



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

**Θερμική συμπεριφορά γραμμών διανομής Μέσης Τάσης
που προστατεύονται από ασφαλείαποζεύκτη και εφαρμογή
υπολογισμού θερμοκρασίας αγωγών.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλίας Γ. Κολιός

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Καραγιανόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2014



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

**Θερμική συμπεριφορά γραμμών διανομής Μέσης Τάσης
που προστατεύονται από ασφαλειοζεύκτη και εφαρμογή
υπολογισμού θερμοκρασίας αγωγών.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλίας Γ. Κολιός

Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Καραγιανόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την -11-2014.

(Υπογραφή)

.....
Περικλής Μπούρκας
Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π

(Υπογραφή)

.....
Παναγιώτης Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Κων/νος Καραγιανόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

(Υπογραφή)

.....

ΚΟΛΙΟΣ ΗΛΙΑΣ

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

© 2014 - All rights reserved

Copyright © Κολιός Ηλίας

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Πρόλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των μελετών των εγκαταστάσεων που γίνονται στο μάθημα των κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Περικλή Μπούρκα.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Περικλή Μπούρκα, για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε, καθ' όλη τη διάρκεια της άψογης συνεργασίας μας.

Κολιός Ηλίας

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς του ηλεκτρικού δικτύου διανομής μέσης και χαμηλής τάσης και συγκεκριμένα την αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών ACSR 16 mm², 35 mm², 95 mm² και αλουμινίου 16 mm², 35 mm², 50 mm² υπό ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας και υπό βραχυκύκλωμα και τη δημιουργία εφαρμογής χρήστη για τον εύκολο υπολογισμό θερμοκρασιών αυτών για τους παράπανω αγωγούς.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται περιγραφή του δικτύου διανομής μέσης τάσης, των συστημάτων προστασίας του καθώς και της θερμικής συμπεριφοράς των αγωγών. μέσης και χαμηλής τάσης υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται αποτελέσματα αύξησης της θερμοκρασίας με βάση τα χαρακτηριστικά ρεύματος και χρόνου διακοπής των ασφαλειών μέσης τάσης τύπου-T και τύπου-K.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η εφαρμογή που αναπτύχθηκε με βάση τα μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν την αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα.

Στο κεφάλαιο 5 βρίσκονται τα παραρτήματα.

Λέξεις κλειδιά

ACSR, θερμική συμπεριφορά, αγωγοί μέσης τάσης, βραχυκύκλωμα, λογισμικό, ασφαλειαποζεύκτης, τηκτά τύπου-T, τηκτά τύπου-K

Abstract

The aim of the current thesis is to analyze the thermal stress of the electrical HV and LV distribution network and in particular the temperature rise of the cables ACSR 16, 35, 95 and aluminum 16, 35, 50 under nominal and fault current and the creation of a user interface platform as a support tool for the calculation of these temperatures.

The first chapter constitutes an introduction of the overhead networks of distribution of the electric power. It also presents a short report on the thermal stress of the conductors of the low and high voltage distribution lines during both short circuit and normal state.

The second chapter describes the purpose of the current thesis.

The third chapter presents the results of the temperature stress of MV cables according to the current and time settings of type-T and type-K fuses.

The fourth chapter describes the user interface that has been developed according to the mathematical models described on chapter 1 and 2.

The fifth chapter consists of the appendix.

KeyWords

ACSR, medium voltage, software, fuses, thermal behavior, temperature calculation, maximum fault

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	8
1.1	Γενικά περί προστασίας γραμμών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.	9
1.1.1	Ασφάλειες Μέσης τάσης	15
1.2	Θερμική συμπεριφορά των γραμμών διανομής υπό μέγιστο ρεύμα λειτουργίας.	17
1.2.1	Θερμική συμπεριφορά αγωγών δικτύου διανομής υπό μέγιστο ρεύμα λειτουργίας στη χαμηλή τάση.	21
1.2.2	Θερμική συμπεριφορά αγωγών δικτύου διανομής υπό μέγιστο ρεύμα στη μέση τάση.	21
1.3	Θερμική συμπεριφορά γραμμών διανομής υπό ρεύμα βραχυκύκλωσης	22
1.3.1	Το βραχυκύκλωμα στις γραμμές μεταφοράς και διανομής	24
1.3.2	Θερμική συμπεριφορά δικτύου διανομής υπό το ρεύμα βραχυκύκλωσης στη χαμηλή τάση	30
1.3.3	Θερμική συμπεριφορά δικτύου διανομής υπό ρεύμα βραχυκύκλωσης στη μέση τάση.	32
2	Σκοπός της εργασίας	37
3	Υπολογισμοί που έγιναν για την αύξηση της θερμοκρασίας σε εναέριες γραμμές διανομής μέσης τάσης που προστατεύονται ασφαλείαποζεύκτη.	38
4	Εφαρμογή υπολογισμού θερμοκρασίας αγωγών μέσης τάσης κατά την κανονική λειτουργία και κατά το βραχυκύκλωμα	50
5	Παράρτημα	57
5.1	Δοκιμές ποιοτικού ελέγχου σε ηλεκτροτεχνικές κατασκευές	57
5.2	Αγωγοί δικτύου διανομής	59
5.2.1	Αγωγοί από χαλκό	59
5.2.2	Αγωγοί από αλουμίνιο AAC (All Aluminum Conductors)	59
5.2.3	Αγωγοί από Αλουμίνιο - Χάλυβα ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforcement)	59
5.2.4	Κράματα Αλουμινίου AAAC(All Aluminum Alloy Conductor)	60
5.3	Πλήρης υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης	60
5.4	Είδη βραχυκυκλωμάτων στις γραμμές μέσης τάση	64
5.5	Κώδικας της εφαρμογής	65

1 Εισαγωγή

Με τον όρο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) χαρακτηρίζεται ένα σύνολο εξοπλισμού, που αποτελείται από σταθμούς παραγωγής, υποσταθμούς ανύψωσης και υποβιβασμού της τάσης, εναέριες και υπόγειες γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Σκοπός του συστήματος είναι η τροφοδότηση ηλεκτρικών καταναλωτών με την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια αξιόπιστα, με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και με χαμηλό κόστος.

Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει το δίκτυο μέσης και χαμηλής τάσης. Συγκεκριμένα το δίκτυο μέσης τάσης ξεκινάει από τους ζυγούς μέσης τάσης των μετασχηματιστών στους υποσταθμούς υψηλής τάσης και οδηγείται μέσω υπόγειων και εναέριων αγωγών στους κατά τόπους υποσταθμούς μέσης τάσης. Στο δίκτυο διανομής συνδέονται οι καταναλωτές μέσης τάσης (20 kV) και χαμηλής τάσης (400/230 V).

Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα μέσω υπαίθριων γραμμών παρουσιάζεται απλοποιημένα στο σχήμα 1-1. Σύμφωνα με αυτό, από το μετασχηματιστή υψηλής τάσης (π.χ. 150 kV/20 kV, 25 MVA) του Κέντρου Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ) αναχωρούν μέσω αυτόματων διακοπών ελαίου (ΑΔΕ) διάφορες υπαίθριες γραμμές μέσης τάσης (15 ή 20 kV), που η καθεμία αφορά τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μια ευρύτερη περιοχή. Οι γραμμές αυτές ονομάζονται «γραμμές κορμού» και συμβολίζονται στα σχέδια με το γράμμα R. Και ένα αριθμό (π.χ. R 23).

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

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1-1, οι γραμμές κορμού μέσω των ΑΔΕ διακλαδίζονται με τη σειρά τους σε διάφορες γραμμές που καταλήγουν σε υποσταθμούς υποβιβασμού της μέσης τάσης σε χαμηλή τάση (20 kV/400 V, 230 V). Οι υπαίθριοι υποσταθμοί μέσης τάσης εγκαθίστανται συνήθως απί στύλων (και σπανίως σε μεταλλικούς ημιυπόγειους οικίσκους σε πλατείες ή άλλους ελεύθερους κοινόχρηστους χώρους) και η ισχύς των μετασχηματιστών τους είναι συνήθως μέχρι 400 kV. Στους υπαίθριους υποσταθμούς η γραμμή μέσης τάσης ηλεκτροδοτεί τον μετασχηματιστή μέσω μονοπολικών ασφαλειοποζευκτών ή τριπολικών ασφαλειοποζευκτών (βλ. Σχήμα 1-1) , ενώ στους υποσταθμούς εσωτερικού χώρου η ηλεκτροδότηση του μετασχηματιστή (η ισχύς του οποίου είναι πάνω από 400 kV) γίνεται μέσω συγκροτήματος πινάκων. Σημειώνεται ότι για λόγους διασύνδεσης ή απομόνωσης υπαίθριων γραμμών μέσης τάσης (σε περιπτώσεις π.χ. πυρκαγιών, εργασιών συντήρησης και εργασιών αποκατάστασης βλαβών) υπάρχουν στις γραμμές μέσης τάσης μονοπολικοί ασφαλειοποζεύκτες 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 (σχήμα 1-1).

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. Κτίρια εταιριών, υπουργεία, κ.λ.π.

αυτομάτως την ηλεκτροδότηση της συγκεκριμένης γραμμής και θα τεθεί αμέσως αυτομάτως στη θέση εντός για να ηλεκτροδοτηθεί η γραμμή και αν υπάρχει ακόμα το σφάλμα θα γίνει και πάλι αυτόματη διακοπή και ακολούθως αυτόματη εκ νέου ηλεκτροδότηση. Αν και κατά τη δεύτερη αυτή αυτόματη προσπάθεια του διακόπτη συνεχίζει να υπάρχει το σφάλμα, θα γίνει και μια τρίτη «αυτόματη διακοπή- εκ νέου ηλεκτροδότηση» και μόνο αν εξακολουθεί να υπάρχει το σφάλμα θα συμβεί πλέον οριστική διακοπή ρεύματος της εν λόγω γραμμής κορμού. Είναι προφανές ότι η προαναφερθείσα σε «τρεις κύκλους λειτουργία» των ΑΔΕ και των ΔΑΕ αποσκοπεί, σε περιπτώσεις εμφάνισης παροδικών σφαλμάτων, τόσο στην προσπάθεια για απρόσκοπτη ηλεκτροδότηση μιας μεγάλης περιοχής, όσο και στην αποφυγή άσκοπων μετακινήσεων συνεργείων.

Ως προς την προστασία των υπαίθριων γραμμών μέσης τάσης έναντι του βραχυκυκλώματος μπορεί κανείς να διακρίνει τις εξής περιπτώσεις:

- Προστασία των γραμμών κορμού διανομής μέσης τάσης μέσω ΑΔΕ ή ΔΑΕ.
- Προστασία γραμμών διανομής μέσης τάσης μέσω μονοπολικών ασφαλειοζευκτών.

Η ανάγκη για χειρισμούς και προστασία των χειριστών και της εγκατάστασης, οδήγησε σε ορισμένα βασικά είδη διακοπών, που χρησιμοποιούνται στους πίνακες (ή κυψέλες) μέσης τάσης του ΔΕΔΔΕΗ, καθώς και σε εκείνους των καταναλωτών μέσης τάσης.

Είδος εξοπλισμού	Σύμβολο	Σκοπός χρησιμοποίησης
Τριπολικός αποζεύκτης		Απομονώνει από την παροχή ένα κύκλωμα, που έχει ήδη τεθεί εκτός τάσης (δεν έχει ισχύ διακοπής)
Τριπολικός γειωτής		Γειώνει ένα κύκλωμα μετά την απόζευξη (δεν έχει ισχύ διακοπής)
Τριπολικός διακόπτης φορτίου		Μπορεί να χειρίζεται κανείς ένα φορτίο με ισχύ μέχρι την ονομαστική ισχύ (ή ισχύ διακοπής) του διακόπτη αυτού
Ασφάλεια μέσης τάσης		Προστασία από το βραχυκύκλωμα
Τριπολικός διακόπτης ισχύος (ή αυτόματος διακόπτης)		Εκτός από το χειρισμό ενός φορτίου, ανάλογα με το ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη, προστατεύει την εγκατάσταση απ' το βραχυκύκλωμα
Μονοπολικό ακροκιβώτιο		Για τις συνδέσεις καλωδίων στους πίνακες
Μετασχηματιστής έντασης		Για την παροχή τάσης σε κυκλώματα χειρισμών και προστασίας
Μετασχηματιστής τάσης		
Φωτεινή ένδειξη ύπαρξης της μέσης τάσης ⊗		

1-2. Σύμβολα του βασικού εξοπλισμού σε πίνακες μέσης τάσης[4].

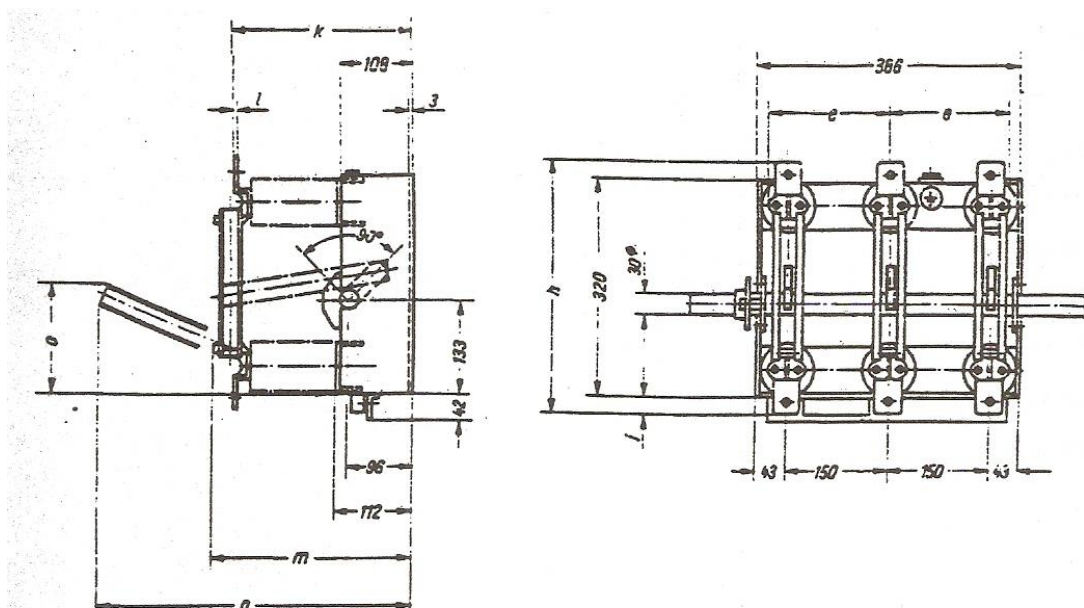
Από τον σκοπό που εξυπηρετεί ένας διακόπτης ανάλογα με το είδος του, φαίνεται ότι οι διακόπτες ισχύος και οι διακόπτες φορτίου είναι μέσα χειρισμού μιας εγκατάστασης υπό φορτίο, ενώ οι αποζεύκτες και οι γειωτές δεν μπορούν να χειρίζονται υπό φορτίο, γιατί δεν διαθέτουν ισχύ διακοπής.

Ο αποζεύκτης χρησιμεύει για την απομόνωση της εγκατάστασης από τάση και ο γειωτής (που πρέπει να χειρίζεται μόνο μετά την απόζευξη) για την απομάκρυνση των

ηλεκτροστατικών φορτίων της εγκατάστασης. Οι αποζεύκτες και οι γειωτές στους πίνακες χρησιμεύουν, σε συνδυασμό με διάφορα μηχανικά μέσα (κυρίως διαχωριστικά διαφράγματα, που δεν επιτρέπουν την προσπέλαση προς τους υπό τάση ζυγούς ή καλώδια), στην πραγματοποίηση εργασιών συντήρησης και επισκευών από συνθήκες ασφαλείας.

Οι ασφάλειες στους πίνακες μέσης τάσης είναι ένα μέσο προστασίας της εγκατάστασης από το βραχυκύκλωμα. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τον διακόπτη φορτίου (οι διακόπτες ισχύος προστατεύουν οι ίδιοι την εγκατάσταση από το βραχυκύκλωμα και γι' αυτό δεν συνδυάζονται με ασφάλειες).

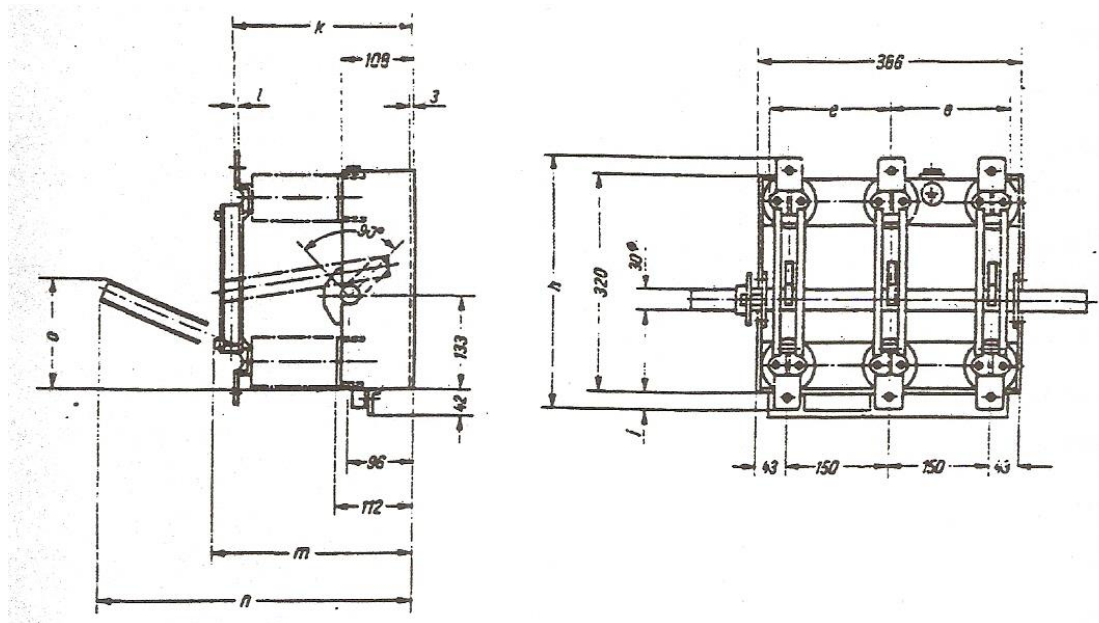
Στο σχήμα 1-2 δίνεται το σχέδιο προσφοράς ενός αποζεύκτη μέσης τάσης. Οι διαστάσεις που δίνονται με γράμματα καθορίζονται από τα ονομαστικά στοιχεία του διακόπτη. Οι αποστάσεις των ρευματοφόρων μερών από το γειωμένο μεταλλικό περίβλημα και εκείνες μεταξύ ρευματοφόρων μερών (και στις δυο λειτουργικές θέσεις του διακόπτη) ονομάζονται αποστάσεις μόνωσης.



1-3. Τριπολικός αποζεύκτης μέσης τάσης [4].

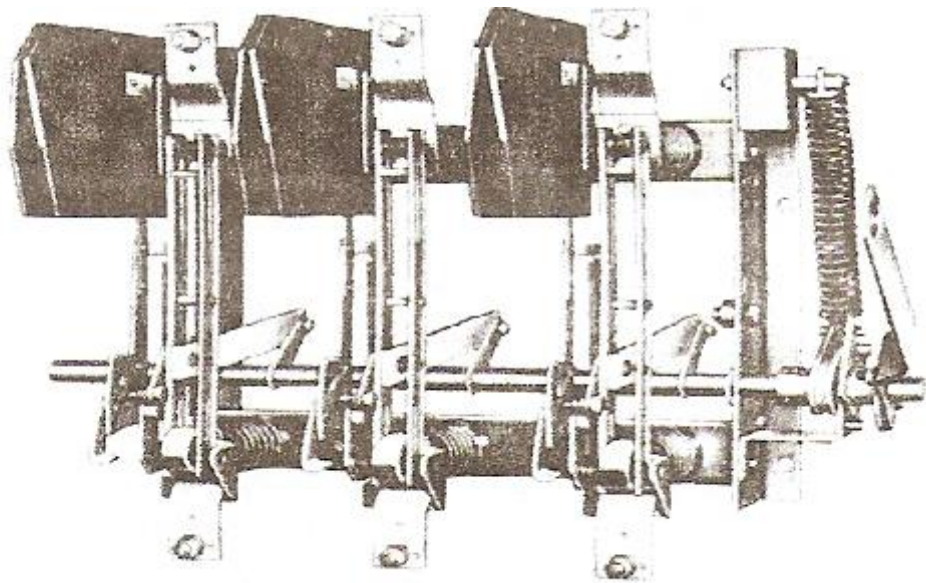
Οι αποζεύκτες και οι γειωτές είναι χειροκίνητοι διακόπτες. Ο χειρισμός γίνεται από ένα χειριστήριο, που παρέχει στον χειριστή την απαιτούμενη απόσταση προστασίας από τα υπό τάση μέρη. Το χειριστήριο αυτό θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζει τη συγκράτηση (μανδάλωση) του διακόπτη στη λειτουργική θέση, που τον οδήγησε ο χειριστής.

Στην πράξη χρησιμοποιείται συχνά ο αποζεύκτης και ο γειωτής ως ένα είδος διακόπτη. Η κατασκευή αυτή έχει το πλεονέκτημα, σε περίπτωση ενός από κοινού χειριστηρίου, ότι ο ένας από τους δύο διακόπτες παραμένει ανοικτός, όταν ο άλλος είναι κλειστός. Πρόκειται δηλαδή για μια αλληλασφάλιση, που αποκλείει λανθασμένους χειρισμούς (δεν μπορεί να γίνει ζεύξη υπό συνθήκες γείωσης και το αντίστροφο). Για το χειριστήριο του συνδυασμού των δύο διακοπών ισχύουν τα προαναφερόμενα για τον αποζεύκτη.



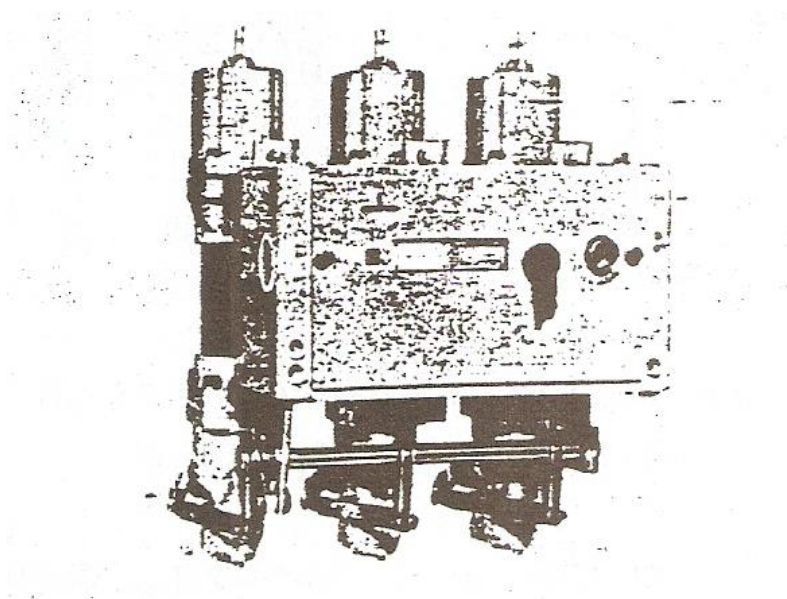
1-4. Συνδυασμός τριπολικού αποζεύκτη και τριπολικού γειωτή[4].

Στο σχήμα 1-4 φαίνεται ένας διακόπτης φορτίου σε κατάσταση λειτουργίας(θέση εντός ON). Πρόκειται για έναν χειροκίνητο διακόπτη αέρος (οι επαφές του βρίσκονται σε περιβάλλον ατμοσφαιρικού αέρα). Ο διακόπτης φορτίου διαφέρει βασικά απ'τον αποζεύκτη (ή τον γειωτή), στην αρκετά ταχύτερη μετακίνηση του κινητού μέρους των επαφών του, ώστε να περιορίζεται η εκδήλωση ηλεκτρικού τόξου, που θα μπορούσε να προκαλέσει κινδύνους στο χειριστή και βλάβη στις επαφές. Όπως φαίνεται από το σχήμα 9.1-4 η περιστροφή του κινητού μέρους των επαφών γίνεται μέσω ενός μηχανισμού, που εκμεταλλεύεται την ενέργεια ενός ελατηρίου. Για το χειριστήριο ισχύουν τα προαναφερόμενα για εκείνο του αποζεύκτη (ή του γειωτή).



Σχήμα 1-5. Διακόπτης φορτίου[4].

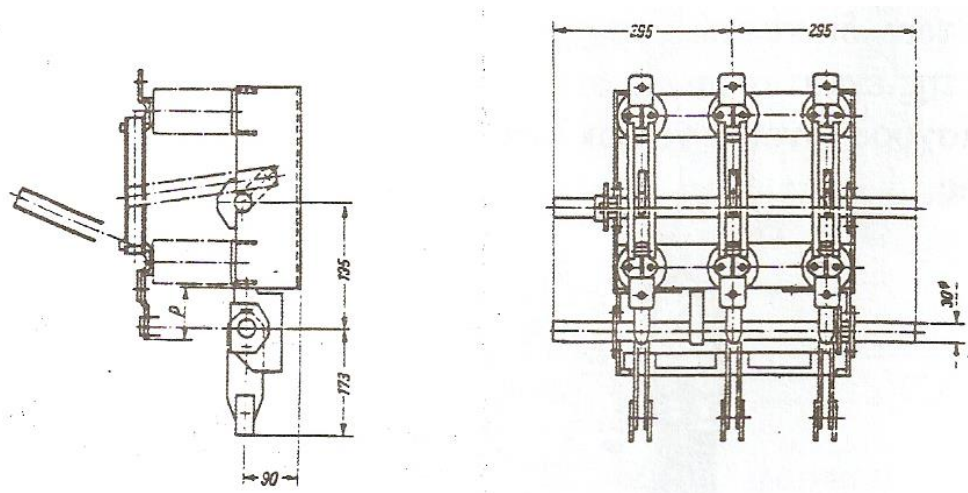
Στο σχήμα 1-5 φαίνεται ένας διακόπτης ισχύος. Οι επαφές των διακοπών του είδους αυτού εργάζονται μέσα σε μονωτικό λάδι, που χρησιμεύει ως μέσο σβέσης του τόξου και επαγωγής της θερμότητας του(το τόξο αυτό εκδηλώνεται, όταν ανοίγουν ή κλείνουν οι επαφές υπό φορτίο). Η ταχύτητα μετακίνησης των επαφών στους διακόπτες ισχύος είναι αρκετά μεγαλύτερη από εκείνη των διακοπών φορτίου. Οι διακόπτες του είδους αυτού προστατεύουν την εγκατάσταση κατά την εκδήλωση βραχυκυκλώματος, όπου η ισχύς είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη της εγκατάστασης. Γι'αυτό, η ισχύς διακοπής των διακοπών ισχύος είναι τουλάχιστον ίση με την ισχύ βραχυκύκλωσης της εγκατάστασης στη θέση εγκατάστασής τους. Η λειτουργία των διακοπών ισχύος γίνεται χειροκίνητα ή αυτόματα (μέσω πλήκτρων ON-OFF) ή και τα δύο.



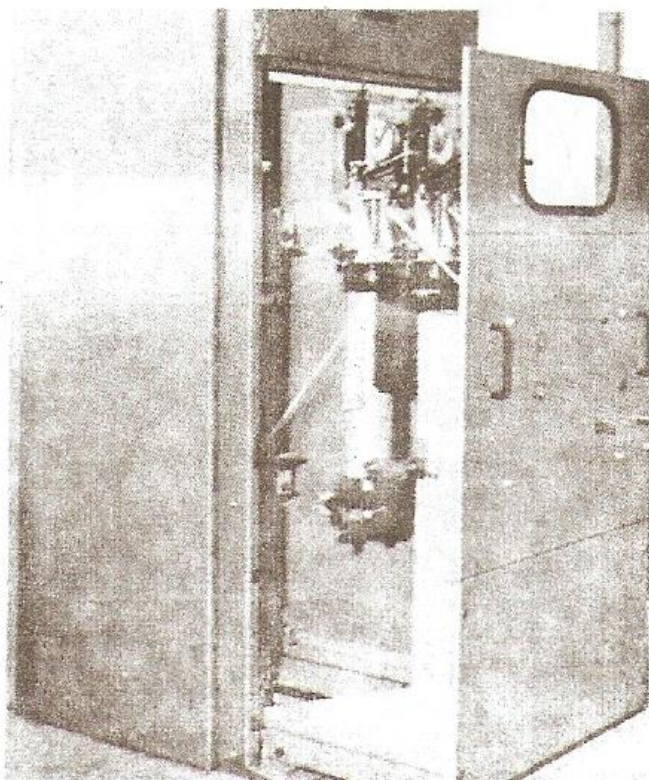
Σχήμα 1-6. Αυτόματος διακόπτης[4].

Εκτός από τους συνδυασμούς των διακοπών, που προαναφέρθηκαν, συναντώνται συχνά στην πράξη:

- ο συνδυασμός του διακόπτη φορτίου με τις ασφάλειες και τον γειωτή σε μια μεταλλική βάση (σχήμα 1-6),
- η κατασκευή του αποζεύκτη ως ένα είδος φορείου στο οποίο τοποθετείται ο διακόπτης φορτίου (ή ο αυτόματος) καθώς και ο υπόλοιπος εξοπλισμός μέσης τάσης, ανάλογα με το είδος του πίνακα (σχήμα 1-7).



Σχήμα 1-7. Συνδυασμός τριπολικού αποζεύκτη και τριπολικού γειωτή ως ένα είδος διακόπτη μέσης τάσης[4].



Σχήμα 1-8. Πίνακας μέσης τάσης με αποζεύκτη τύπου[4].

1.1.1 Ασφάλειες Μέσης τάσης

Οι ασφάλειες MT χρησιμοποιούνται για να προστατεύσουν ένα κύκλωμα MT όταν σε αυτό υπάρχει βραχυκύκλωμα αλλά και υπερφόρτιση που διαρκεί αρκετή ώρα.

Οι ασφάλειες MT χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- Ασφάλειες Σκόνης
- Ασφάλειες Εκτόνωσης

Οι ασφάλειες σκόνης χρησιμοποιούνται κυρίως για να διακόπτουν ένα κύκλωμα όταν σε αυτό υπάρχει βραχυκύκλωμα αλλά και υπερφόρτιση που διαρκεί αρκετή ώρα. Αποτελούνται από ένα κύλινδρο από πορσελάνη μέσα στον οποίο υπάρχει το τηκτό και η σκόνη χαλαζία. Το τηκτό, που είναι άργυρος αλλά και κράματα του, είναι τυλιγμένο γύρω από ένα κεραμικό υλικό, όπως φαίνεται στην εικόνα 11. Η σκόνη βρίσκεται γύρω από τον κεραμικό κύλινδρο και σκεπάζει το τηκτό.

Οι ασφάλειες αυτές μειώνουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαιτίας της σκόνης χαλαζία. Η σκόνη βοηθά στην σβέση του τόξου, που δημιουργείται με την τήξη του αγωγού, λόγω της ψυκτικής της ικανότητας. Ταυτόχρονα όμως δημιουργείται και μια μεγάλη αντίσταση με αποτέλεσμα να μειώνεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Έτσι στην πραγματικότητα το ρεύμα αυτό παίρνει χαμηλότερη τιμή από αυτή που είχε υπολογιστεί αρχικά με αποτέλεσμα να υπάρχει μια επιπλέον προστασία του εξοπλισμού σε μια εγκατάσταση. Η ασφάλεια αυτή είναι ακριβότερη από την ασφάλεια εκτόνωσης και χρησιμοποιείται σε εσωτερικούς χώρους.



Εικόνα 1.1.1-1 :
Ασφάλειες σκόνης [10].



Εικόνα 1.1.1-2 : Βασικά μέρη μιας ασφάλειας σκόνης [10].

Η ασφάλεια εκτόνωσης είναι ένας μονωτικός κυλινδρικός σωλήνας μέσα στον οποίο βρίσκεται ένας αγωγός, το τηκτό. Το τηκτό είναι τανυσμένο με ελατήριο ενώ ο σωλήνας είναι ανοιχτός πάνω και κάτω. Εσωτερικά του κυλινδρικού σωλήνα υπάρχει ένα στρώμα από βορικό οξύ. Σε περίπτωση σφάλματος κατά την τήξη του αγωγού το στρώμα του βορικού οξέος βοηθάει στην σβέση του τόξου που δημιουργείται. Το τόξο έρχεται σε επαφή με το βορικό οξύ και δημιουργούνται ατμοί, που ψύχουν το τόξο, έτσι αυτό σταδιακά σβήνει.

Κατά την διάρκεια της σβέσης όμως δημιουργούνται τοξικά αέρια, τα οποία εκλύονται στο χώρο που βρίσκεται η ασφάλεια, αφού ο σωλήνας είναι ανοιχτός. Γι' αυτό τον

λόγο δεν επιτρέπεται η χρήση της συγκεκριμένης ασφάλειας σε κλειστούς χώρους αλλά χρησιμοποιείται μόνο σε εξωτερικούς χώρους, σε υπαίθριες εγκαταστάσεις. Οι ασφάλειες αυτές δεν μειώνουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης όπως η ασφάλειες σκόνης. Για παράδειγμα χρησιμοποιείται για την προστασία Μ/Σ υποβιβασμού της τάσης 20/0,4 kV στα εναέρια δίκτυα διανομής, όπου όλη η εγκατάσταση είναι υπαίθρια πάνω σε στύλους της Δ.Ε.Η. Οι ασφάλειες εκτόνωσης είναι πολύ πιο φθηνές σε σχέση με τις ασφάλειες σκόνης γι' αυτό και προτιμούνται σε υπαίθριες εγκαταστάσεις.

Οι ασφάλειες εκτόνωσης χωρίζονται σε 2 κατηγορίες:

- Ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης και χαρακτηρίζονται με το γράμμα T
- Ασφάλειες εκτόνωσης ταχείας τήξης και χαρακτηρίζονται με το γράμμα K

Επίσης η ασφάλεια εκτόνωσης, σε συνδυασμό με την βάση, στην οποία τοποθετείται, μπορεί να λειτουργήσει και ως αποζεύκτης. Σε περίπτωση σφάλματος και τήξης της ασφάλειας, η ασφάλεια αποσυνδέεται από το ένα άκρο της βάσης, και έτσι μπορεί κάποιος από μακριά να διαπιστώσει ότι η ασφάλεια έχει καεί και το κύκλωμα βρίσκεται εκτός τάσης. Έτσι χρησιμοποιείται ο όρος «ασφαλειοαποζεύκτης».

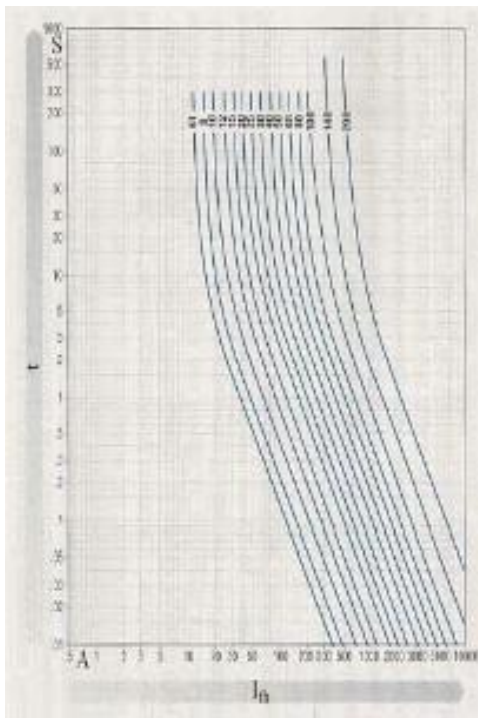


Εικόνα 1.1.1-3 : Βασικά μέρη μιας ασφάλειας σκόνης [10].

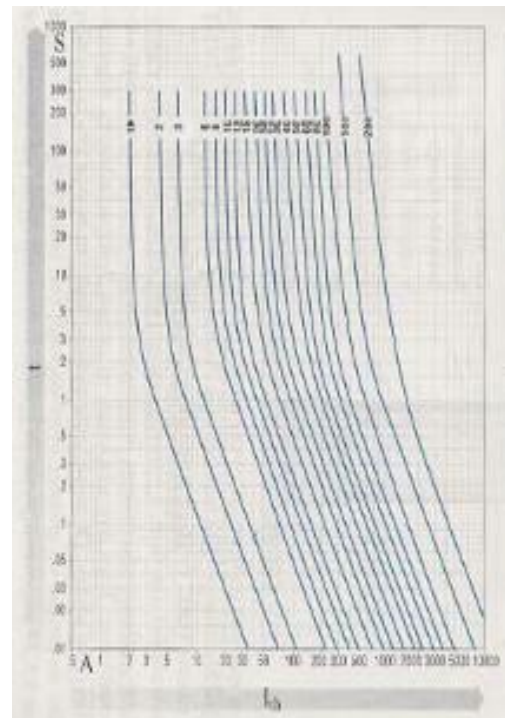


Εικόνα 1.1.1-4 : Βασικά μέρη μιας ασφάλειας σκόνης [10].

Για κάθε τύπου ασφάλειας υπάρχει και η αντίστοιχη χαρακτηριστική έντασης – χρόνου. Όπως φαίνεται στις χαρακτηριστικές μια ασφάλεια ταχείας τήξης θα λιώσει γρηγορότερα από μια ασφάλεια βραδείας τήξης ίδιου μεγέθους όταν αυτές διαρρέοντα από το ίδιο ρεύμα.



Εικόνα 1.1.1-5 : Χαρακτηριστική Ασφάλειας Εκτόνωσης Βραδείας τήξης (τύπου T) [10].



Εικόνα 1.1.1-6 : Χαρακτηριστική Ασφάλειας Εκτόνωσης Βραδείας τήξης (τύπου T) [10].

1.2 Θερμική συμπεριφορά των γραμμών διανομής υπό μέγιστο ρεύμα λειτουργίας.

Η εκτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς των γραμμών διανομής υπό μέγιστο ρεύμα λειτουργίας βασίζεται στη δοκιμή υπερθέρμανσης (ή ανύψωσης της θερμοκρασίας) που αποτελεί μία από της δοκιμές τύπου των ηλεκτροτεχνικών κατασκευών. Οι υπόλοιπες δοκιμές τύπου είναι:

- Διηλεκτρικές δοκιμές
- Δοκιμές μηχανικής αντοχής
- Δοκιμή βραχυκύκλωσης
- Ειδικές δοκιμές

Περισσότερες πληροφορίες για τις δοκιμές ποιοτικού ελέγχου παρατίθενται στο Παράρτημα 5-1.

Η δοκιμή υπερθέρμανσης ή ανύψωσης της θερμοκρασίας αφορά την εξακρίβωση του ονομαστικού ρεύματος I_N (μέγιστο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας) μιας κατασκευής. Η τιμή αυτή δεν μπορεί να είναι τυχαία γιατί πρέπει να ανταποκρίνεται σε προδιαγεγραμμένες τιμές ρεύματος (π.χ. 10 A, 200 A, 400 A κ.λ.π.). Η χρονική διάρκεια της δοκιμής εξαρτάται από το είδος της κατασκευής (π.χ. Στους μετασχηματιστές ελαίου διαρκεί περίπου 24 ώρες και στους διακόπτες 1-2 ώρες). Η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν η αύξηση της θερμοκρασίας ως προς

τη θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν υπερβαίνει την τιμή $\Delta\theta_n \approx 60^\circ\text{C}$ (η ακριβής τιμή ανά είδος δοκιμίου θα πρέπει να αναζητηθεί στους κανονισμούς). Η τιμή $\Delta\theta_n$ είναι δηλαδή η ονομαστική αύξηση της θερμοκρασίας (ως προς τη θερμοκρασία περιβάλλοντος) υπό ονομαστικό ρεύμα I_N . Το όριο αυτό των 60°C ικανοποιεί τις πρακτικές εφαρμογές , γιατί από τις οικονομοτεχνικές επιλογές των κατασκευαστών, που εφαρμόζονται επί αρκετά έτη, διαπιστώνεται ότι δεν αποσταθεροποιούνται οι επαφές λυόμενων ηλεκτρικών συνδέσμων και δεν δημιουργούνται προβλήματα υπερθέρμανσης στο λάδι μετασχηματιστών, λόγω ηλεκτρικών επαφών εντός αυτού. Για τους μετασχηματιστές διανομής ειδικότερα, εκτός από την τιμή $\Delta\theta_N$ δίνεται από κατασκευαστές και η θερμοκρασιακή κατάσταση στο λάδι, ανάλογα με το ηλεκτρικό φορτίο τους και το χρονικό διάστημα λειτουργίας που ενδιαφέρει κυρίως σε ώρες αιχμής.

Προηγούμενη διαρκής φόρτιση(% της ονομαστικής ισχύος)	Θερμοκρασία εξόδου λαδιού	Χρόνος υπερφόρτισης (min) για συγκεκριμένη υπερφόρτιση (% της ονομαστικής ισχύος)				
		10%	20%	30%	40%	50%
50	55	180	90	60	30	15
75	68	120	60	30	15	8
90	78	60	30	15	8	4

Πίνακας 1.2-1: Παράδειγμα θερμοκρασιακής κατάστασης στο λάδι μετασχηματιστών διανομής, ανάλογα με το ηλεκτρικό φορτίο τους και το χρονικό διάστημα λειτουργίας [4].

Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας στο δίκτυο διανομής εξαρτάται εκτός από το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας της γραμμής, και από το είδος του αγωγού. Στο παράρτημα 5.2 παρουσιάζονται τα είδη των αγωγών μέσης τάσης.

Για να υπολογίσουμε τη μέγιστη θερμοκρασία ενός αγωγού μέσης τάσης υπο μέγιστο ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας θα πρέπει να γνωρίζουμε το είδος του αγωγού και στη συνέχεια να υπολογίσουμε το ρεύμα λειτουργίας ως εξής (π.χ. για αγωγούς ACSR 35 mm²):

- Κάθε κλώνος αλουμινίου έχει ονομαστικό ρεύμα περίπου 35 A
- Κάθε κλώνος χάλυβα έχει περίπου το 40% του ονομαστικού ρεύματος ενός κλώνου αλουμινίου καθώς η ειδική αντίστασή του είναι σχεδόν τριπλάσια.

Έτσι για πολύκλωνους αγωγούς μπορούμε να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας με τον παρακάτω τύπο:

$$I_N = \kappa_\alpha \cdot 35 + \kappa_\chi \cdot 14A \quad \text{Σχέση 1.2-1}$$

όπου κ_α ο αριθμός των κλώνων αλουμινίου

και κ_χ ο αριθμός των κλώνων χάλυβα.

Έτσι για τον αγωγό ACSR 35 mm² το ονομαστικό ρεύμα είναι $I_N=224\text{ A}$.

Η μέγιστη δυνατή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στους αγωγούς δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 30 A γιατί περιορίζεται από το ονομαστικό ρεύμα των 30 A των ασφαλειών των ασφαλειαποξευκτών. Αν r είναι η αντίσταση του αγωγού μεταξύ των δύο στύλων, τότε για ρεύμα λειτουργίας $I_L=30$ A και ονομαστικό ρεύμα $i_N=224$ A ισχύει:

$$I_L^2 \cdot R = \kappa \cdot A \cdot \Delta\theta \quad \text{Σχέση 1.2-1}$$

όπου κ ένας συντελεστής θερμοπερατότητας, A η επιφάνεια επαγωγής της θερμότητας και $\Delta\theta$ η αύξηση της θερμοκρασίας.

Για λειτουργία του ίδιου ακριβώς τμήματος του αγωγού υπό ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας I_N είναι:

$$I_N^2 \cdot R = \kappa \cdot A \cdot \Delta\theta_N \quad \text{Σχέση 1.2-2}$$

Όπου $\Delta\theta_N$ η αύξηση της θερμοκρασίας υπό ονομαστικό ρεύμα I_N η οποία θα θεωρηθεί ότι ισούται με τη μέγιστη τιμή των περίπου 60 °C κατά τη δοκιμή υπερθέρμανσης.

Από τις παραπάνω σχέσεις έπεται ότι:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_N \cdot \left(\frac{I_L}{I_N}\right)^2 \quad \text{Σχέση 1.2-3}$$

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

**Πίνακας 1.2-2: Ηλεκτρικά
χαρακτηριστικά αγωγών Μέσης Τάσης**

Με βάση τον πίνακα 1.2-2 και την εξίσωση 1.2-3 μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας για κάθε έναν από τους αγωγούς μέσης τάσης.

Ενδεικτικά παρατίθεται στον πίνακα 1.2-3 τα χαρακτηριστικά των γυμνών αγωγών του δικτύου διανομής που χρησιμοποιούνται στη μέση τάση και στη χαμηλή τάση.

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

Πίνακας 1.2-3: Χαρακτηριστικά γυμνών εναέριων γραμμών [4].

1.2.1 Θερμική συμπεριφορά αγωγών δικτύου διανομής υπό μέγιστο ρεύμα λειτουργίας στη χαμηλή τάση.

Το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας στη χαμηλή τάση περιορίζεται από τα συστήματα προστασίας και τα οποία είναι οι ασφάλειες, ο διακόπτης διαφυγής έντασης(ΔΔΕ) και οι αυτόματοι διακόπτες.

Στη χαμηλή τάση χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο αγωγοί αλουμινίου διατομής 16 mm², 35 mm² και 50 mm² και η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας των αγωγών αυτών εξαρτάται από το ονομαστικό ρεύμα της γραμμής καθώς και από το μέγιστο ρεύμα του αγωγού κατά το οποίο η θερμοκρασία του αγωγού φθάνει στους 60 °C, όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο 1.2.

Ενδεικτικά για τους αγωγούς αλουμινίου χαμηλής τάσης και για ρεύμα κανονικής λειτουργίας 30 A και σύμφωνα με τη σχέση 1.2-3 καταλήγουμε στη θερμοκρασία των αγωγών υπο μέγιστο ρεύμα λειτουργίας όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2.1-1.

Αγωγός	Ονομαστικό ρεύμα (A)	Αύξηση θερμοκρασίας (°C)
Al 16	145	2.57
Al 35	232	1.00
Al 50	295	0.62

Πίνακας 1.2.1-1: Αύξηση θερμοκρασίας αγωγών χαμηλής τάσης υπο μέγιστο ρεύμα λειτουργίας

1.2.2 Θερμική συμπεριφορά αγωγών δικτύου διανομής υπό μέγιστο ρεύμα στη μέση τάση.

Ο μαθηματικός τύπος 1.2-3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στον υπολογισμό της θερμοκρασίας κανονικής λειτουργίας των αγωγών μέσης τάσης. Το δίκτυο διανομής μέσης τάσης προστατεύεται από ασφαλειοποζεύκτες, διακόπτες αυτόματης επαναφοράς(ΔΑΕ) και ελαιοδιακόπτες, έτσι η τιμή του μέγιστου ρεύματος λειτουργίας δεν μπορεί να υπερβεί κάποια καθορισμένη τιμή η οποία είναι το πολύ 40 A.

Για μέγιστο ρεύμα κανονικής λειτουργίας $I_L=40$ A και για τους αγωγούς μέσης τάσης ACSR 16 mm², ACSR 35 mm², ACSR 95 mm² μπορούμε να υπολογίσουμε τη διαφορά θερμοκρασίας με τη βοήθεια του τύπου 1.2-3. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 1.2.2-1.

Αγωγός	Ονομαστικό ρεύμα (A)	Αύξηση θερμοκρασίας (°C)
ACSR 16	136	5.19
ACSR 35	224	1.91
ACSR 95	448	0.48

Πίνακας 1.2.2-1: Αύξηση θερμοκρασίας αγωγών μέσης τάσης υπο μέγιστο ρεύμα λειτουργίας

1.3 Θερμική συμπεριφορά γραμμών διανομής υπό ρεύμα βραχυκύκλωσης

Κατά το βραχυκύκλωμα οι αγωγοί μέσης τάσης υποβάλλονται σε μια επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της έντασης του ρεύματος και της διάρκειας του σφάλματος. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης καθώς και η διάρκεια του σφάλματος για ασφάλειες τύπου-T και ασφάλειες τύπου-K δίνεται από τους παρακάτω πίνακες οι οποίοι βασίζονται στις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας των ασφαλειών αυτών.

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec Ρεύμα (A)		10 sec Ρεύμα (A)		0.1 sec Ρεύμα (A)	
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο
3	6	7,2	-	10	-	58
6	12,0	14.4	13,5	20,5	72	86
8	15	18	18	27	97	116
10	19,5	23.4	22,5	34	128	154
12	25	30	29,5	44	166	199
15	31,0	37.2	37,0	55	215	258
20	39	47	48,0	71	273	328
25	50	60	60	90	350	420
30	63	76	77,5	115	447	546
40	80	96	96	146	565	680
50	101	121	126	188	719	862
65	128	153	159	237	918	1100
80	160	192	205	307	1180	1420
100	200	240	258	388	1520	1820

Πίνακας 1.3-1: Ρεύμα και χρόνοι για την τήξη ασφαλειών τύπου-K. (κατά το πρότυπο ANSI C 34.42 1969) [4].

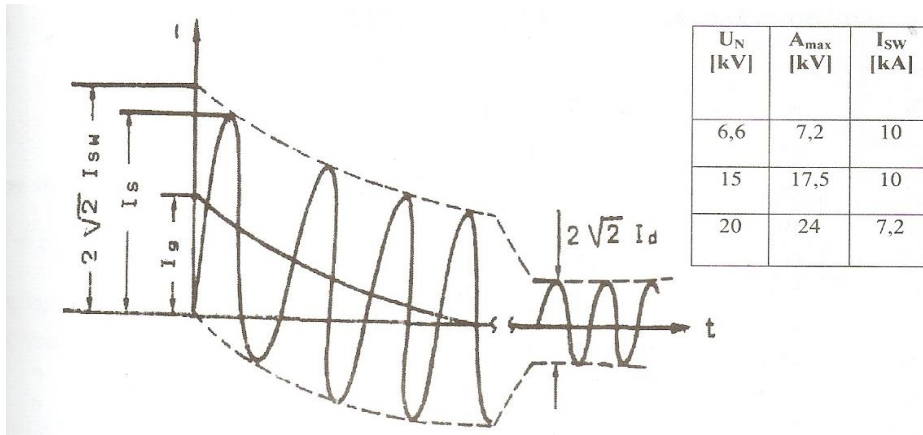
Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec Ρεύμα (A)		10 sec Ρεύμα (A)		0.1 sec Ρεύμα (A)	
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο
3	6	7,2	-	11	-	100
6	12,0	14,4	15,3	23,0	120	144
8	15	18	20,5	31	166	199
10	19,5	23,4	26,5	40	224	269
12	25	30	34,5	52	296	355
15	31,0	37,2	44,5	67	388	466
20	39	47	57,0	85	496	595
25	50	60	73,5	109	635	762
30	63	76	93,0	138	812	975
40	80	96	120	178	1040	1240
50	101	121	152	226	1310	1570
65	128	153	195	291	1650	1975
80	160	192	248	370	2080	2500
100	200	240	319	475	2620	3150

**Πίνακας 1.3-2: Ρεύμα και χρόνοι για την τήξη ασφαλειών
τύπου-T. (κατά το πρότυπο ANSI C 34.42 1969) [4].**

Για την εκτίμηση της θερμοκρασίας των αγωγών μέσης τάσης υπό βραχυκύκλωμα, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης της γραμμής μεταφοράς. Συνεπώς θα πρέπει να μιλήσουμε για τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να υπολογίσουμε το ρεύμα βραχυκύκλωσης και έπειτα αναλύσουμε τη θερμοκρασιακή συμπεριφορά των αγωγών υπό το σφάλμα.

1.3.1 Το βραχυκύκλωμα στις γραμμές μεταφοράς και διανομής

Οι συνιστώσες του ρεύματος βραχυκύκλωσης δίνονται στο σχήμα 1.3-1.



Σχήμα 1.3.1-1: Συνιστώσες του ρεύματος βραχυκύκλωσης[4]

I_s : κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης

I_{sw} : εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης

I_g : συνεχές ρεύμα βραχυκύκλωσης

I_d : διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης

Οι συνιστώσες του ρεύματος βραχυκύκλωσης δίνονται στο σχήμα 1-1. Για το εναλλασσόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sw}) ισχύει η σχέση [4]:

$$I_{sw} = 1,1 \cdot U_N \cdot \frac{1}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{ol}^2 + X_{ol}^2}} \quad \text{Σχέση 1.3.1-2}$$

όπου U_N η ονομαστική τάση και R_{ol} και X_{ol} η συνολική ωμική και επαγωγική αντίσταση αντίστοιχα μέχρι τη θέση βραχυκύκλωσης.
Η δυναμική καταπόνηση προκαλείται από το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_s) για το οποίο ισχύει:

$$I_s = \kappa \cdot \sqrt{2 \cdot I_{sw}} \quad \text{Σχέση 1.3.1-3}$$

Όπου κ ένας συντελεστής που βρίσκεται από τον πίνακα 1-1.
 Η εξάσκηση δύναμης λόγω του I_s είναι:

$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_s^2 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot d} \quad \text{Σχέση 1.3.1-4}$$

Όπου $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Vs/Am}$, L το μήκος των αγωγών και d η μεταξύ τους απόσταση.
 Η θερμική καταπόνηση οφείλεται στο διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_d) για το οποίο ισχύει η σχέση:

$$I_d = \mu_d I_{sw} \quad \text{Σχέση 1.3.1-5}$$

Όπου μ_d ένας συντελεστής που βρίσκεται από τον πίνακα 1-3.1-6.

$R_{o\lambda}/X_{o\lambda}$	κ	I_{sw}/I_G	μ_d
0,00	1,800	0,1	1
0,05	1,680	0,2	0,97
0,10	1,590	0,3	0,96
0,15	1,500	0,4	0,93
0,20	1,440	0,5	0,9
0,25	1,380	0,6	0,89
0,30	1,330	0,7	0,87
0,35	1,290	0,8	0,85
0,40	1,250	0,9	0,82
0,45	1,220	1	0,8
0,50	1,190	1,6	0,7
0,55	1,170	2	0,67
0,60	1,140	3	0,58
0,65	1,120	4	0,52
0,70	1,110	5	0,49
0,75	1,100	6	0,44
0,80	1,095	7	0,41
0,85	1,090	8	0,4
0,90	1,080	9	0,39
0,95	1,075	10	0,35
1,00	1,070		
1,05	1,065		
1,10	1,060		
1,15	1,055		
1,20	1,050		

Πίνακες 1.3.1-6: Συντελεστές κ και μ_d (I_G είναι το ρεύμα της πηγής) [4].

Η αύξηση της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ λόγω του I_d δίνεται από την σχέση:

$$\Delta\theta = \kappa \cdot I_d^2 \left[t + T \cdot \left(\frac{I_{sw}}{I_d} \right)^2 \cdot \frac{1}{A^2} \right] \quad \text{Σχέση 1.3.1-7}$$

όπου:

- 1) I_d και I_{sw} σε A
- 2) $\Delta\theta$ σε °C
- 3) κ : σταθερά του υλικού (για τον χαλκό 0.0058 και για το αλουμίνιο 0.0135)
- 4) A: η διατομή του αγωγού σε mm²
- 5) t : ο χρόνος σε sec για τη διακοπή του βραχυκυκλώματος
- 6) T: ένας συντελεστής χρόνου η τιμή του οποίου είναι:
 - για τριφασικό βραχυκύκλωμα : T=0.3 έως 0.15
 - για διφασικό βραχυκύκλωμα : T=0.6 έως 0.25

Η τιμή T μειώνεται με την απόσταση από τη θέση βραχυκύκλωσης.
Για θερμοκρασία περιβάλλοντος θ_0 η συνολική θερμοκρασία είναι:

$$\Theta = \theta_0 + \Delta\theta \quad \text{Σχέση 1.3.1-8}$$

Ως οριακές θερμοκρασίες λειτουργίας θεωρούνται:

- 1) για γυμνούς αγωγούς:
 - από χαλκό: 200 °C
 - από αλουμίνιο : 180 °C
- 2) για τα καλώδια ισχύουν οι τιμές του παρακάτω πίνακα.

U σε kV	Θερμοκρασία λειτουργίας σε °C	θ σε °C
1...6	45	120
10...20	35	115
30...60	25	100
Για καλώδια χαμηλής τάσης		150

Πίνακες 1.3.1-9: Θερμοκρασία λειτουργίας και οριακή θερμοκρασία για καλώδια [4].

Ο υπολογισμός της $\Delta\theta$ με τη σχέση 1,3,1-7 δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σημειώνεται ότι η τιμή $\Delta\theta$ υπολογίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια κατά IEC 865-1.

Σε περίπτωση εκδήλωσης βραχυκυκλώματος σε μια γραμμή περιορίζεται η τιμή του από τα μέσα προστασίας. Ως ρεύμα διακοπής (I_a) θεωρείται το εναλλασσόμενο τμήμα του ρεύματος βραχυκύκλωσης τη χρονική στιγμή της διακοπής της ηλεκτροδότησης από το μέσο προστασίας. Για το ρεύμα διακοπής I_a ισχύει:

$$I_a = \mu I_{SW} \text{ σε kA}$$

Σχέση 1.3.1-10

Όπου μ ένας συντελεστής (βλέπε πίνακα 1.3.1-11). Στο δίκτυο μέσης τάσης το ρεύμα διακοπής περιορίζεται συνήθως μέσω ηλεκτρονόμων προστασίας στα 80 A.

I_{SW} / I_G	για $\cos\varphi=0,8$	
	$\mu_{0,1s}$	$M_{0,25s}$
από 0,1 έως 1,6	1,0	1,0
2	0,97	0,95
3	0,90	0,85
4	0,85	0,77
5	0,80	0,72
6	0,79	0,70
7	0,70	0,67
8	0,75	0,65
9	0,74	0,63
10	0,74	0,62

Πίνακες 1.3.1-11: $\mu=f(I_{SW}/I_G)$ για $\cos\varphi=0.8$ [4].

$\mu_{0,1s}$ =τιμή για χρόνο διακοπής $\sim 0,1$ s

$\mu_{0,25s}$ =τιμή για χρόνο διακοπής $\sim 0,25$ s

I_G =ονομαστικό ρεύμα της πηγής

Η ισχύς διακοπής P_a δίνεται από τη σχέση:

$$P_a = \sqrt{3} U_N I_a$$

Όπου U_N η ονομαστική τάση στη θέση του σφάλματος.

1.3.1.1 Προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού του ρεύματος βραχυκύκλωσης με βάση τον μετασχηματιστή που προηγείται της θέσης βραχυκύκλωσης.

Ισχύει ότι:

$$I_{SW} \leq 100 \frac{I_N}{u_k} \quad \text{Σχέση 1.3.1.1-1}$$

Όπου I_N και u_k είναι αντίστοιχα το ονομαστικό ρεύμα και η σχετική τάση βραχυκύκλωσης του μετασχηματιστή προ της θέσης βραχυκύκλωσης. Δεν λαμβάνονται δηλαδή υπόψη οι αντιστάσεις της διαδρομής βραχυκύκλωσης, σαν να πρόκειται για βραχυκύκλωμα στους ακροδέκτες του μετασχηματιστή.

Οι υπολογιζόμενες τιμές είναι μεγαλύτερες από τις πραγματικές, όσο αυξάνει η θέση βραχυκύκλωσης από την πηγή.

1.3.1.2 Μέθοδος υπολογισμού του ρεύματος βραχυκύκλωσης μέσω των αντιστάσεων μέχρι και τον μετασχηματιστή που προηγείται της θέσης βραχυκύκλωσης.

Η τιμή I_{SW} που υπολογίζεται είναι μεγαλύτερη από την πραγματική τιμή, αφού η αντίσταση της διαδρομής βραχυκύκλωσης περιορίζεται μέχρι και τον μετασχηματιστή που προηγείται είναι και ως εκ τούτου μικρότερη από την πραγματική τιμή της. Πρόκειται για προσεγγιστική μέθοδο ακριβέστερη από την προηγούμενη.

Η διαδικασία υπολογισμού των ρευμάτων βραχυκύκλωσης έχει ως ακολούθως:

- Υπολογίζεται η αντίσταση: $Z \approx \sqrt{(R_{M\Sigma} + R_T)^2 + (X_{M\Sigma} + X_X)^2}$
- Βρίσκεται η τιμή I_{SW} : $I_{SW} = \frac{230}{Z}$
- $\frac{R_{o\lambda}}{X_{o\lambda}} \leq \frac{R_{M\Sigma}}{X_{M\Sigma}} \rightarrow \text{λαμβάνεται } \frac{R_{o\lambda}}{X_{o\lambda}} = \frac{R_{M\Sigma}}{X_{M\Sigma}}$
- Με βάση το πηλίκο από τον πίνακα 7.1.1-1 βρίσκεται ο συντελεστής κ
- Υπολογίζεται το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης: $I_S = \kappa \sqrt{2} I_{SW}$
- Από τον πίνακα 1.3.1-6 βρίσκεται ο συντελεστής μ_d : $\frac{I_{SWo\lambda}}{I_G} \approx \frac{I_{SW}}{I_N} \rightarrow \mu_d$
- Υπολογίζεται το διαρκές ρεύμα βραχυκύκλωσης: $I_d = \mu_d I_{SW}$

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

(β) Γραμμές MT (οι ωμικές αντιστάσεις ισχύουν για θερμοκρασία αγωγών 50 °C)

Γραμμή MT	Πραγματική διατομή σε mm ²	R σε Ω/km	ωL σε Ω/km
ACSR 3x16	29 (25/4)	1,268	0,422
ACSR 3x35	65 (59/9)	0,576	0,397
ACSR 3x95	175 (150/25)	0,215	0,334
Cu 3x16	16	1,274	0,417
Cu 3x35	35	0,596	0,393
Cu 3x95	95	0,220	0,358

(γ) Γραμμές XT (η διατομή αφορά ισοδύναμη χαλκού)

Είδος γραμμής χαμηλής τάσης	R σε [mΩ/km]	X σε [mΩ/km]
Γυμνοί αγωγοί 4x 16 mm ²	1140	330
Γυμνοί αγωγοί 4x 35 mm ²	533	306
Γυμνοί αγωγοί 4x 50 mm ²	381	294
Γυμνοί αγωγοί 4x 70 mm ²	277	284
Συνεστραμμένα καλώδια 3x35 mm ² + 54,6 mm ²	888 + 630	443 + 630
Συνεστραμμένα καλώδια 3x70 mm ² + 54,6 mm ²	1127	100

Πίνακες 1.3.1.2-1: Αντιστάσεις μετασχηματιστών διανομής και γραμμών μέσης τάσης(MT) και χαμηλής τάσης(XT) [4].

1.3.1.3 Πλήρης υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης

Ο υπολογισμός είναι πλήρης, αν ληφθούν υπ'όψη όλες οι αντιστάσεις της διαδρομής βραχυκύκλωσης (από τη θέση βραχυκύκλωσης μέχρι και το εργοστάσιο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι που στην πράξη είναι σχεδόν αδύνατο, όταν πρόκειται για εκτίμηση καταστάσεων σε πολύ περιορισμένο τμήμα του δικτύου, όπως π.χ. Ο υπολογισμός της θερμοκρασίας στη θέση βραχυκύκλωσης μιας γραμμής διανομής, η μηχανική καταπόνηση ενός μονωτήρα κ.λ.π. Γι'αυτό ο υπολογισμός των ρευμάτων βραχυκύκλωσης σε πραγματογνωμοσύνες και τεχνικές εκθέσεις γίνεται με τις προσεγγιστικές μεθόδους που προαναφέρθηκαν. Στο παράρτημα 5.3 δίνεται ένα παράδειγμα πλήρους υπολογισμού.

1.3.2 Θερμική συμπεριφορά δικτύου διανομής υπό το ρεύμα βραχυκύκλωσης στη χαμηλή τάση

Το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 1.2.1 προστατεύεται έναντι βραχυκυκλώματος από ασφάλειες, ο διακόπτης διαφυγής έντασης (ΔΔΕ) και αυτόματους διακόπτες. Ανάλογα με το είδος και το μήκος του αγωγού, επιλέγεται η κατάλληλη ασφάλεια προστασίας της γραμμής σύμφωνα με τον πίνακα 1.3.2-1.

Ισχύς kVA	Ασ- φά- λεια A	Γυμνοί αγωγοί 16 mm ²	Γυμνοί αγωγοί 35 mm ²	Γυμνοί αγωγοί 50 mm ²	Γυμνοί αγωγοί 70 mm ²	Συνεστραμ- μένο καλώδιο 3x35+54,6 mm ²	Συνεστραμ- μένο καλώδιο 3x70+54,6 mm ²
Μήκος γραμμής σε m							
15	25	1030 950					
	32	760 690					
25	32	850 770					
	40	660 580				1000 380	
50	50	560 480	1070 930			840 720	1130 1010
	63	440 360	830 690	1090 920		660 540	920 750
	80	330 250	630 490	830 660	1010 820	500 380	700 530
75	63	450 370	870 730	1140 970		680 560	950 780
	80	350 270	670 530	880 710	1080 880	530 410	740 570
	100	280 200	530 380	690 510	840 640	420 300	580 410
	125	220 140	410 270	530 360	650 450	330 210	450 290
100	63	460 380	890 750	1160 990		690 570	970 800
	80	360 280	690 550	900 730	1110 910	540 420	760 580
	100	280 210	540 400	710 530	870 670	430 310	600 430
	125	220 150	420 270	550 380	680 480	340 220	470 300
	160	170 90	320 180	420 240	510 310	260 140	360 190
150- 160- 200	80	370 290	710 570	940 760	1150 950	550 430	770 600
	100	300 210	570 420	740 560	910 710	440 320	610 440
	125	230 150	450 300	590 410	720 510	350 230	480 320
	160	180 100	350 200	450 270	560 340	270 150	370 210
	200		270 130	360 170	440 220	210 90	300 130
	250		210 70	280 90	340 110		230 70

Πίνακας 1.3.2-1: Τιμές ασφαλειών σε πίνακες χαμηλής τάσης του δικτύου διανομής (400/230V) για μετασχηματιστές 1 ÷ 200 kVA [4].

Η ασφάλεια που θα επιλεγεί απομονώνει το σφάλμα και δεν επιτρέπει στο ρεύμα βραχυκύκλωσης να προκαλέσει υπερθέρμανση στο κομμάτι του δικτύου που προστατεύει.

Αγωγοί ΧΤ (ισοδύναμη διατομή χαλκού)	R σε mΩ/km	X σε mΩ/km
Γυμνοί αγωγοί 4x16 mm ²	1140	330
Γυμνοί αγωγοί 4x17 mm ²	533	306
Γυμνοί αγωγοί 4x18 mm ²	381	294
Γυμνοί αγωγοί 4x19 mm ²	277	284
Συνεστραμμένα καλώδια 3x35 mm ² +54,6 mm ²	888+630	443+630
Συνεστραμμένα καλώδια 3x70 mm ² +54,6 mm ²	1127	100

Πίνακας 1.3.2-2: Αντιστάσεις των γυμνών αγωγών αλουμινίου και των συνεστραμμένων καλωδίων που χρησιμοποιούνται σε γραμμές διανομής χαμηλής τάσης

Η θερμική καταπόνηση στο δίκτυο χαμηλής τάσης μπορεί επομένως να υπολογιστεί με τον τύπο 1.3.1-7. Σύμφωνα με αυτόν τον τύπο θεωρούμε:

- 1) I_d και I_{sw} σε A
- 2) $\Delta\theta$ σε °C
- 3) κ : 0.0058
- 4) A: η διατομή του αγωγού σε mm² από τον πίνακα 1.3.3-2
- 5) t : ο χρόνος σε sec για τη διακοπή του βραχυκυκλώματος. Για τις ασφαλίες χαμηλής τάσης ο χρόνος αυτό είναι κλάσματα του δευτερολέπτου.
- 6) T: ένας συντελεστής χρόνου η τιμή του οποίου είναι:
 - για τριφασικό βραχυκύκλωμα : T=0.3 έως 0.15
 - για διφασικό βραχυκύκλωμα : T=0.6 έως 0.25

1.3.3 Θερμική συμπεριφορά δικτύου διανομής υπό ρεύμα βραχυκύκλωσης στη μέση τάση.

Η θερμική συμπεριφορά του δικτύου μέσης τάσης κατά το βραχυκύκλωμα εξαρτάται:

- 1) Από το είδος του αγωγού της γραμμής. Η αντίσταση του αγωγού καθορίζει το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας της γραμμής και κατά συνέπεια (βλεπε δοκινή υπερθέρμανσης) επηρεάζει τη θερμοκρασιακή συμπεριφορά της γραμμής και κατά την κανονική λειτουργία και κατά το βραχυκύκλωμα της γραμμής.
- 2) Τον ασφαλειοποιεύκτη προστασίας. Η ρύθμιση του ασφαλειοποιεύκτη και ο χρόνος απομόνωσης τους σφάλματος παίζει καθοριστικό ρόλο στην αναγνώριση του επιπέδου του σφάλματος και στο χρόνο σβέσης του.
- 3) Τον διακόπτη αυτόματης επαναφοράς (ΑΔΕ). Ο διακόπτης αυτόματης επαναφοράς είναι προγραμματισμένος να κάνει επαναλαμβανόμενες προσπάθειες κλεισίματος και ανοίγματος των επαφών του ως προσπάθεια απαλοιφής παροδικών σφαλμάτων.
- 4) Το είδος του βραχυκυκλώματος.
- 5) Τον μετασχηματιστή στη αρχή της γραμμής

Όσον αφορά τους αγωγούς μέσης τάσης, για το ελληνικό σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, παρουσιάζονται στο πίνακα 1.3.3-2 σε συνδυασμό τις αντίστοιχες αντιστάσεις τους.

Γραμμή MT	Πραγματική διατομή σε mm ²	R σε Ω/km	ωL σε Ω/km
ACSR 3x16	29(25/4)	1.268	0.422
ACSR 3x35	65(59/9)	0.576	0.397
ACSR 3x95	175(150/25)	0.215	0.334
Cu 3x16	16	1.274	0.417
Cu 3x35	35	0.596	0.393
Cu 3x95	95	0.22	0.358

Πίνακας 1.3.3-1: Αντίσταση γραμμών μέσης τάσης, τύπου ACSR και Cu [3].

R: η ωμική αντίσταση της γραμμής ανά μήκος του αγωγού

ωL: η επαγωγική αντίσταση της γραμμής ανά μήκος του αγωγού

Οι χαρακτηριστικές αντιστάσεις των μετασχηματιστών μέσης τάσης παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3.3-3.

P _N [KVA]	15	25	50	75	100	150	200	250	400	500	630	750	1000
R[mΩ]	356	175	75	40	29	18.3	13.4	10.5	5.7	4.5	3.6	3	2.2
X[mΩ]	320	228	122	86.8	65.5	44.5	33.5	26.8	17	13.7	10.8	9.1	6.9

Πίνακας 1.3.3-2: Αντιστάσεις των συνήθων μεγεθών των μετασχηματιστών μέσης προς χαμηλή τάση[3]

1.3.3.1 Θερμική συμπεριφορά γραμμών μέσης τάσης που προστατεύεται από ασφάλειες.

Για τον υπολογισμό της θερμικής συμπεριφοράς των αγωγών μέσης τάσης που προστατεύονται από ασφάλειες θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση 1.3.1-7

$$\Delta\theta = \kappa \cdot I_d^2 \left[t + T \cdot \left(\frac{I_{sw}}{I_d} \right)^2 \right] \cdot \frac{1}{A^2}$$

Οι τιμές της σχέσης 1.3.1-7 μπορούν να εξαχθούν ως εξής:

- Ο συντελεστής κ ισούται με 0,0058 καθώς η διατομή των αγωγών δίνεται σε αντίστοιχη διατομή χαλκού.
- Η τιμές των I_d, I_{sw}, και t βρίσκονται στους πίνακες 1.3-1 και 1.3-2 για ασφάλειες τηκτού τύπου-T και τύπου-K.
- Η διατομή A του αγωγού δίνεται από τον πίνακα 1.3.3-2.
- Η τιμή T δίνεται για διφασικό βραχυκύκλωμα (0,6-0,25) και για τριφασικό βραχυκύκλωμα (0,3-0,15)

Αφού υπολογίσουμε την αύξηση της θερμοκρασίας κατά το βραχυκύκλωμα (Δθ_L), η συνολική αύξηση της θερμοκρασίας θα προκύψει από τη άθροιση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (θ₀) και την αύξηση θερμοκρασίας κανονικής λειτουργίας (Δθ) από κεφάλαιο 1.2.3.

$$\theta_{o\lambda} = \theta_0 + \Delta\theta + \Delta\theta_L$$

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec Ρεύμα (A)		10 sec Ρεύμα (A)		0.1 sec Ρεύμα (A)	
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο
3	6	7,2	-	10	-	58
6	12,0	14.4	13,5	20,5	72	86
8	15	18	18	27	97	116
10	19,5	23.4	22,5	34	128	154
12	25	30	29,5	44	166	199
15	31,0	37.2	37,0	55	215	258
20	39	47	48,0	71	273	328
25	50	60	60	90	350	420
30	63	76	77,5	115	447	546
40	80	96	96	146	565	680
50	101	121	126	188	719	862
65	128	153	159	237	918	1100
80	160	192	205	307	1180	1420
100	200	240	258	388	1520	1820

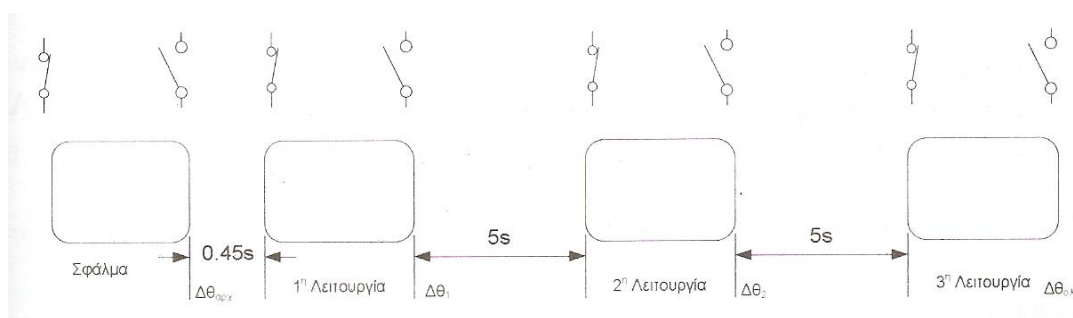
**Πίνακας 1.3-1: Ρεύμα και χρόνοι για την τήξη ασφαλειών τύπου-K.
(κατά το πρότυπο ANSI C 34.42 1969) [4].**

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec Ρεύμα (A)		10 sec Ρεύμα (A)		0.1 sec Ρεύμα (A)	
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέγιστο
3	6	7,2	-	11	-	100
6	12,0	14,4	15,3	23,0	120	144
8	15	18	20,5	31	166	199
10	19,5	23,4	26,5	40	224	269
12	25	30	34,5	52	296	355
15	31,0	37.2	44,5	67	388	466
20	39	47	57,0	85	496	595
25	50	60	73,5	109	635	762
30	63	76	93,0	138	812	975
40	80	96	120	178	1040	1240
50	101	121	152	226	1310	1570
65	128	153	195	291	1650	1975
80	160	192	248	370	2080	2500
100	200	240	319	475	2620	3150

**Πίνακας 1.3-2: Ρεύμα και χρόνοι για την τήξη ασφαλειών τύπου-T.
(κατά το πρότυπο ANSI C 34.42 1969) [4].**

1.3.3.2 Θερμική συμπεριφορά γραμμών μέσης τάσης που προστατεύεται από αυτόματο διακόπτη επαναφοράς ελαίου.

Στην περίπτωση που η γραμμή προστατεύεται από αυτόματο διακόπτη επαναφοράς, η συνολική λειτουργία του οποίου δίνεται απλοποιημένα στο σχήμα 1.3.3.2-1. Σύμφωνα με αυτό το σχήμα ο ελαιοδιακόπτης διακόπτει αυτόματα το σφάλμα σε χρόνο που προκύπτει από την καμπύλη ρεύματος χρόνου του ηλεκτρονόμου από τον οποίο ενεργοποιείται. Στη συνέχεια, μετά την πάροδο 0,45 s επαναφέρει την τροφοδότηση της γραμμής. Αν το σφάλμα συνεχίζει να υφίσταται, ο ελαιοδιακόπτης διακόπτει την τροφοδότηση της γραμμής εκ νέου (1^ο OFF).



Σχήμα 1.3.3.2-1: Πλήρης κύκλος λειτουργίας διακόπτη αυτόματης επαναφοράς [4].

Η επόμενη προσπάθεια για επανατροφοδότηση της γραμμής συμβαίνει 5 sec αργότερα. Η διαδικασία ατή (τροφοδότηση εκ νέου, του διακόπτη για 5 sec) πραγματοποιείται 1 φορά ακόμα. Ο ελαιοδιακόπτης κλείνει μια τελευταία φορά και σε περίπτωση που το σφάλμα δεν έχει καθαριστεί, συμβαίνει οριστική διακοπή της τροφοδότησης. Τελικώς, ο ελαιοδιακόπτης πραγματοποιεί τρεις κύκλους λειτουργίας μετά την αρχική διακοπή της γραμμής.

Η αύξηση της θερμοκρασίας από τους τρεις κύκλους λειτουργίας του ελαιοδιακόπτη είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αρχική αύξηση της θερμοκρασίας $\Delta\theta_{αρχ}$. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη αντίσταση των αγωγών από την ήδη μεγαλύτερη θερμοκρασία από την παραγόμενη θερμότητα. Επομένως, στην περίπτωση της προσεγγιστικής μεθόδου ισχύει:

$$\Delta\theta_{αρχ} = \kappa \cdot I_d^2 \left[t + T \cdot \left(\frac{I_{sw}}{I_d} \right)^2 \right] \cdot \frac{1}{A^2}$$

$$\Delta\theta_1 = \Delta\theta_{αρχ} + \Delta\theta_{αρχ} (1 + \alpha \cdot \Delta\theta_{αρχ})$$

$$\Delta\theta_2 = \Delta\theta_1 + \Delta\theta_{αρχ}(1 + \alpha \cdot \Delta\theta_1)$$

$$\Delta\theta_{ολ} = \Delta\theta_2 + \Delta\theta_{αρχ}(1 + \alpha \cdot \Delta\theta_2)$$

Όπου:

- $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$ και $\Delta\theta_{ολ}$ η αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών στο τέλος της πρώτης, δεύτερης και τρίτης λειτουργίας αντίστοιχα.
- $\alpha=0,004/^{\circ}\text{C}$ για το αλουμίνιο και $0,0039/^{\circ}\text{C}$ για το χαλκό

Σημειώνεται ότι στην πράξη η διακοπή του βραχυκυκλώματος στο Κέντρο Υψηλών Τάσεων συμβαίνει σε τιμές ρεύματος της τάξεως των 80 Α. Έτσι με την παραδοχή ότι ο χρόνος είναι 1 sec (δηλαδή ίσος με τον χρόνο που προβλέπεται στη δοκιμή βραχυκύκλωσης η τιμή $\Delta\theta$ υπολογίζεται ότι είναι για τη δυσμενέστερη περίπτωση $I_{sw}=I_d$).

2 Σκοπός της εργασίας

Όλες οι ηλεκτροτεχνικές εφαρμογές πρέπει να πληρούν, ανάλογα με τη θέση τους στο ηλεκτρικό δίκτυο τρεις βασικές προδιαγραφές.

- Θερμική αντοχή
- Ηλεκτρομονωτική αντοχή
- Μηχανική αντοχή

Ο σκοπός της παρούσης εργασίας είναι ο υπολογισμός της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς των αγωγών του δικτύου διανομής μέσης και χαμηλής τάσης και εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τη θερμοκρασιακή τους συμπεριφορά κατά την κανονική λειτουργία τους και κατά το βραχυκύκλωμα.

Προς το σκοπό αυτό και για τη ευκολία εξαγωγής αποτελεσμάτων για την αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών μέσης και χαμηλής τάσης κατασκευάστηκε ένα γραφικό περιβάλλον φιλικό προς το χρήστη όπως αυτό παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4.

3 Υπολογισμοί που έγιναν για την αύξηση της θερμοκρασίας σε εναέριες γραμμές διανομής μέσης τάσης που προστατεύονται ασφαλειοζεύκτη.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αύξησης της θερμοκρασίας για τα τηκτά τύπου-T και τύπου-K και για τους αγωγούς ACSR 16, 35, 95 σύμφωνα με τη σχέση 1.3.1-7 και με τις παραδοχές:

- $I_{sw}=I_d$ χειρότερη περίπτωση
- $T=0.6$ διφασικό βραχυκύκλωμα
- Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ (καύσωνας)

Η θερμοκρασία των αγωγών ACSR 16, 35, 95 υπό ονομαστικό ρεύμα είναι:

Ονομαστικό ρεύμα (A)	Αύξηση θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)
3	0.03
6	0.12
8	0.21
10	0.32
12	0.47
15	0.73
20	1.30
25	2.03
30	2.92
40	5.19
50	8.11

Σχήμα 3-1: Αύξηση θερμοκρασίας αγωγών ACSR 16 mm² υπό ονομαστικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα (A)	Αύξηση θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)
3	0.01
6	0.04
8	0.08
10	0.12
12	0.17
15	0.27
20	0.48
25	0.75
30	1.08
40	1.91
50	2.99

Σχήμα 3-2: Αύξηση θερμοκρασίας αγωγών ACSR 35 mm² υπό ονομαστικό ρεύμα

Ονομαστικό ρεύμα (A)	Αύξηση θερμοκρασίας (°C)
3	0.00
6	0.01
8	0.02
10	0.03
12	0.04
15	0.07
20	0.12
25	0.19
30	0.27
40	0.48
50	0.75

**Σχήμα 3-3: Αύξηση θερμοκρασίας
αγωγών ACSR 95 mm² υπό
ονομαστικό ρεύμα**

Στη συνέχεια μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική τελική θερμοκρασία των αγωγών για κάθε τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης για τους πίνακες αυτούς.

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	6	43.03	7.2	43.38
6	12	44.10	14.4	44.53
8	15	44.74	18	45.41
10	19.5	45.91	23.4	47.05
12	25	47.72	30	49.60
15	31	50.27	37.2	53.15
20	39	54.66	47	59.34
25	50	62.05	60	69.55
30	63	72.95	76	85.26
40	80	91.78	96	110.96
50	101	120.58	121	150.82

Σχήμα 3-4: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 16 mm² για χρόνο διακοπής 300 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	10 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	43.03	11	43.06
6	15.3	43.17	23	43.24
8	20.5	43.31	31	43.44
10	26.5	43.49	40	43.71
12	34.5	43.75	52	44.12
15	44.5	44.21	67	44.81
20	57	45.08	85	46.03
25	73.5	46.32	109	47.88
30	93	48.00	138	50.49
40	120	51.65	178	55.80
50	152	56.66	226	63.38

Σχήμα 3-5: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 16 mm² για χρόνο διακοπής 10 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	0,1 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	43.03	100	43.19
6	120	43.35	144	43.45
8	166	43.64	199	43.84
10	224	44.12	269	44.47
12	296	44.86	355	45.47
15	388	46.12	466	47.17
20	496	48.20	595	49.91
25	635	51.42	762	54.24
30	812	56.38	975	61.00
40	1040	65.34	1240	72.58
50	1210	74.33	1570	90.20

Σχήμα 3-6: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 16 mm² για χρόνο διακοπής 0,1 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	6	43.01	7.2	43.07
6	12	43.25	14.4	43.30
8	15	43.40	18	43.46
10	19.5	43.66	23.4	43.78
12	25	44.06	30	44.28
15	31	44.64	37.2	44.97
20	39	45.64	47	46.14
25	50	47.31	60	48.12
30	63	49.73	76	51.22
40	80	54.02	96	56.12
50	101	60.51	121	63.84

Σχήμα 3-7: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 35 mm² για χρόνο διακοπής 300 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	10 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	43.00	11	43.01
6	15.3	43.01	23	43.03
8	20.5	43.02	31	43.05
10	26.5	43.04	40	43.08
12	34.5	43.06	52	43.14
15	44.5	43.10	67	43.23
20	57	43.16	85	43.36
25	73.5	43.27	109	43.60
30	93	43.43	138	43.96
40	120	43.72	178	44.59
50	152	44.16	226	45.56

Σχήμα 3-8: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 35 mm² για χρόνο διακοπής 10 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	0,1 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	43.01	100	43.03
6	120	43.05	144	43.07
8	166	43.09	199	43.13
10	224	43.17	269	43.24
12	296	43.29	355	43.42
15	388	43.50	466	43.72
20	496	43.82	595	44.17
25	635	44.34	762	44.92
30	812	45.19	975	46.15
40	1040	46.58	1240	48.10
50	1210	47.85	1570	51.17

Σχήμα 3-9: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 35 mm² για χρόνο διακοπής 0,1 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	6	43.00	7.2	43.04
6	12	43.04	14.4	43.16
8	15	43.06	18	43.27
10	19.5	43.10	23.4	43.43
12	25	43.16	30	43.64
15	31	43.25	37.2	44.00
20	39	43.41	47	44.72
25	50	43.67	60	45.72
30	63	44.04	76	47.04
40	80	44.71	96	49.97
50	101	45.72	121	53.94

Σχήμα 3-10: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 95 mm² για χρόνο διακοπής 300 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	10 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	43.00	11	43.00
6	15.3	43.00	23	43.01
8	20.5	43.00	31	43.03
10	26.5	43.00	40	43.04
12	34.5	43.01	52	43.06
15	44.5	43.01	67	43.10
20	57	43.02	85	43.17
25	73.5	43.04	109	43.27
30	93	43.06	138	43.40
40	120	43.10	178	43.69
50	152	43.16	226	44.10

Σχήμα 3-11: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 95 mm² για χρόνο διακοπής 10 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	0,1 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	43.00	100	43.00
6	120	43.02	144	43.01
8	166	43.03	199	43.02
10	224	43.05	269	43.03
12	296	43.08	355	43.04
15	388	43.13	466	43.07
20	496	43.23	595	43.12
25	635	43.37	762	43.19
30	812	43.57	975	43.27
40	1040	43.96	1240	43.49
50	1210	44.41	1570	43.76

Σχήμα 3-13: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 16 mm² για χρόνο διακοπής 300 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	6	43.27	7.2	43.38
6	12	44.10	14.4	44.53
8	15	44.74	18	45.41
10	19.5	45.91	23.4	47.05
12	25	47.72	30	49.60
15	31	50.27	37.2	53.15
20	39	54.66	47	59.34
25	50	62.05	60	69.55
30	63	72.95	76	85.26
40	80	91.78	96	110.96
50	101	120.58	121	150.82

Σχήμα 3-2: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-K και αγωγούς ACSR 95 mm² για χρόνο διακοπής 300 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	10 sec Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	40.03	10	43.05
6	13.5	43.16	20.5	43.22
8	18	43.29	27	43.38
10	22.5	43.45	34	43.60
12	29.5	43.68	44	43.93
15	37	44.06	55	44.46
20	48	44.85	71	45.51
25	60	45.89	90	46.97
30	77.5	47.36	115	49.10
40	96	50.40	146	53.31
50	126	54.92	188	59.60

Σχήμα 3-14: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 16 mm² για χρόνο διακοπής 10 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	0,1 sec Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	40.03	58	43.08
6	72	43.20	86	43.23
8	97	43.36	116	43.42
10	128	43.58	154	43.70
12	166	43.90	199	44.10
15	215	44.46	258	44.79
20	273	45.48	328	46.00
25	350	46.97	420	47.83
30	447	49.09	546	50.65
40	565	53.25	680	55.52
50	719	59.31	862	62.89

Σχήμα 3-15: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 16 mm² για χρόνο διακοπής 0,1 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	6	43.06	7.2	43.01
6	12	43.22	14.4	43.31
8	15	43.34	18	43.48
10	19.5	43.57	23.4	43.81
12	25	43.93	30	44.32
15	31	44.44	37.2	45.04
20	39	45.28	47	46.26
25	50	46.74	60	48.31
30	63	48.92	76	51.49
40	80	52.59	96	56.59
50	101	58.27	121	64.59

Σχήμα 3-16: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 35 mm² για χρόνο διακοπής 300 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	10 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	40.03	10	43.02
6	13.5	43.05	20.5	43.06
8	18	43.09	27	43.11
10	22.5	43.14	34	43.18
12	29.5	43.22	44	43.27
15	37	43.34	55	43.42
20	48	43.59	71	43.73
25	60	43.93	90	44.15
30	77.5	44.38	115	44.74
40	96	45.38	146	45.98
50	126	46.79	188	47.76

Σχήμα 3-17: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 35 mm² για χρόνο διακοπής 10 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	0,1 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	40.03	58	43.02
6	72	43.06	86	43.07
8	97	43.11	116	43.12
10	128	43.17	154	43.20
12	166	43.26	199	43.30
15	215	43.42	258	43.49
20	273	43.73	328	43.83
25	350	44.15	420	44.33
30	447	44.74	546	45.06
40	565	45.97	680	46.45
50	719	47.70	862	48.45

Σχήμα 3-18: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 35 mm² για χρόνο διακοπής 0.1 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	300 sec			
	Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	6	43.01	7.2	43.01
6	12	43.04	14.4	43.05
8	15	43.06	18	43.08
10	19.5	43.10	23.4	43.14
12	25	43.16	30	43.22
15	31	43.25	37.2	43.33
20	39	43.41	47	43.55
25	50	43.67	60	43.88
30	63	44.04	76	44.38
40	80	44.71	96	45.26
50	101	45.72	121	46.58

Σχήμα 3-2: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 95 mm² για χρόνο διακοπής 300 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	10 sec Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	40.00	10	43.00
6	13.5	43.01	20.5	43.01
8	18	43.02	27	43.02
10	22.5	43.03	34	43.04
12	29.5	43.05	44	43.06
15	37	43.08	55	43.09
20	48	43.14	71	43.15
25	60	43.21	90	43.24
30	77.5	43.31	115	43.36
40	96	43.54	146	43.62
50	126	43.86	188	43.99

Σχήμα 3-19: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 95 mm² για χρόνο διακοπής 10 sec

Ονομαστικό ρεύμα (A)	0,1 sec Ρεύμα (A)- θερμοκρασία (°C)			
	Ελάχιστο	θερμοκρασία	Μέγιστο	θερμοκρασία
3	-	40.00	58	43.00
6	72	43.01	86	43.01
8	97	43.02	116	43.03
10	128	43.04	154	43.04
12	166	43.06	199	43.06
15	215	43.09	258	43.10
20	273	43.15	328	43.17
25	350	43.24	420	43.27
30	447	43.36	546	43.40
40	565	43.62	680	43.69
50	719	43.98	862	44.08

Σχήμα 3-20: Αύξηση θερμοκρασίας για τηκτά τύπου-T και αγωγούς ACSR 95 mm² για χρόνο διακοπής 0.1 sec

Παρατηρήσεις:

Τα αποτελέσματα των παρακάτω πινάκων αποτελούν τη δυσμενέστερη περίπτωση σφάλματος υπό αυξημένο καύσωνα. Παρόλα αυτά θεωρούνται ασφαλή για τη λειτουργία των αντίστοιχων αγωγών καθώς η θερμοκρασία των αγωγών σε κάθε περίπτωση δεν ξεπερνάει τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (200 °C για γυμνούς αγωγούς χαλκού και 180 °C για γυμνούς αγωγούς αλουμινίου). Αυτό συμβαίνει γιατί η μελέτες κατασκευής των γραμμών περιλαμβάνουν τις παραπάνω περιπτώσεις σφάλματος και χρησιμοποιούν αγωγούς με τις κατάλληλες προδιαγραφές.

4 Εφαρμογή υπολογισμού θερμοκρασίας αγωγών μέσης τάσης κατά την κανονική λειτουργία και κατά το βραχυκύκλωμα

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας υλοποιήθηκε μια εφαρμογή υπολογισμού των θερμοκρασιών λειτουργίας και βραχυκυκλώματος για αγωγούς ACSR 16 mm², 35 mm², 95 mm² μέσης τάσης και αλουμινίου 16 mm², 35 mm², 50 mm² χαμηλής τάσης για γραμμές που προστατεύονται από τηκτά τύπου-T και τύπου-K καθώς και από ΔΑΕ.

Η εφαρμογή αυτή υλοποιήθηκε σε περιβάλλον java με τη βοήθεια του Netbeans IDE. Περισσότερα για το Netbeans στο παράρτημα 5. Η εφαρμογή αυτή όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.1 δέχεται ως εισόδους:

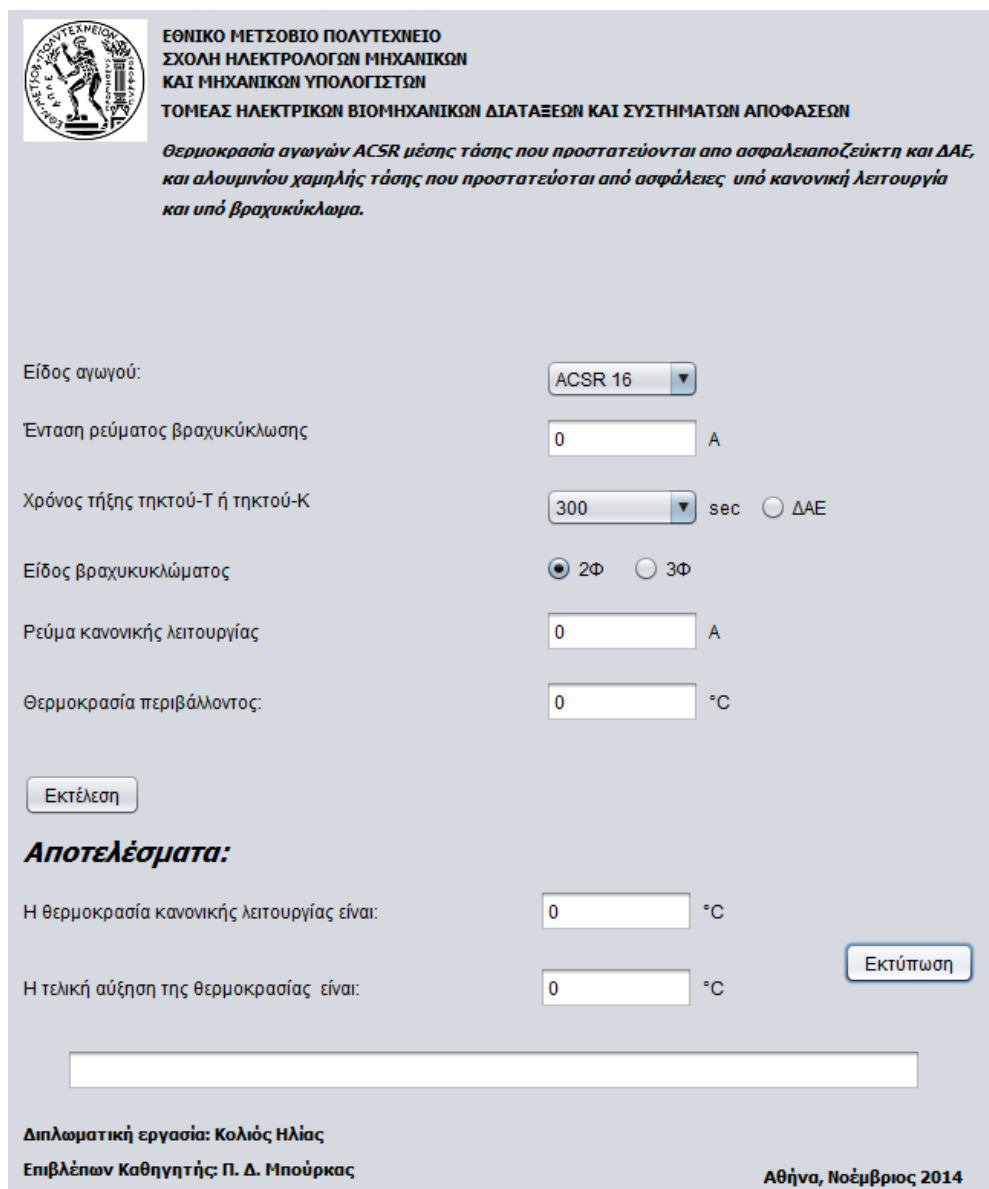
- Το είδος του αγωγού. Οι διαθέσιμες επιλογές των αγωγών ACSR 16,35,95 mm² και αλουμινίου 16,35,50 mm². Αν επιλεγεί κάποιος από τους αγωγούς αλουμινίου, τότε εμφανίζεται η επιλογή «διάρκεια σφάλματος» ενώ για τους αγωγούς ACSR υπάρχουν οι επιλογές για χρόνο τηκτού-T και τηκτού-K.
- Η ένταση του ρεύματος βραχυκύκλωσης στο σημείο του σφάλματος.
- Για προστασία από ασφαλειοπορεύκτη, το χρόνο τήξης τηκτού-T ή τηκτού-K. Οι διαθέσιμες επιλογές για το χρόνο διακοπής είναι 0,1 s, 10 s και 300 s (όπως παρουσιάζονται στους πίνακες τηκτού-T και τηκτού-K)
- Για προστασία από ΔΑΕ υπάρχει η αντίστοιχη επιλογή, κατά την οποία θέτεται ο χρόνος πρώτης απομόνωσης του σφάλματος σε 1 s.
- Το είδος του βραχυκυκλώματος. Υπάρχουν οι επιλογές για τριφασικό και διφασικό βραχυκύκλωμα ανάλογα με τις οποίες η τιμή T της σχέσης 1.3.1-7 έχει και διαφορετική τιμή.
- Το ρεύμα κανονικής λειτουργίας της γραμμής. Με βάση αυτή την τιμή και το μέγιστο ρεύμα του αγωγού της γραμμής υπολογίζεται η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας σύμφωνα με τη σχέση 1.2-3 και τυπώνεται στο κουτί που περιγράφεται « η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι:»
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος. Σε κάθε περίπτωση με βάση τη θερμοκρασία περιβάλλοντος θα υπολογιστεί η τελική αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών κατά το βραχυκύκλωμα και θα τυπωθεί στο κουτί με την περιγραφή « Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι:».


Μετά της εισαγωγή των παραπάνω δεδομένων και την επιλογή του πλήκτρου εκτέλεση, θα υπολογιστούν και θα παρουσιαστούν:

1. Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας

2. Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας των αγωγών

Επίσης θα τυπωθεί και ένα μήνυμα σύμφωνα με το οποίο δηλώνεται αν η τελική θερμοκρασία που υπολογίστηκε είναι εντός των θερμοκρασιακών ορίων ασφαλείας των αγωγών χαλκού και αλουμινίου. Επίσης δίνεται και η επιλογή εκτύπωσης των αποτελεσμάτων σε μορφή εικόνας «.png» στο ίδιο φάκελο που βρίσκεται το πρόγραμμα.



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

Θερμοκρασία αγωγών ACSR μέσης τάσης που προστατεύονται από ασφαλειοποζεύκτη και ΔΑΕ, και αλουμινίου χαμηλής τάσης που προστατεύονται από ασφάλειες υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα.

Είδος αγωγού:

Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης A

Χρόνος τήξης τηκτού-Τ ή τηκτού-Κ sec ☐ ΔΑΕ

Είδος βραχυκυκλώματος ☒ 2Φ ☐ 3Φ

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας A

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: °C

Αποτελέσματα:

Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι: °C

Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι: °C

Διπλωματική εργασία: Κολιός Ηλίας
Επιβλέπων Καθηγητής: Π. Δ. Μπούρκας
Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Εικόνα 4.1: Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής υπολογισμού θερμοκρασιών λειτουργίας και βραχυκυκλώματος.

Στη συνέχεια εξερευνούνται κάποιες περιπτώσεις και ελέγχονται τα αποτελέσματα που παρουσιάζει η εφαρμογή.

Περίπτωση 1.

Αγωγός ACSR 35 mm², ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 76 A, Χρόνος τήξης ασφάλειας 300 sec , διφασικό βραχυκύκλωμα, ρεύμα κανονικής λειτουργίας 30 A και θερμοκρασία περιβάλλοντος 43 °C (καύσωνα). (Από πίνακα 1.3-2).



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

Θερμοκρασία αγωγών ACSR μέσης τάσης που προστατεύονται από ασφαλειοζεύκτη και ΔΑΕ, και αλουμινίου χαμηλής τάσης που προστατεύεται από ασφάλειες υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα.

Είδος αγωγού: ACSR 35

Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 76 A

Χρόνος τήξης τηκτού-T ή τηκτού-K 300 sec ☐ ΔΑΕ

Είδος βραχυκυκλώματος ☒ 2Φ ☐ 3Φ

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας 30 A

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 43 °C

Εκτέλεση

Αποτελέσματα:

Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι: 44.08 °C

Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι: 52.30 °C Εκτύπωση

Εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας Cu<200 °C και Al<180 °C

Διπλωματική εργασία: Κολιός Ηλίας
Επιβλέπων Καθηγητής: Π. Δ. Μπούρκας

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με το μαθηματικό μοντέλο για τη θερμοκρασία λειτουργία υπό ονομαστικό ρεύμα και θερμοκρασία υπό βραχυκύκλωμα (σχ 1.2-3 και 1.3.1-7). Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας των αγωγών.

Περίπτωση 2.

Αγωγός ACSR 35 mm², ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 80 A, προστασία με ΔΑΕ, διφασικό βραχυκύκλωμα, ρεύμα κανονικής λειτουργίας 40 A και θερμοκρασίας περιβάλλοντος 43 °C (καύσωνα). (Από πίνακα 1.3- 2).



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

Θερμοκρασία αγωγών ACSR υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα στη μέση τάση που προστατεύεται από ασφαλειοζεύκτη και ΔΑΕ.

Είδος αγωγού: ACSR 35

Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 80 A

Προστασία με ΔΑΕ ☒ ΔΑΕ

Είδος βραχυκυκλώματος ☒ 2Φ ☐ 3Φ

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας 40 A

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 43 °C

Εκτέλεση

Αποτελέσματα:

Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι: 44.91 °C

Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι: 45.11 °C Εκτύπωση

Εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας Cu<200 °C και Al<180 °C


Διπλωματική εργασία: Κολιός Ηλίας
Επιβλέπων Καθηγητής: Π. Δ. Μπούρκας

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με το μαθηματικό μοντέλο για τη θερμοκρασία λειτουργία υπό ονομαστικό ρεύμα και θερμοκρασία υπό βραχυκύκλωμα (σχ 1.2-3 και 1.3.1-7). Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας των αγωγών

Περίπτωση 3.

Αγωγός ACSR 95 mm² ,ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 862 A, χρόνος τήξης ασφάλειας 0,1 sec , διαφασικό βραχυκύκλωμα, ρεύμα κανονικής λειτουργίας 50 A και θερμοκρασία περιβάλλοντος 43 °C (καύσωνας). (Από πίνακα 1.3-2).



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

Θερμοκρασία αγωγών ACSR μέσης τάσης που προστατεύονται από ασφαλειοπεζούκτη και ΔΑΕ, και αλουμινίου χαμηλής τάσης που προστατεύονται από ασφάλειες υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα.

Είδος αγωγού: ACSR 95

Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 862 A

Χρόνος τήξης τηκτού-Τ ή τηκτού-Κ 0.1 sec ☐ ΔΑΕ

Είδος βραχυκυκλώματος ☒ 2Φ ☐ 3Φ

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας 50 A

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 43 °C

Εκτέλεση

Αποτελέσματα:

Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι: 43.75 °C

Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι: 44.03 °C Εκτύπωση

Εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας Cu<200 °C και Al<180 °C

Διπλωματική εργασία: Κολιός Ηλίας


Επιβλέπων Καθηγητής: Π. Δ. Μπούρκας

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με το μαθηματικό μοντέλο για τη θερμοκρασία λειτουργία υπό ονομαστικό ρεύμα και θερμοκρασία υπό βραχυκύκλωμα (σχ 1.2-3 και 1.3.1-7). Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας των αγωγών.

Περίπτωση 4

Αγωγός AAC 35 mm², ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 200 A, χρόνος τήξης ασφάλειας 0.05 sec, τριφασικό βραχυκύκλωμα, ρεύμα κανονικής λειτουργίας 30 A και θερμοκρασία περιβάλλοντος 43 °C (καύσωνας). (Από πίνακα 1.3-2).



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

Θερμοκρασία αγωγών ACSR μέσης τάσης που προστατεύονται από ασφαλειοποζεύκτη και ΔΑΕ, και αλουμινίου χαμηλής τάσης που προστατεύονται από ασφάλειες υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα.

Είδος αγωγού: AAC 35

Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 200 A

Χρόνος τήξης ασφάλειας χαμηλής τάσης 0.05 sec

Είδος βραχυκυκλώματος ☐ 2Φ ☒ 3Φ

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας 30 A

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 43 °C

Εκτέλεση

Αποτελέσματα:

Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι: 44.00 °C

Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι: 44.07 °C

Εκτύπωση

Εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας Cu<200 °C και Al<180 °C

Διπλωματική εργασία: Κολιός Ηλίας


Επιβλέπων Καθηγητής: Π. Δ. Μπούρκας

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με το μαθηματικό μοντέλο για τη θερμοκρασία λειτουργία υπό ονομαστικό ρεύμα και θερμοκρασία υπό βραχυκύκλωμα (σχ 1.2-3 και 1.3.1-7). Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας των αγωγών

Περίπτωση 5.

Αγωγός ACSR 35 mm² ,ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 500 A, χρόνος τήξης ασφάλειας 300 sec , τριφασικό βραχυκύκλωμα, ρεύμα κανονικής λειτουργίας 50 A και θερμοκρασία περιβάλλοντος 43 °C (καύσωνας). (Από πίνακα 1.3-2).



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

Θερμοκρασία αγωγών ACSR μέσης τάσης που προστατεύονται από ασφαλειοζεύκτη και ΔΑΕ, και αλουμινίου χαμηλής τάσης που προστατεύονται από ασφάλειες υπό κανονική λειτουργία και υπό βραχυκύκλωμα.

Είδος αγωγού: ACSR 35

Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης 500 A

Χρόνος τήξης τηκτού-T ή τηκτού-K 300 sec ☐ ΔΑΕ

Είδος βραχυκυκλώματος ☐ 2Φ ☒ 3Φ

Ρεύμα κανονικής λειτουργίας 50 A

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 43 °C

Εκτέλεση

Αποτελέσματα:

Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι: 45.99 °C

Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι: 401.45 °C Εκτύπωση

Εκτός των οριακών συνθηκών λειτουργίας Cu<200 °C και Al<180 °C

Διπλωματική εργασία: Κολιός Ηλίας
Επιβλέπων Καθηγητής: Π. Δ. Μπούρκας

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Η τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης ίση με 500 A. Ο λόγος που ορίστηκε είναι για ναδειχθεί η λειτουργία της εφαρμογής σε περίπτωση που η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά το βραχυκυκλωμα ξεπερνάει τα όρια συνθηκών λειτουργίας. Η εφαρμογή μπορεί να υπολογίσει την τιμή αυτή και ενημερώνει το χρήστη για την σοβαρότητα του σφάλματος.

5 Παράρτημα

5.1 Δοκιμές ποιοτικού ελέγχου σε ηλεκτροτεχνικές κατασκευές

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία μιας ηλεκτροτεχνικής κατασκευής πρέπει, πριν αυτή διατεθεί σε χρήση, να δοκιμαστεί υπό συνθήκες λειτουργίας, που θα αντιστοιχούν στις μελλοντικές μέγιστες καταπονήσεις της στο δίκτυο. Οι δοκιμές αυτές, που συνήθως αποτελούν την τελευταία φάση της παραγωγικής διαδικασίας, προβλέπονται στους κανονισμούς (VDE, IEC, κ.λ.π.) και διακρίνονται στις δοκιμές τύπου και στις δοκιμές σειράς.

Οι δοκιμές τύπου γίνονται σε περιορισμένο αριθμό παραχθέντων και έτοιμων προς διάθεση προϊόντων (π.χ. για την παραγωγή εκατό μετασχηματιστών διανομής 20 kV/400 V, 400 kVA σε ένα μόνο τυχαίο δείγμα). Ενώ οι δοκιμές σειράς πραγματοποιούνται σε όλα ανεξαιρέτως τα τεμάχια (π.χ. και στους εκατό παραπάνω μετασχηματιστές).

Όταν μια συσκευή δεν αντεπεξέλθει επιτυχώς σε κάποια από τις προβλεπόμενες γι' αυτή δοκιμές τύπου και σειράς, τότε κρίνεται ακατάλληλη και η ζημία για τον κατασκευαστή μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη. Επειδή της παραγωγής προηγείται μελέτη και κατασκευή δείγματος (που έχει υποστεί επιτυχώς τις δοκιμές τύπου κα σειράς). Είναι φυσικό οι τυχόν αποτυχίες δοκιμών τύπου και σειράς να οφείλονται σε λάθη κατά την παραγωγική διαδικασία, ή ακόμα και σε ελαττώματα που μπορεί να έχουν οι πρώτες ύλες. Γι' αυτό προς ελαχιστοποίηση των βλαβών στην τελευταία φάση της παραγωγής επιβάλλεται έλεγχος ποιότητας, τόσο στις πρώτες ύλες, όσο και στις διάφορες φάσεις της παραγωγής (δοκιμές πρώτων υλών και δοκιμές παραγωγής αντίστοιχα).

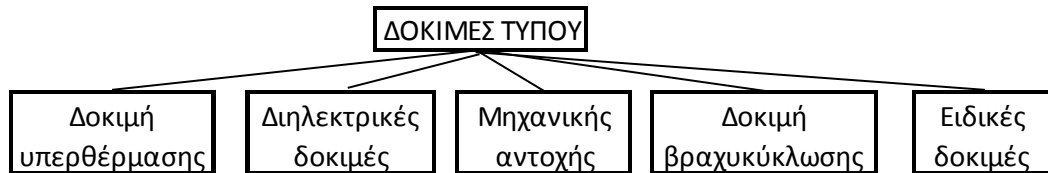
Οι δοκιμές πρώτων υλών είναι κυρίως δειγματοληπτικοί έλεγχοι, που βασίζονται, λόγω των μεγάλων προς έλεγχο ποσοτήτων, σε κάποια μέθοδο πιθανοτήτων (στο παράδειγμα παραγωγής των παραπάνω 100 μετασχηματιστών μερικές από τις δοκιμές πρώτων υλών είναι: ο έλεγχος των μονωτήρων, των μεταγωγέων τάσης, το πάχος των χρησιμοποιούμενων κατά περίπτωση μονωτικών χαρτιών, το μήκος, το σπείρωμα και το πάχος επιψευδαργύρωσης των χρησιμοποιούμενων κοχλίων, κ.λ.π.).

Οι δοκιμές παραγωγής είναι μετρήσεις που ελέγχουν την ποιότητα στις διάφορες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας, οπότε ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες για λάθη στην τελική συναρμολόγηση (στο παράδειγμα που προαναφέρθηκε, μερικές από τις δοκιμές αυτές είναι: ο έλεγχος των απωλειών σιδήρου πριν τοποθετηθούν τα πηνία, ο έλεγχος των επιμέρους πηνίων, η μέτρηση της σχέσης μετασχηματισμού και του τύπου ζεύξης πριν πληρωθεί ο μετασχηματιστής στο κενό με μονωτικό λάδι κ.λ.π.).

Οι δοκιμές τύπου δεν είναι ίδιες για κάθε ηλεκτροτεχνική κατασκευή, αλλά εξαρτώνται από το είδος της (μετασχηματιστής, καλώδιο, αποζεύκτης. Διακόπτης ισχύος κ.λ.π.), τα ονομαστικά στοιχεία (τάση, ρεύμα, κ.λ.π.) και τις συνθήκες λειτουργίας που πρόκειται να αντιμετωπίσει αυτή κατά περίπτωση στο δίκτυο (π.χ. για αποζεύκτες εξωτερικού χώρου προβλέπεται ως δοκιμή τύπου η εξακρίβωση της ικανότητας μόνωσης υπό βροχή, ενώ για αποζεύκτες εσωτερικού χώρου δεν έχει νόημα ο έλεγχος αυτός, κ.λ.π.).

Για την κατανόηση των δοκιμών τύπου, που προβλέπονται στους κανονισμούς, έχουν παρασταθεί στο σχήμα 5-1 οι διάφορες κατηγορίες τους, οι οποίες βέβαια πραγματοποιούνται όταν έχουν νόημα για την υπό έλεγχο κατασκευή (σε ένα μονωτήρα π. χ. δεν έχει νόημα η δοκιμή βραχυκύκλωσης, οι δοκιμές μηχανικής αντοχής αφορούν τις επαφές διακοπών, κ.λ.π.). Το σκεπτικό για την κατάταξη και διεξαγωγή των δοκιμών κατά το σχήμα 5-1 προέρχεται από την ανάγκη να δοθεί μια αξιόπιστη απάντηση στις εξής βασικές ερωτήσεις για κάθε κατασκευή:

- 1) Μέχρι ποιο ρεύμα μπορεί να εργάζεται μια κατασκευή (ονομαστικό ρεύμα);
- 2) Ποια είναι η τάση λειτουργίας (ονομαστική τάση);
- 3) Ποια πρέπει να είναι η μηχανική της αντοχή;
- 4) Αντέχει η κατασκευή το βραχυκύκλωμα μέχρι να γίνει διακοπή του από τα μέσα προστασίας του δικτύου;
- 5) Ποιες είναι οι ειδικές απαιτήσεις που θα χαρακτηρίζουν τη λειτουργία της;



Σχήμα 5-1. Κατάταξη των δοκιμών τύπου σε 5 βασικές κατηγορίες

Οι απαντήσεις στους παραπάνω προβληματισμούς δίνονται με τη διεξαγωγή συγκεκριμένων δοκιμών τύπου που περιλαμβάνονται στους διάφορους κανονισμούς και είναι αντίστοιχα για τις τέσσερις πρώτες ερωτήσεις:

- 1) Η δοκιμή υπερθέρμανσης (ή ανύψωσης της θερμοκρασίας)
- 2) Οι διηλεκτρικές δοκιμές.
- 3) Η δοκιμή μηχανικής αντοχής.
- 4) Η δοκιμή βραχυκύκλωσης.

Σε ότι αφορά την τελευταία ερώτηση οι δοκιμές, που χαρακτηρίζονται ως «ειδικές», περιλαμβάνονται επίσης αναλυτικά στους κανονισμούς, ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι, η μέτρηση π.χ. των απωλειών ενός μετασχηματιστή, ο έλεγχος της ποιότητας βαφής ενός πίνακα εξωτερικού χώρου, κ.λ.π., αποτελούν, κατά το παραπάνω σκεπτικό, ειδικές δοκιμές, γιατί αναφέρονται σε συγκεκριμένες ειδικές απαιτήσεις που καθορίζονται από το είδος και τη χρήση της κατασκευής.

Πηγή:

Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Τόμος II (εφαρμογές βιομηχανικών ηλεκτρικών διατάξεων)-

Π.Δ. Μπούρκας Ομ, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Α.Δ. Πολυκράτη Δρ. Μηχανικός Ε.Μ.Π.

5.2 Αγωγοί δικτύου διανομής

5.2.1 Αγωγοί από χαλκό

Ο χαλκός έχει υψηλή αγωγιμότητα και όταν είναι σκληρής ελκύσεως, εμφανίζει μεγάλη αντοχή. Βασικό τεχνικό μειονέκτημα του είναι το βάρος. Αν και υπάρχει άφθονο στη φύση αποτελεί πλέον παρωχημένο υλικό όσον αφορά τους αγωγούς ΥΤ. Τα πλεονεκτήματα του όμως είναι η καλή αγωγιμότητα και η ευκολία επεξεργασίας του. Οι αγωγοί χαλκού υπάρχουν σε τρεις μορφές, μαλακής, μέσης και σκληρής έλκυσης. Οι μαλακής έλκυσης χρησιμοποιούνται στις γραμμές για μικρά ανοίγματα ή για γειώσεις. Είναι εύκαμπτοι και ανθεκτικοί στο σπάσιμο ακόμη και υπό μεγάλο μηχανικό φορτίο. Οι αγωγοί μέσης έλκυσης χρησιμοποιούνται για μεσαία ανοίγματα ενώ οι σκληρής έλκυσης σε μεγαλύτερα. Οι τελευταίοι είναι και οι ισχυρότεροι. Η δύναμή τους όμως τους κάνει δύσκολους στην επεξεργασία αλλά και κατά τη διάρκεια της εργασίας

5.2.2 Αγωγοί από αλουμίνιο AAC (All Aluminum Conductors)

Το αλουμίνιο είναι τρεις φορές ελαφρύτερο από τον χαλκό και έχει και μικρότερο κόστος, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω. Μειονεκτεί όμως στο γεγονός ότι έχει το 60% περίπου της αγωγιμότητας του χαλκού, καθώς και μόνο το 50% της μηχανικής αντοχής του.

Έτσι ένας αγωγός αλουμινίου με ισοδύναμη διατομή με αγωγό από χαλκό έχει το μισό του βάρος και διάμετρο μεγαλύτερη κατά 1,6 φορές (60% μεγαλύτερη). Τα παραπάνω δείχνουν ότι ο αγωγός από αλουμίνιο δέχεται μεγαλύτερες επιφορτίσεις από τον άνεμο και τον πάγο λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειάς του.

Το αλουμίνιο με κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες οξειδώνεται (σκουριάζει) επιφανειακά. Το στρώμα της οξείδωσης είναι πολύ λεπτό και προστατεύει τον αγωγό από την παραπέρα οξείδωση. Κοντά στη θάλασσα όμως (σε απόσταση μέχρι 1 km περίπου) διαβρώνεται από το αλάτι που περιέχεται στον αέρα, σε βάθος μέχρι 3 mm. Οι αγωγοί αλουμινίου χρησιμοποιούνται κυρίως στις γραμμές χαμηλής τάσης και μακριά από τη θάλασσα. Στις γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσης δεν χρησιμοποιούνται γιατί έχουν μικρή μηχανική αντοχή (οι πυλώνες απέχουν πολύ μεταξύ τους και οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις στους αγωγούς είναι πολύ μεγάλες

5.2.3 Αγωγοί από Αλουμίνιο - Χάλυβα ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforcement)

Το μειονέκτημα των αγωγών αλουμινίου αντιμετωπίζεται με επιτυχία με τους αγωγούς ACSR (Aluminum conductor steel-reinforced cable). Αυτοί έχουν ψυχή από κλώνους με γαλβανισμένο χάλυβα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.11.3-1. Ο χάλυβας αναλαμβάνει τη μηχανική αντοχή και το αλουμίνιο την ηλεκτροδότηση. Το ρεύμα

οδεύει κυρίως μέσα από το αλουμίνιο, δηλαδή το ρεύμα μέσα από το χάλυβα είναι αμελητέο.

Το αλουμίνιο δεν χρησιμοποιείται μόνο του σαν αγωγός των εναέριων γραμμών μεταφοράς, λόγω μικρής μηχανικής αντοχής. Η τεχνική των συνεστραμμένων κλώνων διευκολύνει την ενσωμάτωση μέσα στον αγωγό αλουμινίου συρμάτων χάλυβα, τα οποία προσδίδουν σε αυτόν την απαιτούμενη μηχανική αντοχή. Οι αγωγοί αυτοί που στο κέντρο τους έχουν κλώνους χάλυβα και γύρω τους έχουν κλώνους αλουμινίου, ονομάζονται αγωγοί αλουμινίου με ενίσχυση χάλυβα. Οι κλώνοι χάλυβα εάν είναι περισσότεροι του ενός, είναι διατεταγμένοι σε στρώματα τα οποία αποτελούν τον πυρήνα του αγωγού. Η επιλογή σε κάθε περίπτωση της κατάλληλης συνθέσεως του αγωγού βασίζεται στις μηχανικές και ηλεκτρικές απαιτήσεις της γραμμής. Πολύ διαδεδομένη είναι η αμερικανική τυποποίηση των αγωγών ACSR, η οποία προβλέπει εκτεταμένη περιοχή διατομών. Στις ελληνικές γραμμές μεταφοράς χρησιμοποιούνται οι εξής διατομές αγωγών ACSR: 336 MCM και 354 MCM όπου 1 MCM= 1000 Circular Mills. Η πρώτη χρησιμοποιείται στις γραμμές 66 kV και στις ελαφριές γραμμές 150 kV, η δεύτερη στις βαριές 150kV και η τρίτη στις γραμμές των 400 kV. Οι τιμές των διατομών, οι οποίες χαρακτηρίζουν τους αγωγούς ACSR είναι οι τιμές των διατομών του αλουμινίου των αγωγών.

5.2.4 Κράματα Αλουμινίου AAAC(All Aluminum Alloy Conductor)

Κατά τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται αγωγοί από κράματα αλουμινίου με άλλα μέταλλα, όπως το μαγνήσιο και το πυρίτιο. Οι αγωγοί αυτοί έχουν αυξημένη μηχανική αντοχή, ώστε να ικανοποιούν τις μηχανικές απαιτήσεις των γραμμών χωρίς ενίσχυση χάλυβα, ενώ διατηρούν αγωγιμότητα παραπλήσια εκείνης του αλουμινίου. Πλεονεκτήματα των αγωγών από κράματα αλουμινίου είναι η ομοιογένεια του υλικού τους, λόγω της οποίας αποφεύγονται και ορισμένα προβλήματα ηλεκτρολυτικής διαβρώσεως, τα οποία εμφανίζει πολλές φορές η συνύπαρξη δύο διαφορετικών μετάλλων, καθώς και η απλούστευση των συνδέσεων και τερματικών. Η ΔΕΗ χρησιμοποιεί αγωγούς κραμάτων αλουμινίου στις γραμμές μέσης τάσης.

5.3 Πλήρης υπολογισμός του ρεύματος βραχυκύκλωσης

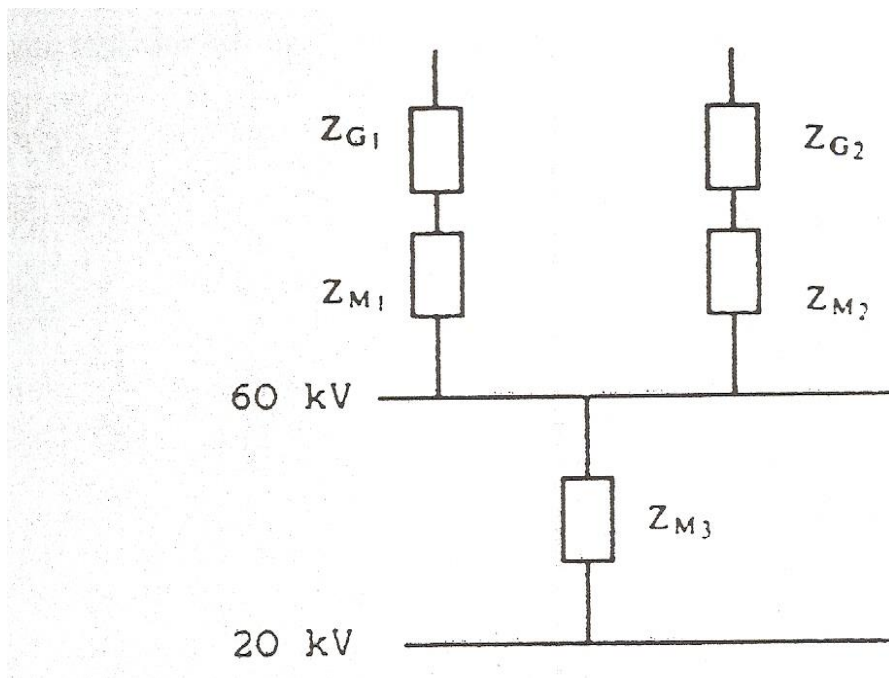
Αν υποθεθεί ότι το τριφασικό βραχυκύκλωμα αφορά το σημείο Α της εγκατάστασης του σχήματος 1.3.1.2-1, τότε η συνολική ισχύς του δικτύου θα οδεύσει προς το σημείο αυτό. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι η τιμή του ρεύματος στο σημείο Α. Η τιμή αυτή εξαρτάται από την ισχύ του δικτύου μέχρι το σημείο βραχυκύκλωσης.

Στο σχήμα 1.3.1.2-1 δίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα όλων των αντιστάσεων της διαδρομής βραχυκύκλωσης κατά το σχήμα 1.3.1-6.

Στις εγκαταστάσεις μέσης και υψηλής η τιμή $R_{ολ}$ θεωρείται συνήθως αμελητέα συγκριτικά προς την τιμή $X_{ολ}$. Στην περίπτωση αυτή η ολική σύνθετη αντίσταση $Z_{ολ}$ ισούται περίπου με $X_{ολ}$ και δίνεται από τη σχέση:

$$Z_{o\lambda} \approx X_{o\lambda} = \varepsilon_{o\lambda} \frac{U_N^2}{P_G} 10^{-2} + X_\gamma \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση} \quad \text{Σχέση 5.3-1}$$

όπου U_N η ονομαστική τάση (μεταξύ των φάσεων) σε kV, P_G η ονομαστική ισχύς σε MVA, $\varepsilon_{o\lambda}$ το άθροισμα των επιμέρους ε και u σε % και X_γ η επαγωγική αντίδραση της γραμμής.



Ο υπολογισμός των επιμέρους αντιστάσεων γίνεται με αναγωγή στην τάση 10 kV. Η αναγωγή γενικά μιας αντίστασης X υπό τάση U_1 σε μια άλλη τάση U_2 γίνεται με τη σχέση:

$$X_2 = X_1 \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 \quad \text{Σχέση 5.3-2}$$

Από τη σχέση 7.1.2-2 για $X_\gamma = 0$ και τη σχέση 7.1.2-2 για τάση αναγωγής 10 kV, έπεται ότι:

$$X_{o\lambda} = \varepsilon_{o\lambda} \frac{10^2}{P_G} 10^{-2} = \frac{\varepsilon_{o\lambda}}{P_G} \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση} \quad \text{Σχέση 5.3-3}$$

1)για γεννήτριες:

$$X_{10} = \frac{\varepsilon}{P_G} \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση}$$

Σχέση 5.3-4

2)για μετασχηματιστές και στραγγαλιστικά πηνία:

$$X_{10} = \frac{u}{P_G} \quad \text{σε } \Omega/\text{φάση}$$

Σχέση 5.3-5

Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις, για τον υπολογισμό των αντιστάσεων των γεννητριών, των μετασχηματιστών και των στραγγαλιστικών πηνείων πρέπει να γνωρίζεις:

- 1) Για τις γεννήτριες: την ονομαστική ισχύ (P_G) σε MVA και τη σχετική τάση διασποράς (ε) σε %.
2. για τους μετασχηματιστές: την ονομαστική ισχύ (P_N) σε MVA και τη σχετική τάση βραχυκύκλωσης (u) σε %.
3. για στραγγαλιστικά πηνία: τη διερχόμενη ισχύ (P_N) σε MVA και τη σχετική τάση βραχυκύκλωσης (u) σε %.

Σε ότι αφορά τις γραμμές, είναι απαραίτητη η γνώση της επαγωγικής αντίδρασης X_γ σε Ω . Με βάση την τιμή αυτή και την τάση λειτουργίας της γραμμής βρίσκεται από τον πίνακα 7.1.1-2 η τιμή ε/P της γραμμής.

X_γ σε Ω	Πολική τάση λειτουργίας της γραμμής U_π σε kV												
	3	5	6	10	15	20	30	40	50	60	100	150	200
	ε/P σε Ω / φάση												
0,10	1,2	0,40	0,27	0,10	0,05	0,05							
0,20	2,3	0,80	0,55	0,20	0,09	0,09							
0,30	3,5	1,25	0,80	0,30	0,14	0,08							
0,40	3,8	1,60	1,10	0,40	0,19	0,10	0,05						
0,50	5,8	2,00	1,40	0,50	0,23	0,13	0,06						
0,60	6,9	2,50	1,55	0,60	0,27	0,15	0,07						
0,70	8,0	2,90	1,90	0,70	0,30	0,17	0,08						
0,80	9,0	3,10	2,00	0,80	0,33	0,20	0,09	0,05					
0,90	10,0	3,50	2,50	0,90	0,40	0,22	0,10	0,06					
1,00		4,00	2,55	1,00	0,45	0,25	0,12	0,07					
2,00		8,00	5,00	2,00	0,90	0,50	0,22	0,13	0,08	0,06			
3,00			8,00	3,00	1,45	0,70	0,32	0,19	0,12	0,08			
4,00			10,00	4,00	1,55	1,00	0,42	0,25	0,16	0,11			
5,00				5,00	2,10	1,25	0,50	0,30	0,20	0,14	0,05		
6,00				6,00	2,60	1,50	0,65	0,38	0,25	0,17	0,06		
7,00				7,00	3,00	1,75	0,80	0,41	0,27	0,20	0,07		
8,00				8,00	3,50	2,00	0,90	0,50	0,30	0,22	0,08		
9,00				9,00	4,00	2,20	1,00	0,55	0,35	0,25	0,09		
10,00				10,00	4,20	2,50	1,05	0,60	0,40	0,27	0,10		
15,00					6,50	3,30	1,60	0,90	0,60	0,40	0,15	0,07	
20,00					8,50	5,00	2,00	1,25	0,75	0,55	0,20	0,09	0,05
25,00					10,00	6,00	2,50	1,50	0,95	0,69	0,25	0,11	0,06
30,00						7,00	3,05	1,70	1,20	0,80	0,30	0,14	0,08
40,00						10,00	4,00	2,50	1,50	1,10	0,40	0,19	0,10
50,00							5,00	3,00	2,00	1,40	0,50	0,24	0,12
60,00							6,00	3,50	2,40	1,60	0,60	0,27	0,15
70,00							7,00	4,00	2,70	1,90	0,70	0,30	0,17
80,00							8,00	4,90	3,00	2,10	0,80	0,37	0,20
90,00							9,00	5,10	3,20	2,50	0,90	0,40	0,22
100,00							10,00	6,00	3,40	2,60	1,00	0,45	0,25

Πίνακας 5.3-3: Τιμή ε/P για γραμμές ανάλογα με την επαγωγική αντίδραση X_γ και την τάση λειτουργίας U_π (τάση μεταξύ των φάσεων)[4]

Για μια π.χ. Γραμμή μήκος $L=20$ km και $X=0,4$ Ω/km, που λειτουργεί στα 60 kV, η τιμή ε/P υπολογίζεται ως ακολούθως.

$$X_{\gamma} = L X = 20 * 0.4 = 8 \Omega$$

Η τιμή $3/P$ κατά τον πίνακα 5,3-3 (για $X_{\gamma}=8$ Ω και τάση λειτουργίας $U_{\pi}=60$ kV) είναι:

$$\frac{\varepsilon}{P} = 0.22 \Omega / \text{φαση}$$

Κατόπιν των ανωτέρω με τάση αναγωγής 10kV και $Z_{ολ} \sim X_{ολ}$ για τον υπολογισμό του εναλλασσόμενου ρεύματος βραχυκύκλωσης (I_{sw}) ισχύει σύμφωνα με τη σχέση :

$$I_{sw} = \frac{1,1 * 10}{\sqrt{3} X_{ολ}} = \frac{6,35}{X_{ολ10}} \text{ σε } \kappa A \quad \text{Σχέση 5.3-6}$$

και

$$I_{sw} = I_{sw} \frac{10}{U_N} \text{ σε } \kappa A \quad \text{Σχέση 5.3-7}$$

Επίσης, επειδή η τιμή $R_{ολ}$ είναι αμελητέα ως προς την $X_{ολ}$, είναι $\kappa=1,8$ και επομένως από τη σχέση ισχύει για το κρουστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_s):

$$I_s = 1,8 \sqrt{2} I_{sw} \text{ σε } \kappa A \quad \text{Σχέση 5.3-8}$$

Η τιμή αυτή ενδιαφέρει ιδιαίτερα στους υπολογισμούς μηχανικών καταπονήσεων, οι οποίες εκδηλώνονται στο αρχικό στάδιο του βραχυκυκλώματος (π.χ.: εξάσκηση δυνάμεων μεταξύ των ζυγών ενός πίνακα μέσης τάσης, εξάσκηση δυνάμεων στους κοχλίες ηλεκτρικών συνδέσμων, κ.λ.π.).

Πηγή:

Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Τόμος II (εφαρμογές βιομηχανικών ηλεκτρικών διατάξεων)-

Π.Δ. Μπούρκας Ομ, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Α.Δ. Πολυκράτη Δρ. Μηχανικός Ε.Μ.Π.

5.4 Είδη βραχυκυκλωμάτων στις γραμμές μέσης τάση

Τα σφάλματα των γραμμών διανομής τα οποία οδηγούν σε μη κανονική λειτουργία τους, οφείλονται κατά κύριο λόγο στην απώλεια της μονώσεως, μεταξύ φάσεων ή προς γη, η οποία οδηγεί σε βραχυκυκλώματα. Μια άλλη αιτία είναι διακοπή της συνέχειας μιας φάσεως.

Η απώλεια της μονώσεως μπορεί να προέλθει από υπερτάσεις, που οφείλονται σε εσωτερικά αίτια (κατά τη διάρκεια βραχυκυκλωμάτων) ή εξωτερικά αίτια(πχ πτώση κεραυνών). Μπορεί επίσης να προέλθει από ξένα αντικείμενα, ρύπανση των μονωτήρων, μηχανικές καταπονήσεις κλπ. Οι μεγάλες εντάσεις βραχυκυκλώσεως που ακολουθούν την εκδήλωση του βραχυκυκλώματος οδηγούν σε θερμικές και μηχανικές καταπονήσεις, οι οποίες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μονιμότερες βλάβες του υλικού.

Βασικό παράγοντα για τη διαμόρφωση των προστασιών αποτελούν τα χαρακτηριστικά των σφαλμάτων, τα οποία διακρίνονται σε:

- Μόνιμα, τα οποία απαιτούν την ανθρώπινη παρέμβαση για να διορθωθούν και οφείλονται συνήθως σε βλάβη του υλικού (π.χ. Διάτρηση μονωτήρα λόγω υπερτάσεως ή κοπή αγωγού).
- Παροδικά, για την απαλοιφή των οποίων αρκεί μια βραχυχρόνια διακοπή της τάσεως. Οφείλονται συνήθως σε ηλεκτρικά τόξα(μεταξύ φάσεως ή συνηθέστερα προς γειωμένα στοιχεία) τα οποία σβέννυνται αν η τάση διακοπεί για κλάσμα του δευτερολέπτου). Τέτοια σφάλματα εμφανίζονται προφανώς μόνο στα εναέρια δίκτυα. Η διακοπή της τάσεως για δέκατα του δευτερολέπτου αρκεί για να επανακτήσει ο αέρας της μονωτικές του ικανότητες.
- Ημιμόνιμα χαρακτηρίζονται τα σφάλματα για την απαλοιφή των οποίων απαιτείται διακοπή της τάσεως επί χρονικό διάστημα μερικών δευτερολέπτων. Συχνά προέρχονται από βραχυκυκλώματα μέσω αγωγίμων στοιχείων, τα οποία τήκονται με τη διέλευση της εντάσεως βραχυκυκλώσεως.
- Αυτοαποσβενύμενα χαρακτηρίζονται τα σφάλματα στα οποία το ηλεκτρικό τόξο σβέννυται μόνο του, λόγω μείωσης της τάσεως, η οποία προκαλείται στη θέση του βραχυκυκλώματος. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις αυτό επιδιώκεται με την εγκατάσταση κατάλληλων διατάξεων, οι οποίες μειώνουν την ένταση του σφάλματος ώστε να γίνει αρκετά μικρή και το τόξο να μην μπορεί να διατηρηθεί.
- Τα ποσοστά των σφαλμάτων των παραπάνω κατηγοριών κυμαίνονται ανάλογα με τις συνθήκες στη θέση εγκαταστάσεως του Δικτύου Διανομής καθώς και την κατασκευαστική του διαμόρφωση.

Είδος σφάλματος	ΥΤ(%)	ΜΤ(%)
Μονοφασική προς γη	80	65
Διφασικά προς γη	7	8
Διφασικά	6	10
Τριφασικά	5	7
Εξελισσόμενα	2	10

5.5 Κώδικας της εφαρμογής

Στο παράρτημα αυτό παρατίθεται ο κώδικας της εφαρμογής καθώς και τα σχόλια όπου είναι απαραίτητα.

Σχόλια:

Οι γραμμές 1-434 αφορούν την αρχικοποίηση των κλάσεων, τον ορισμό των τιμών και την τοποθέτηση τους στην επιφάνεια της γραφικής εφαρμογής.

Οι γραμμές 435-717 αφορούν τον αλγόριθμο της εφαρμογής για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας λειτουργίας και βραχυκυκλώματος σύμφωνα με τις εξισώσεις και τη μεθοδολογία που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 1.3. Αναλυτική περιγραφή γίνεται στο κεφάλαιο 4.

Οι υπόλοιπες γραμμές κώδικα αφορούν τους ορισμούς των μεταβλητών και των κλάσεων που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή

```
1 package qwerty;
2
3 import java.awt.Color;
4 import java.awt.Component;
5 import java.awt.image.BufferedImage;
6 import java.io.File;
7 import javax.imageio.ImageIO;
8
9
10
11 public class NewJFrame1 extends javax.swing.JFrame {
12
13     boolean rdb=false;
14     boolean rdb1=false;
15     boolean rdb2=true;
16     public NewJFrame1() {
17         initComponents();
18         jtime.setVisible(rdb1);
19         jLabel18.setVisible(rdb1);
20         jdae.setVisible(rdb1);
21         jxt1.setVisible(rdb1);
22         jxt3.setVisible(rdb1);
23         jxt1.setText("0");
24         jIf.setText("0");
25         jIL.setText("0");
26         jTemperature.setText("0");
27     }
28
29     @SuppressWarnings("unchecked")
30     // <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="Generated Code">
31     private void initComponents() {
32
33         buttonGroup1 = new javax.swing.ButtonGroup();
34         mypanel = new javax.swing.JPanel();
35         j3f = new javax.swing.JRadioButton();
36         jLabel14 = new javax.swing.JLabel();
37         jcalculate = new javax.swing.JButton();
38         jLabel11 = new javax.swing.JLabel();
39         jButton2 = new javax.swing.JButton();
```

```

40     jTemperature = new javax.swing.JTextField();
41     jLabel16 = new javax.swing.JLabel();
42     j2f = new javax.swing.JRadioButton();
43     jLabel50 = new javax.swing.JLabel();
44     jIL = new javax.swing.JTextField();
45     jLabel18 = new javax.swing.JLabel();
46     jLabel17 = new javax.swing.JLabel();
47     jLabel51 = new javax.swing.JLabel();
48     jLabel5 = new javax.swing.JLabel();
49     jLabel53 = new javax.swing.JLabel();
50     jLabel115 = new javax.swing.JLabel();
51     jresult2 = new javax.swing.JTextField();
52     jLabel55 = new javax.swing.JLabel();
53     jLabel10 = new javax.swing.JLabel();
54     jLabel54 = new javax.swing.JLabel();
55     jLabel19 = new javax.swing.JLabel();
56     jLabel57 = new javax.swing.JLabel();
57     jLabel14 = new javax.swing.JLabel();
58     jLabel113 = new javax.swing.JLabel();
59     jresult = new javax.swing.JTextField();
60     jLabel2 = new javax.swing.JLabel();
61     jLabel52 = new javax.swing.JLabel();
62     jtime = new javax.swing.JComboBox();
63     jLabel11 = new javax.swing.JLabel();
64     jLabel58 = new javax.swing.JLabel();
65     jLabel49 = new javax.swing.JLabel();
66     jLabel112 = new javax.swing.JLabel();
67     jresult1 = new javax.swing.JTextField();
68     jIf = new javax.swing.JTextField();
69     jACSR = new javax.swing.JComboBox();
70     jdae = new javax.swing.JRadioButton();
71     jLabel13 = new javax.swing.JLabel();
72     jLabel56 = new javax.swing.JLabel();
73     jxt1 = new javax.swing.JTextField();
74     jxt3 = new javax.swing.JLabel();
75     jLabel59 = new javax.swing.JLabel();
76
77     setDefaultCloseOperation(javax.swing.WindowConstants.EXIT_ON_CLOSE);
78
79     buttonGroup1.add(j3f);
80     j3f.setText("3Φ");
81     j3f.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
82         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
83             j3fActionPerformed(evt);
84         }
85     });
86
87     jLabel4.setText("Ρεύμα κανονικής λειτουργίας");
88
89     jcalculate.setText("Εκτέλεση");
90     jcalculate.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
91         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
92             jcalculateActionPerformed(evt);
93         }
94     });
95
96     jLabel11.setText("Θερμοκρασία περιβάλλοντος:");
97
98     jButton2.setText("Εκτύπωση");
99     jButton2.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
100         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
101             jButton2ActionPerformed(evt);
102         }
103     });
104
105     jTemperature.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
106         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
107             jTemperatureActionPerformed(evt);
108         }
109     });
110
111     jLabel16.setText("°C");
112
113     buttonGroup1.add(j2f);
114     j2f.setText("2Φ");

```

```

115     j2f.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
116         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
117             j2fActionPerformed(evt);
118         }
119     });
120
121     jLabel50.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 1, 11)); // NOI18N
122     jLabel50.setText("ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ");
123
124     jIL.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
125         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
126             jILActionPerformed(evt);
127         }
128     });
129
130     jLabel8.setText("sec");
131
132     jLabel7.setText("A");
133
134     jLabel51.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 1, 11)); // NOI18N
135     jLabel51.setText("ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ");
136
137     jLabel5.setText("A");
138
139     jLabel53.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 3, 11)); // NOI18N
140     jLabel53.setText("Θερμοκρασία αγωγών ACSR μέσης τάσης που προστατεύονται
απο ασφαλειαποζεύκτη και ΔΑΕ, ");
141
142     jLabel15.setText("Η θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας είναι: ");
143
144     jresult2.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
145         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
146             jresult2ActionPerformed(evt);
147         }
148     });
149
150     jLabel55.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 1, 11)); // NOI18N
151     jLabel55.setText("Επιβλέπων Καθηγητής: Π. Δ. Μπούρκας");
152
153     jLabel10.setIcon(new
javax.swing.ImageIcon("C:\\Users\\ilias\\Desktop\\index2.png")); // NOI18N
154
155     jLabel54.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 1, 11)); // NOI18N
156     jLabel54.setText("Διπλωματική εργασία: Κολιός Ηλίας ");
157
158     jLabel9.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 3, 18)); // NOI18N
159     jLabel9.setText("Αποτελέσματα:");
160
161     jLabel57.setText("Είδος προστασίας");
162
163     jLabel14.setText("°C");
164
165     jLabel13.setText("°C");
166
167     jresult.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
168         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
169             jresultActionPerformed(evt);
170         }
171     });
172
173     jLabel2.setText("Είδος αγωγού:");
174
175     jLabel52.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 1, 11)); // NOI18N
176     jLabel52.setText("ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ");
177
178     jtime.setModel(new javax.swing.DefaultComboBoxModel(new String[] { "0.1",
"10", "300"
}));
179     jtime.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
180         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
181             jtimeActionPerformed(evt);
182         }
183     });
184
185     jLabel1.setText("Ένταση ρεύματος βραχυκύκλωσης");

```

```

186
187     jLabel58.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 1, 11)); // NOI18N
188     jLabel58.setText("Αθήνα, Νοέμβριος 2014");
189
190     jLabel49.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 1, 11)); // NOI18N
191     jLabel49.setText("ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΕΩΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ");
192
193     jLabel12.setText("Η τελική αύξηση της θερμοκρασίας είναι:");
194
195     jresult1.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
196         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
197             jresult1ActionPerformed(evt);
198         }
199     });
200
201     jIf.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
202         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
203             jIfActionPerformed(evt);
204         }
205     });
206
207     jACSR.setModel(new javax.swing.DefaultComboBoxModel(new String[] { "ACSR
16", "ACSR 35", "ACSR 95", "AAC 16", "AAC 35", "AAC 50" }));
208     jACSR.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
209         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
210             jACSRActionPerformed(evt);
211         }
212     });
213
214     jdae.setText("ΔΑΕ");
215     jdae.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
216         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
217             jdaeActionPerformed(evt);
218         }
219     });
220
221     jLabel13.setText("Είδος βραχυκυκλώματος");
222
223     jLabel56.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 3, 11)); // NOI18N
224     jLabel56.setText("και αλουμινίου χαμηλής τάσης που προστατεύονται από
ασφάλειες υπό κανονική λειτουργία");
225
226     jxt3.setText("sec");
227
228     jLabel59.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 3, 11)); // NOI18N
229     jLabel59.setText("και υπό βραχυκύκλωμα.");
230
231     javax.swing.GroupLayout mypanelLayout = new
javax.swing.GroupLayout(mypanel);
232     mypanel.setLayout(mypanelLayout);
233     mypanelLayout.setHorizontalGroup(
234     mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
235         .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
236             .addContainerGap(10)
237             .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
238                 .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
239                     .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
240                         .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
241                             .addGap(10, 10, 10)
242                             .addComponent(jLabel10)
243                             .addGap(9, 9, 9)
244                         .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
245                             .addComponent(jLabel52,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 505, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
246                         .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
247                             .addGap(1, 1, 1)
248                         .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING,
false)

```



```

249                                     .addComponent(jLabel149,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 197, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
250                                     .addComponent(jLabel150,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
Short.MAX_VALUE)
251                                     .addComponent(jLabel151,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
Short.MAX_VALUE))))))
252                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
253                                     .addGap(70, 70, 70)
254                                     .addComponent(jLabel153))
255                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
256                                     .addGap(10, 10, 10)
257                                     .addComponent(jcalculate))
258                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
259                                     .addGap(10, 10, 10)
260                                     .addComponent(jLabel19,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 151, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
261                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
262                                     .addGap(10, 10, 10)
263                                     .addComponent(jLabel115,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 331, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
264                                     .addGap(4, 4, 4)
265                                     .addComponent(jresult2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
266                                     .addGap(4, 4, 4)
267                                     .addComponent(jLabel114,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 22, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
268                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
269                                     .addGap(10, 10, 10)
270                                     .addComponent(jLabel154,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 466, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
271 .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING
, false)
272                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
273                                     .addGap(10, 10, 10)
274                                     .addComponent(jLabel112,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 331, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
275                                     .addGap(4, 4, 4)
276                                     .addComponent(jresult,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
277                                     .addGap(4, 4, 4)
278                                     .addComponent(jLabel116,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 22, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
279 .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
280                                     .addComponent(jButton2))
281                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
282                                     .addGap(38, 38, 38)
283                                     .addComponent(jresult1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 559, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)))
284                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
285                                     .addGap(10, 10, 10)
286                                     .addComponent(jLabel155,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 466, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
287 .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
288                                     .addComponent(jLabel158,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 149, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
289                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
290                                     .addGap(70, 70, 70)
291 .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
292                                     .addComponent(jLabel159,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 534, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
293                                     .addComponent(jLabel156,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 534,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))))))
294                                     .addGap(0, 0, Short.MAX_VALUE))
295                                     .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
296 .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING
, false)

```

```

297                .addComponent(jLabel4,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
Short.MAX_VALUE)
298                .addComponent(jLabel3,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
Short.MAX_VALUE)
299                .addComponent(jLabel57,
javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
300                .addComponent(jLabel11,
javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 218,
Short.MAX_VALUE)
301                .addComponent(jLabel2,
javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
302                .addComponent(jLabel1,
javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 218,
Short.MAX_VALUE))
303    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
304    .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
305        .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
306        .addComponent(jIL)
307    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
308        .addComponent(jLabel7,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
309        .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
310        .addComponent(jTemperature,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
311    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
312        .addComponent(jLabel13,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
313        .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
314        .addComponent(j2f)
315        .addGap(18, 18, 18)
316        .addComponent(j3f))
317        .addComponent(jACSR,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
318        .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
319        .addComponent(jtime,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
320    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
321        .addComponent(jLabel8,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 27, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
322    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
323        .addComponent(jdae)
324    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
325        .addComponent(jxt1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
326    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
327        .addComponent(jxt3,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 27, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
328        .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
329        .addComponent(jIf,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 101, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
330    .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
331        .addComponent(jLabel5,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 35, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)))
332        .addGap(84, 84, 84)))
333    );
334
335    mypanelLayout.linkSize(javax.swing.SwingConstants.HORIZONTAL, new
java.awt.Component[] {jACSR, jIL, jIf, jLabel13, jLabel7, jTemperature, jtime, jxt1});
336
337    mypanelLayout.linkSize(javax.swing.SwingConstants.HORIZONTAL, new
java.awt.Component[] {jLabel8, jxt3});

```

```

338
339         mypanelLayout.setVerticalGroup(
340
mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
341             .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
342                 .addGap(11, 11, 11)
343
.addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
344             .addComponent(jLabel10)
345             .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup())
346                 .addGap(4, 4, 4)
347                 .addComponent(jLabel49)
348                 .addGap(1, 1, 1)
349                 .addComponent(jLabel50)
350                 .addGap(1, 1, 1)
351                 .addComponent(jLabel51)
352                 .addGap(2, 2, 2)
353                 .addComponent(jLabel52,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)))
354
.addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.UNRELATED)
355             .addComponent(jLabel53, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
10, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
356             .addGap(10, 10, 10)
357             .addComponent(jLabel56)
358             .addGap(6, 6, 6)
359             .addComponent(jLabel59)
360             .addGap(18, 18, 18)
361
.addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE
)
362             .addComponent(jACSR, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
363             .addComponent(jLabel2))
364             .addGap(18, 18, 18)
365
.addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE
)
366             .addComponent(jLabel1)
367             .addComponent(jIf, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
368             .addComponent(jLabel5, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
369             .addGap(18, 18, 18)
370
.addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
371             .addComponent(jLabel57)
372
.addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE
)
373             .addComponent(jLabel8,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
374             .addComponent(jtime,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
375             .addComponent(jdae,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
376             .addComponent(jxt1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
377             .addComponent(jxt3)))
378             .addGap(14, 14, 14)
379
.addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE
)
380             .addComponent(j3f)
381             .addComponent(j2f)
382             .addComponent(jLabel3))
383             .addGap(18, 18, Short.MAX_VALUE)
384
.addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE
)
385             .addComponent(jLabel4, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)

```

```

386                .addComponent(jIL, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
387                .addComponent(jLabel7, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
388                .addGap(18, 18, 18)
389
390        .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
391                .addComponent(jLabel11)
392                .addGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING,
mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE)
393                .addComponent(jTemperature,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
394                .addComponent(jLabel13,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)))
395        .addGap(67, 67, 67)
396        .addComponent(jcalculate)
397
398        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)
399        .addComponent(jLabel19)
400        .addGap(14, 14, 14)
401
402        .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
403                .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
404                .addGap(3, 3, 3)
405                .addComponent(jLabel15))
406                .addComponent(jresult2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
407                .addComponent(jLabel14,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
408        .addGap(3, 3, 3)
409
410        .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
411                .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
412                .addGap(22, 22, 22)
413                .addComponent(jLabel12))
414                .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
415                .addGap(19, 19, 19)
416                .addComponent(jresult,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
417                .addGroup(mypanelLayout.createSequentialGroup()
418                .addGap(19, 19, 19)
419                .addComponent(jLabel16,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
420                .addComponent(jButton2))
421        .addGap(26, 26, 26)
422        .addComponent(jresult1, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
423        .addGap(18, 18, 18)
424        .addComponent(jLabel154, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
20, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
425        .addGap(6, 6, 6)
426
427        .addGroup(mypanelLayout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.BASELINE)
428                .addComponent(jLabel55)
429                .addComponent(jLabel58))
430        .addGap(16, 16, 16))
431
432        );
433
434        mypanelLayout.linkSize(javax.swing.SwingConstants.VERTICAL, new
java.awt.Component[] {jIL, jIf});
435
436        mypanelLayout.linkSize(javax.swing.SwingConstants.VERTICAL, new
java.awt.Component[] {jLabel8, jxt1, jxt3});
437
438        javax.swing.GroupLayout layout = new
javax.swing.GroupLayout(getContentPane());
439        getContentPane().setLayout(layout);
440        layout.setHorizontalGroup(
441                layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
442                .addGroup(layout.createSequentialGroup()
443                .addGap(0, 0, 0)

```

```

438         .addComponent(mypanel, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
439         .addContainerGap(29, Short.MAX_VALUE))
440     );
441     layout.setVerticalGroup(
442         layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
443         .addGroup(layout.createSequentialGroup()
444             .addContainerGap()
445             .addComponent(mypanel, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
446             .addContainerGap(22, Short.MAX_VALUE))
447     );
448
449     pack();
450 } // </editor-fold>
451
452 private void jdaeActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
453
454     jtime.setVisible(rdb);
455     jLabel8.setVisible(rdb);
456     if (rdb){
457         rdb=false;
458         jLabel57.setText("Χρόνος τήξης τηκτού-T ή τηκτού-K");
459         jdae.setSelected(false);
460     }
461     else{
462         rdb=true;
463         jLabel57.setText("Προσισία με ΔΑΕ");
464         jdae.setSelected(true);
465     }
466 }
467
468 private void jACSRActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
469
470     switch (jACSR.getSelectedItem().toString())
471     {
472         case "ACSR 16":
473             jtime.setVisible(rdb2);
474             jLabel8.setVisible(rdb2);
475             jdae.setVisible(rdb2);
476             jxt1.setVisible(rdb1);
477             jxt3.setVisible(rdb1);
478             jLabel57.setText("Χρόνος τήξης τηκτού-T ή τηκτού-K");
479             jdae.setSelected(false);
480             j2f.setSelected(false);
481             j3f.setSelected(false);
482             jxt1.setText("0");
483             jIf.setText("0");
484             jIL.setText("0");
485             jTemperature.setText("0");
486             jresult.setText("0");
487             jresult2.setText("0");
488             jresult1.setText(" ");
489             break;
490         case "ACSR 35":
491             jtime.setVisible(rdb2);
492             jLabel8.setVisible(rdb2);
493             jdae.setVisible(rdb2);
494             jxt1.setVisible(rdb1);
495             jxt3.setVisible(rdb1);
496             jLabel57.setText("Χρόνος τήξης τηκτού-T ή τηκτού-K");
497             jdae.setSelected(false);
498             j2f.setSelected(false);
499             j3f.setSelected(false);
500             jxt1.setText("0");
501             jIf.setText("0");
502             jIL.setText("0");
503             jTemperature.setText("0");
504             jresult.setText("0");
505             jresult2.setText("0");
506             jresult1.setText(" ");
507             break;
508         case "AAC 16":
509             jtime.setVisible(rdb1);
510             jLabel8.setVisible(rdb1);

```

```

511         jdae.setVisible(rdb1);
512         jxt1.setVisible(rdb2);
513         jxt3.setVisible(rdb2);
514         jLabel57.setText("Διάρκεια σφάλματος");
515         jdae.setSelected(false);
516         j2f.setSelected(false);
517         j3f.setSelected(false);
518         jxt1.setText("0");
519         jIf.setText("0");
520         jIL.setText("0");
521         jTemperature.setText("0");
522         jresult.setText("0");
523         jresult2.setText("0");
524         jresult1.setText(" ");
525         break;
526     case "ACSR 95":
527         jtime.setVisible(rdb2);
528         jLabel8.setVisible(rdb2);
529         jdae.setVisible(rdb2);
530         jxt1.setVisible(rdb1);
531         jxt3.setVisible(rdb1);
532         jLabel57.setText("Χρόνος τήξης τηκτού-T ή τηκτού-K");
533         jdae.setSelected(false);
534         j2f.setSelected(false);
535         j3f.setSelected(false);
536         jxt1.setText("0");
537         jIf.setText("0");
538         jIL.setText("0");
539         jTemperature.setText("0");
540         jresult.setText("0");
541         jresult2.setText("0");
542         jresult1.setText(" ");
543         break;
544     case "AAC 35":
545         jtime.setVisible(rdb1);
546         jLabel8.setVisible(rdb1);
547         jdae.setVisible(rdb1);
548         jxt1.setVisible(rdb2);
549         jxt3.setVisible(rdb2);
550         jLabel57.setText("Διάρκεια σφάλματος");
551         jdae.setSelected(false);
552         j2f.setSelected(false);
553         j3f.setSelected(false);
554         jxt1.setText("0");
555         jIf.setText("0");
556         jIL.setText("0");
557         jTemperature.setText("0");
558         jresult.setText("0");
559         jresult2.setText("0");
560         jresult1.setText(" ");
561         break;
562     case "AAC 50":
563         jtime.setVisible(rdb1);
564         jLabel8.setVisible(rdb1);
565         jdae.setVisible(rdb1);
566         jxt1.setVisible(rdb2);
567         jxt3.setVisible(rdb2);
568         jLabel57.setText("Διάρκεια σφάλματος");
569         jdae.setSelected(false);
570         j2f.setSelected(false);
571         j3f.setSelected(false);
572         jxt1.setText("0");
573         jIf.setText("0");
574         jIL.setText("0");
575         jTemperature.setText("0");
576         jresult.setText("0");
577         jresult2.setText("0");
578         jresult1.setText(" ");
579         break;
580     }
581 }
582 }
583
584 private void jIfActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
585

```

```

586     }
587
588     private void jresult1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
589     }
590
591
592     private void jtimeActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
593     }
594
595
596     private void jresultActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
597     }
598
599
600     private void jresult2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
601     }
602
603
604     private void jILActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
605     }
606
607
608     private void j2fActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
609     }
610
611
612     private void jTemperatureActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
613     }
614
615
616     private void jButton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
617         try{
618             SaveScreenShot (mypanel,"print.png");           //          εκτύπωση
της εφαρμογής
619         }catch(Exception e){}                               //
620     }
621
622     private void jcalculateActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
623
624         double Isw = (int) (Double.parseDouble(jIf.getText()));
625         double time =
(int) (Double.parseDouble(jtime.getSelectedItem().toString()));
626         double Id = (int) (Double.parseDouble(jIL.getText()));
627         double Te = (int) (Double.parseDouble(jTemperature.getText()));
628         double xt1= (double) (Double.parseDouble(jxt1.getText()));
629         double Acable=0;
630         double Inom=0;
631         double temp;
632         double temp2;
633         double T=0;
634         double temp3=0;
635         double temp4=0;
636         double temp5=0;
637         double temp6=0;
638         double sec=0;
639         if (j2f.isSelected())
640             T=0.6;
641         else
642             T=0.3;
643         switch (jACSR.getSelectedItem().toString())
644         {
645             case "ACSR 16": Acable=16; Inom=136; sec=time;
646                 if (jdae.isSelected())
647                     sec=1;
648                 break;
649             case "ACSR 35": Acable=35; Inom=224; sec=time;
650                 if (jdae.isSelected())
651                     sec=1;
652                 break;
653             case "AAC 16": Acable=16; Inom=145; sec=xt1;
654                 break;
655             case "ACSR 95": Acable=95; Inom=448; sec=time;
656                 if (jdae.isSelected())
657                     sec=1;
658                 break;
659             case "AAC 35": Acable=35; Inom=232; sec=xt1;

```

```

659         if (jdae.isSelected())
660             sec=1;
661         break;
662         case "AAC 50": Acable=50; Inom=295; sec=xtl;
663         if (jdae.isSelected())
664             sec=1;
665         break;
666     }
667
668     temp2=60*(Id/Inom)*(Id/Inom)+Te;
669     temp=0.0058*Is*Is*(sec+T)/(Acable*Acable)+temp2;
670     if (jdae.isSelected())
671     {
672         temp3=temp-temp2;
673         temp4=temp3+temp3*(1+0.0039*temp3);
674         temp5=temp4+temp3*(1+0.0039*temp3);
675         temp6=temp5+temp3*(1+0.0039*temp5);
676         temp=temp6+temp2;
677     }
678 }
679
680 jresult.setText(String.format( "%.2f", temp ));
681 jresult2.setText(String.format( "%.2f", temp2 ));
682
683 if (temp<180)
684 {
685     jresult1.setForeground(Color.green);
686     jresult1.setText("Εντός των οριακών συνθηκών λειτουργίας Cu<200 °C και
Al<180 °C");
687 }
688 else
689 {
690     jresult1.setForeground(Color.red);
691     jresult1.setText("Εκτός των οριακών συνθηκών λειτουργίας Cu<200 °C και
Al<180 °C");
692 }
693 }
694
695 private void j3fActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
696
697 }
698
699
700 public static BufferedImage getScreenShot(Component component){
701
702 BufferedImage image = new BufferedImage(component.getWidth(),
component.getHeight(),BufferedImage.TYPE_INT_RGB);
703 component.paint(image.getGraphics());
704 return image;
705 }
706
707 public static void SaveScreenShot (Component component, String
filename)throws Exception {
708
709 BufferedImage img= getScreenShot(component);
710 ImageIO.write(img, "png", new File(filename));
711
712 }
713
714
715
716
717
718 public static void main(String args[]) {
719
720
721
722
723
724     try {
725         for (javax.swing.UIManager.LookAndFeelInfo info :
javax.swing.UIManager.getInstalledLookAndFeels()) {
726             if ("Nimbus".equals(info.getName())) {
727                 javax.swing.UIManager.setLookAndFeel (info.getClassName());
728                 break;
729             }

```



```

730         }
731     } catch (ClassNotFoundException ex) {
732
733         java.util.logging.Logger.getLogger(NewJFrame1.class.getName()).log(java.util.logging.L
734         evel.SEVERE, null, ex);
735     } catch (InstantiationException ex) {
736
737         java.util.logging.Logger.getLogger(NewJFrame1.class.getName()).log(java.util.logging.L
738         evel.SEVERE, null, ex);
739     } catch (IllegalAccessException ex) {
740
741         java.util.logging.Logger.getLogger(NewJFrame1.class.getName()).log(java.util.logging.L
742         evel.SEVERE, null, ex);
743     } catch (javax.swing.UnsupportedLookAndFeelException ex) {
744
745         java.util.logging.Logger.getLogger(NewJFrame1.class.getName()).log(java.util.logging.L
746         evel.SEVERE, null, ex);
747     }
748 }
749
750 // Variables declaration - do not modify
751 private javax.swing.ButtonGroup buttonGroup1;
752 private javax.swing.JRadioButton j2f;
753 private javax.swing.JRadioButton j3f;
754 private javax.swing.JComboBox jACSR;
755 private javax.swing.JButton jButton2;
756 private javax.swing.JTextField j1L;
757 private javax.swing.JTextField j1f;
758 private javax.swing.JLabel jLabel1;
759 private javax.swing.JLabel jLabel10;
760 private javax.swing.JLabel jLabel11;
761 private javax.swing.JLabel jLabel12;
762 private javax.swing.JLabel jLabel13;
763 private javax.swing.JLabel jLabel14;
764 private javax.swing.JLabel jLabel15;
765 private javax.swing.JLabel jLabel16;
766 private javax.swing.JLabel jLabel2;
767 private javax.swing.JLabel jLabel3;
768 private javax.swing.JLabel jLabel4;
769 private javax.swing.JLabel jLabel49;
770 private javax.swing.JLabel jLabel5;
771 private javax.swing.JLabel jLabel50;
772 private javax.swing.JLabel jLabel51;
773 private javax.swing.JLabel jLabel52;
774 private javax.swing.JLabel jLabel53;
775 private javax.swing.JLabel jLabel54;
776 private javax.swing.JLabel jLabel55;
777 private javax.swing.JLabel jLabel56;
778 private javax.swing.JLabel jLabel57;
779 private javax.swing.JLabel jLabel58;
780 private javax.swing.JLabel jLabel59;
781 private javax.swing.JLabel jLabel7;
782 private javax.swing.JLabel jLabel8;
783 private javax.swing.JLabel jLabel9;
784 private javax.swing.JTextField jTemperature;
785 private javax.swing.JButton jcalculate;
786 private javax.swing.JRadioButton jdae;
787 private javax.swing.JTextField jresult;
788 private javax.swing.JTextField jresult1;
789 private javax.swing.JTextField jresult2;
790 private javax.swing.JComboBox jtime;
791 private javax.swing.JTextField jxt1;
792 private javax.swing.JLabel jxt3;
793 private javax.swing.JPanel mypanel;
794 // End of variables declaration
795 }
796

```

Βιβλιογραφία

- [1] Μπούρκας Π., ‘Ασκήσεις Κτηριακών - Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων (Υποσταθμός Μέσης Τάσης, Βραχυκύκλωμα – Γειώσεις)’, ΕΜΠ, Αθήνα, 2008
- [2] Μπούρκας Π., Καραγιαννόπουλος Κ., ‘Βιομηχανικές ηλεκτρικές διατάξεις και υλικά, Εκδόσεις Ε.Μ. Πολυτεχνείου 2003
- [3] Μπούρκας Π., ‘Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων’, ΕΜΠ, Αθήνα 2004
- [4] Μπούρκας Π., ‘Βιομηχανικές Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις Τόμος ΙΙ’, ΕΜΠ, Αθήνα 2012
- [5] Παπαδόπουλος Μιχ., ‘Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Τόμος Ι’, ΕΜΠ, Αθήνα 1994
- [6] Μπέτση Μαρία, ‘ Πρόγραμμα Υπολογισμού Αποδεκτού Ύψους Γραμμής Δικτύου Μέσης Τάσης ανάλογα με την Θερμοκρασία – Μελέτη για ACSR 16 mm² και 35 mm² Κανονικής Επιφόρτισης’ ΕΜΠ, Αθήνα 2012
- [7] Βαλλιάνου Άννα Μαρία ., Υπαίθριες γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας σε περιβάλλον πυρκαγιάς’, ΕΜΠ, Αθήνα 2010
- [8] Netbeans IDE, <https://netbeans.org/features/java-on-client/swing.html> , 10-2014
- [9] Βαγγεδόγλου Α., Κύργιας Χ., ‘ Κατασκευή εργαστηριακού μοντέλου δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας’, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2012
- [10] Καλπακίδης Ιωάννης , ‘Περιγραφή των Μέσων Προστασίας και των Εγκαταστάσεων Μέσης Τάσης της Δ.Ε.Η και των Καταναλωτών’, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2012