



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ &

ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Οι Μετασχηματιστές στους Υ/Σ Διανομής Πόλεως 20/0,4 kV  
& στους Καταναλωτές Μέσης Τάσης του Ελληνικού Δικτύου**

**Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Κωνσταντίνος Γ. Γεωργούλιας**

**Καθηγητής :** Ιωάννης Φ. Γκόνος

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Επιβλέπων :** Αικατερίνη Πολυκράτη

ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2021





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

**Οι Μετασχηματιστές στους Υ/Σ Διανομής Πόλεως 20/0,4 kV  
& στους Καταναλωτές Μέσης Τάσης του Ελληνικού Δικτύου  
Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Κωνσταντίνος Γ. Γεωργούλιας**

**Καθηγητής :** Ιωάννης Φ. Γκόνος

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Επιβλέπων :** Αικατερίνη Πολυκράτη

ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 1<sup>η</sup> Νοεμβρίου 2021.

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

.....  
Ιωάννης Φ. Γκόνος  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Φραγκίσκος Β. Τοπαλής  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Πάυλος Σ. Γεωργιλιάκης  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
**Κωνσταντίνος Γ. Γεωργούλιας**

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

Copyright © Κωνσταντίνος Γ. Γεωργούλιας , 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

**Αφιερώνεται στους γονείς μου και στον αδερφό μου**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία, εκπονείται στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ).

Παρουσιάζει τους Υ/Σ Διανομής Πόλεως 20/0,4 kV του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, με ιδιαίτερη αναφορά σε ενός εκ των σπουδαιότερων ηλεκτρικών στοιχείων που τους απαρτίζουν, τους Μετασχηματιστές.

Οι Μετασχηματιστές, συναντώνται στους Υποσταθμούς Πόλεως, οι οποίοι μπορεί να είναι επίγειοι ή υπόγειοι. Αποτελούν επίσης βασικό ηλεκτρικό στοιχείο για τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις των Πελατών Μέσης Τάσης, του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ). Συνεπώς η παρουσίαση των Μετασχηματιστών δεν περιορίζεται μόνο εντός των Υ/Σ Διανομής Πόλεως, αλλά επεκτείνεται και στους αντίστοιχους Υποσταθμούς των Καταναλωτών Μέσης Τάσης του Εθνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ).

Ιδιαίτερη βαρύτητα, δίδεται στην περιγραφή των επιμέρους στοιχείων που αποτελούν έναν Μετασχηματιστή καθώς επίσης και στον τρόπο σύνδεσης του με τα υπόλοιπα ηλεκτρικά στοιχεία ενός Υποσταθμού Πόλεως.

Δίδεται επίσης έμφαση, στις προδιαγραφές που θέτει ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ), προκειμένου να τους εντάξει στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, καθώς επίσης και στις διαδικασίες επιθεώρησης και συντήρησής τους.

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

ΕΔΔΗΕ (Ελληνικό Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας), ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας), Υποσταθμός Πόλεως Μέσης Τάσης, Πίνακας Μέσης Τάσης, Πελάτης Μέσης Τάσης, Διακόπτης Μέσης τάσης, Ασφάλεια Μέσης Τάσης, Μετασχηματιστής, Πίνακας Χαμηλής Τάσης

## **ABSTRACT**

The present Diploma Thesis is prepared in the framework of the undergraduate study program, of the School of Electrical and Computer Engineer of the National Technical University of Athens (NTUA).

It presents the 20/0.4 kV City Distribution Substations of the Hellenic Electricity Distribution Network (HEDN), with special reference to one of the most important electrical components that make them up, the Transformers.

Transformers are found in City Substations, which can be either ground substations or underground substations. They also consist a basic electrical component for the respective Medium Voltage Customers of the Hellenic Electricity Distribution Network Operator (HEDNO), installations. Therefore, the presentation of Transformers, is not limited only within the City Distribution Substations, but also extends to the respective Medium Voltage Consumers Substations, of the Hellenic Electricity Distribution Network (HEDN).

Particular Importance is given to the description of the individual elements that constitute a Transformer, as well as to the way it is connected to the other electrical elements within the Substation.

Emphasis is also given, to the specifications set by HEDNO, in order to include them in the electricity network, as well as on their inspection and maintenance procedures.

## **KEY WORDS**

HEDN (Hellenic Electricity, Distribution Network), HEDNO (Hellenic Electricity Distribution Network Operator), Medium Voltage Substation, Medium Voltage Panels, Medium Voltage Customer, Medium Voltage Switch, Medium Voltage Safety, Transformer, Low Voltage Panel

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Ιωάννη Φ. Γκόνο, τόσο για την εμπιστοσύνη που επέδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση τούτης της Διπλωματικής Εργασίας όσο και για την συνεχή υποστήριξη του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καλό φίλο και συνάδελφο Θεμιστοκλή, ο οποίος αποτελεί ένα φωτεινό παράδειγμα για όλους τους φοιτητές καθώς είναι ένας άνθρωπος ο οποίος δεν σταματάει ποτέ να εξελίσσεται και να μαθαίνει. Η στήριξή του ήταν πολύτιμη καθ' όλη την κοινή μας πορεία στο πολυτεχνείο, πόσο μάλλον στην συγκεκριμένη Διπλωματική που με την εργασιακή του εμπειρία ως στέλεχος του ΔΕΔΔΗΕ με βοήθησε να εξελιχθώ και να μάθω πάρα πολλά.

Ευχαριστώ θερμά και τον καλό φίλο και συνάδελφο Νίκο ο οποίος με δέχθηκε στις εγκαταστάσεις του ΔΕΔΔΗΕ στον Πειραιά και με τις γνώσεις του γύρω από τους Μετασχηματιστές φρόντισε να με κατατοπίσει και να με βοηθήσει στην κατανόηση της διαδικασίας συντήρησής τους αλλά και της αλληλουχίας και σύνδεσης των επιμέρους τμημάτων τους.

Ευχαριστίες επίσης και στους καλούς φίλους και συνάδελφους Γιώργο, Θοδωρή και Σταμάτη όπου στην διάρκεια των σπουδών μας όλα αυτά τα χρόνια ανταλλάξαμε πολύτιμες απόψεις και αναπτύξαμε το ομαδικό πνεύμα που πρέπει να έχουμε κατά τα φοιτητικά μας χρόνια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και την Μαρία για την υποστήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο ΕΜΠ.



## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	12
Εισαγωγή.....	12
1.1 Πηγές ενέργειας.....	12
1.2 Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.).....	13
1.3 Σύστημα Παραγωγής .....	14
1.4 Σύστημα Μεταφοράς.....	15
1.5 Σύστημα Διανομής.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	20
Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ).....	20
2.1 Το προφίλ της εταιρείας .....	20
2.2 Στόχοι της εταιρείας.....	21
2.3 Αντικείμενο – Δραστηριότητα .....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	22
Οι Μετασχηματιστές.....	22
3.1 Εισαγωγή.....	22
3.2 Ιστορική Αναδρομή.....	23
3.3 Είδη Μετασχηματιστών .....	25
3.4 Κατηγορίες Μετασχηματιστών .....	28
3.5 Ιδιωτικοί και δημόσιοι Μ/Σ διανομής .....	29
3.6 Ιδανικός Μετασχηματιστής .....	30
3.7 Ισχύς στους Ιδανικούς Μετασχηματιστές.....	32
3.8 Πραγματικός Μετασχηματιστής .....	33
3.9 Απόδοση Μετασχηματιστή.....	34
3.10 Απώλειες Μετασχηματιστή .....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	37
Τριφασικοί μετασχηματιστές .....	37
4.1 Εισαγωγή.....	37
4.2 Πρότυπα και Δοκιμές του ΔΕΔΔΗΕ για τους Τριφασικούς Μετασχηματιστές.....	39
4.3 Συνδεσμολογία των Τυλιγμάτων στους Τριφασικούς Μετασχηματιστές.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	47
Μ/Σ Ξηρού τύπου, Μ/Σ Ελαίου, Μονωτικά λάδια .....	47
5.1 Μετασχηματιστές Ξηρού Τύπου.....	47
5.2 Μετασχηματιστές Ελαίου .....	48
5.3 Μονωτικά Λάδια.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....	56
Συντήρηση Μετασχηματιστή, Παράδειγμα.....	56
6.1 Συντήρηση ενός Μ/Σ.....	56
6.2 Παράδειγμα συντήρησης.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....	73
Οι Υποσταθμοί του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	73
7.1 Εισαγωγή.....	73
7.2 Υποσταθμοί διανομής ΜΤ/ΧΤ .....	75
7.3 Εγκατάσταση και ψύξη του Μετασχηματιστή Ισχύος .....	80
7.4 Η Διαχρονική Εξέλιξη των Υ/Σ Διανομής Πόλεως .....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	112
Παράδειγμα Προγραμματισμένης Συντήρησης σε Πελάτη Μέσης Τάσης .....	112
8.1 Τεχνικά Στοιχεία ΔΕΗ προς τους Καταναλωτές .....	112
8.2 Συντήρηση Υποσταθμού – Γενικά.....	122
8.3 Παράδειγμα Προγραμματισμένης Συντήρησης στον Καταναλωτή Μέσης Τάσης .....	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 .....	141
Επίλογος.....	141
Βιβλιογραφία.....	143

Πίνακας Εικόνων..... 146

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Πηγές ενέργειας

Τις κύριες πηγές ενέργειας στις μέρες μας αποτελούν τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικά αέρια) καθώς επίσης η ενέργεια των υδάτων και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια αν και είναι η πλέον συνυφασμένη μορφή ενέργειας με όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες δεν αποτελεί πρωτογενή μορφή ενέργειας και δεν είναι συμφέρουσα η αποθήκευσή της σε μεγάλες ποσότητες για αυτό πρέπει να παράγεται τη στιγμή της ζήτησης της.

Η αύξηση του επιπέδου διαβίωσης σχετίζεται άμεσα με την καταναλισκόμενη ενέργεια. Η ανθρωπότητα δαπανά καθημερινά για τις διάφορες δραστηριότητες τεράστια ποσά ενέργειας. Οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες εξαιτίας της βελτίωσης του επιπέδου διαβίωσης και του φαινομένου υπερκατανάλωσης οδηγούν στη συνεχή αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επαύξηση της ισχύος των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας στην παραγωγή στην μεταφορά και στην διανομή.

Το τεράστιο κόστος επενδύσεων, εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης των υποσυστημάτων της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (Σ.Η.Ε.) επιβάλλει την τεκμηριωμένη και σε βάθος μελέτη, σχεδίαση και ανάπτυξη των διαφόρων συνιστωσών του για την οικονομικότερη και αποδοτικότερη λειτουργία και τη βελτίωση της ποιότητας της ενέργειας.

Σε αντίθεση με την παραγωγή και τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, που συμμετέχουν περισσότερες της μιας ηλεκτρικές επιχειρήσεις (κρατικές και ιδιωτικές), τα δίκτυα διανομής εξαιτίας της εκτεταμένης δομής τους και της πληθώρας των ρυθμίσεων που απαιτούν για την λειτουργία διαχειρίζονται αποκλειστικά και μόνο από κρατικές επιχειρήσεις ηλεκτρισμού.

Με τον εξηλεκτρισμό του συνόλου της χώρας η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται από τα πιο πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα έως τις πιο αραιά κατοικημένες και απομακρυσμένες περιοχές [2].

## 1.2 Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.)

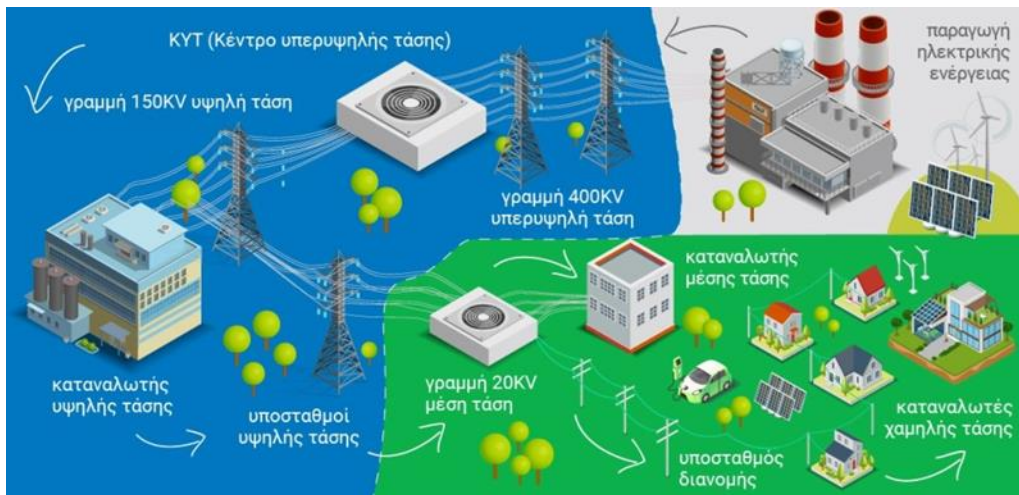
Ως Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) ορίζεται το σύνολο των εγκαταστάσεων, του εξοπλισμού, των μέσων και γενικότερα όλων των υποδομών που απαιτούνται για την ασφαλή και ποιοτική εξυπηρέτηση των αναγκών ενός συνόλου καταναλωτών.

Ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιείται η ηλεκτρική ενέργεια οι καταναλωτές μπορούν να κατανεμηθούν στις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

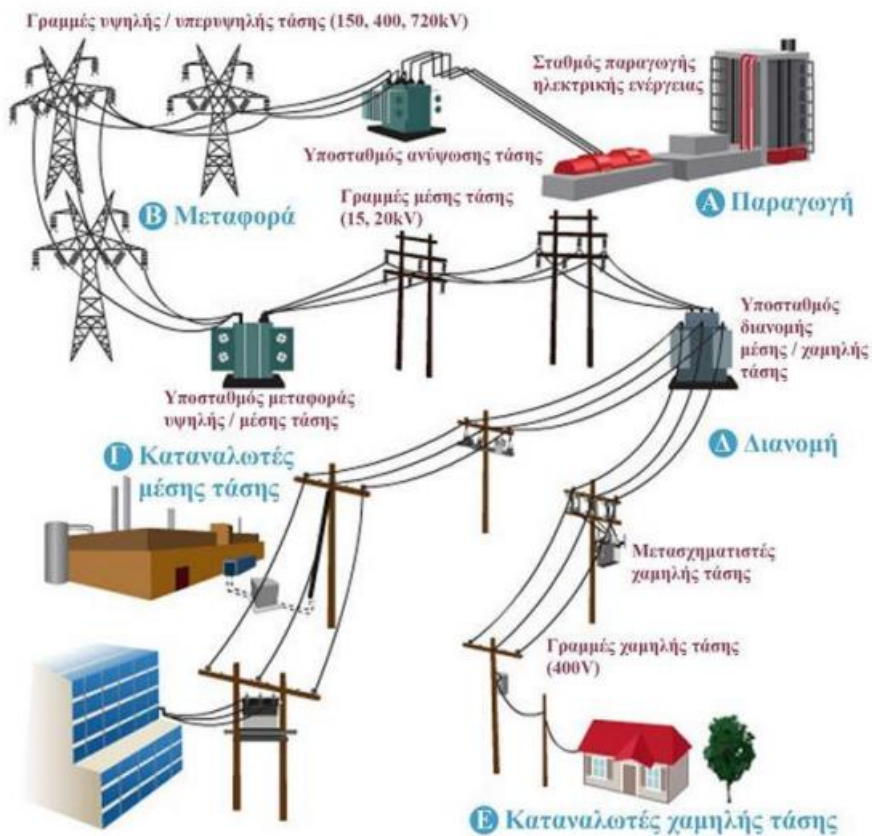
- Καταναλωτές υψηλής τάσης (ΥΤ) στα 150 KV.
- Καταναλωτές μέσης τάσης (ΜΤ) στα 20 KV.
- Καταναλωτές χαμηλής τάσης (ΧΤ) στα 230/400 V.

Τα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να διακριθούν (Εικόνα 1) στα ακόλουθα τμήματα:

- Στους σταθμούς (κέντρα) παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Στα δίκτυα μεταφοράς που διασύνδεουν τους σταθμούς παραγωγής μεταξύ τους και μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες ποσότητες και αποστάσεις στα κέντρα κατανάλωσης.
- Στα δίκτυα διανομής μέσω των οποίων η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης [1].



Εικόνα 1 Το Δίκτυο Ηλεκτρισμού στη χώρα (ΔΕΔΔΗΕ)

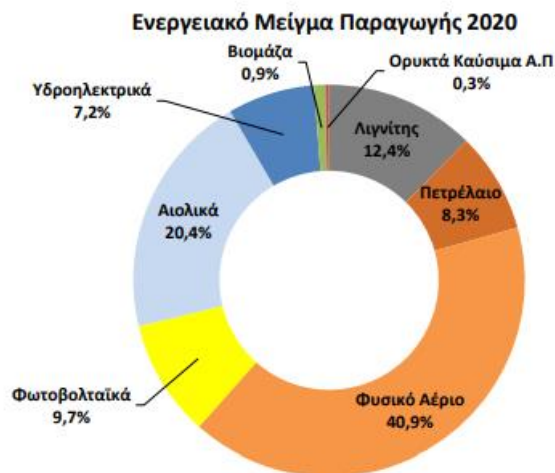


Εικόνα 2 Δομή Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ασλανίδης, Η., 2020)

### 1.3 Σύστημα Παραγωγής

Το είδος των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενός ΣΗΕ καθορίζεται από το είδος των φυσικών πηγών ενέργειας που διαθέτει η χώρα. Η Ελλάδα από την αρχή του

εξηλεκτρισμού της εκμεταλλεύεται τα πλούσια αποθέματα σε λιγνίτη που διαθέτει το υπέδαφός της και το υδάτινο δυναμικό της. Μέχρι σήμερα το 40,9% περίπου της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από μονάδες φυσικού αερίου, ένα ποσοστό 20,4% προέρχεται από αιολικά πάρκα και ένα ποσοστό 12,4% προέρχεται από λιγνιτικές μονάδες. Στην συνέχεια έχουμε ένα 9,7% που προέρχεται από φωτοβολταϊκά, ένα 8,3% που προέρχεται από πετρέλαιο και ένα ποσοστό 7,2% προέρχεται από υδροηλεκτρικές μονάδες. Τέλος το ποσοστό που προέρχεται από βιομάζα και από ορυκτά καύσιμα είναι πολύ μικρό με 0,9% και 0,3% αντίστοιχα. Τα νησιωτικά δίκτυα τα οποία στο μεγαλύτερο ποσοστό τους δεν είναι διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό δίκτυο λειτουργούν ως αυτόνομα συστήματα και παράγουν την ηλεκτρική τους ενέργεια μέσω του πετρελαίου.

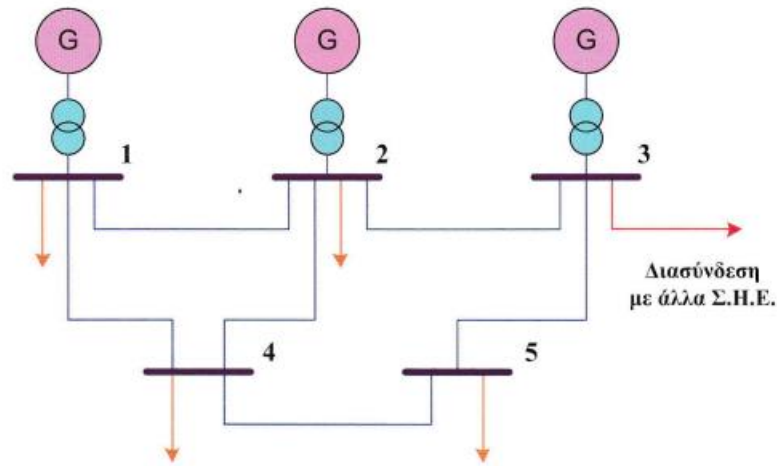


**Εικόνα 3** Ποσοστό (%) στο σύνολο της ετήσιας Παραγωγής ανά τύπο καυσίμου (ΔΑΠΕΕΠ)

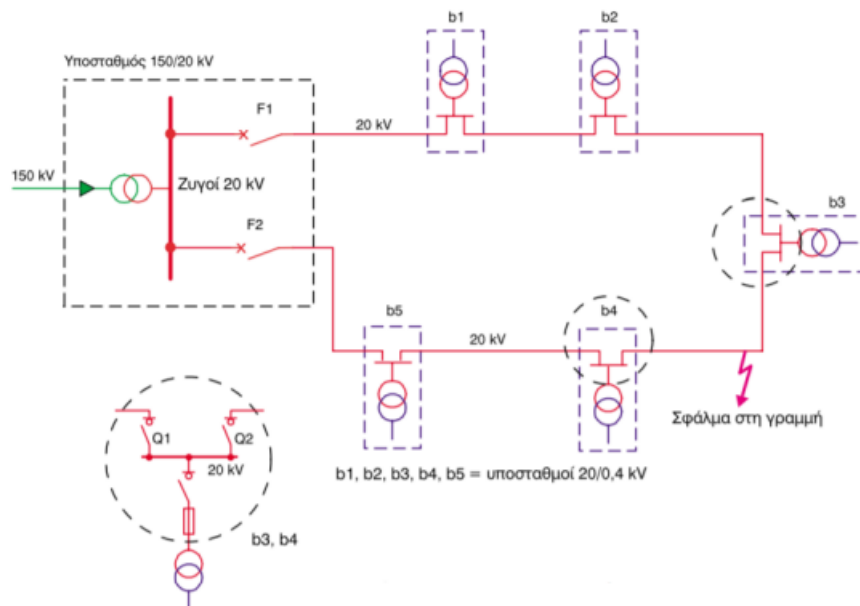
## 1.4 Σύστημα Μεταφοράς

Το σύστημα μεταφοράς διασύνδεει όλους τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως επίσης και τα διαφορετικά ΣΗΕ με τα οποία είναι διασυνδεδεμένο και μέσω κατάλληλου εξοπλισμού μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια σε τεράστιες ποσότητες. Για καλύτερη εξυπηρέτηση, αποδοτικότερη λειτουργία καθώς και για λόγους αξιοπιστίας σε σχέση με τη συνέχεια της τροφοδότησης των καταναλωτών, έχουν επιβάλλει στα δίκτυα μεταφοράς τη βροχοειδή διάταξη. Σε σχέση με την ακτινική διάταξη εξασφαλίζει

περισσότερους συνδυασμούς διαδρομών ηλεκτρικής ενέργειας έχοντας ως αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση και εξυπηρέτηση του φορτίου [1].



Εικόνα 4 Δομή συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Μαλατέστας Π., 2019)



Εικόνα 5 Βροχοειδές δίκτυο μέσης τάσης (Ασλανίδης, Η., 2020)





Εικόνα 6 Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς 2020 (ΑΔΜΗΕ)

## 1.5 Σύστημα Διανομής

Με τον όρο διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, εννοούμε το σύνολο της υλικοτεχνικής υποδομής (υποσταθμοί, δίκτυα διανομής, διατάξεις διακοπής, ελέγχου και προστασίας) μέσω της οποίας η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στα κέντρα κατανάλωσης μέσης και χαμηλής τάσης. Τα δίκτυα διανομής παραλαμβάνουν την ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρεται μέσω των δικτύων μεταφοράς από τα κέντρα παραγωγής και τροφοδοτούν τις καταναλώσεις μέσης και χαμηλής τάσης. Δηλαδή μέσω των δικτύων διανομής η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται σε όλη την εξυπηρετούμενη περιοχή μέχρι και τον τελευταίο καταναλωτή.

Ανάλογα με το μέγεθος της τάσης τροφοδοσίας τους τα δίκτυα διανομής διακρίνονται σε δίκτυα διανομής μέσης τάσης και σε δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης.

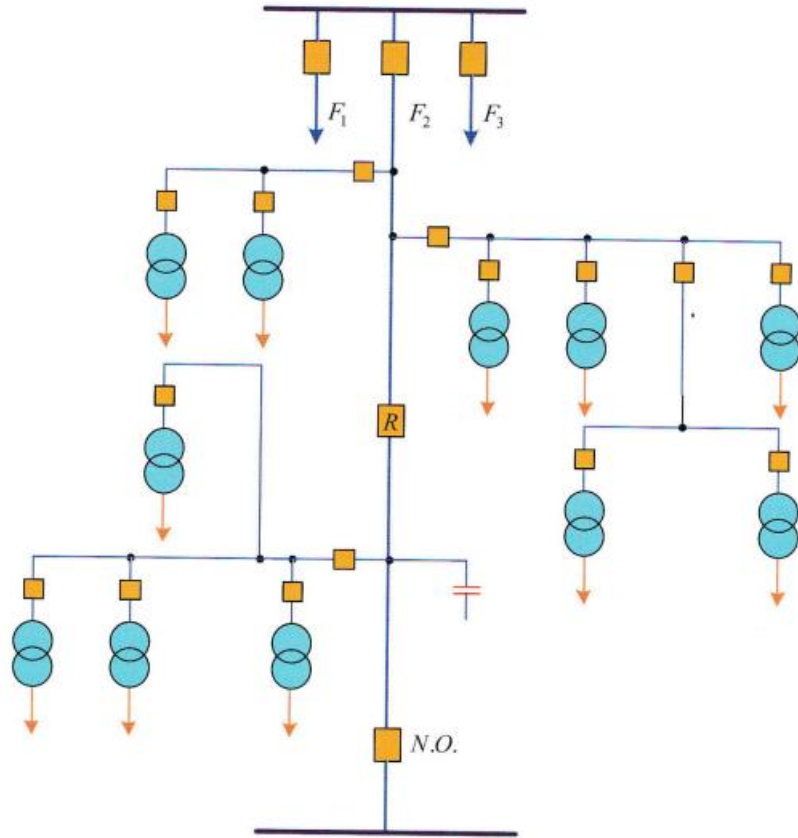
Αντιπροσωπευτικές τιμές ΜΤ για την Ελλάδα είναι τα 6.6 KV και τα 20 KV. Η τροφοδοσία των δικτύων αυτών γίνεται από τα δίκτυα μεταφοράς μέσω κατάλληλων υποσταθμών ΥΤ/ΜΤ.

Ανάλογα με τη γεωγραφική πυκνότητα φορτίου και το είδος της περιοχής, τα δίκτυα διανομής μπορεί να είναι εναέρια, υπόγεια ή και συνδυασμός αυτών. Στις αστικές και πυκνοκατοικημένες περιοχές όπου η πυκνότητα του φορτίου είναι αρκετά μεγάλη τα δίκτυα διανομής είναι κατά κανόνα υπόγεια, ενώ στις αγροτικές περιοχές είναι εναέρια. Στις ημιαστικές περιοχές ενδέχεται να είναι εν μέρει εναέρια και εν μέρει υπόγεια.

Τα εναέρια δίκτυα έχουν ακτινική ή δενδροειδή μορφή ενώ τα υπόγεια έχουν βροχοειδή μορφή, όλα όμως λειτουργούν ακτινικά, δηλαδή τροφοδοτούνται από το ένα μόνο άκρο [1].

ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (km)					
ΤΥΠΟΣ ΓΡΑΜΜΩΝ	400 kV	Σ.Ρ. 400 kV	150 kV	66 kV	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΝΑΕΡΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ	2.760,48	106,95	8.240,95	39,05	11.147,43
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΚΑΛ. ΓΡΑΜΜΕΣ			807,51	72,2	879,71
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΚΑΛ. ΓΡΑΜΜΕΣ (Υ/Γ τμήμα)			28,1	2,8	30,90
ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ	31,45		303,90		335,35
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>2.791,93</b>	<b>106,95</b>	<b>9.380,47</b>	<b>114,05</b>	<b>12.393,39</b>

**Εικόνα 7** Τα μήκη των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα έως τις 31/12/2020 (ΑΔΜΗΕ)



Εικόνα 8 Ακτινική διάταξη γραμμής διανομής (Μαλατέστας Π., 2019)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

# Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ)

### 2.1 Το προφίλ της εταιρείας

Η ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) συστάθηκε με την απόσχιση του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ Α.Ε. σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 και σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Η εταιρεία αναλαμβάνει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής. Ο ΔΕΔΔΗΕ συνεισφέρει στην ανάπτυξη της χώρας και στην βελτίωση του επιπέδου ζωής των ανθρώπων παρέχοντάς τους ποιοτική και αδιάλειπτη ηλεκτρική ενέργεια [13].



Εικόνα 9 ΔΕΔΔΗΕ Έδρα (ΔΕΔΔΗΕ)

## 2.2 Στόχοι της εταιρείας

Οι στόχοι της εταιρείας είναι [13]:

1. Η αξιόπιστη και αδιάλειπτη τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών
2. Η υψηλή ποιότητα της παρεχόμενης τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος
3. Η διαρκή βελτίωση τόσο των παρεχόμενων υπηρεσιών όσο και της ποιότητας εξυπηρέτησης των χρηστών του Ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας
4. Η μείωση του λειτουργικού της κόστους , μέσω του εκσυγχρονισμού αλλά και της αυτοματοποίησης του Δικτύου διανομής και των διαδικασιών που διέπουν τη λειτουργία του
5. Η προσαρμογή της στις σύγχρονες απαιτήσεις, μέσω της δημιουργίας ενός ασφαλούς δικτύου ηλεκτροδότησης, η πρόσβαση στο οποίο θα είναι ισότιμη για όλους τους καταναλωτές, με διαδικασίες πλήρως εναρμονισμένες στο υπάρχον ρυθμιστικό πλαίσιο.

## 2.3 Αντικείμενο – Δραστηριότητα

Οι δραστηριότητες του ΔΕΔΔΗΕ αφορούν κυρίως [13]:

- Νέες Συνδέσεις Καταναλωτών και Παραγωγών.
- Τροποποίηση Παλαιών Παροχών (Επαύξηση ισχύος υπαρχουσών Συνδέσεων).
- Μετατοπίσεις Δικτύων.
- Ενισχύσεις, βελτιώσεις και εκσυγχρονισμός του Δικτύου.
- Κατασκευή Κέντρων Διανομής και Γραμμών 150kV.
- Λειτουργία του Δικτύου Διανομής.
- Επιθεώρηση και Συντήρηση του Δικτύου.
- Αποκατάσταση βλαβών.
- Καταμέτρηση των καταναλώσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Οι Μετασχηματιστές

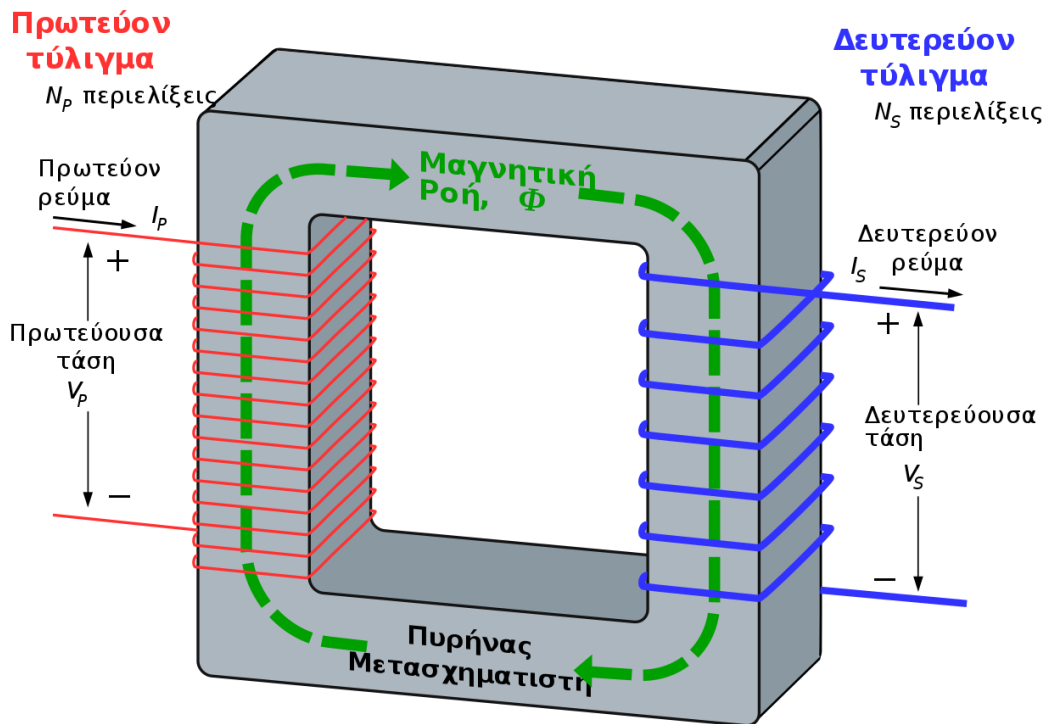
#### 3.1 Εισαγωγή

Ο μετασχηματιστής είναι μία ηλεκτρική συσκευή που μετατρέπει εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενός επιπέδου τάσης σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια διαφορετικού επιπέδου τάσης μέσω της επίδρασης ενός μαγνητικού πεδίου.

Αυτή η συσκευή αποτελείται από δύο ή περισσότερα πηνία που τυλίγονται γύρω από έναν κοινό σιδηρομαγνητικό πυρήνα. Τα πηνία αυτά συνήθως δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Η μονή σύζευξη που υπάρχει μεταξύ των σπειρών είναι το κοινό μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του πυρήνα.

Το ένα από τα δύο πηνία του μετασχηματιστή συνδέεται με μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης, ενώ το δεύτερο (ή το τρίτο, αν υπάρχει) συνδέεται με το φορτίο.

Το πρώτο τύλιγμα ονομάζεται *πρωτεύον τύλιγμα* (*primary winding*) ή *τύλιγμα εισόδου* του μετασχηματιστή και το δεύτερο ονομάζεται *δευτερεύον* (*secondary*) ή *τύλιγμα εξόδου*. Αν υπάρχει και τρίτο τύλιγμα, αυτό ονομάζεται *τριτεύον* τύλιγμα του μετασχηματιστή [3].



Εικόνα 10 Μετασχηματιστής (Wikipedia)

### 3.2 Ιστορική Αναδρομή

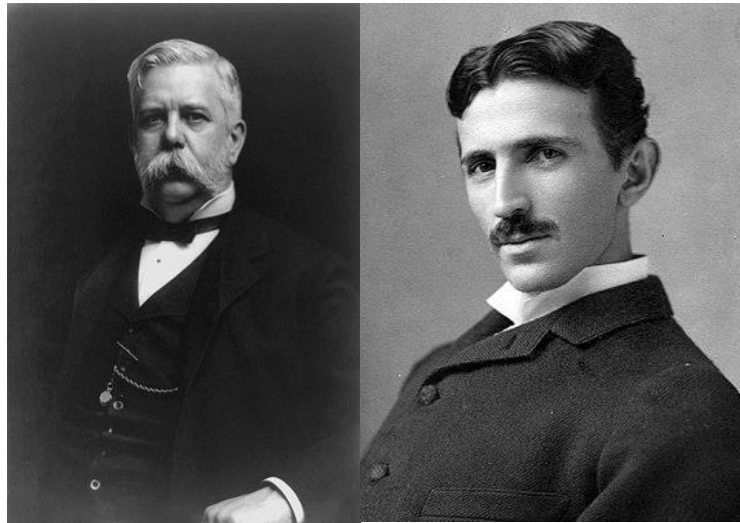
Το πρώτο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ αναπτύχθηκε από τον Thomas A. Edison και λειτουργούσε με συνεχές ρεύμα στα 120 V, για να τροφοδοτεί ένα δίκτυο φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως. Πάνω σε αυτό το δίκτυο του Edison στηρίχθηκε ο πρώτος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που άρχισε να λειτουργεί στη Νέα Υόρκη το 1882. Δυστυχώς η ενέργεια που παράγονταν και διανέμονταν με τόσο χαμηλή τιμή τάσης, ώστε για την τροφοδοσία ενός σημαντικού φορτίου, το ρεύμα στη γραμμή μεταφοράς ήταν αρκετά υψηλό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μεγάλες πτώσεις τάσης και απώλειες στις γραμμές μεταφοράς, γεγονός που μείωνε σημαντικά την περιοχή διανομής του σταθμού παραγωγής. Έτσι ο κάθε σταθμός παραγωγής εκείνη την εποχή τροφοδοτούσε λίγα μόνο οικοδομικά τετράγωνα της πόλης. Το γεγονός της αδυναμίας μεταφοράς συνεχούς τάσης με μεγάλο πλάτος είχε ως αποτέλεσμα οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να είναι μικρής ισχύος, τοπικοί και συνεπώς μικρής αποδόσεως.

Η εφεύρεση του μετασχηματιστή και η ταυτόχρονη ανάπτυξη των πηγών εναλλασσόμενης τάσης παραμέρισαν όλους τους προηγούμενους περιορισμούς στο επίπεδο ισχύος και το μέγεθος των συστημάτων ισχύος. Σημαντικό ρόλο στην εφεύρεση και την εξέλιξη του μετασχηματιστή έπαιξαν ο Νικόλα Τέσλα και ο Τζωρτζ Γουέστινγκχαουζ. Ο Νικόλα Τέσλα ήταν υποστηρικτής του εναλλασσόμενου ρεύματος και σε μία διάλεξη που είχε δώσει με θέμα «Το Νέο Σύστημα Κινητήρων και Μετασχηματιστών Εναλλασσόμενου Ρεύματος» κατάφερε να πείσει τον βιομήχανο Τζωρτζ Γουέστινγκχαουζ να συνεργαστούν. Η σπουδαιότερη εφεύρεση του Τέσλα είναι το πηνίο που φέρει το όνομά του. Το πηνίο αυτό είναι ένας συντονισμένος μετασχηματιστής, ο οποίος χρησιμοποιείται για να παράγει υψηλή τάση χαμηλού φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πηνία Τέσλα έχουν την δυνατότητα να παράγουν υψηλότερη τάση ρεύματος από άλλες ηλεκτροστατικές μηχανές. Ο Γουέστινγκχαουζ είχε γνωρίσει τα ευρωπαϊκά συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος όταν είχε διαβάσει ένα άρθρο για αυτά το 1885 στο βρετανικό τεχνικό περιοδικό Engineering. Άρχισε λοιπόν σιγά σιγά με την βοήθεια του φυσικού William Stanley να πειραματίζονται στον πρώτο πρακτικό μετασχηματιστή και να εγκαθιστούν το πρώτο σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος στην Μασαχουσέτη. Την ίδια χρονιά, η εταιρεία του Γουέστινγκχαουζ ίδρυσε την «Westinghouse Electric & Manufacturing Company». Στην ιδανική περίπτωση ο μετασχηματιστής μετατρέπει το επίπεδο της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζεται στην είσοδό του σε τάση με διαφορετικό επίπεδο στην έξοδό του χωρίς σημαντικές απώλειες. Έτσι όταν η τάση εισόδου ανυψώνεται, το αντίστοιχο ρεύμα υποβιβάζεται, ώστε η ισχύς εξόδου να είναι ίση με την ισχύ εισόδου. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η παραγωγή εναλλασσόμενης τάσης σε κάποιο κεντρικό σημείο, η ανύψωση του επιπέδου της και η μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις με πολύ μικρές απώλειες. Στο σημείο της κατανάλωσης φυσικά το επίπεδο της τάσης θα πρέπει και πάλι να υποβιβαστεί με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή υποβιβασμού.

Στα σύγχρονα συστήματα ισχύος η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με επίπεδο τάσης 12 έως 25 kV. Οι μετασχηματιστές ανυψώνουν αυτά τα επίπεδα στα 110 kV έως περίπου 1000 kV ώστε οι απώλειες μεταφοράς να είναι πολύ μικρές. Ο πρώτος υποβιβασμός αυτής της τάσης γίνεται στους υποσταθμούς διανομής πάλι με τη βοήθεια των μετασχηματιστών σε επίπεδα τάσης από 12 έως 34,5 kV. Τελικά με συνεχείς υποβιβασμούς (μέχρι τα 120 V) η



ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια σε σπίτια, γραφεία και σε εργοστάσια [3].

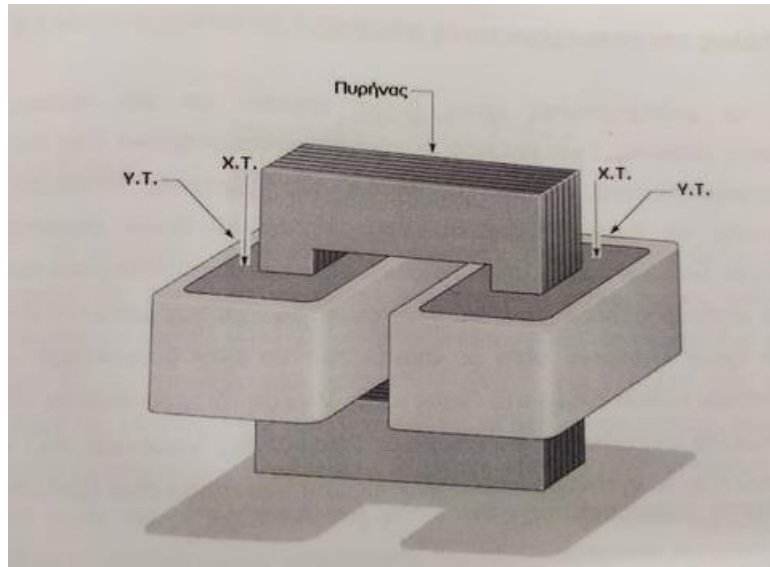


**Εικόνα 11** Τρωρτζ Γουέστινγκχάουζ (αριστερά) και Νικόλα Τέσλα (δεξιά) (Wikipedia)

### 3.3 Είδη Μετασχηματιστών

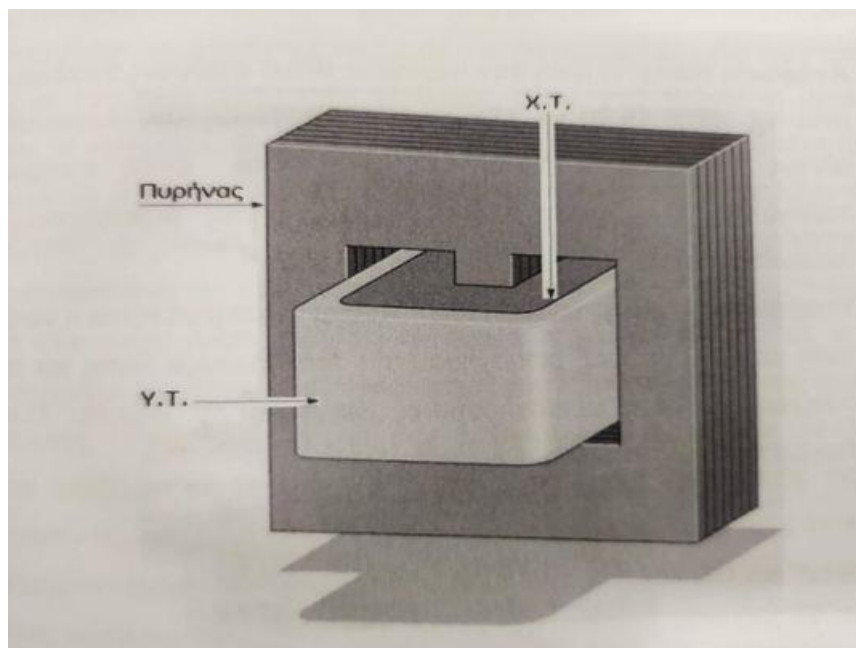
Η αποστολή των μετασχηματιστών είναι η μετατροπή της εναλλασσόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ενός επιπέδου τάσης σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια της ίδιας συχνότητας αλλά διαφορετικού επιπέδου τάσης.

Δύο είναι οι τρόποι κατασκευής ενός μετασχηματιστή ισχύος. Στον πρώτο τα τυλίγματα του μετασχηματιστή τοποθετούνται γύρω από τις δύο πλευρές ενός ορθογώνιου πυρήνα από φύλλα χάλυβος. Αυτός ο μετασχηματιστής ονομάζεται μετασχηματιστής *τύπου πυρήνα (core form)*.



Εικόνα 12 Μετασχηματιστής τύπου Πυρήνα (Ηλεκτρολόγοι 1ης ΕΠΑΣ ΟΑΕΔ Θεσσαλονίκης)

Ο άλλος τρόπος κατασκευής του μετασχηματιστή πραγματοποιείται σε έναν πυρήνα με τρία σκέλη. Τα τυλίγματα του μετασχηματιστή τοποθετούνται στο μεσαίο σκέλος του πυρήνα με αποτέλεσμα η ροή να κλείνει το κύκλωμα από τα ακριανά σκέλη και το ζύγωμα. Αυτός ο μετασχηματιστής ονομάζεται μετασχηματιστής τύπου *μανδύα ή κελύφους (shell form)*.



Εικόνα 13 Μετασχηματιστής τύπου μανδύα (Ηλεκτρολόγοι 1ης ΕΠΑΣ ΟΑΕΔ Θεσσαλονίκης)

Και στις δύο περιπτώσεις οι πυρήνες κατασκευάζονται από λεπτά δυναμοελάσματα. Τα δυναμοελάσματα είναι ηλεκτρικά μονωμένα μεταξύ τους με σκοπό τη μείωση δινορρευμάτων. Στους πραγματικούς μετασχηματιστές τα δυο τυλίγματα τοποθετούνται ομόκεντρα, έτσι ώστε το τυλίγμα με το χαμηλότερο επίπεδο τάσης να βρίσκεται στο εσωτερικό του άλλου τυλίγματος. Αυτή η κατασκευή εξυπηρετεί τους δύο παρακάτω σκοπούς:

- Λύνει το πρόβλημα της μόνωσης μεταξύ των πυρήνα και του τυλίγματος υψηλής τάσης.
- Η μαγνητική ροή διαρροής μειώνεται σημαντικά σε σχέση με οποιονδήποτε άλλο τρόπο κατασκευής.

Ανάλογα με τη συγκεκριμένη λειτουργία τους στο σύστημα ισχύος οι μετασχηματιστές παίρνουν διάφορες ονομασίες. Ο μετασχηματιστής που συνδέεται στην έξοδο μιας γεννήτριας και ανυψώνει το επίπεδο της τάσης εξόδου της πριν οδηγηθεί στη γραμμή μεταφοράς, ονομάζεται *μετασχηματιστής μονάδος (unit transformer)*. Ο μετασχηματιστής στο άλλο άκρο της γραμμής μεταφοράς που υποβιβάζει το επίπεδο τάσης της γραμμής στα επίπεδα διανομής ονομάζεται *μετασχηματιστής υποσταθμού (substation transformer)*. Τέλος ο μετασχηματιστής που υποβιβάζει την τάση διανομής στα επίπεδα της χρησιμοποιήσιμης τάσης ονομάζεται *μετασχηματιστής διανομής (distribution transformer)*. Όλοι αυτοί οι μετασχηματιστές παρουσιάζουν μικρές διαφορές μεταξύ τους και η βασικότερη από αυτές βρίσκεται στον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται ο καθένας.

Εκτός από τους μετασχηματιστές ισχύος, πολύ σημαντικοί είναι και άλλοι δύο ιδιαίτεροι τύποι μετασχηματιστών. Ο πρώτος από αυτούς χρησιμοποιείται για τη μετατροπή υψηλής τάσης σε κάποια χαμηλή τιμή ανάλογη της πρώτης και ονομάζεται *μετασχηματιστής τάσης (potential transformer)*. Τη λειτουργία αυτή του μετασχηματιστή μπορεί να την υλοποιήσει και ο μετασχηματιστής ισχύος, όμως η διαφορά τους βρίσκεται στο γεγονός ότι ο μετασχηματιστής τάσης λειτουργεί μόνο με ρεύματα πολύ χαμηλής τάσης. Ο δεύτερος ειδικός τύπος μετασχηματιστή μετατρέπει το υψηλό ρεύμα εισόδου σε χαμηλό ρεύμα δευτερεύοντος ανάλογο του ρεύματος εισόδου και ονομάζεται *μετασχηματιστής ρεύματος (current transformer)* [3].

### 3.4 Κατηγορίες Μετασχηματιστών

Οι μετασχηματιστές ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες [5]:

- **Μετασχηματιστές ισχύος:** Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μεγάλους μετασχηματιστές τους οποίους χρησιμοποιούμε για να ανυψώσουμε την τάση των γεννητριών στους σταθμούς παραγωγής στο επίπεδο του συστήματος μεταφοράς. Άλλη μία χρησιμότητά τους είναι ο υποβιβασμός της τάσης στους υποσταθμούς διανομής για να γίνει η τροφοδότηση των συστημάτων διανομής του ΔΕΔΔΗΕ και των πελατών Μέσης Τάσης.
- **Μετασχηματιστές διανομής:** Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές που κάνουν υποβιβασμό της τάσης από το επίπεδο της Μέσης Τάσης (20kV) στο επίπεδο της Χαμηλής Τάσης (400V/230V) ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους καταναλωτές.
- **Μετασχηματιστές τάσης:** Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές μέτρησης, τους οποίους συνδέουμε παράλληλα με την γραμμή ισχύος ώστε να έχουμε μετασχηματισμό της Υψηλής Τάσης μεταφοράς ή διανομής σε Χαμηλή Τάση.
- **Μετασχηματιστές έντασης:** Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές έντασης, τους οποίους συνδέουμε σε σειρά με τη γραμμή ισχύος έτσι ώστε να έχουμε μετασχηματισμό των υψηλών ρευμάτων μεταφοράς ή διανομής σε ρεύματα χαμηλής έντασης.

Οι μετασχηματιστές ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Λαδιού με φυσική ψύξη (ONAN – Oil Natural Air Natural):** Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές όπου η θερμότητα που αναπτύσσεται στο εσωτερικό τους απομακρύνεται μέσω της φυσικής κυκλοφορίας του λαδιού και της εξωτερικής κυκλοφορίας του ατμοσφαιρικού αέρα.
- **Λαδιού με εξαναγκασμένη ψύξη (ONAF – Oil Natural Air Forced):** Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές όπου η θερμότητα που αναπτύσσεται στο εσωτερικό τους απομακρύνεται μέσω της φυσικής κυκλοφορίας του λαδιού και της εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα ψύξης με ειδικούς ανεμιστήρες για μετασχηματιστές.

- Λαδιού με εξαναγκασμένη κυκλοφορία λαδιού (OFAF – Oil Forced Air Forced):

Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές (με ισχύ μεγαλύτερη των 50MVA) όπου η κυκλοφορία του λαδιού με χρήση αντλιών και σωληνώσεων επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας αντλίες και σωληνώσεις. Για την κυκλοφορία του αέρα ψύξης χρησιμοποιούνται ειδικοί ανεμιστήρες.

- Ξηρού τύπου με φυσική ψύξη: Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές των οποίων το ενεργό μέρος είναι σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και δεν εμποτίζεται στο λάδι.
- Ξηρού τύπου με εξαναγκασμένη ψύξη: Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τους μετασχηματιστές όπου ειδικοί ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση της θερμότητας.

Εάν θέλουμε μεγάλες ισχύες και υψηλές τάσεις τότε χρησιμοποιούμε αποκλειστικά Μ/Σ τύπου ελαίου. Στους υποσταθμούς ΜΤ/ΧΤ οι οποίοι είναι στεγασμένοι χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο οι Μ/Σ ξηρού τύπου. Αυτό γίνεται διότι για την ίδια ισχύ οι Μ/Σ ξηρού τύπου σε σχέση με τους Μ/Σ ελαίου καταλαμβάνουν μικρότερο όγκο, χρειάζονται λιγότερη συντήρηση και η χρήση τους για εκρηκτικά περιβάλλοντα είναι η πλέον κατάλληλη.

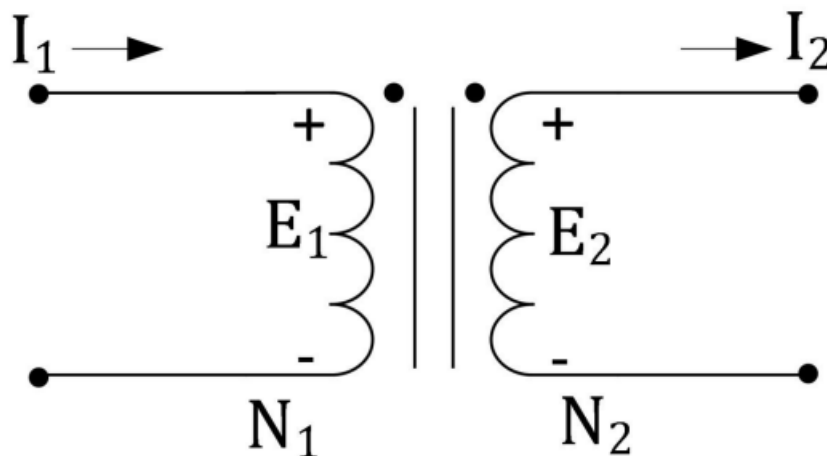
### 3.5 Ιδιωτικοί και δημόσιοι Μ/Σ διανομής

Στην Ευρώπη έχουμε τον διαχωρισμό των Μ/Σ διανομής σε δημόσιους και ιδιωτικούς. Οι ιδιωτικοί χρησιμοποιούνται από καταναλωτές οι οποίοι είναι πελάτες Μέσης Τάσης και τους χρησιμοποιούν για να μετατρέψουν την ηλεκτρική ενέργεια σε Χαμηλή Τάση ώστε να τροφοδοτήσουν τα φορτία τους. Οι εμπορικοί και οι βιομηχανικοί Μ/Σ διανομής είναι δύο επιμέρους κατηγορίες ιδιωτικών Μ/Σ διανομής. Οι βασικές διαφορές τους αναλύονται παρακάτω:

- Οι βιομηχανικοί μετασχηματιστές έχουν μεγαλύτερη ονομαστική ισχύ, η οποία κυμαίνεται συνήθως στα 1000-4000 kVA, ενώ η ισχύς των δημόσιων μετασχηματιστών κυμαίνεται από 50 έως 1000 kVA περίπου.
- Το μέσο φορτίο ενός βιομηχανικού Μ/Σ διανομής είναι υψηλότερο σε σχέση με αυτό ενός μετασχηματιστή δημόσιου δικτύου διανομής.
- Η διάρκεια ζωής των μετασχηματιστών στην βιομηχανία είναι μικρότερη.
- Οι διακυμάνσεις φορτίου είναι μικρότερες στους βιομηχανικούς μετασχηματιστές.
- Στη βιομηχανία οι μετασχηματιστές ξηρού τύπου συνηθίζονται πού περισσότερο σε σχέση με τα δημόσια δίκτυα διανομής.

### 3.6 Ιδανικός Μετασχηματιστής

Ιδανικός Μετασχηματιστής (*ideal transformer*) είναι η διάταξη που δεν παρουσιάζει απώλειες και διαθέτει μία περιέλιξη εισόδου και μία περιέλιξη εξόδου. Οι σχέσεις μεταξύ των τάσεων εισόδου και εξόδου και μεταξύ των ρευμάτων εισόδου και εξόδου δίνονται από δύο απλές σχέσεις. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας ιδανικός μετασχηματιστής.



Εικόνα 14 Ιδανικός Μετασχηματιστής (Ελευθεριάδου Σ.)

$$\frac{V_P(t)}{V_S(t)} = \frac{N_P}{N_S} = a \quad (3.1)$$

Όπου  $a$  είναι ο λόγος μετασχηματισμού του μετασχηματιστή:

$$a = \frac{N_P}{N_S} \quad (3.2)$$

Η σχέση μεταξύ του ρεύματος στο πρωτεύον τυλίγμα και στο δευτερεύον δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\frac{i_P(t)}{i_S(t)} = \frac{1}{a} \quad (3.3)$$

Από τις παραπάνω σχέσεις φαίνεται ότι τόσοι οι  $V_P$  και  $V_S$  όσο και τα  $I_P$  και  $I_S$  παρουσιάζουν μεταξύ τους ίδιες φάσεις. Αυτό σημαίνει πως ο λόγος μετασχηματισμού επηρεάζει μόνο τα μέτρα των τάσεων και των ρευμάτων του μετασχηματιστή και όχι τις φάσεις του.

Όλες οι παραπάνω εξισώσεις αν και δίνουν τις ακριβείς σχέσεις μεταξύ των τάσεων και των ρευμάτων στα τυλίγματα ενός ιδανικού μετασχηματιστή, αφήνουν άλυτο το θέμα της πολικότητάς τους τόσο στο πρωτεύον όσο και στο δευτερεύον τυλίγμα. Ο μόνος τρόπος για να βρεθεί η πολικότητα στο δευτερεύον τυλίγμα ενός πραγματικού μετασχηματιστή είναι να ανοιχτεί το κέλυφος της συσκευής και να εξεταστεί το ίδιο το τυλίγμα. Για να αποφευχθεί όμως κάτι τέτοιο, στο κυκλωματικό διάγραμμα του μετασχηματιστή χρησιμοποιούνται τελείες που δείχνουν την πολικότητα της τάσης και του ρεύματος. Η σύμβαση που εφαρμόζεται στα αντίστοιχα κυκλωματικά διαγράμματα είναι η εξής [3]:

- Αν η τάση στο σημειωμένο με τελεία άκρο του πρωτεύοντος τυλίγματος είναι θετικότερη σε σχέση με το μη σημειωμένο άκρο του, τότε και η τάση στο σημειωμένο με τελεία άκρο του δευτερεύοντος τυλίγματος είναι θετικότερη σε σχέση με το άλλο άκρο του. Δηλαδή οι πολικότητες των τάσεων στα δύο τυλίγματα του μετασχηματιστή είναι οι ίδιες σε σχέση με τα σημειωμένα άκρα τους.
- Αν το ρεύμα στο πρωτεύον τυλίγμα του μετασχηματιστή έχει φορά προς το σημειωμένο άκρο του, τότε το ρεύμα στο δευτερεύον τυλίγμα θα έχει φορά προς το μη σημειωμένο άκρο του.

### 3.7 Ισχύς στους Ιδανικούς Μετασχηματιστές

Η πραγματική ισχύς εισόδου στο πρωτεύον τύλιγμα ενός ιδανικού μετασχηματιστή έχει τιμή:

$$P_{in} = V_P I_P \cos \theta_P \quad (3.4)$$

Όπου  $\theta_P$  η γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους τα διανύσματα της τάσης και του ρεύματος στο πρωτεύον τύλιγμα. Αντίστοιχα, η πραγματική ισχύς που προσφέρει ο μετασχηματιστής στα φορτία του είναι ίση με:

$$P_{out} = V_S I_S \cos \theta_S \quad (3.5)$$

Όπου  $\theta_S$  η γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους τα διανύσματα της τάσης και του ρεύματος στο δευτερεύον τύλιγμα. Επίσης, επειδή οι φάσεις των τάσεων και των ρευμάτων σε έναν ιδανικό μετασχηματιστή δεν επηρεάζονται ισχύει:

$$\theta_P - \theta_S = \theta \quad (3.6)$$

Αυτό σημαίνει ότι οι συντελεστές ισχύος του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος ενός ιδανικού μετασχηματιστή είναι ίσοι μεταξύ τους.

Εφαρμόζοντας στην εξίσωση (3.5) τις εξισώσεις μετασχηματισμού:

$$V_S = \frac{V_P}{a} \text{ και } I_S = a I_P \quad (3.7)$$

Έχουμε:

$$P_{out} = \frac{V_P}{a} (a I_P) \cos \theta \quad (3.8)$$

Η ισχύς εξόδου ενός ιδανικού μετασχηματιστή είναι ίση με την ισχύ εισόδου του.

Το ίδιο ακριβώς ισχύει για την άεργο ισχύ  $Q$  καθώς και για την φαινόμενη ισχύ  $S$  ενός μετασχηματιστή [3]:



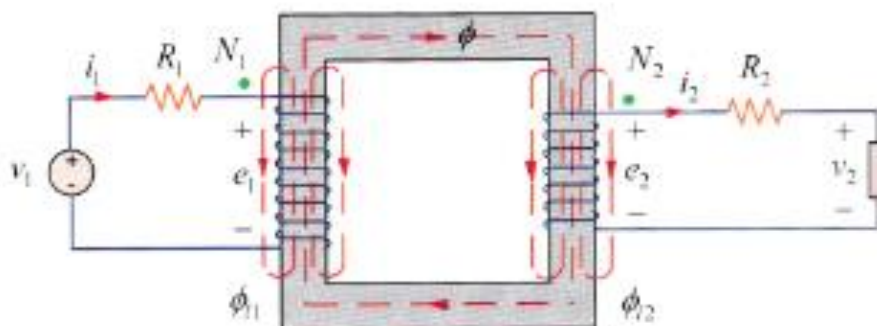
$$Q_{in} = V_P I_P \sin \theta = V_S I_S \sin \theta = Q_{out} \quad (3.9)$$

και

$$S_{in} = V_P I_P = V_S I_S = S_{out} \quad (3.10)$$

### 3.8 Πραγματικός Μετασχηματιστής

Ο ιδανικός μετασχηματιστής που παρουσιάστηκε προηγουμένως αποτελεί μία απλούστευση του πραγματικού μετασχηματιστή από τον οποίο δεν έχουμε λάβει υπόψη τις ωμικές αντιστάσεις των τυλιγμάτων, τις μαγνητικές ροές σκέδασης και το ρεύμα διέγερσης που απαιτείται για την εγκατάσταση της μαγνητικής ροής στον πυρήνα. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πραγματικός μετασχηματιστής:



Εικόνα 15 Πραγματικός Μ/Σ (Μαλατέστας Π., 2019)

Στο παραπάνω σχήμα οι αντιστάσεις  $R_1$  και  $R_2$  αντιπροσωπεύουν τις ωμικές αντιστάσεις των τυλιγμάτων. Στην πραγματικότητα οι αντιστάσεις αυτές είναι διανεμημένες σε ολόκληρο το μήκος των τυλιγμάτων αλλά στην μοντελοποίηση λαμβάνονται ως συγκεντρωμένες αντιστάσεις. Η ροή σκέδασης  $\phi_{11}$  αντιπροσωπεύει τη συνιστώσα εκείνη της μαγνητικής ροής που δημιουργείται από το ρεύμα του πρωτεύοντος τυλίγματος και δεν εμπλέκει τα ελίγματα του δευτερεύοντος τυλίγματος. Η ροή σκέδασης  $\phi_{12}$  αντιπροσωπεύει

τη μαγνητική ροή που δημιουργείται από το ρεύμα του δευτερεύοντος τυλίγματος και δεν εμπλέκει τα ελίγματα του πρωτεύοντος τυλίγματος [1].

### 3.9 Απόδοση Μετασχηματιστή

Στην σχεδίαση ενός μετασχηματιστή ισχύος ο κύριος στόχος είναι η μείωση των απωλειών ισχύος, αφενός μεν γιατί το κόστος της ισχύος αυτής είναι το ίδιο με εκείνο της ωφέλιμης ισχύος και αφετέρου διότι η ισχύς αυτή μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υπερθέρμανσης που θα έχουν ως αποτέλεσμα επιπλέον μείωση της απόδοσης καθώς και ενδεχομένως λειτουργικά προβλήματα.

Ο βαθμός απόδοσης οποιασδήποτε συσκευής ορίζεται από το λόγο της ωφέλιμης ισχύος στην έξοδο της συσκευής προς την απαιτούμενη ισχύ στην είσοδο της συσκευής:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (3.11)$$

Γενικότερα ο όρος απόδοση σε ένα σύστημα αποτελεί ένα μέτρο του κατά πόσο το συγκεκριμένο σύστημα εκπληρώνει τους στόχους υλοποίησής του.

Στους μετασχηματιστές οι απώλειες ισχύος διαχωρίζονται στις απώλειες πυρήνα του σιδηρομαγνητικού κυκλώματος και στις απώλειες χαλκού των τυλιγμάτων. Οι απώλειες του πυρήνα οφείλονται στη χρονική μεταβολή της μαγνητικής ροής εντός του σιδηρομαγνητικού υλικού και διαχωρίζονται στις απώλειες από μαγνητική υστέρηση, στις απώλειες από δινορρεύματα και στις διαφεύγουσες απώλειες.

Το φαινόμενο της μαγνητικής υστέρησης εμφανίζεται κατά την κυκλική μαγνήτιση – απομαγνήτιση του υλικού μέσω του βρόχου υστέρησης. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση απωλειών ενέργειας υπό μορφή θερμότητας οι οποίες είναι ανάλογες του βρόχου υστέρησης.

Τα υλικά όπου ο βρόχος υστέρησης έχει μεγάλο εμβαδόν χαρακτηρίζονται ως σκληρά μαγνητικά υλικά και είναι κατάλληλα για την κατασκευή μόνιμων μαγνητών διότι έχουν μεγαλύτερη παραμένουσα μαγνήτιση και ταυτόχρονα απαιτούν μεγαλύτερη τιμή ρεύματος για την πλήρη απομαγνήτισή τους.

Αντίθετα στα μαλακά μαγνητικά υλικά το εμβαδόν του βρόχου υστέρησης είναι μικρότερο από το αντίστοιχο στα σκληρά μαγνητικά υλικά και έτσι διαθέτουν μικρή μαγνήτιση και απαιτούν μικρότερες τιμές ρεύματος για την απομαγνήτισή τους [1].

### 3.10 Απώλειες Μετασηματιστή

Έχουμε δύο κατηγορίες σχετικά με τις απώλειες στο εσωτερικό ενός Μ/Σ:

- Μαγνητικές απώλειες
- Ηλεκτρικές απώλειες

Τα δινορρέυματα και η μαγνητική υστέρηση που εμφανίζονται στο σιδερένιο μέρος του Μ/Σ προκαλούν τις μαγνητικές απώλειες. Ονομάζονται απώλειες σιδήρου ή απώλειες κενού γιατί εμφανίζονται κατά την διάρκεια που ο Μ/Σ είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο

Οι ηλεκτρικές απώλειες δημιουργούνται από τις ωμικές αντιστάσεις που βρίσκονται στα χάλκινα τυλίγματα της χαμηλής και της μέσης τάσης του Μ/Σ. Ονομάζονται απώλειες χαλκού και σε περίπτωση που ο Μ/Σ λειτουργεί εν κενώ είναι μηδενικές, ενώ όταν έχουμε πλήρες φορτίο φθάνουν στη μέγιστη τιμή τους. Ονομάζονται απώλειες χαλκού. Ανάλογα με το μέγεθος του Μ/Σ έχουμε και αντίστοιχες απώλειες (χαλκού και σιδήρου). Συγκεκριμένα για μικρούς Μ/Σ το σύνολο των απωλειών μπορεί να φτάσει μέχρι το 5% του ονομαστικού φορτίου ενώ για μεγάλους Μ/Σ μπορεί να φτάσει στο 2,5% του ονομαστικού φορτίου [11].

Τεχνικά στοιχεία μετασχηματιστών λαδιού ονομαστικής τάσης 20/0,4 kV

Ισχύς ΜΣ Sn (kVA)	Απώλειες κενού PFe	Απώλειες φορτίου Pcu	Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης uk
25	115	700	4,0
50	190	1050	4,0
75	260	1420	4,0
100	320	1750	4,0
150	435	2250	4,0
200	550	2850	4,0
250	650	3250	4,0(6,0)
400	930	4600	4,0(6,0)
500	1100	5500	4,0(6,0)
630	1300	6500	4,0(6,0)
750	1430	7600	6,0
1000	1650	10500	6,0
1250	1900	13500	6,0
1600	2550	18100	6,0

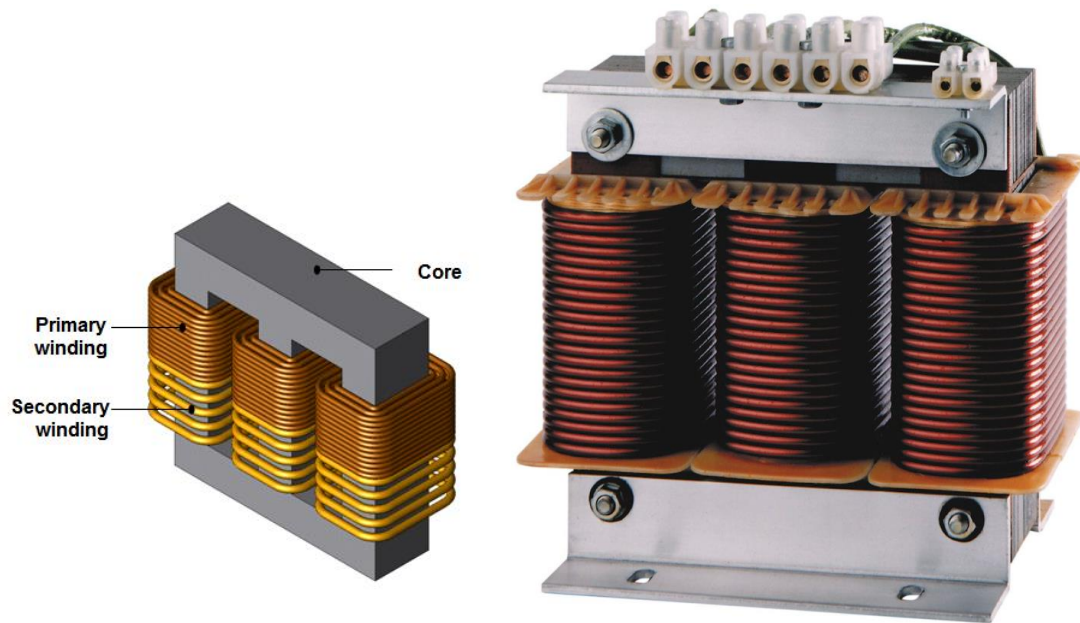
**Εικόνα 16** Τεχνικά στοιχεία Μ/Σ ελαίου 20/0,4 kV (TiSoft)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Τριφασικοί μετασχηματιστές

#### 4.1 Εισαγωγή

Σχεδόν όλα τα συστήματα παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ισχύος στις μέρες μας είναι τριφασικά συστήματα εναλλασσόμενης τάσης. Οι τριφασικοί μετασχηματιστές παίζουν καθοριστικό ρόλο, από το στάδιο της παραγωγής μέχρι και το στάδιο της κατανάλωσης. Οι τριφασικοί μετασχηματιστές κατασκευάζονται με δύο βασικούς τρόπους. Στον πρώτο από αυτούς, τρεις απλοί μονοφασικοί μετασχηματιστές συνδέονται μεταξύ τους πάνω σε ένα κοινό τριφασικό ζύγωμα (bank). Στη δεύτερη μέθοδο κατασκευής τριφασικών μετασχηματιστών τρία διπλά τυλίγματα τοποθετούνται γύρω από έναν κοινό πυρήνα. Η δεύτερη τεχνική είναι αυτή που χρησιμοποιείται πιο συχνά στις μέρες μας, επειδή παρουσιάζει μικρότερο βάρος και όγκο, είναι πιο φθηνή και λειτουργεί με κάπως μεγαλύτερη απόδοση. Ο παλαιότερος τρόπος κατασκευής παρουσίαζε το πλεονέκτημα εύκολης επισκευής για τον καθένα από τους ξεχωριστούς μετασχηματιστές, μια και η απομάκρυνση του από το κοινό ζύγωμα ήταν απλούστατη. Όμως τα πλεονεκτήματα του μετασχηματιστή που διαθέτει έναν μόνο πυρήνα είναι περισσότερο σημαντικά [3].



Εικόνα 17 Τριφασικοί Μετασχηματιστές (NANDIN Electronics - Magnetics)



Εικόνα 18 Τριφασικός Μετασχηματιστής (ABB)



Εικόνα 19 Μετασχηματιστής 20/0,4 kV

#### 4.2 Πρότυπα και Δοκιμές του ΔΕΔΔΗΕ για τους Τριφασικούς Μετασχηματιστές

Ο ΔΕΔΔΗΕ θέτει κάποια πρότυπα και κάποιες δοκιμές που πρέπει να πληρούν οι Μετασχηματιστές που είναι στο Δίκτυο. Τα πρότυπα αφορούν γενικά χαρακτηριστικά των Μετασχηματιστών τα οποία πρέπει να πληρούνται κατά την κατασκευή τους και οι δοκιμές έχουν να κάνουν με τον έλεγχο που κάνει ο ΔΕΔΔΗΕ για να εξακριβώσει την ποιότητα των μετασχηματιστών. Πάμε να τα δούμε αναλυτικά [29].

- **Πρότυπα**

##### 1. Συνθήκες Περιβάλλοντος

Οι Μετασχηματιστές πρέπει να είναι κατάλληλοι για εγκατάσταση σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο. Ανάλογα με την ισχύ τους υπάρχουν και διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος:

- Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος εξωτερικού χώρου: +40° C
- Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος εσωτερικού χώρου: +45° C
- Μέγιστη μέση ημερήσια (24 ώρες) θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρος: +35° C
- Μέγιστη μέση ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρος: +20° C
- Ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρος: -20° C

vi. Υψόμετρο μέχρι και 1000 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας.

## 2. Χαρακτηριστικά συστήματος Μέσης Τάσης

Τριφασικό δίκτυο διανομής, τριών (3) αγωγών με γειωμένο ουδέτερο κόμβο μόνο στην αναχώρηση (χωρίς διανεμημένο ουδέτερο) είτε απ' ευθείας είτε μέσω αντίστασης που περιορίζει το ρεύμα σφάλματος προς τη γη στα 1000 A με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Ονομαστική τάση συστήματος $U_r$	6,6 kV	15 kV	20 kV
Μέγιστη τάση συστήματος $U_m$	7,2 kV	17,5 kV	24 kV
Συχνότητα	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Ισχύς βραχυκύκλωσης	160 MVA	250 MVA	250 MVA
Αντοχή σε κρουστικό κύμα 1,2/50 $\mu$ s	60 kV	95 kV	125 kV

## 3. Χαρακτηριστικά συστήματος Χαμηλής Τάσης

Τριφασικό δίκτυο διανομής, τεσσάρων (4) αγωγών (3 φάσεις & ουδέτερος), ονομαστικής τάσης 230 V (400 V, τάση μεταξύ φάσεων), συχνότητας 50 Hz, με πολλαπλά γειωμένο ουδέτερο αγωγό.

## 4. Ονομαστική τάση

- Πρωτεύον: Μέση Τάση (Μ.Τ.) 20000 V
- Δευτερεύον: Χαμηλή Τάση (Χ.Τ.) 400 V

## 5. Τυλίγματα

Οι Μετασχηματιστές θα πρέπει να είναι δύο τυλιγμάτων. Τα τυλίγματα της Μέσης Τάσης όσο και της Χαμηλής Τάσης θα πρέπει να είναι κατασκευασμένα από χαλκό. Οι διατομές των στρογγυλών συρμάτων θα είναι σύμφωνες με τα πρότυπα EN 60317-0-1: 2008, grade 2, EN 60317-8: 2010, class 180 και των ορθογωνικών διατομών σύμφωνες με το πρότυπο EN 60317-27: 1998, A1: 2000 με πάχος μόνωσης 0,45 mm ή με τα πρότυπα EN 60317-0-2: 1988, A1: 2000, A2: 2005 και EN 60317-28: 1996, A1: 1998, A2: 2007, grade 2. Για τα τυλίγματα της Χαμηλής Τάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί φύλλο χαλκού.



## **6. Διηλεκτρικές αποστάσεις**

Η ελάχιστη απόσταση των υπό τάση μερών του τυλίγματος των 20 kV από το δοχείο θα είναι 30 mm. Η ελάχιστη απόσταση του τυλίγματος Χαμηλής Τάσης από τον πυρήνα θα είναι 2,5 mm με ενδιάμεση μόνωση. Δεν επιτρέπεται η χρήση μονωτικού υλικού μεταξύ των τυλιγμάτων και του δοχείου, όπως επίσης μεταξύ του μεταγωγέα και του δοχείου.

## **7. Μονωτήρες**

Οι μονωτήρες Μέσης Τάσης και Χαμηλής Τάσης των Μετασχηματιστών θα πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από πορσελάνη άριστης ποιότητας παρασκευασμένη με την υγρή μέθοδο χωρίς πόρους και να έχουν εμφιάλωση χρώματος καφέ. Οι μονωτήρες Μέσης Τάσης θα είναι σύμφωνα με το πρότυπο EN 50180: 1997, τύπος 2, με τέσσερα κυάθια ώστε να είναι πάντοτε εναλλάξιμοι. Οι μονωτήρες Χαμηλής Τάσης θα είναι σύμφωνα με το πρότυπο EN 50386: 2002.

## **8. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Μονωτήρων Μέσης Τάσης**

Οι μονωτήρες Μέσης Τάσης θα πρέπει να έχουν τα εξής ηλεκτρικά χαρακτηριστικά:

- i. Αντοχή σε πλήρες κρουστικό κύμα τάσης, μορφής 1,2/50 μs, τιμής κορυφής 170 kV
- ii. Αντοχή σε τάση βιομηχανικής συχνότητας υπό βροχή επί 1 min, ενδεικνυμένης τιμής 70 kV
- iii. Ελάχιστο μήκος ερπυσμού 53 cm

## **9. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Μονωτήρων Χαμηλής Τάσης**

- i. Αντοχή σε πλήρες κρουστικό κύμα τάσης, μορφής 1,2/50 μs, τιμής κορυφής 30 kV
- ii. Αντοχή σε τάση βιομηχανικής συχνότητας υπό βροχή επί 1 min, ενδεικνυμένης τιμής 10 kV

## **10. Δοχείο Μετασχηματιστή**

Το δοχείο του Μετασχηματιστή πρέπει να είναι στιβαρό και να μην επιτρέπει διαρροές λαδιού. Το δοχείο θα πρέπει να κατασκευάζεται με πτυχωτά ελάσματα, το πάχος των οποίων θα είναι τουλάχιστον 1,2 mm. Το κάλυμμα του δοχείου θα πρέπει να είναι αφαιρετό μέσω κοχλιών με παρεμβολή κατάλληλου παρεμβύσματος. Το υλικό των παρεμβυσμάτων πρέπει να αντέχει στις καιρικές επιδράσεις και στο λάδι σε θερμοκρασία μέχρι 110° C.

### • Δοκιμές

#### **1. Δοκιμή ανύψωσης θερμοκρασίας**

Η δοκιμή ανύψωσης θερμοκρασίας θα εκτελείται στην ονομαστική τάση σύμφωνα με το πρότυπο EN 60076-2: 2011.

#### **2. Δοκιμή σε κρουστικό κύμα**

Η συγκεκριμένη δοκιμή θα εκτελείται σε πλήρες και αποκεκομμένο κρουστικό κύμα, στην λήψη με τον μικρότερο αριθμό σπειρών, σύμφωνα με το πρότυπο EN 60076-3: 2001. Εκτός από τα κριτήρια που καθορίζονται στο παραπάνω πρότυπο για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων, ο Μετασχηματιστής που δοκιμάστηκε σε κρουστική τάση θα υποβάλλεται σε δοκιμή επαγόμενης τάσης (0,8 kV rms – 1min, 100 Hz στην Χαμηλή Τάση) και εφαρμοσμένης τάσης βιομηχανικής συχνότητας με το 100% της τιμής που καθορίζεται στο ίδιο πρότυπο για τις δοκιμές σειράς (50 kV rms – 1 min, 50 Hz).

#### **3. Δοκιμές βαφής**

Οι συγκεκριμένες δοκιμές θα εκτελούνται συστηματικά κατά το στάδιο της βαφής των δοχείων, εκτός από τη δοκιμή σε διάβρωση που θα εκτελείται μια φορά σε κάθε είδος Μετασχηματιστή. Συγκεκριμένα:

- i. Δοκιμή αντοχής της βαφής σε διάβρωση: Η δοκιμή αυτή θα εκτελεστεί με τη μέθοδο της αλατούχου ομίχλης, σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 9227: 2012, σε διάρκεια 240 ωρών σε δείγμα χαλύβδινης επιφάνειας 20x20 cm.

- ii. Δοκιμή πρόσφυσης της βαφής: Η δοκιμή αυτή εκτελείται σύμφωνα με το πρότυπο ISO 2409: 2007 (ΕΛΟΤ 405) και η ταξινόμησή της βάσει προτύπου θα είναι 0 ή 1.

#### **4. Δοκιμές στους μονωτήρες Μέσης Τάσης και Χαμηλής Τάσης και στα βύσματα Μέσης Τάσης**

Οι μονωτήρες και τα βύσματα πριν τοποθετηθούν στους Μετασχηματιστές θα ελέγχονται από αντιπρόσωπο του ΔΕΔΔΗΕ. Ο κατασκευαστής οφείλει να παραδίδει τα δελτία δοκιμών των μονωτήρων Μέσης Τάσης και Χαμηλής Τάσης και των βυσμάτων Μέσης Τάσης βάσει των οποίων τους παρέλαβε από τον κατασκευαστή τους. Συγκεκριμένα έχουμε:

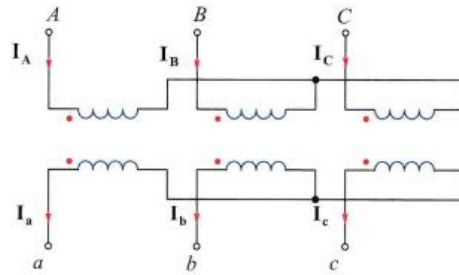
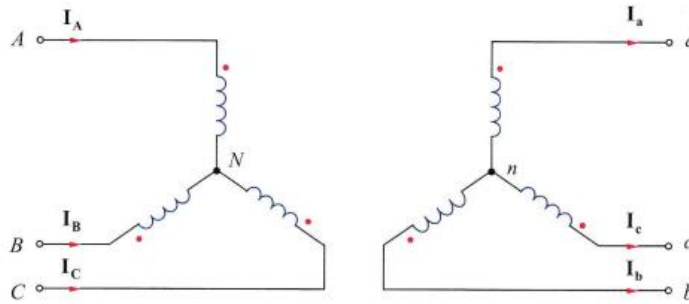
- i. Δοκιμή αντοχής σε κρουστική τάση σύμφωνα με το πρότυπο EN 60137: 2008
- ii. Δοκιμή αντοχής σε τάση βιομηχανικής συχνότητας υπό βροχή σύμφωνα με το πρότυπο EN 60137: 2008
- iii. Δοκιμή θερμικής αντοχής σύμφωνα με το πρότυπο EN 62155: 2003
- iv. Δοκιμή πορώδους σύμφωνα με το πρότυπο EN 62155: 2003

### **4.3 Συνδεσμολογία των Τυλιγμάτων στους Τριφασικούς Μετασχηματιστές**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένας τριφασικός μετασχηματιστής αποτελείται από τρεις μετασχηματιστές που είτε λειτουργούν ο καθένας ξεχωριστά είτε συνδέονται όλοι μαζί σε ένα κοινό πυρήνα. Τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα τυλίγματα των τριών μετασχηματιστών είναι δυνατό να συνδέονται τόσο σε αστέρα (Y), σε τρίγωνο (Δ) και σε τεθλασμένο αστέρα (Zιγκ Ζαγκ). Έτσι οι τέσσερις πιθανές συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων είναι οι εξής [1]:

- **Αστέρας – Αστέρας (Y-Y):**

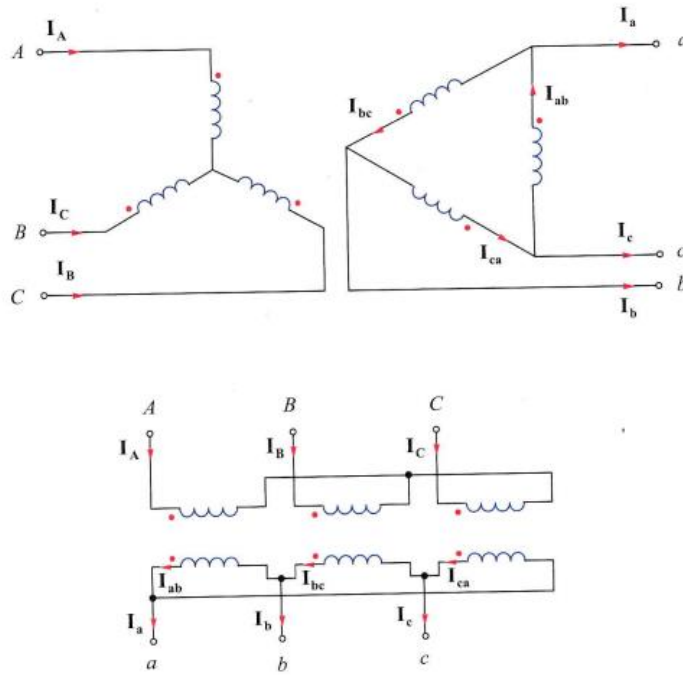
Στη συνδεσμολογία αστέρα – αστέρα το ένα από τα δύο άκρα των τυλιγμάτων της κάθε φάσης (τόσο στο πρωτεύον όσο και στο δευτερεύον) συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν κοινό κόμβο. Για λόγους καλής λειτουργίας πρέπει ο κοινός κόμβος στο πρωτεύον και στο δευτερεύον κύκλωμα να είναι γειωμένος.



Εικόνα 20 Συνδεσμολογία Αστέρα-Αστέρα (Μαλατέστας Π., 2019)

- **Αστέρας – Τρίγωνο (Υ-Δ):**

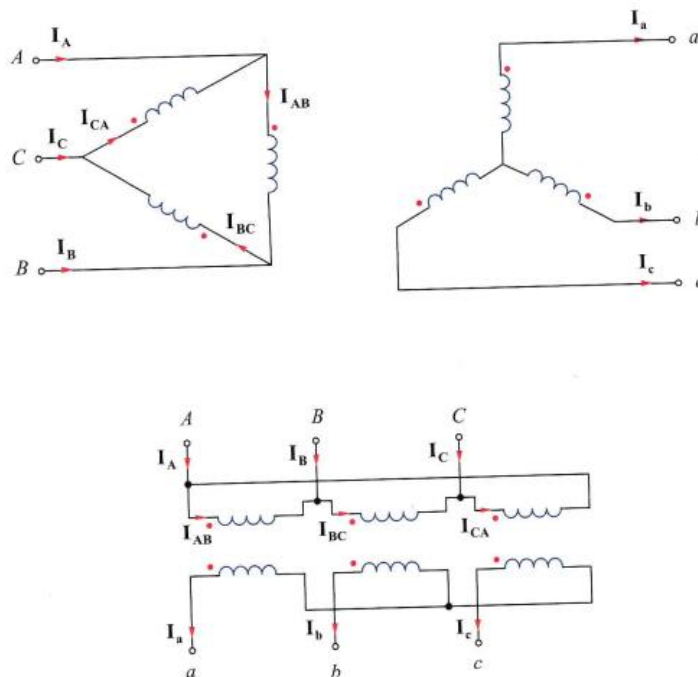
Η συνδεσμολογία αυτή χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν υποβιβασμό της τάσης. Λόγω της συνδεσμολογίας τριγώνου στο δευτερεύον, τα ρεύματα των τυλιγμάτων του δευτερεύοντος είναι κατά  $\sqrt{3}$  φορές μικρότερα από τα ρεύματα φορτίου. Το μειονέκτημα της διάταξης αυτής είναι η μη δυνατότητα παροχής συμμετρικού ουδετέρου αγωγού στη πλευρά του φορτίου, καθιστώντας την με αυτόν τον τρόπο ακατάλληλη για τη χρήση μιας μεγάλης κατηγορίας μονοφασικών φορτίων.



Εικόνα 21 Συνδεσμολογία Αστέρας-Τρίγωνο (Μαλατέστας Π., 2019)

• **Τρίγωνο - Αστéρας (Δ-Υ):**

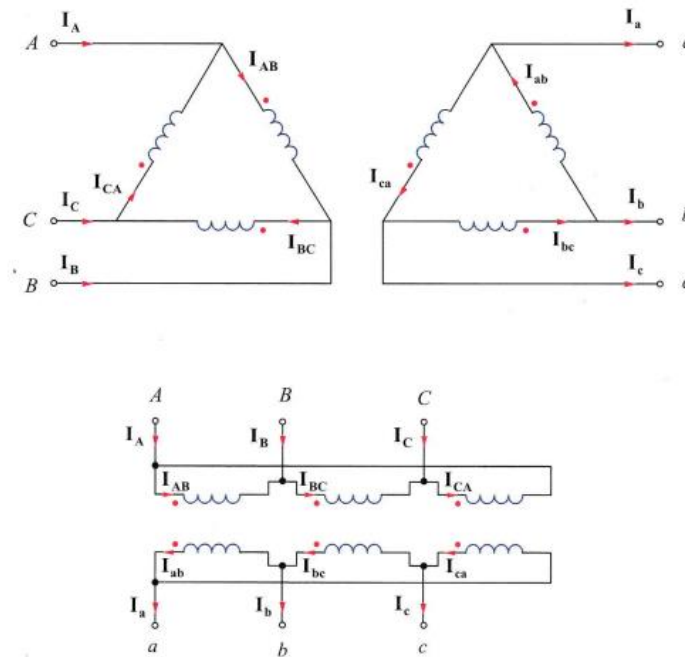
Η συνδεσμολογία αυτή χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν ανύψωση της τάσης. Στην περίπτωση που θέλουμε να τροφοδοτήσουν εκτός από τριφασικά φορτία και μονοφασικά φορτία, η χρήση ουδετέρου αγωγού είναι επιβεβλημένη. Η συγκεκριμένη συνδεσμολογία χρησιμοποιείται συχνά και σε μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης όταν απαιτείται σύνδεση του ουδετέρου σε χαμηλή τάση.



Εικόνα 22 Συνδεσμολογία Τριγώνου-Αστéρα (Μαλατέστας Π., 2019)

- **Τρίγωνο - Τρίγωνο ( $\Delta$ - $\Delta$ ):**

Στη συνδεσμολογία τριγώνου-τριγώνου οι φασικές τάσεις των τυλιγμάτων είναι ίσες με τις πολικές τάσεις των γραμμών. Στην περίπτωση ασυμμετρίας φορτίου οι τάσεις στα άκρα του φορτίου δεν επηρεάζονται. Η συγκεκριμένη συνδεσμολογία δεν παρέχει τη δυνατότητα χρήσης ουδέτερου αγωγού. Η συνδεσμολογία τριγώνου-τριγώνου χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης και χαμηλής τάσης.



Εικόνα 23 Συνδεσμολογία Τρίγωνο-Τρίγωνο (Μαλατέστας Π., 2019)

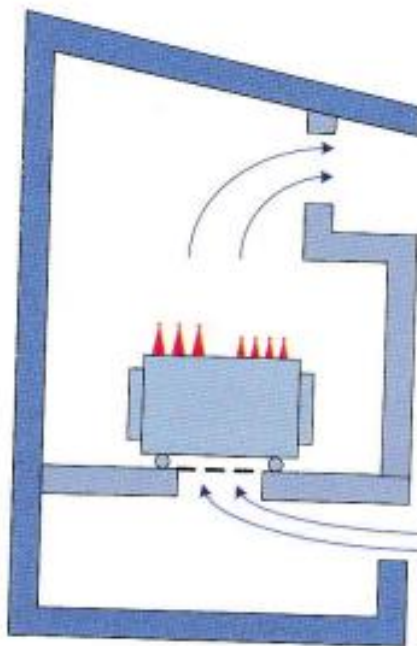
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Μ/Σ Ξηρού τύπου, Μ/Σ Ελαίου, Μονωτικά λάδια

#### 5.1 Μετασχηματιστές Ξηρού Τύπου

Η εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας των υλικών, αλλά και των μεθόδων σχεδίασης και κατασκευής, έχει οδηγήσει στην παραγωγή Μ/Σ ξηρού τύπου σε τάσεις και ισχείς της τάξης των 40KV και 30MVA με αποτέλεσμα τη συνεχή αύξηση της χρήσης τους τόσο στη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και σε υποσταθμούς βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Οι Μ/Σ ξηρού τύπου τοποθετούνται σε εσωτερικούς χώρους με στεγνό και καθαρό περιβάλλον, προστατευμένο από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Ο πυρήνας και τα τυλίγματα θα πρέπει να είναι σε άμεση επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Για την εξασφάλιση της απαιτούμενης φυσικής ροής του ατμοσφαιρικού αέρα, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής ψύξη θα πρέπει ο χώρος της εγκατάστασης να διαθέτει τις απαραίτητες θυρίδες αερισμού.



Εικόνα 24 Θυρίδες εξαερισμού (Μαλατέστας Π., 2014)



**Εικόνα 25** Θυρίδες εξαερισμού σε Υ/Σ Πόλεως

Για τη σωστή κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα ψύξης οι θυρίδες εισαγωγής θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στο πάτωμα και οι θυρίδες εξαγωγής κοντά στην οροφή. Στην περίπτωση που η κυκλοφορία του αέρα δεν είναι επαρκής υπάρχει πιθανότητα διέγερσης του συστήματος θερμικής προστασίας του Μ/Σ λόγω αύξησης της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων.

Ο χώρος εγκατάστασης θα πρέπει να διαθέτει σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα. Στην περίπτωση αυτή η ονομαστική ισχύς του Μ/Σ μπορεί να αυξηθεί έως και 40%. Η θερμοκρασία του αέρα ψύξης δεν πρέπει να ξεπερνά τους 40°C και να μην είναι μικρότερη από 5°C [2].

## 5.2 Μετασχηματιστές Ελαίου

Στους μετασχηματιστές τύπου ελαίου ο Μ/Σ είναι μέσα σε δεξαμενή με επεξεργασμένο ορυκτό λάδι. Κατά την πλήρωση της δεξαμενής χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε το λάδι να είναι απαλλαγμένο πλήρως από την υγρασία. Το λάδι χρησιμοποιείται ως μέσο για την



ψύξη του Μ/Σ και εξαιτίας της μονωτικής του ικανότητας συμβάλει στην επιπρόσθετη μόνωση των τυλιγμάτων.

Για τη βελτίωση της ψυκτικής ικανότητας η εξωτερική επιφάνεια της δεξαμενής έχει κυματοειδή διαμόρφωση (πτερύγια ψύξης) αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την εξωτερική επιφάνεια της δεξαμενής που έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στην υπό φορτίο λειτουργία η θερμοκρασία του λαδιού ανέρχεται περίπου στους 100-200°C. Για την απορρόφηση των διαστολών-συστολών του λαδιού με τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και την αποφυγή της ανάπτυξης υπερπιάσεων στα εσωτερικά τοιχώματα της δεξαμενής, στο επάνω μέρος της δεξαμενής τοποθετείται δοχείο διαστολής. Στο δοχείο διαστολής υπάρχει δείκτης στάθμης λαδιού καθώς και η τάπα πλήρωσης λαδιού που είναι και τάπα εξαερισμού. Η προστασία του Μ/Σ από την υπερθέρμανση επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλου θερμόμετρου δύο επαφών που παρακολουθεί τη θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος του λαδιού. Όταν η θερμοκρασία του λαδιού ξεπεράσει τους 95°C ενεργοποιείται η πρώτη επαφή και όταν η θερμοκρασία του λαδιού ξεπεράσει τους 105°C ενεργοποιείται η δεύτερη προκαλώντας την απόζευξη του Μ/Σ.

Όλοι οι Μ/Σ ελαίου διαθέτουν ειδικό ηλεκτρονόμο ανίχνευσης αερίων, γνωστό ως ηλεκτρονόμο Buchholz. Ο ηλεκτρονόμος αυτός τοποθετείται στο σωλήνα που συνδέει τη δεξαμενή λαδιού με το δοχείο διαστολής. Στην περίπτωση εσωτερικού σφάλματος του Μ/Σ (π.χ. βραχυκύκλωμα μεταξύ των σπειρών των τυλιγμάτων του που έχει ως αποτέλεσμα δημιουργία σπινθηρισμών και αύξηση της θερμοκρασίας) έχουμε διέγερση του πλωτήρα χαμηλής στάθμης του ηλεκτρονόμου με οπτική και ηχητική ένδειξη. Στη περίπτωση που το φαινόμενο συνεχιστεί έχουμε και διέγερση του δεύτερου πλωτήρα που βρίσκεται σε υψηλότερη στάθμη και έτσι έχουμε την απόζευξη του Μ/Σ [2].



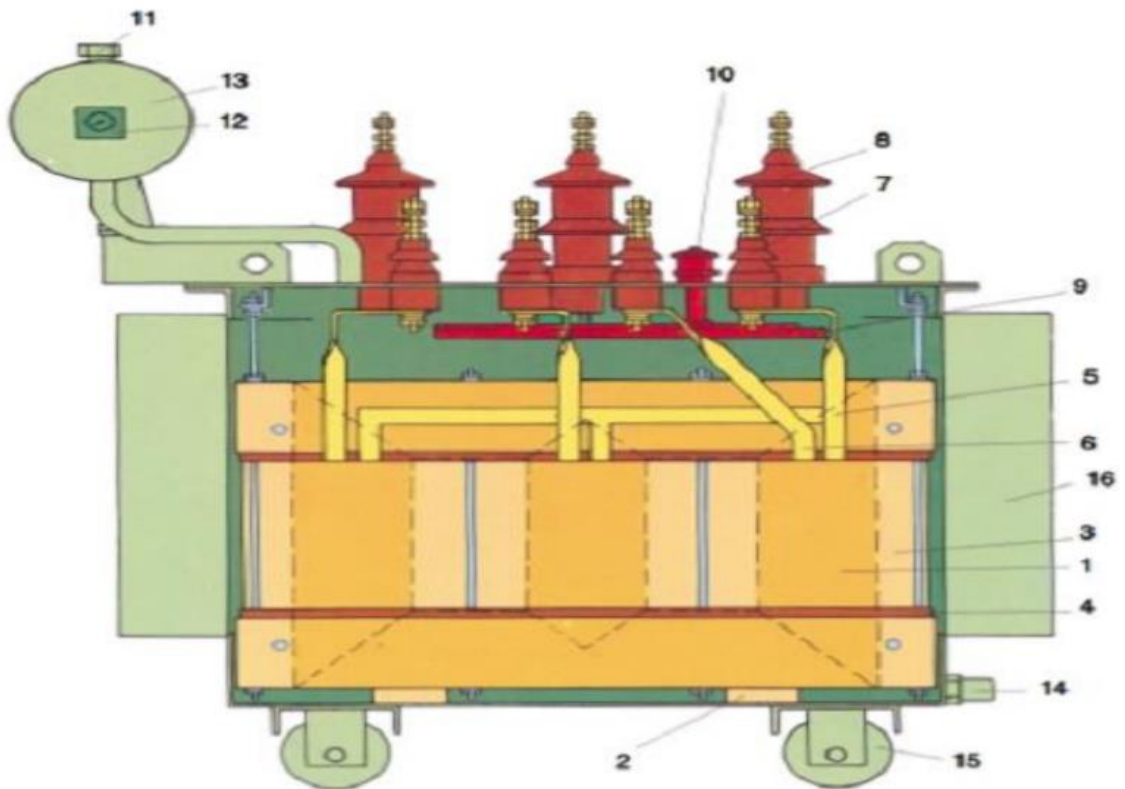
Εικόνα 26 Μετασχηματιστής ελαίου



Εικόνα 27 Μ/Σ διανομής σε τομή (Γιασαφάκης)



Εικόνα 28 Ακροδέκτες Χαμηλής Τάσης και Μέσης Τάσης



Εικόνα 29 Μετασχηματιστής ελαίου και τα επιμέρους τμήματα (TiSoft)

1. Πυρήνας (Core): Είναι κατασκευασμένος από μονωμένα ειδικά σιδερένια ελάσματα ώστε να μειώνονται οι μαγνητικές απώλειες και έχει ένα σκέλος ανά φάση (3 συνολικά).
2. Στηρίγματα Πυρήνα (Core support): Ανάμεσα στον πυθμένα και στον πυρήνα υπάρχει χώρος για την κυκλοφορία του λαδιού.
3. Τυλίγματα (Winding): Στον πυρήνα έχουμε δύο τυλίγματα, ένα για την Χαμηλή Τάση το οποίο είναι κατασκευασμένο από χάλκινες ή αλουμινένιες μπάρες και ένα για την Μέση Τάση το οποίο είναι κατασκευασμένο από χάλκινο σύρμα.
4. Στηρίγματα Τυλιγμάτων (Winding support): Για την στερέωση των τυλιγμάτων της Χαμηλής και της Υψηλής Τάσης χρησιμοποιούνται μονωτικά στηρίγματα.
5. Τα τρία άκρα των τυλιγμάτων ΧΤ 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.
6. Τα τρία άλλα άκρα των τυλιγμάτων ΧΤ συνδέονται στους μονωτήρες διέλευσης και προκύπτουν οι ακροδέκτες 2U, 2V και 2W.
7. Μονωτήρες Διέλευσης Χαμηλής Τάσης (LV Bushing): Είναι κατασκευασμένοι από πορσελάνη και ονομάζονται μονωτήρες διέλευσης γιατί από μέσα τους περνάει το ρεύμα της Χαμηλής Τάσης. Ο ένας ακροδέκτης βρίσκεται μέσα στο λάδι και εκεί έχουμε σύνδεση των απολήξεων των τυλιγμάτων της Χαμηλής Τάσης. Ο άλλος ακροδέκτης βρίσκεται στον αέρα και εκεί γίνεται η σύνδεση των καλωδίων της Χαμηλής Τάσης που εξέρχονται από τον Μ/Σ.
8. Μονωτήρες Διέλευσης Μέσης Τάσης (MV Bushing): Είναι και αυτοί κατασκευασμένοι από πορσελάνη όπως ακριβώς και οι μονωτήρες διέλευσης χαμηλής τάσης. Στον ακροδέκτη που βρίσκεται μέσα στο λάδι έχουμε σύνδεση των απολήξεων των τυλιγμάτων της Μέσης Τάσης. Στον άλλον ακροδέκτη ο οποίος βρίσκεται στον αέρα έχουμε σύνδεση των καλωδίων της Μέσης Τάσης που ξεκινούν από την κυψέλη προστασίας του Μ/Σ.
9. Ρυθμιστής Τάσης (Off-circuit tap changer): Στον Μ/Σ έχουμε την δυνατότητα διαφορετικών λήψεων, το οποίο σημαίνει την χρησιμοποίηση περισσότερων ή λιγότερων σπειρών στο πρωτεύον. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε την αλλαγή του λόγου των σπειρών και προφανώς την ρύθμιση τάσης του δευτερεύοντος. Αυτό

γίνεται μέσω του περιστροφικού διακόπτη και πρέπει ο Μ/Σ να είναι εκτός κυκλώματος.

10. Χειριστήριο Ρυθμιστή Τάσης
11. Δοχείο Διαστολής (Expansion vessel): Το λάδι του Μ/Σ όταν αυτός βρίσκεται σε κανονική λειτουργία φτάνει τους 100 ° C και έχουμε διαστολή. 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.
12. Δείκτης Στάθμης Λαδιού (oil-level indicator): Μέσω του συγκεκριμένου δείκτη μπορούμε να διακρίνουμε την στάθμη του λαδιού μέσα στο δοχείο διαστολής.
13. Τάπα Αερισμού και Πλήρωσης με Λάδι (ventilation and filling cap): Άπο την συγκεκριμένη τάπα έχουμε την έξοδο του αέρα ο οποίος βρίσκεται μέσα στο δοχείο διαστολής όταν έχουμε θέρμανση του λαδιού του Μ/Σ.
14. Βάνα Αποχέτευσης του Λαδιού (drain plug): Χρησιμεύει για την εκκένωση του λαδιού που βρίσκεται μέσα στον Μ/Σ.
15. Τροχοί Κύλησης (Roller): Χρησιμεύουν στην μετακίνηση του Μ/Σ.
16. Ψυκτήρες (cooling ribs): Χρησιμεύουν στην φυσική ψύξη του λαδιού [10].

Σε αντίθεση με τους Μ/Σ ξηρού τύπου, οι Μ/Σ ελαίου χρησιμοποιούνται και σε υπαίθριες και σε στεγασμένες εγκαταστάσεις σε Υ/Σ ΜΤ και ΥΤ. Σε μεγάλες ισχύς και σε ΥΤ χρησιμοποιούνται μόνο Μ/Σ ελαίου. Για την ίδια ισχύ, οι Μ/Σ ξηρού τύπου καταλαμβάνουν μικρότερο όγκο, είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον, απαιτούν λιγότερη συντήρηση και σε αντίθεση με τους Μ/Σ ελαίου ενδείκνυται η χρήση τους και σε εκρηκτικό περιβάλλον. Στους Μ/Σ τύπου ελαίου απαιτείται στο κάτω μέρος και ειδική κατασκευή για λεκάνη απομάκρυνσης του λαδιού για περιπτώσεις βλάβης ή συντήρησης [2].

### 5.3 Μονωτικά Λάδια

Τα μονωτικά λάδια χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε πλήθος ηλεκτροτεχνικών συσκευών, τόσο για τη μεγάλη διηλεκτρική τους αντοχή όσο και για την εξαιρετική τους ικανότητα να απάγουν τη θερμότητα των συσκευών και να γεμίζουν πλήρως τον προς μόνωση όγκο. Τα μονωτικά λάδια που ανήκουν στην κατηγορία των μερικώς επανορθούμενων μονώσεων,

έχουν χαμηλή διηλεκτρική σταθερά (2-2,5) και σχετικά χαμηλές διηλεκτρικές απώλειες ( $<10 \cdot 10^{-4}$  για θερμοκρασία 20° C,  $10^{-3}$  για θερμοκρασία 90° C) εξαρτώμενες από το βαθμό καθαρότητας και τη θερμοκρασία. Ωστόσο τα μονωτικά λάδια παρουσιάζουν μείωση της αντοχής τους στην παρουσία ξένων σωματιδίων, αέρα και υγρασίας, ενώ μερικά είδη λαδιών είναι τοξικά.

Τα πλέον διαδεδομένα είδη μονωτικών λαδιών είναι τα ορυκτέλαια, τα οποία παράγονται ως κλάσματα απόσταξης του πετρελαίου. Ανάλογα με το είδος τους πετρελαίου και των υδρογονανθράκων που περιέχει τα λάδια διακρίνονται σε:

- Μεθανολικής βάσης (μεθανέλαια), στα οποία κυριαρχούν κορεσμένοι υδρογονάνθρακες τύπου παραφίνης.
- Ναφθαλενικής βάσης (ναφθανέλαια), στα οποία κυριαρχούν ακόρεστοι υδρογονάνθρακες τύπου ναφθαλίνης.
- Μικτής σύστασης (ναφθαλμεθανέλαια), στα οποία δεν κυριαρχεί κανένας από τους παραπάνω τύπους υδρογονανθράκων.

Εκτός από τα ορυκτέλαια υπάρχουν τα οργανικά λάδια (εστέρες, φυτικά λάδια) τα οποία αν και παρουσιάζουν καλές ηλεκτρικές και φυσικοχημικές ιδιότητες, ωστόσο είναι υδρόφιλα και οξειδώνονται γρήγορα και τα συνθετικά λάδια (φθοριομένασι ή χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, λάδια σιλικόνης) τα οποία έχουν αυξημένη διηλεκτρική αντοχή και είναι επιπλέον άκαυστα, έχουν όμως περιορισμένη εφαρμογή λόγω της κακής απαγωγής θερμότητας, του αυξημένου κόστους και των επικίνδυνων τοξικών συστατικών που περιέχουν.

Το λάδι χρησιμοποιείται στους μετασχηματιστές ισχύος ως μονωτικό και ψυκτικό μέσο. Κατά κανόνα χρησιμοποιούνται ορυκτέλαια και σπανιότερα συνθετικά λάδια. Το λάδι επίσης χρησιμοποιείται και στα καλώδια μέσης και υψηλής τάσης, όπου γίνεται εμποτισμός της στερεάς μόνωσης χαρτιού του καλωδίου ώστε να καλυφτούν τα κενά που δημιουργούνται κατά την περιέλιξη της χάρτινης μονωτικής ταινίας. Άλλη μία χρησιμότητα του λαδιού είναι για την διακοπή του τόξου το οποίο δημιουργείται κατά τις ενέργειες μεταγωγής (άνοιγμα, κλείσιμο) του διακόπτη. Το τόξο προκαλεί την αποσύνθεση του λαδιού (κυρίως σε άνθρακα και υδρογόνο), υποβαθμίζοντας την ποιότητά του.

Τα μονωτικά λάδια καταπονούνται συνεχώς κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους και τα ξένα σωματίδια, ο αέρας και η υγρασία επιβαρύνουν τα λάδια μειώνοντας την ποιότητά τους. Για το λόγο αυτό πραγματοποιούνται προγραμματισμένοι έλεγχοι των λαδιών που περιλαμβάνουν μετρήσεις και δοκιμές των φυσικοχημικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών τους. Μία ένδειξη της ποιότητας του λαδιού είναι το χρώμα. Τα καινούργια λάδια έχουν ανοικτό κίτρινο χρώμα, ενώ με την πάροδο του χρόνου το χρώμα γίνεται πιο σκούρο. Μία από τις πιο συνηθισμένες δοκιμές των μονωτικών λαδιών είναι ο έλεγχος της διηλεκτρικής τους αντοχής. Το λάδι τοποθετείται σε ένα δοχείο με δύο ηλεκτρόδια σε απόσταση 2 έως 2,5 mm, το σχήμα των οποίων ποικίλει ανάλογα με το Πρότυπο κανονισμό που χρησιμοποιείται. Εφαρμόζεται υψηλή εναλλασσόμενη τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων, η οποία ανυψώνεται με ρυθμό από 2 έως 3 kV/sec ανάλογα με το Πρότυπο έως ότου συμβεί διάσπαση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται 5 έως 6 φορές και καταγράφονται οι τιμές για τις οποίες συνέβησαν οι διασπάσεις. Μετά από κάθε διάσπαση το λάδι αναδεύεται (είτε με μια γυάλινη ράβδο είτε με ειδικό σύστημα ανάδευσης ενσωματωμένο στη συσκευή), έτσι ώστε να κατανέμονται ομοιογενώς τα ξένα αιωρήματα που τυχόν υπάρχουν στο λάδι και αφήνεται 1 έως 2 λεπτά να ηρεμήσει. Η διηλεκτρική αντοχή του λαδιού προκύπτει ως το πηλίκο του μέσου όρου των καταγεγραμμένων τιμών της τάσης διάσπασης δια το μήκος του διακένου. Ανάλογα με την τιμή της διηλεκτρικής αντοχής που προκύπτει, το λάδι κατατάσσεται σε άριστο (για διηλεκτρική αντοχή > 120 kV/cm), καλό (για διηλεκτρική αντοχή 70-120 kV/cm) και ακατάλληλο (για διηλεκτρική αντοχή <70 kV/cm) [4].

Τα πρότυπα που θέτει ο ΔΕΔΔΗΕ για το λάδι των μετασχηματιστών 20/0,4 kV είναι τα IEC 60296: 2012 και EN 61065: 1993. Το λάδι που θα χρησιμοποιηθεί στους μετασχηματιστές θα πρέπει να έχει διηλεκτρική αντοχή τουλάχιστον 70 kV/cm. Επίσης το λάδι θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από πολυχλωριούχα διφαινύλια-τερφαινύλια (PCBs/PCTs). Πριν από την παράδοση κάθε παρτίδας Μετασχηματιστών υποβάλλεται στον αρμόδιο επιθεωρητή της επιχείρησης δήλωση του κατασκευαστή με την οποία θα πιστοποιείται ότι το λάδι που χρησιμοποιήθηκε για την πλήρωση των Μετασχηματιστών της συγκεκριμένης παρτίδας είναι απαλλαγμένο από πολύ χλωριούχα διφαινύλια-τερφαινυλίου (PCBs/PCTs). Μαζί με την δήλωση θα επισυνάπτεται και πιστοποιητικό της ανάλυσης του ελαίου από αναγνωρισμένο εργαστήριο δοκιμών [29].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Συντήρηση Μετασχηματιστή, Παράδειγμα

#### 6.1 Συντήρηση ενός Μ/Σ

Συντήρηση έχουμε σε οποιοδήποτε εξοπλισμό μπορεί να παρουσιαστεί κάποια βλάβη. Τα εξαρτήματα που μπορούν να υποστούν βλάβη σε ένα ηλεκτρικό σύστημα είναι οι διακόπτες, οι αποζεύκτες, τα καλώδια, οι μετασχηματιστές, οι μονωτήρες και άλλα. Η συντήρηση πρέπει να πραγματοποιείται όταν χρειάζεται συνδυάζοντας με τον βέλτιστο τρόπο την ασφαλή λειτουργία και το κόστος. Η συντήρηση μπορεί να γίνει βάσει χρονοδιαγράμματος, αξιοπιστίας ή κατάστασης.

- Συντήρηση βάση χρονοδιαγράμματος: Η συγκεκριμένη συντήρηση γίνεται από πολλές βιομηχανίες και από εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσω αυτής της συντήρησης αποτρέπονται πιθανές βλάβες αλλά από την άλλη πλευρά μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα και έξοδα που θα μπορούσαν να αποφευχθούν (π.χ. διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος, ανθρωποώρες).
- Συντήρηση βάσει κατάστασης: Η συγκεκριμένη συντήρηση έχει να κάνει με την συντήρηση συγκεκριμένα σε έναν μετασχηματιστή, όταν κάποιοι έλεγχοι εκτίμησης έχουν ανιχνεύσει κάποιο σφάλμα σε αρχικό στάδιο. Μέσω των δεδομένων του ιστορικού εντοπίζονται τα σημεία που απαιτούν παρακολούθηση και προσδιορίζεται η κατάλληλη μέθοδος. Τα στοιχεία συλλέγονται μέσω αισθητήρων τοποθετημένων στον μετασχηματιστή που παρακολουθούν την θερμοκρασία του, σήματα ταλαντώσεων, αέρια, λάδια και άλλα.
- Συντήρηση βάση αξιοπιστίας: Η συγκεκριμένη συντήρηση έχει να κάνει με την εξασφάλιση της λειτουργικότητας του μετασχηματιστή με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Είναι ο καλύτερος συνδυασμός συντήρησης καθώς η πιθανότητα σφάλματος μειώνεται σε αποδεκτά επίπεδα. Στην μέθοδο αυτή έχουμε συλλογή δεδομένων με τα οποία φτιάχνεται ένα πιθανό μοντέλο. Οι συνέπειες των



βλαβών καθώς και η πιθανότητά τους μας οδηγούν σε έναν δείκτη κινδύνου. Ανάλογα με το πόσο σοβαρή είναι η βλάβη την κατατάσσουμε σε χαμηλού ή υψηλού κινδύνου και αντίστοιχα προτείνουμε την πιο συμφέρουσα μέθοδο συντήρησης.

## 6.2 Παράδειγμα συντήρησης

Για την καλύτερη κατανόηση της συντήρησης ενός μετασχηματιστή επισκεφτήκαμε το κτήριο του ΔΕΔΔΗΕ στον Πειραιά όπου πραγματοποιούνται όλες οι επισκευές/συντηρήσεις των Μ/Σ διανομής για την περιφέρεια Νήσων και την περιφέρεια Αττικής, όπως επίσης και οι επισκευές/συντηρήσεις όλων των Μ/Σ Ισχύος πανελλαδικά.



Εικόνα 30 ΔΕΔΔΗΕ Πειραιά

Παρακάτω παραθέτουμε μερικές εικόνες από έναν Μ/Σ διανομής και τα επιμέρους στάδια ελέγχου που πραγματοποιούνται:



Εικόνα 31 Μ/Σ Διανομής



Εικόνα 32 Ακροδέκτες Υψηλής Τάσης



Εικόνα 33 Ακροδέκτες Χαμηλής Τάσης



Εικόνα 34 Τυλίγματα Πηνίου

Στις εικόνες 35 και 36 παρουσιάζεται το κέλυφος ενός Μ/Σ που περιβάλλεται από ψήκτρες. Μέσα στο κέλυφος τοποθετείται ο Μ/Σ που κατά την λειτουργία του το κενό μεταξύ Μ/Σ και κελύφους πληρώνεται με λάδι συγκεκριμένων προδιαγραφών για Μ/Σ. Κατά την διάρκεια της επίσκεψής μας είχε αφαιρεθεί το λάδι με χρήση της ειδικής βάνας που είναι ενσωματωμένη στο κέλυφος.



Εικόνα 35 Ανοικτό Κέλυφος Μ/Σ – Ψήκτρα



Εικόνα 36 Κέλυφος Μ/Σ

Στην πινακίδα του Μ/Σ αναγράφονται αρκετές πληροφορίες για τον Μ/Σ, όπως το μοντέλο του, το έτος κατασκευής του, η ισχύς του, ο τρόπος ψύξης του, η συχνότητά του, το ολικό του βάρος, το βάρος λαδιού, κάποιες πληροφορίες σχετικά με τα βάρη των τυλιγμάτων

στην Υ.Τ και στην Χ.Τ αντίστοιχα καθώς και οι αντίστοιχες θέσεις χειρισμού ανάλογα με την τάση που θέλουμε να έχουμε (όπου συνδέονται τα αντίστοιχα τυλίγματα).



Εικόνα 37 Πινακίδα Μ/Σ

Οι βλάβες στον Μ/Σ είναι δύο κατηγοριών:

- Ηλεκτρικές βλάβες
- Μηχανικές βλάβες

Ανάλογα με την βλάβη γίνονται και αντίστοιχες ενέργειες. Οι μηχανικές βλάβες συνήθως είναι ορατές με το μάτι. Για τις ηλεκτρικές βλάβες χρησιμοποιείται ένα μηχάνημα όπου ανάλογα με τον ήχο που βγάζει στα τυλίγματα του πηνίου καταλαβαίνουμε εάν έχει ηλεκτρική βλάβη ο Μ/Σ.

Τα καμένα πηνία αντικαθίστανται με καινούργια τα οποία κατασκευάζονται από τον ΔΕΔΔΗΕ στο μηχάνημα περιέλιξης που εμφανίζεται στη φωτογραφία 40.



Εικόνα 38 Καμένο πηνίο

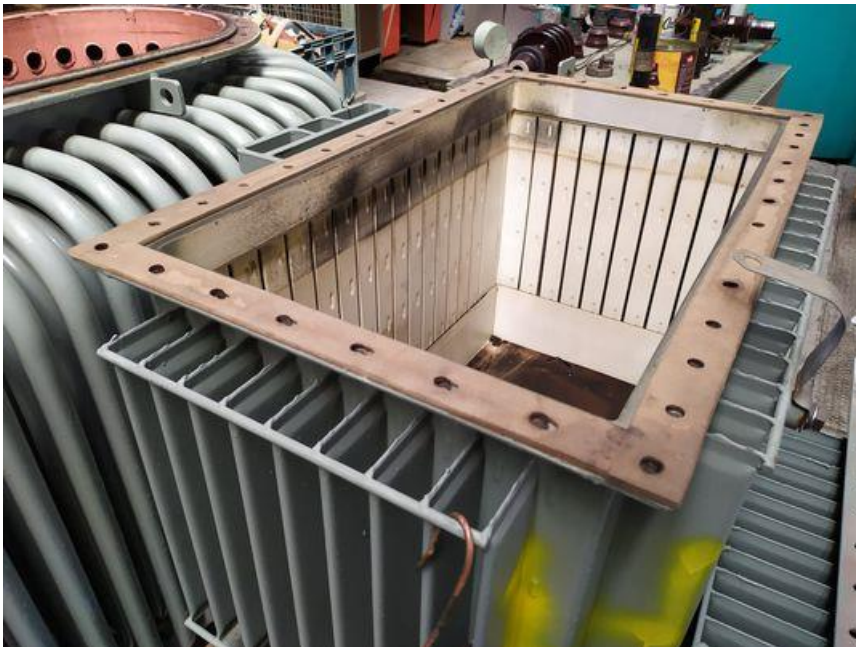


Εικόνα 39 Χαρτί πηνίου



*Εικόνα 40 Μηχάνημα περιέλιξης πηνίου*

Στον Μ/Σ επίσης γίνεται έλεγχος για τα παρεμβύσματα που υπάρχουν στους μονωτήρες και περιμετρικά από το κέλυφος:



*Εικόνα 41 Περιμετρικά παρεμβύσματα Μ/Σ*



*Εικόνα 42 Παρεμβύσματα στη βάση του μονωτήρα*



*Εικόνα 43 Παρεμβύσματα στον ακροδέκτη υψηλής τάσης*

Ο ελαιοδείκτης καθαρίζεται με ειδικό εξάρτημα (βουρτσάκι), ώστε να είναι ευδιάκριτη η στάθμη του λαδιού.





Εικόνα 44 Ελαιοδείκτης



Εικόνα 45 Ελαιοδείκτης

Σε περίπτωση που το χαρτί του πηνίου 'πιάσει' υγρασία, η αφύγρανσή του γίνεται στον θάλαμο Ξήρανσης:



Εικόνα 46 Θάλαμος ξήρανσης



Εικόνα 47 Θάλαμος ξήρανσης

Ο θάλαμος κενού που παρουσιάζεται παρακάτω χρησιμεύει για την αφύγρανση των πηνίων και το γέμισμα με λάδι Μ/Σ σε συνθήκες κενού.



Εικόνα 48 Θάλαμος κενού



Εικόνα 49 Θάλαμος κενού

Όσον αφορά το λάδι του Μ/Σ και ειδικότερα την μονωτική του ικανότητα και την διάρκεια ζωής του, γίνονται έλεγχοι στο χημείο της εταιρείας.



Εικόνα 50 Εικόνα από το χημείο 1

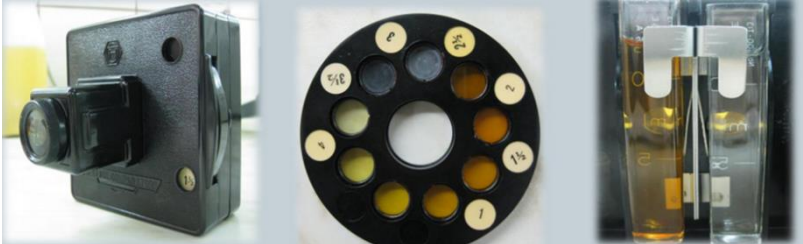

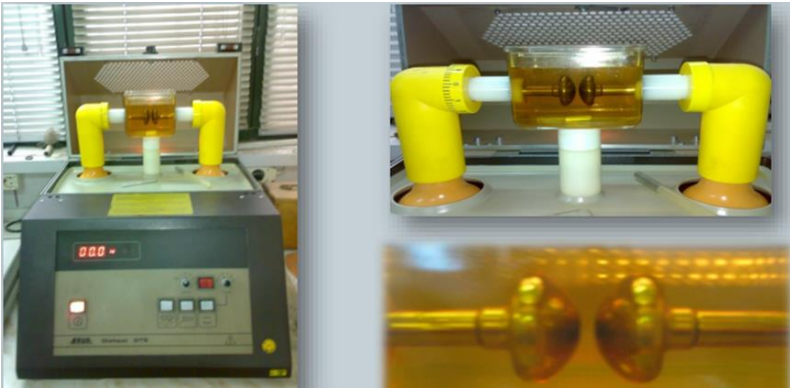





Εικόνα 51 Εικόνα από το χημείο 2



*Εικόνα 52 Εικόνα από το χημείο 3*

Παραθέτουμε έναν πίνακα στον οποίο βλέπουμε τα χαρακτηριστικά του λαδιού, τα πρότυπα σύμφωνα με τα οποία γίνονται οι έλεγχοι και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται αντίστοιχα.

Χαρακτηριστικά λαδιού	Πρότυπο	Συσκευή Μέτρησης
Χρώμα	ASTM D1500	<p style="text-align: center;">Χρωματόμετρο</p> 
Πυκνότητα	DIN 51517	<p style="text-align: center;">Πυκνόμετρο, Ηλεκτρική συσκευή για την μέτρηση της θερμοκρασίας του λαδιού</p> 
Διηλεκτρική Αντοχή	IEC 60156	<p style="text-align: center;">Baur</p> 
Υγρασία	IEC 60814	<p style="text-align: center;">METROHM-684                      KF                      Coulometer</p> 

<p>Διεπιφανειακή Τάση</p>	<p>ASTM D971-91</p>	<p style="text-align: center;">Tensiometer</p> 
<p>Συντελεστής απωλειών και η ειδική αντίσταση</p>	<p>IEC 60247</p>	<p>BAUR — DTL</p> 

Εάν μετά τις απαραίτητες μετρήσεις προκύψει ότι το λάδι μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να απαιτείται η αντικατάσταση του με καινούργιο, γίνεται φιλτράρισμα του στο παρακάτω μηχάνημα.



Εικόνα 53 Μηχάνημα πρόσμιξης λαδιού

Τέλος παραθέτουμε ένα δελτίο συντήρησης με τα επιμέρους σημεία που ελέγχονται σε έναν Μ/Σ όταν χρειαστεί να γίνει συντήρηση.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ Α.Ε.				ΑΡΙΘ. ΔΕΗ	
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ:	#ΑΝΑΦ!			#ΑΝΑΦ!	
<b>ΜΗΤΡΩΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ</b>				#ΑΝΑΦ!	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ :	#ΑΝΑΦ!	ΟΝΟΜ. ΤΑ	#ΑΝΑΦ!	ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:	
ΑΡΙΘ. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ:	#ΑΝΑΦ!	ΙΣΧΥΣ	#ΑΝΑΦ!	ΖΕΥΞΗ :	
ΣΥΜΒΑΣΗ:	#ΑΝΑΦ!	ΤΑΣΗ ΒΡΑΧ.		ΕΣΩΤ. ή ΕΞΩΤ.	
ΗΜΕΡ.ΠΑΡΑΛ.ΣΤΗΝ ΑΠΟΘ.	#ΑΝΑΦ!	Β. ΟΛΙΚΟ	Β. ΑΝΥΨ.	Β. ΛΑΔΙΟΥ	
ΗΜΕΡΟΜ	ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΙΑΚΙΝΗΣΕΙΣ - ΕΛΕΓΧΟΙ - ΒΛΑΒΕΣ - ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ κ.λ.π.			ΑΡΙΘ. ΕΝΤ. ή ΔΕΛΤ.	ΟΝΟΜΑΤΕΠ. ΣΥΝΤΑΞΑΤΟΣ
#####	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ/Σ	ΕΛΕΓΧΟΣ-ΣΥΣΦΙΞΗ		#ΑΝΑΦ!	#ΑΝΑΦ!
#####	ΑΛΛΑΓΗ ΠΑΡΕΜΒΥΣΜΑΤΩΝ Υ.Τ.	ΑΛΛΑΓΗ ΠΑΡΕΜΒΥΣΜΑΤΩΝ Χ.Τ.		#ΑΝΑΦ!	
#####	ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟΥ/ΩΝ	ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΕΛΑΙΟΔΕΙΚΤΗ		#ΑΝΑΦ!	ΗΜ_ΝΙΑ
#####	ΤΕΜ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ Χ/Τ-ΑΛΛΑΓΗ	ΑΛΛΑΓΗ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ Υ/Τ- ΤΕΜ		#ΑΝΑΦ!	ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΕΜ
#####	ΤΕΜ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ ΓΕΙΩΣΗΣ - ΑΛΛΑΓΗ	ΞΗΡΑΝΣΗ Μ/Σ		#ΑΝΑΦ!	#ΑΝΑΦ!
#####	ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ Ή ΑΛΛΑΓΗ ΕΛΑΙΟΥ	ΚΕΝΟ Μ/Σ		#ΑΝΑΦ!	ΗΜ_ΝΙΑ
#####	ΔΟΚΙΜΗ 20 - 15 - 6,6 kV (ΚΥΚΛΩΣΤΕ ΟΤΙ ΙΣΧΥΕΙ)	ΜΟΝΩΣΕΙΣ		#ΑΝΑΦ!	ΕΞΟΔΟΥ ΣΕΜ
					#ΑΝΑΦ!
ΠΑΡ/ΣΕΙΣ:	#ΑΝΑΦ!				
	#ΑΝΑΦ!				
	#ΑΝΑΦ!				
	#ΑΝΑΦ!				
ΩΡΕΣ					
	Άνοιγμα+Κλείσιμο Μ/Σ - στεγανοποίηση				
	Έλεγχος (Ηλεκτρικός+οπτικός)				
	Γενική συντήρηση/λίπανση				
	Αντικατάσταση Ντιζας+Μονωτήρα ΧΤ/ΥΤ				
	Επισκευή πτερυγίων				
	Αντικατάσταση δοχείου διαστολής+ανακατασκευή βιδών στερέωσης				
	Πλύσιμο ενεργου μέρους				
	Ηλεκτροσυγκολλήσεις				
	Επισκευή πηνίου/ων				
	Κατασκευή/τροποποίηση ακροδεκτών ΧΤ				
	Συντήρηση-Αντικατάσταση μεταγωγέα				
	Συντήρηση-Αντικατάσταση σατιφ				
	Αντικατάσταση ελαίου				
	είσοδος-έξοδος στο θάλαμο κενού				
	είσοδος-έξοδος στο φούρνο ξήρασης				
	Βαφές				
	φιλτράρισμα-αφύγρανση				
	Λοιπές επισκευές				
	φορτοεκφόρτωση+μετατοπίσεις				
	θάλαμος κενού				
	φούρνος ξήρασης				
	Λοιπά Μηχανήματα				

Εικόνα 54 Δελτίο συντήρησης (ΔΕΔΔΗΕ, Δελτίο Συντήρησης)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

# Οι Υποσταθμοί του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

### 7.1 Εισαγωγή

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απέχουν μεγάλες αποστάσεις από τα κέντρα κατανάλωσης. Από το αρχικό επίπεδο της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι και το τελικό επίπεδο της κατανάλωσης μεσολαβούν διάφορων ειδών υποσταθμοί (Υ/Σ) για τα διάφορα στάδια μετασχηματιστών του μεγέθους της τάσης καθώς και των απαιτούμενων διακοπτικών λειτουργιών κυρίως για την ανακατανομή του φορτίου μεταξύ των γραμμών και των Μ/Σ και στα τρία επίπεδα της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι Υ/Σ πρωτεύουσας διανομής ανήκουν στην κατηγορία των Υ/Σ υποβιβασμού τάσης και αποτελούν το συνδετικό κρίκο μεταξύ του συστήματος μεταφοράς και του συστήματος πρωτεύουσας διανομής.

Οι βασικές συνιστώσες τους είναι οι ζυγού ΥΤ και ΜΤ, οι Μ/Σ ισχύος, οι διακόπτες ισχύος και απομόνωσης, τα μέσα προστασίας (αλεξικέραυνα), οι μετρητικές διατάξεις (Μ/Σ τάσης και ρεύματος) για τον έλεγχο και την εποπτεία της όλης λειτουργίας και οι διατάξεις ρύθμισης της τάσης (πυκνωτές αντιστάθμισης, ρυθμιστές τάσης).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα είδη των Υ/Σ που μεσολαβούν στα διάφορα στάδια μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από τα κέντρα παραγωγής προς τα κέντρα κατανάλωσης:

Η τάση εξόδου των Σ/Γ των σταθμών παραγωγής κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 6-20 KV. Λόγω των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ των κέντρων παραγωγής και κατανάλωσης αλλά και της συνεχούς αύξησης του φορτίου είναι απαραίτητη η ανύψωση της τάσης σε υπερυψηλή τάση (400 KV για την Ελλάδα). Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται μέσω των Υ/Σ παραγωγής ΜΤ/ΕΥΤ. Στη συνέχεια μέσω των Υ/Σ υποβιβασμού ΕΥΤ/ΜΤ τροφοδοτείται το δίκτυο ΥΤ των 150 KV. Οι γραμμές μεταφοράς της ΥΤ καταλήγουν στα γεωγραφικά όρια των μεγάλων αστικών και βιομηχανικών κέντρων, όπου εκεί μέσω των υποσταθμών διανομής ΥΤ/ΜΤ τροφοδοτούν τα δίκτυα πρωτεύουσας διανομής των 20 KV. Τέλος μέσω των υποσταθμών διανομής ΜΤ/ΧΤ τροφοδοτούνται οι καταναλωτές ΧΤ με τάσεις 400/230 V.

Τα κριτήρια για την επιλογή της θέσης του Υ/Σ είναι η απόσταση από τα κέντρα κατανάλωσης, το κόστος αγοράς της γης, οι μελλοντικές ανάγκες επεκτασιμότητας, η προσβασιμότητα του χώρου, η επάρκεια χώρων εξωτερικά του Υ/Σ για την ασφαλή όδευση κυρίως των γραμμών ΥΤ, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις και θέματα γενικότερης ασφάλειας και προστασίας. Η απαιτούμενη επιφάνεια για την ανάπτυξη του Υ/Σ σχετίζεται άμεσα από το μέγεθος της ισχύος και το είδος των φορτίων κάλυψης, το πλήθος των εισερχόμενων και των εξερχόμενων γραμμών (ΥΤ και ΜΤ) και το αντίστοιχο πλήθος των ζυγών, το πλήθος και το μέγεθος των Μ/Σ ισχύος και των υπόλοιπων διατάξεων διακοπής, προστασίας και μέτρησης.

Το πλήθος των εισερχόμενων γραμμών ΥΤ και των Μ/Σ ισχύος καθορίζεται από το μέγεθος της ισχύος του Υ/Σ και από την κρισιμότητα των φορτίων κάλυψης. Για παράδειγμα σε νοσοκομεία και ειδικές βιομηχανίες απαιτείται αδιάλειπτη παροχή ισχύος σε όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Σε αυτή την περίπτωση ο Υ/Σ θα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον δύο Μ/Σ ισχύος.

Τα μέσα προστασίας θα πρέπει να εγγυώνται την ασφάλεια του εργαζόμενου προσωπικού και την προστασία του εξοπλισμού. Τα μέτρα αυτά καθορίζονται από την κρισιμότητα των φορτίων τροφοδότησης.

Στις παροχές των καταναλωτών οι οποίες καταλήγουν στα φυσικά όρια των ιδιοκτησιών τους, τοποθετούνται κατάλληλες μετρητικές διατάξεις και διατάξεις προστασίας. Οι μετρητικές αυτές διατάξεις εκτός από την κατανάλωση της παρεχόμενης ενέργειας

μπορούν να καταγράψουν και άλλα χρήσιμα στοιχεία για την ηλεκτρική επιχείρηση, που αφορούν την λειτουργία, την συντήρηση και την ανάπτυξη του δικτύου.

Η προστασία των Μ/Σ διανομής για περιπτώσεις σφαλμάτων ή υπερφόρτισης γίνεται με ασφάλειες από την πλευρά της ΜΤ και από την πλευρά ΧΤ κυρίως με αυτόματους διακόπτες ισχύος. Η προστασία από την πλευρά της ΧΤ καλύπτει τις περιπτώσεις σφαλμάτων ή υπερφορτίσεων από την πλευρά των καταναλωτών. Αντίθετα η προστασία από την πλευρά της ΜΤ καλύπτει και τις περιπτώσεις σφάλματος στον ίδιο το Μ/Σ [2].

## 7.2 Υποσταθμοί διανομής ΜΤ/ΧΤ

Οι υποσταθμοί διανομής ΜΤ/ΧΤ αποτελούν το συνδετικό κρίκο μεταξύ των συστημάτων πρωτεύουσας και δευτερεύουσας διανομής. Βασικές συνιστώσες ενός τυπικού υποσταθμού διανομής ΜΤ/ΧΤ είναι ο μετασχηματιστής (Μ/Σ) διανομής και τα μέσα διακοπής και προστασίας. Τοποθετούνται κατά μήκος των παράπλευρων γραμμών πρωτεύουσας διανομής και μετασχηματίζουν τη μέση τάση σε κατάλληλες τιμές για την τροφοδοσία των καταναλωτών χαμηλής τάσης μέσω των δικτύων δευτερεύουσας διανομής.

Στην είσοδο του Υ/Σ (πρωτεύοντα τυλίγματα Μ/Σ διανομής) καταλήγουν οι αγωγοί των τριών φάσεων του δικτύου μέσης τάσης και από την έξοδό του (δευτερεύοντα τυλίγματα Μ/Σ διανομής) αναχωρούν οι γραμμές χαμηλής τάσης που με τη σειρά τους καταλήγουν στους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, στα όρια ιδιοκτησίας των καταναλωτών χαμηλής τάσης.

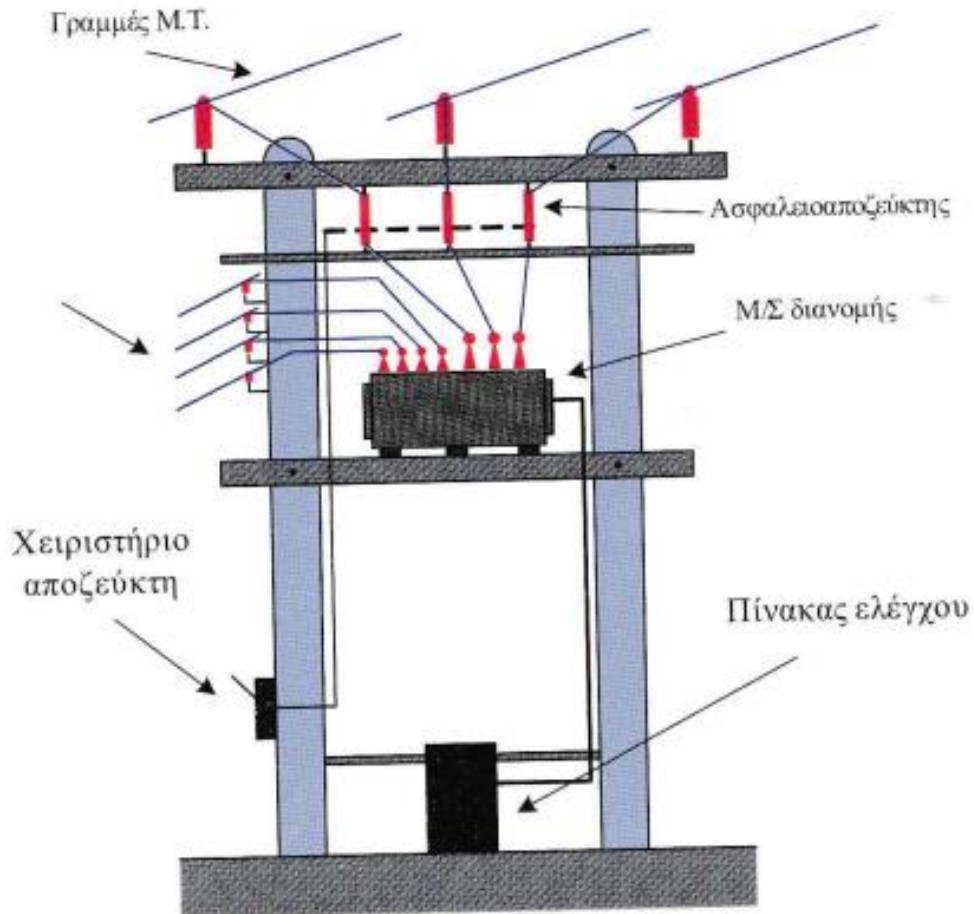
Η ονομαστική ισχύς των υποσταθμών διανομής κυμαίνεται περίπου από 50-2500 KVA.

Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασής τους διακρίνονται σε εναέριους, επίγειους και σε υπόγειους. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι Υ/Σ Διανομής διακρίνονται σε:

- Εναέριους Υ/Σ και σε
- Υ/Σ Πόλεως οι οποίοι μπορεί να είναι:
  - Υπόγειοι Υ/Σ
  - Επίγειοι Υ/Σ

- Compact (οικίσκος – υπαίθριοι)

Οι Μ/Σ Ισχύος των Εναέριων Υ/Σ έχουν εγκατεστημένη ισχύ κυρίως: 75 KVA, 250 KVA, 430 KVA ή 630 KVA και τοποθετούνται σε ειδικές κατασκευές (ικριώματα) επάνω στους στύλους. Για την ασφαλή τους έδραση απαιτούνται δύο στύλοι οι οποίοι κατασκευάζονται είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα είτε είναι μεταλλικοί.



Εικόνα 55 Εναέριος Υ/Σ διανομής ΜΤ/ΧΤ (Μαλατέστας Π., 2014)



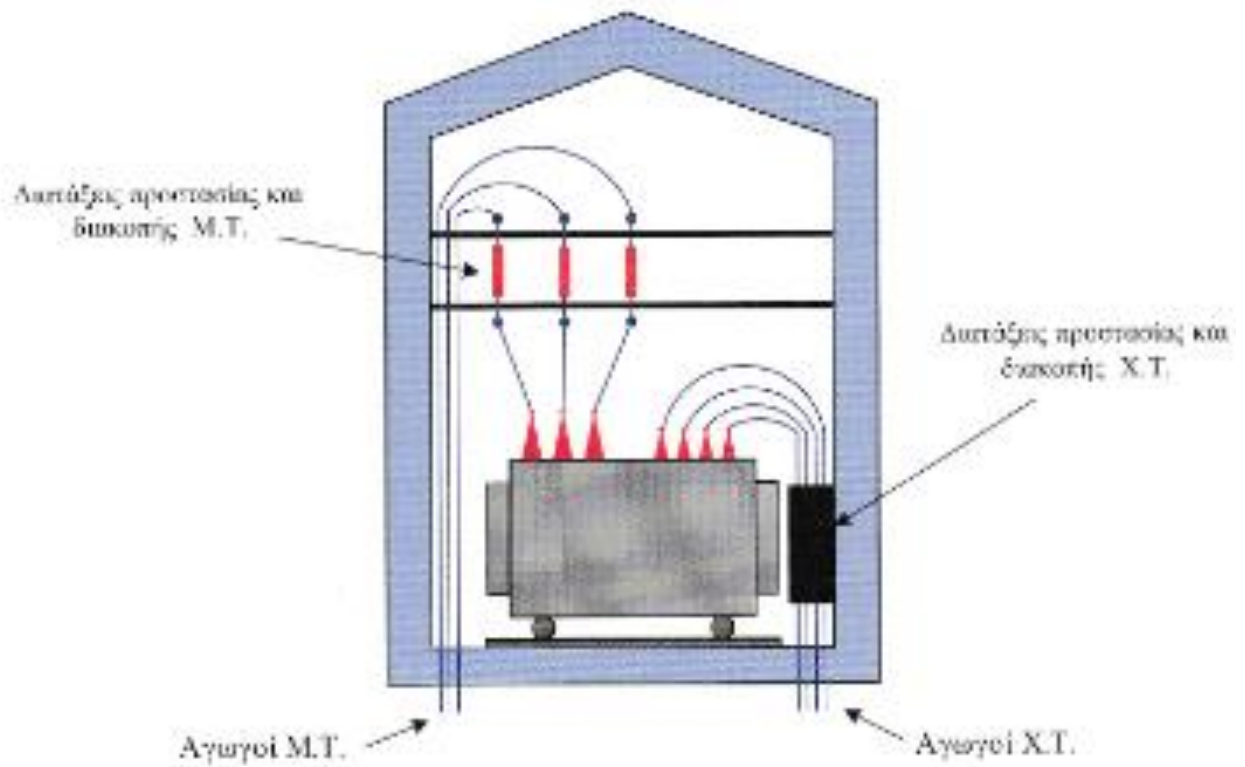
Εικόνα 56 Εναέριοι Υ/Σ διανομής



Εικόνα 57 Εναέριοι Υ/Σ διανομής

Για μεγαλύτερες ισχύες οι υποσταθμοί διανομής ΜΤ/ΧΤ είναι επίγειοι και εγκαθίστανται σε ειδικούς οικίσκους. Στις πυκνοκατοικημένες περιοχές εξαιτίας έλλειψης χώρου εγκαθίστανται συχνά σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους, σε υπόγεια και στις πρασιές πολυκατοικιών. Για καθαρά τεχνικό-οικονομικούς λόγους (μικρότερο μήκος καλωδίων,

μικρότερη πτώση τάσης) ενδείκνυται η χωροταξική τους τοποθέτηση στο κέντρο της περιοχής φορτίου που εξυπηρετούν [2].



Εικόνα 58 Επίγειος Υ/Σ διανομής ΜΤ/ΧΤ (Μαλατέστας Π., 2014)



Εικόνα 59 Επίγειοι Υ/Σ διανομής



Εικόνα 60 Επίγειοι Υ/Σ διανομής



Εικόνα 61 Υπόγειοι Υ/Σ



Εικόνα 62 Compact Υ/Σ

### 7.3 Εγκατάσταση και ψύξη του Μετασχηματιστή Ισχύος

Οι Μ/Σ εγκαθίστανται πάντοτε σε δικό τους ανεξάρτητο χώρο.

Οι Μ/Σ λαδιού εγκαθίστανται στο υπόγειο του κτιρίου ή σε ανεξάρτητο οικίσκο, ενώ οι Μ/Σ ξηρού τύπου μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε όροφο του κτιρίου. Βασική απαίτηση για την απρόσκοπτη λειτουργία του Μ/Σ είναι ο σωστός φυσικός ή τεχνητός

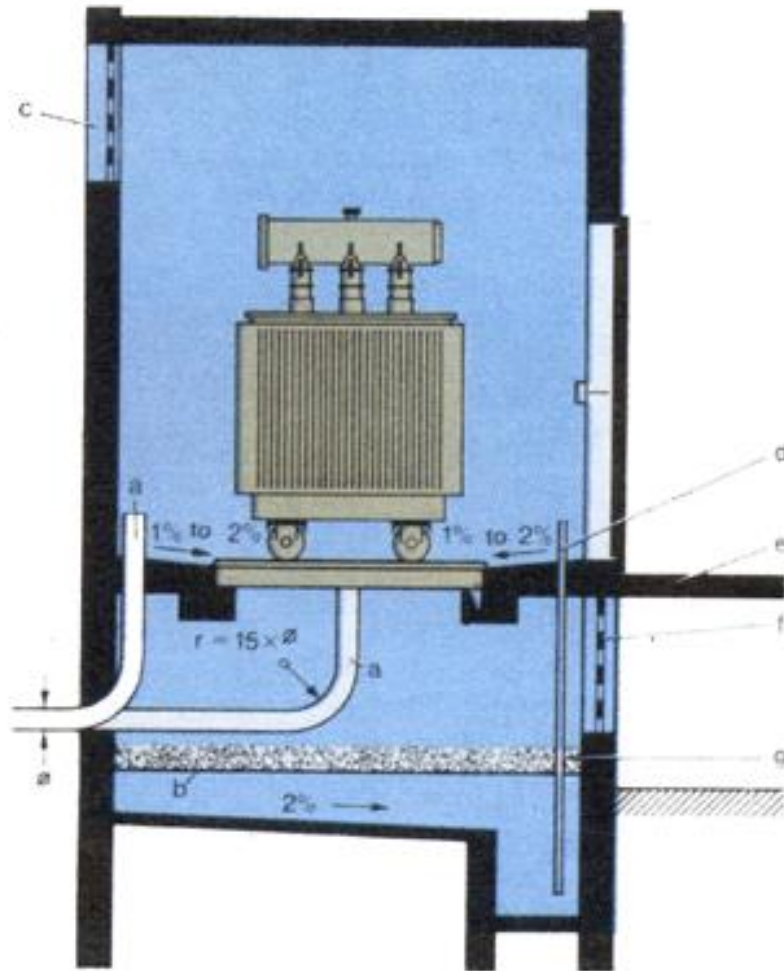


αερισμός του χώρου εγκατάστασής του, για να απάγεται η θερμότητα (= απώλειες) που δημιουργείται.

Στην εικόνα βλέπουμε την τομή του δωματίου ενός Μ/Σ λαδιού. Κάτω από το Μ/Σ υπάρχει ένας στεγανός λάκκος από σκυρόδεμα για τη συγκέντρωση του λαδιού σε περίπτωση διαρροής. Η στρώση με τα χαλίκια (g) έχει σκοπό να μειωθεί η ποσότητα του λαδιού που μπορεί να καεί σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Ο Μ/Σ πατάει πάνω σε σιδηροτροχιές. Η είσοδος του αέρα είναι στο χαμηλότερο σημείο (f) και η έξοδος στο υψηλότερο σημείο (c). Το μέγεθος των ανοιγμάτων υπολογίζεται από το μελετητή και είναι ανάλογο των ονομαστικών απωλειών του Μ/Σ. Έτσι σχηματίζεται ένα φυσικό ρεύμα αέρα γύρω από το Μ/Σ που είναι απαραίτητο για τη σωστή ψύξη του.

Οι διαστάσεις του δωματίου πρέπει να είναι αρκετά μεγάλες ώστε να εξασφαλίζεται διάδρομος πλάτους τουλάχιστον 70 cm γύρω από το Μ/Σ [7].



Εικόνα 63 Εγκατάσταση Μ/Σ Ισχύος (TiSoft)

- a. Σωλήνας προστασίας καλωδίων
- b. Γαλβανισμένη διάτρητη σχάρα
- c. Άνοιγμα αερισμού με προστατευτικό πλέγμα (έξοδος αέρα)
- d. Σωλήνας για άντληση λαδιού
- e. Επίπεδο δωματίου μετασχηματιστή
- f. Άνοιγμα αερισμού με προστατευτικό πλέγμα (είσοδος αέρα)
- g. Στρώση με χοντρά χαλίκια

## 7.4 Η Διαχρονική Εξέλιξη των Υ/Σ Διανομής Πόλεως

Ένας από τους πρώτους Υ/Σ Διανομής Πόλεως που υπήρξαν στην χώρα μας είναι ο Υ/Σ Διανομής 6,6 / 0,4 kV, με την κωδική ονομασία Ρ-5. Είναι ένας επίγειος Υ/Σ Πόλεως που λειτουργεί κανονικά μέχρι και σήμερα.



*Εικόνα 64 Επίγειος Υ/Σ Διανομής Πόλεως, Ρ-5 στον Πειραιά*

Ο Υ/Σ λειτουργεί στο κέντρο του Πειραιά, επιθεωρείται και συντηρείται κανονικά σύμφωνα με τους κανονισμούς του ΔΕΔΔΗΕ.

Η Μέση Τάση των 6,6 kV, εισέρχεται στον Υ/Σ Διανομής, μέσω των ζυγών Μέσης Τάσης του Πίνακα Μέσης Τάσης.



**Εικόνα 65** Οι πρώτοι Πίνακες Μέσης Τάσης

Ο πίνακας Μέσης Τάσης του Υ/Σ Διανομής P-5 αποτελείται από πέντε «καμπίνες», οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους με τσιμεντένια τοιχία. Ο Υ/Σ P-5 βρίσκεται σε βροχοειδές δίκτυο, έτσι ώστε σε περίπτωση βλάβης να είναι δυνατή η ηλεκτροδότηση των καταναλωτών μέσω εναλλακτικών τροφοδοτήσεων.

Η Μέση Τάση εισέρχεται στον Υ/Σ προερχόμενη από ένα γειτονικό στοιχείο του Δικτύου 6,6 kV, από το Κιβώτιο Ζεύξης KZ-388, μέσω της « δεξιάς καμπίνας » του Πίνακα, ενώ εξέρχεται μέσω των ζυγών, από την « αριστερή καμπίνα » του Πίνακα, κατευθυνόμενη στην περίπτωση μας προς τον Υ/Σ Διανομής P-26. Οι παραπάνω καμπίνες περιέχουν από έναν τριπολικό Διακόπτη Αέρος, για τους σκοπούς απομόνωσης των αντίστοιχων γραμμών, στην περίπτωση χειρισμών από τα συνεργεία του ΔΕΔΔΗΕ. Άρα οι Υ/Σ Διανομής P-5, P-26 μαζί με το Κιβώτιο Ζεύξης KZ-388, σχηματίζουν ένα βροχοειδές σύστημα ηλεκτροδότησης.

Στη διπλανή ακριβώς καμπίνα, υπάρχει η μονάδα προς τον Μ/Σ του Υ/Σ, ο οποίος προστατεύεται από έναν Διακόπτη Ισχύος.



**Εικόνα 66** Μονάδα Πίνακα Μέσης Τάσης προς Μ/Σ – Διακόπτης Ισχύος

Ο συγκεκριμένος Διακόπτης Ισχύος, λειτουργεί με ασφάλειες τύπου χρόνου και ενεργοποιείται (ανοίγει), μόλις τα πηνία των Μ/Σ εντάσεως ανιχνεύσουν τυχόν υπέρταση.

Ο συγκεκριμένος πίνακας διαθέτει και δύο καμπίνες κενές (εφεδρικές), οι οποίες παλαιότερα είτε φιλοξενούσαν εξοπλισμό ο οποίος πλέον δεν υφίσταται και έχει αποξηλωθεί, είτε μπορούν να φιλοξενήσουν σύγχρονο εξοπλισμό για μελλοντική λειτουργία, εφόσον κάτι τέτοιο απαιτηθεί από τις ανάγκες ηλεκτροδότησης της περιοχής.



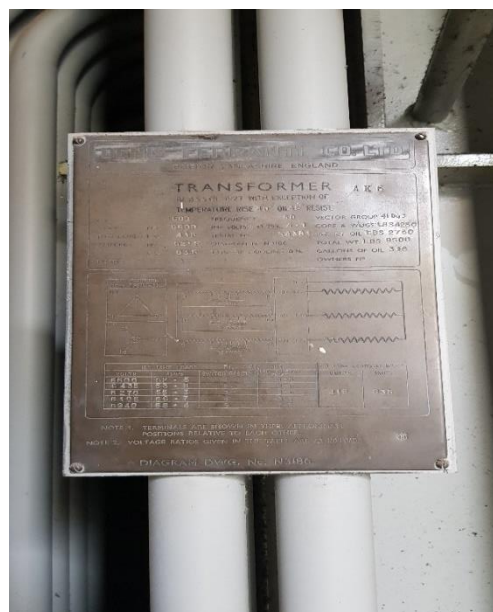
**Εικόνα 67** Πίνακας Μέσης Τάσης – Εφεδρικές καμπίνες

Ο Πίνακας Μέσης Τάσης, σε αυτή την περίπτωση, συνδέεται με τον Μ/Σ (ισχύος 600KVA) του Υ/Σ, μέσω μονοπολικών καλωδίων Cu Μέσης Τάσης, διατομής 25mm<sup>2</sup>.

Χαρακτηριστικό στοιχείο του Μ/Σ, αποτελεί ο μεγάλος του όγκος. Από την δεξιά του πλευρά (Πρωτεύον Μ/Σ) εισέρχεται η Μέση Τάση των 6,6kV και αφού υποβιβαστεί σε Χαμηλή Τάση (400Volt), εξέρχεται από την αριστερή του πλευρά (Δευτερεύον Μ/Σ), προς τον Πίνακα Χαμηλής Τάσης.



Εικόνα 68 Μ/Σ



Εικόνα 69 Πινακίδα Μ/Σ

Στην πινακίδα του Μ/Σ αναγράφονται οι παρακάτω πληροφορίες:

1. Που κατασκευάστηκε
2. Η χρονολογία κατασκευής του
3. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά λειτουργίας του (π.χ ισχύς, τάση πρωτεύοντος & δευτερεύοντος, συχνότητα, κλπ)
4. Ο σειριακός αριθμός του
5. Ο αριθμός των φάσεων του
6. Στην περίπτωση του τριφασικού Μ/Σ, ο τρόπος σύνδεσης των τριών τυλιγμάτων στην πλευρά της Υψηλής Τάσης αλλά και στην πλευρά της Χαμηλής Τάσης
7. Οι προβλεπόμενες λήψεις στην πλευρά της Υ.Τ., που πραγματοποιούνται όταν ο Μ/Σ βρίσκεται εκτός τάσης με τη βοήθεια μεταγωγέα
8. Η Ομάδα ζεύξης του Μ/Σ
9. Η τάση βραχυκύκλωσής του
10. Ο τρόπος ψύξης του
11. Η μέγιστη υπερύψωση θερμοκρασίας λαδιού & τυλιγμάτων

Ο συγκεκριμένος Μ/Σ κατασκευάστηκε από την Αγγλική εταιρεία DENIS FERRANTI το 1927. Το πρωτεύον του Μ/Σ συνδέεται σε τρίγωνο ενώ το δευτερεύον σε αστέρα με γειωμένο τον κοινό κόμβο (ουδέτερος).

Η Χαμηλή Τάση των 400 Volt, μεταφέρεται στον Πίνακα Χαμηλής Τάσης του Υ/Σ από το δευτερεύον του Μ/Σ, μέσω καλωδίων Cu διατομής 400mm<sup>2</sup>. Η εσωτερική τους μόνωση αποτελείται από χαρτί εμποτισμένο σε λάδι και η εξωτερική τους μόνωση είναι μολύβδινη για την εξασφάλιση μηχανικής προστασίας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η απομόνωση του Πίνακα Χαμηλής Τάσης, εξασφαλίζεται με το άνοιγμα των γενικών μαχαιριών, που βρίσκονται τοποθετημένα στον τοίχο πάνω από τον Πίνακα Χαμηλής Τάσης. Το άνοιγμα των μαχαιριών (χωρίς φορτία), επιτυγχάνονταν την εποχή εκείνη με ειδικά εξαρτήματα, γνωστά και ως ξυλοκόνταρα (κοντάρια χειρισμών). Στις μέρες μας, με μια απλή διακοπή της ηλεκτροδότησης, τα παραπάνω μαχαίρια μπορούν να ανοίξουν και με τα χέρια.



**Εικόνα 70** Καλώδια Μέσης Τάσης τα οποία ανεβαίνοντας στον τοίχο μέσω των γενικών μαχαιριών καταλήγουν στον Πίνακα Χαμηλής Τάσης





**Εικόνα 71** Κοντάρι Χειρισμού στους πρώτους Υ/Σ Πόλεως

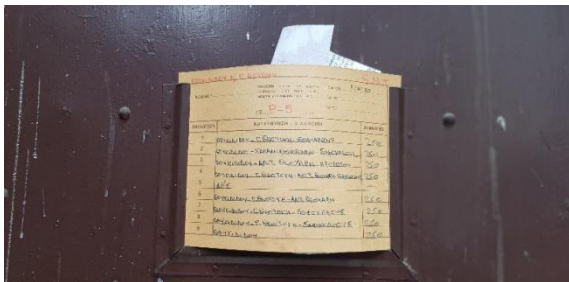
Ο εξαερισμός του Υ/Σ γίνεται ως εξής :

Ο αέρας εισέρχεται υπογείως, από αεροθυρίδες που βρίσκονται κάτω από το δάπεδο και εξέρχεται από αεροθυρίδες, στο πάνω μέρος του κτιρίου όπου στεγάζεται ο Υ/Σ.



**Εικόνα 72** Οι αεροθυρίδες κάτω από το δάπεδο του κτιρίου αλλά και στο άνω τμήμα του, εξασφαλίζουν τη φυσική ροή του αέρα που ψύξει τον εσωτερικό χώρο.

Ο Πίνακας Χαμηλής Τάσης του Υ/Σ διαθέτει 8 αναχωρήσεις.



**Εικόνα 73** Ο Πίνακας Χαμηλής Τάσης του Υ/Σ P-5 8 Αναχωρήσεων & καρτέλα σήμανσης των οδών που εξυπηρετούν.

Τώρα θα δούμε ακόμα έναν Επίγειο Υ/Σ, τον P-26 που αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μεταγενέστερου Υ/Σ Πόλεως. Αυτός χρησιμοποιεί τον πίνακα μάρκας

« Fergusson » ο οποίος είναι ο πρώτος τυποποιημένος.

Ο συγκεκριμένος Πίνακας έχει 4 καλώδια μέσα. Ένα καλώδιο πάει προς τον Υ/Σ P-5 που είδαμε παραπάνω, ένα προς ΠΒ-24, ένα προς Υ/Σ Πειραιϊκής και ένα και ένα προς τον Μ/Σ.

Οι δύο μεσαίοι είναι διακόπτες ελαίου, οι τερματικοί είναι «μαχαίρια» μέσα σε λάδι. Με τον όρο «τερματικοί» εννοούμε τους πίνακες που είναι δεξιά και αριστερά. Στην εγκατάσταση έχουμε έναν διακόπτη ισχύος που προστατεύει τον Μ/Σ και έναν διακόπτη ο οποίος ανοίγει χειροκίνητα και διακόπτει το φορτίο. Μέσα στον μετασχηματιστή έχουμε μετασχηματιστές εντάσεως που όταν εντοπίσουν μία υπερένταση ανοίγουν τον διακόπτη του Μ/Σ. Στον άλλον Μ/Σ έχουμε μαχαίρια που βρίσκονται μέσα σε λάδι και ανοίγουν χειροκίνητα. Σε αυτούς μπορούμε να δούμε από το τζάμι που έχουν στο πλάι εάν έχει ανοίξει ο διακόπτης.



*Εικόνα 74 Διακόπτης ελαίου*



*Εικόνα 75 Διακόπτες Ελαίου ( αριστερά ο Διακόπτης φορτίου στην μονάδα προς τον Υ/Σ ΠΒ-24 & δεξιά ο Διακόπτης Ισχύος με τη χαρακτηριστική φύσα, στην μονάδα προς Μ/Σ)*



*Εικόνα 76 Διακόπτης ελαίου*

Στον μετασχηματιστή έχουμε 400αρια καλώδια χαλκού τα οποία είναι τα καλώδια χαμηλής και πηγαίνουν στον πίνακα που αναφέραμε παραπάνω της χαμηλής. Ο Μ/Σ είναι 600 kVA με ημερομηνία κατασκευής 1958 και είναι αγγλικής κατασκευής.



*Εικόνα 77 Μ/Σ*



Εικόνα 78 Μ/Σ



Εικόνα 79 Πινάκίδα Μ/Σ

Στην κατασκευή υπάρχει ένας μικρό φρεάτιο για τα λάδια του μετασχηματιστή. Έτσι σε περίπτωση διαρροής λαδιών τα λάδια πηγαίνουν εκεί και δεν έχουμε ανάφλεξη. Βλέπουμε επίσης ότι ο Μ/Σ στηρίζεται πάνω σε κάτι αντικραδασμικά δάπεδα τα οποία είναι λαμαρίνα-λάστιχο-λάστιχο-λαμαρίνα και έτσι επιτυγχάνουμε να μην δονείται το δάπεδο όταν λειτουργεί.



**Εικόνα 80** Τιμμέντινη βάση & ειδικά πέλματα πάνω στα οποία τοποθετείται ο Μ/Σ

Το θερμόμετρο του Μ/Σ μας δείχνει την θερμοκρασία του ελαίου μέσα στον Μ/Σ.



*Εικόνα 81 Θερμόμετρο ελαίου Μ/Σ*

Παράδειγμα ενός νεότερου Υ/Σ Πόλεως, αποτελεί ο Επίγειος Υ/Σ με κωδική ονομασία ΠΚ-19, στον Πειραιά. Ο συγκεκριμένος Υ/Σ λειτουργεί στο Δίκτυο Μέσης Τάσης των 20 kV.



*Εικόνα 82 Εξωτερική πόρτα Υ/Σ με αεροθυρίδες για να έχουμε τον απαιτούμενο εξαερισμό στον Υ/Σ*



Εικόνα 83 Βοηθητική σκάλα

Ο Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-19, βρίσκεται σε βρογχοειδές σύστημα σύνδεσης στο Δίκτυο, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται εναλλακτικοί τρόποι ηλεκτροδότησης σε περίπτωση βλάβης.

Ο Πίνακας Μέσης Τάσης του Υ/Σ, αποτελείται, εκτός από την μονάδα προστασίας, από τρεις μονάδες αφίξεως / αναχωρήσεως καλωδίων, από/προς το Δίκτυο Μέσης Τάσης:

1. Από/ Προς τον γειτονικό Υ/Σ με κωδική ονομασία ΠΚ-15
2. Από/ Προς τον γειτονικό Υ/Σ με κωδική ονομασία ΠΚ-51 και
3. Από/Προς τον Πελάτη Μέσης Τάσης με κωδική ονομασία Χ-4234 (ΣΚΛΑΒΕΝΙΤΗΣ)

Λόγω του παραπάνω τρόπου σύνδεσης του Υ/Σ στο Δίκτυο Μέσης Τάσης των 20 kV, λέμε ότι ο Υ/Σ ΠΚ-19 είναι ένας τρίβρογχος Υ/Σ Πόλεως.

Ο Πίνακας Μέσης Τάσης του Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-19 (τρεις μονάδες Γραμμής και μια μονάδα Προστασίας), φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα:





Εικόνα 84 Νεότερος Πίνακας Μέσης Τάσης με τέσσερις επιμέρους καμπίνες



Εικόνα 85 Οι Επιμέρους μονάδες του Πίνακα Μέσης Τάσης του Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-19



Εικόνα 86 Οι Επιμέρους μονάδες του Πίνακα Μέσης Τάσης του Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-19

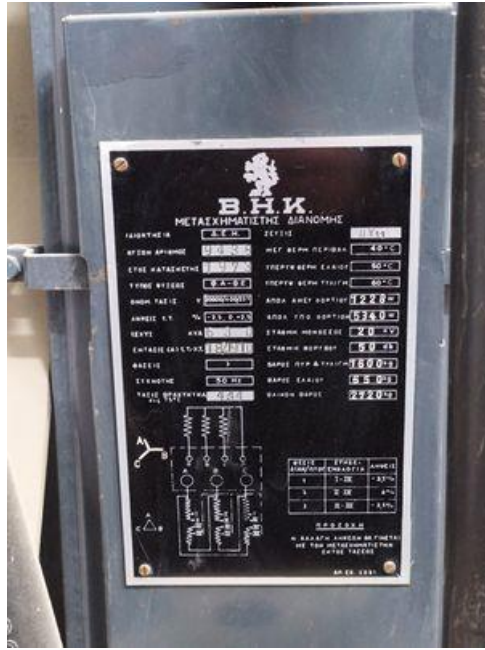


Εικόνα 87 Οι Επιμέρους μονάδες του Πίνακα Μέσης Τάσης του Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-19



*Εικόνα 88 Ο Νέου τύπου Πίνακας Χαμηλής Τάσης του Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-19 με Διακόπτη Φορτίου, με πρόβλεψη 12 αναχωρήσεων*

Ο Μ/Σ του Υ/Σ έχει ισχύ 630KVA και κατασκευάστηκε το 1973. Συνδέεται με τον Πίνακα Μέσης Τάσης μέσω των κόκκινων καλωδίων Al διατομής 50mm<sup>2</sup> , γνωστά και ως κόκκινα καλώδια. Το μέγεθος του είναι αρκετά μικρότερο σε αντίθεση με τους παλιότερους Μ/Σ που περιγράψαμε προηγουμένως. Ο Μ/Σ βρίσκεται σε ξεχωριστό χώρο, τοποθετημένος πάνω σε χαλίκια (κροκάλες). Ο χώρος ουσιαστικά αποτελεί μια στεγανολεκάνη, έτσι ώστε σε περίπτωση διαρροής ελαίου, αυτό να απορροφηθεί από τα χαλίκια. Δεν θέλουμε δηλαδή σε καμία περίπτωση να αφήσουμε στο λάδι ελεύθερη επιφάνεια και τούτο προς αποφυγή πυρκαγιάς (στην περίπτωση π.χ. έκρηξης του Μ/Σ). Ο Μ/Σ Ισχύος έχει τοποθετηθεί στην παραπάνω στεγανολεκάνη πάνω σε μια τοιμεντένια βάση, μέσω των ειδικών πελμάτων (βάσεων) για την μείωση της δόνησης του. Όπως περιγράψαμε και παραπάνω, οι ειδικές αυτές κατασκευές αποτελούνται από στρώσεις σιδήρου & λάστιχου οι οποίες εναλλάσσονται μεταξύ τους.



Εικόνα 89 Η Πινακίδα του Μ/Σ του Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-19



Εικόνα 90 Μ/Σ



**Εικόνα 91** Οι ακροδέκτες Χαμηλής Τάσης (μπροστά, με τους μικρούς μονωτήρες) & Μέσης Τάσης (στο βάθος με τους μεγάλους μονωτήρες)

Η όδευση των καλωδίων Μέσης και Χαμηλής Τάσης μέσα στον χώρο του Υ/Σ, γίνεται μέσω καναλιών που σκεπάζονται με λαμαρίνες.



**Εικόνα 92** Ειδικό κανάλι για όδευση των καλωδίων



*Εικόνα 93 Ειδικό κανάλι για όδευση των καλωδίων*

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε έναν από τους πλέον σύγχρονους Υ/Σ Πόλεως Διανομής που βρίσκονται στην Πλατεία Ελευθερίας στον Κορυδαλλό. Πρόκειται για υπόγειο Υ/Σ και φέρει την κωδική ονομασία ΠΚ-73. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι οι ονομασίες που αποδίδονται από το ΔΕΔΔΗΕ στους διάφορους Υ/Σ ακολουθούν μια συγκεκριμένη φιλοσοφία:

- Το πρώτο γράμμα της ονομασίας π.χ. του Υ/Σ ΠΚ-73, υποδηλώνει την Περιοχή Ευθύνης του ΔΕΔΔΗΕ στην οποία ανήκει γεωγραφικά ο Υ/Σ, στην περίπτωση μας ο Υ/Σ ανήκει στην Περιοχή Πειραιά του ΔΕΔΔΗΕ, η οποία έχει και την ευθύνη για την σωστή λειτουργία του όπως επίσης για την επιθεώρηση και την συντήρηση του.
- Το δεύτερο γράμμα υποδηλώνει την Περιοχή (μέσα στην ευρύτερη Περιοχή Ευθύνης του ΔΕΔΔΗΕ), στην οποία έχει εγκατασταθεί ο Υ/Σ, π.χ. ο Υ/Σ ΠΚ-73 βρίσκεται τοποθετημένος στον Κορυδαλλό.
- Η αρίθμηση του Υ/Σ δηλώνει τη θέση του ανάμεσα στους Υ/Σ που βρίσκονται εγκατεστημένοι στον Κορυδαλλό, στην περίπτωση μας ο Υ/Σ ΠΚ-73 αποτελεί τον 73ο Υ/Σ του Κορυδαλλού.

Ο Υ/Σ αποτελείται από δύο Μ/Σ Ισχύος (No1 & No2) 1000ΚVA ο κάθε ένας, δύο πίνακες Χαμηλής Τάσης 12 αναχωρήσεων ο κάθε ένας, καθώς και Πίνακα Μέσης Τάσης με πέντε επιμέρους μονάδες.



*Εικόνα 94 Είσοδος του Υπόγειου Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-73 στον Κορυδαλλό*



**Εικόνα 95** Είσοδος του Υπόγειου Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-73 στον Κορυδαλλό



**Εικόνα 96** Είσοδος του Υπόγειου Υ/Σ Πόλεως ΠΚ-73 στον Κορυδαλλό

Ο χώρος του Υ/Σ διαθέτει, πέρα από τη βασική του είσοδο (κύρια καταπακτή), όπως φαίνεται και στις παραπάνω φωτογραφίες και δεύτερη καταπακτή, προκειμένου να καθίσταται δυνατή η εξαγωγή του Μ/Σ Νο1 και η εισαγωγή νέου Μ/Σ σε περίπτωση που



απαιτηθεί η αντικατάστασή του. Η τοποθέτηση των υπόλοιπων μηχανημάτων (Μ/Σ Νο2 και Πινάκων Μέσης και Χαμηλής Τάσης) πραγματοποιούνται από την κύρια καταπακτή.



*Εικόνα 97 Καταπακτή εισόδου – εξόδου μηχανημάτων με κοιλοδοκούς*

Η διάταξη των μηχανημάτων μέσα στους χώρους των Υ/Σ Πόλεως Διανομής, πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η ευχερής συντήρηση και λειτουργία τους και συγκεκριμένα:

- Το ελάχιστο ύψος του χώρου (κάτω από δοκούς κλπ) πρέπει να είναι 3m.
- Ειδικά για τον Πίνακα Μ.Τ. η απόσταση από τον αντικείμενο τοίχο πρέπει να είναι 1,20m κατ ελάχιστο.
- Η διάταξη των Μ/Σ Ισχύος μέσα στον χώρο Μ/Σ Ισχύος, πρέπει να είναι τέτοια ώστε για οποιονδήποτε Μ/Σ, η οριζόντια απόσταση μεταξύ του κελύφους της Χ.Τ. του

αντικείμενου τοίχου ή διαχωριστικού πλέγματος να είναι τουλάχιστον 1,20m. Η αντίστοιχη απόσταση μεταξύ του κελύφους του Μ/Σ και του αντικείμενου τοίχου από την πλευρά της Μ.Τ. πρέπει να είναι 0,40m. Οι άλλες δύο πλευρές εκατέρωθεν του Μ/Σ, πρέπει να απέχουν από τον αντικείμενο τοίχο 0,80m κατ'ελάχιστο η κάθε μία.

- Η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση του ψηλότερου σημείου του Μ/Σ και του χαμηλότερου σημείου της οροφής πρέπει να είναι 0,40m.

Τέλος, οι χώροι του Υ/Σ σημαίνονται υποχρεωτικά με επιγραφή απαγόρευσης εισόδου, αναγγελίας κινδύνου και αναγγελίας Υψηλής Τάσης.



Εικόνα 98 Σημάνσεις αναγγελίας κινδύνου & Υψηλής Τάσης στον χώρο των Μ/Σ

Ο Υ/Σ ΠΚ-73 διαθέτει σύγχρονο Πίνακα Μέσης Τάσης με μόνωση αέρα μεταξύ των υπό τάση στοιχείων, που φέρει Διακόπτες Φορτίου με μόνωση SF6. Έχει κατασκευαστεί από την Ισπανική εταιρεία EFACEC (μοντέλο NORMAFIX), παρουσιάζει γενικά καλή συμπεριφορά και διαθέτει πέντε συνολικά επιμέρους μονάδες:

- Μονάδα διασύνδεσης του Υ/Σ ΠΚ-73 με τη Γραμμή Μέσης Τάσης 32-11 του Κέντρου Διανομής Κορυδαλλού (Κ/Δ Κορυδαλλού)
- Μονάδα διασύνδεσης του Υ/Σ ΠΚ-73 με τον γειτονικό Υ/Σ ΠΚ-15
- Μονάδα διασύνδεσης του Υ/Σ ΠΚ-73 με τον γειτονικό Υ/Σ ΠΚ-20
- Μονάδα Προστασίας του Μ/Σ Ν-1
- Μονάδα Προστασίας του Μ/Σ Ν-2

Αξίζει να σημειωθεί πως ο συγκεκριμένος Πίνακας Μέσης Τάσης έχει τη δυνατότητα τηλεχειρισμού , δηλαδή έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε χειρισμούς εξ αποστάσεως .



Εικόνα 99 Σύγχρονος Πίνακας Μέσης Τάσης με Διακόπτες Φορτίου με μόνωση SF6



Εικόνα 100 Μονάδα RTU ( Remote Terminal Unit) για τηλεχειρισμούς

Σε αυτό το σημείο να πούμε λίγα λόγια για τους Πίνακες Μέσης Τάσης. Ουσιαστικά οι Πίνακες Μέσης Τάσης αποτελούν το σημείο εισόδου αλλά και εξόδου του Δικτύου Μέσης Τάσης μέσα σε έναν Υ/Σ Πόλεως και διασφαλίζουν την σωστή και εύρυθμη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας προς τον Μ/Σ του Υ/Σ. Είναι εξοπλισμένοι με όλα τα απαραίτητα μέσα για την προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και του εξοπλισμού (διακόπτες, ηλεκτρονόμους, Μ/Σ εντάσεως, ασφάλειες) όπως επίσης και μηχανικών μανδαλώσεων για την προστασία των τεχνιτών του ΔΕΔΔΗΕ κατά τη διάρκεια των διάφορων χειρισμών.

Συγκεκριμένα οι σύγχρονοι Πίνακες Μέσης Τάσης αποτελούνται από επιμέρους καμπίνες (γνωστές και ως πεδία ή κυψέλες) κατασκευασμένες από διαμορφωμένο χαλυβδόελασμα DCP πάχους 2-2,5mm, σχεδιασμένα για εξοπλισμό 20kV/24kV. Ο τρόπος κατασκευής των πινάκων από επιμέρους πεδία, διευκολύνει την μεταφορά και την τοποθέτησή τους σε οποιοδήποτε χώρο, ενώ παράλληλα παρέχεται και η δυνατότητα μελλοντικής τους επέκτασης (προσθήκη δηλαδή νέων καμπινών). Κάθε πεδίο είναι επισκέψιμο από την εμπρόσθια πλευρά του, μέσω πόρτας που φέρει κλειδαριές ασφαλείας, θυρίδα ελέγχου από διαφανές υλικό για τον οπτικό έλεγχο του πεδίου, μιμικό διάγραμμα με τις οδηγίες χειρισμών και μηχανική μανδάλωση με τα χειριστήρια του αντίστοιχου διακοπτικού μηχανισμού του.

Οι Σύγχρονοι Πίνακες Μέσης Τάσης που συναντούμε στους Υποσταθμούς Πόλεως του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, είναι πίνακες με μόνωση αέρα που φέρουν διακόπτες φορτίου με μόνωση SF<sub>6</sub>.

Αν θέλαμε να αναφέρουμε ορισμένα εισαγωγικά στοιχεία για το SF<sub>6</sub>, θα λέγαμε ότι πρόκειται για ένα αδρανές διηλεκτρικό αέριο που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως “συνθετικό ευγενές αέριο”. Δεν πρόκειται δηλαδή για μια διαβρωτική, τοξική και κατ’ επέκταση επικίνδυνη χημική ουσία. Το SF<sub>6</sub> είναι ένα αέριο το οποίο δε δημιουργείται από τη φύση αλλά αποτελεί προϊόν της σύγχρονης τεχνολογίας, είναι δηλαδή ένα ανθρωπογενές αέριο. Χαρακτηρίζεται από την σπουδαία του ικανότητα να σβήνει ακαριαία το ηλεκτρικό τόξο, όπως σβήνει το νερό και το διοξείδιο του θείου την πυρκαγιά.

Εκτός από τον Σύγχρονο Πίνακα Μέσης Τάσης που αναλύσαμε προηγουμένως στον συγκεκριμένο Υ/Σ έχουμε και δύο Πίνακες Χαμηλής Τάσης. Η διασύνδεση τους πραγματοποιείται μέσω καλωδίων Cu, διατομής 300mm<sup>2</sup>, όχι όμως με απευθείας σύνδεση των δυο τους αλλά μέσω μονοπολικών διακοπών (μαχαίρια). Η διασύνδεση των δύο πύλων είναι σημαντική, καθότι με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζουμε ότι σε περίπτωση βλάβης του ενός από τους δύο Μ/Σ π.χ. του Μ/Σ N-2, που θα είχε ως αποτέλεσμα να βγει εκτός λειτουργίας το αντίστοιχο πύλω N-2, θα είναι δυνατή η τροφοδότηση του από το άλλο πύλω N-1 το οποίο τροφοδοτείται από τον Μ/Σ N-1, που λειτουργεί κανονικά. Η διασύνδεση δύο Πινάκων Χαμηλής Τάσης 12 αναχωρήσεων, υπό κανονικές συνθήκες, γίνεται με την απευθείας σύνδεση των τελευταίων τους αναχωρήσεων.



*Εικόνα 101 Διασύνδεση Πινάκων Χαμηλής Τάσης*

Τα καλώδια των αναχωρήσεων εξέρχονται από τον χώρο του Υ/Σ μέσα από ειδικές “τρύπες” γνωστές και ως “μπούκες καλωδίων”, οι οποίες μονώνονται όσο το δυνατό καλύτερα με ειδικά υλικά όπως τσιμέντο και πολυουρεθάνη, για την αποφυγή της εισροής υδάτων στον χώρο του Υ/Σ.

Μέσα στον χώρο του Υ/Σ, λόγω ύπαρξης υπόγειων υδάτων έχει κατασκευαστεί ειδική στεγανολεκάνη.



**Εικόνα 102** Όδευση καλωδίων Χαμηλής Τάσης από τον χώρο του Υ/Σ προς τους καταναλωτές



**Εικόνα 103** Η 'τρύπα' Εκτόνωσης των υπογείων υδάτων της στεγανολεκάνης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

# Παράδειγμα Προγραμματισμένης Συντήρησης σε Πελάτη Μέσης Τάσης

### 8.1 Τεχνικά Στοιχεία ΔΕΗ προς τους Καταναλωτές

Η ΔΕΗ κατασκευάζει παροχές Μέσης Τάσης (A1, A2, B1, B2). Ο καταναλωτής μπορεί να ζητήσει να τροφοδοτηθεί με μία από αυτές τις τυποποιημένες παροχές. Η τελική επιλογή όμως γίνεται από την ΔΕΗ με ορισμένα κριτήρια όπως τα παρακάτω [13]:

- Η δομή και η τάση του δικτύου Μ.Τ. απ' όπου θα τροφοδοτηθεί ο καταναλωτής.
- Η σύνθεση του Υ/Σ του καταναλωτή.
- Η συμφωνημένη ισχύς (Σ.Ι.) του καταναλωτή .
- Κάποιες άλλες ειδικές συνθήκες που μπορεί να ζητήσει ο καταναλωτής.

Παρακάτω παραθέτουμε τις παροχές με τα αντίστοιχα σχέδια τους καθώς και ένα γενικό πίνακα με συμβολισμούς:



ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΣΧΕΔΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΟΔΗΓΙΑΣ		
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	ΑΠ/Ζ	Αποζεύκτης
	ΔΦ	Διακόπτης φορτίου
		Ασφάλεια κόνεως 40Α
	ΔΦ/Α	Διακόπτης φορτίου μετ' ασφαλειών
	Δ/Ι	Διακόπτης ισχύος
	Α/Ζ	Ασφαλειοαποζεύκτης εναερίου δικτύου με τηκτά 30Τ
	Δ/Α	Διακόπτης απομονώσεως
		Μετρητής
		Αλεξικέραυνο

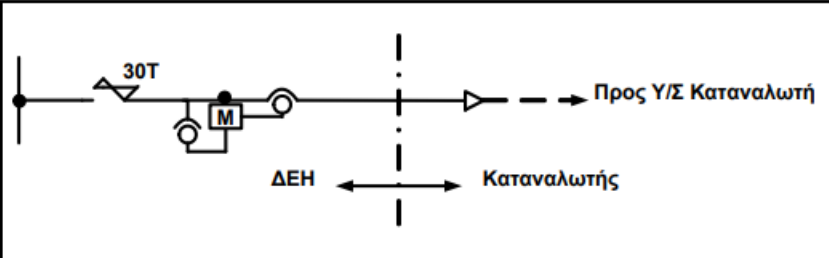
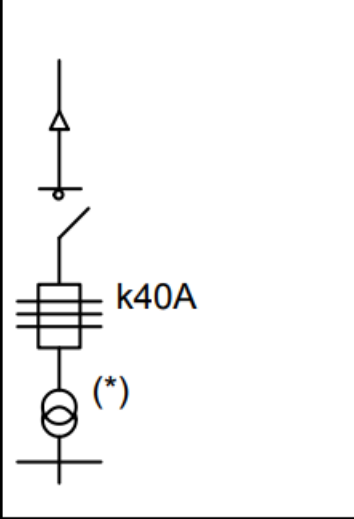
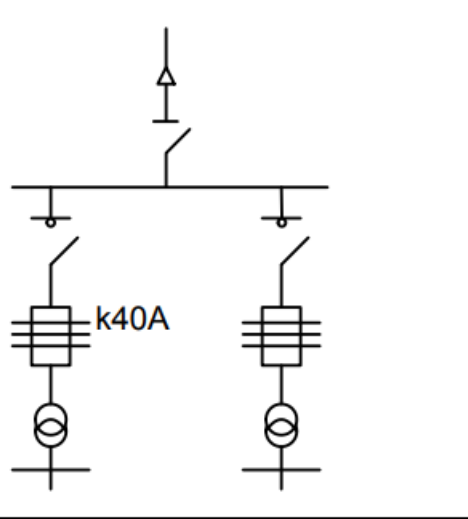
Εικόνα 104 Συμβολισμοί σχεδίων (ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης)

#### ΠΑΡΟΧΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ (ΤΥΠΟΥ Α)

- Παροχή Τύπου Α1:

- Προστασία ΔΕΗ: Ασφάλειες Μ.Τ.
- Η Ισχύς του μετασχηματιστή ή το άθροισμα των ισχύων περισσότερων μετασχηματιστών του καταναλωτή πρέπει να είναι μέχρι :
  - 800 kVA για την Περιφέρεια Αττικής
  - 630 kVA για τις υπόλοιπες Περιφέρειες

**ΣΧ. 1**  
**ΠΑΡΟΧΗ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ Α1 (15 kV ή 20kV)**  
 -εγκατάσταση της μέτρησης εξωτερικώς  
 -προστασία παροχής δι' Α/Ζ (εκτονώσεως)

<b>ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗΣ</b>			
<b>ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ Υ/Σ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ</b>			
<b>ΟΡΙΑ</b>	ΙΣΧΥΣ Υ/Σ (kVA)	630 (**)	630 (**)
<b>ΙΣΧΥΟΣ</b>	ΙΣΧΥΣ Μ/Σ (kVA)	630 (**)	630 (**)

Εικόνα 105 Παροχή Τύπου Α1 (ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης)

- Παροχή Τύπου Α2:

- Προστασία ΔΕΗ: Διακόπτης Απομόνωσης (Δ/Α) (εκτελείται κύκλος πτώσεων – αυτομάτων επαναφορών)
- Η ισχύς του μετασχηματιστή ή το άθροισμα των ισχύων περισσότερων μετασχηματιστών του καταναλωτή συνήθως είναι άνω των 630 kVA
- Ο τύπος αυτός παροχής δεν χρησιμοποιείται στην Περιφέρεια Αττικής

ΣΧ. 2 ΠΑΡΟΧΗ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ Α2 (15 kV ή 20kV) (ΔΕΝ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ) -εγκατάσταση της μέτρησης εξωτερικώς -προστασία παροχής δια Δ/Α			
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗΣ			
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ Υ/Σ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ Μ/Σ ΔΙ' ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ			
ΟΡΙΑ ΙΣΧΥΟΣ	ΙΣΧΥΣ Υ/Σ (kVA)	800	Άνευ περιορισμού
	ΙΣΧΥΣ Μ/Σ (kVA)	800	800
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ Υ/Σ ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ Μ/Σ ΔΙΑ Δ/Ι			
ΟΡΙΑ ΙΣΧΥΟΣ	Δ/Ι ΑΝΕΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΓΗΣ	Όταν οι Η/Ν φάσεων των Δ/Ι συνεργάζονται επιλογικώς με την προστασία γης του δικτύου	
	Δ/Ι ΜΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΓΗΣ	Άνευ περιορισμού	

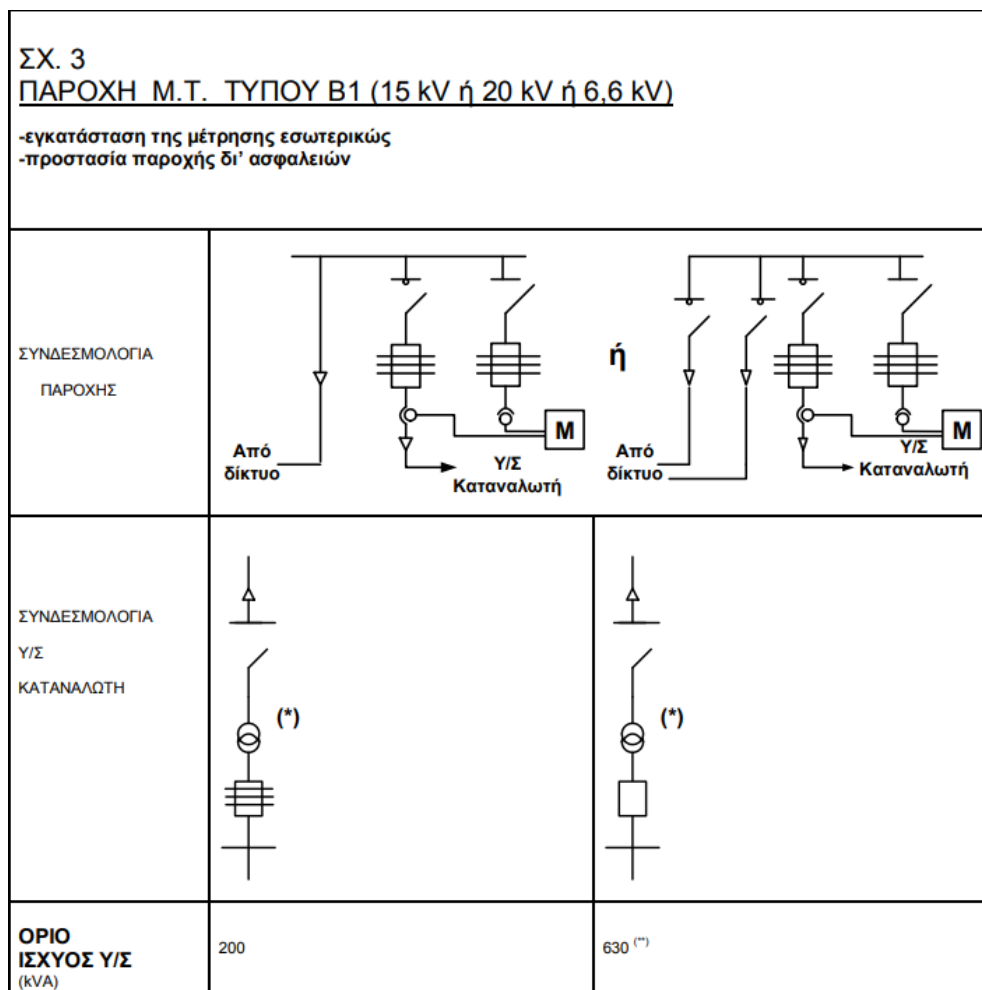
Εικόνα 106 Παροχή Τύπου Α2 (ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης)

## ΠΑΡΟΧΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ (ΤΥΠΟΥ Β)

- Παροχή Τύπου Β1:
  - Προστασία ΔΕΗ: Διακόπτης Φορτίου (Δ/Φ) με Ασφάλειες Μ.Τ .
  - Η ισχύς του μετασχηματιστή ή το άθροισμα των ισχύων περισσότερων

μετασχηματιστών του καταναλωτή πρέπει να είναι μέχρι :

- 800 kVA για την Περιφέρεια Αττικής
- 630 kVA για τις υπόλοιπες Περιφέρειες

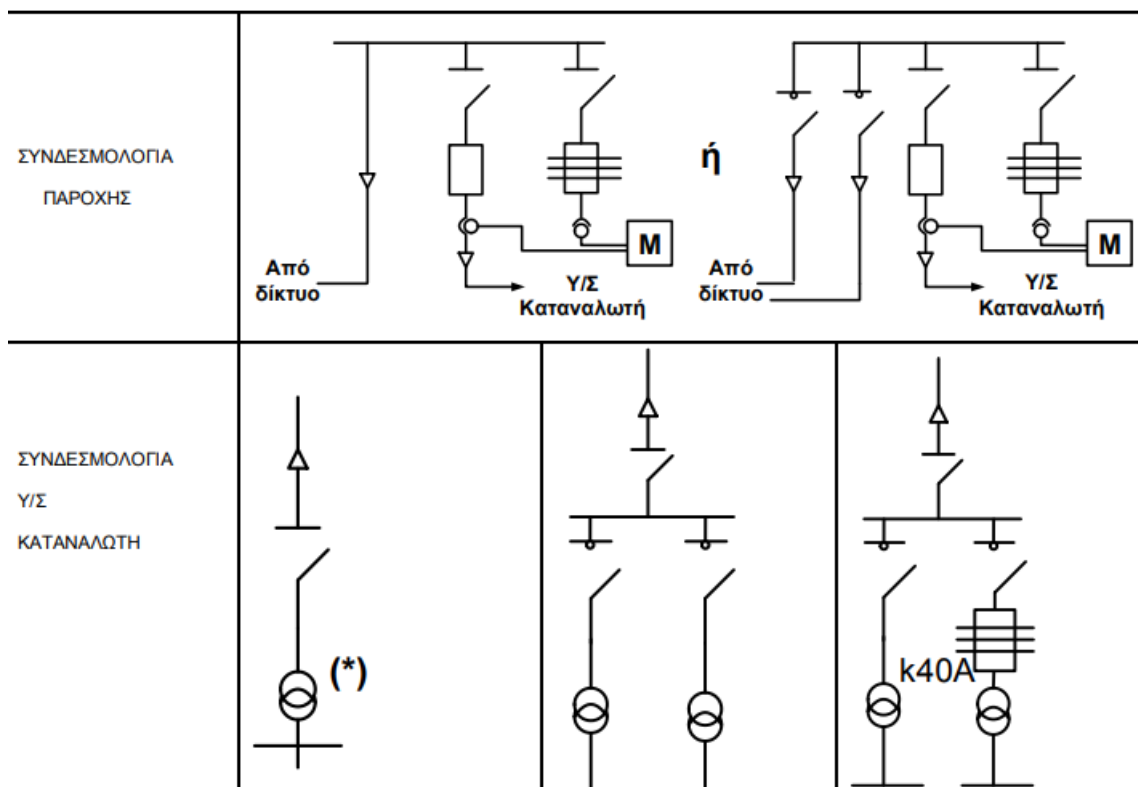


Εικόνα 107 Παροχή Τύπου Β1 (ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης)

- Παροχή Τύπου B2:
  - Προστασία ΔΕΗ : Διακόπτης Ισχύος (Δ/Ι) με προστασία για σφάλματα προς γη και μεταξύ φάσεων.
  - Η ισχύς του μετασχηματιστή ή το άθροισμα των ισχύων περισσότερων μετασχηματιστών του καταναλωτή συνήθως είναι άνω των:
    - 800 kVA για την Περιφέρεια Αττικής
    - 630 kVA για τις υπόλοιπες Περιφέρειες

**ΣΧ. 4**  
**ΠΑΡΟΧΗ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ B2 (15 kV ή 20 kV)**

-εγκατάσταση της μέτρησης εσωτερικώς  
-προστασία παροχής δια διακόπτη ισχύος (Δ/Ι)



**Εικόνα 108 Παροχή Τύπου B2 (ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης)**

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι είναι η γείωση. Η αντίσταση της γείωσης του Υ/Σ του καταναλωτή πρέπει να είναι μικρή ώστε να έχουμε προστασία από επικίνδυνες τάσεις.

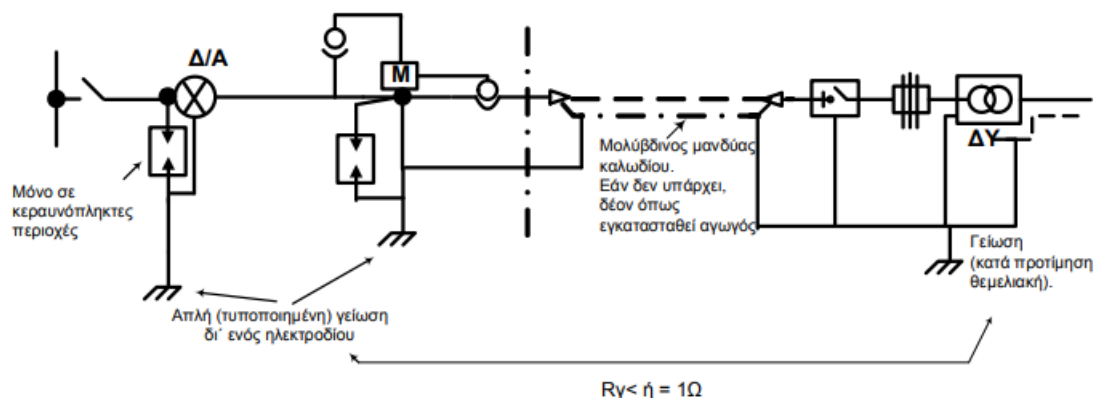
Συστήνεται στον πελάτη η κατασκευή θεμελιακής γείωσης ή τουλάχιστον να εγκαταστήσει ισοδυναμικό πλέγμα στο δάπεδο του Υ/Σ. Η γείωση πρέπει να είναι σύμφωνη με τους Κανονισμούς Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων:

➤ Μικρότερη του  $1\Omega$ , τότε συνιστάται στη γείωση αυτή να συνδέσει ο καταναλωτής και τον ουδέτερο της εσωτερικής του εγκατάστασης Χ.Τ. Αυτό ανεξάρτητα αν στην εγκατάστασή του εφαρμόζει σαν μέθοδο προστασίας από τάσεις επαφής, την ουδετέρωση ή άμεση γείωση.

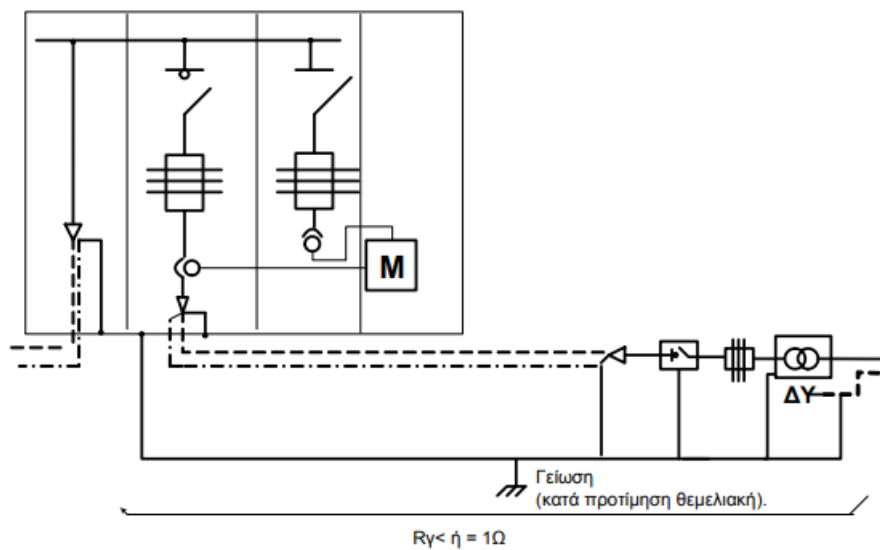
### **ΣΧ. 5** **ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ**

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΤΟΥ Υ/Σ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΟΥ  $1\Omega$

**ΠΑΡΟΧΕΣ ΤΥΠΟΥ Α**



## ΠΑΡΟΧΕΣ ΤΥΠΟΥ Β



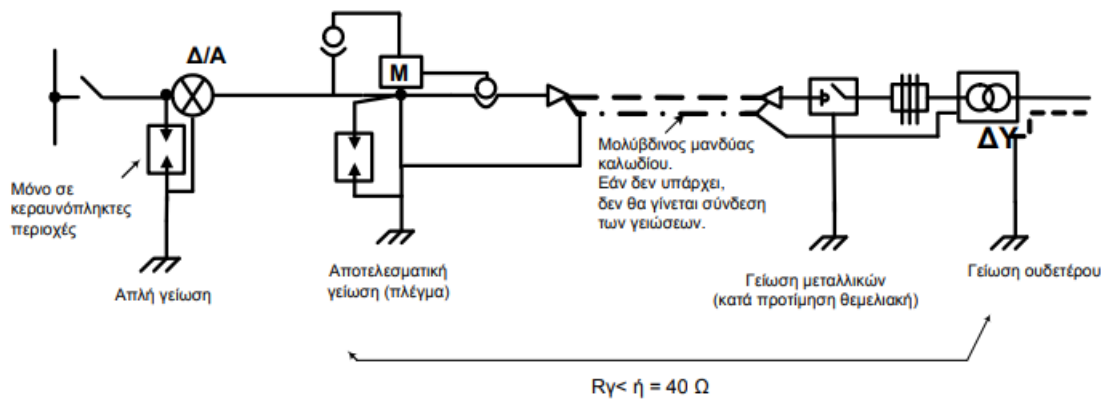
**Εικόνα 109** Διάταξη γειώσεων για αντίσταση μικρότερη του  $1 \Omega$  (ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης)

- Μεγαλύτερη από  $1 \Omega$ , τότε διαχωρίζει τη γείωση ουδετέρου της εσωτερικής του εγκατάστασης Χ.Τ. από τη γείωση των μεταλλικών μερών του Υ/Σ του. Σ' αυτή την περίπτωση ο καταναλωτής υποχρεούται να δημιουργήσει ισοδυναμικές επιφάνειες στον Υ/Σ του.

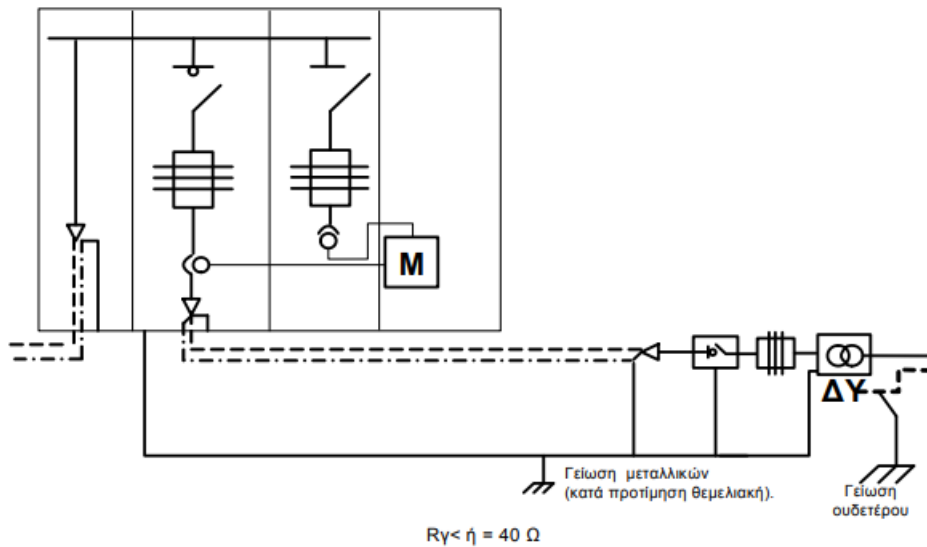
## ΣΧ. 6 ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΤΟΥ Υ/Σ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΤΟΥ 1Ω

### ΠΑΡΟΧΕΣ ΤΥΠΟΥ Α



### ΠΑΡΟΧΕΣ ΤΥΠΟΥ Β



Εικόνα 110 Διάταξη γειώσεων για αντίσταση μεγαλύτερη του 1Ω (ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης)

Αφού είδαμε τις τυποποιημένες παροχές και τις γειώσεις πάμε να δούμε και τις προδιαγραφές που πρέπει να έχει ο χώρος που θα φιλοξενήσει τον Υ/Σ.



Ο καταναλωτής πρέπει να διαμορφώσει κατάλληλα το χώρο που θα παραχωρήσει στη ΔΕΗ, σύμφωνα με τα σχέδια που θα του δώσει η τεχνική υπηρεσία. Την ευθύνη για την σωστή κατασκευή του χώρου την έχει ο καταναλωτής.

Συγκεκριμένα θα πρέπει:

- Ο χώρος που θα στεγάζεται η ΔΕΗ να μην είναι κάτω από το 1<sup>ο</sup> υπόγειο ή να έχει βάθος μεγαλύτερο από 4 μέτρα από το έδαφος.
- Να υπάρχει είσοδος προς τον δημόσιο δρόμο, ο οποίος να έχει πλάτος 1,8 μέτρα και 2,50 μέτρα ύψος. Η συγκεκριμένη είσοδος θα πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμη χωρίς να έχουν τοποθετηθεί αντικείμενα που θα εμποδίζουν την διέλευση του προσωπικού ή κάποιων μηχανημάτων.
- Τον συγκεκριμένο χώρο θα μπορεί να τον επισκέπτεται το προσωπικό της ΔΕΗ οποιαδήποτε ημέρα ή ώρα το 24ωρο.
- Τα σχέδια θα πρέπει να τηρηθούν σωστά όσον αφορά των χώρο. Αυτό σημαίνει ότι δεν θα πρέπει να υπάρχουν τυχόν ανοίγματα όπως παράθυρα ή φεγγίτες τα οποία δεν αναφέρονται στα σχέδια.
- Ο χώρος θα είναι αποκλειστικά για χρήση της ΔΕΗ. Δηλαδή δεν θα πρέπει να υπάρχουν ξένα καλώδια ή ξένες εγκαταστάσεις (π.χ. καλώδια ΟΤΕ, σωλήνες θέρμανσης, αεραγωγοί).
- Μέσα από τον χώρο της ΔΕΗ επιτρέπεται να περνάει μόνο το καλώδιο τροφοδοσίας της Μ. τ. του καταναλωτή.
- Όσον αφορά την θερμοκρασία του χώρου, θα πρέπει να είναι μεταξύ 18°C και 40°C.

- Ο χώρος θα πρέπει να είναι ανεπηρέαστος από μηχανήματα που δημιουργούν κραδασμούς (π.χ. αεροσυμπιεστές, πρέσες) και από μηχανήματα που δημιουργούν σκόνη (π.χ. σπαστήρες λατομείων, κλωστήρια).
- Στον χώρο δεν θα πρέπει να υπάρχουν νερά ή υγρασία. Για την αποφυγή αυτών θα πρέπει να γίνουν διάφορες εργασίες (π.χ. στεγανό υπόγειο, αποκλεισμός εισόδου νερών).
- Τέλος ο χώρος της ΔΕΗ δεν θα πρέπει να επικοινωνεί με χώρους γκαράζ, με λεβιτοστάσια, με αποθήκες καυσίμων και με οποιοδήποτε άλλο χώρο που μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην ομαλή λειτουργία του χώρου.

## 8.2 Συντήρηση Υποσταθμού – Γενικά

Η συντήρηση ενός υποσταθμού έχει να κάνει με την συντήρηση του κύριου εξοπλισμού και με την συντήρηση του βοηθητικού εξοπλισμού.

### 1. Συντήρηση κύριου εξοπλισμού [8]:

Ο εξοπλισμός του υποσταθμού συνοδεύεται από αναλυτικά εγχειρίδια οδηγιών για την συντήρησή του και για την σωστή χρήση του. Παρακάτω αναλύουμε την διαδικασία συντήρησης του βασικού εξοπλισμού σύμφωνα με τις διεθνές πρακτικές.

- Διακόπτες SF6:

Η καταπόνηση των διακοπών SF6 είναι ο κύριος λόγος για την συντήρησή τους. Η γενική επιθεώρηση γίνεται μετά τις 5.000 λειτουργίες (άνοιγμα – κλείσιμο) με την ένταση να είναι η ονομαστική. Εάν έχουμε λειτουργία με ρεύμα σφάλματος ενδείκνυται η επιθεώρηση του διακόπτη. Εάν έχουμε κάποια συσκευή που παρακολουθεί την κατάσταση του διακόπτη και εμφανιστεί κάποια ανωμαλία, τότε ενδέχεται να γίνει μία έκτακτη επιθεώρηση του διακόπτη. Στη γενική συντήρηση ελέγχονται τα παρακάτω:

- Παρακολουθούμε την πυκνότητα του αερίου SF6.
- Γίνονται δοκιμές καλής λειτουργίας με μηδενικό φορτίο
- Ελέγχουμε τον μηχανισμό κίνησης του διακόπτη.

- Μετασχηματιστής λαδιού:

- Πραγματοποιούμε κάθε τρεις μήνες οπτικό έλεγχο.
- Γίνεται καθαρισμός των μονωτήρων από την σκόνη.
- Στο δοχείο διαστολής ελέγχουμε την στάθμη του λαδιού.
- Ελέγχουμε την κατάσταση του αφυγραντήρα ως εξής:
  - ❖ γαλάζιο χρώμα -> καλή κατάσταση
  - ❖ ροζ χρώμα -> πρέπει να αντικαταθεί το Silica Gel (ζελατίνα πυριτίου) ή να ξηρανθεί.

- Έλεγχος λαδιού κάθε χρόνο:

Το ορυκτό μονωτικό λάδι και τα υλικά από κυτταρίνη (π.χ. χαρτί, βαμβακερές ταινίες) αποτελούν εδώ και 100 χρόνια έναν πολύ καλό συνδυασμό ηλεκτρικής μόνωσης. Κάθε χρόνο όμως πρέπει να γίνεται έλεγχος για την ποιότητά του λαδιού. Ο έλεγχος αυτός γίνεται μέσω ενός δείγματος (1 λίτρο τουλάχιστον) που παίρνουμε από την βάνα εκκένωσης του μετασχηματιστή. Χρησιμοποιούμε πάντα δοχεία τα οποία πρέπει να είναι καθαρά στεγνά, τα οποία τα σφραγίζουμε ερμητικά μετά το γέμισμα. Εάν ο έλεγχος δείξει ότι το λάδι έχει χάσει την διηλεκτρική του αντοχή ή κάποια από τα χαρακτηριστικά του δεν είναι εντάξει πρέπει να προχωρήσουμε σε αντικατάσταση ή αναγέννηση του λαδιού. Η διαδικασία αυτή γίνεται από εξειδικευμένα συνεργεία.

- Μετασχηματιστής ξηρού τύπου:

Η συντήρηση του μετασχηματιστή ξηρού τύπου είναι μόνο εξωτερική επιθεώρηση μία φορά το χρόνο.

## 2. Συντήρηση βοηθητικού εξοπλισμού [9]:

Μία συστοιχία συσσωρευτών και ένας φορτιστής (ορισμένες φορές μπορεί να είναι και δύο για λόγους ασφαλείας) αποτελούν τη βοηθητική πηγή ενέργειας κάθε υποσταθμού. Ο συσσωρευτής μαζί με τον φορτιστή παράγουν συνεχές ρεύμα ονομαστικής τάσης (24 V, 48 V, 110 V ή 220 V) το οποίο χρησιμοποιείται για τους χειρισμούς των διακοπών και για τις ενδείξεις του υποσταθμού. Παρακάτω αναλύουμε την διαδικασία συντήρησης των συσσωρευτών:

- Συσσωρευτές μολύβδου:

Κατά τη διάρκεια της συντήρησης των συσσωρευτών οι ενέργειες που κάνουμε είναι οι εξής :

- ❖ Καθαρισμός
- ❖ Μηνιαίος έλεγχος στεγανοποίησης και στάθμης ηλεκτρολύτη
- ❖ Εκφόρτιση και επαναφόρτιση ανά δύο χρόνια με ταυτόχρονη μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών

- Συσσωρευτές καδμίου – νικελίου:

Γίνεται έλεγχος για την τάση της συστοιχίας και της τάσης κάθε συσσωρευτή καθώς και για την συγκέντρωση του ανθρακικού καλίου. Ο έλεγχος αυτός γίνεται κάθε 2 με 4 μήνες.

- Φορτιστές:

Η μεγάλη αξιοπιστία των ηλεκτρικών συστημάτων των φορτιστών μας εξασφαλίζει την ελάχιστη συντήρησή τους. Χρησιμοποιούνται διατάξεις παρακολούθησης που εποπτεύουν την συνολική τάση του συστήματος και δίνουν αυτόματα εντολές για περιοδικές εκφορτίσεις.

### 8.3 Παράδειγμα Προγραμματισμένης Συντήρησης στον Καταναλωτή Μέσης Τάσης

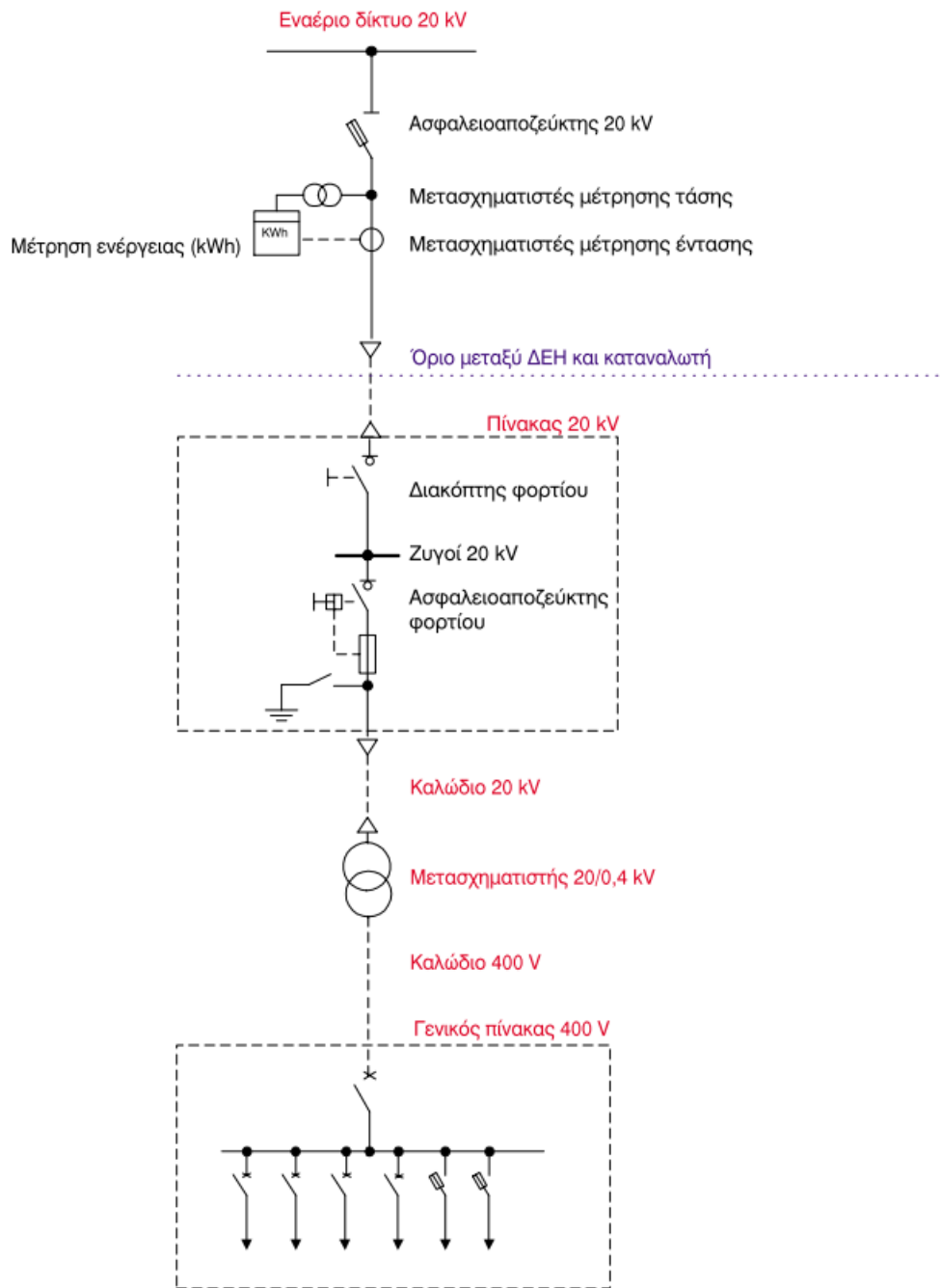
Στην συνέχεια θα αναλύσουμε το παράδειγμα μιας προγραμματισμένης συντήρησης που έλαβε χώρα σε ένα από τα καταστήματα της αλυσίδας «ΓΑΛΑΞΙΑΣ». Πάμε να δούμε την διαδικασία που ακολουθεί ο καταναλωτής ώστε να γίνει πελάτης μέσης τάσης.

Στην αρχή γίνεται αίτηση από τον πελάτη προς τον ΔΕΔΔΗΕ. Η αίτηση αυτή πηγαίνει στο τμήμα μελετών του ΔΕΔΔΗΕ, από εκεί πηγαίνουν με τον αρμόδιο μηχανικό στον χώρο του ιδιώτη όπου ψάχνουν κατάλληλο χώρο ώστε με τις τροποποιήσεις που θα του πει ο ΔΕΔΔΗΕ να γίνει πελάτης Μέσης Τάσης. Για να γίνει κάποιος ιδιώτης πελάτης Μέσης Τάσης, εάν βρίσκεται μέσα στον ιστό της πόλης μπορεί να γίνει κάνοντας μικρές

καταναλώσεις επειδή δεν μπορεί να στηθεί Π-43(μέτρηση επί στύλου). Για εκτός του αστικού ιστού πρέπει να κάνει κατανάλωση έως 800 kVA.

Η σύνδεση είναι η εξής:

Τα καλώδια του ΔΕΔΔΗΕ που βρίσκονται εκτός του ιδιώτη τροποποιούνται κατάλληλα ώστε να έχουν είσοδο και έξοδο. Αυτά πηγαίνουν στον πίνακα του ΔΕΔΔΗΕ και από εκεί φεύγουν τα κόκκινα καλώδια και πάνε στον πίνακα του ιδιώτη. Παλαιότερα τα κόκκινα καλώδια πήγαιναν στον Μ/Σ του πελάτη. Τώρα πλέον αυτό δεν γίνεται. Από τον πίνακα Μέσης Τάσης του ιδιώτη τα καλώδια πάνε στον Μ/Σ και στις καταναλώσεις του. Ο πίνακας του ιδιώτη μπορεί να έχει και ηλεκτρονόμο (αν είναι πάνω από 800 kVA είναι υποχρεωτικό, εάν είναι κάτω από 800 kVA όχι). Ο ΔΕΔΔΗΕ έχει ευθύνη της συντήρησης του δικού του πίνακα. Ο ιδιώτης έχει ευθύνη να είναι σε καλή κατάσταση ο χώρος και φυσικά έχει ευθύνη να συντηρήσει το δικό του μέρος (Πίνακας, Μ/Σ). Παρακάτω παραθέτουμε ένα μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού μέσης τάσης παροχής Α1 που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο παράδειγμά μας:



Εικόνα 111 Μονογραμμικό διάγραμμα Υ/Σ Μέσης Τάσης παροχής Α1



Εικόνα 112 Πίνακας ΔΕΔΔΗΕ

Πριν ξεκινήσει η προγραμματισμένη συντήρηση θα πρέπει να απομονωθεί η συγκεκριμένη εγκατάσταση του ΔΕΔΔΗΕ από το Δίκτυο Μέσης Τάσης. Το εξειδικευμένο συνεργείο έχει τοποθετήσει τις απαραίτητες γειώσεις και έχει απομονώσει το κομμάτι που θα γίνει η συντήρηση. Μετά αφού επιβεβαιωθεί ότι το χώρο του ΔΕΔΔΗΕ του πελάτη δεν ηλεκτροδοτείται βγαίνει η αντίστοιχη Κάρτα Απομόνωσης η οποία πιστοποιεί ότι όλα είναι εντάξει και μπορούν να αρχίσουν οι διαδικασίες της συντήρησης.

Διαδικασία συντήρησης – Εργασίες που πραγματοποιεί ο ΔΕΔΔΗΕ

- Καθαρισμός του χώρου και του πίνακα από σκόνη
- Λίπανση – Συσφίξεις
- Εάν στον χώρο υπάρχει υγρασία, γίνεται μέτρηση με ειδικό όργανο για μονώσεις (Meyer)
- Εάν οι μονώσεις δεν είναι σωστές γίνεται έλεγχος στους μονωτήρες (τρίψιμο, στέγνωμα, πέρασμα με μονωτικό υλικό)
- Σημαντικό είναι να ζεσταθεί ο χώρος εντός του πίνακα για να έχουμε καλές μονώσεις

Πιο σύνηθες βλάβες στους πελάτες Μέσης Τάσης είναι:

- Υγρασία
- Υπερπηδήσεις
- Σπάσιμο των μονωτικών ικανοτήτων ενός πίνακα
- Σκόνη
- Βραχυκυκλώματα

Τα περισσότερα προβλήματα προκαλούνται από την υγρασία και την σκόνη, μπορούμε όμως να πούμε ότι και η παλαιότητα του πίνακα παίζει σημαντικό ρόλο.



**Εικόνα 113** Ανοιχτός Πίνακας ΔΕΔΔΗΕ

Στον πίνακα του ΔΕΔΔΗΕ ξεκινώντας από αριστερά προς τα δεξιά συναντάμε δύο διακόπτες φορτίου στην σειρά, τον διακόπτη του πελάτη (όπου έχουμε τα κόκκινα καλώδια που φεύγουν και πάνε δίπλα στον χώρο του πελάτη) μετά έχουμε τον πίνακα των μετασχηματιστών τάσεως και τέλος έχουμε την μετρητική διάταξη (το ρολόι Μέσης Τάσης, το κιβώτιο δοκιμών και οι ηλεκτρονόμοι).





Εικόνα 114 Διακόπτες φορτίου



Εικόνα 115 Διακόπτης Πελάτη



Εικόνα 116 Μετασχηματιστές



Εικόνα 117 Μετρητική διάταξη

Ο ιδιώτης πρέπει και αυτός να πραγματοποιεί συντήρηση του χώρου του και των μηχανημάτων του. Συνηθίζεται η συντήρηση του ιδιώτη να συμπίπτει με την συντήρηση του ΔΕΔΔΗΕ. Παρακάτω αναφέρουμε τις εργασίες που πραγματοποιεί ο ιδιώτης όσον αφορά την συντήρηση στον χώρο του καθώς και κάποιες μετρήσεις που γίνονται για να εξακριβωθεί η σωστή λειτουργία των μηχανημάτων του.

Διαδικασία συντήρησης – Εργασίες που πραγματοποιεί ο Ιδιώτης [30]

- Γίνεται καθαρισμός του χώρου (στο πεδίο της Μέσης Τάσης και στον Μετασχηματιστή)
- Γίνεται καθαρισμός και έλεγχος Πινάκων Μέσης Τάσης
- Γίνεται καθαρισμός και έλεγχος των Μετασχηματιστών
- Πραγματοποιείται έλεγχος του εξοπλισμού με θερμοκάμερα
- Πραγματοποιείται σύσφιξη και έλεγχος των ηλεκτρικών συνδέσεων
- Γίνεται μέτρηση αντίστασης μόνωσης των καλωδίων
- Γίνεται έλεγχος του συστήματος προστασίας του Μετασχηματιστή – Ηλεκτρονόμου

Μετρήσεις συντήρησης – Μετρήσεις που πραγματοποιεί ο Ιδιώτης [30]

- Γίνεται έλεγχος ποιότητας της μόνωσης με μέτρηση εφ δ, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ANSI / IEEE standard 62 – “Guide for Field Testing Power Apparatus Insulation”
- Γίνεται έλεγχος του πυρήνα του Μετασχηματιστή με μέτρηση excitation current που πραγματοποιείται στα τρία τυλίγματα της Μέσης Τάσης
- Γίνεται επαλήθευση του λόγου μετασχηματισμού του Μετασχηματιστή, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEC 60076-1
- Γίνεται μέτρηση της ωμικής αντίστασης των τριών τυλιγμάτων της Μέσης Τάσης
- Γίνεται μέτρηση αντίστασης μόνωσης των καλωδίων με VLF

Πάμε τώρα να δούμε τον χώρο του ιδιώτη. Ο χώρος του καταναλωτή αποτελείται από:

- Τον Πίνακα Μέσης Τάσης, μέσω του οποίου γίνεται η διασύνδεση με το Δίκτυο της Μέσης Τάσης.
- Τον Μ/Σ Ισχύος του Καταναλωτή και
- Τον Γενικό Πίνακα Διανομής Χαμηλής Τάσης



Εικόνα 118 Πίνακας Ιδιώτη

Στον πίνακα του ιδιώτη ξεκινώντας από κάτω έχουμε έναν διακόπτη φορτίου και πάνω τον διακόπτη ισχύος. Στο Κάτω μέρος έρχονται τα καλώδια του ΔΕΔΔΗΕ και μετά πάνε στον διακόπτη ισχύος και φεύγουν προς τον Μ/Σ του πελάτη. Ο διακόπτης ισχύος κόβει το ρεύμα βραχυκύκλωσης ενώ ο διακόπτης φορτίου κόβει το ονομαστικό ρεύμα. Ο πίνακας διαθέτει επίσης και ηλεκτρονόμο, ο οποίος σε περίπτωση που ανιχνεύσει κάποιο σφάλμα ή κάποια υπερένταση ενεργοποιεί τον διακόπτη ισχύος και έτσι διακόπτεται το ηλεκτρικό ρεύμα.

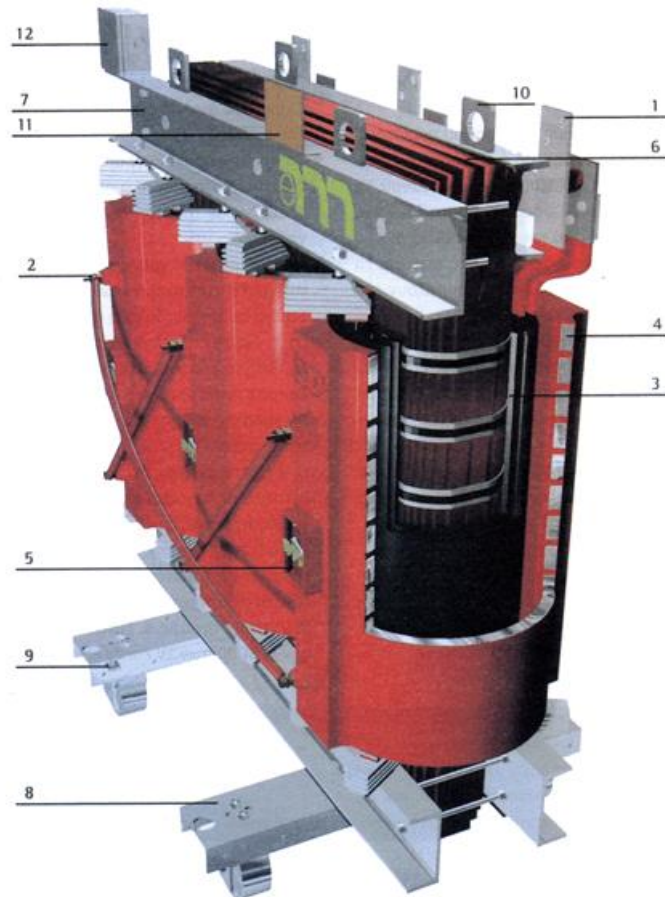
Ο Μ/Σ που χρησιμοποιεί ο συγκεκριμένος καταναλωτής είναι ξηρού τύπου (1250KVA) με μόνωση χυτο-ρητίνης. Σε αυτό το σημείο ας αναφέρουμε λίγα λόγια για τους συγκεκριμένους Μ/Σ.

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.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας τέτοιος Μ/Σ και τα επιμέρους τμήματα του [6]:



**Εικόνα 119** Μ/Σ Χυτορητίνης (TiSoft)

1. Ακροδέκτες χαμηλής τάσης: Καθένα από τα τρία τυλίγματα Χ.Τ. καταλήγει σε δύο ακροδέκτες. Οι τρεις ακροδέκτες γεφυρώνονται με αλουμινένια ή χάλκινη 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 (Δ) των τυλιγμάτων της μέσης τάσης.

3. Τύλιγμα χαμηλής τάσης: Η κατασκευή τους γίνεται από φύλλο αλουμινίου το οποίο τυλίγουμε σε κυλινδρική μορφή. Ανάμεσα στα φύλλα υπάρχει μόνωση για να έχουμε τον σχηματισμό ενός συμπαγούς κυλίνδρου. Μετά έχουμε την εμπότισή τους με εποξεική ρητίνη και ψήνονται σε ειδικούς φούρνους.
4. Τύλιγμα μέσης τάσης: Η κατασκευή τους γίνεται από φύλλο αλουμινίου και τυλίγονται σε μορφή πηνίου. Μετά χυτεύονται σε καλούπια με χυροτητίνη. Η διαδικασία αυτή αποτελεί και 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 (off circuit).
6. Πυρήνας (Core): Η κατασκευή του γίνεται από ειδικά σιδερένια ελάσματα τα οποία είναι μονωμένα για να έχουμε όσο το δυνατόν λιγότερες μαγνητικές απώλειες. Στον πυρήνα υπάρχουν 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 κύλισης (Roller): Χρησιμεύουν στην κύλιση του Μ/Σ.
9. Ακροδέκτης γείωσης: Σε αυτόν τον ακροδέκτη έχουμε τη γείωση όλων των μεταλλικών μερών του Μ/Σ που δε διαρρέονται από ρεύμα.
10. Άγκιστρα ανύψωσης: Χρησιμεύουν στην ανύψωση 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.



Εικόνα 120 Μ/Σ Ιδιώτη



Εικόνα 121 Χώρος Μ/Σ Ιδιώτη

Ο πίνακας του ιδιώτη και ο Μ/Σ του βρίσκονται σε διαφορετικό χώρο για λόγους ασφαλείας. Έτσι εξασφαλίζεται ότι εάν συμβεί κάτι σε έναν από τους δύο χώρους δεν θα επηρεαστεί ο άλλος. Οι γειώσεις επίσης είναι σημαντικές για την ασφάλεια. Στον συγκεκριμένο χώρο έχει τοποθετηθεί περιμετρική γείωση.

Η κατασκευή της γίνεται ως εξής:

- Με χάλκινη λάμα Γείωσης διατομής τουλάχιστον 50mm<sup>2</sup> και ελάχιστου πάχους 2mm.
- Με ταινία γαλβανισμένου σιδήρου διατομής τουλάχιστον 100mm<sup>2</sup> και ελάχιστου πάχους 3mm.



*Εικόνα 122 Περιμετρική Γείωση*

Η μεταφορά και η τοποθέτηση των καλωδίων πρέπει να γίνεται πάντα σε «κανάλια»:





Εικόνα 123 Κανάλια Καλωδίων

Ο Πίνακας του Ιδιώτη περιλαμβάνει:

- Το Κεντρικό Πεδίο Εισόδου
- Τα Πεδία Αναχωρήσεων προς τα φορτία
- Το Πεδίο Αντιστάθμισης

Τα Καλώδια Χαμηλής Τάσης από το Κεντρικό Πεδίο Εισόδου μέσω ενός Διακόπτη Φορτίου διανέμουν την Χαμηλή Τάση στα Πεδία Αναχωρήσεων προς τα φορτία.

Το Πεδίο Αντιστάθμισης περιλαμβάνει πυκνωτές οι οποίοι έχουν ως στόχο την βελτίωση του Συντελεστή Ισχύος.

Στον Πίνακα επίσης περιλαμβάνεται και ένας ειδικός μηχανισμός (θερμίστορ), το οποίο παρακολουθεί τη θερμοκρασία του χώρου και των τυλιγμάτων του Μ/Σ και προστατεύει από πιθανή υπερφόρτωση.



Εικόνα 124 Πίνακας Ιδιώτη



Εικόνα 125 Πίνακας Αναχωρήσεων του Ιδιώτη



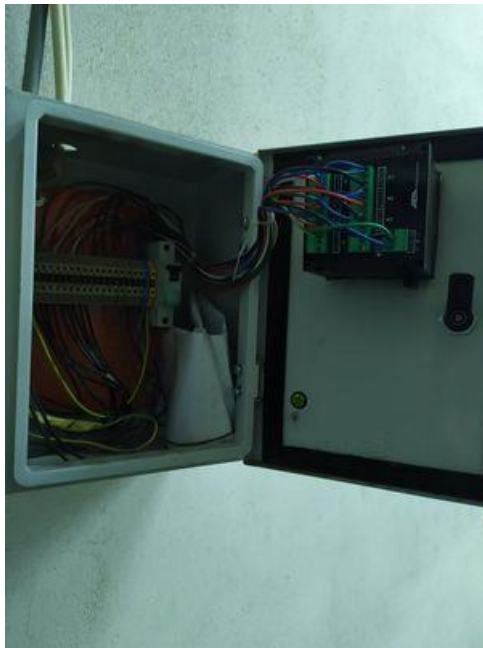
Εικόνα 126 Αναχωρήσεις Ιδιώτη



Εικόνα 127 Πίνακας Πυκνωτών Ιδιώτη



*Εικόνα 128 Πυκνωτές Ιδιώτη για ρύθμιση συνημίτονου*



*Εικόνα 129 Ειδικός Μηχανισμός Παρακολούθησης Θερμοκρασίας*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### Επίλογος

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και πραγματεύεται τους Μετασχηματιστές και τον βασικό ρόλο του παίζουν στην διανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Αρχικά γίνεται μία εισαγωγή στους Μετασχηματιστές και σε κάποια θεωρητικά σημεία σχετικά με αυτούς. Στη συνέχεια αναλύεται ο τρόπος συνδεσμολογίας τους, τα μονωτικά λάδια που περιέχουν και οι συντηρήσεις που πρέπει να γίνονται.

Στην συνέχεια της εργασίας παρουσιάζουμε κάποιους Υποσταθμούς του Ελληνικού Δικτύου Διανομής και βλέπουμε τα επιμέρους κομμάτια που τους αποτελούν.

Τέλος επισκεφτήκαμε έναν Καταναλωτή Μέσης Τάσης όπου πραγματοποιήσαμε μια προγραμματισμένη συντήρηση.

Τα κυριότερα συμπεράσματα είναι ότι οι Μετασχηματιστές αποτελούν ένα από τα βασικότερα εξαρτήματα των Υποσταθμών και γενικά του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Είναι μηχανήματα υψηλής απόδοσης και αξιοπιστίας και αποτελούν τα ακριβότερα μηχανήματα ενός υποσταθμού. Όταν προκληθούν βλάβες, οι οποίες είναι σπάνιες, έχουν ως αποτέλεσμα σοβαρές τεχνικές και οικονομικές επιπτώσεις και δημιουργούν επικίνδυνες συνθήκες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Η έγκαιρη συντήρησή τους μπορεί να οδηγήσει στην επιμήκυνση του χρόνου ζωής τους και πρέπει να γίνεται σε τακτικά διαστήματα ώστε να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα. Πρέπει να γίνεται προσεκτική επιλογή, βάσει τεχνικών προδιαγραφών, των μονωτικών ελαίων και του τρόπου παρακολούθησης της λειτουργικής τους κατάστασης. Θα πρέπει, βάσει της προβλεπόμενης αύξησης του φορτίου, να προγραμματίζεται και να υλοποιείται η κατασκευή νέων Υ/Σ για την μείωση του φορτίου των υφιστάμενων Μ/Σ. Στην περίπτωση των Ιδιωτικών Υποσταθμών είναι σημαντικό οι Καταναλωτές Μέσης Τάσης να ακολουθούν τις οδηγίες του ΔΕΔΔΗΕ που αφορά τις προϋποθέσεις που θέτει για τις διαδικασίες και τα επαναδιαστήματα συντήρησης καθώς και να διατηρούν τον χώρο σε κατάσταση, που να

επιτρέπει την άψογη λειτουργία τους. Επίσης οι καταναλωτές θα πρέπει να ορίσουν έναν υπεύθυνο για την συντήρηση και την σωστή λειτουργία των υποσταθμών τους (όπως προβλέπεται από την νομοθεσία), ο οποίος θα ήταν χρήσιμο για την εύρυθμη λειτουργία του Υ/Σ να έχει αποδεδειγμένη εμπειρία σε συντήρηση Υ/Σ Μέσης Τάσης.

Θα ήθελα να αναφέρω ότι μετά από συζητήσεις για τις διαδικασίες συντήρησης (Πινάκων ή Μ/Σ) με τον Θεμιστοκλή Μανάφη και τον Νίκο Μαντέλη, που είναι Στελέχη του ΔΕΔΔΗΕ, με μεγάλη πείρα και γνώστες του αντικειμένου, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι διαδικασίες του ΔΕΔΔΗΕ γύρω από το κομμάτι αυτό πρέπει να ψηφιοποιηθούν καθώς τώρα όλα τα αρχεία είναι σε έντυπη μορφή. Μέσω της ψηφιοποίησης θα μπορέσει να αποδεσμευτεί ανθρώπινο δυναμικό το οποίο αντί να συλλέγει και να καταχωρεί τα ληφθέντα δικαιολογητικά θα παρέχει υποστήριξη στους πελάτες μέσης τάσης.

Προτείνεται επίσης η περαιτέρω αξιοποίηση των στελεχών του ΔΕΔΔΗΕ, τα οποία προέρχονται μέσα από την εταιρεία, που με την εμπειρία τους και το προσωπικό τους μεράκι θα συμβάλλουν καθοριστικά στην προσπάθεια που καταβάλλει ο ΔΕΔΔΗΕ για τον Εκσυγχρονισμό των Δικτύων, την Αυτοματοποίηση και την Ψηφιοποίηση των επιμέρους εσωτερικών διαδικασιών τους. Σημαντικό ρόλο στην όλη προσπάθεια αναβάθμισης και εκσυγχρονισμού της εταιρείας, πρέπει να διαδραματίζει και το ανθρώπινο δυναμικό που αποχωρεί λόγω συνταξιοδότησης, αφού η εμπειρία και η γνώση των ανθρώπων αυτών είναι η μεγάλη παρακαταθήκη της εταιρείας και την οποία πρέπει και οφείλει να μεταλαμπαδεύσει στις επόμενες γενιές των εργαζομένων της.

## Βιβλιογραφία

[1] Μαλατέστας, Π. (2019) 'Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας'

[2] Μαλατέστας, Π. (2014) 'Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας'

[3] Chapman, S. (2009) 'Ηλεκτρικές Μηχανές AC-DC'

[4] Οικονόμου, Λ. , Φώτης, Γ. , Χριστοδούλου, Χ. (2016) 'Υψηλές Τάσεις'

[5] Μαντέλης, Ν. (2020) 'Δοκιμές σε Μετασχηματιστές Ισχύος 150/21 kV'

[6] [https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad\\_metasximatistes\\_isxuos/panelcad\\_pws\\_einai\\_katask\\_o\\_metasximatistis\\_me\\_monwsh\\_ritinis](https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad_metasximatistes_isxuos/panelcad_pws_einai_katask_o_metasximatistis_me_monwsh_ritinis)

[7] [https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad\\_metasximatistes\\_isxuos/panelcad\\_egkatakastasi\\_kai-psyxi\\_tou-metasximatisti\\_isxuos](https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad_metasximatistes_isxuos/panelcad_egkatakastasi_kai-psyxi_tou-metasximatisti_isxuos)

[8] <https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/synthrhsh-ypostathmoy/synthrhsh-kyrioy-exoplismoy>

- [9] <https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/synthrhsh-ypostathmoy/synthrhsh-bohthhtikoy-exoplismoy>
- [10] [https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad\\_metasximatistes\\_isxuos/panelcad\\_pws\\_einai\\_katask\\_o\\_metasximatistis\\_me\\_monwsh\\_ladiou](https://www.ti-soft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad_metasximatistes_isxuos/panelcad_pws_einai_katask_o_metasximatistis_me_monwsh_ladiou)
- [11] [https://www.tisoft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad\\_metasximatistes\\_isxuos/panelcad\\_apwleies\\_xalkou\\_kai\\_sidhrou](https://www.tisoft.com/el/support/help/electricaldesign/knowledgebase/middlevoltage/panelcad_metasximatistes_isxuos/panelcad_apwleies_xalkou_kai_sidhrou)
- [12] <https://www.deddie.gr/el/deddie/i-etaireia/>
- [13] ΔΕΔΔΗΕ, 'Πληροφοριακά Στοιχεία Ηλεκτροδοτήσεων Μέσης Τάσης'
- [14] [https://oaedhlectrologoi.blogspot.com/2017/01/blog-post\\_81.html](https://oaedhlectrologoi.blogspot.com/2017/01/blog-post_81.html)
- [15] Ελευθεριάδου, Σ. (2016) 'Προσομοίωση Δικτύου Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας'
- [16] Ασλανίδης, Η. (2020) 'Μελέτη Δικτύων Μέσης Τάσης – Περιοχή Ρόδου'
- [17] <https://nandin.gr/%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%86%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%82/>
- [18] ΔΕΔΔΗΕ, 'Παρουσίαση για Μετασηματιστές'
- [19] [https://www.enexgroup.gr/el/c/document\\_library/get\\_file?uuid=d805d76b-7d38-b360-ea3e-607eab047d7c&groupId=20126](https://www.enexgroup.gr/el/c/document_library/get_file?uuid=d805d76b-7d38-b360-ea3e-607eab047d7c&groupId=20126)
- [20] <https://www.admie.gr/systima/perigrifi/dedomena-diaheirisis-pagion>



- [21] <https://www.admie.gr/systima/perigrafi/hartis-grammon>
- [22] [http://edume.myds.me/00\\_0070\\_e\\_library/10030/06\\_Electrical\\_installations\\_books/06/01.pdf](http://edume.myds.me/00_0070_e_library/10030/06_Electrical_installations_books/06/01.pdf)
- [23] [http://www.mie.uth.gr/ekp\\_yliko/HLMHX\\_EN3.pdf](http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/HLMHX_EN3.pdf)
- [24] <https://genitries.com.gr/proionta/metaximatistes-elaiou-mt>
- [25] <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1TXB901030L2301&LanguageCode=el&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [26] <http://techparalimniamm.schools.ac.cy/data/uploads/Yli/2020/HE3/HlektrologiaIII/METAFORA%20DIANOMH.pdf>
- [27] Γιασαφάκης, Κ. (2010) 'Νεότερες Εξελίξεις στην Κατασκευή και Λειτουργία Μετασχηματιστών Διανομής με Μειωμένες Απώλειες'.
- [28] <https://www.dapeep.gr/viosimi-anaptixi/energeiako-meigma/>
- [29] <https://www.deddie.gr/media/4202/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B7%CF%81%CF%85%CE%BE%CE%B7-%CE%B4%CF%80%CE%BD-4003227.pdf>
- [30] <https://www.anaxtexniki.gr/syntirisi-ypostathmon/>

# Πίνακας Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΧΩΡΑ (ΔΕΔΔΗΕ).....	14
ΕΙΚΟΝΑ 2 ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΣΛΑΝΙΔΗΣ, Η., 2020).....	14
ΕΙΚΟΝΑ 3 ΠΟΣΟΣΤΟ (%) ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (ΔΑΠΕΕΠ).....	15
ΕΙΚΟΝΑ 4 ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2019) .....	16
ΕΙΚΟΝΑ 5 ΒΡΟΧΟΕΙΔΕΣ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (ΑΣΛΑΝΙΔΗΣ, Η., 2020).....	16
ΕΙΚΟΝΑ 6 ΧΑΡΤΗΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ 2020 (ΑΔΜΗΕ) .....	17
ΕΙΚΟΝΑ 7 ΤΑ ΜΗΚΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΕΩΣ ΤΙΣ 31/12/2020 (ΑΔΜΗΕ) .....	18
ΕΙΚΟΝΑ 8 ΑΚΤΙΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2019) .....	19
ΕΙΚΟΝΑ 9 ΔΕΔΔΗΕ ΈΔΡΑ (ΔΕΔΔΗΕ).....	20
ΕΙΚΟΝΑ 10 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ (WIKIPEDIA) .....	23
ΕΙΚΟΝΑ 11 ΤΡΩΡΤΖ ΓΟΥΕΣΤΙΝΓΚΧΑΟΥΖ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΝΙΚΟΛΑ ΤΕΣΛΑ (ΔΕΞΙΑ) (WIKIPEDIA) .....	25
ΕΙΚΟΝΑ 12 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΥΠΟΥ ΠΥΡΗΝΑ (ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΙ 1ΗΣ ΕΠΑΣ ΟΑΕΔ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ) .....	26
ΕΙΚΟΝΑ 13 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΥΠΟΥ ΜΑΝΔΥΑ (ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΙ 1ΗΣ ΕΠΑΣ ΟΑΕΔ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ) .....	26
ΕΙΚΟΝΑ 14 ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ (ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΟΥ Σ.).....	30
ΕΙΚΟΝΑ 15 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ Μ/Σ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2019).....	33
ΕΙΚΟΝΑ 16 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Μ/Σ ΕΛΑΙΟΥ 20/0,4 KV (TISOFT).....	36
ΕΙΚΟΝΑ 17 ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (NANDIN ELECTRONICS - MAGNETICS) .....	38
ΕΙΚΟΝΑ 18 ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ (ABB).....	38
ΕΙΚΟΝΑ 19 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ 20/0,4 KV .....	39
ΕΙΚΟΝΑ 20 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΣΤΕΡΑ-ΑΣΤΕΡΑ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2019) .....	44
ΕΙΚΟΝΑ 21 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΣΤΕΡΑΣ-ΤΡΙΓΩΝΟ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2019) .....	45
ΕΙΚΟΝΑ 22 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΡΙΓΩΝΟΥ-ΑΣΤΕΡΑ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2019) .....	45
ΕΙΚΟΝΑ 23 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΡΙΓΩΝΟ-ΤΡΙΓΩΝΟ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2019) .....	46
ΕΙΚΟΝΑ 24 ΘΥΡΙΔΕΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2014).....	47
ΕΙΚΟΝΑ 25 ΘΥΡΙΔΕΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΕ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ .....	48
ΕΙΚΟΝΑ 26 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΕΛΑΙΟΥ .....	50

ΕΙΚΟΝΑ 27 Μ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΣΕ ΤΟΜΗ (ΓΙΑΣΑΦΑΚΗΣ).....	50
ΕΙΚΟΝΑ 28 ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	51
ΕΙΚΟΝΑ 29 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ (TISOFT).....	51
ΕΙΚΟΝΑ 30 ΔΕΔΔΗΕ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	57
ΕΙΚΟΝΑ 31 Μ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 32 ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 33 ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 34 ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΠΗΝΙΟΥ.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 35 ΑΝΟΙΚΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ Μ/Σ – ΨΗΚΤΡΑ.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 36 ΚΕΛΥΦΟΣ Μ/Σ.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 37 ΠΙΝΑΚΙΔΑ Μ/Σ.....	61
ΕΙΚΟΝΑ 38 ΚΑΜΕΝΟ ΠΗΝΙΟ.....	62
ΕΙΚΟΝΑ 39 ΧΑΡΤΙ ΠΗΝΙΟΥ.....	62
ΕΙΚΟΝΑ 40 ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΠΕΡΙΕΛΙΞΗΣ ΠΗΝΙΟΥ.....	63
ΕΙΚΟΝΑ 41 ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ ΠΑΡΕΜΒΥΣΜΑΤΑ Μ/Σ.....	63
ΕΙΚΟΝΑ 42 ΠΑΡΕΜΒΥΣΜΑΤΑ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΩΤΗΡΑ.....	64
ΕΙΚΟΝΑ 43 ΠΑΡΕΜΒΥΣΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΑΚΡΟΔΕΚΤΗ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	64
ΕΙΚΟΝΑ 44 ΕΛΑΙΟΔΕΙΚΤΗΣ.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 45 ΕΛΑΙΟΔΕΙΚΤΗΣ.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 46 ΘΑΛΑΜΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	66
ΕΙΚΟΝΑ 47 ΘΑΛΑΜΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	66
ΕΙΚΟΝΑ 48 ΘΑΛΑΜΟΣ ΚΕΝΟΥ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 49 ΘΑΛΑΜΟΣ ΚΕΝΟΥ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 50 ΕΙΚΟΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΧΗΜΕΙΟ 1.....	68
ΕΙΚΟΝΑ 51 ΕΙΚΟΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΧΗΜΕΙΟ 2.....	68
ΕΙΚΟΝΑ 52 ΕΙΚΟΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΧΗΜΕΙΟ 3.....	69
ΕΙΚΟΝΑ 53 ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΠΡΟΣΜΙΞΗΣ ΛΑΔΙΟΥ.....	71
ΕΙΚΟΝΑ 54 ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (ΔΕΔΔΗΕ, ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ).....	72
ΕΙΚΟΝΑ 55 ΕΝΑΕΡΙΟΣ Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΤ/ΧΤ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2014).....	76
ΕΙΚΟΝΑ 56 ΕΝΑΕΡΙΟΙ Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	77
ΕΙΚΟΝΑ 57 ΕΝΑΕΡΙΟΙ Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	77
ΕΙΚΟΝΑ 58 ΕΠΙΓΕΙΟΣ Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΤ/ΧΤ (ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ Π., 2014).....	78
ΕΙΚΟΝΑ 59 ΕΠΙΓΕΙΟΙ Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	79
ΕΙΚΟΝΑ 60 ΕΠΙΓΕΙΟΙ Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	79
ΕΙΚΟΝΑ 61 ΥΠΟΓΕΙΟΙ Υ/Σ.....	80
ΕΙΚΟΝΑ 62 COMPACT Υ/Σ.....	80
ΕΙΚΟΝΑ 63 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Μ/Σ ΙΣΧΥΟΣ (TISOFT).....	82
ΕΙΚΟΝΑ 64 ΕΠΙΓΕΙΟΣ Υ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΟΛΕΩΣ, Ρ-5 ΣΤΟΝ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	83

ΕΙΚΟΝΑ 65 ΟΙ ΠΡΩΤΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	84
ΕΙΚΟΝΑ 66 ΜΟΝΑΔΑ ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΠΡΟΣ Μ/Σ – ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ .....	85
ΕΙΚΟΝΑ 67 ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΕΦΕΔΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΙΝΕΣ .....	85
ΕΙΚΟΝΑ 68 Μ/Σ .....	86
ΕΙΚΟΝΑ 69 ΠΙΝΑΚΙΔΑ Μ/Σ .....	86
ΕΙΚΟΝΑ 70 ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΑΝΕΒΑΙΝΟΝΤΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΙΧΟ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΜΑΧΑΙΡΙΩΝ ΚΑΤΑΛΗΓΟΥΝ ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	88
ΕΙΚΟΝΑ 71 ΚΟΝΤΑΡΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟΥΣ ΠΡΩΤΟΥΣ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ .....	89
ΕΙΚΟΝΑ 72 ΟΙ ΑΕΡΟΘΥΡΙΔΕΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΔΑΠΕΔΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΑΝΩ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ, ΕΞΑΣΦΑΛΙΖΟΥΝ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΡΟΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΠΟΥ ΨΥΞΕΙ ΤΟΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ.....	89
ΕΙΚΟΝΑ 73 Ο ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ Υ/Σ Ρ-5 8 ΑΝΑΧΩΡΗΣΕΩΝ & ΚΑΡΤΕΛΑ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΠΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΝ.....	90
ΕΙΚΟΝΑ 74 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΕΛΑΙΟΥ.....	91
ΕΙΚΟΝΑ 75 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΕΛΑΙΟΥ ( ΑΡΙΣΤΕΡΑ Ο ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΣ ΤΟΝ Υ/Σ ΠΒ-24 & ΔΕΞΙΑ Ο ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΦΥΣΑ, ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ ΠΡΟΣ Μ/Σ) .....	91
ΕΙΚΟΝΑ 76 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΕΛΑΙΟΥ.....	92
ΕΙΚΟΝΑ 77 Μ/Σ.....	92
ΕΙΚΟΝΑ 78 Μ/Σ.....	93
ΕΙΚΟΝΑ 79 ΠΙΝΑΚΙΔΑ Μ/Σ.....	93
ΕΙΚΟΝΑ 80 ΤΣΙΜΕΝΤΙΝΗ ΒΑΣΗ & ΕΙΔΙΚΑ ΠΕΛΜΑΤΑ ΠΑΝΩ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙΤΑΙ Ο Μ/Σ.....	94
ΕΙΚΟΝΑ 81 ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ ΕΛΑΙΟΥ Μ/Σ.....	95
ΕΙΚΟΝΑ 82 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΠΟΡΤΑ Υ/Σ ΜΕ ΑΕΡΟΘΥΡΙΔΕΣ ΓΙΑ ΝΑ ΕΧΟΥΜΕ ΤΟΝ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟ ΣΤΟΝ Υ/Σ.....	95
ΕΙΚΟΝΑ 83 ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΣΚΑΛΑ .....	96
ΕΙΚΟΝΑ 84 ΝΕΟΤΕΡΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΑΜΠΙΝΕΣ .....	97
ΕΙΚΟΝΑ 85 ΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-19.....	97
ΕΙΚΟΝΑ 86 ΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-19.....	98
ΕΙΚΟΝΑ 87 ΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-19.....	98
ΕΙΚΟΝΑ 88 Ο ΝΕΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-19 ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΦΟΡΤΙΟΥ, ΜΕ ΠΡΟΒΛΕΨΗ 12 ΑΝΑΧΩΡΗΣΕΩΝ .....	99
ΕΙΚΟΝΑ 89 Η ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΤΟΥ Μ/Σ ΤΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-19 .....	100
ΕΙΚΟΝΑ 90 Μ/Σ.....	100
ΕΙΚΟΝΑ 91 ΟΙ ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ (ΜΠΡΟΣΤΑ, ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΥΣ ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ) & ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (ΣΤΟ ΒΑΘΟΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΕΓΑΛΟΥΣ ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ).....	101
ΕΙΚΟΝΑ 92 ΕΙΔΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ ΓΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ .....	101
ΕΙΚΟΝΑ 93 ΕΙΔΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ ΓΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ .....	102
ΕΙΚΟΝΑ 94 ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-73 ΣΤΟΝ ΚΟΥΡΥΔΑΛΛΟ.....	103
ΕΙΚΟΝΑ 95 ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-73 ΣΤΟΝ ΚΟΥΡΥΔΑΛΛΟ.....	104

ΕΙΚΟΝΑ 96 ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ Υ/Σ ΠΟΛΕΩΣ ΠΚ-73 ΣΤΟΝ ΚΟΥΡΥΔΑΛΛΟ.....	104
ΕΙΚΟΝΑ 97 ΚΑΤΑΠΑΚΤΗ ΕΙΣΟΔΟΥ – ΕΞΟΔΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΟΙΛΟΔΟΚΟΥΣ .....	105
ΕΙΚΟΝΑ 98 ΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΑΝΑΓΓΕΛΙΑΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ & ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΩΝ Μ/Σ .....	106
ΕΙΚΟΝΑ 99 ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ SF6 .....	107
ΕΙΚΟΝΑ 100 ΜΟΝΑΔΑ RTU ( REMOTE TERMINAL UNIT) ΓΙΑ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥΣ .....	108
ΕΙΚΟΝΑ 101 ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ .....	110
ΕΙΚΟΝΑ 102 ΘΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΟΥ Υ/Σ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ .....	111
ΕΙΚΟΝΑ 103 Η ‘ΤΡΥΠΑ’ ΕΚΤΟΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΗΣ ΣΤΕΓΑΝΟΛΕΚΑΝΗΣ.....	111
ΕΙΚΟΝΑ 104 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΣΧΕΔΙΩΝ (ΔΕΔΔΗΕ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ) .....	113
ΕΙΚΟΝΑ 105 ΠΑΡΟΧΗ ΤΥΠΟΥ Α1 (ΔΕΔΔΗΕ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ)..	114
ΕΙΚΟΝΑ 106 ΠΑΡΟΧΗ ΤΥΠΟΥ Α2 (ΔΕΔΔΗΕ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ)..	115
ΕΙΚΟΝΑ 107 ΠΑΡΟΧΗ ΤΥΠΟΥ Β1 (ΔΕΔΔΗΕ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ)..	116
ΕΙΚΟΝΑ 108 ΠΑΡΟΧΗ ΤΥΠΟΥ Β2 (ΔΕΔΔΗΕ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ)..	117
ΕΙΚΟΝΑ 109 ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΟΥ 1 Ω (ΔΕΔΔΗΕ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ) .....	119
ΕΙΚΟΝΑ 110 ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΤΟΥ 1Ω (ΔΕΔΔΗΕ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΟΤΗΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ) .....	120
ΕΙΚΟΝΑ 111 ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Υ/Σ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ Α1 .....	126
ΕΙΚΟΝΑ 112 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΔΗΕ .....	127
ΕΙΚΟΝΑ 113 ΑΝΟΙΧΤΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΔΗΕ .....	128
ΕΙΚΟΝΑ 114 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ .....	129
ΕΙΚΟΝΑ 115 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΠΕΛΑΤΗ .....	129
ΕΙΚΟΝΑ 116 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ.....	130
ΕΙΚΟΝΑ 117 ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ .....	130
ΕΙΚΟΝΑ 118 ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΔΙΩΤΗ .....	132
ΕΙΚΟΝΑ 119 Μ/Σ ΧΥΤΟΡΗΤΙΝΗΣ (TISOFT).....	133
ΕΙΚΟΝΑ 120 Μ/Σ ΙΔΙΩΤΗ.....	135
ΕΙΚΟΝΑ 121 ΧΩΡΟΣ Μ/Σ ΙΔΙΩΤΗ.....	135
ΕΙΚΟΝΑ 122 ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΓΕΙΩΣΗ .....	136
ΕΙΚΟΝΑ 123 ΚΑΝΑΛΙΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ .....	137
ΕΙΚΟΝΑ 124 ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΔΙΩΤΗ .....	138
ΕΙΚΟΝΑ 125 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΑΧΩΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΙΔΙΩΤΗ .....	138
ΕΙΚΟΝΑ 126 ΑΝΑΧΩΡΗΣΕΙΣ ΙΔΙΩΤΗ.....	139
ΕΙΚΟΝΑ 127 ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΙΔΙΩΤΗ .....	139
ΕΙΚΟΝΑ 128 ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΙΔΙΩΤΗ ΓΙΑ ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ .....	140
ΕΙΚΟΝΑ 129 ΕΙΔΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ .....	140