



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

**Πρόγραμμα Υπολογισμού Αποδεκτού Ύψους Γραμμής Δικτύου Μέσης Τάσης
ανάλογα με την Θερμοκρασία – Μελέτη για ACSR 16 mm² και 35 mm²
Κανονικής Επιφόρτισης**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία Στ. Μπέτση

Αικατερίνη Νικ. Συκά

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος

Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2012



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

**Πρόγραμμα Υπολογισμού Αποδεκτού Ύψους Γραμμής Δικτύου Μέσης Τάσης
ανάλογα με την Θερμοκρασία – Μελέτη για ACSR 16mm² και 35mm² Κανονικής
Επιφόρτισης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία Στ. Μπέτση

Αικατερίνη Νικ. Συκά

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος

Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Ιουλίου 2012

.....
.....

Π.Δ. Μπούρκας

Καθηγητής ΕΜΠ
ΕΜΠ

Κ. Καραγιαννόπουλος

Καθηγητής ΕΜΠ

Ν. Θεοδώρου

Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2012

.....

ΜΑΡΙΑ ΣΤ. ΜΠΕΤΣΗ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

.....

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΝΙΚ. ΣΥΚΑ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Μαρία Στ. Μπέτση, Αικατερίνη Νικ. Συκά, 2012

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 τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική αυτή εργασία στόχο έχει την δημιουργία ενός υπολογιστικού προγράμματος για την μελέτη και την γραφική απεικόνιση της εξάρτησης του ύψους ενός αγωγού μέσης τάσης σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται κατάλληλα μετρήσεις από αρχεία Excel και με βάση αυτές να κατασκευάζει μία γραφική παράσταση, η οποία παρουσιάζει την συσχέτιση του ύψους του αγωγού μέσης τάσης με την μεταβολή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και μια αρχική προσέγγιση στα στοιχεία που αποτελούν τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, παρουσιάζονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά των αγωγών και καταγράφονται οι μαθηματικές σχέσεις οι οποίες καθορίζουν τα χαρακτηριστικά αυτά.

Στο δεύτερο κεφάλαιο ορίζεται ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας και περιγράφεται σύντομα η λειτουργία του προγράμματος υπολογισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία με την οποία προέκυψαν όλες οι μετρήσεις και τα αντίστοιχα διαγράμματα του επιτρεπτού ύψους ανάρτησης για αγωγούς 16 mm² και 35 mm² (κανονικής επιφόρτισης).

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται το πρόγραμμα υπολογισμού για το επιτρεπτό ύψος των αγωγών. Δηλαδή, αναλύεται ο κώδικας με τον οποίο αναπτύχθηκε το πρόγραμμα μέσω λογικών διαγραμμάτων και επεξηγείται το περιβάλλον της Visual Basic.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

Στο Παράρτημα Α καθορίζεται η μορφή που πρέπει να έχουν τα αρχεία Excel, ώστε να είναι κατάλληλα για τη σωστή λειτουργία του προγράμματος υπολογισμού. Επίσης, ορίζεται και η τοποθεσία στην οποία θα πρέπει να αποθηκευτούν τα αρχεία Excel ώστε να πρόγραμμα να λειτουργεί απρόσκοπτα.

Στο Παράρτημα Β παρουσιάζεται ο κώδικας των 2 προγραμμάτων σε γλώσσα Visual Basic.

Στο Παράρτημα Γ δίδεται ως εγχειρίδιο για τον χρήστη ο τρόπος λειτουργίας των 2 προγραμμάτων.

Στο Παράρτημα Δ δίνεται μια σύντομη αναφορά στο ΦΕΚ το οποίο καθορίζει το επιτρεπτό ύψος των αγωγών.

Λέξεις κλειδιά:

πρόγραμμα υπολογισμού, δίκτυο μέσης τάσης, επιφόρτιση, βέλος κάμψης, Visual Basic

ABSTRACT

The objective of this thesis is the development of a computer program for the study and the graphical display of the dependence of the height of a medium voltage cable according to the ambient temperature. In fact, the program is capable of manipulating in a certain way the measurements from the Excel files and by using these it can create a graph, showing the relation between the height of the medium voltage cable and the alteration of the ambient temperature.

In the first chapter, there is an introduction in the power systems and a first approach in the parts, which constitute the transportation and distribution grids of electrical power. Moreover, the mechanical characteristics of the cables and the corresponding mathematical formulas are depicted, which define these characteristics.

In the second chapter, the purpose of the thesis is presented in detail and the operation of the program is described briefly.

In the third chapter, the methodology, which resulted in the measurements and the diagrams of the acceptable height of the cables with the intersection size of 16 mm^2 and 35 mm^2 (medium tension) is analyzed.

In the fourth chapter, the calculation program is described. The code of the program is demonstrated by using both flow charts as well as explaining the commands of Visual Basic.

In the fifth chapter, the conclusions of the thesis are presented.

In Annex A, the form of the Excel files is defined, in order to be suitable for the correct function of the calculation program. Furthermore, the location in which the files have to be saved is determined, so as the program can operate properly.

In Annex B, the code of the two programs in Visual Basic is presented.

In Annex C, the operation of the two programs is shown as a manual.

In Annex D, a brief reference to the law that defines the permitted height of the cables is presented.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Καραγιαννόπουλο για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε με την ανάθεση της διπλωματικής αυτής εργασίας. Επίσης, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μας στην κ. Πολυκράτη για την πολύτιμη συμβολή της και τη βοήθεια που μας παρείχε κατά την διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τον συνάδελφο Γιώργο Ζαχαριάδη για την σημαντική βοήθεια για την υλοποίηση του υπολογιστικού προγράμματος.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τις οικογένειές μας για την για την υπομονή και τη συμπαράστασή τους, καθώς και την ηθική τους στήριξη στην ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας και κατ' επέκταση του κύκλου σπουδών μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	12
1.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	20
1.4.1 ΚΑΛΩΔΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ < 1kV.....	21
1.4.2 ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (1 ÷ 45 KV)	22
1.4.3. ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ (60 KV έως 220 KV).....	23
1.4 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΓΩΓΩΝ	24
1.5 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	24
1.6 ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΥΛΩΝΩΝ	27
1.7 ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ ΑΓΩΓΩΝ	28
1.8 ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ	30
1.9 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ	30
1.10 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΩΓΩΝ.....	33
1.11 ΤΑΝΥΣΗ CIGRE	35
1.12 ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΠΟΨΕΩΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	36
1.13 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ ΑΓΩΓΩΝ	37
1.14.1 Υπολογισμός καμπύλης και βέλος αγωγών	37
1.14.2 Υπολογισμός τάνυσης αγωγών για κεκλιμένο επίπεδο	41
1.14.3 Υπολογισμός της δύναμης F_{ko} που καταπονεί τον αγωγό στο κέντρο του 43	
1.14.4 Υπολογισμός απόστασης του δεύτερου πυλώνα από το σημείο που είναι οριζόντιος ο αγωγός	44
1.14.5 Υπολογισμός αρχικής δύναμης τάνυσης που ασκείται στον πρώτο πυλώνα 44	
1.14.6 Υπολογισμός μήκους του αγωγού s_0 μετά την τάνυση	44
1.14.7 Υπολογισμός βελών d_{o1} και d_{o2} του αγωγού σε σχέση με το ύψος ανάρτησης του αγωγού από τους πυλώνες.....	45
1.14.8 Υπολογισμός υπό την επίδραση πάγου.....	45
1.14.9 Υπολογισμοί υπό την επίδραση ανέμου	46
1.14.10 Υπολογισμός της F_k η οποία ασκείται στον αγωγό στο σημείο στο οποίο είναι οριζόντιος.....	47

1.14.10	Υπολογισμός των αποστάσεων x_1 και x_2 που αντιστοιχούν στα νέα διαστήματα από τον πρώτο και δεύτερο πυλώνα αντίστοιχα με το νέο σημείο αναφοράς	47
1.14.11	Υπολογισμός του νέου αυξημένου μήκους του αγωγού λόγω αέρα και πάγου	48
1.14.12	Υπολογισμός επιμέρους μηκών του αγωγού, s_1 και s_2 , με το νέο σημείο αναφοράς	48
1.14.13	Υπολογισμός των δυνάμεων F_1 και F_2 οι οποίες ασκούνται ανάμεσα στον πρώτο και στον δεύτερο πυλώνα και στον αγωγό αντίστοιχα	48
1.14.15	Υπολογισμός των επιμέρους νέων βελών d_1 και d_2	48
1.14.16	Υπολογισμός ικανότητας φόρτισης εναέριων γραμμών	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΕΠΙΤΡΕΠΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΑΓΩΓΩΝ		52
3.1	Μελέτη επιτρεπτού ύψους αγωγών για αγωγούς ACSR μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, διατομής 16 mm ² και 35 mm ²	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ		62
4.1	ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ	62
4.2	Κώδικας Προγράμματος Α	64
	Βήμα 1 ^ο	64
	Βήμα 2ο	64
	Βήμα 3ο	68
	Βήμα 4ο	69
	Βήμα 5ο	69
	Βήμα 6 ^ο	72
	Βήμα 7 ^ο	72
4.3	Κώδικας Προγράμματος Β	72
	Βήμα 1 ^ο	72
	Βήμα 2 ^ο	73
	Βήμα 3 ^ο	89
	Βήμα 4 ^ο	93
	Βήμα 5 ^ο	93
	Βήμα 6 ^ο	94
	Βήμα 7 ^ο	94
	Βήμα 8 ^ο	94
	Βήμα 9 ^ο	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	99
ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΡΧΕΙΩΝ EXCEL.....	99
Μορφή αρχείου Excel.....	99
Μετονομασία Αρχείων Excel.....	100
Αποθήκευση Αρχείου Excel	102
Κώδικας Προγράμματος Α	103
Κώδικας Προγράμματος Β	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	124
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Α.....	124
Εκτέλεση Προγράμματος.....	124
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Β.....	133
Εκτέλεση Προγράμματος.....	133
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	147
ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΦΕΚ 608/ 6 ΟΚΤ 1967	147

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι μία μορφή ενέργειας που συνδέεται με την παρουσία ή την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων. Είναι πολύ χρήσιμη καθώς μπορεί να μετατραπεί εύκολα και αποδοτικά σε κάποια άλλη μορφή. Βασικά πλεονεκτήματα της είναι ότι είναι διαθέσιμη όποτε ζητηθεί, «καθαρή» στη χρήση της και μεταφέρεται εύκολα και αποδοτικά. Τα πλεονεκτήματα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα την ευρεία χρήση της για την κάλυψη των αναγκών των κοινωνιών.

Τα πρώτα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας εμφανίστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1870 όταν χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό από τους G. Lane-Fox και τον Thomas Edison. Το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποίησαν τα πρώτα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ήταν συνεχές, χαμηλής τάσης και οι περιοχές που εξυπηρετούσαν οι πρώτοι κεντρικοί σταθμοί ήταν αναγκαστικά περιορισμένες, εξαιτίας της μικρής απόστασης που μπορούσε να μεταφερθεί αποδοτικά το ρεύμα αυτό.

Επαναστατική αλλαγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αποτέλεσε η εισαγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος στις αρχές του 1880. Παράλληλα αναπτύχθηκε η γεννήτρια και ο μετασχηματιστής εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα πλεονεκτήματα του εναλλασσόμενου ρεύματος έγιναν αντιληπτά κατά την πρώτη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε απόσταση 1200 m που έγινε στην Μασαχουσέτη το 1886. Το σύστημα εκείνο περιελάμβανε έναν μετασχηματιστή στην αρχή της γραμμής που ανύψωνε την τάση στα 3000V και έναν στο τέλος της γραμμής που την υποβίβαζε στα 50V. Έκτοτε η εξέλιξη των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ταχύτατη.

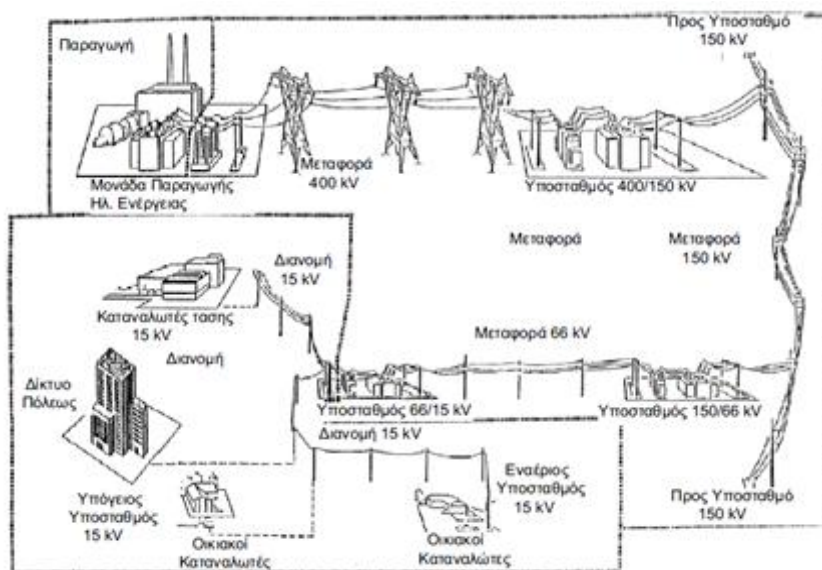
Η συχνότητα λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας δεν είχε τυποποιηθεί εξ αρχής οπότε έγιναν διάφορες δοκιμές (25, 50, 60, 125 133 Hz). Αυτές εμπόδιζαν την διασύνδεση των επιμέρους συστημάτων. Τελικά επικράτησε η συχνότητα των 50 Hz στην Ευρώπη και των 60 Hz στην Β. Αμερική.

Η ανάγκη μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας σε μακρινές αποστάσεις οδήγησε στην χρήση υψηλότερων τιμών τάσης όπως 12, 44 και 60 kV. Από το 1920 είχαν κατασκευαστεί θερμικά και υδροηλεκτρικά εργοστάσια καθώς και γραμμές μεταφοράς 220 kV οπότε τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας άρχισαν να παίρνουν

την σημερινή μορφή τους. Η μεταφερόμενη τάση αυξανόταν σταδιακά ώσπου το 1969 κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ η πρώτη γραμμή των 765 kV.

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και μέσων που χρησιμοποιούνται για τη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Βασικές προϋποθέσεις για την σωστή λειτουργία ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας οπουδήποτε ζητείται με το ελάχιστο κόστος, τις ελάχιστες απώλειες και οικολογικές επιπτώσεις εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης. Η τροφοδότηση των καταναλωτών με ηλεκτρική ενέργεια προϋποθέτει την παραγωγή, την μεταφορά και τη διανομή αυτής. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η πορεία της ενέργειας από τη φάση της παραγωγής μέχρι το σημείο κατανάλωσης. Η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί για αυτό παράγεται τη στιγμή που θα καταναλωθεί.



Σχήμα 1 : Η διαδρομή της ηλεκτρικής ενέργειας από την παραγωγή στην κατανάλωση.

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στους σταθμούς παραγωγής. Μέσω διαφόρων τεχνολογιών, η θερμική ενέργεια των θερμικών καυσίμων και η μηχανική των υδάτινων ροών και υδατοπτώσεων μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Επίσης θερμική παραγωγή πραγματοποιείται σε σταθμούς συνδυασμένου κύκλου, όπου υπάρχει συνδυασμένη λειτουργία αεριοστρόβιλου και ατμοστρόβιλου. Η θερμική παραγωγή χαρακτηρίζεται ως ένας έμμεσος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής

ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια ηλεκτρική ενέργεια παράγεται και από σταθμούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως ο άνεμος, ο ήλιος, η γεωθερμία, η βιομάζα και τα θαλάσσια κύματα, τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2 : Ορισμένοι τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Τα δίκτυα χρησιμοποιούνται για την μεταφορά και διανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα δίκτυα μπορούν να είναι εναέρια, υπόγεια και υποβρύχια (κατασκευάζονται όταν το επιβάλλουν ειδικοί λόγοι όπως όταν περνούν από πυκνοκατοικημένες περιοχές ή όταν γίνεται σύνδεση ενός νησιού με το Εθνικό Σύστημα). Τα εναέρια δίκτυα χρησιμοποιούνται ευρύτατα καθώς πλεονεκτούν σε σχέση με τα άλλα γιατί έχουν μικρό κόστος κατασκευής, εύκολη επιθεώρηση και συντήρηση. Το κόστος τους φθάνει το 30% περίπου του κόστους ενός υπόγειου δικτύου.

Για να κατασκευαστεί οποιοδήποτε δίκτυο πρέπει να είναι γνωστά:

(1) Η χρονολογική καμπύλη φορτίου (Χ.Κ.Φ.). Η μελέτη αυτής μας δίνει πολλά στοιχεία οικονομικά και τεχνικά που καθορίζουν την ισχύ που θα μεταφέρεται ή θα διανέμεται στους καταναλωτές λαμβάνοντας υπόψη και την αύξηση του φορτίου που θα υπάρξει στα επόμενα χρόνια. Επίσης με αυτά τα δεδομένα καθορίζονται οι θέσεις των υποσταθμών καθώς και η τάση του δικτύου.

(2) Βασικά μορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία της περιοχής ώστε να καθοριστεί η διαδρομή του δικτύου. Μέσω της χαρτογράφησης φαίνονται τα υψόμετρα και οι θέσεις των πυλώνων.

Κατά τη μελέτη ενός δικτύου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

1. Το δίκτυο να παρουσιάζει ευχέρεια συντήρησης και επισκευής.
2. Να έχει το μικρότερο δυνατό μήκος.

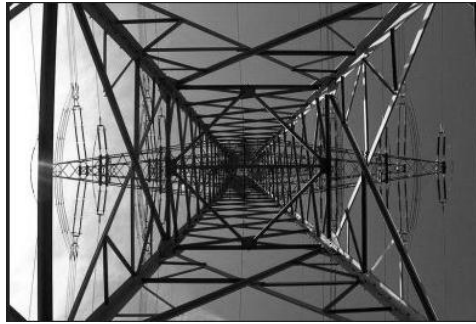
3. Η δαπάνη απαλλοτριώσεων για το διάδρομο εργασιών να μην είναι πολύ μεγάλη.

Ο Δημόσιος Πάροχος Ηλεκτρικής Ενέργειας έχει τυποποιήσει σε κατηγορίες τα δίκτυα ώστε να υπάρχει και ομοιομορφία υλικού και μικρότερο κόστος.

Το σύστημα μεταφοράς περιλαμβάνει τα δίκτυα των γραμμών υψηλής τάσης, τους υποσταθμούς ζεύξης των δικτύων αυτών και τους υποσταθμούς μετασχηματισμού μεταξύ των διαφόρων επιπέδων τάσεων που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο μεταφοράς. Με το σύστημα μεταφοράς η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τους σταθμούς παραγωγής στις περιοχές κατανάλωσης. Το σύστημα μεταφοράς πρέπει να έχει σταθερή ή σχεδόν σταθερή τάση και οι φάσεις των τριών φάσεων να είναι συμμετρικές. Η τάση θα πρέπει να έχει ημιτονοειδή μορφή και σταθερή συχνότητα. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω γραμμών υψηλής και υπερυψηλής τάσης στους υποσταθμούς (κεντρικά σημεία του δικτύου) απ' όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής μέσης τάσης γιατί έτσι οι απώλειες είναι μειωμένες. Ενδεικτικές σημερινές τιμές τάσης είναι 66 kV, 110 kV, 132 kV, 138 kV, 150 kV, 220 kV, 275 kV, 345 kV, 400 kV, 500 kV και 750 kV. Οι τάσεις μέχρι τα 220 kV ανήκουν στην κατηγορία των υψηλών, από 275 kV μέχρι τα 500 kV στην υπερυψηλή και από εκεί και πάνω στην εξαιρετικά υψηλή τάση.

Η ισχύς η οποία μπορεί να μεταφερθεί από μία γραμμή μεταφοράς είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της τάσης, οπότε είναι προφανής η χρησιμότητα της υπερυψηλής τάσης στην επίτευξη μεγάλων ισχύων μεταφοράς. Επιπλέον η μεταφορά υπερυψηλής τάσης συνεπάγεται μειωμένες απώλειες οπότε είναι οικονομικότερη η λειτουργία του συστήματος. Το κόστος μεταφοράς είναι συνάρτηση του κόστους εγκατάστασης, του κόστους απωλειών και του κόστους συντήρησης της γραμμής. Κριτήριο για την επιλογή της τάσης μεταφοράς είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από πυλώνες (ή πύργους), μονωτήρες και αγωγούς. Οι πυλώνες ή πύργοι, στους οποίους στηρίζονται οι εναέριες γραμμές κατασκευάζονται είτε από χάλυβα είτε από ξύλο. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται ένας τύπος πυλώνα. Όπου απαιτείται μεγάλη αντοχή και διάρκεια ζωής χρησιμοποιούνται χαλύβδινοι. Συγκεκριμένα για τάσεις άνω των 100 kV οι πυλώνες ονομάζονται πύργοι. Πυλώνες υπάρχουν μόνο στην υψηλή τάση ενώ στην μέση υπάρχουν στύλοι. Επίσης αν οι κλιματολογικές και οι εδαφολογικές συνθήκες το επιτρέπουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξύλινοι στύλοι ακόμα και για τάσεις πάνω από 220 kV.



Σχήμα 3 : Πύργος Μέσης Τάσης

Οι μονωτήρες είναι διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και συμβάλλουν στην απομόνωση των ηλεκτροφόρων στοιχείων από τα μη ηλεκτροφόρα και στην ανάρτηση των αγωγών στους πυλώνες. Προστατεύουν δηλαδή τα στοιχεία μίας εγκατάστασης από υπερπήδηση ή διάτρηση. Χρησιμοποιούνται τόσο στα δίκτυα μεταφοράς όσο και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να στηρίζουν, να διαχωρίζουν ή να εμπεριέχουν αγωγούς υψηλής τάσης. Η αύξηση της μόνωσης για υψηλότερες τάσεις μεταφοράς αντιμετωπίζεται με την προσθήκη περισσότερων δίσκων στους αλυσοειδείς μονωτήρες. Οι αλυσοειδείς μονωτήρες χρησιμοποιούνται και για την τάνυση των αγωγών, όπως στους τερματικούς πυλώνες των γραμμών μεταφοράς οπότε καλούνται αλυσοειδείς μονωτήρες τάνυσης. Η μόνωση μεταξύ των αγωγών και μεταξύ των αγωγών και της γης στις εναέριες γραμμές αποτελείται από τον αέρα που υπάρχει μεταξύ τους. Η απόσταση θα πρέπει να είναι τέτοια που να μην επιτρέπει στους αγωγούς να πλησιάσουν πολύ μεταξύ τους, κατά τις ταλαντώσεις που υφίστανται λόγω των ανέμων, ώστε να αποφεύγεται η διάσπαση της μόνωσης και η δημιουργία σπινθήρα. Υπερπήδηση υπάρχει όταν η επιβαλλόμενη τάση μεταξύ των δύο ακρότατων σημείων του μονωτήρα υπερβεί μία συγκεκριμένη τιμή. Τότε υπάρχει γεφύρωση με ηλεκτρικό τόξο που οδεύει δια μέσου του αέρα του διακένου μεταξύ του σημείου προσδέσεως του αγωγού της γραμμής στο μονωτήρα και του προσγειωμένου σημείου στηρίξεως ή αναρτήσεως του μονωτήρα. Η διάτρηση του μονωτήρα συμβαίνει σε περιπτώσεις που υπάρχει πολύ υψηλή τάση και ο μονωτήρας βυθιστεί σε λουτρό μονωτικού λαδιού. Εκτιμάται ότι για την διάτρηση μονωτήρα πορσελάνης μέσα σε περιβάλλον ατμοσφαιρικού αέρα απαιτείται κρουστική τάση μέγιστης τιμής τουλάχιστον 800 kV και κλίσεως μετώπου 2000 kV/μs. Στους μονωτήρες πολλές φορές εφαρμόζονται προστατευτικοί δακτύλιοι ή κερατίδια που «καθοδηγούν» το ηλεκτρικό τόξο προς συγκεκριμένη κατεύθυνση ώστε να αποφεύγεται η καταστροφή του υαλώδους επιχρίσματος του στερεού μονωτικού. Η κυμάτωση που υπάρχει στην επιφάνεια των μονωτήρων αυξάνει τη διηλεκτρική αντοχή και το μήκος ερπυσμού.

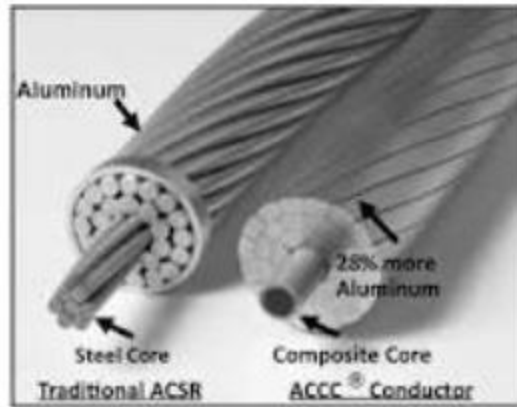
Γενικά η αντοχή τους υπό βροχή είναι μικρότερη από την αντοχή τους εν ξηρώ. Η χαρακτηριστική μορφή της επιφάνειας τους εξασφαλίζει ότι ένα μέρος τους μένει αδιάβρεκτο, ενώ παράλληλα διακόπτεται η συνέχεια του βρόχινου νερού. Το μήκος ερπυσμού είναι η συντομότερη διαδρομή επί της επιφάνειας του μονωτήρα ανάμεσα στα δύο μεταλλικά άκρα του (μήκος εξωτερικής ημιπεριμέτρου του μονωτικού υλικού σε επίπεδο τομής διερχόμενο από τον άξονα συμμετρίας του μονωτήρα) διαδρομή που ακολουθούν οι έρπουσες εκκενώσεις. Η συνύπαρξη ακαθαρσιών (π.χ. από καπνοδόχους χημικών), δροσιάς ή ομίχλης μειώνει την αποτελεσματικότητα των μονωτήρων μπορεί να μειώσει την διηλεκτρική αντοχή τους κατά 40%-80%. Ακόμα η «λειτουργία» των μονωτήρων επηρεάζεται από την ρύπανση υπό συνθήκες εναλλασσόμενης ή συνεχούς τάσης. Η επικάλυψη θαλάσσιας άλμης στην επιφάνεια των μονωτήρων των γραμμών μπορεί να συμβεί ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις από τις ακτές και επιφέρει μείωση του μήκους ερπυσμού κατά 18%-38%. Αγώγιμες ή ημιαγώγιμες επικαθήσεις στην επιφάνεια των μονωτήρων επιφέρουν τοπικά ανύψωση πεδιακής έντασης και κατά τόπους μερική διάσπαση του αέρα.

Οι πρώτοι αγωγοί που χρησιμοποιήθηκαν σε εναέρια συστήματα μεταφοράς, ήταν χάλκινοι. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι ο καλός συντελεστής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, η υψηλή μηχανική αντοχή και η αντοχή στη διάβρωση (γι' αυτό χρησιμοποιούνται σε δίκτυα που είναι κοντά στη θάλασσα). Βασικά μειονεκτήματα τους είναι η «αναποτελεσματικότητα» τους σε δίκτυα που είχαν μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των πυλώνων τους (εξαιτίας της υψηλής αναλογίας του βάρους προς την αντοχή) και το υψηλό κόστος κατασκευής. Αυτοί οι λόγοι ήταν ικανοί να περιορίσουν την χρήση των αγωγών αυτών. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα άρχισαν να χρησιμοποιούνται αγωγοί αλουμινίου, οι οποίοι είχαν χαμηλότερο κόστος, συντελεστή αγωγιμότητας και βάρος σε σχέση με τους χάλκινους. Ωστόσο η μηχανική αντοχή τους και η αγωγιμότητα τους υστερούσε σε σχέση με τους αγωγούς από χαλκό. Αξίζει να αναφερθεί ότι ένας αγώνας αλουμινίου με ισοδύναμη διατομή με αγωγό από χαλκό έχει το 1/2 του βάρους του και διάμετρο μεγαλύτερη 1,6 φορές (60% μεγαλύτερη). Επίσης οι αγωγοί αλουμινίου δεν ήταν κατάλληλοι για εγκαταστάσεις δικτύων με πυλώνες που έχουν αρκετή απόσταση μεταξύ τους. Τότε ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται ευρέως σύνθετοι αγωγοί που είναι γνωστοί ως ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced). Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένας αγωγός ACSR και ένας αγωγός AAAC. Οι αγωγοί ACSR αφορούν αγωγούς αλουμινίου, οι οποίοι είναι ενισχυμένοι με χάλυβα. Αποτελούνται από κλώνους αλουμινίου, τοποθετημένους γύρω από χαλύβδινο κεντρικό πυρήνα. Αυτοί οι αγωγοί συνδυάζουν τις ικανοποιητικές ηλεκτρικές ιδιότητες του αλουμινίου με την υψηλή

μηχανική αντοχή του χάλυβα και επιπλέον το κόστος τους είναι τέτοιο που συνάδει με τις απαιτήσεις των επενδύσεων δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Ενδεικτικά οι αγωγοί ACSR έχουν περίπου 50% μεγαλύτερη αντοχή από τους αγωγούς χαλκού και είναι 20% ελαφρύτεροι για ισοδύναμη διατομή με το χαλκό. Χρησιμοποιούνται στις γραμμές υψηλής τάσης γιατί επιτρέπουν μεγαλύτερο άνοιγμα των πυλώνων. Επίσης είναι πιο φθηνοί και παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες. Επίσης τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αγωγοί κραμάτων αλουμινίου που έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τους ACSR που υπερτερούν καθώς δεν διαβρώνονται, όπως συμβαίνει πολλές φορές με τον πυρήνα των αγωγών όταν αυτοί βρίσκονται υπό περιβάλλοντα με ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι αγωγοί διατίθενται σε ποικίλες διατομές και υλικά και τρόπους κατασκευής. Χρησιμοποιούνται σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας καθώς είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και αποτελούνται από ελεύθερα ηλεκτρόνια σθένους που μπορούν να κινούνται μεταξύ των ατόμων. Αποτελούν σημαντικό στοιχείο για την εκάστοτε γραμμή μεταφοράς και 40% του συνολικού κόστους της γραμμής. Η επιλογή τους γίνεται με βάση διάφορες παραμέτρους όπως οι μηχανικές και ηλεκτρικές ιδιότητες τους, καθώς επίσης και το ολικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που θα χαθεί λόγω απωλειών, κατά την διάρκεια ζωής της γραμμής. Η διατομή των αγωγών καθορίζεται από το ρεύμα που τους διατρέχει αφού η ωμική αντίσταση της γραμμής μεταφοράς είναι αντιστρόφως ανάλογη με τη διατομή του αγωγού. Ο αγωγός της γραμμής μεταφοράς θερμαίνεται από τις ωμικές απώλειες και η θερμότητα αυτή ακτινοβολείται στον αέρα, αναπτύσσοντας θερμοκρασία ισορροπίας στον αγωγό. Σε υψηλές θερμοκρασίες η μηχανική αντοχή του αγωγού μειώνεται, οπότε η θερμοκρασία ισορροπίας δεν πρέπει να υπερβαίνει συνήθως τους 90 - 100 °C. Το αντίστοιχο ρεύμα αποτελεί το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο φόρτισης του αγωγού και ονομάζεται ικανότητα μεταφοράς ρεύματος του αγωγού.

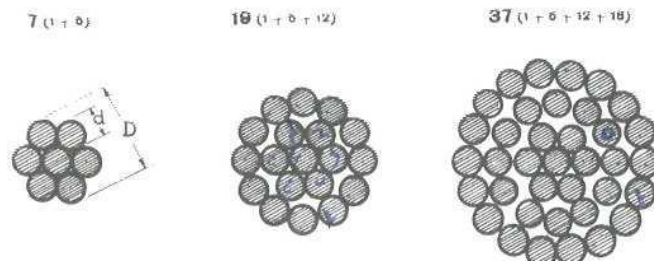
Σημαντικά χαρακτηριστικά των αγωγών είναι :

- υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα,
- υψηλή μηχανική αντοχή,
- μικτό ειδικό βάρος,
- χαμηλή οξειδωση στον αέρα,
- ευχέρεια σύνδεσης των αγωγών,
- μικρή επίδραση ηλεκτρικής προέλευσης στο περιβάλλον,
- μικρές ραδιοφωνικές παρεμβολές,
- μειωμένος θόρυβος.



Σχήμα 4 : Αγωγός ACSR και ACCC

Στα εναέρια δίκτυα σπάνια χρησιμοποιούνται μονόκλωνοι αγωγοί, γιατί έχουν πολύ μικρότερη μηχανική αντοχή από τους πολύκλωνους. Επίσης οι μονόκλωνοι είναι δύσκαμπτοι. Η διατομή των μονόκλωνων αγωγών είναι μέχρι 16mm^2 . Οι πολύκλωνοι αγωγοί έχουν τη μορφή του σχήματος 5.



Σχήμα 5 : Γυμνοί πολύκλωνοι αγωγοί αποτελούμενοι από 7, 19 και 37 κλώνους.

Οι αγωγοί χαλκού και αλουμινίου, αποτελούνται από κλώνους της ίδιας διατομής. Γύρω από ένα κεντρικό αγωγό περιελίσσονται οι υπόλοιποι σε στρώσεις και οι αγωγοί παίρνουν τη μορφή των συρματόσχοινων. Οι αριθμοί των κλώνων είναι 7, 19, 37, 61 κλπ.

Αν κ είναι ο αριθμός των κλώνων και η είναι ο αριθμός των στρώσεων γύρω από τον κεντρικό αγωγό τότε ισχύει η σχέση (1).

$$\kappa = 1 + 3\eta (\eta + 1) \quad (1)$$

Αν κάθε κλώνος έχει διάμετρο d τότε ο αγωγός έχει διάμετρο που υπολογίζεται από τη σχέση (2).

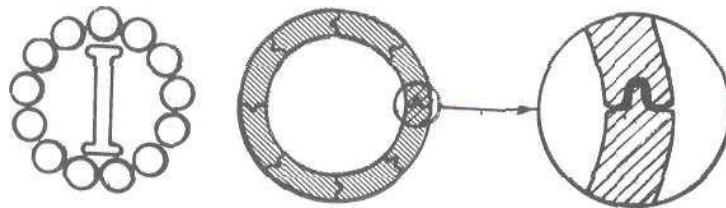
$$D = 4 \cdot (2\eta + 1) \quad (2)$$

Η διατομή του αγωγού δεν μπορεί να βρεθεί με την σχέση (3), γιατί μεταξύ των αγωγών υπάρχουν διάκενα.

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3)$$

Οι σχέσεις (1) – (3) δεν μπορούν να εφαρμοστούν στους αγωγούς αυτούς γιατί η διάμετρος των χαλύβδινων συρμάτων είναι διαφορετική από την διατομή των συρμάτων αλουμινίου.

Σε γραμμές μεταφοράς πολύ υψηλής τάσης έχουν χρησιμοποιηθεί αγωγοί με ειδική διατομή, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 6.



Σχήμα 6 : Αγωγοί Ειδικών Διατομών για Γραμμές Μεταφοράς Πολύ Υψηλής Τάσης

Τα δίκτυα διανομής περιλαμβάνουν τις γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των οποίων φτάνει στους καταναλωτές και στους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσης, οι οποίοι τις συνδέουν με το σύστημα μεταφοράς. Τα δίκτυα διανομής φτάνουν μέχρι το μετρητή ενέργειας του καταναλωτή. Μετά το μετρητή αρχίζει η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση, που περιλαμβάνει το εσωτερικό δίκτυο διανομής και τις συσκευές κατανάλωσης. Διακρίνονται ανάλογα με την τάση σε δίκτυα υψηλής τάσης (35 -150 kV), μέσης (1 - 35 kV) και χαμηλής (100 - 1000 V). Οι τάσεις αυτές είναι πολικές τριφασικού συστήματος. Ανάλογα με την κατασκευή τους διακρίνονται σε εναέρια και υπόγεια. Βασικά πλεονεκτήματα των εναέριων είναι το μικρότερο κόστος κατασκευής και η ταχύτερη αποκατάσταση βλαβών. Οι στύλοι που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως ξύλινοι ήτσιμεντένιοι και σπανίως μεταλλικοί. Οι αγωγοί των δικτύων διανομής είναι από αλουμίνιο για χαμηλή τάση και ενισχυμένοι με χάλυβα για μέση τάση και υψηλή τάση. Τα τελευταία χρόνια οι εναέρια γραμμές χαμηλής τάσης κατασκευάζονται από αγωγούς με τάση κατάργησης των γυμνών αγωγών. Έτσι αυξάνεται η ασφάλεια του συστήματος και μειώνεται η όχληση στο περιβάλλον. Στις πυκνοκατοικημένες περιοχές το δίκτυο διανομής κατασκευάζεται συνήθως υπόγεια είτε για λόγους αισθητικής είτε λόγω έλλειψης χώρου το οποίο συνεπάγεται μη τήρηση των αποστάσεων ασφαλείας. Οι υποσταθμοί υποβιβασμού μέσης τάσης σε χαμηλή των υπόγειων δικτύων βρίσκονται στα υπόγεια των πολυκατοικιών ή κάτω από τα πεζοδρόμια. Οι απώλειες στο επίπεδο της διανομής είναι περίπου διπλάσιες σε σχέση με της μεταφοράς. Η σχεδίαση του δικτύου διανομής αλλάζει από χώρα σε

χώρα σε αντίθεση με το δίκτυο μεταφοράς που είναι διεθνώς σχεδόν ίδιο. Γενικά το δίκτυο διανομής, περιλαμβάνει:

- το δίκτυο διανομής μέσης τάσης (6,6 kV, 15 kV, 20 kV) που μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής.
- το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (230/400V) που μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές.

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς είναι συνήθως οικονομικά εξαρτημένες μεταξύ τους γι' αυτό ο σχεδιασμός των σταθμών παραγωγής , των γραμμών μεταφοράς και των κεντρικών υποσταθμών είναι ενιαίος. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η αξιοπιστία του δικτύου και μειώνεται το κόστος.

1.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Η εγκατάσταση των καλωδίων γίνεται :

- εναέρια, με στήριξη ή όχι σε χαλύβδινο συρματόσχοινο,
- στο έδαφος,
- με ποντισμό στη θάλασσα,
- πάνω στο δάπεδο με κατάλληλη μηχανική προστασία,
- πάνω στον τοίχο με σωλήνες, στηρίγματα ή σχάρες.

Η εγκατάσταση των καλωδίων εντός του εδάφους γίνεται σε διάφορα βάθη, τα οποία ποικίλλουν από 0,80 m έως 1,50 m ή και περισσότερο. Όσο υψηλότερη είναι η τάση της γραμμής, τόσο μεγαλύτερο είναι συνήθως και το βάθος εγκατάστασης. Οι υπόγειες γραμμές εγκαθίστανται είτε κάτω από τα πεζοδρόμια είτε κάτω από τα οδοστρώματα.

Στις ελληνικές πόλεις εφαρμόζεται κατά κανόνα η πρώτη από τις παραπάνω τεχνικές στις περιπτώσεις διαμορφωμένων οδών, στις οποίες υπάρχει επαρκής χώρος κάτω από τα πεζοδρόμια, τον οποίο μοιράζονται με τα υπόγεια δίκτυα άλλων κοινωφελών επιχειρήσεων. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να ελεγχθεί η αλληλεπίδραση των γραμμών αυτών. Το χώμα το οποίο τοποθετείται επάνω από τα καλώδια, μετά την εγκατάσταση είναι λεπτόκοκκο και χωρίς πέτρες, αφ' ενός για την καλύτερη απαγωγή της εκλυόμενης θερμότητας, της οφειλόμενης στις απώλειες της γραμμής, αφ' ετέρου δε για να αποφευχθεί τραυματισμός των καλωδίων από τις

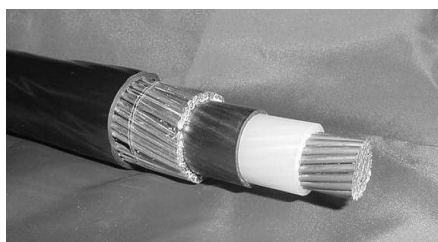
πέτρες. Επίσης για τη μηχανική προστασία των καλωδίων τοποθετούνται επάνω από αυτά και σε όλο το μήκος της διαδρομής της γραμμής τούβλα ή επιμήκεις πλάκες συνήθως από σκυρόδεμα. Εκτός του ενταφιασμού όπου το καλώδιο βρίσκεται σε κατευθείαν επαφή με το χώμα, υπάρχουν και οι παρακάτω μέθοδοι τοποθέτησης καλωδίων στη γη: μέσα σε κανάλια από μπετόν ή σωλήνες αμιαντοτσιμέντου ή χαλύβδινους, ή μέσα σε τούνελ επισκέψιμα. Κατά αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η εκσκαφή του δρόμου σε περίπτωση βλάβης ή άλλης εργασίας επί των καλωδίων, ενώ ταυτόχρονα παρέχεται ενισχυμένη μηχανική προστασία σε αυτά. Τα καλώδια κατά τη διέλευσή τους μέσω σωληνώσεων, οχετών ή σηράγγων, πρέπει να αερίζονται με φυσικό ή τεχνητό αερισμό, δεδομένου ότι η φυσική ψύξη τους σε περιβάλλον ακίνητου αέρα είναι ατελής.

Σε καλώδια που περιέχουν υγρές μονώσεις, κατά την εγκατάστασή τους σε χώρους με υψομετρικές διαφορές παρουσιάζεται - λόγω αυτής της υψομετρικής διαφοράς - διαφορά πίεσης, που μπορεί να επιφέρει μηχανική καταστροφή του μανδύα. Για το λόγο αυτό υπάρχει όριο στη διαφορά υψομέτρου για κάθε κατασκευή, που κυμαίνεται από 40 m έως 200 m (εάν για οποιοδήποτε λόγο πρέπει να ξεπεραστεί αυτό το όριο πρέπει να εγκατασταθούν παγίδες πίεσης). Σε μεγάλες κλίσεις πρέπει να ληφθεί υπόψη και το βάρος του καλωδίου και να ενισχυθεί ενδεχομένως ο εξωτερικός οπλισμός για να μπορέσει το καλώδιο να φέρει το μηχανικό φορτίο.

1.4.1 ΚΑΛΩΔΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ < 1kV

Στα καλώδια χαμηλής τάσης ο αγωγός είναι συνήθως από χαλκό ή αλουμίνιο, πολύκλωνος ή μονόκλωνος σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές IEC 60228. Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η μορφή ενός αγωγού χαμηλής τάσης. Σε ειδικές περιπτώσεις κατασκευάζονται αγωγοί από συμπαγές αλουμίνιο. Το μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως είναι PVC (χλωριούχο πολυβινύλιο), PE (πολυαιθυλένιο), XLPE (δικτυωτό πολυαιθυλένιο), EPR (ελαστικό), MIND (εμποτισμένο χαρτί). Η θωράκιση αποτελείται από σύρματα ή ταινίες χαλκού. Τα σύρματα περιτυλίγονται ελικοειδώς με βήμα σταθερής φοράς ή εναλλασσόμενης (τύπου CEANDER). Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί για θωράκιση να χρησιμοποιηθεί μολύβδινος μανδύας. Η προστασία του καλωδίου από μηχανικές κακώσεις επιτυγχάνεται με τον οπλισμό αποτελούμενο από ατσαλοσύρματα ή σιδηροταινίες. Εάν τα καλώδια είναι μονοπολικά και προορίζονται για χρήση με εναλλασσόμενο

ρεύμα τότε ο οπλισμός κατασκευάζεται με μη μαγνητικό υλικό (χαλκός, αλουμίνιο, ανοξείδωτο ασάλι, κ.τ.λ.). Ο εξωτερικός μανδύας αποτελείται από PVC ή PE ή XLPE ή νεοπρένιο κ.α. Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται και με ειδικές ιδιότητες ως προς την συμπεριφορά στην φωτιά όπως επιβράδυνση της μετάδοσης της φλόγας (flame retardant), χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές τοξικών αερίων, μειωμένης εκπομπής καπνών (LSF,LS 0 H, κ.α.).



Σχήμα 7 : Καλώδια Χαμηλής Τάσης

1.4.2 ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (1 ÷ 45 KV)

Τα καλώδια μέσης τάσης κατασκευάζονται και δοκιμάζονται βάσει διεθνών προδιαγραφών και είναι μονοπολικά ή πολυπολικά, με αγωγό πολύκλωνο, κατασκευασμένο από χαλκό ή αλουμίνιο σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές IEC 60228. Στο σχήμα 8 παρουσιάζεται η μορφή των καλωδίων μέσης τάσης. Σε ειδικές περιπτώσεις κατασκευάζονται αγωγοί από συμπαγές αλουμίνιο. Η μόνωση τους είναι στις περισσότερες περιπτώσεις από XLPE, EPR, MIND (εμποτισμένο χαρτί). Πάνω και κάτω από τη μόνωση εφαρμόζονται ημιαγώγιμες στρώσεις οι οποίες εξωθούνται ταυτόχρονα με την μόνωση μέσω τριπλής κεφαλής. Πάνω από την εξωτερική ημιαγώγιμη στρώση εφαρμόζεται μεταλλική θωράκιση αποτελούμενη από ταινία χαλκού ή από συρματίδια χαλκού κατάλληλης διατομής. Η μεταλλική θωράκιση μπορεί να έχει διαμήκη ή ακτινική υδατοστεγανότητα. Η προστασία του καλωδίου από μηχανικές κακώσεις επιτυγχάνεται με τον οπλισμό αποτελούμενο από ατσαλοσύρματα ή σιδηροταινίες. Εάν τα καλώδια είναι μονοπολικά και προορίζονται για χρήση με εναλλασσόμενο ρεύμα τότε ο οπλισμός κατασκευάζεται με μη μαγνητικό υλικό (χαλκός, αλουμίνιο, ανοξείδωτο ασάλι, κ.τ.λ.). Τα καλώδια μέσης τάσης διαθέτουν συνήθως μανδύα από PVC ή PE ή νεοπρένιο. Επίσης κατασκευάζονται και με ειδικές ιδιότητες ως προς την συμπεριφορά στην φωτιά όπως επιβράδυνση της μετάδοσης της φλόγας (flame retardant), χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές τοξικών αερίων, μειωμένης εκπομπής καπνών (LSF, LS 0 H, κ.α.).



Σχήμα 8 : Καλώδια Μέσης Τάσης

1.4.3. ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ (60 KV έως 220 KV)

Τα καλώδια υψηλής τάσης κατασκευάζονται βάσει διεθνών προδιαγραφών IEC, AEIC, BS, HD κ.α. και είναι μονοπολικά. Στο σχήμα 9 παρουσιάζεται η μορφή των καλωδίων υψηλής τάσης. Ο αγωγός τους κατασκευάζεται από χαλκό ή αλουμίνιο και είναι πολύκλωνος σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές IEC 60228. Σε ειδικές περιπτώσεις κατασκευάζονται αγωγοί από συμπαγές αλουμίνιο. Η μόνωση είναι συνήθως από XLPE ή EPR. Πάνω και κάτω από τη μόνωση εφαρμόζεται ημιαγωγίμη στρώση και πάνω από την εξωτερική ημιαγωγίμη στρώση, θωράκιση αποτελούμενη από μολύβδινο μανδύα ή από συρματίδια χαλκού κατάλληλης διατομής. Η μεταλλική θωράκιση μπορεί να έχει διαμήκη ή ακτινική υδατοστεγανότητα. Η μόνωση και οι δύο ημιαγωγίμες στρώσεις εφαρμόζονται ταυτόχρονα μέσω τριπλής κεφαλής εξώθησης. Εάν ζητηθεί μηχανική προστασία, δεδομένου ότι τα καλώδια είναι μονοπολικά , ο σπλισμός θα είναι μη μαγνητικός, δηλαδή χαλκός, αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι κ.τ.λ. Ο μανδύας είναι κατασκευασμένος από PVC ή από PE. Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται και με ειδικές ιδιότητες ως προς την συμπεριφορά στην φωτιά όπως επιβράδυνση της μετάδοσης της φλόγας (flame retardant), χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές τοξικών αερίων, μειωμένης εκπομπής καπνών (LSF ,LS 0 H ,κ.α.)



Σχήμα 9 : Καλώδια Υψηλής Τάσης

1.4 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΓΩΓΩΝ

Η μηχανική σχεδίαση των εναέριων γραμμών ηλεκτρικής ενέργειας υπόκειται σε ορισμένους κανόνες, οι οποίοι εξασφαλίζουν το απρόσιτο των αγωγών για το κοινό, αποβλέποντας στην ασφάλεια του. Οι βασικότερες απαιτήσεις της μηχανικής σχεδίασεως των γραμμών αφορούν στις ελάχιστες αποστάσεις των αγωγών από το έδαφος και από γειτονικά κτίσματα και τη μηχανική αντοχή των αγωγών, των μονωτήρων και των φορέων. Οι μηχανικές δυνάμεις, οι οποίες καταπονούν τις γραμμές, είναι το βάρος των αγωγών, η δύναμη του ανέμου και πιθανώς το βάρος του πάγου, ο οποίος σχηματίζεται από το χιόνι. Βάσει των δυνάμεων αυτών υπολογίζεται τόσο η καταπόνηση και συνεπώς η μηχανική αντοχή αγωγών και στηριγμάτων, όσο και η καμπύλη των αγωγών στο χώρο και οι αποστάσεις τους από το έδαφος.

1.5 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η θερμότητα είναι η μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από ένα σύστημα σε ένα δεύτερο λόγω της ύπαρξης θερμοκρασιακής διαφοράς. Η μεταφορά θερμότητας πάντα γίνεται από το θερμότερο σύστημα προς το ψυχρότερο, μέχρι τα δύο συστήματα να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. Η μετάδοση θερμότητας με αγωγή μπορεί να γίνει σε στερεά, σε υγρά και σε αέρια. Στα υγρά και στα αέρια, η μετάδοση θερμότητας με αγωγή οφείλεται στις συγκρούσεις και στη διάδοση των μορίων λόγω

της τυχαίας κίνησής τους. Στα στερεά αποδίδεται στις ταλαντώσεις των μορίων μέσα στο πλέγμα τους και στην ενέργεια που μεταφέρεται από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η μετάδοση όμως της θερμότητας για να συμβεί η ανωτέρω διαστολή πραγματοποιείται με μετάδοση της θερμότητας με αγωγή (περίπτωση πυρκαγιάς), με ακτινοβολία και με μεταφορά της θερμότητας μέσω του αέρα (ή συναγωγή).

Ο ρυθμός μετάδοσης θερμότητας με αγωγή μέσω μίας διαχωριστικής επιφάνειας A μεταξύ των υλών είναι ανάλογος της θερμοκρασιακής διαφοράς $\Delta\theta$ και αντιστρόφως ανάλογος του πάχους Δx της επιφάνειας, όπως διαφαίνεται από τη σχέση (4).

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta x} \quad (4)$$

όπου k η θερμική αγωγιμότητα του υλικού.

Η μετάδοση θερμότητας με μεταφορά ή συναγωγή αφορά τη μεταφορά ενέργειας μεταξύ της επιφάνειας ενός στερεού και του αερίου ή υγρού που κινείται και συμπεριλαμβάνει συνδυασμό επιδράσεων αγωγής αλλά και κίνησης των ρευστών. Όσο πιο γρήγορα κινείται το ρευστό, τόσο μεγαλύτερη είναι η μετάδοση με συναγωγή. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει κίνηση του ρευστού, τότε η μετάδοση γίνεται απλά με αγωγή. Όταν το ρευστό βρίσκεται σε ηρεμία υπάρχει ελεύθερη μεταφορά (natural convection) και η κίνηση του είναι αποτέλεσμα δυνάμεων άνωσης που δημιουργούνται λόγω διαφοράς πυκνότητας η οποία οφείλεται στην αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του. Όταν το ρευστό έχει κάποια ταχύτητα συμβαίνει εξαναγκασμένη μεταφορά (forced convection). Στην εξαναγκασμένη μεταφορά ο ρυθμός μετάδοσης θερμότητας είναι μεγαλύτερος από ότι στην ελεύθερη μεταφορά λόγω αύξησης του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας.

Η μετάδοση θερμότητας με συναγωγή είναι ανάλογη της διαφοράς $\Delta\theta$ μεταξύ της θερμοκρασίας του ρευστού στην επιφάνεια του σώματος (ταυτίζεται με αυτή της επιφάνειας του σώματος) και αυτής του ρευστού σε απόσταση τέτοια από το σώμα, ώστε να μην επηρεάζεται από τη θερμότητα του σώματος. Η μετάδοση θερμότητας εκφράζεται από το νόμο ψύξης του Newton σύμφωνα με τη σχέση (5).

$$Q = -h \cdot A \cdot \Delta\theta \quad (5)$$

όπου h είναι ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας με συναγωγή και A η επιφάνεια του σώματος που συμμετέχει στη διαδικασία της συναγωγής.

Η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία αφορά τη μεταφορά ενέργειας που εκπέμπεται από την ύλη με μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ή με φωτόνια λόγω

των αλλαγών στις ηλεκτρονικές στοιβάδες των ατόμων ή μορίων. Σε αντίθεση με την αγωγή και συναγωγή, η ακτινοβολία δεν χρειάζεται την ύπαρξη κάποιου υλικού να μεσολαβήσει. Στην πραγματικότητα η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία είναι η ταχύτερη (μεταδίδεται με την ταχύτητα του φωτός) και συμβαίνει και στο κενό. Όλα τα σώματα που έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Όλα τα σώματα σε όλο τον όγκο τους ακτινοβολούν θερμότητα σε διαφορετικό βαθμό, ανεξάρτητα από τη φυσική τους κατάσταση (στερεή, υγρή, αέρια). Όμως, η θερμική ακτινοβολία για τα στερεά που είναι αδιαφανή, όπως τα μέταλλα, θεωρείται ότι είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει μόνο στην επιφάνειά τους αφού η εκπεμπόμενη από το εσωτερικό ακτινοβολία δεν μπορεί ποτέ να φτάσει έξω από την επιφάνεια του σώματος. Ο μέγιστος ρυθμός ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός σώματος απόλυτης θερμοκρασίας θ (K) δίνεται από το νόμο Stefan–Boltzmann (σχέση (6)).

$$Q = \sigma \cdot A \cdot \theta^4 \quad (6)$$

όπου η σταθερά σ είναι η σταθερά Stefan–Boltzmann και ισούται με $5,67 \cdot 10^{-8}$ W/m²-K και A η επιφάνεια η οποία εκπέμπει. Η ιδεατή επιφάνεια που εκπέμπει ακτινοβολία στο μέγιστο βαθμό, καλείται μέλαν σώμα. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από μία πραγματική επιφάνεια είναι μικρότερη από αυτή του μέλανος σώματος στις ίδιες θερμοκρασίες και δίνεται από τη σχέση (7).

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot \theta^4 \quad (7)$$

όπου ε είναι ο συντελεστής εκπομπής που παίρνει τιμές ανάμεσα στο μηδέν και τη μονάδα και δηλώνει το κατά πόσο ένα σώμα πλησιάζει το μέλαν σώμα για το οποίο το ε είναι ίσο με τη μονάδα.

Η θερμική διαστολή είναι η ιδιότητα της ύλης να αλλάζει σε όγκο σαν αποτέλεσμα των αλλαγών της θερμοκρασίας. Όταν ένα σώμα ζεσταίνεται, τα μόρια του κινούνται πιο έντονα και καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο. Υλικά που συστέλλονται με αύξηση της θερμοκρασίας είναι ασυνήθιστα στη φύση και, όταν συμβαίνει, ισχύει μόνο για περιορισμένες ζώνες θερμοκρασιών. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα, στις θερμοκρασίες 0-4°C για το νερό και τον πάγο όταν ο πάγος λιώνει και ελαττώνεται ο όγκος του. Ο βαθμός της διαστολής προς την αλλαγή της θερμοκρασίας καλείται συντελεστής θερμικής διαστολής και γενικά ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία. Τα συνηθισμένα από την εφαρμοσμένη μηχανική στερεά έχουν θερμικούς συντελεστές οι οποίοι δεν αλλάζουν ιδιαίτερα με την αλλαγή της θερμοκρασίας και μπορεί να θεωρηθεί ότι η τιμή τους είναι σταθερή και ίση με το μέσο όρο των τιμών τους. Μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία π.χ. ενός αγωγού

διανομής αρχικού μήκους L , η επιμήκυνσή του (ΔL) θα είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας ($\Delta \theta$). Η σχέση (8) ορίζει τη γραμμική αυτή διαστολή.

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta \theta$$

(8)

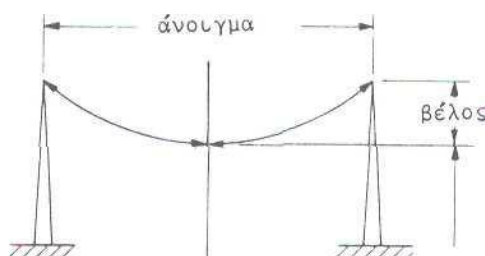
όπου ο α είναι ο συντελεστής γραμμικής διαστολής και εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του μετάλλου. Βέβαια η διαστολή δεν αφορά μόνο το μήκος, αλλά γίνεται ταυτόχρονα σε όλες τις διαστάσεις. Αυξάνεται, δηλαδή, και το εμβαδόν των επιφανειών (επιφανειακή διαστολή), αλλά και ο όγκος (κυβική διαστολή ή διαστολή όγκου). Η μεταβολή του όγκου (ΔV) ενός αντικειμένου (στην υπό εξέταση περίπτωση ενός αγωγού) όταν μεταβληθεί η θερμοκρασία του κατά $\Delta \theta$, είναι ανάλογη τόσο του αρχικού όγκου (V) όσο και της τιμής $\Delta \theta$, και δίνεται από τη σχέση (9).

$$\Delta V = \beta \cdot V \cdot \Delta \theta \quad (9)$$

όπου ο β είναι ο συντελεστής διαστολής όγκου του υλικού που εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού.

1.6 ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΥΛΩΝΩΝ

Πρόκειται για την απόσταση μεταξύ σε δύο πυλώνες (όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 10) και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Κατά κανόνα οι πυλώνες απέχουν πολύ μεταξύ τους. Η κατασκευή τους είναι ισχυρή για να μπορούν να δεχτούν το βάρος των αγωγών, του χιονιού που θα επικολληθεί, τις δυνάμεις του ανέμου και το δικό τους βάρος. Άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη κατασκευής των εναέριων δικτύων είναι η σύσταση του εδάφους καθώς και οι καιρικές συνθήκες της περιοχής.



Σχήμα 10: Χαρακτηριστικά στοιχεία μιας εναέριας γραμμής.

Τα στοιχεία που αποτελούν ένα δίκτυο (στύλοι, αγωγοί, μονωτήρες κλπ) δέχονται ορισμένες δυνάμεις επιφόρτισης. Αυτές είναι διαμήκειες και εγκάρσιες.

1.7 ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ ΑΓΩΓΩΝ

Η επιφόρτιση των αγωγών μπορεί να διακριθεί σε 3 κατηγορίες. Κριτήριο διάκρισης είναι οι καιρικές συνθήκες. Έτσι μπορεί να είναι βαρεία, μέση ή κανονική και ελαφρά επιφόρτιση. Στην Ελλάδα θεωρείται ότι η επιφόρτιση είναι μέση και αυτή λαμβάνεται υπ' όψιν στη μελέτη των γραμμών. Οι περιοχές της Ελλάδας που έχουν βαρεία ή ελαφρά επιφόρτιση ορίζονται από τον αρμόδιο υπουργό με απόφαση αυτού.

Στον πίνακα 1, που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι τιμές για τον πάγο, τον άνεμο και την θερμοκρασία οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της επιφόρτισης :

	Επιφόρτιση		
	Βαρεία	Μέση	Ελαφρά
Πάχος στρώματος πάγου (ακτίνα σε χιλιοστά)	13	6,5	0
Οριζόντια πίεση ανέμου (σε χλγρ/ m ²)	20	20	44
Θερμοκρασία (σε Κελσίου)	-18	-9,5	-1
Σταθερά για την προσαύξηση της συνισταμένης σε χιλιοστόγραμμα			
για γυμνούς αγωγούς χαλκού, χάλυβα, κράμα χαλκού, χάλυβα περιβεβλημένου με χαλκό ή συνδυασμό όλων αυτών	0,43	0,28	0,075
για γυμνούς αγωγούς αλουμινίου	0,46	0,33	0,075
για προησπισμένους έναντι καιρικών συνθηκών αγωγούς και παρομοίως προστατευμένους	0,46	0,33	0,057

Πίνακας 1 : Κατηγορίες Επιφόρτισης Ανάλογα τις Καιρικές Συνθήκες και Σταθερά Προσαύξησης
Ανάλογα τον Τύπο Του Αγωγού

Βαρεία επιφόρτιση είναι η οριζόντια πίεση του ανέμου ίση με 20 χλγρ / m² ασκούμενη κάθετα στη διεύθυνση της γραμμής επί του επιβαλλόμενου εμβαδού των κυλινδρικών επιφανειών όλων των φερόμενων αγωγών και συρμάτων ανάρτησης όταν είναι καλυμμένα με στρώμα πάχους 13 mm κατά την ακτίνα και επί των επιφανειών των στύλων και πύργων χωρίς επίστρωση πάγου.

Μέση επιφόρτιση είναι η οριζόντια πίεση του ανέμου ίση με 20 χλγρ / m² ασκούμενη κάθετα στη διεύθυνση της γραμμής επί του προβαλλόμενου εμβαδού των κυλινδρικών επιφανειών όλων των φερόμενων αγωγών και συρμάτων ανάρτησης όταν είναι καλυμμένα με στρώμα πάχους 6,5 mm κατά την ακτίνα και επί των επιφανειών των στύλων και πύργων χωρίς επίστρωση πάγου.

Ελαφριά επιφόρτιση είναι η οριζόντια πίεση του ανέμου ίση με $44 \text{ χλgr} / \text{m}^2$ ασκούμενη κάθετα στη διεύθυνση της γραμμής επί του προβαλλόμενου εμβαδού των κυλινδρικών επιφανειών όλων των φερόμενων αγωγών και συρμάτων ανάρτησης, στύλων και πύργων χωρίς επίστρωση πάγου.

Οι αγωγοί δέχονται δυνάμεις επιφόρτισης από :

- το βάρος τους,
- το πάγο που καλύπτει την επιφάνεια τους,
- την πίεση που δρα οριζόντια ως προς το έδαφος πάνω στον αγωγό.

Στην Ελλάδα ο Δημόσιος Πάροχος Ηλεκτρικής Ενέργειας υπολογίζει το βάρος του πάγου με ακτίνα μέχρι 14 cm. Η συνολική επιφόρτιση του αγωγού είναι η συνισταμένη των τριών επιφορτίσεων όπως φαίνεται και στο σχήμα 11.



Σχήμα 11 : Οι δυνάμεις επιφόρτισης που δέχονται οι αγωγοί.

Οι επιφορτίσεις των αγωγών γίνονται ιδιαίτερα μεγάλες στις γωνίες και τα τέρματα. Επίσης στο σχεδιασμό ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας οι φορείς (στύλοι, μονωτήρες, βραχίονες κλπ) υπολογίζονται ώστε να αντέχουν τις επιφορτίσεις των αγωγών.

Στους πίνακες 2,3 και 4 δίνονται οι επιφορτίσεις των αγωγών και των στύλων:

Διατομή αγωγού [mm ²]	Αρ. κλώνων και διάμετρος του [mm]	Εξωτερική Διάμετρος [mm]	Φορτίο Θραύσης [kg]	Βάρος αγωγού και πάγου [kg/m]	Εγκάρσια επιφόρτιση ανέμου 20 kg/m [kg/m]	Συνισταμένη [kg/m]	Ολική επιφόρτιση + σταθερά 0,3 [kg/m]	Εγκ. επιφόρτιση ανέμου 60 kg/m [kg/m]
16	7/1,71	5,1	739	0,360	0,362	0,509	0,809	0,306
35	7/2,53	7,6	1565	0,577	0,412	0,709	1.009	0,456
50	19/1,83	9,2	2298	0,745	0,444	0,868	1.168	0,552
70	19/2,17	10,7	3162	0,954	0,474	1.066	1.366	0,642
95	19/2,52	12,4	4214	1.206	0,508	1.309	1.609	0,744

Πίνακας 2: Επιφόρτιση αγωγών χαλκού (για Χ.Τ. & Μ.Τ.)

Διατομή αγωγού (Ισοδ. Χαλκού) [mm ²]	Αρ. κλώνων και διάμετρος του [mm]	Εξωτερική Διάμετρος [mm]	Φορτίο θραύσης [kg]	Βάρος αγωγού και πάγου [kg/m]	Εγκάρσια επιφόρτιση ανέμου 20 kg/m [kg/m]	Συνισταμένη [kg/m]	Ολική επιφόρτιση + σταθερά 0,3 [kg/m]	Εγκ. επιφόρτιση ανέμου 60 kg/m [kg/m]
16	6/1/2,32	6,96	965	0,353	0,399	0,533	0,833	0,417
35	6/1/3,44	10,32	2005	0,538	0,466	0,712	1,012	0,619
50	6/1/4,11	12,33	2820	0,672	0,507	0,842	1,142	0,740
70	26/2,33 Al 7/1,81 St	14,75	4225	0,842	0,555	1,008	1,308	0,885
95	26/2,72 Al 7/2,12 St	17,24	5685	1,051	0,605	1,212	1,512	1,034

Πίνακας 3 : Επιφόρτιση αγωγών αλουμινίου με χαλύβδινη ψυχή (για Μ.Τ.)

Διατομή αγωγού (Ισοδ. Χαλκού) [mm ²]	Αρ. κλώνων και διάμετρος του [mm]	Εξωτερική Διάμετρος [mm]	Φορτίο θραύσης [kg]	Βάρος αγωγού και πάγου [kg/m]	Εγκάρσια επιφόρτιση ανέμου 20 kg/m [kg/m]	Συνισταμένη [kg/m]	Ολική επιφόρτιση + σταθερά 0,3 [kg/m]	Εγκ. επιφόρτιση ανέμου 60 kg/m [kg/m]
16	7/2,21	6,33	470	0,319	0,393	0,506	0,806	0,398
35	7/3,22	9,675	940	0,459	0,453	0,645	0,945	0,580
50	19/2,35	11,70	1442	0,568	0,494	0,753	1,053	0,702
70	19/2,78	14,00	2018	0,702	0,540	0,886	1,186	0,840

Πίνακας 4 : Επιφόρτιση αγωγών αλουμινίου με χαλύβδινη ψυχή (για Χ.Τ.)

Και άλλα στοιχεία του δικτύου όπως οι στύλοι και οι μονωτήρες δέχονται δυνάμεις επιφόρτισης είτε εγκάρσιες είτε διαμήκεις.

1.8 ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ

Το βέλος κάμψης μίας γραμμής είναι ένα μέγεθος που μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, αντιμετωπίζοντας έτσι τις συστολές και διαστολές των αγωγών, χωρίς μείωση της μηχανικής και διηλεκτρικής αντοχής των αγωγών. Οπότε δεν πρέπει να χαρακτηρίζεται ως κάποια χαλάρωση μίας περιοχής τιμών που καθορίζεται από τους ισχύοντες κανονισμούς.

1.9 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ

Οι εναέριες γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας έχουν λόγω του βάρους τους αλυσοειδές (κοίλο) σχήμα οπότε το μαγνητικό πεδίο πρέπει να υπολογίζεται λαμβάνοντας υπ' όψιν το βέλος κάμψης. Το αλυσοειδές σχήμα ενός αγωγού i τοποθετημένου στο επίπεδο $y-z$ δίνεται από τη σχέση (10).

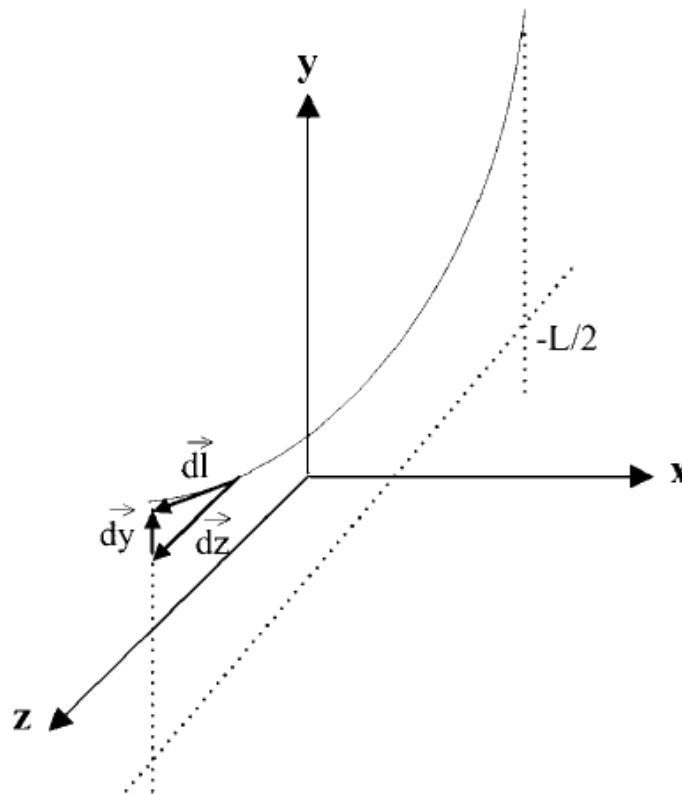
$$y_i = a \cdot \cosh\left(\frac{z_i}{a}\right) + C \quad (10)$$

όπου a και C σταθερές που προσδιορίζονται από τις οριακές συνθήκες που εφαρμόζονται σε κάθε αγωγό.

Το μαγνητικό πεδίο από έναν εναέριο αγωγό που έχει βέλος κάμψης μπορεί να δίνεται από τη σχέση (11).

$$B_i = \frac{\mu_0 \cdot I_i^\varphi}{2\pi} \cdot \left(-\frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}, \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}, 0 \right) \quad (11)$$

Το σχήμα 12 δείχνει σε πλάγια όψη την αλυσοειδή καμπύλη ενός εναέριου αγωγού χωρίς τάνυση.



Σχήμα 12 : Αγωγός εναέριος γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας με βέλος κάμψης και άνοιγμα L

Από την γεωμετρία του σχήματος αυτού προκύπτει η σχέση (12).

$$dl = dy\mathbf{j} + dz\mathbf{k} = \sinh\left(\frac{z_i}{a}\right) dz_i\mathbf{j} + dz_i\mathbf{k} \quad (12)$$

Με εφαρμογή του νόμου των Biot-Savart το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από έναν ατάνυστο αγωγό στο επίπεδο του μεσαίου ανοίγματος (το σημείο μεσαίου

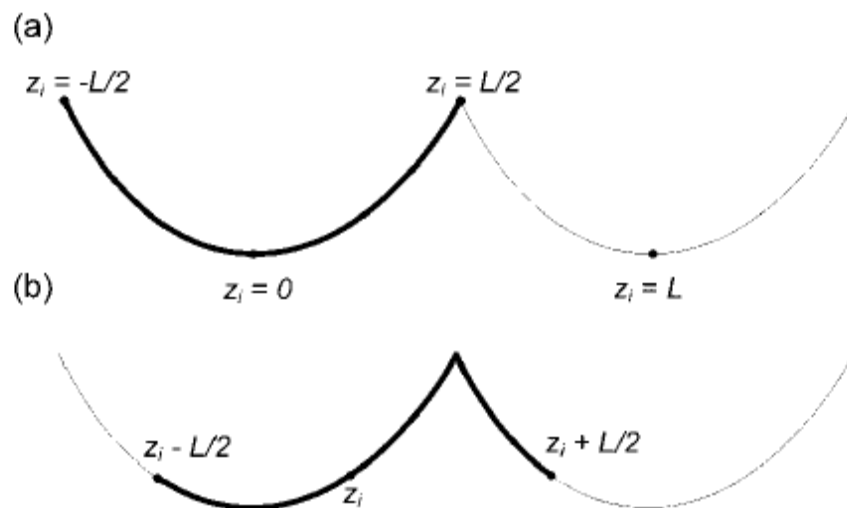
ανοίγματος του αγωγού έχει το μικρότερο ύψος από το έδαφος) δίνεται από τις σχέσεις (13), (14) και (15).

$$B_{i,x} = \frac{\mu_0 \cdot I_i^{\varphi_0}}{4\pi} \cdot \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{\sinh\left(\frac{z_i}{a}\right) \cdot (z - z_i) - (y - y_i)}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2]^{\frac{3}{2}}} dz_i \quad (13)$$

$$B_{i,y} = \frac{\mu_0 \cdot I_i^{\varphi_0}}{4\pi} \cdot \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{(x - x_i)}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2]^{\frac{3}{2}}} dz_i \quad (14)$$

$$B_{i,z} = \frac{\mu_0 \cdot I_i^{\varphi_0}}{4\pi} \cdot \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \frac{-\sinh\left(\frac{z_i}{a}\right) \cdot (x - x_i)}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2]^{\frac{3}{2}}} dz_i \quad (15)$$

όπου (x_i, y_i, z_i) οι συντεταγμένες του αγωγού και L η απόσταση μεταξύ δύο στύλων (άνοιγμα).



Σχήμα 13: Ατάνυστος αγωγός εναερίως γραμμής. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο στύλων είναι L .

Τα παραπάνω ολοκληρώματα προκύπτουν με βάση το Σχήμα 13 (a) και υπολογίζονται αριθμητικά. Για τον υπολογισμό του μαγνητικού πεδίου σε οποιοδήποτε σημείο εκτός αυτό του μεσαίου ανοίγματος υπολογίζεται η επίδραση από τον αγωγό όπως φαίνεται στο σχήμα 13 (b).

Για η παράλληλους αγωγούς με βέλος κάμψης το μαγνητικό πεδίο θα προκύψει εφαρμόζοντας την αρχή της επαλληλίας. Επιπλέον η επίδραση ενός αγωγίμου εδάφους μπορεί να μοντελοποιηθεί προσθέτοντας στις σχέσεις $B_{i,x}$, $B_{i,y}$, $B_{i,z}$ το μαγνητικό πεδίο που οφείλεται στον αγωγό είδωλο, και προκύπτουν οι σχέσεις (16), (17), (18).

$$B_{i,x} = \frac{\mu_0 \cdot I_i^{\varphi_0}}{2\pi} \cdot \left(-\frac{(y-y_i)}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} + \frac{y+y_i+a}{(x-x_i)^2 + (y+y_i+a)^2} \right) \quad (16)$$

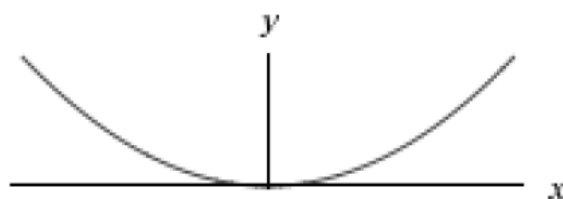
$$B_{i,y} = \frac{\mu_0 \cdot I_i^{\varphi_0}}{2\pi} \cdot \left(\frac{(x-x_i)}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} - \frac{x-x_i}{(x-x_i)^2 + (y+y_i+a)^2} \right) \quad (17)$$

$$B_{i,z} = 0 . \quad (18)$$

Οι όροι $[(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2]$ της παραπάνω έκφρασης οφείλονται στο ρευματοφόρο αγωγό ενώ οι όροι $[(x-x_i)^2 + (y+y_i+a)^2]$ στον αγωγό είδωλο.

1.10 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΩΓΩΝ

Η τάση του αγωγού στα σημεία αναρτήσεως στα οποία αυτή είναι και μεγαλύτερη από κάθε άλλο σημείο της γραμμής, καλείται τάνυση των αγωγών. Η τάνυση των αγωγών πρέπει να υπολογίζεται με βάση την ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία για την διεκπεραίωση εργασιών ανάρτησης και πρόσδεσης (σύνδεση στο φορέα) αγωγών. Συνίσταται στον υπολογισμό των φορτίων που αντιστοιχούν στους φορείς, για μετακινούμενους αγωγούς, να χρησιμοποιείται η τάνυση αγωγών τουλάχιστον διπλάσια για εργασίες ανάρτησης και για τους αγωγούς που είναι ήδη αναρτημένοι συντελεστής 1,5. Η ρύθμιση των αγωγών σε ένα τμήμα μίας γραμμής μεταφοράς, γίνεται με την βοήθεια διαγραμμάτων που δίνουν το βέλος ισουΐπων ανοιγμάτων, που μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με την υψομετρική διαφορά των σημείων ανάρτησης του ανοίγματος. Όταν η γραμμή μεταφοράς δρομολογείται σε εδάφη με κλίση τότε κατά το στάδιο της ρύθμισης παρουσιάζονται μεγαλύτερες τανύσεις στα ανοίγματα που βρίσκονται σε υψηλότερο σημείο σε σχέση με αυτά που βρίσκονται χαμηλότερα. Σύμφωνα με τη ξένη βιβλιογραφία ένας αναρτημένος αγωγός ομοιόμορφου οριζόντιου φορτίου σχηματικά είναι σαν μία παραβολή (σχήμα 14).



Σχήμα 14: Αναρτημένος αγωγός ομοιόμορφου οριζόντιου φορτίου (σχηματικά).

Η σχέση (19) περιγράφει την καμπύλη του αγωγού.

$$S = \frac{w \cdot L^2}{8 \cdot T} \quad (19)$$

όπου S η καμπύλη στο μέσον του ανοίγματος (m), w το βάρος του αγωγού (N/m), L το οριζόντιο μήκος ανοίγματος (m), T η τάση του αγωγού (N). Συνήθως το βάρος του αγωγού δίνεται σε kg/km και μετατρέπεται μέσω της σχέσης (20).

$$w = \frac{W_c \cdot 9.81}{1000} \quad (20)$$

σε N/m (W_c το βάρος του αγωγού σε kg/km).

Η τάση είναι η τάση εφελκυσμού στο χαμηλότερο σημείο του αγωγού. Γενικά η τάση εφελκυσμού ανεβαίνει όσο αυξάνεται το υψόμετρο. Η τάση των φορέων δεν ξεπερνά το 7 % της τάσης στο χαμηλότερο σημείο του οριζόντιου ανοίγματος, όπου η καμπύλη αγωγού είναι μικρότερη από 9% του μήκους του ανοίγματος.

Η διαφορά στην απόσταση μεταξύ δύο πυλώνων και στο απόλυτο μήκος ανηρημένου αγωγού (παραβολή), λέγεται χαλάρωση του αγωγού. Για άνοιγμα στο ίδιο επίπεδο ισχύει η σχέση (21).

$$K = \frac{8 \cdot S^2}{3 \cdot L} \quad (21)$$

όπου K η χαλάρωση (m), S η καμπύλη στο μέσον του ανοίγματος (m), L το οριζόντιο μήκος ανοίγματος (m).

Η τάση επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Τη θερμοκρασία - η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της χαλαρότητας και του συνολικού μήκους του αγωγού (διαστέλλεται) σύμφωνα με τη σχέση (22).

$$\Delta L = \alpha \cdot T \cdot S \quad (22)$$

όπου α συντελεστής θερμικής διαστολής, T η αύξηση της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$), S το μήκος ανοίγματος (m). Η τάση είναι αντιστρόφως ανάλογο μέγεθος με τη χαλάρωση οπότε μειώνεται καθώς αυξάνεται η χαλάρωση.

- Τον άνεμο – τα φορτία του ανέμου αυξάνουν το βάρος του αγωγού (δέχεται δυνάμεις σε οριζόντια και κάθετη κατεύθυνση) άρα και την τάση

του. Επίσης παρατηρείται αύξηση και στο μήκος του σύμφωνα με τη σχέση (23).

$$\Delta L = \frac{T_0 - T}{E \cdot A} \quad (23)$$

όπου T_0 η αρχική τάνυση (N), T η τελική τάνυση (N), E ο συντελεστής ελαστικότητας, A η διατομή του αγωγού (m).

• Τον πάγο – η συσσώρευση πάγου αυξάνει το βάρος του αγωγού. Μέχρι κάποιο όριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η προαναφερόμενη σχέση διαφορετικά απαιτείται ειδική ανάλυση.

- Η παλαιότητα του αγωγού.
- Η πιθανή μετατόπιση του φορέα.

1.11 ΤΑΝΥΣΗ CIGRE

Η τάνυση Cigre των αγωγών μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και το βάρος των αγωγών και συνδέεται με το βέλος κάμψης των αγωγών σύμφωνα με τη σχέση (24).

$$T = \frac{\alpha^2 \cdot w}{8s} \quad (24)$$

όπου T η τάνυση του αγωγού σε N, α το άνοιγμα του αγωγού σε m, w το βάρος του αγωγού και s το βέλος κάμψης του. Με τον όρο «βάρος» του αγωγού ορίζονται όλες οι περιπτώσεις, δηλαδή το βάρος γυμνού αγωγού, το συνολικό βάρος αγωγού που επικαλύπτεται από πάγο, το φαινόμενο βάρος αγωγού όταν δέχεται φορτία ανέμου και πάγου. Η μέγιστη συνθήκη φόρτισης του αγωγού αναλογεί σε μέγιστη επιτρεπόμενη τάνυση που καθορίζεται μεταξύ 40-60% του ορίου θραύσεως.

1.12 ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΠΟΨΕΩΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων ανάρτησης των αγωγών επιλέγονται έτσι ώστε στο κανονικό σύστημα, οι κατά τη λειτουργία ηλεκτρικές εκκενώσεις μεταξύ των ηλεκτροφόρων και των γειωμένων μερών μιας εναέριας γραμμής να είναι απίθανες. Η κανονική λειτουργία του συστήματος περιλαμβάνει διαδικασίες διακοπής, κεραυνικά πλήγματα και υπερτάσεις λόγω διακοπών του συστήματος. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 50341-1, διακρίνονται στο ελάχιστο διάκενο αέρα, που απαιτείται για να αποφευχθεί μια ανησυχητική εκκένωση μεταξύ των αγωγών και του δυναμικού της γης, και στο ελάχιστο διάκενο αέρα, το οποίο απαιτείται για να αποφευχθεί μια εκκένωση μεταξύ των ηλεκτροφόρων αγωγών. Οι αποστάσεις μεταξύ των αγωγών στο μέσο του ανοίγματος και η απόσταση των ταλαντευόμενων αγωγών από τα γειωμένα μέρη πρέπει επίσης να εξετασθούν.

Όσον αφορά τις αποστάσεις των αγωγών και τα διάκενα ασφαλείας για τους πυλώνες του ελληνικού συστήματος, ισχύουν τα ακόλουθα :

- Η κατακόρυφος απόσταση μεταξύ του σημείου προσδέσεως του αγωγού προστασίας και του σημείου προσδέσεως του αγωγού φάσεως θα είναι τουλάχιστον ίση προς 4,75 m. Ως σημείο προσδέσεως του αγωγού θεωρείται ο σφιγκτήρας αναρτήσεως ή ο σφιγκτήρας τέρματος.
- Η δημιουργούμενη γωνία προστασίας μεταξύ της κατακόρυφου και της ευθείας της σύνδεσης στο σημείο πρόσδεσης του αγωγού προστασίας μετά του σημείου προσδέσεως του ακραίου αγωγού φάσεως δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 30°.
- Το ύψος του σημείου προσδέσεως του αγωγού φάσεως από το έδαφος πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με 19,00 m για πυλώνα κανονικό, με τα σκέλη κανονικά και χωρίς επιμηκύνσεις κορμού ή σκελών.
- Το διάκενο ασφαλείας μεταξύ του σημείου προσδέσεως του αγωγού φάσεως και οιοδήποτε σημείου του πυλώνα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με 1,5 m για την περίπτωση αποκλίσεως της από την άλυσσο μονωτήρων αναρτήσεως από την κατακόρυφο, κατά γωνία 0° - 40° για πυλώνα ευθυγραμμίας και 0°- 60° για πυλώνα μικρής γωνίας. Το εν λόγω διάκενο πρέπει να είναι επίσης τουλάχιστον ίσο προς 0,90 m για την περίπτωση απόκλισης της αλύσου κατά γωνία 65° για πυλώνα ευθυγραμμίας και 75° για πυλώνα μικρής γωνίας.

1.13 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ ΑΓΩΓΩΝ

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζονται οι μαθηματικές σχέσεις που ορίζουν τον υπολογισμό του βέλους κάμψης των αγωγών με βάση τις δυνάμεις (την τάνυση) που δέχονται οι αγωγοί και με βάση τις κλιματολογικές συνθήκες.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία για έναν αγωγό που κρέμεται από τους δύο πυλώνες (υπό «μορφή» αλυσοειδούς καμπύλης) ισχύουν οι σχέσεις (25) – (27).

$$s = 2 \cdot \frac{F_k}{P} \cdot \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot L\right) \quad (25)$$

$$d = \frac{F_k}{P} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot L\right) - 1 \right] \quad (26)$$

$$F = F_k \cdot \cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot L\right) \quad (27)$$

όπου s το μήκος του αγωγού, F_k η δύναμη που καταπονεί τον αγωγό στο κέντρο του, P το βάρος του αγωγού ανά μέτρο, L το ήμισυ της απόστασης των δύο πυλώνων, d το βέλος του αγωγού και F η δύναμη τάνυσης του αγωγού.

Οι σχέσεις (25),(26) και (27) είναι προσεγγιστικές και χρησιμοποιούνται ευρέως. Ακολουθούν οι υπολογισμοί για την μόνιμη κατάσταση, οι οποίοι προκύπτουν από τα βασικά χαρακτηριστικά των αγωγών.

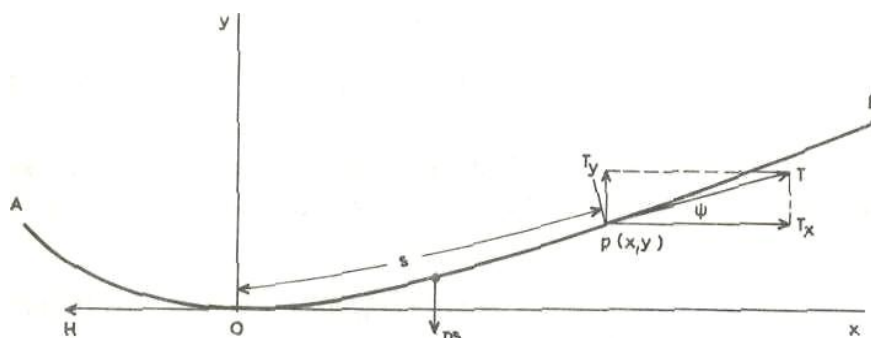
1.14.1 Υπολογισμός καμπύλης και βέλος αγωγών

Έστω ότι αγωγός γραμμής βάρους p ανά μονάδα μήκους αναρτάται από τα σημεία A και B και έστω O το κατώτατο σημείο του αγωγού δηλαδή το σημείο στο οποίο η καμπύλη γίνεται οριζόντια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 15. Έστω ένα σημείο P του αγωγού, με συντεταγμένες x και y στο σύστημα αξόνων του, το οποίο ορίζει ένα τμήμα OP μήκους s , κατά μήκος της καμπύλης του αγωγού και φ η γωνία, την οποία σχηματίζει η εφαπτόμενη της καμπύλης με την οριζόντια στο σημείο P. Οι δυνάμεις οι οποίες δρουν στο τμήμα OP είναι η οριζόντια τάση H στο O, η τάση T στο σημείο P, κατά την εφαπτόμενη της καμπύλης με συνιστώσες T_y και T_x , επίσης το βάρος ps του τμήματος OP, το οποίο εφαρμόζεται κατακόρυφα στο κέντρο βάρους του τμήματος OP. Δεδομένου ότι το τμήμα τού αγωγού βρίσκεται σε ισορροπία, τόσο οι

οριζόντιες όσο και οι κατακόρυφες συνιστώσες των δυνάμεων είναι ίσες μεταξύ τους δηλαδή :

$$H = T_x \quad (28)$$

$$T_y = ps \quad (29)$$



Σχήμα 15 : Δυνάμεις που δέχεται ένας αγωγός.

Η πρώτη σχέση δείχνει ότι η οριζόντια συνιστώσα της τάσεως T_x , είναι σταθερή σε όλο το μήκος της γραμμής. Ισχύουν επίσης οι σχέσεις (30) και (31) και τελικά προκύπτει η σχέση (32).

$$\frac{T_x}{T_y} = \varepsilon\phi\Psi \quad (30)$$

$$\varepsilon\phi\Psi = \frac{dy}{dx} \quad (31)$$

$$\frac{T_x}{T_y} = \varepsilon\phi\Psi = \frac{dy}{dx} \quad (32)$$

Το στοιχειώδες μήκος της καμπύλης στο σημείο P δίνεται από τη σχέση (33).

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (33)$$

Οπότε προκύπτουν οι σχέσεις (34) – (35).

$$\frac{ds}{dx} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{ps}{H}\right)^2} \quad (34)$$

Ή

$$dx = \frac{ds}{\sqrt{1 + \left(\frac{ps}{H}\right)^2}} \quad (35)$$

Ολοκληρώνοντας τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει :

$$x + C = \frac{H}{p} \cdot \sinh^{-1} \left(\frac{ps}{H} \right) \quad (36)$$

όπου C η σταθερά ολοκλήρωσης. Για $s=0$, $x=0 \rightarrow C=0$, και επιλύοντας ως προς s την σχέση (36) προκύπτει η σχέση (37).

$$s = \frac{H}{p} \cdot \sinh \left(\frac{px}{H} \right) \quad (37)$$

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (32) το s με την τιμή αυτής της σχέσης (37) προκύπτει η σχέση (38).

$$\frac{dy}{dx} = \frac{H}{p} \cdot \sinh \left(\frac{px}{H} \right) \rightarrow y = \int \sinh \left(\frac{px}{H} \right) \rightarrow y = \frac{H}{p} \cdot \cosh \left(\frac{px}{H} \right) + D \quad (38)$$

όπου D μία άλλη σταθερά ολοκλήρωσης. Στο σημείο ο είναι $x=0$ και $y=0$, οπότε για το σημείο αυτό η εξίσωση (38) γίνεται :

$$0 = \frac{H}{p} + D \rightarrow D = -\frac{H}{p} \quad (39)$$

Επομένως η εξίσωση της καμπύλης της γραμμής είναι:

$$y = \frac{H}{p} \cdot \left[\cosh \left(\frac{px}{H} \right) - 1 \right] \quad (40)$$

Η καμπύλη αυτή λέγεται αλυσοειδής .

Η συνολική τάση T στο σημείο P είναι βάσει των εξισώσεων (28) και (37) :

$$T = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} = \sqrt{H^2 + H^2 \sinh^2 \left(\frac{px}{H} \right)} \quad (41)$$

$$= \sqrt{H^2 \cosh^2 \left(\frac{px}{H} \right)} \rightarrow T = H \cosh \left(\frac{px}{H} \right) \quad (42)$$

Εάν τα σημεία αναρτήσεως της γραμμής A, B βρίσκονται στο ίδιο ύψος και η μεταξύ τους οριζόντια απόσταση είναι 2l, τότε στα σημεία αυτά στα οποία $x=\pm l$ θα ισχύει η σχέση (43).

$$T = H \cosh \left(\frac{pl}{H} \right) \quad (43)$$

Βέλος της γραμμής καλείται η τιμή του y στα σημεία A ή B και δίνεται από την εξίσωση (40) για $x=l$:

$$d = \frac{H}{p} \cdot \left[\cosh\left(\frac{pl}{H}\right) - 1 \right] \quad (44)$$

Το συνολικό μήκος του αγωγού προκύπτει από την εξίσωση (37) και είναι :

$$s = 2 \cdot \frac{H}{p} \cdot \sinh\left(\frac{pl}{H}\right) \quad (45)$$

Το H μπορεί να υπολογισθεί με διαδοχικές προσεγγίσεις από τον πίνακα $\cosh z$. Στη συνέχεια από την (44) υπολογίζεται το ζητούμενο βέλος. Μια ταχύτερη μέθοδος βασίζεται στην παρατήρηση ότι η H είναι σχεδόν ίση με την τάση T και πολύ μεγαλύτερη από το βάρος pl . Αναπτύσσοντας το υπερβολικό συνημίτονο της (43) προκύπτει η σχέση (46).

$$\frac{T}{H} = \cosh\left(\frac{pl}{H}\right) = 1 + \frac{p^2 l^2}{H^2} + \frac{p^4 l^4}{24H^4} + \dots \quad (46)$$

ή κατά προσέγγιση η σχέση (47).

$$\frac{T}{H} = \cosh\left(\frac{pl}{H}\right) = 1 + \frac{p^2 l^2}{H^2} \quad (47)$$

δεδομένου ότι οι όροι δυνάμεις μεγαλύτερης του τετραγώνου γίνονται πολύ μικροί. Ο τύπος (47) δίνει μια εξίσωση δεύτερου βαθμού ως προς H , δηλαδή:

$$H^2 - HT + \frac{1}{2}p^2 l^2 = 0 \quad (48)$$

Επιλύοντας ως προς H προκύπτει η σχέση (49).

$$H = \frac{1}{2} T + \frac{1}{2} \sqrt{T^2 + \frac{4p^2 l^2}{2}} = \frac{1}{2} \cdot T \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2p^2 l^2}{T^2}} \right] = \frac{1}{2} T \left[1 + 1 - \frac{p^2 l^2}{2T^2} \right] \rightarrow H = T - \frac{p^2 l^2}{2T^2} \quad (49)$$

Εάν η ποσότητα $\frac{p^2 l^2}{2H^2}$ είναι μικρή σε σύγκριση με την μονάδα, η T είναι σχεδόν ίση με την H τότε η εξίσωση της αλυσοειδούς (40) μπορεί να αναπτυχθεί ως εξής :

$$y = \frac{H}{p} \cdot \left[1 + \frac{p^2 x^2}{2H^2} + \frac{p^4 x^4}{24H^4} + \dots - 1 \right] \rightarrow y = \frac{px^2}{2H} \quad (50)$$

Για $T=H$ προκύπτει η σχέση (51).

$$y = \frac{px^2}{2T} \quad (51)$$

οπότε το βέλος ορίζεται από τη σχέση (52):

$$d = \frac{pl^2}{2T} \quad (52)$$

Το μήκος του τόξου s προκύπτει από την εξίσωση (37) κατά παρόμοιο τρόπο:

$$s = \frac{H}{p} \cdot \left(\frac{px}{H} + \frac{p^2 x^3}{6H^3} + \dots \right) \rightarrow s = x + \frac{p^2 x^3}{6T^2} \quad (53)$$

Το συνολικό μήκος του αγωγού είναι:

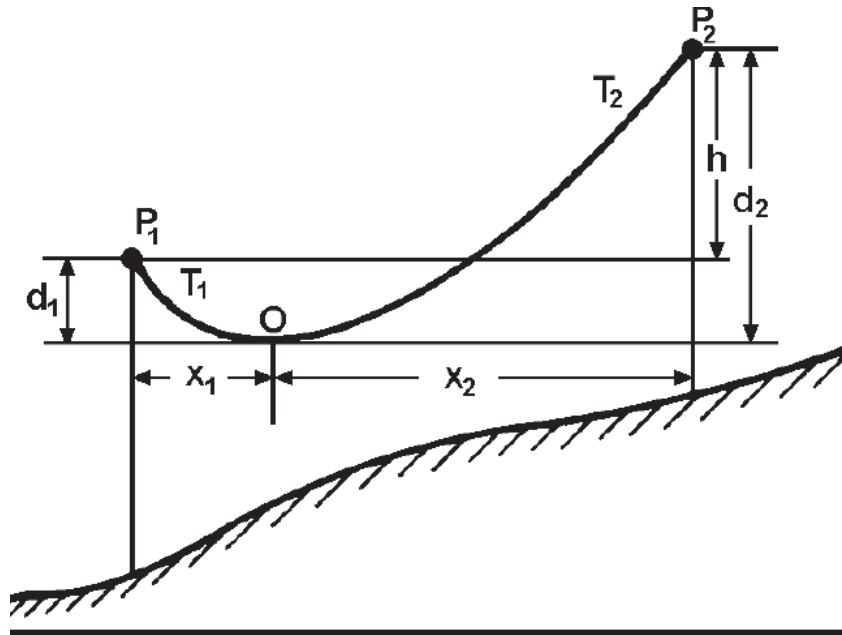
$$s = 2 \cdot \left(l + \frac{p^2 l^3}{6T^2} \right) \quad (54)$$

Οι προσεγγιστικοί τύποι (51) έως και (54) δίνουν ικανοποιητική ακρίβεια για τις περισσότερες των περιπτώσεων της πράξεως, στις οποίες το βέλος είναι λιγότερο από 10% του ανοίγματος της γραμμής.

Το σφάλμα λόγω χρησιμοποίησεως του προσεγγιστικού τύπου μπορεί να είναι 4%.

1.14.2 Υπολογισμός τάνυσης αγωγών για κεκλιμένο επίπεδο

Όταν η γραμμή βρίσκεται αναρτημένη πάνω από κεκλιμένο επίπεδο τότε υπάρχει μία λίγο διαφορετική προσέγγιση. Έστω $P1$ και $P2$ τα σημεία ανάρτησης του αγωγού και h η υψομετρική διαφορά τους. Σχηματικά η διάταξη παρουσιάζεται στο σχήμα 16.



Σχήμα 16: Τάνυση σε κεκλιμένο επίπεδο.

Όταν το έδαφος δεν είναι απότομο τότε υπάρχει σημείο που αγωγός είναι οριζόντιος. Τότε η καμπύλη OP_1 είναι αλυσοειδής ημίσειας ανοίγματος x_1 και η OP_2 είναι αλυσοειδής ημίσειας ανοίγματος x_2 . Με βάση την προηγούμενη ανάλυση προκύπτουν οι σχέσεις (55) – (56) και (57) – (58).

$$d_1 = \frac{H}{p} \cdot \left[\cosh\left(\frac{p \cdot x_1}{H}\right) - 1 \right] \quad (55)$$

$$d_2 = \frac{H}{p} \cdot \left[\cosh\left(\frac{p \cdot x_2}{H}\right) - 1 \right] \quad (56)$$

$$T_1 = H \cdot \cosh\left(\frac{p \cdot x_1}{H}\right) \quad (57)$$

$$T_2 = H \cdot \cosh\left(\frac{p \cdot x_2}{H}\right) \quad (58)$$

Αξίζει να αναφερθεί ότι η μέγιστη τάνυση εφαρμόζεται στο υψηλότερο στήριγμα P_2 δεδομένου ότι $x_2 > x_1$. Με γνωστά τα μεγέθη p , h και η οριζόντια απόσταση μεταξύ των σημείων ανάρτησης $x_1 + x_2$ προκύπτει :

$$d_2 - d_1 = \frac{H}{p} \cdot \left[\cosh\left(\frac{p \cdot x_2}{H}\right) - \cosh\left(\frac{p \cdot x_1}{H}\right) \right] \cdot h \left. \begin{array}{l} x_1 + x_2 = m \\ \end{array} \right\} \rightarrow T = \cosh\left(\frac{p \cdot x_2}{H}\right) \quad (59)$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις προσδιορίζεται το $x_1 + x_2$ και H από τα οποία θα προκύψει τελικά το βέλος. Ωστόσο μπορεί να προκύψει και μια προσεγγιστική λύση ως εξής:

Έστω ότι η ο αγωγός έχει παραβολική μορφή και ισχύουν οι σχέσεις (60) – (62).

$$d_1 = \frac{px_1^2}{2T} \quad (60)$$

$$d_2 = \frac{px_2^2}{2T} \quad (61)$$

$$T = H \quad (62)$$

Τότε

$$d_2 - d_1 = h = \frac{p}{2T} \cdot (x_2^2 - x_1^2) = \frac{p}{2T} \cdot (x_2 - x_1) \cdot (x_2 + x_1) = \frac{p \cdot m}{2T} \cdot (x_2 - x_1) \rightarrow (x_2 - x_1) = \frac{2T \cdot h}{p \cdot m} \rightarrow x_2 = \frac{1}{2} \cdot m + \frac{T \cdot h}{p \cdot m} \text{ και } x_1 = \frac{1}{2} \cdot m - \frac{T \cdot h}{p \cdot m} \quad (63)$$

Έχοντας υπολογίσει x_1 και x_2 υπολογίζονται τα d_1 και d_2 από τις αρχικές προσεγγιστικές σχέσεις.

1.14.3 Υπολογισμός της δύναμης F_{k0} που καταπονεί τον αγωγό στο κέντρο του

Από τις σχέσεις (26) και (27) για το βέλος και την δύναμη τάνυσης του αγωγού προκύπτουν οι σχέσεις (64) και (65).

$$h = d_{02} - d_{01} = \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{02}\right) - \cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{01}\right) \right] \quad (64)$$

$$F_{01} = F_{k0} \cdot \cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{01}\right) \quad (65)$$

Ομοίως,

$$F_{02} = F_{k0} \cdot \cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{02}\right) \quad (66)$$

$$x_{02} = \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \text{Arccosh}\left(\frac{F_{02}}{F_{k0}}\right) \quad (67)$$

$$x_{01} + x_{02} = 2L \quad (68)$$

Οπότε με βάση τις σχέσεις (64) – (68) προκύπτει :

$$h = \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \left[\frac{F_{02}}{F_{k0}} - \cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot \{2L - x_{02}\}\right) \right] \rightarrow$$

$$h = \frac{F_{02}}{F_{k0}} - \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot \{2L - x_{02}\}\right) \right] = \frac{F_{02}}{F_{k0}} - \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \cosh\left\{\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot \left\{2L - \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \operatorname{Arccosh}\left(\frac{F_{02}}{F_{k0}}\right)\right\}\right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow h = \frac{F_{02}}{P_0} - \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \cosh\left[2L \cdot \frac{P_0}{F_{k0}} - \operatorname{Arccosh}\left(\frac{F_{02}}{F_{k0}}\right)\right] \quad (69)$$

Από την τελευταία σχέση υπολογίζεται η αρχική δύναμη F_{k0} που καταπονεί τον αγωγό στο σημείο που είναι οριζόντιος, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η επιφόρτιση του χιονιού και η ανεμοπίεση, σαν συνάρτηση της αρχικής δύναμης τάνυσης F_{02} και της υψομετρικής διαφοράς των δύο πυλώνων.

1.14.4 Υπολογισμός απόστασης του δεύτερου πυλώνα από το σημείο που είναι οριζόντιος ο αγωγός

Μετά την εύρεση της F_{k0} μπορεί να βρεθεί η απόσταση x_{02} από τον τύπο (70).

$$x_{02} = \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \operatorname{Arccosh}\left(\frac{F_{02}}{F_{k0}}\right) \quad (70)$$

1.14.5 Υπολογισμός αρχικής δύναμης τάνυσης που ασκείται στον πρώτο πυλώνα

Ο υπολογισμός αυτός θα γίνει μέσω της σχέσης (71):

$$F_{01} = F_{k0} \cdot \cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{01}\right) \quad (71)$$

1.14.6 Υπολογισμός μήκους του αγωγού s_0 μετά την τάνυση

Ο υπολογισμός αυτός θα γίνει μέσω της σχέσης (72):

$$s_0 = \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \left[\sinh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{01}\right) + \sinh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{02}\right) \right] \quad (72)$$

1.14.7 Υπολογισμός βελών d_{01} και d_{02} του αγωγού σε σχέση με το ύψος ανάρτησης του αγωγού από τους πυλώνες

Αυτοί οι υπολογισμοί θα γίνουν μέσω των παρακάτω σχέσεων :

$$d_{01} = \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{01}\right) - 1 \right] \quad (73)$$

$$d_{02} = \frac{F_{k0}}{P_0} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P_0}{F_{k0}} \cdot x_{02}\right) - 1 \right] \quad (74)$$

1.14.8 Υπολογισμός υπό την επίδραση πάγου

Τα φορτία που αντέχουν τα στηρίγματα είναι ίσα με τα φορτία που μεταβιβάζονται στα στηρίγματα από τους αγωγούς. Αποτελούνται από τα κατακόρυφα φορτία και τις δυνάμεις τάνυσης των αγωγών, που αυξάνονται από την επίδραση της επικάλυψης τους από τον πάγο. Γενικά, τρεις καταστάσεις μπορούν να διακριθούν που καλύπτουν τις περισσότερες από τις πιθανές περιπτώσεις φόρτισης:

- Ομοιόμορφη επικάλυψη πάγου σε όλους τους αγωγούς, συνθήκη μέγιστου βάρους,
- Ανομοιόμορφη επικάλυψη πάγου, που συντελεί, όσον αφορά το στηρίγμα, σε κατάσταση διαμήκους και εγκάρσιας κάμψης,
- Ανομοιόμορφη επικάλυψη πάγου με συνέπεια δημιουργία φορτίου στρέψης, επειδή οι μεμονωμένοι αγωγοί στα γειτονικά ανοίγματα φορτίζονται διαφορετικά.

Έστω ότι οι ανομοιόμορφες επικαθίσεις πάγου εμφανίζονται λιγότερο συχνά από τις ομοιόμορφες. Για να ληφθεί η επαρκής προσοχή για τις αναμενόμενες επικαθίσεις πάγου τα πρότυπα παρέχουν τις προϋποθέσεις φόρτισης που συντελούν σε στηρίγματα αρκετά ισχυρά για να αντέξουν τα φορτία που δημιουργούνται λόγω της επικάλυψης των αγωγών με πάγο. Υπό την επίδραση του πάγου το βάρος του αγωγού καθώς και οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν μεταβάλλονται. Για τους υπολογισμούς αυτούς αρχικά θα πρέπει να υπολογιστεί ο όγκος του πάγου ο οποίος δίνεται από τον τύπο (75):

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\pi}^2 - D_{\alpha}^2) \quad (75)$$

όπου D_{π} και D_{α} είναι η εξωτερική διάμετρος του πάγου και η διάμετρος του αγωγού αντίστοιχα.

Η δύναμη ανά μέτρο μήκους του αγωγού που οφείλεται στο βάρος του πάγου δίνεται από τη σχέση (76):

$$P_{\pi} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\pi}^2 - D_{\alpha}^2) \cdot \gamma \quad (76)$$

όπου γ είναι το ειδικό βάρος του πάγου. Η συνολική δύναμη βάρους ανά μέτρο μήκους του αγωγού (δηλαδή λόγω του βάρους του πάγου και του αγωγού) δίνεται από τη σχέση (77):

$$P_1 = P_o + P_{\pi} \quad (77)$$

όπου P_o το βάρος ανά μέτρο μήκους που είναι χαρακτηριστικό στοιχείο του εκάστοτε αγωγού.

1.14.9 Υπολογισμοί υπό την επίδραση ανέμου

Η δύναμη ανά μέτρο μήκους που ασκείται στον αέρα δίνεται από τη σχέση (78):

$$P_2 = \frac{\rho \cdot v^2 \cdot D_{\pi}}{20} \quad (78)$$

όπου ρ η πυκνότητα του αέρα (που είναι σταθερή) και v η ταχύτητα του ανέμου (σε m/s).

Η πυκνότητα του αέρα που αντιστοιχεί σε υψόμετρο H και θερμοκρασία T δίνεται από τη σχέση (79):

$$\rho_{\alpha} = \rho \cdot \frac{288}{T} \cdot e^{-1.2 \cdot 10^{-4} \cdot H} \quad (79)$$

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στον υπολογισμό των ολικών δυνάμεων που ασκούνται στον επιφορτισμένο αγωγό από αέρα και πάγο.

1.14.10 Υπολογισμός της F_k η οποία ασκείται στον αγωγό στο σημείο στο οποίο είναι οριζόντιος

Το μήκος του αγωγού μέχρι ένα τυχαίο σημείο είναι :

$$s_{0\alpha} \cdot (1 - b \cdot \Delta\theta) = \frac{\frac{F_k}{P} \cdot \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_2\right)}{\left(1 + \frac{F_k \cdot \cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_2\right)}{E \cdot A}\right)} + \frac{\frac{F_k}{P} \cdot \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_1\right)}{\left(1 + \frac{F_k \cdot \cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_1\right)}{E \cdot A}\right)} \quad (80)$$

Θέτοντας όπου:

$$x_1 = 2 \cdot L - x_2 \quad (81)$$

η σχέση (80) γράφεται :

$$s_{0\alpha} \cdot (1 - b \cdot \Delta\theta) = \frac{\frac{F_k}{P} \cdot \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_2\right)}{\left(1 + \frac{F_k \cdot \cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_2\right)}{E \cdot A}\right)} + \frac{\frac{F_k}{P} \cdot \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot (2 \cdot L - x_2)\right)}{\left(1 + \frac{F_k \cdot \cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot (2 \cdot L - x_2)\right)}{E \cdot A}\right)} \quad (82)$$

όπου b ο συντελεστής γραμμικής διαστολής συστολής του καλωδίου και $\Delta\theta$ η διαφορά των βαθμών κελσίου που επικρατεί από την τιμή των 20 και $s_{0\alpha}$ το αρχικό μήκος του αγωγού.

Επίσης ισχύει η σχέση (83):

$$h = \frac{F_k}{P} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_2\right) - \cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot (2 \cdot L - x_2)\right) \right] \quad (83)$$

Λύνοντας το σύστημα των δύο παραπάνω μη γραμμικών εξισώσεων με αγνώστους το x_2 και το F_k προκύπτει το ζητούμενο.

1.14.10 Υπολογισμός των αποστάσεων x_1 και x_2 που αντιστοιχούν στα νέα διαστήματα από τον πρώτο και δεύτερο πυλώνα αντίστοιχα με το νέο σημείο αναφοράς

Η απόσταση x_2 προκύπτει από την επίλυση του παραπάνω συστήματος των εξισώσεων (80) και (82) και το x_1 από τον τύπο (81).

1.14.11 Υπολογισμός του νέου αυξημένου μήκους του αγωγού λόγω αέρα και πάγου

Το μήκος του αγωγού μετά την επίδραση ανέμου και πάγου ορίζεται σύμφωνα με τη σχέση (84):

$$s = \frac{F_k}{P} \cdot \left[\sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_1\right) + \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_2\right) \right] \quad (84)$$

1.14.12 Υπολογισμός επιμέρους μηκών του αγωγού, s_1 και s_2 , με το νέο σημείο αναφοράς

Τα επιμέρους μήκη του αγωγού μετά την επίδραση ανέμου και πάγου σε αυτόν είναι :

$$s_1 = \frac{F_k}{P} \cdot \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_1\right) \quad (85)$$

$$s_2 = \frac{F_k}{P} \cdot \sinh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_2\right) \quad (86)$$

1.14.13 Υπολογισμός των δυνάμεων F_1 και F_2 οι οποίες ασκούνται ανάμεσα στον πρώτο και στον δεύτερο πυλώνα και στον αγωγό αντίστοιχα.

Η σχέση (87) δίνει τις δυνάμεις που ασκούνται στους πυλώνες.

$$F = F_k \cdot \cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot L\right) \quad (87)$$

όπου για $L = x_1$ προκύπτει η δύναμη F_1 και αντιστοίχως η F_2 .

1.14.15 Υπολογισμός των επιμέρους νέων βελών d_1 και d_2

Τα βέλη κάμψης στην περίπτωση που ο αγωγός δέχεται δυνάμεις λόγω ανέμου και πάγου προκύπτουν από τις σχέσεις (88) – (89):

$$d_1 = \frac{F_k}{P} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_{01}\right) - 1 \right] \quad (88)$$

$$d_2 = \frac{F_k}{P} \cdot \left[\cosh\left(\frac{P}{F_k} \cdot x_{02}\right) - 1 \right] \quad (89)$$

1.14.16 Υπολογισμός ικανότητας φόρτισης εναέριων γραμμών

Η θερμότητα Joule (I^2R), η οποία αναπτύσσεται σε ένα αγωγό ωμικής αντιστάσεως R λόγω της διέλευσης ρεύματος I , απάγεται από την επιφάνεια του εν μέρει δια ακτινοβολίας (W_r , W/cm^2) και εν μέρει δια μεταφοράς (W_c , W/cm^2), δηλαδή:

$$I^2R = A \cdot (W_r + W_c) [W] \quad (90)$$

όπου A η επιφάνεια του μήκους του αγωγού σε cm^2 , το οποίο έχει αντίσταση R .

Η απώλεια θερμότητας δι' ακτινοβολίας σύμφωνα με τον νόμο Stefan-Boltzmann είναι :

$$W_r = 5.704 \cdot E \left[\left(\frac{T_c}{1000} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{1000} \right)^4 \right] [W/cm^2], \quad (91)$$

όπου T_c και T_a είναι αντίστοιχα οι θερμοκρασίες αγωγού και περιβάλλοντος σε βαθμούς Kelvin και E είναι ο συντελεστής ακτινοβολίας ο οποίος είναι $E=1$ για το απόλυτο μέλαν σώμα. Για τον οξειδωμένο χαλκό το E είναι περίπου 0,5.

Εάν οι βαθμοί εκατοντάβαθμοι Δt σύμφωνα με την σχέση (92)

$$T_c - T_a = \Delta t, \quad (92)$$

είναι η ανύψωση της θερμοκρασίας του αγωγού και είναι $\frac{\Delta t}{T_a} < 0,2$ είναι δυνατόν να προκύψει στην ακόλουθη προσεγγιστική μορφή, η οποία παρέχει ακρίβεια καλύτερη από 10% :

$$W_r \cong 0,023 \cdot E \left(\frac{T_a}{1000} \right)^3 \Delta t [W/cm^2] \quad (93)$$

Η θερμότητα της ακτινοβολίας του ήλιου τείνει να αυξήσει τη θερμοκρασία του αγωγού, άλλα πειραματική έρευνα έδειξε ότι η αύξηση αυτή είναι μόνο 2° έως 8° C, και συνεπώς είναι δυνατόν να παραλειφθεί.

Η απαγωγή θερμότητας διά μεταφοράς έχει προσδιορισθεί ως ίση με την εξής έκφραση :

$$W_c = \frac{0,0128 \cdot \sqrt{p\bar{u}}}{T_a^{0,123} \cdot \sqrt{2a}} \Delta t [W/sq \cdot in], \quad (94)$$

όπου p η μοναδιαία ατμοσφαιρική πίεση ($p=1$ για κανονική ατμοσφαιρική πίεση), u η ταχύτητα του ανέμου σε ft/sec, $2a$ η εξωτερική διάμετρος του αγωγού σε inches, και T_a η μέση θερμοκρασία αέρα και αγωγού σε βαθμούς Kelvin.

Με βάση τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει για μια ορισμένη ανύψωση θερμοκρασίας αγωγού Δt °C και για την τυποποιημένη μικρή ταχύτητα του ανέμου των 2 ft/sec η σχέση (95) για το επιτρεπόμενο ρεύμα :

$$I_{επ} = \sqrt{\frac{A\Delta t}{R} \left(0.00035 + \frac{0.0022}{\sqrt{2a}} \right)} \quad (95)$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία συνεχούς λειτουργίας των εναέριων αγωγών περιορίζεται σε 100°C περίπου από το φαινόμενο της βραδείας ανοπτήσεως, το οποίο εμφανίζεται και στο χαλκό και στο αλουμίνιο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 100°C. Συνεπώς μια θερμοκρασιακή ανύψωση Δt του αγωγού περίπου 40° ή 50° C μπορεί να θεωρηθεί σαν ασφαλή.

Το ρεύμα το οποίο υπολογίζεται κατ' αυτό τον τρόπο, αποτελεί το θερμικό όριο φορτίσεως του αγωγού και για τυποποιημένες διατομές και θερμοκρασίες παρέχεται από πίνακες. Υπενθυμίζεται όμως ότι οι απώλειες της γραμμής, η πτώση τάσεως και οι συνθήκες ευστάθειας περιορίζουν συνήθως τις φορτίσεις των εναέριων γραμμών μεταφοράς σε τιμές πολύ χαμηλότερες από το θερμικό όριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε μία σύντομη αναφορά στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και μια αρχική προσέγγιση στα στοιχεία που αποτελούν τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα παρουσιάστηκαν χαρακτηριστικά των αγωγών που εξαρτώνται από τις καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και οι μαθηματικές σχέσεις που τις διέπουν.

Μία βασική παράμετρος για την ανάπτυξη των δικτύων διανομής και μεταφοράς είναι το ύψος στο οποίο θα πρέπει να τοποθετηθούν οι αγωγοί. Η διαδικασία εύρεσης του ύψους των αγωγών έχει μεγάλη σημασία όχι μόνο για τον σχεδιασμό των δικτύων αλλά και για μετέπειτα έλεγχο τους σε περιπτώσεις ατυχημάτων. Σε αρκετές υποθέσεις που δύναται να οδηγηθούν στην δικαιοσύνη, το ύψος του αγωγού ορίζεται ως αιτία ατυχημάτων και κατ' επέκταση είναι μεγάλης σημασίας η απόδειξη της ορθότητας του σχεδιασμού του.

Ο Δημόσιος Πάροχος Ηλεκτρικής Ενέργειας διαθέτει διαγράμματα με βάση τα οποία μπορεί να καθοριστεί το επιτρεπτό ύψος των αγωγών μέσης τάσης. Η διαδικασία με την οποία προκύπτει το ύψος αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Το κάθε διάγραμμα αντιστοιχεί σε έναν συγκεκριμένο αγωγό και δη σε ένα βασικό άνοιγμα ενός συγκεκριμένου αγωγού. Από το κάθε διάγραμμα μπορεί να προκύψει το βέλος κάμψης του εκάστοτε αγωγού σε συνάρτηση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Με κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων αυτών προκύπτει το ύψος του αγωγού.

Ωστόσο, το διάγραμμα παρέχει πληροφορίες σχετικά με το ύψος του αγωγού για συγκεκριμένες θερμοκρασίες, οι οποίες δεν καλύπτουν ολόκληρο το εύρος των θερμοκρασιών περιβάλλοντος. Επίσης, ο άμεσος υπολογισμός του επιτρεπτού ύψους των αγωγών αφορά στη θερμοκρασία των 16° C. Οι παραπάνω περιορισμοί προκαλούν δυσχέρεια ως προς τον χειρισμό των συγκεκριμένων διαγραμμάτων, καθώς θα έπρεπε να επιτελείται συνεχώς μια διαδικασία αναγωγής των συγκεκριμένων μεγεθών σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Για την επίλυση των προβλημάτων αυτών, διεξήχθη η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό την ανάπτυξη ενός υπολογιστικού προγράμματος για την μελέτη και την γραφική απεικόνιση της εξάρτησης του ύψους ενός αγωγού μέσης τάσης σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το πρόγραμμα διευκολύνει τον χρήστη στον άμεσο εντοπισμό του επιτρεπτού ύψους αγωγών μέσης τάσης για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών περιβάλλοντος. Η λειτουργία του προγράμματος στηρίζεται στην κατάλληλη διαχείριση των μετρήσεων, που λαμβάνονται από αρχεία Excel και με βάση αυτές κατασκευάζεται μία γραφική παράσταση, η οποία παρουσιάζει το επιτρεπτό ύψος ανάρτησης ενός αγωγού ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα δεδομένα που θα πρέπει να εισάγονται στο πρόγραμμα είναι ο τύπος, το βασικό άνοιγμα, η επιφόρτιση και η διατομή του αγωγού. Για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του προγράμματος έγινε η επεξεργασία ορισμένων καμπυλών με τρόπο που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΕΠΙΤΡΕΠΤΟΥ ΎΦΟΥΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΑΓΩΓΩΝ

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του Δημόσιου Παρόχου Ηλεκτρικής Ενέργειας έχουν προκύψει κάποια διαγράμματα που απεικονίζουν το βέλος κάμψης των αγωγών σε σχέση με την θερμοκρασία. Ανάλογα λοιπόν τον τύπο του αγωγού (ACSR, ACSR-R, AAAC, χαλκού) , τη διατομή (16 mm², 35 mm², 50 mm², 95 mm²), το βασικό άνοιγμα και το είδος της επιφόρτισης (ελαφρά, μέση κανονική, κανονική, βαρειά, υπερβαρειά, εξαιρετικώς βαρειά) υπάρχει δυνατότητα να βρεθεί το επιτρεπτό βέλος κάμψης των αγωγών.

Οι τύποι οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη του επιτρεπτού ύψους των αγωγών προκύπτουν από τη διεθνή βιβλιογραφία καθώς και από ελληνική νομοθεσία (το ΦΕΚ 608/6-10-67 δίνεται στο Παράρτημα Δ). Ξεκινώντας από την καμπύλη των 0^{°C} και για κάθε άνοιγμα πυλώνα (σε κάθε διάγραμμα)-με βήμα (κατά βάση) 1 m (στον άξονα x) - υπολογίστηκε το αντίστοιχο βέλος (άξονας y) σε m. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις καμπύλες των 10^{°C}, 16^{°C}, 30^{°C}, 40^{°C} και 50^{°C}. (Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται γραφικά στο σχήμα 17). Αυτές οι θερμοκρασίες είναι του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται ο αγωγός. Ακόμα επιλέχτηκαν κάποιες συνήθεις θερμοκρασίες για την χώρα μας οι οποίες είναι 20^{°C}, 28^{°C}, 31^{°C}, 34^{°C} για τις οποίες μέσω γραμμικής παρεμβολής βρέθηκε το βέλος κάμψης. Σύμφωνα με τον ορισμό της γραμμικής παρεμβολής για τρία στοιχεία με συντεταγμένες (x,y): A(x₁,y₁), B(x,y) και Γ(x₂,y₂), με γνωστά τα (x₁,y₁) και (x₂,y₂) καθώς και την x τιμή του B, η οποία παρεμβάλλεται των τιμών x₁,x₂ κάνοντας αντικατάσταση στον τύπο (96):

$$y(x) = f(x_1) + \frac{f(x_1) - f(x_2)}{x_1 - x_2} \cdot (x - x_1) \quad (96)$$

προσδιορίζεται η τιμή της μεταβλητής y. Στον συγκεκριμένο τύπο ισχύει: f(x₁) = y₁ και f(x₂) = y₂.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η διαφορά Δy της εκάστοτε τιμής του βέλους κάμψης με την αντίστοιχη τιμή του βέλους κάμψης των 16^{°C} για το ίδιο άνοιγμα. Αυτή η διαφορά προέκυπτε αρνητική για θερμοκρασίες μικρότερες των 16^{°C} και θετικές για μεγαλύτερες. Το ύψος ανάρτησης του αγωγού στους 16^{°C} σύμφωνα με τη Νομοθεσία δίνεται από τη σχέση (97):

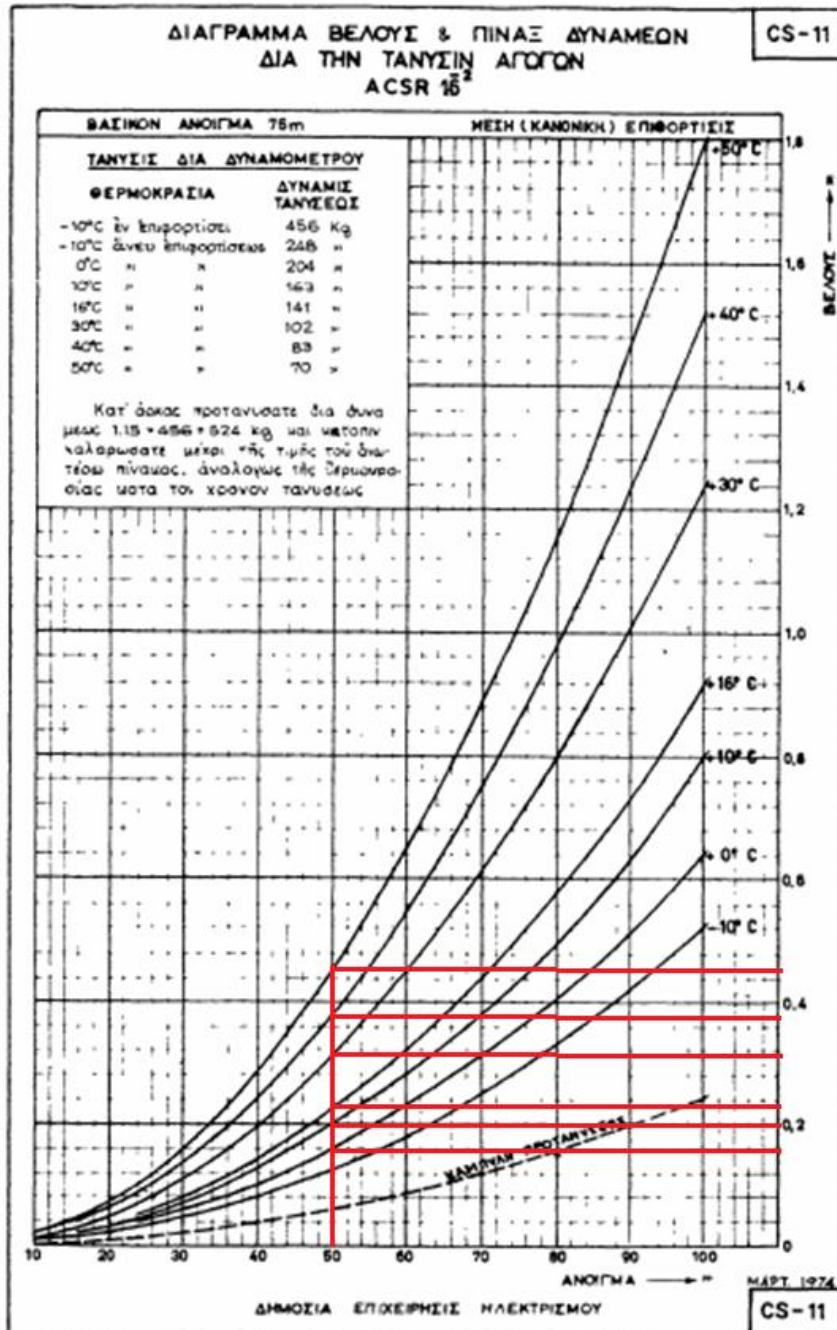
$$H_{16} = 2,5 + \frac{(L_{\text{ανοίγματος}} - 45)}{100}, \quad (97)$$

όπου το $L_{\text{ανοίγματος}}$ αντιστοιχεί στο άνοιγμα των στύλων και καταχωρείται σε cm. Κατ' επέκταση, προκύπτει διαφορετικό ύψος ανάρτησης για κάθε άνοιγμα. Το ύψος ανάρτησης είναι ανάλογο μέγεθος του ανοίγματος του αγωγού με βάση τη σχέση (97). Τελικά προκύπτει το επιτρεπτό ύψος ανάρτησης από την διαφορά του ύψους ανάρτησης στους 16 °C με το Δy .

Στην παρούσα διπλωματική επεξεργάστηκαν τα εξής διαγράμματα :

- Αγωγό ACSR 16 mm² , με βασικό άνοιγμα 75 m και κανονική (μέση) επιφόρτιση,
- Αγωγό ACSR 16 mm² , με βασικό άνοιγμα 100 m και κανονική (μέση) επιφόρτιση,
- Αγωγός ACSR 16 mm² , με βασικό άνοιγμα 125 m και κανονική (μέση) επιφόρτιση,
- Αγωγός ACSR 35 mm² , με βασικό άνοιγμα 125 m και κανονική (μέση) επιφόρτιση,
- Αγωγός ACSR 35 mm² , με βασικό άνοιγμα 150 m και κανονική (μέση) επιφόρτιση,
- Αγωγός ACSR 35 mm² , με βασικό άνοιγμα 175m και κανονική (μέση) επιφόρτιση,
- Αγωγός ACSR 35 mm² , με βασικό άνοιγμα 200 m και κανονική (μέση) επιφόρτιση.

17: Τα δοσμένα διαγράμματα από τους κανονισμούς έχουν την μορφή του σχήματος



Σχήμα 17: Διάγραμμα βέλους κάμψης και πίνακας δυνάμεων τάσης για αγωγό ACSR, διατομής 16 mm², μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, με βασικό άνοιγμα 75 m

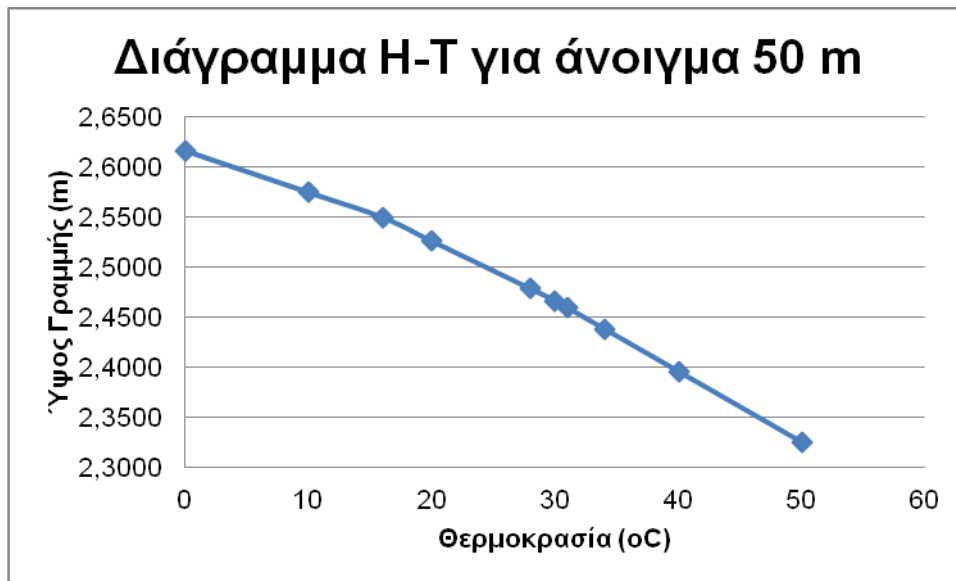
3.1 Μελέτη επιτρεπτού ύψους αγωγών για αγωγούς ACSR μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, διατομής 16 mm² και 35 mm²

Σύμφωνα με τον τρόπο υπολογισμού που υποδείχθηκε στην αρχή του 3^{ου} Κεφαλαίου, διεξάγονται οι αντίστοιχες μετρήσεις για αγωγούς ACSR μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, διατομής 16 mm² και 35 mm². Στη συνέχεια, παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων τα αποτελέσματα για συγκεκριμένα ανοίγματα στύλων και η γραφική τους απεικόνιση. Στους πίνακες, στην πρώτη στήλη καταγράφεται το άνοιγμα των στύλων, στην δεύτερη η θερμοκρασία περιβάλλοντος, στην τρίτη στήλη παρουσιάζονται οι μετρήσεις του βέλους κάμψης (όπως προέκυψαν από το αντίστοιχο διάγραμμα ή από την διαδικασία των ελαχίστων τετραγώνων), στην τέταρτη στήλη παρουσιάζεται η διαφορά Δy, ενώ στην πέμπτη στήλη ορίζεται το ύψος του αγωγού για τους 16^ο C και στην τελευταία στήλη γίνεται η αναγωγή του ύψους ανάρτησης του αγωγού συναρτήσει της θερμοκρασίας. Στα γραφήματα, η περιοχή των αποδεκτών τιμών ύψους ανάρτησης του εκάστοτε αγωγού είναι αυτή που βρίσκεται πάνω από την καμπύλη.

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας εύρεσης του επιτρεπτού ύψους των αγωγών για αγωγό τύπου ACSR, διατομής 16 mm², μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, βασικού ανοίγματος 75 m και άνοιγμα στύλων 50 m. Στο σχήμα 18 παρουσιάζεται το επιτρεπόμενο ύψος του αγωγού, με βάση τις τιμές του πίνακα 5.

Άνοιγμα	Θερμοκρασία	Βέλος	Διαφορά Δy	H (στους 16)	H (σε θερμοκρασία T)
50	0	0,1583	-0,0667	2,55	2,6167
	10	0,2000	-0,0250		2,5750
	16	0,2250	0,0000		2,5500
	20	0,2488	0,0238		2,5262
	28	0,2964	0,0714		2,4786
	30	0,3083	0,0833		2,4667
	31	0,3154	0,0904		2,4596
	34	0,3367	0,1117		2,4383
	40	0,3792	0,1542		2,3958
	50	0,4500	0,2250		2,3250

Πίνακας 5 : Ύψος ανάρτησης αγωγού διατομής 16 mm², με βασικό άνοιγμα 75 m, άνοιγμα 50 m και μέση (κανονική) επιφόρτιση ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

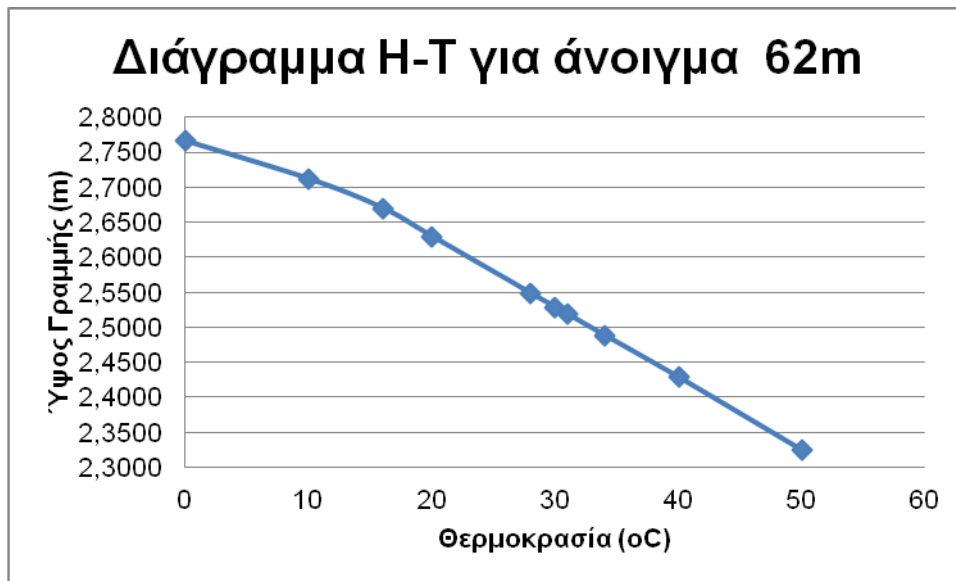


Σχήμα 18 : Διάγραμμα ύψους αγωγού – θερμοκρασίας για αγωγό διατομής 16 mm², με βασικό άνοιγμα 75 m, άνοιγμα 50 m και μέση (κανονική) επιφόρτιση.

Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας εύρεσης του επιτρεπτού ύψους των αγωγών για αγωγό τύπου ACSR, διατομής 16 mm², μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, βασικού ανοίγματος 75 m και άνοιγμα σύλων 62 m. Στο σχήμα 19 παρουσιάζεται το επιτρεπόμενο ύψος του αγωγού, με βάση τις τιμές του πίνακα 6.

Άνοιγμα	Θερμοκρασία	Βέλος	Διαφορά Δy	H (στους 16)	H (σε θερμοκρασία T)
62	0	0,2458	-0,0958	2,67	4,2958
	10	0,3000	-0,0417		4,2417
	16	0,3417	0,0000		4,2000
	20	0,3821	0,0404		4,1596
	28	0,4631	0,1214		4,0786
	30	0,4833	0,1417		4,0583
	31	0,4933	0,1516		4,0484
	34	0,5233	0,1817		4,0183
	40	0,5833	0,2417		3,9583
	50	0,6875	0,3458		3,8542

Πίνακας 6 : Ύψος ανάρτησης αγωγού διατομής 16 mm², με βασικό άνοιγμα 75 m και άνοιγμα 62 m ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

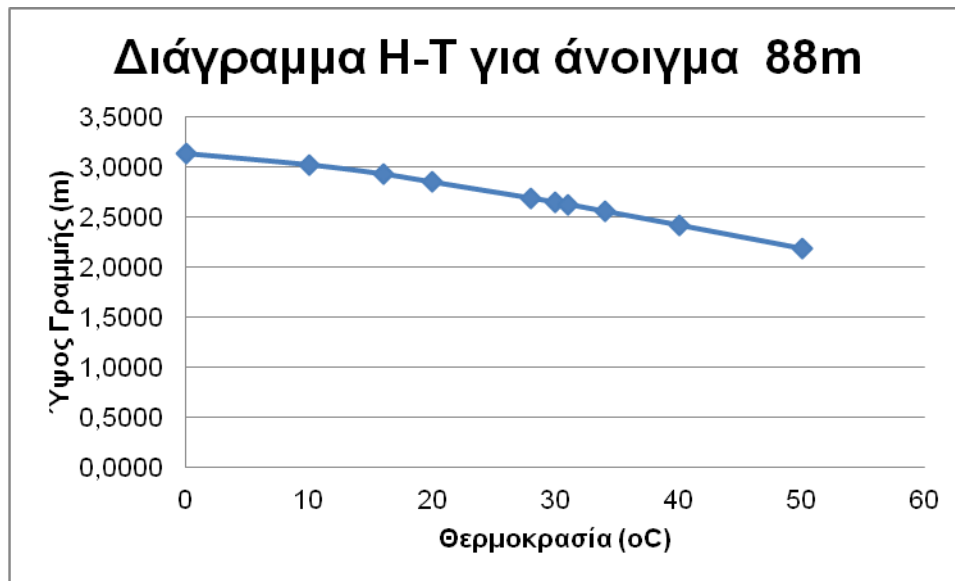


Σχήμα 19 : Διάγραμμα ύψους αγωγού – θερμοκρασίας για αγωγό διατομής 16 mm², με βασικό άνοιγμα 75 m, άνοιγμα 62 m και μέση (κανονική) επιφόρτιση.

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας εύρεσης του επιτρεπτού ύψους των αγωγών για αγωγό τύπου ACSR, διατομής 16 mm², μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, βασικού ανοίγματος 75 m και άνοιγμα στύλων 88 m. Στο σχήμα 20 παρουσιάζεται το επιτρεπτόμενο ύψος του αγωγού, με βάση τις τιμές του πίνακα 7.

Άνοιγμα	Θερμοκρασία	Βέλος	Διαφορά Δy	H (στους 16)	H (σε θερμοκρασία T)
88	0	0,5042	-0,2042	2,93	3,1342
	10	0,6167	-0,0917		3,0217
	16	0,7083	0,0000		2,9300
	20	0,7881	0,0798		2,8502
	28	0,9476	0,2393		2,6907
	30	0,9875	0,2792		2,6508
	31	1,0104	0,3021		2,6279
	34	1,0792	0,3708		2,5592
	40	1,2167	0,5083		2,4217
	50	1,4500	0,7417		2,1883

Πίνακας 7 : Ύψος ανάρτησης αγωγού διατομής 16 mm², με βασικό άνοιγμα 75 m και άνοιγμα 88 m ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

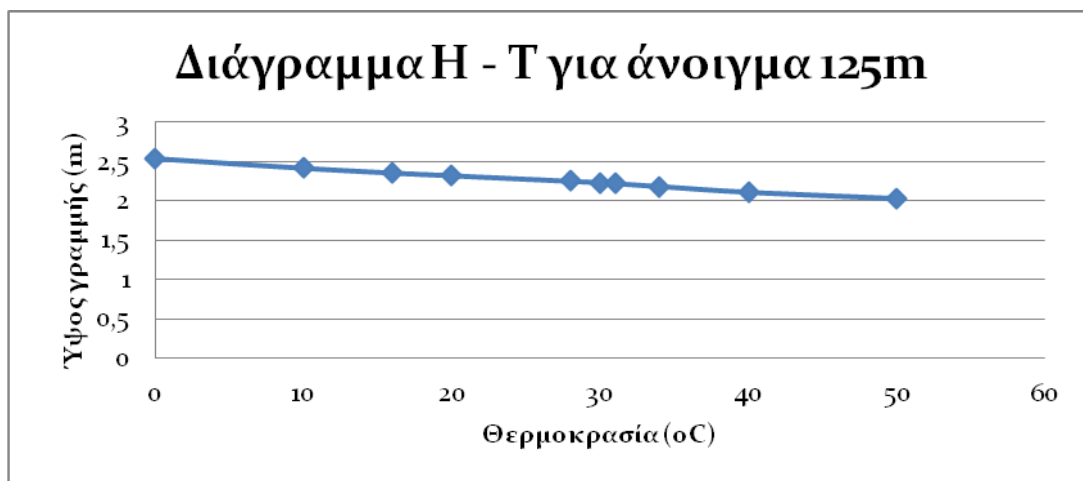


Σχήμα 20 : Διάγραμμα ύψους αγωγού – θερμοκρασίας για αγωγό διατομής 16 mm², με βασικό άνοιγμα 75 m, άνοιγμα 88 m και μέση (κανονική) επιφόρτιση.

Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας εύρεσης του επιτρεπτού ύψους των αγωγών για αγωγό τύπου ACSR, διατομής 35 mm², μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, βασικού ανοίγματος 200 m και άνοιγμα στύλων 125 m. Στο σχήμα 21 παρουσιάζεται το επιτρεπτόμενο ύψος του αγωγού, με βάση τις τιμές του πίνακα 8.

Άνοιγμα	Θερμοκρασία	Βέλος	Διαφορά Δy	H (στους 16)	H (σε θερμοκρασία T)
125	0	1,4583	-0,1875	2,36	2,5475
	10	1,5833	-0,0625		2,4225
	16	1,6458	0		2,36
	20	1,681514	0,035714286		2,324285714
	28	1,752943	0,107142857		2,252857143
	30	1,7708	0,125		2,235
	31	1,7833	0,1375		2,2225
	34	1,8208	0,175		2,185
	40	1,8958	0,25		2,11
	50	1,9792	0,3334		2,0266

Πίνακας 8 : Ύψος ανάρτησης αγωγού διατομής 35 mm², με βασικό άνοιγμα 200 m και άνοιγμα 125 m ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

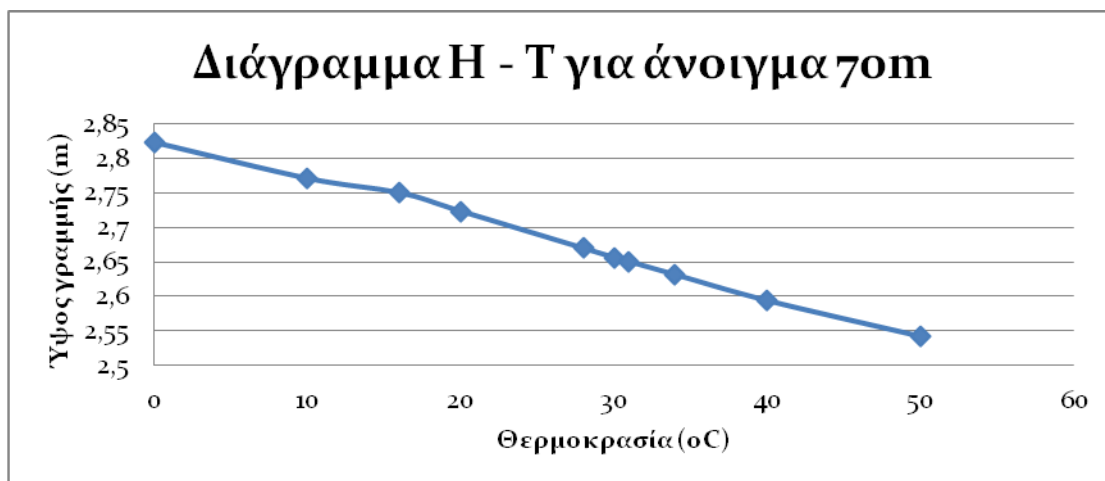


Σχήμα 21 : Διάγραμμα ύψους αγωγού – θερμοκρασίας για αγωγό διατομής 35 mm², με βασικό άνοιγμα 200 m, άνοιγμα 125 m και μέση (κανονική) επιφόρτιση.

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας εύρεσης του επιτρεπτού ύψους των αγωγών για αγωγό τύπου ACSR, διατομής 35 mm², μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, βασικού ανοίγματος 150 m και άνοιγμα στύλων 70 m. Στο σχήμα 22 παρουσιάζεται το επιτρεπόμενο ύψος του αγωγού, με βάση τις τιμές του πίνακα 9.

Άνοιγμα	Θερμοκρασία	Βέλος	Διαφορά Δy	H (στος 16)	H (σε θερμοκρασία T)
70	0	0,3021	-0,0729	2,75	2,8229
	10	0,3542	-0,0208		2,7708
	16	0,375	0		2,75
	20	0,4018	0,0268		2,7232
	28	0,4554	0,0804		2,6696
	30	0,4688	0,0938		2,6562
	31	0,47505	0,10005		2,64995
	34	0,4938	0,1188		2,6312
	40	0,5313	0,1563		2,5937
	50	0,5833	0,2083		2,5417

Πίνακας 9 : Ύψος ανάρτησης αγωγού διατομής 35 mm², με βασικό άνοιγμα 150 m και άνοιγμα 70 m ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Σχήμα 22 : Διάγραμμα ύψους αγωγού – θερμοκρασίας για αγωγό διατομής 35 mm², με βασικό άνοιγμα 150 m, άνοιγμα 70 m και μέση (κανονική) επιφόρτιση.

Στον πίνακα 10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας εύρεσης του επιτρεπτού ύψους των αγωγών για αγωγό τύπου ACSR, διατομής 35 mm², μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, βασικού ανοίγματος 150 m και άνοιγμα στύλων 90 m. Στο σχήμα 23 παρουσιάζεται το επιτρεπόμενο ύψος του αγωγού, με βάση τις τιμές του πίνακα 10.

Άνοιγμα	Θερμοκρασία	Βέλος	Διαφορά Δy	H (στους 16)	H (σε θερμοκρασία T)
90	0	0,5417	-0,0729	2,75	2,8229
	10	0,6354	-0,0208		2,7708
	16	0,6875	0		2,75
	20	0,726186	0,0268		2,7232
	28	0,803557	0,0804		2,6696
	30	0,8229	0,0938		2,6562
	31	0,83124	0,10005		2,64995
	34	0,85626	0,1188		2,6312
	40	0,9063	0,1563		2,5937
	50	1	0,2083		2,5417

Πίνακας 10 : Ύψος ανάρτησης αγωγού διατομής 35 mm², με βασικό άνοιγμα 150 m και άνοιγμα 90 m ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Σχήμα 23 : Διάγραμμα ύψους αγωγού – θερμοκρασίας για αγωγό διατομής 35 mm², με βασικό άνοιγμα 150 m, άνοιγμα 90 m και μέση (κανονική) επιφόρτιση.

Για κάθε αγωγό, ο οποίος αντιστοιχεί σε ένα διάγραμμα, προέκυψε ένα αρχείο Excel στο οποίο καταχωρήθηκαν οι παραπάνω τιμές με την μορφή που παρουσιάζεται στα παραδείγματα. Τελικά, μέσα από αυτή τη διαδικασία προέκυψαν 7 διαφορετικά αρχεία Excel, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια από το πρόγραμμα υπολογισμού για τη δημιουργία των αντίστοιχων γραφημάτων. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται αναλυτικά το πρόγραμμα υπολογισμού το οποίο αναπτύχθηκε για την δημιουργία των γραφικών αυτών παραστάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

4.1 ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα σε Visual Basic, το οποίο λαμβάνει τις απαιτήσεις του χρήστη όσον αφορά στα χαρακτηριστικά των αγωγών και των στύλων μέσης τάσης και παρουσιάζει ένα διάγραμμα, το οποίο εμφανίζει τη συσχέτιση της θερμοκρασίας με το ύψος του αγωγού. Η μορφή του προγράμματος αυτού είναι απόλυτα φιλική προς τον χρήστη και τον καθοδηγεί βήμα βήμα προς την εκτέλεσή του.

Ο χρήστης μέσα από το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να επιλέξει τα χαρακτηριστικά του αγωγού του οποίου την συμπεριφορά όσον αφορά τη θερμοκρασία θέλει να εξετάσει. Όπως έχει αναλυθεί λεπτομερώς στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο συνδυασμός τεσσάρων χαρακτηριστικών στοιχείων του αγωγού αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο αγωγό με καθορισμένη συμπεριφορά ως προς την μεταβολή της θερμοκρασίας και μέσω συγκεκριμένων μετρήσεων καθορίζεται το ύψος του αγωγού σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Οι μετρήσεις οι οποίες ελήφθησαν από τα διαγράμματα αποθηκεύονται σε ένα αρχείο Excel. Η ταξινόμηση των πληροφοριών αυτών γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο, ο οποίος αναλύεται στο Παράρτημα Α.

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος, μέσα από συγκεκριμένες εντολές κώδικα, τα αρχεία Excel στα οποία έχουν καταγραφεί όλες αυτές οι πληροφορίες συνδέονται με το πρόγραμμα και συγκεκριμένα το πρόγραμμα δύναται να ανιχνεύσει και να επεξεργαστεί κατάλληλα συγκεκριμένες πληροφορίες μέσα από αυτά. Τα τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά του υπό εξέταση αγωγού είναι:

- Το είδος του αγωγού. Ο χρήστης καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε 4 είδη αγωγών μέσης τάσης: ACSR, ACSR-R, Χαλκού και AAAC. Κάθε ένας τύπος από αυτούς τους αγωγούς έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και διαφορετική συμπεριφορά κατά την μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Η επιφόρτιση του αγωγού. Η επιφόρτιση του αγωγού χωρίζεται σε ελαφρά, κανονική, μέση (κανονική), βαρεία, υπερβαρεία και εξαιρετικώς βαρεία. Η επιφόρτιση του αγωγού σχετίζεται με την τάση του αγωγού και καθορίζει τον αγωγό.
- Η διατομή του αγωγού. Η διατομή ενός αγωγού μέσης τάσης δύναται να λάβει τις παρακάτω τιμές: 16mm^2 , 35mm^2 , 50mm^2 και 95mm^2 . Συγκεκριμένα όμως

για τον αγωγό τύπου AAAC οι επιτρεπτές διατομές είναι: 35mm², 70mm² και 185mm². Ωστόσο, το είδος του αγωγού σε συνδυασμό με την επιφόρτιση του αγωγού οδηγούν σε συγκεκριμένες διατομές, οι οποίες μπορεί να είναι λιγότερες από τις παραπάνω δυνατές.

- Το βασικό άνοιγμα του αγωγού. Το βασικό άνοιγμα του αγωγού ποικίλλει και εξαρτάται από τον προσδιορισμό των τριών παραπάνω παραμέτρων.

Τα τέσσερα αυτά στοιχεία του αγωγού προσδιορίζουν ένα συγκεκριμένο αγωγό και κατ' επέκταση ένα συγκεκριμένο αρχείο Excel.

Μόλις ο χρήστης επιλέξει τα τέσσερα αυτά χαρακτηριστικά, το πρόγραμμα μέσω εντολών κώδικα ανιχνεύει το συγκεκριμένο αρχείο Excel, μέσα από το οποίο θα συλλέξει τα απαιτούμενα στοιχεία για την δημιουργία του τελικού γραφήματος. Κατά την καταγραφή των μετρήσεων με τον τρόπο που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 4, δημιουργήθηκαν για κάθε διαθέσιμο διάγραμμα ένα αρχείο Excel. Τα αρχεία αυτά αποτελούν την βάση δεδομένων του προγράμματος και μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω με την προσθήκη αρχείων Excel κατάλληλης μορφής, η οποία αναπτύσσεται στο Παράρτημα Α.

Με στόχο να εξαλειφθούν πιθανά σφάλματα κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος λόγω λανθασμένης μορφής του αρχείου Excel, δημιουργήθηκαν 2 προγράμματα. Το Πρόγραμμα Α (Πρόγραμμα Υπολογισμού Επιτρεπτού Ύψους Αγωγού – Testing) αποσκοπεί στον έλεγχο της εγκυρότητας των αρχείων Excel, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επέκταση της υφιστάμενης βάσης δεδομένων του προγράμματος. Εφ' όσον προκύπτουν σωστά αποτελέσματα κατά την εκτέλεση του προγράμματος Α, τότε το αρχείο αυτό θα πρέπει να αποθηκευτεί στο σωστό φάκελο με ένα συγκεκριμένο όνομα. Η διαδικασία αποθήκευσης και μετονομασίας του αρχείου παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α. Τελικά με το πρόγραμμα Α θα είναι δυνατός ο έλεγχος της μορφής του αρχείου και η καταλληλότητά του για την απρόσκοπτη λειτουργία του Προγράμματος Β.

Το Πρόγραμμα Β (Πρόγραμμα Υπολογισμού Επιτρεπτού Ύψους Αγωγού) αποτελεί το κεντρικό πρόγραμμα της διπλωματικής εργασίας. Το πρόγραμμα αυτό λαμβάνει τα δεδομένα από τον χρήστη, με τα οποία θα ταυτοποιεί έναν συγκεκριμένο αγωγό και εν τέλει ένα συγκεκριμένο αρχείο Excel και δημιουργεί το απαιτούμενο γράφημα. Το πρόγραμμα αυτό θα έχει ως βάση δεδομένων του όλα τα αρχεία Excel, τα οποία προκύπτουν με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 4. Για να

είναι δυνατή η εκτέλεση των προγραμμάτων θα πρέπει να εγκατασταθεί στον υπολογιστή το ακόλουθο λογισμικό:

.NET Framework 4.0

Δίνεται το link από το οποίο μπορεί ο χρήστης να εγκαταστήσει δωρεάν το συγκεκριμένο πρόγραμμα:

<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=17718>

Στη συνέχεια, καταγράφεται αναλυτικά η ανάπτυξη του κώδικα για την υλοποίηση των προγραμμάτων A και B.

4.2 Κώδικας Προγράμματος A

Για την εγγραφή του προγράμματος A χρησιμοποιήθηκε το γραφικό περιβάλλον του Visual Studio και ως γλώσσα προγραμματισμού επιλέχθηκε η Visual Basic. Το πρόγραμμα αυτό στόχο έχει να εξετάσει την ορθότητα και την πληρότητα των αρχείων Excel ώστε να είναι κατάλληλα να λειτουργήσουν ως βάση δεδομένων του προγράμματος B. Η επεξήγηση του κώδικα του συγκεκριμένου προγράμματος θα πραγματοποιηθεί με την χρήση εντολών από την Visual Basic και τη χρήση ψευδογλώσσας και λογικών διαγραμμάτων. Η ανάλυση θα επιτευχθεί σε Βήματα, κάθε ένα από τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν περισσότερες από 1 υπορουτίνες.

Βήμα 1^ο

Αρχικά, καλείται ο χρήστης να βρει το αρχείο Excel που επιθυμεί να εξετάσει. Η διαδικασία αυτή επιτελείται με τις ακόλουθες υπορουτίνες «btnOpen_Click» και «OpenFileDialog1_FileOk». Στην πρώτη υπορουτίνα δίνεται η δυνατότητα να βρεθεί μέσα στον υπολογιστή του χρήστη το αρχείο που πρέπει να ελεγχθεί. Η δεύτερη υπορουτίνα συμπληρώνει την πρώτη, δηλώνοντας με κατάλληλες εντολές ότι το αρχείο που επρόκειτο να εξετασθεί είναι αρχείο Excel.

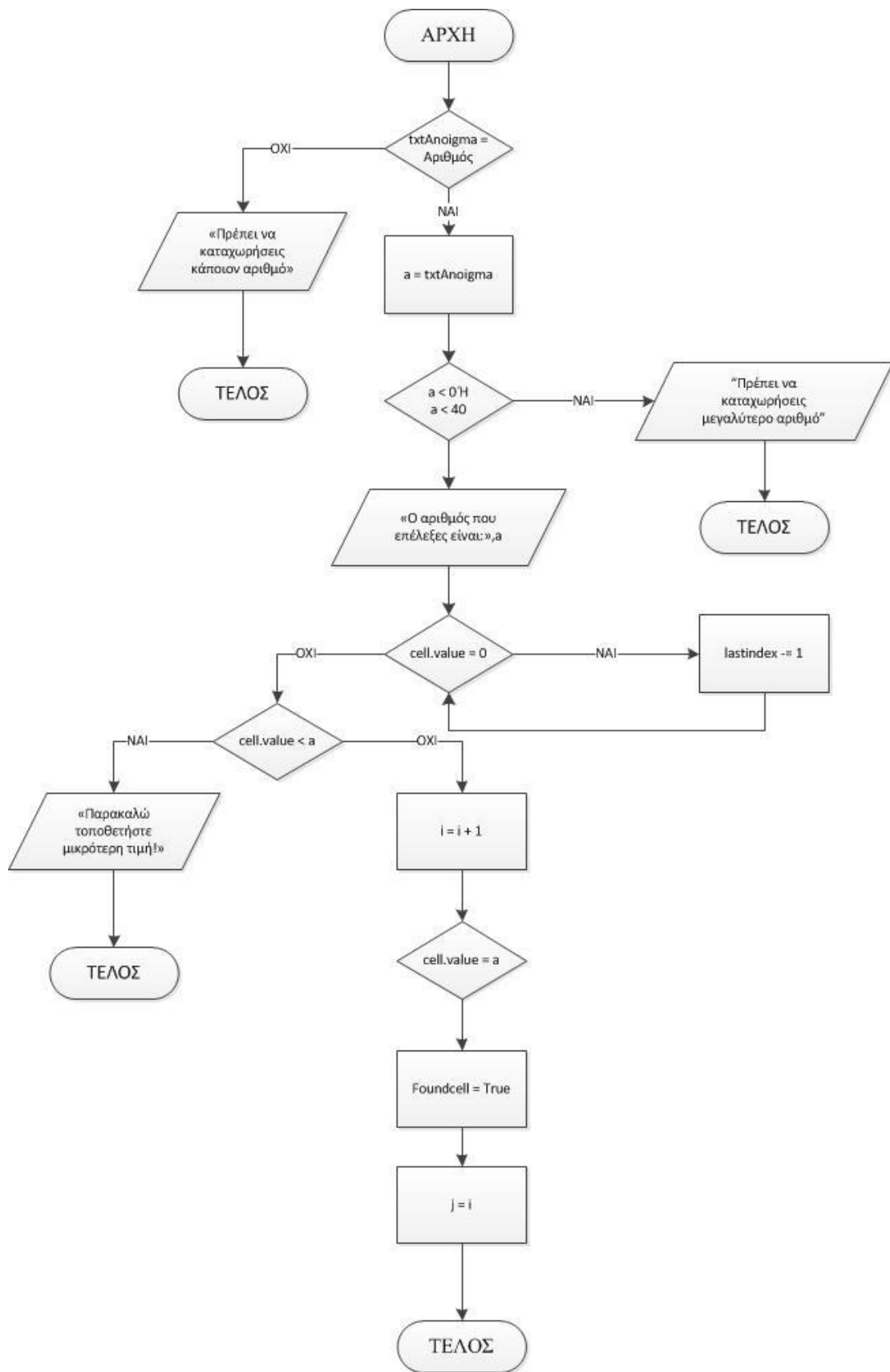
Βήμα 2ο

Στη συνέχεια πρέπει να καταχωρηθεί ένας αριθμός ως άνοιγμα στύλων για το οποίο θα προκύψει η αντίστοιχη γραφική παράσταση. Για την διαδικασία αυτή

καλείται η υπορουτίνα «Button1_Click». Για να προβλεφθούν τυχόν λάθος καταχωρήσεις, ο κώδικας σε αυτό το σημείο έχει αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε ο χρήστης με απόλυτα φιλικό τρόπο να αντιλαμβάνεται το λάθος που έχει κάνει και να το διορθώνει. Οι μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιούνται στην υπορουτίνα αυτή είναι:

- foundcell, η οποία είναι Boolean μεταβλητή και όταν το πρόγραμμα βρει τον συγκεκριμένο αριθμό που έχει καταχωρίσει ο χρήστης στο αρχείο Excel, λαμβάνει τιμή «True»
- a, η οποία αντιστοιχεί στον αριθμό που καταχωρεί ο χρήστης
- i, η οποία αντιστοιχεί σε έναν μετρητή που αντιστοιχεί στις γραμμές του Excel και αυξάνεται όσο το πρόγραμμα αναζητεί τον συγκεκριμένο αριθμό που έχει καταχωρήσει ο χρήστης, μέχρι να γίνει η ταυτοποίηση
- j, στην οποία αποθηκεύεται η τελευταία τιμή του i, στην οποία έχει γίνει η ταυτοποίηση του αριθμού που καταχώρησε ο χρήστης με τον αριθμό του αρχείου Excel
- array(9,1) , η οποία αντιστοιχεί σε έναν πίνακα με 9 γραμμές και 2 στήλες, στον οποίο καταχωρούνται οι τιμές που χρειάζεται το πρόγραμμα για την κατασκευή του διαγράμματος
- k, l, m, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του πίνακα, τόσο για την καταχώριση τιμών σε αυτόν όσο και για την δημιουργία του γραφήματος με βάση τις τιμές του πίνακα
- lastindex, η οποία αντιστοιχεί σε έναν δείκτη και αφορά στον συνολικό αριθμό των γραμμών του συγκεκριμένου αρχείου Excel που φέρουν δεδομένα και χρησιμοποιείται για την διενέργεια του ελέγχου της τελευταίας τιμής που υπάρχει στο Excel σε συνδυασμό με την τιμή που καταχωρεί ο χρήστης
- cell.value, η οποία είναι μια μεταβλητή που εμφανίζει την τιμή που φέρει ένα κελί στο αρχείο Excel

Στο σχήμα 24 παρουσιάζεται γραφικά ο τρόπος με τον οποίο το πρόγραμμα δύναται να αποτρέψει τον χρήστη από την καταχώρηση λανθασμένων τιμών.



Σχήμα 24: Λογικό διάγραμμα επεξήγησης τμήματος υπορουτίνας «Button1_Click» για τον έλεγχο αποφυγής λανθασμένης καταχώρισης ανοίγματος σύλων

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 24, το πρόγραμμα ειδοποιεί τον χρήστη με σήματα λάθους σε περίπτωση που τοποθετήσει γράμμα αντί για αριθμό, εάν καταχωρηθεί αρνητική τιμή ή σε περίπτωση που το άνοιγμα είναι 0 ή μικρότερο από 40 m. Επίσης, εμφανίζεται σήμα λάθους εάν ο αριθμός που θα καταχωρηθεί είναι μικρότερος από τον τελευταίο αριθμό που περιλαμβάνει το αρχείο Excel. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ένας δείκτης (lastindex), ο οποίος ορίζει την θέση στην οποία το πρόγραμμα θα ελέγξει την τελευταία τιμή του αρχείου σε σχέση με την τιμή που καταχωρεί ο χρήστης. Σε κάθε περίπτωση ο τρόπος με τον οποίο το πρόγραμμα ειδοποιεί τον χρήστη για την εσφαλμένη εισαγωγή δεδομένων είναι απόλυτα φιλική και τον κατευθύνει να καταχωρήσει σωστή τιμή.

Όταν ταυτοποιηθεί η τιμή καταχώρισης με την τιμή του Excel, τότε αποθηκεύεται στην μεταβλητή j ο αριθμός εκείνος που υποδεικνύει την γραμμή του αρχείου Excel στην οποία εμφανίστηκε η συγκεκριμένη τιμή. Όλα τα δεδομένα του αρχείου Excel χωρίζονται με βάση το άνοιγμα των στύλων σε ομάδες των 9 γραμμών. Αυτό έχει καθοριστεί από το κεφάλαιο 3. Μόλις το πρόγραμμα εντοπίσει την επιθυμητή ομάδα από το αρχείο Excel, καταχωρεί τις τιμές των 2 στηλών του Excel που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία του γραφήματος σε έναν πίνακα (array (9,1)). Οι απαραίτητες στήλες από το αρχείο Excel είναι η 2^η (η οποία αφορά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος) και η 6^η (η οποία αφορά στο ύψος του αγωγού για τις αντίστοιχες θερμοκρασίες περιβάλλοντος).

Η καταχώριση των τιμών αυτών στον πίνακα επιτυγχάνεται μέσω της εντολής:

For... to...

Next

Μέσω της εντολής αυτής καταχωρούνται οι τιμές από το αρχείο Excel στον πίνακα array (9,1). Στη συνέχεια, μέσω μιας ακόμη for loop σχεδιάζεται το διάγραμμα, το οποίο ονομάζεται Chart1. Λαμβάνοντας τις τιμές του πίνακα και συγκεκριμένα θεωρώντας ως τιμές για τον άξονα x του διαγράμματος τις τιμές που αντιστοιχούν στην πρώτη στήλη του πίνακα και ως τιμές του άξονα y του διαγράμματος τις τιμές που αντιστοιχούν στη δεύτερη στήλη του πίνακα, κατασκευάζεται το διάγραμμα το οποίο συσχετίζει το ύψος του αγωγού με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Μόλις εμφανιστεί το γράφημα, το οποίο ορίζεται με την εντολή:

Chart1.Visible = True,

τότε εμφανίζονται και τα παρακάτω αντικείμενα:

- Button2, το οποίο αντιστοιχεί στο πλήκτρο που διενεργεί την διαδικασία της εκτύπωσης και θα αναλυθεί στο Βήμα 4
- BtnExit, το οποίο αντιστοιχεί στο πλήκτρο που διενεργεί την διαδικασία της εξόδου από το πρόγραμμα
- BtnSaveFile, το οποίο αντιστοιχεί στο πλήκτρο που διενεργεί την διαδικασία της αποθήκευσης του γραφήματος σε εικόνα και θα αναλυθεί στο Βήμα 3
- Label19, το οποίο αντιστοιχεί στην λεζάντα που βρίσκεται κάτω από το γράφημα
- GroupBox1, το οποίο αντιστοιχεί στον χώρο που ορίζει την « εύρεση ύψους αγωγού»
- Label12, το οποίο αντιστοιχεί στην λεζάντα με περιεχόμενο κειμένου: «Θερμοκρασία»
- txtTheg, το οποίο αντιστοιχεί στο τμήμα στο οποίο καταχωρεί ο χρήστης την επιθυμητή θερμοκρασία και η λειτουργία του θα αναλυθεί στο Βήμα 5
- BtnTheg, το οποίο αντιστοιχεί στο πλήκτρο που διενεργεί την διαδικασία της εύρεσης του ύψους του αγωγού για μία συγκεκριμένη θερμοκρασία και θα αναλυθεί στο Βήμα 5
- Label18, το οποίο αντιστοιχεί στην λεζάντα με περιεχόμενο κειμένου: «Ύψος Αγωγού (m)»
- txtYpsos, το οποίο αντιστοιχεί στο τμήμα στο οποίο εμφανίζεται το αποτέλεσμα της εύρεσης του ύψους του αγωγού και η λειτουργία του θα αναλυθεί στο Βήμα 5

Βήμα 3ο

Μόλις ολοκληρωθεί η επεξεργασία του αρχείου Excel και δημιουργηθεί το γράφημα, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να αποθηκεύσει το αρχείο αυτό σαν εικόνα με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- jpg
- bmp
- png

Η διαδικασία με την οποία αποθηκεύεται το διάγραμμα σε μορφή εικόνας περιγράφεται μέσω 2 υπορουτίνων του κώδικα του προγράμματος:

- BtnSaveFile_Click
- SaveFileDialog1_FileOk

Η πρώτη υπορουτίνα (BtnSaveFile_Click) καθορίζει τις επιτρεπόμενες μορφές που θα μπορεί να λάβει το αποθηκευμένο αρχείο, καθώς και την αρχική διευθυνσιοδότηση του αρχείου. Η δεύτερη υπορουτίνα (SaveFileDialog1_FileOk) ολοκληρώνει την αποθήκευση του αρχείου με βάση την επιλογή του χρήστη ως προς την επιθυμητή του μορφή. Η αποθήκευση τελικά συντελείται μέσω της εντολής:

- Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει αποθήκευση σε μορφή jpg, τότε η αντίστοιχη εντολή είναι:

```
Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Jpeg)
```

- Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει αποθήκευση σε μορφή bmp, τότε η αντίστοιχη εντολή είναι:

```
Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Bmp)
```

- Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει αποθήκευση σε μορφή png, τότε η αντίστοιχη εντολή είναι:

```
Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Png)
```

Βήμα 4ο

Το πρόγραμμα επιτρέπει την απευθείας εκτύπωση του διαγράμματος, δίχως να απαιτείται η αρχική της αποθήκευση σε μορφή εικόνας. Η διαδικασία αυτή επιτελείται μέσω του κώδικά με την εντολή:

```
Chart1.Printing.Print(True),
```

η οποία ενεργοποιείται μόλις ο χρήστης επιλέξει το πλήκτρο «Εκτύπωση».

Βήμα 5ο

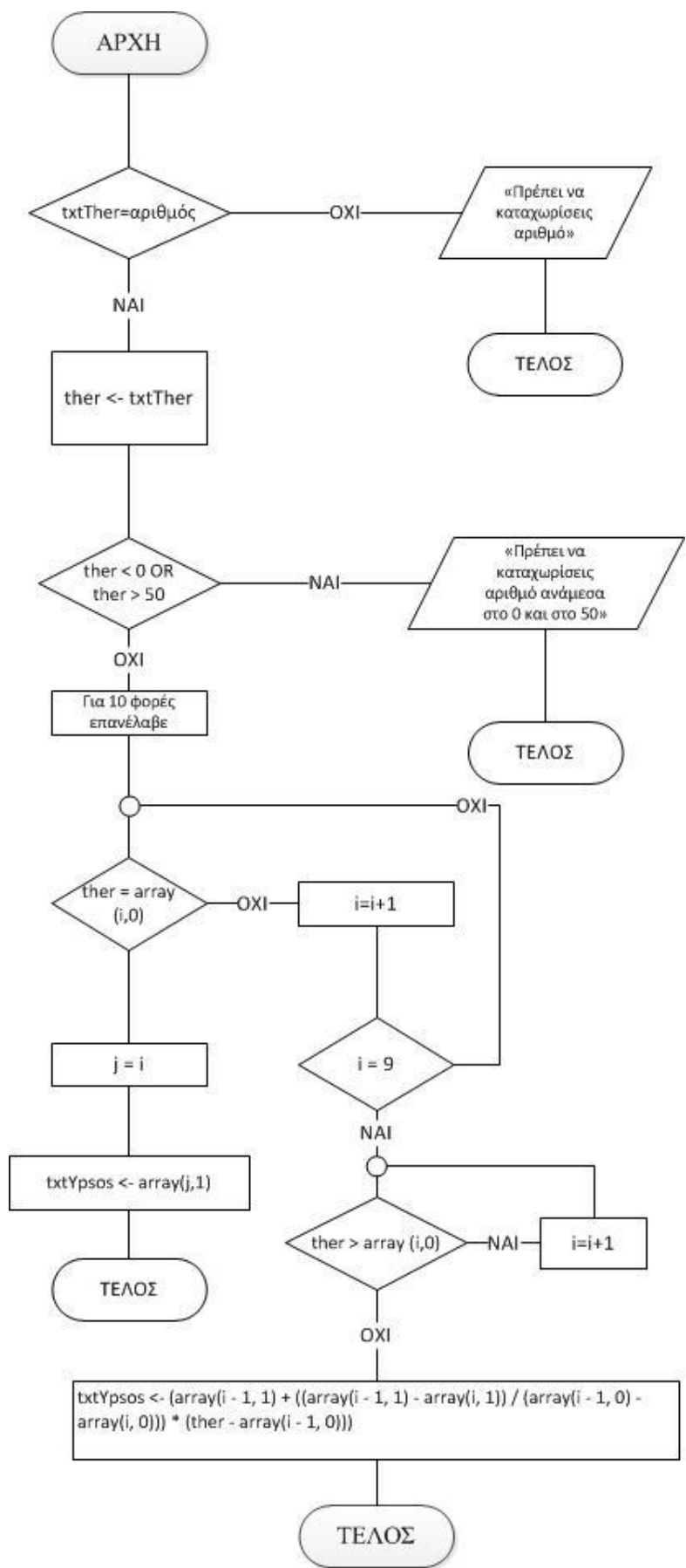
Η δημιουργία του διαγράμματος παρέχει με γραφικό τρόπο το επιτρεπτό ύψος του αγωγού μέσης τάσης σε συνάρτηση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Με στόχο την μεγαλύτερη ευκολία του χρήστη κατά τον χειρισμό του προγράμματος,

δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη μετά την υλοποίηση του διαγράμματος να καταχωρίσει μία συγκεκριμένη θερμοκρασία και να λάβει ως απάντηση το ύψος του αγωγού, όπως παρουσιάζεται και στην γραφική παράσταση.

Η διαδικασία αυτή περιγράφεται στο σχήμα 25 και επιτελείται μέσω του αλγορίθμου των ελαχίστων τετραγώνων και στον κώδικα περιγράφεται με την υπορουτίνα «BtnTher_Click».

Στην υπορουτίνα αυτή χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μεταβλητές:

- ther, η οποία αφορά στη θερμοκρασία που θα καταχωρίσει ο χρήστης
- i, η οποία αποτελεί έναν δείκτη για τον πίνακα array(9,1) και ρυθμίζει τις γραμμές του πίνακα
- j, η οποία λαμβάνει ως τιμή την τελευταία τιμή του i στην οποία έχει γίνει η ταυτοποίηση της θερμοκρασίας που έχει καταχωρίσει ο χρήστης με τις τιμές που έχει ήδη αποθηκευμένες ο πίνακας array(9,1)
- txtTher, στην οποία καταχωρεί ο χρήστης την επιθυμητή θερμοκρασία για την οποία θα γίνει ο υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπτού ύψους
- txtYrsos, στην οποία αποθηκεύεται το ύψος του αγωγού, όπως προκύπτει μετά τον υπολογισμό του μέσω ελαχίστων τετραγώνων.



Σχήμα 25: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει τον τρόπο υλοποίησης της εύρεσης του επιτρεπόμενου ύψους του αγωγού για μία συγκεκριμένη θερμοκρασία

Βήμα 6°

Τελικά, ο χρήστης μπορεί να κλείσει την εφαρμογή μέσω του εικονιδίου «Exit». Η έξοδος από το πρόγραμμα πραγματοποιείται μέσω της υπορουτίνας «BtnExit_Click». Στην υπορουτίνα αυτή η εντολή που οδηγεί στην έξοδο από το πρόγραμμα είναι:

« `Me.Close()`»

Βήμα 7°

Το πρόγραμμα μπορεί να οδηγηθεί σε τερματισμό της λειτουργίας του εάν ο χρήστης επιλέξει να κλείσει το παράθυρο. Στην περίπτωση αυτή και σε κάθε περίπτωση που προκαλείται έξοδος από το πρόγραμμα θα πρέπει όλα τα αρχεία Excel που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος να κλείνουν. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στην υπορουτίνα «Form1_FormClosed» η παρακάτω εντολή:

`xlWorkbook.Close()`

Με την εντολή αυτή, πραγματοποιείται τερματισμός όλων των αρχείων Excel που έχουν χρησιμοποιηθεί.

4.3 Κώδικας Προγράμματος Β

Για την εγγραφή του Προγράμματος Β χρησιμοποιήθηκε το γραφικό περιβάλλον του Visual Studio και ως γλώσσα προγραμματισμού επιλέχθηκε η Visual Basic. Στη συνέχεια θα αναλυθεί με σειρά Βημάτων ο κώδικας του προγράμματος με τη χρήση των εντολών της Visual Basic και λογικών διαγραμμάτων. Το κάθε βήμα μπορεί να αποτελείται από μία ή και περισσότερες υπορουτίνες του προγράμματος.

Βήμα 1°

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος, εμφανίζεται αρχικά ένα παράθυρο το οποίο ενημερώνει τον χρήστη με κάποιες βασικές πληροφορίες του προγράμματος. Εν προκειμένω, τον ενημερώνει για τον τίτλο του προγράμματος, τους δημιουργούς του προγράμματος καθώς και για τη σχολή στην οποία ανήκουν οι δημιουργοί και ο

υπεύθυνος καθηγητής που επέβλεπε την διπλωματική. Στο παράθυρο αυτό υπάρχει επίσης μία μπάρα, η οποία φορτώνει για 30 msec. Μόλις ολοκληρωθεί η μπάρα και παρέλθουν τα 3 δευτερόλεπτα φεύγει το συγκεκριμένο παράθυρο και τη θέση του δίνει στο κεντρικό παράθυρο στο οποίο ο χρήστης καθορίζει τις επιλογές του. Το πρώτο παράθυρο αποτελεί ένα εισαγωγικό παράθυρο, το οποίο εντάσσει τον χρήστη στην λειτουργία του προγράμματος.

Η υλοποίηση του αρχικού αυτού παραθύρου επιτελείται με τη χρησιμοποίηση ενός αντικειμένου που ονομάζεται panel. Πάνω στο panel έχουν τοποθετηθεί κατάλληλα labels, τα οποία διαθέτουν τις παραπάνω πληροφορίες. Η μπάρα ορίζεται από το αντικείμενο ProgressBar. Ο χρόνος κατά τη διάρκεια του οποίου θα ολοκληρώνεται η μπάρα καθώς επίσης και ο χρόνος, κατά τη διάρκεια του οποίου θα παραμένει ενεργό το παράθυρο καθορίζονται με Χρονόμετρα (Timers). Το Timer 1 καθορίζει την διάρκεια πλήρωσης της μπάρας, ενώ το Timer 2 καθορίζει την διάρκεια κατά την οποία παραμένει ενεργό το παράθυρο.

Βήμα 2°

Αρχικά, το πρόγραμμα πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να καθορίσει τα 4 βασικά χαρακτηριστικά του αγωγού που θέλει να εξετάσει και τα οποία αναλύθηκαν εκτενώς στο υποκεφάλαιο 4.1. Ωστόσο, καθώς το πρόγραμμα εξελίσσεται, κάθε επιλογή του χρήστη καθορίζει και τις δυνατές επιλογές των υπόλοιπων χαρακτηριστικών του αγωγού που δεν έχουν ακόμα προσδιοριστεί. Κατ' επέκταση, κάθε επιλογή του χρήστη καθορίζει και τις επόμενες δυνατές επιλογές των υπόλοιπων χαρακτηριστικών που έχουν απομείνει. Αυτή η διαδικασία επιτελείται με την εντολή `select ... case`.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτό το βήμα είναι οι ακόλουθοι:

- ComboBox 1 : Αντιστοιχεί στους διαφορετικούς τύπους αγωγού
- ComboBox 2 : Αντιστοιχεί στα διαφορετικά είδη επιφόρτισης
- ComboBox 3 : Αντιστοιχεί στις διαφορετικές τιμές που δύναται να λάβει κάθε φορά η διατομή του αγωγού
- ComboBox 4 : Αντιστοιχεί στα διαφορετικά βασικά ανοίγματα που μπορεί να έχει ένας αγωγός

Το Combobox που χρησιμοποιείται σε αυτή τη φάση του προγράμματος μπορεί να λάβει είτε μία τιμή είτε μία λίστα τιμών με κατάλληλες εντολές καταχώρισης.

Στη συνέχεια ακολουθούν κάποιοι πίνακες, οι οποίοι ορίζουν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των 4 αυτών χαρακτηριστικών ενός αγωγού. Στους πίνακες 11 και 12 παρουσιάζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί για αγωγό τύπου ACSR.

Τύπος Αγωγού (Combobox 1)	Επιφόρτιση Αγωγού (Combobox 2)	Διατομή Αγωγού (Combobox 3)	Βασικό Άνοιγμα (Combobox 4)	
ACSR	Ελαφρά	16	75	
			100	
			125	
			150	
			175	
		35	75	
			100	
			125	
			150	
			175	
		50	200	
			75	
	100			
	125			
	150			
	175			
	95	200		
		225		
		250		
		275		
		300		
		325		
		350		
		375		
		Κανονική	35	75
				100
	50		75	
			100	
125				
95	150			
	175			
	200			
	225			
	250			
	275			
	300			
325				
350				
375				
400				
425				

Πίνακας 11: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών αγωγού ACSR για Ελαφρά και Κανονική Επιφόρτιση

Τύπος Αγωγού (Combobox 1)	Επιφόρτιση Αγωγού (Combobox 2)	Διατομή Αγωγού (Combobox 3)	Βασικό Άνοιγμα (Combobox 4)	
ACSR	Μέση (Κανονική)	16	75	
			100	
			125	
		35	125	
			150	
			175	
		50	200	
			175	
			200	
		Βαρειά	16	225
				250
				75
	35		100	
			125	
			150	
	50		75	
			100	
			125	
	95	150	175	
			200	
			225	
		250	275	
			300	
			325	
		350	75	
			100	
			125	
		Υπερβαρειά	35	150
				175
			95	200
	225			
	Εξαιρετικώς βαρειά	95	20	
25				
40				

Πίνακας 12: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών αγωγού ACSR για Μέση (Κανονική), Βαρειά, Υπερβαρειά και Εξαιρετικώς βαρειά Επιφόρτιση

Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί των 3 χαρακτηριστικών του αγωγού για αγωγό τύπου ACSR – R.

Τύπος Αγωγού (Combobox 1)	Επιφόρτιση Αγωγού (Combobox 2)	Διατομή Αγωγού (Combobox 3)	Βασικό Άνοιγμα (Combobox 4)
ACSR - R	Ελαφρά	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-
	Κανονική	16	150
			175
			200
			225
			250
			275
			300
			325
			350
			375
	400		
	425		
	Μέση (Κανονική)	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-
	Βαρειά	16	100
			125
			150
			175
			200
			225
250			
275			
Υπερβαρειά	16	300	
		75	
		100	
Εξαιρετικώς βαρειά	16	125	
		150	
Εξαιρετικώς βαρειά	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-	

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών αγωγού ACSR-R για Ελαφρά, Κανονική, Μέση (Κανονική), Βαρειά, Υπερβαρειά και Εξαιρετικώς βαρειά Επιφόρτιση

Στον πίνακα 14 καταγράφονται όλοι οι επιτρεπτοί συνδυασμοί για αγωγό τύπου Χαλκού.

Τύπος Αγωγού (Combobox 1)	Επιφόρτιση Αγωγού (Combobox 2)	Διατομή Αγωγού (Combobox 3)	Βασικό Άνοιγμα (Combobox 4)	
Χαλκού	Ελαφρά	16	75	
			100	
			125	
		35	100	
			125	
			150	
		50	100	
			125	
			150	
		95		75
				100
				125
	150			
	175			
	200			
	Κανονική	35	100	
			125	
		50	100	
			200	
	Μέση (Κανονική)	16	75	
			75	
			100	
		95	125	
			150	
175				
Βαρειά	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-		
Υπερβαρειά	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-		
Εξαιρετικώς βαρειά	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-		

Πίνακας 14: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών αγωγού Χαλκού για Ελαφρά, Κανονική, Μέση (Κανονική), Βαρειά, Υπερβαρειά και Εξαιρετικώς βαρειά Επιφόρτιση

Στους πίνακες 15 και 16 παρουσιάζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί για αγωγό τύπου AAAC.

Τύπος Αγωγού (Combobox 1)	Επιφόρτιση Αγωγού (Combobox 2)	Διατομή Αγωγού (Combobox 3)	Βασικό (Combobox 4)	Άνοιγμα		
AAAC	Ελαφρά	35	75			
			100			
			125			
			150			
			175			
		70	75			
			100			
			125			
			150			
			175			
		185	200			
			75			
			100			
			125			
			150			
			175			
			200			
			225			
	250					
	275					
	300					
	325					
	Κανονική	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-			
			Μέση (Κανονική)	35	75	
					100	
	125					
	150					
	175					
	70	75				
		100				
		125				
		150				
		175				
	185	200				
		75				
		100				
		125				
		150				
		175				
		200				
		225				
		250				
275						
300						
325						
350						
375						
400						
425						

Πίνακας 15: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών αγωγού AAAC για Ελαφρά, Κανονική και Μέση (Κανονική) Επιφόρτιση

Τύπος Αγωγού (Combobox 1)	Επιφόρτιση Αγωγού (Combobox 2)	Διατομή Αγωγού (Combobox 3)	Βασικό (Combobox 4)	Άνοιγμα
AAAC	Βαρεία	35	75	
			100	
			125	
		70	75	
			100	
			125	
	185	150		
		75		
		100		
		125		
		150		
		175		
		200		
		225		
		250		
		275		
		300		
	325			
	350			
	Υπερβαρεία	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-	
Εξαιρετικώς βαρεία	Δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή	-		

Πίνακας 16: Συγκεντρωτικός πίνακας χαρακτηριστικών αγωγού AAAC για Βαρεία, Υπερβαρεία και Εξαιρετικώς βαρεία Επιφόρτιση

Με βάση τους πίνακες 11, 12, 13, 14, 15 και 16 δημιουργήθηκαν οι υπορουτίνες του κώδικα με ονομασία «BtnOK_Click» και «BtnBasiko_Click», όπως φαίνονται και στο Παράρτημα Β. Η υπορουτίνα «BtnOK_Click» καθορίζει τις τιμές που θα λάβει η παράμετρος Combobox 3, σύμφωνα με τις τιμές που έχουν λάβει οι παράμετροι Combobox 1 και 2. Η υπορουτίνα «BtnBasiko_Click», ορίζει τις τιμές που θα λάβει η παράμετρος Combobox 4, σε συνδυασμό με τις τιμές που έχουν ήδη επιλεγεί για τις μεταβλητές Combobox 1, Combobox 2 και Combobox 3. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι υπορουτίνες χρησιμοποιούν επαναλαμβανόμενα την εντολή select.. case, σύμφωνα με την οποία ανάλογα με την τιμή που λαμβάνει η μεταβλητή Combobox 2 και με καθορισμένη την τιμή του Combobox 1, μεταβάλλεται και προσδιορίζεται αντίστοιχα και η μεταβλητή Combobox 3 και εν τέλει καθορίζεται και η τιμή του Combobox 4.

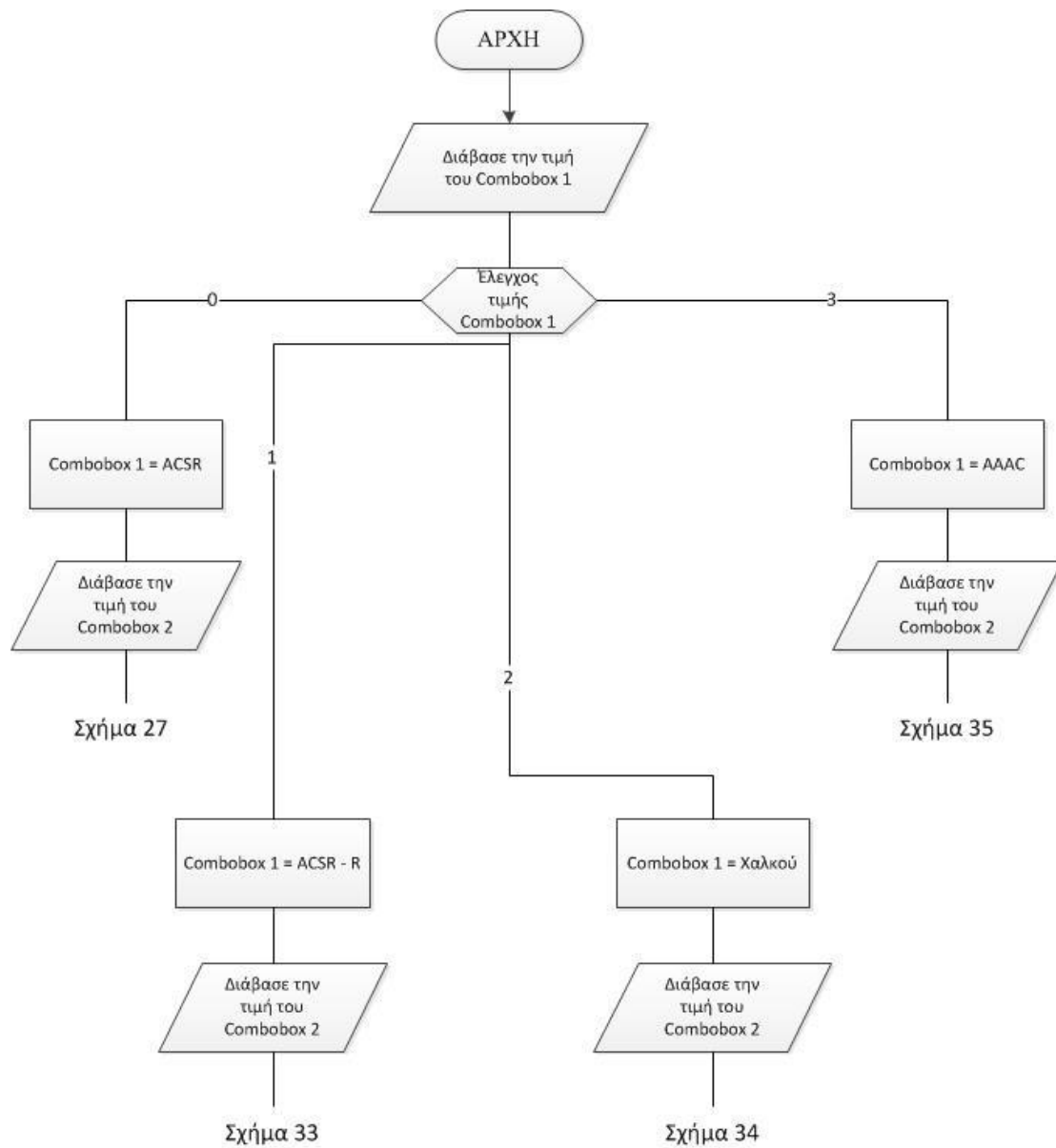
Με στόχο να κατανοηθεί με τον μέγιστο δυνατό βαθμό οι υπορουτίνες αυτές χρησιμοποιούνται λογικά διαγράμματα. Καθώς οι μεταβλητές Combobox δύναται να λάβουν είτε μία μεμονωμένη τιμή είτε μία λίστα τιμών συμβολίζονται ως εξής:

Combobox X (i), όπου

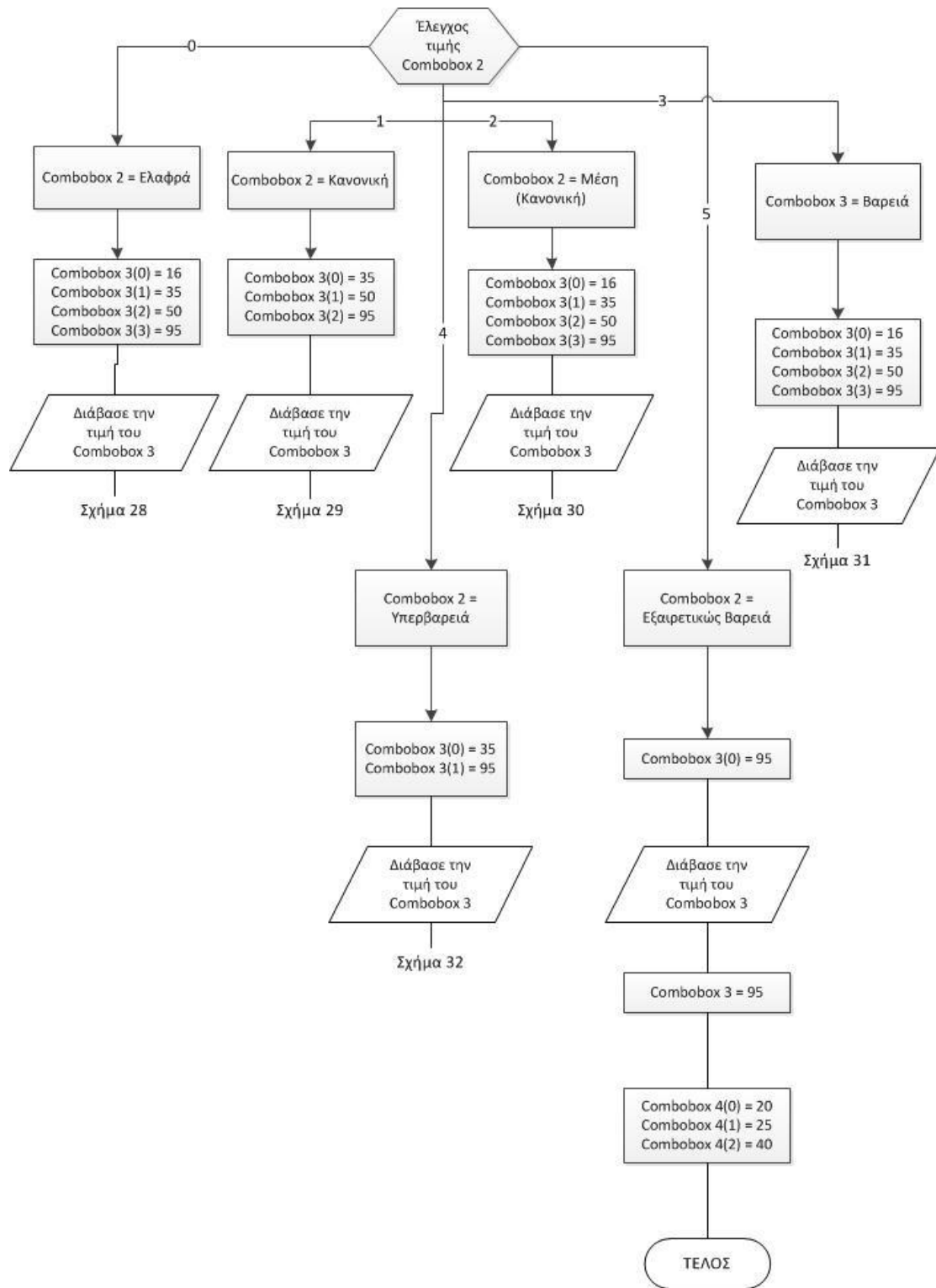
X:1-4,

i: η αρίθμηση του αντικειμένου στη λίστα

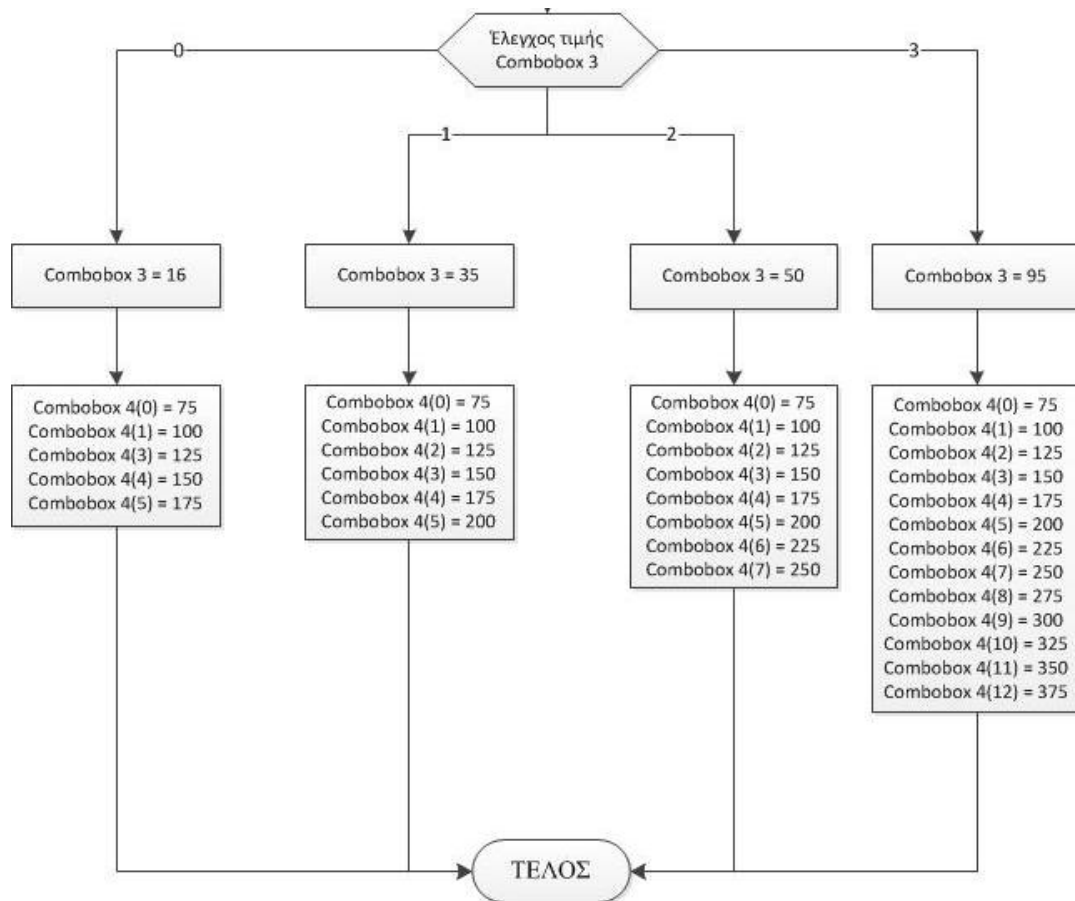
Το τμήμα του κώδικα στο οποίο περιγράφονται οι υπορουτίνες «BtnOK_Click» και «BtnBasiko_Click» αναλύεται γραφικά με στόχο την επίτευξη της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης κατανόησης. Η ανάλυση αυτή ξεκινάει στο σχήμα 26, στο οποίο παρουσιάζεται η αρχική επιλογή του χρήστη για τον τύπο του αγωγού. Στα σχήματα 27 – 32 ολοκληρώνεται η ανάθεση των τιμών στις παραμέτρους Combobox 2, Combobox 3 και Combobox 4 για τύπο αγωγού ACSR, στο σχήμα 33 παρουσιάζεται ο τρόπος καταχώρησης των τιμών στις μεταβλητές Combobox 2, Combobox 3 και Combobox 4 για τύπο αγωγού ACSR – R, στο σχήμα 34 διαρθρώνεται η μέθοδος καταχώρισης των τιμών στις παραμέτρους Combobox 2, Combobox 3 και Combobox 4 για τύπο αγωγού Χαλκού, ενώ στο σχήμα 35 εμφανίζεται ο αλγόριθμος (μέσω λογικού διαγράμματος) καταχώρησης τιμών στις μεταβλητές Combobox 2, Combobox 3 και Combobox 4 για τύπο αγωγού AAAC.



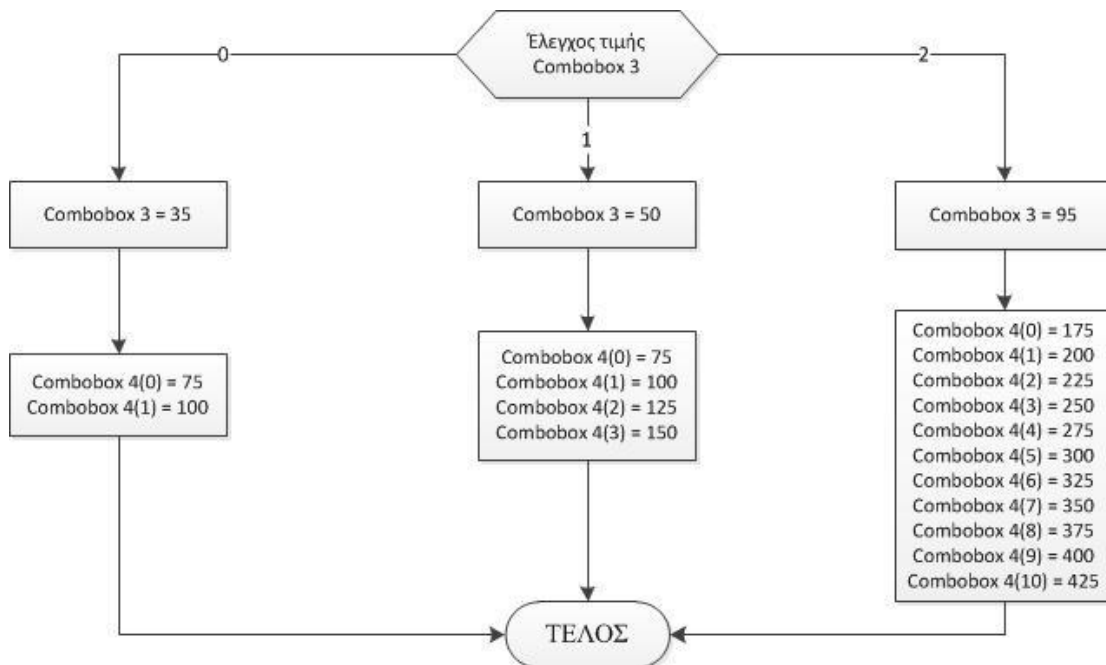
Σχήμα 26: Επιλογή τύπου αγωγού (Combobox 1) και καταχώρηση τιμής για την επιφόρτιση (Combobox 2)



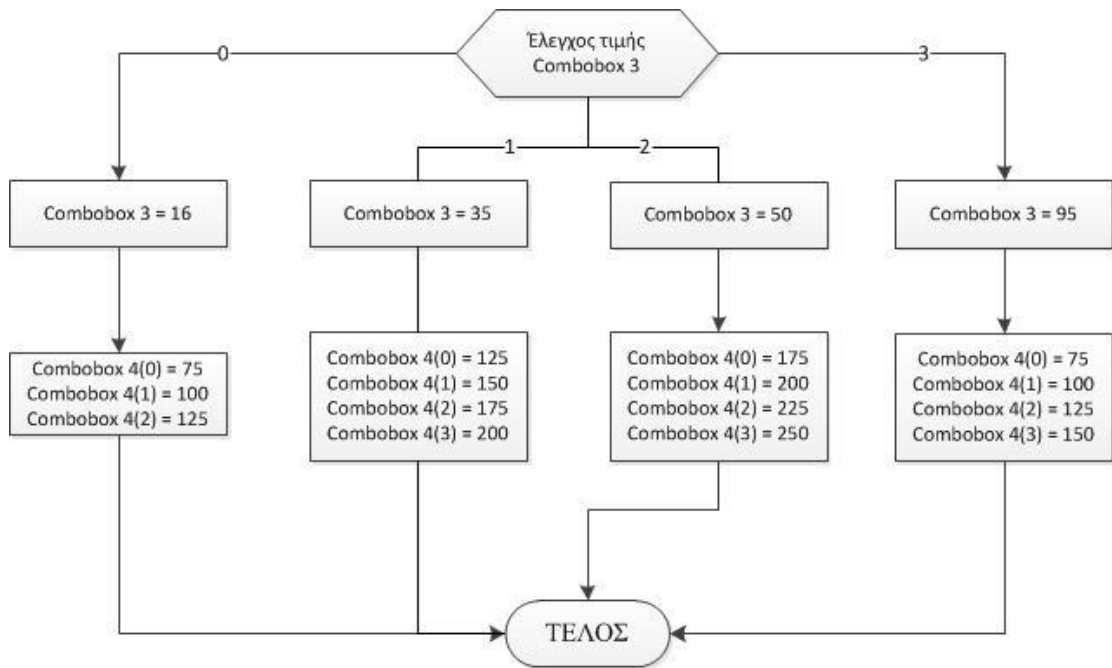
Σχήμα 27: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών της μεταβλητής ComboBox 3 και ComboBox 4 δεδομένου της τιμής του ComboBox 2 για αγωγή ACSR



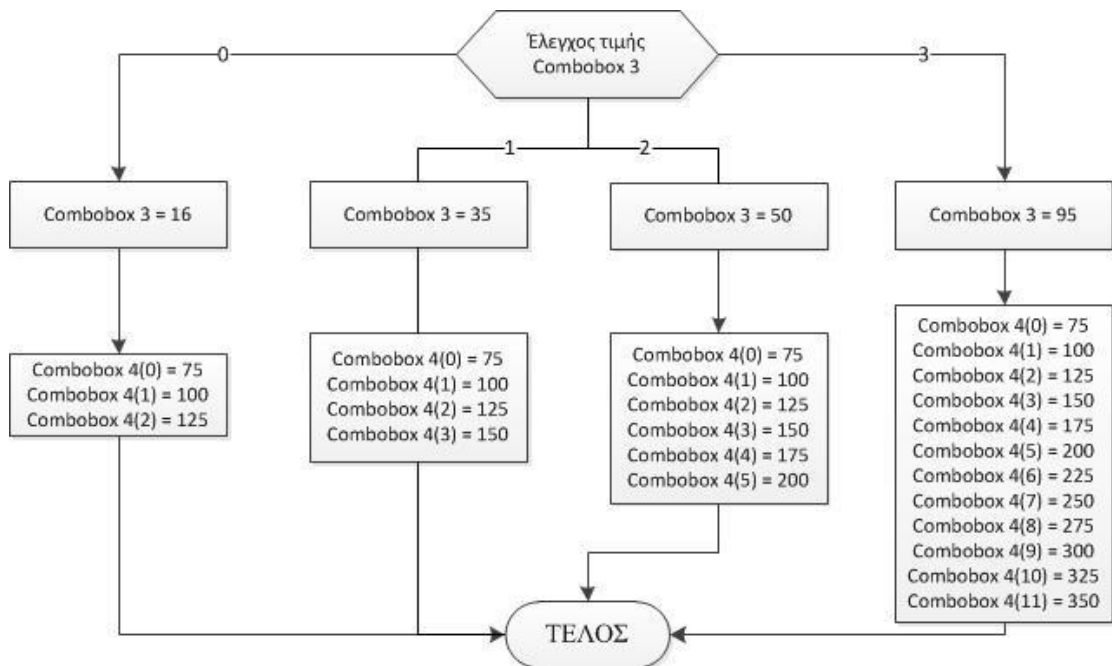
Σχήμα 28: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών στην μεταβλητή Combobox 4, δεδομένου της τιμής του Combobox 3 για αγωγή ACSR ελαφράς επιφόρτισης



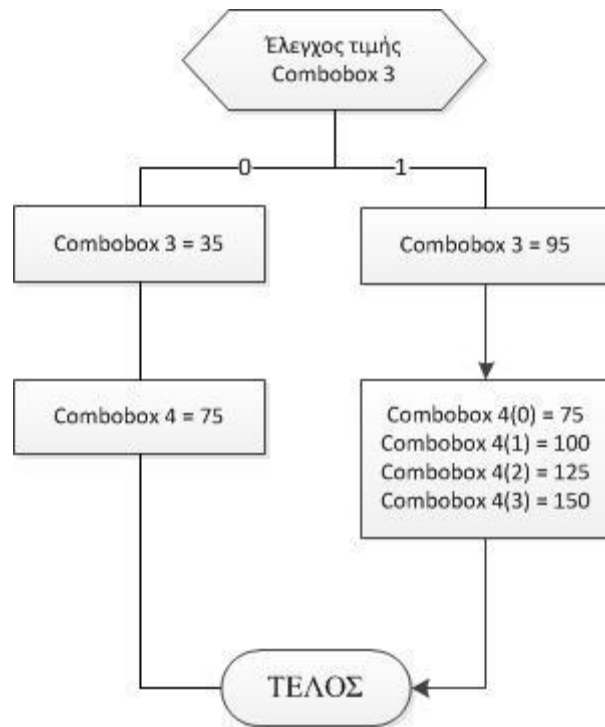
Σχήμα 29: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών στην μεταβλητή Combobox 4, δεδομένου της τιμής του Combobox 3 για αγωγή ACSR κανονικής επιφόρτισης



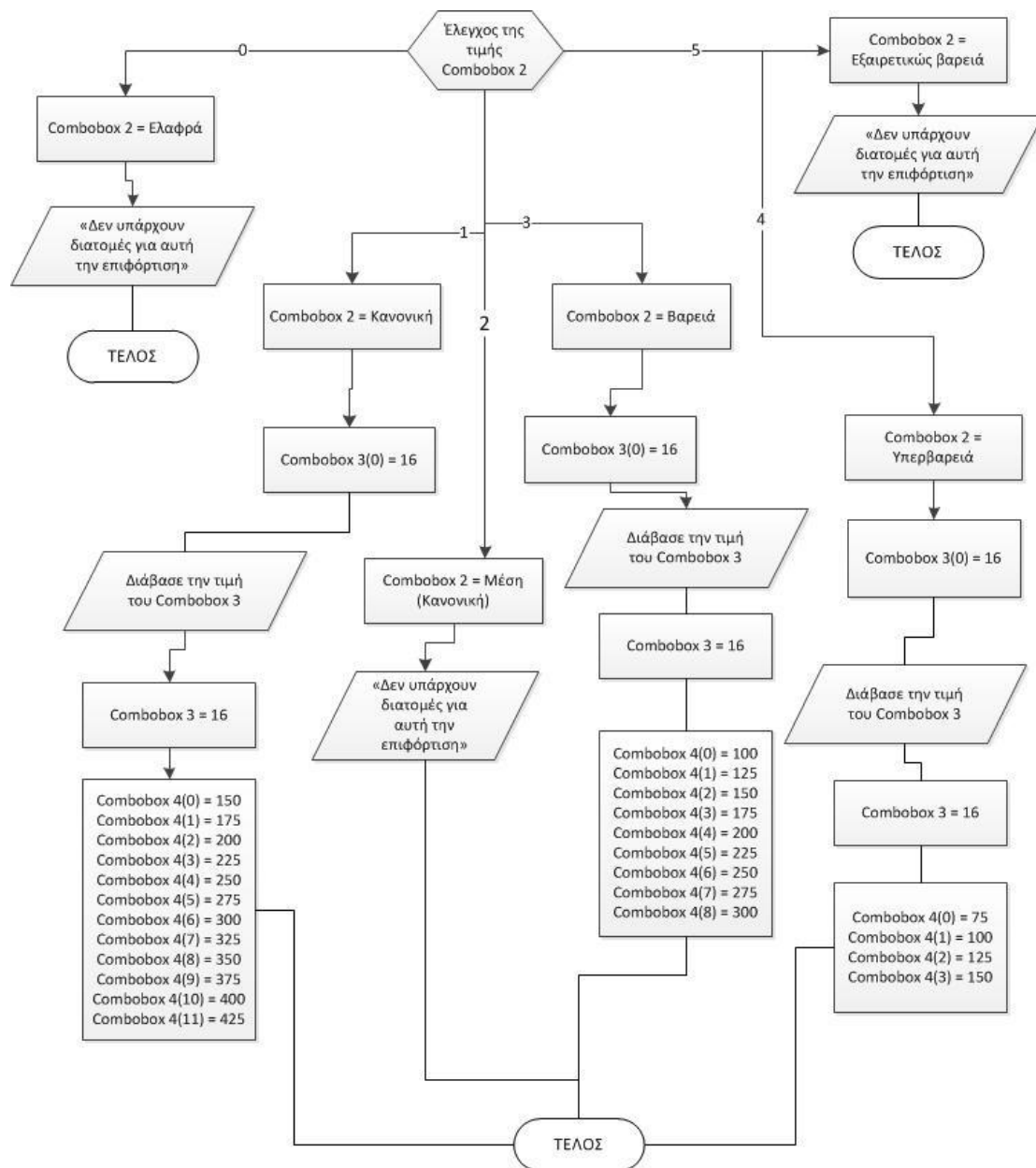
Σχήμα 30: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών στην μεταβλητή Combobox 4, δεδομένου της τιμής του Combobox 3 για αγωγή ACSR μέσης (κανονικής) επιφόρτισης



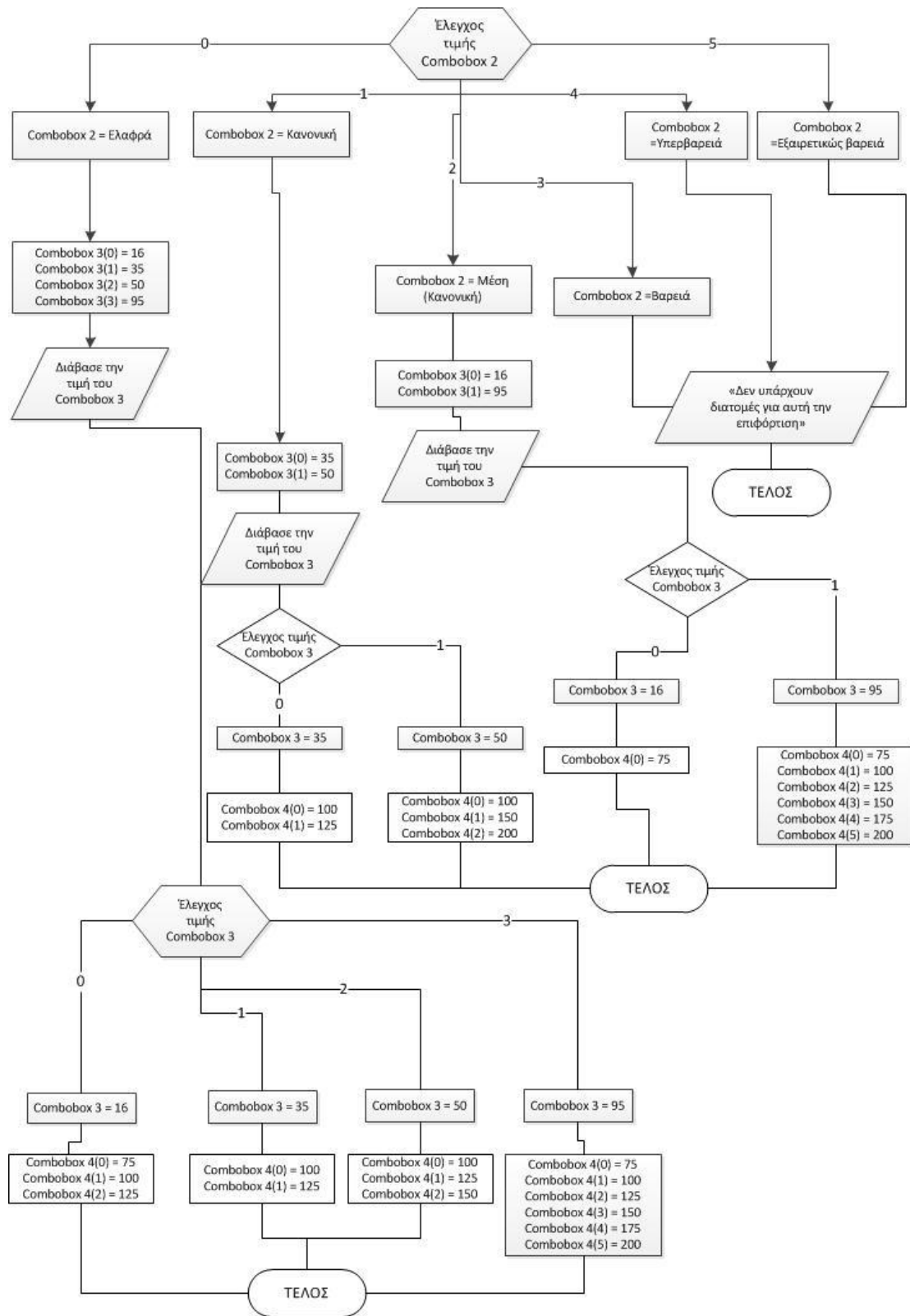
Σχήμα 31: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών στην μεταβλητή Combobox 4, δεδομένου της τιμής του Combobox 3 για αγωγή ACSR βαρειάς επιφόρτισης



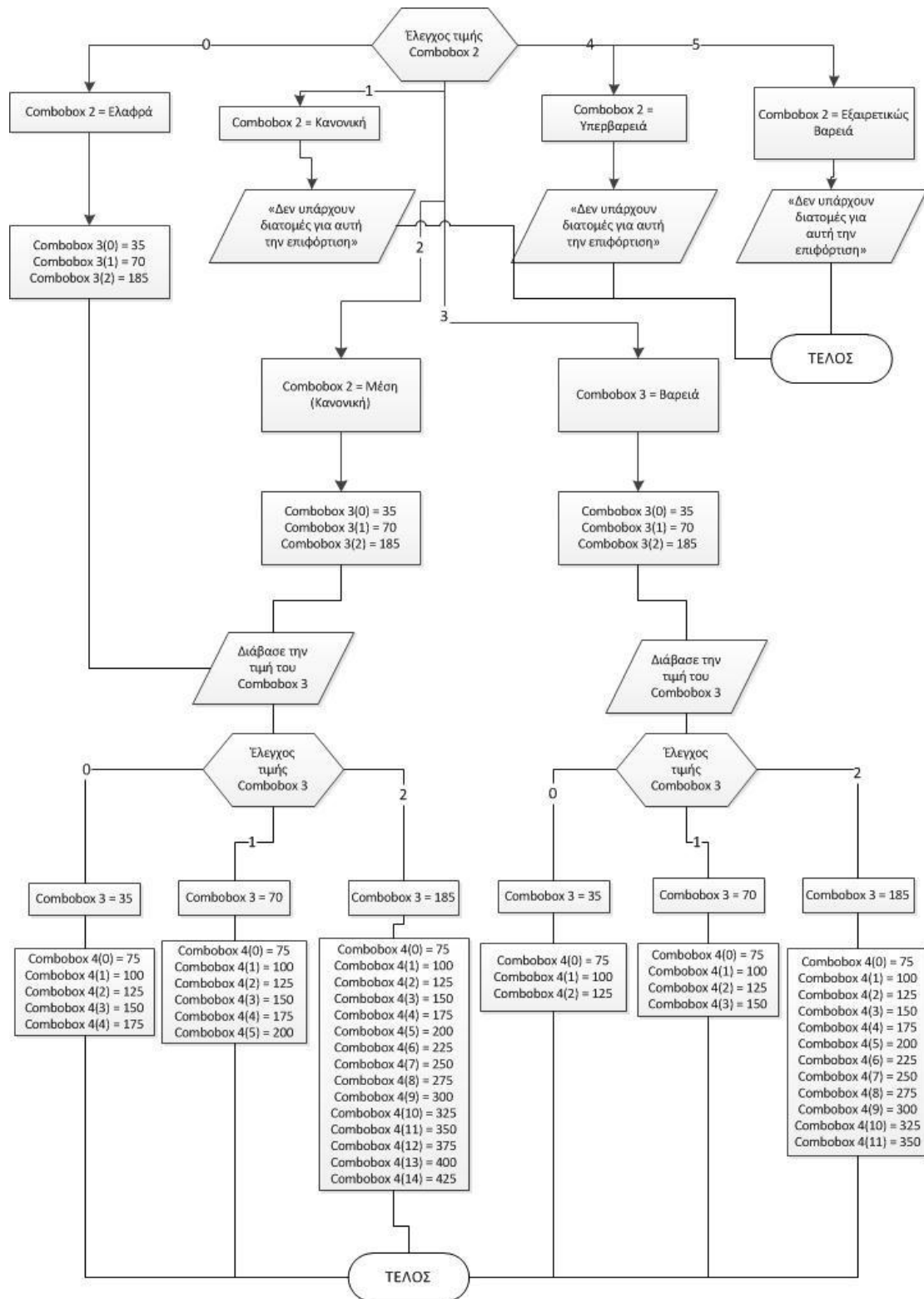
Σχήμα 32: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών στην μεταβλητή Combobox 4, δεδομένου της τιμής του Combobox 3 για αγωγή ACSR υπερβαρείας επιφόρτισης



Σχήμα 33: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών στις μεταβλητές Combox 2, Combox 3 και Combox 4 για αγωγή ACSR – R.



Σχήμα 34: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώρηση των τιμών στις μεταβλητές ComboBox 2, ComboBox 3 και ComboBox 4 για αγωγό Χαλκού



Σχήμα 35: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την καταχώριση των τιμών στις μεταβλητές ComboBox 2, ComboBox 3 και ComboBox 4 για αγωγό AAAC

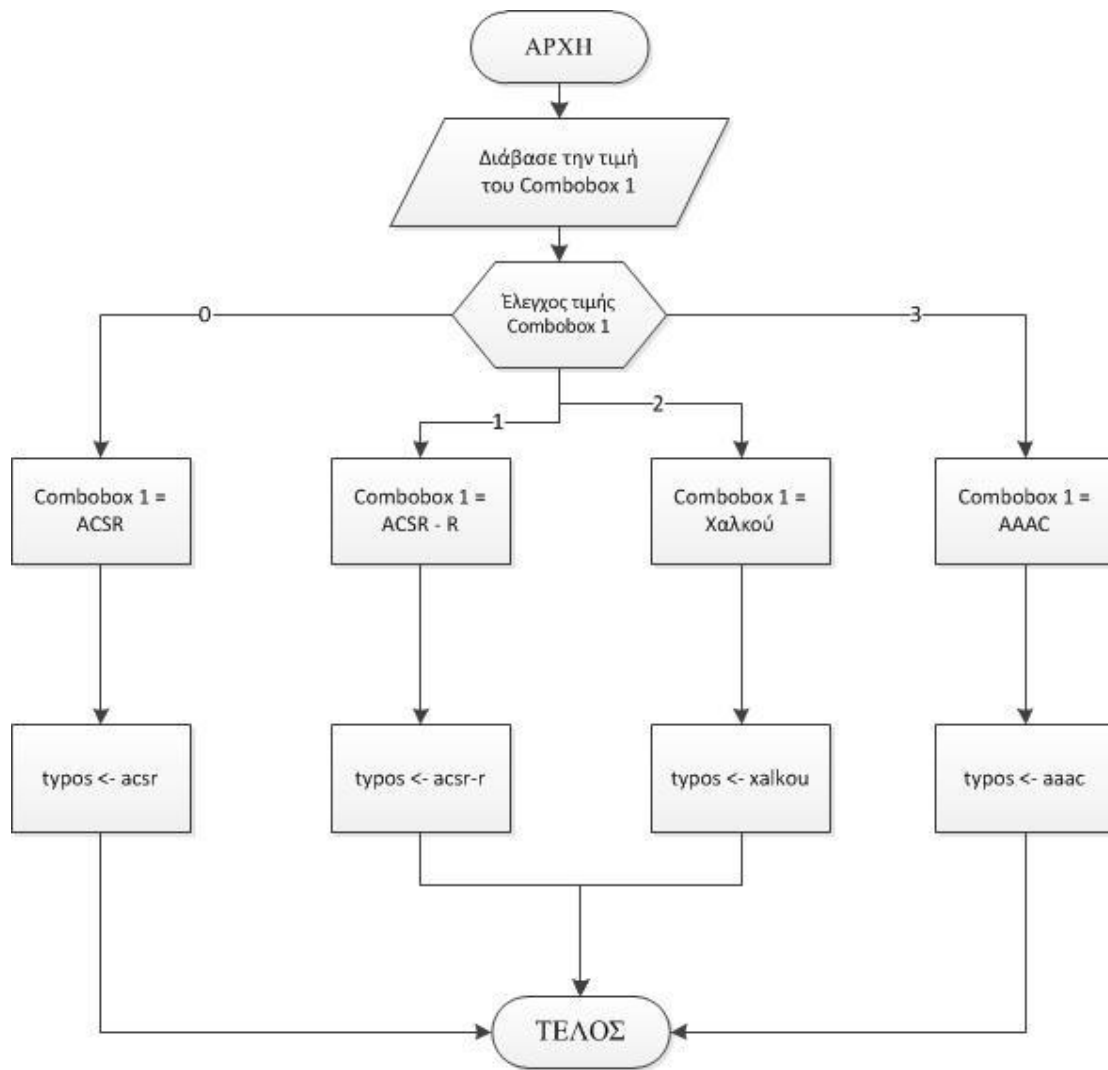
Το σχήμα 26 ορίζει την αρχική επιλογή που πρέπει να κάνει ο χρήστης και αφορά στον τύπο του αγωγού. Τα σχήματα 27 – 32 αντιστοιχούν στους πίνακες 11 και 12 και συγκεκριμένα παρουσιάζουν γραφικά τον τρόπο με τον οποίο καταχωρούνται οι τιμές των στηλών των πινάκων στις αντίστοιχες μεταβλητές. Το σχήμα 33 αφορά στον πίνακα 13 και παρουσιάζει γραφικά τον τρόπο με τον οποίο καταχωρούνται οι τιμές των στηλών στο πρόγραμμα. Αντίστοιχα, το σχήμα 34 αφορά στον πίνακα 14, ενώ το σχήμα 35 αντιστοιχεί στους πίνακες 15 και 16.

Βήμα 3^ο

Στη συνέχεια, όταν ο χρήστης επιλέξει τα χαρακτηριστικά του αγωγού που επιθυμεί να εξετάσει, το πρόγραμμα ταυτοποιεί τις επιλογές του χρήστη με ένα συγκεκριμένο αρχείο Excel, το οποίο βρίσκεται ήδη στη βάση δεδομένων του. Αυτή την διαδικασία την επιτελεί μέσω της υπορουτίνας `BtntautopoisiExcel_Click`. Στην υπορουτίνα αυτή χρησιμοποιούνται ως μεταβλητές:

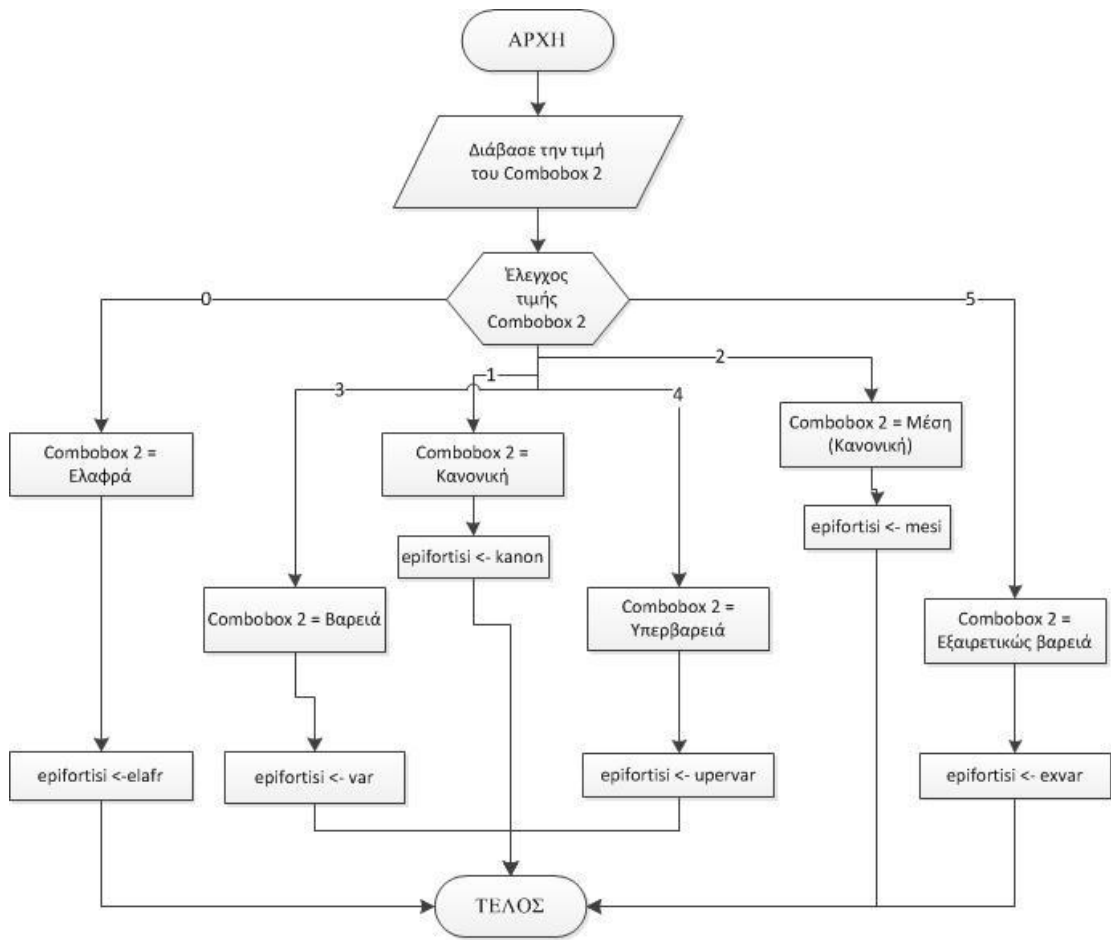
- «typos», η οποία καθορίζει τον τύπο του αγωγού
- «epifortisi», η οποία αφορά στην επιφόρτιση του αγωγού
- «filename», η οποία αφορά στο όνομα του αρχείου Excel, το οποίο αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων

Η μεταβλητή «typos» λαμβάνει μέσω την εντολής `select.. case` τιμή, ανάλογα με τον τύπο του αγωγού που έχει επιλέξει ο χρήστης. Η διαδικασία που περιγράφει το τμήμα του κώδικα αυτού παρουσιάζεται στο σχήμα 36 που απεικονίζεται παρακάτω.



Σχήμα 36: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την ανάθεση τιμής στην μεταβλητή *typos* με βάση την επιλογή του *ComboBox 1*

Η μεταβλητή «*erifortisi*» λαμβάνει τιμές μέσω της εντολής `select... case`, ανάλογα με τις τιμές της παραμέτρου «*ComboBox 2*». Η διαδικασία αυτή περιγράφεται γραφικά με το σχήμα 37.



Σχήμα 37: Λογικό διάγραμμα που παρουσιάζει την ανάθεση τιμής στην μεταβλητή epifortisi με βάση την επιλογή του ComboBox 2

Η μεταβλητή «filename» αντιστοιχεί στο όνομα του αρχείου, το οποίο θα αναζητήσει το πρόγραμμα μετά τις επιλογές του χρήστη για τον καθορισμό των 4 χαρακτηριστικών του αγωγού. Η μεταβλητή «filename» συντάσσεται κατά τον ακόλουθο τρόπο:

```
filename = typos & "_" & epifortisi & "_" & ComboBox3.Text & "_" &
ComboBox4.Text
```

Οπότε, οι επιλογές του χρήστη καθορίζουν την μεταβλητή «filename». Ο φάκελος στον οποίο αποθηκεύονται όλα τα αρχεία Excel ονομάζεται «db» και συνοδεύει το πρόγραμμα. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα καλείται να βρει το αρχείο με τη συγκεκριμένη ονομασία «filename» μέσα στον φάκελο της βάσης δεδομένων του, δηλαδή μέσα στον φάκελο «db».

Η χρησιμοποίηση αρχείων Excel προϋποθέτει την εισαγωγή βιβλιοθηκών κατάλληλων για την επεξεργασία των αρχείων Excel μέσα από την Visual Basic. Αυτές οι βιβλιοθήκες ορίζονται στην αρχή του προγράμματος και καλούνται μέσω της εντολής:

«Imports»

Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα έχει γίνει εισαγωγή των εξής βιβλιοθηκών που σχετίζονται με επεξεργασία αρχείων Excel:

- Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel
- Microsoft.Office.Interop.Excel

Ακόμα, ορίζονται ως γενικές μεταβλητές, δηλαδή μεταβλητές οι οποίες διατρέχουν ολόκληρο το πρόγραμμα και δεν ορίζονται μονάχα σε μία υπορουτίνα του προγράμματος, οι εξής:

- xlApp, η οποία αντιστοιχεί στην εφαρμογή Excel
- xlWorkbook, η οποία αφορά σε ένα αρχείο Excel
- xlWorksheet, η οποία ορίζει το Φύλλο του αρχείου Excel, το οποίο θα διαχειριστεί το πρόγραμμα

Η ταυτοποίηση του κατάλληλου αρχείου Excel, σύμφωνα με τις επιλογές του χρήστη επιτελείται με τις παρακάτω εντολές:

```
xlApp = New Excel.Application  
xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open(apppath & "\db\" & filename)  
xlWorksheet = xlWorkbook.Worksheets.Item(1)
```

Η πρώτη εντολή ορίζει ότι θα ανοίξει η εφαρμογή Excel. Με την δεύτερη εντολή, ανοίγει το αρχείο, το οποίο βρίσκεται στον φάκελο «db» και η ονομασία του είναι «filename». Με την τρίτη εντολή, το πρόγραμμα επικεντρώνεται στο πρώτο φύλλο του αρχείου Excel. Όσον αφορά στην μεταβλητή «appath», η συγκεκριμένη μεταβλητή ορίζει το μονοπάτι μέσα στον υπολογιστή στο οποίο έχει καταχωρηθεί το πρόγραμμα. Σύμφωνα με τον παρακάτω κώδικα, η μεταβλητή «appath» λαμβάνει την τιμή της από την αρχή της εκτέλεσης του προγράμματος και συγκεκριμένα μέσω της υπορουτίνας:

Form1_Load

Μέσω της εντολής:

```
apppath = Environment.CurrentDirectory
```

Η μεταβλητή «appath» λαμβάνει ως τιμή την τωρινή διεύθυνση στην οποία έχει αποθηκευτεί το πρόγραμμα. Καθώς κάθε χρήστης δεν αποθηκεύει το αρχείο του προγράμματος σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία μέσα στον υπολογιστή του, η μεταβλητή «appath» έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει κάθε φορά την τοποθεσία αυτή. Κατ' επέκταση, χρησιμοποιώντας την παραπάνω έκφραση το πρόγραμμα καταλήγει να αναζητάει μέσα στον φάκελο «db» το αρχείο Excel με την ονομασία «filename».

Στη συνέχεια, αφού το πρόγραμμα ταυτοποιήσει το συγκεκριμένο αρχείο Excel με τις επιλογές του χρήστη, ο κέρσορας αναβοσβήνει στο πεδίο στο οποίο θα πρέπει να καταχωρήσει το άνοιγμα των στύλων το οποίο θέλει να εξετάσει. Το πεδίο αυτό αποτελεί ένα Text Box, η οποία είναι μια διάταξη, στην οποία ο χρήστης μπορεί μέσω του πληκτρολογίου να βάλει την τιμή που θέλει. Μέσα στον κώδικα, η μεταβλητή αυτή ορίζεται ως «txtAnoigma».

Η διαδικασία κατά την οποία επικεντρώνεται ο κέρσορας στο συγκεκριμένο πεδίο επιτελείται μέσω της εντολής:

```
txtAnoigma.Focus()
```

Βήμα 4°

Σε αυτή τη φάση, το πρόγραμμα αναμένει από τον χρήστη να τοποθετήσει την τιμή του ανοίγματος των στύλων που επιθυμεί να εξετάσει. Η υπορουτίνα για την διαδικασία αυτή είναι ακριβώς η ίδια όπως στο Πρόγραμμα Α και έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 5.2 στο Βήμα 2.

Βήμα 5°

Μόλις ολοκληρωθεί η επεξεργασία του αρχείου Excel και δημιουργηθεί το γράφημα, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να αποθηκεύσει το αρχείο αυτό σαν εικόνα. Η διαδικασία με την οποία περιγράφεται αυτή η ενέργεια είναι ταυτόσημη με

την ενέργεια αποθήκευσης του Προγράμματος A και έχει αναλυθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 5.2 στο Βήμα 3.

Βήμα 6°

Το πρόγραμμα επιτρέπει στον χρήστη να εκτυπώσει απευθείας το διάγραμμα, χωρίς να χρειαστεί να το αποθηκεύσει αρχικά σε μορφή εικόνας. Η διαδικασία αυτή είναι ταυτόσημη με την διεργασία εκτύπωσης του Προγράμματος A και έχει αναλυθεί εκτενώς στο Κεφάλαιο 5.2 στο Βήμα 4.

Βήμα 7°

Η δημιουργία του διαγράμματος παρέχει με γραφικό τρόπο το επιτρεπτό ύψος του αγωγού μέσης τάσης σε συνάρτηση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Με στόχο την μεγαλύτερη ευκολία του χρήστη κατά τον χειρισμό του προγράμματος, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη μετά την υλοποίηση του διαγράμματος να καταχωρίσει μία συγκεκριμένη θερμοκρασία και να λάβει ως απάντηση το ύψος του αγωγού, όπως παρουσιάζεται και στην γραφική παράσταση. Η διαδικασία αυτή επιτελείται και στο Πρόγραμμα A και έχει αναλυθεί λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 5.2 στο Βήμα 5.

Βήμα 8°

Τελικά, ο χρήστης μπορεί να κλείσει την εφαρμογή μέσω του εικονιδίου «Exit» είτε με το κλείσιμο του παραθύρου της εφαρμογής. Η υπορουτίνα που διενεργεί αυτή τη λειτουργία έχει περιγραφεί στο Πρόγραμμα A και συγκεκριμένα στο Κεφάλαιο 5.2 στο Βήμα 6 και 7.

Βήμα 9°

Σε αυτό το βήμα αναλύονται οι μορφοποιήσεις του προγράμματος, οι οποίες αφορούν στην εμφάνιση κάποιων ενδεικτικών εικόνων κατά την εκτέλεση του

προγράμματος για την ευκολία του χρήστη. Συγκεκριμένα, κατά την εκτέλεση του προγράμματος κατά την επιλογή των απαιτούμενων χαρακτηριστικών του αγωγού από τον χρήστη παρατηρείται η εμφάνιση κάποιων εικόνων. Η κάθε εικόνα κωδικοποιείται μέσω δύο υπορουτίνων. Αναλόγως σε ποιο χαρακτηριστικό εμπίπτει κάθε εικόνα ονομάζεται και η υπορουτίνα με τον ίδιο τρόπο. Συγκεκριμένα, οι συνδυαζόμενες ρουτίνες είναι:

- «ttipTyposAgwgoy_Popup» & «ttipTyposAgwgoy_Draw», οι οποίες αφορούν στο χαρακτηριστικό «Τύπος Αγωγού»
- «ttipEpifortisi_Popup» & «ttipEpifortisi_Draw», οι οποίες αφορούν στο χαρακτηριστικό «Επιφόρτιση»
- «ttipDiatomi_Popup» & «ttipDiatomi_Draw», οι οποίες αφορούν στο χαρακτηριστικό «Διατομή»
- «ttipAnoigma_Popup» & «ttipAnoigma_Draw», οι οποίες αφορούν στο χαρακτηριστικό «Βασικό Άνοιγμα»
- «ttipYpsos_Popup» & «ttipYpsos_Draw», οι οποίες αφορούν στο χαρακτηριστικό «Άνοιγμα Στύλων»

Σε κάθε τέτοιο ζευγάρι υπορουτίνων οι εντολές είναι οι ίδιες. Στην πρώτη υπορουτίνα ρυθμίζονται τα όρια της εικόνας, ενώ στην δεύτερη υπορουτίνα χρησιμοποιούνται οι αντίστοιχες εντολές για την εμφάνιση της επιθυμητής εικόνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διπλωματική εργασία στόχο είχε την ανάπτυξη ενός υπολογιστικού προγράμματος για την γραφική απεικόνιση του επιτρεπόμενου ύψους του αγωγού μέσης τάσης. Κατά την διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας, προέκυψαν δύο (2) προγράμματα, ώστε να ικανοποιηθούν οι τωρινές αλλά και οι μελλοντικές απαιτήσεις. Το πρόγραμμα B ικανοποιεί τις απαιτήσεις για τις οποίες προέκυψε η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, ενώ το πρόγραμμα A αφορά στην επέκταση της βάσης δεδομένων του προγράμματος B.

Παράλληλα με την καταχώρηση των μετρήσεων σε αρχεία Excel, τα οποία θα αποτελέσουν την βάση δεδομένων του προγράμματος B, αναπτύχθηκαν και οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Οι γραφικές αυτές παραστάσεις για τον εκάστοτε αγωγό συγκρίθηκαν με τις γραφικές παραστάσεις που προέκυψαν από τα υπολογιστικά προγράμματα A και B και εξάγεται το συμπέρασμα ότι είναι ταυτόσημες. Κατ' επέκταση, τα υπολογιστικά προγράμματα A και B εντοπίζουν ορθά τις αντίστοιχες μετρήσεις και τις αποτυπώνουν με σωστό τρόπο σε γράφημα.

Το πρόγραμμα A χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθότητας των αρχείων Excel, με στόχο την επέκταση της βάσης δεδομένων του προγράμματος B. Εφόσον με τη χρήση του προγράμματος A προκύψουν σωστά αποτελέσματα, τότε το αρχείο Excel αποθηκεύεται στον κατάλληλο φάκελο με την μορφή που περιγράφεται στο Παράρτημα A.

Το πρόγραμμα B διευκολύνει τον χρήστη, καθώς άμεσα προβάλλει γραφικά το επιτρεπτό ύψος του αγωγού μέσης τάσης με βάση τα χαρακτηριστικά του αγωγού και λαμβάνοντας ως δεδομένο το επιθυμητό άνοιγμα των στύλων. Είναι απόλυτα φιλικό προς τον χρήστη και παρέχει την δυνατότητα της οπτικής παρουσίασης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που έχουν καταγραφεί στα αρχεία Excel. Επίσης, η μορφή της βάσης δεδομένων του προγράμματος επιτρέπει την επέκτασή της με εύκολο τρόπο, ο οποίος επεξηγείται λεπτομερώς στο Παράρτημα A. Εκτός από την γραφική αναπαράσταση του επιτρεπτού ύψους του αγωγού σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το πρόγραμμα δίνει επίσης την δυνατότητα στον χρήστη να πληροφορηθεί το ύψος του αγωγού για μία συγκεκριμένη θερμοκρασία της επιλογής του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Υψηλές Τάσεις Ι » Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος, Καθηγητής Ε.Μ.Π., Εκδόσεις Συμεών
- [2] «Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας», Κ. Βουρνάς (Καθηγητής Ε.Μ.Π.) , Γ. Κονταξής (Καθηγητής Ε.Μ.Π.)
- [3] «Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Διατάξεις και Υλικά» Π.Δ. Μπούρκας (Καθηγητής Ε.Μ.Π.), Κ.Γ. Καραγιαννόπουλος (Καθηγητής Ε.Μ.Π.)
- [4] Διπλωματική Εργασία «Ένα Μαθηματικό Μοντέλο και Αντίστοιχο Πρόγραμμα για την Επίλυση του Σχετικά με τον Υπολογισμό της Μηχανικής Αντοχής Εναέριων Γραμμών Υψηλής Τάσης» Στέφανος Β. Νικόπουλος
- [5] Διπλωματική Εργασία «Μέτρηση Μήκους και Προσδιορισμός Θέσης Σφάλματος Καλωδίων» Κλέαρχος Σ. Σταθόπουλος, Δημήτριος Α. Παπαδάκης
- [6] Διπλωματική Εργασία «Μέση Ημερήσια Έκθεση σε Μαγνητικό Πεδίο 50Hz Αναλόγως της Δομής του Δικτύου Διανομής.» Ανδρέας Π. Αγγελίδης
- [7] Πτυχιακή Εργασία «Μελέτη Γραμμών Μεταφοράς Υψηλής Τάσης Σύμφωνα με το Πρότυπο IEC-60826» Ιωάννης Χαριτάκης
- [8] Πτυχιακή Εργασία «Μελέτη Πάσης Φύσεως Δικτύου Μεταφοράς Ηλεκτρικού Ρεύματος από την Παραγωγή στην Κατανάλωση και Ζεύξη με Δίκτυα Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας και Μεταφορά Δεδομένων με τα Ανωτέρω Δίκτυα» Δημήτριος Κ. Δουλφής
- [9] Διπλωματική Εργασία «Θεωρητική Διερεύνηση Φαινομένων κατά τη Φόρτιση Πυλώνων» Δημήτριος Π. Κυριακόπουλος
- [10] Διδακτορική Διατριβή «Υπαίθριες Γραμμές Διανομής Χαμηλής Τάσης σε Περιβάλλον Πυρκαγιών» Ελευθέριος Γ. Ψαρρός
- [11] <http://www.telecables.gr/sub.php?ssub=40>
- [12] http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/distribution.csp
- [13] http://iiu.teikav.edu.gr/iuw/courses/eksamino_04/ilisxios/BIOM_SYST_HL_EN/Theory/metafora01.pdf
- [14] <http://msdn.microsoft.com/library/y4wf33f0>
- [15] http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/distribution.csp
- [16] http://iiu.teikav.edu.gr/iuw/courses/eksamino_04/ilisxios/BIOM_SYST_HL_EN/Theory/metafora01.pdf

[17] <http://www.telecables.gr/sub.php?ssub=40>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΡΧΕΙΩΝ EXCEL

Με στόχο την απρόσκοπτη λειτουργία του Προγράμματος Β, το κάθε αρχείο Excel που θα δημιουργηθεί θα πρέπει να είναι απόλυτα συμβατό με τον κώδικα που έχει γραφτεί. Η ύπαρξη του Προγράμματος Α αποσκοπεί σε έναν προγενέστερο έλεγχο της μορφής του αρχείου Excel, προτού καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων του τελικού προγράμματος (Πρόγραμμα Β). Για την σωστή εκτέλεση των προγραμμάτων θα δίνεται ένας φάκελος, μέσα στο οποίο θα βρίσκονται τα 2 εκτελέσιμα προγράμματα και ένας φάκελος που ονομάζεται «db». Για τη σωστή λειτουργία των προγραμμάτων Α και Β θα πρέπει να αποθηκευτούν σε έναν κοινό φάκελο τόσο τα 2 εκτελέσιμα αρχεία όσο και ο φάκελος «db». Επίσης, όσον αφορά στη μορφή των αρχείων Excel θα πρέπει να ακολουθηθεί η παρακάτω φόρμα:

Μορφή αρχείου Excel

Όλα τα δεδομένα των μετρήσεων θα πρέπει να καταχωρηθούν στο πρώτο φύλλου του αρχείου Excel. Στην πρώτη στήλη θα πρέπει να είναι καταγεγραμμένο το άνοιγμα του αγωγού, όπως προκύπτουν οι τιμές από τα αντίστοιχα διαγράμματα (το άνοιγμα του αγωγού αντιστοιχεί στον άξονα x του διαγράμματος). Ο αριθμός αυτός καθορίζει μία ομάδα μετρήσεων. Η καταχώριση του αριθμού αυτού θα πρέπει να γίνει σε όλες τις σειρές της ομάδας. Η συγχώνευση των κελιών δεν είναι επιτρεπτή. Ο αριθμός αυτός δεν πρέπει να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε άλλη θέση στην αντίστοιχη ομάδα μετρήσεων.

Στη δεύτερη στήλη θα αντιστοιχούν οι θερμοκρασίες για τις οποίες λήφθηκαν και υπολογίστηκαν οι μετρήσεις του βέλους κάμψης, ενώ στην 6^η στήλη θα βρίσκεται το τελικό ύψος του αγωγού, όπως προκύπτει από τους τύπους που έχουν αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι ενδιάμεσες στήλες (3^η-5^η) μπορούν να χειριστούν κατά τον τρόπο που επιθυμεί το κάθε άτομο.

Επίσης, στην πρώτη σειρά του αρχείου θα βρίσκονται οι επικεφαλίδες (η ονοματολογία των επικεφαλίδων είναι ελεύθερη) ενώ από τη 2^η σειρά του αρχείου θα πρέπει αναγράφονται οι τιμές. Ανάμεσα στις διαφορετικές ομάδες μετρήσεων επιτρέπεται να αφεθούν κενές γραμμές εφ' όσον ο χρήστης το επιθυμεί, αλλά δεν

είναι υποχρεωτικό. Στο σχήμα 38 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα διαμόρφωσης ενός ορθού αρχείου Excel:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	Άνοιγμα	Θερμοκρασία	Βέλος	Διαφορά Δγ	Η(στους 16)	Η (σε Θερμοκρασία T)													
1	42	0	0,075	-0,058		2,528													
2	42	10	0,1	-0,033		2,503													
3	42	16	0,133	0	2,47	2,47													
4	42	20	0,137857143	0,004857143		2,465142857													
5	42	28	0,147571429	0,014571429		2,455428571													
6	42	30	0,15	0,017		2,453													
7	42	31	0,1525	0,0195		2,4505													
8	42	34	0,16	0,027		2,443													
9	42	40	0,175	0,042		2,428													
10	42	50	0,2	0,067		2,403													
11																			
12																			
13																			
14																			
15	43,5	0	0,1	-0,033		2,518													
16	43,5	10	0,1083	-0,0247		2,5097													
17	43,5	16	0,133	0	2,485	2,485													
18	43,5	20	0,142714286	0,009714286		2,475285714													
19	43,5	28	0,162142857	0,029142857		2,455857143													
20	43,5	30	0,167	0,034		2,451													
21	43,5	31	0,1703	0,0373		2,4477													
22	43,5	34	0,1802	0,0472		2,4378													
23	43,5	40	0,2	0,067		2,418													
24	43,5	50	0,225	0,092		2,393													
25																			
26																			
27																			
28	45	0	0,1	-0,04167		2,54167													
29	45	10	0,1167	-0,02497		2,52497													
30	45	16	0,14167	0	2,5	2,5													
31	45	20	0,151192857	0,009522857		2,490477143													

Σχήμα 38: Μορφή ορθού αρχείου Excel

Μετονομασία Αρχείων Excel

Με το πέρας της παραπάνω μορφοποίησης, το αρχείο Excel ελέγχεται μέσω του Προγράμματος A. Σε περίπτωση που εμφανιστούν λάθη, θα πρέπει να ελεγχούν προσεχτικά αν πληρούνται οι παραπάνω περιορισμοί σε όλες τις γραμμές του αρχείου. Μόλις ο έλεγχος είναι επιτυχημένος, τότε θα πρέπει το αρχείο αυτό να μετονομαστεί κατά τον ακόλουθο τρόπο:

Τύπος αγωγού_Επιφόρτιση_Διατομή_Βασικό Άνοιγμα.xlsx, όπου:

Ο Τύπος Αγωγού είναι:

- acsr
- acsr-r
- xalkou
- aaac

Η Επιφόρτιση είναι:

- elafr (για ελαφρά επιφόρτιση)
- kanon (για κανονική επιφόρτιση)
- mesi (για μέση (κανονική) επιφόρτιση)
- var (για βαρειά επιφόρτιση)

- υπερvar (για υπερβαρείά επιφόρτιση)
- exvar (για εξαιρετικώς βαρείά επιφόρτιση)

Η Διατομή είναι:

- 16 (για 16mm²)
- 35 (για 35mm²)
- 50 (για 50mm²)
- 70 (για 70mm²)
- 95 (για 95mm²)
- 185 (για 185mm²)

Το Βασικό Άνοιγμα είναι:

- | | |
|------------------|------------------|
| - 20 (για 20m) | - 225 (για 225m) |
| - 25 (για 25m) | - 250 (για 250m) |
| - 40 (για 40m) | - 275 (για 275m) |
| - 75 (για 75m) | - 300 (για 300m) |
| - 100 (για 100m) | - 325 (για 325m) |
| - 125 (για 125m) | - 350 (για 350m) |
| - 150 (για 150m) | - 375 (για 375m) |
| - 175 (για 175m) | - 425 (για 425m) |
| - 200 (για 200m) | - 425 (για 425m) |

Για παράδειγμα, το αρχείο Excel που αντιστοιχεί σε αγωγό ACSR, μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, διατομής 16mm² και βασικού ανοίγματος 75m θα πρέπει να ονομαστεί ως:

acsr_mesi_16_75.xlsx

Ένας αγωγός Χαλκού, ελαφράς επιφόρτισης, διατομής 16mm² και βασικού ανοίγματος 75m θα πρέπει να ονομαστεί ως:

xalkou_elaf_16_75.xlsx

Θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο τρόπος ονομασίας του αρχείου, καθώς ένα λάθος σε κάποιον χαρακτήρα θα έχει ως αποτέλεσμα να καταστεί αδύνατο από το πρόγραμμα Β να εκτελέσει την λειτουργία του. Ακόμα, θα πρέπει να προσεχθεί να μην είναι κανένας χαρακτήρας με κεφαλαία γράμματα.

Αποθήκευση Αρχείου Excel

Μόλις το αρχείο μετονομαστεί, θα πρέπει να αποθηκευτεί στη βάση δεδομένων του Προγράμματος Β. Η βάση δεδομένων του Προγράμματος αυτού είναι ένας φάκελος, ο οποίος ονομάζεται «db». Ο φάκελος αυτός βρίσκεται ήδη μέσα στο πακέτο που έχει δοθεί εξαρχής με τα δύο εκτελέσιμα προγράμματα. Μέσα σε αυτόν τον φάκελο θα πρέπει να αποθηκευτεί το αρχείο Excel, εφόσον έχει ελεγχθεί επιτυχημένα από το πρόγραμμα Α και έχει μετονομαστεί κατάλληλα. Μόλις ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, μπορεί ο χρήστης να ελέγξει την ορθή λειτουργία του Προγράμματος Β, ακολουθώντας τη διαδικασία εκτέλεσής του όπως περιγράφεται παραπάνω.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Κώδικας Προγράμματος Α

```
Imports Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel
Imports Microsoft.Office.Interop.Excel
Imports System.Reflection
Imports System.Drawing
Imports System.Windows.Forms
Imports System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting
Public Class Form1
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    Dim misValue As Object = System.Reflection.Missing.Value
    Dim file As String = ""
    Dim fileSave As String = ""
    Dim apppath As String = ""
    Dim array(9, 1) As Double 'Πίνακας στον οποίο θα αποθηκευτούν τα
    αποτελέσματα

    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
    System.EventArgs) Handles MyBase.Load

        Me.AcceptButton = Button1

    End Sub

    Private Sub btnOpen_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
    System.EventArgs) Handles btnOpen.Click
        OpenFileDialog1.Title = "Επιλέξτε αρχείο"
        OpenFileDialog1.ShowDialog()

    End Sub

    Private Sub OpenFileDialog1_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e
    As System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles OpenFileDialog1.FileOk
        Dim filename As String = OpenFileDialog1.FileName.ToString()
        xlApp = New Excel.Application
        xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open(filename)
        xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets.Item(1)
        Button1.Enabled = True
        txtAnoigma.Clear()
        txtAnoigma.Enabled = True
        txtAnoigma.Focus()

    End Sub

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
    System.EventArgs) Handles Button1.Click

        Dim foundcell As Boolean 'Μεταβλητή
        Dim a As Double = 0 'Ο αριθμός που δίνουμε στο textbox
        Dim i As Double = 1 'Counter που κρατάει σε ποιες γραμμές γίνεται το
        matching των αριθμών
        Dim j As Integer = 0 'Μεταβλητή που θα λαμβάνει το τελευταίο i
```

```

Dim k As Integer = 0 'deiktis ston opoio 8a apo8ikeutei i seira pou
bre8ike to anoigma tw n stulwn
Dim cnt As Integer 'metabliti i opoia 8a metraei to pli8os tw n
metrisewn gia ka8e anoigma stulwn

```

```

If IsNumeric(txtAnoigma.Text) Then
    a = txtAnoigma.Text

    If a < 0 Or a > 40 Then
        MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις μεγαλύτερο αριθμό ",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        txtAnoigma.Clear()
    Else
        MsgBox("Ο αριθμός που επέλεξες είναι: " & a.ToString)
        ' find last number
        Dim lastindex As Integer
        lastindex = xlWorkSheet.UsedRange.Rows.Count
        While (True)
            For Each cell In xlWorkBook.Sheets.Item(1).range("A" &
lastindex.ToString() & ":A" & ((lastindex).ToString()))

                Dim help As Integer
                help = cell.value
                If help = 0 Then
                    lastindex -= 1
                Else
                    If cell.value < a Then
                        MsgBox("Παρακαλώ τοποθετήστε μικρότερη τιμή!",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)

                            txtAnoigma.Clear()
                            Exit Sub
                        Else
                            Exit While
                        End If
                    End If
                Next

            End While

            For Each cell In xlWorkBook.Sheets.Item(1).range("A2:A" &
(xlWorkSheet.UsedRange.Rows.Count + 1).ToString())
                i = i + 1
                If cell.value = a Then
                    foundcell = True
                    j = i
                    Exit For
                ElseIf cell.value > a Then
                    MsgBox("Ο αριθμός αυτός δεν βρέθηκε. Παρακαλώ
προσπαθήστε ξανά!", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
                    txtAnoigma.Clear()
                    Exit Sub
                End If
            Next
            i = 0

            k = j

            While (xlWorkSheet.Cells(k, 1).value = a)

```



```

        array(i, 0) = xlWorkSheet.Cells(k, 2).value
        array(i, 1) = xlWorkSheet.Cells(k, 6).value
        i = i + 1
        k = k + 1
    End While

    cnt = i - 1

    Chart1.Series("Series1").Points.Clear()
    Chart1.Series("Series2").Points.Clear()
    Chart1.Series("Series4").Points.Clear()

    Chart1.Visible = True
    Button2.Visible = True
    BtnExit.Visible = True
    BtnSaveFile.Visible = True
    Label19.Visible = True
    GroupBox1.Visible = True
    Label12.Visible = True
    txtThe.Visible = True
    BtnThe.Visible = True
    Label18.Visible = True
    txtYpsos.Visible = True

    Chart1.Series("Series4").Points.AddXY(array(0, 0), array(0, 1))
    Chart1.Series("Series4").Points.AddXY(array(1, 0), array(1, 1))
    Chart1.Series("Series4").Points.AddXY(array(2, 0), array(2, 1))
    Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(array(0, 0), array(0, 1))
    Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(array(1, 0), array(1, 1))

    For i = 2 To cnt
1))      Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(array(i, 0), array(i,
1))      Chart1.Series("Series2").Points.AddXY(array(i, 0), array(i,
        Next
    End If
Else
    MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις κάποιον αριθμό!!",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    txtAnoigma.Clear()
    End If
End Sub

Private Sub BtnExit_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnExit.Click
    xlWorkBook.Close()
    Me.Close()
End Sub
Private Sub BtnSaveFile_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnSaveFile.Click
    SaveFileDialog1.Title = "Save File as"

    SaveFileDialog1.Filter = "Jpeg Image|*.jpg|Bitmap Image|*.bmp|Png
Image|*.png"
    SaveFileDialog1.InitialDirectory = "C:\\"
    SaveFileDialog1.ShowDialog()
End Sub

Private Sub SaveFileDialog1_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles SaveFileDialog1.FileOk
    Dim ext As String

```

```

        ext = System.IO.Path.GetExtension(SaveFileDialog1.FileName)
        Select Case ext
            Case ".jpg"
                Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,
System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Jpeg)
            Case ".bmp"
                Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,
System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Bmp)
            Case ".png"
                Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,
System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Png)
        End Select

    End Sub

    Private Sub BtnTher_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnTher.Click
        Dim ther As Double 'metabliti gia tin 8ermokrasia
        Dim i As Integer 'metabliti gia tis 8ermokrasies toy pinaka
        Dim j As Integer 'metabliti stin opoia apo8ikeuetai to i pou bre8ike i
8ermokrasia

        If IsNumeric(txtTher.Text) Then
            ther = txtTher.Text
            If ther < 0 Or ther > 50 Then
                MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις κάποιον αριθμό ανάμεσα στο 0 και
στο 50 ", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
                Exit Sub
            End If

            For i = 0 To 9
                If ther = array(i, 0) Then
                    j = i
                    txtYpsos.Text = array(j, 1)
                    Exit Sub
                End If
            Next

            i = 0
            While (ther > array(i, 0))
                i += 1
            End While

            txtYpsos.Text = (array(i - 1, 1) + ((array(i - 1, 1) - array(i, 1))
/ (array(i - 1, 0) - array(i, 0))) * (ther - array(i - 1,
0))).ToString("0.0000")
        Else
            MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις αριθμό ", MsgBoxStyle.Critical,
MessageBoxButtons.OK)
        End If
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
        Chart1.Printing.Print(True)
    End Sub

    Private Sub Timer3_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer3.Tick

```

```
    If txtTher.Focused = True Then
        Me.AcceptButton = BtnTher
    Else
        Me.AcceptButton = Button1
    End If
End Sub

Private Sub Form1_FormClosed(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.FormClosedEventArgs) Handles MyBase.FormClosed
    Try
        xlWorkBook.Close()
    Catch ex As Exception

    End Try

End Sub
End Class
```

Κώδικας Προγράμματος Β

```
Imports Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel
Imports Microsoft.Office.Interop.Excel
Imports System.Reflection
Imports System.Drawing
Imports System.Windows.Forms
Imports System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting
Public Class Form1
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    Dim misValue As Object = System.Reflection.Missing.Value
    Dim file As String = ""
    Dim fileSave As String = ""
    Dim apppath As String = ""
    Dim array(9, 1) As Double 'Πίνακας στον οποίο θα αποθηκευτούν τα
    αποτελέσματα

    Private Sub BtnOK_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnOK.Click, ComboBox2.SelectedIndexChanged,
ComboBox1.SelectedIndexChanged

        ComboBox3.Items.Clear()
        ComboBox3.Text = "Διατομή Αγωγού"
        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Text = "Βασικό Άνοιγμα (m)"
        If ComboBox1.SelectedItem = "ACSR" Then

            Select Case ComboBox2.SelectedIndex
                Case 0

                    ComboBox3.Items.Add("16")
                    ComboBox3.Items.Add("35")
                    ComboBox3.Items.Add("50")
                    ComboBox3.Items.Add("95")
                Case 1

                    ComboBox3.Items.Clear()
                    ComboBox3.Items.Add("35")
                    ComboBox3.Items.Add("50")
                    ComboBox3.Items.Add("95")
                Case 2

                    ComboBox3.Items.Clear()
                    ComboBox3.Items.Add("16")
                    ComboBox3.Items.Add("35")
                    ComboBox3.Items.Add("50")
                    ComboBox3.Items.Add("95")
                Case 3

                    ComboBox3.Items.Clear()
                    ComboBox3.Items.Add("16")
                    ComboBox3.Items.Add("35")
                    ComboBox3.Items.Add("50")
                    ComboBox3.Items.Add("95")
                Case 4

                    ComboBox3.Items.Clear()
                    ComboBox3.Items.Add("35")
                    ComboBox3.Items.Add("95")
            End Select
        End If
    End Sub
End Class
```

```

Case 5
    ComboBox3.Items.Clear()
    ComboBox3.Items.Add("95")
End Select
End If
If ComboBox1.SelectedItem = "ACSR-R" Then

    Select Case ComboBox2.SelectedIndex
    Case 0
        MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        ComboBox3.Items.Clear()
    Case 1

        ComboBox3.Items.Clear()
        ComboBox3.Items.Add("16")
    Case 2
        MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        ComboBox3.Items.Clear()
    Case 3

        ComboBox3.Items.Clear()
        ComboBox3.Items.Add("16")
    Case 4

        ComboBox3.Items.Clear()
        ComboBox3.Items.Add("16")
    Case 5
        MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        ComboBox3.Items.Clear()
    End Select
End If
If ComboBox1.SelectedItem = "Χαλκού" Then

    Select Case ComboBox2.SelectedIndex
    Case 0

        ComboBox3.Items.Clear()
        ComboBox3.Items.Add("16")
        ComboBox3.Items.Add("35")
        ComboBox3.Items.Add("50")
        ComboBox3.Items.Add("95")
    Case 1

        ComboBox3.Items.Clear()
        ComboBox3.Items.Add("35")
        ComboBox3.Items.Add("50")
    Case 2

        ComboBox3.Items.Clear()
        ComboBox3.Items.Add("16")
        ComboBox3.Items.Add("95")
    Case 3
        ComboBox3.Items.Clear()
        MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    Case 4
        ComboBox3.Items.Clear()

```

```

        MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        Case 5
            ComboBox3.Items.Clear()
            MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        End Select
    End If
    If ComboBox1.SelectedItem = "AAAC" Then

        Select Case ComboBox2.SelectedIndex
            Case 0

                ComboBox3.Items.Clear()
                ComboBox3.Items.Add("35")
                ComboBox3.Items.Add("70")
                ComboBox3.Items.Add("185")
            Case 1
                ComboBox3.Items.Clear()
                MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
            Case 2

                ComboBox3.Items.Clear()
                ComboBox3.Items.Add("35")
                ComboBox3.Items.Add("70")
                ComboBox3.Items.Add("185")
            Case 3

                ComboBox3.Items.Clear()
                ComboBox3.Items.Add("35")
                ComboBox3.Items.Add("70")
                ComboBox3.Items.Add("185")
            Case 4

                ComboBox3.Items.Clear()
                MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
            Case 5

                ComboBox3.Items.Clear()
                MsgBox("Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        End Select
    End If
End Sub

Private Sub BtnBasiko_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnBasiko.Click, ComboBox3.SelectedIndexChanged
    If ComboBox3.SelectedIndex = -1 Then

        MsgBox("Πρέπει να επιλέξεις διατομή", MsgBoxStyle.Critical,
MessageBoxButtons.OK)
    End If
    If ComboBox1.SelectedItem = "ACSR" Then 'Περίπτωση για τύπο αγωγού ACSR
        Select Case ComboBox2.SelectedIndex
            Case 0 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι Ελαφρά
                Select Case ComboBox3.SelectedIndex
                    Case 0 'Περίπτωση για
διατομή 16

                        ComboBox4.Items.Clear()

```

διατομή 35	<pre> ComboBox4.Items.Add("75") ComboBox4.Items.Add("100") ComboBox4.Items.Add("125") ComboBox4.Items.Add("150") ComboBox4.Items.Add("175") Case 1 </pre>	'Περίπτωση για
διατομή 50	<pre> ComboBox4.Items.Clear() ComboBox4.Items.Add("75") ComboBox4.Items.Add("100") ComboBox4.Items.Add("125") ComboBox4.Items.Add("150") ComboBox4.Items.Add("175") ComboBox4.Items.Add("200") Case 2 </pre>	'Περίπτωση για
διατομή 95	<pre> ComboBox4.Items.Clear() ComboBox4.Items.Add("75") ComboBox4.Items.Add("100") ComboBox4.Items.Add("125") ComboBox4.Items.Add("150") ComboBox4.Items.Add("175") ComboBox4.Items.Add("200") ComboBox4.Items.Add("225") ComboBox4.Items.Add("250") Case 3 </pre>	'Περίπτωση για
διατομή να είναι 35	<pre> ComboBox4.Items.Clear() ComboBox4.Items.Add("75") ComboBox4.Items.Add("100") ComboBox4.Items.Add("125") ComboBox4.Items.Add("150") ComboBox4.Items.Add("175") ComboBox4.Items.Add("200") ComboBox4.Items.Add("225") ComboBox4.Items.Add("250") ComboBox4.Items.Add("275") ComboBox4.Items.Add("300") ComboBox4.Items.Add("325") ComboBox4.Items.Add("350") ComboBox4.Items.Add("375") End Select Case 1 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι κανονική Select Case ComboBox3.SelectedIndex Case 0 </pre>	'Περίπτωση η
διατομή να είναι 50	<pre> ComboBox4.Items.Clear() ComboBox4.Items.Add("75") ComboBox4.Items.Add("100") Case 1 </pre>	'Περίπτωση η
	<pre> ComboBox4.Items.Clear() ComboBox4.Items.Add("75") ComboBox4.Items.Add("100") ComboBox4.Items.Add("125") ComboBox4.Items.Add("150") </pre>	

διατομή να είναι 95

Case 2

'Περίπτωση η

```
ComboBox4.Items.Clear()
ComboBox4.Items.Add("175")
ComboBox4.Items.Add("200")
ComboBox4.Items.Add("225")
ComboBox4.Items.Add("250")
ComboBox4.Items.Add("275")
ComboBox4.Items.Add("300")
ComboBox4.Items.Add("325")
ComboBox4.Items.Add("350")
ComboBox4.Items.Add("375")
ComboBox4.Items.Add("400")
ComboBox4.Items.Add("425")
End Select
Case 2 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι μέση (κανονική)
Select Case ComboBox3.SelectedIndex
Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 16

ComboBox4.Items.Clear()
ComboBox4.Items.Add("75")
ComboBox4.Items.Add("100")
ComboBox4.Items.Add("125")
Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

ComboBox4.Items.Clear()
ComboBox4.Items.Add("125")
ComboBox4.Items.Add("150")
ComboBox4.Items.Add("175")
ComboBox4.Items.Add("200")
Case 2 'Περίπτωση η διατομή να είναι 50

ComboBox4.Items.Clear()
ComboBox4.Items.Add("175")
ComboBox4.Items.Add("200")
ComboBox4.Items.Add("225")
ComboBox4.Items.Add("250")
Case 3 'Περίπτωση η διατομή να είναι 95

ComboBox4.Items.Clear()
ComboBox4.Items.Add("75")
ComboBox4.Items.Add("100")
ComboBox4.Items.Add("125")
ComboBox4.Items.Add("150")
End Select
Case 3 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι βαρεία
Select Case ComboBox3.SelectedIndex
Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 16

ComboBox4.Items.Clear()
ComboBox4.Items.Add("75")
ComboBox4.Items.Add("100")
ComboBox4.Items.Add("125")
Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

ComboBox4.Items.Clear()
ComboBox4.Items.Add("75")
ComboBox4.Items.Add("100")
ComboBox4.Items.Add("125")
ComboBox4.Items.Add("150")
Case 2 'Περίπτωση η διατομή να είναι 50
```



```

        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Items.Add("75")
        ComboBox4.Items.Add("100")
        ComboBox4.Items.Add("125")
        ComboBox4.Items.Add("150")
        ComboBox4.Items.Add("175")
        ComboBox4.Items.Add("200")
    Case 3 'Περίπτωση η διατομή να είναι 95

        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Items.Add("75")
        ComboBox4.Items.Add("100")
        ComboBox4.Items.Add("125")
        ComboBox4.Items.Add("150")
        ComboBox4.Items.Add("175")
        ComboBox4.Items.Add("200")
        ComboBox4.Items.Add("225")
        ComboBox4.Items.Add("250")
        ComboBox4.Items.Add("275")
        ComboBox4.Items.Add("300")
        ComboBox4.Items.Add("325")
        ComboBox4.Items.Add("350")
    End Select
Case 4 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι Υπερβαρεία
    Select Case ComboBox3.SelectedIndex
        Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

            ComboBox4.Items.Clear()
            ComboBox4.Items.Add("75")
        Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 95

            ComboBox4.Items.Clear()
            ComboBox4.Items.Add("75")
            ComboBox4.Items.Add("100")
            ComboBox4.Items.Add("125")
            ComboBox4.Items.Add("150")
        End Select
    Case 5 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι εξαιρετικώς βαρεία
        Select Case ComboBox3.SelectedIndex
            Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 95

                ComboBox4.Items.Clear()
                ComboBox4.Items.Add("20")
                ComboBox4.Items.Add("25")
                ComboBox4.Items.Add("40")
            End Select
        End Select
    End If
If ComboBox1.SelectedItem = "ACSR-R" Then
    Select Case ComboBox2.SelectedIndex
        Case 0 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι ελαφρά
            ComboBox4.Items.Clear()
            MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        Case 1 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι κανονική
            Select Case ComboBox3.SelectedIndex
                Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 16

                    ComboBox4.Items.Clear()
                    ComboBox4.Items.Add("150")
                    ComboBox4.Items.Add("175")

```

```

        ComboBox4.Items.Add("200")
        ComboBox4.Items.Add("225")
        ComboBox4.Items.Add("250")
        ComboBox4.Items.Add("275")
        ComboBox4.Items.Add("300")
        ComboBox4.Items.Add("325")
        ComboBox4.Items.Add("350")
        ComboBox4.Items.Add("375")
        ComboBox4.Items.Add("400")
        ComboBox4.Items.Add("425")
    End Select
    Case 2 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι μέση (κανονική)
        ComboBox4.Items.Clear()
        MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    Case 3 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι βαρεία
        Select Case ComboBox3.SelectedIndex
            Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 16

                ComboBox4.Items.Clear()
                ComboBox4.Items.Add("100")
                ComboBox4.Items.Add("125")
                ComboBox4.Items.Add("150")
                ComboBox4.Items.Add("175")
                ComboBox4.Items.Add("200")
                ComboBox4.Items.Add("225")
                ComboBox4.Items.Add("250")
                ComboBox4.Items.Add("275")
                ComboBox4.Items.Add("300")

            End Select
        Case 4 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι υπερβαρεία
            Select Case ComboBox3.SelectedIndex
                Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 16

                    ComboBox4.Items.Clear()
                    ComboBox4.Items.Add("75")
                    ComboBox4.Items.Add("100")
                    ComboBox4.Items.Add("125")
                    ComboBox4.Items.Add("150")

                End Select
            Case 5 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι εξαιρετικώς βαρεία
                ComboBox4.Items.Clear()
                MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
            End Select
        End If
    If ComboBox1.SelectedItem = "Χαλκού" Then
        Select Case ComboBox2.SelectedIndex
            Case 0 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι ελαφρά
                Select Case ComboBox3.SelectedIndex
                    Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 16

                        ComboBox4.Items.Clear()
                        ComboBox4.Items.Add("75")
                        ComboBox4.Items.Add("100")
                        ComboBox4.Items.Add("125")

                    Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

                        ComboBox4.Items.Clear()
                        ComboBox4.Items.Add("100")
                        ComboBox4.Items.Add("125")

                    Case 2 'Περίπτωση η διατομή να είναι 50

```

```

        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Items.Add("100")
        ComboBox4.Items.Add("125")
        ComboBox4.Items.Add("150")
    Case 3 'Περίπτωση η διατομή να είναι 95

        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Items.Add("75")
        ComboBox4.Items.Add("100")
        ComboBox4.Items.Add("125")
        ComboBox4.Items.Add("150")
        ComboBox4.Items.Add("175")
        ComboBox4.Items.Add("200")
    End Select
Case 1 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι κανονική
    Select Case ComboBox3.SelectedIndex
        Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

            ComboBox4.Items.Clear()
            ComboBox4.Items.Add("100")
            ComboBox4.Items.Add("125")
        Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 50

            ComboBox4.Items.Clear()
            ComboBox4.Items.Add("100")
            ComboBox4.Items.Add("150")
            ComboBox4.Items.Add("200")
        End Select
    Case 2 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι μέση (κανονική)
        Select Case ComboBox3.SelectedIndex
            Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 16

                ComboBox4.Items.Clear()
                ComboBox4.Items.Add("75")
            Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 95

                ComboBox4.Items.Clear()
                ComboBox4.Items.Add("75")
                ComboBox4.Items.Add("100")
                ComboBox4.Items.Add("125")
                ComboBox4.Items.Add("150")
                ComboBox4.Items.Add("175")
                ComboBox4.Items.Add("200")
        End Select
    Case 3 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι βαριά
        ComboBox4.Items.Clear()
        MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    Case 4 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι υπερβαριά
        ComboBox4.Items.Clear()
        MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    Case 5 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι εξαιρετικώς βαριά
        ComboBox4.Items.Clear()
        MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    End Select
End If
If ComboBox1.SelectedItem = "AAAC" Then
    Select Case ComboBox2.SelectedIndex
        Case 0 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι ελαφρά

```

```

Select Case ComboBox3.SelectedIndex
Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

    ComboBox4.Items.Clear()
    ComboBox4.Items.Add("75")
    ComboBox4.Items.Add("100")
    ComboBox4.Items.Add("125")
    ComboBox4.Items.Add("150")
    ComboBox4.Items.Add("175")
Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 70

    ComboBox4.Items.Clear()
    ComboBox4.Items.Add("75")
    ComboBox4.Items.Add("100")
    ComboBox4.Items.Add("125")
    ComboBox4.Items.Add("150")
    ComboBox4.Items.Add("175")
    ComboBox4.Items.Add("200")
Case 2 'Περίπτωση η διατομή να είναι 185

    ComboBox4.Items.Clear()
    ComboBox4.Items.Add("75")
    ComboBox4.Items.Add("100")
    ComboBox4.Items.Add("125")
    ComboBox4.Items.Add("150")
    ComboBox4.Items.Add("175")
    ComboBox4.Items.Add("200")
    ComboBox4.Items.Add("225")
    ComboBox4.Items.Add("250")
    ComboBox4.Items.Add("275")
    ComboBox4.Items.Add("300")
    ComboBox4.Items.Add("325")
    ComboBox4.Items.Add("350")
    ComboBox4.Items.Add("375")
    ComboBox4.Items.Add("400")
    ComboBox4.Items.Add("425")
End Select
Case 1 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι κανονική
    ComboBox4.Items.Clear()
    MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
Case 2 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι μέση (κανονική)
    Select Case ComboBox3.SelectedIndex
    Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Items.Add("75")
        'xlApp = New Excel.Application
        'xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open("C:\")
        'xlWorksheet = xlWorkbook.Worksheets("sheet1")
        ComboBox4.Items.Add("100")
        ComboBox4.Items.Add("125")
        ComboBox4.Items.Add("150")
        ComboBox4.Items.Add("175")
    Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 70

        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Items.Add("75")
        ComboBox4.Items.Add("100")
        ComboBox4.Items.Add("125")
        ComboBox4.Items.Add("150")
        ComboBox4.Items.Add("175")

```

```

        ComboBox4.Items.Add("200")
    Case 2 'Περίπτωση η διατομή να είναι 185

        ComboBox4.Items.Clear()
        ComboBox4.Items.Add("75")
        ComboBox4.Items.Add("100")
        ComboBox4.Items.Add("125")
        ComboBox4.Items.Add("150")
        ComboBox4.Items.Add("175")
        ComboBox4.Items.Add("200")
        ComboBox4.Items.Add("225")
        ComboBox4.Items.Add("250")
        ComboBox4.Items.Add("275")
        ComboBox4.Items.Add("300")
        ComboBox4.Items.Add("325")
        ComboBox4.Items.Add("350")
        ComboBox4.Items.Add("375")
        ComboBox4.Items.Add("400")
        ComboBox4.Items.Add("425")
    End Select
Case 3 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι βαρεία
    Select Case ComboBox3.SelectedIndex
        Case 0 'Περίπτωση η διατομή να είναι 35

            ComboBox4.Items.Clear()
            ComboBox4.Items.Add("75")
            ComboBox4.Items.Add("100")
            ComboBox4.Items.Add("125")
        Case 1 'Περίπτωση η διατομή να είναι 70

            ComboBox4.Items.Clear()
            ComboBox4.Items.Add("75")
            ComboBox4.Items.Add("100")
            ComboBox4.Items.Add("125")
            ComboBox4.Items.Add("150")
        Case 2 'Περίπτωση η διατομή να είναι 185

            ComboBox4.Items.Clear()
            ComboBox4.Items.Add("75")
            ComboBox4.Items.Add("100")
            ComboBox4.Items.Add("125")
            ComboBox4.Items.Add("150")
            ComboBox4.Items.Add("175")
            ComboBox4.Items.Add("200")
            ComboBox4.Items.Add("225")
            ComboBox4.Items.Add("250")
            ComboBox4.Items.Add("275")
            ComboBox4.Items.Add("300")
            ComboBox4.Items.Add("325")
            ComboBox4.Items.Add("350")
        End Select
    Case 4 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι υπερβαρεία
        ComboBox4.Items.Clear()
        MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    Case 5 'Περίπτωση η επιφόρτιση να είναι εξαιρετικώς βαρεία
        ComboBox4.Items.Clear()
        MsgBox("Δεν υπάρχει βασικό άνοιγμα για αυτή την
επιφόρτιση", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    End Select
End If
End Sub

```

```

Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    apppath = Environment.CurrentDirectory
    pictureSplash.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
    panelSplash.Location = New System.Drawing.Point(209, 99)
    Me.AcceptButton = Button1
    ttipTyposAgwgoy.SetToolTip(ComboBox1, "typos")
    ttipEpifortisi.SetToolTip(ComboBox2, "epifortisi")
    ttipDiatomi.SetToolTip(ComboBox3, "diatomi")
    ttipAnoigma.SetToolTip(ComboBox4, "anoigma")
    ttipYpsos.SetToolTip(txtYpsos, "ypsos")

End Sub

Private Sub BtntautopoiisiExcel_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles BtntautopoiisiExcel.Click,
ComboBox4.SelectedIndexChanged
    Dim typos = "", epifortisi = "", filename As String

    Select Case ComboBox1.SelectedIndex
        Case 0
            typos = "acsr"
        Case 1
            typos = "acsr-r"
        Case 2
            typos = "xalkou"
        Case 3
            typos = "aac"
    End Select

    Select Case ComboBox2.SelectedIndex
        Case 0
            epifortisi = "elafr"
        Case 1
            epifortisi = "kanon"
        Case 2
            epifortisi = "mesi"
        Case 3
            epifortisi = "var"
        Case 4
            epifortisi = "upervar"
        Case 5
            epifortisi = "exvar"
    End Select

    filename = typos & "_" & epifortisi & "_" & ComboBox3.Text & "_" &
ComboBox4.Text & ".xlsx"

    If (System.IO.File.Exists(apppath & "\db\" & filename) = False) Then
        MessageBox.Show("Δεν βρέθηκε το συγκεκριμένο αρχείο: " & filename,
"Σφάλμα", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error)
        Button1.Enabled = False
        txtAnoigma.Clear()
        txtAnoigma.Enabled = False
    Exit Sub
    End If
    xlApp = New Excel.Application
    xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open(apppath & "\db\" & filename)
    xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("sheet1")
    Button1.Enabled = True
    txtAnoigma.Clear()

```

```

txtAnoigma.Enabled = True
txtAnoigma.Focus()

Exit Sub

End Sub

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click

    Dim foundcell As Boolean 'Μεταβλητή
    Dim a As Double = 0 'Ο αριθμός που δίνουμε στο textbox
    Dim i As Double = 1 'Counter που κρατάει σε ποιες γραμμές γίνεται το
matching των αριθμών
    Dim j As Integer = 0 'Μεταβλητή που θα λαμβάνει το τελευταίο i
    Dim k As Integer = 0 'deiktis ston opoio 8a apodikeutei i seira pou
bre8ike to anoigma tw n stulwn
    Dim cnt As Integer 'metabliti i opoia 8a metraei to pli8os tw n
metrisewn gia ka8e anoigma stulwn

    If IsNumeric(txtAnoigma.Text) Then
        a = txtAnoigma.Text

        If a < 0 Or a > 40 Then
            MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις μεγαλύτερο αριθμό ",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
            txtAnoigma.Clear()
        Else
            MsgBox("Ο αριθμός που επέλεξες είναι: " & a.ToString)
            ' find last number
            Dim lastindex As Integer
            lastindex = xlWorkSheet.UsedRange.Rows.Count
            While (True)
                For Each cell In xlWorkBook.Sheets.Item(1).range("A" &
lastindex.ToString() & ":A" & ((lastindex).ToString()))

                    Dim help As Integer
                    help = cell.value
                    If help = 0 Then
                        lastindex -= 1
                    Else
                        If cell.value < a Then
                            MsgBox("Παρακαλώ τοποθετήστε μικρότερη τιμή!",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)

                                txtAnoigma.Clear()
                                Exit Sub
                            Else

                                Exit While
                            End If
                        End If
                    End If
                Next

            End While

            For Each cell In xlWorkBook.Sheets.Item(1).range("A2:A" &
(xlWorkSheet.UsedRange.Rows.Count + 1).ToString())
                i = i + 1
                If cell.value = a Then

```

```

        foundcell = True
        j = i
        Exit For
    ElseIf cell.value > a Then
        MsgBox("Ο αριθμός αυτός δεν βρέθηκε. Παρακαλώ
προσπαθήστε ξανά!", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
        txtAnoigma.Clear()
        Exit Sub
    End If
Next
i = 0

k = j

While (xlWorkSheet.Cells(k, 1).value = a)
    array(i, 0) = xlWorkSheet.Cells(k, 2).value
    array(i, 1) = xlWorkSheet.Cells(k, 6).value
    i = i + 1
    k = k + 1
End While

cnt = i - 1

Chart1.Series("Series1").Points.Clear()
Chart1.Series("Series2").Points.Clear()
Chart1.Series("Series4").Points.Clear()

Chart1.Visible = True
Button2.Visible = True
BtnExit.Visible = True
BtnSaveFile.Visible = True
Label19.Visible = True
GroupBox1.Visible = True
Label12.Visible = True
txtTher.Visible = True
BtnTher.Visible = True
Label18.Visible = True
txtYpsos.Visible = True

Chart1.Series("Series4").Points.AddXY(array(0, 0), array(0, 1))
Chart1.Series("Series4").Points.AddXY(array(1, 0), array(1, 1))
Chart1.Series("Series4").Points.AddXY(array(2, 0), array(2, 1))
Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(array(0, 0), array(0, 1))
Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(array(1, 0), array(1, 1))

For i = 2 To cnt
    Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(array(i, 0), array(i,
1))
    Chart1.Series("Series2").Points.AddXY(array(i, 0), array(i,
1))
Next
End If
Else
    MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις κάποιον αριθμό!!",
MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
    txtAnoigma.Clear()
End If
End Sub

Private Sub BtnExit_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnExit.Click
    Me.Close()

```



```

End Sub
Private Sub BtnSaveFile_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnSaveFile.Click
    SaveFileDialog1.Title = "Save File as"
    SaveFileDialog1.Filter = "Jpeg Image|.jpg|Bitmap Image|.bmp|Png
Image|.png"
    SaveFileDialog1.InitialDirectory = "C:\"
    SaveFileDialog1.ShowDialog()
End Sub

Private Sub SaveFileDialog1_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles SaveFileDialog1.FileOk
    Dim ext As String
    ext = System.IO.Path.GetExtension(SaveFileDialog1.FileName)
    Select Case ext
        Case ".jpg"
            Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,
System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Jpeg)
        Case ".bmp"
            Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,
System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Bmp)
        Case ".png"
            Chart1.SaveImage(SaveFileDialog1.FileName,
System.Drawing.Imaging.ImageFormat.Png)
    End Select
End Sub

End Sub

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
    If ProgressBar1.Value = 100 Then
        Timer1.Enabled = False
    Else
        ProgressBar1.Value += 2
    End If
End Sub

End Sub

Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer2.Tick
    panelSplash.Visible = False
    pictureSplash.Visible = False
    StatusStrip1.Visible = True
    Timer2.Enabled = False
End Sub

Private Sub BtnTher_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnTher.Click
    Dim ther As Double 'metabliti gia tin 8ermokrasia
    Dim i As Integer 'metabliti gia tis 8ermokrasies toy pinaka
    Dim j As Integer 'metabliti stin opoia apo8ikeuetai to i pou bre8ike i
8ermokrasia

    If IsNumeric(txtTher.Text) Then
        ther = txtTher.Text
        If ther < 0 Or ther > 50 Then
            MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις κάποιον αριθμό ανάμεσα στο 0 και
στο 50 ", MsgBoxStyle.Critical, MessageBoxButtons.OK)
            Exit Sub
        End If
        For i = 0 To 9

```

```

        If ther = array(i, 0) Then
            j = i
            txtYpsos.Text = array(j, 1)
            Exit Sub
        End If
    Next

    i = 0
    While (ther > array(i, 0))
        i += 1
    End While

    txtYpsos.Text = (array(i - 1, 1) + ((array(i - 1, 1) - array(i, 1))
/ (array(i - 1, 0) - array(i, 0))) * (ther - array(i - 1,
0))).ToString("0.0000")
    Else
        MsgBox("Πρέπει να καταχωρήσεις αριθμό ", MsgBoxStyle.Critical,
MessageBoxButtons.OK)
    End If
End Sub

Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    Chart1.Printing.Print(True)
End Sub

Private Sub Timer3_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer3.Tick
    If txtTher.Focused = True Then
        Me.AcceptButton = BtnTher
    Else
        Me.AcceptButton = Button1
    End If
End Sub

Private Sub ttipTyposAgwgoy_Popup(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PopupEventArgs) Handles ttipTyposAgwgoy.Popup
    Dim wid As Integer = pbTyposAgwgoy.Image.Width + 18
    Dim hgt As Integer = pbTyposAgwgoy.Image.Height + 18
    e.ToolTipSize = New Size(wid, hgt)
End Sub

Private Sub ttipEpifortisi_Popup(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PopupEventArgs) Handles ttipEpifortisi.Popup
    Dim wid As Integer = pbEpifortisi.Image.Width + 18
    Dim hgt As Integer = pbEpifortisi.Image.Height + 18
    e.ToolTipSize = New Size(wid, hgt)
End Sub

Private Sub ttipDiatomi_Popup(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PopupEventArgs) Handles ttipDiatomi.Popup
    Dim wid As Integer = pbDiatomi.Image.Width + 18
    Dim hgt As Integer = pbDiatomi.Image.Height + 18
    e.ToolTipSize = New Size(wid, hgt)
End Sub

Private Sub ttipAnoigma_Popup(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PopupEventArgs) Handles ttipAnoigma.Popup
    Dim wid As Integer = pbAnoigma.Image.Width + 18
    Dim hgt As Integer = pbAnoigma.Image.Height + 18
    e.ToolTipSize = New Size(wid, hgt)
End Sub

```

```

    Private Sub ttipYpsos_Popup(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PopupEventArgs) Handles ttipYpsos.Popup
        Dim wid As Integer = pbYpsos.Image.Width + 18
        Dim hgt As Integer = pbYpsos.Image.Height + 18
        e.ToolTipSize = New Size(wid, hgt)
    End Sub

    Private Sub ttipTyposAgwgoy_Draw(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.DrawToolTipEventArgs) Handles ttipTyposAgwgoy.Draw
        e.DrawBackground()
        e.DrawBorder()
        e.Graphics.DrawImage(pbTyposAgwgoy.Image, 9, 9)
    End Sub

    Private Sub ttipEpifortisi_Draw(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.DrawToolTipEventArgs) Handles ttipEpifortisi.Draw
        e.DrawBackground()
        e.DrawBorder()
        e.Graphics.DrawImage(pbEpifortisi.Image, 9, 9)
    End Sub

    Private Sub ttipDiatomi_Draw(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.DrawToolTipEventArgs) Handles ttipDiatomi.Draw
        e.DrawBackground()
        e.DrawBorder()
        e.Graphics.DrawImage(pbDiatomi.Image, 9, 9)
    End Sub

    Private Sub ttipAnoigma_Draw(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.DrawToolTipEventArgs) Handles ttipAnoigma.Draw
        e.DrawBackground()
        e.DrawBorder()
        e.Graphics.DrawImage(pbAnoigma.Image, 9, 9)
    End Sub

    Private Sub ttipYpsos_Draw(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.DrawToolTipEventArgs) Handles ttipYpsos.Draw
        e.DrawBackground()
        e.DrawBorder()
        e.Graphics.DrawImage(pbYpsos.Image, 9, 9)
    End Sub

    Private Sub Form1_FormClosed(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.FormClosedEventArgs) Handles MyBase.FormClosed
        Try
            xlWorkbook.Close()
        Catch ex As Exception

        End Try

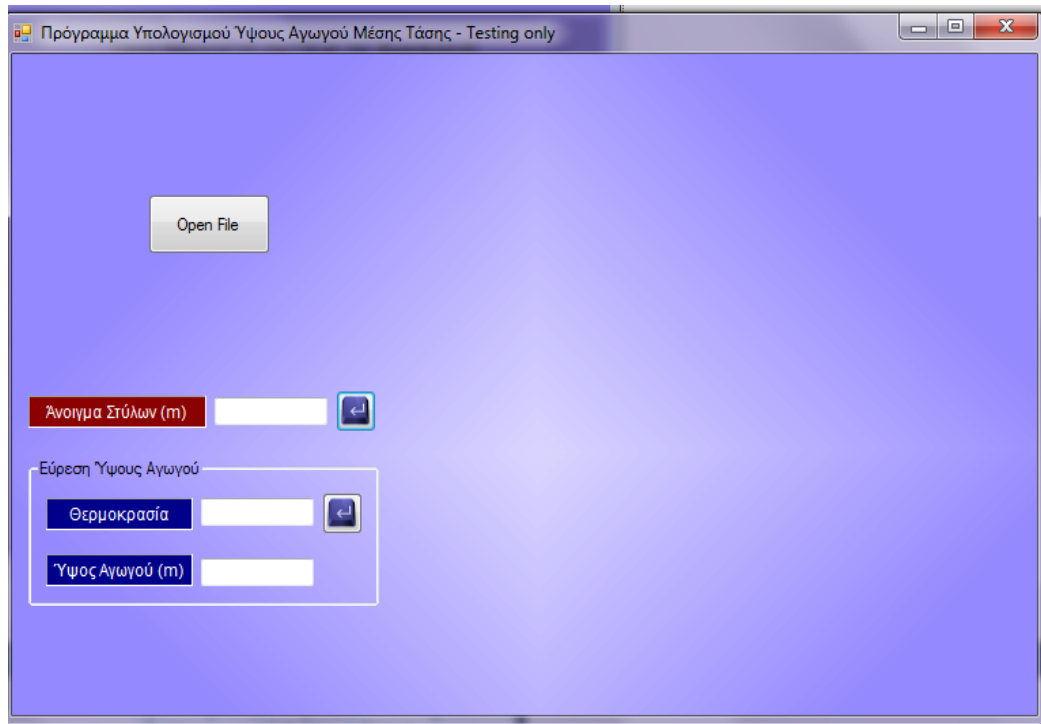
    End Sub
End Class

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΤΗ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Α

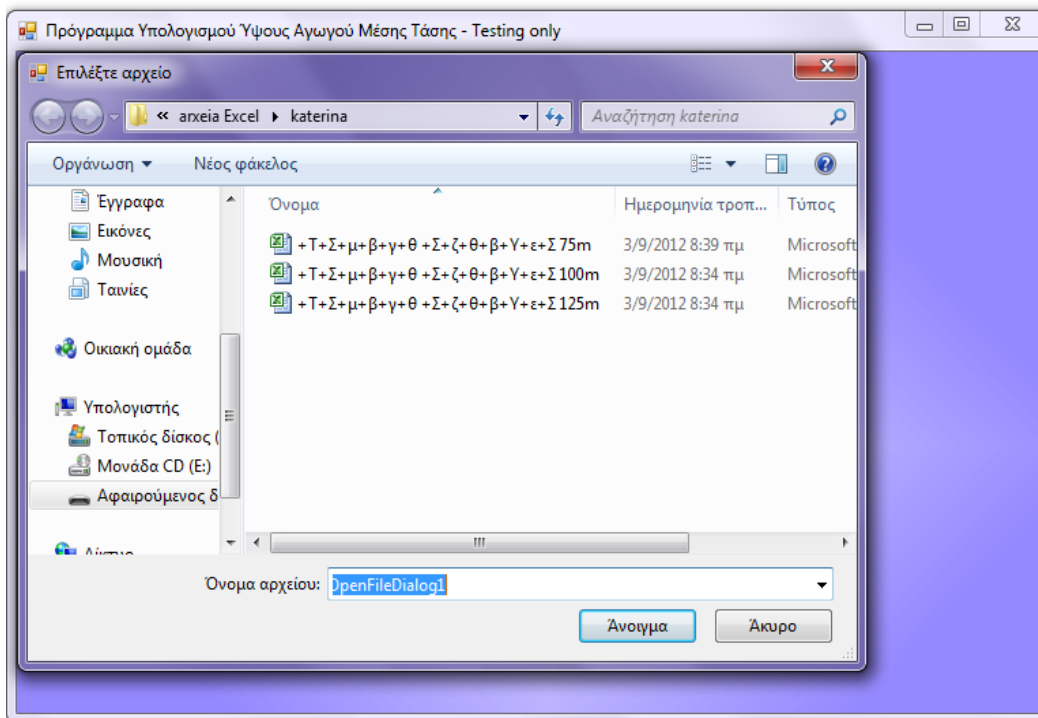
Εκτέλεση Προγράμματος

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος, παρουσιάζεται η εικόνα του σχήματος 39:



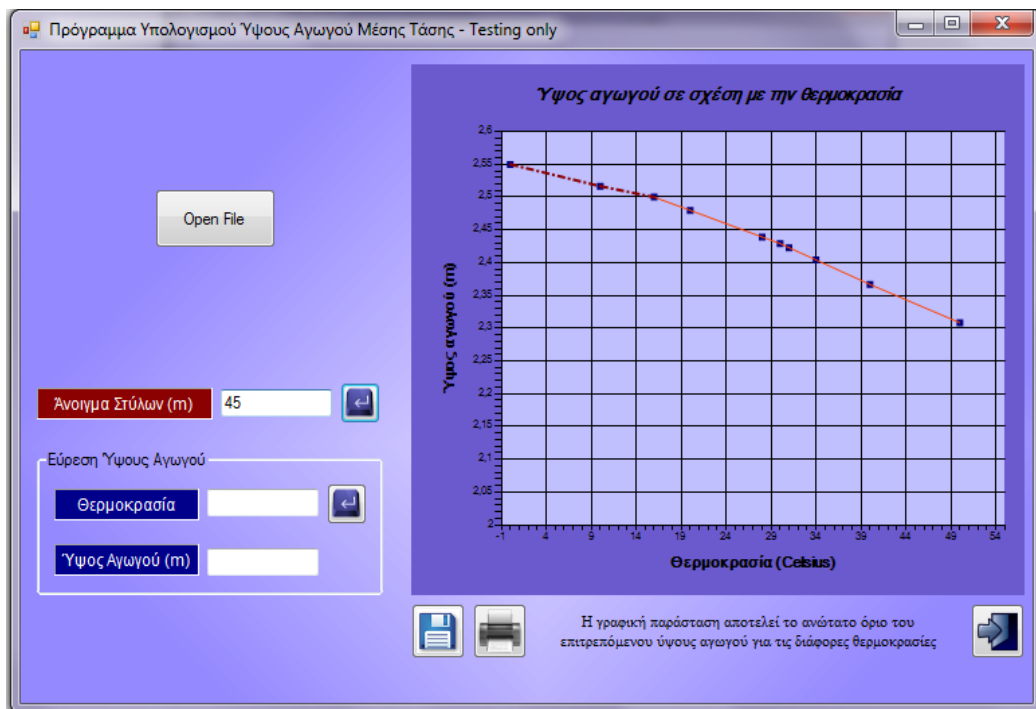
Σχήμα 39: Αρχική οθόνη του προγράμματος Α

Όπως παρατηρείται από το σχήμα 39, ο χρήστης καλείται αρχικά να εντοπίσει το αρχείο Excel που επιθυμεί να ελέγξει. Επιλέγοντας το πλήκτρο «Open File», επιλέγει το αρχείο Excel από τον υπολογιστή του, όπως φαίνεται και από την εικόνα του σχήματος 40:



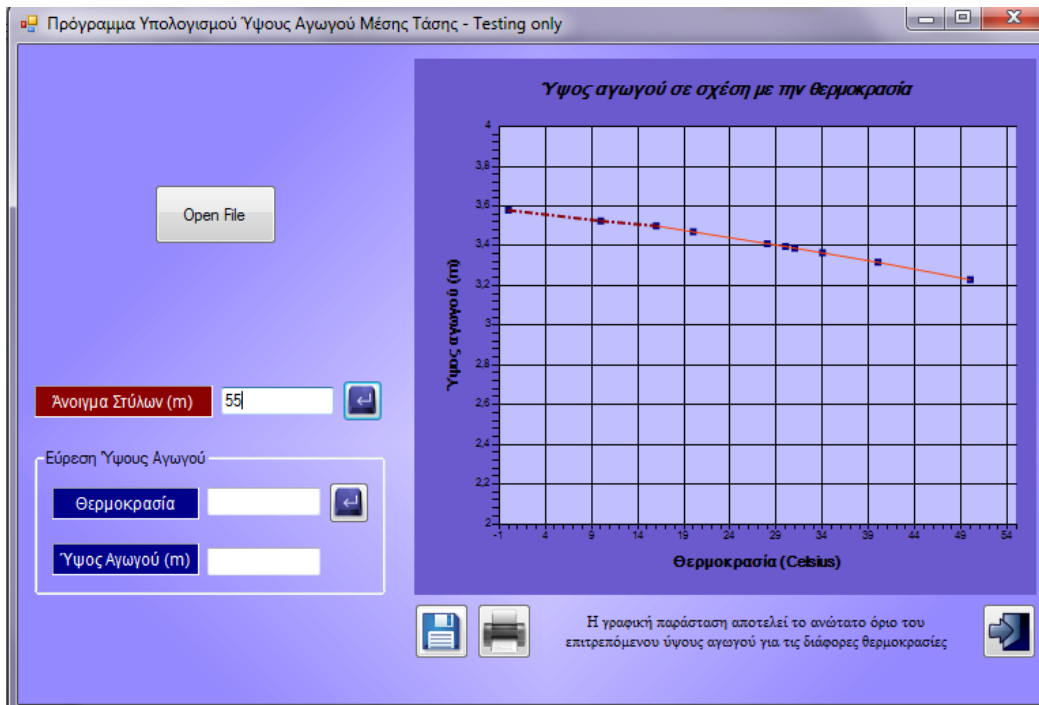
Σχήμα 40: Οθόνη για το άνοιγμα του αρχείου Excel που επρόκειτο να ελεγχθεί

Στη συνέχεια καλείται να πληκτρολογήσει το άνοιγμα των στύλων του οποίου την γραφική παράσταση επιθυμεί να εξετάσει και να πληκτρολογήσει Enter. Το πρόγραμμα θα ανατρέξει μέσω συγκεκριμένων εντολών κώδικα στο αρχείο Excel και στο συγκεκριμένο άνοιγμα στύλων και θα δημιουργήσει το γράφημα σύμφωνα με τα δεδομένα του αρχείου. Εάν ο χρήστης καταχωρήσει για παράδειγμα ως άνοιγμα στύλων τα 45 m τότε το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο σχήμα 41:



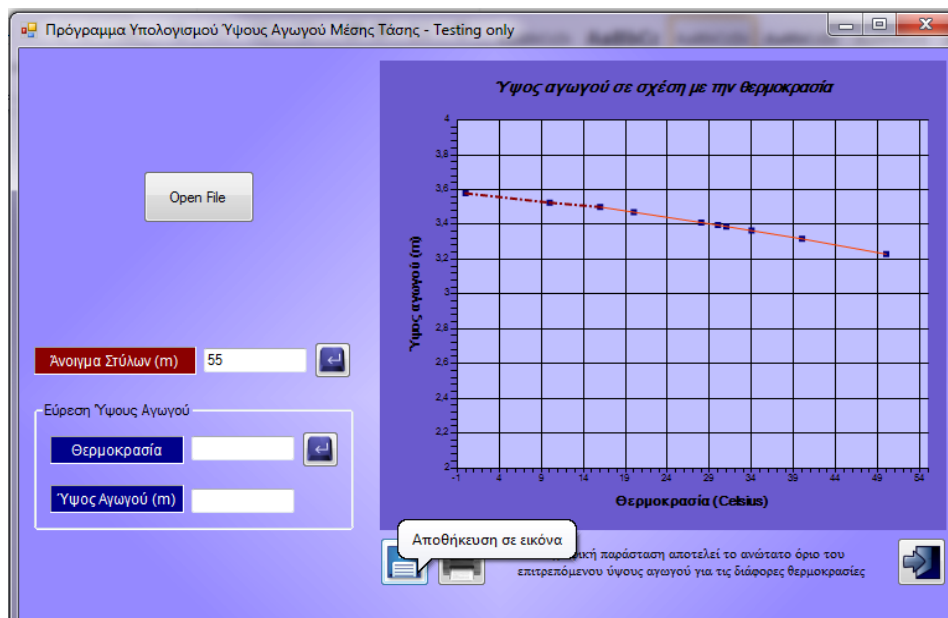
Σχήμα 41: Δημιουργία διαγράμματος επιτρεπτού ύψους αγωγού συναρτήσει της θερμοκρασίας του για άνοιγμα στύλων 45 m

Η γραφική παράσταση που έχει δημιουργηθεί παρουσιάζει γραφικά την συμπεριφορά του αγωγού με την μεταβολή της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εξετάσει κάποιο άλλο άνοιγμα στύλων, απλά πληκτρολογώντας τον επιθυμητό αριθμό και πατώντας το πλήκτρο «Enter». Σε αυτή την περίπτωση, η προηγούμενη γραφική παράσταση θα ανανεωθεί με τα νέα δεδομένα, όπως παρατηρείται και στο σχήμα 42:



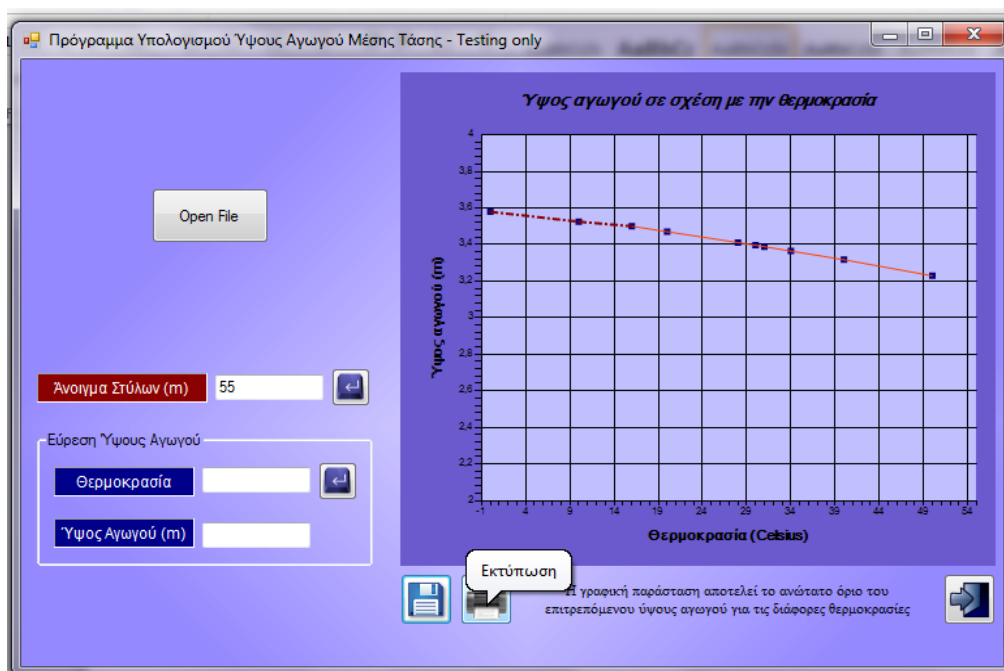
Σχήμα 42: Δημιουργία δεύτερου διαγράμματος επιτρεπτού ύψους αγωγού με άνοιγμα στύλων 55 m

Επίσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει το γράφημα αυτό σε μορφή .jpeg, .bmp ή .png, απλά επιλέγοντας το εικονίδιο «Αποθήκευση σε Εικόνα», όπως φαίνεται και στο σχήμα 43:



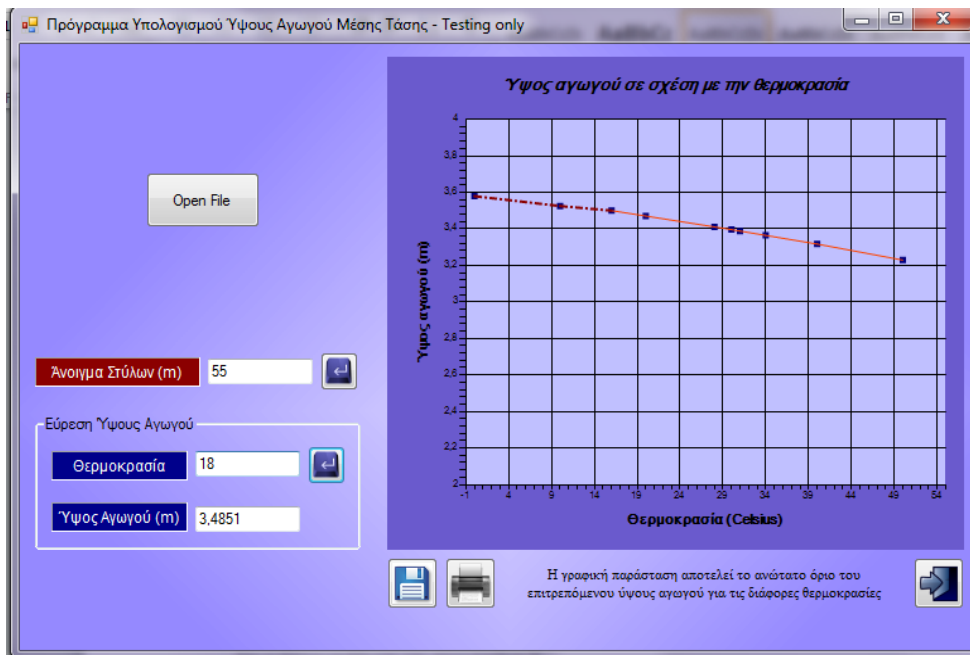
Σχήμα 43: Οθόνη προγράμματος Α στην οποία φαίνεται ο τρόπος αποθήκευσης του διαγράμματος με τη μορφή εικόνας

Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να εκτυπώσει το γράφημα κατευθείαν χωρίς να χρειαστεί να το αποθηκεύσει αρχικά ως εικόνα. Αυτή η διεργασία επιτελείται μέσω του εικονιδίου «Εκτύπωση», όπως φαίνεται στο σχήμα 44:



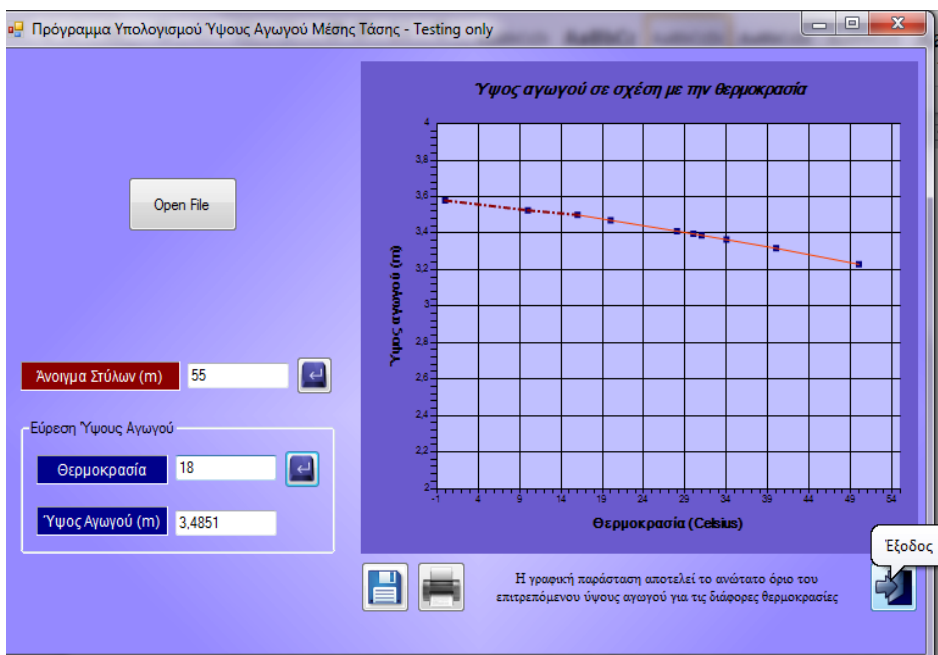
Σχήμα 44: Οθόνη προγράμματος Α στην οποία φαίνεται το εικονίδιο με το οποίο γίνεται η άμεση εκτύπωση του διαγράμματος

Το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη στο τμήμα «Εύρεση Ύψους Αγωγού» να καταχωρεί την επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας ώστε να προκύπτει το αντίστοιχο ύψος του αγωγού από το διάγραμμα για την αντίστοιχη θερμοκρασία, όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 45:



Σχήμα 45: Οθόνη προγράμματος A όπου φαίνεται ο τρόπος εύρεσης του επιθυμητού ύψους του αγωγού για θερμοκρασία 18° C

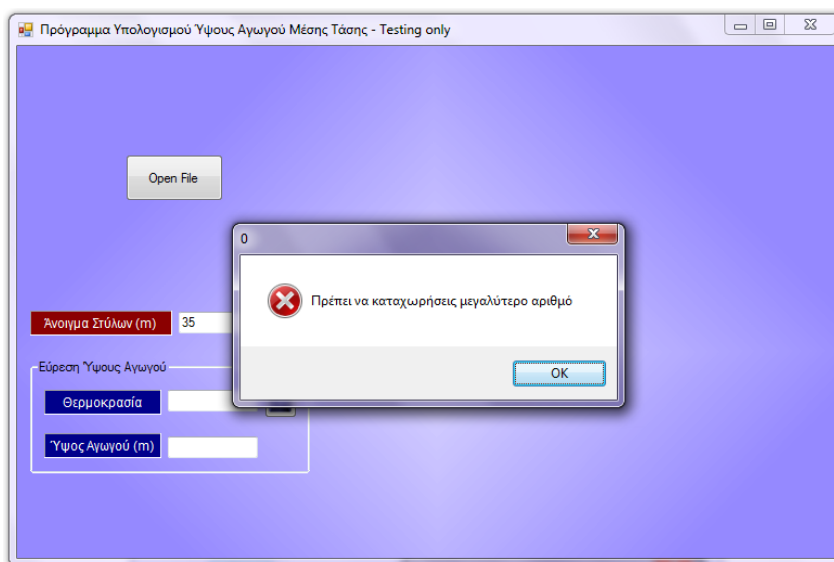
Ακόμα, το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να κλείσει το πρόγραμμα μέσω του εικονιδίου «Έξοδος», όπως φαίνεται στο σχήμα 46:



Σχήμα 46: Οθόνη προγράμματος A όπου φαίνεται το εικονίδιο το οποίο τερματίζει την λειτουργία του προγράμματος

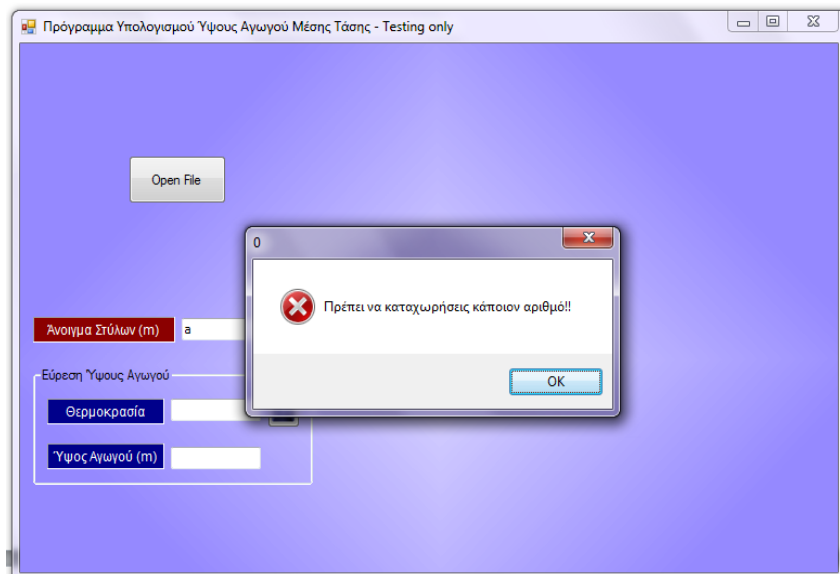
Το πρόγραμμα αυτό για να διασφαλίσει την ομαλή έκβαση των αποτελεσμάτων σε περίπτωση που από αμέλεια του χρήστη η μορφή του αρχείου Excel δεν είναι

σωστή ή σε περίπτωση που πληκτρολογηθούν λανθασμένες τιμές ελέγχου εμφανίζονται διάφορα μηνύματα λάθους, διαφορετικά μεταξύ τους που αφορούν σε διαφορετικά πιθανά λάθη. Συγκεκριμένα, εάν το άνοιγμα του στύλων που επιθυμούμε να εξετάσουμε είναι μικρότερο από την πρώτη τιμή του Excel, τότε εμφανίζεται το κείμενο «Πρέπει να καταχωρήσεις μεγαλύτερο αριθμό», με τον τρόπο που παρουσιάζεται στο σχήμα 47.



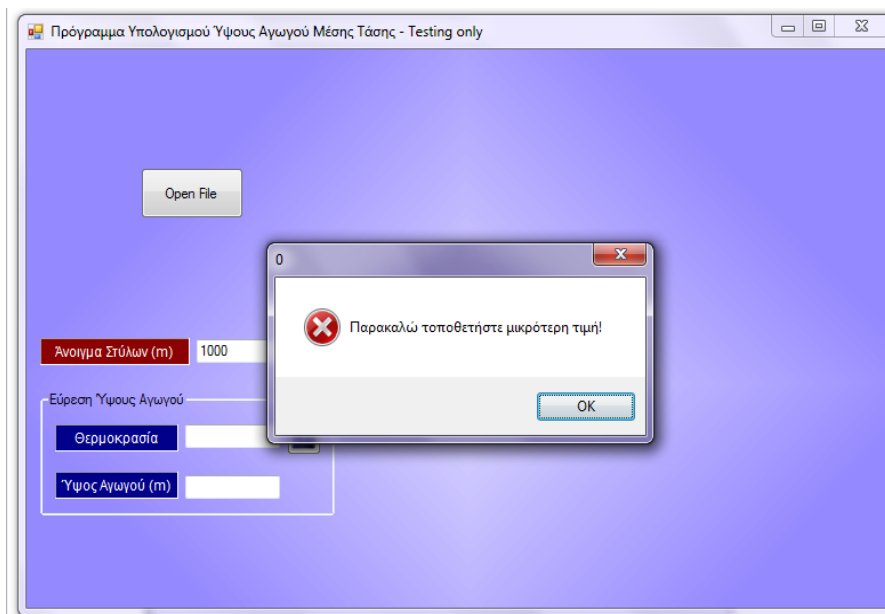
Σχήμα 47: Μήνυμα λάθους το οποίο εμφανίζεται όταν ο αριθμός που έχει καταχωρηθεί είναι πολύ μικρός

Σε περίπτωση που πληκτρολογηθεί κατά λάθος κάποιος άλλος χαρακτήρας μη αριθμητικός, τότε εμφανίζεται το κείμενο «Πρέπει να καταχωρήσεις κάποιον αριθμό», όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 48.



Σχήμα 48: Μήνυμα λάθους το οποίο εμφανίζεται όταν δεν έχει καταχωρηθεί κάποιος αριθμός

Σε περίπτωση που ο αριθμός που καταχωρείται δεν υπάρχει στο αρχείο Excel, τότε εμφανίζεται το κείμενο «Παρακαλώ τοποθετήστε μικρότερη τιμή», όπως απεικονίζεται και στο σχήμα 49.



Σχήμα 49: Μήνυμα λάθους το οποίο εμφανίζεται όταν ο αριθμός που έχει καταχωρηθεί είναι πολύ μεγάλος

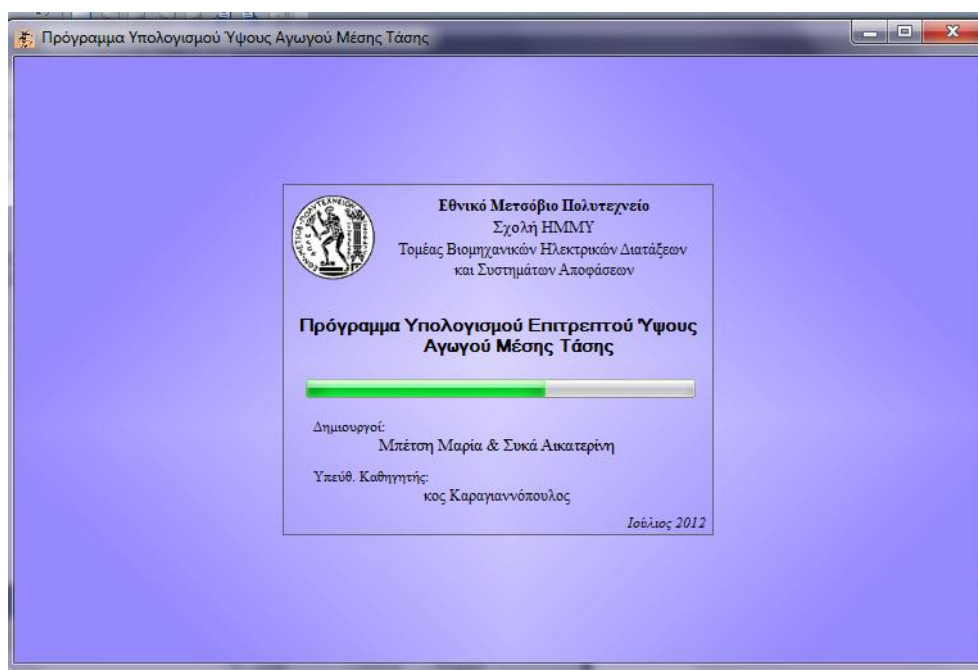
Όλα τα παραπάνω μηνύματα λάθους, διατυπώνουν ξεκάθαρα ποιο είναι το σφάλμα που γίνεται κάθε φορά με αποτέλεσμα ο χρήστης να το αντιλαμβάνεται εύκολα και να μπορεί να το διορθώσει άμεσα, ώστε να λειτουργήσει σωστά το πρόγραμμα.

Δεδομένου ότι ο έλεγχος του προγράμματος ολοκληρώνεται ορθά, ο χρήστης θα πρέπει να καταχωρήσει το αρχείο Excel που έχει δημιουργήσει σε συγκεκριμένο φάκελο, ο οποίος θα αποτελέσει την βάση δεδομένων του Προγράμματος Β. Επίσης, το αρχείο αυτό θα πρέπει να έχει συγκεκριμένη ονομασία, η οποία θα καταδεικνύει τον αγωγό για τον οποίο αναφέρονται οι μετρήσεις. Η διαδικασία αποθήκευσης του αρχείου αυτού και της μετονομασίας του αναλύονται στο Παράρτημα Α.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Β

Εκτέλεση Προγράμματος

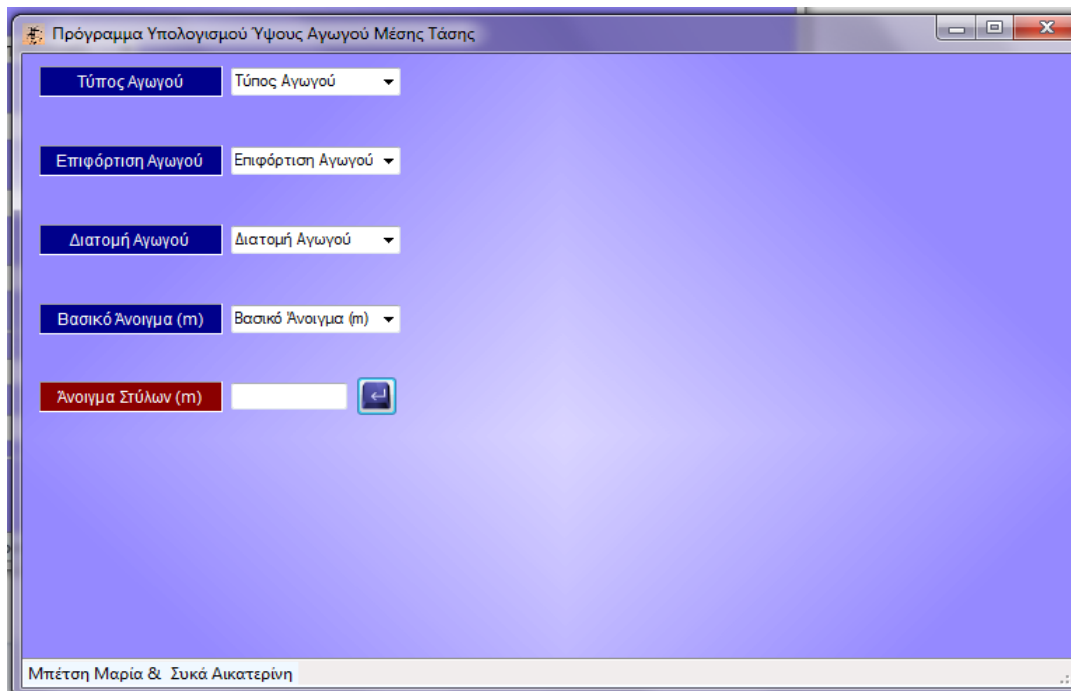
Στο πρόγραμμα Β, έχει δημιουργηθεί μία βάση δεδομένων με αρχεία Excel, μέσω της οποίας το πρόγραμμα ανατρέχει στο αντίστοιχο αρχείο Excel κάθε φορά και δημιουργεί το απαιτούμενο γράφημα. Ο χρήστης δεν έχει την δυνατότητα να επιλέξει ο ίδιος το αρχείο Excel το οποίο θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα, αλλά αυτό καθορίζεται από τον συνδυασμό των τεσσάρων χαρακτηριστικών του αγωγού. Ο χρήστης δύναται να επιλέξει μόνο τα χαρακτηριστικά αυτά, τα οποία τελικά προσδιορίζουν έναν συγκεκριμένο αγωγό και ένα συγκεκριμένο αρχείο Excel και πληκτρολογώντας το επιθυμητό άνοιγμα στύλων προκύπτει το αντίστοιχο γράφημα. Κατά την εκκίνηση του προγράμματος προκύπτει η εικόνα του σχήματος 50.



Σχήμα 50: Αρχικό παράθυρο του προγράμματος Β με πληροφορίες για τη δημιουργία του προγράμματος

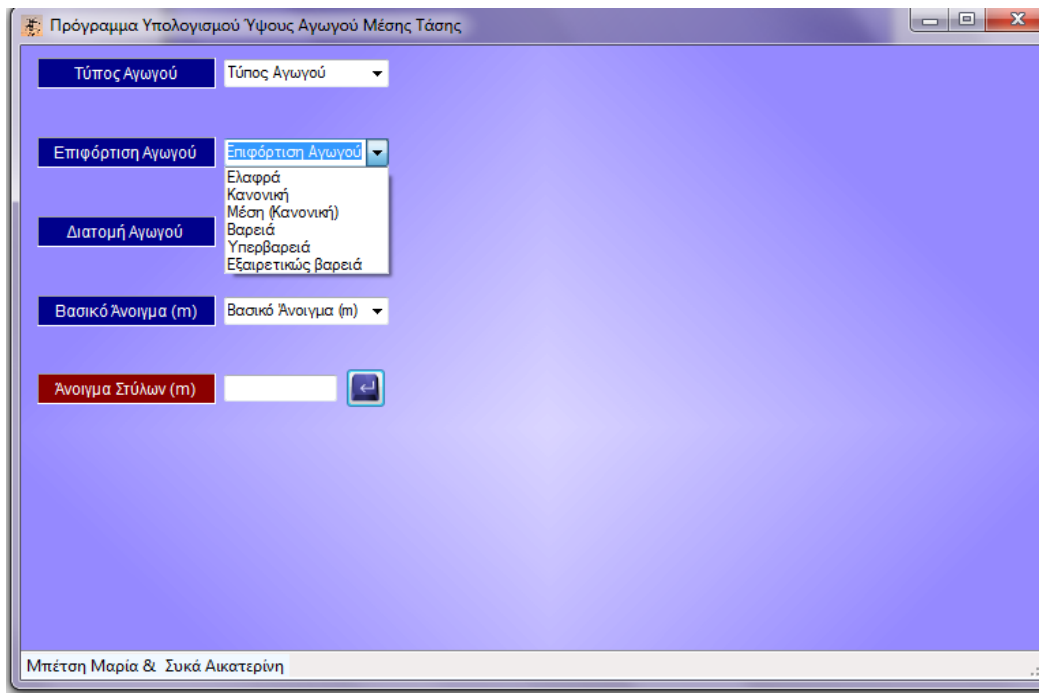
Σύμφωνα με το σχήμα 50, το αρχικό αυτό παράθυρο εισάγει τον χρήστη στο πρόγραμμα υπολογισμού του επιτρεπτού ύψους του αγωγού μέσης τάσης, παρουσιάζοντας κάποιες βασικές πληροφορίες για τη δημιουργία του προγράμματος.

Ο χρήστης καλείται να επιλέξει τα χαρακτηριστικά του αγωγού. Αρχικά, πρέπει να επιλεγθεί ο τύπος του αγωγού. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει έναν από τους τέσσερις τύπους αγωγού, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 51.



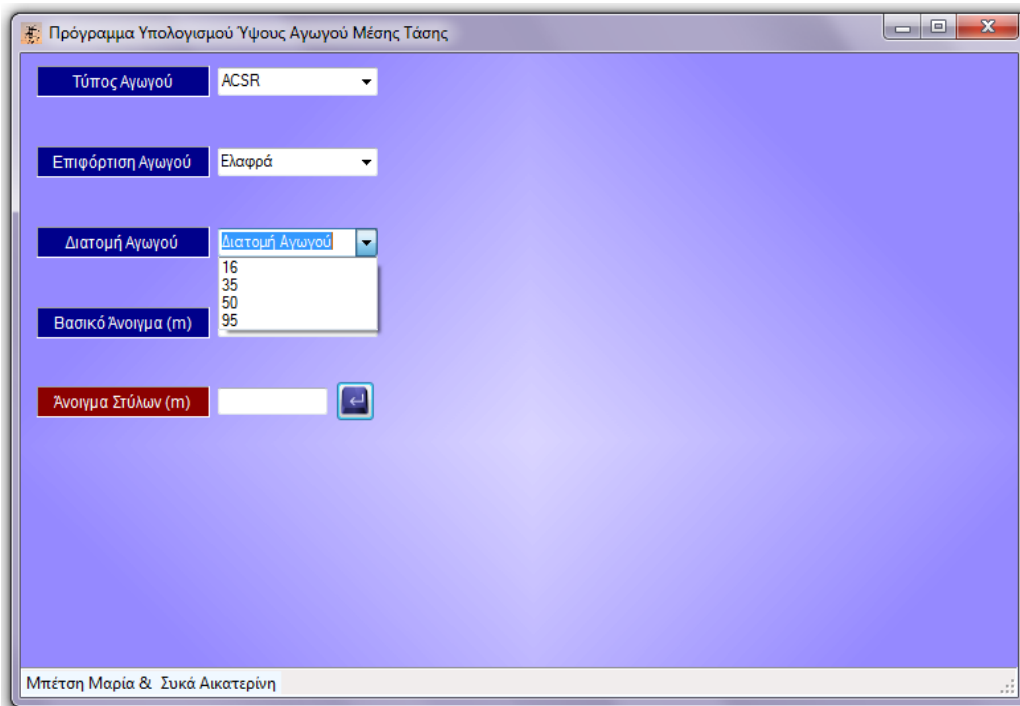
Σχήμα 51: Οθόνη εισαγωγής δεδομένων του προγράμματος Β

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει έναν από τους 4 δυνατούς τύπους αγωγού, απλά τοποθετώντας τον δείκτη του ποντικιού στην επιθυμητό τύπο και πατώντας δεξί κλικ. Στη συνέχεια επιλέγει την επιφόρτιση του αγωγού την οποία επιθυμεί, επιλέγοντας με τον ίδιο τρόπο μία από τις έξι (6) δυνατές επιλογές του προγράμματος, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 52.



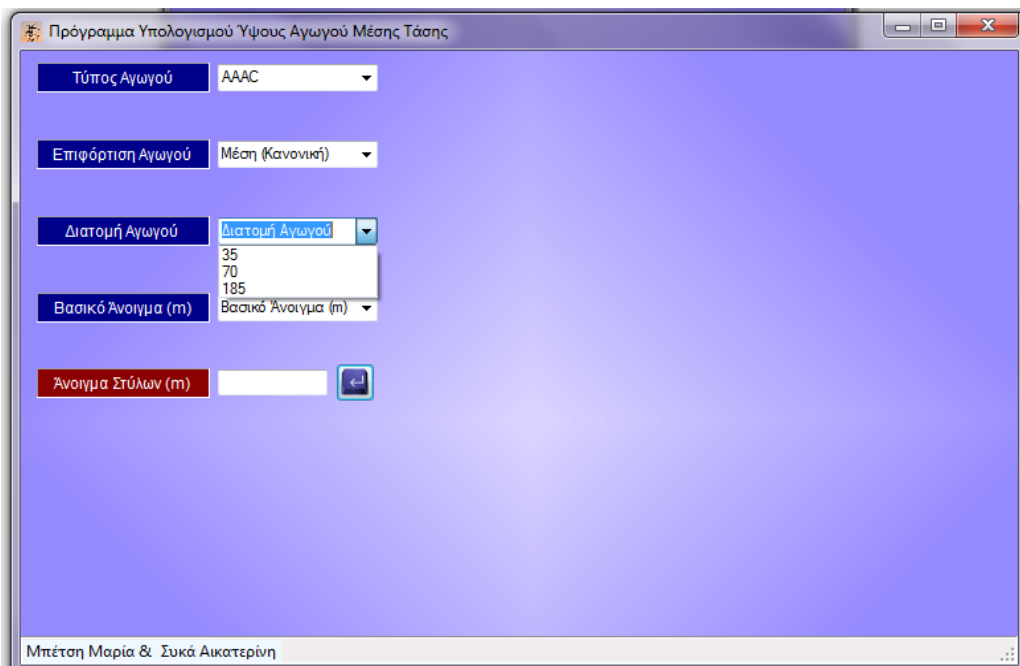
Σχήμα 52: Οθόνη προγράμματος Β στην οποία παρουσιάζεται ο τρόπος επιλογής της επιφόρτισης του αγωγού

Ο συνδυασμός του τύπου του αγωγού σε συνδυασμό με την επιθυμητή επιφόρτιση του αγωγού οδηγεί σε επιτρεπτές διατομές. Για παράδειγμα, θεωρώντας ως τύπο αγωγού «ACSR» και επιφόρτιση αγωγού «Ελαφρά» οι επιτρεπτές διατομές από τις οποίες μπορεί να επιλέξει ο χρήστης του προγράμματος είναι τέσσερις: «16», «35», «50» και «95», όπως διαφαίνεται και από το σχήμα 53.



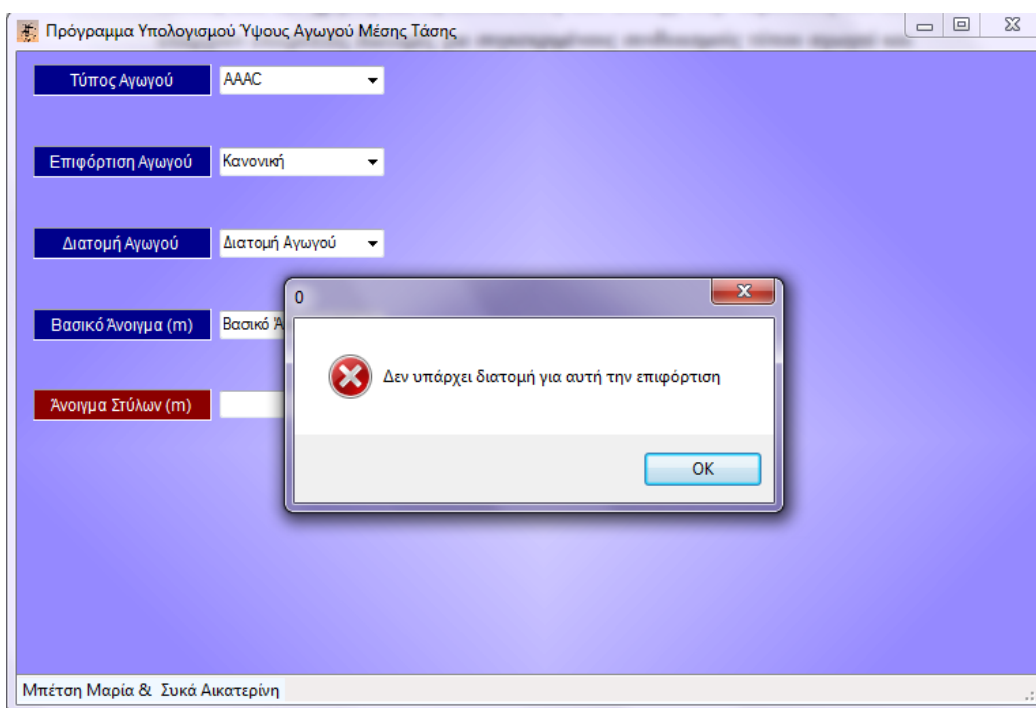
Σχήμα 53: Οθόνη προγράμματος Β στην οποία παρουσιάζεται ο τρόπος επιλογής της διατομής του αγωγού ACSR, ελαφράς επιφόρτισης

Ωστόσο, εάν επιλεχθεί ως τύπος αγωγού ο τύπος «AAAC» και ως επιφόρτιση η «Μέση (Κανονική)», τότε οι επιτρεπτές διατομές που θα παρουσιαστούν θα είναι: «35», «70» και «185», όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 54.



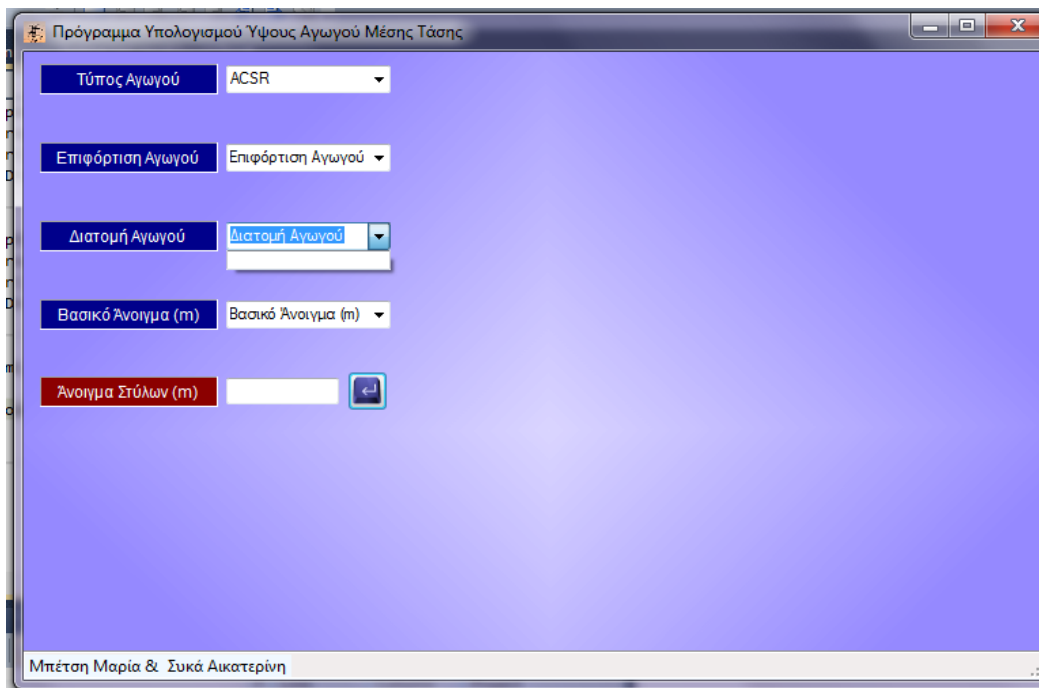
Σχήμα 54: Οθόνη προγράμματος Β στην οποία παρουσιάζεται ο τρόπος επιλογής της διατομής του αγωγού AAAC, μέσης (κανονικής) επιφόρτισης

Κατά αυτόν τον τρόπο, το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί με στόχο την αποτροπή λάθους από τον χρήστη και τη διευκόλυνσή του. Επίσης, στην περίπτωση που δεν υπάρχουν επιτρεπτές διατομές για συγκεκριμένους συνδυασμούς τύπου αγωγού και επιφόρτισης, εμφανίζεται ένα μήνυμα λάθους, το οποίο προτρέπει τον χρήστη να μεταβάλλει τις επιλογές του. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που επιλεγθεί τύπος αγωγού «AAAC» και επιφόρτιση «Κανονική» παρουσιάζεται το κείμενο «Δεν υπάρχει διατομή για αυτή την επιφόρτιση», όπως εμφανίζεται στο σχήμα 55.

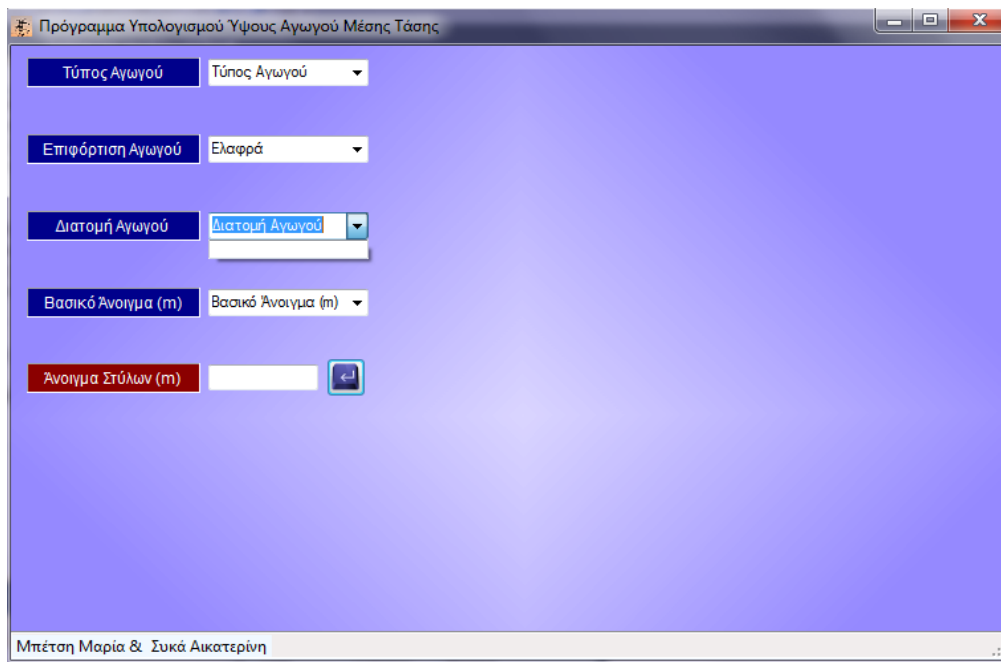


Σχήμα 55: Μήνυμα λάθους το οποίο εμφανίζεται επειδή δεν υφίσταται διατομή για αγωγό AAAC κανονικής επιφόρτισης

Για να μπορέσει να συνεχίσει η διαδικασία εκτέλεσης του προγράμματος, θα πρέπει να μεταβληθούν οι αρχικές επιλογές τύπου αγωγού ή/και επιφόρτισης. Επίσης, σε περίπτωση που ο χρήστης αμελήσει να επιλέξει τύπο αγωγού ή επιφόρτιση αγωγού δεν μπορεί να επιλέξει και διατομή αγωγού, όπως παρουσιάζεται στα σχήματα 56 και 57 αντίστοιχα.

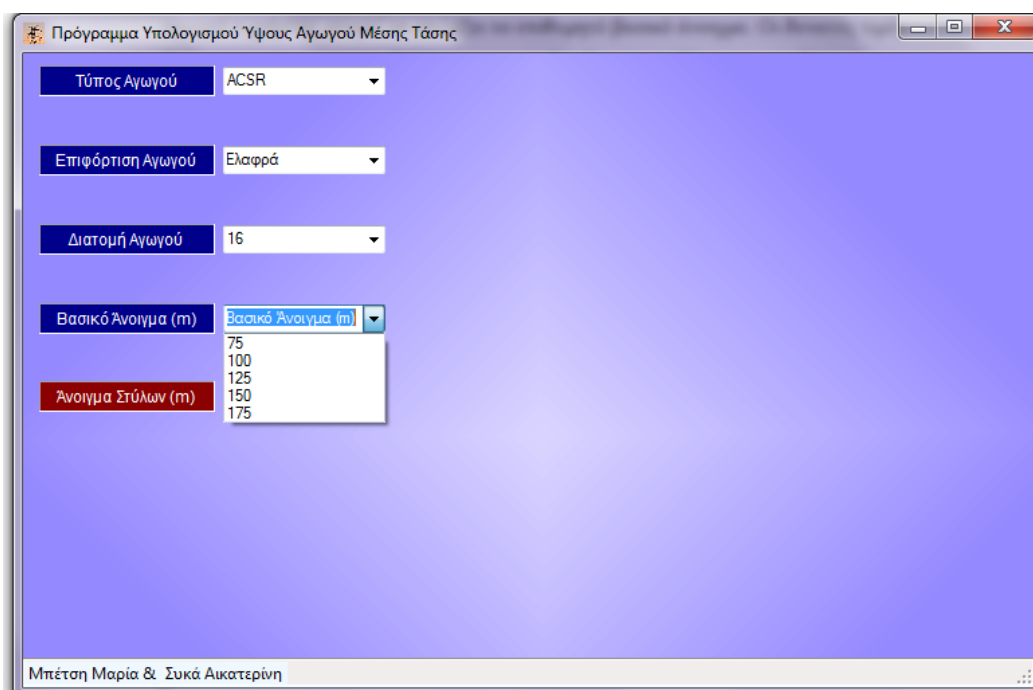


Σχήμα 56: Οθόνη από το πρόγραμμα Β, στην οποία δεν μπορεί να επιλεγεί η διατομή του αγωγού επειδή δεν έχει καθοριστεί η επιφόρτιση του αγωγού



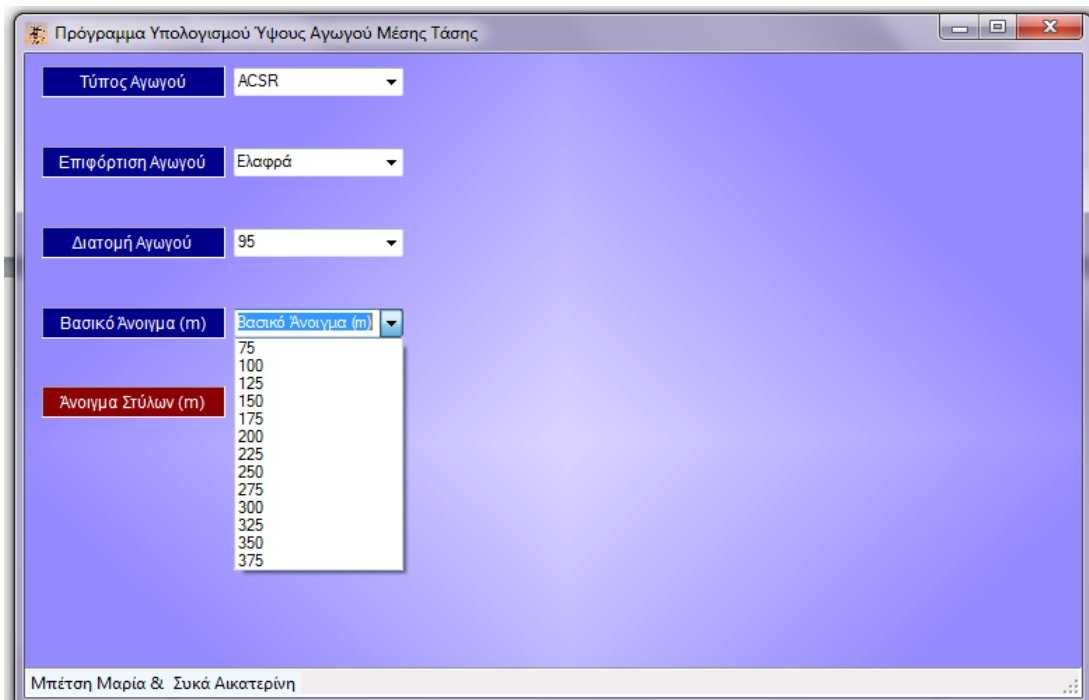
Σχήμα 57: Οθόνη από το πρόγραμμα Β, στην οποία δεν μπορεί να επιλεγεί η διατομή του αγωγού επειδή δεν έχει καθοριστεί ο τύπος του αγωγού

Στη συνέχεια, αφού επιλεγεί ο τύπος αγωγού, η επιφόρτισή του και η διατομή του αγωγού ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το επιθυμητό βασικό άνοιγμα. Οι δυνατές τιμές βασικού ανοίγματος μεταβάλλονται και καθορίζονται με βάση τον συνδυασμό των προηγούμενων τριών παραμέτρων. Για παράδειγμα, θεωρώντας ότι έχει επιλεγεί ως τύπος αγωγού ο «ACSR», ως επιφόρτιση αγωγού η «Ελαφρά» και ως διατομή αγωγού η διατομή των 16mm^2 , οι δυνατές επιλογές του βασικού ανοίγματος είναι: «75», «100», «125», «150» και «175», όπως φαίνεται ξεκάθαρα και στο σχήμα 58.



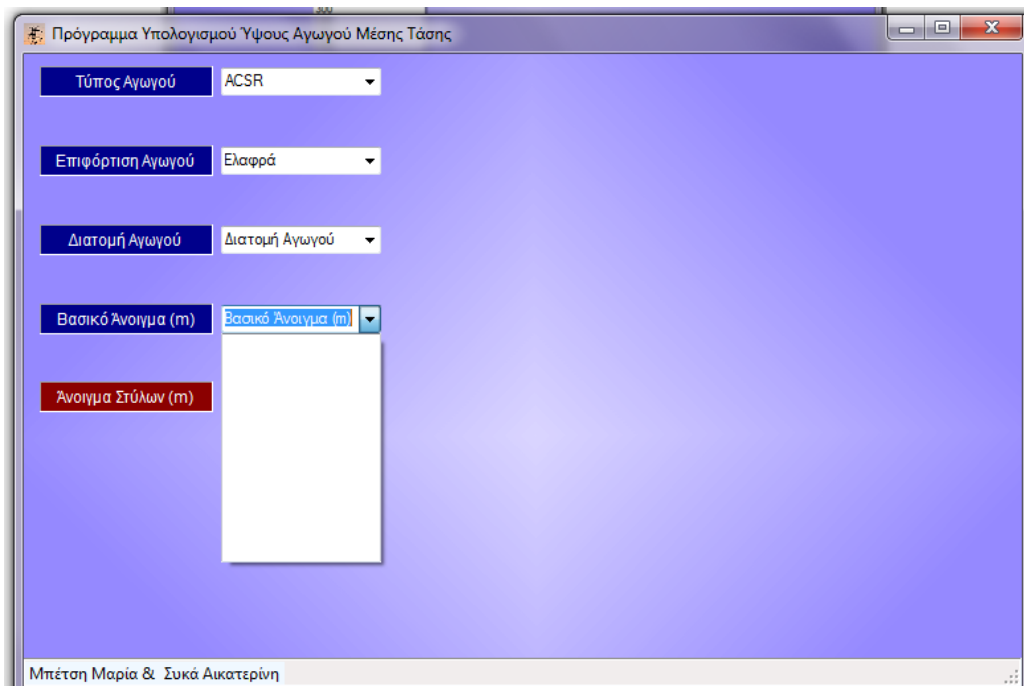
Σχήμα 58: Οθόνη από το πρόγραμμα Β που παρουσιάζει τις πιθανές επιλογές βασικού ανοίγματος για αγωγό ACSR, ελαφράς επιφόρτισης και διατομής 16mm^2

Σε περίπτωση όμως που μεταβληθεί η διατομή του αγωγού, παρόλο που τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του αγωγού παραμείνουν σταθερά, οι δυνατές επιλογές του βασικού ανοίγματος θα μεταβληθούν, όπως εμφανίζεται στο σχήμα 59.



Σχήμα 59: Οθόνη από το πρόγραμμα Β που παρουσιάζει τις πιθανές επιλογές βασικού ανοίγματος για αγωγό ACSR, ελαφράς επιφόρτισης και διατομής 95 mm²

Επίσης, σε περίπτωση που ο χρήστης αμελήσει την επιλογή της διατομής του αγωγού, δεν μπορεί να επιλεγεί το βασικό άνοιγμα του αγωγού, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 60.



Σχήμα 60: Οθόνη από το πρόγραμμα Β, στην οποία δεν μπορεί να επιλεγεί το βασικό άνοιγμα του αγωγού επειδή δεν έχει καθοριστεί η διατομή του αγωγού

Εφόσον ο χρήστης έχει επιλέξει σωστά τα χαρακτηριστικά του αγωγού που επιθυμεί να εξετάσει, το πρόγραμμα αυτόματα εντοπίζει το συγκεκριμένο αρχείο Excel μέσα από την βάση δεδομένων του και περιμένει από τον χρήστη να πληκτρολογήσει το επιθυμητό άνοιγμα των στύλων για το οποίο θέλει να εξετάσει το ύψος του αγωγού. Όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα, μόλις ολοκληρωθεί η ταύτιση των χαρακτηριστικών του αγωγού με το αρχείο Excel, το πρόγραμμα προτρέπει τον χρήστη να πληκτρολογήσει το άνοιγμα των στύλων, όπως φαίνεται στο σχήμα 61.

Πρόγραμμα Υπολογισμού Επιτρεπτού Ύψους Αγωγού Μέσης Τάσης

Τύπος Αγωγού: ACSR

Επιφόρτιση Αγωγού: Μέση (Κανονική)

Διατομή Αγωγού: 35

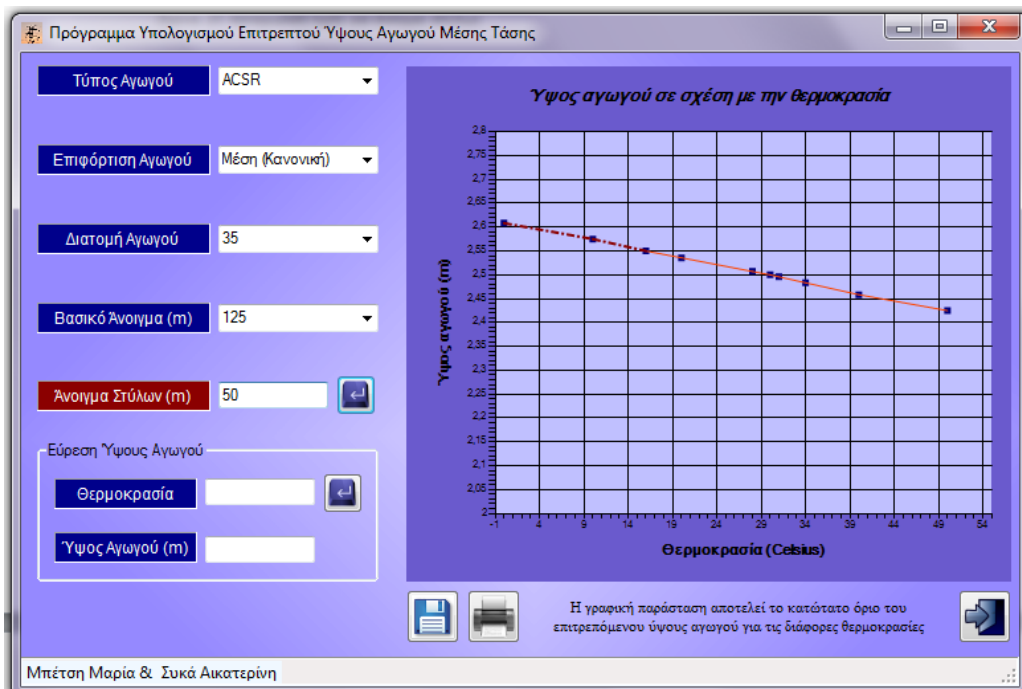
Βασικό Άνοιγμα (m): 125

Άνοιγμα Στύλων (m):

Μπέτση Μαρία & Σικά Αικατερίνη

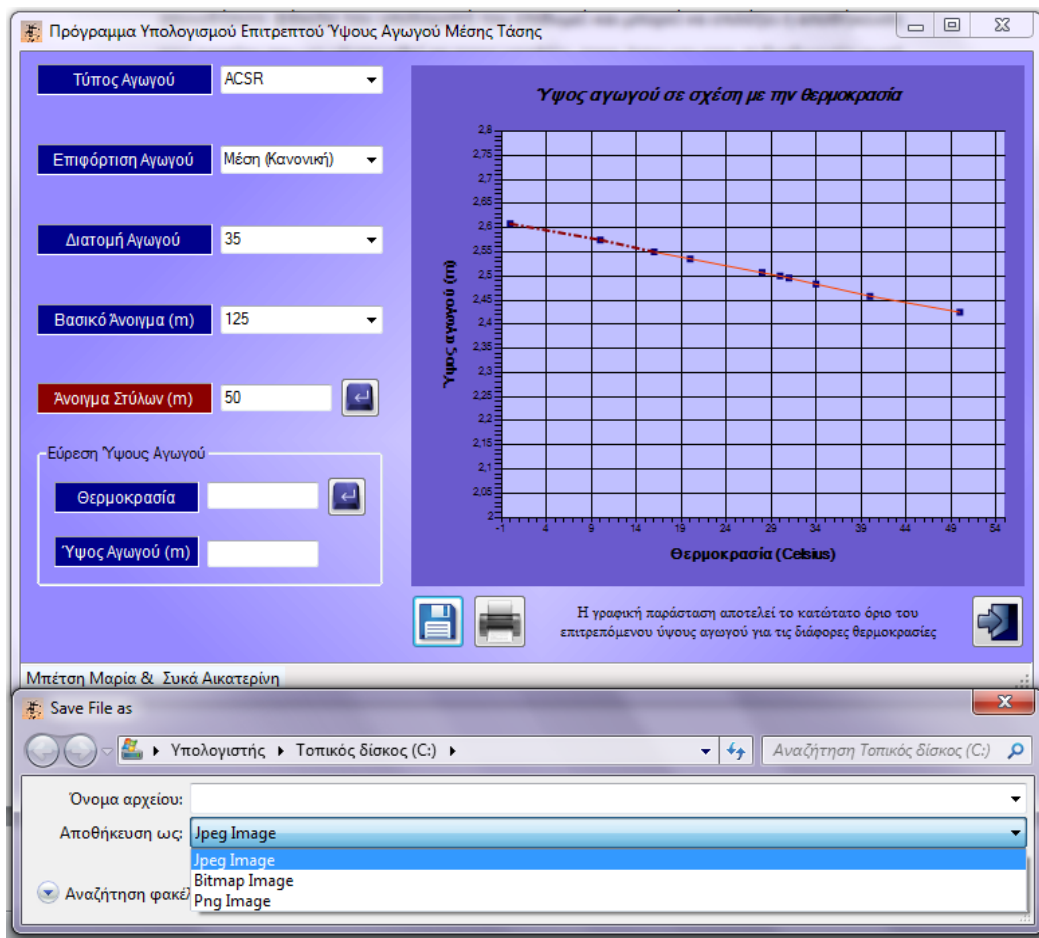
Σχήμα 61: Οθόνη από το πρόγραμμα Β, στην οποία στην οποία ο χρήστης μπορεί να καταχωρήσει το άνοιγμα των στύλων που επιθυμεί για αγωγό ACSR, μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, διατομής 35 mm² και με βασικό άνοιγμα 125 m

Μόλις ο χρήστης τοποθετήσει το επιθυμητό άνοιγμα των στύλων και πατήσει «Enter» ή το εικονίδιο «Σχεδίαση», τότε το πρόγραμμα δημιουργεί το γράφημα σύμφωνα με τα δεδομένα του συγκεκριμένου αρχείου Excel, όπως παρατηρείται και στο σχήμα 62.



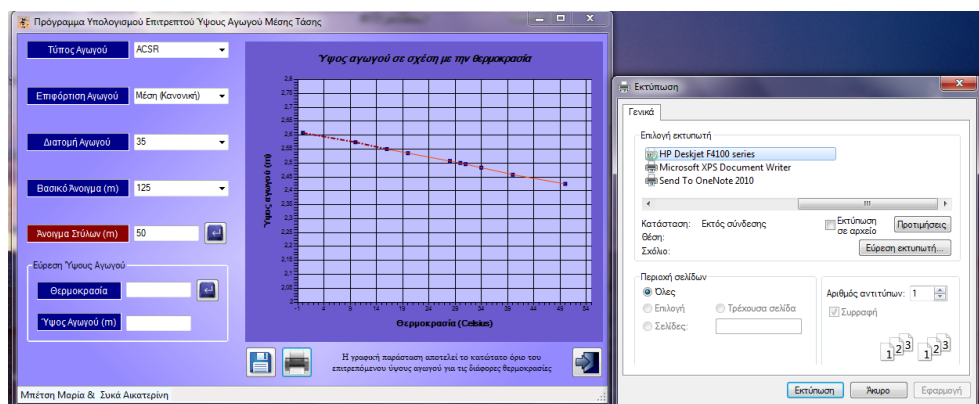
Σχήμα 62: Οθόνη από το πρόγραμμα Β, στην οποία παρουσιάζεται το διάγραμμα του επιτρεπτού ύψους αγωγού ACSR, μέσης (κανονικής) επιφόρτισης, διατομής 35 mm², βασικού ανοίγματος 125 m, με άνοιγμα στύλων 50 m

Στη συνέχεια, ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει το γράφημα που προκύπτει σε οποιοδήποτε φάκελο του υπολογιστή του επιθυμεί και μπορεί να επιλέξει η αποθήκευση του αρχείου του να υλοποιηθεί σε τρεις μορφές: jpeg, bmp και png. Η διαδικασία αυτή ενεργοποιείται μόλις ο χρήστης επιλέξει το εικονίδιο «Αποθήκευση σε εικόνα», όπως φαίνεται και από το σχήμα 62.



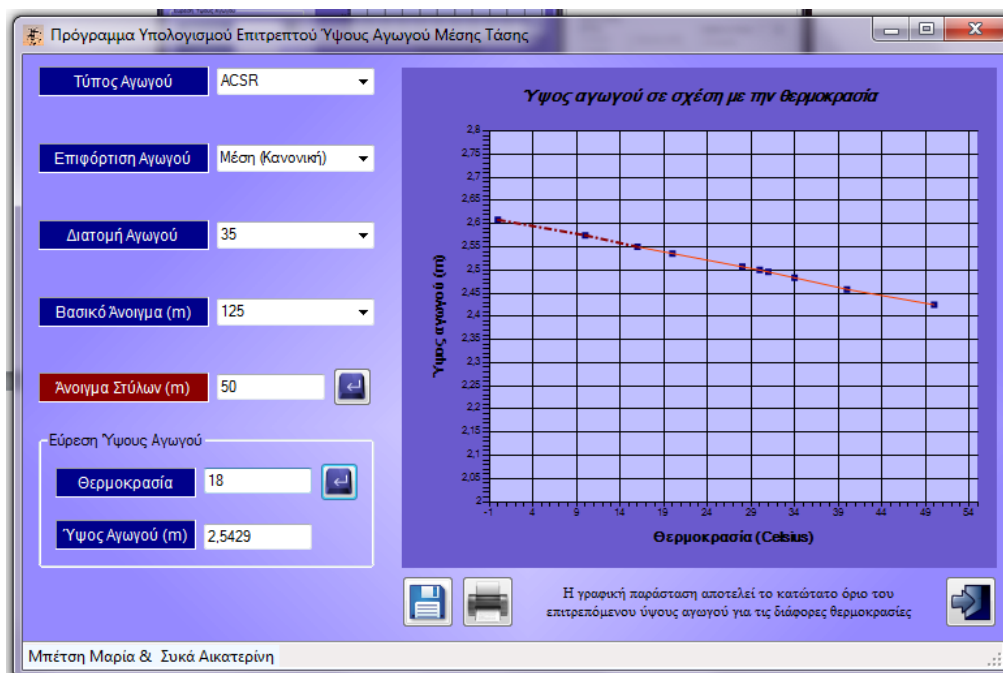
Σχήμα 63: Οθόνη προγράμματος Β στην οποία φαίνεται ο τρόπος αποθήκευσης του διαγράμματος με τη μορφή εικόνας

Επίσης, δίνεται η δυνατότητα της άμεσης εκτύπωσης του διαγράμματος επιλέγοντας το εικονίδιο «Εκτύπωση», όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 63.



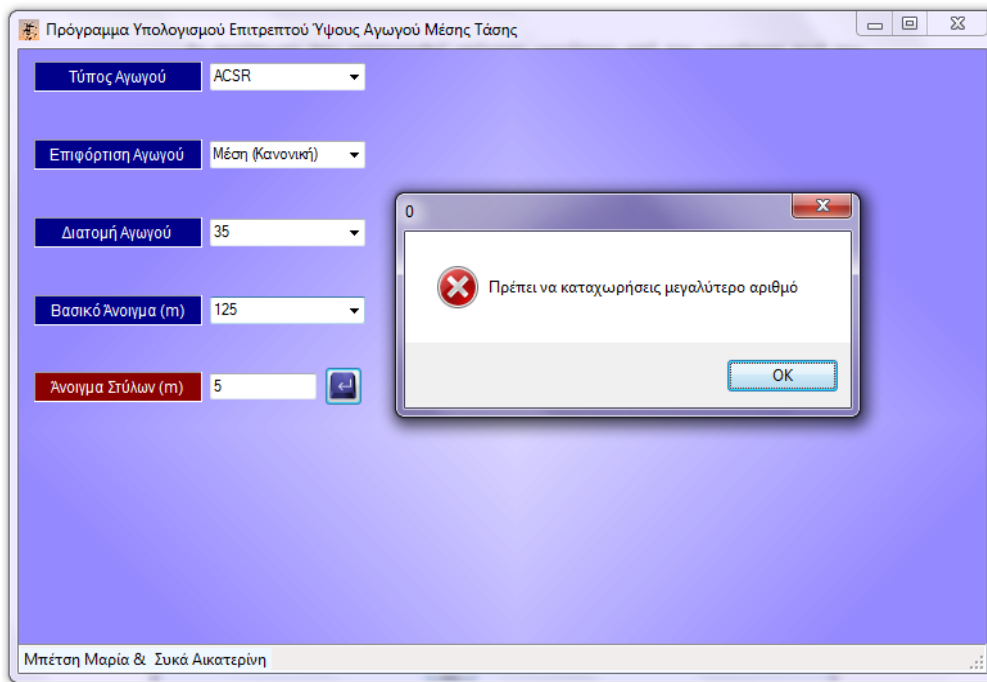
Σχήμα 64: Οθόνη προγράμματος Β στην οποία φαίνεται το εικονίδιο με το οποίο γίνεται η άμεση εκτύπωση του διαγράμματος

Ακόμα, το πρόγραμμα ενώ έχει εμφανίσει το επιθυμητό διάγραμμα παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη στο πεδίο «Εύρεση Ύψους Αγωγού» να υπολογιστεί άμεσα για κάποια θερμοκρασία το ύψος του αγωγού. Αυτό παρουσιάζεται ξεκάθαρα στο σχήμα 65.



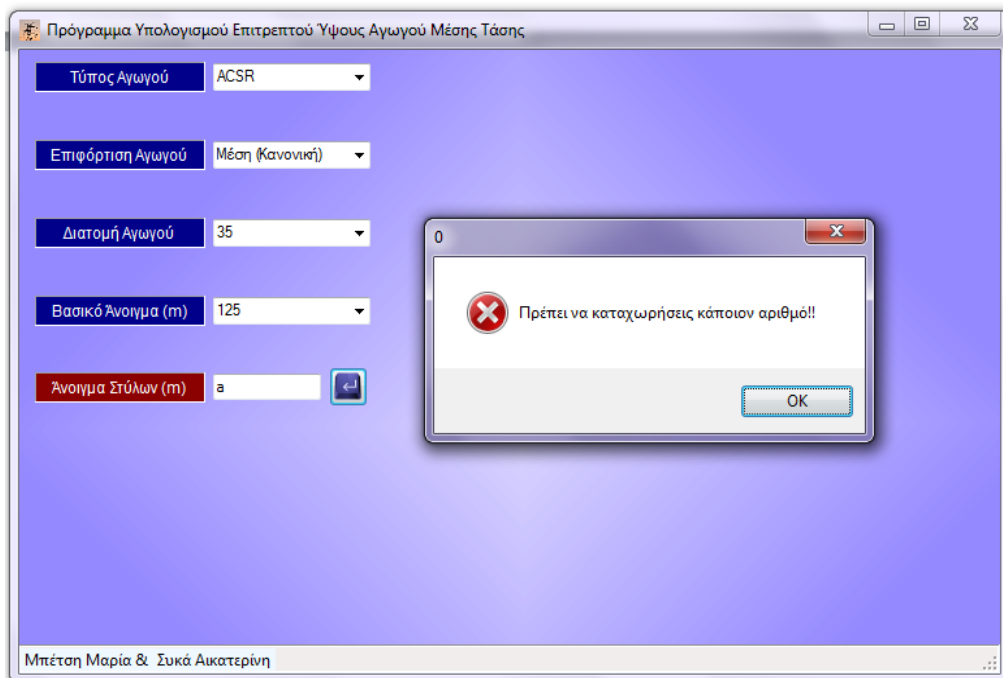
Σχήμα 65: Οθόνη προγράμματος Β όπου φαίνεται ο τρόπος εύρεσης του επιθυμητού ύψους του αγωγού για θερμοκρασία 18° C

Σε περίπτωση που καταγραφεί νούμερο μικρότερο από την μικρότερη τιμή του αρχείου Excel, τότε εμφανίζεται το κείμενο «Πρέπει να καταχωρήσεις μεγαλύτερο αριθμό», όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 66.



Σχήμα 66: Μήνυμα λάθους το οποίο εμφανίζεται όταν ο αριθμός που έχει καταχωρηθεί είναι πολύ μικρός

Επίσης, σε περίπτωση που καταγραφεί κάποιος χαρακτήρας που δεν είναι νούμερο, τότε παρουσιάζεται το κείμενο «Πρέπει να καταχωρήσεις κάποιον αριθμό!!», το οποίο εμφανίζεται στο σχήμα 67.



Σχήμα 67: Μήνυμα λάθους το οποίο εμφανίζεται όταν δεν έχει καταχωρηθεί κάποιος αριθμός

Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα μπορεί να προειδοποιεί τον χρήστη σε περίπτωση εσφαλμένων καταχωρήσεων με απόλυτα φιλικό και άμεσο τρόπο. Με το εικονίδιο Exit, ο χρήστης μπορεί να αποχωρήσει από την εφαρμογή αυτή.

Το Πρόγραμμα Β χαρακτηρίζεται από αμεσότητα και το γραφικό του περιβάλλον είναι απόλυτα φιλικό προς τον χρήστη, κατευθύνοντάς τον βήμα προς βήμα για τη σωστή επιλογή των δεδομένων. Για την προστασία των αποτελεσμάτων σε περίπτωση σφάλματος, εμφανίζονται τα μηνύματα λάθους που περιγράφονται από τα σχήματα 66 και 67, τα οποία παράλληλα παρουσιάζουν στον χρήστη το λάθος το οποίο συνέβη, καθώς και τον τρόπο αποφυγής του. Με το πρόγραμμα αυτό, ο χρήστης δύναται να παρατηρήσει γραφικά τη μεταβολή του ύψους του αγωγού μέσης τάσης σε συνάρτηση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΦΕΚ 608/ 6 ΟΚΤ 1967

Για θερμοκρασία 16 °C , άπνοια και αφόρτιστα βέλη αγωγών τα ανοίγματα δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από αυτά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 :

Επιφόρτιση	Μήκος Ανοίγματος (m)
Βαρεία	53,5
Μέση	76
Ελαφρά	106,5

Πίνακας 1:Μέγιστα μήκη ανοίγματος για βαρεία, μέση και ελαφρά επιφόρτιση

Υποσημείωση : 45,5 m στην περιφέρεια βαρείας επιφόρτισης και 68,5 m στην περιφέρεια μέσης επιφόρτισης για αγωγούς με 3 κλώνους και διάμετρο μικρότερη ή ίση 2,3 χλμ.

*Ελάχιστη κατακόρυφος απόστασις τῶν ἀγωγῶν ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους ἢ σιδηροτροχιῶν

Εἶδος ἐδάφους ἢ σιδηροτροχιῶν κάτωθεν ἀγωγῶν	Ἐπίτονοι, Σύρματα Ἀναρτήσεως. Ἀγωγοὶ προστασίας ἔναντι κεραυνῶν. Σύρματα ἀνοιγμάτων. Καλώδια ἐνεργείας μετὰ κανονικῶς γειωμένης συνεχοῦς μεταλλικῆς ἐπενδύσεως, ἢ μεμονωμένοι ἀγωγοὶ ἀνηρητημένοι ἀπὸ κανονικῶς γειωμένου σύρματος ἀναρτήσεως καὶ προσδεδεμένοι εἰς τοῦτο, πάσης τάσεως	Ὅρατοὶ ἀγωγοὶ γραμμῶν ἐνεργείας, ἀγωγοὶ φωτισμοῦ ὁδῶν διὰ τόξου, κάθοδοι παροχетеύσεως (8)		
		0 ἕως 750 Βόλτ	750 ἕως 15000 Βόλτ	15000 ἕως 50000 Βόλτ
		(Κατὰ τὰς διασταυρώσεις τῶν συρμάτων ἄνωθεν)		

Σιδηροτροχιαὶ σιδηροδρόμων (ἐξαιρέσει ἠλεκτροκινήτων σιδηροδρόμων μετὰ κεραίας ἐπαφῆς) ἐφ' ὧν διέρχονται φορτηγὰ ὀχήματα ἐπὶ τῆς κορυφῆς τῶν ὁποίων ἐπιτρέπεται ἡ παραμονὴ ἀτόμων (1) (10)	Μέτρα	Μέτρα	Μέτρα	Μέτρα
Σιδηροτροχιαὶ σιδηροδρόμων (ἐξαιρέσει ἠλεκτροκινήτων σιδηροδρόμων μετὰ κεραίας ἐπαφῆς) μὴ περιλαμβανόμεναι ἄνωτέρω (1)	(2) (9) 8,25	(2) 8,25	(2) 8,50	9,25
Δημόσιοι ὁδοί, δρομίσκοι ἢ δρόμοι εἰς ἀστικὰς ἢ ἀγροτικὰς περιοχὰς	(3) 5,50	5,50	6,00	6,75
Διάδρομοι οἰκιακῶν «Γκαράζ»	(4) 3,00	3,00	6,00	6,75
Χῶροι ἢ δρόμοι προσιτοὶ μόνον εἰς τοὺς πεζοὺς	(4) 4,50	(5) 4,50	4,50	5,25

* Ἀγωγοὶ ὀδεύοντες παραλλήλως πρὸς καὶ ἐντὸς τῶν ὁρίων Ἐθνικῶν ὁδῶν ἢ ἐτέρων δημοσίων συγκοινωνιακῶν ἀρτηριῶν

Δρόμοι ἢ δρομίσκοι εἰς ἀστικὰς περιοχὰς	(6) (7) 5,50	(6) 5,50	6,00	6,75
Ὅδοι εἰς ἀγροτικὰς περιοχὰς	(6) (7) 4,25	(6) 4,50	5,50	6,00

Πίνακας 2 : Ελάχιστη κατακόρυφη απόστασις αγωγῶν ἀπὸ τὸ ἐδαφος ἢ ἀπὸ σιδηροτροχιᾶς

Υποσημειώσεις :

- (1) Στις διασταυρώσεις συρμάτων πάνω από σιδηροδρομικές γραμμές μόνο για οχήματα που είναι σημαντικά χαμηλότερα των συνηθισμένων οχημάτων φορτώσεων , οι αποστάσεις μπορούν να μειωθούν κατά ποσό ίσο με την διαφορά ύψους μεταξύ του υψηλότερου χρησιμοποιούμενου οχήματος και του υψηλότερου συνηθισμένου φορτηγού οχήματος αλλά η απόσταση αυτή δεν μπορεί να γίνει μικρότερη της απαιτούμενης για διασταύρωση δρόμων.
- (2) Η απόσταση αυτή τείνει να γίνει 7,5 m , εκεί όπου παραλληλίζονται οι αγωγοί επαφής των κεραιών των οχημάτων με τον δρόμο.
- (3) Επίτονος είναι μεμονωμένος έναντι της υψηλότερης τάσης στην οποία είναι εκτεθειμένος, μέχρι 8700V, μεταξύ οδών, δρόμων ή δρομίσκων που διασταυρώνονται, τείνουν να ελαττώσουν την απόσταση κατά 4,9 m στο άκρο του υπό των τροχοφόρων χρησιμοποιούμενου τμήματος αυτών.
- (4) Η απόσταση αυτή δύναται να ελαττωθεί μέχρι τις ακόλουθες τιμές : 1) για επίτονους → 2,5m , 2) για καλώδια ενέργειας με κανονική γειωμένη συνεχή μεταλλική επένδυση ή για μεμονωμένους αγωγούς αναρτημένους από κανονικό γειωμένο σύρμα ανάρτησης και προσδεμένους σε αυτό σε οποιαδήποτε τάση → 3m
- (5) Η απόσταση αυτή δύναται να ελαττωθεί μέχρι τις ακόλουθες τιμές : 1) Αγωγοί ενέργειας μέχρι τάση προς γη 300 V → 3,65m , 2) Αγωγοί ενέργειας που βρίσκονται στην είσοδο κτιρίων μέχρι τάση προς γη 150 V → 3m . Για τους ίδιους αγωγούς όταν η μορφή του κτιρίου δεν επιτρέπει την τήρηση της απόστασης τν 3m και υπό τον όρο ότι τηρούνται όλες οι απαιτούμενες αποστάσεις → 2,5m , 3) τα κυκλώματα ενέργειας τάσης μικρότερης ή ίσης με 550 V , με μεταφερόμενη ισχύ 3200W ή μικρότερη, και διατεταγμένα κατά μήκος περιφραγμένης ιδιωτικής δουλείας διέλευσης σύμφωνα με το άρθρο 220,B,3 → 3m
- (6) Αφορά ξύλινους στύλους τοποθετημένους κατά μήκος της οδού και κοντά στον περίβολο χανδάκων οχθών κλπ. ούτως ώστε το έδαφος να μη χρησιμοποιείται παρά μόνο για πεζούς . Η απόσταση δύναται να ελαττωθεί ως εξής : 1) αγωγοί ενέργειας → 3,65 m ,2) επίτονοι → 2,5 m
- (7) Δεν απαιτείται ελάχιστη απόσταση από το έδαφος για επιτόνους αγκυρώσεως μη διασταυρωμένους δρόμους, δρόμους οχημάτων, οδούς, μονοπάτια ή επίτονους αγκυρώσεως προβλεπόμενους μετά προφυλακτήρων για πεζούς και οχήματα, τοποθετημένους παράλληλα προς το άκρο του πεζοδρομίου.

- (8) Αγωγός γειωμένος κανονικά σε όλο το μήκος του και σχετιζόμενος προς γραμμή ενέργειας 0-22000V δύναται να έχει την καθορισμένη απόσταση για επίτονους και σύρματα ανάρτησης.
- (9) Η απόσταση αυτή δύναται να ελαττωθεί στο 7,5 m για επίτονους και καλώδια στα 7,5 m για επίτονους και καλώδια αναρτημένα από σύρματα ανάρτησης. Η απόσταση αυτή δύναται να ελαττωθεί στα 7,5 m για αγωγούς γειωμένους σε όλο το μήκος τους και σχετιζόμενους με γραμμή ενέργειας 0-22000 V, μόνο εφόσον οι αγωγοί είναι πολύκλωνοι, αποτελούνται από υλικό ανθιστάμενο στη διάβρωση και σύμφωνα με το άρθρο 261,Ζ απαιτήσεις αντοχής και τάνυσης προβλέπονται για σύρματα ανάρτησης.
- (10) Κοντά σε εναέριες γέφυρες περιορίζουν την άνοδο ατόμων επί της κορυφής οχημάτων, οι αποστάσεις δύναται να ελαττωθούν εντός της άνω περιοχής. Σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται τα σύρματα ή τα καλώδια να βρίσκονται σε στάθμη κατώτερη της επιφάνειας της γέφυρας.

Αποστάσεις επαύξεσης

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η επαύξεση για βαρεία, μέση και ελαφρά επιφόρτιση για μεγάλους και μικρούς αγωγούς.

Επιφόρτιση	Επαύξεση ανά μέτρο υπέρβασης	
	Μεγάλοι αγωγοί	Μικροί αγωγοί (1)
Βαρεία και Μέση	1,5 cm	3 cm
Ελαφρά	1 cm	1,5 cm

Πίνακας 3: Επαύξεση συναρτήσει της επιφόρτισης (βαρείας, μέσης και ελαφράς) και συναρτήσει της διαμέτρου των αγωγών

- (1) Μικροί αγωγοί θεωρούνται όσοι έχουν εξωτερική διάμετρο του μεταλλικού τους μέρους ίση ή μικρότερη από τις τιμές του Πίνακα 4:

Υλικό	Εξωτερική διάμετρος αγωγού	
	Μονόκλωνος	Πολύκλωνος
Χαλκός	4 mm	6,5 mm
Όχι εξ' ολοκλήρου χαλκός	6,5 mm	7 mm

Πίνακας 4: Εξωτερική διάμετρος μικρού αγωγού (Χαλκού ή μη εξ' ολοκλήρου χαλκού)

Η μέγιστη επαύξεση δεν είναι ανάγκη να υπερβαίνει τα ποσοστά % του Πίνακα 5 «της μέγιστης αύξησης βέλους» για τους υπάρχοντες αγωγούς:

Επιφόρτιση	%
Βαρεία	75
Μέση	85
Ελαφρά	75

Πίνακας 5: Ποσοστά % για την μέγιστη αύξηση βέλους

Το «Σημείο Διασταυρώσεως» θεωρείται ότι είναι το άκρο του δρόμου που βρίσκεται πιο μακριά από τον πλησιέστερο φορέα του διασταυρωμένου ανοίγματος.

- Όταν το «Σημείο Διασταυρώσεως» συμπίπτει με τη θέση του μέγιστου συνολικού βέλους των αγωγών τότε ισχύουν τα εξής :

Η μέγιστη αύξηση βέλους είναι η αριθμητική διαφορά αφ' ενός μεταξύ του τελικού αφόρτιστου βέλους στους 16°C υπό συνθήκες άπνοιας και αφ' ετέρου του μέγιστου συνολικού βέλους είτε υπό πλήρη φόρτιση του αγωγού και των συνθηκών επιφόρτισης, είτε υπό θερμοκρασία 49 °C και άπνοια. Η αύξηση του βέλους που λαμβάνεται υπ' όψιν είναι η μεγαλύτερη εκ των αναφερθέντων.

- Όταν το «Σημείο Διασταυρώσεως» δε συμπίπτει με τη θέση του μέγιστου συνολικού βέλους των αγωγών τότε ισχύουν τα εξής :

Η απαιτούμενη απόσταση δύναται να ληφθεί πολλαπλασιάζοντας την απόσταση με έναν συντελεστή ο οποίος ανά περίπτωση παρουσιάζεται στον Πίνακα 6:

Απόσταση πλησιέστερου φορέα του διασταυρώσαντος ανοίγματος από το σημείο της διασταύρωσης επί % του μήκους του ανοίγματος διασταυρώσεως	Συντελεστής
5	0,85
10	0,88
15	0,91
20	0,94
25	0,96
30	0,98
35	0,99
40-50	1

Πίνακας 6: Συντελεστής επαύξησης της απόστασης πλησιέστερου φορέα, σε περίπτωση που το σημείο διασταυρώσεως δεν συμπίπτει με τη θέση του μέγιστου συνολικού βέλους των αγωγών

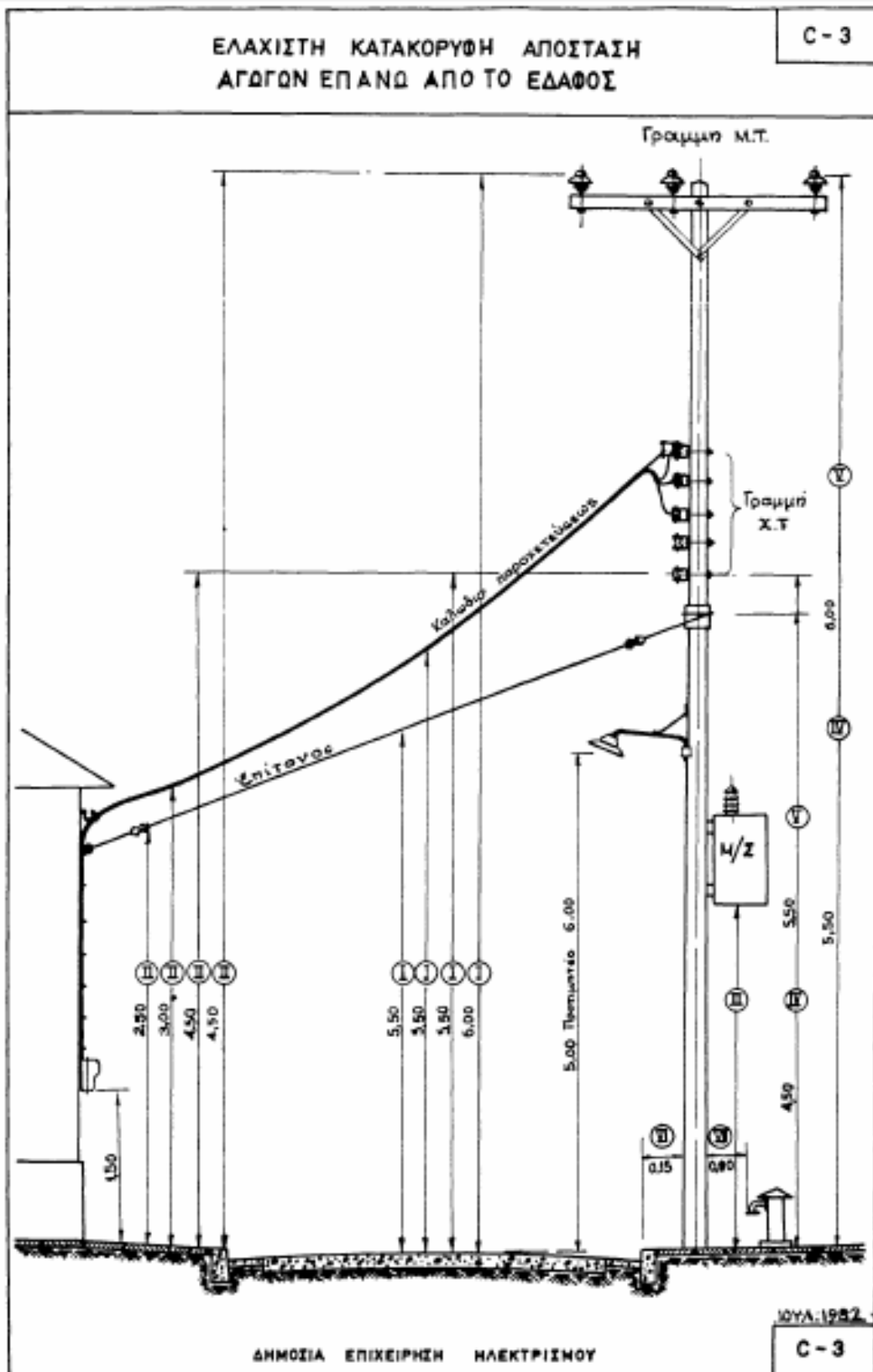
Οι ενδιάμεσες τιμές προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή. Για τάσεις πάνω από 50 kV οι αποστάσεις του πίνακα 2 αυξάνονται κατά 1 cm για αύξηση τάσης 1 kV.

Το ελάχιστο επιτρεπόμενο ύψος των ορατών εγκατεστημένων αγωγών συνδέσεως αναρριχώμενου καλωδίου εναέριας γραμμής ενέργειας από το έδαφος δίνεται από τον Πίνακα 7:

Θέση του αγωγού επί του στύλου	0-750 V	750-1500 V	>15000 V
Προς το μέρος της κυκλοφορίας των τροχοφόρων της πλευράς του στύλου	4,25 m	5 m	5,5 m
Προς οποιασδήποτε πλευράς του στύλου	2,5 m	3,5 m	4 m

Πίνακας 7: Ελάχιστο επιτρεπόμενο ύψος ορατού αναρριχώμενου καλωδίου εναέριας γραμμής

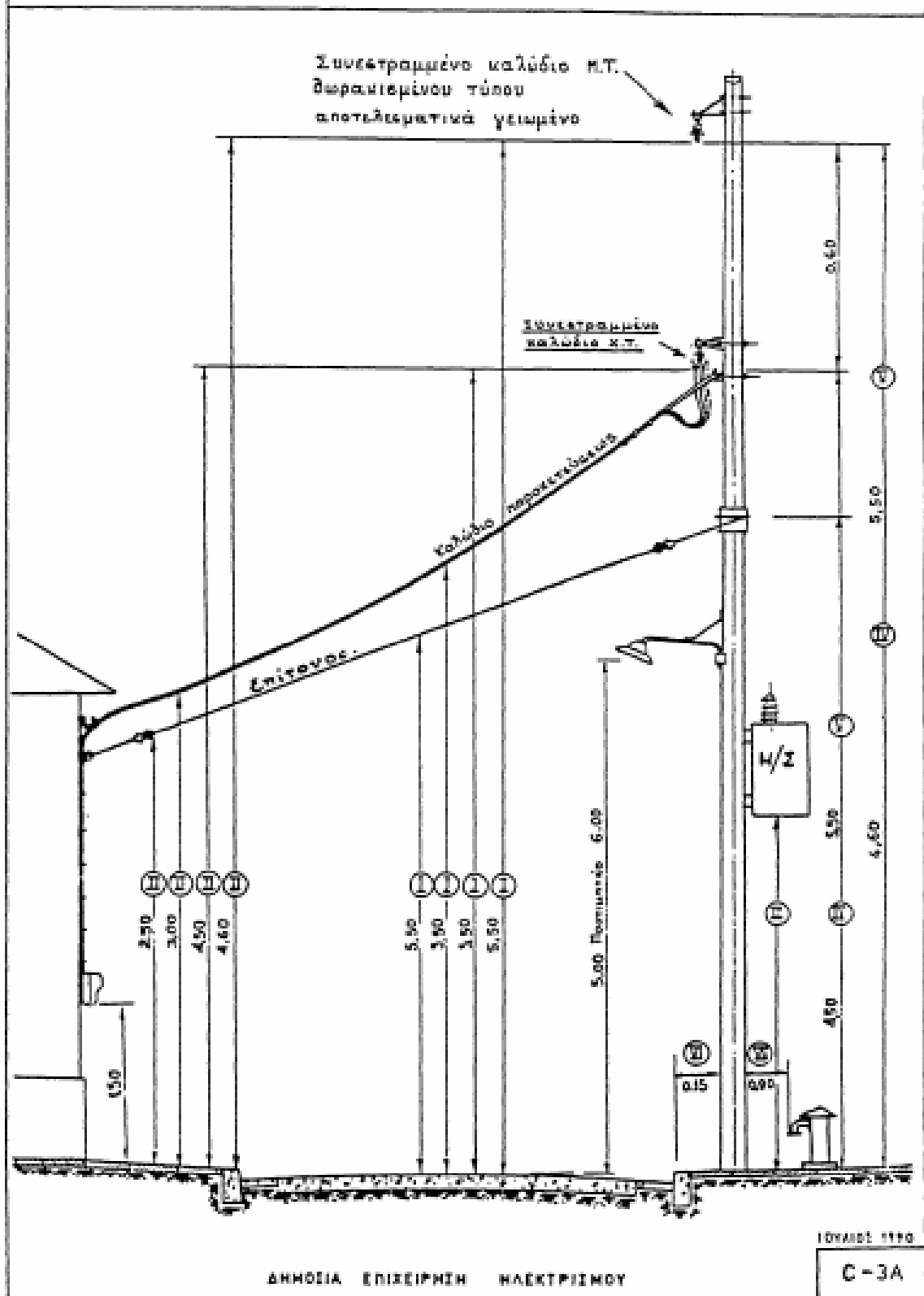
Στα σχήματα 1 – 6 που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα που αφορούν σε αποστάσεις των αγωγών από το έδαφος και μεταξύ τους, καθώς και διαγράμματα που αφορούν στην μεταβολή του βέλους κάμψης των αγωγών με βάση την μεταβολή της θερμοκρασίας και ορίζονται στις Τυποποιημένες Κατασκευές Δικτύου Διανομής.



Σχήμα 1: Ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση αγωγών πάνω από το έδαφος

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

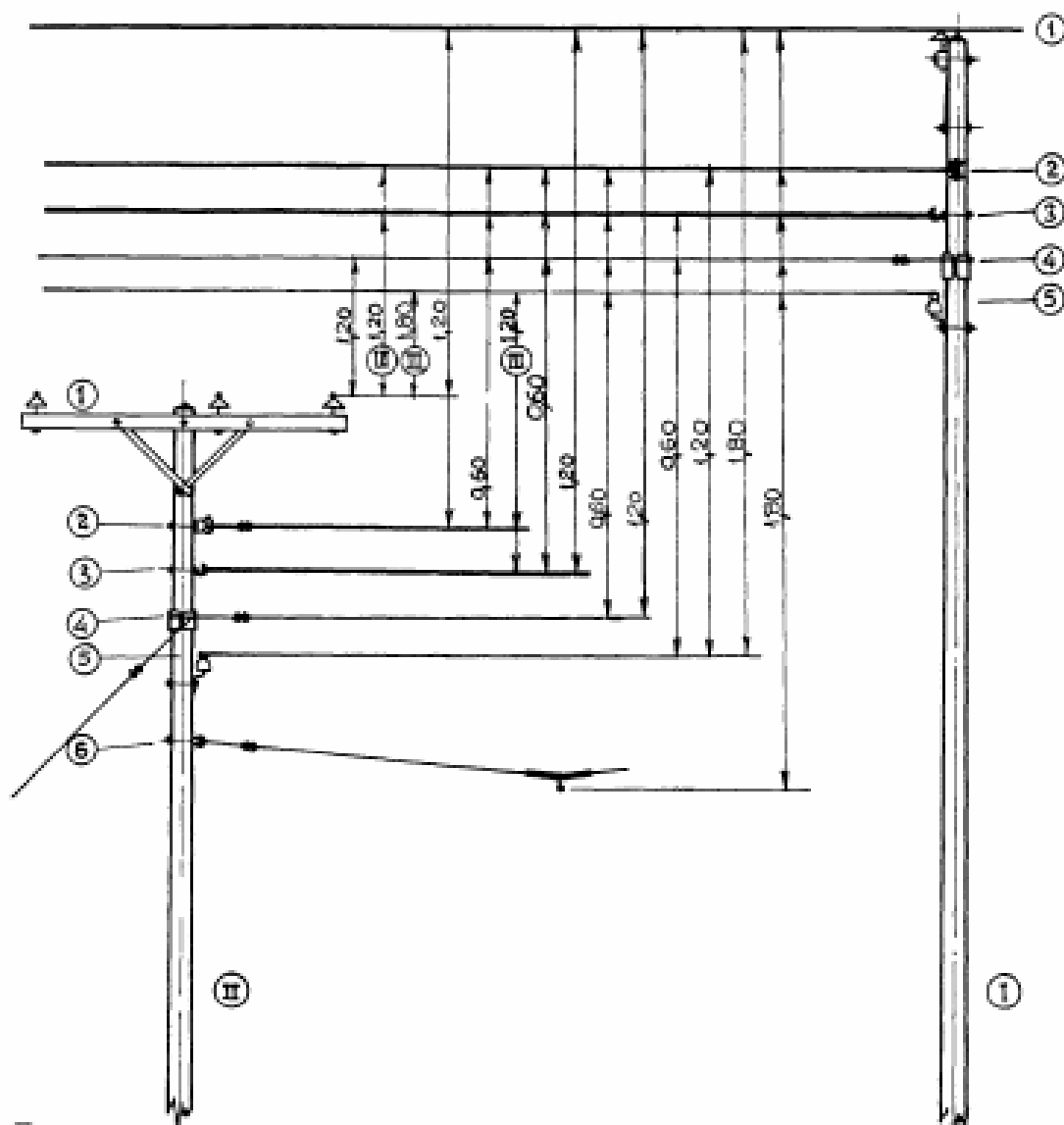
C-3A



Σχήμα 2: Ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση συνεστραμμένων αγωγών

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ
ΣΕ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ ΑΓΩΓΩΝ

C-5



- ① Γραμμή Μ.Τ
- ② Γραμμή Χ.Τ.
- ③ Καλώδια ενέργειας οποιασδήποτε τάξεως με κανονικά γειωμένα κινεχτή επένδυση ή γειωμένο εύμα ανάρτησεως, εύμα ανάρτησεως καλωδίων.
- ④ Έπιτονα, εύματα αναγκαστικῶς ἄγωγαί προστασίας ἔναντι κεραυνῶν
- ⑤ Ἄγωγοι, καλώδια καὶ εύματα ανάρτησεως τηλεπικοινωνίας
- ⑥ Ἄγωγός ἐπαφῆς κεραίας ἠλεκτριῶν ἀκημάτων.

18/ΥΛΑ/1982

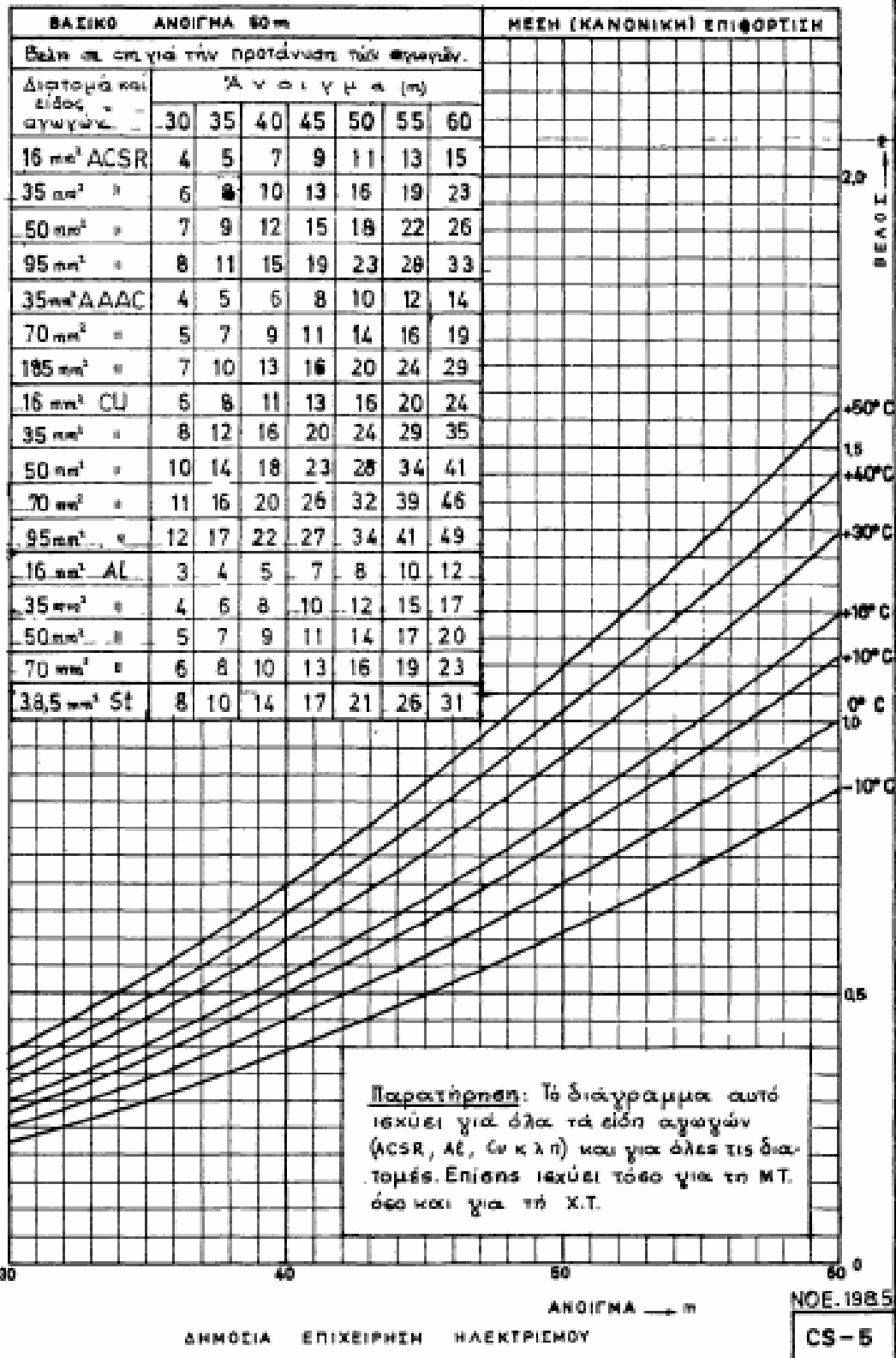
ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

C-5

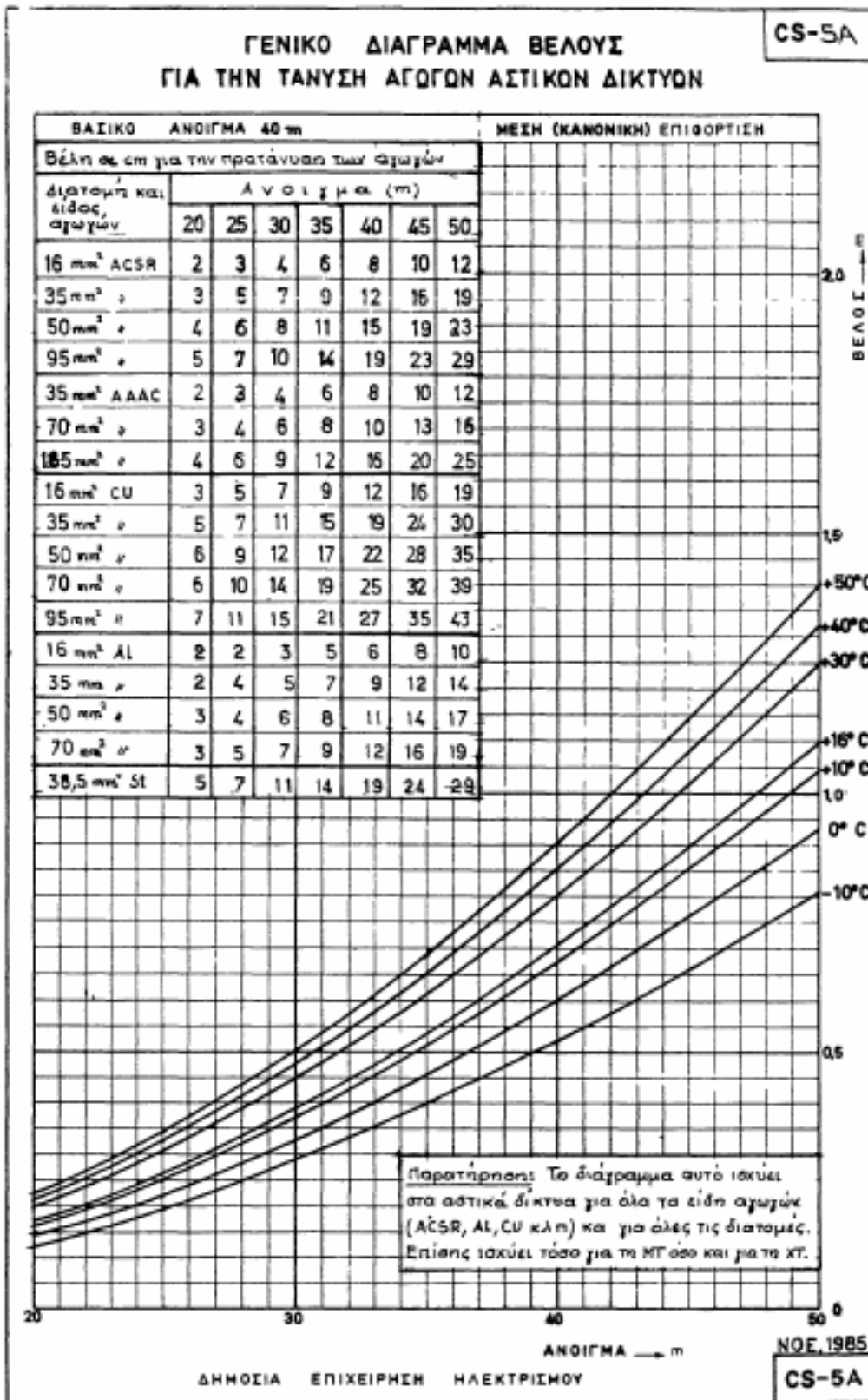
Σχήμα 3: Ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση σε διασταυρώσεις αγωγών

**ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΕΛΟΥΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΩΓΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

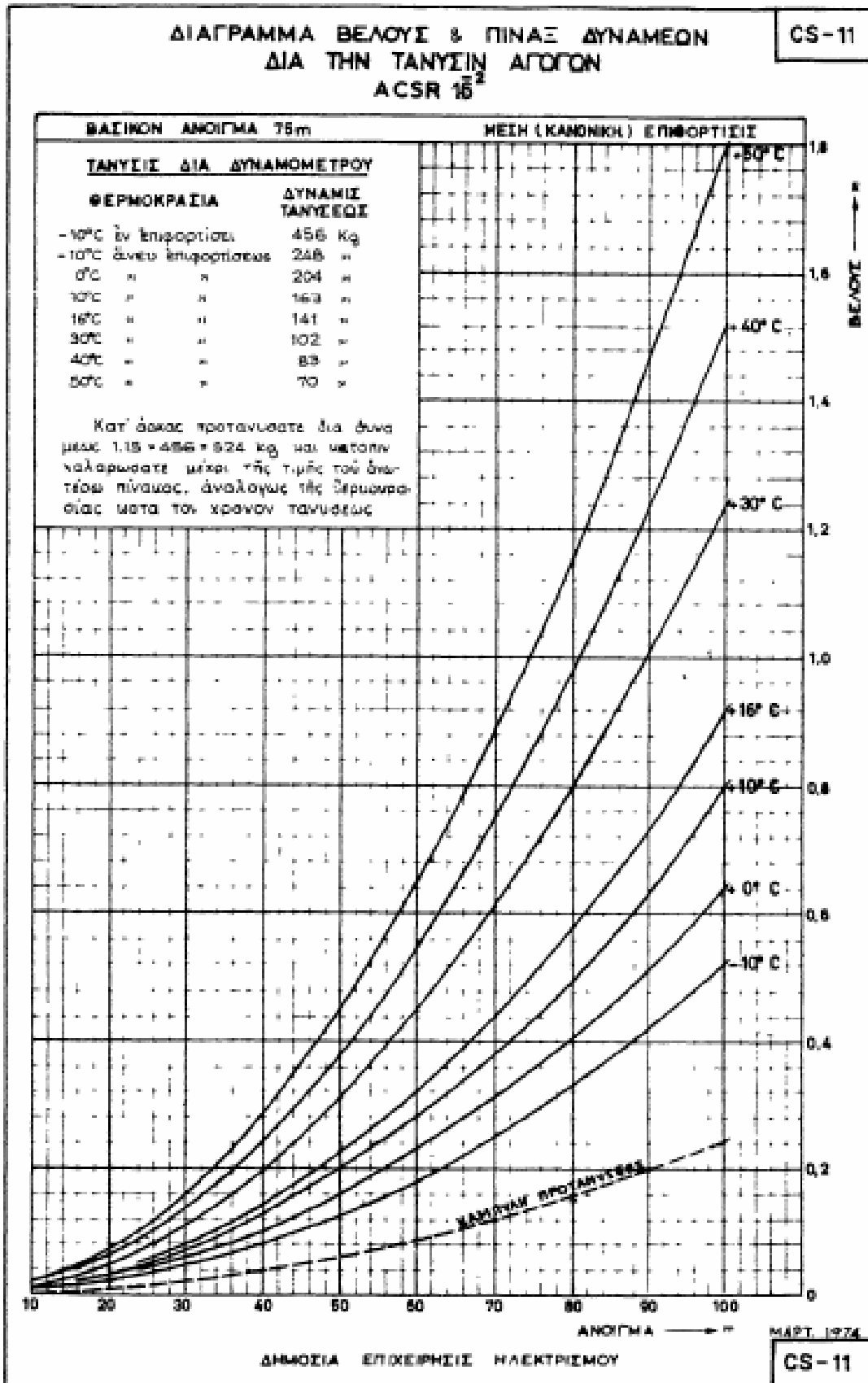
CS-5



Σχήμα 4: Διάγραμμα βέλους κάμψης για όλους τους δυνατούς αγωγούς μέσης (κανονικής) επιφόρτισης με βασικό άνοιγμα 60m



Σχήμα 5: Διάγραμμα βέλους κάμψης για όλους τους δυνατούς αγωγούς μέσης (κανονικής) επιφόρτισης με βασικό άνοιγμα 40m



Σχήμα 6: Διάγραμμα βέλους κάμψης για αγωγό ACSR διατομής 16 mm² μέσης (κανονικής) επιφόρτισης με βασικό άνοιγμα 75m