



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**"Μελέτη Επέκτασης Δικτύου Μέσης Τάσης"**

**"Medium Voltage Network Expansion Study"**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΜΠΑΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ (5877)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο ηλεκτρισμός άλλαξε τη ζωή μας, αλλά πρώτα έπρεπε να βρούμε ένα τρόπο να διανείμουμε την ηλεκτρική ενέργεια σε κάθε σπίτι.

Στην Ελλάδα, υπεύθυνη για το έργο αυτό ήταν η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Το 2005, η ΔΕΗ έδωσε τις αρμοδιότητες της μεταφοράς και διανομής ενέργειας σε έναν ανεξάρτητο οργανισμό, μαζί με το ίδιο το δίκτυο, το οποίο μέχρι τότε της ανήκε.

Μερικά χρόνια αργότερα, ιδρύθηκε ο ΔΕΔΔΗΕ, ο οποίος ήταν πλέον υπεύθυνος για την κατασκευή και συντήρηση των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η διαδικασία είναι βασισμένη σε αυστηρά πλαίσια γνωμοδοτούμενες από τη ΔΕΗ, η οποία ήταν άκρως πεπειραμένη σε αυτό τον τομέα. Κάθε κίνηση στην όλη διαδικασία είναι τυποποιημένη (υλικά, κατασκευές, όρια ασφαλείας κλπ.), ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του δικτύου.

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι αρχικά η θεωρητική ανάλυση των υλικών, των κατασκευών και των συστημάτων του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνέχεια να παρουσιάσει τη μεθοδολογία της μελέτης, του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον στο τελευταίο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναλυτική μελέτη υπολογισμού επέκτασης εναερίου δικτύου Μέσης Τάσης.

## **ABSTRACT**

Electricity was about to change our life, but first of all we had to find a way to distribute the electric power to every home.

In Greece, the Public Electricity Company (DEI) was responsible for this project. In 2005, PPC gave the responsibilities of energy transmission and distribution to an independent organization, together with the network itself, which until then belonged to it.

A few years later, DEDDIE was founded, which was now responsible for the construction and maintenance of electricity distribution networks. This process is based on strict frameworks advised by DEI, which was highly experienced in this field. Every movement in the whole process is standardized (materials, constructions, security limits, etc.), in order to ensure the reliability of the network.

The purpose of this paper is initially the theoretical analysis of materials, structures and systems of the electricity distribution network and then to present the methodology of design, design and construction of an electricity distribution network. In addition, in the last chapter, a detailed study is performed to calculate the expansion of the Medium Voltage overhead network.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	7
1.2 Ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα.....	7
1.3 Σκοπός και δημιουργία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού.....	8
1.4 Διαχωρισμός της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού - Δημιουργία Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	9
1.5 Αντικείμενο των Δικτύων Διανομής.....	10
1.6 Στόχος μελέτης Δικτύων Διανομής.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	
2.1 Τυποποίηση γραμμών Μ.Τ.....	14
2.2 Μορφή συστημάτων Διανομής Μ.Τ.....	16
2.3 Προστασία δικτύων Διανομής Μ.Τ. και Χ.Τ.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	
3.1 Τυποποιημένες κατασκευές G.....	27
3.2 Τυποποιημένες κατασκευές C - Ελάχιστες αποστάσεις & κλάσεις κατασκευής.....	28
3.3 Τυποποιημένες κατασκευές CS -Τανύσεις αγωγών.....	29
3.4 Τυποποιημένες κατασκευές FC - Εξαρτήματα αγωγών.....	30
3.5 Τυποποιημένες κατασκευές FCP - Εξαρτήματα τσιμεντένιων στύλων.....	31
3.6 Τυποποιημένες κατασκευές F - Εξαρτήματα ξύλινων στύλων.....	32
3.7 Τυποποιημένες Κατασκευές P - Κατασκευές για Μέση Τάση.....	32
3.8 Τυποποιημένες Κατασκευές T.....	33
3.9 Τυποποιημένες κατασκευές U - Υπόγεια καλώδια & υποσταθμοί διανομής με τροφοδότηση από υπόγειο δίκτυο.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΛΙΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	
4.1 Στύλοι.....	36
4.2 Εξαρτήματα στύλων.....	36
4.3 Υλικά επιτόνωσης και θεμελίωσης.....	36
4.4 Υλικά γειώσεων.....	37
4.5 Αγωγοί και εναέρια καλώδια.....	37

4.6 Εξαρτήματα αγωγών και εναέριων καλωδίων.....	37
4.7 Υλικά εναέριων υποσταθμών.....	38
4.8 Υλικά προστασίας και ζεύξης δικτύων.....	38
4.9 Υπόγεια καλώδια.....	39
4.10 Εξαρτήματα υπόγειων καλωδίων.....	39

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

5.1 Μηχανική μελέτη.....	40
5.2 Μεθοδολογία μελέτης δικτύου γενικά.....	41
5.2.1 Αστικά δίκτυα.....	41
5.2.1.1 Μελέτη εντός σχεδίου πόλης.....	41
5.2.1.2 Θέση στύλων.....	42
5.2.1.3 Επίτονοι - αντηρίδες.....	43
5.2.1.4 Χρήση ξύλινων στύλων ή τσιμεντόστυλων.....	44
5.2.1.5 Επιλογή είδους αγωγών στα δίκτυα ΜΤ.....	45
5.2.2 Υπόγειο δίκτυο σε αστικές περιοχές.....	45
5.2.3 Μελέτη εκτός σχεδίου πόλης.....	46
5.2.4 Αποτύπωση εναέριου δικτύου σε αστική ή αγροτική περιοχή.....	46
5.2.5 Υπεραστικά δίκτυα.....	47
5.2.6 Μελέτη υπεραστικών γραμμών.....	48
5.2.7 Μεγάλα ανοίγματα.....	51
5.2.8 Επιλογή στύλων και επίτονων σε υπεραστικές γραμμές.....	52
5.3 Ηλεκτρική μελέτη.....	54
5.3.1 Γειώσεις δικτύων Διανομής.....	54
5.3.1.1 Ορισμοί-Γενικές αρχές.....	54
5.3.1.2 Απαιτήσεις του ΚΕΗΕ για την εφαρμογή της ουδετέρωσης.....	56
5.3.1.3 Τοποθέτηση γειώσεων στα δίκτυα κατά την αρχική μελέτη.....	57
5.3.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά γυμνών αγωγών και καλωδίων.....	60
5.3.2.1 Ωμική και επαγωγική αντίσταση.....	60
5.3.2.2 Μέγιστα επιτρεπόμενα όρια φόρτισης αγωγών και καλωδίων.....	61
5.3.2.3 Πτώση τάσης στα δίκτυα.....	64
5.3.2.4 Βύθιση τάσης.....	66
5.3.2.5 Προστασία Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ και δικτύων ΧΤ (ασφάλειες).....	68

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

6.1 Σχέδιο και στοιχεία γραμμής.....	70
6.2 Υπολογισμοί γραμμής.....	71
6.3 Πίνακες.....	101
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

## **1.1 Ιστορική αναδρομή**

Ποιος θα μπορούσε να φανταστεί τη σύγχρονη ζωή χωρίς την ηλεκτρική ενέργεια; Κάτι που σήμερα θεωρείται ως αυτονόητο, πρωτοεμφανίστηκε στη ζωή των ανθρώπων 120 χρόνια πριν, ενώ η πρόσβαση της πλειονότητας του πληθυσμού σ' αυτή τη μορφή ενέργειας αποτελεί μια πολύ πρόσφατη κατάκτηση. Για μεγάλο μέρος του πληθυσμού της Γης, ειδικά στον Τρίτο Κόσμο, η πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια παραμένει ακόμα ζητούμενο.

Η εμφάνιση του ηλεκτρισμού δρομολόγησε τη δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση. Οι συνθήκες της παραγωγής άλλαξαν ριζικά με την εισαγωγή της νέας μορφής ενέργειας, που αντικατέστησε τον ατμό, το πετρέλαιο και το φωταέριο. Η ηλεκτρική ενέργεια προσέφερε μεγάλη οικονομία, ασφάλεια, υψηλή ποιότητα και μικρότερη μόλυνση του περιβάλλοντος. Οι ηλεκτροκινητήρες, μικροί και ευέλικτοι, έδωσαν τη δυνατότητα να επιλεγεί μια νέα παραγωγική δομή στα εργοστάσια. Η βιομηχανία, αλλά και οι πόλεις πήραν νέα μορφή όταν η ηλεκτρική ενέργεια άρχισε να παράγεται και να διανέμεται ευρύτερα.

Τα πάντα ξεκίνησαν την τελευταία 20ετία του 19ου αιώνα. Το 1881 λειτούργησε η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ισχύος 746 KW, κάπου μεταξύ Λονδίνου και Πόρτσμουθ. Τη γεννήτρια κινούσαν δύο υδρόμυλοι και η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτιόταν απολύτως από τις βροχοπτώσεις. Το επόμενο έτος εγκαταστάθηκε η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Στουτγάρδη της Γερμανίας. Για να συνειδητοποιήσουμε τα πρώτα μεγέθη, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι εκείνη η μονάδα παραγωγής της Στουτγάρδης παρήγε ηλεκτρική ενέργεια για 30 λάμπες πυρακτώσεως. Η δημιουργία δικτύων θα ξεκινήσει στο Βερολίνο το 1885. Το δικαίωμα της εταιρείας παραγωγής αφορούσε την εγκατάσταση δικτύου ακτίνας 800 μέτρων από τη μονάδα παραγωγής.

Η δεκαετία 1880-1890 υπήρξε μια δεκαετία ραγδαίας ανάπτυξης και εξέλιξης της νέας τεχνολογίας. Εφευρέτες και κατασκευαστές θα προσπαθήσουν να επιλύσουν τα προβλήματα που συναντούσαν και να εξελίξουν τις μεθόδους και τις διαδικασίες.

## **1.2 Ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα**

Το έτος 1889 φτάνει ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα. Σύμφωνα με ιστορικά στοιχεία, η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών κατασκευάζει στην οδό Αριστείδου, την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρώτο κτίριο που φωτίζεται είναι τα Ανάκτορα και σύντομα ο

ηλεκτροφωτισμός επεκτείνεται στο σημερινό ιστορικό κέντρο της πόλης. Τον ίδιο χρόνο το ηλεκτρικό ρεύμα φθάνει και στη Θεσσαλονίκη.

Δέκα χρόνια αργότερα κάνουν την εμφάνιση τους οι πολυεθνικές εταιρείες ηλεκτρισμού οπότε και η Αμερικάνικη εταιρεία Thomson-Houston με τη συμμετοχή της Εθνικής Τράπεζας ιδρύουν την «Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία» που αναλαμβάνει την ηλεκτροδότηση μεγάλων πόλεων.

Μέχρι το 1929 θα έχουν ηλεκτροδοτηθεί 250 πόλεις με πληθυσμό άνω των 5.000 κατοίκων, όμως το ηλεκτρικό ρεύμα θα διατίθεται για κάποιες ώρες και με αρκετές διακοπές.

Στις πιο απομακρυσμένες και αραιοκατοικημένες περιοχές, που ήταν οικονομικά ασύμφορο για τις μεγάλες εταιρείες να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, την ηλεκτροδότηση αναλαμβάνουν ιδιώτες ή δημοτικές κοινότητες κατασκευάζοντας μικρά εργοστάσια. Το έτος 1950 υπήρχαν στην Ελλάδα περίπου 400 εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κατάτμηση της παραγωγής σε πολλές μικρές μονάδες σε συνδυασμό με τα εισαγόμενα καύσιμα, εξωθούσε την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στα ύψη καθιστώντας το ηλεκτρικό ρεύμα ως ένα αγαθό πολυτελείας. Για να εξαπλωθεί το ηλεκτρικό ρεύμα ομοιόμορφα σε όλη τη χώρα χρειάζεται να αξιοποιηθούν οι εγχώριοι πλουτοπαραγωγικοί πόροι και να ενοποιηθεί η παραγωγή σε ένα ενιαίο διασυνδεδεμένο δίκτυο.

### **1.3 Σκοπός και δημιουργία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού**

Τον Αύγουστο του 1950 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, για να λειτουργήσει "χάριν του δημοσίου συμφέροντος" με σκοπό τη χάραξη και εφαρμογή μιας εθνικής ενεργειακής πολιτικής, η οποία μέσα από την εντατική εκμετάλλευση των εγχώριων πόρων, να κάνει το ηλεκτρικό ρεύμα κτήμα και δικαίωμα του κάθε Έλληνα πολίτη, στη φθηνότερη δυνατή τιμή.

Η ΔΕΗ στρέφεται προς την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας ενώ ξεκινά και η ενοποίηση των δικτύων σε ένα εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα. Τα πλούσια λιγνιτικά κοιτάσματα του ελληνικού υπεδάφους που είχαν νωρίτερα εντοπισθεί, άρχισαν να εξορύσσονται και να χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη στις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που δημιουργούσε. Παράλληλα, η Επιχείρηση ξεκίνησε την αξιοποίηση της δύναμης των υδάτων με την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών στα μεγάλα ποτάμια της χώρας. Αρκετά νωρίς, το 1956, αποφασίστηκε η εξαγορά όλων των ιδιωτικών και δημοτικών επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να υπάρχει ένας ενιαίος



φορέας διαχείρισης. Σιγά-σιγά, η ΔΕΗ εξαγόρασε όλες αυτές τις επιχειρήσεις και ενέταξε το προσωπικό τους στις τάξεις της. Σ' όλα αυτά τα χρόνια της παρουσίας της, αγωνίστηκε και πέτυχε την ενεργειακή αυτονομία της χώρας και έφερε σε πέρας το σπουδαίο έργο του εξηλεκτισμού της δημιουργώντας ταυτόχρονα το μεγαλύτερο μέρος της βαριάς ελληνικής βιομηχανίας.

#### **1.4 Διαχωρισμός της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού - Δημιουργία Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ) είναι ανώνυμη εταιρεία, θυγατρική της ΔΕΗ ΑΕ, η οποία είναι και ο μοναδικός (100%) ιδιοκτήτης της. Συστάθηκε με το Νόμο 4001/2011, ο οποίος ενσωμάτωσε στην Ελληνική νομοθεσία τις διατάξεις της Οδηγίας 2009/72/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Ιουλίου 2009 «Σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για την κατάργηση της Οδηγίας 2003/45/EK και της Οδηγίας 2009/73/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Ιουλίου 2009». Η εν λόγω Οδηγία επιβάλλει το νομικό και λειτουργικό διαχωρισμό των δραστηριοτήτων της Μεταφοράς και Διανομής από τις καθετοποιημένες ηλεκτρικές επιχειρήσεις όπως η ΔΕΗ.

Με τον παραπάνω νόμο δίδονται στη ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ δύο διακριτές αρμοδιότητες. Αυτές που αφορούν τη Διαχείριση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) και αυτές που αφορούν τη Διαχείριση των αγορών των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.

Η ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη, τη λειτουργία και συντήρηση, υπό οικονομικούς όρους του ΕΔΔΗΕ, σύμφωνα με την Άδεια Διαχείρισης, ώστε να διασφαλίζεται η αξιόπιστη, αποδοτική και ασφαλής λειτουργία του, λαμβάνοντας τη δέουσα μέριμνα για το περιβάλλον και την ενεργειακή αποδοτικότητα, καθώς και τη διασφάλιση, κατά τον πλέον οικονομικό, διαφανή, άμεσο και αμερόληπτο τρόπο, της πρόσβασης των Χρηστών (Καταναλωτών, Παραγωγών) και των Προμηθευτών στο ΕΔΔΗΕ, προκειμένου να ασκούν τις δραστηριότητες τους.

Η δραστηριότητα διαχείρισης δικτύων διανομής είναι φυσικό μονοπώλιο στο χώρο τον οποίο εκτελείται καθώς δεν υπάρχει ανταγωνισμός. Για τον λόγο αυτό οι δραστηριότητες αυτές επιβλέπονται και ρυθμίζονται από την ανεξάρτητη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Η ρύθμιση γίνεται μέσω της έγκρισης του επιτρεπόμενου εσόδου της δραστηριότητας, όπου

τίθενται στόχοι για τη βελτίωση τόσο της εξυπηρέτησης των πελατών, όσο και της απόδοσης της λειτουργίας της επιχείρησης, δίνοντας κίνητρα για την επίτευξή τους.

## **1.5 Αντικείμενο των Δικτύων Διανομής**

Ο προορισμός των δικτύων Διανομής είναι να παραλαμβάνουν το ρεύμα από τους υποσταθμούς υψηλής προς μέση τάση (Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ), ή τους σταθμούς τοπικής παραγωγής (ΣΤΠ) και να το μεταφέρουν μέχρι τους μετρητές των καταναλωτών-πελατών. Έτσι σε γενική περίπτωση το δίκτυο αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

### Δίκτυο Μέσης Τάσης (ΜΤ - 20 - 15 - 6,6 kV)

- Εναέρια δίκτυα ΜΤ

Είναι τριφασικό δίκτυο χωρίς ουδέτερο με τάση μεταξύ φάσεων 20 kV. Χρησιμοποιείται ακόμη και η τάση 15 kV σε λίγες γραμμές με την προοπτική να αντικατασταθούν σε 20 kV. Η τάση των 6,6 kV χρησιμοποιείται σε ελάχιστες περιπτώσεις πολύ μικρών νήσων και υπάρχει ακόμη σε πολύ μικρή έκταση σε παλιό υπόγειο δίκτυο στην Αθήνα με προοπτική αντικατάστασης. Στις απλές εναέριες γραμμές με ξύλινους στύλους είναι δίκτυο 3 αγωγών ACSR ή Cu και στις διπλές 6 αγωγών (τυπική κατασκευή P-3 στις απλές και P-17 στις διπλές).

Στις γραμμές με τσιμεντόστύλους μπορεί να υπάρχει κάτω από τις φάσεις και αγωγός γης από μεσαίο συρματόσχοινο (τυπική κατασκευή P-103). Σήμερα παραγγέλλονται αγωγοί ACSR ισοδύναμης διατομής χαλκού 16, 35, 95 mm<sup>2</sup> και οι ίδιες πραγματικές διατομές σε χαλκό. Στα παλαιότερα δίκτυα υπάρχουν και αγωγοί από κράματα αλουμινίου AAAC πραγματικής διατομής 35 και 185 mm<sup>2</sup>.

Συνεστραμμένα καλώδια (ΣΚ ΜΤ): Είναι αναρτημένου τύπου 3 φάσεων από αλουμίνιο και αναρτώνται από ατσάλινο συρματόσχοινο με πλαστική επένδυση. Σήμερα υπάρχουν δύο διατομών, το 3×50 mm<sup>2</sup> AL+50 mm<sup>2</sup> St και το 3×150 mm<sup>2</sup> AL+50 mm<sup>2</sup> St (τυπική κατασκευή P-203).

- Υπογεια καλώδια ΜΤ

Σήμερα χρησιμοποιείται το καλώδιο 3×240 mm<sup>2</sup> Al+25 Al - XLPE. Αποτελείται από τρία μονοπολικά καλώδια με αγωγούς αλουμινίου, μόνωσης XLPE με θωράκιση Al και εξωτερικό προστατευτικό μανδύα PVC, διατομής 240 mm<sup>2</sup>, συνεστραμμένα γύρω από

αγωγό γης Al διατομής 25 mm<sup>2</sup> που περιβάλλεται από μολύβδινο μανδύα. Στα υπάρχοντα δίκτυα υπάρχουν και καλώδια τύπου ΝΑΗΕΚΒΑ και ΝΑΕΚΒΑ 3×240 mm<sup>2</sup>.

- Μετασχηματιστές Μέσης προς Χαμηλή Τάση (ΜΤ/ΧΤ)

Μετασχηματίζουν το εναλλασσόμενο ρεύμα ΜΤ σε ρεύμα ΧΤ. Γενικά είναι μετασχηματιστές ισχύος με σχέση μετασχηματισμού 20/0,4 kV ή 20-15/0,4 kV ή 15/0,4 kV σε συνδεσμολογία τριγώνου - αστέρα, στα εξής τυποποιημένα μεγέθη σε kVA: 15\* - 25\* - 50\* - 75\* - 100 - 150\* - 160 - 200\* - 250 - 400 - 630 - 1000 Τα μεγέθη που έχουν αστερίσκο δεν χρησιμοποιούνται σήμερα αλλά υπάρχουν σε παλαιότερα δίκτυα και στις αποθήκες μας.

Σήμερα παραγγέλλονται μόνο στη σχέση 20/0,4 kV. Τα μεγέθη 15 έως και 50 kVA τοποθετούνται σε έναν στύλο (τυπική κατασκευή T-5), ενώ τα μεγέθη 75 έως και 630 τοποθετούνται σε δίστυλα (τυπική κατασκευή T-17), ή και σαν υπαίθριοι Υ/Σ συνεπτυγμένοι τύπου Compact μέσα σε αστικές περιοχές (τυπική κατασκευή U129, U-131). Φυσικά μέσα στις πόλεις οι Μ/Σ τοποθετούνται κυρίως σε υπόγεια πολυκατοικιών με τυπικό μέγεθος 630 KVA ή 2X630 KVA ή 1000 KVA. Μετασχηματιστές ίσοι ή μεγαλύτεροι των 1000 kVA τοποθετούνται σαν υπαίθριοι στο έδαφος σε μη έντονα αστικές περιοχές (τυπική κατασκευή T-15).

### Δίκτυα Χαμηλής Τάσης (ΧΤ)

Παλαιότερα τυποποιημένη τάση ήταν 380 V μεταξύ φάσεων και 220 V μεταξύ φάσης και ουδέτερου, ενώ σήμερα είναι 400 V και 230 V αντίστοιχα, στα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Εναέρια δίκτυα γυμνών αγωγών: Γενικά τα εναέρια δίκτυα γυμνών αγωγών αποτελούνται από 5 αγωγούς σε κατακόρυφη διάταξη: 1 ουδέτερος + 3 φάσεις + 1 αγωγός Δημοτικού Φωτισμού (τυπική κατασκευή 5S-3). Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών 12 Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται είναι Al ισοδύναμης διατομής χαλκού 16, 35, 50 mm<sup>2</sup> και αγωγοί Cu πραγματικής διατομής 16, 35, 50 mm<sup>2</sup>. Εναέρια δίκτυα συνεστραμμένων καλωδίων: Έχουμε δύο τύπους συνεστραμμένων καλωδίων ΧΤ. (ΣΚ ΧΤ) Τα συνεστραμμένα καλώδια αναρτημένου τύπου που οι τρεις φάσεις και ο αγωγός ΔΦ από αλουμίνιο, αναρτώνται από τον ουδέτερο αγωγό που είναι από κράματα αλουμινίου.

Σήμερα παραγγέλλεται μόνο το 3×70 mm<sup>2</sup> Al +54,6 mm<sup>2</sup> AAAC +25 mm<sup>2</sup> Al (τυπική κατασκευή S-33). Σε παλαιότερα δίκτυα υπάρχει και το 3×35 mm<sup>2</sup> Al +54,6 mm<sup>2</sup> AAAC +25 mm<sup>2</sup> Al. Τα αποφερόμενα ΣΚ 4×120 mm<sup>2</sup> Al +25 mm<sup>2</sup> Al, όπου έχουμε συμμετοχή στην ανάρτηση των 4 πόλων (ουδέτερος + 3 φάσεις) ενώ στην πλεξούδα υπάρχει και ο

αγωγός ΔΦ (όλοι οι αγωγοί από αλουμίνιο). Υπάρχει σημαντική ποσότητα στις αποθήκες μας και προβλέπεται σύντομα η χρησιμοποίηση του με στόχο να γενικευτεί σαν το βασικό δίκτυο XT (τυπική κατασκευή S-233). Υπόγεια δίκτυα XT: Τετραπολικά καλώδια με αγωγούς φάσεων από αλουμίνιο μόνωσης XLPE, εξωτερικό συγκεντρικό ουδέτερο από συρματίδια χαλκού και εξωτερικό μανδύα PVC, διατομής  $3 \times 150 \text{ mm}^2 \text{ Al} + 50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , και  $3 \times 95 \text{ mm}^2 \text{ Al} + 35 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ . Στα δίκτυα υπάρχουν και καλώδια τύπου NAKBA ( $3 \times 95 + 50 \text{ Al}$  και  $3 \times 150 + 70 \text{ Al}$ ).

- Παροχές

Στους πελάτες XT είναι το καλώδιο από το στύλο του εναέριου δικτύου μέχρι το μετρητή ή μέχρι το μπαροκιβώτιο της διάταξης, ή από το σημείο διακλάδωσης του υπόγειου δικτύου μέχρι το μετρητή ή το μπαροκιβώτιο. Οι παροχές γενικά είναι από συγκεντρικά καλώδια τύπου BUTYL-NEOPREN και σε περίπτωση ανεπάρκειας υπόγεια καλώδια XLPE. Κατά τη μελέτη ενός εναέριου δικτύου δεν παίρνουμε υπόψη τα μηχανικά φορτία από την ύπαρξη των παροχών, που πολλές φορές δεν είναι όλες γνωστές στο στάδιο της μελέτης. Γενικά οι παροχές δεν θεωρούνται δίκτυο με την έννοια που καθορίζουμε εδώ.

## 1.6 Στόχος μελέτης Δικτύων Διανομής

Όταν λοιπόν μιλάμε για μελέτη ενός δικτύου, αναφερόμαστε σε όλα εκείνα τα στοιχεία που πρέπει να μελετήσουμε, έτσι ώστε το δίκτυο που θα κατασκευαστεί να παρέχει τη δυνατότητα απρόσκοπτης τροφοδότησης των ηλεκτρικών φορτίων που μας δίνονται, ή πρέπει να εκτιμήσουμε, σε βάθος χρόνου περίπου 30 ετών (η πραγματική διάρκεια ζωής ενός δικτύου που συντηρείται σωστά υπερβαίνει τα 50 έτη). Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να έχουμε εξασφαλίσει τη μηχανική αντοχή και ηλεκτρική επάρκεια όλων των στοιχείων του δικτύου και στις δυσμενέστερες συνθήκες, όπως αυτές προσδιορίζονται από τον ΚΕΣΥΓΗΕ (Κανονισμός Εγκατάστασης Συντήρησης Υπαίθριων Γραμμών Ηλεκτρικής Ενέργειας) που αποτελεί νόμο του κράτους (με ότι αυτό συνεπάγεται) και τις απαιτήσεις της ΔΕΗ, όπου αυτές είναι αυστηρότερες.

Η σωστή επιλογή της όδευσης της γραμμής, της μηχανικής επιφόρτισης, της τήρησης των ορίων ασφαλείας, της κλάσης κατασκευής, του είδους του δικτύου (εναέριο-υπόγειο), της διατομής των αγωγών, της προστασίας, του κόστους, αποτελούν αντικείμενα που θα κρίνουν πόσο σωστή είναι μια μελέτη σε μακροχρόνια βάση. Αν μια γραμμή από τα πρώτα έτη κατασκευής της απαιτεί συνεχείς παραλλαγές ή ενισχύσεις, σημαίνει (εκτός ακραίων

περιπτώσεων που ήταν αδύνατο να προβλεφθούν) ότι δεν λήφθηκαν υπόψη βασικοί παράγοντες του προβλήματος, με αποτέλεσμα πέραν των δυσμενών επιπτώσεων από την ταλαιπωρία των πελατών να έχουμε και πολύ μεγάλο κόστος για την επιχείρηση. Αν πάλι ο μελετητής επιλέξει τα στοιχεία του δικτύου, έτσι ώστε να εξασφαλίζει μηχανικές ή ηλεκτρικές δυνατότητες πολύ πέραν εκείνων που πραγματικά απαιτούνται αγνοώντας το κόστος, προσφέρει πολύ κακές υπηρεσίες.

Συνοπτικά, στόχος μιας μελέτης δικτύου είναι η τεχνικά επαρκής διαχρονική λύση με το μικρότερο κόστος και τη μικρότερη αισθητική επιβάρυνση. Η θεωρία λοιπόν είναι απαραίτητη για την κατανόηση και ανάλυση των προβλημάτων, ενώ η πράξη είναι απαραίτητη για την εμπέδωση της θεωρίας και την βελτίωση της. Άλλωστε είναι γνωστό ότι όλοι οι νόμοι της επιστήμης αρχικά διατυπώθηκαν λόγω της παρατήρησης κάποιων φαινομένων και στη συνέχεια ακολούθησε η θεωρητική απόδειξή τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2; ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

### 2.1 Τυποποίηση γραμμών Μ.Τ

Πριν το 1970 τα δίκτυα Μ.Τ. λειτουργούσαν στην τάση των 15 kV σε όλη τη χώρα με εξαίρεση την περιοχή της αττικής όπου λειτουργούσε το υφιστάμενο δίκτυο Υπομεταφοράς 22 kV σε συνδυασμό με το ευρύ δίκτυο διανομής 6,6 kV, κυρίως υπόγειο, που είχε αναπτύξει η προηγούμενη ηλεκτρική εταιρεία (ΗΕΑΠ). Η τάση των 20 kV για τα δίκτυα Μ.Τ. τυποποιήθηκε τη δεκαετία του '70 τόσο για οικονομικούς λόγους όσο και για λόγους εναρμόνισης με την Ευρωπαϊκή τυποποίηση.

Σήμερα η πλειοψηφία των δικτύων Διανομής Μ.Τ. λειτουργεί στα 20 kV ενώ τα υπόλοιπα που λειτουργούν ακόμα στα 15 kV έχουν εγκατεστημένα υλικά (π.χ. μετασχηματιστές, μονωτήρες κλπ.) τα οποία είναι σχεδιασμένα για τάση λειτουργίας 20 kV, με σκοπό τη σταδιακή μεταφορά των δικτύων αυτών στην τάση των 20 kV. Η τυποποίηση της τάσης των 20 kV για τα δίκτυα Διανομής Μ.Τ. της χώρας οδήγησε στην υιοθέτηση βασικού επιπέδου μόνωσης (BIL- στάθμη κρουστικής αντοχής) 125 kV και στάθμη βραχυκύκλωσης 250 MVA (επίπεδο τριφασικού βραχυκυκλώματος 7,2 Ka στα 20 kV και 10 Ka στα 15 kV).

Όλα τα δίκτυα είναι τριφασικά, τριών αγωγών, με γειωμένο τον ουδέτερο κόμβο του δευτερεύοντος των Μ/Σ προς Υ/Σ Υ.Τ./Μ.Τ. μέσω αντιστάσεως, για τον περιορισμό του ρεύματος σφάλματος προς γη στα 1000 A.

#### Εναέρια Δίκτυα Μ.Τ.

Οι τυποποιημένες ονομαστικές τάσεις λειτουργίας για τα Δίκτυα Μ.Τ. είναι 20 kV, 15 kV και 6,6 kV. Σήμερα χρησιμοποιούνται τα εξής είδη αγωγών και τυποποιημένων διατομών.

#### Γυμνοί Αγωγοί

- Αγωγοί ACSR 16 mm<sup>2</sup> ,35 mm<sup>2</sup> ,95 mm<sup>2</sup> (Διατομές ισοδύναμες χαλκού).
- Αγωγοί Cu 16 mm<sup>2</sup> ,35 mm<sup>2</sup> ,95 mm<sup>2</sup>

#### Συνεστραμμένα καλώδια (θωρακισμένου τύπου)

- 3×50 mm<sup>2</sup> Al + 50 mm<sup>2</sup> St
- 3×150 mm<sup>2</sup> Al + 50 mm<sup>2</sup> St

Η επιλογή της διατομής των αγωγών μιας εναέριας γραμμής υπόκειται στην τήρηση τεχνικών περιορισμών που σχετίζονται:

1. Με τη μέγιστη επιτρεπτή ένταση (θερμικό όριο) που είναι αποδεκτή για κάθε διατομή και είδος αγωγού.
2. Με τη μέγιστη επιτρεπτή πτώση τάσης.

3. Με τη μηχανική αντοχή της γραμμής.

Επομένως βέλτιστη διατομή είναι εκείνη για την οποία το κόστος της γραμμής θεωρούμενο στο σύνολο των ετών λειτουργίας της και ανηγμένο στο έτος κατασκευής, ελαχιστοποιείται. Η επιλογή του είδους των αγωγών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται τόσο από το κόστος όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και φυσικά από την επιφόρτιση. Έτσι οι αγωγοί ACSR χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις τυποποιημένων επιφορτίσεων σε περιοχές φυσιολογικής διαβρωτικότητας. Σε περιοχές έντονης διαβρωτικότητας, κυρίως παραθαλάσσιες περιοχές και περιοχές με έντονη βιομηχανική ρύπανση γίνεται χρήση αγωγών Cu.

#### Υπόγεια Δίκτυα Μ.Τ.

Τα τυποποιημένα είδη υπόγειων καλωδίων που χρησιμοποιούνται σήμερα στις γραμμές Μ.Τ. είναι:

1. Το τριπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου, μόνωση από εμπλουτισμένο χαρτί, τριών ανεξάρτητων μολύβδινων μανδύων με κοινό χαλύβδινο οπλισμό (τύπος ΝΑΕΚΒΑ), διατομής  $3 \times 240 \text{ mm}^2$ .
2. Τρία μονοπολικά καλώδια με αγωγούς αλουμινίου, μόνωσης XLPE, με θωράκιση ΑΙ και εξωτερικό προστατευτικό μανδύα PVC, διατομής  $240 \text{ mm}^2$ , συνεστραμμένα γύρω από αγωγό γης από ΑΙ, διατομής  $25 \text{ mm}^2$  που περιβάλλεται από μολύβδινο μανδύα. Για λόγους απλούστευσης περιγράφονται συνοπτικά ως  $3 \times 240 \text{ mm}^2 \text{ Al} + 25 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ . Στα δίκτυα Μ.Τ. η χρήση καλωδίων μόνωσης XLPE ξεκίνησε πρόσφατα και πρόκειται να υποκαταστήσει πλήρως τη χρήση των καλωδίων ΝΑΕΚΒΑ.

#### Τυποποίηση υποσταθμών ΥΤ/ΜΤ

Οι Υποσταθμοί Υ.Τ./Μ.Τ υποβιβάζουν την Υ.Τ. ( 150 kV και σε ελάχιστες περιπτώσεις 66 kV) σε Μ.Τ. (15 ή 20 kV και σε ελάχιστες περιπτώσεις στην Αττική 22 kV) ενώ παράλληλα ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και σημασία τους μπορούν να αποτελούν λιγότερο ή περισσότερο σημαντικούς κόμβους του συστήματος Υ.Τ. δηλαδή σημεία ζεύξης γραμμών Υ.Τ.

Τα τυποποιημένα μεγέθη μετασχηματιστών που εγκαθίστανται στους Υ/Σ Υ.Τ./Μ.Τ. είναι τα εξής:

- 10/12.5 MVA
- 20/25 MVA

- 40/50 MVA

Εξαίρεση αποτελούν οι Υ/Σ της Αττικής κλειστού τύπου (Κέντρα Διανομής) και ημίκλειστου τύπου στους οποίους εγκαθίστανται μετασχηματιστές ισχύος 100 MVA με διπλό δευτερεύον τύλιγμα (100/50+50 MVA).

Οι δυο τιμές ονομαστικής ισχύος για κάθε μέγεθος μετασχηματιστή σχετίζονται με τον τρόπο ψύξης και αντιστοιχούν η μεν πρώτη σε ψύξη με φυσική κυκλοφορία αέρα, η δε δεύτερη σε ψύξη με βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα μέσω ανεμιστήρων.

Το μέγεθος 10/12,5 MVA δεν παραγγέλλεται πλέον αλλά χρησιμοποιείται μόνο μετά από αποξήλωση. Επιπρόσθετα οι μελλοντικές προμήθειες μετασχηματιστών Υ.Τ./Μ.Τ. είναι δυνατό να περιοριστούν στην ισχύ των 40/50 MVA.

## **2.2 Μορφή συστημάτων Διανομής Μ.Τ.**

Στην ενότητα αυτή γίνεται μια παρουσίαση των τρόπων ανάπτυξης των συστημάτων διανομής Μ.Τ. Επίσης δίνονται ορισμένα στοιχεία που θεωρούνται σημαντικά για τη λειτουργία αυτών των συστημάτων. Παρατίθενται τα εξής πέντε (5) συστήματα:

### **1. Ακτινικό Σύστημα**

Αυτό εφαρμόζεται συνήθως σε εναέρια δίκτυα που τροφοδοτούν αγροτικές περιοχές και φορτία που δεν απαιτούν υψηλό βαθμό αξιοπιστίας. Αποτελείται από μια κεντρική γραμμή, τον κορμό, με τις διακλαδώσεις του. Ο κορμός ελέγχεται από έναν διακόπτη ισχύος που εκτελεί αυτόματες επαναφορές. Οι διακλαδώσεις ελέγχονται από ασφαλειοαποζεύκτες και από διακόπτες απομόνωσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις τοποθετούνται στον κορμό διακόπτες αυτόματης επαναφοράς, προκειμένου να εξυπηρετηθούν λειτουργικές ανάγκες του δικτύου ή να ελεγχθούν τα σφάλματα σε περιπτώσεις δικτύων με μεγάλα μήκη.

### **2. Βροχοειδές Σύστημα**

- Εναέριο Δίκτυο

Το σύστημα αυτό είναι όμοιο με το ακτινικό με τη διαφορά ότι τροφοδοτείται από δυο σημεία του ίδιου ή διαφορετικού Υ/Σ. Η κεντρική γραμμή διαχωρίζεται από διακόπτη φορτίου ή τριπολικό αποζεύκτη.

- Υπόγειο Δίκτυο

Και σε αυτό το σύστημα ο βρόχος τροφοδοτείται από δυο διακόπτες που ανήκουν στον ίδιο ή σε διαφορετικούς Υ/Σ. Σε κάθε Υ/Σ Διανομής υπάρχουν δυο διακόπτες φορτίου για τις αφίξεις των καλωδίων. Ο βρόχος παραμένει λειτουργικά ανοικτός σε ένα διακόπτη φορτίου



των Υ/Σ Διανομής. Για να αξιοποιηθεί ο βρόχος πρέπει η κάθε αναχώρηση να φορτίζεται στην κανονική της λειτουργία μέχρι το 50% της ικανότητάς της.

### 3. Αραχνοειδές Σύστημα

- Εναέριο Δίκτυο

Είναι στην ουσία βροχοειδές με τη διαφορά ότι οι συνεργαζόμενες γραμμές είναι τρεις και υπάρχουν πλευρικές συνδέσεις. Σε περίπτωση βλάβης μιας των γραμμών οι άλλες δυο αναλαμβάνουν την κάλυψη των φορτίων. Έτσι κάθε αναχώρηση επιτρέπεται να φορτίζεται στην κανονική λειτουργία μέχρι το 66% της ικανότητάς της. Σε κατάλληλες θέσεις του δικτύου προβλέπονται για τη μεταφορά φορτίων, ειδικοί διακόπτες φορτίου.

- Υπόγειο Δίκτυο

Η βασική δομή του δικτύου είναι ίδια με αυτήν του εναέριου δικτύου με τις παρακάτω διαφορές:

- Δεν πρέπει να γίνονται ακτινικές διακλαδώσεις για τροφοδοσία Υ/Σ δηλαδή όλοι οι Υ/Σ εντάσσονται στο βρόχο.
- Οι χειρισμοί για τη μεταφορά φορτίων γίνονται με τη βοήθεια των διακοπών φορτίου των Υ/Σ.

### 4) Ατρακτοειδές Σύστημα

Αποτελείται από ομάδα γραμμών που αναχωρούν από τον Υ/Σ 150/20 kV και απολήγουν σε ένα Υ/Σ ζεύξης. Μια από την ομάδα των γραμμών είναι εφεδρική και πρέπει να είναι απαλλαγμένη από φορτία για να μπορεί να παραλάβει όλα τα φορτία μιας των άλλων γραμμών. Ο αριθμός των συνεργαζόμενων γραμμών συμπεριλαμβανομένης και της εφεδρικής δεν πρέπει να υπερβαίνει τις έξι (6) αλλιώς μειώνεται ο βαθμός αξιοπιστίας του συστήματος. Ο βαθμός χρησιμοποίησης των γραμμών είναι πολύ υψηλός και κυμαίνεται γύρω στο 80-85% της ικανότητάς τους. Το σύστημα εφαρμόζεται επί το πλείστον σε υπόγεια δίκτυα πόλεων.

### 5) Σύστημα Μικρών Βρόχων

Κάθε κύρια γραμμή διαχωρίζεται σε δυο δευτερεύουσες που σχηματίζουν βρόχο μεταξύ τους ή με δευτερεύουσες άλλης αναχώρησης. Οι βρόχοι μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με πλευρικές συνδέσεις. Το σύστημα παρέχει πολλές δυνατότητες επανατροφοδότησης βεβλημένων τμημάτων. Οι γραμμές βρόχων πρέπει να έχουν ικανότητα φόρτισης μέχρι το 50% των κύριων γραμμών γεγονός που επιτρέπει την ένταξη στο σύστημα παλιών καλωδίων μικρότερης διατομής.

Συμπερασματικά διαπιστώνεται ότι εφόσον πρόκειται για αρχική μελέτη που δεν επηρεάζεται από υφιστάμενα δίκτυα μικρών διατομών, η επιλογή πρέπει να περιορίζεται μεταξύ των τριών βασικών συστημάτων δηλαδή του ατρακτοειδούς, του αραχνοειδούς και του βροχοειδούς. Τα κριτήρια επιλογής του συστήματος Μ.Τ. είναι τα εξής:

1. Απλότητα του συστήματος Είναι σημαντική τόσο για την κατασκευή όσο και για τη εκμετάλλευση όπου η πολυπλοκότητα μπορεί να οδηγήσει σε λάθη χειρισμών και ατυχήματα. Με το κριτήριο της απλότητας τα συστήματα κατατάσσονται ως εξής: Βροχοειδές - Ατρακτοειδές-Αραχνοειδές.
2. Αξιοπιστία του συστήματος Χαρακτηρίζεται από το μέγεθος του διακοπόμενου φορτίου και από το χρόνο επανατροφοδότησης του. Η βλάβη ενός καλωδίου στην αρχή της αναχώρησης θέτει εκτός τάσης φορτία 100%, 67% και 50% της ικανότητας της γραμμής αντίστοιχα για το ατρακτοειδές, αραχνοειδές και βροχοειδές σύστημα. Η επανατροφοδότηση των φορτίων επιτυγχάνεται με χειρισμούς σε δυο Υ/Σ στα βροχοειδή και ατρακτοειδή συστήματα ενώ στα αραχνοειδή απαιτούνται τουλάχιστον τρεις χειρισμοί. Με βάση το κριτήριο αυτό τα συστήματα κατατάσσονται ως εξής: Ατρακτοειδές – Αραχνοειδές – Βροχοειδές.
3. Κόστος εγκατάστασης του συστήματος Δεν είναι δυνατό να καθοριστεί εκ των προτέρων το κόστος του κάθε συστήματος αφού εξαρτάται από τη μορφή του πολεοδομικού συγκροτήματος που θα εξυπηρετήσει.
4. Κόστος λειτουργίας του συστήματος Το κόστος αυτό θα έχει άμεση σχέση με το βαθμό αξιοπιστίας του και την απλότητά του.
5. Δυνατότητα μελλοντικής προσαρμογής του συστήματος. Ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μπορούν να ενταχθούν σε αυτό μελλοντικά αξιόλογα έργα. Ενδεικτικά αναφέρεται η ένταξη νέου Υ/Σ 150 kV στη θέση ενός Υ/Σ ζεύξης ενός ατρακτοειδούς συστήματος οπότε το σύστημα μετατρέπεται σε βροχοειδές με μια επιπλέον διαθέσιμη γραμμή

## **2.3 Προστασία δικτύων Διανομής Μ.Τ. και Χ.Τ.**

### Είδη σφαλμάτων

Η εφαρμογή των διαφόρων συστημάτων προστασίας στα δίκτυα Διανομής αποσκοπεί καταρχήν στη διακοπή τους τροφοδότησης σε περίπτωση ανωμαλίας που ενδεχομένως οδηγήσει σε ατύχημα το οποίο να θέσει σε κίνδυνο τόσο τα περιουσιακά στοιχεία των καταναλωτών όσο και τους εγκαταστάσεις τροφοδότησης και πολύ περισσότερο τους

καταναλωτές και το εργατικό προσωπικό της επιχείρησης της διανομής. Τα συστήματα προστασίας χρησιμοποιούνται για να αποκαταστήσουν τα πιθανά σφάλματα.

Σφάλματα σε κάποιο σημείο της γραμμής εννοούμε βραχυκύκλωμα το οποίο δημιουργείται όταν εμφανίζεται μειωμένη αντίσταση μόνωσης στο σημείο αυτό. Υπάρχουν βέβαια σφάλματα τα οποία δεν οφείλονται σε βραχυκύκλωμα π.χ. η διακοπή αγωγού γραμμής δίχως να προκληθεί βραχυκύκλωμα. Τα σφάλματα διακρίνονται ανάλογα με το χρόνο παραμονής τους επί των γραμμών σε παροδικά και μόνιμα σφάλματα:

- Παροδικά Σφάλματα: Είναι εκείνα τα οποία είναι δυνατόν να απαλειφθούν δίχως την παρέμβαση ανθρώπου στην θέση του σφάλματος. Αποτελούν το 90% των περιπτώσεων εκ των οποίων το 80% είναι κυρίως παροδικά. Αυτά διακρίνονται:
  1. Αυτοαποσβενύμενα: Τα σφάλματα αυτά θα απαλείφονταν και δίχως να διακοπεί η τάση του δικτύου π.χ. τόξο μεγάλου μήκους που δεν μπορεί να αυτοσυντηρηθεί.
  2. Κυρίως Παροδικά: Τα σφάλματα αυτά απαλείφονται με μία στιγμιαία διακοπή τους τάσης (διάρκειας δεκάτων του δευτερολέπτου).
  3. Ημιμόνιμα: Τα σφάλματα αυτά απαλείφονται με διακοπή τους τάσης μεγαλύτερης διάρκειας τους τάξης κάποιων δευτερολέπτων.
  4. Μόνιμα Σφάλματα: Είναι εκείνα τα οποία δεν είναι δυνατόν να απαλειφθούν με διακοπή της τροφοδοσίας και επιβάλλεται η διακοπή τους. Αφορούν μόλις το 10% των πιθανών σφαλμάτων.

Ανάλογα με τον τρόπο εκδήλωσής τους τα σφάλματα διακρίνονται σε:

- Σφάλματα φάσεων: Αυτά εκδηλώνονται από την εμφάνιση μειωμένης αντίστασης μόνωσης μεταξύ φάσεων. Ανάλογα με το πλήθος των εμπλεκόμενων φάσεων διακρίνονται σε διφασικά και τριφασικά.
- Σφάλματα γης: Αυτά εκδηλώνονται από την εμφάνιση μειωμένης αντίστασης μόνωσης αγωγού ή αγωγών φάσης και γης. Έτσι διακρίνονται σε μονοφασικά, διφασικά και τριφασικά.

### Ένταση βραχυκύκλωσης

Ένταση βραχυκύκλωσης ονομάζεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει μια γραμμή σε περίπτωση σφάλματος, η οποία εξαρτάται πάντα από την αντίσταση της γραμμής μέχρι του σημείου του σφάλματος και από την αντίσταση του ίδιου του σφάλματος. Η γνώση της σε χαρακτηριστικά σημεία μια γραμμής (π.χ. αρχή και τέλος μιας διακλάδωσης) αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον καθορισμό της προστασίας αυτής της γραμμής. Δεδομένου ότι

υπάρχουν διάφορα είδη σφαλμάτων με διαφορετικές αντιστάσεις για το καθένα, η ένταση βραχυκύκλωσης σε κάποιο σημείο της γραμμής παίρνει τιμές μέσα σε μια περιοχή τιμών η οποία οριοθετείται από μια μέγιστη και μια ελάχιστη τιμή ως εξής:

1. Μέγιστη τιμή της έντασης βραχυκύκλωσης για σφάλματα φάσεων προκαλείται κατά το πλήρες τριφασικό βραχυκύκλωμα (μηδενική αντίσταση σφάλματος) στην αρχή της γραμμής.
2. Ελάχιστη τιμή της έντασης βραχυκύκλωσης για σφάλματα φάσεων προκαλείται κατά το μη πλήρες διφασικό βραχυκύκλωμα στο άκρο της γραμμής. Λαμβάνεται ίση με το 70% της μέγιστης τιμής της έντασης βραχυκύκλωσης για σφάλματα φάσεων.
3. Μέγιστο σφάλμα γης προκαλείται για πλήρες μονοφασικό βραχυκύκλωμα προς γη στην αρχή της γραμμής.
4. Ελάχιστο σφάλμα γης προκαλείται για μονοφασικό βραχυκύκλωμα προς γη, μέσω αντίστασης γείωσης του σφάλματος  $40\Omega$  στην αρχή της γραμμής.

#### Ορολογία διακοπτικών μέσων

Κρίνεται απαραίτητο για την ανάλυση να παρατεθεί η βασική ορολογία η αναφερόμενη στα χρησιμοποιούμενα μέσα ζεύξης. Καταρχήν διακοπτικά μέσα ή μέσα ζεύξης ονομάζουμε τις συσκευές που προορίζονται να αποκαθιστούν και να διακόπτουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Σήμερα χρησιμοποιούνται τα εξής:

##### 1. Διακόπτες Ισχύος

Οι συσκευές αυτές προορίζονται για να αποκαθιστούν και να διακόπτουν υπερεντάσεις (δηλαδή εντάσεις πολλαπλάσιες του κανονικού ρεύματος φορτίου) αλλά και ρεύματα κανονικού φορτίου. Η διακοπή της υπερέντασης πραγματοποιείται αυτόματα κατόπιν εντολής των ηλεκτρονόμων και είναι δυνατό να πραγματοποιούν κύκλο προκαθορισμένου αριθμού διακοπών και αυτόματων επαναφορών μέχρι της τελικής διακοπής εφόσον παραμένει η υπερένταση. Ρυθμίζονται ώστε να έχουν ικανότητα διακοπής ίση ή μεγαλύτερη της μέγιστης δυνατής ισχύος βραχυκύκλωσης της γραμμής. Αποτελούν μη ορατό σημείο διακοπής. Τέτοιοι είναι:

- Οι Ελαιοδιακόπτες (Ε/Δ) των αναχωρήσεων των γραμμών Μ.Τ από τους Υποσταθμούς Υ.Τ./Μ.Τ ή των Μ/Σ ζεύξης.
- Οι Διακόπτες Αυτομάτου Επαναφοράς (Δ/ΑΕ-Reclosers) των γραμμών Μ.Τ..

##### 2. Διακόπτες Φορτίου

Οι συσκευές αυτές προορίζονται για να αποκαθιστούν και να διακόπτουν ρεύματα κανονικού φορτίου ακόμη και όταν υπάρχει βραχυκύκλωμα στο δίκτυο, δίχως να καταστραφούν.

Ρυθμίζονται ώστε να διακόπτον και να αποκαθιστούν φορτία ίσα προς τη μέγιστη ένταση του ρεύματός των όταν ο συντελεστής ισχύος του φορτίου είναι αρκετά υψηλός (συνήθως μεγαλύτερος του 0,6). Για μικρότερο συντελεστή ισχύος προκύπτει μικρότερη ικανότητα διακοπής. Είναι δυνατόν να αποτελούν σημεία ορατής ή μη ορατής διακοπής.

### 3. Αποζεύκτες

Οι συσκευές αυτές προορίζονται για να αποκαθιστούν ή να διακόπτον την συνέχεια κυκλωμάτων άνευ φορτίου ή διαρρεόμενων από ρεύματα μικρού φορτίου π.χ. ρεύμα μαγνήτισης Μ/Σ μικρής ισχύος. Είναι μαχαιρωτοί, τριπολικοί ή μονοπολικοί και αποτελούν σημείο εμφανούς διακοπής.

### 4. Τριπολικοί Αεροδιακόπτες

Οι συσκευές αυτές προορίζονται για να αποκαθιστούν ή να διακόπτον σχετικά μικρά φορτία. Είναι μαχαιρωτοί αποζεύκτες εφοδιασμένοι με κεράτια για τη σβέση του τόξου. Λόγω της προσθήκης της διάταξης σβέσης του τόξου έχουν ορισμένες δυνατότητες ζεύξης και απόζευξης φορτίου. Γενικά είναι αποδεκτή η ικανότητα διακοπής εντάσεων μέχρι 20 A για  $0,7 \geq \text{φνυς}$  και 3 A για  $0,2$  (ρεύματα μαγνήτισης Μ/Σ ή χωρητικά). Για τη ζεύξη οι  $\leq \text{φνυς}$  δυνατότητες είναι 2,5 φορές μεγαλύτερες των αντίστοιχων για την απόζευξη. Οι αεροδιακόπτες και οι τριπολικοί αποζεύκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον παραλληλισμό δύο υπό τάση γραμμών για οποιοδήποτε κανονικό φορτίο.

### 5. Ασφαλειοαποζεύκτες

Οι συσκευές αυτές προορίζονται αφενός για να αποκαθιστούν ή να διακόπτον κυκλώματα σχετικά μικρού φορτίου λειτουργώντας ως αποζεύκτης και αφετέρου ως ασφάλειες διακόπτοντας ρεύματα βραχυκύκλωσης (υπερεντάσεις). Επίσης διακοπής του τηκτού είναι δυνατή η διακοπή εντάσεων φορτίου μέχρι της ονομαστικής τιμής του τηκτού. Οι προδιαγραφές για λειτουργία ως αποζεύκτης καθορίζουν διακοπή έντασης μέχρι 2 A υπό  $\text{συνφ} \leq 0,2$ .

Η κοπή του τηκτού επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ειδικού μοχλού στο κάτω μέρος της ασφαλειοθήκης η έλξη του οποίου προκαλεί την θραύση αυτού. Η μεγαλύτερη τιμή του τηκτού στις διακλαδώσεις των γραμμών Μ.Τ. ορίζεται στα 30 A. Γενικά κατά την εκτέλεση χειρισμών με αποζεύκτες και ασφαλειοαποζεύκτες βασική σημασία για τη δυνατότητα ζεύξης και απόζευξης έχει ο τρόπος χειρισμού (π.χ. ταχύτητα απομάκρυνσης ή προσέγγισης των επαφών) καθώς και οι ιδιαίτερες συνθήκες ( π.χ. άπνοια, έλλειψη υγρασίας κλπ.).

### 6. Διακόπτες Φορτίου με Ασφάλειες

Οι συσκευές αυτές αποτελούν συνδυασμό ασφαλειών και διακόπτη φορτίου και κατασκευάζονται ώστε η τήξη μιας από τις τρεις ασφάλειες να προκαλεί το άνοιγμα του διακόπτη φορτίου. Βασική τους λειτουργία είναι ως όργανα προστασίας έχουν όμως και την ικανότητα ζεύξης και απόζευξης υπό φορτίο έντασης ίσης με την ονομαστική ένταση. Έχουν επίσης τη δυνατότητα κλεισίματος υπό σφάλμα.

#### 7. Διακόπτες Απομόνωσης(Δ/Α)

Οι συσκευές αυτές προορίζονται για να απομονώνουν τμήματα του δικτύου στα οποία υπάρχει μόνιμο σφάλμα. Η απομόνωση επιτυγχάνεται με ειδική διάταξη κατά την χρονική στιγμή που το ρεύμα σφάλματος έχει ήδη διακοπεί από τα άλλα μέσα ζεύξης. Οι διακόπτες αυτοί είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και για τη ζεύξη ή διακοπή φορτίου μέχρι της ονομαστικής έντασης αυτών. Οι Δ/Α μπορούν να αποτελούν σημεία ορατής ή μη διακοπής.

#### Κατηγοριοποίηση των γραμμών

Προκειμένου να διευκολύνεται η εκλογή των προστασιών μιας γραμμής Μ.Τ. κατατάσσεται αυτή σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες.

Τα κριτήρια με τα οποία γίνεται η κατάταξη προκύπτουν κυρίως από το μήκος, τη μορφή και την φύση και κατανομή των φορτίων που εξυπηρετεί αυτή. Επίσης λαμβάνεται υπόψη αν σε μια γραμμή τοποθετείται Δ/ΑΕ ή Δ/Α. Έτσι διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες γραμμών:

1. A1: Περιλαμβάνει υπεραστικές γραμμές Μ.Τ. στις οποίες επιτυγχάνεται ικανοποιητικός βαθμός προστασίας από τους Ε/Δ και τους Α/Ζ των διακλαδώσεων. Έτσι η προστασία επιτυγχάνεται άνευ Δ/ΑΕ και Δ/Α.
2. A2: Εφόσον σε γραμμή της κατηγορίας A1 απαιτηθεί η εγκατάσταση Δ/Α τότε μεταπίπτει σε αυτήν την κατηγορία.
3. A3: Περιλαμβάνει γραμμές μικρού μήκους με σημαντικά φορτία αστικών ή βιομηχανικών περιοχών με μεγάλη πυκνότητα φορτίου. Χαρακτηριστικό των γραμμών αυτών είναι οι υψηλές εντάσεις βραχυκύκλωσης.
4. B1: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν δυο περιπτώσεις γραμμών διαφορετικής φύσης στις οποίες όμως συμπίπτει ο τρόπος προστασίας:
  - Γραμμές από τις οποίες τροφοδοτούνται καταρχήν σημαντικά αστικά και βιομηχανικά φορτία και εν συνεχεία αγροτικές περιοχές. Στην περίπτωση αυτή με την εγκατάσταση Δ/ΑΕ η γραμμή διαχωρίζεται σε δυο τμήματα καθένα από τα οποία έχει περίπου ομοιόμορφο φορτίο.

- Γραμμές των οποίων τα σημαντικότερα φορτία βρίσκονται στα άκρα αυτών μοιρασμένα σε περισσότερες από μια διακλαδώσεις , ενώ στην αρχή των γραμμών τα φορτία είναι περιορισμένα σε αριθμό και μέγεθος. Στην αρχή κάθε σημαντικής διακλάδωσης τοποθετείται Δ/ΑΕ.

5. B2: Περιλαμβάνει γραμμές μεγάλου μήκους με φορτία ισοκαταμεμημένα σε όλο το μήκος τους. Λόγω του μεγάλου μήκους τοποθετείται Δ/ΑΕ σε κάποιο σημείο της γραμμής γιατί ο Ε/Δ του Υποσταθμού Υ.Τ./Μ.Τ. δεν 'βλέπει' τα σφάλματα στο άκρο αυτής.

6. B3: Περιλαμβάνει γραμμές όμοιες με την κατηγορία B2 διαφέρει όμως ο τρόπος που επιτυγχάνεται η προστασία των γραμμών.

Έτσι προκύπτει μια συγκεκριμένη τυποποίηση στην προστασία των γραμμών Μ.Τ. η οποία διευκολύνει πολύ στην σύνταξη των μελετών.

### Μέσα προστασίας δικτύων από ατμοσφαιρικές υπερτάσεις

Ο σκοπός του μέσου προστασίας είναι να περιορίσει την κυματική τάση που ενδεχομένως θα πλήξει το στοιχείο που προστατεύει και να κατευθύνει το κύμα στη γη χωρίς να επηρεάζεται από τη τάση λειτουργίας του δικτύου ή και οποιαδήποτε ανύψωση της τάσης που προκαλείται π.χ. από βραχυκύκλωμα. Τα συνήθη μέσα προστασίας που χρησιμοποιούνται είναι οι ακίδες, τα αλεξικέραυνα και ο αγωγός γης. Για την προστασία των εγκαταστάσεων Διανομής από υπερτάσεις διακρίνουμε τις ακόλουθες κατηγορίες περιοχών, με βάση την συχνότητα των κεραυνοπτώσεων:

#### 1. Μη κεραυνόπληκτες

Στην κατηγορία αυτή υπάγεται το μεγαλύτερο μέρος των εγκαταστάσεων Διανομής και είναι οι περιοχές που δεν έχουν ιδιαίτερα προβλήματα από τους κεραυνούς. Η προστασία επιτυγχάνεται με αλεξικέραυνο ονομαστικής τάσης ανάλογης με του δικτύου τοποθετημένα στους Μ/Σ ισχύος, στους Δ/ΑΕ, στους Δ/Α με δοχείο ελαίου, στους Ρυθμιστές Τάσης(P/T), στις Συστοιχίες Πυκνωτών(Σ/Π), στους εναέριους Διακόπτες Φορτίου χωρίς ενσωματωμένα διάκενα διασπάσεως, τους Μ/Σ οργάνων Μ.Τ. κλπ. Επίσης τοποθετούνται σε στύλους σύνδεσης υπόγειου δικτύου με εναέριο. Στους Υ/Σ εσωτερικού χώρου δεν τοποθετούνται αλεξικέραυνα.

Η γείωση του αλεξικέραυνου θα είναι κοινή με τη γείωση των μεταλλικών μερών των συσκευών που προστατεύουν και μπορεί να είναι κοινή ή όχι με τη γείωση του ουδετέρου ανάλογα με το αν η αντίσταση της τελευταίας είναι μικρότερη ή όχι του 1 ή 2 Ω (Υ/Σ σε ξύλινους στύλους). Ακίδες για την προστασία των συσκευών από υπερτάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση έλλειψης αλεξικέραυνων.

## 2. Κεραυνόπληκτες

Περιοχές με πολλές κεραυνοπτώσεις. Στις περιοχές αυτές οι συσκευές προστατεύονται με αλεξικέραυνα ή ακίδες όπως ακριβώς αναφέρεται για τις περιοχές Α. Στο στύλο που προηγείται του στύλου στον οποίο είναι τοποθετημένη η συσκευή, τοποθετούνται ακίδες και στις τρεις φάσεις με διάκενο 12,5 cm (120 kV) για τη μείωση της κορυφής των κυμάτων που οδεύουν προς τη θέση της συσκευής. Αν για κάποιο λόγο δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση ακίδων στον προηγούμενο στύλο τότε τοποθετείται στον αμέσως προηγούμενο. Η αντίσταση της γείωσης των ακίδων πρέπει να είναι κάτω από τα 40 Ω.

## 3. Εξαιρετικά κεραυνόπληκτες

Περιοχές με σημαντικό αριθμό κεραυνοπτώσεων σε συνάρτηση και με τον απαιτούμενο βαθμό συνέχειας ηλεκτροδοτήσεως των εγκαταστάσεων π.χ. Τοπικών Σταθμών Παραγωγής (ΤΣΠ), ΟΤΕ κλπ. Για τις περιοχές αυτές διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- Γενική περίπτωση

Σε περιοχές κατηγορίας Γ γίνεται θελημένη μείωση της στάθμης μόνωσης της γραμμής με εγκατάσταση ακίδων απαγωγής υπερτάσεων και στις τρεις φάσεις κατά διαστήματα 300 μέτρων περίπου. Το διάκενο των ακίδων θα είναι 8 cm (80-90 kV) ενώ για ακίδες Γαλλικού τύπου 7 cm. Η κατασκευή των ακίδων με μονωτήρα γίνεται από μονωτήρες βεβλημένων Α/Ζ ή αποζευκτών ή από μονωτήρες κώδωνα με στέλεχος μικρού μήκους. Η γείωση των ακίδων πρέπει να είναι μικρής αντιστάσεως με ανώτατο όριο τα 60 Ω για ρύθμιση του στοιχείου γης του προτεταγμένου Δ/ΑΕ στα 50 Α. Η τάση διατηρείται κάτω από την τάση διασπάσεως των ακίδων (δίχως δεύτερη διάσπαση στην επόμενη ακίδα) για τιμή της αντίστασης γείωσης κάτω των 40 Ω. Η προστασία των Μ/Σ γίνεται με αλεξικέραυνα.

Για καλύτερη προστασία τοποθετείται στα 100- 200 μέτρα πριν τον Υ/Σ αγωγός γης. Οι γειώσεις του αγωγού γης δεν συνδέονται με τις άλλες γειώσεις. Η προστασία συμπληρώνεται με εγκατάσταση στην αρχή της διακλάδωσης Διακόπτη Αυτόματης Επαναφοράς για διακοπή του ακόλουθου ρεύματος μετά τη διάσπαση των ακίδων.

- Ειδικές περιπτώσεις Σε εξαιρετικές περιπτώσεις περιοχών της κατηγορίας Γ, στις οποίες βρίσκονται εγκαταστάσεις διανομής μεγάλης σημασίας π.χ. ΟΤΕ ή κύριες γραμμές, οπότε η συχνή λειτουργία του Ε/Δ ή του Δ/ΑΕ δεν είναι επιθυμητή, η προστασία των εγκαταστάσεων γίνεται με τα εξής μέτρα που μπορούν να εφαρμόζονται κατά στάδια ανάλογα με την αποτελεσματικότητά τους:

Α) Τοποθέτηση αγωγού γης πάνω από τις εγκαταστάσεις που θέλουμε να προστατεύσουμε. Στις γραμμές Μ.Τ. τοποθετείται αγωγός γης στο εξαιρετικά κεραυνόπληκτο τμήμα με



ορισμένο περιθώριο ασφάλειας από κάθε άκρο του (200 μέτρα). Αν πρόκειται για εγκαταστάσεις μεγάλου χώρου π.χ. ΤΣΠ εγκαθίσταται πλέγμα αγωγών γης ώστε να καλύπτεται όλος ο χώρος από τις διέδρες γωνίες 400 περίπου. Αγωγός γης τοποθετείται και σε όλες τις γραμμές που καταλήγουν στον υπόψη χώρο.

Β) Τοποθέτηση αλεξικέραυτου στη θέση αρχής του αγωγού γης για μείωση της κορυφής των κυμάτων που οδεύουν στη γραμμή από ατμοσφαιρικές εκκενώσεις στα τμήματα της γραμμής που δεν καλύπτεται από τον αγωγό γης.

Γ) Προστασία των συσκευών της γραμμής με αλεξικέραυνα (10 kA). Στην περίπτωση προστασίας γεννήτριας ΤΣΠ αυτή αυξάνεται με τοποθέτηση παράλληλα με το αλεξικέραυνο πυκνωτών χωρητικότητας 0,1  $\mu\text{F}$  και άνω ώστε να μειωθεί η κλίση του μετώπου των κυμάτων. Αν δεν υπάρχει χώρος το αλεξικέραυνο-πυκνωτές τοποθετείται στους ζυγούς Μ.Τ.

#### Προστασία Μ/Σ – δικτύων Χ.Τ.

Σκοπός της εν λόγω ανάλυσης είναι ο καθορισμός των μεγεθών των ασφαλειών Μέσης Τάσης που πρέπει να τοποθετούνται στους Υ/Σ Διανομής.

Με αυτές επιδιώκεται η αποφυγή βλάβης του Μ/Σ σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στην πλευρά της Χ.Τ. καθώς επίσης και η απομόνωση του Μ/Σ από το δίκτυο Μ.Τ. όταν ο Μ/Σ έχει υποστεί βλάβη. Στην τελευταία περίπτωση οι ασφάλειες περιορίζουν την έκταση της βλάβης των τυλιγμάτων, οπότε διευκολύνεται η επισκευή. Ανάλογα με τη μορφή του Υ/Σ διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις τοποθέτησης ασφαλειών:

- Στους υπαίθριους Υ/Σ Διανομής τοποθετούνται κατά κανόνα ασφάλειες εκτόνωσης ταχείας τήξης (συμβολίζονται με το γράμμα Κ σε αντίθετα με τις ασφάλειες βραδείας τήξης των διακλαδώσεων που συμβολίζονται με το γράμμα Τ) ενώ σε θέσεις όπου η ισχύς βραχυκύκλωσης του δικτύου Μ.Τ. είναι μεγάλη ενδείκνυται η εγκατάσταση ασφαλειών κόνεως.
- Στους Υ/Σ εσωτερικού χώρου οι ασφάλειες είναι πάντα τύπου κόνεως.

Οι ασφάλειες Μ.Τ. προστασίας των Μ/Σ των υπαίθριων Υ/Σ διανομής τοποθετούνται είτε στο στύλο ή στο δίστυλο όπου στηρίζεται ο Μ/Σ είτε στον προηγούμενο στύλο που τροφοδοτεί τον Υ/Σ οπότε προστατεύεται και η γραμμή Μ.Τ. Για την εκλογή του μεγέθους της ασφάλειας Μ.Τ. λαμβάνονται υπόψη:

- Οι ασφάλειες προστατεύουν το Μ/Σ σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στην πλευρά της Χ.Τ. και σε θέση πριν το ασφαλειοκιβώτιο της Χ.Τ. Αυτό εξασφαλίζεται αν για

κάθε τιμή της έντασης βραχυκύκλωσης καίγεται η ασφάλεια με χρόνο διακοπής μικρότερο του χρόνου αντοχής του Μ/Σ.

- Οι ασφάλειες δεν πρέπει να περιορίζουν τη δυνατότητα υπερφόρτισης του Μ/Σ γι' αυτό η ονομαστική τους ένταση είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την ονομαστική ένταση του πρωτεύοντος.
- Οι ασφάλειες δεν πρέπει να καίγονται από το ρεύμα ζεύξης του Μ/Σ γι' αυτό και ο χρόνος τήξης τους πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 0,1 δευτερολέπτου. Ασφάλειες Χ.Τ. των Μ/Σ Διανομής.

Η προστασία των Μ/Σ Διανομής από υπερεντάσεις που οφείλονται σε βραχυκύκλωμα του δικτύου Χ.Τ. επιτυγχάνεται με τις ασφάλειες Χ.Τ. καθώς οι ασφάλειες Μ.Τ. προστατεύουν το Μ/Σ από βραχυκυκλώματα πριν το ασφαλειοκιβώτιο Χ.Τ.. Διευκρινίζεται ότι οι ασφάλειες Χ.Τ. δεν προστατεύουν το Μ/Σ από υπερφόρτιση γι' αυτό επιβάλλεται παρακολούθηση των φορτίων. Οι ασφάλειες Χ.Τ. πρέπει να συνεργάζονται επιλεκτικά με τις ασφάλειες Μ.Τ. του Μ/Σ ώστε οι πρώτες να καίγονται πριν λειτουργήσουν οι τελευταίες για κάθε βραχυκύκλωμα μονοφασικό, διφασικό ή τριφασικό του δικτύου Χ.Τ..

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

### 3.1 Τυποποιημένες κατασκευές G

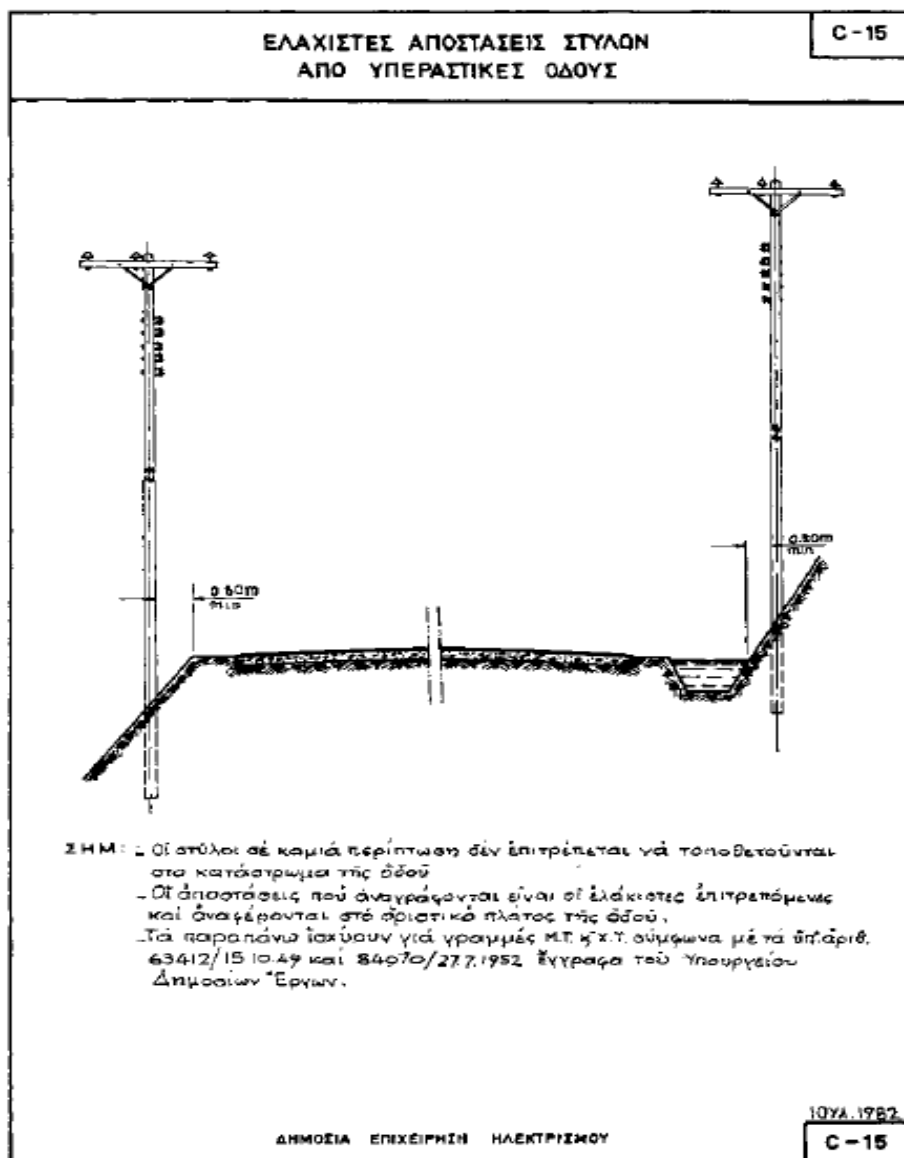
Γενικά στο κεφάλαιο G του ΕΤΚΔ, όπως προδίδει και ο τίτλος του, αναγράφονται γενικά στοιχεία που αφορούν την κατασκευή των Δικτύων Διανομής. Απαρτίζεται από γενικές οδηγίες όπως ο τρόπος του κλαδέματος των δέντρων που γειτονιάζουν με αγωγούς και ο τρόπος που γίνονται τυποποιημένες χειρονομίες από το προσωπικό που εργάζεται στις γραμμές διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τοπογραφικά σύμβολα και οι συμβολισμοί που περιέχονται στα κατασκευαστικά σχέδια τα οποία εφοδιάζει ο ΔΕΔΔΗΕ τους αναδόχους πριν από την κατασκευή οποιουδήποτε έργου. Στη διπλανή φωτογραφία φαίνεται η σελίδα G-7 η οποία παρουσιάζει ορισμένους από τους συμβολισμούς που χρησιμοποιούνται στα κατασκευαστικά σχέδια των μελετών εναέριων Δικτύων Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ		
Π Ε Ρ Ι Γ Ρ Α Φ Η	ΥΦΑΡΤΟΝΤΑ	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ
Γραμμή Μ.Τ.	— — — — —	— — — — —
Γραμμή Χ.Τ.	— — — — —	— — — — —
Γραμμή που πρέπει να καταργηθεί	— — — — —	— — — — —
Γραμμή που πρέπει να μεταβληθεί	— — — — —	— — — — —
Παραχέτευση	— — — — —	— — — — —
Γραμμή τηλεπικοινωνιακής έναερια	— — — — —	— — — — —
Γραμμή έπιτοίχιου καλώδιου	— — — — —	— — — — —
Εναέρια γραμμή αυτοστήριχτου καλώδιου ή στηριζόμενου σε σαρματσάχονα	— — — — —	— — — — —
Κιβώτιο διακλαδώσεως έπιτοίχιου καλώδιου 2 κατευθύνσεων	— — — — —	— — — — —
Κιβώτιο διακλαδώσεως έπιτοίχιου καλώδιου 3 κατευθύνσεων	— — — — —	— — — — —
Κιβώτιο διακλαδώσεως έπιτοίχιου καλώδιου 4 κατευθύνσεων	— — — — —	— — — — —
Κιβώτιο έπιτοίχιου καλώδιου τέρματος	— — — — —	— — — — —
Γραμμή Δημοτικού φωτισμού	— — — — —	— — — — —
Φωτιστικό σήμα με λαμπτήρα πυρακτώσεως	— — — — —	— — — — —
Φωτιστικό σήμα με λαμπτήρα φθορισμού	— — — — —	— — — — —
Φωτιστικό σήμα με λαμπτήρα άτμων ύδραργύρου	— — — — —	— — — — —
Τομή γραμμής	— — — — —	— — — — —
Άλλαγή κατευθύνσεως	— — — — —	— — — — —
Εύλιος στύλος	●	○
Τοιμεντένιος στύλος κυλινδρικός	●	○
Τοιμεντένιος στύλος ορθογωνικής διατομής	■	□
Στύλος χαλύβδινος κυλινδρικός	●	○
Στύλος χαλύβδινος δικτυωτός τετραγωνικής διατομής	■	□
Στύλος χαλύβδινος δικτυωτός ορθογωνικής διατομής	■	□
Στυλίσκος παροχής	▲	⋈
Πλαίσιο Χ.Τ. ή πρόβολος Μ.Τ. σε στύλο	↓	↓

Εικόνα 3.1: Σελίδα G-7 του ΕΤΚΔ.

### 3.2 Τυποποιημένες κατασκευές C - Ελάχιστες αποστάσεις & κλάσεις κατασκευής

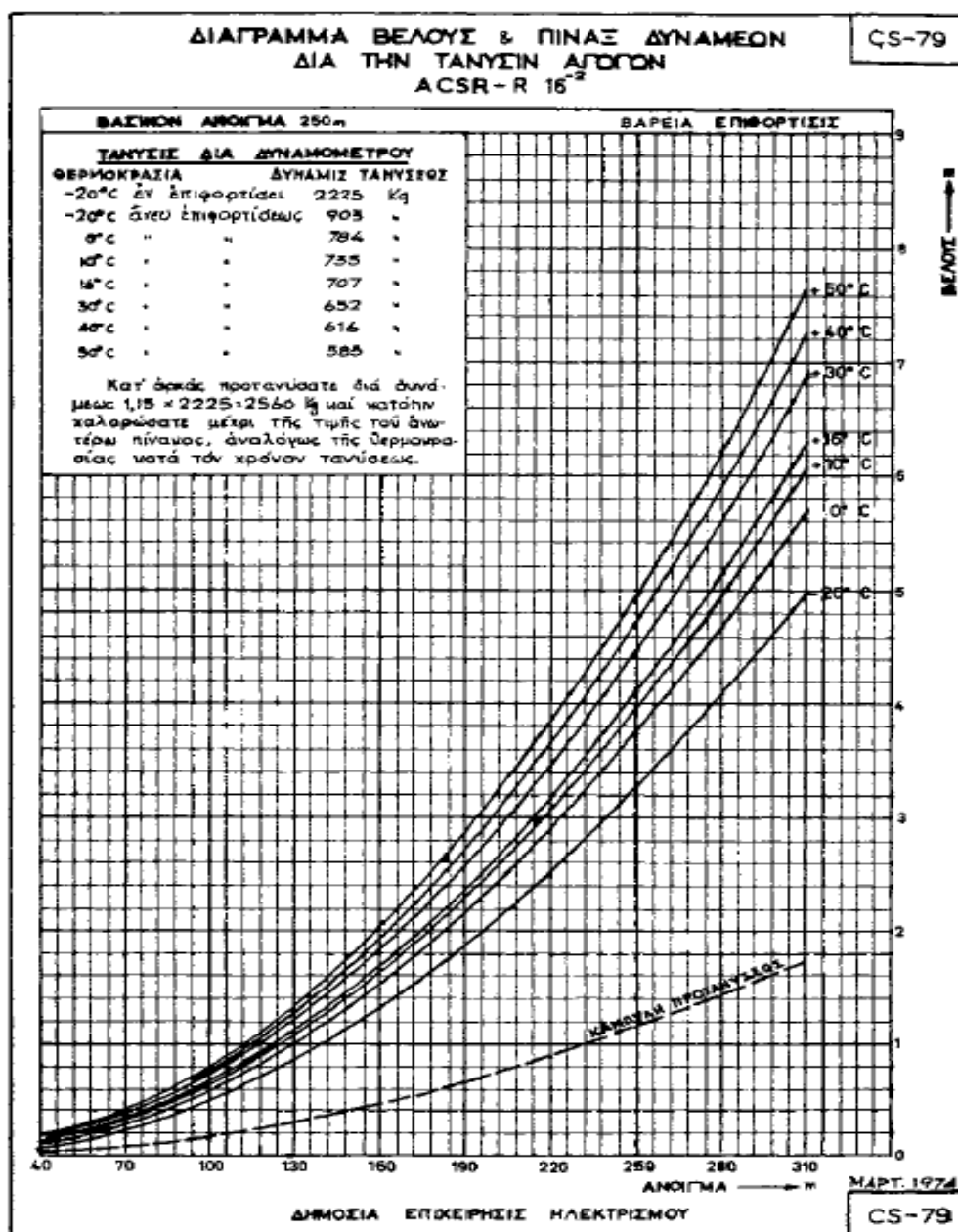
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι αποστάσεις ασφαλείας που πρέπει να έχουν τα στοιχεία που απαρτίζουν τα Δίκτυα Διανομής δηλαδή τα καλώδια, οι αγωγοί, οι στύλοι, οι μονωτήρες κ.τ.λ. από το έδαφος, τα οδοστρώματα, τα κτίρια, τις σιδηροδρομικές γραμμές και τα δίκτυα άλλων κοινωφελών οργανισμών. Στην διπλανή εικόνα αναγράφονται οι αποστάσεις που πρέπει να έχουν οι στύλοι του Δικτύου Διανομής από τα οδοστρώματα υπεραστικών οδών. Παρατηρούμε από το διπλανό σκαρίφημα ότι η ελάχιστη απόσταση που μπορεί να έχει ένας στύλος από το ρείθρο του οδοστρώματος δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 30 εκατοστών. Επίσης η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να έχει ο στύλος από την εξωτερική μεριά του αυτοκινητόδρομου ορίζεται στα 80 εκατοστά.



Εικόνα 3.2: Σελίδα C-15 του ΕΤΚΔ.

### 3.3 Τυποποιημένες κατασκευές CS -Τανύσεις αγωγών

Το κεφάλαιο αυτό αποτελείται από εξειδικευμένα διαγράμματα στα οποία αναλύονται οι τανύσεις που πρέπει να υποστούν οι αγωγοί και τα καλώδια όταν θα τοποθετηθούν στα δίκτυα έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη ισορροπία δυνάμεων που θα ασκηθεί στο υπό κατασκευή Δίκτυο Διανομής. Στα διαγράμματα τανύσεων ανάλογα με το είδος του αγωγού και ανάλογα με την θερμοκρασία κατά τη στιγμή της κατασκευής του δικτύου δίνεται η δύναμη τανύσεως που πρέπει να ασκηθεί στον αγωγό πριν αυτός προσδεθεί μόνιμα πάνω στο Δίκτυο. Δίπλα φαίνεται η κατασκευή CS-79 η οποία περιέχει το διάγραμμα τάνυσης του αγωγού ACSR-R διαμέτρου 16 mm<sup>2</sup>.



Εικόνα 3.3: Σελίδα CS-79 του ΕΤΚΔ.

### 3.4 Τυποποιημένες κατασκευές FC - Εξαρτήματα αγωγών

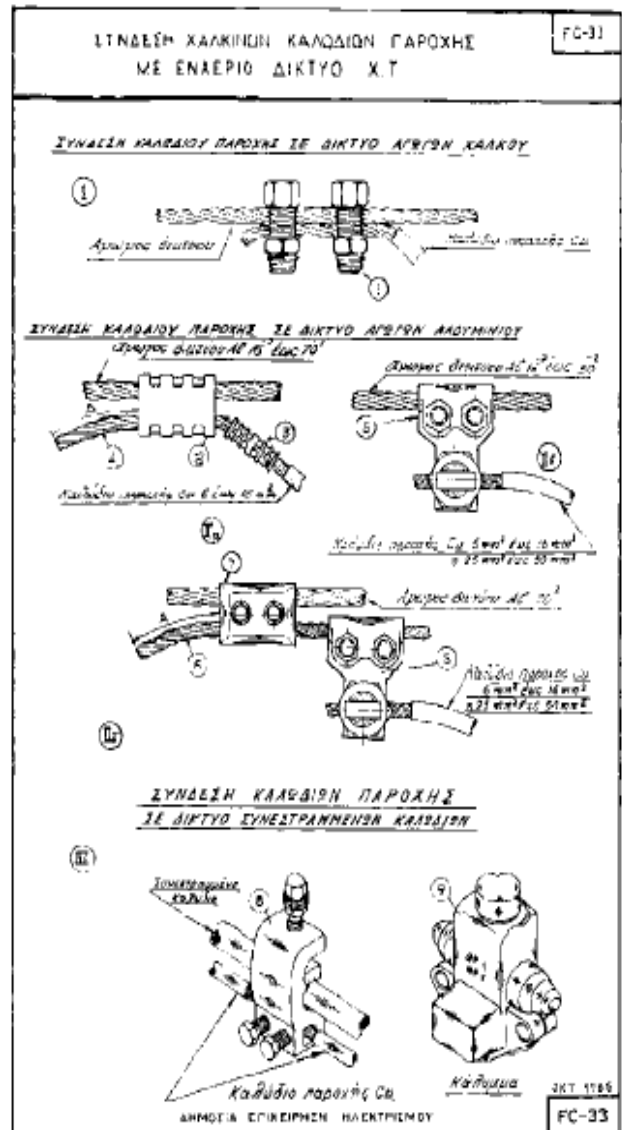
Το κεφάλαιο FC αφορά τα εξαρτήματα των αγωγών και τη χρήση τους. Πιο συγκεκριμένα αναλύει την πρόσδεση, τη σύνδεση, τη συνένωση, τον τερματισμό, την ανάρτηση και την επισκευή των αγωγών χαλκού, αλουμινίου, κράματος αλουμινίου, αγωγών ACSR, ACSR-R καθώς και τις διμεταλλικές συνδέσεις μεταξύ των αγωγών χαλκού – αλουμινίου και μεταξύ χαλκού – αγωγού γης.

FC-32		ΣΥΝΔΕΣΗ ΧΑΛΚΙΝΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΕ ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ				
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ				
		FC-33I	FC-33IIa	FC-33IIb	FC-33III	FC-33III
1	ΚΟΚΚΙΔΕΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ ΜΕ ΕΓΚΟΠΗ ΚΑΤΑΛΟΗΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ	2	-	-	-	-
2	ΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΙΞΣΕΩΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΑΥΛΑΚΩΝ ΤΥΠΟΥ Β ΚΑΤΑΛΟΗΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ	-	1	-	-	-
3	ΕΝΘΥΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΙΞΣΕΩΣ (ΒΑΡΕΛΑΚΙ)	-	1	-	-	-
4	ΤΕΡΜΑΚΙΟ ΑΓΩΓΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ 16 <sup>2</sup>	-	330	-	-	-
5	ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ ΑΓΩΓΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ - ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΤΑΛΟΗΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ	-	-	1	1	-
6	ΤΕΡΜΑΚΙΟ ΑΓΩΓΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ 50 <sup>2</sup>	-	-	-	330	-
7	ΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΑΥΛΑΚΩΝ ΤΥΠΟΥ Β ΚΑΤΑΛΟΗΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ	-	-	-	1	-
8	ΣΥΝΔΕΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΙΞΣΕΩΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΥΡΣΩΣ ΓΡΑΦΗΣ 35 - 70 mm <sup>2</sup> AL ΚΑΤ ΔΥΙ ΔΕΚΚΛΑΔΕΣΕΩΣ, ΔΙΑΤΟΜΗΣ 4 - 35 mm <sup>2</sup> SWH <sup>2</sup> AL	-	-	-	-	1
9	ΚΑΛΥΜΑ ΑΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ FC ΣΥΝΔΕΤΗΡΑ Α/Α 8	-	-	-	-	1

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :

1. Το σχήμα των συνδέσεων είναι ενδεικτικό.
2. Στις κατασκευές FC-33 IIa και FC-33III το μήκος του τμήματος α πρέπει να είναι 10 cm για να υπάρχει δυνατότητα συνδέσεως και άλλης παροχής.
3. Οι αγωγοί χαλκού πρέπει να βρσκονται πάντοτε σε χαμηλότερη στάθμη από τους αγωγούς αλουμινίου.
4. Η κατασκευή FC-33III εφαρμόζεται και για τη φένωση του ουστέρου του δικτύου με αμιγρές ήμι αμιγρές αγωγοί. Η σύνδεση αυτή γίνεται με κατάλληλη αναδίπλωση των μονοκλώων αγωγού των 2,5 mm<sup>2</sup> β.π. πριν εισαχθεί στη σύνδεση.

0ΚΥ 1185  
FC-32 ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



Εικόνα 3.4: Κατασκευή FC-33 του ΕΤΚΔ.

Παραπάνω παρουσιάζεται η κατασκευή FC-33 η οποία περιγράφει τον τρόπο σύνδεσης των χάλκινων καλωδίων παροχής με τους γυμνούς αγωγούς και τα καλώδια του εναέριου Δικτύου. Ο πίνακας της σελίδας FC- 32 όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, περιγράφει το

είδος και την ποσότητα των υλικών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της κατασκευής FC-33 ( FC-33I , FC-33IIα , FC33IIβ , FC33IIγ , FC33III ).

### 3.5 Τυποποιημένες κατασκευές FCP - Εξαρτήματα τσιμεντένιων στύλων

Το κεφάλαιο FCP αφορά τους στύλους από οπλισμένο σκυρόδεμα είτε αυτοί είναι κατασκευασμένοι με τη φυγοκεντρική μέθοδο, είτε με δόνηση. Επίσης στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι θεμελιώσεις των τσιμεντόστυλων, οι βραχίονες τους, οι επίτονες τους καθώς και άλλα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά πάνω σε στύλους οπλισμένου σκυροδέματος.

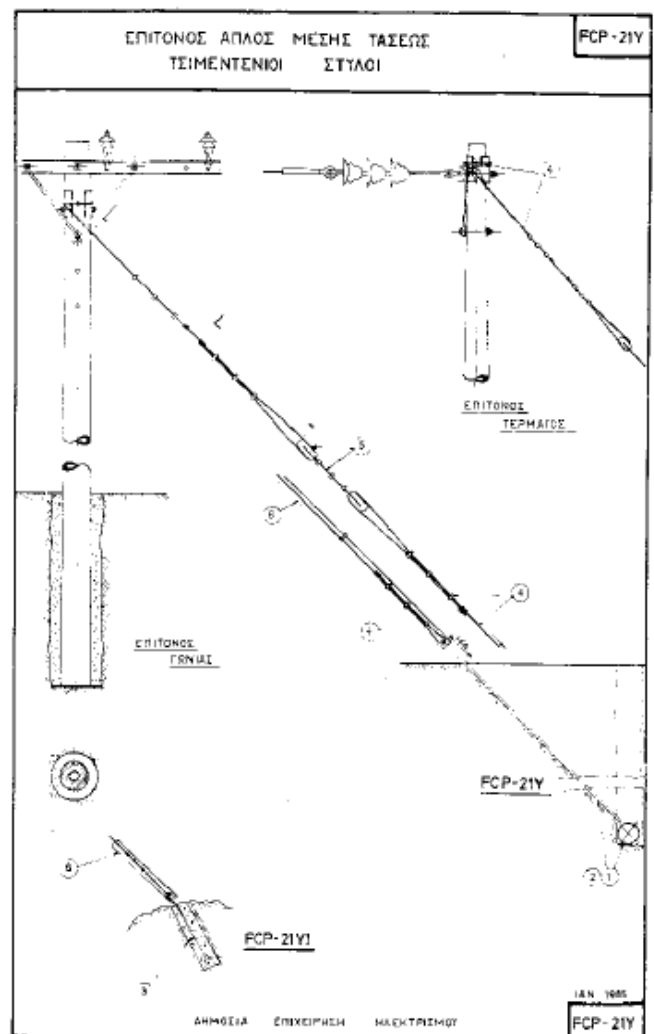
Παρακάτω φαίνεται η κατασκευή FCP-21Y η οποία παρουσιάζει την κατασκευή απλού επιτόνου σε Δίκτυο Μέσης Τάσης. Ο πίνακας της σελίδας FCP-20Y αναφέρει τα υλικά και τις ποσότητες αυτών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή FCP-21Y.

FCP-20Y		ΕΠΙΤΟΝΟΣ ΑΠΛΟΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΕΩΣ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΟΙ ΣΤΥΛΟΙ					
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Π Ο Σ Ο Τ Η Τ Α					
		FCP-21Y			FCP-21YI		
		Ε	Μ	Β	Ε	Μ	Β
1	ΥΛΙΚΑ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ ΕΠΙΤΟΝΟΥ ΚΑΤΑ F-25A1 Ή F-25A1I	3	1	-	-	-	-
2	ΥΛΙΚΑ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ ΕΠΙΤΟΝΟΥ ΚΑΤΑ F-25II Ή F-25A1II	-	-	1	-	-	-
3	ΥΛΙΚΑ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ ΕΠΙΤΟΝΟΥ ΚΑΤΑ F-25B	-	-	-	1	1	-
4	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΔΕΣΕΩΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ ΕΠΙΤΟΝΟΥ ΚΑΤΑ FCP-19S ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΥ ΕΠΙΤΟΝΟΥ.	1	1	1	1	1	1
5	ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΩΤΗΡΩΝ ΕΠΙΤΟΝΟΥ ΚΑΤΑ F-19 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΟΥ ΕΠΙΤΟΝΟΥ	1	1	1	1	1	1
6	ΠΡΟΦΥΛΑΚΤΗΡΑΣ ΕΠΙΤΟΝΟΥ (ΕΑΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΛΟΓΩΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΩΣ)	1	1	1	1	1	1

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

- Η κατασκευή FCP-21YI δεν εφαρμόζεται για βάρυ (B) επίτονα
- Η απόσταση L σε ύψος ίσες γραμμές Η.Τ. σγλαού κυκλώματος (τριών αγωγών) είναι 1400 mm ενώ στις διπλές γραμμές (6 αγωγών) καθώς και στις αστικές γραμμές ή αρδευτικά δίκτυα όταν στήριζονται και σγλαί Χ.Τ. η απόσταση αυτή θα καθορίζεται κατά περίπτωση σύμφωνα με τις σημειώσεις 17 και 18 της αε-λίθου C-1B.

ΙΑΝ. 1985  
FCP-20Y ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



Εικόνα 3.5: Κατασκευή FCP-21Y του ΕΤΚΔ.

### 3.6 Τυποποιημένες κατασκευές F - Εξαρτήματα ξύλινων στύλων

Το κεφάλαιο F αφορά τους ξύλινους στύλους, τους βραχίονες των ξύλινων στύλων, τους επιτόνους, τις αντηρίδες και τις γειώσεις των ξύλινων στύλων. Οι ξύλινοι στύλοι αποτελούν την ραχοκοκαλιά του Δικτύου Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η αντοχή τους και η ευκολία στην εγκατάστασή τους είναι τα βασικότερα πλεονεκτήματά τους έναντι των στύλων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Παρακάτω παρουσιάζεται η κατασκευή F-33 η οποία είναι η αντηρίδα των ξύλινων στύλων. Η σελίδα F-32 Του ΕΤΚΔ παρουσιάζει τα υλικά και κατασκευαστικές λεπτομέρειες της αντηρίδας στύλων.

F-32		ΑΝΤΗΡΙΔΑ ΞΥΛΙΝΟΥ ΣΤΥΛΟΥ	
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΗΤΗΤΑ	
1	ΞΥΛΙΝΟΣ ΣΤΥΛΟΣ	1	
2	ΞΥΛΟΔΟΧΟΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ ΣΤΥΛΟΥ	1	
3	ΞΥΛΟΔΟΧΟΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ	1	
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΛΕΙΣΤΟ 20# ΑΠΑΣΤΡΩΜΕΝΟΥ ΚΗΚΩΣ	3	
5	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΚΑΜΠΥΛΟΣ, (ΕΙΔΟΣ 3)	5	
6	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ, (ΕΙΔΟΣ 2)	1	

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΜΗΚΟΣ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ L ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ ΘΕΡΜΟΚΛΕΙΣΤΟΥ Υ ΣΥΜΜΕΤΡΙΣ ΤΩΝ ΥΠΟΥΧΩ Μ ΤΩΝ ΣΤΥΛΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ A												
ΓΡΑΜΜΗ Χ.Τ.						ΓΡΑΜΜΗ Μ Β Χ.Τ.						
H	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	
10	9	2,20	9	1,90	9	1,60	-	-	-	-	-	
11	10	2,20	10	2,00	10	1,70	9	2,40	9	2,10	9	1,70
12	11	2,40	11	2,20	11	1,80	9	1,50	10	2,30	10	1,90
13	-	-	12	2,20	12	1,90	-	-	11	2,30	11	2,00
14	-	-	13	2,30	13	2,00	-	-	12	2,50	12	2,20
15	-	-	14	2,40	14	2,20	-	-	13	2,50	13	2,20

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΞΥΛΟΔΟΧΩΝ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ ΣΤΥΛΟΥ ΚΑΙ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ							
ΓΡΑΜΜΗ Χ.Τ.				ΓΡΑΜΜΗ Μ Β Χ.Τ.			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΥΛΟΥ	ΞΥΛΟΔΟΧΟΣ ΣΤΥΛΟΥ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ	ΞΥΛΟΔΟΧΟΣ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΥΛΟΥ	ΞΥΛΟΔΟΧΟΣ ΣΤΥΛΟΥ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ	ΞΥΛΟΔΟΧΟΣ ΑΝΤΗΡΙΔΑΣ
Ε	20x75	Ε	20x75	Ε	20x75	Ε	20x75
Μ	20x130	Μ	20x130	Μ	20x75	Μ	20x130
Β	26x200	Β	26x200	Β	20x130	Β	26x200

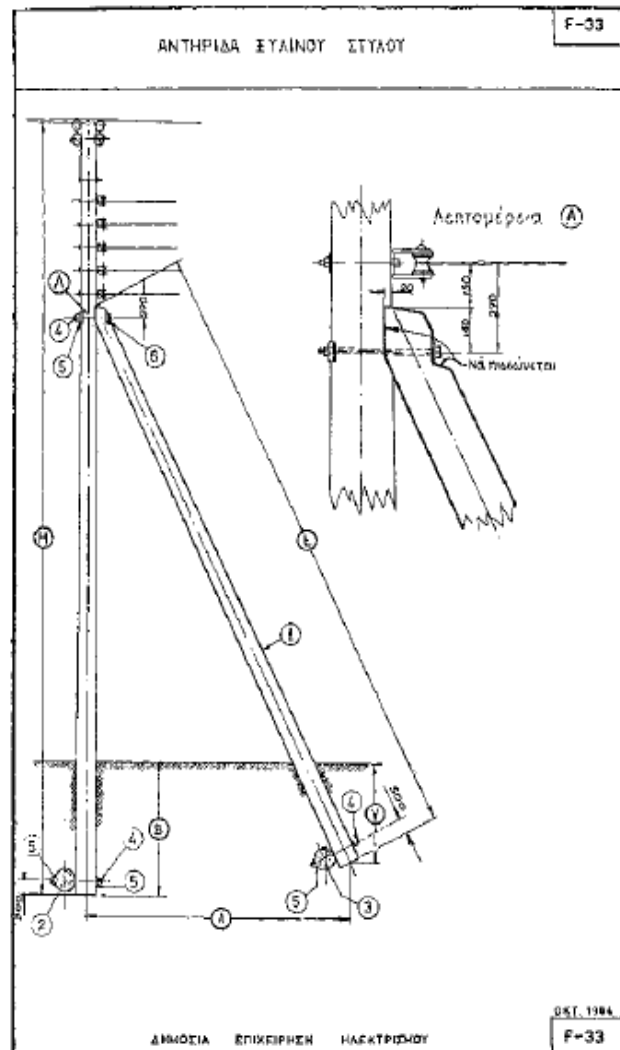
  

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

- Εντον πινάκω 1 τα βάθη θεμελιώσεως Υ της αντηρίδας, ισχύουν για έδαφος κανονικό, μέγιστα και στύλους κατηγορίας Ε. Για αποσβεστική άλλη κατηγορία κλάσης και στύλους το βάθος Υ αυξομειώνεται ανάλογα με τη διαφορά βάθους θεμελιώσεως των στύλων. Σε περίπτωση κελκυσμένων κλασών το μήκος της αντηρίδας L εκλέγεται έτσι ώστε τα Υ να μην είναι μικρότερα των 1,40 m για έδαφος κανονικό των 1,20 m για έδαφος καλό των 1,00 m για έδαφος βραχύβατο.
- Σε περίπτωση βραχύβατου κλάσους η ευκατόχος της αντηρίδας με τον αντίστοιχο κοχλία παραλείπεται. Η ευκατόχος του στύλου δεν παραλείπεται ποτέ.

**ΠΗΡΕΑΣΙΣΤΙΚΑ**  
 Για έδαφος κανονικό, στύλο 12Ε και Α-3η προκύπτει αντηρίδα μήκους L=119 και βάθος θεμελιώσεως της Υ=2,20m (ΓΡΑΜΜΗ Χ.Τ.)  
 Για έδαφος καλό, στύλο 12Ε και Α-3η προκύπτει αντηρίδα μήκους L=139 και βάθος θεμελιώσεως της Υ=2,00m [ =2,20 - (1,80-1,60) ] (ΓΡΑΜΜΗ Χ.Τ.)

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



Εικόνα 3.6: Κατασκευή F-33 του ΕΤΚΔ.

### 3.7 Τυποποιημένες Κατασκευές P - Κατασκευές για Μέση Τάση

Το κεφάλαιο αυτό αφορά τις κατασκευές που χρησιμοποιούνται στη Μέση Τάση, είτε αυτές γίνονται με ξύλινους βραχίονες, είτε με χαλύβδινους βραχίονες. Οι κατασκευές P-1 έως P43



είναι οι κατασκευές Μέσης Τάσης που εφαρμόζονται πάνω σε ξύλινους στύλους. Οι κατασκευές P -101 έως P -141 εφαρμόζονται στη Μέση Τάση πάνω σε στύλους από οπλισμένο σκυρόδεμα.

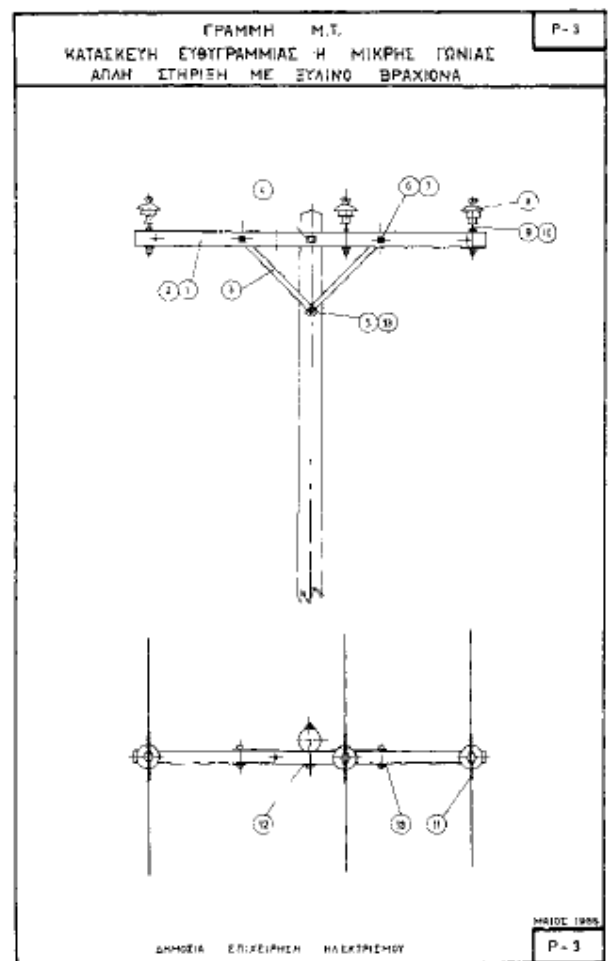
Παρακάτω παρουσιάζεται η πιο συνηθισμένη κατασκευή στη Μέση Τάση αλλά και γενικότερα στα Δίκτυα Διανομής το P- 3 που είναι η κατασκευή που χρησιμοποιείται όταν οι αγωγοί του Δικτύου Μέσης Τάσης επεκτείνονται σε ευθύγραμμη διεύθυνση. Η σελίδα P-2 αναλύει τα υλικά και τις ποσότητες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της κατασκευής P-3.

P-2		ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Ή ΜΙΚΡΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΑΛΛΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΞΥΛΙΝΟ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-3	P-3E
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500x120x100	1	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500x170x125	-	1
3	ΑΝΤΗΡΕΑΣ ΦΡΑΞΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΤΩΣΕΝΗ	2	2
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΑΙΟ Μ 20 ΑΠΑΣΤΟΥΜΕΝΩΝ ΠΗΚΟΥΣ	1	1
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΑΙΟ Μ 16 ΑΠΑΣΤΟΥΜΕΝΩΝ ΠΗΚΟΥΣ	1	1
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΑΙΟ Μ 16 ΠΗΚΟΥΣ 130	2	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΑΙΟ Μ 16 ΠΗΚΟΥΣ 150	-	2
8	ΚΩΝΟΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΩΝΟΤΗΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΠΗΚΟΥΣ ΕΡΩΤΕΜΩΝ	3	3
9	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΚΩΝΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 1Α Μ' 18 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΚΩΝΟΤΗΡΑ	3	-
10	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΚΩΝΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 2Α Μ' 20 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΚΩΝΟΤΗΡΑ	-	3
11	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΔΕΣΣΕΩΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΣΤΟΝ ΚΩΝΟΤΗΡΑ ΚΑΤΑ ΡC-9E Η' ΡC-11 Η' ΡC-27I Η' ΡC-27II ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
12	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 με ΟΡΜΕ 22 με (ΣΙΑΣΙΣ 2)	2	2
13	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 50x50 με ΟΡΜΕ 16 με (ΣΙΑΣΙΣ 1)	3	3

**Σημειώσεις**

1. 4 κατασκευή P-3E εφαρμόζεται για μεγάλα κατακόρυφα ανοίγματα σύμφωνα με τις οδηγίες.

DNT. 1990  
P-2  
ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



Εικόνα 3.7: Κατασκευή P-3 του ΕΤΚΔ.

### 3.8 Τυποποιημένες Κατασκευές T

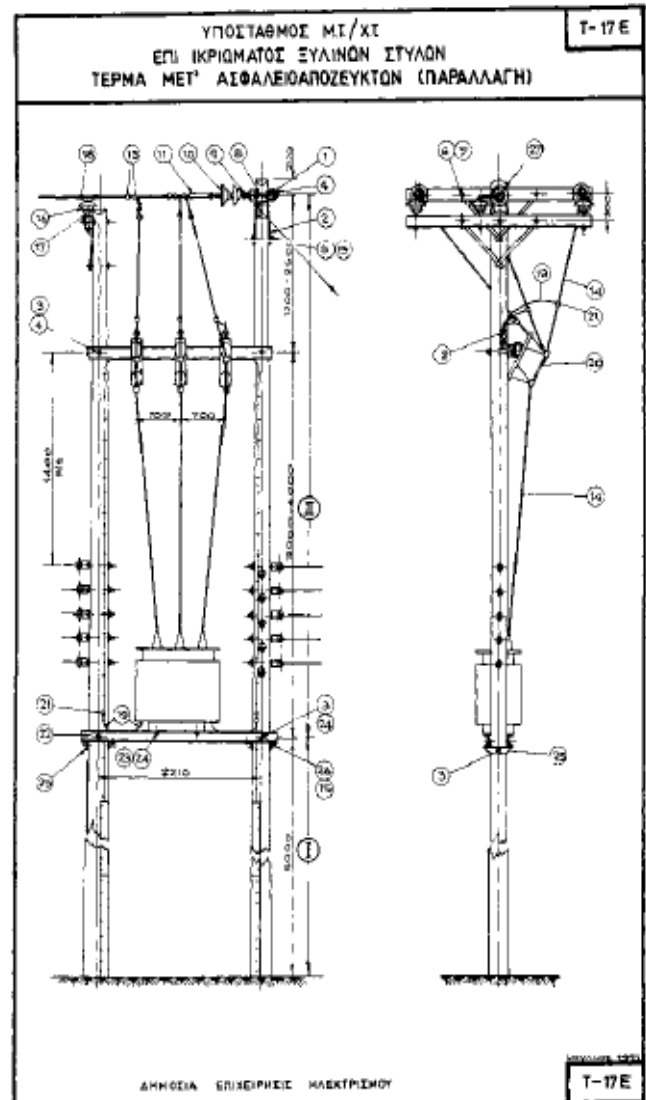
Υποσταθμοί διανομής με τροφοδότηση από εναέριο δίκτυο Το παρόν κεφάλαιο αφορά τις κατασκευές που εφαρμόζονται στους υπαίθριους υποσταθμούς διανομής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι τροφοδοτούνται από εναέρια Δίκτυα. Οι υποσταθμοί του παρόντος

κεφαλαίου κατασκευάζονται για το μετασχηματισμό της Μέσης Τάσης σε Χαμηλή Τάση. Ο υποσταθμός T -17 E που φαίνεται παρακάτω εφαρμόζεται σε κρύωμα ξύλινων στύλων σε τερματισμό δικτύου Μέσης Τάσης. Στη σελίδα T- 16 E του ΕΤΚΔ αναγράφονται τα 27 υλικά που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της κατασκευής.

Α/Α	Π Ε Ρ Ι Γ Ρ Α Φ Η	ΠΟΣΟΤΗΤ	ΑΡΧ. ΕΥΣ.
1.	ΒΡΑΧΙΟΝ ΣΤΑΙΩΣ 2,5 m	4	354
2.	ΔΥΟΦΩΤΗ ΒΡΑΧΙΟΝΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΙΜΟΝΗ	6	354
3.	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 20 φ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	7	354
4.	ΠΑΡΑΚΥΤΑΟΣ ΥΣΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 mm ΟΥΔΕ 23 mm	13	354
5.	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 16 φ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	2	354
6.	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 16 φ ΜΗΚΟΥΣ 120 mm "Η 130 mm "Η 200 mm	6	354
7.	ΠΑΡΑΚΥΤΑΟΣ ΣΥΦΟΡΥΤΑΟΣ ΟΥΔΕ 18 mm	7	354
8.	ΣΤΡΑΚΩΝ ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑ 3 ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΩΝ 20 φ ΑΠΑΙΤ. ΜΗΚΟΥΣ	2	354
9.	ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΩΝ ΜΕΤ' ΟΥΔΕ ΠΡΟΒΛΕΨΙΜΟΝ	3	354
10.	ΜΟΝΩΤΗΡ ΤΕΡΜΑΤΟΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΑΒΑΝΤ ΜΗΚΟΥΣ ΕΠΙΤΙΜΟΥ	6	355
11.	ΥΛΙΚΑ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΤΑ ΡΟ-191 "Η ΡΟ-191I "Η ΡΟ-21 "Η ΡΟ-21IV, ΑΝΑΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	355
12.	ΔΙΑΣΚΕΡΑΤΩΝ Μ.Τ.	3	358
13.	ΥΛΙΚΑ ΣΥΦΟΡΩΣ ΚΑΤΑ ΡΟ-9II "Η ΡΟ-30II ΑΝΑΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ	3	355
14.	ΑΓΩΓΟΣ ΜΟΝΩΜΕΝΟΣ 16 mm <sup>2</sup> Χ.Τ. (Ρ.Υ.Ο. "Η ΝΙΤΙΛ-ΝΕΟΦΡΕΝΕ) "Η ΑΓΩΓΟΣ ΠΟΛΥΚΑΘΩΣ ΣΑΛΜΟΥ 16 mm <sup>2</sup>	18 m	355
15.	ΠΑΡΑΚΥΤΑΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΟΥΔΕ 10 mm	9	354
16.	ΜΟΝΩΤΗΡ ΤΙΜΟΥ ΜΕΛΩΝΟΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΑΒΑΝΤ ΜΗΚΟΥΣ ΕΠΙΤΙΜΟΥ	3	355
17.	ΕΠΙΤΙΜΑ ΜΟΝΩΤΗΡΟΣ	3	354
18.	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΒΛΕΨΙΜΟΥ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΟΝΩΤΗΡΟΣ ΚΑΤΑ ΡΟ-9 "Η ΡΟ-11 "Η ΡΟ-21I "Η ΡΟ-21II ΑΝΑΛΟΓΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΟΡΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	355
19.	ΑΓΩΓΟΣ ΣΑΛΚΙΝΟΣ 16 mm <sup>2</sup> ΜΟΝΩΜΕΝΟΣ	9 m	355
20.	ΑΣΦΑΛΕΙΟΑΠΟΣΥΚΤΗΣ Μ.Τ. ΜΕΤ' ΑΣΦΑΛΕΙΟΦΕΡΕΣ	3	358
21.	ΕΚΚΛΙΣΤΙΜΑΤΩΡΗ ΜΕΤ' ΕΥΚΛΙΝΗΣ ΔΙΑ ΣΑΛΚΙΝΩΝ ΑΓΩΓΩΝ 16 mm <sup>2</sup>	8	355
22.	ΒΑΛΕΜΑ ΠΑΡΑΚΥΤΑΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Η ΜΗΚΟΥΣ 2.700 mm	2	354
23.	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 20 φ ΜΗΚΟΥΣ 45 mm	4	354
24.	ΠΑΡΑΚΥΤΑΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΟΥΔΕ 23 mm	4	354
25.	ΓΟΝΙΩΤΑΚΤΟ ΒΑΛΕΜΑ ΣΥΦΟΡΩΣ 70x70x6 mm	4	354
26.	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 16 φ ΜΗΚΟΥΣ 40 mm	8	354
27.	ΣΤΡΑΚΩΝ ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑ 2 ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΩΝ 20 φ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	354

ΣΗΜ. 1:  
 - Νά υποθετηθή γέλιωσις συμμόρφως πρὸς τὰς δόξεις.  
 - Υποθετησάτω βραχίονας τερματισμοῦ τῆς γραμμῆς συμμόρφως πρὸς τὰς δόξεις.  
 - Εἰς περιπτώσει ἐνθα προνομεῖται ἡ ἔκθεσις γέλιωσις, προσθεσάτω Ρ-29C.  
 - Ἡ διάστασις I δέον ὄπου τερμῆται, δύνάται νά ἀλλάξη, ἐν ὅσον ἀπαιτήσῃται ἐκ τῆς μελέτης.  
 - Ἐν ἡ ἀπόστασις II εἶναι μεγαλύτερη πλεον 5,5 μῆτρ, υποθετησάτω ἐπιτόμιμος βραχίονας, μετὰ 3 μονωτήρων κώλωνος.  
 - Ἐπισημασθεῖσθε κοχλίας μῆκους ἀναλόγου πρὸς τὴν διατομὴν τοῦ βραχίονος.

ΜΑΤ. 1971



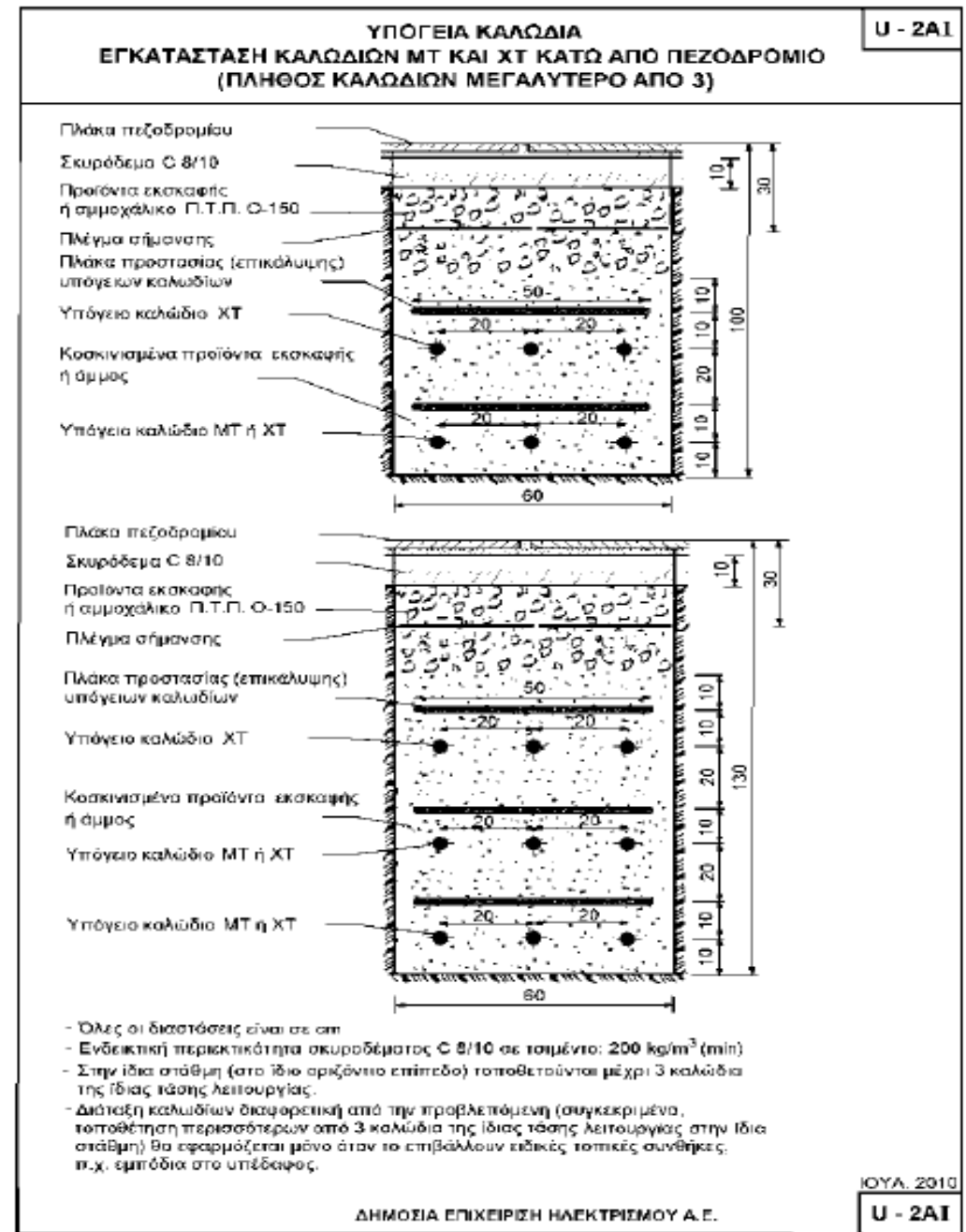
Εικόνα 3.8: Κατασκευή T-17 E του ΕΤΚΔ.

### 3.9 Τυποποιημένες κατασκευές U - Υπόγεια καλώδια και υποσταθμοί διανομής με τροφοδότηση από υπόγειο δίκτυο

Το τελευταίο κεφάλαιο του ΕΤΚΔ αναλύει τις κατασκευές που εφαρμόζονται στα υπόγεια Δίκτυα Διανομής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τους υποσταθμούς Μέσης Τάσης προς Χαμηλή Τάση οι οποίοι τροφοδοτούνται από υπόγεια καλώδια. Οι κατασκευές των υπογείων Δικτύων είναι σαφώς πιο απλοποιημένες από τις κατασκευές των εναέριων Δικτύων.

Αντίστοιχα τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα υπόγεια Δίκτυα είναι πολύ λιγότερα από τα υλικά που τοποθετούνται στα εναέρια Δίκτυα.

Η παρακάτω κατασκευή U – 2 AI δείχνει την εγκατάσταση υπόγειων καλωδίων Μέσης Τάσης και Χαμηλής Τάσης κάτω από πεζοδρόμιο. Όπως φαίνεται στην κάτω δεξιά γωνία της σελίδας του ΕΤΚΔ η κατασκευή U – 2AI γράφτηκε τον Ιούλιο του 2010. Οι κατασκευές U είναι αυτές που αναθεωρήθηκαν πιο πρόσφατα από τις υπόλοιπες κατασκευές του ΕΤΚΔ.



Εικόνα 3.9: Κατασκευή U-2AI του ΕΤΚΔ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΥΛΙΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ**

### **4.1 Στύλοι**

Οι στύλοι που χρησιμοποιούνται στα Δίκτυα Διανομής είναι οι ξύλινοι και οι στύλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Παλιότερα χρησιμοποιούνταν και σιδερένιοι δικτυωτοί στύλοι οι οποίοι πλέον έχουν καταργηθεί. Γενικά οι στύλοι αποτελούν τον κορμό ενός εναέριου Δικτύου Διανομής και είναι τα υλικά που δέχονται τις περισσότερες μηχανικές καταπονήσεις.

Χρησιμοποιούνται σαν στηρίγματα στις γραμμές Μέσης και Χαμηλής Τάσης. Πάνω σε αυτούς στηρίζονται όλοι οι αγωγοί και οι εξαρτισμοί των Δικτύων. Η ταξινόμηση των στύλων γίνεται ανάλογα με το ύψος τους και την αντοχή τους στο φορτίο θραύσεως.

### **4.2 Εξαρτήματα στύλων**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα υλικά τα οποία τοποθετούνται πάνω στους στύλους και έχουν ως σκοπό την στήριξη των εναέριων αγωγών και καλωδίων. Τέτοια εξαρτήματα είναι οι ξύλινοι βραχίονες που τοποθετούνται στην κορυφή των στύλων. Σε ειδικά στηρίγματα των ξύλινων βραχιόνων στηρίζονται οι μονωτήρες οι οποίοι αποτρέπουν την αγωγήμη επαφή των αγωγών με τα υπόλοιπα μέρη του Δικτύου.

Στα εξαρτήματα στύλων ανήκουν και όλοι οι κοχλίες, περικόχλια, παράκυκλοι και μεταλλικές αντηρίδες που συγκρατούν όλα τα παραπάνω εξαρτήματα. Επίσης εξαρτήματα στύλων είναι και οι πινακίδες σήμανσης του Δικτύου καθώς επίσης και τα φωτιστικά σώματα.

### **4.3 Υλικά επιτόνωσης και θεμελίωσης**

Υλικά επιτόνωσης ονομάζονται τα υλικά που προορίζονται για την συγκράτηση του Δικτύου. Τέτοια υλικά είναι οι επίτονες οι οποίοι αποτελούνται από ένα χαλύβδινο συρματόσχοινο το οποίο προσδένεται στην κορυφή των στύλων και σε μια αγκυρωμένη ράβδο στο έδαφος. Υλικά θεμελίωσης είναι τα υλικά που τοποθετούνται στις βάσεις των στύλων έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η σταθερότητα τους. Τέτοια υλικά είναι οι ξυλοδοκοί και οι χαλύβδινοι πάσσαλοι ενισχύσεως.

#### **4.4 Υλικά γειώσεων**

Στην συγκεκριμένη ομάδα υλικών ανήκουν τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την γείωση του Δικτύου έτσι ώστε να γίνουν ταχύτερα αντιληπτά τα διάφορα σφάλματα του Δικτύου και να προστατευτούν άνθρωποι και εγκαταστάσεις. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί η γείωση του δικτύου είναι οι ράβδοι και τα ηλεκτρόδια γειώσεων, οι χάλκινοι αγωγοί και οι συνδετήρες με τους οποίους θα συνδεθούν τα υλικά γειώσεων μεταξύ τους αλλά και με τα υπόλοιπα μέρη του Δικτύου.

#### **4.5 Αγωγοί και εναέρια καλώδια**

Οι αγωγοί και τα εναέρια καλώδια που χρησιμοποιούνται στα Δίκτυα Διανομής διαφέρουν ανάλογα με την τάση του δικτύου. Έτσι λοιπόν στην Μέση Τάση χρησιμοποιούνται οι αγωγοί ACSR, ACSR-R, AAAC. Οι αγωγοί ACSR και ACSR- R είναι πολύκλωνοι αγωγοί αλουμινίου με ενίσχυση από κλώνους χάλυβα. Οι αγωγοί AAAC είναι πολύκλωνοι αγωγοί κατασκευασμένοι από κράμα αλουμινίου.

Στη Μέση Τάση χρησιμοποιούνται και τα συνεστραμμένα καλώδια Μέσης Τάσης. Στα Δίκτυα Χαμηλής Τάσης τοποθετούνται αγωγοί αλουμινίου και συνεστραμμένα καλώδια Χαμηλής Τάσης. Όταν ειδικές συνθήκες το απαιτούν όπως για παράδειγμα ο κίνδυνος οξείδωσης των αγωγών στις παραθαλάσσιες περιοχές, τόσο στη Μέση, όσο και στη Χαμηλή Τάση τοποθετούνται αγωγοί χαλκού.

#### **4.6 Εξαρτήματα αγωγών και εναέριων καλωδίων**

Στα εξαρτήματα αγωγών και εναερίων καλωδίων ανήκουν τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την πρόσδεση, σύνδεση, συνένωση, τερματισμό, ανάρτηση και επισκευή των αγωγών και καλωδίων.

Με τον όρο πρόσδεση εννοείται η στερέωση του διερχόμενου αγωγού Μέσης ή Χαμηλής Τάσης επάνω στους μονωτήρες. Σύνδεση είναι η αγωγή σύνδεση των αγωγών και των καλωδίων. Με τον όρο συνένωση εννοείται η μηχανική και ηλεκτρική δύο τεμαχίων αγωγών ή καλωδίων. Τερματισμός είναι η στερέωση των άκρων των αγωγών ή καλωδίων.

Τέλος ανάρτηση είναι η στερέωση πάνω σε ειδικούς μονωτήρες και πιάστρες αναρτήσεως. Εξαρτήματα αγωγών και καλωδίων είναι οι συνδετήρες παράλληλων αυλακών, οι κοχλιοσυνδετήρες, τα χιτώνια συστροφής, οι ενωτήρες και σφιγκτήρες συμπίεσεως και οι σφιγκτήρες αναρτήσεως τέρματος.

#### **4.7 Υλικά εναέριων υποσταθμών**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους εναέριους υποσταθμούς είναι κυρίως οι Μετασχηματιστές ισχύος καθώς και τα ικριώματα πάνω στα οποία στηρίζονται. Οι Μετασχηματιστές που τοποθετούνται σε εναέριους υποσταθμούς Διανομής είναι ισχύος από 25 έως 400 KVA. Στα υλικά εναέριων υποσταθμών ανήκουν και τα ασφαλειοκιβώτια (PILLARS) τα οποία ασφαλίζουν τα καλώδια Χαμηλής Τάσης.

#### **4.8 Υλικά προστασίας και ζεύξης δικτύων**

Μέσα ζεύξης ονομάζονται οι συσκευές οι οποίες προορίζονται για να αποκαθιστούν και να διακόπτουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα του Δικτύου Διανομής. Τα μέσα ζεύξης διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

**ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ:** Είναι οι συσκευές οι οποίες αποκαθιστούν και διακόπτουν σφάλματα υπερεντάσεων του Δικτύου. Τέτοιοι διακόπτες είναι οι ελαιοδιακόπτες (Ε/Δ) των αναχωρήσεων των γραμμών Μέσης Τάσης που βρίσκονται εντός των υποσταθμών Υψηλής Τάσης προς Μέση Τάση και οι διακόπτες αυτόματης επαναφοράς (ΔΑΕ) οι οποίοι τοποθετούνται πάνω στις γραμμές Μέσης Τάσης.

**ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ:** Είναι οι συσκευές που έχουν τη δυνατότητα να αποκαθιστούν και να διακόπτουν μέρη του Δικτύου. Τέτοιοι διακόπτες είναι οι μονοπολικοί και τριπολικοί διακόπτες απομόνωσης, οι διακόπτες φορτίου τύπου ΚΡΑΒΑΡΙΚ, οι διακόπτες φορτίου τύπου CΕΤΕΜ και οι τριπολικοί αεροδιακόπτες.

**ΑΠΟΖΕΥΚΤΕΣ:** Είναι οι συσκευές που προορίζονται να αποκαθιστούν ή να διακόπτουν την συνέχεια των κυκλωμάτων χωρίς φορτίο. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι μαχαιρωτοί μονοπολικοί και τριπολικοί αποζεύκτες.

Τα υλικά προστασίας Δικτύων τοποθετούνται στα δίκτυα Χαμηλής και Μέσης Τάσης με σκοπό την προστασία του εξοπλισμού του Δικτύου αλλά και των ανθρώπων. Στα υλικά προστασίας συγκαταλέγονται τα αλεξικέραυνα που προστατεύουν το δίκτυο από τους κεραυνούς.

Οι ασφαλειοαποζεύκτες Μέσης Τάσης έχουν διπλή χρήση, από την μία αντιλαμβάνονται μικρά σφάλματα του ρεύματος και από την άλλη απομονώνουν αυτόματα ή χειροκίνητα μέρη του Δικτύου. Τέλος στα υλικά προστασίας ανήκουν και οι ασφάλειες Χαμηλής Τάσης οι οποίες μπορεί να είναι βιδωτές ή μαχαιρωτές.

## **4.9 Υπόγεια καλώδια**

Τα υπόγεια καλώδια διακρίνονται σε καλώδια Μέσης και καλώδια Χαμηλής Τάσης. Τα υπόγεια καλώδια τοποθετούνται απευθείας μέσα σε χαντάκι επάνω σε στρώμα άμμου και καλύπτονται σε όλο το μήκος τους από τσιμεντόπλακες. Τα υπόγεια καλώδια κατασκευάζονται, είτε από αλουμίνιο , είτε από χαλκό. Για την μόνωση των καλωδίων χρησιμοποιείται χαρτί εμποτισμένο στο λάδι, πολυαιθυλένιο και PVC.

## **4.10 Εξαρτήματα υπόγειων καλωδίων**

Στα εξαρτήματα υπογείων καλωδίων ανήκουν τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την σύνδεση των καλωδίων μεταξύ τους αλλά και τη σύνδεση τους με το εναέριο δίκτυο και τις υπόλοιπες συσκευές του δικτύου όπως τα ασφαλειοκιβώτια Χαμηλής Τάσης.

Τέτοια υλικά είναι οι υπόγειες χαλύβδινες και θερμοσυστελόμενες συνδέσεις (μούφες), τα υπόγεια χαλύβδινα ή συνθετικά κιβώτια ζεύξης (LINK-BOX) και τα ακροχιτόνια. Στα εξαρτήματα υπογείων καλωδίων ανήκουν τα πλέγματα σήμανσης και οι ακροδέκτες αλουμινίου και χαλκού (κως).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

### 5.1 Μηχανική μελέτη

Ο προορισμός των δικτύων Διανομής είναι να παραλαμβάνουν το ρεύμα από τους υποσταθμούς υψηλής προς μέση τάση ( Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ), ή τους σταθμούς τοπικής παραγωγής (ΣΤΠ) και να το μεταφέρουν μέχρι τους μετρητές των καταναλωτών πελατών. Έτσι σε γενική περίπτωση το δίκτυο αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

1. Δίκτυο Μέσης Τάσης (ΜΤ - 20 - 15 - 6,6 kv )
2. Μετασχηματιστές Μέσης προς Χαμηλή Τάση (ΜΤ/ΧΤ)
3. Δίκτυα Χαμηλής Τάσης (ΧΤ)
4. Παροχές

Όταν μιλάμε για μελέτη ενός δικτύου, αναφερόμαστε σε όλα εκείνα τα στοιχεία που πρέπει να μελετήσουμε, έτσι ώστε το δίκτυο που θα κατασκευαστεί να παρέχει τη δυνατότητα απρόσκοπτης τροφοδότησης των ηλεκτρικών φορτίων που μας δίνονται, ή πρέπει να εκτιμήσουμε, σε βάθος χρόνου περίπου 30 ετών (η πραγματική διάρκεια ζωής ενός δικτύου που συντηρείται σωστά υπερβαίνει τα 50 έτη).

Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να έχουμε εξασφαλίσει τη μηχανική αντοχή και ηλεκτρική επάρκεια όλων των στοιχείων του δικτύου και στις δυσμενέστερες συνθήκες, όπως αυτές προσδιορίζονται από τον ΚΕΣΥΓΗΕ (Κανονισμός Εγκατάστασης Συντήρησης Υπαίθριων Γραμμών Ηλεκτρικής Ενέργειας) που αποτελεί νόμο του κράτους (με ότι αυτό συνεπάγεται) και τις απαιτήσεις της ΔΕΗ, όπου αυτές είναι αυστηρότερες.

Η σωστή επιλογή της όδευσης της γραμμής, της μηχανικής επιφόρτισης, της τήρησης των ορίων ασφαλείας, της κλάσης κατασκευής, του είδους του δικτύου (εναέριο-υπόγειο), της διατομής των αγωγών, της προστασίας, του κόστους, αποτελούν αντικείμενα που θα κρίνουν πόσο σωστή είναι μια μελέτη σε μακροχρόνια βάση.

Αν μια γραμμή από τα πρώτα έτη κατασκευής της απαιτεί συνεχείς παραλλαγές ή ενισχύσεις, σημαίνει (εκτός ακραίων περιπτώσεων που ήταν αδύνατο να προβλεφθούν) ότι δεν λήφθηκαν υπόψη βασικοί παράγοντες του προβλήματος, με αποτέλεσμα πέραν των δυσμενών επιπτώσεων από την ταλαιπωρία των πελατών να έχουμε και πολύ μεγάλο κόστος για την επιχείρηση.

Αν πάλι ο μελετητής επιλέξει τα στοιχεία του δικτύου, έτσι ώστε να εξασφαλίζει μηχανικές ή ηλεκτρικές δυνατότητες πολύ πέραν εκείνων που πραγματικά απαιτούνται αγνοώντας το κόστος, προσφέρει πολύ κακές υπηρεσίες.



Συνοπτικά, στόχος μιας μελέτης δικτύου είναι η τεχνικά επαρκής διαχρονική λύση με το μικρότερο κόστος και τη μικρότερη αισθητική επιβάρυνση.

## **5.2 Μεθοδολογία μελέτης δικτύου γενικά**

Οι Τυποποιημένες Κατασκευές Διανομής εμφανίζονται σε κεφάλαια με τα παρακάτω σύμβολα:

FCP: Αφορά τους τσιμεντόστυλους, τις θεμελιώσεις, βραχίονες, επιτόνους και εξαρτήματα τους.

F: Αφορά ξύλινους στύλους, βραχίονες, θεμελιώσεις, επιτόνους, αντηρίδες, γειώσεις.

P: Αφορά τις κατασκευές για τη ΜΤ με βραχίονες ξύλινους ή χαλύβδινους και στηρίγματα ΣΚ.

S: Αφορά κατασκευές ΧΤ σε γυμνούς αγωγούς και ΣΚ.

T: Αφορά εγκατάσταση Μ/Σ σε στύλους ή στο έδαφος.

U: Αφορά την εγκατάσταση υπόγειων καλωδίων όπως και κατασκευές σύνδεσης υπόγειων καλωδίων με εναέρια δίκτυα.

Οι μελετητές πρέπει να δώσουν μεγάλη προσοχή στην πρώτη σελίδα κάθε κεφαλαίου (FCP-1, F-1, P-1, S-1, T-1, U-1), γιατί εκεί περιέχονται πολύ βασικές αρχές για την εφαρμογή τους.

### **5.2.1 Αστικά δίκτυα**

Αστικά χαρακτηρίζουμε τα δίκτυα εκείνα ΜΤ και ΧΤ που είναι απαραίτητα για την εξυπηρέτηση των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια αστικών περιοχών. Αστικές θεωρούμε τις περιοχές πυκνής σχετικά δόμησης που ο πυρήνας τους συνήθως βρίσκεται εντός σχεδίου πόλης. Υπάρχουν φυσικά και μικροί οικισμοί που δεν υπάρχει σχέδιο πόλης, όπως και περιφερειακά ακραία τμήματα πόλεων που είτε υπάρχει σχέδιο και δεν έχει εφαρμοστεί στην πράξη, είτε βρίσκονται υπό μελλοντική ρυμοτόμηση.

#### **5.2.1.1 Μελέτη εντός σχεδίου πόλης**

Στις περιοχές που υπάρχει σχέδιο πόλης η όδευση των δικτύων μας υποχρεωτικά πρέπει να ακολουθεί τη ρυμοτομία. Ρυμοτομική γραμμή είναι εκείνη που καθορίζει τα όρια των δρόμων. Οικοδομική γραμμή είναι εκείνη που καθορίζει την εξωτερική πλευρά των οικοδομών. Μεταξύ της οικοδομικής και ρυμοτομικής γραμμής υπάρχει πεζοδρόμιο και ενδεχομένως πρασιά.

### 5.2.1.2 Θέση στύλων

Οι στύλοι των δικτύων μας τοποθετούνται κατά προτίμηση επάνω στα πεζοδρόμια χωρίς να αποκλείεται και τοποθέτηση στις πρασιές, ποτέ πάντως επί του οδοστρώματος. Η θέση των στύλων στα πεζοδρόμια πρέπει να ακολουθεί ορισμένους βασικούς κανόνες.

1. Γενικά το εναέριο δίκτυο πρέπει να προκαλεί όσο το δυνατόν μικρότερη οπτική, κυκλοφοριακή και οικοδομική ενόχληση.

2. Οι θέσεις των στύλων πρέπει κατά προτίμηση να βρίσκονται στην προέκταση των ορίων των ιδιοκτησιών.

3. Η θέση των στύλων ως προς την απόσταση από τις οικοδομές εξαρτάται βασικά από το πλάτος των πεζοδρομίων . Πάντως όσο στενά και αν είναι τα πεζοδρόμια η εξωτερική (προς το δρόμο) πλευρά των στύλων δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 15 cm από την άκρη του πεζοδρομίου.

Όταν τα πεζοδρόμια είναι μεγάλα δεν πρέπει να τοποθετούμε τους στύλους στην άκρη τους, αλλά σε θέση που να μας εξασφαλίζει τις ελάχιστες αποστάσεις από τα κτίρια χωρίς πλαίσια ή προβόλους, γιατί πολλές φορές τα πεζοδρόμια περικλύονται.

Η θέση των στύλων ως προς τις οικοδομές:

- Στη ΧΤ η οριζόντια απόσταση ασφαλείας είναι 0,90 m τόσο στα δίκτυα με γυμνούς αγωγούς όσο και στα συνεστραμμένα καλώδια που στηρίζονται σε στύλους. Στα ΣΚ ΧΤ οι οριζόντιες αποστάσεις θα μπορούσαν να είναι μικρότερες, αφού τα δεχόμαστε και με στηρίγματα στους τοίχους αλλά χρειάζεται νομοθετική ρύθμιση . Ειδικότερα στους γυμνούς αγωγούς καλό είναι να τηρούμε απόσταση 1,25 m. Η κατακόρυφη απόσταση είναι 2,5 m.
- Στη ΜΤ στους γυμνούς αγωγούς η επιτρεπτή οριζόντια απόσταση είναι 2,5 m αλλά σε μεγάλη ανάγκη γίνεται αποδεκτή και 2 m όταν η απόσταση των 2,5 m δεν μπορεί να τηρηθεί και άλλες λύσεις κρίνονται ασύμφωνες (π.χ. υπογείωση). Λύση προσφέρει και χρήση των κατασκευών P-5 ή P-5K, που είναι αρκετά αντιαισθητικές και πρέπει να αποφεύγονται. Η κατακόρυφη απόσταση είναι 3 m και μόνο σε εξαιρετικές τεχνικές δυσκολίες μπορεί να γίνει αποδεκτή και 2,5 m.

Οι κατακόρυφες αποστάσεις ασφαλείας από κτίρια λογίζονται στους 16 βαθμούς Κελσίου και ισχύουν για ανοίγματα γραμμών μέχρι 45 m, ενώ για μεγαλύτερα ανοίγματα προσθέτουμε 1 cm, ανά μέτρο επί πλέον ανοίγματος. Για άνοιγμα π.χ. 60 m, η απόσταση των 3 m γίνεται 3,15 m. Στα ΣΚ ΜΤ με αποτελεσματική γείωση, η

οριζόντια απόσταση είναι 0,90 m και η κατακόρυφη 2,5 m. Αν η γείωση δεν είναι αποτελεσματική εξομοιώνονται με τους γυμνούς αγωγούς .

4. Το δίκτυο γενικά είναι ζωντανός οργανισμός και η δομή του σχετίζεται με την οικοδομική εξέλιξη της περιοχής που καλύπτει . Η μελέτη δεν πρέπει να γίνεται με την προοπτική της εξυπηρέτησης μόνο στο χρόνο της μελέτης αλλά σε μακροπρόθεσμη βάση. Έτσι η τοποθέτηση στύλων που πολύ σύντομα θα πρέπει να αλλάξουν θέση, είναι βασικό μέλημα του μελετητή.

Ειδικότερα η θέση των στύλων μετασηματιστή πρέπει να επιλέγεται με μεγάλη περίσκεψη και προοπτική, γιατί η μετακίνηση του, πέραν της μεγάλης δαπάνης συνεπάγεται και σημαντικές διακοπές ρεύματος. Πάντα πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα δύο στύλων έστω και αν ο Μ/Σ στο αρχικό στάδιο είναι μικρός. Οι ξύλινοι στύλοι που στηρίζουν Μ/Σ είναι πάντοτε βαρείς. Οι Μ/Σ δεν πρέπει να είναι επάνω σε κύριες γραμμές αλλά σε διακλάδωση.

5. Στις σχετικά λίγες περιπτώσεις μικρών χωριών με πολύ στενούς δρόμους και χωρίς πεζοδρόμια (μικρά νησιά) τα πράγματα γίνονται πολύ δυσκολότερα αφού και η κατασκευή υπόγειου δικτύου είναι προβληματική στα καλντερίμια με ιδιόρρυθμη κατασκευή. Εδώ η τοποθέτηση όσο το δυνατόν μικρότερων διαστάσεων στύλων σε κάποιες φυσικές εσοχές και σχεδόν σε επαφή με τις οικοδομές είναι αναγκαία.

Θα πρέπει να εξετάζεται και η περίπτωση ηλεκτροδότησης κάποιων κτισμάτων από παράπλευρους δρομίσκους χωρίς τοποθέτηση στύλων στο κεντρικό στενό δρόμο. Μπορεί να γίνει αξιοποίηση και της λύσης διακλάδωσης παροχών.

Η χρήση συνεστραμμένων καλωδίων διευκολύνει σημαντικά, αφού απαιτούνται μικρότεροι στύλοι και λιγότεροι επίτονοι. Η στήριξη συνεστραμμένων καλωδίων σε τοίχους είναι μία λύση αλλά χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην όδευση, στις θέσεις στήριξης και στο αισθητικό αποτέλεσμα λαμβάνοντας υπόψη και την αρνητική διάθεση των ιδιοκτητών. Προς το παρόν ισχύει η τυποποίηση μόνο για το ΣΚ 3×70 mm<sup>2</sup> Al +54,6 mm<sup>2</sup> AAAC +25 mm<sup>2</sup> Al (κατασκευές S-41T με χαλαρές τανύσεις κατά CS-7).

### **5.2.1.3 Επίτονοι - αντηρίδες**

Η χρήση επιτόνων πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή έτσι ώστε να μην αποτελούν εμπόδιο σε πεζούς ή οχήματα. Σε περίπτωση ανάγκης μπορεί να γίνει και χρήση επιτόνων κεφαλής ή αντηρίδων ή ακόμη και δίδυμων στύλων αλλά και τσιμεντόστυλων κατάλληλης αντοχής. Η επιθυμητή κλίση των επιτόνων σε αστικές περιοχές είναι 2:1, αλλά μπορεί να

γίνει και μικρότερη (μέχρι 1:1), αν το επιβάλει η τοπογραφία ή η μηχανική αντοχή στύλων και επιτόνων.

Φυσικά λύση είναι και η χρήση αγκυρώσεων σε τοίχους με προσεκτική και καλαίσθητη αποκατάσταση των σημείων αγκύρωσης και μέχρι των επιτρεπτών δυνάμεων (κατασκευές F-35I, F-35A με δύναμη στο συρματοσχοινο:  $F \leq 1289$  για κλάση B και  $F \leq 1023$  για κλάση A). Σε περιοχές μεγάλης σεισμικότητας πρέπει να αποφεύγονται αγκυρώσεις σε τοίχους. Σκόπιμο επίσης είναι να αποφεύγεται η τοποθέτηση μετωπικών αγκυρώσεων πάνω από μπαλκόνια που εμποδίζουν τη λειτουργικότητά τους (π.χ. τοποθέτηση τέντας). Οι αντηρίδες που χρησιμοποιούνται σε περίπτωση αδυναμίας τοποθέτησης επιτόνων, καλό είναι να τοποθετούνται σε απόσταση 3 έως 4 m από το στύλο (Στα ΣΚ ΧΤ είναι αποδεκτή και απόσταση 2 m). Οι ΤΚΔ δεν προβλέπουν τοποθέτηση αντηρίδων στις γραμμές ΜΤ και δεν πρέπει να προβλέπονται από τους μελετητές.

#### **5.2.1.4 Χρήση ξύλινων στύλων ή τσιμεντόστυλων**

Η επιλογή του είδους των στύλων που θα χρησιμοποιηθούν επαφίεται στον μελετητή και τους αρμόδιους της υπηρεσιακής μονάδας της ΔΕΗ. Εδώ δίνουμε κάποιες γενικές κατευθύνσεις. Ένα αστικό δίκτυο με τσιμεντόστυλους χωρίς χρήση επιτόνων είναι ακριβότερο από εκείνο με ξύλινους στύλους και επιτόνους. Σχέση κόστους περίπου 2:1. Αν στους τσιμεντόστυλους χρησιμοποιηθούν και επίτονοι, το κόστος περιορίζεται πολύ και η αντίστοιχη σχέση κόστους είναι της τάξης του 1,5:1 και σε μερικές περιπτώσεις δικτύου ΧΤ με συνεστραμμένα καλώδια γίνεται 1:1.

Η χρησιμοποίηση συνεστραμμένων καλωδίων στη ΧΤ κατεβάζει το κόστος και των δύο περιπτώσεων. Σε περιοχές με πυκνή δόμηση και λίγο πράσινο που κυριαρχεί το άσπρο χρώμα στις οικοδομές, καλύτερη αισθητική εξασφαλίζει το δίκτυο με τσιμεντόστυλους μικρών διαστάσεων. Σε περιοχές αραιής δόμησης με αρκετό πράσινο, οι ξύλινοι στύλοι δίνουν πιο προσαρμοσμένη λύση. Με την πάροδο του χρόνου άλλωστε το έντονο μαύρο χρώμα των ξύλινων στύλων ξεθωριάζει και ενοχλεί λιγότερο. Καλό είναι να αποφεύγεται η εναλλαγή ξύλινων και τσιμεντένιων στύλων στην ίδια γραμμή.

Σε κάποιες περιπτώσεις αναγκαζόμαστε από τα πράγματα να χρησιμοποιήσουμε αυτοστήρικτο τσιμεντένιο στύλο λόγω αδυναμίας να βάλουμε επίτονο ή επιτόνους. Η χρησιμοποίηση στύλου εξαιρετικά βαρύ (ΕΒ) με διάμετρο στην επιφάνεια του εδάφους 50 cm περίπου σε μικρά πεζοδρόμια που αναγκάζει τους πεζούς να κατεβαίνουν απ αυτά, ασφαλώς δεν αποτελεί λύση. Στις υπεραστικές γραμμές και ειδικότερα σε ανώμαλο έδαφος

οι ξύλινοι στύλοι πλεονεκτούν σε τοποθέτηση, μηχανική λειτουργία και κόστος και χρησιμοποιούνται κατ αποκλειστικότητα.

### **5.2.1.5 Επιλογή είδους αγωγών στα δίκτυα ΜΤ**

ΑΓΩΓΟΙ ACSR: Χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις τυποποιημένων επιφορτίσεων σε περιοχές φυσιολογικής διαβρωτικότητας.

ΑΓΩΓΟΙ Cu: Σε περιοχές έντονης διαβρωτικότητας, κυρίως παραθαλάσσιες περιοχές αλλά και περιοχές με έντονη βιομηχανική ρύπανση .

ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΤ: Τα ΣΚ ΜΤ θα χρησιμοποιούνται στις εξής περιπτώσεις κατά σειρά προτεραιότητας.

1. Σε δασώδεις περιοχές.
2. Σε όσες παραθαλάσσιες περιοχές ή περιοχές με χημική ρύπανση οι γραμμές χαλκού δεν είναι ικανοποιητικές, λόγω υπερπηδήσεων.
3. Σε ορεινές περιοχές με συχνές θραύσεις γυμνών αγωγών από επικάθιση πάγου.
4. Σε αστικές περιοχές με αξιόλογες δενδροστοιχίες σε συνδυασμό με ΣΚ ΧΤ.
5. Για οικολογικούς λόγους ειδικής προστασίας του περιβάλλοντος (βιότοποι κλπ.).
6. Σε περιοχές εναερίου δικτύου, όπου ένα τμήμα του θα έπρεπε να αντικατασταθεί με υπόγειο δίκτυο, για λόγους αποστάσεων ασφαλείας ή άλλους.

### **5.2.2 Υπόγειο δίκτυο σε αστικές περιοχές**

Σε περιοχές πολύ πυκνής δόμησης με πολυκατοικίες, η ύπαρξη εναερίου δικτύου είναι προβληματική τόσο από τη δυνατότητα τοποθέτησης των στύλων όσο και από ηλεκτρική άποψη. Δεν πρέπει άλλωστε να παραβλέπεται και η αισθητική βλάβη.

Στην περίπτωση αυτή η σωστή τεχνικοοικονομική λύση είναι το υπόγειο δίκτυο Μ και ΧΤ. Γενικότερα αν σε μια γεωγραφική περιοχή έχουμε πυκνότητα φορτίου μεγαλύτερη από 10 MVA/km<sup>2</sup> που αυξάνει με ετήσιο ρυθμό της τάξης του 4%, τότε η λύση είναι το υπόγειο δίκτυο. Μια ενδιαμέση λύση προ της πλήρους υπογείωσης Μ και ΧΤ, είναι να προηγηθεί η υπογείωση της ΜΤ με τοποθέτηση υποσταθμών σε στύλους, ή υπόγεια πολυκατοικιών, ή συνεπτυγμένοι Υ/Σ υπαίθριου τύπου Compact σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις (τυποποιημένες κατασκευές U-129, U-131).

Η μελέτη του υπόγειου δικτύου ΜΤ γίνεται πάντοτε σε βρόχο με καλώδιο XLPE 3x240+25 Al (δυνατότητα τροφοδότησης από δύο διευθύνσεις). Το υπόγειο δίκτυο ΧΤ γίνεται πάντοτε με καλώδιο XLPE 3X150 Al+50 Cu και πρέπει να έχει τη δυνατότητα διασύνδεσης μέσα από

κιβώτια ζεύξης (κατασκευές U-6B). Το υπόγειο δίκτυο τοποθετείται πάντοτε επί των πεζοδρομίων (χωρίς να αποκλείεται και τοποθέτηση σε πρασιές). Στις διασταυρώσεις με δρόμους τοποθετείται μέσα σε σωλήνες και πάντοτε σύμφωνα με όσα αναφέρονται στις σελίδες U-1, U-6B των ΤΚΔ. Το πλήθος των σωλήνων με την προοπτική τουλάχιστον 30 ετών.

Η όδευση του υπογείου δικτύου πρέπει να είναι καλά επισημασμένη κατά το στάδιο της μελέτης σε χάρτη κλίμακας 1:500. Όμοια πρέπει να επισημαίνονται οι αλλαγές και κατά το στάδιο της κατασκευής, έτσι ώστε να είναι εύκολη η ανεύρεση του καλωδίου όταν χρειαστεί λόγω βλάβης.

### **5.2.3 Μελέτη εκτός σχεδίου πόλης**

Πρέπει να βρισκόμαστε σε επαφή με τα τοπικά πολεοδομικά γραφεία για την ύπαρξη πολεοδομικού ή όχι σχεδιασμού έστω και μη ακόμη επικυρωμένου. Γενικά βέβαια δεν είμαστε υποχρεωμένοι να ακολουθήσουμε μη επικυρωμένο σχέδιο, δεδομένου ότι τυχόν δαπάνες παραλλαγής με την εφαρμογή, θα μας καταβληθούν από τον φορέα του έργου. Αυτό όμως δεν σημαίνει και εντελώς άναρχη δόμηση των δικτύων χωρίς κανένα σεβασμό των υφιστάμενων δρόμων ή περιφραγμένων οικοπέδων.

Όταν δεν υπάρχει σχέδιο πόλης δεν μελετάμε ποτέ υπόγειο δίκτυο μέσα από οικόπεδα ή δρόμους με άγνωστο τελικό πλάτος. Όταν υπάρχει πολεοδομικό σχέδιο αλλά δεν έχει τεθεί σε εφαρμογή, είναι αρκετά δύσκολο να καθορίσουμε τη ρυμοτομική και οικοδομική γραμμή από κάποιες σταθερές στο έδαφος. Πρέπει να ζητάμε την βοήθεια της πολεοδομίας που γενικά είναι υποχρεωμένη να μας εντοπίσει αυτά τα στοιχεία.

### **5.2.4 Αποτύπωση εναέριου δικτύου σε αστική ή αγροτική περιοχή**

Η σχεδίαση ενός τμήματος εναέριου δικτύου αφορά τη σχεδίαση της κάτοψης των αναγκαίων γραμμών για την ηλεκτροδότηση μιας περιοχής ή την επανασχεδίαση μιας υπάρχουσας γραμμής που πρέπει να υποστεί παραλλαγή.

Βασικά στοιχεία για την αποτύπωση, είναι η μέτρηση των οριζόντιων αποστάσεων των στύλων (με μετροταινία) και των οριζόντιων γωνιών (γενικά με ταχύμετρο), όπου έχουμε αλλαγή διεύθυνσης της γραμμής, διακλάδωση ή διασταύρωση. Κατά την εργασία στο έδαφος πρέπει να σημειώσουμε σε πρόχειρο (κροκί), το απαιτούμενο ύψος του κάθε στύλου, το μέγεθος του πλαισίου αν χρειάζεται για την επίτευξη των οριζόντιων αποστάσεων ασφαλείας, την κλίση του επιτόνου ή αντηρίδας. Σε περιοχή που δεν υπάρχει σχέδιο πόλης

καλό είναι να αποτυπώνουμε περίπου τους δρόμους ή δρομίσκους και τα κτίσματα ή πηγάδια που θέλουμε να ηλεκτροδοτήσουμε.

Όλες οι γραμμές ΜΤ άσχετα από το προορισμό τους, αποτυπώνονται με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια στους χάρτες 1:5.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, όπως και στους χάρτες με κλίμακα 1:50.000. Η σχεδίαση των μικτών γραμμών και γραμμών ΧΤ στα αστικά δίκτυα, γενικά γίνεται με κλίμακα 1:1000 και αποτυπώνεται στους χάρτες των σχεδίων πόλης αν υπάρχουν, ή σε δικά μας σχέδια στην ίδια κλίμακα. Τα αρδευτικά δίκτυα ΧΤ αποτυπώνονται και στους χάρτες 1:5000. Οι συμβολισμοί των δικτύων αναφέρονται στις σελίδες G-7, G-10 των ΤΚΔ.

### **5.2.5 Υπεραστικά δίκτυα**

Πρόκειται για εναέρια δίκτυα ΜΤ. Διακρίνονται σε κορμούς, δευτερεύουσες γραμμές και μικρές διακλαδώσεις.

Κορμούς λέμε τις γραμμές που αναχωρούν από τους Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ και γενικά προστατεύονται από ελαιοδιακόπτες (Ε/Δ). Γενικά είναι γραμμές διατομής 95 ACSR ή Cu. Σε πολύ μικρά νησιά μπορεί να είναι και μικρότερης διατομής. Οι κορμοί πρέπει να φροντίζουμε έτσι ώστε να διασυνδέονται με άλλους κορμούς γειτονικών Υ/Σ, ή άλλες γραμμές του ίδιου Υ/Σ. Διασύνδεση λέμε τη δυνατότητα που έχει μια γραμμή να τροφοδοτηθεί από δύο πλευρές. Η θέση της διασύνδεσης γενικά είναι στύλος με τριπολικό διακόπτη ή αποζεύκτες που πρέπει να μεριμνούμε να έχει εύκολη και σύντομη πρόσβαση.

Όταν μια γραμμή δεν διασυνδέεται με άλλη, λέμε ότι η γραμμή είναι αντένα και θεωρείται αρκετά επισφαλής, αφού σε περίπτωση βλάβης σε οποιοδήποτε σημείο της, συνεπάγεται διακοπή ολόκληρης της γραμμής μέχρι την αποκατάσταση της βλάβης. Ειδικότερα οι υπόγειες γραμμές ΜΤ σε αστικές περιοχές πρέπει να βρίσκονται σε βρόχο.

Μηχανική διακοπή κορμού. Για λόγους εκμετάλλευσης, ο κορμός πρέπει να διακόπτεται μηχανικά σε κάποια σημεία και βασικά μετά από κάθε σημαντική διακλάδωση. Σκόπιμο πάντως θεωρείται να υπάρχει η δυνατότητα διακοπής κάθε 5 περίπου χιλιόμετρα ανάλογα και με τη σημαντικότητα των φορτίων που μεταφέρει. Οι στύλοι διακοπής με τριπολικό διακόπτη ή αποζεύκτες (κατασκευές P-23, P-25). Υπάρχουν και περιπτώσεις που η προστασία της γραμμής απαιτεί διακόπτη φορτίου (ΔΦ).

Διακλάδωση λέμε κάθε γραμμή που η αρχή της είναι στύλος κάποιας άλλης γραμμής. Υπάρχουν φυσικά διακλαδώσεις που περιέχουν πολλές άλλες και κάποιες που αφορούν μόνο ένα μετασχηματιστή.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ: Οι μικρές διακλαδώσεις που αφορούν την τροφοδότηση λίγων μετασχηματιστών (4-5 με συνολικό αρχικό φορτίο της τάξης των 25 A) και μικρού σχετικά μήκους γίνονται με διατομή 16 ACSR ή Cu, ενώ οι μεγαλύτερες και μέχρι αρχικού φορτίου της τάξης των 50 A με διατομή 35 ACSR ή Cu. Σε μεγαλύτερες φορτίσεις και ειδικά σε περιοχές με σημαντική ετησία αύξηση φορτίου (4% -5%) η γραμμή πρέπει να είναι διατομής 95 ACSR ή Cu.

Το οικονομικό όριο φόρτισης μιας γραμμής διατομής 95 ACSR ή Cu είναι της τάξης των 140 A. Αυτό σημαίνει ότι όταν η γραμμή πλησιάζει αυτό το φορτίο θα πρέπει να αρχίσει να εξετάζεται η λύση κατασκευής δεύτερης γραμμής, ή αρχικά κάποιου νέου τμήματος, ή ο περιορισμός του μήκους της με προσθήκη νέου ΥΣ ΥΤ/ΜΤ. Υπάρχουν και περιπτώσεις που η διατομή τμήματος μιας γραμμής μπορεί να επιλεγεί και από κριτήρια τοπογραφικά (π.χ. μεγάλα ανοίγματα, εξαιρετικά βαριά επιφόρτιση).

### **5.2.6 Μελέτη υπεραστικών γραμμών**

Η μελέτη μιας υπεραστικής γραμμής που έχει καθοριστεί ο αγωγός, ακολουθεί τα εξής στάδια:

- α) Χάραξη
- β) Μηκοτομή (σε μη ομαλά εδάφη)
- γ) Πασσάλωση
- δ) Σύνταξη «φύλλου πασσαλώσεως»

Πολλές φορές τα στάδια α, β και γ συμπίπτουν.

#### Χάραξη

Είναι η σπουδαιότερη διαδικασία της μελέτης γιατί αποφασίζεται η θέση της γραμμής. Κάθε εναέρια γραμμή αποτελεί μια τεθλασμένη γραμμή που καθορίζεται από το στύλο αναχώρησης μέχρι τον τερματικό και τους ενδιάμεσους γωνιακούς στύλους.

Πριν ξεκινήσουμε την εργασία στο έδαφος, πρέπει απαραίτητα να συμβουλευτούμε τους χάρτες 1:5000 της περιοχής για να δούμε τις γραμμές που υπάρχουν και τη θέση της νέας γραμμής σε σχέση με αυτές.

- Απόσταση γραμμής από δρόμους

Οι γραμμές γενικά πρέπει να ακολουθούν την όδευση των δρόμων, έτσι ώστε να είναι εύκολος ο μακροσκοπικός έλεγχος τους ακόμη και από αυτοκίνητο, και η επισκευή ή



συντήρηση τους να είναι όσο το δυνατόν ευκολότερη ταχύτερη και οικονομικότερη λόγω άμεσης πρόσβασης.

Αυτά βέβαια σε περιοχές σχετικά ομαλών εδαφών που οι δρόμοι ακολουθούν την καλύτερη γενικά όδευση μεταξύ πόλεων ή χωριών. Σε εξαιρετικά ορεινές περιοχές που η όδευση των δρόμων επηρεάζεται από την ανάγκη της ισοκλινούς, δεν είναι σκόπιμο και η χάραξη της γραμμής να ακολουθεί τα πέταλα του δρόμου, αφενός λόγω πολλαπλασιασμού του μήκους, αισθητικής, κόστους, αλλά και της διαρκούς ανασφάλειας της γραμμής από μελλοντικές διαπλατύνσεις του δρόμου, που συνεπάγονται μετατοπίσεις στύλων ή φθορά αγωγών από ανατινάξεις.

Η άποψη ότι θα μας πληρώσουν τις ζημιές αυτοί που θα τις προκαλέσουν δεν είναι γενικά αποδεκτή, γιατί δεν παίρνει υπόψη της τις αρνητικές συνέπειες των διακοπών στους πελάτες μας και τη συνεχή απασχόληση των συνεργείων μας που πρέπει να ασχολούνται με την καλύτερη και αποτελεσματικότερη συντήρηση παρά με το ράβε ξήλωνε. Μια γραμμή που θα στηθεί στο φρύδι ενός έστω και επαρχιακού δρόμου κινδυνεύει πάντα από μελλοντική διαπλάτυνση και την πρόσκρουση οχημάτων απρόσεκτων οδηγών. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η γραμμή στήνεται για να ζήσει πάρα πολλά χρόνια και κάποιο λάθος στην επιλογή κάποιου στύλου ή κατασκευής διορθώνεται εύκολά, ενώ η όδευση δεν αλλάζει παρά μόνο με αποξήλωση και άλλη χάραξη.

Σε όλες γενικά τις περιπτώσεις οι στύλοι πρέπει να βρίσκονται τουλάχιστον 30 μέτρα πέραν από τον άξονα του δρόμου και οπωσδήποτε έξω από την απαλλοτριωμένη περιοχή αν υπάρχει. Μια λογική απόσταση είναι στα 40 μέτρα από τον άξονα των εθνικών δρόμων και στα 30 μέτρα άλλων δρόμων μεγάλης κυκλοφορίας. Στις ελάχιστες περιπτώσεις διασταυρώσεων που δεν μπορούμε να έχουμε αυτές τις αποστάσεις στους γειτονικούς της διασταύρωσης στύλους, η θέση τους πρέπει να είναι έξω από το οριστικό πλάτος του οδοστρώματος και έξω από τους μεταλλικούς προφυλακτήρες αν υπάρχουν και σε καμία περίπτωση πλησιέστερα του ενός μέτρου από το τελευταίο άκρο του οδοστρώματος. Το ίδιο φυσικά ισχύει και για τους επιτόνους. Οι κατασκευές διπλής στήριξης (π.χ. P-3II, P-3AII, P-3AB κλπ) είναι επιβεβλημένες στους στύλους της διασταύρωσης δρόμων μεγάλης κυκλοφορίας.

Στις διασταυρώσεις των σιδηροδρομικών γραμμών αυτή η ελαχίστη απόσταση είναι 4 μέτρα από την πλησιέστερη σιδηροτροχιά και τα ανοίγματα διασταύρωσης καλό είναι να περιορίζονται στα 50 μέτρα. Σε διασταύρωση με ξύλινους στύλους και κλάση κατασκευής A, αναγκαστική είναι και η τοποθέτηση εγκάρσιων αντιανεμικών επιτόνων. Σε περίπτωση τσιμεντόστύλων οι εγκάρσιοι αυτοί επίτονοι δύνανται να παραλείπονται με την προϋπόθεση

ότι η κατηγορία των στύλων είναι επαρκής για τα εγκάρσια φορτία της γραμμής με κλάση κατασκευής A. Πρέπει να καταβάλουμε προσπάθεια, ώστε οι διασταυρώσεις να είναι όσο το δυνατόν λιγότερες και με μικρά σχετικά ανοίγματα.

- Γραμμή σε δασική περιοχή

Γενικά πρέπει να αποφεύγεται η διέλευση γραμμής με γυμνούς αγωγούς από δασικές περιοχές με ψηλά δένδρα. Σε περίπτωση απόλυτης ανάγκης, θα πρέπει να διανοίγεται διάδρομος αποξήλωσης των δένδρων εκατέρωθεν του άξονα της γραμμής σε απόσταση σχεδόν ίση με τα ψηλότερα δένδρα. Λύση είναι και η χρησιμοποίηση συνεστραμμένων καλωδίων MT εφόσον φυσικά μας καλύπτουν τα ηλεκτρικά φορτία. Δεν πρέπει πάντως και στην περίπτωση αυτή να έχουμε επαφή χονδρών κλάδων με τα ΣΚ.

Σε περίπτωση διέλευσης της γραμμής γυμνών αγωγών μέσα από ψηλούς ελαιώνες ή άλλα οπωροφόρα, καλό είναι να χρησιμοποιούνται ψηλότεροι στύλοι (π.χ. 14M) για να αποφεύγεται όσο το δυνατόν το συνεχές κλάδεμα. Εύκαμπτα και εύθραυστα δένδρα (π.χ. ευκάλυπτοι, λεύκες) δεν πρέπει να βρίσκονται κοντά στις γραμμές και σε περίπτωση μεγάλης ανάγκης πρέπει να κόβονται.

- Γραμμή σε πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες

Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που η γραμμή υποχρεωτικά πρέπει να περάσει από περιοχές με πολύ δυσμενείς καιρικές συνθήκες (μεγάλα υψόμετρα, ισχυροί άνεμοι, μεγάλες επικαθίσεις πάγου). Στις περισσότερες περιπτώσεις το έδαφος στην περιοχή αυτή είναι γυμνό γιατί οι ισχυροί άνεμοι εμποδίζουν τη βλάστηση και αυτό είναι ένα ασφαλές δείγμα όταν μελετάμε τη γραμμή σε καλοκαιρινή περίοδο.

Εδώ πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί στην επιλογή της κατάλληλης επιφόρτισης. Πρόσθετη εξασφάλιση είναι η χρησιμοποίηση αντιανεμικών επιτόνων εγκάρσια στη γραμμή στύλο παρά στύλο, ή ακόμη και σε όλους τους στύλους ενώ χρησιμοποιούμε μικρά οριζόντια ανοίγματα στο επισφαλές τμήμα της γραμμής. Προτιμάμε το πέρασμα σε θέση αυχένα και όχι στη κορυφογραμμή. Η χρήση συνεστραμμένων καλωδίων αποτελεί λύση αν μας καλύπτουν τα ηλεκτρικά φορτία. Χρησιμοποιούμε συχνά διπλό τερματισμό της γραμμής με επιτόνους που καλύπτουν τον πλήρη τερματισμό έτσι ώστε και σε περίπτωση ανατροπής να περιοριστεί το κακό σε μικρότερο τμήμα.

Κατασκευές P-13E με τερματικούς επιτόνους F-21Y/B ή P-9II με F-21B/B (με κλίση επιτόνων 1:1) θεωρούνται επαρκείς σε γραμμή 95 ACSR. Και σε περιοχές ομαλών επιφορτίσεων, σε γραμμές με τμήματα μεγάλων ευθυγραμμιών πρέπει να χρησιμοποιούμε

αντιανεμικούς επιτόνους ανά 1000 περίπου μέτρα ευθυγραμμίας (2F-21Y/E). Στόχος είναι, έστω και η μερική συγκράτηση της γραμμής σε περίπτωση ανατροπής της.

#### Μηκοτομή - πασσάλωση -«φύλλο πασσαλώσεως»

Σε μη επίπεδα εδάφη μετά τη χάραξη ακολουθεί η λήψη των στοιχείων της μηκοτομής. Στις πιθανές θέσεις στύλων, όπως και στις στάσεις του ταχυμέτρου βάζουμε άσπρους πασσάλους και κόκκινους στις υποχρεωτικές. Αν φυσικά κάνουμε κατευθείαν και την οριστική πασσάλωση, οι θέσεις όλων των στύλων επισημαίνονται με βαμμένους κόκκινους πασσάλους και με άβαφους οι θέσεις των επιτόνων (η θέση του πασσάλου καθορίζει τη θέση του λάκκου του επιτόνου). Δεν πρέπει να παραλείπουμε να βάζουμε λευκούς πασσάλους και σε θέσεις που δεν είναι θέσεις στύλων αλλά βρίσκονται σε σχετικά εξασφαλισμένες θέσεις (π.χ. άκρες μονοπατιών, φράκτες κλπ.), που θα μας χρειαστούν για την ανάκτηση της χάραξης (αναπασσάλωση) κατά τη κατασκευή, όταν πολλοί πάσσαλοι στύλων θα έχουν χαθεί.

Καλό είναι οι θέσεις των γωνιακών στύλων να εξασφαλίζονται με τις αποστάσεις τους από τρία σταθερά σημεία (δένδρα, τοίχοι, βράχοι κλπ.). Σκόπιμη είναι και η πυκνή υπόδειξη με κόκκινα βέλη της θέσης των στύλων με αριθμό. Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνουμε στις θέσεις των στύλων που κατά προτίμηση πρέπει να βρίσκονται σε όρια ιδιοκτησιών, κοντά σε φράκτες, αγροτικά κανάλια, μονοπάτια και γενικότερα σε θέσεις που ενοχλούν λιγότερο τις καλλιέργειες και τους ιδιοκτήτες. Το ίδιο και με μεγαλύτερη έμφαση ισχύει και για τις θέσεις των επιτόνων.

Το «φύλλο πασσαλώσεως» συντάσσεται στο τέλος, όταν όλα τα στοιχεία εδάφους είναι καθορισμένα και έχουν καθοριστεί τα ύψη των στύλων. Οι υπολογισμοί αντοχής στύλων, επιτόνων, αγωγών, βραχιόνων, στηριγμάτων, δυνάμεων έλξης, κατασκευών κορυφής, αφήνονται στο μελετητή που με τη βοήθεια των 4 καμπυλόγραμμων, διαγραμμάτων και πινάκων πρέπει να βρει τη σωστή λύση, με όση φυσικά προσέγγιση παρέχουν οι γραφικές μέθοδοι.

### **5.2.7 Μεγάλα ανοίγματα**

Μερικές φορές είμαστε υποχρεωμένοι λόγω κάποιου φυσικού εμποδίου να κάνουμε τοπικά ένα μεγάλο άνοιγμα. Π.χ. πέρασμα μεγάλου ποταμού, κάποιας χαράδρας, περιοχής με ολισθηρό έδαφος, μικρής λίμνης ή ακόμη και γεφύρωσης θαλάσσιας διαύλου. Διευκρινίζεται ότι η ελαχίστη απόσταση των αγωγών από την επιφάνεια πλωτού ποταμού ή θάλασσας είναι

45m στη θερμοκρασία των 50 βαθμών Κελσίου, ή εκείνη που θα μας επιβάλουν οι αρμόδιες αρχές.

Επειδή σε μεγάλο άνοιγμα έχουμε και μεγάλο βέλος των αγωγών, για να είναι εφικτή μια τέτοια γεφύρωση θα πρέπει να προσφέρεται και η μορφολογία του εδάφους στους τερματικούς στύλους που πρέπει να βρίσκονται ψηλότερα από την ζώνη διασταύρωσης.

## 5.2.8 Επιλογή στύλων και επίτονων σε υπεραστικές γραμμές

### Στύλοι ευθυγραμμίας

Οι δυνάμεις που καταπονούν ένα στύλο ευθυγραμμίας είναι:

1. Η κατακόρυφη δύναμη G: Προσδιορίζεται γραφικά με τη βοήθεια των καμπυλόγραμμων σε κατακόρυφη επιφόρτιση και αναλυτικά αν γνωρίζουμε τα υψόμετρα των σημείων ανάρτησης των αγωγών του στύλου και των δύο εκατέρωθεν. Προφανώς αν έχει γίνει μηκοτομή τα στοιχεία αυτά υπάρχουν. Αν βρισκόμαστε σε οριζόντιο ή ισοκλινές έδαφος η δύναμη G είναι ίση με το βάρος του συνόλου των αγωγών με πάγο στο ημιάθροισμα των εκατέρωθεν του στύλου ανοιγμάτων (μέσο άνοιγμα). Τη δύναμη αυτή πρέπει να προσαυξάνουμε με το βάρος ενός τεχνίτη (100 daN) + βάρος κατασκευής κορυφής (50 daN για μια τραβέρσα με μονωτήρες).
2. Η οριζόντια δύναμη Q: Αυτή οφείλεται στη δύναμη που ασκεί ο άνεμος επί των αγωγών και επί του στύλου σε διεύθυνση κάθετη στη γραμμή. Η δύναμη επί του στύλου είναι γνωστή και είναι η ίδια για όλες τις επιφορτίσεις εκτός της ελαφριάς που είναι μεγαλύτερη κατά 2,2 φορές.

Η δύναμη επί του στύλου προστίθεται αυτόματα στα διαγράμματα και στο πρόγραμμα. Η δύναμη επί των αγωγών είναι ίση με τη δύναμη που ασκείται στο σύνολο των αγωγών στο ημιάθροισμα των εκατέρωθεν του στύλου ανοιγμάτων. Η ανά μέτρο ανοίγματος δύναμη WE του ανέμου επί των αγωγών δίνεται στο κάτω μέρος των διαγραμμάτων.

- Σημείο εφαρμογής των δυνάμεων: Στις κλασσικές κατασκευές (P-3) το σημείο αυτό είναι 20 cm κάτω της κορυφής και έχει εκκεντρότητα  $EK=8.33$  cm από τον άξονα του στύλου. Στα ΣΚ ΜΤ η εκκεντρότητα είναι 32 cm. Μεγάλες εκκεντρότητες έχουμε στις κατασκευές P-5 , P-5K οι οποίες όμως δεν χρησιμοποιούνται στις υπεραστικές γραμμές παρά σε σπάνιες μόνο περιπτώσεις.

Στις διπλές γραμμές (κατασκευές P-17) το σημείο εφαρμογής των δυνάμεων είναι στο 1,20 m κάτω της κορυφής χωρίς εκκεντρότητα. Όταν μιλάμε για οριζόντια διάταξη αγωγών εννοούμε σημείο επιβολής των δυνάμεων στα 20 cm από την κορυφή (κατασκευές P-3, P-203 κλπ), και

κατακόρυφη διάταξη αγωγών όταν το σημείο αυτό είναι στα 120 cm. (κατασκευές P-9IV, P-9II, P-17 κλπ).

- Επιλογή κατηγορίας στύλου

Διαθέτοντας τα G, Q, EK βρίσκουμε την απαιτούμενη κατηγορία στύλου είτε από διαγράμματα είτε από την επιλογή του «Πυθαγόρα, υπολογισμός συναρτήσεων των δυνάμεων G, Q, P». Στην επιλογή «φύλλο πασσαλώσεως» μας δίδονται άμεσα η κατηγορία των στύλων αρκεί να συμπληρώσουμε τα οριζόντια ανοίγματα και τα υψόμετρα των στύλων.

### Στύλοι τέρματος

- Στύλος

Βρίσκουμε την κατακόρυφη δύναμη που οφείλεται στον επίτονο P. Αν η κλίση του επιτόνου είναι t, τότε η δύναμη  $P=nT.t$  είναι το γινόμενο της συνολικής δύναμης τάνυσης των αγωγών επί την κλίση του επιτόνου.

Έτσι έχοντας τη δύναμη G, που τη στρογγυλεύουμε προς το πλησιέστερο προς τα άνω τυποποιημένο, καταφεύγουμε στο διάγραμμα επιλογής τερματικών στύλων για την κλάση κατασκευής που επιθυμούμε. Βάζοντας στον οριζόντιο άξονα τη δύναμη Q και στον κατακόρυφο την P, βρίσκουμε την επάρκεια ή μη του στύλου που ελέγχουμε.

Ταχύτερα και αποτελεσματικότερα βρίσκουμε την κατηγορία του στύλου θέτοντας τις τιμές των G, Q, P, στην αντίστοιχη επιλογή του «Πυθαγόρα», που μας καλύπτει από λυγισμό, θραύση, θεμελίωση.

- Επίτονος

Η δύναμη που καταπονεί τον επίτονο είναι  $t+nT$ .  $1=F/2$  όπου t είναι η κλίση του επιτόνου και nT, η συνολική δύναμη τάνυσης. Από σχετικό πίνακα βρίσκουμε την απαιτούμενη κατηγορία επιτόνου.

### Στύλοι γωνίας

Στις υπεραστικές γραμμές με ξύλινους στύλους χρησιμοποιούμε επιτόνους για οποιοδήποτε μέγεθος γωνίας αλλαγής διεύθυνσης της γραμμής. Σε γωνίες μεγαλύτερες των 60 μοιρών ή 66,66 βαθμών γίνεται διπλός τερματισμός (κατασκευές P-9II, P-209). Διπλός τερματισμός γίνεται και σε μικρότερες γωνίες σε περίπτωση που στο στύλο έχουμε αλλαγή τάνυσης (πρέπει να αποφεύγεται ο διπλός τερματισμός σε μικρές γωνίες). Σε μικρότερες γωνίες με

την ίδια τάνυση τοποθετούμε επίτονο (απλό, διπλό, τριπλό, ανάλογα με τη δύναμη που πρέπει να παραλάβουν) στη διεύθυνση της διχοτόμου.

Ειδικότερα στα συνεστραμμένα καλώδια MT (3×50 ή 3×150) και στην περίπτωση που γίνεται διπλός τερματισμός σε γωνία, λόγω μη αντοχής των στηριγμάτων μικρής ή μεγάλης γωνίας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν επίτονο στη διχοτόμο για γωνίες μέχρι 30 μοίρες (33,3 βαθμοί), δεδομένου ότι πέραν του κόστους, η χρήση επιτόνων σε κάθε κατεύθυνση σε μικρές γωνίες είναι επισφαλής, εκτός αν δοθούν πολύ μεγάλες αποκλίσεις.

- Επίτονος

Η κατηγορία και το είδος του επιτόνου εξαρτάται από τη δύναμη που πρέπει να παραλάβει και από την κατασκευή κορυφής στο στύλο. Έτσι σε κατασκευές P-9IV, P-9II, ο επίτονος θα είναι F-21A ή F-21B, ενώ σε P-3, P-3II, απλός επίτονος F-21Y.

Η δύναμη που καταπονεί τον επίτονο συνδέεται με την κλίση που τοποθετείται και είναι  $F=S\sqrt{1+t^2}$ . Σε κλίση t=1:1, F=1,41S και σε κλίση 2:1, F=2,24S. Η οριζόντια δύναμη  $S=2*n*T*\eta\mu(\theta/2)+1,78*(E\Phi\alpha+E\Phi\sigma)$ , EΦα=εγκάρσιο φορτίο επί των αγωγών και EΦσ=εγκάρσιο φορτίο επί του στύλου.

- Στύλος

Η κατηγορία του στύλου θα βρεθεί όπως των τερματικών με επίτονο, που καταπονείται από κατακόρυφη δύναμη G που ισούται με το βάρος αγωγού και πάγου στο ημιάθροισμα των εκατέρωθεν ανοιγμάτων αν βρισκόμαστε σε οριζόντιο έδαφος. Αν υπάρχουν υψομετρικές διαφορές τη δύναμη G βρίσκουμε με το καμπυλόγραμμο σε κατακόρυφη επιφόρτιση, ή υπολογιστικά. Τη δύναμη αυτή πρέπει να προσαυξάνουμε με το βάρος ενός τεχνίτη (100 daN) + βάρος κατασκευής κορυφής (50 daN).

Η δύναμη  $Q=0,5*(L1+L2)n*WE*\eta\mu(\theta/2)$  που προσαυξάνεται αυτόματα με τη δύναμη ανέμου επί του στύλου είτε χρησιμοποιούμε διαγράμματα είτε πρόγραμμα. Η δύναμη που οφείλεται στον επίτονο είναι  $P=S*t=(2*n*T*\eta\mu(\theta/2)+1,78*(E\Phi\alpha+E\Phi\sigma))*t$ . Έχοντας τις δυνάμεις G, Q, P, βρίσκουμε την κατηγορία του ξύλινου στύλου όπως και στην περίπτωση των τερματικών από τα διαγράμματα τερματικών στύλων.

## 5.3 Ηλεκτρική μελέτη

### 5.3.1 Γειώσεις δικτύων Διανομής

#### 5.3.1.1 Ορισμοί-Γενικές αρχές

Ο Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) καθορίζει τις συνθήκες που πρέπει να πληρούν τα δίκτυα Διανομής, έτσι ώστε να προστατεύονται τα άτομα από τάσεις επαφής, ανάλογα με την μέθοδο προστασίας που έχει επιλεγεί (βλέπε και ΟΔ Νο 119). Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι προστασίας: η ουδετέρωση και η άμεση γείωση.

Η ΔΕΗ έχει επιλέξει την ουδετέρωση. Πλεονεκτεί σημαντικά της άμεσης γείωσης αφού η εφαρμογή της άμεσης γείωσης, απαιτεί πρακτικά να υπάρχει εκτεταμένο μεταλλικό δίκτυο ύδρευσης στο οποίο πρέπει να συνδεθούν τα μεταλλικά αντικείμενα που χρειάζεται να γειωθούν, για να επιτευχθούν οι μικρές αντιστάσεις γείωσης που απαιτεί ο κανονισμός χωρίς υπέρογκες δαπάνες. Τα τελευταία όμως χρόνια το μεγαλύτερο μέρος των δικτύων ύδρευσης είναι από πλαστικούς σωλήνες.

- Μεταλλικά αντικείμενα ή απλά «μεταλλικά», ονομάζονται τα αγωγή εξαρτήματα των εγκαταστάσεων ή συσκευών που δεν είναι μονωμένα προς το περιβάλλον και σε κανονική κατάσταση λειτουργίας δεν έχουν τάση προς τη γη, ενώ μπορεί να βρεθούν υπό τάση σε περίπτωση υπερπήδησης, διαρροής, ή οποιασδήποτε βλάβης μόνωσης.
- «Μεταλλικά ΜΤ» είναι το κέλυφος των Μ/Σ, οι πίνακες ΜΤ και οι μεταλλικές κατασκευές που στηρίζουν στοιχεία ΜΤ.
- «Μεταλλικά ΧΤ» είναι το ασφαλειοκιβώτιο ΧΤ, τα συρματόσχοινα των επιτόνων, τα πλαίσια τα φωτιστικά σώματα κλπ.
- Αντίσταση γείωσης ενός ηλεκτροδίου ή ενός συστήματος γείωσης είναι η αντίσταση που παρουσιάζει προς τη γη. Συνολική αντίσταση γείωσης του ουδετέρου ενός δικτύου ΧΤ είναι εκείνη που προκύπτει από μέτρηση στον Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ που τροφοδοτείται από το δίκτυο αυτό.
- Ανεξάρτητες γειώσεις: Δύο γειώσεις, ή συστήματα γείωσης θεωρούνται ανεξάρτητα, όταν βρίσκονται σε αρκετή απόσταση μεταξύ τους, ώστε κάθε μία από αυτές να είναι έξω από το πεδίο ροής που δημιουργείται από την άλλη όταν αυτή διοχετεύει ρεύμα προς τη γη. Πρακτικά η απόσταση των 10 μέτρων θεωρείται ότι εξασφαλίζει την ανεξαρτησία.
- Αποτελεσματική γείωση ονομάζεται μία γείωση, όταν δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν, στην περιοχή που καλύπτει η γείωση αυτή, επικίνδυνες τάσεις επαφής, ή επικίνδυνες βηματικές τάσεις, ακόμη και στη δυσμενέστερη περίπτωση ροής ρεύματος σφάλματος προς τη γη.
- Απλή γείωση ονομάζεται εκείνη που εξασφαλίζει ότι στην περίπτωση σφάλματος προς τα «μεταλλικά αντικείμενα» που είναι συνδεδεμένα με αυτή, θα λειτουργήσουν τα μέσα προστασίας και επομένως θα προκληθεί η απόζευξη, χωρίς όμως να είναι εξασφαλισμένο

ότι δεν θα εμφανιστούν στο χρονικό διάστημα μέχρι να γίνει η απόξευση, επικίνδυνες τάσεις επαφής ή επικίνδυνες βηματικές τάσεις.

- Πλέγμα γείωσης: Ονομάζεται ένα σύνολο από συνδεδεμένα μεταξύ τους αγωγίμα σώματα (σύρματα, ταινίες, πλάκες, ράβδοι, σωλήνες), που είναι τοποθετημένα μέσα στο έδαφος κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται αποτελεσματική γείωση.

### 5.3.1.2 Απαιτήσεις του ΚΕΗΕ για την εφαρμογή της ουδετέρωσης

Για να επιτρέπεται η εφαρμογή της ουδετέρωσης σε μια εγκατάσταση πρέπει στο δίκτυο Διανομής που την τροφοδοτεί να τηρούνται οι εξής συνθήκες:

1. Σε περίπτωση στερεού βραχυκυκλώματος (δηλαδή βραχυκυκλώματος χωρίς αντίσταση) μεταξύ αγωγού φάσης και ουδέτερου, σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου ΧΤ (ή μιας παροχής), η ένταση βραχυκυκλώματος να είναι ίση ή μεγαλύτερη από το τριπλάσιο της ονομαστικής τιμής της ασφάλειας που υπάρχει πριν το σημείο βραχυκυκλώματος.

2. Ο ουδέτερος αγωγός πρέπει να έχει την ίδια μηχανική αντοχή και ηλεκτρική αγωγιμότητα με αυτές των φάσεων. Εξαιρέση επιτρέπεται μόνο στα καλώδια και στους γυμνούς αγωγούς διατομής 70 mm<sup>2</sup> και άνω.

3. Ο ουδέτερος αγωγός πρέπει να είναι γειωμένος:

α) Στον Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ.

β) Στα εναέρια δίκτυα, στα τέρματα των κυρίων γραμμών και των διακλαδώσεων και οπωσδήποτε κάθε 300 μέτρα. Αν πρόκειται να τοποθετηθούν και πρόσθετες γειώσεις για να μειωθεί η συνολική αντίσταση γείωσης του ουδέτερου, οι πρόσθετες αυτές γειώσεις πρέπει να είναι, όσο το δυνατόν ομοιόμορφα διασκορπισμένες στο δίκτυο.

γ) Στο άκρο κάθε εναέριας ή υπόγειας παροχής, προς την πλευρά του καταναλωτή.

4. Η συνολική αντίσταση του ουδέτερου (μαζί με τις γειώσεις στα άκρα των καταναλωτών) πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με 10 Ω. Αν η συνολική αντίσταση γείωσης του ουδέτερου είναι μεγαλύτερη από 1 Ω πρέπει να υπάρχει στον Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ ιδιαίτερη γείωση ανεξάρτητη από τη γείωση του ουδέτερου και με αυτή πρέπει να συνδέονται τα «μεταλλικά ΜΤ» του Υ/Σ. Εδικά για τους εναέριους Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ με ξύλινους στύλους το όριο αυτό είναι 2 Ω.

Αν υπάρχει υπόγειο δίκτυο ΜΤ το όριο παραμένει στο 1 Ω έστω κι αν πρόκειται για Υ/Σ με ξύλινους στύλους. Γενικότερα είναι επιτρεπτή η κοινή γείωση μεταλλικών ΜΤ και ουδέτερου με συνολική αντίσταση 2 Ω, όταν υπάρχουν ασφάλειες ονομαστικής έντασης μέχρι 30 Α, πριν από οποιοδήποτε σημείο μπορεί να γίνει υπερπήδηση από τα στοιχεία ΜΤ προς τα μεταλλικά.



5. Ο ουδέτερος δεν πρέπει να διακόπτεται από ασφάλειες ή διακόπτες (αυτομάτους ή όχι) και γενικά πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για την εξασφάλιση της συνέχειας του και να λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα σε κάθε περίπτωση για το σκοπό αυτό.

#### Μικτές γραμμές ΜΤ και ΧΤ

Στα δίκτυα με ξύλινους στύλους η παράλληλη όδευση με κοινούς στύλους όταν εφαρμόζεται η ουδετέρωση, επιτρέπεται μόνο αν η συνολική αντίσταση του ουδέτερου του δικτύου ΧΤ είναι μικρότερη ή ίση με 2 Ω. Σε διασταύρωση επιτρέπεται η στήριξη σε κοινό στύλο, ανεξάρτητα από την τιμή της συνολικής αντίστασης γείωσης του ουδέτερου.

Σε δίκτυα με τσιμεντόστυλους η στήριξη σε κοινούς στύλους γραμμής ΜΤ και αγωγών δικτύου ΧΤ στο οποίο εφαρμόζεται η ουδετέρωση, είτε πρόκειται για παράλληλη όδευση είτε για διασταύρωση, επιτρέπεται μόνο αν η συνολική αντίσταση γείωσης του ουδέτερου του δικτύου ΧΤ είναι μικρότερη ή ίση με 1 Ω.

Στους τσιμεντόστυλους μικτών γραμμών ΜΤ και ΧΤ, όταν εφαρμόζεται η ουδετέρωση δεν τοποθετείται αγωγός γης και η γείωση των στύλων και των «μεταλλικών» πραγματοποιείται με τη σύνδεση τους με τον ουδέτερο.

#### **5.3.1.3 Τοποθέτηση γειώσεων στα δίκτυα κατά την αρχική μελέτη**

Η ΔΕΗ με σκοπό την κάλυψη των συνθηκών ουδετέρωσης τοποθετεί γειώσεις όπως περιγράφονται στη συνέχεια.

##### 1. Στους Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ

###### α) Μ/Σ σε στύλους.

Τοποθετείται πλέγμα γείωσης με κατασκευή F-31Π για δίστυλο και F-31ΠΙ για μονόστυλο στους ξύλινους στύλους και FCP-31Π, FCP-31ΠΙ αντίστοιχα για τσιμεντόστυλους που πρέπει να αναφέρονται στο «Φύλλο Πασσαλώσεως».

###### β) Μ/Σ στο έδαφος υπαίθριοι με ξύλινους στύλους κατασκευή F-3ΠΑ.

γ) Υπαίθριοι Υ/Σ συνεπτυγμένου τύπου με συνολική αντίσταση  $R \leq 10 \Omega$  κατασκευή F-31ΠΒ και όταν  $R > 10$ , κατασκευή F-31ΠΓ.

Σε περίπτωση ανεξαρτήτων γειώσεων που απαιτείται διαχωρισμός των γειώσεων προστασίας και λειτουργίας, η γείωση λειτουργίας του ουδέτερου κόμβου γίνεται με την κατασκευή F-31Λ.

Ανεξάρτητες γειώσεις χρειάζονται αν η τιμή της συνολικής αντίστασης γείωσης του ουδέτερου είναι μεταξύ 1 και 10 Ω (ή 2 και 10 Ω σε Υ/Σ με ξύλινους στύλους). Η γείωση προστασίας πρέπει να έχει αντίσταση μικρότερη από 40 Ω.

## 2. Εναέρια δίκτυα ΜΤ

α) Στις εναέρια γραμμές με γυμνούς αγωγούς ΜΤ σε ξύλινους στύλους.

Τοποθετούνται γειώσεις μόνο στις θέσεις ορισμένων οργάνων ή συσκευών (όπως Μ/Σ τάσης, έντασης, διακόπτες που χειρίζονται από το έδαφος, αλεξικέραυνα) αλλά στις περιπτώσεις αυτές, η γείωση (πλέγμα F-31ΠΙ), ή πλέγμα και σχάρα γείωσης, προβλέπεται και είναι ενσωματωμένη στην αντίστοιχη τυποποιημένη κατασκευή ΜΤ (κατασκευές P-23, P-123). Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να σημειωθεί στο «Φύλλο πασσαλώσεως» από τον μελετητή.

β) Στις εναέρια γραμμές ΜΤ με συνεστραμμένα καλώδια.

Οι θωρακίσεις των τριών φάσεων συνδέονται αγωγή μεταξύ τους και με το φέρον συρματόσχοινο σε κοινό κόμβο, τόσο στα ακροκιβώτια των καλωδίων όσο και σε όλους τους επιστύλιους συνδέσμους που παρεμβάλλονται (τέλος και αρχή στροφείου). Κάθε τέτοιος κοινός κόμβος γειώνεται με την κατασκευή γείωσης F-201 στους ξύλινους στύλους και FCP-31 στους τσιμεντόστυλους (γεφύρωση με τη φωλιά γείωσης που δεν αναγράφεται στο Φ.Π γιατί είναι ενσωματωμένη στις κατασκευές).

Επιπρόσθετα το συρματόσχοινο ανάρτησης του καλωδίου γειώνεται και σε ενδιάμεσους στύλους ανά διαστήματα των 245 μέτρων ή μικρότερων (ΚΕΣΥΓΓΗΕ άρθρο 261 παράγραφος Ζ.1.β και ΟΔ Νο 46). Οι γειώσεις F-201 πρέπει να σημειώνονται στη μελέτη στο Φ.Π.

γ) Στις γραμμές γυμνών αγωγών ΜΤ με τσιμεντόστυλους.

Πρέπει να είναι γειωμένοι οι στύλοι με αντίσταση γείωσης μικρότερη από 40 Ω, ώστε να είναι εξασφαλισμένη η λειτουργία των μέσων προστασίας σε περίπτωση υπερπήδησης, ή διαρροής των μονωτήρων. Αν δεν είναι αρκετή η φυσική γείωση των στύλων μπορεί να ενισχυθεί με την τοποθέτηση ενός ηλεκτροδίου. Αν και πάλι δεν έχουμε γείωση σε κάθε στύλο μικρότερη των 40 Ω πρέπει να τοποθετηθεί αγωγός γης.

Ο αγωγός γης είναι από συρματόσχοινο Μ και στηρίζεται στους στύλους σύμφωνα με τις τυποποιημένες κατασκευές FCP-29 που είναι ενσωματωμένες στις κατασκευές P-103, P-113 κλπ..

Επειδή στην πράξη είναι πολύ δύσκολο να πετύχουμε σε κάθε στύλο αντίσταση μικρότερη από 40 Ω (ακόμη και με ηλεκτρόδιο), οι γραμμές ΜΤ με τσιμεντόστυλους μελετώνται γενικά με αγωγό γης.

Η φυσική γείωση τσιμεντόστυλου με την προϋπόθεση ότι περιβάλλεται από ομοιογενές έδαφος λαμβάνεται κατά 50% μεγαλύτερη της αντίστοιχης ενός τυποποιημένου ηλεκτροδίου

(R). Δηλαδή η φυσική γείωση = 1,5R. Αν ο στύλος έχει και ηλεκτρόδιο (κατασκευή FCP-31A), τότε η συνολική γείωση του λαμβάνεται ίση με 0,8R.

Στην περίπτωση που η φυσική αντίσταση γείωσης του κάθε στύλου μαζί με ηλεκτρόδιο υπερβαίνει τα 40 Ω, τοποθετείται όπως αναφέραμε αγωγός γης, ο οποίος γενικά γειώνεται με τη φυσική γείωση του στύλου. Δηλαδή στην περίπτωση αγωγού γης, δεν τοποθετούνται ηλεκτρόδια γείωσης και δεν χρειάζεται να σημειώσουμε τίποτα στη μελέτη, γιατί οι απαιτούμενες συνδέσεις με τη φωλιά γείωσης του στύλου είναι ενσωματωμένες στις κατασκευές P-103, P-103B κλπ.. Κατ'εξάιρση μπορεί να χρησιμοποιηθούν και ηλεκτρόδια, μόνο αν χωρίς αυτά δεν επιτυγχάνεται συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη των 40 Ω. Αν R είναι η αντίσταση του αγωγού γης σε κάθε στύλο, τότε η συνολική αντίσταση σε περίπτωση N στύλων, με πολύ καλή προσέγγιση είναι  $R_{ολ} = R/N$ .

Η αντίσταση του συρματόσχοινου θεωρείται αμελητέα συγκριτικά με τις μεγάλες αντιστάσεις γείωσης των στύλων.

- Γραμμές με τσιμεντόστυλους που παρεμβάλλονται ξύλινοι στύλοι

Τοποθετείται αγωγός γης και στους ξύλινους αν αυτό επιβάλλεται από την ύπαρξη των τσιμεντένιων. Αν η γραμμή τροφοδοτεί Y/Σ με ξύλινους στύλους, ο αγωγός γης πρέπει να τερματίζεται στον προηγούμενο στύλο. Όμοια αν ανάμεσα στην εναέρια γραμμή και τον Y/Σ MT/XT, παρεμβάλλεται υπόγειο καλώδιο και ο τερματικός στύλος της εναέριας γραμμής είναι ξύλινος, ο αγωγός γης πρέπει να τερματίζεται σε προηγούμενο στύλο.

3. Στα εναέρια δίκτυα XT.

α) Στους πρώτους στύλους μετά τον Y/Σ MT/XT σε όλες τις αναχωρήσεις XT.

β) Σε όλους τους τερματικούς και στύλους διακλαδώσεων.

γ) Κάθε 100 μέτρα περίπου που αντιστοιχεί πρακτικά κάθε δεύτερο ή τρίτο στύλο ανάλογα με τα ανοίγματα.

δ) Σε κάθε παροχή (στη θέση του μετρητή, αλλά αυτή δεν σημειώνεται στη μελέτη).

Οι τυποποιημένες κατασκευές για τις γειώσεις αυτές είναι: F-31 για ξύλινους στύλους, FCP-31+ FCP-31A για τσιμεντόστυλους και F-31T για επιτοίχια καλώδια. Υπάρχουν και παραλλαγές που αναφέρονται στις ΤΚΔ όπως F-31W, F-31TW (σε περιοχές που δεν εφαρμόζεται η ουδετέρωση και ο αγωγός γείωσης είναι από μονοπολικό καλώδιο BUTIL-NEOPRENE διατομής 25 mm<sup>2</sup>).

Αν μετά την κατασκευή του δικτύου βρεθεί ότι η συνολική αντίσταση του ουδέτερου είναι μεγαλύτερη από 10 Ω, εξετάζουμε (από το γραφείο με τη μέση τιμή γείωσης στην περιοχή) την περίπτωση να τοποθετηθούν ηλεκτρόδια σε όλους τους στύλους και αν και πάλι δεν

μπορούμε να πετύχουμε αντίσταση μικρότερη των 10 Ω, στο δίκτυο αυτό δεν μπορεί να εφαρμοστεί η ουδετέρωση και πρέπει να ειδοποιηθούν οι καταναλωτές, οι οποίοι θα πρέπει να εφαρμόσουν όσα προβλέπει ο ΚΕΗΕ για αυτή την περίπτωση (π.χ. ρελλέ διαφυγής).

### Γειώσεις των «μεταλλικών» και του ουδετέρου στους Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ

Γενικά και ανεξάρτητα από την τιμή της αντίστασης γείωσης, στους Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ, υπαίθριους ή εσωτερικού χώρου, πραγματοποιούνται οι παρακάτω συνδέσεις.

1. Στη γείωση, στην οποία είναι συνδεδεμένα τα «μεταλλικά ΜΤ», συνδέονται και τα ακόλουθα αν υπάρχουν:

- τα αλεξικέραυνα.
- τα ακροκιβώτια καλωδίων ΜΤ.
- ο αγωγός γης.

2. Στη γείωση, στην οποία είναι συνδεδεμένος ο ουδέτερος, συνδέονται επίσης τα ακόλουθα αν υπάρχουν:

- το μεταλλικό περίβλημα του ασφαλειοκιβωτίου
- τα ακροκιβώτια καλωδίων ΧΤ

## **5.3.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά γυμνών αγωγών και καλωδίων**

### **5.3.2.1 Ωμική και επαγωγική αντίσταση**

Η ωμική αντίσταση ενός αγωγού σε μια θερμοκρασία θ (R σε Ω/km), εξαρτάται από την αντίσταση  $R_{20}$  του αγωγού στη θερμοκρασία των 20 °C (Ω/km) και από το θερμοκρασιακό συντελεστή αντίστασης  $\alpha_{20}$ . Δίνεται από τον τύπο:

$$R = R_{20}(1 + \alpha_{20}(\theta - 20))$$

Όπου:

$$R_{20} = \frac{\rho_{20}}{q}$$

όταν  $\rho_{20}$  είναι η ειδική αντίσταση και q η πραγματική διατομή του αγωγού (mm<sup>2</sup>).

Ο συντελεστής θερμικής αντίστασης  $\alpha_{20}$  και η ειδική αντίσταση  $\rho_{20}$  για τους αγωγούς δίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

Μέγεθος - συμβολισμός	Μονάδα	Cu	Al	St
Θερμοκρασιακός συντελεστής αντίστασης $\alpha_{20}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	0,00393	0,00403	0,0045
Ειδική αντίσταση στους $20^{\circ}\text{C}$ $\rho_{20}$	$\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{km}$	17,241	28,264	138

Η αντίσταση  $R_{20}$  βασικά είναι αντιστρόφως ανάλογη της διατομής του αγωγού και βρίσκεται σε άμεση σχέση με το είδος του υλικού του αγωγού. Ο χαλκός παρουσιάζει τη μικρότερη αντίσταση και είναι το καλύτερο υλικό για τους αγωγούς. Λόγω κόστους χρησιμοποιούμε αλουμίνιο με αντίσταση κατά 64% μεγαλύτερη του χαλκού ή και σύνθετους αγωγούς από σύρματα αλουμινίου και χάλυβα για να πετύχουμε την απαιτούμενη μηχανική αντοχή όπως στον αγωγό ACSR.

Επειδή τα  $R_0$  και  $\alpha_{20}$  είναι καθορισμένα για κάθε αγωγό ή καλώδιο, βασικό είναι να καθορίσουμε τη θερμοκρασία λειτουργίας.

Η επαγωγική αντίσταση ( $X$  σε  $\Omega/\text{km}$ ) εξαρτάται βασικά από τη διάταξη των αγωγών και την γεωμετρική απόσταση μεταξύ των φάσεων. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η απόσταση τόσο μεγαλύτερη είναι και η επαγωγική αντίσταση, πράγμα που εξηγεί και της μικρές επαγωγικές αντιστάσεις των συνεστραμμένων και υπόγειων καλωδίων.

Δίνεται από τον τύπο:  $X=2\pi fL \cdot 10^{-3}$  όπου  $f=50$  Hz,  $L$ =μέση αυτεπαγωγή ανά φάση από τον τύπο:

$$L = 0,2 \ln \frac{2s}{ad_c} \text{ (mH/km)},$$

Με:

$$s = \sqrt[3]{S_{ab} S_{bc} S_{ca}} + 1$$

και  $S_{ab}$ ,  $S_{bc}$ ,  $S_{ca}$  οι αποστάσεις των κέντρων των αντίστοιχων αγωγών,  $d_c$  =διάμετρος του αγωγού (mm),  $a$ =λόγος της μέσης (ισοδύναμης) ακτίνας ενός αγωγού προς την πραγματική ακτίνα και η τιμή του εξαρτάται από το πλήθος των συρματιδίων ( IEC 228/78).

### 5.3.2.2 Μέγιστα επιτρεπόμενα όρια φόρτισης αγωγών και καλωδίων

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες φορτίσεις των καλωδίων ή γυμνών αγωγών εξαρτώνται βασικά από την επιτρεπόμενη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των αγωγών, από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο απάγεται η θερμότητα των απωλειών και από τον τρόπο εγκατάστασής τους. Η επιτρεπόμενη μέγιστη θερμοκρασία των καλωδίων περιορίζεται από

τη θερμική αντοχή της μόνωσης τους. Η απαγωγή της θερμότητας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αγωγού ή καλωδίου και περιβάλλοντος, και προκειμένου για καλώδια από τη θερμική αντίσταση από τον αγωγό μέχρι το περιβάλλον.

Η υπέρβαση της επιτρεπόμενης φόρτισης (υπερφόρτιση) των καλωδίων μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση των χαρακτηριστικών της μόνωσης τους και πρόωρη γήρανση τους. Η υπερφόρτιση των γυμνών αγωγών αντίστοιχα μπορεί να προκαλέσει μείωση της μηχανικής αντοχής τους. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει ο αγωγός στην κανονική λειτουργία να έχει φορτίο μεγαλύτερο του επιτρεπόμενου θερμικού ορίου.

#### Μείωση των επιτρεπομένων εντάσεων καλωδίων

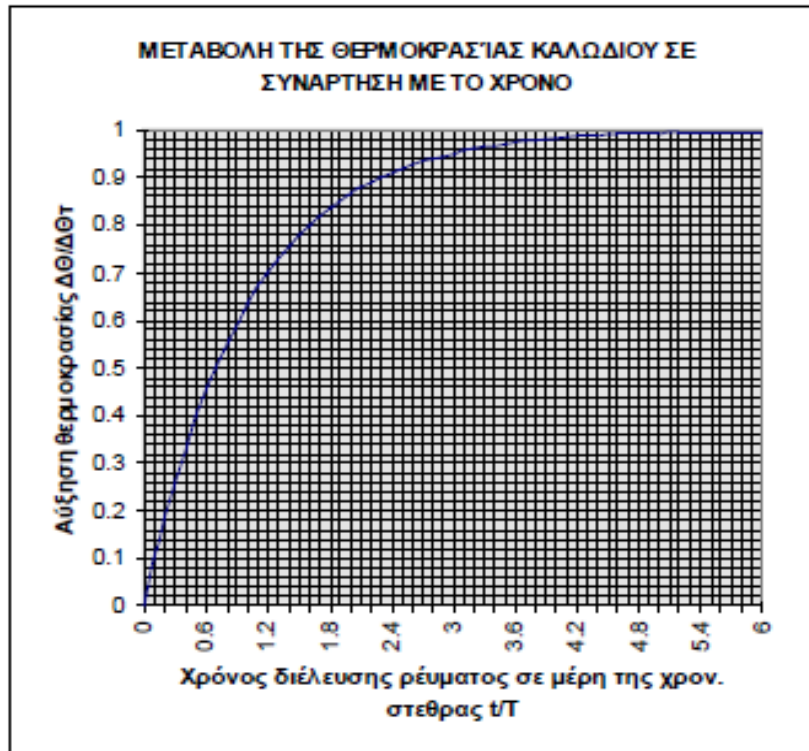
- Παράδειγμα

Τέσσερα υπόγεια καλώδια MT 3X240+25 Al με μόνωση XLPE βρίσκονται στο ίδιο χαντάκι και σε απόσταση περίπου 7 cm. Η επιτρεπόμενη ένταση για ένα καλώδιο είναι 410A. Λόγω συνύπαρξης στο ίδιο χαντάκι σε μικρή απόσταση, το φορτίο περιορίζεται στο 75% και θα είναι  $410 \cdot 0,75 = 307,5$  A.

#### Ικανότητα υπερφόρτισης καλωδίων

Οι υπερφορτίσεις είναι επιτρεπτές μόνο σε περιπτώσεις που λόγω της μικρής διάρκειας τους η θερμοκρασία του καλωδίου δεν φθάνει στην τελική τιμή που αντιστοιχεί στο ρεύμα υπερφόρτισης, αλλά παραμένει κάτω από τη θερμοκρασία μόνιμης φόρτισης. Υπέρβαση των ορίων θερμοκρασίας μόνιμης φόρτισης γίνεται αποδεκτή μόνο στην περίπτωση των βραχυκυκλωμάτων που οι χρόνοι καταπόνησης των καλωδίων είναι πάρα πολύ μικροί.

Περίοδος θέρμανσης καλωδίου: Όταν ένα καλώδιο διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης  $I$  επί χρόνο  $t$ , η διαφορά θερμοκρασίας από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος  $\Delta\Theta$  που θα αποκτήσει μέχρι να φθάσει στην τελική θερμοκρασία που θα έχουμε ισορροπία μεταξύ παραγόμενης θερμότητας απωλειών και της απαγόμενης στο περιβάλλον θερμότητας, δίνεται θεωρητικά από τον τύπο:  $\Delta\Theta = \Delta\Theta_t (1 - e^{-t/T})$  (α), όπου  $T$  είναι η χρονική σταθερά θέρμανσης του καλωδίου και  $\Delta\Theta_t$  η διαφορά μεταξύ της τελικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, που απεικονίζεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 5.1: Η διαφορά μεταξύ της τελικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Εύκολα διαπιστώνουμε ότι για να φτάσει ένα καλώδιο στην τελική θερμοκρασία ισορροπίας χρειάζεται θεωρητικά άπειρος χρόνος. Στην πράξη όπως φαίνεται και από το διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι για να φτάσει η θερμοκρασία στο 99% της τελικής χρειάζεται χρόνος  $t/T=4,60$  ή  $t=4,6T$ . Αυτό για το καλώδιο MT 3×240+25 Al τύπου XLPE που έχει χρονική σταθερά  $T=30'$  σημαίνει ότι για να φτάσει σε θερμοκρασία  $0,99 \cdot 90=89$  βαθμών Κελσίου χρειάζεται χρόνο  $4,6 \cdot 30=138$  ώρες ή 2 ώρες και 18 πρώτα λεπτά. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι για μικρά χρονικά διαστήματα το καλώδιο μπορεί να υπερφορτιστεί χωρίς να ξεπεράσει την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία, αρκεί στη συνέχεια να επανέλθει στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, πριν εμφανιστεί η επόμενη υπερφόρτιση.

Η τελική θερμοκρασία  $\Delta\Theta_t$  καλωδίου που διαρρέεται από ένταση  $I$  συνδέεται με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση  $I_n$  και την αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας  $\Delta\Theta_n$  (που δίνονται από τους πίνακες των επιτρεπόμενων φορτίσεων) με τη σχέση:

$$\frac{\Delta\Theta_t}{\Delta\Theta_n} = \left( \frac{I}{I_n} \right)^2 = n^2$$

- Παράδειγμα

Καλώδιο MT 3X240+25 AL τύπου XLPE μπορεί να υπερφορτωθεί κατά 10% ( $\eta=1,10$ ) επί χρόνο  $t/T=1,751$  που με  $T=30'$  δίνει  $t=30*1,751=52,53$  πρώτα λεπτά.

#### Αντοχή καλωδίων και γυμνών αγωγών σε βραχυκυκλώματα

Η αντοχή των καλωδίων και των γυμνών αγωγών σε βραχυκυκλώματα καθορίζεται με την παραδοχή ότι επειδή τα βραχυκυκλώματα έχουν μικρή διάρκεια, μέχρι να λειτουργήσουν τα μέσα προστασίας δεν γίνεται αξιόλογη απαγωγή της θερμότητας προς το περιβάλλον και κατά συνέπεια η παραγόμενη θερμότητα διατίθεται για την ανύψωση της θερμοκρασίας του αγωγού .

Για τα βραχυκυκλώματα διάρκειας μέχρι 5 sec, ο χρόνος  $t$  που απαιτείται ώστε μια ορισμένη ένταση βραχυκυκλώματος να ανυψώσει τη θερμοκρασία των αγωγών από τη μέγιστη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας ( $\theta_a$ ) μέχρι την οριακή θερμοκρασία ( $\theta_t$ ), μπορεί να υπολογισθεί κατά προσέγγιση από τον ακόλουθο τύπο:  $q=K*I_{\beta}*\sqrt{t}$

όπου:

$q$  = η πραγματική διατομή του αγωγού σε  $mm^2$ .

$I_{\beta}$  = η ένταση βραχυκυκλώματος σε kA.

$t$  = η διάρκεια του βραχυκυκλώματος σε sec.

$K$ = συντελεστής που εξαρτάται από το είδος των αγωγών και τις θερμοκρασίες  $\theta_a$  και  $\theta_t$  στην αρχή και το τέλος του βραχυκυκλώματος.

- Παραδείγματα

1. Αγωγός 16 ACSR μπορεί να δεχτεί ακίνδυνα βραχυκύκλωμα 2,5 kA επί 0.7 sec.

2. Αγωγός 95 ACSR μπορεί να δεχτεί ακίνδυνα βραχυκύκλωμα 12,3 kA επί 1 sec.

### **5.3.2.3 Πτώση τάσης στα δίκτυα**

Μια γραμμή που τροφοδοτεί στο άκρο της ένα ορισμένο ηλεκτρικό φορτίο, στο τέρμα της η τάση θα είναι μικρότερη από εκείνη στην αρχή της γραμμής, λόγω των αντιστάσεων της γραμμής. Τη διαφορά των τάσεων αρχής - τέρματος ονομάζουμε πτώση τάσης και συνήθως τη μετράμε σε ποσοστό της αρχικής τάσης τροφοδότησης . Όταν π.χ. λέμε ότι έχουμε πτώση τάσης 7% σε γραμμή που έχει στην αρχή τάση 230 V, εννοούμε ότι η τάση στο τέρμα θα είναι  $230-0,07*230=213,9$  V και η πτώση κατά μήκος της γραμμής είναι 16,1 V.

Επειδή οι ηλεκτρικές συσκευές εργάζονται και αποδίδουν αυτό για το οποίο έχουν σχεδιαστεί όταν η τάση λειτουργία τους είναι μέσα σε περιορισμένα όρια ως προς την ονομαστική τάση, πρέπει η Επιχείρηση να μεριμνά έτσι, ώστε η πτώση ή η ανύψωση της



τάσης να βρίσκεται μέσα σε σαφώς περιορισμένα όρια. Υπάρχουν και συσκευές που είναι πάρα πολύ ευπαθείς στην τάση τροφοδότησης .

Ο υπολογισμός της πτώσης αποτελεί βασική εργασία του μελετητή των δικτύων. Συνήθως μιλάμε για τριφασικές γραμμές εναλλασσόμενου ρεύματος που τροφοδοτούν κάποια ηλεκτρικά φορτία που έχουν έναν καθορισμένο συντελεστή ισχύος ή όπως λέμε ορισμένο συνημίτονο.

Συνημίτονο ενός ηλεκτρικού φορτίου, ονομάζουμε το συνημίτονο της γωνίας που σχηματίζουν το διάνυσμα της τάσης με το διάνυσμα της έντασης σε μια θέση λειτουργίας. Υπολογισμός της πτώσης τάσης σε τριφασική γραμμή μήκους  $L$  (km) με ωμική και επαγωγική αντίσταση  $R$  και  $X$  αντίστοιχα σε  $\Omega/\text{km}$ , όταν στο άκρο της υπάρχει τριφασικό φορτίο έντασης  $I$  με γνωστό συνφ.

#### Πτώση τάσης σε εκτεταμένο δίκτυο

Στην πράξη έχουμε ένα δίκτυο που τροφοδοτεί κάποιες καταναλώσεις που συνδέονται σε διάφορα σημεία ή κόμβους όπως συνηθίζουμε να λέμε . Θεωρητικά, κόμβοι είναι όλοι οι στύλοι, ή όλα τα σημεία τροφοδότησης υπόγειου καλωδίου. Για την οικονομία των υπολογισμών, σαν υποχρεωτικούς κόμβους παίρνουμε τα σημεία διακλαδώσεων, τα τέρματα, και ενδιάμεσα τις θέσεις εκείνες που υπάρχουν σημαντικά φορτία στα οποία προσθέτουμε και άλλα μικρότερα γειτονικών θέσεων.

Στο δίκτυο υπάρχουν τμήματα διαφορετικών διατομών και ζητάμε την πτώση τάσης σε όλους τους κόμβους του δικτύου και ιδιαίτερα στα δυσμενέστερα σημεία του. Η πτώση τάσης βρίσκεται, όπως αναφέραμε στα προηγούμενα, σε κάθε τμήμα του δικτύου και αθροίζοντας βρίσκουμε την π.τ. από την αρχή μέχρι τον κόμβο που μας ενδιαφέρει.

Σε κάθε τμήμα πρέπει να γνωρίζουμε το μήκος του και το φορτίο που το διαρρέει. Για απλούστευση όπως ήδη αναφέραμε δεχόμαστε ότι όλα τα φορτία έχουν κοινό συνημίτονο, οπότε το φορτίο που διαρρέει κάθε τμήμα είναι το άθροισμα όλων των φορτίων μετά απ αυτό.

#### Όρια διακύμανσης της τάσης στη Μ.Τ.

Σε ένα σημείο δικτύου Μ.Τ. διακρίνουμε τις εξής τάσεις:

1. Την ονομαστική τάση του δικτύου  $U_n$  (20 - 15 - 6,6 kV).
2. Τη μέγιστη τάση  $U_{\max}$  και την ελάχιστη  $U_{\min}$ . Δεν λαμβάνονται υπόψη οι πολύ μικρής διάρκειας ακραίες τιμές της τάσης, αλλά ο μέσος όρος τιμών μέσα σε χρονικό διάστημα 5 λεπτών περίπου.

3. Η μέση τιμή  $U_m = 0,5(U_{max} + U_{min})$ .

4. Η διακύμανση της τάσης  $\Delta U$ . Αυτή είναι η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης στο καθορισμένο σημείο του δικτύου που εκφράζεται σαν ποσοστό επί της ονομαστικής. Δηλαδή:

$$\Delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_n} \%$$

Από το έτος 2004 οι απαιτήσεις της ΕΕ επιβάλλουν τα επιτρεπόμενα όρια  $U_n \pm 10\%$

Δηλαδή:

Για την τάση των 20 kV τα επιτρεπόμενα όρια είναι από 18 έως 22 kV.

Για την τάση των 15 kV τα επιτρεπόμενα όρια είναι από 13,5 έως 16,5 kV.

Για την τάση των 6,6 kV τα επιτρεπόμενα όρια είναι από 5,94 έως 7,26 kV.

Για την πλήρωση των παραπάνω συνθηκών διατίθενται τα εξής μέτρα:

1. Ρύθμιση τάσης στους ζυγούς των Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ.
2. Εγκατάσταση ρυθμιστών τάσης.
3. Εγκατάσταση πυκνωτών (σταθερών ή αποζεύξιμων) σε επιλεγμένα σημεία του δικτύου ΜΤ.

Τα παραπάνω ισχύουν για εναέριο και υπόγειο δίκτυο.

#### Εύλογα όρια πτώσης τάσης στα δίκτυα κατά την αρχική μελέτη

Στα δίκτυα ΜΤ, καλό είναι η συνολική πτώση τάσης κατά μήκος του κορμού της γραμμής από ζυγούς ΜΤ μέχρι το πιο ακραίο σημείο να μην υπερβαίνει το 5%, ενώ στις διακλαδώσεις από τον κορμό μέχρι το δυσμενέστερο σημείο να μην υπερβαίνει το 3%. Συνολικά δηλαδή η αρχική μελέτη να έχει πτώση τάσης μικρότερη από 8%.

Αν τηρούνται τα παραπάνω είναι εφικτή η τήρηση των ορίων που έχουν τεθεί από τη CENELEC με μη ιδιαίτερα δαπανηρές λύσεις, όταν έχουμε μη υπερβολικές αυξήσεις φορτίων τα επόμενα χρόνια.

#### **5.3.2.4 Βύθιση τάσης**

Με τον όρο βύθιση τάσης, εννοούμε τη σχεδόν στιγμιαία πτώση τάσης που δημιουργείται σε μια γραμμή, κατά την εκκίνηση μιας συσκευής ή ενός κινητήρα, δεδομένου ότι το ρεύμα εκκίνησης ή ζεύξης είναι πάντοτε πολύ μεγαλύτερο από εκείνο της κανονικής λειτουργίας.

Η βύθιση μετριέται ως η πτώση (μεταβολή) της τάσης στη θέση του δικτύου που συνδέεται η συσκευή η οποία προκαλεί την υπερένταση κατά τη στιγμή που εμφανίζεται η υπερένταση.

Η ενόχληση που συνεπάγεται η βύθιση, είναι συνάρτηση του μεγέθους της και της συχνότητας που επαναλαμβάνεται. Πέραν αυτών αποδίδεται και σημασία στο πλήθος και το είδος των καταναλωτών που υπόκεινται στην ενόχληση. Είναι διαφορετικό πράγμα να έχουμε βυθίσεις σε κυρίως αστική περιοχή με οικιακούς καταναλωτές και διαφορετικό σε περιοχή αμιγών αρδευτικών δικτύων, που στην ουσία κανείς δεν ενοχλείται.

- Έτσι έχουμε τις εξής διακρίσεις περιοχών:
  1. Κατηγορία Α: Περιοχές με μεγάλη πυκνότητα οικιακού και εμπορικού φορτίου (αστικές περιοχές).
  2. Κατηγορία Β: Περιοχές με μέτρια ή μικρή πυκνότητα οικιακού και εμπορικού φορτίου (βιομηχανικές και αγροτικές περιοχές).
  3. Κατηγορία Γ: Καταναλωτές που εξυπηρετούνται από ιδιαίτερο Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ και καταναλωτές που τροφοδοτούνται από αρδευτικά δίκτυα.
- Διάκριση ως προς την συχνότητα εκκινήσεων ή ζεύξεων:
  1. «Σπάνιες»: Θεωρούνται οι εκκινήσεις που εμφανίζονται το πολύ μια φορά την ώρα.
  2. «Συχνές»: Θεωρούνται οι εκκινήσεις εκείνες που η συχνότητα τους είναι μεγαλύτερη από μια την ώρα και μικρότερη από μια στο ένα λεπτό.
  3. «Λίαν συχνές»: Θεωρούνται οι εκκινήσεις με συχνότητα της μιας ανά λεπτό.

#### Υπολογισμός της βύθισης τάσης

Τη βύθιση την υπολογίζουμε στο σημείο εκείνο του δικτύου που συνδέεται ο κινητήρας ή συσκευή. Γενικά η βύθιση προκαλείται στη γραμμή ΜΤ, στον Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ και στο δίκτυο ΧΤ. Δηλαδή  $\beta.\tau\% = BT(MT) + BT(M/\Sigma) + BT(XT)$ .

Αναγκαίο στοιχείο για τον υπολογισμό είναι να γνωρίζουμε την ένταση εκκίνησης  $I_e$  και το συνφ κατά την εκκίνηση. Αυτά τα στοιχεία πρέπει να μας δοθούν από τον πελάτη - καταναλωτή. Η ισχύς κατά την εκκίνηση είναι:

$$KVA(\epsilon\kappa) = \sqrt{3}U.I_e = 0,693.I_e$$

Στη συνέχεια επειδή βύθιση, ουσιαστικά σημαίνει πτώση της τάσης, ο υπολογισμός είναι ο ίδιος όπως αναφέραμε για την πτώση τάσης στα δίκτυα ΜΤ και ΧΤ.

### 5.3.2.5 Προστασία Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ και δικτύων ΧΤ (ασφάλειες)

Βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος είναι η ονομαστική τιμή της έντασης του τηκτού ή φυσιγγίου. Οι ασφάλειες που τοποθετούνται στα δίκτυα, σκοπό έχουν την προστασία από υπερεντάσεις. Δηλαδή εντάσεις που οφείλονται σε βραχυκυκλώματα και είναι πολλαπλάσιες των εντάσεων κανονικής λειτουργίας.

Οι ασφάλειες (ή μικροαυτόματοι) χρησιμοποιούνται ακόμη και για την προστασία των αγωγών των εσωτερικών εγκαταστάσεων και παροχών από υπερφορτίσεις. Δηλαδή εντάσεις που οφείλονται στην τροφοδότηση αυξημένων φορτίων που δεν υπερβαίνουν περισσότερο από 50% ή το πολύ 100% τις αντίστοιχες ονομαστικές εντάσεις. Οι ασφάλειες ή οι μικροαυτόματοι αποτελούν οικονομικό μέσο προστασίας.

- Γενική αρχή επιλογής μεγέθους ασφάλειας

Βασική αρχή είναι η συνεργασία με τις άλλες ασφάλειες ή μέσα προστασίας. Αυτό σημαίνει ότι οποιοδήποτε βραχυκύκλωμα μετά από μια ασφάλεια προκαλεί τήξη αυτής της ασφάλειας και καμιάς προηγούμενης.

#### Ασφάλειες ΜΤ για την προστασία Μ/Σ Διανομής

Για την προστασία των Μ/Σ Διανομής τοποθετούνται ασφάλειες εκτόνωσης με τηκτά ταχείας τήξης ή «ασφάλειες κόνεως».

Ειδικότερα στους υπαίθριους Υ/Σ Διανομής τοποθετούνται κατά κανόνα ασφάλειες εκτόνωσης. Σε πολυσύχναστες θέσεις ή σε θέσεις με μεγάλη ισχύ βραχυκύκλωσης στη ΜΤ, καλό είναι να βάζουμε «ασφάλειες κόνεως». Στους Υ/Σ εσωτερικού χώρου βάζουμε πάντοτε «ασφάλειες κόνεως».

Οι ασφάλειες προστασίας των Μ/Σ τοποθετούνται στο στύλο ή το δίστυλο που στηρίζεται ο Μ/Σ, ή σε έναν προηγούμενο στύλο της γραμμής που τροφοδοτεί τον Υ/Σ, οπότε η ασφάλεια προστατεύει και τη γραμμή αυτή. Στην περίπτωση αυτή οι ασφάλειες καθορίζονται από τα κριτήρια προστασίας του Μ/Σ και το μήκος της απόστασης που τοποθετούνται οι ασφάλειες καλό είναι να μην υπερβαίνει τα 1200 μέτρα από το Μ/Σ (αυτό δεν είναι απόλυτα αναγκαίο). Κλασική περίπτωση είναι η τοποθέτηση των ασφαλειών στο στύλο διακλάδωσης (κατασκευή Ρ-27Τ) με την υπόμνηση ότι πρέπει να έχουμε διπλή στήριξη των αγωγών της κύριας γραμμής (π.χ. Ρ-3ΙΙ, Ρ-3ΑΙΙ).

Γενική αρχή είναι ότι η θέση τοποθέτησης των ασφαλειών πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμη. Τα τηκτά ταχείας τήξης των ασφαλειών εκτόνωσης χαρακτηρίζονται με τον αριθμό που παριστάνει την ονομαστική ένταση σε Α και το γράμμα Κ (π.χ. 12Κ). Το γράμμα

Τ χαρακτηρίζει τα τηκτά βραδείας τήξης που χρησιμοποιούνται για την προστασία των διακλαδώσεων του δικτύου ΜΤ (π.χ. 30Τ).

- Βασικά κριτήρια επιλογής των ασφαλειών ΜΤ των Μ/Σ Διανομής

1. Οι ασφάλειες πρέπει να έχουν τέτοια ονομαστική ένταση, ώστε να προστατεύουν το Μ/Σ σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στην πλευρά της ΧΤ και σε θέση μπροστά από τις ασφάλειες ΧΤ.

2. Οι ασφάλειες δεν πρέπει να περιορίζουν τη δυνατότητα υπερφόρτισης του Μ/Σ. Η έντασή τους πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την ονομαστική ένταση του Μ/Σ στη ΜΤ.

3. Οι ασφάλειες δεν πρέπει να καίγονται από το ρεύμα ζεύξης του Μ/Σ.

Βασική απαίτηση για τη λειτουργία του συστήματος ΜΤ είναι, ότι οι ασφάλειες ΜΤ προστασίας Μ/Σ πρέπει να συνεργάζονται με τα άλλα μέσα προστασίας του δικτύου ΜΤ, δηλαδή ότι σε περίπτωση βραχυκυκλώματος μετά από τις ασφάλειες πρέπει να λειτουργούν αυτές και να μην μείνει μόνιμα ανοικτό κανένα άλλο μέσο προστασίας ΜΤ.

Τα μεγέθη αυτά έχουν επιλεγεί, ώστε να συνεργάζονται:

1. Με τους διακόπτες ισχύος (Ε/Δ) των αναχωρήσεων των γραμμών ΜΤ, εφόσον έχουν τις τυποποιημένες ρυθμίσεις.

2. Με τους διακόπτες αυτόματης επαναφοράς που μπαίνουν στις γραμμές ΜΤ, εφόσον έχουν ρύθμιση στοιχείου γης στα 70 Α.

3. Με τις ασφάλειες διακλαδώσεων με τηκτό 30Τ (εκτός της περίπτωσης με ασφάλειες εκτόνωσης 40Κ που προβλέπονται για Μ/Σ 500 ΚVΑ, οι οποίοι σπάνια χρησιμοποιούνται σε Υ/Σ εξωτερικού χώρου).

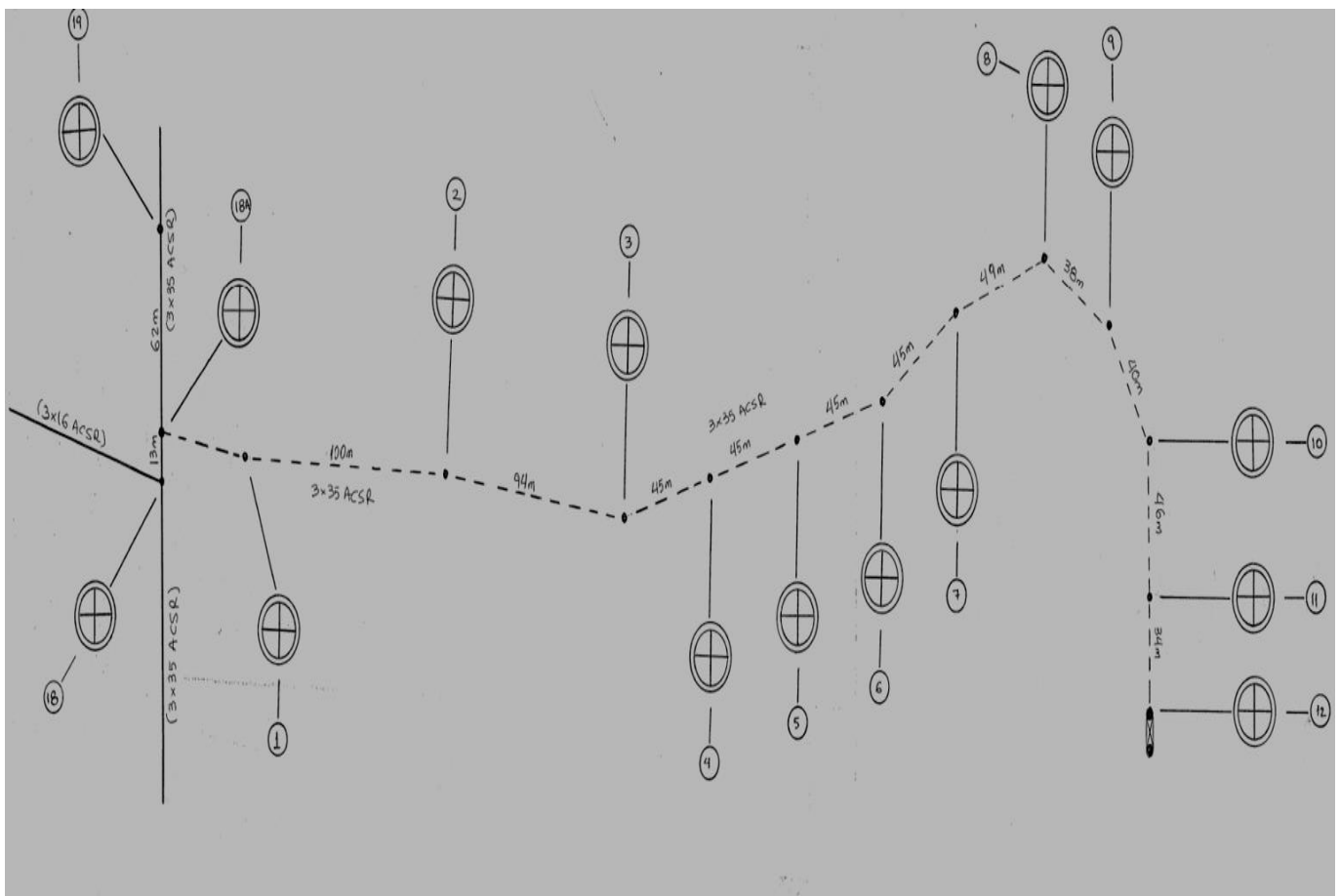
Για κάθε άλλη περίπτωση απαιτείται ιδιαίτερη εξέταση. Πάντως αν δεν υπάρχει συνεργασία δεν θα πρέπει να τοποθετηθούν μικρότερες ασφάλειες προστασίας Μ/Σ, αλλά να τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις των άλλων μέσων προστασίας ή να αφαιρεθούν ασφάλειες προστασίας διακλαδώσεων ή υποδιακλαδώσεων του δικτύου ΜΤ, έτσι ώστε να μπορεί να υπάρξει συνεργασία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

### 6.1 Σχέδιο και στοιχεία γραμμής

Η επέκταση της εναέριας γραμμής θα γίνει σύμφωνα με το παρακάτω σχέδιο και ξεκινάει από τον στύλο 18Α έως τον στύλο 12 όπου είναι και ο υποσταθμός. Πριν από τον στύλο 18Α το δίκτυο είναι ήδη εγκατεστημένο και γνωρίζουμε ότι ο στύλος 18 είναι τύπου 14B και ο 19 τύπου 12E. Επίσης είναι ευθύγραμμοι, χωρίς γωνία, και η υψομετρική διαφορά τους είναι 4 μέτρα. Ο 18 είναι στα 96 μέτρα υψόμετρο, 2 μέτρα κάτω από τον 18Α, και απέχει από αυτόν 62 μέτρα και ο 19 είναι στα 100 μέτρα υψόμετρο, 2 μέτρα πάνω από τον 18Α, και απέχει από αυτόν 13 μέτρα.

Το καλώδιο όλης της γραμμής είναι το ίδιο τύπου 3x35 ACSR στην ελαφρά επιφόρτιση. Το βάθος θεμελίωσης το θεωρούμε 2 μέτρα και το σημείο ανάρτησης του αγωγού από το στύλο βρίσκεται 0,25 μέτρα κάτω από την κορυφή του στύλου. Επίσης, σαν όριο ύψους ασφαλείας του αγωγού θεωρούμε τα 7 μέτρα.



Εικόνα 6.1: Το σχέδιο της γραμμής.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε τα χαρακτηριστικά του κάθε στύλου ώστε να τα συμπεριλάβουμε στην μελέτη μας.

A/A	Αριθμός στύλου	Άνοιγμα (m)	Υψόμετρο (m)	Γωνία (°)
1	18A	44	98	0
2	1	100	98	22
3	2	94	92	4,7
4	3	45	83	25,65
5	4	45	83	0
6	5	45	83	0
7	6	45	76	162
8	7	49	73	171,1
9	8	38	72	123,3
10	9	40	71	153,1
11	10	46	61	162
12	11	34	57	0
13	12	0	54	0

Πίνακας 1: Στοιχεία στύλων.

## 6.2 Υπολογισμοί γραμμής

### Γενικά

Από τον πίνακα 1 για 3x35 ACSR βρίσκουμε  $W_e=0,454$  Kg/m και  $W_k=0.225$  Kg/m.

Βρίσκουμε αρχικά το μέσο άνοιγμα της γραμμής ως εξής:

$$L_m = (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 + L_{10} + L_{11} + L_{12}) / 12$$

$$L_m = (44 + 100 + 94 + 45 + 45 + 45 + 45 + 49 + 38 + 40 + 46 + 34) / 12$$

$$L_m = 52,08 \text{ m.}$$

Το βασικό άνοιγμα είναι:

$$L = L_m + (2/3) * (L_{\max} - L_m) = 52,08 + (2/3) * (100 - 52,03)$$

$$L = 84,02 \text{ m.}$$

Δεν υπάρχει η τιμή αυτή στον πίνακα 2 οπότε επιλέγουμε 100 m και βρίσκουμε  $W=0,582$  Kg/m,  $T_{\text{ολ}}=626$  Kg/m και  $T_k=474$  Kg/m.

## Για τον στύλο 18Α

Ο στύλος 18Α βρίσκεται σε υψόμετρο 98 μέτρα και είναι σε ευθυγραμμία με τον 18 που είναι τύπου 14B σε υψόμετρο 96 μέτρα, με τον 19 που είναι τύπου 12E σε υψόμετρο 100 μέτρα και σε διακλάδωση με τον 1 που έχουν το ίδιο υψόμετρο.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 18

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 13^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+2^2)} / 13^2 = 0,003\text{m.}$$

- Με τον 19

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 62^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+2^2)} / 62^2 = 0,016\text{m.}$$

- Με τον 1

Δεν υπάρχει υψομετρική διαφορά μεταξύ τους. Το βέλος στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται ως εξής:

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) = (0,582 \cdot 98^2) / (8 \cdot 626) = 1,11\text{m.}$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_{18A} = n \cdot 0,5 \cdot L_{18A-1} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{18-18A} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{19-18A} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{18-18A} / L_{18-18A} + h_{19-18A} / L_{19-18A}) + 150$$

$$G_{18A} = 3 \cdot 0,5 \cdot 98 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 13 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 62 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (2/13 + 2/62) + 150$$

$$G_{18A} = 33 + 4,4 + 22 + 256 + 150$$

$$G_{18A} = 465,4\text{Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_{18A} = n \cdot 0,5 \cdot L_{18-18A} \cdot W_e \cdot (\sin\theta / 2) + n \cdot 0,5 \cdot L_{19-18A} \cdot W_e \cdot (\sin\theta / 2) + n \cdot 0,5 \cdot L_{18A-1} \cdot W_e$$

$$Q_{18A} = 3 \cdot 0,5 \cdot 13 \cdot 0,454 \cdot (\sin 90 / 2) + 3 \cdot 0,5 \cdot 62 \cdot 0,454 \cdot (\sin 90 / 2) + 3 \cdot 0,5 \cdot 98 \cdot 0,454$$

$$Q_{18A} = 6,25 + 29,8 + 66,7$$

$$Q_{18A} = 102,75\text{ Kg.}$$

$$E_{\phi_{18A}} = n \cdot 0,5 \cdot L_{18-18A} \cdot W_e \cdot \sin\theta + n \cdot 0,5 \cdot L_{19-18A} \cdot W_e \cdot \sin\theta$$



$$E_{\varphi_{18A}} = 3 * 0,5 * 13 * 0,454 * (\sin 90) + 3 * 0,5 * 62 * 0,454 * (\sin 90) = 8,8 + 42,2$$

$$E_{\varphi_{18A}} = 51$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλους 18 και 19 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη από αυτούς οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο. Το επίτονο θα τοποθετηθεί με αντίθετη διεύθυνση από την δύναμη που τραβάει ο 18 τον 18Α, και με κλίση  $t_{18A} = 1;1$ .

Οριζόντια δύναμη:

$$S_{18A} = 3 * T_{\omega} + 1,78 * E_{\varphi_{18A}} = 3 * T + 1,78 * E_{\varphi_{18A}} = 3 * 626 + 1,78 * 51 = 1878 + 90,8$$

$$S_{18A} = 1968,8 \text{ Kg.}$$

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_{18A} = S_{18A} * t_{18A} = 1968,8 * 1 = 1968,8 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 14M.

Δύναμη επιτόνου:

$$F_{18A} = S_{18A} * \sqrt{(1 + t_{18A}^2)} = 1968,8 * \sqrt{(1 + 1^2)} = 2784,3 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε για κλάση B συρματόσχοινο τύπου B.

Επίσης θα πρέπει να βάλουμε και ένα δεύτερο επίτονο, εξετάζοντας τον στύλο και ως ευθυγραμμίας, λόγω της έλξης που δέχεται από τον στύλο 1 με τον οποίο δεν είναι σε γωνία. Το επίτονο θα τοποθετηθεί με αντίθετη διεύθυνση από την δύναμη που τραβάει ο 1 τον 18Α.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_{18A} = n * T * t = 3 * 626 * 1 = 1878 \text{ Kg.}$$

Οριζόντια δύναμη:

$$S_{18A} = P_{18A} / t = 1878 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_{18A} = S_{18A} * \sqrt{(1 + t^2)} = 1878 * \sqrt{(1 + 1^2)} = 2656 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου M.

### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_{18A}=465,4$  Kg. Από τον πίνακα 4 και για στύλο 14M το όριο θραύσης είναι 2677 Kg, οπότε  $G_{18A} \leq 2677/2,7 \Rightarrow 465,4 \leq 991,5$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_{18A}=102,75$  Kg. Από τον πίνακα 5 και για στύλο 14M στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ}=62$  Kg.

Άρα  $F_{ε18A}=Q_{18A}+F_{στ} \Rightarrow F_{ε18A}=102,75+62 \Rightarrow F_{ε18A}=164,75$  Kg. Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας M έχουμε:

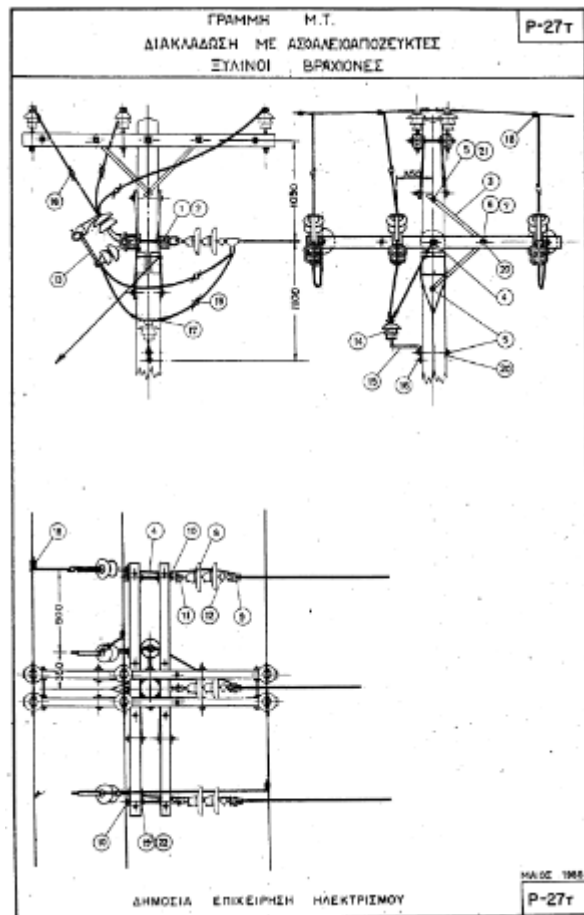
$F_{ε18A} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 164,75 \leq 825/2,7 \Rightarrow 164,75 \leq 305,5$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

P-26T		ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ. ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ ΜΕ ΑΣΦΑΛΕΙΟΑΠΟΣΥΚΤΕΣ ΣΥΛΙΝΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-27T	P-27TE
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΣΥΛΙΝΟΣ 2500x120x100 mm	2	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΣΥΛΙΝΟΣ 2500x176x126 mm	-	2
3	ΑΝΤΗΡΙΔΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΗ	4	4
4	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΚΟΧΛΙΩΤΟ Μ 20 ΑΠΛΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	3	3
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΑΠΛΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	3	3
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΜΗΚΟΥΣ 130 mm	2	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΜΗΚΟΥΣ 150 mm	-	2
8	ΜΟΝΟΤΗΡΑΣ ΤΕΡΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΛΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΕΙΣΜΟΥ	6	6
9	ΥΛΙΚΑ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ FC-191 'Η FC-211 'Η FC-291V ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
10	ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ ΜΕ ΚΡΙΚΟ Μ 20	6	6
11	ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΔΙΑΚΛΑΔΟΥ-ΚΕΦΑΛΗΣ	3	3
12	ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΥΠΟΔΟΧΗΣ-ΟΜΟΑΛΟΥ	3	3
13	ΑΣΦΑΛΕΙΟΑΠΟΣΥΚΤΗΣ Μ.Τ. ΜΕ ΑΣΦΑΛΕΙΟΒΗΚΗ	3	3
14	ΜΟΝΟΤΗΡΑΣ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ ΚΩΔΩΝΑ ΚΑΤΑΛΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΕΙΣΜΟΥ	1	1
15	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΜΟΝΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΕΙΔΙΚΟ (ΤΥΠΟΥ 4)	1	1
16	ΣΤΡΙΦΟΜΗ 1/2" ΜΗΚΟΥΣ 100 mm	1	1
17	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΔΕΣΕΩΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΟΝ ΜΟΝΟΤΗΡΑ ΚΑΤΑ FC-9E 'Η FC-271 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	1	1
18	ΥΛΙΚΑ ΣΥΝΔΕΣΕΩΣ ΚΑΤΑ 2ΧFC-311 'Η FC-311+FC-311V+FC-151 'Η FC-311 'Η FC-311V+FC-151 'Η FC-311+FC-511 'Η FC-511 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
19	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 mm ΟΠΗΣ 22mm (ΕΙΔΟΣ 2)	4	4
20	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 mm ΟΠΗΣ 18mm (ΕΙΔΟΣ 1)	3	3
21	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (ΓΚΡΟΒΕΡ) ΟΠΗΣ 18mm	2	2
22	ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 20	4	4

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

- Η κατασκευή P-27T εφαρμόζεται σε γραμμές με σιμωτός διατομής 16mm<sup>2</sup> λωβ. χαλκού (Cu 18mm<sup>2</sup> ACSR 16<sup>mm</sup> AAAC 35mm<sup>2</sup>). ενώ η κατασκευή P-27TE σε γραμμές με σιμωτός διατομής 35mm<sup>2</sup> και 95mm<sup>2</sup> λωβ. χαλκού (Cu 39mm<sup>2</sup>, 99mm<sup>2</sup> και ACSR 35<sup>mm</sup>, 95<sup>mm</sup>), σε όλες περιπτώσεις τα επιτρέψουν οι συνθήκες.
- Οι σιμωτοί καθόλου μέση ασφαλεία αποσβεστήτων να είναι της ίδιας διατομής με την διακλάδωση.
- Η προέγερση των μονοτήρων είναι ενδεικτική. Ο αριθμός των δέσμων ανά δάσος και ο τύπος των μονοτήρων επιλέγονται σύμφωνα με τη Ο.Δ. Νο 41.

OKT 1999  
P-26T ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



### Για τον στύλο 1

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $9^0$  με τον επόμενο, τον 2, και υπομετρική διαφορά 6m.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 18Α

Δεν υπάρχει υψομετρική διαφορά μεταξύ τους. Το βέλος στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται ως εξής:

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) = (0,582 \cdot 44^2) / (8 \cdot 626) = 0,22 \text{ m.}$$

- Με τον 2

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 100^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+6^2)} / 100^2 = 0,07 \text{ m.}$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_1 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{18A-1} + L_{1-2}) \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{1-2} / L_{1-2}) + 150$$

$$G_1 = 3 \cdot 0,5 \cdot (44 + 100) \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (6/100) + 150$$

$$G_1 = 48,6 + 85,3 + 150$$

$$G_1 = 283,9 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_1 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{18A-1} + L_{1-2}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_1 = 3 \cdot 0,5 \cdot (44 + 100) \cdot (\sin 9 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_1 = 7,7 \text{ Kg.}$$

$$E_{\phi a_1} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{18A-1} + L_{1-2}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\phi a_1} = 3 \cdot 0,5 \cdot (44 + 100) \cdot (\cos 9 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\phi a_1} = 97,76$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλο 2 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη από αυτόν οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο των 9<sup>0</sup> και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_1 = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\phi a_1}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 9 / 2) + 1,78 \cdot 97,76) \cdot 1$$

$$P_1=294,47+174=468,48 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12E.

Οριζόντια δύναμη:

$$S_1 = P_1/t=468,48 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_1 = S_1 * \sqrt{(1 + t^2)} = 468,48 * \sqrt{(1 + 1^2)} = 662,53 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου E.

#### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_1=283,92\text{Kg}$ . Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12E το όριο θραύσης είναι 1528 Kg, οπότε  $G_1 \leq 1528/2,7 \Rightarrow 283,92 \leq 764$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_1=7,7 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12E στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ}=43 \text{ Kg}$ .

Άρα  $F_{ε1}=Q_1+F_{στ} \Rightarrow F_{ε1}=7,7+43 \Rightarrow F_{ε1}=50,7 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας E έχουμε:

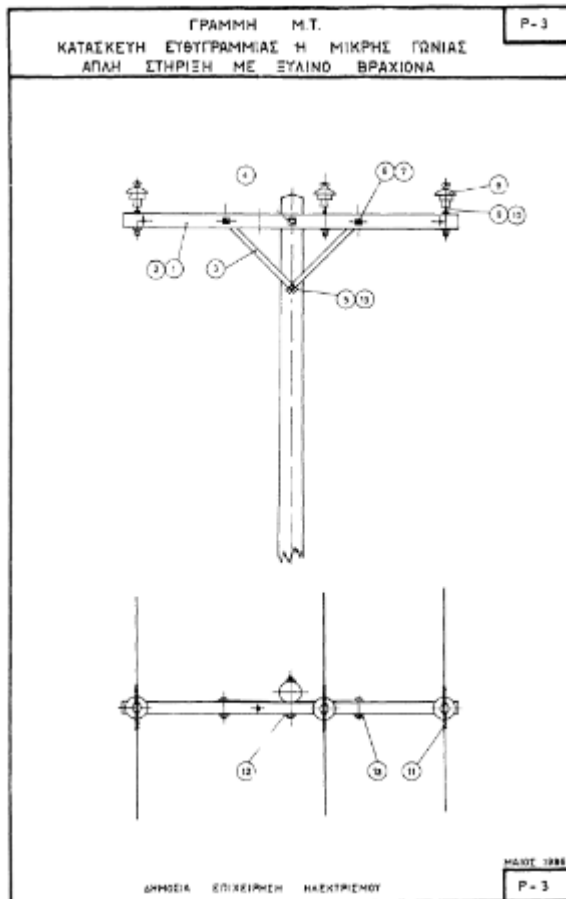
$F_{ε1} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 50,7 \leq 500/2,7 \Rightarrow 50,7 \leq 185$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

P-2		ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Ή ΜΙΚΡΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΑΠΑΝ ΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΕΥΛΙΝΟ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-3	P-3E
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΕΥΛΙΝΟΣ 2500X120X100 ■■	1	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΕΥΛΙΝΟΣ 2500X170X120 ■■	-	1
3	ΑΝΤΗΡΙΔΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΗ	2	2
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Η 20 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Η 16 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Η 16 ΜΗΚΟΥΣ 130 ■■	2	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Η 16 ΜΗΚΟΥΣ 150 ■■	-	2
8	ΡΟΜΟΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΩΔΩΝΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΑΜΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΗΤΗΣΙΟΥ	3	3
9	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΜΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 1Α Η' 1Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΟΤΗΡΑ	3	-
10	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΜΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 2Α Η' 2Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΟΤΗΡΑ	-	3
11	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΑΡΤΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΟΝ ΡΟΜΟΤΗΡΑ ΚΑΤΑ FC-9C Η' FC-11 Η' FC-27Σ1 Η' FC-27Σ2 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
12	ΠΑΡΑΚΥΚΛΩΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60X60 ■■ ΟΓΗΣ 22 ■■ (ΕΙΔΟΣ 2)	2	2
13	ΠΑΡΑΚΥΚΛΩΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 50X50 ■■ ΟΓΗΣ 18 ■■ (ΕΙΔΟΣ 1)	3	3

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

1 Η κατασκευή P-3E εφαρμόζεται για μεγάλα κατακόρυφα ανοίγματα σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΟΚΤ. 1986  
P-2 ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



## Για τον στύλο 2

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $4,7^0$  με τον επόμενο, τον 3, και υψομετρική διαφορά 6m με τον 1 και 9m με τον 3.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 1

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 100^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+6^2)} / 100^2 = 0,07m.$$

- Με τον 3

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 94^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+9^2)} / 94^2 = 0,09m.$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_2 = n \cdot 0,5 \cdot L_{1-2} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{2-3} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{1-2} / L_{1-2} + h_{2-3} / L_{2-3}) + 150$$

$$G_2 = 3 \cdot 0,5 \cdot 100 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 94 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (6 / 100 + 9 / 94) + 150$$

$$G_2 = 33,75 + 31,7 + 220,4 + 150$$

$$G_2 = 435,9 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_2 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{1-2} + L_{2-3}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_2 = 3 \cdot 0,5 \cdot (100 + 94) \cdot (\sin 4,7 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_2 = 5,5 \text{ Kg.}$$

$$E_{\varphi\alpha_2} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{1-2} + L_{2-3}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\varphi\alpha_2} = 3 \cdot 0,5 \cdot (100 + 94) \cdot (\cos 4,7 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\varphi\alpha_2} = 132$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλο 1 και τον 3 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο της γωνίας των  $4,7^0$  και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_2 = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\varphi\alpha_2}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 4,7 / 2) + 1,78 \cdot 132) \cdot 1$$

$$P_2 = 154 + 235 = 389 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12E.

Οριζόντια δύναμη:

$$S_2 = P_2 / t = 389 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_2 = S_2 \cdot \sqrt{(1 + t^2)} = 389 \cdot \sqrt{(1 + 1^2)} = 550 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου E.

Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_2=435,9$  Kg. Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12E το όριο θραύσης είναι 1528 Kg, οπότε  $G_2 \leq 1528/2,7 \Rightarrow 435,9 \leq 764$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_2=5,5$  Kg. Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12E στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ}=43$  Kg.

Άρα  $F_{ε2}=Q_2+F_{στ} \Rightarrow F_{ε2}=5,5+43 \Rightarrow F_{ε2}=48,5$  Kg. Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας E έχουμε:

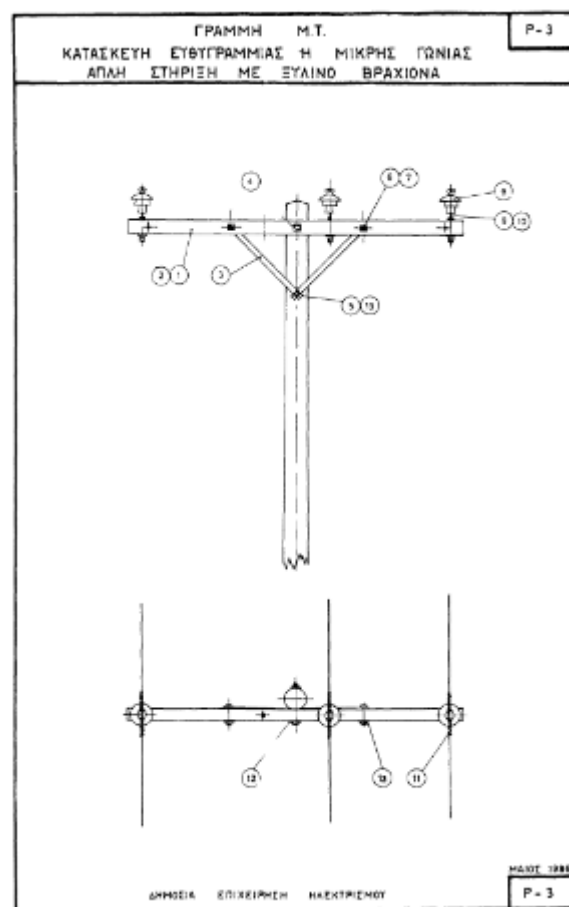
$F_{ε2} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 48,5 \leq 500/2,7 \Rightarrow 48,5 \leq 185$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

P-2		ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Ή ΜΙΚΡΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΑΠΛΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΞΥΛΙΝΟ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-3	P-3E
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500x120x100 mm	1	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500x170x120 mm	-	1
3	ΑΝΤΗΡΙΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΗ	2	2
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 20 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΜΗΚΟΥΣ 130 mm	2	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΜΗΚΟΥΣ 150 mm	-	2
8	ΡΟΝΟΠΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΩΔΩΝΟΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΑΒΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΧΤΕΡΟΥ	3	3
9	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΝΟΠΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 1Α Μ' 18 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΝΟΠΤΗΡΑ	3	-
10	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΝΟΠΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 2Α Μ' 28 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΝΟΠΤΗΡΑ	-	3
11	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΑΡΤΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΟΥ ΡΟΝΟΠΤΗΡΑ ΚΑΤΑ FC-9E Η' FC-11 Η' FC-271 Η' FC-2711 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
12	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 mm ΟΡΗΣ 22 mm (ΕΙΔΟΣ 2)	2	2
13	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 mm ΟΡΗΣ 18 mm (ΕΙΔΟΣ 1)	3	3

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

1 Η κατασκευή P-3E εφαρμόζεται για μεγάλα κατακόρυφα ανοίγματα σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΟΚΤ. 1980  
P-2 ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



### Για τον στύλο 3

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $25,65^0$  με τον επόμενο, τον 4, χωρίς υψομετρική διαφορά ενώ με τον προηγούμενο, τον 2, έχει υψομετρική διαφορά 9m.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 2

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 94^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+9^2)} / 94^2 = 0,09 \text{m.}$$

- Με τον 4

Δεν υπάρχει υψομετρική διαφορά μεταξύ τους. Το βέλος στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται ως εξής:

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) = (0,582 \cdot 45^2) / (8 \cdot 626) = 0,24 \text{m.}$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_3 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{2-3} + L_{3-4}) \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{2-3} / L_{2-3}) + 150$$

$$G_3 = 3 \cdot 0,5 \cdot (94 + 45) \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (9/94) + 150$$

$$G_3 = 47 + 136 + 150$$

$$G_3 = 333 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_3 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{2-3} + L_{3-4}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_3 = 3 \cdot 0,5 \cdot (94 + 45) \cdot (\sin 25,65 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_3 = 20,9 \text{ Kg.}$$

$$E_{\alpha_3} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{2-3} + L_{3-4}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\alpha_3} = 3 \cdot 0,5 \cdot (94 + 45) \cdot (\cos 25,65 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\alpha_3} = 91,7$$

- Λόγω επιτόνου

Παρατηρούμε ότι το βέλος με τον στύλο 2 είναι σχεδόν μηδέν λόγω της υψομετρικής διαφοράς κυρίως. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη από αυτόν, τον τραβάει προς τα πάνω, οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο των 25,65° και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_3 = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\alpha_1}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 25,65 / 2) + 1,78 \cdot 91,7) \cdot 1$$

$$P_3 = 839 + 163 = 1002 \text{ Kg.}$$



Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12E.

Οριζόντια δύναμη:

$$S_3 = P_3/t = 1002 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_3 = S_3 * \sqrt{(1 + t^2)} = 1002 * \sqrt{(1 + 1^2)} = 1417 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου M.

### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_3 = 333 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12E το όριο θραύσης είναι 1528 Kg, οπότε  $G_3 \leq 1528/2,7 \Rightarrow 333 \leq 764$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_3 = 20,9 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12E στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ} = 43 \text{ Kg}$ .

Άρα  $F_{ε3} = Q_3 + F_{στ} \Rightarrow F_{ε3} = 20,9 + 43 \Rightarrow F_{ε3} = 63,9 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας E έχουμε:

$F_{ε3} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 63,9 \leq 500/2,7 \Rightarrow 63,9 \leq 185$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

### **Για τον στύλο 4**

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη χωρίς γωνία με τον επόμενο και στο ίδιο ύψος και με τον προηγούμενο, τον 3, με τον επόμενο, τον 5.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 3

Χωρίς υψομετρική διαφορά.

$$d = (w * L^2) / (8 * T) = (0,582 * 45^2) / (8 * 626) = 0,24 \text{ m.}$$

- Με τον 5

Χωρίς υψομετρική διαφορά.

$$d = (w * L^2) / (8 * T) = (0,582 * 45^2) / (8 * 626) = 0,24 \text{ m.}$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_4 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{3-4} + L_{4-5}) \cdot W_k + 150$$

$$G_4 = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 45) \cdot 0,225 + 150$$

$$G_4 = 30,4 + 150$$

$$G_4 = 180,4 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_4 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{3-4} + L_{4-5}) \cdot W_e$$

$$Q_4 = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 45) \cdot 0,454$$

$$Q_4 = 61,3 \text{ Kg.}$$

- Λόγω επιτόνου

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$R_4 = 0$  διότι δεν υπάρχει γωνία ούτε είναι τερματικός.

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12E.

### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_4 = 180,4 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12E το όριο θραύσης είναι 1528 Kg, οπότε  $G_4 \leq 1528 / 2,7 \Rightarrow 180,4 \leq 764$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_4 = 61,3 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12E στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ} = 43 \text{ Kg}$ .

Άρα  $F_{ε4} = Q_4 + F_{στ} \Rightarrow F_{ε4} = 61,3 + 43 \Rightarrow F_{ε3} = 104,3 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας E έχουμε:

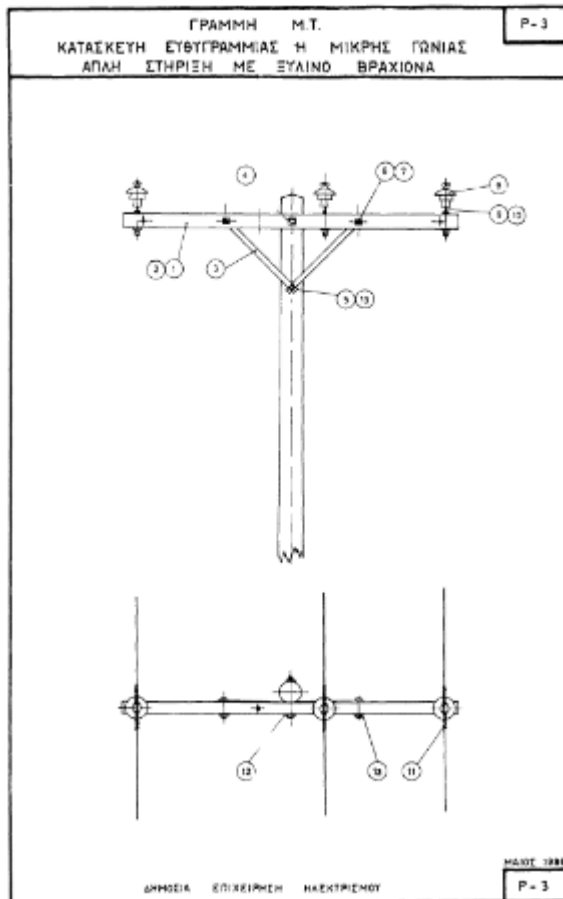
$F_{ε4} \leq F_{θρ} / 2,7 \Rightarrow 104,3 \leq 500 / 2,7 \Rightarrow 104,3 \leq 185$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

P-2		ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Ή ΜΙΚΡΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΑΠΑΝ ΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΞΥΛΙΝΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-3	P-3E
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500X120X100 ■■	1	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500X170X120 ■■	-	1
3	ΑΝΤΗΡΙΔΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΗ	2	2
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 20 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 16 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 16 ΜΗΚΟΥΣ 130 ■■	2	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 16 ΜΗΚΟΥΣ 150 ■■	-	2
8	ΡΟΜΟΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΩΔΩΝΟΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΑΜΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΗΤΗΣΙΟΥ	3	3
9	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΜΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 1Α Η' 1Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΟΤΗΡΑ	3	-
10	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΜΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 2Α Η' 2Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΟΤΗΡΑ	-	3
11	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΑΡΤΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΟΝ ΡΟΜΟΤΗΡΑ ΚΑΤΑ FC-9C Η' FC-11 Η' FC-27I Η' FC-27II ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
12	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60X60 ■■ ΟΓΗΣ 22 ■■ (ΕΙΔΟΣ 2)	2	2
13	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 50X50 ■■ ΟΓΗΣ 18 ■■ (ΕΙΔΟΣ 1)	3	3

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

1 Η κατασκευή P-3E εφαρμόζεται για μεγάλα κατακόρυφα ανοίγματα σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΟΚΤ. 1986  
P-2 ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



## Για τον στύλο 5

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη χωρίς γωνία με τον επόμενο, τον 6, αλλά με υψομετρική διαφορά 7m, ενώ με τον προηγούμενο, τον 4, δεν έχει υψομετρική διαφορά.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 4

Χωρίς υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) = (0,582 \cdot 45^2) / (8 \cdot 626) = 0,24m.$$

- Με τον 6

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 45^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+7^2)} / 45^2 = 0,04m.$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_5 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{4-5} + L_{5-6}) \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{5-6} / L_{5-6}) + 150$$

$$G_5 = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 45) \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (7/45) + 150$$

$$G_5 = 30,4 + 221,2 + 150$$

$$G_5 = 401,6 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_5 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{4-5} + L_{5-6}) \cdot W_e$$

$$Q_5 = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 45) \cdot 0,454$$

$$Q_5 = 61,3 \text{ Kg.}$$

- Λόγω επιτόνου

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$P_4 = 0$  διότι δεν υπάρχει γωνία ούτε είναι τερματικός.

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12E.

#### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_5 = 401,6 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12E το όριο θραύσης είναι 1528 Kg, οπότε  $G_5 \leq 1528/2,7 \Rightarrow 401,6 \leq 764$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_5 = 61,3 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12E στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ} = 43 \text{ Kg}$ .

Άρα  $F_{ε5} = Q_5 + F_{στ} \Rightarrow F_{ε5} = 61,3 + 43 \Rightarrow F_{ε3} = 104,3 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας E έχουμε:

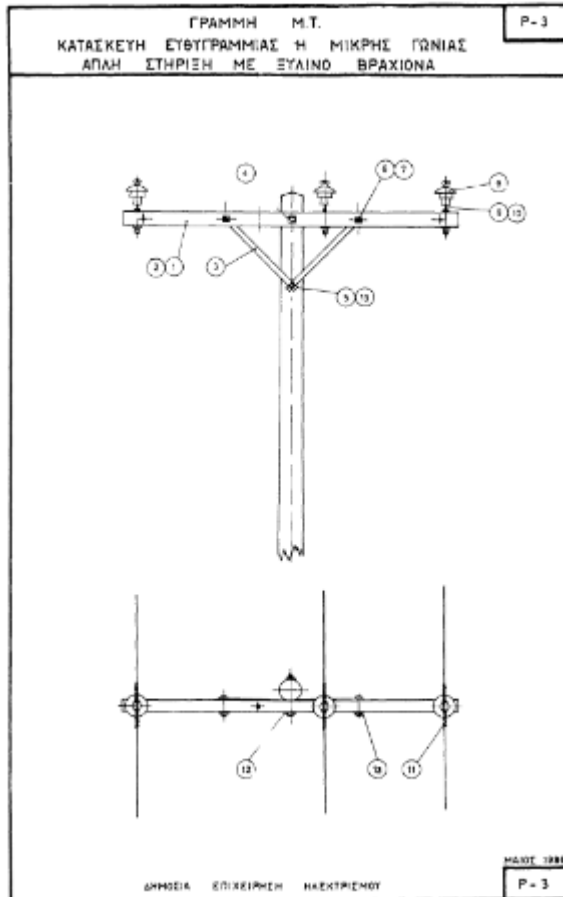
$F_{ε5} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 104,3 \leq 500/2,7 \Rightarrow 104,3 \leq 185$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

P-2		ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Ή ΜΙΚΡΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΑΠΑΝ ΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΞΥΛΙΝΟ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-3	P-3E
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500X120X100 ■■	1	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500X170X120 ■■	-	1
3	ΑΝΤΗΡΙΔΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΗ	2	2
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 20 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 16 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 16 ΜΗΚΟΥΣ 130 ■■	2	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Κ 16 ΜΗΚΟΥΣ 150 ■■	-	2
8	ΡΟΜΟΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΩΔΩΝΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΑΜΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΗΤΗΣΙΟΥ	3	3
9	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΜΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 1Α Η' 1Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΟΤΗΡΑ	3	-
10	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΜΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 2Α Η' 2Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΟΤΗΡΑ	-	3
11	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΑΡΤΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΟΙ ΡΟΜΟΤΗΡΑ ΚΑΤΑ FC-9C Η' FC-11 Η' FC-27Σ1 Η' FC-27Σ2 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
12	ΠΑΡΑΚΥΚΛΩΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60X60 ■■ ΟΓΗΣ 22 ■■ (ΕΙΔΟΣ 2)	2	2
13	ΠΑΡΑΚΥΚΛΩΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 50X50 ■■ ΟΓΗΣ 18 ■■ (ΕΙΔΟΣ 1)	3	3

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

1 Η κατασκευή P-3E εφαρμόζεται για μεγάλα κατακόρυφα ανοίγματα σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΟΚΤ. 1986  
P-2 ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



## Για τον στύλο 6

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $162^0$  με τον επόμενο, τον 7, και έχει με αυτόν υψομετρική διαφορά 3m και με τον προηγούμενο, τον 5, 7m.

## Έλεγχος βέλους

- Με τον 5

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 45^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+7^2)} / 45^2 = 0,04m.$$

- Με τον 7

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 45^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+3^2)} / 45^2 = 0,02m.$$

## Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_6 = n \cdot 0,5 \cdot L_{5-6} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{6-7} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{5-6} / L_{5-6} + h_{6-7} / L_{6-7}) + 150$$

$$G_6 = 3 \cdot 0,5 \cdot 45 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 45 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (7/45 + 3/45) + 150$$

$$G_6 = 15 + 15 + 315,2 + 150$$

$$G_6 = 495,2 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_6 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{5-6} + L_{6-7}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_6 = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 45) \cdot (\sin 162 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_6 = 60,5 \text{ Kg.}$$

$$E_{\phi\alpha_6} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{5-6} + L_{6-7}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\phi\alpha_6} = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 45) \cdot (\cos 162 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\phi\alpha_6} = 9,6$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλο 5 και τον 7 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο της γωνίας των  $162^\circ$  και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_6 = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\phi\alpha_6}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 162 / 2) + 1,78 \cdot 9,6) \cdot 1$$

$$P_6 = 3710 + 17 = 3727 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12M.

Οριζόντια δύναμη:

$$S_6 = P_6 / t = 3727 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_6 = S_6 \cdot \sqrt{(1 + t^2)} = 3727 \cdot \sqrt{(1 + 1^2)} = 5270 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου 2M.

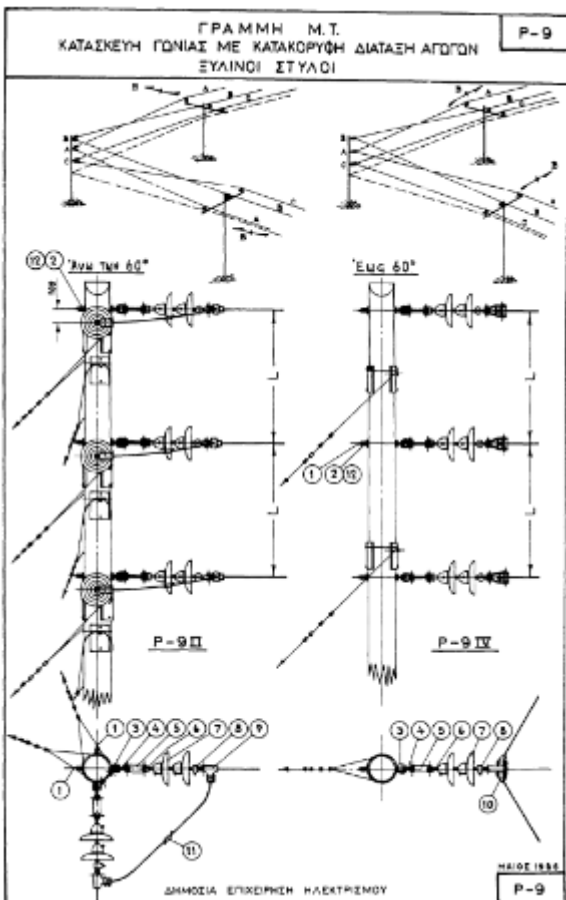
Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_6=495,2$  Kg. Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12M το όριο θραύσης είναι 3032 Kg, οπότε  $G_6 \leq 3032/2,7 \Rightarrow 495,2 \leq 1123$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_6=60,5$  Kg. Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12M στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ}=51$  Kg.

Άρα  $F_{ε6}=Q_6+F_{στ} \Rightarrow F_{ε6}=60,5+51 \Rightarrow F_{ε6}=111,5$  Kg. Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας M έχουμε:

$F_{ε6} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 111,5 \leq 825/2,7 \Rightarrow 111,5 \leq 305,5$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.



### Για τον στύλο 7

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $171,1^0$  με τον επόμενο, τον 8, και έχει με αυτόν υψομετρική διαφορά 1m και με τον προηγούμενο, τον 6, 3m.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 6

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 45^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+3^2)} / 45^2 = 0,02m.$$

- Με τον 8

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 49^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+1^2)} / 49^2 = 0,008m.$$

Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_7 = n \cdot 0,5 \cdot L_{6-7} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{7-8} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{6-7} / L_{6-7} + h_{7-8} / L_{7-8}) + 150$$

$$G_7 = 3 \cdot 0,5 \cdot 45 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 49 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (3/45 + 1/49) + 150$$

$$G_7 = 15 + 16,5 + 122,3 + 150$$

$$G_7 = 303,8 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_7 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{6-7} + L_{7-8}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_7 = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 49) \cdot (\sin 171,1 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_7 = 63,8 \text{ Kg.}$$

$$E_{\alpha 7} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{6-7} + L_{7-8}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\alpha 7} = 3 \cdot 0,5 \cdot (45 + 49) \cdot (\cos 171,1 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\alpha 7} = 4,9$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλο 6 και τον 8 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο της γωνίας των  $171,1^\circ$  και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_7 = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\alpha 7}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 171,1 / 2) + 1,78 \cdot 4,9) \cdot 1$$

$$P_7 = 3744 + 8,7 = 3753 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12M.



Οριζόντια δύναμη:

$$S_7 = P_7/t = 3753 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_7 = S_7 * \sqrt{(1 + t^2)} = 3753 * \sqrt{(1 + 1^2)} = 5307 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου 2M.

#### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_7 = 303,8 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12M το όριο θραύσης είναι 3032 Kg, οπότε  $G_7 \leq 3032/2,7 \Rightarrow 303,8 \leq 1123$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_7 = 63,8 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12M στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ} = 51 \text{ Kg}$ .

Άρα  $F_{ε7} = Q_7 + F_{στ} \Rightarrow F_{ε7} = 63,8 + 51 \Rightarrow F_{ε7} = 114,8 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας M έχουμε:

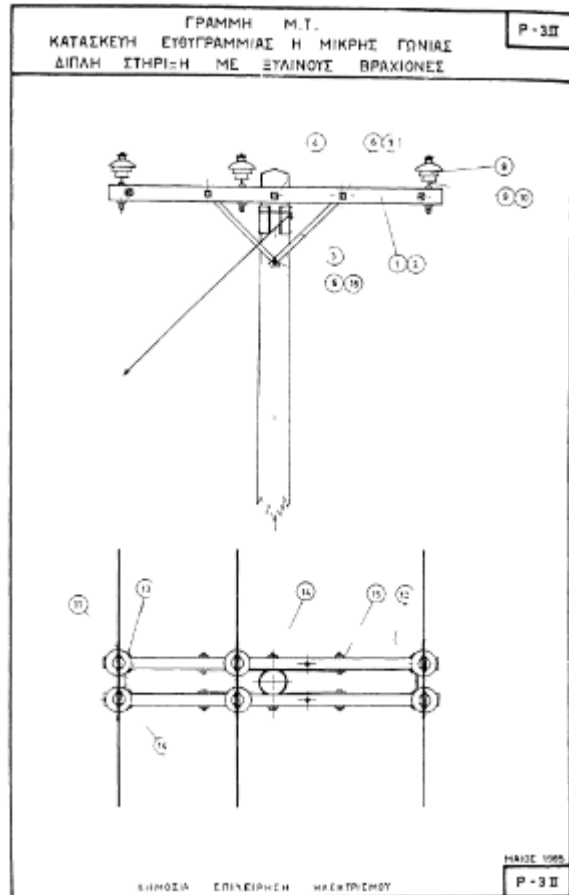
$F_{ε7} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 114,8 \leq 825/2,7 \Rightarrow 114,8 \leq 305,5$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

P-2II		ΓΡΑΜΜΗ Μ.Τ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Η ΜΙΚΡΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΔΙΠΛΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΜΕ ΞΥΛΙΝΟΥΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-3II	P-3EII
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500X120X100 mm	2	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΞΥΛΙΝΟΣ 2500X176X126 mm	-	2
3	ΑΝΗΡΙΔΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΥΣΜΕΝΗ	4	4
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΟΧΛΑΙΟ Μ 20 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΟΧΛΑΙΟ Μ 16 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	1
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΟΧΛΑΙΟ Μ 16 ΜΗΚΟΥΣ 130 mm	4	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΟΧΛΑΙΟ Μ 16 ΜΗΚΟΥΣ 150 mm	-	4
8	ΜΟΝΩΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΩΔΩΝΟΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΓΩΝΟΥ	6	6
9	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΜΟΝΩΤΗΡΑ Π.Τ. ΤΥΠΟΥ 1Α Η' 1Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΩΤΗΡΑ	6	-
10	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΜΟΝΩΤΗΡΑ Π.Τ. ΤΥΠΟΥ 2Α Η' 2Β ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΩΤΗΡΑ	-	6
11	ΥΑΤΙΚΑ ΠΡΟΣΔΕΣΣΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΩΤΗΡΑ ΣΤΟΝ ΜΟΝΩΤΗΡΑ ΚΑΤΑ FC-13 Η' FC-13 Π' Η' FC-27EII Η' FC-27IV ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΜΟΝΩΤΗΡΑ	3	3
12	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΚΟΧΛΙΣΤΟ Μ 20 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	2	2
13	ΠΕΡΙΟΧΛΑΙΟ Μ 20	8	8
14	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ ΦΩΣΟΣ mm ΟΠΗΣ 22 mm (ΕΙΔΟΣ 2)	10	10
15	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ ΦΩΣΟΣ mm ΟΠΗΣ 18 mm (ΕΙΔΟΣ 1)	4	4
16	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΔΟΚΑΣΤΙΑΣ (ΓΚΡΟΒΕΡ) ΟΠΗΣ 18 mm	1	1

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

- Η κατασκευή P-3EII εφαρμόζεται για μεγάλο κατακόρυφο ανοίγμα σύμφωνα με τις οδηγίες.
- Σε περίπτωση μωλός, οι μονωτήρες της δ' τάξεως τοποθετούνται πάντοτε σε θέση, ώστε ο στύλος να βρίσκεται στο κεντρικό της γωνίας των πινάκων ανεξάρτητα από τη διάταξη των φάσεων στους παρακείμενους στύλους.
- Όταν η διάμετρος των μονωτήρων (κώδωνος) είναι μεγαλύτερη από την απόσταση μεταξύ των στύλων στερέωσης των μονωτήρων αυτών, θα παρεμβάλλονται μετα-έξ' άκρων και στύλοι δύο ή περισσότεροι τετραγωνικοί παράκεκοι (είδος 2) ανάμεσα της διαμέτρου της κορυφής του στύλου.
- Όταν η κατασκευή P-3II γίνεται σε οριζόντιο επίπεδο, οι προσδέσεις των μονωτήρων στην ευθυγράμμιση, γίνονται πλευρικές. Των δύο ακραίων φάσεων από την πλευρά των μονωτήρων προς το στύλο, της μεσαίας δε φάσης από την πλευρά των μονωτήρων που βρίσκεται αντίθετα από το στύλο.

ΟΜ. 1999  
P 2II ΔΗΡΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



## Για τον στύλο 8

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $123,3^\circ$  με τον επόμενο, τον 9, και έχει με αυτόν υψομετρική διαφορά 1m και με τον προηγούμενο, τον 7, 1m.

## Έλεγχος βέλους

- Με τον 7

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 49^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+1^2)} / 49^2 = 0,008m.$$

- Με τον 9

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 38^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+1^2)} / 38^2 = 0,006m.$$

## Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_8 = n \cdot 0,5 \cdot L_{7-8} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{8-9} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{7-8} / L_{7-8} + h_{8-9} / L_{8-9}) + 150$$

$$G_8 = 3 \cdot 0,5 \cdot 49 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 38 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (1/49 + 1/38) + 150$$

$$G_8 = 16,5 + 12,8 + 65,9 + 150$$

$$G_8 = 245,2 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_8 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{7-8} + L_{8-9}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_8 = 3 \cdot 0,5 \cdot (49 + 38) \cdot (\sin 123,3 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_8 = 52 \text{ Kg.}$$

$$E_{\varphi_8} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{7-8} + L_{8-9}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\varphi_8} = 3 \cdot 0,5 \cdot (49 + 38) \cdot (\cos 123,3 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\varphi_8} = 28$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλο 7 και τον 9 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο της γωνίας των  $123,3^\circ$  και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_8 = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\varphi_8}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 123,3 / 2) + 1,78 \cdot 28) \cdot 1$$

$$P_8 = 3305 + 49,8 = 3355 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12M.

Οριζόντια δύναμη:

$$S_8 = P_8 / t = 3355 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_8 = S_8 \cdot \sqrt{(1 + t^2)} = 3355 \cdot \sqrt{(1 + 1^2)} = 4744 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου 2M.

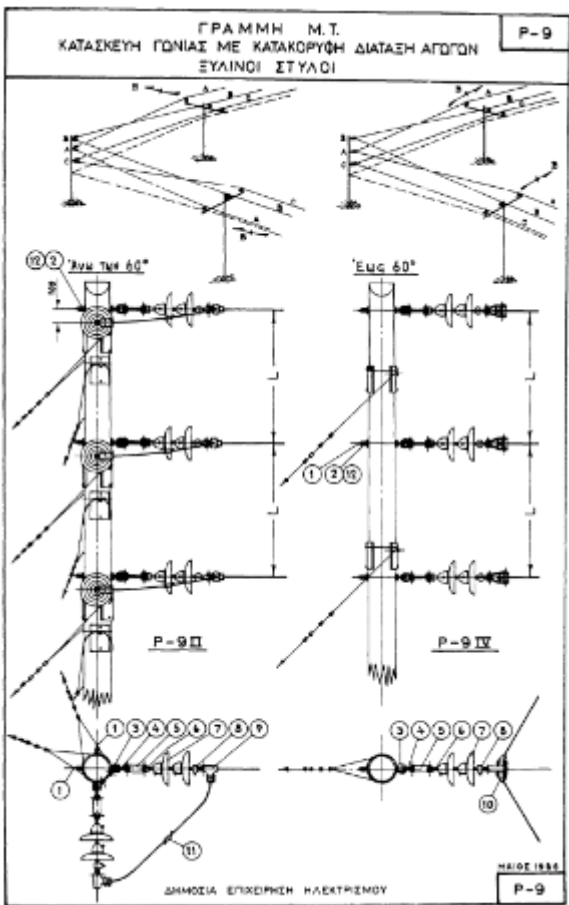
Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_8=245,2$  Kg. Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12M το όριο θραύσης είναι 3032 Kg, οπότε  $G_8 \leq 3032/2,7 \Rightarrow 245,2 \leq 1123$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_8=52$  Kg. Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12M στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ}=51$  Kg.

Άρα  $F_{ε8}=Q_8+F_{στ} \Rightarrow F_{ε8}=52+51 \Rightarrow F_{ε8}=103$  Kg. Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας M έχουμε:

$F_{ε8} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 103 \leq 825/2,7 \Rightarrow 103 \leq 305,5$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.



### Για τον στύλο 9

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $153,1^0$  με τον επόμενο, τον 10, και έχει με αυτόν υψομετρική διαφορά 10m και με τον προηγούμενο, τον 8, 1m.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 8

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 38^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+1^2)} / 38^2 = 0,006 \text{m.}$$

- Με τον 10

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 40^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+10^2)} / 40^2 = 0,05 \text{m.}$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_9 = n \cdot 0,5 \cdot L_{8-9} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{9-10} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{8-9} / L_{8-9} + h_{9-10} / L_{9-10}) + 150$$

$$G_9 = 3 \cdot 0,5 \cdot 38 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 40 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (1/38 + 10/40) + 150$$

$$G_9 = 12,8 + 13,5 + 393 + 150$$

$$G_9 = 569,3 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_9 = n \cdot 0,5 \cdot (L_{8-9} + L_{9-10}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_9 = 3 \cdot 0,5 \cdot (38 + 40) \cdot (\sin 153,1 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_9 = 51,6 \text{ Kg.}$$

$$E_{\phi 9} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{8-9} + L_{9-10}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\phi 9} = 3 \cdot 0,5 \cdot (38 + 40) \cdot (\cos 153,1 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\phi 9} = 12,4$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλο 8 και τον 10 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο της γωνίας των  $153.1^0$  και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_9 = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\phi 9}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 153,1 / 2) + 1,78 \cdot 12,4) \cdot 1$$

$$P_9 = 3653 + 22 = 3675 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12M.

Οριζόντια δύναμη:

$$S_9 = P_9/t = 3675 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_9 = S_9 * \sqrt{(1 + t^2)} = 3675 * \sqrt{(1 + 1^2)} = 5197 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου 2M.

### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_9 = 569,3 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 4 και για στύλο 12M το όριο θραύσης είναι 3032 Kg, οπότε  $G_9 \leq 3032/2,7 \Rightarrow 569,3 \leq 1123$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_9 = 51,6 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 5 και για στύλο 12M στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ} = 51 \text{ Kg}$ .

Άρα  $F_{ε9} = Q_9 + F_{στ} \Rightarrow F_{ε9} = 51,6 + 51 \Rightarrow F_{ε9} = 102,6 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας M έχουμε:

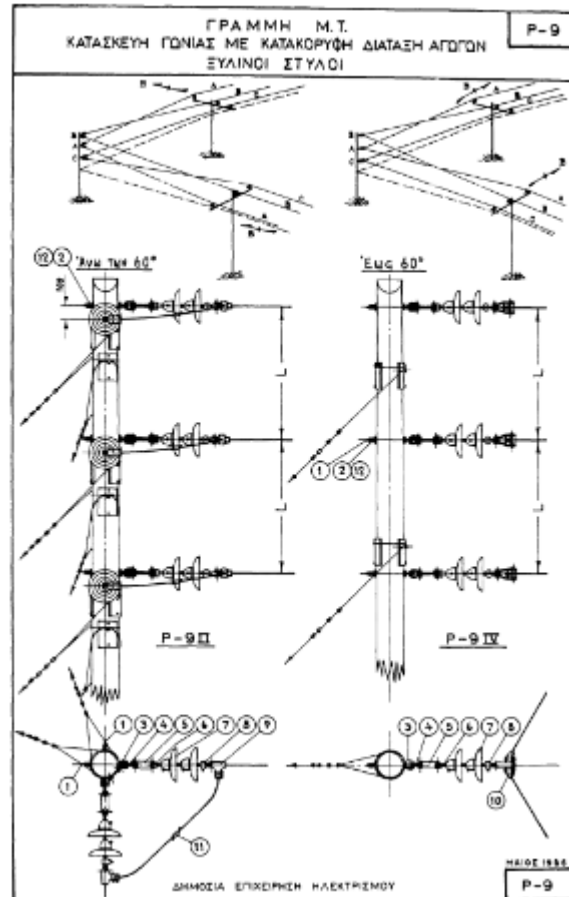
$F_{ε9} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 103 \leq 825/2,7 \Rightarrow 102,6 \leq 305,5$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

P-9		ΓΡΑΜΜΗ Π.Τ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΩΝΙΑΣ ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΓΩΓΩΝ ΕΥΛΙΝΟΙ ΣΤΥΛΟΙ	
Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Π Ο Σ Ο Τ Η Τ Α	
		P 9II	P-9IV
1	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΚΟΧΛΙΣΤΟ Μ 20 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΠΗΚΟΥΣ	6	3
2	ΠΕΡΙΦΟΧΑΙΟ Μ 20	12	0
3	ΠΕΡΙΦΟΧΑΙΟ ΜΕ ΚΡΙΚΟ Μ 20	6	3
4	ΝΑΥΤΙΚΟ ΚΛΕΙΔΙ	8	3
5	ΕΛΑΣΤΑ ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΕΩΣ ΜΟΝΩΤΗΡΩΝ Χ.Τ.	12	6
6	ΕΥΡΑΞΕΙΣ ΔΕΚΑΛΟΥ-ΚΕΦΑΛΗΣ	6	3
7	ΜΟΝΩΤΗΡΑΣ ΤΕΡΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΡΠΙΝΩΝΟΥ (2)	12	6
8	ΕΥΡΑΞΕΙΣ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΘΡΩΛΟΥ	6	3
9	ΥΛΙΚΑ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΤΑ FC-19II 'Η FC-21 'Η FC-29IV ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	6	-
10	ΥΛΙΚΑ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΣ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΤΑ FC-19II 'Η FC-29III ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	-	3
11	ΥΛΙΚΑ ΣΥΝΔΕΣΕΩΣ ΚΑΤΑ FC-9II 'Η FC-10I 'Η FC-10II ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ (ΑΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ)	3	-
12	ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 mm ΟΠΗΣ 22mm (ΕΙΣΑΙΣ 2)	6	3

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :**

1. Οι κατασκευές P 9II και P-9IV δεν εφαρμόζονται σε αστικές περιοχές.
2. Η απόσταση μεταξύ των αγωγών L είναι 100cm εφ'όσον δεν αναγράφεται σε η μελέτη διαφορετική.
3. Η κλίση της κορυφής του στύλου από την κατακόρυφο γίνεται κατά F=.
4. Στην κατασκευή P-9IV ο στύλος τοποθετείται 80cm εκτός του σημείου συνάντησης των επιθυγραμμίων στην εξωτερική διχοτόμο.
5. Ο σχεδιασμός των επιτόμων είναι ενδεικτικός.
6. Η θωρότητα των μονωτήρων είναι ενδεικτική. Ο αριθμός των δίσκων ανά άκρο και ο τύπος των μονωτήρων επιλέγονται σύμφωνα με την οδηγία διανομής Νο 41.

ΜΑΙΟΣ 1985  
P = 9  
ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



### Για τον στύλο 10

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη με γωνία με  $162^\circ$  με τον επόμενο, τον 11, και έχει με αυτόν υψομετρική διαφορά 4m και με τον προηγούμενο, τον 9, 10m.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 9

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = \frac{(w \cdot L^2)}{(8 \cdot T)} \cdot \sqrt{1+h^2} / L^2 = \frac{(0,582 \cdot 40^2)}{(8 \cdot 626)} \cdot \sqrt{1+10^2} / 40^2 = 0,05m.$$

- Με τον 11

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = \frac{(w \cdot L^2)}{(8 \cdot T)} \cdot \sqrt{1+h^2} / L^2 = \frac{(0,582 \cdot 46^2)}{(8 \cdot 626)} \cdot \sqrt{1+4^2} / 46^2 = 0,02m.$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_{10} = n \cdot 0,5 \cdot L_{9-10} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{10-11} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{9-10} / L_{9-10} + h_{10-11} / L_{10-11}) + 150$$

$$G_{10} = 3 \cdot 0,5 \cdot 40 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 46 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (10/40 + 4/46) + 150$$

$$G_{10} = 13,5 + 15,5 + 479 + 150$$

$$G_{10} = 658 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_{10} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{9-10} + L_{10-11}) \cdot (\sin \theta / 2) \cdot W_e$$

$$Q_{10} = 3 \cdot 0,5 \cdot (40 + 46) \cdot (\sin 162 / 2) \cdot 0,454$$

$$Q_{10} = 57,8 \text{ Kg.}$$

$$E_{\varphi_{10}} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{9-10} + L_{10-11}) \cdot (\cos \theta / 2) \cdot W_e$$

$$E_{\varphi_{10}} = 3 \cdot 0,5 \cdot (40 + 46) \cdot (\cos 162 / 2) \cdot 0,454$$

$$E_{\varphi_{10}} = 9,2$$

- Λόγω επιτόνου

Αρχικά επειδή το βέλος είναι σχεδόν μηδέν με τον στύλο 9 και τον 11 σημαίνει ότι στον στύλο ασκείται έλξη οπότε θα πρέπει να βάλουμε επίτονο στην διχοτόμο της γωνίας των  $162^0$  και με αντίθετη φορά.

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$$P_{10} = (2 \cdot n \cdot T \cdot (\sin \theta / 2) + 1,78 \cdot E_{\varphi_{10}}) \cdot t = (2 \cdot 3 \cdot 626 \cdot (\sin 162 / 2) + 1,78 \cdot 9,2) \cdot 1$$

$$P_{10} = 3710 + 16,4 = 3726,4 \text{ Kg.}$$

Από διάγραμμα 2 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12M.

Οριζόντια δύναμη:

$$S_{10} = P_{10} / t = 3726,4 \text{ Kg.}$$

Δύναμη επιτόνου:

$$F_{10} = S_{10} \cdot \sqrt{(1 + t^2)} = 3726,4 \cdot \sqrt{(1 + 1^2)} = 5270 \text{ Kg.}$$

Από πίνακα 3 επιλέγουμε συρματόσχοινο τύπου 2M.

Έλεγχος αντοχής

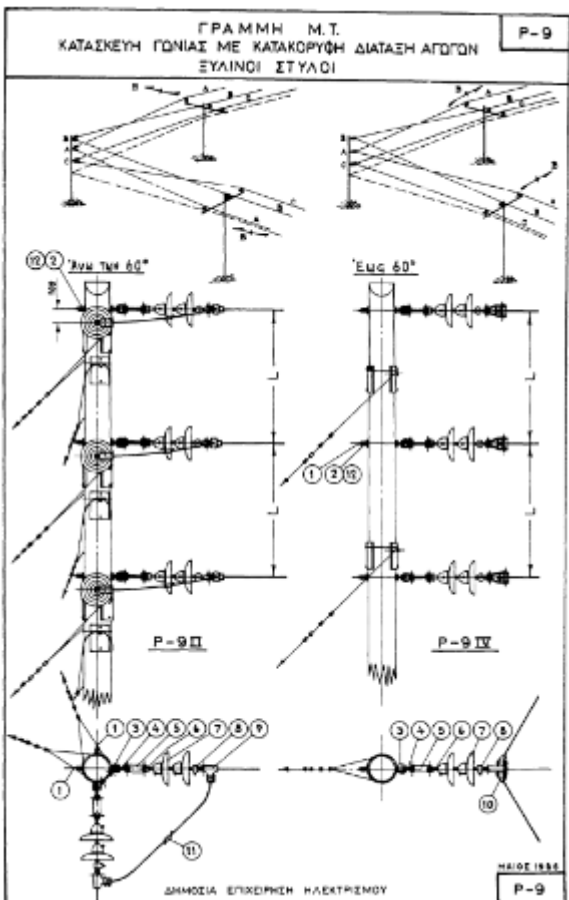


Υπολογίσαμε  $G_{10}=658$  Kg. Από τον πίνακα 4 κα για στύλο 12M το όριο θραύσης είναι 3032 Kg, οπότε  $G_{10} \leq 3032/2,7 \Rightarrow 658 \leq 1123$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_{10}=57,8$  Kg. Από τον πίνακα 5 κα για στύλο 12M στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{στ}=51$  Kg.

Άρα  $F_{ε10}=Q_{10}+F_{στ} \Rightarrow F_{ε10}=57,8+51 \Rightarrow F_{ε10}=108,8$  Kg. Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας M έχουμε:

$F_{ε10} \leq F_{θρ}/2,7 \Rightarrow 108,8 \leq 825/2,7 \Rightarrow 108,8 \leq 305,5$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.



### Για τον στύλο 11

Ο στύλος είναι ευθυγραμμίας σε οριζόντια διάταξη χωρίς γωνία με τον επόμενο, τον 12, και έχει με αυτόν υψομετρική διαφορά 3m και με τον προηγούμενο, τον 10, 4m.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 10

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 46^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+4^2)} / 46^2 = 0,02\text{m.}$$

- Με τον 12

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 34^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+3^2)} / 34^2 = 0,01\text{m.}$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_{11} = n \cdot 0,5 \cdot L_{10-11} \cdot W_k + n \cdot 0,5 \cdot L_{11-12} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{10-11} / L_{10-11} + h_{11-12} / L_{11-12}) + 150$$

$$G_{11} = 3 \cdot 0,5 \cdot 46 \cdot 0,225 + 3 \cdot 0,5 \cdot 34 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (4/46 + 3/34) + 150$$

$$G_{11} = 15,5 + 11,5 + 249 + 150$$

$$G_{11} = 426 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_{11} = n \cdot 0,5 \cdot (L_{10-11} + L_{11-12}) \cdot W_e$$

$$Q_{11} = 3 \cdot 0,5 \cdot (46 + 34) \cdot 0,454$$

$$Q_{11} = 54,5 \text{ Kg.}$$

- Λόγω επιτόνου

Κατακόρυφη δύναμη λόγω επιτόνου:

$P_{11} = 0$  διότι δεν υπάρχει γωνία ούτε είναι τερματικός.

Από διάγραμμα 1 βρίσκουμε ότι ο στύλος είναι τύπου 12E.

### Έλεγχος αντοχής

Υπολογίσαμε  $G_{11} = 426 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 4 κα για στύλο 12E το όριο θραύσης είναι 1528 Kg, οπότε  $G_{11} \leq 1528 / 2,7 \Rightarrow 426 \leq 764$  που ισχύει άρα στα κατακόρυφα φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Υπολογίσαμε  $Q_{11} = 54,5 \text{ Kg}$ . Από τον πίνακα 5 κα για στύλο 12E στην ελαφριά επιφόρτιση είναι  $F_{\sigma t} = 43 \text{ Kg}$ .

Άρα  $F_{E11} = Q_{11} + F_{στ} \Rightarrow F_{E11} = 54,5 + 43 \Rightarrow F_{E11} = 97,5$  Kg. Από τον πίνακα 6 και για στύλο κατηγορίας Ε έχουμε:

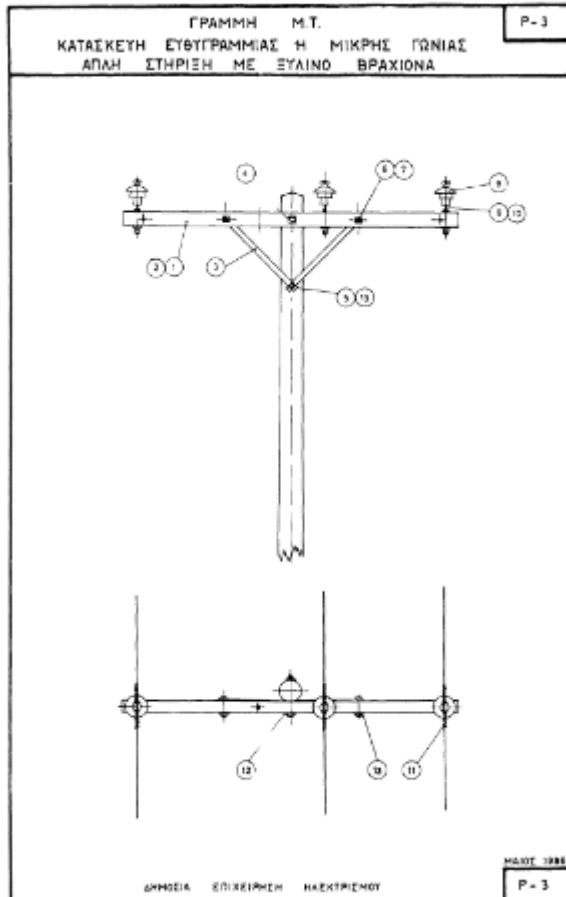
$F_{E11} \leq F_{θρ} / 2,7 \Rightarrow 97,5 \leq 500 / 2,7 \Rightarrow 97,5 \leq 185$  που ισχύει άρα στα οριζόντια φορτία ο στύλος μας καλύπτει.

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	
		P-3	P-3E
1	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΣΥΛΙΝΟΣ 2500X120X100 mm	1	-
2	ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΣΥΛΙΝΟΣ 2500X176X126 mm	-	1
3	ΑΝΤΗΡΙΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΠΕΠΛΑΤΥΣΜΕΝΗ	2	2
4	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 20 ΑΠΑΙΤΟΥΡΕΣΟΥ ΡΗΚΟΥΣ	1	1
5	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΑΠΑΙΤΟΥΡΕΣΟΥ ΡΗΚΟΥΣ	1	1
6	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΡΗΚΟΥΣ 120 mm	2	-
7	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕ ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΟ Μ 16 ΡΗΚΟΥΣ 150 mm	-	2
8	ΡΟΛΟΤΙΡΑΣ ΤΥΠΟΥ ΚΩΔΩΝΟΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΔΗΛΟΥ ΡΗΚΟΥΣ ΕΡΠΙΣΤΡΟΥ	3	3
9	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΛΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 1Α Μ' 18 ΑΜΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΛΟΤΗΡΑ	3	-
10	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΡΟΛΟΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ 2Α Μ' 28 ΑΜΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΡΟΛΟΤΗΡΑ	-	3
11	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΑΡΤΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΣΤΟΝ ΡΟΛΟΤΗΡΑ ΚΑΤΑ FC-9C Η' FC-11 Η' FC-271 Η' FC-2711 ΑΜΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	3
12	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60X60 mm ΟΡΗΣ 22 mm (ΕΙΔΟΣ 2)	2	2
13	ΠΑΡΑΚΥΚΛΟΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60X60 mm ΟΡΗΣ 18 mm (ΕΙΔΟΣ 1)	3	3

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

1 Η κατασκευή P-3E εφαρμόζεται για μεγάλα κατακόρυφα ανοίγματα σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΟΚΤ. 1986  
P-2  
ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ



### Για τους στύλους 12

Οι στύλοι είναι τερματικοί και έχουν υψομετρική διαφορά με τον προηγούμενο, τον 11, 3m.

### Έλεγχος βέλους

- Με τον 11

Με υψομετρική διαφορά.

$$d = (w \cdot L^2) / (8 \cdot T) \cdot \sqrt{(1+h^2)} / L^2 = (0,582 \cdot 34^2) / (8 \cdot 626) \cdot \sqrt{(1+3^2)} / 34^2 = 0,01m.$$

### Υπολογισμός φορτίων

- Κατακόρυφα G

$$G_{12} = n \cdot 0,5 \cdot L_{11-12} \cdot W_k + n \cdot T_k \cdot (h_{11-12} / L_{11-12}) + 150$$

$$G_{12} = 3 \cdot 0,5 \cdot 34 \cdot 0,225 + 3 \cdot 474 \cdot (3/34) + 150$$

$$G_{12} = 11,5 + 125 + 150$$

$$G_{12} = 286,5 \text{ Kg.}$$

- Οριζόντια Q

$$Q_{12} = n \cdot 0,5 \cdot L_{11-12} \cdot W_e$$

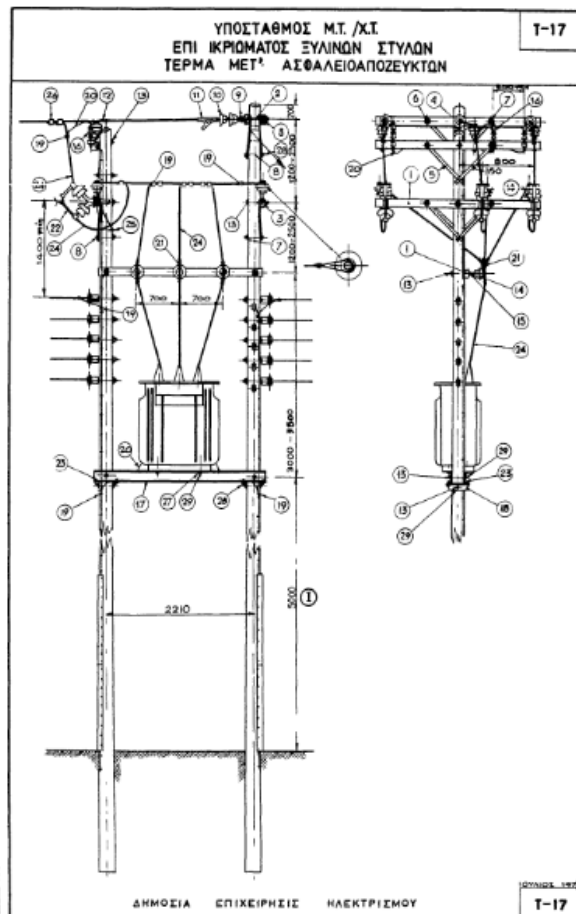
$$Q_{12} = 3 \cdot 0,5 \cdot 34 \cdot 0,454$$

$$Q_{12} = 23 \text{ Kg.}$$

Θα χρησιμοποιηθούν δυο στυλοι 13B διότι προκειται για τερματισμό δικτύου και κατασκευη υποσταθμου διανομής 20KV/400V.

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	ΛΟΓ. ΣΥΝ.
1.	ΒΡΑΧΙΟΝ ΣΥΛΙΝΟΥ 2,5 m	6	354
2.	ΣΤΗΛΑΙΟΙ ΚΟΙΛΩΝ ΜΕΤΑ 3 ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΩΝ 20 β ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	2	354
3.	ΠΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΣ 60x60 mm ΟΥΣΗ 23 mm	17	354
4.	ΣΤΗΛΑΙΟΙ ΚΟΙΛΩΝ ΜΕΤΑ 2 ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΩΝ 20 β ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	1	354
5.	ΑΝΤΕΡΠΙΣ ΒΡΑΧΙΟΝΟΣ ΠΡΗΛΑΤΙΣΜΕΝΗ	12	354
6.	ΚΟΙΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 16β ΜΗΚΟΥΣ 120 mm "H 130 mm "H 200 mm	10	354
7.	ΠΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΠΡΟΤΥΛΑΚΟΣ ΟΥΣΗ 18 mm	13	354
8.	ΚΟΙΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 16 β ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	4	354
9.	ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΩΝ ΜΕΤ' ΟΥΣΗ ΠΡΟΔΙΑΣΘΕΝΣ	3	354
10.	ΜΟΝΟΤΗΡ ΤΕΡΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΛΑΒΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΠΙΤΙΜΟΥ	6	355
11.	ΥΛΙΚΑ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΤΑ ΡΟ-19I "H ΡΟ-19II "H ΡΟ-21 "H ΡΟ-21IV, ΑΝΑΛΟΓΕ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ, "H ΡΟ-11 "H ΡΟ-21I "H ΡΟ-21II ΑΝΑΛΟΓΕ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	3	355
12.	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΔΙΑΣΘΕΝΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΗΛΙ ΤΟΥ ΜΟΝΟΤΗΡΟΣ ΚΑΤΑ ΡΟ-9 "H ΡΟ-11 "H ΡΟ-21I "H ΡΟ-21II ΑΝΑΛΟΓΕ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ	9	354
13.	ΚΟΙΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 20 β ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	12	355
14.	ΜΟΝΟΤΗΡ ΜΗΤΟΥ ΚΩΔΩΝΟΣ Μ.Τ. ΚΑΤΑΛΑΒΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΕΠΙΤΙΜΟΥ	12	354
15.	ΣΤΕΡΗΤΑ ΜΟΝΟΤΗΡΟΣ	12	354
16.	ΑΔΕΙΣΚΕΡΑΤΗΡΗΟΝ Μ.Τ.	3	358
17.	ΒΑΛΑΝΑ ΒΑΡΑΝΣΕΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Η ΜΗΚΟΥΣ 2.700 mm	2	354
18.	ΓΩΝΙΑΚΟΝ ΒΑΛΑΝΑ ΣΤΡΕΠΣΕΩΣ 70x70x6 mm	4	354
19.	ΚΟΙΛΙΟΕΥΡΩΣΤΗΡ ΜΕΤ' ΕΥΚΟΜΗΣ ΔΙ' ΑΓΩΓΩΝ ΧΑΛΚΙΝΩΝ 16 mm	21	355
20.	ΑΓΩΓΟΣ ΧΑΛΚΙΝΟΣ 16 mm <sup>2</sup> ΜΟΝΟΚΩΛΗΝΟΣ	8 m	355
21.	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΔΙΑΣΘΕΝΣ ΚΑΤΑ ΡΟ-27I ΔΙ' ΑΓΩΓΩΝ 16 mm <sup>2</sup>	3	355
22.	ΑΔΕΙΣΚΕΡΑΤΗΡΕΣ Μ.Τ. ΜΕΤ' ΑΔΕΙΣΚΕΡΟΝΟΣ	3	358
23.	ΚΟΙΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 16β ΜΗΚΟΥΣ 40 mm	8	354
24.	ΑΓΩΓΟΣ ΜΕΜΟΡΜΕΝΟΣ 16 mm <sup>2</sup> Ζ.Τ. (P.V.C. "H ΒΟΥΤΙΛ-ΜΕΡΦΡΕΝ) "H ΑΓΩΓΟΣ ΠΟΛΥΚΩΛΗΝΟΣ ΧΑΛΚΟΥ 16 mm <sup>2</sup>	33 m	355
25.	ΣΤΡΩΣΗ 1/2" ΜΗΚΟΥΣ 4"	1	354
26.	ΥΛΙΚΑ ΣΤΡΩΣΕΩΣ ΚΑΤΑ ΡΟ-5II "H ΡΟ-50II ΑΝΑΛΟΓΕ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ	3	355
27.	ΚΟΙΛΙΑΣ ΜΕΤΑ ΠΕΡΙΦΟΡΑΙΟΥ 20 β ΜΗΚΟΥΣ 45 mm	4	354
28.	ΠΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΑΣΦΑΛΤΙΑΣ ΟΥΣΗ 18 mm	9	354
29.	ΠΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΑΣΦΑΛΤΙΑΣ ΟΥΣΗ 23 mm	8	354

ΣΗΜ. 1  
 - Η κατασκευή ή γέμισις συμφώνως προς τας δόμους.  
 - Η διάστασις I όλων όλων τμημάτων δύνανται ν' αλλοθθ, εφ' όσον απαιτηται εκ της μελέτης.  
 - Τοποθετηται βραχίονας τερματισμού της γραμμής συμφώνως προς τας δόμους.  
 II-εις περιπτώσις ένωθ εφαρμόζεται ή έμισις γέμισις, προσθέεται Ρ-290, όποτε εκ έθ' όριθ. 3 κατ' 13 όλιμά μετρήονται κατά 1 τεμ.



### 6.3 Πίνακες

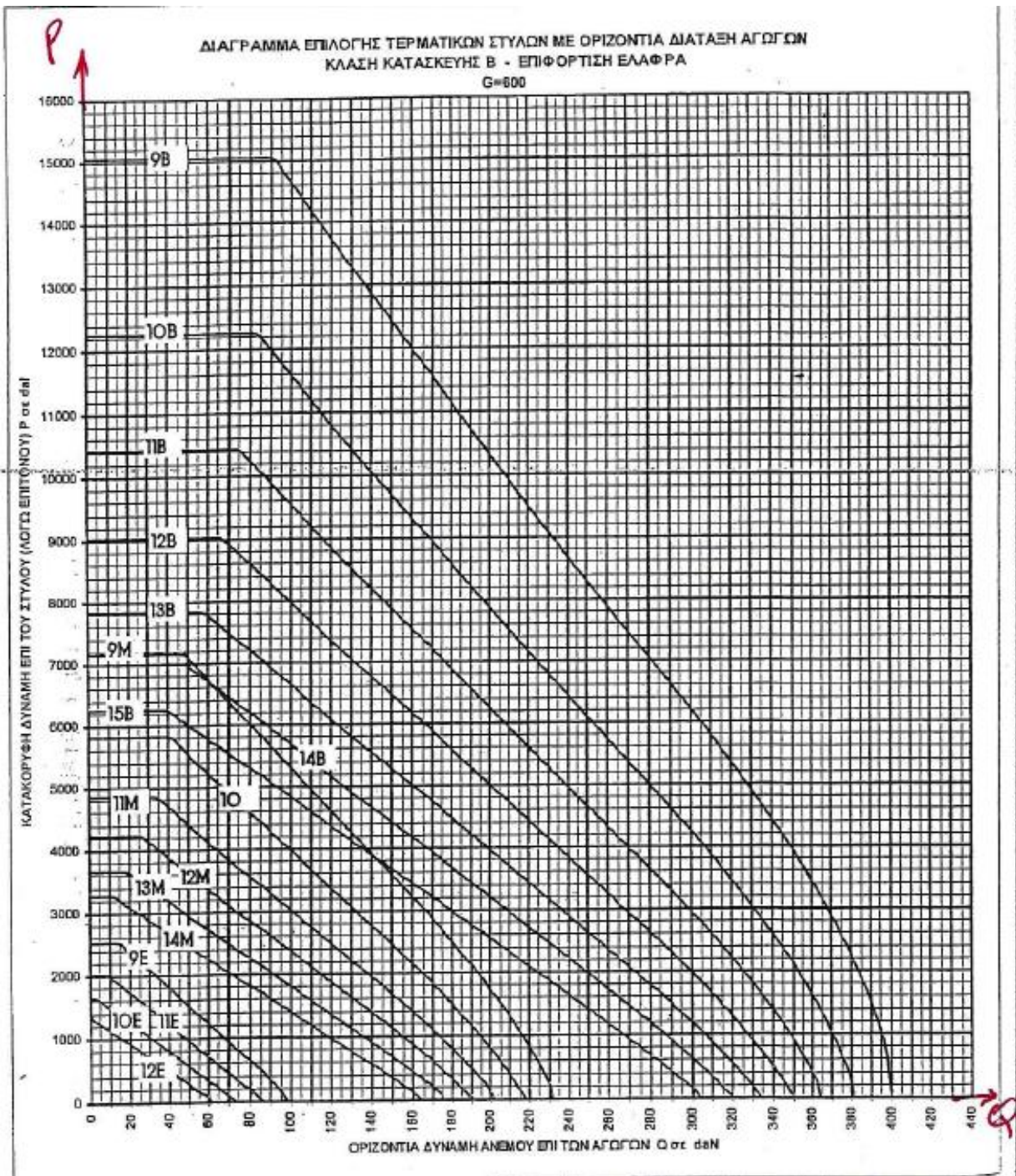
ΕΙΔΙΚΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΑ ΑΓΩΓΟ ΣΕ daNm (Υpertans.xls)														
Αγωγός	ΕΛΑΦΡΑ		ΜΕΣΗ		ΒΑΡΙΑ		ΥΠΕΡΒΑΡΙΑ		ΕΒ/20		ΕΒ/40		ΕΒ/60	
	WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK	WE	WK
16 ACSR	0.306	0.102	0.399	0.353	0.659	0.846								
35 ACSR	0.454	0.225	0.466	0.538	0.726	1.093	1.222	2.824						
95 ACSR	0.759	0.609	0.605	1.061	0.865	1.735	1.361	3.712	3.345	20.430	4.745	40.711	5.945	63.681
16 CU	0.226	0.144	0.363	0.361	0.623	0.819	1.119	2.366						
35 CU	0.334	0.315	0.412	0.577	0.672	1.082	1.168	2.718						
95 CU	0.557	0.857	0.513	1.214	0.773	1.812	1.269	3.626	3.253	19.692				
30 συνιστρMT	3.080	3.200	1.660	4.625	1.920	6.291	2.415	10.143	4.400	34.358				
30 συνιστρMT	3.960	4.900	2.060	6.697	2.320	8.736	2.816	13.298	4.800	40.356				
16 AL	0.292	0.075	0.393	0.319	0.653	0.806								
35 AL	0.425	0.157	0.453	0.458	0.713	1.001								
50 AL	0.517	0.229	0.495	0.569	0.755	1.151								
30 συνιστρΧΤ	1.452	1.175	0.920	1.911	1.180	2.885								
30 συνιστρΧΤ	1.935	1.900	1.140	2.840	1.400	4.023								
30 συνιστρΧΤ	0.948	0.705	0.445	0.576	0.678	1.065								

Το βάρος του αγωγού είναι όσο το WK στην ΕΛΑΦΡΑ επιφόρτιση

Πίνακας 1: Ειδικά εγκάρσια και κατακόρυφα φορτία ανά αγωγό.



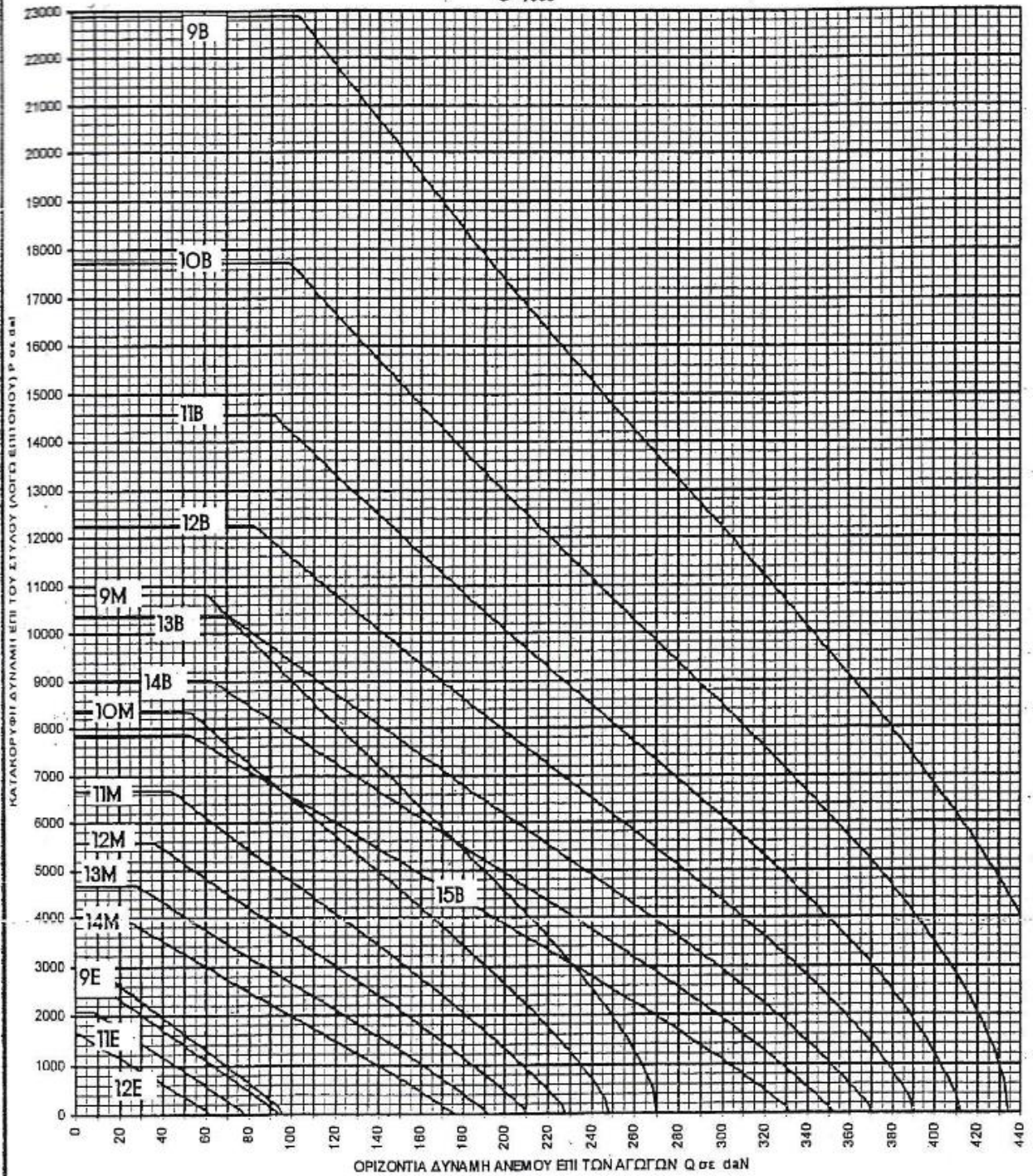




Διάγραμμα 1: Επιλογή στύλου για G=600.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΥΛΩΝ ΜΕ ΚΑΤΚΟΡΥΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΓΩΓΩΝ  
 ΚΛΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ Β - ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ ΕΛΑΦΡΑ  
 G=1000



Διάγραμμα 2: Επιλογή στύλου για G=1000.



ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΥΡΜΑΤΟΣΧΟΙΝΩΝ ΕΠΙΤΟΝΩΝ ΣΕ daN (ΕΡΓΟΝΟΜΙΧΕΣ)				
Κατηγορία επιτόνου	Συμβολισμός	Φορτίο θραύσης	Επιτρεπόμενο Φορτίο Κλάση B	Επιτρεπόμενο Φορτίο Κλάση A
			συντελ. ασφ. $v=1,35$	συντελ. ασφ. $v=1,7$
Ελαφρύς	E	1740	1289	1024
Μέσιος	M	3630	2689	2135
Βαρύς	B	6580	4874	3871
Διπλός E	2E	3480	2578	2047
Τριπλός E	3E	5220	3867	3071
Διπλός M	2M	7260	5378	4271
Τριπλός M	3M	10890	8067	6406
Διπλός B	2B	13160	9748	7741
Τριπλός B	3B	19740	14622	11612

Πίνακας 3: Μέγιστα επιτρεπόμενα φορτία σε επίτονα.

ΣΤΥΛΟΣ	h (cm)	d1(cm)	d0 (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	P max
9E	725	19.5	12.25	4456.455732	1976.987962
10E	825	20.5	12.25	5177.824736	1773.903089
11E	925	21.5	12.25	5973.118662	1627.826515
12E	1015	22.4	12.25	6755.06944	1528.932015
9M	705	22.74	15.265	8806.794525	4131.712281
10M	805	23.8	15.265	10096.65121	3633.088979
11M	905	24.85	15.265	11492.79505	3272.042566
12M	995	25.81	15.265	12876.87549	3032.87685
13M	1095	26.87	15.265	14529.46028	2825.606526
14M	1185	27.82	15.265	16125.6734	2677.759694
9B	695	25.92	18.275	15613.92365	7537.596467
10B	795	27	18.275	17648.1161	6511.102558
11B	885	28	18.275	19682.5405	5859.830495
12B	975	29	18.275	21867.59659	5363.919645
13B	1075	30.1	18.275	24451.55856	4933.78317
14B	1165	31.1	18.275	26970.45212	4633.688312
15B	1265	32.2	18.275	29934.68378	4361.983968

Πίνακας 4: Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη επί στύλων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΞΥΛΙΝΩΝ ΣΤΥΛΩΝ						
Karstyl.xls						
Κατηγορίες	Διάμετρος		Όγκος	Βάρος	Ανεμοπίεση- $F_{et}$	
	Βάσης	Κορυφής			Καν.+Βαρ.	Ελαφρά
	$d_B$	$d_T$	V	GS	$p_{20} \text{ Kg/m}^2$	$p_{44} \text{ Kg/m}^2$
	cm	cm	$\text{m}^3$	Kg	Kg	Kg
9E	20.8	12	0.195	160	14	30
10E	21.8	12	0.231	180	16	34
11E	22.8	12	0.270	220	17	38
12E	23.8	12	0.313	250	19	43
9M	24.3	15	0.278	220	17	37
10M	25.3	15	0.326	260	19	41
11M	26.3	15	0.378	300	21	46
12M	27.3	15	0.433	350	23	51
13M	28.3	15	0.494	400	26	56
14M	29.3	15	0.558	450	28	62
9B	27.8	18	0.376	300	20	43
10B	28.8	18	0.438	350	22	48
11B	29.8	18	0.504	410	25	54
12B	30.8	18	0.574	460	27	60
13B	31.8	18	0.649	520	30	66
14B	32.8	18	0.729	570	33	72
15B	33.8	18	0.815	650	35	78

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά ξύλινων στύλων.

Κατηγορία ξυλ. Στύλων	Συμβολισμός	Ελάχιστη διάμετρος κορυφής (cm)	Φορτίο θραύσης (daN)	Κωνικότητα cm/m
		$d_t$	$F_{et}$	$t$
Ελαφρός	E	12	500	1
Μέσος	M	15	825	1,06
Βαρύς	B	18	1250	1,1

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά – μέγιστο φορτίο θραύσης στύλων ανά κατηγορία.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολήθηκε με την μελέτη επέκτασης δικτύου μέσης τάσης. Στο χώρο της κατασκευής δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, την πλήρη επίβλεψη και ευθύνη στον τομέα της ενέργειας κατέχει η δημόσια επιχείρηση (ΔΕΗ). Με την απελευθέρωση στον ενεργειακό χώρο, φτάσαμε τελικά στη δημιουργία του ΔΕΔΔΗΕ, ώστε να διευκολυνθεί ο ανταγωνισμός ανάμεσα στη ΔΕΗ και τις νεοσύστατες επιχειρήσεις. Παραχωρώντας τα δίκτυα διανομής αυτά η ΔΕΗ, δεσμεύει τον ΔΕΔΔΗΕ να ακολουθήσει τους κανόνες που έχει θεσπίσει για την προστασία, κατασκευή και συντήρηση τους.

Το ότι αναφερόμαστε σε ένα κύριο αγαθό, όπως αυτό της ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να μας κάνει αρκετά προσεκτικούς στο θέμα της αξιοπιστίας και ασφάλειας των δικτύων. Η δουλειά του μελετητή είναι εξαιρετικά σοβαρή και δύσκολη. Πρέπει να τηρηθούν όλα τα όρια ασφαλείας, είτε πρόκειται για κατοικημένες περιοχές, είτε για απλές γεωργικές εκτάσεις. Πρέπει να εξασφαλίσει την αξιόπιστη λειτουργία του δικτύου διανομής, προβλέποντας πιθανές πτώσεις τάσης, υπερφορτώσεις δικτύου, ακραίες καιρικές συνθήκες.

Η δυσκολία της δουλειάς αυτής, εκτός από την γνώση και εξοικείωση η οποία χρειάζεται γύρω από το συγκεκριμένο τομέα, είναι πως όλα τα παραπάνω πρέπει να σχεδιαστούν σε συνάρτηση με το κόστος του κάθε έργου. Υπάρχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης των ήδη υπάρχοντων υλικών και τεχνικών. Σίγουρα, γίνονται μελέτες για την ανεύρεση νέων υλικών, ελαφρύτερων και σίγουρα φθηνότερων. Νέες τεχνικές κατασκευής ανακαλύπτονται. Και όλα αυτά με στόχο την ποιοτικότερη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος και της μείωσης του κόστους επιβάρυνσης στον καταναλωτή.

Τέλος, το έργο που επιτελείται σε αυτό το χώρο είναι τεράστιο. Προλαμβάνει συνεχείς εργασίες συντήρησης και κατασκευής νέων δικτύων, τήρηση αυστηρών κανόνων ασφαλείας, εντατικοί έλεγχοι και ικανοποιητική βαθμίδα αξιοπιστίας του δικτύου, με ελάχιστες, πλέον, πτώσεις τάσεις, ειδικότερα στα μεγάλα αστικά κέντρα.

Επειδή πάντα, όμως, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης, δεν πρέπει κανείς να επαναπαύεται. Αυτή είναι η φύση της επιστήμης και η αντικειμενική δουλειά ενός μηχανικού σε όποιον τομέα κι αν εργάζεται.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βουρνάς Κ., Κονταξής Γ., Εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 2010.
- [2] ΔΕΗ, Τυποποιημένες κατασκευές διανομής, τόμος 2, 3η έκδοση, Ιανουάριος 1984.
- [3] Λαμπρόπουλος Κ., Μελέτη ηλεκτρικών δικτύων διανομής, ΔΕΗ, 2002.
- [4] Μαλατέστας Π., Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, 2η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, 2016.
- [5] Μπιτζιώνης Β., Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, 2η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, 2015.
- [6] Ντοκόπουλος Π., Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, εκδόσεις Ζήτη, 2005.
- [7] Ξάνθος Β., Παράγωγη, μεταφορά, διανομή, μέτρηση και εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, εκδόσεις Ζήτη, 1999.
- [8] Σχοινάς Ν., Σημειώσεις μαθήματος Μεταφορά & Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας, ΤΕΙ Πατρών.
- [9] Σχοινάς Ν., Σημειώσεις μαθήματος Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Ισχύος, ΤΕΙ Πατρών.
- [10] <https://www.dei.gr>
- [11] <http://www.deddie.gr>
- [12] <http://www.rae.gr>