



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

## Συντήρηση Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Ι. Τασούλας

**Επιβλέπουσα : Σταυρούλα Καβατζά**

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάιος 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

# Συντήρηση Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Ι. Τασούλας

**Επιβλέπουσα :** Σταυρούλα Καβατζά

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18<sup>η</sup> Μαΐου 2009.

Καβατζά Σταυρούλα  
Λέκτορας Ε.Μ.Π.  
.....

Διαλυνάς Ευάγγελος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
.....

Παπαθανασίου Σταύρος  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
.....

Αθήνα, Μάιος 2009

.....  
Αναστάσιος Ι. Τασούλας

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

Copyright © Αναστάσιος Ι. Τασούλας, 2006

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μία προσπάθεια προσέγγισης της διαδικασίας συντήρησης του συστήματος μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο κεφάλαιο 1 παρατίθενται κάποιες βασικές αρχές της συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Πιο συγκεκριμένα δίνονται οι ορισμοί και οι κατηγορίες της συντήρησης και απαριθμούνται οι πολιτικές συντήρησης.

Στο κεφάλαιο 2 παρατίθεται μια γενική επισκόπηση των βασικών κατηγοριών συντήρησης με τη χρονική σειρά εμφάνισης και ανάπτυξης τους. Μελετώνται δηλαδή η προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση, η προστατευτική συντήρηση και το πιο πρόσφατο κομμάτι αυτής, η ανιχνευτική συντήρηση. Τέλος είναι σκόπιμη η μελέτη της συντήρησης από οικονομική άποψη.

Στο κεφάλαιο 3, αφού δίνεται μια σύντομη παρουσίαση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, τίθεται ο στόχος της βασικής θεμελίωσης του ρόλου των υποσταθμών στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και της περιγραφής της δομής του υποσταθμού και της βασικής λειτουργίας των μηχανημάτων του.

Στο κεφάλαιο 4 παρατίθενται αναλυτικά όλες οι επιθεωρήσεις και οι τρόποι συντήρησης όλων των 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. Περιλαμβάνονται επίσης και κάποιες εκτιμήσεις σε ότι αφορά τη συχνότητα των επιθεωρήσεων. Τέλος, με τις παραπομπές στα παραρτήματα δίνονται και κάποια πιο εξειδικευμένα παραδείγματα σε σχέση με τους χρόνους και τις διαδικασίες συντήρησης κάποιων συγκεκριμένων εξαρτημάτων.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται μια προσπάθεια ανίχνευσης των σύγχρονων μεθόδων συντήρησης αλλά και κάποιων βασικών πολιτικών που διευκολύνουν την εφαρμογή των μεθόδων αυτών. Συγκεκριμένα μελετώνται και συγκρίνονται οι στρατηγικές συντήρησης και καταδεικνύονται οι πιο σύγχρονες και αποδοτικές. Στη συνέχεια, παρατίθενται κάποιες βασικές διαδικασίες υλοποίησης των στρατηγικών αυτών.

Στο κεφάλαιο 6 δίνονται τα συμπεράσματα σχετικά με την ανάγκη της συντήρησης και τις βασικές πολιτικές συντήρησης και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων εκτίμησης της κατάστασης του εξοπλισμού.

Τέλος, στο παράρτημα Α δίνονται τα χρονικά διαστήματα και οι αντίστοιχες εργασίες συντήρησης σε Μ/Σ και διακόπτες υποσταθμών και στο παράρτημα Β δίνονται οι χρήσεις και παρατίθενται ειδικοί έλεγχοι και επιθεωρήσεις σε μονωτικά λάδια.

## **Abstract**

The subject of this diploma thesis is an approach to maintenance procedure of electric energy transportation system.

In chapter 1 some basic principles of electrical equipment maintenance are given. More specific, the definition and categorization of maintenance is given as well as the maintenance policies are numbered.

In chapter 2 a general review of the basic maintenance categories in a time order of their emergence and their development is given, namely the preventive electric maintenance, the protective maintenance, and the most recent part of it, the tentative maintenance. Finally, the maintenance study from an economical point of view is included on purpose.

In chapter 3, after given a short presentation of the electric energy systems, the target of the main foundation of the role of the substations in the electric energy systems, but also the target of the description of the substations' construction and the basic function of its equipments are set.

In chapter 4 all the inspections and the maintenance modes of the components and the equipments of a high/medium voltage substation are presented explicitly, from the most common ones like the insulators, the conductors or the earthing lugs up to the greatest ones like the transformers and the circuit breakers. The frequency of the inspections is also assessed. Moreover, with the references to the appendices, some more technical instances in relation to the times and the maintenance procedures of specific components are mentioned.

In chapter 5 there is an attempt to detect the modern maintenance methods and some fundamental policies that facilitate the application of these methods. Especially, maintenance strategies are surveyed and compared, and the most updated and the most effective ones are demonstrated. Some basic effectuation procedures of these strategies are also presented.

In chapter 6 conclusions regarding the need for maintenance, the basic maintenance policies, and the advantages and the disadvantages of the methods that are used to the estimation of the situation of the equipment are given.

Finally, in appendix A time intervals as well as the corresponding maintenance modes to transformers and circuit breakers of a high/medium voltage substation are given. In appendix B the use and the special controls and inspections to insulating oil are given.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Σταυρούλα Καβατζά, Λέκτορα του Ε.Μ.Π., για τις συμβουλές, την καθοδήγηση και την αμέριστη συμπαράστασή της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γεωργαντζή Γεώργιο, διευθυντή του συστήματος μεταφοράς της Δ.Ε.Η, και τους κ. Μαυρόματο Κ. και την κ. Αλεξοπούλου Μ. για την πολύτιμη βοήθειά τους, το χρόνο που αφιέρωσαν και για τις καίριες παρεμβάσεις τους.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>Περίληψη.....</u>	<u>5</u>
<u>Abstract.....</u>	<u>6</u>
<u>Ευχαριστίες.....</u>	<u>7</u>
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο.....</u>	<u>17</u>
<u>ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....</u>	<u>17</u>
<u>1.1 Εισαγωγή.....</u>	<u>17</u>
<u>1.2 Ορισμός και κατηγορίες συντήρησης.....</u>	<u>17</u>
<u>1.3 Αξιοπιστία και βελτιώσεις.....</u>	<u>18</u>
<u>    1.3.1 Βελτιώσεις σχετικές με την αξιοπιστία.....</u>	<u>18</u>
<u>1.4 Σκοποί και δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση.....</u>	<u>19</u>
<u>    1.4.1 Δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση.....</u>	<u>19</u>
<u>1.5 Πολιτικές συντήρησης.....</u>	<u>19</u>
<u>    1.5.1 Η πολιτική της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης.....</u>	<u>20</u>
<u>    1.5.2 Η πολιτική συντήρησης που υιοθετεί την εφαρμογή της     <u>    παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού με τη βοήθεια ειδικών     <u>    συσκευών.....</u></u></u>	<u>21</u>
<u>    1.5.3 Η πολιτική συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία.....</u>	<u>21</u>
<u>    1.5.4 Πολιτική της αντικατάστασης.....</u>	<u>22</u>
<u>    1.5.5 Η πολιτική της επιμήκυνσης της διάρκειας ζωής.....</u>	<u>22</u>
<u>    1.5.6 Η πολιτική της ανακαίνισης.....</u>	<u>23</u>
<u>    1.5.7 Ανταλλακτικά και εφεδρείες.....</u>	<u>23</u>
<u>1.6 Σύγχρονη τάση συντήρησης.....</u>	<u>24</u>
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο.....</u>	<u>27</u>
<u>ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....</u>	<u>27</u>
<u>2.1 Εισαγωγή.....</u>	<u>27</u>
<u>2.2 Ανάπτυξη διαδικασίας συντήρησης.....</u>	<u>27</u>
<u>2.3 Προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση.....</u>	<u>28</u>
<u>    2.3.1 Ορισμός προληπτικής συντήρησης.....</u>	<u>28</u>
<u>    2.3.2 Η αναγκαιότητα για την εφαρμογή ενός προγράμματος Π.Η.Σ.....</u>	<u>28</u>
<u>    2.3.3 Πολιτική της προληπτικής συντήρησης.....</u>	<u>29</u>
<u>    2.3.4 Η αξία και το όφελος από ένα σωστά εφαρμοσμένο Π.Η.Σ.....</u>	<u>30</u>
<u>    2.3.5 Η καθιέρωση ενός τακτικού προγράμματος επιθεωρήσεων και δοκιμών     <u>.....</u></u>	<u>30</u>
<u>    2.3.6 Ατμοσφαιρικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες.....</u>	<u>31</u>

2.3.7 Συχνότητα επιθεωρήσεων.....	31
2.3.8 Φόρμουλες.....	32
2.3.9 Αρχεία.....	32
2.4 Προστατευτική συντήρηση.....	33
2.4.1 Πρόγραμμα προστατευτικής συντήρησης.....	33
2.4.2 Στόχοι προγράμματος προστατευτικής συντήρησης.....	33
2.4.3 Προστατευτική συντήρηση και λειτουργία.....	34
2.4.4 Οδηγίες συντήρησης.....	34
2.4.5 Οικονομικά οφέλη προγράμματος προστατευτικής συντήρησης.....	34
2.5 Ανιχνευτική συντήρηση.....	35
2.5.1 Η ανιχνευτική συντήρηση.....	35
2.5.2 Πολιτική ανιχνευτικής συντήρησης.....	36
2.5.3 Τα κύρια μέσα πραγματοποίησης της ανιχνευτικής συντήρησης.....	36
2.5.4 Συγκρότηση συστήματος παρακολούθησης.....	36
2.5.5 Συμπεράσματα πρόσφατης μελέτης σχετικά με την εφαρμογή της ανιχνευτικής συντήρησης .....	37
2.5.6 Η ανιχνευτική συντήρηση στις βιομηχανίες.....	37
2.6 Η συντήρηση από οικονομική άποψη.....	39
2.6.1 Ετήσια δαπάνη συντήρησης.....	39
2.6.2 Αποτελεσματικότητα των δαπανών συντήρησης.....	40
2.6.3 Από την παραδοσιακή συντήρηση στην ανακαίνιση και στην αντικατάσταση.....	40
2.6.4 Η περίπτωση ηλεκτρογεννήτριας.....	40
2.6.5 Η περίπτωση μετασχηματιστή ισχύος.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο.....	43
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	43
3.1 Εισαγωγή.....	43
3.2 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε).....	43
3.3 Δομή Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε).....	44
3.4 Είδη υποσταθμών (ΥΣ).....	45
3.4.1 Υποσταθμοί μεταφοράς.....	46
3.4.1.1 Υποσταθμοί ανυψώσεως.....	46
3.4.1.2 Υποσταθμοί υποβιβασμού.....	46
3.4.2 Υποσταθμοί διανομής.....	47
3.4.2.1 ΥΣ εναέριοι.....	47
3.4.2.2 ΥΣ επίγειοι.....	47
3.4.2.3 ΥΣ υπόγειοι.....	48

3.5 Υποσταθμοί Υποβιβασμού Τάσεως 150/20 kV.....	48
3.6 Εξοπλισμός υποσταθμού μεταφοράς.....	52
3.6.1 Μετασχηματιστής (Μ/Σ).....	52
3.6.1.1 Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών.....	53
3.6.1.2 Τυπικά Μεγέθη Μετασχηματιστών Υποβιβασμού ΥΤ/ΜΤ.....	54
3.6.2 Διακόπτες Ισχύος.....	54
3.6.3 Ζυγοί.....	57
3.6.3.1 Τύποι Ζυγών.....	57
3.6.3.2 Δομή των Ζυγών.....	57
3.6.3.3 Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά των Ζυγών .....	58
3.6.4 Αποζεύκτες (ΑΖ).....	59
3.6.5 Αλεξικέραυνα (ΑΞ).....	59
3.6.5.1 Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικεραύνων .....	60
3.6.6 Μονωτήρες .....	60
3.6.6.1 Μονωτήρες εξωτερικού χώρου.....	60
3.6.6.2 Μονωτήρες εσωτερικού χώρου.....	61
3.6.7 Κυματοπαγίδες – Σύστημα φερεσύγχων .....	61
3.6.8 Πυκνωτές.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο .....	63
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ.....	63
ΥΨΗΛΗΣ/ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (Υ.Τ/ Μ.Τ.).....	63
4.1 Εισαγωγή.....	63
4.2 Μονωτήρες.....	63
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
4.7.1.1 Υγρασία.....	65
4.7.2 Μονώσεις.....	65
4.7.2.1 Ηλεκτρικές καταπονήσεις.....	66
4.7.2.2 Θερμική καταπόνηση.....	66
4.8 Διακόπτες.....	67
4.8.1 Διακόπτες αέρος.....	68
4.8.1.1 Μόνωση.....	68

4.8.1.2	Επαφές.....	68
4.8.1.2.1	Συντήρηση των επαφών.....	69
4.8.1.2.2	Λειτουργικός χειρισμός για το σύγχρονο κλείσιμο και άνοιγμα των επαφών.....	69
4.8.1.3	Μονάδα διακοπής του τόξου (θάλαμος σβέσης τόξου).....	69
4.8.1.4	Μηχανισμός λειτουργίας.....	71
4.8.1.5	Βοηθητικά κυκλώματα του διακόπτη. ....	72
4.8.1.6	Παράδειγμα : μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη αέρος.....	73
4.8.2	Διακόπτες κενού.....	73
4.8.3	Διακόπτες Λαδιού.....	74
4.8.3.1	Μόνωση.....	74
4.8.3.2	Επαφές.....	75
4.8.3.3	Συγκρότημα σβέσης τόξου.....	75
4.8.3.4	Μηχανισμός λειτουργίας.....	75
4.8.3.5	Βοηθητικές συσκευές.....	75
4.8.3.6	Παράδειγμα : μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη λαδιού.....	76
4.8.4	Διακόπτες SF6 20 KV.....	76
4.8.5	Διακόπτες Φορτίου.....	77
4.8.6	Δοκιμές στους διακόπτες.....	78
4.8.6.1	Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.....	78
4.8.6.3	Δοκιμές για το σύγχρονο άνοιγμα και κλείσιμο των επαφών του διακόπτη.....	79
4.9	Ασφάλειες Μ.Τ. ....	79
4.10	Αλεξικέραυνα.....	80
4.10.1	Τύποι αλεξικέραυνων.....	80
4.11	Πυκνωτές.....	81
4.12	Συσσωρευτές μολύβδου και φορτιστές.....	82
4.13	Μ/Σ μετρήσεων και Βοηθητικοί Μ/Σ .....	84
4.14	Μανδαλώσεις και μηχανισμοί ασφαλείας.....	85
4.15	Συναγερμοί.....	85
4.16	Σημάνσεις.....	86
4.17	Μετασχηματιστές ισχύος.....	86
4.17.1	Μ/Σ με μονωτικά λάδια.....	86
4.17.1.1	Τακτικές επιθεωρήσεις.....	87
4.17.1.1.1	Καταγραφή των τιμών της τάσης και του ρεύματος.....	87
4.17.1.1.2	Καταγραφή της θερμοκρασίας.....	88

4.17.1.1.3 Δείκτες για την στάθμη του λαδιού και μετρητές της πίεσης	88
4.17.1.1.4 Ανάλυση του λαδιού	89
4.17.1.2 Ειδικές επιθεωρήσεις	89
4.17.1.3 Μέτρα ασφαλείας κατά την συντήρηση	89
4.17.1.4 Παράδειγμα: τμήματα Μ/Σ λαδιού που επιθεωρούνται	90
4.17.2 Μ/Σ ξηρού τύπου	90
4.17.2.1 Τακτικές επιθεωρήσεις	91
4.17.2.1.1 καταγραφές των τιμών της τάσης και του ρεύματος	91
4.17.2.1.2 Καταγραφές της θερμοκρασίας	91
4.17.2.1.3 Μετρητές πίεσης / κενού	91
4.17.2.2 Παράδειγμα: τμήματα Μ/Σ ξηρού τύπου που επιθεωρούνται	91
4.17.2.3 Ειδικές επιθεωρήσεις και επισκευές	92
4.17.3 Δοκιμές και μετρήσεις	92
4.17.3.1 Φθορές στη μόνωση	93
4.17.3.1.1 Δοκιμή για την μέτρηση της αντίστασης μόνωσης	93
4.17.3.2 Δοκιμή για την μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων	96
4.17.3.3 Προσδιορισμός σφαλμάτων με την μέθοδο ανάλυσης των εύφλεκτων αερίων που δημιουργούνται μέσα σε ένα Μ/Σ	96
4.17.3.4 Μέθοδος ανάλυσης των αερίων που είναι διαλυμένα μέσα στο λάδι (Dissolved Gas Analysis)	97
4.17.3.5 Δοκιμές για την μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών λαδιών	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο	100
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	100
5.1 Γενικά	100
5.2 Θεμελιώδη οφέλη διαχείρισης εξοπλισμού	100
5.3 Στρατηγικές συντήρησης	103
5.4 Καθορισμός της κατάστασης του εξοπλισμού	106
5.4.1 On-line παρακολούθηση	106
5.4.2 Μετρήσεις – επιθεωρήσεις εξοπλισμού	107
5.4.3 Χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων	107
5.4.4 Στατιστική ανάλυση	107
5.4.5 Εμπειρία και δεδομένα	108
5.4.6 Παράδειγμα εκτίμησης της κατάστασης του εξοπλισμού	108
5.4.6.1 Θερμογραφική Ανίχνευση	108
5.4.6.1.1 Πλεονεκτήματα της θερμογραφικής ανίχνευσης	108

5.4.6.1.2	Μειονεκτήματα της θερμογραφικής ανίχνευσης.....	109
5.4.6.1.3	Επιθυμητά λειτουργικά χαρακτηριστικά.....	109
5.4.6.1.4	Συχνότητα των επιθεωρήσεων και διαδικασίες.....	110
5.4.6.2	Φαινόμενο Corona- φαινόμενο μερικών εκφορτίσεων.....	110
5.4.6.2.1	Μέθοδοι ανίχνευσης φαινομένου Corona.....	111
5.5	Μέθοδος προσομοίωσης.....	111
5.5.1	Βασική θεωρία.....	111
5.5.2	Προσέγγιση προσομοίωσης.....	112
5.5.3	Πληροφορίες και μοντέλα.....	112
5.5.4	Αβεβαιότητα λόγω της στοχαστικής διαδικασίας.....	114
5.5.5	Ανακρίβειες εξαιτίας του μοντέλου και της έλλειψης πληροφοριών.....	114
5.5.6	Ανάλυση ευαισθησίας.....	114
5.6	Στατιστική ανάλυση στη διαχείριση εξοπλισμού.....	115
5.6.1	Στατιστική ανάλυση σφάλματος.....	115
5.6.2	Λεπτομερής στατιστική προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού.....	116
5.6.3	Ερευνητική μελέτη πάνω στη διαχείριση εξοπλισμού σε συστήματα διανομής.....	118
5.7	Παράδειγμα: διαχείριση του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή.....	119
5.7.1	Συμπεριφορά «γήρανσης» των μετασχηματιστών.....	120
5.7.1.1	Ενεργό μέρος.....	120
5.7.1.2	Συμπυκνωτής μονωτήρων διελεύσεως.....	121
5.7.1.3	Μηχανισμός αλλαγής λήψεως.....	121
5.7.2	Στρατηγική διάγνωσης.....	121
5.7.3	Μέθοδοι επέκτασης του χρόνου ζωής.....	122
5.7.4	Στρατηγικές ενέργειες.....	123
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ο.....	124
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	124
6.1	Εισαγωγή.....	124
6.2	Αναγκαιότητα συντήρησης.....	124
6.3	Σύγκριση Στρατηγικών συντήρησης.....	125
6.3.1	Διορθωτική συντήρηση.....	125
6.3.2	Συντήρηση βασισμένη στο χρόνο.....	125
6.3.3	Συντήρηση που Βασίζεται στη Κατάσταση.....	126
6.3.4	Συντήρηση επικεντρωμένη στην αξιοπιστία.....	126
6.4	Κατάσταση εξοπλισμού.....	126
6.4.1	On-line παρακολούθηση.....	127

6.4.2 Μοντελοποίηση.....	127
6.4.3 Μέθοδος προσομοίωσης.....	127
6.4.4 Στατιστική ανάλυση.....	128
6.5 Συμπεράσματα .....	128
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>151</b>





# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

## ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

### 1.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται κάποιες βασικές αρχές της συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του συστήματος μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα δίνονται οι ορισμοί και οι κατηγορίες της συντήρησης και της αξιοπιστίας, οι σκοποί και οι δραστηριότητες που εντάσσονται στη διαδικασία της συντήρησης και απαριθμούνται οι πολιτικές συντήρησης. Τέλος γίνεται μια πρώτη προσπάθεια προσέγγισης των σύγχρονων απόψεων στα θέματα συντήρησης.

### 1.2 Ορισμός και κατηγορίες συντήρησης

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

- στη διατήρηση της καλής λειτουργίας
- στην ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας παραμονής του εξοπλισμού
- στην αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού. Και όλα αυτά με το μικρότερο κόστος.

Οι 4 κατηγορίες συντήρησης είναι :

#### A-Επιθεώρηση

Η επιθεώρηση περιλαμβάνει τυπικούς ελέγχους, δοκιμές και επισκευές που στοχεύουν στη διατήρηση της καλής λειτουργίας του εξοπλισμού.

#### B-Προληπτική Συντήρηση

Περιλαμβάνει λεπτομερή επιθεώρηση και περιοδικές μετρήσεις και δοκιμές στον εξοπλισμό. Στο πρόγραμμα εφαρμογής προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνονται

- ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών συντηρήσεων
- το πλήθος των λειτουργιών

Σημεία αναφοράς είναι οι οδηγίες του κατασκευαστή και η πείρα του χρήστη.

Η προληπτική συντήρηση είναι συνδυασμός περιοδικών και προγραμματισμένων διαδικασιών καθώς και εκείνων που επιβάλλουν ειδικές συνθήκες.

#### Γ-Ανιχνευτική Συντήρηση

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

### **Δ-Επισκευαστική Συντήρηση**

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

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

### **1.3 Αξιοπιστία και βελτιώσεις**

Ως αξιοπιστία ορίζεται :

(Α) Η ικανότητα ενός εξοπλισμού να εκτελεί μια λειτουργία υπό ορισμένες συνθήκες για ορισμένη χρονική περίοδο.

(Β) Η πιθανότητα ότι ο εξοπλισμός θα λειτουργεί χωρίς βλάβες για προδιαγραφμένο χρόνο ή μέγεθος χρήσης.

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

#### **1.3.1 Βελτιώσεις σχετικές με την αξιοπιστία**

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

α-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.

β-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.

γ-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.

#### **1.4 Σκοποί και δραστηριότητες που εντάσσονται στη συντήρηση**

Η κάθε δραστηριότητα αποσκοπεί στην πραγματοποίηση προκαθορισμένων στόχων. Αυτό ισχύει και με τη συντήρηση η οποία είναι σύνολο δραστηριοτήτων. Σήμερα απαιτούμε από τον εξοπλισμό γενικά να ανταποκρίνεται σε υψηλότερες στάθμες αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας αλλά με εύλογο κόστος. Για αυτό το λόγο ο εξοπλισμός πρέπει να έχει υψηλής ποιότητας συντήρηση.

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.

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

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

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

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

και στις *δευτερεύουσες δραστηριότητες* στις οποίες περιλαμβάνονται:

- αποθήκες
- προστασία (φύλαξη- πυρόσβεση κλπ)
- διάθεση αποβλήτων
- ασφάλεια εργασίας
- άλλες δραστηριότητες

#### **1.5 Πολιτικές συντήρησης**

Δεδομένου ότι τα τελευταία χρόνια οι ρυθμοί αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες (και στη χώρα μας) είναι αρκετά πιο χαμηλοί από εκείνους των περασμένων δεκαετιών, οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού αντιμετωπίζουν τη διαμορφωμένη κατάσταση με υπερφόρτιση των υφιστάμενων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας επιδιώκοντας να επωφεληθούν τα μέγιστα από την εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών συντήρησης. Ο βαθμός έμφασης που δίνει μια επιχείρηση ηλεκτρισμού στη συντήρηση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας έχει επιδράσει τόσο στην ποιότητα της παρεχόμενης

ενέργειας (ποιότητα τάσης, αδιάλειπτη τροφοδότηση κλπ.) όσο και στο κόστος λειτουργίας του συστήματος. Παρακάτω εξετάζονται οι πολιτικές συντήρησης :

### **1.5.1 Η πολιτική της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης**

Έχουν υιοθετηθεί οι ακόλουθες συνθήκες συντήρησης

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

Η συντήρηση γενικά εκτελείται περιοδικά ανά διαστήματα τα οποία είναι σταθερά ή μεταβλητά.

Τα σταθερά διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων προσδιορίζονται μόνο από χρονικές περιόδους και υπόκεινται σε συντόμευση, μη μεταβολή και επιμήκυνση.

Τα μεταβλητά διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων καθορίζονται από τα ακόλουθα κριτήρια

- αριθμός λειτουργιών
- αριθμός διαγνωστικών δοκιμών
- αποτελέσματα διαγνωστικών δοκιμών

Κατά τη συντήρηση με τον εξοπλισμό σε λειτουργία εκτελείται επιθεώρηση με σκοπό τον έλεγχο της κατάστασης του εξοπλισμού, δηλαδή αν αυτή είναι ικανοποιητική ή όχι. Τελευταία εκτελούνται εργασίες συντήρησης ενώ το μηχάνημα λειτουργεί π.χ διήθηση μονωτικού λαδιού σε μετασχηματιστή ενώ λειτουργεί.

Κατά τη συντήρηση με τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας φροντίζουμε για τη διατήρηση της καλής κατάστασής του.

Εδώ πραγματοποιούνται ενέργειες σε τρία στάδια :

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

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

-Μερική ή ολική αποσυναρμολόγηση ενός στοιχείου. Ο χρόνος επείγουσας επαναφοράς αυξάνεται κατά το χρόνο που απαιτείται για την επανασυναρμολόγηση.

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

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

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

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

### **1.5.3 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

- 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.

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

- πώς συμβαίνει μια βλάβη ;
- ποιες είναι οι συνέπειες μιας βλάβης;
- παρουσιάζονται συμπτώματα πριν από τη βλάβη;
- πώς μπορεί να προληφθεί καλύτερα η βλάβη;
- ποια είναι η ευκολότερη μέθοδος για την ανίχνευση προβλημάτων και συμπτωμάτων βλάβης;

#### **1.5.4 Πολιτική της αντικατάστασης**

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

Η αντικατάσταση λαμβάνει χώρα όταν η λειτουργία του μηχανήματος είναι απαράδεκτη παρά τις συντηρήσεις που εκτελέστηκαν σ αυτό.

Για τη λήψη της απόφασης της αντικατάστασης γίνεται χρήση κριτηρίων τα οποία προσδιορίζουν τους παράγοντες που οδηγούν στην εγκατάλειψη της συντήρησης και την όδευση προς την αντικατάσταση. Στη συνέχεια πρέπει να αιτιολογηθεί οικονομικά η αντικατάσταση και να δοθεί η πρακτική που θα εφαρμοσθεί για την υλοποίηση της αντικατάστασης.

#### **1.5.5 Η πολιτική της επιμήκυνσης της διάρκειας ζωής**

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

- εκμετάλλευση εξοπλισμού
- προγραμματιζόμενες διακοπές λειτουργίας
- δαπάνες επισκευών

Γενικά υπάρχουν δυο φιλοσοφίες:

1<sup>η</sup>. Η επιχείρηση προσπαθεί να διατηρήσει σε αξιόπιστη κατάσταση τον εξοπλισμό εφαρμόζοντας τις ισχύουσες πρακτικές της συντήρησης. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει

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

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

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

### **1.5.6 Η πολιτική της ανακαίνισης**

Η πολιτική της ανακαίνισης αφορά την επανεκτίμηση του ρόλου ενός πλήρους υποσυστήματος (υποσταθμού ή γραμμής ) λόγω των αλλαγών που έχουν λάβει χώρα σε ολόκληρο το σύστημα από τότε που το εν λόγω σύστημα είχε τεθεί σε λειτουργία.

Η ανακαίνιση εντάσσεται σε κάποιο ανασχεδιασμό του συστήματος και απασχολεί τις επιχειρήσεις που έχουν σε λειτουργία εξοπλισμό με ηλικία άνω των 20- 25 ετών.

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

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

- συγκέντρωση στοιχείων σχετικών με το ιστορικό του εξοπλισμού
- προσδιορισμός των αδύνατων σημείων της εγκατάστασης γενικά
- δέσμη προτεινόμενων λύσεων με εκτίμηση της συνολικής αποδοτικότητας
- απάντηση στα ερωτήματα τι πρέπει να ανακαινισθεί, πώς και πότε

### **1.5.7 Ανταλλακτικά και εφεδρείες**

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

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

Ο υπεύθυνος της λειτουργίας γενικά προμηθεύεται πλήρη μηχανήματα, τα οποία αποτελούν τις εφεδρείες του, εφόσον η προμήθεια τους απαιτεί μεγάλους χρόνους

παράδοσης οι οποίοι έχουν επιπτώσεις στην εκμετάλλευση. Εννοείται ότι η αποθήκευση και η συντήρηση των εφεδρικών εμπίπτουν στις υποχρεώσεις των υπευθύνων της συντήρησης.

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

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

## **1.6 Σύγχρονη τάση συντήρησης**

Οι υπεύθυνοι της συντήρησης επιθυμούσαν και επιθυμούν να έχουν εξοπλισμό που να μην χρειάζεται, αν είναι δυνατό, καμία συντήρηση. Θέλουν μόνο να προειδοποιούνται έγκαιρα, πριν αρχίσει κάποιο πρόβλημα, ώστε τότε να επεμβαίνουν. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί κατά δύο τρόπους:

1. Ή να κατασκευάζονται εξοπλισμοί για τους οποίους να μη προβλέπεται ή να μη χρειάζεται καμία συντήρηση.
2. Ή για τη συντήρηση του να εφαρμόζονται μέθοδοι ανιχνευτικής συντήρησης.

Το πρώτο ασφαλώς έχει πολύ υψηλό κόστος και πολλές φορές πρέπει να υπερπηδηθούν αντικειμενικές δυσκολίες, πράγμα που μπορεί να είναι πέρα από τις δυνατότητες της σημερινής τεχνολογίας. Το δεύτερο 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.

Με την ανιχνευτική συντήρηση επεμβαίνουμε στον εξοπλισμό μόνον αν έχει ανιχνευθεί η έναρξη κάποιας βλάβης.

Όστε μια από τις προοπτικές και τις τάσεις όσον αφορά τη συντήρηση στο διεθνή χώρο, είναι η μετάβαση από τη προληπτική συντήρηση στην ανιχνευτική συντήρηση. Με άλλα λόγια να προχωρήσουμε από τη συντήρηση που βασίζεται στα χρονικά διαστήματα (time-based) προς τη συντήρηση που βασίζεται στην κατάσταση των μηχανημάτων (condition-based). Στη δεύτερη περίπτωση χρειαζόμαστε μεγάλο πλήθος δεδομένων, εκθέσεις δοκιμών, προγράμματα συντήρησης, συνθήκες συντήρησης. Χρειαζόμαστε πληροφορίες οι οποίες είναι πολλές. Η ανάλυση και η επεξεργασία των πληροφοριών αυτών θα μας οδηγήσει στην απόφαση τι πρέπει να γίνει και πότε πρέπει να γίνει.



Μια άλλη προοπτική είναι η μετάβαση από τον παραδοσιακό βοηθητικό εξοπλισμό ενός συστήματος, σε ένα σύγχρονο βοηθητικό εξοπλισμό.

Άλλη προοπτική είναι η βελτίωση των μεθόδων συντήρησης. Όπως είναι γνωστό η συντήρηση στο παρελθόν στηριζόταν στην εμπειρία του αντίστοιχου προσωπικού και σε ορισμένες μετρήσεις και δοκιμές με τις οποίες ελεγχόταν η κατάσταση του εξοπλισμού και ανάλογα γίνονταν ενέργειες.

Τα τελευταία χρόνια οι μέθοδοι συντήρησης αλλάζουν και συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται συσκευές με τις οποίες γίνονται παρακολουθήσεις διαφόρων μεγεθών.

Με τη χρήση Η/Υ γίνονται ακριβείς αναλύσεις των δεδομένων και στη συνέχεια γίνεται εφαρμογή μεθόδων διάγνωσης. Οι νέες πρακτικές περιλαμβάνουν:

1. Συνεχώς αναπτυσσόμενες μεθόδους διάγνωσης.
2. Παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού.
3. Ανάλυση γεγονότων που συμβαίνουν στον εξοπλισμό βάσει των στοιχείων που προκύπτουν από την παρακολούθηση.

Ήδη διατίθενται διαγνωστικές συσκευές με ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης της συντήρησης με τη βοήθεια Η/Υ.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο**

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

#### **2.1 Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό αφού περιγράφονται με συντομία οι λόγοι ανάπτυξης της διαδικασίας συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, παρατίθεται μια γενική επισκόπηση των βασικών κατηγοριών συντήρησης με τη χρονική σειρά εμφάνισης και ανάπτυξης τους. Αρχικά μελετάται η προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση. Δίνεται ο ορισμός της και η αναγκαιότητα της εφαρμογής της και εν συνεχεία παρατίθενται κάποια βασικά στοιχεία της εφαρμογής της. Στη συνέχεια μελετάται η προστατευτική συντήρηση. Δίνονται οι στόχοι της κατά τη λειτουργία και γίνεται μια οικονομική αιτιολόγηση της προστατευτικής συντήρησης. Το πιο πρόσφατο κομμάτι αυτής είναι η ανιχνευτική συντήρηση. Παρουσιάζεται η πολιτική της ανιχνευτικής συντήρησης, τα μέσα και οι στόχοι της και δίνονται παραδείγματα της εφαρμογής της σε βιομηχανίες. Τέλος είναι σκόπιμη η μελέτη της συντήρησης από οικονομική άποψη. Γίνονται κάποιες εκτιμήσεις της ετήσιας δαπάνης και της αποτελεσματικότητας αυτής και δίνονται δύο παραδείγματα.

#### **2.2 Ανάπτυξη διαδικασίας συντήρησης**

Όσον αφορά τη συντήρηση υπάρχουν δύο σχολές. Η μία υποστηρίζει την εφαρμογή περιοδικών δοκιμών, επισκευών και προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού για συντήρηση. Αυτή είναι η σχολή της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης.

Η άλλη υποστηρίζει την πολύ μικρή συντήρηση μικρή ή και την καθόλου, δηλαδή ο εξοπλισμός λειτουργεί και η επέμβαση γίνεται όταν προκύψει βλάβη. Αυτή η σχολή υποστηρίζει ότι αφού ο εξοπλισμός λειτουργεί γιατί να δαπανηθούν χρήματα για τη συντήρηση του τώρα;

Το γεγονός είναι ότι όταν ο εξοπλισμός λειτουργεί, η κατάσταση του δεν βελτιώνεται με το χρόνο και τη χρήση. Εξάλλου όταν θα έλθει η ώρα της πληρωμής για την αμέλεια, θα πληρωθούν αδικαιολόγητες δαπάνες. Η δεύτερη αυτή σχολή ανήκει στο παρελθόν 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.

Είναι αυτονόητο ότι η συντήρηση αποτελεί μέσο μείωσης των ρυθμών των βλαβών και συνεπώς βελτίωσης της διαθεσιμότητας και της παραγωγικότητας του εξοπλισμού.

Πριν χρόνια η συντήρηση εθεωρείτο σα μία παραγκωνισμένη και απρόσωπη εργασία που ήταν όμως αναγκαία για τη λειτουργία. Σήμερα οι μεταβολές που οδήγησαν στην αναγνώριση της ως βασικής δραστηριότητας και οι δομές που έγιναν στις παραγωγικές μονάδες έχουν επισπεύσει τις μεγάλες αλλαγές στους

τρόπους με τους οποίους έχουν οργανωθεί οι εργασίες της συντήρησης και η εκπαίδευση του προσωπικού. Υπογραμμίζονται οι δύο κύριες αλλαγές που έχουν συντελεσθεί:

Η μία αφορά τη μετάβαση από την παραδοσιακή προληπτική συντήρηση στη προστατευτική συντήρηση.

Η δεύτερη αφορά τον προσανατολισμό της προστατευτικής συντήρησης προς την αύξηση και διατήρησης της αξιοπιστίας.

Έτσι, έχουν ανοίξει νέοι ορίζοντες στις δραστηριότητες των μελετών για την κατασκευή πιο αξιόπιστου εξοπλισμού και έργων, καθώς στις δραστηριότητες της συντήρησης του εξοπλισμού με στόχο όχι μόνο τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία., το μικρό κόστος αλλά και την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού.

Τα τελευταία χρόνια έχει σηματοδοτηθεί το τέλος της εποχής του «διαθέσιμου εξοπλισμού στις αποθήκες» και η αρχή της εποχής «παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού/ ανακαίνιση/ επανάχρηση».

### **2.3 Προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση**

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

#### **2.3.1 Ορισμός προληπτικής συντήρησης**

Περιλαμβάνει λεπτομερή επιθεώρηση και περιοδικές μετρήσεις και δοκιμές στον εξοπλισμό. Στο πρόγραμμα εφαρμογής προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνονται:

- ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών συντηρήσεων
- το πλήθος των λειτουργιών

Σημεία αναφοράς είναι οι οδηγίες του κατασκευαστή και η πείρα του χρήστη.

Η προληπτική συντήρηση είναι συνδυασμός περιοδικών και προγραμματισμένων διαδικασιών καθώς και εκείνων που επιβάλλουν ειδικές συνθήκες.

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

Οι φθορές και οι βλάβες που εμφανίζονται στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό είναι πολλές φορές φυσιολογικές, αλλά και αναπόφευκτες. Από τη στιγμή που θα εγκατασταθεί ο εξοπλισμός αρχίζει και μια διαδικασία φυσιολογικής φθοράς. Χωρίς κάποιον έλεγχο αυτή η διαδικασία μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία ή κάποια ηλεκτρική βλάβη. Η φθορά μπορεί να επιταχυνθεί και από άλλους παράγοντες, όπως π.χ. είναι οι άσχημες περιβαλλοντικές συνθήκες, η λειτουργία των εξαρτημάτων πάνω από τα ονομαστικά τους όρια, ή ακόμα και ένας αυστηρά αποδοτικός κύκλος λειτουργίας. Ένα καλά σχεδιασμένο πρόγραμμα Π.Η.Σ αναγνωρίζει όλους αυτούς τους παράγοντες και προτείνει μέτρα για την αντιμετώπισή τους.

### **2.3.3 Πολιτική της προληπτικής συντήρησης**

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

Έχουν υιοθετηθεί οι ακόλουθες συνθήκες συντήρησης:

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

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

Τα μεταβλητά διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων καθορίζονται από τα ακόλουθα κριτήρια:

- αριθμός λειτουργιών
- αριθμός διαγνωστικών δοκιμών
- αποτελέσματα διαγνωστικών δοκιμών

Κατά τη συντήρηση με τον εξοπλισμό σε λειτουργία εκτελείται επιθεώρηση με σκοπό τον έλεγχο της κατάστασης του εξοπλισμού, δηλαδή αν αυτή είναι ικανοποιητική ή όχι. Τελευταία εκτελούνται εργασίες συντήρησης ενώ το μηχάνημα λειτουργεί π.χ. διήθηση μονωτικού λαδιού σε μετασχηματιστή ενώ λειτουργεί.

Κατά τη συντήρηση με τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας φροντίζουμε για τη διατήρηση της καλής κατάστασής του.

Εδώ πραγματοποιούνται ενέργειες σε τρία στάδια :

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

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

Η πιστή εφαρμογή ενός προγράμματος Π.Η.Σ θα μειώσει το ρυθμό εμφάνισης των βλαβών, θα ελαττώσει τα θανατηφόρα ατυχήματα και θα ελαχιστοποιήσει το κόστος από τις μηχανικές βλάβες και την μη προγραμματισμένη διακοπή μιας βιομηχανικής μονάδας. Δίνει τη δυνατότητα να αναγνωριστούν εγκαίρως μελλοντικά προβλήματα, έτσι ώστε να εφαρμοστούν λύσεις προτού αυτά γίνουν πιο μεγάλα, απαιτώντας έτσι πιο ακριβές και χρονοβόρες λύσεις.

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. Σε πολλές περιπτώσεις, η επένδυση σε ένα πρόγραμμα Π.Η.Σ είναι μικρή σε σχέση με το κόστος που προκύπτει από την επιδιόρθωση του εξοπλισμού και το κόστος από τη μείωση της παραγωγικότητας. Αυτές οι επιπτώσεις έχουν άμεση σχέση με μια απρόβλεπτη διακοπή στη λειτουργία των μηχανημάτων και επομένως με μια διακοπή της παραγωγής.

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

- Είτε στην προληπτική συντήρηση
- Είτε 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.

### **2.3.5 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 γίνουν. Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώνει ότι ο εξοπλισμός θα συνεχίζει να λειτουργεί μέχρι να γίνει ο επόμενος προγραμματισμένος έλεγχος. Είναι προτιμότερο να γίνονται οι επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι μαζί 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.

### **2.3.6 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 (1) ο αέρας είναι καθαρός ή φιλτραρισμένος για να απομακρύνει την σκόνη, τα επιβλαβή αέρια, την υπερβολική υγρασία κλπ, (2) διατηρείται σε θερμοκρασίες από 15°C έως 25°C και (3) έχει υγρασία από 40% έως 70%. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η ανάγκη για συντήρηση θα ελαχιστοποιηθεί. Όπου 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.

Οι ηλεκτρικές συσκευές και ο προστατευτικός εξοπλισμός τους θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε περιβάλλον με την ίδια θερμοκρασία. Αν η διαφορά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος ανάμεσα στον εξοπλισμό και στις προστατευτικές συσκευές του είναι μεγάλη, στις τελευταίες πρέπει να γίνονται αλλαγές στις ρυθμίσεις.

Επίσης στον εξοπλισμό που τοποθετείται σε επικίνδυνες περιοχές (εκρηκτικό περιβάλλον, αυξημένη μόλυνση, περιβάλλον με διαβρωτικά αέρια, κλπ) πρέπει να γίνεται ειδική συντήρηση.

### **2.3.7 Συχνότητα επιθεωρήσεων**

Τα, κατασκευαστικά εγχειρίδια λειτουργίας, πρέπει να ορίζουν μια προτεινόμενη συχνότητα επιθεώρησης. Αυτή η συχνότητα βασίζεται σε πρότυπες ή συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος. 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%.

Τα στοιχεία του εξοπλισμού που χαρακτηρίζονται ως κρίσιμα, απαιτούν πιο συχνή επιθεώρηση και δοκιμές.

Η συχνότητα των επιθεωρήσεων για όμοια μηχανήματα (π.χ. μηχανές) που λειτουργούν κάτω από διαφορετικές συνθήκες, μπορεί να διαφέρει αρκετά.

Από την στιγμή που καθιερώνεται μία αρχική συχνότητα για τις επιθεωρήσεις και τις δοκιμές, αυτή η συχνότητα πρέπει να παραμένει για τουλάχιστον 4 περιόδους συντήρησης, εκτός αν 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.

### **2.3.8 Φόρμουλες**

Υπάρχει μια ποικιλία από φόρμουλες που μπορεί να συνοδεύει μια διαδικασία Επιθεώρησης, Δοκιμής και Επισκευής (Ε.Δ.Ε.). Αυτές οι φόρμουλες 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.

### **2.3.9 Αρχεία**

Πρέπει να τηρούνται αρχεία από το τμήμα συντήρησης για να μπορεί να γίνει μια εκτίμηση των αποτελεσμάτων. Επίσης 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.

Τα αρχεία τηρούνται 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.



## **2.4 Προστατευτική συντήρηση**

Η εφαρμογή της προληπτικής ηλεκτρολογικής συντήρησης έδωσε το έναυσμα, μέσω των παρατηρήσεων και των δεδομένων που προέκυψαν, για την επέκταση και την ανανέωση των μεθόδων συντήρησης και τη δημιουργία της προστατευτικής συντήρησης.

### **2.4.1 Πρόγραμμα προστατευτικής συντήρησης**

Η παραδοσιακή προληπτική συντήρηση προσαρμοσμένη στα σημερινά επίπεδα των απαιτήσεων, της τεχνολογίας και των μεθόδων και οι επίσης παραδοσιακές επισκευές, ανάλογα τροποποιημένες, συναποτελούν την προστατευτική συντήρηση, η οποία κατά τα τελευταία χρόνια έχει αναπτύξει και τον κλάδο της που λέγεται «ανιχνευτική συντήρηση».

Η προστατευτική συντήρηση αποτελεί εργαλείο κατά τη λειτουργία. Είναι μέσο μείωσης του κόστους παραγωγής.

Παρατίθεται παρακάτω η γενική περιγραφή της προστατευτικής συντήρησης, οι στόχοι της και η αιτιολόγηση των εφαρμογών της από οικονομική άποψη.

### **2.4.2 Στόχοι προγράμματος προστατευτικής συντήρησης**

Αυτοί οι στόχοι περιλαμβάνουν τουλάχιστο 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. Π.χ. συσκευή για τη συνεχή εποπτεία της δυναμικής συμπεριφοράς στρόβιλο-εναλλακτήρα η οποία χρησιμοποιεί αισθητήρα πίεσης και ταλαντώσεων σε όλα τα έδρανα και σύνολο παραμέτρων της λειτουργίας της μηχανής.
- 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.

- ο 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.

### **2.4.3 Προστατευτική συντήρηση και λειτουργία**

Οι στόχοι της συντήρησης είναι η εξασφάλιση κανονικών συνθηκών λειτουργίας. Η συντήρηση είναι ένα εργαλείο που βοηθά τη λειτουργία του εξοπλισμού και του κάθε έργου ώστε να ικανοποιεί τις προδιαγεγραμμένες συνθήκες για τις οποίες έχει κατασκευασθεί ο εξοπλισμός ή το έργο.

Εκτός αυτών η συντήρηση είναι ένα μέσο μείωσης του κόστους παραγωγής. Άξιο προσοχής είναι το σημαντικό αποτέλεσμα που έχει η πιο πάνω μείωση στις δαπάνες από τις διακοπές λειτουργίας.

### **2.4.4 Οδηγίες συντήρησης**

Οι νέες μέθοδοι διάγνωσης και παρακολούθησης των μηχανημάτων επηρεάζουν και τις οδηγίες συντήρησης. Οι αλλαγές στη φιλοσοφία της συντήρησης, φαίνονται και στις οδηγίες. Σήμερα, αυτές αποσκοπούν αφενός στη μείωση της χρησιμοποίησης ανθρώπινου δυναμικού και αφετέρου στη μείωση των εκτός λειτουργίας ωρών.

Η τάση σήμερα είναι να γίνονται:

- λιγότερες συστηματικές αποσυναρμολογήσεις
- επιμήκυνση των διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών συντηρήσεων με βάση την πείρα και τη διαγνωστική
- απλοποίηση των μεθόδων εργασίας.

### **2.4.5 Οικονομικά οφέλη προγράμματος προστατευτικής συντήρησης**

Εδώ γίνεται αναφορά στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού. Οι μεγάλες διακοπές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, τα γνωστά black out, κοστίζουν. Αρκετά από αυτά μπορούν να αποφευχθούν αν εφαρμόζονται προγράμματα προστατευτικής συντήρησης. Έχει υπολογισθεί ότι σε ένα black out μεγάλων βιομηχανικών περιοχών η KWH κοστίζει 1,6 δολ. Η.Π.Α. Σ' 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 (σχολεία, νοσοκομεία, σπίτια) κύρια όσον αφορά:

- την ασφάλεια
- την υγεία
- την παιδεία
- την άνεση των καταναλωτών.

Από τα πιο πάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή της προστατευτικής συντήρησης είναι μια συνετή απόφαση που αιτιολογείται οικονομικά. Το κόστος ασφαλώς αντισταθμίζεται από τα πιο πάνω οφέλη.

Γενικά στον εξοπλισμό εντοπίζονται απώλειες ενέργειας, οι οποίες εμφανίζονται και διατηρούνται λόγω μη συντήρησης του, π.χ. σ' ένα ηλεκτρικό δίκτυο οι μονωτήρες με ρύπους προκαλούν απώλειες, οι χαλαρές συνδέσεις προκαλούν απώλειες, οι υπερφορτισμένοι Μ/στές προκαλούν απώλειες. Η συντήρηση εξαλείφει τις αιτίες και το κέρδος της εξάλειψης είναι λιγότερες απώλειες, άρα λιγότερα καύσιμα. Πέρα δηλαδή από τα άλλα πλεονεκτήματα που συνεπάγεται η συντήρηση προκύπτει άμεσο κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας.

Εδώ υπογραμμίζεται ότι το κόστος καυσίμου για την παραγωγή 1KWH παριστά περίπου το 85% του συνολικού κόστους. Αυτό το κόστος καυσίμου αυξήθηκε κατά 850% στη δεκαετία 1969-1979 και ανάλογα στη δεκαετία 1980-1990.

Αυτές οι δαπάνες για καύσιμα από μόνες δικαιολογούν την εφαρμογή προγράμματος προστατευτικής συντήρησης.

Γίνεται τώρα αναφορά σε άλλου είδους επιχειρήσεις. Και σ' αυτές οι αναστολές επενδύσεων ισχύουν. Και στις μη Ηλεκτρικές Επιχειρήσεις γίνεται χρήση Ηλεκτρικής Ενέργειας. Άρα το κόστος της KWH παίζει σημαντικό ρόλο στο συνολικό κόστος της παραγωγής. Αλλά και οι δαπάνες που προκύπτουν από τη μη συντήρηση του εξοπλισμού π.χ. από τη διάβρωση του, δεν είναι αμελητέες, το αντίθετο. Συνεπώς η συντήρηση που περιέχει προγράμματα προληπτικής και επισκευαστικής συντήρησης έχει σαν αποτέλεσμα τη πρόληψη π.χ. της διάβρωσης και ακόμη την επισκευή τμήματος του εξοπλισμού αντί της αντικατάστασης ολόκληρου του εξοπλισμού.

Εφόσον δεν τίθεται πρόβλημα μείωσης της απόδοσης του εξοπλισμού λόγω παλαιότητας, εφόσον δεν τίθεται πρόβλημα ασφάλειας εργασίας, το κόστος συντήρησης είναι πολύ χαμηλότερο από τις άλλες δαπάνες που συνεπάγεται η μη συντήρηση. Αυτό είναι το συμπέρασμα της μακροχρόνιας πείρας και σχετικών πρόσφατων μελετών.

## **2.5 Ανιχνευτική συντήρηση**

Η πιο σύγχρονη και ελπιδοφόρα μέθοδος που έχει ανακύψει κατά την εφαρμογή της προστατευτικής συντήρησης, είναι η ανιχνευτική συντήρηση.

### **2.5.1 Η ανιχνευτική συντήρηση**

Η πιο πρόσφατη φάση της Προστατευτικής Συντήρησης είναι η Ανιχνευτική Συντήρηση. Οι πρώτες εφαρμογές της άρχισαν στη δεκαετία του '70 και πρέπει να γίνουν ακόμη πολλά έως ότου επιτύχει τους στόχους της.

Η εφαρμογή των μεθόδων της δίνει ικανοποιητικά τεχνικά αποτελέσματα αλλά πρέπει να μειωθεί το κόστος κυρίως των τεχνολογικών μέσων (συσκευές, όργανα). Αυτό έχει επισημανθεί από χρόνια και έχουν φανεί ήδη θετικά σημεία.

Από ορισμό η ανιχνευτική συντήρηση είναι μία πιο συχνή παρακολούθηση (επιθεώρηση και δοκιμές) εξοπλισμού που βρίσκεται σε καίρια θέση ή που 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, βασιζόμενη σε ιστορικά στοιχεία.

### **2.5.2 Πολιτική ανιχνευτικής συντήρησης**

Ένα πρόγραμμα Ανιχνευτικής Συντήρησης, συνδυάζει τη βάση δεδομένων με τα Διαγνωστικά μέσα που εξασφαλίζουν αυτόματη προειδοποίηση επικείμενης βλάβης.

Το πρώτο βήμα στο πρόγραμμα Ανιχνευτικής Συντήρησης, αφορά την ταξινόμηση του εξοπλισμού. Αφού ολοκληρωθεί η ταξινόμηση του εξοπλισμού, επιλέγονται τα διαγνωστικά μέσα για την παρακολούθηση της λειτουργίας του εξοπλισμού.

Μερικά από αυτά γίνονται από την ίδια την επιχείρηση, ενώ άλλα ειδικά προσφέρονται από κατασκευαστές που έχουν ειδικευτεί σε τέτοια όργανα και συσκευές.

Για την αποτελεσματική βελτίωση της Ανιχνευτικής Συντήρησης έχουν σημασία τα εξής:

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

### **2.5.3 Τα κύρια μέσα πραγματοποίησης της ανιχνευτικής συντήρησης**

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

### **2.5.4 Συγκρότηση συστήματος παρακολούθησης**

Η παρακολούθηση αποτελείται συνήθως από 4 ξεχωριστές ενέργειες:

- Τη μέτρηση
- Τη μεταβίβαση πληροφοριών
- Την επεξεργασία των πληροφοριών
- Τα αποτελέσματα

Για τη ανάπτυξη και την εισαγωγή των Συστημάτων Παρακολούθησης πρέπει να βρεθούν λύσεις στα εξής τρία προβλήματα:

1. Ποιά είναι τα στοιχεία που πρέπει να παρακολουθούνται.
2. Ποιό είναι το είδος των αισθητηρίων και ποιος ο τρόπος μεταβίβασης των πληροφοριών.
3. Πώς πρέπει να χρησιμοποιούν οι χειριστές τα δεδομένα.

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

Μελέτη που έγινε στις ΗΠΑ πρόσφατα καταλήγει στα εξής:

Διακόσια δισεκατομμύρια δολ. ΗΠΑ ξοδεύονται κάθε χρόνο παγκοσμίως για τη συντήρηση εξοπλισμού. Το 1/3 αυτού του ποσού κυριολεκτικά σπαταλιέται και αποτελεί μεγάλο εμπόδιο στην κατασκευή προϊόντων ποιότητας στην παγκόσμια αγορά. Η λύση του προβλήματος της σπατάλης βρίσκεται σε μεγάλο βαθμό στην Ανιχνευτική Συντήρηση.

Πρόσφατες έρευνες δίνουν αποδείξεις σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί ουσιαστική μείωση, η οποία μάλιστα μπορεί να υπολογισθεί στις δαπάνες συντήρησης με την εφαρμογή προγραμμάτων Ανιχνευτικής Συντήρησης.

#### 1. Παρακολούθηση ταλαντώσεων

Ύστερα από πρόσφατη έρευνα που έκανε το «Ινστιτούτο Ταλαντώσεων» σε εκατοντάδες βιομηχανίες (ΗΠΑ), έγιναν εκτιμήσεις της φύσης των προγραμμάτων παρακολούθησης των ταλαντώσεων στη Βιομηχανία, καθώς και της αποτελεσματικότητας και του εύρους αυτών των προσπαθειών.

#### 2. 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 Α.Σ. έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση μεγάλων ποσών κάθε χρόνο, εντούτοις, πολλές μονάδες καθυστερούν να εφαρμόσουν προγράμματα Α.Σ.

#### 3. Επέκταση ζωής

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

#### 4. 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.

#### 5. Το δίλημμα

Σ' ένα πρόγραμμα ενσωματώνεται ποικιλία μεθόδων 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.

### **2.5.6 Η ανιχνευτική συντήρηση στις βιομηχανίες**

Από πολύ πρόσφατη μελέτη που έγινε στις ΗΠΑ αποκαλύφθηκε ότι οι Βιομηχανίες είναι σε υστέρηση όσον αφορά την αποτελεσματική Ανιχνευτική Συντήρηση.

Οι τρεις μεγάλες ομάδες επιχειρήσεων ηλεκτρισμού (που έχουν θερμοηλεκτρικούς, υδροηλεκτρικούς και πυρηνικούς σταθμούς), είναι σε υστέρηση, όσον αφορά τις διαδικασίες συντήρησης και την Ανιχνευτική Συντήρηση. Μόνο το 44% θεωρούν ότι τα συστήματα της παρακολούθησης των ταλαντώσεων είναι άξια λόγου. Στις Χαρτοβιομηχανίες το αντίστοιχο ποσοστό είναι 79% και στις Πετροχημικές 88%.

Τα ποσά που επενδύονται, κατά μέσο όρο, από τις πιο πάνω μεγάλες ομάδες της Βιομηχανίας, είναι:

Χαρτοβιομηχανίες, 292.000 δολ. ΗΠΑ ανά τεμ. Εξοπλισμού Δοκιμών.

Πετροχημικές, 90.000 » » » »

Ηλεκτρικές, 5.100 » » » »

Όσον αφορά το λόγο των ημερών λειτουργίας προς τις μέρες μη-λειτουργίας αυτός είναι:

Χαρτοβιομηχανίες: 55 προς 1

Πετροχημικές: 44 προς 1

Ηλεκτρικές: 9 προς 1

Εξάλλου η διάρκεια της συντήρησης σε μέρες ανά έτος έχει ως εξής:

Χαρτοβιομηχανίες: 6 μέρες ανά έτος

Πετροχημικές: 19 »

Ηλεκτρικές: 55 »

Από την προαναφερθείσα μελέτη βγήκε ακόμα ότι υπάρχει εξαιρετικά ακριβής αντιστοιχία μεταξύ του ποσού που δαπανά κάθε βιομηχανία για τον εξοπλισμό δοκιμών και των διακοπών λειτουργίας για επισκευές. Αυτή αντιστοιχία επεκτείνεται στο προσωπικό καθώς και στις διαδικασίες Ανιχνευτικής Συντήρησης.

Για παράδειγμα, ενώ στις Χαρτοβιομηχανίες και στις Πετροχημικές Βιομηχανίες πάνω από 75% έχουν πλήρως απασχολούμενους υπαλλήλους, οι οποίοι παίρνουν στοιχεία ταλαντώσεων, το ποσοστό αυτό γίνεται 37% στις Ηλεκτρικές Βιομηχανίες. Ο χρόνος που διατίθεται για τη συλλογή και ανάλυση των στοιχείων ταλάντωσης κάθε βδομάδα, είναι κατά τον ίδιο τρόπο κατανομημένος.

Για τη συλλογή στοιχείων ταλάντωσης:

Χαρτοβιομηχανίες: 60 ώρες κάθε βδομάδα

Πετροχημικές: 41 »

Ηλεκτρικές: 21 »

Για την ανάλυση των στοιχείων ταλάντωσης:

Χαρτοβιομηχανίες: 48 ώρες κάθε βδομάδα

Πετροχημικές: 25 »

Ηλεκτρικές: 18 »

Ένα άλλο συμπέρασμα είναι ότι υπάρχουν διαφορετικές στάθμες όσον αφορά τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή και ανάλυση στοιχείων επί των ταλαντώσεων, από τη μια ομάδα βιομηχανιών στην άλλη, ενώ μόλις το 50% των Χαρτοβιομηχανιών και των Πετροχημικών Βιομηχανιών χρησιμοποιούν χειροκίνητα μέσα. Το ποσοστό αυτό γίνεται 76% στις Ηλεκτρικές Βιομηχανίες.

Τα χειροκίνητα μέσα είναι τα λιγότερο αποδοτικά, όσον αφορά τη συλλογή στοιχείων συντήρησης και τη σύνταξη εκθέσεων. Είναι η βραδύτερη και εντατικότερη από πλευράς ανθρώπινης εργασίας, διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων.

Υπάρχουν πολλά στοιχεία τα οποία συμβάλλουν στα δισεκατομμύρια των δολαρίων τα οποία χάνονται, λόγω της μη αποτελεσματικότητας της συντήρησης, αλλά είναι σαφές ότι η μέθοδος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων αποτελεί σημαντική συνισταμένη στο αποδοτικό, από πλευράς κόστους, πρόγραμμα ανιχνευτικής συντήρησης

Από τη σκοπιά αυτή, οι Πετροχημικές Βιομηχανίες είναι πρωτοπόρες, αφού διαθέτουν Η/Υ για τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων.

## **2.6 Η συντήρηση από οικονομική άποψη**

Είναι προφανές ότι η αξιόπιστη λειτουργία ενός μηχανήματος, η επιμήκυνση της ωφέλιμης ζωής του και η διαθεσιμότητα του εξασφαλίζονται σε μεγάλο βαθμό με τη συντήρηση του, η οποία γίνεται βάσει προδιαγραφών. Όμως πόσο κοστίζει η συντήρηση; Μήπως υπάρχουν άλλες στρατηγικές εκτός από τη συντήρηση, οι οποίες έχουν εξίσου καλά αποτελέσματα και κοστίζουν λιγότερο;

Θα επιχειρηθεί να δοθεί απάντηση στο πιο πάνω ερώτημα εξετάζοντας τη συντήρηση από οικονομική σκοπιά και παίρνοντας υπόψη ότι ζούμε σε περίοδο κατά την οποία αφ' ενός το κόστος του κεφαλαίου είναι υψηλό και δεν διαφαίνεται μείωση του, το αντίθετο μάλιστα, αφ' ετέρου το κόστος της ενέργειας είναι υψηλό και δεν διαφαίνεται μείωση της, το αντίθετο μάλιστα.

### **2.6.1 Ετήσια δαπάνη συντήρησης**

Είναι ευνόητο να αποτελούν αντικείμενο της προσοχής και του ενδιαφέροντος των υπευθύνων της συντήρησης οι δαπάνες που απαιτούνται γι' αυτή. Η εκτίμηση των δαπανών που πραγματοποιούνται για την εφαρμογή προγραμμάτων συντήρησης σε Ηλεκτρικά Δίκτυα προϋποθέτει την αναγωγή τους σε κάποια κοινή βάση, γεγονός όμως που συνεπάγεται προβλήματα δεδομένου ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των Επιχειρήσεων. Οι διαφορές προέρχονται τόσο από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των Δικτύων όσο και από τις πολιτικές συντήρησης και τους τρόπους ταξινόμησης των δαπανών. Εξ' άλλου διαφορές οφείλονται και στη διαφορετική ηλικία των Δικτύων.

Για να παρακαμφθούν οι διαφορές, συγκρίνονται οι συνολικές δαπάνες συντήρησης, αντικατάστασης και ανακαίνισης. Και τούτο γιατί ενώ μια Επιχείρηση πραγματοποιεί σταδιακά βελτιώσεις και τις σχετικές δαπάνες χρεώνει στη συντήρηση μια άλλη τις ανάλογες δαπάνες δεν τις χρεώνει στη συντήρηση.

Η ετήσια δαπάνη για τις συντηρήσεις ενός Δικτύου Μεταφοράς αναφέρεται ως ποσοστό της αξίας του. Αυτή κυμαίνεται μεταξύ 1% και 14% (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.

### **2.6.2 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 πιο πάνω σύγκριση μέσα σε μια Επιχείρηση είναι επίπονη γιατί αφενός υπάρχουν 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.

### **2.6.3 Από την παραδοσιακή συντήρηση στην ανακαίνιση και στην αντικατάσταση**

Προσεγγίζεται παρακάτω η κατανομή των δαπανών που αφορούν τη συντήρηση, την αντικατάσταση και την ανακαίνιση.

Αυτή η κατανομή κυμαίνεται ευρέως και ανακλά όπως αναφέρθηκε:

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

Εξ άλλου έχει ενδιαφέρον η χρονική στιγμή κατά την οποία αποφασίζεται το πέρασμα από τη πολιτική της παραδοσιακής συντήρησης στη πολιτική της αντικατάστασης ή της ανακαίνισης.

Βρέθηκε όπως άλλωστε αναμενόταν ότι το πέρασμα αυτό έχει σχέση με την ηλικία του Δικτύου. Εν τούτοις δεν είναι λίγες οι Επιχειρήσεις που δαπανούν μεγάλα ποσά για ανακαίνιση ή 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 π.χ. Μ/στών ισχύος) ούτε στην ανακαίνιση (ανασχεδιασμό του Δικτύου).

### **2.6.4 Η περίπτωση ηλεκτρογεννήτριας**

Υπάρχουν πολλές στρατηγικές για να εξασφαλίζεται η εξυπηρέτηση των αναγκών για την οποία προορίζεται ένας εξοπλισμός ή ένα σύστημα. Ανάμεσα σ' αυτές είναι οι πιο κάτω:

- 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 (πλήρης σειρά ανταλλακτικών) μειώνει ή και εξαλείφει το κόστος της προληπτικής συντήρησης. Η λύση αυτή δεν είναι μόνο δαπανηρή αλλά συνεπάγεται επιπλέον δαπάνες για δοκιμές που πρέπει να εκτελούνται στον εφεδρικό εξοπλισμό ώστε να είναι αποτελεσματική η χρήση του.

Η λειτουργούσα εφεδρεία είναι επίσης δαπανηρή λύση. Πρέπει να εκτιμηθεί το μέγεθος της εφεδρείας αυτής σε συνάρτηση προς τις λειτουργικές ανάγκες.

Η επιλογή της μιας ή της άλλης πολιτικής, θα προκύψει από τη συνεκτίμηση διαφόρων παραγόντων ένας από τους οποίους είναι το κόστος.

Για συγκεκριμένη περίπτωση 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.

### **2.6.5 Η περίπτωση μετασηματιστή ισχύος**

Παρακάτω εκτίθεται προσεγγιστική εκτίμηση των δαπανών συντήρησης μετασηματιστών ισχύος. Το θέμα αντιμετωπίζεται αποκλειστικώς οικονομικά, δηλαδή δεν λαμβάνονται υπόψη η τεχνολογική πρόοδος η οποία ενδέχεται να λάβει χώρα στο διάστημα της εκμετάλλευσης του μ/στή ούτε τυχαία μεγάλη βλάβη που συνεπάγεται την αντικατάστασή του.

#### **α. Μετασηματιστής ισχύος, μέσης τάσης, 20/0,4KV, 1000KVA**

Δεχόμαστε 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:

$$20 \times 1,25 = 25\% \text{ του πιο πάνω κόστους}$$

πλέον 340 € για μια διήθηση του λαδιού στο διάστημα των 20 χρόνων.

Αν αποφασισθεί η συνέχιση της χρήσης του ίδιου μ/στή για 20 επιπλέον χρόνια, πράγμα το οποίο είναι μέσα στην πραγματικότητα, εφόσον έχει προηγηθεί συστηματική προστατευτική συντήρηση, τότε για το διάστημα αυτό θα δαπανηθούν επί πλέον:

$$20 \times 1,25 = 25\% \text{ του κόστους}$$

πλέον 680 € για δύο διηθήσεις του λαδιού στο διάστημα της δεύτερης εικοσαετίας (μια διήθηση στα 20 χρόνια και μια στα 30 χρόνια λειτουργίας).

Η συνολική δαπάνη συντήρησης και διηθήσεων ανέρχεται στο 50% του κόστους προμήθειας, μεταφοράς και εγκατάστασης πλέον 1200 €.

Συμπέρασμα: Είναι εφικτό με το 50% του συνολικού κόστους ενός μ/στή να διατηρήσουμε τον παλιό Μ/στή σε λειτουργία κερδίζοντας το άλλο 50%.

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

Δεχόμαστε 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:

$$25 \times 0,75 = 18,75\% \text{ του πιο πάνω κόστους}$$

πλέον 2000 € για μια διήθηση του λαδιού στο διάστημα των 25 χρόνων και για χρωματογραφικές αναλύσεις.

Αν αποφασισθεί η συνέχιση της χρήσης του ίδιου μ/στή για 25 επί πλέον χρόνια (πράγμα το οποίο είναι εφικτό, εφόσον έχει προηγηθεί συστηματική προστατευτική συντήρηση), τότε για το διάστημα αυτό θα δαπανηθούν επί πλέον:

$$25 \times 0,75 = 18,75 \text{ του πιο πάνω κόστους}$$

πλέον 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.

Συνολική επιβάρυνση γι' αυτό που θα λέγαμε με μια λέξη «συντήρηση» 37,5% του κόστους του Μ/στή πλέον 8000 €. Το ποσό αυτό ισοδυναμεί προς το 40% του κόστους του δεύτερου μ/στή για την δεύτερη 25ετία.

Συμπέρασμα: Είναι εφικτό με το 40% του συνολικού κόστους ενός μ/στή να διατηρήσουμε τον παλιό μ/στή σε λειτουργία.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο**

### **ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ**

#### **3.1 Εισαγωγή**

Το κεφάλαιο αυτό έχει σαν στόχο να καταδείξει το ρόλο των υποσταθμών στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και την περιγραφή της δομής του υποσταθμού και της βασικής λειτουργίας των μηχανημάτων του. Κατ' αρχάς δίνεται μια σύντομη παρουσίαση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Έπειτα παρουσιάζεται μια ταξινόμηση των υποσταθμών ανάλογα με το ρόλο τους στα Σ.Η.Ε, και δίνεται ένα παράδειγμα υποσταθμού υποβιβασμού 150/20 KV. Τέλος γίνεται μια σύντομη απαρίθμηση και επεξήγηση των μηχανημάτων που απαρτίζουν τον εξοπλισμό του υποσταθμού.

#### **3.2 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε)**

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

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

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

- 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 μπορούν να διακριθούν σε "Εθνικά Συστήματα", "Περιφερειακά Συστήματα" και "Ιδιωτικά Συστήματα" εφ' όσον αντίστοιχα καλύπτουν το σύνολο μιας χώρας, το σύνολο μιας γεωγραφικής περιοχής, ή τις ανάγκες μεμονωμένου ιδιωτικού συγκροτήματος. Η δομή του συστήματος έχει πρωτεύουσα σημασία για τη γεωγραφική διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ιδιότητα, η οποία χαρακτηρίζει τη δομή και τη σύνθεση του συστήματος περισσότερο από κάθε άλλη είναι το μέγεθος του συστήματος. Οποσδήποτε όμως ακόμη και το μικρότερο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα πολύπλοκο ηλεκτρικό δίκτυο.

### **3.3 Δομή Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε)**

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνεται στα εξής ειδικότερα συστήματα, δηλαδή το «Σύστημα Παραγωγής», το «Σύστημα Διασυνδέσεως και Μεταφοράς», το «Σύστημα Υπομεταφοράς» και το «Σύστημα Διανομής». Το Σύστημα Παραγωγής περιλαμβάνει τους σταθμούς παραγωγής, όπου παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα, μαζί με τους υποσταθμούς ανυψώσεως της τάσεως του δικτύου, και τους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσεως σε μέση τάση προς τροφοδότηση των δικτύων διανομής. Με το Σύστημα Μεταφοράς η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τους σταθμούς παραγωγής προς τις περιοχές καταναλώσεως. Το Σύστημα Διανομής περιλαμβάνει τα δίκτυα διανομής μέσης και χαμηλής τάσης, στα οποία δίκτυα υπάγονται και οι υποσταθμοί διανομής μέσω των οποίων η μέση τάση υποβιβάζεται σε χαμηλή τάση. Με τα δίκτυα διανομής η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται στις μικρότερες περιοχές φορτίου, και παρέχεται στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης. Ένα σύστημα παραγωγής μπορεί να λειτουργεί μεμονωμένο ή διασυνδεδεμένο με ένα ή περισσότερα άλλα γειτονικά συστήματα. Τέλος, σε ένα καινούριο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας δεν υπάρχει σύστημα υπομεταφοράς.

Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσεως. Η μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται με υψηλή τάση, διότι συνεπάγεται μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και συνεπώς οικονομικότερη λειτουργία. Χρησιμοποιούνται διάφορες βαθμίδες τάσεως μεταφοράς, αναλόγως της αποστάσεως και του μεγέθους της ισχύος που πρέπει να μεταφερθεί. Οι εφαρμοζόμενες διεθνώς τάσεις μεταφοράς έχουν τιμές 66 kV, 110 kV, 132 kV, 138 kV, 150 kV, 220kV, 275 kV, 345 kV, 400 kV, 500 kV, 750 kV, 1100 kV, 1500 kV και 2000 kV, από τις οποίες οι τρεις τελευταίες βρίσκονται υπό μελέτη και αφορούν στο μέλλον. Από τις εν λειτουργία τάσεις μεταφοράς οι από 66 έως 220 kV αποτελούν τη βαθμίδα των υψηλών τάσεων (ΥΤ), από 275 έως και 500 kV τη βαθμίδα των υπερύψηλων τάσεων (ΥΥΤ) και οι άνω των 500 kV τη

βαθμίδα των εξαιρετικά υψηλών τάσεων ( EYT). Πρέπει να σημειωθεί ότι έχουμε κυρίως μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας με εναλλασσόμενο ρεύμα ενώ η μεταφορά με συνεχές είναι περιορισμένη.

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 (π.χ. Πελάτες Υψηλής Τάσης). Η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται με Μ.Τ. στους μεγάλους καταναλωτές (βιομηχανίες κ.λ.π.) ενώ στους μικρούς (σπίτια, καταστήματα, βιοτεχνίες) με Χ.Τ. Έτσι υπάρχει ανάγκη και άλλων μετασχηματιστών από Υ.Τ. ή Υ.Υ.Τ. σε Μ.Τ. και μετά από Μ.Τ. σε Χ.Τ. Εκτός από τα προηγούμενα πρέπει να γίνει και η διασύνδεση των σταθμών του συστήματος μιας και από κάπου πρέπει να ξεκινούν οι γραμμές μεταφοράς και διανομής. Όλες οι παραπάνω απαιτήσεις καλύπτονται από τον σχεδιασμό των υποσταθμών (Υ/Σ).

### **3.4 Είδη υποσταθμών (ΥΣ)**

Υποσταθμός γενικά ονομάζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία γίνεται μετασχηματισμός τάσης, η κατανομή ή η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι γραμμές μεταφοράς αναχωρούν από και καταλήγουν στους υποσταθμούς, οι οποίοι και αποτελούν κυρίως τους κόμβους του δικτύου. Οι υποσταθμοί στους οποίους συνδέονται απλώς γραμμές, χωρίς απαραίτητως να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως, λέγονται υποσταθμοί ζεύξεως ή διασυνδέσεως. Εάν γίνεται επιπλέον και μετασχηματισμός τάσεως από μια βαθμίδα τάσεως μεταφοράς σε άλλη 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, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, 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 καλούνται ζυγοί, σε αυτούς δε οι γραμμές συνδέονται μέσω των διακοπών. Οι διακόπτες, οι οποίοι χρησιμεύουν για τη διακοπή ή και αποκατάσταση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος και οι μετασχηματιστές στους οποίους μετασχηματίζεται η ισχύς και αλλάζει η τάση, αποτελούν τις σπουδαιότερες συσκευές ισχύος των δικτύων μεταφοράς .

Οι υποσταθμοί μεταφοράς μπορεί να είναι είτε υπαίθριοι όπου όλα τα μηχανήματα υψηλής και μέσης τάσης βρίσκονται εγκατεστημένα στο ύπαιθρο, είτε να είναι εσωτερικού χώρου και τότε όλα τα μηχανήματα βρίσκονται μέσα σε κλειστό στεγασμένο χώρο. Είναι ευνόητο ότι σε καθεμιά από τις πιο πάνω δύο περιπτώσεις τα μηχανήματα είναι κατασκευασμένα κατάλληλα για τον κάθε χώρο.

Εκτός από τα μηχανήματα που είναι εγκατεστημένα στο ύπαιθρο και είναι τα μηχανήματα υψηλής και μέσης τάσεως, υπάρχουν και πολλά βοηθητικά

μηχανήματα που είναι εγκατεστημένα σε κλειστό χώρο, στην αίθουσα χειρισμών. Τέτοια μηχανήματα είναι οι ηλεκτρονόμοι προστασίας, οι πίνακες χειρισμών, το συγκρότημα συστοιχίας-φορτιστή κ.λπ.

### **3.4.1 Υποσταθμοί μεταφοράς**

Έχει αναφερθεί ότι 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.

#### **3.4.1.1 Υποσταθμοί ανυψώσεως**

Ο ΥΣ ανυψώσεως βρίσκεται κοντά στο σταθμό παραγωγής. Προορισμός του είναι η ανύψωση της τάσεως παραγωγής στη τάση μεταφοράς.

Κοντά στο χώρο του ΥΣ ανυψώσεως βρίσκονται και οι εγκαταστάσεις για την εξασφάλιση των 6 kV, 3 kV και 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:

- 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.

#### **3.4.1.2 Υποσταθμοί υποβιβασμού**

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

Αν χρειαστεί 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.

### **3.4.2 Υποσταθμοί διανομής**

Οι ΥΣ διανομής κάνουν ένα δεύτερο υποβιβασμό της τάσης. Υποβιβάζουν τη μέση τάση των 15 ή 20 kV στην τάση κατανάλωσης 220/380 kV.

Οι ΥΣ διανομής ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε εναέριους, επίγειους και υπόγειους.

#### **3.4.2.1 ΥΣ εναέριοι**

Ο τύπος των ΥΣ αυτών κατασκευάζεται πάνω σε στύλους και χρησιμοποιείται εκεί όπου ο χώρος και το περιβάλλον επιτρέπουν την εγκατάστασή του. Συνήθως χρησιμοποιούνται εκεί που οι ηλεκτρικές γραμμές είναι εναέριες. Το μέγεθος των ΥΣ αυτών δεν ξεπερνά συνήθως τα 250 kVA σε εγκατεστημένη ισχύ. Πλεονεκτήματα των υποσταθμών αυτών είναι η απλότητα και η φθηνή κατασκευή τους.

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.

Οι συσκευές μέσης τάσης στους εναέριους ΥΣ μετασχηματισμού είναι οι διακόπτες ηλεκτρικής ισχύος και 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.

#### **3.4.2.2 ΥΣ επίγειοι**

##### **α. Επίγειοι ΥΣ εσωτερικού τύπου**

Εκεί όπου το μέγεθος ισχύος ή ο χώρος δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση εναέριου ΥΣ κατασκευάζονται οι επίγειοι ΥΣ.

Οι ΥΣ 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.

##### **β. Επίγειοι ΥΣ υπαίθριοι**

Οι ΥΣ αυτοί κατασκευάζονται εκεί όπου χρειάζεται ισχύς μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη των εναέριων ΥΣ, και οι τοπικές συνθήκες επιτρέπουν την υπαίθρια

εγκατάσταση των μηχανημάτων του ΥΣ. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται το μεγαλύτερο μέρος της δαπάνης που απαιτείται για να κατασκευαστεί κτίριο.

Πολλές 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 ύπαιθρο.

#### 3.4.2.3 ΥΣ υπόγειοι

Υπόγειοι ΥΣ λέγονται εκείνοι που κατασκευάζονται κάτω από την επιφάνεια της γης. Τέτοιοι ΥΣ κατασκευάζονται βασικά σε κεντρικά σημεία πόλεων και σε θέσεις που δεν είναι εύκολη η κατασκευή υπέργειου ΥΣ.

Για την εγκατάσταση των ΥΣ αυτών χρειάζεται βασικά μια υπόγεια οικοδομή και ως εκ τούτου κατασκευάζονται εκεί όπου οι συνθήκες κάτω από το έδαφος επιτρέπουν την κατασκευή τέτοιου κτιρίου. Οι τοίχοι, το δάπεδο και η οροφή του υπογείου κτιρίου πρέπει να κατασκευάζονται ανθεκτικά και στεγανά.

Το πιο δύσκολο σημείο 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.

### **3.5 Υποσταθμοί Υποβιβασμού Τάσεως 150/20 kV**

Η πτώση τάσεως του ρεύματος, η απώλεια της ισχύος και γενικά το κόστος της ενέργειας που μεταφέρεται εξαρτάται από την απόσταση μεταφοράς. Συνεπώς μια ορισμένη τάση μπορεί να εξυπηρετήσει καταναλώσεις που βρίσκονται μέσα σε μια ορισμένη απόσταση. Αν ξεπεραστεί το όριο αυτής της μέγιστης απόστασης θα πρέπει να αυξηθούν οι διατομές των γραμμών ώστε στο τέλος να καθίσταται αντιοικονομική η κατασκευή. Για το Εθνικό Δίκτυο της Ελλάδας έχουν καθοριστεί σαν τάση μεταφοράς τα 400 kV, 150 kV και τα 20 kV ή 15 kV σε παλιές γραμμές. Κατασκευάζουμε Υ/Σ 150/20 kV πρώτον για την προστασία του Δικτύου των γραμμών, δεύτερον επειδή η οικονομική εμβέλεια της μέσης τάσης των 20 KV είναι γύρω στα 70 km και τρίτον όταν υπάρξει 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 Α/Ζ 150 kV με γειωτές για να μπορούν να απομονώσουν πλήρως τον Υ/Σ. Το ρεύμα έρχεται στις Μπάρες ή Ζυγούς των 150 kV που αποτελούνται από σωλήνες χαλκού ή από αγωγούς που μοιράζουν το ρεύμα στον Υ/Σ. Ένας Υ/Σ μπορεί να έχει μια Πύλη ή Κυψέλη Μ/Σ 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.

Γι' αυτόν το λόγο υπάρχουν διάφορα συστήματα προστασίας, που όταν δουλέψουν θα απομονώσουν τον Μ/Σ Ισχύος. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στην προστασία των μετασχηματιστών, συνήθως στην πλευρά των 150 kV του Μ/Σ συνδέεται Ηλεκτροκίνητος Α/Ζ (Ασφαλειοαποζεύκτη) και Αυτόματος Διακόπτης 150 kV. Όμοια συνδέεται και στην πλευρά των 20 KV του Μ/Σ Αυτόματος Διακόπτης 20 kV. Οι διακόπτες αυτοί μπορεί να είναι Ελαιοδιακόπτες, Αεροδιακόπτες ή Διακόπτες πτωχού ελαίου. Η λειτουργία τους δηλαδή το άνοιγμα και το κλείσιμο τους μπορεί να γίνει αυτόματα δηλαδή με εντολές που θα πάρουν από τα ρελαί της προστασίας ή κατόπιν χειρισμού. Συνήθως οι Υ/Σ 150/20 kV έχουν ένα μόνιμο προσωπικό τους "επιτηρητές" του Υ/Σ που κάνουν τους αναγκαίους χειρισμούς και καταγράφουν τις ενδείξεις των οργάνων μέτρησης. Αναφέρουμε ότι, γενικά, οι διακόπτες 150 kV και 20 kV είναι διακόπτες ισχύος μάλιστα με ισχύ διακοπής πολύ μεγαλύτερη από το κανονικό φορτίο. Κι αυτό γιατί οι διακόπτες αυτοί θα διακόψουν κάποτε, μετά από εντολές των Η/Ν (Ηλεκτρονόμων) προστασίας, φορτίο σε στιγμή που έχει συμβεί βραχυκύκλωμα. Σημειώνεται ότι η Διεύθυνση Προγραμματισμού κάνει μελέτη βραχυκυκλωμάτων και καταγράφει τις τιμές των ρευμάτων σε τριφασικό και μονοφασικό προς γη βραχυκύκλωμα στο σημείο του Υ/Σ. Οι αναχωρήσεις των 20 KV αποτελούνται από ένα Διακόπτη 20 kV και από τρεις Α/Ζ 20 kV. Οι δύο Α/Ζ βρίσκονται εκατέρωθεν του Διακόπτη και ο τρίτος Α/Ζ δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης της αναχώρησης στους βοηθητικούς Ζυγούς των 20 kV. Όλα τα υλικά του εξοπλισμού και τα βοηθητικά για τις μετρήσεις και τις τηλεπικοινωνίες στηρίζονται ή ενώνονται με ειδικές σιδερένιες κατασκευές που αποτελούνται από δικτυώματα κατασκευασμένα από ελάσματα. Ενώ η μεταφορά του ρεύματος προς τη Διανομή γίνεται με κατάλληλες μπάρες χαλκού. Μέσα στο Κτίριο Ελέγχου του Υ/Σ στεγάζονται το προσωπικό του Υ/Σ, τα όργανα μετρήσεων, τα ρελαί προστασίας και τα βοηθητικά ρελαί, τα όργανα χειρισμών από απόσταση και οι βοηθητικές παροχές.

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

βασίζεται στις μονωτικές ικανότητες του αέρα αλλά σε αέριο υπό πίεση (SF<sub>6</sub>) ή και στερεά μονωτικά.

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 Υπαίθριου Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού. 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 απόξεση 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 A, που ονομάζεται Κεντρικός Διακόπτης της πύλης του Μ/Σ. Στην περίπτωση που έχει εγκατασταθεί στην πλευρά της υψηλής τάσεως έμβολο τεχνητού σφάλματος πρέπει να εγκατασταθεί οπωσδήποτε Κεντρικός Διακόπτης 20 kV. Οι διακόπτες των 20 kV διακρίνονται εκτός από την ονομαστική τους ένταση και για τους Μ/Σ Εντάσεως που φέρουν στους πόλους τους. Για τους κεντρικούς διακόπτες οι σχέσεις των Μ/Σ Εντάσεως δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία μια και δεν χρησιμοποιούνται και γ' αυτό το βραχυκυκλώνονται, εκτός εάν υπάρχει Διαφορική Προστασία Ζυγών. Συνήθως χρησιμοποιούνται διακόπτες με σχέσεις Μ/Σ.Ε. 2000/5 A και 950-720/0.58 A.
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 :
  - α. τα τρία αλεξικέραυνα στο δευτερεύον του Μ/Σ
  - β. οι δύο Μ/Σ τάσεως 20-15 kV/ 100 V σε σύνδεση ανοικτού τριγώνου, που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις
  - γ. 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
  - δ. Ο Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας 75 kVA για την τροφοδοσία των βοηθητικών φορτίων του Υ/Σ
  - ε. Ο πυκνωτής ζεύξεως και η κυματοπαγίδα που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες (φερέσυχνα)

Στους Υ/Σ μεταφοράς διακρίνουμε τα κυκλώματα:

1. Υψηλής (150 kV) ή Υπερυψηλής (380 KV) τάσης Ε.Ρ.
2. Μέσης Τάσης 20 kV (Στην περιοχή Αθήνας - Πειραιά είναι 22 kV). Σε σταθμούς παραγωγής η τάση αυτή είναι από 15 μέχρι 20 KV
3. Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ 220/3 80 Ε.Ρ.
4. Βοηθητικά κυκλώματα του Υ/Σ 110 V Σ.Ρ. Στους σταθμούς παραγωγής είναι 220 Σ.Ρ.
5. 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 κ.λ.π.

### 3.6 Εξοπλισμός υποσταθμού μεταφοράς

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται τα διάφορα μηχανήματα που βρίσκονται εγκατεστημένα στους ΥΣ μεταφοράς. Κατά την περιγραφή των μηχανημάτων θα δοθεί η ευκαιρία για κάτι περισσότερο από μια απλή περιγραφή και θα φανούν κάποια θεωρητικά στοιχεία που θα καταδείξουν τον προορισμό του μηχανήματος.

Επειδή σε πολλά μηχανήματα (διακόπτες ισχύος, αποζεύκτες κ.λπ.) ο κάθε κατασκευαστής δίνει δικό του τρόπο κατασκευής του μηχανήματος, θα δοθούν αντιπροσωπευτικοί τύποι μηχανημάτων και πάνω σε αυτούς θα αναπτυχθεί ο τρόπος λειτουργίας τους.

#### 3.6.1 Μετασηματιστής (Μ/Σ)

Η σημαντικότερη ηλεκτρική μηχανή στον ΥΣ είναι ο Μ/Σ. Ο Μ/Σ είναι μια ηλεκτρική μηχανή με σταθερά μέρη. 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 τυλίγμα που τροφοδοτούμε το ονομάζουμε πρωτεύον και αυτό από το οποίο παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια με μετασηματισμένη τάση, το ονομάζουμε δευτερεύον. Αν στο πρωτεύον η τάση είναι  $V_1$ , η ένταση του ρεύματος  $I_1$  και ο αριθμός σπειρών  $N_1$  και τα αντίστοιχα μεγέθη του δευτερεύοντος είναι  $V_2$ ,  $I_2$ ,  $N_2$ , τότε ισχύει:

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

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 είναι ειδικό λάδι μετασηματιστών. Μπορεί να είναι ορυκτέλαιο ή συνθετικό.

Τα κατασκευαστικά μέρη ενός Μ/Σ είναι:

- Το δοχείο του Μ/Σ που περικλείει τον πυρήνα, τα τυλίγματα και το λάδι του Μ/Σ
- Οι μονωτήρες Υ.Τ. και Μ.Τ. που χρησιμεύουν για την ασφαλή διέλευση του ρεύματος Υ.Τ. Στο σχήμα φαίνονται οι μονωτήρες διέλευσης Μ/Σ για τάσεις 35 kV και 400 kV.
- Το δοχείο διαστολής που χρησιμεύει για να δέχεται την αύξηση του όγκου του λαδιού όταν τούτο θερμαίνεται κατά τη λειτουργία του Μ/Σ.
- Το ψυγείο του λαδιού που χρησιμεύει για την ψύξη του λαδιού. Όταν τα τυλίγματα του Μ/Σ διαρρέονται από ρεύμα εκλύεται, λόγω φαινομένου Joule, θερμότητα (απώλειες χαλκού). Επίσης θερμότητα εκλύεται και από τον πυρήνα, λόγω κυκλοφορίας μέσα σ' αυτόν δινορρευμάτων (απώλειες σιδήρου). Πρέπει η εκλυόμενη θερμότητα να αποβάλλεται στο περιβάλλον για να μην πλησιάζει η θερμοκρασία του Μ/Σ σε επικίνδυνα όρια. Σε τούτο βοηθά 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 κυκλώματος διαιρούνται σε δύο τύπους :

1. Τον τύπο κελύφους (ή μανδύα), στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα είναι κελύφος που περιβάλλει το τύλιγμα και
2. Ο τύπος πυρήνα, στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα είναι πυρήνας περιβαλλόμενος από το τύλιγμα.

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

1. Η ονομαστική λειτουργία ενός μετασχηματιστή καθορίζεται από τα μεγέθη τα οποία δίνονται επί της πλάκας του κατασκευαστή
2. Η ονομαστική ικανότητα ενός μετασχηματιστή, είναι η ισχύς στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος, φαίνεται στην πλάκα και εκφράζεται σε Kilovoltampères (kVA)
3. 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
4. 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.
5. Τα ονομαστικά ρεύματα του μετασχηματιστή, πρωτεύον και δευτερεύον, φαίνονται επί της πλάκας αυτού και υπολογίζονται με βάση τις ονομαστικές τιμές της ισχύος και τάσεως. Στον υπολογισμό αυτόν σιωπηρώς παραδεχόμαστε ότι η ισχύς του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι η ίδια.

#### 3.6.1.1 Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών

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

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

Για να λειτουργήσουν οι μετασχηματιστές εν παραλλήλω υπό ιδανικές συνθήκες, πρέπει να εκπληρούν τους εξής όρους:

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.

Οι παραπάνω όροι έχουν γραφεί κατά σειρά σχετικής σπουδαιότητας.

### 3.6.1.2 Τυπικά Μεγέθη Μετασηματιστών Υποβιβασμού ΥΤ/ΜΤ

Οι εγκαταστημένοι σήμερα Μ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, εάν μεν είναι παλαιάς προελεύσεως έχουν ονομαστική μέση τάση 15,75KV ή 23KV (μόνο στην Περιφέρεια Αττικής), ενώ οι νεότεροι έχουν 15,75KV και 21KV ή μόνο 21KV. Όλες οι παραγγελίες νέων Μ/Σ γίνονται με πρόβλεψη δευτερεύουσας διπλής τάσεως, δηλαδή 15,75KV και 21KV, εντός των Μ/Σ περιοχής πρωτεύουσας που δεν χρησιμοποιείται η τάση των 15,75KV, καθώς και άλλων ειδικών περιπτώσεων όπου η παραγγελία γίνεται μόνο με πρόβλεψη δευτερεύουσας 21KV. Καταβάλλεται προσπάθεια από το Διαχειριστή Δικτύου ώστε να ολοκληρωθεί η μετάβαση στα δίκτυα ΜΤ διανομής από 15KV στα 20KV τόσο για λόγους οικονομικής λειτουργίας όσο και για την αποφυγή παραγγελιών Μ/Σ ΥΤ/ ΜΤ με διπλή δευτερεύουσα τάση που έχει σαν συνέπεια την αύξηση του κόστους τους.

### **3.6.2 Διακόπτες Ισχύος**

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

Το μέγεθος της ισχύος βραχυκυκλώσεως, την οποία μπορεί να διακόψει ο διακόπτης και ο χρόνος διακοπής, αποτελούν δύο βασικά χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος. Επίσης, ο χρόνος λειτουργίας του διακόπτη είναι εξαιρετικής σημασίας, για τα μεγάλα κυρίως δίκτυα διότι προστιθέμενος στο χρόνο λειτουργίας της προστασίας, από την οποία παίρνει την εντολή, δίνει το χρόνο εκκαθαρίσεως του σφάλματος, ή διατηρήσεως της ανωμαλίας στο σύστημα. Το σημαντικότερο καθήκον του διακόπτη είναι η διακοπή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως, γι' αυτό και η ικανότητα διακοπής, ένα από τα σπουδαιότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά του διακόπτη πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την ισχύ βραχυκύκλωσης του δικτύου στη θέση του διακόπτη.

Οι διακόπτες βασικά περιλαμβάνουν ένα ζεύγος επαφών, μια σταθερή και μια κινητή. Ένας μηχανισμός κινεί την κινητή επαφή για να κλείσει ή να διακόψει το κύκλωμα. Ο μηχανισμός μπορεί να είναι ένα απλό σωληνοειδές, ένας μηχανισμός φορτισμένου ελατηρίου, υδραυλικός μηχανισμός, μηχανισμός πνευματικός ή μικτός υδραυλικοπνευματικός. Όταν απαιτείται διακοπή του κυκλώματος ο μηχανισμός κινεί και απομακρύνει τις επαφές, μεταξύ των οποίων σχηματίζεται ένα ηλεκτρικό τόξο. Κύριο καθήκον λοιπόν του διακόπτη είναι να σβήσει το τόξο για να διακοπεί το ηλεκτρικό κύκλωμα. Η σβέση του τόξου επιτυγχάνεται με την εκτόξευση πάνω του ενός μέσου, δηλαδή μονωτικού ελαίου, πεπιεσμένου αέρα, ή άλλου αερίου μονωτικού μέσου, το οποίο χαρακτηρίζει και τον τύπο του διακόπτη. Έτσι οι κυριότεροι τύποι διακοπών ισχύος υψηλής και μέσης τάσεως είναι οι εξής :

- α. Διακόπτες ελαίου
  - β. Διακόπτες πτωχού ελαίου
  - γ. Διακόπτες πεπιεσμένου αέρα
  - δ. Διακόπτες εξαφθοριούχου θείου (SF<sub>6</sub>)
  - ε. Διακόπτες κενού.
- Τύποι διακοπών ισχύος

### 1. Αυτόματοι διακόπτες ελαίου

Είναι ο παλαιότερος τύπος διακοπών. Το έλαιο χρησιμοποιείται στους διακόπτες διότι 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. Έχει δύο επαφές για κάθε πόλο και ανοίγουν μέσα σε περιβάλλον λαδιού. Κατά το άνοιγμα των επαφών δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο. Στο χώρο του τόξου το λάδι υπερθερμαίνεται, δημιουργούνται φυσαλίδες και αυξάνει ο όγκος του απότομα. Τούτο προκαλεί τη γρήγορη κυκλοφορία του λαδιού (σάρωση) στο χώρο που δείχνουν τα βέλη. Το λάδι περνώντας με ταχύτητα μέσα από τις σχιστές πλάκες απομακρύνει τη παραγόμενη από το τόξο θερμότητα (ψύχει τις επαφές) αυξάνει την αντίσταση μεταξύ των επαφών και τόξο σβήνει γρήγορα. 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.

### 2. Αυτόματοι διακόπτες «πτωχού» ελαίου

Ο τύπος αυτός έδωσε λύση στο πρόβλημα κόστους των διακοπών ελαίου, αφού η ειδική του σχεδίαση επιτρέπει μεγάλο περιορισμό της ποσότητας του ελαίου που μολύνεται και ανθρακοποιείται κατά τη σβέση. Το λάδι όμως στους διακόπτες του τύπου αυτού χρησιμοποιείται μόνο για τη σβέση και δεν αποτελεί μόνωση. Η μόνωση εξασφαλίζεται από στερεά, συνθετικά ή φυσικά διηλεκτρικά υλικά (πορσελάνη, χαρτί, εποξειδική ρητίνη). Χρησιμοποιούνται συνήθως στην περιοχή 20-220 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. Με τον τρόπο αυτόν μια ολόκληρη περιοχή τάσεων, π.χ. 72.5 kV έως 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.

### 3. Αυτόματοι διακόπτες αέρα

Οι αυτόματοι διακόπτες αέρα κοστίζουν ακριβότερα από τους διακόπτες λαδιού. Υπερτερούν όμως στο ότι δεν χρειάζονται συντήρηση (αλλαγή λαδιού σε ορισμένα διαστήματα), στη μικρή μόλυνση του θαλάμου σβέσεως και στο ότι η διακοπή (το άνοιγμα των επαφών) γίνεται ταχύτερα. Ο αέρας μέσα στη δεξαμενή 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. Στις περισσότερες περιπτώσεις η πίεση του αέρα είναι 20-30 ata αλλά μπορεί να φτάσει και τα 60 ata. Μειονεκτήματα του τύπου αυτού είναι η θορυβώδης λειτουργία του και η σταθερή του ικανότητα σβέσεως, ανεξάρτητα από το διακοπτόμενο ρεύμα, πράγμα που 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.

### 4. 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 συνήθως μολύνει το χώρο της σβέσεως. Εξάλλου το SF<sub>6</sub> έχει πολύ καλές διηλεκτρικές ιδιότητες και για τις μικρές μόνο τάσεις είναι και το μονωτικό του διακόπτη. Σε σχέση με το διακόπτη πεπιεσμένου αέρα λειτουργεί σε χαμηλότερες πιέσεις και έχει μικρότερες διαστάσεις, αφού τα χαρακτηριστικά διακοπής του στις 15 ata, π.χ. αντιστοιχούν σε εκείνα που έχει ο πεπιεσμένος αέρας στις 50 ata. Επειδή το SF<sub>6</sub> είναι δαπανηρό δεν αφήνεται ελεύθερο στην ατμόσφαιρα αλλά διατηρείται σε κλειστό κύκλωμα, πράγμα που κάνει άλλωστε αθόρυβη τη λειτουργία του. Χρησιμοποιείται στις μέσες και υψηλές τάσεις. Ενώ μια τεχνική που εφαρμόζεται ευρύτερα στους διακόπτες SF<sub>6</sub> είναι η τεχνική τύπου φυσητήρα (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.

### 5. Αυτόματοι διακόπτες κενού

Ο διακόπτης κενού διαφέρει σημαντικά από τα άλλα είδη. Το τόξο αποτελείται από μεταλλικό «ατμό» προερχόμενο από το μέταλλο της καθόδου. Χαρακτηρίζεται από ικανότητα διακοπής υψηλής συχνότητας και πολύ υψηλό ρυθμό αποκαταστάσεως της διηλεκτρικής αντοχής μετά τη σβέση του τόξου. Το μέταλλο των επαφών, π.χ. βανάδιο, λαμβάνεται πρόνοια να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες φυσαλίδες που θα μπορούσαν να νοθεύσουν το κενό. Με την ταχύτητα του και τη μεγάλη του ικανότητα διακοπής βρίσκει εφαρμογή σε συνεχώς



υψηλότερες τάσεις καθώς παρακάμπτεται το εμπόδιο του μεγάλου του κόστους. Πράγματι, έχουν ήδη αναγγελθεί διακόπτες κενού για τα 138 kV, ενώ δοκιμάζονται για τα 760 kV και 40 kA.

Ο χώρος στον οποίο γίνεται η διακοπή σε έναν διακόπτη κενού είναι αυτός που βρίσκεται μεταξύ των επαφών, κατά μήκος των ίδιων των επαφών και ο χώρος μεταξύ των επαφών και του εσωτερικού μανδύα. Λόγω της σχετικά μεγάλης διηλεκτρικής αντοχής του κενού οι εσωτερικές διαστάσεις του διακόπτη μπορούν να είναι πολύ μικρές. Πρέπει όμως να εξασφαλίζεται και εξωτερική διηλεκτρική αντοχή και είναι αυτή που κυρίως καθορίζει το μήκος του μονωτήρα ενός διακόπτη.

### **3.6.3 Ζυγοί**

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

#### **3.6.3.1 Τύποι Ζυγών**

Τα κύρια συνιστούντα μέρη ενός εισερχόμενου ή εξερχόμενου κυκλώματος είναι οι γραμμές, οι κόμβοι, οι διακόπτες, μετασχηματιστές και απομονωτές. Ο πιο απλός τρόπος για να ενωθούν τέτοια κυκλώματα είναι η σύνδεση τους σε ένα απλό καλώδιο ή σε έναν ζυγό. Για να βελτιωθεί η ασφάλεια, να διευκολυνθεί η συντήρηση και να αυξηθεί η ευελιξία των χειρισμών στο σύστημα ηλεκτρικής ισχύος, οι ακόλουθες βασικές δομές ζυγών έχουν χρησιμοποιηθεί στους υποσταθμούς ηλεκτρικής ισχύος Υψηλής Τάσης :

- 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».

#### **3.6.3.2 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.

Όπως όμως είναι προφανές η πολυπλοκότητα του σχήματος των ζυγών αυξάνει, εκτός από το κόστος και την πιθανότητα βλάβης, πράγμα βέβαιο που εξαρτάται και από την κατασκευαστική τους διαμόρφωση. Είναι χαρακτηριστικό ότι η βελτίωση της ποιότητας του υλικού (και συνεπώς της συχνότητας των βλαβών) ωθεί τα τελευταία χρόνια προς απλούστερα σχήματα ζυγών, ιδίως στη ΜΤ. Στους Υποσταθμούς, όπου οι ζυγοί δεν αποτελούν ή δεν προορίζονται να αποτελέσουν μελλοντικά σημαντικούς κόμβους λειτουργίας του Συστήματος, αρκεί η κατασκευή απλών ζυγών λειτουργίας με δυνατότητα προσθήκης ζυγών μεταγωγής (TRANSFER). Στους παλαιούς Υ/Σ όπου έχουν χρησιμοποιηθεί έμβολα τεχνητού σφάλματος για την προστασία των Μ/Σ 150 KV/ Μ.Τ., γίνεται σταδιακά προσπάθεια αντικατάστασης τους με διακόπτες ισχύος. Σε ειδικές περιπτώσεις Υ/Σ που συνδέονται απευθείας με Γ.Μ. μεγαλύτερης σημασίας, προβλέπεται από την αρχή η εγκατάσταση κυψέλης ζεύξεως με αυτόματο διακόπτη, το ίδιο δε προβλέπεται και στις ζεύξεις ακτινικών Γ.Μ. που τροφοδοτούν ένα ή δύο ακραίους Υ/Σ και συνδέονται προσωρινά στους ζυγούς των Υ/Σ χωρίς διακόπτες.

### 3.6.3.3 Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά των Ζυγών

- Διαστάσεις ζυγών

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

- Χάλκινοι Αγωγοί

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

- Σφικτήρες

Υπάρχουν δύο ειδών σφικτήρες που χρησιμοποιούνται για τους χάλκινους σωλήνες

και τους χάλκινους αγωγούς : σταθεροί και ελαστικοί ή ολισθαίνοντες.

Η χρήση τους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπουν τη διαστολή των μάρων,

δηλαδή μεταξύ δύο σταθερών σφικτήρων πρέπει να τοποθετηθεί ελαστικός σφικτήρας και φυσικά στα. ελεύθερα άκρα των μάρων πάντοτε ολισθαίνοντες σφικτήρες.

### **3.6.4 Αποζεύκτες (AZ)**

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

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

Στην κατηγορία του αποζεύκτη μέσης τάσης ανήκουν και οι ασφαλειοαποζεύκτες. Αυτοί τοποθετούνται μπροστά από μικρούς μετασχηματιστές ισχύος (μέχρι 250KVA περίπου) ή 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.

### **3.6.5 Αλεξικέραυνα (ΑΞ)**

Τα ΑΞ προστατεύουν τις γραμμές μεταφοράς και τα μηχανήματα των υποσταθμών από υπερτάσεις που προκαλούνται είτε από κεραυνούς είτε από διάφορους χειρισμούς στα μηχανήματα του συστήματος.

Για την αποτελεσματική προστασία των μηχανημάτων πρέπει να υπάρχουν οι πιο κάτω βασικές απαιτήσεις:

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.

#### 3.6.5.1 Κατασκευαστικά στοιχεία αλεξικεραυνών

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

Το συγκρότημα τοποθετείται μέσα σε μονωτήρα από πορσελάνη και κλείνεται στεγανά. Η είσοδος υγρασίας μέσα στο χώρο του μονωτήρα είναι καταστρεπτική για το ΑΞ.

Τα ΑΞ πρέπει να έχουν τα κατάλληλα για κάθε περίπτωση χαρακτηριστικά για να ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στον προορισμό τους.

#### **3.6.6 Μονωτήρες**

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

##### 3.6.6.1 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 ώστε αφ ενός μεν να υπάρχουν τμήματα που να προστατεύονται από τη ρύπανση, αφ ετέρου δε να διευκολύνεται ο καθαρισμός της επιφάνειας από τη βροχή.

### 3.6.6.2 Μονωτήρες εσωτερικού χώρου

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

### **3.6.7 Κυματοπαγίδες - Σύστημα φερεσύχων**

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

Σε σημείο της γραμμής μεταφοράς διαβιβάζεται ρεύμα χαμηλής τάσης και υψηλής συχνότητας από ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές, ενώ αντίστοιχοι δέκτες που βρίσκονται στους σταθμούς και τους υποσταθμούς μπορούν να το δεχτούν.

Για την παρεμπόδιση της εισόδου του ρεύματος φερεσύχων στα μηχανήματα του υποσταθμού, τοποθετούνται κυματοπαγίδες (φίλτρα) που ενώ επιτρέπουν το πέρασμα του ρεύματος βιομηχανικής συχνότητας (50 Hz) εμποδίζουν το πέρασμα του ρεύματος υψηλής συχνότητας (έως 350 Hz) των φερεσύχων.

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

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

### **3.6.8 Πυκνωτές**

Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας συνεπάγεται την ταυτόχρονη κατανάλωση ενεργού και άεργης ενέργειας που και οι δυο μεταφέρονται με τα ηλεκτρικά δίκτυα μεταφοράς και διανομής.

Κατά τη μεταφορά τόσο της ενεργού όσο και της άεργης ηλεκτρικής ενέργειας προκαλούνται ταυτόχρονες απώλειες ενεργού και άεργου ενέργειας και παρουσιάζονται και ταυτόχρονες πτώσεις τάσης.

Τα κυριότερα μέσα παραγωγής άεργης ισχύος είναι οι πυκνωτές μέσης τάσης. Αυτοί τοποθετούνται σε συστοιχίες στους υποσταθμούς υποβιβασμού της υψηλής τάσης, στην πλευρά της μέσης τάσης και στις γραμμές διανομής όσο το δυνατό πιο κοντά στα φορτία. Οι συστοιχίες των πυκνωτών πραγματοποιούνται συνήθως με σχηματισμό κατάλληλων ομάδων από μονοφασικές ομάδες μικρής ισχύος που

συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά ή μεικτά. Οι συστοιχίες συνδέονται στο δίκτυο σε διάταξη αστέρα ή τριγώνου ανάλογα με τη τάση και το είδος του δικτύου. Σε γραμμές συνδεδεμένες κατά τρίγωνο ή γραμμές χωρίς γείωση χρησιμοποιούνται συνήθως συστοιχίες πυκνωτών συνδεδεμένες κατά τρίγωνο, ενώ σε γειωμένα συστήματα τεσσάρων αγωγών χρησιμοποιούνται συστοιχίες συνδεδεμένες κατά γειωμένο αστέρα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο**

### **ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ**

### **ΥΨΗΛΗΣ/ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ (Υ.Τ/ Μ.Τ )**

#### **4.1 Εισαγωγή**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι υποσταθμοί Υ.Τ/Μ.Τ σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιούν διάφορες λειτουργίες, όπως είναι ο υποβιβασμός της τάσης, οι μετρήσεις, η διακοπή των κυκλωμάτων και η προστασία των συστημάτων. Σε αυτούς εγκαθίστανται διάφορες ηλεκτρικές διατάξεις, όπως είναι οι Μ/Σ, οι ρυθμιστές τάσης, οι αποζεύκτες, οι διακόπτες ισχύος και τα αλεξικέραυνα. Γίνεται λοιπόν σαφές από τα προηγούμενα το πόσο σημαντική είναι η συντήρηση του εξοπλισμού του υποσταθμού Υ.Τ/Μ.Τ.

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται αναλυτικά όλες οι επιθεωρήσεις και οι τρόποι συντήρησης όλων των 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. Περιλαμβάνονται επίσης και κάποιες εκτιμήσεις σε ότι αφορά τη συχνότητα των επιθεωρήσεων. Η προτεινόμενη συχνότητα συντήρησης θα εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί ο υποσταθμός. Σε περιοχές με αυξημένη βιομηχανική μόλυνση ή σε παραθαλάσσιες περιοχές προτείνεται να γίνουν επιθεωρήσεις σε διάστημα μεταξύ 6 εβδομάδων και 2 μηνών. Συνήθως υπάρχουν μεγαλύτερα διαστήματα επιθεωρήσεων σε περιοχές με σχετικά πιο καθαρό περιβάλλον. Τέλος, με τις παραπομπές στα παραρτήματα δίνονται και κάποια πιο εξειδικευμένα παραδείγματα σε σχέση με τους χρόνους και τις διαδικασίες συντήρησης κάποιων συγκεκριμένων εξαρτημάτων.

#### **4.2 Μονωτήρες**

Οι μονωτήρες πρέπει να ελέγχονται για σημάδια μόλυνσης στην επιφάνειά τους και για φυσική φθορά (ράγισμα ή σπάσιμο). Κατά τη συντήρησή τους πρέπει να καθαρίζονται ή να αντικαθίστανται όταν διαπιστώνεται ότι είναι κατεστραμμένοι.

#### **4.3 Αγωγοί**

Οι αγωγοί πρέπει να ελέγχονται για υπερθέρμανση στα σημεία σύνδεσης. Η υπερθέρμανση δημιουργείται στις κοχλιωμένες συνδέσεις όταν δεν είναι καλά σφιγμένες οπότε και δημιουργούνται κηλίδες, ιδιαίτερα σε χάλκινους αγωγούς. Για τον έλεγχο της υπερθέρμανσης όταν ο υποσταθμός βρίσκεται σε λειτουργία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανιχνευτές υπερύθρων. Κατά τη διάρκεια μιας προληπτικής συντήρησης (όταν ο υποσταθμός είναι εκτός λειτουργίας) πρέπει να γίνεται ένας έλεγχος για τη σωστή σύσφιξη των συνδέσεων.

#### **4.4 Αποζεύκτες - Γειωτές**

Οι αποζεύκτες χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουμε ορατά ανοίγματα ώστε να είμαστε σίγουροι ότι το κύκλωμα στο οποίο θα γίνουν εργασίες είναι απομονωμένο. 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 το ταυτόχρονο κλείσιμό τους.

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

### **Επιθεώρηση- Συντήρηση**

Κατά τη συντήρηση ενός αποζεύκτη- γειωτή ελέγχονται τα παρακάτω:

- Ικριώματα 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 Γειώσεις**

Έλεγχος των συνδέσεων για διάβρωση, σύσφιξη των συνδέσεων, μέτρηση της αντίστασης γείωσης.

### **4.6 Περιβλήματα, περιφράξεις**

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

### **4.7 Συγκροτήματα διακοπών**

Συγκροτήματα διακοπών είναι εκείνος ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες: απόζευξη, διακοπή, έλεγχο, μετρήσεις, προστασία. Τα συγκροτήματα διακοπών βρίσκονται σε μεταλλικά περιβλήματα κλειστά από όλες τις πλευρές και η πρόσβαση σε αυτά γίνεται από πόρτες ή καλύμματα που βγαίνουν.



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

### **Συχνότητα επιθεωρήσεων**

Η συχνότητα συντήρησης εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και από τις συνθήκες λειτουργίας του συγκροτήματος, όπως ορίζει ο κατασκευαστής. Προτείνεται τουλάχιστον μία ετήσια επιθεώρηση όλου του συγκροτήματος.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο διεξαγωγής των επιθεωρήσεων είναι:

- α. Προγραμματισμένες διακοπές.
- β. Οι διακοπές εκτάκτου ανάγκης.
- γ. Οι περίοδοι μη φυσιολογικών συνθηκών λειτουργίας.
- δ. Η εμφάνιση σφαλμάτων.
- ε. Οι ακραίες καιρικές συνθήκες.
- στ. Ο αριθμός των χειρισμών.

Παρατίθενται παρακάτω τα υπό συντήρηση μέρη των συγκροτημάτων διακοπών.

#### **4.7.1 Περιβλήματα**

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

##### **4.7.1.1 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 επιθεώρηση πρέπει να ελέγχεται η ύπαρξη υγρασίας (σταγόνες) ή για σημάδια από προηγούμενη υγρασία (ίχνη από σκόνη, ίχνη ιζήματος, εκτεταμένη σκουριά, κ.α ) και πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την απομάκρυνσή της.

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

#### **4.7.2 Μονώσεις**

Τα συστήματα μόνωσης στα συγκροτήματα διακοπών είναι σχεδιασμένα να αντέχουν για 20 ως 30 χρόνια, υπό την προϋπόθεση ότι γίνεται η απαραίτητη συντήρηση. Η κύρια αιτία φθοράς της μόνωσης είναι ο συνδυασμός της υγρασίας

και σκόνης που δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για ηλεκτρικές διαπηδήσεις. Οι ηλεκτρικές διαπηδήσεις αφήνουν ίχνη στη μόνωση και την καταστρέφουν. Οι μονωμένες επιφάνειες πρέπει να ελέγχονται και να καθαρίζονται σε τακτικά χρονικά διαστήματα από τη σκόνη και τη βρωμιά που επικάθεται πάνω σε αυτές.

#### 4.7.2.1 Ηλεκτρικές καταπονήσεις

Οι ηλεκτρικές καταπονήσεις εμφανίζονται στις επιφάνειες των μονωτικών στοιχείων σαν διάβρωση από φαινόμενο κορώνα ή σαν ίχνη από άνθρακα.

Το φαινόμενο κορώνα στα συγκροτήματα διακοπών παρουσιάζεται στα μικρά διάκενα που υπάρχουν ανάμεσα στους ζυγούς υψηλής τάσης και στις γειτονικές του μονώσεις ή μεταξύ δύο γειτονικών μονωτήρων. Παρατηρείται ακόμη και γύρω από τις όχι καλά μονωμένες βίδες και σε αιχμηρές προεξοχές. Η φθορά από το φαινόμενο κορώνα σε οργανικά μονωτικά υλικά εμφανίζεται σαν μια άσπρη σκόνη. Το ίζημα αυτό θα πρέπει να απομακρύνεται με κατάλληλους διαλύτες. Σε μερικά υλικά φαίνεται σαν ξύλο φαγωμένο από σαράκι. Αν η διάβρωση του μονωτικού δεν έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό, μπορεί να επισκευαστεί.

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

#### 4.7.2.2 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) δημιουργούνται από χαλάρωση των κοχλιωμένων συνδέσεων στους ζυγούς, από τη δημιουργία κενού χώρου (dead air ) στις συνδέσεις των αγωγών, κ.α..

Οι υψηλές θερμοκρασίες πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν με άμεσο τρόπο. Συνήθως εντοπίζονται από τις φθορές που προκαλούν:

- α. Κηλίδωση –συνήθως ένα μαύρισμα- των υλικών.
- β. Ραγίσματα, σπασίματα και ξεφλούδισμα των βαμμένων επιφανειών.
- γ. Οι ταινίες και οι μονώσεις των καλωδίων γίνονται εύθραυστες.
- δ. Προκαλείται διαχωρισμός σε στρώματα.
- ε. Εμφανίζεται μια γενική απανθράκωση στα υλικά.
- στ. 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. Αυτή η μέθοδος περιγράφεται παρακάτω.

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

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

Περιβλήματα	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>
Θέρμανση	Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θερμαντήρων και θερμοστατών για καλή λειτουργία</li> </ul>
Εξαερισμός	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>
Φωτισμός	Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φωτιστικών και κυκλωμάτων για σωστή λειτουργία</li> </ul>
Μόνωση	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>

#### 4.8 Διακόπτες

Οι διακόπτες κυκλωμάτων εμφανίζονται σε συγκροτήματα διακοπών και είναι, είτε διακόπτες ισχύος, είτε διακόπτες φορτίου. Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται στη μέση τάση. Οι ασφάλειες είναι και αυτές, τυπικά, ένα είδος διακόπτη αλλά θα εξεταστούν ξεχωριστά. Οι διακόπτες διακόπτουν γρήγορα ένα σφάλμα που δημιουργείται στο κύκλωμα, περιορίζοντας τις συνέπειες του στη

μικρότερη δυνατή παρενόχληση στον υπόλοιπο εξοπλισμό. Η αποτυχία ενός διακόπτη να αποξεύξει ένα σφάλμα μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που προστατεύει.

Πριν ξεκινήσει η οποιαδήποτε εργασία συντήρησης, το προσωπικό θα πρέπει να προμηθεύεται και να διαβάζει προσεκτικά τα εγχειρίδια με τις οδηγίες των κατασκευαστών. Πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα προφύλαξης για να είναι σίγουρο, ότι ο διακόπτης είναι απενεργοποιημένος και ότι το κύκλωμα με το οποίο είναι συνδεδεμένος είναι σωστά ασφαλισμένο. Όλα τα κυκλώματα ελέγχου καθώς και οι μηχανισμοί επαναφοράς θα πρέπει να είναι απενεργοποιημένοι.

Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες διακοπών ισχύος: διακόπτες ισχύος με αέρα, με κενό, με λάδι, με SF<sub>6</sub>.

#### **4.8.1 Διακόπτες αέρος**

Παρακάτω γίνεται μια προσέγγιση της διαδικασίας συντήρησης σε διακόπτες αέρος.

##### 4.8.1.1 Μόνωση

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

##### 4.8.1.2 Επαφές

Το σημαντικό έργο που επιτελούν οι διακόπτες ισχύος εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τη σωστή λειτουργία των επαφών τους. Οι διακόπτες αέρος έχουν τουλάχιστον δύο ξεχωριστά σύνολα επαφών σε κάθε πόλο, τις κύριες επαφές και τις επαφές τόξου. Μερικοί έχουν και ένα ενδιάμεσο ζεύγος επαφών, που ανοίγει μετά τις κύριες επαφές και πριν τις επαφές τόξου. Όταν κλείνει ένας διακόπτης, πρακτικά, όλο το ρεύμα φόρτισης περνά από τις κύριες επαφές. Έτσι σε μεγάλες υπερφορτίσεις ή σε βραχυκύκλωμα, το ρεύμα περνά ανάμεσα από αυτές. Μια μεγάλη τιμή της αντίστασης διέλευσης των επαφών, θα δημιουργήσει οπές στις επιφάνειές τους, επικάλυψη 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 απόξευξης του διακόπτη. Κατά τη ζεύξη σε βραχυκύκλωμα, μπορεί στιγμιαία να μεταφέρουν ρεύμα αρκετά μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα απόξευξης. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει απόλυτη επαφή μεταξύ τους. Σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να καούν κατά τη διάρκεια διακοπής μεγάλων σφαλμάτων. Στους διακόπτες ισχύος βεβιασμένης ροής, το τόξο απομακρύνεται γρήγορα με τη βοήθεια ενός πεδίου βεβιασμένης ροής αέρα και το επιμηκύνει προς τα κεράτια που βρίσκονται στο θάλαμο σβέσης. Οι επαφές τόξου είναι αναλώσιμες και θα πρέπει να έχουν φθαρεί αρκετά, για να είναι απαραίτητη η αντικατάστασή τους.

#### 4.8.1.2.1 Συντήρηση των επαφών

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

α. Να διατηρούνται καθαρές και σωστά ευθυγραμμισμένες.

β. Να διατηρείται η πίεση σταθερή, όπως περιγράφουν οι κατασκευαστές.

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

Οι κινούμενες επαφές του διακόπτη όπως και οι σταθερές επαφές, πρέπει να καθαρίζονται και να επιθεωρούνται για σημάδια υπερθέρμανσης, για τη σωστή ευθυγράμμιση τους καθώς και για σπασμένα ή φθαρμένα ελατήρια. Οι επιφάνειες των επαφών θα πρέπει να επικαλύπτονται ελαφρά και με λιπαντικό. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει μόνο αν αποσυναρμολογηθεί ο διακόπτης (ειδικά για τους διακόπτες κενού, λαδιού και SF6 που δεν είναι προσιτές οι επαφές).

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

#### 4.8.1.2.2 Λειτουργικός χειρισμός για το σύγχρονο κλείσιμο και άνοιγμα των επαφών

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

#### 4.8.1.3 Μονάδα διακοπής του τόξου (θάλαμος σβέσης τόξου)

Οι σύγχρονοι θάλαμοι σβέσης των διακοπών ισχύος με βεβαιωμένη ροή αέρα, κατασκευάζονται μόνο από ανόργανα υλικά. Τέτοια υλικά ενισχύουν το στόμιο του θαλάμου και απαρτίζουν τους δίσκους ή αλλιώς πτερύγια του θαλάμου που

ενεργούν έτσι ώστε να ψύχουν και να επιμηκύνουν το τόξο. Τα μεμονωμένα τμήματα του θαλάμου παραμένουν κατά μήκος των επαφών. Κατά τη διάρκεια που οι επαφές είναι ανοικτές, αυτά τα μονωμένα τμήματα εκτίθενται σε πλήρες δυναμικό κατά μήκος του διακόπτη. Η δυνατότητα να αντέχει η μόνωση σε ένα τέτοιο δυναμικό, εξαρτάται από τη συντήρηση που γίνεται σε αυτή.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται για να διατηρείται το συγκρότημα του θαλάμου στεγνό. Τα περισσότερα υλικά δεν επηρεάζονται τόσο πολύ από την υγρασία, εκτός από τα κεραμικά υλικά, τα οποία έχουν το χαρακτηριστικό να απορροφούν νερό.

### 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 :

α. Σπασμένα ή Ραγισμένα μέρη : Μικρά σπασμένα κομμάτια του κεραμικού ή μικρά ραγίσματα δεν επηρεάζουν την απόδοση λειτουργίας του θαλάμου σβέσης.

β. 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.

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

Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη βρωμιά που υπάρχει στις πλαστικές επιφάνειες κάτω από το κεραμικό προστατευτικό του τόξο. 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 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.

#### 4.8.1.4 Μηχανισμός λειτουργίας

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

#### 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.

#### 4.8.1.5 Βοηθητικά κυκλώματα του διακόπτη.

##### **Επιθεώρηση-Συντήρηση**

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

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

Στο Παράρτημα Α αναφέρονται ενδεικτικά και τα διαστήματα συντήρησης για συγκεκριμένους τύπους διακοπών.



#### 4.8.1.6 Παράδειγμα : μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη αέρος

##### Διακόπτες αέρος 150 KV

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

#### **4.8.2 Διακόπτες κενού**

Η βασική διαφορά μεταξύ των διακοπών κενού και αέρα βρίσκεται στις κύριες επαφές και στο μηχανισμό σβέσης του τόξου. Στους διακόπτες κενού, τα παραπάνω μέρη βρίσκονται σε ένα κενό θάλαμο και δεν μπορούν να αποσυναρμολογηθούν για να γίνει καθαρισμός, επισκευή ή ρύθμιση. Υπάρχουν διάφορα όργανα για τον έλεγχο και την μέτρηση της φθοράς στις επαφές.

#### **Επιθεώρηση-Συντήρηση**

- Η πληρότητα του κενού μπορεί να ελεγχθεί, εφαρμόζοντας μια τάση δοκιμής κατά μήκος του διακένου των ανοικτών επαφών που βρίσκονται μέσα στο δοχείο. Αυτή η δοκιμή θα πρέπει να εφαρμόζεται, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζουν οι κατασκευαστές. *Η εφαρμογή υψηλής τάσης κατά μήκος των ανοικτών επαφών σε δοχεία κενού μπορεί να προκαλέσει την δημιουργία ακτινοβολίας-χ.* Το επίπεδο της Χ-ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα διακόπτη κενού, όταν το διάκενο μεταξύ των επαφών είναι το σωστό και όταν αυτό εκτίθεται σε επιτρεπτά επίπεδα τάσεων δοκιμής, είναι εξαιρετικά μικρό και αρκετά κάτω από το επιτρεπόμενο όριο που καθορίζουν οι κανονισμοί. Επειδή όμως υπάρχει η πιθανότητα οι επαφές να μην έχουν ρυθμιστεί σωστά ή οι τάσεις δοκιμής που εφαρμόζονται να είναι μεγαλύτερες από τις προβλεπόμενες, είναι σκόπιμο κατά την διάρκεια των δοκιμών το προσωπικό να βρίσκεται πίσω από προστατευτικά κιγκλιδώματα και να παραμένει μακριά από τον διακόπτη, για λόγους προστασίας. Κατά την διάρκεια αυτής της δοκιμής η ασπίδα προστασίας του διακόπτη, μπορεί να απαιτεί ηλεκτροστατική φόρτιση, εξαιτίας των ατμών που δημιουργούνται μέσα στο θάλαμο σβέσης. Η παραπάνω φόρτιση θα πρέπει να απομακρύνεται αμέσως μετά το πέρας της δοκιμής.

- Όλες οι υπόλοιπες διαδικασίες συντήρησης που πρέπει να συντελούνται πάνω στους διακόπτες κενού, είναι ίδιες με αυτές που συστήνονται για τους διακόπτες αέρα.

### **4.8.3 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

#### **4.8.3.1 Μόνωση**

Η εξωτερική μόνωση ενός διακόπτη λαδιού εξασφαλίζεται με τους μονωτήρες διέλευσης. Οι διακόπτες λαδιού εξωτερικού χώρου κατασκευάζονται με περίβλημα από πορσελάνη, ενώ οι εσωτερικού χώρου μπορεί να έχουν περίβλημα από πορσελάνη ή από κάποιο άλλο οργανικό υλικό. Οι μονωτήρες διέλευσης θα πρέπει να εξετάζονται για ενδείξεις κάποιας καταστροφής ή για ακαθαρσίες στην επιφάνεια τους. Αν το πορσελάνινο περίβλημα έχει υποστεί καταστροφή, η έρπουσα διαδρομή θα μειωθεί λόγω της φθοράς στο μονωτικό και τότε θα πρέπει να γίνει η αντικατάσταση του. Σε διαφορετική περίπτωση πρέπει να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός για να απομακρυνθούν οι βρωμιές από την επιφάνεια.

Το λάδι, εκτός από την μονωτική ιδιότητα που έχει, δρα και σαν μέσο σβέσης του ηλεκτρικού τόξου που παράγεται, εξαιτίας των ρευμάτων που εμφανίζονται σε σφάλματα. Κατά την διάρκεια αυτής της διεργασίας, απορροφά τα παράγωγα του τόξου και επιδέχεται σε κάποιο βαθμό αποσύνθεση. Για αυτό το λόγο η συντήρηση του λαδιού είναι καθοριστικής σημασίας. Περιλαμβάνει την ανίχνευση και την διόρθωση της κατάστασης που βρίσκεται το λάδι, για να μην μειωθεί η ποιότητα του.

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

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

Κατά την αντικατάσταση του λαδιού, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο το λάδι που συστήνουν οι κατασκευαστές και αυτό που βρίσκεται μέσα σε σφραγισμένα κουτιά. Επιπλέον θα πρέπει να γίνεται δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής του, προτού χρησιμοποιηθεί. Πρέπει να αποφεύγεται η εισαγωγή αέρα κατά την διαδικασία της προσθήκης του λαδιού, γιατί αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία φυσαλίδων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση μιας αντλίας λαδιού ή με άλλα μέσα. Στην πραγματικότητα, δεν μπορούμε να αποφύγουμε την δημιουργία των φυσαλίδων και για αυτό θα πρέπει να τις αφαιρούμε εφαρμόζοντας ένα κενό αέρος ή αλλιώς θα πρέπει να αφήνουμε το λάδι να "κάτσει" για 8 με 12 ώρες, προτού θέσουμε σε λειτουργία τον διακόπτη.

#### 4.8.3.2 Επαφές

Οι κύριες επαφές ενός διακόπτη λαδιού δεν είναι εύκολα προσιτές κατά την διάρκεια μιας συνηθισμένης επιθεώρησης. Θα πρέπει να γίνεται μέτρηση της αντίστασης διέλευσης των επαφών για να διαπιστώσουμε αν γίνεται σωστά η ένωση τους, με την βοήθεια ενός ωμομέτρου μικρής κλίμακας (ducter). Μια εκτεταμένη συντήρηση στις κύριες επαφές μπορεί να απαιτεί την αφαίρεση του λαδιού και το κατέβασμα του δοχείου. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να γίνει τόσο συχνά, δηλαδή κατά την διάρκεια μιας συντήρησης ρουτίνας. Η παραπάνω συχνότητα θα καθοριστεί από την απόδοση του διακόπτη καθώς και από άλλα χαρακτηριστικά, όπως είναι ο αριθμός των χειρισμών και η τιμή του ρεύματος λειτουργίας. Κάθε φορά που ένας διακόπτης αποζεύξει ένα σφάλμα κοντά ή πάνω από τις μέγιστες τιμές του, θα πρέπει να πραγματοποιείται κάποια 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.

#### 4.8.3.3 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.

#### 4.8.3.4 Μηχανισμός λειτουργίας

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

#### 4.8.3.5 Βοηθητικές συσκευές

Η συντήρηση των βοηθητικών συσκευών εκτελείται με τον ίδιο τρόπο, όπως αναφέρεται και στους διακόπτες αέρος. Επίσης πρέπει να γίνεται επιθεώρηση και σε άλλα εξαρτήματα, όπως είναι οι μετρητές της στάθμης του λαδιού, οι γυάλινοι δείκτες για τον οπτικό έλεγχο, οι βαλβίδες, τα δοχεία, οι αναπνευστήρες και το περίβλημα του δοχείου λαδιού. 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.

Συνοπτικά αναφέρονται τα μέρη στα οποία διεξάγεται επιθεώρηση και συντήρηση στους διακόπτες λαδιού 150 KV και 20 KV.

Στο Παράρτημα Α αναφέρονται ενδεικτικά και τα διαστήματα συντήρησης για συγκεκριμένους τύπους διακοπών.

#### 4.8.3.6 Παράδειγμα : μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη λαδιού

##### Διακόπτες λαδιού 150 KV

- Αντίσταση θέρμανσης.
- Μονωτήρες διέλευσης.
- Δείκτης λαδιού.
- Απιονιστικές σχάρες.
- Κύριες και βοηθητικές επαφές.
- Βοηθητικά κυκλώματα ελέγχου.
- Η/Ν προστασίας και Μ/Σ έντασης.
- Καλώδια και μπάρες.
- Πρεσσοστάτες.
- Ηλεκτροβαλβίδες.
- Μηχανισμός μετάδοσης κίνησης.
- Συστήματα μανδάλωσης και σήμανσης.
- Ικρίωματα, μεταλλικές επιφανείες.
- Ελατήρια για το κλείσιμο και το άνοιγμα.

##### Διακόπτες λαδιού 20 KV

- Κύριες και βοηθητικές επαφές.
- Δείκτης λαδιού.
- Βοηθητικά κυκλώματα.
- Η/Ν προστασίας και Μ/Σ έντασης.
- Ελατήρια για το κλείσιμο και το άνοιγμα.
- Απιονιστικές σχάρες.
- Μονωτήρες διέλευσης.
- Κοχλίες και φλάντζες στεγανοποίησης,
- Γειώσεις.
- Αντίσταση θέρμανσης, θερμοστάτες.
- Μεταλλικές επιφάνειες.
- Μηχανισμός λειτουργίας.
- Συστήματα μανδάλω/ιης και σήμανσης.

#### **4.8.4 Διακόπτες SF6 20 KV**

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

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

### Ετήσια συντήρηση

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

### 12ετής συντήρηση

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

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

#### **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 μανδαλώσεις στις εισόδους πρόσβασης ή στους πίνακες, ώστε να αποτρέπεται ο χειρισμός των διακοπών όταν είναι κλειστοί ("εντός").

### Επιθεώρηση-Συντήρηση

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

να γίνεται αποσύνδεση και αποσυναρμολόγηση του διακόπτη. Διηλεκτρικές δοκιμές δεν απαιτούνται κατά την συντήρηση.

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

Παρακάτω δίνονται κάποιες δοκιμές που γίνονται στους διακόπτες, κατά τη διαδικασία συντήρησης, που αποσκοπούν στη μέτρηση της αντίστασης μόνωσης, στη μέτρηση της αντίστασης διέλευσης των επαφών και στον έλεγχο του σύγχρονου ανοίγματος και κλεισίματος των επαφών του διακόπτη.

##### 4.8.6.1 Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης

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

Κατάσταση Λόγος 60:30 (σε sec) Λόγος 10:1 (σε λεπτά) Επικίνδυνη—  
Μικρότερος από 1 Κακή Μικρότερος από 1,1 Μικρότερος από  
1,5 Αμφισβητήσιμη Από 1,1 έως 1,25 Από 1,5 έως 2 Αρκετά καλή Από 1,25  
έως 1,4 Από 2 έως 3 Καλή Από 1,4 έως 1,6 Από 3 έως 4 Αριστη Πάνω από  
1,6 Πάνω από 4

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

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

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

#### 4.8.6.3 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. Γίνεται με την 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. Δίνει επιπλέον πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό προβλημάτων όπως είναι η χαλάρωση του ελατηρίου επαναφοράς, ελαττωματικά αμορτισέρ, αεριοφυλάκια και 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 αναφέρθηκε προηγουμένως.

### **4.9 Ασφάλειες Μ.Τ**

Οι ασφάλειες Μ.Τ. αποτελούνται από πολλά κατασκευαστικά τμήματα, που μερικά φέρουν ενώ άλλα δεν φέρουν ρεύμα. Χρησιμοποιούνται για προστασία από βραχυκυκλώματα και όχι από υπερφορτίσεις. Μπορεί να είναι εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Αυτές οι ασφάλειες μπορεί να έχουν χαρακτηριστικά περιορισμού του ρεύματος ή όχι, το τηκτό τους μπορεί να βρίσκεται μέσα σε σκόνη ή υγρό, ή να είναι τύπου εκτόνωσης.

Πολλές φορές οι ασφάλειες χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με διακόπτες φορτίου ή αποζεύκτες.

Η συχνότητα των επιθεώσεων 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**

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

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

#### **4.10 Αλεξικέραυνα**

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

##### **4.10.1 Τύποι αλεξικέραυνων**

Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες αλεξικέραυνων: Τα αλεξικέραυνα τύπου μη γραμμικής αντίστασης ή αλλιώς "τύπου βαλβίδας" και τα αλεξικέραυνα τύπου εκτόνωσης.

Ο πρώτος τύπος αποτελείται από πολλά διάκενα εν σειρά στα οποία τοποθετείται μια μη γραμμική αντίσταση.

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

#### **Επιθεώρηση-Συντήρηση**



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

#### **4.11 Πυκνωτές**

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

##### **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 χρησιμοποίησή 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**

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

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

#### **4.12 Συσσωρευτές μολύβδου και φορτιστές**

Οι συσσωρευτές (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**

- Οι συσσωρευτές πρέπει να επιθεωρούνται για να υπάρχει η σωστή στάθμη και η κατάλληλη πυκνότητα στον ηλεκτρολύτη. Χαμηλές ενδείξεις της πυκνότητας, υποδηλώνουν χαμηλή φόρτιση. Αν 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. Αν όλα τα στοιχεία έχουν αρκετά χαμηλές ενδείξεις (μέσα στους 50 βαθμούς) η μπαταρία πρέπει να φορτιστεί, αφού ελεγχθεί πρώτα η σωστή λειτουργία του φορτιστή. Υπάρχει περίπτωση όταν είναι χαμηλή η στάθμη του ηλεκτρολύτη, να φαίνεται υψηλό το ποσοστό φόρτισης. Κάτι τέτοιο θα πρέπει να οδηγήσει σε έλεγχο για το αν οι ρυθμίσεις του φορτιστή είναι ίδιες με τις αντίστοιχες κατασκευαστικές ρυθμίσεις, για την συγκεκριμένη μπαταρία.
- Το πάνω μέρος των μπαταριών θα πρέπει να διατηρείται καθαρό. Οι επιφανειακές ακαθαρσίες μπορεί να προκαλέσουν διαρροές ρεύματος που γίνονται εμφανείς από τα υπολείμματα που συγκεντρώνονται στις μπαταρίες και τους φορτιστές.

- Οι πόλοι, στους οποίους συνδέονται οι ακροδέκτες πρέπει να είναι καθαροί και χωρίς διάβρωση. Αν είναι διαβρωμένοι θα πρέπει να αφαιρούνται για να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός με διττανθρακική σόδα.
- Οι ορθοστάτες των μπαταριών και οι απολήξεις των καλωδίων πρέπει επίσης να καθαρίζονται σχολαστικά. Αν χρησιμοποιείται καλώδιο "πλεξούδα", είναι ενδεδειγμένο να κόβεται η διαβρωμένη άκρη του. Αν κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό, θα πρέπει να χωρίζεται και να καθαρίζεται εσωτερικά.
- Αν υπάρχει συγκεντρωμένη σκόνη στον φορτιστή, αυτή θα πρέπει να απομακρύνεται με αέρα ή με ένα πανί. Οι οπές εξερισμού θα πρέπει να είναι καθαρές.
- Οι συνδέσεις των ακροδεκτών πρέπει να ελέγχονται για την σύσφιξη τους.
- Όλα τα ρελέ, οι λυχνίες ή οι κόρνες που δείχνουν μη φυσιολογικές καταστάσεις, π.χ. σφάλματα γης, απώλεια τροφοδοσίας και εμφάνιση υψηλής ή χαμηλής τάσης, θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά για να εξασφαλιστεί ότι λειτουργούν σωστά.
- Κατά την διάρκεια των διακοπών λόγω συντήρησης, μπορεί να υπάρχουν στιγμές που να είναι απαραίτητη η παροχή προσωρινής τροφοδοσίας στον φορτιστή.

### **ΠΡΟΣΟΧΗ**

Όταν μια μπαταρία φορτίζεται παράγει και εκβάλλει ένα μίγμα αερίων που αποτελείται από οξυγόνο και υδρογόνο και το οποίο είναι πολύ εκρηκτικό. Σπινθήρες ή φλόγες δεν θα πρέπει να δημιουργούνται κοντά στις μπαταρίες. Ο χώρος ή το περίβλημα μέσα στο οποίο τοποθετούνται οι μπαταρίες πρέπει να αερίζεται καλά, ενώ το κάπνισμα θα πρέπει να απαγορεύεται.

Συνοπτικά αναφέρονται οι προτεινόμενες διαδικασίες συντήρησης και επιθεώρησης των φορτιστών και των συσσωρευτών. (Να σημειωθεί ότι τα χρονικά διαστήματα είναι ενδεικτικά. Οι λειτουργικές και περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να επιβάλουν να γίνεται πιο συχνά μια προληπτική συντήρηση και επιθεώρηση)

	<b>Κάθε μήνα</b>	<b>Κάθε χρόνο</b>	<b>Κάθε 3 χρόνια</b>
<b>Συσσωρευτές</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</li> </ul>	<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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αντικατάσταση του ηλεκτρολύτη</li> <li>• Αντικατάσταση των στοιχείων, αν είναι βραχυκυκλωμένα</li> </ul>

	<p>πόλων και επάλειψη με βαζελίνη</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Σύσφιξη των ακροδεκτών</li> </ul>		
Φορτιστές	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Γίνεται μια γενική οπτική επιθεώρηση και καθαρισμός από την σκόνη και βρωμιά</li> </ul>	<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>	

#### 4.13 Μ/Σ μετρήσεων και Βοηθητικοί Μ/Σ

Οι Μ/Σ μετρήσεων και οι βοηθητικοί Μ/Σ μπορεί και να χρησιμοποιούνται σε υπαίθριους χώρους, παρόλο που 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 παραπάνω Μ/Σ είναι παρόμοιοι με τους Μ/Σ με μονωτικό λάδι και είναι εφοδιασμένοι με μονωτήρες διέλευσης. Για αυτό τον λόγο εφαρμόζονται και εδώ οι ίδιες οδηγίες για την συντήρησή τους.

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

#### Επιθεώρηση-Συντήρηση

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

- Τυλίγματα: Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.
- Γειώσεις: Έλεγχος ακεραιότητας του συστήματος γείωσης.
- Μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διάβρωση, καθαρισμός και βάψιμο αν απαιτείται.

#### **4.14 Μανδαλώσεις και μηχανισμοί ασφαλείας**

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

#### **Επιθεώρηση-Συντήρηση**

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

#### **4.15 Συναγερμοί**

Οι συναγερμοί που έχουν σχέση με την υπερθέρμανση των Μ/Σ, την υψηλή ή την χαμηλή πίεση του λαδιού σε διακόπτες ή Μ/Σ, την διέγερση των διακοπών ισχύος, τα τυχαία σφάλματα γης σε υπόγεια συστήματα και γενικά με ανεπιθύμητες καταστάσεις που συμβαίνουν στα συστήματα, θα πρέπει να δοκιμάζονται κατά περιόδους ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.

#### **4.16 Σημάνσεις**

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

#### **4.17 Μετασχηματιστές ισχύος**

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.

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

Οι Μ/Σ μπορούν γενικά να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, (1) ανάλογα με το είδος της μόνωσης και (2) ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους: σε αυτούς που έχουν το λάδι σαν μονωτικό μέσο και σε αυτούς που είναι ξηρού τύπου. Γενικά οι διάφορες δοκιμές για τον προσδιορισμό της μόνωσης, όπως είναι η μέτρηση του συντελεστή ισχύος και η μέτρηση της αντίστασης της μόνωσης καθώς και διάφορα διαγνωστικά τεστ όπως είναι η μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων και η μέτρηση των ρευμάτων διέγερσης, είναι και από τα κυριότερα τεστ συντήρησης για όλες τις κατηγορίες των Μ/Σ. Επιπρόσθετα σε Μ/Σ λαδιού πρέπει να γίνονται και δοκιμές για τον προσδιορισμό της ποιότητας του λαδιού.

##### **4.17.1 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. Ο πρώτος είναι ότι αποτελεί μονωτικό μέσο και ο δεύτερος ότι μεταφέρει την θερμότητα μακριά από τα τυλίγματα, με σκοπό να την διασκορπίσει στην επιφάνεια του δοχείου και στα ψυγεία.

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

#### **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:

1. Φυσικής αναπνοής (τοποθετούνται κυρίως σε υπαίθριους ΥΣ).
2. Περιορισμένης αναπνοής (τοποθετούνται κυρίως σε υπαίθριους ΥΣ μέσω ανθυγραντικών στοιχείων (silica gel))
3. Με δοχείο διαστολής ( η έκθεση του λαδιού στον αέρα περιορίζεται από το δοχείο).
4. Με στεγανοποιημένο δοχείο (ο χώρος πάνω από το λάδι" προστατεύει από τις εσωτερικές πιέσεις)
5. Με στεγανοποιημένο δοχείο που έχει μέσα αέριο.
6. 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:

1. Με φυσική ροή αέρα (ΟΑ).
2. Με βεβιασμένη ροή αέρα (FA) που γίνεται με ανεμιστήρες πάνω από τις επιφάνειες ψύξης.
3. Με βεβιασμένη ροή αέρα και βεβιασμένη ροή λαδιού όπου μια αντλία οδηγεί το λάδι σε εναλλάκτες θερμότητας.
4. 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 την θέση του Μ/Σ μέσα στο σύστημα, από το περιβάλλον λειτουργίας και από τις συνθήκες φόρτισης. Τα τυπικά στοιχεία που καταγράφονται από τα αποτελέσματα των τακτικών επιθεωρήσεων, μπορεί να περιλαμβάνουν το ρεύμα και την τάση φόρτισης, την στάθμη και την θερμοκρασία του λαδιού, την θερμοκρασία των τυλιγμάτων, την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τον εντοπισμό τυχόν διαρροών καθώς και άλλες καταστάσεις.

Πρέπει να τηρούνται μόνιμα αρχεία από τις μετρήσεις. Αυτό συμβάλλει στο να υπάρχουν πάντα κάποια στοιχεία από τις μετρήσεις, με τα οποία μπορούν να γίνουν συγκρίσεις με τις παλιότερες τιμές.

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

Η καταγραφή του ρεύματος φόρτισης αποτελεί ένα πολύ σημαντικό τμήμα μιας τακτικής επιθεώρησης. Οι μετρήσεις των τιμών πρέπει να λαμβάνονται στις αιχμές των φορτίων. Αν σε κάθε φάση που ελέγχεται, το ρεύμα έχει τιμή μεγαλύτερη από την ονομαστική του, σε πλήρες φορτίο, και αν η θερμοκρασία

είναι μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη, θα πρέπει να μειωθεί το φορτίο. Αύξηση ή μείωση της τάσης, μπορεί να είναι επιβλαβής για τον Μ/Σ και το φορτίο του. Οι αιτίες που προκαλούν τις παραπάνω καταστάσεις, πρέπει να διερευνούνται και να διορθώνονται αμέσως, για να είναι η τάση μέσα στα προβλεπόμενα όριά της.

#### 4.17.1.1.2 Καταγραφή της θερμοκρασίας

Οι Μ/Σ ρυθμίζονται για να μεταφέρουν το ονομαστικό τους φορτίο σε KVA με μια αύξηση στη θερμοκρασία του, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος βρίσκεται σε σταθερό επίπεδο. Οι ακριβείς τιμές της βρίσκονται πάνω στην πινακίδα του Μ/Σ. Για παράδειγμα ένας Μ/Σ λαδιού έχει την δυνατότητα να αυξήσει την θερμοκρασία του έως τους 65° C όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά μέσο όρο όλο το 24ωρο είναι 30°.

Χαρακτηριστικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τον κανονισμό IEC 76-Π/ 67 η μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία του λαδιού στο πάνω μέρος ενός Μ/Σ με δοχείο διαστολής είναι 100°C ,ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στο θερμότερο σημείο των τυλιγμάτων (hot spots) είναι 105°C. Και στις δύο περιπτώσεις θεωρείται ότι υπάρχει μια μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος με τιμή 40°C.

Αν ο Μ/Σ έχει μετρητές θερμοκρασίας, αυτές οι τιμές θα πρέπει να λαμβάνονται σε τακτικά διαστήματα και να καταγράφονται σε αρχεία. Οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται στις αιχμές των φορτίων. Αν ο μετρητής έχει και δείκτη που δείχνει την μέγιστη θερμοκρασία που έχει παρουσιάσει κατά την λειτουργία του, αυτή θα πρέπει να καταγράφεται. Η υπερβολική θερμοκρασία είναι αποτέλεσμα κάποιας υπερφόρτιση ή κάποιου προβλήματος στο σύστημα ψύξης. Η συνεχής λειτουργία σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών, θα επιταχύνει την αποσύνθεση του λαδιού με μακροχρόνιο αποτέλεσμα την μείωση της ζωής της μόνωσης ή θα μεγαλώσει την πιθανότητα εμφάνισης σφαλμάτων. Σε μερικές εγκαταστάσεις η συνεχής παρακολούθηση για υπερθέρμανση επιτυγχάνεται με ειδικές σημάνσεις που τοποθετούνται στον μετρητή θερμοκρασίας.

#### 4.17.1.1.3 Δείκτες για την στάθμη του λαδιού και μετρητές της πίεσης

Η στάθμη του λαδιού θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά σε στιγμές χαμηλών φορτίσεων και με χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, αφού μόνο τότε η στάθμη είναι η χαμηλότερη. Είναι σημαντικό να γίνεται προσθήκη λαδιού προτού πέσει η στάθμη κάτω από το επιτρεπτό όριο. Αν ο Μ/Σ δεν είναι εφοδιασμένος με δείκτη για την στάθμη του λαδιού, αυτή μπορεί να ελεγχθεί αφαιρώντας την πλάκα ελέγχου που υπάρχει στο πάνω μέρος του ή αν δεν υπάρχει, αφαιρώντας ολόκληρο το πάνω μέρος. Πριν γίνει ο παραπάνω έλεγχος, ο Μ/Σ θα πρέπει να βγαίνει εκτός λειτουργίας.

Μετρητές πίεσης (πρεσοστάτες) συνήθως υπάρχουν σε στεγανοποιημένους Μ/Σ και είναι πολύτιμες συσκευές. Οι περισσότεροι Μ/Σ αυτού του τύπου, έχουν την δυνατότητα εγκατάστασης τέτοιων συσκευών. Οι μετρήσεις που παίρνονται πρέπει να συγκρίνονται με αυτές που προτείνουν οι κατασκευαστές, για την κανονική λειτουργία. Οι υψηλές πιέσεις δείχνουν ότι υπάρχει υπερφόρτιση ή



κάποιο εσωτερικό πρόβλημα, το οποίο θα πρέπει να ερευνάζεται αμέσως. Αντίθετα μια ένδειξη μηδενικής πίεσης μπορεί να οφείλεται σε πρόβλημα του μετρητή.

#### 4.17.1.1.4 Ανάλυση του λαδιού

**α.** 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. Οι παραπάνω δοκιμές αναλύονται παρακάτω. Για άλλα μονωτικά υγρά πρέπει να ακολουθούνται ιδιαίτερες κατασκευαστικές οδηγίες.

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

#### *Συντήρηση του λαδιού*

Αν κάποιο από τα παραπάνω τεστ δείξει ότι τα λάδι δεν βρίσκεται σε καλή κατάσταση, μπορεί να γίνει αφύγρανση και αποκατάσταση του ή αλλιώς αντικατάσταση. Η αφύγρανση είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την απομάκρυνση της υγρασίας και των στερεών καταλοίπων με διάφορους μηχανικούς τρόπους, όπως είναι το φιλτράρισμα, η μέθοδος φυγοκέντρισης ή η μέθοδος αφαίρεσης της υγρασίας υπό κενό. Η αποκατάσταση περιλαμβάνει την απομάκρυνση των όξινων και κολλοειδών στοιχείων καθώς και τα παράγωγα της οξειδωσης με χημικά και απορροφητικά μέσα όπως είναι η εισαγωγή σαπυνοπηλού μέσα στο λάδι είτε μόνο του, είτε με άλλα συστατικά. Προτού γίνει η αντικατάσταση του λαδιού, θα πρέπει γίνεται αποστράγγιση, καλό πλύσιμο του δοχείου, δοκιμές, ενώ το παλιό λάδι θα πρέπει να αποθηκεύεται μέσα σε ειδικά βαρέλια.

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις αναλύσεις και τους ελέγχους που γίνονται στα μονωτικά λάδια υπάρχουν στο Παράρτημα Β.

#### 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:

1. Η θερμοκρασία του νερού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε Μ/Σ με ψύξη νερού.
2. Η θερμοκρασία του λαδιού κατά την είσοδο και την έξοδο, σε Μ/Σ με βεβιασμένη ροή λαδιού και εναλλάκτες θερμότητας.
3. 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.
4. Οι ανθυγραντικοί αναπνευστήρες θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά, ώστε να μην εμποδίζεται η λειτουργία τους και να μην περιέχουν υπερβολική ποσότητα υγρασίας.

#### 4.17.1.3 Μέτρα ασφαλείας κατά την συντήρηση

Αν πρέπει να γίνει μια εκτεταμένη οπτική εξέταση του Μ/Σ, θα πρέπει να θεωρείται ότι το περίβλημα του βρίσκεται υπό τάση, μέχρι να επιθεωρηθούν οι

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

#### 4.17.1.4 Παράδειγμα: τμήματα Μ/Σ λαδιού που επιθεωρούνται

Παρακάτω αναφέρονται τα τμήματα του Μ/Σ λαδιού στα οποία πρέπει αν γίνεται επιθεώρηση. Στο Παράρτημα Α αναφέρονται και τα ενδεικτικά διαστήματα ανάμεσα στις συντηρήσεις.

Μ/Σ ισχύος λαδιού

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

**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.

#### **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 των 80° C, των 115° C και των 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.

##### 4.17.2.1.1 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.

##### 4.17.2.1.2 Καταγραφές της θερμοκρασίας

Οι συστάσεις σχετικά με τις μετρήσεις της θερμοκρασίας που αναφέρθηκαν στους Μ/Σ λαδιού εφαρμόζονται και στους Μ/Σ αυτού του τύπου. Παρόλα αυτά όμως 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.

##### 4.17.2.1.3 Μετρητές πίεσης / κενού

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

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

Οι υψηλές ενδείξεις δείχνουν ότι υπάρχει υπερφόρτιση ή κάποιο άλλο εσωτερικό πρόβλημα στον Μ/Σ. Εδώ θα πρέπει να γίνεται εντοπισμός και διόρθωση του προβλήματος. Η υπερβολική πίεση μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση ή την δημιουργία ρωγμών στο δοχείο.

#### 4.17.2.2 Παράδειγμα: τμήματα Μ/Σ ξηρού τύπου που επιθεωρούνται

Παρακάτω αναφέρονται τα τμήματα του Μ/Σ ξηρού τύπου, στα οποία πρέπει να γίνεται επιθεώρηση και συντήρηση.

Μ/Σ ξηρού τύπου

- Ανοίγματα αερισμού.
- Θερμόμετρο δωματίου.
- Σύστημα αερισμού.
- Σημάνσεις.
- Θερμόμετρο τυλιγμάτων.
- Δείκτες πίεσης /κενού (για στεγανοποιημένους Μ/Σ).

- Δοχείο
- Χώρος εγκατάστασης Μ/Σ.
- Ακροδέκτες.
- Μονώσεις.

#### 4.17.2.3 Ειδικές επιθεωρήσεις και επισκευές

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

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

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

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να γίνεται μια επιθεώρηση της γείωσης για σημάδια από διάβρωση και για χαλαρές συνδέσεις. Πρέπει να πραγματοποιείται μέτρηση της αντίστασης του ηλεκτροδίου γείωσης.

Η βρωμιά και η σκόνη θα πρέπει να καθαρίζονται από τα τυλίγματα με μια ηλεκτρική σκούπα. Μετά το καθάρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθαρός και ξηρός πεπιεσμένος αέρας, σε χαμηλή πίεση για να μην γίνει κάποια ζημιά στα τυλίγματα.

Επίσης θα πρέπει να καθαρίζονται οι αγωγοί αερισμού, καθώς και το πάνω και το κάτω μέρος των τυλιγμάτων. Η χρήση υγρών καθαριστικών πρέπει να επιτρέπεται μόνο όταν είναι γνωστό ότι δεν θα δημιουργήσουν κάποια φθορά στα μονωτικά τυλίγματα.

Αν τα τυλίγματα λειτουργούν σε θερμοκρασία πάνω από την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τότε έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Για αυτό τον λόγο, οι Μ/Σ που λειτουργούν σε περιοχές με υψηλή υγρασίας πρέπει να λειτουργούν συνεχώς, αν κάτι τέτοιο είναι εφικτό. Αν ένας Μ/Σ που εργάζεται σε περιβάλλον με αυξημένη υγρασία, είναι απαραίτητο να διακόψει την λειτουργία του για μεγάλο χρονικό διάστημα, είναι ενδεχόμενο να γίνουν ειδικές διαδικασίες αποξήρασης, προτού τεθεί ξανά σε λειτουργία. Για περισσότερες πληροφορίες θα πρέπει να γίνεται προσφυγή στις οδηγίες των κατασκευαστών που υπάρχουν.

#### **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. Η παραπάνω δοκιμή μπορεί να διεξαχθεί με την βοήθεια ενός εξειδικευμένου οργάνου μέτρησης της

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

#### 4.17.3.1 Φθορές στη μόνωση

Εκτός από την φυσιολογική φθορά την οποία υφίσταται η μόνωση λόγω γήρανσης, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι μειώνουν την διάρκεια ζωής της. Τέτοιοι παράγοντες είναι η υγρασία, το μολυσμένο περιβάλλον, τα διαβρωτικά αέρια και τέλος οι εκκενώσεις κορώνας που μπορούν να εμφανιστούν ακόμα και σε χαμηλές τιμές της τάσης. Οι παραπάνω παράγοντες μπορεί να λειτουργούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό και μπορεί να αυξήσουν σε επικίνδυνα επίπεδα την ρευματική διαρροή.

Για να αποφευχθεί μια τέτοια δυσμενής κατάσταση είναι απαραίτητο να διεξάγονται οι παρακάτω δοκιμές και μετρήσεις που θα αποτρέψουν πιθανές ζημιές και καταστροφές στα τυλίγματα και επομένως στον Μ/Σ.

##### 4.17.3.1.1 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 (π.χ η αντίσταση μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασία και της υγρασίας). Για αυτούς τους λόγους είναι επιβεβλημένο να γίνονται ορισμένες αναγωγές για να μπορεί να υπάρχει μια καλύτερη εικόνα για την πραγματική τιμή της αντίστασης.

Η συχνότητα εκτελέσεως των μετρήσεων θα εξαρτάται από τον τύπο, την θέση, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την σπουδαιότητα του Μ/Σ μέσα στην εγκατάσταση. Εντούτοις όμως θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας που να προσδιορίζει τον χρόνο εκτέλεσης των μετρήσεων. Έτσι κατά κανόνα ο προγραμματισμός γίνεται με βάση την εμπειρία.

Οι μέθοδοι οι οποίοι εφαρμόζονται για την μέτρηση της αντίστασης μόνωσης αναφέρονται ακολούθως.

#### A. Δοκιμή σημειακής ανάγνωσης

Με αυτήν την μέθοδο, 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 π.χ 3 χρόνων, 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.

#### **Β. Δοκιμή με τη μέθοδο χρόνου-αντίστασης**

Αρχικά θα πρέπει να τονιστεί ότι η μέθοδος αυτή είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία. 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. Ορισμένες εκτιμήσεις για την μόνωση δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

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

#### **Γ. Δοκιμή με τη μέθοδο των πολλών τιμών τάσεως**

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 π.χ 60 sec 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.

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). Η αναγωγή γίνεται σύμφωνα με τον τύπο  $R_{20}=k \cdot R_{\theta}$  όπου ο συντελεστής k παίρνει τιμές σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙ Α	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ Σ Κ	0.2 5	0.3 6	0. 5	0.7 4	1. 0	1. 4	1.9 8	2. 8	3.9 5	5. 6	7.8 5	11. 2	22. 4	31.7 5	44.7

#### 4.17.3.2 Δοκιμή για την μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων

**α.** 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 πλώσης 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 πλώσης κυρίως για ελέγχους της καταλληλότητας του υλικού.

**β.** Ο δοκιμαστικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την παραπάνω μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων αποτελείται από μια ειδική διάταξη (Συσκευή Resion). Αν δεν είναι διαθέσιμος τέτοιος εξοπλισμός, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τάσεις εισόδου και εξόδου οι οποίες μετρούνται με βολτόμετρα ακρίβειας 0,25%, σε πλήρη κλίμακα.

**γ.** Όταν πραγματοποιείται μια μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων, αυτός θα πρέπει να προσδιορίζεται για καθεμιά από τις λήψεις που έχουν τα τυλίγματα, όταν ρυθμίζεται η τάση χωρίς φορτίο. Αν ο Μ/Σ έχει μεταγωγέα αλλαγής της τάσης υπό φορτίο ("on load tap changer") θα πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε λήψη του μεταγωγέα. Το παραπάνω τεστ είναι χρήσιμο για να εντοπιστούν τα βραχυκυκλωμένα τυλίγματα ή τυχόν λανθασμένες συνδέσεις. Επίσης διεξάγεται και όταν γίνονται δοκιμές παραλαβής (τύπου) για να πιστοποιούνται οι ενδείξεις της πινακίδας του Μ/Σ.

#### 4.17.3.3 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%.

Μπορεί να γίνει μια εκτίμηση των αποτελεσμάτων από τις δοκιμές όπως φαίνεται παρακάτω:



Ποσοστό του εύφλεκτου αερίου Εκτίμηση 0,0 έως 1,0 Καμιά ανησυχία. Να γίνονται δοκιμές σε τακτικά διαστήματα 1,0 έως 2,0 Ένδειξη μόλυνσης ή δημιουργία σφάλματος. Να γίνονται πιο τακτικές μετρήσεις και παρακολούθηση 2,0 έως 5,0 Να ξεκινήσουν αμέσως πιο τακτικές μετρήσεις. Να γίνεται προετοιμασία για την διερεύνηση των αιτιών με επιθεώρηση εσωτερικώς του Μ/Σ από 5,0 και πάνω Να τίθεται ο Μ/Σ εκτός λειτουργίας και να γίνεται εσωτερικά επιθεώρηση

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

Με αυτή την μέθοδο, αφαιρείται ένα δείγμα από το λάδι του Μ/Σ και μετά γίνεται αφαίρεση των διαλυμένων αερίων μέσα από αυτό. Στα αέρια που λαμβάνονται πραγματοποιείται μια χρωματογραφική ανάλυση, που προσδιορίζει την ακριβές ποσοστό και την ποσότητα του κάθε αερίου. Διαφορετικοί τύποι σφαλμάτων έχουν και διαφορετικό τρόπο εξέλιξης και δημιουργίας αερίων μέσα στο λάδι. Με αυτή την μέθοδο μπορεί να γίνει μια αναλυτική διάγνωση με την οποία προσδιορίζονται τα προβλήματα στο εσωτερικό των Μ/Σ.

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

Αρχικά θα πρέπει να τονιστεί ότι η μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής από μόνη της δεν αποτελεί ένδειξη για την παλαιώση του λαδιού, γιατί εξαρτάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από την περιεκτικότητα της υγρασίας μέσα σε αυτό.

Το νερό ή η υγρασία μπορεί να εμφανιστεί μέσα στο λάδι με την μορφή γαλακτώματος, διαλυμένο ή με την μορφή φυσαλίδων. Ένα καλά διυλισμένο λάδι περιέχει ένα μικρό ποσοστό από αρωματικούς υδρογονάνθρακες και έτσι απορροφά ένα σχετικά μικρό ποσοστό υγρασίας. Αν η υγρασία στο λάδι ανέρχεται σε 30 έως 50 gr ανά τόνο τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι η διηλεκτρική του αντοχή είναι αρκετά καλή. Αν επιπλέον γίνει ξήρανση και το ποσοστό υγρασίας μειωθεί στα 10 gr ανά τόνο τότε η διηλεκτρική αντοχή μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική.

Το λάδι μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι καλό όταν παρουσιάζει μια διηλεκτρική αντοχή 100 KV/cm, ενώ θα πρέπει να υφίσταται αναγέννηση ή αντικατάσταση όταν η τιμή της διηλεκτρικής αντοχής κυμαίνεται από 70 έως 90 KV/cm.

Η συσκευή δοκιμής παράγει μια εναλλασσόμενη τάση η οποία μεταβάλλεται από 0 έως 50 KV με βήμα 3 KV/sec. Τα ηλεκτρόδια έχουν μια απόσταση 2.5 mm μεταξύ τους με μια ανοχή  $\pm 0.05$  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.

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις αναλύσεις και τους ελέγχους που γίνονται στα μονωτικά λάδια υπάρχουν στο Παράρτημα Β



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο**

### **ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

#### **5.1 Γενικά**

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια ανίχνευσης των σύγχρονων μεθόδων συντήρησης αλλά και κάποιων βασικών πολιτικών που διευκολύνουν την εφαρμογή των μεθόδων αυτών. Αρχικά θεμελιώνεται η αναγκαιότητα χάραξης στρατηγικής διαχείρισης του εξοπλισμού, τόσο στο οικονομικό όσο και στο τεχνικό επίπεδο. Στη συνέχεια μελετώνται και συγκρίνονται οι στρατηγικές συντήρησης και καταδεικνύονται οι πιο σύγχρονες και αποδοτικές. Τελικά, παρατίθενται κάποιες βασικές διαδικασίες υλοποίησης των στρατηγικών αυτών. Αυτές είναι ο τρόπος καθορισμού της κατάστασης του εξοπλισμού (π.χ on-line monitoring, χρήση μοντέλων, και παραδείγματα θερμοσκόπησης και ανίχνευσης του φαινομένου Corona), η χρήση της μεθόδου της προσομοίωσης, η αξία της στατιστικής ανάλυσης στη διαχείριση του εξοπλισμού και το παράδειγμα της επέκτασης του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή.

#### **5.2 Θεμελιώδη οφέλη διαχείρισης εξοπλισμού**

Η ωφέλιμη διαχείριση του ενεργητικού (εξοπλισμού) συνίσταται στη σωστή χρήση του συνόλου των στοιχείων αυτού καθ' όλο το τεχνικό κύκλο ζωής του που εγγυάται μια κατάλληλη απόδοση και που διασφαλίζει ορισμένα πρότυπα υπηρεσίας και ασφάλειας.

Στα συστήματα διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας οι υπεύθυνοι αντιμετωπίζουν πολλούς διαφορετικούς και συνήθως ανταγωνιστικούς στόχους. Είναι καθήκον τους η εύρεση ισορροπίας μεταξύ των απαιτήσεων των πελατών σε ότι αφορά το προϊόν και την ποιότητα της υπηρεσίας σε ικανοποιητικές τιμές και ταυτόχρονα των απαιτήσεων των

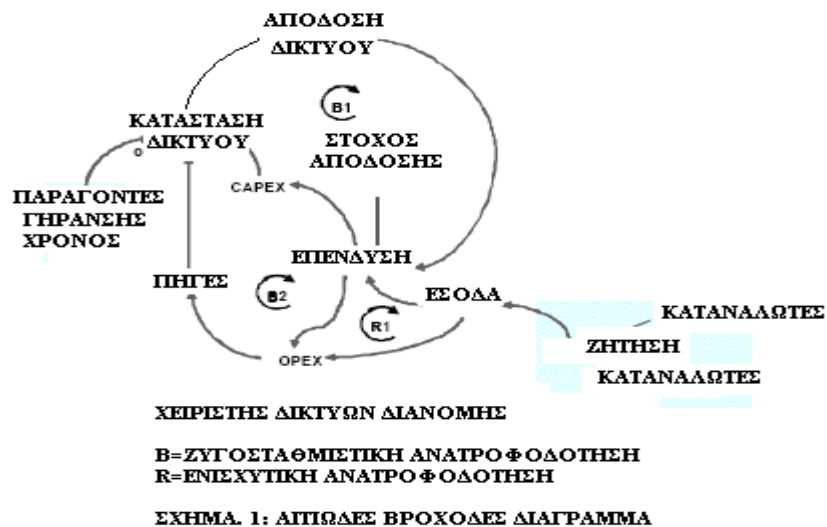
μετόχων για τις κατάλληλες αποδόσεις των κεφαλαίων που επενδύουν. Ακόμη, θα πρέπει να εστιαστεί το ενδιαφέρον στις πιθανές ρυθμιστικές επιπτώσεις στα έσοδα και σε αλλαγές στη συνολική πολιτική αντίληψη, όπως για παράδειγμα συμβαίνει σήμερα με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για να βελτιώσουν οι υπεύθυνοι των δικτύων όλες τις επιλογές τους έχουν αναπτύξει και επεκτείνει τις βέλτιστες πολιτικές στη διαχείριση του ενεργητικού (εξοπλισμού). Το κυρίαρχο ερώτημα δεν είναι «Ποια τεχνική μελέτη δικτύου θα διασφαλίσει τη καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών;» αλλά αντιθέτως, « Ποιά τεχνική μελέτη δικτύου θα εξασφαλίσει καλύτερη από αυτή που απαιτείται ποιότητα υπηρεσιών και θα μεγιστοποιήσει την οικονομική επίδοση ;».

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 σ' 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 και,
- ανοχή του παραγωγικού καθεστώτος κυρώσεων.

Για το λόγο αυτό, τα βασικά ζητήματα της διαχείρισης του ενεργητικού (εξοπλισμού) καλύπτουν από τεχνικά θέματα όπως ο σχεδιασμό δικτύου ή ο ορισμός των βασικών λειτουργικών στοιχείων, έως πιο οικονομικά θέματα όπως ο σχεδιασμός των επενδύσεων και η κατάρτιση του προϋπολογισμού, και καταλήγουν σε σχεδιαστικά στρατηγικά θέματα.

Υπάρχουν κάποια αιτιώδη βροχοειδή διαγράμματα που οπτικοποιούν τη σχέση ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος. Ξεκινώντας από αριστερά, το διάγραμμα παρακάτω δείχνει την απορρύθμιση της κατάστασης του δικτύου με τη πάροδο του χρόνου εξαιτίας της διαδικασίας γήρανσης του ενεργητικού (εξοπλισμού). Αυτό επιδρά αρνητικά στην απόδοση του δικτύου και οδηγεί σε επενδύσεις με στόχο την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί. Τα αποτελέσματα των επενδύσεων εξαρτώνται κυρίως από τη διαθεσιμότητα ρευστών τα οποία προέρχονται από τις εισφορές που οι καταναλωτές είναι διατεθειμένοι να καταβάλλουν. Οι επενδύσεις σε τελική ανάλυση έχουν σαν στόχο τη βελτίωση της κατάστασης του δικτύου. Τέλος, οι επενδύσεις (δαπάνη κεφαλαίου «CAPEX») ή οι λειτουργικές δαπάνες («OPEX») βελτιώνουν την κατάσταση του δικτύου.



Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφονται κάποιες από τις πιο σημαντικές στρατηγικές και τεχνικές διαχείρισης που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους υπεύθυνους των δικτύων. Αυτές είναι :

- στρατηγικές συντήρησης,
- καθορισμός της κατάστασης των εξαρτημάτων,
- τεχνικές προσομοίωσης ενεργητικού (εξοπλισμού),
- στατιστική ανάλυση σφάλματος και στατιστική προσέγγιση της διαχείρισης του ενεργητικού (διανομή) και,
- επιμήκυνση του χρόνου ζωής (μεταφορά)

Υπάρχει η ανησυχία ότι η πίεση για βραχυπρόθεσμους στόχους αποδοτικότητας και την άμεση ικανοποίηση των πελατών θέτει σε δεύτερη θέση τη τεχνική μελέτη του εξοπλισμού. Με το πέρασμα του χρόνου, η χειροτέρευση της κατάστασης του εξοπλισμού και η ταυτόχρονη καθυστέρηση στις επενδύσεις και τα αντίστοιχα οφέλη από τις σύγχρονες τεχνικές διαχείρισης θα οδηγήσει σε μη αναστρέψιμη κακή κατάσταση του δικτύου που θα θέτει πλέον σε κίνδυνο και την ίδια την απόδοση λειτουργίας και τα οφέλη που απορρέουν από αυτή. Επιπρόσθετα, είναι πέρα από τη θητεία του ρυθμιστή και των πολιτικών του αρχηγών. Ως εκ τούτου, 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.

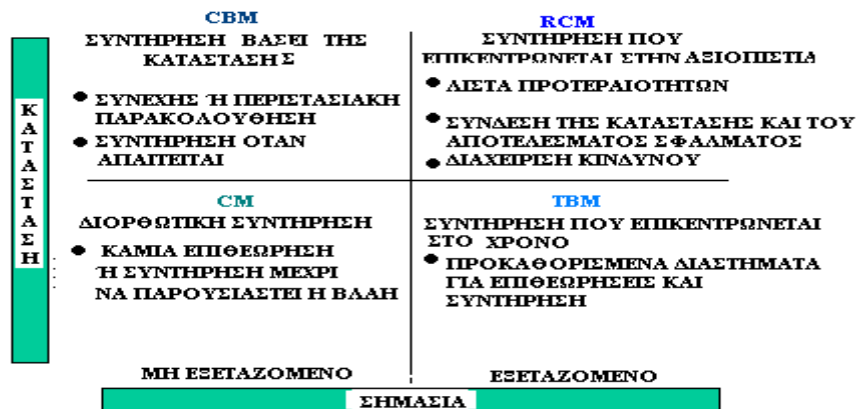
Για να ληφθούν, επομένως, οι σωστές αποφάσεις είναι πολύ σημαντικό να αναπτυχθεί η ικανότητα της ανάλυσης των πεπλεγμένων σχέσεων μεταξύ της συντήρησης και της ανανέωσης αλλά και του κόστους και της ποιότητας των υπηρεσιών. Η ικανότητα να γίνονται αντίστοιχες εκτιμήσεις σε πιθανά σενάρια που αφορούν 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.

### 5.3 Στρατηγικές συντήρησης

Οι στρατηγικές συντήρησης μπορούν να διαιρεθούν σε διαφορετικές προσεγγίσεις που αντίστοιχα οδηγούν σε διάφορα κόστη και επίπεδα διαθεσιμότητας.

Ένας συνηθισμένος τρόπος που χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση των στρατηγικών συντήρησης είναι η εξακρίβωση του αν η κατάσταση του εξοπλισμού ή αν η σπουδαιότητα του μηχανήματος λαμβάνεται υπ όψιν. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται μια σχηματοποίηση αυτής της κατηγοριοποίησης. 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. Για παράδειγμα, 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.



ΣΧΗΜΑ 2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ

Η πιο απλή στρατηγική συντήρησης σύμφωνα με αυτή την κατηγοριοποίηση είναι η Διορθωτική Συντήρηση. Στην πραγματικότητα, σε αυτή τη στρατηγική συντήρησης δεν υπάρχει καμία αναφορά στην προληπτική συντήρηση- εξάρτημα λειτουργεί μέχρι τη βλάβη. Στη συνέχεια αποφασίζεται αν το εξάρτημα μπορεί να επιδιορθωθεί ή πρέπει να αντικατασταθεί. Σε γενικές γραμμές, αυτή 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.

Εξάλλου, 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.

Γίνεται έτσι αντιληπτό το ότι η προληπτική συντήρηση απαιτείται έτσι ώστε να εμποδιστούν αποτυχίες, σημαντικές βλάβες ή και περιπτώσεις καταστροφής του εξοπλισμού. Η ευκολότερη μέθοδος και ευρύτερα εφαρμοσμένη στρατηγική είναι η αποκαλούμενη Συντήρηση Βασισμένη στο Χρόνο (παραδοσιακή προληπτική συντήρηση). Συμπεριλαμβάνει 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. Παρ' όλα αυτά, φαίνεται ότι τα χρονικά διαστήματα που έχουν επιλεγεί είναι αρκετά σύντομα αφού σε πολλές επιθεωρήσεις δεν εντοπίζεται κάποιο πρόβλημα. Φαίνεται λοιπόν ότι τα διαστήματα αυτά θα μπορούσαν να μεγαλώσουν- 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, αποσαθρωτική φθορά ή οι ιδιότητες των υλικών μεταβάλλονται λόγω καταπόνησης. Αυτή η στρατηγική εφαρμοζόταν ευρέως στη συντήρηση των δικτύων μέσης και υψηλής τάσης στο παρελθόν. Ανάλογα με το εύρος των χρονικών διαστημάτων η στρατηγική αυτή συνδυάζει ικανοποιητική διαθεσιμότητα με ένα σχετικά μεγάλο κόστος συντήρησης.

Για να προσδιοριστεί η κατάσταση 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 (π.χ. έλεγχος του αριθμού των ανοιγμάτων, της πίεσης του λαδιού, των ρευμάτων βραχυκύκλωσης κ.λπ.) 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 καθεμιάς δραστηριότητας εξετάζεται με ξεχωριστό ενδιαφέρον. Αυτή η διάσταση σηματοδοτεί τη σπουδαιότητα του κάθε εξαρτήματος του εξοπλισμού.

Βέβαια, η σπουδαιότητα πρέπει να καθορίζεται με τρόπο όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικό. Καθώς 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 αξιολογή 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 (reliability centered maintenance) δεν λαμβάνει υπ' όψιν 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 ( κυρώσεις, κιλοβατώρες που δεν παρέχονται, αλλαγή της σειράς αξιών) των διαφορετικών ενεργειών ληφθούν υπ' όψιν κατά την επικεντρωμένη στην αξιοπιστία συντήρηση, η στρατηγική επεκτείνεται στην Συντήρηση που Βασίζεται στο Κίνδυνο Εμφάνισης Βλάβης.

## 5.4 Καθορισμός της κατάστασης του εξοπλισμού

Υπάρχουν αρκετές βασικές δυνατότητες για να αποκτήσει ο υπεύθυνος της συντήρησης πληροφορίες για την κατάσταση του εξοπλισμού. Αυτές οι δυνατότητες διαφέρουν σημαντικά στην ποσότητα και τον τύπο των πληροφοριών που δίνουν και φυσικά στην προσπάθεια που απαιτείται για τη συλλογή των πληροφοριών αυτών.

Κοινό γνώρισμα όλων των μεθόδων είναι ότι δεν είναι δυνατό να υπολογισθεί ένας δείκτης, ο οποίος να εκφράζει κατ' ευθείαν το χρόνο ζωής του εξοπλισμού. Έτσι το εξαγόμενο αποτέλεσμα της κατάστασης του εξοπλισμού βασίζεται σε προσεγγίσεις και στατιστικές αναλύσεις και ως εκ τούτου ενέχει κάποια επικινδυνότητα.

### 5.4.1 On-line παρακολούθηση

Η καλύτερη μέθοδος από τεχνική άποψη είναι η **on-line παρακολούθηση** δεικτών που σχετίζονται με την κατάσταση του εξοπλισμού, όπως η θερμοκρασία των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή ή παράμετροι που σχετίζονται με την ποιότητα του λαδιού του μετασχηματιστή ή την πίεση του SF<sub>6</sub> σε έναν αποζεύκτη. 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 κλπ. 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. Λόγω του κόστους αυτού 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.

Εξ άλλου, η συντήρηση με τη γενική της έννοια έχει οφέλη από την εφαρμογή τεχνικών παρακολούθησης. Τα κυριότερα είναι:

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

#### **5.4.2 Μετρήσεις - επιθεωρήσεις εξοπλισμού**

Άλλη μια δυνατότητα εξακρίβωσης της κατάστασης του εξοπλισμού είναι η διενέργεια **μετρήσεων που σχετίζονται με την κατάσταση του εξοπλισμού**, όπως οι μετρήσεις της μονωτικής ικανότητας των καλωδίων ή ειδικές μετρήσεις που καθορίζουν τη σωστή επαφή των διακοπών.

Και αυτού του τύπου 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 υπερηχηλής ή υψηλής τάσης. 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.

#### **5.4.3 Χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων**

Μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την όσο το δυνατόν ευκολότερη εκτίμηση της κατάστασης του εξοπλισμού είναι η 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. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός του χρόνου ζωής ενός μετασχηματιστή μπορεί να γίνει με τη χρήση ενός πραγματικού μοντέλου μετασχηματιστή της ίδιας ικανότητας και με την ίδια χρήση, ενώ για τους διακόπτες των κυκλωμάτων η ένδειξη που προσανατολίζει σε σωστά συμπεράσματα είναι ο υπολογισμός των ρευμάτων βραχυκύκλωσης και η σύγκριση με το σωστό μοντέλο. Βέβαια, η ουσία και η 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.

#### **5.4.4 Στατιστική ανάλυση**

Τελικά, οι **στατιστικές μέθοδοι** συνεισφέρουν 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. Το επίπεδο των πληροφοριών, η ορθή κατηγοριοποίηση και η αποσαφήνιση του ρόλου των εξαρτημάτων δίνουν και τα αντίστοιχα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Ακόμη, 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.

#### **5.4.5 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 **πειρά του προσωπικού** της συντήρησης.

#### **5.4.6 Παράδειγμα εκτίμησης της κατάστασης του εξοπλισμού**

Σε αυτό το σημείο δίνονται δυο παραδείγματα μεθόδων που συμβάλλουν στην εκτίμηση της κατάστασης του εξοπλισμού του συστήματος μεταφοράς. Η πρώτη είναι η μέθοδος της θερμογραφικής ανίχνευσης και η δεύτερη καταπιάνεται με τον εξοπλισμό που εντοπίζει τις συνέπειες του φαινομένου Corona.

##### 5.4.6.1 Θερμογραφική Ανίχνευση

Ο όρος "Θερμογραφική Ανίχνευση" αναφέρεται σε μια τεχνική μέτρησης των θερμοκρασιών, κατά προσέγγιση, όταν ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, βρίσκεται σε λειτουργία. Αυτό γίνεται με την βοήθεια ειδικών ανιχνευτών της υπέρυθρης ακτινοβολίας από απόσταση. Διεξάγεται κυρίως σε εναέριες γραμμές αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλου είδους ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (διακόπτες, ασφάλειες, αποζεύκτες).

Η θερμογραφική ανίχνευση στα ηλεκτρικά συστήματα εφαρμόζεται για να μειωθεί ο αριθμός των καταστροφικών σφαλμάτων στον εξοπλισμό που οδηγούν σε μη προγραμματισμένες διακοπές το εργοστάσιο και αδικαιολόγητη αύξηση του κόστους παραγωγής. Τέτοιου είδους επιθεωρήσεις διεξάγονται από εξειδικευμένο προσωπικό και βοηθούν στον εντοπισμό πολλών επικίνδυνων καταστάσεων. Η κατάλληλη διάγνωση και οι σωστές διορθωτικές ενέργειες που γίνονται, βοηθούν στο να μειωθεί ο μεγάλος αριθμός βλαβών.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται σε θερμογραφικές επιθεωρήσεις στηρίζονται σε τεχνικές μεθόδους όπου δημιουργείται ένα "θερμικό είδωλο" του μηχανήματος που επιθεωρείται. Αυτές οι συσκευές δείχνουν σε μια οθόνη τα θερμότερα σημεία ("hot spots").

Η μέθοδος της θερμογραφικής ανίχνευσης σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να αντικαθιστά τις οπτικές επιθεωρήσεις. Οι οπτικές επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι εξακολουθούν να συστήνονται και γίνονται σε κυκλώματα με μικρά φορτία ή σε εναέριες γραμμές που δεν βρίσκονται υπό τάση και μπορούν να προσεγγιστούν με ασφάλεια από το προσωπικό συντήρησης.

##### 5.4.6.1.1 Πλεονεκτήματα της θερμογραφικής ανίχνευσης

Η θερμογραφική ανίχνευση έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιείται σε εκείνα τα τμήματα του εξοπλισμού που δεν είναι δυνατή η απενεργοποίησή τους. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι τυπικές οπτικές εξετάσεις και επιθεωρήσεις. Επίσης είναι ιδιαίτερα αποδοτική η επιθεώρηση σε περιοχές που δεν είναι δυνατή η προσέγγισή τους. Η θερμογραφική ανίχνευση μπορεί να είναι ακριβής, αξιόπιστη και οικονομικότερη για ένα μεγάλο σύνολο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα είναι το σχετικά

μικρό κόστος εργασιών, λαμβάνοντας υπόψη και την εξοικονόμηση που προκύπτει από την έγκαιρη διάγνωση των βλαβών και επομένως από την μείωση του χρόνου διακοπής της λειτουργίας του εργοστασίου.

Η θερμογραφική ανίχνευση θεωρείται ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση των απαιτήσεων για επισκευή. Επίσης χρησιμοποιείται και σε δοκιμές παραλαβής του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Οι προγραμματισμένες θερμογραφικές επιθεωρήσεις συχνά απαιτούν την αναθεώρηση του προγράμματος ηλεκτρολογικής συντήρησης καθώς και τον εντοπισμό εκείνου του εξοπλισμού που απαιτεί ιδιαίτερη εξέταση σε περιοδικά χρονικά διαστήματα.

#### 5.4.6.1.2 Μειονεκτήματα της θερμογραφικής ανίχνευσης

Υπάρχουν μερικά μειονεκτήματα για κάποιους ξεχωριστούς τύπους εξοπλισμού θερμογραφικής ανίχνευσης. Οι ανιχνευτικές συσκευές θερμικής απεικόνισης μπορεί να κοστίζουν αρκετά. Επίσης είναι απαραίτητη η εκπαίδευση του προσωπικού που χειρίζεται αυτά τα μηχανήματα.

Η θερμογραφική ανίχνευση μερικές φορές απαιτεί ειδικές μετρήσεις και αναλύσεις. Είναι δύσκολο να εξεταστεί ή να ανιχνευτεί η θερμαινόμενη ακτινοβολία σε μηχανήματα που βρίσκονται μέσα σε κλειστά περιβλήματα, κυρίως για λόγους προστασίας και αξιοπιστίας. Πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτέλεση της επιθεώρησης για να υπάρχουν αξιόπιστες και ικανοποιητικές μετρήσεις. Οι κακές καιρικές συνθήκες μπορεί να είναι ένας αρνητικός παράγοντας κατά την διεξαγωγή μιας εμπειριστατωμένης θερμοανιχνευτικής μελέτης που γίνεται, σε εναέριες γραμμές μεταφοράς και σε υπαίθριους υποσταθμούς. Η βροχή για παράδειγμα, μπορεί να προκαλέσει μια μη φυσιολογική ψύξη στους ελαττωματικούς αγωγούς και στις διατάξεις του υποσταθμού, ενώ αντίθετα η αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να παρερμηνευτεί ως "θερμό σημείο". Για τους παραπάνω λόγους, οι εργασίες θερμογραφικής ανίχνευσης σε εξωτερικούς χώρους ενδεχομένως να είναι απαραίτητο να διενεργούνται την νύχτα. Αυτό μπορεί να είναι ένα πρόβλημα γιατί τα ηλεκτρικά φορτία είναι συνήθως μικρότερα την νύχτα, δεν προκαλούν έτσι υπερθέρμανση και επομένως να μην είναι δυνατή η ανίχνευση των προβληματικών σημείων.

Ο χειρισμός υγρού αζώτου, αργού καθώς και άλλων επικίνδυνων υγροποιημένων αερίων αποτελεί ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα. Χρειάζεται να λαμβάνεται ιδιαίτερη προσοχή από τους χειριστές τέτοιων θερμογραφικών συσκευών.

#### 5.4.6.1.3 Επιθυμητά λειτουργικά χαρακτηριστικά

Η οθόνη απεικόνισης του συσκευής δοκιμής θα πρέπει να είναι μεγάλη και να δίνει καλή ανάλυση των "θερμών σημείων". Επίσης θα πρέπει να έχει την δυνατότητα έγχρωμης ή ασπρόμαυρης απεικόνισης για να αναγνωρίζεται με ευκολία η θέση των "θερμών σημείων". Η μονάδα πρέπει να είναι φορητή, εύκολη στις ρυθμίσεις και κατάλληλη για χρήση υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Θα πρέπει να έχει και έναν κώνο φορτισμένων σωματιδίων για να μπορεί να δίνει λεπτομερείς πληροφορίες για τον ακριβή εντοπισμό των θερμών σημείων. Η μονάδα θα πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να δίνει την

δυνατότητα στον χειριστή να γνωρίζει τον βαθμό ακρίβειας των μετρήσεων που εμφανίζονται στην οθόνη. Θα πρέπει να υπάρχουν εύκολοι λειτουργικοί έλεγχοι για την πιστοποίηση της ακρίβειας των παραπάνω ενδείξεων.

#### 5.4.6.1.4 Συχνότητα των επιθεωρήσεων και διαδικασίες

Οι προληπτικές επιθεωρήσεις χρησιμοποιώντας την μέθοδο της θερμογραφικής ανίχνευσης θα πρέπει να διεξάγονται κάθε χρόνο. Όταν υπάρχουν ιδιαίτεροι λόγοι, όπως είναι η έλλειψη εμπειρίας, η εγκατάσταση καινούργιου εξοπλισμού σε ένα εργοστάσιο, οι αλλαγές στις συνθήκες φόρτισης και λειτουργίας, επιβάλλουν την διενέργεια πιο τακτικών επιθεωρήσεων που μπορούν να γίνονται κάθε 4 ή 6 μήνες.

Στις παραπάνω επιθεωρήσεις θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και ο κρίσιμος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός.

Μια μελέτη θερμογραφικής ανίχνευσης θα πρέπει να εκτελείται, αν είναι δυνατόν, κατά την διάρκεια αιχμών φόρτισης και όχι όταν λειτουργεί ο εξοπλισμός κάτω από το 40% του ονομαστικού φορτίου. Τα αποτελέσματα από μια μελέτη θερμογραφικής ανίχνευσης θα πρέπει να αρχειοθετείται. Ο επόπτης συντήρησης θα πρέπει να καταγράφει αμέσως τα κρίσιμα και επικείμενα σφάλματα, έτσι ώστε να γίνονται οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες πριν την εμφάνιση σοβαρότερων προβλημάτων. Έτσι θα πραγματοποιούνται όλες οι απαραίτητες ενέργειες για να γίνει η έγκαιρη διάγνωση και επιδιόρθωση όλων των προβληματικών καταστάσεων.

#### 5.4.6.2 Φαινόμενο Corona- φαινόμενο μερικών εκφορτίσεων

Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο μονωτικό. Η μονωτική ικανότητα του αέρα καλύπτει το σύνολο των εναέριων ηλεκτρικών γραμμών. Καθώς αυξάνεται η τάση λειτουργίας των εναέριων γραμμών ηλεκτρικής ενέργειας, αυξάνεται η πεδιακή ένταση  $E$  στην επιφάνεια των αγωγών της γραμμής η οποία εξαρτάται από την μορφή της τάσης (συνεχούς-εναλλασσόμενης) και όταν αυτή υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή, γίνεται διάσπαση του στρώματος του αέρα που περιβάλλει το στέρεο διηλεκτρικό του μονωτήρα, εμφανίζεται δηλαδή το φαινόμενο Corona. Με άλλα λόγια έχουμε υπερπήδηση μονωτήρα ή γεφύρωση με ηλεκτρικό τόξο γύρω από το μονωτήρα.

Οι εκκενώσεις Corona λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια των αγωγών μιας γραμμής μεταφοράς, όταν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (στην επιφάνεια του αγωγού) υπερβεί μια τιμή, και έτσι ξεκινάνε οι ηλεκτρικές εκκενώσεις στο στρώμα του αέρα. Η τιμή αυτή εξαρτάται από:

- Την υγρασία
- Την ατμοσφαιρική πίεση
- Την περιεκτικότητα του αέρα
- Τους στερεούς ρύπους στα μονωτικά
- Τις αποστάσεις μόνωσης
- Την τάση

Το φαινόμενο έχει τις εξής συνέπειες:

- Παράσιτα στους γειτονικούς ραδιοφωνικούς σταθμούς και τηλεοπτικούς δέκτες
- Πρόσθετες απώλειες στη μεταφορά ενέργειας
- Χαρακτηριστικό τριγμό, ο οποίος ακούεται εύκολα
- Θυσανοειδείς εκκενώσεις κατά μήκος των αγωγών, ορατές κατά τη διάρκεια της νύχτας
- Παραμόρφωση των επί της γραμμής οδοντών κυμάτων
- Παραγωγή διαβρωτικών υλικών (όξον και οξειδία αζώτου)
- Συντελεί στη ρύπανση των μονωτήρων

#### 5.4.6.2.1 Μέθοδοι ανίχνευσης φαινομένου Corona

Κατά την επιλογή της μεθόδου ανίχνευσης του φαινομένου Corona πρέπει να λαμβάνονται υπό όψιν τα εξής: απόσταση από την πηγή του φαινομένου, ακριβείς πηγές του φαινομένου, ανασταλτικοί παράγοντες, ανιχνευτική ικανότητα από ελικόπτερο, κόστος

- Έλεγχος εκπομπής υπερήχων (US)

Η υπερηχητικοί εξοπλισμοί είναι ευαίσθητοι ανιχνευτές του φαινομένου αλλά για μικρές αποστάσεις. Η ανιχνευτική ικανότητα αυτών των εξοπλισμών αλλοιώνεται δραματικά καθώς η απόσταση από την πηγή του φαινομένου αυξάνεται. Τέτοιου είδους εξοπλισμοί αν και δεν καταδεικνύουν με ακρίβεια το σημείο των ηλεκτρικών εκκενώσεων, οδηγεί τους έμπειρους χειριστές προς ύποπτους ελαττωματικούς μονωτήρες πυλώνων υψηλής τάσης.

- Θερμογραφικός έλεγχος IR/ Έλεγχος υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR)

Χρησιμοποιούνται κάμερες θερμικής απεικόνισης. Κατά τον έλεγχο αυτό ανιχνεύονται τα σημεία υψηλής θερμοκρασίας και επισημαίνεται η διακύμανση της θερμοκρασίας.

- Έλεγχος υπεριώδους ακτινοβολίας (UV)

Απαιτεί οπτική επαφή με το στόχο. Οι εκκενώσεις παρατηρούνται οπτικά μέσω φωτογραφιών υπεριώδους φάσματος εύρυθμη λειτουργία του ελέγχου επηρεάζεται από την εκπομπή υπεριώδους ακτινοβολίας από άλλες πηγές, όπως ηλεκτροσυγκολλήσεις, φωτιές. Υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης των καμερών σε ελέγχους από αέρα αφού δεν επηρεάζονται από το θόρυβο και μπορούν να ανιχνεύουν τις πηγές του φαινομένου από απόσταση μεγαλύτερη των 150 μέτρων.

## **5.5 Μέθοδος προσομοίωσης**

Παρακάτω προσεγγίζεται η μέθοδος της προσομοίωσης. Γίνεται αναφορά στις βασικές της αρχές και αναδύκνείται η σημασία της στα ζητήματα εφαρμογής των διάφορων πολιτικών συντήρησης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

### **5.5.1 Βασική θεωρία**

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 αιτίου 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.

### 5.5.2 Προσέγγιση προσομοίωσης

Αφού το σύστημα μεταφοράς απαρτίζεται από ένα 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) (Σχήμα 3).

Επιπρόσθετα, η στρατηγική του να γίνει κάτι για τον εξοπλισμό θα πρέπει να περιγράφεται σαν ένα σύνολο κανόνων, όπως «αν το ενεργητικό (εξοπλισμός) είναι > χ ετών και δεν αντικατασταθεί, τότε y θα συμβεί». Επίσης το κόστος και τα αποθέματα που απαιτούνται για κάθε ενέργεια πρέπει να υπολογίζονται. Τέλος, απαιτείται η κατανομή ανά ηλικία και η κατανομή ανά σφάλμα των στοιχείων του ενεργητικού (εξαρτημάτων του εξοπλισμού).



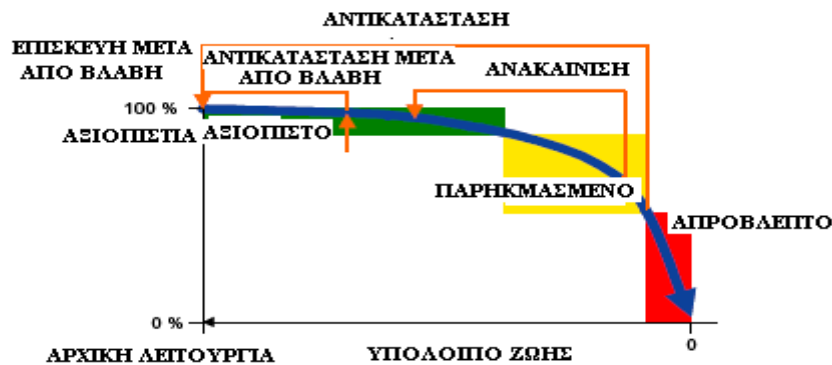
ΣΧΗΜΑ 3: Ο ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΜΕΤΕΥ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

### 5.5.3 Πληροφορίες και μοντέλα

Το πιο ουσιαστικό κομμάτι της προσομοίωσης είναι η μοντελοποίηση του συστήματος. Το μοντέλο αυτό περιγράφει τη γήρανση του εξοπλισμού και τις δραστηριότητες που μπορούν να αποτρέψουν την υποβάθμιση της αξιοπιστίας του. Το διάγραμμα παρακάτω δείχνει ένα απλό μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

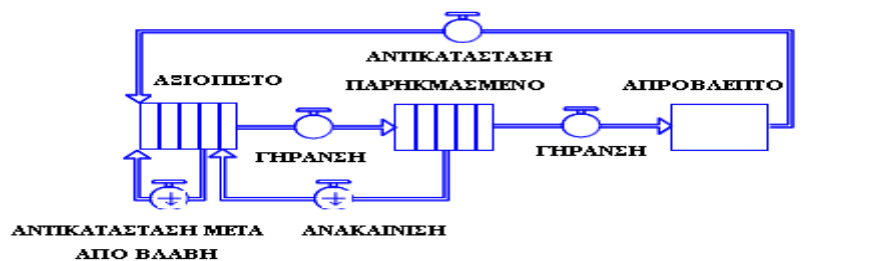


Αυτό το μοντέλο περιγράφει τη ζωή του μηχανήματος κατά την οποία αυτό περνάει από τρεις φάσεις: αξιόπιστο, παρηκμασμένο, απρόβλεπτο. Για κάθε μια από αυτές τις τρεις φάσεις διαφέρουν αντίστοιχα ο προγραμματισμός, όπως η στρατηγική συντήρησης, οι αποφάσεις που αφορούν στην ανακαίνιση και ο ρυθμός των αποτυχιών. 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.



ΣΧΗΜΑ 4: ΑΠΛΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Τέτοια μοντέλα τίθενται σε εφαρμογή σε δυναμικά συστήματα προσομοίωσης. Βοηθήματα που εφαρμόζονται σε τέτοιες περιπτώσεις είναι διαθέσιμα στην αγορά (π.χ. Powersim, Anylogic, iThink, SD-Library). Η οπτική αναπαράσταση της λειτουργίας των μοντέλων στα εργαλεία αυτά δίνεται παρακάτω.



ΣΧΗΜΑ 5: ΑΠΛΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

#### **5.5.4 Αβεβαιότητα λόγω της στοχαστικής διαδικασίας**

Δεδομένου ότι οι ροές σε αυτό το μοντέλο που αναπαριστά της διαδικασία γήρανσης παραμετροποιείται με τη χρήση στατιστικών δεδομένων, 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. Επιπλέον, 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. Στην πραγματικότητα, αυτό το θεωρητικό πρόβλημα δεν θα πρέπει να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα των αποτελεσμάτων, αφού οι πραγματικές διαδικασίες κυριαρχούνται από τις πιο συχνές συναρτήσεις.

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

Είναι προφανές ότι η προσέγγιση μπορεί να είναι τόσο καλή όσο καλά είναι τα υποκείμενα της μοντέλα. Το έργο εδώ είναι η εύρεση ισορροπίας μεταξύ της ακρίβειας του θεωρητικού μοντέλου και της διαθεσιμότητας των πληροφοριών για την παραμετροποίηση του μοντέλου. Ειδικά η γνώση για την κατάσταση του εξοπλισμού 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. Η χρησιμοποίηση αντίθετα της ηλικίας του εξοπλισμού μπορεί να δημιουργήσει το εξής πρόβλημα, ότι οι ηλικιακές βάσεις δεδομένων παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το χρόνο των επενδύσεων που έχουν συμβεί αλλά όχι με το τι ακριβώς αντικαταστάθηκε. Επιπρόσθετα, για παράδειγμα ο ρυθμός των αποτυχιών πρέπει να παρέχεται για όλες τις καταστάσεις στο μοντέλο του εξοπλισμού. Μέχρι εδώ, είναι επίσης αναγκαία η επαλήθευση αν μια επιπλέον κατάσταση που μπορεί να χρειάζεται για να εξηγηθεί μια επένδυση είναι δυνατό να παραμετροποιηθεί με τις διαθέσιμες πληροφορίες. Αλλά εφόσον οι αποφάσεις, όπως για παράδειγμα μια ανανέωση, λαμβάνονται με στόχο τη βέλτιστη ωφέλεια στο σήμερα, είναι κατ' αρχάς σωστό να ανακαλύψουμε τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις και έπειτα να τις προσομοιώσουμε με αυτό το σκεπτικό. Με αυτόν τον τρόπο το μοντέλο θα αναπαράγει τις αποφάσεις όπως αυτές θα παίρνονταν στην πραγματικότητα και αυτό είναι σε τελική ανάλυση το πλεονέκτημα της προσομοίωσης.

#### **5.5.6 Ανάλυση ευαισθησίας**

Για να γίνει μια ανάλυση υποθέσεων και εκτιμήσεων, λεπτομέρειες και ευαίσθητες πληροφορίες για την παρούσα κατάσταση του εξοπλισμού είναι αναγκαίες. Επιπρόσθετα, στα δεδομένα σχετικά με τον εξοπλισμό απαιτούνται συγκεκριμένες γνώσεις σχετικές με τις δαπάνες, την ποιότητα των προμηθειών, το ρίσκο κ.α. 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.

Εφόσον τα μοντέλα γήρανσης και οι παράμετροι τους είναι ακριβή, τα εξαγόμενα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση διαφόρων στρατηγικών διαχείρισης εξοπλισμού. Για παράδειγμα η ανάλυση διαφορετικών υποθέσεων για το σχεδιασμό των επενδύσεων σε σχέση με τον εξοπλισμό παρέχει μια ολοκάθαρη βάση για την ποιότητα της στρατηγικής και το απορρέον κόστος. Ακόμα, δίνεται η προοπτική για το πώς το μακροπρόθεσμο κόστος του δικτύου επηρεάζεται από τις στρατηγικές επενδύσεις. Η προσέγγιση αυτή παρέχει τη δυνατότητα της αναγνώρισης και της εξερεύνησης του ρίσκου που υπάρχει στις διάφορες στρατηγικές και στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης του.

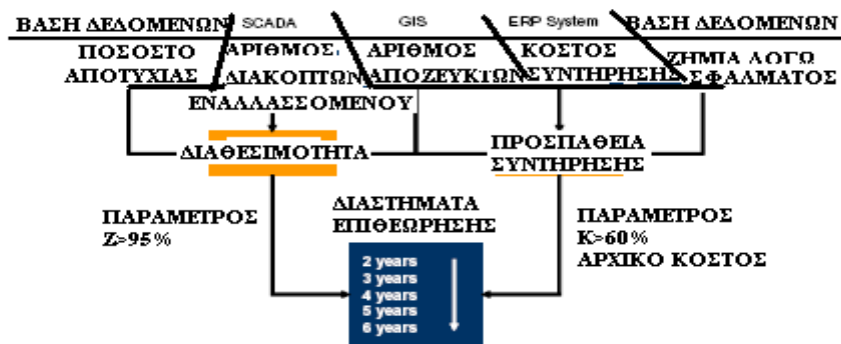
## **5.6 Στατιστική ανάλυση στη διαχείριση εξοπλισμού**

Όπως συζητήθηκε νωρίτερα, 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 απ' 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. Στις ακόλουθες ενότητες παρατίθενται σύντομα παραδείγματα διαδικασιών διαχείρισης εξοπλισμού που είτε είναι τώρα σε εφαρμογή είτε είναι υπό ανάπτυξη αντιστοίχως.

### **5.6.1 Στατιστική ανάλυση σφάλματος**

Η πρακτικώς-αποδεδειγμένη στατιστική μέθοδος διαχείρισης του εξοπλισμού είναι η λεγόμενη στρατηγική «επιβλεπόμενης» ανίχνευσης παρακμής του εξοπλισμού. 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). Το σχήμα 6 δείχνει σχηματικά την επιτήρηση των αποζευκτών.



ΣΧΗΜΑ 6: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΑΡΑΚΜΗΣ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Σε αυτό το παράδειγμα 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 στο εν λόγω παράδειγμα 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.

Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε παραλλαγή των στρατηγικών συντήρησης καθώς και σε επιλεκτικές πράξεις συντήρησης για κάποιον μεμονωμένο τύπο εξοπλισμού.

### 5.6.2 Λεπτομερής στατιστική προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού

Μια λεπτομερής προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού θα πρέπει φυσικά να συνυπολογίζει το κόστος του κύκλου ζωής του εξοπλισμού και συνολικά όλου του συστήματος. Αλλά θα πρέπει επίσης 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 υποστηρίξει την εύθραυστη ισορροπία του κόστους έναντι της ποιότητας σύμφωνα με τις δεδομένες απαιτήσεις και κανονισμούς.

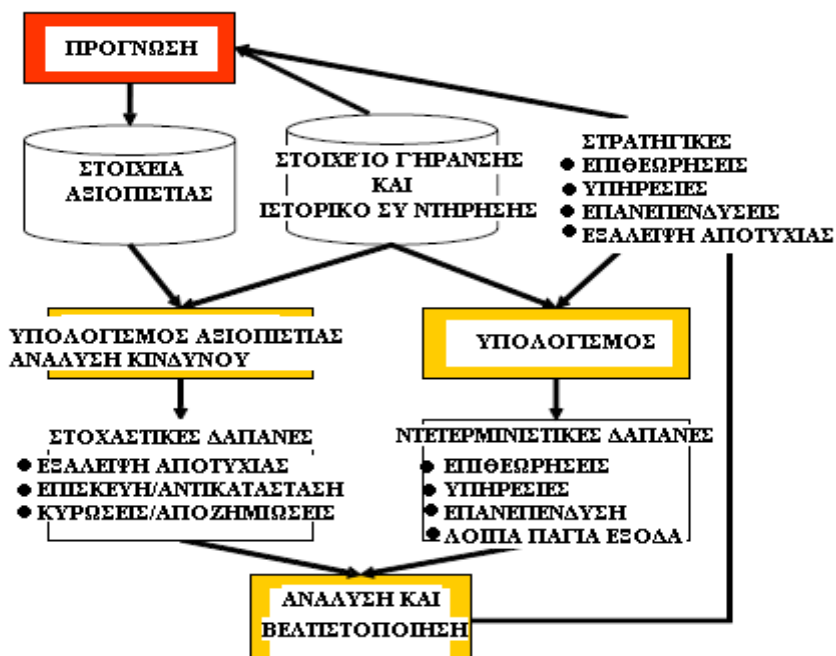
Η αρχή μιας λεπτομερούς, προσβλέπουσας στην αποτίμηση κινδύνου προσέγγισης διαχείρισης εξοπλισμού για δίκτυα διανομής που χρησιμοποιούν στατιστική περιγραφή του δικτυακού εξοπλισμού παρουσιάζεται διαγραμματικά στο σχήμα 7.

Ένα σημαντικό κομμάτι αυτής της προσέγγισης είναι ο υπολογισμός των σχετικών δαπανών- που τυπικά είναι πολύ πιο εύκολος από την ποσοτικοποίηση της ποιότητας της προσφοράς. Εδώ, ντετερμινιστικές και στοχαστικές δαπάνες διαφοροποιούνται.

Οι ντετερμινιστικές δαπάνες προσδιορίζονται από τις επιλεγμένες στρατηγικές για επιθεωρήσεις, συντηρήσεις, επανεπενδύσεις και απαλοιφή των σφαλμάτων. Ακόμη αυτές 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 π.χ. το κόστος κεφαλαίου, συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη κατηγορία επίσης.

Οι 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, αυτές οι δαπάνες υπόκεινται σε διανομές με μεγάλες διασπορές.

Ενώ η αξιολόγηση των ντετερμινιστικών δαπανών είναι μια απλή υπόθεση που βασίζεται σε επιλεγμένες στρατηγικές για συντήρηση, επανεπένδυση και απαλοιφή του σφάλματος, οι στοχαστικές δαπάνες 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.



ΣΧΗΜΑ 7: ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΔΕΙΠΤΟΜΕΡΟΥΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

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 π.χ. 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 – π.χ. 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. Όπως και 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.

Ωστόσο, 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 λιγιστά δεδομένα είναι διαθέσιμα.

Σαν ένα παράδειγμα, μια ερευνητική μελέτη προσπαθώντας να συνεισφέρει σε αυτό το πεδίο παρουσιάζεται στην ενότητα που ακολουθεί.

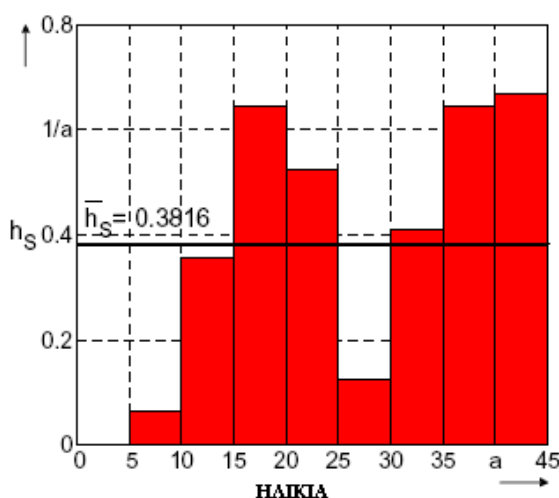
### **5.6.3 Ερευνητική μελέτη πάνω στη διαχείριση εξοπλισμού σε συστήματα διανομής**

Αυτό το κενό στη γνώση της μοντελοποίησης της αξιοπιστίας των εξαρτημάτων σε εξάρτηση με παράγοντες χαρακτηριστικής επιρροής έχει αποτελέσει το κίνητρο για την έναρξη μιας ερευνητικής μελέτης που διεξήχθη από περισσότερους από 20 ειδικούς δικτύων, ακαδημαϊκά ιδρύματα και παροχείς υπηρεσιών στη Γερμανία. Η μελέτη χρηματοδοτήθηκε από τη Γερμανική Ομοσπονδία των Βιομηχανικών Συλλογικών Ερευνητικών Συνεταιρισμών «Otto von Guericke» με κονδύλια του Υπουργείου Οικονομικών και Εργασίας όπως επίσης και του Γερμανικού Ερευνητικού Ιδρύματος.

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. Αυτά τα αποτελέσματα 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.

Επιπλέον, 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 περιέχει επίσης πληροφορίες για το εν λόγω κόστος, έτσι ώστε το κόστος των ζημιών και η στατιστική τους διασπορά να μπορεί να δοθεί.

Σαν ένα παράδειγμα, το σχήμα 8 δείχνει την ηλικία που σχετίζεται με το συντελεστή του χρόνου διακοπής για διακόπτες κυκλώματος χαμηλής περιεκτικότητας σε λάδι σε υποσταθμούς μέσης τάσης. Σημειώστε ότι αυτό το διάγραμμα βασίζεται σε μια ομάδα προκαταρτικών στοιχείων, καθώς η συλλογή δεδομένων δεν ήταν ακόμη ολοκληρωμένη. Σε αυτό το διάγραμμα, μια πολύ σαφής εξάρτηση των συντελεστών του χρόνου διακοπής από την ηλικία των τμημάτων μπορεί να διαπιστωθεί



ΣΧΗΜΑ 8:ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ, ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΛΑΔΙ, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΟΝΟΥ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΟΓΩ ΒΛΑΒΗΣ ΕΞΑΡΤΟΜΕΝΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

### 5.7 Παράδειγμα: διαχείριση του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή

Όπως εξηγήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο η διαχείριση του εξοπλισμού των συστημάτων μεταφοράς και διανομής μπορεί να προσεγγιστεί από μια στατιστική ή στοχαστική άποψη. Σε δίκτυα μεταφοράς, όπου ο ενιαίος εξοπλισμός είναι πολύ πιο ακριβός, απαιτείται ιδιαίτερη επιτήρηση. Παρακάτω η διαχείριση του χρόνου ζωής για μετασχηματιστές θα συζητηθεί σαν ένα παράδειγμα. Κατ' αρχήν, παρόμοια μοντέλα μπορούν επίσης να αναπτυχθούν για άλλους τύπους εξοπλισμού.

Μια λογική διαχείριση του εξοπλισμού των μετασχηματιστών πρέπει να περιέχει διαχείριση του χρόνου ζωής που να διασφαλίζει τη μακροχρόνια χρησιμοποίηση και εκμετάλλευση των εξοπλισμών. Σχετικά με τα υψηλά κόστη της εκ νέου επένδυσης, το μεγάλο χρόνο κατασκευής και τις ικανότητες των κατασκευαστών μετασχηματιστών κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη ενός μακροπρόθεσμου σχεδιασμού.

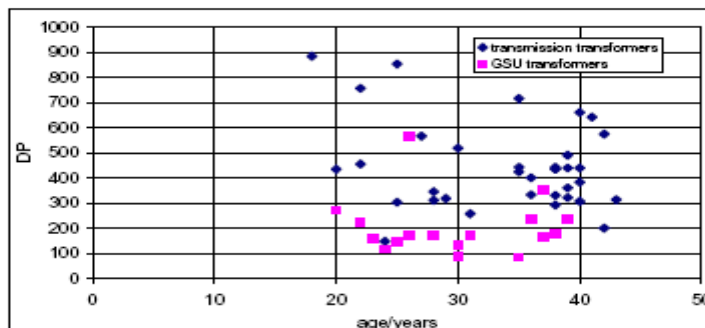
Ο στόχος της διαδικασίας της διαχείρισης του χρόνου ζωής είναι η βέλτιστη αξιοποίηση του εναπομείναντα χρόνου ζωής αναφορικά με μια ορισμένη αξιοπιστία και μια σταθερή κατανομή του κόστους για εκ νέου επένδυση και συντήρηση.

### 5.7.1 Συμπεριφορά «γήρανσης» των μετασχηματιστών

Όταν συζητάμε για τη συμπεριφορά «γήρανσης» των μετασχηματιστών, είναι χρήσιμο να υποδιαιρέσουμε το μετασχηματιστή στα συστατικά του μέρη. Στο πλαίσιο αυτής της ανάλυσης θα περιγραφεί μόνο η συμπεριφορά «γήρανσης» του ενεργού μέρους, των τμημάτων των μονωτήρων διελεύσεως του μετασχηματιστή και του μηχανισμού αλλαγής λήψεως. Προϋποθέτοντας μια καλή συντήρηση, η «γήρανση» άλλων τμημάτων όπως του δοχείου, του συστήματος ψύξης, κλπ. μπορεί να παραλειφθεί, αφού η «γήρανση» των εν λόγω τμημάτων δεν είναι κυρίαρχη ή αφού δεν μπορούν να αντικατασταθούν ή να επισκευασθούν στον υποσταθμό, αν κριθεί κάτι τέτοιο απαραίτητο.

#### 5.7.1.1 Ενεργό μέρος

Η «γήρανση» του ενεργού μέρους εξαρτάται κυρίως από τη φόρτιση του μετασχηματιστή. Η θερμική ισχύς μειώνει τη μηχανική αντοχή της μονωτικής κυτταρίνης, 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). Μια νέα μονωτική κυτταρίνη έχει  $MB > 1000$ , μονωτική κυτταρίνη με ανεπαρκή μηχανική αντοχή έχει  $MB < 200$ . Δυστυχώς η μέτρηση MB μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια εργαστηριακής έρευνας ή τη στιγμή που ο μετασχηματιστής έχει διαλυθεί. Ο σχεδιασμός του συστήματος μόνωσης, η μέθοδος ψύξης και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης επηρεάζουν την κλίση της «γήρανσης». Η κατανομή των μετρούμενων MB τιμών στο σχήμα 9 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.



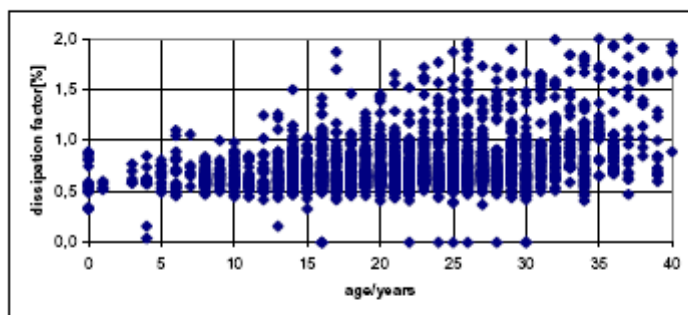
ΣΧΗΜΑ 9: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ



Ο τεχνικός χρόνος 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.

#### 5.7.1.2 Συμπυκνωτής μονωτήρων διελεύσεως

Η κατάσταση συμπυκνωτών μονωτήρων διελεύσεως μπορούν να προσδιοριστούν με τη μέτρηση της χωρητικότητας και του συντελεστή απορρόφησης  $\tan \delta$ . Μια αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις μετρήσεις δείχνει 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.



**ΣΧΗΜΑ 10.ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΓΗΡΑΝΣΗΣ ΜΟΝΩΤΗΡΩΝ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΣ ΤΥΠΟΥ ΧΑΡΤΟΥ ΜΕ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΡΗΤΙΝΗΣ**

#### 5.7.1.3 Μηχανισμός αλλαγής λήψεως

Ο μηχανισμός αλλαγής λήψεως εξαρτάται από τον αριθμό των εναλλασσόμενων λειτουργιών και το συσσωρευτικό εναλλασσόμενο ρεύμα. Αναμένοντας μια καλή συντήρηση ο τεχνικός χρόνος ζωής ενός μηχανισμού αλλαγής λήψεως είναι σχεδόν απεριόριστος, αφού 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. Ωστόσο, υπάρχει ένας κίνδυνος που κρύβει η παρασκευή λαδιού σε περίπτωση που οι επαφές του επιλογέα λήψης δεν είναι επάργυρες.

#### **5.7.2 Στρατηγική διάγνωσης**

Μια λογική διαχείριση ζωής πρέπει να υποστηρίζεται από σταδιακή διαγνωστική στρατηγική. Υπάρχουν κάποιες συνηθισμένες δοκιμασίες για την αξιολόγηση της κατάστασης του ενεργού τμήματος, το μονωτικό λάδι, οι μονωτήρες διελεύσεως και ο μηχανισμός αλλαγής λήψης. Σε περίπτωση μιας ένδειξης ή για μια εκτεταμένη κατάσταση αξιολόγησης έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές επιπρόσθετες 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 τύλιγμα 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, η εξέταση του συντελεστή ανάπτυξης του αερίου και η σύγκριση των τιμών του αερίου που έχει μετρηθεί με τις φυσιολογικές τιμές, είναι απαραίτητη. Με 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 .

### **5.7.3 Μέθοδοι επέκτασης του χρόνου ζωής**

Οι διαδικασίες επέκτασης του χρόνου ζωής χωρίς κανέναν όρο αξιολόγησης δεν μπορεί να δικαιολογηθεί τεχνικά. Στη περίπτωση μιας ένδειξης, μια 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. Επιπλέον η βλαμμένη περιοχή 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. Σε περίπτωση οποιασδήποτε αμφιβολίας θα πρέπει να προτιμάται η εργαστηριακή ανακαίνιση ή επισκευή.

#### **5.7.4 Στρατηγικές ενέργειες**

Μια συνεχής εκτίμηση και αξιολόγηση της κατάστασης του μετασχηματιστή είναι η πιο σημαντική πράξη για τη διαχείριση του χρόνου ζωής. Ένα ειδικό σχέδιο αξιολόγησης και ένα εργαλείο κατάταξης το οποίο βασίζεται στην κατάσταση και τη σημασία θα πρέπει να εφαρμοστούν. Με τη βοήθεια του εργαλείου κατάταξης μπορεί 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. Ωστόσο, η βέλτιστη χρήση των εφεδρικών μετασχηματιστών και μονωτήρων απαιτεί μια ευρεία τυποποίηση. Επιπλέον, 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 κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανακαίνισης ή όταν ένας μετασχηματιστής έχει αχρηστευτεί, η επιθεώρηση είναι απαραίτητη. Η επιθεώρηση ενός μετασχηματιστή είναι πολύτιμη για τη συλλογή εμπειρίας και μπορεί να αποκαλύψει απόκρυφα αδύνατα σημεία του σχεδιασμού και της κατασκευής του μετασχηματιστή. Επιπλέον, είναι η μοναδική μέθοδος για να επαληθευθούν οι εμπειρικές υποθέσεις του σχεδίου αξιολόγησης της κατάστασης.

Τουλάχιστον, ένα κυρίαρχο ζήτημα 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.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

#### **6.1 Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται μια συνολική αποτίμηση σε ότι αφορά το ζήτημα της συντήρησης του εξοπλισμού του συστήματος μεταφοράς και διανομής. Αρχικά εξηγείται με συντομία η αναγκαιότητα της διαδικασίας της συντήρησης. Εν συνεχεία δίνονται τα συμπεράσματα σχετικά με τις βασικές πολιτικές συντήρησης και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της καθεμιάς από αυτές καθώς και το κύριο πεδίο εφαρμογής τους. Κατόπιν παρατίθενται οι κυριότερες μέθοδοι εκτίμησης της κατάστασης του εξοπλισμού και οι δυσκολίες που αυτές έχουν, θέμα ιδιαίτερα σοβαρό στα πλαίσια των πιο πρόσφατων αντιλήψεων στο πεδίο της συντήρησης. Τελικά δίνονται τα βασικά συμπεράσματα σε σχέση με τη διαδικασία συντήρησης του συστήματος μεταφοράς και διανομής.

#### **6.2 Αναγκαιότητα συντήρησης**

Όσον αφορά τη συντήρηση υπάρχουν δύο σχολές. Η μία υποστηρίζει την εφαρμογή προγραμμάτων συντήρησης. Σήμερα 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 άλλη υποστηρίζει την πολύ μικρή συντήρηση μικρή ή και την καθόλου, δηλαδή ο εξοπλισμός λειτουργεί και η επέμβαση γίνεται όταν προκύψει βλάβη. Αυτή η σχολή υποστηρίζει ότι αφού ο εξοπλισμός λειτουργεί γιατί να δαπανηθούν χρήματα για τη συντήρηση του τώρα;

Το γεγονός είναι ότι όταν ο εξοπλισμός λειτουργεί, η κατάσταση του δεν βελτιώνεται με το χρόνο και τη χρήση. Εξάλλου όταν θα έλθει η ώρα της πληρωμής για την αμέλεια, θα πληρωθούν αδικαιολόγητες δαπάνες. Η δεύτερη αυτή σχολή ανήκει στο παρελθόν. 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.

Πριν χρόνια η συντήρηση θεωρείτο σα μία παραγκωνισμένη και απρόσωπη εργασία που ήταν όμως αναγκαία για τη λειτουργία. Σήμερα οι μεταβολές που οδήγησαν στην αναγνώριση της ως βασικής δραστηριότητας και οι δομές που έγιναν στις παραγωγικές μονάδες έχουν επισπεύσει τις μεγάλες αλλαγές στους τρόπους με τους οποίους έχουν οργανωθεί οι εργασίες της συντήρησης Έτσι, έχουν ανοίξει νέοι ορίζοντες στις δραστηριότητες των μελετών για την κατασκευή πιο αξιόπιστου εξοπλισμού και έργων, καθώς στις δραστηριότητες της συντήρησης του εξοπλισμού με στόχο όχι μόνο τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία., το μικρό κόστος αλλά και την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού.

### **6.3 Σύγκριση Στρατηγικών συντήρησης**

Οι στρατηγικές συντήρησης μπορούν να διαιρεθούν σε διαφορετικές προσεγγίσεις που αντίστοιχα οδηγούν σε διάφορα κόστη και επίπεδα διαθεσιμότητας.

#### **6.3.1 Διορθωτική συντήρηση**

Η πιο απλή στρατηγική συντήρησης σύμφωνα με αυτή την κατηγοριοποίηση είναι η Διορθωτική Συντήρηση. Στην πραγματικότητα, σε αυτή τη στρατηγική συντήρησης δεν υπάρχει καμία αναφορά στην προληπτική συντήρηση. Το εξάρτημα λειτουργεί μέχρι τη βλάβη. Στη συνέχεια αποφασίζεται αν το εξάρτημα μπορεί να επιδιορθωθεί ή πρέπει να αντικατασταθεί.

Σε γενικές γραμμές, αυτή 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.

Εξάλλου, 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 εξοπλισμό χαμηλής τάσης.

#### **6.3.2 Συντήρηση βασισμένη στο χρόνο**

Η ευκολότερη μέθοδος και ευρύτερα εφαρμοσμένη στρατηγική είναι η αποκαλούμενη Συντήρηση Βασισμένη στο Χρόνο (παραδοσιακή προληπτική συντήρηση). Συμπεριλαμβάνει προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα για επιθεωρήσεις και συγκεκριμένες εργασίες συντήρησης. Παρ όλα αυτά, φαίνεται ότι τα χρονικά διαστήματα που έχουν επιλεγεί είναι αρκετά σύντομα αφού σε πολλές επιθεωρήσεις δεν εντοπίζεται κάποιο πρόβλημα. Φαίνεται λοιπόν ότι τα διαστήματα αυτά θα μπορούσαν να μεγαλώσουν- 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, αποσαθρωτική φθορά ή οι ιδιότητες των υλικών μεταβάλλονται λόγω καταπόνησης.

Αυτή η στρατηγική εφαρμοζόταν ευρέως στη συντήρηση των δικτύων μέσης και υψηλής τάσης στο παρελθόν. Ανάλογα με το εύρος των χρονικών διαστημάτων η στρατηγική αυτή συνδυάζει ικανοποιητική διαθεσιμότητα με ένα σχετικά μεγάλο κόστος συντήρησης.

### **6.3.3 Συντήρηση που Βασίζεται στη Κατάσταση**

Για να προσδιοριστεί η κατάσταση 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.

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.

### **6.3.4 Συντήρηση επικεντρωμένη στην αξιοπιστία**

Στα δίκτυα υψηλής και υπερυψηλής τάσης η εκτίμηση της σπουδαιότητας των μηχανημάτων 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 (reliability centered maintenance) δεν λαμβάνει υπ' όψιν μόνο την κατάσταση των εξαρτημάτων του εξοπλισμού αλλά συνυπολογίζει και τις επιπτώσεις αυτών 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.

## **6.4 Κατάσταση εξοπλισμού**

Όπως έχει διαφανεί και στα προηγούμενα οι υπό ανάπτυξη και πιο σύγχρονες μέθοδοι συντήρησης είναι η επικεντρωμένη στην αξιοπιστία ή η βασισμένη στη κατάσταση συντήρηση. Εάν θέλει να εισαγάγει κανείς την επικεντρωμένη στην αξιοπιστία ή την βασισμένη στη κατάσταση συντήρηση,

είναι ουσιαστικό να χρησιμοποιήσει ένα κατάλογο του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. 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.

Υπάρχουν αρκετές βασικές δυνατότητες για να αποκτήσει ο υπεύθυνος της συντήρησης πληροφορίες για την κατάσταση του εξοπλισμού. Αυτές οι δυνατότητες διαφέρουν σημαντικά στην ποσότητα και τον τύπο των πληροφοριών που δίνουν και φυσικά στην προσπάθεια που απαιτείται για τη συλλογή των πληροφοριών αυτών.

#### **6.4.1 On-line παρακολούθηση**

Η καλύτερη μέθοδος από τεχνική άποψη είναι η **on-line παρακολούθηση** δεικτών που σχετίζονται με την κατάσταση του εξοπλισμού.

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.

#### **6.4.2 Μοντελοποίηση**

Μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την όσο το δυνατόν ευκολότερη εκτίμηση της κατάστασης του εξοπλισμού είναι η 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 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.

#### **6.4.3 Μέθοδος προσομοίωσης**

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. 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.

Μια προβληματική της μεθόδου αυτής είναι 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

#### **6.4.4 Στατιστική ανάλυση**

Οι στατιστικές μέθοδοι συνεισφέρουν στην πληροφόρηση για την κατάσταση του εξοπλισμού. Βάση αυτής της προσέγγισης είναι η συστηματική συλλογή πληροφοριών σχετικών με τον εξοπλισμό. Ακόμη, 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 εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τη συντήρηση.

Το επίπεδο των πληροφοριών, η ορθή κατηγοριοποίηση και η αποσαφήνιση του ρόλου των εξαρτημάτων δίνουν και τα αντίστοιχα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

#### **6.5 Συμπεράσματα**

Η διαδικασία συντήρησης του συστήματος μεταφοράς και διανομής είναι μια βασική συνιστώσα των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού. Τα οφέλη της, σε σχέση με τη μη συντήρηση, αντισταθμίζουν 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 .

## **Παράρτημα Α: Χρονικά διαστήματα και εργασίες συντήρησης Μ/Σ και διακοπών**

Παρακάτω αναφέρονται οι εργασίες συντήρησης και επιθεώρησης που διεξάγονται στο βασικό εξοπλισμό ενός ΥΣ.

### **1. Μ/Σ Ισχύος με μονωτικό λάδι**

<b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Δειγματοληψία στο λάδι του Μ/Σ και του μηχανισμού taps, έλεγχος της διηλεκτρικής του αντοχής, έλεγχος της οξύτητας, έλεγχος του χρώματος, έλεγχος του ποσοστού υγρασίας. Επίσης γίνεται και 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>
<b>Διετής συντήρηση εκτός τάσης</b>
<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>
<b>Τετραετής συντήρηση εκτός τάσης</b>
<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>
<b>Οκταετής συντήρηση εκτός τάσης</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Εξαγωγή του μεταγωγέα και έλεγχος. Αντικατάσταση του λαδιού</li></ul>

## 2. Ελαιοδιακόπτες - Αεροδιακόπτες 150 KV

### **Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση**

- Αεροσυμπιεστής: Έλεγχος λειτουργίας, λιπάνσεις, αντικατάσταση λαδιού, έλεγχος του ιμάντα μετάδοσης κίνησης
- Κινητήρας: έλεγχος λειτουργίας, ακροδέκτες ψήκτρες, λίπανση
- Πιεσόμετρο: έλεγχος καλής λειτουργίας
- Πρεσοστάτες: Έλεγχος λειτουργίας και ρυθμίσεων
- Αντίσταση θέρμανσης-θερμοστάτης: Έλεγχος λειτουργίας

### **Διετής συντήρηση εκτός τάσης**

- Θάλαμος διακοπής τόξου: Αντικατάσταση λαδιού, έλεγχος του δείκτη στάθμης
- Ηλεκτροβαλβίδες: Γενική κατάσταση, έλεγχος λειτουργίας
- Μηχανισμός μετάδοσης κίνησης: Έλεγχος ρυθμίσεων
- Μονωτήρες: Καθαρισμός και έλεγχος για διαπιδύσεις
- Μ/Σ έντασης: Έλεγχος στάθμης λαδιού καθαρισμός στον δείκτη, καθαρισμός μονωτήρων, μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.
- Ακροδέκτες: Καθαρισμός και έλεγχος.
- Δοκιμαστικοί χειρισμοί (ηλεκτρικοί - μηχανικοί)
- Κύριες και βοηθητικές επαφές: Καθαρισμός ή αντικατάσταση και μέτρηση της αντίστασης διέλευσης

### **Οκταετής συντήρηση εκτός τάσης**

- Πόλοι: Άνοιγμα και καθαρισμό ή αντικατάσταση
- Ικριώματα και μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος συσφίξεων των κοχλιών και βάνιμο αν απαιτείται.
- Έλεγχος για το σύγχρονο κλείσιμο των επαφών και των πόλων με παλμογράφο.
- Αεριοφυλάκιο: Μηχανικός χειρισμός

**3. ΕΔ DELLE με ελαιοπνευματικό μηχανισμό (OP-2C, OPE-2A, OPE-2B, OPI2) ΕΔ E.I.B. με ελαιοπνευματικό μηχανισμό (ETNA COP 1-23)**

<b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ζεύγος κινητήρα αντλίας: Έλεγχος λειτουργίας, ψήκτρες, 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>• Πρεσσοστάτες: 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>
<b>Διετής συντήρηση εκτός τάσης</b>
<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>
<b>Οκταετής συντήρηση εκτός τάσης</b>
<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>

4. ΕΔ DELLE με μηχανισμό CMR-3A ή CMR-2B ΕΔ SPRECHER-SCHUH με μηχανισμό FKF 103 ΕΔ SCARPA-MAGNANO τύπου PO/2925, UR/2925

<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, βάνιμο στις διαβρωμένες επιφάνειες.</li> <li>• Έλεγχος συγχρονισμού κλεισίματος - ανοίγματος πόλων με παλμογράφο</li> </ul>

## 5. Αεριοδιακόπτης BBC DCVF K4V

<b>Ετήσια επιθεώρηση υπό τάση</b>
<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 γραφιτωμένο λάδι (B.B.C 909 LM2)</li></ul>
<b>Τετραετής συντήρηση εκτός τάσης (αφαιρείται ο αέρας)</b>
<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 καθαρισμός των 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: Καθαρισμός και έλεγχος ακρίβειας ενδείξεων.</li></ul>

## **Παράρτημα Β : Χρήσεις και ειδικοί έλεγχοι και επιθεωρήσεις σε μονωτικά λάδια**

### **1. Εισαγωγή**

Σε αυτό το παράρτημα γίνεται μια αναφορά στους τύπους των μονωτικών λαδιών που χρησιμοποιούνται σε Μ/Σ αλλά και σε ορισμένους τύπους διακοπών ισχύος. Στην συνέχεια αναφέρονται δοκιμές και έλεγχοι που γίνονται στα μονωτικά λάδια με βάση διεθνείς κανονισμούς, προκειμένου

να διαπιστωθεί η φθορά τους που έχει αποτέλεσμα την μείωση της διάρκειας ζωής των μηχανημάτων.

## 2. Χρήση των μονωτικών λαδιών

### A. Σε Μετασχηματιστές

Το μονωτικό λάδι χρησιμοποιείται στους μετασχηματιστές γιατί είναι:

- Κατάλληλο ψυκτικό μέσο: Απορροφά τη θερμότητα που παράγεται στα τυλίγματα και τον πυρήνα και την μεταφέρει στις ψυκτικές επιφάνειες των ψυγείων και στα τοιχώματα του δοχείου. Αυτή η μεταφορά γίνεται με φυσική κυκλοφορία η και με εξαναγκασμένη κυκλοφορία. Η ψύξη του μετασχηματιστή έχει μεγάλη σημασία γιατί όπως είναι γνωστό η υπερθέρμανση τού λαδιού είναι αυτή που επιταχύνει στην αλλοίωση του, περιορίζοντας την ισχύ του μετασχηματιστή. Σαν ψυκτικό μέσο το μονωτικό λάδι είναι καλύτερο από τον αέρα γιατί έχει μεγαλύτερη ειδική θερμότητα απ αυτόν.
- Κατάλληλο μονωτικό μέσο: Καθώς το λάδι παρεμβάλλεται ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία του μετασχηματιστή που έχουν διαφορετικά δυναμικά, εμποδίζει την ηλεκτρική υπερπήδηση και ενισχύει τις μονωτικές ιδιότητες που έχουν οι μονώσεις των τυλιγμάτων, εμποδίζοντας έτσι την εισχώρηση υγρασίας. Όπως είναι γνωστό, οι πιο πάνω μονώσεις (χαρτί, βαμβάκι) έχουν σαν βάση την κυτταρίνη και έχουν το χαρακτηριστικό να απορροφούν υγρασία από τον αέρα. Η απορρόφηση της υγρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της μονωτικής ικανότητας. Σαν μονωτικό μέσο, το λάδι είναι καλύτερο από τον αέρα γιατί έχει ισχυρότερη μονωτική ικανότητα (μεγαλύτερη διηλεκτρική σταθερά και διηλεκτρική αντοχή).

Επίσης το μονωτικό λάδι χρησιμοποιείται στους μετασχηματιστές γιατί παρεμποδίζει τη δημιουργία μικροσκοπικών φυσαλίδων αέρα και αερίων στις μονώσεις των τυλιγμάτων. Παρόλο που οι μονώσεις από χαρτί εφαρμόζονται πάνω στους αγωγούς με προσοχή, δημιουργούνται μικρά διάκενα μεταξύ των μονώσεων και μεταξύ των μονώσεων και των αγωγών. Ο αέρας που υπάρχει σε αυτά τα διάκενα ιονίζεται και έτσι είναι δυνατό να προκληθούν εκκενώσεις. Το μονωτικό λάδι όμως γεμίζει τα διάκενα και παρεμποδίζει τον ιονισμό.

Τέλος το μονωτικό λάδι βοηθά στην απομάκρυνση των μικρών ξένων σωμάτων και της υγρασίας που μπορεί να βρίσκονται σε κάθε μετασχηματιστή. Τα ίχνη αυτά απομακρύνονται με κυκλοφορία του λαδιού μέσα από διάταξη διηθήσεως (φίλτρο).

Παρακάτω φαίνονται ενδεικτικά μερικά από τα χαρακτηριστικά μονωτικού λαδιού (Shell Diala D) που χρησιμοποιείται σε μετασχηματιστές.

Πυκνότητα (20° C)	0.868	
Σημείο αναφλέξεως	148° C	
Εσωτερική τριβή (ιξώδες) 20° C	18.4 cst	
Εσωτερική τριβή (ιξώδες) -30° C	8.15 cst	
Βαθμός εξουδετέρωσης	0 mgr KOH/gr λαδιού	
Βαθμός σαπωνοποίησης	0 mgr KOH/gr λαδιού	136
Βαθμός σαπωνοποίησης Baader	0.08 mgr KOH/gr λαδιού	
Διηλ. αντοχή	60 KV στα 2.5 mm.	
Διαλυτότητα σε Furfural	0.5% κατά όγκο.	



### B. Σε Ελαιοδιακόπτες

Στους διακόπτες το μονωτικό λάδι αποτελεί μονωτικό μέσο και χρησιμεύει για τη ψύξη, τον απιονισμό και το σβήσιμο του τόξου που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία του διακόπτη. Η ικανότητα του λαδιού να ανταποκριθεί στις

πιο πάνω συνθήκες εξαρτάται βασικά από:

- την εσωτερική τριβή του (ιξώδες) που δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερη από μία ορισμένη τιμή
- την πίεση με την οποία εκτοξεύεται προς το τόξο
- την ταχύτητα αποχωρισμού των επαφών του διακόπτη
- την μορφή του ίδιου του διακόπτη.

Ακόμα το λάδι πρέπει να αντέχει τις συνέπειες τόξου. Τέτοιες συνέπειες είναι η αποσύνθεση μιας ποσότητας λαδιού και ο σχηματισμός ατμών και αερίων που δημιουργούνται από το τόξο.

Επίσης μια άλλη συνέπεια είναι ο σχηματισμός υγρών και στερεών σωματιδίων που αποτελούνται από μίγμα υδρογονανθράκων. Αν παραχθεί μεγάλη ποσότητα άνθρακα από τις επαφές, υπάρχει πιθανότητα σχηματισμού ενός αγωγίμου δρόμου μέσα από αυτόν.

Από τα πιο πάνω προκύπτει ότι το λάδι των διακοπών πρέπει να έχει πολύ χαμηλή τάση για δημιουργία στερεών σωματιδίων και να παράγει μικρές ποσότητες υδρογόνου κατά τις διακοπές των τόξων. (Δεν πρέπει να ξεχνούμε ότι η ανάμιξη μίγματος Υδρογόνου και Οξυγόνου που βρίσκεται σε αναλογία 2 H<sub>2</sub>:1 O<sub>2</sub>: προκαλεί την ένωση τους με έκρηξη).

Πρέπει να σημειωθεί ότι το λάδι των διακοπών πτωχού ελαίου (Small oil volume) πρέπει να έχει υψηλό σημείο βρασμού για να αποφεύγεται η υπερβολική εξάτμιση.

Το λάδι που χρησιμοποιείται γενικά στους διακόπτες είναι εκείνο που χρησιμοποιείται και στους μετασχηματιστές. Σπάνια χρησιμοποιούνται χλωριωμένα συνθετικά λάδια που δεν δημιουργούν αέρια, αλλά εκλύουν υδροχλώριο. Όπως είναι γνωστό το υδροχλώριο με την υγρασία, δημιουργεί οξύ που προκαλεί διαβρώσεις των μεταλλικών τμημάτων του χώρου όπου βρίσκεται το λάδι. Για να παρεμποδισθούν αυτές οι διαβρώσεις, προσθέτουν στο λάδι κατάλληλες ουσίες που δεσμεύουν το υδροχλωρικό οξύ.

### Γ. Σε Πυκνωτές

Τα μονωτικά υγρά που χρησιμοποιούνται σε πυκνωτές ισχύος, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στη μία ανήκουν τα μονωτικά λάδια που προέρχονται από ορυκτά πετρέλαια και στην άλλη ανήκουν τα χλωριωμένα συνθετικά υγρά που όλα έχουν για βάση τους το PCB (Polychlorinated Biphenyl). Τα τελευταία προσφέρονται στην αγορά με διάφορες ονομασίες όπως INERTEEN, CLOPHEN, PARANOL κλπ.

Τα μονωτικά υγρά που έχουν ως βάση ουσίες PCB, χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά τα τελευταία χρόνια στην κατασκευή πυκνωτών,

επειδή δεν αναφλέγονται και επειδή έχουν χαμηλές διηλεκτρικές απώλειες. Αποδείχθηκε όμως ότι το PCB μολύνει το περιβάλλον και γι' αυτό οι κατασκευαστές ηλεκτρικών μηχανημάτων αναζήτησαν υποκατάστατο του. Έτσι οι πυκνωτές που κατασκευάζονται τελευταία για να χρησιμοποιηθούν στις ψηλές τάσεις περιέχουν άλλα υγρά που έχουν ίδια ή και καλύτερα χαρακτηριστικά και που δεν μολύνουν το περιβάλλον. Ένα τέτοιο είναι και αυτό που έχει για βάση το αλκυλιωμένο οξειδίο του χλωροδιφενυλίου και στο εμπόριο έχει την ονομασία XFS-4169L. Το μονωτικό αυτό υλικό έχει 20 φορές μικρότερη τοξικότητα από τα υγρά που βασίζονται στο PCB. Επίσης έχει σημεία αναφλέξεως και καύσεως μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα του ορυκτού μονωτικού λαδιού, όπως φαίνεται από τον πιο κάτω πίνακα.

	Σημείο αναφλέξεως (° C)	Σημείο καύσεως (°C)
Ορυκτά μονωτικά λάδια	154	167
Λάδι με PCBs	166	316
XFS-4169L	174	199

#### 4. Σε καλώδια

Η χρήση του μονωτικού λαδιού στα υπόγεια και υποβρύχια καλώδια έχει σκοπό:

- α) να ενισχύσει την μόνωση τους που είναι από χαρτί
- β) να παρεμποδίσει την εισχώρηση υγρασίας και
- γ) να ψύχει τον αγωγό του καλωδίου.

Αρχικά τα καλώδια χαμηλής τάσης είχαν για μόνωση θεικωμένη άσφαλτο που όμως γρήγορα πάθαινε αλλοίωση. Επειδή το αλλοιωμένο τούτο υλικό έχει μεγάλο θερμικό συντελεστή στις μεγάλες θερμοκρασίες σχηματιζόταν κενά που μπορούσαν να ιονισθούν. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία σαν πυκνωτικό μέσο το κολοφώνιο που ενίσχυε την προσκόλληση του διαποτιστικού υλικού.

Μετά χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα για την πλήρωση των καλωδίων παραφινικά λάδια που αναμιγνύονται με πυκνωτικά μέσα (κολοφώνιο κ.τ.λ.).

Επειδή το πιο πάνω υλικό που χρησιμοποιείται για την πλήρωση του καλωδίου έχει μικρή διηλεκτρική αντοχή, δεν χρησιμοποιείται σε καλώδια υψηλών τάσεων. Το εξευγενισμένο κολοφώνιο έχει μεν μικρότερες απώλειες, όμως η διαλυτότητα του στα λάδια παραφινικής βάσης δεν είναι ικανοποιητική και παίρνει κρυσταλλική μορφή σε χαμηλές θερμοκρασίες όταν οξειδωθεί Γι' αυτό έχουν προταθεί τα λάδια ναφθениκής βάσης που έχουν τα πλεονεκτήματα:

- α) Να διατηρούν το κολοφώνιο εύκολα ακόμα και όταν οξειδωθεί
- β) Είναι πιο λεπτόρρευστα στις θερμοκρασίες διαποτισμού
- γ) Έχουν μικρότερες απώλειες.

Τα λάδια που χρησιμοποιούνται στα καλώδια υψηλής τάσης (για παράδειγμα 150 KV) έχουν γενικά ναφθениκή βάση. Τα λάδια αυτά πρέπει να είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά σε μεγάλες θερμοκρασίες και στη γήρανση.

Επίσης πρέπει να εκλύουν όσο το δυνατό λιγότερα αέρια και να είναι πιο παχύρρευστα, ιδιαίτερα αν δεν προορίζονται για κυκλοφορία μέσα στα καλώδια. Τόσο το λάδι όσο και το μονωτικό χαρτί εκλέγονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε με οποιεσδήποτε συνθήκες λειτουργίας το λάδι να διαποτίζει το χαρτί.

Με τα λάδια που προορίζονται για καλώδια λαδιού πρέπει να δίνουμε προσοχή στον έλεγχο για τη χημική σύνθεση τους να εξασφαλίζουμε χαμηλό σημείο ροής και να μην δημιουργείται σε αυτά κερί.

Οι βασικές ιδιότητες των λαδιών που προορίζονται για καλώδια είναι:

1. Η εσωτερική τριβή πρέπει να είναι όσο το δυνατό χαμηλή με αποδεκτή πτητικότητα. Η χαμηλή εσωτερική ροή κάνει δυνατό το σχεδιασμό Συστημάτων που μπορούν να λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες. Επίσης μειώνει την τάση σε μεταβατικές συνθήκες από αυξομειώσεις της πίεσης, επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερη οικονομία. Η πτητικότητα του λαδιού πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή για να επιτρέπει απαέρωση με μεγάλο κενό και για να αποφεύγεται μεγάλη αναφλεξιμότητα.
2. Το λάδι πρέπει να μπορεί να απορροφήσει κάθε αέριο που ίσως παραμείνει στο καλώδιο μετά την εγκατάσταση.
3. Η εφδ πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρή σε συνδυασμό με καλή χημική σταθερότητα ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας.

#### Ε. Σε μετασχηματιστές οργάνων

Στους μετασχηματιστές οργάνων (έντασης και τάσης) χρησιμοποιούνται επίσης μονωτικά λάδια για τον εμποτισμό του στερεού μονωτικού τους υλικού που γενικά είναι ειδικό χαρτί

Τα λάδια αυτά είναι τα ίδια με τα λάδια των μετασχηματιστών ισχύος. Ένας κατασκευαστής (Nissan - Ιαπωνίας) Μ/Σ οργάνων χρησιμοποιεί λάδια με χαρακτηριστικά:

Ειδικό βάρος	0,88-0,91
Κιν. εσωτερική τριβή στους 30°C	15 cst max.
Κιν. εσωτερική τριβή στους 0°C	5 cst max.
Σημείο ροής	325°C max.
Σημείο αναφλέξεως	135°Cmin
Εξάτμιση	0.3% max.
Οξύτητα (συνολική)	0,01 KOH/gr.
Σταθερότητα σε οξείδωση (120°C)	0.2" max.
Διηλεκτρική αντοχή (2.5 mm)	50 KV min.

### **3. Έλεγχος της επιφανειακής τάσης**

#### Γενικά

Για την εκτίμηση της γενικής κατάστασης του λαδιού ο προσδιορισμός και η παρακολούθηση των τιμών της επιφανειακής τάσης του είναι σημαντικός. Επειδή ακριβώς ο περιοδικός έλεγχος της επιφανειακής τάσης έχει σπουδαιότητα σε πάρα πολλές ηλεκτρικές εκμεταλλεύσεις έχει καθιερωθεί

αυτός ο έλεγχος μαζί με τους ελέγχους διηλεκτρικής αντοχής και του βαθμού εξουδετέρωσης.

Ο έλεγχος της επιφανειακής τάσης έχει μεγάλο ενδιαφέρον ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια της μόλυνσης του λαδιού, όταν οι βαθμοί εξουδετέρωσης και σαπωνοποίησης δεν έχουν γίνει ακόμα αξιοσημείωτοι. Στα επόμενα στάδια αυτός ο βαθμός ενδιαφέρει λιγότερο.

Η μείωση των τιμών της επιφανειακής τάσης υποδεικνύει τη γήρανση του μονωτικού λαδιού.

Ο έλεγχος τη επιφανειακής τάσης εκτελείται κατά κανόνα με τη βοήθεια ειδικού οργάνου (Tensiometer) που δίνει τη τιμή της σε dynes/cm, με απ' ευθείας ανάγνωση.

#### Μέθοδος του δακτυλίου

Το όργανο μέτρησης της επιφανειακής τάσης βασίζεται στη μέθοδο του δακτυλίου και οι τιμές που παίρνονται έχουν ακρίβεια γύρω στο 0.25%.

Με τη μέθοδο του δακτυλίου έχουμε τα ακόλουθα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους:

- Ταχύτητα μετρήσεων,
- Δεν χρειάζονται υπολογισμού
- Χρειάζονται μικρές μόνο ποσότητες λαδιού.

Σε πολλές περιπτώσεις δεν απαιτείται ακρίβεια στην απόλυτη τιμή της επιφανειακής τάσης αλλά μόνο η σχέση μεταξύ των μεταβολών της που οφείλονται στη συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών στην επιφάνεια που διαχωρίζει το λάδι με το άλλο υγρό. Σ' αυτή την περίπτωση ενδιαφέρει η ταχύτητα της μέτρησης.

#### **4.Αέρια που περιέχονται σε λάδι**

##### Γενικά

Οι θερμικές και οι ηλεκτρικές καταπονήσεις προκαλούν μια υποβάθμιση στο λάδι και στα μονωτικά υλικά. Με την υποβάθμιση δημιουργούνται αέρια που διαλύονται μέσα στο λάδι Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση αυτών των αερίων βοηθά στην εκτίμηση εσωτερικών σφαλμάτων στους ΜΣ, πριν αυτά προκαλέσουν καταστροφή στη μόνωση.

Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των διαλυμένων στο λάδι αερίων εκτελείται με τις εξής διαδικασίες:

- Δειγματοληψία λαδιού.
- Εξαγωγή αερίων από το δείγμα λαδιού.
- Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των αερίων που προέρχονται από το δείγμα με αεριοχρωματογράφο.
- Επεξεργασία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης για την εφαρμογή μίας από τις μεθόδους με τις οποίες γίνεται διάγνωση του σφάλματος.

Όπως είναι γνωστό η περιοδική ανάλυση των αερίων που περιέχονται στο λάδι των ΜΣ, αποτελεί ένα εργαλείο για την έγκαιρη ανίχνευση εσωτερικών σφαλμάτων.

Το ολικό περιεχόμενο διαλυμένων αερίων κυμαίνεται από 0.25% σε καινούργιο λάδι κλειστών ΜΣ μέχρι 14% σε ΜΣ με στρώμα αζώτου (N<sub>2</sub>). Αυτά που κύρια ενδιαφέρουν είναι αφενός η σύνθεση του μίγματος των διαλυμένων αερίων και αφετέρου ο ρυθμός αύξησης των συστατικών του μίγματος που δημιουργείται από το σφάλμα στο εσωτερικό του ΜΣ.

Με την παρακολούθηση αυτών των δύο στοιχείων μπορούμε να διαγνώσουμε από νωρίς τι συμβαίνει μέσα στο ΜΣ. Με μεθόδους που έχουν υιοθετηθεί είναι δυνατή η έγκαιρη διάγνωση της υπερθέρμανσης ή των «μερικών εκκενώσεων» ή του τόξου που καταπονούν τη μόνωση και που τα αποτελέσματα της καταπόνησης είναι ακόμα μη καταστρεπτικά για τη μόνωση. Συνεπώς είναι δυνατή η ανεύρεση της αιτίας που προκαλεί την καταπόνηση και η επιδιόρθωση της, πριν η μόνωση αχρηστευθεί

## **5. Μέτρηση του συντελεστή απωλειών (εφδ)**

### Γενικά

Η μέτρηση της εφδ μπορεί να δείξει τις ακόλουθες συνθήκες στη μόνωση μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών μηχανημάτων:

- Χειροτέρευση των χημικών ιδιοτήτων που προκλήθηκε από το χρόνο και τη θερμοκρασία.
- Μόλυνση από νερό σκόνη και άλλα χημικά, προϊόντα.
- Ιονισμός.

Οι διηλεκτρικές απώλειες των μονωτικών λαδιών κανονικά είναι πολύ μικρές, μπορούν όμως να σημειωθούν υψηλές τιμές μειώνοντας την απόδοση των μηχανημάτων και παράλληλα αυξάνοντας την θερμοκρασία τους. Η ερμηνεία των μετρήσεων της εφδ στηρίζεται στη πείρα στις οδηγίες του κατασκευαστή της συσκευής δοκιμής και στις παρατηρούμενες διαφορές:

- μεταξύ μετρήσεων στην ίδια συσκευή μετά από διαδοχικά χρονικά διαστήματα.
- μεταξύ μετρήσεων σε όμοιες συσκευές.
- μεταξύ μετρήσεων με διαφορετικές τάσεις.

Έτσι αν μετρηθούν μεγάλες τιμές εφδ σε σύγκριση με προηγούμενες μετρήσεις, κάτι τέτοιο σημαίνει ότι υπάρχει κάποια γενική ανωμαλία, όπως μόλυνση στο λάδι. Αύξηση της εφδ και του ρεύματος φόρτισης I σημαίνει ότι η μόλυνση είναι νερό.

Όταν φιλτραριστεί το λάδι, οι διαδοχικές μετρήσεις της εφδ και του I στα τυλίγματα και το λάδι θα δείξουν κατά πόσο έχουν αποκατασταθεί οι καλές συνθήκες.

Η οξειδωση του λαδιού και η εμφάνιση λάσπης (sludge) έχει αξιοσημείωτη επίδραση στην εφδ των τυλιγμάτων του ΜΣ: Αφού γίνει πλύσιμο των

τυλιγμάτων ή εφαρμοσθεί άλλη διαδικασία γίνονται μετρήσεις εφδ για να διαπιστωθεί πόσο αποτελεσματικά απομακρύνθηκε η λάσπη.

Η μέτρηση της εφδ σε δείγμα λαδιού αποτελεί συμπλήρωμα στην αντίστοιχη μέτρηση στο μετασχηματιστή από τον οποίο είναι το δείγμα λαδιού. Η μέτρηση αυτή μόνη της δίνει λίγες μόνο πληροφορίες για το υπόλοιπο της διάρκειας της ωφέλιμης ζωής του λαδιού. Όταν συνδυαστεί και με άλλες μετρήσεις στο λάδι θα εξασφαλισθεί αν τούτο μπορεί να εξακολουθήσει να χρησιμοποιείται.

- Το καινούργιο λάδι που έχει καλά χαρακτηριστικά θα έχει εφδ της τάξης του 0.05% στους 20 °C.
- Η τιμή της εφδ του δείγματος λαδιού που βρίσκεται σε μηχανήμα που λειτουργεί περάσει την τιμή 0.5% στους 20 °C, τότε πρέπει να γίνει παραπέρα έρευνα της κατάστασης του λαδιού.
- Αν η τιμή της εφδ δείγματος λαδιού στους 70 °C είναι πάνω από 7-10 φορές από την τιμή στους 20 °C, τότε συνήθως τούτο αποτελεί ένδειξη ότι το λάδι περιέχει διαλυμένα ξένα σωματίδια.
- Αν μετρηθεί μεγάλη τιμή εφδ του δείγματος λαδιού πρέπει να γίνουν επιπλέον μετρήσεις της αντίστασης μόνωσης καθώς και μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας, για να εξακριβωθεί αν η μεγάλη τιμή της εφδ οφείλεται σε υγρασία.

#### 6. Έλεγχος οξύτητας

Τα καλά μονωτικά λάδια πρέπει να διατηρούν αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά τους όταν βρίσκονται σε μηχανήματα που λειτουργούν σε επαφή με το χαλκό και σε θερμοκρασία μέχρι 100 °C.

Ο σχηματισμός λάσπης και εμφάνιση οξύτητας είναι ανεπιθύμητα. Η μεγάλη οξύτητα προκαλεί διάβρωση των διαφόρων στοιχείων του μηχανήματος. Τα προϊόντα που προέρχονται από αυτή τη διάβρωση ελαττώνουν σημαντικά τη διηλεκτρική αντοχή του λαδιού. Η λάσπη και οι εναποθέσεις μειώνουν την αποτελεσματική ψύξη του μηχανήματος, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.

Όταν ανυψώνεται η θερμοκρασία επιταχύνεται ο σχηματισμός λάσπης με αποτέλεσμα την παραπέρα αποσύνθεση του λαδιού και μείωση της μονωτικής του ικανότητας.

Η οξύτητα μετριέται με το βάρος του καυστικού καλίου KOH σε χιλιοστά του γραμμαρίου το οποίο απαιτείται για να εξουδετερώσει τα οξέα ενός γραμμαρίου λαδιού πχ. 0.3 mgr KOH/ gr λαδιού.

Η οξύτητα κατά τη λειτουργία του μηχανήματος μπορεί να φτάσει την τιμή 1,0 mgr KOH/gr λαδιού.

Για μεγάλους ΜΣ ισχύος το λάδι ελέγχεται τουλάχιστον ανά εξάμηνο. Εάν η οξύτητα έχει τιμή μεγαλύτερη από 1,0 mgr KOH/gr το λάδι πρέπει να επεξεργάζεται ή να αντικαθίσταται.

Για όλους τους άλλους ΜΣ αν η οξύτητα είναι κάτω του 0,4 mgr KOH/gr πρέπει να επανεξεταστεί το λάδι εντός ενός έτους. Αν βρεθεί ότι η οξύτητα είναι κάτω του 0,6 mgr KOH/gr, εξετάζουμε πάλι το λάδι μετά από έξι μήνες.

Πολλοί μηχανικοί θεωρούν την παραπάνω τιμή ως οριακή. Όμως για ΜΣ που λειτουργούν υπό το πλήρες φορτίο, ιδιαίτερα σε θερμό περιβάλλον, το όριο απόρριψης μπορεί να τοποθετηθεί κάτω του 1,0 mgr KOH/gr.

Στην περίπτωση αυξήσεως της οξύτητας, ο βαθμός αυξήσεως είναι επιταχυνόμενος. Για αυτό στους μεγάλους ΜΣ είναι επιθυμητό να είναι γνωστή η τάση αύξησης της οξύτητας.

#### 7. Έλεγχος της διηλεκτρικής αντοχής (Δ.Α.)

Ο έλεγχος της Δ.Α. του λαδιού εκτελείται με τη βοήθεια ειδικών συσκευών και συνίσταται στη διάσπαση μίας ποσότητας λαδιού που βρίσκεται μεταξύ δύο υπό τάσεις ηλεκτροδίων. Η μορφή και η απόσταση των ηλεκτροδίων καθορίζεται από σχετικούς κανονισμούς κάθε χώρας. Από τους ίδιους αυτούς κανονισμούς καθορίζονται επίσης και οι διάφορες λεπτομέρειες που αφορούν την εκτέλεση της μέτρησης. Είναι ο πιο συνηθισμένος έλεγχος στα μονωτικά λάδια.

Επειδή η τιμή της Δ.Α. εξαρτάται βασικά από τη συσκευή και από τη μέθοδο που εφαρμόζεται η Δ.Α. δεν αποτελεί κριτήριο της ποιότητας του λαδιού. Ο έλεγχος της Δ.Α. είναι μία συμβατική δοκιμή που αποσκοπεί στο να αποκαλύψει την έκταση της φυσικής μόλυνσης του λαδιού από νερό ή σωματίδια.

Στο προσδιορισμό της διηλεκτρικής αντοχής σημαντικό ρόλο παίζει η δειγματοληψία και γι' αυτό αυτός που τη εκτελεί πρέπει να έχει υπόψη του και τα ακόλουθα:

- Η δειγματοληψία πρέπει να εκτελείται με κάθε προσοχή και σχολαστικότητα ώστε το δείγμα να διατηρήσει τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του λαδιού από το οποίο προέρχεται
- Κατά τη δειγματοληψία πρέπει να μην υπάρχει σκόνη και υγρασία στο γύρω χώρο.
- Τα βοηθητικά μέσα για τη δειγματοληψία όπως και τα σημεία από όπου γίνεται αυτή πρέπει να καθαριστούν με επιμέλεια, (πρέπει να αποφεύγεται η χρήση χνουδωτών υφασμάτων)
- Για τη μεταφορά του δείγματος πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλα δοχεία. Οι γυάλινες φιάλες με μακρύ λαιμό είναι τα πιο κατάλληλα δοχεία γιατί καθαρίζονται πολύ αποτελεσματικά και γιατί σ' αυτές είναι εύκολα ορατά ξένα σωματίδια που συγκεντρώνονται στον πυθμένα. Αν δεν υπάρχουν γυάλινες φιάλες μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν ειδική περίπτωση πλαστικές (πολυαιθυλένιο ή PVC). Τέτοιες φιάλες δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά δείγματος που προορίζεται να υποστεί έλεγχο περιεχομένου αερίου.

- Τα δοχεία δειγματοληψίας πρέπει να καθαρίζονται να στεγνώνονται και να φυλάσσονται αφού κλειστούν ερμητικά. Αμέσως πριν από τη χρησιμοποίησή τους πρέπει να πλένονται με λάδι από αυτό που πρόκειται να ελεγχθεί.
- Πρέπει το δείγμα να προφυλάσσεται από την επίδραση του φωτός (VDE 0370/4.61). Έτσι τα διαφανή γυάλινα δοχεία πρέπει να περιβάλλονται με κάποιο αδιάφανο υλικό ώστε το περιεχόμενο σε αυτά λάδι να προστατεύεται από το φως.
- Τα δείγματα από βαρέλια και παρόμοια δοχεία πρέπει να παίρνονται από τη μάζα που είναι πάνω από το πυθμένα του βαρελιού με τη βοήθεια σωλήνα (κλέφτη). Η δειγματοληψία γίνεται μέσα σε κλειστό χώρο και μόνο όταν το λάδι έχει θερμοκρασία ίση ή μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος γιατί αλλιώς θα συμβεί συμπύκνωση μέσα στο βαρέλι. Πριν τη δειγματοληψία το λάδι που περιέχεται στο δοχείο πρέπει να μείνει αμετακίνητο επί 12 ώρες το ελάχιστο ώστε η υγρασία να κατακαθίσει. Εννοείται ότι το πώμα δια μέσον του οποίου θα πάρουμε το δείγμα βρίσκεται στο άνω μέρος του βαρελιού. Ένα αρχικό δείγμα από το βαρέλι απορρίπτεται έτσι ώστε να πλυθεί ο σωλήνας πριν πάρουμε το κανονικό δείγμα από το πυθμένα.
- Τα δείγματα από μετασχηματιστές πρέπει να παίρνονται ενώ το λάδι είναι θερμό αλλά πρέπει να δοθεί χρόνος στα ξένα σωματίδια να κατακαθίσουν. Γενικά η δειγματοληψία γίνεται δια μέσου κρουνού που βρίσκεται στο κάτω μέρος του μετασχηματιστή. Στο κάτω μέρος των δοχείων διαστολής των μετασχηματιστών γίνεται συμπύκνωση. Το λάδι λοιπόν των δοχείων διαστολής πρέπει επίσης να ελέγχεται. Για το σκοπό αυτό υπάρχει κρουνός στο κάτω μέρος του δοχείου διαστολής. Ο κρουνός από τον οποίο θα γίνει δειγματοληψία πρέπει να πλυθεί με λάδι πριν πάρουμε δείγμα. Το αρχικό αυτό λάδι με το οποίο γίνεται η πλύση του κρουνού συλλέγεται σε γυάλινο δοχείο και εξετάζεται οπτικά μήπως περιέχει ελεύθερο νερό. Τα ίδια ισχύουν και για σωλήνες που μπορεί να παρεμβληθούν μεταξύ κρουνού και δοχείου του δείγματος.
- Τα δείγματα από διακόπτες πρέπει επίσης να παίρνονται από το πυθμένα. Γι αυτό συχνά στο κάτω μέρος του χώρου όπου είναι το λάδι υπάρχει κρουνός δια μέσου του οποίου μπορεί να γίνει η δειγματοληψία.

Αφού η διηλεκτρική αντοχή επηρεάζεται σημαντικά και από ελάχιστη ακόμα μόλυνση του δείγματος, είναι ολοφάνερη η σπουδαιότητα της επιμελημένης δειγματοληψίας ειδικά σε ότι αφορά τη δυνατότητα απορρόφησης υγρασίας από το λάδι.

#### Μέθοδος δοκιμής

Η μέθοδος ελέγχου συνίσταται στην εφαρμογή εναλλασσόμενης τάσης 40 ως 62 Hz στα ηλεκτρόδια της συσκευής. Η τάση αυξάνεται με ρυθμό ομαλό και ίσο προς 2KV/sec από το μηδέν μέχρι τη τιμή που θα προκαλέσει τη



διάσπαση του λαδιού. Το κύκλωμα ανοίγει χειροκίνητα αν συμβεί μία παροδική υπερπήδηση μεταξύ των ηλεκτροδίων η αυτόματα αν συμβεί μόνιμο τόξο.

Στην τελευταία περίπτωση ο αυτόματος διακόπτης θα διακόψει τη τάση μέσα σε 0.02 sec (δηλ σε 20 msec που σημαίνει μέσα σε μία περίοδο εναλ. ρεύματος 50 Hz). Η τάση διάσπασης είναι η τάση που παρατηρείται κατά τη στιγμή που γίνεται η πρώτη διάσπαση (παροδική ή μόνιμη) μεταξύ των ηλεκτροδίων. Ο έλεγχος εκτελείται 6 φορές στο ίδιο δείγμα. Η πρώτη εφαρμογή της τάσης γίνεται το γρηγορότερο μετά το γέμισμα του δοχείου δοκιμών αφού έχει προβλεφθεί να μη υπάρχουν φυσαλίδες αέρα στο λάδι και το αργότερο 10 min μετά το γέμισμα. Μετά από κάθε διάσπαση το λάδι αναδεύεται ελαφρά μεταξύ των ηλεκτροδίων με τη βοήθεια καθαρής μονωτικής ράβδου ή μέσω αναδευτήρα με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία φυσαλίδων αέρα. Για τους επόμενους πέντε ελέγχους η τάση εφαρμόζεται 1 min μετά τη εξαφάνιση φυσαλίδων αέρα που θα μπορούσαν να σχηματιστούν. Αν η διάταξη δεν επιτρέπει την εξακρίβωση για την εξαφάνιση των φυσαλίδων πρέπει να μεσολαβήσουν 5 min μέχρι να αρχίσει ο καινούργιος έλεγχος. Η διηλεκτρική αντοχή του λαδιού είναι ο αριθμητικός μέσος όρος των 5 τελευταίων αποτελεσμάτων που θα πάρουμε.

Σαν όριο της διηλεκτρικής αντοχής μπορεί να θεωρηθεί η τιμή των 100 KV/cm. Αν οι μετρήσεις είναι κάτω του ορίου θα πρέπει να γίνεται ένας πιο επισταμένος έλεγχος του λαδιού.

Σημείωση: κανονισμοί σχετικοί με τη μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής είναι ανάμεσα σε άλλους: IEC 156, VDE 0370, ASTM D 18 16 D 877, BS 148

#### **8. Επίδραση της υγρασίας πάνω στη μόνωση του μ/ς**

Η υγρασία στο μονωτικό λάδι απορροφάται από τον ατμοσφαιρικό αέρα όταν το λάδι έρθει σε επαφή με αυτόν.

Όπως είναι γνωστό, η υγρασία μειώνει τη διηλεκτρική αντοχή του λαδιού, ενώ εξάλλου μπορεί να απορροφηθεί από τη μόνωση του χαρτιού, οπότε αυξάνεται ο συντελεστής ισχύος του και μειώνεται η μονωτική του αντοχή. Το ανώτερο όριο υγρασίας που συνιστάται από τους κατασκευαστές είναι 1%.



Σχήμα.Επίδραση του διαλυμένου νερού στη διηλεκτρική αντοχή του λαδιού μετασχηματιστών

Όταν στο λάδι υπάρχουν 60 ppm υγρασίας, η διηλεκτρική του αντοχή, μετρούμενη με τυποποιημένη μέθοδο, μειώνεται κατά 13%.

#### *Η υγρασία στο λάδι των ΜΣ*

Η ύπαρξη υγρασίας στα μονωτικά λάδια των ΜΣ που είναι σε λειτουργία είναι ένα γεγονός που δεν μπορεί να αποφευχθεί

Γι' αυτό το λόγο είναι επιβεβλημένο τα λάδια των καινούργιων ΜΣ να έχουν όσον το δυνατόν λιγότερη υγρασία. Η υγρασία στο λάδι μετριέται σε ppm.

Ένα μονωτικό λάδι στους 50°C μπορεί να περιέχει μέχρι 150 ppm υγρασίας, ενώ στους 20°C μπορεί να περιέχει μέχρι 40 ppm. Μεγαλύτερη ποσότητα υγρασίας μπορεί να περιέχεται στο λάδι στην ίδια θερμοκρασία, όχι όμως σαν διάλυμα, αλλά με την μορφή σταγονιδίων νερού.

#### *Η υγρασία στη στερεά μόνωση των ΜΣ*

Στους περισσότερους ΜΣ χρησιμοποιείται σαν στερεά μόνωση το χαρτί. Αυτό μπορεί να απορροφήσει υγρασία. Το μέγεθος που ενδιαφέρει να γνωρίζουμε, είναι η υγρασία που περιέχεται στο χαρτί της μόνωσης των ΜΣ (μετράται σε % ποσοστό).

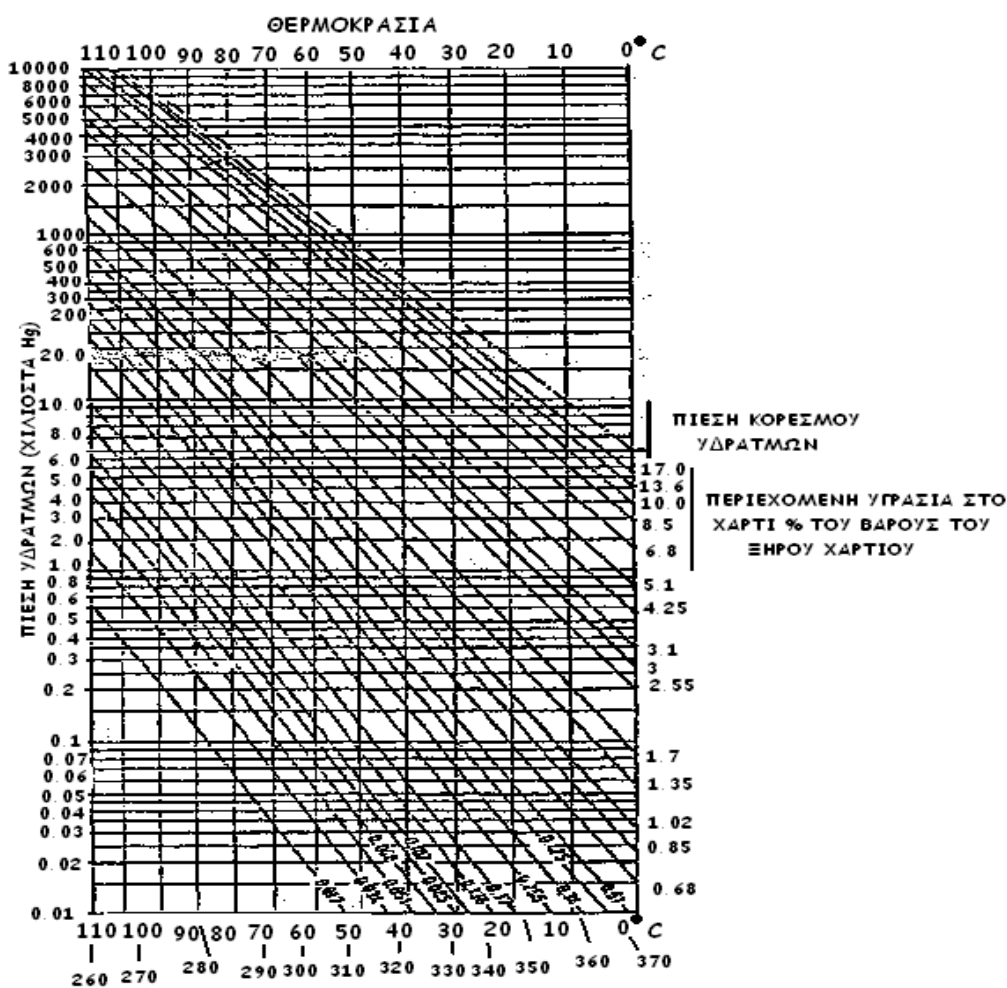
Για τη μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας στο χαρτί μπορεί, να εφαρμοστεί η μέθοδος του Karl Fischer (ανάλογη της μεθόδου για τα μονωτικά λάδια) σύμφωνα με την Publication 733 της IEC - 1982. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται η λήψη δείγματος από το τύλιγμα, επομένως το άνοιγμα του ΜΣ. Είναι όμως γνωστές οι δυσκολίες που παρουσιάζονται για την τεθούν εκτός λειτουργίας μηχανήματα που πολλές φορές βρίσκονται σε καίριες θέσεις Ηλεκτρικών Δικτύων και οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν για εργασίες τέτοιου είδους που καθιστούν απαγορευτικό, π.χ. το άνοιγμα ενός ΜΣ ΥΥΤ στην ύπαιθρο.

Υπάρχει όμως και ένας έμμεσος τρόπος προσδιορισμού της υγρασίας στο χαρτί. Αυτός ο τρόπος βασίζεται σε καμπύλες ισορροπίας που είναι συνάρτηση της περιεχόμενης στο λάδι υγρασίας, της θερμοκρασίας και της αντίστοιχης πίεσης υδρατμών στον αέρα.

Το διάγραμμα του J.D.PIPER για τον προσδιορισμό της υγρασίας στη στερεά μόνωση των ΜΣ ισχύος.

Στο παρακάτω σχήμα περιέχεται το διάγραμμα του J.D.PIPER για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας στο χαρτί των μονώσεων των Μ/Σ.

Σχήμα: περιεχόμενη υγρασία στο χαρτί της μόνωσης Μ/Σ σε συνθήκες ισορροπίας και σε συνάρτηση της θερμοκρασίας και της πίεσης των υδρατμών στον αέρα (Piper)

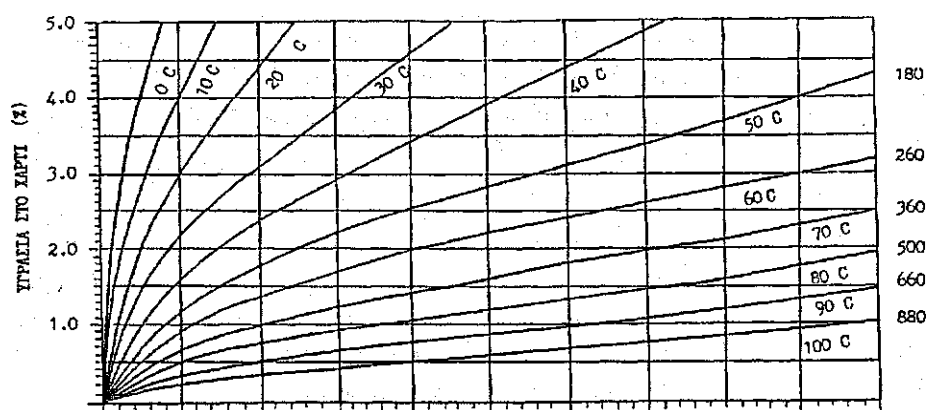


### Καμπύλες ισορροπίας στο σύστημα "χαρτί - μονωτικό λάδι"

Οι προηγούμενες θεωρήσεις καθώς και το κλασικό διάγραμμα των FABRE - RICHON (1960) οδήγησαν νεώτερους ερευνητές στη σχεδίαση καμπυλών για το σύστημα "χαρτί -μονωτικό λάδι".

Στο σχήμα περιέχεται μια οικογένεια τέτοιων καμπυλών για περιοχή θερμοκρασιών από 0 έως 100°C.

Το σχήμα είναι πολύ εύχρηστο για ένα ταχύ προσδιορισμό της ποσότητας της υγρασίας στην κυτταρίνη, με ικανοποιητική προσέγγιση, όπως είναι εύκολο να διαπιστώσουμε, για μεσαίες και υψηλές θερμοκρασίες των Μ/Σ ισχύος ενώ για χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζονται σημαντικές αποκλίσεις. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται στην δυσκολία αποκατάστασης της θερμικής ισορροπίας στο εσωτερικό των μηχανημάτων στις χαμηλές θερμοκρασίες.



Σχήμα : καμπύλες ισορροπίας υγρασίας για σύστημα χαρτιού-χαλκού

### 8. Δείκτης ποιότητας λαδιού

Από το 1940 είχε διαπιστωθεί ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στην επιφανειακή τάση που έχει ένα λάδι και στην οξύτητα του. Πολυάριθμες μελέτες κατέληξαν σε συμπεράσματα που βοήθησαν στην ταξινόμηση των λαδιών σε κατηγορίες που η κάθε μία χαρακτηρίζεται από περιοχές τιμών επιφανειακής τάσης, οξύτητας και χρώματος.

Παρακάτω δίνεται μία ταξινόμηση που περιλαμβάνει και τον λεγόμενο Δείκτης Ποιότητας Myers, ο οποίος είναι ένας αδιάστατος αριθμός που προκύπτει διαιρώντας τον αριθμό που παριστάνει την επιφανειακή τάση σε dynes/cm προς τον αριθμό που παριστάνει την οξύτητα σε mgr KOH/gr λαδιού.

Έτσι για καινούργιο καλό λάδι με επιφανειακή τάση 45 dynes/cm και οξύτητα 0.03 mg KOH/gr, από τον πιο πάνω ορισμό του δείκτη ποιότητας Myers βγαίνει: Δ.Π.Μ = 1500

Συνδυάζοντας τώρα τις τιμές της επιφανειακής τάσης με το βαθμό εξουδετέρωσης, το χρώμα και το δείκτη ποιότητας έχει υιοθετηθεί η ταξινόμηση των λαδιών σε 7 κατηγορίες.

Στον πίνακα παρακάτω φαίνονται οι κατηγορίες των λαδιών με τις αντίστοιχες περιοχές τιμών επιφανειακής τάσης, οξύτητας, χρώματος και δείκτη ποιότητας.

Πίνακας :Ταξινόμηση των μονωτικών λαδιών

Κατηγορία	Οξύτητα	Επιφ.Τάση	Δείκτης Ποιότητας Myers.	Χρώμα
1. Καλά λάδια	0.00-0.10	30-45	300-1500	ανοικτό κίτρινο
2. Μέτρια λάδια	0.05-0.10	27-24.4	271-600	κίτρινο
3. Αμφισβητούμενα	0.11-0.15	24-26.4	160-318	έντονα κίτρινο
4. Κακά λάδια	0.16- 0.40	18-23.9	45-159	κεχρμιπαρένιο
5. Πολύ κακά λάδια	0.41-0.65	14-17.4	22-44	καφέ
6. Εξαιρετικά κακά	0.66-1.5	9.0-13.4	6-21	σκούρο καφέ
7. Κατεστραμμένα	1.51 και άνω	-	-	μαύρο

Εξετάζοντας τον πίνακα ταξινόμησης των λαδιών σημειώνουμε τα εξής:

Η κατηγορία 1 περιλαμβάνει λάδια που χαρακτηρίζονται "καλά". Λέγοντας "καλά λάδια" εννοούμε ότι αυτά είναι κατάλληλα για ψύξη, μόνωση και εμποτισμό στερεών μονωτικών υλικών και ότι δεν έχουν λάσπη ή άλλη χημική αλλοίωση.

Οι κατηγορίες 2 και 3 περιλαμβάνουν λάδια που αποτελούν αντικείμενο της "προληπτικής συντήρησης". Αυτά ικανοποιούν τις απαιτήσεις που έχουμε.

Από το, λάδι και μόνο αν η επιφανειακή του τάση πέσει κάτω από 27 dynes/cm, τότε πρέπει να τα προσέξουμε ιδιαίτερα γιατί αυτή η τιμή αποτελεί προειδοποίηση ότι άρχισε σχηματισμός λάσπης που βρίσκεται διαλυμένη στο λάδι.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις υπολογίζουμε τις τιμές του Δείκτη Ποιότητας Myers και παρακολουθούμε την εξέλιξη.

- Λάδια της κατηγορίας 3 δεν είναι πια κατάλληλα για τη ψύξη και τη προστασία των τυλιγμάτων. Η μόνωση των τυλιγμάτων έχει αρχίσει να σκεπάζεται με οξέα και ίσως να υπάρχει λάσπη σε κοιλότητες του μονωτικού συστήματος.
- Λάδια των κατηγοριών 4, 5 και 6 αποτελούν το αντικείμενο της λεγόμενης "επισκευαστικής συντήρησης" και απαιτούν κατάλληλη συντήρηση.
- Σε λάδια της κατηγορίας 4 έχει ήδη σχηματιστεί λάσπη που έχει επικαθίσει στα εσωτερικά μέρη του ΜΣ.
- Λάδια της κατηγορίας 5 συνεπάγονται υποβάθμιση της μόνωσης, ενώ εκείνα της κατηγορίας 6 δυσχεραίνουν την ψύξη με συνέπεια την αύξηση των θερμοκρασιών. Τέλος τα λάδια της κατηγορίας 7 είναι κατεστραμμένα.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βασίλης Γ. Σαμοΐλης, «Η Συντήρηση, Ειδικά κεφάλαια συντήρησης μηχανημάτων», Αθήνα 1995
2. Κ. Τσιρούλης, «Παραγωγή-Μεταφορά-Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Υποσταθμοί-Προστασία», Αθήνα
3. Ι. Ιωακειμίδης, «Εγχειρίδιο Προληπτικής Ηλεκτρολογικής Συντήρησης», Αθήνα 2000
4. Α. Σιάτρας, «Σύστημα Μεταφοράς», Δ.Ε.Η Διεύθυνση Εκπαίδευσης, Τομέας Σχολών
5. Κοροβέσης Α., Γλάρος Α., Νικολόπουλος Δ., «Συνεργείο Υποσταθμών Μεταφοράς», Δ.Ε.Η Διεύθυνση Εκπαίδευσης, Τομέας Σχολών
6. Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς, «Αξιοπιστία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας», Αθήνα 1996
7. Κ. Βουρνάς, Γ. Κονταξής , «Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας», Αθήνα 2001
8. Joachim Schneider, Armin Gaul, Claus Neuman, Jürgen Hografer, Wolfram Wellbow, Michael Schwan, Armin Schnettler, «Asset Management Techniques», Liege 2005
9. <http://www.daycor.com/> , «Daylight Corona and Arching Technologies»
10. [www.neplan.com](http://www.neplan.com) , «Συντήρηση με κριτήριο την Αξιοπιστία- μια συμβολή προς τη μείωση των δαπανών»

