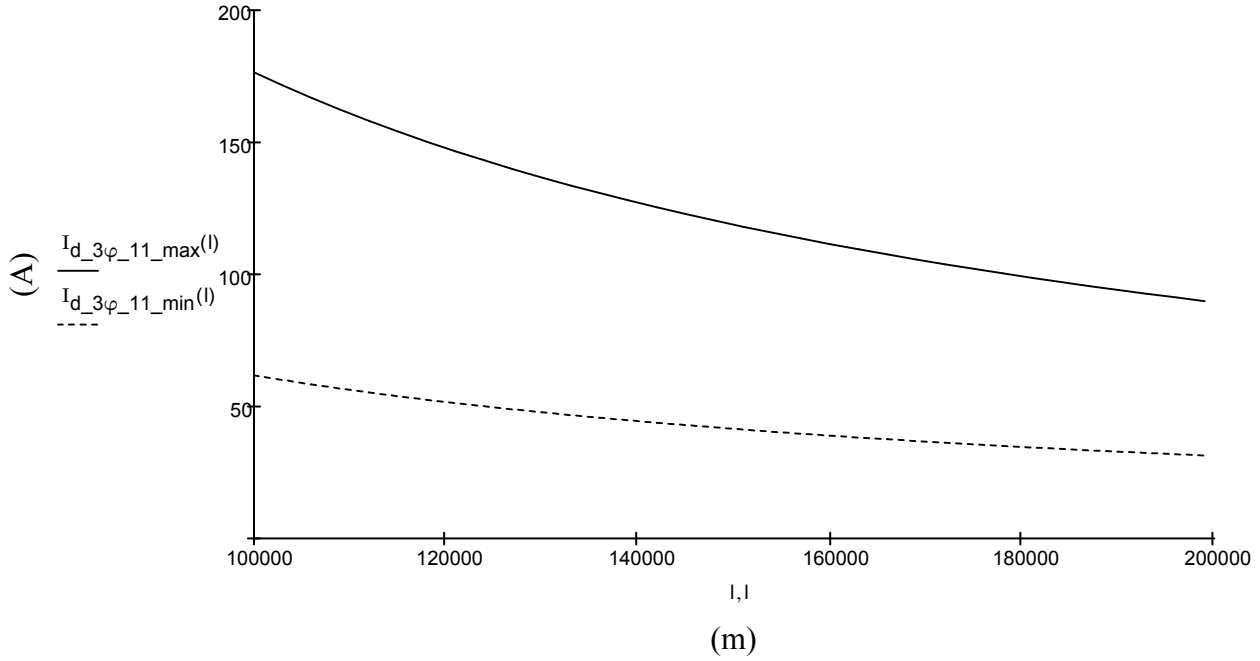
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

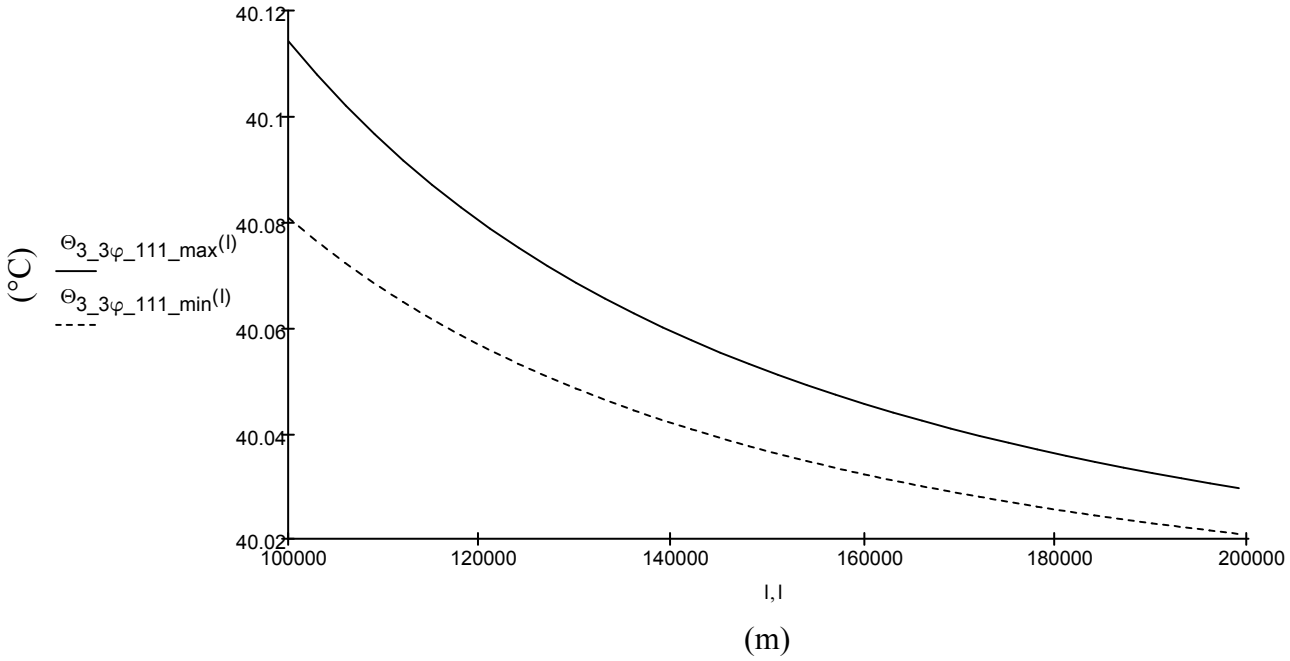
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$



Διάγραμμα 3.1.1-1: Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.1-2:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	$I_{sw_2\varphi_11}$ (A)	$I_{d_2\varphi_11_max}$ (A)	$I_{d_2\varphi_11_min}$ (A)	$\Theta_{3_2\varphi_111_max}$ (°C)	$\Theta_{3_2\varphi_111_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,9	153,0	153,0	53,5	40,14	40,12
103	59,3	40,9	74,0	148,7	148,7	52,0	40,13	40,11
106	61,1	42,1	76,1	144,6	144,6	50,6	40,13	40,11
109	62,8	43,3	78,2	140,7	140,7	49,2	40,12	40,10
112	64,5	44,5	80,3	137,0	137,0	48,0	40,11	40,09
115	66,2	45,7	82,4	133,5	133,5	46,7	40,11	40,09
118	68,0	46,8	84,5	130,2	130,2	45,6	40,10	40,09
121	69,7	48,0	86,6	127,1	127,1	44,5	40,10	40,08
124	71,4	49,2	88,7	124,0	124,0	43,4	40,09	40,08
127	73,2	50,4	90,8	121,2	121,2	42,4	40,09	40,07
130	74,9	51,6	92,9	118,4	118,4	41,5	40,09	40,07
133	76,6	52,8	95,0	115,8	115,8	40,5	40,08	40,07
136	78,3	54,0	97,1	113,3	113,3	39,7	40,08	40,06
139	80,1	55,2	99,2	110,9	110,9	38,8	40,08	40,06
142	81,8	56,4	101,3	108,6	108,6	38,0	40,07	40,06
145	83,5	57,6	103,4	106,4	106,4	37,2	40,07	40,06
148	85,2	58,8	105,5	104,3	104,3	36,5	40,07	40,05
151	87,0	59,9	107,6	102,3	102,3	35,8	40,06	40,05
154	88,7	61,1	109,7	100,3	100,3	35,1	40,06	40,05
157	90,4	62,3	111,8	98,4	98,4	34,5	40,06	40,05
160	92,2	63,5	113,9	96,6	96,6	33,8	40,06	40,05
163	93,9	64,7	116,0	94,9	94,9	33,2	40,05	40,05
166	95,6	65,9	118,0	93,2	93,2	32,6	40,05	40,04
169	97,3	67,1	120,1	91,6	91,6	32,0	40,05	40,04
172	99,1	68,3	122,2	90,0	90,0	31,5	40,05	40,04
175	100,8	69,5	124,3	88,5	88,5	31,0	40,05	40,04
178	102,5	70,7	126,4	87,0	87,0	30,4	40,05	40,04
181	104,3	71,9	128,5	85,6	85,6	30,0	40,04	40,04
184	106,0	73,0	130,6	84,2	84,2	29,5	40,04	40,04
187	107,7	74,2	132,7	82,9	82,9	29,0	40,04	40,03
190	109,4	75,4	134,8	81,6	81,6	28,6	40,04	40,03
193	111,2	76,6	136,9	80,3	80,3	28,1	40,04	40,03
196	112,9	77,8	139,0	79,1	79,1	27,7	40,04	40,03
199	114,6	79,0	141,1	77,9	77,9	27,3	40,04	40,03

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-2:</u>

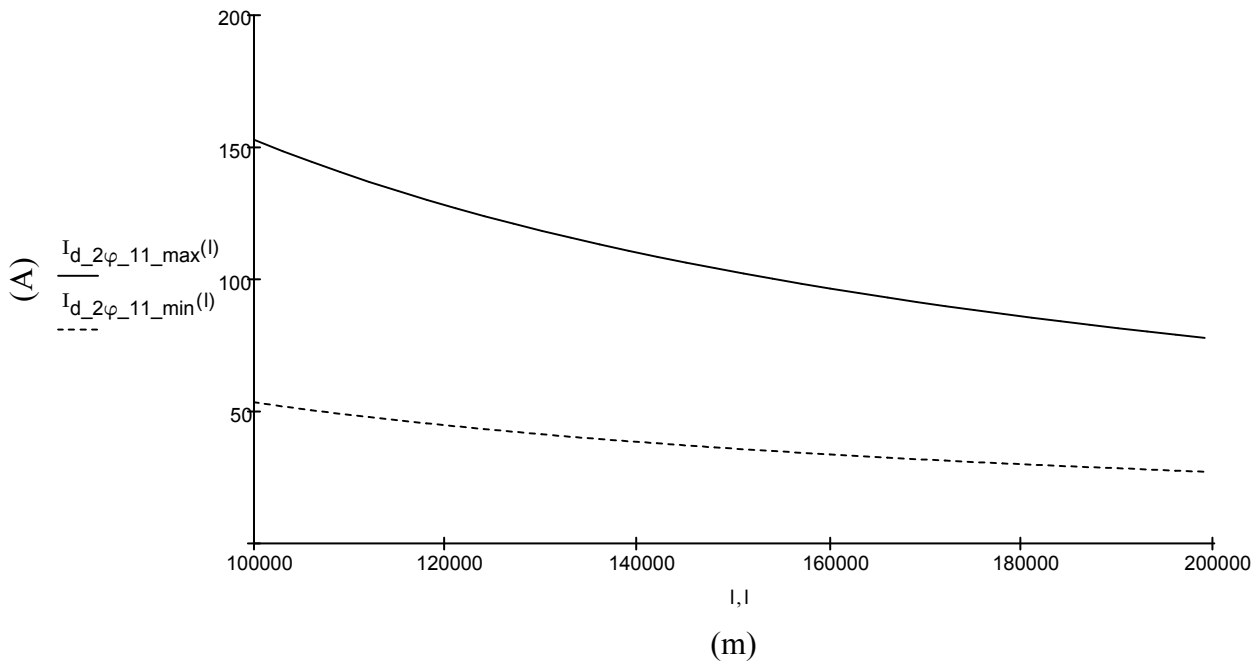
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\,\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\,\Omega$

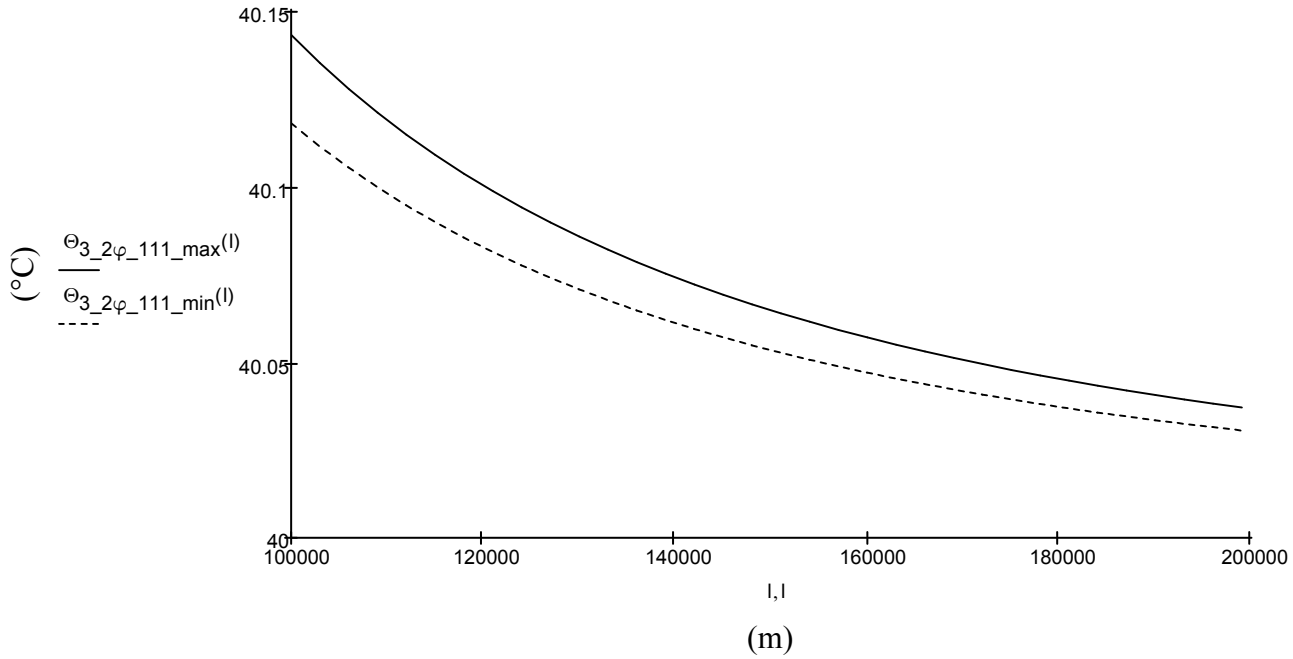
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15\,s$



Διάγραμμα 3.1.1-3:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.1-4:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$

L (km)	$R_Γ$ (Ω)	$X_Γ$ (Ω)	$Z_Τ$ (Ω)	$I_{sw_3φ_11}$ (A)	$I_{d_3φ_11_max}$ (A)	$I_{d_3φ_11_min}$ (A)	$Θ_{3_3φ_112_max}$ (°C)	$Θ_{3_3φ_112_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,9	176,7	176,7	61,8	40,14	40,08
103	59,3	40,9	74,0	171,7	171,7	60,1	40,13	40,08
106	61,1	42,1	76,1	166,9	166,9	58,4	40,12	40,07
109	62,8	43,3	78,2	162,4	162,4	56,9	40,12	40,07
112	64,5	44,5	80,3	158,2	158,2	55,4	40,11	40,07
115	66,2	45,7	82,4	154,2	154,2	54,0	40,11	40,06
118	68,0	46,8	84,5	150,3	150,3	52,6	40,10	40,06
121	69,7	48,0	86,6	146,7	146,7	51,3	40,10	40,06
124	71,4	49,2	88,7	143,2	143,2	50,1	40,09	40,06
127	73,2	50,4	90,8	139,9	139,9	49,0	40,09	40,05
130	74,9	51,6	92,9	136,8	136,8	47,9	40,08	40,05
133	76,6	52,8	95,0	133,7	133,7	46,8	40,08	40,05
136	78,3	54,0	97,1	130,9	130,9	45,8	40,08	40,05
139	80,1	55,2	99,2	128,1	128,1	44,8	40,07	40,04
142	81,8	56,4	101,3	125,4	125,4	43,9	40,07	40,04
145	83,5	57,6	103,4	122,9	122,9	43,0	40,07	40,04
148	85,2	58,8	105,5	120,4	120,4	42,2	40,06	40,04
151	87,0	59,9	107,6	118,1	118,1	41,3	40,06	40,04
154	88,7	61,1	109,7	115,8	115,8	40,5	40,06	40,04
157	90,4	62,3	111,8	113,7	113,7	39,8	40,06	40,03
160	92,2	63,5	113,9	111,6	111,6	39,0	40,06	40,03
163	93,9	64,7	116,0	109,5	109,5	38,3	40,05	40,03
166	95,6	65,9	118,0	107,6	107,6	37,7	40,05	40,03
169	97,3	67,1	120,1	105,7	105,7	37,0	40,05	40,03
172	99,1	68,3	122,2	103,9	103,9	36,4	40,05	40,03
175	100,8	69,5	124,3	102,1	102,1	35,8	40,05	40,03
178	102,5	70,7	126,4	100,5	100,5	35,2	40,05	40,03
181	104,3	71,9	128,5	98,8	98,8	34,6	40,04	40,03
184	106,0	73,0	130,6	97,2	97,2	34,0	40,04	40,03
187	107,7	74,2	132,7	95,7	95,7	33,5	40,04	40,02
190	109,4	75,4	134,8	94,2	94,2	33,0	40,04	40,02
193	111,2	76,6	136,9	92,8	92,8	32,5	40,04	40,02
196	112,9	77,8	139,0	91,4	91,4	32,0	40,04	40,02
199	114,6	79,0	141,1	90,0	90,0	31,5	40,04	40,02

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-3:</u>

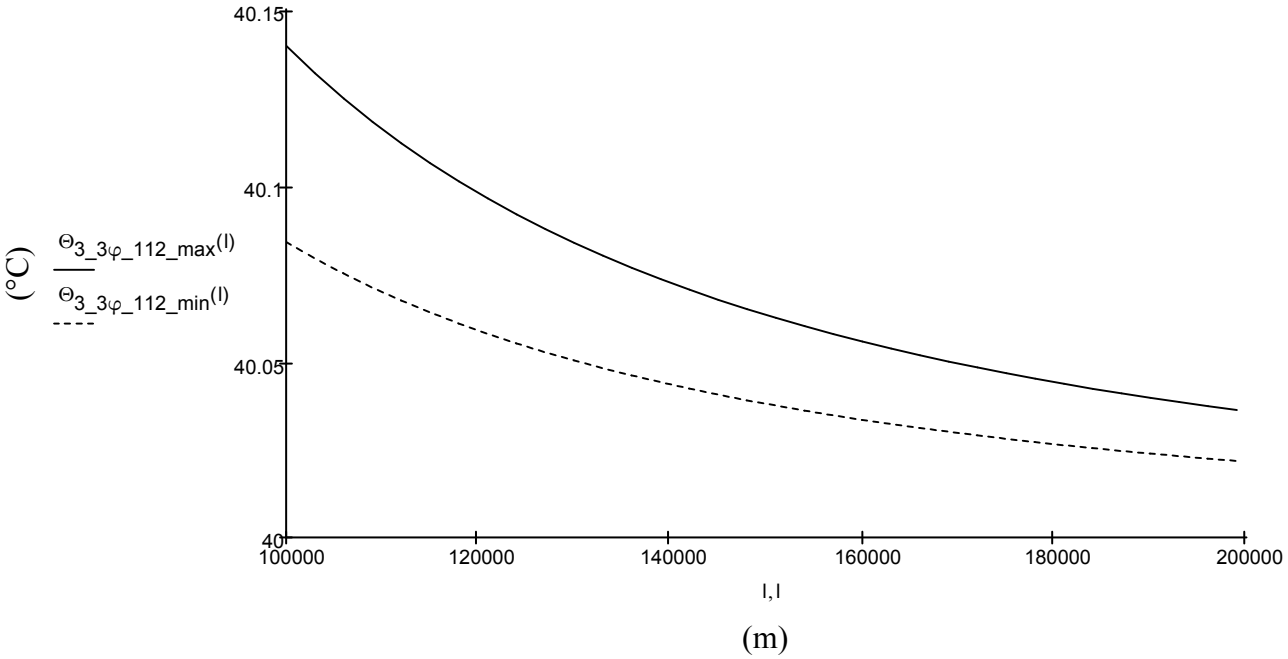
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{MΣ_11} = 0.096\,Ω$, $X_{MΣ_11} = 3.199\,Ω$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{Γ_km} = 0.576 \cdot \frac{Ω}{km}$, $X_{Γ_km} = 0.397 \cdot \frac{Ω}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.1-5:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	$I_{sw_2\varphi_11}$ (A)	$I_{d_2\varphi_11_max}$ (A)	$I_{d_2\varphi_11_min}$ (A)	$\Theta_{3_2\varphi_112_max}$ (°C)	$\Theta_{3_2\varphi_112_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,9	153,0	153,0	53,5	40,16	40,12
103	59,3	40,9	74,0	148,7	148,7	52,0	40,15	40,11
106	61,1	42,1	76,1	144,6	144,6	50,6	40,14	40,11
109	62,8	43,3	78,2	140,7	140,7	49,2	40,14	40,10
112	64,5	44,5	80,3	137,0	137,0	48,0	40,13	40,10
115	66,2	45,7	82,4	133,5	133,5	46,7	40,12	40,09
118	68,0	46,8	84,5	130,2	130,2	45,6	40,12	40,09
121	69,7	48,0	86,6	127,1	127,1	44,5	40,11	40,08
124	71,4	49,2	88,7	124,0	124,0	43,4	40,11	40,08
127	73,2	50,4	90,8	121,2	121,2	42,4	40,10	40,08
130	74,9	51,6	92,9	118,4	118,4	41,5	40,10	40,07
133	76,6	52,8	95,0	115,8	115,8	40,5	40,09	40,07
136	78,3	54,0	97,1	113,3	113,3	39,7	40,09	40,07
139	80,1	55,2	99,2	110,9	110,9	38,8	40,09	40,06
142	81,8	56,4	101,3	108,6	108,6	38,0	40,08	40,06
145	83,5	57,6	103,4	106,4	106,4	37,2	40,08	40,06
148	85,2	58,8	105,5	104,3	104,3	36,5	40,08	40,06
151	87,0	59,9	107,6	102,3	102,3	35,8	40,07	40,05
154	88,7	61,1	109,7	100,3	100,3	35,1	40,07	40,05
157	90,4	62,3	111,8	98,4	98,4	34,5	40,07	40,05
160	92,2	63,5	113,9	96,6	96,6	33,8	40,06	40,05
163	93,9	64,7	116,0	94,9	94,9	33,2	40,06	40,05
166	95,6	65,9	118,0	93,2	93,2	32,6	40,06	40,04
169	97,3	67,1	120,1	91,6	91,6	32,0	40,06	40,04
172	99,1	68,3	122,2	90,0	90,0	31,5	40,06	40,04
175	100,8	69,5	124,3	88,5	88,5	31,0	40,05	40,04
178	102,5	70,7	126,4	87,0	87,0	30,4	40,05	40,04
181	104,3	71,9	128,5	85,6	85,6	30,0	40,05	40,04
184	106,0	73,0	130,6	84,2	84,2	29,5	40,05	40,04
187	107,7	74,2	132,7	82,9	82,9	29,0	40,05	40,04
190	109,4	75,4	134,8	81,6	81,6	28,6	40,05	40,03
193	111,2	76,6	136,9	80,3	80,3	28,1	40,04	40,03
196	112,9	77,8	139,0	79,1	79,1	27,7	40,04	40,03
199	114,6	79,0	141,1	77,9	77,9	27,3	40,04	40,03

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-4:

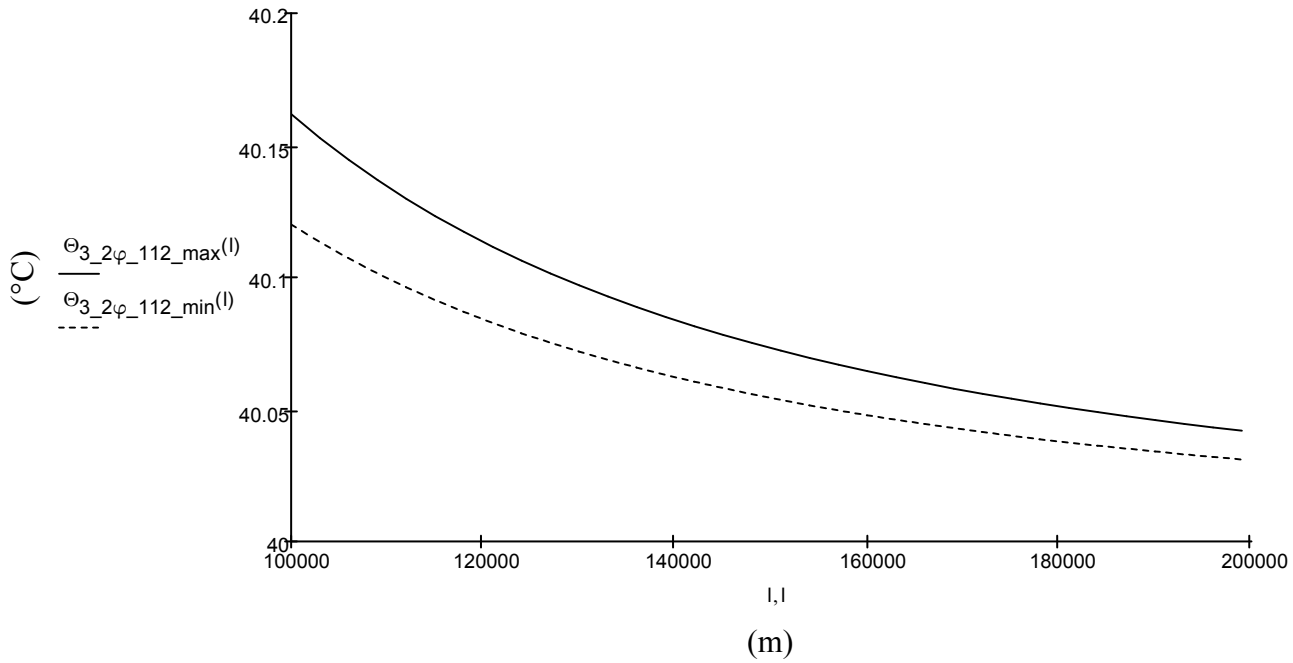
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$



Διάγραμμα 3.1.1-6:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$

L (km)	$R_Γ$ (Ω)	$X_Γ$ (Ω)	$Z_Τ$ (Ω)	$I_{sw_3φ_11}$ (A)	$I_{d_3φ_11_max}$ (A)	$I_{d_3φ_11_min}$ (A)	$Θ_{3_3φ_113_max}$ (°C)	$Θ_{3_3φ_113_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,9	176,7	176,7	61,8	40,18	40,09
103	59,3	40,9	74,0	171,7	171,7	60,1	40,17	40,08
106	61,1	42,1	76,1	166,9	166,9	58,4	40,16	40,08
109	62,8	43,3	78,2	162,4	162,4	56,9	40,15	40,07
112	64,5	44,5	80,3	158,2	158,2	55,4	40,14	40,07
115	66,2	45,7	82,4	154,2	154,2	54,0	40,14	40,07
118	68,0	46,8	84,5	150,3	150,3	52,6	40,13	40,06
121	69,7	48,0	86,6	146,7	146,7	51,3	40,12	40,06
124	71,4	49,2	88,7	143,2	143,2	50,1	40,12	40,06
127	73,2	50,4	90,8	139,9	139,9	49,0	40,11	40,06
130	74,9	51,6	92,9	136,8	136,8	47,9	40,11	40,05
133	76,6	52,8	95,0	133,7	133,7	46,8	40,10	40,05
136	78,3	54,0	97,1	130,9	130,9	45,8	40,10	40,05
139	80,1	55,2	99,2	128,1	128,1	44,8	40,09	40,05
142	81,8	56,4	101,3	125,4	125,4	43,9	40,09	40,04
145	83,5	57,6	103,4	122,9	122,9	43,0	40,09	40,04
148	85,2	58,8	105,5	120,4	120,4	42,2	40,08	40,04
151	87,0	59,9	107,6	118,1	118,1	41,3	40,08	40,04
154	88,7	61,1	109,7	115,8	115,8	40,5	40,08	40,04
157	90,4	62,3	111,8	113,7	113,7	39,8	40,07	40,04
160	92,2	63,5	113,9	111,6	111,6	39,0	40,07	40,04
163	93,9	64,7	116,0	109,5	109,5	38,3	40,07	40,03
166	95,6	65,9	118,0	107,6	107,6	37,7	40,07	40,03
169	97,3	67,1	120,1	105,7	105,7	37,0	40,06	40,03
172	99,1	68,3	122,2	103,9	103,9	36,4	40,06	40,03
175	100,8	69,5	124,3	102,1	102,1	35,8	40,06	40,03
178	102,5	70,7	126,4	100,5	100,5	35,2	40,06	40,03
181	104,3	71,9	128,5	98,8	98,8	34,6	40,06	40,03
184	106,0	73,0	130,6	97,2	97,2	34,0	40,05	40,03
187	107,7	74,2	132,7	95,7	95,7	33,5	40,05	40,03
190	109,4	75,4	134,8	94,2	94,2	33,0	40,05	40,03
193	111,2	76,6	136,9	92,8	92,8	32,5	40,05	40,02
196	112,9	77,8	139,0	91,4	91,4	32,0	40,05	40,02
199	114,6	79,0	141,1	90,0	90,0	31,5	40,05	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-5:

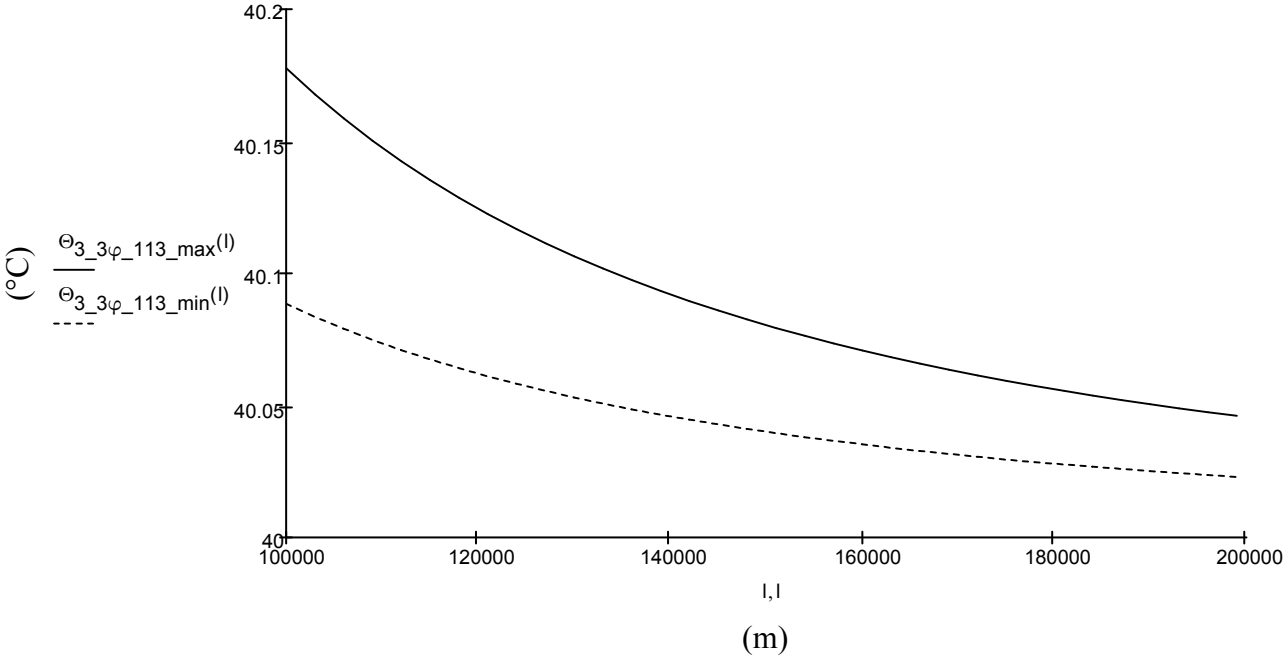
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{MΣ_11} = 0.096\,Ω$, $X_{MΣ_11} = 3.199\,Ω$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{Γ_km} = 0.576 \cdot \frac{Ω}{km}$, $X_{Γ_km} = 0.397 \cdot \frac{Ω}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.1-7:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$

L (km)	Rr (Ω)	Xr (Ω)	Zr (Ω)	Isw_2φ _11 (A)	Id_2φ _11_max (A)	Id_2φ _11_ min (A)	Θ3_2φ _113_max (°C)	Θ3_2φ _113_min (°C)
100	57,6	39,7	71,9	153,0	153,0	53,5	40,19	40,12
103	59,3	40,9	74,0	148,7	148,7	52,0	40,18	40,12
106	61,1	42,1	76,1	144,6	144,6	50,6	40,17	40,11
109	62,8	43,3	78,2	140,7	140,7	49,2	40,16	40,10
112	64,5	44,5	80,3	137,0	137,0	48,0	40,15	40,10
115	66,2	45,7	82,4	133,5	133,5	46,7	40,15	40,09
118	68,0	46,8	84,5	130,2	130,2	45,6	40,14	40,09
121	69,7	48,0	86,6	127,1	127,1	44,5	40,13	40,09
124	71,4	49,2	88,7	124,0	124,0	43,4	40,13	40,08
127	73,2	50,4	90,8	121,2	121,2	42,4	40,12	40,08
130	74,9	51,6	92,9	118,4	118,4	41,5	40,11	40,07
133	76,6	52,8	95,0	115,8	115,8	40,5	40,11	40,07
136	78,3	54,0	97,1	113,3	113,3	39,7	40,10	40,07
139	80,1	55,2	99,2	110,9	110,9	38,8	40,10	40,06
142	81,8	56,4	101,3	108,6	108,6	38,0	40,10	40,06
145	83,5	57,6	103,4	106,4	106,4	37,2	40,09	40,06
148	85,2	58,8	105,5	104,3	104,3	36,5	40,09	40,06
151	87,0	59,9	107,6	102,3	102,3	35,8	40,09	40,06
154	88,7	61,1	109,7	100,3	100,3	35,1	40,08	40,05
157	90,4	62,3	111,8	98,4	98,4	34,5	40,08	40,05
160	92,2	63,5	113,9	96,6	96,6	33,8	40,08	40,05
163	93,9	64,7	116,0	94,9	94,9	33,2	40,07	40,05
166	95,6	65,9	118,0	93,2	93,2	32,6	40,07	40,05
169	97,3	67,1	120,1	91,6	91,6	32,0	40,07	40,04
172	99,1	68,3	122,2	90,0	90,0	31,5	40,07	40,04
175	100,8	69,5	124,3	88,5	88,5	31,0	40,06	40,04
178	102,5	70,7	126,4	87,0	87,0	30,4	40,06	40,04
181	104,3	71,9	128,5	85,6	85,6	30,0	40,06	40,04
184	106,0	73,0	130,6	84,2	84,2	29,5	40,06	40,04
187	107,7	74,2	132,7	82,9	82,9	29,0	40,06	40,04
190	109,4	75,4	134,8	81,6	81,6	28,6	40,05	40,04
193	111,2	76,6	136,9	80,3	80,3	28,1	40,05	40,03
196	112,9	77,8	139,0	79,1	79,1	27,7	40,05	40,03
199	114,6	79,0	141,1	77,9	77,9	27,3	40,05	40,03

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-6:

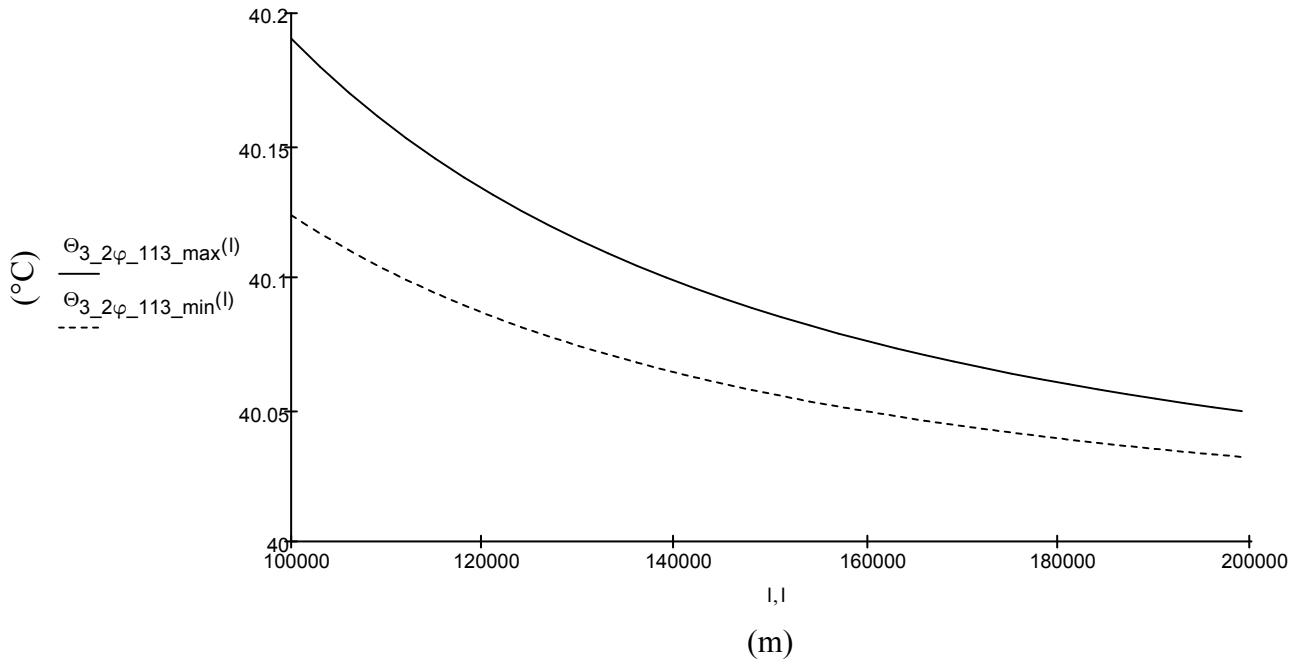
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$



Διάγραμμα 3.1.1-8:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_3φ _11 (A)	Id_3φ _11_max (A)	Id_3φ _11_ min (A)	Θ3_3φ _114_max (°C)	Θ3_3φ _114_min (°C)
100	57,6	39,7	71,9	176,7	176,7	61,8	40,33	40,11
103	59,3	40,9	74,0	171,7	171,7	60,1	40,31	40,10
106	61,1	42,1	76,1	166,9	166,9	58,4	40,29	40,10
109	62,8	43,3	78,2	162,4	162,4	56,9	40,28	40,09
112	64,5	44,5	80,3	158,2	158,2	55,4	40,26	40,09
115	66,2	45,7	82,4	154,2	154,2	54,0	40,25	40,08
118	68,0	46,8	84,5	150,3	150,3	52,6	40,24	40,08
121	69,7	48,0	86,6	146,7	146,7	51,3	40,23	40,07
124	71,4	49,2	88,7	143,2	143,2	50,1	40,22	40,07
127	73,2	50,4	90,8	139,9	139,9	49,0	40,21	40,07
130	74,9	51,6	92,9	136,8	136,8	47,9	40,20	40,06
133	76,6	52,8	95,0	133,7	133,7	46,8	40,19	40,06
136	78,3	54,0	97,1	130,9	130,9	45,8	40,18	40,06
139	80,1	55,2	99,2	128,1	128,1	44,8	40,17	40,06
142	81,8	56,4	101,3	125,4	125,4	43,9	40,17	40,05
145	83,5	57,6	103,4	122,9	122,9	43,0	40,16	40,05
148	85,2	58,8	105,5	120,4	120,4	42,2	40,15	40,05
151	87,0	59,9	107,6	118,1	118,1	41,3	40,15	40,05
154	88,7	61,1	109,7	115,8	115,8	40,5	40,14	40,05
157	90,4	62,3	111,8	113,7	113,7	39,8	40,14	40,04
160	92,2	63,5	113,9	111,6	111,6	39,0	40,13	40,04
163	93,9	64,7	116,0	109,5	109,5	38,3	40,13	40,04
166	95,6	65,9	118,0	107,6	107,6	37,7	40,12	40,04
169	97,3	67,1	120,1	105,7	105,7	37,0	40,12	40,04
172	99,1	68,3	122,2	103,9	103,9	36,4	40,11	40,04
175	100,8	69,5	124,3	102,1	102,1	35,8	40,11	40,04
178	102,5	70,7	126,4	100,5	100,5	35,2	40,11	40,03
181	104,3	71,9	128,5	98,8	98,8	34,6	40,10	40,03
184	106,0	73,0	130,6	97,2	97,2	34,0	40,10	40,03
187	107,7	74,2	132,7	95,7	95,7	33,5	40,10	40,03
190	109,4	75,4	134,8	94,2	94,2	33,0	40,09	40,03
193	111,2	76,6	136,9	92,8	92,8	32,5	40,09	40,03
196	112,9	77,8	139,0	91,4	91,4	32,0	40,09	40,03
199	114,6	79,0	141,1	90,0	90,0	31,5	40,09	40,03

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-7:

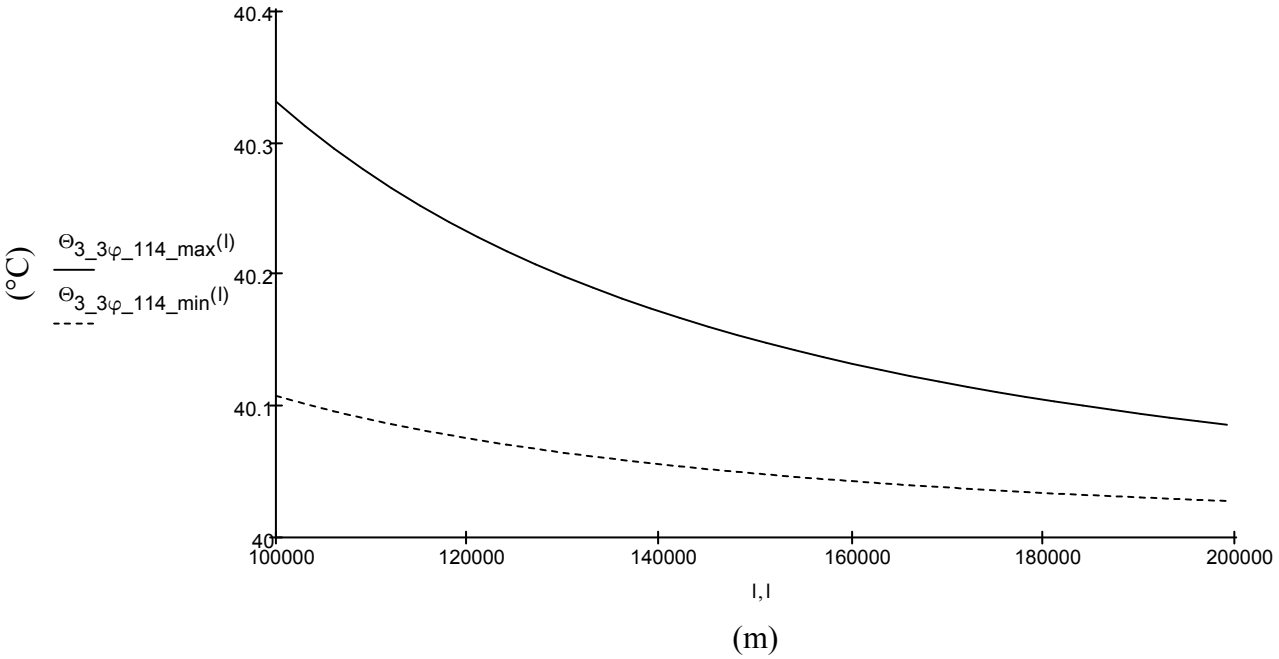
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.1-9:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	$I_{sw_2\varphi_11}$ (A)	$I_{d_2\varphi_11_max}$ (A)	$I_{d_2\varphi_11_min}$ (A)	$\Theta_{3_2\varphi_114_max}$ (°C)	$\Theta_{3_2\varphi_114_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,9	153,0	153,0	53,5	40,30	40,14
103	59,3	40,9	74,0	148,7	148,7	52,0	40,29	40,13
106	61,1	42,1	76,1	144,6	144,6	50,6	40,27	40,12
109	62,8	43,3	78,2	140,7	140,7	49,2	40,26	40,12
112	64,5	44,5	80,3	137,0	137,0	48,0	40,24	40,11
115	66,2	45,7	82,4	133,5	133,5	46,7	40,23	40,10
118	68,0	46,8	84,5	130,2	130,2	45,6	40,22	40,10
121	69,7	48,0	86,6	127,1	127,1	44,5	40,21	40,09
124	71,4	49,2	88,7	124,0	124,0	43,4	40,20	40,09
127	73,2	50,4	90,8	121,2	121,2	42,4	40,19	40,09
130	74,9	51,6	92,9	118,4	118,4	41,5	40,18	40,08
133	76,6	52,8	95,0	115,8	115,8	40,5	40,17	40,08
136	78,3	54,0	97,1	113,3	113,3	39,7	40,17	40,08
139	80,1	55,2	99,2	110,9	110,9	38,8	40,16	40,07
142	81,8	56,4	101,3	108,6	108,6	38,0	40,15	40,07
145	83,5	57,6	103,4	106,4	106,4	37,2	40,15	40,07
148	85,2	58,8	105,5	104,3	104,3	36,5	40,14	40,06
151	87,0	59,9	107,6	102,3	102,3	35,8	40,14	40,06
154	88,7	61,1	109,7	100,3	100,3	35,1	40,13	40,06
157	90,4	62,3	111,8	98,4	98,4	34,5	40,13	40,06
160	92,2	63,5	113,9	96,6	96,6	33,8	40,12	40,05
163	93,9	64,7	116,0	94,9	94,9	33,2	40,12	40,05
166	95,6	65,9	118,0	93,2	93,2	32,6	40,11	40,05
169	97,3	67,1	120,1	91,6	91,6	32,0	40,11	40,05
172	99,1	68,3	122,2	90,0	90,0	31,5	40,11	40,05
175	100,8	69,5	124,3	88,5	88,5	31,0	40,10	40,05
178	102,5	70,7	126,4	87,0	87,0	30,4	40,10	40,04
181	104,3	71,9	128,5	85,6	85,6	30,0	40,10	40,04
184	106,0	73,0	130,6	84,2	84,2	29,5	40,09	40,04
187	107,7	74,2	132,7	82,9	82,9	29,0	40,09	40,04
190	109,4	75,4	134,8	81,6	81,6	28,6	40,09	40,04
193	111,2	76,6	136,9	80,3	80,3	28,1	40,08	40,04
196	112,9	77,8	139,0	79,1	79,1	27,7	40,08	40,04
199	114,6	79,0	141,1	77,9	77,9	27,3	40,08	40,04

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1-8:

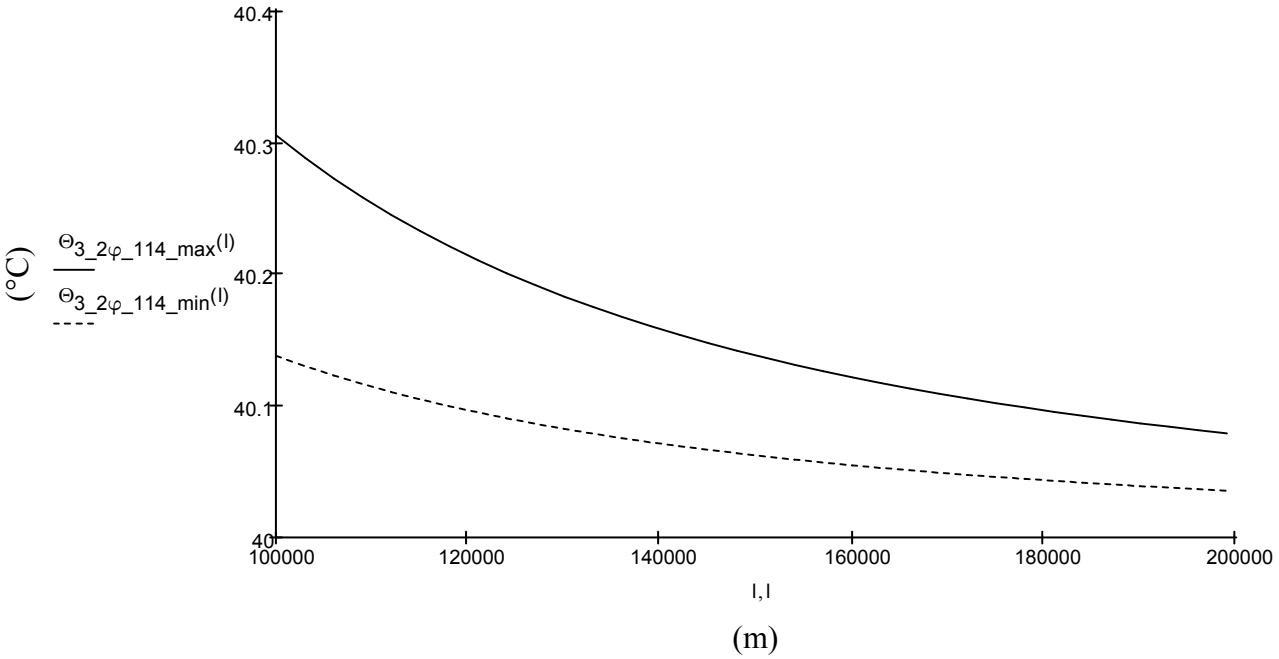
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.1-10:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_11} = 0.096\Omega$, $X_{M\Sigma_11} = 3.199\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

3.1.2 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος $U_{N1} = 20 \cdot kV$ και ονομαστικής ισχύος $S_{N2} = 50 \cdot MVA$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_3φ _12 (A)	Id_3φ _12_max (A)	Id_3φ _12_ min (A)	Θ3_3φ _121_max (°C)	Θ3_3φ _ 121_min (°C)
100	57,6	39,7	70,9	179,1	179,1	62,7	40,12	40,08
103	59,3	40,9	73,0	174,0	174,0	60,9	40,11	40,08
106	61,1	42,1	75,1	169,1	169,1	59,2	40,10	40,07
109	62,8	43,3	77,2	164,5	164,5	57,6	40,10	40,07
112	64,5	44,5	79,3	160,2	160,2	56,1	40,09	40,07
115	66,2	45,7	81,4	156,0	156,0	54,6	40,09	40,06
118	68,0	46,8	83,5	152,1	152,1	53,2	40,08	40,06
121	69,7	48,0	85,6	148,4	148,4	51,9	40,08	40,06
124	71,4	49,2	87,7	144,8	144,8	50,7	40,08	40,05
127	73,2	50,4	89,8	141,4	141,4	49,5	40,07	40,05
130	74,9	51,6	91,9	138,2	138,2	48,4	40,07	40,05
133	76,6	52,8	94,0	135,1	135,1	47,3	40,07	40,05
136	78,3	54,0	96,1	132,2	132,2	46,3	40,06	40,05
139	80,1	55,2	98,2	129,4	129,4	45,3	40,06	40,04
142	81,8	56,4	100,3	126,6	126,6	44,3	40,06	40,04
145	83,5	57,6	102,4	124,1	124,1	43,4	40,06	40,04
148	85,2	58,8	104,5	121,6	121,6	42,5	40,05	40,04
151	87,0	59,9	106,6	119,2	119,2	41,7	40,05	40,04
154	88,7	61,1	108,7	116,9	116,9	40,9	40,05	40,04
157	90,4	62,3	110,8	114,7	114,7	40,1	40,05	40,03
160	92,2	63,5	112,9	112,5	112,5	39,4	40,05	40,03
163	93,9	64,7	115,0	110,5	110,5	38,7	40,04	40,03
166	95,6	65,9	117,1	108,5	108,5	38,0	40,04	40,03
169	97,3	67,1	119,2	106,6	106,6	37,3	40,04	40,03
172	99,1	68,3	121,3	104,7	104,7	36,7	40,04	40,03
175	100,8	69,5	123,4	103,0	103,0	36,0	40,04	40,03
178	102,5	70,7	125,5	101,2	101,2	35,4	40,04	40,03
181	104,3	71,9	127,6	99,6	99,6	34,8	40,04	40,03
184	106,0	73,0	129,7	98,0	98,0	34,3	40,04	40,02
187	107,7	74,2	131,8	96,4	96,4	33,7	40,03	40,02
190	109,4	75,4	133,9	94,9	94,9	33,2	40,03	40,02
193	111,2	76,6	136,0	93,4	93,4	32,7	40,03	40,02
196	112,9	77,8	138,1	92,0	92,0	32,2	40,03	40,02
199	114,6	79,0	140,2	90,6	90,6	31,7	40,03	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-1:

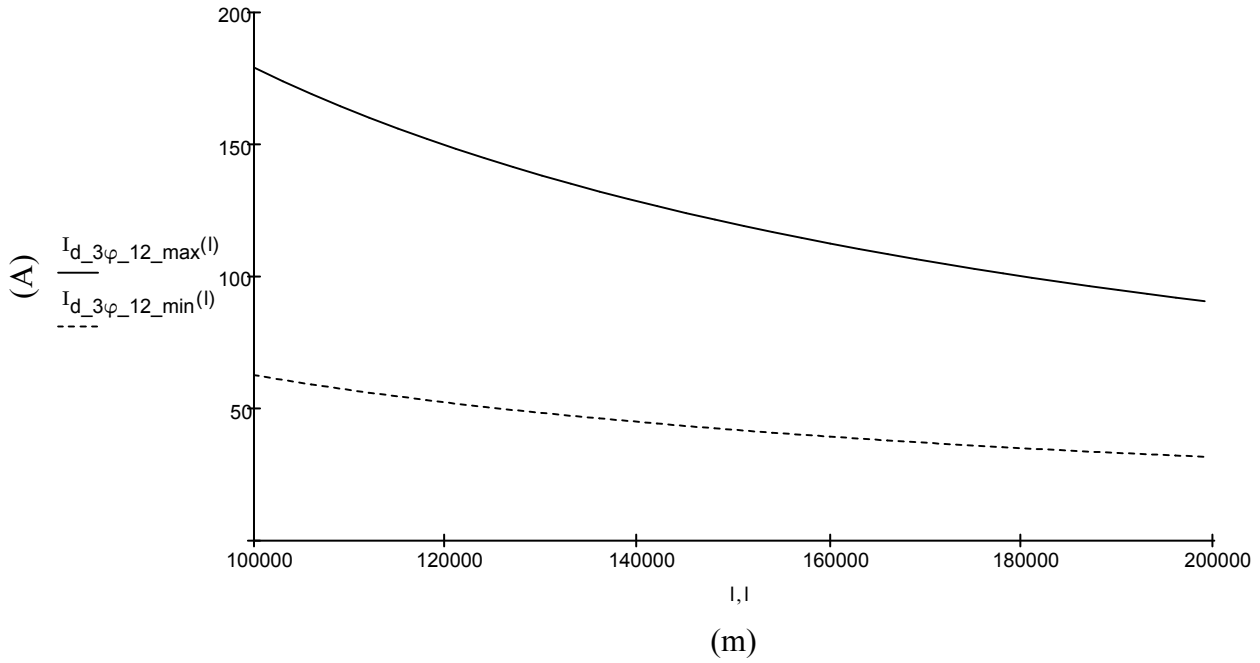
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

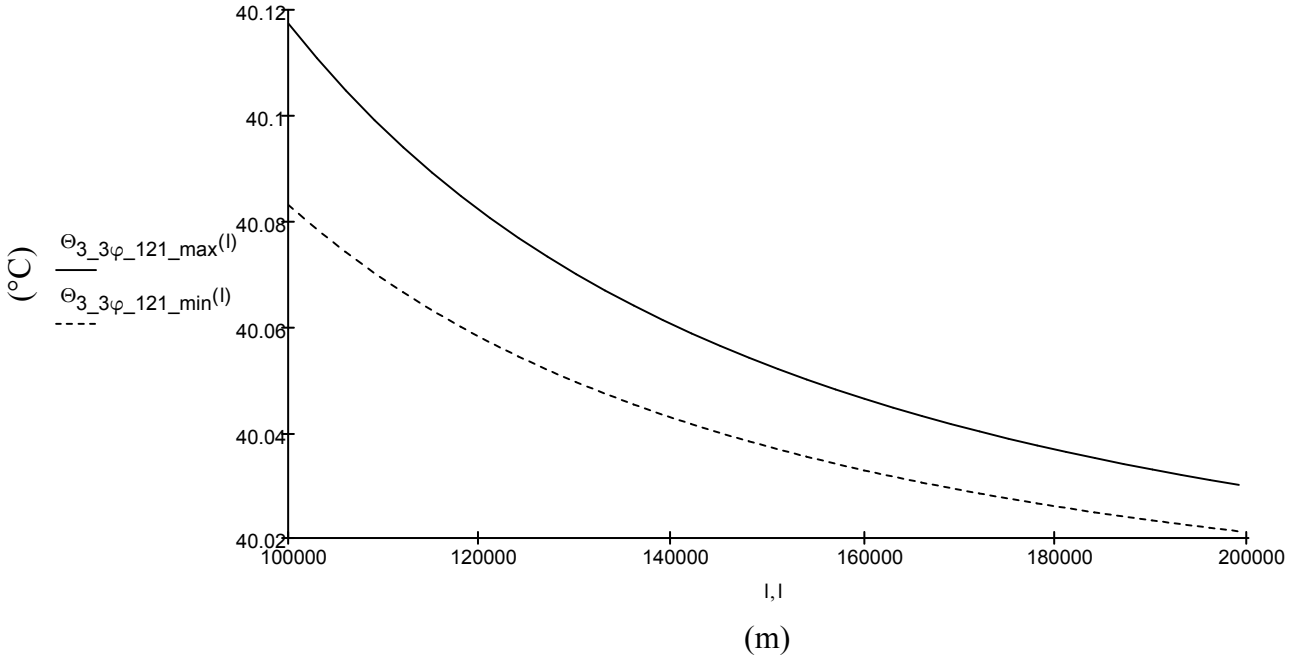
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$



Διάγραμμα 3.1.2-1:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.2-2:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	Isw_2φ _12 (A)	Id_2φ _12_max (A)	Id_2φ _12_ min (A)	Θ3_2φ _121_max (°C)	Θ3_2φ _121_min (°C)
100	57,6	39,7	70,9	155,1	155,1	54,3	40,15	40,12
103	59,3	40,9	73,0	150,7	150,7	52,7	40,14	40,11
106	61,1	42,1	75,1	146,4	146,4	51,3	40,13	40,11
109	62,8	43,3	77,2	142,5	142,5	49,9	40,12	40,10
112	64,5	44,5	79,3	138,7	138,7	48,5	40,12	40,10
115	66,2	45,7	81,4	135,1	135,1	47,3	40,11	40,09
118	68,0	46,8	83,5	131,7	131,7	46,1	40,11	40,09
121	69,7	48,0	85,6	128,5	128,5	45,0	40,10	40,08
124	71,4	49,2	87,7	125,4	125,4	43,9	40,10	40,08
127	73,2	50,4	89,8	122,5	122,5	42,9	40,09	40,08
130	74,9	51,6	91,9	119,7	119,7	41,9	40,09	40,07
133	76,6	52,8	94,0	117,0	117,0	41,0	40,08	40,07
136	78,3	54,0	96,1	114,5	114,5	40,1	40,08	40,07
139	80,1	55,2	98,2	112,0	112,0	39,2	40,08	40,06
142	81,8	56,4	100,3	109,7	109,7	38,4	40,07	40,06
145	83,5	57,6	102,4	107,4	107,4	37,6	40,07	40,06
148	85,2	58,8	104,5	105,3	105,3	36,8	40,07	40,06
151	87,0	59,9	106,6	103,2	103,2	36,1	40,07	40,05
154	88,7	61,1	108,7	101,2	101,2	35,4	40,06	40,05
157	90,4	62,3	110,8	99,3	99,3	34,8	40,06	40,05
160	92,2	63,5	112,9	97,4	97,4	34,1	40,06	40,05
163	93,9	64,7	115,0	95,7	95,7	33,5	40,06	40,05
166	95,6	65,9	117,1	94,0	94,0	32,9	40,05	40,04
169	97,3	67,1	119,2	92,3	92,3	32,3	40,05	40,04
172	99,1	68,3	121,3	90,7	90,7	31,7	40,05	40,04
175	100,8	69,5	123,4	89,2	89,2	31,2	40,05	40,04
178	102,5	70,7	125,5	87,7	87,7	30,7	40,05	40,04
181	104,3	71,9	127,6	86,2	86,2	30,2	40,05	40,04
184	106,0	73,0	129,7	84,8	84,8	29,7	40,04	40,04
187	107,7	74,2	131,8	83,5	83,5	29,2	40,04	40,04
190	109,4	75,4	133,9	82,2	82,2	28,8	40,04	40,03
193	111,2	76,6	136,0	80,9	80,9	28,3	40,04	40,03
196	112,9	77,8	138,1	79,7	79,7	27,9	40,04	40,03
199	114,6	79,0	140,2	78,5	78,5	27,5	40,04	40,03

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-2:

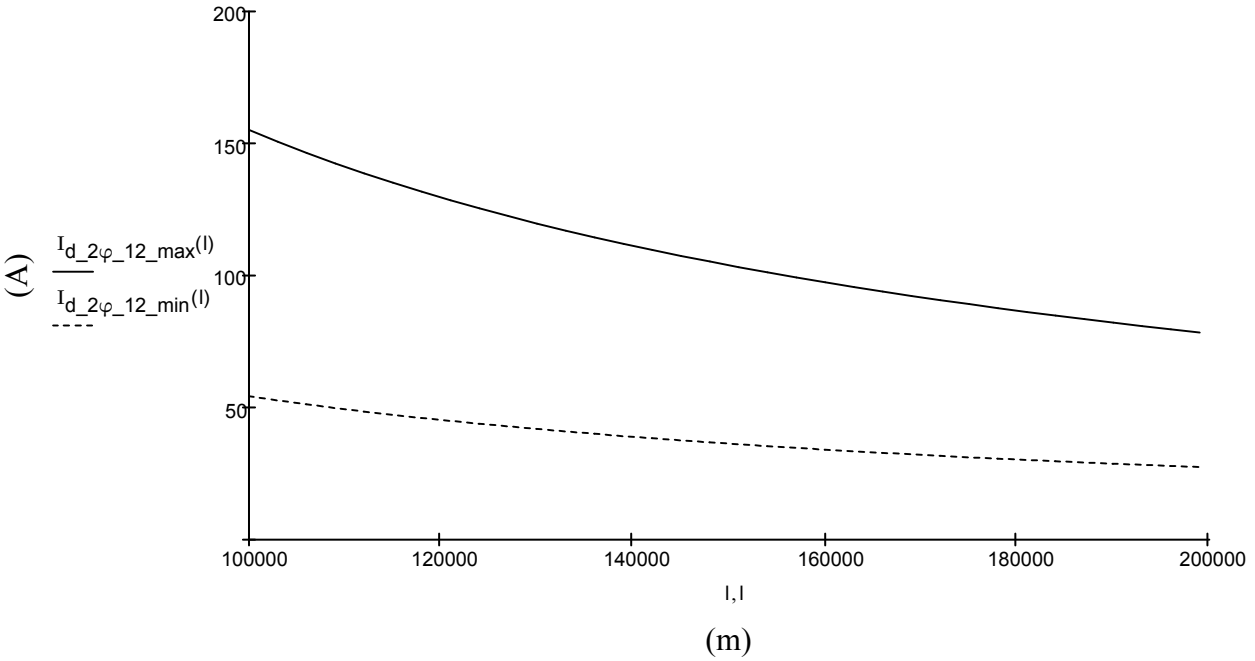
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

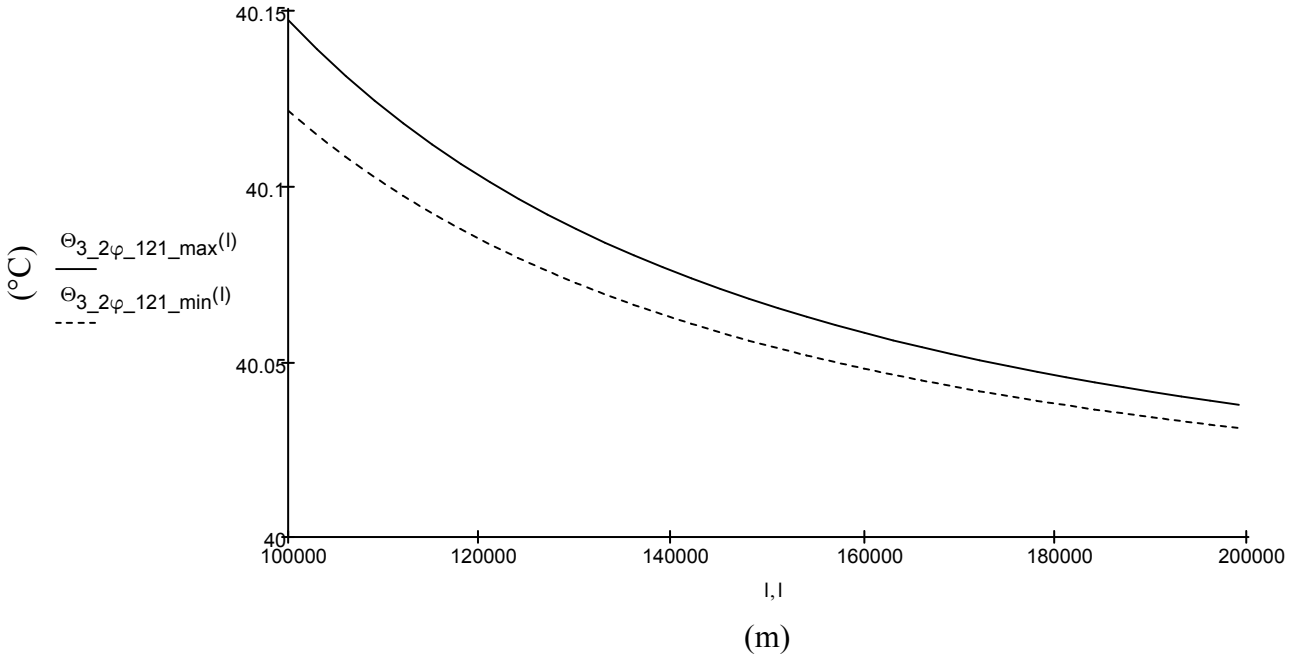
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$



Διάγραμμα 3.1.2-3:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.2-4:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_3φ _12 (A)	Id_3φ _12_max (A)	Id_3φ _12 _ min (A)	Θ3_3φ _122_max (°C)	Θ3_3φ _122_min (°C)
100	57,6	39,7	70,9	179,1	179,1	62,7	40,14	40,09
103	59,3	40,9	73,0	174,0	174,0	60,9	40,14	40,08
106	61,1	42,1	75,1	169,1	169,1	59,2	40,13	40,08
109	62,8	43,3	77,2	164,5	164,5	57,6	40,12	40,07
112	64,5	44,5	79,3	160,2	160,2	56,1	40,11	40,07
115	66,2	45,7	81,4	156,0	156,0	54,6	40,11	40,07
118	68,0	46,8	83,5	152,1	152,1	53,2	40,10	40,06
121	69,7	48,0	85,6	148,4	148,4	51,9	40,10	40,06
124	71,4	49,2	87,7	144,8	144,8	50,7	40,09	40,06
127	73,2	50,4	89,8	141,4	141,4	49,5	40,09	40,05
130	74,9	51,6	91,9	138,2	138,2	48,4	40,09	40,05
133	76,6	52,8	94,0	135,1	135,1	47,3	40,08	40,05
136	78,3	54,0	96,1	132,2	132,2	46,3	40,08	40,05
139	80,1	55,2	98,2	129,4	129,4	45,3	40,07	40,05
142	81,8	56,4	100,3	126,6	126,6	44,3	40,07	40,04
145	83,5	57,6	102,4	124,1	124,1	43,4	40,07	40,04
148	85,2	58,8	104,5	121,6	121,6	42,5	40,07	40,04
151	87,0	59,9	106,6	119,2	119,2	41,7	40,06	40,04
154	88,7	61,1	108,7	116,9	116,9	40,9	40,06	40,04
157	90,4	62,3	110,8	114,7	114,7	40,1	40,06	40,04
160	92,2	63,5	112,9	112,5	112,5	39,4	40,06	40,03
163	93,9	64,7	115,0	110,5	110,5	38,7	40,05	40,03
166	95,6	65,9	117,1	108,5	108,5	38,0	40,05	40,03
169	97,3	67,1	119,2	106,6	106,6	37,3	40,05	40,03
172	99,1	68,3	121,3	104,7	104,7	36,7	40,05	40,03
175	100,8	69,5	123,4	103,0	103,0	36,0	40,05	40,03
178	102,5	70,7	125,5	101,2	101,2	35,4	40,05	40,03
181	104,3	71,9	127,6	99,6	99,6	34,8	40,04	40,03
184	106,0	73,0	129,7	98,0	98,0	34,3	40,04	40,03
187	107,7	74,2	131,8	96,4	96,4	33,7	40,04	40,02
190	109,4	75,4	133,9	94,9	94,9	33,2	40,04	40,02
193	111,2	76,6	136,0	93,4	93,4	32,7	40,04	40,02
196	112,9	77,8	138,1	92,0	92,0	32,2	40,04	40,02
199	114,6	79,0	140,2	90,6	90,6	31,7	40,04	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-3:

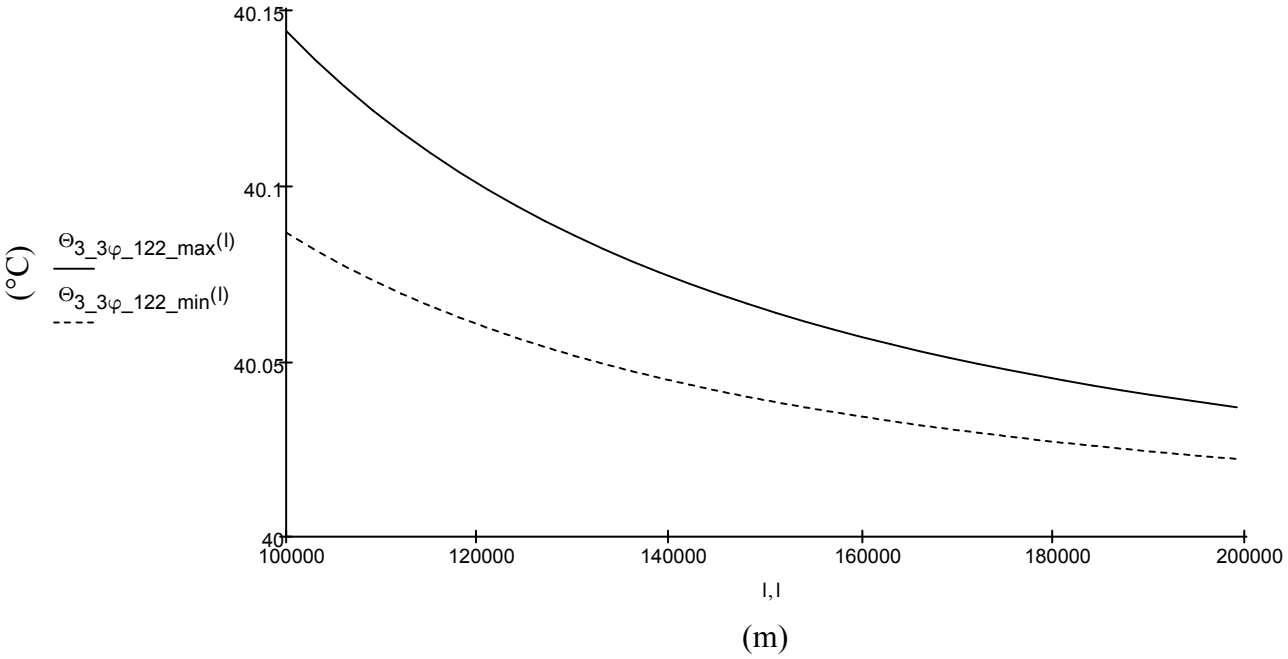
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.2-5:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	$I_{sw_2\varphi_12}$ (A)	$I_{d_2\varphi_12_max}$ (A)	$I_{d_2\varphi_12_min}$ (A)	$\Theta_{3_2\varphi_122_max}$ (°C)	$\Theta_{3_2\varphi_122_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	70,9	155,1	155,1	54,3	40,17	40,12
103	59,3	40,9	73,0	150,7	150,7	52,7	40,16	40,12
106	61,1	42,1	75,1	146,4	146,4	51,3	40,15	40,11
109	62,8	43,3	77,2	142,5	142,5	49,9	40,14	40,10
112	64,5	44,5	79,3	138,7	138,7	48,5	40,13	40,10
115	66,2	45,7	81,4	135,1	135,1	47,3	40,13	40,09
118	68,0	46,8	83,5	131,7	131,7	46,1	40,12	40,09
121	69,7	48,0	85,6	128,5	128,5	45,0	40,11	40,08
124	71,4	49,2	87,7	125,4	125,4	43,9	40,11	40,08
127	73,2	50,4	89,8	122,5	122,5	42,9	40,10	40,08
130	74,9	51,6	91,9	119,7	119,7	41,9	40,10	40,07
133	76,6	52,8	94,0	117,0	117,0	41,0	40,09	40,07
136	78,3	54,0	96,1	114,5	114,5	40,1	40,09	40,07
139	80,1	55,2	98,2	112,0	112,0	39,2	40,09	40,06
142	81,8	56,4	100,3	109,7	109,7	38,4	40,08	40,06
145	83,5	57,6	102,4	107,4	107,4	37,6	40,08	40,06
148	85,2	58,8	104,5	105,3	105,3	36,8	40,08	40,06
151	87,0	59,9	106,6	103,2	103,2	36,1	40,07	40,05
154	88,7	61,1	108,7	101,2	101,2	35,4	40,07	40,05
157	90,4	62,3	110,8	99,3	99,3	34,8	40,07	40,05
160	92,2	63,5	112,9	97,4	97,4	34,1	40,07	40,05
163	93,9	64,7	115,0	95,7	95,7	33,5	40,06	40,05
166	95,6	65,9	117,1	94,0	94,0	32,9	40,06	40,05
169	97,3	67,1	119,2	92,3	92,3	32,3	40,06	40,04
172	99,1	68,3	121,3	90,7	90,7	31,7	40,06	40,04
175	100,8	69,5	123,4	89,2	89,2	31,2	40,05	40,04
178	102,5	70,7	125,5	87,7	87,7	30,7	40,05	40,04
181	104,3	71,9	127,6	86,2	86,2	30,2	40,05	40,04
184	106,0	73,0	129,7	84,8	84,8	29,7	40,05	40,04
187	107,7	74,2	131,8	83,5	83,5	29,2	40,05	40,04
190	109,4	75,4	133,9	82,2	82,2	28,8	40,05	40,03
193	111,2	76,6	136,0	80,9	80,9	28,3	40,05	40,03
196	112,9	77,8	138,1	79,7	79,7	27,9	40,04	40,03
199	114,6	79,0	140,2	78,5	78,5	27,5	40,04	40,03

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-4:

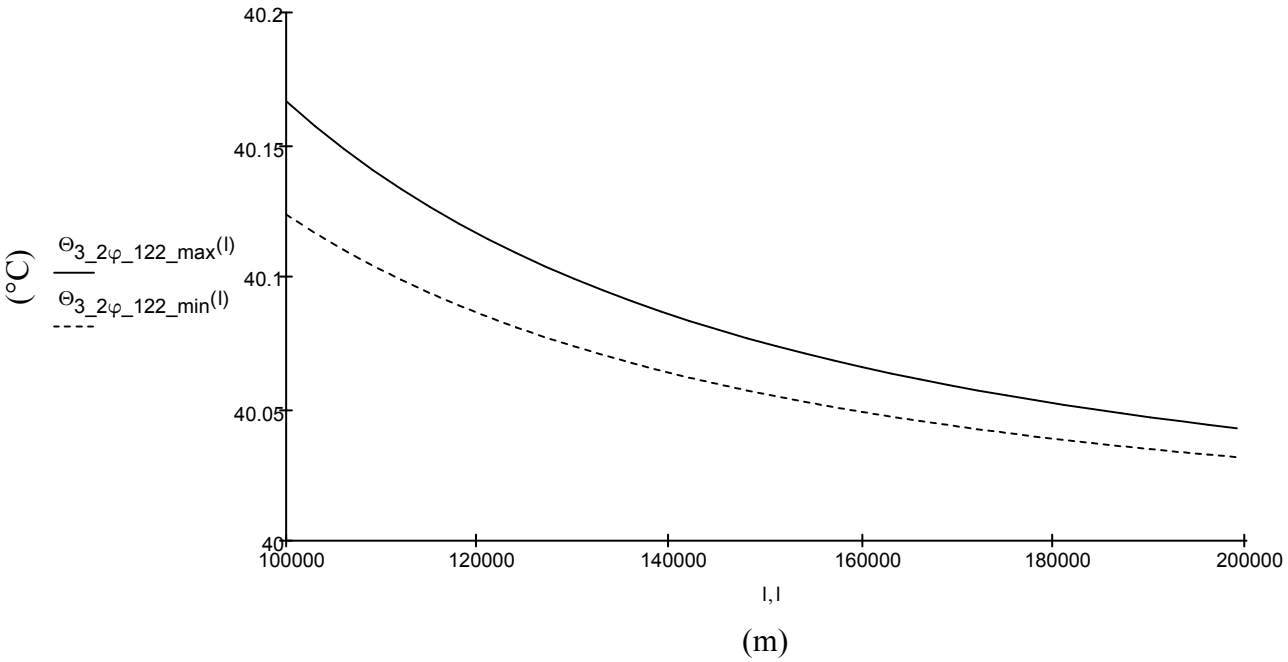
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.2-6:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	$I_{sw_3\varphi_12}$ (A)	$I_{d_3\varphi_12_max}$ (A)	$I_{d_3\varphi_12_min}$ (A)	$\Theta_{3_3\varphi_123_max}$ (°C)	$\Theta_{3_3\varphi_123_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	70,9	179,1	179,1	62,7	40,18	40,09
103	59,3	40,9	73,0	174,0	174,0	60,9	40,17	40,09
106	61,1	42,1	75,1	169,1	169,1	59,2	40,16	40,08
109	62,8	43,3	77,2	164,5	164,5	57,6	40,15	40,08
112	64,5	44,5	79,3	160,2	160,2	56,1	40,15	40,07
115	66,2	45,7	81,4	156,0	156,0	54,6	40,14	40,07
118	68,0	46,8	83,5	152,1	152,1	53,2	40,13	40,07
121	69,7	48,0	85,6	148,4	148,4	51,9	40,13	40,06
124	71,4	49,2	87,7	144,8	144,8	50,7	40,12	40,06
127	73,2	50,4	89,8	141,4	141,4	49,5	40,11	40,06
130	74,9	51,6	91,9	138,2	138,2	48,4	40,11	40,05
133	76,6	52,8	94,0	135,1	135,1	47,3	40,10	40,05
136	78,3	54,0	96,1	132,2	132,2	46,3	40,10	40,05
139	80,1	55,2	98,2	129,4	129,4	45,3	40,10	40,05
142	81,8	56,4	100,3	126,6	126,6	44,3	40,09	40,05
145	83,5	57,6	102,4	124,1	124,1	43,4	40,09	40,04
148	85,2	58,8	104,5	121,6	121,6	42,5	40,08	40,04
151	87,0	59,9	106,6	119,2	119,2	41,7	40,08	40,04
154	88,7	61,1	108,7	116,9	116,9	40,9	40,08	40,04
157	90,4	62,3	110,8	114,7	114,7	40,1	40,07	40,04
160	92,2	63,5	112,9	112,5	112,5	39,4	40,07	40,04
163	93,9	64,7	115,0	110,5	110,5	38,7	40,07	40,03
166	95,6	65,9	117,1	108,5	108,5	38,0	40,07	40,03
169	97,3	67,1	119,2	106,6	106,6	37,3	40,06	40,03
172	99,1	68,3	121,3	104,7	104,7	36,7	40,06	40,03
175	100,8	69,5	123,4	103,0	103,0	36,0	40,06	40,03
178	102,5	70,7	125,5	101,2	101,2	35,4	40,06	40,03
181	104,3	71,9	127,6	99,6	99,6	34,8	40,06	40,03
184	106,0	73,0	129,7	98,0	98,0	34,3	40,05	40,03
187	107,7	74,2	131,8	96,4	96,4	33,7	40,05	40,03
190	109,4	75,4	133,9	94,9	94,9	33,2	40,05	40,03
193	111,2	76,6	136,0	93,4	93,4	32,7	40,05	40,02
196	112,9	77,8	138,1	92,0	92,0	32,2	40,05	40,02
199	114,6	79,0	140,2	90,6	90,6	31,7	40,05	40,02

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-5:</u>

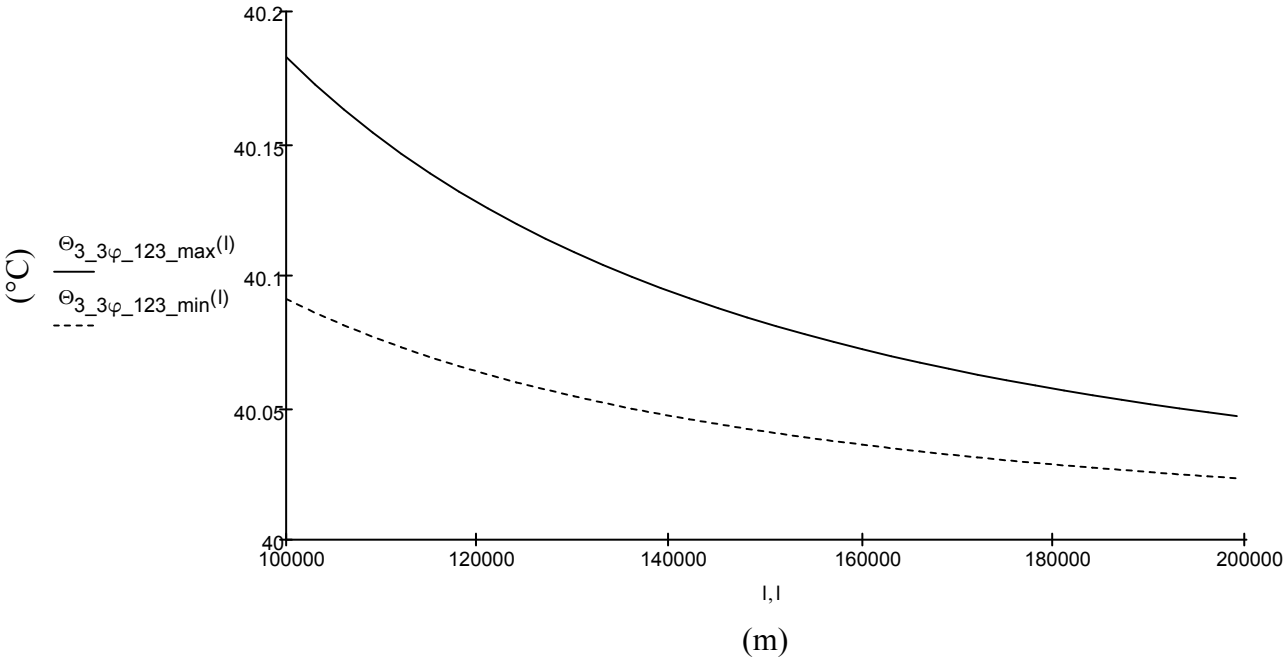
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$



<u>Διάγραμμα 3.1.2-7:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	Isw_2φ _12 (A)	Id_2φ _12_max (A)	Id_2φ _12_ min (A)	Θ3_2φ _123_max (°C)	Θ3_2φ _123_min (°C)
100	57,6	39,7	70,9	155,1	155,1	54,3	40,20	40,13
103	59,3	40,9	73,0	150,7	150,7	52,7	40,18	40,12
106	61,1	42,1	75,1	146,4	146,4	51,3	40,17	40,11
109	62,8	43,3	77,2	142,5	142,5	49,9	40,17	40,11
112	64,5	44,5	79,3	138,7	138,7	48,5	40,16	40,10
115	66,2	45,7	81,4	135,1	135,1	47,3	40,15	40,10
118	68,0	46,8	83,5	131,7	131,7	46,1	40,14	40,09
121	69,7	48,0	85,6	128,5	128,5	45,0	40,13	40,09
124	71,4	49,2	87,7	125,4	125,4	43,9	40,13	40,08
127	73,2	50,4	89,8	122,5	122,5	42,9	40,12	40,08
130	74,9	51,6	91,9	119,7	119,7	41,9	40,12	40,08
133	76,6	52,8	94,0	117,0	117,0	41,0	40,11	40,07
136	78,3	54,0	96,1	114,5	114,5	40,1	40,11	40,07
139	80,1	55,2	98,2	112,0	112,0	39,2	40,10	40,07
142	81,8	56,4	100,3	109,7	109,7	38,4	40,10	40,06
145	83,5	57,6	102,4	107,4	107,4	37,6	40,09	40,06
148	85,2	58,8	104,5	105,3	105,3	36,8	40,09	40,06
151	87,0	59,9	106,6	103,2	103,2	36,1	40,09	40,06
154	88,7	61,1	108,7	101,2	101,2	35,4	40,08	40,05
157	90,4	62,3	110,8	99,3	99,3	34,8	40,08	40,05
160	92,2	63,5	112,9	97,4	97,4	34,1	40,08	40,05
163	93,9	64,7	115,0	95,7	95,7	33,5	40,07	40,05
166	95,6	65,9	117,1	94,0	94,0	32,9	40,07	40,05
169	97,3	67,1	119,2	92,3	92,3	32,3	40,07	40,04
172	99,1	68,3	121,3	90,7	90,7	31,7	40,07	40,04
175	100,8	69,5	123,4	89,2	89,2	31,2	40,06	40,04
178	102,5	70,7	125,5	87,7	87,7	30,7	40,06	40,04
181	104,3	71,9	127,6	86,2	86,2	30,2	40,06	40,04
184	106,0	73,0	129,7	84,8	84,8	29,7	40,06	40,04
187	107,7	74,2	131,8	83,5	83,5	29,2	40,06	40,04
190	109,4	75,4	133,9	82,2	82,2	28,8	40,05	40,04
193	111,2	76,6	136,0	80,9	80,9	28,3	40,05	40,03
196	112,9	77,8	138,1	79,7	79,7	27,9	40,05	40,03
199	114,6	79,0	140,2	78,5	78,5	27,5	40,05	40,03

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-6:</u>

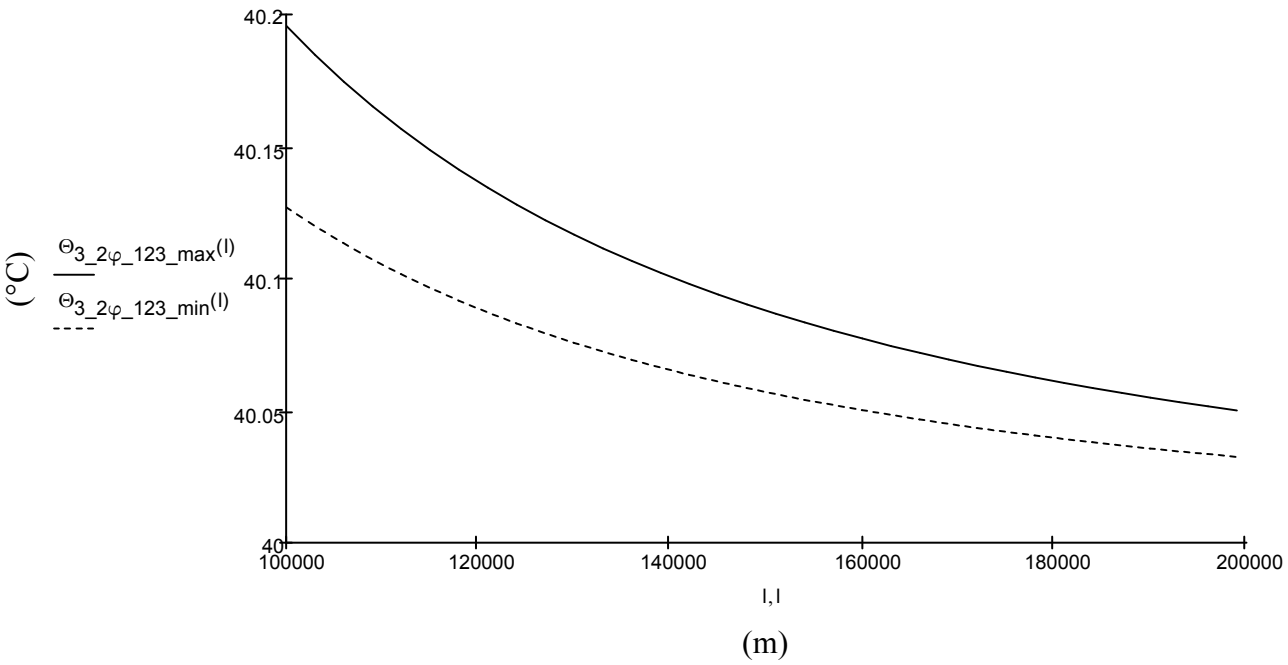
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$



Διάγραμμα 3.1.2-8:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$

L (km)	Rτ (Ω)	Xτ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_3φ _12 (A)	Id_3φ _12_max (A)	Id_3φ _12_ min (A)	Θ3_3φ _124_max (°C)	Θ3_3φ _124_min (°C)
100	57,6	39,7	70,9	179,1	179,1	62,7	40,34	40,11
103	59,3	40,9	73,0	174,0	174,0	60,9	40,32	40,10
106	61,1	42,1	75,1	169,1	169,1	59,2	40,30	40,10
109	62,8	43,3	77,2	164,5	164,5	57,6	40,29	40,09
112	64,5	44,5	79,3	160,2	160,2	56,1	40,27	40,09
115	66,2	45,7	81,4	156,0	156,0	54,6	40,26	40,08
118	68,0	46,8	83,5	152,1	152,1	53,2	40,24	40,08
121	69,7	48,0	85,6	148,4	148,4	51,9	40,23	40,08
124	71,4	49,2	87,7	144,8	144,8	50,7	40,22	40,07
127	73,2	50,4	89,8	141,4	141,4	49,5	40,21	40,07
130	74,9	51,6	91,9	138,2	138,2	48,4	40,20	40,07
133	76,6	52,8	94,0	135,1	135,1	47,3	40,19	40,06
136	78,3	54,0	96,1	132,2	132,2	46,3	40,18	40,06
139	80,1	55,2	98,2	129,4	129,4	45,3	40,18	40,06
142	81,8	56,4	100,3	126,6	126,6	44,3	40,17	40,06
145	83,5	57,6	102,4	124,1	124,1	43,4	40,16	40,05
148	85,2	58,8	104,5	121,6	121,6	42,5	40,16	40,05
151	87,0	59,9	106,6	119,2	119,2	41,7	40,15	40,05
154	88,7	61,1	108,7	116,9	116,9	40,9	40,14	40,05
157	90,4	62,3	110,8	114,7	114,7	40,1	40,14	40,05
160	92,2	63,5	112,9	112,5	112,5	39,4	40,13	40,04
163	93,9	64,7	115,0	110,5	110,5	38,7	40,13	40,04
166	95,6	65,9	117,1	108,5	108,5	38,0	40,12	40,04
169	97,3	67,1	119,2	106,6	106,6	37,3	40,12	40,04
172	99,1	68,3	121,3	104,7	104,7	36,7	40,12	40,04
175	100,8	69,5	123,4	103,0	103,0	36,0	40,11	40,04
178	102,5	70,7	125,5	101,2	101,2	35,4	40,11	40,04
181	104,3	71,9	127,6	99,6	99,6	34,8	40,10	40,03
184	106,0	73,0	129,7	98,0	98,0	34,3	40,10	40,03
187	107,7	74,2	131,8	96,4	96,4	33,7	40,10	40,03
190	109,4	75,4	133,9	94,9	94,9	33,2	40,10	40,03
193	111,2	76,6	136,0	93,4	93,4	32,7	40,09	40,03
196	112,9	77,8	138,1	92,0	92,0	32,2	40,09	40,03
199	114,6	79,0	140,2	90,6	90,6	31,7	40,09	40,03

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-7:</u>

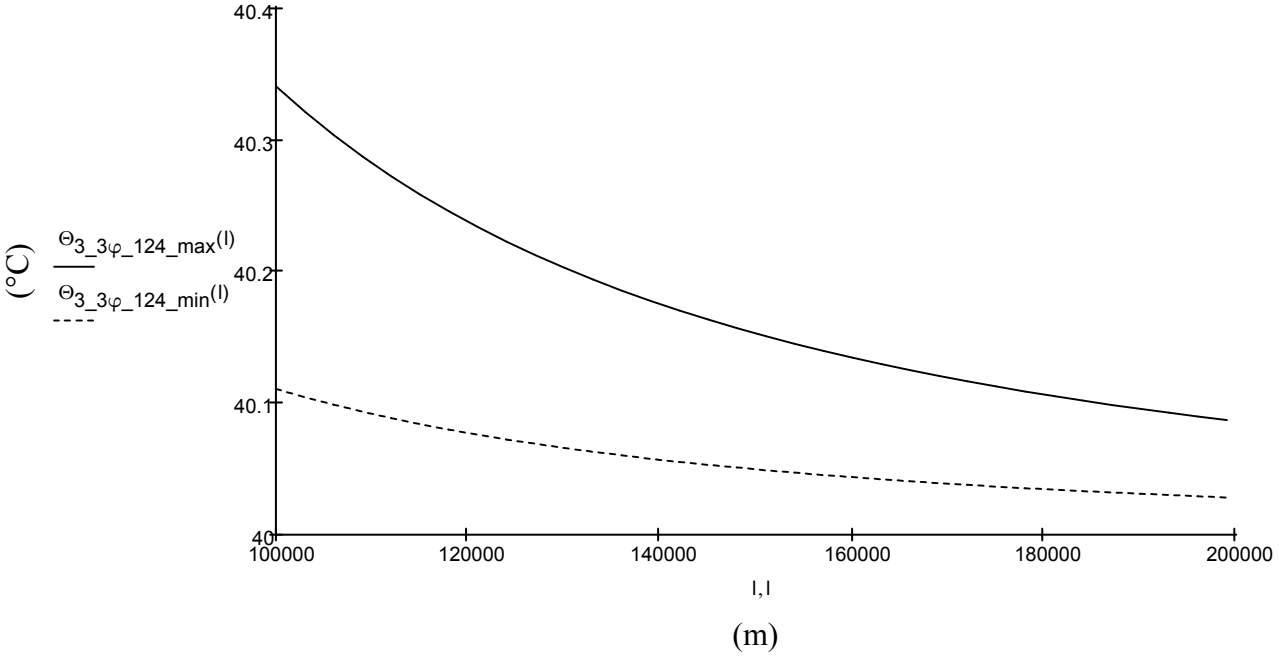
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\,\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.2-9:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	$I_{sw_2\varphi_12}$ (A)	$I_{d_2\varphi_12_max}$ (A)	$I_{d_2\varphi_12_min}$ (A)	$\Theta_{3_2\varphi_124_max}$ (°C)	$\Theta_{3_2\varphi_124_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	70,9	155,1	155,1	54,3	40,31	40,14
103	59,3	40,9	73,0	150,7	150,7	52,7	40,30	40,13
106	61,1	42,1	75,1	146,4	146,4	51,3	40,28	40,13
109	62,8	43,3	77,2	142,5	142,5	49,9	40,26	40,12
112	64,5	44,5	79,3	138,7	138,7	48,5	40,25	40,11
115	66,2	45,7	81,4	135,1	135,1	47,3	40,24	40,11
118	68,0	46,8	83,5	131,7	131,7	46,1	40,23	40,10
121	69,7	48,0	85,6	128,5	128,5	45,0	40,22	40,10
124	71,4	49,2	87,7	125,4	125,4	43,9	40,20	40,09
127	73,2	50,4	89,8	122,5	122,5	42,9	40,20	40,09
130	74,9	51,6	91,9	119,7	119,7	41,9	40,19	40,08
133	76,6	52,8	94,0	117,0	117,0	41,0	40,18	40,08
136	78,3	54,0	96,1	114,5	114,5	40,1	40,17	40,08
139	80,1	55,2	98,2	112,0	112,0	39,2	40,16	40,07
142	81,8	56,4	100,3	109,7	109,7	38,4	40,16	40,07
145	83,5	57,6	102,4	107,4	107,4	37,6	40,15	40,07
148	85,2	58,8	104,5	105,3	105,3	36,8	40,14	40,07
151	87,0	59,9	106,6	103,2	103,2	36,1	40,14	40,06
154	88,7	61,1	108,7	101,2	101,2	35,4	40,13	40,06
157	90,4	62,3	110,8	99,3	99,3	34,8	40,13	40,06
160	92,2	63,5	112,9	97,4	97,4	34,1	40,12	40,06
163	93,9	64,7	115,0	95,7	95,7	33,5	40,12	40,05
166	95,6	65,9	117,1	94,0	94,0	32,9	40,11	40,05
169	97,3	67,1	119,2	92,3	92,3	32,3	40,11	40,05
172	99,1	68,3	121,3	90,7	90,7	31,7	40,11	40,05
175	100,8	69,5	123,4	89,2	89,2	31,2	40,10	40,05
178	102,5	70,7	125,5	87,7	87,7	30,7	40,10	40,05
181	104,3	71,9	127,6	86,2	86,2	30,2	40,10	40,04
184	106,0	73,0	129,7	84,8	84,8	29,7	40,09	40,04
187	107,7	74,2	131,8	83,5	83,5	29,2	40,09	40,04
190	109,4	75,4	133,9	82,2	82,2	28,8	40,09	40,04
193	111,2	76,6	136,0	80,9	80,9	28,3	40,09	40,04
196	112,9	77,8	138,1	79,7	79,7	27,9	40,08	40,04
199	114,6	79,0	140,2	78,5	78,5	27,5	40,08	40,04

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.2-8:

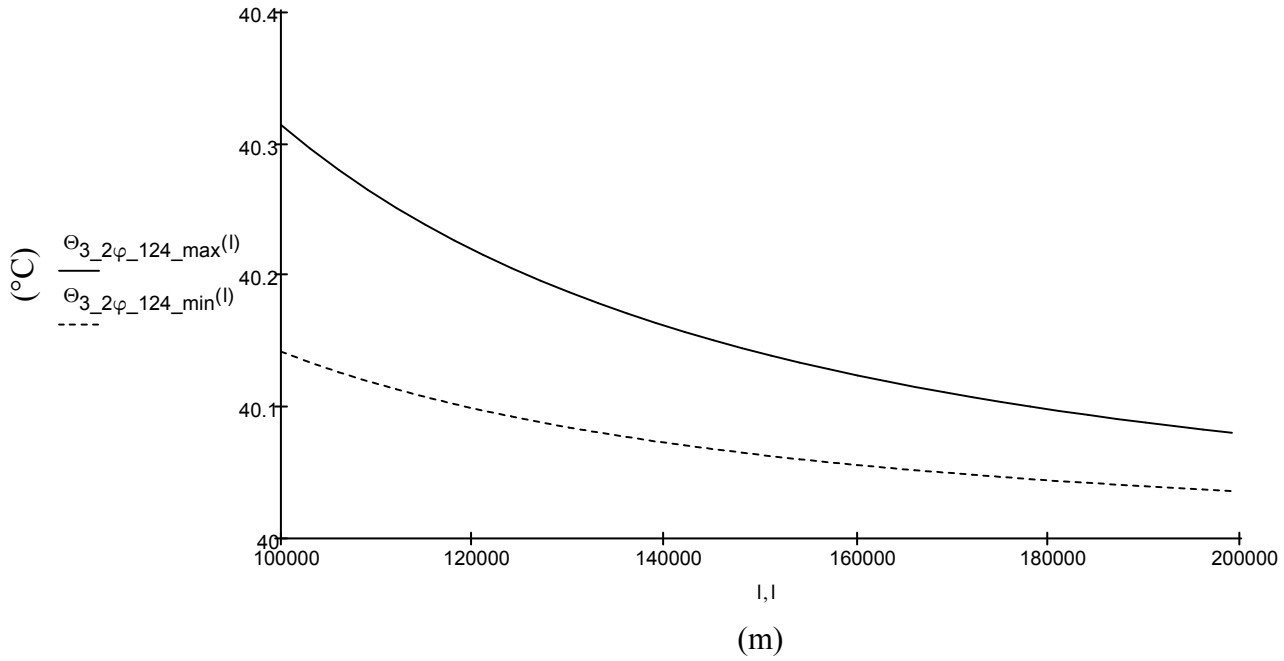
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.2-10:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_12} = 0.048\Omega$, $X_{M\Sigma_12} = 1.599\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

3.1.3 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος $U_{N2} = 15 \cdot kV$ και ονομαστικής ισχύος $S_{N1} = 25 \cdot MVA$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_3φ _21 (A)	Id_3φ _21_max (A)	Id_3φ _21_ min (A)	Θ3_3φ _211_max (°C)	Θ3_3φ _ 211_min (°C)
100	57,6	39,7	71,0	134,1	134,1	46,9	40,07	40,05
103	59,3	40,9	73,1	130,3	130,3	45,6	40,06	40,04
106	61,1	42,1	75,2	126,6	126,6	44,3	40,06	40,04
109	62,8	43,3	77,3	123,2	123,2	43,1	40,06	40,04
112	64,5	44,5	79,4	119,9	119,9	42,0	40,05	40,04
115	66,2	45,7	81,5	116,8	116,8	40,9	40,05	40,04
118	68,0	46,8	83,6	113,9	113,9	39,9	40,05	40,03
121	69,7	48,0	85,7	111,1	111,1	38,9	40,05	40,03
124	71,4	49,2	87,8	108,5	108,5	38,0	40,04	40,03
127	73,2	50,4	89,9	105,9	105,9	37,1	40,04	40,03
130	74,9	51,6	92,0	103,5	103,5	36,2	40,04	40,03
133	76,6	52,8	94,1	101,2	101,2	35,4	40,04	40,03
136	78,3	54,0	96,2	99,0	99,0	34,7	40,04	40,03
139	80,1	55,2	98,3	96,9	96,9	33,9	40,03	40,02
142	81,8	56,4	100,4	94,9	94,9	33,2	40,03	40,02
145	83,5	57,6	102,5	92,9	92,9	32,5	40,03	40,02
148	85,2	58,8	104,6	91,1	91,1	31,9	40,03	40,02
151	87,0	59,9	106,7	89,3	89,3	31,2	40,03	40,02
154	88,7	61,1	108,8	87,6	87,6	30,6	40,03	40,02
157	90,4	62,3	110,9	85,9	85,9	30,1	40,03	40,02
160	92,2	63,5	113,0	84,3	84,3	29,5	40,03	40,02
163	93,9	64,7	115,1	82,8	82,8	29,0	40,03	40,02
166	95,6	65,9	117,2	81,3	81,3	28,4	40,02	40,02
169	97,3	67,1	119,3	79,9	79,9	27,9	40,02	40,02
172	99,1	68,3	121,4	78,5	78,5	27,5	40,02	40,02
175	100,8	69,5	123,5	77,1	77,1	27,0	40,02	40,02
178	102,5	70,7	125,6	75,8	75,8	26,5	40,02	40,01
181	104,3	71,9	127,7	74,6	74,6	26,1	40,02	40,01
184	106,0	73,0	129,8	73,4	73,4	25,7	40,02	40,01
187	107,7	74,2	131,9	72,2	72,2	25,3	40,02	40,01
190	109,4	75,4	134,0	71,1	71,1	24,9	40,02	40,01
193	111,2	76,6	136,1	70,0	70,0	24,5	40,02	40,01
196	112,9	77,8	138,2	68,9	68,9	24,1	40,02	40,01
199	114,6	79,0	140,3	67,9	67,9	23,8	40,02	40,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-1:

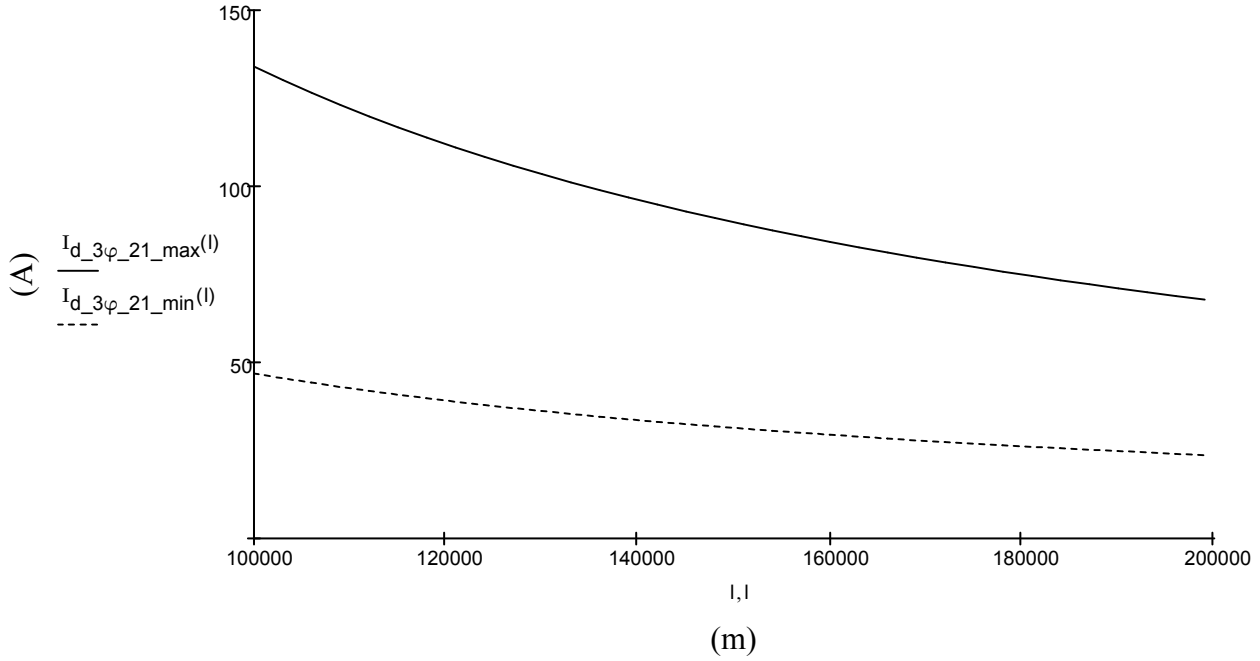
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

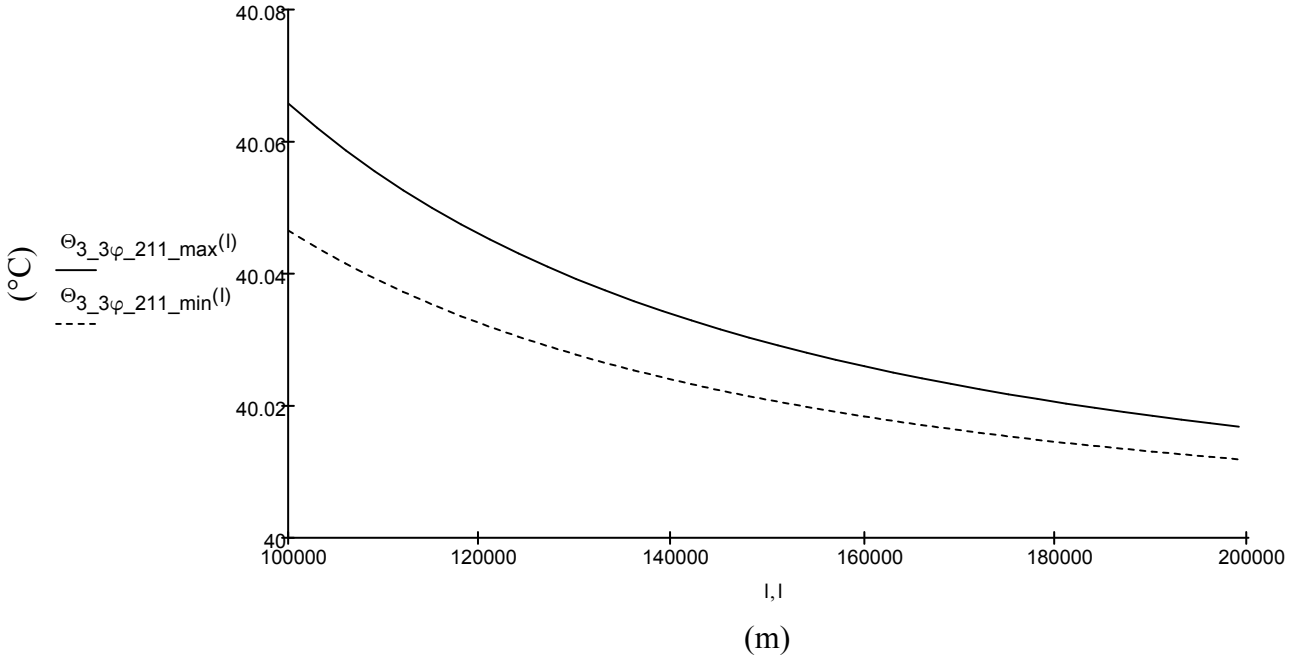
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15\,s$



Διάγραμμα 3.1.3-1:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.3-2:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	$I_{sw_2\varphi_21}$ (A)	$I_{d_2\varphi_21_max}$ (A)	$I_{d_2\varphi_21_min}$ (A)	$\Theta_{3_2\varphi_211_max}$ (°C)	$\Theta_{3_2\varphi_211_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,0	116,1	116,1	40,6	40,08	40,07
103	59,3	40,9	73,1	112,8	112,8	39,5	40,08	40,06
106	61,1	42,1	75,2	109,7	109,7	38,4	40,07	40,06
109	62,8	43,3	77,3	106,7	106,7	37,3	40,07	40,06
112	64,5	44,5	79,4	103,9	103,9	36,4	40,07	40,05
115	66,2	45,7	81,5	101,2	101,2	35,4	40,06	40,05
118	68,0	46,8	83,6	98,7	98,7	34,5	40,06	40,05
121	69,7	48,0	85,7	96,2	96,2	33,7	40,06	40,05
124	71,4	49,2	87,8	93,9	93,9	32,9	40,05	40,04
127	73,2	50,4	89,9	91,7	91,7	32,1	40,05	40,04
130	74,9	51,6	92,0	89,7	89,7	31,4	40,05	40,04
133	76,6	52,8	94,1	87,7	87,7	30,7	40,05	40,04
136	78,3	54,0	96,2	85,7	85,7	30,0	40,04	40,04
139	80,1	55,2	98,3	83,9	83,9	29,4	40,04	40,04
142	81,8	56,4	100,4	82,2	82,2	28,8	40,04	40,03
145	83,5	57,6	102,5	80,5	80,5	28,2	40,04	40,03
148	85,2	58,8	104,6	78,9	78,9	27,6	40,04	40,03
151	87,0	59,9	106,7	77,3	77,3	27,1	40,04	40,03
154	88,7	61,1	108,8	75,8	75,8	26,5	40,04	40,03
157	90,4	62,3	110,9	74,4	74,4	26,0	40,03	40,03
160	92,2	63,5	113,0	73,0	73,0	25,6	40,03	40,03
163	93,9	64,7	115,1	71,7	71,7	25,1	40,03	40,03
166	95,6	65,9	117,2	70,4	70,4	24,6	40,03	40,02
169	97,3	67,1	119,3	69,2	69,2	24,2	40,03	40,02
172	99,1	68,3	121,4	68,0	68,0	23,8	40,03	40,02
175	100,8	69,5	123,5	66,8	66,8	23,4	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,6	65,7	65,7	23,0	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,7	64,6	64,6	22,6	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,8	63,6	63,6	22,2	40,02	40,02
187	107,7	74,2	131,9	62,6	62,6	21,9	40,02	40,02
190	109,4	75,4	134,0	61,6	61,6	21,6	40,02	40,02
193	111,2	76,6	136,1	60,6	60,6	21,2	40,02	40,02
196	112,9	77,8	138,2	59,7	59,7	20,9	40,02	40,02
199	114,6	79,0	140,3	58,8	58,8	20,6	40,02	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-2:

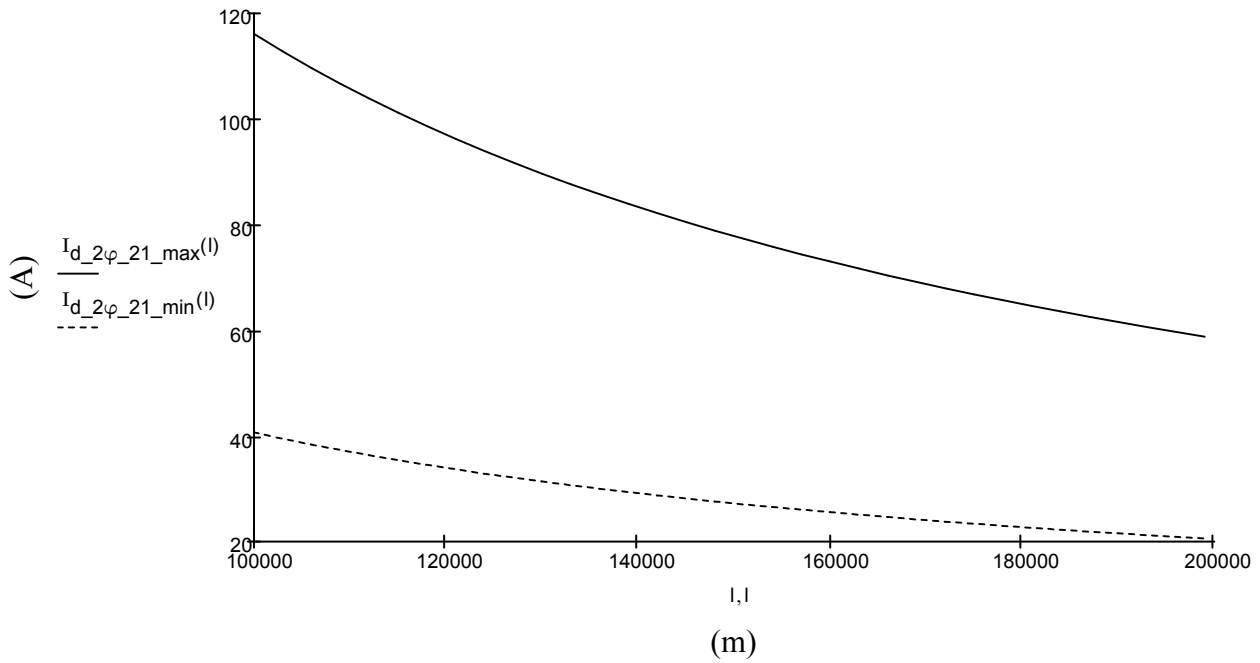
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

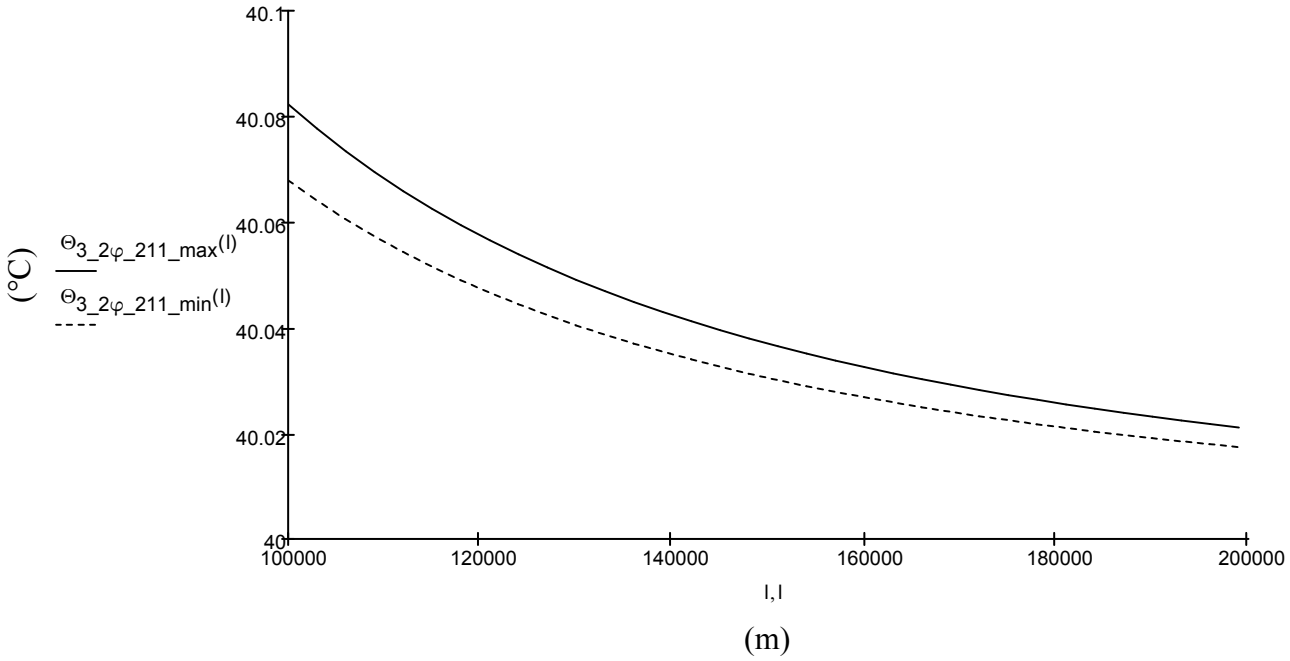
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15\,s$



Διάγραμμα 3.1.3-3:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.3-4:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	$I_{sw_3\varphi_21}$ (A)	$I_{d_3\varphi_21_max}$ (A)	$I_{d_3\varphi_21_min}$ (A)	$\Theta_{3_3\varphi_212_max}$ (°C)	$\Theta_{3_3\varphi_212_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,0	134,1	134,1	46,9	40,08	40,05
103	59,3	40,9	73,1	130,3	130,3	45,6	40,08	40,05
106	61,1	42,1	75,2	126,6	126,6	44,3	40,07	40,04
109	62,8	43,3	77,3	123,2	123,2	43,1	40,07	40,04
112	64,5	44,5	79,4	119,9	119,9	42,0	40,06	40,04
115	66,2	45,7	81,5	116,8	116,8	40,9	40,06	40,04
118	68,0	46,8	83,6	113,9	113,9	39,9	40,06	40,03
121	69,7	48,0	85,7	111,1	111,1	38,9	40,06	40,03
124	71,4	49,2	87,8	108,5	108,5	38,0	40,05	40,03
127	73,2	50,4	89,9	105,9	105,9	37,1	40,05	40,03
130	74,9	51,6	92,0	103,5	103,5	36,2	40,05	40,03
133	76,6	52,8	94,1	101,2	101,2	35,4	40,05	40,03
136	78,3	54,0	96,2	99,0	99,0	34,7	40,04	40,03
139	80,1	55,2	98,3	96,9	96,9	33,9	40,04	40,03
142	81,8	56,4	100,4	94,9	94,9	33,2	40,04	40,02
145	83,5	57,6	102,5	92,9	92,9	32,5	40,04	40,02
148	85,2	58,8	104,6	91,1	91,1	31,9	40,04	40,02
151	87,0	59,9	106,7	89,3	89,3	31,2	40,04	40,02
154	88,7	61,1	108,8	87,6	87,6	30,6	40,03	40,02
157	90,4	62,3	110,9	85,9	85,9	30,1	40,03	40,02
160	92,2	63,5	113,0	84,3	84,3	29,5	40,03	40,02
163	93,9	64,7	115,1	82,8	82,8	29,0	40,03	40,02
166	95,6	65,9	117,2	81,3	81,3	28,4	40,03	40,02
169	97,3	67,1	119,3	79,9	79,9	27,9	40,03	40,02
172	99,1	68,3	121,4	78,5	78,5	27,5	40,03	40,02
175	100,8	69,5	123,5	77,1	77,1	27,0	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,6	75,8	75,8	26,5	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,7	74,6	74,6	26,1	40,02	40,01
184	106,0	73,0	129,8	73,4	73,4	25,7	40,02	40,01
187	107,7	74,2	131,9	72,2	72,2	25,3	40,02	40,01
190	109,4	75,4	134,0	71,1	71,1	24,9	40,02	40,01
193	111,2	76,6	136,1	70,0	70,0	24,5	40,02	40,01
196	112,9	77,8	138,2	68,9	68,9	24,1	40,02	40,01
199	114,6	79,0	140,3	67,9	67,9	23,8	40,02	40,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-3:

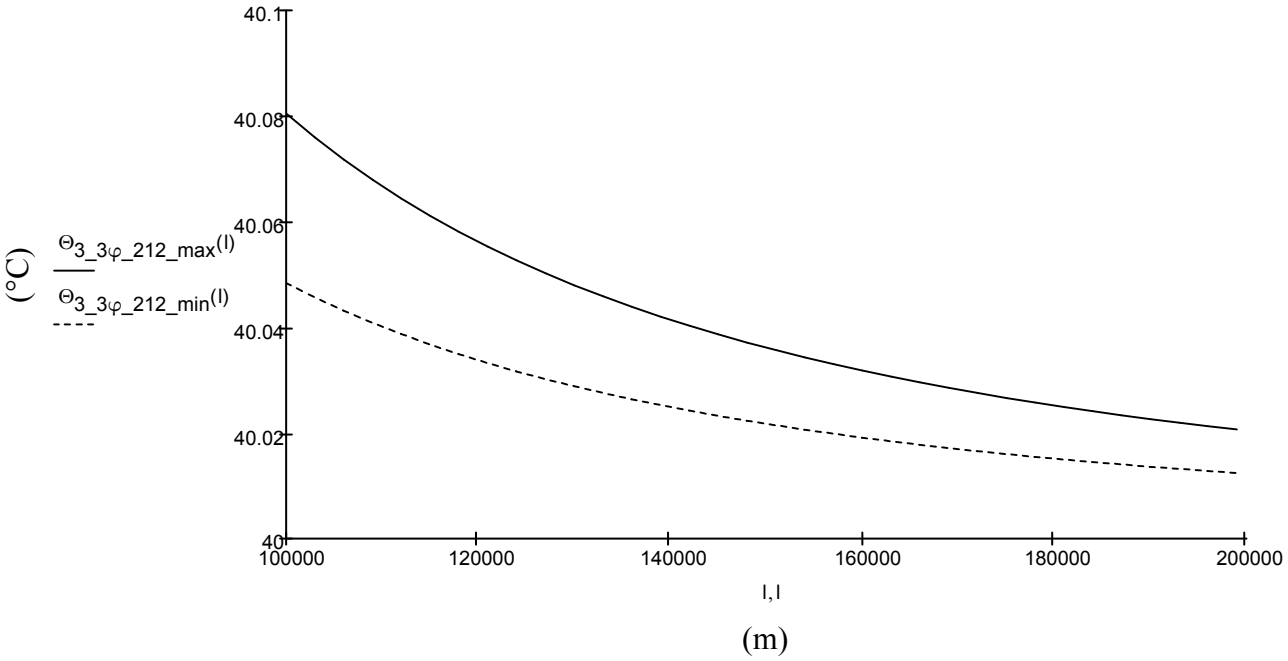
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ : 150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25 s$



<u>Διάγραμμα 3.1.3-5:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_2φ _21 (A)	Id_2φ _21_max (A)	Id_2φ _21_ min (A)	Θ3_2φ _212_max (°C)	Θ3_2φ _212_min (°C)
100	57,6	39,7	71,0	116,1	116,1	40,6	40,09	40,07
103	59,3	40,9	73,1	112,8	112,8	39,5	40,09	40,07
106	61,1	42,1	75,2	109,7	109,7	38,4	40,08	40,06
109	62,8	43,3	77,3	106,7	106,7	37,3	40,08	40,06
112	64,5	44,5	79,4	103,9	103,9	36,4	40,07	40,06
115	66,2	45,7	81,5	101,2	101,2	35,4	40,07	40,05
118	68,0	46,8	83,6	98,7	98,7	34,5	40,07	40,05
121	69,7	48,0	85,7	96,2	96,2	33,7	40,06	40,05
124	71,4	49,2	87,8	93,9	93,9	32,9	40,06	40,05
127	73,2	50,4	89,9	91,7	91,7	32,1	40,06	40,04
130	74,9	51,6	92,0	89,7	89,7	31,4	40,06	40,04
133	76,6	52,8	94,1	87,7	87,7	30,7	40,05	40,04
136	78,3	54,0	96,2	85,7	85,7	30,0	40,05	40,04
139	80,1	55,2	98,3	83,9	83,9	29,4	40,05	40,04
142	81,8	56,4	100,4	82,2	82,2	28,8	40,05	40,03
145	83,5	57,6	102,5	80,5	80,5	28,2	40,04	40,03
148	85,2	58,8	104,6	78,9	78,9	27,6	40,04	40,03
151	87,0	59,9	106,7	77,3	77,3	27,1	40,04	40,03
154	88,7	61,1	108,8	75,8	75,8	26,5	40,04	40,03
157	90,4	62,3	110,9	74,4	74,4	26,0	40,04	40,03
160	92,2	63,5	113,0	73,0	73,0	25,6	40,04	40,03
163	93,9	64,7	115,1	71,7	71,7	25,1	40,04	40,03
166	95,6	65,9	117,2	70,4	70,4	24,6	40,03	40,03
169	97,3	67,1	119,3	69,2	69,2	24,2	40,03	40,02
172	99,1	68,3	121,4	68,0	68,0	23,8	40,03	40,02
175	100,8	69,5	123,5	66,8	66,8	23,4	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,6	65,7	65,7	23,0	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,7	64,6	64,6	22,6	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,8	63,6	63,6	22,2	40,03	40,02
187	107,7	74,2	131,9	62,6	62,6	21,9	40,03	40,02
190	109,4	75,4	134,0	61,6	61,6	21,6	40,03	40,02
193	111,2	76,6	136,1	60,6	60,6	21,2	40,03	40,02
196	112,9	77,8	138,2	59,7	59,7	20,9	40,02	40,02
199	114,6	79,0	140,3	58,8	58,8	20,6	40,02	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-4:

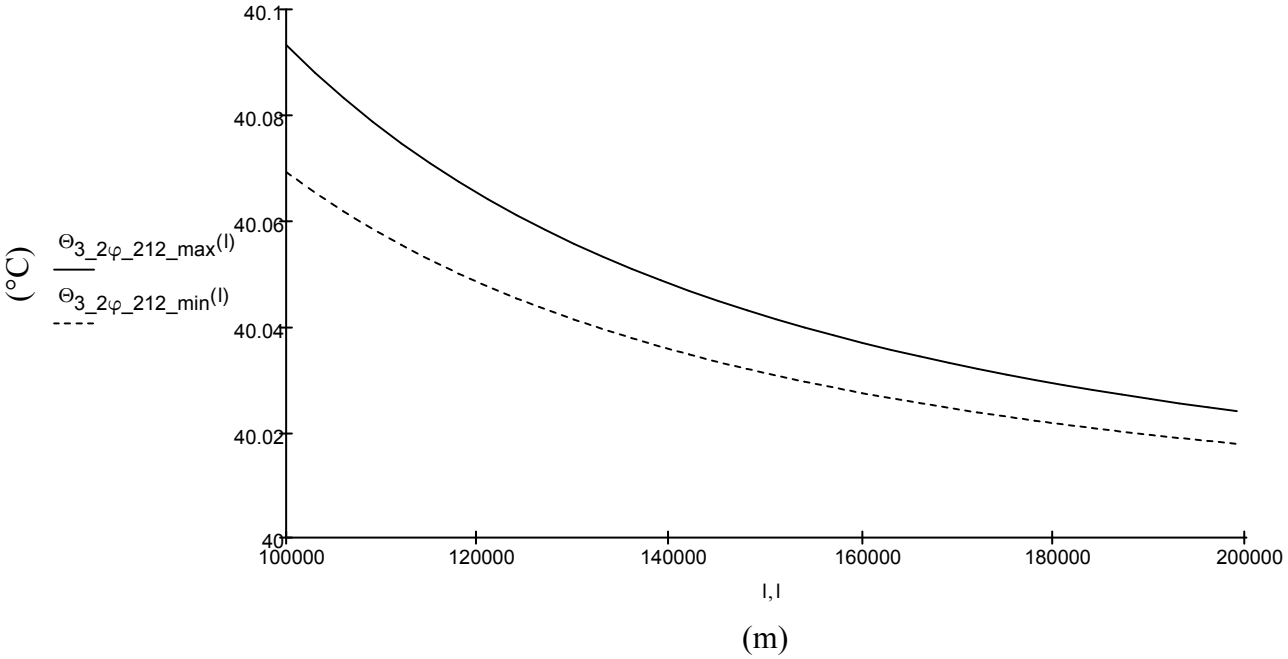
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.3-6:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$

L (km)	Rr (Ω)	Xr (Ω)	Zr (Ω)	Isw_3φ _21 (A)	Id_3φ _21_max (A)	Id_3φ _21_ min (A)	Θ3_3φ _213_max (°C)	Θ3_3φ _213_min (°C)
100	57,6	39,7	71,0	134,1	134,1	46,9	40,10	40,05
103	59,3	40,9	73,1	130,3	130,3	45,6	40,10	40,05
106	61,1	42,1	75,2	126,6	126,6	44,3	40,09	40,05
109	62,8	43,3	77,3	123,2	123,2	43,1	40,09	40,04
112	64,5	44,5	79,4	119,9	119,9	42,0	40,08	40,04
115	66,2	45,7	81,5	116,8	116,8	40,9	40,08	40,04
118	68,0	46,8	83,6	113,9	113,9	39,9	40,07	40,04
121	69,7	48,0	85,7	111,1	111,1	38,9	40,07	40,04
124	71,4	49,2	87,8	108,5	108,5	38,0	40,07	40,03
127	73,2	50,4	89,9	105,9	105,9	37,1	40,06	40,03
130	74,9	51,6	92,0	103,5	103,5	36,2	40,06	40,03
133	76,6	52,8	94,1	101,2	101,2	35,4	40,06	40,03
136	78,3	54,0	96,2	99,0	99,0	34,7	40,06	40,03
139	80,1	55,2	98,3	96,9	96,9	33,9	40,05	40,03
142	81,8	56,4	100,4	94,9	94,9	33,2	40,05	40,03
145	83,5	57,6	102,5	92,9	92,9	32,5	40,05	40,02
148	85,2	58,8	104,6	91,1	91,1	31,9	40,05	40,02
151	87,0	59,9	106,7	89,3	89,3	31,2	40,05	40,02
154	88,7	61,1	108,8	87,6	87,6	30,6	40,04	40,02
157	90,4	62,3	110,9	85,9	85,9	30,1	40,04	40,02
160	92,2	63,5	113,0	84,3	84,3	29,5	40,04	40,02
163	93,9	64,7	115,1	82,8	82,8	29,0	40,04	40,02
166	95,6	65,9	117,2	81,3	81,3	28,4	40,04	40,02
169	97,3	67,1	119,3	79,9	79,9	27,9	40,04	40,02
172	99,1	68,3	121,4	78,5	78,5	27,5	40,04	40,02
175	100,8	69,5	123,5	77,1	77,1	27,0	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,6	75,8	75,8	26,5	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,7	74,6	74,6	26,1	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,8	73,4	73,4	25,7	40,03	40,02
187	107,7	74,2	131,9	72,2	72,2	25,3	40,03	40,01
190	109,4	75,4	134,0	71,1	71,1	24,9	40,03	40,01
193	111,2	76,6	136,1	70,0	70,0	24,5	40,03	40,01
196	112,9	77,8	138,2	68,9	68,9	24,1	40,03	40,01
199	114,6	79,0	140,3	67,9	67,9	23,8	40,03	40,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-5:

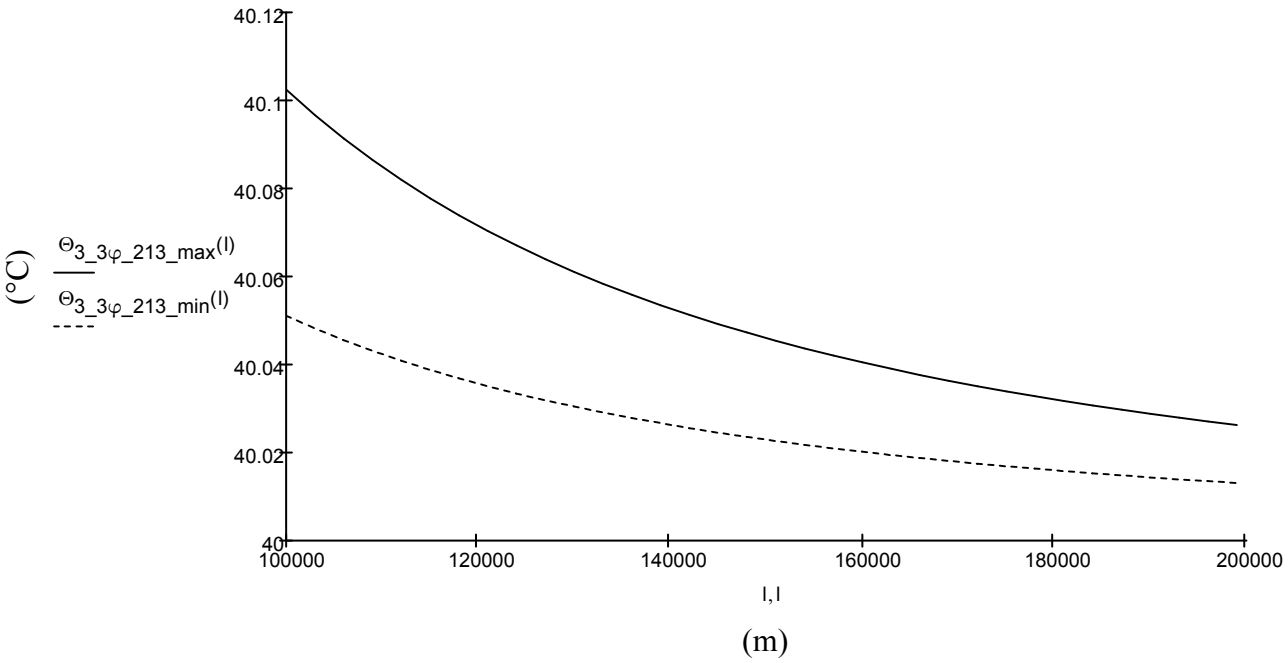
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4\,s$



Διάγραμμα 3.1.3-7:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zγ (Ω)	Isw_2φ _21 (A)	Id_2φ _21_max (A)	Id_2φ _21_ min (A)	Θ3_2φ _213_max (°C)	Θ3_2φ _213_min (°C)
100	57,6	39,7	71,0	116,1	116,1	40,6	40,11	40,07
103	59,3	40,9	73,1	112,8	112,8	39,5	40,10	40,07
106	61,1	42,1	75,2	109,7	109,7	38,4	40,10	40,06
109	62,8	43,3	77,3	106,7	106,7	37,3	40,09	40,06
112	64,5	44,5	79,4	103,9	103,9	36,4	40,09	40,06
115	66,2	45,7	81,5	101,2	101,2	35,4	40,08	40,05
118	68,0	46,8	83,6	98,7	98,7	34,5	40,08	40,05
121	69,7	48,0	85,7	96,2	96,2	33,7	40,08	40,05
124	71,4	49,2	87,8	93,9	93,9	32,9	40,07	40,05
127	73,2	50,4	89,9	91,7	91,7	32,1	40,07	40,04
130	74,9	51,6	92,0	89,7	89,7	31,4	40,07	40,04
133	76,6	52,8	94,1	87,7	87,7	30,7	40,06	40,04
136	78,3	54,0	96,2	85,7	85,7	30,0	40,06	40,04
139	80,1	55,2	98,3	83,9	83,9	29,4	40,06	40,04
142	81,8	56,4	100,4	82,2	82,2	28,8	40,05	40,04
145	83,5	57,6	102,5	80,5	80,5	28,2	40,05	40,03
148	85,2	58,8	104,6	78,9	78,9	27,6	40,05	40,03
151	87,0	59,9	106,7	77,3	77,3	27,1	40,05	40,03
154	88,7	61,1	108,8	75,8	75,8	26,5	40,05	40,03
157	90,4	62,3	110,9	74,4	74,4	26,0	40,05	40,03
160	92,2	63,5	113,0	73,0	73,0	25,6	40,04	40,03
163	93,9	64,7	115,1	71,7	71,7	25,1	40,04	40,03
166	95,6	65,9	117,2	70,4	70,4	24,6	40,04	40,03
169	97,3	67,1	119,3	69,2	69,2	24,2	40,04	40,03
172	99,1	68,3	121,4	68,0	68,0	23,8	40,04	40,02
175	100,8	69,5	123,5	66,8	66,8	23,4	40,04	40,02
178	102,5	70,7	125,6	65,7	65,7	23,0	40,04	40,02
181	104,3	71,9	127,7	64,6	64,6	22,6	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,8	63,6	63,6	22,2	40,03	40,02
187	107,7	74,2	131,9	62,6	62,6	21,9	40,03	40,02
190	109,4	75,4	134,0	61,6	61,6	21,6	40,03	40,02
193	111,2	76,6	136,1	60,6	60,6	21,2	40,03	40,02
196	112,9	77,8	138,2	59,7	59,7	20,9	40,03	40,02
199	114,6	79,0	140,3	58,8	58,8	20,6	40,03	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-6:

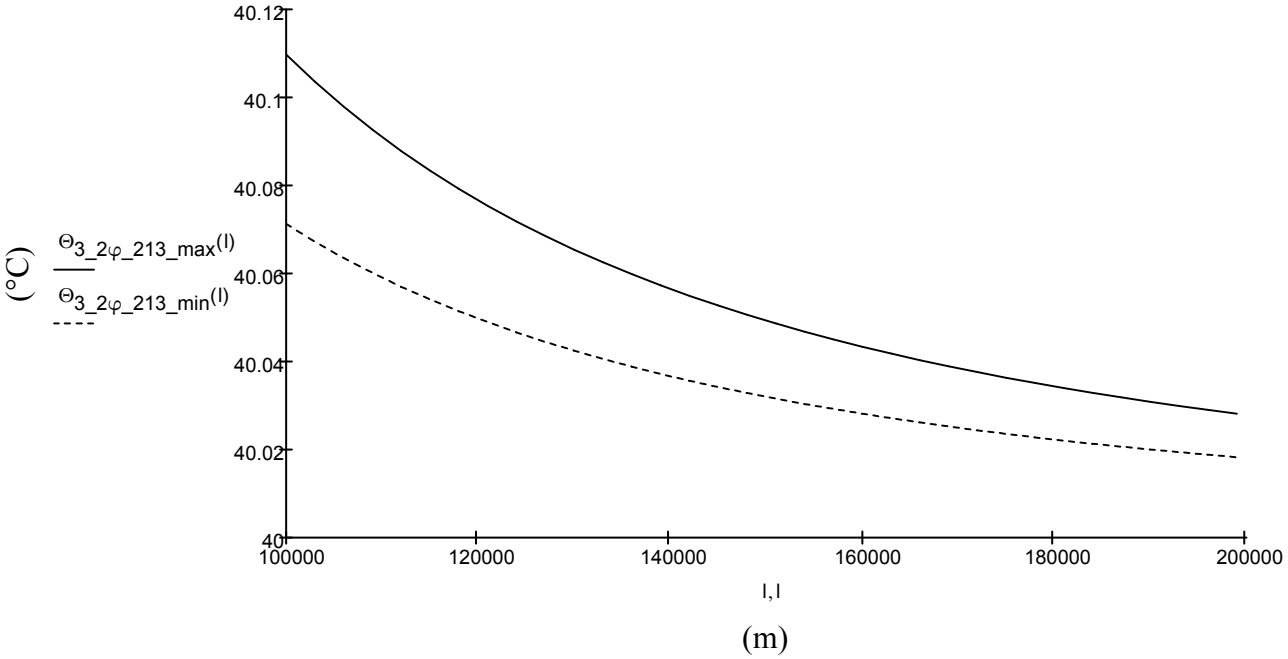
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ : 150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.3-8:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$

L (km)	$R_Γ$ (Ω)	$X_Γ$ (Ω)	$Z_Τ$ (Ω)	$I_{sw_3φ_21}$ (A)	$I_{d_3φ_21_max}$ (A)	$I_{d_3φ_21_min}$ (A)	$Θ_{3_3φ_214_max}$ (°C)	$Θ_{3_3φ_214_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	71,0	134,1	134,1	46,9	40,19	40,06
103	59,3	40,9	73,1	130,3	130,3	45,6	40,18	40,06
106	61,1	42,1	75,2	126,6	126,6	44,3	40,17	40,06
109	62,8	43,3	77,3	123,2	123,2	43,1	40,16	40,05
112	64,5	44,5	79,4	119,9	119,9	42,0	40,15	40,05
115	66,2	45,7	81,5	116,8	116,8	40,9	40,14	40,05
118	68,0	46,8	83,6	113,9	113,9	39,9	40,14	40,04
121	69,7	48,0	85,7	111,1	111,1	38,9	40,13	40,04
124	71,4	49,2	87,8	108,5	108,5	38,0	40,12	40,04
127	73,2	50,4	89,9	105,9	105,9	37,1	40,12	40,04
130	74,9	51,6	92,0	103,5	103,5	36,2	40,11	40,04
133	76,6	52,8	94,1	101,2	101,2	35,4	40,11	40,04
136	78,3	54,0	96,2	99,0	99,0	34,7	40,10	40,03
139	80,1	55,2	98,3	96,9	96,9	33,9	40,10	40,03
142	81,8	56,4	100,4	94,9	94,9	33,2	40,10	40,03
145	83,5	57,6	102,5	92,9	92,9	32,5	40,09	40,03
148	85,2	58,8	104,6	91,1	91,1	31,9	40,09	40,03
151	87,0	59,9	106,7	89,3	89,3	31,2	40,08	40,03
154	88,7	61,1	108,8	87,6	87,6	30,6	40,08	40,03
157	90,4	62,3	110,9	85,9	85,9	30,1	40,08	40,03
160	92,2	63,5	113,0	84,3	84,3	29,5	40,08	40,02
163	93,9	64,7	115,1	82,8	82,8	29,0	40,07	40,02
166	95,6	65,9	117,2	81,3	81,3	28,4	40,07	40,02
169	97,3	67,1	119,3	79,9	79,9	27,9	40,07	40,02
172	99,1	68,3	121,4	78,5	78,5	27,5	40,07	40,02
175	100,8	69,5	123,5	77,1	77,1	27,0	40,06	40,02
178	102,5	70,7	125,6	75,8	75,8	26,5	40,06	40,02
181	104,3	71,9	127,7	74,6	74,6	26,1	40,06	40,02
184	106,0	73,0	129,8	73,4	73,4	25,7	40,06	40,02
187	107,7	74,2	131,9	72,2	72,2	25,3	40,06	40,02
190	109,4	75,4	134,0	71,1	71,1	24,9	40,05	40,02
193	111,2	76,6	136,1	70,0	70,0	24,5	40,05	40,02
196	112,9	77,8	138,2	68,9	68,9	24,1	40,05	40,02
199	114,6	79,0	140,3	67,9	67,9	23,8	40,05	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-7:

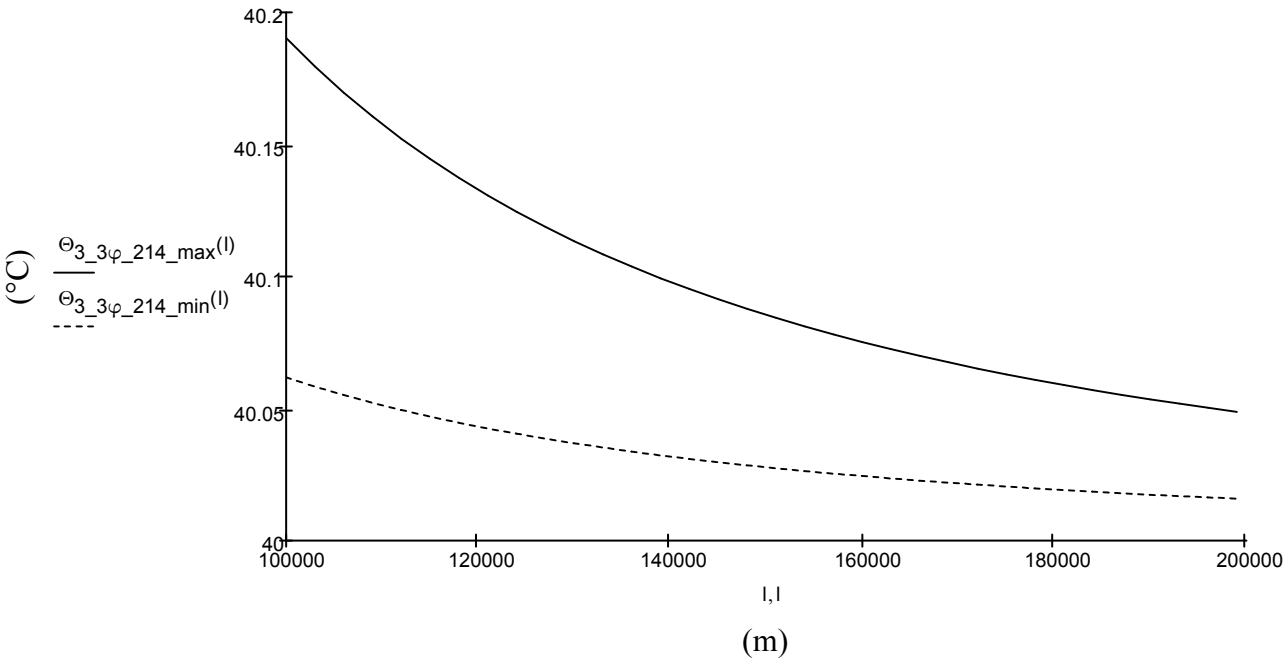
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{MΣ_21} = 0.054\,Ω$, $X_{MΣ_21} = 1.799\,Ω$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{Γ_km} = 0.576 \cdot \frac{Ω}{km}$, $X_{Γ_km} = 0.397 \cdot \frac{Ω}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.3-9:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_2φ _21 (A)	Id_2φ _21_max (A)	Id_2φ _21_ min (A)	Θ3_2φ _214_max (°C)	Θ3_2φ _214_min (°C)
100	57,6	39,7	71,0	116,1	116,1	40,6	40,18	40,08
103	59,3	40,9	73,1	112,8	112,8	39,5	40,17	40,07
106	61,1	42,1	75,2	109,7	109,7	38,4	40,16	40,07
109	62,8	43,3	77,3	106,7	106,7	37,3	40,15	40,07
112	64,5	44,5	79,4	103,9	103,9	36,4	40,14	40,06
115	66,2	45,7	81,5	101,2	101,2	35,4	40,13	40,06
118	68,0	46,8	83,6	98,7	98,7	34,5	40,13	40,06
121	69,7	48,0	85,7	96,2	96,2	33,7	40,12	40,05
124	71,4	49,2	87,8	93,9	93,9	32,9	40,11	40,05
127	73,2	50,4	89,9	91,7	91,7	32,1	40,11	40,05
130	74,9	51,6	92,0	89,7	89,7	31,4	40,10	40,05
133	76,6	52,8	94,1	87,7	87,7	30,7	40,10	40,05
136	78,3	54,0	96,2	85,7	85,7	30,0	40,10	40,04
139	80,1	55,2	98,3	83,9	83,9	29,4	40,09	40,04
142	81,8	56,4	100,4	82,2	82,2	28,8	40,09	40,04
145	83,5	57,6	102,5	80,5	80,5	28,2	40,08	40,04
148	85,2	58,8	104,6	78,9	78,9	27,6	40,08	40,04
151	87,0	59,9	106,7	77,3	77,3	27,1	40,08	40,04
154	88,7	61,1	108,8	75,8	75,8	26,5	40,07	40,03
157	90,4	62,3	110,9	74,4	74,4	26,0	40,07	40,03
160	92,2	63,5	113,0	73,0	73,0	25,6	40,07	40,03
163	93,9	64,7	115,1	71,7	71,7	25,1	40,07	40,03
166	95,6	65,9	117,2	70,4	70,4	24,6	40,06	40,03
169	97,3	67,1	119,3	69,2	69,2	24,2	40,06	40,03
172	99,1	68,3	121,4	68,0	68,0	23,8	40,06	40,03
175	100,8	69,5	123,5	66,8	66,8	23,4	40,06	40,03
178	102,5	70,7	125,6	65,7	65,7	23,0	40,06	40,03
181	104,3	71,9	127,7	64,6	64,6	22,6	40,05	40,02
184	106,0	73,0	129,8	63,6	63,6	22,2	40,05	40,02
187	107,7	74,2	131,9	62,6	62,6	21,9	40,05	40,02
190	109,4	75,4	134,0	61,6	61,6	21,6	40,05	40,02
193	111,2	76,6	136,1	60,6	60,6	21,2	40,05	40,02
196	112,9	77,8	138,2	59,7	59,7	20,9	40,05	40,02
199	114,6	79,0	140,3	58,8	58,8	20,6	40,05	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.3-8:

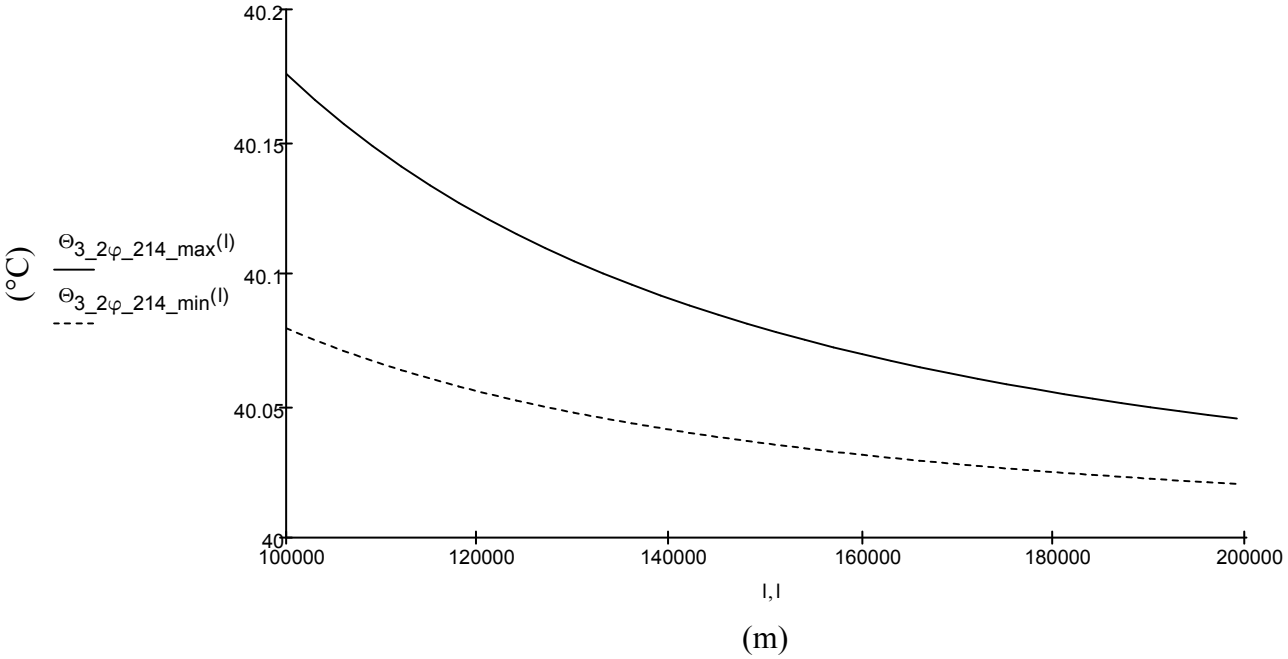
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.3-10:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_21} = 0.054\,\Omega$, $X_{M\Sigma_21} = 1.799\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

3.1.4 Μετασχηματιστής ονομαστικής τάσης δευτερεύοντος $U_{N2} = 15 \cdot kV$ και ονομαστικής ισχύος $S_{N2} = 50 \cdot MVA$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_3φ _22 (A)	Id_3φ _22_max (A)	Id_3φ _22_ min (A)	Θ3_3φ _221_max (°C)	Θ3_3φ _ 221_min (°C)
100	57,6	39,7	70,5	135,1	135,1	47,3	40,07	40,05
103	59,3	40,9	72,6	131,2	131,2	45,9	40,06	40,04
106	61,1	42,1	74,7	127,5	127,5	44,6	40,06	40,04
109	62,8	43,3	76,8	124,1	124,1	43,4	40,06	40,04
112	64,5	44,5	78,9	120,8	120,8	42,3	40,05	40,04
115	66,2	45,7	81,0	117,6	117,6	41,2	40,05	40,04
118	68,0	46,8	83,1	114,7	114,7	40,1	40,05	40,03
121	69,7	48,0	85,2	111,8	111,8	39,1	40,05	40,03
124	71,4	49,2	87,3	109,1	109,1	38,2	40,04	40,03
127	73,2	50,4	89,4	106,6	106,6	37,3	40,04	40,03
130	74,9	51,6	91,5	104,1	104,1	36,4	40,04	40,03
133	76,6	52,8	93,6	101,8	101,8	35,6	40,04	40,03
136	78,3	54,0	95,7	99,6	99,6	34,8	40,04	40,03
139	80,1	55,2	97,8	97,4	97,4	34,1	40,03	40,02
142	81,8	56,4	99,9	95,4	95,4	33,4	40,03	40,02
145	83,5	57,6	102,0	93,4	93,4	32,7	40,03	40,02
148	85,2	58,8	104,1	91,5	91,5	32,0	40,03	40,02
151	87,0	59,9	106,2	89,7	89,7	31,4	40,03	40,02
154	88,7	61,1	108,3	88,0	88,0	30,8	40,03	40,02
157	90,4	62,3	110,4	86,3	86,3	30,2	40,03	40,02
160	92,2	63,5	112,5	84,7	84,7	29,6	40,03	40,02
163	93,9	64,7	114,6	83,2	83,2	29,1	40,03	40,02
166	95,6	65,9	116,7	81,7	81,7	28,6	40,02	40,02
169	97,3	67,1	118,8	80,2	80,2	28,1	40,02	40,02
172	99,1	68,3	120,9	78,8	78,8	27,6	40,02	40,02
175	100,8	69,5	123,0	77,5	77,5	27,1	40,02	40,02
178	102,5	70,7	125,1	76,2	76,2	26,7	40,02	40,02
181	104,3	71,9	127,2	74,9	74,9	26,2	40,02	40,01
184	106,0	73,0	129,3	73,7	73,7	25,8	40,02	40,01
187	107,7	74,2	131,4	72,5	72,5	25,4	40,02	40,01
190	109,4	75,4	133,5	71,4	71,4	25,0	40,02	40,01
193	111,2	76,6	135,5	70,3	70,3	24,6	40,02	40,01
196	112,9	77,8	137,6	69,2	69,2	24,2	40,02	40,01
199	114,6	79,0	139,7	68,2	68,2	23,9	40,02	40,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-1:

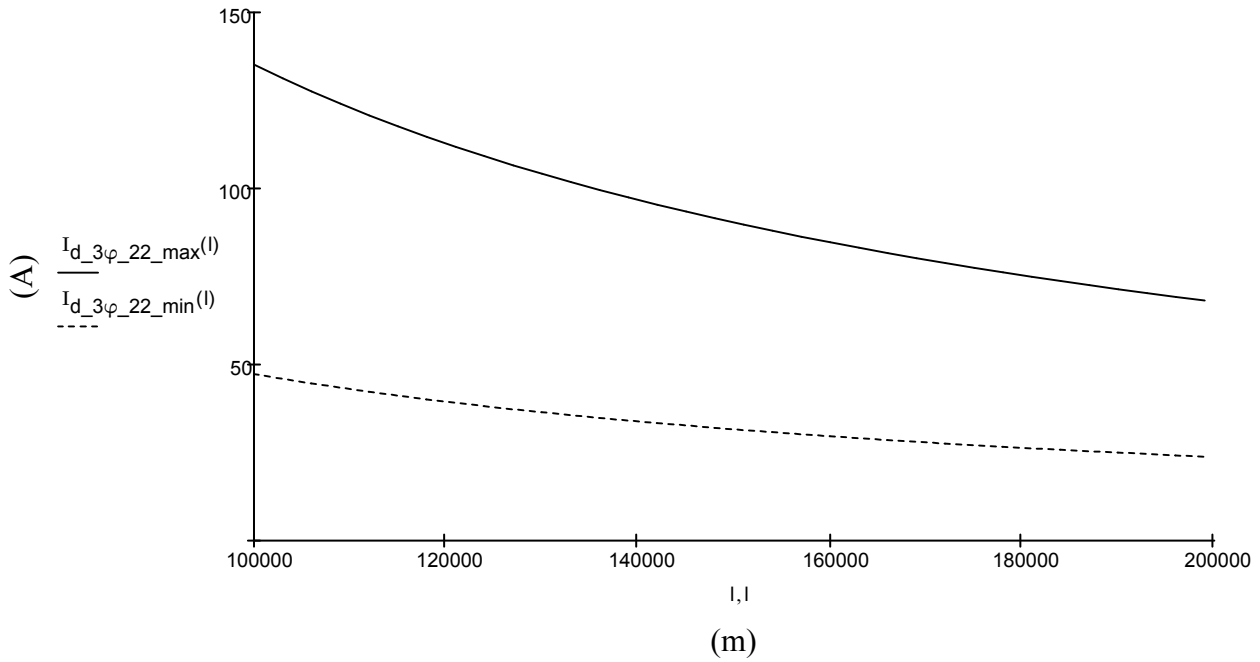
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

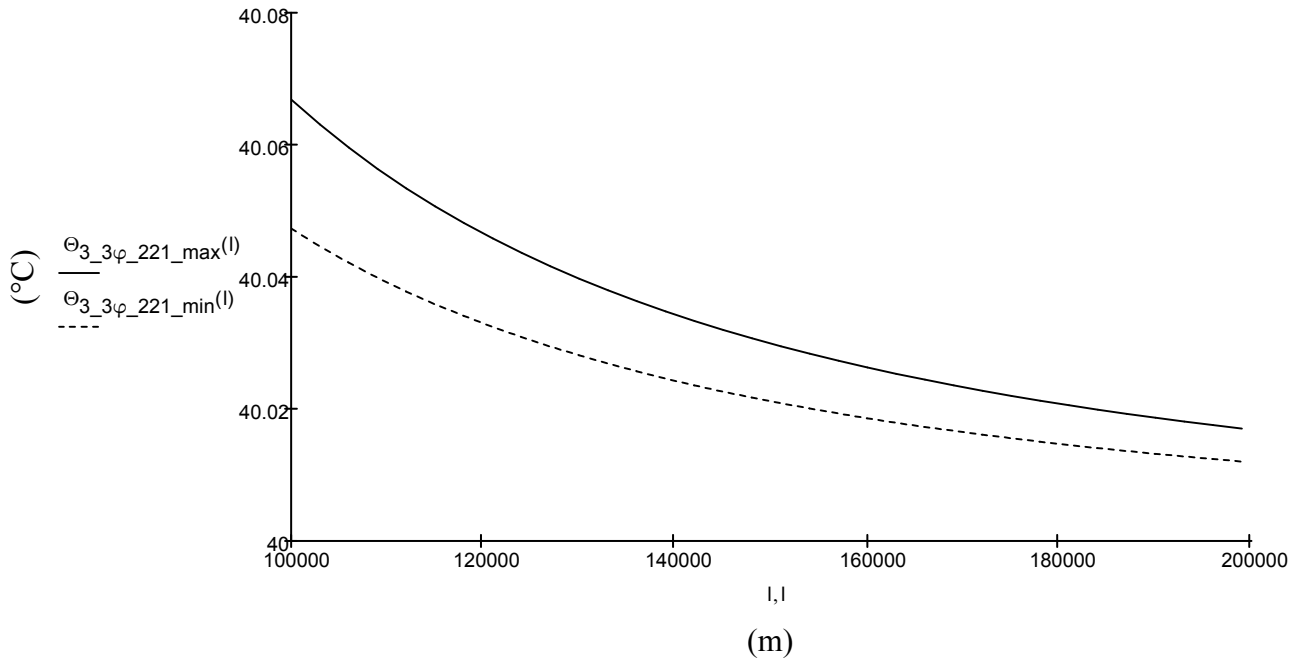
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$



Διάγραμμα 3.1.4-1:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.4-2:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_2φ _22 (A)	Id_2φ _22_max (A)	Id_2φ _22_ min (A)	Θ3_2φ _221_max (°C)	Θ3_2φ _221_min (°C)
100	57,6	39,7	70,5	117,0	117,0	41,0	40,08	40,07
103	59,3	40,9	72,6	113,7	113,7	39,8	40,08	40,06
106	61,1	42,1	74,7	110,5	110,5	38,7	40,07	40,06
109	62,8	43,3	76,8	107,4	107,4	37,6	40,07	40,06
112	64,5	44,5	78,9	104,6	104,6	36,6	40,07	40,06
115	66,2	45,7	81,0	101,9	101,9	35,7	40,06	40,05
118	68,0	46,8	83,1	99,3	99,3	34,8	40,06	40,05
121	69,7	48,0	85,2	96,9	96,9	33,9	40,06	40,05
124	71,4	49,2	87,3	94,5	94,5	33,1	40,05	40,04
127	73,2	50,4	89,4	92,3	92,3	32,3	40,05	40,04
130	74,9	51,6	91,5	90,2	90,2	31,6	40,05	40,04
133	76,6	52,8	93,6	88,2	88,2	30,9	40,05	40,04
136	78,3	54,0	95,7	86,2	86,2	30,2	40,05	40,04
139	80,1	55,2	97,8	84,4	84,4	29,5	40,04	40,04
142	81,8	56,4	99,9	82,6	82,6	28,9	40,04	40,03
145	83,5	57,6	102,0	80,9	80,9	28,3	40,04	40,03
148	85,2	58,8	104,1	79,3	79,3	27,7	40,04	40,03
151	87,0	59,9	106,2	77,7	77,7	27,2	40,04	40,03
154	88,7	61,1	108,3	76,2	76,2	26,7	40,04	40,03
157	90,4	62,3	110,4	74,8	74,8	26,2	40,03	40,03
160	92,2	63,5	112,5	73,4	73,4	25,7	40,03	40,03
163	93,9	64,7	114,6	72,0	72,0	25,2	40,03	40,03
166	95,6	65,9	116,7	70,7	70,7	24,8	40,03	40,03
169	97,3	67,1	118,8	69,5	69,5	24,3	40,03	40,02
172	99,1	68,3	120,9	68,3	68,3	23,9	40,03	40,02
175	100,8	69,5	123,0	67,1	67,1	23,5	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,1	66,0	66,0	23,1	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,2	64,9	64,9	22,7	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,3	63,8	63,8	22,3	40,02	40,02
187	107,7	74,2	131,4	62,8	62,8	22,0	40,02	40,02
190	109,4	75,4	133,5	61,8	61,8	21,6	40,02	40,02
193	111,2	76,6	135,5	60,9	60,9	21,3	40,02	40,02
196	112,9	77,8	137,6	59,9	59,9	21,0	40,02	40,02
199	114,6	79,0	139,7	59,0	59,0	20,7	40,02	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-2:

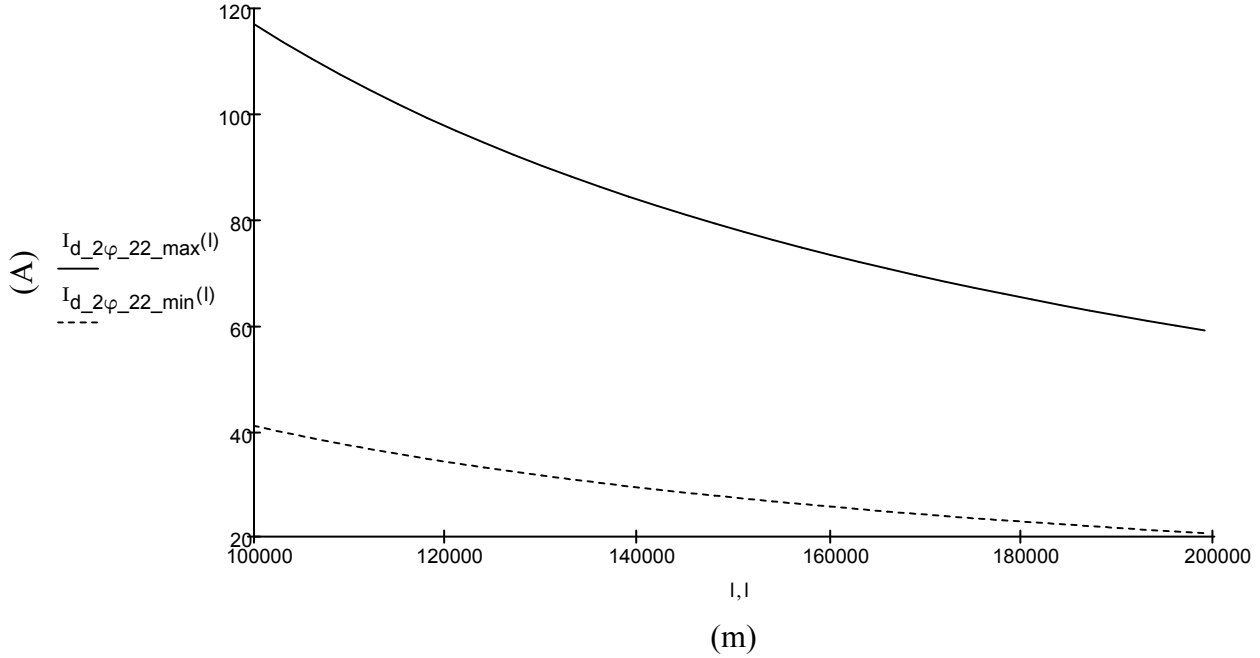
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\,\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\,\Omega$

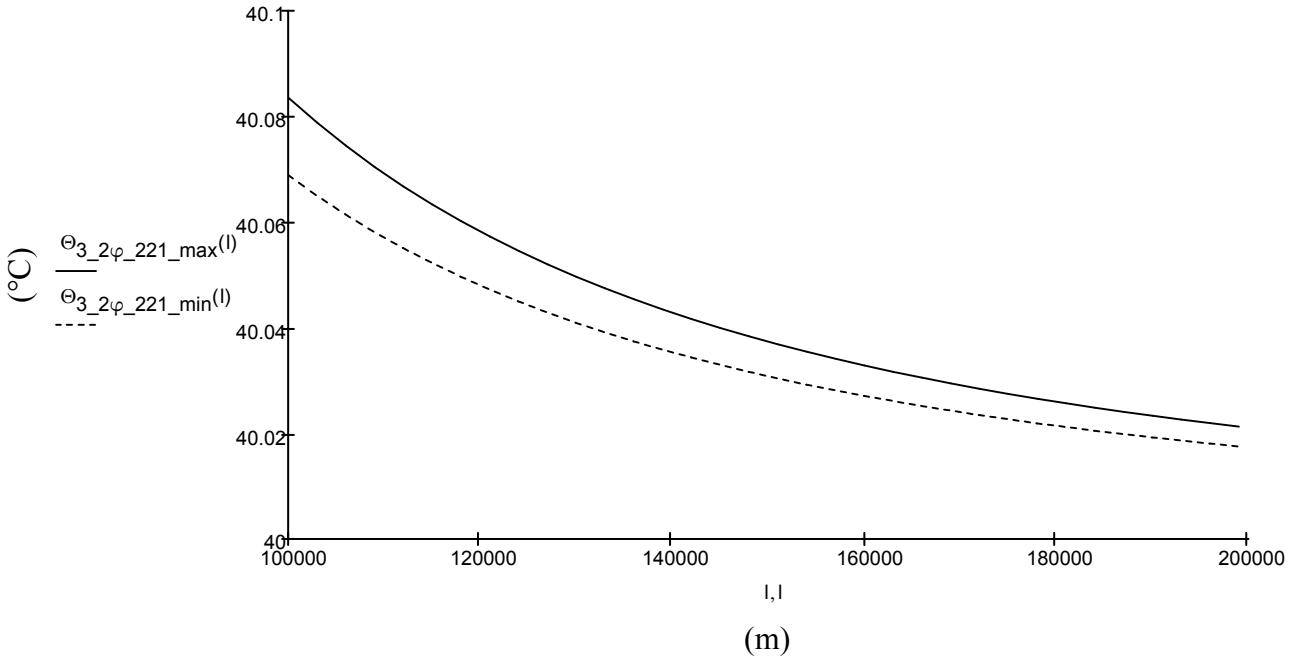
Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15\,s$



Διάγραμμα 3.1.4-3:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του διαρκούς ρεύματος βραχυκύκλωσης συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης(το διάγραμμα αυτό δεν εξαρτάται από τον χρόνο διακοπής του διακόπτη).



Διάγραμμα 3.1.4-4:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_1 = 0.15 s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_3φ _22 (A)	Id_3φ _22_max (A)	Id_3φ _22 _ min (A)	Θ3_3φ _222_max (°C)	Θ3_3φ _222_min (°C)
100	57,6	39,7	70,5	135,1	135,1	47,3	40,08	40,05
103	59,3	40,9	72,6	131,2	131,2	45,9	40,08	40,05
106	61,1	42,1	74,7	127,5	127,5	44,6	40,07	40,04
109	62,8	43,3	76,8	124,1	124,1	43,4	40,07	40,04
112	64,5	44,5	78,9	120,8	120,8	42,3	40,07	40,04
115	66,2	45,7	81,0	117,6	117,6	41,2	40,06	40,04
118	68,0	46,8	83,1	114,7	114,7	40,1	40,06	40,04
121	69,7	48,0	85,2	111,8	111,8	39,1	40,06	40,03
124	71,4	49,2	87,3	109,1	109,1	38,2	40,05	40,03
127	73,2	50,4	89,4	106,6	106,6	37,3	40,05	40,03
130	74,9	51,6	91,5	104,1	104,1	36,4	40,05	40,03
133	76,6	52,8	93,6	101,8	101,8	35,6	40,05	40,03
136	78,3	54,0	95,7	99,6	99,6	34,8	40,04	40,03
139	80,1	55,2	97,8	97,4	97,4	34,1	40,04	40,03
142	81,8	56,4	99,9	95,4	95,4	33,4	40,04	40,02
145	83,5	57,6	102,0	93,4	93,4	32,7	40,04	40,02
148	85,2	58,8	104,1	91,5	91,5	32,0	40,04	40,02
151	87,0	59,9	106,2	89,7	89,7	31,4	40,04	40,02
154	88,7	61,1	108,3	88,0	88,0	30,8	40,03	40,02
157	90,4	62,3	110,4	86,3	86,3	30,2	40,03	40,02
160	92,2	63,5	112,5	84,7	84,7	29,6	40,03	40,02
163	93,9	64,7	114,6	83,2	83,2	29,1	40,03	40,02
166	95,6	65,9	116,7	81,7	81,7	28,6	40,03	40,02
169	97,3	67,1	118,8	80,2	80,2	28,1	40,03	40,02
172	99,1	68,3	120,9	78,8	78,8	27,6	40,03	40,02
175	100,8	69,5	123,0	77,5	77,5	27,1	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,1	76,2	76,2	26,7	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,2	74,9	74,9	26,2	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,3	73,7	73,7	25,8	40,02	40,01
187	107,7	74,2	131,4	72,5	72,5	25,4	40,02	40,01
190	109,4	75,4	133,5	71,4	71,4	25,0	40,02	40,01
193	111,2	76,6	135,5	70,3	70,3	24,6	40,02	40,01
196	112,9	77,8	137,6	69,2	69,2	24,2	40,02	40,01
199	114,6	79,0	139,7	68,2	68,2	23,9	40,02	40,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-3:

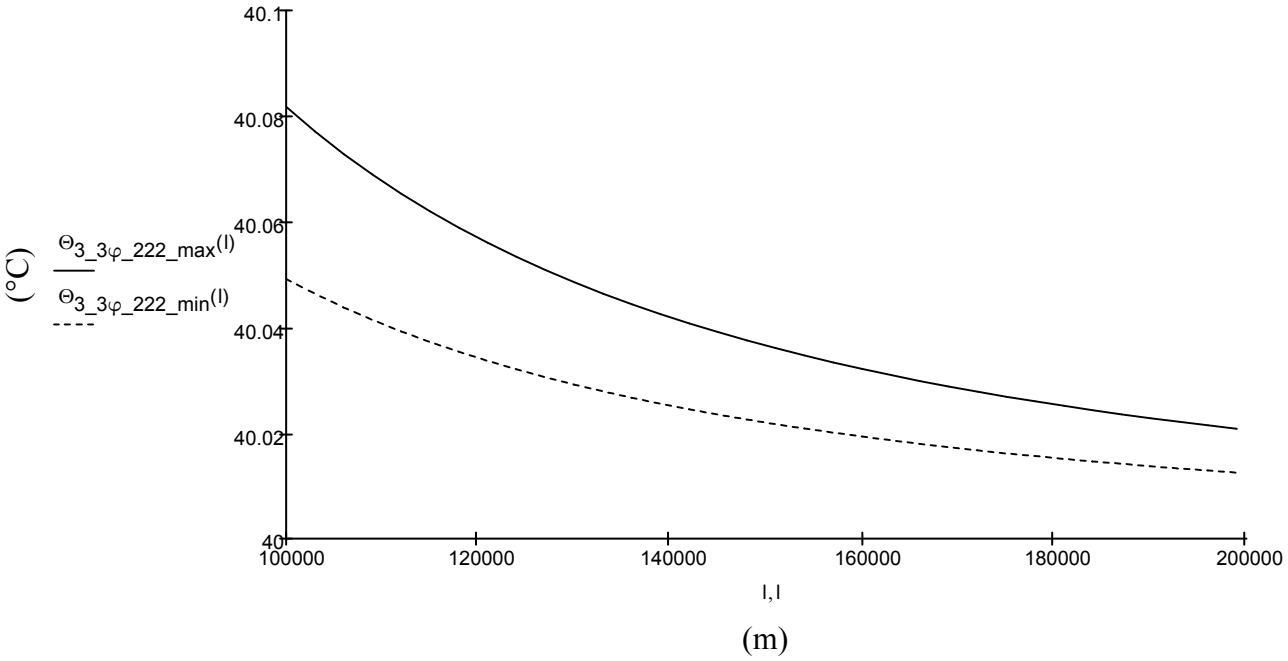
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25 s$



<u>Διάγραμμα 3.1.4-5:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\,\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_2φ _22 (A)	Id_2φ _22_max (A)	Id_2φ _22_ min (A)	Θ3_2φ _222_max (°C)	Θ3_2φ _222_min (°C)
100	57,6	39,7	70,5	117,0	117,0	41,0	40,09	40,07
103	59,3	40,9	72,6	113,7	113,7	39,8	40,09	40,07
106	61,1	42,1	74,7	110,5	110,5	38,7	40,08	40,06
109	62,8	43,3	76,8	107,4	107,4	37,6	40,08	40,06
112	64,5	44,5	78,9	104,6	104,6	36,6	40,08	40,06
115	66,2	45,7	81,0	101,9	101,9	35,7	40,07	40,05
118	68,0	46,8	83,1	99,3	99,3	34,8	40,07	40,05
121	69,7	48,0	85,2	96,9	96,9	33,9	40,06	40,05
124	71,4	49,2	87,3	94,5	94,5	33,1	40,06	40,05
127	73,2	50,4	89,4	92,3	92,3	32,3	40,06	40,04
130	74,9	51,6	91,5	90,2	90,2	31,6	40,06	40,04
133	76,6	52,8	93,6	88,2	88,2	30,9	40,05	40,04
136	78,3	54,0	95,7	86,2	86,2	30,2	40,05	40,04
139	80,1	55,2	97,8	84,4	84,4	29,5	40,05	40,04
142	81,8	56,4	99,9	82,6	82,6	28,9	40,05	40,04
145	83,5	57,6	102,0	80,9	80,9	28,3	40,05	40,03
148	85,2	58,8	104,1	79,3	79,3	27,7	40,04	40,03
151	87,0	59,9	106,2	77,7	77,7	27,2	40,04	40,03
154	88,7	61,1	108,3	76,2	76,2	26,7	40,04	40,03
157	90,4	62,3	110,4	74,8	74,8	26,2	40,04	40,03
160	92,2	63,5	112,5	73,4	73,4	25,7	40,04	40,03
163	93,9	64,7	114,6	72,0	72,0	25,2	40,04	40,03
166	95,6	65,9	116,7	70,7	70,7	24,8	40,03	40,03
169	97,3	67,1	118,8	69,5	69,5	24,3	40,03	40,02
172	99,1	68,3	120,9	68,3	68,3	23,9	40,03	40,02
175	100,8	69,5	123,0	67,1	67,1	23,5	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,1	66,0	66,0	23,1	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,2	64,9	64,9	22,7	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,3	63,8	63,8	22,3	40,03	40,02
187	107,7	74,2	131,4	62,8	62,8	22,0	40,03	40,02
190	109,4	75,4	133,5	61,8	61,8	21,6	40,03	40,02
193	111,2	76,6	135,5	60,9	60,9	21,3	40,03	40,02
196	112,9	77,8	137,6	59,9	59,9	21,0	40,02	40,02
199	114,6	79,0	139,7	59,0	59,0	20,7	40,02	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-4:

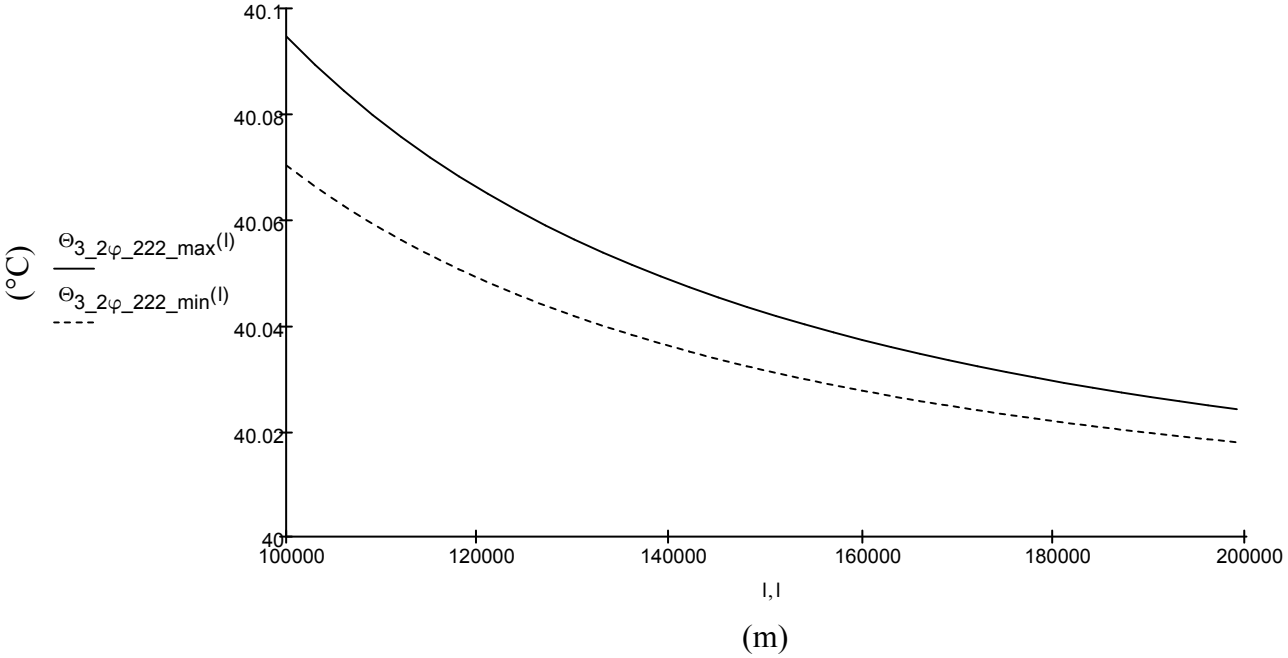
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\,\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.4-6:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_2 = 0.25\,s$

L (km)	$R_Γ$ (Ω)	$X_Γ$ (Ω)	$Z_Τ$ (Ω)	$I_{sw_3φ_22}$ (A)	$I_{d_3φ_22_max}$ (A)	$I_{d_3φ_22_min}$ (A)	$Θ_{3_3φ_223_max}$ (°C)	$Θ_{3_3φ_223_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	70,5	135,1	135,1	47,3	40,10	40,05
103	59,3	40,9	72,6	131,2	131,2	45,9	40,10	40,05
106	61,1	42,1	74,7	127,5	127,5	44,6	40,09	40,05
109	62,8	43,3	76,8	124,1	124,1	43,4	40,09	40,04
112	64,5	44,5	78,9	120,8	120,8	42,3	40,08	40,04
115	66,2	45,7	81,0	117,6	117,6	41,2	40,08	40,04
118	68,0	46,8	83,1	114,7	114,7	40,1	40,07	40,04
121	69,7	48,0	85,2	111,8	111,8	39,1	40,07	40,04
124	71,4	49,2	87,3	109,1	109,1	38,2	40,07	40,03
127	73,2	50,4	89,4	106,6	106,6	37,3	40,06	40,03
130	74,9	51,6	91,5	104,1	104,1	36,4	40,06	40,03
133	76,6	52,8	93,6	101,8	101,8	35,6	40,06	40,03
136	78,3	54,0	95,7	99,6	99,6	34,8	40,06	40,03
139	80,1	55,2	97,8	97,4	97,4	34,1	40,05	40,03
142	81,8	56,4	99,9	95,4	95,4	33,4	40,05	40,03
145	83,5	57,6	102,0	93,4	93,4	32,7	40,05	40,02
148	85,2	58,8	104,1	91,5	91,5	32,0	40,05	40,02
151	87,0	59,9	106,2	89,7	89,7	31,4	40,05	40,02
154	88,7	61,1	108,3	88,0	88,0	30,8	40,04	40,02
157	90,4	62,3	110,4	86,3	86,3	30,2	40,04	40,02
160	92,2	63,5	112,5	84,7	84,7	29,6	40,04	40,02
163	93,9	64,7	114,6	83,2	83,2	29,1	40,04	40,02
166	95,6	65,9	116,7	81,7	81,7	28,6	40,04	40,02
169	97,3	67,1	118,8	80,2	80,2	28,1	40,04	40,02
172	99,1	68,3	120,9	78,8	78,8	27,6	40,04	40,02
175	100,8	69,5	123,0	77,5	77,5	27,1	40,03	40,02
178	102,5	70,7	125,1	76,2	76,2	26,7	40,03	40,02
181	104,3	71,9	127,2	74,9	74,9	26,2	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,3	73,7	73,7	25,8	40,03	40,02
187	107,7	74,2	131,4	72,5	72,5	25,4	40,03	40,01
190	109,4	75,4	133,5	71,4	71,4	25,0	40,03	40,01
193	111,2	76,6	135,5	70,3	70,3	24,6	40,03	40,01
196	112,9	77,8	137,6	69,2	69,2	24,2	40,03	40,01
199	114,6	79,0	139,7	68,2	68,2	23,9	40,03	40,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-5:

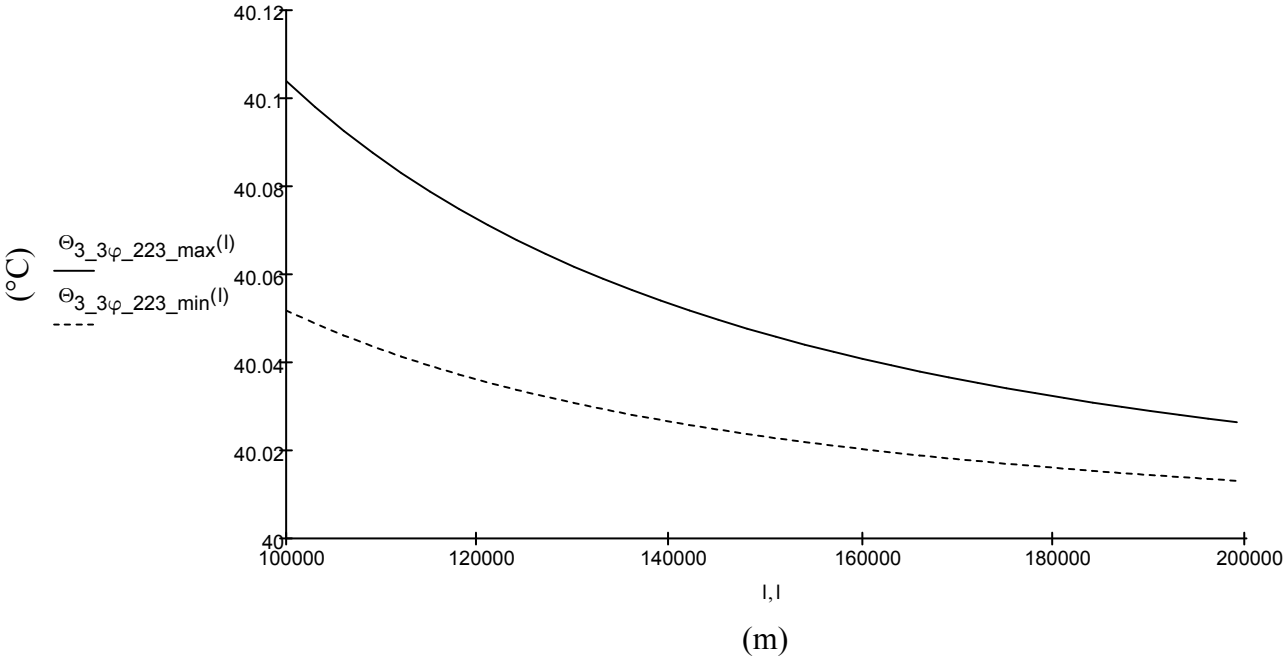
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{MΣ_22} = 0.027 Ω$, $X_{MΣ_22} = 0.9 Ω$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{Γ_km} = 0.576 \cdot \frac{Ω}{km}$, $X_{Γ_km} = 0.397 \cdot \frac{Ω}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$



<u>Διάγραμμα 3.1.4-7:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$

L (km)	$R_Γ$ (Ω)	$X_Γ$ (Ω)	$Z_Τ$ (Ω)	$I_{sw_2φ_22}$ (A)	$I_{d_2φ_22_max}$ (A)	$I_{d_2φ_22_min}$ (A)	$Θ_{3_2φ_223_max}$ (°C)	$Θ_{3_2φ_223_min}$ (°C)
100	57,6	39,7	70,5	117,0	117,0	41,0	40,11	40,07
103	59,3	40,9	72,6	113,7	113,7	39,8	40,11	40,07
106	61,1	42,1	74,7	110,5	110,5	38,7	40,10	40,06
109	62,8	43,3	76,8	107,4	107,4	37,6	40,09	40,06
112	64,5	44,5	78,9	104,6	104,6	36,6	40,09	40,06
115	66,2	45,7	81,0	101,9	101,9	35,7	40,08	40,05
118	68,0	46,8	83,1	99,3	99,3	34,8	40,08	40,05
121	69,7	48,0	85,2	96,9	96,9	33,9	40,08	40,05
124	71,4	49,2	87,3	94,5	94,5	33,1	40,07	40,05
127	73,2	50,4	89,4	92,3	92,3	32,3	40,07	40,04
130	74,9	51,6	91,5	90,2	90,2	31,6	40,07	40,04
133	76,6	52,8	93,6	88,2	88,2	30,9	40,06	40,04
136	78,3	54,0	95,7	86,2	86,2	30,2	40,06	40,04
139	80,1	55,2	97,8	84,4	84,4	29,5	40,06	40,04
142	81,8	56,4	99,9	82,6	82,6	28,9	40,06	40,04
145	83,5	57,6	102,0	80,9	80,9	28,3	40,05	40,03
148	85,2	58,8	104,1	79,3	79,3	27,7	40,05	40,03
151	87,0	59,9	106,2	77,7	77,7	27,2	40,05	40,03
154	88,7	61,1	108,3	76,2	76,2	26,7	40,05	40,03
157	90,4	62,3	110,4	74,8	74,8	26,2	40,05	40,03
160	92,2	63,5	112,5	73,4	73,4	25,7	40,04	40,03
163	93,9	64,7	114,6	72,0	72,0	25,2	40,04	40,03
166	95,6	65,9	116,7	70,7	70,7	24,8	40,04	40,03
169	97,3	67,1	118,8	69,5	69,5	24,3	40,04	40,03
172	99,1	68,3	120,9	68,3	68,3	23,9	40,04	40,02
175	100,8	69,5	123,0	67,1	67,1	23,5	40,04	40,02
178	102,5	70,7	125,1	66,0	66,0	23,1	40,04	40,02
181	104,3	71,9	127,2	64,9	64,9	22,7	40,03	40,02
184	106,0	73,0	129,3	63,8	63,8	22,3	40,03	40,02
187	107,7	74,2	131,4	62,8	62,8	22,0	40,03	40,02
190	109,4	75,4	133,5	61,8	61,8	21,6	40,03	40,02
193	111,2	76,6	135,5	60,9	60,9	21,3	40,03	40,02
196	112,9	77,8	137,6	59,9	59,9	21,0	40,03	40,02
199	114,6	79,0	139,7	59,0	59,0	20,7	40,03	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-6:

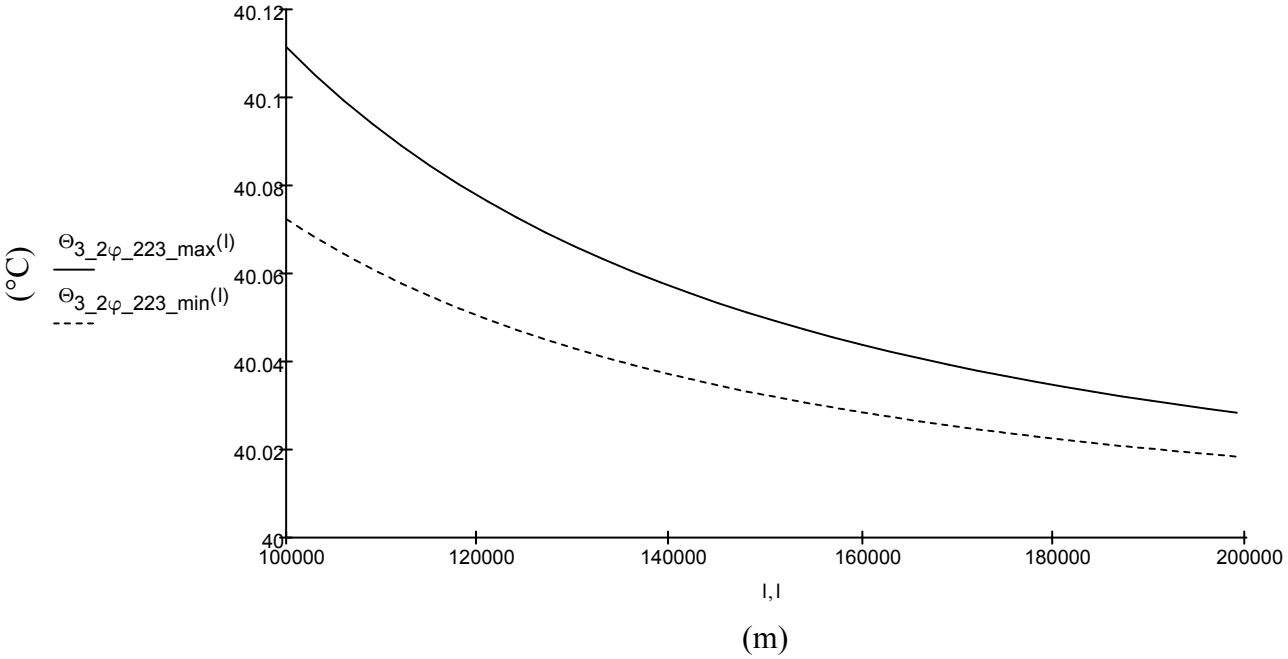
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ : 150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{MΣ_22} = 0.027 Ω$, $X_{MΣ_22} = 0.9 Ω$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{Γ_km} = 0.576 \cdot \frac{Ω}{km}$, $X_{Γ_km} = 0.397 \cdot \frac{Ω}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4 s$



<u>Διάγραμμα 3.1.4-8:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_3 = 0.4\,s$

L (km)	Rr (Ω)	Xr (Ω)	Zr (Ω)	Isw_3φ _22 (A)	Id_3φ _22_max (A)	Id_3φ _22_ min (A)	Θ3_3φ _224_max (°C)	Θ3_3φ _224_min (°C)
100	57,6	39,7	70,5	135,1	135,1	47,3	40,19	40,06
103	59,3	40,9	72,6	131,2	131,2	45,9	40,18	40,06
106	61,1	42,1	74,7	127,5	127,5	44,6	40,17	40,06
109	62,8	43,3	76,8	124,1	124,1	43,4	40,16	40,05
112	64,5	44,5	78,9	120,8	120,8	42,3	40,15	40,05
115	66,2	45,7	81,0	117,6	117,6	41,2	40,15	40,05
118	68,0	46,8	83,1	114,7	114,7	40,1	40,14	40,05
121	69,7	48,0	85,2	111,8	111,8	39,1	40,13	40,04
124	71,4	49,2	87,3	109,1	109,1	38,2	40,13	40,04
127	73,2	50,4	89,4	106,6	106,6	37,3	40,12	40,04
130	74,9	51,6	91,5	104,1	104,1	36,4	40,11	40,04
133	76,6	52,8	93,6	101,8	101,8	35,6	40,11	40,04
136	78,3	54,0	95,7	99,6	99,6	34,8	40,10	40,03
139	80,1	55,2	97,8	97,4	97,4	34,1	40,10	40,03
142	81,8	56,4	99,9	95,4	95,4	33,4	40,10	40,03
145	83,5	57,6	102,0	93,4	93,4	32,7	40,09	40,03
148	85,2	58,8	104,1	91,5	91,5	32,0	40,09	40,03
151	87,0	59,9	106,2	89,7	89,7	31,4	40,09	40,03
154	88,7	61,1	108,3	88,0	88,0	30,8	40,08	40,03
157	90,4	62,3	110,4	86,3	86,3	30,2	40,08	40,03
160	92,2	63,5	112,5	84,7	84,7	29,6	40,08	40,02
163	93,9	64,7	114,6	83,2	83,2	29,1	40,07	40,02
166	95,6	65,9	116,7	81,7	81,7	28,6	40,07	40,02
169	97,3	67,1	118,8	80,2	80,2	28,1	40,07	40,02
172	99,1	68,3	120,9	78,8	78,8	27,6	40,07	40,02
175	100,8	69,5	123,0	77,5	77,5	27,1	40,06	40,02
178	102,5	70,7	125,1	76,2	76,2	26,7	40,06	40,02
181	104,3	71,9	127,2	74,9	74,9	26,2	40,06	40,02
184	106,0	73,0	129,3	73,7	73,7	25,8	40,06	40,02
187	107,7	74,2	131,4	72,5	72,5	25,4	40,06	40,02
190	109,4	75,4	133,5	71,4	71,4	25,0	40,05	40,02
193	111,2	76,6	135,5	70,3	70,3	24,6	40,05	40,02
196	112,9	77,8	137,6	69,2	69,2	24,2	40,05	40,02
199	114,6	79,0	139,7	68,2	68,2	23,9	40,05	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-7:

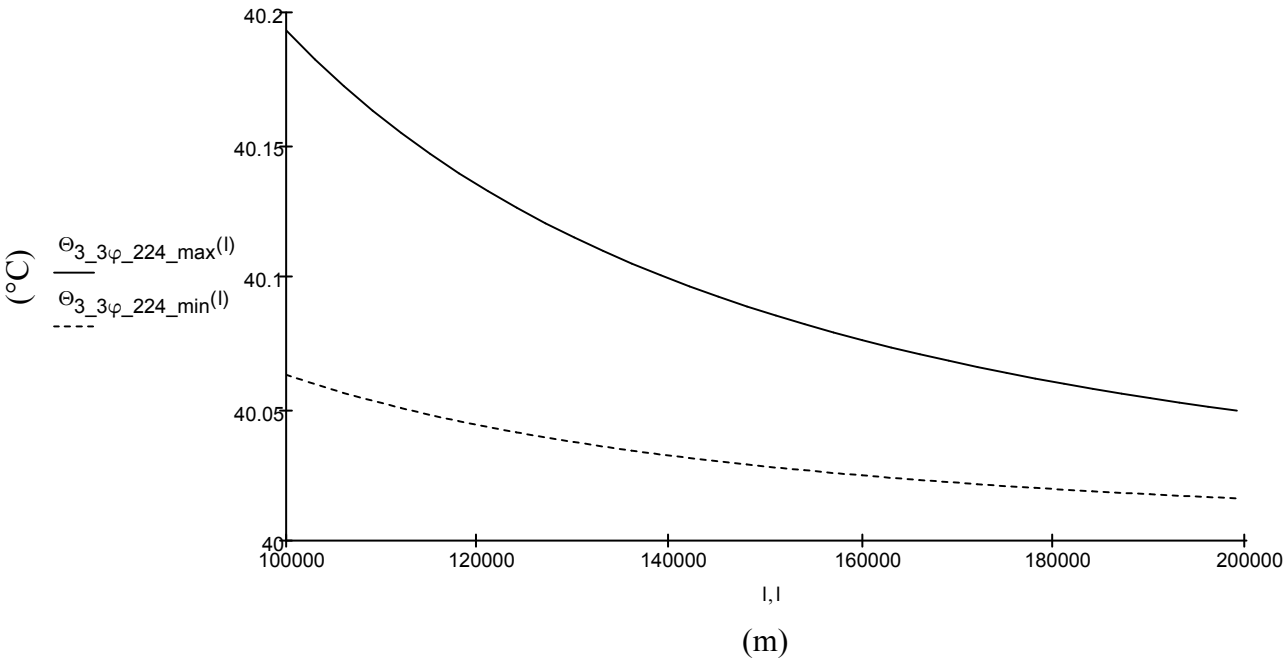
Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ : 150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



Διάγραμμα 3.1.4-9:Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Τριφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (3φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\,\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\,\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

L (km)	Rγ (Ω)	Xγ (Ω)	Zτ (Ω)	Isw_2φ _22 (A)	Id_2φ _22_max (A)	Id_2φ _22_ min (A)	Θ3_2φ _224_max (°C)	Θ3_2φ _224_min (°C)
100	57,6	39,7	70,5	117,0	117,0	41,0	40,18	40,08
103	59,3	40,9	72,6	113,7	113,7	39,8	40,17	40,08
106	61,1	42,1	74,7	110,5	110,5	38,7	40,16	40,07
109	62,8	43,3	76,8	107,4	107,4	37,6	40,15	40,07
112	64,5	44,5	78,9	104,6	104,6	36,6	40,14	40,06
115	66,2	45,7	81,0	101,9	101,9	35,7	40,14	40,06
118	68,0	46,8	83,1	99,3	99,3	34,8	40,13	40,06
121	69,7	48,0	85,2	96,9	96,9	33,9	40,12	40,06
124	71,4	49,2	87,3	94,5	94,5	33,1	40,12	40,05
127	73,2	50,4	89,4	92,3	92,3	32,3	40,11	40,05
130	74,9	51,6	91,5	90,2	90,2	31,6	40,11	40,05
133	76,6	52,8	93,6	88,2	88,2	30,9	40,10	40,05
136	78,3	54,0	95,7	86,2	86,2	30,2	40,10	40,04
139	80,1	55,2	97,8	84,4	84,4	29,5	40,09	40,04
142	81,8	56,4	99,9	82,6	82,6	28,9	40,09	40,04
145	83,5	57,6	102,0	80,9	80,9	28,3	40,09	40,04
148	85,2	58,8	104,1	79,3	79,3	27,7	40,08	40,04
151	87,0	59,9	106,2	77,7	77,7	27,2	40,08	40,04
154	88,7	61,1	108,3	76,2	76,2	26,7	40,08	40,03
157	90,4	62,3	110,4	74,8	74,8	26,2	40,07	40,03
160	92,2	63,5	112,5	73,4	73,4	25,7	40,07	40,03
163	93,9	64,7	114,6	72,0	72,0	25,2	40,07	40,03
166	95,6	65,9	116,7	70,7	70,7	24,8	40,07	40,03
169	97,3	67,1	118,8	69,5	69,5	24,3	40,06	40,03
172	99,1	68,3	120,9	68,3	68,3	23,9	40,06	40,03
175	100,8	69,5	123,0	67,1	67,1	23,5	40,06	40,03
178	102,5	70,7	125,1	66,0	66,0	23,1	40,06	40,03
181	104,3	71,9	127,2	64,9	64,9	22,7	40,05	40,02
184	106,0	73,0	129,3	63,8	63,8	22,3	40,05	40,02
187	107,7	74,2	131,4	62,8	62,8	22,0	40,05	40,02
190	109,4	75,4	133,5	61,8	61,8	21,6	40,05	40,02
193	111,2	76,6	135,5	60,9	60,9	21,3	40,05	40,02
196	112,9	77,8	137,6	59,9	59,9	21,0	40,05	40,02
199	114,6	79,0	139,7	59,0	59,0	20,7	40,05	40,02

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.4-8:

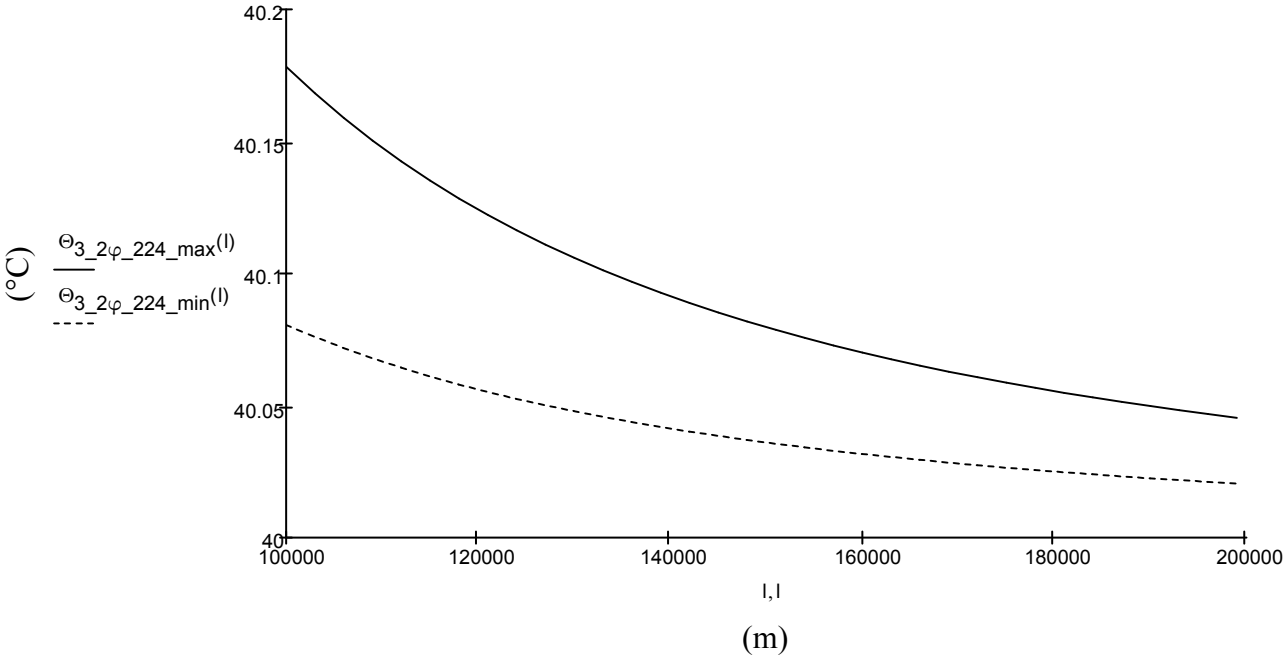
Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$



<u>Διάγραμμα 3.1.4-10:</u>Μεταβολή της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας μετά το τρίτο on - off του διακόπτη συναρτήσει του σημείου βραχυκύκλωσης.

Διφασικό βραχυκύκλωμα στον αέρα (2φ)

Μ/Σ :150 kV / $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$, $R_{M\Sigma_22} = 0.027\Omega$, $X_{M\Sigma_22} = 0.9\Omega$

Αγωγός : $ACSR = 35 \cdot mm^2$, $R_{\Gamma_km} = 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$, $X_{\Gamma_km} = 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$

Πραγματική διατομή του αγωγού : $A_{35} = 57.6 \cdot mm^2$

Χρόνος διακοπής του διακόπτη : $t_4 = 1\,s$

3.2 Διηλεκτρική συμπεριφορά της γραμμής μέσης τάσης από αγωγό $ACSR := 35mm^2$

3.2.1 Μέγιστη και ελάχιστη πεδιακή ένταση έναρξης μερικών εκκενώσεων

Ακτίνα αγωγού : $r := 5.16\ mm$

Σχετική πυκνότητα αέρα : $\delta_{max} := 0.98$ **και** $\delta_{min} := 0.92$

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

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

Συντελεστής υγρασίας: $m_{2_max} := 1$ **για ξηρασία και** $m_{2_min} := 0.8$ **σε περίπτωση βροχής**

Μέγιστη πεδιακή ένταση έναρξης μερικών εκκενώσεων :

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

$$E_{a_max} = 30.99 \cdot \frac{kV}{cm}$$

Ελάχιστη πεδιακή ένταση έναρξης μερικών εκκενώσεων:

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

$$E_{a_min} = 20.85 \cdot \frac{kV}{cm}$$

3.2.2 Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση (E_{max}) σε αγωγούς($r := 5.16 \cdot mm$)

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

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

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

Η γεωμετρική σταθερά ,όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα , προκύπτει πάντα $P_d > 19.6$. Άρα για τον υπολογισμό του συντελεστή χρησιμοποίησης n_d χρησιμοποιείται η 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** $U_{N1} := 20kV$ **:** $E_{max_d_N1} := \frac{U_{N1}}{diag(d) \cdot n_d}$

Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση E_{max} **για** $U_{N2} := 15kV$ **:** $E_{max_d_N2} := \frac{U_{N2}}{diag(d) \cdot n_d}$

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 3.2.2-1:Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση μεταξύ αγωγών.

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

Απόσταση μεταξύ αγωγού και γης : $h := \begin{pmatrix} 2.5 \\ 4.5 \\ 7.5 \\ 8 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{pmatrix} \cdot m$

Γεωμετρική σταθερά για την περίπτωση κυλίνδρου-πλάκας : $P_h := \frac{r + h}{r}$

Η γεωμετρική σταθερά , όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα , προκύπτει πάντα $P_h > 19.6$. Άρα για τον υπολογισμό του συντελεστή χρησιμοποίησης n_h χρησιμοποιείται η 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** $U_{N1} := 20kV$ **:** $E_{max_h_N1} := \frac{U_{N1}}{diag(h) \cdot n_h}$

Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση E_{max} **για** $U_{N2} := 15kV$ **:** $E_{max_h_N2} := \frac{U_{N2}}{diag(h) \cdot n_h}$

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 3.2.2-2:Μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση μεταξύ αγωγού και γης.

4.Συμπεράσματα

4.1 Θερμική συμπεριφορά

Παρατηρώντας τους πίνακες (3.1.1-1 έως 3.1.1-8, 3.1.2-1 έως 3.1.2-8, 3.1.3-1 έως 3.1.3-8 και 3.1.4-1 έως 3.1.4-8) και τα διαγράμματα (3.1.1-1 έως 3.1.1-10, 3.1.2-1 έως 3.1.2-10, 3.1.3-1 έως 3.1.3-10 και 3.1.4-1 έως 3.1.4-10) γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στον αγωγό , σε κάθε περίπτωση σφάλματος, δεν ξεπερνά την προδιαγραφή για την οριακή θερμοκρασία ,πολύ δε περισσότερο δεν δημιουργούνται τήγματα μετάλλου από τους αγωγούς .Αυτό σημαίνει ότι για την περίπτωση της συγκεκριμένης μελέτης (από το 100km έως 200km) δεν υπάρχει κανένα απολύτως πρόβλημα .

Το που υπάρχει πρόβλημα μπορεί εύκολα να μελετηθεί με την βοήθεια του mathcad (γι΄ αυτό το λόγο έχουν γραφεί όλες οι εξισώσεις στο mathcad §Π.2 συναρτήσει του σημείου στο οποίο γίνεται το βραχυκύκλωμα (l)).

Αυτό που πρέπει να γίνει είναι να εξισωθεί η προδιαγραφή για την οριακή θερμοκρασία με την θερμοκρασία που αναπτύσσεται μετά το 3° on-off ($\Theta_3(l)$ συναρτήσει του l),για κάθε περίπτωση σφάλματος .Η λύση της εξίσωσης δίνει την κρίσιμη τιμή του μήκους (l_c) που η θερμοκρασία αγγίζει την προδιαγραφή . Τα αποτελέσματα για κάθε περίπτωση φαίνονται στο παράρτημα (§Π.3) .Πρέπει να σημειωθεί , ότι οι εξισώσεις από τις οποίες δεν προκύπτει λύση δείχνουν ότι δεν υπάρχει σημείο σφάλματος που η θερμοκρασία να υπερβαίνει το επιτρεπτό όριο.

Με βάση την §Π.3 και με δεδομένο ότι δεν γίνεται να μεταβληθεί η διατομή του αγωγού (στα πρώτα km) προκύπτει ***πως η γραμμή διατομής 35 mm^2 ισοδύναμου χαλκού ενδείκνυται μόνο για τις περιπτώσεις:***

α)Περίπτωση U_{N1}=20 kV και S_{N1}=25 MVA για χρόνους διακοπής του διακόπτη t_1=0.15 s ,t_2=0.25 s και t_3=0.40 s δηλαδή περιπτώσεις 111,112 και 113

β)Περίπτωση U_{N2}=15 kV και S_{N1}=25 MVA για χρόνο διακοπής του διακόπτη t_1=0.15 s δηλαδή περίπτωση 211.

Σε κάθε άλλη περίπτωση υπάρχει κίνδυνος η θερμοκρασία να φτάσει την οριακή τιμή της .Η χειρότερη περίπτωση για το κρίσιμο μήκος του αγωγού πριν το οποίο αν γίνει σφάλμα η θερμοκρασία θα ξεπεράσει την οριακή της τιμή, είναι η (124) δηλαδή για U_{N1}=20 kV , S_{N2}=50 MVA και t_4=1.00 s .Στην περίπτωση αυτή το οριακό μήκος (l_c) είναι 3.284 km.

Αν τώρα υποτεθεί ότι το μόνο που μπορεί να μεταβληθεί είναι η διατομή του αγωγού, τότε πρέπει να αυξηθεί για τουλάχιστον 3.284 km (δηλαδή μέχρι τον πρώτο στύλο μετά τα πρώτα 3.284 km).Με την βοήθεια του mathcad κάνοντας πειραματισμούς μεταξύ των συνηθέστερων αγωγών διανομής ΜΤ και με δεδομένο ότι η ΔΕΗ στη γραμμή κορμού χρησιμοποιεί συνήθως αγωγούς 95mm^2 ισοδύναμου χαλκού (§1.2) , προτείνεται αύξηση της διατομής του αγωγού από 35 mm^2 σε 95mm^2 για τα πρώτα τουλάχιστον 3.284 km.

Πραγματοποιώντας την ίδια διαδικασία όπως §Π.3 στο mathcad, χρησιμοποιώντας όμως τον παρακάτω πίνακα δεδομένων

Είδος αγωγού	R_{Γ_km} (Ω/km)	X_{Γ_km} (Ω/km)	A_{95} (mm^2)
ACSR ισοδύναμος με Cu 95 mm^2 (μόνο για ΜΤ)	0.215	0.334	156

Πίνακας 4.1-1: Χαρακτηριστικά αγωγού ACSR ισοδύναμος με Cu 95 mm^2 (μόνο για ΜΤ)

προκύπτει με βάση την §Π.4 ότι πρόβλημα υπάρχει μόνο στην περίπτωση (224) δηλαδή για U_{N2}=15 kV , S_{N2}=50 MVA και t_4=1.00 s.

Έτσι , δεν θα υπάρχει κανένα απολύτως πρόβλημα ,αν καταργηθεί ο χρόνο διακοπής t_4=1.00 s για την περίπτωση που U_{N2}=15 kV και S_{N2}=50 MVA (22) και αυξηθεί στα πρώτα τουλάχιστον 3.284 km η διατομή του αγωγού από 35 mm^2 σε 95 mm^2.Στην πράξη επειδή εξετάζονται ακραίες καταστάσεις το ρίσκο, για ανάπτυξη θερμοκρασίας περάν του ορίου προδιαγραφής ,είναι πολύ μικρό ακόμη και για την περίπτωση (224). ***Με βάση τα δεδομένα της μελέτης και με αύξηση της διατομής του αγωγού στα πρώτα τουλάχιστον 3.284 km από 35 mm^2 σε 95 mm^2 ισοδύναμου χαλκού , μπορεί να επιτευχτεί πλήρης (πρακτικά) προστασία του συγκεκριμένου δικτύου έναντι θερμικών καταπονήσεων.***

Συνολικά, μπορεί κάνεις να πει , ότι με βάση τεχνοοικονομικά κριτήρια θα πρέπει να επιλεχτεί κατάλληλος συνδυασμός διατομής (Αύξηση) και χρόνου διακοπής (Μείωση) ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα ανάπτυξης θερμοκρασίας στον αγωγό, μετά από σφάλμα ,πέραν της προδιαγραφής για την οριακή του θερμοκρασία.

4.2 Διηλεκτρική συμπεριφορά

Όσον αφορά την διηλεκτρική συμπεριφορά παρατηρώντας τους πίνακες (3.2.2-1 και 3.2.2-2) προκύπτει ότι σε καμιά περίπτωση η μέγιστη ηλεκτρική πεδιακή ένταση δεν ξεπερνά (μάλιστα είναι αρκετές φορές μικρότερη) την ελάχιστη πεδιακή ένταση έναρξης μερικών εκκενώσεων. Συνεπώς αποκλείεται η εκδήλωση σπινθηρισμών ή άλλων μορφών μερικών εκκενώσεων.

Παράρτημα

Π.1 Σχέση υπολογισμού της αύξησης της θερμοκρασίας με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα IEC 60909-0,1

Όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο §1.3 η αύξηση της θερμοκρασίας δίνεται από τη σχέση (1.3.6) :

$$\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot I^2 \cdot t$$

με $I = \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \int_0^t i(\tau)^2 d\tau} \Rightarrow \boxed{\mathbf{I^2 \cdot t = \int_0^t i(\tau)^2 d\tau}}$ (Π. 1.1)

Όπου

t : ο χρόνος από την εμφάνιση μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος.

Άρα η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$\boxed{\mathbf{\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot \int_0^t i(\tau)^2 d\tau}} \quad (\Pi.\ 1.2)$$

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης συναρτήσει του χρόνου με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα IEC 60909-0,1 ,για βραχυκύκλωμα «μακριά από γεννήτρια» (προσέγγιση που είναι αποδεκτή αφού η μελέτη έχει να κάνει με δίκτυο διανομής μέσης τάσης που γενικά θεωρείται «μακριά από γεννήτριες») και για γωνία τάσης $\varphi_u = 0°$ (η γωνία της τάσης στην οποία συμβαίνει το βραχυκύκλωμα μπορεί να θεωρηθεί μηδενική γιατί η μεταβολή αυτής δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης) δίνεται από τη σχέση:

$$\boxed{\mathbf{i_k(t) = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot \left[(\cos(\omega \cdot t) - e^{-\frac{t}{T_{aN}}}\right]}} \qquad (\Pi.1.3)$$

Όπου:

$i_k(t)$: Το ρεύμα βραχυκύκλωσης συναρτήσει του χρόνου.

I_k'' : Το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (αντίστοιχο του I_{SW}).

T_{aN} : Χρονική σταθερά η οποία προσεγγίζεται ικανοποιητικά από τη σχέση $(\Pi.1.4)$

$$\frac{R}{X} \approx \frac{1}{\omega \cdot T_{aN}} \Rightarrow \boxed{\mathbf{T_{aN} \approx \frac{X}{R} \cdot \frac{1}{\omega}}} \qquad (\Pi.1.4)$$

Όπου

R : ωμική αντίσταση μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης

X : επαγωγική αντίδραση μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ γωνιακή συχνότητα

Αντικαθιστώντας την σχέση $(\Pi.1.3)$ στην $(\Pi.1.2)$ έχουμε:

$$\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot \int_0^t \left[\sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot (\cos(\omega \cdot \tau) - e^{-\frac{\tau}{T_{aN}}})\right]^2 d\tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\Theta = \frac{2 \cdot k}{A^2} \cdot I_k''^2 \cdot \int_0^t \left(\cos^2(\omega \cdot \tau) + e^{-\frac{2 \cdot \tau}{T_{aN}}} - 2 \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{aN}}} \cdot \cos(\omega \cdot \tau)\right) d\tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\Theta = \frac{2 \cdot k}{A^2} \cdot I_k''^2 \cdot \int_0^t \left(\frac{1 + \cos(2 \cdot \omega \cdot \tau)}{2} + e^{-\frac{2 \cdot \tau}{T_{aN}}} - 2 \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{aN}}} \cdot \cos(\omega \cdot \tau)\right) d\tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot I_k''^2 \cdot \int_0^t \left(1 + \cos(2 \cdot \omega \cdot \tau) + 2 \cdot e^{-\frac{2 \cdot \tau}{T_{aN}}} - 4 \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{aN}}} \cdot \cos(\omega \cdot \tau)\right) d\tau$$

Οι όροι που περιέχουν ω ($\cos(\omega t)$ και $\cos(2\omega t)$) μπορούν να αγνοηθούν γιατί η συνεισφορά τους στην αύξηση της θερμοκρασίας είναι πολύ μικρή ,άρα:

$$\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot {I_k}''^2 \cdot \int_0^t \left(1 + 2 \cdot e^{-\frac{2\cdot\tau}{T_{aN}}}\right) d\tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot {I_k}''^2 \cdot \left[(t + T_{aN}) - T_{aN} \cdot e^{-\frac{2\cdot t}{T_{aN}}}\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot {I_k}''^2 \cdot \left[t + T_{aN} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2\cdot t}{T_{aN}}}\right)\right] \xRightarrow{(\Pi.1.4)}$$

$$\boxed{\boldsymbol{\Delta\Theta = \frac{k}{A^2} \cdot {I_k}''^2 \cdot \left[t + \frac{X}{\omega \cdot R} \cdot \left(1 - e^{-2\cdot\frac{R}{X}\cdot\omega\cdot t}\right)\right]}} \qquad (\Pi.1.5)$$

Η σχέση $(\Pi.1.5)$ αποτελεί μια πρόταση για τον υπολογισμό της αύξησης της θερμοκρασίας σε περίπτωση βραχυκυκλώματος σε δίκτυο διανομής μέσης τάσης και γενικά κάθε δικτύου το οποίο μπορεί να θεωρηθεί «μακριά από γεννήτριες» .

Π.2 Θερμική συμπεριφορά της γραμμής μέσης τάσης από αγωγό $ACSR := 35mm^2$

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

- **Πραγματική διατομή του αγωγού :** $A_{35} := 57.6mm^2$
- **Ωμική αντίσταση γραμμής ανά km :** $R_{\Gamma_km} := 0.576 \cdot \frac{\Omega}{km}$
- **Επαγωγική αντίδραση γραμμής ανά km :** $X_{\Gamma_km} := 0.397 \cdot \frac{\Omega}{km}$
- **(l) το σημείο στο οποίο γίνεται το βραχυκύκλωμα :** $l := 100 \cdot km, 103 \cdot km .. 200 \cdot km$
- **Ωμική αντίσταση της γραμμής :** $R_\Gamma(l) := R_{\Gamma_km} \cdot l$
- **Επαγωγική αντίδραση της γραμμής :** $X_\Gamma(l) := X_{\Gamma_km} \cdot l$
- **Σύνθετη αντίσταση της γραμμής :** $Z_\Gamma(l) := R_\Gamma(l) + i \cdot X_\Gamma(l)$
- **Χρόνοι διακοπής του διακόπτη , από την εμφάνιση μέχρι τη διακοπή του βραχυκυκλώματος :** $t_1 := 0.15s$, $t_2 := 0.25s$, $t_3 := 0.40s$ **και** $t_4 := 1.00s$
- **Συντελεστής χρόνου για τριφασικό βραχυκύκλωμα :** $T_{3\varphi} := 0.3s$
- **Συντελεστής χρόνου για διφασικό βραχυκύκλωμα :** $T_{2\varphi} := 0.6s$
- **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 :** $\Theta_N := 40\ °C$
- **Ονομαστικές τάσεις δευτερεύοντος του Μ/Σ :** $U_{N1} := 20kV$ **και** $U_{N2} := 15kV$

$MVA := 1000kV \cdot A$

- **Ονομαστικές τιμές ισχύος των Μ/Σ :** $S_{N1} := 25MVA$ **και** $S_{N2} := 50MVA$
- **Συντελεστής που μέσω αυτού λαμβάνεται πρακτικά πόσο απέχει το βραχυκύκλωμα από τη γεννήτρια. Ο συντελεστής αυτός είναι μονάδα στην περίπτωση που η γεννήτρια θεωρηθεί πολύ μακριά από το βραχυκύκλωμα :** $\mu_{d_max} := 1$ **και** $\mu_{d_min} := 0.35$
- **Θερμική αγωγιμότητα του αλουμινίου (Al) :** $\kappa := 0.0135 \cdot \frac{mm^4}{A^2 \cdot s}\ °C$

Προδιαγραφή: Οριακή θερμοκρασία για αγωγούς αλουμινίου (Al) είναι: $\Theta_{o\rho_Al} := 180\ °C$

1) ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ $U_{N1} = 20 \cdot kV$ και $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ (11)

- **Ωμική αντίσταση Μ/Σ :** $R_{M\Sigma_11} := u_r \cdot \frac{U_{N1}^2}{S_{N1}}$ $R_{M\Sigma_11} = 0.096\,\Omega$

- **Επαγωγική αντίδραση Μ/Σ :** $X_{M\Sigma_11} := \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \cdot \frac{U_{N1}^2}{S_{N1}}$ $X_{M\Sigma_11} = 3.199\,\Omega$

- **Σύνθετη αντίσταση Μ/Σ :** $Z_{M\Sigma_11} := R_{M\Sigma_11} + i \cdot X_{M\Sigma_11}$ $Z_{M\Sigma_11} = (0.096 + 3.199i)\,\Omega$

- **Συνολική σύνθετη αντίσταση Z_Σ μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης :** $Z_{\Sigma_11}(l) := Z_{M\Sigma_11} + Z_\Gamma(l)$

- **Εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης :**

3φ: $I_{sw_3\varphi_11}(l) := \frac{1.1 \cdot U_{N1}}{\sqrt{3} \cdot \left|Z_{\Sigma_11}(l)\right|}$

2φ: $I_{sw_2\varphi_11}(l) := \frac{1.1 \cdot U_{N1}}{2 \cdot \left|Z_{\Sigma_11}(l)\right|}$

- **Διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης :**

3φ: $I_{d_3\varphi_11_max}(l) := I_{sw_3\varphi_11}(l) \cdot \mu_{d_max}$ $I_{d_3\varphi_11_min}(l) := I_{sw_3\varphi_11}(l) \cdot \mu_{d_min}$

2φ: $I_{d_2\varphi_11_max}(l) := I_{sw_2\varphi_11}(l) \cdot \mu_{d_max}$ $I_{d_2\varphi_11_min}(l) := I_{sw_2\varphi_11}(l) \cdot \mu_{d_min}$

1) Χρόνος διακοπής του διακόπτη: $t_1 = 0.15\,s$

- **Μέγιστη και ελάχιστη αύξηση θερμοκρασίας ανάλογα με το συντελεστή μ_d :**

3φ: $\Delta\Theta_{3\varphi_111_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_1 + T_{3\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{3\varphi_111_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_1 + T_{3\varphi}\right)$

2φ: $\Delta\Theta_{2\varphi_111_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_1 + T_{2\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{2\varphi_111_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_1 + T_{2\varphi}\right)$

- **Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία μετά το τρίτο on-off του διακόπτη:**

3φ: $\Theta_{3_3\varphi_111_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_111_max}(l)$

$\Theta_{3_3\varphi_111_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_111_min}(l)$

2φ: $\Theta_{3_2\varphi_111_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_111_max}(l)$

$\Theta_{3_2\varphi_111_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_111_min}(l)$

2) Χρόνος διακοπής του διακόπτη: $t_2 = 0.25\,s$

- **Μέγιστη και ελάχιστη αύξηση θερμοκρασίας ανάλογα με το συντελεστή μ_d :**

3φ: $\Delta\Theta_{3\varphi_112_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_2 + T_{3\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{3\varphi_112_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_2 + T_{3\varphi}\right)$

2φ: $\Delta\Theta_{2\varphi_112_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_2 + T_{2\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{2\varphi_112_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_2 + T_{2\varphi}\right)$

- **Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία μετά το τρίτο on-off του διακόπτη:**

3φ: $\Theta_{3_3\varphi_112_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_112_max}(l)$

$\Theta_{3_3\varphi_112_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_112_min}(l)$

2φ: $\Theta_{3_2\varphi_112_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_112_max}(l)$

$\Theta_{3_2\varphi_112_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_112_min}(l)$

3) Χρόνος διακοπής του διακόπτη: $t_3 = 0.4\,s$

- **Μέγιστη και ελάχιστη αύξηση θερμοκρασίας ανάλογα με το συντελεστή μ_d :**

3φ: $\Delta\Theta_{3\varphi_113_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_3 + T_{3\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{3\varphi_113_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_3 + T_{3\varphi}\right)$

2φ: $\Delta\Theta_{2\varphi_113_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_3 + T_{2\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{2\varphi_113_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_3 + T_{2\varphi}\right)$

- **Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία μετά το τρίτο on-off του διακόπτη:**

3φ: $\Theta_{3_3\varphi_113_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_113_max}(l)$

$\Theta_{3_3\varphi_113_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_113_min}(l)$

2φ: $\Theta_{3_2\varphi_113_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_113_max}(l)$

$\Theta_{3_2\varphi_113_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_113_min}(l)$

4) Χρόνος διακοπής του διακόπτη: $t_4 = 1\,s$

- **Μέγιστη και ελάχιστη αύξηση θερμοκρασίας ανάλογα με το συντελεστή μ_d :**

3φ: $\Delta\Theta_{3\varphi_114_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_4 + T_{3\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{3\varphi_114_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_3\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_4 + T_{3\varphi}\right)$

2φ: $\Delta\Theta_{2\varphi_114_max}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_max}^2 \cdot t_4 + T_{2\varphi}\right)$

$\Delta\Theta_{2\varphi_114_min}(l) := \frac{\kappa}{A_{35}^2} \cdot I_{sw_2\varphi_11}(l)^2 \cdot \left(\mu_{d_min}^2 \cdot t_4 + T_{2\varphi}\right)$

- **Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία μετά το τρίτο on-off του διακόπτη:**

3φ: $\Theta_{3_3\varphi_114_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_114_max}(l)$

$\Theta_{3_3\varphi_114_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{3\varphi_114_min}(l)$

2φ: $\Theta_{3_2\varphi_114_max}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_114_max}(l)$

$\Theta_{3_2\varphi_114_min}(l) := \Theta_N + 2 \cdot \Delta\Theta_{2\varphi_114_min}(l)$

ΠΙΝΑΚΕΣ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Για να τυπωθούν οι πίνακες χρησιμοποιήθηκε η εντολή create_martix .Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεταβλητές της εντολής αυτής είναι μεγέθη αδιάστατα , για τον λόγο αυτό ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασιά:

$L_\frac{l}{km} := l\cdot\frac{1}{km}$ $\quad R_{\Gamma}_\frac{l}{km} := \left(R_{\Gamma}(l)\right)\cdot\frac{1}{\Omega}$ $\quad X_{\Gamma}_\frac{l}{km} := \left(X_{\Gamma}(l)\right)\cdot\frac{1}{\Omega}$ $\quad Z_{\Sigma}_11_\frac{l}{km} := \left(\left|Z_{\Sigma}_11(l)\right|\right)\cdot\frac{1}{\Omega}$

$I_{sw_3\varphi_11}_\frac{l}{km} := \left(I_{sw_3\varphi_11}(l)\right)\cdot\frac{1}{A}$

$I_{d_3\varphi_11_max}_\frac{l}{km} := \left(I_{d_3\varphi_11_max}(l)\right)\cdot\frac{1}{A}$ $\quad I_{d_3\varphi_11_min}_\frac{l}{km} := \left(I_{d_3\varphi_11_min}(l)\right)\cdot\frac{1}{A}$

$I_{sw_2\varphi_11}_\frac{l}{km} := \left(I_{sw_2\varphi_11}(l)\right)\cdot\frac{1}{A}$

$I_{d_2\varphi_11_max}_\frac{l}{km} := \left(I_{d_2\varphi_11_max}(l)\right)\cdot\frac{1}{A}$ $\quad I_{d_2\varphi_11_min}_\frac{l}{km} := \left(I_{d_2\varphi_11_min}(l)\right)\cdot\frac{1}{A}$

για χρόνο διακοπής: $t_1 = 0.15\,s$

$\Theta_{3_3\varphi_111_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_111_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_3\varphi_111_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_111_min}(l)\right)$

$\Theta_{3_2\varphi_111_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_111_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_2\varphi_111_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_111_min}(l)\right)$

για χρόνο διακοπής: $t_2 = 0.25\,s$

$\Theta_{3_3\varphi_112_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_112_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_3\varphi_112_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_112_min}(l)\right)$

$\Theta_{3_2\varphi_112_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_112_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_2\varphi_112_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_112_min}(l)\right)$

για χρόνο διακοπής: $t_3 = 0.4\,s$

$\Theta_{3_3\varphi_113_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_113_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_3\varphi_113_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_113_min}(l)\right)$

$\Theta_{3_2\varphi_113_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_113_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_2\varphi_113_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_113_min}(l)\right)$

για χρόνο διακοπής: $t_4 = 1\,s$

$\Theta_{3_3\varphi_114_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_114_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_3\varphi_114_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_3\varphi_114_min}(l)\right)$

$\Theta_{3_2\varphi_114_max}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_114_max}(l)\right)$ $\quad \Theta_{3_2\varphi_114_min}_\frac{l}{km} := \left(\Theta_{3_2\varphi_114_min}(l)\right)$

Κώδικας :

```
create_martix(L, A, B, C, D, E, F, G, H) := | j ← 0
                                            | for i ∈ 0 .. last(L)
                                            |   if L_i ≠ 0
                                            |     | M_{j,0} ← L_i
                                            |     | M_{j,1} ← A_i
                                            |     | M_{j,2} ← B_i
                                            |     | M_{j,3} ← C_i
                                            |     | M_{j,4} ← D_i
                                            |     | M_{j,5} ← E_i
                                            |     | M_{j,6} ← F_i
                                            |     | M_{j,7} ← G_i
                                            |     | M_{j,8} ← H_i
                                            |     | j ← j + 1
                                            | return M
```

Ορισμός πινάκων για όλες τις περιπτώσεις (11) :

$$M_{3\varphi_111} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_3\varphi_11}_, I_{d_3\varphi_11_max}_, I_{d_3\varphi_11_min}_, \Theta_{3_3\varphi_111_max}_, \Theta_{3_3\varphi_111_min}_\right)$$

$$M_{2\varphi_111} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_2\varphi_11}_, I_{d_2\varphi_11_max}_, I_{d_2\varphi_11_min}_, \Theta_{3_2\varphi_111_max}_, \Theta_{3_2\varphi_111_min}_\right)$$

$$M_{3\varphi_112} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_3\varphi_11}_, I_{d_3\varphi_11_max}_, I_{d_3\varphi_11_min}_, \Theta_{3_3\varphi_112_max}_, \Theta_{3_3\varphi_112_min}_\right)$$

$$M_{2\varphi_112} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_2\varphi_11}_, I_{d_2\varphi_11_max}_, I_{d_2\varphi_11_min}_, \Theta_{3_2\varphi_112_max}_, \Theta_{3_2\varphi_112_min}_\right)$$

$$M_{3\varphi_113} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_3\varphi_11}_, I_{d_3\varphi_11_max}_, I_{d_3\varphi_11_min}_, \Theta_{3_3\varphi_113_max}_, \Theta_{3_3\varphi_113_min}_\right)$$

$$M_{2\varphi_113} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_2\varphi_11}_, I_{d_2\varphi_11_max}_, I_{d_2\varphi_11_min}_, \Theta_{3_2\varphi_113_max}_, \Theta_{3_2\varphi_113_min}_\right)$$

$$M_{3\varphi_114} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_3\varphi_11}_, I_{d_3\varphi_11_max}_, I_{d_3\varphi_11_min}_, \Theta_{3_3\varphi_114_max}_, \Theta_{3_3\varphi_114_min}_\right)$$

$$M_{2\varphi_114} := \text{create_martix}\left(L_, R_{\Gamma}_, X_{\Gamma}_, Z_{\Sigma}_11_, I_{sw_2\varphi_11}_, I_{d_2\varphi_11_max}_, I_{d_2\varphi_11_min}_, \Theta_{3_2\varphi_114_max}_, \Theta_{3_2\varphi_114_min}_\right)$$

Π.3 Κρίσιμη τιμή μήκους (l_C) για αγωγό ACSR ισοδύναμο με Cu 35 mm^2

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (111) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$l_{C_3\varphi_111_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_111_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_111_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_111_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_111_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_111_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_111_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_111_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_111_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_111_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_111_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_111_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (112) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$l_{C_3\varphi_112_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_112_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_112_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_112_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_112_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_112_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_112_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_112_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_112_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_112_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_112_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_112_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (113) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$l_{C_3\varphi_113_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_113_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_113_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_113_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_113_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_113_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_113_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_113_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_113_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_113_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_113_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_113_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (114) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$l_{C_3\varphi_114_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_114_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_114_max} = 0.657 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_114_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_114_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_114_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_114_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_114_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_114_max} = 0.359 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_114_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_114_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_114_min} = \blacksquare \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία (περιπτώσεις που η εξίσωση δίνει λύση).

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (121) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$l_{C_3\varphi_121_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_121_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_121_max} = 0.932 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_121_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_121_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_121_min} = 0.29 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_121_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_121_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_121_max} = 1.363 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_121_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_121_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_121_min} = 0.989 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (122) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$l_{C_3\varphi_122_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_122_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_122_max} = 1.319 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_122_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_122_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_122_min} = 0.36 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_122_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_122_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_122_max} = 1.616 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_122_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_122_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_122_min} = 1.026 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (123) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$l_{C_3\varphi_123_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_123_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_123_max} = 1.811 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_123_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_123_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_123_min} = 0.46 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_123_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_123_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_123_max} = 1.959 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_123_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_123_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_123_min} = 1.081 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (124) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$l_{C_3\varphi_124_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_124_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_124_max} = 3.284 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_124_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_124_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_124_min} = 0.814 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_124_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_124_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_124_max} = 3.073 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_124_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_124_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_124_min} = 1.289 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (211) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$l_{C_3\varphi_211_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_211_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_211_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_211_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_211_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_211_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_211_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_211_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_211_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_211_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_211_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_211_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (212) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$l_{C_3\varphi_212_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_212_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_212_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_212_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_212_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_212_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_212_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_212_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_212_max} = 0.08 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_212_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_212_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_212_min} = \blacksquare \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία (περιπτώσεις που η εξίσωση δίνει λύση).

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (213) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$l_{C_3\varphi_213_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_213_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_213_max} = 0.278 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_213_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_213_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_213_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_213_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_213_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_213_max} = 0.422 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_213_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_213_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_213_min} = \blacksquare \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία (περιπτώσεις που η εξίσωση δίνει λύση).

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (214) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$l_{C_3\varphi_214_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_214_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_214_max} = 1.593 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_214_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_214_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_214_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_214_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_214_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_214_max} = 1.415 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_214_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_214_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_214_min} = \blacksquare \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία (περιπτώσεις που η εξίσωση δίνει λύση).

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (221) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$l_{C_3\varphi_221_max} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_221_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_221_max} = 1.182 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_221_min} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_221_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_221_min} = 0.774 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_221_max} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_221_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_221_max} = 1.472 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_221_min} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_221_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_221_min} = 1.219 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (222) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$l_{C_3\varphi_222_max} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_222_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_222_max} = 1.441 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_222_min} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_222_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_222_min} = 0.816 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_222_max} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_222_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_222_max} = 1.646 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_222_min} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_222_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_222_min} = 1.244 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (223) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$l_{C_3\varphi_223_max} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_223_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_223_max} = 1.782 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_223_min} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_223_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_223_min} = 0.878 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_223_max} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_223_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_223_max} = 1.886 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_223_min} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_223_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_223_min} = 1.281 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (224) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$l_{C_3\varphi_224_max} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_224_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_224_max} = 2.835 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_224_min} := root\left(\Theta_{3_3\varphi_224_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_3\varphi_224_min} = 1.104 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_224_max} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_224_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_224_max} = 2.682 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_224_min} := root\left(\Theta_{3_2\varphi_224_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km\right)$ $\qquad l_{C_2\varphi_224_min} = 1.422 \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

Π.4 Κρίσιμη τιμή μήκους (l_C) για αγωγό ACSR ισοδύναμο με Cu 95 mm^2

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (111) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$l_{C_3\varphi_111_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_111_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_111_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_111_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_111_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_111_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_111_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_111_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_111_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_111_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_111_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_111_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (112) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$l_{C_3\varphi_112_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_112_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_112_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_112_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_112_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_112_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_112_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_112_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_112_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_112_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_112_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_112_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (113) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$l_{C_3\varphi_113_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_113_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_113_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_113_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_113_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_113_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_113_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_113_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_113_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_113_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_113_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_113_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (114) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$l_{C_3\varphi_114_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_114_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_114_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_114_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_114_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_114_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_114_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_114_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_114_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_114_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_114_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_114_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (121) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$I_{C_3\varphi_121_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_121_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_121_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_3\varphi_121_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_121_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_121_min} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_121_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_121_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_121_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_121_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_121_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_121_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (122) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$I_{C_3\varphi_122_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_122_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_122_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_3\varphi_122_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_122_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_122_min} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_122_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_122_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_122_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_122_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_122_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_122_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (123) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$I_{C_3\varphi_123_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_123_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_123_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_3\varphi_123_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_123_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_123_min} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_123_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_123_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_123_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_123_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_123_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_123_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (124) δηλαδή για $U_{N1} = 20 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$I_{C_3\varphi_124_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_124_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_124_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_3\varphi_124_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_124_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_3\varphi_124_min} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_124_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_124_max}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_124_max} = \blacksquare \cdot km$

$I_{C_2\varphi_124_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_124_min}(I_C) - \Theta_{o\rho_Al}, I_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad I_{C_2\varphi_124_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (211) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$l_{C_3\varphi_211_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_211_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_211_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_3\varphi_211_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_211_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_211_min} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_211_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_211_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_211_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_211_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_211_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_211_min} = ■ \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (212) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$l_{C_3\varphi_212_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_212_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_212_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_3\varphi_212_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_212_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_212_min} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_212_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_212_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_212_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_212_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_212_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_212_min} = ■ \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (213) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$l_{C_3\varphi_213_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_213_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_213_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_3\varphi_213_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_213_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_213_min} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_213_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_213_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_213_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_213_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_213_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_213_min} = ■ \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (214) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N1} = 25 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$l_{C_3\varphi_214_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_214_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_214_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_3\varphi_214_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_214_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_214_min} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_214_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_214_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_214_max} = ■ \cdot km$

$l_{C_2\varphi_214_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_214_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_214_min} = ■ \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (221) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_1 = 0.15\,s$

$l_{C_3\varphi_221_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_221_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_221_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_221_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_221_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_221_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_221_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_221_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_221_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_221_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_221_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_221_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (222) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_2 = 0.25\,s$

$l_{C_3\varphi_222_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_222_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_222_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_222_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_222_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_222_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_222_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_222_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_222_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_222_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_222_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_222_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (223) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_3 = 0.4\,s$

$l_{C_3\varphi_223_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_223_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_223_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_3\varphi_223_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_223_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_223_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_223_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_223_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_223_max} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_223_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_223_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_223_min} = \blacksquare \cdot km$

Δεν υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (224) δηλαδή για $U_{N2} = 15 \cdot kV$, $S_{N2} = 50 \cdot MVA$ και $t_4 = 1\,s$

$l_{C_3\varphi_224_max} := root(\Theta_{3_3\varphi_224_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_224_max} = 0.194 \cdot km$

$l_{C_3\varphi_224_min} := root(\Theta_{3_3\varphi_224_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_3\varphi_224_min} = \blacksquare \cdot km$

$l_{C_2\varphi_224_max} := root(\Theta_{3_2\varphi_224_max}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_224_max} = 0.085 \cdot km$

$l_{C_2\varphi_224_min} := root(\Theta_{3_2\varphi_224_min}(l_C) - \Theta_{o\rho_Al}, l_C, 0 \cdot km, 200 \cdot km)$ $\qquad l_{C_2\varphi_224_min} = \blacksquare \cdot km$

Υπερβαίνει η προδιαγραφή την οριακή θερμοκρασία (περιπτώσεις που η εξίσωση δίνει λύση).

Βιβλιογραφία

[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. Karagiannopoulos, 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] Π.Δ. ΜΠΟΥΡΚΑΣ, Κ.Γ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2003.

[15] Π.Δ. ΜΠΟΥΡΚΑΣ., Ασκήσεις Κτιριακών- Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ, Αθήνα 2008.

[16] Π.Δ. ΜΠΟΥΡΚΑΣ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 1998 .

[17] Κ. Βουρνά ,Γ. Κονταξή ,Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας ,ΑΘΗΝΑ 2001.

[18] Μ.Π. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ , ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΤΟΜΟΣ Ι ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 1994.

[19] Μ.Π. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ , ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ, ΑΘΗΝΑ 1997.

[20] Β.Κ. ΠΑΠΑΔΙΑΣ , ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΤΟΜΟΣ ΙΙ ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΠ , ΑΘΗΝΑ 1985.

[21] Π.ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ, ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ ,ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2005.

[22] Ι.Α. ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ, ΥΨΗΛΕΣ ΤΑΣΕΙΣ Ι, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ.

[23] ΤΣΑΝΑΚΑΣ Κ.Δ., Συμμετρικές Συνιστώσες και Ανάλυση Σφαλμάτων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ξάνθη 1985.

[24] BICC Cables Ltd, Electric Cables Handbook, Wiley-Blackwell, 1997

[25] Bharat Heavy Electricals Limited**,** Handbook of Switchgears**,** McGraw-Hill ,2007.

[26] Εικονικό εργαστήριο ΕΜΠ.

[27] 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.

[28] Physics for scientists and engineers with modern physics, third edition, Raymont A.Serway 1983.

[29] Αρχές Ηλεκτρονικών Υλικών και Διατάξεων,S.O Kasap,Δεύτερη Έκδοση ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ ,ΑΘΗΝΑ 2004.

[30] Power System Analysis and Design (fourth edition),J. Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma , and Thomas J. Overbye, 2008.