

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ.

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ.

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.

Αριθμός 1153.

**ΘΕΜΑ: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ
(150/21KV).**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΙΑΡΟΠΟΥΛΟΣ.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΣ.

ΠΑΤΡΑ 2011.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.

Ένα από τα βασικότερα αγαθά που έχει προσφέρει η τεχνολογία στην κοινωνία είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια ή όπως αλλιώς, συνηθίζεται να λέγεται, το ηλεκτρικό ρεύμα.

Στην ηλεκτρική ενέργεια οφείλεται, κατά κύριο λόγο, το υψηλό επίπεδο της ζωής και η πρόοδος της βιομηχανίας στο μεγαλύτερο μέρος του κόσμου. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, που εξαπλώνεται σταθερά, αναμένεται να διπλασιάζεται κάθε δέκα περίπου χρόνια.

Η σύγχρονη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας έχει θεμελιωθεί πάνω σε μια σειρά εφευρέσεων και εξελίξεων που αφορούν τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας των υδατοπτώσεων και της θερμικής ενέργειας καυσίμων όπως του άνθρακα, του πετρελαίου, και του φυσικού αερίου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τρεις ξεχωριστές λειτουργίες απαιτούνται για την παραγωγή τροφοδότηση των καταναλωτών με ηλεκτρική ενέργεια: Παραγωγή, Μεταφορά και Διανομή. Αυτές οι λειτουργίες είναι βασικές γιατί ο ηλεκτρισμός κινείται από το σημείο παραγωγής μέχρι το σημείο της τελικής χρήσης σε μια συνεχή ροή, με ταχύτητα που πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός, και επί πλέον δεν μπορεί να αποθηκευθεί στην αρχική του μορφή.

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από μηχανική ενέργεια γίνεται σε κεντρικούς σταθμούς, που μπορεί να είναι θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, στα οποία η ενεργειακή πηγή είναι ατμοστρόβιλοι, είτε σε υδροηλεκτρικά εργοστάσια στα οποία η ενεργειακή πηγή είναι υδροστρόβιλοι.

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διακίνηση της, από τα εργοστάσια παραγωγής σε κεντρικά σημεία διανομής, που ονομάζονται **Υποσταθμοί (Υ/Σ)**.

Τέλος η διανομή έχει σαν λειτουργία της την τελική κατάληξη της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές.

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Η.Ε.) είναι συνήθως, οικονομικά αλληλεξαρτώμενες έτσι ώστε η εκλογή της τοποθεσίας, ο σχεδιασμός και το ύψος της παραγωγής να λαμβάνουν υπόψη το επιπλέον κόστος της μεταφοράς και αντίστροφα.

Αρχικά ένα κεντρικό εργοστάσιο παραγωγής Η.Ε., έφθανε να ικανοποιήσει και να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης. Η εξέλιξη όμως των ηλεκτρικών συσκευών, μετά

την ανακάλυψη του ηλεκτρικού λαμπτήρα από τον Edison το 1880, υπήρξε ραγδαία, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η κατανάλωση με γρήγορα άλματα.

Περιβαλλοντικοί λόγοι καθώς και η ανάγκη εγκατάστασης των σταθμών παραγωγής κοντά στις πηγές ενέργειας (ορυχεία άνθρακα, υδατοπτώσεις), κατέστησαν πλέον την ανάπτυξη εγκαταστάσεων των σταθμών παραγωγής να γίνεται μακριά από τις πόλεις και τις κατοικημένες περιοχές. Αναφορικά για την πατρίδα μας μπορούμε να αναφέρουμε τις περιπτώσεις των ορυχείων λιγνίτη των περιοχών Πτολεμαΐδας και Μεγαλόπολης, με τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις θερμικής παραγωγής Η.Ε. ή την υδροηλεκτρική παραγωγή από εργοστάσια που έχουν εγκατασταθεί σε περιοχές με πολλές υδατοπτώσεις, όπως η Δυτική και Βόρεια Ελλάδα. Για πολλούς και τεχνικούς λόγους, η πιο αποδοτική εξυπηρέτηση όλων των καταναλωτών μιας δεδομένης περιοχής γίνεται από ένα ολοκληρωμένο σύστημα Υ/Σ παραγωγής και μεταφοράς Η.Ε., με μόνο στόχο την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών.

Σκοπός της παρακάτω εργασίας, είναι να προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε το τμήμα του συστήματος που αποκαλείται Υποσταθμός Υψηλής Τάσης του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας της χώρας μας.

10-05-2011

Βασίλειος Δ. Αδαμόπουλος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.

“Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης (Υ/Σ 150/20 KV) Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς. (High Voltage Substations (150/20 KV) of the Greek Interconnected Transmission System)”.

Κεφάλαιο 1. Σκοπός και Ανάπτυξη του Συστήμα Μεταφοράς.

Αναφορά στο διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας μας, σκοπός και κύρια χαρακτηριστικά του.

Συνοπτική αναφορά των κυριοτέρων υφιστάμενων τμημάτων του Συστήματος κατά κατηγορία (Υ/Σ, ΚΥΤ, Γραμμές Μεταφοράς, Διεθνείς Διασυνδέσεις,).

Κεφάλαιο 2. Σκοπός Λειτουργία και χρήση των Υ/Σ Υ.Τ.

Υ/Σ Ανύψωσης, Υ/Σ Υποβιβασμού και Υ/Σ Ζεύξης.

Μονογραμμικά Διαγράμματα.

Λεπτομερειακή περιγραφή Υ/Σ Υποβιβασμού 150/20 KV.

Κεφάλαιο 3. Εξοπλισμός Υ/Σ 150/20 KV.

Μηχανήματα Ισχύος:

-Μ/Σ ισχύος. Γενική περιγραφή, Λειτουργία, Σχέδια, Είδη, και κατηγορίες Μ/Σ ισχύος, Κατασκευαστικά στοιχεία, Μονωτικά υλικά, Ψυκτικό σύστημα, Ρυθμιστής τάσης, Βασικές μετρήσεις (Μόνωσης αντίστασης, Σχέσεως, Συντελεστού διηλεκτρικών απωλειών (εφδ.), Αντίστασης διέλευσης ρεύματος τυλιγμάτων πυρήνα Μ/Σ) και έλεγχοι Μ/Σ.

-Αυτόματοι Διακόπτες Υψηλής Τάσης:

Γενική περιγραφή, Λειτουργία, Σχέδια, Είδη Αυτόματων Διακοπών Υψηλής Τάσης, Βασικά χαρακτηριστικά, Μηχανισμός χειρισμών, Βασικές μετρήσεις (Μόνωσης αντίστασης, Αντίστασης διέλευσης ρεύματος επαφών διακόπτη, Παλμογράφημα υπολογισμοί χρόνων κίνησης επαφών) και έλεγχοι Διακοπών Ισχύος.

-Μετασχηματιστές Μέτρησης (Μ/Σ Έντασης, Μ/Σ Τάσης):

Γενική περιγραφή, Λειτουργία, Σχέδια, Κατηγορίες Μ/Σ Μέτρησης, Σφάλματα Μετασχηματιστών Μέτρησης, Βασικές μετρήσεις και έλεγχοι (Μόνωσης αντίστασης, Συντελεστού διηλεκτρικών απωλειών (εφδ.)).

-Αλεξικέραυνα Υ.Τ. (Α/Ξ):

Γενική περιγραφή, Χρησιμότητα, Λειτουργία, Σχέδια, Κατασκευαστικά στοιχεία, Βασική μέτρηση και έλεγχοι (Μόνωση αντίστασης).

-Αποζεύκτες (A/Z):

Γενική περιγραφή, Χρησιμότητα, Λειτουργία, Θέση στο σύστημα, Σχέδια, κατασκευαστικά στοιχεία, τρόπος χειρισμού, Μηχανισμός χειρισμών, Βασική μέτρηση, και έλεγχοι. (Αντίστασηςδιέλευσης ρεύματος επαφών A/Z).

Εξοπλισμός και Κυκλώματα Προστασίας και Η.Ε.

-Εισαγωγή στην προστασία των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας.

-Συνοπτική αναφορά σε Προστασία Γραμμών Μεταφοράς.

-Συνοπτική αναφορά σε Προστασία Μετασχηματιστών Ισχύος

Φερέσυχο σύστημα, μεταφορά πληροφοριών από και προς Υ/Σ Υ.Τ

-Γενική περιγραφή, Λειτουργία.

-Συσκευές φερεσύχων.

-Συσκευές τηλεπροστασίας.

-Τηλεφωνικό δίκτυο.

Κεφάλαιο 4.

Μονωτικά υλικά (Στερεά, Υγρά, Αέρια, Κενό).

Κεφάλαιο 5.

Μέτρα Ασφαλείας Υ/Σ Υ.Τ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.

Πρόλογος **σελ.1**

Περίληψης **σελ.3**

Περιεχόμενα. **σελ.5**

Συντομογραφίες. **σελ.7**

Εισαγωγή **σελ.9**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. “Σκοπός και Ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς, Χαρακτηριστικά του και κύρια τμήματα αυτού”. **σελ.10**

I. Γενικά περί του Συστήματος Μεταφοράς. **σελ.11**

II. Υφιστάμενα τμήματα του Συστήματος Μεταφοράς. **σελ.17**

III. Κύρια χαρακτηριστικά του Συστήματος Μεταφοράς 150kv. **σελ.23**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.“Σκοπός Χρήση και Περιγραφή των Υ/Σ Υ.Τ.”. **σελ.26**

I. Γενικά περί Υ/Σ Μεταφοράς Η.Ε. **σελ.26**

II. Υ/Σ Ανύψωσης. **σελ.26**

III. Υ/Σ Υποβιβασμού. **σελ.28**

IV. Υ/Σ Ζεύξης. **σελ.36**

V. Μονογραμμικά Διαγράμματα Υ/Σ Συστήματος Μεταφοράς Η.Ε. **σελ.38**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.“Εξοπλισμός Υ/Σ Υ.Τ. “. **σελ.44**

3.1. Μηχανήματα Ισχύος. **σελ.44**

3.1.1. Μετασχηματιστής Ισχύος (Μ/Σ). **σελ.44**

I. Γενικά περί Μ/Σ. **σελ.44**

II. Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Μ/Σ Ισχύος. **σελ.45**

III. Γενική περιγραφή Μετασχηματιστή (Μ/Σ) Ισχύος. **σελ.48**

IV. Εκτίμηση κατάστασης Μ/Σ Ισχύος, Έλεγχοι και Μετρήσεις **σελ.64**

V. Διακόπτης Ισχύος. **σελ.76**

VI. Γενικά περί Δ.Ι. **σελ.76**

3.1.2. Διακόπτης Ελαίου (Ε/Δ) 150KV. **σελ.77**

I. Διακόπτης Αέρα (Α/Δ) 150KV. **σελ.80**

II. Διακόπτης Αερίου (ΑΕ/Δ) 150KV. **σελ.81**

III. Διακόπτης κενού (Δ/Κ) 150KV. **σελ.85**

IV. Τεχνικά χαρακτηριστικά Διακόπτη Υ.Τ. (ΑΕ/Δ). **σελ.86**

V. Μετρήσεις και οι έλεγχοι Διακοπών Ισχύος. **σελ.87**

3.1.3. Μετασχηματιστές Μέτρησης (Οργάνων) και Προστασίας (Μ/Σ Έντασης και

M/Σ Τάσης).	σελ.88
I. Γενικά περί M/Σ Οργάνων.	σελ.88
II. Μετασχηματιστές Έντασης (M/ΣΕ).	σελ.88
III. Μετασχηματιστές Τάσης (M/ΣΤ).	σελ.92
IV. Σφάλματα M/Σ Μέτρησης.	σελ.97
V. Έλεγχοι και Μετρήσεις των M/ΣΟ Υ.Τ.	σελ.97
3.1.4 Αλεξικεύρανα Υ.Τ. (Α/Ξ).	σελ.98
3.1.5. Αποζεύκτες Υ.Τ. (Α/Ζ).	σελ.101
3.2. Συστήματα Προστασίας και Ηλεκτρικού Ελέγχου σε Υ/Σ Υ.Τ.	σελ.105
I. Σκοπός και ρόλος της προστασίας, γενικά περί βραχυκυκλωμάτων.	σελ.105
II. Ζώνες Προστασίας.	σελ.106
III. Γενικά περί Ηλεκτρονόμων (H/N).	σελ.109
IV.Προστασία Γραμμών Μεταφοράς.	σελ.111
V.Προστασία Μετασχηματιστών Ισχύος.	σελ.115
3.3. Φερέσυχο (Φ/Σ) Σύστημα στην Υψηλή Τάση.	σελ.118
I. Γενικά περί Φερέσυχο Σύστημα Τηλεπικοινωνίας.	σελ.118
II. Φερέσυχο (Φ/Σ).	σελ.120
III. Συσκευή Τηλεπροστασίας.	σελ.121
IV. Συσκευή Τηλεφωνίας.	σελ.122
V. MODEM.	σελ.122
VI. RTU.	σελ.123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. “Μονωτικά μέσα (Στερεά, Υγρά, Αέρια, Κενό)”.	σελ.125
I. Γενικά περί Μονωτικών μέσων.	σελ.125
II. Στερεά υλικά μόνωσης.	σελ.126
III. Υγρά υλικά μόνωσης.	σελ.128
IV. Αέρια μονωτικά.	σελ.129
V. Το Κενό ως μονωτικό.	σελ.131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 “Μέτρα Ασφαλείας στους Υ/Σ Υ.Τ.”.	σελ.134
I. Γενικά περί μέτρων ασφαλείας.	σελ.134
II. Βασικοί κανόνες πρόληψης των ατυχημάτων.	σελ.134
III. Περιγραφή πιθανών κινδύνων στους χώρους των Υ/Σ.	σελ.135
IV. Μέτρα προστασίας αντιμετώπισης των κινδύνων ατυχήματος σε Υ/Σ	σελ.137
Επίλογος.	σελ.140
Βιβλιογραφία.	σελ.141

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.

- Αεροδιακόπτης **(Α/Δ)**.
- Αεριοδιακόπτης **(ΑΕ/Δ)**.
- Αλεξικέραυνο **(Α/Ξ)**.
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας **(ΑΠΕ)**.
- Αντίσταση Ουδετέρου **Κόμβου (ΑΟΚ)**.
- Αποζεύκτης **(Α/Ζ)**.
- Αποζεύκτης Γειώτης **(Α/ΖΓ)**.
- Αυτομετασχηματιστής **(ΑΜ/Σ)**.
- Βοηθητικός Μ/Σ Εσωτερικής Υπηρεσίας **(ΒΜ/Σ)**.
- Γραμμές Μεταφοράς **(Γ.Μ)**.
- Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού **(ΔΕΗ)**.
- Διαφορική Προστασία **(Δ/Φ Προστασία)**.
- Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας **(ΔΕΣΜΗΕ)**.
- Διακόπτης Ισχύος **(Δ.Ι)**.
- Διακόπτης Κενού **(Δ/Κ)**.
- Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα **(ΕΔΣ)**.
- Ελαιοδιακόπτης **(Ε/Δ)**.
- Ηλεκτρική Ενέργεια **(Η.Ε.)**.
- Ηλεκτρομηχανολογικός **(Η/Μ)**.
- Ηλεκτρονόμοι **(Η/Ν)**.
- Ηλεκτρονόμοι Υπερέντασης **(Η/ΝΥ)**.
- Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης **(ΚΥΤ). (400/150KV)**.
- Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας **(ΚΕΕ)**.
- Μέσα Ατομικής Προστασίας **(ΜΑΠ)**.
- Μέση Τάση (Μ.Τ.). **(21-15KV)**.

- Μετασχηματιστής Έντασης **(Μ/ΣΕ)**.
- Μετασχηματιστής **(Μ/Σ)**.
- Μετασχηματιστής Τάσης **(Μ/ΣΤ)**.
- Πυκνωτής Ζεύξης **(Π/Ζ)**.
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας **(ΡΑΕ)**.
- Στοιχεία 2008 **(στ. 2008)**.
- Σύστημα Μεταφοράς **(Σ.Μ.)**.
- Union pour la coordination du Transport de l' Electricite **(UCTE)**.
- Υποσταθμός **(Υ/Σ)**.
- Υψηλή Τάση **(ΥΤ)** (150KV).
- Χαμηλή Τάση **(Χ.Τ.)**.
- Χειριστής- Επιτηρητής **(Χ-Ε)**.
- Χωρητικός Καταμεριστής Τάσης **(ΧΚΤ)**.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η δραστηριότητα της Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι η μέχρι σήμερα τουλάχιστον, μονοπωλιακή ρυθμιζόμενη δραστηριότητα της ΔΕΗ Α.Ε., η οποία έχει σκοπό την εξυπηρέτηση των χρηστών του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πελάτες της Μεταφοράς είναι οι παραγωγοί ΔΕΗ και ιδιώτες καθώς επίσης και η Εμπορία της Διανομής.

Η Μεταφορά ιδιοκτησιακά ανήκει στη ΔΕΗ και συμπεριλαμβάνει κύρια τις Γραμμές Μεταφοράς Υψηλής και υπερυψηλής τάσης, τις Διεθνείς Διασυνδέσεις, τους Υ/Σ Υψηλής Τάσης, και τα ΚΥΤ (κέντρα υπερυψηλής τάσης).

Η διαχείριση και λειτουργία του Συστήματος Μεταφοράς γίνεται από το ΔΕΣΜΗΕ.

Εμείς στην συνέχεια θα ασχοληθούμε ακροθιγώς με το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Υ.Τ. και κύρια με τους Υ/Σ Υ.Τ. 150/21KV ή Υ/Σ Υποβιβασμού όπως ονομάζονται λόγω του υποβιβασμού της τάσης που γίνεται από τους Μετασχηματιστές Ισχύος.

Ειδικότερα θα αναφερθούμε στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των Υ/Σ, και γενικότερα στη χρήση των Υ/Σ και των λοιπών εμπλεκόμενων δραστηριοτήτων που έχουν να κάνουν με τους Υ/Σ.

Το θέμα είναι πάρα πολύ μεγάλο, γι' αυτό θα προσπαθήσουμε συνεπτυγμένα μεν, αλλά εμπειριστατωμένα, να ανταποκριθούμε όσο περισσότερο μπορούσαμε, προκειμένου να δώσουμε μια ολοκληρωμένη και σαφή εικόνα των Υ/Σ Μεταφοράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

*“ Σκοπός και Ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφο-
ράς, Χαρακτηριστικά και κύρια τμήματα αυτού.”*

1. Σκοπός και Ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς, Χαρακτηριστικά και κύρια τμήματα αυτού.

I. Γενικά περί του Συστήματος Μεταφοράς.

Το σύνολο των εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της Η.Ε., ονομάζεται Σύστημα.

Το εν λόγω Σύστημα περιλαμβάνει:

-Τους **σταθμούς παραγωγής** στους οποίους οι διάφορες μορφές ενέργειας, όπως θερμική, υδραυλική, αιολική, πυρηνική κ.λ.π., μετατρέπονται σε ηλεκτρική.

-Τις **γραμμές μεταφοράς**, που αποτελούνται από τα δίκτυα υπερευψηλής τάσης 400kV, και τα δίκτυα υψηλής τάσης 150kV, που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς των κέντρων κατανάλωσης (σχήμα 1 και 3).

-Τα **κέντρα υπερευψηλής τάσης**, και τους **υποσταθμούς** ανυψώσεως και υποβιβασμού όπου η τάση αντίστοιχα, ανυψώνεται ή υποβιβάζεται μέσω των μετασχηματιστών ισχύος και στη συνέχεια προωθείται προς τις διατάξεις της μέσης τάσης του Υ/Σ.

-Τις **διεθνείς διασυνδέσεις** με τις γειτονικές χώρες όπου συνδέουν το Ελληνικό Σύστημα με το Ευρωπαϊκό Σύστημα Μεταφοράς (UCTE), και από τις οποίες εισάγεται ή εξάγεται Ηλεκτρική Ενέργεια (σχήμα 2).

-Τις **γραμμές διανομής** που αποτελούνται από τα δίκτυα της μέσης τάσης (Μ.Τ.), τάσης 21kV, που έχουν σκοπό τη διανομή της Η.Ε. στους καταναλωτές, άμεσα στη μέση τάση των 21kV ή υποβιβάζοντάς την στη χαμηλή τάση (220/380 V).

Το τμήμα του Συστήματος που αποτελείται από τα Κέντρα Υπερευψηλής Τάσης, (Κ.Υ.Τ.) τους Υποσταθμούς (Υ/Σ) ανυψώσεως και υποβιβασμού, του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας μας, αλλά και τις Διεθνείς Διασυνδέσεις κατάλληλα διασυνδεδεμένα μεταξύ τους με Γραμμές Μεταφοράς (Γ.Μ.) καθώς και το διασυνδεδεμένο με αυτό δίκτυο των νησιών, στα επίπεδα της τάσης των 150kV και 66kV, καλείται **Σύστημα Μεταφοράς (Σ.Μ.)** και είναι αρμοδιότητα σχεδιασμού και ανάπτυξης του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) (σχήμα 4).

Στο παραπάνω Σύστημα Μεταφοράς, δεν περιλαμβάνονται τα ανεξάρτητα Συστήματα Μεταφοράς των νησιών (Κρήτης, Ρόδου, Λέσβου, Σάμου), όπου ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των είναι αρμοδιότητα του Διαχειριστή Δικτύου της ΔΕ.Η.).

Σκοπός της λειτουργίας του Συστήματος Μεταφοράς, είναι η μεταφορά της Η.Ε. με ασφάλεια, από τις απομακρυσμένες τοποθεσίες που είναι εγκατεστημένος ο εξοπλισμός των Σταθμών Παραγωγής στις περιοχές όπου εμφανίζεται συγκεντρωμένη η κατανάλωση, όπως οι βιομηχανικές περιοχές, τα αστικά κέντρα και οι περιοχές με έντονη γεωργική ή τουριστική εκμετάλλευση.

Κύριο **χαρακτηριστικό** του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος είναι η μεγάλη συγκέντρωση των Σταθμών Παραγωγής στο βόρειο τμήμα της χώρας (Δυτική Μακεδονία), ενώ το κύριο κέντρο κατανάλωσης βρίσκεται στο Νότιο τμήμα της χώρας (περιοχή Αττικής). Δεδομένου ότι και οι διεθνείς διασυνδέσεις με Βουλγαρία και ΠΓΔΜ είναι στο Βορρά, υπάρχει γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και φορτίων. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ισχύος κατά το γεωγραφικό άξονα Βορρά – Νότου, η οποία εξυπηρετείται κυρίως από έναν κεντρικό κορμό 400kV, αποτελούμενο από τρεις γραμμές μεταφοράς 400kV διπλού κυκλώματος. Οι γραμμές αυτές συνδέουν το κύριο κέντρο παραγωγής Η.Ε. (Δυτική Μακεδονία), με τα Κ.Υ.Τ. που βρίσκονται περίξ της ευρύτερης περιοχής της Ελληνικής Πρωτεύουσας (περιοχή Αττικής). Η μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης Η.Ε. είχε οδηγήσει στο παρελθόν σε σημαντικά προβλήματα τάσεων.

Παρακάτω δίνονται σε πίνακα, (πίνακας 1), στοιχεία αιχμής φορτίου της 10ετίας 1997-2007, που αφορούν το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Η.Ε.



Σχήμα 1. ΓΡ.Υ.Τ. 2πλού κυκλώματος. Στην κορυφή του πυλώνα ο αγωγός Γης.

Εξέλιξη της ετήσιας αιχμής φορτίου στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα Η.Ε.
της 10ετίας 1997-2007.

ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΑΙΧΜΗ (MW) (1)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΟ ΕΤΟΣ(%)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ		
			10ΕΤΙΑ 1998-2007	5ΕΤΙΑ 2003-2007	3ΕΤΙΑ 2005-2007
1997	6703		4,7%		
1998	7370	9,95			
1999	7364	-0,08			
2000	8529	15,82			
2001	8598	0,81			
2002	8924 9100(2)	5,84		5,1%	6,5%
2003	9042 9112(2)	0,13			
2004	9370(3) 9600(4)	5,36			
2005	9635 9800(2)	2,08			
2006	9961	1,64			
2007	10610 11110(2)	11,53			

Πίνακας 1

(στ.2008)

(1) Συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες Μεταφοράς

(2) Έγιναν συμφωνημένες περικοπές τουλάχιστον 150 MW το 2002, 70 MW το 2003, 165 MW το 2005 και 500 MW το 2007

(3) Αναφέρεται στην ώρα του Black-Out στις 12/7/2004, 12:39 μμ

(4) Εκτίμηση ΔΕΣΜΗΕ για την αιχμή του 2004 (αν δεν συνέβαινε το Black-Out)

Στην κατεύθυνση αντιμετώπισης του παραπάνω προβλήματος, με δεδομένο επίσης, ότι η μεγίστη ζήτηση (αιχμή φορτίου) του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς ανήλθε σε 1.0610MW την 23^η Ιουλίου 2007, έχουν ληφθεί κατάλληλα μέτρα, τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.

-Τοποθέτηση διατάξεων αντιστάθμισης αέργου ισχύος σε επίπεδο μέσης και υψηλής τάσεως στους Υ/Σ του Συστήματος Μεταφοράς της τάξεως των 1100Μναρ, στοιχεία 2008 (στ.2008).

Επίσης αντιστάθμιση αέργου ισχύος σε επίπεδο Διανομής καθώς και σε εγκαταστάσεις μεγάλων καταναλωτών και σε Δημόσια κτήρια.

-Βελτίωση της συνεκτικότητας μεταξύ του Συστήματος Η.Ε. στα 400kν και του Συστήματος Η.Ε. στα 150kν με την εγκατάσταση οκτώ (8) νέων Αυτομετασχηματιστών (ΑΜ/Σ) 400/150kν, συνολικής ονομαστικής ισχύος 220ΜVA.

-Κατασκευή 450km νέων κυκλωμάτων μεταφοράς καθώς και πόντιση 20km υποβρυχίων καλωδίων.

-Κατασκευή εννέα (9) νέων σημαντικών Υ/Σ Μεταφοράς.

-Βελτίωση και ρύθμιση των ΑΜ/Σ του Σ.Μ. και της αέργου ισχύος των Μονάδων Παραγωγής.

-Εγκατάσταση λογισμικού και υψηλής τεχνολογίας συστημάτων προστασίας που επιτρέπουν την ασφαλή λειτουργία του Σ.Μ. κοντά στα όρια εκτάκτων περιπτώσεων.

-Σημαντικές ενισχύσεις στο Σύστημα Παραγωγής υπήρξαν επίσης , η ένταξη μονάδων ταχείας εκκίνησης (αεριοστρόβιλοι), ονομαστικής ισχύος 148MW, δύο μονάδων συμβατικών μονάδων συνδυασμένου κύκλου ονομαστικής ισχύος 780MW, καθώς και η χρησιμοποίηση στους καλοκαιρινούς μήνες, μισθωμένες μονάδες diesel συνολικής ισχύος 60MW στην Πελοπόννησο.

Οι κύριοι παράγοντες που επιδρούν στη **διαμόρφωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας** στη χώρα σε μεσομακροπρόθεσμη βάση είναι οι εξής:

1. Η οικονομική ανάπτυξη της χώρας (με δείκτη μέτρησης το ΑΕΠ),
2. Οι αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες (κλιματισμός, χρήση ηλεκτρισμού στις μεταφορές, χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, κ.λ.π.) λόγω βελτίωσης βιοτικού επιπέδου, αλλά και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης συγκεκριμένων πληθυσμιακών ομάδων (π.χ. οικονομικοί μετανάστες).
3. Η γενικότερη κατάσταση του ενεργειακού τομέα και της αγοράς ηλεκτρισμού (επίπεδο τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, ανταγωνισμός με Φυσικό Αέριο, κ.λ.π.).
4. Ειδικές συνθήκες (π.χ. υλοποίηση έργων Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης).
5. Διάφορα μέτρα εξειδίκευσης πολιτικών όπως εξοικονόμηση ενέργειας, περιβαλλοντικοί περιορισμοί, κ.λ.π.

Οι προβλέψεις του Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) για την εξέλιξη της ζήτησης ενέργειας και ισχύος (πίνακας 2) στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ΕΔΣ) κατά την δεκαετία (2010-2020) βασίζονται σε:

- Ιστορικά στοιχεία ζήτησης Ενέργειας και Ισχύος στο ΕΔΣ.
- Δημοσιευμένες προβλέψεις που έχουν εκπονηθεί από άλλους αρμόδιους φορείς και αφορούν σε:
 - μεσοπρόθεσμες (χρονικός ορίζοντας 3 ετών) προβλέψεις του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος της χώρας (ΥΠ.ΕΘ.Ο.).
 - μακροπρόθεσμες (χρονικός ορίζοντας 10 ετών) προβλέψεις ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο ΕΔΣ (ΡΑΕ).
 - μεσοπρόθεσμες (χρονικός ορίζοντας 5 ετών) προβλέψεις ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των πελατών μέσης και χαμηλής τάσης της ΔΕΗ, η οποία αποτελεί τον κύριο Προμηθευτή που δραστηριοποιείται στη χώρα μας αυτή τη στιγμή, με μεγάλο μερίδιο αγοράς (ΔΕΗ).

Προβλέψεις ζήτησης ενέργειας και αιχμής τα έτη (2010-2020).

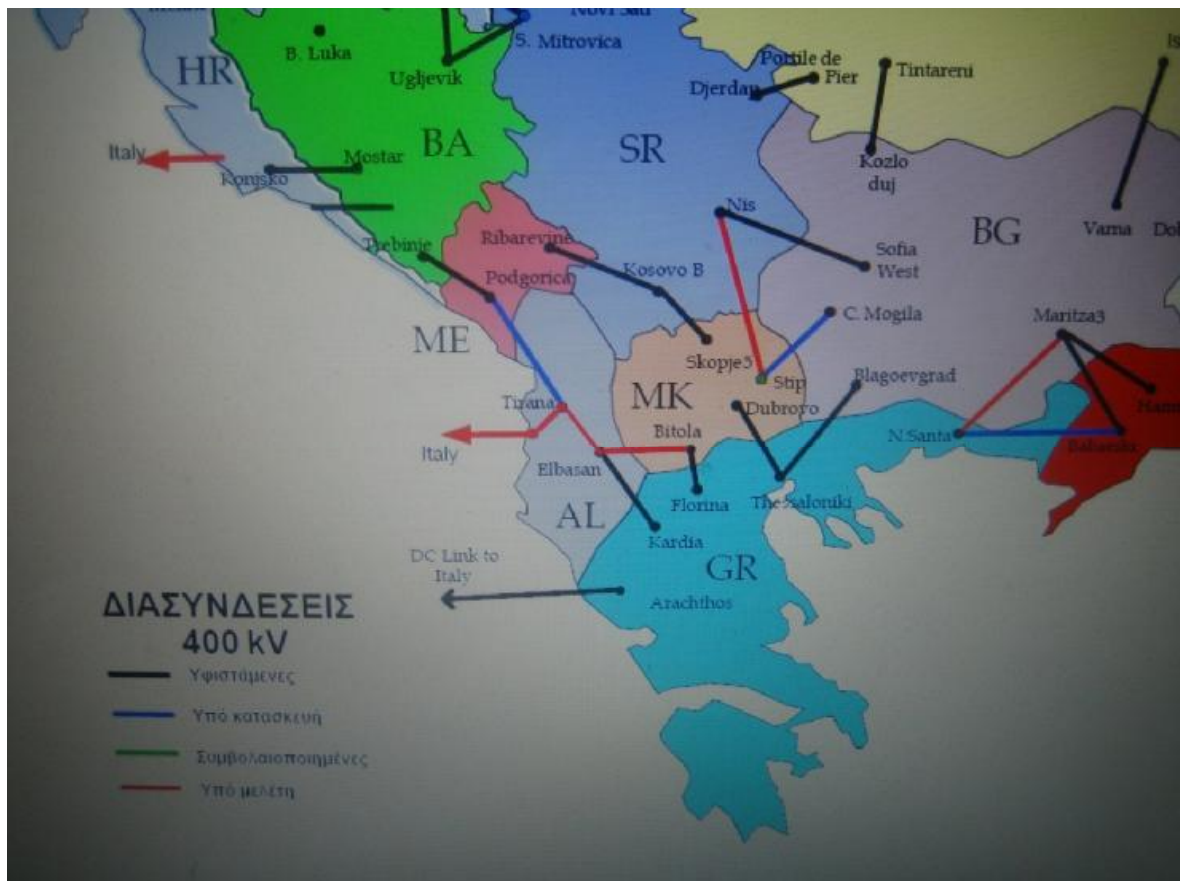
ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΤΟΣ	ΦΟΡΤΙΟ ΑΙΧΜΗΣ (MW)			ΖΗΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh)		
	ΗΠΙΟ	ΒΑΣΙΚΟ	ΑΚΡΑΙΟ	ΗΠΙΟ	ΒΑΣΙΚΟ	ΑΚΡΑΙΟ
2010	10910	11400	12110	59340	60210	61090
2011	11150	11660	12380	60820	62020	63230
2012	11400	11900	12640	62340	63880	65440
2013	11650	12170	12900	63900	65800	67730
2014	11900	12420	13170	65500	67770	70100
2015	12150	12675	13435	67130	69800	72560
2016	12390	12930	13700	68810	71900	75100
2017	12640	13180	13970	70530	74050	77720
2018	12880	13440	14230	72300	76270	80450
2019	13130	13700	14500	74100	78560	83260
2020	13380	13950	14770	75960	80920	86170

Πίνακας 2

(στ.2008)

Το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί παράλληλα και σύγχρονα με τα Ευρωπαϊκά δίκτυα της UCTE. Η παράλληλη λειτουργία επιτυγχάνεται μέσω τεσσάρων κυρίων διασυνδετικών Γ.Μ. 400kV που συνδέουν το Ελληνικό Σύστημα με τα Συστήματα της Αλβανίας, της Βουλγαρίας και της ΠΓΔΜ (FYROM). Το θέρος του 2007 τέθηκε σε λειτουργία η νέα (2η) διασυνδετική Γ.Μ. 400kV με την ΠΓΔΜ, ενώ ολοκληρώθηκε το 2008 και η κατασκευή της διασυνδετικής Γ.Μ. 400kV με την Τουρκία.

Επίσης, υφίσταται και μία διασυνδετική Γ.Μ. 150kV με την Αλβανία, ελάχιστος όμως σημασίας. Επιπροσθέτως, από το 2002 λειτουργεί η καινούργια διασύνδεση Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.) 400kV (ασύγχρονη σύνδεση AC-DC-AC) με την Ιταλία. Η διασύνδεση αυτή καταλήγει στο ΚΥΤ Αράχθου (Βορειοδυτική Ελλάδα) μέσω γραμμής μεταφοράς συνεχούς ρεύματος. (Σχήμα 2)



Σχήμα 2.

(στ.2008)

Σχηματικό Διάγραμμα των Διασυνδεδεμένων Συστημάτων της Ν. Βαλκανικής Περιοχής.

II. Υφιστάμενα τμήματα του Συστήματος Μεταφοράς.

Τα κύρια υφιστάμενα τμήματα του Συστήματος Μεταφοράς κατά κατηγορία είναι τα παρακάτω (στ.2008):

-200 Υ/Σ υποβιβασμού 150kV / Μέσης Τάσης. Από αυτούς οι 162 Υ/Σ εξυπηρετούν τις ανάγκες των πελατών του Δικτύου Διανομής. Οι 19 Υ/Σ είναι συνδεδεμένοι με Υ/Σ ανυψώσεως στα 150kV παραγωγής Η.Ε. της ΔΕΗ και Υ/Σ ΑΠΕ. 14 Υ/Σ τροφοδοτούν τις ανάγκες του Δικτύου Διανομής στην περιοχή Αττικής, και 5 Υ/Σ χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση των φορτίων Ορυχείων, παραγωγής λιγνίτη, τροφοδότησης των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής. 15 Υ/Σ για την υποδοχή της ισχύος αιολικών πάρκων (Α/Π), εκ των οποίων οι Υ/Σ Καρύστου, Λιβαδίου και Αργυρού εξυπηρετούν παράλληλα και φορτία Διανομής (συμπεριλαμβάνονται στους παραπάνω 200 Υ/Σ υποβιβασμού της ΔΕΗ).

-25 Υ/Σ ανυψώσεως Μ.Τ./150kV είναι εγκατεστημένοι στους ακόλουθους Σταθμούς Παραγωγής της ΔΕΗ (στ.2008):

7 Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί (Κομοτηνής, Πτολεμαΐδας, Αλιβερίου, Μεγαλόπολης I και II, Αγ. Γεωργίου και Λαυρίου).

18 Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (Θησαυρού, Πλατανόβρυσης, Άγρα, Εδεσσαίου, Πολυφύτου, Ασωμάτων, Μακροχωρίου, Σφηκιάς, Ν.Πλαστήρα, Γκιώνας, Πηγών Αώου, Λούρου, Πουρναρίου I και II, Καστρακίου, Κρεμαστών, Στράτου, Λάδωνα).

-1 Υ/Σ ανυψώσεως στο Σταθμό Παραγωγής της εταιρείας ΗΡΩΝ Θερμοηλεκτρική Α.Ε. στη Βοιωτία. Οι μονάδες παραγωγής του εν λόγω σταθμού συνδέονται στα 150 kV μέσω Μ/Σ ανυψώσεως ΜΤ/150kV. (στ.2008).

- 29 Υ/Σ υποβιβασμού 150kV/ΜΤ που εξυπηρετούν τις εγκαταστάσεις των μεγάλων Πελατών Υψηλής Τάσης. (στ.2008).

-12 Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ) αποτελούν τα σημεία σύνδεσης του Συστήματος 400kV με το Σύστημα 150kV και εξυπηρετούν ανάγκες απομάστευσης ισχύος προς το Σύστημα 150 kV. Τα παραπάνω 12 ΚΥΤ, περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους αυτομετασχηματιστές (ΑΜ/Σ) τριών τυλιγμάτων 400kV/150kV/30kV(στ.2008). Το πλήθος των ΚΥΤ και των εγκατεστημένων σε αυτά ΑΜ/Σ έχει σημασία, όχι μόνο για την εξασφάλιση της τροφοδότησης των φορτίων, αλλά και για τη στήριξη των τάσεων και την παροχή αέργου ισχύος προς το Σύστημα 150kV.

Επιπλέον, υπάρχουν 6 ΚΥΤ (που δεν συμπεριλαμβάνονται στα προαναφερόμενα 12), τα οποία είναι εγκατεστημένα πλησίον των ομωνύμων σταθμών παραγωγής και εξυπηρετούν παράλληλα (ΚΥΤ Αμυνταίου, Καρδιάς, Λαυρίου) ή αποκλειστικά (Αγ. Δημητρίου, Μελίτης, ΕΝΘΕΣ) ανάγκες ανύψωσης τάσης από τις μονάδες παραγωγής προς το Σύστημα 400kV.

-Στο Σύστημα υπάρχουν Γραμμές Μεταφοράς υψηλής τάσης (150 kV) και υπερυψηλής τάσης (400 kV) (Σχήμα 1 και 3), διαφόρων ειδών και τύπων. (Πίνακας 3.) Παρακάτω καταγράφουμε στον πίνακα 3, βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία Γραμμών Μεταφοράς Η.Ε. του Συστήματος Μεταφοράς της πατρίδας μας.

Συνολικά μήκη εναέριων Γραμμών Μεταφοράς (Γ.Μ.) του Συστήματος.

ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΑΣΗΣ (kv)	ΚΥΚΛΩΜΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ Γ.Μ.	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (km)
66	ΑΠΛΟ	Ε/66	40

150	ΑΠΛΟ	E/150	2590
150	ΑΠΛΟ	B/150	2020
150	ΔΙΠΛΟ	2B(E)/150	215
150	ΔΙΠΛΟ	2B/150	6065
400	ΑΠΛΟ	B'B'/400	210
400	ΔΙΠΛΟ	2B'B'/400	3415
400	ΑΠΛΟ	B'B'B'/400	285

(στ.2010)

Πίνακας 3.

Ο χαρακτηρισμός της Γραμμής Μεταφοράς αφορά τον τύπο της Γραμμής (ελαφρού ή βαρέος ή υπερβαρέος τύπου, E, B και B' αντίστοιχα), τον αριθμό των κυκλωμάτων (το 2 υποδηλώνει γραμμή διπλού κυκλώματος) ενώ το B'B' στο χαρακτηρισμό των γραμμών 400kV αναφέρεται στη χρησιμοποίηση 2 αγωγών, στερεωμένων σε μικρή απόσταση μεταξύ τους ανά φάση (και κύκλωμα). Όλοι οι αγωγοί είναι τύπου ACSR.

Εκτός των ανωτέρω εναερίων Γ.Μ., στο Σύστημα υπάρχουν:

- 232 km υπογείων και υποβρυχίων καλωδίων 150 kV
- 4 km υπογείων καλωδίων 400 kV (ΕΝΘΕΣ – ΚΥΤ Θεσσαλονίκης)
- 13,5 km υποβρυχίων καλωδίων 66 kV (Ηγουμενίτσα – Κέρκυρα)
- 106 km εναέριας γραμμής και 160 km υποβρυχίου καλωδίου 400 kV Σ.Ρ.

για τη διασύνδεση με την Ιταλία

- 190 km υπογείων καλωδίων 150 kV για τη μεταφορά ισχύος εντός των πυκνοκατοικημένων περιοχών της Πρωτεύουσας και της Θεσσαλονίκης.

Τα δίκτυα του Συστήματος Μεταφοράς Η.Ε. διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στα ακτινώτα ή ανοικτά και στα βροχοειδή ή κλειστά.

Σήμερα η Δ.Ε.Η. χρησιμοποιεί στο Ηπειρωτικό Σύστημα Μεταφοράς Η.Ε. κατά κύριο λόγο τα βροχοειδή ή κλειστά δίκτυα, παρά του αυξανόμενου κόστους κατασκευής τους, για τους παρακάτω πλεονεκτικούς λόγους.

Παρέχουν εναλλακτικές λύσεις για αδιάλυτη παροχή Ηλεκτρικής Ενέργειας στους καταναλωτές .

Έχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά στην τάση (μικρότερη πτώση τάσης) λόγω των διασυνδέσεων.

Οι αγωγοί των Γραμμών (ΓΡ), μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η μεταφορά της Η.Ε., στα δίκτυα Μεταφοράς είναι χωρίς μόνωση και κατασκευάζονται από χαλκό, αλουμίνιο ή αλουμίνιο-χάλυβα (ACSR). Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από άλλα υλικά και κράματα. Οι αγωγοί που βρίσκονται σήμερα στις (ΓΡ) Μεταφοράς Υ.Τ. της Δ.Ε.Η. είναι κατά κύριο λόγο αγωγοί (ACSR).

Οι αγωγοί (ACSR) είναι αγωγοί με πολλούς κλώνους που στη ψυχή των (στο εσωτερικό δηλαδή) αποτελούνται από κλώνους με γαλβανισμένο χάλυβα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η μηχανική αντοχή του αγωγού.

Έτσι λοιπόν οι κλώνοι του χάλυβα αναλαμβάνουν την μηχανική αντοχή του αγωγού και οι κλώνοι του αλουμινίου αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι αγωγοί ACSR έχουν περίπου 50% μεγαλύτερη αντοχή από τους αγωγούς Χαλκού και είναι 20% ελαφρότεροι για ισοδύναμο διατομή αγωγού χαλκού, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται στις ΓΡ. Μεταφοράς σε μεγαλύτερο άνοιγμα των πυλώνων, με ότι αυτό συνεπάγεται οικονομικά, για φθηνότερη δηλαδή κατασκευή.

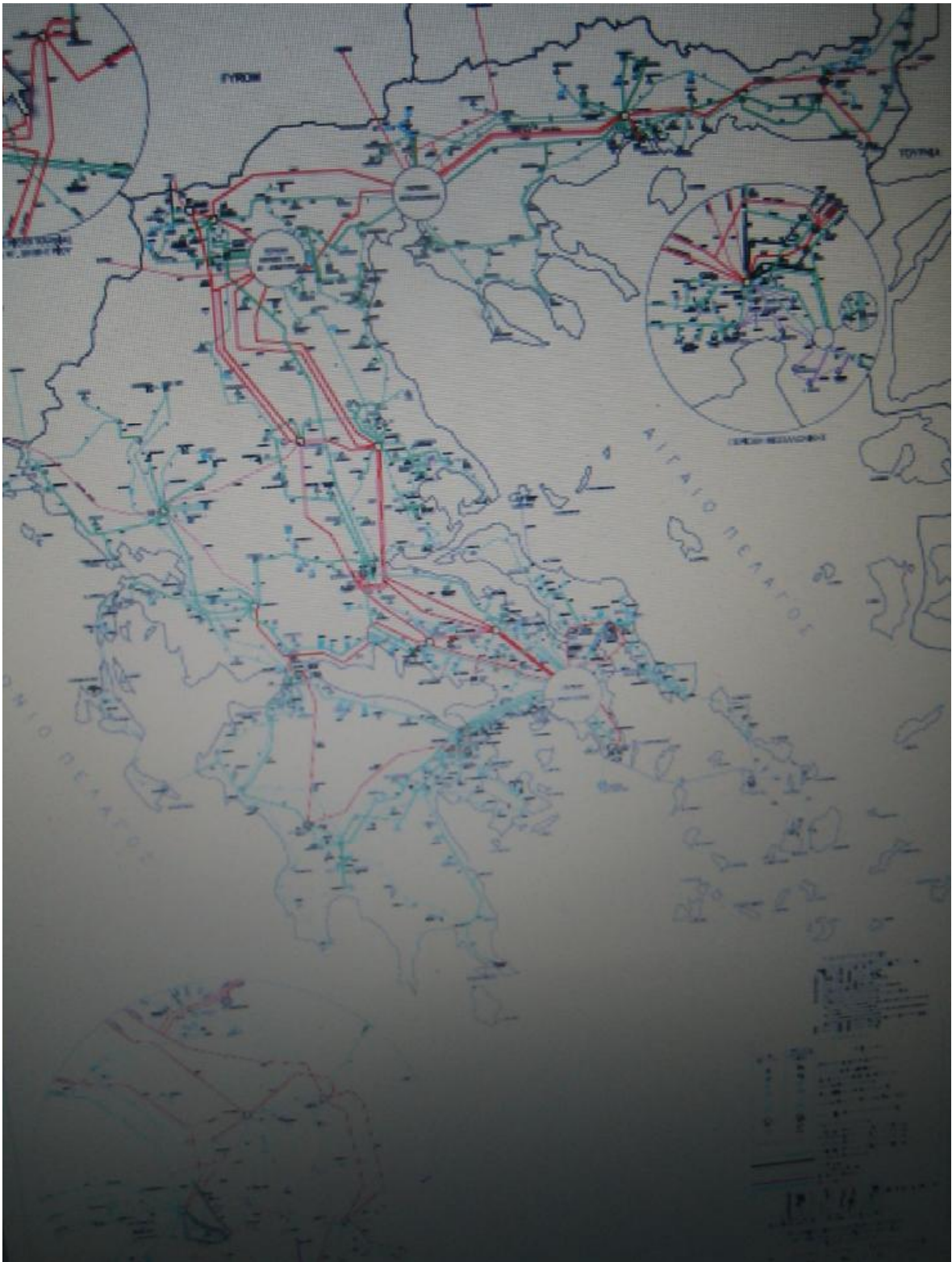
Επίσης το αλουμίνιο είναι φθηνότερο και οι αγωγοί αυτοί παρουσιάζουν λιγότερες απώλειες λόγω του φαινομένου corona, γιαυτό και όπως προείπαμε η Δ.Ε.Η. τους χρησιμοποιεί κατά κόρο.

Οι εναέριες Γραμμές υποστηρίζονται από πυλώνες (σχήμα 3) εκ χάλυβος ανά 400-500 μέτρα. Οι αγωγοί είναι μονωμένοι από τους γειωμένους πυλώνες με μονωτήρες από πορσελάνη ή γυαλί ή τελευταία από σύνθετο υλικό (καουτσούκ η σιλικόνη).

Το συνολικό μήκος των μονωτήρων εξαρτάται από τη τάση της γραμμής, από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, τις περιοχές που βρίσκονται πλησίον παραθαλάσσιων ακτών καθώς και την βιομηχανική ανάπτυξη της περιοχής που είναι αναπτυγμένη η Γραμμή.



Σχήμα 3. Γραμμές Μεταφοράς ΥΥΤ (400kV), Διπλού κύκλώματος.



Σχήμα 4.
Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Η.Ε. 2008-2012.

-Βασικό ακόμη υφιστάμενο τμήμα στο Σύστημα Μεταφοράς είναι και οι διατάξεις αντιστάθμισης άεργου ισχύος.

Οι ανάγκες για αντιστάθμιση άεργου ισχύος καλύπτονται με την εγκατάσταση συστοιχιών πυκνωτών και πηνίων. Συγκεκριμένα, για την τοπική στήριξη των τάσεων στους Υ/Σ 150kV/21kV., χρησιμοποιούνται συστοιχίες πυκνωτών που εγκαθίστανται κυρίως στους ζυγούς Μ.Τ. (21kV) των Υποσταθμών.

Επιπρόσθετα, εγκαθίστανται συστοιχίες πυκνωτών στα 150kV σε Υ/Σ και ΚΥΤ. Συνολικά, όπως αναφέραμε και παραπάνω έχουν εγκατασταθεί 1100 Μvar χωρητική ισχύς σε επίπεδο Μέσης και Υψηλής Τάσης, καθώς και σημαντική αντιστάθμιση σε Δημόσια κτίρια. Το πρόγραμμα εγκατάστασης εξοπλισμού αντιστάθμισης άεργου ισχύος συνεχίζεται και σήμερα, σε έντονο ρυθμό, από πλευράς ΔΕΗ.

-Διεθνείς Διασυνδέσεις (Σχήμα 2).

Από τον Οκτώβριο του 2004 το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί σύγχρονα και παράλληλα με το σύστημα της Ευρώπης, UCTE (Union pour la Coordination du Transport de l' Electricité) μέσω διασυνδετικών Γ.Μ. 400 και 150 kV με τα Συστήματα Αλβανίας, Βουλγαρίας και ΠΓΔΜ. Επιπλέον, το Ελληνικό Σύστημα συνδέεται ασύγχρονα (μέσω υποβρυχίου συνδέσμου συνεχούς ρεύματος) με την Ιταλία.

Τα όρια του Συστήματος Μεταφοράς Η.Ε. καθορίζονται, από την πλευρά των Μονάδων Παραγωγής, το διακοπτικό στοιχείο της Υ.Τ. των Μετασχηματιστών (Μ/Σ) ισχύος ανύψωσης των αντίστοιχων Μονάδων, και από την πλευρά του Δικτύου Διανομής, το διακοπτικό στοιχείο της Υ.Τ. των Μετασχηματιστών (Μ/Σ) ισχύος υποβιβασμού στους Υ/Σ 150kV/15-21kV.

III.Κύρια χαρακτηριστικά του Συστήματος Μεταφοράς 150kV.

Ονομαστική τάση του Συστήματος	:	150 kV
Κανονική τάση Λειτουργίας	:	165 kV
Μεγίστη τάση Λειτουργίας	:	170 kV
Ελαχίστη τάση Λειτουργίας	:	140 kV
Ονομαστική Συχνότητα	:	50 Hz
Μεταβολές Συχνότητας (Σε κανονικές συνθήκες)	:	± 0,05 Hz
Μεταβολές Συχνότητας (Σε έκτακτες συνθήκες ανάγκης)	:	+ 0,05 Hz έως - 3 Hz
Ονομαστικό ρεύμα ζυγών 150kV	:	1000 A

Ονομαστικό ρεύμα γραμμής 150kv	:	1000 A
Στάθμη Σφάλματος	:	30 kA
Διάρκεια Σφάλματος	:	0,5 sec
Ονομαστική αντοχή ατμοσφαιρικών κρουστικών Υπερτάσεων (1,2/50 μ s. Για τον Υ/Σ)	:	750 kv
Αντοχή σε Υπέρταση Βιομηχανικής συχνότητας	:	325 kv
Ουδέτερος Μ/Σ Υ/Σ	:	Γειωμένος
Ελάχιστο Μήκος ερπυσμού	:	4,00 m
Απόσταση φάσεων στα τερματικά ικριώματα εισόδου ΓΡ.150kv	:	3,50 m
Ελαχίστη απόσταση βάσεων μονωτήρων από το έδαφος	:	2,30 m

Εν κατακλείδι. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το Σύστημα Μεταφοράς Η.Ε. είναι ένα βασικό τμήμα του όλου Συστήματος Παραγωγής και Διακίνησης Η.Ε. και εκτελεί την σπουδαιότερη λειτουργία προκειμένου να μεταφερθεί η Η.Ε. με ασφάλεια στους καταναλωτές. Η ανάπτυξή του Συστήματος Μεταφοράς Η.Ε. όπως διαφαίνεται και στο σχήμα 4, αποτελεί το «νευρικό» σύστημα της χώρας μας στο χώρο της Ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια δέχεται κάθε «shock» που ήθελε προκύψει από σειρά διαφορετικών λόγων που θα αναπτύξουμε σε συνεχόμενο κεφάλαιο. Εξ αυτών λοιπόν, προκύπτει η μεγάλη φροντίδα, μελέτη, και ανάπτυξη που με ενδιαφέρον δείχνουν οι υπηρεσίες της ΔΕΗ, ώστε το Σύστημα Μεταφοράς Η.Ε. να ανταποκρίνεται στις υποχρεώσεις του, που είναι η εύρυθμη και απρόσκοπτη λειτουργία του Συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

*“ Σκοπός Χρήση και Περιγραφή
των Υ/Σ Υ.Τ.150/21-15kV ”*

2. Σκοπός Χρήση και Περιγραφή των Υ/Σ 150/21-15kv.

I. Γενικά περί Υ/Σ Μεταφοράς Η.Ε.

Οι Υποσταθμοί (Υ/Σ) Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.) αποτελούνται από το σύνολο του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που βρίσκεται εγκατεστημένος στην ίδια θέση με σκοπό το μετασχηματισμό των χαρακτηριστικών της ηλεκτρικής ενέργειας, την κατανομή, την διανομή της Η.Ε. και τη σύνδεση δύο ή περισσότερων ηλεκτρικών κυκλωμάτων Υ.Τ. μεταξύ των.

Όπως είναι γνωστό, η παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια από τους σταθμούς Ηλεκτρικής Παραγωγής είναι συνήθως στάθμη τάσης 15 ή 20 kv, τάση που για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους (απώλειες Γραμμής $I^2 \cdot R$) δεν είναι δυνατή η μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις.

Γιαυτό η τάση παραγωγής ανυψώνεται με μετασχηματιστές (Μ/Σ) σε Υ.Τ. και μεταφέρεται στους Υ/Σ Υ.Τ. όπου υποβιβάζεται με τους ανάλογους Μ/Σ σε Μέση Τάση (Μ.Τ.) και στη συνέχεια με κατάλληλες διατάξεις διανέμεται στους καταναλωτές της Χ.Τ.

Ο εξοπλισμός των Υ/Σ Υ.Τ. μπορεί να είναι εγκατεστημένος στην ύπαιθρο οπότε έχουμε τους υπαίθριους Υ/Σ, είτε να είναι εγκατεστημένος εντός στεγασμένου χώρου όπου τότε έχουμε τους Υ/Σ εσωτερικού χώρου ή όπως αλλοιώςιακα ονομάζονται Υ/Σ κλειστού τύπου. Οι Υ/Σ κλειστού τύπου παρά του ότι έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής, αποτελούν σήμερα επιλογή προτεραιότητας σε ορισμένες περιπτώσεις, γιατί έτσι αποφεύγεται η οπτική ρύπανσης (καλαισθησία, διαμαρτυρίες της τοπικής κοινωνίας) καθώς επίσης και η εξασφάλιση μεγάλων γηπέδων που απαιτούν οι υπαίθριοι Υ/Σ, έχουν όμως μικρότερο κόστος συντήρησης.

Οι Υποσταθμοί (Υ/Σ) Υψηλής Τάσης ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, τους Υ/Σ ανύψωσης, τους Υ/Σ υποβιβασμού και τους Υ/Σ ζεύξης. Επίσης υπάρχει και η περίπτωση του Υ/Σ που συμπεριλαμβάνει τις δύο ή και τις τρεις κατηγορίες συγχρόνως.

II. Υ/Σ Ανύψωσης. (Σχήμα 5).

Οι Υ/Σ ανύψωσης βρίσκονται πλησίον των σταθμών παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με κύριο σκοπό την ανύψωση της τάσης των 15 ή 21kv που παράγουν οι Γεννήτριες των μονάδων παραγωγής στην Υ.Τ. των 150kv, και η ισχύς των, εξαρτάται από την παραγόμενη ενέργεια του σταθμού.

Τα κύρια και **βασικά μηχανήματα του Υ/Σ ανύψωσης** είναι τα παρακάτω:

- Ο Μετασχηματιστής (Μ/Σ) ισχύος που ανυψώνει την τάση παραγωγής (Μ.Τ.) στην τάση Μεταφοράς, προκειμένου να μεταφερθεί η Ηλεκτρική Ενέργεια στους Υ/Σ υποβιβασμού με τους πλέον τεχνικούς και οικονομικούς τρόπους.
- Ο Διακόπτης Ισχύος (Δ.Ι.) και οι Αποζεύκτες (Α/Ζ) που αποτελούν τα διακοπτικά στοιχεία του εν λόγω Υ/Σ για τη διακοπή της ηλεκτρικής συνέχειας των Γραμμών.
- Οι ζυγοί που αποτελούν το βασικό άξονα του Υ/Σ και χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των ηλεκτρικών φορτίων και τη διακλάδωση των Γραμμών.
- Τα Αλεξικέραυνα (Α/Ξ) που τοποθετούνται εμπρός από τα κύρια μηχανήματα του Υ/Σ, για να τα προστατεύσουν από τις υπερτάσεις, που προκαλούνται από τους κεραυνούς ή τους χειρισμούς των διακοπτικών στοιχείων.
- Οι Μ/Σ Μέτρησης και Προστασίας που συμπεριλαμβάνουν τους Μ/Σ Έντασης και τους Μ/Σ Τάσης, είναι μηχανήματα εγκατεστημένα εντός του Υ/Σ και χρησιμεύουν για τις Μετρήσεις των απαραίτητων ηλεκτρικών μεγεθών αφ' ενός και για την Προστασία των Γραμμών αφ' ετέρου.

ΠΛΗΘΟΣ Υ/Σ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Υ/Σ	ΠΛΗΘΟΣ Υ/Σ
ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΣΕ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	31
ΚΥΤ ΜΕ ΑΜ/Σ	16
ΚΥΤ ΧΩΡΙΣ ΑΜ/Σ	2
ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ	168
ΖΕΥΞΗΣ	1
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΙΔΙΟΠΑΡΑΓΩΓΟ	22
ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΠΕΛΑΤΕΣ Υ.Τ.	38
ΣΥΝΟΛΟ	278

Πίνακας 4.

(στ.2010)

III. Υ/Σ Υποβιβασμού. (Σχήμα 8).

Οι Υ/Σ υποβιβασμού έχουν σαν κύριο προορισμό τους τον υποβιβασμό της Υ.Τ Μεταφοράς (150kV) στην τάση της Διανομής (15 ή 21kV) .

Η περιοχή που θα εγκατασταθεί ο Υ/Σ υποβιβασμού επιλέγεται μετά από ειδική τεchnοοικονομική μελέτη. Βασικά αποφεύγεται η κατασκευή τους εντός των πόλεων για λόγους τεχνικούς, ασφάλειας και καλαισθησίας. Συνήθως κατασκευάζονται

κοντά σε μεγάλα κέντρα κατανάλωσης, όπως μεγάλες πόλεις και βιομηχανικές περιοχές. Ο αριθμός των Υ/Σ υποβιβασμού σε μία ευρύ περιοχή και γενικότερα στο σύνολο του Συστήματος Η.Ε. καθορίζεται από τις ανάγκες τροφοδότησης με Ηλεκτρική Ενέργεια των διαφόρων περιοχών, καθώς και από την εμβέλεια των γραμμών Διανομής που είναι περίπου 70 km.

Σήμερα με τα μέσα που έχουν οι εταιρείες Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας μπορούν να εγκαθιστούν εντός των πόλεων, σε ειδικά κλειστά και ασφαλή κτήρια, Υ/Σ κλειστού τύπου, που αποτελούνται από μηχανήματα που είναι μελετημένα να λειτουργούν σε εσωτερικούς χώρους. Η τροφοδότηση των ανωτέρω Υ/Σ κλειστού τύπου καθώς και η διακίνηση της ενέργειας προς τους καταναλωτές γίνεται με υπόγεια καλώδια.

Επειδή ο κύριος σκοπός της εν λόγω εργασίας είναι να αναπτύξουμε το θέμα Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης 150/21kV, δηλαδή τους Υ/Σ υποβιβασμού, κρίνουμε καλό να αναφερθούμε διεξοδικότερα γι' αυτούς τους Υ/Σ, προσθέτοντας περισσότερες πληροφορίες και στοιχεία προκειμένου να γίνει περισσότερο κατανοητό το θέμα. Συγκεκριμένα:

Η πτώση τάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος, η απώλεια της ισχύος και γενικά το κόστος της ενέργειας που μεταφέρεται, εξαρτάται από την απόσταση μεταφοράς της Η.Ε. Συνεπώς μια ορισμένη τάση μπορεί να εξυπηρετήσει καταναλώσεις που βρίσκονται μέσα σε μια ορισμένη απόσταση. Αν το όριο αυτής της μέγιστης απόστασης ξεπεραστεί, τότε θα πρέπει να αυξηθούν οι διατομές των γραμμών με αποτέλεσμα να καθίσταται αντιοικονομική η κατασκευή της γραμμής. Για το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς της πατρίδας μας έχουν καθορισθεί σαν τάση μεταφοράς τα 400kV, τα 150kV και τα 66kV.

Κατά συνέπεια κατασκευάζουμε Υ/Σ υποβιβασμού, σε μεταξύ τους αποστάσεις τέτοιες, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία των Γραμμών Μεταφοράς, και λαμβάνοντας αυστηρά υπόψη τον περιορισμό που μας παρέχει η οικονομική εμβέλεια ανάπτυξης του Δικτύου Διανομής, στη Μ.Τ. (21kV) που είναι όπως προαναφέραμε τα 70km. Εν κατακλείδι, η εκλογή της ακριβούς θέσης κατασκευής του Υ/Σ υποβιβασμού τάσεως είναι αποτέλεσμα τεχνικοοικονομικής μελέτης που γίνεται από την αρμόδια υπηρεσία της ΔΕΗ (Διεύθυνση Προγραμματισμού), αφού εξετάσει τις απαιτήσεις της Διανομής της ΔΕΗ.

Γενικά οι Υ/Σ στη Χώρα μας, είναι κατασκευής υπαίθριου τύπου και βρίσκονται εγκατεστημένοι έξω από τις πόλεις, που αφ' ενός τα οικόπεδα είναι φθηνά και

αφ' ετέρου μειώνεται ο κίνδυνος για τους κατοίκους που βρίσκονται στις περιοχές που είναι οι Υ/Σ και περνούν οι Γραμμές Μεταφοράς. (Σχήμα 6).



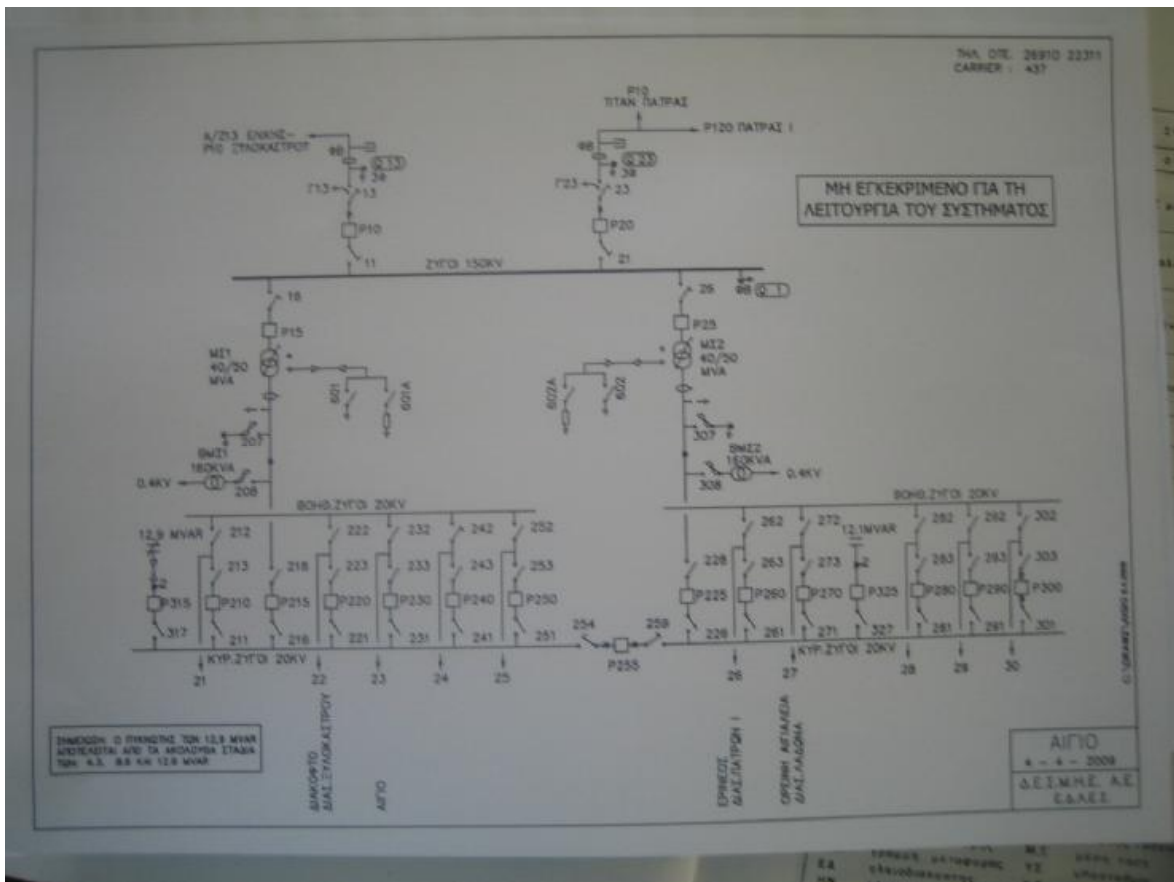
Σχήμα 6. Υπαίθριος Υ/Σ υποβιβασμού.

Στους υπαίθριους Υ/Σ, πέρα από τα μηχανήματα υπαίθρου, υπάρχει και άλλος εξοπλισμός που στεγάζεται σε ειδικά κτήρια, γιατί δεν επιτρέπεται να λειτουργεί στην ύπαιθρο. (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Εξοπλισμός Υ/Σ εντός κτηρίου.

Η Γραμμή Μεταφοράς που τροφοδοτεί έναν Υ/Σ υποβιβασμού, μπορεί να τερματίζει στον Υ/Σ, οπότε η ΓΡ. είναι antenna, συνήθως όμως η ΓΡ. φθάνει στον Υ/Σ, τον τροφοδοτεί με Η.Ε. και ξαναφεύγει για να ενωθεί και με άλλον ΥΣ, επίσης



Σχήμα 8. Μονογραμμικό Διάγραμμα Υ/Σ Υποβιβασμού.

υπάρχει και η πλέον συνηθέστερη περίπτωση που σε έναν Υ/Σ καταφθάνουν και περισσότερες της μιας ΓΡ. και στη συνέχεια να συνδέονται και με άλλους Υ/Σ με τελική κατάληξη Γραμμές και Υ/Σ να αποτελούν βρόγχο.

Στην είσοδο - έξοδο της ΓΡ. στον Υ/Σ τοποθετούνται χειροκίνητοι Αποζεύκτες (Α/Ζ) 150kV με γειωτές για να μπορούν να απομονώνουν πλήρως τον Υ/Σ. Το ηλεκτρικό ρεύμα έρχεται στους Ζυγούς των 150kV που αποτελούνται από σωλήνες χαλκού ή από εύκαμπτους αγωγούς χαλκού ή αλουμινίου. Ένας Υ/Σ μπορεί να έχει μια Πύλη εισόδου-εξόδου στον Υ/Σ ή και περισσότερες, όπως επίσης και κυψέλες Μ/Σ Ισχύος.

Οι Μ/Σ Ισχύος, όπως έχουμε προαναφέρει, έχουν σκοπό τον μετασχηματισμό της τάσης από Υψηλή σε Μέση, είναι το σπουδαιότερο και ακριβότερο μηχάνημα του Υ/Σ, γι' αυτό το λόγο παίρνονται ειδικά μέτρα προστασίας του με σειρά μηχανήματα, όπως Α/Ζ, Αυτόματι Διακόπτες Ισχύος, Ηλεκτρονόμοι (Η/Ν) κ.λ.π. που εγκαθίστανται εκατέρωθεν του Μ/Σ Ισχύος ή σε ειδικές θέσεις, όπως είναι οι Η/Ν.

Οι Αυτόματι Διακόπτες Ισχύος, που μπορούν να χρησιμοποιούν σαν μέσον σβέσης του τόξου, λάδι, αέρα, εξαφθοριούχο θείο (SF₆) ή κενό αποτελούν τους επωνομαζόμενους Ελαιοδιακόπτες (Ε/Δ), Αεροδιακόπτες (Α/Δ), Αέριοδιακόπτες (ΑΕ/Δ SF₆) ή Διακόπτες Κενού (Δ/Κ) αντίστοιχα. Η λειτουργία των ανωτέρω Διακοπών Ισχύος δηλαδή το άνοιγμά τους και το κλείσιμό τους, με σκοπό να διακόπτουν ή να επιτρέπουν την ροή του Ηλεκτρικού Ρεύματος, επιτυγχάνεται με διατάξεις ελατηρίων, αέρος ή άλλου μέσου που θα αναπτύξουμε εκτενέστερα στο σχετικό κεφάλαιο και χειρίζονται από τον χειριστή-επιτηρητή που εκτελεί υπηρεσία στον Υ/Σ, κατόπιν εντολής που παίρνει από την ειδική και εξουσιοδοτούμενη υπηρεσία, που αποκαλείται Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) του ΔΕΣΜΗΕ ή χειρίζονται αυτόματα κατόπιν εντολής των Η/Ν προστασίας, κάτω από ειδικές συνθήκες που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και την εύρυθμη λειτουργία του Συστήματος. Περισσότερα θα αναφέρουμε σε ειδικό κεφάλαιο.

Η τάση που μετασχηματίζεται από τους Μ/Σ Ισχύος, περνά μέσα από ειδικές διατάξεις στους Ζυγούς Μ.Τ. και από εκεί με τις Γραμμές αναχώρησης των 20kV η Ηλεκτρική Ενέργεια διοχετεύεται προς την κατανάλωση.

Εντός του χώρου του Υ/Σ ευρίσκεται το κεντρικό κτήριο του Υ/Σ, που ονομάζεται Κτήριο Ελέγχου. Εκεί στεγάζεται το προσωπικό του Υ/Σ, και είναι τοποθετημένος και ο εξοπλισμός που σχετίζεται άμεσα με τον πρωτεύοντα εξοπλισμό του υπαίθριου χώρου του Υ/Σ, όπως όργανα Μέτρησης, Ηλεκτρονόμοι (Ρελαί) προστασίας,

όργανα χειρισμών, Συστοιχίες Συσσωρευτών, Τηλεπικοινωνιακός Φερέσυχνος εξοπλισμός και άλλος βοηθητικός εξοπλισμός. (Σχήμα 7).

Η Διάταξη ενός Υ/Σ καθορίζεται εκ των προτέρων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Μελέτης Ανάπτυξης του Συστήματος Μεταφοράς. Καθορίζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του και επιλέγεται ο κατάλληλος χώρος (γήπεδο) που θα εγκατασταθεί ο Υ/Σ και στη συνέχεια γίνεται η μελέτη του από τις αρμόδιες υπηρεσίες της ΔΕΗ. Τυπώνονται τα απαραίτητα σχέδια τα οποία θα είναι οδηγός για την κατασκευάστρια εταιρεία που θα αναλάβει την κατασκευή. Όλα τα υλικά και ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί αναφέρεται σε ειδικούς πίνακες ηλεκτρολογικού εξοπλισμού με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που διέπουν καθένα ξεχωριστά από τα μηχανήματα.



Σχήμα 9. Χωματουργικές εργασίες, σε υπό ανέγερση νέου Υ/Σ.



Σχήμα 10. Βάσης ικρωμάτων στήριξης πρωτεύοντος εξοπλισμού.



Σχήμα 11. Εγκατάσταση εξοπλισμού, σε υπό ανέγερση νέου Υ/Σ.

Λαμβάνεται μέριμνα, πέρα από τις τρέχουσες απαιτήσεις και ανάγκες του Υ/Σ και οι προβλεπόμενες μελλοντικές απαιτήσεις.

Οι πρώτες εργασίες με τις οποίες ξεκινά το έργο είναι οι χωματουργικές. (Σχήμα 9). Καθορίζεται ο χώρος ανάπτυξης του Υ/Σ που αναφέρεται ως γήπεδο του Υ/Σ καθώς επίσης ο χώρος ανάπτυξης των στύλων Διανομής. Ανοίγονται οι βάσεις (Σχήμα 10) που θα θεμελιωθούν τα ικρυώματα (χαλύβδινα, επιψευδαργυρωμένα, δικτυωτού τύπου, βάσεις στήριξης μηχανημάτων), γίνεται η επεξεργασία και διαμόρφωση της επιφανείας του εδάφους, χαράσσονται τα αποστραγγιστικά κανάλια, το σύστημα αποστράγγισης ελαίων Μ/Σ, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τους σχετικούς κανονισμούς, αναπτύσσεται το υποκείμενο δίκτυο γείωσης και δίνονται οι κατάλληλες κλείσεις του γηπέδου. Χαράσσεται δρόμος και πλατεία εντός του Υ/Σ, που στην τελική φάση ασφαλτοστρώνεται, για την ομαλή μεταφορά, εγκατάσταση και αντικατάσταση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, την εξυπηρέτηση του κτηρίου και την ασφαλή πρόσβαση του προσωπικού του Υ/Σ και των αρμοδίων. Χαλικοστρώνεται ο υπαίθριος χώρος του Υ/Σ που βρίσκονται τα μηχανήματα σύμφωνα με τη μελέτη γείωσης. Χτίζεται το κτήριο του Υ/Σ με όλες τις ηλεκτρομη-

χανολογικές του εγκαταστάσεις, και αρχίζει η εγκατάσταση του πρωτεύοντος εξοπλισμού στον υπαίθριο χώρο. (Σχήμα 11)

Σαν πρωτεύον εξοπλισμός (ο οποίος εδράζεται επάνω στα ικρύματα, όπως προαναφέραμε) θεωρούνται τα παρακάτω:

-Οι A/Z 150kV. Είναι το ορατό οπτικό διακοπτικό στοιχείο για την απομόνωση από το ηλεκτρικό ρεύμα του εξοπλισμού που οι A/Z προσδιορίζουν.

-Γειωτές. Συνήθως τοποθετούνται μαζί με τους A/Z και χρησιμεύουν για να γειώνουν τις Γραμμές όταν οι αντίστοιχοι A/Z Γραμμής είναι ανοικτοί και δεν έχουν τάση.

-Οι Διακόπτες Ισχύος Υ.Τ. (Δ.Ι.) 150kV. Αποτελούν διακοπτικά στοιχεία του Υ/Σ, που κόβουν τα φορτία της Γραμμής και προστατεύουν επιπλέον τις Γραμμές από βραχυκυκλώματα.

-Οι Μ/Σ Ισχύος. Μετασχηματίζουν την τάση από Υ.Τ. σε Μ.Τ.

-Μεταλλικές αντιστάσεις για γείωση του ουδέτερου κόμβου των Μ/Σ Ισχύος.

-Ζυγοί 150kV. Αποτελούν κόμβους λειτουργίας του Υ/Σ, όπου διαχύνεται η Η.Ε., διαμοιράζεται προς διάφορες ΓΡ. Μεταφοράς και παράλληλα απομαστεύουν Ε-νέργεια οι Μ/Σ του Υ/Σ.

-Οι Μ/Σ Μετρήσεων και Προστασίας 150kV που συμπεριλαμβάνουν τους Μ/Σ Έντασης και τους Μ/Σ Τάσης και χρησιμεύουν για τις Μετρήσεις των απαραίτητων ηλεκτρικών μεγεθών αφ' ενός και για την Προστασία των Γραμμών αφ' ετέρου.

-Τα Αλεξικέραυνα (Α/Ξ) 150kV που τοποθετούνται εμπρός από τα κύρια μηχανήματα του Υ/Σ, για να τα προστατεύσουν από τις υπερτάσεις, που προκαλούνται από τους κεραυνούς ή τους χειρισμούς των διακοπτικών στοιχείων.

-Βοηθητικός Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας (20kV/380-220V). Καλύπτει τις ίδιες ενεργειακές ανάγκες του Υ/Σ (αυτοκατανάλωση).

-Μονωτήρες στήριξης και ανάρτησης. Χρησιμοποιούνται για την στήριξη των αγωγών και των μηχανημάτων και την ηλεκτρική μόνωση τους.

-Πυκνωτές ζεύξεως και κυματοπαγίδες που χρησιμοποιούνται στην Υ.Τ. για τη λειτουργία του εσωτερικού τηλεπικοινωνιακού δικτύου (δίκτυο φερέσυχο) της Μεταφοράς (carrier).

- Ζυγοί, A/Z, Δ.Ι., Μ/ΣΕ, Μ/ΣΤ, Α/Ξ, Μονωτήρες, και λοιπός εξοπλισμός εγκαθίσταται και για τη λειτουργία της διάταξη των 20kV του Υ/Σ, με διαφορετικά όμως τεχνικά χαρακτηριστικά και γεωμετρία, από ότι χρησιμοποιούνται στην Υ.Τ.

-Εναέριο κύκλωμα ηλεκτρικής προστασίας. Προστατεύει τον Υ/Σ από τους κεραυνούς.

-Βαθμωτά συγκροτήματα πυκνωτών αντιστάθμισης για βελτίωση των χαρακτηριστικών του ρεύματος.

-Μετασχηματιστές μονοφασικοί εγχύσεως παλμού, ελέγχου μετρητών διπλού τιμολογίου.

Επίσης υπάρχει και άλλος **βοηθητικός εξοπλισμός** που εγκαθίσταται στον Υ/Σ και είναι απαραίτητος γιατί συνεργάζεται με τον πρωτεύοντα και παίζει βασικό ρόλο στην ασφάλεια του Υ/Σ και στην απόκτηση και διακίνηση της πληροφορίας. Όπως:

-Βοηθητικά κυκλώματα εναλλασσομένου ρεύματος (a.c.) 380/220v, και συνεχούς ρεύματος (d.c.) 110 ή 220v.

- Βοηθητικά κυκλώματα μετρήσεων και λειτουργίας ηλεκτρονόμων.

-Βοηθητικός τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός για το φερέσυχο δίκτυο.

Επιπλέον, βασικός εξοπλισμός για την λειτουργικότητα του Υ/Σ είναι:

-Η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση του κτηρίου του Υ/Σ, που καλύπτει τις ανάγκες του εσωτερικού χώρου του κτηρίου με ξεχωριστά κυκλώματα a.c. και d.c. (αδιάλειπτη τάση) στο φωτισμό.

-Η υπαίθριος ηλεκτρική εγκατάσταση, που καλύπτει τις ανάγκες σε φωτισμό και σε ρευματοδότες του εξωτερικού χώρου του Υ/Σ. Και εδώ έχουμε ξεχωριστά κυκλώματα a.c. και d.c. για τον φωτισμό.

-Εγκαθίσταται δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης.

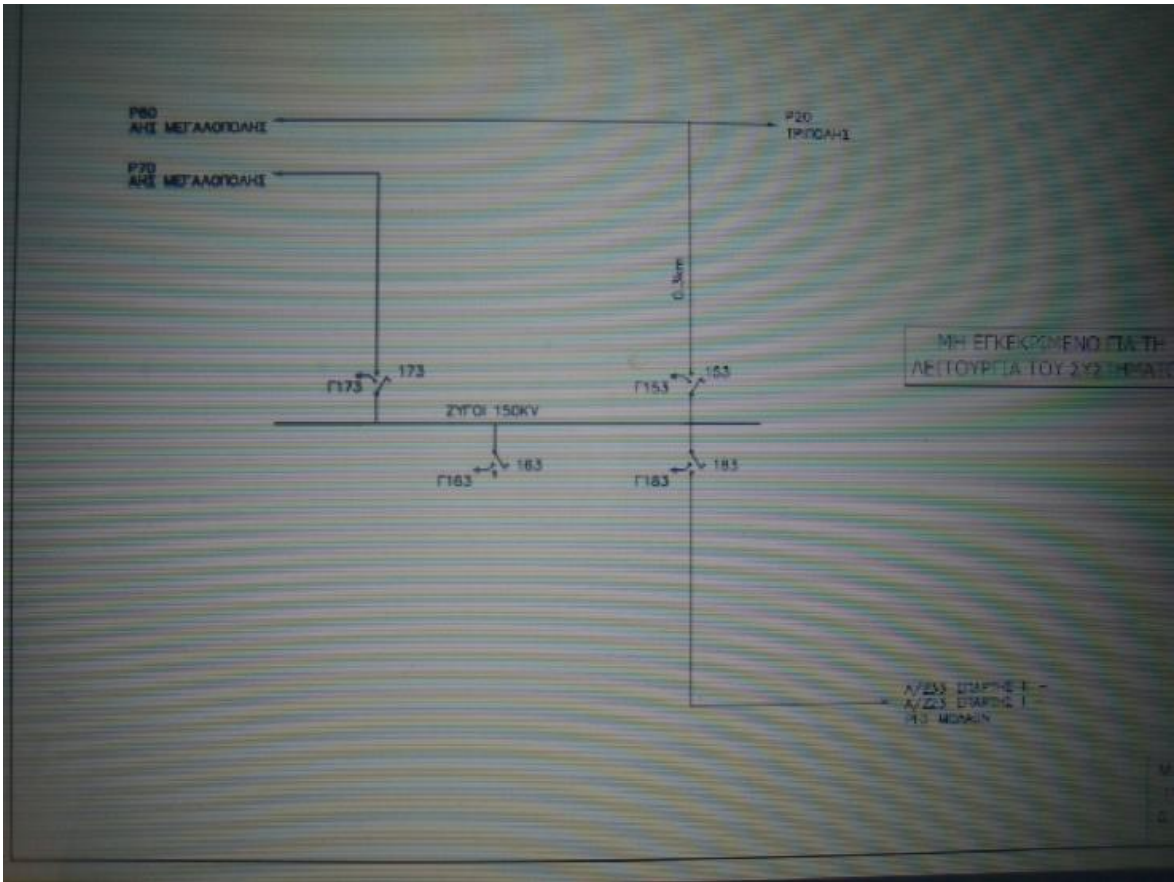
-Τοποθετούνται συστήματα πυρασφάλειας και πυρανίχνευσης.

-Λαμβάνονται μέτρα προστασίας και ασφάλειας των εγκαταστάσεων του Υ/Σ.

Σημειώνουμε ότι η εκτενής αναφορά των μηχανημάτων που υπάρχουν στους Υ/Σ υποβιβασμού (λόγω ανάπτυξης του κυρίου θέματος) αφορούν και τις άλλες κατηγορίες των Υ/Σ, στο μέτρο και την ποσότητα που καθορίζονται από τον σχεδιασμό τις ανάγκες και τις απαιτήσεις ενός εκάστου που είναι τοποθετημένο στο σύστημα.

IV. Υ/Σ Ζεύξης.

Σε αυτή την κατηγορία των Υ/Σ γίνεται μόνο ζεύξη ηλεκτρικών κυκλωμάτων Υψηλής Τάσης, δεν υπάρχουν Μετασχηματιστές Ισχύος ή άλλος πρωτεύων εξοπλισμός παρά μόνο Αποζεύκτες και Ζυγοί. (Σχήμα 12). Μονογραμμικό Διάγραμμα Υ/Σ Μεγαλόπολης.



Σχήμα 12. Μονογραμμικό Διάγραμμα Υ/Σ Ζεύξης.

V. Μονογραμμικά Διαγράμματα Υ/Σ Συστήματος Μεταφοράς Η.Ε.

Μετά την γενική ανάπτυξη των Υ/Σ και την συνοπτική αναφορά στον εξοπλισμό των, βασικό βοήθημα για την μελέτη και λειτουργία των Υ/Σ αποτελούν τα Μονογραμμικά Διαγράμματα ενός εκάστου Υ/Σ ξεχωριστά.

Για να κατανοήσουμε όμως με σαφήνεια τα Διαγράμματα πρέπει πρώτα να κάνουμε ένα διαχωρισμό στον Υ/Σ, ο οποίος βέβαια αποτυπώνεται και πάνω στα Διαγράμματα. (Σχήμα 14.)

Πρώτον. Το τμήμα της Υψηλής Τάσης.

Το τμήμα της Υψηλής Τάσης περιλαμβάνει το κομμάτι εισόδου της Ηλεκτρικής Ενέργειας από τη Γραμμή Μεταφοράς. Με τη σειρά συναντάμε τα παρακάτω μηχανήματα:







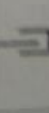



- Φερέσυχο Φίλτρο, συνδεδεμένο σε σειρά με τη γραμμή εισόδου.
- Πυκνωτή Ζεύξης (Π/Ζ), συνδεδεμένος παράλληλα στη Γραμμή Μεταφοράς.
- Μ/Σ Τάσης. Ένας ανά φάση και συνδεδεμένοι παράλληλα με τη Γραμμή Μεταφοράς.
- Τον Α/Ζ Γραμμής μαζί με τον Γειωτή (Α/ΖΓ), ορατό διακοπτικό στοιχείο, τοποθετημένος σε σειρά με τη γραμμή εισόδου.
- Μ/Σ Έντασης. Ένας ανά φάση και συνδεδεμένοι σε σειρά με τη Γ.Μ.
- Διακόπτης Ισχύος. Αυτόματο διακοπτικό στοιχείο της Γ.Μ.

Το σύνολο των παραπάνω μηχανημάτων αποτελούν μια **πύλη Γραμμής** εισόδου Υ.Τ. ενός Υ/Σ.

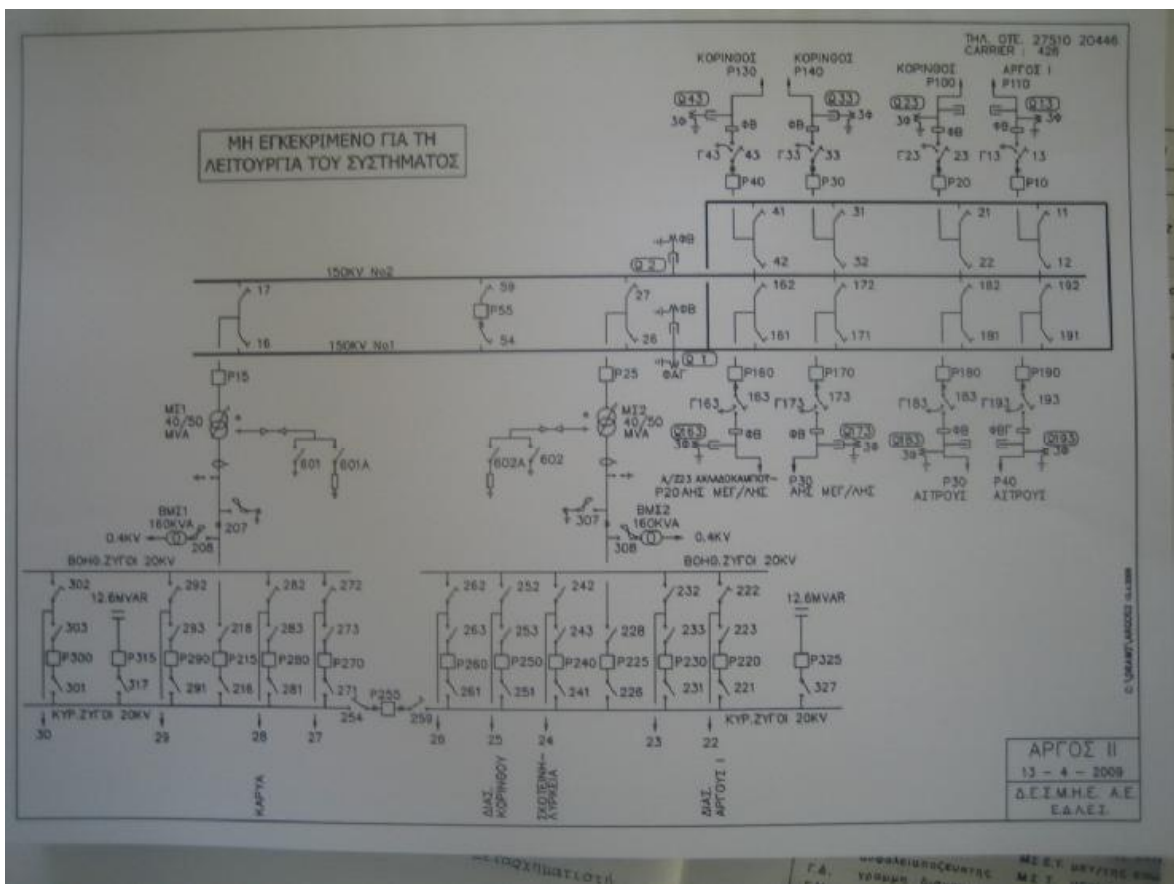
-Ζυγοί και Α/Ζ 150kV (Α/Ζ χωρίς γειωτή).

Το σύνολο των παραπάνω Ζυγών και Α/Ζ 150kV, αποτελούν την **πύλη των Ζυγών και Α/Ζ Υ.Τ.**

- Μπάρες ή αγωγοί σύνδεσης των Ζυγών Υ.Τ. με τον Μ/Σ Ισχύος.
- Διακόπτης Ισχύος. Αυτόματο διακοπτικό στοιχείο του Μ/Σ Ισχύος που μεσολαβεί μεταξύ Ζυγών Υ.Τ. και Μ/Σ Ισχύος.
- Μ/Σ Ισχύος 150/21kV. Ο οποίος αποτελεί και το όριο μεταξύ του τμήματος Υ.Τ. και του τμήματος Μ.Τ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ			
ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ		Α/Σ μονοπολικός
	ΥΡΑΜΜΗ		ασφαλειοπορευκτή
	Ζυγοί		Μ/Σ εντάσεως
	Μ/Σ ισχύος		Μ/Σ τάσεως
	διακοπής ισχύος		αλεξικεραυνο
	Α/Σ τριπολικός χειροκίνητος		πυκνωτής ζευξέως
	Α/Σ τριπολικός ηλεκτροκίνητος		φίλτρο φερρεοχων
	γείωσης		Μ/Σ σε τρίγωνο
	εμβολο τεχνητου σφαλματος		Μ/Σ σε αστέρα

Σχήμα 13. Ηλεκτρικά Σύμβολα.



Σχήμα 14. Μονογραμμικό Διάγραμμα Υ/Σ Υποβιβασμού.

Δεύτερον. Το τμήμα της Μέσης Τάσης. (Σχήμα 14).

Το τμήμα της Μέσης Τάσης περιλαμβάνει το κομμάτι εξόδου από τον Μ/Σ Ισχύος και που επεκτείνεται μέχρι το δίκτυο των αναχωρήσεων των Γραμμών Διανομής. Με τη σειρά συναντάμε τα παρακάτω μηχανήματα, τα οποία συνδέονται κατάλληλα με τις μπάρες-αγωγούς μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος προς τους ζυγούς Μ.Τ., ξεκινώντας από το Μ/Σ Ισχύος:

-Μονοφασικοί Μετασχηματιστές εγχύσεως παλμού, τοποθετημένοι σε σειρά.

-Αλεξικέραυνα (ΑΞ). Προστατεύουν τον Μ/Σ από τις κεραυνικές υπερτάσεις, συνδεδεμένα παράλληλα με τις μπάρες εξόδου από το Μ/Σ.

-Μ/Σ Τάσεως. συνδεδεμένοι παράλληλα και οι Ασφαιαποζεύκτες (Α/Σ-Α/Ζ) που λειτουργούν σαν διακοπτικό στοιχείο για την προστασία και απομόνωση των Μ/ΣΤ από την πλευρά της Μ.Τ. και μόνο.

-Μ/Σ Έντασης. Ένας ανά φάση και συνδεδεμένοι σε σειρά.

-Βοηθητικός Μ/Σ (ΒΜ/Σ) εσωτερικής υπηρεσίας (20kV/380-220V), για την απομάκρυνση Η.Ε. για εσωτερική κατανάλωση του Υ/Σ, μαζί με τους αντίστοιχους τρεις Α/Σ-Α/Ζ που λειτουργούν για την προστασία του ΒΜ/Σ και σαν διακοπτικό στοιχείο για την απομόνωση του, από την πλευρά της Μ.Τ. και μόνο.

-Κεντρικός Διακόπτης Ισχύος (Δ.Ι.). Μ.Τ. Αυτόματο διακοπτικό στοιχείο, που διακόπτει το ηλεκτρικό ρεύμα μεταξύ Ζυγών Μ.Τ. και Μ/Σ Ισχύος.

Το σύνολο των παραπάνω μηχανημάτων εκατέρωθεν του Μ/Σ Ισχύος, αποτελούν την **πύλη του Μ/Σ Ισχύος**.

-Κύριοι και Βοηθητικοί Ζυγοί Μ.Τ. και Α/Ζ Μ.Τ.

- Διακόπτες Ισχύος (Δ.Ι.) Μ.Τ. Γραμμών Διανομής.

-Κεντρικός Διακόπτης Ισχύος, και Α/Ζ Μ.Τ., χρησιμεύουν για την σύνδεση των ζυγών Ν_ο 1 και Ν_ο 2 που αντιστοιχούν σε ίσες πύλες Μ/Σ Ισχύος. (Όταν πρόκειται για δυο πύλες Μ/Σ Ισχύος).

-Αντίσταση Ουδετέρου Κόμβου (Α.Ο.Κ.), μαζί με τη διάταξη των Α/Ζ.

Ο προσδιορισμός των παραπάνω μηχανημάτων του Υ/Σ επιτυγχάνεται με την αρίθμηση που φέρει ξεχωριστά το κάθε μηχανήμα, έτσι ώστε με σαφήνεια και ασφάλεια να εκτελείται ο κάθε χειρισμός που ήθελε προκύψει λόγω ανωμαλίας ή άλλου λόγου. Έκαστος αριθμός τοποθετείται πάνω στο συγκεκριμένο μηχανήμα, με μια συγκεκριμένη μεθοδολογία και σε εμφανή θέση, ώστε να διακρίνεται εμφανώς, γιατί αποτελεί βασικό γνώρισμα συνεννόησης μεταξύ του χειριστή-επιτηρητή (Χ-Ε)

(προσωπικό του Υ/Σ) και του αρμοδίου εξουσιοδοτημένου τεχνικού του Κ.Ε.Ε. του ΔΕΣΜΗΕ για κάθε χειρισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

“ Εξοπλισμός Υ/Σ Υ.Τ. ”

3) Εξοπλισμός Υ/Σ Υ.Τ.

3.1. Μηχανήματα Ισχύος.

3.1.1. Μετασχηματιστής Ισχύος (Μ/Σ). (Σχήμα 15.)

I. Γενικά περί Μ/Σ.

Η σημαντικότερη και ακριβότερη ηλεκτρική μηχανή στον Υ/Σ είναι ο Μ/Σ Ισχύος. Ο Μ/Σ σε γενικές γραμμές είναι μια στατική ηλεκτρομαγνητική επαγωγή με ένα ή περισσότερα τυλίγματα, η οποία χρησιμεύει για τον μετασχηματισμό ενός συστήματος ρευμάτων εναλλασσόμενης τάσης και έντασης, σε άλλο σύστημα τάσης και έντασης, της ίδιας συχνότητας αλλά διαφορετικών τιμών, με σκοπό τη μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη στοιχειώδη του μορφή ο Μ/Σ αποτελείται από δύο πηνία που βρίσκονται σε στενή μαγνητική σύζευξη με τη βοήθεια ενός κοινού σιδηροπυρήνα. Το πηνίο που συνδέεται στην πηγή τροφοδότησης ονομάζεται πρωτεύον, και το πηνίο που δίνει την ενέργεια στην κατανάλωση ονομάζεται δευτερεύον. Πολλές φορές ο προσδιορισμός «πρωτεύον» και «δευτερεύον» τύλιγμα δεν είναι σαφής, γιατί ένας Μ/Σ μπορεί να τροφοδοτηθεί από το ένα ή το άλλο τύλιγμα, οπότε θα πρέπει να αλλάξει και η αντίστοιχη ονομασία του τυλίγματος. Οι καταναλώσεις του Μ/Σ αποκαλούνται και φορτία του Μ/Σ.

Η πηγή τροφοδοτεί το πρωτεύον με εναλλασσόμενο ρεύμα, και αναπτύσσει στον πυρήνα εναλλασσόμενη μαγνητική ροή της ίδιας συχνότητας. Η εναλλασσόμενη αυτή ροή επάγει στο δευτερεύον πηνίο του Μ/Σ εναλλασσόμενη τάση. Η τάση αυτή είναι μεγαλύτερη δυνατή όταν τα δυο πηνία είναι πολύ κοντά το ένα με το άλλο, και όταν είναι τοποθετημένα έτσι ώστε οι άξονες των να συμπίπτουν. Έχουμε ακόμη καλύτερα αποτελέσματα όταν και ο σιδηροπυρήνας του Μ/Σ διέρχεται δια μέσου και των δυο πηνίων και κλείνει έτσι, ώστε να σχηματίζει δακτύλιο ή πλαίσιο κλειστό.

Όταν το δευτερεύον πηνίο του Μ/Σ είναι κλειστό, αναπτύσσεται σε αυτό ρεύμα από επαγωγή και αποδίδεται Ηλεκτρική Ενέργεια. Είναι φανερό, επειδή το πρωτεύον και το δευτερεύον δεν συνδέονται ηλεκτρικά, η μεταφορά της Ηλεκτρικής Ενέργειας από την πηγή στην κατανάλωση να γίνεται δια μέσου της κοινής μαγνητικής ροής.

Όταν ο Μ/Σ είναι ηλεκτρισμένος με το δευτερεύον ανοικτό (χωρίς κατανάλωση),

τότε ο Μ/Σ λέμε ότι λειτουργεί εν κενώ, ενώ αντίθετα όταν το δευτερεύον τροφοδοτεί κατανάλωση, λέμε ότι ο Μ/Σ λειτουργεί υπό φορτίο.



Σχήμα 15. Μ/Σ Ισχύος υποβιβασμού, τοποθετημένος στη θέση του μέσα στον Υ/Σ.

II. Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Μ/Σ Ισχύος.

Ένας Μ/Σ χαρακτηρίζεται κυρίως από την ισχύ του, τις τάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος καθώς επίσης και από την συχνότητα τροφοδότησης. Σαν ισχύς αναφέρεται η φαινομένη ισχύς, που μετράται σε MVA.

Παρακάτω αναφέρουμε βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά Μ/Σ Ισχύος 150/21kV, 40/50MVA, αφού προηγούμενα υπενθυμίσουμε τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του Συστήματος Η.Ε. 150kV.

- Χαρακτηριστικά Συστήματος 150Kv.

α. Τριφασικό σύστημα, 50 περιόδων ανά δευτερόλεπτο, με απ' ευθείας γειωμένο ουδέτερο.

β. Ονομαστική τάση : 150kV

γ. Μέγιστη τάση : 170kV

δ. Κρουστική τάση (1,2/50μs) : 750kV

ε. Στάθμη τριφασικού βραχυκυκλώματος : 25kA στα 170kV

-Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά Μ/Σ Ισχύος 150/21kV, για Μ/Σ που τοποθετούνται σε υψόμετρο μέχρι 1000m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

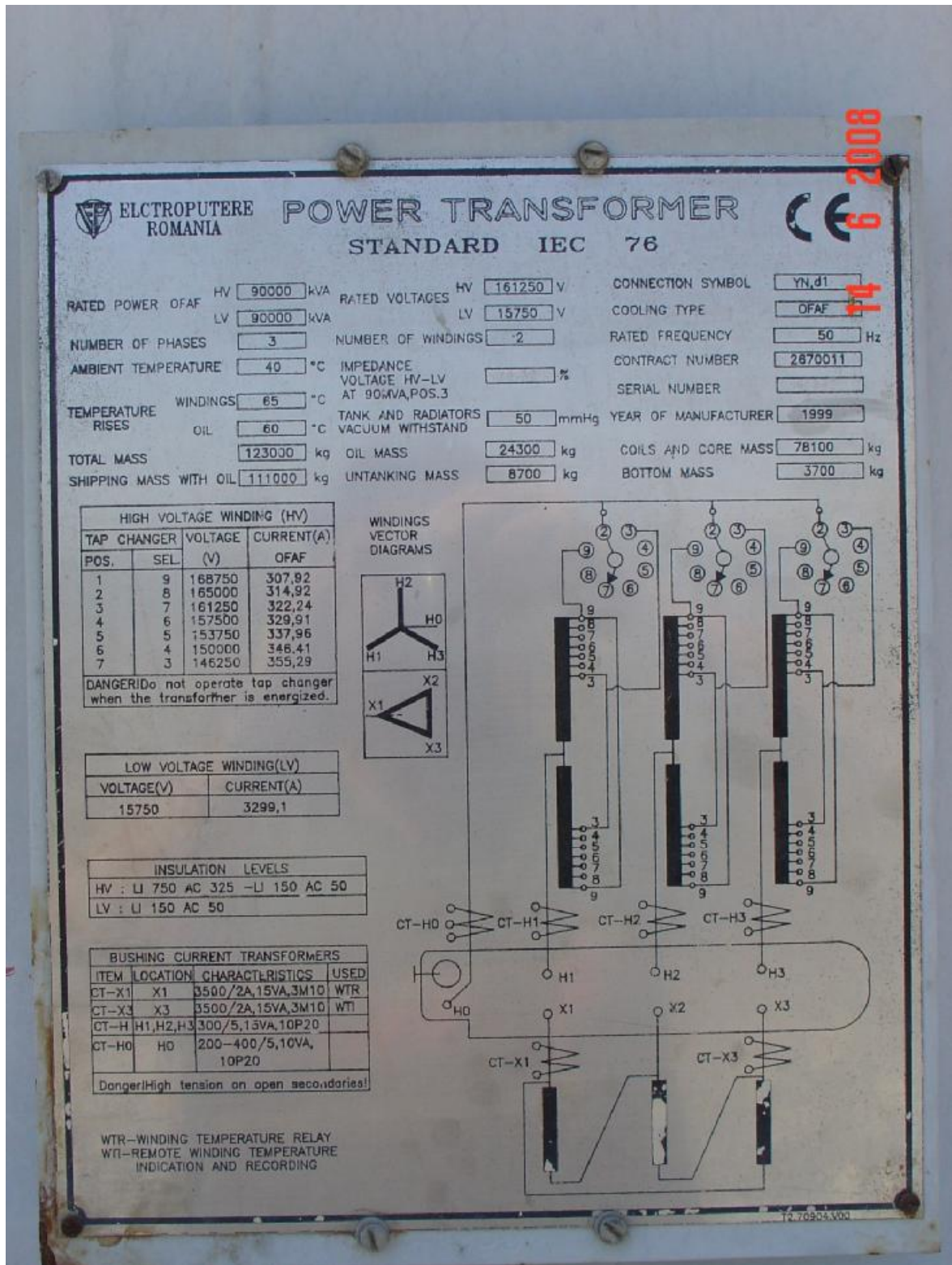
Τρόπος Ψύξεως Μ/Σ:

ΟΑ/FA, Φυσική κυκλοφορία ελαίου - αέρα με τη βοήθεια ανεμιστήρων.

Ονομαστική Ισχύς MVA	Ψύξη	Υπερύψωση Θερμοκρασίας °C (40°C μεγ. περιβάλλοντος, 30°C μέση θερμοκρασία 24ώρου)
συνεχής λειτουργία 40.000	Φυσική	55°C (μέση μετρούμενη με αντίσταση)
50.000	Με ανεμιστήρες	55°C (μέση μετρούμενη με αντίσταση)

Ονομαστικές τάσεις τυλιγμάτων και λήψεων	Υψηλή Τάση (H) σε Volts		Μέση Τάση (M) σε Volts	
Ονομαστική πολιτική τάση	150.000		21.000 εν κενώ	
Φασική τάση	$150.000 / \sqrt{3}$		$21.000 / \sqrt{3}$	
Σύνδεση	Τρίγωνο		Αστέρας	
Κλάση μόνωσης σε kV	Γραμμή	Ουδέτερος	Γραμμή	Ουδέτερος
των τυλιγμάτων	161	25	25	25
των μονωτήρων διελεύσεως	161	25	25	25

Πίνακας 5. Ονομαστικές Τάσεις τυλιγμάτων και κλάση μόνωσης .



Σχήμα 16. Πινακίδα Μ/Σ Ισχύος με πλήρη τεχνικά στοιχεία

Οι Μ/Σ χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Ο βασικός τους προορισμός, στους Υ/Σ υποβιβασμού 150/21kV, είναι να προσαρμόζουν την τάση των 150kV (τάση τροφοδοσίας, Υ.Τ.) σε μια διαφορετική τάση, την τάση λειτουργίας μιας κα-

τανάλωσης, που στην προκειμένη περίπτωση είναι 21kV, (Μ.Τ.).

Η τάση της πηγής τροφοδότησης αντισταθμίζεται στο Μ/Σ από την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη E_1 που παράγεται από την αυτεπαγωγή πάνω στο πρωτεύον πηνίο. Η σταθερή μαγνητική ροή αναπτύσσεται στο δευτερεύον από επαγωγή μια ηλεκτρεγερτική δύναμη E_2 . Αφού λοιπόν οι ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις E_1 και E_2 παράγονται από την μεταβολή της ίδιας κοινής μαγνητικής ροής, συμπεραίνεται ότι αυτές είναι ανάλογες προς τον αριθμό των σπειρών N_1 και N_2 του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος πηνίου αντίστοιχα.

Άρα: $E_1/E_2 = N_1/N_2$

Ο λόγος των σπειρών του πρωτεύοντος (N_1) προς τις σπείρες του δευτερεύοντος (N_2) λέγεται λόγος μετασχηματισμού (κ) του Μ/Σ.

Δηλαδή: **Λόγος μετασχηματισμού (κ) = N_1/N_2**

Γίνεται φανερό ότι, αν ο λόγος μετασχηματισμού είναι μεγαλύτερος του 1, ($N_1 > N_2$), τότε θα είναι και $E_1 > E_2$ δηλαδή ο Μ/Σ θα υποβιβάζει την τάση (Μ/Σ υποβιβασμού). Εάν, ο λόγος μετασχηματισμού είναι μικρότερος του 1, ($N_1 < N_2$), τότε έχουμε Μ/Σ ανύψωσης της τάσεως.

Αν θεωρήσουμε το βαθμό απόδοσης του Μ/Σ ίσον με 1, τότε η εισερχόμενη στο πρωτεύον πραγματική ισχύς $E_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1$ ισούται με την εξερχόμενη από το δευτερεύον, πραγματική ισχύ $E_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$.

Με την προϋπόθεση ότι οι συντελεστές ισχύος, $\cos\phi_1$ και $\cos\phi_2$ είναι ίσοι, ισχύουν τα παρακάτω:

$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_1 / I_2 = E_2 / E_1 = N_2 / N_1 = 1 / \kappa$ (λόγος μετασχηματισμού).

Το αποτέλεσμα αυτό είναι σημαντικό και διατυπώνεται ως εξής:

Το ρεύμα (ένταση) στο δευτερεύον ανυψώνεται, όταν η δευτερεύουσα τάση υποβιβάζεται και αντίστροφα όταν το ρεύμα (ένταση) στο δευτερεύον υποβιβάζεται τότε η δευτερεύουσα τάση ανυψώνεται, και μάλιστα κατά τέτοιο τρόπο ώστε το γινόμενο τάση επί ένταση, να παραμένει σταθερό. Αποτέλεσμα του παραπάνω είναι ότι το πηνίο χαμηλής τάσης πρέπει να είναι κατασκευασμένο από χονδρό σύρμα σε σύγκριση με το πηνίο υψηλής τάσης το οποίο θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από λεπτό σύρμα, ανεξάρτητα από το ποιό πηνίο είναι πρωτεύον και ποιό δευτερεύον.

III. Γενική περιγραφή Μετασχηματιστή (Μ/Σ) Ισχύος.

Ο Μ/Σ αποτελείται από τα παρακάτω σημαντικά μέρη:

Τα τυλίγματα των Μ/Σ Ισχύος κατασκευάζονται από μονωμένα κυλινδρικά σύρμα-

τα διατομής μέχρι 3mm^2 και τοποθετούνται γύρω από τον πυρήνα σε στρώσεις. Για μεγαλύτερες διατομές χρησιμοποιούνται σύρματα ορθογωνικής ή τετράγωνης διατομής προκειμένου να εξοικονομηθεί χώρος. Οι στρώσεις χωρίζονται μεταξύ τους με μονωτικό χαρτί.

Σε κάθε σκέλος του σιδηροπυρήνα υπάρχουν δύο τυλίγματα (πηνία). Στο εσωτερικό βρίσκεται το τύλιγμα της Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.) και εξωτερικά το τύλιγμα της Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.)

Η τοποθέτηση και η στήριξη των σπειρών του τυλίγματος πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ικανοποιητικό έτσι ώστε να αντέχει στις ηλεκτροδυναμικές καταπονήσεις που εμφανίζονται σε περίπτωση βραχυκυκλώματος (δυνάμεις Laplace) που μπορούν να καταστρέψουν ακόμη και τον Μ/Σ. Το ίδιο και η στερέωση των πηνίων (τυλίγματα), τόσο μεταξύ τους όσο και πάνω στον πυρήνα είναι πολύ κρίσιμη και γίνεται με μονωτικά στηρίγματα και μεγάλη ακρίβεια.

Τα τρία άκρα των τυλιγμάτων χαμηλής τάσης (21kV) του Μ/Σ γεφυρώνονται με χάλκινη μπάρα και δημιουργείται ο ουδέτερος, ο οποίος συνδέεται με τον μονωτήρα διέλευσης και αποτελεί έτσι τον ακροδέκτη του ουδέτερου, ο οποίος και γειώνεται, (περίπτωση Μ/Σ υποβιβασμού, συνδεσμολογίας στην χαμηλή τάση «αστέρας»). Τα τρία άλλα άκρα των τυλιγμάτων της χαμηλής τάσης συνδέονται στους αντίστοιχους μονωτήρες και προκύπτουν έτσι οι ακροδέκτες της χαμηλής τάσης ανά φάση.

Το ίδιο και τα άκρα των τυλιγμάτων των πηνίων της Υ.Τ. του Μ/Σ συνδέονται με τους μονωτήρες της Υ.Τ. και προκύπτουν οι ακροδέκτες της Υ.Τ. (περίπτωσης συνδεσμολογίας στην Υψηλή « τρίγωνο », χωρίς ουδέτερο.

Στο παρακάτω σχήμα 17, φαίνεται το εσωτερικό μέρος του Μ/Σ. Πρόκειται για Μ/Σ Ισχύος 40/50 MVA, και τάσης 150/21kV. Φαίνονται τα τρία τυλίγματα των αντίστοιχων φάσεων. Σε κάθε φάση εξωτερικά είναι τοποθετημένο το τύλιγμα υψηλής τάσεως (150kV), και εσωτερικά το τύλιγμα της χαμηλής τάσης (21kV).

Ανάμεσα σε κάθε σπείρα υπάρχει διάκενο για την κυκλοφορία του μονωτικού λαδιού για τη ψύξη των τυλιγμάτων τα οποία θερμαίνονται κατά την λειτουργία του Μ/Σ, από το ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται δια μέσον τους, λόγω του φαινομένου Joule .

Επίσης, μεταξύ του πυθμένα του δοχείου και του σιδηροπυρήνα μεσολαβεί κάποια απόσταση για να μπορεί να κυκλοφορεί ελεύθερα το μονωτικό λάδι.

Επάνω από τα τυλίγματα βρίσκεται το κάλυμμα του Μ/Σ στο οποίο είναι τοποθετημένοι οι μονωτήρες διέλευσης υψηλής και χαμηλής τάσης του Μ/Σ.

Στο δεξιό μέρος της φωτογραφίας (σχήμα 17), παρουσιάζεται ο μεταγωγέας αλλαγής σχέσης υπό φορτίο.

Επίσης διακρίνονται και τα βακελιτένια μονωτικά στηρίγματα των πηνίων και του σιδηροπυρήνα.

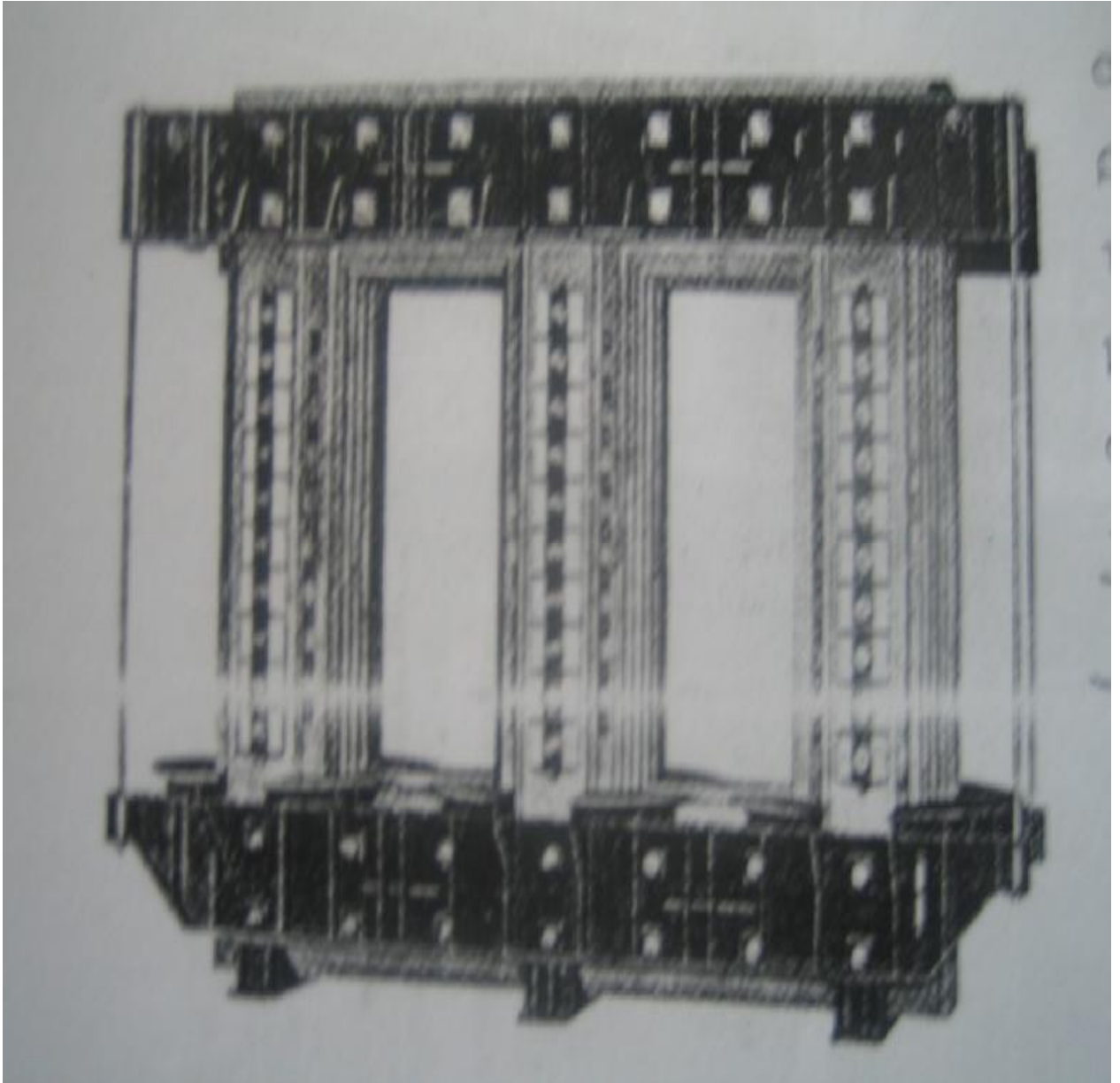
Ο σιδηροπυρήνας του Μ/Σ, αποτελεί βασικό μεταλλικό πλαίσιο, (σχήμα 18), όπου επάνω του στηρίζονται, περιελιγμένα στις τρεις στήλες του, τα τυλίγματα (πηνία) του Μ/Σ. Ο σιδηροπυρήνας αποτελεί κλειστό μαγνητικό κύκλωμα. Η σχεδίαση της μορφής του σιδηροπυρήνα γίνεται κατά τέτοιον τρόπο ώστε η όλη κατασκευή, μαζί με τα πηνία, να αποτελούν ένα συμπαγή σώμα και οι μαγνητικές γραμμές στον σιδηροπυρήνα να έχουν το ελάχιστο μήκος. Η ωφέλιμη διατομή του σιδηρο-



Σχήμα 16α. Δοχείο Διαστολής Μ/Σ με τον αφυγραντήρα του, στο βάθος οι Ζυγοί, Α/Ζ, και Διακόπτες της Μ.Τ.



Σχήμα 17. Το εσωτερικό μέρος του Μ/Σ Ισχύος.
Διακρίνονται αριστερά τα τρία τυλίγματα και δεξιά ο μεταγωγέας.



Σχήμα 18. Σιδηροπυρήνας Μ/Σ Ισχύος.

πυρήνα είναι περίπου 90% της γεωμετρικής του διατομής. Την υπόλοιπη διατομή την καταλαμβάνουν οι μονώσεις των ελασμάτων.

Για την ελάττωση των απωλειών θερμότητας στο σιδηροπυρήνα των Μ/Σ, ο σιδηροπυρήνας κατασκευάζεται από λεπτά σιδερένια ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους ηλεκτρικά. Επίσης με κατάλληλες επεξεργασίες και προσμίξεις των μετάλλων κατόρθωσαν, οι εταιρείες κατασκευής να ελαττώσουν τις απώλειες του σιδηροπυρήνα στο ελάχιστο.

Ένα άλλο μέρος του Μ/Σ που λαμβάνει μέρος στην κυκλοφορία του μονωτικού λαδιού είναι το **δοχείο διαστολής** (δεξαμενή λαδιού), το οποίο βρίσκεται πάνω από

το σώμα του Μ/Σ και προς την μια πλευρά του (σχήμα 15,16α). Σκοπό έχει να αποθηκεύει το επιπλέον λάδι, που λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του διαστέλλεται και υπερχειλίζει από το σώμα του Μ/Σ και μέσω κατάλληλου αγωγού καταλήγει στο δοχείο διαστολής, αντίθετα όταν το λάδι ψυχθεί λόγω καιρικών συνθηκών (χειμωνιάτικο ψύχος) ή μειωθεί το φορτίο του Μ/Σ, το λάδι συστέλλεται και ο ελεύθερος χώρος, στο εσωτερικό μέρος του Μ/Σ συμπληρώνεται με λάδι από το δοχείο διαστολής. Η ελεύθερη στάθμη του δοχείου διαστολής δεν πρέπει να έλθει σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα γιατί το λάδι θα απορροφήσει υγρασία η οποία θα μεταβάλει τα χαρακτηριστικά του. Για να αποφύγουμε αυτή την περίπτωση, συνδέεται το πάνω μέρος του δοχείου διαστολής με μια συσκευή που ονομάζεται **αναπνευστήρας-αφυγραντήρας** (σχήμα 15,16α και 19), ο οποίος περιέχει υγροσκοπικούς κρυστάλλους (silica-gel), με αποτέλεσμα έτσι στο δοχείο διαστολής να εισέρχεται αέρας ο οποίος έχει διέλθει πρώτα μέσω των υγροσκοπικών κρυστάλλων, έχει απορροφηθεί η υγρασία του και έχει γίνει ξηρός. Η στάθμη του λαδιού στο δοχείο διαστολής παρακολουθείται με ειδικό υαλοδείκτη οπτικά, παράλληλα υπάρχει και πλωτήρας που μεταφέρει το ύψος της στάθμης λαδιού σε ειδικό δείκτη. Επειδή η έλλειψη λαδιού στο δοχείο διαστολής επιφέρει σοβαρές συνέπειες στο Μ/Σ, η χαμηλή στάθμη ελέγχεται και από ηλεκτρική σήμανση, που αυτόματα ειδοποιεί το κτήριο ελέγχου του Υ/Σ.



Σχήμα 19. Αναπνευστήρας-Αφυγρατήρας.

Τα άκρα των τυλιγμάτων του Μ/Σ εξέρχονται από το εσωτερικό του δια μέσου των **μονωτήρων διέλευσης** (σχήμα 20) για να καταλήξουν στους ακροδέκτες. Οι μονωτήρες διέλευσης είναι κατασκευασμένη από πορσελάνη και χρησιμεύουν για την εξασφάλιση της μόνωσης μεταξύ των ακροδεκτών αυτών και του σώματος του Μ/Σ. Οι μονωτήρες διέλευσης διακρίνονται σε μονωτήρες ΥΤ. που συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων της Υ.Τ. και σε μονωτήρες ΧΤ. που συνδέονται οι απολήξεις των τυλιγμάτων της Χ.Τ.

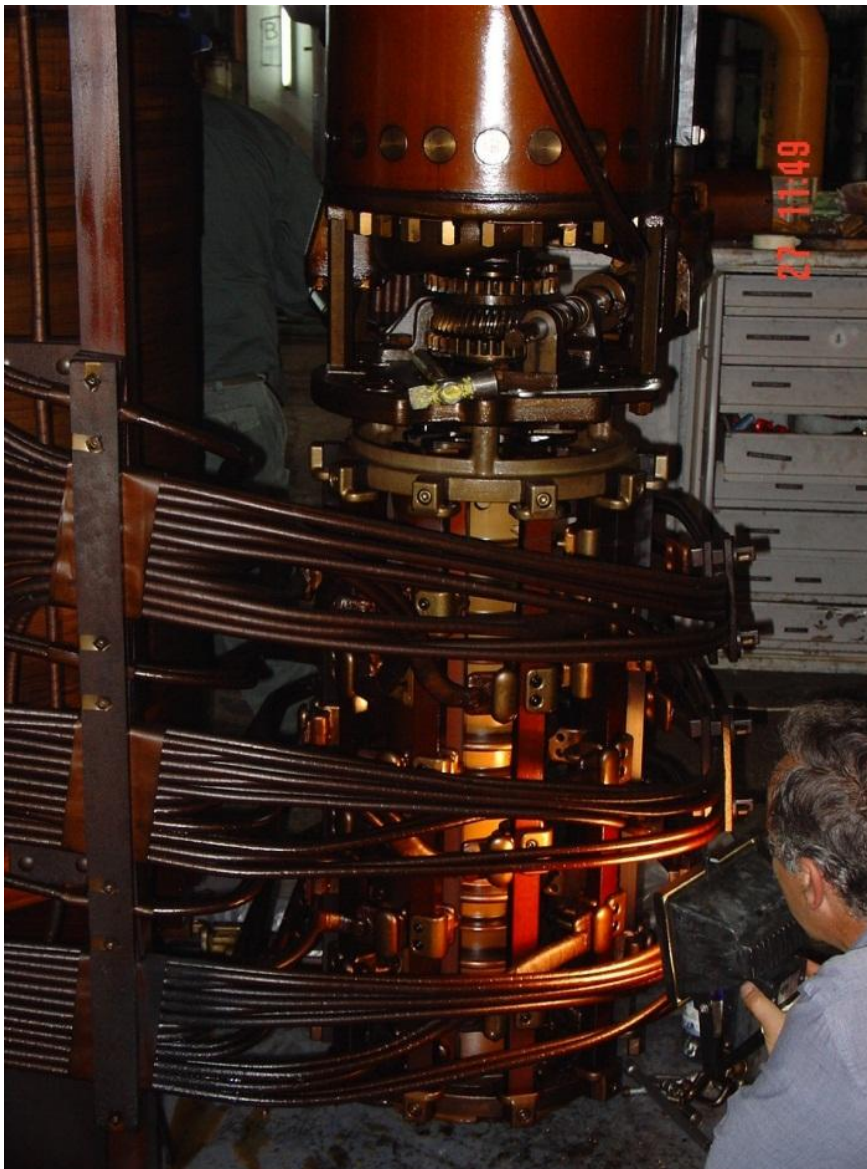
Οι μονωτήρες διέλευσης της Υ.Τ. είναι τύπου πυκνωτού. Το εσωτερικό του μονωτήρα αποτελείται από μονωτικό υλικό έτσι τοποθετημένο ώστε από τον ηλεκτροφόρο αγωγό διέλευσης έως το σώμα να παρεμβάλλεται σειρά πυκνωτών με σκοπό την ομαλή κατανομή της τάσης, σε όλο το πάχος του μονωτικού, ώστε να μη καταπονούνται ηλεκτρικά ορισμένα μόνο τμήματα της μόνωσης. **Οι μονωτήρες διέλευσης της Χ.Τ.** μπορούν να είναι, τύπου πυκνωτή όπως περιγράψαμε παραπάνω ή μονωτήρας απλού τύπου, εξωτερικά από πορσελάνη και εσωτερικά με μονωτικό λάδι το οποίο επικοινωνεί και με το λάδι του Μ/Σ.



Σχήμα 20. Μονωτήρες Υ.Τ αριστερά και Μονωτήρες Χ.Τ. δεξιά σε ένα Μ/Σ Ισχύος.

Βασική απαίτηση για τους Μ/Σ υποβιβασμού είναι η ρύθμιση της τάσης εξόδου, η οποία πρέπει να επιτυγχάνεται με τον Μ/Σ υπό φορτίο, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής και με σταθερή τάση τροφοδότησης των καταναλωτών. Αυτό λοιπόν επιτυγχάνεται μέσω του μηχανισμού που ονομάζεται **Μεταγωγέας Αλλαγής Σχέσης Υπό Φορτίο.** (Σχήμα 21,22.) Ενδιάμεσες λήψεις των τυλιγμάτων της Υ.Τ καταλήγουν στον μεταγωγέα, που μπορεί αυτόματα κατά την λειτουργία του Μ/Σ, να αυξομειώνει τις σπείρες του τυλίγματος ώστε η τάση εξόδου να παραμένει σταθε-

ρή. Ο Μεταγωγέας Αλλαγής Σχέσεως Υπό Φορτίο βρίσκεται εμβαπτισμένος στο λάδι του Μ/Σ. Η κίνηση για την αλλαγή της σχέσεως στο μεταγωγέα μεταδίδεται από ηλεκτροκίνητο χειριστήριο που βρίσκεται τοποθετημένο εξωτερικά στο σώμα του Μ/Σ.



Σχήμα 21. Μεταγωγέας αλλαγής σχέσεως.

προς τον Μεταγωγέα αλλαγής σχέσης καθώς και προς τον μετωγικό διακόπτη. Ο μετωγικός διακόπτης. (Σχήμα 24), που βρίσκεται πάνω από τον Μεταγωγέα Αλλαγής Σχέσης Υπό Φορτίο και συνεργάζονται, είναι και αυτός εμβαπτισμένος εντός λαδιού που βρίσκεται όμως σε ξεχωριστό δοχείο και δεν έρχεται σε επαφή με το λάδι του Μ/Σ, έτσι επιτυγχάνεται η αποφυγή έντονων τόξων στις επαφές του Μεταγωγέα Αλλαγής, (γιατί τα ισχυρά τόξα εκδηλώνονται τώρα στον μετωγικό διακόπτη) έτσι αποφεύγεται η πρόωρη φθορά των επαφών του Μεταγωγέα αλλαγής σχέσεως, που είναι δύσκολη και χρονοβόρα η αντικατάστασής τους, αλλά και η μόλυνση του λαδιού του σώματος του Μ/Σ καθώς και η δημιουργία ανεπιθύμητων αερίων που ήθελαν να θέσουν εύκολα σε λειτουργία τον Ηλεκτρονόμο προστασίας «buchholz».



Σχήμα 24. Μεταγωγικός Διακόπτης Μ/Σ

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι λήψεις των πηνίων Υ.Τ. για τη ρύθμιση της τάσης, γίνεται στην Υψηλή γιατί έχουμε χαμηλή ένταση και τα τόξα που δημιουργούνται στην αλλαγή των επαφών, είναι κατά πολύ ασθενέστερα από ότι ο μηχανισμός του Μεταγωγέα να είχε τοποθετηθεί στην Χ.Τ. του Μ/Σ. Η θερμοκρασία του μονωτικού λαδιού καθώς και η θερμοκρασία των τυλιγμάτων της Χ.Τ., του Μ/Σ (στην Χ.Τ. λόγω της μεγάλης έντασης, έχουμε μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων της), παρακολουθούνται από σειρά ενδεικτικών **θερμομέτρων** (Σχήμα 25.) που απεικονίζουν την θερμοκρασιακή κατάσταση του μονωτικού λαδιού καθώς και των τυλιγμάτων της Χ.Τ. Τα παραπάνω θερμόμετρα έχουν συνδεθεί ηλεκτρικά, έτσι ώστε να μεταφέρουν την πληροφορία της υψηλής θερμοκρασίας σε ακουστική σήμανση και ενδεικτική ενημέρωση στο κτήριο ελέγχου του Υ/Σ σε

πρώτο επίπεδο, και σε δεύτερο επίπεδο, να θέτει τον Μ/Σ εκτός λειτουργίας αυτόματα.



Σχήμα 25. Θερμόμετρα λαδιού και τυλιγμάτων Μ/Σ Ισχύος.

Ο Μ/Σ Ισχύος περιλαμβάνει και διάφορες διατάξεις ασφάλειας και προστασίας του που έχουν να κάνουν με την λειτουργία του Μ/Σ. Η **βαλβίδα ασφαλείας**, που προστατεύει τον Μ/Σ, από μεγάλα βραχυκυκλώματα, που εκδηλώνονται στο εσωτερικό του και δημιουργούν παραγωγή αερίων με υπερβολική πίεση, λόγω της αποσύνθεσης του λαδιού. Η βαλβίδα ασφαλείας, λειτουργεί εκτονωτικά, με αποτέλεσμα η πίεση των αερίων και αρκετή ποσότητα λαδιού, να σπάζει τη βαλβίδα ασφαλείας (που αποτελείται από γυαλί ή λεπτή μεταλλική μεμβράνη) και έτσι να οδηγείται το περιεχόμενο, μέσω μιας καμπυλωτής σωλήνας, έξω από το σώμα του Μ/Σ και με αυτό τον τρόπο να προστατεύεται. Ο **ηλεκτρονόμος buchholz**, (σχήμα 26), ο οποίος τοποθετείται στο σωλήνα επικοινωνίας λαδιού, που συνδέει το δοχείο διαστολής με το σώμα του Μ/Σ, έχει σκοπό την προστασία του Μ/Σ από τα τόξα που παράγουν αέρια λόγω αποσύνθεσης του λαδιού και τα οποία καταλήγουν στο buchholz, που βρίσκεται στο υψηλότερο μέρος του Μ/Σ. Η ηλεκτρική διέγερση του ηλεκτρονόμου buchholz θέτει αυτόματα εκτός λειτουργίας τον Μ/Σ. Η λειτουργία της βαλβίδας ασφαλείας προϋποθέτει και τη παράλληλη λειτουργία του buchholz, γιατί ενεργοποιούνται από την ίδια αιτία. Σημειώνεται βέβαια ότι ο ηλεκ-

τρονόμος buchholz, είναι ποιο ευαίσθητος και μπορεί να λειτουργήσει και λόγω χρόνιων σφαλμάτων που εκδηλώνονται με αργό ρυθμό, εν αντίθεση με την βαλβίδα ασφαλείας που ενεργοποιείται από έντονα και απότομα σφάλματα στο εσωτερικό του Μ/Σ.



Σχήμα 26. Ηλεκτρονόμος- buchholz.

Τα **μονωτικά υλικά** που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του Μ/Σ είναι άριστης ποιότητας και καλά υπολογισμένα για την όσο το δυνατό μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του καθώς και αντοχής του σε μεγάλα βραχυκυκλώματα. Τα συνηθισμένα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι το λάδι, το χαρτί και ο βακελίτης. Το τριφασικό τύλιγμα του Μ/Σ Ισχύος μαζί με τον σιδηροπυρήνα, είναι βυθισμένα εντός ενός μεγάλου χαλύβδινου δοχείου που είναι γεμάτο με μονωτικό λάδι (ορυκτέλαιο).

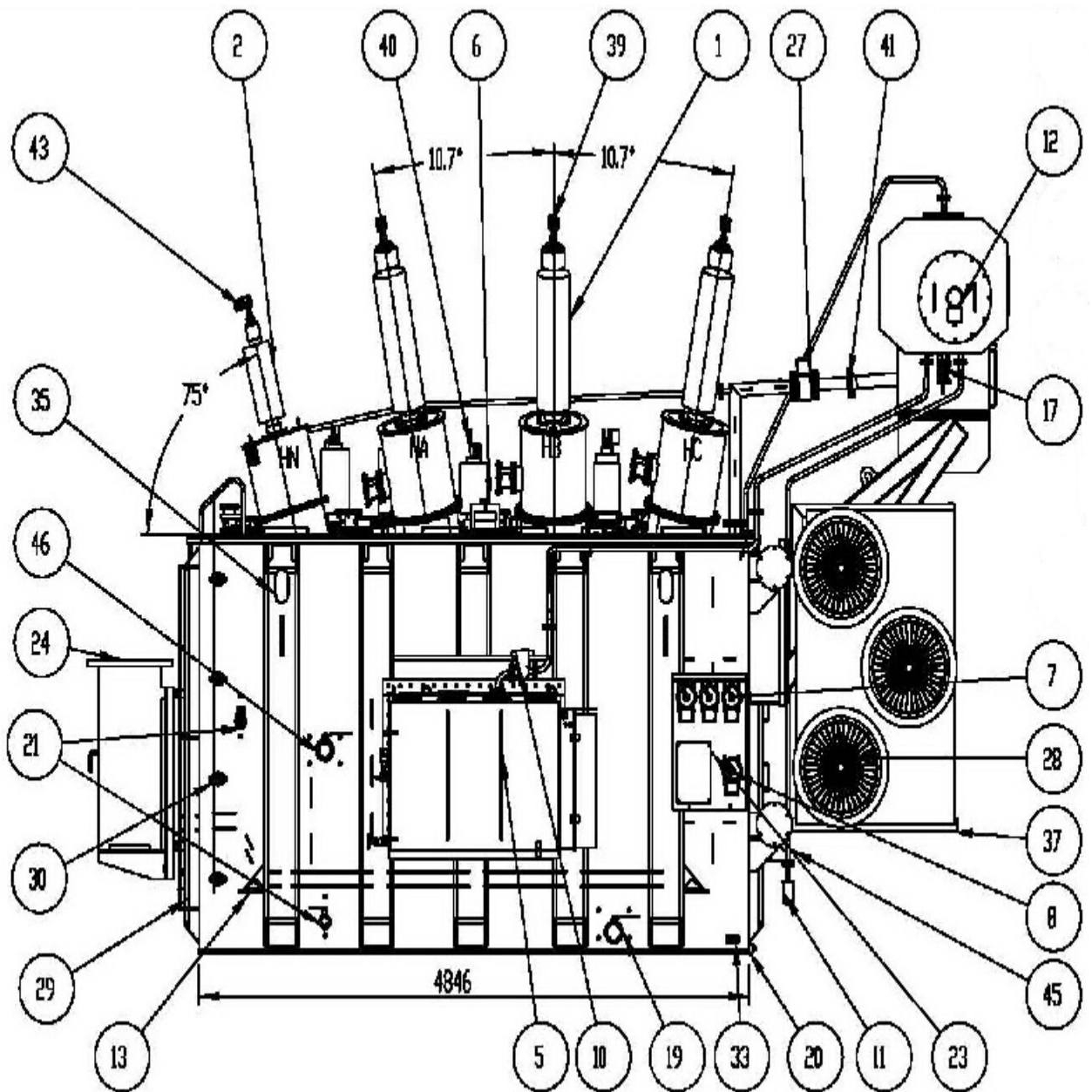
Η κύρια λειτουργία του λαδιού είναι να απορροφά θερμότητα από τον σιδηροπυρήνα και τους χάλκινους αγωγούς των τυλιγμάτων και να τη μεταβιβάζει στο περιβάλλον μέσω των μεταλλικών επιφανειών του δοχείου που περιβάλλει το ε-

σωτερικό μέρος του Μ/Σ. Οι απώλειες θερμότητας ενός Μ/Σ είναι περίπου ανάλογες με τον όγκο του. Για τους μεγάλους Μ/Σ Ισχύος, σαν αυτούς που περιγράφουμε σε αυτή την εργασία (Μ/Σ υποβιβασμού (Υ/Τ-Μ/Τ) το λάδι έχει αποδειχθεί σαν το καλύτερο ψυκτικό μέσω.

Για την καλύτερη απαγωγή της θερμότητας, τοποθετούνται εξωτερικά του δοχείου του Μ/Σ σειρά **μεταλλικών ψυγείων** (σχήμα 15,27), δια μέσω των οποίων διέρχεται το μονωτικό θερμό λάδι του Μ/Σ για να ψυχθεί. Τα ψυγεία είναι έτσι διαμορφωμένα ώστε να εξασφαλίζουν μεγάλες επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας. Η ψύξη του λαδιού στα ψυγεία διευκολύνεται ακόμη καλύτερα με την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα με ανεμιστήρες. Ακόμη ποιο βελτιωμένη περίπτωση είναι να έχουμε εξαναγκασμένη κυκλοφορία και στο λάδι του Μ/Σ με αντλίες που είναι τοποθετημένες εξωτερικά του Μ/Σ, και αυξάνουν την κυκλοφορία του λαδιού στα ψυγεία του Μ/Σ, αυτό συνηθίζεται στους πολύ μεγάλους Μ/Σ, ιδιαίτερα στους Μ/Σ ανύψωσης ή στους ΑΜ/Σ.

Η δεύτερη μεγάλη χρησιμότητα του λαδιού στο Μ/Σ είναι η εξασφάλιση της καλής μόνωσης από τα ηλεκτρικά μέρη των τυλιγμάτων και να τα προστατεύει από βραχυκυκλώματα καθώς επίσης και να σβήνει τα τόξα που δημιουργούνται στο εσωτερικό μέρος του Μ/Σ.

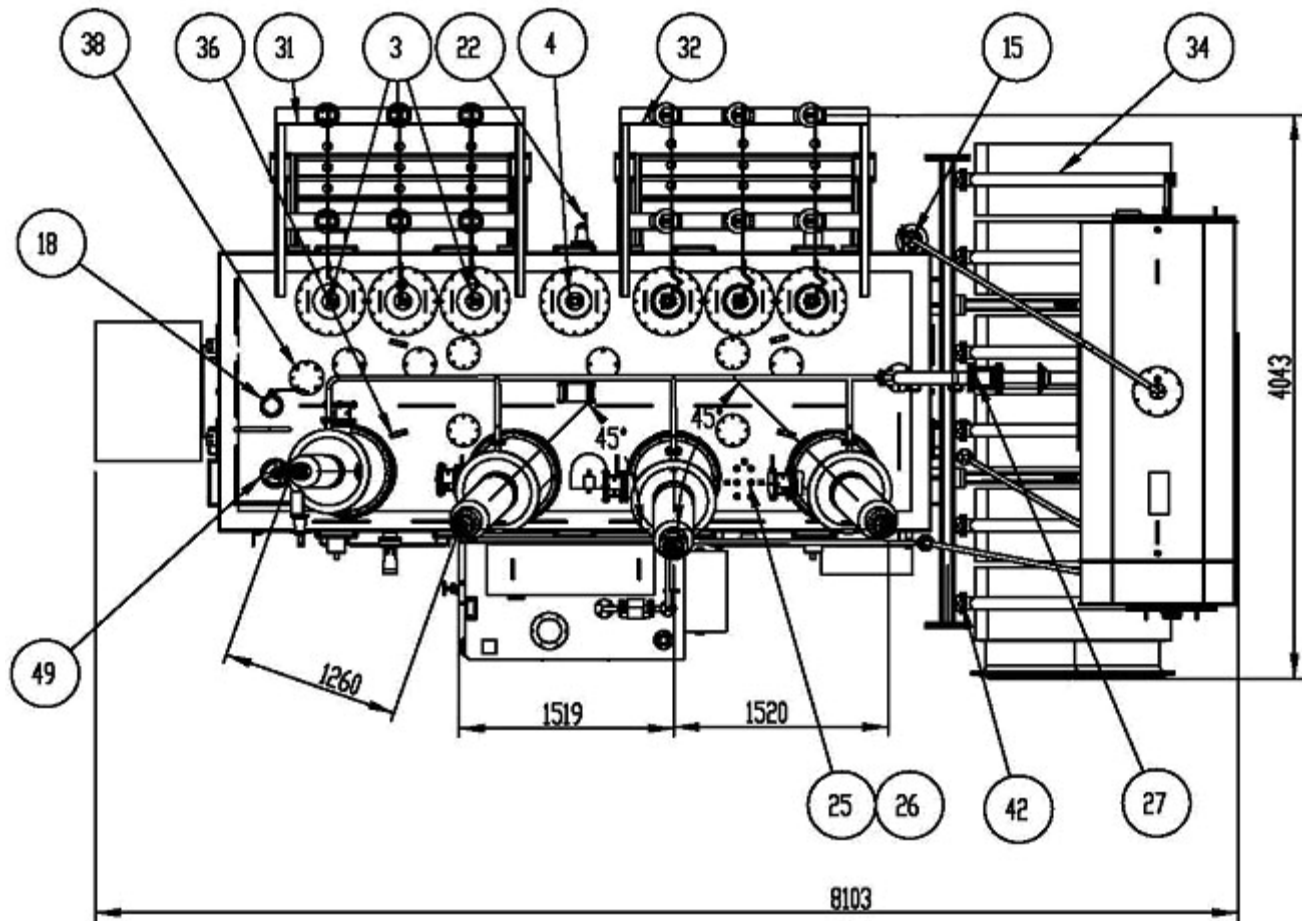
Παρουσίαση βασικών εξαρτημάτων του Μ/Σ Ισχύος .



Σχήμα 27. Ένδειξη εξαρτημάτων Μ/Σ Ισχύος από πλαγία όψη.

Ονοματολογία εξαρτημάτων Μ/Σ Ισχύος από πλάγια όψη (σχήμα 27).

1. Μονωτήρας διέλευσης υψηλής τάσης
2. Μονωτήρας ουδέτερου κόμβου
5. Μεταγωγέας λήψεων υπό φορτίο
6. Συσκευή ανακούφισης πίεσης
7. Θερμόμετρα τυλιγμάτων
8. Θερμόμετρο λαδιού
10. Ηλεκτρονόμος ροής λαδιού από μεταγωγέα
11. Αφυγραντής μεταγωγέα λήψεων
12. Ενδεικτικό στάθμης λαδιού μεταγωγέα
13. Λαβές έλξης
17. Βάνα αποστράγγισης δοχείου διαστολής κύριας δεξαμενής
19. Βάνα πλήρωσης/αποστράγγισης λαδιού
20. Πώμα αποστράγγισης
21. Βάνα δειγματοληψίας
23. Πινακίδα
24. Πίνακας ελέγχου
27. Ηλεκτρονόμος ανίχνευσης αερίων (Buchholz)
28. Ανεμιστήρες ψύξης
29. Σκάλα
30. Γείωση τυλιγμάτων υψηλής τάσης
33. Ακροδέκτης γείωσης κύριας δεξαμενής
35. Λαβές ανύψωσης μετασχηματιστή
37. Βάνα αποστράγγισης ψυγείου
39. Ακροδέκτες μονωτήρα διέλευσης υψηλής τάσης
40. Ακροδέκτες μονωτήρα διέλευσης μέση και χαμηλής τάσης
41. Βάνα απομόνωσης
43. Ακροδέκτης μονωτήρα ουδέτερου κόμβου
45. Βαλβίδα εξαέρωσης δεξαμενής
46. Ηλεκτρονόμος άμεσης εκτόνωσης



Σχήμα 28. Ένδειξη εξαρτημάτων Μ/Σ Ισχύος κάτοψη.

Ονοματολογία εξαρτημάτων Μ/Σ Ισχύος σε κάτοψη (σχήμα 28).

- 3. Μονωτήρας διέλευσης μέσης τάσης
- 4. Μονωτήρας διέλευσης χαμηλής τάσης
- 15. Αφυγραντής δοχείου διαστολής
- 18. Βάνα κένωσης
- 22. Ακροδέκτης γειώσεως ουδέτερου κόμβου
- 25. Αισθητήρας θερμοκρασίας ελαίου (προαιρετικά)
- 26. Αισθητήρας θερμοκρασίας τυλιγμάτων (προαιρετικά)
- 27. Ηλεκτρονόμος ανίχνευσης αερίων (Buchholz)
- 31. Ζυγοί μέσης τάσης (προαιρετικά)
- 32. Ζυγοί χαμηλής τάσης (προαιρετικά)
- 34. Ψυγείο
- 36. Λαβές ανύψωσης πάνω καλύματος
- 38. Κιβώτιο σύνδεσης γειώσης πυρήνα
- 42. Βάνες ψυγείου
- 49. Μεταγωγέας λήψεων εν κενώ (προαιρετικά)

IV. Εκτίμηση κατάστασης Μ/Σ Ισχύος, Έλεγχοι και Μετρήσεις.

Δεδομένο της σπουδαιότητας και του οικονομικού μεγέθους που αποτελεί το κυριότερο μηχάνημα που βρίσκεται εντός του Υ/Σ και είναι ο Μ/Σ Ισχύος, λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την ορθή, αδιάλειπτη και επί μακρόν χρονική λειτουργία του.

Η σπουδαιότητα της καλής και απαλλαγμένης βλαβών λειτουργίας των Μ/Σ για μια ηλεκτρική εταιρεία είναι πρωταρχικός παράγοντας. Η αξιοπιστία της λειτουργίας των Μ/Σ επηρεάζεται άμεσα από την κατάσταση των υλικών μόνωσης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό ειδικότερα για τους «γερασμένους» Μ/Σ.

Ο διαρκώς αυξανόμενος αριθμός «γερασμένων» Μ/Σ στη ΔΕΗ, αλλά και γενικά όλων των ηλεκτρικών εταιρειών, κάνει την εκτίμηση κατάστασής τους, όλο και πιο σημαντική. Η εκτίμηση της μονωτικής ικανότητας των Μ/Σ και οι εν γένει μετρήσεις και έλεγχοι στοχεύουν στην πρόβλεψη της εναπομένουσας «ζωής» τους, αλλά και στην προληπτική επέμβαση για την όσο το δυνατόν επέκταση του χρόνου ζωής τους.

Γενικά η «ζωή» ενός Μ/Σ είναι γύρω στα 30 χρόνια, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν πολλοί Μ/Σ που έχουν ξεπεράσει τα χρόνια αυτά και συνεχίζουν τη λειτουργία τους σε σχετικά καλή κατάσταση.

Το κύριο μονωτικό μέσον του Μ/Σ, όπως έχουμε προαναφέρει, είναι το λάδι. Το λάδι είναι οργανική σύνθεση που οξειδώνεται και φθείρεται. Τα προϊόντα της οξείδωσης και της φθοράς του λαδιού καταστρέφουν το χαρτί της μόνωσης του Μ/Σ.

Όσον αφορά τα χαρτιά μόνωσης, το μεγαλύτερο μέρος αυτών κατασκευάζεται από σελλουλόζη. Η κύρια πηγή ινών σελλουλόζης είναι το ξύλο και σε ξηρή κατάσταση το ξύλο περιέχει 50% σελλουλόζη. Η ποιότητα της σελλουλόζης μετριέται βάσει του βαθμού πολυμερισμού. Το τέλος του Μ/Σ ορίζεται όταν το χρησιμοποιούμενο μονωτικό χαρτί του χάσει το 75% της αντοχής του. Πέρα αυτού του σημείου είναι πολύ πιθανό να μην μπορέσει να αντέξει ο Μ/Σ σε κάποιο βραχυκύκλωμα ή σε απότομη αύξηση του φορτίου.

Το χαρτί μόνωσης φιλτράρει τα προϊόντα γήρανσης του λαδιού και τα κρατάει πάνω του με αποτέλεσμα να «γερνάει» σταδιακά. Αν αυτή η διαδικασία άφεθεί χωρίς έλεγχο-συντήρηση, αυτά τα προϊόντα δημιουργούν λάσπη στο Μ/Σ που επικαλύπτει τις επιφάνειες του χαρτιού και φράζει τις οδούς διέλευσης της ροής του λαδιού μεταξύ των τυλιγμάτων, με αποτέλεσμα να παγιδεύεται θερμότητα μέσα στο Μ/Σ. Ακόμη επιταχύνεται η μη απόδοση του μονωτικού χαρτιού και σταδιακά

γεφυρώνει διηλεκτρικά κενά με αποτέλεσμα να προξενούνται «φλασαρίσματα» και αστοχίες.

Επίσης, η σωστή αφύγρανση του αέρα έχει μεγάλη σημασία γιατί προστατεύει το λάδι από την υγρασία, που η ύπαρξή της υγρασίας μειώνει την διηλεκτρική αντοχή του λαδιού, επιταχύνει τις διαδικασίες γήρανσης και αυξάνει τις μερικές εκκενώσεις.

Το οξυγόνο που εισέρχεται στους Μ/Σ από τον εξωτερικό χώρο μέσω του συστήματος «αναπνοής», διαλύεται στο λάδι και επενεργεί άμεσα στο μονωτικό χαρτί επιταχύνοντας τη γήρανσή του. Το νερό και η υγρασία γενικότερα έχουν κύρια συμμετοχή στη γήρανση της σελλουλόζης. Τα μόρια του νερού συσσωρεύονται μεταξύ των αλυσίδων σελλουλόζης και προξενούν αποσύνθεση των αλυσίδων παράγοντας ελεύθερη γλυκόζη, γι' αυτό είναι ουσιαστικό να εμποδίζεται η είσοδος υγρασίας από την ατμόσφαιρα.

Τυπικά οι Μ/Σ λειτουργούν σε υψηλές σχετικά θερμοκρασίες που φθάνουν στους 80 έως 100 °C. Σε αυτές τις θερμοκρασίες τα χαρτιά σελλουλόζης χάνουν σταδιακά τις επιθυμητές ιδιότητές τους από διάφορους μηχανισμούς χημικής οξειδωσης και υδρόλυσης. Μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 7°C διπλασιάζει τον ρυθμό γήρανσης του λαδιού μέσω της διαδικασίας αποσύνθεσής του. Επίσης η υψηλή θερμοκρασία αυξάνει και τον ρυθμό οξειδωσης του λαδιού.

Οι ηλεκτρικές εκκενώσεις και γενικά τα ηλεκτρικά «στρεσαρίσματα» προκαλούν παραγωγή αερίων από το λάδι. Αυτά τα αέρια περιέχουν υδρογόνο και υδρογονάνθρακες που δημιουργούνται από την αποσύνθεση του λαδιού. Το ηλεκτρικό «στρεσαρίσμα» σε σημεία συγκέντρωσης αερίων μπορεί να είναι πολύ υψηλό με αποτέλεσμα να προκληθούν μερικές εκκενώσεις σε αυτά τα σημεία, με επακόλουθο την προοδευτική φθορά στη στερεή μόνωση του Μ/Σ.

Από τα παραπάνω προκύπτει η προφανής αναγκαιότητα εξεύρεσης μεθόδων διάγνωσης όλων των εμπλεκόμενων υλικών στο εσωτερικό του Μ/Σ προληπτικά, και πριν την ειδοποίηση κάποιου ανησυχητικού συμβάντος. Η διάγνωση αυτή πρέπει να γίνεται και με τέτοιο τρόπο που να μη αναγκάζει τον Μ/Σ να είναι εκτός διαθεσιμότητας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Συγκεκριμένα δεν είναι εύκολο και δεν συνίσταται το άνοιγμα του Μ/Σ για να ελέγχεται κατά περιόδους εσωτερικά, γιατί κάτι τέτοιο απαιτεί αρκετό χρόνο εκτός λειτουργίας του Μ/Σ με ότι αυτό συνεπάγεται για τις ανάγκες της Διανομής (καταναλωτές). Αντίθετα η εκτίμηση και η διάγνωση της κατάστασης του Μ/Σ πρέπει να γίνεται, το δυνατόν και με τον Μ/Σ

εν λειτουργία. Προς αυτή την κατεύθυνση λοιπόν κινούνται οι διάφορες εταιρείες που ασχολούνται με αυτό το αντικείμενο, προκειμένου έγκαιρα να διαπιστωθεί η κατάσταση του Μ/Σ και να αξιολογηθεί η παράταση της ενεργούς του ζωής.

Στη συνέχεια θα παρατεθούν οι κυριότερες μέθοδοι διάγνωσης, τις οποίες συνήθως και κατά περίπτωση χρησιμοποιούν οι υπηρεσίες της ΔΕΗ που ασχολούνται με αυτό το αντικείμενο.

Χρήσιμο να σημειώσουμε ότι οποιαδήποτε μέθοδος διάγνωσης, πέρα από τα στοιχεία που θα συλλέξει και τα τεθέντα όρια τιμών που υπάρχουν, απαιτείται αρκετή εμπειρία και γνώση για τον συσχετισμό των παραμέτρων και δεδομένων, έτσι ώστε η όλη διαδικασία να οδηγήσει σε μια επί της ουσίας διάγνωση, που θα είναι χρήσιμη για την εκτίμηση της κατάστασης του Μ/Σ, που έχει να κάνει με οικονομικούς λόγους, (μεγάλο κόστος αγοράς του Μ/Σ).

Φυσικοχημικές αναλύσεις λαδιού (Φ/Χ).

Οι Φ/Χ αναλύσεις είναι για απλό έλεγχο του μονωτικού λαδιού του Μ/Σ. Το λάδι δια της μεθόδου της δειγματοληψίας ελέγχεται σε ειδικές συσκευές για να διαπιστωθεί η κατάστασή του. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων κατηγοροποιούν τους Μ/Σ σε 4 ομάδες.

Α . Ικανοποιητική κατάσταση κατάλληλη για συνεχή χρήση.

Β . Κατάσταση που απαιτεί μικρές επεμβάσεις για περαιτέρω χρήση.

Γ . «Φτωχή» κατάσταση που απαιτεί ουσιαστική βελτίωση για συνέχιση της χρήσης του.

Δ . «Πολύ φτωχή» κατάσταση. Προτείνεται η απομάκρυνσή του.

-Έλεγχος χρώματος λαδιού.

Το μονωτικό λάδι πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ανοιχτόχρωμο και καθαρό. Κάθε μεταβολή του χρώματος κατά τη διάρκεια του χρόνου, υποδηλώνει υποβάθμιση ή ρύπανση του μονωτικού λαδιού. Η κλίμακα που χρησιμοποιείται για την κατάταξη του λαδιού το διαβαθμίζει σε 7 καταστάσεις όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας 6:

Αρίθμηση	Χρώμα	Κατάσταση
0,0-0,5	Διάφανο	Νέο λάδι
0,5-1,0	Ανοιχτό κίτρινο	Καλό λάδι
1,0-2,5	Κίτρινο	Λάδι απλά «γερασμένο» από τη χρήση
2,5-4,0	Σκούρο κίτρινο	Λάδι οριακά καλό/κακό
4,0-5,5	Ανοιχτό καφέ	Κακή κατάσταση λαδιού
5,5-7,0	Καφέ	Σοβαρή μόλυνση λαδιού
7,0-8,5	Σκούρο καφέ	Άχρηστο λάδι

Πίνακας 6.

-Διηλεκτρική αντοχή λαδιού.

Η διηλεκτρική αντοχή ενός υγρού είναι δείκτης της μονωτικής του ικανότητας. Χαμηλές τιμές είναι αποτέλεσμα υγρασίας ή και ύπαρξης αιωρούμενων σωματιδίων. Η δοκιμή εκτελείται με συσκευή η οποία αυξάνει την τάση βαθμιαία, μέχρις ότου επέλθει διάσπαση του λαδιού. Η μετρηθείσα τιμή αναγράφεται και εκτυπώνεται. Οι ρυπαντές, οι οποίοι προκαλούν χαμηλή διηλεκτρική αντοχή είναι δυνατόν να αφαιρεθούν με διατάξεις καθαρισμού λαδιών (φίλτρα). Τυπικές τιμές της τάσης διάσπασης είναι 30kV/mm-40kV/mm. Όταν οι τιμές βρίσκονται κάτω από τα 26kV/mm απαιτείται προσεκτικός έλεγχος Για τους μετασχηματιστές 150/20kV του ελληνικού συστήματος μεταφοράς η δοκιμή γίνεται κατά το πρότυπο IEC 156/95 με ελάχιστη απαιτούμενη τάση διάσπασης 22kV/mm.

Στον επόμενο πίνακα 7, φαίνονται τα επιτρεπόμενα όρια διηλεκτρικής αντοχής ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο διεθνώς.

Μέθοδος δοκιμής	Ελάχιστη διηλεκτρική αντοχή		
	<69kV	69-288kV	>345kV
ASTM D1816, διάκενο 0.040 ίντσες	23	26	26
ASTM D1816, διάκενο 0.080 ίντσες	34	45	45
ASTM D877, διάκενο 0.10 ίντσες	26	26	26

Πίνακας 7.

-Επιφανειακή τάση.

Επιφανειακή τάση μονωτικού λαδιού είναι η δύναμη σε δύνες ανά εκατοστό, η οποία απαιτείται για να διασπαστεί η διαχωριστική μεμβράνη μεταξύ αποσταγμένου νερού και λαδιού. Παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή τάση είναι

α) η έκθεση του μονωτικού λαδιού στο φως

β) η παρουσία σωματιδίων

Η επιφανειακή τάση του μονωτικού λαδιού, δεικνύει την εναπομείνουσα «ζωή» του λαδιού, χωρίς να συσχετίζεται με συγκεκριμένα προβλήματα του εξοπλισμού μέσα στον οποίο υπάρχει το λάδι. Η περιοχή της μέτρησης κυμαίνεται ενδεικτικά από 40 dynes /cm για νέο λάδι, έως 16 dynes /cm για λάδι που χρήζει σοβαρών επεμβάσεων για επαναχρησιμοποίηση.

-Βαθμός εξουδετέρωσης.

Βαθμός εξουδετέρωσης, ονομάζεται το βάρος του καυστικού καλίου (ΚΟΗ) σε χιλιοστά του γραμμαρίου (mg ΚΟΗ) που χρειάζεται για να εξουδετερώσει τα οξέα ενός cm³ λαδιού. Τιμές μεγαλύτερες από 0,3 mg ΚΟΗ/ cm³ υποδηλώνουν την παρουσία οργανικών οξέων τα οποία είναι επιβλαβή για το μονωτικό σύστημα. Τα οξέα ενδέχεται να δημιουργούν διάβρωση, αυξάνουν τη διαλυτότητα του νερού στο λάδι και δρουν καταλυτικώς στη διαδικασία αποσύνθεσης του χαρτιού.

-Περιεκτικότητα σε υγρασία.

Το νερό και η υγρασία γενικά επιδρά αρνητικά στο μονωτικό χαρτί του Μ/Σ. Τροποποιεί τα χαρακτηριστικά του χαρτιού και έτσι χάνεται η μονωτική ικανότητά του. Με μείωση στο 50% της περιεχόμενης υγρασίας στο λάδι διπλασιάζεται η διάρκεια ζωής του χαρτιού.

Επίσης αρνητική επίδραση έχει το νερό και στο λάδι. Το μόριο του νερού περιέχει οξυγόνο που επιταχύνει τη γήρανση του λαδιού. Ωστόσο, η ποσότητα του οξυγόνου δεν είναι σημαντική συγκριτικά με άλλες πηγές οξυγόνου.

Η μέτρηση γίνεται ανάλογα της εφαρμοσμένης μεθόδου σε ppm ή %.

Η περιοχή μετρήσεων % κορεσμένου νερού στο λάδι φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 8.

%	Κατάσταση μονωτικού λαδιού
0-5	Ξηρό (καλό)
6-20	Μέτριο προς υγρό
21-30	Υγρό
>30	Πολύ υγρό (κακό)

Πίνακας 8.

Ανάλυση αερίων σε διάλυση στο λάδι.

Οι έλεγχοι ανάλυσης των αερίων που είναι στο λάδι, συνίστανται στο να ανιχνευθούν τα διαλυμένα αέρια που βρίσκονται στο λάδι με τη βοήθεια του αεριοχρωματογράφου. Κατά τα πρότυπα ορίζονται 4 κατηγορίες κατάστασης του λαδιού που καθορίζουν το κατά πόσον ο Μ/Σ συμπεριφέρεται σωστά, βάσει και προηγούμενων αντίστοιχων μετρήσεων (ιστορικό μηχανήματος) λαμβάνοντας υπόψη και τα επιμέρους αέρια αλλά και το συνολικό ποσοστό αερίων σε διάλυση στο υπό θεώρηση λάδι.

Κατάσταση 1. Ένδειξη ικανοποιητικής λειτουργίας του Μ/Σ.

Κατάσταση 2. Ένδειξη ύπαρξης αερίων πάνω από το κανονικό, που απαιτούν επιπλέον έρευνα.

Κατάσταση 3. Ένδειξη υψηλής αποσύνθεσης που απαιτεί επιπλέον έρευνα οπωσδήποτε

Κατάσταση 4. Ένδειξη υπερβολικής αποσύνθεσης που καθιστά επικίνδυνη τη συνέχιση της λειτουργίας του Μ/Σ.

Οι τιμές των αναλυμένων αερίων περιέχονται στον πίνακα 9 ανά κατάσταση.

Κατάσταση	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	
1	100	120	35	50	65	350	2.500	
2	101-700	121-400	36-50	51-100	66-100	351-570	2.500-4.000	
3	701-1.800	401-1.000	51-80	101-200	101-150	571-1.400	4.000-10.000	
4	>1.800	>1.000	>80	>200	>150	>1.400	>10.000	

Πίνακας 9.

Η ύπαρξη H₂ και C₂H₂ αποτελεί ένδειξη σφαλμάτων με δημιουργία ηλεκτρικού τόξου. Για την παραγωγή C₂H₂ απαιτούνται θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 500 °C

οπότε απαιτείται οπωσδήποτε περαιτέρω διερεύνηση ο Μ/Σ.

Η ύπαρξη CH₄, C₂H₆, C₂H₄ και H₂ αποτελεί ένδειξη υπερθέρμανσης και αποσύνθεσης του λαδιού σε θερμοκρασίες μικρότερες των 250 °C.

CH₄ και H₂ παράγονται και από μερικές εκκενώσεις στο λάδι. H₂ και O₂ παράγεται από ηλεκτρόλυση νερού που υπάρχει στο λάδι.

CO και CO₂ είναι αέρια που δείχνουν θερμική γήρανση του χαρτιού ή μερικές εκκενώσεις που δημιουργούνται σε θερμοκρασία πάνω από 90 °C.

Υπάρχουν και άλλοι έλεγχοι και μετρήσεις που γίνονται στον Μ/Σ για περισσότερη διερεύνηση και ταυτόχρονα για διασταύρωση, προκειμένου να βγει μια ακριβής διάγνωση για το μηχάνημα.

-Μετρήσεις μερικών εκκενώσεων. Με την μέθοδο ανίχνευσης, μέσω σημάτων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και την μέθοδο ανίχνευσης, μέσω ακουστικών συχνοτήτων.

-Θερμογραφία (θερμική εικόνα)

-Μέθοδος μέτρησης βαθμού πολυμερισμού (DP)

-Χρωματογραφία διαποτισμού γέλης (GEL) (GPC)

-Χρωματογραφία υγρών (λαδιού) υψηλής απόδοσης (HPLC)

Συνηθισμένες μετρήσεις και έλεγχοι που είναι απλοί και εφαρμόζονται σε κάθε συντήρηση ή βλάβη Μ/Σ από τους τεχνικούς της ΔΕΗ καθώς και τους τεχνικούς των άλλων εταιρειών που ασχολούνται με αυτό το αντικείμενο είναι οι παρακάτω:

-Μέτρηση της αντίστασης των τυλιγμάτων.

Είναι η μέτρηση της ωμικής αντίστασης του τυλίγματος, για όλα τα τυλίγματα και για τις τρεις φάσεις. Για τη μέτρηση χρησιμοποιείται τροφοδοσία συνεχούς ρεύματος. Πραγματοποιείται με τους εξής τρόπους:

α) με τη χρήση βολτόμετρου-αμπερόμετρου

β) με τη χρήση γέφυρας Thomson ή Wheatstone (ποιο συνηθισμένος τρόπος)

Ο μετασχηματιστής πρέπει να παραμείνει τουλάχιστον τρεις ώρες εκτός λειτουργίας ώστε να υπάρχει εξίσωση μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας λαδιού και της θερμοκρασίας τυλιγμάτων. Ως μέση τιμή της θερμοκρασίας του λαδιού θεωρείται η μέση τιμή των θερμοκρασιών στο άνω και κάτω τμήμα του. Επειδή η αντίσταση του χαλκού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, πρέπει να συνυπολογίζεται η ανύψωση της τελευταίας. Έτσι, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C:

Για ανύψωση 55°C η αντίσταση διορθώνεται στους $20+55=75^\circ\text{C}$

Για ανύψωση 65°C η αντίσταση διορθώνεται στους $20+65=85^\circ\text{C}$

Η αρχική μέτρηση εκτελείται στο εργοστάσιο κατασκευής. Οι επόμενες επιτόπου μετρήσεις μπορεί να αποκλίνουν το πολύ μέχρι 2% επί των αρχικών. Αν υπάρχουν αποκλίσεις πιθανόν να οφείλονται σε βραχυκυκλωμένες σπείρες ή σε ελαττωματικές συνδέσεις, σε διακοπή παράλληλων αγωγών των τυλιγμάτων, σε επαφές αγωγών με τον μεταγωγέα ή σε συνδυασμό των παραπάνω.

Παρατήρηση: Για την αποφυγή υπερβολικής ανύψωσης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της δοκιμής, συστήνεται το ρεύμα της μέτρησης να μην υπερβαίνει το 10% του ονομαστικού ρεύματος κάθε τυλίγματος.

Ενδεικτικά καταγράφουμε τιμές αντίστασης τυλιγμάτων M/Σ υποβιβασμού στην Υ.Τ. σε (Ω) και τη Χ.Τ. σε ($\mu\Omega$) σε διαφορετικές θέσεις του μεταγωγέα με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά.

Ισχύς (HV/LV) :40/50 MVA.

Συνδεσμολογία :Dyn-1

Τάση (HV/LV) :150/15,75-21KV.

Η μέτρηση γίνεται στους κλάδους της υψηλής με συνδεσμολογία τριγώνου στους 13 °C σε (Ω).

Τυλίγματα υψηλής.

Θέση μεταγωγέα.	H ₁ -H ₂	H ₂ -H ₃	H ₁ -H ₃
1	1,595	1,207	1,404
2	1,573	1,186	1,381
3	1,553	1,165	1,360
4	1,533	1,143	1,338
5	1,511	1,122	1,317
6	1,490	1,100	1,295
7	1,468	1,079	1,275
8	1,448	1,057	1,253
9 A	1,426	1,035	1,232
9 B	1,426	1,035	1,231
9 C	1,429	1,037	1,231
10	1,453	1,058	1,251
11	1,472	1,080	1,273
12	1,495	1,101	1,294
13	1,514	1,124	1,316
14	1,533	1,144	1,337
15	1,553	1,165	1,358
16	1,573	1,186	1,379
17	1,591	1,206	1,401

Μέτρηση Τυλιγμάτων Χαμηλής σε συνδεσμολογία αστέρος σε ($\mu\Omega$).

$X_0-X_1 = 8.424$, $X_0-X_2 = 8.294$, $X_0-X_3 = 8.422$

-Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.

Η μέτρηση της αντίστασης μόνωσης προσδιορίζει την ποιότητα της μόνωσης του μετασχηματιστή. Η μέτρηση της αντίστασης μόνωσης γίνεται μέσω μεγγόμετρου (Megger) που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της κατάστασης της μόνωσης του τυλίγματος. Με αυτήν προσδιορίζονται τυχόν υγρασίες, ακαθαρσίες ή ελαττώματα. Η δοκιμή εφαρμόζει μια συνεχή τάση μεταξύ των τυλιγμάτων και της γης, είναι σημαντικό να γειώνονται σωστά όλα τα τυλίγματα εκτός εκείνου του οποίου μετράται η αντίσταση. Επίσης, είναι βασικό να γειώνονται όλοι οι ακροδέκτες για λίγα λεπτά μετά από κάθε μέτρηση, με σκοπό να απομακρυνθεί κάθε αποθηκευμένο φορτίο. Για τους μετασχηματιστές μεταφοράς 150/21kV η τάση δοκιμής είναι 5kV. Η αντίσταση μόνωσης μετράται σε ΜΩ και ανάγεται στη θερμοκρασία των 20°C για να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Ενδεικτικά καταγράφουμε τιμές Αντίστασης Μόνωσης του Μ/Σ υποβιβασμού με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά του παραπάνω Μ/Σ, μεταξύ των τυλιγμάτων Υ.Τ.- ΓΗ, ΧΤ-ΓΗ, ΥΤ-Χ.Τ., σε χρόνο φόρτισης τυλίγματος από 15 sec.έως 10 min.

Μέτρηση Μόνωσης Τυλιγμάτων με συσκευή «Megger» 5000 V, σε θερμοκρασία ελαίου 20 °C, σε ΜΩ.

Χρόνος φόρτισης	ΥΤ-ΓΗ	ΧΤ-ΓΗ	ΥΤ-ΧΤ
15''	12.500	5.320	7.420
30''	12.300	6.180	8.050
1'	13.300	7.260	8.670
2'	15.000	9.110	11.700
3'	16.300	10.600	14.000
4'	17.500	12.000	16.300
5'	18.400	13.000	18.600
6'	19.200	14.300	20.700
7'	19.900	15.400	22.900
8'	20.400	16.400	24.900
9'	21.000	17.400	22.900
10'	21.400	18.400	24.500

Τρόπος αξιολόγησης της παραπάνω μετρούμενης αντίστασης μόνωσης του Μ/Σ είναι η ποιο κάτω κατηγοροποίηση, βάσει του λόγου (λ).

(Ενδεικτικά αναφέρουμε και το «πρακτικό» όριο που καθορίζει την αντίσταση μόνωσης ενός μηχανήματος. $R \geq 1000 \Omega/V$).

Μέτρηση (10') / Μέτρηση (1') = λόγος (λ)

Μόνωση $\lambda = M(10') / M(1')$

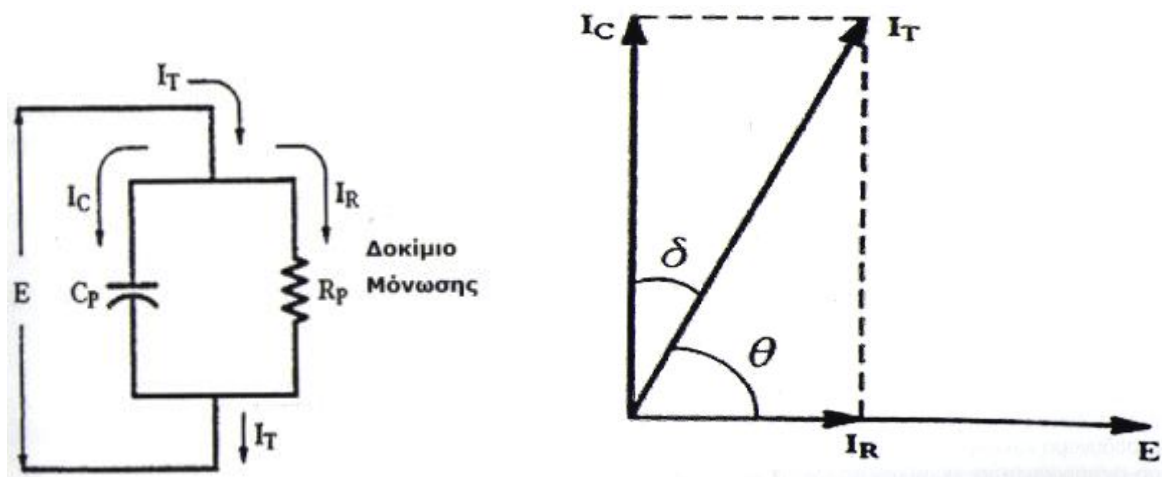
Επικίνδυνη	1,0
Φτωχή	1,0 - 1,10
Προβληματική	1,10 - 1,25
Μέτρια	1,25 - 2,0
Καλή	2,0 και άνω.

-Συντελεστής διηλεκτρικών απωλειών (εφδ).

Ο συντελεστής (εφδ) είναι ένα κριτήριο αξιολόγησης διηλεκτρικού, γιατί δίνει πληροφορίες για την αγωγιμότητά του.

Με τη μέτρηση του συντελεστή απωλειών (εφδ) ενός Μ/Σ, εκτιμάται το ρεύμα διαρροής δια μέσω του λαδιού και είναι ένα αριθμητικό μέγεθος. Το ρεύμα διαρροής (I_R) είναι μέτρο μόλυνσης, εκκενώσεων, θερμικής καταπόνησης ή γήρανσης. Δίνει εν κατακλείδι την κατάσταση των μονωτικών ιδιοτήτων του Μ/Σ. Γενικά η μόνωση μπορεί να αναπαρασταθεί με το κύκλωμα του σχήματος 29, δηλαδή ως μια χωρητικότητα παράλληλα συνδεδεμένη με μια αντίσταση. Οι σχέσεις μεταξύ των αναπτυσσόμενων ρευμάτων φαίνονται στο διπλανό διανυσματικό διάγραμμα.

Και ορίζεται σαν το πηλίκο των I_R και I_C . ($\epsilon\phi\delta = I_R / I_C$).



Σχήμα 29. Σχηματική παράσταση μόνωσης και διανυσματικό διάγραμμα.

Όπου: E: η εφαρμοζόμενη τάση δοκιμής στη μόνωση

C_p : η ισοδύναμη παράλληλη χωρητικότητα

R_p : η ισοδύναμη παράλληλη αντίσταση

I_T : η συνολική ένταση που διαπερνά τη μόνωση λόγω της E

I_C : η κάθετη συνιστώσα (χωρητική συνιστώσα) του I_T

I_R : η ομοπολική συνιστώσα (ενεργός συνιστώσα) του I_T

ή συνιστώσα απωλειών του I_T

θ : η φασική γωνία του διηλεκτρικού

δ : η γωνία διηλεκτρικών απωλειών

Παρατηρήσεις:

Εκτός από τους μετασχηματιστές, η μέτρηση της εφδ εκτελείται και σε άλλο ηλεκτρικό εξοπλισμό όπως Μετασχηματιστές οργάνων (Μ/ΣΕ και Μ/ΣΤ), διακόπτες με μέσον μόνωσης το λάδι Α/Ξ κ.λ.π.).

-Μέτρηση σχέσης μετασχηματισμού.

Είναι η μέτρηση του λόγου των τάσεων κενής λειτουργίας των τυλιγμάτων, ο οποίος ταυτίζεται με τον λόγο των σπειρών. Η μέτρηση εκτελείται για κάθε λήψη του μεταγωγέα και για όλες τις φάσεις. Το όργανο που χρησιμοποιείται είναι το σχεσιόμετρο του οποίου η ακρίβεια είναι $\pm 0,1\%$. Η τάση τροφοδότησης εφαρμόζεται στο τύλιγμα υψηλής τάσης για να μην υπάρχει το ενδεχόμενο ανυψώσεων τάσης από την πλευρά του δευτερεύοντος. Η μέτρηση γίνεται στο δευτερεύον και έπειτα, υπολογίζεται ο λόγος.

Ο επόμενος πίνακας ονοματίζει τους ακροδέκτες και τις τιμές που μετρήθηκαν σε Μ/Σ με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά και σε συνδεσμολογία Υ.Τ./Χ.Τ. Τρίγωνο-Αστέρας αντίστοιχα.

Κατασκευαστής :ELECTROPUTERE

Τύπος :TTUS ONAN-ONAF

Χώρα προελεύσεως: ΡΟΥΜΑΝΙΑ

Αριθ.σειράς :1428646

Έτος κατασκευής :2009

Ισχύς (HV/LV) :40/50 MVA.

Συνδεσμολογία :Dyn-1

Τάση (HV/LV) :150/15,75-21KV.

Μέτρηση Σχέσεως Μεταφοράς με σχεσιόμετρο (αριθμητικό μέγεθος).

Θέση μεταγωγέα.	$H_1H_2-X_0X_2$	$H_1H_3-X_0X_1$	$H_2H_3-X_0X_3$
1	13,296	13,298	13,298
2	13,141	13,142	14,142
3	12,987	12,987	12,987
4	12,833	12,833	12,832
5	12,680	12,678	12,678
6	12,523	12,523	12,522
7	12,366	12,365	12,367
8	12,210	12,211	12,212
9 A-C	12,059	12,060	12,059
9 B	12,059	12,061	12,059
10	11,907	11,906	12,906
11	11,750	11,750	11,750
12	11,589	11,591	11,590
13	11,438	11,440	11,439
14	11,288	11,288	11,289
15	11,132	11,132	11,132
16	10,976	10,976	10,978
17	10.821	10,820	10,823

-Μέτρηση πολικότητας.

Η μέτρηση της πολικότητας πραγματοποιείται από το εργοστάσιο παραγωγής και αναγράφεται στην πινακίδα του μετασχηματιστή. Η γνώση της πολικότητας, της φοράς δηλαδή των ρευμάτων στους ακροδέκτες των μονωτήρων διέλευσης για το πρωτεύον και το δευτερεύον, είναι απαραίτητη για την περίπτωση που απαιτείται παραλληλισμός μετασχηματιστών. Η διαδικασία της μέτρησης είναι η εξής:

Έστω ότι μετράται η φάση V (από τις φάσεις U, V, W). Το τύλιγμα υψηλής τάσης τροφοδοτείται με τάση 200Volt. Συνδέεται το βολτόμετρο μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος (δηλαδή στα άκρα 1V και 2V) και ελέγχεται η ένδειξή του. Εάν η ένδειξη είναι 196Volt, τότε η πολικότητα είναι αφαιρετική που σημαίνει ότι τα τυλίγματα διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα. Αν η ένδειξη είναι 204Volt τότε είναι προσθετική, που σημαίνει ότι διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα.

Υπάρχουν και πολλές άλλες μετρήσεις και έλεγχοι (εργοστασιακοί και εργαστηριακοί) που μπορούν να γίνουν σε ένα Μ/Σ όπως, μέτρηση της τάσης βραχυκύκλωσης και απωλειών φορτίου, μέτρηση του ρεύματος μαγνήτισης και απωλειών εν κενώ κ.α. που δεν άπτονται της τόσο λεπτομερούς ανάπτυξης του θέματος, λόγω επέκταση και εξειδίκευση της εργασίας.

3.1.2. Διακόπτης Ισχύος.

I. Γενικά περι Δ.Ι.

Οι Διακόπτες Ισχύος ή Αυτόματοι Διακόπτες είναι τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η διακοπή των βραχυκυκλωμάτων στα ηλεκτρικά δίκτυα της Μεταφοράς και της Διανομής και επομένως ο ρόλος που διαδραματίζουν, στην προστασία των Γραμμών Μεταφοράς Η.Ε. για την ταχεία αποκατάσταση της ομαλής λειτουργίας σε περίπτωση ανωμαλίας - βραχυκύκλωμα είναι κύριος. Επίσης χρησιμοποιούνται για τους συνήθεις χειρισμούς του δικτύου, δηλαδή τις ζεύξεις και αποζεύξεις των Γραμμών, των Μ/Σ, των Γεννητριών κ.λ.π.

Το μέγεθος της ισχύος βραχυκύκλωσης, την οποία μπορεί να διακόψει ο Διακόπτης και ο χρόνος διακοπής, αποτελούν δυο βασικά χαρακτηριστικά των Διακοπών Ισχύος. Ο χρόνος λειτουργίας του Διακόπτη είναι εξαιρετικής σπουδαιότητας για τα μεγάλα κυρίως δίκτυα, γιατί προστιθέμενος στο χρόνο λειτουργίας της προστασίας, από την οποία παίρνει την εντολή, δίνει το χρόνο εκκαθάρισης του σφάλματος ή στην άλλη περίπτωση την διατήρηση της ανωμαλίας στο Σύστημα Η.Ε.

Το σημαντικότερο καθήκον του Διακόπτη είναι η διακοπή του ρεύματος βραχυκύκλωσης, γι' αυτό και η ικανότητα διακοπής, είναι ένα από τα σπουδαιότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά του στη θέση του Διακόπτη.

Οι Διακόπτες γενικά περιλαμβάνουν ένα ζεύγος επαφών, μια σταθερή και μια κινητή. Ένας μηχανισμός κινεί την κινητή επαφή για να κλείσει ή να διακόψει το κύκλωμα. Ο μηχανισμός μπορεί να είναι ένα φορτισμένο ελατήριο, ένα υδραυλικό σύστημα ή πνευματικό ή ακόμη υδραυλικοπνευματικό σύστημα. Όταν απαιτείται διακοπή του κυκλώματος ο μηχανισμός – σύστημα κινεί και απομακρύνει τις επαφές, μεταξύ των οποίων σχηματίζεται ένα ηλεκτρικό τόξο. Κύριο καθήκον του Διακόπτη είναι να σβήνει το τόξο για να διακοπεί το ηλεκτρικό κύκλωμα. Η σβέση του τόξου επιτυγχάνεται με την εκτόξευση πάνω του ενός μέσου, δηλαδή μονωτικού ελαίου, πεπιεσμένου αέρα ή άλλου μονωτικού αερίου το οποίο χαρακτηρίζει και τον τύπο του Διακόπτη.

Έτσι καταλήγουμε στους κυριότερους τύπους Διακοπών Ισχύος Υψηλής και Μέσης τάσης που είναι οι εξείς:

Διακόπτης ελαίου.

Διακόπτης πετρελαισμένου αέρα.

Διακόπτης εξαφθοριούχου θείου (SF6).

Διακόπτης κενού.

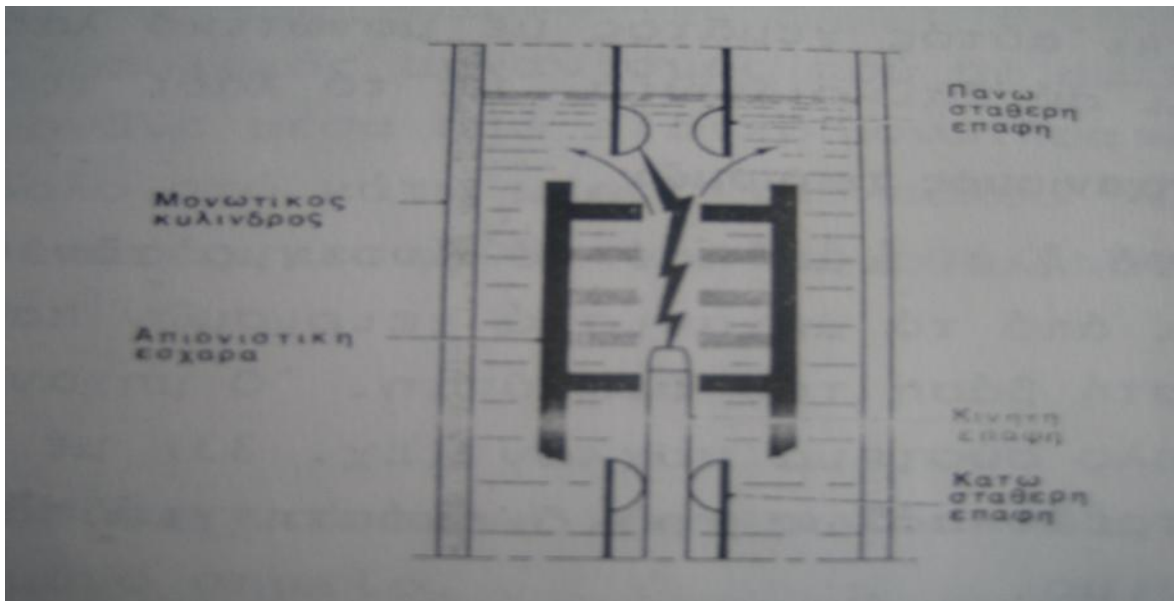
II. Διακόπτης Ελαίου (Ε/Δ) 150KV. (Σχήμα 30)



Σχήμα 30. Διακόπτης Ισχύος ελαίου 150KV, με δυο θαλάμους διακοπής τόξου.

Είναι ο παλαιότερος τύπος Διακοπών. Το λάδι χρησιμοποιείται στους Διακόπτες γιατί μεγάλος όγκος του αναφλέγεται δύσκολα και επειδή είναι ταυτόχρονα μονωτικό και ψυκτικό μέσο. Έχει δυο επαφές για κάθε πόλο και ανοίγουν μέσα σε περιβάλλον λαδιού. Κατά το άνοιγμα των επαφών δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο. Στο χώρο του τόξου το λάδι υπερθερμαίνεται, δημιουργούνται φυσαλίδες και αυξάνει ο

όγκος του απότομα. Τούτο προκαλεί τη γρήγορη κυκλοφορία του λαδιού (σάρωση) στο χώρο. Το λάδι το οποίο βρίσκεται εντός του θαλάμου διακοπής, περνώντας με



Σχήμα 31. Θάλαμος διακοπής E/Δ150KV.

ταχύτητα μέσα από τις σχιστές πλάκες (απιονιστική εσχάρα) (σχήμα 31,32), απομακρύνει την παραγόμενη από το τόξο, θερμότητα (ψύχει τις επαφές), αυξάνει την αντίσταση μεταξύ των επαφών και το τόξο σβήνει γρήγορα.

Κάθε Διακόπτης ελαίου διακρίνεται σε τρία βασικά τμήματα (σχήμα 30):

Το θάλαμο διακοπής που είναι βασικά ο κύριος Διακόπτης και είναι σε σχήμα (V), λόγω του ότι ο συγκεκριμένος E/Δ έχει δυο θαλάμους διακοπής τόξου ανά πόλο (φάση), μέσα σε αυτόν (αυτούς), βρίσκονται οι επαφές και το τμήμα που βρίσκεται υπό τάση. Εξωτερικά είναι περιβεβλημένο από τον πορσελάνινο μονωτήρα. Παράλληλα με τους θαλάμους διακοπής βρίσκονται οι πυκνωτές για την ομαλή κατανομή της τάσης.

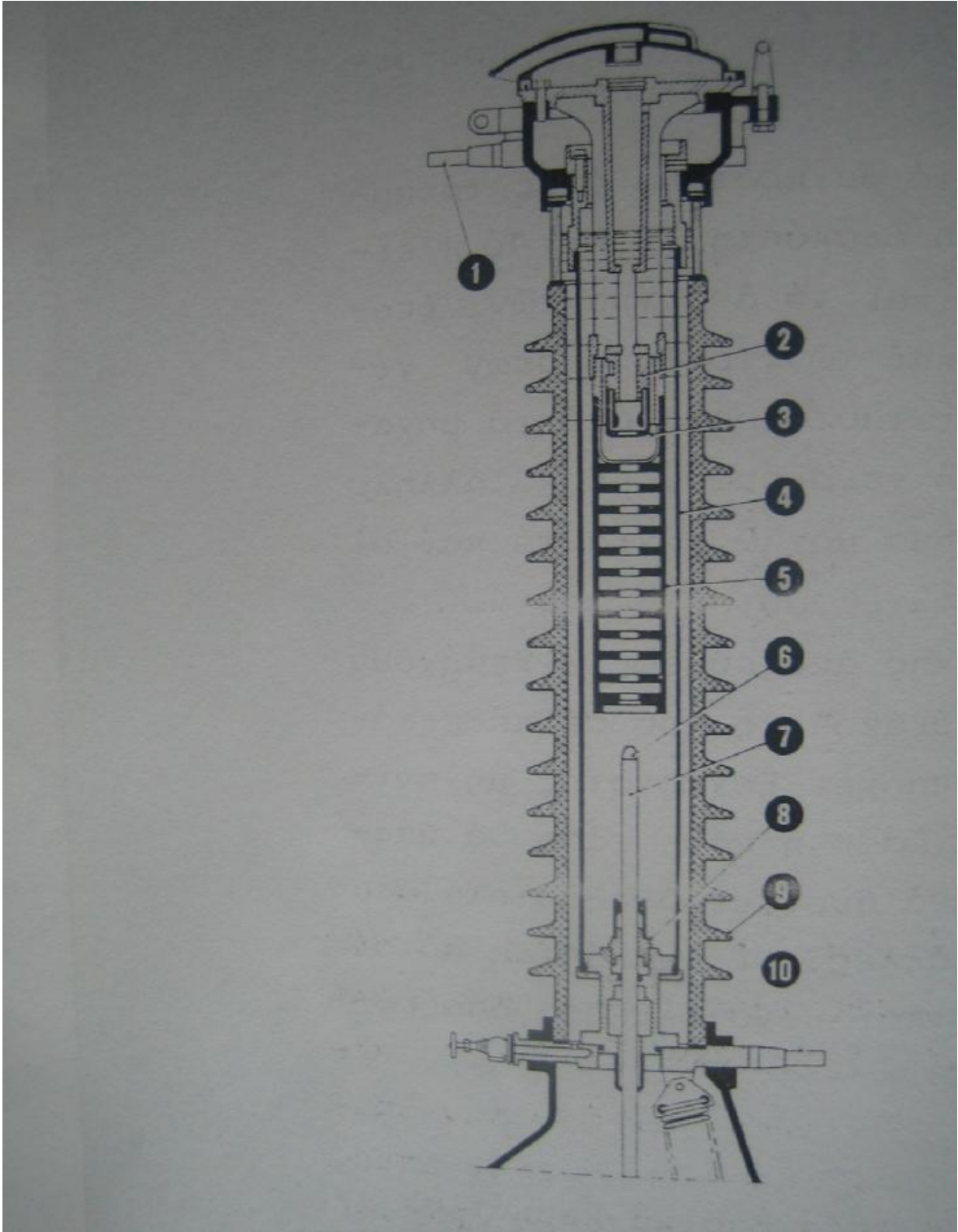
Το μονωτικό στήριγμα πάνω στο οποίο στηρίζεται ο θάλαμος του διακόπτη για να μονώνεται από το ικρίωμα του διακόπτη και το μηχανισμό (μονωτήρας στήριξης).

Το μηχανισμό χειρισμών που με κατάλληλο σύστημα μεταδίδει την κίνηση στις επαφές του διακόπτη ώστε να ανοιγοκλείνουν.

Περιγραφή πόλου E/Δ Ισχύος βάσει του σχήματος 32.

- 1 και 10 Ακροδέκτες.
- 2 Συγκρότημα σταθερής επαφής.
- 3 Επαφές σταθερής επαφής.
- 4 Μονωτικός κύλινδρος.

- 5 Απιονιστική εσχάρα.
- 6 Κεφαλή κινητής επαφής.
- 7 Συγκρότημα κινητής επαφής.
- 8 Επαφές κινητής επαφής.
- 9 Μονωτήρας από πορσελάνη.



Σχήμα 32. Πόλος Ε/Δ Ισχύος 150KV.

III. Διακόπτης Αέρα (Α/Δ) 150KV. (Σχήμα 33.)



Σχήμα 33. Αεροδιακόπτης Ισχύος (Α/Δ) 150KV με δύο επαφές διακοπής τόξου..

Οι αυτόματοι διακόπτες αέρα κοστίζουν ακριβότερα από τους διακόπτες λαδιού. Είναι κατάλληλοι για λειτουργία σε δίκτυα Υ.Τ. και χρησιμοποιούν σαν μέσο σβέσης τόξου τον αέρα. Στο σχήμα 33 φαίνεται εγκατεστημένο συγκρότημα τριπολικού Α/Δ.

Τα οριζόντια τμήματα είναι οι θάλαμοι διακοπής του Α/Δ, οι οποίοι στηρίζονται στους κάθετους μονωτήρες στήριξης για αποκοπή της ηλεκτρικής συνέχειας του θαλάμου με το ικρύωμα. Στο επάνω μέρος των θαλάμων διακοπής είναι τοποθετημένοι εν παραλλήλω πυκνωτές προκειμένου να έχουμε ομαλή κατανομή της τάσης, ένα φαινόμενο που συνηθίζεται να παρουσιάζεται σε Διακόπτες με δύο ή περισσότερους θαλάμους διακοπής. Δεξιά φαίνεται το χειριστήριο του Α/Δ. Εκεί ο υπό πίεση αέρας (≈ 27 bar, πίεση λειτουργίας του Α/Δ) διαχέεται με χαλκοσωλήνες και σειρά βαλβίδων εις τους πόλους του Α/Δ. Η αδιάλειπτη παροχή του αέρα προς τον Α/Δ εξασφαλίζεται με δίκτυο αέρος που τροφοδοτείται από σταθερή μονάδα αεροσυμπιεστών.

Ο αέρας στον Α/Δ χρησιμοποιείται για τη σβέση του τόξου και την ψύξη των επαφών καθώς επίσης και σαν κινητήριος δύναμη για το κλείσιμο και το άνοιγμα των επαφών του Α/Δ.

IV. Διακόπτης Αερίου (ΑΕ/Δ) 150KV. (Σχήμα 34.)



Σχήμα 34. ΑΕ/Δ 150KV με μέσον σβέσης τόξου SF₆, με ένα θάλαμο διακοπής τόξου και πνευματικό χειριστήριο.

Η τεχνολογία των Διακοπών με την συνεχή εξέλιξη της βελτίωσε τους εν λόγω Διακόπτες και αντιμετώπισε τα δυο μεγάλα προβλήματα, του όγκου των και της

συχνής συντήρησής των, με την εφαρμογή καινούργιων μέσων σβέσης του τόξου, όπως είναι το εξαφθοριούχο θείο (SF_6).

Ο ΑΕ/Δ του σχήματος 34, είναι διακόπτης με ένα θάλαμο διακοπής τόξου ανά φάση, και είναι τοποθετημένος στο επάνω μέρος του πόλου, χρησιμοποιεί σαν μέσο σβέσης τόξου το εξαφθοριούχο θείο (SF_6). Ο θάλαμος διακοπής στηρίζεται στον μονωτήρα στήριξης για να απομονώνεται το ηλεκτροφόρο μέρος του θαλάμου από το μεταλλικό ικρύωμα καθώς και να περικλείει την ράβδο μετάδοσης κίνησης ή άλλου μέσου (αέρα) που χρησιμοποιείται για το άνοιγμα και το κλείσιμο του Διακόπτη σε περιβάλλον στεγανό και μόνωσης. Το όλο συγκρότημα του πόλου βασίζεται στο μεταλλικό ικρύωμα που είναι πακτωμένο στο έδαφος.

Στο σχήμα 34 φαίνεται ΑΕ/Δ ο οποίος λειτουργεί (ανοίγει-κλείνει) με την βοήθεια του αέρα ο οποίος συμπιέζεται από αυτόνομο αεροσυμπιεστή που είναι τοποθετημένος στη βάση του ΑΕ/Δ και με ειδικό συγκρότημα παροχής και βαλβίδων επιτυγχάνει την λειτουργία του ΑΕ/Δ.



Σχήμα 35. ΑΕ/Δ 150KV με μέσον σβέσης τόξου SF_6 και χειριστήριο μηχανικό (ελατήρια), και μονωτήρες συνθετικούς.

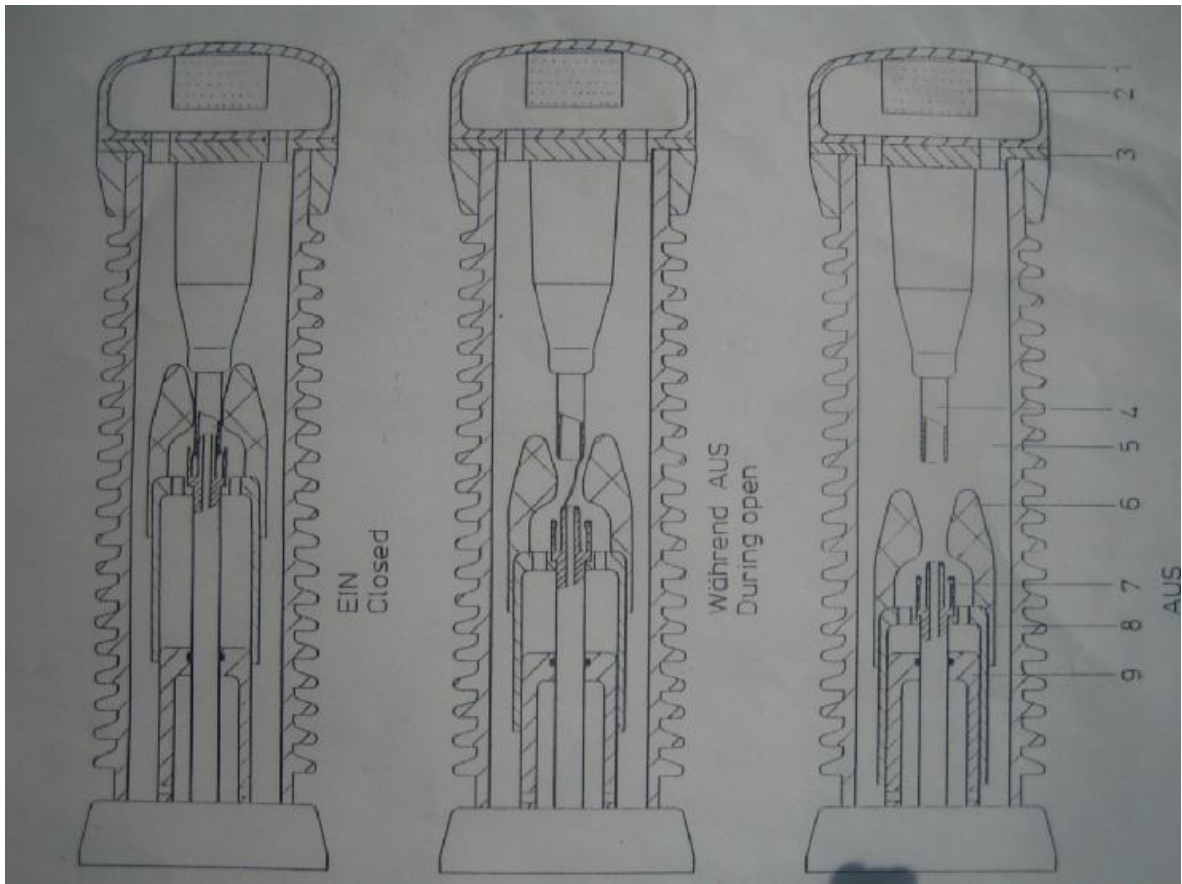
Το σχήμα 35, παρουσιάζει ένα άλλο ΑΕ/Δ 150KV που χρησιμοποιεί και αυτός SF₆ για την σβέση του τόξου αλλά η κίνηση των επαφών, για το άνοιγμα και το κλείσιμο του ΑΕ/Δ, γίνεται με μηχανικό τρόπο. Συγκεκριμένα ένας ηλεκτροκινητήρας που τροφοδοτείται με αδιάλειπτη τάση (συνεχή ρεύμα (d.c)), συσπειρώνει το ελατήριο κλεισίματος που βρίσκεται μέσα στο χειριστήριό του και απελευθερώνει την δυναμική ενέργειά του όταν απαιτηθεί να κλείσει ο Διακόπτης, ταυτόχρονα όμως με το κλείσιμο του διακόπτη τανύζεται ένα άλλο ελατήριο το οποίο μανδαλώνει και είναι έτοιμο να απελευθερώσει την ενέργειά του όταν καλεστεί ο Διακόπτης να ανοίξει. Στην ίδια αυτή αρχή στηρίζεται κάθε μηχανικό χειριστήριο σε οποιονδήποτε Διακόπτη και αν έχει τοποθετηθεί (Ε/Δ, ΑΕ/Δ).

Μια άλλη σπουδαία βελτίωση που σημειώνεται στον ΑΕ/Δ του σχήματος 35, είναι οι συνθετικοί (συλικονούχοι) μονωτήρες που αποτελούνται οι θάλαμοι διακοπής καθώς και οι μονωτήρες στήριξης. Η εφαρμογή αυτή δηλαδή η αντικατάσταση της πορσελάνης με συνθετικό υλικό όλο και περισσότερο «έδαφος» κερδίζει στις μέρες μας.

Στο παρακάτω σχήμα 36, παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις που «βιώνει» ο ΑΕ/Δ στη διαδικασία του ανοίγματος. Στην μεσαία φάση φαίνεται έντονα η δημιουργία του τόξου κατά τη στιγμή αποκόλλησης της κινητής επαφής από την σταθερή. Εδώ καλείται να δράσει το SF₆ που βρίσκεται εντός του θαλάμου διακοπής και περιχέει όλα τα ηλεκτροφόρα μέρη του, για τη σβέση του αναπτυσσόμενου τόξου και την ψύξη των θερμαινόμενων μερών.

Περιγραφή εξαρτημάτων του σχήματος 36.

- 1 Καπάκι κεφαλής πόλου.
- 2 Φίλτρο καθαρισμού υγρασίας του SF₆.
- 3 Παρέμβυσμα στεγανοποίησης (φλάντζα).
- 4 Σταθερή επαφή.
- 5 Θάλαμος διακοπής.
- 6 Μονωτικό ακροφύσιο.
- 7 Κινητή επαφή.
- 8 Κύλινδρος- έμβολο για την εκτόξευση του SF₆ προς το τόξο.
- 9 Σταθερός κύλινδρος που ολισθαίνει ο κύλινδρος 8 προκειμένου να επιτευχθεί η εκτόξευση του SF₆.



Σχήμα 36. Τρεις φάσεις κατά την διαδικασία ανοίγματος ΑΕ/Δ 150KV SF₆.

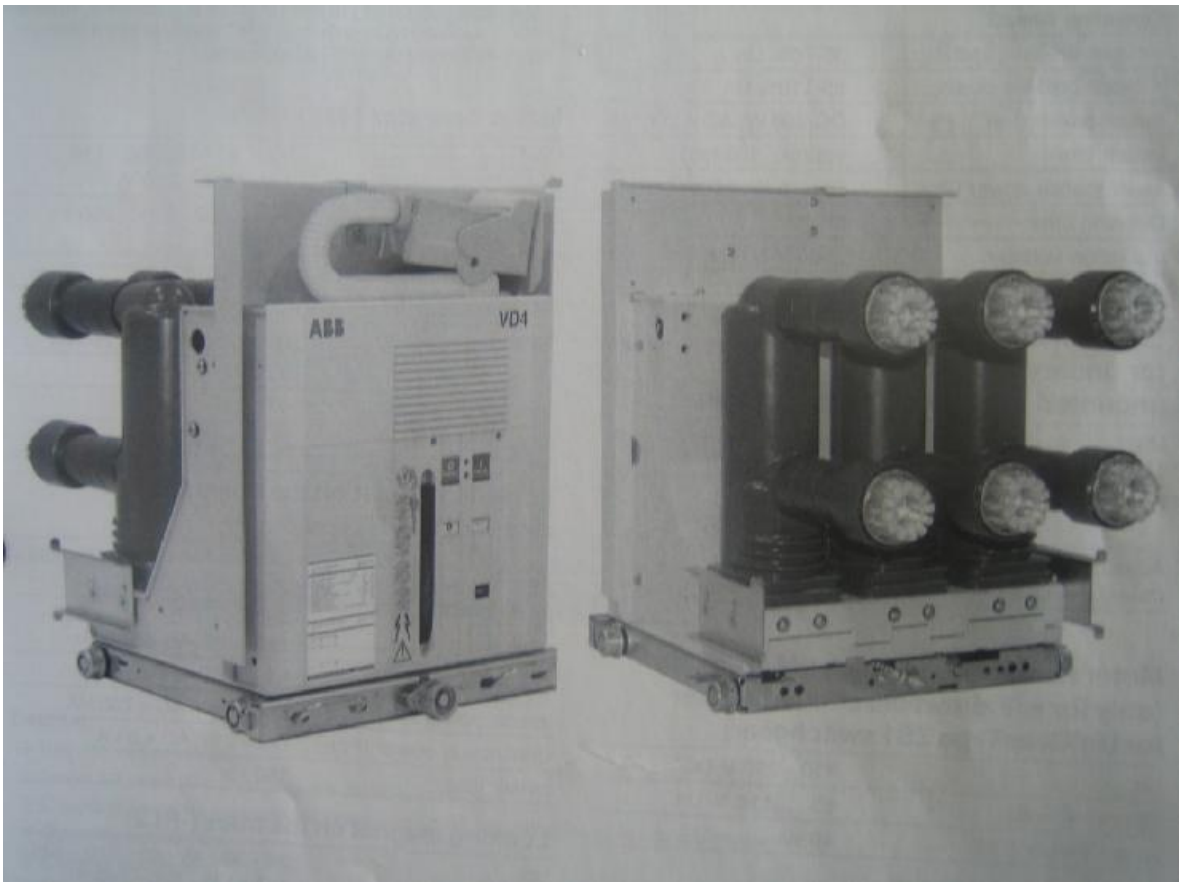
Γνωρίσματα του κατά πολύ εφαρμόσιμου πλέον εξαφθοριούχου θείου (SF₆).

Στους ΑΕ/Δ 150KV SF₆, όπως αναφέραμε παραπάνω χρησιμοποιείται σαν μέσον σβέσης του τόξου το εξαφθοριούχου θείου (SF₆). Το αέριο αυτό δεν είναι τοξικό, είναι αντιδιαβρωτικό και άφλεκτο. Σε θερμοκρασία 20 °C και σε ατμοσφαιρική πίεση η πυκνότητά του είναι πέντε φορές μεγαλύτερη του αέρα. Το εξαφθοριούχου θείου (SF₆) είναι αδρανές αέριο, ακολουθεί το νόμο των τελείων αερίων και ως εκ τούτου η αύξηση της πίεσης είναι μικρή όταν ανυψώνεται η θερμοκρασία. Στις υψηλές θερμοκρασία (άνοιγμα διακόπτη-δημιουργία τόξου) το SF₆ αποσυντίθεται με την ικανότητα το μεγαλύτερο του μέρος να μετασχηματίζεται και πάλι σε SF₆. Τα κατάλοιπα που αφήνει το SF₆ μετά την σβέση του τόξου είναι ελάχιστα και είναι άλατα υδροφορικού οξέος που επικάθονται ως άσπρη λεπτή σκόνη, αβλαβής για τα μονωτικά μέρη του ΑΕ/Δ. (βλ. σελ.130 σχετικά)

Εν κατακλείδι το SF₆ έχει πολύ καλές διηλεκτρικές ιδιότητες (2 έως 3 φορές υψηλότερες του αέρα) και γι' αυτό το κάνουν να χρησιμοποιείται σε Διακόπτες Υ.Τ.

V. Διακόπτης κενού (Δ/Κ) 150KV. (Σχήμα 37).

Ο Διακόπτης κενού (Δ/Κ) 150KV, είναι η εξέλιξη της ποιο πρόσφατης τεχνολογίας χρησιμοποιεί σαν μέσο σβέσης τόξου το κενό, διαφέροντας κατά κάποιον τρόπο από τους άλλους Διακόπτες που περιγράψαμε παραπάνω. Το τόξο αποτελείται από μεταλλικό «ατμό» που δημιουργείται από το μέταλλο της καθόδου. Χαρακτηρίζεται από ικανότητα διακοπής υψηλής συχνότητας με πολύ υψηλό ρυθμό αποκατάστασης της διηλεκτρικής του αντοχής μετά τη σβέση του τόξου. Ο χώρος στον οποίο γίνεται η διακοπή του τόξου, σε ένα Δ/Κ είναι αυτός που βρίσκεται μεταξύ των επαφών του και ο χώρος μεταξύ των επαφών και του εσωτερικού μανδύα του Δ/Κ. Λόγω της μεγάλης διηλεκτρικής αντοχής του κενού, οι εσωτερικές διαστάσεις του Διακόπτη και κατά συνέπεια του συνολικού μεγέθους του Διακόπτη είναι πολύ μικρές. Χρήση των Δ/Κ γίνεται ευρέως στην Μ.Τ. και σύντομα αναμένεται η εφαρμογή τους και στην Υ.Τ. αφού γίνονται προσπάθειες υπερκέρρασης του μεγάλου κόστους τους.



Σχήμα 37. Διακόπτης Κενού (Δ/Κ)

VI. Τεχνικά χαρακτηριστικά Διακόπτου Υ.Τ. (ΑΕ/Δ).

Circuit - breaker

TYPE:LTB 170 D1/B

No 1HSBO643009

Order : 216367/10

Voltage : 170 KV

Insulation level at altitude □ 1000m To earth Across-open-pole

lighting impulse withstand Voltage 750kv 750kv

Power frequency withstand Voltage 325 kv 325kv

Frequency : 50 HZ

Normal current : 3150 A

short – circuit breaking Current 31,5 KA

DC Component 51%

First pole-to-clear Factor 1,5

Making Current 79 KA

Short-time Withstand Current 3 31,5 KA

Line-Charging breaking Current 63A

Classification C2

Max working pressure 80 Mpa (gauge) [Πίεση που αντέχει ο πόλος του ΑΕ/Δ]
gas pressure (+20 oC)

Filling : 0,70 SF₆ mpa(abs) [Πίεση λειτουργίας SF₆]

Alatm : 0.62 mpa(abs) [Ειδοποίηση λόγω Χαμηλής Πίεση SF₆]

Blocking : 0,60 mpa(abs) [Ο ΑΕ/Δ εκτός λειτουργίας λόγω Χαμηλής
Πίεση SF₆]

Παραπάνω φαίνονται, ενδεικτικά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Διακόπτου Υ.Τ. που είναι τοποθετημένος σε Γραμμή Μεταφοράς και καλείται να κόβει ονομαστικά φορτία ή φορτία βραχυκυκλωμάτων.

Η ονομαστική τάση που έχει κατασκευασθεί ο Διακόπτης είναι 170kv, μεγαλύτερη δηλαδή από την τάση λειτουργίας του συστήματος. Σε αυτή την τάση μπορεί να λειτουργεί συνεχώς ο Διακόπτης.

325kv είναι η τάση δοκιμής σειράς, (εργοστασιακός έλεγχος), που πρέπει να αντέχει ο Δ.Ι. σε εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50Hz για χρόνο 1min.

Επίσης σπουδαίος έλεγχος είναι, (δοκιμή τύπου) σε αντοχή κρουστικής τάσης (παρόμοια δηλαδή με την τάση που δημιουργείται από ένα κεραυνό). Είναι εργοστασιακός έλεγχος και ο Δ.Ι. δοκιμάζεται στην τάση των 750 kv για χρόνο 1,2/50 μs. Η ονομαστική ένταση που καλείται να λειτουργεί συνεχώς ο Διακόπτης είναι στα 3.150 A. Η ένταση που μπορεί να δεχθεί ο Διακόπτης, χωρίς να υποστεί βλάβη σε βραχυκύκλωμα και για χρόνο 3 sec (μέσα σε αυτό το χρόνο η προστασία πρέπει να έχει δώσει εντολή να ανοίξει ο Διακόπτης) είναι 31,5 kA. Στην περίπτωση που η προστασία δεν δουλέψει και δεν ανοίξει ο Διακόπτης Ισχύος μέσα στα 3 sec, τότε θα καταστραφεί δημιουργώντας μεγάλες υλικές καταστροφές και ίσως ανθρώπινες απώλειες. Ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό του Δ.Ι. είναι το ονομαστικό ρεύμα ζεύξης που είναι 79kA, και προσδιορίζει την ένταση που τη στιγμή του βραχυκυκλώματος ο Δ.Ι. βρίσκεται στη φάση του κλεισίματος.

VII. Μετρήσεις και οι έλεγχοι Διακοπών Ισχύος.

Οι Μετρήσεις και οι έλεγχοι που συνηθίζονται να γίνονται περιοδικά στους Διακόπτες Ισχύος είναι οι παρακάτω:

-Μέτρηση **αντίστασης μόνωσης** με Megger 5000 V σε **MΩ**, με τον Διακόπτη ανοικτό, μεταξύ των ακροδεκτών εκάστου πόλου ξεχωριστά. Σε αυτή τη μέτρηση καταγράφει την αντίσταση μόνωσης του διηλεκτρικού μέσου (SF₆). Μέτρηση αντίστασης μόνωσης με το Διακόπτη κλειστό, μεταξύ των ακροδεκτών εκάστου πόλου ξεχωριστά και της Γης καταγράφει την αντίσταση μόνωσης ολόκληρου του πόλου.

Ανοικτός ο Δ.Ι.

ΦΑ : 2.220.000

ΦΒ : 2.080.000

ΦΓ : 1.270.000

Κλειστός ο Δ.Ι.

ΦΑ-ΓΗ : 3.100.000

ΦΒ-ΓΗ : 4.100.000

ΦΓ-ΓΗ : 1.890.000

-Μέτρηση **αντίστασης διελεύσης** επαφών με την συσκευή DUCTER σε **μΩ**. Αφορά την αντίσταση που παρουσιάζουν οι επαφές εκάστου πόλου, σε θέση κλειστός ο Δ.Ι. Η αντίσταση εξαρτάται από την φθορά των επαφών, τις επικαθίσεις κ.λπ.

ΦΑ: 40 μΩ, ΦΒ: 40 μΩ, ΦΓ: 40 μΩ.

Οι αναγραφόμενες μετρήσεις αναφέρονται σε πραγματικό Δ.Ι. που έχουν γίνει κατά την παραλαβή του Διακόπτη, προκειμένου να δοθεί το μέγεθος των τιμών που χαρακτηρίζουν έναν καινούργιο ΑΕ/Δ (SF₆).

-Άλλη σπουδαία μέτρηση-έλεγχος που γίνεται σε Δ.Ι. είναι το **παλμογράφημα** στο σύστημα των επαφών, με σκοπό τον έλεγχο της ταχύτητάς τους και των χρόνων κλεισίματος και ανοίγματος, συγκρίνοντάς των μεταξύ των φάσεων, έτσι ώστε να βρίσκονται στα όρια που δίνει κάθε κατασκευαστής για κάθε τύπο Διακόπτη.

Παραθέτουμε παρακάτω χρόνους ανοίγματος και κλεισίματος ΑΕ/Δ με μηχανικό χειριστήριο μετά το σχετικό παλμογράφημα που έγινε. Ένδεικτικό είναι οι μικροί χρόνοι που οι κατασκευαστές έχουν επιτύχει τα τελευταία χρόνια στο ανοίγμα και κλείσιμο των επαφών του ΑΕ/Δ.

ΑΝΟΙΓΜΑ	ΚΛΕΙΣΙΜΟ
Χρόνος εντολής ανοίγματος	Χρόνος εντολής Κλεισίματος
ΦΑ : 36,6 ms	ΦΑ : 98,8 ms
ΦΒ : 37,1 ms	ΦΒ : 98,5 ms
ΦΓ : 37,4 ms	ΦΓ : 100,9 ms
Ένταση πηνίου ανοίγματος 0,264 A	Ένταση πηνίου Κλεισίματος 0,396 A

3.1.3. Μετασχηματιστές Μέτρησης (Οργάνων) και Προστασίας (Μ/Σ Έντασης και Μ/Σ Τάσης).

I. Γενικά περί Μ/Σ Οργάνων.

Οι Μ/Σ Οργάνων χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό της υψηλής εναλλασσόμενης τάσης από τα κυκλώματα μέτρησης και προστασίας και για την μετατροπή των ηλεκτρικών μεγεθών (τάσης ή έντασης) σε κατάλληλες και ενιαίες τιμές για χρήσεις μέτρησης και προστασίας. Για την μέτρηση δηλαδή υψηλών τάσεων και μεγάλων εντάσεων χρησιμοποιούμε τους Μ/ΣΟ (που είναι μονοφασικοί Μ/Σ μικρής ισχύος) για να υποβιβάσουν τις τιμές έντασης και τάσεις και έτσι διακρίνονται σε Μ/ΣΕ και Μ/ΣΤ.

II. Μετασχηματιστές Έντασης (Μ/ΣΕ). (Σχήμα 38).

Οι Μ/ΣΕ αποτελούνται από τον σιδηροπυρήνα πάνω στον οποίο τοποθετούνται σαν πρωτεύον μια ή περισσότερες σπείρες από χονδρό σχετικά σύρμα ή ράβδο και σαν δευτερεύον πολλές σπείρες από λεπτό σύρμα (Σχήμα 39). Κατά συνέπεια ο Μ/ΣΕ ανυψώνει την τάση και υποβιβάζει το ρεύμα. Το πρωτεύον συνδέεται σε

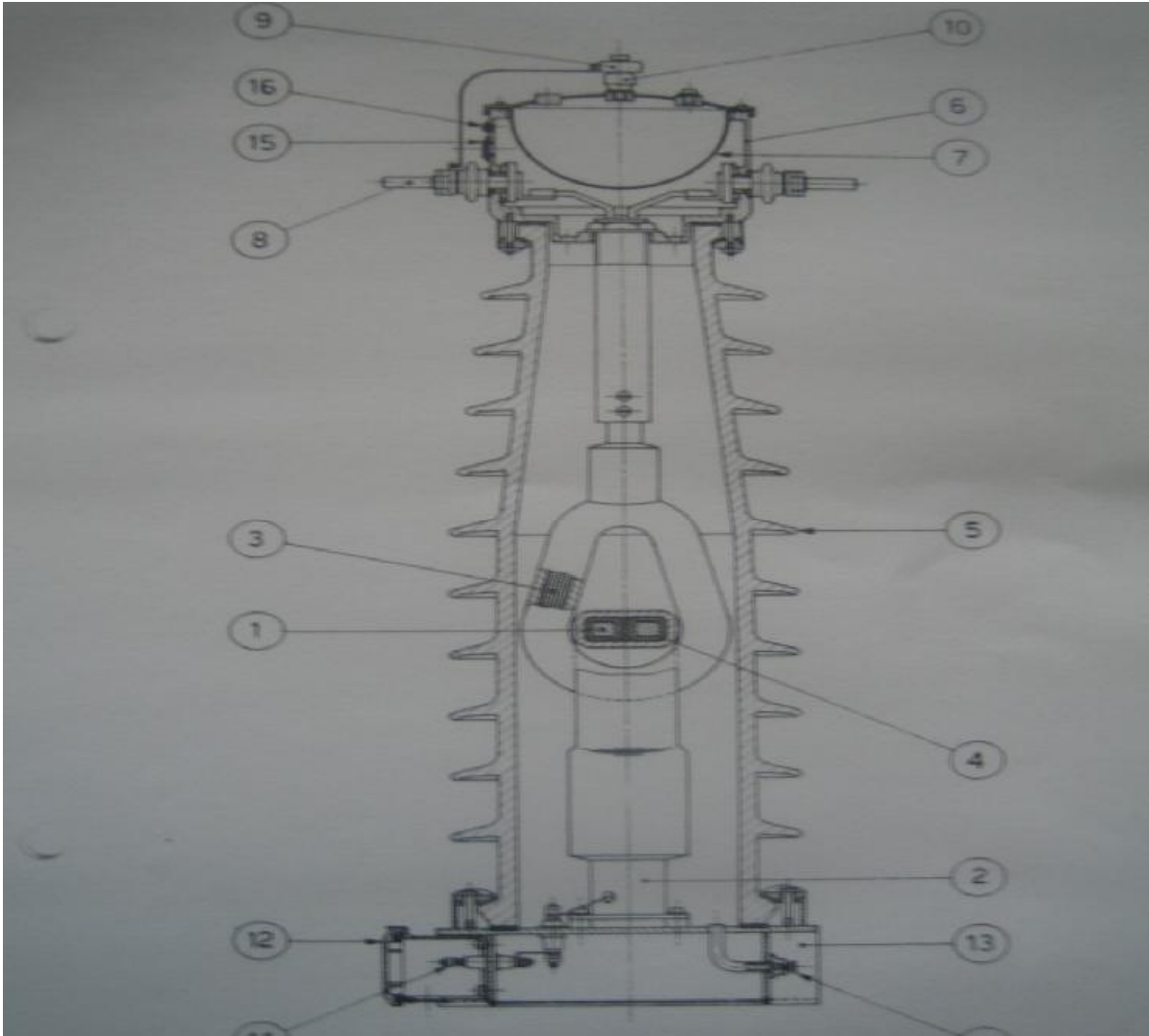
σειρά με την Γραμμή Η.Ε., ενώ το δευτερεύον κλείνει κύκλωμα πάνω στο φορτίο. Οι Μ/ΣΕ λειτουργούν πάντα με το δευτερεύον τύλιγμα βραχυκυκλωμένο (υπό φορτίο), συνθήκες λειτουργίας με το δευτερεύον τύλιγμα ανοικτό καθίστανται πολύ επικίνδυνες λόγω επικίνδυνης υπέρτασης. Σαν μονωτικό μέσον χρησιμοποιείται το λάδι.



Σχήμα 38. Μ/Σ Έντασης σε πύλη ΓΡ. Υ.Τ.

Οι Μ/ΣΕ αποτελούνται από τον σιδηροπυρήνα πάνω στον οποίο τοποθετούνται σαν πρωτεύον μια ή περισσότερες σπείρες από χονδρό σχετικά σύρμα ή ράβδο και σαν δευτερεύον πολλές σπείρες από λεπτό σύρμα (Σχήμα 39). Κατά συνέπεια ο Μ/ΣΕ ανυψώνει την τάση και υποβιβάζει το ρεύμα. Το πρωτεύον συνδέεται σε σειρά με την Γραμμή Η.Ε., ενώ το δευτερεύον κλείνει κύκλωμα πάνω στο φορτίο.

Οι Μ/ΣΕ λειτουργούν πάντα με το δευτερεύον τύλιγμα βραχυκυκλωμένο (υπό φορτίο), συνθήκες λειτουργίας με το δευτερεύον τύλιγμα ανοικτό καθίστανται πολύ επικίνδυνες λόγω επικίνδυνης υπέρτασης, όπως και πάλι προαναφέραμε.

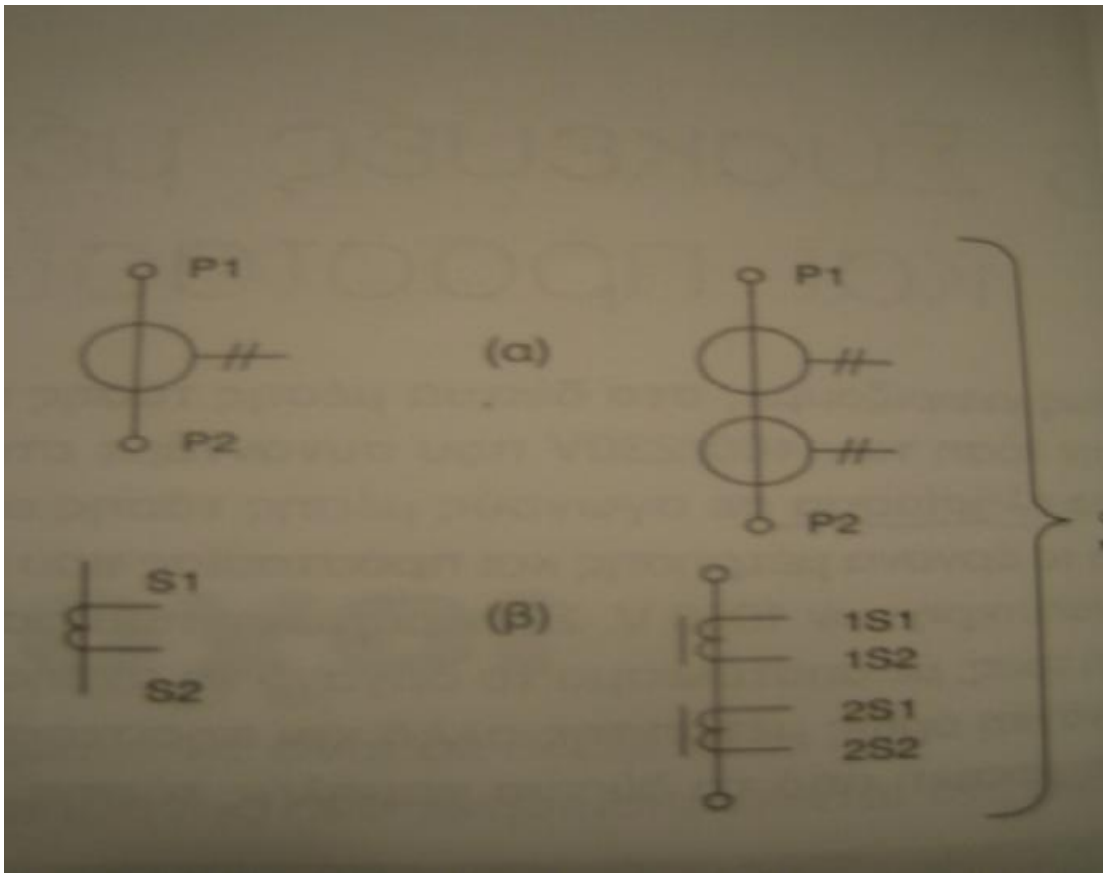


Σχήμα 39. Το εσωτερικό μέρος του Μ/ΣΕ.

- | | |
|-----------------------|---|
| 8 Ακροδέκτης Υ.Τ. | 11 Ακροδέκτες δευτερεύοντος τυλίγματος. |
| 3 Πρωτεύον τύλιγμα. | 15 Υαλοδείκτης στάθμης ελαίου. |
| 1 Πυρήνας. | 6 Κεφαλή Μ/ΣΕ. |
| 4 Δευτερεύον τύλιγμα. | 7 Μembrάνη διαστολής- συστολής |

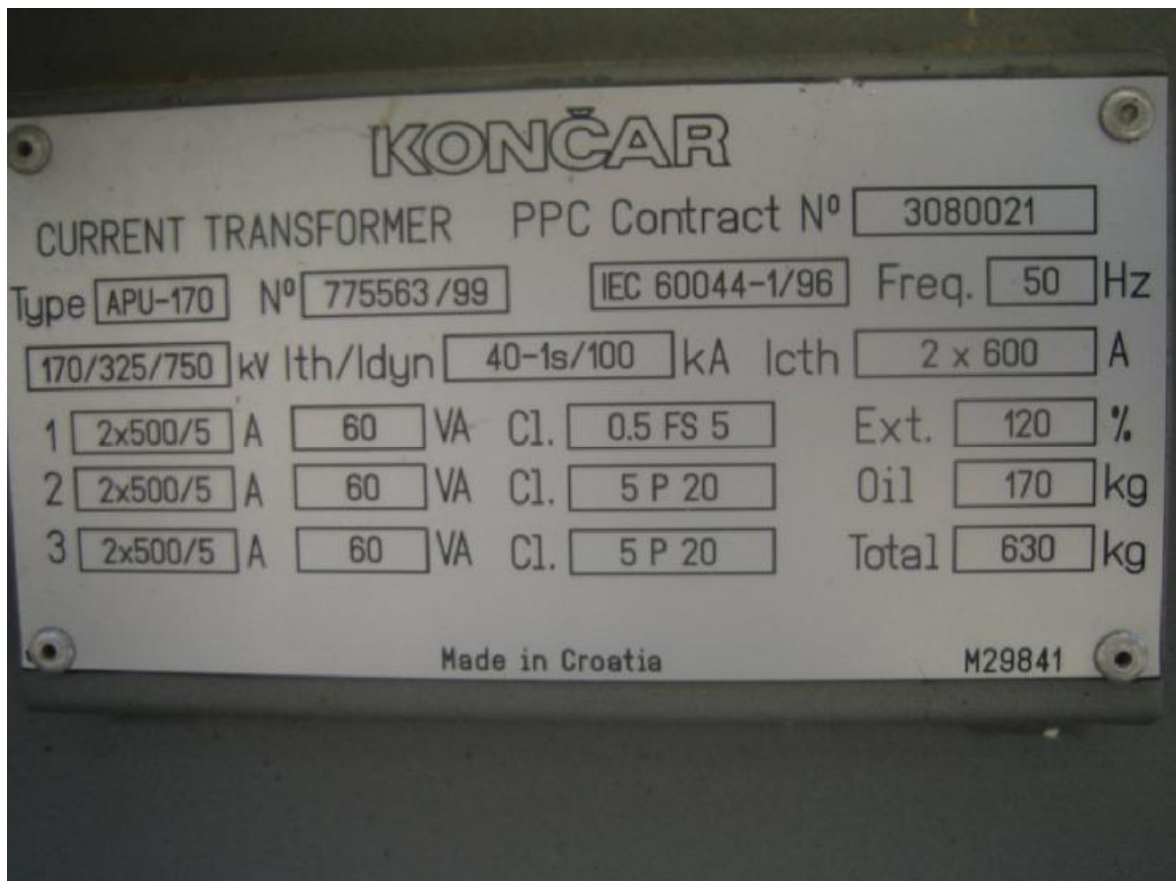
Οι Μ/ΣΕ χαρακτηρίζονται (σχήμα 40) με τα γράμματα P1,P2 για τους ακροδέκτες του πρωτεύοντος και με τα γράμματα S1,S2 για τους ακροδέκτες του δευτερεύοντος. Αν ο Μ/ΣΕ διαθέτει περισσότερα του ενός δευτερεύοντα, τότε χρησιμοποιούνται τα γράμματα 1S1,1S2 για το πρώτο τύλιγμα και τα γράμματα 2S1,2S2 για το δεύτερο τύλιγμα κ.ο.κ. Το ένα δευτερεύον τύλιγμα χρησιμοποιείται για την τροφο-

δότηση με ρεύμα των οργάνων μέτρησης και το άλλο δευτερεύον τύλιγμα χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση με ρεύμα των ηλεκτρονόμων προστασίας.



Σχήμα 40 Μονογραμμικά σύμβολα Μ/ΣΕ.

Στο παρακάτω σχήμα 41 αναγράφονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη των Μ/ΣΕ Υ.Τ. Συγκεκριμένα αναγράφεται η ονομαστική τάση 170kV, η εναλλασσόμενη τάση δοκιμής συχνότητας 50Hz για χρόνο 1min 325kV, και η κεραυνική τάση δοκιμής 750kV, αντοχή σε ρεύμα βραχείας διάρκειας και στιγμιαίο ρεύμα βραχυκύκλωσης που είναι αντίστοιχα 40-1s/100KA, την κλάση ακριβείας για τύλιγμα μέτρησης που είναι 0,5FS 5 (FS συντελεστής κορεσμού), και κλάση ακριβείας για τύλιγμα προστασίας που είναι 5P 20, που σημαίνει σφάλμα 5% στο 20πλάσιο του ονομαστικού ρεύματος που είναι στο δευτερεύον 5A. Ο πυρήνας για την μέτρηση είναι κατασκευασμένος από ειδικό κράμα σιδήρου, ώστε να εμφανίζει όσο γίνεται μικρότερο συντελεστή κορεσμού, έτσι ώστε και με μικρές υπερεντάσεις στο πρωτεύον, το.



Σχήμα 41. Τεχνικά χαρακτηριστικά Μ/ΣΕ Υ.Τ.

ρεύμα στο δευτερεύον να περιορίζεται ώστε να μην καταστρέφονται οι συσκευές μέτρησης. Ο πυρήνας για την προστασία είναι κατασκευασμένος από διαφορετικό κράμα σιδήρου, ώστε να εμφανίζει όσο γίνεται μεγαλύτερο συντελεστή κορεσμού. Το ρεύμα του δευτερεύοντος αυξάνεται ανάλογα με το ρεύμα του πρωτεύοντος και περιορίζεται μόνο όταν τα ρεύματα είναι πολύ μεγάλα π.χ. βραχυκύκλωμα. Έτσι ο Ηλεκτρονόμος προστασίας παρακολουθεί σωστά το ρεύμα του δικτύου για να επέμβει, όταν χρειαστεί.

III. Μετασχηματιστές Τάσης (Μ/ΣΤ). (Σχήμα 42).

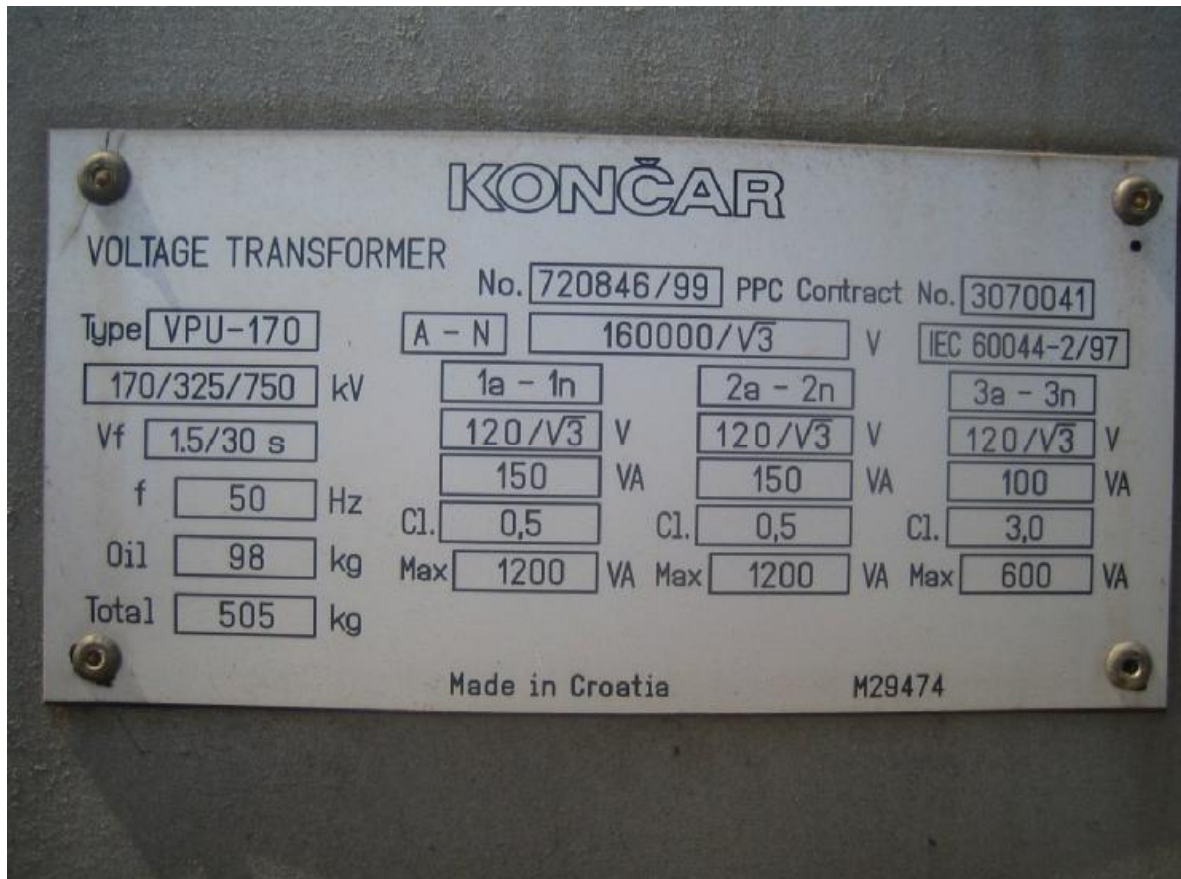
Οι Μ/ΣΤ είναι μονοφασικοί συνδέονται παράλληλα στην Υψηλή Τάση της Μεταφοράς και χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της Υ.Τ. που θέλουμε να μετρήσουμε σε χαμηλή. Οι Μ/ΣΤ αποτελούνται από το πρωτεύον τύλιγμα που συνδέεται στην Υ.Τ. και το δευτερεύον τύλιγμα που μας δίνει την επιθυμητή τάση των 110v. Στους Μ/ΣΤ υπάγεται και μια κατηγορία Μ/Σ που τοποθετούνται στην Υ.Τ. και ονομάζονται χωρητικοί καταμεριστές τάσεως (ΧΚΤ) που και αυτοί συνδέεται το πρωτεύον παράλληλα στη ΓΡ. Υ.Τ.. Η τάση τροφοδότησης των ΧΚΤ εφαρμόζεται σε μια σει-



Σχήμα 42. Μ/Σ Τάσης, σε παράλληλη σύνδεση του πρωτεύοντος με την Υ.Τ.

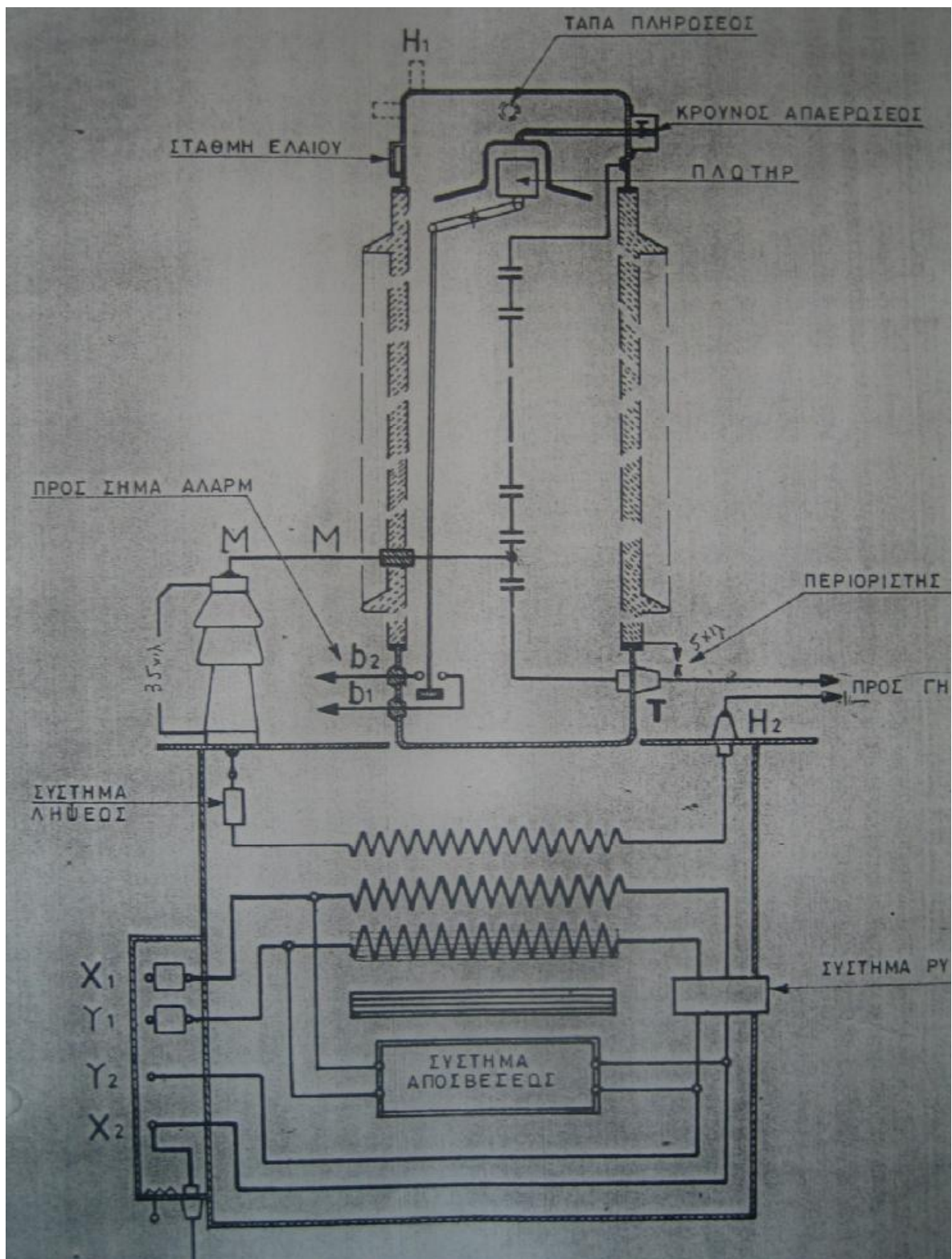
ρά από πυκνωτές (σχήμα 44). Η τάση καταμερίζεται από τους πυκνωτές που βρίσκονται μέσα στην πορσελάνη σε μια υψηλή τάση C1 και σε μια μέση τάση C2. Από την μέση τάση τροφοδοτείται ο Μ/ΣΤ που βρίσκεται μέσα στο μεταλλικό κάτω

τμήμα και από τις λήψεις του δευτερεύοντός του παίρνουμε τις επιθυμητές τάσεις. Γενικά οι ΧΚΤ μειονεκτούν έναντι των Μ/ΣΤ από άποψη ακρίβειας στη σχέση μεταφοράς, το κόστος κατασκευής όμως είναι χαμηλότερο από τους αντίστοιχους Μ/ΣΤ. Τόσο ο Μ/ΣΤ όσο και ο ΧΚΤ χρησιμοποιούν σαν μονωτικό μέσον το λάδι το οποίο παρακολουθείται η στάθμη του από ειδικό υαλοδείκτη. Τα δευτερεύοντα του Μ/ΣΤ τροφοδοτούν τα όργανα μέτρησης καθώς και τους Ηλεκτρονόμους της προστασίας (σχήμα 45).

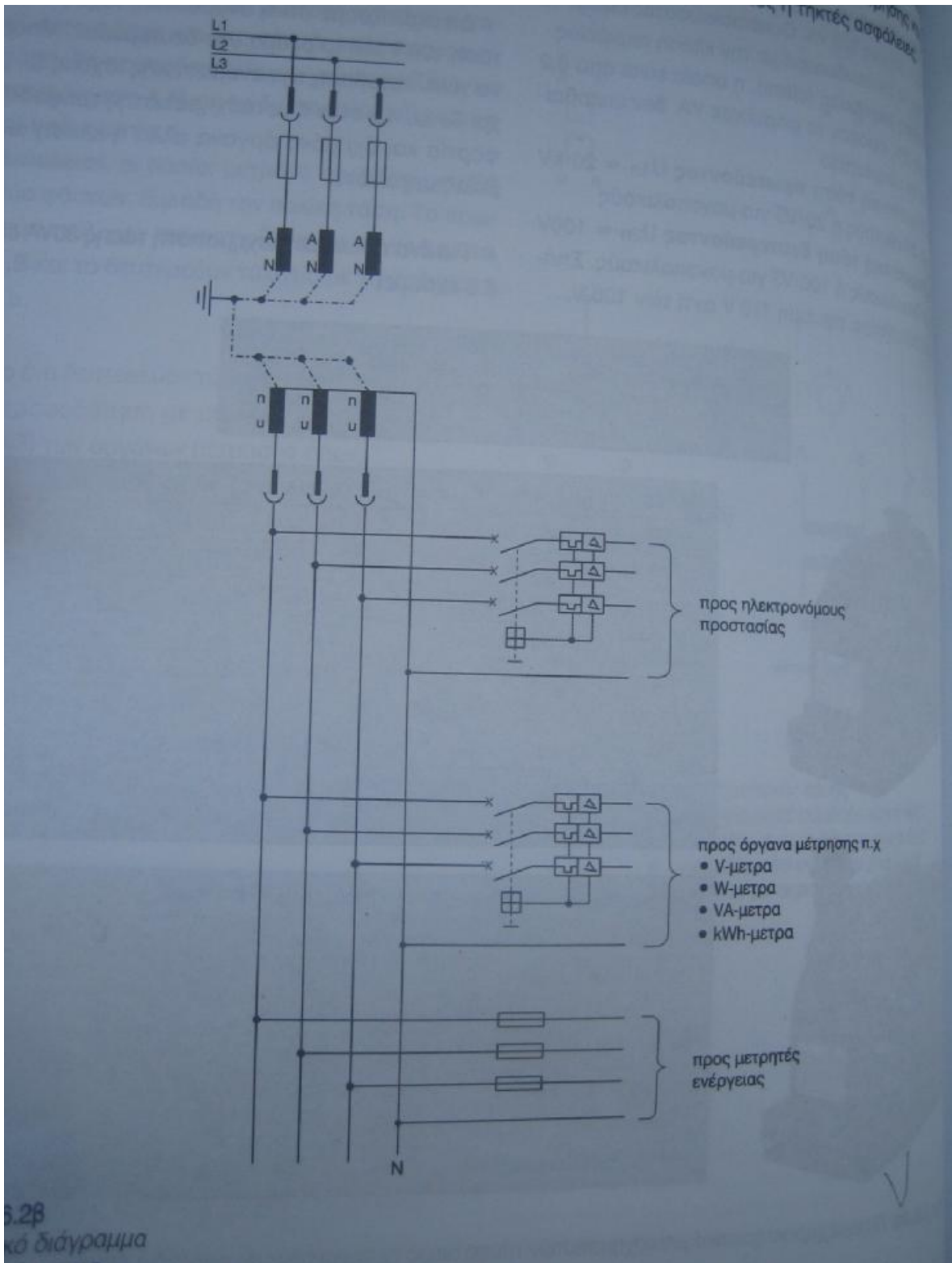


Σχήμα 43. Τεχνικά χαρακτηριστικά Μ/ΣΤ Υ.Τ.

Στο σχήμα 43 φαίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν ένα Μ/ΣΤ Υ.Τ. Όπως αναφέραμε και για τους Μ/ΣΕ αποτυπώνονται, ονομαστική τάση, η εναλλασσόμενη τάση δοκιμής συχνότητας 50Hz για χρόνο 1min και η κεραυνική τάση δοκιμής, η Τάση στα δευτερεύοντα τυλίγματα, η κλάσης και η ισχύς του Μ/ΣΤ.



Σχήμα 44. Καταμεριστής Τάσης σε πύλη Γ.Υ.Τ.



Σχήμα 45. Μονογραμμικό διάγραμμα σύνδεσης Μ/ΣΤ στη Γραμμή, όπου φαίνεται η παράλληλη σύνδεση του πρωτεύοντος του Μ/ΣΤ με τη ΓΡ.Υ.Τ. καθώς και η σύνδεση των μετρητών και Ηλεκτρονόμων της Προστασίας στα δευτερεύοντα του Μ/ΣΤ.

IV. Σφάλματα Μ/Σ Μέτρησης.

Για να μην υπάρχουν σφάλματα στη μέτρηση των αντίστοιχα μετασχηματιζόμενων μεγεθών, θα πρέπει να είναι αυτά σε φάση. Στην πράξη αυτό είναι αδύνατο λόγω των εσωτερικών καταναλώσεων. Γι' αυτό λοιπόν υπάρχουν σφάλματα μέτρησης, που οφείλονται στους ίδιους τους Μ/Σ Μέτρησης, ανάλογα μετά οποία κατατάσσονται οι Μ/Σ σε κλάσεις: 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,1,3. Δεχόμενοι ότι ο λόγος μετασχηματισμού (κ), ενός Μ/Σ Μέτρησης παραμένει σταθερός, τότε τα πρωτεύοντα μεγέθη προκύπτουν από τα μετρούμενα δευτερεύοντα από τις παρακάτω σχέσεις:

$I_1 = \kappa \cdot I_2$ και $U_1 = \kappa \cdot U_2$, όπου $\kappa =$ λόγος μετασχηματισμού.

Πάντοτε όμως υπάρχει μια διαφορά μεταξύ του πραγματικού πρωτεύοντος μεγέθους (I_1 πραγματικό και U_2 πραγματικό) και του υπολογιζομένου από τις σχέσεις

$I_1 = \kappa \cdot I_2$ για ΜΣΕ.

$U_1 = \kappa \cdot U_2$ για ΜΣΤ.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το Σφάλμα σχέσης μεταφοράς (σ) ισούται:

$\sigma = \kappa \cdot I_2 - I_1$ πραγματικό / I_1 πραγματικό για ένα Μ/ΣΕ.

$\sigma = \kappa \cdot U_2 - U_1$ πραγματικό / U_2 πραγματικό για ένα Μ/ΣΤ.

Το Σφάλμα σχέσης μεταφοράς (σ) δίνεται πάντοτε επί της %.

Σφάλμα γωνίας μεταφοράς καλείται η γωνία απόκλισης των διανυσμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Το Σφάλμα γωνίας μεταφοράς δίνεται σε μοίρες ή λεπτά. Τα σφάλμα που προκύπτει από τη μέτρηση είναι τόσο μεγαλύτερο όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής ισχύος του μετρούμενου συστήματος.

V. Έλεγχοι και Μετρήσεις των Μ/ΣΟ Υ.Τ.

Όπως περιγράψαμε, ιδιαίτερα στον Μ/Σ Ισχύος, για τον έλεγχο του γίνονται μια σειρά εργοστασιακών μετρήσεων τύπου και σειράς, για να δηλώσουν την καλή κατάσταση του Μ/Σ, έτσι και για τους Μ/Σ Οργάνων μπορούν να γίνουν οι ίδιες μετρήσεις προκειμένου να αξιολογηθεί το υλικό προτού μπει σε λειτουργία.

Οι συνήθεις και απλοί έλεγχοι και μετρήσεις που γίνονται στους Μ/ΣΟ επί τόπου στο Υ/Σ, σε θέση εκτός λειτουργίας, είναι κύρια η μέτρηση αντίστασης μόνωσης και ο συντελεστής διηλεκτρικών απωλειών (εφδ), και «ακουμπούν» στην ίδια μεθοδολογία όπως τις περιγράψαμε στο Μ/Σ Ισχύος. Πέρα από αυτές τις μετρήσεις μπορούν να γίνουν και άλλες εργαστηριακού τύπου για περισσότερο και ακριβέστερο έλεγχο όταν οι ανάγκες το απαιτήσουν.

3.1.4. Αλεξικεύρανα Υ.Τ. (ΑΞ). (Σχήμα 46).



Σχήμα 46. Αλεξικέρανα ανά φάση, συνδεδεμένα παράλληλα με τη ΓΡ. Υ.Τ.

Τα A/Ξ προστατεύουν τις γραμμές μεταφοράς και τα μηχανήματα των $Υ/\Sigma$ από υπερτάσεις που προκαλούνται από κεραυνούς ή από διάφορους χειρισμούς που εκτελούνται από τα διάφορα μηχανήματα του συστήματος Μεταφοράς.

Συγκεκριμένα, κάθε τάση μεγαλύτερη από τη μέγιστη τιμή της ονομαστικής τάσης θεωρείται κατά τις προδιαγραφές ως υπέρταση.

Οι υπερτάσεις διακρίνονται σε ατμοσφαιρικές και υπερτάσεις λειτουργίας.

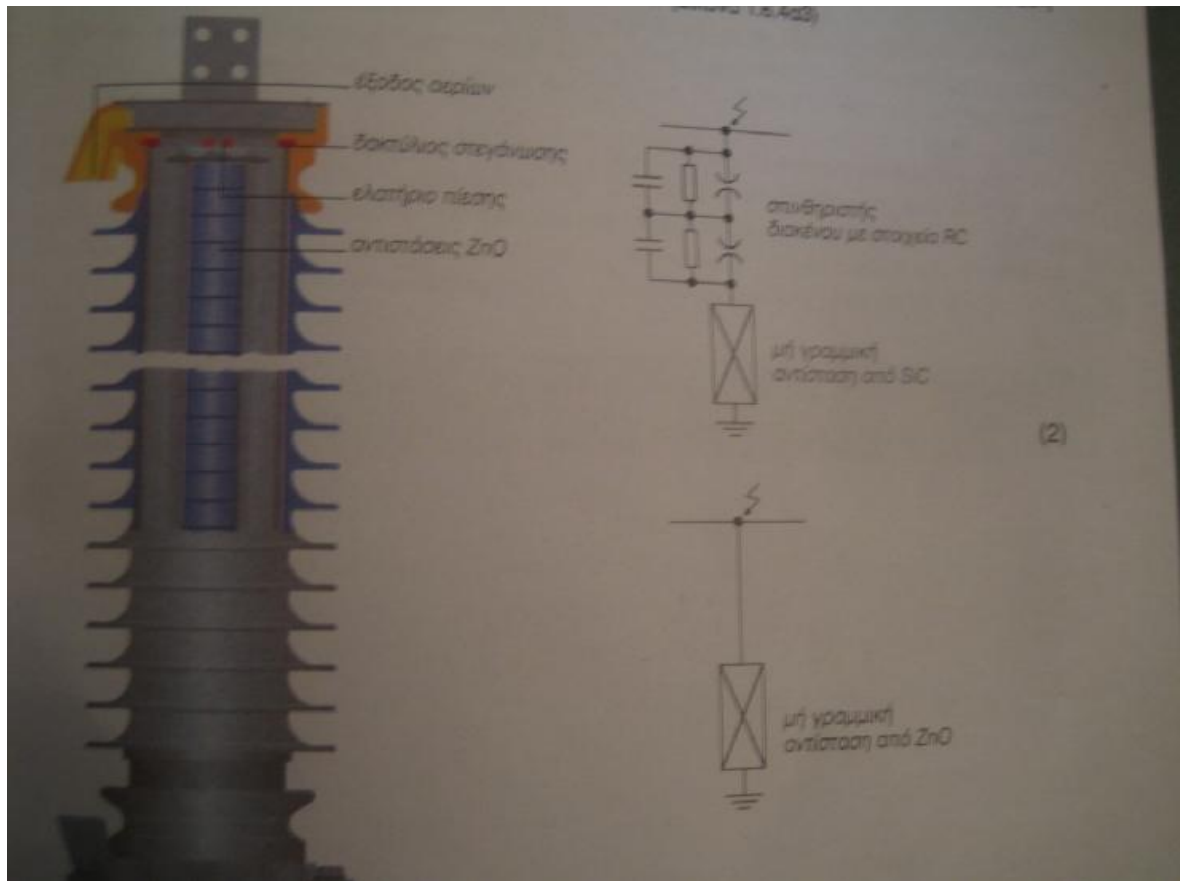
Οι ατμοσφαιρικές υπερτάσεις επιδρούν κυρίως σε εγκαταστάσεις εξωτερικού χώρου, όπως γραμμές μεταφοράς και εγκαταστάσεις χειρισμών και $Υ/\Sigma$. Οδεύουν μέσω των ΓΡ. Μεταφοράς με αποτέλεσμα να καταπονούν τον εξοπλισμό των $Υ/\Sigma$ και να επιφέρουν διάσπαση των μονώσεων, τόσο στη θέση εκδήλωσής τους όσο και σε απόσταση από την θέση αυτή. Οι υπερτάσεις λειτουργίας, προκαλούνται από τους χειρισμούς των διακοπών καθώς και κατά την εκδήλωση βραχυκυκλωμάτων μεταξύ αγωγών ή αγωγών προς γη.

Εν κατακλείδι, σκοπός του A/Ξ είναι ο περιορισμός της τιμής της τάσης ενός οδεύοντος κύματος υπέρτασης μιας ΓΡ, στα επίπεδα που δεν θα υπερβαίνουν τις ονομαστικές τάσεις του εξοπλισμού.

Τα A/Ξ αποτελούνται από ένα σπινθηριστή (διάκενο αέρα) σε σειρά με μη γραμμικές αντιστάσεις από ανθρακικό πυρίτιο (SiC) (σχήμα 47). Υπάρχουν και A/Ξ με αντιστάσεις από οξειδίο του ψευδαργύρου (ZnO) που δεν χρειάζονται σπινθηριστή, γιατί παρουσιάζουν πιο έντονη μη γραμμικότητα από τις αντιστάσεις πυριτίου.

Τα A/Ξ συνδέονται παράλληλα με την ΓΡ. τροφοδοσίας και είναι πάντα γειωμένα, με αγωγό γείωσης για να οδεύει με ασφάλεια την υπέρταση προς τη Γη. Επί του αγωγού γείωσης τοποθετείται απ αριθμητικής ανά A/Ξ , που καταγράφει κάθε φορά που άγει το A/Ξ προς την Γη, έτσι ώστε να γνωρίζουμε τον αριθμό των υπερτάσεων που έχει δεχθεί το A/Ξ και να εκτιμήσουμε την κατάστασή του για την ικανότητά του να παραμένει στο δίκτυο.

Οι μετρήσεις που γίνονται στα A/Ξ για να ελεγχθεί η κατάστασή τους είναι συνήθως ο συντελεστής διηλεκτρικών απωλειών (εφδ), καθώς επίσης και ο έλεγχος διαρροής ρεύματος προς Γη σε κατάσταση λειτουργίας.



Σχήμα 47 Τομή A/Ξ ZnO και ισοδύναμα κυκλώματα A/Ξ SiC και ZnO.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που χαρακτηρίζουν το A/Ξ είναι τα παρακάτω:

Τάση συνεχούς λειτουργίας: 108kV.

Ονομαστική τάση: 144kV.

Ονομαστική συχνότητα: 50Hz.

Ονομαστικό ρεύμα εκφόρτισης: 20KA αιχμή.

Κλάσης εκφόρτισης γραμμής: 4.

Κλάσης εκφόρτισης πίεσης: A.

Αντοχή σε κεραυνική κρουστική τάση: 750kV.

Αντοχή σε τάση 50Hz για 1 λεπτό: 325 kV.

Ελάχιστο μήκος ερπυσμού: 4.300mm.

Στάθμη μερικών εκφορτίσεων: ≤ 50 pCb.

3.1.5. Αποζεύκτες Υ.Τ. (A/Z).

Οι A/Z είναι ένα ορατό διακοπτικό στοιχείο που αποτελεί βασικό μηχανήμα στον Υ/Σ. Χρησιμοποιούνται για την απομόνωση τμημάτων του Συστήματος Μεταφοράς, δεν διακόπτουν ούτε αποκαθιστούν φορτία, παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις και όταν πρόκειται για εντάσεις μικρής τιμής. Σε περίπτωση που ο A/Z μιας ΓΡ. ανοίξει με φορτίο θα δημιουργηθεί μεγάλο τόξο που θα καταστρέψει τις επαφές του.

Οι A/Z Υ.Τ. είναι τριπολικοί μαχαιρωτοί, δηλαδή και οι τρεις φάσεις του A/Z χειρίζονται ταυτόχρονα για το άνοιγμα ή το κλείσιμο. (σχήμα 48).



Σχήμα 48. A/Z ΓΡ. Υ.Τ. τριπολικός μαχαιρωτός με λάμες γειωτού ΓΡ. για κάθε φάση. Ο A/Z είναι κλειστός και ο Γειωτής εκτός (ανοικτός).

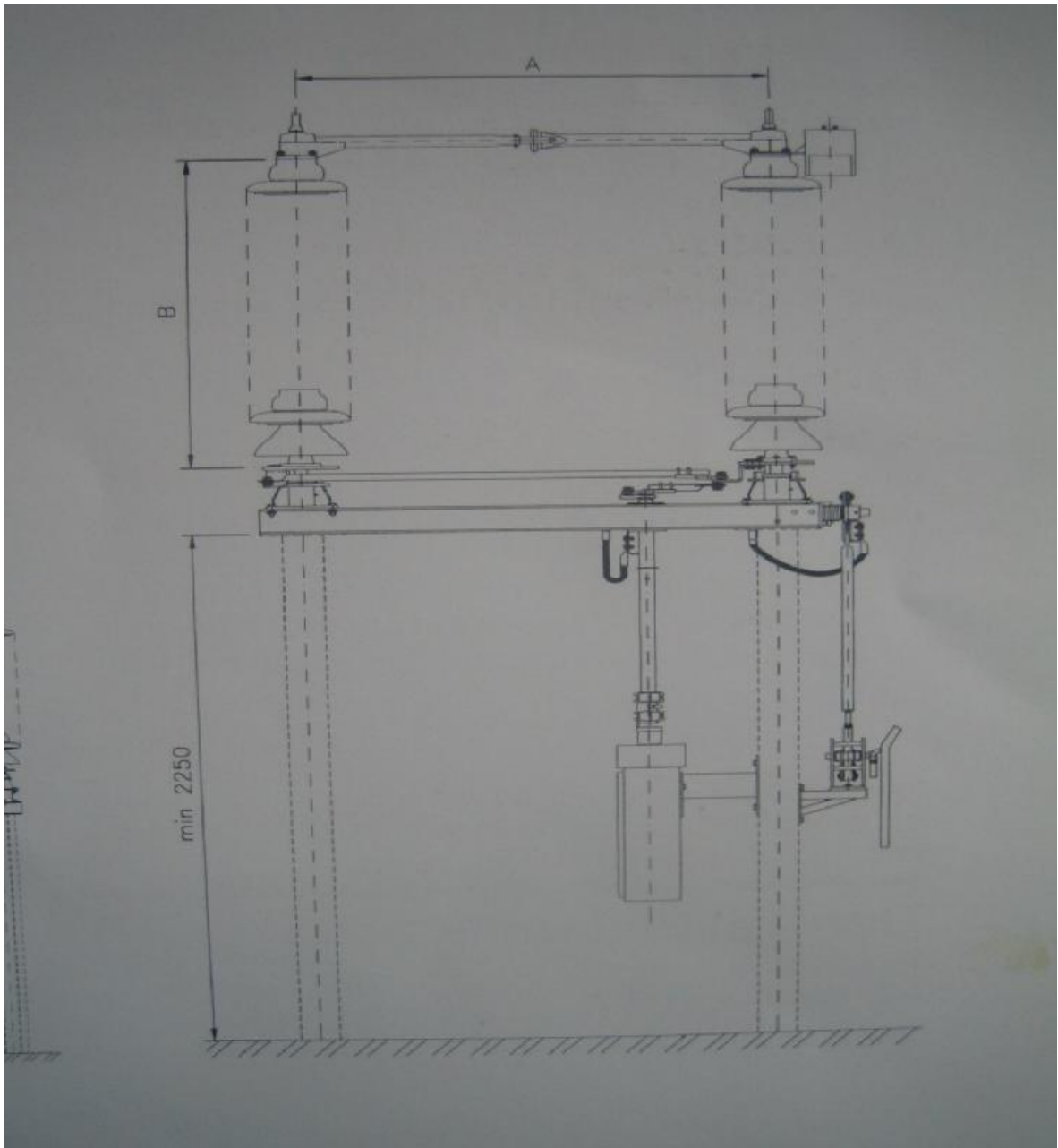
Οι A/Z μπορούν να χειρίζονται είτε χειροκίνητα είτε ηλεκτρικά, οπότε λαμβάνουν αντίστοιχα την ονομασία χειροκίνητοι ή ηλεκτροκίνητοι. Στους Υ/Σ Υ.Τ. οι χειροκίνητοι A/Z μετά γειωτού (σχήμα 48) τοποθετούνται συνήθως σε πύλες Γραμμής Η.Ε., ενώ οι ηλεκτροκίνητοι A/Z τοποθετούνται συνήθως σε Ζυγούς Υ.Τ. Τελευταία σε μεγάλους Υ/Σ τοποθετούνται A/Z που μπορούν να τηλεχειρισθούν από μακριά. Οι μαχαιρωτές επαφές του A/Z (σχήμα 57), τοποθετούνται πάνω σε μονωτήρες με κατάλληλο μήκος ερπυσμού. Στην ανοικτή θέση ο A/Z διατηρεί διάκενο επαφών που μπορεί να αντέξει την σύγχρονη εφαρμογή κρουστικής υπερτάσεως που αν-

πιστοιχεί στη βασική στάθμη μόνωσης στο ένα άκρο τους και τη μεγαλύτερη τιμή της πολικής τάσης αντίθετης πολικότητας στο άλλο άκρο.



Σχήμα 49 A/Z Υ.Τ. Επάνω εικόνα με δύο σημεία διακοπής. Κάτω εικόνα με ένα σημείο διακοπής σε θέση ανοικτός και θέση κλειστός.

Στους A/Z μετά Γειωτού υπάρχει αλληλοδέσμευση, έτσι ώστε όταν ο A/Z είναι σε θέση κλειστός να μην μπορεί να χειρισθεί ο Γειωτής και αντίθετα όταν ο Γειωτής είναι σε θέση κλειστή (γειώνει δηλαδή την Γραμμή Η.Ε.) να μη μπορεί να χειρισθεί ο A/Z (να κλείσει).



Σχήμα 50. Σκαρίφημα A/Z Υ.Τ. μετά Γειωτού, στημένο επί μεταλλικού ικρυώματος, μαζί με το ηλεκτροκίνητο χειριστήριο του A/Z και το χειροκίνητο χειριστήριο του Γειωτού.

Μετρήσεις A/Z.

Η βασική μέτρηση που γίνεται στους A/Z είναι η αντίσταση διέλευσης ρεύματος από τις επαφές. Η μέτρηση αυτή εκτιμά την κατάσταση των επαφών του A/Z.

Ενδεικτικές τιμές μέτρησης αντίστασης διέλευσης με DUCTER σε A/Z Υ.Τ.

ΦΑ: 145 $\mu\Omega$, ΦΒ: 140 $\mu\Omega$, - ΦΓ: 145 $\mu\Omega$.

Τεχνικά χαρακτηριστικά Αποζεύκτη Υ.Τ. (Υπαίθριου χώρου).

Ονομαστική τάση : 170 KV.

Ονομαστικά επίπεδα μόνωσης.

Τάση αντοχής συχνότητας δικτύου: 375 KV.

Κεραυνική κρουστική τάση αντοχής: 750KV μέγιστη τιμή.

Ονομαστική συχνότητα : 50Hz.

Ονομαστικό ρεύμα : 1250 A.

Ονομαστικό βραχυχρόνιο ρεύμα αντοχής : 31,5 KA.

Ονομαστικό μέγιστο ρεύμα αντοχής : 78,75 KA μέγιστη τιμή.

Ονομαστική διάρκεια βραχυκυκλώματος : 3 sec.

Ονομαστικό μηχανικό στατικό φορτίο ακροδεκτών.

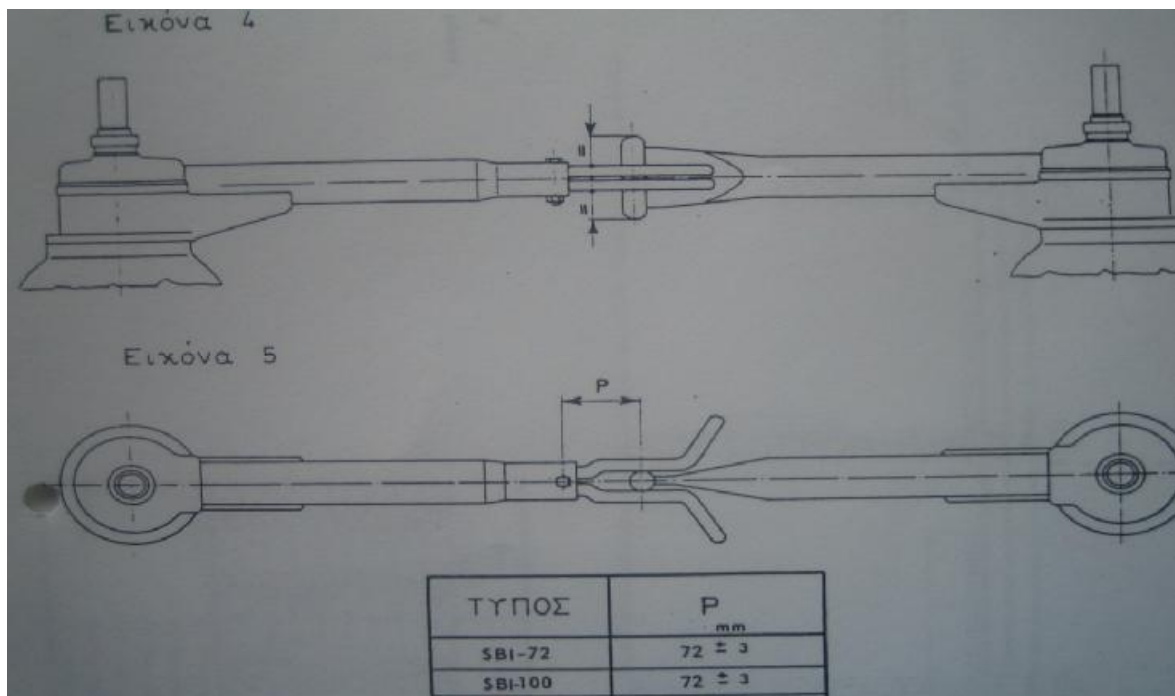
Ευθύγραμμο φορτίο : 600N τουλάχιστον.

Διασταυρούμενο φορτίο : 200N τουλάχιστον.

Κάθετη δύναμη : 1000N τουλάχιστον.

Πάχος στρώματος πάγου για το οποίο η λειτουργία είναι εφικτή : 10mm.

Κλάση μηχανικής αντοχής : M1 (2000 κύκλοι λειτουργίας).



Σχήμα 51. Επαφές A/Z σε θέση κλειστός, από πλάγια όψη και κάτοψη.

3.2. Συστήματα Προστασίας και Ηλεκτρικού Ελέγχου σε Υ/Σ Υ.Τ.

I. Σκοπός και ρόλος της προστασίας, γενικά περί βραχυκυκλωμάτων.

Κάθε στοιχείο ενός ηλεκτρικού συστήματος (Γραμμή Μεταφοράς, Μ/Σ Ισχύος, Γεννήτρια κ.λ.π.) μπορεί να υποστεί βλάβη οποιαδήποτε στιγμή, που να προέρχεται είτε από εξωτερικό αίτιο (κεραυνός), είτε από εσωτερικό αίτιο (γήρανση της μόνωσης). Μια τέτοια βλάβη συνήθως συνίσταται σε βραχυκύκλωμα που εκδηλώνεται άμεσα ή εξελίσσεται σταδιακά. Σε κάθε τέτοια περίπτωση το στοιχείο του Συστήματος, στο οποίο εντοπίζεται η βλάβη, πρέπει να απομονώνεται το ταχύτερο ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατόν η βλάβη του στοιχείου, να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στο υπόλοιπο Σύστημα και να αποφευχθεί η δημιουργία επικίνδυνων και απρόβλεπτων καταστάσεων για την ασφάλεια του προσωπικού και των εγκαταστάσεων.

Ο ρόλος της Προστασίας σε ένα ηλεκτρικό σύστημα συνίσταται στο να προλάβει μια βλάβη ή σε ένα σφάλμα να περιορίσει το δυνατόν τις επιπτώσεις του στο υπόλοιπο Σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με τον εξοπλισμό της Προστασίας που κύρια συνίσταται στους Ηλεκτρονόμους (H/N), που ανιχνεύουν την εμφάνιση του σφάλματος από την μεταβολή ορισμένων μεγεθών όπως έντασης, τάσης κ.λ.π. και παρεμβαίνουν στους Αυτόματους Διακόπτες Ισχύος που διακόπτουν τις υπερεντάσεις.

Τα κυριότερα είδη σφαλμάτων είναι τα παρακάτω και έχουν να κάνουν με:

Βραχυκυκλώματα.

Υπερπήδηση.

Υπερφόρτιση.

Εσφαλμένη λειτουργία.

Το βασικότερο είδος σφαλμάτων είναι τα βραχυκυκλώματα και διακρίνονται σε:

-Βραχυκυκλώματα μεταξύ των τριών φάσεων.

-Βραχυκυκλώματα μεταξύ των δυο φάσεων.

Σε ένα σημείο του κυκλώματος χωρίς σφάλμα προς Γη.

Σε ένα σημείο του κυκλώματος με ταυτόχρονο σφάλμα προς Γη.

-Διπλό σφάλμα προς τη Γη δυο φάσεων σε διάφορα σημεία ενός κυκλώματος ή σε διαφορετικά κυκλώματα που συνεργάζονται.

-Σφάλμα μεταξύ φάσεως και Γης.

Ένα βραχυκύκλωμα είναι δυνατόν να είναι προσωρινό και όχι μόνιμο. Δηλαδή η αιτία που το προκάλεσε να ήταν παροδική και παρατηρείται κυρίως στα εναέρια συστήματα, όπως η διέλευσης ενός αντικειμένου μέσω των εναέριων Γραμμών ή κλαδιά δένδρων που βρίσκονται κοντά στις εναέρια Γραμμές είναι δυνατόν λόγω επαφής από ισχυρό άνεμο να προκαλέσουν παροδικό βραχυκύκλωμα. Εάν λοιπόν το βραχυκύκλωμα κρατήσει για χρόνο μικρότερο του χρόνου ρύθμισης του Η/Ν τότε ο Διακόπτης Ισχύος δεν είναι απαραίτητο να ανοίξει και να διακόψει τα φορτία.

Τα αποτελέσματα των βραχυκυκλωμάτων είναι θερμικά, και ηλεκτρομαγνητικά.

Τα αίτια των σφαλμάτων μπορεί να είναι εξωτερικοί λόγοι όπως οι ατμοσφαιρικές υπερτάσεις, τα ξένα αντικείμενα, η ρύπανση των μονωτήρων (θαλάσσια ή βιομηχανική), η πέρα των προβλέψεων επιφόρτιση των Γραμμών από άνεμο ή χιόνι, για δε τα υπόγεια καλώδια κίνδυνο για σφάλματα αποτελούν οι εκσκαφές καθώς (σπάνια) η τοξική ρύπανση του εδάφους. Σφάλματα όμως εντοπίζονται και από εσωτερικά αίτια, όπως η γήρανση των μονώσεων, η αστοχία υλικού, η κατασκευαστική αδυναμία και η ελλιπή προστασία.

Οι συνέπειες των σφαλμάτων είναι οι παρακάτω εξής:

Μείωση της τάσης του δικτύου, ακόμη και για δέκατα του δευτερολέπτου μπορεί να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες στην ομαλή λειτουργία των καταναλωτών, όπως κινητήρες, αυτοματισμοί κ.α. Ένα σφάλμα στο Σύστημα Υ.Τ. μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα ευστάθειας του Συστήματος με απρόβλεπτες συνέπειες αν έγκαιρα δεν απομονωθεί. Επίσης οι υπερεντάσεις που προκαλούν τα βραχυκυκλώματα καταπονούν θερμικά και μηχανικά τα διάφορα στοιχεία του δικτύου από τα οποία διέρχονται καθώς επίσης το ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται στη θέση του σφάλματος μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες. Είναι δε σημαντικό να αναφέρουμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των σφαλμάτων είναι παροδικό και ως εκ τούτου μια καλή προστασία μπορεί να το αποτρέψει ώστε να μην εκδηλωθεί σε μόνιμο.

II. Ζώνες Προστασίας.

Στο παρακάτω σχήμα 52, παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα Παραγωγής, Μεταφοράς και Διανομής, πάνω στο οποίο έχουν σημειωθεί και οι ζώνες Προστασίας, τα τμήματα δηλαδή του Συστήματος που καλύπτονται από μια Προστασία. Παρατηρούμε ότι κάθε ζώνη Προστασίας περιλαμβάνει ένα το πολύ ή δύο στοιχεία του Συστήματος, έχουν δε τέτοια διάταξη που η μία επικαλύπτει την άλλη, ώστε κανένα

στοιχείο του Συστήματος να μην παραμένει απροστάτευτο. Η επικάλυψη αυτή περιορίζεται στους Διακόπτες Ισχύος, ώστε για ένα ορισμένο σφάλμα να απομονώνεται το μικρότερο δυνατό τμήμα του Συστήματος. Παρατηρούμε επίσης ότι για τα τμήματα του Συστήματος που λειτουργούν «ακτινικά», σε περίπτωση σφάλματος αρκεί η λειτουργία (άνοιγμα) μόνο του προηγούμενου Διακόπτη για την απομόνωσή του, ενώ για τα τμήματα του Συστήματος που λειτουργούν «κλειστά» απαιτείται η λειτουργία των εκατέρωθεν Δ.Ι.

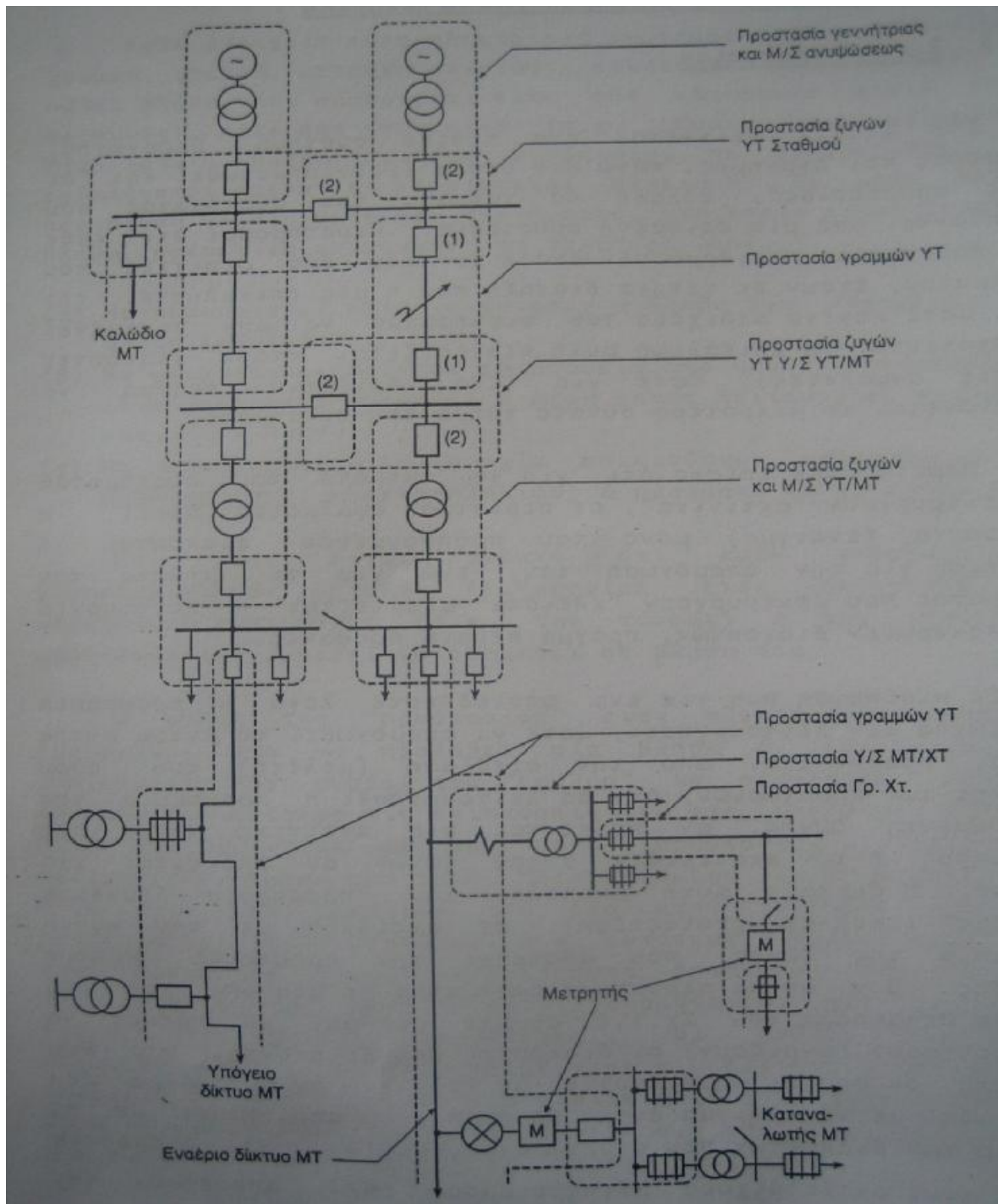
Σε περίπτωση που για έναν οποιοδήποτε λόγω η Προστασία μιας ζώνης δεν λειτουργήσει, για να απομονωθεί το εντός αυτής σφάλμα, η σχεδίαση της Προστασίας προβλέπει να λειτουργήσει η Προστασία της προηγούμενης ζώνης, αν πρόκειται για ακτινικό τμήμα του συστήματος, ή των εκατέρωθεν αυτού ζωνών αν πρόκειται για κλειστό σύστημα. Η διάταξη αυτή αποτελεί την Προστασία δευτέρας βαθμίδας (back-up protection), σε αντίθεση με την κυρία Προστασία της ζώνης, που αποτελεί την Προστασία πρώτης βαθμίδας. Αν σε περίπτωση σφάλματος σε μια από τις δύο Γραμμές Μεταφοράς του σχήματος 52 συμβεί σφάλμα, θα πρέπει να λειτουργήσουν (ανοίξουν) οι Διακόπτες Ισχύος που βρίσκονται στα δύο άκρα της, οι οποίοι σημειώνονται με τον αριθμό (1), ενώ αν το σφάλμα δεν απομονωθεί με το άνοιγμα αυτών των Δ.Ι. θα πρέπει να απομονωθεί με το άνοιγμα των Δ.Ι. που σημειώνονται με τον αριθμό (2). Οι Δ.Ι. του αριθμού (2) μαζί με τους αντιστοίχους Ηλεκτρονόμους αποτελούν την προστασία δευτέρας βαθμίδας της γραμμής.

Το πρόβλημα του καθορισμού της προστασίας ενός τμήματος του δικτύου συνίσταται στην επιλογή του κατάλληλου σχήματος της Προστασίας, δηλαδή των κατάλληλων Η/Ν και του συνδυασμού και συνδεσμολογίας των, στην επιλογή των κατάλληλων Δ.Ι. ως προς την ικανότητα διακοπής εντάσεων βραχυκυκλωμάτων, εντάσεων κανονικής λειτουργίας τάσεων κ.λ.π. και τέλος με την επιλογή Μ/ΣΟ, βοηθητικών Η/Ν, κ.λ.π. στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στην διάταξη της Προστασίας.

Κυριότεροι παράγοντες για ένα ποιοτικό σύστημα προστασίας είναι η αξιοπιστία (reliability), η επιλογικότητα (selectivity), η ταχύτητα λειτουργίας και η διακριτικότητα του συστήματος προστασίας.

Η αξιοπιστία συνίσταται στην πιθανότητα το σύστημα Προστασίας να λειτουργήσει σωστά, όταν αυτό του ζητηθεί. Η σωστή λειτουργία του συστήματος Προστασίας επιτυγχάνεται όταν ικανοποιούνται οι εξής δύο συνθήκες:

Το σύστημα λειτουργεί όταν εμφανιστεί ένα σφάλμα το οποίο ανήκει στη ζώνη Προστασίας του.



Σχήμα 52. Τυπική διάταξη ζωνών Προστασίας.

Το σύστημα προστασίας δεν λειτουργεί, όταν εμφανίζονται σφάλματα, τα οποία δεν ανήκουν στη ζώνη Προστασίας του ή όταν δεν υπάρχει σφάλμα.

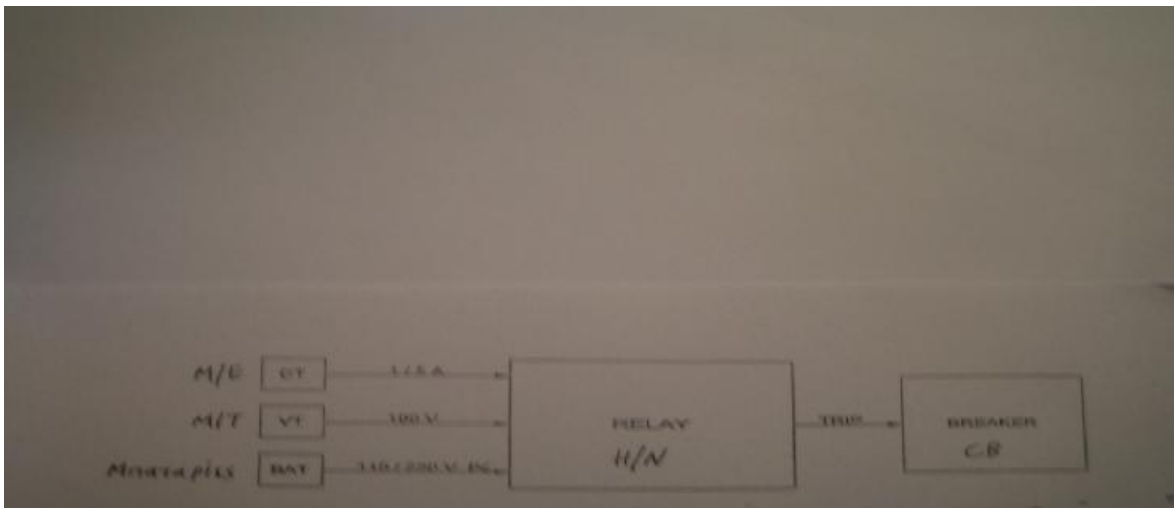
Η επιλογικότητα συνίσταται στην ικανότητα ενός συστήματος Προστασίας, να ενεργοποιεί μόνο τις πλησιέστερες προς το σφάλμα συσκευές Προστασίας και να απομονώνει το αντίστοιχο τμήμα του δικτύου, διασφαλίζοντας έτσι την ομαλή λειτουργία του υπολοίπου τμήματος.

Η ταχύτητα λειτουργίας προσδιορίζει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της εμφάνισης ενός σφάλματος και της λειτουργίας του Η/Ν. Μια υπέρβαση μπορεί να προκαλέσει π.χ. την διακοπή της λειτουργίας ενός ολόκληρου Υ/Σ αντί μιας γραμμής ή στην αντίθετη περίπτωση μια πολύ ταχεία Προστασία μπορεί να προκαλέσει την άνευ λόγου λειτουργία των Προστασιών.

Τέλος η **διακριτικότητα** συνίσταται στην ικανότητα του Η/Ν να διακρίνει μεταξύ σφάλματος ή μιας υπέρβασης που οφείλεται σε μεταβατική κατάσταση.

III. Γενικά περί Ηλεκτρονόμων (Η/Ν) (Σχήμα 56).

Οι Η/Ν είναι συσκευές, σχεδιασμένες να προκαλούν την έναρξη της απομόνωσης ενός μέρους του ηλεκτρικού συστήματος σε περίπτωση σφάλματος ή άλλης διαταραχής. Δέχονται ως είσοδο τα μεγέθη των Μ/Σ Μέτρησης από την πλευρά των δευτερευόντων και την τροφοδοσία συνεχούς ρεύματος από συστοιχίες συσσωρευτών, που απαιτείται για τη λειτουργία τους, και δίνουν ως έξοδο την εντολή ενεργοποίησης (trip) στον Διακόπτη Ισχύος.



Σχήμα 53. Λειτουργικό διάγραμμα ενός Η/Ν.

Οι Η/Ν μπορεί να χρησιμοποιούν και το ένα μόνο από τα μεγέθη των Μ/Σ Μέτρησης ανάλογα με την εσωτερική τους λογική. Σε κάθε περίπτωση ο Η/Ν πραγματο-

ποιεί μια λειτουργία μέτρησης ή σύγκρισης βασισμένη στην είσοδο των μεγεθών και μεταφράζει το αποτέλεσμα σε μια κίνηση των επαφών.

Έτσι η κατάσταση εξόδου ενός Η/Ν είναι είτε εντολή διακοπής (με τις επαφές κλειστές είτε αποφυγή διακοπής (με τις επαφές ανοικτές). Η παραπάνω δομή λειτουργίας των Η/Ν παρουσιάζεται στο σχήμα 53.

Οι Η/Ν ταξινομούνται ανάλογα με την αρχή κατασκευής και λειτουργίας τους:

Σε ηλεκτρομηχανικούς (πρώτη γενιά). Είναι οι πιο απλούστεροι τύποι Η/Ν. Διαθέτουν ηλεκτρομαγνήτες σιδηρού πυρήνα, που έλκουν κάποιο κινητό μέρος προσαρμοσμένο σε κάποιο περιστροφικό ή άλλο μηχανισμό στήριξης, λόγω της ύπαρξης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.

Σε ηλεκτρονικούς ή στατικούς (δεύτερη γενιά). Είναι Η/Ν στους οποίους η σχεδιασμένη απόκριση επιτυγχάνεται με ηλεκτρονικά, μαγνητικά ή άλλα στοιχεία χωρίς μηχανική κίνηση.

Σε ψηφιακούς (Τρίτη γενιά). Είναι Η/Ν στην πιο σύγχρονη εξέλιξή τους. Έχουν μεγάλη ευελιξία ως προς τον έλεγχο, την καταγραφή και την μετάδοση των συμβάντων. Η χρησιμοποίηση μικροεπεξεργαστών παρέχει στους ψηφιακούς Η/Ν μεγάλες δυνατότητες και πλεονεκτήματα, καθώς μπορούν να ρυθμιστούν σε ένα μεγάλο εύρος λειτουργιών λόγω της δυνατότητας προγραμματισμού του μικροεπεξεργαστή. Ο ψηφιακός Η/Ν έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί (monitoring) το σύστημα σε μόνιμη βάση ακόμα και όταν δεν εμφανίζονται συμβάντα. Επίσης μπορεί να υποστηρίζει ταυτόχρονα Προστασία αποστάσεως και υπερεντάσεως σε μια Γραμμή Μεταφοράς και μάλιστα με μια μεγάλη επιλογή ρυθμίσεων για κάθε είδος Προστασίας. Οι σύγχρονοι ψηφιακοί Η/Ν δεν επηρεάζονται καθόλου από τη συνεχή συνιστώσα του ρεύματος, γεγονός που βελτιώνει την επιλογικότητά τους, ενώ εμφανίζουν παράλληλα μεγάλη ακρίβεια, ευκαμψία διαμόρφωσης και αξιοπιστία.

Οι Η/Ν ταξινομούνται επίσης και ανάλογα με την εφαρμογή τους:

Σε Η/Ν χωρίς κατεύθυνση.

Σε Η/Ν κατεύθυνσης.

Σε Η/Ν αποστάσεως.

Σε διαφορικούς Η/Ν.

IV. Προστασία Γραμμών Μεταφοράς.

Από τα σημαντικότερα τμήματα του Συστήματος Μεταφοράς είναι οι Γραμμές Μεταφοράς, οι οποίες λόγω της μεγάλης γεωγραφικής έκτασης στην οποία εκτείνονται και των ιδιομορφιών τους, όπως η θέση τους, η έκθεση τους σε δυσμενή καιρικά φαινόμενα και η λειτουργία τους με υψηλή τάση, καθίστανται ιδιαίτερα ευάλωτες σε διάφορα σφάλματα που πολλές φορές γίνονται επικίνδυνα. Γι' αυτό το λόγω οι ΓΡ. Υ.Τ. προστατεύονται από Η/Ν αποστάσεως και Η/Ν υπερέντασης και έλεγχο κατεύθυνσης.

Τις δύο αυτές κατηγορίες θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε συνοπτικά παρακάτω.

Ηλεκτρονόμοι Απόστασης.

Σε μια Γραμμή Μεταφοράς η σύνθετη αντίσταση (Z) είναι ανάλογη του μήκους της. Οι Η/Ν απόστασης υπολογίζουν την σύνθετη αντίσταση από τις τιμές ρεύματος και τάσης που παίρνουν μέσω των Μ/ΣΕ και των Μ/ΣΤ. Κατά συνέπεια, ανάλογα με τη ρύθμιση τους, μπορούν να προστατεύουν κάποιο προκαθορισμένο τμήμα της Γραμμής Μεταφοράς. Η βασική αρχή λειτουργίας αυτού του Η/Ν είναι η σύγκριση του ρεύματος βραχυκύκλωσης που «βλέπει» ο Η/Ν με την τάση στη θέση του Η/Ν και ο προσδιορισμός της σύνθετης αντίστασης (Z) της Γραμμής μέχρι το σημείο του σφάλματος, κατά συνέπεια προσδιορίζεται και το ακριβές σημείο της ΓΡ. που εκδηλώθηκε το σφάλμα.

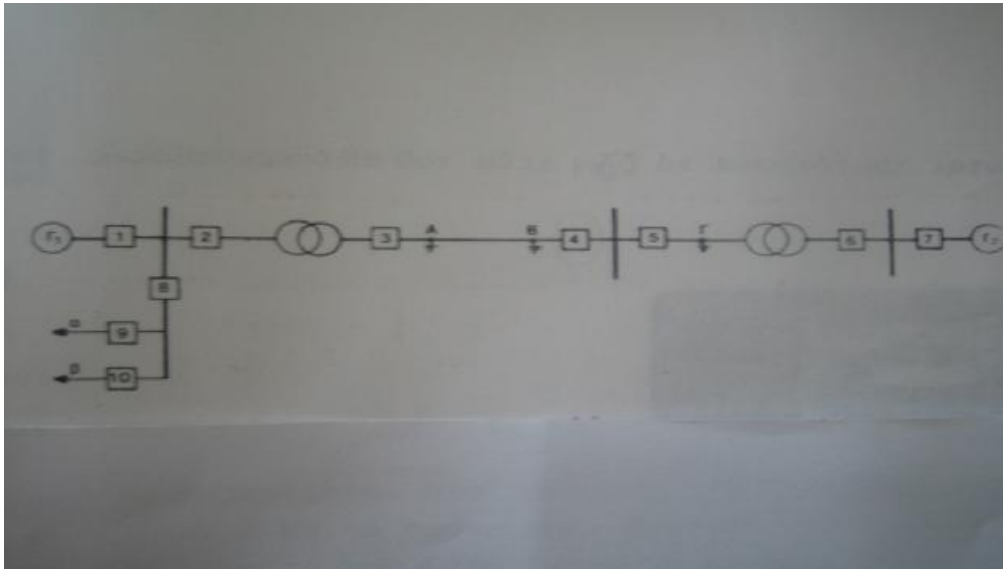
Ηλεκτρονόμοι Υπερέντασης (H/NY).

Οι Η/Ν αυτοί διεγείρονται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης που δημιουργείται από ένα σφάλμα σε μια ΓΡ. και ενεργοποιείται ο πλησιέστερος Διακόπτης Ισχύος που τροφοδοτεί το σφάλμα για να ανοίξει και να «καθαρίσει» το σφάλμα. Αν δεν ανταποκριθεί ο πλησιέστερος Δ.Ι. και περάσει κάποιος μικρός προκαθορισμένος χρόνος, τότε αναλαμβάνει δράση ο επόμενος Δ.Ι. για να απομονώσει το σφάλμα κοκ. Οι Η/Ν Υπερέντασης συνήθως τοποθετούνται σε ακτινικά κυκλώματα, αν το κύκλωμα είναι κλειστό τότε χρησιμοποιούμε τους Η/Ν Υπερέντασης - Κατεύθυνσης.

Ηλεκτρονόμοι Κατεύθυνσης.

Όπως ήδη αναφέραμε οι Η/Ν Υπερέντασης, χρησιμοποιούνται σε ανοικτά κυκλώματα, όπου το ρεύμα σφάλματος κυκλοφορεί κατά μία διεύθυνση. Στις περιπτώσεις που το ρεύμα σφάλματος μπορεί να κυκλοφορήσει και κατά τις δύο διευθύνσεις τότε οι Η/ΝΥ πρέπει να συμπληρώνονται και με Η/Ν Κατεύθυνσης. Στο σχήμα 54, εξετάζοντας τον Η/Ν του Δ.Ι. (4) για σφάλμα που εμφανίζεται στις θέσεις (Α) και

(B) θα πρέπει ο Η/Ν του Δ.Ι. (4) να ανοίξει τον Διακόπτη, ενώ για σφάλμα στο σημείο (Γ), δεξιά του Διακόπτη (4) ο Η/Ν δεν πρέπει να λειτουργήσει. Ο Η/Ν του Δ.Ι. (5) πρέπει να λειτουργήσει για σφάλμα προς τα δεξιά του σημείο (Γ), αλλά να μη λειτουργήσει για σφάλμα προς τα αριστερά του σημεία (Α) και (B).



Σχήμα 54. Χρήση Η/Ν Υπερέντασης Κατεύθυνσης.

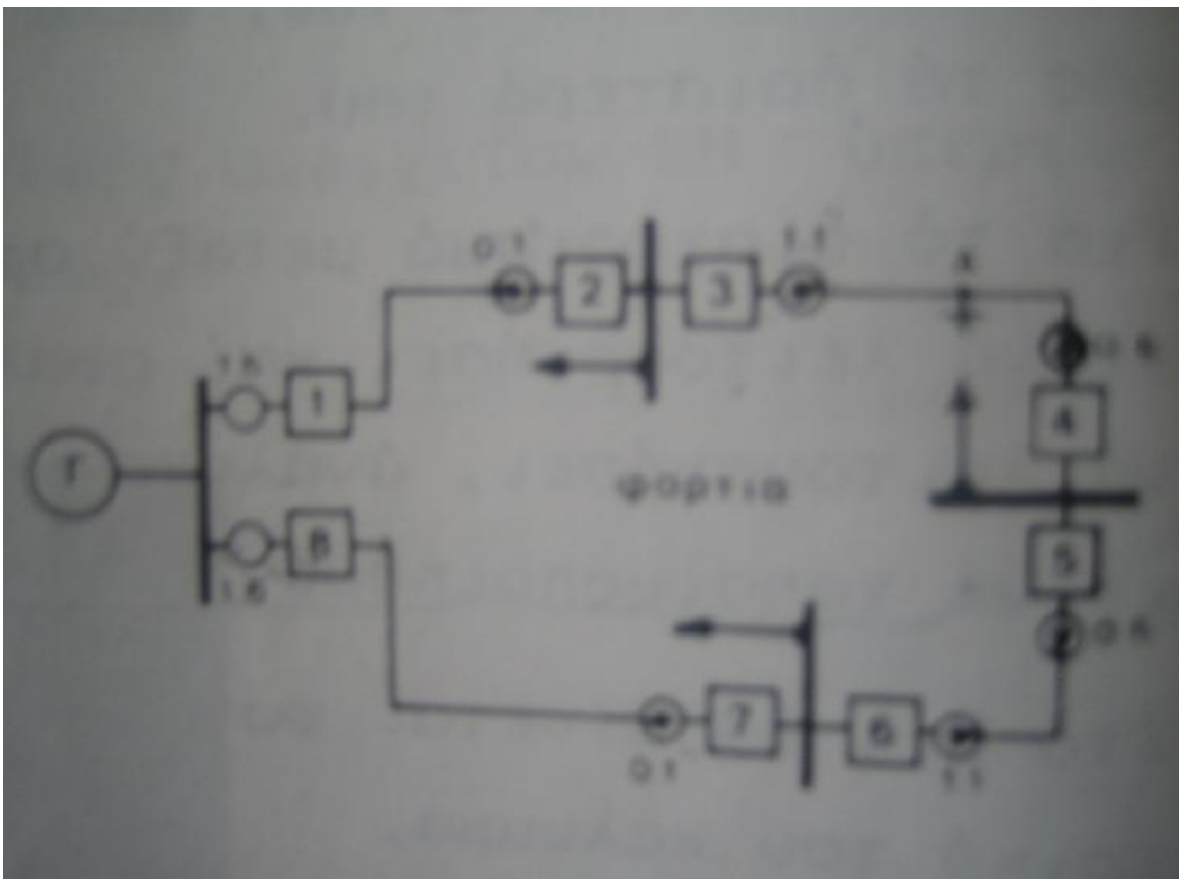
Για το διαχωρισμό λοιπόν μεταξύ σφαλμάτων, του πότε πρέπει να λειτουργήσει ο κάθε Η/Ν και πότε δεν πρέπει, και που έχουν βέβαια σχέση με την διεύθυνση των ρευμάτων, πρέπει να χρησιμοποιηθούν στοιχεία Η/Ν κατεύθυνσης. Η επιλογική λειτουργία πραγματοποιείται με τη χρησιμοποίηση στοιχείων κατεύθυνσης και κλιμακωτών βαθμονομιών χρόνου των στοιχείων υπερέντασης.

Ας υποθέσουμε ότι στο δίκτυο του σχήματος 55 προκαλείται βραχυκύκλωμα στο σημείο (Α). Το ρεύμα πηγαίνει προς το σημείο του σφάλματος από δύο διευθύνσεις, αφ' ενός δια μέσου των Διακοπών 1,2 και 3, αφ' ετέρου δε δια μέσου των Διακοπών 8,7,6,5 και 4. Στη δεύτερη διαδρομή οι Η/Ν των διακοπών 5 και 7 αδρανούν λόγω των στοιχείων κατεύθυνσής των (βλέπουν το σφάλμα πίσω τους). Από τους Η/Ν των Διακοπών 8,6 και 4, ο 4 έχει την μικρότερη ρύθμιση χρόνου και ανοίγει τον Διακόπτη (βλέπει το σφάλμα σε πρώτη ζώνη). Με το άνοιγμα του Διακόπτη απομονώνεται το σφάλμα από την πλευρά αυτή και αποδιηγείρονται ταυτόχρονα τα στοιχεία του Η/Ν υπερέντασης της Γραμμής.

Το τμήμα της Γραμμής των Διακοπών 1, 2 και 3, ο Η/Ν 2 λόγω του στοιχείου κατεύθυνσης αδρανεύει (βλέπει το σφάλμα πίσω του) ενώ οι Η/Ν των Διακοπών 1 και

3 είναι ελεύθεροι να λειτουργήσουν. Ο Η/Ν του Διακόπτου 3 λόγω του μικρότερου χρόνου ρύθμισης λειτουργεί πρώτος (βλέπει το σφάλμα σε πρώτη ζώνη) και έτσι πραγματοποιείται απομόνωση του σφάλματος στο σημείο (Α).

Με το άνοιγμα των 3 και 4 απομονώνεται το σφάλμα ενώ το υπόλοιπο σύστημα εξακολουθεί να τροφοδοτείται κανονικά από τους Διακόπτες 1,2, και 8,7,6 και 5.



Σχήμα 55. Κλειστό κύκλωμα Συστήματος Μεταφοράς και λειτουργία Η/Ν κατεύθυνσης.

Στο κύκλωμα που εξετάζεται οι Η/Ν των Διακοπών 1 και 8 μπορεί να μην είναι τύπου κατεύθυνσης, επειδή η ισχύς λόγω σφάλματος δεν θα κατευθυνθεί προς τους Ζυγούς εφ' όσον ο σταθμός παραγωγής είναι η μόνη πηγή παραγωγής.

Τα βέλη μέσα στους κύκλους δείχνουν τη διεύθυνση που πρέπει να έχει το ρεύμα για να λειτουργήσει ο Η/Ν.

Ηλεκτρονόμοι Γης με Φερέσυχνα.

Οι Η/Ν αυτοί έχουν προορισμό την ανίχνευση σφαλμάτων Γραμμής προς Γη και τοποθετούνται συμπληρωματικά με τους Η/Ν αποστάσεως και κατεύθυνσης. Η χρήση τους έγκειται στον εντοπισμό σφαλμάτων προς Γη με μικρή ένταση λόγω της αυξημένης τιμής της αντίστασης βραχυκύκλωσης επομένως χρειάζονται ρυθ-

μίσεις πολύ χαμηλές που δεν επιτυγχάνονται με τους Η/Ν απόστασης - κατεύθυνσης που έχουν σαν κύριο σκοπό την ανίχνευση σφαλμάτων μεταξύ φάσεων. Στην περίπτωση αυτή σε κάθε Η/Ν Γης αντιστοιχεί ζεύγος πομπού και δέκτη υψηλής συχνότητας (Φερέσυχο) το οποίο σε περίπτωση σφάλματος στη Γραμμή διεγείρεται από τον Η/Ν Γης που διαπίστωσε το σφάλμα και την κατεύθυνσή του σφάλματος και βλέπει το σφάλμα εμπρός του, διακόπτει την εκπομπή υψηλής συχνότητας του αντίστοιχου πομπού με αποτέλεσμα να διεγερθεί ο Η/Ν του και να ανοίξει ο Διακόπτης ταυτόχρονα με τον απέναντί του και έτσι να απομονωθεί το τμήμα της ΓΡ. που παρουσιάστηκε το σφάλμα (σχετικά, αναφέρονται και στη σελίδα 121 «συσκευή τηλεπροστασίας»).

Προστασία Γραμμής Μεταφοράς με τον αγωγό Γης (σχήμα 1).

Ο αγωγός Γης τοποθετείται πλησίον της ηλεκτροφόρου Γραμμής Μεταφοράς (πάνω από τη Γραμμή) και συνδέεται αγωγίμα με τη Γη, και προστατεύει τη Γραμμή Μεταφορά από τις ατμοσφαιρικές εκκενώσεις.



Σχήμα 56. Ψηφιακοί Η/Ν Απόστασης και δεξιά Η/Ν υπερέντασης Γης εγκατεστημένοι στον πίνακα Προστασίας εντός του κτηρίου του Υ/Σ.

V. Προστασία Μετασχηματιστών Ισχύος.

Οι Μ/Σ πρέπει να προστατεύονται από εσωτερικά σφάλματα ή από υπερθερμάνσεις που οφείλονται σε υπερφορτίσεις ή σε εξωτερικά σφάλματα.

Η προστασία για εσωτερικά σφάλματα γίνεται με τους Διαφορικούς (**Δ/Φ**) **H/N**. Τα ρεύματα που συγκρίνονται στους Δ/Φ H/N λαμβάνονται από τα δευτερεύοντα των Μ/ΣΕ και γίνονται ίσα με τη χρησιμοποίηση Μ/ΣΕ διαφορετικών σχέσεων.

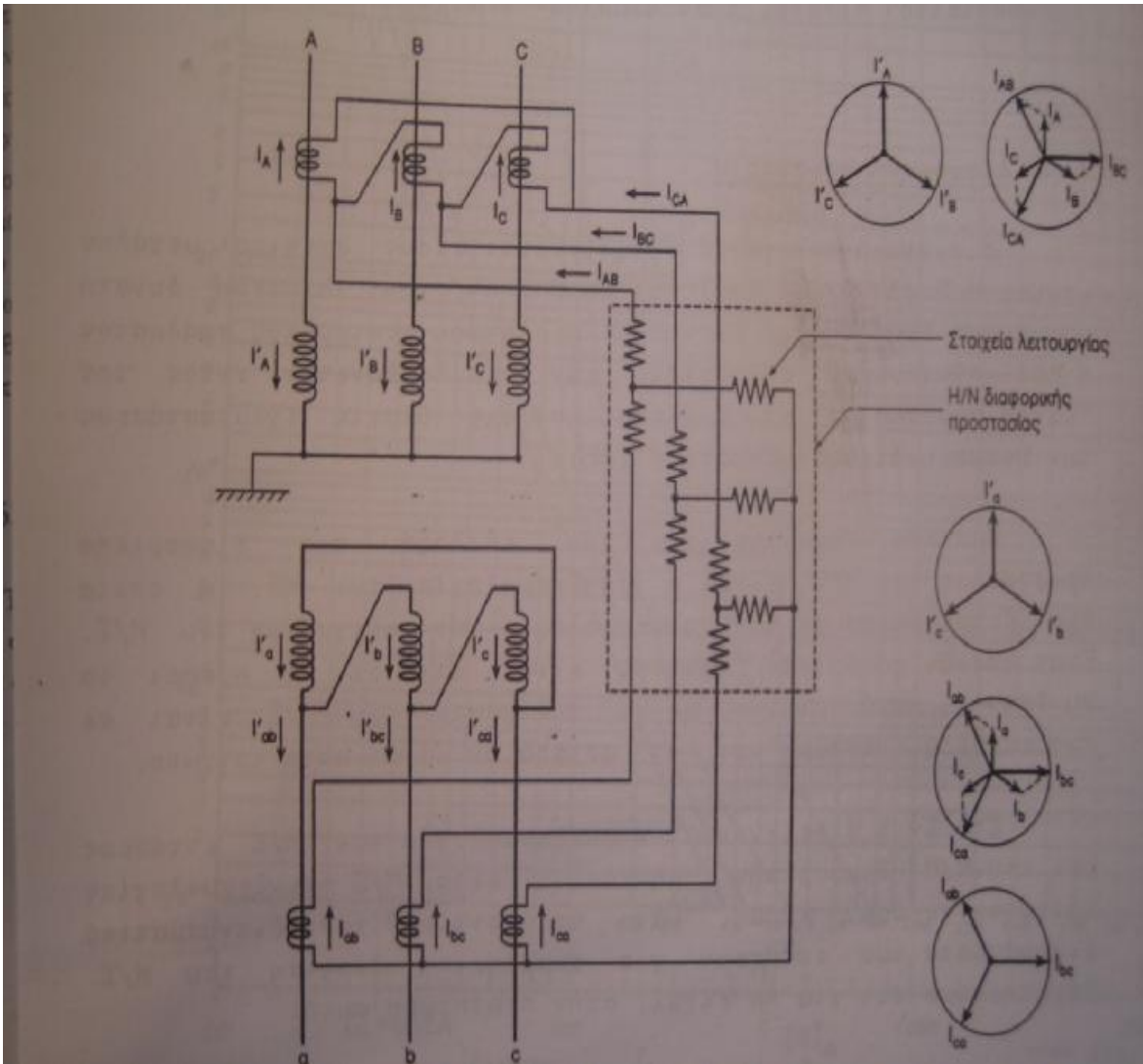
Η διαφορά συνδεσμολογίας πρωτεύοντος και δευτερεύοντος του Μ/Σ Ισχύος (τα ρεύματα γραμμής πρωτεύοντος – δευτερεύοντος έχουν διαφορά φάσεως 30°) εξισορροπείται με τη χρησιμοποίηση Μ/ΣΕ με συνδεσμολογία σε αστέρα στην πλευρά του Μ/Σ Ισχύος όπου η συνδεσμολογία είναι σε τρίγωνο και σε συνδεσμολογία σε τρίγωνο στην πλευρά του Μ/Σ Ισχύος όπου η συνδεσμολογία είναι σε αστέρα (σχήμα 57.) Οι Δ/Φ H/N προστατεύουν τον Μ/Σ από σφάλματα μεταξύ σπειρών, προς Γη, μεταξύ φάσεων και στο τμήμα των γραμμών που οδηγούν προς τους Διακόπτες Ισχύος.

Η Δ/Φ Προστασία ουσιαστικά περιλαμβάνει το τμήμα της πύλης του Μ/Σ Ισχύος από τους Μ/ΣΕ που βρίσκονται μέσα στους μονωτήρες διέλευσης της Υ.Τ. του Μ/Σ Ισχύος έως τους Μ/ΣΕ που βρίσκονται μέσα στους μονωτήρες διέλευσης στην έξοδο του Κεντρικού Διακόπτη της Μ.Τ. (Διακόπτης Διανομής).

Η λογική το H/N Δ/Φ Προστασίας στηρίζεται στο αλγεβρικό άθροισμα των εισερχομένων ρευμάτων στον Μ/Σ Ισχύος (μέτρηση στους Μ/ΣΕ των μονωτήρων διέλευσης της Υ.Τ. του Μ/Σ Ισχύος) που πρέπει να είναι ίσο με τα εξερχόμενα ρεύματα (μέτρηση στους Μ/ΣΕ στην έξοδο του Κεντρικού Διακόπτη της Μ.Τ.), δηλαδή η διαφορά τους να είναι μηδέν, εκτός από την περίπτωση που θα εμφανισθεί σφάλμα.

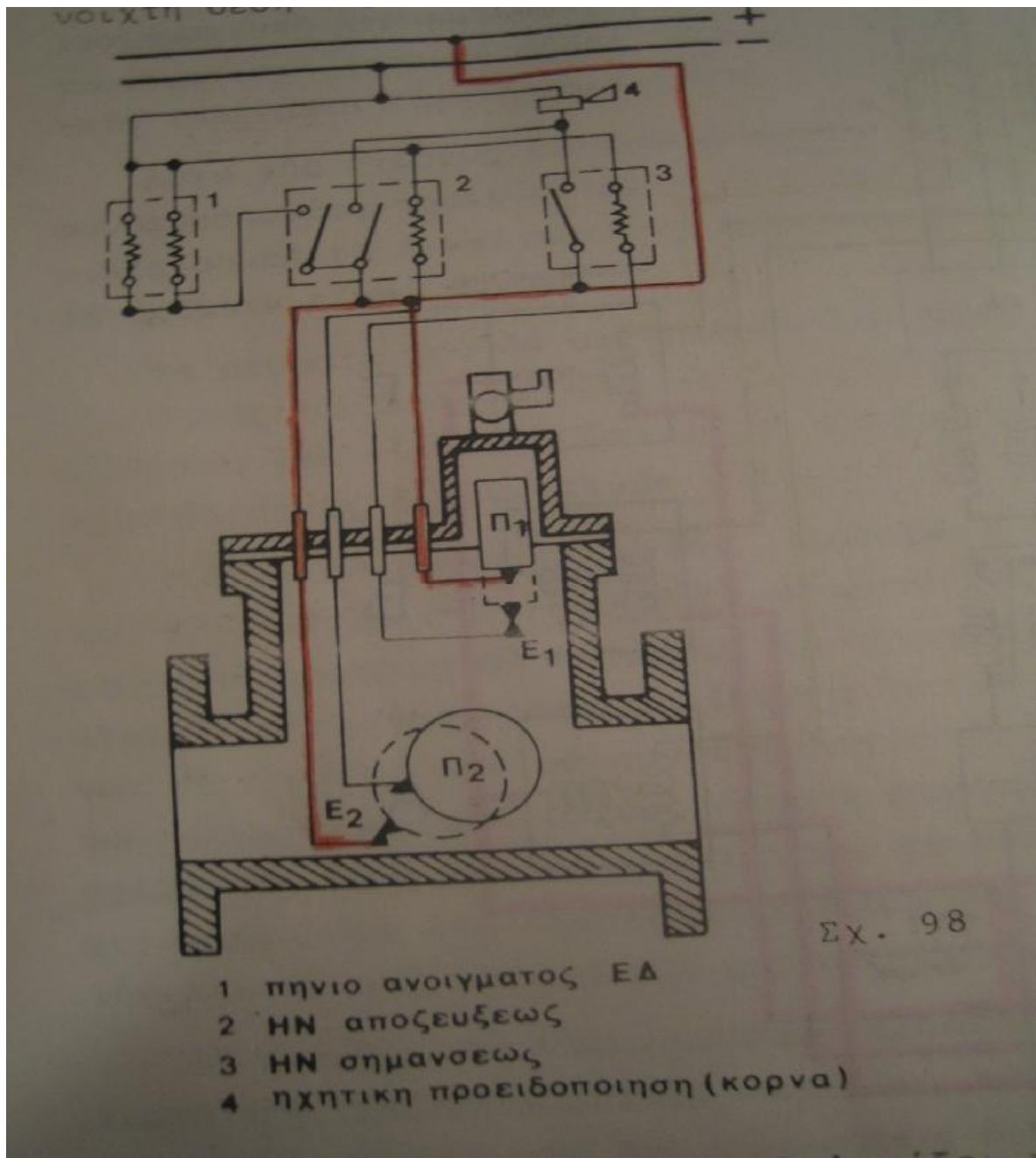
Στην περίπτωση αυτή το ρεύμα σφάλματος εξέρχεται προς την κατεύθυνση του σφάλματος επί ενός κυκλώματος, ενώ εισέρχεται από περισσότερα κυκλώματα.

Η διαφορά αυτή των ρευμάτων θα προκαλέσει τη λειτουργία του H/N που θα απομονώσει την περιοχή του σφάλματος.



Σχήμα 57. Συνδεσμολογία Δ/Φ Προστασίας σε Μ/Σ Ισχύος.

Μια άλλη προστασία του Μ/Σ Ισχύος είναι η Προστασία με **H/N Buchholz** (σχήμα 58 και 26), ο οποίος τοποθετείται στο σωλήνα που συνδέει το κύριο σώμα του Μ/Σ με το δοχείο διαστολής και επομένως είναι πάντοτε γεμάτος με λάδι. Ο H/N Buchholz προστατεύει το Μ/Σ από την απότομη διαρροή λαδιού, από εσωτερικά βραχυκυκλώματα και από απότομη ροή λαδιού από τον Μ/Σ προς το δοχείο διαστολής σε περίπτωση ισχυρής πίεσης εντός του Μ/Σ.



Σχήμα 58. Σχηματικό διάγραμμα Buchholz.

Οι πλωτήρες Π_1 και Π_2 ανάλογα (σχήμα 58) με τη θέση τους κρατούν σε κλειστή ή ανοιχτή θέση τις δυο υδραγωγικές επαφές E_1 , E_2 . Όταν η στάθμη του λαδιού αρχίζει να κατεβαίνει, τότε αέρας θα εισέλθει στο επάνω μέρος του Buchholz, ο πλωτήρας Π_1 θα κατέβει και θα κλείσει την επαφή E_1 της σήμανσης που θα προειδοποιήσει με σήμα ηχητικό ή οπτικό για την απώλεια του λαδιού. Εάν εξακολουθήσει η απώλεια του λαδιού, τότε το Buchholz θα αδειάσει από λάδι και ο πλωτήρας Π_2 θα κλείσει την επαφή E_2 της απόξευξης, όπου ο Η/Ν θα δώσει εντολή στα πηνία ανοίγματος των Διακοπών που τροφοδοτούν το Μ/Σ προκειμένου να απομονωθεί ηλεκτρικά από το Σύστημα.

Ο Μ/Σ Ισχύος προστατεύεται από τις υψηλές θερμοκρασίες και με **θερμόμετρα** (σχήμα 25) που καταγράφουν τις θερμοκρασίες των τυλιγμάτων του καθώς και του μονωτικού λαδιού του. Η άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να θέσει σε εκκίνηση τους ανεμιστήρες ψύξης, να δώσει σήμανση ή να θέσει τους αντίστοιχους Διακόπτες εκτός λειτουργίας με αποτέλεσμα ο Μ/Σ να απομονωθεί.

Οι ρυθμίσεις των θερμομέτρων γίνεται συνήθως στα παρακάτω όρια:

Θερμόμετρο ελαίου στους 85 °C σήμανση.
95 °C TRIP.

Θερμόμετρο τυλίγματος X1 65 °C εκκίνηση ανεμιστήρων ομάδας 1.
75 °C εκκίνηση ανεμιστήρων ομάδας 2.
105 °C σήμανση.
116 °C TRIP.

Θερμόμετρο τυλίγματος X3 75 °C εκκίνηση ανεμιστήρων ομάδας 1 και 2.
106 °C σήμανση.
115°C TRIP.

3.3. Φερέσυχο (Φ/Σ) Σύστημα στην Υψηλή Τάση.

I. Γενικά περί Φερέσυχο Σύστημα Τηλεπικοινωνίας.

Οι Γραμμές Μεταφοράς ρεύματος υψηλής τάσης της ΔΕΗ είναι κατάλληλες και για μεταφορά σημάτων υψηλών συχνοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις με μικρές απώλειες. Όλες οι ηλεκτρικές εταιρείες χρησιμοποιούν τα δίκτυα Υ.Τ. για μεταφορά τηλεπικοινωνιακών σημάτων. Για το σκοπό αυτό έχει αναπτυχθεί το σύστημα Φερεσύχων επί Γραμμών Μεταφοράς Υ.Τ.. Μια Γραμμή Μεταφοράς Υ.Τ. που συνοδεύει δυο Υ/Σ είναι κατάλληλη και για μεταφορά υψηλών συχνοτήτων σημάτων εφόσον στα άκρα της είναι απομονωμένη υψηλών συχνοτήτων από τους Υ/Σ και διαθέτει κατάλληλο ζευκτικό σύστημα για την εισαγωγή και παραλαβή των σημάτων. Το ζευκτικό σύστημα (σχήμα 59) αποτελείται από την κυματοπαγίδα, τον πυκνωτή ζεύξης και το φίλτρο ζεύξης. Το στοιχείο απομόνωσης για τα Φ/Σ σήματα, της γραμμής από τον Υ/Σ είναι η Κυματοπαγίδα, που στην απλή μορφή της είναι ένα πηνίο παράλληλα σε ένα πυκνωτή. Στις πολύ χαμηλές συχνότητες (50Hz), συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα ενώ στις υψηλές συχνότητες παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση. Μετά από αυτά καταλαβαίνουμε ότι η Κυματοπαγίδα συνδέει ηλεκτρικά τη Γραμμή Υ.Τ. με τους Ζυγούς του Υ/Σ, γιατί επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος Υ.Τ. που είναι χαμηλής συχνότητας (50Hz). Είναι όμως φραγή, για τα χαμηλής τάσης ρεύματα, των Φε-

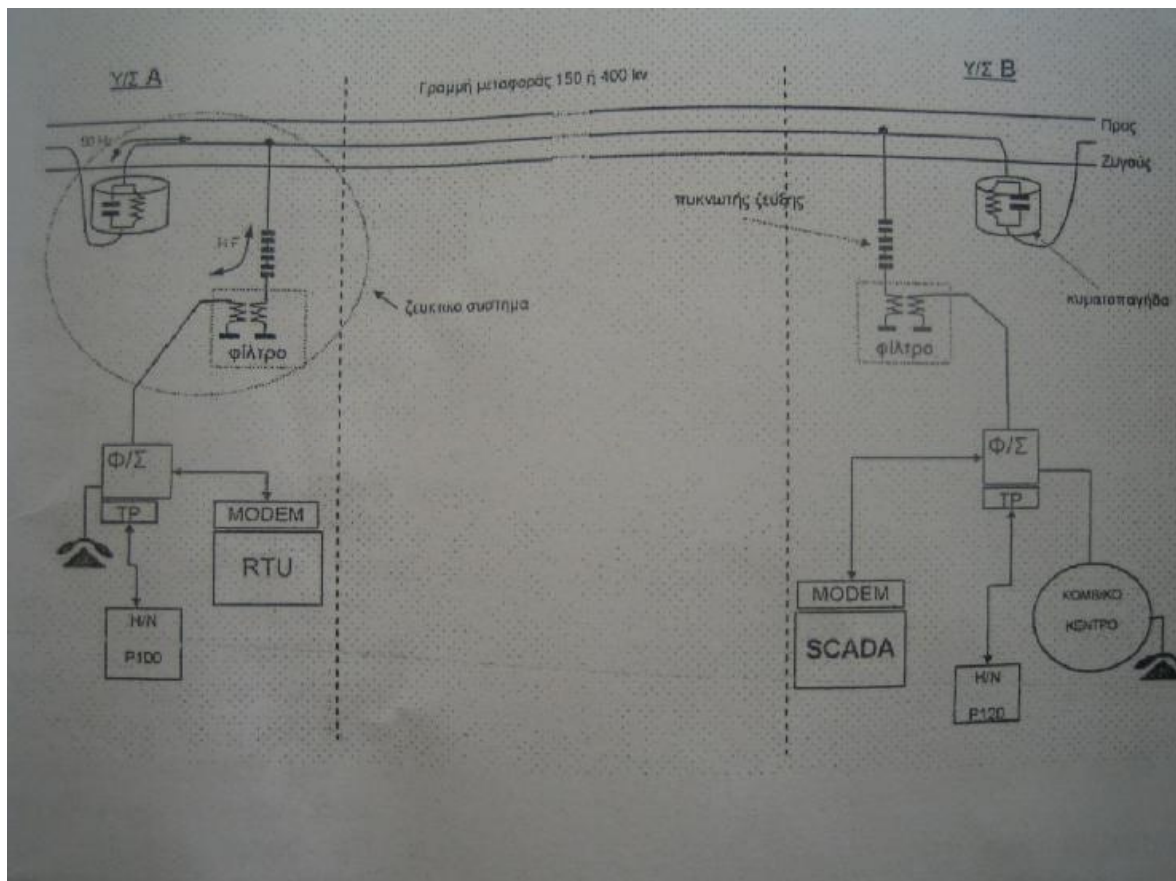
ρεσυχιακών σημάτων, που είναι υψηλής συχνότητας (40 ως 500 Hz), με άλλα λόγια εμποδίζει τη διέλευσή τους προς τους ζυγούς του Υ/Σ.



Σχήμα 59. Ζευκτικό Σύστημα, πρώτο μηχάνημα δεξιά. Επάνω η Κυματοπαγίδα που στηρίζεται στον εκ πορσελάνης Πυκνωτή Ζεύξης και από κάτω, αριστερά και στη μέση περίπου του μεταλλικού ικρυώματος το Φίλτρο Ζεύξης.

Το μέσον σύνδεσης του Φ/Σ στη Γραμμή Μεταφοράς Υ.Τ. αποτελείται από ένα Πυκνωτή Ζεύξης και ένα Φίλτρο Ζεύξης (σχήμα 59). Ο Πυκνωτή Ζεύξης, ως ηλεκτρικό στοιχείο αποτελεί φραγή στη διέλευση ρευμάτων πολύ χαμηλής συχνότητας ενώ στις υψηλές συχνότητες συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα. Συνδέει υψηλωςυχνα, τα Φ/Σ με τη Γραμμή Μεταφοράς, μέσω του Φίλτρου Ζεύξης, απομονώνοντάς τα από την Υ.Τ. της ΓΡ. Μεταφοράς. Κατασκευαστικά είναι μεγάλης Ισχύος ώστε να αντέχει την Υ.Τ. της ΓΡ. Μεταφοράς.

Το Φίλτρου Ζεύξης συνδέεται στο κάτω μέρος (κάθοδος) του Πυκνωτή Ζεύξης και προσαρμόζει ωμικά, για την ελάχιστη απώλεια σήματος. Το Φίλτρου Ζεύξης αποτελείται από ένα πηνίο διαρροής για προστασία, σε περίπτωση διακοπής της συνέχειας, ένα εκκενωτή υπερευσιλής τάσης για προστασία από εκκενώσεις υπερευσιλής τάσης της Γραμμής και ένα Μ/Σ προσαρμογής.



Σχήμα 60. Φερέσυχνη διάταξη σε έναν Υ/Σ.

II. Φερέσυχνο (Φ/Σ).

Τα φερέσυχνα είναι πομποδέκτες που λειτουργούν ανά ζεύγη με αμφίδρομη επικοινωνία, συνδέονται μέσω του ζευκτικού συστήματος στα άκρα των γραμμών υψηλής τάσης (150kV ή 400kV) και τοποθετούνται μέσα στα κτήρια των Υ/Σ. Ο πομπός δέχεται σήματα ακουστικής συχνότητας, τα αναγάγει σε υψηλή συχνότητα και με κατάλληλο τρόπο, τα εκπέμπει μέσω των Γραμμών Υ.Τ.. Ο δέκτης λαμβάνει τα σήματα υψηλής συχνότητας και τα αναγάγει ξανά σε ακουστική συχνότητα. Δημιουργούν δηλαδή φερεσυχνιακά κανάλια επικοινωνίας μέσω των Γραμμών Υ.Τ. της Μεταφοράς. Κάθε φερεσυχνιακό κανάλι, περιλαμβάνει την προς μετάδοση πληροφορία και καταλαμβάνει μια θέση στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων από 40KHz ως 500KHz. Καλύπτεται από μια ζώνη ομιλίας ή από μια ζώνη με σήματα data ή συνδυασμό και των δύο. Πέρα όμως απ' αυτά, έχει τη δυνατότητα αντί των σημάτων φωνής/ data να μεταδίδει σήματα τηλεπροστασίας, που αφορούν την προστασία του δικτύου. Στην περίπτωση αυτή διακόπτεται αυτόματα η μετάδοση φωνής/ data, γιατί η

τηλεπροστασία του δικτύου αποτελεί πρωτεύουσα λειτουργία (ο χρόνος διακοπής είναι πολύ μικρός).

Το Φ/Σ εξωτερικά, από άποψη σημάτων, έχει δύο πλευρές. Την πλευρά υψηλής συχνότητας που μέσω του ζευκτικού συστήματος συνδέεται στη Γραμμή Υ.Τ., και την πλευρά χαμηλής συχνότητας, που συνδέονται συσκευές τηλεπροστασίας, τηλεφωνίας και μεταφοράς δεδομένων (Modem).

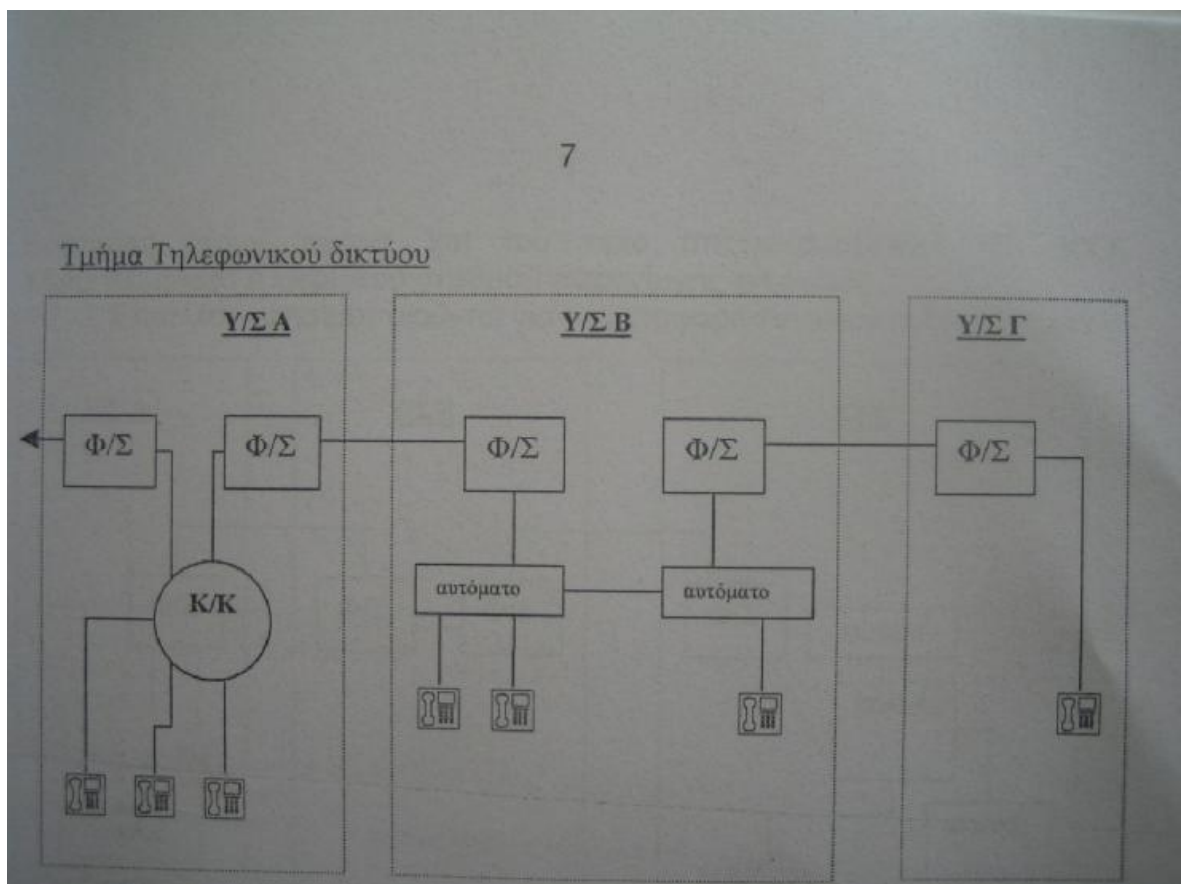
III. Συσκευή Τηλεπροστασίας.

Οι ΓΡ. Υ.Τ. έχουν διακόπτες, που βρίσκονται στους Υ/Σ εκατέρωθεν της ΓΡ. και οι οποίοι ελέγχονται από Η/Ν απόστασης προστασίας των Διακοπών Υ.Τ. σε περίπτωση βραχυκυκλώματος της ΓΡ. Σε περίπτωση σφάλματος στη ΓΡ. ο πλησιέστερος στο σφάλμα Η/Ν «βλέπει» την διαταραχή και σε βραχύ χρονικό διάστημα ανοίγει τον Διακόπτη που ελέγχει. Επειδή ο χρόνος που θα απαιτηθεί μέχρι και ο Η/Ν απόστασης του απέναντι Διακόπτη να αντιληφθεί το σφάλμα και να ανοίξει είναι μεγάλος, χρησιμοποιείται για συντόμευση του χρόνου η συσκευή τηλεπροστασίας. Ο πλησιέστερος στο σφάλμα Η/Ν απόστασης παράλληλα με το άνοιγμα του Διακόπτη που ελέγχει, δίνει εντολή στη συσκευή τηλεπροστασίας, που με μετάθεση ακουστικής συχνότητας μέσω των Φ/Σ φθάνει σε μικρό χρονικό διάστημα στον απέναντι Η/Ν αποστάσεως εξασφαλίζοντας αφ ενός το συντομότερο άνοιγμα του απέναντι διακόπτη και αφετέρου σε περίπτωση παροδικού σφάλματος τη δυνατότητα της επαναφοράς του. Χρησιμοποιείται δηλαδή η συσκευή τηλεπροστασίας και το Φ/Σ ως μέσον μεταφοράς σημάτων των Η/Ν αποστάσεων. (Σχετικά και στη σελ.114). Όταν χρησιμοποιείται για προστασία ΓΡ. Υ.Τ., σε ηρεμία εκπέμπει ένα σήμα που ελέγχεται από την απέναντι συσκευή τηλεπροστασίας και δηλώνει την ετοιμότητα του συστήματος. Σε περίπτωση σφάλματος στη γραμμή μεταφοράς ο Η/Ν προστασίας με δικά του κριτήρια, οδηγεί την συσκευή τηλεπροστασίας σε διαδικασία ανύψωσης στάθμης του σήματος ηρεμίας κατά 6 db (η ισχύς του τετραπλασιάζεται) και στο Φ/Σ κάθε άλλο σήμα (φωνής/ data) διακόπτεται για να ακολουθήσει αμέσως μετά η εντολή Trip με την ίδια ισχύ, και με τη βεβαιότητα ότι ακόμα και στις χειρότερες συνθήκες σήματος (μεγάλη απόσβεση γραμμής, θόρυβος κ.λ.π.) η εντολή θα περάσει. Ο χρόνος μεταφοράς της εντολής Trip είναι 15 ms.

IV. Συσκευή Τηλεφωνίας.

Είναι τηλεφωνικές συσκευές που μέσω ειδικής μονάδας συνδέονται στο Φ/Σ ή αυτόματα με δυνατότητα δύο συνδρομητών, ή κομβικά τηλεφωνικά κέντρα με δυνατότητα δύο συνδρομητών, ή κομβικά τηλεφωνικά κέντρα με δυνατότητα σημαντικού αριθμού συνδρομητών ή τράπεζες επιλογής που χρησιμοποιούν στο Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας.

Με κατάλληλες συνδέσεις των συσκευών τηλεφωνίας στο φερεσυχνικό δίκτυο η ΔΕΗ έχει τη δυνατότητα ανεξάρτητου τηλεφωνικού δικτύου επικοινωνίας που καλύπτει την ανάγκη της επικοινωνίας του Κ.Ε.Ε. με τους Χειριστές Επιτηρητές των Υ/Σ για χειρισμούς ή άλλες ενέργειες.



Σχήμα 61. Τηλεφωνικό δίκτυο μεταξύ Υ/Σ του Συστήματος Μεταφοράς.

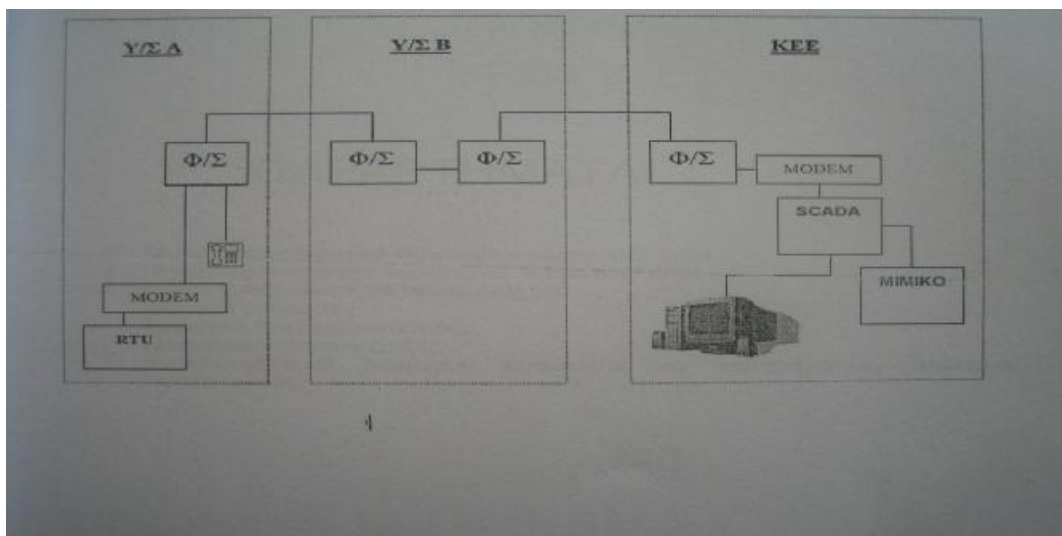
V. Modem.

Ετυμολογικά η λέξη MODEM προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων MODulator DEModulator. Τα MODEM είναι συσκευές που στην πλευρά εκπομπής των, δέχονται σήματα ψηφιακής μορφής, (από υπολογιστές, RTU κ.λ.π.) τα αναγάγουν με κατάλληλο τρόπο σε αναλογικά σήματα ακουστικής συχνότητας συγκεκριμένου εύρους, συχνότητας και ισχύος και η έξοδος τους οδηγείται

στην είσοδο σημάτων Data των Φ/Σ. Αντίστροφα στη πλευρά δέκτη, παραλαμβάνουν από την έξοδο Data των Φ/Σ αντίστοιχα αναλογικά σήματα ακουστικής συχνότητας τα οποία μετατρέπουν σε σήματα ψηφιακής μορφής.

VI. RTU (Remote Terminal Unit).

Είναι συσκευές, αμφίδρομης μη ταυτόχρονης, σειριακής σύγχρονης επικοινωνίας. Κωδικοποιούν ψηφιακά ή αναλογικά σήματα και αντίστροφα. Οι RTU που είναι τοποθετημένες στους Υ/Σ, ή εργοστάσια παραγωγής έχουν ψηφιακές εισόδους, όπου συνδέονται αισθητήρια κατάσταση ον/off (π.χ. μια οριακή επαφή που δηλώνει αν είναι ανοικτός ή κλειστός ένας διακόπτης) και αναλογικές εισόδους, όπου συνδέονται ενδείξεις αναλογικών οργάνων (π.χ. η τάση σε μια φάση μιας Γραμμής Μεταφοράς). Κάθε μία ξεχωριστά, κωδικοποιείται αντιστοιχίζοντας την κατάσταση ον/off ή την ένδειξη του οργάνου, σε ανάλογης μορφής παλμοσειρά (ψηφιακό σήμα). Το κωδικοποιημένο ψηφιακό σήμα, με τις πληροφορίες που περιέχει οδηγείται σε Modem όπου μέσω του φερρεσουχιακού διαύλου καταλήγει σε αντίστοιχες RTU στο Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (Κ.Ε.Ε.), στους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές τα monitors κ.λ.π. για την επιτήρηση του δικτύου. Έτσι έχουμε ένα σύστημα διαύλων (καναλιών) data όπου με κατάλληλες συνδέσεις RTU, MODEM και φερρεσύχων τα Κ.Ε.Ε. έχουν εικόνα και του ποιο απομακρυσμένου Υ/Σ ή σταθμού παραγωγής. Επιπλέον χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εντολών χειρισμών (τηλεχειρισμοί) σε μηχανήματα των Υ/Σ ή και αλλού.



Σχήμα 62. Δίκτυο μεταφοράς πληροφοριών και χειρισμών (τηλεχειρισμοί).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

“ Μονωτικά μέσα (Στερεά, Υγρά, Αέρια,Κενό) ”

4. Μονωτικά μέσα (Στερεά, Υγρά, Αέρια, Κενό).

I. Γενικά περί Μονωτικών μέσων.

Σκοπός των μονώσεων σε μια ηλεκτροτεχνική κατασκευή είναι ο διαχωρισμός των ρευματοφόρων μερών μεταξύ των, καθώς και των ρευματοφόρων μερών προς Γη, κατά τρόπο ώστε το σχηματιζόμενο ηλεκτρικό πεδίο να είναι ηλεκτροστατικό.

Βασικό χαρακτηριστικό των μονωτικών υλικών είναι η Διηλεκτρική αντοχή τους (πίνακας 10). Η ανάγκη, για την εκπλήρωση του ηλεκτροστατικό πεδίου, έκανε τις εταιρείες να στραφούν σήμερα σε τρεις κατηγορίες μονωτικών μέσων, στα Στερεά, τα Υγρά τα Αέρια και το Κενό.

Βασικές έννοιες που συναντάμε στα μονωτικά υλικά είναι:

Η Διάσπαση, η αγώγιμη σύνδεση δύο μεταξύ τους μονωμένων ηλεκτροδίων μέσω ηλεκτρικής εκκένωσης. Όταν η Διάσπαση συμβαίνει με εκκένωση στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο μονωτικών (π.χ. αέρας – πορσελάνη) τότε ονομάζεται **επιφανειακή διάσπαση ή υπερπήδηση** (σχήμα 63). Η Διάσπαση, μέσου του όγκου του μονωτικού υλικού καλείται **διάτρηση**. Η Διάσπαση, σε περιορισμένο μήκος του μονωτικού υλικού ονομάζεται **μερική εκκένωση**. Οι μερικές εκκενώσεις οφείλονται σε θέσεις ανομοιογένειας στον όγκο ή την επιφάνεια του υλικού (κυρίως φυσαλίδες αερίων στον όγκο του υλικού και διάφορες ξένες επικαθήσεις στην επιφάνειά του, σκόνη, υγρασία κ.λ.π.)

Μονωτικό υλικό	d=πάχος δοκιμίου σε mm	Διηλεκτρική Αντοχή σε kv/cm
Αέρας		21
Λάδι Μ/Σ		60-200
Πορσελάνη	0,5-3	340-380
Στεατίτης	0,5-3	200-300
Γυαλί	<1	160-450
Χαρτόνι	0,5-1,5	300-450
Χαρτί στο λάδι	<2	200-400
Σκληρό ελαστικό	<3	300-500
Ξύλο	<3	30-50
Glimmer	0,01-0,1	500-1000

Πίνακας 10. Διηλεκτρική Αντοχή σε kv/cm για καταπόνηση μικρής χρονικής διάρκειας ορισμένων μονωτικών υλικών σε ομογενές πεδίο 50Hz.

Οι μερικές εκκενώσεις στον όγκο ενός στερεού μονωτικού ονομάζονται **εσωτερικές μερικές εκκενώσεις** και εκείνες στην επιφάνεια του **εξωτερικές μερικές εκκενώσεις**. Οι μερικές εκκενώσεις στον αέρα γύρω από γυμνούς αγωγούς ονομάζονται **κορόνα**.

II. Στερεά υλικά μόνωσης.

Έχουν εφαρμογή στις βιομηχανικές κατασκευές σαν μονωτικό μέσο, με κύρια πλεονεκτήματα την μεγάλη διηλεκτρική τους αντοχή και το ότι δεν απαιτείται εξωτερικό περίβλημα (δοχείον) όπως θα δούμε για την περίπτωση των αερίων και των υγρών. Τα μειονεκτήματά τους είναι ότι η ηλεκτρική διάσπαση είναι μη αναστρέψιμη σε αντίθεση με τα αέρια, τα υγρά και το κενό, έχουν υψηλή διηλεκτρική σταθερά ($\epsilon > 2,2-2,5$) και χαρακτηρίζονται από υψηλές διηλεκτρικές απώλειες, και τέλος η ψύξης τους δεν είναι τόσο καλή όσο στην περίπτωση των αερίων και των υγρών.

Τα στερεά μονωτικά διακρίνονται εις οργανικά (χαρτί, ξύλο) και ανόργανα (κεραμικά, ύαλος) και πολυμερή (πολυαιθυλένιον, πολυπροπυλένιον, πλέξιγκλας).

Τα οργανικά στερεά μονωτικά παρουσιάζουν μίαν επιδείνωση των ηλεκτρικών και μηχανικών ιδιοτήτων των όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, τα πλεονεκτήματά τους είναι ο εξαιρετικός εμποτισμός των από υγρά μονωτικά (ο συνδυασμός χάρτου και μονωτικού λαδιού αποδείχθηκε ο επιτυχέστερος για πολλές δεκαετίες σαν μονωτικό για τα καλώδια Υψηλής Τάσης αλλά και για άλλες εφαρμογές στη Μεταφορά Η.Ε.

Τα ανόργανα στερεά μονωτικά παρουσιάζουν σημαντική μεταβολή των ηλεκτρικών και μηχανικών ιδιοτήτων των στους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Γενικώς δεν εμποτίζονται από υγρά μονωτικά. Η πορσελάνη και το γυαλί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα ανόργανων στερεών που βρήκαν μεγάλη εφαρμογή στους μονωτήρες εξωτερικού χώρου. Τα προαναφερθέντα υλικά είναι πολύ ανθεκτικά στις ηλεκτρικές εκκενώσεις και έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες, η διηλεκτρική τους αντοχή είναι πολύ μεγαλύτερη του αέρα και επομένως η ηλεκτρική καταπόνησή τους είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με την καταπόνηση του αέρα.

Τα πολυμερή μονωτικά, είναι σύγχρονα υλικά (αναπτυχθέντα κυρίως μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο) και βρήκαν εφαρμογή σε καλώδια, πυκνωτές, μονωτήρες εξωτερικού και εσωτερικού χώρου κ.λ.π Τα πολυμερή μονωτικά, είναι οργανικές ουσίες συνιστώμενες εκ μακρομορίων. Αυτά προκύπτουν από συνθέσεις με άλλα μικρού βάρους μόρια. Η σύνθεση αυτή λέγεται πολυμερισμός. Τα πολυμερή δι-

ακρίνονται σε θερμοπλαστικά τα οποία μαλακώνουν όταν θερμαίνονται και είναι εύκαμπτα και κατάλληλα για τη μόνωση καλωδίων καθώς και εις θερμοελαστικά τα οποία σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών αποκτούν σημαντική μηχανική αντοχή και σκληρότητα (π.χ. εποξειδική ρητίνη).

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι πολλοί είναι οι παράγοντες που προσδιορίζουν την επιλογή ενός στερεού μονωτικού υλικού για εφαρμογές στη βιομηχανία, ιδιαίτερα στη Μεταφορά Η.Ε. που χρησιμοποιούνται Υψηλές Τάσεις και θα πρέπει να έχουν κατάλληλα μονωτικά και μηχανικά χαρακτηριστικά.

Για την επιλογή ενός μονωτικού υλικού πρέπει να εξετάζεται η χαμηλή διηλεκτρική σταθερά, χαμηλό συντελεστή ισχύος για την μείωση των θερμικών απωλειών, υψηλή αντίσταση (διαφορετικά πολύ χαμηλή αγωγιμότητα) και τέλος την απαιτούμενη διηλεκτρική αντοχή, χωρίς βέβαια να παραβλέπεται στην επιλογή του μονωτικού και το κόστος του υλικού.



Σχήμα 63. Εκδήλωση επιφανειακού δένδριτη με αλλαγή της μοριακής δομής σε επιφάνεια στερεού μονωτικού υλικού μετά από ηλεκτρική καταπόνηση (εξωτερικές μερικές εκκενώσεις δηλαδή επιφανειακή διάσπαση του μονωτικού υλικού στην διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο μονωτικών υλικών, υγρά μόνωση και στερεά μόνωση σε Μ/Σ Ισχύος).

III. Υγρά υλικά μόνωσης.

Τα υγρά μονωτικά χρησιμοποιούνται ως μονωτικά μέσα σε διάφορα συστήματα Υψηλών Τάσεων. Τα πλεονεκτήματά των έγκεινται στο ότι δύνανται να πληρώσουν ένα χώρο εύκολα και για αυτόν το λόγο να διευκολύνουν την διάχυση της θερμότητας που αναπτύσσεται σε ένα σύστημα. Η διηλεκτρική των σταθερά είναι σχετικώς χαμηλή ($\epsilon=2-2,5$), και οι διηλεκτρικές των απώλειες χαμηλές, η δε διηλεκτρική αντοχή των σχετικώς είναι υψηλή. Έχουν επίσης το πλεονέκτημα, τα υγρά μονωτικά να επανακτούν τη διηλεκτρική αντοχή των μετά από μία διάσπαση (σε αυτό θυμίζουν τα αέρια μονωτικά καθώς και το κενόν).

Ως μειονεκτήματα των υγρών μονωτικών, μπορούμε να αναφέρουμε τη δυσκολία που έχουν να διατηρηθούν σε καλή κατάσταση, να έχουν δηλαδή συνέχεια υψηλή διηλεκτρική αντοχή, ιδιαίτερα όταν ο όγκος τους είναι μεγάλος, γιατί είναι δύσκολο να μην εισέλθουν στο υγρό μονωτικό ξένα σωματίδια, να μη δημιουργηθούν φυσαλίδες κ.λ.π. Η συμπεριφορά των υγρών μονωτικών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και από ρύπους, συνθήκες γήρανσης του όλου συστήματος και τέλος επηρεάζεται και από τα φορτία του χώρου. Κατά συνέπεια δεν υπάρχει μια ενιαία θεωρία περί διάσπασης των υγρών μονωτικών.

Κύριο μονωτικό υγρό που χρησιμοποιείται ευρέως στη Μεταφορά είναι το μονωτικό λάδι, όπου αρκετά αναφέραμε στο κεφάλαιο περί Μ/Σ Ισχύος. Συμπληρωματικά να προσθέσουμε ότι το λάδι χρησιμοποιείται σαν μονωτικό υγρό εκτός των Μ/Σ και σε Ε/Δ, σε Μ/ΣΟ, σε Πυκνωτές, σε Μονωτήρες Διέλευσης, σε Καλώδια Ισχύος κ.λ.π. Είναι κατάλληλο ψυκτικό μέσο και απορροφά τη θερμότητα από το χώρο που χρησιμοποιείται. Είναι κατάλληλο μονωτικό μέσο και εμποδίζει την ηλεκτρική υπερπήδηση. Η αποσύνθεση του λαδιού, δημιουργεί ατμούς και αέρια που βοηθούν ιδιαίτερα στους Ε/Δ στη σβέση του ηλεκτρικού τόξου.

Κύρια χαρακτηριστικά του μονωτικού λαδιού (Shell Diala D) που χρησιμοποιείται σαν μονωτικό σε μηχανήματα στη Μεταφορά Η.Ε. είναι τα παρακάτω:

Πυκνότητα (20 °C)	: 0,868
Σημείο ανάφλεξης	: 148 °C
Εσωτερική τριβή (ιξώδες) 20 °C	: 18,4 cSt
Εσωτερική τριβή (ιξώδες) -30 °C	: 815 cSt
Βαθμός εξουδετέρωσης	: 0 mgr KOH/gr λαδιού
Βαθμός σαπωνοποίησης	: 0 mgr KOH/gr λαδιού
Διηλεκτρική αντοχή	: 60 KV, 2,5 mm

IV. Αέρια μονωτικά.

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούσαν και χρησιμοποιούν ακόμη, (σε περιορισμένο βαθμό πλέον) σαν μονωτικό μέσο τον ατμοσφαιρικό αέρα είναι ογκώδεις και καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση. Αυτό συνεπάγεται μεγάλο κόστος για την απόκτηση του απαραίτητου χώρου καθώς επίσης και μεγάλη δαπάνη για την εγκατάσταση των μηχανικών κατασκευών. Πέρα από τους οικονομικούς λόγους, και η συνεχώς αναπτυσσόμενη ευαισθησία του κοινού για την αισθητική βλάβη του περιβάλλοντος χώρου, καθιστά την επέκταση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων περιοριστική. Δεδομένου και τη χαμηλή διηλεκτρική αντοχή, του μέχρι σήμερα ατμοσφαιρικού αέρα (21kV/cm), σαν μονωτικό μέσο, οι κατασκευαστικές εταιρίες προσφέρουν σαν απάντηση την χρησιμοποίηση των μονωτικών αερίων για τις κατασκευές, με πλεονέκτημα την μεγαλύτερη διηλεκτρική αντοχή που έχουν τα εν λόγω αέρια από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Τα αέρια αυτά που συνήθως χρησιμοποιούνται υπό πίεση, για μόνωση σε Υψηλές Τάσεις, παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

Έχουν την δυνατότητα ταχείας επανάκτησης των μονωτικών των ιδιοτήτων μετά από μια διάσπαση.

Έχουν χαμηλή διηλεκτρική σταθερά ($\epsilon=1$) και χαμηλό δείκτη απωλειών ($\epsilon\phi\delta\approx 0$).

Είναι μη εύλεκτα.

Έχουν υψηλή τάση διάσπασης.

Τα ηλεκτρόδια, τα οποία συχνά είναι αγωγοί ρεύματος ή επαφές διακοπτικών στοιχείων (Διακόπτη) ψύχονται με την απαγωγή της θερμότητας λόγω της ύπαρξης αερίου υψηλής πυκνότητας.

Βέβαια συναντάμε και μειονεκτήματα τα οποία έχουν να κάνουν με τα παρακάτω:

Το μεγάλο κόστος, για την αεροστεγή κατασκευή που απαιτούν να βρίσκονται τα αέρια.

Απαιτούν επί πλέον μονωτήρες για τη συγκράτηση των ηλεκτροφόρων κατασκευών (Υ/Σ κλειστού τύπου (GIS)).

Οι αέριες μονώσεις υπό πίεση είναι εξαιρετικά ευπαθείς στη σκόνη και τους ρύπους που δύναται να μειώσουν κατά πολύ την τάση διάσπασης των αερίων.

Διάφορα σωματίδια σκόνης ή άλλων ρύπων (συνήθως υψηλής διηλεκτρικής σταθεράς) δρουν σαν μικροπροεξοχές, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό πεδίο να λαμβάνει υψηλές τιμές στις άκρες του. Τα σωματίδια αυτά τείνουν να συγκεντρώνονται σε περιοχές που το ηλεκτρικό πεδίο είναι πολύ υψηλό, κατά συνέπεια με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η εκπομπή ηλεκτρονίων από αυτών. Εν κατακλείδι ένα μονωτικό αέριο δεν πρέπει να περιέχει σωματίδια σκόνης ή άλλων ρύπων και πρέπει να είναι εξαιρετικά ξηρό (κατά το δυνατόν χωρίς υγρασία γιατί ο συνδυασμός υγρασίας και σωματιδίων υποβαθμίζει κατά πολύ την διηλεκτρική αντοχή του αερίου. Επιπλέον τα ηλεκτρόδια και οι μονωτήρες στήριξης πρέπει να είναι επίσης απαλλαγμένα από την υγρασία. Μικροπροεξοχές στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων δεν πρέπει να υπάρχουν, με άλλα λόγια θα πρέπει οι επιφάνειές τους να είναι λείες. Εις εν ηλεκτραρνητικό αέριο τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από την διέργασία του ιονισμού, τα δε βαριά αρνητικά ιόντα, που σχηματίζονται κινούνται πολύ αργά και κατά συνέπεια δεν μπορούν να συμβάλλουν στο σχηματισμό στιβάδας. Με άλλα λόγια η μεγάλη μάζα των βαριών αρνητικών ιόντων δεν επιταχύνεται σε ιονίζουσες ενέργειες με αποτέλεσμα να παρατηρείται αύξηση της διηλεκτρικής αντοχής του αερίου. Τα ηλεκτροαρνητικά αέρια υπερτερούν του αέρα ή άλλων αερίων σε διηλεκτρική αντοχή. Το γνωστότερο ηλεκτροαρνητικό αέριο που έχει συχνή εφαρμογή σαν μονωτικό αέριο είναι το **εξαφθοριούχο θείο (SF₆)**. Αυτό έχει διηλεκτρική αντοχή 2,3 φορές μεγαλύτερη από τον αέρα στις ίδιες συνθήκες πίεσης, ενώ σε πίεση 2 bar η διηλεκτρική αντοχή του συγκρίνεται με αυτή του λαδιού των Μ/Σ. Προσθήκη μικρής ποσότητας ηλεκτραρνητικού αερίου στον αέρα ή άλλο αέριο βελτιώνεται κατά πολύ η διηλεκτρική αντοχή του τελευταίου (προσθήκη του SF₆ σε άζωτο (N₂) αυξάνει τη διηλεκτρική αντοχή του N₂). Το καθαρό SF₆ είναι αέριο άχρωμο, άκαυστο και άοσμου με μοριακό βάρος 146 και ειδικό βάρος υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, 6,16 g/lit δηλαδή πέντε φορές περίπου μεγαλύτερο από τον αέρα. Υπό ατμοσφαιρική πίεση στερεοποιείται στους -64 °C. Υπό πίεση 2,2 απόλυτες ατμόσφαιρες υγροποιείται σε -51 °C. Το SF₆ έχει την ικανότητα να σβήνει εύκολα το τόξο των διακοπών λόγω της ηλεκτροαρνητικότητας των μορίων του αφ' ενός και της μικρής σταθεράς χρόνου με την οποία ψύχεται το τόξο μέσα στο SF₆, αυτό βοηθάει και στην ταχεία ανάκτηση των μονωτικών ιδιοτήτων του διακένου ανάμεσα στις επαφές του διακόπτη κατά τη διακοπή του τόξου. Οι εκκενώσεις που δημιουργούνται στο SF₆ προκαλούν παραπροϊόντα που είναι τοξικά όπως SF₄, S₂F₂, F₂ τα οποία σε έπαφή με το νερό δημιουργούνται τοξικά,

διφθορίδια όπως SO_2F_2 , SO_2F_4 και SO_2F_6 , για τα οποία πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα προστασίας κατά την συντήρηση και επισκευή του εξοπλισμού που ανιχνεύονται κατάλοιπα SF_6 . (βλ. σελ.84 σχετικά).

Το φαινόμενο **κορόνα**.

Το φαινόμενο κορόνα παρατηρείται σε μεταλλικές προεξοχές διατάξεων αερίων μονώσεων. Το φαινόμενο παρατηρείται σε περιοχές που το πεδίο είναι υψηλής έντασης σε μια μεταλλική προεξοχή. Στον αέρα η κορόνα συνοδεύεται από παραγωγή όζοντος, ένα χαρακτηριστικό ήχο (τζίτζίρισμα) και σταθερές εκκενώσεις αίγλης. Το φαινόμενο κορόνα εκδηλώνεται σε περιοχές ανομοιογενούς πεδίου. Η κορόνα προκαλεί απώλειες ισχύος σε ένα εναέριο Σύστημα Μεταφοράς γιατί κάποια ποσότητα ρεύματος της Γραμμής Η.Ε. μεταφέρεται από τον ιονισμένο αέρα ο οποίος περιβάλλει τη Γραμμή (αγωγό). Οι απώλειες βέβαια δεν είναι τόσο σημαντικές όταν οι καιρικές συνθήκες είναι καλές. Το φαινόμενο κορόνα αποτελεί κίνδυνο διάβρωσης της στερεάς μόνωσης από τον συνεχή βομβαρδισμό των ηλεκτρονίων του στερεού μονωτικού γιατί μπορεί να προκαλέσει ρήξη των χημικών δεσμών του μονωτικού. Το αντίδοτο στο φαινόμενο κορόνα είναι η καλή επεξεργασία των επιφανειών ώστε να είναι λείες και έτσι να επιτυγχάνεται ομοιογενές πεδίο.

V. Το Κενό ως μονωτικό.

Λίγα λόγια για το καινούργιο εφαρμόσιμο μονωτικό περιβάλλον του Κενού.

Τελευταία όλο και περισσότερο χώρο καταλαμβάνει η τεχνολογία της εφαρμογής του Κενού σε Διακόπτες Ισχύος σαν μονωτικό μέσο προκειμένου να σβήνει το τόξο που δημιουργείται στο άνοιγμα των Διακοπών και να ψύχει τις επαφές.

Τα πλεονεκτήματα του Κενού σαν μονωτικού μέσου είναι τα παρακάτω:

Χαμηλή διηλεκτρική σταθερά ($\epsilon=1$).

Μηδενικές διηλεκτρικές απώλειες.

Ικανότητα να ανακτά την πρότερη διηλεκτρική του αντοχή μετά την διάσπαση.

Δεν είναι εύλεκτο.

Έχει υψηλή διηλεκτρική αντοχή.

Τα μειονεκτήματα που συναντάμε στο Κενό είναι:

Η ακριβή κατασκευή του για να επιτευχθεί το ερμητικό κλείσιμο του Κενού που πρέπει να επιτευχθεί, καθώς και οι απαιτούμενοι μονωτήρες από στερεό μονωτικό υλικό για την στήριξη των επαφών.

Η εισαγωγή ενός μονωτικού σε ένα άλλο μονωτικό σύστημα καθιστά το σύστημα ευπαθέστερο λόγω των περισσότερων διαχωριστικών επιφανειών, π.χ σωματίδια

σκόνης ή προϊόντων επιτόπιων εκκενώσεων στις επιφάνειες του μονωτήρα επιδρούν δυσμενώς επί της διηλεκτρικής αντοχής του κενού.

Γενικά το κεφάλαιο των Μονωτικών υλικών είναι πάρα πολύ μεγάλο και σημαντικό για την Μεταφορά της Η.Ε. το οποίο όμως δεν μπορεί να εξαντληθεί σε αυτή την εργασία. Έχουν γίνει και γίνονται μεγάλες έρευνες σε αυτόν τον τομέα τόσο από τις κατασκευάστριες εταιρείες όσο και από πολυτεχνικές σχολές που σχετίζονται με το θέμα. Παρατηρούμε δε πως το κεφάλαιο Υψηλές Τάσεις και ιδιαίτερα τα μονωτικά υλικά δεν είναι μόνο Ηλεκτροτεχνία, αλλά και Μηχανολογία και Φυσική και Χημεία και επιστήμη των Υλικών και λοιπών επιστημών και ειδικοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

“ Μέτρα Ασφαλείας στους Υ/Σ Υ.Τ.) ”

5. Μέτρα Ασφαλείας στους Υ/Σ Υ.Τ.

I. Γενικά περί μέτρων ασφαλείας.

Η προαγωγή της Υγείας και της ασφάλειας στο χώρο εργασίας είναι μια συντονισμένη προσπάθεια του εργοδότη, των εργαζομένων και της κοινωνίας με στόχο, την πρόληψη των επιδράσεων των συνθηκών εργασίας, στην υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων, την προστασία των εργαζομένων από τους επαγγελματικούς κινδύνους και την προσαρμογή της εργασίας στον άνθρωπο.

Για να επιτευχθούν τα πιο πάνω απαιτείται η εφαρμογή των διαδικασιών, πρώτα τον εντοπισμό των κινδύνων που συναντάμε στο χώρο εργασίας την κατανόηση και τέλος την εφαρμογή των διαδικασιών πρόληψης των επαγγελματικών κινδύνων. Η βελτίωση των συνθηκών υγείας και ασφάλειας της εργασίας δεν είναι περιττή ούτε δαπανηρή πολυτέλεια. Αντίθετα είναι κοινωνικά επιβεβλημένη και αποδοτική επένδυση. Οι καλές συνθήκες εργασίας είναι ο βασικός συντελεστής στην αύξηση της παραγωγικότητας. Το κόστος των εργατικών ατυχημάτων για το κράτος, την επιχείρηση, και τον εργαζόμενο, οδηγεί τον καθένα, να λάβει από την πλευρά του τα απαραίτητα εκείνα μέτρα που εξασφαλίζουν την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη ασφάλεια στη εργασία.

II. Βασικοί κανόνες πρόληψης των ατυχημάτων.

Γνώση του αντικείμενου εργασίας. Έτσι, θα γνωρίζει ο εργαζόμενος πέρα από το πώς μπορεί να βγει η δουλειά και το πώς, μπορεί να γίνει με ασφάλεια, δηλαδή το τι κίνδυνοι μπορεί να υπάρχουν

Ο επικεφαλής μιας ομάδας εργασίας πρέπει να φροντίζει:

- Για την ορθή λήψη των μέτρων ασφαλείας στην εκάστοτε θέση εργασίας και να εντοπίζει τα λάθη και τις παραλείψεις.
- Για τη διάθεση και χορήγηση των απαραίτητων μέσων ατομικής προστασίας.
- Για τη σωστή επίβλεψη και καθοδήγηση των εργαζομένων σχετικά με τους κινδύνους που διατρέχουν στο εργασιακό τους περιβάλλον.
- Να πεισθεί ο ίδιος, ότι το κάθε ατύχημα έχει συγκεκριμένα αίτια και μπορεί να προληφθεί.
- Να συμπεριφέρεται υποδειγματικά (να χρησιμοποιεί ο ίδιος τα Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ),(να καθοδηγεί, να επιβλέπει).
- Να επικρίνει άμεσα την ανασφαλή συμπεριφορά των εργαζομένων.

-Να αναγνωρίζει και να επιβραβεύει την ασφαλή συμπεριφορά των εργαζομένων του, γιατί έτσι ενδυναμώνεται το ενδιαφέρον των εργαζομένων για ενεργό συμμετοχή στη προσπάθεια βελτίωσης των συνθηκών εργασίας.

-Να αφιερώνει ικανοποιητικό χρόνο για την ορθή λήψη των μέτρων προστασίας πριν από κάθε επέμβαση σε εξοπλισμό εργασίας.

Η σωστή χρήση των υλικών και μέσων εργασίας καθώς και η καλή κατάστασή τους.

Οι ασφαλείς συνθήκες εργασίας (ασφαλείς προσβάσεις, καθαριότητα, τάξη, ομαδική συνεργασία).

Η αποφυγή επικίνδυνων πράξεων (βιασύνη, αμέλεια, απροσεξία, αφηρημάδα, επιπολαιότητα, άκαιροι αστεϊσμοί).

Αποφυγή εκτέλεσης εργασίας χωρίς να υπάρχει εντολή εργασίας.

Σχολαστική τήρηση των κανόνων της ατομικής υγιεινής.

Άμεση και υπεύθυνη διόρθωση κάθε ανασφαλούς συνθήκης εργασίας ή αναφορά αυτής για αποκατάσταση από τους αρμόδιους.

Γνώση για παροχή πρώτων βοηθειών.

Γνώση για καταπολέμηση πυρκαγιάς και άλλων έκτακτων καταστάσεων.

Ευσυνειδησία και καλή ψυχική διάθεση των εργαζομένων.

Πρέπει τέλος όλοι να πεισθούν ότι ο αποτελεσματικότερος τρόπος για να μην πάθουν οι ίδιοι ή να προκαλέσουν σε άλλον ατύχημα, είναι η συνεχής τήρηση των βασικών κανόνων εργασίας.

III. Περιγραφή πιθανών κινδύνων στους χώρους των Υ/Σ.

Στους χώρους των Υ/Σ εκτελούνται πλήθος εργασιών από τις οποίες άλλες είναι ανεξάρτητες και άλλες σχετίζονται μεταξύ τους. Πολλά συνεργεία είναι αναγκασμένα να συνεργάζονται μεταξύ τους εξ αιτίας των ποικίλων δραστηριοτήτων που διεξάγονται στον χώρο του Υ/Σ. Ένας άλλος σπουδαίος, αλλά αρνητικός παράγοντας που επηρεάζει άμεσα τον επαγγελματικό κίνδυνο είναι, ότι όλος ο χώρος του Υ/Σ βρίσκεται υπό Υψηλή Τάση (150kv), γεγονός που καθιστά περισσότερο πολύπλοκο τον κίνδυνο για ένα εργατικό ατύχημα ή μια επαγγελματική ασθένεια.

Εργατικό Ατύχημα θεωρείται κάθε ατύχημα που συμβαίνει στον τόπο εργασίας, κατά τον χρόνο της εργασίας, αλλά ακόμη και κατά τον χρόνο της συνήθους μεταβίβασης από και προς την εργασία.

Επαγγελματική Ασθένεια θεωρείται οποιαδήποτε βλάβη προκαλείται στην υγεία του εργαζόμενου, λόγω της εργασίας την οποία εκτελεί.

Οι κίνδυνοι που υπάρχουν στους εργασιακούς χώρους των Υ/Σ ή σχετίζονται άμεσα με το σύνολο των εργασιών στους Υ/Σ είναι οι παρακάτω:

-Μηχανικοί Κίνδυνοι.

Από έκρηξη ηλεκτρομηχανολογικού (Η/Μ) εξοπλισμού (Μ/ΣΕ, Μ/ΣΤ, Δ.Ι., Πυκνωτών κλ.π). που βρίσκεται εντός του Υ/Σ.

Από υψηλή πίεση στα κυκλώματα των Α/Δ, Ε/Δ, Αεροσυμπιεστών, και Πυροσβεστικών συστημάτων.

Κατά τη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση του Η/Μ εξοπλισμού.

Τραυματισμοί από τις εργασίες που εκτελούνται στο μηχανουργείο.

Από πτώσεις αντικειμένων από ύψος (γερανογέφυρες, ανυψωτικά μηχανήματα, Μ/Σ Ισχύος, ικρυώματα κ.α)

Ολίσθηση και πτώση λόγω ολισθηρότητας από λάδια, ιδιαίτερα από τον Μ/Σ Ισχύος. Πτώση σε κανάλια καλωδίων ή τάφρους για εγκατάσταση μηχανημάτων.

Αρπαγή από κινούμενα μηχανικά μέρη.

Πτώση από σκάλες ή εργασίες αναρρίχησης.

-Ηλεκτρικοί Κίνδυνοι.

Ηλεκτροπληξία από εργασία σε λανθασμένα όρια απομόνωσης ή λανθασμένη επισήμανση του χώρου της άδειας εργασίας (εργασία δηλαδή εκτός ορίων απομόνωσης).

Ηλεκτροπληξία κατά τη συναρμολόγηση ή αποσυναρμολόγηση του Η/Μ εξοπλισμού από παραπλήσιο εξοπλισμό υπό τάση λόγω απροσεξίας ή ακόμη και λόγω λανθασμένου ή απερίσκεπτου χειρισμού.

Ηλεκτροπληξία από επαγωγικά ρεύματα εντός του Υ/Σ.

Έκρηξη από σπινθήρα βραχυκυκλώματος.

Λανθασμένη εκτίμηση ορίων, των ηλεκτροφόρων μερών του Υ/Σ, για την ηλεκτρική απομόνωση του τμήματος εργασίας.

Πιθανή επίδραση της υγείας από τα μεγάλα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που βρίσκονται κάτω από τους Ζυγούς και τις Γραμμές Μεταφοράς.

-Θερμικοί Κίνδυνοι.

Θερμική ακτινοβολία (μετά από έκρηξη Ε/Δ ή δημιουργία ηλεκτρικού τόξου).

Προσβολή από φλόγα κατά την επιμετάλλωση των επαφών χαλκού.

-Φυσικοί Κίνδυνοι.

Θερμοπληξία ή υποθερμία.

Ακραίες καιρικές συνθήκες.

Τσιμπήματα εντόμων και δαγκώματα ερπετών.

-Χημικοί Κίνδυνοι.

Αναπνευστικοί κίνδυνοι λόγω μεγάλης ρύπανσης των μονωτήρων κατά τον καθαρισμό τους, την επιμετάλλωση των επαφών χαλκού και τη διήθηση λαδιών.

Κατά την πλήρωση των Α/ΕΔ με SF₆ ή κατά την απότομη εκροή SF₆, ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους που δεν υπάρχει ικανοποιητικός αερισμός.

Κατά την απολίπανση και τον έλεγχο των Μ/Σ στο εσωτερικό τους (πιθανότητα PCBs), και τη χρήση αντισκωριακών διαλυτικών χρωμάτων, γράσα κ.α.

Δερματικοί κίνδυνοι από την έκθεση σε καθαριστικά υλικά.

Από αναθυμιάσεις συσσωρευτών.

Εγκαύματα από ηλεκτρολύτη συσσωρευτών.

Επηρεασμός από βαρέα μέταλλα (Ni,Cd,Pb) και άλλων χημικών ενώσεων.

Ερεθισμός των ματιών από χημικές ενώσεις.

-Μυοσκελετικοί Κίνδυνοι.

Λόγω των εργασιών που εκτελούνται χειρωνακτικά και λόγω της διακίνησης βαρών υπάρχουν κίνδυνοι μυοσκελετικών παθήσεων.

-Τροχαίοι Κίνδυνοι.

Τροχαίο ατύχημα λόγω καθημερινών ματακινήσεων.

-Άλλοι Κίνδυνοι.

Λόγω πίεσης του χρόνου για την αποπεράτωση της εργασίας.

Λόγω τεταμένων σχέσεων του προσωπικού και όχι καλής συνεργασίας.

IV. Μέτρα προστασίας αντιμετώπισης των κινδύνων ατυχήματος σε Υ/Σ.

Για τις εργασίες που εκτελούνται στους Υ/Σ Υ.Τ. θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να τηρούνται όλα τα μέτρα ασφαλείας και να εφαρμόζονται επίσης οι προβλεπόμενοι κανόνες ασφαλείας.

Επιπλέον θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και το ότι, το ρεύμα στην Υ.Τ «σκοτώνει χωρίς να το ακουμπήσεις» υπονοώντας ότι ένας ηλεκτρισμένος αγωγός Υ.Τ. δημιουργεί σοβαρό ατύχημα, ίσως και θανατηφόρο, αν δεν τηρηθούν οι αποστάσεις ασφαλείας που είναι οι παρακάτω:

500n έως 1.000n απόσταση ασφαλείς 30 cm.

1.000n έως 16.000n απόσταση ασφαλείς 60 cm.

16.000n έως 50.000n απόσταση ασφαλείς 100 cm.

50.000n έως 140.000n απόσταση ασφαλείς 250 cm.

140.000n έως 400.000n απόσταση ασφαλείς 350 cm.

Και απόσταση ασφαλείας καλείται η ελάχιστη απόσταση από ηλεκτρισμένους αγωγούς την όποια μπορεί να έχει χωρίς κίνδυνο ένας εργαζόμενος ή οποιοδήποτε αντικείμενο το οποίο κρατεί ή φέρει μαζί του.

Ιδιαίτερα πρέπει να προσεχθούν τα παρακάτω:

Αυστηρή τήρηση των ορίων εργασίας (απομόνωσή του και επισήμανση) και η σήμανση των χώρων μεταξύ των συνεργαζόμενων ομάδων εργασίας πρέπει να αποτελεί κανόνα απαραβάτο για την ασφάλεια των εργαζομένων και την ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων του Υ/Σ.

Μεγάλη προσοχή στην τοποθέτηση των φορητών γειώσεων στα όρια της εργασίας που θα επιτελεσθεί έτσι ώστε να καλύπτονται οι ομάδες εργασίας, προκειμένου να αποφευχθεί τυχόν τροφοδοσία αυτής με ρεύμα, επιπλέον να εξασφαλισθεί η εξάλειψη των επαγωγικών τάσεων πάνω στους αγωγούς από επίδραση των Ζυγών ή άλλων Γραμμών Μεταφοράς.

Κατά την εκτέλεση των εργασιών μέσα στον χώρο των Υ/Σ, οι εργαζόμενοι πρέπει να φορούν κράνος για την προστασία της κεφαλής τους και γενικά να κάνουν χρήση την ειδική ενδυμασία που χορηγεί η ΔΕΗ (φόρμα, γάντια, άρβυλα και τα λοιπά Μέσα Ατομικής Προστασίας).

Μεγάλη προσοχή στους χειρισμούς των διακοπτικών στοιχείων του Υ/Σ και πιστή τήρηση του Κανονισμού του Κ.Ε.Ε. του ΔΕΣΜΗΕ.

Ο εκτελών τους χειρισμούς να φορά τα μονωτικά γάντια και τα λοιπά ΜΑΠ και να κάνει χρήση, όπου απαιτείται, των προκαθορισμένων αποζευκτικών μονωτικών κονταριών για το χειρισμό των μηχανημάτων.

Στους χώρους επεξεργασίας και διακίνησης ορυκτελαίων να μην υπάρχει διαρροή στο δάπεδο, στη γη ή στο περίβλημα των μηχανημάτων προς αποφυγή ατυχήματος από ολίσθηση, οποιαδήποτε διαρροή συλλέγεται ή απορροφάται με κατάλληλα μέσα.

Να υπάρχει το κουτί του φαρμακείου με τα απαραίτητα φάρμακα με τα οποία μπορούν να προσφερθούν οι πρώτες βοήθειες σε κάποιο ατύχημα.

Χρήση ωτοασπίδων για την αντιμετώπιση των θορύβων.

Να δίνουμε την κατάλληλο στάση στο σώμα μας στις εργασίες που επιτελούμε.

Σχολαστική συντήρηση των επαγγελματικών οχημάτων και ιδιαίτερα των ανυψωτικών μηχανημάτων.

Έλεγχος των συρματόσχοινων και των ιμάντων ανύψωσης βαρών και τήρηση των κανών ασφαλούς ανύψωσης αντικειμένων.

Να διατηρείται ο χώρος εργασίας καθαρός.

Συσκευές που θεωρούνται ύποπτοι PCBs ή άλλων τοξικών ουσιών θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προσεχτική διαχείρισή τους σύμφωνα με τους κανονισμούς και οδηγίες διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων.

Να γίνεται χρήση καλών και κατάλληλων εργαλείων καθώς και μονωτικών εργαλείων για τις εργασίες που το απαιτούν.

Στη χρήση των χημικών ενώσεων να παίρνονται τα κατάλληλα προληπτικά μέσα για την προστασία των εργαζομένων και να εξασφαλίζεται ο απαραίτητος αερισμός.

Οι χρήση των ΜΑΠ και οι γενικοί κανόνες ασφαλείας θα πρέπει να τηρούνται, από οποιονδήποτε εισέρχεται στο χώρο του Υ/Σ, το δε αρμόδιο προσωπικό οφείλει να ενημερώνει τους επισκέπτες κατάλληλα και να τους συνιστά τη λήψη των μέτρων ασφαλείας.



Σχήμα 64. Τεμάχια από σπασμένο μονωτήρα Διακόπτη που έχουν εκσφενδονιστεί μακριά μετά από βραχυκύκλωμα και έκρηξη.

Εν κατακλείδι, για μία ασφαλή εργασία, πρέπει το προσωπικό και οι προϊστάμενοί του, να είναι ενημερωμένοι για τους κανονισμούς τις οδηγίες και τους νόμους που υπάρχουν και αφορούν στην εκτέλεση της άνευ κινδύνου εργασίας, να έχουν εκτιμήσει τους επαγγελματικούς κινδύνους και επιπλέον να έχουν τη βούληση να τα εφαρμόσουν και να τα επιβάλουν στα πλαίσια της συνεργασίας και της ομαδικής και συναδελφικής κατανόησης και αλληλεγγύης .

Το κεφάλαιο είναι μεγάλο και δεν κλείνει μόνο με τα προαναφερόμενα.

Επίλογος.

Προσπαθήσαμε να περιγράψουμε και να αναλύσουμε το δυνατόν, έναν αντιπροσωπευτικό Υ/Σ Υ.Τ. 150/21kV (υποβιβασμού) που αποτελεί το κύριο τμήμα του Ηπειρωτικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς του Ελλαδικού χώρου. Η επίπνοος αυτή εργασία είχε σαν στόχο να καταπιαστεί με τα περισσότερα μηχανήματα του Υ/Σ, καθώς επίσης και με άλλα θέματα που σχετίζονται μαζί του και ακροθιγώς να μπούμε στο νόημα, το σκοπό και την χρήση του Υ/Σ και γενικότερα του Συστήματος Μεταφοράς.

Είναι σωστό να τονίσουμε ότι υπάρχουν ακόμα και άλλα θέματα τα οποία δεν τα θίξαμε ή δεν σχολιάστηκαν όσο έπρεπε, από την παρούσα εργασία και αρκετά μηχανήματα για τα οποία δεν αναφερθήκαμε και δεν περιγράψαμε καθόλου.

Επίσης, η αναφορά στα θέματα και μηχανήματα που συμπεριλάβαμε στην εργασία αυτή, να μην τα πραγματεύεται σε βάθος και να μη διερευνείται τόσο η επιστημονική τους πλευρά που απαιτούν ένα έκαστο των μηχανημάτων. Μία τέτοια λεπτομερή προσπάθεια ανάλυσης θα ξεπερνούσε το προσδοκώμενο και η εργασία θα γινόταν υπερβολικά ογκώδης.

Παρά ταύτα σε ορισμένα κύρια και βασικά μηχανήματα σταθήκαμε περισσότερο, και ανάλογα με το «βάρος» και τη σπουδαιότητα που φέρουν μέσα στον Υ/Σ, προσπαθήσαμε να γίνουμε ποιο λεπτομερής, εξ άλλου κάθε αντικείμενο της Μεταφοράς Η.Ε. και κάθε μηχανήμα του Υ/Σ αποτελεί αυτό και μόνο του ένα ξεχωριστό θέμα εργασίας.

Βιβλιογραφία.

- ΔΕΣΜΗΕ.** Μελέτη ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς./2008,2010.
- ΔΕΗ Α.Ε.** Προδιαγραφές Υ/Σ Υ.Τ.
- Φ. Δημοπούλου και Π Τσαραμιάδη.** Δίκτυα Σταθμοί.
- Χ. Μαινεμενλή.** Τεχνική του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων./Πανεπιστήμιο Πατρών/1984.
- Χ. Μαινεμενλή.** Μόνωση Ηλεκτρικών Δικτύων Υψηλής Τάσης./ Πανεπιστήμιο Πατρών/1984.
- Π. Μπούρκα.** Εφαρμογές Υψηλών Τάσεων./Ε.Μ.Π./1997.
- Α. Κατωπόδη και Γ. Νιάρχου.** Παραγωγή, Μεταφορά, Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- Τ.Ε.Ε.** Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις, Υποσταθμοί./Παιδαγωγικό Ινστιτούτο/2003.
- Μ. Παπαδόπουλος.** Προστασία Συστημάτων Η.Ε./Ε.Μ.Π./1994.
- Μ. Δανίκα.** Στοιχεία Υψηλών Τάσεων./Εκδ.Σμπίλιας ΑΕΒΕ/2007.
- ΔΕΗ Α.Ε.** Επιθεώρηση Συντήρηση Εξοπλισμού Συστήματος Μεταφοράς Η.Ε./2010.
- Κ. Δέρβος.** Εισαγωγή στα μονωτικά Αέρια Υλικά./Ε.Μ.Π./1995.
- Β. Σαμοΐλη.** Μονωτικά Λάδια./1979.
- ΔΕΗ Α.Ε.** Οδηγίες ενημερωτικά φυλλάδια.
- Δ. Γιαννόπουλος.** Συντήρηση Μ/Σ Μεταφοράς/2010.
- ΔΕΗ Α.Ε.** Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία./2009.
- ΔΕΣΜΗΕ.** Κανονισμός Κ.Ε.Ε., Μονογραμμικά Διαγράμματα.