



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
1189

## Παρουσίαση μεθόδων συντήρησης υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ.

ΠΙΤΣΙ ΛΟΥΙΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ

ΠΑΤΡΑ ΜΑΙΟΣ 2012

## Πρόλογος:

Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι οι τεχνικές πληροφορίες στο περιεχόμενο της να μπορέσουν να δώσουν μια σύντομη και πρώτη επαφή με την συντήρηση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, και γενικότερα μια γνωριμία με την διαδικασία από την αντίληψη του προβλήματος έως και την ενεργή πράξη σε οποιοδήποτε πρόβλημα πανό στον εξοπλισμό των υποσταθμών.

Η εργασία αυτή εκτείνεται σε πολλά πρακτικά ζητήματα πάνω στον εξοπλισμό των ύψιλον τάσεων και τα αναλύει αυτά με τον πιο πρακτικό δυνατό τρόπο έτσι ώστε να μπορέσει να συνδυάσει την θεωρητική γνώση με την τεχνική εμπειρία.

### **Περίληψη:**

Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται οι τεχνικές και οι μέθοδοι για την συντήρηση υποσταθμών υποβίβασης από υψηλή προς μέση τάση. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η δομή και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός ενός υποσταθμού συμπεριλαμβανομένου όλα τα υλικά και οι αρχές λειτουργίας τους, αλλά και ο τρόπος σύνδεσης μεταξύ τους. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια λεπτομερής ανάλυση στις μεθόδους συντήρησης και την θεωρία της όπως η προληπτική συντήρηση, η ανιχνευτική συντήρηση η προστατευτική συντήρηση κτλ, καθώς γίνεται και μια ανάλυση των παραμέτρων που καθορίζουν την κάθε συντήρηση (χρόνος, κατάσταση εξοπλισμού κτλ). Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια εκτενέστερη και λεπτομερής ανάλυση των υποσταθμών όσον αφορά, την τεχνολογία υλοποίησης τους, την λειτουργία τους, και μια αναλυτικότερη διαδικασία επιθεώρησης, συντήρησης και επισκευής του κάθε εξοπλισμού.

### **Ευχαριστίες:**

Μέσο αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που κάνανε εφικτή με κάθε δυνατό τρόπο την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Α. Θεοχάρη για την αμέριστη και ανεκτίμητη βοήθεια και καθοδήγησή του σε όλη την πορεία της διεξαγωγής αυτής της εργασίας.

## Περιεχόμενα:

Πρόλογος.....	2
Περίληψη.....	3
Ευχαριστίες.....	4

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΤΟΥΣ

1.1 Εισαγωγή.....	7
1.2 Παρουσίαση Σ.Η.Ε.....	7
1.3 Υποσυστήματα ενός Σ.Η.Ε.....	7
1.4 Παρουσίαση υποσταθμών.....	8
1.4.1 Υποσταθμοί μεταφοράς.....	8
1.4.2 Υποσταθμοί διανομής.....	9
1.5 Επισκόπηση στον υποβιβασμό 150/20 kV.....	10
1.6 Δομικά στοιχεία των υποσταθμών μεταφοράς.....	12
1.6.1 Μετασχηματιστές.....	12
1.6.2 Διατάξεις διακοπής-διακόπτες ισχύος.....	13
1.6.3 Όδευση ηλεκτρικής ισχύος-ζυγοί.....	15
1.6.4 Αποζεύκτες (ΑΖ).....	16
1.6.5 Αλεξικέραυνα (ΑΞ).....	17
1.6.6 Μονωτήρες.....	17
1.6.7 Κυματοπαγίδες – Σύστημα φερεσύχων.....	18
1.6.8 Πυκνωτές.....	18

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή στην συντήρηση.....	20
2.2 Οι μέθοδοι της συντήρησης.....	21
2.2.1 Η συντήρηση με βάση το χρόνο.....	21
2.2.2 Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού.....	22
2.2.3 Η συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία.....	22
2.2.4 Η επιδιορθωτική συντήρηση.....	23
2.3 Αξιοπιστία και βελτιώσεις.....	24
2.3.1 Βελτιώσεις σχετικές με την αξιοπιστία.....	24
2.4 Σκοποί και δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση.....	25
2.4.1 Δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση.....	25
2.5 Προοπτικές της συντήρησης.....	26

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ Υ.Τ/Μ.Τ

3.1 Εισαγωγή.....	28
3.2 Μονωτήρες.....	28
3.3 Καλώδια και αγωγοί.....	28
3.4 Αποζεύκτες και γειωτές.....	28
3.5 Γείωση.....	29
3.6 Περιβλήματα, περιφράξεις.....	29
3.7 Πίνακας διακοπών.....	29
3.8 Διατάξεις διακοπής-διακόπτες.....	31

3.8.1 Διακόπτες αέρος.....	31
3.8.2 Διακόπτες καινού.....	34
3.8.3 Διακόπτες λαδιού.....	34
3.8.4 Διακόπτες SF6.....	36
3.8.5 Διακόπτες Φορτίου.....	36
3.8.6 Γενικές δοκιμές στους διακόπτες.....	37
3.9 Ασφάλειες στην μέση τάση.....	37
3.10 Αντικεραυνική προστασία.....	38
3.11 Πυκνωτές.....	38
3.12 Μπαταρίες και φορτιστές.....	39
3.13 Μετασχηματιστές μετρήσεων.....	40
3.14 Μηχανικοί και ηλεκτρικοί μηχανισμοί προστασίας.....	40
3.15 Σημάνσεις και συναγερμοί.....	41
3.16 Μετασχηματιστές ισχύος.....	41
3.17.1 Μετασχηματιστές με μονωτικό λάδι.....	41
3.17.2 Μετασχηματιστές ξυρού τύπου.....	43
3.17.3 Δοκιμές και μετρήσεις μονώσεων.....	44
Βιβλιογραφία.....	46

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΤΟΥΣ**

### **1.1 Εισαγωγή**

Στο κεφαλαίο αυτό γίνεται μια παρουσίαση στον ρόλο και στην δομή ενός υποσταθμού, στα μηχανήματα που το απαρτίζουν καθώς και στην βασική λειτουργία του κάθε μηχανήματος.

### **1.2 Παρουσίαση Σ.Η.Ε**

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζουμε το σύνολο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων για την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, και τα οποία ανταποκρίνονται στις ηλεκτρικές ανάγκες των καταναλωτών. Το μέγιστο πρόβλημα προς λύση στα συστήματα αυτά είναι η αδυναμία αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα οι παραγωγοί τις ηλεκτρικής ενέργειας να προσπαθούν μονίμως να συντονίσουν την παραγωγή με την κατανάλωση.

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στα μεγέθη των 15-20 KV και ανυψώνετε για δυνατότητα μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις στα μεγέθη 150KV (Υψηλή τάση :YT) η 400 KV (Υπερυψηλή τάση :YYT). Στην συνέχεια υποβιβάζετε σε κομβικά σημεία του δικτύου, τους υποσταθμούς υποβίβασης, στο μέγεθος των 20 KV. Υπό αυτή την τάση η ηλεκτρική ισχύς μεταφέρεται σε αστικές και υπεραστικές αποστάσεις. Τέλος έχουμε κα τον τελευταίο μετασχηματισμό της τάσης σε 230/400 V υπό την οποία τάση έχουμε την διανομή και κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος.

Σε όλα τα ηλεκτρικά συστήματα, ανεξάρτητα από το μέγεθος τους, έχει επικρατήσει το εναλλασσόμενο ρεύμα (εκτός από κάποιες γραμμές μεταφοράς ισχύος όπου χρησιμοποιείτε η συνεχής τάση). Τα συστήματα είναι τριφασικά, με απόκλιση κάθε φάσης 120 ηλεκτρικές μοίρες και ομοιόμορφα μοιραζόμενο φορτίο (συμμετρικά φορτία).

Παρακάτω δίνονται οι κυριότεροι παράμετροι που χαρακτηρίζουν ένα Σ.Η.Ε:

- ü Γεωγραφική εμβέλεια (παροχή ενέργειας οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση).
- ü Ανταπόκριση στην μεταβολή της ισχύος (σε άεργη και ενεργό ισχύ)
- ü Σταθερή συχνότητα
- ü Σταθερή τάση
- ü Υψηλή αξιοπιστία τροφοδοτήσεως
- ü Παροχή ενέργειας με ελάχιστα κόστη (οικονομικά και οικολογικά)

### **1.3 Υποσυστήματα ενός Σ.Η.Ε**

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνεται στα εξής ειδικότερα υποσυστήματα:

Το Σύστημα Παραγωγής στο οποίο γίνεται η παραγωγή της ηλεκτρικής ισχύος και η ανύψωση της στους υποσταθμούς ανυψώσεως για μεταφορά.

Το Σύστημα Μεταφοράς και διασύνδεσης στο οποίο έχουμε την μεταφορά τις ηλεκτρικής ισχύος από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς υποβίβασης 150/20 KV για διανομή υπό την τάση αυτή.

Το Σύστημα Διανομής στα οποία έχουμε τις γραμμές διανομής μέσης τάσης, τους μετασχηματιστές υποβιβασμού 20/0.4 KV, και τις γραμμές χαμηλής τάσης.

#### 1.4 Παρουσίαση υποσταθμών

Ο υποσταθμός γενικά αποτελείται από ένα σύνολο ηλεκτρικών εξαρτημάτων και λειτουργικός του προορισμός είναι η μετατροπή της τάσης από μια βαθμίδα σε μια άλλη ώστε να έχουμε την επιθυμητή διανομή και κατανομή ισχύος. Υπάρχουν δυο κατηγορίες υποσταθμών, ανυψώσεως και υποβίβασης.

Στη περίπτωση της υποβίβασης έχουμε την μετατροπή της τάσης από την βαθμίδα μεταφοράς σε μια χαμηλότερη βαθμίδα κατάλληλη προς διανομή και κατανάλωση.

Αντίστοιχοι προς τους υποσταθμούς υποβίβασμού είναι οι υποσταθμοί ανυψώσεως, οι οποίοι βρίσκονται και ανήκουν στους σταθμούς παραγωγής και στους οποίους γίνεται ανύψωση της τάσεως από την βαθμίδα παραγωγής σε αυτήν της μεταφοράς.

Μια άλλη ειδική κατηγορία είναι οι υποσταθμοί ζεύξεως στους οποίους επιτυγχάνετε η σύνδεση των γραμμών χωρίς να έχουμε κανέναν μετασχηματισμό της τάσης

Όλα τα στοιχεία τα οποία απαρτίζουν τον υποσταθμό συνδέονται μέσω διακοπών σε ειδικές μπάρες οι οποίες ονομάζονται και ζυγοί

Οι διακόπτες, οι οποίοι χρησιμεύουν για τη διακοπή ή και αποκατάσταση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος και οι μετασχηματιστές στους οποίους μετασχηματίζεται η ισχύς και αλλάζει η τάση, αποτελούν τις σπουδαιότερες συσκευές ισχύος των δικτύων μεταφοράς.

Οι υποσταθμοί όσον αφορά την τοποθεσία τους μπορεί να είναι είτε υπαίθριοι είτε εσωτερικού χώρου. Και στις δυο περιπτώσεις όλα τα υλικά κατασκευής πληρούν τις προδιαγραφές για τις εκάστοτε συνθήκες χώρου.

Εκτός από τα συστήματα ισχύος είναι εγκατεστημένα, σε κλειστούς χώρους πάντα, και διάφορες βοηθητικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αυτοματισμού οι οποίες περιλαμβάνουν πίνακες χειρισμού, διατάξεις σημάτων κτλ.

##### 1.4.1 Υποσταθμοί μεταφοράς

Όπως προαναφέρθηκε διακρίνονται στα παρακάτω είδη:

- Ανυψώσεως
- Υποβίβασμού
- Ζεύξεως

Είναι σχεδόν πάντα μεικτού τύπου, δηλαδή πάντα θα έχει κάτι και από τα τρία είδη και σπάνια θα δούμε κάποιο Υ/Σ να είναι μόνο ζεύξεως η υποβίβασμού.

Ο ΥΣ ανυψώσεως: Στόχος του είναι η μετατροπή της τάσης σε βαθμίδα κατάλληλη για μεταφορά. Ως εγκατάσταση βρίσκεται πάντα στον ίδιο χώρο με τον σταθμό παραγωγής (και της λοιπές εγκαταστάσεις για την εξασφάλιση των 6 kV, 3 kV και 220/380 V που χρειάζονται για τη τροφοδότηση των βοηθητικών κυκλωμάτων του σταθμού παραγωγής οι οποίες αποτελούν και τον υποσταθμό εσωτερικής υπηρεσίας).

Οι κυριότερες διατάξεις που αποτελούν τον Υ/Σ ανυψώσεως είναι:

- Ο ΜΣ που ανυψώνει την τάση παραγωγής στη τάση μεταφοράς (συνήθως 15 ή 20 kV σε 150 ή 400 kV).
- Οι διακόπτες ισχύος και οι αποζεύκτες.
- Οι ζυγοί (μπάρες) για τη διακλάδωση των γραμμών.
- Διάφορα βοηθητικά μηχανήματα (ΜΣ τάσεως και εντάσεως, αλεξικέραυνα κ.λ.π.)



Ο Υποσταθμός υποβιβασμού: έχει ως λειτουργικό στόχο την υποβίβαση της τάσης από το επίπεδο μεταφοράς (150 KV) στο επίπεδο της διανομής (20 KV).

Η τοποθεσία του καθορίζεται ύστερα από την μελέτη του υποσταθμού και για λόγους κύριος ασφάλειας αλλά και καλαισθησίας αποφεύγεται η κατασκευή του σε κατοικημένες περιοχές (εκτός και αν απαιτείται το αντίθετο, όποτε κατασκευάζεται εντός κλειστών χώρων ειδικών προδιαγραφών).

Το πλήθος τους εξαρτάται από την ανάγκη για ισχύ αλλά και από την εμβέλεια των γραμμών μέσης τάσης η οποία δεν ξεπερνά τα 70km.

#### **1.4.2 Υποσταθμοί διανομής**

Οι υποσταθμοί διανομής κάνουν τον επόμενο μετασχηματισμό της τάσης ο οποίος είναι και ο τελευταίος και είναι η τάση υπο την οποία γίνεται και η κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος (χαμηλή τάση 400/230 V).

Διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

ΥΣ εναέριοι: Διαχειρίζεται έως και 250 KVA, είναι μέρος και κομβικό σημείο της εναέριας γραμμής διανομής και τοποθετείται πάνω σε στύλους από τους οποίους προφανώς περνάει και η ίδια η γραμμή. Οι στύλοι εγκατάστασης (δίδυμοι στύλοι η δικτυωτοί σιδερένιοι) είναι κατάλληλων προδιαγραφών στη αντοχή του βάρους της ίδιας της γραμμής, του μετασχηματιστή, και των λοιπών διατάξεων (διακόπτες και οι ασφάλειες για λειτουργικότητα και προστασία της γραμμής από υπερφορτίσεις και σφάλματα). Πλεονεκτούν στην φθηνή κατασκευή τους.

ΥΣ επίγειοι εσωτερικού τύπου: Κατασκευάζονται εκεί που δεν επιτρέπεται η κατασκευή του εναέριου ΥΣ. Τοποθετούνται πάντα σε κλειστούς οικοδομικούς η μεταλλικούς χώρους με τις κατάλληλες προδιαγραφές δίνοντας έμφαση κύριος στον εξαερισμό του χώρου με σκοπό την προστασία από τις υψηλές θερμοκρασίες η οποία μπορεί να βλάψει τον μετασχηματιστή η τις υπόλοιπες ηλεκτρικές διατάξεις, με αποτέλεσμα την δυσλειτουργία η ακόμα και την καταστροφή των διατάξεων εντός του ΥΣ.

ΥΣ επίγειοι υπαίθριοι: Κατασκευάζονται εκεί όπου το εναέριο δίκτυο δεν επαρκεί σε ισχύ και φυσικά εφόσον το επιτρέπουν οι προδιαγραφές. Πλεονεκτεί στο γεγονός του ότι μειώνονται οι δαπάνες που θα είχαμε για την κατασκευή του κτιρίου καθώς έχουμε μόνο μεταλλική περίφραξη των αφίξεων-αναχωρήσεων, και ο μετασχηματιστής είναι εγκατεστημένος στην ύπαιθρο.

ΥΣ υπόγειοι: Προτιμούνται μόνο σε περιπτώσεις όπου δεν είναι εύκολη η εναέρια ή η επίγεια εγκατάσταση, καθώς η κατασκευή τους είναι πολύ πιο δαπανηρή. Πρέπει να τηρούνται με αυστηρότητα οι προδιαγραφές χώρου του υποσταθμού καθώς πρέπει να γίνει πρόβλεψη για τουλάχιστον τα παρακάτω:

- Το οικοδόμημα πρέπει να είναι ανθεκτικό και στεγανό
- Εξασφάλιση εξαερισμού για ψύξη (χρησιμοποιούνται διατάξεις που επιτρέπουν την διέλευση του αέρα κα ταυτόχρονα εμποδίζουν αυτήν των υδάτων).
- Κατάλληλη τροφοδοσία (χαντάκι) λαδιού του μετασχηματιστή σε περίπτωση διαρροής.

### **1.5 Επισκόπηση στον υποβιβασμό 150/20 kV**

Μια σημαντική παράμετρος που καθορίζει την μεταφορά ενέργειας σε μια γραμμή είναι η απόσταση. Συνεπώς κάθε αλλαγή σε αυτή θα συνεπάγεται και αλλαγή στις ηλεκτρικές ιδιότητες του δικτύου (διάμετρος, τάση μεταφοράς κτλ).

Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν έχουν καθοριστεί στο εθνικό ελληνικό δίκτυο οι μεταφορές στα 150 και 400 KV. Η υποβίβαση στα 20 KV έχει επικρατήσει λόγω τις εμβέλειας της η οποία όπως προαναφέρθηκε είναι στα 70 km.

Σε κάθε μονάδα υποβιβασμού η ισχύς δεν καταναλώνετε (εκτός από τις θερμικές απώλεις των στοιχείων της), απλώς αλλάζει τα μεγέθη της και αναχωρεί. Συνεπώς τα μόνα στοιχεία που θα δούμε σε έναν υποσταθμό είναι η μονάδα μετασχηματισμού (μετασχηματιστής), τα όργανα ελέγχου και διακοπών (ασφάλειες και διακόπτες) και τα όργανα μετρήσεων και επιτήρησης.

Κατά την άφιξη της η γραμμή καταλήγει σε ασφαλειοαποζεύκτες 150 KV συνδεδεμένους σε εγκαταστάσεις γείωσης για πλήρης απομόνωση του υποσταθμού από την υψηλή τάση σε περίπτωση βλάβης, και στη συνέχεια σε αυτόματο διακόπτη των 150 KV. Το ρεύμα διαρρέει από τους ζυγούς οι οποίοι είναι σωλήνες χαλκού κατάλληλοι για λειτουργία στα 150 KV και στη συνέχεια κατανέμετε στον υποσταθμό.

Παρόμοιος από την πλευρά της μέσης τάσης έχουμε αυτόματο διακόπτη των 20 KV και τρεις ασφαλειοαποζεύκτες των 20 KV.

Ο μετασχηματιστής είναι το πιο στιβαρό και προφανώς το πιο σημαντικό μέρος του υποσταθμού και συνεπώς συνυπάρχουν πολλές διατάξεις για μια ολοκληρωμένη προστασία του.

Οι παραπάνω διακόπτες οι οποίοι προστατεύουν αλλά και διακόπτουν την λειτουργία του μπορεί να είναι ελαιοδιακόπτες, αεροδιακόπτες η διακόπτες πτωχού ελαίου και παίρνουν εντολές είτε από του ηλεκτρονόμους προστασίας, είτε χειροκίνητα από το προσωπικό του υποσταθμού για σκοπούς συντήρησης η επισκευής. Σημειώνεται ότι οι διακόπτες αυτοί είναι διακόπτες ισχύος με δυνατότητα διακοπής πολύ μεγαλύτερη του ονομαστικού φορτίου τους σε περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων.

Εντός ειδικού κλειστού χώρου στεγάζονται το τεχνικό προσωπικό του υποσταθμού και όλα τα απαραίτητα λοιπά εξαρτήματα όπως όργανα μετρήσεων και ενδείξεων, στοιχεία κατάλληλα για την τηλεπικοινωνία, ηλεκτρονόμοι (αυτοματισμού και βοηθητικοί), χειρισμοί εξ αποστάσεως κτλ.

Τέλος η ανάγκη για όλο και μικρότερους υποσταθμούς σε αστικά κέντρα, έχοντας πάντα όμως την υψηλότερη αξιοπιστία οδήγησε σε διατάξεις μονώσεως YT οι οποίες δεν βασίζονται στην ικανότητα μόνωσης του αέρα η του λαδιού αλλά στη μόνωση του αέρα υπό πίεση (διακόπτες SF6).

Παρουσιάζονται γενικοί κανόνες για την χρήση του κυριότερου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού:

- ü Ασφαλειοαποζεύκτες γραμμών στη υψηλή τάση είναι πάντοτε χειροκίνητοι και συνδεδεμένοι με εγκατάσταση γείωσης. Η θέση και το είδος του προφανώς διαφέρει σε κάθε περίπτωση.
- ü Οι Ασφαλειοαποζεύκτες 150KV πυλών μετασχηματιστή είναι πάντοτε ηλεκτροκίνητοι.. Ο A/Z αυτός αλληλοασφαλίζεται με το διακόπτη των 150 kV ώστε να μην μπορεί να ανοίξει αν πρώτα δεν ανοίξει ο διακόπτης των 150 kV
- ü Απόξευξη του μετασχηματιστή στην υψηλή τάση με διακόπτη 150 KV με τα κατάλληλα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.

- Στην πλευρά της μέσης τάσης εγκαθίσταται διακόπτης 20 KV, 1200 A ο οποίος φέρει και μετασχηματιστή εντάσεως. Συνήθως χρησιμοποιούνται διακόπτες με σχέσεις στον Μ/Σ έντασης 2000/5 A και 950-720/0.58 A.
- Όταν σε έναν Υ/Σ υπάρχουν δύο μετασχηματιστές 150/20 kV, χωρίζονται με έναν Διασυνδεδετικό Διακόπτη 20 kV, 2000 A. 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. Οι Μ/Σ Εντάσεως του Διασυνδεδετικού Διακόπτη πρέπει να έχουν σχέση 950/0.58 A για τα 15 kV, 720/ 0.58 A για τα 20 kV ή σε περίπτωση που εγκαθίσταται Διαφορική Προστασία Ζυγών 20 kV, σχέση 400/1 A (2000/5 A)
- Οι διακόπτες 20 kV που προμηθεύονται τελευταία είναι 1200 A, 500 MVA και με σχέσεις Μ/Σ εντάσεως 950/0.58 A για 15 kV, 720/ 0.58 A για τα 20 kV και 600-400-200/5 A ή 400/1 A και 600-400-200/5 A όταν εγκαθιστούμε Διαφορικά Ζυγών 20 kV.
- Οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται διαφέρουν κυρίως λόγω του κατασκευαστή, και είναι του μεγέθους 40/50 MVA. Οι μετασχηματιστές του μεγέθους 40/50 MVA μειονεκτούν στο γεγονός του ότι δεν μπορούν να λειτουργήσουν παράλληλα καθώς τα υπόλοιπα εξαρτήματα δεν μπορούν να υποστούν τα μεγάλα ρεύματα σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Διακρίνουμε επίσης τον βοηθητικό εξοπλισμό

- Αλεξικέραυνη προστασία στο δευτερεύον του μετασχηματιστή
- Δυο μετασχηματιστές τάσεως σε συνδεσμολογία τριγώνου 20/0.1 KV (η 15/0.1 KV) για μετρήσεις.
- Τρεις μετασχηματιστές εντάσεως σχέσεων 1000-500/5-5 A για Μ/Σ 20/25 MVA, 2000-1000/ 5-5 A για Μ/Σ 40/50 MVA που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις.
- Μετασχηματιστής εσωτερικής υπηρεσίας 75 KVA για την τροφοδοσία των βοηθητικών φορτίων του Υ/Σ.
- Πυκνωτής ζεύξεως και η κυματοπαγίδα που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες (φερέσυχνα)

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

- Εναέριο κύκλωμα ηλεκτρικής προστασίας
- Δίκτυο γείωσης.

Σε κάθε υποσταθμό υπάρχει ιδιαίτερος μετασχηματιστής (εσωτερικής υπηρεσίας) που καλύπτει τις ανάγκες σε E.P. 220/380V. Τέτοιες ανάγκες είναι:

- Φωτισμός και πρίζες
- Θέρμανση αίθουσας χειρισμών
- Λειτουργία κινητήρων των ανεμιστήρων για την ψύξη των Μ/Σ κ.λ.π.

## 1.6 Δομικά στοιχεία των υποσταθμών μεταφοράς

Στην ενότητα αυτή θα δοθεί μια πιο λεπτομερής παρουσίαση των δομικών διατάξεων που απαρτίζουν έναν υποσταθμό μεταφοράς παρουσιάζοντας έτσι τον λειτουργικό προορισμό της κάθε διάταξης. Καθώς είναι αυτονόητο πως ο κάθε κατασκευαστής δίνει δικό τρόπο κατασκευής των διατάξεων, θα χρησιμοποιηθούν αντιπροσωπευτικά δείγματα αυτών.

### 1.6.1 Μετασηματιστές

Όπως έχει προαναφερθεί ο μετασηματιστής είναι η σπουδαιότερη διάταξη στον υποσταθμό. Αποτελείται από ακίνητα μέρη και έχει μια ιδιαίτερη κατασκευή. Έχει τρία πηνία στην είσοδο του τα οποία αντιστοιχούν ένα σε κάθε φάση εισόδου και αντίστοιχα τρία πηνία στην έξοδο. Τα τυλίγματα αυτά είναι *ηλεκτρικά ανεξάρτητα* μεταξύ τους και συνδέονται μόνο μαγνητικά. Η μαγνητική τους σύνδεση γίνεται *επαγωγικά* και επιτυγχάνετε μέσω μιας κατασκευής από σιδηρομαγνητικό υλικού που ονομάζετε πυρήνας. Τα πηνία εισόδου τα ονομάζουμε *πρωτεύον* και τα πηνία εξόδου τα ονομάζουμε *δευτερεύον* του μετασηματιστή.

Εάν στην είσοδο έχουμε V1, I1, και αριθμό σπειρών N1 για κάθε τύλιγμα του, και αντίστοιχα στην έξοδο έχουμε V2, I2, και N2 τότε ισχύει η σχέση

$V1/V2=I2/I1=N1/N2=\alpha$  όπου  $\alpha$ = λόγος μετασηματισμού.

Η παραπάνω σχέση η αυτή που μας δίνει την επιθυμητή μεταβολή τάσης η ρεύματος μεταβάλλοντας τον αριθμό των σπείρων.

Όλη η παραπάνω διάταξη (πυρήνας και τυλίγματα) τοποθετούνται εντός δοχείου γεμάτο με λαδί ειδικής κατασκευής (ορυκτέλαιο ή συνθετικό) για προστατευτικούς λόγους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο μετασηματιστής δεν παράγει ισχύ ( $P_{in}=P_{out}$ ) απλώς μεταβάλλει τα στοιχεία της. Επίσης δεν έχει καμία μεταβολή και επίπτωση στην συχνότητα και αλλάζει μόνο τα μέτρα των μεγεθών και όχι τις φάσεις.

Έχουμε δυο είδη κατασκευής μετασηματιστών τα οποία είναι:

- Τύπου μανδύα όπου το μαγνητικό κύκλωμα περιβάλλει τα τυλίγματα.
- Τύπου πυρήνα όπου το μαγνητικό κύκλωμα περιβάλλεται από τα τυλίγματα.

Τα κύρια μέρη από τα οποία απαρτίζετε ο μετασηματιστής είναι:

- Το δοχείο στον οποίο τοποθετούνται τα τυλίγματα ο πυρήνας και το μονωτικό λαδί.
- Οι μονωτήρες από τις οποίες έχουμε ασφαλή διέλευση των υψηλών ρευμάτων και από την πλευρά της υψηλής τάσης και από την πλευρά της μέσης.
- Κατά την θέρμανση του μετασηματιστή έχουμε και θέρμανση του μονωτικού λαδιού το οποίο λόγο της αύξησης της θερμοκρασίας του διογκώνετε. Η απόσβεση αυτής της διόγκωσης του λαδιού επιτυγχάνετε στο δοχείο διαστολής.
- Κατά την διέλευση ρεύματος στον μετασηματιστή έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας λόγω των απωλειών χαλκού (φαινόμενο Joule) και λόγω των μαγνητικών απωλειών (εξαιτίας των δινορρευμάτων). Η θερμότητα αυτήν πρέπει να αποβάλλετε στον εξωτερικό χώρο προφανώς για λόγους προστασίας και λειτουργικότητας. Για το λόγο αυτό τοποθετούνται μεγάλες επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας οι οποίες λειτουργούν σαν ψυγεία του μετασηματιστή.

Τα κριτήρια με βάση τα οποία επιλέγουμε και κοιτάμε έναν μετασχηματιστή είναι τα ονομαστικά του ηλεκτρικά μεγέθη τα οποία καταγράφονται στην πλάκα του κατασκευαστή και είναι :

- Η ονομαστική ισχύς (Kilovoltamperes) και είναι η ισχύς που παρέχει ο μετασχηματιστής στο δευτερεύον του.
- Η ονομαστική τάση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Είναι αντίστοιχα η τάση εισόδου και η τάση εξόδου (η τάση εξόδου εν καινό). Εάν το πρωτεύον η και το δευτερεύον είναι εφοδιασμένα με μεταγωγέα λήψεων διάφορων τάσεων (taps) τότε και αυτό καταγράφεται στην πλάκα του κατασκευαστή
- Το ονομαστικό ρεύμα το οποίο προκύπτει ύστερα από υπολογισμούς της τάσης και της ισχύος αλλά και καταγράφεται στην πλάκα.

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις στις οποίες ο εγκατεστημένος μετασχηματιστής δεν επαρκεί για την διαχείριση της ισχύος του δικτύου με αποτέλεσμα να χρειάζεται η πρόσθεση επιπλέον μετασχηματιστή, η και απλά για λόγους συντήρησης και επισκευής να έχουμε έναν δεύτερο εφεδρικό μετασχηματιστή να μας καλύψει.

Οι δυο παραπάνω καταστάσεις προβλέπονται εξ αρχής της κάθε μελέτης και επιτυγχάνονται με τον παραλληλισμό των μετασχηματιστών.

Για μια ιδανική παράλληλη λειτουργία των μετασχηματιστών είναι απαραίτητο να πληρούνται οι παρακάτω προϋπόθεσης:

- Ίδια τάση στην έξοδο του κάθε μετασχηματιστή
- Ίδια φασική μετατόπιση μεταξύ των φάσεων R, S, T
- Ίδια φασική ακολουθία
- Ορθή πόλωση κατά την συνδεσμολογία
- Ο λόγος R/X να είναι ίδιος

Όπως προαναφέρθηκε η μέση τάση στην Ελλάδα είναι στα 15 η 20 KV. Γίνεται μια προσπάθεια για την απαλλαγή από την τάση των 15 KV, και για οικονομικότερη λειτουργία του δικτύου αλλά και για φθηνότερη παραγωγή των νέων μετασχηματιστών (που θα παρέχουν μόνο την τάση των 20 KV αντί να παρέχουν και τις δυο).

Οι πραγματικές τιμές των μετασχηματιστών είναι:

- Παλιές κατασκευές: 15.75 και 23 KV
- Νεότερες κατασκευές: 15.75 και 21 KV η μόνο 21 KV.

### 1.6.2 Διατάξεις διακοπής-διακόπτες ισχύος

Οπός είναι γνωστό σε όλους μας το σπουδαιότερο πρόβλημα κατά την λειτουργία ενός ηλεκτρικού δικτύου είναι η περίπτωση του βραχυκυκλώματος και όλη η προσοχή συγκεντρώνεται στην μελέτη και κατασκευή διατάξεων οι οποίες όχι μόνο θα αντιδράσουν και απομονώσουν την βλάβη ακαριαία (στο ελάχιστο δυνατό χρόνο) αλλά και θα αποκαταστήσουν την ομαλή λειτουργία του κυκλώματος σε αποδεκτό χρόνο.

Σε γενικές γραμμές οι διατάξεις διακοπής ισχύος, αυτόματες και μη, έχουν διπλό ρόλο σε μια εγκατάσταση ισχύος. Ο πρώτος είναι προφανώς η προστασία από τα βραχυκυκλώματα (αυτόματοι διακόπτες ισχύος). Σε αυτήν την περίπτωση δυο είναι οι παράμετροι που καθορίζουν την καταλληλότητα του διακόπτη: η ονομαστική του ισχύς και ο χρόνος διακοπής. Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά παίζουν σπουδαίο ρόλο στην προστασία και διαχείριση του δικτύου, και προφανώς δίνονται από τον κατασκευαστή.

Εκτός από την προστασία οι διακόπτες έχουν και ρόλο λειτουργικό πάνω στο δίκτυο, δηλαδή χρησιμοποιούνται και για εσκεμμένες διακοπές η αποκαταστάσεις συνδέσεων στο δίκτυο (είτε για λόγους συντήρησης, είτε για λόγους διαφορετικής κατανομής ισχύος κτλ). Στη απλούστερη τους μορφή αποτελούνται από δυο επαφές από τις οποίες η μια είναι ακίνητη. Ένας μηχανισμός προκαλεί την απομάκρυνση της κινητής επαφής σε περίπτωση βλάβης (ο μηχανισμός αυτός μπορεί να είναι μηχανικός, υδραυλικός, πνευματικός είτε κάποιος συνδυασμός αυτών). Κατά την διακοπή της ροής ρεύματος προκαλείτε ηλεκτρικό τόξο και είναι αυτό το οποίο πρέπει να αποσβεσθεί από το διακόπτη.

Οι διάφοροι τρόποι σβέσης του τόξου είναι τα χαρακτηριστικά τα οποία ομαδοποιούν τους διακόπτες όσον αφορά την κατασκευή και την απόδοσή τους. Τα μέσα σβέσης του τόξου είναι είτε το μονωτικό λαδί, είτε ο πεπιεσμένος αέρας, είτε κάποιο άλλο μονωτικό σε αέρια μορφή.

Διακρίνουμε τις παρακάτω είδη διακοπών ισχύος ανάλογα με την κατασκευή τους:

*Ελαιδιακόπτες:* Χρησιμοποιούνε έλαιο ειδικής κατασκευής ως μονωτικό και ως ψυκτικό μέσο ταυτοχρόνως. Η διακοπή του κυκλώματος (το άνοιγμα των επαφών) γίνεται εντός του λαδιού, ο οποίος με την σειρά του, λόγω του παραγόμενου τόξου, θερμαίνεται και διογκώνεται. Η διόγκωση του προκαλεί κυκλοφορία του λαδιού εντός του διακόπτη με αποτέλεσμα αυτό να απομακρύνει την θερμότητα. Κατά την ροή του το λάδι περνάει και από ειδικές μεταλλικές κατασκευές (ψήκτρες) από τις οποίες αποβάλλεται η θερμότητα στον έξω χώρο. Στη ψύξη όμως συνεισφέρουν και οι φυσαλίδες υδρογόνου οι οποίες παράγονται κατά την υπερθέρμανση του λαδιού και την ατμοποίησή του εξαιτίας του τόξου. Οι διακόπτες αυτοί χρησιμοποιούνται κύριος για τάσεις μέχρι 66 KV και πολύ σπάνια για τάσεις μέχρι 275 KV (ειδικές κατασκευές), και είναι οι παλαιότεροι σε κατασκευή.

*Ελαιδιακόπτες πτωχού ελαίου:* Είναι πιο σύνθετος στην κατασκευή και περιλαμβάνει ένα πολύ μεγαλύτερο γάμα τάσεων από τον διακόπτη ελαίου (72.5 έως 765 KV, ισχύς διακοπής 250 έως 7500 MVA). Σε αυτήν την κατασκευή το λάδι δρα μόνο ως ψυκτικό μέσο καθώς η ηλεκτρική μόνωση εξασφαλίζεται από συνθετικά η φυσικά διηλεκτρικά υλικά όπως πορσελάνη, χαρτί, εποξειδική ρητίνη κτλ.

Κατά την διακοπή του κυκλώματος η ολισθαίνουσα κινητή επαφή κινείται προς τα κάτω και ταυτόχρονα δρα μηχανικά πάνω σε ένα έμβολο το οποίο εκτοξεύει (μέσο διαφόρων βαλβίδων) το ψυκτικό λαδί από το οποίο επιτυγχάνεται η σβέση του τόξου.

Σε πιο σύνθετες κατασκευές για την ΥΥΤ έχουμε διακόπτες με παραπάνω από έναν θάλαμο σβέσης και είναι αυτές οι κατασκευές οι οποίες διαχειρίζονται κάθε είδους δύσκολης διακοπής και έχουν επικρατήσει σε όλες τις εγκαταστάσεις των ΥΤ και ΥΥΤ.

Τα αέρια τα οποία δημιουργούνται κατά την επαφή λαδί-τόξο διέρχονται σε ένα διαφορετικό χώρο από αυτό του θαλαμιού σβέσης και εκτοξεύονται μέσω μιας βαλβίδας στον έξω χώρο.

Κατά το κλείσιμο του διακόπτη η κινητή επαφή επανέρχεται στην θέση της με μεγάλη ταχύτητα εκτοπίζοντας το λάδι και αυξάνοντας την πίεση, κάτι το οποίο αυξάνει την αντίσταση του αέρα και εμποδίζει την διάσπαση (προέναυση) του από την υψηλή τάση ανάμεσα στις δυο επαφές.

Αυτόματοι διακόπτες πεπιεσμένου αέρα: Αέρας αζώτου συγκρατείται υπό πίεση από έναν αεροσυμπιεστή και επιτυγχάνει την σβέση του τόξου. Εκτός αυτού λειτουργεί και ως μονωτικό στο εσωτερικό του διακόπτη. Ο αέρας συγκρατείται υπό την πίεση 20-30 atu και σε κάποιες περιπτώσεις φθάνει μέχρι και 60 atu.

Υπερτερεί των ελαιοδιακοπών στο ότι δεν θέλει συντήρηση (αλλαγή λαδιών και καθαρισμό θαλάμου σβέσης) και στην ταχύτερη διακοπή του κυκλώματος. Όμως λόγω της βίαιης διακοπής του ρεύματος μηδενίζει απότομα και τα ασθενή ρεύματα (επαγωγικά) με αποτέλεσμα να έχουμε δημιουργία υπερτάσεων κατά την διακοπή του κυκλώματος. Χρησιμοποιείτε για τάσεις από 110 KV και πάνω.

Αυτόματοι διακόπτες SF<sub>6</sub>: Επικρατεί η ίδια αρχή λειτουργίας με τους διακόπτες πεπιεσμένου αέρα με την διάφορα ότι σε αυτήν την κατασκευή χρησιμοποιούμε το εξαφθοριούχο θείο SF<sub>6</sub>. Σε αντίθεση με το πεπιεσμένου αέρα η πίεση συγκρατήσεις του SF<sub>6</sub> είναι πολύ μικρότερη για την ίδια απόδοση διακοπής. Συγκριτικά αναφέρεται ότι 50 atu στο πεπιεσμένου αέρα αντιστοιχούν σε 15 atu στο SF<sub>6</sub>. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η συντήρηση και η κυκλική χρήση του SF<sub>6</sub> στο εσωτερικό του διακόπτη καθώς είναι ένα πολύ δαπανηρό αέριο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αθόρυβη λειτουργία του καθώς δεν εκτοξεύεται κανένα αέριο στο περιβάλλον (μηδενισμός μηχανικών κινήσεων). Χρησιμοποιείτε πάνω από 230 KV, 15000 MVA.

Διακόπτες κενού: Ο διακόπτης κενού διαφέρει σημαντικά από τα άλλα είδη. Το τόξο αποτελείται από μεταλλικό «ατμό» προερχόμενο από το μέταλλο της καθόδου. Χαρακτηρίζεται από ικανότητα διακοπής υψηλής συχνότητας και πολύ υψηλό ρυθμό αποκατάστασης της διηλεκτρικής αντοχής μετά τη σβέση του τόξου. Το μέταλλο των επαφών, π.χ. βανάδιο, λαμβάνεται πρόνοια να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες φυσαλίδες που θα μπορούσαν να νοθεύσουν το κενό. Με την ταχύτητα του και τη μεγάλη του ικανότητα διακοπής βρίσκει εφαρμογή σε συνεχώς υψηλότερες τάσεις καθώς παρακάμπτεται το εμπόδιο του μεγάλου του κόστους. Πράγματι, έχουν ήδη αναγγελθεί διακόπτες κενού για τα 138 kV, ενώ δοκιμάζονται για τα 760 kV και 40 kA. Ο χώρος στον οποίο γίνεται η διακοπή σε έναν διακόπτη κενού είναι αυτός που βρίσκεται μεταξύ των επαφών, κατά μήκος των ίδιων των επαφών και ο χώρος μεταξύ των επαφών και του εσωτερικού μανδύα. Λόγω της σχετικά μεγάλης διηλεκτρικής αντοχής του κενού οι εσωτερικές διαστάσεις του διακόπτη μπορούν να είναι πολύ μικρές. Πρέπει όμως να εξασφαλίζεται και εξωτερική διηλεκτρική αντοχή και είναι αυτή που κυρίως καθορίζει το μήκος του μονωτήρα ενός διακόπτη.

### **1.6.3 Όδευση ηλεκτρικής ισχύος-ζυγοί**

Οι επικοινωνία των υποσταθμών με της γραμμές μεταφοράς (YT) η διανομής (MT), αλλά και στο εσωτερικό τους με τα εξαρτήματα ασφάλισης η αυτοματισμού για ομαλότερη λειτουργία και ισοκατανομή, επιτυγχάνετε μέσω των ζυγών (μπάρες).

Οι ζυγοί οδεύουν και κατευθύνουν την ηλεκτρική ισχύ σύμφωνα με τον αυτοματισμό και τις ρυθμίσεις κατανομής της ισχύος στον υποσταθμό. Είναι δηλαδή τα μέσα σύνδεσης μεταξύ των γεννητριών, μετασχηματιστών και λοιπών εξαρτημάτων (αντιστοιχούν ακριβώς με τους αγωγούς στην χαμηλή τάση).

Ζυγοί στη υψηλή τάση: Για να πετύχουμε την υψηλότερη απόδοση σε ασφάλεια και εμβέλεια όσον αφορά την σύνδεση των εξαρτημάτων στους ζυγούς, έχουν επικρατήσει τα παρακάτω είδη κατασκευών:

- ü Απλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- ü Απλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες και ζυγούς μεταγωγής.
- ü Κύριοι και μεταγωγικοί ζυγοί
- ü Διπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- ü Διπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες και ζυγούς μεταγωγής
- ü Διπλοί ζυγοί με διπλούς διακόπτες
- ü Τριπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- ü Ζυγοί σε σχήμα «δακτυλίου».

Χαρακτηριστικά των Ζυγών: Οι διατομές χάλκινων σωλήνων (μπάρες) που χρησιμοποιούνται για ζυγούς είναι  $\Phi$  20/16 mm,  $\Phi$  30/24 mm,  $\Phi$  60/52 mm,  $\Phi$  80/70 mm, το δε μήκος τους είναι περίπου 6m. Στην πλευρά 150 KV χρησιμοποιούνται μπάρες  $\Phi$  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  $\Phi$  60/52 mm μόνο για λόγους μηχανικής αντοχής. Στην πλευρά 20 KV χρησιμοποιούνται για τους βοηθητικούς ζυγούς μπάρες  $\Phi$  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  $\Phi$  30/24 mm για Μ/Σ 10/12.5 MVA,  $\Phi$  60/52 mm για Μ/Σ 20/25 MVA,  $\Phi$  80/70 mm για Μ/Σ 40/50 MVA. Η διανομή  $\Phi$  20/16 mm χρησιμοποιείται στα κατεβάσματα προς τους Μ/Σ τάσεως και τον Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας.

Χάλκινοι Αγωγοί: Υπάρχουν διατάξεις Υ/Σ 150/20 KV που έχουν ζυγούς 150 KV από χάλκινο αγωγό. Η διατομή που χρησιμοποιείται γι' αυτούς τους ζυγούς, καθώς και για τα κατεβάσματα από τη γραμμή των 150 KV είναι 240 mm.

Σφικτήρες: Υπάρχουν δύο ειδών σφικτήρες που χρησιμοποιούνται για τους χάλκινους σωλήνες και τους χάλκινους αγωγούς : σταθεροί και ελαστικοί ή ολισθαίνοντες. Η χρήση τους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπουν τη διαστολή των μπάρων, δηλαδή μεταξύ δύο σταθερών σφικτήρων πρέπει να τοποθετηθεί ελαστικός σφικτήρας και φυσικά στα. ελεύθερα άκρα των μπάρων πάντοτε ολισθαίνοντες σφικτήρες.

#### **1.6.4 Αποζεύκτες (AZ)**

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



μετασηματιστές 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.

### 1.6.5 Αλεξικέραυνα (ΑΞ)

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:

- ü 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.
- ü 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 πολιτική.
- ü Τα ΑΞ πρέπει να διατηρούν τη μόνωσή τους σε υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας.

*Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικέραυνων:* 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.

### 1.6.6 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.

*Μονωτήρες εξωτερικού 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 μόνωσης 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) πολικής 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.

Μονωτήρες εσωτερικού χώρου: 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.

### **1.6.7 Κυματοπαγίδες – Σύστημα φερεσύχων**

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.

### **1.6.8 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.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΘΕΩΡΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

### **2.1 Εισαγωγή στην συντήρηση**

Στο κεφαλαίο αυτό παρουσιάζετε μια σειρά των δομικών αρχών τις συντήρησης με σκοπό την αξιόπιστη λειτουργία του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, δίνετε έμφαση στους ορισμούς και τις κατηγορίες των συντηρήσεων, και στις ενέργειες στην κάθε περίπτωση.

Όσον αφορά τη συντήρηση υπάρχουν δύο σχολές. Η μία υποστηρίζει την εφαρμογή περιοδικών δοκιμών, επισκευών και προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού για συντήρηση. Αυτή είναι η σχολή της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης. Η άλλη υποστηρίζει την πολύ μικρή συντήρηση ή και την καθόλου, δηλαδή ο εξοπλισμός λειτουργεί και η επέμβαση γίνεται όταν προκύψει βλάβη. Αυτή η σχολή υποστηρίζει ότι αφού ο εξοπλισμός λειτουργεί γιατί να δαπανηθούν χρήματα για τη συντήρηση του τώρα; Το γεγονός είναι ότι όταν ο εξοπλισμός λειτουργεί, η κατάσταση του δεν βελτιώνεται με το χρόνο και τη χρήση. Εξάλλου όταν θα έλθει η ώρα της πληρωμής για την αμέλεια, θα πληρωθούν αδικαιολόγητες δαπάνες. Η δεύτερη αυτή σχολή ανήκει στο παρελθόν και οι περισσότεροι χρήστες έχουν πεισθεί ότι η μη συντήρηση είναι αντιπαραγωγική, διότι υπάρχουν οι εξής συνέπειες:

- ü Δαπάνες αντικατάστασης του εξοπλισμού.
- ü Δαπάνες μη διαθεσιμότητας του εξοπλισμού που είναι μεγάλες.
- ü Μη εξυπηρέτηση των πελατών.

Είναι αυτονόητο ότι η συντήρηση αποτελεί μέσο μείωσης των ρυθμών των βλαβών και συνεπώς βελτίωσης της διαθεσιμότητας και της παραγωγικότητας του εξοπλισμού. Πριν χρόνια η συντήρηση θεωρείτο σα μία παραγκωνισμένη και απρόσωπη εργασία που ήταν όμως αναγκαία για τη λειτουργία. Σήμερα οι μεταβολές που οδήγησαν στην αναγνώριση της ως βασικής δραστηριότητας και οι δομές που έγιναν στις παραγωγικές μονάδες έχουν επισπεύσει τις μεγάλες αλλαγές στους τρόπους με τους οποίους έχουν οργανωθεί οι εργασίες της συντήρησης και η εκπαίδευση του προσωπικού. Υπογραμμίζονται οι δύο κύριες αλλαγές που έχουν συντελεσθεί:

Η μία αφορά τη μετάβαση από την παραδοσιακή προληπτική συντήρηση στη προστατευτική συντήρηση. Η δεύτερη αφορά τον προσανατολισμό της προστατευτικής συντήρησης προς την αύξηση και διατήρησης της αξιοπιστίας. Έτσι, έχουν ανοίξει νέοι ορίζοντες στις δραστηριότητες των μελετών για την κατασκευή πιο αξιόπιστου εξοπλισμού και έργων, καθώς στις δραστηριότητες της συντήρησης του εξοπλισμού με στόχο όχι μόνο τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία., το μικρό κόστος αλλά και την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού. Τα τελευταία χρόνια έχει σηματοδοτηθεί το τέλος της εποχής του «διαθέσιμου εξοπλισμού στις αποθήκες» και η αρχή της εποχής «παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού/ ανακαίνιση/ επανάχρηση».

## 2.2 Οι μέθοδοι της συντήρησης

Υπάρχουν γενικά τέσσερις μέθοδοι συντήρησης :

### 2.2.1 Η συντήρηση με βάση το χρόνο (Time-Based Maintenance-TBM)

Αναφέρετε και ως *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 δυο διαδοχικών συντηρήσεων
- Το πλήθος των συντηρήσεων

Σημεία αναφοράς είναι οι οδηγίες του κατασκευαστή και η πείρα του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα η προληπτική συντήρηση είναι συνδυασμός περιοδικών και προγραμματισμένων διαδικασιών καθώς και εκείνων που επιβάλλουν ειδικές συνθήκες.

Πολιτική της προληπτικής συντήρησης: Στο πεδίο της υψηλής τάσης, υιοθετήθηκε γενικά στο παρελθόν μια στρατηγική συντήρησης βασισμένη στο χρόνο, δηλ. συντήρηση και αντικατάσταση βάσει προκαθορισμένων χρονικών διαστημάτων. Αυτή η μέθοδος οδηγεί σε πολύ υψηλή διαθεσιμότητα. Εντούτοις, δεδομένου ότι ο εξοπλισμός δεν χρησιμοποιείται εντατικά μέχρι το τέλος της πραγματικής διάρκειας ζωής του και οι κύκλοι συντήρησης δεν προσαρμόζονται για να ταιριάζουν στην πραγματική κατάσταση του εξοπλισμού, είναι σαφές ότι η βασισμένη στον χρόνο συντήρηση δεν είναι η οικονομικά πιο αποδοτική επιλογή και η σημασία της θα περιοριστεί στο μέλλον. 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 των δύο διαδοχικών συντηρήσεων προσδιορίζονται μόνο από χρονικές περιόδους. 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.

### **2.2.2 Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού (Condition-Based Maintenance-CBM)**

Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού (CBM) αναφέρεται και ως *ανιχνευτική συντήρηση* αφού έχει σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση εσωτερικού ή εξωτερικού σφάλματος πριν αυτό εξελιχθεί και προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό. Τα στοιχεία που προκύπτουν από αυτή τη μέθοδο της συντήρησης βοηθούν στη διάγνωση και στη λήψη αποφάσεων. Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού εκτελείται μόνο αν εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα για το οποίο γίνεται πληροφόρηση από συσκευές παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού ή και περιοδικά.

*Πολιτική ανιχνευτικής συντήρησης:* Ένα πρόγραμμα Ανιχνευτικής Συντήρησης, συνδυάζει τη βάση δεδομένων με τα Διαγνωστικά μέσα που εξασφαλίζουν αυτόματη προειδοποίηση επικείμενης βλάβης. Το πρώτο βήμα στο πρόγραμμα Ανιχνευτικής Συντήρησης, αφορά την ταξινόμηση του εξοπλισμού. Αφού ολοκληρωθεί η ταξινόμηση του εξοπλισμού, επιλέγονται τα διαγνωστικά μέσα για την παρακολούθηση της λειτουργίας του εξοπλισμού. Μερικά από αυτά γίνονται από την ίδια την επιχείρηση, ενώ άλλα ειδικά προσφέρονται από κατασκευαστές που έχουν ειδικευτεί σε τέτοια όργανα και συσκευές. Για την αποτελεσματική βελτίωση της Ανιχνευτικής Συντήρησης έχουν σημασία τα εξής:

- Πρόσδος και τυποποίηση στα αισθητήρια ανίχνευσης ανωμαλιών.
- Μεγαλύτερη ευκρίνεια στις ερμηνείες των διαδικασιών της χειροτέρευσης των ιδιοτήτων των υλικών.
- Ανεύρεση συσχετισμού ή βελτίωση ήδη ανευρεθέντων συσχετισμών μεταξύ των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και της χειροτέρευσης των ιδιοτήτων των υλικών.

Τα κύρια μέσα πραγματοποίησης της ανιχνευτικής συντήρησης

- Παρακολούθηση και Διάγνωση μηχανικών ταλαντώσεων
- Ακουστική ανάλυση
- Ανάλυση λιπαντικών λαδιών και γράσων
- Ανάλυση ηλεκτρομονωτικών λαδιών
- Μη καταστροφικές δοκιμές και μετρήσεις
- Θερμογραφία με υπέρυθη ακτινοβολία
- Παρακολούθηση και αξιολόγηση των τάσεων που παρουσιάζουν τα δεδομένα του εξοπλισμού.

### **2.2.3 Η συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance-RCM)**

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 επιθυμητό τρόπο σύμφωνα με το παρόν λειτουργικό πλαίσιο και αποτελεί εργαλείο κατά τη λειτουργία. Είναι μέσο μείωσης του κόστους παραγωγής. Παρατίθεται παρακάτω η γενική περιγραφή της, οι στόχοι της και η αιτιολόγηση των εφαρμογών της από οικονομική άποψη.

#### Στόχοι προγράμματος προστατευτικής συντήρησης

Αυτοί οι στόχοι περιλαμβάνουν τουλάχιστο τα εξής:

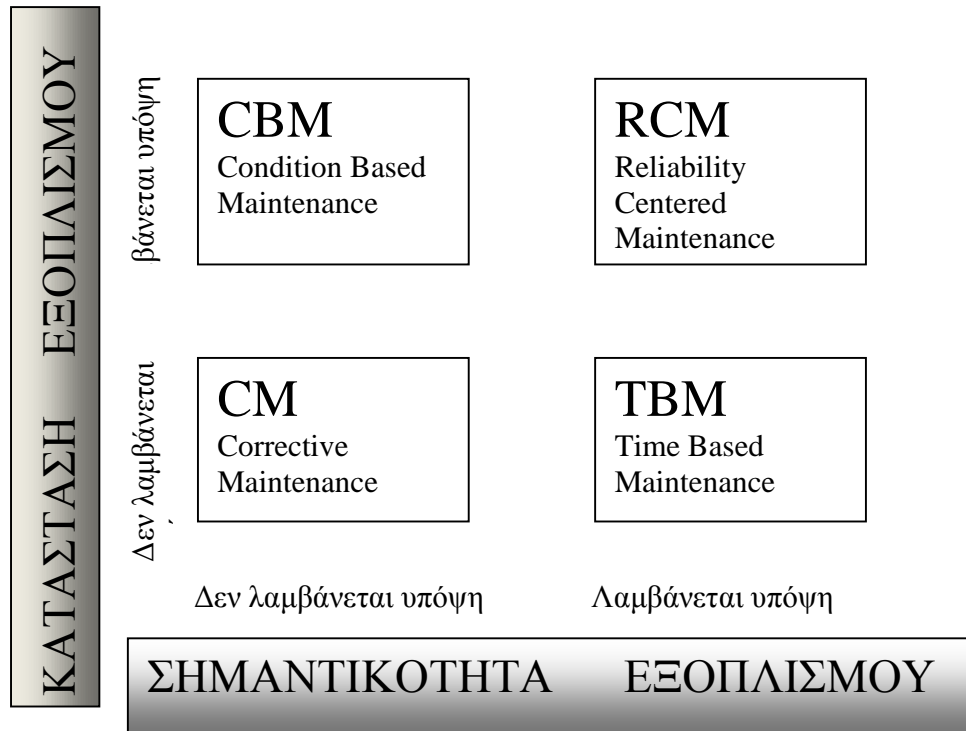
- **Û** Ετήσιος προγραμματισμός δοκιμών και μετρήσεων Αν το ιστορικό και η συμπεριφορά του εξοπλισμού έχουν επιβαρυνθεί, οι δοκιμές και οι μετρήσεις γίνονται σε συντομότερο χρονικό διάστημα π.χ. 6μηνο. Οι δοκιμές είναι κατά το πλείστο μη-καταστροφικές.
- **Û** Παρεμπόδιση δημιουργίας συνθηκών που επιταχύνουν τη γήρανση π.χ. Υπερφόρτιση, Υπερθέρμανση, Διάβρωση, Πρόωρη φθορά κ.λ.π.
- **Û** Έλεγχος απωλειών ενέργειας. Προγραμματισμός εξοικονόμησης ενέργειας.
- **Û** Έλεγχος βαθμού απόδοσης κάθε είδους μηχανήματος. Ρυθμίσεις, Καθαρισμοί κ.λ.π.
- **Û** Έλεγχος ρύπανσης εξοπλισμού λόγω της οποίας δημιουργούνται απώλειες ενέργειας.
- **Û** Μετρήσεις:
  - Θορύβου του εξοπλισμού
  - Θερμοκρασίας λειτουργίας τού εξοπλισμού
  - Ταλαντώσεις σε στρεφόμενα τμήματα του εξοπλισμού
  - Προσδιορισμός των αιτιών και αναίρεση τους
- **Û** Παρακολούθηση της κατάστασης διαφόρων τμημάτων του εξοπλισμού με την τοποθέτηση συστημάτων ON-LINE MONITORING. Π.χ. συσκευή για τη συνεχή εποπτεία της δυναμικής συμπεριφοράς στρόβιλο-εναλλακτήρα η οποία χρησιμοποιεί αισθητήρα πίεσης και ταλαντώσεων σε όλα τα έδρανα και σύνολο παραμέτρων της λειτουργίας της μηχανής.
- **Û** Καταγραφή όσο γίνεται πιο πολλών στοιχείων λειτουργίας όπως πιέσεις, θερμοκρασίες, φορτία κ.λ.π. Επεξεργασία αυτών των στοιχείων εξαγωγή συμπερασμάτων-προώθηση τους στον επικεφαλής της συντήρησης.
- **Û** Επιθεωρήσεις του εξοπλισμού. Ημερήσιες, Εβδομαδιαίες, Μηνιαίες.
  - Ο εξοπλισμός, ανάλογα με το είδος του, επιθεωρείται για απώλειες πίεσης, απώλειες ατμού, διαρροές λαδιού κ.λ.π.
  - Στόχος είναι η έγκαιρη ανακάλυψη σφαλμάτων πριν αυτά εξελιχθούν σε βλάβες.

Οι οδηγίες του κατασκευαστή και η πείρα των ανθρώπων της συντήρησης βοηθούν στη συγκρότηση συνόλου απαιτήσεων και στοιχείων, το οποίο θα εισαχθεί στο πρόγραμμα συντήρησης.

#### **2.2.4 Η επιδιορθωτική συντήρηση (Corrective Maintenance-CM)**

Η επιδιορθωτική συντήρηση (CM) 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 επιδιορθωτική συντήρηση γενικά δεν γίνεται βάσει προγράμματος.

Ένας τρόπος ταξινόμησης των παραπάνω στρατηγικών συντήρησης είναι να διακρίνουμε εάν λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση του εξοπλισμού από τη μία πλευρά και αν λαμβάνεται υπόψη η σημασία του εξοπλισμού για τη λειτουργία όλου του συστήματος από την άλλη πλευρά. Το σχήμα 2.1 μας δίνει μια γενική επισκόπηση αυτής της ταξινόμησης. Η κατάσταση και η σημασία του εξοπλισμού μπορούν να οριστούν με πολλούς τρόπους, βασιζόμενους στο επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας και διαθεσιμότητας των κατάλληλων δεδομένων.



Σχήμα 2.1 Ταξινόμηση Στρατηγικών Συντήρησης

### 2.3 Αξιοπιστία και βελτιώσεις

Ως αξιοπιστία ορίζεται :

- ü Η ικανότητα ενός εξοπλισμού να εκτελεί μια λειτουργία υπό ορισμένες συνθήκες για ορισμένη χρονική περίοδο.
- ü Η πιθανότητα ότι ο εξοπλισμός θα λειτουργεί χωρίς βλάβες για προδιαγραφμένο χρόνο ή μέγεθος χρήσης.

Κατά μια ευρύτερη έννοια η αξιοπιστία συνοδεύεται από την πετυχημένη λειτουργία και από τη μην εμφάνιση βλαβών και ζημιών. Έτσι η αξιοπιστία ορίζεται ως η πιθανότητα με την οποία ένα στοιχείο, μια διάταξη, ένας εξοπλισμός, ή ένα σύστημα θα εκτελούν τη λειτουργία για την οποία προορίζονται για προδιαγεγραμμένη χρονική περίοδο και μέσα σε δεδομένες συνθήκες.

#### 2.3.1 Βελτιώσεις σχετικές 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 :

Περιθώρια σχεδίασης. Αν αυξηθεί ο λόγος της ικανότητας των επιμέρους στοιχείων του συστήματος ως προς τη φόρτιση που είναι δυνατό να πάρουν τα στοιχεία, αυξάνει η αξιοπιστία ολόκληρου του συστήματος.

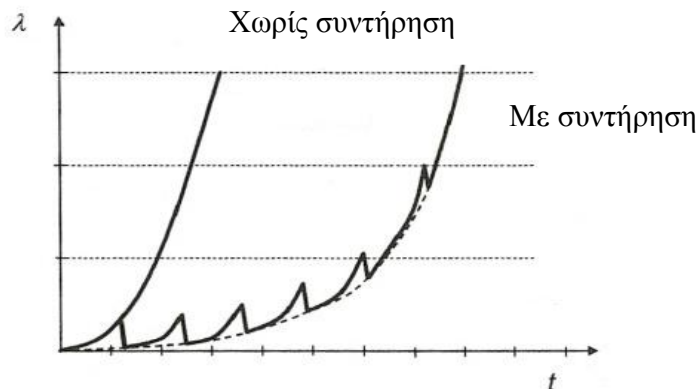
Πλεόνασμα επιμέρους στοιχείων. Αν προβλεφθούν επιπλέον τμήματα του εξοπλισμού τότε αυξάνει η αξιοπιστία του συστήματος. Τα επιπλέον τμήματα μπαίνουν παράλληλα οπότε αν πάθει βλάβη το ένα, δεν προκαλείται βλάβη του συστήματος.

Συντήρηση. Η συντήρηση μπορεί να μειώσει σημαντικά τους ρυθμούς βλάβης και στην περίπτωση βλάβης, η κατάλληλη επισκευή της να περιορίσει 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 στα μέγιστα την αξιοπιστία.

## 2.4 Σκοποί και δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση

Η συντήρηση όπως και κάθε δραστηριότητα έχει σκοπό την πραγματοποίηση προκαθορισμένων στόχων. Πιο συγκεκριμένα, στους στόχους αυτούς περιλαμβάνεται η διατήρηση του εξοπλισμού στην επιθυμητή στάθμη αξιοπιστίας και λειτουργίας. Επίσης θα πρέπει η διάρκεια της συντήρησης να είναι η συντομότερη δυνατή, ώστε η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού να είναι η μεγαλύτερη. Το κόστος της συντήρησης πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό ενώ θα πρέπει να περιορίζεται η φθορά του εξοπλισμού γεγονός που συνεπάγεται, όπου είναι δυνατό και μη δαπανηρό, την επέκταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού.

Χαρακτηριστικά, δίνεται το σχήμα 2.2 ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζεται ο ρυθμός βλαβών  $\lambda$  ενός μηχανήματος σε σχέση με το χρόνο, από την εφαρμογή ή μη μεθόδων συντήρησης.



Σχήμα 2.2 Ρυθμός βλαβών  $\lambda$  σε σχέση με το χρόνο, με ή χωρίς συντήρηση

### 2.4.1 Δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση

Αν και η πρακτική της συντήρησης μπορεί να αφορά έναν ειδικό εξοπλισμό, μια ειδική βιομηχανία, ή ένα ειδικό σύνολο προβλημάτων, εν τούτοις είναι δυνατό όλες αυτές οι ποικίλες δραστηριότητες και υπευθυνότητες να ομαδοποιηθούν σε δυο κατηγορίες, τις *πρωτεύουσες δραστηριότητες*, στις οποίες περιλαμβάνονται:

- συντήρηση υπάρχοντος εξοπλισμού

- συντήρηση κτιρίων και ακάλυπτων χώρων
  - επιθεωρήσεις (και εργασίες λίπανσης)
  - τροποποιήσεις και νέες εγκαταστάσεις
- και στις *δευτερεύουσες δραστηριότητες* στις οποίες περιλαμβάνονται:
- αποθήκες
  - προστασία (φύλαξη- πυρόσβεση κλπ)
  - διάθεση αποβλήτων
  - ασφάλεια εργασίας
  - λοιπές δραστηριότητες

## 2.5 Προοπτικές της συντήρησης

Οι υπεύθυνοι της συντήρησης θα επιθυμούσαν να έχουν εξοπλισμό που να μην χρειάζεται, αν είναι εφικτό, καμία συντήρηση. Θέλουν μόνο να προειδοποιούνται έγκαιρα, πριν αρχίσει κάποιο πρόβλημα, ώστε τότε να 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.

Ο πρώτος έχει ασφαλώς πολύ υψηλό κόστος και πολλές φορές πρέπει να υπερπηδηθούν αντικειμενικές δυσκολίες, πράγμα που μπορεί να είναι πέρα από τις δυνατότητες της σημερινής τεχνολογίας. Ο δεύτερος έχει τις δυσκολίες που εμφανίζονται όταν επέρχεται κάποια μεταβολή. Η αλλαγή της φιλοσοφίας που αφορά τη συντήρηση με βάση το χρόνο με τη φιλοσοφία που αφορά τη συντήρηση βασισμένη στην κατάσταση βρίσκει εμπόδια, αν και εδώ κα δέκα χρόνια η 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 χρειαζόμαστε μεγάλο πλήθος δεδομένων, εκθέσεις δοκιμών, προγράμματα συντήρησης, συνθήκες συντήρησης. Χρειαζόμαστε πληροφορίες οι οποίες είναι πολλές. Η ανάλυση και η επεξεργασία των πληροφοριών αυτών θα μας οδηγήσει στην απόφαση τι πρέπει να γίνει και πότε πρέπει να γίνει. Μία άλλη προοπτική είναι η μετάβαση από τον παραδοσιακό βοηθητικό εξοπλισμό ενός συστήματος, σε ένα σύγχρονο βοηθητικό εξοπλισμό. Τέλος, μία ακόμη προοπτική είναι η βελτίωση των μεθόδων συντήρησης. Όπως είναι γνωστό η συντήρηση στο παρελθόν στηριζόταν στην εμπειρία του αντίστοιχου προσωπικού και σε ορισμένες μετρήσεις και δοκιμές με τις οποίες ελεγχόταν η κατάσταση του εξοπλισμού και ανάλογα γίνονταν ενέργειες.

Τα τελευταία χρόνια οι μέθοδοι συντήρησης αλλάζουν και συγκεκριμένα 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 Η/Υ

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ Υ.Τ/Μ.Τ**

### **3.1 Εισαγωγή**

Είναι προφανής σε όλους μας η μεγάλη σπουδαιότητα των υποσταθμών και η κομβική τους θέση και σημασία σε ένα ΣΗΕ, καθώς είναι ο χώρος όπου γίνονται όλες οι επιθυμητές μετατροπές, διακοπές, και μετρήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας. Από την σύνθετη του δομή και μόνο καταλαβαίνουμε ότι η συντήρηση σε μια τέτοια εγκατάσταση είναι όχι μόνο απαραίτητη αλλά ζωτικής σημασίας, καθώς χωρίς αυτήν το οικονομικό κόστος για σωστή λειτουργία θα ήταν τρομερά μεγαλύτερο.

Γίνεται λοιπόν σε αυτό το κεφαλαίο μια προσπάθεια για την παρουσίαση των μεθόδων συντηρήσεως όλου του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (ανεξαρτήτως μεγέθους η σημασίας) έχοντας υπόψη πάντα και την παραμέτρου του χρόνου η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με την θέση του υποσταθμού και το περιβάλλον του.

### **3.2 Μονωτήρες**

Ο μονωτήρας είναι από της πιο απλές κατασκευές στον υποσταθμό. Ελέγχουμε πάντα την κατάσταση του από μηχανική άποψη, δηλαδή κοιτάμε για μηχανικές φθορές (σπάσιμο η ράγισμα). Τους καθαρίζουμε πάντα κατά την συντήρηση η τους αντικαθιστάμε εάν είναι κατεστραμμένοι.

### **3.3 Καλώδια και αγωγοί**

Το πιο σημαντικό σημείο στην συντήρηση ενός αγωγού είναι η συνδέσεις κατά την άφιξη του η την αναχώρησή του αντίστοιχα. Το ιδιαίτερο πρόβλημα σε αυτά τα σημεία είναι η υπερθέρμανση που δημιουργείτε στις κοχλιωμένες συνδέσεις λόγω της μην καλής σύσφιξης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κηλίδες (κυρίως σε χάλκινους αγωγούς). Για την ανίχνευση των θερμοκρασιών αυτών χρησιμοποιούνται όργανα θερμογραφίας κατάλληλων προδιαγραφών τα οποία λειτουργούν με ανιχνευτές υπερύθρων. Κατά την προληπτική συντήρηση καλό είναι να ελέγχουμε χειροκίνητα τις συνδέσεις στα σημεία αυτά.

### **3.4 Αποζεύκτες και γειωτές**

Οι αποζεύκτες δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια επιπλέον διακοπή χωρίς φορτίο μετά από τον διακόπτη ισχύος η τον ασφαλειοαποζεύκτη. Υπάρχουν δηλαδή μόνο για να δημιουργήσουν μια ορατή επιβεβαίωση ότι το κύκλωμα έχει ανοίξει πλήρως και είναι έτοιμο για την οποιαδήποτε εργασία πανό του. Αντέχουν το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του κυκλώματος αλλά και τα ρεύματα σφάλματος. Σε περίπτωση που φέρουν μεγάλο ρεύμα βραχυκυκλώσεις πρέπει οπωσδήποτε να γίνει συντήρηση ώστε να μην μειωθεί η απόδοση τους.

Οι γειωτές είναι διακόπτες οι οποίοι κλείνουν (δηλαδή συνδέουν το κύκλωμα με την εγκατάσταση γείωσης) αφού έχουν ανοίξει οι διακόπτες ισχύος και οι αποζεύκτες. Υπάρχει πάντα μια μηχανική αλληλομανδάλωση μεταξύ του γειωτή και του αποζεύκτη για μην τυχόν απρογραμματίστη ταυτόχρονη λειτουργία.

Κατά την διαδικασία συντήρησης των παραπάνω έχουμε:

- Μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διαβρώσεις και σκουριές, συσφίξεις των κοχλιωμένων συνδέσεων και χρωματισμός στα σημεία σκουριάς
- Μονωτήρες: Έλεγχος για μόλυνση ή φυσικές φθορές, για ίχνη από ηλεκτρικό τόξο, καθαρισμός των επιφανειών τους και αν χρειάζεται αντικατάσταση.
- Επαφές: Έλεγχος για διάβρωση και πυράκτωση, και αντικατάσταση των διαβρωμένων ή καμένων. Καθαρισμός και λείανση με γυαλόχαρτο των επαφών με μικρή διάβρωση. Μέτρηση της αντίστασης διέλευσης επαφών.
- Μηχανισμοί κινήσεως: Έλεγχος εξαρτημάτων και λίπανση, δοκιμαστικοί χειρισμοί για να ελεγχθεί η ταυτόχρονη προσέγγιση των μαχαιριών και η σωστή συναρμογή των επαφών.
- Μανδαλώσεις: Έλεγχος των μανδαλώσεων (μηχανικών και ηλεκτρικών) και δοκιμαστικοί χειρισμοί.
- Μηχανισμός χειρισμού: Έλεγχος εξαρτημάτων, καθαρισμός, λίπανση και δοκιμαστικοί χειρισμοί (ηλεκτρικοί και μηχανικοί)

### 3.5 Γείωση

Καθώς είναι μια πολύ απλή εγκατάσταση κοιτάμε μόνο την μηχανική κατάσταση των μετάλλων, δηλαδή κάνουμε έλεγχο των συνδέσεων για διάβρωση, σύσφιξη των συνδέσεων και μέτρηση της αντίστασης γείωσης.

### 3.6 Περιβλήματα, περιφράξεις

Οι υποσταθμοί δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν αποθηκευτικοί χώροι. Θα πρέπει να αποθηκεύεται μόνο ο αναγκαίος εφεδρικός εξοπλισμός. Πρέπει να γίνεται έλεγχος της περιφράξης και των προστατευτικών πλεγμάτων, καθώς και των θυρών.

### 3.7 Πίνακας διακοπών

Είναι μεταλλικές κατασκευές διαφόρων προδιαγραφών (ανάλογα με την εγκατάσταση που έχουμε) στη οποία συγκρατούνται όλες οι διατάξεις διακοπής, ελέγχου, απόζευξης, μετρήσεων και προστασίας. Είναι κάτι αντίστοιχο του οικιακού πίνακα απλός με άλλες διαστάσεις όσον αφορά την κατασκευή και την λειτουργικότητά του. Συνήθως εγκαθίστανται κοντά στον μετασχηματιστή, μετά της αναχωρήσεις του, και χωρίζονται σε εσωτερικού και εξωτερικού τύπου.

Η συχνότητα επιθεωρήσεων δεν είναι κάτι δεδομένο και σταθερό αλλά αλλάζει σε κάθε εφαρμογή. Επίσης έχουμε υπόψη μας τα διαφορετικά φύλλα δεδομένων που δίνει ο κάθε κατασκευαστής καθώς και το περιβάλλον της κάθε εγκατάστασης. Παρόλα αυτά είναι απαραίτητη οπωσδήποτε μια ετήσια επιθεώρηση του όλου συγκροτήματος.

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.

**Περιβλήματα:** Κύριος τους ρόλος είναι η προστασία του προσωπικού επίβλεψης και συντήρησης από την άθελα επαφή τους με κάποιο ρευματοφόρο τμήμα του πίνακα διακοπών. Παρόλα αυτά όμως είναι αναγκαία και ως μέσο προστασίας από τον εξωτερικό περιβάλλον (σκόνη και υγρασία) όπου η απόλυτη απομόνωση του πίνακα από το έξω χώρο εμποδίζει την είσοδο σε οτιδήποτε.

**Υγρασία:** Είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στις μεταλλικές επιφάνειες του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και δημιουργείτε από την υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα σε κάποιες μεταλλικές επιφάνειες όπου η θερμοκρασία έχει πέσει κάτω από το σημείο δρόσου. Στους περισσότερους πίνακες οι θερμοκρασία αυτή αντισταθμίζεται με θερμοαντήρες με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση δημιουργίας της υγρασίας.

Σε κάθε περίπτωση πάντως θα πρέπει να γίνει έλεγχος για σημάδια υγρασίας (σταγόνες, σκόνη από προηγούμενη υγρασία, εκτεταμένη σκουριά κτλ).

**Μονώσεις:** Η μεγαλύτερη προστασία σε έναν πίνακα διακοπών προέρχεται από τις μονώσεις του οι οποίες είναι κατασκευασμένες να αντέχουν αρκετά χρόνια (έως 30). Παρόλο το μεγάλο χρονικό διάστημα αντοχής τους, οι μονώσεις θα πρέπει να ελέγχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να καθαρίζονται από την υγρασία, σκόνη, η οποιαδήποτε βρομιά πάνω τους, καθώς αυτά είναι η κύρια αιτία για την καταστροφή τους. Εάν η μόνωση είναι στα πρόθυρα της καταστροφής τότε δημιουργούνται σχίσματα πανό της και πολλές φορές έχουμε ηλεκτρικές υπερπηδήσεις.

**Ηλεκτρικές καταπονήσεις:** Αρχικά πρέπει να σημειώσουμε ότι οι μονώσεις παράγονται από οργανικά και ανόργανα υλικά. Και στα δυο αυτά είδη υλικών οι ηλεκτρικές καταπονήσεις διαβρώνουν κυρίως την επιφάνεια τους με αποτέλεσμα να χρειάζονται συντήρηση εάν η ζημιά είναι μικρή η αντικατάσταση εάν η ζημιά έχει προχωρήσει σε βάθος.

Μια αιτία ηλεκτρικής καταπόνησης είναι το *φαινόμενο κορόνα* το οποίο προκαλείται όταν δυο μονώσεις είναι πολύ κοντά η μια στην άλλη, η όταν μια μόνωση είναι πολύ κοντά σε ζυγό υψηλής τάσης. Τα σημάδια της διαβρωμένης επιφάνειας έχουν την μορφή άσπρης σκόνης η οποία καθαρίζεται από τη επιφάνεια με την χρήση ειδικών διαλυτών.

Μια άλλη αιτία ηλεκτρικών καταπονήσεων είναι η *ηλεκτρικές εκκενώσεις* (μεταξύ δυο φάσεων, η φάσης - γης) οι οποίες δημιουργούν και σχίσματα πάνω στην επιφάνεια της μόνωσης. Στις μονώσεις οργανικών υλικών αφήνουν υπολείμματα από άνθρακα, ενώ στις μονώσεις ανόργανων υλικών εξαρτάται από τον βαθμό της εκκένωσης και την χρονική της διάρκεια. Πάντως εάν η ζημιά δεν έχει προχωρήσει σε βάθος μπορεί να διορθωθεί τρίβοντας την επιφάνεια με γυαλόχαρτο και στη συνέχεια βάζοντας την με ειδικό βερνίκι.

**Θερμική καταπόνηση:** Λειτουργικά σφάλματα η βλάβες προκαλούν θερμοκρασιακές αυξήσεις πάνω στις μονώσεις με αποτέλεσμα αυτές να λειτουργούν πάνω από τις ονομαστικές θερμοκρασίες για τις οποίες είναι κατασκευασμένες. Αυτό έχει ως συνέπεια την πρόωρη καταστροφή της μόνωσης και την μείωση της μηχανικής της αντοχής.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες η μόνωση λιώνει και “αποδυναμώνεται” η φυσική της δομή. Κάποια ελάχιστη φθορά είναι επιτρεπτή, εφόσον όμως εντοπιστεί και διορθωθεί αμέσως η αιτία της υπερθέρμανσης αυτής. Ο εντοπισμός της αυξημένης θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με την χρήση των οργάνων θερμογραφίας, αλλά σε περίπτωση που δεν υπάρχει τέτοια δυνατότητα τότε το σφάλμα εντοπίζεται μόνο από τις φθορές που έχει προκαλέσει οι οποίες είναι:

- Κηλίδωση, συνήθως ένα μαύρισμα των υλικών.
- Ραγίσματα, σπασίματα και ξεφλούδισμα των βαμμένων επιφανειών.

- ü Οι ταινίες και οι μονώσεις των καλωδίων γίνονται εύθραυστες.
- ü Προκαλείται διαχωρισμός σε στρώματα.
- ü Εμφανίζεται μια γενική απανθράκωση στα υλικά.

### 3.8 Διατάξεις διακοπής-διακόπτες

Όπως έχει προαναφερθεί οι διακόπτες είναι διατάξεις διακοπής αλλά ταυτόχρονος και προστασίας. Υπάρχουν οι διακόπτες φορτίου οι οποίοι αποσυνδέουν το κύκλωμα υπό το ονομαστικό τους φορτίο μόνο, και οι διακόπτες ισχύος οι οποίοι αποσυνδέουν το κύκλωμα και στην περίπτωση βλάβης (βραχυκύκλωμα με ρεύματα πολύ υψηλότερα του ονομαστικού). Γενικά οι διακόπτες θα πρέπει να είναι σε θέση να διακόπτουν σε ελάχιστο χρόνο σε περίπτωση βλάβης και να προστατέψουν το υπόλοιπο κύκλωμα που ακολουθεί μετά από αυτούς. Πριν οποιαδήποτε συντήρηση θα πρέπει να έχουν μελετηθεί προσεκτικά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των διακοπτών, η γραμμή στην οποία είναι συνδεδεμένοι να είναι κατάλληλα ασφαλισμένη, και να έχει απενεργοποιηθεί οποιοδήποτε κύκλωμα η μηχανισμός επαναφοράς τους.

#### 3.8.1 Διακόπτες αέρος

**Μόνωση:** Καθαρισμός των μονωμένων επιφανειών καθώς και ένας έλεγχος για φαινόμενα κορώνας, ίχνη από τόξο, και έλεγχος για θερμική καταστροφή.

**Επαφές:** Οι διακόπτες αυτοί αποτελούνται από σύνολα επαφών όπου το κάθε ένα έχει και έναν λειτουργικό ρόλο.

Οι κύριες επαφές είναι αυτές που φέρουν το ονομαστικό ρεύμα και μια μεγάλη αντίσταση διέλευσης θα προκαλέσει την επικάλυψη ξένων υλικών πάνω σε αυτά η και την μείωση των ελατηρίων των επαφών. Κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα την διέλευση μεγάλου τόξου στις επαφές τόξου με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και την καταστροφή τους.

Το ενδιαμέσο ζεύγος των επαφών είναι αυτό που ανοίγει πριν τις κύριες επαφές και μετά τις επαφές σβέσης του τόξου.

Οι επαφές τόξου ανοίγουν τελευταίες, με αποτέλεσμα να έχουμε εκεί τη δημιουργία τόξου, και μπορεί να καούν κατά τη διάρκεια διακοπής μεγάλων σφαλμάτων. Στους διακόπτες ισχύος βεβαιωμένης ροής, το τόξο απομακρύνεται γρήγορα με τη βοήθεια ενός πεδίου βεβαιωμένης ροής αέρα και το επιμηκύνει προς τα κεράτια που βρίσκονται στο θάλαμο σβέσης. Οι επαφές τόξου είναι αναλώσιμες και θα πρέπει να έχουν φθαρεί αρκετά, για να είναι απαραίτητη η αντικατάστασή τους.

**Συντήρηση των επαφών:** Σε μια γενική όψη οι επαφές θα πρέπει να διατηρούνται καθαρές, σωστά ευθυγραμμισμένες, και η πίεση τους να παραμένει σταθερή όπως περιγράφεται από τα κατασκευαστικά δεδομένα των διακοπτών.

Τα πιο στιβαρά προβλήματα των επαφών είναι η υπερθέρμανση και οι επιφανειακές ανωμαλίες από τα χτυπήματα κατά την λειτουργία τους, αλλά και λόγω της πίεσης εντός του διακόπτη.

Πρέπει να γίνεται έλεγχος για ενδείξεις υπερθέρμανσης κάτι το οποίο φαίνεται από τις κηλίδες στην επιφάνεια της επαφής. Σε περίπτωση όπου οι επιφάνειες έχουν φθαρεί αρκετά η έχουν καεί πάνω από το ήμισυ θέλουν αντικατάσταση μαζί με τα συγκροτήματα των ελατηρίων. Εάν ωμός η φθορά δεν έχει φτάσει σε τόσο σοβαρό σημείο, τότε θα πρέπει οι επιφάνειες των επαφών να γυαλίζονται και να λιπαίνονται ελαφρώς. Προσοχή, δεν πρέπει να γίνεται σύγχυση των σημαδιών της υπερθέρμανσης με την απλή και φυσική

αποχρωμάτιση του μετάλλου (επαργυρωμένες επιφάνειες) κάτι το οποίο είναι τελείως φυσικό.

Επίσης πρέπει να γίνεται έλεγχος για μην τυχόν μηχανικές φθορές πανό στις επιφάνειες οπός εξογκώματα η λάθος ευθυγραμμίσει των επαφών κάτι το οποίο θα πρέπει να επισκευαστεί για την μέγιστη απόδοση των διακοπών. Παρόλα αυτά μικρές προεξοχές είναι επιτρεπτές ενώ κάποια μεγαλύτερα πρέπει να απομακρύνονται με λείανση.

Συγχρονισμός των επαφών: Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει χειροκίνητους χειρισμούς για τον έλεγχο της λειτουργικής κατάστασης του διακόπτη. Με αυτό τον τρόπο κοιτάμε εάν οι επαφές είναι ευθυγραμμισμένες, εάν η πίεση των ελατηρίων είναι στη επιθυμητή τιμή, και επίσης ελέγχουμε και την ευθυγράμμιση των επαφών.

Μονάδα σβέσης του τόξου: Η απόδοση του θαλάμου σβέσης εξαρτάται σημαντικά από την συντήρηση του. Πρέπει να γίνεται έλεγχος αρχικά για απομόνωση του χώρου από την υγρασία και να διατηρείται ο χώρος στεγανό (κυρίως στις περιπτώσεις όπου έχουμε κατασκευή από κεραμικά υλικά τα οποία απορροφούν την υγρασία). Οι θάλαμοι σβέσης κατασκευάζονται κυρίως από ανόργανα υλικά τα οποία κατά το άνοιγμα του διακόπτη βρίσκονται υπό πλήρης δυναμικό και η αντοχή τους σε αυτό το δυναμικό εξαρτάται καθαρά από την συντήρηση τους. Κατά την συντήρηση του θαλάμου σβέσης ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

- ü 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.
- ü Σπασμένα ή ραγισμένα μέρη: Μικρά σπασμένα κομμάτια του κεραμικού ή μικρά ραγίσματα δεν επηρεάζουν την απόδοση λειτουργίας του θαλάμου σβέσης.
- ü Διάβρωση του κεραμικού: Αλλαγή του κεραμικού υλικού ύστερα από εξαέρωση του από τα πολλά και υψηλά ρεύματα των τόξων (λόγω των υψηλών ρευμάτων το κεραμικό λιώνει από τις υψηλές θερμοκρασίες)
- ü 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 (αλλά 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. 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.

- ü Οι συσκευές φουσητήρων, 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 φουσητήρας λειτουργεί κανονικά.
- ü Οι φλογοκρύπτες σε διακόπτες Χ.Τ είναι σχετικά απλές κατασκευές, που αποτελούνται κυρίως από μια κάθετη στοίβα από δισκοειδείς πλάκες που βρίσκονται μέσα σε ένα μονωτικό κάλυμμα. Υπάρχει ένας φλογοκρόπτης 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 φλογοκρόπτη θα πρέπει να αναπληρώνεται, ανάλογα βέβαια και με την απόδοσή του.

**Μηχανισμός απελευθέρωσης (tripping)**: Είναι ο μηχανισμός κατά τον οποίον ανοίγουν οι επαφές του διακόπτη μετά από ενεργοποίηση από κάποιο πηνίο εργασίας (ηλεκτρονόμο). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται και tripping. Το άνοιγμα των επαφών επιτυγχάνεται μηχανικά ανεξάρτητα από την κατάσταση των επαφών. Ύστερα από την επαναφορά των επαφών στην κλειστή τους θέση το tripping θα πρέπει να είναι σε θέση να επαναλάβει την ίδια διαδικασία κάθε φορά που ενεργοποιείται.

Για την συντήρηση του θα πρέπει:

- ü Επιθεώρηση για χαλαρά ή σπασμένα κομμάτια, για την απώλεια πείρων ή δακτυλιδιών συγκράτησης και για συγκολλήσεις ή εκτεταμένες φθορές.
- ü Για την προστασία από τις φθορές κατά την κίνηση κινούμενων μηχανικών μερών χρησιμοποιούνται αντιδιαβρωτικά υλικά με αποτέλεσμα να μειώνονται οι συνέπειες της φθοράς όπως πρόωρη ενεργοποίηση και ανώμαλη κίνηση των επαφών. Ανάλογα με την φθορά και το τμήμα του μηχανισμού κάποια δέχονται επισκευή και κάποια θέλουν αντικατάσταση.
- ü 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.

**Συντήρηση κυκλωμάτων αυτοματισμού:**

- ü Να επιθεωρούνται ο κινητήρας ή τα πηνία εργασίας που σπλίζουν 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.

- Û 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.
- Û 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.
- Û 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 καθυστέρησης. 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.
- Û 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.

### **3.8.2 Διακόπτες καινού**

Σε αντίθεση με τους διακόπτες αέρος, στους διακόπτες καινού όλα τα λειτουργικά μέρη βρίσκονται σε καινό χώρο με αποτέλεσμα να αδυνατούμε την αποσυναρμολόγηση για συντήρηση η επισκευή. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούμε ειδικά όργανα μετρήσεων και ενδείξεων σφάλματος και φθοράς.

Συντήρηση: Η μόνη στιβαρή συντήρηση στους διακόπτες αυτούς είναι η δοκιμασία του εσωτερικού καινού, καθώς όλες οι υπόλοιπες είναι όμοιες με αυτές των διακοπών αέρος.

Η κατάσταση εντός του διακόπτη ελέγχεται με την εφαρμογή μιας δοκιμαστικής τάσης κατά μήκος του καινού (ακολουθώντας πάντα τις τεχνικές προδιαγραφές των κατασκευαστών). Με την εφαρμογή της τάσης αυτή μέσα στο διακόπτη εκπέμπονται ακτίνες Χ. Από τον βαθμό της ακτίνας και τα τεχνικά χαρακτηρισίθηκα του διακόπτη, και έχοντας υπόψη τα όρια των κανονισμών, βγάζουμε τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

Για προστατευτικούς λόγους κατά την δόκιμη αυτή είναι φρόνιμο το προσωπικό να παραμένει σε ειδικούς χώρους προστασίας (κιγκλιδώματα) καθώς μπορεί να προκύψουν σφάλματα (είτε από την λανθασμένη ρύθμιση των επαφών, είτε από την εφαρμογή δοκιμαστικής τάσης παραπάνω από το επιτρεπόμενο όριο).

### **3.8.3 Διακόπτες λαδιού**

Είναι ίδιοι με τους διακόπτες αέρος όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας τους, διαφέρουν όμως στον τρόπο κατασκευής και επομένως και στον τρόπο συντήρησης. Είναι οι παλαιότερης μορφής διακόπτες και έχουν ως μονωτικό υλικό το λάδι. Δεν συναντούνται τόσο συχνά στα νέα και σύγχρονα συγκροτήματα διακοπών όσο σε παλαιότερες εγκαταστάσεις (κυρίως εξωτερικές).

**Μόνωση:** Η μόνωση στους διακόπτες αυτούς μπορεί να χωριστεί σε δυο μέρη, την εξωτερική και την εσωτερική. Η εξωτερικές μονώσεις ονομάζονται *μονωτήρες διέλευσης* και κατασκευάζονται κυρίως από πορσελάνη αλλά και κάποια οργανικά υλικά. Γίνεται έλεγχος για την κατάσταση του και ανάλογα με την φθορά που έχει υποστεί προχωράμε σε καθαρισμό των επιφανειών από τις ακαθαρσίες, η σε αντικατάσταση εάν η φθορά είναι μεγάλη και η διορθώσει δεν επωφελή.

Τον ρόλο της εσωτερικής μόνωσης αναλαμβάνει το λαδί, το οποίο εκτός από μονωτικό δρα και στη απόσβεση του τόξου, και για τους λόγους αυτούς η συντήρηση του είναι ζωτικής σημασίας για τον διακόπτη. Κατά την σβέση του τόξου το λαδί απορροφά και κάποια παράγωγα του με αποτέλεσμα να υποστεί κάποιο βαθμό αποσύνθεσης, και συνεπώς να χρειάζεται μια λεπτομερή ανίχνευση της κατάστασης του έτσι ώστε να μην μειωθεί η ποιότητά του. Η δόκιμη του λαδιού επιτυγχάνεται με την εφαρμογή δοκιμαστικών τάσεων σε ειδικά όργανα μετρήσεων, και εάν η περιεκτικότητά του αποδειχθεί χαμηλή τότε προχωράμε στην διαδικασία της αντικατάστασης του.

Πρέπει οπωσδήποτε να επιλέξουμε το λαδί το οποίο προτείνει ο κατασκευαστής και να δώσουμε μεγάλη προσοχή στις μετρήσεις προτού προχωρήσουμε στην αντικατάσταση. Η αντικατάσταση είναι μια προσεκτική διαδικασία καθώς δεν πρέπει μαζί με το λαδί να μπει έστω και λίγος αέρας διότι δημιουργεί φυσαλίδες και μειώνει την απόδοση του μονωτικού (κατά την σβέση του τόξου οι φυσαλίδες του αέρα λόγω της υψηλής τάσης ιονίζουν το λαδί και αυξάνουν την αποσύνθεση του). Στην πράξη χρησιμοποιούμε αντλία λαδιού, η βάζουμε το λαδί και ύστερα εφαρμόζουμε καινού αέρος. Στην χειρότερη περίπτωση βάζουμε το λαδί και το αφήνουμε να καθίσει αρκετές ώρες (έως 12) πριν την χρήση του διακόπτη.

**Επαφές:** Η συντήρηση των επαφών εξαρτάται από την απόδοση του διακόπτη, την συχνότητα χειρισμών, και από την κάθε απόζευξη σε περίπτωση σφάλματος. Σε γενικές γραμμές η πρόσβαση στα εσωτερικά του δεν είναι εύκολη λόγω της δομής του. Σε κάθε συντήρηση μετράται η αντίσταση διέλευσης των επαφών μέσω ενός ducter (ωμόμετρο μικρής κλίμακας). Για περαιτέρω συντήρηση θα πρέπει να αφαιρείται το λαδί κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό σε μια συντήρηση απλής επιθεώρησης, αλλά πρέπει να γίνει κάθε φορά που ο διακόπτης ανοίγει εξαιτίας κάποιων σφαλμάτων. Όταν αποσυναρμολογηθεί ο διακόπτης τότε γίνεται πλήρης έλεγχος για την ευθυγράμμιση των επαφών, την διάβρωση τους και την καλή σύσφιξη των ελατηρίων.

**Μονάδα σβέσης του τόξου:** Γενικά ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή για την συντήρηση του, αλλά καλό είναι να ελέγχεται για οποιοδήποτε είδος ακαθαρσίας.

**Μηχανισμός απελευθέρωσης (tripping):** Όσον αφορά την συντήρηση εδώ ισχύει ότι προαναφέραμε στους διακόπτες αέρος.

**Συντήρηση κυκλωμάτων αυτοματισμού:** Λόγο της ύπαρξης του δοχείου του λαδιού εδώ η συντήρηση γίνεται λίγο πιο σύνθετη σε σχέση με τον διακόπτη αέρος καθώς έχουμε την πρόσθεση και των εξαρτημάτων που συνοδεύουν το δοχείο του λαδιού όπως είναι οι μετρητές της στάθμης του λαδιού, οι γυάλινοι δείκτες για τον οπτικό έλεγχο, οι βαλβίδες, τα δοχεία, οι αναπνευστήρες και το περίβλημα του δοχείου λαδιού. Το σημαντικότερο όμως από όλα είναι η στάθμη του λαδιού όπου εάν δούμε ότι είναι κάτω από το

επιτρεπόμενο όριο πρέπει οπωσδήποτε ο διακόπτης να αφαιρεθεί και να συμπληρωθεί το έλλειμμα του λαδιού.

### 3.8.4 Διακόπτες SF6

Η μόνη διαφορά των διακοπών αυτών από τους διακόπτες λαδιού είναι το υλικό στο θάλαμο σβέσης το οποίο είναι το εξαφθοριούχο θείο το οποίο βρίσκεται υπό πίεση. Είναι πιο ασφαλές όσον αφορά την λειτουργία του ( λιγότερο εύφλεκτο από το λαδί) και επίσης είναι αρκετά πιο αντιδραστικός σε σφάλματα κάτι το οποίο τον χαρακτηρίζει ως πιο αποδοτικό.

#### Ετήσια συντήρηση

- ü Μονωτήρες διέλευσης: Έλεγχος για ρωγμές, σπασίματα και για ίχνη από τόξο. Καθαρισμός και επίστρωση σιλικόνης (όταν βρίσκονται σε ρυπογόνο περιβάλλον). Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.
- ü Γειώσεις: Έλεγχος ακεραιότητας της γείωσης, επιθεώρηση για διάβρωση, σύσφιξη συνδέσεων.
- ü Ελατήρια: Καθαρισμός με διαλύτη, λίπανση, ρυθμίσεις.
- ü Μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διάβρωση, καθαρισμός, βάψιμο.
- ü Μηχανισμό λειτουργίας: Συσφίξεις, καθαρισμός με διαλύτη, λίπανση των μηχανικών τμημάτων.
- ü Πρεσοστάτες: Έλεγχος λειτουργίας.
- ü Βοηθητικά κυκλώματα: Έλεγχος επαφών, συσφίξεις κλεμοσειρών
- ü Μηχανισμός μετάδοσης κίνησης: Συσφίξεις, καθαρισμός με διαλύτη, λίπανση των μηχανικών τμημάτων.
- ü Δοκιμαστικός χειρισμός: Έλεγχος καλής λειτουργίας, β Δείκτης πίεσης: Έλεγχος για διαρροές, έλεγχος καλής λειτουργίας, καταγραφή της πίεσης.
- ü Φλάντζες στεγανοποίησης: Επιθεώρηση
- ü Αέριο SF6: Μέτρηση της υγρασίας.

#### 12ετής συντήρηση

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

*Σημείωση*: Η διαδικασία πλήρωσης αερίου υπό πίεση και η συντήρηση πρέπει να γίνεται αυστηρώς στους 20 βαθμούς Κελσίου, διαφορετικά ακολουθούμε τις οδηγίες για πλήρωση υπό διαφορετική πίεση και γενικός ακολουθούμε τις τεχνικές οδηγίες του κατασκευαστή.

### 3.8.5 Διακόπτες Φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου, σε αντίθεση με τους διακόπτες ισχύος, χειρίζονται μέχρι και το ονομαστικό ρεύμα του φορτίου που συνδέουν. Διαφέρουν από κατασκευή σε κατασκευή και μπορεί να είναι είτε σταθερού είτε συρόμενου τύπου. Δέχονται είτε χειροκίνητους χειρισμούς είτε αυτοματοποιημένους (μέσο ηλεκτρονόμων). Οπουδήποτε όμως και αν είναι εγκατεστημένοι πρέπει να παρεμποδίσουμε την οποιαδήποτε απρογραμμάτιστη αλλαγή της κατάστασης του (αυτό κυρίως επιτυγχάνεται με κάποια μηχανική μανδάλωση).

Συντήρηση: Όσον αφορά την συντήρησή του μπορούμε να πούμε ότι είναι ο ευνοϊκότερος καθώς απαιτεί την απλούστερη συντήρηση. Ο θάλαμος σβέσης δεν χρειάζεται αποσυναρμολόγηση για την συντήρηση και την επιθεώρησή του, και επίσης εδώ δεν έχουμε τις διηλεκτρικές δόκιμες των υλικών.

### **3.8.6 Γενικές δοκιμές στους διακόπτες**

Ανεξαρτήτως από το μέγεθος η την κατασκευή του διακόπτη θα πρέπει σε όλες τις διατάξεις διακοπής να εκτελούνται οι παρακάτω έλεγχοι:

Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης: Αρχικά αποσυνδέουμε τον διακόπτη από οποιαδήποτε σύνδεση για να μην γίνουν λάθος εκτιμήσεις. Στη συνέχεια εφαρμόζοντας μια δοκιμαστική τάση (του μεγέθους 5000 V) και καταγράφοντας της τιμές των αντιστάσεων βγάζουμε τα συμπεράσματά μας για την μόνωση. Η εφαρμογή της δοκιμαστικής τάσης έχει χρόνους 30 και 60 sec.

Δοκιμές συγχρονισμού των επαφών: Οι δοκιμές αυτές επιτυγχάνονται με την βοήθεια ενός παλμογράφου από τον οποίον λαμβάνουμε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες μέσο κυματομορφών εξόδου του. Είναι ένας πολύ αποδοτικός τρόπος υπολογισμού ταχύτητας κλεισίματος και ανοίγματος των επαφών καθώς και των ταλαντώσεων τους. Επιπλέον δίνει δυνατότητα εντοπισμού σφαλμάτων όπως χαλάρωση ελατηρίων επαναφοράς και μηχανισμών ζεύξεως, ελαττωματικά αμορτισέρ κτλ. Σημειώνουμε ότι οι δόκιμες αυτές αφορούν διακόπτες Μ.Τ και Υ.Τ και γενικά δίνουν πληροφορίες για τους μηχανισμούς τους.

### **3.9 Ασφάλειες στην μέση τάση.**

Οι ασφάλειες είναι διατάξεις προστασίας (όχι διακοπής) και προστατεύουν τα κυκλώματα στα οποία συνδέονται από βραχυκυκλώματα και όχι από υπερφορτίσεις. Έχουν διάφορα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και μπορεί να είναι εσωτερικού η εξωτερικού χώρου, το τηκτό τους βρίσκεται σε σκόνη, υγρό, η να είναι τύπου εκτόνωσης κτλ. Η συντήρησή τους καθορίζεται κυρίως από το τεχνικό προσωπικό καθώς εξαρτάτε μόνο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Κατά την συντήρηση των ασφαλειών ελέγχονται τα παρακάτω βήματα:

- ü Έλεγχος: στους μονωτήρες για σπασίματα, ραγίσματα ή κάψιμο του μονωτικού περιβλήματος.
- ü Καθαρισμός: ιδιαίτερα όταν ο μονωτήρας βρίσκεται σε περιβάλλον που επικρατούν δυσμενείς συνθήκες, από τις επικαθίσεις αλατιού, από σκόνες τσιμέντου ή αέρια που προέρχονται από οξεία, για να αποφευχθούν οι εκκενώσεις και τα ηλεκτρικά τόξα.
- ü Επιθεώρηση: στα πάματα των ασφαλειών για διάβρωση, για ίχνη από τόξο, για την σωστή ευθυγράμμιση τους και για να διαπιστωθεί ότι έχουν τα σωστά ονομαστικά στοιχεία.
- ü 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.

- Αντικατάσταση: των παραπάνω συγκροτημάτων, όταν παρουσιάζουν σημάδια φθοράς.
- 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, στις κλειδαριές, στους μοχλούς και στις μηχανικές μανδαλώσεις των πεδίων.
- 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.

### 3.10 Αντικεραυνική προστασία

Τα αλεξικέραυνα είναι διατάξεις προστασίας τα οποία προστατεύουν το δίκτυο από τις υπερτάσεις που δημιουργούνται από του κεραυνούς. Η εγκατάσταση τους είναι παράλληλη με τα εξαρτήματα που προστατεύουν και η εμβέλεια τους φτάνει έως 40 m. Εάν το καλώδιο του φορτίου δεν ξεπερνά τα 500 m τότε έχουμε την τοποθέτηση των αλεξικέραυνων και στα δυο άκρα της γραμμής για μεγαλύτερη προστασία. Στους μετασηματιστές δεν πρέπει να τοποθετούνται σε μεγαλύτερη απόσταση από τα 20 m.

Τύποι αλεξικέραυνων: Τα αλεξικέραυνα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Ένας τύπος αλεξικέραυνων είναι αυτά του τύπου βαλβίδας τα οποία αποτελούνται από διάκενα εν σειρά μέσα στα οποία έχουν τοποθετηθεί μην γραμμικές αντιστάσεις. Ο άλλος τύπος αλεξικέραυνων αποτελείται από κυλινδρικούς σωλήνες φίμπερ ο ένας στο εσωτερικό του αλλού με κάποιο κατάλληλο διάκενο μεταξύ τους.

Συντήρηση: Ελέγχουμε την επιφάνεια του αλεξικέραυνου για ακαθαρσίες και για οποιαδήποτε άλλη ρωγμή. Πολλές φορές τα αλεξικέραυνα έχουν ένα περίβλημα από πορσελάνη την οποία θα πρέπει να ελέγχουμε για μην τυχόν καταστροφές οι ρωγμές. Εάν η βλάβη είναι ανεκτή θα πρέπει απλώς το περίβλημα να καθαρίζεται μέχρι να φύγει οποιαδήποτε ακαθαρσία, αλλιώς θα πρέπει να αντικατασταθεί το αλεξικέραυνο.

Όσον αφορά τον προσδιορισμό των ηλεκτρικών του χαρακτηριστικών και γενικά της κατάστασης λειτουργίας του έχουμε αρκετές μεθοδολογίες οι οποίες πραγματοποιούνται με διάφορα τεχνικά προϊόντα. Η χρήση αυτών των προϊόντων και τα συμπεράσματα από αυτά ακολουθούνται αυστηρά από τις καθοδηγήσεις των κατασκευαστών. Τέτοιες δοκιμές είναι αυτό της 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.

### 3.11 Πυκνωτές

Οι εγκατάσταση των πυκνωτών έχει στόχο την βέλτιστη ηλεκτρική απόδοση του δικτύου καθώς συνεισφέρουν στην διόρθωση του συντελεστή ισχύος και στην αντιστάθμιση της άεργου ισχύος, με σκοπό να έχουμε έναν δίκτυο με μέγιστο βαθμό απόδοσης και φθηνότερη παροχή της ενέργειας. Οι πυκνωτές αυτοί είτε τοποθετούνται παράλληλα σε κάθε φορτίο ξεχωριστά, είτε παράλληλα σε μια ομάδα φορτίων, είτε παράλληλα σε όλη την εγκατάσταση. Η προστασία του επιτυγχάνετε με ασφάλειες και διακόπτες προορισμένα για αυτήν την χρήση.

Προσοχή: 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.

#### Συντήρηση:

- ü Να γίνεται καθαρισμός του περιβλήματος του πυκνωτή, των μονωτήρων διέλευσης και όλων των συνδέσεων όταν είναι βρώμικες ή διαβρωμένες.
- ü Να πραγματοποιείται επιθεώρηση του περιβλήματος για διαρροές, εξογκώματα ή εμφάνιση κηλίδων και να γίνεται η αντικατάστασή τους, όταν υπάρχει κάποια από τις παραπάνω ενδείξεις.
- ü 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 μια 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.
- ü 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.

### **3.12 Μπαταρίες και φορτιστές**

Είναι αυτονόητο και λογικό σε μια μεγάλη εγκατάσταση όπως ένας υποσταθμός να υπάρχει η ανάγκη για κάποια συνεχές τροφοδοσία *ανεξάρτητη του υποσταθμού*. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μπαταριών (συσσωρευτές). Οι μπαταρίες αυτές τροφοδοτούν τα κυκλώματα ελέγχου σε περίπτωση διακοπής ισχύος αλλά και οπουδήποτε αλλού χρειαστεί, δηλαδή αναλαμβάνουν τον ρόλο μιας UPS παροχής, και για αυτό το λόγο η συντήρησή τους πρέπει να είναι πολύ προσεκτική. Την ίδια φροντίδα θα πρέπει να αφιερώσουμε και στους φορτιστές οι οποίοι διατηρούν τις μπαταρίες σε υψηλό επίπεδο φόρτισης αλλά και παρέχουν συνεχές ρεύμα στον υποσταθμό.

#### Συντήρηση:

- ü Το πάνω μέρος να διατηρείται καθαρό καθώς οι ακαθαρσίες αυτές προκαλούν διαρροή ρεύματος η οποία γίνεται αντιληπτή από τα υπολείμματα που συγκεντρώνονται πάνω στις μπαταρίες και τους φορτιστές.
- ü Πρέπει να καθαρίζονται οι πόλοι έτσι ώστε να μην υπάρχει κανένα ίχνος διάβρωσης πάνω τους. Εάν είναι διαβρωμένοι θα πρέπει να αφαιρούνται και να καθαρίζονται με διττανθρακική σόδα
- ü Πρέπει επίσης να καθαρίζονται οι ορθοστάτες των μπαταριών και οι απολήξεις των καλωδίων. 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
- ü Καθαρισμός οποιασδήποτε σκόνης στον φορτιστή καθώς τα ανοίγματα του αερισμού θα πρέπει να μείνουν καθαρές.

- ü Έλεγχος τον ακροδεκτών για σύσφιξη
- ü Τακτικός έλεγχος για σωστή λειτουργία όλων των εξαρτημάτων αυτοματισμού και οπτικής και ηχητικής σήμανσης (ρελέ, λυχνίες κτλ).
- ü Προσωρινή σύνδεση του φορτιστή ύστερα από διακοπή λόγω συντήρησης (όποτε αυτό θεωρηθεί απαραίτητο)

Σημείωση: Επιβάλλεται αυστηρά η προστασία των μπαταριών και του χώρου γενικά καθώς κατά την φόρτιση της η μπαταρία παράγει και αποβάλλει στον γύρο χώρο της ένα εύφλεκτο μείγμα αερίου από οξυγόνο και υδρογόνο. Απαγορεύεται αυστηρός οποιοσδήποτε σπινθηρισμός και φλόγα κοντά στις μπαταρίες, και γενικά ο χώρος θα πρέπει να αερίζεται πολύ καλά.

### **3.13 Μετασηματιστές μετρήσεων**

Είναι ίδιες διατάξεις με τους μετασηματιστές ισχύος με την διαφορά μόνο στο ότι ο λειτουργικός τους στόχος είναι οι μετρήσεις και οι καταγραφές της ενέργειας καθώς και η τροφοδοσία στους ηλεκτρονόμους έλεγχου. Δεν διαφέρουν και πολύ από τους μετασηματιστές λαδιού και για αυτό και εφαρμόζουμε την ίδια περίπου συντήρηση με αυτούς.

Οι μετασηματιστές μετρήσεων συνήθως έχουν ξηρή μόνωση και βρίσκονται εντός μεταλλικών περιβλημάτων και συνήθως είναι σε χώρους κλειστούς, παρόλο που μερικές φορές μπορεί και να βρίσκονται και σε υπαίθριες εγκαταστάσεις.

Σε γενικές γραμμές παντός είναι όλοι τους στεγανοποιημένοι (προεξέχουν μόνο οι ακροδέκτες τους) και δεν διαφέρουν πολύ από τους μετασηματιστές ισχύος, με αποτέλεσμα ότι συντήρηση αναφέρουμε για τους μετασηματιστές ισχύος να ισχύουν και εδώ.

Συντήρηση:

- ü Δείκτης λαδιού: Έλεγχος της στάθμης, έλεγχος για διαρροές, στεγανοποίηση (για M/Σ λαδιού).
- ü Ακροδέκτες: Έλεγχος συσφίξεων.
- ü Μονωτήρες: Έλεγχος για ρωγμές, για διαρροές λαδιού, καθαρισμός και επικάλυψη με σιλικόνη.
- ü Τυλίγματα: Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.
- ü Γειώσεις: Έλεγχος ακεραιότητας του συστήματος γείωσης.
- ü Μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διάβρωση, καθαρισμός και βάψιμο αν απαιτείται.

### **3.14 Μηχανικοί και ηλεκτρική μηχανισμοί προστασίας**

Είναι μηχανισμοί οι οποίοι σχεδιάζονται και εγκαθίστανται με σκοπό την προστασία του προσωπικού κατά τους χειρισμούς (εσκεμμένους και μην), και δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να δυσλειτουργούν. Όπως αναφέρεται και στην επικεφαλίδα της ενότητας χωρίζονται σε μηχανικής και ηλεκτρικής φύσεως διατάξεις και δεν πρέπει ποτέ να παραβλέπονται η να αποσυνδέονται.

Συντήρηση:

- ü Οι μηχανικές μανδαλώσεις, σε συρόμενους μηχανισμούς πρέπει να αποτρέπουν την απομάκρυνση ή την τοποθέτηση των διακοπών ισχύος, όταν αυτοί είναι "κλειστοί".



- ü Να γίνεται ο χειρισμός των κύριων μανδάλωσεων με την σωστή ακολουθία και μετά να γίνεται ένας έλεγχος για την σωστή ακολουθία των χειρισμών.
- ü Να εκτελούνται οι ρυθμίσεις και να γίνεται λίπανση αν είναι απαραίτητο. Οδηγίες πρέπει να υπάρχουν για τα σύνθετα συστήματα, ιδιαίτερα όταν οι μανδάλωσεις λειτουργούν χειροκίνητα ή μόνο σε καταστάσεις ανάγκης
- ü Τα εφεδρικά κλειδιά πρέπει να αναγνωρίζονται και να φυλάσσονται σε ξεχωριστά σημεία, κάτω από την επίβλεψη του επιτηρητή.

### **3.15 Σημάνσεις και συναγερμοί**

Οι διατάξεις αυτές είναι υπεύθυνες για τις ειδοποιήσεις (ηχητικές και οπτικές) για όλες τις ανεπιθύμητες καταστάσεις όπως η υπερθέρμανση των Μ/Σ, η υψηλή ή η χαμηλή πίεση του λαδιού σε διακόπτες ή Μ/Σ, η διέγερση των διακοπών ισχύος, τα τυχαία σφάλματα γης σε υπόγεια συστήματα, η ροή του λαδιού, η υπερβολική πίεση κτλ, και πρέπει να ελέγχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή τους λειτουργία.

### **3.16 Μετασηματιστές ισχύος**

Όπως έχει προαναφερθεί ο μετασηματιστής είναι η πιο σπουδαία και η μεγαλύτερης σημασίας κατασκευή σε ένα δίκτυο. Πολλές φορές όμως αυτή η σημασία του παραμελείτε λόγο των σύνθετων συσκευών που αποτελούν τον αυτοματισμό και την προστασία ενός σταθμού. Ένα σφάλμα όμως στον μετασηματιστή θα είχε ως συνέπεια μια μεγάλη χρονικά διακοπή του δικτύου και μια επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία συντήρησης, κάτι το οποίο θα είχε πολύ μεγάλο οικονομικό και τεχνικό κόστος. Για αυτό λοιπόν είναι ζωτικής σημασίας ο έλεγχος και η συντήρηση τους ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Η δομή και η λειτουργία του μετασηματιστή έχουν περιγραφεί στην πρώτη ενότητα αυτής της εργασίας. Απλώς εδώ θα προσθέσουμε ότι χωρίζονται ανάλογα με την μόνωση τους και ανάλογα με την κατασκευή τους (μονωτικό λαδί η ξυρού τύπου).

#### **3.17.1 Μετασηματιστές με μονωτικό λάδι**

Οι μετασηματιστές αυτοί έχουν τα τυλίγματα και των πύρινα εντός του δοχείου με το μονωτικό λάδι το οποίο εξυπηρετεί δυο σκοπούς, έναν σαν μονωτικό μέσο, και το άλλο ως μέσο απαλλαγής από την θερμότητα (με την κυκλοφορία του μεταφέρει την θερμότητα σε κατάλληλες επιφάνειες από της οποίες αποβάλλεται η θερμότητα προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα ψύχεται και το λάδι). Σαν μονωτικό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθούν και αλλά υγρά οπός σιλικόνη και υγρά με σταθεροποιητικούς υδρογονάνθρακες, τα οποία όμως έχουν τέλειος διαφορετική χημική σύσταση και δεν πρέπει να αναμειγνύονται μεταξύ τους.

Τύποι μετασηματιστών λαδιού: Χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον βαθμό της έκθεσης του λαδιού στο περιβάλλον, και είναι

- ü Φυσικής αναπνοής (τοποθετούνται κυρίως σε υπαίθριους ΥΣ).
- ü Περιορισμένης αναπνοής (τοποθετούνται κυρίως σε υπαίθριους ΥΣ μέσω ανθυγραντικών στοιχείων (silica gel))
- ü Με δοχείο διαστολής ( η έκθεση του λαδιού στον αέρα περιορίζεται από το δοχείο).
- ü Με στεγανοποιημένο δοχείο (ο χώρος πάνω από το λάδι" προστατεύει από τις εσωτερικές πιέσεις)
- ü Με στεγανοποιημένο δοχείο που έχει μέσα αέριο.

- ü Με αδρανές αέριο (ο χώρος πάνω από το υγρό διατηρείται σε σταθερή πίεση με τη εισαγωγή αερίου, συνήθως αζώτου, μέσω μιας αντλίας).

Ψύξη Μ/Σ λαδιού: Μερικές συνηθισμένες μέθοδοι ψύξης είναι οι παρακάτω:

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

**Τακτικές επιθεωρήσεις:** Είναι ένα σύνολο ελέγχων και μετρήσεων τα οποία εξαρτώνται από το περιβάλλον χώρο και από την κατάσταση λειτουργίας του μετασχηματιστή. Τα μεγέθη, τα οποία μετρούνται και αρχειοθετούνται σε κάποια αρχεία, είναι το ρεύμα και η τάση φόρτισης, η στάθμη και η θερμοκρασία του λαδιού, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η θερμοκρασία των τυλιγμάτων κτλ.

Μέτρηση τάσης και ρεύματος φόρτισης: Είναι η πιο σημαντική μέτρηση κατά μια τακτική επιθεώρηση και συμπεριλαμβάνει την μέτρηση της τάσης και του ρεύματος κατά πλήρης φόρτιση και την μέγιστη ζήτηση του φορτίου. Εάν έχουμε ρεύμα μεγαλύτερο από το ονομαστικό προφανώς μειώνουμε το φορτίο, και επίσης διορθώνουμε άμεσα τις αιτίες για τις διακυμάνσεις της τάσης όταν αυτές ξεπερνάνε τα επιτρεπτά όρια, καθώς είναι βλαβερές για τον μετασχηματιστή.

Μετρήσεις θερμοκρασίας: Η παραγόμενη θερμότητα κατά την μεταφορά ισχύος είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα κατά την λειτουργία των μετασχηματιστών. Σε γενικές γραμμές για μια συγκεκριμένη ποσότητα ισχύος (την ονομαστική του μετασχηματιστή) αναγράφεται και μια συγκεκριμένη επιτρεπτή θερμοκρασία η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά κάποιο όριο, με δεδομένη σταθερή θερμοκρασία του περιβάλλοντος λειτουργίας. Σύμφωνα με τους κανονισμούς IEC η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του λαδιού πρέπει να είναι 100°C, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία στο πιο θερμό σημείο των τυλιγμάτων πρέπει να είναι 105°C, με δεδομένο ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος να μην ξεπερνά τους 40°C.

Η μόνιμη λειτουργία των μετασχηματιστών σε υψηλούς βαθμούς θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου ζωής της μόνωσης και την εμφάνιση σφαλμάτων. Η διακύμανση της θερμοκρασίας και η μέγιστη τιμή της θα πρέπει να καταγράφονται και να αρχειοθετούνται για οποιαδήποτε μεταγενέστερη τεχνική πληροφορία η συμπέρασμα, εφόσον έχουν μετρηθεί στη πλήρη φόρτιση του μετασχηματιστή. Σημειώνουμε ότι η υπερθέρμανση των μετασχηματιστών οφείλεται είτε στην υπερφόρτιση τους είτε σε κάποιο προβληματικό τμήμα της ψύξης.

Έλεγχος στάθμης λαδιού: Δεν πρέπει σε καμία περίπτωση η στάθμη του λαδιού να πέσει κάτω από το επιτρεπόμενο όριο και για αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος για αυτό. Αρχικά πρέπει κατά τον έλεγχο αυτό ο μετασχηματιστής να είναι εκτός λειτουργίας διότι τότε η φόρτωση του είναι μηδενική και το λάδι έχει εξίσου μηδενική διαστολή με αποτέλεσμα να μετράμε την πραγματική του στάθμη. Εάν ο μετασχηματιστής δεν έχει ενσωματωμένο δείκτη λαδιού τότε θα πρέπει να αφαιρέσουμε την πλάκα στο πάνω μέρος και να κάνουμε τον έλεγχο.

Μέτρηση πίεσεως: Τα όργανα αυτά (πρεσοστάτες) είναι σχετικά από τα πιο ακριβά όργανα μετρήσεων και συνήθως εγκαθίστανται σε στεγανοποιημένους μετασχηματιστές.

Οι υψηλές ενδείξεις πιέσεων είναι αποτέλεσμα των υπερφορτίσεων η κάποιου εσωτερικού προβλήματος που πρέπει να διορθωθεί. Από την άλλη μια μηδενική ένδειξη θα σήμαινε πρόβλημα στον όργανο μετρήσεως.

Επιθεώρηση ποιότητας του λαδιού: Κατά την επιθεώρηση του λαδιού θα πρέπει ο μετασχηματιστής να βγει εκτός λειτουργίας για να πάρουμε το δείγμα μας (εκτός και αν έχει είδη εγκατεστημένο πανό του ειδικές συσκευές για αυτό το σκοπό). Οι παράμετροι που μας ενδιαφέρουν για τον προσδιορισμό της ποιότητας του είναι η διηλεκτρική του αντοχή, η περιεκτικότητα σε υγρασία, και μια γενική οπτική εξέταση. Η διαδικασία αυτή πρέπει να ακολουθείτε αυστηρά υπό της οδηγίες του κατασκευαστή για το κάθε υγρό ξεχωριστά.

Η συντήρηση του λαδιού περιλαμβάνει αρκετές διαδικασίες οι οποίες συνεισφέρουν στην αποκατάσταση της ποιότητας του. Με την διαδικασία της *αφύγρανσης* έχουμε την απομάκρυνση της υγρασίας είτε με κάποια φίλτρα ειδικής χρίσεως είτε με την μέθοδο της αφύγρανσης υπό κενό (αρκετές φορές χρησιμοποιείτε και η μέθοδος με την εφαρμογή των φυγοκεντρικών δυνάμεων). Για την απομάκρυνση των ξένων σωματιδίων (όξινων και κοχλιοειδών στοιχείων, καθώς και τα παράγωγα τους) χρησιμοποιείτε η χημική μέθοδος η οποία περιλαμβάνει την πρόσθεση σαπυνοπηλού μέσα στο λάδι, είτε μόνο του είτε με άλλα στοιχεία. Εάν το λαδί χρειάζεται αντικατάσταση τότε αφαιρείται και αποθηκεύεται σε ειδικής κατασκευής βαρέλια και πριν την πρόσθεση του νέου μονωτικού θα πρέπει να γίνει καλό πλύσιμο του δοχείου.

**Ειδικές επιθεωρήσεις:** Σε κάποιες περιπτώσεις οι μετασχηματιστές έχουν ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά όσον αφορά την κατασκευή τους και σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να εφαρμόσουμε έναν πιο λεπτομερή έλεγχο όπως:

- Η θερμοκρασία του νερού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε M/Σ με ψύξη νερού.
- Η θερμοκρασία του λαδιού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε M/Σ με βεβαιωμένη ροή λαδιού και εναλλάκτες θερμότητας.
- Η πίεση του αζώτου, σε M/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.

**Ασφάλεια κατά την συντήρηση:** Κατά την συντήρηση του μετασχηματιστή πρέπει οπωσδήποτε να ελέγχουμε ότι είναι αποσυνδεδεμένος από το δίκτυο και να μην προχωρήσουμε σε καμία ενέργεια εάν δεν βεβαιωθούν οι συνδέσεις γειώσεων και η σωστή τους λειτουργία. Η διαδικασία αυτή συνοδεύεται πάντα με οπτικές ειδοποιήσεις (πινακίδες, κατάλληλες οπτικές σήμανσης κτλ) και κατάλληλους μηχανικούς μηχανισμούς για την προστασία του προσωπικού και του εξοπλισμού από μην τυχόν προγραμματιστές ενεργοποιήσεις.

### 3.17.2 Μετασχηματιστές ξυρού τύπου

Σε αντίθεση με τους μετασχηματιστές λαδιού εδώ το μαντικό υλικό είναι κάποιο αέριο η ο αέρας το οποίο λειτουργεί και σαν μονωτικό αλλά και συμβάλει στη απομάκρυνση της θερμότητας. Τα τυλίγματα των μετασχηματιστών αυτών είναι κατασκευασμένα από

χυτορυτίνη η επικαλύπτονται με βερνίκι. Όσον αφορά τις θερμοκρασίες λειτουργίας για τα αντίστοιχα μονωτικά έχουν επικρατήσει οι τυποποιημένες κλάσεις των 80° C, 110° C, 150° C. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετασχηματιστές αυτοί σε γενικές γραμμές είναι κατασκευασμένοι για δυσμενέστερες συνθήκες λειτουργίας.

**Τακτικές επιθεωρήσεις:** Σε γενικές γραμμές οι μετασχηματιστές ξυρού τύπου χρειάζονται λιγότερη συντήρηση από τι μετασχηματιστές λαδιού. Παρόλα αυτά η συντήρηση και οι επιθεωρήσεις και στους δυο είναι περίπου ίδια.

Μέτρηση τάσης και ρεύματος φόρτισης: Ότι αναφέραμε για του μετασχηματιστές λαδιού ισχύουν και στους μετασχηματιστές με ξηρή μόνωση.

Μετρήσεις θερμοκρασίας: Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο οι μετασχηματιστές αυτοί λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τι η οι μετασχηματιστές λαδιού. Από την πλευρά των μετρήσεων όμως και εδώ ακολουθούμε τις ίδιες διαδικασίες.

Μέτρηση πίεσεως: Τα όργανα των μετρήσεων πίεσης είναι εγκατεστημένα στον μετασχηματιστή και οι ενδείξεις αυτών θα πρέπει πάντα να ελέγχοντα και να μην ξεπερνάνε τα επιτρεπτά όρια από τους κατασκευαστές. Μια χαμηλή η μηδενική ένδειξη θα σήμαινε απώλεια μονωτικού αερίου το οποίο θα πρέπει να συμπληρώνεται εάν η απώλεια δεν είναι μεγάλη, αλλιώς θα πρέπει να σφραγίσουμε τον χώρο της διαρροής. Από την άλλη μια μεγάλη ένδειξη πίεσεως θα σήμαινε υπερφόρτιση η κάποιο εσωτερικό πρόβλημα στον μετασχηματιστή το οποίο θα πρέπει να επισκευαστεί άμεσος προτού η βλάβη μεταφερθεί και στο υπόλοιπο δίκτυο, η προκαλέσει κάποια παραμόρφωση στο δοχείο λόγω υψηλής πίεσεως.

**Ειδικές επιθεωρήσεις:** Εδώ περιλαμβάνεται ένα σύνολο επιθεωρήσεων και συντηρήσεων για τα οποία πρέπει να δοθεί μια ιδιαίτερη σημασία. Όσον αφορά τα τυλίγματα θα πρέπει να καθαρίζονται από ακαθαρσίες και από βρώμιες με απλά εργαλεία καθαρισμού (πχ ηλεκτρική σκούπα) και προτού ξανά τεθούν σε λειτουργία θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος αέρας (με χαμηλή πίεση για προστατευτικούς λόγους στα τυλίγματα). Η χρήση καθαριστικών υγρών πάνω στα τυλίγματα συνιστάται μόνο εφόσον το επιτρέπουν οι κατασκευαστές.

Συνιστάται οι μετασχηματιστές ξυρού τύπου να λειτουργούν πάντοτε αρκετά πιο πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος για μεγαλύτερο χρόνο ζωής και βέλτιστη απόδοση, που σημαίνει ότι θα ήταν ιδανικό οι μετασχηματιστές να βρίσκονταν σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στους μετασχηματιστές που λειτουργούν σε χώρους με υψηλή υγρασία. Εάν για κάποιο λόγο οι μετασχηματιστές στους χώρους αυτούς τεθούν εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα, θα πρέπει οπωσδήποτε να γίνει η αποξήρανση τους πριν ξανά χρησιμοποιηθούν.

Τέλος, για το σύστημα της γείωσης θα πρέπει να ελέγχονται οι συνδέσεις για τυχόν χαλάρωση και να μετράται η αντίσταση της. Επιπλέον κοιτάμε και για μην τυχόν διαβρώσεις πάνω στο μέταλλο.

### 3.17.3 Δοκιμές και μετρήσεις μονώσεων

Πέραν από οποιαδήποτε συντήρηση το μεγαλύτερο πρόβλημα στους μετασχηματιστές παραμένει η γήρανση των μονώσεων των τυλιγμάτων και του λαδιού. Για να προσδιορίσουμε την ποιότητα της μόνωσης αρκεί να προσδιορίσουμε την αντίσταση της.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε ένα όργανο ειδικής κατασκευής για αυτή την διαδικασία, το Megger. Στην διαδικασία αυτή στο οποιοδήποτε μονωτικό εφαρμόζεται μια τάση συνεχούς και καταγράφεται η διαρροή ρεύματος που υπάρχει (καθώς καμία μόνωση δεν είναι τέλεια), και ανάλογα με τις λαμβανόμενες τιμές βγάζουμε τα συμπεράσματα μας για την κατάσταση της μόνωσης με την βοήθεια των αντίστοιχων τυποποιημένων πινάκων.

### **Βιβλιογραφία:**

- 1) Πέτρος Ντοκόπουλος: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης.
- 2) Π. Ντοκόπουλος, Δ. Λαμπρίδης, Γ. Παπαγιάννης: Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- 3) Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς, «Αξιοπιστία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας»
- 4) Κ. Τσιρούλης, «Παραγωγή-Μεταφορά-Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Υποσταθμοί-Προστασία»
- 5) International forum training and consulting – “Υποσταθμοί μέσης τάσης-συστήματα προστασίας και συντήρησης υποσταθμών”. Εισηγητής: Π. Καμπισιουλής.
- 6) <http://www.daycor.com/>, «Daylight Corona and Arching Technologies»
- 7) [www.neplan.com](http://www.neplan.com), «Συντήρηση με κριτήριο την Αξιοπιστία- μια συμβολή προς τη μείωση των δαπανών»