

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

“ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ”

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μερζιώτης Ι. Χαράλαμπος

(Α.Μ. 35732)

Επιβλέπων Καθηγητής: ΚΑΜΙΝΑΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ
Επίκουρος Καθηγητής Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά

Αιγάλεω
Μάιος - 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Σταύρο Καμινάρη καθώς και τους συναδέλφους μου στην τεχνική εταιρία που άσκησα την πρακτική μου για την πολύτιμη βοήθεια και συνεργασία τους. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την ηθική τους συμπαράσταση, κατά την διάρκεια της έρευνας και συγγραφής της πτυχιακής αυτής εργασίας.

Μερζιώτης Ι. Χαράλαμπος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	1
Περιεχόμενα	2
Λίστα Εικόνων	3
Λίστα Πινάκων	4
Summary	5
Πρόλογος	6
1 ^ο Κεφάλαιο “ΕΙΣΑΓΩΓΗ”	7
2 ^ο Κεφάλαιο “ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ”	10
3 ^ο Κεφάλαιο “ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ”	35
4 ^ο Κεφάλαιο “ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ”	82
5 ^ο Κεφάλαιο “ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”	95
Βιβλιογραφία.....	99

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1.....	10
Εικόνα 2.2.....	11
Εικόνα 2.3.....	12
Εικόνα 2.4.....	13
Εικόνα 2.5.....	13
Εικόνα 2.6.....	16
Εικόνα 2.7.....	17
Εικόνα 2.8.....	19
Εικόνα 2.9.....	19
Εικόνα 2.10.....	19
Εικόνα 2.11.....	20
Εικόνα 2.12.....	22
Εικόνα 2.13.....	24
Εικόνα 2.14.....	25
Εικόνα 2.15.....	28
Εικόνα 2.16.....	29
Εικόνα 2.17.....	30
Εικόνα 2.18.....	32
Εικόνα 2.19.....	32
Εικόνα 2.20.....	33
Εικόνα 2.21.....	34
Εικόνα 3.1.....	46
Εικόνα 3.2.....	46
Εικόνα 3.3.....	49
Εικόνα 4.1.....	83

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1.....	14
Πίνακας 2.2.....	27
Πίνακας 2.3.....	34
Πίνακας 3.1.....	47
Πίνακας 3.2.....	48
Πίνακας 3.3.....	49
Πίνακας 3.4.....	50
Πίνακας 3.5.....	55
Πίνακας 3.6.....	68
Πίνακας 3.7.....	78
Πίνακας 3.8.....	79
Πίνακας 4.1.....	85

SUMMARY

This thesis addresses the issue of maintaining a Medium Voltage substation by analyzing the standard procedures. This is a bibliographic research aiming to inform about the procedure of the maintenance itself as well as the importance of it. Special attention is paid in order to be established how the procedure is carried out.

Transformers are the main functioning components of the substations. Yet, they are the most expensive. The function of the transformers must be unimpeded, so that it is safe and efficient. The smooth functioning, as well as the longer possible lifetime of the transformer is based on factors which can be affected. The most important factor is the regular and organized maintenance.

This thesis aims to be plain, though comprehensive and accurate. It intends to inform and offer knowledge by being a guideline. It has to be pointed out that this thesis is addressed to persons related to the science of electrical engineering and applied sciences. Thus, there is no reference to the basic principles of electromagnetism according to which transformers operate.

Key words

Transformers, Maintenance Transformers, M.V. Substation

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται το θέμα της συντήρησης ενός Υποσταθμού Μέσης Τάσης με ανάλυση των διαδικασιών μιας τέτοιας συντήρησης. Πρόκειται για μια βιβλιογραφική ανασκόπηση που στοχεύει στη συγκέντρωση πληροφοριών όσον αφορά στην συντήρηση, αλλά ακόμα και στην εξέλιξη των διαδικασιών αυτής καθώς και στην χρησιμότητά της. Επίσης, περιλαμβάνει την προσπάθεια να γίνει κατανοητός ο τρόπος πραγματοποίησης των εργασιών συντήρησης σε έναν Υποσταθμό Μ.Τ..

Οι μετασχηματιστές ισχύος αποτελούν το κυριότερο συστατικό λειτουργίας ενός υποσταθμού, καθώς επίσης και το πιο δαπανηρό. Είναι το βασικό δομικό στοιχείο που πρέπει να λειτουργεί απρόσκοπτα, με τρόπο ασφαλή και αποδοτικό. Η ομαλή λειτουργία, όπως επίσης και η - κατά το δυνατό - μεγαλύτερη διάρκεια ζωής βασίζεται σε παράγοντες στους οποίους μπορούμε να επέμβουμε. Ένας τέτοιος παράγοντας είναι η τακτική και οργανωμένη συντήρηση.

Η εργασία έχει ως σκοπό να είναι απλή, αλλά περιεκτική και πλήρης. Με αυτόν τον τρόπο αποσκοπεί στο να πληροφορήσει, να κατευθύνει αλλά και να προσφέρει γνώσεις, αποτελώντας έναν οδηγό αναφορά. Πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα εργασία απευθύνεται σε άτομα σχετικά με την επιστήμη της ηλεκτρολογίας και τις εφαρμοσμένες τεχνολογίες. Έτσι δεν γίνεται περιγραφή των βασικών αρχών ηλεκτρομαγνητισμού που διέπουν τους μετασχηματιστές.

Λέξεις κλειδιά

Μετασχηματιστές, Συντήρηση μετασχηματιστών, Υποσταθμοί Μ.Τ.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ”

1.1 Γενικά

Τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Βασικές προϋποθέσεις καλής λειτουργίας ενός Σ.Η.Ε. είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τις ελάχιστες οικολογικές επιπτώσεις, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης. Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ανήκουν στο σύνολο ή κατά τμήματα σε δημόσιες-κρατικές ή ιδιωτικές επιχειρήσεις ηλεκτρισμού. Στη χώρα μας μέχρι και πριν λίγα χρόνια το σύνολο των εγκαταστάσεων άνηκε στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η οποία κατείχε το μονοπώλιο. Τα τελευταία χρόνια με την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας όλο και περισσότεροι ιδιώτες επενδύουν κεφάλαια στην παραγωγή ενέργειας.

Τα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να διακριθούν στα ακόλουθα τμήματα:

- Τους Σταθμούς Παραγωγής
- Τα Δίκτυα Μεταφοράς
- Τα Δίκτυα Διανομής

Η ηλεκτρική ενέργεια από το σημείο που θα παραχθεί μέχρι το σημείο που θα καταναλωθεί βρίσκεται σε μια συνεχή ροή. Η παραγωγή γίνεται στους σταθμούς παραγωγής. Εκεί με διάφορες τεχνικές μετατρέπεται η θερμική ενέργεια των ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κ.α.) και η μηχανική ενέργεια των υδάτινων ροών και υδατοπτώσεων σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μεταφορά της από τα εργοστάσια παραγωγής προς τις περιοχές καταναλώσεως γίνεται με τις γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσεως (στην Ελλάδα οι γραμμές είναι των 400 kV ή των 150 kV), οι οποίες μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κεντρικά σημεία του δικτύου. Αυτά είναι οι λεγόμενοι υποσταθμοί, από όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής της μέσης τάσεως (20 kV ή 15 kV) που διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσεως 400/240 V. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των δικτύων διανομής, σε αντιπαράθεση με τα δίκτυα μεταφοράς, είναι ότι αποτελούνται από μεγάλο πλήθος στοιχείων. Από το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τα Δ.Δ. η τυποποίηση των επί μέρους κατασκευαστικών τους στοιχείων, καθώς και του υλικού που χρησιμοποιείται σε αυτά, δεδομένου ότι πρόκειται για επαναλαμβανόμενες κατασκευές από πολλά διεσπαρμένα συνεργεία σε ολόκληρη τη χώρα.

Η σύνδεση των καταναλωτών από το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται ανάλογα με τη μέγιστη απορροφούμενη ισχύ τους.

Έτσι τους διακρίνουμε σε τρεις κύριες κατηγορίες:

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

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς είναι συνήθως οικονομικά εξαρτημένες μεταξύ τους και για αυτό ο τεχνικός και οικονομικός σχεδιασμός των σταθμών παραγωγής, των κύριων γραμμών μεταφοράς και των κεντρικών υποσταθμών πρέπει να είναι ενιαίος, με κύριο στόχο την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της κατανάλωσης, με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία τροφοδοτήσεως. Από την άλλη, η διανομή είναι μια διαφορετική λειτουργία, η οποία σχεδιάζεται και αναπτύσσεται χωριστά και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής και των καταναλωτών τους οποίους εξυπηρετεί.

1.2 Υποσταθμοί καταναλωτών Μ.Τ.

Τα εναέρια δίκτυα της ΔΕΗ είναι κατά κανόνα ακτινικά ενώ μπορεί ορισμένα τμήματά τους να είναι καλωδιακά. Τα υπόγεια δίκτυα ΜΤ είναι βροχοειδή (δακτυλιοειδή). Οι καταναλωτές συνδέονται με βρόχο (αλυσωτά) με καλώδια.

Οι εγκαταστάσεις υποσταθμών μέσης τάσης (Υ/Σ ΜΤ) χωρίζονται σε δύο σύνολα που είναι:

- Η εγκατάσταση ΜΤ της ΔΕΗ.
Μπορεί να είναι υπαίθρια ή στεγασμένη σε εναέρια δίκτυα ενώ είναι πάντα στεγασμένη σε υπόγεια δίκτυα. Περιέχει μετασχηματιστές μετρήσεων, μετρητές ισχύος και ενέργειας καθώς και τα μέσα προστασίας της παροχής σε βραχυκυκλώματα, δηλαδή διακόπτες ή ασφάλειες.
- Η εγκατάσταση του καταναλωτή.
Είναι συνήθως στεγασμένη και περιέχει τα καλώδια, τους ζυγούς ΜΤ, τα όργανα και τα μέσα προστασίας, τους μετασχηματιστές ισχύος, τους μετασχηματιστές οργάνων και τους ζυγούς ΧΤ με την προστασία τους. Επιτρέπεται όμως η εγκατάσταση του καταναλωτή να είναι υπαίθρια παρόλο που δεν γίνεται γιατί δημιουργούνται προβλήματα στη συντήρηση του Υ/Σ. Εκείνο που εφαρμόζεται είναι υπαίθρια εγκατάσταση Μ/Σ και στεγασμένες κυψέλες.

Η ΔΕΗ έχει εκδώσει πληροφορίες για τη διαδικασία παροχής ΜΤ. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την αίτηση, την προμελέτη από τη ΔΕΗ, τη μελέτη από τον εγκαταστάτη, την έγκριση της μελέτης από τη ΔΕΗ, την κατασκευή και σύνδεση της παροχής ΜΤ.

Υπάρχουν τέσσερις τυποποιημένες παροχές ΜΤ (Α1,Α2,Β1,Β2) που διαφέρουν ως προς την εγκατάσταση της ΔΕΗ, δηλαδή εναέρια (Α1,Α2) ή στεγασμένη (Β1,Β2), ως προς την προστασία και την ισχύ. Η ΔΕΗ προσδιορίζει τον τύπο της παροχής.

1.3 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει θέματα των Υποσταθμών Μέσης Τάσης (ΜΤ) τα οποία σχετίζονται με τη Κατασκευή, Συντήρηση, Προστασία, Έλεγχο και Διαχείριση των Υποσταθμών, σε επίπεδο εμβάθυνσης κυρίως την Συντήρησης και να αναλυθούν τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την συντήρηση ενός υποσταθμού Μ.Τ. ενός καταναλωτή μέσης τάσης ώστε να πραγματοποιηθεί μια μελέτη επιλογής των μέσων και των ενεργειών συντήρησης ενός ιδιωτικού Υ/Σ Μ.Τ.

Επίσης σκοπός είναι να βγουν συμπεράσματα που θα συμβάλουν θετικά στις διαδικασίες και στον τρόπο που πραγματοποιείται μια συντήρηση ενός Υποσταθμού, να δοθεί έμφαση στην χρησιμότητα μιας συντήρησης ενός Υποσταθμού Μ.Τ. ώστε η λειτουργικότητα του να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη σε συνάρτηση με το χρόνο λειτουργίας του.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ”

2.1 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 Υ/Σ διανομής ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε εναέριους, επίγειους και υπόγειους.

2.1.1 Υ/Σ εναέριοι:

Ο τύπος των Υ/Σ 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 Υ/Σ 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 Υ/Σ 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 Υ/Σ. Οι συσκευές μέσης τάσης στους εναέριους Υ/Σ 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.



Εικόνα 2.1
Εναέριος Υποσταθμός Μ.Τ.

2.1.2 Υ/Σ επίγειοι:

α. Επίγειοι Υ/Σ εσωτερικού τύπου:

Εκεί όπου το μέγεθος ισχύος ή ο χώρος δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση εναέριου Υ/Σ κατασκευάζονται οι επίγειοι ΥΣ. Οι Υ/Σ τοποθετούνται είτε μέσα σε κτίρια που υπάρχουν, είτε μέσα σε ιδιαίτερα οικοδομήματα, είτε μέσα σε ειδικά μεταλλικά περίπτερα. Η διάταξη Υ/Σ 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 Υ/Σ υπαίθριοι

Οι Υ/Σ αυτοί κατασκευάζονται εκεί όπου χρειάζεται ισχύς μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη των εναέριων Υ/Σ, και οι τοπικές συνθήκες επιτρέπουν την υπαίθρια εγκατάσταση των μηχανημάτων του Υ/Σ. 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.



Εικόνα 2.2
Επίγειος Υποσταθμός Μ.Τ.

2.1.3 Υ/Σ υπόγειοι:

Υπόγειοι Υ/Σ λέγονται εκείνοι που κατασκευάζονται κάτω από την επιφάνεια της γης. Τέτοιοι Υ/Σ κατασκευάζονται βασικά σε κεντρικά σημεία πόλεων και σε θέσεις που δεν είναι

εύκολη η κατασκευή υπέργειου Υ/Σ. Για την εγκατάσταση των Υ/Σ 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 Υ/Σ αυτών είναι η εξασφάλιση της κυκλοφορίας του αέρα για την ψύξη.

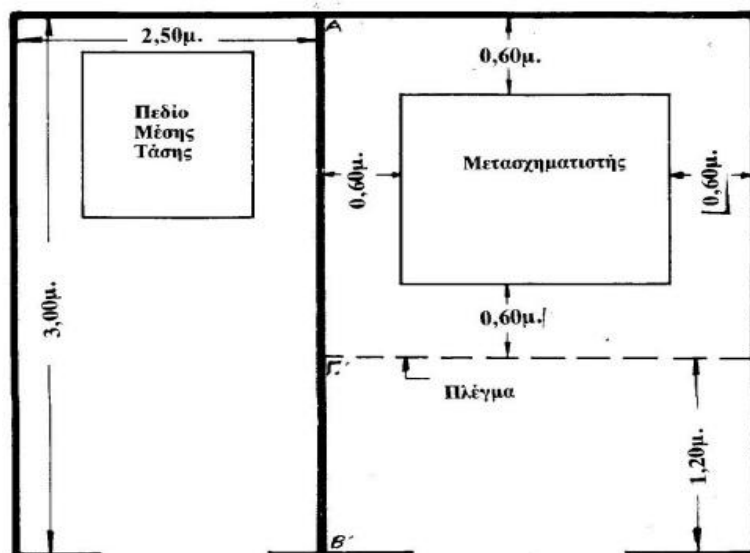
Για το σκοπό αυτό ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες χρησιμοποιούνται διάφορες διατάξεις που εξασφαλίζουν την κυκλοφορία του αέρα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να μπουν μέσα νερά. Επίσης πρέπει να υπάρχει κατάλληλο χαντάκι για τη συγκέντρωση του λαδιού του μετασχηματιστή σε περίπτωση διαρροής.



Εικόνα 2.3
Υπόγειος Υποσταθμός Μ.Τ.

2.2 Κατασκευαστικά στοιχεία χώρου Υ/Σ Μ.Τ.

Ο τύπος του κτιρίου του Υ/Σ εξαρτάται από τον τύπο παροχής της ΔΕΗ. Οι ελάχιστες διαστάσεις για το κτίριο του Υ/Σ ΜΤ παροχής Α1 ή Α2 φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το ελάχιστο καθαρό ύψος του χώρου πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 m.

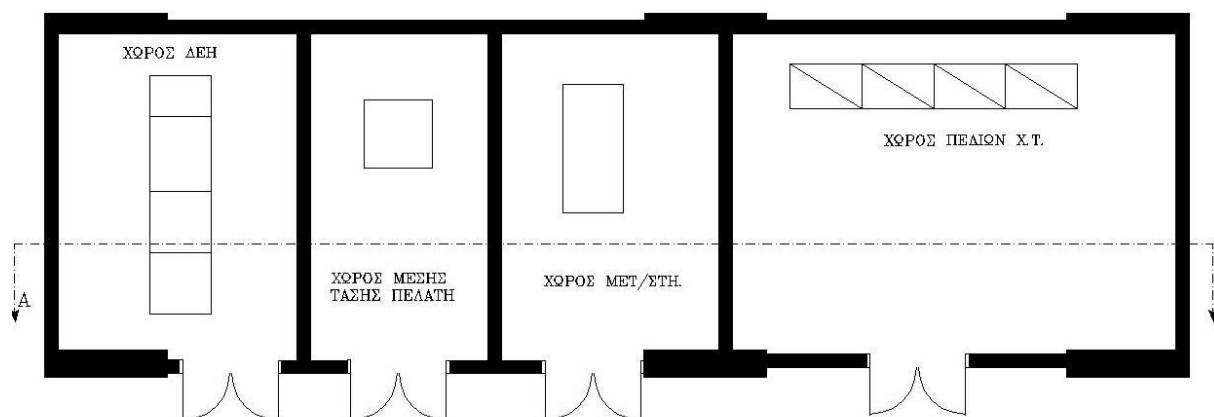


Εικόνα 2.4
Ελάχιστες διαστάσεις Υ/Σ ΜΤ παροχής Α1 ή Α2

Ο καταναλωτής πρέπει να προβλέψει ιδιαίτερο χώρο για τη στέγαση του δικού του τμήματος του Υ/Σ. Είναι προτιμότερο ο καταναλωτής να προβλέψει τρεις ανεξάρτητους χώρους για την εγκατάσταση αντίστοιχα του τμήματος μέσης τάσης, του ή των μετασχηματιστών ισχύος και του ΓΠΧΤ. Είναι δυνατή η εγκατάσταση στον ίδιο χώρο του πίνακα μέσης τάσης και των μετασχηματιστών ισχύος. Ο ΓΠΧΤ πρέπει να είναι σε ανεξάρτητο χώρο. Οι διαστάσεις των παραπάνω χώρων υπαγορεύονται από τις διαστάσεις των μηχανημάτων που θα στεγάσουν, τη λειτουργικότητα των χώρων αυτών και φυσικά τις απαιτήσεις του Κτιριοδομικού Κανονισμού.

Οι οικοδομικές απαιτήσεις του χώρου του Υ/Σ είναι:

- Δάπεδο: όταν είναι σε επαφή με το έδαφος το ελάχιστο πάχος του είναι 10 cm. Στις άλλες περιπτώσεις είναι 15 cm.
- Οροφή - Τοίχοι: όταν είναι από σκυρόδεμα έχουν ελάχιστο πάχος 15 cm. Οι τοίχοι από τούβλο έχουν ελάχιστο πάχος 19 cm.



Εικόνα 2.5
Τυπική κάτοψη χώρου υποσταθμού

2.3 Τύποι παροχών Μ.Τ.

Η ΔΕΗ έχει τυποποιήσει τέσσερις τύπους παροχών μέσης τάσης που αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα.

2.3.1 Παροχή τύπου Α1 και Α2:

Η παροχή αυτή γίνεται από το εναέριο δίκτυο των 20 kV και είναι η απλούστερη σε διατάξεις. Τα μέσα που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ, δηλαδή ασφαλειοαποζεύκτης, Μ/Σ μέτρησης έντασης και τάσης είναι πάνω σε στύλο, δηλαδή υπαίθρια. Οι μετρητές ενέργειας τοποθετούνται σε ειδικό ερμάριο. Από το στύλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον υποσταθμό του καταναλωτή, την οποία κατασκευάζει ο καταναλωτής. Η παροχή Α1 ασφαλίζεται με ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης ονομαστικής έντασης μέχρι 30 Α. Η παροχή Α2 διαφέρει από την Α 1 στο ότι χρησιμοποιεί διακόπτη απομόνωσης αντί ασφαλειοαποζεύκτη.

2.3.2 Παροχή τύπου Β1 και Β2:

Η παροχή αυτή εγκαθίσταται σε καταναλωτές με αυξημένη ζήτηση ισχύος και η εγκατάσταση της ΔΕΗ είναι εσωτερικού τύπου. Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να διαθέσει στη ΔΕΗ ένα χώρο διαμορφωμένο σύμφωνα με τις οδηγίες της ΔΕΗ. Στο χώρο αυτό η ΔΕΗ εγκαθιστά έναν προκατασκευασμένο πίνακα 20 kV που περιλαμβάνει εκτός των διακοπών, τους Μ/Σ μέτρησης και τους μετρητές ενέργειας. Η σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ γίνεται κατά κανόνα ακτινικά, αν πρόκειται για εναέριο δίκτυο ή βροχοειδώς , αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο. Στη βροχοειδή σύνδεση έχουμε δύο καλώδια που οδεύουν από το δίκτυο της ΔΕΗ στον καταναλωτή. Το ένα καλώδιο της παροχής προέρχεται από τον προηγούμενο καταναλωτή και το άλλο καλώδιο της παροχής οδηγεί στον επόμενο καταναλωτή.

Πίνακας 2.1

Τυποποιημένες παροχές μέσης τάσης της ΔΕΗ

Τύπος	Εγκατάσταση μέτρησης	Μέγιστη ισχύς μετασχηματιστή
A1	Εξωτερικά (υπαίθρια)	630 kVA
A2	Εξωτερικά (υπαίθρια)	Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο ΜΤ
B1	Εσωτερικά (στεγασμένη)	1250 kVA
B2	Εσωτερικά (στεγασμένη)	Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο ΜΤ

Εάν η στεγασμένη παροχή Β προέρχεται από καλωδιακό δίκτυο τότε φέρει και το γράμμα Κ. Κάθε παροχή αποτελείται από την εγκατάσταση της ΔΕΗ και την εγκατάσταση του καταναλωτή. Η εγκατάσταση της ΔΕΗ περιλαμβάνει μέσα προστασίας και απόζευξης και μπορεί να είναι υπαίθρια πάνω σε στύλο και χαρακτηρίζεται με το γράμμα Α. Εναλλακτικά μπορεί να είναι σε στεγασμένο χώρο οπότε χαρακτηρίζεται με το γράμμα Β. Η εγκατάσταση του καταναλωτή αποτελείται από τον Μ/Σ, τα μέσα ζεύξης και προστασίας ΜΤ και από τον κεντρικό πίνακα ΧΤ.

2.4 Ασφάλειες Μ.Τ.

Οι ασφάλειες σε εγκαταστάσεις καταναλωτών ΜΤ χρησιμοποιούνται μόνο για προστασία σε βραχυκυκλώματα και όχι σε υπερφορτίσεις. Αποτελούν εναλλακτική φθηνή λύση αντί των Δ/Ι. Για να υπάρχει αποξευξιμότητα υπό φορτίο, όταν υπάρχουν ασφάλειες, εγκαθίσταται και ένας Δ/Φ. Διακρίνουμε δύο είδη ασφαλειών ΜΤ:

2.4.1 Ασφάλειες εκτόνωσης κατά IEC 282-2.

Οι ασφάλειες εκτόνωσης αποτελούνται από ένα μονωτικό σωλήνα εσωτερικής διαμέτρου 2-3 cm, μήκους 30-35 cm και για τάση 20 kV. Μέσα στο σωλήνα βρίσκεται ένας αγωγός, το τηκτό τανυσμένος με ένα ελατήριο. Η σβέση του τόξου γίνεται με τη δημιουργία ατμών όταν το τόξο έρθει σε επαφή με τα εσωτερικά τοιχώματα του σωλήνα. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης, σε αντίθεση με τις ασφάλειες σκόνης, δεν περιορίζεται γιατί η αντίσταση και η τάση κατά μήκος της ασφάλειας είναι μικρές. Κατά τη σβέση του τόξου δημιουργούνται τοξικά αέρια γι' αυτό οι ασφάλειες αυτές χρησιμοποιούνται μόνο από τη ΔΕΗ ή τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, σε υπαίθριες εγκαταστάσεις, για την ασφάλιση διακλαδώσεων σε δίκτυα ΜΤ. Το κόστος τους είναι πολύ μικρότερο από τις ασφάλειες σκόνης.

Ασφάλειες εκτόνωσης υπάρχουν σε δύο τύπους:

- Ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης, χαρακτηρίζεται με το γράμμα T.
- Ασφάλειες εκτόνωσης ταχείας τήξης, χαρακτηρίζεται με το K.

2.4.2 Ασφάλειες σκόνης κατά IEC 282-1 και DIN VDE 670.

Οι ασφάλειες σκόνης έχουν ένα σώμα από κεραμικό υλικό, πάνω στο οποίο είναι τυλιγμένος ο αγωγός και το τηκτό. Ο τυλιγμένος αγωγός βρίσκεται σε σκόνη χαλαζία. Υπάρχει ένα περίβλημα από πορσελάνη. Η σβέση του τόξου γίνεται με ψύξη στη χαλαζιακή σκόνη. Οι ασφάλειες σκόνης χαρακτηρίζονται κατά DIN VDE 670 σαν ασφάλειες τύπου HH ή κατά IEC 282-1 σαν ασφάλειες τύπου HRC. Αν το ρεύμα υπερβεί μια τιμή, ο αγωγός λιώνει και λόγω της έντονης ψυκτικής ικανότητας της χαλαζιακής σκόνης δημιουργείται μια μεγάλη αντίσταση κατά μήκος της ασφάλειας. Έτσι στο κύκλωμα το ρεύμα βραχυκύκλωσης περιορίζεται και οδηγείται στο μηδέν. Οι ασφάλειες σκόνης διακόπτουν το κύκλωμα ήδη προτού προλάβει το ρεύμα να φθάσει στην κορυφή. Οι ασφάλειες σκόνης χαρακτηρίζονται από τα εξής στοιχεία :

- Ονομαστική τάση του δικτύου/μέγιστη επιτρεπόμενη τάση, UN/Um
- Ονομαστικό ρεύμα IN
- Μέγιστο επαγωγικό ρεύμα I_k που μπορεί να διακόψει
- Ισχύς βραχυκύκλωσης
- Ελάχιστο ρεύμα διακοπής I_{min}
- Απώλειες στο ονομαστικό ρεύμα.

Το ονομαστικό ρεύμα στις ασφάλειες HH είναι ένα μέγεθος αναφοράς και είναι το μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν κατασκευάζονται ασφάλειες σκόνης με δύο διαφορετικές χαρακτηριστικές, βραδείας και ταχείας τήξης. Οι χαρακτηριστικές τους βρίσκονται ακόμη χαμηλότερα από τις ασφάλειες εκτόνωσης ταχείας τήξης K.

Η επιλογή τους γίνεται ανάλογα με το μέγεθος του Μ/Σ και την τάση. Εάν σε τριφασικό σύστημα καεί μία μόνο ασφάλεια σε σφάλμα, τότε πρέπει να αντικατασταθούν και οι τρεις όχι μόνο η μία διότι μπορεί να έχουν αλλοιωθεί και οι άλλες δυο.



Εικόνα 2.6
Ασφάλειες Μέσης Τάσης

2.5 Διατάξεις ζεύξης Μ.Τ.

2.5.1 Αποζεύκτης (Α/Ζ)

Αποζεύκτης ονομάζεται η συσκευή που χρησιμοποιείται για το άνοιγμα ή το κλείσιμο ενός κυκλώματος, είτε όταν το ρεύμα που διακόπτεται ή αποκαθίσταται είναι αμελητέο, είτε όταν δεν επέρχεται ουσιαστική μεταβολή στην τάση μεταξύ των πόλων όταν ανοίγει. Αμελητέα θεωρούνται τα χωρητικά ρεύματα των μονωτήρων των ζυγών, Μ/Σ τάσεων ή και πολύ μικρού μήκους καλωδίων. Οι αποζεύκτες λόγω του ότι οι επαφές (πόλοι) είναι ορατές, ικανοποιούν τις απαιτήσεις απομόνωσης δηλαδή παρέχουν μια ορατή διακοπή του δικτύου.

Σε κλειστή κατάσταση πρέπει οι Α/Ζ να αντέχουν στα ρεύματα σφαλμάτων ενώ σε ανοιχτή κατάσταση πρέπει να αντέχουν στις υπερτάσεις της εγκατάστασης. Δεν πρέπει να χειρίζονται όμως υπό φορτίο. Γι' αυτό πρέπει να μανδαλώνονται μηχανικά με τους Δ/Φ ή Δ/Ι που ανήκουν.

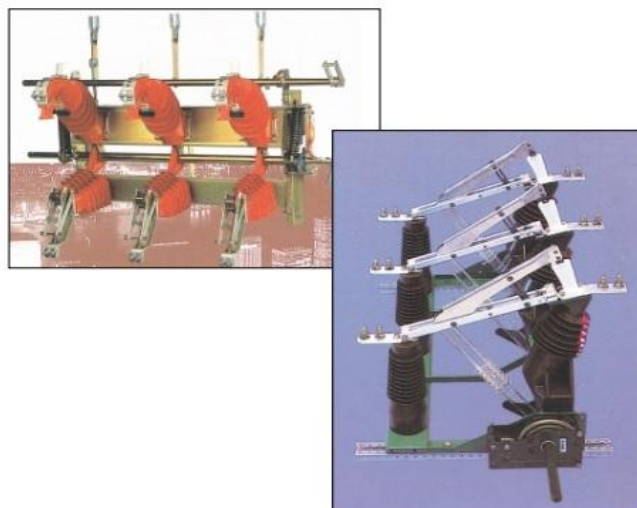
2.5.2 Διακόπτης φορτίου (Δ/Φ)

Διακόπτες φορτίου ονομάζονται οι συσκευές που έχουν την ικανότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος καθώς και να αποκαθιστούν αλλά όχι να διακόπτουν εντάσεις ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Ένας Δ/Φ ο οποίος όταν είναι στην ανοιχτή θέση ικανοποιεί τις απαιτήσεις απομόνωσης που ορίζονται για τον αντίστοιχο Α/Ζ, ονομάζεται διακόπτης φορτίου-αποζεύκτης. Α/Ζ και Δ/Φ είναι αλληλομανδαλωμένοι. Για να διακόψουν το κύκλωμα χρειάζονται ένα θάλαμο σβέσης. Για μικρό αριθμό χειρισμών χρησιμοποιούνται Δ/Φ με αέρα ή μονωτικά τοιχώματα. Το τόξο ψύχεται πάνω στα τοιχώματα. Για μεγάλο αριθμών χειρισμών π.χ. σε κινητήρες 6 kV χρησιμοποιούνται διακόπτες ισχύος κενού ή SF6. Στους Υ/Σ καταναλωτών χρησιμοποιούνται διακόπτες με μονωτικά τοιχώματα και ορατές επαφές, δηλαδή βλέπει κανείς απ' έξω τη θέση του διακόπτη αν αυτή είναι εκτός. Οι Δ/Φ αν δεν έχουν ορατές επαφές πρέπει να συνοδεύονται από αποζεύκτες που είναι εγκαταστημένοι στην πλευρά του δικτύου.

Χαρακτηριστικά των Δ/Φ είναι :

- Η ονομαστική τάση
- Η ονομαστική ένταση
- Η ένταση διακοπής ρευμάτων μαγνήτισης
- Η ένταση ζεύξης
- Η ένταση διακοπής χωρητικού φορτίου
- Η θερμική αντοχή 1 sec
- Η ηλεκτροδυναμική αντοχή

Οι Δ/Φ χειρίζονται χειροκίνητα ή με πηνίο εργασίας και μοχλούς. Σε περιπτώσεις συχνών και πολλών κύκλων εργασίας όπως π.χ. σε ζεύξεις κινητήρων υψηλής τάσης χρησιμοποιούνται ρελέ υψηλής τάσης. Αυτά κατασκευάζονται για 6,10,20 kV με μέσο σβέσης του τόξου το κενό ή SF6. Τέτοιοι διακόπτες χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε ηλεκτροκίνητα τρένα.



Εικόνα 2.7

Διάφοροι τύποι διακοπών φορτίων-αποζευκτών Μ.Τ.

2.5.3 Διακόπτης ισχύος (Δ/Ι)

Διακόπτες ισχύος ονομάζονται οι συσκευές που έχουν την ικανότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος αλλά κυρίως υπό ορισμένες μη φυσιολογικές συνθήκες όπως είναι τα βραχυκυκλώματα. Τα πρότυπα που διέπουν τους Δ/Ι είναι : VDE 0670, IEC 56. Τα ρεύματα που μπορούν να διακόψουν στο δίκτυο των 20 kV είναι 7 kA και άνω. Οι κυριότεροι τύποι διακοπών ισχύος ΜΤ είναι:

- Διακόπτης αέρος: Στους διακόπτες αέρος, λόγω της μορφής των επαφών, το τόξο σχηματίζεται στην πιο μικρή τους απόσταση και με τον πεπιεσμένο αέρα το τόξο παρασύρεται, επιμηκύνεται και ψύχεται.
- Διακόπτης μαγνητικός: Στους μαγνητικούς διακόπτες η επιμήκυνση του τόξου υποβοηθείται από ένα μαγνητικό πεδίο και συνήθως οδηγείται σε κατάλληλους θαλάμους όπου τεμαχίζεται και σβήνει.

- Διακόπτης πτωχού ελαίου: Στους διακόπτες πτωχού ελαίου διασπάται το λάδι μέσω του τόξου δίνοντας υδρογόνο που ψύχει το τόξο. Είναι κατάλληλοι για απόζευξη Μ/Σ σε κενό και γενικά μικρών επαγωγικών ρευμάτων, διακοπή ρεύματος βραχυκύκλωσης, απόζευξη εναέριων γραμμών και καλωδίων και πυκνωτές.
- Διακόπτης SF6: Στους διακόπτες SF6 χρησιμοποιείται το SF6 υπό πίεση για την ψύξη του τόξου. Είναι κατάλληλοι για απόζευξη μικρών επαγωγικών και χωρητικών ρευμάτων, κινητήρες και πυκνωτές .
- Διακόπτης κενού (vacuum): Στους διακόπτες κενού, το ηλεκτρικό τόξο αποτελείται από ατμούς μετάλλου. Το τόξο σβήνει στην περιοχή του μηδενισμού του ρεύματος, ενώ οι αγωγάτοι ατμοί συμπυκνώνονται εντός πολύ μικρού διαστήματος και επικάθονται στις μεταλλικές επιφάνειες. Επειδή το κενό παρουσιάζει πολύ μεγάλη διηλεκτρική αποκατάσταση, το τόξο δεν ανάβει πάλι. Οι διακόπτες κενού χρησιμοποιούνται για γρήγορη μεταγωγή, απόζευξη αφόρτιστου Μ/Σ, κινητήρες, πυκνωτές και βραχυκυκλώματα .

Οι Δ/Ι ΜΤ που προτιμούνται σήμερα για προστασία είναι οι διακόπτες πτωχού ελαίου. Σε σπάνιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται στη ΜΤ και διακόπτες κενού και SF6. Ο διακόπτης ανοίγει αυτόματα παίρνοντας εντολή από Η/Ν και κλείνει με επανένταση του ελατηρίου με κινητήρα ή χειροκίνητα. Αντί του Η/Ν ο Δ/Ι μπορεί να διεγείρεται από ενσωματωμένο θερμικό στοιχείο ή και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας από το ίδιο ρεύμα (πρωτογενώς). Έτσι οι αυτόματοι διαιρούνται όσον αφορά την προστασία τους σε α) αυτόματους με δευτερογενή προστασία, β) αυτόματους με πρωτογενή προστασία. Η δευτερογενής προστασία είναι κατά 30-40% ακριβότερη απ' ό,τι η πρωτογενής αλλά έχει το πλεονέκτημα ότι συντονίζεται καλύτερα με τα μέσα προστασίας της ΔΕΗ. Εξάλλου η πρωτογενής προστασία μπορεί να εφαρμοσθεί για ονομαστικά ρεύματα κάτω των 50 Α περίπου.

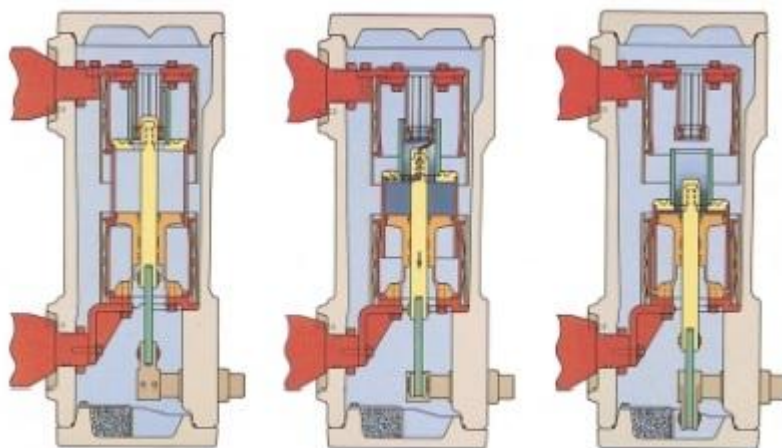
Χαρακτηριστικά μεγέθη των Δ/Ι είναι:

- Ονομαστική τάση
- Ονομαστικό ρεύμα ή μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα
- Ονομαστικό ρεύμα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα
- Ονομαστική διάρκεια βραχυκύκλωσης
- Ονομαστικό ρεύμα απόζευξης
- Ισχύς απόζευξης
- Αντοχή επαφών σε χειρισμούς στο ονομαστικό ρεύμα
- Αντοχή σε εναλλασσόμενη τάση από πόλο σε πόλο και από πόλο προς γη.

Ο Δ/Ι συνοδεύεται και από ένα αποζεύκτη κατάλληλα μανδαλωμένο με αυτόν. Μετά από κάθε διακοπή ισχύος δηλαδή βραχυκύκλωμα πρέπει να επιθεωρούνται. Αυτό δεν είναι απαραίτητο μετά από απόζευξη φορτίου. Οι Δ/Ι δεν χρειάζεται να εκτελούν κύκλους επαναφοράς ΟCO όπως των αναχωρήσεων των γραμμών. Επειδή οι Δ/Ι δεν έχουν ορατές επαφές και επειδή θεωρείται ότι η μόνωση του θαλάμου σβέσης δεν είναι ικανοποιητική πρέπει να συνοδεύονται από ένα αποζεύκτη. Α/Ζ δεν χρειάζονται όταν έχουμε κατασκευές συρόμενου τύπου με λυόμενες συνδέσεις ΥΤ.



Εικόνα 2.8
Διακόπτη ισχύος SF6



Εικόνα 2.9
Οι φάσεις κατά την σβέση του τόξου σε ρεύμα βραχυκυκλώματος στον πόλο ενός διακόπτη ισχύος SF6

2.5.4 Γειωτής

Γειωτής ονομάζεται ο αποζεύκτης που χρησιμοποιείται για την σύνδεση καλωδίων και αγωγών της εγκατάστασης με τη γη όταν αυτά είναι εκτός λειτουργίας για να γίνουν εργασίες επισκευής ή συντήρησής τους. Δεν πρέπει να χειρίζονται όμως υπό φορτίο, γι' αυτό πρέπει να μανδαλώνονται μηχανικά με τους Δ/Φ ή Δ/Ι που ανήκουν.



Εικόνα 2.10
Γειωτής Μ.Τ.

2.6 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.

2.6.1 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.

2.6.2 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.



Εικόνα 2.11
Ακροκιβώτιο εσωτερικού χώρου

2.7 Μετασχηματιστές ισχύος

Η σημαντικότερη ηλεκτρική μηχανή στον Υ/Σ 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 τύλιγμα που τροφοδοτούμε το ονομάζουμε πρωτεύον και αυτό από το οποίο παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη 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:

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

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 κατασκευή 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.

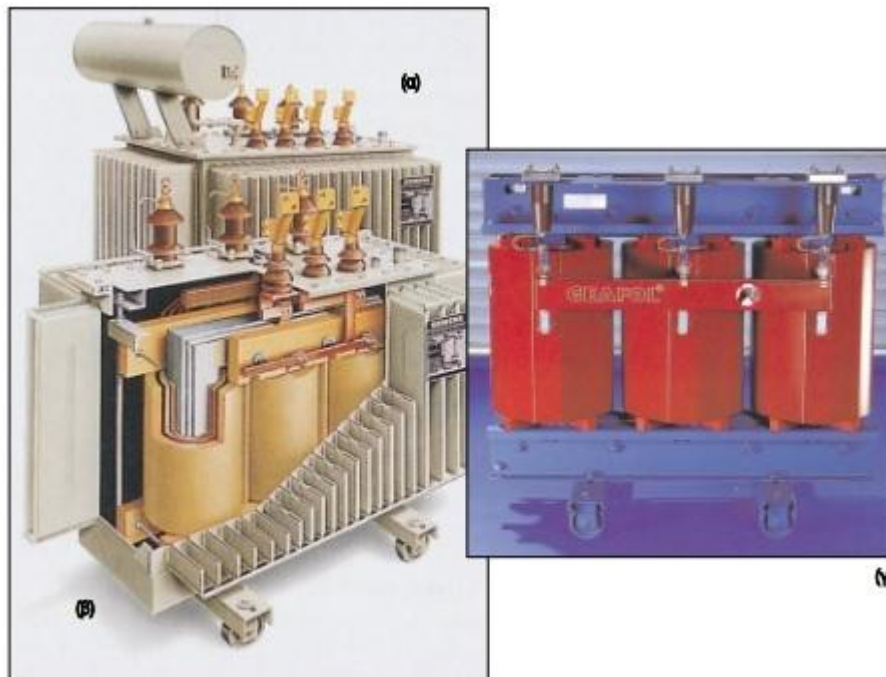
Οι ολόσωμοι τριφασικοί μετασχηματιστές ανάλογα με τη διάταξη του μαγνητικού κυκλώματος διαιρούνται σε δύο τύπους :

- Τον τύπο κελύφους (ή μανδύα), στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα είναι κέλυφος που περιβάλλει το τύλιγμα και
- 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 :

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



Εικόνα 2.12

- α)Μετασχηματιστής λαδιού με δοχείο διαστολής
β)Μετασχηματιστής λαδιού στεγανός
γ)Μετασχηματιστής Ξηρού τύπου

2.7.1 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:

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

Ψύξη Μ/Σ λαδιού

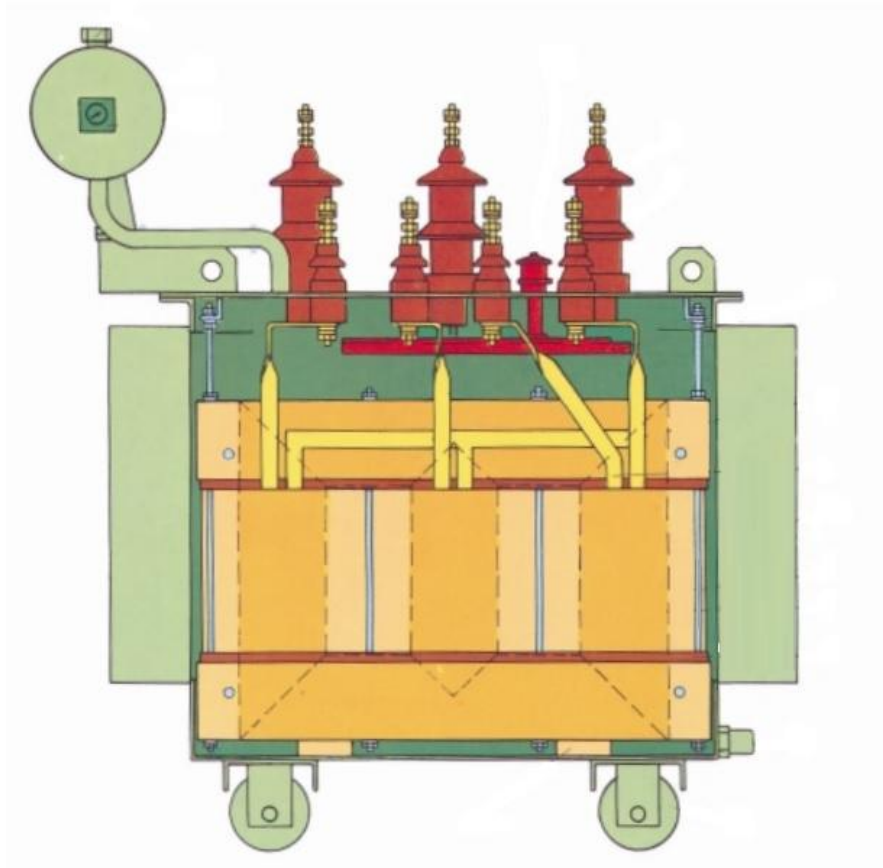
Μερικές συνηθισμένες μέθοδοι ψύξης είναι οι παρακάτω:

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

2.7.2 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.



Εικόνα 2.13
Τομή μετασχηματιστή ελαίου

2.8 Παραλληλισμός Μ/Σ

Για να είναι δυνατός ο παραλληλισμός δύο Μ/Σ ώστε να διαρρέονται από ρεύματα ανάλογα με το μέγεθός τους πρέπει να πληρούνται οι πιο κάτω συνθήκες:

- Η σχέση των ισχύων τους να είναι μεταξύ 1/3 και 3.
- Οι ονομαστικές τάσεις και οι ρυθμίσεις στην ΜΤ να είναι ίσες.
- Οι ονομαστικές τάσεις βραχυκυκλώσεως να είναι ίσες με ανοχή 10% επί της τάσης βραχυκυκλώσεως.
- Να έχουν ίδιες συνδεσμολογίες και να συνδεθούν με τους ανάλογους ακροδέκτες U-U, V-V, W-W. Αν δεν είναι ίδιες οι συνδεσμολογίες επιτρέπεται ο παραλληλισμός Μ/Σ Dy5 και Dy11 όταν συμπίπτουν οι τάσεις τους με κατάλληλη αντιστοίχιση ακροδεκτών.

Πριν γίνει πλήρης παραλληλισμός πρέπει να ελεγχθεί αν υπάρχουν σφάλματα στη συνδεσμολογία. Γι' αυτό συνδέονται οι Μ/Σ στη ΜΤ και γίνεται βολτομέτρηση των τάσεων μεταξύ των ακροδεκτών, που θα συνδεθούν στη ΧΤ, με ενωμένους τους ουδετέρους. Το βολτόμετρο πρέπει να δείχνει το πολύ 0,5% τάση.



Εικόνα 2.14
Παραλληλισμός Μετασχηματιστών

2.9 Προστασία Μ/Σ

Ένας Μ/Σ μπορεί να υποστεί σοβαρή βλάβη στις εξής περιπτώσεις:

- Παρατεταμένο βραχυκύκλωμα μέσα ή έξω από το δοχείο στην πλευρά της ΧΤ ή ΜΤ32
- Διαρκής υπερφόρτιση
- Σφάλμα στη μόνωση, όπως βραχυκύκλωμα σπειρών και τυλιγμάτων ως προς γη

Η προστασία του Μ/Σ σε βραχυκυκλώματα πρέπει να γίνει οπωσδήποτε διότι μπορεί να εκραγεί ή να προκληθεί πυρκαγιά. Η διεξοδική προστασία σε διαρκή υπερφόρτιση ή σε εσωτερικά σφάλματα γίνεται συνήθως σε μεγάλους Μ/Σ.

2.9.1 Προστασία σε βραχυκυκλώματα

Στην περίπτωση των υπερεντάσεων λόγω εξωτερικών βραχυκυκλωμάτων, που είναι και τα συνηθέστερα, ο Μ/Σ καταπονείται θερμικά και μηχανικά λόγω των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στα τυλίγματά του. Στην θερμική καταπόνηση, η ένταση του πλήρους βραχυκυκλώματος είναι:

$$I = \frac{VN}{Z_t} \quad , \text{όπου } Z_t = u_k * (\frac{V^2 N}{100 SN})$$

όπου VN, η ονομαστική φασική τάση (kV),
SN, η ονομαστική ισχύς (MVA),
u_k, η τάση βραχυκύκλωσης (%).

Στην μηχανική καταπόνηση, το κρουστικό ρεύμα δίνεται από τη σχέση

$$i_s = I * k * 2^{1/2} \quad , \text{όπου το } I \text{ προσδιορίζεται όπως πριν και}$$

$$k * 2^{1/2} = 1,51 \dots 2,55 \quad \text{αν } X/R = 1 \dots 14$$

όπου X/R ο λόγος επαγωγικής προς ωμικής αντίστασης του Μ/Σ.

Οι μηχανικές καταπονήσεις που προκαλούν οι υπερεντάσεις έχουν συσσωρευτικές επιπτώσεις στα τυλίγματα των Μ/Σ. Αντίθετα με ότι συμβαίνει με τις θερμικές, ακόμη και όταν δεν υπερβαίνουν τα όρια αντοχής του Μ/Σ προκαλούν ορισμένες μετακινήσεις στα τυλίγματα, οι οποίες αν επαναλαμβάνονται συχνά μειώνουν σημαντικά την ζωή του Μ/Σ. Για το λόγο αυτό, επειδή το μεγαλύτερο ποσοστό των καταπονήσεων των Μ/Σ λόγω υπερεντάσεων προέρχεται από βραχυκυκλώματα του δικτύου, οι ρυθμίσεις που γίνονται στους διακόπτες προστασίας των αναχωρήσεων ΜΤ επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των Μ/Σ.

Η προστασία γίνεται με ασφάλειες σκόνης ή με Δ/Ι στη ΜΤ. Στην περίπτωση παραλληλισμένων Μ/Σ σαν ισχύς λαμβάνεται το άθροισμα των ονομαστικών τους ισχύων. Οι ασφάλειες δεν προστατεύουν όμως το Μ/Σ σε συνεχή υπερφόρτιση γιατί η ελάχιστη ένταση στην οποία λιώνουν είναι 2-3 φορές η ονομαστική τους ένταση.

Οι ασφάλειες προτιμώνται έναντι των Δ/Ι, σαν μέσα προστασίας γιατί περιορίζουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης και είναι φθηνότερες. Δεν μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν ασφάλειες για απόζευξη υπό φορτίο, γι' αυτό πρέπει να συνδυάζονται με Δ/Φ. Οι ασφάλειες πρέπει να συνεργάζονται με τους Η/Ν γης της ΔΕΗ. Για τον λόγο αυτό το μέγεθός τους περιορίζεται στα 50-63 Α για ισχύ Μ/Σ 630-1250kVA. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι Δ/Ι για προστασία. Είναι ακριβότερη λύση αλλά μπορούν να συνδυαστούν και με άλλα μέσα προστασίας (Η/Ν Buchholz) και μπορούν να συνεργαστούν πιο εύκολα με τους διακόπτες αναχώρησης της γραμμής ΜΤ. Οι Η/Ν σταθερού χρόνου των Δ/Ι μπορεί να ρυθμιστούν μέχρι το δεκαπλάσιο της ονομαστικής έντασης του Μ/Σ. Τα στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας πρέπει να διεγείρονται σε εντάσεις μεγαλύτερες του δεκαπλάσιου του ονομαστικού ρεύματος του Μ/Σ. Αν αυτό δεν γίνεται πρέπει να βγουν εκτός τα στιγμιαία στοιχεία.

2.9.2 Προστασία Μ/Σ σε υπερφόρτιση

Το βασικό κριτήριο για την οριακή φόρτιση των Μ/Σ αποτελεί η θερμοκρασία του θερμότερου σημείου και των τυλιγμάτων τους, η οποία για Μ/Σ ελαίου λαμβάνεται συνήθως 140° C. Ένα άλλο αντίστοιχο κριτήριο είναι η μέγιστη θερμοκρασία του ελαίου, η οποία συνήθως λαμβάνεται ίση με 115° C. Με βάση τα κριτήρια αυτά οι Μ/Σ μπορούν να υπερφορτίζονται σε σημαντικό ποσοστό (μέχρι 150% της ονομαστικής τους ισχύος) το οποίο εξαρτάται :

- Από την προηγούμενη φόρτιση (K1),
- Την διάρκεια της υπερφόρτισης (t),
- Την θερμοκρασία του αέρα ψύξεως του Μ/Σ.

Στον παρακάτω πίνακα 2.1 υπάρχουν οι επιτρεπόμενες υπερφορτίσεις K2 για Μ/Σ με φυσικό αερισμό και θερμοκρασία αέρα $\Theta_a=20^\circ\text{C}$. Η φόρτιση θεωρείται ότι επαναλαμβάνεται κυκλικά ανά 24h, κατά IEC-354.

Πινάκας 2.2

Υπερφόρτιση Μ/Σ ελαίου, με φυσική ψύξη και υπό ορισμένες συνθήκες ως ποσοστό της ονομαστικής του ισχύος.

Τιμές του K2 για $\Theta_a=20^{\circ}\text{C}$ και K1, t δεδομένα						
K1	0,25	0,5	0,7	0,8	0,9	1
t=0,5h	>2	>2	1,93	1,83	1,69	1
1	1,89	1,8	1,7	1,62	1,5	1
2	1,59	1,53	1,46	1,41	1,32	1
4	1,34	1,31	1,27	1,24	1,18	1
6	1,23	1,21	1,18	1,16	1,12	1
8	1,16	1,15	1,13	1,12	1,09	1
12	1,1	1,09	1,08	1,07	1,05	1
24	1	1	1	1	1	1

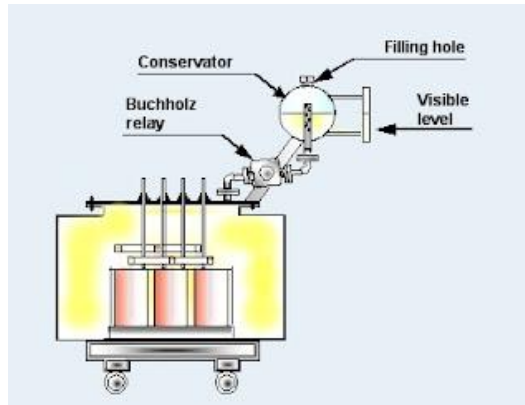
Η προστασία σε παρατεταμένη συνεχή υπερφόρτιση γίνεται χρησιμοποιώντας θερμομέτρα λαδιού ή θερμίστορες που είναι εμφυτευμένοι στα τυλίγματα του Μ/Σ κατά την κατασκευή του. Συγχρόνως χρησιμοποιούνται αυτόματοι, Δ/Ι στην ΧΤ και ασφάλειες. Οι ασφάλειες που χρησιμοποιούνται είναι μέχρι 400 Α στη ΧΤ και είναι τύπου ΝΗ. Τα θερμομέτρα λαδιού παρακολουθούν τη θερμοκρασία του ανώτερου στρώματος λαδιού. Σε κάθε θερμομέτρο υπάρχουν συνήθως δυο οριακοί δείκτες, ο μπλε για σήμανση και ο κόκκινος για απόζευξη. Ο καλύτερος τρόπος είναι η παρακολούθηση της θερμοκρασίας των τυλιγμάτων με θερμίστορες. Συνήθως, ακόμη και σε μεγάλους Μ/Σ π.χ. 630 kVA αρκούμαστε στη χρήση θερμομέτρων λαδιού. Ωστόσο αυτή η προστασία εφαρμόζεται σε Μ/Σ ξηρής μόνωσης.

2.9.3 Προστασία κατά εσωτερικών σφαλμάτων και έλλειψης λαδιού

Σε ελαιόψυκτους Μ/Σ μπορούν να ανιχνευθούν με τους Η/Ν Buchholz τα σφάλματα που οδηγούν σε ανάπτυξη αερίων ή σε έντονη ροή του λαδιού. Η ανίχνευση δε διορθώνει το σφάλμα αλλά μας προειδοποιεί να αποσυνδέσουμε εγκαίρως το Μ/Σ αλλιώς υπάρχει κίνδυνος ζημιάς. Δηλαδή απόζευξη με Η/Ν Buchholz σημαίνει ότι ο Μ/Σ πρέπει να σταματήσει τη λειτουργία του, να επιθεωρηθεί και αν χρειάζεται να επισκευαστεί.

Ο Η/Ν Buchholz, τοποθετείται στο σωλήνα μεταξύ δοχείου του Μ/Σ και του δοχείου διαστολής. Έχει δυο διακόπτες άνωσης (φλοτέρ) 1,2 και ένα διακόπτη 4 που εργάζεται με μια πλάκα 3, κάθετη στη ροή του λαδιού. Αν σχηματιστούν φυσαλίδες ή έχουμε έλλειψη λαδιού τότε κλείνει ο διακόπτης 1 και δίνει σήμανση Α1 (κινδύνου). Αν τα αέρια που εκλύονται είναι αρκετά τότε γεμίζει αέρια ο Η/Ν και κλείνει ο διακόπτης 2 που δίνει σήμα Α2 (για αποσύνδεση). Έχουμε αποσύνδεση επίσης αν δημιουργηθεί έντονη ροή μετά από βραχυκύκλωμα ή μεγάλη εσωτερική βλάβη, οπότε πιέζεται η πλάκα 3 και κλείνει ο διακόπτης 4.

Ο Η/Ν Buchholz προστατεύει σε σφάλματα μόνωσης, βραχυκυκλώματα και σε διαρροή λαδιού. Συνήθως εφαρμόζεται μόνο σε σχετικά μεγάλους Μ/Σ π.χ. 630kVA και άνω για οικονομικούς λόγους.



Εικόνα 2.15
Ηλεκτρονόμος Buchholz

2.9.4 Διαφορική προστασία

Στη διαφορική προστασία γίνεται σύγκριση των ρευμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος με τη χρήση τριών Μ/Σ έντασης στη ΜΤ και ΧΤ. Πρέπει να ληφθεί υπόψη η συνδεσμολογία του Μ/Σ. Για ένα Μ/Σ συνδεσμολογίας Dy5, χρειαζόμαστε ένα πρόσθετο Μ/Σ τριφασικό Dy5 που επιφέρει τη στροφή των ρευμάτων του πρωτεύοντος για να συμπέσουν με τα ρεύματα του δευτερεύοντος.

Στη συνέχεια γίνεται η σύγκριση σε ένα Η/Ν ο οποίος διεγείρει το Δ/Ι στη ΜΤ. Η διαφορική προστασία διεγείρεται από τα εξής σφάλματα: Τριφασικά, διφασικά, γης, τύλιγμα-τύλιγμα, βραχυκύκλωμα σπειρών. Επίσης έχει το πλεονέκτημα ότι περιορίζει αμέσως την ζημιά στο ελάχιστο, σε σχέση με την προστασία Buchholz.

Οι αδυναμίες της διαφορικής προστασίας είναι:

- Δεδομένου ότι οι Μ/Σ εντάσεως κάθε πλευράς του Μ/Σ είναι διαφορετικών τάσεων και σχέσεως μεταφοράς, είναι δύσκολο να έχουν την ίδια ακριβώς συμπεριφορά (διατήρηση σχέσεως μεταφοράς) κατά τη διάρκεια βραχυκυκλωμάτων. Επιπλέον οι αγωγοί συνδέσεως των Μ/Σ εντάσεων με τον Η/Ν έχουν γενικά άνισα, για κάθε πλευρά, μήκη και αντιστάσεις και συνεπώς διαφοροποιείται η φόρτιση των Μ/Σ εντάσεως και επομένως το σφάλμα τους.
- Κατά την ζεύξη των Μ/Σ παρατηρείται ένα μεταβατικό ρεύμα ζεύξεως που περιέχει συνεχή συνιστώσα και αρμονικές το οποίο μπορεί να προκαλέσει την λειτουργία της διαφορικής προστασίας αν δεν ληφθούν μέτρα όπως κατάλληλα φίλτρα κτλ.35
- Το κόστος της διαφορικής προστασίας είναι αρκετά υψηλό.

Για όλους αυτούς τους λόγους η διαφορική προστασία εφαρμόζεται σε Μ/Σ των 1250 KVA και άνω.

2.10 Μετασχηματιστές μέτρησης

Χρησιμοποιούνται Μ/Σ για να αποζεύξουμε γαλβανικά και να μονώσουμε τα όργανα μέτρησης τάσης, έντασης, ισχύος κλπ. από το δίκτυο ΜΤ.



Εικόνα 2.16
Μετασχηματιστές Μετρήσεων

2.10.1 Μ/Σ τάσης

Οι Μ/Σ τάσης προδιαγράφονται από τους κανονισμούς VDE 0414. Χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ για τους μετρητές ενέργειας και ισχύος.

Στις κυψέλες των καταναλωτών εγκαθίστανται Μ/Σ τάσης για να τροφοδοτηθούν :

- Η/Ν υπέρτασης, υπότασης
- Όργανα μέτρησης τάσης, ισχύος, αέργου ισχύος, ωρόμετρα
- Η/Ν σφαλμάτων ή άλλες καταναλώσεις.

Οι Μ/Σ τάσης με μονωτικό λάδι ασφαρίζονται στο πρωτεύον και δευτερεύον με ασφάλειες των 6 Α και 10 Α αντίστοιχα για προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων. Οι Μ/Σ με στερεά μόνωση (εποξειδικές ρητίνες) δεν ασφαρίζονται στην ΜΤ παρά μόνο στην χαμηλή διότι δεν υπάρχει κίνδυνος να εκραγούν. Οι σύγχρονες κατασκευές των Μ/Σ τάσης είναι με ξηρή μόνωση από εποξειδικές ρητίνες.

Τα χαρακτηριστικά τους είναι:

- Ονομαστική τάση (τάση του πρωτεύοντος)
- Ονομαστική ισχύς $S_r = V_2 \cdot I_2$
- Κλάση ακρίβειας δηλαδή το μέγιστο σφάλμα του Μ/Σ για την ονομαστική ισχύ. Συμβολίζεται με $c10,2 \dots c10,3$.
- Μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς S_{max}
- Ονομαστική τάση δευτερεύοντος V_2
- Ονομαστικό φορτίο $Z_0 = V_2^2 / S_r$

Μπορεί να γίνει υπέρβαση της ονομαστικής ισχύος μέχρι S_{max} στις περιπτώσεις όπου ο Μ/Σ τροφοδοτεί φορτία και όχι μόνο όργανα, όμως η ακρίβειά του μειώνεται. Όλα τα όργανα συνδέονται παράλληλα στους πόλους του Μ/Σ τάσης. Για να ισχύει η ακρίβεια κλάσης του Μ/Σ πρέπει να μην υπερβούμε την ονομαστική του ισχύ, δηλαδή η συνισταμένη αντίσταση

του φορτίου να είναι μεγαλύτερη του ονομαστικού φορτίου Z_0 . Υπάρχουν ένα ή δύο δευτερεύοντα τυλίγματα, το ένα για μέτρηση και το άλλο για ανίχνευση σφαλμάτων γης.

2.10.2 Μ/Σ έντασης

Οι Μ/Σ έντασης διέπονται από τα πρότυπα VDE 0414, IEC 185, 186. Χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ για το σύστημα προστασίας, για μέτρηση του ρεύματος, της ισχύος και της ενέργειας.

Στις εγκαταστάσεις του καταναλωτή γίνεται χρήση Μ/Σ έντασης:

- Στους Η/Ν προστασίας
- Στην μέτρηση ρεύματος, ισχύος, ενέργειας.



Εικόνα 2.17
Μετασχηματιστές έντασης εσωτερικού χώρου

Αν η προστασία των μέσων του καταναλωτή γίνεται μόνο με ασφάλειες ή πρωτογενώς δεν χρειάζεται Μ/Σ έντασης για τους Η/Ν προστασίας. Η κατασκευή των Μ/Σ έντασης είναι με ξηρή μόνωση από εποξειδικές ρητίνες.

Τα χαρακτηριστικά των Μ/Σ έντασης είναι:

- Ονομαστική τάση (τάση πρωτεύοντος)
- Ονομαστική ισχύς
- Κλάση ακριβείας (cl)
Για Μ/Σ προστασίας δίνεται σαν κλάση ακριβείας το % σφάλμα το γράμμα Ρ και το πολλαπλάσιο του ονομαστικού ρεύματος που αντιστοιχεί το σφάλμα π.χ. 10Ρ10 σημαίνει 10% σφάλμα στο δεκαπλάσιο ρεύμα.
- Το ονομαστικό ρεύμα πρωτεύοντος
- Ο συντελεστής υπερρεύματος F_s είναι το πολλαπλάσιο του πρωτεύοντος ρεύματος για το οποίο το σφάλμα είναι 10%.
- Το θερμικό οριακό ρεύμα I_{th} , είναι η ενεργός τιμή του ρεύματος που αντέχει ο Μ/Σ για 1 sec.
- Το δυναμικό οριακό ρεύμα I_{dyn} , είναι η μέγιστη τιμή του κρουστικού ρεύματος που αντέχει ο Μ/Σ.
- Το ρεύμα δευτερεύοντος
- Το ονομαστικό φορτίο $Z_0 = V_2^2 / S_r$

Οι Μ/Σ έντασης κατασκευάζονται και με περισσότερα του ενός δευτερεύοντα. Κάθε δευτερεύον έχει τον δικό του πυρήνα. Μπορεί σε ένα Μ/Σ να συνυπάρχουν πυρήνες μέτρησης και πυρήνες προστασίας. Κατασκευάζονται για δύο ρεύματα πρωτεύοντος το I_{pn} και $2 \cdot I_{pn}$.

2.11 Γείωση Υ/Σ

Επιλέγουμε την κοινή γείωση ΜΤ-ΧΤ στον υποσταθμό γιατί η χωριστή γείωση απαιτεί ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δύο γειώσεων τουλάχιστον 20 m. Για να έχουμε κοινή γείωση είναι απαραίτητο να έχουμε συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη από 0,7 Ω.

Επειδή το δίκτυο είναι εναέριο εγκαθίστανται στην κυψέλη εισόδου των καλωδίων ΜΤ της ΔΕΗ τρεις απαγωγείς τάσεων των 10 kA. Σε παροχές τύπου Α τα αλεξικέραυνα της ΔΕΗ γειώνονται σε ιδιαίτερο γειωτή π.χ. πάσσαλο 3 m στο έδαφος που είναι κατασκευή της ΔΕΗ.

Οι εγκαταστάσεις γείωσης είναι τρεις. Η πρώτη είναι αυτή των αλεξικεραυνών της ΔΕΗ αν η περιοχή στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση είναι κεραυνόπληκτη (πάσσαλος 2'' σε 3 m βάθος), η δεύτερη είναι στο στύλο των μετρητών (πάσσαλος 2'' σε 3 m βάθος) και η τρίτη στον εσωτερικό χώρο του καταναλωτή με θεμελιακή γείωση.

Κατά την κατασκευή του Υ/Σ θα εγκατασταθεί θεμελιακή γείωση. Ως γειωτής θα τοποθετηθεί ταινία χαλύβδινη διαστάσεων 30 mm x 3,5 mm εντός των θεμελίων του κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται χαμηλή αντίσταση γείωσης.

Επίσης στον χώρο του Υ/Σ θα τοποθετηθεί σύστημα γειώσεων που αποτελείται από:

- Ισοδυναμικό πλέγμα σε βάθος 5 cm, σε όλο το δάπεδο του Υ/Σ για προστασία από επικίνδυνες τάσεις επαφής και βηματικές τάσεις σε περιπτώσεις σφαλμάτων φάσης - γης. Σαν δομικό πλέγμα χρησιμοποιείται δομικό πλέγμα από διασταυρωμένα και συγκολλημένα χαλύβδινα σύρματα διαμέτρου 5 mm με άνοιγμα 6 x 10 cm.
- Περιμετρική γείωση 30mm x 3mm με αναμονές για την σύνδεση των μεταλλικών μερών της ΜΤ, της ΧΤ και του Μ/Σ. Τοποθετείται εσωτερικά και περιμετρικά του κτίσματος σε ύψος 50 cm, στερεώνεται στο τοίχιο με χάλκινα στηρίγματα.



Εικόνα 2.18
Κατασκευή γείωσης Υποσταθμού

Με την περιμετρική ταινία θα συνδέονται, μέσω αγωγού:

- τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΜΤ
- τα μεταλλικά μέρη του Γενικού Πίνακα ΧΤ
- τα μεταλλικά μέρη του Μ/Σ
- οι ράγες του Μ/Σ
- τα σημεία γειώσεως και οι βάσεις στηρίξεως των ακροκιβωτίων
- οι μανδύες των καλωδίων
- το ισοδυναμικό πλέγμα των δαπέδων
- κάθε άλλη μεταλλική συσκευή που υπάρχει στο χώρο του Υ/Σ

Οι αγωγοί γείωσης κάθε χώρου και ο ουδέτερος κόμβος του Μ/Σ θα συνδέονται με την κεντρική γείωση (θεμελιακή) των μεταλλικών μερών.



Εικόνα 2.19
Γείωση χώρου Μετασχηματιστή

22.12 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 μέσης τάσης, στην πλευρά της χαμηλής 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.



Εικόνα 2.20
Πυκνωτές

2.12.1 Κεντρική αντιστάθμιση σε Υ/Σ Μ.Τ.

Σε ένα υποσταθμό μέσης τάσης η άεργος ισχύς κυμαίνεται από 4% έως 6% της ονομαστικής ισχύος του μετασχηματιστή, σε κενό φορτίο, και από 8% έως 12% της ονομαστικής ισχύος του μετασχηματιστή, σε πλήρες φορτίο. Οι πυκνωτές αντιστάθμισης συνδέονται πάντα από την πλευρά της χαμηλής τάσης. Ενδεικτικές τιμές αντιστάθμισης δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.



Εικόνα 2.21
Κεντρική αντιστάθμιση Υποσταθμού

Πίνακας 2.3

Πίνακας ενδεικτικώς τιμών αντιστάθμισης.

P	Συγκρότημα παράλληλων πυκνωτών	
KVA	Μόνιμα στη χαμηλή τάση του μετασχηματιστή σε kVAR	Στους συλλεκτικούς ζυγούς του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης σε kVAR
250	1x10	100
315	1x10	100
400	1x20	150
630	1x50	200
1000	1x70	300

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ”

3.1 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.

3.1.1 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 εκπαιδευση 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».

3.1.2 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.

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. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

3.1.3 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.

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. 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.
- Έλεγχος 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 του 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.
- 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.

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.

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.

3.1.4 Ανιχνευτική συντήρηση

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

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. 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:

- Πρόοδος 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.

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.

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:

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

3.1.5 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.

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.

2. Αποτελεσματικότητα των δαπανών συντήρησης

Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας πρέπει να συγκριθούν οι δαπάνες συντήρησης προς τη ποιότητα της παρεχόμενης από την Εταιρία που αναλαμβάνει την συντήρηση .

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 Εταιρίας που αναλαμβάνει την συντήρηση η περαιτέρω μελέτη αυτού του θέματος ώστε να βρεθούν οι όροι της συσχέτισης.

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:

- τις διαφορές στην ηλικία των Υποσταθμών,
- τις πολιτικές συντήρησης / αντικατάστασης / ανακαίνισης
- τις λογιστικές πρακτικές

Σε κάθε περίπτωση οι δαπάνες για τη συντήρηση είναι κατά μέσο όρο ίσες με το 70% περίπου των συνολικών δαπανών.

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 των Υποσταθμών. Εν τούτοις δεν είναι λίγες οι Επιχειρήσεις που δαπανούν μεγάλα ποσά για ανακαίνιση ή αντικατάσταση αν και έχουν Υποσταθμούς μικρής ηλικίας. Αντίθετα υπάρχουν Επιχειρήσεις που έχουν Υποσταθμούς μεγάλης ηλικίας και παρόλα αυτά δεν προχωρούν στην αντικατάσταση (μεμονωμένων μηχανημάτων π.χ. Μετασχηματιστών ισχύος) ούτε στην ανακαίνιση (ανασχεδιασμό του Υποσταθμού).

4. Η περίπτωση ηλεκτρογεννήτριας

Υπάρχουν πολλές στρατηγικές για να εξασφαλιστεί 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.

5. Η περίπτωση μετασχηματιστή ισχύος

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

Μετασχηματιστής ισχύος, μέσης τάσης, 20/0,4KV, 1000KVA:

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: $20 \times 1,25 = 25\%$ του πιο πάνω κόστους πλέον 340 € για μια διήθηση του λαδιού στο διάστημα των 20 χρόνων. Αν αποφασισθεί η συνέχιση της χρήσης του ίδιου μετασχηματιστή 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: $20 \times 1,25 = 25\%$ 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 μετασχηματιστή να διατηρήσουμε τον παλιό Μετασχηματιστή σε λειτουργία κερδίζοντας το άλλο 50%.

3.1.6 Μέτρα ασφάλειας προσωπικού

1. Διαδικασία εκπόνησης εργασιών

Τα σημαντικότερα βήματα για την εξασφάλιση ασφαλούς διεξαγωγής εργασιών είναι τα παρακάτω, τα οποία και περιγράφονται συνοπτικά.

α) Προσδιορισμός χώρου εργασίας:

Ο χώρος στον οποίο γίνονται εργασίες πρέπει να περιγράφεται σαφώς στα σχέδια και τα σχετικά έγγραφα. Οι σημάνσεις πρέπει να είναι ευδιάκριτες, να τοποθετούνται σε ύψος τέτοιο

ώστε να είναι ορατές, και η παρακολούθησή τους συνεχόμενη. Πραγματοποιούνται από τον υπεύθυνο και αφορούν τα εξής.

- μαρκάρισμα καλωδίων και συνδέσεων
- χωροθέτηση του χώρου εργασίας με κορδέλες, πινακίδες και φράγματα
- σημάνσεις κινδύνου πλησίον εξαρτημάτων που βρίσκονται υπό τάση

β) Πλήρης ηλεκτρική απόζευξη και εξασφάλιση μη δυνατότητας επανασύζευξης:

Ο εξοπλισμός πρέπει να διακόπτεται και να γειώνεται. Κατά τη διάρκεια των εργασιών πρέπει να εξασφαλίζεται ηλεκτρική ασυνέχεια μέσω διατάξεων κλειδώματος, αφαίρεση των ασφαλειών ή τοποθέτησης φραγμάτων. Η συνιστώμενη διαδικασία έχει ως εξής: κάθε εργαζόμενος που εργάζεται σε εξοπλισμό ή κύκλωμα θα πρέπει να ασφαλίζει τον αντίστοιχο διακόπτη παροχής με λουκέτο. Το λουκέτο πρέπει να συνοδεύεται από το ονοματεπώνυμο και τα στοιχεία επικοινωνίας του εργαζομένου, ώστε όταν κάποιος θέλει να εκτελέσει εργασία να έχει τη δυνατότητα να τον βρει. Όταν η εργασία ολοκληρώνεται ο εργαζόμενος απομακρύνει το λουκέτο με το όνομα του και επαναφέρει τον διακόπτη στην αρχική του θέση.

γ) Προστασία από ενεργό εξοπλισμό:

Η σήμανση, η κατανόηση των κυκλωμάτων και η τήρηση των κανόνων ασφαλείας είναι βασικοί παράγοντες για την προστασία από ενεργό εξοπλισμό. Παρά το γεγονός ότι έχει προηγηθεί αποσύζευξη, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή.

Τα βασικά σημεία είναι:

- εκτίμηση κινδύνου ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν πρόκειται να δημιουργηθεί επικίνδυνη τάση από γειτονικό ενεργό κύκλωμα ή από συνδέσεις των γειώσεων.
- κατανόηση της λειτουργίας των κυκλωμάτων και συνδεσμολογιών σε περίπτωση που ο εξοπλισμός μεταβαίνει από ενεργή σε ανενεργή κατάσταση και αντίστροφα σε στάδια, ώστε να είναι γνωστό ποιο τμήμα είναι ηλεκτρισμένο κάθε φορά.
- σε περιπτώσεις επαγόμενων τάσεων και ρευμάτων (γραμμές υψηλής τάσης, ουδέτεροι κόμβοι μετασχηματιστών) το προσωπικό πρέπει να χρησιμοποιεί τα κατάλληλα μονωμένα μέσα ατομικής προστασίας.

δ) Ειδικές προφυλάξεις κοντά σε γυμνούς αγωγούς:

Στην περίπτωση εργασίας κοντά σε γυμνούς αγωγούς πρέπει να τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας που δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Επίσης είναι σημαντικό να τηρούνται τα εξής μέτρα προστασίας:

- χρήση γαντιών κατάλληλων για το επίπεδο τάσης της εγκατάστασης
- εύκολη προσβασιμότητα για αποφυγή πτώσεων
- παρουσία δεύτερου ατόμου για δυνατότητα βοήθειας

ε) Έλεγχος μη ύπαρξης ηλεκτρικού ρεύματος:

Η επαλήθευση πρέπει να γίνεται με όργανα δοκιμής, διαπιστευμένα πριν και μετά από κάθε δοκιμή.

ζ) Έλεγχος γειώσεων και βραχυκυκλώσεων:

Τα βασικά σημεία είναι:

- Ο εξοπλισμός πρέπει να γειώνεται με συνδέσεις και αγωγούς ικανούς να μεταφέρουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης.

- Οι γειώσεις πρέπει να εφαρμόζονται μεταξύ του σημείου εργασίας και οποιασδήποτε πιθανής πηγής υψηλής τάσης. Πραγματοποιούνται από διαπιστευμένο άτομο εφοδιασμένο με τα κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας.
- Οι φορητές γειώσεις πρέπει να εφαρμόζονται σε όλες τις φάσεις με τρόπο ώστε να εκφορτίζονται τα εναπομείναντα φορτία και οι επαγόμενες τάσεις.
- Ο χώρος εργασίας πρέπει να γειώνεται ώστε να αποτελεί ισοδυναμική επιφάνεια.

η) Έκδοση άδειας εργασιών:

Η άδεια εργασιών πιστοποιεί ότι ο χώρος εργασίας έχει ελεγχθεί ως προς την καταλληλότητα και ότι το προσωπικό είναι σε θέση να πραγματοποιήσει εργασίες. Επίσης, αποτελεί έγγραφο νομικής ευθύνης εκ μέρους του εξουσιοδοτημένου προσώπου όσον αφορά τη λήψη και την τήρηση των απαιτούμενων μέτρων ασφαλείας.

Η άδεια δίνει τις εξής πληροφορίες:

- χώρος εργασίας και μέτρα προστασίας
- σκοπός των εργασιών
- υφιστάμενοι κίνδυνοι
- δήλωση ολοκλήρωσης της εκτίμησης ρίσκου
- δήλωση ολοκλήρωσης του φύλλου ελέγχου
- στοιχεία προσωπικού και υπογραφές

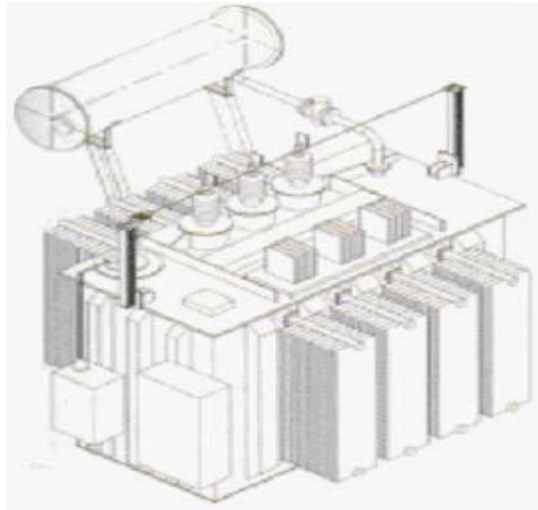
Οι σημάνσεις που τοποθετούνται πριν την έναρξη της εργασίας δεν πρέπει να απομακρύνονται παρά μόνο με την ακύρωση της άδειας εργασιών. Επίσης κάθε φορά που ο χώρος εργασιών μεταβάλλεται, απαιτείται έκδοση νέας άδειας η οποία να αντιστοιχεί στα νέα χωροταξικά σύνορα.

2. Εργασία σε ύψος

Κατά τη διεξαγωγή μετρήσεων και ελέγχων ενδέχεται να χρειαστεί το τεχνικό προσωπικό να ανέβει πάνω στον μετασχηματιστή. Στην περίπτωση αυτή, η εργασία καθίσταται δυσχερής λόγω της περιορισμένης εργονομίας. Τα μέτρα ασφαλείας και ο ενδεικνύμενος εξοπλισμός περιγράφεται από το κανονισμό ANSI/ASSE Z359, οι αναβαθμίσεις του οποίου δίνονται στο τεχνικό άρθρο [83]. Η ασφάλεια του προσωπικού πρέπει να εξασφαλίζεται με μέσα ατομικής προστασίας και διατάξεις προστασίας από πτώση. Τέτοιες είναι:

α) Σύστημα με συρματόσχοινο ασφάλισης

Η πρόσδεση του προσωπικού με ένα σταθερό σημείο αποτρέπει την πτώση κατά την εργασία. Ωστόσο το σημείο προσδέσεως θα πρέπει να έχει κάποιο βαθμό ελευθερίας ώστε οι εργαζόμενοι να μπορούν να κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις. Ένα τέτοιο σύστημα προστασίας από πτώση έχει αναπτυχθεί από την εταιρία ABB, το οποίο μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε μετασχηματιστή. Αποτελείται από δύο κάθετα στηρίγματα που βιδώνονται σε ειδικές βάσεις, οι οποίες κολλούνται στην επιφάνεια του μετασχηματιστή. Κατά την μεταφορά του μετασχηματιστή τα στηρίγματα μπορούν να αφαιρεθούν. Τα δύο στηρίγματα ενώνονται μεταξύ τους με συρματόσχοινο στο οποίο συνδέεται το σκοινί ασφαλείας του προσωπικού.

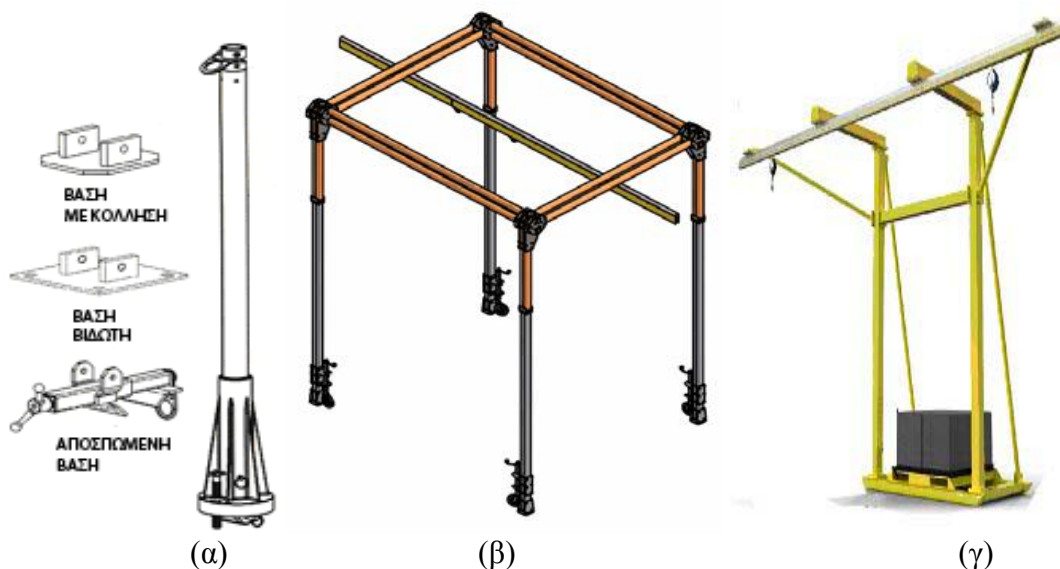


Εικόνα 3.1

Σύστημα προστασίας από πτώση NO-RISK της εταιρίας ABB

β) Πύργος προστασίας από πτώση

Ο πύργος προστασίας από πτώση είναι μια μεταλλική κατασκευή με μεγάλο ύψος πάνω στην οποία προσδένεται το σκοινί ασφαλείας του τεχνικού προσωπικού. Ο ιστός βιδώνεται σε μεταλλική επιφάνεια έδρασης ή απευθείας σε βάση οπλισμένου σκυροδέματος. Η σύνηθης τακτική είναι η σταθερή στερέωση της μεταλλικής επιφάνειας έδρασης με δυνατότητα απομάκρυνσης του πύργου. Το άνω άκρο του ιστού μπορεί να περιστραφεί κατά 360 μοίρες, διευκολύνοντας την κίνηση των εργαζομένων. Οι πύργοι έχουν την δυνατότητα ανάρτησης περισσότερων του ενός εργαζομένου ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι. Ο πύργος και ο συνοδευτικός εξοπλισμός στερέωσης φαίνεται στο σχήμα VI.3-2 (α). Εκτός από τους πύργους υπάρχουν κατασκευές από δοκούς, σε διάφορα σχήματα ανάλογα με την εφαρμογή. Αυτές έχουν αυξημένη ακαμψία και σταθερότητα, ωστόσο το κόστος τους είναι μεγαλύτερο.



Εικόνα 3.2

Τυπικές μεταλλικές κατασκευές προστασίας από πτώση.

- (α) – Πύργος προστασίας
- (β) – Ορθογώνιο πλαίσιο
- (γ) – Ικρίωμα με αντίβαρο

3. Μέσα ατομικής προστασίας

- γάντια
- κράνος
- μπότες
- ζώνη
- γυαλιά
- γιλέκο
- επιγονατίδες
- ωτασπίδες
- αναπνευστική μάσκα

4. Αποστάσεις ασφαλείας

Οι εργασίες και οι επισκευές πρέπει να γίνονται τηρώντας τις αποστάσεις ασφαλείας από ρευματοφόρους αγωγούς, εξαρτήματα υπό τάση κλπ. Οι αποστάσεις είναι γενικά συνάρτηση του επίπεδου τάσης, και ενδέχεται να διαφέρουν ανάλογα με την ιδιομορφία της εκάστοτε εγκατάστασης. Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες για τις κυριότερες περιπτώσεις όπως αυτές καθορίζονται στο πρότυπο BS EN 50110-1. Στο πρότυπο αυτό δίνονται οι εξής ορισμοί: η ελάχιστη απόσταση εργασίας ονομάζεται “Dv” (ανώτατο όριο ζώνης εγγύτητας) και η ενεργή ζώνη εργασίας ονομάζεται “Dc” (ελάχιστη απόσταση ασφαλείας).

Πίνακας 3.1

Ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας ανάλογα με το επίπεδο τάσης σύμφωνα με τον κανονισμό BS EN 50110-1.

Τάση συστήματος (kV)	Ελάχιστη απόσταση εργασίας (mm)	Ενεργή ζώνη εργασίας (mm)
<1	700	200
10	1350	350
20	1400	400
36	1580	580
70	1900	900
132	3100	1100
275	3800	1800
480	5200	3200

Ο αμερικάνικος οργανισμός NFPA έχει αναπτύξει προδιαγραφές που αποσκοπούν στον περιορισμό των εργατικών ατυχημάτων, τα οποία οφείλονται σε ηλεκτροπληξία και κεραυνούς. Συγκεκριμένα το πρότυπο NFPA 70E ορίζει τρία σύνορα πρόσβασης/προσέγγισης.

- Σύνορο ορισμένης πρόσβασης: Είναι το σύνορο προστασίας από ηλεκτροπληξία το οποίο μπορούν να περνούν μόνο εξουσιοδοτημένα πρόσωπα (σε μία απόσταση από ενεργά εξαρτήματα). Μη εξουσιοδοτημένα πρόσωπα δεν πρέπει να περνούν αυτό το σύνορο.
- Σύνορο περιορισμένης πρόσβασης: Είναι το σύνορο προστασίας από ηλεκτροπληξία το οποίο μπορούν να περνούν μόνο εξουσιοδοτημένα πρόσωπα (σε μία απόσταση από ενεργά εξαρτήματα), το οποίο λόγω της εγγύτητάς του σε πηγή κινδύνου προϋποθέτει την χρήση κατάλληλων αντιηλεκτροπληξιακών τεχνικών και μέσων ατομικής προστασίας. Μη εξουσιοδοτημένα πρόσωπα δεν πρέπει να περνούν αυτό το σύνορο.

- **Σύνορο απαγορευμένης πρόσβασης:** Είναι το σύνορο προστασίας από ηλεκτροπληξία το οποίο μπορούν να περνούν μόνο εξουσιοδοτημένα πρόσωπα (σε μία απόσταση από ενεργά εξαρτήματα), το οποίο προϋποθέτει τη χρήση των μέτρων προστασίας που θα απαιτούσε εργασία με άμεση επαφή σε ενεργό εξοπλισμό.

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τα παραπάνω σύνορα σε συνάρτηση με το επίπεδο τάσης της εγκατάστασης.

Πίνακας 3.2

Σύνορα ασφαλείας όπως ορίζονται από τον οργανισμό NFPA.

Εύρος ονομαστικής τάσης συστήματος (πολική, kV)	Σύνορο ορισμένης πρόσβασης (mm)	Σύνορο περιορισμένης πρόσβασης (mm)	Σύνορο απαγορευμένης πρόσβασης (mm)
	Θέση προστατευτικών φραγμάτων για προστασία μη διαπιστευμένων προσώπων από ηλεκτροπληξία	Διαπιστευμένα πρόσωπα με χρήση μέσων ατομικής προστασίας	Είσοδος σε αυτή τη ζώνη μπορεί να προκαλέσει σοβαρό τραυματισμό ή θάνατο
0,051-0,750	3050	305	25
0,751-15	3050	660	180
15,1-36	3050	790	255
36,1-46	3050	840	430
46,1-72.5	3050	990	635
72,6-121	3250	1050	815
138-145	3350	1100	940
161-169	3550	1220	1070
230-242	3950	1600	1450
345-362	4700	2600	2450
500-550	5800	3450	3300
765-800	7300	4550	4400

5. Εργασίες σε υποσταθμούς

Τα κυριότερα μέτρα ασφαλείας είναι τα ακόλουθα:

Κανένας εργαζόμενος δεν πρέπει να επιχειρήσει οποιαδήποτε εργασία επεμβάσεως σε οποιοδήποτε τμήμα εγκατάστασης ή συσκευή, εκτός εάν:

- Το τμήμα αυτό (ή η συσκευή) έχει πάψει να τροφοδοτείται με τάση
- Έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα, ώστε να απομονωθεί από τα στοιχεία με τάση και να παραμένει απομονωμένο
- Έχει εξακριβωθεί ότι είναι ελεύθερο τάσεως και έχει γειωθεί αποτελεσματικά όχι μόνο έναντι εσφαλμένης ή κακόβουλης τροφοδοτήσεως με τάση στερεάς πηγής, αλλά και έναντι ενδεχόμενης προσπτώσεως υπερκείμενου ενεργού αγωγού ο οποίος κόπηκε πάνω σε κύκλωμα που απομονώθηκε για εργασία.
- Έχουν επισημανθεί κατά τρόπο αναμφισβήτητα σαφή τα γειτονικά στοιχεία που είναι εκτός ζώνης εργασίας και θεωρούνται ότι βρίσκονται υπό τάση
- Έχει δοθεί σχετική άδεια εργασίας

Εξακρίβωση της έλλειψης τάσεως γίνεται με χρήση κατάλληλου δοκιμαστικού.



Εικόνα 3.3
Μέσα ατομικής προστασίας

3.1.7 Οδηγός συντήρησης

Χρονοδιάγραμμα

Πίνακας 3.3

Χρονοδιάγραμμα οδηγού συντήρησης

ΕΙΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
Εκτίμηση κατάστασης	
Διηλεκτρική αντοχή και ποσοστό υγρασίας	1 έτος
Επιφανειακή τάση	2 έτη
Μέθοδος διαλυμένων αερίων	6 μήνες-1 έτος
Μόνωση τυλιγμάτων και συντελεστής ισχύος μονωτήρων διέλευσης	5-7 έτη
Υπέρυθρη θερμογραφία	5 έτος
Συντήρηση ρουτίνας	
Τυπικός εξωτερικός έλεγχος	6 μήνες
Καθάρισμα μονωτήρων διέλευσης	1 έτη (καθορίζεται από οπτικό έλεγχο)
Εναλλάκτης θερμότητας	1-2 έτη
Βαθμονόμηση ενδεικτικών οργάνων και ηλεκτρονόμων	5 έτη
Δοκιμές λειτουργίας	5 έτη
Μηχανισμός μεταβολής λήψεων	2-4 έτη

Οι πληροφορίες από τον προηγούμενο πίνακα είναι γενικές. Ακολουθεί αναλυτικός πίνακας των συνιστώμενων ελέγχων σε διάστημα ενός μήνα, τριμήνου και έτους.

Πίνακας 3.4

Έλεγχοι σε διάστημα ενός μήνα, τριμήνου και έτους.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ
ΑΝΑ ΜΗΝΑ		<ul style="list-style-type: none"> - Έλεγχος και καταγραφή του φορτίου του μετασχηματιστή, καθώς και του μέγιστου καταγεγραμμένου - Έλεγχος και καταγραφή της τάσης γραμμής, σύγκριση απόκλισης από προηγούμενες τιμές - Έλεγχος και καταγραφή της θερμοκρασίας λαδιού, καθώς και της πιο πρόσφατης μέγιστης τιμής της - Έλεγχος και καταγραφή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος
ΑΝΑ ΤΡΙΜΗΝΟ	Καταγραφή τιμών	<ul style="list-style-type: none"> - Στάθμη λαδιού - Θερμοκρασία άνω στρώματος λαδιού - Θερμοκρασία τυλίγματος - Πίεση δεξαμενής (αν υπάρχει μανόμετρο) - Τάσης εξόδου
	Οπτικός έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> - Κλειδώματος Υ/Σ Μ.Τ. - Διαρροή λαδιού - Έλεγχος χώρου Μ/Σ - Λειτουργία ανεμιστήρα - Λειτουργία αμφυγραντήρα - Λειτουργία φωτισμού - Πυκνωτών αντιστάθμισης
ΑΝΑ ΕΤΟΣ	Μονωτικό λάδι	Δηλεκτρική αντοχή
	Στεγανότητα λαδιού (έλεγχος για διαρροές)	<ul style="list-style-type: none"> - Δοχείο διαστολής - Σωληνώσεις - Ηλεκτρονόμος Buchholz - Βάνες
	Εσωτερική καλωδίωση	<ul style="list-style-type: none"> - Μέτρηση αντίστασης μόνωσης - Καταλληλότητα συρμάτωσης
	Προστασία από διάβρωση	Βαφή
	Καθαριότητα	<ul style="list-style-type: none"> - Χώρων - Μ/Σ & διακοπών Μ.Τ. - Μονωτήρες διέλευσης - Εξαρτήματα - Ενδεικτικά όργανα - Ανεμιστήρες
	Πίνακας ελέγχου	<ul style="list-style-type: none"> - Συνδέσεις - Συσσώρευση σκόνης - Υπερθέρμανση υλικού (αλλαγή στο χρώμα) - Θόρυβος στα ραγουλικά - Παρουσία νερού/υγρασίας

Μονωτικό λάδι	<ul style="list-style-type: none"> - Ποσοστό υγρασίας - Βαθμός εξουδετέρωσης - Τάση επαφής - Ποσοστό νερού - Κατακάθια ορυκτέλαιου - Ανάλυση διαλυμένων αερίων
Στάθμη λαδιού	<ul style="list-style-type: none"> - Δοχείο διαστολής - Μονωτήρες διέλευσης
Σύστημα ψύξεως	<ul style="list-style-type: none"> - Εξοπλισμός ψύξης (ανεμιστήρες) - Μονωτήρες διέλευσης - Ηλεκτρονόμος Buchholz
Σύστημα γείωσης	<ul style="list-style-type: none"> - Μέτρηση αντίστασης γείωσης - Όλα τα μεταλλικά μέρη - Κόμβοι αστέρων - Πίνακας ελέγχου - Θωρακισμένα καλώδια (με μπλεντάζ)
Ηλεκτρονόμος Buchholz	<ul style="list-style-type: none"> - Κατεύθυνση ροής - Επαφές - Δοκιμή λειτουργίας

3.2 Συντήρηση υποσταθμού Μέσης-Χαμηλής Τάσης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι υποσταθμοί Μ.Τ/Χ.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 Μ.Τ/Χ.Τ. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται αναλυτικά όλες οι επιθεωρήσεις και οι τρόποι συντήρησης όλων των εξαρτημάτων και μηχανημάτων ενός υποσταθμού Μ.Τ/Χ.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.

3.2.1 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.

3.2.2 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.

3.2.3 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 τι 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)

3.2.4 Γειώσεις

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

3.2.5 Περιβλήματα, περιφράξεις

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

3.2.6 Συγκροτήματα διακοπών

Συγκροτήματα διακοπών είναι εκείνος ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες: απόξευξη, 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 (HN) 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:

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

Παρατίθενται παρακάτω τα υπό συντήρηση μέρη των συγκροτημάτων διακοπών.

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.

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.

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.

α) 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.

β) 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:

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

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.

Πίνακας 3.5

Έλεγχοι - συντηρήσεις συγκροτημάτων διακοπών.

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

3.2.7 Διακόπτες

Οι διακόπτες κυκλωμάτων εμφανίζονται σε συγκροτήματα διακοπών και είναι, είτε διακόπτες ισχύος, είτε διακόπτες φορτίου. Οι διακόπτες φορτίου χρησιμοποιούνται στη μέση

τάση. Οι 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 αποζευξεί ένα σφάλμα μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που προστατεύει.

Πριν ξεκινήσει η οποιαδήποτε εργασία συντήρησης, το προσωπικό θα πρέπει να προμηθεύεται και να διαβάζει προσεκτικά τα εγχειρίδια με τις οδηγίες των κατασκευαστών.

Πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα προφύλαξης για να είναι σίγουρο, ότι ο διακόπτης είναι απενεργοποιημένος και ότι το κύκλωμα με το οποίο είναι συνδεδεμένος είναι σωστά ασφαλισμένο. Όλα τα κυκλώματα ελέγχου καθώς και οι μηχανισμοί επαναφοράς θα πρέπει να είναι απενεργοποιημένοι.

Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες διακοπών ισχύος: διακόπτες ισχύος με αέρα, με κενό, με λάδι, με SF₆.

1. Διακόπτες αέρος

Παρακάτω γίνεται μια προσέγγιση της διαδικασίας συντήρησης σε διακόπτες αέρος.

α) Μόνωση:

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

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

i) Συντήρηση των επαφών

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

- Να διατηρούνται καθαρές και σωστά ευθυγραμμισμένες.
- 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.

ii) 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).

iii) Μονάδα διακοπής του τόξου (θάλαμος σβέσης τόξου)

Οι σύγχρονοι θάλαμοι σβέσης των διακοπών ισχύος με βεβιασμένη ροή αέρα, κατασκευάζονται μόνο από ανόργανα υλικά. Τέτοια υλικά ενισχύουν το στόμιο του θαλάμου και απαρτίζουν τους δίσκους ή αλλιώς 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 αγώγιμα σωματίδια στο κεραμικό υλικό.
- όταν γίνεται επιθεώρηση στο θάλαμο σβέσης θα πρέπει να γίνεται και ένας έλεγχος για :
 - i. Σπασμένα ή Ραγισμένα μέρη : Μικρά σπασμένα κομμάτια του κεραμικού ή μικρά ραγίσματα δεν επηρεάζουν την απόδοση λειτουργίας του θαλάμου σβέσης.
 - ii. 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.
 - iii. 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 από τα ίχνη άνθρακα ή άλλα μεταλλικά υπολείμματα που πιθανόν να υπάρχουν. Πολλές φορές χρειάζεται ένα μη αγώγιμο λειαντικό για τον καθαρισμό τους, που πρέπει όμως να γίνεται με προσοχή για να μην καταστραφεί. Η βρωμιά που εμφανίζεται στο κεραμικό προστατευτικό του θαλάμου, μπορεί να μη μειώσει τη διηλεκτρική αντοχή. Το παρακάτω τεστ διηλεκτρικής αντοχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν παράδειγμα για να αποφασίσει κανείς πότε πρέπει να γίνει ένας ολοκληρωμένος καθαρισμός: Οι φλογοκρύπτες μεταξύ της μπροστινής και της πίσω επαφής σε διακόπτες Μ.Τ πρέπει να αντέχουν τη μέγιστη κρουστική τάση για ένα λεπτό.

Επίσης μερικοί κατασκευαστές προτείνουν μια δοκιμή της διηλεκτρικής αντοχής στην επιφάνεια του κεραμικού κοντά στις επαφές. για να πιστοποιηθεί η ικανοποιητική τιμή του διηλεκτρικού της.

- Οι συσκευές φυσητήρων, που χρησιμεύουν για να «σπρώχνουν» το τόξο μέσα στο θάλαμο σβέσης πρέπει να ελέγχονται για τη σωστή λειτουργία τους. Μια αποδεκτή μέθοδος είναι η παρακάτω: Έχοντας το θάλαμο σε κανονική λειτουργία, τοποθετούμε ένα κομμάτι χαρτί στην περιοχή εκκένωσης και παρατηρούμε την οποιαδήποτε κίνησή του, όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός. Η κίνηση του χαρτιού, αν γίνει αντιληπτή δείχνει ότι ο φυσητήρας λειτουργεί κανονικά.

- Οι φλογοκρύπτες σε διακόπτες Χ.Τ είναι σχετικά απλές κατασκευές, που αποτελούνται κυρίως από από μια κάθετη στοιβή 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.

iv) 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.

ν) 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 σημάσεις ON/ OFF, η ένδειξη οπλισμού του ελατηρίου, οι μηχανικές και ηλεκτρικές μανδάλώσεις, οι μανδάλώσεις με κλειδιά και οι μόνιμες εγκαταστάσεις που κλειδώνουν με λουκέτα, και να γίνεται η λίπανση τους. Πιο συγκεκριμένα, να γίνονται δοκιμές στις κύριες μανδάλώσεις 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 διακοπτών, 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.

2. Διακόπτες κενού

Η βασική διαφορά μεταξύ των διακοπτών 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.

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.

α) 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 ισχυροκαθαρισμός 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.

β) 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 αποξεύζει 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.

γ) 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.

δ) Μηχανισμός λειτουργίας

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

ε) 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 20 KV.

ζ) Παράδειγμα : μέρη προς επιθεώρηση διακόπτη λαδιού

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.
- Κοιλίες και φλάντζες στεγανοποίησης,
- Γειώσεις.
- Αντίσταση θέρμανσης, θερμοστάτες.
- Μεταλλικές επιφάνειες.
- Μηχανισμός λειτουργίας.
- Συστήματα μανδάλωσης και σήμανσης.

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.
- Πρεσσοστάτες: 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.

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.

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

3.2.9 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 χρησιμοποίηση της οποίας όμως πρέπει να γίνεται, έχοντας πλήρη γνώση της τοπολογίας του κυκλώματος και χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.

Οι πυκνωτές παρόλο που έχουν και αντιστάσεις εκφόρτισης, μπορεί να έχουν μια ποσότητα αποθηκευμένου φορτίου, ικανή να προκαλέσει τον τραυματισμό του προσωπικού, όταν έρχεται σε επαφή με τους ακροδέκτες του.

Επιθεώρηση - Συντήρηση

- 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.

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

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)

Πίνακας 3.6

Διαδικασίες συντήρησης και επιθεώρησης των φορτιστών και των συσσωρευτών.

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

3.2.11 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 συσφίξεων.
- Μονωτήρες: Έλεγχος για ρωγμές, για διαρροές λαδιού, καθαρισμός και επικάλυψη με σιλκόνη.
- Τυλίγματα: Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης.
- Γειώσεις: Έλεγχος ακεραιότητας του συστήματος γείωσης.
- Μεταλλικές επιφάνειες: Έλεγχος για διάβρωση, καθαρισμός και βάψιμο αν απαιτείται.

3.2.12 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:
 - i. Οι μηχανικές μανδαλώσεις, σε συρόμενους μηχανισμούς πρέπει να αποτρέπουν την απομάκρυνση ή την τοποθέτηση των διακοπών ισχύος, όταν αυτοί είναι «κλειστοί».
 - ii. Παραπετάσματα προστασίας, όταν υπάρχουν, πρέπει να καλύπτουν αυτόματα τις θυρίδες προσπέλασης.
 - iii. 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. Να

γίνεται ο έλεγχος των ρυθμίσεων και της λειτουργίας των μηχανισμών όπως παρακάτω:

- i. Οι μηχανικές μανδάλωσεις, σε συρόμενους μηχανισμούς πρέπει να αποτρέπουν την απομάκρυνση ή την τοποθέτηση των διακοπών ισχύος, όταν αυτοί είναι «κλειστοί».
 - ii. Παραπετάσματα προστασίας, όταν υπάρχουν, πρέπει να καλύπτουν αυτόματα τις θυρίδες προσπέλασης.
 - iii. Διακόπτες περιορισμού θα αποτρέπουν την μετακίνηση, περά των ορίων, των μηχανοκίνητων συσκευών ανύψωσης.
- Να γίνεται ο χειρισμός των κύριων μανδάλωσεων 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 μανδάλωσεις 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.

3.2.13 Συναγερμοί – Σημάνσεις

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.

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

3.2.14 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.

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:

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

Ψύξη Μ/Σ λαδιού

Μερικές συνηθισμένες μέθοδοι ψύξης είναι οι παρακάτω:

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

α) 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.

i) 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 όρια της.

ii) 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 σημάσεις που τοποθετούνται στον μετρητή θερμοκρασίας.

iii) 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 ερευνηθεί αμέσως. Αντίθετα μια ένδειξη μηδενικής πίεσης μπορεί να οφείλεται σε πρόβλημα του μετρητή.

iv) Ανάλυση του λαδιού

- Για τα μονωτικά λάδια οι δοκιμές που γίνονται συνήθως αφορούν την διηλεκτρική αντοχή, την οξύτητα, το χρώμα, την περιεκτικότητα σε υγρασία, τον συντελεστή ισχύος, την επιφανειακή τάση και μια οπτική εξέταση. Οι παραπάνω δοκιμές αναλύονται παρακάτω. Για άλλα μονωτικά υγρά πρέπει να ακολουθούνται ιδιαίτερες κατασκευαστικές οδηγίες.
- 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 σαπουνοπηλού 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.

β) Ειδικές επιθεωρήσεις

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

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

γ) 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 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.

δ) Παράδειγμα: τμήματα Μ/Σ λαδιού που επιθεωρούνται

Παρακάτω αναφέρονται τα τμήματα του Μ/Σ λαδιού στα οποία πρέπει αν γίνεται επιθεώρηση.

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.

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.

α) 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.

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.

ii) 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.

iii) 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.

β) 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.

γ) Ειδικές επιθεωρήσεις και επισκευές

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

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

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

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 αποξήρανσης, προτού τεθεί ξανά σε λειτουργία. Για περισσότερες πληροφορίες θα πρέπει να γίνεται προσφυγή στις οδηγίες των κατασκευαστών που υπάρχουν.

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.

α) Φθορές στη μόνωση

Εκτός από την φυσιολογική φθορά την οποία υφίσταται η μόνωση λόγω γήρανσης, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι μειώνουν την διάρκεια ζωής της. Τέτοιοι παράγοντες είναι η υγρασία, το μολυσμένο περιβάλλον, τα

διαβρωτικά αέρια και τέλος οι εκκενώσεις κορώνας που μπορούν να εμφανιστούν ακόμα και σε χαμηλές τιμές της τάσης. Οι παραπάνω παράγοντες μπορεί να λειτουργούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό και μπορεί να αυξήσουν σε επικίνδυνα επίπεδα την ρευματική διαρροή.

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

Δοκιμή για 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.

i) 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.

ii) 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

Πίνακας 3.7

Παράδειγμα εκτίμησης της κατάστασης μόνωσης Μετασχηματιστών.

ΛΟΓΟΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ					
	Επικίνδυνη	Κακή	Αμφισβητήσιμη	Καλή	Αρκετά Καλή	Άριστη
60:30 (σε sec)	<1	<1,1	1,1-1,25	1,25-1,4	1,4-1,6	>1,6
10:1 (σε min)	<1	<1,5	1,5-2	2-3	3-4	>4

iii) 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 αναγνωρισθεί, 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.

Πίνακας 3.8

Θερμοκρασίες του περιβάλλοντος συναρτήσει του συντελεστής k

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	0.25	0.36	0.5	0.74	1.0	1.4	1.98	2.8	3.95	5.6	7.8	11.0	15.5	22.0	31.0

β) Δοκιμή για την μέτρηση του λόγου των τυλιγμάτων

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

που γίνονται κατά την διάρκεια μιας συντήρησης, ενώ οι δοκιμές για την μέτρηση της πόλωσης κυρίως για ελέγχους της καταλληλότητας του υλικού.

ii) 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.

iii) 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.

γ) 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:

1. 0,0 έως 1,0 -> Καμιά ανησυχία. Να γίνονται δοκιμές σε τακτικά διαστήματα
2. 1,0 έως 2,0 -> Ένδειξη μόλυνσης ή δημιουργία σφάλματος. Να γίνονται πιο τακτικές μετρήσεις και παρακολούθηση
3. 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
4. από 5,0 και πάνω -> Να τίθεται ο Μ/Σ εκτός λειτουργίας και να γίνεται εσωτερικά επιθεώρηση

δ) 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.

ε) Δοκιμές για την μέτρηση της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών λαδιών

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

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

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

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

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ”

4.1 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.

4.2 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 :

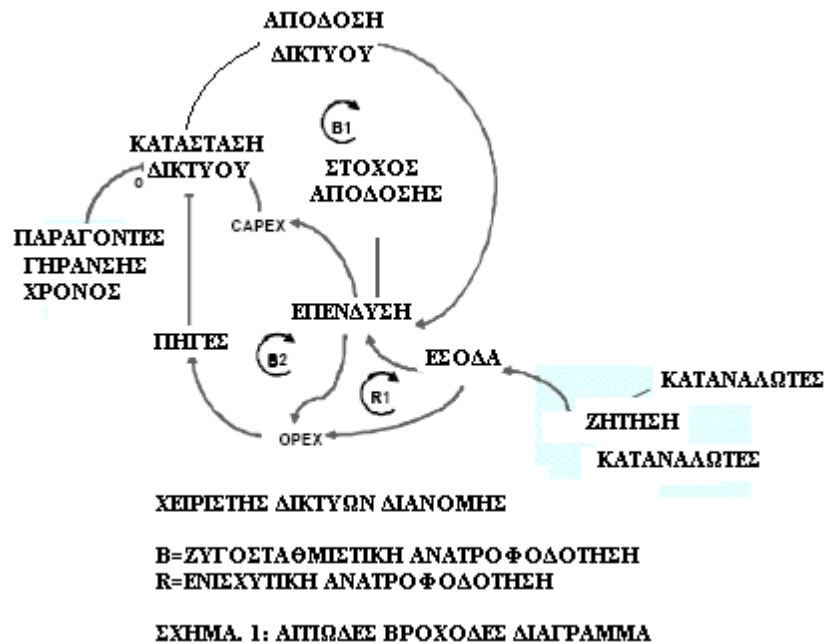
- ευθυγράμμιση της στρατηγικής και των ενεργειών με τις αξίες και τους στόχους των μετόχων,
- ισορρόπηση ανάμεσα στην απαιτούμενη αξιοπιστία, την ασφάλεια, και το κόστος,
- οφέλη από το ρυθμό απόδοσης του συστήματος και,
- ανοχή του παραγωγικού καθεστώτος κυρώσεων.

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.



Εικόνα 4.1

Κάποιες από τις πιο σημαντικές στρατηγικές και τεχνικές διαχείρισης που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους υπεύθυνους των δικτύων 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.

4.3 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.

Πίνακας 4.1
Κατηγοριοποίηση των στρατηγικών συντήρησης

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΟΥ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΝΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ
	<ul style="list-style-type: none"> ● ΣΥΝΕΧΗΣ Η ΠΕΡΙΕΤΑΣΙΑΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ● ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΤΑΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ 	<ul style="list-style-type: none"> ● ΔΙΕΤΑ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΩΝ ● ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ● ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ
	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΟΥ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΝΕΤΑΙ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ
	<ul style="list-style-type: none"> ● ΚΑΜΙΑ ΕΠΘΕΩΡΗΣΗ Η ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΧΡΙ ΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ Η ΒΛΑΗ 	<ul style="list-style-type: none"> ● ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΠΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ
	ΜΗ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΣΗΜΑΣΙΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ	

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 απορρυθμίζει 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, αποσθρωτική 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 αξιολογη 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.

4.4 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.

4.4.1. 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 SF₆ 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

4.4.2 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 υπερηψηλής 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.

4.4.3 Εμπειρία και δεδομένα

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

4.4.4 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.

α) 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.

i) 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.

ii) 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.

iii) 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.

iv) 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.

β) 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 ων αγωγών, ορατές κατά τη διάρκεια της νύχτας
- Παραμόρφωση των επί της γραμμής οδεύοντων κυμάτων
- Παραγωγή διαβρωτικών υλικών (όζον και οξειδία αζώτου)
- Συντελεί στη ρύπανση των μονωτήρων

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 έλεγχο από αέρα αφού δεν επηρεάζονται από το θόρυβο και μπορούν να ανιχνεύουν τις πηγές του φαινομένου από απόσταση μεγαλύτερη των 150 μέτρων.

4.5 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.

4.5.1 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.

α) 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».

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.

β) 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.

γ) 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 αλλάζουν αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Ωστόσο, υπάρχει ένας κίνδυνος που κρύβει η παρασκευή λαδιού σε περίπτωση που οι επαφές του επιλογέα λήψης δεν είναι επάργυρες.

4.5.2 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 περιτύλιγματος με βολταϊκό τόξο προκαλείται ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου (ρελέ) Buchholz .

4.5.3 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.

4.5.4 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 περαιτέρω ανάπτυξης του δικτύου καθώς επίσης και εξαιτίας πιθανών αχρησιμοποίητων μετασχηματιστών οι οποίοι έχουν καταστεί διαθέσιμοι λόγω των μέτρων ανακατασκευής.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ”

5.1 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.

5.2 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 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. 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.

5.3 Σύγκριση Στρατηγικών συντήρησης

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

5.3.1 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.

5.3.2 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, αποσθρωτική 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.

5.3.3 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.

5.3.4 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.

5.4 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.

5.5 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, αντανακλούν τόσο στο επίπεδο της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών, όσο και σε μεγάλη οικονομική βελτίωση της κατάστασης της επιχείρησης.

Η ευρύτερα εφαρμοζόμενη μέθοδος είναι αυτή των περιοδικών δοκιμών, επισκευών και προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού για συντήρηση. Αυτή είναι η σχολή της παραδοσιακής προληπτικής συντήρησης. Η μέθοδος αυτή προσδίδει στο σύστημα υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας αλλά με μεγάλο κόστος, αφού τα διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων μπορούν να μεγαλώσουν. Αυτή της η αδυναμία οδήγησε στη δημιουργία της προστατευτικής συντήρησης και του πιο πρόσφατου κομματιού της, της ανιχνευτικής συντήρησης, στρατηγικών που ανταποκρίνονται καλύτερα στις σημερινές απαιτήσεις της τεχνολογίας.

Οι πιο φιλόδοξες πολιτικές συντήρησης είναι αυτές της συντήρησης βασισμένης στην κατάσταση και της συντήρησης που επικεντρώνεται στην αξιοπιστία. Οι δύο αυτές πολιτικές οδηγούν σε υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας με μέτριο κόστος, απαιτούν βέβαια ακόμα μεγαλύτερη χρήση και πρόοδο των τεχνολογικών μέσων.

Ένα βασικό προαπαιτούμενο της εφαρμογής των πολιτικών αυτών είναι η λήψη μίας όσο το δυνατόν ακριβέστερης περιγραφής της κατάστασης, των επιμέρους στοιχείων του εξοπλισμού, των υποσταθμών ή τμημάτων των υποσταθμών και να γίνει μία αξιολόγηση βάσει καθορισμένων κριτηρίων.

Υπάρχουν αρκετές βασικές δυνατότητες για να αποκτήσει ο υπεύθυνος της συντήρησης πληροφορίες για την κατάσταση του εξοπλισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- I. **Μελέτη Ιδιωτικού Υποσταθμού Μ.Τ.-Χ.Τ.** - Ελένη Ι. Καραντώνη, Διπλωματική Εργασία, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
- II. **Συντήρηση Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας** - Αναστάσιος Ι. Τασούλας, Διπλωματική Εργασία, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα, Μάιος 2009
- III. **Ηλεκτρικοί Υποσταθμοί Μέσης Τάσης** – ΚΤΙΡΙΟ, Τεχνικό περιοδικό & ktirio.gr
- IV. **Συντήρηση Μετασχηματιστών Μεταφοράς** - Δημήτριος Α. Γιαννόπουλος, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα, 2010
- V. **VPOWER** - Εταιρία Συντήρησης Υποσταθμών Μέσης Τάσης, vpower.gr, Βυζαντίου & Ομορφοκκλησιάς 12, Τ.Κ. 142 34 , Καλογρεζα
- VI. **SAFETY ENGINEER** - Εταιρία Συντήρησης Υποσταθμών Μέσης Τάσης, safetyengineer.gr,

Αιγάλεω

Μάιος - 2014