

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΤΣΑΚΝΑΚΗΣ ΒΕΛΙΣΣΑΡΙΟΣ  
ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

A.M:5401  
A.M:5447

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερος τον καθηγητή Δρ. Σχοινά Νικόλα κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης, και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θα θέλαμε επίσης να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά και να εκφράσουμε την ειλικρινή μας ευγνωμοσύνη, σε όσους στάθηκαν δίπλα μας με κάθε τρόπο και μας βοήθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία προσποιήθηκε με σκοπό την προσέγγιση της διαδικασίας συντήρησης του συστήματος μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των δραστηριοτήτων που εντάσσονται στη διαδικασία της συντήρησης καθώς και οι πολιτικές συντήρησης.

Στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο ορίζεται η συντήρηση και αναλύονται οι κατηγορίες που διαχωρίζεται. Ακόμα, γίνεται αναφορά στην αξιοπιστία της διαδικασίας της συντήρησης καθώς και τις βελτιώσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στους σκοπούς και στις δραστηριότητες που εντάσσονται στην συντήρηση καθώς και στις πολιτικές που ακολουθούνται για την διεκπεραίωση της. Επιπλέον, αναγράφονται και οι σύγχρονες τάσεις συντήρησης.

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο καταγράφονται οι μέθοδοι συντήρησης. Αρχικά αναλύεται η διαδικασία που ακολουθεί μια συντήρηση. Στην συνέχεια αναλύεται η προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση, η προστατευτική συντήρηση και η ανιχνευτική συντήρηση τονίζοντας τα βασικά τμήματα τους. Επιπλέον, καταγράφεται η συντήρηση από μια οικονομική άποψη.

Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναφέρονται οι υποσταθμοί και ο εξοπλισμός που τους απαρτίζουν. Αρχικά γίνεται αναφορά στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και στην δομή τους. Ακολουθούν τα είδη των υποσταθμών και οι υποσταθμοί υποβιβασμού τάσεως.

Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο καταγράφεται ο τρόπος συντήρησης σε έναν υποσταθμό υψηλής – μέσης τάσης. Αναλύονται τα συστήματα που απαρτίζουν τους υποσταθμούς, καταγράφεται ο εξοπλισμός προσπαθώντας να δοθούν όσες περισσότερες πληροφορίες για τον τρόπο συντήρησης του, ακολουθώντας συγκεκριμένα βήματα. Τονίζεται ότι σκοπός της συντήρησης είναι η σωστή λειτουργία του εξοπλισμού με το χαμηλότερο κόστος.

Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναφέρονται οι σύγχρονες μέθοδοι συντήρησης. Γίνεται περιγραφή της αρχής διαχείρισης του εξοπλισμού καθώς και των στρατηγικών που θα πρέπει να ακολουθήσει μια τέτοια διαδικασία. Στην συνέχεια περιγράφεται πως καθορίζεται η κατάσταση του εξοπλισμού και πως μπορεί να πραγματοποιηθεί μια προσομοίωση με σκοπό να λαμβάνει ο συντηρητής - μηχανικός τις πληροφορίες που χρειάζεται για την κατάσταση του εξοπλισμού. Ακολουθεί στατιστική ανάλυση του εξοπλισμού και πως μπορεί να γίνει σωστή διαχώριση του χρόνου ζωής του.

Τέλος στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

1.1	Ορισμός συντήρησης	4
1.2	Κατηγορίες συντήρησης	4
1.3	Αξιοπιστία και βελτιώσεις συντήρησης	5
1.3.1	Αξιοπιστία συντήρησης	5
1.3.2	Βελτιώσεις σχετικές με την αξιοπιστία συντήρησης	5
1.4	Σκοποί και δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση	6
1.4.1	Δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση	7
1.5	Πολιτικές συντήρησης	8
1.6	Σύγχρονη τάση συντήρησης	13

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

2.1	Διαδικασία συντήρησης	15
2.2	Προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση	16
2.2.1	Η αναγκαιότητα για την εφαρμογή ενός προγράμματος Π.Η.Σ	16
2.2.2	Πολιτική της προληπτικής συντήρησης	17
2.2.3	Η αξία και το όφελος από ένα σωστά εφαρμοσμένο Π.Η.Σ	18
2.2.4	Η καθιέρωση ενός τακτικού προγράμματος επιθεωρήσεων και Δοκιμών	19
2.2.5	Ατμοσφαιρικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες	19
2.2.6	Συχνότητα επιθεωρήσεων	20
2.2.7	Φόρμουλες	20
2.2.8	Αρχεία	21
2.3	Προστατευτική συντήρηση	21
2.3.1	Πρόγραμμα προστατευτικής συντήρησης	22
2.3.2	Στόχοι προγράμματος προστατευτικής συντήρησης	22
2.3.3	Προστατευτική συντήρηση και λειτουργία	23
2.3.4	Οδηγίες συντήρησης	23
2.3.5	Οικονομικά οφέλη προγράμματος προστατευτικής συντήρησης	24
2.4	Ανιχνευτική συντήρηση	25
2.4.1	Πολιτική ανιχνευτικής συντήρησης	25
2.4.2	Κύρια μέσα πραγματοποίησης της ανιχνευτικής συντήρησης	26

2.4.3	Συγκρότηση συστήματος παρακολούθησης	26
2.4.4	Συμπεράσματα πρόσφατης μελέτης σχετικά με την εφαρμογή της ανιχνευτικής συντήρησης	26
2.5	Η συντήρηση από οικονομική άποψη	27
2.5.1	Ετήσια δαπάνη συντήρησης	28
2.5.2	Αποτελεσματικότητα των δαπανών συντήρησης	28
2.5.3	Από την παραδοσιακή συντήρηση στην ανακαίνιση και στην Αντικατάσταση	29
2.5.4	Η περίπτωση ηλεκτρογεννήτριας	29
2.5.5	Η περίπτωση μετασχηματιστή ισχύος	30

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

3.1	Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας (Σ.Η.Ε)	32
3.2	Δομή συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (Σ.Η.Ε)	33
3.3	Είδη υποσταθμών (ΥΣ)	36
3.3.1	Υποσταθμοί μεταφοράς	37
3.4	Υποσταθμοί υποβιβασμού τάσεως 150/20 kV	40
3.5	Εξοπλισμός υποσταθμού μεταφοράς	44
3.5.1	Μετασχηματιστής (Μ/Σ)	45
3.5.1.1	Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών	48
3.5.1.2	Τυπικά Μεγέθη Μετασχηματιστών Υποβιβασμού ΥΤ/ΜΤ	48
3.5.2	Διακόπτες Ισχύος	49
3.5.3	Ζυγοί	54
3.5.3.1	Τύποι Ζυγών	54
3.5.3.2	Δομή των Ζυγών	55
3.5.3.3	Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά των Ζυγών	56
3.5.4	Αποζεύκτες (ΑΖ)	57
3.5.5	Αλεξικέραυνα (ΑΞ)	57
3.5.5.1	Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικεραυνών	58
3.5.6	Μονωτήρες	59
3.5.7	Κυματοπαγίδες – Σύστημα φερεσύχνων	60
3.5.8	Πυκνωτές	61

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ / ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ**

4.1	Εισαγωγή	62
4.2	Μονωτήρες	62
4.3	Αγωγοί	63
4.4	Αποζεύκτες – γειωτές	63
4.5	Γειώσεις	64
4.6	Περιβλήματα - περιφράξεις	64
4.7	Συγκροτήματα διακοπών	64

4.7.1	Περιβλήματα	65
4.7.2	Μονώσεις	66
4.8	Διακόπτες	69
4.8.1	Διακόπτες αέρος	69
4.8.2	Διακόπτες κενού	75
4.8.3	Διακόπτες Λαδιού	76
4.8.4	Διακόπτες SF <sub>6</sub> 20 kV	79
4.8.5	Διακόπτες Φορτίου	81
4.8.6	Δοκιμές στους διακόπτες	82
4.9	Ασφάλειες Μ.Τ	83
4.10	Αλεξικέραυνα	85
4.11	Πυκνωτές	86
4.12	Συσσωρευτές μολύβδου και φορτιστές	87
4.13	Μ/Σ μετρήσεων και βοηθητικοί Μ/Σ	89
4.14	Μανδαλώσεις και μηχανισμοί ασφαλείας	90
4.15	Συναγερμοί	91
4.16	Σημάνσεις	91
4.17	Μετασχηματιστές ισχύος	91
4.17.1	Μ/Σ με μονωτικά λάδια	92
4.17.1.1	Τακτικές επιθεωρήσεις	93
4.17.1.2	Ειδικές επιθεωρήσεις	95
4.17.1.3	Μέτρα ασφαλείας κατά την συντήρηση	96
4.17.2	Μ/Σ ξηρού τύπου	97
4.17.2.1	Τακτικές επιθεωρήσεις	97
4.17.2.2	Ειδικές επιθεωρήσεις και επισκευές	98
4.17.3	Δοκιμές και μετρήσεις	99
4.18	Συγκεντρωτικοί πίνακες χρονικών διαστημάτων και εργασιών συντήρησης Μ/Σ και διακοπών	104

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

5.1	Αρχή διαχείρισης εξοπλισμού	109
5.2	Στρατηγικές συντήρησης	112
5.3	Καθορισμός της κατάστασης του εξοπλισμού	115
5.4	Μέθοδος προσομοίωσης	118
5.5	Στατιστική ανάλυση στη διαχείριση εξοπλισμού	122
5.5.1	Στατιστική ανάλυση σφάλματος	122
5.5.2	Λεπτομερής στατιστική προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού	123
5.5.3	Ερευνητική μελέτη πάνω στη διαχείριση εξοπλισμού σε συστήματα διανομής	125
5.6	Διαχείριση του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή	126
5.6.1	Συμπεριφορά «γήρανσης» των μετασχηματιστών	126
5.6.2	Στρατηγική διάγνωσης	129
5.6.3	Μέθοδοι επέκτασης του χρόνου ζωής	130

5.6.4	Στρατηγικές ενέργειες	130
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	132
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		133

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η προσέγγιση της διαδικασίας συντήρησης του συστήματος μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα θα αναλυθούν οι σκοποί και οι δραστηριότητες που εντάσσονται στη διαδικασία της συντήρησης καθώς και οι πολιτικές συντήρησης.

## ΓΕΝΙΚΑ

### ➤ Ηλεκτρική ενέργεια

Η **ηλεκτρική ενέργεια** είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα, που αναφέρεται στην κινητική ενέργεια των κινούμενων ηλεκτρονίων δηλαδή του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό παρουσιάζεται λόγω της ύπαρξης κάποιας διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός αγωγού.

Στην περίπτωση που γίνεται χρήση του ηλεκτρισμού η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε άλλη μορφή.



**Εικόνα 1:** Ηλεκτρική ενέργεια.[2]

Για παράδειγμα για να λειτουργήσει ένας κινητήρας η ηλεκτρική ενέργεια που του παρέχεται μετατρέπεται σε κινητική, επιπλέον για να ανάψει ένας λαμπτήρας η ηλεκτρική ενέργεια που του παρέχεται μετατρέπεται σε φώς.

Η επιβίωση και η ευημερία των ανθρώπων εξαρτάται άμεσα από την ηλεκτρική ενέργεια. Οι περισσότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητα των ανθρώπων λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα. Αποτέλεσμα αυτού είναι με την πάροδο των χρόνων να έχουν δημιουργηθεί διάφοροι τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι κυριότεροι όμως είναι οι εξής:

- Η καύση ουσιών όπως είναι το πετρέλαιο, ο λιγνίτης κ.ά.
- Τα πυρηνικά εργοστάσια,
- Τα ηλιακά πάρκα,
- Τα υδροηλεκτρικά φράγματα
- Τα αιολικά πάρκα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει προσπάθειες να αυξήσουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με την βοήθεια των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

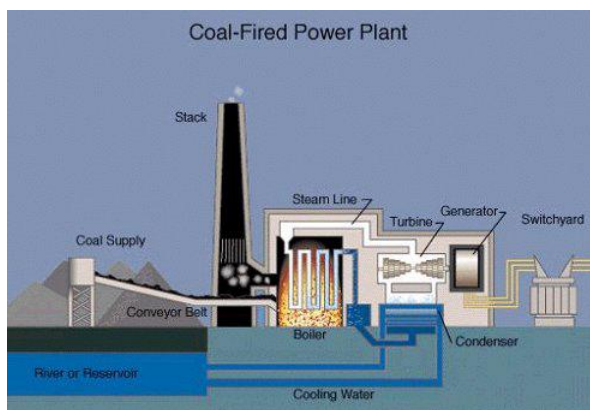


Ωστόσο το μεγαλύτερο μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η αποθήκευσή της. Με την πάροδο των χρόνων και με την αύξηση των ανθρώπινων αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιούνται πειραματικές μελέτες με σκοπό την αποθήκευση της. Όμως ακόμα είναι σχεδόν αδύνατο να αποθηκευτεί. Σύμφωνα λοιπόν με τα προαναφερόμενα η ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει είτε να καταναλώνεται σχεδόν ταυτόχρονα με την παραγωγή της είτε να μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας.

Η ανάγκη άμεσης κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει στην κατασκευή ενός παγκόσμιου πλέγματος ηλεκτρικών δικτύων, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα, από το σημείο παραγωγής της στο σημείο κατανάλωσης της.

### ➤ Ηλεκτρικό δίκτυο

Το ηλεκτρικό δίκτυο είναι ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από του παραγωγούς στους καταναλωτές. Συνίσταται από τρία μέρη και είναι τα κάτωθι:



**Εικόνα 2:** εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. [3]

#### ❖ Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας:

Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παράγουν ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας ορυκτά καύσιμα (άνθρακα, φυσικό αέριο, βιομάζα) ή τον αέρα, το νερό, τα πυρηνικά καύσιμα και τον ήλιο.



**Εικόνα 3:** Ηλεκτρικό δίκτυο. [4]

#### ❖ Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας:

Οι γραμμές μεταφοράς μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια από τα εργοστάσια στα κέντρα ζήτησης.



**Εικόνα 4:** Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. [4]

❖ *Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας:*

Η ενέργεια φτάνει στους υποσταθμούς, γίνεται υποβιβασμός τάσης με τη βοήθεια μετασχηματιστών και μεταφέρεται μέσω γραμμών διανομής. με περαιτέρω υποβιβασμό τάσης, γίνεται κατάλληλη για χρήση από οικιακά δίκτυα.[1]

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναλύσουμε ένα από τα τρία μέρη του ηλεκτρικού δικτύου, τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Θα δοθούν οι απαραίτητοι ορισμοί, θα περιγραφεί ο εξοπλισμός που αποτελείται, καθώς και οι βασικές αρχές της συντήρησης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

## 1.1.ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Η συντήρηση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού θεωρείται ως το σύνολο προγραμμάτων και μεθόδων που μπορούν να ανακαλύπτουν την έναρξη βλαβών στον εξοπλισμό. Τα προαναφερόμενα βοηθούν στα εξής:

- Διατήρηση της καλής λειτουργίας
- Ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας παραμονής του εξοπλισμού
- Αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού. (Τασούλας Α., 2009)

## 1.2.ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Οι κατηγορίες συντήρησης διαχωρίζονται σε τέσσερις και είναι οι κάτωθι:

### ❖ Επιθεώρηση:

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι τυπικοί έλεγχοι και οι δοκιμές που πραγματοποιούνται με σκοπό την καλή διατήρηση και λειτουργία του εξοπλισμού. Ωστόσο, πραγματοποιούνται και οι απαραίτητες επισκευές όπου κρίνεται απαραίτητο.

### ❖ Προληπτική Συντήρηση

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει λεπτομερή επιθεώρηση, περιοδικές μετρήσεις και δοκιμές στον εξοπλισμό. Στο πρόγραμμα εφαρμογής προληπτικής συντήρησης Περιλαμβάνονται τα εξής:

- ✓ Χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών συντηρήσεων
- ✓ Πλήθος των λειτουργιών

Σαν σημείο αναφοράς μπορεί να θεωρηθούν οι οδηγίες του κατασκευαστή, καθώς και η πείρα που μπορεί να έχει ο χρήστης. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η προληπτική συντήρηση είναι συνδυασμός περιοδικών και προγραμματισμένων διαδικασιών καθώς και εκείνων που επιβάλλουν ειδικές συνθήκες.

### ❖ **Ανιχνευτική Συντήρηση**

Η ανιχνευτική συντήρηση πραγματοποιείται με σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση είτε εσωτερικού είτε εξωτερικού σφάλματος πριν αυτό εξελιχθεί και προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την ανιχνευτική συντήρηση βοηθούν στη διάγνωση και στη λήψη αποφάσεων. Η ανιχνευτική συντήρηση εκτελείται μόνο αν εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα για το οποίο γίνεται πληροφόρηση από συσκευές παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού ή και περιοδικά.

### ❖ **Επισκευαστική Συντήρηση**

Η επισκευαστική συντήρηση εφαρμόζεται στην περίπτωση που η λειτουργία του εξοπλισμού είναι προβληματική, έχει προσδιοριστεί η χειρότερηση της κατάστασης και έχουν επισημανθεί οι αιτίες. Ο εξοπλισμός βγαίνει από τη λειτουργία. Η επισκευαστική συντήρηση γενικά δεν γίνεται βάσει προγράμματος.

Οι προαναφερόμενες κατηγορίες αποτελούν σήμερα την *Προστατευτική Συντήρηση*, ωστόσο, θα πρέπει να τονίσουμε ότι στην ουσία είναι η Παραδοσιακή Συντήρηση διαχωρισμένη σε κατηγορίες με σκοπό την πιο λεπτομερή και σωστή συντήρηση των συστημάτων. (Τασούλας Α., 2009)

## **1.3. ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

### **1.3.1. Αξιοπιστία Συντήρησης**

Αξιοπιστία ορίζεται η ικανότητα ενός εξοπλισμού να εκτελεί μια λειτουργία υπό ορισμένες συνθήκες για ορισμένη χρονική περίοδο. Επιπλέον, είναι απαραίτητη προδιαγραφή ο εξοπλισμός θα λειτουργεί χωρίς βλάβες για προδιαγραφμένο χρόνο ή μέγεθος χρήσης.

Επί της ουσίας η αξιοπιστία συνοδεύεται από την πετυχημένη λειτουργία και από τη μη εμφάνιση βλαβών και ζημιών. Συνέπεια αυτών είναι η αξιοπιστία η αξιοπιστία να 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.

### **1.3.2. Βελτιώσεις σχετικές με την αξιοπιστία συντήρησης**

Ο σχεδιαστής του εξοπλισμού δεν αρκεί να έχει μόνο γνώσεις για τις προδιαγραφές και την λειτουργία του εξοπλισμού που είναι απαραίτητα για αυτά τα συστήματα. Ο σχεδιαστής είναι απαραίτητο να γνωρίζει τους δυνατούς τρόπους βλάβης

και την αποφύγει των μηχανισμών που μειώνουν τα ποσοστά αξιοπιστίας. Με αυτές τις γνώσεις υπάρχουν δυνατότητες βελτίωσης της αξιοπιστίας του συστήματος.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την σχεδίαση αυτών των συστημάτων είναι οι εξής:

#### ❖ **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. (Τασούλας Α., 2009 ; Μαρκόπουλος Β., 2009)

### **1.4. ΣΚΟΠΟΙ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΕΝΤΑΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ**

Κάθε δραστηριότητα πραγματοποιείται για έναν προκαθορισμένο στόχο. Αν υποθέσουμε ότι και η συντήρηση απαρτίζεται από πολλές δραστηριότητες τότε κάθε μία από αυτές αποσκοπεί σε κάποιον στόχο. με το πέρασμα των χρόνων οι ανάγκες των ανθρώπων αυξάνονται με αποτέλεσμα να απαιτείται ο εξοπλισμός να έχει την δυνατότητα να ανταποκρίνεται σε υψηλότερες στάθμες αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας. Ωστόσο, ένας από τους παράγοντες που εξετάζεται είναι και το κόστος που δημιουργείται για την κάλυψη της μέγιστης αξιοπιστίας.

Για τους προαναφερόμενους λόγους θα πρέπει η συντήρηση του εξοπλισμού να είναι υψηλής ποιότητας. Οι στόχοι που τίθενται από ένα πρόγραμμα συντήρησης είναι:

- Η συντήρηση πρέπει να διατηρεί τον εξοπλισμό στην απαιτούμενη στάθμη αξιοπιστίας και λειτουργίας.

- 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. Γι αυτό αποφεύγεται η αντικατάσταση εξαρτημάτων αν αυτή δεν είναι αναγκαία.
- Η συντήρηση πρέπει να περιορίζει τη φθορά του εξοπλισμού και συνεπάγεται όπου είναι δυνατό και μη δαπανηρό, την επέκταση της ζωής.

Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα σκοπός της Προστατευτικής Συντήρησης, η οποία αποτελείται από την προληπτική, την ανιχνευτική και την επισκευαστική συντήρηση, είναι να επαναφέρει τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού ή να απαλείψει το ελάττωμα που θα μπορούσε να οδηγήσει σε ζημιά. (Τασούλας Α., 2009)

#### **1.4.1 Δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση**

Η πρακτική της συντήρησης μπορεί να αφορά είτε έναν ειδικό εξοπλισμό, είτε μια ειδική μονάδα παραγωγή, είτε ένα ειδικό σύνολο προβλημάτων, εν τούτοις είναι δυνατό όλες αυτές οι ποικίλες δραστηριότητες και υπευθυνότητες να ομαδοποιηθούν σε δυο βασικές κατηγορίες:

##### **❖ Πρωτεύουσες δραστηριότητες**

Στις πρωτεύουσες δραστηριότητες περιλαμβάνονται τα κάτωθι:

- ✓ Συντήρηση υπάρχοντος εξοπλισμού
- ✓ Συντήρηση κτιρίων και ακάλυπτων χώρων
- ✓ Επιθεωρήσεις (και εργασίες λίπανσης)
- ✓ Τροποποιήσεις και νέες εγκαταστάσεις

##### **❖ Δευτερεύουσες δραστηριότητες**

Στις δευτερεύουσες δραστηριότητες περιλαμβάνονται τα κάτωθι:

- ✓ Αποθήκες
- ✓ Προστασία (φύλαξη- πυρόσβεση κλπ)
- ✓ Διάθεση αποβλήτων
- ✓ Ασφάλεια εργασίας
- ✓ Άλλες δραστηριότητες

## 1.5. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Τα τελευταία χρόνια η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας έχει αυξηθεί ραγδαία, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες χώρες. Οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού αντιμετωπίζουν τη διαμορφωμένη κατάσταση με υπερφόρτιση των υφιστάμενων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας επιδιώκοντας να επωφεληθούν τα μέγιστα από την εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών συντήρησης. Ο βαθμός έμφασης που δίνει μια επιχείρηση ηλεκτρισμού στη συντήρηση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας έχει επιδράσει τόσο στην ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας όπως η ποιότητα τάσης, αδιάλειπτη τροφοδότηση κλπ. όσο και στο κόστος λειτουργίας του συστήματος. (Σαμοΐλης Β., 1995 ; Τασούλας Α., 2009)

Στη συνέχεια του εδαφίου αναπτύσσονται και εξετάζονται οι πολιτικές συντήρησης:

### ❖ Πολιτική της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης

Οι συνθήκες συντήρησης που έχουν υιοθετηθεί είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Εξοπλισμός σε λειτουργία
- ✓ Εξοπλισμός εκτός λειτουργίας, οπότε έχει σημασία ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς.

Η συντήρηση πραγματοποιείται περιοδικά ανά διαστήματα τα οποία είτε είναι σταθερά είτε μεταβλητά. Τα σταθερά διαστήματα πραγματοποιούνται μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων προσδιορίζονται μόνο από χρονικές περιόδους και υπόκεινται σε συντόμευση, μη μεταβολή και επιμήκυνση. Τα μεταβλητά διαστήματα πραγματοποιούνται μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων και 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 για παράδειγμα η 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.

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

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

- ✓ Συνεχώς - On line condition monitoring
- ✓ Δειγματοληπτικά - Sample monitoring

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

❖ **Η πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία**

Η πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία συνίσταται στην εστίαση της συντήρησης στο στόχο της πρόληψης σημαντικών βλαβών συνδυάζοντας τη βαρύτητα προς τη συχνότητα των βλαβών. Τα σχετικά κριτήρια ορίζονται με τη μεγαλύτερη δυνατή αντικειμενικότητα ώστε οι τελικές αποφάσεις να είναι αποτελεσματικές.

Στην πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία επιδιώκεται η βέλτιστη συμβολή της συντήρησης στην ποιότητα του προϊόντος με προκαθορισμένα όρια κόστους. Η πιο πάνω πολιτική είναι σκόπιμο να εφαρμοσθεί σταδιακά. Η γενίκευση της εφαρμογής εξαρτάται από τα εξής:

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



Η φιλοσοφία της συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία βασίζεται στην πίστη ότι το πλείστο του εξοπλισμού έχει εγγενή αξιοπιστία και ότι τα προγράμματα συντήρησης πρέπει να σχεδιασθούν ώστε να εκμεταλλευθούν αυτό το πλεονέκτημα. Αυτή η φιλοσοφία έρχεται σε αντίθεση με την πίστη του κοινού ότι όσο πιο συχνά συντηρείται ένα μηχάνημα τόσο πιο αξιόπιστο είναι.

Αντίθετα ταιριάζει με την πίστη ότι τα προβλήματα αξιοπιστίας σχετίζονται κατ' ευθεία με την ασφάλεια που συνεπάγονται οι εντατικές συντηρήσεις. Η πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία είναι μια δομημένη διαδικασία αποφάσεων που στηρίζεται όχι μόνο να εκτιμήσουμε την αξιοπιστία του κάθε μηχανήματος αλλά στις συνέπειες των λειτουργικών ανωμαλιών του ίδιου του μηχανήματος.

#### ❖ Πολιτική της αντικατάστασης

Η πολιτική της αντικατάστασης αφορά την αντικατάσταση είτε ολόκληρου μηχανήματος όπως κάποιου διακόπτη ή μετασχηματιστή, είτε σε κάποιο τμήμα της εγκατάστασης. Στη θέση του μηχανήματος που απομακρύνεται εγκαθίσταται νέο ή πλήρως επισκευασμένο. Το εν λόγω μηχάνημα έχει περάσει με επιτυχία τους προβλεπόμενους ελέγχους.

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

#### ❖ Η πολιτική της επιμήκυνσης της διάρκειας ζωής

Οι μέθοδοι εκτίμησης της επιμήκυνσης της διάρκειας ζωής είναι διάφοροι και ανάλογοι με τις πολιτικές συντήρησης που ακολουθούνται για κάθε σύστημα. Κατά την ανάπτυξη μιας φιλοσοφίας η οποία αποσκοπεί στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής:

- ✓ Εκμετάλλευση εξοπλισμού
- ✓ Προγραμματιζόμενες διακοπές λειτουργίας
- ✓ Δαπάνες επισκευών

Οι φιλοσοφίες που υπάρχουν είναι δύο και είναι οι εξής:

- *I<sup>η</sup>*: Η επιχείρηση προσπαθεί να διατηρήσει σε αξιόπιστη κατάσταση τον εξοπλισμό εφαρμόζοντας τις ισχύουσες πρακτικές της συντήρησης. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει τα κάτωθι:

- ✓ Μη καταστροφικές δοκιμές
- ✓ Επιθεωρήσεις
- ✓ Αντικατάσταση επιμέρους τμημάτων και βελτιώσεις

Οι παραπάνω διαδικασίες αποτελούν ένα σημαντικό μέρος στο τυποποιημένο πρόγραμμα συντήρησης και εκτελούνται περιοδικά σαν τμήμα των περιοδικών επιθεωρήσεων. Με αυτήν την πολιτική ολόκληρος ο εξοπλισμός έχει την δυνατότητα να βρίσκεται σε λειτουργία για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Με άλλα λόγια η επιμήκυνση της διάρκειας της ζωής μπορεί να θεωρηθεί ως προέκταση της κανονικής συντήρησης.

- **2<sup>η</sup>:** Η τιμή αγοράς του εξοπλισμού είναι αρκετά μικρότερη σε σχέση με την τιμή του νέου εξοπλισμού, δηλαδή του εξοπλισμού της νέας γενιάς. Οι παλαιότεροι εξοπλισμοί έχουν τα πλεονεκτήματα να έχουν αποδεχτή τεχνολογία και να εξασφαλίζουν την εγγύηση των συστημάτων.

Με το πέρασμα των χρόνων το η εφαρμογή του πρόγραμμα ξεκινά και αντιμετωπίζει την συσσώρευση φθοράς, αυτό σημαίνει ότι πραγματοποιείται συστηματική εκτίμηση της κατάστασης των κρίσιμων τμημάτων με σκοπό να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την εξασφάλιση της «σωστής» λειτουργίας.

Ακλουθώντας αυτή την πολιτική παρατηρούνται προβλήματα κατά την διάρκεια αντικατάστασης τμημάτων που έχουν είτε φθαρεί είτε καταστραφεί. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι γίνεται σταδιακή επανεκτίμηση των διαφόρων τμημάτων για να είναι σίγουρο ότι τα προβλήματα αντιμετωπίζονται πριν συμβούν βλάβες που δεν μπορούν να διορθωθούν.

## ❖ Η πολιτική της ανακαίνισης

Η πολιτική της ανακαίνισης πραγματοποιείται με σκοπό την επανεκτίμηση του ρόλου ενός πλήρους υποσυστήματος είτε αυτό είναι υποσταθμός είτε γραμμή. Η πολιτική αυτή πραγματοποιείται διότι σε κάθε σύστημα πραγματοποιούνται αλλαγές από τότε που είχε τεθεί σε λειτουργία. Η ανακαίνιση εντάσσεται σε κάποιο ανασχεδιασμό του συστήματος και απασχολεί τις επιχειρήσεις που έχουν σε λειτουργία εξοπλισμό με ηλικία άνω των 20- 25 ετών.

Κατά την διάρκεια της ανακαίνισης εκτελούνται εργασίες πέρα από εκείνες που περιλαμβάνονται στη συντήρηση και αντικατάσταση. Η πολιτική της ανακαίνισης, μπορεί να θεωρηθεί ως μία από τις νεότερες πολιτικές. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι βρίσκεται στο προσκήνιο των αποφάσεων των επιχειρήσεων που έχουν παλιό εξοπλισμό.

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

- ✓ Συγκέντρωση στοιχείων σχετικών με το ιστορικό του εξοπλισμού
- ✓ Προσδιορισμός των αδύνατων σημείων της εγκατάστασης γενικά

- ✓ Δέσμη προτεινόμενων λύσεων με εκτίμηση της συνολικής αποδοτικότητας
- ✓ Απάντηση στα ερωτήματα τι πρέπει να ανακαινισθεί, πώς και πότε.

#### ❖ Ανταλλακτικά και εφεδρείες

Κάποια από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι υπεύθυνοι της συντήρησης είναι η προμήθεια, η αποθήκευση και η συντήρηση των ανταλλακτικών, καθώς επίσης τα προβλήματα που υπάρχουν κατά την εφεδρεία της λειτουργίας. Τα προβλήματα αυτά έχουν αντιμετωπισθεί και έχουν γενικά επιλυθεί.

Ως γενικές αρχές εφαρμόζονται τα εξής:

- ✓ Ο υπεύθυνος της συντήρησης θα πρέπει να ενημερωθεί από τον κατασκευαστή του συστήματος ποιά είναι τα κατάλληλα μηχανήματα, συσκευές και όργανα για τις επιδιορθώσεις του εν λόγω συστήματος. Επιπλέον, ο κατασκευαστής πρέπει να προτείνει τα ανταλλακτικά που είναι κατάλληλα για το κάθε σύστημα με σκοπό ο συντηρητής να τα προμηθευτεί το συντομότερο δυνατό. Ωστόσο, κατά την αγορά κάθε εξοπλισμού θα πρέπει να αγοράζονται κάποια εφεδρικά ανταλλακτικά για την γρήγορη αντικατάσταση των βλαβών. Ακόμα, ο υπεύθυνος θα πρέπει να προμηθευτεί τα ανταλλακτικά του νέου εξοπλισμού, τα οποία προκύπτουν από την πείρα του στη συντήρηση παρόμοιου εξοπλισμού.
- ✓ Ο υπεύθυνος της λειτουργίας πρέπει να προμηθεύεται πλήρη μηχανήματα, τα οποία αποτελούν τις εφεδρείες του, εφόσον η προμήθεια τους απαιτεί μεγάλους χρόνους παράδοσης οι οποίοι έχουν επιπτώσεις στην εκμετάλλευση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι θεωρείται αυτονόητο ότι η αποθήκευση και η συντήρηση των εφεδρειών εμπίπτουν στις υποχρεώσεις των υπευθύνων της συντήρησης.

Ένα από τα σημαντικότερα ερωτήματα που δημιουργούνται κατά την λειτουργία ενός συστήματος είναι αν ο εφεδρικός εξοπλισμός πρέπει να λειτουργεί ή όχι έχει απαντηθεί. Ο εφεδρικός εξοπλισμός είναι σκόπιμο να λειτουργεί περιοδικά για να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία της λειτουργίας του στις έκτακτες συνθήκες για τις οποίες προορίζεται.

Οι υπεύθυνοι της λειτουργίας θα προσπαθήσουν να πραγματοποιήσουν οικονομική σύγκριση για το χρονικό διάστημα των 20 και άνω ετών της πολιτικής της παραδοσιακής συντήρησης, της πολιτικής της συντήρησης με την εφαρμογή μεθόδων παρακολούθησης και διαγνωστικής και της πολιτικής της διατήρησης εφεδρείας 100% ή 50%.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την κατάλληλη απόφαση θα πρέπει να εκπονηθεί ανάλογη τεχνικό-οικονομική μελέτη. (Σαμοΐλης Β., 1995 ; Τασούλας Α., 2009)

## 1.6. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΑΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Οι υπεύθυνοι της συντήρησης θα ήθελαν αν ήταν δυνατόν να τους παρέχεται ένας εξοπλισμός που να μην χρειάζεται καμία συντήρηση. Ωστόσο, αυτό δεν είναι δυνατόν. Έτσι, επιλέγουν έναν εξοπλισμό που θα υπάρχει η δυνατότητα προειδοποίησης προβλημάτων έγκαιρα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί κατά δύο τρόπους:

- ✓ *1<sup>ος</sup> τρόπος*: κατασκευάζονται εξοπλισμοί για τους οποίους είτε να μη προβλέπεται είτε να μη χρειάζεται καμία συντήρηση.
- ✓ *2<sup>ος</sup> τρόπος*: για τη συντήρηση του να εφαρμόζονται μέθοδοι ανιχνευτικής συντήρησης.

Ο πρώτος τρόπος έχει πολύ υψηλό κόστος και πολλές φορές πρέπει να υπερπηδηθούν αντικειμενικές δυσκολίες, με αποτέλεσμα να είναι πέρα από τις δυνατότητες της σημερινής τεχνολογίας. Ο δεύτερος τρόπος έχει τις δυσκολίες που εμφανίζονται όταν επέρχεται κάποια μεταβολή. Η αλλαγή της φιλοσοφίας που αφορά την προληπτική συντήρηση με τη φιλοσοφία που αφορά την ανιχνευτική συντήρηση βρίσκει εμπόδια, αν και η ανιχνευτική συντήρηση έχει κάνει σημαντικές προόδους.

Αν λοιπόν πραγματοποιείται ανιχνευτική συντήρηση, ο υπεύθυνος επεμβαίνει στον εξοπλισμό μόνο αν υπάρξει ανίχνευση βλάβης ή ένδειξη έναρξης βλάβης. Με το πέρασμα των χρόνων επιθυμείται στον διεθνή χώρο των συντηρήσεων η μετάβαση από τη προληπτική συντήρηση στην ανιχνευτική συντήρηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να περνούν σταδιακά από την συντήρηση που βασίζεται στα χρονικά διαστήματα (time-based) προς τη συντήρηση που βασίζεται στην κατάσταση των μηχανημάτων (condition-based). Τονίζεται ότι στη δεύτερη περίπτωση χρειαζόμαστε:

- Μεγάλο πλήθος δεδομένων
- Εκθέσεις δοκιμών
- Προγράμματα συντήρησης
- Συνθήκες συντήρησης.

Ο υπεύθυνος αφού συλλέξει τις πληροφορίες που χρειάζεται πραγματοποιεί ανάλυση και επεξεργασία των πληροφοριών αυτών με σκοπό να οδηγηθεί στην απόφαση τι πρέπει να γίνει και πότε πρέπει να γίνει. Μια άλλη προοπτική είναι η μετάβαση από τον παραδοσιακό βοηθητικό εξοπλισμό ενός συστήματος, σε ένα σύγχρονο βοηθητικό εξοπλισμό. Ωστόσο, υπάρχει και η περίπτωση της βελτίωσης των μεθόδων συντήρησης.

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. Όμως τα τελευταία χρόνια οι μέθοδοι συντήρησης αλλάζουν και συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται συσκευές με τις οποίες γίνονται παρακολούθησεις 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. (Τασούλας Α., 2009 ; Σαμοΐλης Β., 1995)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

### 2.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Η διαδικασία συντήρησης πραγματοποιείται σύμφωνα με τις προοπτικές δύο σχολών. Η πρώτη σχολή υποστηρίζει την εφαρμογή περιοδικών δοκιμών, επισκευών και προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού για συντήρηση και αυτή είναι της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης. Η δεύτερη σχολή υποστηρίζει την πολύ μικρή συντήρηση μικρή ή και την καθόλου, δηλαδή ο εξοπλισμός λειτουργεί και η επέμβαση γίνεται όταν προκύψει βλάβη. Έτσι αυτή υποστηρίζει ότι αφού ο εξοπλισμός λειτουργεί δεν χρειάζεται να δαπανηθούν χρήματα για την συντήρηση.

Ο εξοπλισμός κατά την διάρκεια της λειτουργίας δεν έχει την δυνατότητα να βελτιώνει την κατάσταση σου ή την χρήση του. Αποτέλεσμα αυτού είναι όταν σε έναν εξοπλισμό αμελήσεις τις απαραίτητες συντηρήσεις όταν χαλάσει ένα τμήμα του η δαπάνες που θα προκύψουν θα είναι μεγάλες και αδικαιολόγητες. Η δεύτερη αυτή σχολή ανήκει στο παρελθόν έχουν πεισθεί οι περισσότεροι χρήστες ότι η μη συντήρηση είναι αντιπαραγωγική, διότι υπάρχουν οι εξής συνέπειες:

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

Η συντήρηση των συστημάτων – εξοπλισμού είναι το μέσω μείωσης του ρυθμού των βλαβών με αποτέλεσμα να υπάρχει βελτίωση της διαθεσιμότητας και της παραγωγικότητας του εξοπλισμού. Η συντήρηση τα πρώτα χρόνια της εφαρμογής της εθεωρείτο ότι ήταν μία παραγκωνισμένη και απρόσωπη εργασία που ήταν όμως αναγκαία για τη λειτουργία. Με το πέρασμα των χρόνων οι μεταβολές 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.

Οι κύριες αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί είναι οι κάτωθι και είναι οι εξής:

- 1<sup>η</sup> Κύρια αλλαγή: Μετάβαση από την παραδοσιακή προληπτική συντήρηση στη προστατευτική συντήρηση.
- 2<sup>η</sup> Κύρια αλλαγή: Προσανατολισμό της προστατευτικής συντήρησης προς την αύξηση και διατήρησης της αξιοπιστίας.

Αποτέλεσμα των προαναφερόμενων είναι διάνοιξη νέων οριζόντων για τις δραστηριότητες των μελετών, για την κατασκευή πιο αξιόπιστου εξοπλισμού και έργων, καθώς και για τις 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 γίνει η έναρξη της εποχής της παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού - ανακαίνιση - επανάχρηση.

## **2.2. ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΉ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΉ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ**

Η μέθοδος συντήρησης που εφαρμόστηκε πρώτη χρονολογικά είναι η προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση και εφαρμόστηκε στον εξοπλισμό του συστήματος μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η προληπτική συντήρηση περιλαμβάνει λεπτομερή επιθεώρηση και περιοδικές μετρήσεις και δοκιμές στον εξοπλισμό. Επιπλέον, στο πρόγραμμα εφαρμογής της περιλαμβάνονται:

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

Τα σημεία αναφοράς της προληπτικής συντήρησης είναι οι οδηγίες που δίνονται από τον κατασκευαστή καθώς και η πείρα που έχει κάθε συντηρητής ηλεκτρολογικών συστημάτων. Η προληπτική συντήρηση χαρακτηρίζεται από τον συνδυασμό των περιοδικών και προγραμματισμένων διαδικασιών καθώς και εκείνων που επιβάλλουν ειδικές συνθήκες. (Ιωακειμίδης Ι., 2000)

### **2.2.1. Η αναγκαιότητα για την εφαρμογή ενός προγράμματος Π.Η.Σ**

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός όπως είναι λογικό μπορεί να παρουσιάσει με το πέρασμα των χρόνων κάποιες βλάβες και φθορές οι οποίες θεωρούνται φυσιολογικές και αναπόφευκτες. Από την μέρα της εγκατάστασης του εξοπλισμού γίνεται αυτόματη έναρξη φθοράς του. Στην περίπτωση που δεν γίνονται σταδιακοί έλεγχοι του συστήματος μπορεί να προκληθούν είτε δυσλειτουργίες του συστήματος είτε κάποια ηλεκτρολογική βλάβη.

Ωστόσο, η φθορά μπορεί να επιταχυνθεί και από άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα οι άσχημες περιβαλλοντικές συνθήκες, η λειτουργία των εξαρτημάτων πάνω από τα ονομαστικά τους όρια, ή ακόμα και ένας αυστηρά αποδοτικός κύκλος λειτουργίας.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ένα καλά σχεδιασμένο πρόγραμμα προληπτικής ηλεκτρολογικής συντήρησης αναγνωρίζει όλους αυτούς τους παράγοντες και προτείνει μέτρα για την αντιμετώπισή τους.

## 2.2.2. Πολιτική της προληπτικής συντήρησης

Η στρατηγική που ακολούθησαν οι υπεύθυνοι των συντηρήσεων ήταν βασισμένη στον χρόνο, δηλαδή η συντήρηση και η αντικατάστασή γινόταν βάσει προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος. Η μέθοδος αυτή οδήγησε σε πολύ υψηλή διαθεσιμότητα. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση του εξοπλισμού δεν ήταν εντατική μέχρι το τέλος της πραγματικής διάρκειας ζωής με αποτέλεσμα οι κύκλοι της συντήρησης να μην προσαρμόζονται στην πραγματική κατάσταση του εξοπλισμού.

Σύμφωνα λοιπόν με τα προαναφερόμενα είναι σαφές ότι η βασισμένη στον χρόνο συντήρηση δεν είναι η οικονομικά αποδοτική επιλογή με συνέπεια με το πέρασμα των χρόνων και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας να περιορίζεται. Οι συνθήκες συντήρησης που έχουν υιοθετηθεί είναι δύο. Πρώτη είναι όταν ο εξοπλισμός βρίσκεται σε λειτουργία και δεύτερον όταν ο εξοπλισμός είναι εκτός λειτουργίας, οπότε έχει σημασία ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς.

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

- ✓ Αριθμός λειτουργιών
- ✓ Αριθμός διαγνωστικών δοκιμών
- ✓ Αποτελέσματα διαγνωστικών δοκιμών

Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι 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. Με το πέρασμα των χρόνων μπορούν να πραγματοποιηθούν συντηρήσεις σε μηχανήματα, ενώ αυτά λειτουργούν. Για παράδειγμα μπορεί να πραγματοποιηθεί διήθηση μονωτικού λαδιού σε μετασχηματιστή ενώ αυτό λειτουργεί.

Ωστόσο, στην περίπτωση που πραγματοποιείται συντήρηση στον εξοπλισμό ενώ αυτός βρίσκεται εκτός λειτουργίας γίνεται προσπάθεια να διατηρηθεί όσο το δυνατόν σε καλύτερη κατάσταση. Σε αυτή την περίπτωση, οι ενέργειες που πραγματοποιούνται είναι σε τρία στάδια και είναι τα εξής:

- **Στάδιο 1<sup>ο</sup>:** 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.
- **Στάδιο 2<sup>ο</sup>:** Έλεγχος των συνθηκών και της συμπεριφοράς ενός στοιχείου όπως για παράδειγμα 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.

- **Στάδιο 3<sup>ο</sup>:** Μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση ενός στοιχείου. Ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς αυξάνεται κατά το χρόνο που απαιτείται για την επανασυναρμολόγηση. (Τασούλας Α., 2009)

### 2.2.3. Η αξία και το όφελος από ένα σωστά εφαρμοσμένο Π.Η.Σ

Η αξία και το όφελος από ένα σωστό πρόγραμμα συντήρησης ηλεκτρικού συστήματος είναι μεγάλη. Αν ακολουθηθεί πιστή εφαρμογή ενός τέτοιου προγράμματος υπάρχουν τα εξής πλεονεκτήματα για τον εξοπλισμό:

- ✓ Μείωσή του ρυθμού βλαβών
- ✓ Ελάττωση θανατηφόρων ατυχημάτων
- ✓ Ελαχιστοποίηση του κόστους από μηχανικές βλάβες
- ✓ Αποφυγή διακοπής ολόκληρης μονάδας.

Αποτέλεσμα των προγραμμάτων αυτών είναι η έγκαιρη αναγνώριση μελλοντικών προβλημάτων. Αποτέλεσμα αυτού είναι να εφαρμόζονται «γρήγορες» λύσεις προτού αυτά γίνουν πιο μεγάλα, έτσι απαιτούν τον ελάχιστο χρόνο για την επιδιόρθωση τους καθώς και ελάχιστο κόστος. Τα οφέλη από ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα Π.Η.Σ χωρίζονται σε 3 γενικές κατηγορίες:

- ✓ Τα άμεσα, μετρήσιμα, οικονομικά οφέλη που αποκομίζονται με τη μείωση του κόστους των επισκευών και της αντικατάστασης των εξαρτημάτων.
- ✓ Τη μείωση του χρόνου διακοπής.
- ✓ Λιγότερο μετρήσιμα αλλά πολύ πραγματικά οφέλη προκύπτουν από τη βελτίωση της ασφάλειας.

Η αξιοπιστία στη λειτουργία του εξοπλισμού μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο, αλλά παράλληλα απαιτείται μια αποτελεσματική προληπτική συντήρηση για να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο. Η εμπειρία δείχνει ότι ο εξοπλισμός έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και ανταποκρίνεται καλύτερα, όταν καλύπτεται από ένα πρόγραμμα Π.Η.Σ.

Η επένδυση που χρειάζεται για ένα τέτοιο πρόγραμμα συντήρησης θεωρείται μικρή σε σχέση με το κόστος που προκύπτει από την επιδιόρθωση του εξοπλισμού και σε σχέση με το κόστος που προκύπτει από την μείωση της παραγωγικότητας κατά την διάρκεια της διακοπής. Όπως είναι λογικό όλα τα προαναφερόμενα έχουν άμεση σχέση

με μια απρόβλεπτη διακοπή στη λειτουργία των μηχανημάτων και επομένως με μια διακοπή της παραγωγής.

Η συντήρηση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού είναι βασικά ένα θέμα οικονομικό. Το κόστος συντήρησης μπορεί να τοποθετηθεί σε κάποια από τις δύο κατηγορίες:

- ✓ Στην προληπτική συντήρηση
- ✓ Σε επισκευές των βλαβών (επισκευαστική συντήρηση)

Τα χρήματα που ξοδεύονται για την πρώτη κατηγορία μπορεί να είναι λιγότερα σε σχέση με αυτά που απαιτούνται για τη δεύτερη κατηγορία. Ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα Π.Η.Σ διατηρεί το σύνολο των δαπανών που ξοδεύονται για τη συντήρηση στο ελάχιστο δυνατό. (Ιωακειμίδης Ι., 2000)

#### **2.2.4. Η καθιέρωση ενός τακτικού προγράμματος επιθεωρήσεων και Δοκιμών**

Ο σκοπός ενός προγράμματος επιθεωρήσεων και δοκιμών είναι να διαπιστώσει την κατάσταση του εξοπλισμού για να προσδιορίσει στην συνέχεια ποιες εργασίες πρέπει να πραγματοποιηθούν. Αυτή η διαδικασία επιβεβαιώνει ότι ο εξοπλισμός θα συνεχίζει να λειτουργεί μέχρι να γίνει ο επόμενος προγραμματισμένος έλεγχος.

Σύμφωνα με της μελέτες των συντηρήσεων έχει διαπιστωθεί ότι είναι προτιμότερο να γίνονται οι επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι ταυτόχρονα μέσα στα πλαίσια μιας συντήρησης ρουτίνας. Με αυτό τον τρόπο, αρκετά μικρά τμήματα του συστήματος που παρουσιάζουν προβλήματα και που απαιτούν μη εξειδικευμένα εργαλεία, προσωπικό ή εξοπλισμό, μπορούν να επιδιορθωθούν την ίδια στιγμή που θα εντοπιστούν. (Μαρκόπουλος Β., 2009)

#### **2.2.5. Ατμοσφαιρικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες**

Το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται ένας ηλεκτρικός εξοπλισμός, έχει μια συγκεκριμένη επίδραση πάνω στις λειτουργικές ικανότητες και στο βαθμό της συντήρησης. Ένα ιδανικό περιβάλλον είναι αυτό, όπου:

- ✓ Ο αέρας είναι καθαρός ή φιλτραρισμένος για να απομακρύνει την σκόνη, τα επιβλαβή αέρια, την υπερβολική υγρασία κλπ.
- ✓ Διατηρείται σε θερμοκρασίες από 15°C έως 25°C
- ✓ Έχει υγρασία από 40% έως 70%. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η ανάγκη για συντήρηση θα ελαχιστοποιηθεί.

Στις περιπτώσεις που δεν τηρούνται οι παραπάνω συνθήκες, η απόδοση του ηλεκτρικού εξοπλισμού θα επηρεαστεί δυσμενώς. Η καλή καθαριότητα των χώρων, συνεισφέρει σε ένα καλό περιβάλλον λειτουργίας και μειώνει τις απαιτήσεις σε συντήρηση.

Επιπλέον, οι ηλεκτρικές συσκευές και ο προστατευτικός εξοπλισμός τους θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε περιβάλλον με την ίδια θερμοκρασία ή με θερμοκρασίες που θα παρουσιάζουν πολύ μικρή διαφορά μεταξύ τους. Στην περίπτωση που η διάφορα θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος – εξοπλισμού – προστατευτικών συσκευών είναι μεγάλη τότε θα πρέπει να γίνουν ρυθμίσεις ώστε το σύστημα να μην υποστεί βλάβες ή καταστροφή.

Επίσης, στον εξοπλισμό που τοποθετείται σε επικίνδυνες περιοχές όπως για παράδειγμα σε εκρηκτικό περιβάλλον, ή σε περιβάλλον με αυξημένη μόλυνση, ή περιβάλλον με διαβρωτικά αέρια, θα πρέπει να πραγματοποιείται ειδική συντήρηση. (Τασούλας Α., 2009 ; Ιωακειμίδης Ι., 2000)

### **2.2.6. Συχνότητα επιθεωρήσεων**

Ο κατασκευαστής κάθε εξοπλισμού δημιουργεί ένα κατασκευαστικό εγχειρίδιο λειτουργίας με σκοπό να ορίσει μια προτεινόμενη συχνότητα επιθεωρήσεων. Η συχνότητα των επιθεωρήσεων βασίζεται είτε σε πρότυπες είτε σε συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος.

Τα διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων ορίζονται σύμφωνα με την λειτουργία του εξοπλισμού, δηλαδή, σε μονάδες συνεχούς λειτουργίας με σταθερά φορτία τα διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων μπορούν να αυξηθούν από 10 έως 20% ενώ σε εφεδρικές ή περιοδικής λειτουργίας μονάδες πιθανόν να μειωθούν από 20 έως 40%. Επιπλέον, τα μηχανήματα που λειτουργούν σε περιβάλλον με δυσμενείς ατμοσφαιρικές συνθήκες απαιτούν διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων μειωμένα ως και 50%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία του εξοπλισμού που χαρακτηρίζονται ως κρίσιμα, απαιτούν πιο συχνή επιθεώρηση και δοκιμές.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η συχνότητα των επιθεωρήσεων για όμοια μηχανήματα που λειτουργούν κάτω από διαφορετικές συνθήκες, μπορεί να διαφέρει αρκετά. Όταν καθιερωθεί μία αρχική συχνότητα για τις επιθεωρήσεις και τις δοκιμές θα πρέπει να παραμένει για τουλάχιστον τέσσερις περιόδους συντήρησης. Ωστόσο, αυτό μπορεί να αλλάξει στην περίπτωση που εμφανιστεί μια απρόβλεπτη βλάβη.

Για τα εξαρτήματα που έχουν απρόβλεπτες βλάβες, το διάστημα μεταξύ των επιθεωρήσεων πρέπει να μειωθεί κατά 50%. Αν ένας εξοπλισμός συνεχίζει να θεωρείται καλός μετά από δύο επιθεωρήσεις χωρίς να απαιτεί επιδιορθώσεις, η περίοδος επιθεωρήσεων μπορεί να αυξηθεί κατά 50%. Αυτή η προσαρμογή των διαστημάτων μεταξύ των επιθεωρήσεων, θα συνεχιστεί μέχρι να φτάσουμε στο καλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα.

### **2.2.7. Φόρμουλες**

Οι φόρμουλες που υπάρχουν για να συνοδεύουν μια διαδικασία Επιθεώρησης, Δοκιμής και Επισκευής (Ε.Δ.Ε.) ποικίλουν. Αυτό συμβαίνει διότι οι φόρμουλες αυτές

πρέπει να είναι λεπτομερείς και ακριβείς, αρκετά απλές και ισχύουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να μπορούν χρησιμοποιηθούν στο πεδίο χειρισμών.

Το αρχείο μιας διαδικασίας Ε.Δ.Ε. για κάθε κομμάτι του εξοπλισμού, πρέπει να καταρτίζει έναν αναλυτικό πίνακα στον οποίο θα πρέπει να υπάρχουν:

- ✓ Όλα τα ειδικά εργαλεία, υλικά, και εξοπλισμός που είναι απαραίτητα για την κάθε δουλειά,
- ✓ Ο εκτιμώμενος μέσος χρόνος για την κάθε εργασία
- ✓ Οι κατάλληλες αναφορές σε τεχνικά εγχειρίδια
- ✓ Οι προηγούμενες εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στον εξοπλισμό.
- ✓ Σημεία με ιδιαίτερη προσοχή που έδειξαν προηγούμενες Ε.Δ.Ε.
- ✓ Εργασίες που έχουν προβλεφθεί από την προηγούμενη Ε.Δ.Ε.
- ✓ Ειδικά μέτρα προφύλαξης σχετικά με τους χειρισμούς
- ✓ Επίσης πρέπει να περιέχει αναφορές για ασυνήθιστα περιστατικά που εντοπίστηκαν κατά την παραγωγή και μπορεί να συσχετίζονται με τον εξοπλισμό.

### **2.2.8. Αρχεία**

Για την σωστή λειτουργία του εξοπλισμού και για την αποφυγή βλαβών θα πρέπει να τηρούνται αρχεία από το τμήμα συντήρησης για να υπάρχει η δυνατότητα να γίνει μια εκτίμηση των αποτελεσμάτων.

Ωστόσο, θα πρέπει να τηρούνται και οικονομικοί πίνακες που να δείχνουν το συνολικό κόστος από μια διακοπή στην λειτουργία του εργοστασίου. Αυτό πρέπει να είναι το πραγματικό κόστος συν ένα εκτιμώμενο κόστος από την διακοπή της παραγωγής. Ένας τέτοιος οικονομικός πίνακας βοηθάει στον προσδιορισμό των απαιτούμενων δαπανών για ένα πρόγραμμα Π.Η.Σ.

Επιπλέον, τα αρχεία θα πρέπει να καταγράφονται και να ενημερώνονται από τον επόπτη συντήρησης. Τα ελάχιστα δεδομένα που θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα αρχείο συντήρησης είναι:

- ✓ *Πρόγραμμα Επιθεώρησης*: Σχέδιο επιθεωρήσεων, για να μπορεί να προγραμματίζει τις απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό
- ✓ *Ημερολόγιο Εργασίας*: Ημερολόγιο με την σειρά των ανεκτέλεστων εργασιών
- ✓ *Ημερολόγιο Ασυνήθιστων Γεγονότων*: Πίνακας με τα ασυνήθιστα γεγονότα, που επιδρούν στην καλή λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος με κάθε τρόπο. (Ιωακειμίδης Ι., 2000 ; Μαρκόπουλος Β., 2009)

## **2.3. ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ**

Με την εφαρμογή της προληπτικής ηλεκτρολογικής συντήρησης αποκομίστηκαν κάποια δεδομένα και σημειώθηκαν κάποιες παρατηρήσεις με αποτέλεσμα να

πραγματοποιηθεί η επέκταση και η ανανέωση των μεθόδων συντήρησης. Αποτέλεσμα αυτών ήταν η δημιουργία της προστατευτικής συντήρησης.

### 2.3.1. Πρόγραμμα προστατευτικής συντήρησης

Η παραδοσιακή προληπτική συντήρηση με την πάροδο των χρόνων προσαρμόστηκε στα «νέα» επίπεδα των απαιτήσεων, της τεχνολογίας και των μεθόδων. Επιπλέον, οι παραδοσιακές συσκευές με την σειρά του δέχτηκαν τις απαραίτητες τροποποιήσεις ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν σε αυτές προστατευτικές συντηρήσεις.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η προστατευτική συντήρηση τα τελευταία χρόνια ανέπτυξε τον κλάδο της που λέγεται ανιχνευτική συντήρηση. Η προστατευτική συντήρηση αποτελεί εργαλείο κατά τη λειτουργία, μπορεί να θεωρηθεί μέσο μείωσης του κόστους παραγωγής. (Τασούλας Α., 2009)

### 2.3.2. Στόχοι προγράμματος προστατευτικής συντήρησης

Οι στόχοι του προγράμματος προστατευτικής συντήρησης περιλαμβάνει τουλάχιστον τα εξής:

- ✓ 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.
- ✓ Παρεμπόδιση δημιουργίας συνθηκών που επιταχύνουν τη γήρανση π.χ. Υπερφόρτιση, Υπερθέρμανση, Διάβρωση, Πρόωρη φθορά κλ.
- ✓ Έλεγχοι απωλειών ενέργειας. Προγραμματισμός εξοικονόμησης ενέργειας.
- ✓ Έλεγχος βαθμού απόδοσης κάθε είδους μηχανήματος. Ρυθμίσεις, Καθαρισμοί κ.λπ.
- ✓ Έλεγχος ρύπανσης εξοπλισμού λόγω της οποίας δημιουργούνται απώλειες ενέργειας.
- ✓ Μετρήσεις:
  - Θορύβου του εξοπλισμού
  - Θερμοκρασίας λειτουργίας τού εξοπλισμού
  - Ταλαντώσεις σε στρεφόμενα τμήματα του εξοπλισμού
  - Προσδιορισμός των αιτιών και αναίρεση τους
- ✓ Παρακολούθηση της κατάστασης διαφόρων τμημάτων του εξοπλισμού με την τοποθέτηση συστημάτων ON-LINE MONITORING. Για παράδειγμα μια 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.

- ✓ Καταγραφή όσο γίνεται πιο πολλών στοιχείων λειτουργίας όπως πιέσεις, θερμοκρασίες, φορτία κ.λπ. Επεξεργασία αυτών των στοιχείων εξαγωγή συμπερασμάτων-προώθηση τους στον επικεφαλής της συντήρησης.
- ✓ Επιθεωρήσεις του εξοπλισμού. Ημερήσιες, Εβδομαδιαίες, Μηνιαίες.
  - Ο εξοπλισμός, ανάλογα με το είδος του, επιθεωρείται για απώλειες πίεσης, απώλειες ατμού, διαρροές λαδιού κ.λπ.
  - 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 εισαχτεί στο πρόγραμμα συντήρησης. (Τασούλας Α., 2009)

### **2.3.3. Προστατευτική συντήρηση και λειτουργία**

Κάθε συντήρηση που πραγματοποιείται έχει στόχο να εξασφαλίζει στον εξοπλισμό κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Η συντήρηση θεωρείται ως βοηθητικό εργαλείο για την σωστή λειτουργία του εξοπλισμού και του κάθε έργου ώστε να ικανοποιεί τις προδιαγεγραμμένες συνθήκες για τις οποίες έχει κατασκευασθεί ο εξοπλισμός ή το έργο.

Επιπλέον, η συντήρηση είναι ένα μέσο μείωσης του κόστους παραγωγής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που έχει αυτή η μείωση είναι στις δαπάνες από τις διακοπές λειτουργίας.

### **2.3.4. Οδηγίες συντήρησης**

Οι νέες μέθοδοι διάγνωσης και παρακολούθησης των μηχανημάτων επηρεάζουν και τις οδηγίες συντήρησης. Οι αλλαγές στη φιλοσοφία της συντήρησης, παρατηρούνται και στις οδηγίες συντήρησης. Με το πέρασμα των χρόνων και την τήρηση των οδηγιών συντήρησης μειώνεται αισθητά το ανθρώπινο δυναμικό που χρειάζονταν για τέτοιες εργασίες καθώς επίσης και οι ώρες διακοπής.

Οι σημερινή αντίληψη αποσκοπεί σε λιγότερες συστηματικές αποσυναρμολογήσεις επιμήκυνση των διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών συντηρήσεων με βάση την πείρα και τη διαγνωστική απλοποίηση των μεθόδων εργασίας.

### 2.3.5. Οικονομικά οφέλη προγράμματος προστατευτικής συντήρησης

Σε αυτό το σημείο γίνεται αναφορά στις επιχειρήσεις του ηλεκτρισμού. Οι μεγάλες διακοπές παροχή ρεύματος είναι αυτές που κοστίζουν πιο πολύ. Οι διακοπές αυτές είναι γνωστές ως black out και μπορούν να αποφευχθούν αν εφαρμόζονται προγράμματα προστατευτικής συντήρησης.

Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες έχει αποδειχθεί ότι σε ένα black out μεγάλων βιομηχανικών περιοχών η kWh κοστίζει 1,6\$. Σε αυτό το κόστος περιλαμβάνονται οι πρώτες ύλες και τα προϊόντα που καταστρέφονται και η παραγωγική διαδικασία που διακόπτεται. Εξάλλου η γενική διακοπή της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, έχει συνέπειες στο κοινό δηλαδή σχολεία, νοσοκομεία, σπίτια κ.ά. και κυρίως ότι αφορά:

- ✓ Την ασφάλεια
- ✓ Την υγεία
- ✓ Την παιδεία ηλεκτρισμού
- ✓ Την άνεση των καταναλωτών

Σύμφωνα λοιπόν με όσα αναφέρθηκαν η εφαρμογή της προστατευτικής συντήρησης είναι μια συνετή απόφαση που αιτιολογείται οικονομικά. Το κόστος ασφαλώς αντισταθμίζεται από προαναφερόμενα οφέλη.

Κατά την λειτουργία του εξοπλισμού μπορούν να παρατηρηθούν απώλειες οι οποίες εμφανίζονται και διατηρούνται λόγω μη συντήρησης του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο οι μονωτήρες με ρύπους προκαλούν απώλειες, οι χαλαρές συνδέσεις προκαλούν απώλειες, οι υπερφορτισμένοι μετασχηματιστές προκαλούν απώλειες.

Η μείωση των απωλειών μπορεί να επιτευχθεί με την σωστή συντήρηση του εξοπλισμού. Άρα η συντήρηση δεν εξασφαλίζει μονό την σωστή λειτουργία του εξοπλισμού και την αποφυγή βλαβών αλλά εξοικονομεί και ενέργεια που συνεπάγεται καθαρό κέρδος της μονάδας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και στις μη ηλεκτρικές επιχειρήσεις γίνεται χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, αποτέλεσμα αυτού είναι η σπουδαιότητα της τιμής της kWh καθώς και το συνολικό κόστος της παραγωγής της. Επιπλέον, σε όλα αυτά δεν μπορεί να μην αναφερθεί το κόστος και οι δαπάνες που χρειάζεται η συντήρηση του εξοπλισμού. Συνεπώς, η συντήρηση που περιέχει προγράμματα προληπτικής και επισκευαστικής συντήρησης έχει σαν αποτέλεσμα τη πρόληψη της διάβρωσης και ακόμη την επισκευή τμήματος του εξοπλισμού αντί της αντικατάστασης ολόκληρου του εξοπλισμού.

Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες όλα αυτά ισχύουν στις περιπτώσεις που δεν παρουσιάζεται μείωση της απόδοσης του εξοπλισμού λόγω παλαιότητας, δεν τίθεται πρόβλημα ασφάλειας εργασίας, το κόστος συντήρησης είναι πολύ χαμηλότερο από τις άλλες δαπάνες που συνεπάγεται η μη συντήρηση. (Τασούλας Α., 2009)

## 2.4. ΑΝΙΧΝΕΥΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η ανιχνευτική συντήρηση θεωρείται ότι είναι η πιο ελπιδοφόρα μέθοδος που έχει ανακαλυφθεί τα τελευταία χρόνια. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο εδάφιο ή συγκεκριμένη συντήρηση έχει ανακάμψει κατά την εφαρμογή της προστατευτικής συντήρησης.

Οι πρώτες εφαρμογές της ανιχνευτικής συντήρησης πραγματοποιήθηκαν στην δεκαετία του '70. Ωστόσο, μέχρι και σήμερα δεν έχουν εκπληρωθεί όλοι οι στόχοι της και συνεχίζονται να πραγματοποιούνται πειραματικές μελέτες με σκοπό να δώσουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα της ανιχνευτικής συντήρησης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μέχρι σήμερα η εφαρμογή των μεθόδων της δίνει ικανοποιητικά τεχνικά αποτελέσματα. Όμως το κόστος των τεχνολογικών μέσων (συσκευές, όργανα) είναι ένα από τα βασικά της μειονεκτήματα. Αυτό έχει επισημανθεί από χρόνια και έχουν φανεί ήδη θετικά σημεία.

Επιπλέον, όλα αυτά μπορούν να επισημανθούν από τον ορισμό της ανιχνευτικής συντήρησης που παρουσιάζεται η συχνή παρακολούθηση του εξοπλισμού που είτε βρίσκεται σε καίρια θέση είτε όταν πραγματοποιεί κρίσιμη λειτουργία. Η ανίχνευση κάποιας επερχόμενης βλάβης, στην πρώτη βαθμίδα της εξέλιξης της, παρέχει χρόνο για τον προγραμματισμό διορθωτικής ενέργειας. Αντίθετα, το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης, προβλέπει ετήσια εκτίμηση. Έτσι, η σχεδίαση γίνεται θεωρητικά, βασισμένη σε ιστορικά στοιχεία.

### 2.4.1. 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 βελτίωση της ανιχνευτικής συντήρησης έχει προταθεί να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα 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. (Τασούλας Α., 2009)



#### **2.4.2. Κύρια μέσα πραγματοποίησης της ανιχνευτικής συντήρησης**

Τα κύρια μέσα πραγματοποίησης της ανιχνευτικής συντήρησης είναι τα ακόλουθα:

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

#### **2.4.3. Συγκρότηση συστήματος παρακολούθησης**

Η συγκρότηση συστήματος και παρακολούθηση αποτελείται από τέσσερις διαφορετικές ενέργειες. Οι ενέργειες αυτές είναι οι κάτωθι:

- ✓ Μέτρηση
- ✓ Μεταβίβαση πληροφοριών
- ✓ Επεξεργασία των πληροφοριών
- ✓ Αποτελέσματα

Για τη ανάπτυξη και την εισαγωγή των Συστημάτων Παρακολούθησης πρέπει να βρεθούν λύσεις για κάποια βασικά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά είναι ο διαχωρισμός των στοιχείων που πρέπει να παρακολουθούνται, το είδος των αισθητηρίων και ο τρόπος μεταβίβασης των πληροφοριών καθώς επίσης και τον τρόπο που πρέπει να χρησιμοποιούν οι χειριστές τα δεδομένα.

#### **2.4.4. Συμπεράσματα πρόσφατης μελέτης σχετικά με την εφαρμογή της ανιχνευτικής συντήρησης**

Πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στις ΗΠΑ κατέληξαν ότι περίπου διακόσια δισεκατομμύρια δολάρια ξοδεύονται κάθε χρόνο παγκοσμίως για τη συντήρηση εξοπλισμού. Επιπλέον, κατέληξαν ότι το 1/3 αυτού του ποσού κυριολεκτικά σπαταλιέται και αποτελεί μεγάλο εμπόδιο στην κατασκευή προϊόντων ποιότητας στην παγκόσμια αγορά. Η ανιχνευτική συντήρηση δίνει λύση στο πρόβλημα της σπατάλης. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα δίνουν τις αποδείξεις για την πραγματική μείωση των προαναφερόμενων σπαταλών.

Ένα πρόγραμμα ανιχνευτικής συντήρησης απαρτίζεται από τα κάτωθι:

#### ❖ Παρακολούθηση ταλαντώσεων

Ύστερα από έρευνα του Ινστιτούτου Ταλαντώσεων σε εκατοντάδες βιομηχανίες των ΗΠΑ, έγιναν εκτιμήσεις της φύσης των προγραμμάτων παρακολούθησης των ταλαντώσεων στη Βιομηχανία, καθώς και της αποτελεσματικότητας και του εύρους αυτών των προσπαθειών.

#### ❖ Υστέρηση στις βιομηχανίες

Υπάρχουν πολλά στοιχεία από τα οποία βγαίνει το συμπέρασμα ότι εξοικονομούνται μεγάλα ποσά από την εφαρμογή ανιχνευτικής συντήρησης. Σχετική ανάλυση αναφέρει ότι αν και η ανιχνευτικής συντήρησης έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση μεγάλων ποσών κάθε χρόνο, εντούτοις, πολλές μονάδες καθυστερούν να εφαρμόσουν προγράμματα ανιχνευτικής συντήρησης.

#### ❖ Επέκταση ζωής

Η Συντήρηση συνεπάγεται προγραμματισμένες και περιοδικές ενέργειες με σκοπό να διατηρηθεί ο εξοπλισμός στις λειτουργικές συνθήκες για τις οποίες έχει σχεδιασθεί, και να προληφθεί η καταστροφή του και για να επιμηκυνθεί η ζωή του.

#### ❖ Ανίχνευση και τάσεις

Τα αποτελέσματα της ανιχνευτικής συντήρησης χρησιμοποιούνται για να ανιχνευθούν, να δίνουν τις τάσεις και να παρακολουθούν τη λειτουργία του εξοπλισμού, ώστε να εκτελούνται οι προγραμματισμένες συντηρήσεις πριν ο εξοπλισμός υποστεί ζημιά.

#### ❖ Το δίλημμα

Ένα πρόγραμμα απαρτίζεται από διαφορές μεθόδους παρακολούθησης που αρχίζει από τις βασικές τεχνικές χρήσεις αισθητηρίων και φθάνει μέχρι experts systems. Τα διατιθέμενα προγράμματα παρακολούθησης της κατάστασης, παρέχουν στη βιομηχανία πρακτικές και φθηνές λύσεις στο δίλημμα του ασφαλούς προγραμματισμού συντήρησης και των ορθών διαγνωστικών μέσων. (Μαρκόπουλος Β., 2009)

## **2.5. Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΠΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΨΗ**

Η συντήρηση έχει την δυνατότητα να εξασφαλίσει σε μεγάλο βαθμό την αξιόπιστη λειτουργία ενός μηχανήματος, την επιμήκυνση της ωφέλιμης ζωής του και την διαθεσιμότητα του. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε συντήρηση πραγματοποιείται βάση προγράμματος. Επιπλέον, κάθε συντήρηση έχει κάποιο κόστος,

το οποίο εξαρτάται από τον εξοπλισμός ή τις βλάβες που μπορούν να προκύψουν κατά την διαδικασία της.

Αν προσπαθήσουμε να εξετάσουμε την συντήρηση από οικονομική άποψη και παίρνοντας υπόψη ότι ζούμε σε περίοδο κατά την οποία το κόστος του κεφαλαίου είναι υψηλό και δεν διαφαίνεται μείωση του, όπως επίσης το κόστος της ενέργειας είναι υψηλό και δεν διαφαίνεται μείωση της, τότε όλα αυτά παρά μόνο αύξηση παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια. (Τασούλας Α., 2009)

### **2.5.1. Ετήσια δαπάνη συντήρησης**

Οι υπεύθυνοι των συντηρήσεων δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στις δαπάνες που απαιτούνται για την υλοποίηση των συντηρήσεων. Η εκτίμηση των δαπανών αυτών γίνονται για την εφαρμογή προγραμμάτων συντήρησης σε Ηλεκτρικά Δίκτυα και προϋποθέτει την αναγωγή τους σε κάποια κοινή βάση, όμως παρουσιάζονται προβλήματα διότι οι επιχειρήσεις παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά αφορούν τα χαρακτηριστικά που απαρτίζονται σε ένα δίκτυο καθώς επίσης η πολιτική συντήρηση που ακολουθείται και ο τρόπος ταξινόμησης των δαπανών. Ωστόσο, οι διαφορές αυτές οφείλονται και στην διαφορετική ηλικία των δικτύων. Για να παρακαμφθούν οι διαφορές, συγκρίνονται τα εξής:

- ✓ Συνολικές δαπάνες συντήρησης
- ✓ Αντικατάστασης
- ✓ Ανακαίνισης.

Με αυτό έχουμε σαν αποτέλεσμα να πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των επιχειρήσεων που προσπαθούν και βελτιώνουν τον εξοπλισμό καθώς καταγράφονται και οι δαπάνες.

Η ετήσια δαπάνη για τις συντηρήσεις ενός Δικτύου Μεταφοράς αναφέρεται ως ποσοστό της αξίας του. Αυτή κυμαίνεται μεταξύ 1% έως και 14% και αυτό έχει προκύψει σύμφωνα με απαντήσεις Ηλεκτρικών Επιχειρήσεων σε σχετικό ερωτηματολόγιο της CIGRE-1991. Η πλειονότητα βρίσκεται στο 1% -1,5%. Σημειώνεται ότι οι δαπάνες συντήρησης αυξάνουν όσο αυξάνει η μέση ηλικία του Δικτύου.

### **2.5.2. Αποτελεσματικότητα των δαπανών συντήρησης**

Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας πρέπει να συγκριθούν οι δαπάνες συντήρησης προς τη ποιότητα της παρεχόμενης από την Επιχείρηση Ηλεκτρισμού ενέργειας. Η σύγκριση αυτή μέσα σε μια Επιχείρηση είναι επίπονη γιατί αφενός δυσχέρειες στον υπολογισμό των δαπανών συντήρησης και αφετέρου υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επιδρούν στους δείκτες ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας.

Πάντως, το συνολικό συμπέρασμα είναι ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της στάθμης των δαπανών συντήρησης και της στάθμης της ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας. Είναι δε μέσα στα πλαίσια των ενεργειών της Διοίκησης της Επιχείρησης η περαιτέρω μελέτη αυτού του θέματος ώστε να βρεθούν οι όροι της συσχέτισης. (Τασούλας Α., 2009)

### **2.5.3. Από την παραδοσιακή συντήρηση στην ανακαίνιση και στην Αντικατάσταση**

Η κατανομή των δαπανών που αφορούν τη συντήρηση, την αντικατάσταση και την ανακαίνιση παρουσιάζονται στην συνέχεια του αυτού του εδαφίου. Αυτή η κατανομή κυμαίνεται ευρέως και συνοπολογίζει τα κάτωθι:

- ✓ Τις διαφορές στην ηλικία των Δικτύων,
- ✓ Τις πολιτικές συντήρησης / αντικατάστασης / ανακαίνισης
- ✓ Τις λογιστικές πρακτικές Σε κάθε περίπτωση οι δαπάνες για τη συντήρηση είναι κατά μέσο όρο ίσες με το 70% περίπου των συνολικών δαπανών.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην χρονική στιγμή κατά την οποία αποφασίζεται το πέρασμα από τη πολιτική της παραδοσιακής συντήρησης στη πολιτική της αντικατάστασης ή της ανακαίνισης.

Οι πειραματικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν απέδειξαν ότι το πέρασμα αυτό έχει σχέση με την ηλικία του δικτύου. Όμως δεν είναι λίγες οι επιχειρήσεις που δαπανούν μεγάλα ποσά είτε για ανακαίνιση είτε για αντικατάσταση αν και έχουν δίκτυα μικρής ηλικίας. Αντίθετα υπάρχουν επιχειρήσεις ηλεκτρισμού που έχουν δίκτυα μεγάλης ηλικίας και παρόλα αυτά δεν προχωρούν στην αντικατάσταση (μεμονωμένων μηχανημάτων) ούτε στην ανακαίνιση (ανασχεδιασμό του δικτύου).

### **2.5.4. Η περίπτωση ηλεκτρογεννήτριας**

Υπάρχουν διάφορες στρατηγικές που έχουν την δυνατότητα να εξασφαλίσουν και να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες ενός συστήματος – εξοπλισμού. Οι πιο σημαντικές είναι αναφέρονται παρακάτω:

- ✓ Προληπτική συντήρηση
- ✓ Εφαρμογή της παρακολούθησης της κατάστασης
- ✓ Εφεδρεία
- ✓ Λειτουργούσα Εφεδρεία

Η προληπτική συντήρηση έχει σχέση με τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής και με τους ρυθμούς φθοράς του εξοπλισμού. Η εφαρμογή της παρακολούθησης της κατάστασης είναι μια άλλη μορφή συντήρησης και χρησιμοποιεί ειδικά όργανα και

συσκευές που είναι υψηλού κόστους. Βέβαια προλαμβάνει μεγάλες βλάβες και ελαχιστοποιεί το κόστος της προληπτικής συντήρησης.

Η εφεδρεία, δηλαδή η πλήρη σειρά ανταλλακτικών, έχει την δυνατότητα είτε να μειώνει είτε να εξαλείφει το κόστος της προληπτικής συντήρησης. Η λύση αυτή είναι αρκετά δαπανηρή γιατί για την υλοποίηση της θα πρέπει να πραγματοποιηθούν δοκιμές στον εφεδρικό εξοπλισμό με σκοπό την αποτελεσματική χρήση του. Συμπερασματικά λοιπόν και η λειτουργούσα εφεδρεία είναι επίσης δαπανηρή λύση. Πρέπει να εκτιμηθεί το μέγεθος της εφεδρείας αυτής σε συνάρτηση προς τις λειτουργικές ανάγκες.

Ωστόσο, η επιλογή της μιας ή της άλλης πολιτικής, θα προκύψει από τη συνεκτίμηση διαφόρων παραγόντων. Ο βασικός παράγοντας επιλογής είναι το κόστος που παρουσιάζεται για την κάθε πολιτική.

Συγκεκριμένα στην περίπτωση μίας μεγάλης ηλεκτρογεννήτριας υδροηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει μελέτη η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η φθηνότερη συντήρηση επιτυγχάνεται με την εφαρμογή συστήματος παρακολούθησης της κατάστασης. Βέβαια πριν από οποιαδήποτε απόφαση για τον καθορισμό της πολιτικής που θα εφαρμοσθεί πρέπει να εξετασθούν και οι κίνδυνοι αβεβαιότητας. (Τασούλας Α., 2009)

### **2.5.5. Η περίπτωση μετασχηματιστή ισχύος**

Ένα από τα βασικότερα θέματα που αφορούν τις δαπάνες είναι η συντήρηση του μετασχηματιστή ισχύος. Η περίπτωση αυτή θεωρείται ένα από τα σπουδαιότερα τμήματα της συντήρησης αφού αυξάνει αρκετά τις δαπάνες της. Σε αυτό το εδάφιο θα πραγματοποιηθεί μια προσεγγιστική εκτίμηση των δαπανών συντήρησης μετασχηματιστών ισχύος.

Η εκτίμηση αυτή αντιμετωπίζεται αποκλειστικά οικονομικά και δεν λαμβάνονται υπόψη η τεχνολογική πρόοδος η οποία ενδέχεται να λάβει χώρα στο διάστημα της εκμετάλλευσης του μετασχηματιστή ούτε τυχαία μεγάλη βλάβη που συνεπάγεται την αντικατάσταση του.

#### **❖ *Μετασχηματιστής ισχύος, μέσης τάσης (20/0,4kV), 1000kVA***

Υποθέτουμε ότι η ετήσια δαπάνη για την συντήρηση του ανέρχεται στο 1,25% του κόστους προμήθειας, μεταφοράς και εγκατάστασης του. Αυτό σημαίνει ότι για τα 20 χρόνια εκμετάλλευσης του θα δαπανηθούν (20χρόνια \*1,25% = 25% ) πλέον 340€ για μια διήθηση του λαδιού στο διάστημα των 20 χρόνων.

Αν αποφασισθεί η συνέχιση της χρήσης του ίδιου μετασχηματιστή για ακόμα 20 χρόνια, αφού έχει προηγηθεί συστηματική προστατευτική συντήρηση, τότε το κόστος για δύο διηθήσεις του λαδιού στο διάστημα της δεύτερης εικοσαετίας (μια διήθηση στα 20 χρόνια και μια στα 30 χρόνια λειτουργίας) θα ανέρχεται στα 680€.

Η συνολική δαπάνη συντήρησης και διηθήσεων ανέρχεται στο 50% του κόστους

προμήθειας, μεταφοράς και εγκατάστασης πλέον 1200 €. Συμπερασματικά λοιπόν είναι εφικτό με το 50% του συνολικού κόστους ενός μετασχηματιστή να διατηρήσουμε τον παλιό μετασχηματιστή σε λειτουργία κερδίζοντας το άλλο 50%.

❖ **Μετασχηματιστής υψηλής τάσης (150/20KV), 50MVA**

Υποθέτουμε ότι η ετήσια δαπάνη για τη συντήρηση του ανέρχεται στο 0,75% του κόστους προμήθειας, μεταφοράς και εγκατάστασης του. Αυτό σημαίνει ότι για τα 25 χρόνια της εκμετάλλευσης του θα δαπανηθούν (25 χρόνια \* 0,75=18,75%) για το προαναφερόμενο κόστος δηλαδή 2000 € για μια διήθηση του λαδιού στο διάστημα των 25 χρόνων και για χρωματογραφικές αναλύσεις.

Αν αποφασισθεί η συνέχιση της χρήσης του ίδιου μετασχηματιστή για 25 επί πλέον χρόνια, αφού έχει προηγηθεί συστηματική προστατευτική συντήρηση, τότε για το διάστημα αυτό θα δαπανηθούν συνολικά 6000 € για 2 διηθήσεις του λαδιού στο διάστημα της δεύτερης 25ετίας (μια διήθηση στα 25 χρόνια και μια στα 37 χρόνια λειτουργίας), για χρωματογραφικές αναλύσεις και για διαγνωστική μελέτη.

Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα για την συντήρηση που πραγματοποιείται το 37,5% του κόστους του μετασχηματιστή και το κόστος του ανέρχεται πλέον στα 8000 €. Το ποσό αυτό ισοδυναμεί προς το 40% του κόστους του δεύτερου μετασχηματιστή για την δεύτερη 25ετία. Συμπερασματικά λοιπόν είναι εφικτό με το 40% του συνολικού κόστους ενός μετασχηματιστή να διατηρήσουμε τον παλιό μετασχηματιστή σε λειτουργία. (Τασούλας Α., 2009 ; Μαρκόπουλος Β., 2009)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

### 3.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Σ.Η.Ε)

Ως Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε) ορίζεται το σύνολο των εγκαταστάσεων και μέσων, τα οποία χρησιμεύουν στην εξυπηρέτηση αναγκών ενός συνόλου καταναλωτών σε ηλεκτρική ενέργεια. Ο στόχος ενός τέτοιου συστήματος είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε μια εξυπηρετούμενη περιοχή καταναλώσεως. Η ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει μια συνεχή ροή από το σημείο που παράγεται έως το σημείο που θα καταναλωθεί, αυτό συμβαίνει γιατί η αποθήκευση της είναι αδύνατη. Αποτέλεσμα αυτού είναι η άμεση κατανάλωση της.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στους σταθμούς παραγωγής ενώ η μεταφορά της σε μεγάλες ποσότητες από τα εργοστάσια παραγωγής στις περιοχές καταναλώσεως γίνεται με τις γραμμές υψηλής τάσεως που δεν ξεπερνούν τα 220 kV και υπερύψηλης τάσεως που δεν ξεπερνούν τα 500kV, οι οποίες μεταφέρουν την ενέργεια σε κεντρικά σημεία του δικτύου, τους υποσταθμούς, από όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής μέσης τάσεως που διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσεως 380/220 V.

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ποικίλουν βάση του μεγέθους τους. Ωστόσο, υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι τριφασικά εναλλασσόμενου ρεύματος, συχνότητας 50 ή 60 Hz. Όμως πρέπει να τονίσουμε ότι υπάρχουν και ειδικές περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται συστήματα συνεχούς ρεύματος για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η ονομαστική τάση λειτουργίας παραμένει σταθερή. Οι γραμμές μεταφοράς μέσης τάσης έχουν τρεις αγωγούς φάσεων. Τα τριφασικά συστήματα ρευμάτων είναι συμμετρικά, με ίσα τα μεγέθη των τριών φάσεων και γωνιακές τους αποκλίσεις  $120^\circ$  μεταξύ τους. Η ροή είναι συνεχής και κάνει την λειτουργία τους πιο ομαλή και αποδοτική.

Επίσης θα πρέπει να εξασφαλίζονται και να ικανοποιούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας:

- ❖ Πρέπει να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση. Η ζήτηση πραγματικής και άεργου ισχύος μεταβάλλεται με τον χρόνο, και το σύστημα πρέπει να ικανοποιεί αυτή τη συνεχώς μεταβαλλόμενη ζήτηση.
- ❖ Η παρεχόμενη ενέργεια πρέπει να ικανοποιεί ορισμένους όρους ποιότητας. Τρεις βασικοί παράγοντες συνιστούν την ποιότητα αυτή:
  - ✓ Σταθερή συχνότητα
  - ✓ Σταθερή τάση
  - ✓ Υψηλή αξιοπιστία τροφοδοτήσεως

- ❖ Η ενέργεια πρέπει να παρέχεται με τα ελάχιστα οικονομικά και οικολογικά κόστη.

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας από απόψεως εκτάσεως διακρίνονται στα εξής:

- ✓ Εθνικά Συστήματα
- ✓ Περιφερειακά Συστήματα
- ✓ Ιδιωτικά Συστήματα

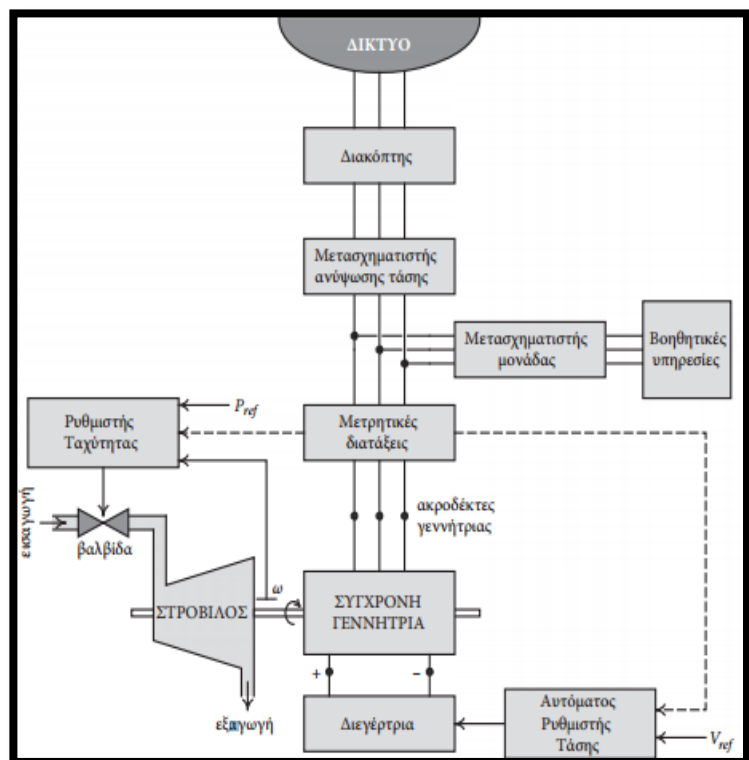
Θα πρέπει να καλύπτουν είτε το σύνολο μιας χώρας, είτε το σύνολο μιας γεωγραφικής περιοχής, είτε τις ανάγκες μεμονωμένου ιδιωτικού συγκροτήματος. Η δομή του συστήματος έχει πρωτεύουσα σημασία για τη γεωγραφική διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ιδιότητα, η οποία χαρακτηρίζει τη δομή και τη σύνθεση του συστήματος είναι το μέγεθος του συστήματος. Όμως η πολυπλοκότητα ενός ηλεκτρικού δικτύου παρουσιάζεται ακόμη και στα πιο μικρά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. (Τσιρούλης Κ., 2009)

### 3.2. ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Σ.Η.Ε)

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνεται στα εξής ειδικότερα συστήματα:

- ❖ Σύστημα Παραγωγής:

Το σύστημα παραγωγής περιλαμβάνει τους σταθμούς παραγωγής, όπου παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα, μαζί με τους υποσταθμούς ανυψώσεως της τάσεως του δικτύου, και τους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσεως σε μέση τάση προς τροφοδότηση των δικτύων διανομής



**Εικόνα 3.1:** Απεικόνιση συστήματος μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. (Γιαννακόπουλος Γ. ; Βόβος Ν., 2008)



- ❖ *Σύστημα Διασυνδέσεως και Μεταφοράς:* Με το Σύστημα Μεταφοράς η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τους σταθμούς παραγωγής προς τις περιοχές καταναλώσεως
- ❖ *Σύστημα Υπομεταφοράς:* Το σύστημα υπομεταφοράς διανέμει ηλεκτρική ενέργεια σε έναν αριθμό υποσταθμών διανομής που βρίσκονται σε κάποια γεωγραφική περιοχή σε ένα επίπεδο τάσης που τυπικά κυμαίνεται μεταξύ 23 kV και 150 kV. Αυτό δέχεται την ενέργεια είτε κατευθείαν από σταθμούς παραγωγής είτε από το σύστημα μεταφοράς μέσω υποσταθμών (ζεύξεως ή/και μετασχηματισμού).
- ❖ *Σύστημα Διανομής:* Το Σύστημα Διανομής περιλαμβάνει δύο επίπεδα τάσης διανομής:
  - ✓ Η πρωτεύουσα τάση ή τάση τροφοδοσίας (π.χ. 15 kV) που χαρακτηρίζεται και μέση τάση (**MT**)
  - ✓ Η δευτερεύουσα τάση ή τάση κατανάλωσης (π.χ. 220 V) που χαρακτηρίζεται και χαμηλή τάση (**XT**)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με τα δίκτυα διανομής η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στις μικρότερες περιοχές φορτίου, και παρέχεται στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης. Ένα σύστημα παραγωγής μπορεί να λειτουργεί είτε μεμονωμένο είτε διασυνδεδεμένο με ένα ή περισσότερα άλλα γειτονικά συστήματα. Επιπλέον τονίζεται ότι σε ένα καινούριο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας δεν υπάρχει σύστημα υπομεταφοράς.

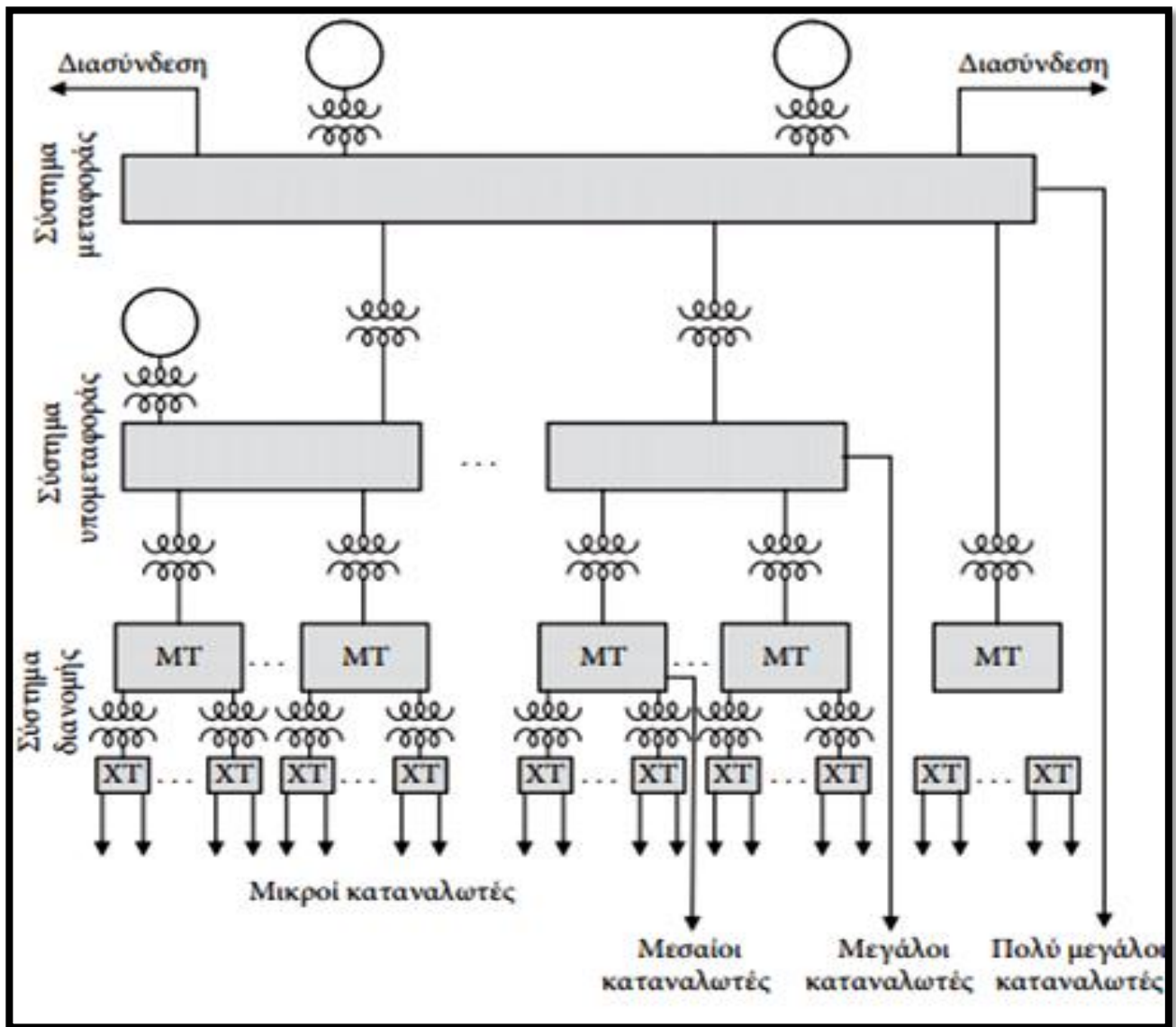
Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσεως. Η μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται με υψηλή τάση, διότι συνεπάγεται μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και συνεπώς οικονομικότερη λειτουργία. Χρησιμοποιούνται διάφορες βαθμίδες τάσεως μεταφοράς, αναλόγως της αποστάσεως και του μεγέθους της ισχύος που πρέπει να μεταφερθεί. Οι εφαρμοζόμενες διεθνώς τάσεις μεταφοράς έχουν τις παρακάτω τιμές:

- |          |           |
|----------|-----------|
| ✓ 66 kV  | ✓ 345 kV  |
| ✓ 110 kV | ✓ 400 kV  |
| ✓ 132 kV | ✓ 500 kV  |
| ✓ 138 kV | ✓ 750 kV  |
| ✓ 150 kV | ✓ 1100 kV |
| ✓ 220kV  | ✓ 1500 kV |
| ✓ 275 kV | ✓ 2000 kV |

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι τρεις τελευταίες τιμές βρίσκονται υπό μελέτη και αφορούν το μέλλον. Οι εν λειτουργία τάσεις μπορούν να διαχωριστούν και να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Από 66 έως 220 kV αποτελούν τη βαθμίδα των υψηλών τάσεων (**YT**)
- Από 275 έως και 500 kV τη βαθμίδα των υπερύψηλων τάσεων (**YYT**)
- Άνω των 500 kV τη βαθμίδα των εξαιρετικά υψηλών τάσεων (**EYT**).

Ωστόσο, δεν πρέπει να παραληφθεί ότι έχουμε κυρίως μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας με εναλλασσόμενο ρεύμα ενώ η μεταφορά με συνεχές είναι περιορισμένη.



**Εικόνα 3.2:** Δομή συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.  
(Γιαννακόπουλος Γ. ; Βόβος Ν., 2008)

Οι εναλλακτήρες των σταθμών παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια με τάση 15 kV ή 20 kV. Η τάση των 15 kV ή 20 kV είναι χαμηλή ώστε να μην ενδείκνυται να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις, λόγω μεγάλων απωλειών. Έτσι η τάση ανυψώνεται στα 150 kV ή 400 kV και μετά με τη γραμμή μεταφοράς μεταφέρεται κοντά στους καταναλωτές. Ελάχιστοι καταναλωτές τροφοδοτούνται με τάση 150 kV, οι καταναλωτές αυτοί θεωρούνται Πελάτες Υψηλής Τάσης.

Η ηλεκτρική ενέργεια, όπως προαναφέρθηκε, διανέμεται με Μ.Τ. στους μεγάλους καταναλωτές όπως βιομηχανίες, ενώ στους μικρούς όπως σπίτια, καταστήματα και βιοτεχνίες, με Χ.Τ. Έτσι υπάρχει ανάγκη και άλλων μετασχηματιστών από Υ.Τ. ή Υ.Υ.Τ. σε Μ.Τ. και μετά από Μ.Τ. σε Χ.Τ. Άρα εκτός από τα παραπάνω θα πρέπει να γίνει η διασύνδεση των σταθμών του συστήματος μιας και από κάπου πρέπει να ξεκινούν οι γραμμές μεταφοράς και διανομής. Όλες οι προαναφερόμενες απαιτήσεις καλύπτονται από τον σχεδιασμό των υποσταθμών (Υ/Σ). (Τασούλας Α., 2009)

### 3.3. ΕΙΔΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ (ΥΣ)

Ως υποσταθμός ορίζεται μια ηλεκτρική εγκατάσταση στη οποία πραγματοποιούνται τα εξής:

- Μετασχηματισμός τάσης
- Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

Οι γραμμές μεταφοράς αναχωρούν από τους υποσταθμούς και καταλήγουν πάλι σε αυτούς, δηλαδή λειτουργούν σαν κόμβοι του δικτύου. Οι υποσταθμοί στους οποίους συνδέονται απλώς γραμμές, χωρίς απαραίτητως να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως, λέγονται υποσταθμοί ζεύξεως ή διασυνδέσεως.

Στην περίπτωση που πραγματοποιείται και μετασχηματισμός τάσης από μία βαθμίδα τάσης σε μια χαμηλότερη, τότε πρόκειται για υποσταθμό μετασχηματισμού ή υποσταθμό υποβιβασμού ή και υποσταθμό ζεύξεως και μετασχηματισμού. Αντίστοιχοι προς τους υποσταθμούς υποβιβασμού είναι οι υποσταθμοί ανυψώσεως, οι οποίοι βρίσκονται και ανήκουν στους σταθμούς παραγωγής και στους οποίους γίνεται ανύψωση της τάσεως από την τιμή της τάσεως παραγωγής - η οποία κυμαίνεται από 6 έως 20 kV - στην τιμή της τάσεως μεταφοράς.

Τα στοιχεία συνδέσεως των γραμμών στους υποσταθμούς ονομάζονται ζυγοί, σε αυτούς δε οι γραμμές συνδέονται μέσω των διακοπών. Οι διακόπτες με την σειρά τους χρησιμοποιούνται για την είτε για την διακοπή είτε για την αποκατάσταση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος. Επιπλέον, οι μετασχηματιστές στους οποίους μετασχηματίζεται η ισχύς και αλλάζει η τάση, αποτελούν τις σπουδαιότερες συσκευές ισχύος των δικτύων μεταφοράς.

Οι υποσταθμοί μεταφοράς έχουν την δυνατότητα να είναι:

- Υπαίθριοι: τα μηχανήματα υψηλής και μέσης τάσης βρίσκονται εγκατεστημένα στο ύπαιθρο
- Εσωτερικού χώρου: τα μηχανήματα βρίσκονται μέσα σε κλειστό στεγασμένο χώρο.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ανάλογα με την περίπτωση που θέλουμε να εγκατασταθούν τα μηχανήματα, κατασκευάζονται κατάλληλα σύμφωνα με τον χώρο και τις προδιαγραφές του. Επίσης, τα μηχανήματα που είναι εγκατεστημένα στο ύπαιθρο όπως είναι τα μηχανήματα υψηλής και μέσης τάσεως αποτελούνται από κάποια βοηθητικά μηχανήματα που είναι εγκατεστημένα σε κλειστό χώρο και συγκεκριμένα στην αίθουσα χειρισμών. Τέτοια μηχανήματα είναι οι ηλεκτρονόμοι προστασίας, οι πίνακες χειρισμών, τα συγκρότημα συστοιχίας-φορτιστή κ.ά. (Τασούλας Α., 2009 ; Μαρκόπουλος Β., 2009)

### **3.3.1. Υποσταθμοί μεταφοράς**

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο εδάφιο οι ΥΣ μεταφοράς διακρίνονται σε ανυψώσεως, υποβιβασμού και ζεύξεως. Συνήθως όμως οι ΥΣ είναι μικτοί, δηλαδή ανυψώσεως και ζεύξεως συγχρόνως ή υποβιβασμού και ζεύξεως κ.λπ.

#### **❖ Υποσταθμοί ανυψώσεως**

Ένας ΥΣ ανυψώσεως βρίσκεται συνήθως στο σταθμό παραγωγής. Σκοπός τους είναι να προσδιορίζει την ανύψωση της τάσης παραγωγής στη τάση μεταφοράς. Κοντά στο χώρο του ΥΣ ανυψώσεως βρίσκονται και οι 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 εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν τον ΥΣ εσωτερικής υπηρεσίας.

Ο ΥΣ αυτός τροφοδοτείται και από τη γεννήτρια του σταθμού και από τις γραμμές μεταφοράς με μετασχηματιστή υποβιβασμού 150/15 kV, ώστε σε περίπτωση βλάβης της γεννήτριας να υπάρχει ρεύμα στο σταθμό για τη τροφοδότηση των βοηθητικών εγκαταστάσεων. Τα κύρια μηχανήματα ενός ΥΣ ανυψώσεως είναι τα κάτωθι:

- Ο ΜΣ που ανυψώνει την τάση παραγωγής στη τάση μεταφοράς (συνήθως 15 ή 20 kV σε 150 ή 380 kV)
- Οι διακοπές ισχύος και οι αποζεύκτες που χρειάζονται για τη διακοπή της ηλεκτρικής συνέχειας των γραμμών.
- Οι ζυγοί (μπάρες) για τη διακλάδωση των γραμμών
- Διάφορα βοηθητικά μηχανήματα (ΜΣ τάσεως και εντάσεως, αλεξικέραυνα κ.λπ.)
- Η ισχύς των ΥΣ ανυψώσεως εξαρτάται από τη παραγόμενη ενέργεια στο σταθμό.

#### **❖ Υποσταθμοί υποβιβασμού**

Ο ΥΣ υποβιβασμού έχει ως στόχο τον υποβιβασμό της τάσης μεταφοράς είτε των 150 kV είτε 380 kV στη μέση τάση διανομής 15 ή 20 kV. Για την τοποθέτηση ενός

τέτοιου υποσταθμού πραγματοποιείται αρχικά τεχνοοικονομική μελέτη. Ο χώρος που γίνεται η εγκατάσταση βρίσκεται μακριά από πόλεις διότι υπάρχουν τεχνικοί λόγοι, λόγοι ασφαλείας καθώς επίσης και λόγοι καλαισθησίας. Τέτοιοι υποσταθμοί κατασκευάζονται συνήθως σε περιοχές που παρουσιάζουν μεγάλες καταναλώσεις, όπως για παράδειγμα βιομηχανικές περιοχές.

Ο αριθμός των ΥΣ υποβιβασμού καθορίζεται από τα κάτωθι:

- ✓ Ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας των διάφορων περιοχών
- ✓ Εμβέλεια των γραμμών διανομής που είναι περίπου 70 χιλιόμετρα.

Στην περίπτωση που πρέπει να κατασκευαστεί ΥΣ μέσα σε πόλη τότε προτιμάται η κατασκευή ΥΣ κλειστού τύπου μέσα σε ειδικά κλειστά κτίρια κατάλληλης κατασκευής και με μηχανήματα μελετημένα για εσωτερικό χώρο. Η τροφοδότηση των ΥΣ αυτών καθώς και των καταναλώσεων γίνεται με υπόγεια καλώδια.

#### ❖ *Υποσταθμοί διανομής*

Ο ΥΣ διανομής έχει την δυνατότητα να πραγματοποιεί έναν δεύτερο υποβιβασμό της τάσης. Στην ουσία υποβιβάζει την μέση τάση των 15 ή 20 kV στην τάση κατανάλωσης 220/380 kV. Οι ΥΣ διανομής ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται στους εξής υποσταθμούς:

- ✓ Εναέριους
- ✓ Επίγειους
- ✓ Υπόγειους.

Στην συνέχεια του εδάφιου θα αναλυθούν και θα αναφερθούν τα χαρακτηριστικά κάθε τύπου υποσταθμού.

#### *ΥΣ Εναέριοι*

Ο τύπος των εναέριων ΥΣ κατασκευάζεται πάνω σε στύλους. Χρησιμοποιείται όπου επιτρέπεται η εγκατάσταση του βάσης του νομοθετικού πλαισίου, διότι δεν πρέπει να επιβαρύνει - υποβαθμίζει το περιβάλλον. Ακόμα, οι υποσταθμοί αυτοί χρησιμοποιούνται εκεί που οι ηλεκτρικές γραμμές είναι εναέριες και το μέγεθός τους δεν ξεπερνά συνήθως τα 250 kVA σε εγκατεστημένη ισχύ. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των εναέριων υποσταθμών είναι η απλότητα και η φθηνή κατασκευή τους.

Σαν στύλοι στους ΥΣ αυτούς χρησιμοποιούνται κάθε είδους στύλοι ηλεκτρικών γραμμών, κατάλληλοι να κρατούν το βάρος του μετασχηματιστή και των συσκευών μέσης και χαμηλής τάσης. Δίδυμοι στύλοι, ζευγάρια από δίδυμους ξύλινους στύλους ή δικτυωτοί σιδερένιοι στύλοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση εναέριου ΥΣ.

Επιπλέον θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι συσκευές μέσης τάσης στους εναέριους ΥΣ μετασχηματισμού είναι οι εξής:

- ✓ Οι διακόπτες ηλεκτρικής ισχύος
- ✓ Οι συντηκτικές ασφάλειες.

Οι συντηκτικές ασφάλειες μέσης τάσης χρησιμεύουν για την αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης του μετασχηματιστή από τη γραμμή μέσης τάσης σε περίπτωση υπερφορτίσεως του, ή σφάλματος. Στην πλευρά χαμηλής τάσης χρησιμοποιούνται σε κάθε γραμμή που αναχωρεί συντηκτικές ασφάλειες.

#### ΥΣ Επίγειοι

Οι επίγειοι υποσταθμοί διακρίνονται στους:

- a) **Επίγειοι ΥΣ εσωτερικού τύπου:** Οι επίγειοι ΥΣ εσωτερικού τύπου κατασκευάζονται εκεί όπου το μέγεθος ισχύος ή ο χώρος δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση εναέριου ΥΣ. Οι ΥΣ έχουν την δυνατότητα να τοποθετούνται είτε μέσα σε κτίρια που υπάρχουν, είτε μέσα σε ιδιαίτερα οικοδομήματα, είτε μέσα σε ειδικά μεταλλικά περίπτερα. Η διάταξη ΥΣ σε κλειστό χώρο απαιτεί να ληφθούν ειδικά μέτρα για να εξασφαλισθεί ο αερισμός έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να μη φθάσει σε επικίνδυνα όρια για τη λειτουργία του μετασχηματιστή και των άλλων ηλεκτρικών συσκευών και καλωδίων.
- b) **Επίγειοι ΥΣ υπαίθριοι:** Οι επίγειοι υπαίθριοι ΥΣ κατασκευάζονται εκεί όπου χρειάζεται ισχύς μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη των εναέριων ΥΣ. Επιπλέον, οι τοπικές συνθήκες θα πρέπει να επιτρέπουν την υπαίθρια εγκατάσταση των μηχανημάτων του ΥΣ. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται το μεγαλύτερο μέρος της δαπάνης που απαιτείται για να κατασκευαστεί κτίριο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αρκετές φορές χρησιμοποιούνται τα ίδια μηχανήματα και διατάξεις όπως στους ΥΣ εσωτερικού τύπου, οι δε κυψέλες αναχώρησης περικλείονται μέσα σε μεταλλικό περίπτερο και συνδέονται με καλώδια με το μετασχηματιστή που είναι εγκατεστημένος στο υπαίθρο.

#### ΥΣ Υπόγειοι

Οι Υπόγειοι ΥΣ κατασκευάζονται κάτω από την επιφάνεια της γης. Αυτού του τύπου ΥΣ κατασκευάζονται συνήθως σε κεντρικά σημεία πόλεων και σε θέσεις που δεν είναι εύκολη η κατασκευή υπέργειου ΥΣ. Για την εγκατάσταση τους χρειάζεται βασικά μια υπόγεια οικοδομή, ωστόσο, αυτό δεν είναι αρκετό διότι θα πρέπει και οι συνθήκες κάτω από το έδαφος να είναι κατάλληλες ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η κατασκευή του κτιρίου.

Για την σωστή λειτουργία της εγκατάστασης θα πρέπει ο υπόγειος υποσταθμός (κτίριο) να αποτελείται από στεγανά και ανθεκτικά τοιχώματα, δάπεδα και οροφές. Ωστόσο ένα από τα πιο δύσκολα σημεία στην κατασκευή των ΥΣ αυτών είναι η εξασφάλιση της κυκλοφορίας του αέρα για την ψύξη. Για το σκοπό αυτό ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες χρησιμοποιούνται διάφορες διατάξεις που εξασφαλίζουν την κυκλοφορία του αέρα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να μπουν μέσα νερά. Επίσης πρέπει να υπάρχει κατάλληλο χαντάκι για τη συγκέντρωση του λαδιού του μετασχηματιστή σε περίπτωση διαρροής. (Τσιρούλης Κ., 2009)

### **3.4. ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΑΣΕΩΣ 150/20 kV**

Η απόσταση μεταφοράς παίζει καθοριστικό ρόλο για το κόστος ενέργειας που μεταφέρεται καθώς επίσης για την πώση τάσης του ρεύματος και την απώλεια ισχύος. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι ότι μια ορισμένη τάση μπορεί να εξυπηρετήσει καταναλώσεις που βρίσκονται μέσα σε μια ορισμένη απόσταση. Στην περίπτωση που ξεπεραστεί το όριο της μέγιστης αυτής απόστασης θα πρέπει να αυξηθούν οι διατομές των γραμμών ώστε στο τέλος να καθίσταται αντιοικονομική η κατασκευή.

Κάνοντας λόγο για το Εθνικό δίκτυο της χώρας μας (Ελλάδα) έχουν καθοριστεί σαν τάση μεταφοράς τα 400 kV, 150 kV και τα 20 kV ή 15 kV σε παλιές γραμμές. Οι λόγοι που κατασκευάζονται Υ/Σ 150/20 kV είναι:

- Προστασία του Δικτύου των γραμμών
- Οικονομική εμβέλεια της μέσης τάσης των 20 kV είναι γύρω στα 70 km
- Όταν υπάρχει κάπου μια μεγάλη κατανάλωση π.χ. Μια ηλεκτροβόρα βιομηχανία σε απόσταση έστω και μικρότερης των 70 km από Υ/Σ που υπάρχει.

Η ανάπτυξη Υ/Σ 150/20 kV που ακολουθεί αφορά τους δύο τελευταίους λόγους κατασκευής δηλαδή χαρακτηρίζονται σαν Υ/Σ υποβιβασμού τάσεως 150/20 kV. Εν πάση περιπτώσει, η εκλογή της ακριβούς θέσεως του Υ/Σ είναι αποτέλεσμα τεχνικοοικονομικής μελέτης που γίνεται από την Διεύθυνση Προγραμματισμού και στην οποία φτάνουν όλες οι απαιτήσεις της Διανομής. Πάντως οι Υ/Σ γενικά στην Ελλάδα είναι υπαίθριου τύπου και βρίσκονται έξω από πόλεις γιατί αφενός μεν τα οικόπεδα εκεί είναι φθηνά, αφετέρου μειώνεται ο κίνδυνος για τους κατοίκους από τον Υ/Σ και από τις γραμμές υψηλής τάσης που φτάνουν μέχρι εκεί.

Οι Υ/Σ γενικά στην Ελλάδα είναι υπαίθριου τύπου με ένα Κτίριο Ελέγχου για να στεγάζονται τα μηχανήματα και τα όργανα που δεν επιτρέπεται να λειτουργούν στο ύπαιθρο. Η γραμμή των 150 KV μπορεί να τερματίζει στον Υ/Σ οπότε είναι αντέννα, συνήθως όμως απλά περνάει από τον Υ/Σ για να τον τροφοδοτήσει και ξαναφεύγει. Στην είσοδο και στην έξοδο της γραμμής τοποθετούνται χειροκίνητοι A/Z 150 kV με γειωτές για να μπορούν να απομονώσουν πλήρως τον Υ/Σ.

Το ρεύμα οδηγείται στις μπάρες ή στους ζυγούς των 150 kV. Οι μπάρες ή ζυγοί αποτελούνται είτε από σωλήνες οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι είτε από χαλκό είτε από από αγωγούς που μοιράζουν το ρεύμα στον Υ/Σ. Ένας Υ/Σ μπορεί να έχει μια Πύλη ή Κυψέλη Μ/Σ Ισχύος ή και περισσότερες. Οι Μ/Σ αυτοί μετασχηματίζουν την τάση των 150 kV σε 20 kV (ή 15 kV) και είναι τα σπουδαιότερα και ακριβότερα μηχανήματα του Υ/Σ.

Υπάρχουν ποικίλα συστήματα προστασίας και κατά την έναρξη της λειτουργίας τους απομονώνουν τον Μ/Σ Ισχύος. Συγκεκριμένα η προστασία των μετασχηματιστών πραγματοποιείται κατά των εξής τρόπο, την πλευρά των 150 kV του Μ/Σ συνδέεται ένας Ηλεκτροκίνητος Α/Ζ (Ασφαλειοαποζεύκτη) και ένας Αυτόματος Διακόπτης 150 kV. Ωστόσο, με τον ίδιο τρόπο συνδέεται στην πλευρά των 20 kV του Μ/Σ ένας Αυτόματος Διακόπτης 20 kV. Οι διακόπτες αυτοί έχουν την δυνατότητα να είναι:

- ✓ Ελαιοδιακόπτες
- ✓ Αεροδιακόπτες
- ✓ Διακόπτες πτωχού ελαίου

Το άνοιγμα και το κλείσιμό τους μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτόματα, δηλαδή με εντολές που μπορούν να λάβουν από τα ρελαί της προστασίας. Ωστόσο, μπορούν να λάβουν κάποιες εντολές από κάποιον χειριστή. Συνήθως οι Υ/Σ 150/20 kV έχουν ένα μόνιμο προσωπικό τους «επιτηρητές» του Υ/Σ που κάνουν τους αναγκαίους χειρισμούς και καταγράφουν τις ενδείξεις των οργάνων μέτρησης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι διακόπτες 150 kV και 20 kV είναι διακόπτες ισχύος και πιο συγκεκριμένα με ισχύ διακοπής πολύ μεγαλύτερη από το κανονικό φορτίο. Αυτό συμβαίνει διότι οι διακόπτες αυτοί θα διακόψουν κάποτε, μετά από εντολές των Ηλεκτρονόμων προστασίας, φορτίο σε στιγμή που έχει συμβεί βραχυκύκλωμα.

Ωστόσο πειραματικές μελέτες από την Διεύθυνση Προγραμματισμού πραγματοποιούνται με σκοπό την μελέτη των βραχυκυκλωμάτων καθώς επίσης και την καταγραφή τιμών του ρεύματος σε τριφασικό και μονοφασικό προς γη βραχυκύκλωμα στο σημείο του Υ/Σ. Οι αναχωρήσεις των 20 KV αποτελούνται από ένα Διακόπτη 20 kV και από τρεις Α/Ζ 20 kV. Οι δύο Α/Ζ βρίσκονται εκατέρωθεν του Διακόπτη και ο τρίτος Α/Ζ δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης της αναχώρησης στους βοηθητικούς Ζυγούς των 20 kV.

Για την σωστή ένωση του εξοπλισμού και των βοηθητικών μηχανημάτων για τις μετρήσεις και τις τηλεπικοινωνίες κατασκευάζονται ειδικές σιδερένιες κατασκευές που αποτελούνται από δικτυώματα κατασκευασμένα από ελάσματα. Στην περίπτωση της μεταφοράς του ρεύματος προς την διανομή πραγματοποιείται με κατάλληλες μπάρες χαλκού. Επιπλέον, τονίζεται ότι μέσα στο Κτίριο Ελέγχου του Υ/Σ στεγάζονται:

- ✓ Το προσωπικό του Υ/Σ
- ✓ Τα όργανα μετρήσεων
- ✓ Τα ρελαί προστασίας
- ✓ Τα βοηθητικά ρελαί
- ✓ Τα όργανα χειρισμών από απόσταση
- ✓ Οι βοηθητικές παροχές



Η διαμόρφωση των Υ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, από τους οποίους τροφοδοτούνται τα δίκτυα ΜΤ, είναι βασικής σημασίας για την καλή λειτουργία των Δικτύων Διανομής. Η σύνδεση των Υ/Σ γίνεται μέσω ζυγών. Οι ζυγοί διαχωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες και η σύνδεση τους μπορεί να είναι είτε απλή είτε περισσότερη πολύπλοκη.

Τα τετραγωνικά που χρειάζεται ένας Υ/Σ για τις εσωτερικές του εγκαταστάσεις είναι αριθμητικά πολύ λιγότερα σε σχέση με αυτά που χρειάζεται για τις εξωτερικές του εγκαταστάσεις. Ωστόσο, υπάρχει ακόμα ανάγκη μεγαλύτερης μείωσης των τετραγωνικών των Υ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, όταν αυτά κατασκευάζονται στα κέντρα των πόλεων. Επιπλέον, η κατασκευή τους στην πόλη οδήγησε στην ανάπτυξη εξοπλισμού ΥΤ, του οποίου η μόνωση δεν βασίζεται στις μονωτικές ικανότητες του αέρα αλλά σε αέριο υπό πίεση (SF<sub>6</sub>) ή και στερεά μονωτικά. (Τασούλας Α., 2009 ; Τσιρούλης Κ., 2009) )

Η Διάταξη ενός Υ/Σ καθορίζεται από τον Υποτομέα Προμελετών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της "Μελέτης Αναπτύξεως του Συστήματος Μεταφοράς" που καταρτίζει η Διεύθυνση Προγραμματισμού. Όλα τα υλικά που χρησιμοποιεί ο Τομέας Μελετών Υ/Σ / ΔΜΚΜ αναφέρονται στους ειδικούς πίνακες Υπαιθρίου Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού.

Σύμφωνα με τον Τασούλας Α.(2009) οι γενικοί κανόνες πάνω στη χρήση του κυριότερου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού είναι οι εξής :

1. Οι Α/Ζ Γραμμών 150 kV είναι πάντοτε χειροκίνητοι με γειωτές. Η θέση που θα τοποθετηθούν εξαρτάται από τη διάταξη του Υ/Σ και ανάλογα διαλέγουμε τον κατάλληλο τύπο Α/Ζ.
2. Οι Α/Ζ 150 kV πυλών Μ/Σ είναι πάντοτε ηλεκτροκίνητοι. Για τη θέση τους και την εκλογή τους ισχύει ότι και για την περίπτωση (1). Ο Α/Ζ αυτός αλληλοασφαλίζεται με το διακόπτη των 150 kV ώστε να μην μπορεί να ανοίξει αν πρώτα δεν ανοίξει ο διακόπτης των 150 kV.
3. Για την απόξευση των Μ/Σ ισχύος χρησιμοποιούνται στην πλευρά των 150 kV διακόπτες 150 kV, με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που επιλέγονται όπως παραπάνω.
4. Στην πλευρά των 20 kV της πύλης του Μ/Σ εγκαθίσταται διακόπτης 20 kV, 1200 Α, που ονομάζεται Κεντρικός Διακόπτης της πύλης του Μ/Σ. Στην περίπτωση που έχει εγκατασταθεί στην πλευρά της υψηλής τάσεως έμβολο τεχνητού σφάλματος πρέπει να εγκατασταθεί οπωσδήποτε Κεντρικός Διακόπτης 20 kV. Οι διακόπτες των 20 kV διακρίνονται εκτός από την ονομαστική τους ένταση και για τους Μ/Σ Εντάσεως που φέρουν στους πόλους τους. Για τους κεντρικούς διακόπτες οι σχέσεις των Μ/Σ Εντάσεως δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία μια και δεν χρησιμοποιούνται και γι' αυτό το βραχυκυκλώνονται, εκτός εάν υπάρχει Διαφορική Προστασία Ζυγών. Συνήθως χρησιμοποιούνται διακόπτες με σχέσεις Μ/Σ.Ε. 2000/5 Α και 950-720/0.58 Α.

5. Όταν σε έναν Υ/Σ υπάρχουν δύο πύλες Μ/Σ 150/20 kV, χωρίζονται οι κύριοι Ζυγοί των 20 kV 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. Μόνο όταν ένας από τους Μ/Σ 40/50 MVA λειτουργεί μπορεί να κλείσει ο διασυνδεδετικός διακόπτης και να τροφοδοτηθούν τα φορτία του Υ/Σ (όσα σηκώνει) από αυτόν τον Μ/Σ. Οι Μ/Σ Εντάσεως του Διασυνδεδετικού Διακόπτη πρέπει να έχουν σχέση 950/0.58 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)
6. Μία πύλη 20 kV (ή 15 kV) αποτελείται, σαν εξοπλισμός, από έναν Διακόπτη 20 kV (ή 15 kV) και από τρας Α/Ζ 20 kV (15 kV) που δίνουν την δυνατότητα να συνδεθεί η πύλη στους Κύριους ή στους Βοηθητικούς Ζυγούς (Ζυγούς Μεταγωγής). Οι διακόπτες 20 kV που προμηθεύεται η ΔΝΕΜ τελευταία είναι 1200 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. Σημειώνεται ότι η τάση των 15 kV τείνει να εξαλειφθεί από το σύστημα.
7. Οι Μ/Σ ισχύος 150/20 kV (15 kV) που χρησιμοποιεί η ΔΝΕΜ είναι μεγέθους 40/50 MVA, διαφόρων κατασκευαστών. Με τις καινούριες παραγγελίες γίνεται προμήθεια Μ/Σ των δύο τελευταίων μεγεθών και με δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης τάσης. Από τους Μ/Σ αυτούς οι 40/50 MVA δεν μπορούν να παραλληλισθούν, γιατί ο υπόλοιπος εξοπλισμός δεν μπορεί να αντέξει στο μέγεθος του σφάλματος που θα εμφανιστεί σε περίπτωση παράλληλης λειτουργίας. Κάθε Μ/Σ φέρει πόλους της υψηλής τάσεως Μ/Σ Εντάσεως που χρησιμοποιούνται για τη Διαφορική Προστασία του Μ/Σ. Οι εσωτερικές προστασίες του Μ/Σ, π.χ. θερμοκρασία λαδιού BUCHHOLZ κ.τ.λ., είναι λίγο-πολύ ίδιες σε όλους, εξαρτώνται πάντως από τον κατασκευαστή.
8. Σαν βοηθητικός εξοπλισμός υπάρχουν ακόμη :
  - a. Τα τρία αλεξικέρανα στο δευτερεύον του Μ/Σ
  - b. Οι δύο Μ/Σ τάσεως 20-15 kv/ 100 V σε σύνδεση ανοικτού τριγώνου, που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις
  - c. Οι τρεις Μ/Σ 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 με το τύλιγμα τους κλάσεως 0.5820 και για προστασία με το τύλιγμα τους κλάσεως 5820
  - d. Ο Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας 75 kva για την τροφοδοσία των βοηθητικών φορτίων του Υ/Σ

- e. Ο πυκνωτής ζεύξεως και η κυματοπαγίδα που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες (φερέσυχνα)

Στους Υ/Σ μεταφοράς διακρίνουμε τα κυκλώματα:

- a. Υψηλής (150 kV) ή Υπερυψηλής (380 KV) τάσης Ε.Ρ.
- b. Μέσης Τάσης 20 kV (Στην περιοχή Αθήνας - Πειραιά είναι 22 kV). Σε σταθμούς παραγωγής η τάση αυτή είναι από 15 μέχρι 20 KV
- c. Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ 220/3 80 Ε.Ρ.
- d. Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ 110 V Σ.Ρ. Στους σταθμούς παραγωγής είναι 220 Σ.Ρ.
- e. Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ για τις μετρήσεις και λειτουργία των ηλεκτρονόμων.

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





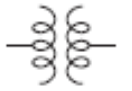

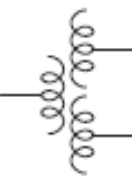


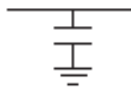
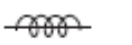






- 1. Εναέριο κύκλωμα ηλεκτρικής προστασίας
- 2. Δίκτυο γείωσης.

Σε κάθε υποσταθμό υπάρχει ιδιαίτερος μετασχηματιστής (Μ/Σ) (εσωτερικής υπηρεσίας) που καλύπτει τις ανάγκες σε Ε.Ρ. 220/380V. Τέτοιες ανάγκες είναι:

- 1. Φωτισμός και πρίζες
- 2. Θέρμανση αίθουσας χειρισμών
- 3. Λειτουργία κινητήρων των ανεμιστήρων για την ψύξη των Μ/Σ.

### **3.5. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

Στο εδάφιο αυτό θα αναπτυχθούν και θα εξεταστούν τα διάφορα μηχανήματα που είναι εγκατεστημένα στους ΥΣ μεταφοράς. Κατά την περιγραφή του εξοπλισμού – μηχανήματα θα αναφερθούν και κάποια βασικά θεωρητικά στοιχεία με σκοπό την πλήρη κατανόηση της λειτουργίας και της χρήση κάθε μηχανήματος. Επίσης, Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε κάθε μηχανήμα ο κατασκευαστής δίνει τα δικά του χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα στην παρούσα εργασία να δοθούν αντιπροσωπευτικοί τύποι μηχανημάτων και πάνω σε αυτούς θα αναπτυχθεί ο τρόπος λειτουργίας τους.

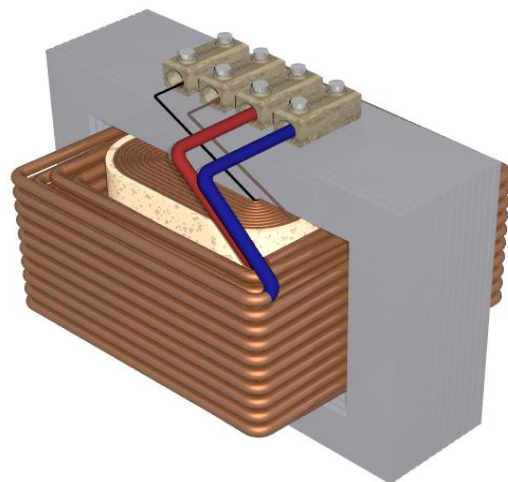
	Περιστρεφόμενη μηχανή		Αποζεύκτης
	Ζυγός		Ασφάλεια
	Μετασχηματιστής ισχύος 2 τυλιγμάτων		Αποσύνδεση
	Μετασχηματιστής ισχύος 3 τυλιγμάτων		Διακόπτης ισχύος
	Φορτίο		Πυκνωτής
	Μετασχηματιστής έντασης		Τύλιγμα συνδεσμολογίας αστέρα
	Μετασχηματιστής τάσης		Τύλιγμα συνδεσμολογίας τριγώνου
			Γη
			Τύλιγμα συνδεσμολογίας γειωμένου αστέρα
			Γραμμή μεταφοράς

**Εικόνα 3.3:** Σύμβολα για την παράσταση των συνιστωσών συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. (Γιαννακόπουλος Γ. ; Βόβος Ν., 2008)

### 3.5.1. Μετασχηματιστής (Μ/Σ)

Ο μετασχηματιστής (Μ/Σ) θεωρείται από τις σημαντικότερες ηλεκτρικές μηχανές στον υποσταθμό. Ο Μ/Σ είναι μια ηλεκτρική μηχανή η οποία αποτελείται από σταθερά μέρη. Επιπλέον, έχει δύο πηνία για κάθε φάση, τα οποία είναι μεταξύ τους ηλεκτρικά ανεξάρτητα και μαγνητικά συζευγμένα.

Ο Μ/Σ χρησιμοποιείται για την ανύψωση ή τον υποβιβασμό της τάσης. Το τύλιγμα που τροφοδοτούμε το ονομάζουμε πρωτεύον και αυτό από το οποίο παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη τάση, το ονομάζουμε δευτερεύον.



**Εικόνα 3.4:** Μετασχηματιστής [1]

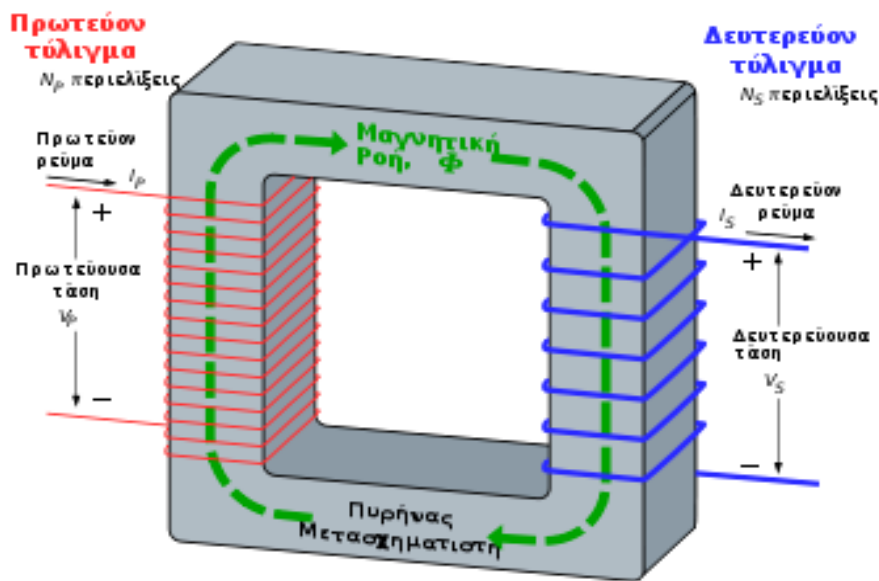
Ο λόγος μετασχηματισμού εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

$$\kappa = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (3.1)$$

Όπου:

- $\kappa$  = Λόγος μετασχηματισμού
- $V$  = Τάση
- $I$  = Ένταση ρεύματος
- $N$  = Αριθμός σπειρών

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το τυλίγμα που τροφοδοτούμε έχει τα στοιχεία με τον αριθμό 1 και η ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη τάση που παίρνουμε έχει τα στοιχεία με τον αριθμό 2.



**Εικόνα 3.5:** Ένας ιδανικός μετασχηματιστής υποβιβασμού τάσης με επισημασμένη την μαγνητική ροή στον πυρήνα του. [1]

Ο πυρήνας και τα τυλίγματα του Μ/Σ που περικλείουν τον πυρήνα τοποθετούνται μέσα στο δοχείο του Μ/Σ που γεμίζεται με λάδι. Το λάδι θα πρέπει να είναι ειδικό σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή ή με βάση των λαδιών που χρησιμοποιούνται για μετασχηματιστές. Επιπλέον το λάδι είναι συνήθως ορυκτέλαιο ή συνθετικό.

Τα κατασκευαστικά μέρη ενός Μ/Σ είναι τα κάτωθι:

- *Δοχείο του Μ/Σ:* περικλείει τον πυρήνα, τα τυλίγματα και το λάδι του Μ/Σ.
- *Μονωτήρες Υ.Τ. και Μ.Τ.:* χρησιμεύουν για την ασφαλή διέλευση του ρεύματος Υ.Τ. Στο σχήμα φαίνονται οι μονωτήρες διέλευσης Μ/Σ για τάσεις 35 kV και 400 kV.
- *Δοχείο διαστολής:* χρησιμεύει για να δέχεται την αύξηση του όγκου του λαδιού όταν τούτο θερμαίνεται κατά τη λειτουργία του Μ/Σ.
- *Ψυγείο του λαδιού:* χρησιμεύει για την ψύξη του λαδιού. Όταν τα τυλίγματα του Μ/Σ διαρρέονται από ρεύμα εκλύεται θερμότητα (απώλειες χαλκού). Ωστόσο, θερμότητα εκλύεται και από τον πυρήνα, λόγω κυκλοφορίας μέσα σε αυτόν δινορρευμάτων (απώλειες σιδήρου). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εκλυόμενη θερμότητα θα πρέπει να αποβάλλεται στο περιβάλλον για να μην πλησιάζει η θερμοκρασία του Μ/Σ σε επικίνδυνα όρια. Για την επίτευξη αυτού δίνει λύση το μονωτικό λάδι που χρησιμεύει και σαν ψυκτικό μέσο. Για την καλύτερη απαγωγή της παραγόμενης θερμότητας τοποθετούνται εξωτερικά του δοχείου του Μ/Σ τα ψυγεία που διαθέτουν εκτεταμένες επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας.

Στους Μ/Σ μεγάλης ισχύος με λάδι η ψύξη του λαδιού στο ψυγείο διευκολύνεται ακόμη περισσότερο με την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα χρησιμοποιώντας ανεμιστήρες. Οι ολόσωμοι τριφασικοί μετασχηματιστές ανάλογα με τη διάταξη του μαγνητικού κύκλωματος διαιρούνται σε δύο τύπους:

- *1<sup>ος</sup> τύπος:* είναι ο τύπος κελύφους ή μανδύας, στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα είναι κέλυφος που περιβάλλει το τύλιγμα και
- *2<sup>ος</sup> τύπος:* είναι ο τύπος πυρήνα, στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα είναι πυρήνας περιβαλλόμενος από το τύλιγμα.

Για την σωστή επιλογή ενός μετασχηματιστή γίνεται χρήση των ονομαστικών μεγεθών που έχει προσδιορίσει ο κατασκευαστής. Τα κυριότερα μεγέθη που ελέγχονται είναι τα κάτωθι:

- Η ονομαστική *λειτουργία:* καθορίζεται από τα μεγέθη τα οποία δίνονται επί της πλάκας του κατασκευαστή.
- Η ονομαστική *ικανότητα:* είναι η ισχύς στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος, φαίνεται στην πλάκα και εκφράζεται σε Kilovoltamperes (kVA).
- Η ονομαστική *πρωτεύουσα τάση:* είναι η τάση η οποία φαίνεται στην πλάκα. Εάν το πρωτεύον είναι εφοδιασμένο με ενδιάμεσες λήψεις (taps), οι ονομαστικές ενδιάμεσες τάσεις φαίνονται ιδιαίτερα.
- Η ονομαστική *δευτερεύουσα τάση:* είναι η τάση στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή υπό κενό φορτίο. Εάν το δευτερεύον

τύλιγμα είναι εφοδιασμένο με ενδιάμεσες λήψεις (taps), οι ονομαστικές ενδιάμεσες τάσεις φαίνονται ιδιαίτερα.

- Τα ονομαστικά **ρεύματα**: πρωτεύον και δευτερεύον, φαίνονται επί της πλάκας αυτού και υπολογίζονται με βάση τις ονομαστικές τιμές της ισχύος και τάσεως. (Τσιρούλης Κ., 2009)

### **3.5.1.1. Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών**

Για να πραγματοποιηθεί παράλληλη σύνδεση θα πρέπει οι μετασχηματιστές να είναι δύο ή περισσότεροι και κατ' επέκταση θα πρέπει τα πρωτεύοντα όσο και τα δευτερεύοντα τυλίγματα τους είναι συνδεδεμένα παράλληλα. Η παράλληλη σύνδεση θεωρείται αναγκαία για του εξής λόγους:

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

Για να λειτουργήσουν οι μετασχηματιστές εν παραλλήλω υπό ιδανικές συνθήκες, πρέπει να ακολουθούν πίστα κάποιους όρους, οι οποίοι είναι οι κάτωθι:

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

Τονίζεται ότι οι προαναφερόμενοι όροι έχουν καταγραφεί με σειρά σπουδαιότητας.

### **3.5.1.2. Τοπικά Μεγέθη Μετασχηματιστών Υποβιβασμού YT/MT**

Οι εγκαταστημένοι σήμερα Μ/Σ YT/ MT, έχουν ονομαστική μέση τάση 15,75kV ή 23kV, και αυτό ισχύει στην περίπτωση που είναι παλαιάς προέλευσης. Οι νεώτεροι εγκατεστημένοι Μ/Σ YT/ MT έχουν ονομαστική μέση τάση 15,75kV και 21kV ή μόνο 21kV. Όσο αφορά τις παραγγελίες που γίνονται για την αγορά των νέων μετασχηματιστών πραγματοποιείται και επιλέγονται σύμφωνα με την πρόβλεψη

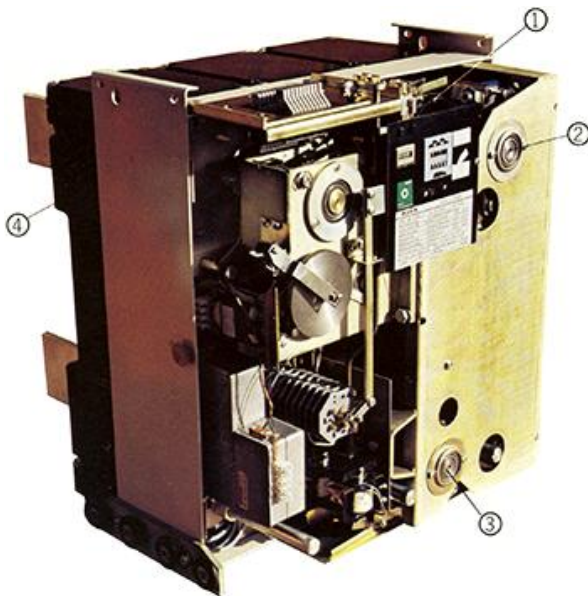
δευτερεύουσας διπλής τάσεως, δηλαδή 15,75kV και 21kV, εντός των Μ/Σ περιοχής πρωτεύουσας που δεν χρησιμοποιείται η τάση των 15,75kV, καθώς και άλλων ειδικών περιπτώσεων όπου η παραγγελία γίνεται μόνο με πρόβλεψη δευτερεύουσας 21kV.

Τονίζεται επίσης ότι καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια από το Διαχειριστή Δικτύου να ολοκληρωθεί η μετάβαση στα δίκτυα MT διανομής από 15kV στα 20kV τόσο για λόγους οικονομικής λειτουργίας όσο και για την αποφυγή παραγγελιών Μ/Σ ΥΤ/ ΜΤ με διπλή δευτερεύουσα τάση που έχει σαν συνέπεια την αύξηση του κόστους τους. (Τασούλας Α., 2009)

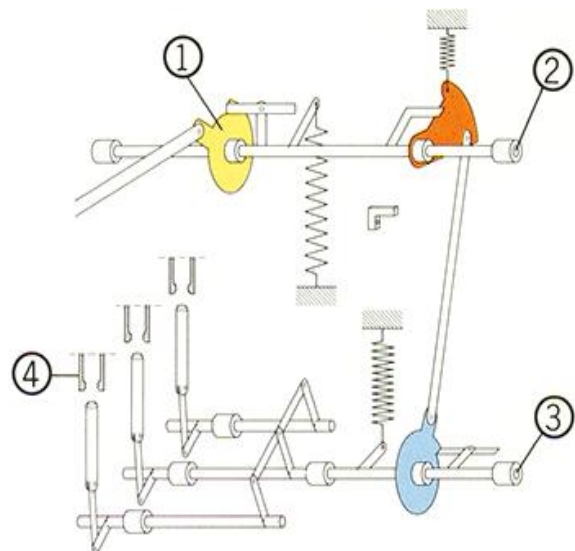
### 3.5.2. Διακόπτες Ισχύος

Οι διακόπτες ισχύος ή αλλιώς αυτόματοι διακόπτες θεωρούνται τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η διακοπή των βραχυκυκλωμάτων στα ηλεκτρικά δίκτυα μεταφοράς και διανομής. Επομένως ο ρόλος που παίζουν είναι καθοριστικός αφού προστατεύουν το διαδίκτυο και εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία σε περίπτωση βλάβης. Επίσης, χρησιμοποιούνται για τους συνήθεις χειρισμούς του δικτύου όπως είναι:

- ✓ Ζεύξεις των γραμμών
- ✓ Αποζεύξεις των γραμμών
- ✓ Μετασχηματιστών
- ✓ Γεννητριών κ.λπ.



**Εικόνα 3.6:** Τομή διακόπτη ισχύος [5]



**Εικόνα 3.7:** Αρχή λειτουργίας διακόπτη ισχύος [5]



Τα δύο βασικά χαρακτηριστικά ενός διακόπτη ισχύος είναι το μέγεθος ισχύος βραχυκυκλώσεων, διότι ο διακόπτης θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να διακόψει, και ο χρόνος που θα μπορεί να πραγματοποιηθεί η διακοπή αυτή. Επιπλέον, ο χρόνος λειτουργίας του διακόπτη θεωρείται από τα βασικότερα χαρακτηριστικά του. Αυτό ελέγχεται ιδιαίτερα στα μεγάλα κυρίως δίκτυα διότι ο προστιθέμενος χρόνος λειτουργίας της προστασίας, από την οποία παίρνει την εντολή, δίνει το χρόνο εκκαθάρισεως του σφάλματος, ή διατηρήσεως της ανωμαλίας του συστήματος.

Ένας διακόπτης ισχύος έχει καθήκον την διακοπή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως, αποτέλεσμα αυτού είναι τα χαρακτηριστήρια του να είναι ισάξια με την ισχύ βραχυκύκλωσης του δικτύου στη θέση του διακόπτη.

Οι διακόπτες ισχύος περιλαμβάνουν ένα ζεύγος επαφών μια σταθερή και μια κινητή. Ένας μηχανισμός κινεί την κινητή επαφή είτε για να κλείσει είτε να διακόψει το κύκλωμα. Ο μηχανισμός μπορεί να είναι ένα είτε απλό σωληνοειδές, είτε φορτισμένου ελατηρίου, είτε υδραυλικός μηχανισμός, είτε πνευματικός μηχανισμός, είτε μικτός υδραυλικοπνευματικός μηχανισμός.

Όταν απαιτείται διακοπή του κυκλώματος ο μηχανισμός κινεί και απομακρύνει τις επαφές, μεταξύ των οποίων σχηματίζεται ένα ηλεκτρικό τόξο. Κύριο καθήκον λοιπόν του διακόπτη είναι να σβήσει το τόξο για να διακοπεί το ηλεκτρικό κύκλωμα. Η σβέση του τόξου επιτυγχάνεται με την εκτόξευση πάνω του ενός μέσου, δηλαδή μονωτικού ελαίου, πεπιεσμένου αέρα, ή άλλου αερίου μονωτικού μέσου, το οποίο χαρακτηρίζει και τον τύπο του διακόπτη. Έτσι οι κυριότεροι τύποι διακοπτών ισχύος υψηλής και μέσης τάσεως είναι οι εξής:

#### **Αυτόματοι διακόπτες ελαίου**

Ο τύπος του αυτόματου διακόπτη ελαίου είναι ο παλαιότερος τύπος διακόπτη που υπάρχει μέχρι σήμερα. Ο διακόπτης αυτός χρησιμοποιεί το έλαιο διότι ο μεγάλος όγκος του αναφλέγεται δύσκολα και επειδή είναι ταυτόχρονα μονωτικό και ψυκτικό μέσο. Το κύριο όμως ψυκτικό μέσο στην περίπτωση αυτή είναι το υδρογόνο που αναπτύσσεται όταν το τόξο ατμοποιεί το υγρό λάδι.



**Εικόνα 3.8:** Διακόπτες λαδιού  
(Μαρκόπουλος Β., 2009)

Ο αυτόματος διακόπτης ελαίου έχει δύο επαφές για κάθε πόλο, οι οποίοι ανοίγουν μέσα σε περιβάλλον λαδιού. Κατά το άνοιγμα των επαφών δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο. Στο χώρο του τόξου, το λάδι υπερθερμαίνεται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται φυσαλίδες και να υπάρχει απότομη αύξηση του όγκου του. Συνέπεια αυτού είναι να προκαλείται γρήγορη κυκλοφορία του λαδιού (σάρωση) στο χώρο που δείχνουν τα βέλη (ψύχει τις επαφές) και να αυξάνεται η αντίσταση μεταξύ των επαφών και το τόξο να σβήνει γρήγορα.

Το λάδι περνώντας με ταχύτητα μέσα από τις σχιστές πλάκες απομακρύνει τη παραγόμενη από το τόξο θερμότητα. Υπάρχουν και αυτόματοι διακόπτες λαδιού στους οποίους το λάδι ενεργεί κατά μήκος του τόξου που παράγεται, από αντλία λαδιού. Χρήση του διακόπτη ελαίου γίνεται σήμερα συνήθως σε δίκτυα μέχρι 66 kV, μερικές φορές όμως και μέχρι τάσεις 275 kV. Όσο όμως μεγαλώνουν οι τάσεις τόσο περισσότερος όγκος ελαίου απαιτείται με συνέπεια αύξηση του κόστους.

### **Αυτόματοι διακόπτες «πτωχού» ελαίου**

Ο αυτόματος διακόπτης «πτωχού» ελαίου δίνει λύση στο πρόβλημα κόστους που δημιουργείται στον διακόπτη ελαίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τον ειδικό σχεδιασμό του που επιτρέπει επιτρέπει μεγάλο περιορισμό της ποσότητας του ελαίου που μολύνεται και ανθρακοποιείται κατά τη σβέση. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το λάδι στον αυτόματο διακόπτη «πτωχού» ελαίου χρησιμοποιείται για την σβέση και δεν αποτελεί μόνωση. Το πρόβλημα της μόνωσης αντιμετωπίζεται με στερεά, συνθετικά ή φυσικά διηλεκτρικά υλικά όπως είναι η πορσελάνη, το χαρτί, η εποξειδική ρητίνη.

Οι διακόπτες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται συνήθως στην περιοχή των 20 έως 220 kV με ικανότητα διακοπής από 250-7500 MVA. Οι μοντέρνοι διακόπτες «πτωχού» ελαίου έχουν πολύ ανεπτυγμένους θαλάμους σβέσεως και αντιμετωπίζουν και τις πιο δύσκολες καταστάσεις.

Τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν διακόπτες ελαίου και για τάσεις πάνω από 220 kV, με περισσότερους από έναν θαλάμους σβέσεως. Η χρησιμοποίηση περισσότερων από έναν θαλάμους σβέσεως στη σειρά εφαρμόζεται για τη διακοπή ενός ρεύματος υπό πολλαπλάσια τάση και αποτελεί τη βασική αρχή των διακοπών ισχύος στα συστήματα υπερυψηλής τάσεως.



**Εικόνα 3.9:** Διακόπτες ισχύος υψηλής τάσεως τύπου πτωχού ελαίου. [1]

Με τον τρόπο αυτόνομα ολόκληρη περιοχή τάσεων (72.5 kV - 765 kV) εξυπηρετείται από διακόπτες που συντίθενται από ορισμένο αριθμό ίδιων μοναδιαίων διακοπών ανά φάση. Το λάδι εκτοξεύεται επάνω στο τόξο από ένα έμβολο που παρασύρεται και κινείται μαζί με την κινητή επαφή.

Το σύστημα των επαφών περιλαμβάνει μια ολισθαίνουσα κινητή επαφή κινούμενη προς τα κάτω και μια σταθερή επαφή στο επάνω μέρος. Ένα έμβολο στο κάτω μέρος εκτοξεύει λάδι στο θάλαμο σβέσεως μέσω διαφόρων βαλβίδων και συμβάλλει στη σβέση του τόξου. Το έμβολο αυτό είναι στερεωμένο στη συνδετική ράβδο μεταξύ της κινητής επαφής και του μηχανισμού κινήσεως του διακόπτη. Το τόξο διακόπτεται μέσα στο θάλαμο σβέσεως με εγκάρσιο φύσημα λαδιού.

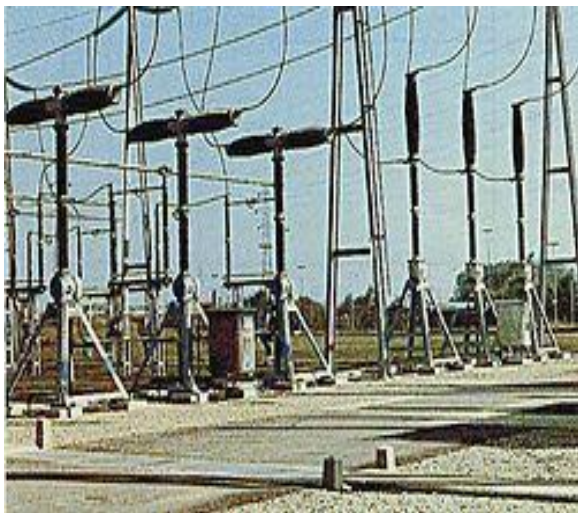
Κατά το κλείσιμο του διακόπτη η κινητή επαφή κινείται με μεγάλη ταχύτητα και εκτοπίζει το λάδι προκαλώντας αύξηση πίεσεως στο θάλαμο τόξου. Αυτό αυξάνει τη διηλεκτρική αντοχή και εμποδίζει προέλαση του διακένου πριν ακουμπήσουν οι επαφές

μεταξύ τους. Τα αέρια τα οποία παράγονται κατά τη σβέση του τόξου ανέρχονται στο επάνω διαμέρισμα του διακόπτη, διαχωρίζονται από το λάδι περνώντας μέσα από ένα λαβύρινθο και διαφεύγουν μέσω μιας βαλβίδας στην ατμόσφαιρα. (Τασούλας Α., 2009)

### ✚ *Αυτόματοι διακόπτες αέρα*

Ο αυτόματος διακόπτης αέρα είναι από τους ακριβότερους διακόπτες συγκριτικά με τους διακόπτες λαδιού. Βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι δεν χρειάζονται συντήρηση όπως η διακόπτες λαδιού που είναι απαραίτητη αλλαγή του λαδιού, με αποτέλεσμα να ισοβαθμούν κατά κάποιο τρόπο τα κόστη των δύο τύπων. Ωστόσο, πλεονεκτούν και στην μικρότερη μόλυνση του θαλάμου σβέσεως και στο ότι η διακοπή, δηλαδή το άνοιγμα των επαφών, πραγματοποιείται πολύ γρήγορα.

Για την σωστή λειτουργία του θα πρέπει ο αέρας μέσα στη δεξαμενή να διατηρείται σε σταθερή πίεση με έναν αεροσυμπιεστή. Ο συμπιεσμένος αέρας βοηθά στη σβέση του τόξου. Το μέσο σβέσεως είναι ουσιαστικά το άζωτο του αέρα, που αποτελεί και την εσωτερική μόνωση του διακόπτη.



**Εικόνα 3.10:** Αυτόματοι διακόπτες αέρα. [1]

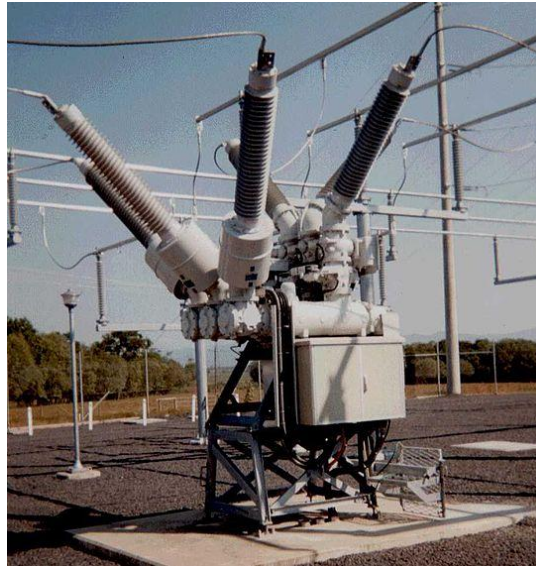
Στις περισσότερες περιπτώσεις η πίεση του αέρα είναι 20-30 ata αλλά μπορεί να φτάσει και τα 60 ata. Ωστόσο, όπως όλα τα συστήματα έχει και αυτό τα μειονεκτήματά του. Η λειτουργία του είναι θορυβώδης και η σταθερή του ικανότητα σβέσεως, ανεξάρτητα από το διακοπτόμενο ρεύμα, οδηγεί στο βίαιο μηδενισμό των ασθενών ρευμάτων όπως είναι τα μικρά επαγωγικά ρεύματα. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ανάπτυξη σοβαρών υπερτάσεων κατά τη διακοπή. Χρησιμοποιείται για τάσεις από 110 kV και πάνω.

### ✚ *Αυτόματοι διακόπτες εξαφθοριούχου θείου SF<sub>6</sub>*

Το εξαφθοριούχο θείο SF<sub>6</sub> είναι αέριο αδρανές ώστε δεν προσβάλλει τα μεταλλικά, πλαστικά και συνθετικά εξαρτήματα από τα οποία κατασκευάζεται ένας διακόπτης υψηλής τάσεως. Το μόριο του SF<sub>6</sub> δεν περιέχει άνθρακα που μολύνει το χώρο της σβέσεως. Το SF<sub>6</sub> έχει πολύ καλές διηλεκτρικές ιδιότητες και για τις μικρές μόνο τάσεις είναι και το μονωτικό του διακόπτη.

Σε σύγκριση με το διακόπτη πεπιεσμένου αέρα λειτουργεί σε χαμηλότερες πιέσεις και έχει μικρότερες διαστάσεις, αφού τα χαρακτηριστικά διακοπής του είναι στις 15 ata σε σχέση με εκείνα που έχει ο πεπιεσμένος αέρας στις 50 ata. Επιπλέον, το SF<sub>6</sub> έχει μεγάλο κόστος, με αποτέλεσμα να μην αφήνεται ελεύθερο στην ατμόσφαιρα αλλά να διατηρείται σε κλειστό κύκλωμα, πράγμα που κάνει άλλωστε αθόρυβη τη λειτουργία του.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιείται συνήθως στις μέσες και υψηλές τάσεις. Επίσης, μια τεχνική που εφαρμόζεται ευρύτερα στους διακόπτες SF<sub>6</sub> είναι η τεχνική τύπου φουσητήρα (puffer type technique). Με το SF<sub>6</sub> το σβήσιμο του τόξου γίνεται ταχύτερα και ο διακόπτης είναι λιγότερο ογκώδης από τον αντίστοιχο αυτόματο διακόπτη ριπής αέρα. Χρησιμοποιείται για τάσεις της τάξης των 230 kV, 15000 MVA. (Τσιρούλης Κ., 2009)



**Εικόνα 3.11:** Αυτόματοι διακόπτες SF<sub>6</sub>. [1]

#### ✚ *Αυτόματοι διακόπτες κενού*



**Εικόνα 3.12:** Αυτόματοι διακόπτες κενού [6]

Ο διακόπτης κενού διαφέρει αρκετά από τους άλλους τύπους διακοπών. Το τόξο αποτελείται από μεταλλικό «ατμό» προερχόμενο από το μέταλλο της καθόδου. Βασικό του χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα διακοπής υψηλής συχνότητας και πολύ υψηλό ρυθμό αποκαταστάσεως της διηλεκτρικής αντοχής μετά τη σβέση του τόξου.

Το μέταλλο των επαφών (βανάδιο) λαμβάνεται με παρόμοιο τρόπο. Τονίζεται ότι γίνεται προσπάθεια να δημιουργούνται όσο το δυνατόν λιγότερες φυσαλίδες που θα μπορούσαν να, έχουν ήδη αναγγελθεί διακόπτες κενού για τα 138 νοθεύσουν το κενό. Με την ταχύτητα του και την ικανότητα διακοπής βρίσκει εφαρμογή σε συνεχώς υψηλότερες τάσεις καθώς παρακάμπτεται το εμπόδιο του μεγάλου του κόστους. Δοκιμάζεται από τα 760 έως 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. Πρέπει όμως να εξασφαλίζεται και εξωτερική διηλεκτρική αντοχή και είναι αυτή που κυρίως καθορίζει το μήκος του μονωτήρα ενός διακόπτη.

### **3.5.3. Ζυγοί**

Ο υποσταθμός ηλεκτρικής ισχύος αποτελείται από εξαρτήματα που έχουν την δυνατότητα να κατευθύνουν τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα. Οι διατάξεις αυτές είναι αυτοματοποιημένες και τοποθετούνται σε κατάλληλα σημεία στο σύστημα διότι θα πρέπει να γίνεται με ασφάλεια η εναλλαγή των οδών της ενέργειας. Το αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η ομαλή λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένας υποσταθμός μπορεί να συνδυασθεί είτε με έναν σταθμό γεννήτριας είτε με μετασχηματιστές ισχύος. Τονίζεται ότι και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα είτε να μετατρέπει η τάση παροχής σε υψηλότερο ή χαμηλότερο επίπεδο, είτε να συνδεθεί ένας αριθμός οδών παροχής στο ίδιο επίπεδο τάσης. Ένας υποσταθμός μπορεί να υποστηρίξει πάνω από μια δυνατότητα από αυτές που προαναφέρθηκαν, αρκεί να αποτελείται από έναν αριθμό κυκλωμάτων, είτε εισερχόμενα είτε εξερχόμενα, συνδεδεμένα σε ένα κοινό ζυγό.

#### **3.5.3.1. Τύποι Ζυγών**

Τα κύρια συνιστούντα μέρη ενός εισερχόμενου ή εξερχόμενου κυκλώματος είναι τα εξής:

- Γραμμές
- Κόμβοι
- Διακόπτες
- Μετασχηματιστές
- Απομονωτές.

Ο πιο απλός τρόπος για να ενωθούν τέτοια κυκλώματα είναι η σύνδεση τους είτε σε ένα απλό καλώδιο είτε σε έναν ζυγό. Ωστόσο, για να βελτιωθεί η ασφάλεια, να διευκολυνθεί η συντήρηση και να αυξηθεί η ευελιξία των χειρισμών στο σύστημα ηλεκτρικής ισχύος, ακολουθούνται κάποιες βασικές δομές των ζυγών. Οι δομές που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα στους υποσταθμούς ηλεκτρικής ισχύος Υψηλής Τάσης είναι οι κάτωθι:

- ✓ Απλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- ✓ Απλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες και ζυγούς μεταγωγής (TRANSFER)
- ✓ Κύριοι και μεταγωγικοί ζυγοί
- ✓ Διπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- ✓ Διπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες και ζυγούς μεταγωγής
- ✓ Διπλοί ζυγοί με διπλούς διακόπτες
- ✓ Τριπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- ✓ Ζυγοί σε σχήμα «δακτυλίου»

### 3.5.3.2. Δομή των Ζυγών

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

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

Η πολυπλοκότητα του σχήματος των ζυγών έχει σαν συνέπεια την αύξηση του κόστους καθώς επίσης και την πιθανότητα βλάβης. Ωστόσο, αυτά εξαρτώνται και από την κατασκευαστική διαμόρφωση του ζυγού. Με το πέρασμα των χρόνων πραγματοποιήθηκαν βελτιώσεις στην ποιότητα του υλικού του καθώς και απλούστευση των σχημάτων τους ιδίως στους ζυγούς στην ΜΤ.

Στους Υποσταθμούς, όπου οι ζυγοί δεν αποτελούν ή δεν προορίζονται να αποτελέσουν μελλοντικά σημαντικούς κόμβους λειτουργίας του Συστήματος, αρκεί η κατασκευή απλών ζυγών λειτουργίας με δυνατότητα προσθήκης ζυγών μεταγωγής (TRANSFER). Στους παλαιούς Υ/Σ όπου έχουν χρησιμοποιηθεί έμβολα τεχνητού σφάλματος για την προστασία των Μ/Σ 150 KV/ Μ.Τ., γίνεται σταδιακά προσπάθεια αντικατάστασης τους με διακόπτες ισχύος.

Σε ειδικές περιπτώσεις Υ/Σ που συνδέονται απευθείας με Γ.Μ. μεγαλύτερης σημασίας, προβλέπεται από την αρχή η εγκατάσταση κυψέλης ζεύξεως με αυτόματο διακόπτη, το ίδιο δε προβλέπεται και σης ζεύξεις ακτινικών Γ.Μ. που τροφοδοτούν ένα ή δύο ακραίους Υ/Σ και συνδέονται προσωρινά στους ζυγούς των Υ/Σ χωρίς διακόπτες. (Τασούλας Α., 2009)

### **3.5.3.3. Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά των Ζυγών**

Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των ζυγών αριθμούνται και αναλύονται στην συνέχεια του εδαφίου.

#### **✚ Διαστάσεις ζυγών**

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

#### **✚ Χάλκινοι Αγωγοί**

Υπάρχουν διατάξεις Υ/Σ 150/20 kV που έχουν Ζυγούς 150 kV από χάλκινο αγωγό. Η διατομή που χρησιμοποιείται για αυτούς τους Ζυγούς, καθώς και για τα κατεβάσματα από τη γραμμή των 150 kV είναι 240 MM<sup>2</sup>.

#### **✚ Σφικτήρες**

Υπάρχουν δύο ειδών σφικτήρες που χρησιμοποιούνται για τους χάλκινους σωλήνες και τους χάλκινους αγωγούς οι όποιοι είναι σταθεροί και ελαστικοί και οι ολισθαίνοντες σφικτήρες. 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. (Τασούλας Α., 2009)

### 3.5.4. Αποζεύκτες (AZ)

Οι αποζεύκτες μέσης τάσης μπορεί να είναι:

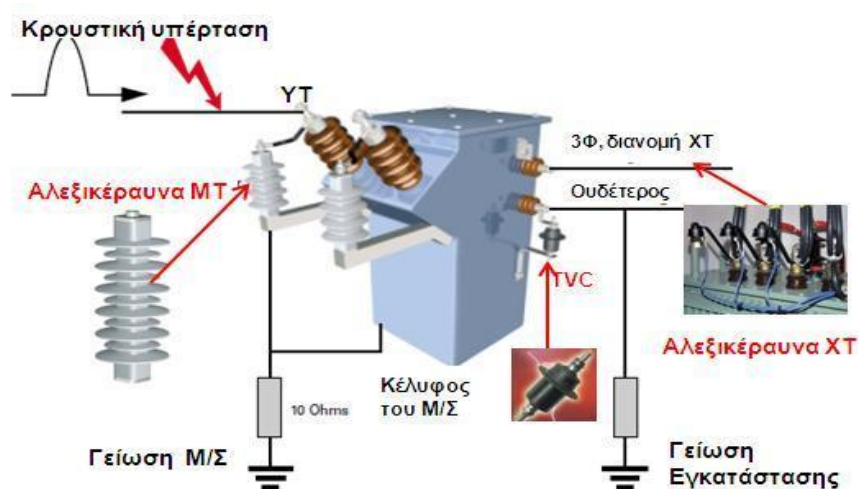
- *Τριπολικής αποζεύξεως*: χειρίζονται με κατάλληλο μηχανισμό, οπότε η κίνηση μεταδίδεται ταυτόχρονα και στις τρεις φάσεις.
- *Μονοπολικής αποζεύξεως*: χειρίζονται με κατάλληλο μονωτικό κοντάρι

Οι επαφές του αποζεύκτη στηρίζονται σε μονωτήρες με κατάλληλο μήκος ερπυσμού και μορφής ανάλογα της τάσης λειτουργίας και του χώρου στον οποίο θα εγκατασταθεί, είτε εξωτερικού είτε 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 μπορούν να τοποθετηθούν μπροστά από μικρούς μετασχηματιστές ισχύος, οι οποίοι δεν ξεπερνούν τα 250kVA ή μετασχηματιστές οργάνων για την προστασία τους. Αντί της λεπίδας του αποζεύκτη υπάρχει η αποζευκτική ασφάλεια που μπορεί να χειρισθεί όπως και η λεπίδα του AZ για απομόνωση του μηχανήματος με κατάλληλο μονωτικό κοντάρι. Σε περίπτωση σφάλματος θα λιώσει το εσωτερικό τηκτό της ασφάλειας και θα διακοπεί το κύκλωμα.

### 3.5.5. Αλεξικέραυνα (ΑΞ)

Τα αλεξικέραυνα (ΑΞ) είναι κατασκευασμένα για να προστατεύουν τις γραμμές μεταφοράς και των εξοπλισμό των υποσταθμών από τις υπερτάσεις που μπορούν να προκληθούν από κεραυνούς. Ωστόσο, χρησιμοποιούνται και για την προφύλαξη των συστημάτων από υπέρτασης που μπορούν να δημιουργηθούν από διαφόρους χειρισμούς στα μηχανήματα του εξοπλισμού.

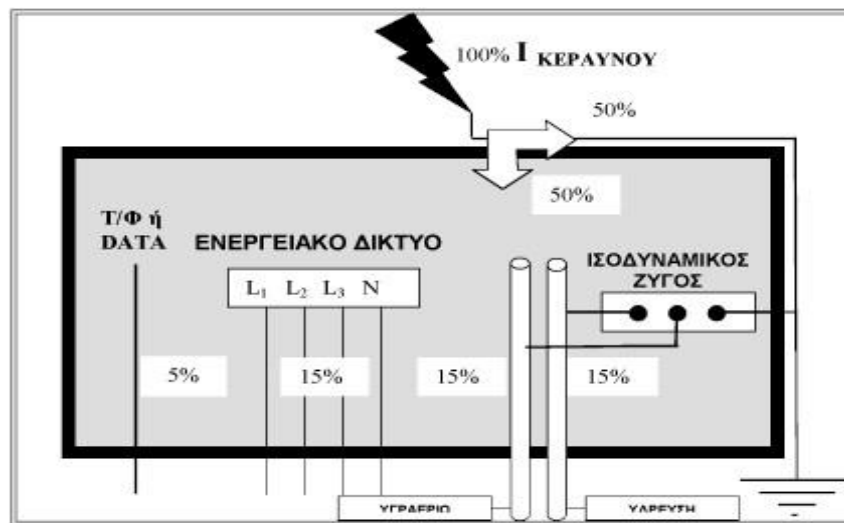


Εικόνα 3.13: Ολοκληρωμένη προστασία μετασχηματιστών. [11]



Για την αποτελεσματική προστασία των μηχανημάτων απαιτούνται τα κάτωθι:

1. Η στάθμη προστασίας σε κρουστικές τάσεις που παρέχεται από τα ΑΞ πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη αντοχή των μονώσεων του προστατευόμενου μηχανήματος. Η εκλογή της ονομαστικής κρουστικής εντάσεως των ΑΞ αποτελεί οικονομικό πρόβλημα που εξαρτάται από την ένταση των κεραυνών και από τη σπουδαιότητα του μηχανήματος που πρόκειται να προστατευθεί. Σε περίπτωση που θα χρειασθεί το ΑΞ να διοχετεύσει ρεύμα μεγαλύτερης εντάσεως τούτο θα καταστραφεί.
2. Η στάθμη προστασίας σε υπερτάσεις από χειρισμούς που παρέχεται από τα αλεξικέραυνα πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη αντοχή των μονώσεων του προστατευόμενου μηχανήματος. Η ονομαστική τάση του ΑΞ είναι η τάση στην οποία είναι υπολογισμένο να αντέχει αυτό συνέχεια. Όταν ο ουδέτερος είναι γειωμένος επιτρέπεται η χρήση ΑΞ που έχουν μικρότερη ονομαστική τάση από την ονομαστική πολική.
3. Τα ΑΞ πρέπει να διατηρούν τη μόνωσή τους σε υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας.



**Εικόνα 3.14:** Καταμερισμός του κεραυνικού ρεύματος σε μία κατασκευή. [7]

### 3.5.5.1. Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικεραυνών

Στους υποσταθμούς τα ΑΞ τα οποία χρησιμοποιούνται είναι τύπου βαλβίδας και διακόπτουν το τόξο μόνα τους. Αποτελούνται από αντίσταση μεταβαλλόμενης τιμής σε σειρά με εσωτερικά πολλαπλά διάκενα. Η αντίσταση εξομάλυνσης είναι μεγάλης τιμής

και συνδέεται παράλληλα στην κατανομή της τάσης κατά μήκος των κύριων στοιχείων, όπου και εκεί χρησιμεύει.

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. (Τασούλας Α., 2009)

### 3.5.6. 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 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 μονώσεώς τους αλλά και από τη διηλεκτρική αντοχή της εξωτερικής επιφάνειάς τους. Αυτή πρέπει να είναι αυξημένη για την αντιμετώπιση της κατάστασης ρύπανσης. Μια μέση τιμή για χρησιμοποίηση του υπολογισμού του μήκους ερπυσμού σε περιοχές που υπάρχει πιθανότητα μόλυνσης είναι 25 χιλ/ kV ή 31 χιλ/ kV (RMS) πολικής τάσης.

Επίσης, η μορφή της εξωτερικής επιφάνειας των μονωτήρων διαμορφώνεται έτσι να υπάρχουν τμήματα που να προστατεύονται από τη ρύπανση, αλλά και να διευκολύνεται ο καθαρισμός της επιφάνειας από τη βροχή.

#### ❖ *Μονωτήρες εσωτερικού χώρου*

Οι μονωτήρες που χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους όπως είναι λογικό έχουν απλούστερη μορφή σε σχέση με αυτή του εξωτερικού χώρου. Η κατασκευή τους επίσης είναι απλούστερη αφού δεν δέχονται τόσες καταπονήσεις από το περιβάλλον και την ρύπανση. Επιπλέον, στους μονωτές εσωτερικού χώρου υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευαστούν από απλούστερα και πιο οικονομικά υλικά. Ωστόσο τα υλικά αυτά δεν



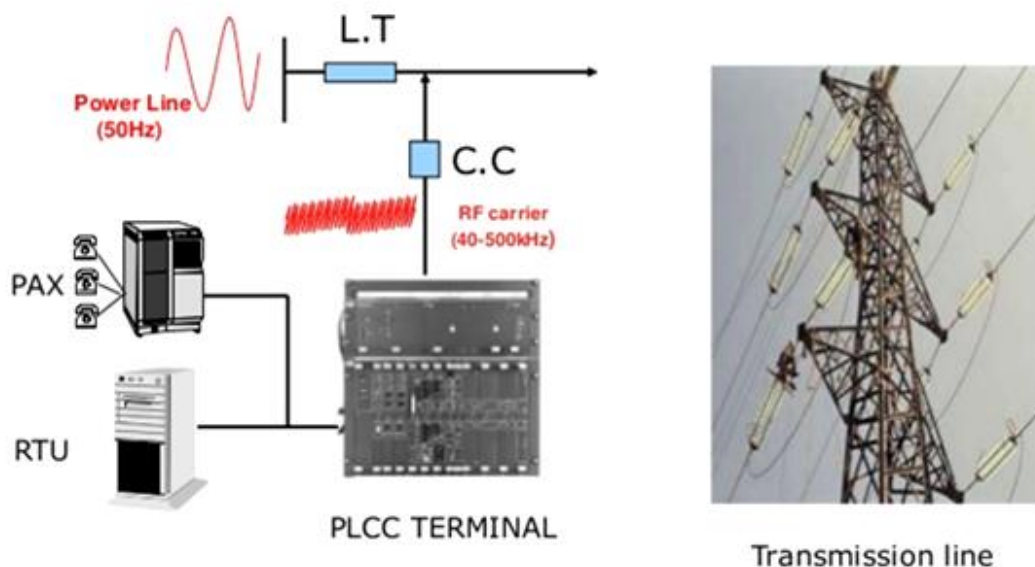
**Εικόνα 3.15:** Διαμορφωμένα πολυμερικά καλύμματα, σε διάφορα σχήματα, για τη μόνωση ακροδεκτών μονωτήρων ή αλεξικέραυνων, πυκνωτών, μπαρών κλπ [8]

πρέπει να απορροφούν την υγρασία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων αυτών είναι πολύ μικρότερο από το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων αντίστοιχης τάσης αλλά εξωτερικού χώρου. (Τσιρούλης Κ., 2009)

### 3.5.7. Κυματοπαγίδες – Σύστημα φερесύχων

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

Σε κάποιο 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. Ωστόσο, για την παρεμπόδιση της εισόδου του ρεύματος φερесύχων 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 φερесύχων.



Εικόνα 3.16: Σύστημα φερесύχων CARRIER. [9]

Οι κυματοπαγίδες 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 φερесύχων.

Η υψηλή συχνότητα επικοινωνίας φτάνει μέχρι την κυματοπαγίδα χωρίς να μπορεί να περάσει από αυτή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πριν από την κυματοπαγίδα με

αγωγό οδηγείται είτε σε πυκνωτή ζεύξεως είτε 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.

### 3.5.8. Πυκνωτές

Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας συνεπάγεται την ταυτόχρονη κατανάλωση ενεργού και άεργης ενέργειας. Αυτές οι δύο ενέργειες έχουν την δυνατότητα να μεταφέρονται με τα ηλεκτρικά δίκτυα μεταφοράς και διανομής. Ωστόσο, κατά την 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. Οι πυκνωτές λοιπόν, 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.



**Εικόνα 3.16:** Συστοιχία πυκνωτών υψηλής τάσης. [10]

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. (Τασούλας Α., 2009)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ / ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

### 4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως προαναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια οι υποσταθμοί υψηλής /μέσης τάσης (Υ.Τ/Μ.Τ) έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιούν διαφορές λειτουργίες. Οι βασικότερες λειτουργίες είναι:

- ✓ Ο υποβιβασμός της τάσης
- ✓ Οι μετρήσεις
- ✓ η διακοπή των κυκλωμάτων
- ✓ Η προστασία των συστημάτων.

Στους υποσταθμούς Υ.Τ/Μ.Τ εγκαθίστανται διάφορες ηλεκτρικές διατάξεις, όπως είναι οι Μ/Σ, οι ρυθμιστές τάσης, οι αποζεύκτες, οι διακόπτες ισχύος και τα αλεξικέραυνα. Αποτέλεσμα λοιπόν είναι η σπουδαιότητα της συντήρησης του εξοπλισμού σε αυτούς τους υποσταθμούς Υ.Τ/Μ.Τ.

Στο σημείο αυτό της παρούσας εργασίας θα αναλυθούν οι επιθεωρήσεις και οι τρόποι συντήρησης όλων των εξατημάτων εξαρτημάτων και μηχανημάτων ενός υποσταθμού Υ.Τ/Μ.Τ, από τα απλούστερα όπως οι μονωτήρες ή οι αγωγοί και οι γειώσεις μέχρι και τα σπουδαιότερα όπως είναι οι διακόπτες και οι Μ/Σ ισχύος.

### 4.2. ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ

Οι μονωτήρες πρέπει να ελέγχονται για σημάδια μόλυνσης στην επιφάνειά τους και για φυσική φθορά που παρουσιάζονται είτε με ραγίσματα είτε με κάποιο σπάσιμο. Κατά τη συντήρησή τους πρέπει να καθαρίζονται ή να αντικαθίστανται όταν διαπιστώνεται ότι είναι κατεστραμμένοι. (Τασούλας Α., 2009)



**Εικόνα 4.1:** Μονωτήρες διελεύσεως και τέρματος για εναέρια δίκτυα Χαμηλής, Μέσης και Υψηλής Τάσης . [8]

### 4.3. ΑΓΩΓΟΙ

Οι αγωγοί παρουσιάζουν αύξηση της θερμοκρασίας στα σημεία σύνδεσης, αποτέλεσμα αυτού είναι ο τακτικός έλεγχος για υπερθέρμανση αυτών των σημείων. Η υπερθέρμανση μπορεί να δημιουργηθεί στις κοχλιωμένες συνδέσεις όταν δεν είναι καλά σφιγμένες, αυτό έχει σαν συνέπεια να δημιουργούνται κηλίδες, ιδιαίτερα σε χάλκινους αγωγούς.

Για τον έλεγχο λοιπόν της υπερθέρμανσης όταν ο υποσταθμός βρίσκεται σε λειτουργία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανιχνευτές υπερύθρων. Κατά τη διάρκεια μιας προληπτικής συντήρησης, όταν δηλαδή ο υποσταθμός είναι εκτός λειτουργίας, πρέπει να γίνεται ένας έλεγχος για τη σωστή σύσφιξη των συνδέσεων. (Τσιρούλης Κ., 2009 ; Σαμοΐλης Β., 1995)

### 4.4. ΑΠΟΖΕΥΚΤΕΣ – ΓΕΙΩΤΕΣ

Οι αποζεύκτες έχουν την δυνατότητα να δημιουργούν ορατά ανοίγματα με σκοπό το κύκλωμα να είναι απομονωμένο και να χρησιμοποιείται με ασφάλεια. Οι γειωτές χρησιμοποιούνται για να γειώνουμε το κύκλωμα στο οποίο θα γίνουν εργασίες. Οι αποζεύκτες χειρίζονται χωρίς φορτίο και μπορεί να είναι μανδαλωμένοι ηλεκτρικά με διακόπτες φορτίου ή ισχύος. Μεταξύ αποζεύκτη και γειωτή υπάρχει μηχανική μανδάλωση που αποτρέπει τι ταυτόχρονο κλείσιμό τους.

Οι αποζεύκτες είναι κατασκευασμένοι για να μπορούν να αντέχουν στα ρεύματα σφαλμάτων. Στην περίπτωση που ο αποζεύκτης έφερε μεγάλο ρεύμα βραχυκύκλωσης, πρέπει να γίνει σε αυτόν μια επιθεώρηση το συντομότερο δυνατό, αυτό γίνεται διότι μπορεί να μειωθεί η ικανότητα του να φέρει το ονομαστικό ρεύμα φόρτισης ή τα ρεύματα σφάλματος.

#### *Επιθεώρηση- Συντήρηση*

Κατά τη συντήρηση ενός αποζεύκτη- γειωτή ελέγχονται τα εξής στοιχεία:

- Ικρίωματα και μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διαβρώσεις- σκουριές, συσφίξεις όλων των κοχλιωμένων συνδέσεων και χρωματισμός στα σημεία που εμφανίζονται σκουριές.
- Μονωτήρες: Έλεγχος για μόλυνση ή φυσικές φθορές, για ίχνη από ηλεκτρικό τόξο, καθαρισμός των επιφανειών τους και αν χρειάζεται αντικατάσταση.
- Κύριες και βοηθητικές επαφές: Έλεγχος για διάβρωση, πυράκτωση, θλίψη και αντικατάσταση των διαβρωμένων ή καμένων. Καθαρισμός και λείανση με γυαλόχαρτο των επαφών με μικρή διάβρωση. Μέτρηση της αντίστασης διέλευσης επαφών.

- Σύστημα μετάδοσης κίνησης: Έλεγχος εξαρτημάτων, λίπανση των αρθρώσεων. Δοκιμαστικοί χειρισμοί για να ελεγχθεί η ταυτόχρονη προσέγγιση των μαχαιριών και η σωστή συναρμογή των επαφών.
- Ηλεκτρικό κύκλωμα (αν υπάρχει) : Έλεγχος καλής λειτουργίας, έλεγχος του κινητήρα- λειτουργία, ψήκτρες, πέδη, κατάσταση ακροδεκτών- έλεγχος της λειτουργίας αντιστάσεων θέρμανσης και θερμοστάτη.
- Μανδαλώσεις: Έλεγχος των μανδαλώσεων (μηχανικών και ηλεκτρικών) και δοκιμαστικοί χειρισμοί.
- Μηχανισμός χειρισμού: Έλεγχος εξαρτημάτων, καθαρισμός, λίπανση.
- Δοκιμαστικοί χειρισμοί (ηλεκτρικοί και μηχανικοί)

#### **4.5. ΓΕΙΩΣΕΙΣ**

Ο έλεγχος των γειώσεων ξεκινά με την ανίχνευση της διάβρωσης που μπορούν να παρουσιάσουν διάβρωση. Στην συνέχεια πραγματοποιείται ο έλεγχος της σύσφιξης των συνδέσεων και τέλος γίνεται μέτρηση της αντίστασης γείωσης.

#### **4.6. ΠΕΡΙΒΛΗΜΑΤΑ - ΠΕΡΙΦΡΑΞΕΙΣ**

Οι Υποσταθμοί δεν α πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν αποθηκευτικοί χώροι. Για την σωστή λειτουργία τους και για την αποφυγή διακοπών μπορούν να αποθηκεύουν μόνο τον αναγκαίο εφεδρικό εξοπλισμό. Επιπλέον, πρέπει να γίνεται έλεγχος της περιφραξης και των προστατευτικών πλεγμάτων, καθώς και των θυρών.

#### **4.7. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ**

Τα συγκροτήματα των διακοπών αποτελούν τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες. Οι λειτουργίες αυτές είναι οι κάτωθι:

- ✓ Απόζευξη
- ✓ Διακοπή
- ✓ Έλεγχος
- ✓ Μετρήσεις
- ✓ Προστασία

Τα συγκροτήματα διακοπών βρίσκονται σε μεταλλικά περιβλήματα κλειστά από όλες τις πλευρές και η πρόσβαση σε αυτά γίνεται από πόρτες ή καλύμματα που βγαίνουν. Τα συγκροτήματα διακοπών μπορούν να είναι είτε εσωτερικού είτε εξωτερικού χώρου.

Επιπλέον, τα συγκροτήματα διακοπών έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με έναν ή περισσότερους Μ/Σ ισχύος. Συνήθων βρίσκονται κοντά στις αναχωρήσεις των Μ/Σ. Στα σύγχρονα συστήματα χρησιμοποιούνται είτε διαμερισματοποιημένα είτε μεταλλοενδεδυμένα συγκροτήματα διακοπών τα οποία περιέχουν εκτός από τους διακόπτες ισχύος και άλλα εξαρτήματα όπως Μ/Σ έντασης και τάσης, ασφάλειες, ηλεκτρονόμοι (ΗΝ) προστασίας και άλλα βοηθητικά κυκλώματα για τη μέτρηση και τον έλεγχο.



**Εικόνα 4.2:** Συγκροτήματα διακοπών εσωτερικού χώρου. [12]

### ***Συχνότητα επιθεωρήσεων***

Η συχνότητα συντήρησης των συγκροτημάτων εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και από τις συνθήκες λειτουργίας τους, όπως ορίζει ο κατασκευαστής. Ωστόσο, σε όλα τα είδη των συγκροτημάτων αυτών προτείνεται τουλάχιστον μία ετήσια επιθεώρηση όλου του συγκροτήματος.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο διεξαγωγής των επιθεωρήσεων είναι:

1. Προγραμματισμένες διακοπές.
2. Οι διακοπές εκτάκτου ανάγκης.
3. Οι περίοδοι μη φυσιολογικών συνθηκών λειτουργίας.
4. Η εμφάνιση σφαλμάτων.
5. Οι ακραίες καιρικές συνθήκες.
6. Ο αριθμός των χειρισμών.

Στην συνέχεια της παρούσας εργασίας θα αναλυθούν τα υπό συντήρηση μέρη των συγκροτημάτων διακοπών.

#### **4.7.1. Περιβλήματα**

Τα περιβλήματα έχουν σκοπό να αποτρέψουν είτε την άμεση είτε την έμμεση επαφή των ενεργών τμημάτων με το προσωπικό που κάνει χειρισμούς και να προστατέψουν τον εξοπλισμό από την υγρασία και την ατμοσφαιρική ρύπανση.



Όταν πραγματοποιείται τακτική επιθεώρηση και συντήρηση στα περιβλήματα υπάρχει η δυνατότητα να αποτραπεί η διάβρωση στα μεταλλικά τμήματα και την εμφάνιση σφαλμάτων στους διακόπτες και τους Μ/Σ και στα κυκλώματα ελέγχου και προστασίας. Τα περιβλήματα θα πρέπει να είναι κλειστά από όλες τις πλευρές για να αποφεύγεται η είσοδος τρωκτικών.

Τα περιβλήματα αντιμετωπίζουν τα προβλήματα όπως υγρασία. Η υγρασία παρουσιάζεται από υγροποίηση του ατμοσφαιρικού αέρα όταν η θερμοκρασία σε κάποια επιφάνεια που έρχεται σε επαφή πέσει κάτω από το σημείο δρόσου. Κατά την διάρκεια της επιθεώρησης πρέπει να ελέγχεται η ύπαρξη υγρασίας που εμφανίζεται είτε με την μορφή σταγόνων είτε από προηγούμενα σημάδια υγρασίας όπως ίχνη από σκόνη, ίχνη ιζήματος, εκτεταμένη σκουριά, κ.ά. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι είναι υποχρεωτικό να λαμβάνονται μέτρα για την απομάκρυνσή της.

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

#### **4.7.2. Μονώσεις**

Η μόνωση είναι ένα από τα σπουδαιότερα τμήματα της κατασκευής των συγκροτημάτων διακοπών. Τα συστήματα μόνωσης στα συγκροτήματα διακοπών είναι σχεδιασμένα να αντέχουν από 20 έως 30 χρόνια. Ωστόσο, έχουν αυτή την δυνατότητα όταν πληρούν την προϋπόθεση της σωστής συντήρησης.

Η κύρια αιτία φθοράς της μόνωσης είναι ο συνδυασμός της υγρασίας και σκόνης που δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για ηλεκτρικές διαπηδήσεις. Οι ηλεκτρικές διαπηδήσεις αφήνουν ίχνη στη μόνωση και την καταστρέφουν. Αποτέλεσμα αυτού, είναι ο υποχρεωτικός έλεγχος των μονώσεων με σκοπό την καλύτερη συντήρηση. Προτείνεται να καθαρίζονται σε τακτικά χρονικά διαστήματα από τη σκόνη και τη βρωμιά που επικάθεται πάνω σε αυτές.

#### **❖ Ηλεκτρικές καταπονήσεις**

Οι ηλεκτρικές καταπονήσεις εμφανίζονται στις επιφάνειες των μονωτικών στοιχείων είτε σαν διάβρωση από φαινόμενο κορώνα είτε σαν ίχνη από άνθρακα. Το φαινόμενο κορώνα παρουσιάζεται συνήθως στα μικρά διάκενα που υπάρχουν ανάμεσα στους ζυγούς υψηλής τάσης και στις γειτονικές του μονώσεις ή μεταξύ δύο γειτονικών μονωτήρων. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και περιπτώσεις που παρατηρείται γύρω από τις μονωμένες βίδες και σε αιχμηρές προεξοχές όταν αυτές δεν είναι καλά μονωμένες ή σε περίπτωση που το υλικό της μόνωσης δεν είναι ποιοτικά καλό.

Η φθορά από το φαινόμενο κορώνα σε οργανικά μονωτικά υλικά έχει την μορφή της λευκής σκόνης. Αυτή η λευκή σκόνη ονομάζεται ίζημα και για την απομάκρυνση της

προτείνονται κατάλληλη διαλύτες. Όμως, υπάρχουν και περιπτώσεις που σε μερικά υλικά παρουσιάζεται σαν ξύλο φαγωμένο από σαράκι. Στην περίπτωση που το μονωτικό δεν έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό, υπάρχει η δυνατότητα να επισκευαστεί.

Τα ίχνη στη μόνωση δημιουργούνται από ηλεκτρικές εκκενώσεις μεταξύ φάσεων ή φάσης - γης και έχουν συνήθως τη μορφή κλαδιών δέντρου. Τα ίχνη σε οργανικά υλικά αφήνουν υπολείμματα άνθρακα. Στην περίπτωση των ανόργανων υλικών, τα ίχνη απομακρύνονται ολοκληρωτικά με καθαρισμό, αν δεν έχει προκληθεί κάποια σοβαρή βλάβη. Σε ανόργανα υλικά η διάβρωση είναι ανάλογη με την ένταση της εκκένωσης και από τη διάρκεια της έκθεσης σε αυτή. Αν η ζημιά δεν είναι σοβαρή υπάρχει η δυνατότητα να επιδιορθωθεί τρίβοντας την επιφάνεια με γυαλόχαρτο και στη συνέχεια επικαλύπτοντας την με ειδικό βερνίκι.

#### ❖ *Θερμική καταπόνηση*

Η παρατεταμένη έκθεση των οργανικών μονωτικών υλικών σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις κανονικές μπορεί να επιταχύνει τη φυσική τους φθορά με αποτέλεσμα να μειωθεί και η μηχανική αντοχή τους. Θερμά σημεία (hot spots) μπορούν να δημιουργηθούν είτε από χαλάρωση των κοχλιωμένων συνδέσεων στους ζυγούς είτε από τη δημιουργία κενού χώρου (dead air ) στις συνδέσεις των αγωγών. Οι υψηλές θερμοκρασίες πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν με άμεσο τρόπο. Ωστόσο, τις περισσότερες φορές εντοπίζονται από τις φθορές που προκαλούν:

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

Υπάρχει βέβαια και η μέθοδος της θερμογραφικής ανίχνευσης που επιτρέπει την επιθεώρηση των ενεργών τμημάτων από απόσταση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα μονωτικά υλικά που έχουν υποστεί καταστροφή, θα πρέπει να αντικαθίστανται. Κάποια φθορά ελαφριάς μορφής είναι επιτρεπτή. Οι διορθώσεις θα πρέπει να πραγματοποιούνται σε γρήγορους ρυθμούς και να εξαλείφεται το αίτιο που προκαλεί την υπερθέρμανση. (Τσιρούλης Κ., 2009 ; Τασούλας Α., 2009)

Στην συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας των ελέγχων - συντηρήσεων συγκροτημάτων διακοπών (συγκεντρωτικά).

<b>Περιβλήματα</b>	Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεταλλικές επιφάνειες για υγρασία-σκουριές</li> <li>• Ανοιγμάτων αερισμού για φθορές στα προστατευτικά πλέγματα</li> <li>• Θυρών, κλειδαριών, μηχανικών, μανδαλώσεων</li> </ul>
	Συντήρηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απομάκρυνση υγρασίας</li> <li>• Χρωματισμός σκουριασμένων επιφανειών</li> <li>• Λίπανση του μηχανισμού μηχανικής μανδάλωσης, κλειδαριών, θυρών</li> </ul>
<b>Θέρμανση</b>	Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θερμαντήρων και θερμοστατών για καλή λειτουργία</li> </ul>
<b>Εξαερισμός</b>	Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φίλτρων</li> <li>• Θυρίδων αερισμού</li> </ul>
	Συντήρηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καθαρισμός φίλτρων</li> </ul>
<b>Φωτισμός</b>	Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φωτιστικών και κυκλωμάτων για σωστή λειτουργία</li> </ul>
<b>Μόνωση</b>	Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Για υγρασία</li> <li>• Για διάβρωση από ηλεκτρικά τόξα</li> <li>• Για θερμική καταστροφή</li> </ul>
	Συντήρηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απομάκρυνση υγρασίας</li> <li>• Καθαρισμός ιζήματος και των ιχνών από άνθρακα</li> <li>• Αντικατάσταση των κατεστραμμένων μονωτικών</li> </ul>

**Πίνακας 4.1:** Συγκεντρωτικός πίνακας των υπό συντήρηση τμήματα ενός συγκροτήματος διακοπών. (Τασούλας Α., 2009)

## 4.8. ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

Οι διακόπτες κυκλωμάτων εμφανίζονται σε συγκροτήματα διακοπών και μπορεί να είναι:

- ✓ Διακόπτες ισχύος
- ✓ Διακόπτες φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται στη μέση τάση. Οι διακόπτες διακόπτουν γρήγορα ένα σφάλμα που δημιουργείται στο κύκλωμα με αποτέλεσμα να περιορίζονται οι δυσάρεστες συνέπειες. Όμως δεν μπορούν πάντα να περιορίσουν όλες τις συνέπειες με αποτέλεσμα να υπάρχει σε μερικές περιπτώσεις κάποια μικρή παρενόχληση στον υπόλοιπο εξοπλισμό. Η αποτυχία ενός διακόπτη να αποζεύξει ένα σφάλμα μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που προστατεύει.

Για την σωστή συντήρηση των διακοπών θα πρέπει το προσωπικό να ενημερώνεται και να διαβάζει προσεκτικά τα εγχειρίδια με τις οδηγίες των κατασκευαστών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα προφύλαξης για να είναι σίγουρο, ότι ο διακόπτης είναι απενεργοποιημένος και ότι το κύκλωμα με το οποίο είναι συνδεδεμένος είναι σωστά ασφαλισμένο.

Όλα τα κυκλώματα ελέγχου καθώς και οι μηχανισμοί επαναφοράς θα πρέπει να είναι απενεργοποιημένοι. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες διακοπών ισχύος όπως προαναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο και είναι οι εξής:

- ✓ Διακόπτες ισχύος με αέρα
- ✓ Διακόπτες ισχύος με κενό
- ✓ Διακόπτες ισχύος με λάδι
- ✓ Διακόπτες ισχύος με SF<sub>6</sub>.

### 4.8.1. Διακόπτες αέρος

Κάνοντας μια προσέγγιση της διαδικασίας συντήρησης σε διακόπτες αέρος καταλέγουμε στα κάτωθι.

#### ❖ *Μόνωση*

Η συντήρηση που μπορεί να πραγματοποιηθεί στην μόνωση των διακοπών είναι ο τακτικός και σωστός καθαρισμός των μονωμένων επιφανειών. Επιπλέον, απαραίτητος είναι ο έλεγχος για την αποφυγή και την πρόληψη από τα κάτωθι:

- ✓ Φαινόμενα κορώνας
- ✓ Ίχνη από τόξο
- ✓ Θερμική καταστροφή.

## ❖ *Επαφές*

Οι διακόπτες ισχύος εξαρτώνται άμεσα από την σωστή λειτουργία των επαφών τους. Οι διακόπτες αέρος έχουν τουλάχιστον δύο ξεχωριστά σύνολα επαφών σε κάθε πόλο, τις κύριες επαφές και τις επαφές τόξου. Κάποιοι διακόπτες έχουν και ένα ενδιάμεσο ζεύγος επαφών, το οποίο ανοίγει μετά τις κύριες επαφές και πριν τις επαφές τόξου.

Την στιγμή που κλείνει ένας διακόπτης το ρεύμα φόρτισης περνά από τις κύριες επαφές. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι κατά την διάρκεια βραχυκυκλώματός ή υπερφορτίσεων το ρεύμα περνά ανάμεσα τις επαφές. Επιπλέον, μια μεγάλη τιμή της αντίστασης διέλευσης των επαφών, θα δημιουργήσει οπές στις επιφάνειές τους, επικάθιση ξένων υλικών ή θα προκαλέσει μια μείωση στην αντοχή του ελατηρίου τους. Κάτι τέτοιο θα προκαλέσει τη διέλευση μεγάλου ρεύματος από τις επαφές του τόξου, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και το κάψιμο τους.

Οι επαφές τόξου ανοίγουν τελευταίες με αποτέλεσμα να έχουμε εκεί τη δημιουργία τόξου. Κατά τη διακοπή των κυκλωμάτων, αυτές είναι που φέρουν στιγμιαία το ρεύμα, που πολλές φορές μπορεί να είναι ίσο με το ονομαστικό ρεύμα απόζευξης του διακόπτη. Κατά τη ζεύξη σε βραχυκύκλωμα, μπορεί στιγμιαία να μεταφέρουν ρεύμα αρκετά μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα απόζευξης. Αυτός είναι και ο λόγος που πρέπει να υπάρχει απόλυτη επαφή μεταξύ τους. Σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να καούν κατά τη διάρκεια διακοπής μεγάλων σφαλμάτων.

Στους διακόπτες ισχύος βεβιασμένης ροής, το τόξο απομακρύνεται γρήγορα με τη βοήθεια ενός πεδίου βεβιασμένης ροής αέρα και το επιμηκύνει προς τα κεράτια που βρίσκονται στο θάλαμο σβέσης. Οι επαφές τόξου είναι αναλώσιμες και θα πρέπει να έχουν φθαρεί αρκετά, για να είναι απαραίτητη αντικατάστασή τους.

### Συντήρηση των επαφών

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

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

Οι επιφάνειες των κύριων επαφών πρέπει να είναι καθαρές και γυαλισμένες. Παρόλα αυτά ο αποχρωματισμός των επαργυρωμένων επαφών δεν είναι επιβλαβής, εκτός αν προκαλείται από μονωτικό ίζημα, το οποίο και θα πρέπει να απομακρύνεται. Ελαφρά αποτυπώματα στις σταθερές επαφές μπορεί να προκαλούνται από τις πιέσεις ή τα κτυπήματα των κινούμενων επαφών.

Ωστόσο κάποιες μικρές επιφανειακές ανωμαλίες ή κοιλώματα μπορούν να υπάρχουν και δεν επηρεάζουν την λειτουργία τους. Επιπλέον, κάποιες προεξοχές στην επιφάνεια μπορούν να απομακρυνθούν με λείανση. Στην περίπτωση που υπάρχουν

σοβαρές ενδείξεις υπερθέρμανσης, που φαίνονται από τις κηλίδες στο μέταλλο και στη μόνωση, οι επαφές και το συγκρότημα του ελατηρίου θα πρέπει να αντικαθίστανται. Η υπερθέρμανση στους διακόπτες μπορεί να εντοπιστεί κατά την διάρκεια του καθαρισμού τους.

Οι κινούμενες αλλά και οι σταθερές επαφές των διακοπών παρουσιάζουν σημάδια υπερθέρμανσης τα οποία είναι εμφανή. Επιπλέον, κατά τον καθαρισμό εντοπίζονται σπασμένα μέρη ή φθαρμένα ελατήρια. Οι επιφάνειες των επαφών θα πρέπει να επικαλύπτονται ελαφρά και με λιπαντικό. Όμως θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο αν αποσυναρμολογηθεί ο διακόπτης, ειδικά για τους διακόπτες κενού, λαδιού και SF<sub>6</sub> που δεν είναι προσιτές οι επαφές.

Οι επαφές από σφυρηλατημένο χαλκό ή τύπου ψήκτρας που υπάρχουν σε παλιότερους διακόπτες πρέπει να αντικαθίστανται κάθε φορά που καίγονται. Μπορούν να λειανθούν με μια λίμα, για να απομακρυνθούν τα εξογκώματα και για να επανέλθουν, όσο είναι δυνατό, στο αρχικό τους σχήμα. Για να είναι ικανοποιητική και σωστή η λειτουργία του διακόπτη είναι υποχρεωτικό να αναπληρώνονται όταν καίγονται αρκετά ή όταν καίγεται η επιφάνειά τους κατά το ήμισυ. Εντούτοις, η μικρή πίεση στις επαφές, που προκαλείται από τη διάβρωση ή την επανειλημμένη λείανση, μπορεί να δημιουργήσει υπερθέρμανση ή να παρεμποδίσει τη λειτουργία των επαφών τόξου. (Μαρκόπουλος Β., 2009)

#### Λειτουργικός χειρισμός για το σύγχρονο κλείσιμο και άνοιγμα των Επαφών

Ο σωστός λειτουργικός χειρισμός των επαφών θα πρέπει να ακολουθεί τα εξής:

- ✓ Κλείσιμο του διακόπτη χειροκίνητα
- ✓ Έλεγχος της πίεση των ελατηρίων
- ✓ Ευθυγράμμιση των επαφών με σκοπό όλες οι επαφές κλείνουν ταυτόχρονα.

Ειδικότερα για τους διακόπτες λαδιού, κενού και SF<sub>6</sub> που οι επαφές δεν είναι ορατές, ο έλεγχος για το ταυτόχρονο κλείσιμο των επαφών γίνεται ελέγχοντας την απόσταση του διακένου μεταξύ των σταθερών και των κινούμενων επαφών (στην ανοικτή θέση “OPEN” του διακόπτη).

#### ❖ **Μονάδα διακοπής του τόξου (θάλαμος σβέσης τόξου)**

Οι σύγχρονοι θάλαμοι σβέσης των διακοπών ισχύος με βεβιασμένη ροή αέρα, κατασκευάζονται μόνο από ανόργανα υλικά. Τέτοια υλικά ενισχύουν το στόμιο του θαλάμου και απαρτίζουν τους δίσκους ή αλλιώς περύγια του θαλάμου που ενεργούν έτσι ώστε να ψύχουν και να επιμηκύνουν το τόξο. Τα μεμονωμένα τμήματα του θαλάμου παραμένουν κατά μήκος των επαφών.

Κατά τη διάρκεια που οι επαφές είναι ανοικτές, αυτά τα μονωμένα τμήματα εκτίθενται σε πλήρες δυναμικό κατά μήκος του διακόπτη. Η δυνατότητα να αντέχει η

μόνωση σε ένα τέτοιο δυναμικό, εξαρτάται από τη συντήρηση που γίνεται σε αυτή. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται για να διατηρείται το συγκρότημα του θαλάμου στεγνό. Τα περισσότερα υλικά δεν επηρεάζονται τόσο πολύ από την υγρασία, εκτός από τα κεραμικά υλικά, τα οποία έχουν το χαρακτηριστικό να απορροφούν νερό.

### Επιθεώρηση – Συντήρηση

- Ο θάλαμος σβέσης πρέπει να επιθεωρείται κάθε φορά που επιθεωρούνται και οι επαφές (αποσυναρμολόγηση του διακόπτη). Να απομακρύνονται τα υπολείμματα βρωμιάς ή τα παράγωγα του τόξου με ένα πανί ή με άμμο. Να μην χρησιμοποιούνται συρματόβουρτσες ή πανιά που αφήνουν χνούδια, γιατί υπάρχει πιθανότητα να προσκολληθούν αγωγίμα σωματίδια στο κεραμικό υλικό.
- Όταν γίνεται επιθεώρηση στο θάλαμο σβέσης θα πρέπει να γίνεται και ένας έλεγχος για:
  - a) *Σπασμένα ή Ραγισμένα μέρη:* Μικρά σπασμένα κομμάτια του κεραμικού ή μικρά ραγίσματα δεν επηρεάζουν την απόδοση λειτουργίας του θαλάμου σβέσης.
  - b) *Διάβρωση του κεραμικού:* Όταν ένα τόξο έρχεται σε επαφή με το κεραμικό υλικό, η επιφάνεια του θα λιώσει ελαφρώς. Όταν μεγάλα ρεύματα από τόξα εμφανίζονται ξανά και ξανά, μπορεί να προκαλέσουν την εξαέρωση ενός τμήματος του κεραμικού. Όταν συμβαίνει αυτό, το κεραμικό υλικό θα πρέπει να αλλάζεται.
  - c) *Βρωμιά μέσα στο θάλαμο:* Η διάταξη του φλογοκρύτερη γεμίζει από ακαθαρσίες, όταν λειτουργεί. Η σκόνη ή τα υπολείμματα από άνθρακα που κατακάθονται στο εσωτερικό των επιφανειών μπορούν να απομακρυνθούν με μια ηλεκτρική σκούπα ή σκούπισμα με καθαρά πανιά. Αυτά τα ιζήματα συσσωρεύονται στα προστατευτικά κεραμικά, κατά τη διάρκεια δημιουργίας του τόξου. Επίσης υπάρχουν και ιζήματα που προκαλούνται από την εξαέρωση των μεταλλικών επαφών και των επαφών του τόξου, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, τα οποία συσσωρεύονται κυρίως σε διακόπτες που εκτελούν πολλές επαναφορές στη Μ.Τ και στη Χ.Τ. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη βρωμιά που υπάρχει στις πλαστικές επιφάνειες κάτω από το κεραμικό προστατευτικό του τόξου. Πρέπει να καθαρίζεται από τα ίχνη άνθρακα ή άλλα μεταλλικά υπολείμματα που πιθανόν να υπάρχουν. Πολλές φορές χρειάζεται ένα μη αγωγίμο λειαντικό για τον καθαρισμό τους, που πρέπει όμως να γίνεται με προσοχή για να μην καταστραφεί. Η βρωμιά που εμφανίζεται στο κεραμικό προστατευτικό του θαλάμου, μπορεί να μη μειώσει τη διηλεκτρική αντοχή. Το

παρακάτω τεστ διηλεκτρικής αντοχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν παράδειγμα για να αποφασίσει κανείς πότε πρέπει να γίνει ένας ολοκληρωμένος καθαρισμός: Οι φλογοκρύπτες μεταξύ της μπροστινής και της πίσω επαφής σε διακόπτες Μ.Τ πρέπει να αντέχουν τη μέγιστη κρουστική τάση για ένα λεπτό. Επίσης μερικοί κατασκευαστές προτείνουν μια δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής στην επιφάνεια του κεραμικού κοντά στις επαφές, για να πιστοποιηθεί η ικανοποιητική τιμή του διηλεκτρικού της.

- Οι συσκευές φυσητήρων, που χρησιμεύουν για να «σπρώχνουν» το τόξο μέσα στο θάλαμο σβέσης πρέπει να ελέγχονται για τη σωστή λειτουργία τους. Μια αποδεκτή μέθοδος είναι η παρακάτω: Έχοντας το θάλαμο σε κανονική λειτουργία, τοποθετούμε ένα κομμάτι χαρτί στην περιοχή εκκένωσης και παρατηρούμε την οποιαδήποτε κίνησή του, όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός. Η κίνηση του χαρτιού, αν γίνει αντιληπτή δείχνει ότι ο φυσητήρας λειτουργεί κανονικά.
- Οι φλογοκρύπτες σε διακόπτες Χ.Τ είναι σχετικά απλές κατασκευές, που αποτελούνται κυρίως από μια κάθετη στοίβα από δισκοειδείς πλάκες που βρίσκονται μέσα σε ένα μονωτικό κάλυμμα. Υπάρχει ένας φλογοκρύπτης ανά πόλο, πάνω από τις κύριες επαφές. Η δημιουργία του τόξου προκαλεί διάβρωση στις δισκοειδείς πλάκες. Επίσης το κάτω μέρος της επιφάνειας του μονωτικού καλύμματος, εκτίθεται σε διάβρωση και μερική κηλίδωση. Οι φλογοκρύπτες θα πρέπει να εξετάζονται κατά τη διάρκεια μιας συνηθισμένης συντήρησης. Αν οι δισκοειδείς πλάκες έχουν υποστεί σοβαρή διάβρωση, θα πρέπει να αντικαθίστανται. Αν το εσωτερικό μέρος των περιβλημάτων έχει υποστεί κηλίδωση ή έχει παράγωγα του τόξου, θα πρέπει να χρησιμοποιείται γυαλόχαρτο για τον καθαρισμό τους, αλλιώς να αντικαθίστανται. Κατά περιόδους, ολόκληρη η διάταξη του φλογοκρύπτη θα πρέπει να αναπληρώνεται, ανάλογα βέβαια και με την απόδοσή του. (Σαμοΐλης Β., 1995 ; Τασούλας Α., 2009)

#### ❖ Μηχανισμός λειτουργίας

Ο σκοπός του μηχανισμού λειτουργίας είναι να ανοίγει και κλείνει τις επαφές. Αυτό γίνεται, για τους περισσότερους διακόπτες ισχύος, συνήθως μέσω ενός συστήματος διασύνδεσης με μια συσκευή τροφοδοσίας, όπως είναι ένα πηνίο εργασίας ή ένα ελατήριο για το κλείσιμο, που και αυτό με τη σειρά του περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα πηνία εργασίας ή άλλου είδους ηλεκτρομαγνήτες για το tripping.

Το tripping ολοκληρώνεται με μηχανικό τρόπο, ανεξάρτητα από τη συσκευή κλεισίματος, έτσι ώστε να αναγκαστούν οι επαφές του διακόπτη να ανοίξουν παρά το γεγονός ότι ενδεχομένως η συσκευή να είναι στην κλειστή θέση. Ο παραπάνω συνδυασμός ονομάζεται «μηχανισμός απελευθέρωσης του trip». Μετά το κλείσιμο, η



κύρια λειτουργία του μηχανισμού λειτουργίας είναι να ανοίξει το διακόπτη, τη στιγμή δηλαδή που το πηνίο tripping είναι ενεργοποιημένο, πάνω από την ελάχιστη ονομαστική τάση λειτουργίας.

#### Επιθεώρηση – Συντήρηση

- Ο μηχανισμός λειτουργίας πρέπει να επιθεωρείται για χαλαρά ή σπασμένα κομμάτια, για την απώλεια πείρων ή δακτυλιδιών συγκράτησης και για συγκολλήσεις ή εκτεταμένες φθορές.
- Όλα τα κινούμενα τμήματα εκτίθενται σε φθορές. Χρησιμοποιούνται διάφορα αντιδιαβρωτικά υλικά από τους κατασκευαστές και έτσι η φθορά μπορεί να αντιμετωπιστεί, προτού εμφανιστεί κάποια μη φυσιολογική κατάσταση. Η εκτεταμένη φθορά μπορεί να επιδράσει στην κίνηση των επαφών του διακόπτη. Επίσης επιδρά και στη λειτουργία των μοχλών, αφού μπορεί να κολλήσουν ή να μετατοπιστούν χωρίς λόγο και έτσι να προκαλέσουν πρόωρη διέγερση του διακόπτη. Ορισμένα τμήματα του μηχανισμού λειτουργίας μπορούν να επισκευαστούν ενώ άλλα δεν επιδέχονται επισκευή και πρέπει να αντικαθίστανται.
- Η διαδικασία closing/ tripping πρέπει να είναι γρήγορη και ακριβής. Κάθε είδους συγκόλληση, η αργή κίνηση, η καθυστέρηση στη λειτουργία, η αποτυχία στο trip ή στο χειρισμό του μοχλού, θα πρέπει να διορθώνεται προτού ο διακόπτης τεθεί σε λειτουργία ξανά. (Τασούλας Α., 2009)

#### ❖ **Βοηθητικά κυκλώματα του διακόπτη**

#### Επιθεώρηση-Συντήρηση

- Να επιθεωρούνται ο κινητήρας ή τα πηνία εργασίας που οπλίζουν τον διακόπτη, ο μηχανισμός ενεργοποίησης του ελατηρίου, οι βοηθητικοί διακόπτες, και οι διακόπτες ηχητικού συναγερμού για την σωστή τους λειτουργία, την κατάσταση της μόνωσης και τη σωστή σύσφιξη των συνδέσεων τους.
- Επίσης να ελέγχονται για την σωστή τους λειτουργία, οι σημάνσεις ON/ OFF, η ένδειξη οπλισμού του ελατηρίου, οι μηχανικές και ηλεκτρικές μανδαλώσεις, οι μανδαλώσεις με κλειδιά και οι μόνιμες εγκαταστάσεις που κλειδώνουν με λουκέτα, και να γίνεται η λίπανση τους. Πιο συγκεκριμένα, να γίνονται δοκιμές στις κύριες μανδαλώσεις που αποτρέπουν την τοποθέτηση και την αφαίρεση του διακόπτη, όταν αυτός είναι κλειστός.
- Τα κυκλώματα των ρελέ προστασίας θα πρέπει να ελέγχονται, έχοντας τον διακόπτη στη θέση "TEST", και ταυτόχρονα κλείνοντας τις επαφές από το κάθε ρελέ προστασίας χειροκίνητα, έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί ο διακόπτης.
- Να ελέγχονται οι συσκευές διέγερσης (trip) των αυτομάτων Μ.Τ που είναι ηλεκτρομηχανικού τύπου, και έχουν αέριο ή υγρό μέσο απόσβεσης για τις

ρυθμίσεις χρονικής 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.

- 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.

### Παράδειγμα

Μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη αέρος. Διακόπτες αέρος 150 KV

<b>Διακόπτες αέρος 150 KV</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Μονωτήρες.</li> <li>✓ Κύριες και βοηθητικές επαφές.</li> <li>✓ Κοχλίες σύνδεσης και στεγανοποίησης.</li> <li>✓ Ακροδέκτες.</li> <li>✓ Εύκαμπτοι σύνδεσμοι.</li> <li>✓ Γειώσεις.</li> <li>✓ Μεταλλικές επιφάνειες.</li> <li>✓ Μηχανισμός λειτουργίας.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Δείκτης πίεσης.</li> <li>✓ Αντίσταση θέρμανσης, θερμοστάτης.</li> <li>✓ Αεριοφυλάκια.</li> <li>✓ Αεροσυμπιεστές.</li> <li>✓ Βαλβίδα αερισμού.</li> <li>✓ Πιεσόμετρα χαμηλής και υψηλής πίεσης αεριοφυλακίου.</li> <li>✓ Κύρια βαλβίδα: Έλεγχος εξαρτημάτων, επισκευή ή αντικατάσταση</li> </ul>

**Πίνακας 4.2:** Μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη αέρος.  
(Τασούλας Α., 2009)

#### **4.8.2. Διακόπτες κενού**

Οι διακόπτες κενού σε σύγκριση με τους διακόπτες αέρος παρουσιάζουν διαφορά στις κύριες επαφές καθώς και στο μηχανισμό σβέσης του τόξου. Στου διακόπτες κενού τα προαναφερόμενα μέρη βρίσκονται σε ένα κενό θάλαμο και δεν έχουν την δυνατότητα να αποσυναρμολογηθούν για να γίνει καθαρισμός, επισκευή ή ρύθμιση. Υπάρχουν διάφορα όργανα για τον έλεγχο και την μέτρηση της φθοράς στις επαφές.

### Επιθεώρηση-Συντήρηση

Κατά την διάρκεια της επιθεώρησης – συντήρησης του διακόπτη κενού πρέπει να ελέγχεται η πληρότητα του κενού του. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται αφού εφαρμοστεί μια τάση δοκιμής κατά μήκος του διακένου των ανοικτών επαφών που βρίσκονται μέσα στο δοχείο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δοκιμές αυτές θα πρέπει να πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές που δίνει κάθε κατασκευαστής. Η εφαρμογή υψηλής τάσης κατά μήκος των ανοικτών επαφών σε δοχεία κενού μπορεί να προκαλέσει την δημιουργία ακτινοβολίας-Χ.

Η ακτινοβολία –Χ που εκπέμπεται από τον διακόπτη κενού πρέπει να κυμαίνεται σε συγκεκριμένο επίπεδο. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν το διάκενο μεταξύ των επαφών είναι το σωστό και όταν αυτό εκτίθεται σε επιτρεπτά επίπεδα τάσεων δοκιμής. Επιπλέον, θα πρέπει να βρίσκεται αρκετά κάτω από τα επιτρεπτά όρια που καθορίζουν οι κανονισμοί.

Ωστόσο, στην περίπτωση που οι επαφές δεν έχουν ρυθμιστεί σωστά ή οι τάσεις δοκιμής που εφαρμόζονται να είναι μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες, είναι σκόπιμο κατά την διάρκεια των δοκιμών το προσωπικό να βρίσκεται πίσω από προστατευτικά κιγκλιδώματα και να παραμένει μακριά από τον διακόπτη, για λόγους προστασίας. Κατά την διάρκεια αυτών των δοκιμών η ασπίδα προστασίας του διακόπτη, μπορεί να απαιτεί ηλεκτροστατική φόρτιση, εξαιτίας των ατμών που δημιουργούνται μέσα στο θάλαμο σβέσης.

Η φόρτιση που προαναφέρθηκε θα πρέπει να απομακρύνεται αμέσως μετά το πέρας της δοκιμής. Όλες οι υπόλοιπες διαδικασίες συντήρησης που πρέπει να συντελούνται πάνω στους διακόπτες κενού, είναι ίδιες με αυτές που συστήνονται για τους διακόπτες αέρα. (Σαμοΐλης Β., 1995)

#### **4.8.3. Διακόπτες Λαδιού**

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

#### **❖ Μόνωση**

Η εξωτερική μόνωση ενός διακόπτη λαδιού εξασφαλίζεται με τους μονωτήρες διέλευσης. Στην περίπτωση που οι διακόπτες λαδιού είναι εξωτερικού χώρου τότε το περίβλημα από το οποίο κατασκευάζονται είναι από πορσελάνη, στην περίπτωση που οι διακόπτες είναι εσωτερικού χώρου υπάρχει η δυνατότητα το περίβλημα να είναι είτε από πορσελάνη είτε από κάποιο άλλο οργανικό υλικό.

Οι μονωτήρες διέλευσης θα πρέπει να εξετάζονται για ενδείξεις κάποιας καταστροφής ή για ακαθαρσίες στην επιφάνεια τους. Αν το πορσελάνινο περίβλημα έχει υποστεί καταστροφή, η έρπουσα διαδρομή θα μειωθεί λόγω της φθοράς στο μονωτικό και τότε θα πρέπει να γίνει η αντικατάσταση του. Σε κάποια άλλη περίπτωση πρέπει να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός για να απομακρυνθούν οι βρωμιές από την επιφάνεια.

Όσο αφορά το λάδι, δεν έχει μόνο μονωτική ιδιότητα αλλά δρα σαν μέσο σβέσης του ηλεκτρικού τόξου που παράγεται, εξαιτίας των ρευμάτων που εμφανίζονται σε σφάλματα. Κατά την διάρκεια αυτής της διεργασίας, απορροφά τα παράγωγα του τόξου και επιδέχεται σε κάποιο βαθμό αποσύνθεση. Αυτός είναι και ο λόγος που η συντήρηση του λαδιού έχει υψίστη σημασία. Επιπλέον, περιλαμβάνει την ανίχνευση και την διόρθωση της κατάστασης που βρίσκεται το λάδι, για να μην μειωθεί η ποιότητα του.

Οι κύριοι λόγοι μόλυνσης του είναι τα κάτωθι:

- ✓ *Υγρασία*: Εμφανίζεται με την μορφή σταγονιδίων στα οριζόντια τμήματα του διακόπτη, ενώ το νερό που θα δημιουργηθεί, θα συσσωρευτεί στο κάτω μέρος του δοχείου.
- ✓ *Τχνη από άνθρακα*: Εμφανίζονται αρχικά με την μορφή μαύρων στιγμάτων
- ✓ *Υπολείμματα λάσπης*: Διασκόρπιση των παραπάνω και αιώρηση μέσα στο λάδι δημιουργώντας ένα σκούρο χρώμα

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα υπολείμματα που προκαλούνται από την οξείδωση, θα εμφανιστούν με την μορφή μιας γαλακτοποιημένης και παχύρρευστης ουσίας.

Για τον έλεγχο της κατάστασης του μονωτικού λαδιού πραγματοποιείται δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής. Αυτή η μέθοδος θεωρείται από τις πιο αξιόπιστες για την καλύτερη προσέγγιση της κατάστασης του λαδιού. Συνήθως σε αυτή την μέθοδο λαμβάνονται δείγματα και ελέγχονται, όπως αναφέρεται στην οδηγία ASTM D877 (Τυποποιημένες μέθοδοι δοκιμών και ελέγχων της τάσης διάσπασης των υγρών μονωτικών χρησιμοποιώντας δισκοειδή ηλεκτρόδια).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που κατά τον έλεγχο διαπιστωθεί ότι η περιεκτικότητα του λαδιού είναι πολύ χαμηλή τότε πραγματοποιείται επανέλεγχος και αν είναι αναγκαίο τότε το αντικαθιστούμε με καινούργιο. Τονίζεται ότι το λάδι θα πρέπει να εξετάζεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα ή μετά από κάθε σφάλμα. που συστήνουν οι κατασκευαστές και αυτό που βρίσκεται μέσα σε σφραγισμένα κουτιά.

Ωστόσο, θα πρέπει να γίνεται δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής του λαδιού πριν από την χρήση του. Ακόμα, πρέπει να αποφεύγεται η εισαγωγή αέρα κατά την διαδικασία της προσθήκης του λαδιού, γιατί δημιουργούνται φυσαλίδες και αυτό επιτυγχάνεται είτε με αντλία λαδιού είτε με διάφορα άλλα μέσα. Στην πραγματικότητα, δεν μπορούμε να αποφύγουμε την δημιουργία των φυσαλίδων και για αυτό θα πρέπει να τις αφαιρούμε εφαρμόζοντας ένα κενό αέρος ή αλλιώς θα πρέπει να αφήνουμε το λάδι να «ηρεμίσει» για 8 με 12 ώρες, προτού θέσουμε σε λειτουργία τον διακόπτη. (Τασούλας Α., 2009)

## ❖ **Επαφές**

Η επιθεώρηση που πραγματοποιείται στις κύριες επαφές των διακοπών λαδιού θεωρείται ότι είναι εύκολη διότι είναι προσιτές. Η επιθεώρηση ξεκινά με την μέτρηση της αντίστασης διέλευσης των επαφών για να διαπιστώσουμε αν γίνεται σωστά η ένωση τους, με την βοήθεια ενός ωμομέτρου μικρής κλίμακας (ducter).

Ωστόσο, στην περίπτωση που η επιθεώρηση έχει καθυστερήσει ή θεωρείται αναγκαία μια εκτεταμένη συντήρηση, διότι υπάρχει κάποια βλάβη, τότε απαιτείται αφαίρεση του λαδιού και κατέβασμα του δοχείου για καθαρισμό και έλεγχο. Αυτό όμως δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί σε πολύ τακτά διαστήματα ούτε κατά την διάρκεια της συντήρησης «ρουτίνας»

Για την συχνότητα των προαναφερόμενων συντηρήσεων – επιθεωρήσεων πρωταρχικό ρόλο παίζουν τα εξής:

- ✓ Απόδοση του διακόπτη
- ✓ Αριθμός των χειρισμών
- ✓ Τιμή του ρεύματος λειτουργίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε φορά που ένας διακόπτης αποζεύξει ένα σφάλμα κοντά ή πάνω από τις μέγιστες τιμές του, γίνεται υποχρεωτική συντήρηση. Οι επαφές θα πρέπει να ελέγχονται και για διάβρωση. Επίσης, θα πρέπει να ελέγχεται η καλή εφαρμογή και η σωστή ευθυγράμμιση των επαφών, ενώ όλες οι κοχλιώσεις και τα ελατήρια θα πρέπει να ελέγχονται αν είναι σφικτές.

## ❖ **Συγκρότημα σβέσης τόξου**

Το συγκρότημα σβέσης του τόξου θα πρέπει να επιθεωρείται για την ύπαρξη καρβουνόσκονης ή άλλου είδους ακαθαρσίες. Αν είναι απαραίτητο θα πρέπει να διεξάγεται ένας καθαρισμός, σύμφωνα με τις κατασκευαστικές οδηγίες.

## ❖ **Μηχανισμός λειτουργίας**

Η συντήρηση του μηχανισμού λειτουργίας εκτελείται με τον ίδιο τρόπο, όπως προαναφέρθηκε και αναλύθηκε και στους διακόπτες αέρος.

## ❖ **Βοηθητικές συσκευές**

Και στην περίπτωση των βοηθητικών συσκευών η συντήρηση πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο, όπως αναλύθηκε και στους διακόπτες αέρος. Ωστόσο, τονίζεται ότι θα πρέπει να γίνεται επιθεώρηση και σε άλλα εξαρτήματα όπως:

- ✓ Μετρητές της στάθμης του λαδιού
- ✓ Γυάλινοι δείκτες για τον οπτικό έλεγχο
- ✓ Βαλβίδες

- ✓ Δοχεία
- ✓ Αναπνευστήρες
- ✓ Περίβλημα του δοχείου λαδιού.

Ο διακόπτης θα πρέπει να βγαίνει αμέσως από την θέση του για επισκευή, αν διαπιστωθεί ότι η στάθμη του λαδιού είναι κάτω από την επιτρεπόμενη. (Σαμοίλης Β., 1995)

#### Παράδειγμα

Μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη λαδιού.

Διακόπτες λαδιού 150 kV	Διακόπτες λαδιού 20 kV
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Αντίσταση θέρμανσης</li> <li>✓ Μονωτήρες διέλευσης</li> <li>✓ Δείκτης λαδιού</li> <li>✓ Απιονιστικές σχάρες</li> <li>✓ Κύριες και βοηθητικές επαφές</li> <li>✓ Βοηθητικά κυκλώματα ελέγχου</li> <li>✓ Η/Ν προστασίας και Μ/Σ έντασης</li> <li>✓ Καλώδια και μπάρες</li> <li>✓ Πρεσσοστάτες</li> <li>✓ Ηλεκτροβαλβίδες.</li> <li>✓ Μηχανισμός μετάδοσης κίνησης.</li> <li>✓ Συστήματα μανδάλωσης και σήμανσης.</li> <li>✓ Ικρίωματα, μεταλλικές επιφανείες.</li> <li>✓ Ελατήρια για το κλείσιμο και το άνοιγμα.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Κύριες και βοηθητικές επαφές.</li> <li>✓ Δείκτης λαδιού.</li> <li>✓ Βοηθητικά κυκλώματα.</li> <li>✓ Η/Ν προστασίας και Μ/Σ έντασης.</li> <li>✓ Ελατήρια για το κλείσιμο και το άνοιγμα.</li> <li>✓ Απιονιστικές σχάρες.</li> <li>✓ Μονωτήρες διέλευσης.</li> <li>✓ Κοχλίες και φλάντζες στεγανοποίησης,</li> <li>✓ Γειώσεις.</li> <li>✓ Αντίσταση θέρμανσης, θερμοστάτες.</li> <li>✓ Μεταλλικές επιφάνειες.</li> <li>✓ Μηχανισμός λειτουργίας.</li> <li>✓ Συστήματα μανδάλω/ιης και σήμανσης.</li> </ul>

**Πίνακας 4.3:** Μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη λαδιού 150 kV και 20 kV  
(Τασούλας Α., 2009)

#### **4.8.4. Διακόπτες SF<sub>6</sub> 20 kV**

Οι διακόπτες SF<sub>6</sub> κατασκευάστηκα έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τους διακόπτες λαδιού. Ωστόσο, η κύρια διαφορά τους είναι το μέσο σβέσης που είναι το αέριο SF<sub>6</sub>. Οι διακόπτες SF<sub>6</sub> προτείνονται από πολλούς μηχανικούς γιατί θεωρούνται αρκετά αξιόπιστοι και παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά στα σφάλματα με αποτέλεσμα να μειώνονται οι πιθανότητες εκδήλωσης πυρκαγιάς.

### Επιθεώρηση-Συντήρηση

Σε αυτό το σημείο της παρούσας πτυχιακής εργασίας γίνεται αναφορά των τμημάτων και των χρονικών διαστημάτων που πρέπει να πραγματοποιηθούν οι προκαθορισμένες συντηρήσεις – επιθεωρήσεις στους διακόπτες SF<sub>6</sub>. Τονίζεται ότι τα διαστήματα είναι ενδεικτικά και μπορούν να αυξηθούν ή να μειωθούν ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος και λειτουργίας του διακόπτη).

<b>Ετήσια Συντήρηση</b>	
Μονωτήρες διέλευσης	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Έλεγχος για ρωγμές, σπασίματα και για ίχνη από τόξο.</li><li>✓ Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.</li><li>✓ Καθαρισμός και επίστρωση σιλικόνης (όταν βρίσκονται σε ρυπογόνο περιβάλλον).</li></ul>
Γειώσεις	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Έλεγχος ακεραιότητας της γείωσης</li><li>✓ Επιθεώρηση για διάβρωση,</li><li>✓ Σύσφιξη συνδέσεων.</li></ul>
Ελατήρια	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Καθαρισμός με διαλύτη</li><li>✓ Λίπανση</li><li>✓ Ρυθμίσεις</li></ul>
Μεταλλικές επιφάνειες	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Έλεγχος για διάβρωση</li><li>✓ Καθαρισμός</li><li>✓ Βάψιμο</li></ul>
Μηχανισμό λειτουργίας	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Συσφίξεις</li><li>✓ Καθαρισμός με διαλύτη</li><li>✓ Λίπανση των μηχανικών τμημάτων</li></ul>
Πρεσοστάτες	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Έλεγχος λειτουργίας</li></ul>
Βοηθητικά κυκλώματα	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Έλεγχος επαφών</li><li>✓ Συσφίξεις κλεμοσειρών</li></ul>
Μηχανισμός μετάδοσης κίνησης	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Συσφίξεις</li><li>✓ καθαρισμός με διαλύτη</li><li>✓ λίπανση των μηχανικών τμημάτων.</li></ul>
Δοκιμαστικός χειρισμός (ηλεκτρικά - χειροκίνητα)	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Έλεγχος καλής λειτουργίας</li></ul>
Δείκτης πίεσης	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Έλεγχος για διαρροές,</li><li>✓ Έλεγχος καλής λειτουργίας</li><li>✓ Καταγραφή της πίεσης.</li></ul>
Φλάντζες στεγανοποίησης	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Επιθεώρηση</li></ul>
Αέριο SF <sub>6</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Μέτρηση της υγρασίας.</li></ul>

**Πίνακας 4.4:** Απαραίτητη Ετήσια Συντήρηση στους διακόπτες SF<sub>6</sub>.

12ετής Συντήρηση	
Πόλοι διακόπτη	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Άνοιγμα</li> <li>✓ Σχολαστικός καθαρισμός</li> </ul>
Αέριο SF <sub>6</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Αντικατάσταση</li> <li>✓ Μέτρηση πίεσης</li> <li>✓ Καταγραφή πίεσης</li> </ul>
Κύριες - βοηθητικές επαφές	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Καθαρισμός</li> <li>✓ Λείανση</li> <li>✓ Μέτρηση του διακένου των επαφών.</li> </ul>

**Πίνακας 4.5:** Απαραίτητη 12ετής Συντήρηση στους διακόπτες SF<sub>6</sub>.

**Παρατήρηση:** Για τους διακόπτες SF<sub>6</sub> θα πρέπει να τονιστεί ότι η πλήρωση υπό πίεση με αέριο κατά την διάρκεια μιας προγραμματισμένης συντήρησης θα πρέπει να γίνεται υπό θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C. Αν υπάρχει μεγαλύτερη θερμοκρασία περιβάλλοντος, η πλήρωση με αερίου γίνεται υπό διαφορετική πίεση. Το προσωπικό συντήρησης πρέπει να συμβουλευτεί τις οδηγίες και τους πίνακες που δίνουν οι κατασκευαστές. (Τασούλας Α., 2009)

#### 4.8.5. Διακόπτες Φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου Μ.Τ. είναι διακόπτες που μπορούν να ζεύξουν ή να αποζεύξουν συγκεκριμένα ρεύματα. Μπορούν να είναι, είτε σταθερού είτε συρόμενου τύπου και μπορούν να χειρίζονται με χειροκίνητο ή ηλεκτρικό τρόπο. Αν είναι της πρώτης κατηγορίας δηλαδή μονταρισμένοι μέσα σε πεδία, θα πρέπει να υπάρχουν μανδάλωσεις στις εισόδους πρόσβασης ή στους πίνακες, ώστε να αποτρέπεται ο χειρισμός των διακοπών όταν είναι κλειστοί ("εντός").(Τασούλας Α., 2009)

#### Επιθεώρηση-Συντήρηση

Οι διαδικασίες συντήρησης είναι ίδιες με αυτές που αναλύθηκαν στους διακόπτες αέρος,. Ωστόσο, υπάρχει μία σημαντική διαφορά στην διαδικασία συντήρησης του θαλάμου σβέσης. Ο θάλαμος σβέσης σε έναν διακόπτη φορτίου είναι μία απλή κατασκευή με αποτέλεσμα να δίνεται η δυνατότητα να καθαρίζεται εύκολα αλλά και η επιθεώρηση να μην θεωρείται δύσκολή αφού δεν γίνεται αποσύνδεση από την θέση του.

Αποσύνδεση πρέπει να πραγματοποιείται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όπως είναι όταν βρίσκονται σε εσώκλειστους χώρους. Τονίζεται ότι η αποσύνδεση δεν αρκεί



αφού θα πρέπει να αποσυναρμολογηθεί όλος ο διακόπτης. Επιπλέον, διηλεκτρικές δοκιμές δεν απαιτούνται κατά την συντήρηση.

#### **4.8.6. Δοκιμές στους διακόπτες**

Στην συνέχεια αναλύονται οι απαραίτητες δοκιμές που πρέπει να πραγματοποιούνται στους διακόπτες κατά την διάρκεια της συντήρησης. Οι δοκιμές αυτές αποσκοπούν στα εξής:

- ✓ Στη μέτρηση της αντίστασης μόνωσης,
- ✓ Στη μέτρηση της αντίστασης διέλευσης των επαφών
- ✓ Στον έλεγχο του σύγχρονου ανοίγματος και κλεισίματος των επαφών του διακόπτη.

#### **❖ Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης**

Πραγματοποιείται μια δοκιμή για την μέτρηση τη αντίστασης μόνωσης με την βοήθεια συσκευής Megger η οποία παράγει τάσεις δοκιμής μέχρι 5000V. Καταγράφονται οι τιμές της αντίστασης για χρόνους 30 sec και 60 sec και με την βοήθεια των δεδομένων κάθε κατασκευαστή δίνεται η δυνατότητα μίας πρώτης εκτίμησης της μόνωσης. Κατά την διεξαγωγή της δοκιμής, ο διακόπτης θα πρέπει να αποσυνδέεται με τα καλώδια για να μην γίνουν λανθασμένες εκτιμήσεις.

#### **❖ Δοκιμές για τη μέτρηση της αντίστασης διέλευσης των επαφών (Συσκευή Ducter)**

Η δοκιμή της μέτρησης της αντίστασης, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η ποιότητα των επαφών στους διακόπτες, αυτός είναι και ο λόγος που διατίθεται μία δοκιμαστική διάταξη με κλίμακα άμεσης ανάγνωσης σε  $\mu\text{Ohm}$ , ικανή να μετράει την αντίσταση διέλευσης από 10  $\mu\text{Ohm}$  και κάτω.

Ωστόσο, υπάρχει μια εναλλακτική μέθοδο, και είναι η διέλευση ρεύματος γνωστής τιμής ανάμεσα από τις επαφές και η μέτρηση της πτώσης τάσης σε mV. Τα αποτελέσματα που παίρνονται μπορούν να δώσουν την αντίσταση διέλευσης, εφαρμόζοντας τον νόμο του Ohm.

Όταν οι μετρήσεις της πτώσης τάσης χρησιμοποιούνται απευθείας για τον προσδιορισμό της αντίστασης διέλευσης, συνήθως αυτές προσδιορίζονται με βάση το συνεχώς επιτρεπόμενο ονομαστικό ρεύμα της συσκευής. Όταν γίνονται μετρήσεις της πτώσης τάσης με ρεύμα μικρότερο του ονομαστικού, αυτές ανάγονται στο ονομαστικό ρεύμα, με πολλαπλασιασμό της μετρούμενης τιμής της τάσης με τον λόγο του ονομαστικού ρεύματος προς το ρεύμα που γίνεται η δοκιμή, δηλαδή ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\Delta U_{ov} = \Delta U_{μετ} * \frac{I_{ov}}{I_{μετ}} \quad (1)$$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η εναλλακτική μέθοδος απαιτεί μια πηγή που να δίνει ρεύμα τουλάχιστον 100Α και ένα βολτόμετρο με κλίμακα από 0-20 mV.

Επιπλέον, η αντίσταση διέλευσης των επαφών θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν χαμηλή, για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος, δηλαδή για να διατηρείται η θερμότητα σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό θα αυξήσει την διάρκεια ζωής των επαφών και της μόνωσης που βρίσκεται κοντά σε αυτές.

#### ❖ Δοκιμές για το σύγχρονο άνοιγμα και κλείσιμο των επαφών του διακόπτη

Αυτή η δοκιμή γίνεται σε διακόπτες ισχύος Μ.Τ. και Υ.Τ. και δίνει πληροφορίες για την σωστή λειτουργία του μηχανισμού ενός διακόπτη. Μπορεί να πραγματοποιηθεί μονό στην περίπτωση που υπάρχει η βοήθεια ενός παλμογράφου που παρουσιάζει σε γραφική παράσταση την θέση των επαφών του διακόπτη ως προς τον χρόνο. Αυτή η δοκιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ταχύτητας που ανοίγει και κλείνει ο διακόπτης, του χρόνου για το κλείσιμο και το tripping καθώς και της ταλάντωσης των επαφών.

Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα να δώσει πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό προβλημάτων όπως:

- ✓ Χαλάρωση του ελατηρίου επαναφοράς
- ✓ Ελαττωματικά αμορτισέρ
- ✓ Αεριοφυλάκια
- ✓ Μηχανισμοί ζεύξης.

Επίσης, πολλές φορές γίνονται και δοκιμές για να διαπιστωθεί αν κλείνουν ή ανοίγουν ταυτόχρονα και οι τρεις πόλοι ενός διακόπτη. Μια τέτοια δοκιμή πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός παλμογράφου, όπως προαναφέρθηκε. (Τασούλας Α., 2009 ; Σαμοΐλης Β., 1995)

#### 4.9. ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ Μ.Τ

Οι ασφάλειες Μ.Τ. αποτελούνται από διάφορα κατασκευάστηκα τμήματα τα οποία δεν φέρουν όλα τα τμήματα ρεύμα. Οι ασφάλειες προστατεύουν το σύστημα από βραχυκυκλώματα και όχι από υπερφορτίσεις. Επιπλέον μπορεί να είναι κατασκευασμένες κατάλληλα ώστε να τοποθετούνται είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά.

Οι ασφάλειες μπορεί να έχουν την δυνατότητα περιορισμού του ρεύματος ή όχι, το τηκτό τους μπορεί να βρίσκεται μέσα σε σκόνη ή υγρό, ή να είναι τύπου εκτόνωσης. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που οι ασφάλειες χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με

διακόπτες φορτίου ή αποζεύκτες. Η συχνότητα των επιθεωρήσεων θα καθορίζεται με γνώμονα τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή που είναι εγκατεστημένες και θα πρέπει να προσδιορίζεται από το προσωπικό.

### Επιθεώρηση- Συντήρηση

Η επιθεώρηση και η συντήρηση των ασφαλειών απαρτίζεται από διάφορες ενέργειες και από τον έλεγχο όλων των τμημάτων που αποτελούνται. Αρχικά πρέπει να πραγματοποιείται επιθεώρηση στους μονωτήρες για σπασίματα, ραγίσματα ή κάψιμο του μονωτικού περιβλήματος. Απαραίτητος είναι ο καθαρισμός, ιδιαίτερα όταν ο μονωτήρας βρίσκεται σε περιβάλλον που επικρατούν δυσμενείς συνθήκες, από τις επικαθίσεις αλατιού, από σκόνες τσιμέντου ή αέρια που προέρχονται από οξέα, για να αποφευχθούν οι εκκενώσεις και τα ηλεκτρικά τόξα.

Επιπλέον, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος στα πώματα των ασφαλειών για διάβρωση, για ίχνη από τόξο, για την σωστή ευθυγράμμιση τους και για να διαπιστωθεί ότι έχουν τα σωστά ονομαστικά στοιχεία. Ο έλεγχος θα πρέπει να πραγματοποιείται σε όλο το συγκροτήματος των ασφαλειών και να τοποθετούνται καινούργια τμήματα ή αγωγοί σύνδεσης αν διαπιστωθεί ότι αυτά έχουν διαβρωθεί. Επίσης, θα πρέπει 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. Τονίζεται ότι θα πρέπει να γίνεται αντικατάσταση των παραπάνω συγκροτημάτων, όταν παρουσιάζουν σημάδια φθοράς.

Σημαντικό τμήμα της επιθεώρησης - συντήρησης είναι ο 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. Καθώς επίσης και στις κλειδαριές, στους μοχλούς και στις μηχανικές μανδαλώσεις των πεδίων. Ωστόσο, απαραίτητο είναι το βάψιμο στα φυσίγγια των ασφαλειών που είναι φτιαγμένα από οργανικό υλικό, σύμφωνα πάντα με τις οδηγίες των κατασκευαστών.

Στην περίπτωση που καεί σε ένα τριφασικό σύστημα μια ασφάλεια, θα πρέπει να γίνεται αντικατάσταση και στις άλλες δύο γιατί αυτές μπορεί να έχουν αλλοιωθεί εν μέρει. Οι ασφάλειες εκτόνωσης μπορεί να είναι εφοδιασμένες με πυκνωτές ή σιγαστήρες που ο σκοπός τους είναι να περιορίσουν την έκρηξη των αερίων, όταν αυτές λειτουργήσουν. Μπορεί να έχουν και στοιχείο πτώσης που αποσυνδέει την ασφάλεια, όταν χρειαστεί. Το κάτω μέρος αυτού του τύπου ασφάλειας, έχει έναν στεγανοποιημένο δίσκο πάνω από τον θάλαμο εκτόνωσης για να αποτρέπει την είσοδο της υγρασίας αν αποσυνδεθεί η ασφάλεια για επισκευή. Ο παραπάνω δίσκος θα πρέπει να επιθεωρείται για να διαπιστωθεί ότι δεν έχει μπει υγρασία μέσα στον θάλαμο. Αν είναι κατεστραμμένος ή υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη υγρασίας, θα πρέπει να γίνεται αντικατάσταση. (Τασούλας Α., 2009)

#### 4.10. ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΑ

Τα αλεξικέραυνα αποτελούν ένα από τα βασικά στοιχεία στα σύγχρονα συστήματα διανομής και μεταφοράς γιατί προστατεύουν το δίκτυο από υπερτάσεις λόγω κεραυνών. Η εγκατάσταση τους γίνεται σε παροχές από εναέρια δίκτυα. Τα αλεξικέραυνα έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν είτε παράλληλα με το μηχάνημα είτε παράλληλα με τα μηχανήματα που προστατεύουν μεταξύ φάσης και γης.

Η ζώνη προστασίας κυμαίνεται μεταξύ 20 έως 40m. Επίσης, τοποθετούνται κοντά στον Μ/Σ σε μια απόσταση μικρότερη από 20 m. Στην περίπτωση που το καλώδιο του καταναλωτή έχει μήκος μικρότερο από 500 m προτείνεται η τοποθέτηση αλεξικέραυνων και στις δύο άκρες του, για μεγαλύτερη προστασία. Πολλές φορές κοντά στους Μ/Σ τοποθετούνται ακίδες υπερτάσεων, αντί για αλεξικέραυνα.

##### Τύποι αλεξικέραυνων

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες αλεξικέραυνων:

- Αλεξικέραυνα μη γραμμικής αντίστασης - τύπου βαλβίδας: αποτελείται από πολλά διάκενα εν σειρά στα οποία τοποθετείται μια μη γραμμική αντίσταση.
- Αλεξικέραυνα εκτόνωσης: αποτελείται από έναν σωλήνα από φίμπερ μέσα στον οποίο υπάρχει ένας κύλινδρος ο οποίος κατασκευάζεται επίσης από φίμπερ και δημιουργεί ένα διάκενο μέσα σε αυτόν.

##### Επιθεώρηση-Συντήρηση

Η επιθεώρηση σε αυτά τα συστήματα ξεκινά με τον οπτικό έλεγχο για την ύπαρξη των ρωγμών στο περίβλημα από πορσελάνη ή για την ύπαρξη ακαθαρσιών στην επιφάνεια του περιβλήματος. Στην περίπτωση που η πορσελάνη παρουσιάζει μεγάλες διαβρώσεις (μεγάλη ζημία), μειώνεται η έρπουσα διαδρομή και πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα. Επιπλέον, στην περίπτωση που έχει υποστεί σοβαρές καταστροφές λόγω του τόξου, τότε το αλεξικέραυνο θα πρέπει να αντικαθίσταται. Σε διαφορετική περίπτωση, η επιφάνεια από πορσελάνη πρέπει να καθαρίζεται σχολαστικά και όσο πρέπει, για να απομακρύνονται οι ακαθαρσίες από πάνω της.

Δεν υπάρχουν πρακτικά απλές δοκιμές στο πεδίο χειρισμών που να προσδιορίζουν ολοκληρωμένα τα χαρακτηριστικά προστασίας ενός αλεξικέραυνου. Όμως υπάρχουν συγκεκριμένες δοκιμές που δίνουν την δυνατότητα με την βοήθεια συσκευών να δώσουν ικανοποιητικές πληροφορίες και να προσδιορίσουν πότε ένα αλεξικέραυνο μπορεί να συμπεριφερθεί σαν μονωτήρας, κάτω πάντα από φυσιολογικές συνθήκες. Τέτοιες είναι οι δοκιμές υπερπήδησης και συγκράτησης στα 50 Hz, οι δοκιμές ρευματικής διαρροής (leakage- current) και απωλειών ισχύος (watt-loss), η μέτρηση της

αντίστασης μόνωσης και οι δοκιμές για την μέτρηση της αντίστασης (ηλεκτροδίων) γείωσης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω δοκιμές θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα σύμφωνα με τις αυστηρές υποδείξεις των κατασκευαστών, ενώ τα αποτελέσματα τους θα πρέπει να ερμηνεύονται ανάλογα με τις οδηγίες που δίνονται από αυτούς. (Σαμοΐλης Β., 1995)

#### **4.11. ΠΥΚΝΩΤΕΣ**

Ο ρόλος των πυκνωτών στα σύγχρονα ηλεκτρικά συστήματα είναι να παρέχουν την απαιτούμενη άεργο ισχύ στο δίκτυο και να βελτιώνουν τον συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης. Η αντιστάθμιση σε μια εγκατάσταση είναι απαραίτητη γιατί μειώνει το κόστος της παρεχόμενης ενέργειας και βελτιώνει την απόδοση των εξαρτημάτων. Επιπλέον, μπορεί να είναι:

- ✓ Τοπική
- ✓ Ομαδική
- ✓ Γενική.

Η προστασία των πυκνωτών γίνεται συνήθως με ασφάλειες και ρελέ ισχύος (ειδικής χρήσης).

#### **ΠΡΟΣΟΧΗ**

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.

#### **Επιθεώρηση-Συντήρηση**

Όπως και όλα τα προαναφερόμενα συστήματα έτσι και οι πυκνωτές απαρτίζονται από διάφορα τμήματα για την πραγματοποίηση μιας «σωστής» επιθεώρησης – συντήρησης. Αρχικά θα πρέπει να πραγματοποιείται καθαρισμός του περιβλήματος του πυκνωτή, των μονωτήρων διέλευσης και όλων των συνδέσεων όταν είναι βρώμικες ή διαβρωμένες. Επιπλέον, να γίνεται επιθεώρηση του περιβλήματος για διαρροές, εξογκώματα ή εμφάνιση κηλίδων και να γίνεται η αντικατάστασή τους, όταν υπάρχει κάποια από τις παραπάνω ενδείξεις.

Στην περίπτωση που οι πυκνωτές βρίσκονται σε συστήματα ισχύος εφοδιάζονται 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, αυτός είναι και ο λόγος που θα πρέπει να γίνεται έλεγχος για την ύπαρξη χαλασμένων ασφαλειών και να γίνεται αντικατάσταση με τον ίδιο τύπο ασφαλείας. Τονίζεται ότι δεν πρέπει να γίνεται αφαίρεση των παραπάνω ασφαλειών με τα χέρια, προτού διαπιστωθεί ότι ο πυκνωτής έχει εκφορτιστεί πλήρως.

Επιπλέον ο εξαερισμός είναι απαραίτητος για να απομακρυνθεί η θερμότητα που παράγεται από την συνεχή λειτουργία τους. Να γίνεται απομάκρυνση κάθε εμποδίου στα ανοίγματα εξαερισμού που βρίσκονται στα περιβλήματα των πυκνωτών και να εξασφαλίζεται η παροχή και η διατήρηση καλού εξαερισμού.

#### **4.12. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΣΤΕΣ**

Οι συσσωρευτές ή αλλιώς μπαταρίες που χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν τις διατάξεις ελέγχου, είναι πολύ σημαντικοί για την λειτουργία των διακοπών και για αυτό το λόγο θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για το πρόγραμμα της συντήρησης τους. Οι φορτιστές μπαταριών είναι επίσης πολύ σημαντικοί, αφού παρέχουν με συνεχές ρεύμα ορισμένα συστήματα του υποσταθμού και διατηρούν τις μπαταρίες σε υψηλό επίπεδο φόρτισης.

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

##### Επιθεώρηση-Συντήρηση

Η επιθεώρηση των συσσωρευτών θεωρείται σπουδαία διότι εξαρτάται από αυτούς η στάθμη και η κατάλληλη πυκνότητα στον ηλεκτρολύτη. Όταν παρουσιάζονται χαμηλές ενδείξεις της πυκνότητας, υποδηλώνεται η χαμηλή φόρτιση. Στην περίπτωση που οι ενδείξεις μεταξύ των στοιχείων διαφέρουν περισσότερο από 50 βαθμούς στην υδρομετρική κλίμακα, τότε η μπαταρία πιθανόν να έχει κάποιο χαλασμένο στοιχείο που πρέπει να αντικατασταθεί

Επιπλέον, αν όλα τα στοιχεία παρουσιάζουν χαμηλές ενδείξεις, οι οποίες κυμαίνονται στους μέσα στους 50 βαθμούς, τότε η μπαταρία πρέπει να φορτιστεί, αφού ελεγχθεί πρώτα η σωστή λειτουργία του φορτιστή. Τονίζεται ότι η χαμηλή στάθμη του ηλεκτρολύτη μπορεί να παρουσιάζεται και στην περίπτωση υψηλού ποσοστού φόρτισης. Κάτι τέτοιο θα πρέπει να οδηγήσει σε έλεγχο των ρυθμίσεων του φορτιστή. Οι ρυθμίσεις αυτές έχουν οριστεί από τον κατασκευαστή για κάθε ένα συσσωρευτή.

Όσο αφορά το περίβλημα μιας μπαταρίας θα πρέπει να διατηρείται καθαρό. Οι επιφανειακές ακαθαρσίες μπορεί να προκαλέσουν διαρροές ρεύματος που γίνονται εμφανείς από τα υπολείμματα που συγκεντρώνονται στις μπαταρίες και τους φορτιστές. Οι πόλοι, στους οποίους συνδέονται οι ακροδέκτες πρέπει να είναι καθαροί και χωρίς

διάβρωση. Αν είναι διαβρωμένοι θα πρέπει να αφαιρούνται για να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός με διττανθρακική σόδα.

Οι ορθοστάτες των μπαταριών και οι απολήξεις των καλωδίων καθαρίζονται σχολαστικά. Στην περίπτωση που 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. Στην περίπτωση της συσσωρευμένης σκόνης στον φορτιστή θα πρέπει να απομακρύνεται είτε με αέρα είτε με ένα πανί. Οι σπές εξαερισμού θα πρέπει να είναι καθαρές. Επιπλέον, οι συνδέσεις των ακροδεκτών πρέπει να ελέγχονται για την σύσφιξη τους.

Τα ρελέ, οι λυχνίες ή οι κόρνες που δείχνουν μη φυσιολογικές καταστάσεις όπως για παράδειγμα σφάλματα γης, απώλεια τροφοδοσίας και εμφάνιση υψηλής ή χαμηλής τάσης, θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά για να εξασφαλιστεί ότι λειτουργούν σωστά. Θα πρέπει να σημειωθεί επιπλέον, ότι κατά την διάρκεια των διακοπών λόγω συντήρησης, μπορεί να υπάρχουν στιγμές που να είναι απαραίτητη η παροχή προσωρινής τροφοδοσίας στον φορτιστή. (Ιωακειμίδης Ι., 2000 ; Τασούλας Α., 2009)

<b>Συσσωρευτές</b>	<b>Κάθε μήνα</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Εκφόρτιση, μέτρηση του καθενός στοιχείου</li> <li>✓ Έλεγχος της στάθμης του ηλεκτρολύτη, συμπλήρωση</li> <li>✓ Φόρτιση, έλεγχος πυκνότητας του ηλεκτρολύτη</li> <li>✓ Καθαρισμός των πόλων και επάλειψη με βαζελίνη</li> <li>✓ Σύσφιξη των ακροδεκτών</li> </ul>
	<b>Κάθε χρόνο</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Καθαρισμός των Εσωτερικών επιφανειών από τα άλατα.</li> <li>✓ Έλεγχος της στάθμης του ηλεκτρολύτη μετά την φόρτιση</li> </ul>
	<b>Κάθε 3 χρόνια</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Αντικατάσταση του ηλεκτρολύτη</li> <li>✓ Αντικατάσταση των στοιχείων, αν είναι βραχυκυκλωμένα</li> </ul>
<b>Φορτιστές</b>	<b>Κάθε μήνα</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Γίνεται μια γενική οπτική επιθεώρηση και καθαρισμός από την σκόνη και βρωμιά</li> </ul>
	<b>Κάθε χρόνο</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Πίνακας συνδέσεων: Έλεγχος και καθαρισμός εσωτερικά.</li> <li>✓ Ηλεκτρικό κύκλωμα: Έλεγχος των επαφών, έλεγχος των ακροδεκτών έλεγχος των θερμικών και μαγνητικών στοιχείων</li> <li>✓ Λυχνίες σήμανσης και ενδείξεων: Έλεγχος καλής λειτουργίας</li> <li>✓ Γενικός έλεγχος λειτουργίας του φορτιστή</li> </ul>

**Πίνακας 4.6:** Συγκεντρωτικός πίνακας προτεινόμενων διαδικασιών συντήρησης και επιθεώρησης των φορτιστών και των συσσωρευτών(Τασούλας Α., 2009)

## ΠΡΟΣΟΧΗ

Όταν μια μπαταρία φορτίζεται παράγει και εκβάλλει ένα μίγμα αερίων που αποτελείται από οξυγόνο και υδρογόνο και το οποίο είναι πολύ εκρηκτικό. Κοντά στις μπαταρίες δεν πρέπει να δημιουργούνται σπινθήρες ή φλόγες. Ο χώρος στον οποίο τοποθετούνται οι μπαταρίες πρέπει να αερίζεται καλά, και τονίζεται ότι το κάπνισμα θα πρέπει να απαγορεύεται.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο Πίνακας 4.6. αποτελείται από ενδεικτικά χρονικά διαστήματα διότι οι συντηρήσεις – επιθεωρήσεις εξαρτώνται άμεσα από την λειτουργία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις όποιες βρίσκονται οι μπαταρίες και οι φορτιστές. Υπάρχουν περιπτώσεις που επιβάλλεται να γίνεται πιο συχνά μια προληπτική συντήρηση και επιθεώρηση. (Ιωακειμίδης Ι., 2000)

### **4.13. Μ/Σ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ Μ/Σ**

Οι Μ/Σ μετρήσεων και οι βοηθητικοί Μ/Σ μπορεί και να χρησιμοποιούνται σε υπαίθριους χώρους, παρόλο που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μονταρισμένοι μέσα στα διαμερισματοποιημένα συγκροτήματα διακοπών. Η κύρια λειτουργία τους είναι ο έλεγχος των Η/Ν και η μέτρηση/καταγραφή της παρεχόμενης ενέργειας. Οι προαναφερόμενοι Μ/Σ είναι παρόμοιοι με τους Μ/Σ με μονωτικό λάδι και είναι εφοδιασμένοι με μονωτήρες διέλευσης. Αυτός είναι και ο λόγος που εφαρμόζονται και εδώ οι ίδιες οδηγίες για την συντήρηση τους.

Οι Μ/Σ μετρήσεων εσωτερικού χώρου, κατασκευάζονται συνήθως με ξηρή μόνωση και σε αντίθεση με τους Μ/Σ ισχύος, μπορεί να βρίσκονται εσώκλειστοι μέσα σε μεταλλικά περιβλήματα. Οι Μ/Σ είναι πλήρως στεγανοποιημένοι και μόνο οι ακροδέκτες τους προεξέχουν. Οι τεχνικές για την συντήρηση της μόνωσης τους είναι περίπου ίδιες με αυτές που αναφέρονται και στους Μ/Σ ισχύος. Μπορεί να επικρατούν και εδώ οι ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος καθώς και οι ίδιες θερμικές και ηλεκτρικές καταπονήσεις.

#### Επιθεώρηση-Συντήρηση

Δείκτης λαδιού:	✓ Έλεγχος της στάθμης
	✓ Έλεγχος για διαρροές
	✓ Στεγανοποίηση (για Μ/Σ λαδιού).
Ακροδέκτες:	✓ Έλεγχος συσφίξεων.
	✓ Έλεγχος για ρωγμές
Μονωτήρες:	✓ Έλεγχος για διαρροές λαδιού
	✓ Καθαρισμός
	✓ Επικάλυψη με σιλικόνη.
Τυλίγματα:	✓ Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.
Γειώσεις:	✓ Έλεγχος ακεραιότητας του συστήματος γείωσης.
	✓ Έλεγχος για διάβρωση
Μεταλλικές επιφάνειες:	✓ Καθαρισμός
	✓ Βάψιμο αν απαιτείται.



#### 4.14. ΜΑΝΔΑΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Οι μανδαλώσεις και οι μηχανισμοί ασφαλείας εξασφαλίζουν την προστασία όχι μόνο του εξοπλισμού αλλά και του προσωπικού. Είναι βασικό να μην δυσλειτουργούν ή να παρακάμπτονται. Υπάρχουν δύο είδη μανδαλώσεων:

- ✓ Μηχανική
- ✓ Ηλεκτρική

Για κάθε σύστημα σχεδιάζονται για την ασφάλεια και προστασία του προσωπικού και του εξοπλισμού. Τονίζεται ότι σε καμία περίπτωση δεν πρέπει **ποτέ** να αποσυνδέονται ή να παρακάμπτονται.

##### Επιθεώρηση-Συντήρηση

Η επιθεώρηση – συντήρηση στις μανδαλώσεις ξεκινά με τον έλεγχο των ρυθμίσεων και της λειτουργίας των μηχανισμών, σκοπός του ελέγχου είναι να πληρούν τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Οι μηχανικές μανδαλώσεις, σε συρόμενους μηχανισμούς πρέπει να αποτρέπουν την απομάκρυνση ή την τοποθέτηση των διακοπών ισχύος, όταν αυτοί είναι «κλειστοί».
- Παραπετάσματα προστασίας, όταν υπάρχουν, πρέπει να καλύπτουν αυτόματα τις θυρίδες προσπέλασης.
- Διακόπτες περιορισμού θα αποτρέπουν την μετακίνηση, περά των ορίων, των μηχανοκίνητων συσκευών ανύψωσης.

Επιπλέον, θα πρέπει να πραγματοποιείται χειρισμός των κύριων μανδαλώσεων με την σωστή ακολουθία και μετά να γίνεται ένας έλεγχος για την σωστή ακολουθία των χειρισμών. Ωστόσο, απαραίτητο είναι να εκτελούνται όλες οι ρυθμίσεις και να γίνεται λίπανση αν αυτό θεωρηθεί αναγκαίο. Κάθε σύστημα έχει τις δικές του οδηγίες, οι οποίες πρέπει να ακολουθούνται. Στα σύνθετα συστήματα η διαδικασία θα πρέπει να πραγματοποιείται πιο προσεκτικά και οι οδηγίες να ακολουθούνται κατά γράμμα, ιδιαίτερα όταν οι μανδαλώσεις λειτουργούν χειροκίνητα ή μόνο σε καταστάσεις ανάγκης.

Όσο αφορά τους γειωτές, που χρησιμοποιούνται στη Μ.Τ. πρέπει να συντηρούνται με τον ίδιο βαθμό όπως και οι διακόπτες ισχύος. Στην περίπτωση που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους θα πρέπει να καλύπτονται με σκοπό να αποφεύγεται η συσσώρευση σκόνης. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν τοποθετούνται σε εξωτερικούς χώρους θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε αδιάβροχα περιβλήματα. (Ιωακειμίδης Ι., 2000 ; Τασούλας Α., 2009)

#### **4.15. ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΙ**

Οι συναγερμοί που έχουν σχέση με την υπερθέρμανση των Μ/Σ, με τους διακόπτες ή Μ/Σ της υψηλής – χαμηλής πίεσης λαδιού, καθώς επίσης και με την διέγερση των διακοπών ισχύος και τα τυχαία σφάλματα γης σε υπόγεια συστήματα θα πρέπει να δοκιμάζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα με σκοπό να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι συναγερμοί είναι υπεύθυνοι για την προειδοποίηση κάθε ανεπιθύμητης κατάστασης που μπορεί να δημιουργηθεί σε τέτοια συστήματα. Η σωστή λειτουργία τους αποτρέπει μεγάλες ζημιές στα συστήματα με αποτέλεσμα την μείωση κόστους. (Σαμοΐλης Β., 1995)

#### **4.16. ΣΗΜΑΝΣΕΙΣ**

Οι σημάσεις «Διακόπτης ανοικτός» - «Διακόπτης κλειστός» πρέπει να ελέγχονται κατά την διάρκεια των τακτικών συντηρήσεων. Οι λυχνίες σημάσεως που βρίσκονται σε υπόγεια ηλεκτρικά δίκτυα πρέπει να ελέγχονται σε πολύ κοντινά διαστήματα αν όχι καθημερινά, υποχρεωτικά σε εβδομαδιαία βάση.

Άλλες σημάσεις που υπάρχουν για την ροή του λαδιού, την υπερθέρμανση, την υπερβολική πίεση κ.ά., θα πρέπει είτε να ελέγχονται είτε να τίθενται σε λειτουργία σε τακτά χρονικά διαστήματα, για να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.

#### **4.17. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ**

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

Στην περίπτωση των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οι Μ/Σ χρησιμοποιούνται είτε για να μετατρέπουν είτε να υποβιβάζουν την τάση από ένα υψηλό επίπεδο σε ένα χαμηλότερο. Αυτοί ονομάζονται Μ/Σ διανομής και ισχύος. Υπάρχουν βέβαια και Μ/Σ που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και την λειτουργία των διατάξεων προστασίας και ελέγχου. Αυτοί ονομάζονται Μ/Σ μετρήσεων.

Οι Μ/Σ θεωρούνται ότι είναι τα πιο ζωτικά εξαρτήματα σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο. Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις περιέχουν εξειδικευμένα συστήματα προστασίας που εξασφαλίζουν έναν αυτόματο τρόπο λειτουργίας και έλεγχου, συχνά οδηγούν σε εγκατάλειψη και παραμέληση των Μ/Σ. Αν όμως συμβεί ένα σφάλμα σε έναν Μ/Σ, αυτό είναι συνήθως αρκετά σοβαρό και απαιτείται εκτενής επισκευή και μεγάλος χρόνος

διακοπής. Για αυτό τον λόγο είναι απαραίτητο να διεξάγεται σε τακτά χρονικά διαστήματα μια λεπτομερής και εξονυχιστική συντήρηση για να υπάρχει ένα υψηλό ποσοστό αξιοπιστίας και συνεχούς λειτουργίας.

Οι Μ/Σ μπορούν γενικά να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Ανάλογα με το είδος της μόνωσης
  - Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής
- ✓ λάδι σαν μονωτικό μέσο  
✓ ξηρού τύπου

Οι διάφορες δοκιμές για τον προσδιορισμό της μόνωσης, όπως είναι η μέτρηση του συντελεστή ισχύος και η μέτρηση της αντίστασης της μόνωσης καθώς και διάφορα διαγνωστικά τεστ όπως είναι η μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων και η μέτρηση των ρευμάτων διέγερσης, είναι και από τα κυριότερα τεστ συντήρησης για όλες τις κατηγορίες των Μ/Σ. Επιπλέον, σε Μ/Σ λαδιού πρέπει να γίνονται και δοκιμές για τον προσδιορισμό της ποιότητας του λαδιού. (Τασούλας Α., 2009)

#### 4.17.1. Μ/Σ με μονωτικά λάδια

Ο πυρήνας και τα τυλίγματα σε αυτού του τύπου τους Μ/Σ, είναι εμποτισμένα μέσα στο μονωτικό λάδι το οποίο εξυπηρετεί δύο σκοπούς.:

1<sup>ος</sup>: Αποτελεί μονωτικό μέσο

2<sup>ος</sup>: Μεταφέρει την θερμότητα μακριά από τα τυλίγματα, με σκοπό να την διασκορπίσει στην επιφάνεια του δοχείου και στα ψυγεία.

Άλλοι τύποι μονωτικών υγρών που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως μη εύφλεκτα υγρά όπως η σιλικόνη και υγρά με σταθεροποιητικούς υδρογονάνθρακες. Κάθε υγρό έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και για αυτό δεν θα πρέπει να γίνεται ανάμιξη τους.

##### Τύποι Μ/Σ λαδιού

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κατασκευής Μ/Σ ανάλογα με τον τρόπο που μειώνουν την έκθεση του μονωτικού λαδιού στο περιβάλλον. Αυτοί οι τύποι είναι οι κάτωθι:

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

## Ψύξη Μ/Σ λαδιού

Μερικές συνηθισμένες μέθοδοι ψύξης είναι οι παρακάτω:

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

### **4.17.1.1. Τακτικές επιθεωρήσεις**

Η επιθεώρηση των Μ/Σ πρέπει να γίνεται τακτικά. Η συχνότητα των επιθεωρήσεων καθορίζεται από τους εξής παράγοντες:

- ✓ Την θέση του Μ/Σ μέσα στο σύστημα
- ✓ Το περιβάλλον λειτουργίας
- ✓ Τις συνθήκες φόρτισης.

Τα τυπικά στοιχεία που καταγράφονται από τα αποτελέσματα των τακτικών επιθεωρήσεων και συνήθως περιλαμβάνουν στοιχεία όπως είναι το ρεύμα και την τάση φόρτισης, την στάθμη και την θερμοκρασία του λαδιού, την θερμοκρασία των τυλιγμάτων, την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τον εντοπισμό τυχόν διαρροών και άλλων καταστάσεων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι υποχρεωτικό να τηρούνται μόνιμα αρχεία από τις μετρήσεις. Αυτό συμβάλλει στο να υπάρχουν πάντα κάποια στοιχεία από τις μετρήσεις, με τα οποία μπορούν να γίνουν συγκρίσεις με τις παλιότερες τιμές. Οι βασικότερες μετρήσεις που θα πρέπει να λαμβάνονται τακτικά είναι οι εξής:

- Καταγραφή των τιμών της τάσης και του ρεύματος
- Καταγραφή της θερμοκρασίας
- Δείκτες για την στάθμη του λαδιού και μετρητές της πίεσης
- Ανάλυση του λαδιού

Στην συνέχεια του εδαφίου καταγράφονται τα βασικά στοιχεία για τις υποχρεωτικές τιμές που θα πρέπει να λαμβάνονται με σκοπό την σωστή επιθεώρηση – συντήρησης αυτών των συστημάτων.

#### **❖ Καταγραφή των τιμών της τάσης και του ρεύματος**

Η καταγραφή του ρεύματος φόρτισης αποτελεί πολύ σημαντικό τμήμα μιας τακτικής επιθεώρησης. Οι μετρήσεις των τιμών πρέπει να λαμβάνονται στις αιχμές των

φορτίων. Στην περίπτωση που κατά τον έλεγχο το ρεύμα έχει τιμή μεγαλύτερη από την ονομαστική του, σε πλήρες φορτίο, και αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη, θα πρέπει να μειωθεί το φορτίο.

Τονίζεται ότι και η αύξηση αλλά και η μείωση της τάσης, μπορεί να είναι επιβλαβής για τον Μ/Σ και το φορτίο του. Οι αιτίες που προκαλούν τα προαναφερόμενα πρέπει να διερευνούνται και να διορθώνονται αμέσως, για να είναι η τάση μέσα στα προβλεπόμενα όριά της.

#### ❖ **Καταγραφή της θερμοκρασίας**

Οι Μ/Σ ρυθμίζονται για να μεταφέρουν το ονομαστικό τους φορτίο σε kVA με μια αύξηση στη θερμοκρασία του, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος βρίσκεται σε σταθερό επίπεδο. Σε κάθε Μ/Σ υπάρχει μια πινακίδα όπου γράφονται οι ακριβείς τιμές τους. Για την κατανόηση των προαναφερόμενων δίνεται το εξής παράδειγμα: ένας Μ/Σ λαδιού έχει την δυνατότητα να αυξήσει την θερμοκρασία του έως τους 65° C όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά μέσο όρο όλο το 24ωρο είναι 30° C .

Σύμφωνα με τον κανονισμό *IEC76-II/67* η μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία του λαδιού στο πάνω μέρος ενός Μ/Σ με δοχείο διαστολής είναι 100°C ,ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στο θερμότερο σημείο των τυλιγμάτων (hot spots) είναι 105°C. Και στις δύο περιπτώσεις θεωρείται ότι υπάρχει μια μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος με τιμή 40°C.

Στην περίπτωση που ένας Μ/Σ έχει μετρητές θερμοκρασίας, θα πρέπει οι τιμές που διεξάγονται να λαμβάνονται σε πολύ τακτικά διαστήματα και στην συνέχεια να καταγράφονται στα αρχεία. Επιπλέον, οι μετρήσεις θα πρέπει να λαμβάνονται στις αιχμές των φορτίων. Ακόμα, στην περίπτωση που ο μετρητής έχει και δείκτη που δείχνει την μέγιστη θερμοκρασία που έχει παρουσιάσει κατά την λειτουργία του, αυτή είναι και η θερμοκρασία που θα πρέπει να καταγράφεται.

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

#### ❖ **Δείκτες για την στάθμη του λαδιού και μετρητές της πίεσης**

Η στάθμη του λαδιού θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά όταν υπάρχουν χαμηλές φορτίσεις και χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η επιλογή της μέτρησης επιλέγεται σε αυτές τις περιπτώσεις διότι σε αυτές τις στιγμές η στάθμη του λαδιού είναι η κατώτερη. Ωστόσο, είναι σημαντικό να γίνεται προσθήκη λαδιού προτού πέσει η στάθμη κάτω από το επιτρεπτό όριο. Στην περίπτωση που ο Μ/Σ δεν είναι εφοδιασμένος με δείκτη για την στάθμη του λαδιού, αυτή μπορεί να ελεγχθεί είτε αφαιρώντας την πλάκα ελέγχου που υπάρχει στο πάνω μέρος του είτε αν δεν υπάρχει, αφαιρώντας ολόκληρο το πάνω μέρος. Τονίζεται ότι πριν γίνει αυτός ο έλεγχος θα πρέπει ο Μ/Σ να βγαίνει εκτός λειτουργίας.

Οι μετρητές πίεσης (πρεσοστάτες) τους βρίσκουμε συνήθως σε στεγανοποιημένους Μ/Σ και είναι πολύτιμες συσκευές. Οι Μ/Σ αυτού του τύπου έχουν την δυνατότητα εγκατάστασης τέτοιων συσκευών. Οι μετρήσεις που παίρνονται πρέπει να συγκρίνονται με αυτές που προτείνουν οι κατασκευαστές, για την «σωστή» και ασφαλή λειτουργία. Στην περίπτωση που οι μετρήσεις δείχνουν υψηλές πιέσεις τότε υπάρχει υπερφόρτιση ή κάποιο εσωτερικό πρόβλημα, το οποίο θα πρέπει να ερευνηθεί αμέσως. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν υπάρχει ένδειξη μηδενικής πίεσης μπορεί να οφείλεται σε πρόβλημα του μετρητή.

#### ❖ **Ανάλυση του λαδιού**

Η ανάλυση του λαδιού για κάθε σύστημα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Για τα μονωτικά λάδια οι δοκιμές που γίνονται συνήθως αφορούν την διηλεκτρική αντοχή, την οξύτητα, το χρώμα, την περιεκτικότητα σε υγρασία, τον συντελεστή ισχύος, την επιφανειακή τάση και μια οπτική εξέταση. Για άλλα μονωτικά υγρά πρέπει να ακολουθούνται ιδιαίτερες κατασκευαστικές οδηγίες.

Επιπλέον, τονίζεται ότι δεν θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα λαδιού όταν ο Μ/Σ βρίσκεται σε λειτουργία, εκτός αν υπάρχει ειδικός κρουσμός δειγματοληψίας στο εξωτερικό του. Αν δεν υπάρχει, θα πρέπει πρώτα ο Μ/Σ να τίθεται εκτός λειτουργίας και μετά να γίνεται η λήψη των δειγμάτων από το εσωτερικό του.

Στην περίπτωση που κάποιο από τα προαναφερόμενα τεστ δείξει ότι τα λάδι δεν βρίσκεται σε καλή κατάσταση θα πρέπει είτε να γίνει αφύγρανση και αποκατάσταση του είτε να πραγματοποιηθεί άμεση αντικατάσταση. Τονίζεται ότι η αφύγρανση είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την απομάκρυνση της υγρασίας και των στερεών καταλοίπων με διάφορους μηχανικούς τρόπους, όπως είναι το φιλτράρισμα, η μέθοδος φυγοκέντρισης ή η μέθοδος αφαίρεσης της υγρασίας υπό κενό.

Η αποκατάσταση περιλαμβάνει την απομάκρυνση των όξινων και κολλοειδών στοιχείων καθώς και τα παράγωγα της οξείδωσης με χημικά και απορροφητικά μέσα όπως είναι η εισαγωγή σαπυνοπηλού μέσα στο λάδι είτε μόνο του, είτε με άλλα συστατικά. Έτσι λοιπόν, προτού γίνει η αντικατάσταση του λαδιού, θα πρέπει γίνεται αποστράγγιση, καλό πλύσιμο του δοχείου, δοκιμές, ενώ το παλιό λάδι θα πρέπει να αποθηκεύεται μέσα σε ειδικά βαρέλια. (Τασούλας Α., 2009 ; Σαμοΐλης Β., 1995)

#### **4.17.1.2. Ειδικές επιθεωρήσεις**

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

- Η θερμοκρασία του νερού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε Μ/Σ με ψύξη νερού.
- Η θερμοκρασία του λαδιού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε Μ/Σ με βεβιασμένη ροή λαδιού και εναλλάκτες θερμότητας.

- Η πίεση του αζώτου, σε Μ/Σ με αυτόματο σύστημα πίεσης. Αν η πίεση πέσει κάτω από το επιτρεπόμενο όριο (συνήθως 150 psi ή 1034 kPa) ο κύλινδρος που περιέχει το άζωτο θα πρέπει να αντικαθίσταται.
- Οι ανθυγραντικοί αναπνευστήρες θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά, ώστε να μην εμποδίζεται η λειτουργία τους και να μην περιέχουν υπερβολική ποσότητα υγρασίας. (Τασούλας Α., 2009)

#### 4.17.1.3. Μέτρα ασφαλείας κατά την συντήρηση

Στην περίπτωση που θεωρηθεί αναγκαία μια εκτεταμένη οπτική εξέταση του Μ/Σ, θα πρέπει να υπολογιστεί ότι το περίβλημα του βρίσκεται υπό τάση, μέχρι να επιθεωρηθούν οι συνδέσεις γείωσης του δοχείου και να βρεθούν ότι δεν παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα. Επιπλέον, αν είναι απαραίτητο να γίνουν και άλλοι έλεγχοι πέρα από μια τυπική οπτική επιθεώρηση, η πρώτη προφύλαξη που πρέπει να λαμβάνεται και θα πρέπει πάντα να τηρείται, είναι να θέσουμε εκτός λειτουργίας τον Μ/Σ.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απενεργοποίηση του θα πρέπει πάντα να συνοδεύεται από την τοποθέτηση κατάλληλων απαγορευτικών πινακίδων και κλειδαριών για να αποτραπεί μια πιθανή ενεργοποίηση, που θα έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση επικίνδυνων καταστάσεων για το προσωπικό και τον εξοπλισμό. Ωστόσο, θα πρέπει να γίνεται και ένας έλεγχος ότι ο Μ/Σ είναι όντως εκτός λειτουργίας, ενώ παράλληλα θα πρέπει να τοποθετούνται και οι κατάλληλες γειώσεις προστασίας πριν ξεκινήσει η οποιαδήποτε εργασία.

#### Παράδειγμα:

Τμήματα Μ/Σ λαδιού στα οποία πρέπει αν γίνεται επιθεώρηση.

- |  |  |
|--|--|
| ✓ Συνδέσεις                            | ✓ Σημάνσεις  |
| ✓ Μονωτήρες                            | ✓ Θερμόμετρα   |
| ✓ Δοχείο                               | ✓ Δοχείο διαστολής                                       |
| ✓ Πτερύγια ψύξης -σωλήνες              | ✓ Μετρητής πίεσης του αζώτου (για στεγανοποιημένους Μ/Σ) |
| ✓ Αναπνευστήρες - Silica gel           | ✓ Η/Ν προστασίας (Buchholz και ρελέ πίεσης).             |
| ✓ Συσκευές ανακούφισης και διαφράγματα | ✓ Μηχανισμός αλλαγής σχέσης μεταφοράς (Tap changer).     |
| ✓ Γείωση δοχείου                       |  |
| ✓ Ανεμιστήρες ψύξης                    |  |
| ✓ Κυκλοφορητές του λαδιού              |  |

**Σημείωση:** Αν πρέπει να γίνει προσθήκη μονωτικού λαδιού, θα πρέπει πρώτα να γίνεται ένα τεστ διηλεκτρικής αντοχής. Το λάδι που θα προστεθεί στον Μ/Σ θα πρέπει να είναι τόσο ζεστό όσο είναι και το λάδι μέσα σε αυτόν. Αν προστίθεται μεγάλη ποσότητα λαδιού, ο Μ/Σ θα πρέπει να βρίσκεται εκτός λειτουργίας για 12 ώρες ή και περισσότερο για να μην παγιδευτούν μέσα σε αυτόν φυσαλίδες αέρα. Μια καλή μέθοδος είναι να γίνει η προσθήκη του λαδιού υπό κενό. (Τασούλας Α., 2009)

#### 4.17.2. Μ/Σ ξηρού τύπου

Οι Μ/Σ ξηρού τύπου μπορούν να λειτουργήσουν σε πιο αντίξοο περιβάλλον από ότι οι Μ/Σ λαδιού. Υπάρχουν κυρίως δύο κατασκευαστικοί τύποι, ο ένας είναι Μ/Σ ανοικτού ή αεριζόμενου τύπου και ο άλλος Μ/Σ μέσα σε σφραγισμένο ή κλειστό δοχείο.

Οι παραπάνω Μ/Σ έχουν τυλίγματα που μπορεί να είναι εμποτισμένα σε βερνίκι ή κατασκευασμένα από χυτορυτίνη. Ο αέρας ή το αέριο που υπάρχει μέσα στον Μ/Σ, λειτουργεί και σαν μονωτικό μέσο και για να απομακρύνει την θερμότητα από τα τυλίγματα.

Υπάρχουν τυποποιημένες κλάσεις μόνωσης για θερμοκρασίες:

- ✓ 80° C
- ✓ 115° C
- ✓ 150° C

##### 4.17.2.1. Τακτικές επιθεωρήσεις

Οι συστάσεις που αναφέρονται για τους Μ/Σ λαδιού, εφαρμόζονται και στους Μ/Σ με ξηρή μόνωση με μόνη εξαίρεση τις οδηγίες που αναφέρονται συγκεκριμένα μόνο για Μ/Σ με υγρή μόνωση. Γενικά οι Μ/Σ ξηρού τύπου είναι πιο ανθεκτικοί και χρειάζονται λιγότερο συντήρηση. Ωστόσο, οι τακτικές μετρήσεις που λαμβάνονται αφορούν τα κάτωθι:

- Καταγραφές των τιμών της τάσης και του ρεύματος
- Καταγραφές της θερμοκρασίας
- Μετρητές πίεσης / κενού

Στην συνέχεια του εδαφίου καταγράφονται τα βασικά στοιχεία για τις υποχρεωτικές τιμές που θα πρέπει να λαμβάνονται με σκοπό την σωστή επιθεώρηση – συντήρησης αυτών των συστημάτων.

##### ❖ Καταγραφές των τιμών της τάσης και του ρεύματος

Οι συστάσεις σχετικά με τις μετρήσεις της τάσης και του ρεύματος που αναφέρθηκαν στους Μ/Σ λαδιού εφαρμόζονται και για τους Μ/Σ με ξηρού τύπου.

##### ❖ Καταγραφές της θερμοκρασίας

Οι συστάσεις σχετικά με τις μετρήσεις της θερμοκρασίας που αναλύθηκαν και στους Μ/Σ λαδιού εφαρμόζονται και στους Μ/Σ αυτού του τύπου. Τονίζεται όμως ότι αυτοί οι Μ/Σ έχουν την δυνατότητα να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και για αυτό μπορούν και λειτουργούν σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες από ότι οι Μ/Σ λαδιού.



#### ❖ Μετρητές πίεσης / κενού

Οι στεγανοποιημένοι Μ/Σ ξηρού τύπου είναι εφοδιασμένοι με μετρητές της πίεσης/κενού. Οι ενδείξεις του μετρητή, όπως και σε όλα τα προαναφερόμενα συστήματα, θα πρέπει να ελέγχονται και να καταγράφονται κατά περιόδους. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται θα πρέπει να συγκρίνονται με αυτές που ορίζουν οι κατασκευαστές και θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε αποδεκτά όρια.

Στην περίπτωση που οι τιμές είναι είτε πιο χαμηλές από τις κανονικές είτε μηδενικές μετρήσεις είναι ένδειξη διαρροής στο δοχείο. Αν η διαρροή δεν είναι σοβαρή, είναι προτιμότερο να γίνεται αντικατάσταση ή συμπλήρωση του αερίου στον Μ/Σ από το να γίνεται ο εντοπισμός και το σφράγισμα της διαρροής. Το αέριο που αντικαθίσταται θα πρέπει να είναι ίδιο με το αρχικό ή με κάποιο άλλο εγκεκριμένο.

Στην περίπτωση που οι τιμές είναι υψηλές τότε υπάρχει υπερφόρτιση ή κάποιο άλλο εσωτερικό πρόβλημα στον Μ/Σ. Εδώ θα πρέπει να γίνεται εντοπισμός και διόρθωση του προβλήματος. Η υπερβολική πίεση μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση ή την δημιουργία ρωγμών στο δοχείο.

#### 4.17.2.2. *Ειδικές επιθεωρήσεις και επισκευές*

Για την σωστή επιθεώρηση των Μ/Σ ξηρού τύπου, θα πρέπει το περίβλημα προστασίας που συγκρατεί το σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα να απομακρύνεται. Θα πρέπει να γίνεται επιθεώρηση για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν τα παρακάτω προβλήματα:

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

Επιπλέον, θα πρέπει να γίνεται μια επιθεώρηση της γείωσης για σημάδια από διάβρωση και για χαλαρές συνδέσεις. Τονίζεται ότι πρέπει να πραγματοποιείται μέτρηση της αντίστασης του ηλεκτροδίου γείωσης. Ωστόσο, η σκόνη και η βρώμια μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες με αποτέλεσμα να θεωρείται απαραίτητος ο καθαρισμός. Ο καθαρισμός μπορεί να πραγματοποιηθεί με ηλεκτρική σκούπα. Μετά το καθάρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρός και ξηρός πεπιεσμένος αέρας, σε χαμηλή πίεση για να μην γίνει κάποια ζημιά στα τυλίγματα. Επίσης θα πρέπει να καθαρίζονται οι αγωγοί αερισμού, καθώς και το πάνω και το κάτω μέρος των τυλιγμάτων.

Η χρήση υγρών καθαριστικών πρέπει να επιτρέπεται μόνο όταν είναι γνωστό ότι δεν θα δημιουργήσουν κάποια φθορά στα μονωτικά τυλίγματα. Στην περίπτωση που τα τυλίγματα λειτουργούν σε θερμοκρασία πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τότε έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Για αυτό τον λόγο, οι Μ/Σ που λειτουργούν σε περιοχές με υψηλή υγρασίας πρέπει να λειτουργούν συνεχώς, αν κάτι τέτοιο είναι εφικτό.

Στην περίπτωση που ένας Μ/Σ είναι τοποθετημένος σε περιβάλλον με αυξημένη υγρασία, είναι απαραίτητο να διακόψει την λειτουργία του για μεγάλο χρονικό διάστημα, αυτό θα πρέπει να γίνει με σκοπό να πραγματοποιηθούν με ειδικές διαδικασίες αποξήρανσης, προτού τεθεί ξανά σε λειτουργία. Για περισσότερες πληροφορίες θα πρέπει να γίνεται προσφυγή στις οδηγίες των κατασκευαστών που υπάρχουν.

### Παράδειγμα

Τμήματα Μ/Σ ξηρού τύπου στα οποία πρέπει να γίνεται επιθεώρηση και συντήρηση.

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| ✓ Μ/Σ ξηρού τύπου       | ✓ Δοχείο  |
| ✓ Ανοίγματα αερισμού    | ✓ Χώρος εγκατάστασης Μ/Σ                            |
| ✓ Θερμόμετρο δωματίου   | ✓ Ακροδέκτες  |
| ✓ Σύστημα αερισμού      | ✓ Μονώσεις  |
| ✓ Σημάνσεις             | ✓ Δείκτες πίεσης /κενού (για στεγανοποιημένους Μ/Σ) |
| ✓ Θερμόμετρο τυλιγμάτων |   |

### **4.17.3. Δοκιμές και μετρήσεις**

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

Για την επίτευξη των δοκιμών αυτών χρησιμοποιείται εξειδικευμένο όργανο μέτρησης αντίστασης (Megger). Ωστόσο, καμία μόνωση δεν είναι τέλεια με αποτέλεσμα να υπάρχουν μικρές ρευματικές διαρροές. Το όργανο αυτό λοιπόν, έχει την δυνατότητα καταγραφής αυτών των διαρροών. Επιπλέον, με την βοήθεια ορισμένων τυποποιημένων πινάκων μπορεί να διαπιστωθεί η καλή κατάσταση της αντίστασης μόνωσης.

Στην συνέχεια θα αναφερθούν ορισμένοι τρόποι σύμφωνα με τους οποίους μπορεί κανείς να εκτιμήσει την ποιότητα της αντίστασης μόνωσης στα τυλίγματα Μ/Σ. Οι βασικοί τρόποι είναι:

- Φθορές στη μόνωση
- Δοκιμή για την μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων
- Προσδιορισμός σφαλμάτων με την μέθοδο ανάλυσης των εύφλεκτων αερίων που δημιουργούνται μέσα σε ένα Μ/Σ.

- Μέθοδος ανάλυσης των αερίων που είναι διαλυμένα μέσα στο λάδι (Dissolved Gas Analysis)
- Δοκιμές για την μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών λαδιών

Στην συνέχεια του εδαφίου αναλύονται τα προαναφερόμενα τρόποι για την σωστή εκτίμηση της ποιότητας της αντίστασης μόνωσης στα τυλίγματα Μ/Σ

#### ❖ Φθορές στη μόνωση

Η φθορά της μόνωσης δεν εξαρτάται μόνο από την γήρανση της αλλά και από άλλους παράγοντες, οι οποίοι μειώνουν και αυτοί με την σειρά τους την διάρκεια ζωής της. οι συχνότεροι παράγοντες που φθείρουν μια μόνωση είναι:

- ✓ Υγρασία
- ✓ Μολυσμένο περιβάλλον
- ✓ Διαβρωτικά αέρια
- ✓ Εκκενώσεις κορώνας που μπορούν να εμφανιστούν ακόμα και σε χαμηλές τιμές της τάσης.

Οι προαναφερόμενοι παράγοντες μπορεί να λειτουργούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό και μπορεί να αυξήσουν σε επικίνδυνα επίπεδα την ρευματική διαρροή. Για να αποφευχθεί μια τέτοια δυσμενής κατάσταση είναι απαραίτητο να διεξάγονται οι παρακάτω δοκιμές και μετρήσεις που θα αποτρέψουν πιθανές ζημιές και καταστροφές στα τυλίγματα και επομένως στον Μ/Σ.

#### ❖ Δοκιμή για την μέτρηση της αντίστασης μόνωσης

Οι δοκιμές που διεξάγονται για την μέτρηση της αντίστασης μόνωσης ανήκουν στην κατηγορία των μη καταστρεπτικών δοκιμών. Οι πραγματικές τιμές της αντίστασης μόνωσης ποικίλουν και εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος. Για αυτούς τους λόγους είναι επιβεβλημένο να γίνονται ορισμένες αναγωγές για να μπορεί να υπάρχει μια καλύτερη εικόνα για την πραγματική τιμή της αντίστασης. Η συχνότητα εκτελέσεως των μετρήσεων θα εξαρτάται από τα εξής:

- ✓ Τύπο
- ✓ Θέση
- ✓ Περιβαλλοντικές συνθήκες
- ✓ Σπουδαιότητα του Μ/Σ μέσα στην εγκατάσταση.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας που να προσδιορίζει τον χρόνο εκτέλεσης των μετρήσεων. Έτσι κατά κανόνα ο προγραμματισμός γίνεται με βάση την εμπειρία.

Στην συνέχεια αναφέρονται οι μέθοδοι οι οποίοι εφαρμόζονται για την μέτρηση της αντίστασης μόνωσης. (Τασούλας Α., 2009 ; Σαμοΐλης Β., 1995)

➤ 1<sup>η</sup> Μέθοδος: Δοκιμή σημειακής ανάγνωσης

Με την μέθοδο της δοκιμής της σημειακής ανάγνωσης, το όργανο Megger συνδέεται με τον Μ/Σ για ένα χρονικό διάστημα διάρκειας 60 sec. Στο τέλος αυτού του χρονικού διαστήματος γίνεται ανάγνωση της ένδειξης του μετρητή και καταγραφή της τιμής της αντίστασης (σε ΜΩ) πάνω σε έναν πίνακα. Ενδεικτικά μπορεί να μετρηθεί και η τιμή της αντίστασης μόνωσης για τον χρόνο των 30 sec για να γίνει μια σύγκριση με την τιμή των 60 sec. Θα πρέπει η τιμή τω 30 sec να είναι μικρότερη από την τιμή των 60 sec. Οι τάσεις δοκιμής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπορεί να κυμαίνονται από 500V έως 5000V.

Με αυτόν τον τρόπο συντάσσεται ένας πίνακας που περιέχει τις τιμές της αντίστασης μόνωσης για ένα χρονικό διάστημα, ο οποίος και παρακολουθείται. Οποιαδήποτε σταθερή κλίση της καμπύλης προς τα κάτω είναι μια ένδειξη για φθορά στη μόνωση, ακόμα και αν οι απόλυτες τιμές της αντίστασης είναι μεγαλύτερες από τις ελάχιστες επιτρεπόμενες. Αντίθετα αν η κλίση της καμπύλης είναι σταθερή, η μόνωση βρίσκεται σε καλή κατάσταση, παρόλο που υπάρχει περίπτωση οι απόλυτες τιμές της αντίστασης να είναι μικρότερες από τις ελάχιστα επιτρεπόμενες.

➤ 2<sup>η</sup> Μέθοδος: Δοκιμή με τη μέθοδο χρόνου-αντίστασης

Η μέθοδος της δοκιμής χρόνου αντίστασης είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας. Αρχικά , λαμβάνονται οι τιμές για την αντίστασης μόνωσης ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα. Μια μόνωση μπορεί να θεωρηθεί καλή, όταν παρουσιάζει μια αύξηση της αντίστασης για ένα χρονικό διάστημα 10 min, ενώ μπορεί να θεωρηθεί ότι περιέχει υψηλό ποσοστό υγρασίας όταν παραμένει σταθερή για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Οι τάσεις δοκιμής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπορεί να κυμαίνονται από 500V έως 5000V και παράγονται, από μία συσκευή Megger. Μια πιο καλή εκτίμηση των αποτελεσμάτων μπορεί να γίνει με την μέτρηση του λόγου διηλεκτρικής απορρόφησης, ο οποίος είναι ο λόγος της αντίστασης μόνωσης για τα 60 sec προς την αντίσταση για τα 30 sec. Επίσης μπορεί και να χρησιμοποιηθεί και ο δείκτης πόλωσης (polarization index) που είναι ο λόγος της αντίστασης για 10 min προς την αντίσταση του 1 min.

Κατάσταση Λόγος	60:30 (sec)
Λόγος	10:1 (min)
Επικύνδινη	> 1
Κακή	>1.1
Αμφισβητήσιμη	>1.5 και 1.1 – 1.25
Αρκετά καλή	1.1 – 2 και 1.5 – 2
Καλή	1.25 – 1.4 και 2–3
Άριστη	3 – 4 και 1.6 – 4

**Πίνακας 4.7:** Ορισμένες εκτιμήσεις για την μόνωση.

- 3<sup>η</sup> Μέθοδος: Δοκιμή με τη μέθοδο των πολλών τάσεων

Με αυτήν την μέθοδο απαιτείται ένα όργανο Megger που να έχει κλίμακα έως 5000V. Και εδώ ισχύει ο κανόνας πως αν η αντίσταση μειώνεται όσο αυξάνεται η τάση, τότε αυτό είναι ένδειξη πως υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην μόνωση. Πρέπει να διευκρινιστεί το γεγονός ότι η υγρασία και οι ακαθαρσίες που τυχόν υπάρχουν στην μόνωση μπορούν να αναγνωριστούν μόνο όταν εφαρμοστούν σε αυτή τάσεις δοκιμής αρκετά χαμηλότερες από την τάση λειτουργίας. Αντιθέτως, η φθορά λόγω γήρανσης και λόγω μηχανικών καταπονήσεων μπορεί να αναγνωριστεί, μόνο όταν εφαρμοστούν στην μόνωση τάσεις δοκιμής αρκετά μεγαλύτερες.

Η παραπάνω μέθοδος εκτελείται για κάθε τιμή της τάσης δοκιμής και για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στο τέλος του οποίου καταγράφεται η τιμή της αντίστασης. Θα πρέπει να τονιστεί για να είναι έγκυρη και ακριβής η δοκιμή, θα πρέπει η διάρκεια της να είναι η ίδια για όλες τις τιμές της τάσης. Τα αποτελέσματα είναι ανεξάρτητα από το υλικό και από την θερμοκρασία στα τυλίγματα.

Η σχέση που θα πρέπει να έχουν οι τάσεις δοκιμής μεταξύ τους είναι 1:5. Η μέγιστη τάση που μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς να καταστραφεί η μόνωση εξαρτάται από τον βαθμό καθαρότητας και ξηρότητας της.

Η αναγωγή γίνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$R_{20} = k * R_{\theta} \quad (2)$$

Όπου:

k = Συντελεστής παίρνει τιμές σύμφωνα με τον Πίνακα 4.8

Θερμοκρασία °C	Συντελεστής k	Θερμοκρασία °C	Συντελεστής k
0	0.25	40	3.95
5	0.36	45	5.60
10	0.50	50	7.85
15	0.70	55	11.20
20	1.00	60	22.40
25	1.40	65	31.70
30	1.98	70	44.70
35	2.80		

**Πίνακας 4.8:** Τιμές του συντελεστή k σύμφωνα με την θερμοκρασία.  
(Τασούλας Α., 2009)

**Σημείωση:** Επειδή όπως ειπώθηκε η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων καλό θα είναι οι τιμές για την αντίσταση μόνωσης να ανάγονται σε μια θερμοκρασία βάσης (20 °C).

❖ **Δοκιμή για την μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων**

Η μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί ο αριθμός των σπειρών σε ένα τύλιγμα του Μ/Σ σε σχέση με τον αριθμό των σπειρών στο άλλο τύλιγμα στην ίδια φάση του Μ/Σ. Η μέτρηση της πόλωσης προσδιορίζει τις διανυσματικές σχέσεις για τα τυλίγματα σε Μ/Σ με διαφορετικές συνδεσμολογίες. Η δοκιμή για την μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων χρησιμοποιείται τόσο σε δοκιμές καταλληλότητας του υλικού, όσο και σε δοκιμές που γίνονται κατά την διάρκεια μιας συντήρησης, ενώ οι δοκιμές για την μέτρηση της πόλωσης κυρίως για ελέγχους της καταλληλότητας του υλικού.

Ο δοκιμαστικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την παραπάνω μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων αποτελείται από μια ειδική διάταξη (Συσκευή Resion). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει η δυνατότητα τέτοιου εξοπλισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τάσεις εισόδου και εξόδου οι οποίες μετρούνται με βολτόμετρα ακρίβειας 0,25%, σε πλήρη κλίμακα.

Όταν πραγματοποιείται μια μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων, αυτός θα πρέπει να προσδιορίζεται για καθεμιά από τις λήψεις που έχουν τα τυλίγματα, όταν ρυθμίζεται η τάση χωρίς φορτίο. Επιπλέον, στην περίπτωση που ο Μ/Σ έχει μεταγωγέα αλλαγής της τάσης υπό φορτίο ("on load tap changer") θα πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε λήψη του μεταγωγέα.

Αυτά τα τεστ είναι χρήσιμο για να εντοπιστούν τα βραχυκυκλωμένα τυλίγματα ή τυχόν λανθασμένες συνδέσεις. Επίσης, διεξάγεται και όταν γίνονται δοκιμές παραλαβής (τύπου) για να πιστοποιούνται οι ενδείξεις της πινακίδας του Μ/Σ.

❖ **Προσδιορισμός σφαλμάτων με την μέθοδο ανάλυσης των εύφλεκτων αερίων που δημιουργούνται μέσα σε ένα Μ/Σ.**

Η ανάλυση του ποσοστού των εύφλεκτων αερίων που υπάρχει στην διάταξη buchholz σε έναν Μ/Σ λαδιού, μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με την πιθανότητα ύπαρξης σφαλμάτων στο εσωτερικό του. Όταν δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο ή όταν αυξάνεται η θερμοκρασία σε έναν Μ/Σ, μια ποσότητα του λαδιού αποσυντίθεται. Μερικά από τα προϊόντα αυτής της αποσύνθεσης είναι εύφλεκτα αέρια που προχωρούν στο πάνω μέρος της επιφάνειας του λαδιού και εισέρχονται μέσα στην διάταξη buchholz.

Η δοκιμαστική διάταξη είναι σχεδιασμένη για αυτόν τον σκοπό. Μια μικρή ποσότητα δείγματος των αερίων, αφαιρείται από τον Μ/Σ και αναλύεται. Η διάταξη έχει μια κλίμακα για άμεση μέτρηση που δείχνει το % ποσοστό του εύφλεκτου αερίου. Σε κανονικές συνθήκες η κάψουλα θα έχει λιγότερο από 1,5% εύφλεκτο αέριο. Καθώς εξελίσσεται ένα πρόβλημα μέσα στον Μ/Σ το ποσοστό αυξάνει σε 10 με 15%.

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

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

διαφορετικό τρόπο εξέλιξης και δημιουργίας αερίων μέσα στο λάδι. Με αυτή την μέθοδο μπορεί να γίνει μια αναλυτική διάγνωση με την οποία προσδιορίζονται τα προβλήματα στο εσωτερικό των Μ/Σ.

#### ❖ Δοκιμές για την μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών λαδιών

Αρχικά θα πρέπει να τονιστεί ότι η μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής από μόνη της δεν αποτελεί ένδειξη για την παλαιώση του λαδιού, γιατί εξαρτάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από την περιεκτικότητα της υγρασίας μέσα σε αυτό. Το νερό ή η υγρασία μπορεί να εμφανιστεί μέσα στο λάδι με την μορφή γαλακτώματος, διαλυμένο ή με την μορφή φυσαλίδων. Ένα καλά διυλισμένο λάδι περιέχει ένα μικρό ποσοστό από αρωματικούς υδρογονάνθρακες και έτσι απορροφά ένα σχετικά μικρό ποσοστό υγρασίας.

Στην περίπτωση που η υγρασία στο λάδι ανέρχεται σε 30 έως 50 gr ανά τόνο τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι η διηλεκτρική του αντοχή είναι αρκετά καλή. Αν επιπλέον γίνει ξήρανση και το ποσοστό υγρασίας μειωθεί στα 10 gr ανά τόνο τότε η διηλεκτρική αντοχή μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική. Το λάδι μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι καλό όταν παρουσιάζει μια διηλεκτρική αντοχή 100 kV/cm, ενώ θα πρέπει να υφίσταται αναγέννηση ή αντικατάσταση όταν η τιμή της διηλεκτρικής αντοχής κυμαίνεται από 70 έως 90 kV/cm.

Η συσκευή δοκιμής παράγει μια εναλλασσόμενη τάση η οποία μεταβάλλεται από 0 έως 50 kV με βήμα 3 kV/sec. Τα ηλεκτρόδια έχουν μια απόσταση 2.5 mm μεταξύ τους με μια ανοχή  $\pm 0.05$  mm. Λαμβάνονται 6 μετρήσεις κάθε 2 λεπτά και καταγράφονται οι ενδείξεις. Η τιμή της διηλεκτρικής αντοχής είναι ίση με την μέση τιμή των παραπάνω μετρήσεων. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί μια ελάχιστη τάση διάσπασης για το λάδι, η οποία είναι 22 kV. (Τασούλας Α., 2009)

#### **4.18. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Μ/Σ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ**

Στο εδάφιο αυτό αναφέρονται ενδεικτικά οι σπουδαιότερες εργασίες συντήρησης και επιθεώρησης που διεξάγονται στο βασικό εξοπλισμό ενός ΥΣ. Παραθέτονται πίνακες των εξής συντηρήσεων και εργασιών:

- ✓ Μ/Σ Ισχύος με μονωτικό λάδι
- ✓ Ελαιοδιακόπτες - Αεροδιακόπτες 150 kV
- ✓ ΕΔ DELLE με ελαιοπνευματικό μηχανισμό (OP-2C, OPE-2A, OPE-2B, OPI2)  
ΕΔ E.I.B. με ελαιοπνευματικό μηχανισμό (ETNA COP 1-23)
- ✓ ΕΔ DELLE με μηχανισμό CMR-3A ή CMR-2B ΕΔ SPRECHER-SCHUH με μηχανισμό FKF 103 ΕΔ SCARPA-MAGNANO τύπου PO/2925, UR/2925
- ✓ Αεριοδιακόπτης BBC DCVF K4V.

<p><b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δειγματοληψία στο λάδι του Μ/Σ και του μηχανισμού taps,</li> <li>• έλεγχος της διηλεκτρικής του αντοχής, έλεγχος της οξύτητας, έλεγχος του χρώματος, έλεγχος του ποσοστού υγρασίας.</li> <li>• έμμεσος προσδιορισμός της υγρασίας στο μονωτικό χαρτί.</li> <li>• Έλεγχος της κατάστασης του Μ/Σ και των βοηθητικών εξαρτημάτων του.</li> <li>• Έλεγχος καλής λειτουργίας των ανεμιστήρων</li> </ul>
<p><b>Διετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μονωτήρες διέλευσης: Έλεγχος για φθορές, καθαρισμός</li> <li>• Στάθμη λαδιού: Έλεγχος λειτουργίας του δείκτη, συμπλήρωση λαδιού, καθαρισμός</li> <li>• Διαρροές λαδιού: Στεγανοποίηση, συσφίξεις κοχλιών</li> <li>• Ακροδέκτες: Κατάσταση επαφών, συσφίξεις κοχλιών.</li> <li>• Ακίδες υπερτάσεων: Έλεγχος για ίχνη από τόξο, έλεγχος διακένου.</li> <li>• Μηχανισμός μεταγωγής: Καθαρισμός, λίπανση, έλεγχος για διαρροές και φθορές, έλεγχος καλής λειτουργίας.</li> <li>• Εύκαμπτοι σύνδεσμοι: Κατάσταση επαφών, συσφίξεις.</li> <li>• Ψυγεία: Επιθεώρηση, εξαερώσεις, καθαρισμός.</li> <li>• Ανεμιστήρες αντλίες: Καθαρισμός, έλεγχος ρουλεμάν, λίπανση.</li> <li>• Σύστημα πυρόσβεσης: Γενικός έλεγχος</li> <li>• Θερμόμετρα: Έλεγχος της ακρίβειας των ενδείξεων και των ορίων ρύθμισης.</li> <li>• Τυλίγματα: Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης μεταξύ Υ.Τ.-Γη, Χ.Τ.-Γη Υ.Τ.-Χ.Τ.</li> </ul>
<p><b>Τετραετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τυλίγματα: Έλεγχος της σχέσης μεταφοράς και μέτρηση της ωμικής αντίστασης σε όλες τις θέσεις του μεταγωγέα.</li> <li>• Μηχανισμός μεταγωγέα: Πλήρης έλεγχος όλων των τμημάτων του.</li> </ul>
<p><b>Οκταετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εξαγωγή του μεταγωγέα και έλεγχος</li> <li>• Αντικατάσταση του λαδιού</li> </ul>

**Πίνακας 4.9:** Μ/Σ Ισχύος με μονωτικό λάδι.  
(Τασούλας Α., 2009)



<p><b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αεροσυμπιεστής: Έλεγχος λειτουργίας, λιπάνσεις, αντικατάσταση λαδιού, έλεγχος του ιμάντα μετάδοσης κίνησης</li> <li>• Κινητήρας: έλεγχος λειτουργίας, ακροδέκτες ψήκτρες, λίπανση</li> <li>• Πιεσόμετρο: έλεγχος καλής λειτουργίας</li> <li>• Πρεσοστάτες: Έλεγχος λειτουργίας και ρυθμίσεων</li> <li>• Αντίσταση θέρμανσης-θερμοστάτης: Έλεγχος λειτουργίας</li> </ul>
<p><b>Διετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θάλαμος διακοπής τόξου: Αντικατάσταση λαδιού, έλεγχος του δείκτη στάθμης</li> <li>• Ηλεκτροβαλβίδες: Γενική κατάσταση, έλεγχος λειτουργίας</li> <li>• Μηχανισμός μετάδοσης κίνησης: Έλεγχος ρυθμίσεων</li> <li>• Μονωτήρες: Καθαρισμός και έλεγχος για διαπιδύσεις</li> <li>• Μ/Σ έντασης: Έλεγχος στάθμης λαδιού καθαρισμός στον δείκτη, καθαρισμός μονωτήρων, μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.</li> <li>• Ακροδέκτες: Καθαρισμός και έλεγχος.</li> <li>• Δοκιμαστικοί χειρισμοί (ηλεκτρικοί - μηχανικοί)</li> <li>• Κύριες και βοηθητικές επαφές: Καθαρισμός ή αντικατάσταση και μέτρηση της αντίστασης διέλευσης.</li> </ul>
<p><b>Οκταετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πόλοι: Άνοιγμα και καθαρισμό ή αντικατάσταση</li> <li>• Ικρίώματα και μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος συσφίξεων των κοχλιών και βάνιμο αν απαιτείται.</li> <li>• Έλεγχος για το σύγχρονο κλείσιμο των επαφών και των πόλων με παλμογράφο.</li> <li>• Αεριοφυλάκιο: Μηχανικός χειρισμός</li> </ul>

**Πίνακας 4.10:** Ελαιοδιακόπτες - Αεροδιακόπτες 150 KV  
(Τασούλας Α., 2009)

<p><b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ζεύγος κινητήρα αντλίας: Έλεγχος λειτουργίας, ψήκτρες,</li> <li>• ακροδέκτες, λίπανση, έλεγχος συνδέσμων. Αντικατάσταση λαδιού λίπανσης</li> <li>• Μονωτήρες διέλευσης σωληνώσεων: Καθαρισμός έλεγχος</li> <li>• Δοχείο λαδιού πίεσης: Έλεγχος διηλεκτρικής αντοχής λαδιού, έλεγχος στάθμης.</li> <li>• Ηλεκτροβαλβίδες: Έλεγχος ρυθμίσεων.</li> <li>• Φιάλες αζώτου: Έλεγχος πίεσης προπλήρωσης</li> <li>• Πρεσοστάτες: Έλεγχος ορίων ρύθμισης</li> <li>• Χειροκίνητη αντλία: Έλεγχος λειτουργίας</li> <li>• Σωληνώσεις: Έλεγχος για διαρροές</li> <li>• Αντίσταση θέρμανσης-θερμοστάτης: Έλεγχος λειτουργίας</li> <li>• Αποσβεστήρας: Έλεγχος στάθμης λαδιού και δείκτη λαδιού.</li> <li>• Εξαερώσεις: Δοκιμαστικοί χειρισμοί (ηλεκτρικοί-μηχανικοί)</li> </ul>
<p><b>Διετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θάλαμος σβέσης τόξου: Αντικατάσταση λαδιού, έλεγχος στον δείκτη στάθμης.</li> <li>• Μονωτήρες: Καθαρισμός</li> <li>• Κάρτερ θαλάμου διακοπής: Έλεγχος και συμπλήρωση του λαδιού λίπανσης.</li> <li>• Πλαστικοί ή ελαστικοί σωλήνες: Επιθεώρηση.</li> <li>• Ακροδέκτες: Καθαρισμός και έλεγχος για σημάδια υπερθέρμανσης</li> <li>• Κύριες και βοηθητικές επαφές: Μέτρηση της αντίστασης διέλευσης.</li> </ul>
<p><b>Οκταετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πόλοι: Αντικατάσταση</li> <li>• Λάδι πίεσης: Αντικατάσταση.</li> <li>• Πλαστικοί ή ελαστικοί σωλήνες: Αντικατάσταση.</li> <li>• Ικρίωματα- μεταλλικές επιφάνειες: έλεγχος σύσφιξης κοχλιών, βάνιμο στις διαβρωμένες επιφάνειες.</li> <li>• Έλεγχος συγχρονισμού κλεισίματος-ανοίγματος πόλων με παλμογράφο.</li> <li>• Φιάλες αζώτου: Αντικατάσταση.</li> </ul>

**Πίνακας 4.11:** ΕΔ DELLE με ελαιοπνευματικό μηχανισμό (OP-2C, OPE-2A, OPE-2B, OPI2) ΕΔ E.I.B. με ελαιοπνευματικό μηχανισμό (ETNA COP 1-23) (Τασούλας Α., 2009)

<p><b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κινητήρας: Έλεγχος λειτουργίας, ακροδέκτες, ψήκτρες, λίπανση.</li> <li>• Μειωτήρας στροφών: Έλεγχος λαδιού λίπανσης, συμπλήρωση ή αντικατάσταση του λαδιού</li> <li>• Ελατήρια: Έλεγχος, λίπανση.</li> <li>• Σύστημα μετάδοσης κίνησης: Έλεγχος σύσφιξης των κοχλιών.</li> <li>• Μοχλοί - άξονες - αρθρώσεις: Καθαρισμός, λίπανση.</li> <li>• Υδραυλικός αποσβεστήρας: Έλεγχος, συμπλήρωση λαδιού.</li> <li>• Αντίσταση θέρμανσης - θερμοστάτης: Έλεγχος λειτουργίας</li> </ul>
<p><b>Διετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θάλαμος σβέσης τόξου: Αντικατάσταση λαδιού, έλεγχος ορθής λειτουργίας του δείκτη στάθμης.</li> <li>• Ηλεκτροβαλβίδες: Γενική κατάσταση , έλεγχος λειτουργίας</li> <li>• Μονωτήρες: Καθαρισμός</li> <li>• Κάρτερ θαλάμου διακοπής: Έλεγχος και συμπλήρωση του λαδιού λίπανσης.</li> <li>• Δοκιμαστικοί χειρισμοί (ηλεκτρικοί - μηχανικοί)</li> <li>• Μ/Σ έντασης: Έλεγχος στάθμης λαδιού, καθαρισμός του δείκτη, καθαρισμός μονωτήρων, μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.</li> <li>• Ακροδέκτες: Καθαρισμός και έλεγχος για σημάδια υπερθέρμανσης.</li> <li>• Κύριες και βοηθητικές επαφές: Μέτρηση της αντίστασης διέλευσης.</li> </ul>
<p><b>Οκταετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πόλοι: Αντικατάσταση.</li> <li>• Ικρίωματα- μεταλλικές επιφάνειες: έλεγχος σύσφιξης κοχλιών, βάψιμο στις διαβρωμένες επιφάνειες.</li> <li>• Έλεγχος συγχρονισμού κλεισίματος - ανοίγματος πόλων με παλμογράφο</li> </ul>

**Πίνακας 4.12:** ΕΔ DELLE με μηχανισμό CMR-3A ή CMR-2B ΕΔ SPRECHER-SCHUH με μηχανισμό FKF 103 ΕΔ SCARPA-MAGNANO τύπου PO/2925, UR/2925 (Τασούλας Α., 2009)

<p><b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αεροδοχείο : Έλεγχος για την ύπαρξη υγρασίας και πλήρωση με πεπιεσμένο αέρα.</li> <li>• Πίνακες: Καθαρισμός από τη σκόνη</li> <li>• Μονωτήρες: Καθαρισμός.</li> <li>• Φίλτρα: Καθαρισμός.</li> <li>• Πιεσόμετρα: Έλεγχος λειτουργίας.</li> <li>• Δοκιμαστικοί χειρισμοί (Ηλεκτρικά και χειροκίνητα)</li> <li>• Αντίσταση θέρμανσης- θερμοστάτης: Έλεγχος λειτουργίας.</li> <li>• Βαλβίδες λίπανσης: Λίπανση με γραφιωμένο λάδι (B.B.C 909 LM2)</li> </ul>
<p><b>Τετραετής συντήρηση εκτός τάσης</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κύριες και βοηθητικές επαφές: Έλεγχος κατάστασης, λίπανση, μέτρηση της αντίστασης διέλευσης.</li> <li>• Κύρια βαλβίδα: Έλεγχος ελαστικών παρεμβυσμάτων και επιφανειών.</li> <li>• Βαλβίδα αερισμού: Έλεγχος βάση οδηγίας A 824716.</li> <li>• Μηχανισμός λειτουργίας: Έλεγχος λειτουργίας και καθαρισμών επί μέρους στοιχείων.</li> <li>• Πιεσόμετρο: Καθαρισμός, λίπανση και έλεγχος ακρίβειας ενδείξεων.</li> <li>• Πρεσοστάτες: Έλεγχος καλής λειτουργίας.</li> <li>• Πιεσόμετρα υψηλής και χαμηλής πίεσης αεροσυμπιεστών:</li> <li>• Καθαρισμός και έλεγχος ακρίβειας ενδείξεων.</li> </ul>

**Πίνακας 4.13:** Αεριοδιακόπτης BBC DCVF K4V  
(Τασούλας Α., 2009)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

### 5.1.ΑΡΧΗ ΔΙΑΧΕΪΡΙΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Η αρχή διαχείρισης του εξοπλισμού συνιστάται στη σωστή χρήση του συνόλου των στοιχείων αυτού, κατά την διάρκεια του τεχνικού κύκλου ζωής που εγγυάται μια κατάλληλη απόδοση και που διασφαλίζει ορισμένα πρότυπα υπηρεσίας και ασφάλειας. Στα συστήματα διανομής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας οι ηλεκτρολόγοι μηχανικοί αντιμετωπίζουν ποικίλους στόχους που πολλές φορές είναι ανταγωνιστικοί μεταξύ τους.

Σκοπός των συντηρήσεων που πραγματοποιούνται είναι η εύρεση ισορροπίας μεταξύ των απαιτήσεων των πελατών σε ότι αφορά το προϊόν και την ποιότητα της σε ικανοποιητικές τιμές και ταυτόχρονα των απαιτήσεων των μετόχων για τις κατάλληλες αποδόσεις των κεφαλαίων που επενδύουν. Ωστόσο, τονίζεται ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πιθανές ρυθμιστικές επιπτώσεις στα έσοδα και σε αλλαγές στη συνολική πολιτική αντίληψη, όπως για παράδειγμα συμβαίνει σήμερα με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για να βελτιώσουν οι υπεύθυνοι των δικτύων όλες τις επιλογές τους, έχουν αναπτύξει και επεκτείνει τις βέλτιστες πολιτικές στη διαχείριση του ενεργητικού εξοπλισμού.

Η διαχείριση του ενεργητικού εξοπλισμού σε εταιρείες ηλεκτρισμού έχει σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των αποφάσεων που οδηγούν σε μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη, αλλά και βελτιώσεις ως προς την αξιοπιστία. Για να μπορέσει η διαχείριση του ενεργητικού (εξοπλισμού) να ανταποκριθεί σε αυτές τις προσδοκίες, θα πρέπει να απαντήσει στις παρακάτω προκλήσεις:

- Ευθυγράμμιση της στρατηγικής και των ενεργειών με τις αξίες και τους στόχους των μετόχων
- Ισορρόπηση ανάμεσα στην απαιτούμενη αξιοπιστία, την ασφάλεια, και το κόστος
- Οφέλη από το ρυθμό απόδοσης του συστήματος
- Ανοχή του παραγωγικού καθεστώτος κυρώσεων.

Συμπέρασμα των προαναφερόμενων λοιπόν, είναι ότι τα βασικά ζητήματα της διαχείρισης του ενεργητικού εξοπλισμού καλύπτουν από τεχνικά θέματα όπως ο σχεδιασμό δικτύου και ο ορισμός των βασικών λειτουργικών στοιχείων και από οικονομικά θέματα όπως ο σχεδιασμός των επενδύσεων και η κατάρτιση του προϋπολογισμού, και καταλήγουν σε σχεδιαστικά στρατηγικά θέματα.

Επιπλέον, υπάρχουν κάποια αιτιώδη βροχοειδή διαγράμματα που οπτικοποιούν τη σχέση ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος. Ξεκινώντας από αριστερά, το Διάγραμμα 5.1. δείχνει την απορρύθμιση της κατάστασης του δικτύου με τη πάροδο του χρόνου εξαιτίας της διαδικασίας γήρανσης του ενεργητικού εξοπλισμού. Αυτό επιδρά αρνητικά



Τέτοιες στρατηγικές μπορεί να οδηγήσουν σε μια μη αναστρέψιμη έκρυθμη κατάσταση κατά την οποία η εκφυλισμένη κατάσταση του ενεργητικού (εξοπλισμού) μπορεί να κατακερματίσει τα οφέλη που η εκάστοτε ρυθμιστική πολιτική επιδιώκει να επιτύχει. Για να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις είναι πολύ σημαντικό να αναπτυχθεί η ικανότητα της ανάλυσης των πεπλεγμένων σχέσεων μεταξύ της συντήρησης και της ανανέωσης αλλά και του κόστους και της ποιότητας των υπηρεσιών.

Η ικανότητα να γίνονται αντίστοιχες εκτιμήσεις σε πιθανά σενάρια που αφορούν στο σύστημα ή σε ένα μέρος αυτού είναι βασική κατάκτηση της διαχείρισης του ενεργητικού (εξοπλισμού). Αυτές οι εκτιμήσεις παρέχουν εκτενείς γνώσεις σχετικές με τις επιδράσεις των εναλλακτικών στρατηγικών διαχείρισης του ενεργητικού (εξοπλισμού). Με την απόκτηση αυτών των γνώσεων μπορούν οι υπεύθυνοι διαχείρισης να αναπτύξουν ενεργητικά το δίκτυο και να προχωρήσουν σε επενδύσεις κατά τέτοιον τρόπο ώστε να επιτυγχάνονται τόσο οι βραχυπρόθεσμοι όσο και οι μακροπρόθεσμοι στόχοι. (Τασούλας Α., 2009)

## 5.2. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Οι στρατηγικές συντήρησης μπορούν να διαχωριστούν με διάφορους τρόπους, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κάθε τρόπος να οδηγεί σε διάφορα κόστη και επίπεδα διαθεσιμότητας. Η εξακρίβωση αν η κατάσταση του εξοπλισμού είναι επαρκής ή η σπουδαιότητα που παρουσιάζουν κάποια μηχανήματα θεωρείται ότι είναι μία από τις πιο συνηθισμένες στρατηγικές συντήρησης.

Τόσο η κατάσταση όσο και η σπουδαιότητα του μηχανήματος μπορούν να εξακριβωθούν με πολλούς τρόπους ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο λεπτομερειών και τη διαθεσιμότητα των κατάλληλων πληροφοριών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο καθορισμός της σημασίας του μηχανήματος μπορεί να εξαχθεί από διάφορες οπτικές, όπως για παράδειγμα ο αριθμός των κυκλωμάτων τροφοδοσίας ενός υποσταθμού, ή από πιο εξεζητημένες ενδείξεις όπως το ποσό της ενέργειας σε χρόνο, που δεν παρέχεται, λόγω πιθανής βλάβης στο εξεταζόμενο εξάρτημα.



**Διάγραμμα 5.2:** Κατηγοριοποίηση των στρατηγικών συντήρησης. (Τασούλας Α., 2009)

Η Διορθωτική Συντήρηση θεωρείται ότι είναι μια από της απλούστερες στρατηγικές με αυτή την κατηγοριοποίηση (Διάγραμμα 5.2). Σε αυτή την στρατηγική συντήρησης δεν υπάρχει καμία αναφορά στην προληπτική συντήρηση, δηλαδή το εξάρτημα λειτουργεί μέχρι τη βλάβη. Φθάνοντας στην βλάβη αποφασίζεται αν το εξάρτημα πρέπει να αντικατασταθεί ή αν υπάρχει η δυνατότητα να επιδιορθωθεί. Αυτή η στρατηγική δεν είναι η στρατηγική συντήρησης με το χαμηλότερο συνολικό κόστος, αφού οι βλάβες που προκαλούνται από την αποτυχία των μηχανημάτων μπορεί τελικά να δημιουργήσουν μεγαλύτερο κόστος από αυτό που θα δημιουργούσε μια καταλληλότερη στρατηγική συντήρησης.

Επιπλέον, η συγκεκριμένη στρατηγική απορυθμίζει σημαντικά την αξιοπιστία της παροχής, κάτι που προκαλεί περαιτέρω οικονομικές συνέπειες λόγω των διακοπών. Η επιλογή της στρατηγικής αυτής ενδείκνυται σε μη κρίσιμους εξοπλισμούς με μικρές συνέπειες σε περιπτώσεις βλαβών. Η μέθοδος είναι ευρέως διαδεδομένη σε αγωγούς μέσης τάσης, όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα προληπτικών μετρήσεων, καθώς και σε εξοπλισμό χαμηλής τάσης.

Συμπέρασμα λοιπόν των προαναφερόμενων είναι ότι η προληπτική συντήρηση απαιτείται έτσι ώστε να εμποδιστούν:

- ✓ Αποτυχίες
- ✓ Σημαντικές βλάβες
- ✓ Καταστροφή εξοπλισμού.

Η πιο εύκολη αλλά και πιο εφαρμοσμένη μέθοδο στρατηγικής είναι η Συντήρηση Βασισμένη στο Χρόνο ή αλλιώς Παραδοσιακή Προληπτική Συντήρηση. Αυτή η συντήρηση πραγματοποιείται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα για επιθεωρήσεις και συγκεκριμένες εργασίες συντήρησης. Τα χρονικά αυτά διαστήματα είτε δίνονται από τους κατασκευαστές των μηχανημάτων είτε βασίζονται στην εμπειρία των υπεύθυνων της συντήρησης.

Ωστόσο τονίζεται ότι τα χρονικά διαστήματα που έχουν επιλεγεί είναι αρκετά σύντομα αφού σε πολλές επιθεωρήσεις δεν εντοπίζεται κάποιο πρόβλημα. Άρα υπάρχει η δυνατότητα τα διαστήματα να μεγαλώσουν όμως τίθεται το ζήτημα είναι από πιο σημείο και μετά η εμφάνιση των βλαβών θα αυξάνεται σημαντικά.

Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για τις περιπτώσεις όπου υφίσταται διαβρωτική, αποσθρωτική φθορά ή οι ιδιότητες των υλικών μεταβάλλονται λόγω καταπόνησης. Η προαναφερόμενη συντήρηση ήταν η πιο διαδεδομένη και αυτή που χρησιμοποιούσαν ευρέως στο παρελθόν σε συντήρηση δικτύων υψηλής τάσης. Επιπλέον, θεωρείται ότι συνδυάζει ικανοποιητική διαθεσιμότητα με ένα σχετικά μεγάλο κόστος συντήρησης.

Για τον σωστό προσδιορισμό της κατάστασης του εξοπλισμού απαιτούνται επιπρόσθετες πληροφορίες για την τρέχουσα κατάσταση των μηχανημάτων. Η κατάσταση αυτή περιγράφεται από συγκεκριμένους δείκτες, και στην λογική της Συντήρησης που Βασίζεται στη Κατάσταση του Εξοπλισμού η δραστηριότητα της συντήρησης πυροδοτείται όταν η κατάσταση αυτή προσεγγίζει ορισμένα θέσφατα.

Φυσικά, ο καθορισμός της κατάστασης του εξοπλισμού δεν είναι μια διαδικασία ασήμαντη, αλλά υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που περιγράφονται παρακάτω. Εάν θέλει να εισαγάγει κανείς την βασισμένη στη κατάσταση συντήρηση, είναι ουσιαστικό να



χρησιμοποιήσει ένα κατάλογο του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Για τις μελλοντικές εφαρμογές η εισαγωγή συστημάτων παρακολούθησης μπορεί να φανεί χρήσιμη. Δεν έχει νόημα να εγκαταστήσει κανείς αυτά για τον υπάρχοντα εξοπλισμό, παρά μόνο στους μετασχηματιστές.

Ο στόχος είναι έτσι να ληφθεί μία όσο το δυνατόν ακριβέστερη περιγραφή της κατάστασης, των επιμέρους στοιχείων του εξοπλισμού, των υποσταθμών ή τμημάτων των υποσταθμών και να γίνει μία αξιολόγηση βάσει καθορισμένων κριτηρίων. Τα σημαντικότερα (μεταξύ πολλών) κριτήρια που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση είναι τα ακόλουθα:

- Λειτουργική εμπειρία: γενική εμπειρία με τον ιδιαίτερο τύπο του στοιχείου, τον ανεφοδιασμό των ανταλλακτικών, την τεχνική βοήθεια κ.λπ.
- Οπτικές παρατηρήσεις: υπερπηδήσεις, διάβρωση, ρύπος, γειώσεις κ.λπ.
- Αποτελέσματα μέτρησης (έλεγχος): αναλύσεις αερίου και ελαίου, χρόνοι αλλαγής (απόκλιση από τους αναγκαίους χρόνους), συγχρονισμός πόλων κ.λπ.

Η Συντήρηση που Βασίζεται στη Κατάσταση του Εξοπλισμού οδηγεί σε υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας με μέτριο κόστος συντήρησης και χρησιμοποιείται σε δίκτυα υπερυψηλής και υψηλής τάσης. Υπάρχουν ακόμη και πολλές προσπάθειες εφαρμογής της στρατηγικής αυτής και στη μέση τάση.

Στην πραγματικότητα, ο περιορισμός τόσο των οικονομικών όσο και των υπολογιστικών μέσων απαιτεί τον καθορισμό των προτεραιοτήτων. Και ειδικότερα σε ανταγωνιστικές αγορές, η επίδραση της καθημιάς δραστηριότητας εξετάζεται με ξεχωριστό ενδιαφέρον. Αυτή η διάσταση σηματοδοτεί τη σπουδαιότητα του κάθε εξαρτήματος του εξοπλισμού.

Ωστόσο, η αντικειμενικότητα είναι αυτή που καθορίζει την σπουδαιότητα. Επιπλέον, η παρεχόμενη αξιοπιστία είναι ένα σημαντικό τεχνικό χαρακτηριστικό στα δίκτυα και εφόσον μπορεί να υπολογισθεί ποιοτικά από καλά καθορισμένους δείκτες, η χρήση πιθανοκρατικών υπολογισμών της αξιοπιστίας είναι μια αξιόλογη μέθοδος συνυπολογισμού της σπουδαιότητας κάθε μηχανήματος.

Στα δίκτυα υπερυψηλής τάσης η εκτίμηση της σπουδαιότητας σχετίζεται με την ακεραιότητα του συστήματος, στο σχεδιασμό των σταθμών παραγωγής και στην αποφυγή των ανασχετικών παραγόντων της λειτουργίας των γραμμών μεταφοράς. Έτσι η στρατηγική της επικεντρωμένης στην αξιοπιστία συντήρησης δεν λαμβάνει υπόψη μόνο την κατάσταση των εξαρτημάτων του εξοπλισμού αλλά συνυπολογίζει και τις επιπτώσεις αυτού στην απόδοση του συστήματος.

Η επικεντρωμένη στην αξιοπιστία συντήρηση δεν ενδείκνυται μόνο για τη συντήρηση του εξοπλισμού, αλλά είναι και ένα ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση της διαδικασίας ανακαίνισης ή αντικατάστασης, αφού η κακή κατάσταση ενός μηχανήματος θέτει άμεσα το ερώτημα αν η πιθανή αντικατάστασή του είναι καλύτερη επιλογή από την περαιτέρω συντήρησή του. Αυτή η ανάλυση μπορεί να γίνει όχι μόνο για ένα μηχάνημα, αλλά να επεκταθεί σε ολόκληρους υποσταθμούς του δικτύου μεταφοράς οπότε και συνεκτιμώνται όλα τα μηχανήματα και η κατάστασή τους. Αν οι οικονομικές επιπτώσεις

των διαφορετικών ενεργειών ληφθούν υπόψη κατά την επικεντρωμένη στην αξιοπιστία συντήρηση, η στρατηγική επεκτείνεται στην Συντήρηση που Βασίζεται στο Κίνδυνο Εμφάνισης Βλάβης. (Τασούλας Α., 2009)

### 5.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο υπεύθυνος των συντηρήσεων μπορεί να λαμβάνει πληροφορίες για τον εξοπλισμό που έχει σε επίβλεψη με διάφορους τρόπους, οι οποίοι προσδιορίζονται σύμφωνα με τον τύπο του εξοπλισμού καθώς και τις δυνατότητες που παρέχονται στον συντηρητή. Ωστόσο, το κοινό γνώρισμα όλων των μεθόδων είναι ότι δεν είναι δυνατό να υπολογισθεί ένας δείκτης, ο οποίος να εκφράζει το χρόνο ζωής του εξοπλισμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η κατάσταση του εξοπλισμού να βασίζεται σε προσεγγίσεις και στατιστικές αναλύσεις με συνέπεια μεγάλο ποσοστό επικινδυνότητας.

Οι βασικές πληροφορίες που λαμβάνει ο συντηρητής μπορεί να είναι από της ακόλουθες διαδικασίες:

- On-line παρακολούθηση
- Μετρήσεις – επιθεωρήσεις εξοπλισμού
- Χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων
- Στατιστική ανάλυση
- Εμπειρία και δεδομένα

Στην συνέχεια του εδαφίου αναλύονται και περιγράφονται οι προαναφερόμενες διαδικασίες.

#### ❖ *On-line παρακολούθηση*

Η on-line παρακολούθηση θεωρείται μία από τις καλύτερες μεθόδους από τεχνική άποψη. Η μέθοδος αυτή εξάγει σημαντικούς δείχτες που προσδιορίζουν την κατάσταση του εξοπλισμού. Οι δείχτες αυτοί είναι η κάτωθι:

- Θερμοκρασία των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή
- Πίεση του SF<sub>6</sub> σε έναν αποζεύκτη
- Παράμετροι που σχετίζονται με την ποιότητα του λαδιού του μετασχηματιστή

Ωστόσο, όπως κάθε μέθοδος έχει κάποια μειονεκτήματα. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι καθίσταται πολύ απαιτητική, τόσο σε ότι αφορά το οικονομικό κόστος όσο και στη διαχείριση των συγκεντρωμένων πληροφοριών. Αυτό το γεγονός έχει γίνει κατανοητό και οι ασχολούμενοι με την μελέτη και κατασκευή

διατάξεων, συσκευών, οργάνων, αισθητήρων προοριζόμενων για τεχνικές συνεχούς παρακολούθησης της κατάστασης ή της λειτουργίας ενός μηχανήματος δεν προχωρούν παρά μόνο για τις περιπτώσεις που αφορούν ορισμένα μηχανήματα ή συστήματα μεγάλης δαπάνης κτήσης ή και υψηλής σημασίας για τη λειτουργία του συστήματος στο οποίο ανήκουν.

Το μεγάλο κόστος έχει σαν αποτέλεσμα πολλές γεννήτριες και μετασχηματιστές είναι εφοδιασμένοι με συστήματα παρακολούθησης. Επίσης, όλο και περισσότερες εγκαταστάσεις (GIS) είναι εφοδιασμένες με σύγχρονο εξοπλισμό παρακολούθησης, όπως αισθητήρες.

Η θέση όπου θα εγκατασταθούν τέτοιες συσκευές παρακολούθησης εκλέγεται με κριτήρια όπως:

- ✓ Στρατηγική θέση του μηχανήματος στο σύστημα στο οποίο ανήκει
- ✓ Κίνδυνοι υπερφόρτισης
- ✓ Πείρα από την εκμετάλλευση ομοίων μηχανημάτων τα οποία παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο βλάβης.

Η συντήρηση έχει οφέλη από την εφαρμογή τεχνικών παρακολούθησης. Τα κυριότερα είναι τα εξής:

- ✓ Η ιδιαίτερα σημαντική αξία της πληροφόρησης η οποία επηρεάζει τον αριθμό κάποιων εργασιών συντήρησης
- ✓ Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας
- ✓ Η εξασφάλιση μεγαλύτερης δυναμικότητας

#### ❖ *Μετρήσεις – επιθεωρήσεις εξοπλισμού*

Για την σωστή εκτίμηση της κατάστασης του εξοπλισμού μπορούν να πραγματοποιηθούν κάποιες μετρήσεις όπως οι μετρήσεις της μονωτικής ικανότητας των καλωδίων ή ειδικές μετρήσεις που καθορίζουν τη σωστή επαφή των διακοπών, αυτές οι μετρήσεις έχουν σκοπό να διεξάγουν σημαντικά αποτελέσματα για την κατάσταση του εξοπλισμού ή ενός συστήματος.

Ωστόσο, και αυτές οι μετρήσεις έχουν δυσκολίες γιατί απαιτείται η θέση εκτός λειτουργίας ή και η αποσυναρμολόγηση των μηχανημάτων. Εφόσον αυτές οι δύο μέθοδοι είναι σχετικά ακριβές, η εφαρμογή τους σε μεγαλύτερη ή μικρότερη κλίμακα συνίσταται στα δίκτυα υπερηψηλής ή υψηλής τάσης.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτές τις περιπτώσεις, ο περιορισμένος αριθμός των μηχανημάτων σε σχέση με τα δίκτυα μέσης τάσης, το μεγάλο κόστος κτήσης τους και οι επιπτώσεις της πιθανής δυσλειτουργίας τους αιτιολογούν την εφαρμογή των μεθόδων παρά το κόστος.

#### ❖ *Χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων*

Θεωρείται μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιείται για την εύκολη εκτίμηση της κατάστασης του εξοπλισμού. Αυτή η μέθοδος κάνει χρήση κάποιων μεγεθών που

σχετίζονται με την ισχύ των μηχανημάτων, όπως τάσεις, ρεύματα και ροή ισχύς καθώς αυτά υπολογίζονται κατά τη λειτουργία του συστήματος. Η σύνδεση αυτών των παραμέτρων με ζητήματα σχετικά με τη συντήρηση γίνεται με τη χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων και τις επιδράσεις που έχουν τα παραπάνω μεγέθη στην κατάσταση του εξοπλισμού, παράλληλα με τη φυσιολογική γήρανση.

Στην περίπτωση που θα υπήρχε η επιθυμία να υπολογιστεί ο χρόνος ζωής ενός μετασηματιστή γίνεται χρήση ενός πραγματικού μοντέλου μετασηματιστή της ίδιας ικανότητας και με την ίδια χρήση, ενώ στην περίπτωση που ζητείται ο έλεγχος των διακόπτων των κυκλωμάτων η ένδειξη που προσανατολίζει σε σωστά συμπεράσματα είναι ο υπολογισμός των ρευμάτων βραχυκύκλωσης και η σύγκριση με το σωστό μοντέλο.

Ωστόσο, η σπουδαιότητα είναι στην ακρίβεια των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και η σχέση τους με τη συντήρηση εξαρτάται εν πολλοίς από τα διαθέσιμα πραγματικά μοντέλα. Στην πραγματικότητα, τέτοια μοντέλα είναι πολύ πρόχειρα, αν όχι δυσεύρετα. Ένας ακόμη λόγος για την αδυναμία της μεθόδου είναι η πολύ σοβαρή εξάρτησή της από τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των διαφόρων τύπων του εξοπλισμού.

#### ❖ Στατιστική ανάλυση

Οι στατιστικές μέθοδοι συνεισφέρουν και αυτές στην πληροφόρηση για την κατάσταση του εξοπλισμού. Βάση αυτής της προσέγγισης είναι η συστηματική συλλογή πληροφοριών σχετικών με τον εξοπλισμό, όπως αναφορές συντήρησης ή αποτυχιών και σφαλμάτων. Οι πληροφορίες κατηγοριοποιούνται και αποδίδονται σε συγκεκριμένα εξαρτήματα.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δίνονται από τα κάτωθι:

- ✓ Το επίπεδο των πληροφοριών
- ✓ Η ορθή κατηγοριοποίηση
- ✓ Η αποσαφήνιση του ρόλου των εξαρτημάτων

Ωστόσο, η ποιότητα των πορισμάτων της στατιστικής ανάλυσης βελτιώνεται με την αύξηση του υπό εξέταση δείγματος. Εξαιτίας λοιπόν του μεγάλου αριθμού εξαρτημάτων στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας η στατιστική είναι μια σπουδαία μέθοδος για μια διευρυμένη πρακτική εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικών με τη συντήρηση.

#### ❖ Εμπειρία και δεδομένα

Σχετικά με κάποια εξαρτήματα στα δίκτυα μέσης τάσης, συμπεράσματα για την κατάσταση του εξοπλισμού μπορούν να εξαχθούν ακόμη από επιθεωρήσεις και πρωτόκολλα συντήρησης. Σημαντική επίσης είναι η πείρα του προσωπικού της συντήρησης. (Σαμοΐλης Β., 1995)

## 5.4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

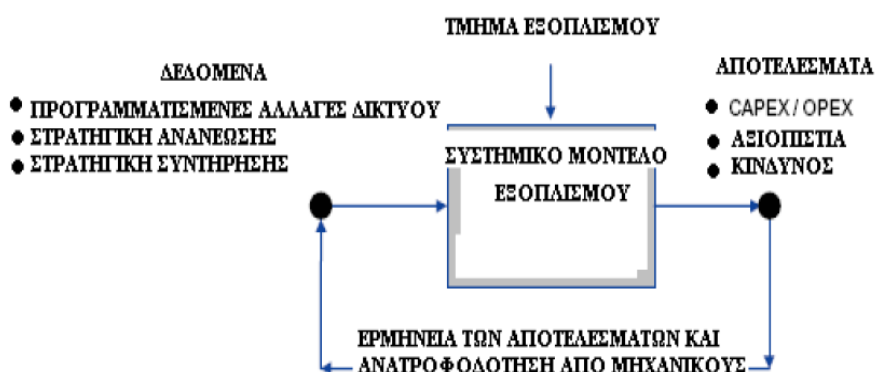
Η μέθοδος της προσομοίωσης επιδιώκει την προσέγγιση της πρόβλεψης για τις μακροπρόθεσμες οικονομικές επιπτώσεις των ισχυουσών ή ανανεωμένων στρατηγικών σε ότι αφορά το ηλεκτρικό δίκτυο. Μπορεί να μοντελοποιηθεί με τη χρήση δυναμικών συστημάτων. Η προσέγγιση με τη χρήση δυναμικών συστημάτων έχει δείξει την αξιοπιστία της και σε άλλα πεδία, όπου το αίτιο και το αποτέλεσμα περιγράφονται αρκετά καλά, παρά το ότι η διαθεσιμότητα των πληροφοριών ήταν σχετικά μικρή.

Πρόκειται για μια μοντελοποιημένη προσέγγιση που επιτρέπει το χτίσιμο μιας αναπαράστασης της δυναμικής συμπεριφοράς ενός επιχειρησιακού σχεδίου, του οποίου η συμπεριφορά είναι το αποτέλεσμα της σχέσης ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία του συστήματος. Τα αποτελέσματα των σχέσεων αυτών βασίζονται σε κανόνες υποθέσεων και αποφάσεων, τα οποία τυποποιούνται με τη χρήση μαθηματικών εξισώσεων.

Θεμελιώδης για το δυναμικό σύστημα είναι η ιδέα ότι όλες οι δυναμικές συμπεριφορές είναι αποτέλεσμα της δομής του συστήματος, όπου η δομή αναφέρεται στο πως τα στοιχεία του συστήματος τοποθετούνται μαζί. Σε αντίθεση με τη γραμμική ροή κάποιων λογιστικών μοντέλων, τα δυναμικά συστήματα επικεντρώνονται στις αλληλεπιδράσεις παρά στη γραμμική σχέση αίτιου και αποτελέσματος και αντιμετωπίζουν τις τροποποιήσεις σαν μια διαδικασία παρά σαν στιγμιότυπα. Λειτουργούν με ανατροφοδοτούμενους βρόχους. Το σύστημα φτιάχνεται με ανατροφοδοτούμενους κανόνες που αντικατοπτρίζουν τις επιδράσεις του ενός παράγοντα στον άλλο. (Τασούλας Α., 2009)

### ✚ Προσέγγιση προσομοίωσης

Το σύστημα μεταφοράς απαρτίζεται από πλήθος στοιχείων που αποτελούν τον εξοπλισμό και υπόκεινται σε φθορές λόγω γήρανσης, αυτά επιθεωρούνται, συντηρούνται, ανακαινίζονται και ανανεώνονται, το μοντέλο προσομοίωσης πρέπει να περιγράφει αυτή τη διαδικασία γήρανσης του ενεργητικού εξοπλισμού.



**Διάγραμμα 5.3:** Συνδυασμός μεταξύ της στρατηγικής και του κόστους.  
(Τασούλας Α., 2009)

Επιπλέον, η στρατηγική του να γίνει κάτι για τον εξοπλισμό θα πρέπει να περιγράφεται σαν ένα σύνολο κανόνων. Επίσης, το κόστος και τα αποθέματα που απαιτούνται για κάθε ενέργεια πρέπει να υπολογίζονται. Ωστόσο, τονίζεται ότι απαιτείται η κατανομή ανά ηλικία και η κατανομή ανά σφάλμα των στοιχείων του ενεργητικού (εξαρτημάτων του εξοπλισμού).

#### ✚ Πληροφορίες και μοντέλα

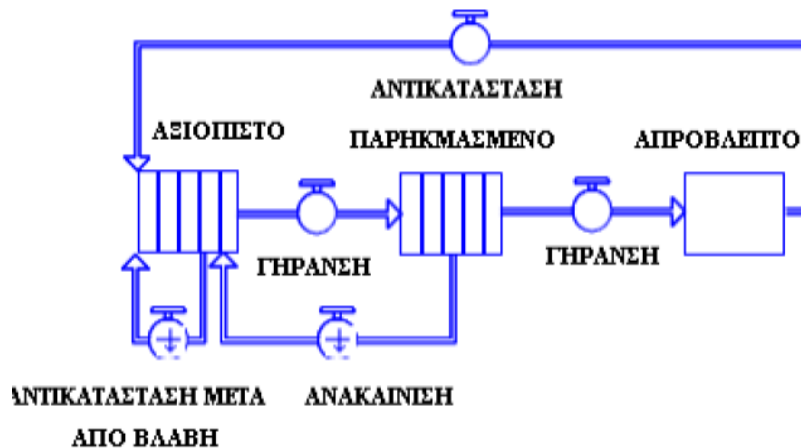
Η μοντελοποίηση του συστήματος είναι το πιο ουσιαστικό κομμάτι της προσομοίωσης. Το μοντέλο αυτό έχει την δυνατότητα να περιγράψει τη γήρανση του εξοπλισμού και τις δραστηριότητες που μπορούν να αποτρέψουν την υποβάθμιση της αξιοπιστίας του. Επιπλέον, το μοντέλο περιγράφει τη ζωή του μηχανήματος κατά την οποία αυτό περνάει από τρεις φάσεις: αξιόπιστο, παρηκμασμένο, απρόβλεπτο. Για κάθε μια από αυτές τις τρεις φάσεις διαφέρουν αντίστοιχα ο προγραμματισμός, όπως η στρατηγική συντήρησης, οι αποφάσεις που αφορούν στην ανακαίνιση και ο ρυθμός των αποτυχιών.



**Διάγραμμα 5.4:** Απλό μοντέλο γήρανσης για προσομοίωση εξοπλισμού.  
(Τασούλας Α., 2009)

Η βασική αρχή είναι ότι κατά τη διάρκεια της ζωής του ένα μηχάνημα θα διανύσει κάθε φάση και θα περάσει ένα χρονικό διάστημα σε αυτήν. Η δουλειά που επιτυγχάνεται από τη συντήρηση είναι η επιβράδυνση του ρυθμού με τον οποίο το εξάρτημα περνάει από τη μία φάση στην άλλη. Τελικά το εξάρτημα τίθεται εκτός συστήματος όταν αντικαθίσταται. Σε κάθε μια από τις φάσεις το μηχάνημα έχει διαφορετικό επίπεδο απόδοσης.

Τέτοια μοντέλα τίθενται σε εφαρμογή σε δυναμικά συστήματα προσομοίωσης. Βοηθήματα που εφαρμόζονται σε τέτοιες περιπτώσεις είναι διαθέσιμα στην αγορά. Η οπτική αναπαράσταση της λειτουργίας των μοντέλων στα εργαλεία αυτά δίνεται παρακάτω.



**Διάγραμμα 5.5:** Απλό μοντέλο γήρανσης για προσομοίωση εξοπλισμού.  
(Τασούλας Α., 2009)

#### **✚ Αβεβαιότητα λόγω της στοχαστικής διαδικασίας**

Όπως προαναφέρθηκε οι ροές αυτού του μοντέλου αναπαριστούν της διαδικασία γήρανσης οι οποία απαρτίζεται από πληθώρα στατιστικών στοιχείων. Ωστόσο, η προσέγγιση είναι από τη μία κατάλληλη για τη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς του συστήματος, από την άλλη όμως ενέχονται ανακρίβειες σε ότι αφορά το κάθε μεμονωμένο εξάρτημα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο αυτές οι επιδράσεις που βασίζονται σε περιστατικά και ενέργειες με μεγάλη συχνότητα εμφάνισης παραμετροποιούνται με υψηλής ακρίβειας σχήματα. Οι σχετικές με περιστατικά που εμφανίζονται σπανιότερα παράμετροι είναι χαμηλής ποιότητας και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης πρέπει να επαληθεύονται για να εξακριβώνεται αν εξαρτώνται ή όχι από αυτές τις παραμέτρους.

Αυτό είναι και το θεωρητικό πρόβλημα το οποίο βέβαια δεν θα πρέπει να επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των αποτελεσμάτων, αφού οι πραγματικές διαδικασίες κυριαρχούνται από τις πιο συχνές συναρτήσεις.

#### **✚ Ανακρίβειες εξαιτίας του μοντέλου και της έλλειψης πληροφοριών**

Μία προσέγγιση έχει την δυνατότητα να είναι τόσο καλή όσο τα υποκειμενικά μοντέλα. Σε περίπτωση που οι πληροφορίες που δέχεται είναι ανακριβείς τότε το αποτέλεσμα που δίνει αναξιόπιστο. Για την αποφυγή τέτοιων αποτελεσμάτων θα πρέπει να βρεθεί η απαραίτητη ισορροπία μεταξύ της ακρίβειας του θεωρητικού μοντέλου και της διαθεσιμότητας των πληροφοριών για την παραμετροποίηση του μοντέλου.

Επιπλέον, η γνώση για τον εξοπλισμό και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται μέσα στο μοντέλο πιθανώς δεν είναι διαθέσιμη, αν δεν έχει εφαρμοστεί κάποια στρατηγική συντήρησης βασισμένη στην κατάσταση του εξοπλισμού και δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες πληροφορίες.

Στην περίπτωση που γίνει χρήση της ηλικίας του εξοπλισμού μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ηλικιακές βάσεις δεδομένων παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το χρόνο των επενδύσεων που έχουν συμβεί αλλά όχι με το τι ακριβώς αντικαταστάθηκε. Ακόμα, ο ρυθμός των αποτυχιών πρέπει να παρέχεται για όλες τις καταστάσεις στο μοντέλο του εξοπλισμού. Ως εδώ είναι αναγκαία η επαλήθευση αν μια επιπλέον κατάσταση που μπορεί να χρειάζεται για να εξηγηθεί μια επενέργεια είναι δυνατό να παραμετροποιηθεί με τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Ωστόσο, οι αποφάσεις λαμβάνονται με στόχο την μεγιστοποίηση του οφέλους. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να γίνει γνωστό ο τρόπος με τον οποίον λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις και στην συνέχεια να πραγματοποιηθούν προσομοιώσεις με το ίδιο σκεπτικό. Οι προσομοιώσεις αυτές θα δίνουν την δυνατότητα το μοντέλο να αναπαράγει τις αποφάσεις όπως θα παίρνονταν στην πραγματικότητα και αυτό είναι το βασικό τους πλεονέκτημα.

### **Ανάλυση ευαισθησίας**

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, οι προσομοιώσεις θεωρήθηκαν από τις σπουδαιότερες επιστημονικές δημιουργίες, με αποτέλεσμα στις μέρες μας να θεωρούνται απαραίτητες. Οι προσομοιώσεις έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιούν αναλύσεις διαφορών υποθέσεων και εκτιμήσεων καθώς επίσης δίνουν την δυνατότητα διεξαγωγής λεπτομερών και ευαίσθητων πληροφοριών που παρουσιάζουν την παρούσα κατάσταση του εξοπλισμού.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα δεδομένα σχετικά με τον εξοπλισμό απαιτούνται συγκεκριμένες γνώσεις σχετικές με τα κάτωθι:

- ✓ Δαπάνες
- ✓ Ποιότητα των προμηθειών
- ✓ Ρίσκο

Τα κενά από άποψη ποιότητας και ποσότητας των δεδομένων πρέπει να αναγνωρίζονται με ένα συστηματικό τρόπο και να καλύπτονται από συγκεκριμένες μετρήσεις. Η ανάλυση ευαισθησίας σε αυτές τις συγκεκριμένες παραμέτρους με τη χρήση του μοντέλου βοηθά στο να αναγνωριστεί που η βελτίωση των δεδομένων επιδρά θετικά πάνω στα αποτελέσματα και έτσι να αξιολογούνται και να χρησιμοποιούνται καλύτερα τα σημαντικά δεδομένα.

Σε αυτές τις περιπτώσεις τα μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί χαρακτηρίζονται για την ακρίβεια που προσδιορίζουν την γήρανση αλλά και κάποιους επιπλέον παραμέτρους. Αποτέλεσμα λοιπόν των προαναφερόμενων είναι τα εξαγόμενα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση διαφόρων στρατηγικών διαχείρισης εξοπλισμού.



## 5.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο μεγάλος αριθμός των εξαρτημάτων στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής δίνει πλεονεκτήματα στις στατιστικές προσεγγίσεις της διαχείρισης του εξοπλισμού. Δεν πρόκειται για τα μεμονωμένα εξαρτήματα, αλλά μια σειρά από αυτά. Το επίπεδο λεπτομέρειας στον ορισμό της σειράς εξαρτημάτων εξαρτάται από διαφορετικές πτυχές, μια σημαντική πτυχή είναι η διαθεσιμότητα κατάλληλων δεδομένων.

Διαφορετικές στατιστικές προσεγγίσεις ποικίλουν σε επίπεδο πολυπλοκότητας και εστίασης της ανάλυσης. Το εύρος είναι από πρακτικώς αποδεδειγμένες μεθόδους που στοχεύουν στην αποφυγή των αλλοιώσεων των εξαρτημάτων που υπερβαίνουν συγκεκριμένα επίπεδα, σε εκτενείς προσεγγίσεις που λαμβάνουν υπόψη τα σφάλματα και το μοντέλο «γήρανσης» των εξαρτημάτων, οι οποίες αναπτύσσονται προσωρινά από διαφορετικούς φορείς σε ολόκληρο τον κόσμο.

### 5.5.1. Στατιστική ανάλυση σφάλματος

Η στατιστική μέθοδος διαχείρισης του εξοπλισμού είναι μια από της πρακτικώς αποδεδειγμένες μεθόδους, είναι γνωστή ως την μέθοδο στρατηγικής επιβλεπόμενης ανίχνευσης παρακμής του εξοπλισμού. Η μέθοδος αυτή αποτελείται από μια εκτενή ανάλυση της αποτυχίας και της ζημιάς, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση μιας βάσης δεδομένων δυσλειτουργιών και ζημιών σε συνδυασμό με το SCADA και ERP λογισμικό και ένα γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα (GIS).



**Διάγραμμα 5.6:** Στρατηγική επιβλεπόμενης ανίχνευσης παρακμής του εξοπλισμού. (Τασούλας Α., 2009)

Για την κατανόηση των όσων προαναφέρθηκαν εξηγείται το Σχήμα 5.6. Ο αριθμός των αποτυχιών όλων των αποζευκτών συγκρίνεται με τον αριθμό των διακοπών εναλλασσόμενου και τον αριθμό όλων των αποζευκτών. Έτσι, η διαθεσιμότητα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που έχει δοθεί στο εγγύς παρελθόν μπορεί να υπολογιστεί. Συγκρίνεται έναντι του ορίου «Z», σε αυτό το παράδειγμα θα πρέπει να είναι καλύτερο από π.χ. 95%- που είναι η πιθανότητα για μια επιτυχημένη λειτουργία των αποζευκτών.

Επιπλέον, η προσπάθεια για συντήρηση υπολογίζεται και συγκρίνεται με μια δεύτερη παράμετρο «K», η οποία θα πρέπει να είναι κάτω από το 60% του κόστους της αρχικής συντήρησης (με βάση τη χρονική αναθεώρηση). Εάν ένα από αυτά τα όρια ξεπεραστεί, ένα σήμα προειδοποιεί το διαχειριστή του εξοπλισμού για τη χειροτέρευση της κατάστασης.

Το λεπτομερές ιστορικό των ζημιών και της συντήρησης δίνει την ευκαιρία στον διαχειριστή του εξοπλισμού να ερευνήσει αν οι ζημιές προκαλούνται από το υλικό ή από άλλα προβλήματα ή εξαιτίας απουσίας συντήρησης. Ωστόσο, με αυτό τον τρόπο υπάρχει η περίπτωση να πραγματοποιηθεί παραλλαγή των στρατηγικών συντήρησης καθώς και σε επιλεκτικές πράξεις συντήρησης για κάποιον μεμονωμένο τύπο εξοπλισμού.

### **5.5.2. Λεπτομερής στατιστική προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού**

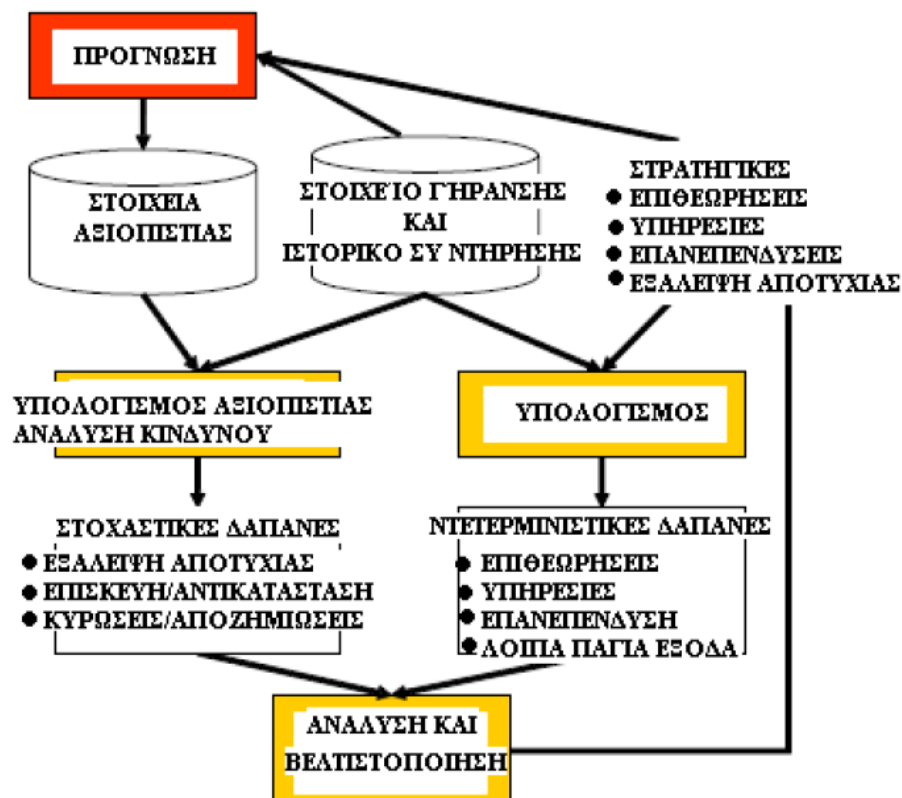
Μια λεπτομερής προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού θα πρέπει να συνυπολογίζει το κόστος του κύκλου ζωής του εξοπλισμού και συνολικά όλου του συστήματος. Ωστόσο, θα πρέπει να εξετάσει την ποιότητα της προσφοράς που έχει δοθεί από το σύστημα, καθώς η εξάρτηση μεταξύ του κόστους και της ποιότητας είναι φανερή. Εν τέλει, η διαχείριση του εξοπλισμού πρέπει να υποστηρίζει την εύθραυστη ισορροπία του κόστους έναντι της ποιότητας σύμφωνα με τις δεδομένες απαιτήσεις και κανονισμούς.

Ένα σημαντικό τμήμα της λεπτομερούς στατιστικής προσέγγισης αυτής είναι ο υπολογισμός των σχετικών δαπανών που τυπικά θεωρείται πιο εύκολος από την ποσοτικοποίηση της ποιότητας της προσφοράς. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί η διαφοροποίηση των ντετερμινιστικών και στοχαστικών δαπανών.

- *Ντετερμινιστικές δαπάνες:* προσδιορίζονται από τις επιλεγμένες στρατηγικές για επιθεωρήσεις, συντηρήσεις, επανεπενδύσεις και απαλοιφή των σφαλμάτων. Επιπλέον, οι ντετερμινιστικές δαπάνες δεν μπορούν να προβλεφτούν με ακρίβεια, αλλά συγκρίνοντας τις με τις στοχαστικές δαπάνες, οι αβεβαιότητες είναι σε πολύ πιο χαμηλό επίπεδο. Λοιπά πάγια έξοδα όπως το κόστος κεφαλαίου, συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη κατηγορία επίσης.
- *Στοχαστικές δαπάνες:* εξαρτώνται από τις εμφανίσεις ζημιών και συμβάντων που προκαλούν αναστάτωση στα μέρη του δικτύου που

διέπονται από το τυχαίο. Έτσι, αυτές οι δαπάνες συμπεριλαμβανομένων των εξόδων για την εκκαθάριση σφάλματος, για επιδιόρθωση ή για αντικατάσταση χαλασμένου εξοπλισμού και για ποινές ή για αποζημιώσεις (εάν προβλέπονται) μπορούν να υπολογιστούν μόνο στοχαστικά. Τυπικά, οι δαπάνες αυτές υπόκεινται σε διανομές με μεγάλες διασπορές.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η αξιολόγηση των ντετερμινιστικών δαπανών είναι μια υπόθεση που βασίζεται σε επιλεγμένες στρατηγικές για συντήρηση, επανεπένδυση και απαλοιφή του σφάλματος. Στην περίπτωση των στοχαστικών δαπανών βασίζονται σε αποτελέσματα ενός πιθανοκρατικού υπολογισμού αξιοπιστίας του δικτύου. Αυτός ο υπολογισμός απαιτεί δίπλα στο συνηθισμένο δίκτυο και συστατικό στοιχείο περιγραφή των εμφανίσεων σφαλμάτων των εξαρτημάτων. Αυτή η περιγραφή δίνεται από το λεγόμενο στοιχείο αξιοπιστίας εξαρτημάτων. (Τασούλας Α., 2009)



**Διάγραμμα 5.7:** Αρχή προσέγγισης λεπτομερούς διαχείρισης εξοπλισμού.  
(Τασούλας Α., 2009)

Οι μέθοδοι υπολογισμού που απαιτούνται για αυτή τη προσέγγιση της διαχείρισης

του εξοπλισμού είναι διαθέσιμες σήμερα συμπεριλαμβανομένων των πιθανοκρατικών υπολογισμών της αξιοπιστίας. Ωστόσο, συγκεκριμένες πτυχές αυτής της προσέγγισης τυπικά προκαλούν προβλήματα στην πρακτική εφαρμογή:

- Χρήσιμα στατιστικά για τη κατανομή των δαπανών που πηγάζουν από τις ζημιές των τμημάτων του δικτύου, όπως δαπάνες επισκευής, δεν είναι διαθέσιμα. Μέχρι σήμερα, μόνο τιμές που έχουν εκτιμηθεί κατά προσέγγιση είναι διαθέσιμες.
- Το στοιχείο αξιοπιστίας των εξαρτημάτων μπορεί να προσδιοριστεί για τα δίκτυα στη σημερινή τους κατάσταση με τα κατάλληλα στατιστικά. Αλλά οι αλλαγές στις στρατηγικές διαχείρισης του εξοπλισμού όπως μειωμένη συντήρηση, μειωμένη επανεπένδυση που οδηγεί σε αυξανόμενη ηλικία των τμημάτων, ή μειώσεις προσωπικού που αυξάνει τη διάρκεια για την απαλοιφή του σφάλματος, φυσικά θα έχουν επιπτώσεις στην αξιοπιστία των εξαρτημάτων. Οι παράμετροι αυτών των στρατηγικών διαχείρισης εξοπλισμού πρέπει να βελτιστοποιηθούν σε αυτή τη διαδικασία, τέτοιες επιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα από μοντέλα για τη πρόγνωση της αξιοπιστίας των τμημάτων.

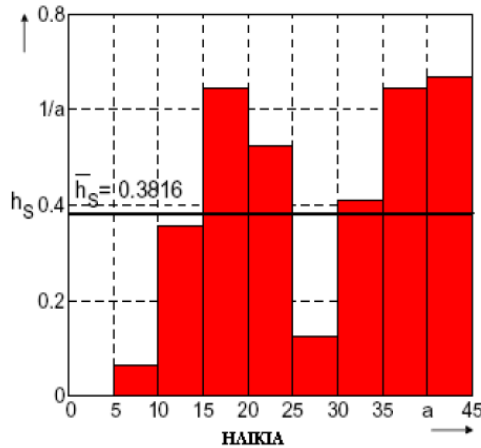
Θα πρέπει να τονιστεί ότι για τη πρόγνωση της αξιοπιστίας των εξαρτημάτων σε εξάρτηση αυτών των παραμέτρων που είναι ένα κρίσιμο βήμα για τις μεθόδους διαχείρισης εξοπλισμού συνήθως πολύ στοιχειώδη μοντέλα και λιγοστά δεδομένα είναι διαθέσιμα.

### **5.5.3. Ερευνητική μελέτη πάνω στη διαχείριση εξοπλισμού σε συστήματα διανομής**

Ο κύριος στόχος αυτής της μελέτης είναι η συλλογή πληροφοριών για τις ζημιές των εξαρτημάτων και του χρόνου διακοπής λόγω βλάβης σε ειδικά διαμορφωμένα στατιστικά. Αυτή η βάση δεδομένων επομένως επιτρέπει όχι μόνο τον προσδιορισμό των δεικτών αξιοπιστίας των εξαρτημάτων, αλλά ειδικότερα την ανάλυση των επιρροών της ηλικίας των εξαρτημάτων και του ιστορικού της συντήρησης.

Τα αποτελέσματα αυτά έχουν την δυνατότητα να επιτρέπουν τον ορισμό και ακόμη πιο σημαντικό για την πρακτική εφαρμογή την παραμετροποίηση κατάλληλων μοντέλων για την πρόβλεψη της αξιοπιστίας των εξαρτημάτων που εξαρτάται από τις επιλεγμένες στρατηγικές μεθόδους διαχείρισης εξοπλισμού.

Ακόμα όμως και οι δαπάνες που έχουν προκύψει από εμφανίσεις ζημιών στα εξαρτήματα δεν είναι διαθέσιμες σε συστηματικά στατιστικά μέχρι τώρα. Η ειδικά σχεδιασμένη στατιστική μελέτη σε αυτή την ερευνητική μελέτη εμπεριέχει επίσης πληροφορίες για το εν λόγω κόστος, έτσι ώστε το κόστος των ζημιών και η στατιστική τους διασπορά να μπορεί να δοθεί. (Σαμοΐλης Β., 1995 ; Τασούλας Α., 2009)



**Σχήμα 5.8:** Απεικόνιση ηλικίας που σχετίζεται με το συντελεστή του χρόνου διακοπής για διακόπτες κυκλώματος χαμηλής περιεκτικότητας σε λάδι σε υποσταθμούς μέσης τάσης. (Γασούλας Α., 2009)

## 5.6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Για να πραγματοποιηθεί σωστή διαχείριση του εξοπλισμού των συστημάτων μεταφοράς και διανομής η προσέγγιση μπορεί να γίνει με δύο απόψεις:

- ✓ Στατιστική
- ✓ Στοχαστική

Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε δίκτυα μεταφορά ο εξοπλισμός είναι ενιαίος με αποτέλεσμα να απαιτείται ιδιαίτερη επιτήρηση. Επιπλέον, αυτοί οι εξοπλισμοί έχουν μεγάλο κόσμος με συνέπεια η προσοχή που χρειάζονται να είναι μεγάλη.

Τέτοιου είδους μοντέλα μπορούν να αναπτυχθούν για διαφόρους τύπους εξοπλισμού. Για την κατανόηση όλων αυτών μπορεί να αναφερθεί το παράδειγμα των μετασχηματιστών. Έτσι, λοιπόν μια λογική διαχείριση του εξοπλισμού των μετασχηματιστών πρέπει να περιέχει διαχείριση του χρόνου ζωής που να διασφαλίζει τη μακροχρόνια χρησιμοποίηση και εκμετάλλευση των εξοπλισμών. Για την πραγματοποίηση αυτού απαιτείται μακροπρόθεσμου σχεδιασμού.

Ο στόχος της διαδικασίας της διαχείρισης του χρόνου ζωής είναι η βέλτιστη αξιοποίηση του εναπομείναντα χρόνου ζωής αναφορικά με μια ορισμένη αξιοπιστία και μια σταθερή κατανομή του κόστους για εκ νέου επένδυση και συντήρηση.

### 5.6.1. Συμπεριφορά «γήρανσης» των μετασχηματιστών

Για την σωστή αξιολόγηση της γήρανση του μετασχηματιστή, θα πρέπει να τον διαχωρίσουμε σε επιμέρους τμήματα. Τα σημαντικότερα τμήματα του μετασχηματιστή

που θα αναλυθούν σε αυτό το κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Ενεργά μέρη
- ✓ Συμπυκνωτές μονωτήρων διέλευσης
- ✓ Μηχανισμός αλλαγής λήψεως

Μια καλή συντήρηση περιλαμβάνει ωστόσο και την γήρανση άλλων τμημάτων όπως του δοχείου, του συστήματος ψύξης, κλπ. Η γήρανση όμως αυτών των τμημάτων δεν είναι κυρίαρχη αφού μπορούν να αντικατασταθούν ή να επισκευασθούν στον υποσταθμό όταν αυτό κριθεί απαραίτητο.

#### ❖ *Ενεργό μέρος*

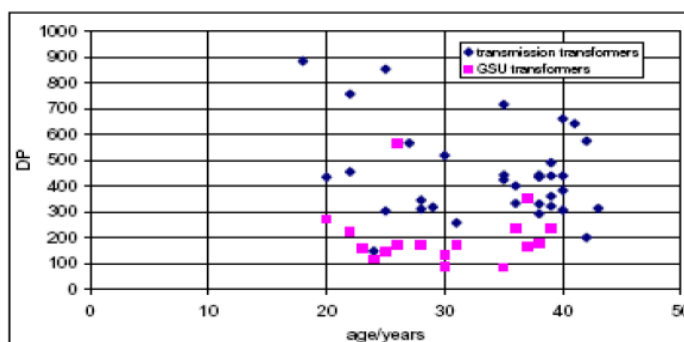
Η «γήρανση» του ενεργού μέρους εξαρτάται κυρίως από τη φόρτιση του μετασχηματιστή. Η θερμική ισχύς μειώνει τη μηχανική αντοχή της μονωτικής κυτταρίνης με συνέπεια να γίνεται αδύναμη. Μια αδύναμη μόνωση από κυτταρίνη μπορεί να προκαλέσει ένα εσωτερικό σφάλμα εξαιτίας της έντασης του παροδικού ρεύματος.

Η ανθεκτικότητα της μόνωσης από κυτταρίνη μπορεί να προσδιοριστεί με μέτρηση του MB (βαθμού από-πολυμερισμού). Οι χαρακτηριστικές τιμές για την αξιολόγηση της είναι:

- Μονωτική κυτταρίνη με επαρκή μηχανική αντοχή  $MB > 1000$
- Μονωτική κυτταρίνη με ανεπαρκή μηχανική αντοχή έχει  $MB < 200$ .

Τονίζεται ότι η μέτρηση MB μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια εργαστηριακής έρευνας ή τη στιγμή που ο μετασχηματιστής έχει διαλυθεί.

Η γήρανση επιπλέον επηρεάζεται από παράγοντες όπως τον σχεδιασμό του συστήματος μόνωσης, την μέθοδο ψύξης και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης. Η κατανομή των μετρούμενων MB δείχνει ότι ο τεχνικός χρόνος ζωής των μετασχηματιστών γεννήτριας (ανύψωσης τάσης) περιορίζεται σε 25 έτη, ενώ οι μετασχηματιστές μεταφοράς μπορούν να επιτύχουν έναν τεχνικό χρόνο ζωής μέχρι και 50 έτη.



**Σχήμα 5.9:** Συμπεριφορά γήρανσης της μονωτικής κυτταρίνης των μετασχηματιστών. (Τασούλας Α., 2009)

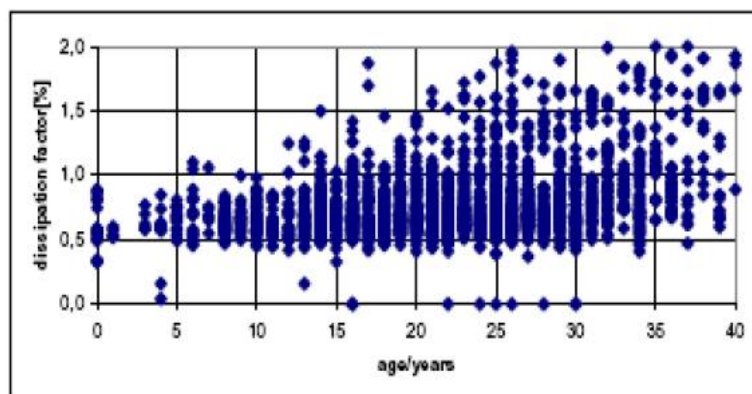
Όσο για τον τεχνικό χρόνο ζωής του μονωτικού λαδιού επηρεάζεται από την κατάσταση φόρτισης του μετασχηματιστή και του σταθερού ρυθμού της «γήρανσης». Χρησιμοποιώντας υψηλής ποιότητας ορυκτέλαιο με παρατεταμένη σταθερότητα «γήρανσης» ο τεχνικός χρόνος ζωής του μονωτικού λαδιού είναι ο ίδιος με το τεχνικό χρόνο ζωής του ενεργού μέρους. (Τασούλας Α., 2009)

#### ❖ Συμπυκνωτής μονωτήρων διελεύσεως

Η κατάσταση συμπυκνωτών μονωτήρων διελεύσεως μπορούν να προσδιοριστούν με τη μέτρηση των εξής χαρακτηριστικών:

- ✓ Χωρητικότητα
- ✓ Συντελεστή απορρόφησης  $\tan \delta$ .

Πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί απέδειξαν ότι η γήρανση παρατηρείται μόνο σε μονωτήρες διελεύσεως τύπου χάρτου με επίστρωση ρητίνης. Η γήρανση αυτών των μονωτήρων διελεύσεως προκαλείται από τη πυρόλυση του χαρτιού με επίστρωση ρητίνης και τον ανομοιογενή εμποτισμό με μονωτικό λάδι. Ο τεχνικός χρόνος ζωής έχει μεγάλη διασπορά και δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 30 έτη.



**Σχήμα 5.10:** Συμπεριφορά γήρανσης μονωτήρων διελεύσεως τύπου χόρτου με επίστρωση ρητίνης. (Τασούλας Α., 2009)

#### ❖ Μηχανισμός αλλαγής λήψεως

Ο μηχανισμός αλλαγής λήψεως εξαρτάται από τον αριθμό των εναλλασσόμενων λειτουργιών και το συσσωρευτικό εναλλασσόμενο ρεύμα. Με την πραγματοποίηση «σωστών» συντηρήσεων ο τεχνικός χρόνος ζωής ενός μηχανισμού αλλαγής λήψεως είναι σχεδόν απεριόριστος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κατάσταση του μηχανισμού αλλαγής λήψεως προσδιορίζεται κατά τη διάρκεια του ελέγχου του διακόπτη που

ρυθμίζει την αλλαγή λήψης και αφού τα κινητά μέρη όπως οι εναλλασσόμενες επαφές και το μονωτικό λάδι αλλάζονται αν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Τονίζεται όμως ότι υπάρχει ένας κίνδυνος που κρύβει η παρασκευή λαδιού σε περίπτωση που οι επαφές του επιλογέα λήψης δεν είναι επάργυρες.

### 5.6.2. Στρατηγική διάγνωσης

Μια λογική διαχείριση ζωής πρέπει να υποστηρίζεται από σταδιακή διαγνωστική στρατηγική. Υπάρχουν διάφορες δοκιμασίες για την αξιολόγηση της κατάστασης των προαναφερόμενων τμημάτων. Σε περίπτωση μιας εκτεταμένης κατάστασης αξιολόγησης χρησιμοποιούνται αρκετές διαγνωστικές μέθοδοι. Κατά τη διάρκεια της επισκευής σε κάποιο εργαστήριο ή τη στιγμή που ο μετασχηματιστής αχρηστεύεται μια οπτική επιθεώρηση έχει πραγματοποιηθεί και δείγματα χαρτιού από τα τύλιγματα συλλέγονται για την εκτέλεση των MB μετρήσεων.

Η ανάλυση του διαλυμένου αερίου είναι η πιο σημαντική διαγνωστική μέθοδος για να αξιολογηθεί η κατάσταση του ενεργού τμήματος του μετασχηματιστή. Για τη βέλτιστη ερμηνεία της ανάλυσης του διαλυμένου αερίου θεωρείται απαραίτητη η σύγκριση των φυσιολογικών τιμών, οι οποίες έχουν προκύψει από μακροχρόνιες πειραματικές μελέτες, ο βασικός παράγοντας που συγκρίνεται είναι ο συντελεστή ανάπτυξης του αερίου.

Επιπλέον μπορεί να γίνει χρήση ένα επιπρόσθετο σύστημα η μέθοδος DGA μετατρέπεται σε ένα προειδοποιητικό επίπεδο που αποτελείται από τρία στάδια:

- ✓ Κανονικό
- ✓ Πρώτη προειδοποίηση
- ✓ Επείγουσα προειδοποίηση.

Το ειδικό σύστημα παρέχει επίσης μια κατάσταση που βασίζεται στο έλαιο δειγματοληψίας. Η μέτρηση των φουρανικών στοιχείων στο μονωτικό έλαιο χρησιμοποιείται για τη συλλογή πληροφοριών για τη διάσπαση του μονωτικού υλικού τη κυτταρίνης. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μέτρησης εξαρτάται από τη «συμπεριφορά» του ελαίου και τη μέθοδο ψύξης.

Η μέτρηση της χωρητικότητας και του συντελεστή απορρόφησης  $\tan \delta$  των μονωτήρων που διαθέτουν οι μετασχηματιστές αλλά και ο έλεγχος του διακόπτη που ρυθμίζει την αλλαγή λήψης είναι διαδικασίες απαραίτητες ώστε να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των μονωτήρων και του συστήματος αλλαγής λήψεως. Η βλάβη ενός μονωτήρα μπορεί να προκαλέσει δευτερεύουσες ζημιές, η καταστροφή του διακόπτη που ρυθμίζει την αλλαγή λήψης μπορεί να αχρηστέψει το τύλιγμα του μετασχηματιστή.

Ο οπτικός έλεγχος και η ανάλυση των δειγμάτων χαρτιού είναι τα μόνα εργαλεία για να ληφθεί ανατροφοδότηση της πραγματικής κατάστασης του μετασχηματιστή σε σύγκριση με τα πορίσματα διάφορων διαγνωστικών μεθόδων. Η ανάλυση των δειγμάτων χαρτιού δείχνει ότι οι περισσότερες από τις εν αχρηστία γεννήτριες των



μετασχηματιστών διέθεταν μονωτική κυτταρίνη με ανεπαρκή μηχανική αντοχή. Ο οπτικός έλεγχος επιβεβαιώνει ότι οι βλάβες ορισμένων μετασχηματιστών προκαλούνται από ανεπαρκή μηχανική αντοχή της μονωτικής κυτταρίνης.

Η τυπική διακοπή λειτουργίας του μηχανισμού ξεκινά με μια αντίστροφη βλάβη στο χαμηλής τάσης τύλιγμα δίπλα από το σημείο υψηλής συσσώρευσης. Η αντίστροφη βλάβη προκαλεί προσωρινή ζημιά που παραμορφώνει το χαμηλής τάσης τύλιγμα. Από τη «γεφύρωση» του παραμορφωμένου περιτυλίγματος με βολταϊκό τόξο προκαλείται ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου (ρελέ) Buchholz.

### **5.6.3. Μέθοδοι επέκτασης του χρόνου ζωής**

Η επέκταση του χρόνου ζωής χωρίς κανέναν όρο αξιολόγησης δεν μπορεί να δικαιολογηθεί τεχνικά. Στη περίπτωση που υπάρχει είτε κάποια ένδειξη είτε κάποια ανακαίνιση του υποσταθμού μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα βήμα έτσι ώστε να αποφευχθεί το κόστος για μεταφορά και να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος βλάβης. Οι παρακάτω διαδικασίες καθιερώνονται:

- Συμπεριφορά του ελαίου/ ανταλλαγή ελαίου
- Αντικατάσταση των μονωτήρων
- Ανταλλαγή των επαφών του συστήματος αλλαγής λήψεως
- Ξήρανση του ενεργού μέρους

Οι διαδικασίες επί-τόπου ανακαίνισης χρειάζονται έναν ακριβή έλεγχο. Η βλάβη πρέπει να εντοπιστεί και να προσδιοριστεί. Ακόμα, η περιοχή που έχει υποστεί κάποια βλάβη πρέπει να είναι προσβάσιμη. Τουλάχιστον η διαδικασία ανακαίνισης πρέπει να αποδειχτεί. Πριν την πραγμάτωση των διαδικασιών ανακαίνισης πρέπει να συνυπολογιστούν και να αξιολογηθούν οι πιθανότητες και οι κίνδυνοι. Αν υπάρχει αμφιβολία θα πρέπει να προτιμάται η εργαστηριακή ανακαίνιση ή επισκευή.

### **5.6.4. Στρατηγικές ενέργειες**

Μια συνεχής εκτίμηση και αξιολόγηση της κατάστασης του μετασχηματιστή θεωρείται απαραίτητη για την αξιολόγηση του χρόνου ζωής και την διαχείριση του. Ένα ειδικό σχέδιο αξιολόγησης και ένα εργαλείο κατάταξης το οποίο βασίζεται στην κατάσταση και τη σημασία θα πρέπει να εφαρμοστούν. Το εργαλείο κατάταξης δίνει την δυνατότητα να προβλεφτεί η αντικατάσταση των μετασχηματιστών.

Μια άλλη στρατηγική πτυχή είναι η διαθεσιμότητα επαρκούς ποσότητας εφεδρικών μετασχηματιστών και μονωτήρων. Οι εφεδρικοί μετασχηματιστές και μονωτήρες ελαχιστοποιούν τις συνέπειες μιας βλάβης και μπορούν να μειώσουν το χρόνο

βλάβης αισθητά. Ειδικότερα οι εφεδρικές γεννήτριες των μετασχηματιστών είναι πολύτιμες. Η βέλτιστη χρήση των εφεδρικών μετασχηματιστών και μονωτήρων απαιτεί μια ευρεία τυποποίηση. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η κατάσταση που βασίζεται στη διάγνωση και τη συντήρηση μπορεί να ελαχιστοποιήσει το κίνδυνο μιας αιφνίδιας βλάβης του μετασχηματιστή.

Στη περίπτωση μιας βλάβης, που ανιχνεύτηκε είτε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανακαίνισης είτε όταν ένας μετασχηματιστής έχει αχρηστευτεί, η επιθεώρηση είναι απαραίτητη και δεν μπορεί να παραληφθεί. Η επιθεώρηση ενός μετασχηματιστή είναι πολύτιμη για τη συλλογή εμπειρίας και μπορεί να αποκαλύψει απόκρυφα αδύνατα σημεία του σχεδιασμού και της κατασκευής του μετασχηματιστή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι η μοναδική μέθοδος για να επαληθευθούν οι εμπειρικές υποθέσεις του σχεδίου αξιολόγησης της κατάστασης.

Ένα από τα βασικά ζητήματα της διαχείρισης του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή είναι η επεξεργασία μιας στρατηγικής ανακαίνισης και αντίστοιχων προγραμμάτων για αντικατάσταση στο βαθμό που αυτό είναι απαραίτητο. Επιπλέον, η ανάλυση της τελικής ζήτησης πρέπει να εμπεριέχει τις μελλοντικές απαιτήσεις του μετασχηματιστή εξαιτίας της περεταίρω ανάπτυξης του δικτύου καθώς επίσης και εξαιτίας πιθανών αχρησιμοποίητων μετασχηματιστών οι οποίοι έχουν καταστεί διαθέσιμοι λόγω των μέτρων ανακατασκευής. (Σαμοΐλης Β., 1995 ; Τασούλας Α., 2009)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία συντήρησης του συστήματος μεταφοράς και διανομής είναι μια βασική συνιστώσα των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού. Τα οφέλη της, σε σχέση με τη μη συντήρηση, αντανακλούν τόσο στο επίπεδο της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, όσο και σε μεγάλη οικονομική βελτίωση της κατάστασης της επιχείρησης.

Η ευρύτερα εφαρμοζόμενη μέθοδος είναι αυτή των περιοδικών δοκιμών, επισκευών και προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού για συντήρηση. Αυτή είναι η σχολή της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης. Η μέθοδος αυτή προσδίδει στο σύστημα υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας αλλά με μεγάλο κόστος, αφού τα διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων μπορούν να μεγαλώσουν. Αυτή της η αδυναμία οδήγησε στη δημιουργία της προστατευτικής συντήρησης και του πιο πρόσφατου κομματιού της, της ανιχνευτικής συντήρησης, στρατηγικών που ανταποκρίνονται καλύτερα στις σημερινές απαιτήσεις της τεχνολογίας.

Οι πιο φιλόδοξες πολιτικές συντήρησης είναι αυτές της συντήρησης βασισμένης στην κατάσταση και της συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία. Οι δύο αυτές πολιτικές οδηγούν σε υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας με μέτριο κόστος, απαιτούν βέβαια ακόμα μεγαλύτερη χρήση και πρόοδο των τεχνολογικών μέσων.

Ένα βασικό προαπαιτούμενο της εφαρμογής των πολιτικών αυτών είναι η λήψη μίας όσο το δυνατόν ακριβέστερης περιγραφής της κατάστασης, των επιμέρους στοιχείων του εξοπλισμού, των υποσταθμών ή τμημάτων των υποσταθμών και να γίνει μία αξιολόγηση βάσει καθορισμένων κριτηρίων.

Υπάρχουν αρκετές βασικές δυνατότητες για να αποκτήσει ο υπεύθυνος της συντήρησης πληροφορίες για την κατάσταση του εξοπλισμού. Αυτές είναι:

- Η on-line παρακολούθηση του εξοπλισμού, ικανοποιητική από τεχνικής άποψης αλλά απαιτητική οικονομικά
- Η χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων, τα οποία όμως είναι δυσεύρετα
- Η μέθοδος της προσομοίωσης, παρά τις όποιες ανακρίβειες λόγω ανεπάρκειας δεδομένων ή μοντέλων
- Η στατιστική ανάλυση, που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πλήθος και την ποιότητα των πληροφοριών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Τασούλας Α., 2009, *Συντήρηση Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
2. Σαμοΐλης Β., 1995, *Η Συντήρηση, Ειδικά κεφάλαια συντήρησης μηχανημάτων*, Εκδόσεις ΔΕΗ, Αθήνα.
3. Ιωακειμίδης Ι., 2000, *Εγχειρίδιο Προληπτικής Ηλεκτρολογικής Συντήρησης*, Αθήνα
4. Τσιρούλης Κ., 2009, *Παραγωγή-Μεταφορά-Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Υποσταθμοί-Προστασία*, Αθήνα
5. Γιαννακόπουλος Γ. και Βόβος Ν., 2008, *Εισαγωγή στα Συστήματα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Πάτρα.
6. Μαρκόπουλος Β., 2009, *Μέθοδοι Υπολογισμού Του Κόστους Συντήρησης Υποσταθμών*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
7. Διαλυνάς Ε., 1996, *Αξιοπιστία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Αθήνα.
8. Ε.Ν. Διαλυνάς, 1998, *Ανάλυση Αξιοπιστίας Τεχνολογικών Συστημάτων*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.

### **Διαδίκτυο**

1. <http://el.wikipedia.org/wiki>
2. <http://www.b2green.gr>
3. <http://www.tva.gov/power/coalart.htm>
4. <http://www.econews.gr>
5. [http://www.tisoft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/middlevoltage/pa  
nelcad\\_diakoptes\\_isxuos](http://www.tisoft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/middlevoltage/pa<br/>nelcad_diakoptes_isxuos)
6. <http://sojoelectric.com/3-3-outdoor-vacuum-recloser/159400>
7. <http://www.elemko.gr/Documents/arresters.asp>
8. <http://www.enia.gr>
9. [http://www.slideshare.net/vishu\\_angira/power-line-carrier-communication-plcc](http://www.slideshare.net/vishu_angira/power-line-carrier-communication-plcc)
10. <http://www.electro.gr>
11. <http://www.enia.gr/proionta/ilektriki-prostasia/mesi-tasi/>
12. <http://www.nazos.gr/index.php?act=viewCat&catId=162>
13. <http://energyin.gr>
14. <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php>