

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1694**

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ  
ΜΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ**

**ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2019**

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται η μελέτη πτώσης τάσης σε μια γραμμή διανομής χαμηλής τάσης στην περιοχή των Αχαρνών, Αθήνα. Η γραμμή έχει μήκος 369 μέτρα και αποτελείται και από δύο διακλαδώσεις 25 και 35 μέτρα έκαστη.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται η μελέτη πτώσης τάσης σε μια γραμμή διανομής χαμηλής τάσης στην περιοχή των Αχαρνών, Αθήνα. Η γραμμή έχει μήκος 369 μέτρα και αποτελείται και από δύο διακλαδώσεις 25 και 35 μέτρα έκαστη.

Στα δίκτυα χαμηλής τάσης, η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι 4% ή 9.2 Volt καθ'όλο το δίκτυο. Εάν η πτώση τάσης σε ένα κομμάτι του δικτύου υπερβαίνει την ανωτέρω τιμή, προτείνονται οι παρακάτω λύσεις

- § Χρησιμοποίηση καλωδίου με μικρότερη ωμική και χωρητική αντίσταση
- § Χρήση μεθόδων αντιστάθμισης

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια περιγραφή των ειδών των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι υποσταθμοί και οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα για τον υποβιβασμό ή την ανύψωση της τάσης

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των στύλων και των εξαρτημάτων στερέωσης των καλωδίων που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα, καθώς και περιγραφή των χρησιμοποιούμενων καλωδίων

Τέλος στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο πραγματοποιείται η περιγραφή της γραμμής και η μελέτη της

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                  |     |
|------------------|-----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....   | I   |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....   | II  |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ..... | III |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 1   |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

|  |    |
|--|----|
| ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ..... | 5  |
| 1.1 Τύποι παροχών μέσης τάσης.....                   | 10 |
| 1.1.1 Παροχή τύπου A1 και A2 .....                   | 11 |
| 1.1.2 Παροχή τύπου B1 και B2 .....                   | 11 |
| 1.2 Δίκτυα μέσης τάσης .....                         | 12 |
| 1.2.1 Ακτινικά δίκτυα .....                          | 12 |
| 1.2.2 Βροχοειδή δίκτυα.....                          | 13 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

|  |    |
|--|----|
| ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΤ.....                             | 15 |
| 2.1 Υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης .....                        | 15 |
| 2.2 Συντήρηση Υποσταθμών Μέσης Τάσης 20KV .....                    | 18 |
| 2.2.1 Ενδεικτικές εργασίες συντήρησης Υποσταθμού Μέσης<br>Τάσης 19 |    |
| 2.2.2 Ετήσια συντήρηση Μετασχηματιστών Ισχύος .....                | 20 |
| 2.2.3 Ετήσια συντήρηση Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης .....          | 21 |
| 2.3 Αρχή λειτουργίας Μετασχηματιστών .....                         | 22 |
| 2.3.1 Μετασχηματιστές τροφοδοσίας .....                            | 23 |
| 2.3.2 Μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων. ....                     | 24 |
| 2.3.3 Μετασχηματιστές ρεύματος. ....                               | 24 |

|                                 |  |    |
|---------------------------------|--|----|
| 2.3.4                           | Αυτομετασχηματιστές .....  | 25 |
| 2.3.5                           | Μετασχηματιστές υψηλής τάσης.....  | 25 |
| 2.4                             | Πώς είναι κατασκευασμένος ο μετασχηματιστής ξηρού τύπου με μόνωση χυτο-ρητίνης ..... | 26 |
| 2.5                             | Πώς είναι κατασκευασμένος ο μετασχηματιστής με μόνωση λαδιού .....                   | 30 |
| <br><b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u></b>    |  |    |
| ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ .....        |  | 34 |
| 3.1                             | Στύλοι .....   | 34 |
| 3.2                             | Εξαρτήματα στύλων .....  | 35 |
| 3.3                             | Υλικά επιτόνωσης και θεμελίωσης.....   | 35 |
| 3.4                             | Υλικά γειώσεων .....   | 36 |
| 3.5                             | Αγωγοί και εναέρια καλώδια.....  | 36 |
| 3.6                             | Εξαρτήματα αγωγών και εναέριων καλωδίων.....   | 37 |
| 3.7                             | Υλικά εναέριων υποσταθμών .....  | 38 |
| 3.8                             | Υλικά προστασίας και ζεύξης δικτύων .....  | 38 |
| 3.9                             | Υπόγεια καλώδια .....  | 39 |
| 3.10                            | Εξαρτήματα υπόγειων καλωδίων .....   | 39 |
| 3.11                            | Υλικά παροχετεύσεων .....  | 39 |
| <br><b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u></b>    |  |    |
| Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ..... |  | 41 |
| 4.1                             | Η παρουσίαση της γραμμής .....   | 41 |
| 4.2                             | Ο υπολογισμός της πτώσης τάσης .....   | 43 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....              |  | 48 |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με περίπου 7,4 εκατομμύρια πελάτες. Διαθέτει μια μεγάλη υποδομή σε εγκαταστάσεις ορυχείων λιγνίτη, παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει περίπου το 68% της εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Μετά την απόσχιση των κλάδων Μεταφοράς και Διανομής, δημιουργήθηκαν δύο 100% θυγατρικές εταιρείες της ΔΕΗ Α.Ε., ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.) και ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.). Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη της διαχείρισης, λειτουργίας, ανάπτυξης και συντήρησης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των διασυνδέσεών του, ενώ ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη για την διαχείριση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής της ΔΕΗ το 2012 ανήλθε σε 12.5 GW. Ο αριθμός του μισθοδοτούμενου τακτικού προσωπικού ανερχόταν 19.998.

Στον τομέα των ΑΠΕ, η ΔΕΗ δραστηριοποιείται μέσω της θυγατρικής της «ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε.», έχοντας στο χαρτοφυλάκιό της αιολικά πάρκα, μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς καθώς και φωτοβολταϊκούς, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 116 MW (μη συμπεριλαμβανομένων των σταθμών στους οποίους η ΔΕΗ Ανανεώσιμες συμμετέχει μέσω κοινοπραξιών, από την εγκατεστημένη ισχύ των οποίων της αναλογούν 29 MW). Η ΔΕΗ Α.Ε. ιδρύθηκε το 1950, ενώ από 12.12.2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου.

## **Ιστορική αναδρομή: ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα**

Το 1889 φτάνει το "ηλεκτρικό" στην Ελλάδα. Η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών, κατασκευάζει στην Αθήνα, στην οδό Αριστείδου, την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Το πρώτο κτίριο που φωτίζεται είναι τα Ανάκτορα και πολύ σύντομα ο ηλεκτροφωτισμός επεκτείνεται στο ιστορικό κέντρο της Πρωτεύουσας. Τον ίδιο χρόνο η τουρκοκρατούμενη Θεσσαλονίκη θα δει κι αυτή το ηλεκτρικό φως καθώς Βελγική Εταιρεία αναλαμβάνει απ' τις Τουρκικές αρχές το φωτισμό και την τροchioδρόμηση της Πόλης με την κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Δέκα χρόνια αργότερα οι πολυεθνικές εταιρίες ηλεκτρισμού κάνουν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα. Η αμερικανική εταιρία Thomson-Houston με τη συμμετοχή της Εθνικής Τράπεζας θα ιδρύσει την Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρία που θα αναλάβει την ηλεκτροδότηση κι άλλων μεγάλων Ελληνικών πόλεων. Μέχρι το 1929 θα ηλεκτροδοτηθούν 250 πόλεις με πληθυσμό πάνω από 5.000 κατοίκους.

Στις πιο απόμακρες περιοχές, που ήταν ασύμφορο για τις μεγάλες εταιρίες να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, την ηλεκτροδότηση αναλαμβάνουν ιδιώτες ή δημοτικές και κοινοτικές αρχές κατασκευάζοντας μικρά εργοστάσια.

Το 1950 υπήρχαν στη Ελλάδα 400 περίπου εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιούσαν ήταν το πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας που φυσικά εισάγονταν από το εξωτερικό.

Η κατάτμηση αυτή της παραγωγής, σε συνδυασμό με τα εισαγόμενα καύσιμα, εξωθούσε την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος στα ύψη (τριπλάσιες ή και πενταπλάσιες τιμές απ' αυτές που ίσχυαν στις Ευρωπαϊκές χώρες). Το ηλεκτρικό λοιπόν ήταν ένα αγαθό πολυτελείας, αν και τις περισσότερες φορές παρεχόταν με ωράριο και οι ξαφνικές διακοπές ήταν σύνηθες φαινόμενο. Για να εξαπλωθεί η ηλεκτρική ενέργεια ομοιόμορφα σε όλη τη χώρα και για να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά τόσο στη βιομηχανία όσο και στην ύπαιθρο, έπρεπε να υπάρξουν οι εξής προϋποθέσεις:

- § Αξιοποίηση των εγχώριων πλουτοπαραγωγικών πόρων, που απαιτούσε όμως τεράστιες επενδύσεις, οι οποίες δεν μπορούσαν να πραγματοποιηθούν από τους μεμονωμένους βιομηχάνους παραγωγής ενέργειας.
- § Ενοποίηση της παραγωγής σε ενιαίο διασυνδεδεμένο δίκτυο, ώστε τα φορτία να επιμερίζονται σε εθνική κλίμακα.
- § Ύπαρξη ενιαίου φορέα που θα επέτρεπε τον επιμερισμό του κόστους ανάμεσα στις κερδοφόρες και ζημιογόνες περιοχές.

Τις προϋποθέσεις αυτές κάλυψε η ΔΕΗ με τον πλέον επιτυχή τρόπο.

Έτσι 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.

Αμέσως με την ίδρυσή της, 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 εξηλεκτρισμού της δημιουργώντας ταυτόχρονα το μεγαλύτερο μέρος της βαριάς ελληνικής βιομηχανίας.



Το ηλεκτρικό ρεύμα έφτασε με επάρκεια σε κάθε άκρη της ελληνικής γης. Από τα μικρά ακριτικά νησιά μας ως τους πιο απόμακρους οικισμούς της ορεινής Ελλάδας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Τη σπονδυλική στήλη του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς αποτελούν οι τρεις γραμμές διπλού κυκλώματος των 400 kV, που μεταφέρουν ηλεκτρισμό, κυρίως από το σπουδαιότερο για την χώρα μας ενεργειακό κέντρο παραγωγής της Δυτικής Μακεδονίας. Στη περιοχή αυτή, παράγεται περίπου το 70% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής της χώρας που στη συνέχεια μεταφέρεται στα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης της Κεντρικής και Νότιας Ελλάδας, που καταναλώνεται περίπου το 65% της ηλεκτρικής ενέργειας. Το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς διαθέτει επιπλέον γραμμές των 400 kV καθώς επίσης εναέριες, υπόγειες γραμμές και υποβρύχια καλώδια των 150 kV που συνδέουν την Άνδρο και τα νησιά της Δυτικής Ελλάδας, Κέρκυρα, Λευκάδα, Κεφαλονιά και Ζάκυνθο με το διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς, καθώς και μία υποβρύχια διασύνδεση της Κέρκυρας με την Ηγουμενίτσα στα 66 kV.

Την 31η Δεκεμβρίου 2013 το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς αποτελείτο από 11.232 χλμ. γραμμών μεταφοράς, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

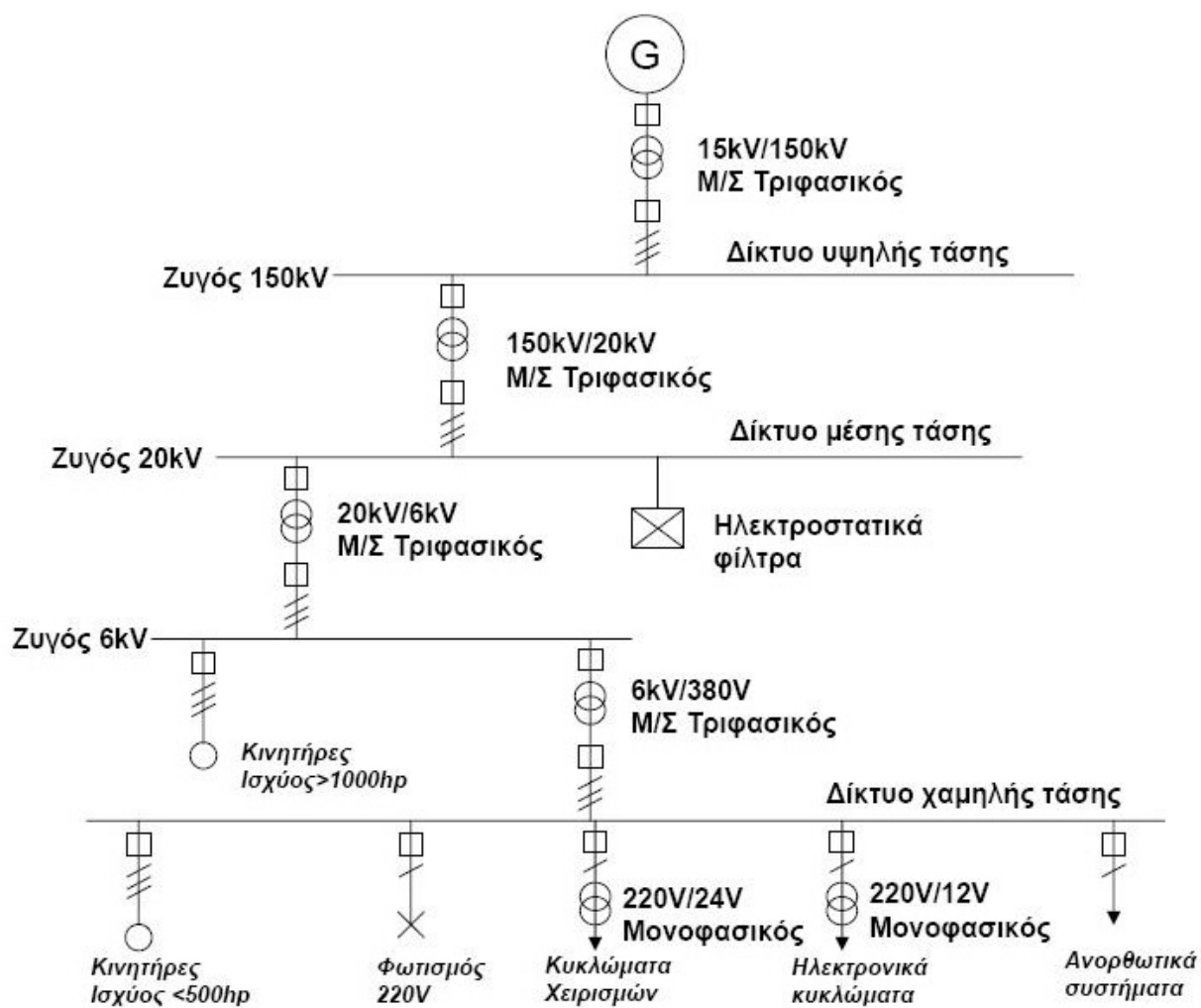
**Πίνακας 1:Γραμμές Μεταφοράς (χλμ. όδευσης)**

|                   | <b>400Kv</b> | <b>Σ.Ρ. (D.C.)<br/>400kV</b> | <b>150 kV</b> | <b>66<br/>kV</b> | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b> |
|-------------------|--------------|------------------------------|---------------|------------------|---------------|
| <b>ΕΝΑΕΡΙΕΣ</b>   | 2.647        | 107                          | 8.152         | 39               | 10.945        |
| <b>ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ</b> | 0,58         |                              | 140           | 15               | 155           |
| <b>ΥΠΟΓΕΙΕΣ</b>   | 30           |                              | 101           |                  | 131           |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>     | 2.677        | 107                          | 8.393         | 54               | 11.232        |

Την 31η Δεκεμβρίου 2013 σε 331 Υποσταθμούς και ΚΥΤ του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς ήταν εγκατεστημένοι 732 Μετασχηματιστές και Αυτομετασχηματιστές με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 55.391 MVA.



- § Ποσοτικά μεγέθη του δικτύου Διανομής (τέλος του έτους):
- 111.865 χλμ. Δίκτυο Μέσης Τάσης (Μ.Τ.).
  - 126.377 χλμ. Δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.).
- § Συνολικά 238.242 χλμ. Δικτύου.
- 162.614 Υποσταθμοί Μέσης Τάσης προς Χαμηλή Τάση (Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ).
  - 989 χλμ. Δίκτυο Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.) εκ των οποίων 218 χλμ στην Αττική και 771 χλμ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.
  - 232 Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης προς Μέση Τάση (Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ), εκ των οποίων 20 κλειστού τύπου, καταναμημένοι 202 στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα και 27 στα μη Διασυνδεδεμένα νησιά.
  - 7.486.139 Πελάτες (11.536 ΜΤ & 7.474.603 ΧΤ).
  - 43.918 GWH Καταναλώσεις Πελατών (11.557 στη ΜΤ & 32.361 στη ΧΤ).



**Εικόνα 1.2: Διάταξη των δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας**

## 1.1 Τύποι παροχών μέσης τάσης

Η ΔΕΗ έχει τυποποιήσει τέσσερις τύπους παροχών μέσης τάσης που αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα **Παροχή τύπου A1 και A2**. Η παροχή αυτή γίνεται από το εναέριο δίκτυο των 20 kV και είναι η απλούστερη σε διατάξεις. Τα μέσα που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ, δηλαδή ασφαλειοαποζεύκτης, Μ/Σ μέτρησης έντασης και τάσης είναι πάνω σε στύλο, δηλαδή υπαίθρια. Οι μετρητές ενέργειας τοποθετούνται σε ειδικό ερμάριο. Από το στύλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον υποσταθμό του καταναλωτή, την οποία κατασκευάζει ο καταναλωτής. Η παροχή A1 ασφαλίζεται με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής έντασης μέχρι 30 A. Η παροχή A2 διαφέρει από την A 1 στο ότι χρησιμοποιεί διακόπτη απομόνωσης αντί ασφαλειοαποζεύκτη. Παροχή τύπου B1 και B2 Η παροχή αυτή εγκαθίσταται σε καταναλωτές με αυξημένη ζήτηση ισχύος και η εγκατάσταση της ΔΕΗ είναι εσωτερικού τύπου. Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να διαθέσει στη ΔΕΗ ένα χώρο διαμορφωμένο σύμφωνα με τις οδηγίες της ΔΕΗ. Στο χώρο αυτό η ΔΕΗ εγκαθιστά έναν προκατασκευασμένο πίνακα 20 kV που περιλαμβάνει εκτός των διακοπών, τους Μ/Σ μέτρησης και τους μετρητές ενέργειας. Η σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ γίνεται κατά κανόνα ακτινικά, αν πρόκειται για εναέριο δίκτυο ή βροχοειδώς , αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο. Στη βροχοειδή σύνδεση έχουμε δύο καλώδια που οδεύουν από το δίκτυο της ΔΕΗ στον καταναλωτή. Το ένα καλώδιο της παροχής προέρχεται από τον προηγούμενο καταναλωτή και το άλλο καλώδιο της παροχής οδηγεί στον επόμενο καταναλωτή.

| <b>Πίνακας 2: Τυποποιημένες παροχές μέσης τάσης της ΔΕΗ</b> |                             |                                    |
|---|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>Τύπος</b>  | <b>Εγκατάσταση μέτρησης</b> | <b>Μέγιστη ισχύς</b>               |
| A1  | Εξωτερικά (υπαίθρια)        | 630 KVA                            |
| A2  | Εξωτερικά (υπαίθρια)        | Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο ΜΤ |
| B1  | Εσωτερικά (στεγασμένη)      | 1250 KVA                           |
| B2  | Εσωτερικά (στεγασμένη)      | Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο ΜΤ |

### **1.1.1 Παροχή τύπου A1 και A2**

Η παροχή αυτή γίνεται από το εναέριο δίκτυο των 20 kV και είναι η απλούστερη σε διατάξεις. Τα μέσα που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ, δηλαδή ασφαλειοαποζεύκτης, μετασχηματιστής μέτρησης έντασης και τάσης είναι πάνω σε στύλο, δηλαδή υπαίθρια. Οι μετρητές ενέργειας τοποθετούνται σε ειδικό ερμάριο. Από το στύλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον υποσταθμό του καταναλωτή, την οποία κατασκευάζει ο καταναλωτής. Η παροχή A1 ασφαλίζεται με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής έντασης 30 Α. Η παροχή A2 διαφέρει από την A1 στο ότι χρησιμοποιεί διακόπτη απομόνωσης αντί ασφαλειοαποζεύκτη.

### **1.1.2 Παροχή τύπου B1 και B2**

Η παροχή αυτή εγκαθίσταται σε καταναλωτές με αυξημένη ζήτηση ισχύος και η εγκατάσταση της ΔΕΗ είναι εσωτερικού τύπου. Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να διαθέσει στη ΔΕΗ ένα χώρο διαμορφωμένο σύμφωνα με την οδηγία της ΔΕΗ. Στο χώρο αυτό η ΔΕΗ εγκαθιστά έναν προκατασκευασμένο πίνακα 20 kV που περιλαμβάνει εκτός των διακοπών, τους μετασχηματιστές μέτρησης και τους μετρητές ενέργειας. Η σύνδεση με το δίκτυο της



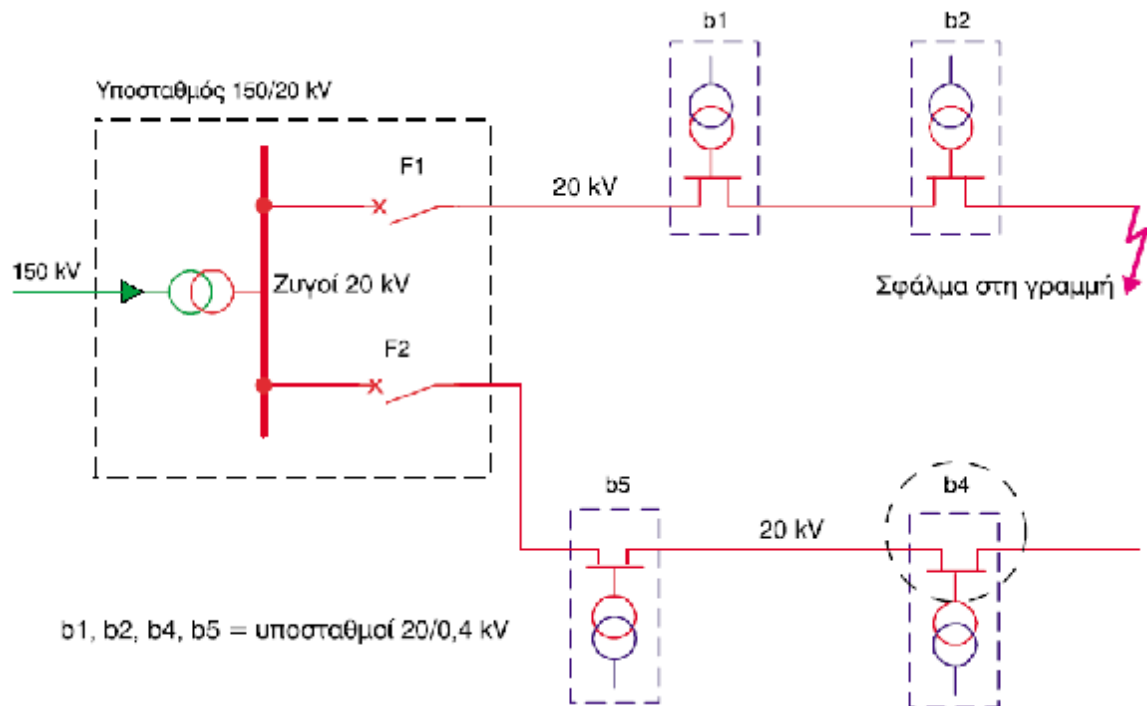
ΔΕΗ γίνεται κατά κανόνα ακτινικά, αν πρόκειται για εναέριο δίκτυο ή βροχοειδώς, αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο. Στη βροχοειδή σύνδεση έχουμε δύο καλώδια που οδεύουν από το δίκτυο της ΔΕΗ στον καταναλωτή. Το ένα καλώδιο της παροχής προέρχεται από τον προηγούμενο καταναλωτή και το άλλο καλώδιο της παροχής οδηγεί στον επόμενο καταναλωτή.

## **1.2 Δίκτυα μέσης τάσης**

### **1.2.1 Ακτινικά δίκτυα**

Στα ακτινικά δίκτυα οι γραμμές των 20 kV (συνήθως εναέριες) αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ και απλώνονται σαν τις ακτίνες ενός κύκλου, απ' όπου και τ' όνομά τους, δηλαδή ακτινικά. Κατά μήκος κάθε γραμμής συνδέονται οι καταναλωτές Μέσης Τάσης. Κάθε καταναλωτής Μέσης Τάσης πρέπει να διαθέτει το δικό του ιδιωτικό υποσταθμό για να μπορέσει να συνδεθεί με ασφάλεια στο δίκτυο της Μέσης Τάσης. Βασικό μειονέκτημα των ακτινικών δικτύων είναι ότι σε περίπτωση σφάλματος κατά μήκος της γραμμής, ο διακόπτης ισχύος (circuit-breaker) F1 που υπάρχει στην αρχή της γραμμής ανοίγει με αποτέλεσμα όλοι οι καταναλωτές που υπάρχουν κατά μήκος της γραμμής να μείνουν χωρίς τάση.

Οι συνέπειες της απώλειας της μέσης τάσης για τους καταναλωτές είναι κρίσιμες και, πολλές φορές, επικίνδυνες. Στην περίπτωση εγκαταστάσεων με ηλεκτρικά φορτία που δεν πρέπει να μείνουν πολύ χρόνο εκτός λειτουργίας, Π.χ νοσοκομεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, ψυγεία, χημικές βιομηχανίες κ.λπ., η απώλεια της μέσης τάσης αντιμετωπίζεται με την ύπαρξη ενός τοπικού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (ντηζελομηχανή και γεννήτρια 400 V). Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει τα κρίσιμα φορτία της εγκατάστασης, μέχρι την αποκατάσταση του σφάλματος και την επαναφορά της μέσης τάσης στο δίκτυο της ΔΕΗ. Για το λόγο αυτό τα ακτινικά δίκτυα δεν είναι πολύ διαδεδομένα στη μέση τάση. Αντίθετα, στη χαμηλή τάση, το σύνολο των δικτύων είναι ακτινικού τύπου.

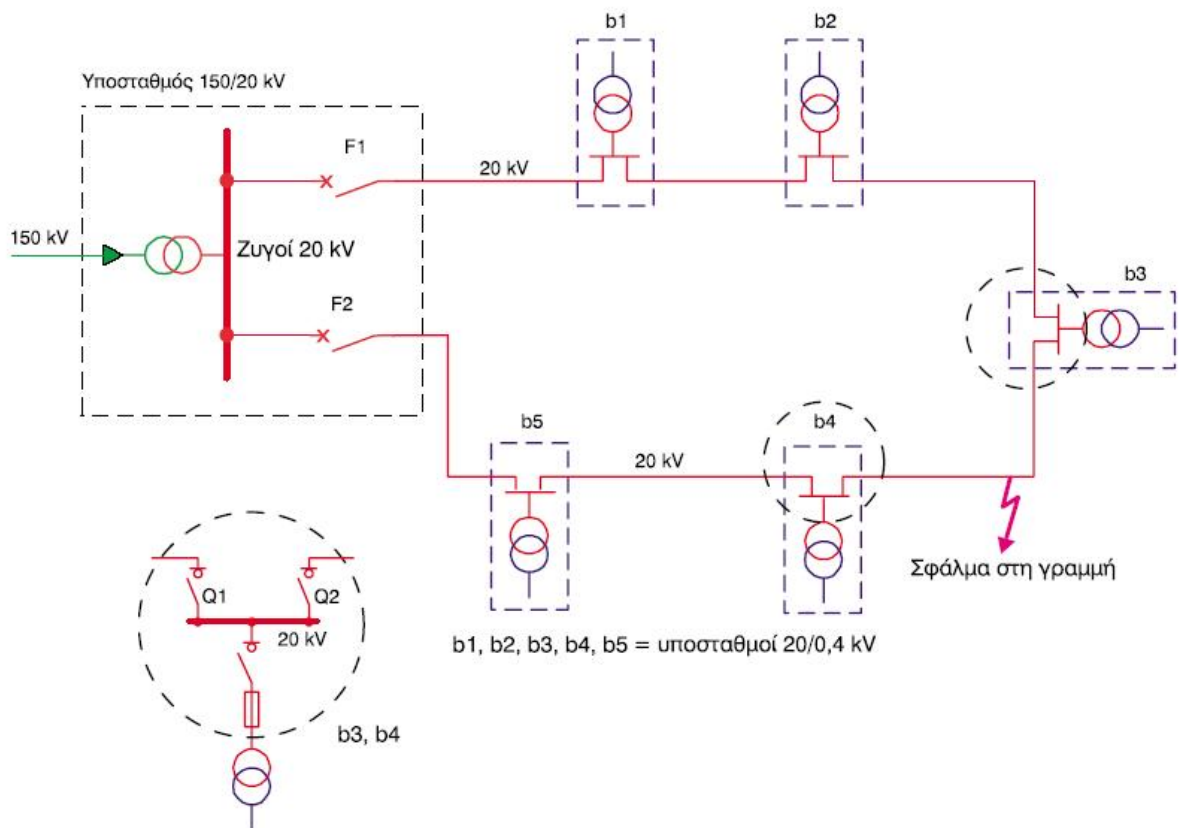


**Εικόνα 1.3:Μορφή ακτινικού δικτύου διανομής**

### 1.2.2 Βροχοειδή δίκτυα

Το βασικό μειονεκτήματα των ακτινικών δικτύων ξεπερνιέται με τα βροχοειδή δίκτυα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα ,οι γραμμές των 20 kV (εναέριες ή υπόγεια καλώδια) που αναχωρούν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ, σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο που ξανακαταλήγει στους ζυγούς των 20 kV του υποσταθμού 150/20 kV. Κατα μήκος του βρόχου συνδέονται οι καταναλωτές b1, b2, b3, b4, b5. Ο βρόχος προστατεύεται στις δύο άκρες του με τους διακόπτες ισχύος F1, F2. Σε περίπτωση σφάλματος σε κάποιο σημείο του βρόχου, Π.χ στο τμήμα b3, b4 λειτουργούν οι προστασίες των διακοπών F1, F2, οι διακόπτες ανοίγουν και ο βρόχος μένει χωρίς τάση.

Αφού εντοπίσουμε τη θέση του σφάλματος, ανοίγουμε τους διακόπτες φορτίων Q1 στο b3 και Q2 στο b4 και απομονώνουμε το τμήμα b3, b4. Ξανακλείνουμε τους διακόπτες F1, F2 και επανέρχεται η μέση τάση στο δίκτυο. Το βροχοειδές δίκτυο τώρα λειτουργεί σαν δύο ακτινικά δίκτυα. Τα συνεργεία αποκαθιστούν τη ζημιά, οι διακόπτες φορτίου Q1, Q2 ξανακλείνουν και ο βρόχος επανέρχεται στην κανονική του λειτουργία.



**Εικόνα 1.4:Μορφή βροχοειδούς δικτύου διανομής**

# ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΜΤ

## 2.1 Υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης

Με τον όρο υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης ή απλά υποσταθμός (γ/Σ) εννοούμε το σύνολο του εξοπλισμού που έχει σαν στόχο τον ασφαλή υποβιβασμό της Μέσης Τάσης (20 kV) σε Χαμηλή Τάση (400 V). Χαμηλή Τάση χαρακτηρίζεται η τάση που είναι μικρότερη από 1000 V. Μέση Τάση χαρακτηρίζεται η τάση που είναι μεγαλύτερη από 1000 V και μικρότερη από 30.000 V. Στην Ελλάδα, αλλά και σε όλη την Ευρώπη, η χαμηλή τάση που χρησιμοποιείται είναι η τάση 400/230 V.



**Εικόνα 2.1: Υποσταθμοί καταναλωτή Μέσης Τάσης**

Όπως φαίνεται και στο μονογραμμικό διάγραμμα της παρακάτω εικόνας, τα βασικά μέρη ενός υποσταθμού καταναλωτή είναι:

- **Ο Πίνακας 20 kV:** Στον πίνακα 20 kV έρχεται το καλώδιο από το δίκτυο της ΔΕΗ και αναχωρεί το καλώδιο προς το

μετασχηματιστή (Μ/Σ). Αν ο υποσταθμός έχει και δεύτερο Μ/Σ τότε για κάθε Μ/Σ υπάρχει ξεχωριστή γραμμή από τον πίνακα 20 kV. Κάθε μετασχηματιστής προστατεύεται με ασφάλειες σκόνης ή διακόπτη ισχύος με ηλεκτρονόμους προστασίας.



**Εικόνα 2.2: Πεδία Μέσης Τάσης**

- Ο Μετασχηματιστής 20/0,4 kV: Ο μετασχηματιστής υποβιβάζει την τάση των 20 kV σε τάση διανομής 400 V για τα φορτία του καταναλωτή. Το πρωτεύον τύλιγμά του είναι σε τρίγωνο ( $\Delta$ ) και το δευτερεύον τύλιγμά του σε αστέρα ( $Y$ ) με γειωμένο τον ουδέτερο κόμβο.



**Εικόνα 2.3:Μετασχηματιστής υποβιβασμού Μ.Τ.**

- Ο Γενικός Πίνακας 400 V: Στο γενικό πίνακα 400 V έρχεται το ρεύμα χαμηλής τάσης με τη βοήθεια καλωδίων ή εγκιβωτισμένων ζυγών, αν το ρεύμα είναι πολύ μεγάλο (> 2000 A). Στην άφιξη του πίνακα υπάρχει ένας διακόπτης ισχύος με θερμική και μαγνητική προστασία. Οι αναχωρήσεις προστατεύονται με διακόπτες ισχύος ή τηκτές ασφάλειες και τροφοδοτούν τους πίνακες διανομής 400/230 V που υπάρχουν στην εγκατάσταση του καταναλωτή. Όταν ο Υ/Σ έχει δύο Μ/Σ τότε ο Πίνακας 400 V διαθέτει δύο αφίξεις (εισόδους) και οι ζυγοί του χωρίζονται σε δύο μέρη. Τα δύο μέρη των ζυγών συνδέονται με διακόπτη ισχύος





**Εικόνα 2.4: Πίνακας Χαμηλής Τάσης**

## **2.2 Συντήρηση Υποσταθμών Μέσης Τάσης 20KV**

Οι εργασίες συντήρησης και έλεγχου υποσταθμών μέσης τάσης απαιτούν κατά το ελάχιστο τις παρακάτω εργασίες οι οποίες θα πρέπει να διενεργούνται από κατάλληλα καταρτισμένο προσωπικό.

Όλες οι εργασίες σε υποσταθμούς απαιτούν ειδικό εξοπλισμό για την ασφάλεια των εργαζομένων και όργανα κατάλληλα για τις ανωτέρω εργασίες. Η προληπτική συντήρηση των υποσταθμών σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία θα πρέπει να γίνεται μια φορά ανά έτος

### **2.2.1 Ενδεικτικές εργασίες συντήρησης Υποσταθμού Μέσης Τάσης**

Οι εργασίες έλεγχοι ορίζονται σε αυτές που γίνονται ανά διαστήματα «ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ» για την καταγραφή ηλεκτρικών παραμέτρων, θερμοκρασιών, λειτουργίας συστημάτων και άλλες και στην ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ του Υποσταθμού. Η συχνότητα συντήρησης και των περιοδικών ελέγχων ορίζονται από τον αρμόδιο μηχανικό, αφού έχει λάβει υπ όψιν παραμέτρους όπως η κρισιμότητα των φορτίων οι συνθήκες περιβάλλοντος, τα φορτία του Υποσταθμού κτλ.

Ο ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ θα πρέπει να γίνεται κατ ελάχιστο μια φορά το μηνά ενώ η ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ του Υποσταθμού θα πρέπει να γίνεται κατ' ελάχιστο μια φορά ανά έτος.

#### **Ο ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ περιλαμβάνει τα παρακάτω:**

- § Οπτικός έλεγχος κύριου εξοπλισμού Υποσταθμού
- § Οπτικός έλεγχος βοηθητικού εξοπλισμού
- § Οπτικός έλεγχος οργάνων μέτρησης και ενδείξεων
- § Οπτικός έλεγχος καλωδίων ισχύος και βοηθητικών
- § Έλεγχος λειτουργίας κυκλωμάτων προστασίας
- § Έλεγχος λειτουργίας πεδίου Πυκνωτών
- § Έλεγχος φωτισμού, πυρασφάλειας, σήμανσης, προστατευτικών μέσων
- § Ακουστικός έλεγχος
- § Μετρήσεις Μερικής Διάσπασης / Εκφόρτισης με όργανο UltraTEV για την (i) Μέτρηση Προσωρινής Τάσης Γείωσης (TEV – Transient Earth Voltage) για εσωτερική διάσπαση και (ii) Μέτρηση υπερήχων για επιφανειακή διάσπαση με έκδοση έκθεσης και περιορισμού διαρροών όπου αυτό κριθεί αναγκαίο.
- § Καταγραφή κατάστασης εξοπλισμού

Η ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ περιλαμβάνει τις εργασίες του περιοδικού έλεγχου και επί πρόσθετα:

- § Ετήσια συντήρηση Πίνακα Μέσης Τάσης 20 KV: **Η ετήσια συντήρηση του πίνακα μέσης τάσης περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο τις παρακάτω εργασίες:**



- § Έλεγχος της σωστής λειτουργίας των διακοπών Μέσης Τάσεως (open - close)
- § Έλεγχος της σωστής λειτουργίας των μηχανισμών οπλισμού διακοπής των διακοπών
- § Έλεγχος λειτουργίας των μηχανικών μανδαλώσεων πόρτας διακόπτη μέσης τάσης
- § Έλεγχος και συντήρηση των επαφών των διακοπών
- § Έλεγχος πηνίων εργασίας διακοπών
- § Έλεγχος και συντήρηση των επαφών των ασφαλειών
- § Έλεγχος των ζυγών και συσφίξεις όπου αυτό απαιτηθεί
- § Έλεγχος και συντήρηση των μονωτήρων
- § Έλεγχος μονώσεων πίνακα Μέσης Τάσης.
- § Έλεγχος της σωστής λειτουργίας των βοηθητικών κυκλωμάτων
- § Γενικός καθαρισμός του εσωτερικού του Πίνακα Μ.Τ.
- § Έλεγχος ατμοκιβωτίων πίνακα Μ.Τ.
- § Έλεγχος φυσιγγίων Μ.Τ.
- § Έλεγχος στάθμης ελαίου (εφόσον οι διακόπτες είναι ελαιοδιακόπτες)
- § Λίπανση μηχανικών μερών διακόπτη Μ.Τ.
- § Έλεγχος γειώσεων πίνακα
- § Έλεγχος έδρασης πίνακα
- § Γενικός καθαρισμός του πίνακα Μ.Τ. και περιβάλλοντα χώρου

### **2.2.2 Ετήσια συντήρηση Μετασχηματιστών Ισχύος**

Η ετήσια συντήρηση Μετασχηματιστών Ισχύος περιλαμβάνει κατ'ελάχιστο τις παρακάτω εργασίες:

- § Έλεγχος στάθμης ελαίου Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- § Έλεγχος διαρροής ελαίου Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- § Έλεγχος κατάστασης κελύφους Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- § Αντικατάσταση silica gel Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- § Εξαερισμός από σώμα και μονωτήρες (Για Μετασχηματιστές ελαίου)

- § Δειγματοληψία ελαίου για έλεγχο διηλεκτρικής αντοχής (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- § Έλεγχος ρητίνης Μετασχηματιστή και μαγνητικού πυρήνα (Για Μετασχηματιστές ξηρού τύπου)
- § Καθαρισμός εσωτερικού πηνίων Μετασχηματιστή (Για Μετασχηματιστές ξηρού τύπου)
- § Έλεγχος και συντήρηση των ακροκιβωτίων των καλωδίων μέσης τάσης
- § Έλεγχος και καθαρισμός των καλωδίων μέσης και χαμηλής τάσης στο χώρο των Μετασχηματιστών
- § Έλεγχος και συντήρηση των μονωτήρων του Μετασχηματιστή
- § Έλεγχος θερμοκρασίας
- § Έλεγχος εξαερισμού χώρου Μετασχηματιστή
- § Έλεγχος ελαιολεκάνης για τυχόν διαρροές (Για Μετασχηματιστές ελαίου)
- § Έλεγχος έδρασης Μετασχηματιστή
- § Εξωτερικός καθαρισμός του Μετασχηματιστή
- § Έλεγχος μονώσεων Μετασχηματιστή με MEGGER 5.000 ή 10.000 V
- § Έλεγχος συστημάτων προστασίας Μετασχηματιστή και δοκιμή σωστής λειτουργίας
- § Μέτρηση γειώσεων ουδέτερου κόμβου Μετασχηματιστή και μεταλλικών μερών
- § Έλεγχοι συσφίξεων
- § Μέτρηση μονώσεων Μετασχηματιστή
- § Μέτρηση αντιστάσεων Μετασχηματιστή (πηνία Μετασχηματιστών και Χ.Τ)
- § Μέτρηση μονώσεων καλωδίων μέσης τάσης
- § Γενικός καθαρισμός του χώρου του Μετασχηματιστή και περιβάλλοντα χώρου

### **2.2.3 Ετήσια συντήρηση Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης**

Η ετήσια συντήρηση του πίνακα χαμηλής τάσης περιλαμβάνει κατ'ελάχιστο τις παρακάτω εργασίες:

- § Έλεγχος καλής λειτουργίας του γενικού διακόπτη Χ.Τ.
- § Έλεγχος καλής λειτουργίας επιμέρους διακόπτων ισχύος
- § Έλεγχος της σωστής λειτουργίας των βοηθητικών κυκλωμάτων του Υ/Σ

- § Έλεγχος των ζυγών και συσφίξεις όπου αυτό απαιτηθεί
- § Καθαρισμός μονωτήρων πίνακα
- § Έλεγχος καλής λειτουργίας οργάνων μέτρησης και ενδείξεων
- § Έλεγχος πυκνωτών
- § Μέτρηση γειώσεων πίνακα χαμηλής τάσης
- § Έλεγχος εδρασης πίνακα
- § Καθαρισμός πίνακα και περιβάλλοντα χώρου

Με το πέρας των ανωτέρω ελέγχων και μετρήσεων συντάσσεται τεχνική έκθεση με τα αποτελέσματα, τις μετρήσεις και τις παρατηρήσεις εφόσον υπάρχουν. Υπογράφεται από τον υπεύθυνο ηλεκτρολόγο μηχανικό και αρχειοθετείτε στο Αρχείο συντηρήσεων Η/Μ εξοπλισμού.

Η σύμφωνα με την ισχύουσα προληπτική συντήρηση των Υποσταθμών νομοθεσία καθώς και τις οδηγίες των κατασκευαστών (πινάκων Μ.Τ, Μ/Στων κτλ) θα πρέπει να γίνεται μια φορά ανά έτος.

### **2.3 Αρχή λειτουργίας Μετασχηματιστών**

Οι μετασχηματιστές είναι διατάξεις πηνίων, που με την ιδιότητα του φαινομένου της αυτεπαγωγής πετυχαίνουμε μετασχηματισμό της τάσης και του ρεύματος από μια εναλλασσόμενη πηγή τάσης. Ένας απλός μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία, το πρωτεύον πηνίο και το δευτερεύον πηνίο. Στο πρωτεύον πηνίο εφαρμόζονται η τάση που θέλουμε να μετασχηματίσουμε και στο δευτερεύον πηνίο λαμβάνουμε την επιθυμητή τάση. Ο σιδηροπυρήνας αποτελεί βασικό στοιχείο του μετασχηματιστή, καθώς αυξάνει την αυτεπαγωγή των πηνίων και κατά συνέπεια τον πολλαπλασιασμό της μαγνητικής ροής του πηνίου.

Εάν εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση στο πρωτεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή, η μεταβολή του ρεύματος έχει σαν συνέπεια την μεταβολή της μαγνητικής ροής στο δευτερεύον τύλιγμα, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης στα άκρα του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή. Η τάση και το ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή εξαρτάται από το πάχος του σύρματος των πηνίων, τον αριθμό στροφών των πηνίων και το

μέγεθος του σιδηροπυρήνα. Οι μετασχηματιστές χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

### 2.3.1 Μετασχηματιστές τροφοδοσίας

Οι μετασχηματιστές τροφοδοσίας είναι διατάξεις οι οποίες παίρνουν την ηλεκτρική ενέργεια από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος και την αποδίδουν στην έξοδό τους μεταβάλλοντας του βασικούς παράγοντες που είναι η τάση και το ρεύμα. Όπως αναφέραμε και ποιο πάνω ένας απλός μετασχηματιστής τροφοδοσίας αποτελείται από δύο πηνία το πρωτεύον και το δευτερεύον τα οποία βρίσκονται σε μαγνητική ζεύξη μεταξύ τους, με την βοήθεια σιδηροπυρήνα.

Επειδή ο σιδηροπυρήνας είναι καλό αγωγός του ηλεκτρισμού και διαρρέεται από μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, αναπτύσσονται σε αυτόν επαγωγικά ρεύματα (ρεύματα φουκώ), τα οποία προκαλούν την θερμότητά του. Η θέρμανση αυτή σημαίνει απώλεια ενέργειας και θα πρέπει αυτή η ενέργεια που χάνεται να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

Αν θεωρήσουμε έναν μετασχηματιστή χωρίς απώλειες (ιδανικός μετασχηματιστής), τότε το ρεύμα που κυκλοφορεί στο πρωτεύον αναπτύσσει στο δευτερεύον μια ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E_2$ . Αν  $E_1$  είναι η τάση του πρωτεύοντος τότε οι μεταβολές της κοινής ροής θα είναι ανάλογες προς τον αριθμό στροφών  $n_1$  και  $n_2$  του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος πηνίου. Δηλαδή θα ισχύει η σχέση:

$$E_1/E_2=N_1/N_2.$$

Ο λόγος  $N_1/N_2$  ονομάζεται **λόγος μετασχηματισμού**.

Άρα λοιπόν αν  $N_1>N_2$ , τότε θα έχουμε  $E_1>E_2$ . Με άλλα λόγια ο μετασχηματιστής θα είναι **μετασχηματιστής υποβιβασμού τάσης**. Αν η  $E_2>E_1$ , τότε ο μετασχηματιστής ονομάζε-ται **μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης**.

Ο βαθμός απόδοσης του μετασχηματιστή εκφράζει τις απώλειες ενέργειας ενός μετασχηματιστή τροφοδοσίας και δίνεται από την σχέση:

$\eta = P1/P2$ , όπου P1 είναι η ισχύς εισόδου του μετασχηματιστή και P2 η ισχύς εξόδου του. Σε έναν ιδανικό μετασχηματιστή θα έχουμε  $\eta = 1$  που σημαίνει ότι η ισχύς εξόδου είναι ίση με την ισχύ εξόδου. Κάτι τέτοιο πρακτικά δεν συμβαίνει λόγω των απωλειών του μετασχηματιστή που θα αναφερθούμε παρακάτω.

Αν  $P1 = P2$  τότε  $E1 I1 = E2 I2$  οπότε  $I1/I2 = E2/E1 = N2/N1$ . Αυτό σημαίνει ότι το ρεύμα στο δευτερεύον ανυψώνεται, όταν η τάση στο δευτερεύον υποβιβάζεται και αντίστροφα.

Ο λόγος  $E1/I1$  εκφράζει την σύνθετη αντίσταση  $Z1$  του πρωτεύοντος οπότε θα έχουμε:

$$Z1 = E1/I1 = (E1/I2) (I2/I1) (E2/I2) = (N1/N2)^2 E2/I2 = (N1/N2)^2 Z2.$$

Αυτό σημαίνει ότι η επαγωγική ή ωμική αντίσταση του δευτερεύοντος μπορεί να αναχθεί στο πρωτεύον με πολλαπλασιασμό επί το τετράγωνο του λόγου μετασχηματισμού.

### **2.3.2 Μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων.**

Οι μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων χρησιμοποιούνται για να λειτουργούν σωστά σε όλο το ακουστικό φάσμα από 16HZ έως 16KHZ. Χρησιμοποιούνται συνήθως ως μετασχηματιστές εξόδου σε ενισχυτές τάξης A μεγάλης ισχύος, ενώ σε πολύ μικρές ισχύς μπορούμε να συναντήσουμε μικρούς μετασχηματιστές σε ραδιόφωνα με ενισχυτή push pull για προσαρμογή της χαμηλής αντίστασης του μεγαφώνου. Η κατασκευή ενός μετασχηματιστή ήχου είναι ιδιαίτερα δύσκολη, καθώς λαμβάνονται πολλοί παράγοντες, όπως όρια συχνοτήτων, παρα-σιτικές χωρητικότητες, μαγνητικές διαφυγές, κτλ.

### **2.3.3 Μετασχηματιστές ρεύματος.**

Οι μετασχηματιστές ρεύματος αποτελούνται από δύο πηνία, το πρωτεύον και το δευτερεύον και έναν σιδηροπυρήνα, όπως και οι μετασχηματιστές τάσης. Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι οι μετασχηματιστές ρεύματος έχουν λίγες σπείρες στο πρωτεύον τους και το χάλκινο σύρμα που χρησιμοποιείται είναι πολύ χοντρό. Το δευτερεύον πηνίο τους έχει περισσότερες σπείρες

και το σύρμα που χρησιμοποιείται είναι ψιλότερης διατομής. Στο δευτερεύον πηνίο συνδέεται ένα αμπερόμετρο σαν φορτίο για την μέτρηση του ρεύματος. Η χρήση των μετασχηματιστών ρεύματος είναι στα αμπερόμετρα καθώς με αυτόν των τρόπο αυξάνεται η ευαισθησία τους.

#### **2.3.4 Αυτομετασχηματιστές**

Οι αυτομετασχηματιστές αποτελούνται από ένα πηνίο με σιδηροπυρήνα, το οποίο διαθέτει μία ή περισσότερες λήψεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η τάση που λαμβάνεται ανάμεσα σε μία λήψη και ένα κοινό σημείο να είναι μικρότερη από την τάση εισόδου. Έτσι πετυχαίνουμε υποβιβασμό τάσης. Για ανύψωση τάσης κάνουμε την αντίστροφη διαδικασία, τροφοδοτούμε τον αυτομετασχηματιστή από το τύλιγμα λήψης και ένα κοινό σημείο και παίρνουμε μεγαλύτερη τάση στα δύο άκρα του.

Αν η λήψη του αυτομετασχηματιστή είναι μεταβλητή, τότε θα παίρνουμε διάφορες τάσεις στην έξοδό του. Το πλεονέκτημα που έχει αυτός ο μετασχηματιστής είναι ότι είναι φτηνότερος σε κόστος διότι διαθέτει μόνο ένα τύλιγμα άρα λιγότερος χαλκός, καθώς επίσης και λιγότερο σιδηρομαγνητικό υλικό.

Επίσης ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματά του είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης που έχει. Η χρήση του όμως είναι πάρα πολύ περιορισμένη διότι δεν παρέχει γαλβανική απομόνωση και υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης της φάσης στην έξοδό του. Το μεγάλο αυτό μειονέκτημα που έχει καθιστά την χρήση του σε πολύ ειδικές εφαρμογές.

#### **2.3.5 Μετασχηματιστές υψηλής τάσης**

Οι μετασχηματιστές υψηλής τάσης είναι μικρής ισχύος και χρησιμοποιούνται στους δέκτες τηλεοράσεως για την τροφοδότηση των πηνίων απόκλισης του καθοδικού σωλήνα. Η κατασκευή αυτών των μετασχηματιστών έχει διαφορές καθώς απαιτούνται μονώσεις υψηλής ποιότητας και συμπαγής πυρήνας. Ο πυρήνας στους μετασχηματιστές υψηλής τάσης αποτελείται από δύο κομμάτια φερρίτη σχήματος Π.

Στο ένα σκέλος του πυρήνα περιελίσσονται το πρωτεύον και δύο άλλα δευτερεύοντα πηνία, ενώ στο άλλο σκέλος του περιελίσσετε το δευτερεύον, δηλαδή το τύλιγμα υψηλής τάσης.

Κατά την περιέλιξη του δευτερεύοντος παρεμβάλλονται μεταξύ των στρωμάτων φύλλα από πλαστική ταινία μεγάλης μόνωσης και η όλη περιέλιξη γίνεται συμπαγής χωρίς να υπάρχουν κενά. Μετά τοποθετείται σε φούρνο με θερμοκρασία από 200 έως 300C° και ψήνεται. Τέλος εμποτίζεται σε πολυεστέρα και τοποθετείται μέσα σε θήκη από πολυκαρβονικό υλικό. Στην τελική μορφή του καλύπτεται ξανά με πολυεστέρα.

Η υπερυψηλή τάση που φτάνει τα 16KV επιτυγχάνεται με την βοήθεια διόδων (καταράκτης), που στους σύγχρονους μετασχηματιστές υψηλής τάσης περιέχεται και το κύκλωμα του καταράκτη.

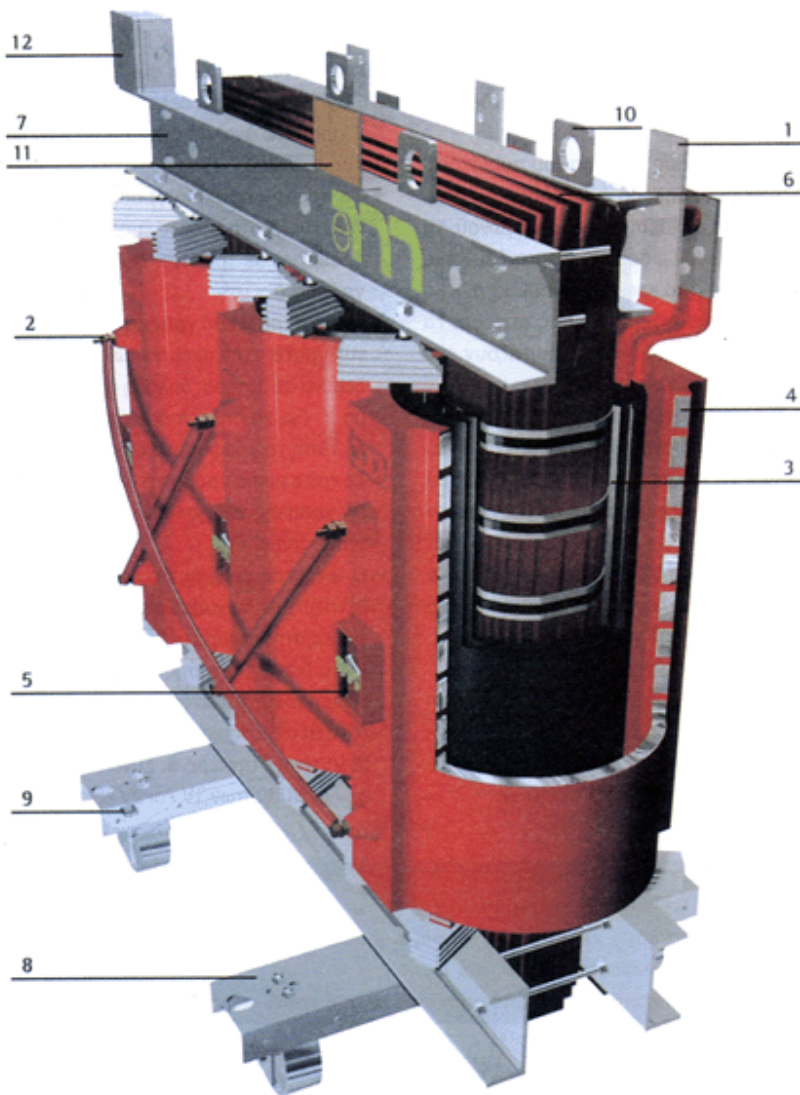
#### **2.4 Πώς είναι κατασκευασμένος ο μετασχηματιστής ξηρού τύπου με μόνωση χυτο-ρητίνης**

Ονομάζονται Μ/Σ ξηρού τύπου (dry-type transformers) διότι δεν έχουν λάδι. Εμφανίστηκαν στην αγορά τη δεκαετία του 1960. Αν και είναι ακριβότεροι από τους αντίστοιχους με λάδι, έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα που πολλές φορές τους κάνουν να είναι τελικά οικονομικότεροι. Δύο από τα σημαντικά τους πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- § Η στερεή μόνωσή τους είναι άκαυστη, σε αντίθεση με το λάδι που είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο. Έτσι δεν απαιτούνται μια σειρά από ειδικές προφυλάξεις όπως ελαιοδεξαμενή, τοίχοι πυράντοχοι, σύστημα πυρόσβεσης κ.ά. που συναντάμε σε Μ/Σ λαδιού.
- § Μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε σημείο του κτιρίου σε αντίθεση με τους Μ/Σ λαδιού που πρέπει να εγκαθίστανται στο υπόγειο του κτιρίου ή σε ανεξάρτητα κτίρια. Έτσι τους συναντάμε σε πλοία, σήραγγες, πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου και

γενικά όπου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Μ/Σ λαδιού.

Στην εικόνα βλέπουμε την τομή ενός μετασχηματιστή ξηρού τύπου με μόνωση εποξειδικής χυτορητίνης. Τα μέρη του μετασχηματιστή έχουν αριθμηθεί από το 1 έως το 12 και αναλύονται παρακάτω.



### 1. Ακροδέκτες χαμηλής τάσης

Καθένα από τα τρία τυλίγματα Χ.Τ. καταλήγει σε δύο ακροδέκτες. Οι τρεις ακροδέκτες γεφυρώνονται με αλουμινένια ή χάλκινη [27]



μπάρα και προκύπτει ο ακροδέκτης του ουδετέρου. Τα υπόλοιπα τρία άκρα καταλήγουν στους ακροδέκτες Χ.Τ., όπου συνδέονται τα καλώδια των 400 V.

## **2. Ακροδέκτες μέσης τάσης**

Καθένα από τα τρία τυλίγματα Μ.Τ. καταλήγει σε δύο ακροδέκτες. Οι ακροδέκτες γεφυρώνονται χιαστί με μονωμένους αγωγούς για να δημιουργήσουν το τρίγωνο ( $\Delta$ ) των τυλιγμάτων της μέσης τάσης.

## **3. Τύλιγμα χαμηλής τάσης**

Κατασκευάζονται συνήθως από φύλλο αλουμινίου που τυλίγεται σε μορφή κυλίνδρου. Τα φύλλα μονώνονται μεταξύ τους, ώστε να σχηματίσουν έναν συμπαγή κύλινδρο. Κατόπιν εμποτίζονται με εποξεική ρητίνη και ψήνονται σε ειδικούς φούρνους.

## **4. Τύλιγμα μέσης τάσης**

Κατασκευάζονται συνήθως από φύλλο αλουμινίου που τυλίγεται σε μορφή πηνίου. Κατόπιν χυτεύονται σε καλούπια με χυτορητίνη. Η διαδικασία της χύτευσης αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο στην κατασκευή του Μ/Σ.

## **5. Ρυθμιστής τάσης**

Κάθε τύλιγμα μέσης τάσης έχει ενδιάμεσες λήψεις που καταλήγουν σε ένα κιβώτιο ακροδεκτών στο μπροστινό μέρος κάθε τυλίγματος. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα διαφορετικών λήψεων, δηλαδή να χρησιμοποιούμε περισσότερες ή λιγότερες σπείρες στο πρωτεύον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του λόγου των σπειρών του Μ/Σ και, συνεπώς, τη ρύθμιση της τάσης του δευτερεύοντος. Η ρύθμιση αυτή γίνεται όταν ο Μ/Σ είναι εκτός κυκλώματος (offcircuit).

## **6. Πυρήνας (Core)**

Κατασκευάζεται από ειδικά σιδερένια ελάσματα που μεταξύ τους είναι μονωμένα για να ελαττώσουμε τις μαγνητικές απώλειες. Ο πυρήνας έχει τρία σκέλη, ένα για κάθε φάση.

## **7. Σφικτήρες πυρήνα**

Στο πάνω και στο κάτω μέρος του Μ/Σ υπάρχουν σιδερένια δοκάρια που σχηματίζουν το πλαίσιο του Μ/Σ και ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται για τη σύσφιξη των ελασμάτων του πυρήνα.

## **8. Τροχοί κύλησης (Roller)**

Η μετακίνηση του Μ/Σ μέχρι την τελική του θέση γίνεται με κύληση στους τέσσερις τροχούς του.

## **9. Ακροδέκτης γείωσης**

Στον ακροδέκτη αυτό γειώνονται όλα τα μεταλλικά μέρη του Μ/Σ (πυρήνας, πλαίσιο κ.λπ.) που δε διαρρέονται από ρεύμα.

## **10. Άγκιστρα ανύψωσης**

Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του Μ/Σ.

## **11. Πινακίδα**

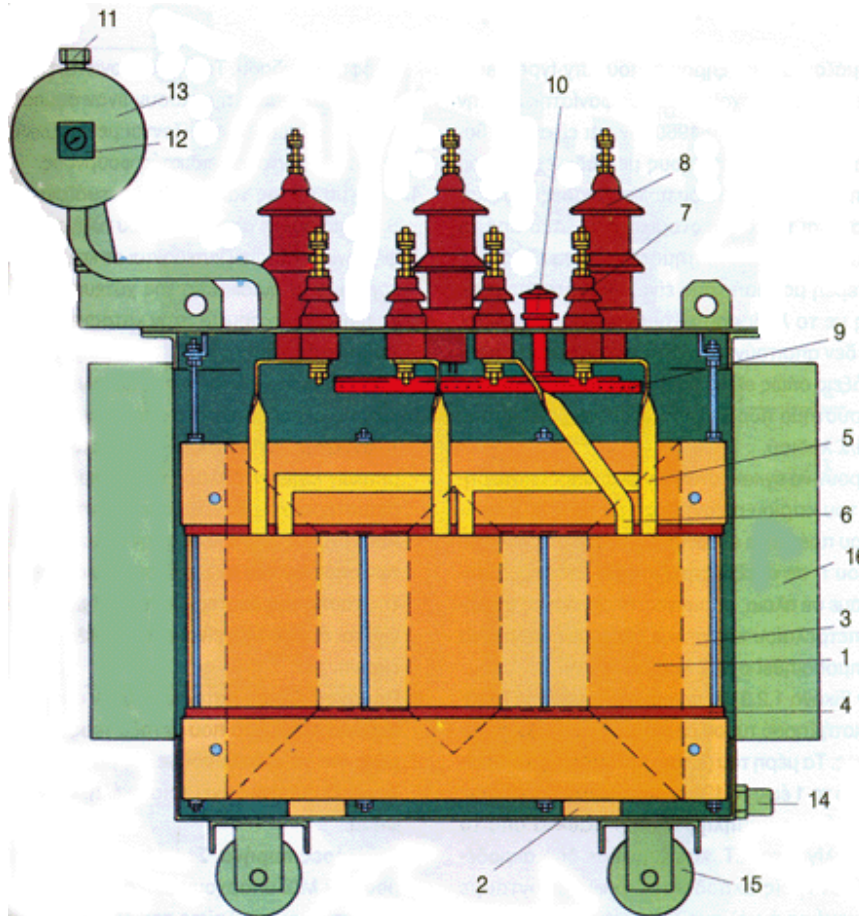
Στην πινακίδα αυτή αναγράφονται τα τεχνικά στοιχεία του Μ/Σ, το εργοστάσιο και το έτος κατασκευής του.

## **12. Κουτί με ηλεκτρονόμους προστασίας**

Στο κουτί αυτό καταλήγουν τα καλώδια από τους θερμίστορες που υπάρχουν στα τυλίγματα Χ.Τ. και μας επιτρέπουν να προστατεύουμε το Μ/Σ από υπερφόρτιση.

## 2.5 Πώς είναι κατασκευασμένος ο μετασχηματιστής με μόνωση λαδιού

Στην Εικόνα βλέπουμε την τομή ενός τριφασικού Μ/Σ λαδιού. Τα μέρη του μετασχηματιστή έχουν αριθμηθεί από το 1 έως το 16 και αναλύονται παρακάτω.



### 1. Πυρήνας (Core)

Κατασκευάζεται από ειδικά σιδερένια ελάσματα που μεταξύ τους είναι μονωμένα για να ελαττώσουμε τις μαγνητικές απώλειες. Ο πυρήνας έχει τρία σκέλη, ένα για κάθε φάση.

### 2. Στηρίγματα πυρήνα (Core support)

Μεταξύ του πυθμένα του δοχείου και του πυρήνα μεσολαβεί κάποια απόσταση για να μπορεί να κυκλοφορεί το λάδι.

### **3. Τυλίγματα (Winding)**

Σε κάθε σκέλος του πυρήνα υπάρχουν δύο τυλίγματα (πηνία). Στο εσωτερικό βρίσκεται το τύλιγμα της χαμηλής τάσης (Χ.Τ.) και εξωτερικά το τύλιγμα της μέσης τάσης. Το τύλιγμα Χ.Τ. είναι κατασκευασμένο από χάλκινες ή αλουμινένιες μπάρες, ενώ το τύλιγμα της Μ.Τ. είναι από χάλκινο σύρμα.

### **4. Στηρίγματα τυλιγμάτων (winding support)**

Η στερέωση των τυλιγμάτων Χ.Τ. και Μ.Τ. τόσο μεταξύ τους όσο και πάνω στον πυρήνα είναι πολύ κρίσιμη και γίνεται με μονωτικά στηρίγματα. Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, αναπτύσσονται στα τυλίγματα μεγάλες δυνάμεις Laplace που μπορούν να καταστρέψουν το Μ/Σ.

### **5. Άκρα των τυλιγμάτων (α)**

Τα τρία άκρα των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης γεφυρώνονται με χάλκινη μπάρα και δημιουργείται ο ουδέτερος κόμβος. Ο ουδέτερος συνδέεται στο κάτω μέρος του μονωτήρα διέλευσης και προκύπτει έτσι ο ακροδέκτης του ουδετέρου (η).

### **6. Άκρα των τυλιγμάτων (β)**

Τα τρία άλλα άκρα των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης συνδέονται στους μονωτήρες διέλευσης και προκύπτουν οι ακροδέκτες 2U, 2V, 2W.

### **7. Μονωτήρες διέλευσης Χ.Τ. (LV bushing) από πορσελάνη**

Ονομάζονται μονωτήρες διέλευσης, διότι από μέσα τους διέρχεται το ρεύμα Χ.Τ.. Στον ένα τους ακροδέκτη, που είναι μέσα στο λάδι, συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων Χ.Τ.. Στον άλλο τους ακροδέκτη, που είναι στον αέρα, συνδέονται τα καλώδια Χ.Τ. που αναχωρούν από το Μ/Σ.

### **8. Μονωτήρες διέλευσης Μ.Τ. (MV bushing) από πορσελάνη.**

Στον ένα τους ακροδέκτη, που είναι μέσα στο λάδι, συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων Μ.Τ.. Στον άλλο τους ακροδέκτη, που είναι στον αέρα, συνδέονται τα καλώδια Μ.Τ. που έρχονται από την κυψέλη προστασίας του Μ/Σ.

### **9. Ρυθμιστής τάσης (off-circuit tap changer)**

Τα τυλίγματα μέσης τάσης έχουν ενδιάμεσα λήψεις που καταλήγουν σε ένα περιστροφικό διακόπτη. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα διαφορετικών λήψεων, δηλαδή να χρησιμοποιούμε περισσότερες ή λιγότερες σπείρες στο πρωτεύον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του λόγου των σπειρών του Μ/Σ και, συνεπώς, τη ρύθμιση της τάσης του δευτερεύοντος. Η ρύθμιση αυτή γίνεται όταν ο Μ/Σ είναι εκτός κυκλώματος (off-circuit).

### **10. Χειριστήριο ρυθμιστή τάσης**

### **11. Δοχείο διαστολής (expansion vessel)**

Η θερμοκρασία του λαδιού σε κανονική λειτουργία του Μ/Σ φτάνει τους 100°C, με αποτέλεσμα τη διαστολή του . Το δοχείο διαστολής συνδέεται με σωλήνα με το δοχείο του Μ/Σ και όσο η θερμοκρασία του λαδιού ανεβαίνει, ανεβαίνει η στάθμη του λαδιού, διώχνοντας τον αέρα που βρίσκεται στο πάνω μέρος του δοχείου. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η θερμοκρασία του λαδιού κατεβαίνει. Σήμερα κατασκευάζονται στεγανοί Μ/Σ λαδιού, με ειδικά σχεδιασμένα πτερύγια ψύξης που παίρνουν τις διαστολές του λαδιού και, συνεπώς, δεν χρειάζονται δοχείο διαστολής. Οι στεγανοί (sealed tank) Μ/Σ δεν χρειάζονται συντήρηση, διότι το λάδι δεν έρχεται σε επαφή με τον αέρα και έτσι δεν αλλοιώνεται

### **12. Δείκτης στάθμης λαδιού (oil-level indicator)**

Μάς δείχνει τη στάθμη του λαδιού στο δοχείο διαστολής.

### **13. Τάπα αερισμού και πλήρωσης με λάδι (Ventilation and filling cap)**

Από εδώ εξέρχεται ο αέρας που υπάρχει στο δοχείο διαστολής όταν θερμαίνεται το λάδι του Μ/Σ.

### **14. Βάνα αποχέτευσης του λαδιού (Drain plug)**

Από εδώ γίνεται η εκκένωση του λαδιού.

### **15. Τροχοί κύλησης (Roller)**

Η μετακίνηση του Μ/Σ μέχρι την τελική του θέση γίνεται με κύληση στους τέσσερις τροχούς του.

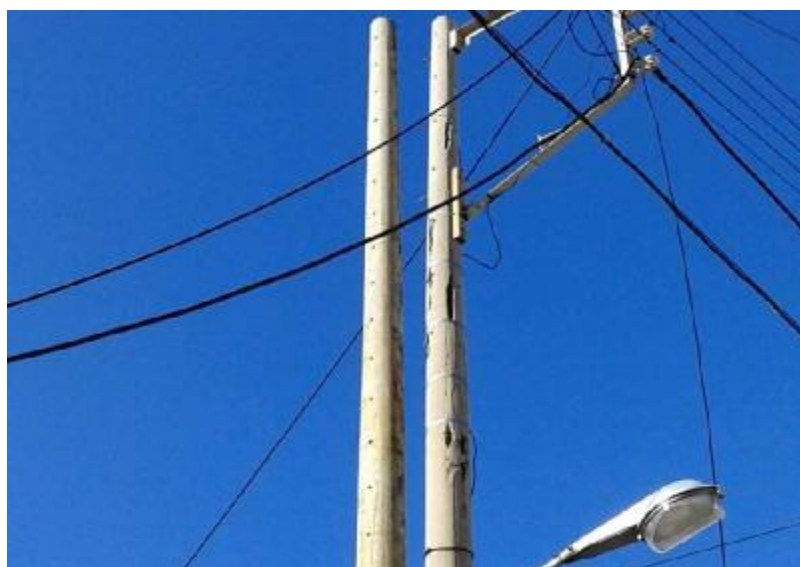
### **16. Ψυκτήρες (cooling ribs)**

Μοιάζουν με τις φέτες των θερμαντικών σωμάτων ακτινοβολίας και χρησιμεύουν για τη φυσική ψύξη του λαδιού.

## ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ

### 3.1 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.



Εικόνα 3.1: Ξύλινος και τσιμεντένιος στύλος

### 3.2 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 (τραβέρσες) που τοποθετούνται στην κορυφή των στύλων. Σε ειδικά στηρίγματα των ξύλινων βραχιόνων στηρίζονται οι μονωτήρες οι οποίοι αποτρέπουν την αγωγή 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.



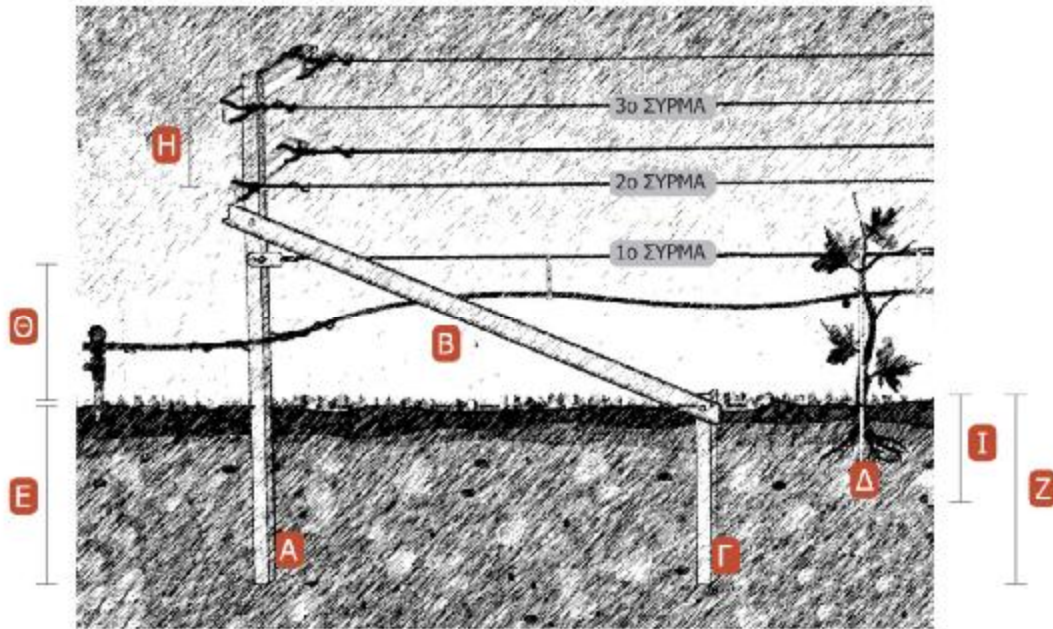
Εικόνα 3.2: Ξύλινοι βραχίονες (τραβέρσες)

### 3.3 Υλικά επιτόνωσης και θεμελίωσης

Υλικά επιτόνωσης ονομάζονται τα υλικά που προορίζονται για την συγκράτηση του Δικτύου. Τέτοια υλικά είναι οι επίτονοι 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.



Εικόνα 3.3: Β: ΕΠΙΤΟΝΟ 2m, Γ: ΑΝΤΗΡΙΔΑ 0,75m

### 3.4 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.

### 3.5 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.



**Εικόνα 3.4: Τύποι καλωδίων Αλουμινίου**

### **3.6 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 αγωγίμη 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.

### **3.7 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.

### **3.8 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.

### **3.9 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.

### **3.10 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 ακροχιτώνια. Στα εξαρτήματα υπογείων καλωδίων ανήκουν τα πλέγματα σήμανσης και οι ακροδέκτες αλουμινίου και χαλκού (κως).

### **3.11 Υλικά παροχетеύσεων**

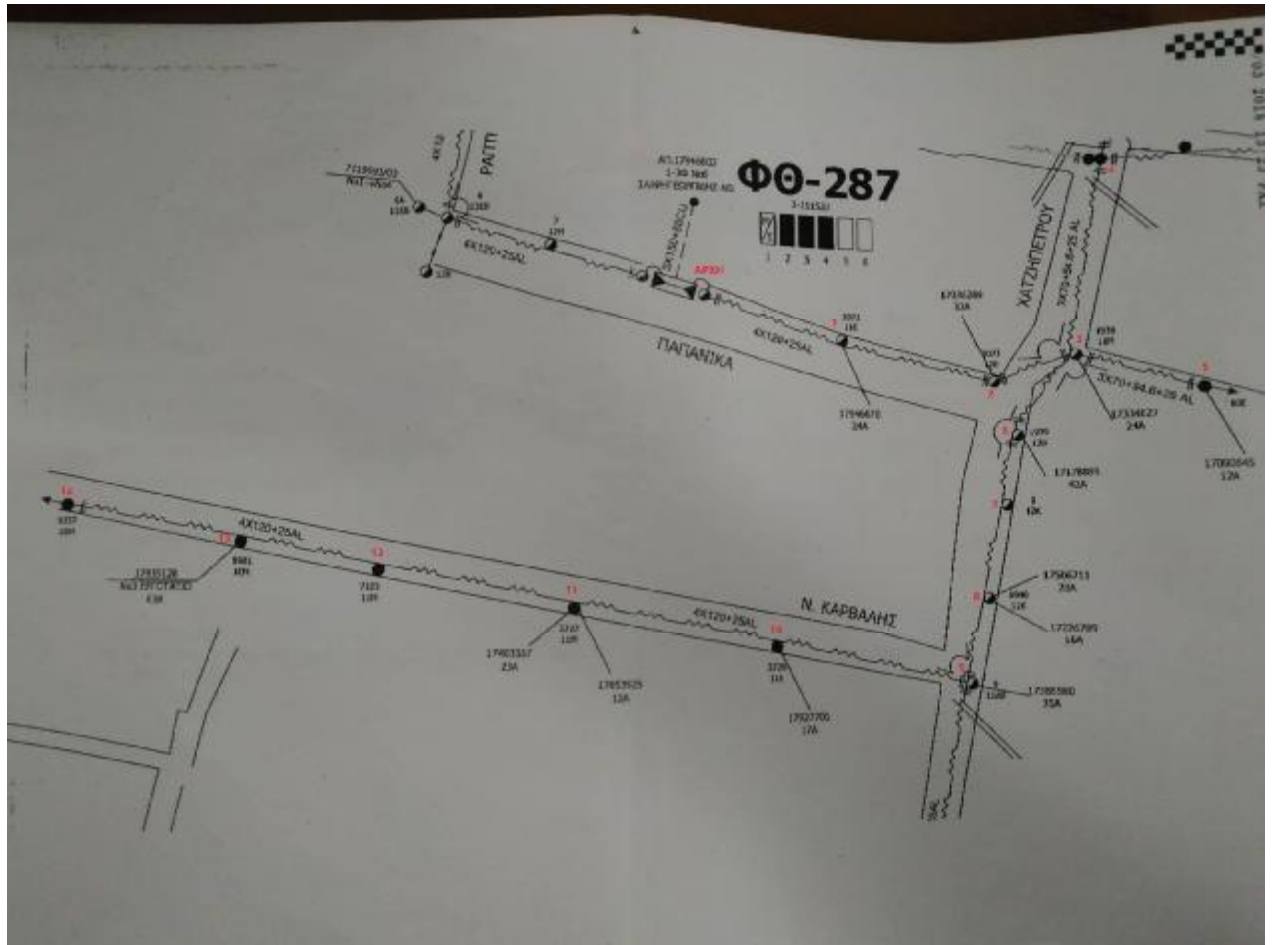
Τα υλικά παροχетеύσεων χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του δικτύου εναέριου και υπόγειου με τους τελικούς καταναλωτές. Τα κύρια υλικά αυτής της κατηγορίας είναι τα συγκεντρικά καλώδια χαλκού με μόνωση νεοπρενίου. Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μικρής διατομής αναρτώνται σε στύλους παρακείμενους των καταναλωτών και φθάνουν μέχρι την παροχή τους. Άλλα υλικά

παροχετεύσεων είναι τα επιτοίχια κιβώτια διακλάδωσης, τα κιβώτια μετρητών και οι μονοφασικοί και τριφασικοί μικροαυτόματοι διακόπτες.

# Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

## 4.1 Η παρουσίαση της γραμμής

Η γραμμή φαίνεται στην εικόνα 4.1. Με κόκκινο φαίνεται η αρίθμηση των στύλων



**Εικόνα 4.1: Μονογραμμικό σχέδιο της γραμμής**

Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή της γραμμής σε κάθε στύλο

**Πίνακας 3: Περιγραφή της γραμμής**

| ΑΠΟΣΤΑΣΗ<br>ΜΕΤΑΞΥ<br>ΣΤΥΛΩΝ                     | ΡΕΥΜΑ (A) | ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m) | ΚΑΛΩΔΙΟ        |
|--|-----------|--------------|----------------|
| ΑΡΧΗ-1 <sup>0Σ</sup>                             | 24        | 40           | 4×120+25 AL    |
| 1 <sup>0Σ</sup> -2 <sup>0Σ</sup>                 | 32        | 40           | 4×120+25 AL    |
| 2 <sup>0Σ</sup> -3 <sup>0Σ</sup>                 | 24        | 17           | 4×120+25 AL    |
| 3 <sup>0Σ</sup> -4 <sup>0Σ</sup><br>(ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ) | 25        | 35           | 3×70+54.6+25AL |
| 3 <sup>0Σ</sup> -5 <sup>0Σ</sup><br>(ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ) | 12        | 25           | 3×70+54.6+25AL |
| 3 <sup>0Σ</sup> -6 <sup>0Σ</sup>                 | 42        | 30           | 4×120+25 AL    |
| 6 <sup>0Σ</sup> -7 <sup>0Σ</sup>                 | 24        | 27           | 4×120+25 AL    |
| 7 <sup>0Σ</sup> -8 <sup>0Σ</sup>                 | 44        | 32           | 4×120+25 AL    |
| 8 <sup>0Σ</sup> -9 <sup>0Σ</sup>                 | 35        | 30           | 4×120+25 AL    |
| 9 <sup>0Σ</sup> -10 <sup>0Σ</sup>                | 17        | 40           | 4×120+25 AL    |
| 10 <sup>0Σ</sup> -11 <sup>0Σ</sup>               | 12        | 37           | 4×120+25 AL    |
| 11 <sup>0Σ</sup> -12 <sup>0Σ</sup>               | 28        | 38           | 4×120+25 AL    |
| 12 <sup>0Σ</sup> -13 <sup>0Σ</sup>               | 63        | 30           | 4×120+25 AL    |

|                                    |    |    |             |
|------------------------------------|----|----|-------------|
| 13 <sup>0Σ</sup> -14 <sup>0Σ</sup> | 20 | 35 | 4×120+25 AL |
|------------------------------------|----|----|-------------|

Η γραμμή στο μεγαλύτερο κομμάτι της αποτελείται από καλώδιο 4×120+25 AL και σε δύο τμήματα(στις διακλαδώσεις) υπάρχει καλώδιο 3×70+54.6+25AL. Οι ωμικές και οι χωρητικές αντιστάσεις των παραπάνω καλωδίων λαμβάνονται από τον παρακάτω πίνακα

**Πίνακας 4: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων καλωδίων**

| ΣΥΝΕΙΣΤΡΑΦΜΕΝΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΧΤ   | R<br>(Ω/km) | X<br>(Ω/km) | Συνφ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   |             |             | ημφ  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |             |             | 1,00 | 0,95 | 0,9  | 0,85 | 0,8  | 0,75 | 0,7  | 0,6  | 0,5  | 0,4  |
| 3x70 mm <sup>2</sup> Al + 54,6 mm <sup>2</sup> AAAC + 25 mm <sup>2</sup> Al | 0,497       | 0,100       | 3,22 | 3,38 | 3,26 | 3,37 | 3,50 | 3,65 | 3,82 | 4,23 | 4,77 | 5,51 |
| 4x120 mm <sup>2</sup> Al + 25 mm <sup>2</sup> Al                            | 0,284       | 0,083       | 5,63 | 5,41 | 5,48 | 5,61 | 5,78 | 5,97 | 6,20 | 6,76 | 7,48 | 8,44 |

## 4.2 Ο υπολογισμός της πτώσης τάσης

Ο υπολογισμός της πτώσης τάσης πάνω στη γραμμή θα πραγματοποιηθεί με βάση τον παρακάτω τύπο, σύμφωνα με τον οποίο υπολογίζεται η πτώση τάσης σε κάθε κομμάτι της γραμμής με βάση τα ρεύματα όλων των επόμενων διακλαδώσεων

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{\text{αρχή-τέλος}} &= \Delta V_{\text{αρχή-ΣΤΥΛΟΣ1}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ1-ΣΤΥΛΟΣ2}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ2-ΣΤΥΛΟΣ3}} \\
 &+ \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ3-ΣΤΥΛΟΣ6}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ6-ΣΤΥΛΟΣ7}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ7-ΣΤΥΛΟΣ8}} \\
 &+ \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ8-ΣΤΥΛΟΣ9}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ9-ΣΤΥΛΟΣ10}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ10-ΣΤΥΛΟΣ11}} \\
 &+ \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ11-ΣΤΥΛΟΣ12}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ12-ΣΤΥΛΟΣ13}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ13-ΣΤΥΛΟΣ14}} \\
 &= R_{\text{καλωδίου}} \cdot \frac{\text{απόσταση αφετηρίας - 1ης διακλάδωσης (m)}}{1000} \\
 &\cdot (I_{\text{πρώτης διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ} + I_{\text{δεύτερης διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ} \\
 &+ I_{\text{τρίτης διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ} + \dots + I_{\text{τελευταίας διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ}) \\
 &+ X_{\text{καλωδίου}} \cdot \frac{\text{απόσταση (m)}}{1000} \\
 &\cdot (I_{\text{πρώτης διακλάδωσης}} \cdot \text{ημφ} + I_{\text{δεύτερης διακλάδωσης}} \cdot \text{ημφ} \\
 &+ I_{\text{τρίτης διακλάδωσης}} \cdot \text{ημφ} + \dots + I_{\text{τελευταίας διακλάδωσης}} \cdot \text{ημφ})
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& R_{\text{καλωδίου}} \cdot \frac{\text{απόσταση 1ης διακλάδωσης} - \text{2ης διακλάδωσης (m)}}{1000} \\
& \cdot (I_{\text{δευτέρης διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ} + I_{\text{τρίτης διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ} + \dots \\
& + I_{\text{τελευταίας διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ}) \\
& + X_{\text{καλωδίου}} \cdot \frac{\text{απόσταση 1ης διακλάδωσης} - \text{2ης διακλάδωσης (m)}}{1000} \\
& \cdot (I_{\text{δευτέρης διακλάδωσης}} \cdot \eta\mu\phi + I_{\text{τρίτης διακλάδωσης}} \cdot \eta\mu\phi + \dots \\
& + I_{\text{τελευταίας διακλάδωσης}} \cdot \eta\mu\phi) + \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
& + \\
& R_{\text{καλωδίου}} \cdot \frac{\text{απόσταση 13ης διακλάδωσης} - \text{14ης διακλάδωσης (m)}}{1000} \\
& \cdot (I_{\text{τελευταίας διακλάδωσης}} \cdot \text{συνφ}) \\
& + X_{\text{καλωδίου}} \cdot \frac{\text{απόσταση 13ης διακλάδωσης} - \text{14ης διακλάδωσης (m)}}{1000} \\
& \cdot (I_{\text{τελευταίας διακλάδωσης}} \cdot \eta\mu\phi)
\end{aligned}$$

$\Delta V_{\text{ΑΡΧΗ-ΣΤΥΛΟΣ1}}$

$$\begin{aligned}
& = 0.284 \frac{40}{1000} \\
& \cdot (24 + 32 + 24 + 25 + 12 + 42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 \\
& + 20) \cdot 0.85 \\
& + 0.083 \cdot \frac{40}{1000} \\
& \cdot (24 + 32 + 24 + 25 + 12 + 42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 \\
& + 20) \cdot 0.527 = 4.6 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$\Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ1-ΣΤΥΛΟΣ2}}$

$$\begin{aligned}
& = 0.284 \frac{40}{1000} \\
& \cdot (32 + 24 + 25 + 12 + 42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \\
& \cdot 0.85 \\
& + 0.083 \cdot \frac{40}{1000} \\
& \cdot (32 + 24 + 25 + 12 + 42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \\
& \cdot 0.527 = 4.3 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}2-\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}3} &= 0.284 \frac{17}{1000} \cdot (24 + 25 + 12 + 42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.85 \\
&+ 0.083 \cdot \frac{17}{1000} \cdot (24 + 25 + 12 + 42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.527 = 1.7 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}3-\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}6} &= 0.284 \frac{30}{1000} \cdot (42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.85 \\
&+ 0.083 \cdot \frac{30}{1000} \cdot (42 + 24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.527 \\
&= 2.44 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}6-\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}7} &= 0.284 \frac{27}{1000} \cdot (24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.85 \\
&+ 0.083 \cdot \frac{27}{1000} \cdot (24 + 44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.527 = 1.87 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}7-\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}8} &= 0.284 \frac{32}{1000} \cdot (44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.85 \\
&+ 0.083 \cdot \frac{32}{1000} \cdot (44 + 35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.527 = 2 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta V_{\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}8-\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}9} &= 0.284 \frac{30}{1000} \cdot (35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.85 \\
&+ 0.083 \cdot \frac{30}{1000} \cdot (35 + 17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.527 = 1.5 \text{ Volt}
\end{aligned}$$

$$\Delta V_{\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}9-\Sigma\text{ΤΥΛΟΣ}10} = 0.284 \frac{40}{1000} \cdot (17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.85$$

$$+0.083 \cdot \frac{40}{1000} \cdot (17 + 12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.527 = 1.6 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ10-ΣΤΥΛΟΣ11}} = 0.284 \frac{37}{1000} \cdot (12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.85$$

$$+0.083 \cdot \frac{37}{1000} \cdot (12 + 28 + 63 + 20) \cdot 0.527 = 1.3 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ11-ΣΤΥΛΟΣ12}} = 0.284 \frac{38}{1000} \cdot (28 + 63 + 20) \cdot 0.85$$

$$+0.083 \cdot \frac{38}{1000} \cdot (28 + 63 + 20) \cdot 0.527 = 1.2 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ12-ΣΤΥΛΟΣ13}} = 0.284 \frac{30}{1000} \cdot (63 + 20) \cdot 0.85$$

$$+0.083 \cdot \frac{30}{1000} \cdot (63 + 20) \cdot 0.527 = 0.71 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ13-ΣΤΥΛΟΣ14}} = 0.284 \frac{35}{1000} \cdot (20) \cdot 0.85$$

$$+0.083 \cdot \frac{35}{1000} \cdot (20) \cdot 0.527 = 0.2 \text{ Volt}$$

$$\Delta V_{\text{γραμμής}} = \Delta V_{\text{ΑΡΧΗ-ΣΤΥΛΟΣ1}} + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ1-ΣΤΥΛΟΣ2}} + \dots + \Delta V_{\text{ΣΤΥΛΟΣ13-ΣΤΥΛΟΣ14}}$$

$$= 23.42 \text{ Volt}$$

Στον υπολογισμό της πτώσης τάσης της γραμμής δεν λήφθηκαν υπόψη οι πτώσεις τάσης των διακλαδώσεων αν και έχουν υπολογισθεί παραπάνω

Στις γραμμές Χ.Τ. η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής, δηλαδή πρέπει

$$\Delta V \leq \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot \frac{4}{100} = 9.2 \text{ Volt.}$$

Στην περίπτωσή μας η πτώση τάσης υπερβαίνει κατά πολύ το παραπάνω όριο. Προκειμένου να ελαττωθεί η πτώση τάσης προτείνονται τα εξής:

- § Χρησιμοποίηση καλωδίου με μικρότερη ωμική και χωρητική αντίσταση
- § Χρήση μεθόδων αντιστάθμισης

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <https://www.dei.gr/el/i-dei/i-etairia/omilos-dei-ae/dei-ae>
- <http://www.admie.gr/to-systima-metaforas/dedomena-stoicheia-systimatos/perigrifi-systimatos-metaforas/>
- <https://www.deddie.gr/el/to-diktuo-ilektrismou/vasika-megethi-tou-diktuou-ilektrismou>
- <https://www.safetyengineer.gr>
- <http://www.nrg-orion.gr/en/erga2.php>
- <http://www.electroniccircuits.gr/metaximatistes.html>
- [http://www.ti-soft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/middlevoltage/panelcad\\_metaximatistes\\_isxuos/panelcad\\_pws\\_einai\\_katask\\_o\\_metaximatistis\\_me\\_monwsh\\_ladiou](http://www.ti-soft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/middlevoltage/panelcad_metaximatistes_isxuos/panelcad_pws_einai_katask_o_metaximatistis_me_monwsh_ladiou)
- <https://dspace.uowm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/68/PSATHAS%20ILIAS0453.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <http://winemetal.gr/προϊοντα/σχηματικες-παραστασεις/>
- <http://hdlcable.diytrade.com/sdp/2293009/4/pd-7239137/13033116-2755186/Overhead AAC AAAC ACSR ABC Cable Aluminum Cable.html>