

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

“ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ”



Επιβλέπων Καθηγητής: ΚΑΜΙΝΑΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ
Σπουδαστής: ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΥΡΙΑΖΗΣ AM: 31614
Σπουδαστής: ΜΑΝΩΛΗΣ ΚΑΜΒΥΣΗΣ AM: 32790

ΑΘΗΝΑ
ΜΑΙΟΣ-2014

Copyright © Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή ΚΑΜΙΝΑΡΗ ΣΤΑΥΡΟ για την άρτια συνεργασία που είχαμε μαζί του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----------|
| Ευχαριστίες | iii |
| Περιεχόμενα | iv |
| Λίστα σχημάτων | vi |
| Λίστα πινάκων | vii |
| Summary | 1 |
| 1^ο Κεφάλαιο “ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ” | 2 |
| 1.1 Εισαγωγή | 2 |
| 1.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας | 4 |
| 1.3 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας | 7 |
| 1.4 Δομή Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας | 9 |
| 1.5 Υποσταθμοί | 11 |
| 1.5.1 Υποσταθμοί Διανομής | 11 |
| 1.5.2 Υποσταθμοί Μεταφοράς | 12 |
| 1.6 Σύνδεση Υ/Σ Καταναλωτών ΥΤ με το Σύστημα (Πελάτες Υψηλής Τάσης) | 14 |
| 2^ο Κεφάλαιο “ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ 150KV/20KV” | 15 |
| 2.1 Κανονισμοί για Εγκατάσταση Υποσταθμού | 15 |
| 2.2 Κριτήρια Χωροθέτησης Υποσταθμού Υποβιβασμού Τάσεως 150/20 KV | 19 |
| 2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Υποσταθμού Υποβιβασμού Τάσεως 150/20 KV | 26 |
| 2.4 Μονογραμμικό Υποσταθμού Υποβιβασμού Τάσεως 150/20 KV | 26 |
| 2.5 Έργα Πολιτικού Μηχανικού | 31 |
| 2.6 Κάτοψη και Τομές Ηλεκτρομηχανολογικού Εξοπλισμού | 32 |
| 3^ο Κεφάλαιο “ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ” | 33 |
| 3.1 Εισαγωγή | 36 |
| 3.2 Ορισμός Συντήρησης | 36 |
| 3.3 Μέθοδοι Συντήρησης | 37 |
| 3.4 Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα | 39 |
| 3.4.1 Βελτιώσεις σχετικά με την αξιοπιστία | 40 |
| 3.5 Στόχος της συντήρησης | 41 |
| 3.6 Δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στη Συντήρηση | 42 |
| 3.7 Πολιτικές Συντήρησης | 43 |
| 3.7.1 Η Πολιτική της Παραδοσιακής Προληπτικής Συντήρησης | 43 |
| 3.7.2 Η Πολιτική Συντήρησης που υιοθετεί την εφαρμογή της παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού με τη βοήθεια ειδικών συσκευών | 44 |
| 3.7.3 Η Πολιτική Συντήρησης που υιοθετεί την εφαρμογή της παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού με τη βοήθεια ειδικών συσκευών | 44 |
| 3.7.4 Η Πολιτική της Αντικατάστασης | 45 |
| 3.7.5 Η Πολιτική της Επιμήκυνσης της Διάρκειας Ζωής | 45 |
| 3.7.6 Η Πολιτική της Επιμήκυνσης της Διάρκειας Ζωής | 46 |
| 3.7.7 Ανταλλακτικά και εφεδρείες | 47 |
| 3.8 Προοπτικές της συντήρησης | 48 |
| 3.9 Η Συντήρηση στην Ελλάδα | 49 |
| 4^ο Κεφάλαιο “Συντήρηση Υ/Σ Υψηλής Τάσης / Μέσης Τάσης” | 52 |
| 4.1 Εξοπλισμός Υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ | 52 |
| 4.1.1 Μετασχηματιστής (Μ/Σ) | 52 |
| 4.1.1.1 Παράλληλη Λειτουργία Μετασχηματιστών | 54 |
| 4.1.1.2 Τοπικά Μεγέθη Μετασχηματιστών | 54 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.1.2 | Διακόπτες Ισχύος..... | 55 |
| 4.1.3 | Ζυγοί..... | 56 |
| 4.1.4 | Αποζεύκτες..... | 58 |
| 4.1.5 | Αλεξικέραυνα..... | 59 |
| 4.1.6 | Μονωτήρες..... | 59 |
| 4.1.7 | Κυματοπαγίδες..... | 60 |
| 4.1.8 | Πυκνωτές..... | 61 |
| 4.2 | Συνήρηση ενός Υποσταθμού Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ..... | 62 |
| 4.2.1 | Μονωτήρες..... | 62 |
| 4.2.2 | Αγωγοί..... | 62 |
| 4.2.3 | Γειωτές και Αποζεύκτες..... | 62 |
| 4.2.4 | Γειώσεις..... | 62 |
| 4.2.5 | Περιβλήματα και Περιφράξεις..... | 63 |
| 4.2.6 | Συγκροτήματα Διακοπών..... | 63 |
| 4.2.6.1 | Περιβλήματα..... | 64 |
| 4.2.6.2 | Μονώσεις..... | 64 |
| 4.2.7 | Διακόπτες..... | 67 |
| 4.2.7.1 | Διακόπτες αέρος..... | 67 |
| 4.2.7.2 | Διακόπτες κενού..... | 73 |
| 4.2.7.3 | Διακόπτες λαδιού..... | 74 |
| 4.2.7.4 | Διακόπτες SF6 20 kV..... | 75 |
| 4.2.7.4 | Διακόπτες φορτίου..... | 77 |
| 4.2.8 | Ασφάλειες..... | 78 |
| 4.2.8.1 | Επιθεώρηση και Συντήρηση..... | 79 |
| 4.2.9 | Αλεξικέραυνα..... | 80 |
| 4.2.9.1 | Τύποι Αλεξικέραυνων..... | 80 |
| 4.2.9.2 | Επιθεώρηση και Συντήρηση..... | 80 |
| 4.2.10 | Πυκνωτές..... | 81 |
| 4.2.10.1 | Επιθεώρηση και Συντήρηση..... | 80 |
| 4.2.11 | Συσσωρευτές Μολύβδου και Φορτιστές..... | 82 |
| 4.2.11.1 | Επιθεώρηση και Συντήρηση..... | 82 |
| 4.2.12 | Μετασχηματιστές Μετρήσεων και Βοηθητικοί Μετασχηματιστές..... | 85 |
| 4.2.12.1 | Επιθεώρηση και Συντήρηση..... | 85 |
| 4.2.13 | Μανδαλώσεις και Μηχανισμοί Ασφάλειας..... | 86 |
| 4.2.13.1 | Επιθεώρηση και Συντήρηση..... | 86 |
| 4.2.14 | Συναγερμοί..... | 86 |
| 4.2.15 | Σημάνσεις..... | 86 |
| 4.2.16 | Μετασχηματιστές..... | 87 |
| 4.2.16.1 | Μετασχηματιστές με μονωτικό λάδι..... | 87 |
| 4.2.16.2 | Μετασχηματιστές ξηρού τύπου..... | 92 |
| 4.2.16.3 | Δοκιμές και Μετρήσεις..... | 93 |
| 5° | Κεφάλαιο “Συμπεράσματα”..... | 97 |
| | Βιβλιογραφία..... | 98 |

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

| | |
|--|----|
| Σχήμα 1.1 Χάρτης σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού και δίκτυο μεταφοράς | 2 |
| Σχήμα 1.2 Θερμοηλεκτρικός σταθμός που λειτουργεί με γαιάνθρακα | 3 |
| Σχήμα 1.3 Υδροηλεκτρικό έργο Καστρακίου | 5 |
| Σχήμα 1.4 Υποσταθμός ΔΕΗ | 11 |
| Σχήμα 1.5 Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης Λάρισας..... | 14 |
| Σχήμα 2.1 Τύποι πυλώνων γραμμών μεταφοράς υψηλής και υπερυψηλής τάσης ενός κυκλώματος (ο πρώτος είναι τύπου Η με ξύλινους φορείς)..... | 20 |
| Σχήμα 2.2 Τύποι πυλώνων γραμμής μεταφοράς υψηλής και υπερυψηλής τάσης δύο κυκλωμάτων | 21 |
| Σχήμα 2.3 Υπαίθριος Υποσταθμός 150KV Βιομηχανικής Μονάδας Πολυπροπυλενίου | 27 |
| Σχήμα 2.4 Αποζεύκτες και Γειωτές Υποσταθμών..... | 28 |
| Σχήμα 2.5 Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού 150 KV | 31 |
| Σχήμα 2.6 Τομή βάσης για ικρίωμα στήριξης 150 KV | 32 |
| Σχήμα 2.7 Τμήμα κάτοψης υποσταθμού 150 KV | 33 |
| Σχήμα 2.8 Τμήμα τομής υποσταθμού 150 KV..... | 34 |
| Σχήμα 3.1 Ρυθμός βλαβών λ σε σχέση με τον χρόνο με ή χωρίς συντήρηση | 41 |
| Σχήμα 4.1 Μετασχηματιστές με μονωτικά λάδια..... | 53 |
| Σχήμα 4.2 Διακόπτες Λαδίου | 55 |

_Toc262552190

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|--|----|
| Πίνακας 2.1 Τυποποιημένα είδη γραμμών μεταφοράς | 22 |
| Πίνακας 2.2 Μοναδιαίο κόστος γραμμών 20 KV | 22 |
| Πίνακας 5.1 Τυποποιημένα είδη γραμμών μεταφοράς | 66 |
| Πίνακας 5.2 Προτεινόμενες διαδικασίες συντήρησης και επιθεώρησης φορτιστών και συσσωρευτών | 85 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη αυτή στοχεύει σε μία σφαιρική παρουσίαση ενός Υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ από αρκετές πλευρές. Ιδιαίτερα δίνεται έμφαση : στους κανονισμούς που πρέπει να ακολουθηθούν για την εγκατάσταση του (Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων, VDE) , στους φορείς τυποποίησης (IEC, UTE, ANSI) , στα κριτήρια χωροθέτησης (κόστος, απώλειες ισχύος, των γραμμών), στη περιγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού αλλά και της λειτουργίας τους (π.χ μετασχηματιστής , αγωγοί , αποζεύκτες) και τέλος στη συντήρηση κάθε τμήματος του εξοπλισμού. Διαφαίνεται ότι ο Υποσταθμός ΥΤ/ΜΤ είναι ένα ιδιαίτερο σύνθετο σύστημα, η μελέτη του οποίου απαιτεί πληθώρα παραμέτρων καθώς αποτελείται από ποικιλία ηλεκτρικών διατάξεων. Η συντήρηση των τελευταίων, είναι ιδιαίτερα σημαντική από άποψη μείωσης κόστους και αλλά και ενίσχυση της αξιοπιστίας του συνολικού συστήματος.

Λέξεις κλειδιά: Υποσταθμός ΥΤ/ΜΤ, Εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, εξοπλισμός, συντήρηση

SUMMARY

Aim of this study is a comprehensive presentation of a substation HV / MV from several sides . Particular emphasis is given to: the regulations that must be followed for installation (Internal Electrical Installations , VDE), standardization commissions (IEC, UTE, ANSI), the location standards (cost, power losses , lines) , the description of the technical characteristics of the equipment and their operation (eg transformer, conductors) and finally the maintenance of any portion of the equipment. It appears that the substation HV / MV is a particular complex system , whose study requires a multitude of parameters as it consists of a variety of electrical devices . The maintenance of the latter is particularly important in terms of reducing cost and enhancing the reliability of the overall system .

Keywords : substation HV / MV , Interior Electrical Installations , equipment , maintenance

Keywords: λέξεις κλειδιά της πτυχιακής εργασίας, λέξεις που την κατατάσσουν σε θεματικές περιοχές και καθιστούν ευκολότερη την ηλεκτρονική της αναζήτηση (στα αγγλικά)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αναλυτική περιγραφή ενός **Υποσταθμού Υψηλής / Μέσης Τάσης** τόσο από πλευράς εξοπλισμού και συντήρησης όσο και από πλευράς σχετικής νομοθεσίας (κανονισμοί για εγκατάσταση του) κριτηρίων και έργων που απαιτούνται για τη χωροθέτηση και εγκατάσταση του. Η εργασία δομείται από πέντε συνολικά κεφάλαια.

Συγκεκριμένα :

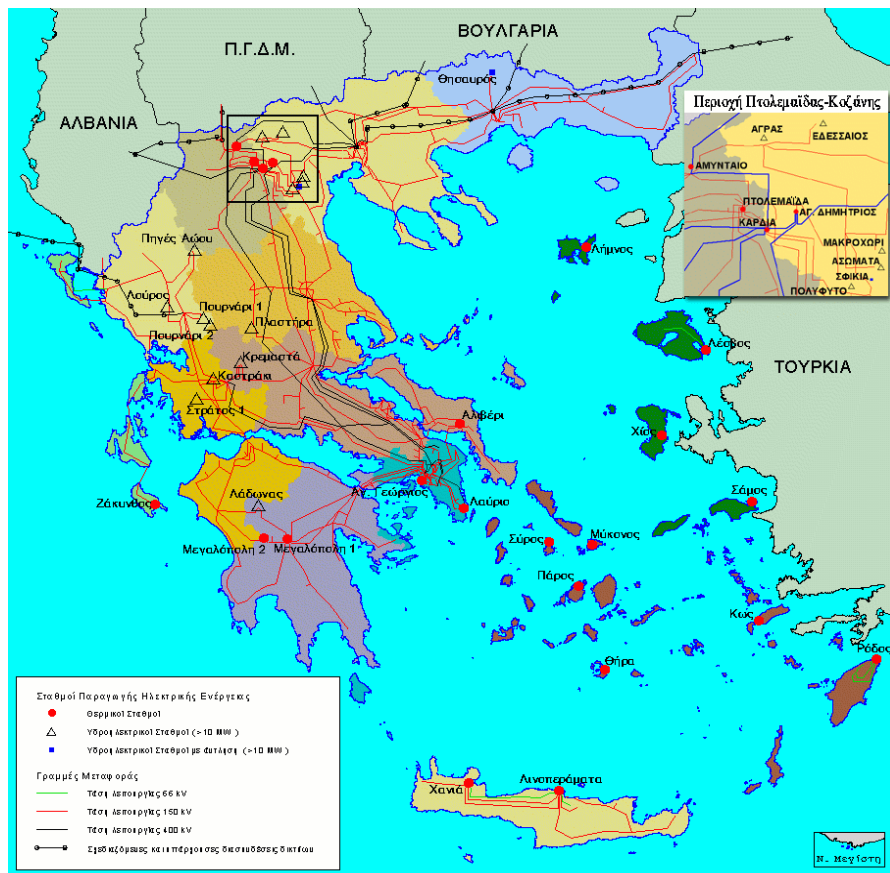
- **1^ο Κεφάλαιο** : Αποτελεί μία εισαγωγή στους Υποσταθμούς Υψηλής Τάσης. Το κεφάλαιο περιλαμβάνει μία εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, στη δομή τους και στα είδη των Υποσταθμών.
- **2^ο Κεφάλαιο** : Η ενότητα αυτή επικεντρώνεται στους κανονισμούς που διέπουν την εγκατάσταση ενός υποσταθμού, τα κριτήρια χωροθέτησης του, γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά και τέλος εξειδικευμένους σχεδιασμούς και έργα που απαιτούνται για την εγκατάσταση του.
- **3^ο Κεφάλαιο** : Αποτελεί μία εισαγωγή στη συντήρηση των υποσταθμών, μέσω διατύπωσης του ορισμού, παρουσίαση μεθόδων , αξιοπιστίας διαθεσιμότητας και τέλος παρουσίαση στόχων αυτής της διαδικασίας.
- **4^ο Κεφάλαιο** : Σε αυτήν την ενότητα αναλύεται εκτενέστερα κάθε τεχνικό στοιχείο του εξοπλισμού ενός Υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ και παράλληλα η συντήρηση που απαιτείται για αυτό.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ”

1.1 Εισαγωγή

Το 1889 πραγματοποιήθηκε φωτισμός του ιστορικού κέντρου της Αθήνας. Έκτοτε δημιουργούνται σταδικά μικρές ιδιωτικές ή δημόσιες εταιρείες που παράγουν και διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία κάλυπτε μόνο το φωτισμό και μάλιστα με ωράριο, με συνεχείς διακοπές και σε τιμές υψηλές σχετικά για τον μέσο Έλληνα. Από τους 11600 οικισμούς της χώρας το ρεύμα έφτανε μόνο σε 823. Τον Αύγουστο του 1950 ιδρύθηκε η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, με σκοπό να χαραχτεί και να εφαρμοστεί μια εθνικής ενεργειακής πολιτικής, κατά την οποία θα γίνεται εντατική εκμετάλλευση των εγχώριων πόρων [1].



Σχήμα. Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..1:Χάρτης σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού και δικτύου μεταφοράς [2]

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Διαθέτει μια μεγάλη υποδομή σε εγκαταστάσεις ορυχείων λιγνίτη, παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει περίπου το 68% της εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ)[2].

Το Δεκέμβριο του 2000 ιδρύθηκε ο ανεξάρτητος Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.). Ο ΔΕΣΜΗΕ ανέλαβε την ευθύνη της λειτουργίας του συστήματος Μεταφοράς του ρεύματος και μεριμνά έτσι ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται με ασφάλεια και ποιότητα, εντάσσοντας στο σύστημα τις μονάδες παραγωγής (της Δ.Ε.Η. Α.Ε και των ανεξάρτητων παραγωγών) με τον πιο συμφέρον τρόπο.



Σχήμα. Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..2:Θερμοηλεκτρικός σταθμός που λειτουργεί με γαιάνθρακα

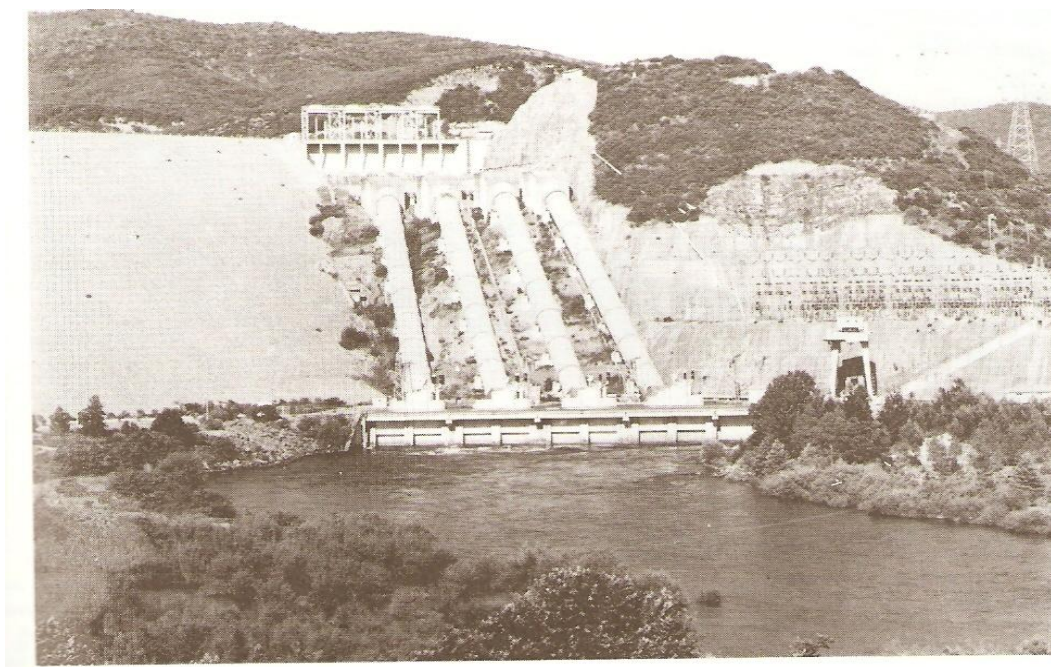
Από το Φεβρουάριο του 2001 και μετά ξεκίνησε η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Οπότε στο σημείο αυτό πραγματοποιήθηκε είσοδος στην αγορά ανεξάρτητων παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας, ανταγωνιστών της Δ.Ε.Η [1].

Σύμφωνα με στοιχεία του 2011 από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για το Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα το 66.5% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι θερμοκοί σταθμοί, εκ των οποίων με λιγνίτη 4930 MW, με πετρέλαιο 730 MW και με φυσικό αέριο 4579 MW. Το 19.6% είναι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και το 13.9% είναι μονάδες ΑΠΕ. Ταυτόχρονα η ανάδειξη της προστασίας του περιβάλλοντος ως στόχοι υψηλής προτεραιότητας της ελληνικής πολιτείας, οδηγεί σε προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, θέτοντας ως στόχο την αύξηση της συμμετοχής τους στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο 34% μέχρι το 2020. Στο ίδιο πλαίσιο δίνεται έμφαση στην επιτάχυνση της διείσδυσης του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο. Επειδή η χρονική διάρκεια ζωής των αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι θα πρέπει να μπουν στο ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρισμού νέα καύσιμα, όπως ο λιθάνθρακας, ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου [3].

1.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζεται η διαδικασία που απαιτείται για την μετατροπή μιας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική. Σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως η μετατροπή κάποιας άλλης μορφής πρώτα σε μηχανική (κινητήριες μηχανές, στρόβιλοι) και στη συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω των γεννητριών. Οι μηχανές Diesel, οι ατμομηχανές και οι βενζινομηχανές, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (σε περιορισμένη έκταση). Εδώ απαιτούνται μικρές μονάδες και οι χρησιμοποιούμενες κατά κανόνα μηχανές για την κίνηση των γεννητριών είναι οι ατμοστρόβιλοι, υδροστρόβιλοι και αεριοστρόβιλοι. Εκτός από αυτά αναπτύχθηκαν τα τελευταία έτη οι πυρηνικοί αντιδραστήρες, η παραγόμενη θερμότητα των οποίων έχει γίνει επίσης βασική πηγή ενέργειας, με κόστος συνεχώς βελτιούμενο.

Έτσι, τα τελευταία χρόνια οι κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η μηχανική ενέργεια, η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω των γεννητριών συνεχούς ή εναλλασσομένου ρεύματος, αναλόγως των συνθηκών χρήσεως.



Σχήμα **Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..3** : Υδροηλεκτρικό έργο Καστρακίου [4]

Το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στον καταναλωτή σήμερα, προέρχεται κυρίως από :

- θερμοηλεκτρικούς σταθμούς με την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαια, φυσικό αέριο),
- υδροηλεκτρικούς σταθμούς με την ροή ή την πτώση των υδάτων και από πυρηνικούς σταθμούς με την πυρηνική σχάση διαφόρων σωματιδίων (ουράνιο, θόριο, πλουτόνιο)
- ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο άνεμος (αιολική ενέργεια), η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα, κ.α. αποτελούν μια σημαντικότερη περιοχή έρευνας και εφαρμογών.Την τελευταία δεκαετία ο άνθρωπος προσπάθησε να βρει νέες πηγές ενέργειας, καθώς τα γνωστά αποθέματα ενέργειας ολοένα και μειώνονταν[4,5].

1.3 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε)

Τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε) αποτελούν το σύνολο των εγκαταστάσεων και μέσων, τα οποία χρησιμεύουν στην εξυπηρέτηση αναγκών ενός συνόλου καταναλωτών σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο προορισμός ενός τέτοιου συστήματος είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε μια εξυπηρετούμενη περιοχή καταναλώσεως [6].

Η ηλεκτρική ενέργεια από το σημείο που θα παραχθεί μέχρι το σημείο που θα καταναλωθεί βρίσκεται σε μια συνεχή ροή και επειδή η ηλεκτρική ενέργεια δε μπορεί να αποθηκευτεί, πρέπει να παράγεται τη στιγμή ακριβώς που χρειάζεται η κατανάλωση της. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στους σταθμούς παραγωγής ενώ η μεταφορά της σε μεγάλες ποσότητες από τα εργοστάσια παραγωγής στις περιοχές καταναλώσεως γίνεται με τις γραμμές υψηλής (έως 220 KV) και υπερύψηλης (έως 500KV) τάσεως, οι οποίες μεταφέρουν την ενέργεια σε κεντρικά σημεία του δικτύου, τους υποσταθμούς, από όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής μέσης τάσεως που διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσεως 380/220 V.

Αν και το μέγεθος των Σ.Η.Ε διαφέρουν, υπάρχουν μεταξύ τους χαρακτηριστικά που είναι κοινά για τα περισσότερα από αυτά. Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα είναι τριφασικά εναλλασσόμενου ρεύματος, συχνότητας 50 ή 60 Hz, χρησιμοποιούνται όμως σε ειδικές περιπτώσεις και συστήματα συνεχούς ρεύματος για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ονομαστική τάση λειτουργίας παραμένει σταθερή. Οι γραμμές μεταφοράς μέσης τάσης έχουν τρεις αγωγούς φάσεων. Τα τριφασικά συστήματα ρευμάτων είναι συμμετρικά, με ίσα τα μεγέθη των τριών φάσεων και γωνιακές τους αποκλίσεις 120° μεταξύ τους. Η ροή είναι συνεχής και κάνει την λειτουργία τους πιο ομαλή και αποδοτική. Πρέπει να εξασφαλίζονται και να ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας:

- Να παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση.
- Η ζήτηση πραγματικής και άεργου ισχύος μεταβάλλεται με τον χρόνο και το σύστημα όποτε πρέπει να ικανοποιείται επαρκώς.
- Η παρεχόμενη ενέργεια πρέπει να ικανοποιεί ορισμένους όρους ποιότητας. Τρεις βασικοί παράγοντες συνιστούν την ποιότητα αυτή : σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδοτήσεως.

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας από απόψη εκτάσεως μπορούν να διακριθούν σε "Εθνικά Συστήματα", "Περιφερειακά Συστήματα" και "Ιδιωτικά Συστήματα" εφ' όσον αντίστοιχα καλύπτουν το σύνολο μιας χώρας ,το σύνολο μιας γεωγραφικής περιοχής, ή τις

ανάγκες μεμονωμένου ιδιωτικού συγκροτήματος. Η δομή του συστήματος έχει πρωτεύουσα σημασία για τη γεωγραφική διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ιδιότητα, η οποία χαρακτηρίζει τη δομή και τη σύνθεση του συστήματος περισσότερο από κάθε άλλη είναι το μέγεθος του συστήματος. Οποσδήποτε όμως ακόμη και το μικρότερο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα πολύπλοκο ηλεκτρικό δίκτυο [5,7].

1.4 Δομή Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τέσσερα διακριτά μεταξύ τους τμήματα:

- Παραγωγή
- Διασυνδέση και Μεταφορά,
- Σύστημα Υπομεταφοράς
- Σύστημα Διανομής

Αναλυτικότερα το Σύστημα Παραγωγής περιλαμβάνει τους σταθμούς παραγωγής, όπου παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα, μαζί με τους υποσταθμούς ανυψώσεως της τάσεως του δικτύου, και τους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσεως σε μέση τάση προς τροφοδότηση των δικτύων διανομής. Με το Σύστημα Διασυνδέσεως και Μεταφοράς η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τους σταθμούς παραγωγής προς τις περιοχές καταναλώσεως. Στη συνέχεια το Σύστημα Διανομής περιλαμβάνει τα δίκτυα διανομής μέσης και χαμηλής τάσης, στα οποία υπάγονται και οι υποσταθμοί διανομής μέσω των οποίων η μέση τάση υποβιβάζεται σε χαμηλή τάση. Με τα δίκτυα διανομής η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στις μικρότερες περιοχές φορτίου, και παρέχεται στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης. Ένα σύστημα παραγωγής μπορεί να λειτουργεί μεμονωμένο ή διασυνδεδεμένο με ένα ή περισσότερα άλλα γειτονικά συστήματα. Τέλος, σε ένα καινούριο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας δεν υπάρχει σύστημα υπομεταφοράς. Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσεως. Η μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται με υψηλή τάση, διότι συνεπάγεται μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και συνεπώς οικονομικότερη λειτουργία.

Χρησιμοποιούνται διάφορες βαθμίδες τάσεως μεταφοράς, ανάλογα με την απόσταση και το μέγεθος της ισχύος που θα μεταφερθεί. Οι εφαρμοζόμενες διεθνώς τάσεις μεταφοράς έχουν τις ακόλουθες τιμές : 66 kV, 110 kV, 132 kV, 138 kV, 150 kV ,220kV,275 kV , 345 kV , 400 kV , 500 kV, 750 kV , 1100 kV , 1500 kV και 2000 kV. Οι τρεις τελευταίες βρίσκονται υπό μελέτη ακόμα. Από τις τωρίνες εν λειτουργία τάσεις τάσεις μεταφοράς:

- οι 66 έως 220 kV αποτελούν τη βαθμίδα των υψηλών τάσεων (YT),
- από 275 έως και 500 kV τη βαθμίδα των υπερύψηλων τάσεων (YYT),
- οι άνω των 500 kV τη βαθμίδα των εξαιρετικά υψηλών τάσεων (EYT).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται κυρίως με με εναλλασσόμενο ρεύμα ενώ η μεταφορά με συνεχές είναι περιορισμένη.

Οι εναλλακτικές των σταθμών παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια με τάση 15 kV ή 20 kV. Η τάση των 15 kV ή 20 kV δεν ενδείκνυται για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργεια σε

μεγάλες αποστάσεις, λόγω μεγάλων απωλειών. Έτσι η τάση ανυψώνεται στα 150 kV ή 400 kV και με τη γραμμική μεταφοράς μεταφέρεται στους καταναλωτές.

Η σύνδεση των καταναλωτών από το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται ανάλογα με τη

μέγιστη απορροφούμενη ισχύ τους. Έτσι τους διακρίνουμε σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Καταναλωτές Υψηλής Τάσης - Υ.Τ.
- Καταναλωτές Μέσης Τάσης - Μ.Τ.- (συνήθως για απορροφούμενη ένταση άνω των 200 Α ανά φάση στη χαμηλή τάση)
- Καταναλωτές Χαμηλής Τάσης - Χ.Τ.

Μία άλλη διάκριση των καταναλωτών γίνεται ανάλογα με την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Διακρίνουμε τους:

- Βιομηχανικούς καταναλωτές
- Εμπορικούς (ή Γενικής χρήσεως) καταναλωτές
- Οικιακούς καταναλωτές
- Αρδευτικούς καταναλωτές κ.α.

Οι πελάτες που είναι συνδεδεμένοι στα δίκτυα υψηλής και μέσης τάσης είναι στην πλειονότητά τους βιομηχανικοί καταναλωτές (τριφασικές παροχές) , ενώ στα δίκτυα χαμηλής τάσης συνδέονται πελάτες οικιακής χρήσης και ένα μεγάλο μέρος πελατών εμπορικής χρήσης (μονοφασικές παροχές), καθώς και τριφασικές παροχές για βιομηχανικές εγκαταστάσεις μέχρι περίπου 200Α ανά φάση

Ελάχιστοι καταναλωτές τροφοδοτούνται με τάση 150 kV. Η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται με Μ.Τ. στους μεγάλους καταναλωτές (βιομηχανίες κ.λ.π.) ενώ στους μικρούς (σπίτια, καταστήματα, βιοτεχνίες) με Χ.Τ. Έτσι υπάρχει ανάγκη και άλλων μετασχηματιστών από Υ.Τ. ή Υ.Υ.Τ. σε Μ.Τ. και μετά από Μ.Τ. σε Χ.Τ. Όλες οι παραπάνω απαιτήσεις καλύπτονται από τον σχεδιασμό των υποσταθμών (Υ/Σ) [4, 5,7].

1.5 Υποσταθμοί

Υποσταθμός ονομάζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία γίνεται ο μετασχηματισμός τάσης, η κατανομή ή η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υποσταθμοί μπορεί να είναι είτε υπαίθριοι όπου όλα τα μηχανήματα υψηλής και μέσης τάσης βρίσκονται εγκατεστημένα στην ύπαιθρο, είτε να είναι εσωτερικού χώρου και τότε όλα τα μηχανήματα βρίσκονται σε κλειστό και στεγασμένο χώρο. Είναι αυτονόητο ότι σε κάθε μια από τις δύο περιπτώσεις τα μηχανήματα είναι κατασκευασμένα για τον κάθε χώρο.

Οι υποσταθμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την τάση που τροφοδοτούνται σε:

- Υ/Σ διανομής
- Υ/Σ μεταφοράς [5,7]



Σχήμα **Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..4** : Υποσταθμός ΔΕΗ

1.5.1 Υποσταθμοί Διανομής

Οι Υ/Σ διανομής πραγματοποιούν τον υποβιβασμό της τάσης. Πιο συγκεκριμένα υποβιβάζουν τη μέση τάση των 15 ή 20 KV στην τάση κατανάλωσης των 230/400 V. Η μελέτη αυτή επικεντρώνεται σε υποσταθμούς υψηλής τάσεως για αυτόν ακριβώς το λόγο θα παρουσιαστεί μία συνοπτική περιγραφή των υποσταθμών διανομής.

Ανάλογα λοιπόν με τον σκοπό που υπηρετούν διακρίνονται σε :

- **Υ/Σ εναέριοι** : χρησιμοποιούνται εκεί που οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι εναέριες. Το μέγεθος των ΥΣ αυτών δεν ξεπερνά συνήθως τα 250 kVA σε εγκατεστημένη ισχύ. Πλεονεκτήματα των υποσταθμών αυτών είναι η απλότητα και η φθηνή κατασκευή τους.

- **Υ/Σ επίγειοι** : διακρίνονται σε **εσωτερικού τύπου** όπου το μέγεθος ισχύος ή ο χώρος δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση εναέριου και **υπαίθριους** οι οποίοι κατασκευάζονται όπου χρειάζεται ισχύς μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη των εναέριων Υ/Σ, και οι τοπικές συνθήκες επιτρέπουν την υπαίθρια εγκατάσταση των μηχανημάτων του Υ/Σ.

- **Υ/Σ υπόγειοι** : κατασκευάζονται κάτω από την επιφάνεια της γης. Είναι η τελευταία τάση της τεχνολογίας και ουσιαστικά πρόκειται για εγκιβωτισμένους υποσταθμούς (GIS) μέσω των οποίων μεγιστοποιείται η εκμετάλλευση του χώρου και βελτιώνεται επίσης η αισθητική στις πόλεις.

1.5.2 Υποσταθμοί Μεταφοράς

Οι ΥΣ μεταφοράς ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν διακρίνονται σε :

- **Υ/Σ ανυψώσεως**
- **Υ/Σ υποβιβασμού**
- **Υ/Σ ζεύξεως**

Όσον αφορά στους **ΥΣ ανυψώσεως** βρίσκονται κοντά στο σταθμό παραγωγής. Αρχή λειτουργίας του είναι η ανύψωση της τάσεως παραγωγής στη τάση μεταφοράς. Κοντά στο χώρο του ΥΣ ανυψώσεως βρίσκονται και οι εγκαταστάσεις για την εξασφάλιση των 6 kV, 3 kV και 230/400 V που χρειάζονται για τη τροφοδότηση των βοηθητικών κυκλωμάτων του σταθμού παραγωγής. Οι εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν τον ΥΣ εσωτερικής υπηρεσίας. Ο ΥΣ αυτός τροφοδοτείται και από τη γεννήτρια του σταθμού και από τις γραμμές μεταφοράς με μετασχηματιστή υποβιβασμού 150/15 kV, ώστε σε περίπτωση βλάβης της γεννήτριας να υπάρχει ρεύμα στο σταθμό για τη τροφοδότηση των βοηθητικών εγκαταστάσεων. Η ισχύς των ΥΣ ανυψώσεως εξαρτάται από τη παραγόμενη ενέργεια στο σταθμό.

Τα κύρια μηχανήματα ενός Υ/Σ ανυψώσεως είναι:

- Ο ΜΣ που ανυψώνει την τάση παραγωγής στη τάση μεταφοράς (συνήθως 15 ή 20 kV σε 150 ή 380 kV)

- Οι διακοπές ισχύος και οι αποζεύκτες που χρειάζονται για τη διακοπή της ηλεκτρικής συνέχειας των γραμμών.
- Οι ζυγοί (μπάρες) για τη διακλάδωση των γραμμών
- Διάφορα βοηθητικά μηχανήματα (ΜΣ τάσεως και εντάσεως, αλεξικέραυνα κ.λπ.)

Σχετικά με τους **ΥΣ υποβιβασμού** έχει σαν προορισμό τον υποβιβασμό της τάσης μεταφοράς των 150 ή 380 kV στη μέση τάση διανομής 15 ή 20 kV. Η επιλογή της θέσης για την κατασκευή ενός Υ/Σ υποβιβασμού καθορίζεται ύστερα από ειδική τεχνικοοικονομική μελέτη. Βασικά αποφεύγεται η κατασκευή του μέσα σε πόλεις για λόγους τεχνικούς, ασφάλειας και καλαισθησίας. Συνήθως κατασκευάζονται κοντά σε μεγάλα κέντρα κατανάλωσης (μεγάλες πόλεις, βιομηχανικές περιοχές). Ο αριθμός των Υ/Σ υποβιβασμού καθορίζεται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια των διάφορων περιοχών και από την εμβέλεια των γραμμών διανομής που είναι περίπου 70 χιλιόμετρα.

Πάντως οι Υ/Σ στην Ελλάδα είναι κύριως υπαίθριου τύπου, βρίσκονται έξω από πόλεις διότι οικόπεδα είναι φθηνότερα και μειώνεται ο κίνδυνος για ανθρώπινα ατυχήματα από τις γραμμές υψηλής τάσης. Αν χρειαστεί να κατασκευαστεί Υ/Σ μέσα σε πόλη τότε προτιμάται η κατασκευή Υ/Σ κλειστού τύπου μέσα σε ειδικά κλειστά κτίρια κατάλληλης κατασκευής και με μηχανήματα μελετημένα για εσωτερικό χώρο. Η τροφοδότηση των Υ/Σ αυτών καθώς και των καταναλώσεων γίνεται με υπόγεια καλώδια.

Κατασκευάζονται κυρίως Υ/Σ 150/20 kV για λόγους προστασίας του δικτύου γραμμών και επειδή η οικονομική εμβέλεια της μέσης τάσης των 20 KV είναι κοντά στα 70 km και υπάρχουν περιπτώσεις μεγάλης κατανάλωσης π.χ. παρουσία ηλεκτροβόρας βιομηχανίας σε απόσταση μικρότερη των 70 km από Υ/Σ.

Η διαμόρφωση των Υ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, από τους οποίους τροφοδοτούνται τα δίκτυα ΜΤ, είναι βασικής σημασίας για την καλή λειτουργία των Δικτύων Διανομής. Η σύνδεση των Υ/Σ γίνεται μέσω ζυγών. Οι ζυγοί διαχωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες και η σύνδεση τους μπορεί να είναι απλή ή περισσότερη πολύπλοκη. Οι διαστάσεις του Υ/Σ κλειστού χώρου είναι σημαντικά μικρότερες από ότι του εξωτερικού χώρου. Παρά ταύτα όμως η ανάγκη ακόμη μεγαλύτερης μείωσης των διαστάσεων των Υ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, όταν κατασκευάζονται στα κέντρα των πόλεων οδήγησε στην ανάπτυξη εξοπλισμού ΥΤ, του οποίου η μόνωση δεν βασίζεται στις μονωτικές ικανότητες του αέρα αλλά σε αέριο υπό πίεση (SF₆) ή και στερεά μονωτικά.

Τέλος οι Υ/Σ ζεύξεως γίνεται μόνο ζεύξη ηλεκτρικών κυκλωμάτων υψηλής τάσης χωρίς απαραίτητα να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως. Τα κύρια μηχανήματα που περιλαμβάνει είναι οι αποδέκτες και οι ζυγοί [1,5,7].

1.6 Σύνδεση Υ/Σ Καταναλωτών ΥΤ με το Σύστημα (Πελάτες Υψηλής Τάσης)

Οι συνδέσεις καταναλωτών ΥΤ με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς (Ε.Δ.Σ.Μ.) προβλέπονται με τον ίδιο τρόπο που πραγματοποιούνται οι συνδέσεις των Υ/Σ δικτύου. Πάντοτε πραγματοποιείται παρεμβολή κυψέλης ή κυψελών ΥΤ με ή χωρίς αυτόματο διακόπτη, που θα εγκαθίστανται από τον καταναλωτή. Τα ανωτέρω πραγματοποιούνται βάση υποδείξεων ειδικής μελέτης που εκπονείται κάθε φορά από το ΔΕΣΜΗΕ και σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης Συστήματος. Στο δε εξοπλισμό ζεύξης ΥΤ των νέων αυτών Υ/Σ θα πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα τηλεχειρισμού. Επίσης, ο ΔΕΣΜΗΕ εκτιμά προσεγγιστικά ένα χρονικό διάστημα τουλάχιστο τριών (3) ετών μεταξύ της ημερομηνίας εγκρίσεως κατασκευής των έργων και της θέσεως αυτών υπό τάση. Στις περιπτώσεις που ο χώρος για τον Υ/Σ δεν είναι εξαρχής διαθέσιμος το παραπάνω χρονικό διάστημα επιμηκύνεται [1].



Σχήμα **Ошибка!** Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..5 : *Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης Λάρισας*
(<http://www.dei.com.gr/>)

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ 150KV/20KV”

2.1 Κανονισμοί για εγκατάσταση Υποσταθμού

Η μελέτη ενός υποσταθμού είναι ένα ειδικό και σχετικά πολύπλοκο πρόβλημα επειδή έχει να κάνει με την αντιμετώπιση ποικίλων θεμάτων τα οποία κυρίως είναι κτιριακά, ηλεκτρολογικά και προβλήματα ασφαλείας [8].

Η επιλογή της ακριβούς θέσης του Υ/Σ είναι αποτέλεσμα τεχνικοοικονομικής μελέτης που γίνεται από την Διεύθυνση Προγραμματισμού και στην οποία φτάνουν όλες οι απαιτήσεις της Διανομής.

Γενικότερα οι εγκαταστάσεις των υποσταθμών μελετώνται σύμφωνα με τις οδηγίες της ΔΕΗ και των παρακάτω κανονισμών:

1. Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (τελευταία νομοθετική τροποποίηση : Φ.50/οικ. 13286/1152/2010).
2. VDE 100
3. VDE 0101 / DIN 57101
4. VDE 0103 / DIN 57103
5. IEC 865 [9]

Η Δ.Ε.Η είναι υπεύθυνη για την κατασκευή όλων των αναγκαίων εγκαταστάσεων (συμπεριλαμβανομένου και των υποσταθμών), ώστε να εξασφαλίσει στο σημείο παροχέτευσης της Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης την επιθυμητή τάση και συχνότητα.

Μία ηλεκτρική εγκατάσταση (ΗΕ) μεγαλύτερη του 1kV στην οποία κατηγορία εμπίπτουν υποσταθμοί ΜΤ και ΥΤ περιλαμβάνει ένα σύνολο ηλεκτρολογικών υλικών με επιλεγμένα χαρακτηριστικά, τα οποία συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους, ώστε να παρέχουν συνεχώς και με ασφάλεια ηλεκτρική ενέργεια στις διάφορες καταναλώσεις (φορτία) ενός κτιρίου. Σύμφωνα με το άρθρο 384 του κτιριοδομικού κανονισμού, μια εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση περιλαμβάνει το σύνολο των εγκατεστημένων στοιχείων (σωλήνες, υλικά, ειδικά τεμάχια, εξαρτήματα, συσκευές, κλπ.) που λειτουργικά συμβάλλουν στη

χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας μέσα σε κτίρια ή οικόπεδα, για φωτισμό, θέρμανση, κίνηση, σήμανση και λοιπές εφαρμογές. Μία εγκατάσταση τροφοδότησης ηλεκτρικής ενέργειας σχεδιάζεται με βάση τα εξής κριτήρια/απαιτήσεις και παραδοχές/εκτιμήσεις:

- Ασφάλεια ατόμων
- Ασφάλεια συσκευών
- Καλή λειτουργικότητα
- Αξιοπιστία
- Συντήρηση
- Επεκτασιμότητα
- Ικανοποιητική Εφεδρεία
- Ανοχή σε Σφάλματα
- Υπάρχουσα Τεχνολογία Υλικών
- Έγκαιρη προμήθεια υλικών
- Οικονομική λειτουργία
- Ανταγωνιστικό Κόστος

Όσον αφορά στις παραδοχές / εκτιμήσεις σε αυτές συμπεριλαμβάνονται :

- Συνθήκες περιβάλλοντος και λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου κλπ)
- Μηχανικές καταπονήσεις ίδιες ή επαγόμενες π.χ δονήσεις
- Κίνδυνοι έκρηξης ή πυρκαγιάς
- Είδος χρήστη π.χ βιομηχανία , οικιακός καταναλωτή

Για το σχεδιασμό μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν :

- Η κατηγορία του χώρου εγκατάστασης
- Ο χρήστης της εγκατάστασης (π.χ ο χρήστης είναι εξειδικευμένος στα ηλεκτρολογικά ή είναι οικιακός χρήστης)

Συνοπτικά στους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν λόγω σφαλμάτων λόγω ηλεκτρικών εγκαταστάσεων συμπεριλαμβάνονται :

- Ηλεκτροπληξία λόγω επικίνδυνων τάσεων επαφής
- Πυρκαγιά από υπερφόρτιση αγωγών, από βραχυκυκλώματα, από συσκευές υψηλής θερμοκρασίας

- Εκρήξεις λόγω σπινθήρων ή υψηλής θερμοκρασίας.

Να σημειωθεί ότι στους χώρους παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας επιβάλλεται η ύπαρξη ειδικευμένων προσώπων για τη λειτουργία και συντήρηση των αντίστοιχων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Στους χώρους κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από πρόσωπα χωρίς ιδιαίτερη γνώση σχετική με τη λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά στη μελέτη της ηλεκτρικής εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ο κατασκευαστής για την υλοποίηση του έργου και ο καταναλωτής να γνωρίζει τι έχει προβλεφθεί στην εγκατάσταση και πόσο αυτή θα κοστίσει. Η μελέτη μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης και κατ' επέκταση ενός υποσταθμού συμπεριλαμβάνει τα παρακάτω:

- Τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης και τεύχος υπολογισμών
- Σχέδια κυκλωμάτων και συσκευών (ηλεκτρολογικά και μηχανολογικά) με τη χωροθέτηση τους.
- Κατάλογος των υλικών και χωροθέτηση τους.
- Πρότυπα προδιαγραφών (ΕΛΟΤ, EN κλπ), που αφορούν στον εξοπλισμό τα υλικά και την εγκατάσταση.
- Κόστος κατασκευής της εγκατάστασης

Στους φορείς τυποποίησης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων εμπλέκονται: η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC, International Electrotechnical Commission), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την Ηλεκτροτεχνική Τυποποίηση (CENELEC, Commitee Europeende Normalization Electrotechnique) και ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)

Όσον αφορά στους κανονισμούς VDE 100 (Verband Deutscher Elektrotechniker), VDE 0101 / DIN 57101, VDE 0103 / DIN 57103 πρόκειται για γερμανικούς κανονισμούς εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που ενημερώνονται συνεχώς και εναρμονίζονται με άλλους ευρωπαϊκούς κανονισμούς. Τέλος ο κανονισμός IEC 865 (International Electrotechnical Commission) αποτελεί υποσκέλος των Κανονισμών της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Ένωσης. Στους εθνικούς φορείς τυποποίησης συμπεριλαμβάνονται και αγγλικοί κανονισμοί για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (BSI, British Standards Institution).

Οι εθνικοί φορείς τυποποίησης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κτιρίων είναι οι ακόλουθοι:

- UTE (Union Technique de l' Electricite) ο οποίος εκδίδει τα πρότυπα 5-100

- ANSI (American National Standard Institution) ο οποίος εκδίδει το πρότυπο National Electrical Safety Code (ANSI C2) [10,11].

2.2 Κριτήρια Χωροθέτησης Υποσταθμού υποβιβασμού τάσεως 150/20kV

Η χωροθέτηση του υποσταθμού είναι ένα θέμα μείζονος σημασίας καθώς η επιλογή της κατάλληλης θέσης μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση χρημάτων , ενέργειας και να ελαττώσει σημαντικά το κόστος κατασκευής του υποσταθμού.

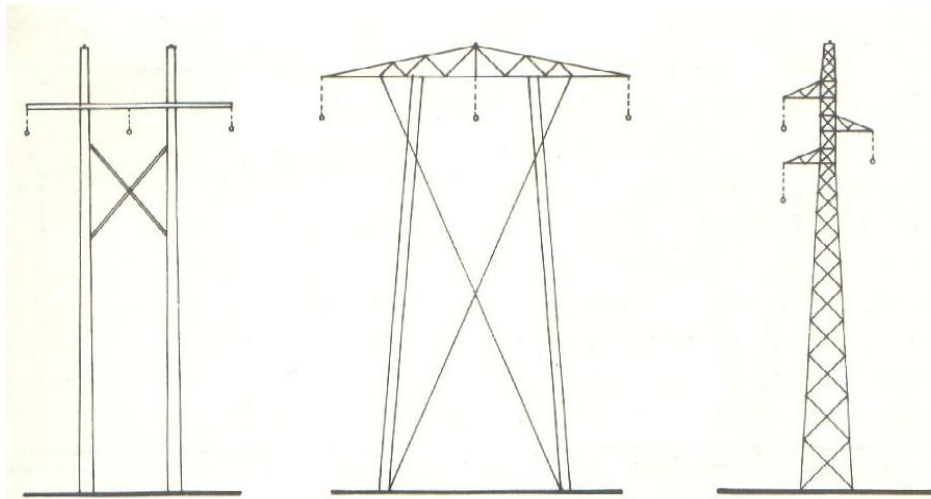
Για να γίνει η επιλογή του κατάλληλου οικοπέδου για την ανέγερση ενός υποσταθμού σε μια περιοχή, η Διεύθυνση Νέων Έργων Μεταφοράς (ΔΝΕΜ) του ΑΔΜΗΕ διενεργεί έρευνα σε συνεργασία με τους εμπλεκόμενους Τομείς και Διευθύνσεις με στόχο να πληροί όσο το δυνατόν περισσότερα από τα κάτωθι κριτήρια:

- Κατάλληλο από περιβαλλοντικής άποψης
- Στο κέντρο βάρους των φορτίων
- Σε κατάλληλη θέση για τη σύνδεση με ΓΜ
- Καλή ειδική αντίσταση του εδάφους
- Οδική πρόσβαση
- Σχετικά επίπεδο έδαφος

Η ειδική αντίσταση του εδάφους είναι ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια επιλογής γηπέδου καθώς καθορίζει την διαμόρφωση του δικτύου γείωσης για την ασφάλεια του προσωπικού και του ηλεκτρομηχανολογικού υλικού. Η αντίσταση του εδάφους μετριέται με την μέθοδο Wenner τεσσάρων ηλεκτροδίων και πρέπει να έχει τιμές έως 1Ω για ρεύμα σφάλματος προς την γη 30kA και διάρκεια σφάλματος 1 sec.

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει τοπογραφική μελέτη και η προβλεπόμενη ανάπτυξη, χωροθέτηση του Η/Μ εξοπλισμού. Στη συνέχεια αφού αποκτηθούν οι αδειοδοτήσεις από τις αντίστοιχες υπηρεσίες όπως την αρχαιολογία και η περιβαλλοντική άδεια για την οποία χρειάζεται η αντίστοιχη μελέτη τελικά το οικόπεδο μπορεί να αποκτηθεί μέσω φιλικού διακανονισμού ή απαλλοτρίωσης.

Η εγκατάσταση των γραμμών μεταφοράς γίνεται κυρίως με δύο τρόπους: 1) με τη χρησιμοποίηση εναέριων γραμμών σε ασφαλές ύψος από το έδαφος, 2) με τη χρησιμοποίηση υπόγειων γραμμών, δηλαδή με τη διαδρομή των αγωγών εντός εδάφους. Η πρώτη περίπτωση κατηγοριοποιείται σε δύο είδη γραμμών: στις γραμμές απλού κυκλώματος και στις γραμμές διπλού κυκλώματος[12,13].Μια γραμμή απλού κυκλώματος έχει τρεις αγωγούς οι οποίοι φέρουν ηλεκτρικό ρεύμα και είναι στερεωμένοι σε πυλώνες τύπου ενός κυκλώματος όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1. Απ' την άλλη μια γραμμή διπλού κυκλώματος διαθέτει έξι αγωγούς οι οποίοι αντίστοιχα τοποθετούνται σε πυλώνες τύπου διπλού κυκλώματος.

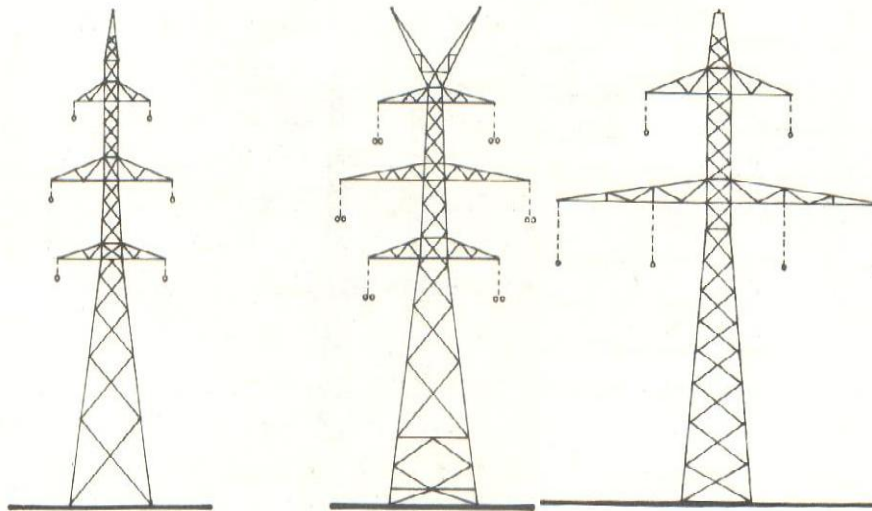


Σχήμα 2.1 : Τύποι πυλώνων γραμμών μεταφοράς υψηλής και υπερυψηλής τάσης ενός κυκλώματος (ο πρώτος είναι τύπου H με ξύλινους φορείς)

Η διαφορά των δύο τύπων γραμμών, έγκειται στην ισχύ που μπορεί να μεταφέρει η γραμμή καθώς η γραμμή διπλού κυκλώματος έχει μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς απ' ότι η γραμμή απλού κυκλώματος. Ωστόσο η γραμμή διπλού κυκλώματος έχει μειωμένη αξιοπιστία μεταφοράς καθώς υπάρχει σημαντική πιθανότητα ταυτόχρονης βλάβης και των δύο κυκλωμάτων, όπως επίσης περιπτώσεις μηχανικής βλάβης ενός ή περισσότερων πυλώνων ή περιπτώσεις προσβολής της γραμμής από κεραυνό. Στην Ελλάδα, λόγω της μορφολογίας του εδάφους, χρησιμοποιούνται ευρύτατα οι γραμμές διπλού κυκλώματος, καθώς ενδείκνυται για περιοχές όπου είναι δύσκολη η εξεύρεση επαρκών διαδρόμων διέλευσης, όπως σε περιπτώσεις ορεινού χαρακτήρος του εδάφους. Επιπλέον, αν και μη αξιόπιστες, οι γραμμές αυτές έχουν και το πλεονέκτημα του μικρότερου κόστους μεταφοράς.

Να σημειωθεί ότι το κόστος των υπογείων γραμμών είναι πολλαπλάσιο του κόστους των εναέριων και δικαιολογείται μόνο όταν υπάρχουν σημαντικοί λόγοι αισθητικής του περιβάλλοντος, , ασφαλείας ή δυσχερειών στην εξεύρεση ζωνών διέλευσης οι οποίοι καθιστούν ανεπιθύμητη ή και ανέφικτη την μεταφορά με εναέριες γραμμές.

Τέτοιες συνθήκες συναντώνται στις πόλεις και γενικώς σε κατοικημένες περιοχές, Οπωσδήποτε λοιπόν, η εξεύρεση κατάλληλων υπόγειων διαβάσεων είναι ένα βασικό πρόβλημα των υπογείων γραμμών. Οι υπόγειες γραμμές εγκαθίστανται είτε κάτω από τα πεζοδρόμια, είτε κάτω από τα καταστρώματα των οδών. Στις ελληνικές πόλεις εφαρμόζεται κατά κανόνα η πρώτη από τις ανωτέρω τεχνικές στις περιπτώσεις διαμορφωμένων οδών, στις οποίες υπάρχει επαρκής χώρος κάτω από τα πεζοδρόμια, τον οποίο μοιράζονται με τα υπόγεια δίκτυα άλλων κοινοφελών επιχειρήσεων.



Σχήμα 2.2 : Τύποι πυλώνων γραμμών μεταφοράς υψηλής και υπερυψηλής τάσης δύο κυκλωμάτων

Τα καλώδια των υπόγειων γραμμών εγκαθίστανται εντός του εδάφους σε διάφορα βάθη, με δεδομένο πως όσο υψηλότερη είναι η τάση της γραμμής, τόσο μεγαλύτερο είναι και το βάθος τοποθέτησης ώστε τα καλώδια υψηλής τάσης να κατέχουν το μεγαλύτερο βάθος και τα καλώδια χαμηλής τάσης, το μικρότερο.

Το χώμα το οποίο τοποθετείται πάνω από τα καλώδια, είναι λεπτόκοκκο χωρίς πέτρες, αφ' ενός για την καλύτερη απαγωγή της εκλυόμενης θερμότητας, αφ' ετέρου δε για να αποφευχθεί τραυματισμός των καλωδίων από τις πέτρες. Επίσης για την μηχανική προστασία των καλωδίων, τοποθετούνται πάνω απ' αυτά, και σε όλο το μήκος της διαδρομής της γραμμής, τούβλα ή επιμήκεις πλάκες συνήθως από τσιμέντο. Οι πλάκες αυτές, οι οποίες τοποθετούνται περίπου 20 cm επάνω από τα καλώδια και φέρουν έντυπες αναγνωριστικές ενδείξεις, προστατεύουν τα καλώδια από τις σκαπάνες και τα άλλα μηχανικά μέσα εκσκαφής των πεζοδρομίων. Παρά ταύτα οι ηλεκτρικές βλάβες των υπογείων γραμμών, οι οφειλόμενες σε μηχανικές αιτίες, δηλ. χτυπήματα κατά τις εκσκαφές, ιδίως στα καλώδια μέσης τάσης και χαμηλής τάσης, είναι από τις συνήθειες.

Αν η εγκατάσταση του υποσταθμού έχει να κάνει με την τροφοδότηση μιας βιομηχανικής εγκατάστασης θα πρέπει να καθοριστεί η θέση της ως προς το δίκτυο των 150kV. Ουπολογισμός της απόστασης αυτών των δύο σημείων είναι πολύ σημαντικός καθώς θα καθορίσει το κόστος των γραμμών των 150 , 20 kV και της διασύνδεσης του υποσταθμού με το δίκτυο της ΔΕΗ. Τα τυποποιημένα είδη γραμμών μεταφοράς που χρησιμοποιεί η Δ.Ε.Η. είναι μέχρι σήμερα τα εξής:

Πίνακας *Ошибки! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..1* : Τυποποιημένα είδη γραμμών μεταφοράς

| ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ (kV) | ΚΥΚΛΩΜΑ | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ | ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΩΝ ΑΝΑ ΦΑΣΗ (ΤΥΠΟΣ ACSR) | |
|----------------------|-------------|---------------------------------|--|-----------------|
| | | | (MCM) | mm ² |
| 66 | ΑΠΛΟ | E/66 | 1x336.4 | 1x170 |
| 150 | ΑΠΛΟ | E/150 | 1x336.4 | 1x170 |
| 150 | ΑΠΛΟ | B/150 | 1x636.0 | 1x322 |
| 150 | ΔΠΛΟ | 2B/150 | 1x636.0 | 1x322 |
| 400 | ΑΠΛΟ | B'B'/400 | 2x954.0 | 2x483 |
| 400 | ΔΠΛΟ | 2B'B'/400 | 2x954.0 | 2x483 |
| 400 | ΑΠΛΟ | B'B'B'/400 | 3x954.0 | 3x483 |

Ο χαρακτηρισμός μιας γραμμής αφορά τον τύπο της γραμμής (ελαφρού ή βαρέως ή υπερβαρέως τύπου, E, B και B' αντίστοιχα), τον αριθμό των κυκλωμάτων (το 2 υποδηλώνει γραμμή διπλού κυκλώματος) ενώ το B'B' στον χαρακτηρισμό των γραμμών 400 kV αναφέρεται στη χρησιμοποίηση δύο αγωγών, στερεωμένων σε μικρή απόσταση μεταξύ τους ανά φάση (και κύκλωμα). Όλοι οι αγωγοί είναι τύπου ACSR, οι διατομές των αγωγών μεταφοράς εκφράζονται σε milcircularmils (MCM) σύμφωνα με την αμερικανική τυποποίηση και αναφέρονται στην επιφάνεια του Al της σύνθετης διατομής ACSR (1 MCM=0.5067 mm²). Από χάρτες των εξεταζόμενων περιοχών αφού ληφθεί υπόψιν το είδος των γραμμών που περνάνε από την περιοχή θα υπολογιστεί το απιατούμενο κόστος βάση της χιλιομετρικής απόστασης από τις εξεταζόμενες θέσεις και το μοναδιαίο κόστος των γραμμών μεταφοράς. Το κόστος διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος της γραμμής. Για παράδειγμα το κόστος για μια γραμμή μεταφοράς τύπου E/150, με βάση τις τιμές του 2001, ανέρχεται στα 54.300 €/km, ενώ το κόστος για μια γραμμή 2B/150 είναι 93.900 €/km. Επομένως τελικά υπολογίζεται το κόστος της γραμμής ως εξής :

$$\text{Κόστος γραμμής} = \text{Μήκος γραμμής} \times \text{Κόστος ανά χιλιόμετρο(1)}$$

Όσον αφορά στον υπολογισμό του κόστους των γραμμών των 20 kV ισχύουν τα παρακάτω:

Πίνακας *Ошибки! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..2* : Μοναδιαίο Κόστος γραμμών 20 kV

| Κόστος Γραμμών 20 kV (τα ποσά σε € ανά χιλιόμετρο) | | |
|---|--------------------|---------------------|
| | Απλή γραμμή | Διπλή γραμμή |
| Εναέρια | 29.000 | 35.000 |

| | | |
|----------------|--------|---------|
| Υπόγεια | 88.000 | 132.000 |
|----------------|--------|---------|

Ένα επιπλέον κριτήριο που επηρεάζει τη μελέτη της χωροθέτησης ενός υποσταθμού είναι οι απώλειες ισχύος των γραμμών. Γενικότερα όταν ένα τμήμα τριφασικής γραμμής, ωμικής αντίστασης R_{Γ} (Ω), διαρρέεται από ρεύμα I (A), έχουμε απώλεια ισχύος:

$$\Delta P = 3R_{\Gamma}I^2 \text{ (W)} \quad \text{ή} \quad \Delta P = 0,003R_{\Gamma}I^2 \text{ (KW)} \quad (2)$$

Όταν από το αντίστοιχο τμήμα της γραμμής, το μέγιστο φορτίο της γραμμής, είναι I_{\max} , το μήκος του είναι L (km), ενώ η ωμική του αντίσταση είναι $R_{\Gamma}=R \cdot L$, όπου R η ανά χιλιόμετρο ωμική αντίσταση της γραμμής ($R=\Omega/\text{km}$), τότε η ετήσια μέγιστη απώλεια ισχύος θα είναι:

$$\Delta P = 0,003R \cdot L \cdot I_{\max}^2 \text{ (KW)} \quad (3)$$

Αν η γραμμή συνίσταται από τα τμήματα μήκους L_1, L_2, \dots, L_n , που αντίστοιχα έχουν αντίσταση R_1, R_2, \dots, R_n και τα αντίστοιχα ρεύματα κατά το χρόνο μεγίστου της γραμμής είναι I_1, I_2, \dots, I_n , τότε η συνολική μέγιστη απώλεια ισχύος θα είναι:

$$\Delta P = 0,003 \cdot \sum_{\kappa=1}^{\kappa=n} R_{\Gamma\kappa} I_{\kappa}^2, \quad R_{\Gamma\kappa} = R_{\kappa} \cdot L_{\kappa} \quad (4)$$

Για γραμμή ενιαίας διατομής με αντίσταση $R(\Omega/\text{km})$

$$\Delta P = 0,003R \cdot \sum_{\kappa=1}^{\kappa=n} L_{\kappa} I_{\kappa}^2 \quad (5)$$

Για τον υπολογισμό της μέγιστης ετήσιας απώλειας ισχύος της γραμμής, το φορτίο του πρώτου τμήματος I_1 λαμβάνεται εκείνο του ετησίου μεγίστου της γραμμής, που γενικά το γνωρίζουμε. Τα υπόλοιπα φορτία I_2, I_3, \dots, I_n , λαμβάνονται ανάλογα των αντιστοίχων εγκατεστημένων φορτίων I'_2, I'_3, \dots, I'_n . Αν το άθροισμα των εγκατεστημένων φορτίων της γραμμής είναι P_e (σε kVA), ενώ το ετήσιο μέγιστο αυτής είναι P_{\max} , τότε για να βρούμε τα φορτία συμμετοχής στην αιχμή της γραμμής των τμημάτων $1, 2, \dots, n$, πολλαπλασιάζουμε τα $I'_1, I'_2, I'_3, \dots, I'_n$ με το λόγο:

$$J = \frac{P_{\max}}{P_e} \quad (6)$$

Δηλαδή:

$$I_1 = I'_1 \cdot j = I'_1 \cdot \frac{P_{\max}}{P_e} = I'_1 \cdot \frac{I_{\max}}{I'_1} = I_{\max}, \quad I_2 = I'_2 \cdot j, \quad I_3 = I'_3 \cdot j, \dots, \quad I_n = I'_n \cdot j \quad (7)$$

Εδώ γίνεται η παραδοχή ότι η συμμετοχή διαφόρων τμημάτων της γραμμής στο μέγιστο αυτής, είναι ανάλογη των εγκατεστημένων φορτίων. Η αρχή αυτή, όταν έχουμε μεγάλο αριθμό τμημάτων, προσεγγίζει αρκετά την πραγματικότητα. Να σημειωθεί ότι υπολογισμός των απωλειών υπολογίζεται διαφορετικά εάν το φορτίο είναι ομοιόμορφα ή τριγωνικά καταναμημένο. Στην πρώτη περίπτωση αν η γραμμή συνολικού μήκους L (km) με αντίσταση R (Ω/km) έχει ένα μέγιστο ετήσιο φορτίο I_{\max} , που θεωρούμε ότι είναι ομοιόμορφα καταναμημένο σε όλο το μήκος της οι απώλειες υπολογίζονται από την σχέση:

$$\Delta P = R \cdot L \cdot I_{\max}^2 \quad (\text{W}) \quad (8)$$

Ενώ εάν το φορτίο είναι τριγωνικά καταναμημένο τότε :

$$\Delta P = \frac{3}{5} \cdot R \cdot L \cdot I_{\max}^2 \quad (\text{W}) \quad (9)$$

Αναφορικά με τις ετήσιες απώλειες ενέργειας από ένα τμήμα γραμμής αντίστασης R_{Γ} μπορούν να υπολογιστούν από τον παρακάτω τύπο :

$$\Delta E = 0,003 \cdot 8760 \cdot R_{\Gamma} \cdot I_{\max}^2 \cdot F_A \quad (10)$$

όπου F_A συντελεστής απωλειών και δίνεται από τη σχέση :

$$\text{συντελεστής απωλειών } F_A = \frac{\int_0^{8760} (t) \cdot dt}{8760 \cdot I_{\max}^2} \quad (11)$$

Για να βρούμε το κόστος απωλειών ισχύος και ενέργειας μιας γραμμής, πρέπει να γνωρίζουμε το κόστος ισχύος και ενέργειας της επιχείρησης, στο ήδη υπάρχον έτος. Το κόστος αυτό, που λαμβάνεται σαν το μακροχρόνιο οριακό κόστος, καθορίζεται από το κόστος στην έξοδο της προηγούμενης βαθμίδας. Έτσι το κόστος απωλειών υψηλής τάσης καθορίζεται από το κόστος στους ζυγούς υψηλής τάσης, στους υποσταθμούς ΥΥΤ/ΥΤ ή στους υποσταθμούς ανυψώσεως των εργοστασίων παραγωγής. Το κόστος απωλειών μέσης τάσης καθορίζεται από το κόστος στους ζυγούς μέσης τάσης των υποσταθμών ΥΤ/ΜΤ. Ακολούθως, το κόστος χαμηλής τάσης καθορίζεται από το κόστος στην έξοδο των μετασχηματιστών ΜΤ/ΧΤ.

Έστω, λοιπόν, ότι έχουμε ένα κόστος ισχύος α ευρώ/ΚW.έτος και ένα κόστος ενέργειας β ευρώ/ΚWh. Το κόστος αναφέρεται στην αιχμή του συστήματος. Αν η γραμμή που εξετάζουμε έχει ετήσιο μέγιστο P_{\max} , ενώ κατά το χρόνο της αιχμής του συστήματος έχει

φορτίο P_a , τότε το κόστος των απωλειών ισχύος θα πρέπει να υπολογιστεί με το φορτίο P_a .
 Δηλαδή $\Delta P = 3RI_a^2$.

$$\text{συντελεστής ετεροχρονισμού απωλειών ισχύος } m = \left[\frac{P_a}{P_{\max}} \right]^2 \quad (12)$$

Ο συντελεστής m εξαρτάται από το είδος των φορτίων της γραμμής. Αν π.χ. έχουμε αστική γραμμή, που το μέγιστο της συμπίπτει χρονικά με την αιχμή του συστήματος, τότε $m=1$, ενώ για αρδευτική γραμμή $m=0$, όταν η αιχμή του συστήματος είναι χειμερινή και $m=1$, αν η αιχμή είναι θερινή.

Έστω γραμμή μήκους L (km), που έχει συντελεστή φορτίου F και συντελεστή απωλειών F_A . Το ετήσιο κόστος απωλειών ισχύος θα είναι:

$$\alpha \cdot 0,003R \cdot L \cdot I_a^2 = m \cdot \alpha \cdot 0,003R \cdot L \cdot I_{\max}^2 \quad (13)$$

ενώ το αντίστοιχο ετήσιο κόστος ενέργειας θα είναι:

$$\beta \cdot 0,003R \cdot L \cdot I_{\max}^2 \cdot F_A \cdot 8760 \quad (14)$$

Έτσι το συνολικό κόστος απωλειών ενέργειας και ισχύος θα είναι:

$$K = 0,003R \cdot (m \cdot \alpha + 8760 \cdot \beta \cdot F_A) \cdot L \cdot I_{\max}^2 \quad (15)$$

Θέτουμε:

$$Y = 0,003R \cdot (m \cdot \alpha + 8760 \cdot \beta \cdot F_A) \quad (16)$$

οπότε:

$$K = Y \cdot L \cdot I_{\max}^2 \quad (17)$$

Για κάθε είδος γραμμής βρίσκουμε το συντελεστή Y , για τους διάφορους συντελεστές φορτίου, τον συντελεστή ετεροχρονισμού ισχύος m και το κόστος ισχύος και ενέργειας.

R : Ωμική αντίσταση γραμμής (Ω/km)

m : Συντελεστής ετεροχρονισμού ισχύος

α : Κόστος ισχύος ευρώ/ $\text{KW} \cdot \text{έτος}$ (προηγούμενης βαθμίδας)

β : Κόστος ενέργειας ευρώ/ KWh (προηγούμενης βαθμίδας)

F_A : Συντελεστής απωλειών ($F_A = 0,3F + 0,7F^2$)

F : Ετήσιος συντελεστής φορτίου

L : Μήκος γραμμής (km)

I_{\max} : Ετήσιο μέγιστο φορτίο της γραμμής (A)

Κ: Ετήσιο κόστος απωλειών ισχύος και ενέργειας (ευρώ/έτος)[13, 14]

2.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Υποσταθμού υποβιβασμού τάσεως 150/20kV

Το μεγαλύτερο τμήμα του συστήματος στην Ελλάδα βρίσκεται στα 150 kV. Στον Υ/Σ μεταφοράς υπάρχει συνήθως ενσωματωμένος και ένας Υ/Σ διανομής των 20 kV.

Η γραμμή των 150 KV μπορεί να τερματίζει στον Υ/Σ ή απλά περνάει από αυτόν για να τον τροφοδοτήσει και φεύγει πάλι. Στην είσοδο και στην έξοδο της γραμμής τοποθετούνται χειροκίνητοι Α/Ζ(Ασφαλαιοαποζεύκτες)150 kV με γειωτές για να μπορούν να απομονώσουν πλήρως τον Υ/Σ. Το ρεύμα έρχεται στις Μπάρες ή Ζυγούς των 150 kV που αποτελούνται από σωλήνες χαλκού ή από αγωγούς που μοιράζουν το ρεύμα στον Υ/Σ. Ένας Υ/Σ μπορεί να έχει μια Πύλη ή Κυψέλη Μ/Σ (μετασηματιστή) Ισχύος ή και περισσότερες. Οι Μ/Σ αυτοί μετασηματίζουν την τάση των 150 kV σε 20 kV (ή 15 kV) και είναι τα σπουδαιότερα και ακριβότερα μηχανήματα του Υ/Σ.

Γι' αυτόν το λόγο υπάρχουν διάφορα συστήματα προστασίας, που όταν δουλέψουν θα απομονώσουν τον Μ/Σ Ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στην προστασία των μετασηματιστών, συνήθως στην πλευρά των 150 kV του Μ/Σ συνδέεται Ηλεκτροκίνητος Α/Ζ (Ασφαλαιοαποζεύκτη) και Αυτόματος Διακόπτης 150 kV. Όμοια συνδέεται και στην πλευρά των 20 KV του Μ/Σ Αυτόματος Διακόπτης 20 kV. Οι διακόπτες αυτοί μπορεί να είναι Ελαιοδιακόπτες, Αεροδιακόπτες ή Διακόπτες πτωχού ελαίου. Η λειτουργία τους δηλαδή το άνοιγμα και το κλείσιμο τους μπορεί να γίνει αυτόματα δηλαδή με εντολές που θα πάρουν από τα ρελαί της προστασίας ή κατόπιν χειρισμού. Συνήθως οι Υ/Σ 150/20 kV έχουν ένα μόνιμο προσωπικό τους "επιτηρητές" του Υ/Σ που κάνουν τους αναγκαίους χειρισμούς και καταγράφουν τις ενδείξεις των οργάνων μέτρησης.

Αναφέρουμε ότι, γενικά, οι διακόπτες 150 kV και 20 kV είναι διακόπτες ισχύος μάλιστα με ισχύ διακοπής πολύ μεγαλύτερη από το κανονικό φορτίο. Σημειώνεται ότι η Διεύθυνση Προγραμματισμού κάνει μελέτη βραχυκυκλωμάτων και καταγράφει τις τιμές των ρευμάτων σε τριφασικό και μονοφασικό προς γη βραχυκύκλωμα στο σημείο του Υ/Σ. Οι αναχωρήσεις των 20 KV αποτελούνται από ένα Διακόπτη 20 kV και από τρεις Α/Ζ 20 kV. Οι δύο Α/Ζ βρίσκονται εκατέρωθεν του Διακόπτη και ο τρίτος Α/Ζ δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης της αναχώρησης στους βοηθητικούς Ζυγούς των 20 kV.



Σχήμα 2.3 : Υπαίθριος Υποσταθμός 150kV Βιομηχανικής Μονάδας Πολυπροπυλενίου [6]

Όλα τα υλικά του εξοπλισμού και τα βοηθητικά για τις μετρήσεις και τις τηλεπικοινωνίες στηρίζονται ή ενώνονται με ειδικές σιδερένιες κατασκευές που αποτελούνται από δικτυώματα κατασκευασμένα από ελάσματα. Ενώ η μεταφορά του ρεύματος προς τη Διανομή γίνεται με κατάλληλες μπάρες χαλκού. Μέσα στο Κτίριο Ελέγχου του Υ/Σ στεγάζονται το προσωπικό του Υ/Σ, τα όργανα μετρήσεων, τα ρελαί προστασίας και τα βοηθητικά ρελαί, τα όργανα χειρισμών από απόσταση και οι βοηθητικές παροχές.

Η Διάταξη ενός Υ/Σ καθορίζεται από τον Υποτομέα Προμελετών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της "Μελέτης Αναπτύξεως του Συστήματος Μεταφοράς" που καταρτίζεται από τη Διεύθυνση Προγραμματισμού.

Όλα τα υλικά που χρησιμοποιεί ο Τομέας Μελετών Υ/Σ / ΔΜΚΜ αναφέρονται στους ειδικούς πίνακες Υπαίθριου Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού. Γενικοί κανόνες πάνω στη χρήση του κυριότερου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού είναι οι εξής :

1. Οι Α/Ζ Γραμμών 150 kV είναι χειροκίνητοι και διαθέτουν γειωτές. Η θέση που θα τοποθετηθούν εξαρτάται από τη διάταξη του Υ/Σ και ανάλογα επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος Α/Ζ.



Σχήμα 2.4 : Αποζεύκτες και γειωτές Υποσταθμού [6]

2. Οι Α/Ζ 150 kV πυλών Μ/Σ είναι πάντοτε ηλεκτροκίνητοι. Για τη θέση τους και την εκλογή τους ισχύει ότι και για την περίπτωση (1). Ο Α/Ζ ασφαλίζεται μαζί με το διακόπτη των 150 kV ώστε να μην μπορεί να ανοίξει αν δεν ανοίξει ο διακόπτης των 150 kV.

3. Για την απόζευξη των Μ/Σ ισχύος χρησιμοποιούνται στην πλευρά των 150kV διακόπτες 150 kV, με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν.

4. Στην πλευρά των 20 kV της πύλης του Μ/Σ εγκαθίσταται διακόπτης 20kV, 1200 A, που ονομάζεται Κεντρικός Διακόπτης της πύλης του Μ/Σ. Στην περίπτωση που έχει εγκατασταθεί στην πλευρά της υψηλής τάσεως έμβολο τεχνητού σφάλματος πρέπει να εγκατασταθεί οπωσδήποτε Κεντρικός Διακόπτης 20 kV. Οι διακόπτες των 20 kV διακρίνονται εκτός από την ονομαστική τους ένταση και για τους Μ/Σ Εντάσεως που φέρουν στους πόλους τους. Για τους κεντρικούς διακόπτες οι σχέσεις των Μ/Σ Εντάσεως δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία μια και δεν χρησιμοποιούνται και γι' αυτό το βραχυκυκλώνονται, εκτός εάν υπάρχει Διαφορική Προστασία Ζυγών. Συνήθως χρησιμοποιούνται διακόπτες με σχέσεις Μ/Σ.Ε. 2000/5 Α και 950-720/0.58 Α.

5. Όταν σε έναν Υ/Σ υπάρχουν δύο πύλες Μ/Σ 150/20 kV, χωρίζονται οικύριοι Ζυγοί των 20 kV με έναν Διασυνδεδετικό Διακόπτη 20 kV, 2000 Α. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα να τροφοδοτηθούν τα φορτία του Υ/Σ και από τους δύο Μ/Σ όταν αυτοί μπορούν να δουλέψουν παράλληλα. Αν οι Μ/Σ είναι 40/50 MVA ο διασυνδεδετικός διακόπτης μένει ανοικτός σε κατάσταση ομαλής λειτουργίας, γιατί δεν μπορούν να παραλληλιστούν οι Μ/Σ αυτοί. Μόνο όταν ένας από τους Μ/Σ 40/50 MVA λειτουργεί μπορεί να κλείσει ο διασυνδεδετικός διακόπτης και να τροφοδοτηθούν τα φορτία του Υ/Σ (όσα σηκώνει) από αυτόν τον Μ/Σ. Οι Μ/Σ Εντάσεως του Διασυνδεδετικού Διακόπτη πρέπει να έχουν σχέση 950/0.58 Α για τα 15 kV, 720/ 0.58 Α για τα 20 kV ή σε περίπτωση που εγκαθίσταται Διαφορική Προστασία Ζυγών 20 kV, σχέση 400/1 Α (2000/5 Α)

6. Μία πύλη 20 kV (ή 15 kV) αποτελείται, σαν εξοπλισμός, από έναν Διακόπτη 20 kV (ή 15 kV) και από τρεις Α/Ζ 20 kV (15 kV) που δίνουν την δυνατότητα να συνδεθεί η πύλη στους Κύριους ή στους Βοηθητικούς Ζυγούς (Ζυγούς Μεταγωγής). Οι διακόπτες 20 kV που προμηθεύεται η ΔΝΕΜ τελευταία είναι 1200 Α, 500 MVA και με σχέσεις Μ/Σ εντάσεως 950/0.58 Α για 15 kV, 720/ 0.58 Α για τα 20 kV και 600-400-200/5 Α ή 400/1 Α και 600-400-200/5 Α όταν εγκαθιστούμε Διαφορικά Ζυγών 20kV. Σημειώνεται ότι η τάση των 15 kV τείνει να εξαλειφθεί από το σύστημα.

7. Οι Μ/Σ ισχύος 150/20 kV (15 kV) που χρησιμοποιεί η ΔΝΕΜ είναι μεγέθους 40/50 MVA, διαφόρων κατασκευαστών. Με τις καινούριες παραγγελίες γίνεται προμήθεια Μ/Σ των δύο τελευταίων μεγεθών και με δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης τάσης. Από τους Μ/Σ αυτούς οι 40/50 MVA δεν μπορούν να παραλληλισθούν, γιατί ο υπόλοιπος εξοπλισμός δεν μπορεί να αντέξει στο μέγεθος του σφάλματος που θα εμφανιστεί σε περίπτωση παράλληλης λειτουργίας. Κάθε Μ/Σ φέρει πόλους της υψηλής τάσεως Μ/Σ Εντάσεως που χρησιμοποιούνται για τη Διαφορική Προστασία του Μ/Σ. Οι εσωτερικές προστασίες του Μ/Σ, π.χ. θερμοκρασία λαδιού BUCHHOLZ κ.τ.λ., είναι λίγο-πολύ ίδιες σε όλους, εξαρτώνται πάντως από τον κατασκευαστή.

8. Σαν βοηθητικός εξοπλισμός υπάρχουν ακόμη :

- τρία αλεξικέρανα στο δευτερεύον του Μ/Σ
- δύο Μ/Σ τάσεως 20-15 kV/ 100 V σε σύνδεση ανοικτού τριγώνου, που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις
- τρεις Μ/Σ εντάσεως σχέσεων 1000-500/ 5-5 Α για Μ/Σ 20/25 MVA, 2000-1000/ 5-5 Α για Μ/Σ 40/50 MVA που χρησιμοποιούνται για τις

μετρήσεις με το τύλιγμα τους κλάσεως 0.5820 και για προστασία με τοτύλιγμα τους κλάσεως 5820

- Ο Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας 75 kVA για την τροφοδοσία τωνβοηθητικών φορτίων του Υ/Σ
- Ο πυκνωτής ζεύξεως και η κυματοπαγίδα που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες (φερέσυχνα)

Στους Υ/Σ μεταφοράς διακρίνουμε τα κυκλώματα:

- Υψηλής (150 kV) ή Υπερυψηλής (380 KV) τάσης Ε.Ρ.
- Μέσης Τάσης 20 kV (Στην περιοχή Αθήνας - Πειραιά είναι 22 kV).

Σεσταθμούς παραγωγής η τάση αυτή είναι από 15 μέχρι 20 KV

- Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ 220/3 80 Ε.Ρ.
- Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ 110 V Σ.Ρ. Στους σταθμούς παραγωγήςείναι 220 Σ.Ρ.
- Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ για τις μετρήσεις και λειτουργία τωνηλεκτρονόμων.

Εκτός από αυτά τα κυκλώματα θεωρούμε μέρος των ηλεκτρικών κυκλωμάτων καιαυτά που είναι με ονομαστική τάση (0) V :

1. Εναέριο κύκλωμα ηλεκτρικής προστασίας
2. Δίκτυο γείωσης.

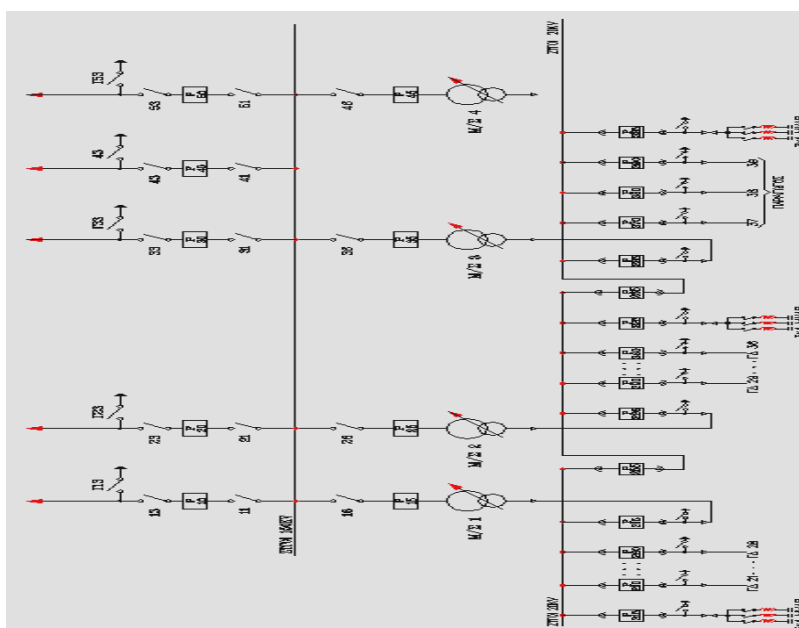
Σε κάθε υποσταθμό υπάρχει ιδιαίτερος μετασχηματιστής (Μ/Σ) (εσωτερικήςυπηρεσίας) που καλύπτει τις ανάγκες σε Ε.Ρ. 230/400V. Τέτοιες ανάγκες είναι:

1. Φωτισμός και πρίζες
2. Θέρμανση αίθουσας χειρισμών
3. Λειτουργία κινητήρων των ανεμιστήρων για την ψύξη των Μ/Σ κ.λ.π. [5,7]

2.4 Μονογραμμικό Υποσταθμού υποβιβασμού τάσεως 150/20kV

Κάθε χρόνο μέσω του ελληνικού διαχειριστή του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας : ΑΔΜΗΕ εκπονείται προσχέδιο Μελέτης Αναπτύξεως του Συστήματος Μεταφοράς (ΜΑΣΜ) το οποίο υποβάλλεται στην Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Η ΡΑΕ, λαμβάνοντας υπ' όψη την υποχρέωση του ΑΔΜΗΕ να διασφαλίσει την απρόσκοπτη πρόσβαση στο Σύστημα, μέσω του πιο οικονομικού, διαφανή και άμεσου τρόπου χωρίς διακρίσεις μεταξύ των Χρηστών ή κατηγοριών Χρηστών, προτείνει στον ΑΔΜΗΕ τροποποιήσεις και συμπληρώσεις του προσχεδίου ΜΑΣΜ που κρίνει αναγκαίες. Η ΜΑΣΜ έχει χρονικό ορίζοντα πέντε έτη και περιλαμβάνει προγραμματισμό για όλα τα έργα και τις επεκτάσεις. Η ΜΑΣΜ περιλαμβάνει τεχνική περιγραφή και προδιαγραφές, χρονοδιαγράμματα, απαλλοτριώσεις, περιβαλλοντικές μελέτες, προμήθεια υλικών. Το ενδεικτικό Μονογραμμικό είναι το πρώτο βήμα που καθορίζει την περιγραφή ενός Υ/Σ με βάση την επικείμενη μελέτη.

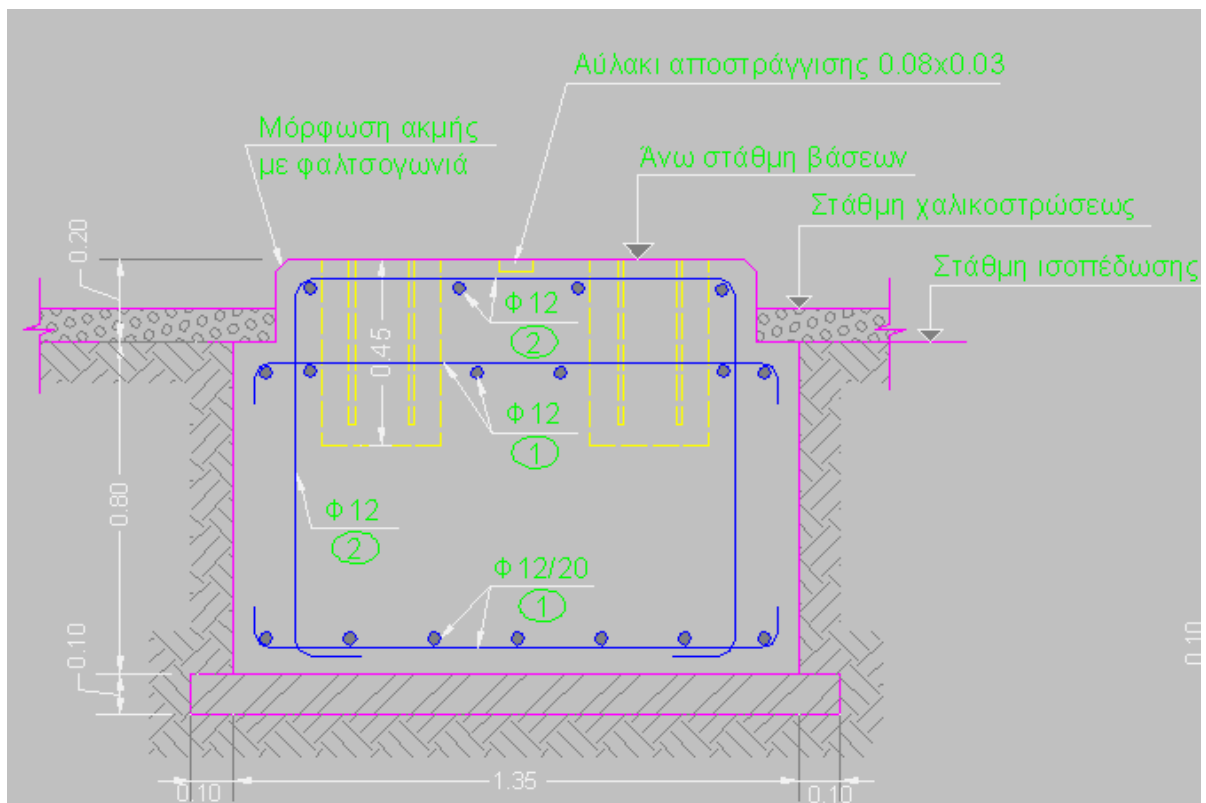
Στο παρακάτω μονογραμμικό διάγραμμα παρουσιάζονται κάποια σύμβολα που αντιστοιχούν στα στοιχεία του Υ/Σ. Διακρίνονται στα 150kV οι μετασχηματιστές υποβιβασμού, οι διακόπτες, οι αποζεύκτες, οι ζυγοί. Στα 20kV επίσης υπάρχουν οι ζυγοί, οι διακόπτες αναχωρήσεως, ο διασυνδεδετικός, ο διακόπτης Μ/Σ, οι πυκνωτές αντιστάθμισης. Επιπρόσθετα, στο μονογραμμικό διάγραμμα υπάρχουν τα στοιχεία που σχετίζονται με την βασική λειτουργία του Υ/Σ που είναι ο υποβιβασμός της τάσης από τα 150kV στα 20 kV[14].



Σχήμα 2.5 : Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού 150 kV

2.5 Έργα Πολιτικού Μηχανικού

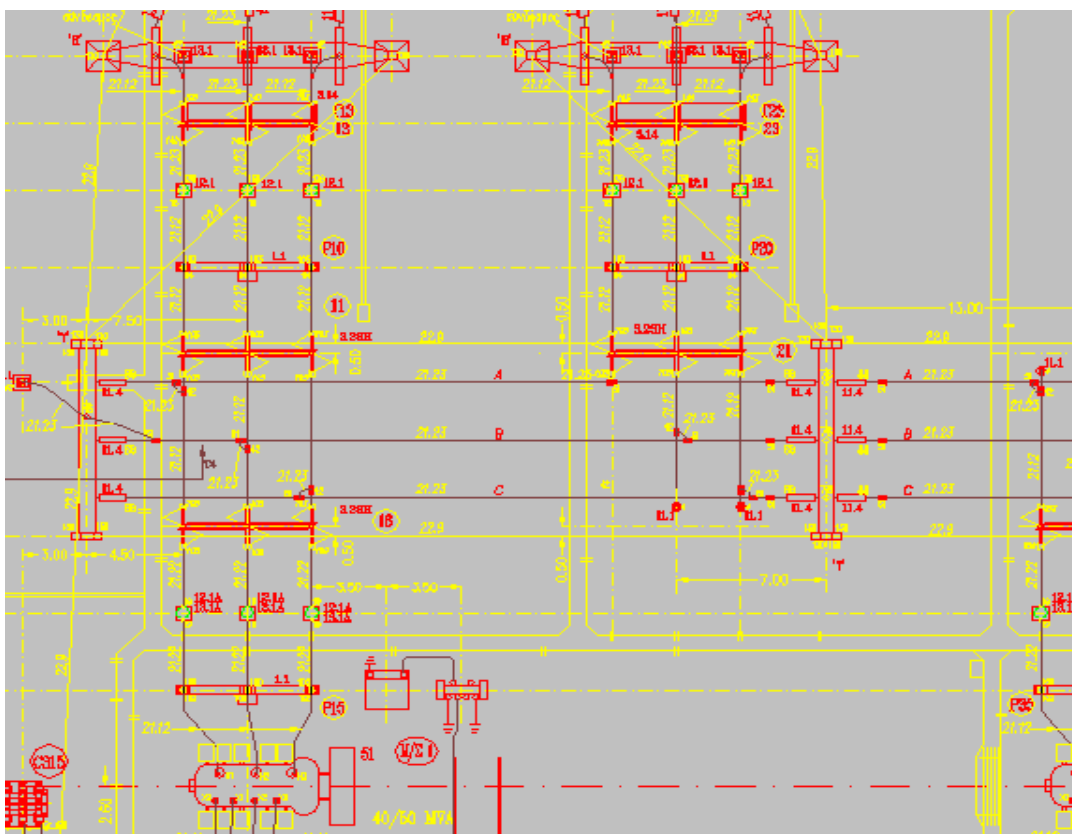
Για κάθε μονάδα του Υ/Σ όπως ο Μ/Σ, ο διακόπτης, τα ικρίωματα στήριξης ζυγών πρέπει να γίνει μία ξεχωριστή μελέτη σχεδιασμού βάσης. Μια τέτοια μελέτη συμπεριλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των φορτίων όπως στατική τάνυση, βάρος, ανεμοπίεση, δύναμη από βραχυκύκλωμα, δύναμη λειτουργίας, φορτία από σεισμό μαζί με τα διανύσματά τους. Με βάση τις δυνάμεις, τα σημεία και τον τρόπο διασύνδεσης, αγκύρια, ο πολιτικός μηχανικός επιλέγει τα υλικά προκειμένου να διαμορφώσει τη βάση. Ειδικά γίνεται αναφορά για τη χρήση : μίγματος τσιμέντου, διατομής σκυροδέματος, αριθμού οπών για την τοποθέτηση των αγκυρίων θα χρησιμοποιήσει. Στα έργα πολιτικού μηχανικού περιλαμβάνεται μια κάτοψη με όλες τις βάσεις του Η/Μ εξοπλισμού, τους δρόμους, τα κανάλια οδεύσεως καλωδίων και σωλήνων, πιθανά κτήρια καθώς και γενική περιγραφή όλων των παραπάνω με την μορφή υπομνήματος. Στο παραπάνω σχέδιο φαίνεται μια τομή βάσης στήριξης ικρίωματος μονωτήρα 150 kV. Παρατηρούνται οι οπές στις οποίες τοποθετούνται τα αγκύρια στήριξης του ικρίωματος [14].



Σχήμα 2.6 : Τομή βάσης για ικρίωμα στήριξης 150 kV

2.6 Κάτοψη και τομές ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού

Η κάτοψη του Υ/Σ είναι μία από τις βασικότερες μελέτες που έχουν προτεραιότητα καθώς φαίνεται η χωροθέτηση του εξοπλισμού. Στην κάτοψη φαίνεται αναλυτικά η διάταξη και το περιεχόμενο του Υ/Σ, ο οποίος αποτελείται κυρίως από τις πύλες 150 kV, τους ζυγούς, τους μετασχηματιστές και τις αναχωρήσεις 20 kV. Μέσα σε αυτά τα τμήματα διακρίνονται οι διακόπτες, οι αποζεύκτες, οι Μ/Σ εντάσεως, οι Μ/Σ τάσεως, οι πυκνωτές, τα αλεξικέραυνα και οι κυματοπαγίδες. Στην κάτοψη δεν παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας του Η/Μεξοπλισμού αλλά πρέπει να φαίνονται αναλυτικά τα κριώματα στήριξης, οι μονωτήρες, οι αγωγοί ΥΤ, ΜΤ, οι ζυγοί ΥΤ, ΜΤ και οι σύνδεσμοι μεταξύ τους. Οιονομασίες των παραπάνω πρέπει να είναι τυποποιημένες για να μπορεί ο κατασκευαστής να βρει το κάθε εξάρτημα και να το τοποθετήσει στη σωστή του θέση.



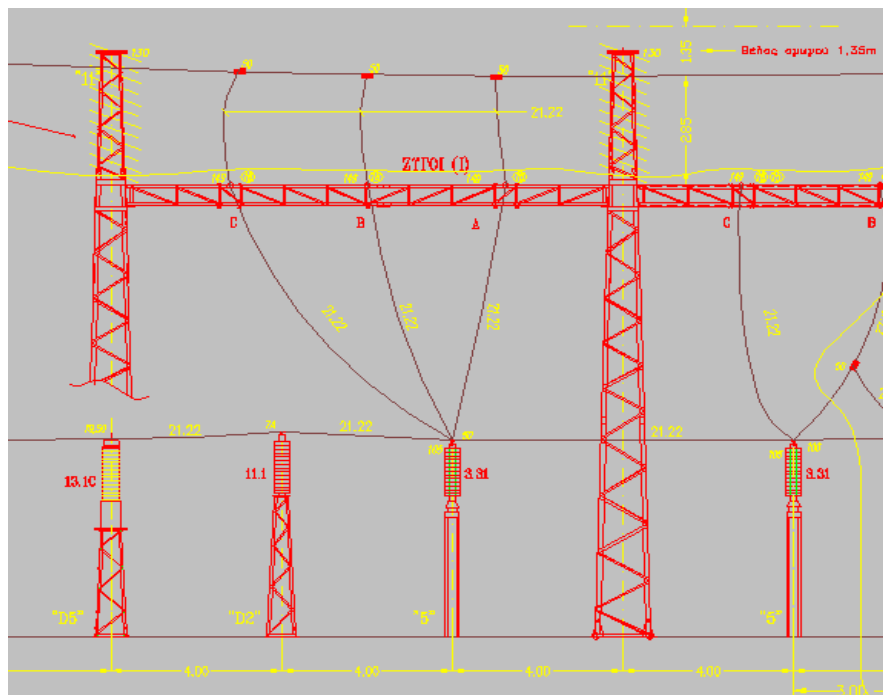
Σχήμα 2.7 : Τμήμα κάτοψης υποσταθμού 150 kV

Ευκρινείς από την κάτοψη επίσης είναι και οι αποστάσεις ασφαλείας. Έχουν πολύ μεγάλη σημασία γιατί είναι αυτές που έχουν να κάνουν με την διάσπαση του διηλεκτρικού όπως ο αέρας από αγωγό σε αγωγό ή από αγωγό σε γειωμένο σημείο το οποίο μπορεί να είναι ένα

όχημα ή και άνθρωπος. Οιαποστάσεις ασφαλείας για την αντιμετώπιση του τόξου σε γειωμένο σημείο είναι 1,5 μέτρο στα 150 kV και 20 εκατοστά στα 20 kV, δηλαδή 1000 φορές κάτω από το μέγεθος της τάσης. Η απόσταση ασφαλείας από αγωγό σε αγωγό είναι η διπλάσια της απόστασης από αγωγό σε γειωμένο σημείο [15]. Βέβαια η επαφή οποιαδήποτε μεταλλικού σημείου όταν ο υποσταθμός είναι υπό τάση πρέπει να αποφεύγεται.

Σε μια κάτοψη επίσης φαίνονται οι στήλες τις αντικεραυνικής προστασίας και οι αγωγοί που τις συνδέουν. Μια σωστή αντικεραυνική μελέτη πρέπει να καλύπτει όλο τον Η/Μεξοπλισμό. Τέλος σχεδιάζονται διαφορετικές κατόψεις για τον περιμετρικό φωτισμό και τους ρευματοδότες του Υ/Σ. Αυτές οι καταναλώσεις παίρνουν παροχή κατευθείαν από τον πίνακα Ε.Ρ.

Όσον αφορά στις τομές πρόκειται για σχέδια που συμπληρώνουν την κάτοψη του Υ/Σ. Φτιάχνονται κυρίως στα σημεία που είναι επικίνδυνα όπως στις διασταυρώσεις ζυγών, μεταβάσεις από ψηλότερα σημεία σε χαμηλότερα ή το αντίθετο, συνδέσεις γραμμών με πύλες και σε σημεία υψηλού ενδιαφέροντος με πολλές λεπτομέρειες όπως ζυγοί 20 kV, πυκνωτές διακόπτες 150 kV [14].



Σχήμα 2.8 : Τμήμα τομής υποσταθμού 150 kV

Οι αποστάσεις ασφαλείας είναι πιο κατανοητές και βοηθούν στην διευκρίνιση των σημείων σύνδεσης των αγωγών. Στις τομές φαίνονται τα ύψη των κριωμάτων και των μονωτήρων στήριξης. Τα κριώματα των ζυγών είναι από τις πιο 17 συμπαγείς και στιβαρές

μεταλλικές συσκευές, καθώς εκτός από τη στήριξη των ζυγών πρέπει να αντέχουν και τις δυνάμεις Laplace λόγω βραχυκυκλώματος.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ”

3.1 Εισαγωγή

Οι υποσταθμοί Υ.Τ/Μ.Τ σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ένα σύνθετο σύστημα με ποικίλες ηλεκτρικές διατάξεις, όπως οι Μ/Σ, οι ρυθμιστές τάσης, οι αποζεύκτες, οι διακόπτες ισχύος και τα αλεξικέραυνα. Τό πλήθος των λειτουργιών που επιτελούν όπως ο υποβιβασμός της τάσης, οι μετρήσεις, η διακοπή των κυκλωμάτων και η προστασία των συστημάτων καθιστά σαφές το πόσο σημαντική είναι η συντήρηση του εξοπλισμού του υποσταθμού Υ.Τ/Μ.Τ. Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί μία εισαγωγή όσον αφορά στις βασικές αρχές συντήρησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του συστήματος μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

3.2 Ορισμός Συντήρησης

Πριν από κάποιες δεκαετίες η συντήρηση δεν αποτελούσε προμελετημένο σχέδιο αλλά μία δραστηριότητα κατά την οποία πραγματοποιούνταν αντικατάσταση ενός κομματιού του εξοπλισμού όταν πάθαινε βλάβη και στη συνέχεια ετίθεντο πάλι σε λειτουργία. Μέχρι σήμερα έχουν υπάρξει σημαντικές αλλαγές και η συντήρηση πλέον έχει πάρει τη μορφή μεθοδικών προληπτικών ενεργειών με σαφείς στόχους ακολουθώντας την πρόοδο της Τεχνολογίας. Στη σύγχρονη εποχή η συντήρηση θεωρείται το σύνολο των προγραμμάτων και μεθόδων μέσω των οποίων αποκαλύπτονται βλάβες του εξοπλισμού και συντελούν στη διατήρηση της καλής λειτουργίας, στην ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας του εξοπλισμού και στην αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του.. Όλα αυτά βέβαια συνοδευόμενα πάντα με το μικρότερο δυνατό κόστος. [7, 17].

3.3 Μέθοδοι Συντήρησης

Σημαντικές παράμετροι που αφορούν τη συντήρηση είναι οι οδηγίες του κατασκευαστή και η πείρα του χρήστη. Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος κατηγοριοποίησης των μεθόδων είναι ο παρακάτω :

- **Διορθωτική συντήρηση (Corrective Maintenance-CM)**
- **Η συντήρηση με βάση το χρόνο (Time-Based Maintenance-TBM)**
- **Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού (Condition-Based Maintenance-CBM)**
- **Η συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance-RCM)**

Όσον αφορά στη **διορθωτική συντήρηση (CM)** (η απλούστερη στρατηγική) η εφαρμογή της πραγματοποιείται όταν η λειτουργία του εξοπλισμού είναι προβληματική δηλαδή έχει εντοπιστεί το πρόβλημα και τα στάδια εξέλιξης του και έχουν επισημανθεί οι αιτίες. Η επιδιορθωτική συντήρηση γενικά δεν πραγματοποιείται βάση προγράμματος και ο μηχανικός εξοπλισμός είναι σε λειτουργία μέχρι την εμφάνιση της βλάβης. Επομένως δεν υπάρχει καμμία σύνδεση με προληπτική συντήρηση.

Η **συντήρηση με βάση το χρόνο (TBM)** περιλαμβάνει λεπτομερή επιθεώρηση και περιοδικές μετρήσεις και δοκιμές στον εξοπλισμό. Στο πρόγραμμα εφαρμογής προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνονται :

- Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων
- Το πλήθος των λειτουργιών

Η **συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού (CBM)** ή αλλιώς ανιχνευτική συντήρηση στοχεύει στον έγκαιρο εντοπισμό εσωτερικού ή εξωτερικού σφάλματος προτού αυτό εξελιχθεί και προκληθεί ανεπανόρθωτη ζημιά στον εξοπλισμό. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν μέσω της παρακολούθησης βοηθούν στην έγκαιρη διάγνωση προβλημάτων και στη λήψη αποφάσεων. Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού εκτελείται μόνο αν εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα το οποίο ανιχνεύεται από συσκευές παρακολούθησης του εξοπλισμού.

Η **συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία (RCM)** είναι η διαδικασία που προσδιορίζει τι πρέπει να γίνει έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι το στοιχείο της εγκατάστασης θα συνεχίσει

να λειτουργεί με τον προσχεδιασμένο αποτελεσματικό τρόπο σύμφωνα με το παρόν λειτουργικό πλαίσιο [18]

Ένας τρόπος ταξινόμησης των παραπάνω στρατηγικών συντήρησης είναι να διακρίνουμε εάν λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση του εξοπλισμού από τη μία πλευρά και η σημασία του για τη λειτουργία όλου του συστήματος από την άλλη πλευρά. Η κατάσταση και η σημασία του εξοπλισμού μπορούν να οριστούν με πολλούς τρόπους, βασιζόμενους στο επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας και διαθεσιμότητας των κατάλληλων δεδομένων [19, 20].

Μία διαφορετική κατηγοριοποίηση ως προς την έννοια της συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού θα μπορούσε να είναι η παρακάτω:

- **Επιθεώρηση** : περιλαμβάνει τυπικούς ελέγχους, δοκιμές και επισκευές που στοχεύουν στη διατήρηση της καλής λειτουργίας του εξοπλισμού.
- **Προληπτική Συντήρηση** : Περιλαμβάνει λεπτομερή επιθεώρηση και περιοδικές μετρήσεις και δοκιμές του εξοπλισμού. Στο πρόγραμμα εφαρμογής προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνονται ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών συντηρήσεων και το πλήθος των λειτουργιών. Η προληπτική συντήρηση είναι συνδυασμός περιοδικών και προγραμματισμένων διαδικασιών καθώς και εκείνων που επιβάλλουν ειδικές συνθήκες.
- **Ανιχνευτική συντήρηση** : Έχει σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση εσωτερικού ή εξωτερικού σφάλματος πριν αυτό εξελιχθεί και προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την ανιχνευτική συντήρηση βοηθούν στη διάγνωση και στη λήψη αποφάσεων. Η ανιχνευτική συντήρηση εκτελείται μόνο αν εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα για το οποίο γίνεται πληροφόρηση από συσκευές παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού ή και περιοδικά.
- **Επισκευαστική συντήρηση** : Αυτή εφαρμόζεται όταν η λειτουργία του εξοπλισμού είναι προβληματική, έχει προσδιοριστεί η χειρότερη κατάσταση και έχουν επισημανθεί οι αιτίες. Ο εξοπλισμός βγαίνει από τη λειτουργία. Η επισκευαστική συντήρηση γενικά δεν γίνεται βάσει προγράμματος.

Αυτές αποτελούν, με τις σημερινές αντιλήψεις, την **Προστατευτική Συντήρηση**, η οποία έχει διευρύνει το ρόλο της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης [7].

3.4 Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα

Οι απαιτήσεις του εγκατεστημένου εξοπλισμού αυξάνονται ολοένα και πιο πολύ σχετικά με την αξιοπιστία του και τη διαθεσιμότητά του. Για αυτό κρίνεται σημαντικό η περαιτέρω ανάλυση των εννοιών της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας σε συνδυασμό με τους υποσταθμούς.

Ως **αξιοπιστία** λοιπόν ορίζεται η πιθανότητα μιας συσκευής ή ενός συστήματος να εκτελεί την αποστολή του με αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο για σχεδιαζόμενη χρονική περίοδο και τις επικρατούσες λειτουργικές συνθήκες [21]. Όσον αφορά στη **διαθεσιμότητα** είναι το τμήμα εκείνο του χρόνου κατά τη διάρκεια του οποίου ο εξοπλισμός δύναται να εκτελεί την αποστολή του. Σε αυτούς τους όρους μπορεί να προστεθεί και η **συντηρησιμότητα** του εξοπλισμού. Πρόκειται για το βαθμό διασκολίας που μπορεί να εκτελεστεί η συντήρηση εξοπλισμού σύμφωνα με προδιαγραμμένες απαιτήσεις [17].

Τα συστήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν τα πλήρως αντιπροσωπευτικά συστήματα με αναμενόμενη υψηλή στάθμη αξιοπιστίας. Η εισαγωγή της ανταγωνιστικής αγοράς ενέργειας σε πολλές χώρες στο παγκόσμιο χάρτη έχει αλλάξει ριζικά τις προσεγγίσεις που αφορούν την ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας. Αυτό συμβαίνει επειδή προηγουμένως εμφανιζόταν σαν εθνικός στόχος ωστόσο πλέον πρόκειται για ένα ως επί το πλείστον εμπορικό θέμα μεταξύ των προμηθευτών και των πελατών αποκλειστικά. Οι σύγχρονες κοινωνικές συνθήκες απαιτούν υψηλή προτεραιότητα στην επίτευξη μίας ικανοποιητικής στάθμης της αξιοπιστίας τους και της ταχύτερης επανατροφοδότησης της παρεχόμενης ισχύος μετά από μία διακοπή της τροφοδότησης. Σε πολλά συστήματα η μέση διάρκεια των διακοπών της τροφοδοσίας ενός καταναλωτή είναι 2 με 3 ώρες το έτος. Το κοινό έχει συνηθίσει στην παροχή ηλεκτρικής ισχύος με τέτοια στάθμη αξιοπιστίας και δεν είναι δυνατό να δεχθεί χαμηλότερα πρότυπα, ενώ σε ορισμένους βιομηχανικούς καταναλωτές ή καταναλωτές που διαθέτουν κρίσιμα φορτία οι απαιτήσεις είναι ακόμα μεγαλύτερες [21,22].

Η αξιοπιστία ενός σύνθετου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από δύο βασικούς όρους : την «**ικανότητα τροφοδότησης**» και «**ασφάλεια**» ή παραφραστικά αναφέρεται και ως «**στατική και δυναμική αξιοπιστία**» αντίστοιχα. Η ικανότητα τροφοδότησης συνδέεται με τη δυνατότητα τροφοδότησης της ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας των καταναλωτών του συστήματος. Βασίζεται αποκλειστικά στις ισχύουσες προδιαγραφές που περιλαμβάνουν απρόοπτα ή προγραμματισμένα ενδεχόμενα εκτός

λειτουργίας των στοιχείων του συστήματος. Η **ασφάλεια** αναφέρεται στην αντοχή του συστήματος μετά την εμφάνιση των ξαφνικών διαταραχών [21].

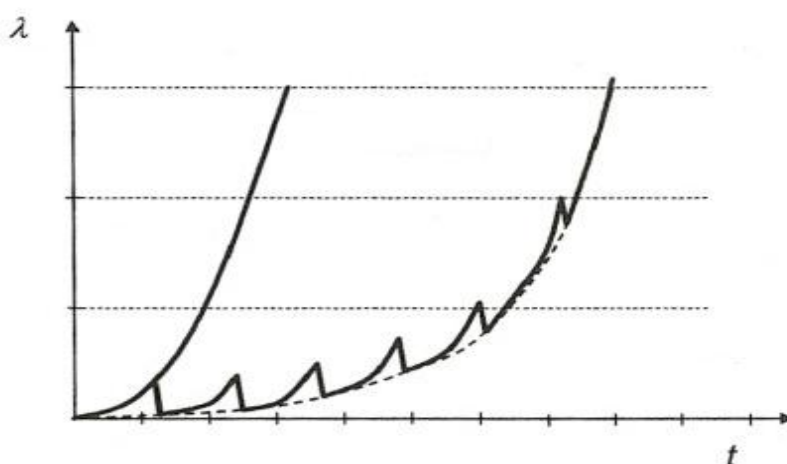
3.4.1 Βελτιώσεις σχετικά με την αξιοπιστία

Ο σχεδιαστής του εξοπλισμού, πέρα από τις γνώσεις που πρέπει να έχει για τις προδιαγραφές, τον προορισμό και τη λειτουργία του εξοπλισμού, πρέπει να γνωρίζει τους δυνατούς τρόπους βλάβης και να αποφύγει μηχανισμούς που μειώνουν την αξιοπιστία. Με αυτές τις γνώσεις μπορεί να βελτιώσει την αξιοπιστία του συστήματος που σχεδιάζει με τρεις τεχνικές [7, 17] :

1. **Περιθώρια σχεδίασης** : Αν αυξηθεί ο λόγος της ικανότητας των επιμέρους στοιχείων του συστήματος ως προς τη φόρτιση που είναι δυνατό να πάρουν τα στοιχεία, αυξάνεται ταυτόχρονα και η αξιοπιστία ολόκληρου του συστήματος.
2. **Πλεόνασμα επιμέρους στοιχείων** : Αν πραγματοποιηθεί πρόβλεψη επιπλέον στοιχείων του εξοπλισμού τότε αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος. Οπότε αν πραγματοποιηθεί βλάβη τμηματικά πραγματοποιείται άμεσα αντικατάσταση και δεν διακόπτεται η εύρυθμη λειτουργία του εξοπλισμού.
3. **Συντήρηση** : Μέσω της συντήρησης μπορεί να περιοριστούν τυχόν σφάλματα και στην περίπτωση βλάβης, η κατάλληλη επισκευή περιορίζει τις συνέπειες. Ο συνδυασμός κατάλληλων προγραμμάτων προληπτικής συντήρησης δοκιμών και επισκευών, δηλαδή προγραμμάτων προστατευτικής συντήρησης, με την πρόβλεψη πλεονασμάτων στα επιμέρους στοιχεία ενός συστήματος, αυξάνει στο μέγιστο την αξιοπιστία [7, 17 , 20].

3.5 Στόχος της Συντήρησης

Η συντήρηση όπως και κάθε δραστηριότητα έχει σκοπό την πραγμάτωση προκαθορισμένων στόχων. Συγκεκριμένα, σε αυτούς περιλαμβάνεται η διατήρηση του εξοπλισμού στη μέγιστη στάθμη αξιοπιστίας και λειτουργίας. Επιπροσθέτως θα πρέπει η διάρκεια της συντήρησης να είναι όσο πιο σύντομη γίνεται, ώστε η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού να είναι η μεγαλύτερη δυνατή. Το κόστος της συντήρησης πρέπει να είναι το ελάχιστο δυνατό ενώ σημαντικός είναι και ο περιορισμός της φθοράς του εξοπλισμού γεγονός που συνεπάγεται την επέκταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού [17].



Σχήμα 3.1 : Ρυθμός βλαβών λ σε σχέση με το χρόνο, με ή χωρίς συντήρηση [23]

Ειδικότερα: σκοπός της προστατευτικής συντήρησης, η οποία αποτελείται από την προληπτική, την ανιχνευτική και την επισκευαστική συντήρηση, είναι να επαναφέρει τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού ή να απαλείψει το ελάττωμα που θα μπορούσε να οδηγήσει σε ζημιά [7].

Από τη μελέτη των Schwan et al. [23] αποτυπώνεται ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζεται ο ρυθμός βλαβών λ ενός μηχανήματος σε σχέση με το χρόνο, από την εφαρμογή ή μη μεθόδων συντήρησης.

3.6 Δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στη συντήρηση

Παρόλο που η συντήρηση ενός απόλυτα εξειδικευμένου εξοπλισμού π.χ μίας βιομηχανίας περιλαμβάνει ένα εύρος δραστηριοτήτων και αρμοδιοτήτων είναι δυνατή η κατηγοριοποίηση τους σε πρωτεύουσες δραστηριότητες, στις οποίες περιλαμβάνονται [17, 20]:

- συντήρηση υπάρχοντος εξοπλισμού
- συντήρηση κτιρίων και ακάλυπτων χώρων
- επιθεωρήσεις (και εργασίες λίπανσης)
- τροποποιήσεις και νέες εγκαταστάσεις

και τις δευτερεύουσες δραστηριότητες στις οποίες περιλαμβάνονται :

- αποθήκες
- προστασία (φύλαξη-πυρόσβεση κλπ)
- διάθεση αποβλήτων
- ασφάλεια εργασίας
- άλλες δραστηριότητες [17, 20]

3.7 Πολιτικές Συντήρησης

Το τελευταίο χρονικό διάστημα ο ρυθμός αύξησης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τις περασμένες δεκαετίες. Οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού αντιμετωπίζουν τη διαμορφωμένη κατάσταση με υπερφόρτιση των υφιστάμενων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας επιδιώκοντας να επωφεληθούν τα μέγιστα από την εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών συντήρησης. Ο βαθμός έμφασης που δίνει μια επιχείρηση ηλεκτρισμού στη συντήρηση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας έχει επιδράσει τόσο στην ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας (ποιότητα τάσης, αδιάλειπτη τροφοδότηση κλπ.) όσο και στο κόστος λειτουργίας του συστήματος. Παρακάτω εξετάζονται οι πολιτικές συντήρησης :

3.7.1 Η πολιτική της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης

Έχουν υιοθετηθεί οι ακόλουθες συνθήκες συντήρησης:

- εξοπλισμός σε λειτουργία
- εξοπλισμός εκτός λειτουργίας, οπότε έχει σημασία ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς

Η συντήρηση γενικά εκτελείται περιοδικά ανά διαστήματα τα οποία είναι σταθερά ή μεταβλητά. Τα **σταθερά διαστήματα** μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων προσδιορίζονται μόνο από χρονικές περιόδους και υπόκεινται σε συντόμευση, μη μεταβολή και επιμήκυνση. Τα **μεταβλητά διαστήματα** μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων καθορίζονται από τα ακόλουθα κριτήρια :

- αριθμός λειτουργιών
- αριθμός διαγνωστικών δοκιμών
- αποτελέσματα διαγνωστικών δοκιμών

Κατά τη συντήρηση με τον εξοπλισμό σε λειτουργία εκτελείται επιθεώρηση με σκοπό τον έλεγχο της κατάστασης του εξοπλισμού, δηλαδή αν αυτή είναι ικανοποιητική ή όχι. Τελευταία εκτελούνται εργασίες συντήρησης ενώ το μηχάνημα λειτουργεί π.χ διήθηση μονωτικού λαδιού σε μετασχηματιστή ενώ λειτουργεί. Κατά τη συντήρηση με τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας φροντίζουμε για τη διατήρηση της καλής κατάστασής του. Εδώ πραγματοποιούνται ενέργειες σε τρία στάδια :

- Καθαρισμός, λίπανση, και παρατηρήσεις χωρίς αποσυναρμολόγηση του εξοπλισμού. Ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς είναι αυτός που απαιτείται για την απομάκρυνση του προσωπικού και των προστατευτικών μέσων.

- Έλεγχος των συνθηκών και της συμπεριφοράς ενός στοιχείου π.χ ενός διακόπτη στον οποίο γίνεται μέτρηση του χρόνου λειτουργίας ή της αντίστασης επαφής. Ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς αυξάνεται κατά το χρόνο που απαιτείται για την απομάκρυνση των οργάνων και των συσκευών μέτρησης και διαγνωστικής.
- Μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση ενός στοιχείου. Ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς αυξάνεται κατά το χρόνο που απαιτείται για την επανασυναρμολόγηση.

3.7.2 Η πολιτική συντήρησης που υιοθετεί την εφαρμογή της παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού με τη βοήθεια ειδικών συσκευών.

Η παρακολούθηση και εποπτεία της λειτουργικής κατάστασης του εξοπλισμού μέσω κατάλληλων συσκευών μπορεί να γίνει με δυο τρόπους:

- Συνεχώς (On line condition monitoring)
- Δειγματοληπτικά (Sample monitoring)

Μολονότι οι μέθοδοι και οι συσκευές παρακολούθησης επιδέχονται παραπέρα βελτιώσεις, εν τούτοις τα αποτελέσματα της πολιτικής της παρακολούθησης είναι ικανοποιητικά και βοηθούν αποφασιστικά στη διαγνωστική και κατ' επέκταση στην πρόληψη βλαβών.

3.7.3 Η πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία.

Η πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία συνίσταται στην εστίαση της πρόληψης σημαντικών βλαβών συνδυάζοντας τη βαρύτητα προς τη συχνότητα των βλαβών. Στην πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία επιδιώκεται η βέλτιστη συμβολή της συντήρησης στην ποιότητα του προϊόντος με προκαθορισμένα όρια κόστους. Η πιο πάνω πολιτική είναι σκόπιμο να εφαρμοσθεί σταδιακά.

Η γενίκευση της εφαρμογής εξαρτάται από:

- την πείρα που θα αποκτηθεί εν όψει μάλιστα της τρέχουσας πολιτικής της συντήρησης
- τη δυνατότητα της ερμηνείας και της αναπαραγωγής της ανάλυσης και τη σαφήνεια των αποτελεσμάτων
- τη θετική επίδραση στο design του εξοπλισμού
- το εκτιμώμενο κόστος
- το συντονισμό των ενεργειών όλων των προσώπων όσον αφορά την κατάλληλη ροή των πληροφοριών

Η πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία είναι μια δομημένη διαδικασία αποφάσεων που στηρίζεται όχι μόνο στην εκτίμηση της αξιοπιστίας του κάθε μηχανήματος αλλά στις συνέπειες των λειτουργικών ανωμαλιών του ίδιου του μηχανήματος.

Οι αρχές της συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία προκύπτει από την εξέταση των πιο κάτω ερωτημάτων :

- πώς συμβαίνει μια βλάβη ;
- ποιες είναι οι συνέπειες της;
- προηγούνται συμπτώματα της βλάβης;
- πώς μπορεί να προληφθεί καλύτερα η βλάβη;
- ποια είναι η ευκολότερη μέθοδος για την ανίχνευση προβλημάτων και συμπτωμάτων βλάβης;

3.7.4 Η πολιτική της αντικατάστασης

Η πολιτική της αντικατάστασης αφορά την αντικατάσταση ολόκληρου μηχανήματος (π.χ διακόπτη ή μετασχηματιστή) ή τμήματος εγκατάστασης. Στη θέση του μηχανήματος που απομακρύνεται εγκαθίσταται νέο ή πλήρως επισκευασμένο. Το εν λόγω μηχάνημα έχει περάσει με επιτυχία τους προβλεπόμενους ελέγχους.

Η αντικατάσταση λαμβάνει χώρα όταν η λειτουργία του μηχανήματος είναι απαράδεκτη παρά τις συντηρήσεις που εκτελέστηκαν σ αυτό. Για τη λήψη της απόφασης της αντικατάστασης γίνεται χρήση κριτηρίων τα οποία προσδιορίζουν τους παράγοντες που οδηγούν στην εγκατάλειψη της συντήρησης και την όδευση προς την αντικατάσταση. Στη συνέχεια πρέπει να αιτιολογηθεί οικονομικά η αντικατάσταση και να δοθεί η πρακτική που θα εφαρμοσθεί για την υλοποίηση της αντικατάστασης.

3.7.5 Η πολιτική της επιμήκυνσης της διάρκειας ζωής

Οι μέθοδοι εκτίμησης της επιμήκυνσης της διάρκειας ζωής ποικίλουν όπως αυτό συμβαίνει και με τις άλλες πολιτικές συντήρησης. Κατά την ανάπτυξη μιας φιλοσοφίας η οποία αποσκοπεί στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής:

- εκμετάλλευση εξοπλισμού
- προγραμματιζόμενες διακοπές λειτουργίας
- δαπάνες επισκευών

Γενικότερα διακρίνονται δυο φιλοσοφίες:

1. Η επιχείρηση προσπαθεί να διατηρήσει σε αξιόπιστη κατάσταση τον εξοπλισμό εφαρμόζοντας τις ισχύουσες πρακτικές της συντήρησης. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει:

- μη καταστροφικές δοκιμές
- επιθεωρήσεις
- αντικατάσταση επιμέρους τμημάτων και βελτιώσεις

Οι πιο πάνω διαδικασίες περιλαμβάνονται στον τυποποιημένο προγραμματισμό συντήρησης και συνήθως εκτελούνται περιοδικά σαν τμήμα των περιοδικών επιθεωρήσεων. Με αυτήν την πολιτική όλος ο εξοπλισμός βρίσκεται συνεχώς σε λειτουργία και για πολύ μεγάλο χρόνο. Με άλλα λόγια η επιμήκυνση της διάρκειας της ζωής μπορεί να θεωρηθεί ως προέκταση της κανονικής συντήρησης.

2. Ο εξοπλισμός έχει αγοραστεί σε τιμή πολύ μικρότερη από αυτή που έχει ίδιος εξοπλισμός νέας γενιάς. Αυτός ο παλιός εξοπλισμός έχει αποδεκτή τεχνολογία, εξασφαλίζει ικανοποιητικά την παραγωγή και τα πολλά χρόνια λειτουργίας αποτελούν εγγύηση. Κάποια στιγμή αρχίζει η εφαρμογή προγράμματος για την αντιμετώπιση των φαινομένων συσσώρευσης φθοράς. Δηλαδή γίνεται συστηματική εκτίμηση της κατάστασης των κρίσιμων τμημάτων και λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την εξασφάλιση ικανοποιητικής λειτουργίας. Με αυτή την πολιτική τυχόν ειδικά προβλήματα αντιμετωπίζονται με αντικατάσταση τμημάτων που έχουν φθαρεί. Εξάλλου γίνεται περιοδική επανεκτίμηση των διαφόρων τμημάτων για να είναι βέβαιο ότι τα προβλήματα αντιμετωπίζονται πριν συμβούν βλάβες.

3.7.6 Η πολιτική της ανακαίνισης

Η πολιτική της ανακαίνισης αφορά την επανεκτίμηση του ρόλου ενός πλήρους υποσυστήματος (υποσταθμού ή γραμμής) λόγω των αλλαγών που έχουν λάβει χώρα σε ολόκληρο το σύστημα από τότε που το εν λόγω σύστημα είχε τεθεί σε λειτουργία. Η ανακαίνιση εντάσσεται σε κάποιο ανασχεδιασμό του συστήματος και απασχολεί τις επιχειρήσεις που έχουν σε λειτουργία εξοπλισμό με ηλικία άνω των 20- 25 ετών.

Κατά την ανακαίνιση εκτελούνται εργασίες πέρα από εκείνες που περιλαμβάνονται στη συντήρηση και αντικατάσταση. Η πολιτική της ανακαίνισης, η οποία είναι σχετικά νέα, βρίσκεται στο προσκήνιο των αποφάσεων των επιχειρήσεων που έχουν παλιό εξοπλισμό.

Οι άξονες ενεργειών πριν από τη λήψη της σχετικής απόφασης μπορούν να είναι:

- συγκέντρωση στοιχείων σχετικών με το ιστορικό του εξοπλισμού

- προσδιορισμός των αδύνατων σημείων της εγκατάστασης γενικά
- δέσμη προτεινόμενων λύσεων με εκτίμηση της συνολικής αποδοτικότητας
- απάντηση στα ερωτήματα τι πρέπει να ανακαινισθεί, πώς και πότε

3.7.7 Ανταλλακτικά και εφεδρείες

Είναι γνωστό ότι για τους υπεύθυνους της συντήρησης υπάρχει πρόβλημα προμήθειας, αποθήκευσης και συντήρησης των ανταλλακτικών και για τους υπεύθυνους της λειτουργίας υπάρχει πρόβλημα εφεδρείας σε λειτουργία ή όχι και ποιου μεγέθους εφεδρείας. Τα προβλήματα αυτά έχουν αντιμετωπισθεί και έχουν γενικά επιλυθεί. Ως γενικές αρχές εφαρμόζονται τα εξής:

Ο υπεύθυνος της συντήρησης θα ζητήσει από τον κατασκευαστή του υπό προμήθεια εξοπλισμού (μηχανήματα, διάταξη, συσκευή, όργανο κλπ.) τι ανταλλακτικά προτείνει και θα τα προμηθευτεί έγκαιρα, κατά προτίμηση μαζί με τον εξοπλισμό. Επι πλέον, έγκαιρα θα προμηθευτεί ανταλλακτικά του νέου εξοπλισμού, τα οποία προκύπτουν από την πείρα του στη συντήρηση παρόμοιου εξοπλισμού.

Ο υπεύθυνος της λειτουργίας γενικά προμηθεύεται πλήρη μηχανήματα, τα οποία αποτελούν τις εφεδρείες του, εφόσον η προμήθεια τους απαιτεί μεγάλους χρόνους παράδοσης οι οποίοι έχουν επιπτώσεις στην εκμετάλλευση. Εννοείται ότι η αποθήκευση και η συντήρηση των εφεδρειών εμπίπτουν στις υποχρεώσεις των υπευθύνων της συντήρησης.

Το ερώτημα αν ο εφεδρικός εξοπλισμός πρέπει να λειτουργεί ή όχι έχει απαντηθεί. Ο εφεδρικός εξοπλισμός είναι σκόπιμο να λειτουργεί περιοδικά για να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία της λειτουργίας του στις έκτακτες συνθήκες για τις οποίες προορίζεται.

Εξ άλλου οι υπεύθυνοι της λειτουργίας θα επιχειρήσουν τη σύγκριση από οικονομοτεχνική πλευρά και για χρονικό ορίζοντα 20 και άνω ετών της πολιτικής της παραδοσιακής συντήρησης, της πολιτικής της συντήρησης με την εφαρμογή μεθόδων παρακολούθησης και διαγνωστικής και της πολιτικής της διατήρησης εφεδρείας 100% ή 50%. Σχετική προς τα πιο πάνω μελέτη για Υδροηλεκτρικό Σταθμό Παραγωγής έχει καταλήξει υπέρ της υιοθέτησης της πολιτικής συντήρησης με την εφαρμογή μεθόδων παρακολούθησης και διαγνωστικής. Για άλλες περιπτώσεις θα πρέπει να εκπονηθούν ανάλογες τεχνικό-οικονομικές μελέτες [7].

3.8 Προοπτικές της συντήρησης

Ένα ιδανικό σενάριο για έναν εξοπλισμό με άριστη και εύρυθμη λειτουργία είναι η απουσία της οποιασδήποτε μορφής συντήρησης έτσι ώστε οι υπεύθυνοι να προειδοποιούνται έγκαιρα, πριν τη έναρξη κάποιου προβλήματος και μόνο τότε επεμβαίνουν. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους :

- Να κατασκευάζονται εξοπλισμοί για τους οποίους να μη προβλέπεται ή να μη χρειάζεται καμία συντήρηση.
- Για τη συντήρησή του να εφαρμόζονται μέθοδοι συντήρησης με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού.

Ο πρώτος τρόπος είναι αυτονόητο ότι συμπεριλαμβάνει πολύ υψηλό κόστος και απαιτεί τον παραγκωνισμό αντικειμενικών δυσκολιών κάτι που μπορεί να είναι πέρα από τις δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας. Ο δεύτερος τρόπος παρουσιάζει δυσκολίες όταν επέρχεται κάποια μεταβολή ωστόσο τελευταία έχει κάνει σημαντικές προόδους.

Σήμερα, μία από τις προοπτικές της συντήρησης στο διεθνή χώρο, είναι η μετάβαση από τη συντήρηση που βασίζεται στα χρονικά διαστήματα (time-based), προς τη συντήρηση που βασίζεται στην κατάσταση των μηχανημάτων (condition-based). Στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται πλήθος δεδομένων, εκθέσεις δοκιμών, προγράμματα συντήρησης, συνθήκες συντήρησης. Η ανάλυση και η επεξεργασία των πληροφοριών θα οδηγήσει στη λήψη αποφάσεων για το τι πρέπει και πότε να γίνει. Μία επιπρόσθετη προοπτική είναι η μετάβαση από τον παραδοσιακό βοηθητικό εξοπλισμό ενός συστήματος, σε ένα σύγχρονο βοηθητικό εξοπλισμό. Τέλος, προτείνεται και η βελτίωση των μεθόδων συντήρησης. Όπως είναι γνωστό η συντήρηση στο παρελθόν στηριζόταν στην εμπειρία εξειδικευμένου προσωπικού και σε ορισμένες μετρήσεις και δοκιμές με τις οποίες ελεγχόταν η κατάσταση του εξοπλισμού.

Τα τελευταία χρόνια οι μέθοδοι συντήρησης αλλάζουν και πλέον χρησιμοποιούνται συσκευές με τις οποίες γίνονται παρακολουθήσεις διαφόρων μεγεθών. Με τη χρήση Η/Υ γίνονται ακριβείς αναλύσεις των δεδομένων και στη συνέχεια γίνεται εφαρμογή μεθόδων διάγνωσης.

Οι νέες πρακτικές περιλαμβάνουν :

- Συνεχώς αναπτυσσόμενες μεθόδους διάγνωσης.
- Παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού.

- Ανάλυση γεγονότων που συμβαίνουν στον εξοπλισμό βάσει των στοιχείων που προκύπτουν από την παρακολούθηση.
- Ήδη διατίθενται διαγνωστικές συσκευές με ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης της συντήρησης με τη βοήθεια H/Y [17].

3.9 Η Συντήρηση στην Ελλάδα

Στη χώρα μας οι βασικές συνιστώσες του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς είναι οι ακόλουθες :

- **Γραμμές Μεταφοράς Υψηλής Τάσης**

- Εναέριες Γραμμές Μεταφοράς (Αγωγοί, Μονωτήρες, Πύργοι Ανάρτησης και Τάνυσης)
- Υποβρύχια Καλώδια (Καλώδια, Σύνδεσμοι)
- Υπόγεια Καλώδια (Καλώδια, Σύνδεσμοι)

- **Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης**

- Υποσταθμοί Υποβιβασμού, Ανύψωσης και Ζεύξης
- Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης
- Τερματικές Διατάξεις Υποβρυχίων και Υπογείων Καλωδίων

Η συντήρηση και η αποκατάσταση βλαβών στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς γίνεται με γνώμονα την τεχνική αρτιότητα σε κάθε χρονική στιγμή με οικονομικό τρόπο, με εφαρμογή αρχών συντήρησης βασισμένης στο χρόνο και στα πλαίσια των κανόνων του υπάρχοντος θεσμικού πλαισίου των μονοπωλιακών δραστηριοτήτων της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Η Διεύθυνση Συστήματος Μεταφοράς, ωστόσο, με την εποπτεία της Γενικής Διεύθυνσης Μεταφοράς, προωθεί την εφαρμογή πιλοτικών προγραμμάτων σύγχρονων μεθόδων επιθεώρησης και διερευνά νέες αρχές συντήρησης που βασίζονται στην κατάσταση του εξοπλισμού.

Τέτοιες μέθοδοι είναι :

- Επιλογή εξοπλισμού κατά είδος και κατασκευαστή για εφαρμογή νέων μεθόδων συντήρησης με κριτήρια όπως σημαντικότητα, ηλικία, εκτιμώμενη διάρκεια ζωής, συμπεριφορά, πλήθος και συχνότητα βλαβών λαμβάνοντας υπόψη τρέχον κόστος και απαιτούμενο χρόνο συντήρησης.
- Επιλογή των κρίσιμων παραμέτρων για καθορισμό κατάστασης του επιλεγμένου εξοπλισμού (on line monitoring, off line μετρήσεις-έλεγχοι, φυσικά μοντέλα, στατιστικά μοντέλα).

- Επιθεώρηση Γραμμών Μεταφοράς (Γ.Μ.) με ελικόπτερο, μέσω βιντεοσκόπησης, θερμοσκόπησης, καταγραφής φαινομένου Corona και σάρωσης ανάγλυφου με Laser.
- Δημιουργία ψηφιακής αποτύπωσης Γ.Μ. και ανάπτυξη εφαρμογών διαχείρισης δεδομένων για εντοπισμό σημείων υπέρβασης ορίων διακένων ασφάλειας.
- Επιλογή τεχνικών και διαδικασιών ελέγχου της κατάστασης εξοπλισμού Γ.Μ.
- Αξιολόγηση στατιστικών βλαβών εξοπλισμού Γ.Μ.-Υποσταθμού και συσσωρευμένης εμπειρίας σχετικά με την κατάστασή του.
- Δημιουργία αξιόπιστης βάσης δεδομένων με λεπτομερή στοιχεία συντηρήσεων, βλαβών και ελέγχων, με στόχο το βέλτιστο προγραμματισμό συντηρήσεων βασισμένο στην κατάσταση του εξοπλισμού Γ.Μ.-Υποσταθμών.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ Υ/Σ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ / ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

4.1 Εξοπλισμός υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ

Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικά τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται ο εξοπλισμός ενός υποσταθμού μεταφοράς καθώς και οι λειτουργίες που επιτελεί καθένα από αυτά.

4.1.1 Μετασχηματιστής (Μ/Σ)

Είναι το σημαντικότερο κομμάτι του Υ/Σ. Ο Μ/Σ είναι μια ηλεκτρική μηχανή με σταθερά μέρη. Περιλαμβάνει δύο πηνία για κάθε φάση, τα οποία είναι μεταξύ τους ηλεκτρικά ανεξάρτητα και μαγνητικά συζευγμένα. Χρησιμοποιείται για την ανύψωση ή τον υποβιβασμό της τάσης. Το τύλιγμα που τροφοδοτεί ονομάζεται πρωτεύον και αυτό από το οποίο «παραλαμβάνεται» η ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη τάση ονομάζεται δευτερεύον. Αν στο πρωτεύον η τάση είναι V_1 , η ένταση του ρεύματος I_1 και ο αριθμός σπειρών N_1 και τα αντίστοιχα μεγέθη του δευτερεύοντος είναι V_2 , I_2 , N_2 , τότε ισχύει:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = \kappa, \text{ λόγος μετασχηματισμού}$$

Τα κατασκευαστικά μέρη ενός μετασχηματιστή αναλυτικότερα είναι τα παρακάτω :

- Το δοχείο του Μ/Σ που περικλείει τον πυρήνα, τα τυλίγματα και λάδι
- Οι μονωτήρες Υ.Τ. και Μ.Τ. που χρησιμεύουν για την ασφαλή διέλευση του ρεύματος Υ.Τ.
- Το δοχείο διαστολής που χρησιμεύει για να δέχεται την αύξηση του όγκου του λαδιού όταν αυτό θερμαίνεται ενώ λειτουργεί ο Μ/Σ.
- Το ψυγείο του λαδιού που χρησιμεύει για την ψύξη του λαδιού. Όταν τα τυλίγματα του Μ/Σ διαρρέονται από ρεύμα εκλύεται λόγω του φαινομένου Joule θερμότητα (απώλειες χαλκού). Επίσης θερμότητα εκλύεται και από τον πυρήνα, λόγω κυκλοφορίας μέσα σ' αυτόν δυνάμει (απώλειες σιδήρου). Πρέπει η εκλυόμενη θερμότητα να αποβάλλεται στο περιβάλλον για να μην υπερβαίνει η θερμοκρασία του Μ/Σ επικίνδυνες τιμές. Σε αυτό συνεισφέρει το μονωτικό λάδι που χρησιμεύει ως ψυκτικό μέσο. Για την καλύτερη απαγωγή της παραγόμενης θερμότητας

τοποθετούνται εξωτερικά του δοχείου του Μ/Σ ψυγεία που διαθέτουν εκτεταμένες επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας.



Σχήμα Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..1 : Μετασχηματιστής με μονωτικά λάδια [ΔΕΗ Α.Ε.]

Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οι Μ/Σ χρησιμοποιούνται συνήθως για να μετατρέπουν ή να υποβιβάζουν την τάση από ένα υψηλό επίπεδο σε ένα χαμηλότερο. Αυτοί ονομάζονται Μ/Σ διανομής και ισχύος. Υπάρχουν βέβαια και Μ/Σ που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και τη λειτουργία των διατάξεων προστασίας και ελέγχου. Αυτοί ονομάζονται Μ/Σ μετρήσεων. Οι Μ/Σ είναι τα πιο ζωτικά εξαρτήματα σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο και κατά συνέπεια σε έναν υποσταθμό. Παρόλα αυτά επειδή οι σύγχρονες εγκαταστάσεις περιέχουν εξειδικευμένα συστήματα προστασίας που εξασφαλίζουν έναν αυτόματο τρόπο λειτουργίας και ελέγχου, συχνά οδηγούν σε εγκατάλειψη και παραμέληση των Μ/Σ. αν όμως συμβεί ένα σφάλμα σε έναν Μ/Σ, αυτό είναι συνήθως αρκετά σοβαρό και απαιτείται εκτενής επισκευή και μεγάλος χρόνος διακοπής. Για αυτόν ακριβώς το λόγο είναι απαραίτητο να διεξάγεται σε τακτά χρονικά διαστήματα μια λεπτομερής και εξονυχιστική συντήρηση για να υπάρχει ένα υψηλό ποσοστό αξιοπιστίας και συνεχούς λειτουργίας [20].

Η επιλογή ενός μετασχηματιστή γίνεται με βάση τα ονομαστικά του μεγέθη. Παρατίθενται τα κυριότερα από αυτά :

1. Τα μεγέθη τα οποία δίνονται επί της πλάκας του κατασκευαστή
2. Η ονομαστική ικανότητα ενός μετασχηματιστή. Πρόκειται για την ισχύ στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος. Φαίνεται στην πλάκα και εκφράζεται σε Kilovoltamperes (kVA)

3. Η ονομαστική πρωτεύουσα τάση: η τάση η οποία φαίνεται στην πλάκα. Εάν το πρωτεύον είναι εφοδιασμένο με ενδιάμεσες λήψεις (taps), οι ονομαστικές ενδιάμεσες τάσεις φαίνονται ιδιαίτερα

4. Η ονομαστική δευτερεύουσα τάση: η τάση στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή με υπό κενό φορτίο. Εάν το δευτερεύον τύλιγμα είναι εφοδιασμένο με ενδιάμεσες λήψεις (taps), οι ονομαστικές ενδιάμεσες τάσεις φαίνονται ιδιαίτερα.

5. Τα ονομαστικά ρεύματα του μετασχηματιστή, πρωτεύον και δευτερεύον, φαίνονται επί της πλάκας αυτού και υπολογίζονται με βάση τις ονομαστικές τιμές της ισχύος και τάσεως. Θεωρείται η παραδοχή ότι η ισχύς του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι η ίδια.

4.1.1.1 Παράλληλη Λειτουργία Μετασχηματιστών

Δύο ή περισσότεροι μετασχηματιστές είναι συνδεδεμένοι παράλληλα όταν τόσο τα πρωτεύοντα όσο και τα δευτερεύοντα τυλίγματα τους είναι συνδεδεμένα κατ' αυτόν τον τρόπο. Η παράλληλη σύνδεση καθίσταται αναγκαία για δύο λόγους:

1. Για αύξηση φορτίου σε υπάρχουσα εγκατάσταση
2. Για απόκτηση εφεδρείας σε περίπτωση ευπαθούς φορτίου που δεν ανέχεται διακοπή.

Για να είναι παράλληλη η λειτουργία των μετασχηματιστών υπό ιδανικές συνθήκες, πρέπει να εκπληρώνονται οι παρακάτω όροι:

1. Οι σχέσεις τάσεων γραμμών τους πρέπει να είναι οι ίδιες ή περίπου ίδιες
2. Οι ΜΣ πρέπει να έχουν την ίδια μετάθεση φάσεων μεταξύ τάσεων γραμμών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος
3. Η ακολουθία των φάσεων να είναι η ίδια
4. Να έχουν την ορθή πολικότητα κατά τις συνδέσεις
5. Οι ισοδύναμες σύνθετες αντιστάσεις αυτών (μέτρα) να είναι αντιστρόφως ανάλογες προς τις ονομαστικές ικανότητες αυτών σε KVA ή τα ονομαστικά ρεύματα αυτών.

4.1.1.2 Τοπικά Μεγέθη Μετασχηματιστών

Οι εγκαταστημένοι σήμερα Μ/Σ ΥΤ / ΜΤ, εάν είναι παλιάς προελεύσης έχουν ονομαστική μέση τάση 15,75KV ή 23KV (στην Περιφέρεια Αττικής), ενώ οι νεότεροι έχουν 15,75KV και 21KV ή μόνο 21KV. Όλες οι παραγγελίες νέων Μ/Σ γίνονται με πρόβλεψη δευτερεύουσας διπλής τάσεως, δηλαδή 15,75KV και 21KV, εντός των Μ/Σ περιοχής πρωτεύουσας που δεν χρησιμοποιείται η τάση των 15,75KV, καθώς και άλλων ειδικών περιπτώσεων όπου η παραγγελία γίνεται μόνο με πρόβλεψη δευτερεύουσας 21KV. Καταβάλλεται προσπάθεια από το Διαχειριστή Δικτύου ώστε να ολοκληρωθεί η μετάβαση

στα δίκτυα ΜΤ διανομής από 15KV στα 20KV τόσο για λόγους οικονομικής λειτουργίας όσο και για την αποφυγή παραγγελιών Μ/Σ ΥΤ/ ΜΤ με διπλή δευτερεύουσα τάση που έχει σαν συνέπεια την αύξηση του κόστους τους.

Οι Μ/Σ μπορούν γενικά να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, (1) ανάλογα με το είδος της μόνωσης και (2) ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους : σε αυτούς που έχουν το λάδι σαν μονωτικό μέσο και σε αυτούς που είναι ξηρού τύπου [20].

4.1.2 Διακόπτες Ισχύος

Οι διακόπτες ισχύος, ή αυτόματοι διακόπτες είναι τα μέσα με τα οποία πραγματοποιείται η διακοπή των βραχυκυκλωμάτων στα ηλεκτρικά δίκτυα μεταφοράς και διανομής. Ο ρόλος που διαδραματίζουν λοιπόν στην προστασία του δικτύου και την ταχεία αποκατάσταση της ομαλής λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης είναι πολύ σημαντικός. Επίσης χρησιμοποιούνται για τους συνήθεις χειρισμούς του δικτύου, δηλαδή τις ζεύξεις και αποζεύξεις των γραμμών, των μετασχηματιστών, των γεννητριών κ.λπ.



Σχήμα Ошибка! Используйте вкладку "Главная" для применения StyleHeading 1 к тексту, который должен здесь отображаться..2 : Διακόπτες Λαδιού (Πηγή : ΔΕΗ ΑΕ)

Το μέγεθος της ισχύος βραχυκυκλώσεως, την οποία μπορεί να διακόψει ο διακόπτης και ο χρόνος διακοπής, αποτελούν δύο βασικά χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος. Επίσης, ο χρόνος λειτουργίας του διακόπτη είναι εξαιρετικής σημασίας, για τα μεγάλα κυρίως δίκτυα

διότι προστιθέμενος στο χρόνο λειτουργίας της προστασίας, από την οποία παίρνει την εντολή, δίνει το χρόνο εκκαθαρίσεως του σφάλματος, ή διατηρήσεως της ανωμαλίας στο σύστημα. Το σημαντικότερο καθήκον του διακόπτη είναι η διακοπή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως, γι' αυτό και η ικανότητα διακοπής, ένα από τα σπουδαιότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά του διακόπτη πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την ισχύ βραχυκύκλωσης του δικτύου στη θέση του διακόπτη.

Οι διακόπτες βασικά 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 απλό σωληνοειδές, ένας μηχανισμός φορτισμένου ελατηρίου, υδραυλικός μηχανισμός, μηχανισμός πνευματικός ή μικτός υδραυλικοπνευματικός. Όταν απαιτείται διακοπή του κυκλώματος ο μηχανισμός κινεί και απομακρύνει τις επαφές, μεταξύ των οποίων σχηματίζεται ένα ηλεκτρικό τόξο. Κύριο καθήκον λοιπόν του διακόπτη είναι να σβήσει 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 αερίου μονωτικού μέσου, το οποίο χαρακτηρίζει και τον τύπο του διακόπτη. Έτσι οι κυριότεροι τύποι διακοπών ισχύος υψηλής και μέσης τάσεως είναι οι εξής :

- Ελαίου
- Πτωχού ελαίου
- Πεπιεσμένου αέρα
- Εξαφθοριούχου θείου (SF₆)
- Κενού

4.1.3 Ζυγοί

Ένας υποσταθμός ηλεκτρικής ισχύος συνίσταται από εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα. Συγχρόνως οι αυτοματοποιημένες αυτές διατάξεις και τα μέσα προστασίας τα οποία τοποθετούνται σε κατάλληλα σημεία του συστήματος, επιτρέπουν τη ροή ενέργειας σε εναλλακτικές οδούς και έτσι συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ένας υποσταθμός μπορεί να συνδυασθεί με έναν σταθμό γεννήτριας ή με μετασχηματιστές ισχύος, οι οποίοι μετατρέπουν την τάση παροχής σε υψηλότερο ή χαμηλότερο επίπεδο, ή να συνδέσει έναν αριθμό οδών παροχής στο ίδιο επίπεδο τάσης. Μία ή και περισσότερες από αυτές τις

δυνατότητες μπορούν να εφαρμοσθούν σε κάθε υποσταθμό, ο οποίος βασικά αποτελείται από έναν αριθμό κυκλωμάτων, είτε εισερχόμενα είτε εξερχόμενα, συνδεδεμένα σε ένα κοινό ζυγό.

Ένας υποσταθμός ηλεκτρικής ισχύος συνίσταται από εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα. Συγχρόνως οι αυτοματοποιημένες αυτές διατάξεις και τα μέσα προστασίας τοποθετούμενα σε κατάλληλα σημεία του συστήματος, επιτρέπουν τη ροή ενέργειας σε εναλλακτικές οδούς και έτσι συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ένας υποσταθμός μπορεί να συνδυασθεί με έναν σταθμό γεννήτριας ή με μετασχηματιστές ισχύος, οι οποίοι μετατρέπουν την τάση παροχής σε υψηλότερο ή χαμηλότερο επίπεδο, ή να συνδέσει έναν αριθμό οδών παροχής στο ίδιο επίπεδο τάσης. Μία ή και περισσότερες από αυτές τις δυνατότητες μπορούν να εφαρμοσθούν σε κάθε υποσταθμό, ο οποίος βασικά αποτελείται από έναν αριθμό κυκλωμάτων, είτε εισερχόμενα είτε εξερχόμενα, συνδεδεμένα σε ένα κοινό ζυγό.

Στους Υποσταθμούς όπου οι ζυγοί αποτελούν ή προορίζονται να αποτελέσουν μελλοντικά σημαντικούς κόμβους λειτουργίας του Συστήματος, επιβάλλεται από την αρχή η κατασκευή ή πρόβλεψη δυνατότητας κατασκευής διπλών ή τριπλών ζυγών λειτουργίας, που σε συνδυασμό με μία ή δύο κυψέλες (με διακόπτες ζεύξεως ζυγών) επιτρέπουν:

- Ελαστικότητα συνδυασμών διασυνδέσεως λειτουργίας.
- Αυξημένες δυνατότητες εκτελέσεως συντήρησης και επισκευών.
- Δυνατότητα κατανομής της συνδέσεως των γραμμών, των μετασχηματιστών και των μονάδων παραγωγής στους πολλαπλούς ζυγούς λειτουργίας, ώστε σε περιπτώσεις σφαλμάτων ζυγών τα στοιχεία των δικτύων που τίθενται εκτός τάσεως να περιορίζονται σημαντικά.
- Μείωση της στάθμης βραχυκυκλώσεως κάτω από ορισμένες συνθήκες όπου αυτό είναι απαραίτητο.
- Δυνατότητα αντικαταστάσεως κάτω από ορισμένες συνθήκες του διακόπτη οποιασδήποτε κυψέλης με ένα διακόπτη ζεύξεως ζυγών, μετά από διακοπή ή ακόμη χωρίς διακοπή, εφόσον προβλεφθεί από την αρχή κατάλληλη δυνατότητα.

Όπως όμως είναι προφανές η πολυπλοκότητα του σχήματος των ζυγών αυξάνει, εκτός από το κόστος και την πιθανότητα βλάβης, πράγμα βέβαιο που εξαρτάται και από την κατασκευαστική τους διαμόρφωση. Είναι χαρακτηριστικό ότι η βελτίωση της ποιότητας του υλικού (και συνεπώς της συχνότητας των βλαβών) ωθεί τα τελευταία χρόνια προς απλούστερα σχήματα ζυγών, ιδίως στη ΜΤ. Στους Υποσταθμούς, όπου οι ζυγοί δεν αποτελούν ή δεν προορίζονται να αποτελέσουν μελλοντικά σημαντικούς κόμβους

λειτουργίας του Συστήματος, αρκεί η κατασκευή απλών ζυγών λειτουργίας με δυνατότητα προσθήκης ζυγών μεταγωγής (TRANSFER). Στους παλαιούς Υ/Σ όπου έχουν χρησιμοποιηθεί έμβολα τεχνητού σφάλματος για την προστασία των Μ/Σ 150 KV/ Μ.Τ., γίνεται σταδιακά προσπάθεια αντικατάστασης τους με διακόπτες ισχύος. Σε ειδικές περιπτώσεις Υ/Σ που συνδέονται απευθείας με Γ.Μ. μεγαλύτερης σημασίας, προβλέπεται από την αρχή η εγκατάσταση κυπέλης ζεύξεως με αυτόματο διακόπτη, το ίδιο δε προβλέπεται και στις ζεύξεις ακτινικών Γ.Μ. που τροφοδοτούν ένα ή δύο ακραίους Υ/Σ και συνδέονται προσωρινά στους ζυγούς των Υ/Σ χωρίς διακόπτες.

Οι διατομές χάλκινων σωλήνων (μπάρες) που χρησιμοποιούνται για Ζυγούς είναι Φ 20/16 MM, Φ 30/24 MM, Φ 60/52 MM, Φ 80/70 MM, το δε μήκος τους είναι περίπου 6m. Στην πλευρά 150 KV χρησιμοποιούνται μπάρες Φ 30/24 MM, που επαρκούν από ηλεκτρική άποψη, όταν η απόσταση μεταξύ δύο στηριγμάτων είναι μικρότερη ή ίση των 6 m. Αν η απόσταση είναι μεγαλύτερη και μέχρι 8.5 m χρησιμοποιούνται μπάρες Φ 60/52 MM μόνο για λόγους μηχανικής αντοχής. Στην πλευρά 20 KV χρησιμοποιούνται για τους βοηθητικούς Ζυγούς μπάρες Φ 30/24 MM ανεξάρτητα από το μέγεθος του Μ/Σ ισχύος. Για όλους τους υπόλοιπους Ζυγούς, δηλαδή μεταξύ Μ/Σ και Κεντρικού Διακόπτη και για τους Κύριους Ζυγούς 20 KV χρησιμοποιούνται μπάρες Φ 30/24 MM για Μ/Σ 10/12.5 MVA, Φ 60/52 MM για Μ/Σ 20/25 MVA, Φ 80/70 MM για Μ/Σ 40/50 MVA. Η διανομή Φ 20/16 MM χρησιμοποιείται στα κατεβάσματα προς τους Μ/Σ τάσεως και τον Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας.

4.1.4 Αποζεύκτες

Οι αποζεύκτες μέσης τάσης μπορεί να είναι είτε τριπολικής είτε μονοπολικής αποζεύξεως. Οι τριπολικής αποζεύξεως χειρίζονται με κατάλληλο μηχανισμό, οπότε η κίνηση μεταδίδεται ταυτόχρονα και στις τρεις φάσεις. Οι αποζεύκτες μονοπολικής αποζεύξεως χειρίζονται με κατάλληλο μονωτικό κοντάρι. Οι επαφές του αποζεύκτη στηρίζονται σε μονωτήρες με κατάλληλο μήκος ερπυσμού και μορφής ανάλογα της τάσης λειτουργίας και του χώρου στον οποίο θα εγκατασταθεί (εξωτερικού ή εσωτερικού χώρου).

Η κινητή επαφή του αποζεύκτη είναι κατασκευασμένη από χάλκινη ορθογωνική ράβδο κατάλληλης διατομής ανάλογα με την ονομαστική ένταση του αποζεύκτη.

Στην κατηγορία του αποζεύκτη μέσης τάσης ανήκουν και οι ασφαλειοαποζεύκτες. Αυτοί τοποθετούνται μπροστά από μικρούς μετασχηματιστές ισχύος (μέχρι 250KVA περίπου) ή μετασχηματιστές οργάνων για την προστασία τους. Αντί της λεπίδας του αποζεύκτη υπάρχει η αποζευκτική ασφάλεια που μπορεί να χειρισθεί όπως και η λεπίδα του ΑΖ για απομόνωση

του μηχανήματος με κατάλληλο μονωτικό κοντάρι. Σε περίπτωση σφάλματος θα λιώσει το εσωτερικό τηκτό της ασφάλειας και θα διακοπεί το κύκλωμα.

4.1.5 Αλεξικέραυνα

Τα ΑΞ προστατεύουν τις γραμμές μεταφοράς και τα μηχανήματα των υποσταθμών από υπερτάσεις που προκαλούνται είτε από κεραυνούς είτε από διάφορους χειρισμούς στα μηχανήματα του συστήματος. Για την αποτελεσματική προστασία των μηχανημάτων πρέπει να υπάρχουν οι πιο κάτω βασικές απαιτήσεις:

1. Η στάθμη προστασίας σε κρουστικές τάσεις που παρέχεται από τα ΑΞ πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη αντοχή των μονώσεων του προστατευόμενου μηχανήματος. Η εκλογή της ονομαστικής κρουστικής εντάσεως των ΑΞ αποτελεί οικονομικό πρόβλημα που εξαρτάται από την ένταση των κεραυνών και από τη σπουδαιότητα του μηχανήματος που πρόκειται να προστατευθεί. Σε περίπτωση που θα χρειασθεί το ΑΞ να διοχετεύσει ρεύμα μεγαλύτερης εντάσεως τούτο θα καταστραφεί.

2. Η στάθμη προστασίας σε υπερτάσεις από χειρισμούς που παρέχεται από τα αλεξικέραυνα πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη αντοχή των μονώσεων του προστατευόμενου μηχανήματος. Η ονομαστική τάση του ΑΞ είναι η τάση στην οποία είναι υπολογισμένο να αντέχει αυτό συνέχεια. Όταν ο ουδέτερος είναι γειωμένος επιτρέπεται η χρήση ΑΞ που έχουν μικρότερη ονομαστική τάση από την ονομαστική πολική.

3. Τα ΑΞ πρέπει να διατηρούν τη μόνωσή τους σε υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας.

Τα χρησιμοποιούμενα στους υποσταθμούς ΑΞ είναι τύπου βαλβίδας και διακόπτουν το τόξο μόνα τους. Αποτελούνται από αντίσταση μεταβαλλόμενης τιμής σε σειρά με εσωτερικά πολλαπλά διάκενα. Αντίσταση εξομάλυνσης μεγάλης τιμής συνδέεται παράλληλα και χρησιμεύει στην κατανομή της τάσης κατά μήκος των κύριων στοιχείων.

Το συγκρότημα τοποθετείται μέσα σε μονωτήρα από πορσελάνη και κλείνεται στεγανά. Η είσοδος υγρασίας μέσα στο χώρο του μονωτήρα είναι καταστρεπτική για το ΑΞ. Τα ΑΞ πρέπει να έχουν τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση χαρακτηριστικά για να ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στον προορισμό τους.

4.1.6 Μονωτήρες

Τα διάφορα μηχανήματα των υποσταθμών για να απομονωθούν ηλεκτρικά από τα γειωμένα στοιχεία τοποθετούνται πάνω σε ειδικές μονωτικές διατάξεις που ονομάζονται μονωτήρες. Οι μονωτήρες διακρίνονται σε εξωτερικού χώρου και σε εσωτερικού χώρου.

Οι μονωτήρες που θα χρησιμοποιηθούν για τη στήριξη των μηχανημάτων εξωτερικού χώρου κατασκευάζονται από μονωτικό υλικό που να μην επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Τέτοιο υλικό είναι η πορσελάνη και το γυαλί. Γενικά η τάση διασπάσεως των μονωτήρων δεν προσδιορίζεται μόνο από τη βασική στάθμη μονώσεώς τους αλλά και από τη διηλεκτρική αντοχή της εξωτερικής επιφάνειάς τους. Αυτή πρέπει να είναι αυξημένη για την αντιμετώπιση της κατάστασης ρύπανσης. Μια μέση τιμή για χρησιμοποίηση του υπολογισμού του μήκους ερπυσμού σε περιοχές που υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης είναι 25 χιλ/kV ή 31 χιλ/ kV (RMS) πολιτικής τάσης.

Επίσης η μορφή της εξωτερικής επιφάνειας των μονωτήρων διαμορφώνεται έτσι ώστε αφ ενός μεν να υπάρχουν τμήματα που να προστατεύονται από τη ρύπανση, αφ ετέρου δε να διευκολύνεται ο καθαρισμός της επιφάνειας από τη βροχή.

Οι μονωτήρες που θα χρησιμοποιηθούν σε εσωτερικούς χώρους είναι πιο απλοί στην κατασκευή τους γιατί δεν υπάρχουν σοβαρά προβλήματα ρύπανσης. Μπορούν να κατασκευαστούν και από άλλα μονωτικά υλικά που δεν απορροφούν εύκολα υγρασία. Το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων αυτών είναι πολύ μικρότερο από το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων αντίστοιχης τάσης αλλά εξωτερικού χώρου.

4.1.7 Κυματοπαγίδες

Για την επικοινωνία του Κέντρου Κατανομής Φορτίου με τους σταθμούς παραγωγής και τους υποσταθμούς μεταφοράς του συστήματος, υπάρχει ειδικό τηλεφωνικό σύστημα που ονομάζεται σύστημα φερεσύχων (CARRIER), ο δε τρόπος λειτουργίας του σε γενικές γραμμές είναι ο εξής:

Σε σημείο της γραμμής μεταφοράς διαβιβάζεται ρεύμα χαμηλής τάσης και υψηλής συχνότητας από ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές, ενώ αντίστοιχοι δέκτες που βρίσκονται στους σταθμούς και τους υποσταθμούς μπορούν να το δεχτούν. Για την παρεμπόδιση της εισόδου του ρεύματος φερεσύχων στα μηχανήματα του υποσταθμού, τοποθετούνται κυματοπαγίδες (φίλτρα) που ενώ επιτρέπουν το πέρασμα του ρεύματος βιομηχανικής συχνότητας (50 Hz) εμποδίζουν το πέρασμα του ρεύματος υψηλής συχνότητας (έως 350 Hz) των φερεσύχων.

Οι κυματοπαγίδες αυτές πρέπει να παρουσιάζουν πρακτικά μηδενική αντίσταση στη συχνότητα των 50 Hz, να επιτρέπουν το πέρασμα του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος της γραμμής μέσα στα επιτρεπτά όρια θερμάνσεως και να μπορούν να συντονιστούν σε μια, ή δυο ή και ολόκληρο φάσμα υψηλών συχνοτήτων φερεσύχων.

Η υψηλή συχνότητα επικοινωνίας φτάνει μέχρι την κυματοπαγίδα χωρίς να μπορεί να περάσει από αυτή. Πριν από την κυματοπαγίδα με αγωγό οδηγείται σε πυκνωτή ζεύξεως, ή σε μετασχηματιστή τάσεως τύπου χωρητικού καταμεριστή που χρησιμεύει συγχρόνως και για τη σύνδεση του συστήματος φερεσύχων, όπου υποβιβάζεται η τάση. Στο άλλο άκρο του πυκνωτή παίρνουμε την υψηλή συχνότητα με χαμηλή τάση και οδηγείται σε ειδική κατασκευή που μετατρέπεται σε ακουστική.

4.1.8 Πυκνωτές

Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας συνεπάγεται την ταυτόχρονη κατανάλωση ενεργού και άεργης ενέργειας που και οι δυο μεταφέρονται με τα ηλεκτρικά δίκτυα μεταφοράς και διανομής. Κατά τη μεταφορά τόσο της ενεργού όσο και της άεργης ηλεκτρικής ενέργειας προκαλούνται ταυτόχρονες απώλειες ενεργού και άεργου ενέργειας και παρουσιάζονται και ταυτόχρονες πτώσεις τάσης.

Τα κυριότερα μέσα παραγωγής άεργης ισχύος είναι οι πυκνωτές μέσης τάσης. Αυτοί τοποθετούνται σε συστοιχίες στους υποσταθμούς υποβιβασμού της υψηλής τάσης, στην πλευρά της μέσης τάσης και στις γραμμές διανομής όσο το δυνατό πιο κοντά στα φορτία. Οι συστοιχίες των πυκνωτών πραγματοποιούνται συνήθως με σχηματισμό κατάλληλων ομάδων από μονοφασικές ομάδες μικρής ισχύος που συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά ή μεικτά. Οι συστοιχίες συνδέονται στο δίκτυο σε διάταξη αστέρα ή τριγώνου ανάλογα με τη τάση και το είδος του δικτύου. Σε γραμμές συνδεδεμένες κατά τρίγωνο ή γραμμές χωρίς γείωση χρησιμοποιούνται συνήθως συστοιχίες πυκνωτών συνδεδεμένες κατά τρίγωνο, ενώ σε γειωμένα συστήματα τεσσάρων αγωγών χρησιμοποιούνται συστοιχίες συνδεδεμένες κατά γειωμένο αστέρα [7, 20, 25].

4.2 Συντήρηση ενός υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ

Στο σημείο αυτό παρατίθενται αναλυτικά όλες οι επιθεωρήσεις και οι τρόποι συντήρησης όλων των εξαρτημάτων και μηχανημάτων ενός υποσταθμού Υ.Τ/Μ που αναφέρθηκαν παραπάνω. Περιλαμβάνονται επίσης και κάποιες εκτιμήσεις σε ότι αφορά τη συχνότητα των επιθεωρήσεων. Η προτεινόμενη συχνότητα συντήρησης εξαρτάται κυρίως από το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί ο υποσταθμός. Σε περιοχές με αυξημένη βιομηχανική μόλυνση ή σε παραθαλάσσιες περιοχές πρέπει να γίνονται επιθεωρήσεις σε διάστημα μεταξύ 6 εβδομάδων και 2 μηνών αλλά γενικότερα υπάρχουν μεγαλύτερα διαστήματα επιθεωρήσεων σε περιοχές με σχετικά πιο καθαρό περιβάλλον.

4.2.1 Μονωτήρες

Πρέπει να παρακολουθούνται τυχόν σημάδια μόλυνσης στην επιφάνειά τους ή φυσική φθορά (ράγισμα ή σπάσιμο). Κατά τη συντήρησή τους πρέπει να καθαρίζονται ή να αντικαθίστανται όταν διαπιστώνεται ότι είναι κατεστραμμένοι.

4.2.2 Αγωγοί

Πρέπει να ελέγχονται για τυχόν υπερθέρμανσεις στα σημεία σύνδεσης. Η υπερθέρμανση δημιουργείται στις κοχλιωμένες συνδέσεις όταν δεν είναι σφιγμένες αρκετά αποτέλεσμα του οποίου είναι η δημιουργία κηλίδων, κάτι που παρατηρείται ιδιαίτερα σε χάλκινους αγωγούς. Για τον έλεγχο της υπερθέρμανσης όταν ο υποσταθμός βρίσκεται σε λειτουργία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανιχνευτές υπερύθρων. Κατά τη διάρκεια μιας προληπτικής συντήρησης (όταν ο υποσταθμός είναι εκτός λειτουργίας) πρέπει να πραγματοποιείται έλεγχος για τη σωστή σύσφιξη των συνδέσεων.

4.2.3 Αποζεύκτες – Γειωτές

Οι αποζεύκτες χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν ορατά ανοίγματα ώστε να υπάρχει η ασφάλεια ότι το κύκλωμα στο οποίο θα πραγματοποιηθούν οι εργασίες θα παραμείνει απομονωμένο. Οι γειωτές χρησιμοποιούνται για τη γείωση του κυκλώματος κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Οι αποζεύκτες χειρίζονται χωρίς φορτίο και μπορεί να είναι μανδαλωμένοι ηλεκτρικά με διακόπτες φορτίου ή ισχύος. Μεταξύ αποζεύκτη και γειωτή υπάρχει μηχανική μανδάλωση

που αποτρέπει το ταυτόχρονο κλείσιμό τους. Οι αποζεύκτες είναι κατασκευασμένοι ώστε να αντέχουν στα ρεύματα σφαλμάτων. Αν υπάρχει έστω και η υπόθεση ότι ο αποζεύκτης έφερε μεγάλο ρεύμα βραχυκύκλωσης, πρέπει να γίνει σε αυτόν μια επιθεώρηση το συντομότερο δυνατό. Και αυτό γιατί μπορεί να μειωθεί η ικανότητα του να φέρει το ονομαστικό ρεύμα φόρτισης ή τα ρεύματα σφάλματος.

Πιο συγκεκριμένα ακόμα κατά τη συντήρησή τους ελέγχονται τα παρακάτω:

Κατά τη συντήρηση ενός αποζεύκτη- γειωτή ελέγχονται τα παρακάτω:

- **Ίκτριώματα και μεταλλικές επιφάνειες:** Έλεγχος για διαβρώσεις- σκουριές, συσφίξεις όλων των κοχλιωμένων συνδέσεων και χρωματισμός στα σημεία που εμφανίζονται σκουριές.
- **Μονωτήρες :** Έλεγχος για μόλυνση ή φυσικές φθορές, για ίχνη από ηλεκτρικό τόξο, καθαρισμός των επιφανειών τους και αν χρειάζεται αντικατάσταση.
- **Κύριες και βοηθητικές επαφές :** Έλεγχος για διάβρωση, πυράκτωση, θλίψη και αντικατάσταση των διαβρωμένων ή καμένων. Καθαρισμός και λείανση με γυαλόχαρτο των επαφών με μικρή διάβρωση. Μέτρηση της αντίστασης διέλευσης επαφών.
- **Σύστημα μετάδοσης κίνησης :** Έλεγχος εξαρτημάτων, λίπανση των αρθρώσεων. Δοκιμαστικοί χειρισμοί για να ελεγχθεί η ταυτόχρονη προσέγγιση των μαχαιριών και η σωστή συναρμογή των επαφών.
- **Ηλεκτρικό κύκλωμα (αν υπάρχει) :** Έλεγχος καλής λειτουργίας του κινητήρα, κατάστασης ακροδεκτών , αντιστάσεων θέρμανσης και θερμοστάτη.
- **Μανδαλώσεις :** Έλεγχος των μανδαλώσεων (μηχανικών και ηλεκτρικών) και δοκιμαστικοί χειρισμοί.
- **Μηχανισμός χειρισμού :** Έλεγχος εξαρτημάτων, καθαρισμός, λίπανση.
- **Δοκιμαστικοί χειρισμοί (ηλεκτρικοί και μηχανικοί)**

4.2.4 Γειώσεις

Στη συντήρησή τους συμπεριλαμβάνονται : έλεγχος των συνδέσεων για διάβρωση, σύσφιξη των συνδέσεων, μέτρηση της αντίστασης γείωσης.

4.2.5 Περιβλήματα και περιφράξεις

Οι υποσταθμοί δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιούνται σαν αποθηκευτικοί χώροι. Θα πρέπει να αποθηκεύεται μόνο ο αναγκαίος εφεδρικός εξοπλισμός.

Επίσης πρέπει να γίνεται έλεγχος της περιφραξής και των προστατευτικών πλεγμάτων, καθώς και των θυρών.

4.2.6 Συγκροτήματα διακοπών

Πρόκειται για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες: απόξευση, διακοπή, έλεγχο, μετρήσεις, προστασία. Τα συγκροτήματα διακοπών βρίσκονται σε μεταλλικά περιβλήματα κλειστά από όλες τις πλευρές και η πρόσβαση σε αυτά γίνεται από πόρτες ή καλύμματα που βγαίνουν.

Τα συγκροτήματα διακοπών συνδέονται με έναν ή περισσότερους Μ/Σ ισχύος που βρίσκονται κατά κύριο λόγο κοντά στις αναχωρήσεις των Μ/Σ και μπορεί να είναι εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Στα σύγχρονα βιομηχανικά συστήματα υπάρχει η τάση να χρησιμοποιούνται διαμερισματοποιημένα (metal-enclosed) ή μεταλλοενδεδυμένα (metal-glad) συγκροτήματα διακοπών τα οποία περιέχουν εκτός από τους διακόπτες ισχύος και άλλα εξαρτήματα όπως Μ/Σ έντασης και τάσης, ασφάλειες, ηλεκτρονόμοι (HN) προστασίας και άλλα βοηθητικά κυκλώματα για τη μέτρηση και τον έλεγχο.

Η συχνότητα συντήρησης εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και από τις συνθήκες λειτουργίας του συγκροτήματος, όπως ορίζει ο κατασκευαστής. Μία ετήσια επιθεώρηση του συγκροτήματος επιβάλλεται

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο διεξαγωγής των επιθεωρήσεων είναι:

- Προγραμματισμένες διακοπές.
- Οι διακοπές εκτάκτου ανάγκης.
- Οι περίοδοι μη φυσιολογικών συνθηκών λειτουργίας.
- Η εμφάνιση σφαλμάτων.
- Οι ακραίες καιρικές συνθήκες.
- Ο αριθμός των χειρισμών.

Παρατίθενται παρακάτω τα υπό συντήρηση μέρη των συγκροτημάτων διακοπών.

4.2.6.1 Περιβλήματα

Τα περιβλήματα έχουν σκοπό να αποτρέψουν την άμεση ή έμμεση επαφή των ενεργών τμημάτων με το προσωπικό που κάνει χειρισμούς και να προστατέψουν τον εξοπλισμό από την υγρασία και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Μια τακτική επιθεώρηση και συντήρηση στα περιβλήματα θα αποτρέψει τη διάβρωση στα μεταλλικά τμήματα και την εμφάνιση σφαλμάτων στους διακόπτες και τους Μ/Σ και στα κυκλώματα ελέγχου και προστασίας. Τα

περιβλήματα πρέπει να είναι κλειστά από όλες τις πλευρές για να αποφεύγεται η είσοδος τρωκτικών.

Κατά την επιθεώρηση πρέπει να ελέγχεται η ύπαρξη υγρασίας (σταγόνες) ή για σημάδια από υγρασία που έχει προηγηθεί (ίχνη από σκόνη, ίχνη ιζήματος, εκτεταμένη σκουριά, κ.α) και πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την απομάκρυνσή της. Η υγρασία παρουσιάζεται από υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα όταν η θερμοκρασία σε κάποια επιφάνεια που έρχεται σε επαφή πέσει κάτω από το σημείο δρόσου.

Πολλά συγκροτήματα διακοπών έχουν θερμοαντήρες για να αποτρέψουν το σχηματισμό υγρασίας. Θα πρέπει να ελέγχονται αν είναι σε καλή κατάσταση και αν λειτουργούν σωστά. Αν οι θερμοαντήρες ελέγχονται με θερμοστάτες σε αυτούς πρέπει να γίνεται έλεγχος των ρυθμίσεων και της καλής λειτουργίας τους.

4.2.6.2 Μονώσεις

Τα συστήματα μόνωσης στα συγκροτήματα διακοπών είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να αντέχουν για 20 έως 30 χρόνια, υπό την προϋπόθεση ότι γίνεται η απαραίτητη συντήρηση. Η κύρια αιτία φθοράς της μόνωσης είναι ο συνδυασμός της υγρασίας και σκόνης που δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για ηλεκτρικές διαπηδήσεις. Οι ηλεκτρικές διαπηδήσεις αφήνουν ίχνη στη μόνωση και την καταστρέφουν. Οι μονωμένες επιφάνειες πρέπει να ελέγχονται και να καθαρίζονται σε τακτικά χρονικά διαστήματα από τη σκόνη και τη βρωμιά που επικάθεται πάνω σε αυτές.

Όσον αφορά στις **ηλεκτρικές καταπονήσεις** εμφανίζονται στις επιφάνειες των μονωτικών στοιχείων σαν διάβρωση από φαινόμενο κορώνα ή σαν ίχνη από άνθρακα. Το φαινόμενο κορώνα στα συγκροτήματα διακοπών παρουσιάζεται στα μικρά διάκενα που υπάρχουν ανάμεσα στους ζυγούς υψηλής τάσης και στις γειτονικές του μονώσεις ή μεταξύ δύο γειτονικών μονωτήρων. Παρατηρείται ακόμη και γύρω από τις όχι καλά μονωμένες βίδες και σε αιχμηρές προεξοχές. Η φθορά από το φαινόμενο κορώνα σε οργανικά μονωτικά υλικά εμφανίζεται σαν μια άσπρη σκόνη. Το ίζημα αυτό θα πρέπει να απομακρύνεται με κατάλληλους διαλύτες. Σε μερικά υλικά φαίνεται σαν ξύλο φαγωμένο από σαράκι. Αν η διάβρωση του μονωτικού δεν έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό, μπορεί να επισκευαστεί. Τα ίχνη στη μόνωση δημιουργούνται από ηλεκτρικές εκκενώσεις μεταξύ φάσεων ή φάσης- γης και έχουν συνήθως τη μορφή κλαδιών δέντρου. Τα ίχνη σε οργανικά υλικά αφήνουν και υπολείμματα άνθρακα. Σε ανόργανα υλικά τα ίχνη απομακρύνονται ολοκληρωτικά με καθαρισμό, αν δεν έχει προκληθεί κάποια σοβαρή βλάβη. Σε ανόργανα υλικά η διάβρωση είναι ανάλογη με την ένταση της εκκένωσης και από τη διάρκεια της έκθεσης σε αυτή. Αν η

ζημιά δεν είναι σοβαρή μπορεί να επιδιορθωθεί τρίβοντας την επιφάνεια με γυαλόχαρτο και στη συνέχεια επικαλύπτοντας την με ειδικό βερνίκι.

Ένα επιπλέον θέμα που χρίζει ελέγχου είναι η παρατεταμένη έκθεση των οργανικών μονωτικών υλικών σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις κανονικές και αυτό διότι οι συνθήκες αυτές επιταχύνουν τη φυσική τους φθορά με αποτέλεσμα να μειωθεί και η μηχανική αντοχή τους. Θερμά σημεία (hot spots) δημιουργούνται από χαλάρωση των κοχλιωμένων συνδέσεων στους ζυγούς, από τη δημιουργία κενού χώρου (dead air) στις συνδέσεις των αγωγών, κ.α.. Οι υψηλές θερμοκρασίες πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν με άμεσο τρόπο.

Πίνακας 5.1 : Τυποποιημένα είδη γραμμών μεταφοράς

| | | |
|--------------------|-----------|--|
| Περιβλήματα | Έλεγχος | Μεταλλικές επιφάνειες για υγρασία-σκουριές |
| | | Ανοιγμάτων αερισμού για φθορές στα προστατευτικά πλέγματα |
| | | Θυρών, κλειδαριών, μηχανικών, μανδαλώσεων |
| | Συντήρηση | Απομάκρυνση υγρασίας |
| | | Χρωματισμός σκουριασμένων επιφανειών |
| | | Λίπανση του μηχανισμού μηχανικής μανδάλωσης, κλειδαριών, θυρών |
| Θέρμανση | Έλεγχος | Θερμαντήρων και θερμοστατών για καλή λειτουργία |
| Εξαερισμός | Έλεγχος | Φίλτρων , Θυρίδων αερισμού |
| | Συντήρηση | Καθαρισμός φίλτρων |
| Φωτισμός | Έλεγχος | Φωτιστικών και κυκλωμάτων για σωστή λειτουργία |
| Μόνωση | Έλεγχος | Για υγρασία |
| | | Για διάβρωση από ηλεκτρικά τόξα |
| | | Για θερμική καταστροφή |
| | Συντήρηση | Απομάκρυνση υγρασίας |
| | | Καθαρισμός ιζήματος και των ιχνών από άνθρακα |
| | | Αντικατάσταση των |

Συνήθως εντοπίζονται από τις φθορές που προκαλούν:

- Κηλίδωση –συνήθως ένα μαύρισμα- των υλικών.
- Ραγίσματα, σπασίματα και ξεφλούδισμα των βαμμένων επιφανειών.
- Οι ταινίες και οι μονώσεις των καλωδίων γίνονται εύθραυστες.
- Προκαλείται διαχωρισμός σε στρώματα.
- Εμφανίζεται μια γενική απανθράκωση στα υλικά.
- Η μόνωση εκκρίνει ουσίες από το εσωτερικό της, λιώνει, ή δημιουργεί μια παχύρρευστη μάζα.

Τα μονωτικά υλικά που έχουν υποστεί καταστροφή, πρέπει να αντικαθίστανται. Κάποια φθορά ελαφριάς μορφής είναι επιτρεπτή. Θα πρέπει όμως να διορθώνεται γρήγορα το αίτιο που προκαλεί την υπερθέρμανση.

4.2.7 Διακόπτες

Οι διακόπτες κυκλωμάτων εμφανίζονται σε συγκροτήματα διακοπών και είναι, είτε διακόπτες ισχύος, είτε διακόπτες φορτίου. Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται στη μέση τάση. Οι διακόπτες προλαβαίνουν ένα σφάλμα που δημιουργείται στο κύκλωμα, περιορίζοντας τις συνέπειες του στον υπόλοιπο εξοπλισμό. Η αποτυχία ενός διακόπτη να αποζεύξει ένα σφάλμα μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που προστατεύει. Πριν ξεκινήσει η οποιαδήποτε εργασία συντήρησης, το προσωπικό θα πρέπει να προμηθεύεται και να διαβάζει προσεκτικά τα εγχειρίδια με τις οδηγίες των κατασκευαστών. Πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα προφύλαξης για να είναι σίγουρο, ότι ο διακόπτης είναι απενεργοποιημένος και ότι το κύκλωμα με το οποίο είναι συνδεδεμένος είναι σωστά ασφαλισμένο. Όλα τα κυκλώματα ελέγχου καθώς και οι μηχανισμοί επαναφοράς θα πρέπει να είναι απενεργοποιημένοι. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες διακοπών ισχύος: διακόπτες ισχύος με αέρα, με κενό, με λάδι, με SF6.

4.2.7.1 Διακόπτες Αέρος

Πρέπει να γίνεται καθαρισμός των μονωμένων επιφανειών καθώς και ένας έλεγχος για φαινόμενα κορώνας, για ίχνη από τόξο και για θερμική καταστροφή.

Το σημαντικό έργο που επιτελούν οι διακόπτες ισχύος εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τη σωστή λειτουργία των επαφών τους. Οι διακόπτες αέρος έχουν τουλάχιστον δύο ξεχωριστά σύνολα επαφών σε κάθε πόλο, τις κύριες επαφές και τις επαφές τόξου. Μερικοί

έχουν και ένα ενδιάμεσο ζεύγος επαφών, που ανοίγει μετά τις κύριες επαφές και πριν τις επαφές τόξου. Όταν κλείνει ένας διακόπτης, πρακτικά, όλο το ρεύμα φόρτισης περνά από τις κύριες επαφές. Έτσι σε μεγάλες υπερφορτίσεις ή σε βραχυκύκλωμα, το ρεύμα περνά ανάμεσα από αυτές. Μια μεγάλη τιμή της αντίστασης διέλευσης των επαφών, θα δημιουργήσει οπές στις επιφάνειές τους, επικάθιση ξένων υλικών ή θα προκαλέσει μια μείωση στην αντοχή του ελατηρίου τους. Κάτι τέτοιο θα προκαλέσει τη διέλευση μεγάλου ρεύματος από τις επαφές του τόξου, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και το κάψιμο τους.

Οι επαφές τόξου ανοίγουν τελευταίες με αποτέλεσμα να έχουμε εκεί τη δημιουργία τόξου. Κατά τη διακοπή των κυκλωμάτων, αυτές είναι που φέρουν στιγμιαία το ρεύμα, που πολλές φορές μπορεί να είναι ίσο με το ονομαστικό ρεύμα απόζευξης του διακόπτη. Κατά τη ζεύξη σε βραχυκύκλωμα, μπορεί στιγμιαία να μεταφέρουν ρεύμα αρκετά μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα απόζευξης. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει απόλυτη επαφή μεταξύ τους. Σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να καούν κατά τη διάρκεια διακοπής μεγάλων σφαλμάτων. Στους διακόπτες ισχύος βεβιασμένης ροής, το τόξο απομακρύνεται γρήγορα με τη βοήθεια ενός πεδίου βεβιασμένης ροής αέρα και το επιμηκύνει προς τα κέρατα που βρίσκονται στο θάλαμο σβέσης. Οι επαφές τόξου είναι αναλώσιμες και θα πρέπει να έχουν φθαρεί αρκετά, για να είναι απαραίτητη η αντικατάστασή τους.

4.2.7.1.1 Συντήρηση Επαφών

Οι **γενικοί κανόνες** για τη συντήρηση των επαφών, όλων των τύπων διακοπών ισχύος είναι οι εξής:

- α. Να διατηρούνται καθαρές και σωστά ευθυγραμμισμένες.
- β. Να διατηρείται η πίεση σταθερή, όπως περιγράφουν οι κατασκευαστές.

Οι επιφάνειες των κύριων επαφών πρέπει να είναι καθαρές και γυαλισμένες. Παρόλα αυτά ο αποχρωματισμός των επαργυρωμένων επαφών δεν είναι επιβλαβής, εκτός αν προκαλείται από μονωτικό ίζημα, το οποίο και θα πρέπει να απομακρύνεται. Ελαφρά αποτυπώματα στις σταθερές επαφές μπορεί να προκαλούνται από τις πιέσεις ή τα κτυπήματα των κινούμενων επαφών. Μικρές επιφανειακές ανωμαλίες ή κοιλώματα είναι επιτρεπτές, ενώ κάποιες προεξοχές στην επιφάνεια μπορούν να απομακρυνθούν με λείανση. Όταν υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις υπερθέρμανσης, που φαίνονται π.χ από τις κηλίδες στο μέταλλο και στη μόνωση, οι επαφές και το συγκρότημα του ελατηρίου θα πρέπει να αντικαθίστανται.

Οι κινούμενες επαφές του διακόπτη όπως και οι σταθερές επαφές, πρέπει να καθαρίζονται και να επιθεωρούνται για σημάδια υπερθέρμανσης, για τη σωστή ευθυγράμμιση τους καθώς και για σπασμένα ή φθαρμένα ελατήρια. Οι επιφάνειες των επαφών θα πρέπει να

επικαλύπτονται ελαφρά και με λιπαντικό. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει μόνο αν αποσυναρμολογηθεί ο διακόπτης (ειδικά για τους διακόπτες κενού, λαδιού και SF6 που δεν είναι προσιτές οι επαφές).

Οι επαφές από σφυρηλατημένο χαλκό ή τύπου ψήκτρας που υπάρχουν σε παλιότερους διακόπτες πρέπει να αντικαθίστανται κάθε φορά που καίγονται. Μπορούν να λειανθούν με μια λίμα, για να απομακρυνθούν τα εξογκώματα και για να επανέλθουν, όσο είναι δυνατό, στο αρχικό τους σχήμα. Για να είναι ικανοποιητική η λειτουργία του διακόπτη, θα πρέπει να αναπληρώνονται όταν καίγονται αρκετά ή όταν καίγεται η επιφάνειά τους κατά το ήμισυ. Εντούτοις, η μικρή πίεση στις επαφές, που προκαλείται από τη διάβρωση ή την επανειλημμένη λείανση, μπορεί να δημιουργήσει υπερθέρμανση ή να παρεμποδίσει τη λειτουργία των επαφών τόξου.

4.2.7.1.2 Λειτουργικός χειρισμός για το σύγχρονο κλείσιμο και άνοιγμα των επαφών

Πρέπει να πραγματοποιείται το κλείσιμο του διακόπτη χειροκίνητα, για να ελεγχθεί η πίεση των ελατηρίων, η ευθυγράμμιση των επαφών και για να είναι σίγουρο ότι όλες οι επαφές κλείνουν ταυτόχρονα. Ειδικότερα για τους διακόπτες λαδιού, κενού και SF6 που οι επαφές δεν είναι ορατές, ο έλεγχος για το ταυτόχρονο κλείσιμο των επαφών γίνεται ελέγχοντας την απόσταση του διακένου μεταξύ των σταθερών και των κινούμενων επαφών (στην ανοικτή θέση “OPEN” του διακόπτη).

4.2.7.1.3 Μονάδα διακοπής του τόξου (θάλαμος σβέσης τόξου)

Οι σύγχρονοι θάλαμοι σβέσης των διακοπών ισχύος με βεβαιωμένη ροή αέρα, κατασκευάζονται μόνο από ανόργανα υλικά. Τέτοια υλικά ενισχύουν το στόμιο του θαλάμου και απαρτίζουν τους δίσκους ή αλλιώς πτερύγια του θαλάμου που ενεργούν έτσι ώστε να ψύχουν και να επιμηκύνουν το τόξο. Τα μεμονωμένα τμήματα του θαλάμου παραμένουν κατά μήκος των επαφών. Κατά τη διάρκεια που οι επαφές είναι ανοικτές, αυτά τα μονωμένα τμήματα εκτίθενται σε πλήρες δυναμικό κατά μήκος του διακόπτη. Η δυνατότητα να αντέχει η μόνωση σε ένα τέτοιο δυναμικό, εξαρτάται από τη συντήρηση που γίνεται σε αυτή. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται για να διατηρείται το συγκρότημα του θαλάμου στεγνό. Τα περισσότερα υλικά δεν επηρεάζονται τόσο πολύ από την υγρασία, εκτός από τα κεραμικά υλικά, τα οποία έχουν το χαρακτηριστικό να απορροφούν νερό.

4.2.7.1.4 Επιθεώρηση - Συντήρηση

- Ο θάλαμος σβέσης πρέπει να επιθεωρείται κάθε φορά που επιθεωρούνται και οι επαφές (αποσυναρμολόγηση του διακόπτη). Να απομακρύνονται τα υπολείμματα βρωμιάς ή τα παράγωγα του τόξου με ένα πανί ή με άμμο. Να μην χρησιμοποιούνται συρματόβουρτσες ή πανιά που αφήνουν χνούδια, γιατί υπάρχει πιθανότητα να προσκολληθούν αγώγιμα σωματίδια στο κεραμικό υλικό.

- όταν γίνεται επιθεώρηση στο θάλαμο σβέσης θα πρέπει να γίνεται και ένας έλεγχος για :

- a) Σπασμένα ή Ραγισμένα μέρη : Μικρά σπασμένα κομμάτια του κεραμικού ή μικρά ραγίσματα δεν επηρεάζουν την απόδοση λειτουργίας του θαλάμου σβέσης

- b) Διάβρωση του κεραμικού : Όταν ένα τόξο έρχεται σε επαφή με το κεραμικό υλικό, η επιφάνεια του θα λιώσει ελαφρώς. Όταν μεγάλα ρεύματα από τόξα εμφανίζονται ξανά και ξανά, μπορεί να προκαλέσουν την εξαέρωση ενός τμήματος του κεραμικού. Όταν συμβαίνει αυτό, το κεραμικό υλικό θα πρέπει να αλλάζεται.

- c) Βρωμιά μέσα στο θάλαμο: Η διάταξη του φλογοκρύπτη γεμίζει από ακαθαρσίες, όταν λειτουργεί. Η σκόνη ή τα υπολείμματα από άνθρακα που κατακάθονται στο εσωτερικό των επιφανειών μπορούν να απομακρυνθούν με μια ηλεκτρική σκούπα ή σκούπισμα με καθαρά πανιά. Αυτά τα ιζήματα συσσωρεύονται στα προστατευτικά κεραμικά, κατά τη διάρκεια δημιουργίας του τόξου. Επίσης υπάρχουν και ιζήματα που προκαλούνται από την εξαέρωση των μεταλλικών επαφών και των επαφών του τόξου, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, τα οποία συσσωρεύονται κυρίως σε διακόπτες που εκτελούν πολλές επαναφορές στη Μ.Τ και στη Χ.Τ.

Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη βρωμιά που υπάρχει στις πλαστικές επιφάνειες κάτω από το κεραμικό προστατευτικό του τόξου. Πρέπει να καθαρίζεται από τα ίχνη άνθρακα ή άλλα μεταλλικά υπολείμματα που πιθανόν να υπάρχουν. Πολλές φορές χρειάζεται ένα μη αγώγιμο λειαντικό για τον καθαρισμό τους, που πρέπει όμως να γίνεται με προσοχή για να μην καταστραφεί. Η βρωμιά που εμφανίζεται στο κεραμικό προστατευτικό του θαλάμου, μπορεί να μη μειώσει τη διηλεκτρική αντοχή. Το παρακάτω τεστ διηλεκτρικής αντοχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν παράδειγμα για να αποφασίσει κανείς πότε πρέπει να γίνει ένας ολοκληρωμένος καθαρισμός: Οι φλογοκρύπτες μεταξύ της μπροστινής και της πίσω επαφής σε διακόπτες Μ.Τ πρέπει να αντέχουν τη μέγιστη κρουστική τάση για ένα λεπτό. Επίσης μερικοί κατασκευαστές προτείνουν μια δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής στην

επιφάνεια του κεραμικού κοντά στις επαφές. για να πιστοποιηθεί η ικανοποιητική τιμή του διηλεκτρικού της.

- Οι συσκευές φυσητήρων, που χρησιμεύουν για να «σπρώχνουν» το τόξο μέσα στο θάλαμο σβέσης πρέπει να ελέγχονται για τη σωστή λειτουργία τους. Μια αποδεκτή μέθοδος είναι η παρακάτω: Έχοντας το θάλαμο σε κανονική λειτουργία, τοποθετούμε ένα κομμάτι χαρτί στην περιοχή εκκένωσης και παρατηρούμε την οποιαδήποτε κίνησή του, όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός. Η κίνηση του χαρτιού, αν γίνει αντιληπτή δείχνει ότι ο φυσητήρας λειτουργεί κανονικά.
- Οι φλογοκρύπτες σε διακόπτες Χ.Τ είναι σχετικά απλές κατασκευές, που αποτελούνται κυρίως από από μια κάθετη στοιβα από δισκοειδείς πλάκες που βρίσκονται μέσα σε ένα μονωτικό κάλυμμα. Υπάρχει ένας φλογοκρύπτης ανά πόλο, πάνω από τις κύριες επαφές. Η δημιουργία του τόξου προκαλεί διάβρωση στις δισκοειδείς πλάκες. Επίσης το κάτω μέρος της επιφάνειας του μονωτικού καλύμματος, εκτίθεται σε διάβρωση και μερική κηλίδωση. Οι φλογοκρύπτες θα πρέπει να εξετάζονται κατά τη διάρκεια μιας συνηθισμένης συντήρησης. Αν οι δισκοειδείς πλάκες έχουν υποστεί σοβαρή διάβρωση, θα πρέπει να αντικαθίστανται. Αν το εσωτερικό μέρος των περιβλημάτων έχει υποστεί κηλίδωση ή έχει παράγωγα του τόξου, θα πρέπει να χρησιμοποιείται γυαλόχαρτο για τον καθαρισμό τους, αλλιώς να αντικαθίστανται. Κατά περιόδους, ολόκληρη η διάταξη του φλογοκρύπτη θα πρέπει να αναπληρώνεται, ανάλογα βέβαια και με την απόδοσή του.

4.2.7.1.4 Μηχανισμός λειτουργίας

Ο σκοπός του μηχανισμού λειτουργίας είναι να ανοίγει και κλείνει τις επαφές. Αυτό γίνεται, για τους περισσότερους διακόπτες ισχύος, συνήθως μέσω ενός συστήματος διασύνδεσης με μια συσκευή τροφοδοσίας, όπως είναι ένα πηνίο εργασίας ή ένα ελατήριο για το κλείσιμο, που και αυτό με τη σειρά του περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα πηνία εργασίας ή άλλου είδους ηλεκτρομαγνήτες για το tripping. Το tripping ολοκληρώνεται με μηχανικό τρόπο, ανεξάρτητα από τη συσκευή κλεισίματος, έτσι ώστε να αναγκαστούν οι επαφές του διακόπτη να ανοίξουν παρά το γεγονός ότι ενδεχομένως η συσκευή να είναι στην κλειστή θέση. Ο παραπάνω συνδυασμός ονομάζεται «μηχανισμός απελευθέρωσης του trip». Μετά το κλείσιμο, η κύρια λειτουργία του μηχανισμού λειτουργίας είναι να ανοίξει το διακόπτη, τη στιγμή δηλαδή που το πηνίο tripping είναι ενεργοποιημένο, πάνω από την ελάχιστη ονομαστική τάση λειτουργίας. Η επιθεώρηση και συντήρηση περιλαμβάνει τα εξής:

- Ο μηχανισμός λειτουργίας πρέπει να επιθεωρείται για χαλαρά ή σπασμένα κομμάτια, για την απώλεια πείρων ή δακτυλιδιών συγκράτησης και για συγκολλήσεις ή εκτεταμένες φθορές.
- Όλα τα κινούμενα τμήματα εκτίθενται σε φθορές. Χρησιμοποιούνται διάφορα αντιδιαβρωτικά υλικά από τους κατασκευαστές και έτσι η φθορά μπορεί να αντιμετωπιστεί, προτού εμφανιστεί κάποια μη φυσιολογική κατάσταση. Η εκτεταμένη φθορά μπορεί να επιδράσει στην κίνηση των επαφών του διακόπτη. Επίσης επιδρά και στη λειτουργία των μοχλών, αφού μπορεί να κολλήσουν ή να μετατοπιστούν χωρίς λόγο και έτσι να προκαλέσουν πρόωρη διέγερση του διακόπτη. Ορισμένα τμήματα του μηχανισμού λειτουργίας μπορούν να επισκευαστούν ενώ άλλα δεν επιδέχονται επισκευή και πρέπει να αντικαθίστανται.
- Η διαδικασία closing/ tripping πρέπει να είναι γρήγορη και ακριβής. Κάθε είδους συγκόλληση, η αργή κίνηση, η καθυστέρηση στη λειτουργία, η αποτυχία στο trip ή στο χειρισμό του μοχλού, θα πρέπει να διορθώνεται προτού ο διακόπτης τεθεί σε λειτουργία ξανά.

4.2.7.1.5 Βοηθητικά κυκλώματα του διακόπτη

Επιθεώρηση – Συντήρηση

Να επιθεωρούνται ο κινητήρας ή τα πηνία εργασίας που οπλίζουν τον διακόπτη, ο μηχανισμός ενεργοποίησης του ελατηρίου, οι βοηθητικοί διακόπτες, και οι διακόπτες ηχητικού συναγερμού για την σωστή τους λειτουργία, την κατάσταση της μόνωσης και τη σωστή σύσφιξη των συνδέσεων τους.

- Επίσης να ελέγχονται για την σωστή τους λειτουργία, οι σημάνσεις ON/OFF, η ένδειξη οπλισμού του ελατηρίου, οι μηχανικές και ηλεκτρικές μανδαλώσεις, οι μανδαλώσεις με κλειδιά και οι μόνιμες εγκαταστάσεις που κλειδώνουν με λουκέτα, και να γίνεται η λίπανση τους. Πιο συγκεκριμένα, να γίνονται δοκιμές στις κύριες μανδαλώσεις που αποτρέπουν την τοποθέτηση και την αφαίρεση του διακόπτη, όταν αυτός είναι κλειστός.

- Τα κυκλώματα των ρελέ προστασίας θα πρέπει να ελέγχονται, έχοντας τον διακόπτη στη θέση "TEST", και ταυτόχρονα κλείνοντας τις επαφές από το κάθε ρελέ προστασίας χειροκίνητα, έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί ο διακόπτης.

- Να ελέγχονται οι συσκευές διέγερσης (trip) των αυτομάτων Μ.Τ που είναι ηλεκτρομηχανικού τύπου, και έχουν αέριο ή υγρό μέσο απόσβεσης για τις ρυθμίσεις χρονικής

καθυστερήσης. Οι δοκιμές ρύθμισης θα πρέπει να πραγματοποιούνται για να διαπιστωθεί ότι η απόδοση του διακόπτη βρίσκεται μέσα στα κατασκευαστικά όρια. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός να χρησιμοποιούνται και να λαμβάνονται υπόψη οι καμπύλες ρύθμισης που παρέχει ο κατασκευαστής για κάθε κλάση διακοπών, αφού οι χαρακτηριστικές χρόνου-ρεύματος είναι ένα σύνολο τιμών και όχι απλώς μια τυπική καμπύλη.

- Αν οι διακόπτες είναι εφοδιασμένοι με ψηφιακές συσκευές tripping αυτές θα πρέπει να ελέγχονται για την σωστή τους λειτουργία και για τον σωστό χρονισμό τους, σύμφωνα με τις υποδείξεις του κατασκευαστή. Μερικοί μάλιστα κατασκευαστές προτείνουν την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών συσκευών με συσκευές ψηφιακές, αφού υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια και μεγαλύτερος βαθμός αξιοπιστίας σε σχέση με τις άλλες συσκευές.

Συνοπτικά αναφέρονται παρακάτω τα μέρη στα οποία διεξάγεται επιθεώρηση και συντήρηση στους διακόπτες αέρος 150 KV .

4.2.7.1.6 Παράδειγμα : μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη αέρος

Διακόπτες αέρος 150 KV

- Μονωτήρες.
- Κύριες και βοηθητικές επαφές.
- Κοχλίες σύνδεσης και στεγανοποίησης.
- Ακροδέκτες.
- Εύκαμπτοι σύνδεσμοι.
- Γειώσεις.
- Μεταλλικές επιφάνειες.
- Μηχανισμός λειτουργίας.
- Δείκτης πίεσης.
- Αντίσταση θέρμανσης, θερμοστάτης.
- Αεριοφυλάκια.
- Αεροσυμπιεστές.
- Κύρια βαλβίδα: Έλεγχος εξαρτημάτων, επισκευή ή αντικατάσταση
- Βαλβίδα αερισμού.
- Πιεσόμετρα χαμηλής και υψηλής πίεσης αεριοφυλακίου.

4.2.7.2 Διακόπτες Κενού

Η βασική διαφορά μεταξύ των διακοπών κενού και αέρα βρίσκεται στις κύριες επαφές και στο μηχανισμό σβέσης του τόξου. Στους διακόπτες κενού, τα παραπάνω μέρη βρίσκονται σε ένα κενό θάλαμο και δεν μπορούν να αποσυναρμολογηθούν για να γίνει καθαρισμός, επισκευή ή ρύθμιση. Υπάρχουν διάφορα όργανα για τον έλεγχο και την μέτρηση της φθοράς στις επαφές. Η πληρότητα του κενού μπορεί να ελεγχθεί, εφαρμόζοντας μια τάση δοκιμής κατά μήκος του διακένου των ανοικτών επαφών που βρίσκονται μέσα στο δοχείο. Αυτή η δοκιμή θα πρέπει να εφαρμόζεται, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζουν οι κατασκευαστές. Η εφαρμογή υψηλής τάσης κατά μήκος των ανοικτών επαφών σε δοχεία κενού μπορεί να προκαλέσει την δημιουργία ακτινοβολίας-χ. Το επίπεδο της X- ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα διακόπτη κενού, όταν το διάκενο μεταξύ των επαφών είναι το σωστό και όταν αυτό εκτίθεται σε επιτρεπτά επίπεδα τάσεων δοκιμής, είναι εξαιρετικά μικρό και αρκετά κάτω από το επιτρεπόμενο όριο που καθορίζουν οι κανονισμοί. Επειδή όμως υπάρχει η πιθανότητα οι επαφές να μην έχουν ρυθμιστεί σωστά ή οι τάσεις δοκιμής που εφαρμόζονται να είναι μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες, είναι σκόπιμο κατά την διάρκεια των δοκιμών το προσωπικό να βρίσκεται πίσω από προστατευτικά κιγκλιδώματα και να παραμένει μακριά από τον διακόπτη, για λόγους προστασίας. Κατά την διάρκεια αυτής της δοκιμής η ασπίδα προστασίας του διακόπτη, μπορεί να απαιτεί ηλεκτροστατική φόρτιση, εξαιτίας των ατμών που δημιουργούνται μέσα στο θάλαμο σβέσης. Η παραπάνω φόρτιση θα πρέπει να απομακρύνεται αμέσως μετά το πέρας της δοκιμής. Όλες οι υπόλοιπες διαδικασίες συντήρησης που πρέπει να συντελούνται πάνω στους διακόπτες κενού, είναι ίδιες με αυτές που συστήνονται για τους διακόπτες αέρα.

4.2.7.3 Διακόπτες Λαδιού

Οι διακόπτες λαδιού σπάνια εμφανίζονται στα σύγχρονα διαμερισματοποιημένα συγκροτήματα διακοπών. Είναι όμως αρκετά διαδεδομένοι σε παλιά συγκροτήματα διακοπών καθώς και σε υποσταθμούς εξωτερικού χώρου. Παρόλο που οι διακόπτες λαδιού, στα συγκροτήματα διακοπών, λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν και οι διακόπτες αέρος, εντούτοις είναι τελείως διαφορετικοί στην εμφάνιση και στο τρόπο κατασκευής. Το κύριο μονωτικό μέσο είναι το λάδι

4.2.7.3.1 Μόνωση

Η εξωτερική μόνωση ενός διακόπτη λαδιού εξασφαλίζεται με τους μονωτήρες διέλευσης. Οι διακόπτες λαδιού εξωτερικού χώρου κατασκευάζονται με περίβλημα από πορσελάνη, ενώ οι εσωτερικού χώρου μπορεί να έχουν περίβλημα από πορσελάνη ή από κάποιο άλλο οργανικό υλικό. Οι μονωτήρες διέλευσης θα πρέπει να εξετάζονται για ενδείξεις κάποιας καταστροφής ή για ακαθαρσίες στην επιφάνεια τους. Αν το πορσελάνινο περίβλημα έχει υποστεί καταστροφή, η έρπουσα διαδρομή θα μειωθεί λόγω της φθοράς στο μονωτικό και τότε θα πρέπει να γίνει η αντικατάσταση του. Σε διαφορετική περίπτωση πρέπει να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός για να απομακρυνθούν οι βρωμιές από την επιφάνεια. Το λάδι, εκτός από την μονωτική ιδιότητα που έχει, δρα και σαν μέσο σβέσης του ηλεκτρικού τόξου που παράγεται, εξαιτίας των ρευμάτων που εμφανίζονται σε σφάλματα. Κατά την διάρκεια αυτής της διεργασίας, απορροφά τα παράγωγα του τόξου και επιδέχεται σε κάποιο βαθμό αποσύνθεση. Για αυτό το λόγο η συντήρηση του λαδιού είναι καθοριστικής σημασίας. Περιλαμβάνει την ανίχνευση και την διόρθωση της κατάστασης που βρίσκεται το λάδι, για να μην μειωθεί η ποιότητα του.

Οι κύριοι λόγοι μόλυνσης του είναι η υγρασία, τα ίχνη από άνθρακα και τα υπολείμματα λάσπης. Η υγρασία θα εμφανιστεί με την μορφή σταγονιδίων στα οριζόντια τμήματα του διακόπτη, ενώ το νερό που θα δημιουργηθεί, θα συσσωρευτεί στο κάτω μέρος του δοχείου. Τα υπολείμματα που προκαλούνται από την οξείδωση, θα εμφανιστούν με την μορφή μιας γαλακτοποιημένης και παχύρρευστης ουσίας. Ο άνθρακας θα εμφανιστεί αρχικά με την μορφή μαύρων στιγμάτων. Τελικά θα διασκορπιστεί και θα αιωρείται μέσα στο λάδι, δημιουργώντας ένα σκούρο χρώμα.

Η δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής είναι μια σίγουρη μέθοδος για τον προσδιορισμό της μονωτικής κατάστασης του λαδιού. Μπορούν να λαμβάνονται δείγματα και να ελέγχονται, όπως αναφέρεται στην οδηγία ASTM D877 *Τυποποιημένες μέθοδοι δοκιμών και ελέγχων της τάσης διάσπασης των υγρών μονωτικών χρησιμοποιώντας δισκοειδή ηλεκτρόδια*. Όταν διαπιστωθεί ότι η περιεκτικότητα του λαδιού είναι πολύ χαμηλή, θα πρέπει να επανελέγχεται και αν είναι αναγκαίο να αντικαθίσταται με καινούργιο. Το λάδι θα πρέπει να εξετάζεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα ή μετά από κάθε σφάλμα.

Κατά την αντικατάσταση του λαδιού, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο το λάδι που συστήνουν οι κατασκευαστές και αυτό που βρίσκεται μέσα σε σφραγισμένα κουτιά. Επιπλέον θα πρέπει να γίνεται δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής του, προτού χρησιμοποιηθεί. Πρέπει να αποφεύγεται η εισαγωγή αέρα κατά την διαδικασία της προσθήκης του λαδιού, γιατί αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία φυσαλίδων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση μιας

αντλίας λαδιού ή με άλλα μέσα. Στην πραγματικότητα, δεν μπορούμε να αποφύγουμε την δημιουργία των φυσαλίδων και για αυτό θα πρέπει να τις αφαιρούμε εφαρμόζοντας ένα κενό αέρος ή αλλιώς θα πρέπει να αφήνουμε το λάδι να "κάτσει" για 8 με 12 ώρες, προτού θέσουμε σε λειτουργία τον διακόπτη.

4.2.7.4 Διακόπτες SF6 20 KV

Σε αυτό το σημείο μπορεί να γίνει μια αναφορά στους διακόπτες SF6, οι οποίοι κατασκευαστικά μοιάζουν με τους διακόπτες λαδιού. Η κύρια διαφορά τους είναι το μέσο σβέσης που είναι το αέριο SF6. Αρκετοί μηχανικοί προτιμούν αυτού του είδους τους διακόπτες, γιατί τους θεωρούν πιο αξιόπιστους, μπορούν και ανταποκρίνονται καλύτερα σε σφάλματα και μειώνουν τις πιθανότητες πρόκλησης πυρκαγιών.

Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά τα τμήματα και τα χρονικά διαστήματα των επιθεωρήσεων και της συντήρησης που γίνονται σε διακόπτες SF6. (Τα διαστήματα είναι ενδεικτικά και μπορούν να αυξηθούν ή να μειωθούν ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος και λειτουργίας του διακόπτη).

4.2.7.4.1 Ετήσια Συντήρηση

Μονωτήρες διέλευσης: Έλεγχος για ρωγμές, σπασίματα και για ίχνη από τόξο. Καθαρισμός και επίστρωση σιλικόνης (όταν βρίσκονται σε ρυπογόνο περιβάλλον). Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.

- Γειώσεις: Έλεγχος ακεραιότητας της γείωσης, επιθεώρηση για διάβρωση, σύσφιξη συνδέσεων.
- Ελατήρια: Καθαρισμός με διαλύτη, λίπανση, ρυθμίσεις.
- Μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διάβρωση, καθαρισμός, βάνιμο.
- Μηχανισμό λειτουργίας: Σύσφιξεις, καθαρισμός με διαλύτη, λίπανση των μηχανικών τμημάτων.
- Πρεσοστάτες: Έλεγχος λειτουργίας.
- Βοηθητικά κυκλώματα: Έλεγχος επαφών, σύσφιξεις κλεμοσειρών
- Μηχανισμός μετάδοσης κίνησης: Σύσφιξεις, καθαρισμός με διαλύτη, λίπανση των μηχανικών τμημάτων.
- Δοκιμαστικός χειρισμός (Ηλεκτρικά και χειροκίνητα): Έλεγχος καλής λειτουργίας, β Δείκτης πίεσης: Έλεγχος για διαρροές, έλεγχος καλής λειτουργίας, καταγραφή της πίεσης.

- Φλάντζες στεγανοποίησης: Επιθεώρηση
- Αέριο SF6: Μέτρηση της υγρασίας.

4.2.7.4.2 12ετής Συντήρηση

- Πόλοι διακόπτη: Άνοιγμα, σχολαστικός καθαρισμός
- SF6: Αντικατάσταση
- Κύριες και βοηθητικές επαφές: Καθαρισμός, λείανση και μέτρηση του διακένου των επαφών.

Παρατήρηση: Για τους διακόπτες SF6 θα πρέπει να τονιστεί ότι η πλήρωση υπό πίεση με αέριο κατά την διάρκεια μιας προγραμματισμένης συντήρησης θα πρέπει να γίνεται υπό θερμοκρασία περιβάλλοντος 20° C. Αν υπάρχει μεγαλύτερη θερμοκρασία περιβάλλοντος, η πλήρωση με αερίου γίνεται υπό διαφορετική πίεση. Το προσωπικό συντήρησης πρέπει να συμβουλευεται τις οδηγίες και τους πίνακες που δίνουν οι κατασκευαστές.

4.2.7.5 Διακόπτες Φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου M.T. είναι διακόπτες που μπορούν να ζεύξουν ή να αποζεύξουν συγκεκριμένα ρεύματα. Μπορούν να είναι, είτε σταθερού είτε συρόμενου τύπου και μπορούν να χειρίζονται με χειροκίνητο ή ηλεκτρικό τρόπο. Αν είναι της πρώτης κατηγορίας δηλαδή μονταρισμένοι μέσα σε πεδία, θα πρέπει να υπάρχουν μανδαλώσεις στις εισόδους πρόσβασης ή στους πίνακες, ώστε να αποτρέπεται ο χειρισμός των διακοπών όταν είναι κλειστοί ("εντός").

4.2.7.5.1 Επιθεώρηση - Συντήρηση

Οι διαδικασίες συντήρησης πρέπει να είναι ίδιες με αυτές που αναφέρονται στους διακόπτες αέρος, εκτός από τις διαδικασίες που αφορούν τον θάλαμο σβέσης. Ο θάλαμος σβέσης σε έναν διακόπτη φορτίου είναι μία απλή κατασκευή που μπορεί εύκολα να καθαριστεί και να επιθεωρηθεί, χωρίς να γίνει αποσύνδεση από την θέση του. Μόνο στη περίπτωση που βρίσκονται σε εσώκλειστους χώρους, πρέπει να γίνεται αποσύνδεση και αποσυναρμολόγηση του διακόπτη. Διηλεκτρικές δοκιμές δεν απαιτούνται κατά την συντήρηση.

4.2.7.6 Δοκιμές στους Διακόπτες

Παρακάτω δίνονται κάποιες δοκιμές που γίνονται στους διακόπτες, κατά τη διαδικασία συντήρησης, που αποσκοπούν στη μέτρηση της αντίστασης μόνωσης, στη μέτρηση της

αντίστασης διέλευσης των επαφών και στον έλεγχο του σύγχρονου ανοίγματος και κλεισίματος των επαφών του διακόπτη.

4.2.7.6.1 Επιθεώρηση - Συντήρηση

Γίνεται μια δοκιμή για την μέτρηση τη αντίστασης μόνωσης με την βοήθεια συσκευής Megger η οποία παράγει τάσεις δοκιμής μέχρι 5000V. Καταγράφονται οι τιμές της αντίστασης για χρόνους 30 sec και 60 sec και με την βοήθεια του πίνακα παρακάτω μπορεί να γίνει μια πρώτη εκτίμηση της μόνωσης. Κατά την διεξαγωγή της δοκιμής, ο διακόπτης θα πρέπει να αποσυνδέεται με τα καλώδια για να μην γίνουν λανθασμένες εκτιμήσεις. Όποτε αν διαμορφώνονται οι παρακάτω συνθήκες η αξιολόγηση είναι ως εξής :

- Λόγος 60:30 (σε sec) και 10:1 (σε λεπτά) Επικίνδυνη
- Μικρότερος από 1 Κακή
- Μικρότερος από 1,5 Αμφισβητήσιμη
- Από 1,1 έως 1,25 και από 1,5 έως 2 Αρκετά καλή A
- Από 1,25 έως 1,4 και από 2 έως 3 Καλή
- Από 1,4 έως 1,6 και από 3 έως 4 Άριστη

4.2.7.6.2 Δοκιμές για τη μέτρηση της αντίστασης διέλευσης των επαφών (Συσκευή Ducter)

Η παραπάνω δοκιμή χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η ποιότητα των επαφών στους διακόπτες. Για τον σκοπό αυτό διατίθεται μία δοκιμαστική διάταξη με κλίμακα άμεσης ανάγνωσης σε mohm, ικανή να μετράει την αντίσταση διέλευσης από 10 mohm και κάτω. Μια άλλη εναλλακτική μέθοδος είναι η διέλευση ρεύματος γνωστής τιμής ανάμεσα από τις επαφές και η μέτρηση της πτώσης τάσης σε mV. Τα αποτελέσματα που παίρνονται μπορούν να δώσουν την αντίσταση διέλευσης, εφαρμόζοντας τον νόμο του Ohm. Όταν οι μετρήσεις της πτώσης τάσης χρησιμοποιούνται απευθείας για τον προσδιορισμό της αντίστασης διέλευσης, συνήθως αυτές προσδιορίζονται με βάση το συνεχώς επιτρεπόμενο ονομαστικό ρεύμα της συσκευής. Όταν γίνονται μετρήσεις της πτώσης τάσης με ρεύμα μικρότερο του ονομαστικού, αυτές ανάγονται στο ονομαστικό ρεύμα, με πολλαπλασιασμό της μετρούμενης τιμής της τάσης με τον λόγο του ονομαστικού ρεύματος προς το ρεύμα που γίνεται η δοκιμή, δηλαδή ισχύει η σχέση: $\Delta U_{ov} = \Delta U_{μετρ} * (I_{ον} / I_{μετρ})$. Αυτή η εναλλακτική μέθοδος απαιτεί μια πηγή που να δίνει ρεύμα τουλάχιστον 100 A και ένα βολτόμετρο με κλίμακα από 0-20 mV. Η αντίσταση διέλευσης των επαφών θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν χαμηλή, για να μειωθούν οι

απώλειες ισχύος, δηλαδή για να διατηρείται η θερμότητα σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό θα αυξήσει την διάρκεια ζωής των επαφών και της μόνωσης που βρίσκεται κοντά σε αυτές.

4.2.8 Ασφάλειες

Οι ασφάλειες Μ.Τ. αποτελούνται από πολλά κατασκευαστικά τμήματα, που μερικά φέρουν ενώ άλλα δεν φέρουν ρεύμα. Χρησιμοποιούνται για προστασία από βραχυκυκλώματα και όχι από υπερφορτίσεις. Μπορεί να είναι εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Αυτές οι ασφάλειες μπορεί να έχουν χαρακτηριστικά περιορισμού του ρεύματος ή όχι, το τηκτό τους μπορεί να βρίσκεται μέσα σε σκόνη ή υγρό, ή να είναι τύπου εκτόνωσης. Πολλές φορές οι ασφάλειες χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με διακόπτες φορτίου ή αποζεύκτες. Η συχνότητα των επιθεώρησης θα καθορίζεται με γνώμονα τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή που είναι εγκατεστημένες και θα πρέπει να προσδιορίζεται από το προσωπικό.

4.2.8.1 Επιθεώρηση – Συντήρηση

Να γίνεται επιθεώρηση στους μονωτήρες για σπασίματα, ραγίσματα ή κάψιμο του μονωτικού περιβλήματος.

- Να εκτελείται καθαρισμός, ιδιαίτερα όταν ο μονωτήρας βρίσκεται σε περιβάλλον που επικρατούν δυσμενείς συνθήκες, από τις επικαθίσεις αλατιού, από σκόνες τσιμέντου ή αέρια που προέρχονται από οξέα, για να αποφευχθούν οι εκκενώσεις και τα ηλεκτρικά τόξα.
- Να γίνεται επιθεώρηση στα πώματα των ασφαλειών για διάβρωση, για ίχνη από τόξο, για την σωστή ευθυγράμμιση τους και για να διαπιστωθεί ότι έχουν τα σωστά ονομαστικά στοιχεία.
- Να γίνεται εξέταση όλου του συγκροτήματος των ασφαλειών και να τοποθετούνται καινούργια τμήματα ή αγωγοί σύνδεσης αν διαπιστωθεί ότι αυτά έχουν διαβρωθεί. Επίσης να εξετάζεται το εσωτερικό μέρος του συγκροτήματος για διάβρωση, να γίνεται έλεγχος για ίχνη από εκκενώσεις και ακαθαρσίες, ενώ παράλληλα θα πρέπει να ελέγχεται και το εξωτερικό μέρος του συγκροτήματος αν έχει συναρμολογηθεί σωστά.
- Να γίνεται αντικατάσταση των παραπάνω συγκροτημάτων, όταν παρουσιάζουν σημάδια φθοράς.

- Να γίνεται ένας οπτικός έλεγχος στις βίδες, στα παξιμάδια, στους πείρους και στις συνδέσεις των ακροδεκτών, για την σωστή τοποθέτηση τους και για να διαπιστωθεί ότι βρίσκονται σε καλή κατάσταση.
- Να γίνεται επίσης έλεγχος στις κλειδαριές, στους μοχλούς και στις μηχανικές μανδαλώσεις των πεδίων.
- Να γίνεται βάψιμο στα φυσίγγια των ασφαλειών που είναι φτιαγμένα από οργανικό υλικό, σύμφωνα πάντα με τις οδηγίες των κατασκευαστών.
- Αν σε ένα τριφασικό σύστημα καεί μια ασφάλεια, θα πρέπει να γίνεται αντικατάσταση και στις άλλες δύο γιατί αυτές μπορεί να έχουν αλλοιωθεί εν μέρει.
- Οι ασφάλειες εκτόνωσης μπορεί να είναι εφοδιασμένες με πυκνωτές ή σιγαστήρες που ο σκοπός τους είναι να περιορίσουν την έκρηξη των αερίων, όταν αυτές λειτουργήσουν. Μπορεί να έχουν και στοιχείο πτώσης που αποσυνδέει την ασφάλεια, όταν χρειαστεί. Το κάτω μέρος αυτού του τύπου ασφάλειας, έχει έναν στεγανοποιημένο δίσκο πάνω από τον θάλαμο εκτόνωσης για να αποτρέπει την είσοδο της υγρασίας αν αποσυνδεθεί η ασφάλεια για επισκευή. Ο παραπάνω δίσκος θα πρέπει να επιθεωρείται για να διαπιστωθεί ότι δεν έχει μπει υγρασία μέσα στον θάλαμο. Αν είναι κατεστραμμένος ή υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη υγρασίας, θα πρέπει να γίνεται αντικατάσταση.

4.2.9 Αλεξικέραυνα

Τα αλεξικέραυνα αποτελούν ένα από τα βασικά στοιχεία στα σύγχρονα συστήματα διανομής και μεταφοράς γιατί προστατεύουν το δίκτυο από υπερτάσεις λόγω κεραυνών. Εγκαθίστανται κυρίως σε παροχές από εναέρια δίκτυα. Τα αλεξικέραυνα συνδέονται παράλληλα με το μηχάνημα ή τα μηχανήματα που προστατεύουν μεταξύ φάσης και γης. Η ζώνη προστασίας κυμαίνεται από 20 έως 40 μέτρα. Επίσης τοποθετούνται κοντά στον Μ/Σ σε μια απόσταση μικρότερη από 20 μέτρα. Αν το καλώδιο του καταναλωτή έχει μήκος μικρότερο από 500 μέτρα προτείνεται η τοποθέτηση αλεξικέραυνων και στις δύο άκρες του, για μεγαλύτερη προστασία. Πολλές φορές κοντά στους Μ/Σ τοποθετούνται ακίδες υπερτάσεων, αντί για αλεξικέραυνα.

4.2.9.1 Τύποι αλεξικέραυνων

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες αλεξικέραυνων: Τα αλεξικέραυνα τύπου μη γραμμικής αντίστασης ή αλλιώς "τύπου βαλβίδας" και τα αλεξικέραυνα τύπου εκτόνωσης. Ο πρώτος τύπος αποτελείται από πολλά διάκενα εν σειρά στα οποία τοποθετείται μια μη

γραμμική αντίσταση. Ο δεύτερος τύπος αποτελείται από έναν σωλήνα από φίμπερ μέσα στον οποίο υπάρχει ένας κύλινδρος ο οποίος κατασκευάζεται επίσης από φίμπερ και δημιουργεί ένα διάκενο μέσα σε αυτόν.

4.2.9.2 Επιθεώρηση – Συντήρηση

- Τα αλεξικέραυνα θα πρέπει να επιθεωρούνται περιοδικά για την ύπαρξη ρωγμών στο περίβλημα από πορσελάνη ή για ακαθαρσίες στην επιφάνεια της. Αν η πορσελάνη έχει πάθει τόση ζημιά, ώστε να μειώνεται η έρπουσα διαδρομή ή γενικά αν η επιφάνεια της έχει υποστεί σοβαρές καταστροφές λόγω του τόξου, τότε το αλεξικέραυνο θα πρέπει να αντικαθίσταται. Σε διαφορετική περίπτωση, η επιφάνεια από πορσελάνη πρέπει να καθαρίζεται σχολαστικά και όσο πρέπει, για να απομακρύνονται οι ακαθαρσίες από πάνω της.
- Δεν υπάρχουν πρακτικά απλές δοκιμές στο πεδίο χειρισμών που να προσδιορίζουν ολοκληρωμένα τα χαρακτηριστικά προστασίας ενός αλεξικέραυνου. Παρόλα αυτά υπάρχουν συγκεκριμένες δοκιμές που μπορούν να πραγματοποιηθούν με συσκευές που είναι διαθέσιμες στην αγορά, έτσι ώστε να μπορούν να δώσουν ικανοποιητικές πληροφορίες και για να προσδιορίσουν, πότε ένα αλεξικέραυνο μπορεί να συμπεριφερθεί σαν μονωτήρας, κάτω πάντα από φυσιολογικές συνθήκες. Τέτοιες είναι οι δοκιμές υπερπήδησης και συγκράτησης στα 50 Hz, οι δοκιμές ρευματικής διαρροής (leakage-current) και απωλειών ισχύος (watt-loss), η μέτρηση της αντίστασης μόνωσης και οι δοκιμές για την μέτρηση της αντίστασης (ηλεκτροδίων) γείωσης. Οι παραπάνω δοκιμές θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα σύμφωνα με τις αυστηρές υποδείξεις των κατασκευαστών, ενώ τα αποτελέσματα τους θα πρέπει να ερμηνεύονται ανάλογα με τις οδηγίες που δίνονται από αυτούς.

4.2.10 Πυκνωτές

Ο ρόλος των πυκνωτών στα σύγχρονα ηλεκτρικά συστήματα είναι να παρέχουν την απαιτούμενη άεργο ισχύ στο δίκτυο και να βελτιώνουν έτσι τον συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης. Η αντιστάθμιση σε μια εγκατάσταση είναι απαραίτητη γιατί μειώνει το κόστος της παρεχόμενης ενέργειας και βελτιώνει την απόδοση των εξαρτημάτων. Μπορεί να είναι (1) τοπική, (2) ομαδική, και (3) γενική. Η προστασία των πυκνωτών γίνεται συνήθως με ασφάλειες και ρελέ ισχύος (ειδικής χρήσης).

Πρέπει να εκτελείται πάντα εκφόρτιση των πυκνωτών πριν από οποιοδήποτε χειρισμό ή ζεύξη, μέσω των γειώσεων που συνήθως τοποθετούνται μέσα τις συστοιχίες των πυκνωτών. Μια μονωμένη γέφυρα βραχυκύκλωσης χρησιμοποιείται για την έκχυση του φορτίου, η χρησιμοποίηση της οποίας όμως πρέπει να γίνεται, έχοντας πλήρη γνώση της τοπολογίας του κυκλώματος και χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό. Οι πυκνωτές παρόλο που έχουν και αντιστάσεις εκφόρτισης, μπορεί να έχουν μια ποσότητα αποθηκευμένου φορτίου, ικανή να προκαλέσει τον τραυματισμό του προσωπικού, όταν έρχεται σε επαφή με τους ακροδέκτες του.

4.2.10.1 Επιθεώρηση – Συντήρηση

Η συντήρηση – επιθεώρηση περιλαμβάνει τα εξής :

- Καθαρισμό του περιβλήματος του πυκνωτή, των μονωτήρων διέλευσης και όλων των συνδέσεων όταν είναι βρώμικες ή διαβρωμένες.
- Επιθεώρηση του περιβλήματος για διαρροές, εξογκώματα ή εμφάνιση κηλίδων και να γίνεται η αντικατάστασή τους, όταν υπάρχει κάποια από τις παραπάνω ενδείξεις.
- Οι πυκνωτές σε συστήματα ισχύος γενικά εφοδιάζονται και με ξεχωριστές ασφάλειες για την προστασία τους από βραχυκυκλώματα που συμβαίνουν μέσα στον πυκνωτή. Επιπρόσθετα σε έναν χαλασμένο πυκνωτή, μια ασφάλεια μπορεί να "σκάσει" από μι υπέρταση. Για αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη χαλασμένων ασφαλειών και να γίνεται αντικατάσταση με τον ίδιο τύπο ασφάλειας. Να μην γίνεται αφαίρεση των παραπάνω ασφαλειών με τα χέρια, προτού διαπιστωθεί ότι ο πυκνωτής έχει εκφορτιστεί πλήρως.
- Ο επαρκής εξαερισμός είναι απαραίτητος για να απομακρυνθεί η θερμότητα που παράγεται από την συνεχή λειτουργία τους. Να γίνεται απομάκρυνση κάθε εμποδίου στα ανοίγματα εξαερισμού που βρίσκονται στα περιβλήματα των πυκνωτών και να εξασφαλίζεται η παροχή και η διατήρηση καλού εξαερισμού.

4.2.11 Συσσωρευτές μολύβδου και φορτιστές

Οι συσσωρευτές (μπαταρίες) που χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις διατάξεις ελέγχου, είναι σημαντικοί για την λειτουργία των διακοπών και για αυτό το λόγο θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για το πρόγραμμα της συντήρησής τους.

Οι φορτιστές μπαταριών είναι επίσης πολύ σημαντικοί, αφού παρέχουν συνεχές ρεύμα σε ορισμένα συστήματα του υποσταθμού και διατηρούν τις μπαταρίες σε υψηλό επίπεδο φόρτισης.

Οι μπαταρίες εκτός του ότι τροφοδοτούν τις προσωρινές απαιτήσεις σε ισχύ παράλληλα με τους φορτιστές, λειτουργούν και ως εφεδρικές πηγές τροφοδοσίας για την διέγερση των διακοπών, τις στιγμές που υπάρχει απώλεια ισχύος, όπως ακριβώς λειτουργούν και τα συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος.

4.2.11.1 Επιθεώρηση – Συντήρηση

- Οι συσσωρευτές πρέπει να επιθεωρούνται για να υπάρχει σωστή στάθμη και κατάλληλη πυκνότητα στον ηλεκτρολύτη. Χαμηλές ενδείξεις της πυκνότητας, υποδηλώνουν χαμηλή φόρτιση. Αν οι ενδείξεις μεταξύ των στοιχείων πάνω από 50 βαθμούς στην υδρομετρική κλίμακα, τότε πιθανόν κάποιο στοιχείο της μπαταρίας να έχει βλάβη και να πρέπει να αντικατασταθεί. Αν όλα τα στοιχεία πολύ χαμηλές ενδείξεις (μέσα στους 50 βαθμούς) η μπαταρία πρέπει να φορτιστεί, αφού ελεγχθεί πρώτα η σωστή λειτουργία του φορτιστή. Υπάρχει περίπτωση όταν είναι χαμηλή η στάθμη του ηλεκτρολύτη, να φαίνεται υψηλό το ποσοστό φόρτισης. Κάτι τέτοιο θα πρέπει να οδηγήσει σε έλεγχο για το αν οι ρυθμίσεις του φορτιστή είναι ίδιες με τις αντίστοιχες κατασκευαστικές ρυθμίσεις, για την συγκεκριμένη μπαταρία.
- Το πάνω μέρος των μπαταριών θα πρέπει να διατηρείται καθαρό. Οι επιφανειακές ακαθαρσίες μπορεί να προκαλέσουν διαρροές ρεύματος που γίνονται εμφανείς από τα υπολείμματα που συγκεντρώνονται στις μπαταρίες και τους φορτιστές.
- Οι πόλοι, στους οποίους συνδέονται οι ακροδέκτες πρέπει να είναι καθαροί και χωρίς διάβρωση. Αν είναι διαβρωμένοι θα πρέπει να αφαιρούνται για να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός με διττανθρακική σόδα.
- Οι ορθοστάτες των μπαταριών και οι απολήξεις των καλωδίων πρέπει επίσης να καθαρίζονται σχολαστικά. Αν χρησιμοποιείται καλώδιο "πλεξούδα", είναι ενδεδειγμένο να κόβεται η διαβρωμένη άκρη του. Αν κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό, θα πρέπει να χωρίζεται και να καθαρίζεται εσωτερικά.
- Αν υπάρχει συγκεντρωμένη σκόνη στον φορτιστή, αυτή θα πρέπει να απομακρύνεται με αέρα ή με ένα πανί. Οι οπές εξαερισμού θα πρέπει να είναι καθαρές.
- Οι συνδέσεις των ακροδεκτών πρέπει να ελέγχονται για την σύσφιξη τους.
- Όλα τα ρελέ, οι λυχνίες ή οι κόρνες που δείχνουν μη φυσιολογικές καταστάσεις, π.χ. σφάλματα γης, απώλεια τροφοδοσίας και εμφάνιση υψηλής ή χαμηλής τάσης, θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά για να εξασφαλιστεί ότι λειτουργούν σωστά.

- Κατά την διάρκεια των διακοπών λόγω συντήρησης, μπορεί να υπάρχουν στιγμές που να είναι απαραίτητη η παροχή προσωρινής τροφοδοσίας στον φορτιστή.

Να σημειωθεί ότι όταν μια μπαταρία φορτίζεται παράγει και εκβάλλει ένα μίγμα αερίων που αποτελείται από οξυγόνο και υδρογόνο και το οποίο είναι πολύ εκρηκτικό. Είναι ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς σπινθήρες ή φλόγες δεν θα πρέπει να δημιουργούνται κοντά στις μπαταρίες. Πρέπει να πραγματοποιείται σωστός αερισμός του χώρου ή του περιβλήματος μέσα στο οποίο τοποθετούνται οι μπαταρίες, ενώ το κάπνισμα θα πρέπει να απαγορεύεται. Παρακάτω αναφέρονται οι προτεινόμενες διαδικασίες συντήρησης και επιθεώρησης των φορτιστών και των συσσωρευτών (τα χρονικά διαστήματα είναι ενδεικτικά και οι λειτουργικές και περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να επιβάλουν να γίνεται πιο συχνά μια προληπτική συντήρηση και επιθεώρηση)

4.2.12 Μ/Σ μετρήσεων και Βοηθητικοί Μ/Σ

Οι Μ/Σ μετρήσεων και οι βοηθητικοί Μ/Σ μπορεί και να χρησιμοποιούνται σε υπαίθριους χώρους, παρόλο που ως επί το πλείστον είναι μονταρισμένοι μέσα στα διαμερισματοποιημένα συγκροτήματα διακοπών. Η κύρια λειτουργία τους είναι ο έλεγχος των Η/Ν και η μέτρηση / καταγραφή της παρεχόμενης ενέργειας. Οι παραπάνω Μ/Σ είναι παρόμοιοι με τους Μ/Σ με μονωτικό λάδι και είναι εφοδιασμένοι με μονωτήρες διέλευσης. Για αυτό τον λόγο εφαρμόζονται και εδώ οι ίδιες οδηγίες για την συντήρησή τους. Οι Μ/Σ μετρήσεων εσωτερικού χώρου, κατασκευάζονται συνήθως με ξηρή μόνωση και σε αντίθεση με τους Μ/Σ ισχύος, μπορεί να βρίσκονται εσώκλειστοι μέσα σε μεταλλικά περιβλήματα. Όλοι οι παραπάνω Μ/Σ είναι πλήρως στεγανοποιημένοι και μόνο οι ακροδέκτες τους προεξέχουν. Οι τεχνικές για την συντήρηση της μόνωσης τους είναι περίπου ίδιες με αυτές που αναφέρονται και στους Μ/Σ ισχύος. Μπορεί να επικρατούν και εδώ οι ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος καθώς και οι ίδιες θερμικές και ηλεκτρικές καταπονήσεις. Με άλλα λόγια θα πρέπει να διατηρούνται καθαροί.

4.2.12.1 Επιθεώρηση – Συντήρηση

- Δείκτης λαδιού: Έλεγχος της στάθμης, έλεγχος για διαρροές, στεγανοποίηση (για Μ/Σ λαδιού).
- Ακροδέκτες: Έλεγχος συσφίξεων
- Μονωτήρες: Έλεγχος για ρωγμές, για διαρροές λαδιού, καθαρισμός και επικάλυψη με σιλικόνη.
- Τυλίγματα: Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.

- Γειώσεις: Έλεγχος ακεραιότητας του συστήματος γείωσης.
- Μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διάβρωση, καθαρισμός και βάψιμο αν απαιτείται.

Πίνακας 5.2 : Προτεινόμενες διαδικασίες συντήρησης και επιθεώρησης των φορτιστών και των συσσωρευτών

| | Κάθε μήνα | Κάθε χρόνο | Κάθε 3 χρόνια |
|-------------|---|---|---|
| Συσσωρευτές | <p>Εκφόρτιση, μέτρηση του κάθε στοιχείου.</p> <p>Έλεγχος της στάθμης του ηλεκτρολύτη, συμπλήρωση.</p> <p>Φόρτιση, έλεγχος της πυκνότητας του ηλεκτρολύτη.</p> <p>Καθαρισμός των πόλων και επάλειψη με βαζελίνη.</p> <p>Σύσφιξη των ακροδεκτών</p> | <p>Καθαρισμός των εσωτερικών επιφανειών από τα άλατα.</p> <p>Έλεγχος της στάθμης του ηλεκτρολύτη μετά την φόρτιση</p> | <p>Αντικατάσταση του ηλεκτρολύτη</p> <p>Αντικατάσταση των στοιχείων, εάν είναι βραχυκυκλωμένα</p> |
| Φορτιστές | <p>Γίνεται μία οπτική επιθεώρηση και καθαρισμός από την σκόνη και τη βρωμιά.</p> | <p>Πίνακας συνδέσεων : Έλεγχος και καθαρισμός εσωτερικά.</p> <p>Ηλεκτρικό κύκλωμα : Έλεγχος των επαφών , ακροδεκτών, θερμικών και μαγνητικών στοιχείων.</p> <p>Λυχνίες σήμανσης και ενδείξεων : έλεγχος καλής λειτουργίας</p> <p>Γενικός έλεγχος της λειτουργίας του φορτιστή</p> | |

•

4.2.13 Μανδαλώσεις και μηχανισμοί ασφαλείας

Οι μανδαλώσεις και οι μηχανισμοί ασφαλείας εξασφαλίζουν την προστασία του προσωπικού και του εξοπλισμού και για αυτό είναι απαραίτητη η συντήρησή τους. Υπάρχουν δύο είδη μανδαλώσεων: (1) η μηχανική και (2) η ηλεκτρική. Σχεδιάζονται για την προστασία του προσωπικού και του εξοπλισμού. Δεν πρέπει ποτέ να αποσυνδέονται ή να παρακάμπτονται.

4.2.13.1 Επιθεώρηση – Συντήρηση

- Να γίνεται ο έλεγχος των ρυθμίσεων και της λειτουργίας των μηχανισμών όπως παρακάτω:
 1. Οι μηχανικές μανδαλώσεις, σε συρόμενους μηχανισμούς πρέπει να αποτρέπουν την απομάκρυνση ή την τοποθέτηση των διακοπών ισχύος, όταν αυτοί είναι "κλειστοί".
 2. Παραπετάσματα προστασίας, όταν υπάρχουν, πρέπει να καλύπτουν αυτόματα τις θυρίδες προσπέλασης.
 3. Διακόπτες περιορισμού θα αποτρέπουν την μετακίνηση, πέρα των ορίων, των μηχανοκίνητων συσκευών ανύψωσης.
- Να γίνεται ο χειρισμός των κύριων μανδαλώσεων με την σωστή ακολουθία και μετά να γίνεται ένας έλεγχος για την σωστή ακολουθία των χειρισμών.
- Να εκτελούνται οι ρυθμίσεις και να γίνεται λίπανση αν είναι απαραίτητο. Οδηγίες πρέπει να υπάρχουν για τα σύνθετα συστήματα, ιδιαίτερα όταν οι μανδαλώσεις λειτουργούν χειροκίνητα ή μόνο σε καταστάσεις ανάγκης.
- Τα εφεδρικά κλειδιά πρέπει να αναγνωρίζονται και να φυλάσσονται σε ξεχωριστά σημεία, κάτω από την επίβλεψη του επιτηρητή
- Οι γειωτές που χρησιμοποιούνται στη Μ.Τ. πρέπει να συντηρούνται με τον ίδιο βαθμό όπως και οι διακόπτες ισχύος. Αν βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους θα πρέπει να καλύπτονται, για να αποφεύγεται η συσσώρευση της σκόνης. Αν τοποθετούνται σε εξωτερικούς χώρους θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε αδιάβροχα περιβλήματα.

4.2.14 Συναγερμοί

Οι συναγερμοί που έχουν σχέση με την υπερθέρμανση των Μ/Σ, την υψηλή ή την χαμηλή πίεση του λαδιού σε διακόπτες ή Μ/Σ, την διέγερση των διακοπών ισχύος, τα τυχαία σφάλματα γης σε υπόγεια συστήματα και γενικά με ανεπιθύμητες καταστάσεις που

συμβαίνουν στα συστήματα, θα πρέπει να δοκιμάζονται κατά περιόδους ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.

4.2.15 Σημάνσεις

Οι σημάνσεις "Διακόπτης ανοικτός - κλειστός" πρέπει να ελέγχονται κατά την διάρκεια των τακτικών συντηρήσεων. Οι λυχνίες σημάνσεως που βρίσκονται σε υπόγεια ηλεκτρικά δίκτυα πρέπει να ελέγχονται καθημερινά ή σε εβδομαδιαία βάση. Ποικίλες άλλες σημάνσεις που υπάρχουν για την ροή του λαδιού, την υπερθέρμανση, την υπερβολική πίεση κλπ, θα πρέπει να ελέγχονται ή να τίθενται σε λειτουργία σε τακτά χρονικά διαστήματα, για να εξασφαλίζεται ότι λειτουργούν σωστά.

4.2.16 Μετασηματιστές Ισχύος

Ο Μ/Σ είναι μια συσκευή που μετασηματίζει την ενέργεια, σε ένα σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος (E.P) από ένα επίπεδο τάσης σε άλλο. Αποτελείται από δύο ή περισσότερα τυλίγματα από χαλκό γύρω από έναν σιδερένιο πυρήνα κατασκευασμένο από δυναμοελάσματα. Τα τυλίγματα δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα (υπάρχει γαλβανική απομόνωση), αφού η αρχή λειτουργίας του Μ/Σ στηρίζεται στο φαινόμενο της επαγωγής. Συνήθως αποτελείται από δύο μονωμένα τυλίγματα γύρω από ένα σιδερένιο πυρήνα.

Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οι Μ/Σ χρησιμοποιούνται συνήθως για να μετατρέπουν ή να υποβιβάζουν την τάση από ένα υψηλό επίπεδο σε ένα χαμηλότερο. Αυτοί ονομάζονται Μ/Σ διανομής και ισχύος. Υπάρχουν βέβαια και Μ/Σ που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και την λειτουργία των διατάξεων προστασίας και ελέγχου. Αυτοί ονομάζονται Μ/Σ μετρήσεων. Οι Μ/Σ είναι τα πιο ζωτικά εξαρτήματα σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο. Παρόλα αυτά επειδή οι σύγχρονες εγκαταστάσεις περιέχουν εξειδικευμένα συστήματα προστασίας που εξασφαλίζουν έναν αυτόματο τρόπο λειτουργίας και έλεγχου, συχνά οδηγούν σε εγκατάλειψη και παραμέληση των Μ/Σ. Αν όμως συμβεί ένα σφάλμα σε έναν Μ/Σ, αυτό είναι συνήθως αρκετά σοβαρό και απαιτείται εκτενής επισκευή και μεγάλος χρόνος διακοπής. Για αυτό τον λόγο είναι απαραίτητο να διεξάγεται σε τακτά χρονικά διαστήματα μια λεπτομερής και εξονυχιστική συντήρηση για να υπάρχει ένα υψηλό ποσοστό αξιοπιστίας και συνεχούς λειτουργίας.

Οι Μ/Σ μπορούν γενικά να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, (1) ανάλογα με το είδος της μόνωσης και (2) ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους: σε αυτούς που έχουν το λάδι σαν μονωτικό μέσο και σε αυτούς που είναι ξηρού τύπου. Γενικά οι διάφορες δοκιμές για τον προσδιορισμό της μόνωσης, όπως είναι η μέτρηση του συντελεστή ισχύος και η μέτρηση της

αντίστασης της μόνωσης καθώς και διάφορα διαγνωστικά τεστ όπως είναι η μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων και η μέτρηση των ρευμάτων διέγερσης, είναι και από τα κυριότερα τεστ συντήρησης για όλες τις κατηγορίες των Μ/Σ. Επιπρόσθετα σε Μ/Σ λαδιού πρέπει να γίνονται και δοκιμές για τον προσδιορισμό της ποιότητας του λαδιού.

4.2.16.1 Μ/Σ με μονωτικά λάδια

Ο πυρήνας και τα τυλίγματα σε αυτού του τύπου τους Μ/Σ, είναι εμποτισμένα μέσα στο μονωτικό λάδι το οποίο εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Ο πρώτος είναι ότι αποτελεί μονωτικό μέσο και ο δεύτερος ότι μεταφέρει την θερμότητα μακριά από τα τυλίγματα, με σκοπό να την διασκορπίσει στην επιφάνεια του δοχείου και στα ψυγεία. Άλλοι τύποι μονωτικών υγρών που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως μη εύφλεκτα υγρά όπως η σιλικόνη και υγρά με σταθεροποιητικούς υδρογονάνθρακες. Κάθε υγρό έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και για αυτό δεν θα πρέπει να γίνεται ανάμιξη τους. Ανάλογα με τον τρόπο που μειώνουν την έκθεση του λαδιού στο περιβάλλον υπάρχουν διάφοροι τύποι Μ/Σ:

- Φυσικής αναπνοής (τοποθετούνται κυρίως σε υπαίθριους ΥΣ)
- Περιορισμένης αναπνοής (τοποθετούνται κυρίως σε υπαίθριους ΥΣ μέσω ανθυγραντικών στοιχείων (silica gel))
- Με δοχείο διαστολής (η έκθεση του λαδιού στον αέρα περιορίζεται από το δοχείο).
- Με στεγανοποιημένο δοχείο (ο χώρος πάνω από το λάδι" προστατεύει από τις εσωτερικές πιέσεις)
- Με στεγανοποιημένο δοχείο που έχει μέσα αέριο
- Με αδρανές αέριο (ο χώρος πάνω από το υγρό διατηρείται σε σταθερή πίεση με τη εισαγωγή αερίου, συνήθως αζώτου, μέσω μιας αντλίας).

Όσον αφορά στη ψύξη του λαδιού, συνηθισμένες μέθοδοι είναι οι παρακάτω :

- Με φυσική ροή αέρα (ΟΑ)
- Με βεβιασμένη ροή αέρα (FA) που γίνεται με ανεμιστήρες πάνω από τις επιφάνειες ψύξης.
- Με βεβιασμένη ροή αέρα και βεβιασμένη ροή λαδιού όπου μια αντλία οδηγεί το λάδι σε εναλλάκτες θερμότητας.
- Ψύξη με νερό μέσω σωλήνων που βρίσκονται μέσα ή έξω από το δοχείο.

4.2.16.1.1 Τακτικές Επιθεωρήσεις

Η επιθεώρηση των Μ/Σ πρέπει να γίνεται τακτικά. Η συχνότητα των επιθεωρήσεων καθορίζεται από την θέση του Μ/Σ μέσα στο σύστημα, από το περιβάλλον λειτουργίας και από τις συνθήκες φόρτισης. Τα τυπικά στοιχεία που καταγράφονται από τα αποτελέσματα των τακτικών επιθεωρήσεων, μπορεί να περιλαμβάνουν το ρεύμα και την τάση φόρτισης, την στάθμη και την θερμοκρασία του λαδιού, την θερμοκρασία των τυλιγμάτων, την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τον εντοπισμό τυχόν διαρροών καθώς και άλλες καταστάσεις. Πρέπει να τηρούνται μόνιμα αρχεία από τις μετρήσεις. Αυτό συμβάλλει στο να υπάρχουν πάντα κάποια στοιχεία από τις μετρήσεις, με τα οποία μπορούν να γίνουν συγκρίσεις με τις παλιότερες τιμές. Οι τακτικές επιθεωρήσεις περιλαμβάνουν:

- **Καταγραφή του ρεύματος φόρτισης :** είναι από τα σημαντικότερα κομμάτια τακτικής επιθεώρησης. Οι μετρήσεις των τιμών πρέπει να λαμβάνονται στις αιχμές των φορτίων. Αν σε κάθε φάση που ελέγχεται, το ρεύμα έχει τιμή μεγαλύτερη από την ονομαστική του, σε πλήρες φορτίο, και αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη, τότε επιφέρεται μείωση του φορτίου. Αύξηση ή μείωση της τάσης, μπορεί να είναι επιβλαβής για τον Μ/Σ και το φορτίο του. Οι αιτίες που προκαλούν τις παραπάνω καταστάσεις, πρέπει να διερευνούνται και να διορθώνονται αμέσως, για να είναι η τάση μέσα στα προβλεπόμενα όριά της.
- **Καταγραφή της θερμοκρασίας :** Οι Μ/Σ ρυθμίζονται για να μεταφέρουν το ονομαστικό τους φορτίο σε KVA με μια αύξηση στη θερμοκρασία του, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος βρίσκεται σε σταθερό επίπεδο. Οι ακριβείς τιμές της βρίσκονται πάνω στην πινακίδα του Μ/Σ. Για παράδειγμα ένας Μ/Σ λαδιού έχει την δυνατότητα να αυξήσει την θερμοκρασία του έως τους 65° C όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά μέσο όρο όλο το 24ωρο είναι 30°. Χαρακτηριστικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τον κανονισμό IEC 76- Π/ 67 η μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία του λαδιού στο πάνω μέρος ενός Μ/Σ με δοχείο διαστολής είναι 100°C ,ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στο θερμότερο σημείο των τυλιγμάτων (hot spots) είναι 105°C. Και στις δύο περιπτώσεις θεωρείται ότι υπάρχει μια μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος με τιμή 40°C. Αν ο Μ/Σ έχει μετρητές θερμοκρασίας, αυτές οι τιμές θα πρέπει να λαμβάνονται σε τακτικά διαστήματα και να καταγράφονται σε αρχεία. Οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται στις αιχμές των φορτίων. Αν ο μετρητής έχει και δείκτη που δείχνει την μέγιστη θερμοκρασία που έχει παρουσιάσει κατά την λειτουργία του, αυτή θα πρέπει να καταγράφεται. Η υπερβολική θερμοκρασία είναι αποτέλεσμα κάποιας υπερφόρτιση ή κάποιου

προβλήματος στο σύστημα ψύξης. Η συνεχής λειτουργία σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών, θα επιταχύνει την αποσύνθεση του λαδιού με μακροχρόνιο αποτέλεσμα την μείωση της ζωής της μόνωσης ή θα μεγαλώσει την πιθανότητα εμφάνισης σφαλμάτων. Σε μερικές εγκαταστάσεις η συνεχής παρακολούθηση για υπερθέρμανση επιτυγχάνεται με ειδικές σημάψεις που τοποθετούνται στον μετρητή θερμοκρασίας.

- **Δείκτες για τη στάθμη του λαδιού και μετρητές πίεσης :** Η στάθμη του λαδιού θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά σε στιγμές χαμηλών φορτίσεων και με χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, αφού μόνο τότε η στάθμη είναι η χαμηλότερη. Είναι σημαντικό να γίνεται προσθήκη λαδιού προτού πέσει η στάθμη κάτω από το επιτρεπτό όριο. Αν ο Μ/Σ δεν είναι εφοδιασμένος με δείκτη για την στάθμη του λαδιού, αυτή μπορεί να ελεγχθεί αφαιρώντας την πλάκα ελέγχου που υπάρχει στο πάνω μέρος του ή αν δεν υπάρχει, αφαιρώντας ολόκληρο το πάνω μέρος. Πριν γίνει ο παραπάνω έλεγχος, ο Μ/Σ θα πρέπει να βγαίνει εκτός λειτουργίας. Μετρητές πίεσης (πρεσοστάτες) συνήθως υπάρχουν σε στεγανοποιημένους Μ/Σ και είναι πολύτιμες συσκευές. Οι περισσότεροι Μ/Σ αυτού του τύπου, έχουν την δυνατότητα εγκατάστασης τέτοιων συσκευών. Οι μετρήσεις που παίρνονται πρέπει να συγκρίνονται με αυτές που προτείνουν οι κατασκευαστές, για την κανονική λειτουργία. Οι υψηλές πιέσεις δείχνουν ότι υπάρχει υπερφόρτιση ή κάποιο εσωτερικό πρόβλημα, το οποίο θα πρέπει να ερευνείται αμέσως. Αντίθετα μια ένδειξη μηδενικής πίεσης μπορεί να οφείλεται σε πρόβλημα του μετρητή.
- **Ανάλυση λαδιού :** Για τα μονωτικά λάδια οι δοκιμές που γίνονται συνήθως αφορούν την διηλεκτρική αντοχή, την οξύτητα, το χρώμα, την περιεκτικότητα σε υγρασία, τον συντελεστή ισχύος, την επιφανειακή τάση και μια οπτική εξέταση. Για άλλα μονωτικά υγρά πρέπει να ακολουθούνται ιδιαίτερες κατασκευαστικές οδηγίες. Επίσης δεν θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα λαδιού όταν ο Μ/Σ βρίσκεται σε λειτουργία, εκτός αν υπάρχει ειδικός κρουνός δειγματοληψίας στο εξωτερικό του. Αν δεν υπάρχει, θα πρέπει πρώτα ο Μ/Σ να τίθεται εκτός λειτουργίας και μετά να γίνεται η λήψη των δειγμάτων από το εσωτερικό του.
- **Συντήρηση λαδιού :** Αν κάποιο από τα παραπάνω τεστ δείξει ότι τα λάδι δεν βρίσκεται σε καλή κατάσταση, μπορεί να γίνει αφύγρανση και αποκατάσταση του ή αλλιώς αντικατάσταση. Η αφύγρανση είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την απομάκρυνση της υγρασίας και των στερεών καταλοίπων με διάφορους μηχανικούς

τρόπους, όπως είναι το φιλτράρισμα, η μέθοδος φυγοκέντρισης ή η μέθοδος αφαίρεσης της υγρασίας υπό κενό. Η αποκατάσταση περιλαμβάνει την απομάκρυνση των όξινων και κολλοειδών στοιχείων καθώς και τα παράγωγα της οξείδωσης με χημικά και απορροφητικά μέσα όπως είναι η εισαγωγή σαπουνόπηλου μέσα στο λάδι είτε μόνο του, είτε με άλλα συστατικά. Προτού γίνει η αντικατάσταση του λαδιού, θα πρέπει γίνεται αποστράγγιση, καλό πλύσιμο του δοχείου, δοκιμές, ενώ το παλιό λάδι θα πρέπει να αποθηκεύεται μέσα σε ειδικά βαρέλια.

4.2.16.1.2 Ειδικές Επιθεωρήσεις

Για Μ/Σ με ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την διάρκεια τακτικών επιθεωρήσεων είναι:

- Η θερμοκρασία του νερού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε Μ/Σ με ψύξη νερού.
- Η θερμοκρασία του λαδιού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε Μ/Σ με βεβιασμένη ροή λαδιού και εναλλάκτες θερμότητας.
- Η πίεση του αζώτου, σε Μ/Σ με αυτόματο σύστημα πίεσης. Αν η πίεση πέσει κάτω από το επιτρεπόμενο όριο (συνήθως 150 psi ή 1034 kPa) ο κύλινδρος που περιέχει το άζωτο θα πρέπει να αντικαθίσταται.
- Οι ανθυγραντικοί αναπνευστήρες θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά, ώστε να μην εμποδίζεται η λειτουργία τους και να μην περιέχουν υπερβολική ποσότητα υγρασίας.

4.2.16.1.3 Μέτρα Ασφαλείας κατά τη συντήρηση

Αν πρέπει να γίνει μια εκτεταμένη οπτική εξέταση του Μ/Σ, θα πρέπει να θεωρείται ότι το περίβλημα του βρίσκεται υπό τάση, μέχρι να επιθεωρηθούν οι συνδέσεις γείωσης του δοχείου και να βρεθούν ότι δεν παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα. Αν είναι απαραίτητο να γίνουν και άλλοι έλεγχοι πέρα από μια τυπική οπτική επιθεώρηση, η πρώτη προφύλαξη που πρέπει να λαμβάνεται και θα πρέπει πάντα να τηρείται, είναι τεθεί εκτός λειτουργίας ο Μ/Σ. Η απενεργοποίηση του θα πρέπει πάντα να συνοδεύεται από την τοποθέτηση κατάλληλων απαγορευτικών πινακίδων και κλειδαριών για να αποτραπεί μια πιθανή ενεργοποίηση, που θα έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση επικίνδυνων καταστάσεων για το προσωπικό και τον εξοπλισμό. Θα πρέπει να γίνεται και ένας έλεγχος ότι ο Μ/Σ είναι όντως εκτός λειτουργίας, ενώ παράλληλα θα πρέπει να τοποθετούνται και οι κατάλληλες γειώσεις προστασίας πριν ξεκινήσει η οποιαδήποτε εργασία.

4.2.16.2 Μ/Σ ξηρού τύπου

Οι Μ/Σ ξηρού τύπου μπορούν να λειτουργήσουν σε πιο αντίξοο περιβάλλον από ότι οι Μ/Σ λαδιού. Υπάρχουν κυρίως δύο κατασκευαστικοί τύποι, ο ένας είναι Μ/Σ ανοικτού ή αεριζόμενου τύπου και ο άλλος Μ/Σ μέσα σε σφραγισμένο ή κλειστό δοχείο. Οι παραπάνω Μ/Σ έχουν τυλίγματα που μπορεί να είναι εμποτισμένα σε βερνίκι ή κατασκευασμένα από χυτορυτίνη. Ο αέρας ή το αέριο που υπάρχει μέσα στον Μ/Σ, λειτουργεί και σαν μονωτικό μέσο και για να απομακρύνει την θερμότητα από τα τυλίγματα. Υπάρχουν τυποποιημένες κλάσεις μόνωσης για θερμοκρασίες των 80° C, των 115° C και των 150° C.

4.2.16.2.1 Τακτικές Επιθεωρήσεις

Σε αυτές περιλαμβάνονται:

- **Καταγραφές των τιμών της τάσης και του ρεύματος :** Οι συστάσεις σχετικά με τις μετρήσεις της τάσης και του ρεύματος εφαρμόζονται και για τους Μ/Σ με ξηρού τύπου.
- **Καταγραφές της θερμοκρασίας :** Αυτοί οι Μ/Σ έχουν την δυνατότητα να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και για αυτό μπορούν και λειτουργούν σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες από ότι οι Μ/Σ λαδιού.
- **Μετρητές πίεσης / κενού :** Οι στεγανοποιημένοι Μ/Σ ξηρού τύπου είναι εφοδιασμένοι με μετρητές της πίεσης / κενού. Οι ενδείξεις του μετρητή θα πρέπει να ελέγχονται και να καταγράφονται κατά περιόδους. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται θα πρέπει να συγκρίνονται με αυτές που ορίζουν οι κατασκευαστές και θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε αποδεκτά όρια. Χαμηλότερες από τις κανονικές ή μηδενικές μετρήσεις είναι μια ένδειξη ότι υπάρχει διαρροή στο δοχείο. Αν η διαρροή δεν είναι σοβαρή, είναι προτιμότερο να γίνεται αντικατάσταση ή συμπλήρωση του αερίου στον Μ/Σ από το να γίνεται ο εντοπισμός και το σφράγισμα της διαρροής. Το αέριο που αντικαθίσταται θα πρέπει να είναι ίδιο με το αρχικό ή με κάποιο άλλο εγκεκριμένο. Οι υψηλές ενδείξεις δείχνουν ότι υπάρχει υπερφόρτιση ή κάποιο άλλο εσωτερικό πρόβλημα στον Μ/Σ. Εδώ θα πρέπει να γίνεται εντοπισμός και διόρθωση του προβλήματος. Η υπερβολική πίεση μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση ή την δημιουργία ρωγμών στο δοχείο.

4.2.16.2.2 Ειδικές Επιθεωρήσεις και Επισκευές

Το περίβλημα προστασίας, σε Μ/Σ ξηρού τύπου που έχουν σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα, θα πρέπει να απομακρύνεται.

Θα πρέπει να γίνεται επιθεώρηση για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν τα παρακάτω προβλήματα:

- Συγκέντρωση ακαθαρσιών στα τυλίγματα, στους μονωτήρες και σε οποιοδήποτε σημείο που καθιστούν αδύνατη την κυκλοφορία του αέρα.
- Κηλίδωση που προκαλείται από την υπερθέρμανση.
- Ύπαρξη σπασμένων ή ραγισμένων μονωτήρων.
- Παραμόρφωση των προστατευτικών μπαρών.
- Ίχνη από ηλεκτρικό τόξο.
- Διαβρωμένες ή χαλαρές ηλεκτρικές συνδέσεις.

Επιπροσθλετως, θα πρέπει να γίνεται μια επιθεώρηση της γείωσης για σημάδια από διάβρωση και για χαλαρές συνδέσεις. Πρέπει να πραγματοποιείται μέτρηση της αντίστασης του ηλεκτροδίου γείωσης. Η βρωμιά και η σκόνη θα πρέπει να καθαρίζονται από τα τυλίγματα με μια ηλεκτρική σκούπα. Μετά το καθάρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρός και ξηρός πεπιεσμένος αέρας, σε χαμηλή πίεση για να μην γίνει κάποια ζημιά στα τυλίγματα. Επίσης θα πρέπει να καθαρίζονται οι αγωγοί αερισμού, καθώς και το πάνω και το κάτω μέρος των τυλιγμάτων. Η χρήση υγρών καθαριστικών πρέπει να επιτρέπεται μόνο όταν είναι γνωστό ότι δεν θα δημιουργήσουν κάποια φθορά στα μονωτικά τυλίγματα. Αν τα τυλίγματα λειτουργούν σε θερμοκρασία πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τότε έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Για αυτό τον λόγο, οι Μ/Σ που λειτουργούν σε περιοχές με υψηλή υγρασία πρέπει να λειτουργούν συνεχώς, αν κάτι τέτοιο είναι εφικτό. Αν ένας Μ/Σ που εργάζεται σε περιβάλλον με αυξημένη υγρασία, είναι απαραίτητο να διακόψει την λειτουργία του για μεγάλο χρονικό διάστημα, είναι ενδεχόμενο να γίνουν ειδικές διαδικασίες αποξήρανσης, προτού τεθεί ξανά σε λειτουργία.

4.2.16.3 Δοκιμές και μετρήσεις

Τα μεγαλύτερα προβλήματα που εμφανίζονται κατά την διάρκεια ζωής των Μ/Σ οφείλονται σε προβλήματα που δημιουργούνται λόγω "γήρανσης" στην μόνωση των τυλιγμάτων και στο λάδι. Η ηλεκτρική μόνωση των αγωγών χαρακτηρίζεται ποιοτικά και ποσοτικά από την αντίσταση που αυτή παρουσιάζει όταν αυτή τεθεί κάτω από μια συγκεκριμένη τάση συνεχούς ρεύματος. Η παραπάνω δοκιμή μπορεί να διεξαχθεί με την

βοήθεια ενός εξειδικευμένου οργάνου μέτρησης της αντίστασης, το γνωστό "Megger". Σύμφωνα με αυτή την δοκιμή και επειδή είναι γνωστό ότι καμία μόνωση δεν είναι τέλεια, θα υπάρχει μια ρευματική διαρροή την οποία μπορεί και καταγράφει το συγκεκριμένο όργανο. Έτσι και με την βοήθεια ορισμένων τυποποιημένων πινάκων μπορεί να διαπιστωθεί η καλή κατάσταση της αντίστασης μόνωσης. Παρακάτω θα αναφερθούν ορισμένοι τρόποι σύμφωνα με τους οποίους μπορεί κανείς να εκτιμήσει την ποιότητα της αντίστασης μόνωσης στα τυλίγματα Μ/Σ.

4.2.16.3.1 Φθορές στη μόνωση

Εκτός από την φυσιολογική φθορά την οποία υφίσταται η μόνωση λόγω γήρανσης, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι μειώνουν την διάρκεια ζωής της. Τέτοιοι παράγοντες είναι η υγρασία, το μολυσμένο περιβάλλον, τα διαβρωτικά αέρια και τέλος οι εκκενώσεις κορώνας που μπορούν να εμφανιστούν ακόμα και σε χαμηλές τιμές της τάσης. Οι παραπάνω παράγοντες μπορεί να λειτουργούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό και μπορεί να αυξήσουν σε επικίνδυνα επίπεδα την ρευματική διαρροή. Για να αποφευχθεί μια τέτοια δυσμενής κατάσταση είναι απαραίτητο να διεξάγονται οι παρακάτω δοκιμές και μετρήσεις που θα αποτρέψουν πιθανές ζημιές και καταστροφές στα τυλίγματα και επομένως στον Μ/Σ:

- **Δοκιμή για τη μέτρηση της αντίστασης μόνωσης :** Οι δοκιμές που διεξάγονται για την μέτρηση της αντίστασης μόνωσης ανήκουν στην κατηγορία των μη καταστρεπτικών δοκιμών. Οι πραγματικές τιμές της αντίστασης μόνωσης ποικίλουν και εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος (π.χ η αντίσταση μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασία και της υγρασίας). Για αυτούς τους λόγους είναι επιβεβλημένο να γίνονται ορισμένες αναγωγές για να μπορεί να υπάρχει μια καλύτερη εικόνα για την πραγματική τιμή της αντίστασης. Η συχνότητα εκτελέσεως των μετρήσεων θα εξαρτάται από τον τύπο, την θέση, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την σπουδαιότητα του Μ/Σ μέσα στην εγκατάσταση. Εντούτοις όμως θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας που να προσδιορίζει τον χρόνο εκτέλεσης των μετρήσεων. Έτσι κατά κανόνα ο προγραμματισμός γίνεται με βάση την εμπειρία.
- **Δοκιμή για τη μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων:** Η μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί ο αριθμός των σπειρών σε ένα τύλιγμα του Μ/Σ σε σχέση με τον αριθμό των σπειρών στο άλλο τύλιγμα στην ίδια φάση του Μ/Σ. Η μέτρηση της πόλωσης προσδιορίζει τις διανυσματικές σχέσεις για

τα τυλίγματα σε Μ/Σ με διαφορετικές συνδεσμολογίες. Η δοκιμή για την μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων χρησιμοποιείται τόσο σε δοκιμές καταλληλότητας του υλικού, όσο και σε δοκιμές που γίνονται κατά την διάρκεια μιας συντήρησης, ενώ οι δοκιμές για την μέτρηση της πόλωσης κυρίως για ελέγχους της καταλληλότητας του υλικού. Ο δοκιμαστικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την παραπάνω μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων αποτελείται από μια ειδική διάταξη (Συσκευή Resion). Αν δεν είναι διαθέσιμος τέτοιος εξοπλισμός, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τάσεις εισόδου και εξόδου οι οποίες μετρούνται με βολτόμετρα ακρίβειας 0,25%, σε πλήρη κλίμακα. Επίσης όταν πραγματοποιείται μια μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων, αυτός θα πρέπει να προσδιορίζεται για καθεμιά από τις λήψεις που έχουν τα τυλίγματα, όταν ρυθμίζεται η τάση χωρίς φορτίο. Αν ο Μ/Σ έχει μεταγωγέα αλλαγής της τάσης υπό φορτίο ("on load tap changer") θα πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε λήψη του μεταγωγέα. Το παραπάνω τεστ είναι χρήσιμο για να εντοπιστούν τα βραχυκυκλωμένα τυλίγματα ή τυχόν λανθασμένες συνδέσεις. Επίσης διεξάγεται και όταν γίνονται δοκιμές παραλαβής (τύπου) για να πιστοποιούνται οι ενδείξεις της πινακίδας του Μ/Σ.

- **Προσδιορισμός των σφαλμάτων με την μέθοδο ανάλυσης των εύφλεκτων αερίων που δημιουργούνται μέσα στον μετασηματιστή :** Η ανάλυση του ποσοστού των εύφλεκτων αερίων που υπάρχει στην διάταξη buchholz σε έναν Μ/Σ λαδιού, μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με την πιθανότητα ύπαρξης σφαλμάτων στο εσωτερικό του. Όταν δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο ή όταν αυξάνεται η θερμοκρασία σε έναν Μ/Σ, μια ποσότητα του λαδιού αποσυντίθεται. Μερικά από τα προϊόντα αυτής της αποσύνθεσης είναι εύφλεκτα αέρια που προχωρούν στο πάνω μέρος της επιφάνειας του λαδιού και εισέρχονται μέσα στην διάταξη buchholz. Η δοκιμαστική διάταξη είναι σχεδιασμένη για αυτόν τον σκοπό. Μια μικρή ποσότητα δείγματος των αερίων, αφαιρείται από τον Μ/Σ και αναλύεται. Η διάταξη έχει μια κλίμακα για άμεση μέτρηση που δείχνει το % ποσοστό του εύφλεκτου αερίου. Σε κανονικές συνθήκες η κάψουλα θα έχει λιγότερο από 1,5% εύφλεκτο αέριο. Καθώς εξελίσσεται ένα πρόβλημα μέσα στον Μ/Σ το ποσοστό αυξάνει σε 10 με 15%.

4.2.16.4 Μέθοδος ανάλυσης των αερίων που είναι διαλυμένα μέσα στο λάδι (Dissolved Gas Analysis)

Με αυτή την μέθοδο, αφαιρείται ένα δείγμα από το λάδι του Μ/Σ και μετά γίνεται αφαίρεση των διαλυμένων αερίων μέσα από αυτό. Στα αέρια που λαμβάνονται πραγματοποιείται μια χρωματογραφική ανάλυση, που προσδιορίζει την ακριβές ποσοστό και

την ποσότητα του κάθε αερίου. Διαφορετικοί τύποι σφαλμάτων έχουν και διαφορετικό τρόπο εξέλιξης και δημιουργίας αερίων μέσα στο λάδι. Με αυτή την μέθοδο μπορεί να γίνει μια αναλυτική διάγνωση με την οποία προσδιορίζονται τα προβλήματα στο εσωτερικό των Μ/Σ.

4.2.16.5 Δοκιμές για την μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών λαδιών

Αρχικά θα πρέπει να τονιστεί ότι η μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής από μόνη της δεν αποτελεί ένδειξη για την παλαιώση του λαδιού, γιατί εξαρτάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από την περιεκτικότητα της υγρασίας μέσα σε αυτό. Το νερό ή η υγρασία μπορεί να εμφανιστεί μέσα στο λάδι με την μορφή γαλακτώματος, διαλυμένο ή με την μορφή φυσαλίδων. Ένα καλά διυλισμένο λάδι περιέχει ένα μικρό ποσοστό από αρωματικούς υδρογονάνθρακες και έτσι απορροφά ένα σχετικά μικρό ποσοστό υγρασίας. Αν η υγρασία στο λάδι ανέρχεται σε 30 έως 50 gr ανά τόνο τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι η διηλεκτρική του αντοχή είναι αρκετά καλή. Αν επιπλέον γίνει ξήρανση και το ποσοστό υγρασίας μειωθεί στα 10 gr ανά τόνο τότε η διηλεκτρική αντοχή μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική.

Το λάδι μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι καλό όταν παρουσιάζει μια διηλεκτρική αντοχή 100 KV/cm, ενώ θα πρέπει να υφίσταται αναγέννηση ή αντικατάσταση όταν η τιμή της διηλεκτρικής αντοχής κυμαίνεται από 70 έως 90 KV/cm. Η συσκευή δοκιμής παράγει μια εναλλασσόμενη τάση η οποία μεταβάλλεται από 0 έως 50 KV με βήμα 3 KV/sec. Τα ηλεκτρόδια έχουν μια απόσταση 2.5 mm μεταξύ τους με μια ανοχή ± 0.05 mm. Λαμβάνονται 6 μετρήσεις κάθε 2 λεπτά και καταγράφονται οι ενδείξεις. Η τιμή της διηλεκτρικής αντοχής είναι ίση με την μέση τιμή των παραπάνω μετρήσεων. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί μια ελάχιστη τάση διάσπασης για το λάδι, η οποία είναι 22 KV [7, 25, 20].

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”

Ο υποσταθμός ΥΤ/ΜΤ αποτελεί από μόνος του ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από μία ποικιλία ηλεκτρικών διατάξεων. Όπως είδαμε και στα προηγούμενα κεφάλαια , ο σχεδιασμός και η μελέτη για τη χωροθέτηση του απαιτεί πληθώρα παραμέτρων και κριτηρίων που πρέπει να ληφθούν υπόψιν.

Το σημαντικότερο ωστόσο διαφαίνεται να είναι η σωστή μετέπειτα συντήρηση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού καθώς μεταφράζεται σε εξοικονόμηση χρημάτων, αύξηση της αξιοπιστίας, απόδοσης και διάρκειας ζωής του συνολικού συστήματος. Για το σκοπό αυτό οι επιθεωρήσεις θα πρέπει να είναι τακτικές (κάθε μήνα) για να αποφευχθούν όσο το δυνατόν περισσότερα τυχόν προβλήματα που θα οδηγήσουν σε ανεπανόρθωτες βλάβες και συνολική αντικατάσταση τμημάτων του εξοπλισμού που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι μεγάλη σε κόστος. Απαιτείται λοιπόν προσεκτικός σχεδιασμός για την αποφυγή των παραπάνω.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Α. Κατερινοπούλου,Χ. Κατσέλου. «Δείκτες Αξιοπιστίας Λειτουργίαςτων Υποσταθμώντου Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας».Αθήνα, 2004, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών& Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.
- [2] <http://www.dei.gr/> , ΔΕΗ Α.Ε
- [3] <http://www.rae.gr/>, ΡΑΕ – ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
- [4] Α. Τραχανάς. «Μελέτη των εναέριων δικτύων διανομής και αξιολόγηση της μηχανικής αντοχής των γραμμών διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας». Αθήνα , 2007, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών& Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.
- [5] Δ. Μητροπούλου «Συγκριτική Μελέτη Διατάξεων Υποσταθμών Μεταφοράς Υ.Τ/Μ.Τ και ΚΥΤ». Αθήνα , 2010, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών& Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.
- [6] Β. Δεληγιάννη «Περιγραφή Υποσταθμού ΥΤ Βιομηχανικού Καταναλωτή»..Αθήνα , 2013, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών& Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.
- [7] Α. Τασούλας «Συντήρηση Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας»..Αθήνα , 2009, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών& Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.
- [8] Μ. Μαρία «Μελέτη Υποσταθμού Μέσης Τάσης 20/0,4KV».. Πάτρα, 2009, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών
- [9] http://www.hellaskps.gr/min_requirements/docs/orig/PE3/ADPMeleton/PE-A4_3-0.doc , Μελέτες Ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων
- [10] Ηλεκτροτεχνία , Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Ενότητα 6.1 , Περαντζάκης Γ.
- [11] <http://users.sch.gr/nchatzigeo/Biblia/biomhxanikes-egkatastaseis.pdf>, Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις
- [12] Παπαδιάς Β., “Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1982.
- [13] Τσιτσάνης Δ., «Χωροθέτηση Υποσταθμου 150/20 KVστη Χαλυβουργία Θεσσαλίας (Εργοστάσιο Ελάστρου)». Αθήνα, 2004, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών& Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.

- [14] Μπαγιώκος Π. «Μελέτη και σχεδιασμός ηλεκτρονόμου σημάτων σφαλμάτων και ψηφιακού μετρητή ενέργειας» Αθήνα, 2013, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.
- [15] ΕΛΟΤ HD 637 S1. Εγκαταστάσεις ισχύος με ονομαστική τάση πάνω από 1kV εναλλασσομένου ρεύματος. 20/4/2000.
- [16] Πλάκου Γ. «Η/Μ Μελέτη Ενιαίου Πολύροφου κτιρίου με χρήση πολυκαταστήματος» Ηράκλειο, 2008, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Α.Τ.Ε.Ι, Διπλωματική
- [17] Βασίλης Γ. Σαμοίλης, «Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ –Ειδικά κεφάλαια συντήρησης των μηχανημάτων», ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ, Αθήνα 1995.
- [18] John Moubray, «Reliability Centre Maintenance II», May 2000
- [19] Joachim Schneider, Armin Gaul, Claus Neumann, Jurgen Hografer, Wolfram Wellbow, Michael Schwan, Armin Schnettler, «Asset Management Techniques», 15th PSCC, Liege, 22-26 August 2005
- [20] Μαρκόπουλος Β. «Μέθοδοι υπολογισμού Του Κόστους Συντήρησης Υποσταθμών». Αθήνα , 2009, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διπλωματική.
- [21] Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς, «Αξιοπιστία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας», Αθήνα, Οκτώβριος 1996
- [22] E. N. Dialynas, L. G. Daoutis, S. Vassos, E. Georgis, «Reliability Performance Indices of the Hellenic Power Transmission System», MedPower, Thessaloniki, October 2008
- [23] M. Schwan, K.-H. Weck, M. Roth, «Assessing the Impact of Maintenance Strategies on Supply Reliability in Asset Management Methods», Cigre Session 2004, paper C1-108
- [24] Δρ. Γ. Γεωργαντζής, «Συντήρηση και Αποκατάσταση Βλαβών στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς», Ημερίδα-ΤΕΕ, Παν. Πατρών, Ε.Ε. CIGRE-Πάτρα, 16.02.2009
- [25] Παναγιώτης Βλάχας, Ηρακλής Καμπανός, Μαρία Χ'παυλίδου, «Εγχειρίδιο Προληπτικής Ηλεκτρολογικής Συντήρησης», Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2000.

