



**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
"Διαχείριση και Ενεργειακή Βελτιστοποίηση Συστημάτων"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ”**



**Υπεύθυνος Καθηγητής:
Καμινάρης Σταύρος**

**Φοιτήτρια:
Καρκαλέτση Βασιλική**

**Αιγάλεω
Νοέμβριος – 2017**

Copyright © Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

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

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

Αιγάλεω

Νοέμβριος – 2017

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Καμινάρη Σταύρο, για την πολύτιμη βοήθειά του κατά την διάρκεια της συγγραφής μέχρι την ολοκλήρωση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής εργασίας μου. Ευχαριστώ επίσης την κα. Αλεξοπούλου Παναγιώτα Τομεάρχη Προγραμματισμού και Συντήρησης της ΔΣΣΜ/ΑΔΜΗΕ, για την πολύτιμη βοήθειά της και το υλικό που μου παρείχε κατά την διάρκεια της έρευνας και της συγγραφής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής αυτής εργασίας.

Αφιερώνεται στην κα Κεφαλληνού Μαρία γιατρό Ρευματολόγο

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	ii
Περίληψη.....	viii
Executive Summary	x
Πρόλογος.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	2
1.1 Εισαγωγή.....	2
1.2 Ορισμοί.....	3
1.3. Θεώρηση της συντήρησης (σημασία – αναγκαιότητα).....	4
1.4 Σκοπός της συντήρησης	5
1.5 Αξιοπιστία – Διαθεσιμότητα – Συντηρησιμότητα	6
1.6 Συνοπτική παρουσίαση σύγχρονων στρατηγικών συντήρησης	7
1.7 Maintenance Management – Οργάνωση & Διοίκηση Συντήρησης	11
1.8 Συσχέτιση – αλληλεπίδραση Παραγωγής και Συντήρησης	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	14
ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	14
2.1 Ανάπτυξη διαδικασίας συντήρησης.....	14
2.2 Προληπτική ηλεκτρολογική συντήρηση	15
2.2.1 Ορισμός προληπτικής συντήρησης	15
2.2.2 Η αναγκαιότητα για την εφαρμογή ενός προγράμματος Π.Η.Σ	15
2.2.3 Πολιτική της προληπτικής συντήρησης.....	15
2.2.4 Η αξία και το όφελος από ένα σωστά εφαρμοσμένο Π.Η.Σ	16
2.2.5 Σκοπός της καθιέρωσης ενός τακτικού προγράμματος επιθεωρήσεων και δοκιμών	17
2.2.6.Ατμοσφαιρικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες	17
2.2.7 Συχνότητα επιθεωρήσεων.....	18
2.2.8 Φόρμουλες.....	19
2.2.9 Αρχεία	19
2.3 Προστατευτική συντήρηση.....	20
2.3.1 Πρόγραμμα προστατευτικής συντήρησης.....	20
2.3.2 Στόχοι προγράμματος προστατευτικής συντήρησης.....	20
2.3.3 Λειτουργία της Προστατευτικής Συντήρησης.....	21
2.3.4 Οδηγίες Προστατευτικής Συντήρησης	21
2.3.5 Οικονομικά οφέλη προγράμματος προστατευτικής συντήρησης	21
2.4 Η συντήρηση από οικονομική άποψη.....	23
2.4.1 Ετήσια δαπάνη συντήρησης	23
2.4.2 Αποτελεσματικότητα των δαπανών συντήρησης.....	23

2.4.3 Από την παραδοσιακή συντήρηση στην ανακαίνιση και στην αντικατάσταση.....	24
2.4.4 Παράδειγμα – Η περίπτωση ηλεκτρογεννήτριας	24
2.4.5 Παράδειγμα – Η περίπτωση μετασχηματιστή ισχύος.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο.....	27
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	27
3.1 Corrective Maintenance (C.M.).....	27
3.1.1 Γενικά.....	27
3.1.2 Διορθωτική Συντήρηση – Λειτουργία ως τη βλάβη.....	28
3.1.3 Κόστος Διορθωτικής Συντήρησης(λειτουργία ως τη βλάβη)	29
3.1.4 Προϋποθέσεις της Διορθωτικής Συντήρησης.....	29
3.1.5 Αξιολόγηση της Διορθωτικής Συντήρησης.....	30
3.2 Time-Based Maintenance (T.B.M.)(από την εξέλιξη της Προληπτικής Συντήρησης – Preventive Maintenance)	31
3.2.1 Γενικά.....	31
3.2.2 Η καμπύλη – «μπανιέρα» στηνTime-Based Maintenance	33
3.2.3 Σημαντικά στοιχεία για την εφαρμογή της Προληπτικής Συντήρησης	34
3.2.4 Βήματα Διαδικασίας Προγραμματισμού T.B.M.	36
3.2.5 Task Lists (Λίστες Δραστηριοτήτων).....	37
3.2.5.1 Προγραμματισμένη Αντικατάσταση Εξαρτημάτων(PCR	38
3.2.6 Χρονικός Προγραμματισμός Ελέγχων.....	40
3.2.7 Υπολογιστικά Συστήματα Οργάνωσης και Διοίκησης Συντήρησης Computerized Maintenance Management System – C.M.M.S.)	42
3.2.8 Δείκτες της T.B.M. (ως προληπτικής συντήρησης).....	45
3.2.9 Προβλήματα στο πρόγραμμα της Time-Based Maintenance	53
3.2.10. Αξιολόγηση της Time-Based Maintenance (T.B.M.)	56
3.3 Condition-Based Maintenance(T.B.M.)(από την εξέλιξη της Προβλεπτικής/Predictive κι Ανιχνευτικής Συντήρησης)	58
3.3.1 Γενικά Στοιχεία.....	58
3.3.2 Η «προβλεπτική» φύση τηςCondition-Based Maintenance	59
3.3.3 Κατηγορίες Βλαβών.....	63
3.3.4 Condition Monitoring (Δυναμική Παρακολούθηση).....	63
3.3.5 Απαιτήσεις εφαρμογής του προγράμματος C.B.M.	65
3.3.6 Η μέθοδος της Condition-BasedMaintenance	65
3.3.7 Οικονομική Απόδοσητης Condition-Based Maintenance	66
3.3.8 Τομείς Σχεδιασμού του Συστήματος C.B.M.....	68
3.3.9 Η φάση του σχεδιασμού σε ένα σύστημα C.B.M.	69
3.3.10 Απαιτούμενα μέσα σε ένα σύστημα C.B.M.	71
3.3.11 Η φάση της ανάπτυξης	73
3.3.12 Η οργάνωση του συστήματος συντήρησης	73

3.3.13.Ολοκληρωμένα υπολογιστικά συστήματα οργάνωσης και διοίκηση συντήρησης με λογισμικό Condition-Based-Maintenance (Computerized Maintenance Management Systems-CMMS).....	75
3.3.14.Διάγνωση κατά τη λειτουργία με το μοντέλο της C.B.M.	76
3.3.15 Δείκτες της Condition-BasedMaintenance	86
3.3.16Προβλήματα στο πρόγραμμα της προβλεπτικής συντήρησης	89
3.3.17ΑξιολόγησητηςCondition-Based Maintenance	92
3.3.18 Συμπεράσματα δυο μελετών σχετικά με την C.B.M.....	94
3.4 Reliability CenteredMaintenance (R.C.M.)(Συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία & τεχνικές εκτίμησης – διαχείρισης ρίσκου).....	97
3.4.1 Γενικά Στοιχεία.....	97
3.4.2 Εφαρμογή μεθόδου RCM (Βήματα– Κριτήρια Προτεραιότητας)	98
3.4.3 Η καμπύλη «μπανιέρα» στη Στρατηγική Συντήρησης RCM	100
3.4.4 Η καμπύλη P-F και η συχνότητα των ελέγχων.....	102
3.4.5 Τα αποτελέσματα της μεθόδου RCM.....	105
3.4.6HR.C.M. προσαρμοσμένη σε Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας	106
3.4.7 Αξιολόγηση της Reliability Centered Maintenance (RCM)	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο.....	108
ASSETMANAGEMENT(Γενικότερη Διαχείριση Παγίων).....	108
4.1 Γενικά	108
4.2 Θεμελιώδη οφέλη διαχείρισης εξοπλισμού	108
4.3 Καθορισμός της κατάστασης του εξοπλισμού.....	110
4.3.1 On-line παρακολούθηση.....	110
4.3.2 Μετρήσεις – επιθεωρήσεις εξοπλισμού.....	111
4.3.3 Χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων	111
4.3.4 Στατιστική ανάλυση	112
4.3.5 Εμπειρία και δεδομένα	112
4.3.6 Παράδειγμα εκτίμησης της κατάστασης του εξοπλισμού.....	112
4.4 Μέθοδος προσομοίωσης	116
4.4.1 Βασική θεωρία.....	116
4.4.2 Προσέγγιση προσομοίωσης.....	117
4.4.3 Πληροφορίες και μοντέλα	117
4.4.4 Αβεβαιότητα λόγω της στοχαστικής διαδικασίας	118
4.4.5 Ανακρίβειες εξαιτίας του μοντέλου και της έλλειψης πληροφοριών	118
4.4.6 Ανάλυση ευαισθησίας	119
4.5 Στατιστική ανάλυση στη διαχείριση εξοπλισμού.....	119
4.5.1 Στατιστική ανάλυση σφάλματος.....	120
4.5.2 Λεπτομερής στατιστική προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού.....	121
4.5.3. Ερευνητική μελέτη πάνω στη διαχείριση εξοπλισμού σε συστήματα διανομής.....	122

4.6. Διαχείριση του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή (παράδειγμα).....	123
4.6.1 Συμπεριφορά «γήρανσης» των μετασχηματιστών	124
4.6.2 Στρατηγική διάγνωσης	125
4.6.3 Μέθοδοι επέκτασης του χρόνου ζωής.....	126
4.6.4 Στρατηγικές ενέργειες.....	127
4.7 Κίνδυνοι & διαχείριση συντήρησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού	127
4.8 Δείκτες υγείας του εξοπλισμού και αντικατάσταση(Health Indices and Replacement)	128
4.9 Η γήρανση του εξοπλισμού	130
4.10 Απίες βλαβών σε νέους Μ/Σ (π.χ. θειούχος χαλκός).....	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	134
ΕΓΧΩΡΙΑ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	134
5.1 Εισαγωγή.....	134
5.2 Η κατάσταση στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας	134
5.2.1 Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας & Δ.Σ.Σ.Μ.....	134
5.2.2 Στρατηγική Συντήρησης που εφαρμόζει η Δ.Σ.Σ.Μ.....	136
5.3 Διεθνής Πραγματικότητα αναφορικά με τις Στρατηγικές Συντήρησης του εξοπλισμού	138
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	144
Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Condition Based Maintenance (C.B.M.) ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	144
6.1 Εισαγωγή.....	144
6.2 Παράδειγμα εφαρμογής της CBM σε Μ/Σ και Διακόπτες (Η.Π.Α.)	144
6.3 Επιτυχημένη Εφαρμογή C.B.M. στην Ολλανδία(το παράδειγμα εφαρμογής σε Διακόπτες στην NUON InfraCore και στην ENECO).....	149
6.4 Η μέθοδος του Decision Maintenance Grid (DMG)(Labib, 2004)(μέθοδος Πλέγματος Αποφάσεων Συντήρησης).....	154
6.5 Προϊόντα που διατίθενται στο εμπόριο για την C.B.M.....	160
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο	162
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΣΤΟΧΟΙ – ΒΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	162
7.1 Εισαγωγή.....	162
7.2 Η «επόμενη μέρα» στον τομέα της Συντήρησης στο Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	163
7.2.1 Αναγκαιότητα εγκατάλειψης της Time Based Maintenance	163
7.2.2 Σχετικά με την επιλογή μιας στρατηγικής συντήρησης	165
7.2.3 Βήματα για εφαρμογή μιας νέας στρατηγικής συντήρησης.....	168
7.2.4 Παράμετροι και Προϋποθέσεις για την εφαρμογή και Στόχοι	175
7.2.5 Επίλογος	178
Βιβλιογραφία.....	181

Περίληψη

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

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

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

Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζουμε τις σημαντικότερες σύγχρονες στρατηγικές συντήρησης με έναν συμπυκνωμένο και ουσιαστικό τρόπο προκειμένου στα επόμενα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν να εξειδικεύσουμε όσον αφορά την πιθανότητα και δυνατότητα εφαρμογής τους, τον σχετικό εξοπλισμό που βοηθά σε αυτή την κατεύθυνση, τις απαιτήσεις που εγείρει ένα τέτοιο εγχείρημα (έστω και σε πρώιμο ή πιλοτικό στάδιο) και τις παραμέτρους που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε μια τέτοια - δύσκολη αλλά και αναγκαία όσο ποτέ - απόπειρα.

Στο κεφάλαιο 4, γίνεται μια προσπάθεια ανίχνευσης κάποιων βασικών πολιτικών που σχετίζονται με τη Διαχείριση των Παγίων του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Αρχικά θεμελιώνεται η αναγκαιότητα χάραξης στρατηγικής διαχείρισης του εξοπλισμού, τόσο στο οικονομικό όσο και στο τεχνικό επίπεδο. Στη συνέχεια, για τις πιο σύγχρονες και αποδοτικές στρατηγικές συντήρησης, παρατίθενται κάποιες βασικές διαδικασίες υλοποίησής τους. Αυτές είναι ο τρόπος καθορισμού της κατάστασης του εξοπλισμού (π.χ. on-line monitoring, χρήση διάφορων 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.

Στο κεφάλαιο 5, αναφερόμαστε αρχικά στην κατάσταση που επικρατεί στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (εξοπλισμός – αρμοδιότητες – δραστηριότητες – νομοθετικό πλαίσιο). Στην συνέχεια, καταγράφουμε τις στρατηγικές συντήρησης που εφαρμόζονται από μεγάλες εταιρείες ηλεκτρισμού σε χώρες της Ευρώπης αλλά και παγκόσμια.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζουμε κάποια πραγματικά παραδείγματα εφαρμογής της Condition Based Maintenance καθώς και, ενδεικτικά, κάποια προϊόντα που διατίθενται στο εμπόριο και εκτελούν on-line condition monitoring.

Στο κεφάλαιο 7, γίνεται αποτίμηση της κατάστασης του ελληνικού συστήματος μεταφοράς καθώς και της μεγάλης χρησιμότητας της διεθνούς εμπειρίας σχετικά με την εφαρμογή σύγχρονων στρατηγικών συντήρησης, προκειμένου να καθορίσουμε – σε γενικές γραμμές αρχικά – τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει η «επόμενη μέρα» στον τομέα της συντήρησης το Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας και τα στάδια που είναι απαραίτητα για να περάσουμε στην επόμενη φάση.

Λέξεις κλειδιά: *Συντήρηση, Στρατηγικές Συντήρησης, Συντήρηση Βασισμένη στο Χρόνο, Συντήρηση Βασισμένη στην Κατάσταση.*

Executive Summary

In this diploma thesis there is an attempt to approach the maintenance process of the electricity transmission system.

Chapter 1 lists some basic principles for the maintenance of electrical equipment. More specifically, definitions and maintenance categories are given and maintenance policies are listed.

Chapter 2 provides a general overview of the main maintenance classes with their time series and their deployment. Preventive electrical maintenance, protective maintenance and the latest part of it, the maintenance are studied. Finally, it is advisable to study the maintenance from an economic point of view.

In Chapter 3, we present the most important modern maintenance strategies in a concise and meaningful way so in the next chapters that will be followed to specify in terms of their probability and applicability, the relevant equipment that helps in this direction, the requirements that raise such a (even at an early or pilot stage) and the parameters to be taken into account in such a difficult but necessary as ever attempt.

In Chapter 4, an attempt is made to detect some of the key policies related to Fixed Assets Management of Electrical Equipment in Power Systems. Initially, the need for strategic management of equipment, both at the economic and the technical level, was established. Then, for the most up-to-date and efficient maintenance strategies, some basic implementation procedures are outlined. These are the way of determining the state of the equipment (eg on-line monitoring, use of various models and examples of Corona's scanning and detection), the use of the simulation method, the value of statistical analysis in equipment management and the example of extending the life of the transformer.

In Chapter 5, we refer first to the situation in the Greek Electricity Transmission System (equipment - responsibilities - activities - legislative framework). We then list the maintenance strategies implemented by major electricity companies in Europe and globally.

In Chapter 6 we present some real examples of Condition Based Maintenance as well as, but not limited to, some commercially available products that perform on-line condition monitoring.

In chapter 7, we assess the situation of the Greek transport system as well as the great usefulness of the international experience regarding the implementation of modern maintenance strategies in order to determine - in general, the basic characteristics that the "next day" must have in the the maintenance of the Greek Electricity System and the steps necessary to move on to the next phase.

Keywords: *Maintenance, Maintenance Strategies, Time-Based Maintenance, Condition-Based Maintenance*

Πρόλογος

Η μετάδιπλωματική αυτή εργασία πραγματεύεται το θέμα της Διερεύνησης νέων Στρατηγικών Συντήρησης του Ηλεκτρικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, αναλύοντας και διερευνώντας τις διαδικασίες συντήρησης που εφαρμόζονται.

Πρόκειται για μια βιβλιογραφική ανασκόπηση που στοχεύει στην συγκέντρωση πληροφοριών όσον αφορούν την συντήρηση αλλά και την εξέλιξη των διαδικασιών αυτής.

Δίνεται έμφαση όσον αφορά την συντήρηση σε σχέση με την ασφάλεια του προσωπικού και το κόστος συντήρησης.

Για τον ανωτέρω λόγο του κόστους συντήρησης και της ασφάλειας αναφέρουμε παράδειγμα ενός Μετασχηματιστή Ισχύος ο οποίος είναι το βασικό δομικό στοιχείο ενός Υποσταθμού, και πρέπει να λειτουργεί με ασφαλή και αποδοτικό τρόπο.

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στο να πληροφορήσει, να κατευθύνει και να προσφέρει γνώσεις, αποτελώντας έναν οδηγό αναφοράς.

Η εργασία αυτή απευθύνεται σε άτομα σχετικά με την Επιστήμη της Ηλεκτρολογίας και τις Εφαρμοσμένες Τεχνολογίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

1.1 Εισαγωγή

Πριν από κάποιες δεκαετίες η συντήρηση αποτελούσε μία δραστηριότητα κατά την οποία όταν ένα κομμάτι του εξοπλισμού πάθαινε βλάβη, γινόταν αντικατάστασή του και ο εξοπλισμός έμπαινε πάλι σε λειτουργία. Από τότε εξελίχθηκε και πήρε τη μορφή μεθοδικών προληπτικών ενεργειών με σαφείς στόχους ακολουθώντας τις προόδους της τεχνολογίας. Σήμερα μπορούμε να πούμε ότι η συντήρηση θεωρείται ως το σύνολο των τεχνικών εκείνων, με τις οποίες ανακαλύπτονται λανθάνουσες βλάβες στον εξοπλισμό, εξαλείφονται και διατηρείται αυτός σε λειτουργικές συνθήκες όπως έχει προδιαγραφεί. Πιο συγκεκριμένα, για τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό η συντήρηση ορίζεται ως το σύνολο των προγραμμάτων και των μεθόδων που μπορούν να ανακαλύπτουν την έναρξη βλαβών στον εξοπλισμό και που βοηθούν στη διατήρηση της καλής λειτουργίας, στην ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας παραμονής του εξοπλισμού και στην αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού. Όλα αυτά βέβαια με το μικρότερο κόστος. Από τη συντήρηση ζητούμε να μειώνει τις αιφνίδιες διακοπές λειτουργίας του εξοπλισμού, να βελτιώνει τη διαθεσιμότητά του, να αυξάνει την παραγωγικότητα, να επιμηκύνει την ωφέλιμη διάρκεια ζωής και τέλος να εστιάζει στην αξιοπιστία. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι ότι η οργανωτική δομή, οι διάφορες μέθοδοι λειτουργίας, τα μέσα και ο προγραμματισμός των εργασιών να βρίσκονται συνεχώς σε αλλαγές. Η εισαγωγή του Management της συντήρησης είναι πλέον απαραίτητη γιατί το αντικείμενο της συντήρησης έγινε πολυσύνθετο και οι απαιτήσεις πολύ υψηλές. Με δεδομένο το πολύπλοκο έργο της συντήρησης οι άνθρωποι που ασχολούνται με αυτήν θα πρέπει να έχουν:

- Πλατιές επιστημονικές και τεχνικές γνώσεις καθώς και εμπειρία
- Να διαθέτουν τεχνική επιδεξιότητα
- Να έχουν την ικανότητα να βρίσκουν και να αξιολογούν τις παραμέτρους που επιδρούν στη συμπεριφορά του κάθε κατασκευάσματος
- Να ενεργούν γρήγορα, με ασφάλεια και με κριτήριο το μικρότερο κόστος

Η συντήρηση επιδρά θετικά σε τομείς της επιχείρησης όπως η παραγωγικότητα και η κερδοφορία. Η χαμένη παραγωγή μιας ημέρας εξαιτίας μιας απρόσμενης διακοπής δεν πρόκειται ποτέ να ανακτηθεί χωρίς επιπρόσθετο κόστος, όπως υπερωρίες, ενώ χάνεται και η πελατεία. Η σημασία της λειτουργίας της συντήρησης έχει αυξηθεί χάρη στο ρόλο της, στη διατήρηση και τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και της απόδοσης του εξοπλισμού, της ποιότητας των προϊόντων, της επίτευξης συνεπών

παραδόσεων των παραγγελιών, της ικανοποίησης των περιβαλλοντολογικών απαιτήσεων και των απαιτήσεων ασφαλείας και της διατήρησης της συνολικής οικονομικής απόδοσης της επιχείρησης σε υψηλά επίπεδα.

Η στατιστική ανάλυση, η παρακολούθηση της κατάστασης νευραλγικών συστημάτων, οι διάφορες διαγνωστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, τα συστήματα πληροφόρησης και οι βάσεις δεδομένων για τη λειτουργία της συντήρησης σε συνάρτηση πάντα με την εμπειρία αποτελούν τα απαραίτητα βοηθήματα για οικονομική και αποτελεσματική συντήρηση.

1.2 Ορισμοί

Συντήρηση: θεωρείται ως το σύνολο των προγραμματισμένων μεθόδων και στρατηγικών που μπορούν να ανακαλύπτουν την έναρξη βλαβών στον εξοπλισμό και που βοηθούν:

Στην διατήρηση της καλής λειτουργίας

Στην ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας παραμονής του εξοπλισμού

Στην αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού και όλα αυτά βέβαια με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Κατηγορίες συντήρησης είναι:

A. Προληπτική συντήρηση: είναι η συντήρηση που περιλαμβάνει λεπτομερή επιθεώρηση, περιοδικές μετρήσεις και δοκιμές στον εξοπλισμό. Στο πρόγραμμα εφαρμογής της προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνονται:

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών συντηρήσεων

Το πλήθος των λειτουργιών

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

Γ. Επισκευαστική συντήρηση: είναι η συντήρηση που εφαρμόζεται όταν η λειτουργία του εξοπλισμού είναι προβληματική, έχει προσδιοριστεί η χειροτέρευση της κατάστασης και έχουν επισημανθεί οι αιτίες. Ο εξοπλισμός σε αυτήν την περίπτωση βγαίνει από τη λειτουργία. Η επισκευαστική συντήρηση γενικά γίνεται βάση προγράμματος.

Ως αξιοπιστία ορίζεται :

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

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

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

Διαθεσιμότητα: είναι το τμήμα του χρόνου κατά το οποίο ο εξοπλισμός είναι ικανός να εκτελεί την αποστολή του.

Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα: Αυτοί οι οποίοι μελετούν, κατασκευάζουν και εκμεταλλεύονται ένα εξοπλισμό ή μια εγκατάσταση ενδιαφέρονται για την αξιοπιστία και την διαθεσιμότητά του. Το γενικό ερώτημα είναι πώς θα βελτιώσουμε και πώς θα επωφεληθούμε από την αξιοπιστία και την διαθεσιμότητα. Η ερώτηση αυτή έχει να κάνει με:

το σχεδιασμό και τη δομή του εξοπλισμού

τις διάφορες πολιτικές ή επιλογές για την οργάνωση και συντήρηση, τις μεθόδους εκτίμησης των δαπανών, τα συστήματα πληροφοριών και την εκπαίδευση του προσωπικού

τις συνιστώσες συντονισμού και της ενέργειας για τη βελτίωση αξιοπιστίας.

τις διάφορες καταστάσεις του εξοπλισμού δηλαδή την αρχική κατάσταση, την κανονική κατάσταση λειτουργίας και την έκτακτη κατάσταση (περίοδος ανακαίνισης, περίοδος επέκτασης, περίοδος κλιματολογικών καταστροφών, περίοδος κρίσιμων γεγονότων).

Τα πλεονεκτήματα που μπορούμε να έχουμε από αξιόπιστο και διαθέσιμο εξοπλισμό όσο αφορά την οικονομία, την κατασκευή και τις μεθόδους σχεδιασμού της λειτουργίας του εξοπλισμού.

Συντηρησιμότητα: είναι η ευκολία-με την οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η συντήρηση του εξοπλισμού σύμφωνα με προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις. Η συντηρησιμότητα μπορεί να εκφραστεί από ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά όπως είναι ο μέσος χρόνος συντήρησης.

MTBF (MeanTime Between Failures): Ο MTBF, σε έτη, ορίζεται σαν το γινόμενο του, πλήθους των μηχανημάτων (του ίδιου τύπου) επί τα έτη λειτουργίας που μεσολαβούν έως ότου να παρουσιαστεί μια βλάβη. Αν δηλαδή έχουμε ένα είδος διακόπτη μέσης τάσης σε 100 τεμάχια και τα 100 αυτά τεμάχια λειτουργούν επί 10 χρόνια και στο διάστημα αυτό έχει παρουσιαστεί μια βλάβη τότε το MTBF είναι 1000.

MTTF (MeanTimeTo Failure): Αν όμως θάλαμοι διακοπής τόξου των πιο πάνω διακοπών παθαίνοντας ζημιά δεν επισκευάζονται, τότε έχουμε τον αριθμό των MTTF και γι' αυτόν η αντίστοιχη τιμή είναι $3 \times 10 \times 1000 = 30000$, αν στα 10 χρόνια ένας θάλαμος έπαθε ζημιά. Ο κάθε διακόπτης έχει 3 θαλάμους.

Παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού: Παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού (condition monitoring) είναι συνεχής (on-line) εποπτεία του εξοπλισμού. Αυτή συνοδεύεται από την αντίστοιχη αξιολόγηση της διάγνωσης. Το σύστημα παρακολούθησης του εξοπλισμού είναι ανεξάρτητη από τα άλλα συστήματα (πχ σύστημα προστασίας).

Διαγνωστική: Είναι η εκτεταμένη περιοδική εξέταση ενός εξοπλισμού και η εκτίμηση της κατάστασής του που παίρνει υπόψη τα αποτελέσματα δοκιμών. Για τις δοκιμές που γίνονται με μόνιμες ή με φορητές συσκευές απαιτείται η συντομότερη δυνατή θέση εκτός λειτουργίας του εξοπλισμού.

1.3. Θεώρηση της συντήρησης (σημασία – αναγκαιότητα)

Η συντήρηση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του παραγωγικού δυναμικού, μια επένδυση (που αποδίδει τόσο στη βελτίωση της παραγωγικότητας αυτής καθ' εαυτής όσο και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Για τις επιχειρήσεις αυτές η συντήρηση είναι μία προσεκτικά οργανωμένη λειτουργία

η οποία, έχοντας λάβει υπόψη όλους τους παράγοντες κόστους, οικονομίας, ποιότητας και πάνω από όλα τους σκοπούς της επιχείρησης, αξιοποιεί: ανθρώπινο δυναμικό, μηχανολογικό εξοπλισμό και εργαλεία, διαδικασίες ενεργειών, συγκέντρωση πληροφοριών και επαναπληρόφρησης συνεργάτες, πελάτες και προμηθευτές με στόχο την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη εκπλήρωση των στόχων της επιχείρησης.

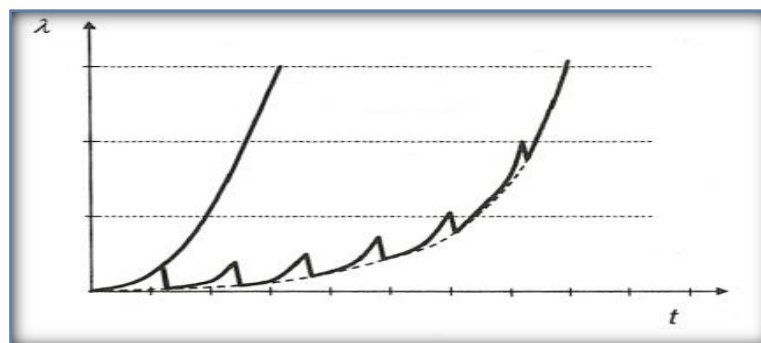
Η σημασία της συντήρησης είναι αξιοσημείωτη γιατί όσο τεχνολογικά εξελιγμένα και αν είναι τα μηχανήματα που χρησιμοποιεί μια επιχείρηση, είναι αδύνατο να λειτουργούν και να αποδίδουν, τουλάχιστον στο επίπεδο που είναι σχεδιασμένα χωρίς την απαραίτητη επίβλεψη και συντήρηση. Η συντήρηση σε μια επιχείρηση έχει στόχο να υποστηρίξει την παραγωγή έτσι ώστε να παράγονται προϊόντα συνεχώς, με το μικρότερο δυνατό κόστος και την καλύτερη ποιότητα σύμφωνα με τα πρότυπα της εταιρίας. Έτσι λοιπόν, επιγραμματικά, η συντήρηση πρέπει να εξασφαλίζει:

Απρόσκοπτη λειτουργία - Μείωση χαμένου χρόνου
Οικονομική λειτουργία - Μέγιστη παραγωγικότητα
Βέλτιστο αποτέλεσμα από πλευράς ποιότητας
Πληροφορίες για παραπέρα βελτίωση του εξοπλισμού και της οργάνωσης.

Η αναγκαιότητα της συντήρησης θα πρέπει να θεωρείται κάτι παραπάνω από δεδομένη σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το κόστος συντήρησης αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό κομμάτι των εξόδων λειτουργίας μιας επιχείρησης.

1.4 Σκοπός της συντήρησης

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



Εικόνα 1.4- δείχνει πως επηρεάζεται ο ρυθμός βλαβών ενός μηχανήματος σε σχέση με τον χρόνο t .

1.5 Αξιοπιστία – Διαθεσιμότητα – Συντηρησιμότητα

Στις μέρες μας έχουν αυξηθεί κατακόρυφα οι απαιτήσεις από το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό όσον αφορά την αξιοπιστία του και τη διαθεσιμότητά του. Έχοντας αναφέρει σε προηγούμενη παράγραφο τους ορισμούς της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας και της συντηρησιμότητας μπορούμε να αναφέρουμε κάποια επιπλέον στοιχεία σχετικά με τις έννοιες αυτές και τη σημασία τους στο σήμερα. Τα συστήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πρωταρχικά παραδείγματα συστημάτων με αναμενόμενη υψηλή στάθμη αξιοπιστίας. Η εισαγωγή της ανταγωνιστικής αγοράς ενέργειας σε πολλές χώρες παγκοσμίως έχει αλλάξει δραματικά τις διάφορες προσεγγίσεις όσον αφορά την ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας. Αυτό συμβαίνει επειδή προηγουμένως εμφανιζόταν σαν εθνικός στόχος αλλά αυτό άλλαξε οριστικά, και έγινε ένα αμιγώς εμπορικό θέμα μεταξύ των προμηθευτών και των πελατών. Οι σύγχρονες κοινωνικές συνθήκες απαιτούν υψηλή προτεραιότητα στην επίτευξη μίας ικανοποιητικής στάθμης της αξιοπιστίας τους και της ταχύτατης επανατροφοδότησης της παρεχόμενης ισχύος μετά από μία διακοπή της τροφοδότησης. Σε πολλά συστήματα η μέση διάρκεια των διακοπών της τροφοδοσίας ενός καταναλωτή είναι 2 με 3 ώρες το έτος. Το κοινό έχει συνηθίσει στην παροχή ηλεκτρικής ισχύος με τέτοια στάθμη αξιοπιστίας και δεν είναι δυνατό να δεχθεί χαμηλότερα πρότυπα, ενώ σε ορισμένους βιομηχανικούς καταναλωτές ή καταναλωτές που διαθέτουν κρίσιμα φορτία είναι απόλυτα απαραίτητη μία τέτοια στάθμη αξιοπιστίας.

Η αξιοπιστία ενός σύνθετου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να καθοριστεί από δύο βασικούς όρους οι οποίοι είναι γνωστοί ως «ικανότητα τροφοδότησης» και «ασφάλεια» ή ως «στατική και δυναμική αξιοπιστία» αντίστοιχα. Η ικανότητα τροφοδότησης αναφέρεται στη δυνατότητα τροφοδότησης της ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας των καταναλωτών του συστήματος σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές κατά τη διάρκεια των εξαναγκασμένων ή προγραμματισμένων ενδεχομένων εκτός λειτουργίας των στοιχείων του συστήματος. Η ασφάλεια αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να αντέχει και να μην καταρρεύσει μετά την εμφάνιση των ξαφνικών διαταραχών που μπορούν να συμβούν.

Η αξιοπιστία ενός συστήματος μπορεί να βελτιωθεί με τρεις τεχνικές:

Περιθώρια σχεδίασης.

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

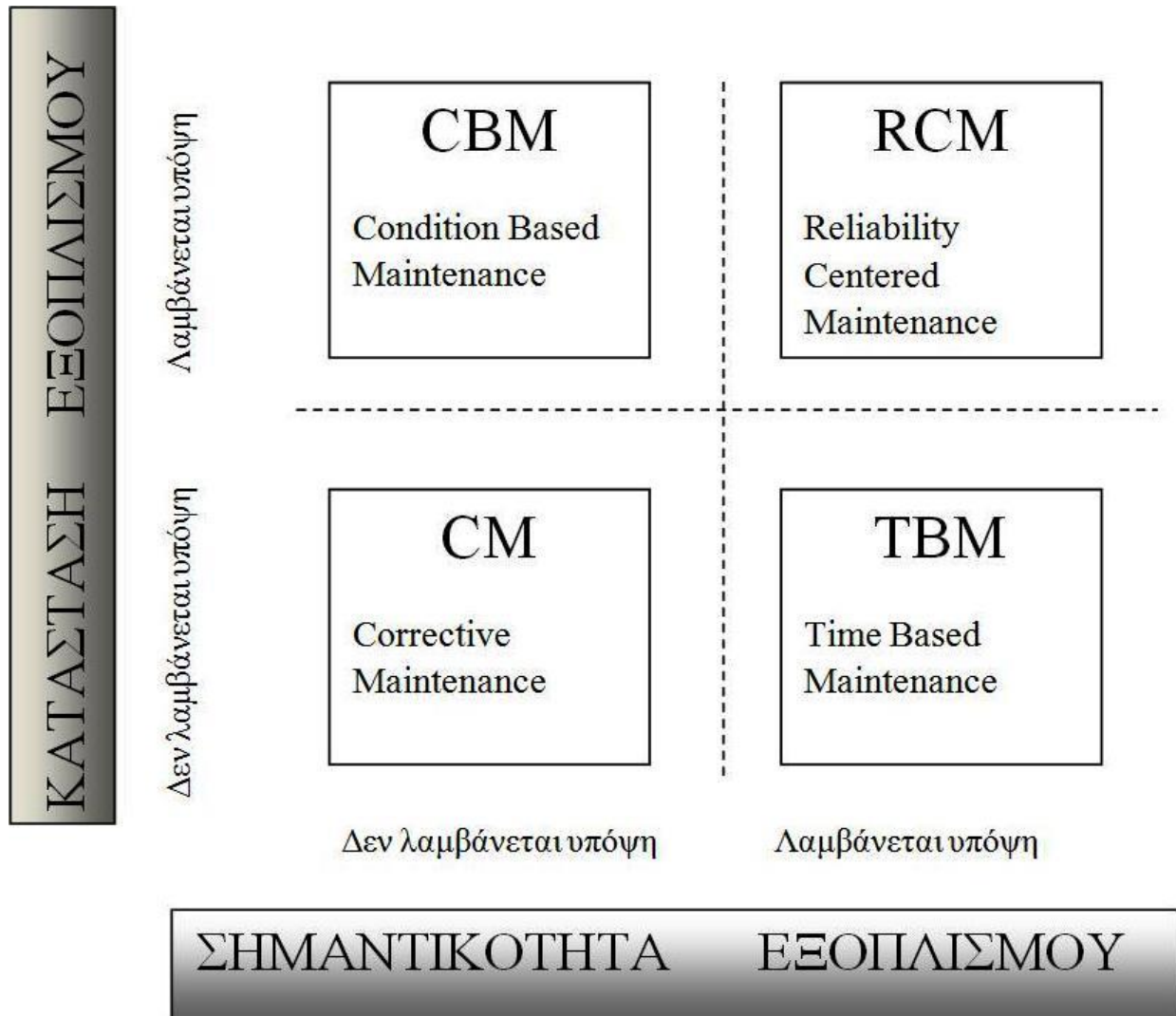
Πλεόνασμα επιμέρους στοιχείων

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

Η συντήρηση μπορεί να μειώσει σημαντικά τους ρυθμούς βλάβης και στην περίπτωση βλάβης, η κατάλληλη επισκευή της να περιορίσει τις συνέπειες. Ο συνδυασμός κατάλληλων προγραμμάτων προληπτικής συντήρησης δοκιμών και επισκευών, δηλαδή προγραμμάτων προστατευτικής συντήρησης, με την πρόβλεψη πλεονασμάτων στα επιμέρους στοιχεία ενός συστήματος, αυξάνει στα μέγιστα την αξιοπιστία.

1.6 Συνοπτική παρουσίαση σύγχρονων στρατηγικών συντήρησης

Η συντήρηση από την εμφάνισή της μέχρι σήμερα έχει εξελιχθεί κατά πολύ. Νέα δεδομένα έχουν έρθει στο χώρο, ολοένα περισσότερα συστήματα και παραγωγικές μονάδες



Εικόνα 1.6 – Σύγχρονες Στρατηγικές Συντήρησης

φιλοσοφίες εφαρμόζονται σε όλο τον κόσμο. Οι στρατηγικές συντήρησης διακρίνονται ανάλογα με την προσέγγιση που γίνεται στους διάφορους τύπους του εξοπλισμού και κατά συνέπεια διαφέρουν τόσο από πλευράς κόστους όσο και διαθεσιμότητας του εξοπλισμού.

Ένας τρόπος κατηγοριοποίησης των στρατηγικών συντήρησης είναι να γίνει μια διάκριση στο κατά πόσο η κατάσταση ενός εξαρτήματος είναι κυρίαρχης σημασίας στο γενικότερο πλαίσιο ενός σύνθετου δικτύου και πόσο σημαντικό είναι αυτό. Στην Εικόνα 1.6 παραπάνω φαίνεται η σχέση μεταξύ κατάστασης και της χρησιμότητας ενός εξαρτήματος στους διάφορους τύπους συντήρησης

που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά δίκτυα και οι οποίες περιληπτικά αναλύονται παρακάτω.

Πρέπει να επισημάνουμε το εξής ιδιαίτερα σημαντικό: ότι ο τρόπος αυτός κατηγοριοποίησης των στρατηγικών συντήρησης είναι σύγχρονος, ορθολογικός και συνδυάζει τους δυο βασικούς πυλώνες και άξονες που συμπυκνώνουν τις βασικές ιδιότητες, τη φύση και τη λειτουργία του εξοπλισμού και περιγράφουν τα τμήματά του. Εκπορεύεται από την εξέλιξη της θεώρησης της συντήρησης ως έννοια αλλά και την αναβάθμιση και καθιέρωση της έννοιας της κατάστασης και της σημασίας του εξοπλισμού. Και επιπλέον μπορεί ευκολότερα και πληρέστερα να περιγράψει, ν' αναλύσει και να εξετάσει ένα εκτεταμένο και πολυσύνθετο δίκτυο.

Μέχρι το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η βιομηχανία δεν ήταν μηχανοποιημένη σε υψηλό βαθμό. Το μεγαλύτερο κομμάτι του εξοπλισμού ήταν απλό και ο εξοπλισμός του πολύ βασικός. Οι συνέπειες των αστοχιών δεν ήταν τόσο ζωτικής σημασίας και η επίδρασή τους ήταν μηδαμινή. Έτσι ο βιομηχανικός εξοπλισμός λειτουργούσε κανονικά μέχρι να αστοχήσει και τότε είτε επισκευαζόταν είτε αντικαθίστατο. Η συντήρηση δε θεωρείτο σημαντική, αλλά ως μια παραγωγική δραστηριότητα και ένα αναγκαίο κακό. Επομένως, η πιο απλή μορφή συντήρησης σύμφωνα με την παραπάνω κατηγοριοποίηση ονομάζεται Επιδιορθωτική Συντήρηση (Corrective Maintenance). Σε αυτή τη μορφή συντήρησης δεν υπάρχει καθόλου προληπτική συντήρηση με αποτέλεσμα όπως αναφέραμε το μηχάνημα να λειτουργεί μέχρι είτε να αστοχήσει είτε να καταστραφεί. Μετά από αυτό λαμβάνεται η απόφαση κατά πόσο το εξάρτημα θα επισκευαστεί ή θα αντικατασταθεί. Βασικό μειονέκτημα αυτής της στρατηγικής είναι ότι η ζημιά η οποία μπορεί να προκληθεί τελικά μπορεί να επιφέρει πολλαπλάσιο κόστος επηρεάζοντας τελικώς και άλλα εξαρτήματα. Ο συγκριμένος τύπος συντήρησης χρησιμοποιείται γενικά όταν ο εξοπλισμός δεν είναι κρίσιμος και οι συνέπειες αστοχίας δεν προκαλούν σημαντικά προβλήματα σε τμήμα του δικτύου. Στα δίκτυα διανομής αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως στις γραμμές μεταφοράς.

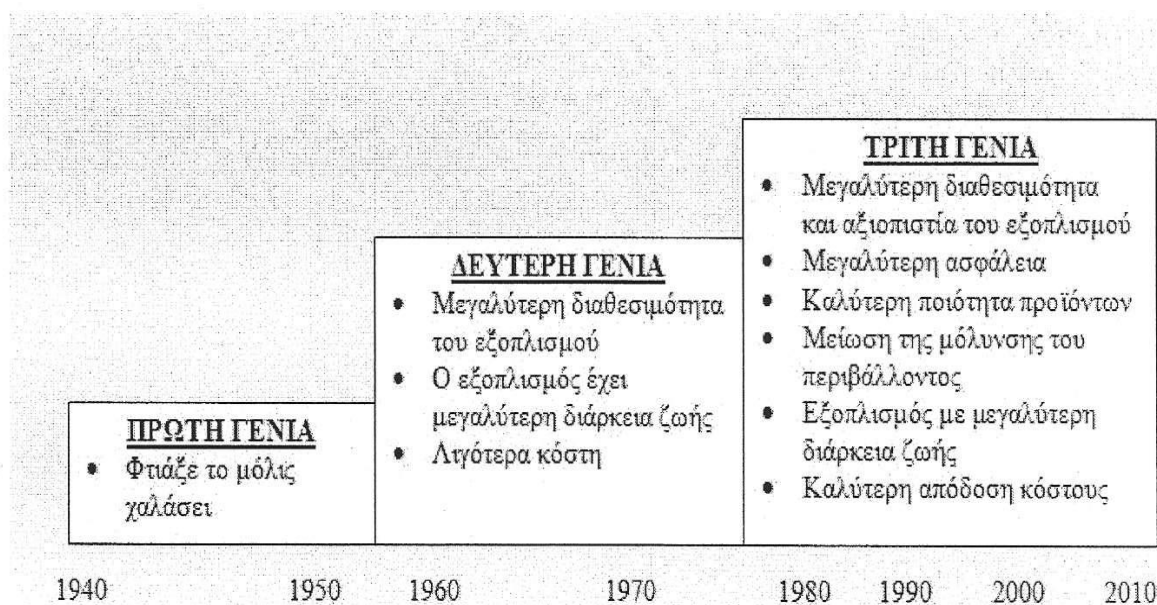
Μια δεύτερη προσέγγιση της συντήρησης μπορεί να περιγραφεί ως μια προληπτική προσέγγιση. Η Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance) επίσημα ορίζεται ως "η συντήρηση που διενεργείται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα ή ανταποκρινόμενη σε συγκεκριμένα κριτήρια και στοχεύει στη μείωση της πιθανότητας βλάβης ή χειροτέρευσης της λειτουργίας ενός εξαρτήματος". Αυτά τα προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα μπορεί να είναι είτε με βάση το χρόνο (Time Based Maintenance – TBM) είτε με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού (Condition Based Maintenance – CBM).

Η Συντήρηση με βάση το χρόνο (Time Based Maintenance - TBM) αποτελεί τη περισσότερο χρησιμοποιούμενη στρατηγική σήμερα. Σε αυτόν τον τύπο συντήρησης όπως αναφέραμε υπάρχουν καθορισμένα χρονικά διαστήματα επιθεώρησης του εξοπλισμού. Αυτά τα χρονικά διαστήματα επιθεωρήσεων καθορίζονται είτε από τους κατασκευαστές και τους διεθνείς οίκους είτε από την πείρα που έχει αποκτηθεί από τους χειριστές του δικτύου. Προκειμένου όμως να καθορίσουμε την κατάσταση του εξοπλισμού χρειάζονται περαιτέρω πληροφορίες. Αυτή η τρέχουσα κατάσταση του εξοπλισμού μπορεί να περιγραφεί από συγκεκριμένους δείκτες στο πλαίσιο της Συντήρησης με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού (Condition Based Maintenance- CBM). Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού προσδιορίζεται από

μεγαλύτερη αξιοπιστία, διαθεσιμότητα με σχετικά χαμηλό κόστος. Η αυτοματοποίηση και η εξέλιξη στις τεχνολογίες πληροφοριών έχουν καταστήσει τη χρήση των τεχνικών αυτής της συντήρησης πολύ πιο εύκολη. Οι πρακτικές οι οποίες χρησιμοποιούνται μπορούν να περιγραφούν ως μια προβλεπτική προσέγγιση η οποία ασχολείται κυρίως με την αναγνώριση κρυμμένων ή πιθανών επικείμενων αστοχιών και την πρόβλεψη της κατάστασης του. Δηλαδή έχει σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση εσωτερικού ή εξωτερικού σφάλματος πριν αυτό εξελιχθεί και προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό. Τα στοιχεία που προκύπτουν από αυτή τη μέθοδο της συντήρησης βοηθούν στη διάγνωση και στη λήψη αποφάσεων. Η συντήρηση με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού εκτελείται μόνο αν εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα για το οποίο γίνεται πληροφόρηση από συσκευές παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού ή και περιοδικά.

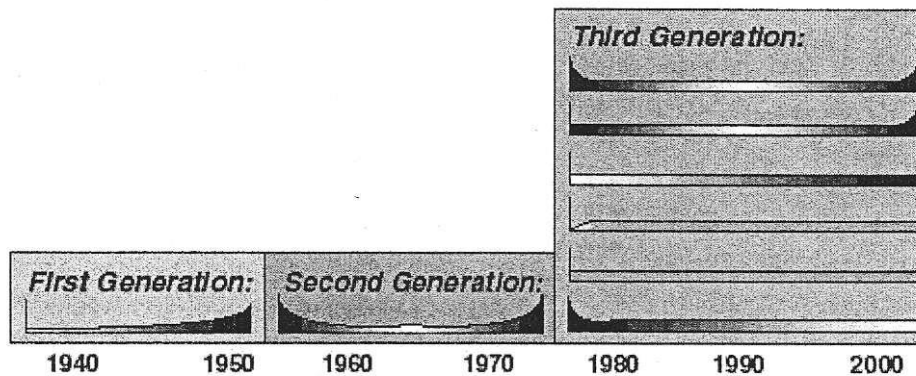
Από τις αρχές της δεκαετίας του 80 προτάθηκαν πολλές συστηματικές φιλοσοφίες συντήρησης, όπως η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance – RCM). Η RCM είναι η διαδικασία που προσδιορίζει τι πρέπει να γίνει έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι το στοιχείο της εγκατάστασης θα συνεχίσει να λειτουργεί με τον επιθυμητό τρόπο σύμφωνα με το παρόν λειτουργικό πλαίσιο. Η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία δεν ενδιαφέρεται μόνο για την κατάσταση των εξαρτημάτων ενός δικτύου ή ενός υποσταθμού κτλ αλλά παράλληλα λαμβάνει υπόψη της και την επίδραση που έχουν αυτά στο όλο δίκτυο. Αυτή η ανάλυση μπορεί να γίνει τόσο στην περίπτωση ενός συγκεκριμένου υλικού ή μηχανήματος όσο και στην περίπτωση πιο σύνθετων εγκαταστάσεων όπως π.χ. στην περίπτωση ενός υποσταθμού.

Η ιστορική εξέλιξη της συντήρησης από την απλή Επιδιορθωτική Συντήρηση στην Προληπτική και εν συνεχεία στη Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.6β που ακολουθεί.



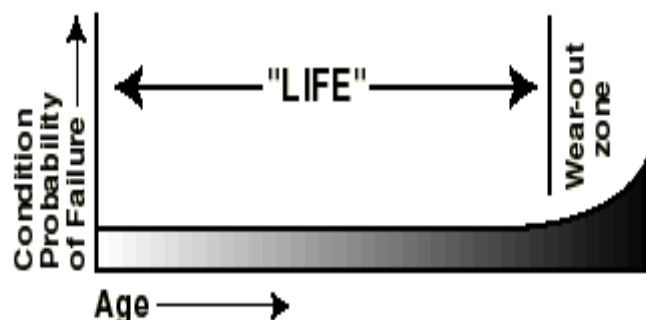
Εικόνα 1.6α – Η ιστορική εξέλιξη της Συντήρησης του εξοπλισμού

Όπως φαίνεται υπάρχουν ουσιαστικά τρεις γενιές συντήρησης. Οι έρευνες οδήγησαν τους ειδικούς της συντήρησης να αναθεωρήσουν τις βασικές τους αρχές που είχαν σχέση με την ηλικία του εξοπλισμού και της βλάβης του. Στο πρώτο συμπέρασμα που κατέληξαν ήταν πως υπάρχει μικρή εξάρτηση μεταξύ της χρονικής διάρκειας λειτουργίας του εκάστοτε εξαρτήματος ή μηχανής και του πόσο έχει την τάση αυτό να χαλάει. Στην Εικόνα 1.6γ φαίνεται η εξελικτική πορεία των θεωριών που αναπτύχθηκαν από το 1940 μέχρι σήμερα όσο αφορά την ανάπτυξη μιας βλάβης στο μηχανολογικό εξοπλισμό.



Εικόνα 1.6β – Εξέλιξη των θεωριών για τη διαδικασία βλαβών του εξοπλισμού

Από τις παραπάνω καμπύλες παρατηρούμε πως ενώ στην πρώτη γενιά εξέλιξης οι μηχανικοί της συντήρησης πίστευαν στην ανάλογη σχέση που έχουν οι βλάβες με την ηλικία των μηχανημάτων, δηλαδή όσο μεγαλώνει ένα μηχάνημα τόσο πιο επιρρεπές γίνεται αυτό σε βλάβη. Η θεώρηση αυτή στηρίζεται στην υπόθεση ότι τα περισσότερα εξαρτήματα λειτουργούν αξιόπιστα για μια περίοδο χρόνου και στη συνέχεια θέλουν συντήρηση ή αντικατάσταση.



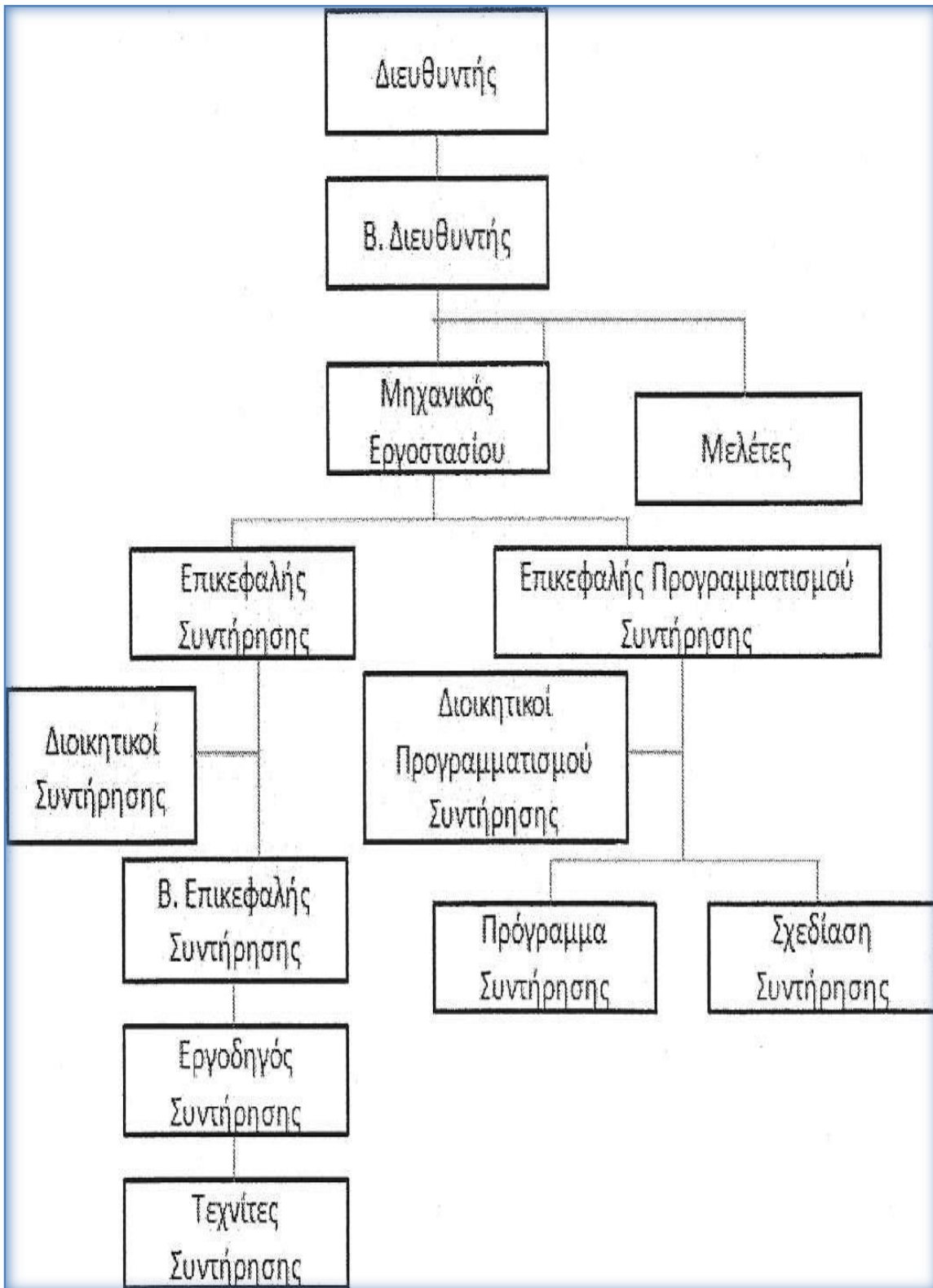
Εικόνα 1.6γ – Παραδοσιακή θεώρηση πιθανότητας βλάβης και ηλικίας ενός εξαρτήματος

Κατά τη δεύτερη γενιά εξέλιξης της συντήρησης, δίνεται περισσότερη προσοχή στην παιδική θνησιμότητα που μπορεί να παρουσιάσει ένα μηχάνημα, ως προϊόν σφάλματος της παραγωγής.

Τέλος, στην τρίτη γενιά εξέλιξης της συντήρησης που είναι και η πλέον σύγχρονη, οι υπεύθυνοι θεωρούν ότι υπάρχουν έξι είδη βλαβών που λαμβάνουν χώρα κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων και που θα παρουσιαστούν αναλυτικά σε επόμενα κεφάλαια.

1.7 Maintenance Management – Οργάνωση & Διοίκηση Συντήρησης

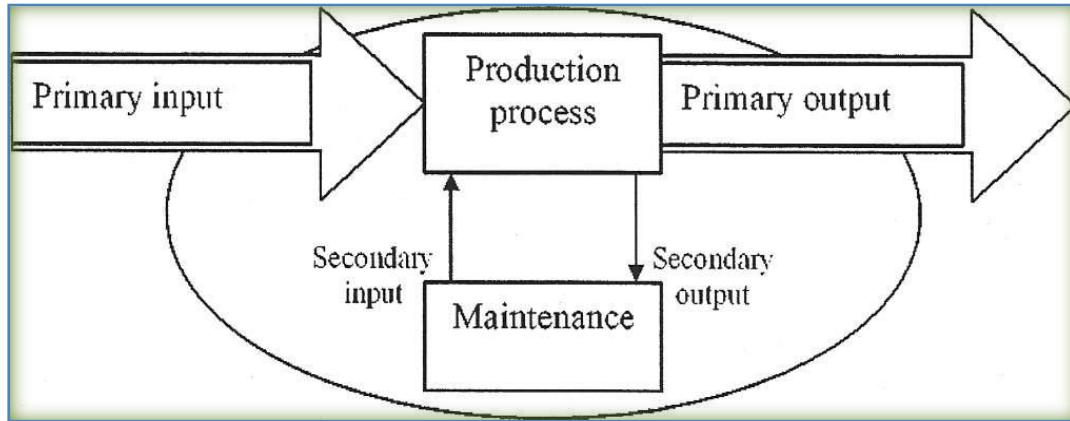
Η Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες λειτουργίες σε μια επιχείρηση. Η μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού απαιτεί τη βελτιστοποίηση των προγραμμάτων, των εργασιών, τον αποδοτικό σχεδιασμό του προσωπικού, την έγκαιρη διάθεση ανταλλακτικών και την εξασφάλιση τυποποιημένων πρακτικών στα πλαίσια των διαδικασιών της συντήρησης. Η οργάνωση και διοίκηση της συντήρησης μπορεί να περιγραφεί ως το σύνολο δραστηριοτήτων της διοίκησης που καθορίζουν τους στόχους της συντήρησης, τις στρατηγικές της και τις ευθύνες. Σκοπός της είναι να εξασφαλίζει την αποδοτική λειτουργία του προγράμματος συντήρησης προς επίτευξη των στόχων της συντήρησης. Θα πρέπει να κάνει το σχεδιασμό, τον έλεγχο και την επίβλεψη της συντήρησης. Τέλος θα πρέπει να επανεκτιμά τις μεθοδολογίες που υιοθετήθηκαν από την επιχείρηση, συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής τους απόδοσης. Μόλις συναρμολογηθεί και τεθεί σε λειτουργία ο εξοπλισμός αρχίζει και ο ρόλος της Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης, ο οποίος συνεχίζει για όλη τη διάρκεια ζωής του. Η Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης θα πρέπει να ικανοποιεί πολλές απαιτήσεις συντήρησης οι οποίες ανακύπτουν από το σύστημα σχεδιασμού και καθορίζονται κατά το σχεδιασμό της. Θα πρέπει επιπλέον να ελέγχει τους διάφορους εξωτερικούς πόρους που υποστηρίζουν τις εργασίες της συντήρησης, όπως τους σύμβουλους συντήρησης και τους διάφορους κατασκευαστές του εξοπλισμού (Original Equipment Manufactures- OEM), αλλά και τους εσωτερικούς πόρους, όπως την αποδοτικότητα του συστήματος και τους χειριστές που πραγματοποιούν δραστηριότητες συντήρησης. Σημαντικό είναι να ελέγχει και τα ανταλλακτικά και τα εξαρτήματα που αφαιρούνται κατά τις αντικαταστάσεις και επισκευάζονται για να επαναχρησιμοποιηθούν. Τα αποτελέσματα της Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης εκτιμώνται και οδηγούν σε νέες απαιτήσεις συντήρησης και στο σχεδιασμό νέων παρόμοιων συστημάτων στα πλαίσια της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας. Το συνιστώμενο οργανωτικό διάγραμμα σε μια μονάδα συντήρησης παρουσιάζεται στο διάγραμμα της προηγούμενης σελίδας.



Εικόνα 1.7 – Οργανωτικό διάγραμμα σε μια μονάδα συντήρησης

1.8 Συσχέτιση – αλληλεπίδραση Παραγωγής και Συντήρησης

Η Συντήρηση κατέχει μια σημαντική θέση σε οποιοδήποτε επιχείρηση και πρέπει να θεωρείται ως μια σημαντική διαδικασία ή ως ένα ολοκληρωμένο κομμάτι της όλης παραγωγικής διαδικασίας. Η σχέση μεταξύ Συντήρησης και Παραγωγής φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί (Εικόνα 1.8):



Εικόνα 1.8 – Αλληλεπίδραση Παραγωγικής Διαδικασίας και Συντήρησης

Τα πρωταρχικά εισαγόμενα δεδομένα (primary input) σε μια παραγωγική διαδικασία είναι τα υλικά, η ενέργεια και το ανθρώπινο δυναμικό. Αυτά τα πρωταρχικά δεδομένα μετατρέπονται στη συνέχεια στο πρωταρχικό αποτέλεσμα (primary output) που είναι το τελικό προϊόν. Αυτή η μετατροπή οδηγεί σε ένα δευτερεύον παραγωγικό αποτέλεσμα (secondary output) το οποίο είναι η απαίτηση για συντήρηση. Η συντήρηση επηρεάζει την παραγωγική ικανότητα που μπορεί να επιτύχει η εγκατάσταση και είναι απαραίτητο αυτή να διατηρείται σε υψηλό επίπεδο. Με άλλα λόγια είναι το δευτερεύον εισαγόμενο δεδομένο (secondary input) στην παραγωγική διαδικασία.

Είναι πολύ σημαντικό να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι με την ανάπτυξη των σύγχρονων αντιλήψεων και θεωριών σχετικά με τη Συντήρηση του Εξοπλισμού, οι διαδικασίες συντήρησης αντιμετωπίζονται πια ως ένα (δευτερεύον βέβαια) εισαγόμενο στην παραγωγική διαδικασία(!). Εντάσσονται δηλ. στην ίδια λογική και σε μια αντίστοιχη κατηγορία με υλικά – ενέργεια – ανθρώπινο δυναμικό κτλ. Έτσι οι μέθοδοι συντήρησης αποκτούν αυξημένη σημαντικότητα αφού επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό (έως και καθοριστικό σε ακραίες περιπτώσεις) την παραγωγική ικανότητα της μονάδας και τη διατήρηση της ικανότητας αυτής. Τέλος, ας κρατήσουμε ότι την εξέλιξη και την αλλαγή στη θεώρηση γύρω από τη Συντήρηση, η οποία από «αναγκαίο κακό», «περιττή διαδικασία» ή το «πρώτο θύμα» στις απόπειρες μιας επιχείρησης να μειώσει το κόστος θεωρείται πια βασικό και αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

2.1 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 και οι δομές που έγιναν στις παραγωγικές μονάδες έχουν επισπεύσει τις μεγάλες αλλαγές στους τρόπους με τους οποίους οργανώνονται οι εργασίες της συντήρησης και η εκπαίδευση του προσωπικού. Υπογραμμίζονται οι δύο κύριες αλλαγές που έχουν συντελεσθεί:

- Η μία αφορά τη μετάβαση από την παραδοσιακή προληπτική συντήρηση στη προστατευτική συντήρηση.
- Η δεύτερη αφορά τον προσανατολισμό της προστατευτικής συντήρησης προς την αύξηση και διατήρησης της αξιοπιστίας.

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

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

2.2 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 (Π.Η.Σ.).

2.2.1 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.

2.2.2 Η αναγκαιότητα για την εφαρμογή ενός προγράμματος Π.Η.Σ

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

2.2.3 Πολιτική της προληπτικής συντήρησης

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

Έχουν υιοθετηθεί οι ακόλουθες συνθήκες συντήρησης:

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

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

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

- αριθμός λειτουργιών
- αριθμός διαγνωστικών δοκιμών
- αποτελέσματα διαγνωστικών δοκιμών

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

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

Εδώ πραγματοποιούνται ενέργειες σε τρία στάδια :

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

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

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

Τα οφέλη από ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα Π.Η.Σ χωρίζονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

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

Η αξιοπιστία στη λειτουργία του εξοπλισμού μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο, αλλά παράλληλα απαιτείται μια αποτελεσματική προληπτική συντήρηση για να διατηρηθεί σε αυτό το επίπεδο. Η εμπειρία δείχνει ότι ο εξοπλισμός έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και ανταποκρίνεται καλύτερα, όταν καλύπτεται από ένα πρόγραμμα Π.Η.Σ. Σε πολλές περιπτώσεις, η επένδυση σε ένα πρόγραμμα Π.Η.Σ είναι μικρή σε σχέση με το κόστος που προκύπτει από την επιδιόρθωση του εξοπλισμού και το κόστος από τη μείωση της παραγωγικότητας. Αυτές οι επιπτώσεις έχουν άμεση σχέση με μια απρόβλεπτη διακοπή στη λειτουργία των μηχανημάτων και επομένως με μια διακοπή της παραγωγής.

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

- Είτε στην προληπτική συντήρηση
- Είτε σε επισκευές των βλαβών (επισκευαστική συντήρηση)

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

2.2.5 Σκοπός της καθιέρωσης ενός τακτικού προγράμματος επιθεωρήσεων και δοκιμών

Ο σκοπός ενός προγράμματος επιθεωρήσεων και δοκιμών είναι να διαπιστώσει την κατάσταση του εξοπλισμού για να προσδιορίσει στην συνέχεια ποιες εργασίες πρέπει να γίνουν. Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώνει ότι ο εξοπλισμός θα συνεχίζει να λειτουργεί μέχρι να γίνει ο επόμενος προγραμματισμένος έλεγχος. Είναι προτιμότερο να γίνονται οι επιθεωρήσεις και οι έλεγχοι μαζί μέσα στα πλαίσια μιας συντήρησης ρουτίνας. Με αυτό τον τρόπο, αρκετά μικρά τμήματα του συστήματος που παρουσιάζουν προβλήματα και που απαιτούν μη εξειδικευμένα εργαλεία, προσωπικό ή εξοπλισμό, μπορούν να επιδιορθωθούν την ίδια στιγμή που θα εντοπιστούν.

2.2.6.Ατμοσφαιρικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες

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

- ο αέρας είναι καθαρός ή φιλτραρισμένος για να απομακρύνει την σκόνη, τα επιβλαβή αέρια, την υπερβολική υγρασία
- διατηρείται σε θερμοκρασίες από 15°C έως 25°C

- έχει υγρασία από 40% έως 70%. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η ανάγκη για συντήρηση θα ελαχιστοποιηθεί.

Όπου δεν τηρούνται οι παραπάνω συνθήκες, η απόδοση του ηλεκτρικού εξοπλισμού θα επηρεαστεί δυσμενώς. Η καλή καθαριότητα των χώρων, συνεισφέρει σε ένα καλό περιβάλλον λειτουργίας και μειώνει τις απαιτήσεις σε συντήρηση. Οι ηλεκτρικές συσκευές και ο προστατευτικός εξοπλισμός τους θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε περιβάλλον με την ίδια θερμοκρασία. Αν η διαφορά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος ανάμεσα στον εξοπλισμό και στις προστατευτικές συσκευές του είναι μεγάλη, στις τελευταίες πρέπει να γίνονται αλλαγές στις ρυθμίσεις. Επίσης στον εξοπλισμό που τοποθετείται σε επικίνδυνες περιοχές (εκρηκτικό περιβάλλον, αυξημένη μόλυνση, περιβάλλον με διαβρωτικά αέρια) θα πρέπει να γίνεται ειδική συντήρηση. Ακόμα, είναι πολύ σημαντικό να επισημάνουμε ότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού θα πρέπει να συντελούνται αρκετές αλλαγές στη συντήρηση των υποσταθμών και των γραμμών μεταφοράς εξαιτίας των ειδικών συνθηκών που επικρατούν.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του θέρους έχουμε:

- Μέγιστη φόρτιση του Συστήματος λόγω των ειδικών φορτίων (π.χ. κλιματιστικές συσκευές)
- Επιβάρυνση συνθηκών λειτουργίας εξοπλισμού Συστήματος λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών
- Επιβάρυνση ρύπανσης μονωτήρων εξαιτίας της ανομβρίας και των εποχιακών ανέμων
- Αύξηση των πυρκαγιών με αποτέλεσμα πιθανή απομόνωση γραμμών μεταφοράς από τους ηλεκτρονόμους προστασίας λόγω του ιονισμού της ατμόσφαιρας. Κατά συνέπεια έχουμε επιπλέον φόρτιση άλλων γραμμών
- Περιορισμένη διάθεση ανθρώπινου δυναμικού.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η εμφάνιση περισσότερων ανεπιθύμητων βλαβών απ' ότι συνήθως. Επομένως κατά την εφαρμογή των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων προληπτικής συντήρησης βασισμένης στο χρόνο, πρέπει να προστεθούν ενέργειες περιορισμού των ανεπιθύμητων συμβάντων. Τέτοιες ενέργειες είναι η αποψίλωση ξερών χόρτων ΥΣ, πλύσιμο μονωτήρων εξοπλισμού σε επιλεγμένους Υ/Σ και Γραμμές μεταφοράς καθώς και αυξημένα μέτρα αντιστάθμισης άεργου ισχύος λόγω σημαντικής ημερήσιας μεταβολής φορτίων.

2.2.7 Συχνότητα επιθεωρήσεων

Τα κατασκευαστικά εγχειρίδια λειτουργίας πρέπει να ορίζουν μια προτεινόμενη συχνότητα επιθεώρησης. Αυτή η συχνότητα βασίζεται σε πρότυπες ή συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος. Σε μονάδες συνεχούς λειτουργίας με σταθερά φορτία τα διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων μπορούν να αυξηθούν από 10% έως 20% ενώ σε εφεδρικές ή περιοδικής λειτουργίας μονάδες πιθανόν να μειωθούν από 20% έως 40%. Επιπλέον, τα μηχανήματα που λειτουργούν σε περιβάλλον με δυσμενείς ατμοσφαιρικές συνθήκες απαιτούν διαστήματα μεταξύ των επιθεωρήσεων

μειωμένα ως και 50%.Επίσης, τα στοιχεία του εξοπλισμού που χαρακτηρίζονται ως κρίσιμα, απαιτούν πιο συχνή επιθεώρηση και δοκιμές.Και να σημειώσουμε ακόμη ότι 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 τέσσερις περιόδους συντήρησης, εκτός αν εμφανιστεί μια απρόβλεπτη βλάβη. Για τα εξαρτήματα που έχουν απρόβλεπτες βλάβες, το διάστημα μεταξύ των επιθεωρήσεων πρέπει να μειωθεί κατά 50%. Αν ένας εξοπλισμός συνεχίζει να θεωρείται καλός μετά από δύο επιθεωρήσεις χωρίς να απαιτεί επιδιορθώσεις, η περίοδος επιθεωρήσεων μπορεί να αυξηθεί κατά 50%. Αυτή η προσαρμογή των διαστημάτων μεταξύ των επιθεωρήσεων, θα συνεχιστεί μέχρι να φτάσουμε στο καλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα.

2.2.8 Φόρμουλες

Υπάρχει μια ποικιλία από φόρμουλες που μπορεί να συνοδεύει μια διαδικασία Επιθεώρησης, Δοκιμής και Επισκευής (Ε.Δ.Ε.). Αυτές οι φόρμουλες πρέπει να είναι λεπτομερείς και ακριβείς, αρκετά απλές και ισχύουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να μπορούν χρησιμοποιηθούν στο πεδίο χειρισμών.

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

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

2.2.9 Αρχεία

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

Τα αρχεία τηρούνται από τον επόπτη συντήρησης. Τα ελάχιστα δεδομένα που θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα αρχείο συντήρησης είναι:

- Πρόγραμμα Επιθεώρησης: Σχέδιο επιθεωρήσεων, για να μπορεί να προγραμματίζει τις απαιτήσεις σε εργατικό δυναμικό.

- Ημερολόγιο Εργασίας: Ημερολόγιο με την σειρά των ανεκτέλεστων εργασιών.
- Ημερολόγιο Ασυνήθιστων Γεγονότων: Πίνακας με τα ασυνήθιστα γεγονότα, που επιδρούν στην καλή λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος με κάθε τρόπο.

2.3 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.

2.3.1 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 προστατευτική συντήρηση αποτελεί εργαλείο κατά τη λειτουργία καθώς και 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.

2.3.2 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 τού εξοπλισμού
- Ταλαντώσεις σε στρεφόμενα τμήματα του εξοπλισμού
- Προσδιορισμός των αιτιών και αναίρεση τους
- Παρακολούθηση της κατάστασης διαφόρων τμημάτων του εξοπλισμού με την τοποθέτηση συστημάτων on-line monitoring,

όπως π.χ. μια συσκευή για τη συνεχή εποπτεία της δυναμικής συμπεριφοράς στρόβιλο-εναλλακτήρα η οποία χρησιμοποιεί αισθητήρα πίεσης και ταλαντώσεων σε όλα τα έδρανα και σύνολο παραμέτρων της λειτουργίας της μηχανής.

- Καταγραφή όσο γίνεται πιο πολλών στοιχείων λειτουργίας όπως πιέσεις, θερμοκρασίες, φορτία κ.λπ. Επεξεργασία αυτών των στοιχείων εξαγωγή συμπερασμάτων-προώθηση τους στον επικεφαλής της συντήρησης.
- Επιθεωρήσεις του εξοπλισμού (Ημερήσιες, Εβδομαδιαίες, Μηνιαίες)
- Ο εξοπλισμός, ανάλογα με το είδος του, επιθεωρείται για απώλειες πίεσης, απώλειες ατμού, διαρροές λαδιού κ.λπ.
- Στόχος είναι η έγκαιρη ανακάλυψη σφαλμάτων πριν αυτά εξελιχθούν σε βλάβες.

Να σημειωθεί επίσης ότι οι οδηγίες του κατασκευαστή και η πείρα των ανθρώπων της συντήρησης βοηθούν στη συγκρότηση συνόλου απαιτήσεων και στοιχείων, το οποίο θα εισαχτεί στο πρόγραμμα συντήρησης.

2.3.3 Λειτουργία της Προστατευτικής Συντήρησης

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

2.3.4 Οδηγίες Προστατευτικής 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 ωρών εκτός λειτουργίας.

Η τάση σήμερα είναι να γίνονται:

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

2.3.5 Οικονομικά οφέλη προγράμματος προστατευτικής συντήρησης

Στο σημείο αυτό θα κάνουμε μια αναφορά στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού. Οι μεγάλες διακοπές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, τα γνωστά «blackout», κοστίζουν. Αρκετά από αυτά μπορούν να αποφευχθούν αν εφαρμόζονται προγράμματα προστατευτικής συντήρησης. Έχει υπολογισθεί ότι σε ένα «blackout» μεγάλων βιομηχανικών περιοχών η kWh κοστίζει 1,6 δολάρια Η.Π.Α. Σ' αυτό το κόστος περιλαμβάνονται οι πρώτες ύλες και τα προϊόντα που καταστρέφονται και η παραγωγική διαδικασία που διακόπτεται. Εξάλλου

η γενική διακοπή της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, έχει συνέπειες στο κοινωνικό σύνολο (σχολεία, νοσοκομεία, σπίτια) κυρίως όσον αφορά:

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

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

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

Εδώ υπογραμμίζεται ότι το κόστος καυσίμου για την παραγωγή 1kWhαποτελεί περίπου το 85% του συνολικού κόστους. Αυτό το κόστος καυσίμου αυξήθηκε κατά 850% στη δεκαετία 1969-1979 και ανάλογα στη δεκαετία 1980-1990.Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αυτές οι δαπάνες για καύσιμα από μόνες δικαιολογούν την εφαρμογή προγράμματος προστατευτικής συντήρησης.

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

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

2.4 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. Τίθενται όμως τα ακόλουθα ερωτήματα: α.) πόσο κοστίζει η συντήρηση, β.) μήπως υπάρχουν άλλες στρατηγικές εκτός από τη συντήρηση, οι οποίες έχουν εξίσου καλά αποτελέσματα και κοστίζουν λιγότερο.

Θα επιχειρηθεί να δοθεί απάντηση στα πιο πάνω ερωτήματα εξετάζοντας τη συντήρηση από οικονομική σκοπιά και λαμβάνοντας υπόψη ότι η τρέχουσα περίοδος είναι μια περίοδος κατά την οποία αφ' ενός το κόστος του κεφαλαίου είναι υψηλό και δεν διαφαίνεται μείωση του και αφ' ετέρου το κόστος της ενέργειας είναι υψηλό και δεν διαφαίνεται μείωση της (το αντίθετο μάλιστα).

2.4.1 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. Εξάλλου, οι 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 χρεώνει τις σχετικές δαπάνες χρεώνει, είναι πιθανόν άλλη Επιχείρηση να μη χρεώνει ανάλογες δαπάνες στη συντήρηση.

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

ΕΤΗΣΙΑ ΔΑΠΑΝΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

$$= (1)(\text{Δαπάνες Συντήρησης}) + (2)(\text{Δαπάνες Αντικατάστασης}) \\ + (3)(\text{Δαπάνες Ανακαίνισης})$$

2.4.2 Αποτελεσματικότητα των δαπανών συντήρησης

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

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

2.4.3 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 Δικτύων.
- τις πολιτικές συντήρησης – αντικατάστασης – ανακαίνισης
- τις λογιστικές πρακτικές (σε κάθε περίπτωση οι δαπάνες για τη συντήρηση είναι κατά μέσο όρο ίσες με το 70% περίπου των συνολικών δαπανών).

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

Βρέθηκε όπως άλλωστε αναμενόταν ότι το πέρασμα αυτό έχει σχέση με την ηλικία του Δικτύου. Εν τούτοις δεν είναι λίγες οι Επιχειρήσεις που δαπανούν μεγάλα ποσά για ανακαίνιση ή αντικατάσταση αν και έχουν Δίκτυα μικρής ηλικίας. Αντίθετα υπάρχουν Επιχειρήσεις Ηλεκτρισμού που έχουν Δίκτυα μεγάλης ηλικίας και παρόλα αυτά δεν προχωρούν στην αντικατάσταση μεμονωμένων μηχανημάτων (π.χ. Μ/Σ ισχύος) ούτε στην ανακαίνιση (ανασχεδιασμό του Δικτύου).

2.4.4 Παράδειγμα – 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.

2.4.5 Παράδειγμα – 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 Μ/Σ ούτε τυχαία μεγάλη βλάβη που συνεπάγεται την αντικατάστασή 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:

$$20 \times 1,25\% = 25\% \text{ του προαναφερθέντος κόστους} \\ +340\text{€ για μια διήθηση του λαδιού στο διάστημα των 20 χρόνων}$$

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

$$20 \times 1,25\% = 25\% \text{ του πωπάνω κόστους} \\ +680\text{€ για δύο διηθήσεις του λαδιού στο διάστημα της δεύτερης 20ετίας} \\ \text{(μια διήθηση στα 20 χρόνια και μια στα 30 χρόνια λειτουργίας)}$$

Η συνολική δαπάνη συντήρησης και διηθήσεων ανέρχεται στο 50% του κόστους προμήθειας, μεταφοράς, εγκατάστασης συν επιπλέον 1020€.

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

- Μετασχηματιστής υψηλής τάσης (150/20KV), 50MVA
Δεχόμαστε ότι η ετήσια δαπάνη για τη συντήρηση του ανέρχεται στο 0,75% του κόστους προμήθειας, μεταφοράς και εγκατάστασης του. Αυτό σημαίνει ότι για τα 25 χρόνια εκμετάλλευσης του θα δαπανηθούν:

$$25 \times 0,75\% = 18,75\% \text{ του προαναφερθέντος κόστους} \\ +2000\text{€ για μια διήθηση του λαδιού στο διάστημα των 25 χρόνων} \\ \text{και για χρωματογραφικές αναλύσεις}$$

Αν αποφασισθεί η συνέχιση της χρήσης του ίδιου Μ/Σ για 25 επιπλέον χρόνια κάτι το οποίο είναι εφικτό εφόσον έχει προηγηθεί συστηματική προστατευτική συντήρηση – τότε για το διάστημα αυτό θα δαπανηθούν επί πλέον:

$25 \times 0,75\% = 18,75\%$ του προαναφερθέντος κόστους
+6000€ για δυο διηθήσεις του λαδιού στο διάστημα της δεύτερης 25ετίας
(μια διήθηση στα 25 χρόνια και μια στα 37 χρόνια λειτουργίας)
και για χρωματογραφικές αναλύσεις και για διαγνωστική μελέτη

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

Συμπέρασμα: Είναι εφικτό με το 40% του συνολικού κόστους ενός Μ/Σ να διατηρήσουμε τον παλιό Μ/Σ σε λεπτού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Μέχρι πριν κάποια περίοδο η συντήρηση θεωρείτο σαν μία παραγκωνισμένη και απρόσωπη εργασία που όμως ήταν αναγκαία για τη λειτουργία του εξοπλισμού. Σήμερα οι μεταβολές που οδήγησαν στην αναγνώρισή της ως βασικής δραστηριότητας και οι δομές που έγιναν στις παραγωγικές μονάδες έχουν επισπεύσει τις μεγάλες αλλαγές στους τρόπους με τους οποίους έχουν οργανωθεί οι εργασίες της συντήρησης και η εκπαίδευση του προσωπικού.

Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιάσουμε τις σημαντικότερες προσεγγίσεις που αφορούν τις σύγχρονες στρατηγικές συντήρησης με έναν συμπυκνωμένο και ουσιαστικό τρόπο προκειμένου στα επόμενα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν να εξειδικεύσουμε όσον αφορά την πιθανότητα και δυνατότητα εφαρμογής τους, τον σχετικό εξοπλισμό που βοηθά σε αυτή την κατεύθυνση, τις απαιτήσεις που εγείρει ένα τέτοιο εγχείρημα (έστω και σε πρώιμο ή πιλοτικό στάδιο) και τις παραμέτρους που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε μια τέτοια - δύσκολη αλλά και αναγκαία όσο ποτέ – απόπειρα.

3.1 Corrective Maintenance (C.M.)

3.1.1 Γενικά

Η λογική αυτής της μεθόδου συντήρησης είναι ιδιαίτερα απλή: ένα μέρος του εξοπλισμού αφήνεται να λειτουργεί χωρίς κάποια επέμβαση ή έλεγχο μέχρι την εμφάνιση βλάβης ή την παραγωγή προϊόντων κακής ποιότητας. Τότε μόνο γίνεται αναγκαστική επέμβαση για την αποκατάσταση του προβλήματος. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται και ως Διορθωτική Συντήρηση, με την έννοια ότι επεμβαίνει μόνο για να διορθώσει τις βλάβες και συντήρηση "εξ αντιδράσεως", με την έννοια ότι αντιδρά στις βλάβες αντί να τις προλαμβάνει. Η Λειτουργία ως τη Βλάβη δεν απαιτεί σπουδαία οργάνωση ούτε προγραμματισμό. Απαιτεί όμως εκτέλεση εργασιών κάτω από συνθήκες πίεσης και κρίσης, που συνοδεύουν την εμφάνιση βλάβης.

Αυτή η μέθοδος συντήρησης μπορεί να είναι αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά. Σαν παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε της μικρής σημασίας και χαμηλού κόστους εξοπλισμούς, εξοπλισμούς όπου οι βλάβες μπορούν να είναι αποδεκτές (από τεχνική αλλά και από οικονομική άποψη) ή σε εξοπλισμούς όπου καμία άλλη μέθοδος δεν είναι δυνατή. Σε περιπτώσεις χαμηλού κόστους λόγω βλάβης (break down cost) μπορεί να αποτελέσει μια καλή στρατηγική, καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις εξακολουθεί η καλύτερη συντήρηση να είναι η απουσία της.

3.1.2 Διορθωτική Συντήρηση – Λειτουργία ως τη βλάβη

Κατά τη λειτουργία ως τη βλάβη ο εξοπλισμός λειτουργεί μέχρι να επέλθει κάποια βλάβη. Τότε το τμήμα που χρησιμοποιεί το εξάρτημα ή μηχανήμα ενημερώνει το τμήμα συντήρησης. Αυτό, αφού εντοπίσει το πρόβλημα, αναλαμβάνει να εκτελέσει Διορθωτική Συντήρηση για την επιδιόρθωση του εξαρτήματος ή μηχανήματος που αστόχησε και την αποκατάσταση της λειτουργίας του ή για την αντικατάστασή του. Η συντήρηση καταχωρείται στην ημερήσια αναφορά του τμήματος.

Η Λειτουργία ως τη Βλάβη μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τρία επίπεδα ανάλογα με τη σπουδαιότητα των εργασιών:

- i. Επιδιορθώσεις ρουτίνας, όταν η βλάβη είναι κάτι ανεπιθύμητο αλλά δεν επηρεάζει άλλες χρήσιμες λειτουργίες.
- ii. Επείγουσες επιδιορθώσεις, όταν οι βλάβες αφορούν ζωτικά εξαρτήματα ή μηχανήματα
- iii. Επείγουσες επιδιορθώσεις, όταν η βλάβη σε ένα εξάρτημα ή μηχανήμα πρόκειται να θέσει σε άμεσο κίνδυνο την υγεία ή την ασφάλεια του προσωπικού ή να προκαλέσει μεγάλη διακοπή σε μια ζωτικότερη λειτουργία.

Με βάση την παραπάνω διάκριση ορίζεται και η προτεραιότητα με την οποία κάθε διορθωτική ενέργεια πρέπει να πραγματοποιηθεί. Η θέση προτεραιοτήτων καθορίζει πρωτίστως το χρόνο αντίδρασης που απαιτείται για την εκτέλεση της κάθε ενέργειας, αλλά επηρεάζει και το συνολικό κόστος συντήρησης. Εργασίες υψηλής προτεραιότητας απαιτούν ποικίλες αρχικές δαπάνες προ της βλάβης για την ύπαρξη των κατάλληλων μέσων και του κατάλληλου προσωπικού που θα πρέπει να αντιδράσει άμεσα και μέσα στα καθορισμένα χρονικά όρια. Εργασίες χαμηλής προτεραιότητας δεν απαιτούν δαπάνες πριν την εκδήλωση της βλάβης.

Τυπικά μια κλίμακα προτεραιοτήτων από το 1 έως το 5 στη Λειτουργία ως τη Βλάβη κατατάσσει τις εργασίες αυτής όπως παρακάτω.

Προτεραιότητα 1: Γενικά οποιοδήποτε πρόβλημα είναι πιθανό να απαιτεί άμεση διακοπή της λειτουργίας ή θέτει σε υψηλό κίνδυνο την ασφάλεια ή την υγεία του προσωπικού.

Προτεραιότητα 2: Γενικά οποιοδήποτε πρόβλημα είναι πιθανό να απαιτεί επίλυση μέσα σε κάποιο σχετικά μικρό χρονικό διάστημα ή ο κίνδυνος στον οποίο μπορεί να θέσει την ασφάλεια ή την υγεία του προσωπικού δεν είναι υψηλός.

Προτεραιότητα 3: Γενικά οποιοδήποτε πρόβλημα είναι πιθανό να απαιτεί επίλυση μέσα σε κάποιο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ή ο κίνδυνος στον οποίο μπορεί να θέσει την ασφάλεια ή την υγεία του προσωπικού είναι μικρός.

Προτεραιότητες 4 και 5: Αυτό το επίπεδο συντήρησης προορίζεται για τις περιπτώσεις όπου η Λειτουργία ως τη Βλάβη είναι πρακτική απλά για την ελαχιστοποίηση του κόστους.

Ένα παράδειγμα μιας κλίμακας από το 1 έως το 5 μπορεί να είναι το εξής:

Προτεραιότητα 1: Υποδεικνύει ένα επείγον πρόβλημα για επίλυση μέσα σε 30 λεπτά.

Προτεραιότητα 2: Υποδεικνύει ένα πρόβλημα υψηλής προτεραιότητας για επίλυση μέσα σε 2 ώρες.

Προτεραιότητα 3: Υποδεικνύει ένα πρόβλημα για επίλυση μέσα στην ίδια ημέρα.

Προτεραιότητα 4: Υποδεικνύει ένα πρόβλημα για επίλυση μέσα στις επόμενες 5 ημέρες.

Προτεραιότητα 5: Υποδεικνύει ένα πρόβλημα που απαιτεί δράση μέσα σε μια περίοδο 30 ημερών και που μπορεί να συνδυαστεί με άλλες επισκευές προοριζόμενες για την ίδια περίοδο.

3.1.3 Κόστος Διορθωτικής Συντήρησης (λειτουργία ως τη βλάβη)

Σε πρώτο επίπεδο η πρακτική της Λειτουργίας ως τη Βλάβη εμφανίζεται λογική και αυτή μπορεί να είναι αποτελεσματική όταν ο εξοπλισμός είναι καινούριος ή το σταμάτημά του δεν είναι σημαντικό για την παραγωγική διαδικασία. Σε αντίθετη περίπτωση αποτελεί την πιο ακριβή μορφή συντήρησης. Η υπερωριακή εργασία, η έκτακτη προσέλευση προσωπικού σε μη εργάσιμες ώρες είναι σύνηθες φαινόμενο σε και αυξάνει το κόστος αποκατάστασης.

Από την άλλη, αφού δεν είναι γνωστό τι και πότε θα χαλάσει, απαιτείται διατήρηση μεγάλων αποθεμάτων ανταλλακτικών, που αυξάνονται όσο μεγαλύτερη είναι η πληθώρα διαφορετικών μηχανημάτων της εγκατάστασης. Επιπλέον η παντελής έλλειψη ελέγχου των μηχανημάτων κατά τη λειτουργία οδηγεί συνήθως σε μεγάλο χρόνο εύρεσης και επισκευής της βλάβης, με αποτέλεσμα τους αυξημένους νεκρούς χρόνους και τη μικρή διαθεσιμότητα της παραγωγικής εγκατάστασης.

Ακόμη το ξαφνικό σταμάτημα ενός μηχανήματος λόγω της αστοχίας του κρύβει κόστη που αφορούν:

A. Την Παραγωγή: κόστος της χαμένης παραγωγής, φθορά, μόλυνση ή άλλος συμβιβασμός στην ποιότητα του προϊόντος, απώλεια πελατείας και επανεκτίμηση των εξωτερικών συνεργατών στους οποίους θα ανατεθεί η συντήρηση, γενικά έξοδα συνδεδεμένα με τους αρχικούς εξωτερικούς συνεργάτες συντήρησης, απώλεια της ομαλής λειτουργίας.

B. Τη συντήρηση και προκύπτουν: επιπλέον κόστη εξαιτίας της καταστροφής κανονικά αποκαταστάσιμων κομματιών, επιπλέον καταστροφή στοιχείων συνδεδεμένων με το αρχικά κατεστραμμένο και οι εργατοώρες για την επισκευή τους.

3.1.4 Προϋποθέσεις της Διορθωτικής Συντήρησης

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, η Λειτουργία ως τη Βλάβη μπορεί να είναι αποτελεσματική σε ορισμένες περιπτώσεις. Κατά βάση εφαρμόζεται:

- όταν ο αριθμός των μηχανημάτων είναι μικρός
- όταν ο εξοπλισμός είναι πολύ απλός και η επισκευή δεν απαιτεί κάποιον ειδικό ή εξειδικευμένα εργαλεία ή συσκευές
- όπου η ξαφνική στάση λόγω βλάβης (break down) ενός στοιχείου του εξοπλισμού δεν πρόκειται να προκαλέσει μεγάλη οικονομική απώλεια λόγω καθυστέρησης των παραδόσεων των προϊόντων ή περαιτέρω καταστροφές σε άλλα στοιχεία του
- όπου η ξαφνική βλάβη δεν πρόκειται να προκαλέσει κάποιο σοβαρό κίνδυνο για την ασφάλεια του προσωπικού ή το περιβάλλον.

Το μεγάλο μειονέκτημα αυτού του τύπου συντήρησης είναι ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί όπου ο αριθμός των μηχανημάτων είναι μεγάλος. Συχνά όμως και παρά την υιοθέτηση πιο εξελιγμένων μεθόδων συντήρησης, που σκοπό έχουν την παρεμπόδιση ή την πρόβλεψη της εξέλιξης των βλαβών (όπως θα εξεταστεί στα επόμενα κεφάλαια), η λειτουργία της συντήρησης μπορεί να πραγματοποιηθεί αφότου συμβεί μια βλάβη:

- είτε γιατί αυτή ήταν δυνατό να παρεμποδιστεί αλλά δεν παρεμποδίστηκε.
- είτε γιατί ήταν δυνατό να προβλεφθεί αλλά δεν προβλέφθηκε.
- είτε γιατί προβλέφθηκε αλλά δεν αντιμετωπίστηκε.
- είτε γιατί δεν ήταν δυνατό ούτε να παρεμποδιστεί ούτε να προβλεφθεί.

3.1.5 Αξιολόγηση της Διορθωτικής Συντήρησης

Όπως προκύπτει και από τα παραπάνω, η εφαρμογή της Λειτουργίας ως τη Βλάβη έχει πλεονεκτήματα, αλλά και πολλά μειονεκτήματα.

A. Πλεονεκτήματα

- Το χαμηλό κόστος, όταν εφαρμόζεται σωστά. Όταν δεν απαιτείται συντήρηση δεν προκύπτει και κόστος συντήρησης.
- Οι βλάβες ως επί το πλείστον συμβαίνουν ξαφνικά. Η Λειτουργία ως τη Βλάβη δεν απαιτεί προγραμματισμό, γεγονός που αποτελεί μια επιπλέον μείωση του κόστους.
- Η δυνατότητα συλλογής πληροφοριών. Με βάση τις αστοχίες μιας χαμηλής σημασίας μηχανής μπορούν να προκύψουν αξιόπιστες πληροφορίες για μηχανές μεγαλύτερης σημασίας που έχουν τα ίδια στοιχεία.
- Μικρότερη πιθανότητα "νηπιακής θνησιμότητας" της μηχανής (δηλαδή αστοχίας της όταν ακόμα είναι καινούρια). Όπως θα εξηγηθεί και σε επόμενο κεφάλαιο, η Προληπτική Συντήρηση συχνά δεν προτιμάται εξαιτίας αυτής της "νηπιακής θνησιμότητας".

B. Μειονεκτήματα

- Χαμηλή ποιότητα συντήρησης των μηχανημάτων και μειωμένη διάρκεια ζωής.
- Απρόβλεπτη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού με συνέπειες στην παραγωγική διαδικασία, αλλά και στην εξυπηρέτηση των πελατών.
- Οι μεγάλες απώλειες παραγωγής, λόγω των απρογραμμάτιστων στάσεων του εξοπλισμού.
- Βλάβη σε ένα στοιχείο του εξοπλισμού μπορεί να προκαλέσει δευτερεύουσα βλάβη σε ένα άλλο, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερο κόστος και μεγαλύτερους χρόνους αποκατάστασης της ομαλής λειτουργίας του εξοπλισμού και της παραγωγικής διαδικασίας. Καθώς οι βλάβες συμβαίνουν ξαφνικά, απαιτούνται μεγάλες ποσότητες διαθέσιμων αποθεμάτων για την κάλυψη των έκτακτων αναγκών. Για την αποφυγή σταματήματος της παραγωγής

συχνά μπορεί να καθίσταται απαραίτητη η ύπαρξη πλεονάζοντος εφεδρικού εξοπλισμού. Με σκοπό τη γρήγορη αποκατάσταση όλων των ξαφνικών βλαβών που μπορεί να προκύψουν απαιτείται η ύπαρξη μιας μεγάλης ομάδας συντήρησης που να είναι ικανή και έτοιμη να αντιδράσει ανά πάσα στιγμή.

- Το αυξημένο κόστος συντήρησης και λειτουργίας εξαιτίας κυρίως εκδήλωσης σοβαρών βλαβών και μεγάλων σταματημάτων, αλλά και αύξησης εργασιακού κόστους, ανάλωσης ανταλλακτικών, μεγάλων αποθεμάτων.
- Μεγαλύτερες πιθανότητες εργατικών ατυχημάτων λόγω των έκτακτων προσελεύσεων και της υπερωριακής εργασίας, της πίεσης χρόνου στις επεμβάσεις, της ξαφνικής φύσης των βλαβών, αλλά και της κατάστασης του εξοπλισμού.

Γίνεται φανερό από τα παραπάνω ότι το κόστος αποκατάστασης με αυτή τη μορφή συντήρησης είναι πολλαπλάσιο από το σχετικό κόστος αποκατάστασης εάν η ίδια επισκευή είχε πραγματοποιηθεί στα πλαίσια μιας προγραμματισμένης διαδικασίας συντήρησης. Για το λόγο αυτό και καθότι η συντήρηση οφείλει να παρέχει τη μεγαλύτερη δυνατή διαθεσιμότητα στον εξοπλισμό με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, αναπτύχθηκαν νέες μέθοδοι που βασίζονται στη σχεδίαση και εφαρμογή ενός σωστού προγράμματος συντήρησης.

Παρά τα μειονεκτήματά της όμως αυτή η μέθοδος συντήρησης εξακολουθεί να υφίσταται, διότι, όπως ειπώθηκε, σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι τεχνικά ή οικονομικά δυνατή η διαπίστωση της φθοράς ή άλλων λόγων (λειτουργία εκτός προδιαγραφών, σχεδιαστικά ή κατασκευαστικά λάθη, βλάβες συστημάτων επιτήρησης κ.λπ.) που προκαλούν τη βλάβη. Έτσι, όσο καλά οργανωμένη κι αν είναι μια μονάδα συντήρησης και όσο αποτελεσματικά και αν ενεργεί, πάντοτε θα παρουσιάζονται βλάβες στον εξοπλισμό που θα απαιτούν Διορθωτική Συντήρηση.

3.2 Time-Based Maintenance (T.B.M.)(από την εξέλιξη της Προληπτικής Συντήρησης – Preventive Maintenance)

3.2.1 Γενικά

Η παραδοσιακή Προληπτική Συντήρηση προσαρμοσμένη στα σημερινά επίπεδα των απαιτήσεων της τεχνολογίας και οι επίσης παραδοσιακές επισκευές, ανάλογα τροποποιημένες, συναποτελούν την προστατευτική συντήρηση.

Η λογική της μεθόδου συνίσταται στα εξής: Προγραμματισμένος περιοδικός έλεγχος του εξοπλισμού. Ο τύπος αυτός συντήρησης συναντάται στην βιβλιογραφία ως Time-Based Maintenance—T.B.M. Κάθε σημαντικό μηχάνημα σταματά και επιθεωρείται επισταμένως μετά από συγκεκριμένες ώρες λειτουργίας. Κάθε φθαρμένο εξάρτημα (εάν υπάρχει) αντικαθίσταται και το μηχάνημα παραδίδεται σε λειτουργία. Επομένως η Time Based Maintenance συνιστάται σε μια σειρά από δραστηριότητες οι οποίες προγραμματίζονται με συχνότητα που υπαγορεύεται από το συνολικό χρονικό διάστημα από την

προμήθεια ενός μηχανήματος, τις ώρες λειτουργίας του μηχανήματος, την ποσότητα της παραγωγής ή την κατάσταση και:

- είτε παρατείνουν τη ζωή ενός εξαρτήματος ή μηχανήματος
- είτε αποκαλύπτουν ότι ένα εξάρτημα ή μηχανήμα έχει φθαρεί σημαντικά και πρόκειται να αστοχήσει.

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, η συντήρηση σχεδιάζεται έτσι ώστε να διορθώνει ή να προλαμβάνει καταστάσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε βλάβες με αποτέλεσμα την απώλεια παραγωγής, τις ακριβές επισκευές και αντικαταστάσεις εξαρτημάτων. Είναι πιο οικονομικό να συντηρηθεί κάτι προληπτικά παρά αφότου έχει ήδη προκαλέσει σταμάτημα παραγωγής, με όλα τα δυσάρεστα επακόλουθα. Ακόμα και αν αυτό σημαίνει ότι ορισμένα εξαρτήματα πιθανόν να αντικατασταθούν πριν εξαντλήσουν τα αξιόπιστα όρια λειτουργίας. Αν πάλι η παραγωγική διαδικασία σταματά, η παραγωγή που χάνεται σε μια στάση-βλάβη είναι πολύ περισσότερη από ότι σε μια στάση που γίνεται προγραμματισμένα.

Η λογική πίσω από αυτή την πρακτική συντήρησης είναι ότι οι ρυθμοί βλαβών του εξοπλισμού ακολουθούν μια πορεία στην οποία ο μόνος παράγοντας που ουσιαστικά επιδρά είναι ο χρόνος. Τα διαστήματα της συντήρησης προκαθορίζονται είτε κυρίως από την εμπειρία των διεθνών οίκων του συγκεκριμένου εξοπλισμού είτε, σε μικρότερο βαθμό, από τη συστηματική τήρηση αρχείων στην εγκατάσταση. Με αυτό τον τρόπο θεωρητικά οι διαδικασίες συντήρησης μπορούν να προγραμματιστούν σε νεκρούς χρόνους λειτουργίας και τα απαραίτητα ανταλλακτικά να παραγγελθούν σε κατάλληλο χρονικό διάστημα.

Η επισκευή πριν την πραγματοποίηση της βλάβης αποτελεί την ουσιαστική διαφοροποίηση της Time-Based Maintenance από την Corrective Maintenance και πέρα από τη σημαντική μείωση του κόστους που προκύπτει από την παραμονή της μονάδας εκτός λειτουργίας και τη δυνατότητα προγραμματισμού των χρόνων επισκευής και προμήθειας ανταλλακτικών, υπάρχει ένας ακόμα λόγος που την επιβάλλει: η καταστροφή συνδεδεμένων στοιχείων του συστήματος. Όταν κάποιο εξάρτημα αστοχεί, συχνά καταστρέφει τα στοιχεία που συνδέονται με αυτό, γεγονός που πολλαπλασιάζει το κόστος για την αποκατάσταση της βλάβης. Μερικές φορές η βλάβη δεν επιδεινώνεται και έτσι το κόστος αποκατάστασης και το κόστος από τη βλάβη είναι περίπου τα ίδια. Όμως η αναβολή της δράσης δημιουργεί ένα διαρκώς αυξανόμενο πρόβλημα στο τμήμα συντήρησης.

Για να είναι αποδοτική και οικονομικότερη η Time-Based Maintenance απαιτείται εκπαιδευμένο προσωπικό, αξιόπιστο και οργανωμένο σύστημα διακινήσεως πληροφοριών, οι οποίες να υποστηρίζουν το σύστημα συντήρησης, τακτικές προγραμματισμένες επιθεωρήσεις και προληπτικές εργασίες συντήρησης.

Βασικό στοιχείο της Time-Based Maintenance είναι η διενέργεια ελέγχων. Έλεγχος είναι η διαδικασία εκείνη που:

- Εξετάζει εάν ο εξοπλισμός ή οι προδιαγραφές ενός μηχανήματος είναι τα απαιτούμενα.
- Εκτιμά όλους τους παράγοντες που μπορούν να δημιουργήσουν πιθανά προβλήματα.

- Αναγνωρίζει όλους τους παράγοντες και τα αίτια που μπορούν να οδηγήσουν σε σταμάτημα της λειτουργίας του εξοπλισμού ή του μηχανήματος και εκτιμά το χρόνο μέχρις ότου αυτό συμβεί.

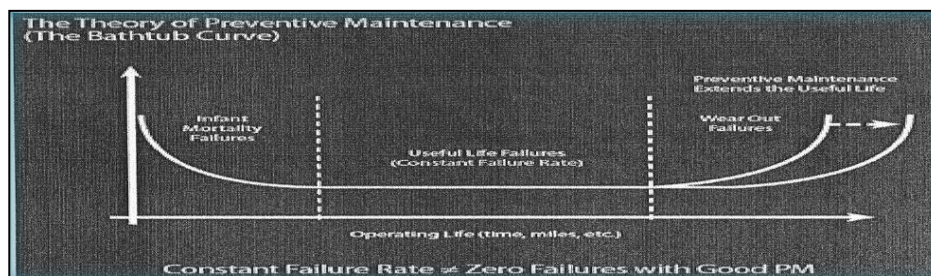
Οι έλεγχοι θα πρέπει να προγραμματίζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία των μηχανημάτων, οι δε επεμβάσεις, επισκευές ή αντικαταστάσεις που πιθανά χρειάζονται να μην έρχονται σε αντίθεση με το πρόγραμμα της παραγωγής.

Υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί όσον αφορά την εφαρμογή της Time-Based Maintenance. Οι αστοχίες που δεν εξαρτώνται από το χρόνο, δηλαδή εμφανίζονται τυχαία και όχι μετά από ίσα χρονικά διαστήματα.

- Οι εξαρτώμενες από το χρόνο αστοχίες που σχετίζονται με τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού και οι οποίες δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν γιατί και αυτές δεν εμφανίζονται μετά από ίσα χρονικά διαστήματα. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι γι' αυτό που οφείλονται κυρίως στον τρόπο λειτουργίας και σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως κακή τοποθέτηση του εξαρτήματος, απώλεια λαδιών κ.ά.
- Η διαδικασία του σταματήματος της λειτουργίας του εξοπλισμού και της επανεκκίνησής του κάθε φορά που πραγματοποιείται μια επιθεώρηση. Μάλιστα όσο πιο μεγάλα και πιο βαριά είναι τα μηχανήματα που σταματούν τόσο πιο δύσκολη και πιο ακριβή είναι η επανεκκίνησή τους μεγάλη αύξηση του κόστους .

3.2.2 Η καμπύλη – «μπανιέρα» στην Time-Based Maintenance

Η καμπύλη του Διαγράμματος της επόμενης σελίδας που μοιάζει με μπανιέρα, χαρακτηρίζει τη διάρκεια ζωής των υλικών και των σύνθετων τεχνολογικών συστημάτων. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα η σύντομη χρονική περίοδος αριστερά στην καμπύλη χαρακτηρίζεται από υψηλούς ρυθμούς βλαβών οι οποίες με την πάροδο του χρόνου μειώνονται. Αυτό ονομάζεται περίοδος "παιδικών ασθενειών" ή "νηπιακή θνησιμότητα". Αυτό το κομμάτι της καμπύλης αντιπροσωπεύει τα ελαττωματικά εξαρτήματα του εξοπλισμού τα οποία οδηγούνται σε βλάβη γιατί δεν κατασκευάστηκαν σωστά και κατά συνέπεια οδηγούν στη βλάβη.



Εικόνα 3.2.2– Η καμπύλη – «μπανιέρα» στην Time Based Maintenance

Έτσι κακής ποιότητας υλικά εξαρτήματα εκτός ανοχών και κακή συσκευασία προκαλούν υπερβολικό αριθμό βλαβών στην αρχή της λειτουργικής ζωής του εξοπλισμού. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό και οι άνθρωποι της συντήρησης το έχουν υπό έλεγχο. Συνεπώς ανακαλύπτουν τις αιτίες, την αστοχία του υλικού και επισκευάζουν τον εξοπλισμό έγκαιρα.

Η μεγάλη χρονική περίοδος που ακολουθεί χαρακτηρίζεται από σταθερούς πλέον ρυθμούς βλαβών. Αυτή η περίοδος αναφέρεται ως ωφέλιμη ζωή. Οι βλάβες που συμβαίνουν σε αυτή τη χρονική περίοδο λέγονται τυχαίες βλάβες. Οι τυχαίες βλάβες μπορούν να συμβούν λόγω διάφορων παραγόντων όπως σεισμοί, ταλαντώσεις, θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και μεταβολές της υγρασίας.

Η σύντομη χρονική περίοδος λίγο δεξιότερα της δεύτερης διακεκομμένης καθέτου στην καμπύλη χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλούς ρυθμούς βλαβών κυρίως (wear out failures) λόγω γήρανσης. Υπάρχει τάση βλαβών στον εξοπλισμό από το γεγονός ότι στα επιμέρους στοιχεία του έχουν επέλθει συσσωρευμένες επιδράσεις όπως διάβρωση, ευθραυστότητα κτλ.

Τέλος, στο δεξιότερο μέρος της καμπύλης βλέπουμε την λεγόμενη επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού. Με τον όρο αυτό εννοείται η περιγραφή των συστηματικών διαδικασιών μέσω των οποίων ο εξοπλισμός ή τμήματά του έχουν διάρκεια ζωής πέρα από τη πλασματική οικονομική διάρκεια ζωής ή πέρα από τη προσδόκιμη διάρκεια ζωής. Οι πιο πάνω διαδικασίες δεν ορίζονται μονοσήμαντα και περιλαμβάνουν:

- Εκτίμηση του ιστορικού λειτουργίας και πείρα σχετική με τη συμπεριφορά του εξοπλισμού (βλάβες, αστοχίες κτλ).
- Εκτίμηση της κατάστασης του εξοπλισμού.
- Ανακαίνιση του εξοπλισμού ώστε η ζωή του να επιμηκυνθεί πέρα από την αρχικά προσδιορισθείσα διάρκεια ζωής.
- Βελτίωση στην παρακολούθηση, τη συντήρηση και τη λειτουργία για την υποστήριξη των διαδικασιών.

Χρήσιμο είναι να σημειώσουμε ότι διαδικασίες που μόλις αναφέραμε έχουν ιδιαίτερα αυξημένη σημασία αν λάβουμε υπόψη μας ότι πολλές φορές οι εκτιμήσεις, οι προβλέψεις αλλά και οι προδιαγραφές χρήσης κι οι οδηγίες συντήρησης που παρέχουν οι κατασκευαστικοί οίκοι είναι αρκετά «συντηρητικές».

Όλες οι πιο πάνω ενέργειες πρέπει να εκτελεστούν με οικονομικό τρόπο σύμφωνα με τον οποίο θα προσδιορίζονται οι δαπάνες και θα εκτιμηθούν τα οφέλη. Με άλλα λόγια η επιμήκυνση της παραγωγικής, οικονομικής και αξιόπιστης ζωής, κατανοείται μέσω των διαδικασιών αναθεώρησης, έρευνας, εκτίμησης, ανάλυσης, επισκευής, τροποποίησης και παρακολούθησης.

3.2.3 Σημαντικά στοιχεία για την εφαρμογή της Προληπτικής Συντήρησης

Η Προληπτική Συντήρηση είναι προγραμματισμένη συντήρηση η οποία στοχεύει στην παράταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού και στην αποφυγή απρογραμμάτιστων δραστηριοτήτων συντήρησης. Περιλαμβάνει

λιπάνσεις, καθαρισμούς, ρυθμίσεις και αντικαταστάσεις. Σκοπός της είναι η ελαχιστοποίηση των βλαβών (breakdowns) και των εκτεταμένων ζημιών.

Ένα καλό πρόγραμμα Time-Based Maintenance θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- μη καταστροφικούς ελέγχους
- περιοδικές επιθεωρήσεις
- προγραμματισμένες δραστηριότητες συντήρησης
- διορθωτικές συντηρήσεις των ελαττωμάτων που εντοπίστηκαν κατά τους ελέγχους ή τις επιθεωρήσεις.

Η Time-Based Maintenance ενέχει και κάποιους κινδύνους με την έννοια της πρόκλησης ζημιών διαφόρων τύπων κατά την πραγματοποίησή της. Με άλλα λόγια τα ανθρώπινα λάθη κατά τη διενέργεια των δραστηριοτήτων της και η "νηπιακή θνησιμότητα" των καινούριων στοιχείων που τοποθετούνται μετά από αντικαταστάσεις που προβλέπει οδηγούν σε επιπρόσθετες αστοχίες του εξοπλισμού ο οποίος έχει ενταχθεί στο πρόγραμμα της Time-Based Maintenance. Συχνά αυτού του είδους οι αστοχίες συμβαίνουν πολύ γρήγορα μετά τη διενέργεια Προληπτικής Συντήρησης. Τυπικά τα ακόλουθα λάθη ή καταστροφές συμβαίνουν κατά τις προληπτικές συντηρήσεις:

- ζημιά σε παρακείμενο εξοπλισμό κατά τη διάρκεια δραστηριότητας Προληπτικής Συντήρησης.
- ζημιά στον εξοπλισμό που συντηρείται που μπορεί να είναι.
- ζημιά κατά τη διενέργεια επιθεωρήσεων, επισκευών, ρυθμίσεων ή τοποθετήσεων ανταλλακτικών.
- τοποθέτηση ελαττωματικών ανταλλακτικών, λανθασμένη τοποθέτηση ανταλλακτικών ή λανθασμένη επανασυναρμολόγηση.
- η "νηπιακή θνησιμότητα" των νέων στοιχείων που τοποθετούνται κατά τις αντικαταστάσεις.
- ζημιά κατά την επανατοποθέτηση του εξοπλισμού στην αρχική του θέση.

Το χειρότερο στοιχείο αυτού του τύπου των λαθών είναι το γεγονός ότι δε γίνονται αντιληπτά παρά μόνο όταν εκδηλωθεί η απρόβλεπτη βλάβη που προκαλούν.

Το κλειδί για ένα επιτυχημένο πρόγραμμα Time-Based Maintenance είναι ο προγραμματισμός και η εκτέλεση. Ο προγραμματισμός θα πρέπει να είναι αυτοματοποιημένος στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό ώστε να γίνεται συνεχής έλεγχος του προγράμματος και να εξασφαλίζεται η ολοκλήρωση όλων των εργασιών που προβλέπονται σύμφωνα με το πρόγραμμα. Η Time-Based Maintenance θα πρέπει να επικεντρώνεται σε καθαρισμούς, λιπάνσεις και επιδιορθώσεις ελαττωμάτων που εντοπίζονται μετά από ελέγχους και επιθεωρήσεις. Όταν υπάρχει ανάγκη ρύθμισης ή αντικατάστασης στοιχείων αυτές θα πρέπει να γίνονται από κατάλληλα εκπαιδευμένους ειδικούς. Οι προκαθορισμένες αντικαταστάσεις θα πρέπει να είναι οι ελάχιστες δυνατές και να γίνονται μόνο όταν υπάρχουν στατιστικά στοιχεία ή στοιχεία σχετικά με τη γήρανση του εξοπλισμού που να δείχνουν την ύπαρξη χαρακτηριστικών φθοράς.

Ένα ποιοτικό πρόγραμμα Time-Based Maintenance απαιτεί και την ύπαρξη ενός ευαίσθητοποιημένου και κινητοποιημένου προσωπικού που να έχει

αντιληφθεί τα οφέλη από την εφαρμογή του. Στην ευαισθητοποίηση και κινητοποίηση του προσωπικού μπορούν να βοηθήσουν ενέργειες όπως:

- η εγκατάσταση της Time-Based Maintenance ως ενός αναγνωρισμένου, σημαντικού τμήματος του όλου προγράμματος της συντήρησης,
- η ανάθεση των εργασιών της συντήρησης σε ικανούς και υπεύθυνους ανθρώπους, η παρακολούθηση των εργασιών από τη διεύθυνση για την εξασφάλιση της ποιότητάς τους και για να γίνεται αντιληπτό ότι η διεύθυνση ενδιαφέρεται,
- η εκπαίδευση σε συγκεκριμένες πρακτικές και τεχνικές συντήρησης και πάνω σε συγκεκριμένο εξοπλισμό,
- η δημοσίευση της μείωσης του κόστους που προκύπτει ως αποτέλεσμα της Time-Based Maintenance.

3.2.4 Βήματα Διαδικασίας Προγραμματισμού T.B.M.

Η διαδικασία του προγραμματισμού της Time-Based Maintenance ολοκληρώνεται σε τρία βήματα.

Στο πρώτο βήμα συντάσσονται πλήρεις λίστες όλων όσων απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η Time-Based Maintenance. Για να γίνει αυτό προηγείται μια προσπάθεια πλήρους σχεδιασμού κάθε επαναλαμβανόμενης δραστηριότητας και έτσι ετοιμάζεται ένα διεξοδικό πακέτο σχεδιασμένων δραστηριοτήτων (Planned Job Package). Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει τα εξής:

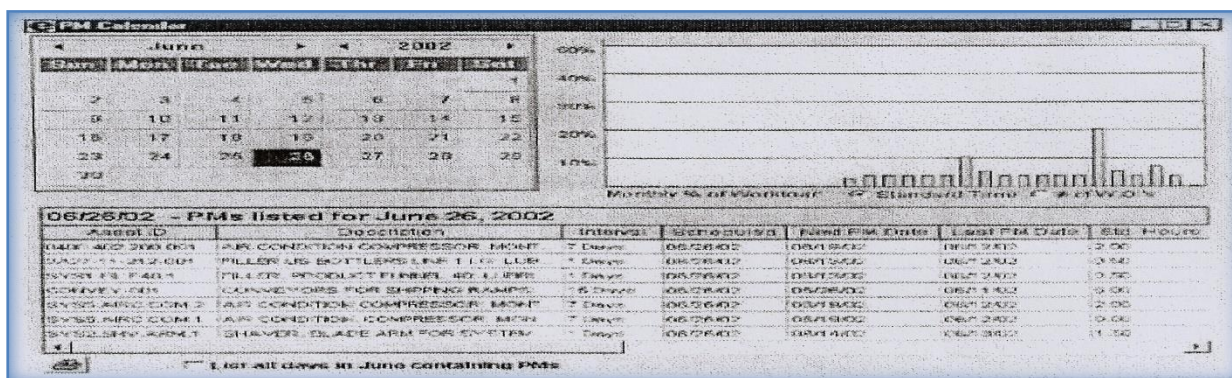
- Εκδόσεις εντολών εργασίας (work orders).
- Λεπτομερή λίστα δραστηριοτήτων (Task List) με βήμα προς βήμα τις ενέργειες κάθε δραστηριότητας.
- Εκτιμώμενες εργατοώρες
- Κατάλογο όλων των υλικών που χρειάζονται για τη δραστηριότητα.
- Απαιτήσεις σε υλικά που δεν υπάρχουν στις αποθήκες.
- Πλήρη κατάλογο των απαιτούμενων εργαλείων. Κατά τη διαδικασία της αναθεώρησης της Προληπτικής Συντήρησης καθορίζεται εάν διαφορετικά, καλύτερα, πιο εξειδικευμένα ή πιο απλά εργαλεία θα επιταχύνουν τη δραστηριότητα.
- Κατάλογο των απαιτήσεων σε ασφάλεια συμπεριλαμβανομένων κλειδωμένων ή οριοθετημένων χώρων και προσωπικού εξοπλισμού προστασίας.
- Απαιτήσεις πρόσβασης στα υλικά. Κατάλογος με το ποιος πρέπει να ειδοποιηθεί όταν γίνεται συντήρηση σε μια μονάδα.
- Φορητοί Η/Υ (laptop), με Εγχειρίδια συντήρησης, σχέδια, φωτογραφίες, ειδικές ενέργειες, διασαφήσεις, μεγέθη, ανοχές και άλλες αναφορές που είναι πιθανό η ομάδα συντήρησης να χρειαστεί.

Ο σχεδιασμός συντονίζει χρονικά ακριβώς τα στοιχεία μιας επιτυχημένης δραστηριότητας συντήρησης: εργατοώρες, εργαλεία, ανταλλακτικά, προμήθειες, πληροφορία, μηχανολογικά δεδομένα και σχέδια, επιτήρηση της μονάδας που συντηρείται, εντολές, έγγραφες άδειες και θεσπισμένες άδειες.

Αυτή η ακριβής συνεργασία όλων των πόρων που απαιτούνται για μια δραστηριότητα είναι ιδιαίτερα ουσιώδης για την Time-Based Maintenance.

Το δεύτερο βήμα στον προγραμματισμό της Time-Based Maintenance αφορά την επίτευξη αρμονικής συνεργασίας συντήρησης και παραγωγής. Σε αυτό το βήμα γίνεται προσπάθεια να συνδυαστούν οι επιθυμίες για το πότε να γίνουν οι δραστηριότητες της συντήρησης με την πραγματικότητα της παραγωγής. Για να υπάρξει αποτελεσματική συνεργασία θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα που θα προταθεί στη συνέχεια στην παραγωγή ή στους χειριστές, ώστε να διαπιστωθεί εάν οι χρονικές στιγμές που είναι διαθέσιμο το προσωπικό και τα υλικά συμπίπτουν με τις χρονικές στιγμές που είναι διαθέσιμος ο εξοπλισμός. Αφότου η παραγωγή συμφωνήσει με το προτεινόμενο πρόγραμμα ακολουθεί το τέταρτο βήμα στο οποίο το πρόγραμμα διατυπώνεται ακριβώς.

Ένα Υπολογιστικό Σύστημα Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης (**Computerized Maintenance Management System – C.M.M.S.**) μπορεί να διευκολύνει τον προγραμματισμό της Time Based Maintenance. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στην οθόνη της ακόλουθης Εικόνας 3.2.4, ο υπολογιστής μπορεί να ψάξει όλες τις προγραμματισμένες συντηρήσεις για μια συγκεκριμένη ημερομηνία. Μπορεί να υπολογίσει τους πρότυπους χρόνους όλων των προγραμματισμένων συντηρήσεων και να δώσει το ποσοστό των διαθέσιμων ωρών. Το σύστημα δείχνει ακόμα όλες τις δραστηριότητες συντήρησης που δεν έχουν προγραμματιστεί.



Εικόνα 3.2.4 – Εμφανιζόμενη οθόνη από ένα (Computerized Maintenance Management) System

3.2.5 Task Lists (Λίστες Δραστηριοτήτων)

Όλες οι δραστηριότητες και ενέργειες που θα πραγματοποιηθούν κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή οργανώνονται στις λεγόμενες λίστες δραστηριοτήτων (task list), όπου οι δραστηριότητες είναι δύο ειδών: α.) παράτασης ζωής (extend life) και β.) εύρεσης αστοχιών (detect failure). Οι δυο αυτές δραστηριότητες παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.

Στην εύρεση αστοχιών (detect failure) ανήκουν:

- Η επιθεώρηση με χρήση των ανθρώπινων αισθήσεων. Η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων εξαρτάται από τις αισθήσεις της όρασης, της ακοής, της αφής και της όσφρησης του παρατηρητή.
- Οι σημειώσεις του χειριστή σχετικά με την λειτουργία της μηχανής. Πολλά προβλήματα είναι φανερά στο χειριστή πριν τα αντιληφθεί οποιοσδήποτε άλλος.

Σε ότι αφορά στις δραστηριότητες παράτασης ζωής (extend life) ή αλλιώς συντήρηση ρουτίνας (routine maintenance) ανήκουν: Συσφίξεις, λιπάνσεις, καθαρισμοί. Αποτελούν τις βασικότερες και σημαντικότερες ίσως δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης οι οποίες δεν απαιτούν κάποιο ιδιαίτερο εξοπλισμό ή τεχνικές.

Ρυθμίσεις που κάνουν τον εξοπλισμό να λειτουργεί βέλτιστα, όπως αλλαγές ή τροποποιήσεις στην εκκίνηση ή τη λειτουργία της μηχανής.

Οι Προγραμματισμένες Αντικαταστάσεις Εξαρτημάτων (Planned Component Replacement, PCR), μια τεχνική που βελτιώνει την αξιοπιστία σε πολλές περιπτώσεις.

3.2.5.1 Προγραμματισμένη Αντικατάσταση Εξαρτημάτων(PCR)

Η Προγραμματισμένη Αντικατάσταση Εξαρτημάτων είναι μια από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στη λίστα δραστηριοτήτων της Time-Based Maintenance. Η καινοτομία της συνίσταται στην εξάλειψη των βλαβών επειδή αφαιρούνται και αντικαθίστανται εξαρτήματα μετά από τόσες ώρες ή κύκλους λειτουργίας, αλλά πάντως πριν αστοχήσουν. Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής της στρατηγικής αυτής τα εξαρτήματα που αφαιρούνται είτε επιστρέφονται για επιθεώρηση και επιδιόρθωση, ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν, είτε αχρηστεύονται.

Στα θετικά αυτής της στρατηγικής μπορούμε να θεωρήσουμε το ελεγχόμενο κόστος συντήρησης και τα μικρά χρονικά διαστήματα εκτός λειτουργίας του εξοπλισμού. Εάν όμως το νέο εξάρτημα έχει αυξημένες πιθανότητες να αστοχήσει όταν είναι καινούριο, η στρατηγική είναι μη αποτελεσματική. Επιπλέον τα αφαιρούμενα εξαρτήματα που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μετά από επιδιόρθωση είναι ελάχιστα, καθώς επιδιώκεται η μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία. Γι' αυτό και η PCR είναι ακριβή. Όπως ειπώθηκε, υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι εφαρμογής της PCR:

- A.** Προγραμματισμένη απόρριψη, όπου το εξάρτημα απομακρύνεται πριν αστοχήσει και απορρίπτεται. Συνήθη παραδείγματα αποτελούν ιμάντες, φίλτρα, μικρά ρουλεμάν, φτηνά φθειρόμενα κομμάτια
- B.** Προγραμματισμένη αναδόμηση, όπου τα εξαρτήματα απομακρύνονται μετά από ένα προκαθορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας ή κύκλων λειτουργίας, αποστέλλονται στον εξειδικευμένο τεχνικό που τα επιδιορθώνει και επιστρέφουν στην αποθήκη για να επαναχρησιμοποιηθούν αργότερα.

Με την προγραμματισμένη αντικατάσταση εξαρτημάτων πριν αυτά αστοχήσουν αποφεύγεται η αστοχία τους, ώστε τελικά αποφεύγεται μια γενικότερη βλάβη και η διαδικασία της επιδιόρθωσης περιορίζεται. Επιπλέον

καθίσταται δυνατό οι αντικαταστάσεις των εξαρτημάτων να προγραμματίζονται σε ώρες που η μονάδα βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Ακόμη κάθε αντικατάσταση μπορεί να προγραμματίζεται έτσι, ώστε τα ανταλλακτικά που πρέπει κάθε φορά να είναι διαθέσιμα να είναι λιγότερα και οι ανάγκες σε αποθήκευση μικρότερες από ότι εάν περιμένουμε να συμβεί η οποιαδήποτε βλάβη. Αφού το εξάρτημα αντικαθίσταται, οι στάσεις και κατ' επέκταση οι βλάβες γίνονται σπάνιες, η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού αυξάνεται και οι συνθήκες λειτουργίας γίνονται κανονικές.

Βέβαια, θα πρέπει στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η πλειονότητα νέων μελετών και στατιστικών αναλύσεων συντείνουν στο γεγονός ότι τα νέα εξαρτήματα εμφανίζουν αυξημένα ποσοστά «infant mortality» («παιδική θνησιμότητα»). Έτσι, ένα εξάρτημα που έχει αυξημένες πιθανότητες να αστοχήσει όταν είναι καινούριο προκαλώντας ενδεχομένως και μια μεγαλύτερη βλάβη σε γειτονικά τμήματα του εξοπλισμού μάλλον «αποδυναμώνει» την αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής.

3.2.5.2 Ανάλυση της λίστας δραστηριοτήτων (Task List Analysis)

Στην ανάλυση της λίστας δραστηριοτήτων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα τρία σημεία για να επιβεβαιώνεται ότι καλύπτονται όλες οι περιοχές και δεν σπαταλούνται πόροι (προσωπικό):

- θα πρέπει να παραλείπονται δραστηριότητες που δεν προάγουν την αξιοπιστία ή δεν αξίζουν τον κόπο.
- θα πρέπει να προστίθενται δραστηριότητες όπου οι αστοχίες χωρίς αυτές δεν είναι αποδεκτές ή υπάρχει κάποιος κίνδυνος για το προσωπικό ή το περιβάλλον.
- οι συχνότητες των δραστηριοτήτων θα πρέπει να είναι οι κατάλληλες, ώστε να αποφεύγονται όσο είναι δυνατόν περιττές εργασίες συντήρησης και να μην παραλείπονται απαραίτητες εργασίες.

Η ανάλυση της λίστας δραστηριοτήτων είναι μια μικροανάλυση. Συνίσταται στον έλεγχο της καταλληλότητας κάθε γραμμής της λίστας δραστηριοτήτων και στον έλεγχο κάθε αστοχίας, ώστε να βρεθεί εάν υπάρχει συσχετισμός κάποιας δραστηριότητας με αυτή. Είναι μια επίπονη διαδικασία, αλλά απαραίτητη για την αποφυγή σπατάλης χρημάτων σε περιττές δραστηριότητες και για την αποφυγή αστοχιών.

Κάθε δραστηριότητα εμπεριέχει κόστη, όπως εργατοώρες, κόστος υλικών, ειδικά εργαλεία, τα οποία επανεμφανίζονται κάθε φορά που αυτή εκτελείται (μια φορά την εβδομάδα, το μήνα ή άλλο χρονικό διάστημα). Γι' αυτό πρέπει να εξετάζεται κατά πόσο κάθε δραστηριότητα είναι κατάλληλη, ώστε να μην προκύπτουν περιττές ενέργειες συντήρησης και περιττά επιπρόσθετα κόστη. Αφότου η λίστα δραστηριοτήτων έχει τεθεί σε εφαρμογή, κάθε χρόνο προτείνεται να ελέγχεται κατά πόσον η διαδικασία ή οι συχνότητες είναι ακόμη αποδοτικές. Σε αυτό μπορούν να βοηθήσουν οι αναφορές συμβάντων (βλαβών). Κάθε σταμάτημα λόγω βλάβης λογίζεται ως αποτυχία του προγράμματος της Time Based Maintenance και μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ευκαιρία για να εντοπιστεί πού απέτυχε το σύστημα. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να συντάσσονται αναφορές συμβάντων οι οποίες στη συνέχεια θα

εξετάζονται και θα αναλύονται σε βάθος για τη βελτίωση των λιστών δραστηριοτήτων.

Οι αναφορές των συμβάντων (break down reports) μπορούν να έχουν πολλές μορφές. Η πιο απλή μορφή είναι μια λίστα των βλαβών. Για μια ανάλυση της αποτυχίας της Προληπτικής Συντήρησης είναι χρήσιμο να προστίθενται οι χρόνοι απόκρισης και να υπολογίζονται ο ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ δύο αστοχιών (Mean Time Between Failures - MTBF) και ο ενδιάμεσος χρόνος για την επισκευή (Mean Time To Repair - MTTR).

3.2.6 Χρονικός Προγραμματισμός Ελέγχων

Αφού γίνει η επιλογή του εξοπλισμού που θα υπαχθεί στο πρόγραμμα της Time Based Maintenance και προσδιοριστούν οι λίστες δραστηριοτήτων καθορίζεται η συχνότητα που θα πραγματοποιούνται οι δραστηριότητες και ο τρόπος ορισμού της συχνότητας, δηλαδή σε ημέρες, μονάδες, κύκλους λειτουργίας ή ακόμα τιμές παραμέτρων όπως η θερμοκρασία.

3.2.6.1 Προσδιορισμός συχνότητας ελέγχων

Υπάρχουν τρεις τρόποι για να καθοριστεί η σωστή συχνότητα:

1. με βάση τους κατασκευαστές των διεθνών οίκων ή άλλων εξωτερικών συνεργατών.
2. με χρήση των στατιστικών των αστοχιών για την πρόβλεψη της συχνότητας.
3. με βάση τον αριθμό των διορθωτικών επεμβάσεων.

Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο λαμβάνεται η συχνότητα που προτείνει κάποιος διεθνής οίκος ή σε κάθε περίπτωση ο κατασκευαστής. Αυτός ο τρόπος επιλέγεται στις περισσότερες περιπτώσεις και έχει το πλεονέκτημα ότι έχει το κύρος κάποιου εκτός της επιχείρησης και σε κάθε περίπτωση μπορεί να αποτελέσει το αρχικό σημείο αναφοράς πριν αποφασιστεί η τελική συχνότητα.

Επίσης αυτός ο τρόπος ενδείκνυται όταν χρησιμοποιείται πρότυπος εξοπλισμός με πρότυπο τρόπο λειτουργίας. Οι μεγαλύτερες κατασκευάστριες εταιρείες τέτοιου εξοπλισμού παρέχουν αρκετά αξιόπιστους καταλόγους συχνότητων. Η χρήση τους γίνεται προβληματική όταν η επιχείρηση χρησιμοποιεί εξειδικευμένο εξοπλισμό, ιδιαίτερες μηχανές ή έχει ασυνήθιστες απαιτήσεις λειτουργίας. Σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνεται αρχικά η χρήση των πρότυπων συχνότητων και ακολούθως ένας από τους επόμενους τρόπους για την τροποποίησή τους.

Ο δεύτερος τρόπος χρησιμοποιεί τη στατιστική. Ο απλούστερος τρόπος για τον προσδιορισμό της συχνότητας είναι η χρήση του ενδιάμεσου χρόνου μεταξύ δύο αστοχιών (Mean Time Between Failures - MTBF) από τα ιστορικά αρχεία. Η στατιστική αναλύει το παρελθόν και λέει ότι το μέλλον θα είναι όπως το παρελθόν. Προσφέρει τη δυνατότητα να μετατρέπονται τα δεδομένα των αστοχιών σε μια πρόβλεψη για το τι είναι πιθανό να συμβεί.

Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν στον εξοπλισμό υπάρχουν πολλές μονάδες της ίδιας ομαδοποίησης (παρόμοιες μονάδες με παρόμοια

λειτουργία). Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μονάδων τόσο πιο αξιόπιστες είναι οι στατιστικές. Το σημαντικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι υπάρχει κάτι που η στατιστική δεν μπορεί εύκολα να λάβει υπόψη: αυτό είναι το πώς προέκυψε η αστοχία.

Ο τρίτος τρόπος προσδιορισμού της συχνότητας χρησιμοποιεί τον αριθμό των διορθωτικών επεμβάσεων. Για κάθε εκατό ή χίλιες επιθεωρήσεις αναμένεται ένας συγκεκριμένος αριθμός παρατηρούμενων προβλημάτων. Επομένως η κατάλληλη συχνότητα των επιθεωρήσεων μπορεί να προκύψει από την παρατήρηση του αριθμού των επιδιορθώσεων. Μάλιστα κάποιοι οργανισμοί θεωρούν ότι, εάν δεν παρατηρηθεί κάποιο πρόβλημα σε κάθε Προληπτική Συντήρηση, τότε αυτή γίνεται πολύ συχνά. Βέβαια όταν πρόκειται για κάποιο ακριβό τμήμα του εξοπλισμού μπορεί να περάσουν πολλοί έλεγχοι χωρίς να αναφερθεί αστοχία. Ανάλογα και με τα οικονομικά στοιχεία μπορεί να είναι προτιμότερο να συνεχιστούν έτσι οι έλεγχοι, ώστε να εντοπιστεί κάποια αλλαγή όταν αυτή συμβεί.

3.2.6.2 Προσδιορισμός του μέτρου της συχνότητας των ελέγχων

Οι επαναλαμβανόμενες προληπτικές συντηρήσεις σχεδιάζονται έτσι ώστε να αποκαλύπτουν σημεία με κρίσιμη φθορά την οποία αναβάλλουν για όσο το δυνατόν αργότερα στο μέλλον. Καθώς δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η φθορά απευθείας, ο σκοπός είναι να βρεθεί ένα μέτρο ανάλογο της φθοράς. Παραδοσιακά δύο μέτρα χρησιμοποιούνται:

- η χρησιμοποίηση (κύκλοι λειτουργίας, ώρες), που είναι μέτρο εύκολα κατανοητό, είναι ανάλογο με τη φθορά, όχι δύσκολο στον προγραμματισμό, αλλά μάλλον δύσκολο στο να προβλεφθούν οι απαιτήσεις σε εργατοώρες για τον επόμενο μήνα ή χρόνο
- οι ημερολογιακές ημέρες, που είναι μέτρο εύκολα προγραμματίσιμο, ευκολότερα κατανοητό και το καταλληλότερο για εξοπλισμό που χρησιμοποιείται τακτικά, δεν αντανακλά όμως το πώς φθείρεται η μονάδα.

Αυτά τα μέτρα ονομάζονται και «ρολόγια» και αποτελούν τις παραμέτρους που εκκινούν τον προγραμματισμό των λιστών δραστηριοτήτων.

Βέβαια είναι δυνατή η χρήση και άλλων μέτρων που σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα κρίνονται και πιο ακριβή. Τέτοια μέτρα είναι:

- **Ενδείξεις μετρητών**, για παράδειγμα αλλαγή των ιμάντων αφότου ο συμπιεστής δουλέψει 5000 ώρες. Αποτελεί μέτρο κατάλληλο για εξοπλισμό που χρησιμοποιείται άτακτα, εύκολα κατανοητό και συνδέεται άμεσα με τη φθορά, απαιτεί όμως επιπλέον εργατοώρες για τη συγκέντρωση των τιμών, ενώ ο προγραμματισμός εκ των προτέρων είναι δύσκολος, εκτός εάν μπορεί να γίνει πρόβλεψη των τιμών.
- **Η ενέργεια**. Σύμφωνα με αυτό το μέτρο η Προληπτική Συντήρηση ξεκινά όταν το μηχάνημα ή σύστημα καταναλώσει μια προκαθορισμένη ποσότητα ηλεκτρικού ή καυσίμου. Χρησιμοποιείται εκτεταμένα σε λέβητες και μηχανές πλοίων και αποτελεί στοιχείο που μπορεί να χρησιμεύσει και σε άλλους σκοπούς. Αρνητικά

σημεία αποτελούν το γεγονός ότι πρέπει να συνδεθούν μετρητές των Watt ή του καυσίμου σε όλα τα απαραίτητα σημεία του εξοπλισμού, η δυσκολία στον προγραμματισμό εάν δεν υπάρχουν ιστορικά στοιχεία και οι επιπλέον εργατώρες για τη συγκέντρωση των τιμών.

- **Τα αναλώσιμα**, όπως η ποσότητα υδραυλικού υγρού ή λιπαντικού. Όταν το αναλώσιμο εξαντλήσει μια προκαθορισμένη παράμετρο η μονάδα προστίθεται στη λίστα για έλεγχο. Αυτή η μέθοδος παρέχει ένα άμεσο μέτρο της κατάστασης μέσα στη μηχανή, υδραυλικό σύστημα κ.λπ., μπορεί να αφυπνίσει εάν υπάρχει μια διαρροή, αλλά είναι πολύ εξειδικευμένη, πολύ δύσκολα προγραμματίζεται εκ των προτέρων, ενώ δύσκολη είναι και η συλλογή στοιχείων.
- **Ενδείξεις της κατάστασης**, όπως η ποιότητα. Σε αυτήν την περίπτωση εντοπίζεται είτε η ανικανότητα της μονάδας να διατηρήσει μια ανοχή ή να έχει συνεχή παραγωγή είτε μια ασυνήθιστη μέτρηση ή ένδειξη. Αυτή η μέθοδος ανταποκρίνεται πολύ καλά στις απαιτήσεις των πελατών, αλλά είναι σχεδόν αδύνατος ο προγραμματισμός της, καθώς δεν ανήκει στη δικαιοδοσία του τμήματος συντήρησης και μπορεί να είναι ήδη αργά για οποιαδήποτε ενέργεια.

3.2.7 Υπολογιστικά Συστήματα Οργάνωσης και Διοίκησης Συντήρησης Computerized Maintenance Management System – C.M.M.S.)

Η Time-Based Maintenance, ιδιαίτερα σε μεγάλα συγκροτήματα, απαιτεί μηχανογραφική υποστήριξη η οποία αναλαμβάνει τη διαχείριση όλων των προγραμμάτων προληπτικών ελέγχων και επεμβάσεων.

Τα CMMS αποτελούν ολοκληρωμένα συστήματα που βοηθούν την ηγεσία του τμήματος συντήρησης να διευθύνει όλες τις παραμέτρους του τμήματος. Για να διαχειριστεί την Προληπτική Συντήρηση ο επιβλέπων χρειάζεται να ξέρει στατιστικά στοιχεία (ώρες, ολοκληρωμένες δραστηριότητες κ.λπ.), αναφορές βλαβών και την τάση των βλαβών, που δείχνουν πόσο αποτελεσματική υπήρξε η Προληπτική Συντήρηση.

Όλα τα συστήματα σχεδιάζονται με τέσσερις κυρίως τομείς ή λειτουργίες:

- **Ημερήσιες Πράξεις (Daily Transactions)**: περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα που εισάγονται, όπως οι εντολές εργασίας, παραλαβές κομματιών, μισθοδοτικές καταστάσεις, προμήθειες καυσίμων, κατάλογοι εμπορευμάτων, μικρές επιδιορθώσεις και διορθωτικές επεμβάσεις.
- **Κύρια αρχεία (Master Files)**: είναι οι δεδομένες πληροφορίες για τις δραστηριότητες, τις συχνότητες και την ιεράρχησή τους.
- **Διαδικασίες (Processing)**: οι ημερήσιες πράξεις προωθούνται στα λειτουργικά αρχεία, οπότε ενημερώνεται και αναπροσαρμόζεται το πρόγραμμα της Time-Based Maintenance (ενημερώνονται τα «ρολόγια»), δίνονται λεπτομερείς πληροφορίες των επισκευών για τις αναφορές και ενημερώνονται όλοι οι λογαριασμοί.

- **Απαιτήσεις (Demands):** περιλαμβάνουν εκτυπώσεις αναφορών (μπορεί να είναι αναφορές που προβλέπουν τις απαιτήσεις της Time Based Maintenance μετά από ένα χρόνο, αναφορές που συνοψίζουν τις απαιτούμενες εργατοώρες για την ερχόμενη εβδομάδα, μήνα, χρόνο και αναφορές που δίνουν ένα κατάλογο των απαιτούμενων υλικών για διάφορες περιόδους) και εικόνων οθονών, που χρειάζονται όταν το πλήθος των πληροφοριών είναι μεγάλο ή τα στοιχεία θα χρησιμεύσουν σε κάποιου είδους ανάλυση.

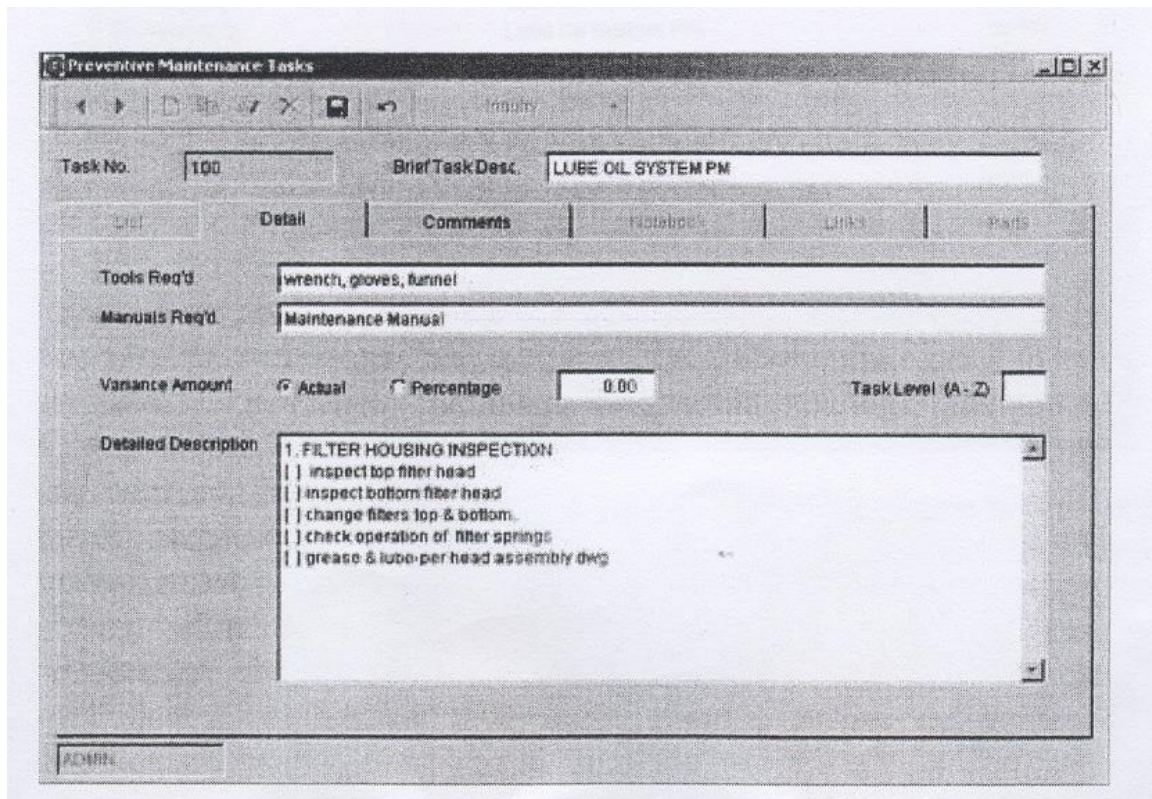
Υπάρχουν πολλοί προμηθευτές διαφορετικών συστημάτων που προορίζονται για τμήματα συντήρησης που εφαρμόζουν την Προληπτική μέθοδο συντήρησης. Κάποια από αυτά δεν είναι εύκολα στη χρήση ή πλήρη.

Για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος πρέπει να εξετάζονται τα ακόλουθα σημεία:

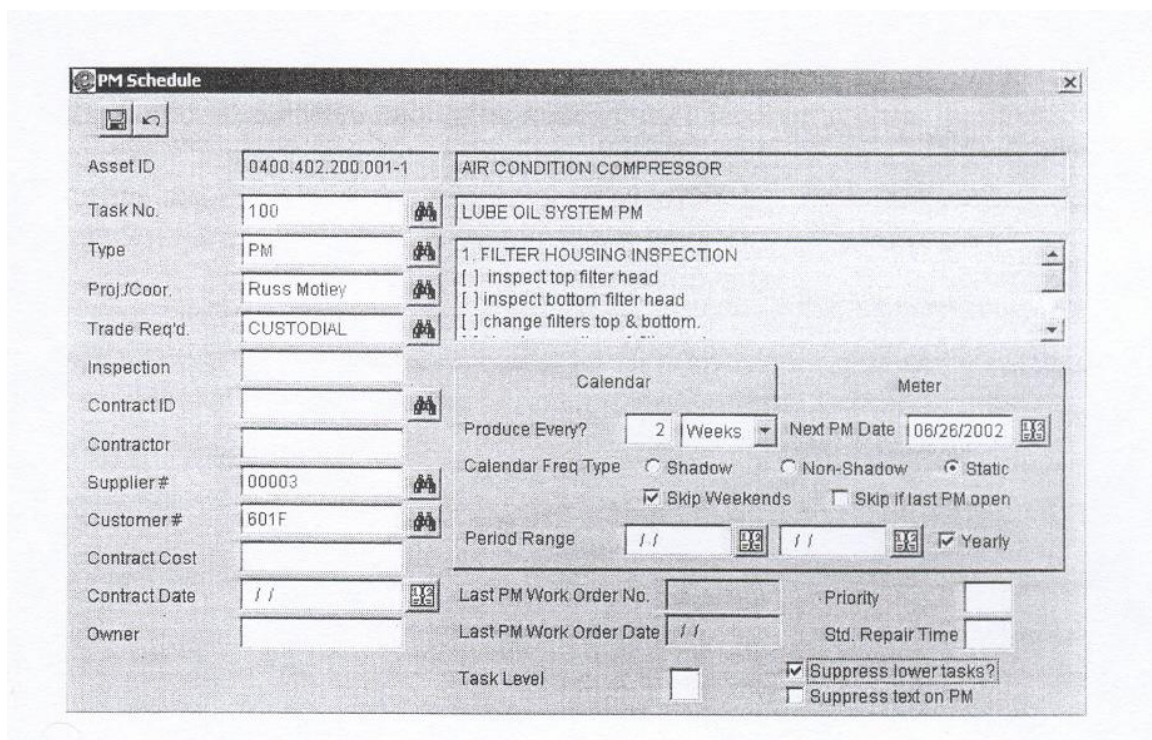
- Τι χρειάζεται το τμήμα σύμφωνα με το δικό του τρόπο λειτουργίας, δηλαδή σύμφωνα με τον τρόπο ορισμού της συχνότητας.
- Ποιο σύστημα είναι κατάλληλο και αρκετά ευέλικτο ώστε να καλύψει αυτές τις απαιτήσεις (προσαρμογή στις ειδικές απαιτήσεις του τμήματος συντήρησης κι εύκολη εφαρμογή)
- Ποιο σύστημα δεν απαιτεί μεγάλες αλλαγές στον τωρινό τρόπο ενέργειας ή στο σύστημα διοίκησης και ελέγχου του τμήματος (δηλαδή στην ιεράρχηση, τη δόμηση δραστηριοτήτων, οργάνωση κι εκτέλεση εργασιών)

Ένα σύστημα CMMS είναι το e-Maint. Ένα από τα πρώτα βήματα είναι να υπάρχει κάποιος χώρος όπου να εισάγονται οι λεπτομερείς δραστηριότητες και τα δεδομένα σχεδιασμού της Προληπτικής Συντήρησης. Στην οθόνη της Εικόνας 3.2.7 βλέπουμε 3 από τα 6 στοιχεία σχεδιασμού (σκοπός της εργασίας, εργαλεία, εξειδικευμένες πληροφορίες). Στην επόμενη οθόνη υπάρχει επιπλέον το στοιχείο των κανονικά απαιτούμενων ωρών. Η οθόνη της Εικόνας 3.2.7α βοηθά τον προϊστάμενο να προγραμματίσει και να καθορίσει τη δραστηριότητα επιλέγοντας τον τρόπο ορισμού της συχνότητας, ορίζοντας τη συχνότητα, συμπληρώνοντας το διάστημα μέσα στο οποίο ενδεχομένως επιθυμείται να μην πραγματοποιηθεί συντήρηση κ.λπ.

Γίνεται έτσι εύκολα κατανοητό ότι το να ξεκινήσει η εφαρμογή της T.B.M. – Προληπτικής Συντήρησης είναι κάτι πολύ πιο πολύπλοκο από απλά δραστηριότητες και συχνότητες.



Εικόνα 3.2.7 Οθόνη σχεδιασμού προληπτικής συντήρησης



Εικόνα 3.2.7α Οθόνη τρόπου ορισμού της συχνότητας

3.2.8 Δείκτες της T.B.M. (ως προληπτικής συντήρησης)

Η Προληπτική Συντήρηση είναι η βάση της όλης φιλοσοφίας της συντήρησης. Εάν το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης δεν είναι αποτελεσματικό, δεν θα είναι και όλες οι ακόλουθες δραστηριότητες συντήρησης. Για να είναι δυνατός ο καθορισμός της επιτυχίας του προγράμματος χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι δείκτες οι οποίοι ελέγχουν κατά πόσο οι δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης είναι αποτελεσματικές.

Χρόνος Στάσης του Εξοπλισμού Εξαιτίας Βλαβών

Ο πρώτος δείκτης είναι ενδεικτικός της επίδρασης που έχει η Προληπτική Συντήρηση στην επιχείρηση. Εστιάζει σε αυτό για του οποίου την εξάλειψη είναι σχεδιασμένο το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης: στις βλάβες του εξοπλισμού (breakdowns). Αυτός ο δείκτης παίρνει το συνολικό χρόνο στάσης(downtime) λόγω βλάβης σε ένα εξάρτημα/μηχάνημα, τμήμα, τομέα ή ακόμη και σε ολόκληρο το εργοστάσιο και το εξετάζει μέσα στο σύνολο του χρόνου στάσης:

$$\frac{\text{Χρόνος Στάσης Λόγω Βλαβών}}{\text{Συνολικός Χρόνος Στάσης}}$$

Είναι συνηθισμένο οι βλάβες να αναφέρονται ως απρογραμμάτιστος χρόνος στάσης. Ο συνολικός χρόνος στάσης αντιπροσωπεύει όλο το χαμένο χρόνο ο οποίος μπορεί να οφείλεται είτε σε συντήρηση, αγορές, μεταφορές είτε ακόμη και σε εξωτερικούς προμηθευτές.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης βοηθά στην εξακρίβωση του εάν η βλάβη ή απρογραμμάτιστη στάση αποτελεί πράγματι πρόβλημα του εργοστασίου. Μπορεί για τη στάση να ευθύνεται κάποιο άλλο πρόβλημα και όχι το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης.

Αδυναμίες:

Η μεγαλύτερη αδυναμία αυτού του δείκτη είναι η ανάγκη κατάλληλης κατηγοριοποίησης των στάσεων και τήρησης ακριβών αρχείων. Η στάση θα πρέπει να εξετάζεται λεπτομερώς και να κατηγοριοποιείται ανάλογα. Εάν η στάση-βλάβη(break down time) του εξοπλισμού δεν εξεταστεί λεπτομερειακά, τότε είναι πιθανό χρόνοι που για παράδειγμα ο χειριστής κάνει διάλειμμα ή προμηθεύεται τις πρώτες ύλες να συμπεριληφθούν στο χρόνο στάσης λόγω βλάβης. Κάτι τέτοιο αυξάνει το χρόνο στάσης-βλάβης αναίτια και αποκρύπτει άλλα προβλήματα. Εάν δεν τηρούνται ακριβή αρχεία, αποδίδονται πολλοί χρόνοι στο χρόνο στάσης λόγω βλάβης και έτσι αυτός δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλέον ως εργαλείο ελέγχου της Προληπτικής Συντήρησης.

Ώρες Εργασίας για Επείγουσες Ανάγκες

Αυτός ο δείκτης είναι διαφωτιστικός των πόρων (του προσωπικού) που διατίθενται από την επιχείρηση για την αντιμετώπιση των βλαβών (breakdowns) του εξοπλισμού. Όταν το επίπεδο των πόρων που αναλώνονται σε επείγουσες δραστηριότητες λόγω βλαβών είναι υψηλό, τότε τα ποσοστά

παραγωγικότητας αυτών των πόρων είναι χαμηλά. Ο δείκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επίπεδο τμήματος, τομέα ή ολόκληρου του εργοστασίου. Ακόμη μπορεί να χρησιμεύσει και στον έλεγχο του καταμερισμού των εργασιών της συντήρησης. Προκύπτει από τη διαίρεση του χρόνου που καταναλώνεται σε επείγουσες δραστηριότητες λόγω βλαβών με το συνολικό χρόνο εργασίας και στη συνέχεια εκφράζεται σαν ποσοστό:

Ωρες Εργασίας για Επείγουσες Δουλειές
Συνολικές Ωρες Εργασίας

Κατά τον υπολογισμό του θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται όλοι οι πόροι και όχι μόνο αυτοί της συντήρησης. Εάν συμμετέχουν χειριστές ή εργολάβοι, θα πρέπει να συμπεριληφθεί και ο δικός τους χρόνος.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης βοηθά στην εξέταση του εάν καταναλώνεται χρόνος εργασίας σε επείγουσες δραστηριότητες. Τυπικά, εάν πάνω από το 20% των πόρων της συντήρησης καταναλώνεται για το σύνολο των επειγουσών δραστηριοτήτων λόγω βλαβών, τότε το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης κρίνεται αναποτελεσματικό. Συνεπώς αυτός ο δείκτης αποτελεί κλειδί για την εκτίμηση του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης.

Αδυναμίες:

Αυτός ο δείκτης, όπως και οι περισσότεροι εξαρτάται από τη συλλογή ακριβών στοιχείων. Χωρίς ακρίβεια μπορεί κάποιο πρόβλημα στην Προληπτική Συντήρηση να μην εντοπιστεί. Επιπλέον είναι απαραίτητο να ξεκαθαρίζεται ποιες περιπτώσεις θεωρούνται επείγουσες και ποιες όχι.

Το Κόστος Επισκευής των Βλαβών

Αυτός ο δείκτης εξετάζει τις βλάβες (breakdowns) με έναν άλλο τρόπο: το άμεσο κόστος αυτών και των επειγουσών επισκευών. Εδώ περιλαμβάνονται το κόστος εργασίας, τα υλικά, ο ενοικιαζόμενος εξοπλισμός, οι εργολάβοι και οποιοδήποτε άλλο άμεσο κόστος συντήρησης. Παρόλα αυτά το κόστος της χαμένης παραγωγής δε θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σε αυτόν τον υπολογισμό. Το παραπάνω κόστος διαιρείται έπειτα με το συνολικό κόστος συντήρησης και προκύπτει ένα ποσοστό. Ο υπολογισμός αυτού του δείκτη μπορεί να επαναληφθεί σε διαφορετικά επίπεδα: το επίπεδο του τμήματος συντήρησης, του τμήματος πωλήσεων, του τμήματος παραγωγής ή ακόμη του εξαρτήματος/μηχανήματος.

Ο υπολογισμός γίνεται με τη διαίρεση του άμεσου κόστους συντήρησης για όλες τις βλάβες και τις επείγουσες επισκευές με το συνολικό άμεσο κόστος συντήρησης:

Άμεσο Κόστος Επισκευής Βλαβών
Συνολικό Άμεσο Κόστος Συντήρησης

Το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ποσοστό.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης δείχνει την επίδραση που έχουν οι επείγουσες εργασίες αποκατάστασης βλαβών στον προϋπολογισμό της συντήρησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δικαιολογήσει το κόστος των βελτιώσεων στο πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης.

Αδυναμίες:

Απαιτεί τον ξεκάθαρο καθορισμό των επείγουσών εργασιών που γίνονται για την επιδιόρθωση των βλαβών. Ακόμα και μικρές επισκευές διάρκειας 5 με 10 λεπτών θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό. Όταν συμπεριλαμβάνονται και οι σύντομες δραστηριότητες, μπορούν να εντοπιστούν προβλήματα στην Προληπτική Συντήρηση και να διορθωθούν εύκολα.

Τήρηση του Προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης

Αυτός ο δείκτης εξετάζει τον αριθμό των δραστηριοτήτων Προληπτικής Συντήρησης που είναι προγραμματισμένες με τον αριθμό εκείνων που ολοκληρώνονται μέσα στα προγραμματισμένα χρονικά πλαίσια. Συνήθως υπολογιζόμενος στη διάρκεια μιας εβδομάδας, βοηθά στον εντοπισμό ενός προγράμματος Προληπτικής Συντήρησης που μπορεί να είναι ανεπτυγμένο, αλλά δεν είναι αποτελεσματικό. Σε αυτή την περίπτωση η αναποτελεσματικότητα οφείλεται στην αποτυχία ολοκλήρωσης των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων. Η αιτία αυτής της αποτυχίας μπορεί να είναι ο υπερβολικός φόρτος εργασίας της παραγωγής που δεν επιτρέπει το σταμάτημα του εξοπλισμού για συντήρηση ή ο υπερβολικός φόρτος εργασίας του προσωπικού συντήρησης σε επείγουσες εργασίες αποκατάστασης βλαβών που δεν τους επιτρέπει να ολοκληρώσουν τις προγραμματισμένες δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης.

Υπολογίζεται εάν διαιρεθεί ο συνολικός αριθμός των δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης που ολοκληρώθηκαν (συνήθως σε διάστημα μιας εβδομάδας) με το συνολικό αριθμό των δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης που είναι προγραμματισμένες:

Πραγματοποιημένες Δραστηριότητες Προληπτικής Συντήρησης **Προγραμματισμένες Δραστηριότητες Προληπτικής Συντήρησης**

Το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ποσοστό. Σκοπός φυσικά είναι η 100% εκπλήρωση των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων, αν και αυτό δεν είναι πάντα εύκολο. Στον υπολογισμό πρέπει να περιλαμβάνονται όλες οι δραστηριότητες είτε πραγματοποιούνται από τους τεχνικούς συντήρησης είτε από τους χειριστές είτε ακόμα από εργολάβους.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης δείχνει κατά πόσο η επιχείρηση συμμορφώνεται στο πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης. Είναι ένας από τους δείκτες-κλειδιά για ένα τέτοιο πρόγραμμα. Εάν συσχετιστεί μέσα σε διάστημα έξι

μηνών με το ποσοστό των δραστηριοτήτων που είναι επείγουσες και αφορούν σε βλάβες (breakdowns), τότε φαίνεται ότι, όσο το ποσοστό των δραστηριοτήτων που ολοκληρώνονται αυξάνεται, τόσο το ποσοστό των βλαβών μειώνεται. Όταν γίνεται με ακρίβεια, ο συσχετισμός αυτός είναι αναμφισβήτητος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της υποστήριξης του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης.

Αδυναμίες:

Η αδυναμία που υπάρχει εδώ δεν έχει να κάνει με το δείκτη, αλλά εμφανίζεται όταν το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης αποκρύπτει το γεγονός ότι κάποιες δραστηριότητες δεν ολοκληρώνονται. Αυτό συμβαίνει με τα κυλιόμενα προγράμματα όπου δραστηριότητες που δεν ολοκληρώνονται δεν προγραμματίζονται ξανά μέχρι να ολοκληρωθούν. Οπότε και ο επόμενος προγραμματισμός της ίδιας δραστηριότητας γίνεται με βάση την ημερομηνία ολοκλήρωσης της προηγούμενης κι όχι με βάση κάποια συχνότητα. Προφανώς τα κυλιόμενα προγράμματα δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στην Προληπτική Συντήρηση.

Συμβατότητα του Εκτιμώμενου Κόστους της Προληπτικής Συντήρησης με το Πραγματικό

Αυτός ο δείκτης συγκρίνει τις εκτιμήσεις του κόστους εργασίας και υλικών για τις δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης με το πραγματικό κόστος διενέργειας των δραστηριοτήτων και δείχνει την ακρίβεια των εκτιμήσεων. Εάν αυτές δεν είναι ακριβείς, μπορούν να γίνουν κάποιες ρυθμίσεις για να εξασφαλιστεί η ακρίβειά τους. Η ακρίβεια είναι ζωτικής σημασίας όταν το σύστημα προγραμματισμού της συντήρησης ολοκληρώνεται με το σύστημα προγραμματισμού της παραγωγής. Ανακρίβειες σε ένα τέτοιο σύστημα έχουν δραματικές συνέπειες μέσα στο χρόνο.

Ο δείκτης υπολογίζεται με τη διαίρεση του εκτιμώμενου κόστους με το πραγματικό και στη συνέχεια το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ποσοστό:

Εκτιμώμενο Κόστος Δραστηριοτήτων Προληπτικής Συντήρησης Πραγματικό Κόστος Δραστηριοτήτων Προληπτικής Συντήρησης

Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτός ο δείκτης δεν πρέπει να υπολογίζεται μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Σε ορισμένες περιπτώσεις κάποια δραστηριότητα μπορεί να υπερβεί το εκτιμώμενο κόστος λόγω προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν. Παρόλα αυτά, εάν η ανάλυση γίνεται σε διάρκεια έξι μηνών ή ενός χρόνου, τα αποτελέσματα μπορούν να είναι μια καλή ένδειξη της ακρίβειας των εκτιμήσεων.

Δυνατότητες:

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του δείκτη είναι η ευκολία ελέγχου της ακρίβειας των εκτιμήσεων του κόστους των δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης. Εάν η ακρίβεια της κάθε παραμέτρου του εκτιμώμενου κόστους δεν ελέγχεται συνεχώς, τότε η εκτίμηση του συνολικού κόστους εργασίας και υλικών δε θα είναι ακριβής, γεγονός που οδηγεί σε προβλήματα προϋπολογισμού.

Αδυναμίες:

Η μεγαλύτερη αδυναμία που υπάρχει εδώ είναι η χρέωση δραστηριοτήτων που δεν ανήκουν στην Προληπτική Συντήρηση ως δραστηριότητες Προληπτικής Συντήρησης. Κάτι τέτοιο συμβαίνει για παράδειγμα όταν κατά τη διενέργεια μιας δραστηριότητας προκύπτει κάποιο πρόβλημα το οποίο διορθώνεται εκείνη τη στιγμή που διενεργείται και η δραστηριότητα. Εάν αυτές οι επιδιορθώσεις χρεώνονται στη δραστηριότητα της Προληπτικής Συντήρησης, τότε το κόστος υπερβαίνει το εκτιμώμενο και αμφισβητείται η ακεραιότητα της εκτίμησης. Σε τέτοιες περιπτώσεις η επιδιόρθωση που προκύπτει εκ των υστέρων πρέπει να λογίζεται και να κοστολογείται ως ξεχωριστή δραστηριότητα.

Βλάβες Λόγω Ελλιπούς Προληπτικής Συντήρησης

Με αυτό το δείκτη εξετάζονται οι πρωταρχικές αιτίες των βλαβών και ερευνάται εάν αυτές οι αιτίες έπρεπε να είχαν εντοπιστεί σαν μέρος του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης. Αυτός ο δείκτης εκτιμά και την αποτελεσματικότητα της δραστηριότητας της Προληπτικής Συντήρησης και την ακρίβεια του ατόμου που την πραγματοποιεί. Για παράδειγμα σχετικές με τη λίπανση αστοχίες δε θα πρέπει να συμβαίνουν σε μηχανήματα που ελέγχονται και λιπαίνονται με βάση το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης. Η αστοχία δείχνει μια αποτυχία του προγράμματος. Για να εξασφαλιστεί ότι αυτή η αστοχία δε θα επαναληφθεί, μπορεί να απαιτούνται τροποποιήσεις στη λίστα δραστηριοτήτων, επανεκπαίδευση του ατόμου ή η προσθήκη μιας τεχνικής οπτικού ελέγχου.

Ο υπολογισμός γίνεται με τη διαίρεση του συνολικού αριθμού των βλαβών που μπορούσαν να είχαν προληφθεί με το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης με το συνολικό αριθμό των βλαβών:

Συνολικός Αριθμός Βλαβών που έπρεπε να είχαν Προληφθεί

Συνολικός Αριθμός Βλαβών

Το προκύπτον ποσοστό δείχνει τη δυνατότητα που υπάρχει για βελτίωση με την αναβάθμιση ή τροποποίηση του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης. Ένας ακόμη οδηγός για τη βελτίωση μπορεί να προκύψει εάν συμπεριληφθούν και οι απώλειες από τις βλάβες (κόστη συντήρησης, καταστροφή εξοπλισμού, κόστη στάσης).

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης, ο οποίος είναι πολύ χρήσιμος σε όποια επιχείρηση θέλει να βελτιώσει το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης που διαθέτει, δείχνει με ακρίβεια την επίδραση που έχει η Προληπτική Συντήρηση στις βλάβες του εξοπλισμού. Η παρακολούθησή του βοηθά στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της Προληπτικής Συντήρησης.

Αδυναμίες:

Η μεγάλη αδυναμία αυτού του δείκτη είναι διαδικαστική. Με άλλα λόγια το τμήμα συντήρησης θα πρέπει να δεσμεύεται να κάνει και να σημειώνει

ακριβείς και λεπτομερείς αναλύσεις των πρωταρχικών αιτιών των βλαβών. Εάν απλά υποθέτει ή μαντεύει την πρωταρχική αιτία, τότε δε γίνεται φανερή η πραγματική αποτελεσματικότητα του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης.

Ικανότητα της Προληπτικής Συντήρησης:

Αυτός ο δείκτης εξετάζει την ποσότητα των εργασιών που προβλέπονται από το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης. Όταν διεξάγεται ένας έλεγχος Προληπτικής Συντήρησης ο επιθεωρητής θα αποκαλύψει στοιχεία ή συστήματα που δείχνουν σημάδια φθοράς ή και επικείμενης αστοχίας. Για να διορθωθεί το πρόβλημα πριν συμβεί βλάβη, ο επιθεωρητής θα προγραμματίσει τις απαραίτητες δραστηριότητες. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν ρυθμίσεις, αντικαταστάσεις ή μεγαλύτερης έκτασης επιδιορθώσεις. Κάποιες δραστηριότητες πρέπει να προγραμματίζονται από τους επιθεωρητές, διαφορετικά οι δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης πιθανότατα γίνονται πολύ συχνά.

Η ικανότητα της Προληπτικής Συντήρησης μετράται με τη διαίρεση του συνολικού αριθμού των δραστηριοτήτων που προβλέπει το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης με το συνολικό αριθμό των δραστηριοτήτων που τελικά προγραμματίζονται:

Συνολικός Αριθμός Δραστηριοτήτων στο Πρόγραμμα Προληπτικής Συντήρησης

Συνολικός Αριθμός Δραστηριοτήτων

Αυτό το μέτρο γενικά εξετάζεται σε μηνιαία βάση, αν και άλλες συχνότητες είναι δυνατές ανάλογα με τη συχνότητα των επιθεωρήσεων. Το ποσοστό που προκύπτει δείχνει κατά πόσο το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης είναι αποτελεσματικό στην εύρεση προβλημάτων στον εξοπλισμό προ της βλάβης.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης κάνει μια πολύ καλή εκτίμηση του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης. Αυτό κρίνεται αποτελεσματικό όταν η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων που τελικά προκύπτει ότι πρέπει να γίνουν προβλέπονται ήδη από το πρόγραμμα.

Αδυναμίες:

Ο δείκτης μπορεί να είναι παραπλανητικός όταν ο επιθεωρητής κάνει πολύ δουλειά ενώ στην πραγματικότητα διεξάγει μια δραστηριότητα Προληπτικής Συντήρησης. Εάν οι επιπλέον δραστηριότητες που προκύπτουν δεν καταχωρούνται ξεχωριστά, αλλά οι επιδιορθώσεις κρύβονται και χρεώνονται στις προληπτικές συντηρήσεις, τότε η αναγκαιότητα των επιθεωρήσεων αμφισβητείται.

Ένα δεύτερο ζήτημα είναι να παρακινηθούν οι επιθεωρητές να καταγράφουν τις απαραίτητες πληροφορίες και να κρατούν αρχεία. Εάν δεν καταγράφονται όλες οι δραστηριότητες, τότε δε γίνεται φανερός ο πραγματικός αριθμός των δραστηριοτήτων που περιέλαβε το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης. Σε αυτό μπορεί να οδηγήσουν και οι ελλιπείς ικανότητες των επιθεωρητών.

Αυτοί πρέπει να γνωρίζουν πώς να κάνουν τους ελέγχους, τι να ψάξουν και πώς να εντοπίσουν τις πρωταρχικές αιτίες, γεγονός που επιτυγχάνεται με την καλή εξέταση και εκπαίδευση των επιθεωρητών.

Ο Χρόνος που ο Εξοπλισμός βρίσκεται σε Λειτουργία

Αυτός ο δείκτης μετράει το χρόνο που απαιτείται να είναι σε λειτουργία ο εξοπλισμός (uptime) για να πραγματοποιηθεί η προβλεπόμενη παραγωγή. Βοηθά έτσι να καθορίζεται κατά πόσο η επιχείρηση έχει ρεαλιστικές απαιτήσεις από τον εξοπλισμό της. Για παράδειγμα, εάν απαιτεί ο εξοπλισμός να λειτουργεί 100%, τότε καθίσταται δύσκολο να συντηρηθεί στο βαθμό που θα έπρεπε, γεγονός που θα οδηγήσει σε μελλοντικά προβλήματα.

Ο δείκτης προκύπτει εάν ευρεθεί ο επιθυμητός χρόνος λειτουργίας (uptime) μείον το χρόνο εκτός λειτουργίας (downtime) και στη συνέχεια διαιρεθεί με τον επιθυμητό χρόνο λειτουργίας:

Επιθυμητός Χρόνος Λειτουργίας – Χρόνος Εκτός Λειτουργίας

Επιθυμητός Χρόνος Λειτουργίας

Το αποτέλεσμα εκφράζεται ως ποσοστό. Συνήθως ο υπολογισμός γίνεται σε εβδομαδιαία ή μηνιαία βάση και παρακολουθείται η τάση μέσα στο χρόνο. Μείωση του χρόνου λειτουργίας υποδεικνύει κάποιο πρόβλημα στο πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης, πιθανά μια αλλαγή στον κύκλο ζωής του εξοπλισμού. Ακόμη μπορεί να δείχνει κάποια αλλαγή στο πρόγραμμα λειτουργίας, η οποία επηρεάζει αρνητικά τις προγραμματισμένες δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης.

Δυνατότητες:

Πρόκειται για ένα χρήσιμο δείκτη καθώς τελευταία το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης σχεδιάζεται με σκοπό τη μεγιστοποίηση του χρόνου λειτουργίας (uptime). Οι περισσότερες πληροφορίες για τον υπολογισμό του χρόνου λειτουργίας προέρχονται από το προσωπικό του τμήματος παραγωγής. Η χρήση αυτού του δείκτη τους βοηθά να κατανοούν και να υποστηρίζουν το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης. Το γεγονός ότι στον υπολογισμό του δείκτη αυτού συμπεριλαμβάνονται όλοι οι χρόνοι εκτός λειτουργίας (downtime) είτε οφείλονται στη συντήρηση είτε στον έλεγχο του τμήματος παραγωγής, οδηγεί σε ακόμα μεγαλύτερη υποστήριξη από μέρους του τελευταίου.

Αδυναμίες:

Η αδυναμία σε αυτό το δείκτη είναι το γεγονός ότι στον υπολογισμό του χρησιμοποιούνται συχνά οι στάσεις (downtime) λόγω οποιασδήποτε αιτίας. Για το λόγο αυτό απαιτούνται ακριβή στοιχεία, ώστε να μη χρεώνονται στο πρόγραμμα Προληπτικής Συντήρησης στάσεις που δεν μπορεί να προλάβει.

Καθυστερημένες Δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης

Αυτός ο δείκτης εξετάζει τον αριθμό των δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης που δεν πραγματοποιήθηκαν στην ώρα τους σύμφωνα με το

πρόγραμμα. Είναι χρήσιμος ώστε να εντοπίζεται πότε αρχίζει να μην τηρείται το πρόγραμμα. Ο δείκτης αυτός θα προβλέψει προβλήματα, καθώς όταν το πρόγραμμα αρχίζει να μην ακολουθείται, οι βλάβες και οι έκτακτες περιπτώσεις θα αρχίσουν να αυξάνονται στο άμεσο μέλλον. Είναι πιο αποδοτικός όταν χρησιμοποιείται σε εβδομαδιαία βάση και μετά εξετάζεται η τάση του μέσα σε ένα διάστημα έξι μηνών.

Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται εάν διαιρεθεί ο αριθμός των δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης που είναι εκπρόθεσμες με τον αριθμό εκείνων που την προκειμένη στιγμή είναι προγραμματισμένες και σε αναμονή:

Αριθμός Καθυστερημένων Δραστηριοτήτων Προληπτικής Συντήρησης **Συνολικός αριθμός Δραστηριοτήτων Προληπτικής Συντήρησης σε Αναμονή**

Αυτός ο δείκτης αποτελεί ένα μέτρο της προσπάθειας που απαιτείται για την τήρηση του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης. Στόχος φυσικά είναι αυτό το ποσοστό να παραμένει όσο μικρότερο γίνεται.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης είναι απαραίτητος σε κάθε επιχείρηση που θέλει να παρακολουθήσει την πρόοδο του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης.

Χωρίς αυτό το δείκτη δε θα υπήρχε πρακτικά άλλος τρόπος να ελεγχθεί κατά πόσο το πρόγραμμα τηρείται.

Αδυναμίες:

Η μόνη αδυναμία σε αυτό το δείκτη είναι το γεγονός ότι πρέπει να τηρούνται ακριβή αρχεία. Κάποιες επιχειρήσεις ακυρώνουν τις δραστηριότητες που καθυστέρησαν να πραγματοποιηθούν για να μη μπερδευτεί το πρόγραμμα. Αυτό φυσικά δεν ενδείκνυται, καθώς μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια των δεδομένων που αφορούν στην τήρηση του προγράμματος. Είναι καλύτερα να αποκαλύπτονται τα προβλήματα ώστε να μπορούν να διορθώνονται.

Το Ποσοστό των Υπερωριών

Αν και αυτός ο δείκτης δεν είναι πάντα ένας άμεσος δείκτης της αποτελεσματικότητας του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης, μπορεί να είναι χρήσιμος. Οι υπερωρίες γίνονται σε περιπτώσεις βλαβών και έκτακτων καταστάσεων. Υψηλά ποσοστά υπερωριών επομένως μπορούν να δείξουν ένα αναποτελεσματικό πρόγραμμα.

Ο δείκτης αυτός προκύπτει από τη διαίρεση των ωρών που δουλεύονται σαν υπερωρίες με τις συνολικές ώρες εργασίας:

ΩρεςΥπερωριών **ΣυνολικέςΩρεςΕργασίας**

Το ποσοστό που προκύπτει δείχνει τον επιπρόσθετο χρόνο που απαιτείται για μια εργασία. Συνήθως το ποσοστό αυτό είναι 5%.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης βοηθά τους διευθυντές να παρακολουθούν την ποσότητα των επείγουσών περιπτώσεων και βλαβών που απαιτούν υπερωρίες για να πραγματοποιηθούν. Είναι σημαντικός καθώς οι υπερωρίες απαιτούν και επιπρόσθετο κόστος.

Αδυναμίες:

Μερικές εταιρείες, αντί να εφαρμόζουν πρακτική υπερωριών, προτιμούν να προσλαμβάνουν περισσότερο προσωπικό, γεγονός που αποκρύπτει τις επιπρόσθετες ώρες εργασίας λόγω της ανεπάρκειας του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης.

3.2.9 Προβλήματα στο πρόγραμμα της Time-Based Maintenance

Ακολούθως περιγράφονται τα συνηθέστερα προβλήματα που είναι απαγορευτικά ενός προγράμματος Time Based Maintenance. Εάν συντρέχει κάτι από τα παρακάτω, θα είναι δύσκολο, εάν όχι αδύνατο, να εγκατασταθεί ένα αποδοτικό πρόγραμμα Προληπτικής Συντήρησης.

Έλλειψη Υποστήριξης από τη Διοίκηση

Η υποστήριξη της διοίκησης είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία ή την αποτυχία του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης. Εάν η διοίκηση δεν υποστηρίζει το πρόγραμμα, αυτό θα αποτύχει, ενώ και όλες οι υπόλοιπες πρωτοβουλίες της συντήρησης δε θα είναι απόλυτα επιτυχείς.

Για να εξασφαλιστεί η υποστήριξη της διοίκησης θα πρέπει να υπάρχουν οικονομικά στοιχεία που να τη δικαιολογούν. Θα πρέπει να πειστούν οι κατάλληλοι διευθυντές για τα πλεονεκτήματα της Προληπτικής Συντήρησης που βοηθούν την επιχείρηση να παραμένει κερδοφόρα, όπως ασφαλής για το προσωπικό και το περιβάλλον λειτουργία του εξοπλισμού, παραγωγή Just-In-Time (JIT), ικανοποίηση των πελατών χάρη στο χαμηλό κόστος και την υψηλή ποιότητα προϊόντος και την έγκαιρη παράδοση των εμπορευμάτων, έλλειψη εφεδρικού εξοπλισμού, μειωμένη κατανάλωση ενέργειας (από 6% μέχρι και 11% λιγότερη από εξοπλισμό που δε συντηρείται επαρκώς), μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού (30-40%).

Έλλειψη Ικανοτήτων για τη Συντήρηση

Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν σήμερα τα προγράμματα Προληπτικής Συντήρησης. Τα άτομα τα οποία έχουν τις ικανότητες που απαιτούνται για τους ελέγχους και τις βασικές δραστηριότητες συντήρησης όλο και εκλείπουν. Σε αυτές τις βασικές δραστηριότητες περιλαμβάνονται η λίπανση των ρουλεμάν, με το κατάλληλο λιπαντικό, τη σωστή ποσότητα αυτού, την κατάλληλη συχνότητα και με εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου.

Πολλές φορές βασικές δραστηριότητες συντήρησης όπως οι παραπάνω ουσιαστικά αγνοούνται. Το πρόβλημα αφορά την εγκατάσταση και συντήρηση βασικών στοιχείων, όπως ιμάντες, αλυσίδες, κιβώτια ταχυτήτων, πνευματικά και υδραυλικά συστήματα. Ακόμα και όταν προβλέπονται αυτές οι

δραστηριότητες από το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης, όταν δε διενεργούνται σωστά δε φέρουν αποτέλεσμα.

Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την εκπαίδευση όλων όσων χειρίζονται ή συντηρούν τον εξοπλισμό. Μετά από ικανοποιητική εκπαίδευση θα πρέπει να δημιουργείται σε αυτούς η αίσθηση ότι ο εξοπλισμός τους ανήκει, ώστε να εξασφαλίζεται ότι δε θα σταματήσουν να εφαρμόζουν όσα έμαθαν.

Επιλογή Λάθος Εξοπλισμού

Η επιλογή του εξοπλισμού στον οποίο θα εφαρμοστεί Προληπτική Συντήρηση είναι ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν πολλά προγράμματα Προληπτικής Συντήρησης κατά την εκκίνησή τους. Όταν ξεκινά η εφαρμογή του προγράμματος θα πρέπει να επιλέγεται και ο εξοπλισμός στον οποίο θα εφαρμοστεί. Ο εξοπλισμός που επιλέγεται είναι αυτός του οποίου η λειτουργία είναι μεγάλης σημασίας για την παραγωγική διαδικασία ή για τον οποίο δεν υπάρχει εφεδρεία. Εάν συμβεί κάποια βλάβη σε αυτόν, οι αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή θα είναι σημαντικές.

Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την ιεράρχηση του εξοπλισμού κατά την εκκίνησή του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης και την επιλογή εκείνου που έχει τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά.

Έλλειψη Ενημέρωσης του Προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης

Αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται αφότου το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης έχει εφαρμοστεί για κάποιο διάστημα. Το πρόγραμμα ήταν κάποτε αποτελεσματικό, μετά όμως ο αριθμός των βλαβών άρχισε να αυξάνεται. Αν και το πρόγραμμα τηρείται, τα θετικά του αποτελέσματα ελαττώνονται συνεχώς.

Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο εξοπλισμός περνάει σε μια άλλη φάση του κύκλου ζωής του. Όποιο και να ήταν στο παρελθόν το κατάλληλο επίπεδο συντήρησης, η συντήρηση χρειάζεται αλλαγές καθώς ο εξοπλισμός γίνεται πιο παλιός. Οι δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης θα πρέπει να επανεκτιμώνται με βάση τα τωρινά προβλήματα του εξοπλισμού. Εκτός από τις καθημερινές, εβδομαδιαίες και μηνιαίες δραστηριότητες θα πρέπει να προγραμματίζονται και αυτές με συχνότητα εξαμήνου, χρόνου, δύο χρόνων. Διαφορετικά θα εξελίσσονται στα στοιχεία του εξοπλισμού προβλήματα που δεν θα έχουν εντοπιστεί και θα αστοχούν.

Οι δραστηριότητες της Προληπτικής Συντήρησης θα πρέπει να εξετάζονται με βάση τις μακροχρόνιες ανάγκες του εξοπλισμού, ώστε να εξασφαλίζεται ότι η Προληπτική Συντήρηση θα είναι αποτελεσματική καθ' όλο τον κύκλο ζωής του.

Μη Τήρηση του Προγράμματος

Τέτοιου είδους προβλήματα συμβαίνουν για πολλούς λόγους και πάντα επιδρούν στην αποτελεσματικότητα του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης. Όταν οι δραστηριότητες δεν ολοκληρώνονται μέσα στο προγραμματισμένο χρονικό πλαίσιο αρχίζουν τα προβλήματα στον εξοπλισμό. Αν και ο εξοπλισμός μπορεί να μην αρχίσει αμέσως να αστοχεί, η κατάσταση πολλών από τα στοιχεία του θα αρχίσει να χειροτερεύει. Η λειτουργία του και η απόδοσή του δεν θα είναι οι επιθυμητές, ενώ η αντιμετώπιση του ενός προβλήματος δεν θα είναι αρκετή, αφού το ένα

πρόβλημα οδηγεί στο άλλο. Θα χρειαστεί να γίνουν όλες οι απαραίτητες αντικαταστάσεις που θα επαναφέρουν τον εξοπλισμό σε ένα αποδεκτό επίπεδο λειτουργίας όπου η Προληπτική Συντήρηση θα είναι πάλι αποτελεσματική.

Ο μόνος τρόπος αντιμετώπισης είναι να απασχοληθεί όλο το προσωπικό για όσο χρόνο χρειαστεί για να ξαναγίνει το πρόγραμμα συμβατό με την τωρινή κατάσταση και να γίνει δυνατή η τήρησή του. Αυτό προφανώς απαιτεί και την υποστήριξη της διοίκησης γιατί μπορεί να χρειάζονται αλλαγές και στο πρόγραμμα παραγωγής.

Έλλειψη Λεπτομέρειας στα Έντυπα της Προληπτικής Συντήρησης

Οι μη λεπτομερείς περιγραφές των δραστηριοτήτων είναι ένα ακόμη πρόβλημα που μπορεί να αντιμετωπίσει ένα πρόγραμμα Προληπτικής Συντήρησης από την εκκίνησή του ακόμα. Όταν οι δραστηριότητες δεν περιγράφονται με επαρκείς λεπτομέρειες, παραλείπονται πολλά σημεία κατά τους ελέγχους ή τις εργασίες συντήρησης. Για παράδειγμα η δραστηριότητα «έλεγχος εάν στον κινητήρα η θερμοκρασία είναι αυξημένη» δεν καθορίζει ποια θερμοκρασία θεωρείται αυξημένη. Είναι μια αόριστη και ασαφής περιγραφή. Για τη δραστηριότητα αυτή θα πρέπει να δίνονται θερμοκρασίες, ρυθμίσεις πίεσης κ.λπ.

Μπορεί κάποιος να θεωρούν ένα τέτοιο επίπεδο λεπτομέρειας ακριβό και χρονοβόρο. Όταν όμως οι δραστηριότητες της συντήρησης δε γίνονται σωστά και παραλείπονται έλεγχοι και εργασίες, οι βλάβες είναι αναπόφευκτες και το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης αναποτελεσματικό.

Μία από τις μεγαλύτερες αιτίες αυτού του προβλήματος είναι η έλλειψη προσωπικού κατά την αρχική διαδικασία ανάπτυξης του προγράμματος. Αυτό οδηγεί σε δραστηριότητες που είναι ελλιπώς ανεπτυγμένες και άρα ανεπαρκείς.

Ο μόνος τρόπος αντιμετώπισης είναι στην αρχή να απασχολείται όσο προσωπικό χρειάζεται ώστε να αναπτύσσονται οι λεπτομέρειες κάθε δραστηριότητας από την αρχή. Έτσι τα πλεονεκτήματα της Προληπτικής Συντήρησης γίνονται άμεσα ορατά.

Πληροφορίες που δεν καταγράφονται

Μερικές φορές αφότου το πρόγραμμα της Προληπτικής Συντήρησης έχει εγκατασταθεί και κάποιες επιθεωρήσεις έχουν ολοκληρωθεί, αυτές ποτέ δεν επανεξετάζονται και δε σημειώνονται οι παρατηρήσεις, ώστε να υπάρχουν καταγεγραμμένα στοιχεία. Αυτό συνήθως συμβαίνει γιατί δεν υπάρχει το απαραίτητο προσωπικό που θα μεταφέρει τα αποτελέσματα των επιθεωρήσεων σε μια βάση δεδομένων ώστε να μπορούν να αναλυθούν. Σαν αποτέλεσμα τα σχόλια των επιθεωρητών χάνονται και μαζί όποια ακόλουθη απαραίτητη δραστηριότητα θα προέκυπτε από αυτά. Αυτό το πρόβλημα δεν επιτρέπει την εκτίμηση των αποτελεσμάτων και της αποδοτικότητας της Προληπτικής Συντήρησης. Επομένως το πρόγραμμα θα χειροτερεύει καθώς ο εξοπλισμός παλιώνει και δε θα μπορεί να ανταποκριθεί στις νέες ανάγκες του.

Η έλλειψη συλλογής δεδομένων πολύ συχνά οφείλεται στην έλλειψη ενός εύχρηστου Υπολογιστικού Συστήματος Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης(Computerized Maintenance Management System- CMMS).

Ελλείπει προσωπικού οποιοδήποτε CMMS χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των δεδομένων πρέπει να παρέχει ευκολία εισαγωγής και ανάλυσής τους.

Η επίλυση αυτού του προβλήματος αφορά σε δύο μέρη. Καταρχήν θα πρέπει να καθορίζεται πόσα άτομα θα πρέπει να στελεχώνουν αυτή την προσπάθεια με βάση την ποσότητα των δεδομένων και την ανάλυση που απαιτούν. Όταν το προσωπικό δεν είναι επαρκές, η ακρίβεια και η αξία των όσων στοιχείων συλλέγονται είναι αμφισβητούμενα. Όταν η στελέχωση γίνει, το τμήμα συντήρησης θα πρέπει να προμηθευτεί το καλύτερο CMMS που μπορεί, γεγονός που θα διευκολύνει την εργασία της καταχώρησης και ανάλυσης των δεδομένων από το προσωπικό.

3.2.10. Αξιολόγηση της Time-Based Maintenance (T.B.M.)

Η πρόληψη βλαβών με την εφαρμογή της Time Based Maintenance βασίζεται στην περιοδική επιθεώρηση του εξοπλισμού. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει κύρια: ελέγχους, επιθεωρήσεις, αποκαταστάσεις, επισκευές, αντικαταστάσεις. Με την εφαρμογή του συστήματος μειώνεται ο κίνδυνος πρόκλησης μεγάλων ζημιών και αυξάνεται η παραγωγική λειτουργία. Παραμένει εντούτοις η πιθανότητα αστοχίας μεταξύ δύο περιοδικών ελέγχων, καθώς η συχνότητα εμφάνισης βλαβών είναι εκ φύσεως τυχαία. Εκτός αυτών πολλές φορές:

- αγνοείται η ενσωματωμένη κατασκευαστική αξιοπιστία του κάθε συστήματος
- αντικαθίστανται εξαρτήματα που δεν έχουν εξαντλήσει τα ωφέλιμα όρια ζωής τους
- αποσυναρμολογούνται μηχανήματα χωρίς λόγο

Επιπλέον προβλήματα προκύπτουν κατά τον προγραμματισμό και την εφαρμογή αυτής της πρακτικής συντήρησης. Σε πολλές περιπτώσεις η διαφοροποίηση των συνθηκών λειτουργίας του εξοπλισμού από τις προδιαγεγραμμένες οδηγεί σε πρόωρες αστοχίες. Σε πολλές κατηγορίες δεν υπάρχουν δεδομένα για τις σχετικές επιτρεπτές ώρες λειτουργίας. Όταν αυτά υπάρχουν, δεδομένου του συντηρητικού υπολογισμού των επιτρεπτών ωρών λειτουργίας από τους κατασκευαστές το κόστος συντήρησης αυξάνεται αναίτια. Τα επιβαλλόμενα διαστήματα επισκευής δε συμπίπτουν με το συνολικό προγραμματισμό της παραγωγής ή τον καθυστερούν αναίτια. Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι παραμένει η πιθανότητα αστοχίας μεταξύ δύο περιοδικών ελέγχων, καθώς η συχνότητα εμφάνισης βλαβών είναι εκ φύσεως τυχαία. Εξάλλου, η ανάλυση δεδομένων από βλάβες έχει δείξει ότι οι μεγάλες βλάβες σε διακόπτες μικρού όγκου λαδιού και SF6 είναι τυχαίες και, επομένως, οι επιπτώσεις αυτών των βλαβών δεν είναι πιθανό να επηρεάζονται από τη συντήρηση βασισμένη στο χρόνο.

Παρακάτω παρουσιάζουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της Time-Based Maintenance. Αρχίζοντας από τα πλεονεκτήματα παραθέτουμε:

- Σημαντική μείωση εμφάνισης βλαβών και του αριθμού και της έκτασης των απαιτούμενων επιδιορθώσεων σε σχέση με τη λειτουργία ως τη Βλάβη, άρα και λιγότερες διακοπές της παραγωγικής διαδικασίας.
- Η εργασία του προσωπικού αποδίδει οικονομικά.

- Η συντήρηση μπορεί να σχεδιαστεί καλύτερα όταν προγραμματίζεται εκ των προτέρων (πρόβλεψη απαραίτητου ανθρώπινου δυναμικού και υλικών).
- Μειωμένες πιθανότητες εκδήλωσης εργατικών ατυχημάτων κυρίως λόγω προγραμματισμένων επεμβάσεων, αλλά και λόγω καλής κατάστασης του εξοπλισμού.
- Αυξημένη ποιότητα συντήρησης (λιγότερη πίεση χρόνου) και μεγάλη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού.
- Αυξημένη ποιότητα προϊόντος και μείωση των απορριπτόμενων προϊόντων χάρη στην (καλύτερη γενική κατάσταση του εξοπλισμού).
- Μείωση του κόστους των επισκευών λόγω της μείωσης των δευτερευουσών αστοχιών (καθώς, όταν κάποια στοιχεία αστοχούν κατά τη λειτουργία, συχνά καταστρέφουν και άλλα στοιχεία).
- Γίνεται αναγνώριση του εξοπλισμού με αυξημένο κόστος συντήρησης, γεγονός που αποκαλύπτει την ανάγκη είτε διορθωτικής συντήρησης είτε εκπαίδευσης του προσωπικού είτε αντικατάστασης απαρχαιωμένου εξοπλισμού.
- Μειωμένο κόστος λόγω υπερωριών και οικονομικότερη χρήση των τεχνικών συντήρησης, καθώς αυτοί δουλεύουν βάση προγράμματος και όχι εκτάκτως για την αποκατάσταση ξαφνικών βλαβών.

Φυσικά υπάρχουν και μειονεκτήματα τα σημαντικότερα από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Αύξηση των δραστηριοτήτων και του κόστους συντήρησης.
- Γίνονται περιττές και παρεμβατικές συντηρήσεις.
- Αυξημένο κόστος συντήρησης λόγω ανάλωσης πολλών ανταλλακτικών τα οποία δεν έχουν εξαντλήσει το όριο ζωής τους, αλλά και λόγω μαζικών συντηρήσεων σε μηχανήματα που δεν το απαιτούσαν, επειδή έχουν συμπληρώσει την προγραμματισμένη περίοδο λειτουργίας.
- Αυξημένο προσωπικό συντήρησης (συνεργεία ελέγχου και επεμβάσεων).
- Η Προληπτική Συντήρηση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε φθορά του εξοπλισμού που σχετίζεται με τη διάρκεια ζωής του.
- Σημαντική φθορά στο σύστημα σε περίπτωση που στοιχεία του παρουσιάσουν πρόβλημα πριν την προγραμματισμένη τους αλλαγή (άλλωστε η φύση των βλαβών είναι ως επί το πλείστον τυχαία).
- Ενέχεται ο κίνδυνος καταστροφής παρακείμενου στοιχείου κατά την εκτέλεση μιας δραστηριότητας συντήρησης
- Αυξημένο κόστος λειτουργίας από τη μειωμένη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού
- Ακαμψία προγραμμάτων και αδυναμία συνεργασίας με την παραγωγική διαδικασία για την εξεύρεση κατάλληλου χρόνου σταματήματος των μηχανημάτων

3.3 Condition-Based Maintenance(T.B.M.)(από την εξέλιξη της Προβλεπτικής/Predictive κι Ανιχνευτικής Συντήρησης)

3.3.1 Γενικά Στοιχεία

Οι σημαντικές πιέσεις που ασκούνται, σήμερα, στις επιχειρήσεις και τις βιομηχανίες να μειώσουν τα κόστη, λαμβάνοντας υπόψη ένα αποδεκτό επίπεδο ρίσκου, έχουν οδηγήσει στην εισαγωγή της συντήρησης με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού. Αποτελεί την πιο ελπιδοφόρο μέθοδο συντήρησης σήμερα.

Η μέθοδος της Condition-Based-Maintenance βασίζεται στη χρήση συστημάτων μέτρησης και ελέγχου που επιτρέπουν τη διάγνωση της πραγματικής φυσικής κατάστασης του εξοπλισμού όσο αυτός βρίσκεται σε λειτουργία (μη παρεμβατική μέθοδος). Στόχος είναι η πρόγνωση του χρόνου επισκευής ή συντήρησης πριν από την εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων ή βλαβών μέσω της συνεχούς παρακολούθησης (Condition Monitoring) της κατάστασης και της απόδοσης του εξοπλισμού.

Η Condition-Based-Maintenance επομένως κάνει χρήση των θετικών χαρακτηριστικών από τις δύο προηγούμενες μεθόδους με το βέλτιστο δυνατό συνδυασμό τους για να επιτύχει καλύτερα αποτελέσματα. Έχει το στοιχείο της πρόληψης στην εμφάνιση βλάβης (Προληπτική Συντήρηση – T.B.M.), αλλά χρησιμοποιεί την πρόγνωση προκειμένου να επέμβει διορθώνοντας έγκαιρα τη βλάβη (Διορθωτική Συντήρηση) όταν πλέον αυτή είναι αναπόφευκτη.

Η εφαρμογή ενός συστήματος Condition-Based-Maintenance απαιτεί καλή οργάνωση και υποδομή των συνεργείων, τα οποία όμως δε διαχωρίζονται σε συνεργεία ελέγχου και επεμβάσεων. Χωρίζονται και αποκεντρώνονται σε μικρότερους τομείς ευθύνης που εκτελούν όλους τους ελέγχους και επεμβάσεις.

Έτσι στην προβλεπτικού τύπου συντήρηση – C.B.M. το πρόγραμμα που ακολουθείται προκύπτει σε συνεργασία με τους υπεύθυνους παραγωγής για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της λειτουργίας του εξοπλισμού. Η κατάσταση και η απόδοση του εξοπλισμού παρακολουθούνται συνεχώς δυναμικά (Condition Monitoring). Οι περισσότεροι έλεγχοι των μηχανημάτων γίνονται κατά τη διάρκεια που αυτά λειτουργούν. Τα στοιχεία που προκύπτουν δίνουν πληροφορίες για την κατάσταση του μηχανήματος και βοηθούν στην πρόβλεψη του χρόνου επέμβασης για συντήρηση ή διόρθωση. Μόνο όταν προγραμματιστεί η επισκευή γίνεται διακοπή της λειτουργίας του.

Ο απώτερος σκοπός της Condition-Based-Maintenance είναι να πραγματοποιεί τις εργασίες συντήρησης σε μια προγραμματισμένη χρονική στιγμή πριν ο εξοπλισμός αστοχήσει εν λειτουργία και όταν η συντήρηση είναι οικονομικά δικαιολογημένη, δηλαδή όταν το κόστος της δεν υπερβαίνει αυτό που θα επέφερε η βλάβη του εξοπλισμού.

Όπως έχουμε και σε προηγούμενο σημείο επισημάνει, η φύση των βλαβών είναι ως επί το πλείστον τυχαία. Έτσι, ενώ η φιλοσοφία της Time-Based Maintenance αφορά περισσότερο τις εξαρτώμενες από το χρόνο αστοχίες, η Condition-Based-Maintenance ασχολείται με τα τυχαία και ξαφνικά εμφανιζόμενα προβλήματα τα οποία προσπαθεί να εντοπίσει και να διορθώσει εγκαίρως. Αν και οι αστοχίες δεν είναι δυνατό να ελεγχθούν πλήρως, με την εγκατάσταση της αυτής της Προβλεπτικής Μεθόδου

συντήρησης μπορούν να μειωθούν σημαντικά οι τυχαία εμφανιζόμενες αστοχίες και οι επιπτώσεις τους.

3.3.2.Η «προβλεπτική» φύση της Condition-Based Maintenance

Με βάση τα παραπάνω η πρόβλεψη ή πρόγνωση της αστοχίας με τη λειτουργική παρακολούθηση (real time monitoring) είναι μία πρακτική που αναπτύχθηκε από την ανάγκη βελτιστοποίησης της χρήσης των μέσων παραγωγής σε συνδυασμό με το οικονομικό αποτέλεσμα. Είναι ιδιαίτερα σημαντικός ο έλεγχος κρίσιμων σημείων μιας παραγωγικής γραμμής ώστε να προλαμβάνονται βλάβες με έγκαιρες επεμβάσεις.

Ένα πρόγραμμα συντήρησης με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού συνδυάζει τη Βάση Δεδομένων με τα Διαγνωστικά Μέσα που εξασφαλίζουν αυτόματα προειδοποίηση επικείμενης βλάβης.

Το πρώτο βήμα στο πρόγραμμα C.B.M. αφορά την ταξινόμηση του εξοπλισμού. Αφού ολοκληρωθεί η ταξινόμηση του εξοπλισμού, στο επόμενο βήμα 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.

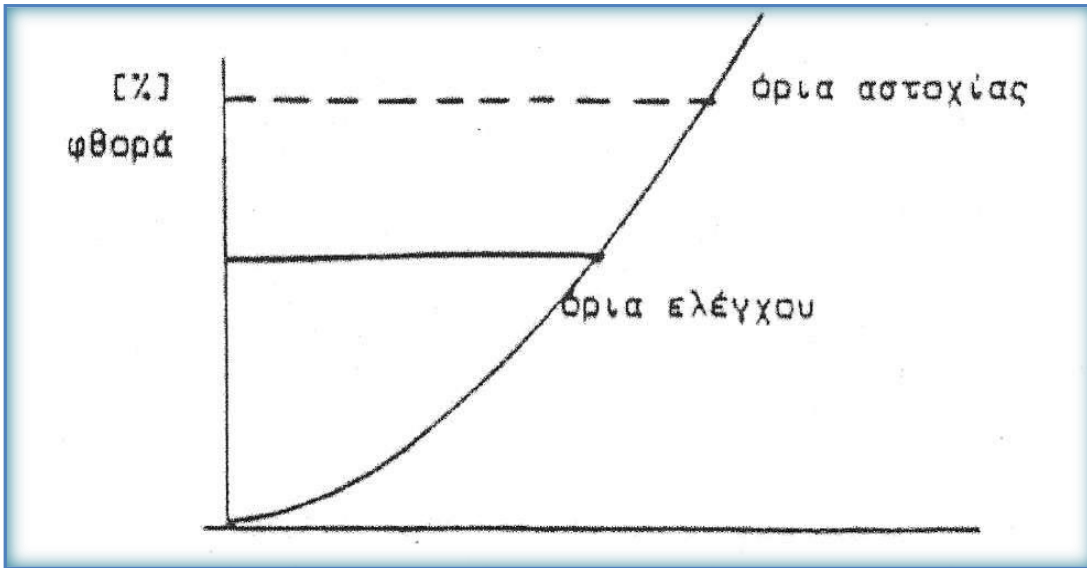
Για την αποτελεσματική βελτίωση της συντήρησης με βάση την κατάσταση έχουν σημασία τα εξής:

- 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

Η βασική φιλοσοφία της Condition-Based-Maintenance είναι η συγκέντρωση πληροφοριών της συμπεριφοράς των μηχανών ή εξαρτημάτων με ελέγχους και επιθεωρήσεις που γίνονται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Επακολουθεί η επεξεργασία τους με συγκεκριμένες μεθόδους. Η γενική μεθοδολογία έχει σχέση με την παρακολούθηση της εξέλιξης των διαφόρων φαινομένων ή ευρημάτων που αφορούν πρόοδο φθορών ή γεγονότων που οδηγούν σε βλάβες, καθώς βασίζεται στο γεγονός ότι οι αστοχίες δεν συμβαίνουν στιγμιαία αλλά εξελίσσονται μέσα σε κάποιο χρονικό διάστημα. Τα ευρήματα αυτά οφείλονται συνήθως σε μηχανικά ή λειτουργικά αίτια, στην επίδραση του περιβάλλοντος ή και στα δύο μαζί. Στο σημείο αυτό διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- A. Είτε η εξέλιξή τους να κρίνεται φυσιολογική
- B. Είτε η εξέλιξή τους να κρίνεται απότομη

Επομένως η εμφάνιση και η πρόοδος τους εξετάζονται σε συνάρτηση με το χρόνο. Με την έννοια αυτή καθορίζονται χρονικά όρια επεμβάσεων ή αντικαταστάσεων (Εικόνα 3.3.2) πριν το γεγονός συγκεκριμένης αστοχίας δημιουργήσει ευρύτερες ανωμαλίες.

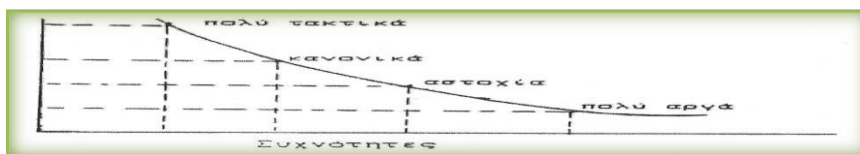


Εικόνα 3.3.2 – Χρονικά όρια ελέγχου / επεμβάσεων / αντικαταστάσεων

Ανάλογα με τα συμπεράσματα επιλέγονται οι κατάλληλες ενέργειες που εξασφαλίζουν την όσο το δυνατό μεγαλύτερη παραμονή της λειτουργίας του συστήματος στα φυσιολογικά όρια. Με την εμπειρία που θα αποκτηθεί από την εφαρμογή του προγράμματος είναι δυνατός και ο προσδιορισμός της φυσιολογικής ή απότομης εξέλιξης των φθορών.

Ένα άλλο σημαντικό μέγεθος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η συχνότητα των ελέγχων και των επιθεωρήσεων (Εικόνα 3.3.2). Εάν οι έλεγχοι γίνονται πολύ τακτικά τότε έχουμε σημαντική οικονομική επιβάρυνση. Στην αντίθετη περίπτωση αύξηση των αστοχιών. Η καλύτερη προσέγγιση και των δύο περιπτώσεων βασίζεται στην έρευνα της συμπεριφοράς του εξοπλισμού και σε δοκιμές κατά τα αρχικά στάδια της εφαρμογής.

Αντί λοιπόν να επιθεωρούμε το σύστημά μας σε τακτά χρονικά διαστήματα όπως θα κάναμε με την Time-Based Maintenance, με την Condition-Based Maintenance η συντήρηση γίνεται όταν το σύστημα χρειάζεται συντήρηση. Ένα απλό παράδειγμα είναι η αλλαγή λαδιών σε κάποιο μηχάνημα. Με την Προληπτική Συντήρηση θα έπρεπε τα λάδια να αλλαχτούν μετά από ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Με την Condition-Based Maintenance θα μπορούσε να υπάρχει εγκατεστημένο ένα σύστημα το οποίο μέσω αισθητήρων να μετράει την ποιότητα του λαδιού και όταν αυτή είναι κάτω από κάποια όρια να μας ενημερώνει για αλλαγή.



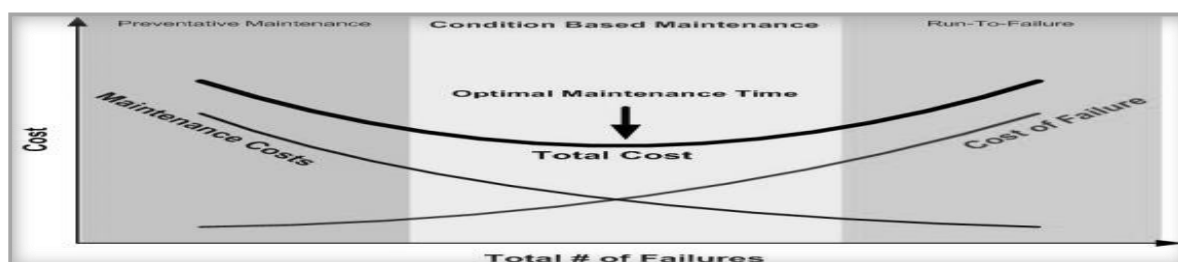
Εικόνα 3.3.2α – Συχνότητα ελέγχου επεμβάσεων / αντικαταστάσεων

Στην Εικόνα 3.3.2β παρουσιάζεται η μεταβολή του κόστους συναρτήσει των συνολικών βλαβών σε ένα μηχάνημα για τους τύπους συντήρησης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η έντονη κοίλη γραμμή αντιπροσωπεύει το κόστος συντήρησης. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.3.2β η T.B.M. (Προληπτική Συντήρηση) έχει μεγαλύτερο κόστος από την C.B.M. (Προβλεπτική) καθότι ένα εξάρτημα αντικαθίσταται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα και αφού αυτό δεν έχει εξαντλήσει την ωφέλιμη διάρκεια ζωής του. Με την Condition-Based-Maintenance η αντικατάσταση ενός μηχανήματος ή εξαρτήματος γίνεται με τη βοήθεια συνήθως ενός υπολογιστικού συστήματος (όπως θα δούμε παρακάτω), οπότε η συντήρηση γίνεται στο βέλτιστο χρονικό διάστημα, πράγμα το οποίο μειώνει το συνολικό κόστος. Λίγο πιο αναλυτικά έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

Στο δεξιό τμήμα του διαγράμματος που αφορά την Corrective Maintenance βλέπουμε ότι έχουμε σημαντικό αριθμό βλαβών αλλά πολύ μικρό Κόστος Συντήρησης, πράγμα απόλυτα λογικό αφού αυτή είναι η βασική λογική αυτού του τύπου της Συντήρησης (Λειτουργία ως τη Βλάβη). Όμως, το Κόστος των Βλαβών είναι εξαιρετικά υψηλό, γεγονός επίσης απόλυτα αναμενόμενο αφού όταν συμβαίνουν οι αστοχίες έχουν πολλαπλάσιο κόστος που υπερβαίνει

κατά πολύ αυτή καθαυτή την επιδιόρθωση – αντικατάσταση του συγκεκριμένου τμήματος του εξοπλισμού. Αναφερόμαστε προφανώς σε εκτεταμένες βλάβες σε γειτονικά και αλληλοεξαρτώμενα τμήματα του εξοπλισμού, κόστος από το σταμάτημα της παραγωγής, κόστος επανεκκίνησης – επαναλειτουργίας, κόστος από τη μη διαθεσιμότητα και κοινωνικό κόστος από τη μη λειτουργία κρίσιμων υπηρεσιών για το κοινωνικό σύνολο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να «εκτοξεύεται» το Συνολικό Κόστος για αυτή τη μέθοδο συντήρησης.

Στο αριστερό τμήμα βλέπουμε τις καμπύλες κόστους για την Time-Based Maintenance. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι έχουμε σχετικά μικρό βλαβών, οι οποίες όπως είναι λογικό επακόλουθο συνεπάγονται αρκετά χαμηλό Κόστος Βλαβών. Οι λίγες βλάβες είναι αποτέλεσμα του σημαντικού πλεονεκτήματος της αυξημένης διαθεσιμότητας του εξοπλισμού που χαρακτηρίζει την Time-Based Maintenance, για το οποίο όμως πληρώνουμε πολύ υψηλό «τίμημα» που είναι φυσικά το ιδιαίτερα αυξημένο Κόστος για την Συντήρηση. Αυτό έχει, όπως και πριν στην Corrective Maintenance, σαν συνέπεια ότι η έντονη καμπύλη του Συνολικού Κόστους να κινείται σε πολύ υψηλά επίπεδα.



Εικόνα 3.3.2β – Μείωση του Κόστους με την Condition Based Maintenance

Τέλος, στο κεντρικό τμήμα του διαγράμματος που αφορά την Condition-Based Maintenance βλέπουμε ξεκάθαρα ότι επιτυγχάνεται η βέλτιστη λύση όσον αφορά το Συνολικό Κόστος που (θα έπρεπε να) αποτελεί το βασικό κριτήριο για την επιλογή κι εφαρμογή της Στρατηγικής Συντήρησης. Σε σχέση με την Time-Based Maintenance αυξάνεται λίγο το Κόστος βλαβών κι ο αριθμός τους (λογικό κι αναμενόμενο αφού με ένα σχολαστικό αλλά και απαγορευτικά ακριβό πρόγραμμα Time-Based Maintenance επιτυγχάνεται πολύ υψηλή διαθεσιμότητα και μείωση αριθμού βλαβών), αλλά από την άλλη είναι αξιοσημείωτη η μείωση του Κόστους Συντήρησης αφού πια η συντήρηση γίνεται στο βέλτιστο χρονικό διάστημα και μόνο όταν πραγματικά υπάρχει η σχετική αναγκαιότητα όπως μας πληροφορεί ο εξοπλισμός παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού.

Τα κύρια μέσα που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίησης της συντήρησης βασισμένης στην κατάσταση είναι τα ακόλουθα:

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

Από την διεθνή αρθρογραφία και επιστημονικό τύπο θα περιγράψουμε στη συνέχεια αναλυτικά διάφορους τρόπους παρακολούθησης, που εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια, σε μετασχηματιστές υψηλής και υπερυψηλής τάσης. Μάλιστα επισημαίνεται η ανάγκη για όσο το δυνατό πιο αξιόπιστους αισθητήρες, αφού λανθασμένες προειδοποιήσεις ακυρώνουν την εμπιστοσύνη προς την αξιοπιστία του συστήματος παρακολούθησης.

Πιο συγκεκριμένα μια μέθοδος που χρησιμοποιείται περιλαμβάνει τη χρήση συσκευών συνεχούς (on-line) παρακολούθησης μερικών αερίων διαλυμένων στο λάδι του μετασχηματιστή (Dissolved Gas Analysis – D.G.A.). Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική αφού έχει οδηγήσει στην πρόληψη βλαβών, οι οποίες επαληθεύτηκαν με φωτογραφίες του εσωτερικού μετασχηματιστών που απεικόνιζαν τις βλάβες αυτές μετά το άνοιγμα των μετασχηματιστών.

Ακόμη, μια νέα μέθοδος παρακολούθησης των μετασχηματιστών περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση αισθητήρων UHF για τη μέτρηση μερικών εκκενώσεων σε μετασχηματιστές. Με τη μέθοδο αυτή είναι εφικτό να ανακαλύπτεται δραστηριότητα μερικών εκκενώσεων στο μετασχηματιστή, επιτρέποντας προσδιορισμό συσχέτισης με τις συνθήκες λειτουργίας του πιο άμεσα, σε σχέση με άλλους μεθόδους, όπως η αεριοχρωματογραφική ανάλυση αερίων διαλυμένων στο λάδι του μετασχηματιστή. Επομένως είναι δυνατό να επιτευχθεί καλύτερος έλεγχος της εκτίμησης κινδύνου.

Είναι σκόπιμο επίσης να αναφέρουμε ότι θερμογραφικές επιθεωρήσεις χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σήμερα στα συστήματα μέσης και υψηλής τάσης, με αποτέλεσμα η γνώση των μηχανισμών εμφάνισης βλαβών στα εξαρτήματα μέσης και υψηλής τάσης έχει αυξηθεί.

3.3.3 Κατηγορίες Βλαβών

Όπως ήδη αναφέραμε, οι τακτικοί έλεγχοι και επιθεωρήσεις παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα ως προς την έγκαιρη ανακάλυψη φθορών του εξοπλισμού παρόλα αυτά είναι δυνατό να οδηγήσουν σε βλάβη. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο έγκαιρος εντοπισμός δεν είναι πάντα δυνατός. Με την έννοια αυτή οι βλάβες διακρίνονται σε *απρόβλεπτες* και σε *φυσιολογικές*.

- A. **Απρόβλεπτες Βλάβες:** Εμφανίζονται κατά τρόπο τυχαίο έτσι ώστε κάθε έννοια πρόβλεψης δεν είναι δυνατή. Διακρίνονται σε:
- i.) Εμφανείς, οι οποίες είναι δυνατό να εντοπιστούν επειδή δεν εξελίσσονται απότομα, αλλά χρειάζονται κάποιο χρόνο. Προκειμένου να προληφθούν απαιτείται συνεχής παρακολούθηση
 - ii.) Αφανείς, οι οποίες δεν εντοπίζονται και εξελίσσονται απότομα. Στην περίπτωση αυτή οι βλάβες καταγράφονται και προσδιορίζονται τα αίτια. Γίνεται η διάγνωση και στη συνέχεια λαμβάνονται τα απαραίτητα διορθωτικά μέτρα
- B. **Φυσιολογικές Βλάβες:** Εξελίσσονται χρονικά με γνωστό τρόπο και ρυθμό. Οφείλονται κύρια στις φθορές, αλλαγή της δομής των υλικών κατά τη λειτουργία, χημικές επιδράσεις, μηχανικές καταπονήσεις, θερμοκρασίες. Διακρίνονται σε:
- i.) Εμφανείς, οι οποίες εντοπίζονται και ανιχνεύονται με επιθεωρήσεις και ελέγχους. Έτσι είναι δυνατή η λήψη κατάλληλων μέτρων, ώστε να μην εξελιχθούν
 - ii.) Αφανείς, οι οποίες δεν εντοπίζονται και προλαμβάνονται μόνο με προγραμματισμένες αντικαταστάσεις και επισκευές

Στην πρώτη κατηγορία βλαβών είναι απαραίτητη η διάγνωση και οι διορθωτικές ενέργειες. Στη δεύτερη κατηγορία απαιτείται η εφαρμογή νεότερων μεθόδων συστηματικής δυναμικής παρακολούθησης.

3.3.4 Condition Monitoring (Δυναμική Παρακολούθηση)

Η συντήρηση με βάση την κατάσταση βασίζεται στη δυναμική παρακολούθηση (Condition Monitoring) των μηχανών και περιλαμβάνει διαδικασίες έμμεσων και άμεσων επεμβάσεων. Οι έμμεσες επεμβάσεις έχουν σχέση με τους Λειτουργικούς Ελέγχους όπου με ειδικά όργανα και μεθοδολογία παρακολουθείται η συμπεριφορά του εξοπλισμού. Μπορούμε να πούμε ότι η δυναμική παρακολούθηση της κατάστασης αποτελείται συνήθως από τέσσερις ξεχωριστές ενέργειες:

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

Πρέπει να σημειώσουμε ότι ένα πολύ σημαντικό σημείο στην εφαρμογή του συστήματος είναι η αξιοπιστία του, δηλαδή η ικανότητα αξιολόγησης των ευρημάτων και το κατά πόσο τα ευρήματα αυτά αποτελούν όντως ενδείξεις ή προβλέψεις πιθανής βλάβης, εξέλιξης φθορών, κανονικής ή μη λειτουργίας. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι για την ανάπτυξη του προγράμματος της Συντήρησης με Βάση την Κατάσταση είναι απαραίτητο να βρεθούν λύσεις στα ακόλουθα τρία προβλήματα:

- Ποια είναι τα στοιχεία που πρέπει να παρακολουθούνται?
- Ποιο είναι το είδος των αισθητηρίων και ποιος ο τρόπος μεταβίβασης των πληροφοριών?
- Πως πρέπει να χρησιμοποιούν οι χειριστές τα δεδομένα?

Όσον αφορά το (Α) ερώτημα, θα περιγράψουμε συνοπτικά μια μεθοδολογία επιλογής των στοιχείων που πρέπει να παρακολουθούνται. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να αναφέρουμε ότι είναι αδύνατη η άμεση εφαρμογή συντήρησης με βάση την κατάσταση π.χ. σε όλους τους διακόπτες ενός Υ/Σ εξαιτίας της πληθώρας διακοπών διαφορετικού τύπου. Για το λόγο αυτό λαμβάνουμε υπόψη τα ακόλουθα κριτήρια για την επιλογή των πιο ελκυστικών, για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου συντήρησης, διακοπών:

1. Τωρινό κόστος συντήρησης ανά διακόπτη
2. Τωρινός χρόνος διακοπής λειτουργίας για συντήρηση
3. Ρίσκο πρόκλησης βλαβών λόγω συντήρησης (εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του διακόπτη)
4. Το μέγεθος του πληθυσμού τους
5. Ηλικία και προβλεπόμενη διάρκεια ζωής
6. Τωρινή συμπεριφορά του διακόπτη ως προς τις βλάβες και συχνότητα εμφάνισής τους

Για παράδειγμα ένας μικρός πληθυσμός διακοπών μεγάλης πολυπλοκότητας με υψηλό κόστος συντήρησης μπορεί να είναι το ίδιο ελκυστικός με ένα μεγαλύτερο πληθυσμό απλούστερων διακοπών.

Επιαναλαμβάνουμε, συνοψίζοντας, ότι για την ανάπτυξη του προγράμματος της Condition-Based-Maintenance είναι απαραίτητα:

- Η επιλογή των μηχανημάτων που θα υπαχθούν στο πρόγραμμα παρακολούθησης.
- Ο καθορισμός του είδους συντήρησης (π.χ. περιοδική με προδιαγραφές, ετήσια) των υπολοίπων, ώστε να υπάρχει ενιαίος προγραμματισμός και σχεδιασμός του συνόλου των εργασιών της συντήρησης.
- Η ορθολογική οργάνωση της λίπανσης
- Η ανάπτυξη βάσεων δεδομένων (Databases) και μεθόδων επεξεργασίας τους.

Με βάση όσα αναφέραμε συνεπώς χρειάζονται:

- Απογραφή, κωδικοποίηση και αναγνώριση του εξοπλισμού
- Προδιαγραφές λειτουργίας του επιλεγέντος εξοπλισμού
- Καθορισμός όγκου εργασιών
- Περιγραφή είδους εργασιών
- Καθορισμός είδους ελέγχων

- Έκδοση οδηγιών συντήρησης και λίπανσης
- Συντονισμός, τεχνικός και χρονικός προγραμματισμός, οργάνωση
- Εκπαίδευση προσωπικού

3.3.5 Απαιτήσεις εφαρμογής του προγράμματος C.B.M.

Οι κύριες απαιτήσεις εφαρμογής του συστήματος της Condition-Based Maintenance είναι οι ακόλουθες:

A. Σε προσωπικό:

- Ειδικευμένοι Μηχανικοί Συντήρησης
- Ειδικευμένο τεχνικό προσωπικό

B. Σε εκπαίδευση σχετικά με:

- Επεξεργασία σημάτων
- Όργανα
- Πληροφορική
- Τεχνικές (ανάλυση λιπαντικών επιθεωρήσεις επιφανειών, αξιολογήσεις βλαβών κ.λπ.).

C. Σε εμπειρία:

- Ο έλεγχος και η επιθεώρηση είναι έννοιες ταυτόσημες με την άμεση αντίληψη, τη γρήγορη αντίδραση, τη λήψη απόφασης και τη σωστή εκτέλεση

D. Σε όργανα και εργαλεία, όπως:

- Ανιχνευτές και αισθητήρια λήψης σημάτων
- Αναλυτές ταλαντώσεων ή σημάτων
- Ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

3.3.6 Η μέθοδος της Condition-Based Maintenance

Η εφαρμογή της Condition-Based Maintenance δεν περιλαμβάνει ολόκληρο τον εξοπλισμό, αλλά τα βασικά και κύρια σημεία του, η συνεχής και αδιάκοπη λειτουργία των οποίων είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Βασική επιδίωξη της εφαρμογής του συστήματος Condition Based Maintenance είναι η πρόβλεψη και εξάλειψη των αιτίων που οδηγούν ένα λειτουργικό σύστημα σε αστοχία (βλάβη). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό δε βασίζονται μόνο σε στατικά ή στατιστικά δεδομένα, π.χ. συστάσεις κατασκευαστών, εμπειρία, συνήθειες, ιστορικά στοιχεία κ.λπ., αλλά έχουν σχέση με τη δυναμική λειτουργική παρακολούθηση του. Με τη βοήθεια των συστημάτων συγκέντρωσης πληροφοριών και ελέγχου συνθηκών λειτουργίας οδηγούμαστε στην πρόληψη μέσω προβλέψεων και προγνώσεων.

Τα πληροφοριακά συστήματα σε συνδυασμό με τα ανάλογα ελέγχου παραγωγής συνθέτουν το φάσμα της πραγματικής παρακολούθησης της απόδοσης των εγκαταστάσεων. Έτσι είναι δυνατός ο προσδιορισμός του ωφέλιμου χρόνου ζωής εξαρτημάτων ή μηχανημάτων μέχρι την προσεχή

επέμβαση, πριν η λειτουργία τους καταστεί κρίσιμη και ο εκ των προτέρων σχεδιασμός και προγραμματισμός των εργασιών. Η διασύνδεσή τους με ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα ελέγχου της συντήρησης είναι πολύ σημαντική για την έγκαιρη λήψη σοβαρών αποφάσεων.

Η Condition-Based Maintenance σαν συνδυασμός περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία μακροχρόνιου προγραμματισμού υποστήριξης. Γίνεται δε χρήση εξελιγμένων μεθόδων προσδιορισμού της βέλτιστης λύσης (επιχειρησιακός σχεδιασμός). Τα κριτήρια είναι οικονομοτεχνικά με την έννοια της αύξησης των εσόδων από τα οποία αφαιρούνται κάθε φορά οι δαπάνες βελτίωσης της συντήρησης.

3.3.7 Οικονομική Απόδοση της Condition-Based Maintenance

Από την πρώτη ημέρα αγοράς του ακριβού εξοπλισμού μιας διαγνωστικής τεχνολογίας για τις ανάγκες της Condition-Based Maintenance ή του συμβολαίου με τον εξωτερικό συνεργάτη που την αναλαμβάνει οι υπεύθυνοι παρακολούθησης του προγράμματος Condition-Based Maintenance πρέπει να μπορούν συνεχώς να δικαιολογούν τις δαπάνες για τα κεφάλαια και το ανθρώπινο δυναμικό που αυτό δεσμεύει.

Σε αντίθεση με τον εξοπλισμό ή τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή, τα οικονομικά πλεονεκτήματα από την εφαρμογή των διαγνωστικών τεχνολογιών για την παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν. Τα άμεσα κόστη μιας επιχείρησης περιλαμβάνουν το ανθρώπινο δυναμικό της παραγωγής και τις πρώτες ύλες. Το ανθρώπινο δυναμικό που απασχολεί η συντήρηση και ότι άλλο χρειάζεται συμπεριλαμβάνονται στα έμμεσα κόστη, που συνήθως αναφέρονται και ως γενικά έξοδα, ενώ η επίδρασή της στο κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί.

Ο υπολογισμός των οικονομικών πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή του προγράμματος της Condition-Based Maintenance μπορεί να γίνει εάν ληφθούν υπόψη το κόστος του προγράμματος και η μείωση του άμεσου και του έμμεσου κόστους που επιφέρει η εφαρμογή του. Εάν υπολογιστεί το συνολικό κέρδος από τη μείωση του άμεσου και του έμμεσου κόστους και από αυτό αφαιρεθεί το κόστος του προγράμματος προκύπτει το καθαρό κέρδος της επένδυσης στο πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance. Αυτή είναι μια συνηθισμένη μέθοδος έκφρασης του οικονομικού κέρδους ενός προγράμματος Condition-Based Maintenance το οποίο σε ετήσια βάση ανακοινώνεται στην επιχείρηση και μπορεί να επηρεάσει τις αποφάσεις της για χρηματοδότηση της συνέχισης ή και της επέκτασης του προγράμματος.

3.3.7.1 Το κόστος του προγράμματος Condition-Based Maintenance

Το κόστος του προγράμματος τυπικά περιλαμβάνει τον εξοπλισμό, τις προμήθειες, το ανθρώπινο δυναμικό και τα γενικά έξοδα. Το κόστος του εξοπλισμού είναι το κεφάλαιο που επενδύθηκε για την αγορά του. Η αξία, όμως, του κεφαλαίου που επενδύθηκε για τον εξοπλισμό πρέπει να επανεκτιμάται κάθε μήνα ή χρόνο ανάλογα, για να υπολογίζεται η μείωσή του λόγω παλαιότητας.

Οι προμήθειες, που μπορεί να είναι αναλώσιμα ή όχι, πρέπει να υπολογίζονται με βάση τα αναμενόμενα ποσοστά χρήσης ή κατανάλωσης. Κατά την κοστολόγηση του ανθρώπινου δυναμικού θα πρέπει να υπολογίζονται οι ώρες εργασίας που καταναλώνονται για την υποστήριξη του προγράμματος και να χρησιμοποιούνται τα κριτήρια της επιχείρησης για την ένταξη των στελεχών στις διάφορες κατηγορίες μισθοδοσίας. Τέλος, τα γενικά έξοδα περιλαμβάνουν τις υπηρεσίες υποστήριξης, τις προμήθειες και οτιδήποτε άλλο παρέχεται στο πρόγραμμα και κανονικά θα χρησιμοποιούνταν σε κάποιο άλλο τομέα της επιχείρησης.

Το κόστος του προγράμματος θα πρέπει να υπολογίζεται ξανά κάθε φορά που γίνεται κάποια αλλαγή σε οποιαδήποτε από τις παραμέτρους του, όπως αύξηση ή μείωση του ανθρώπινου δυναμικού, αγορά καινούριου εξοπλισμού ή ανάθεση επιπρόσθετων ευθυνών στα στελέχη.

3.3.7.2 Εξοικονόμηση χρημάτων από το άμεσο κόστος

Η εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει από το άμεσο κόστος είναι η σημαντικότερη και αφορά τη μείωση των ετήσιων εξόδων και τη μείωση της συχνότητας ή τη διακοπή κάποιων δραστηριοτήτων Time Based Maintenance, που προκύπτουν χάρη στην εφαρμογή του προγράμματος της Condition-Based Maintenance. Κάποιες φορές μπορεί τα δεδομένα που προκύπτουν από τους διαγνωστικούς ελέγχους να υποδεικνύουν την αναγκαιότητα αύξησης των δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης – T.B.M. (!). Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να αφαιρούνται τα ανάλογα ποσά από τα κέρδη λόγω ελάττωσης των προληπτικών συντηρήσεων, τα οποία όμως μετά συμπεριλαμβάνονται στα κέρδη από το έμμεσο κόστος λόγω της αύξησης της αξιοπιστίας του εξοπλισμού.

3.3.7.3 Εξοικονόμηση χρημάτων από το έμμεσο κόστος

Αν και η εκτίμηση της μείωσης του έμμεσου κόστους από την εφαρμογή του προγράμματος της Condition-Based Maintenance είναι πολύ δύσκολη, αφού μόνο με εικασίες μπορεί να προκύψει, ο υπολογισμός των κερδών μόνο από το άμεσο κόστος θα ήταν ιδιαίτερα συντηρητικός και δεν θα αντικατόπτριζε το πραγματικό κέρδος της επιχείρησης από την επένδυση στο πρόγραμμα.

Επειδή η μείωση του έμμεσου κόστους που σχετίζεται με τις αστοχίες που απεφεύχθησαν και την αύξηση της αξιοπιστίας βασίζεται σε γεγονότα που δε συνέβησαν, δεν υπάρχουν πραγματικά κέρδη, αλλά αυτά αντιπροσωπεύονται από έναν άπειρο αριθμό πιθανών σεναρίων λανθανουσών φθορών. Το πιο εύχρηστο μέγεθος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι ένας πεπερασμένος αριθμός διαφορετικών σεναρίων με ένα σύστημα βαρύτητας ανάλογα με την πιθανότητα εμφάνισής τους.

Στην κατηγορία των χρημάτων που εξοικονομούνται από το έμμεσο κόστος συμμετέχουν υπολογισμοί που βασίζονται και στον εξοπλισμό και στην παραγωγή. Κάθε αποφευχθείσα αστοχία έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή κάποιου κόστους συντήρησης που προκύπτει από τη μείωση της σοβαρότητας της ζημιάς στον εξοπλισμό. Η μεγαλύτερη μείωση του κόστους σχετίζεται με την αποφυγή των ξαφνικών δραστηριοτήτων συντήρησης, γεγονός που οδηγεί στη μείωση του χρόνου των επισκευών και των

απαραίτητων διαθέσιμων ανταλλακτικών και στην αύξηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού κατά την παραγωγική διαδικασία.

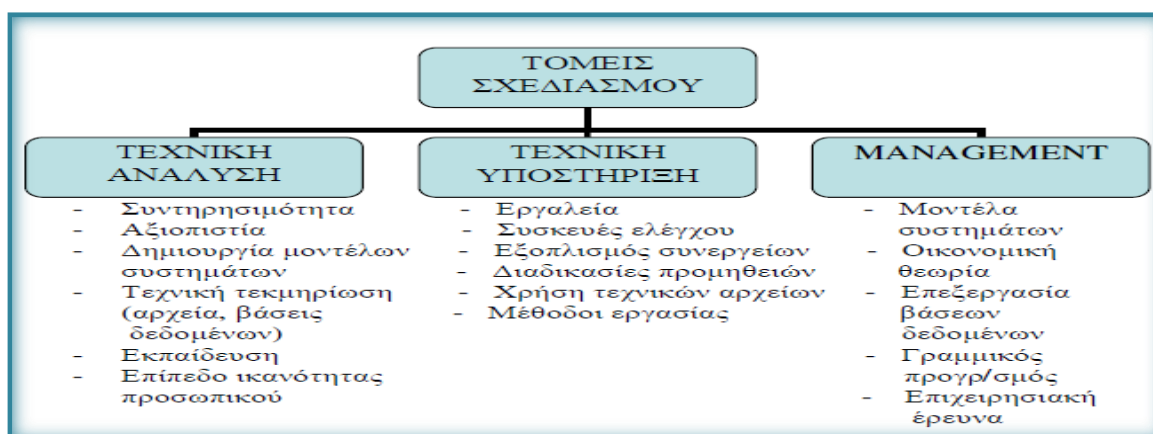
3.3.8 Τομείς Σχεδιασμού του Συστήματος C.B.M.

Οι τομείς σχεδιασμού της Condition-Based Maintenance που παρουσιάζονται αφορούν:

- Την τεχνική ανάλυση και τεκμηρίωση
- Την τεχνική υποστήριξη
- Την οργάνωση (management)

Από τα στοιχεία της τεχνικής ανάλυσης προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Η Συντηρησιμότητα και η Αξιοπιστία επιδρούν σημαντικά στο σχεδιασμό ολοκληρωμένων συστημάτων προγραμματισμού
- Τα στοιχεία της υλικοτεχνικής υποδομής και στήριξης καθορίζονται στο προκαταρκτικό στάδιο του σχεδιασμού
- Οι τεχνικές του management περιλαμβάνουν:
 - ✓ το γραμμικό προγραμματισμό για τη βέλτιστη κατανομή ορισμένων μέσων που χρειάζονται σε ένα σύστημα ανεξάρτητων δραστηριοτήτων
 - ✓ οικονομικές θεωρίες
 - ✓ χρήση μοντέλων συστημάτων και προσομοίωσης
 - ✓ πληροφορική
 - ✓ επιχειρησιακή έρευνα



Εικόνα 3.3.8 – Τομείς Σχεδιασμού (Condition Based Maintenance)

Τα οικονομικά στοιχεία που προκύπτουν από την εφαρμογή έχουν σχέση με:

- την αύξηση της παραγωγής και τη μείωση του κόστους της συντήρησης με την εφαρμογή του βελτιστοποιημένου συστήματος,

- την αύξηση της παραγωγής και τη μείωση του κόστους της συντήρησης σαν επακόλουθο της μείωσης του συνολικού όγκου των εργασιών,
- την οικονομία σαν επακόλουθο του σωστού συντονισμού παραγωγής και συντήρησης

3.3.9 Η φάση του σχεδιασμού σε ένα σύστημα C.B.M.

Στην περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού θα χρησιμοποιηθούν τα εξής μεγέθη:

(R) Αξιοπιστία (Reliability): Είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ διαδοχικών αστοχιών (βλαβών) του υπό έλεγχο εξαρτήματος ή μηχανήματος.

(M) Συντηρησιμότητα (Maintainability): Είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη στιγμή της αστοχίας μέχρι την πλήρη αποκατάσταση του υπό εξέταση εξαρτήματος ή μηχανήματος.

(A) Διαθεσιμότητα (Availability): Ο λόγος $R/(R+M)$ για να είναι ένα σύστημα 100% παραγωγικό σε όλο το διατιθέμενο χρονικό διάστημα.

Εάν η διαθεσιμότητα **(A)** εκφραστεί ως συνάρτηση της παραγωγής ή των εσόδων **(I)**, τότε ισχύει η σχέση:

$$I = f(A) \quad (1)$$

Η βελτίωση όμως τόσο της αξιοπιστίας όσο και της συντηρησιμότητας απαιτούν επιπλέον δαπάνες. Αν Δ παριστάνει αύξηση δαπανών, τότε:

Δ_{CR} = το κόστος βελτίωσης της αξιοπιστίας

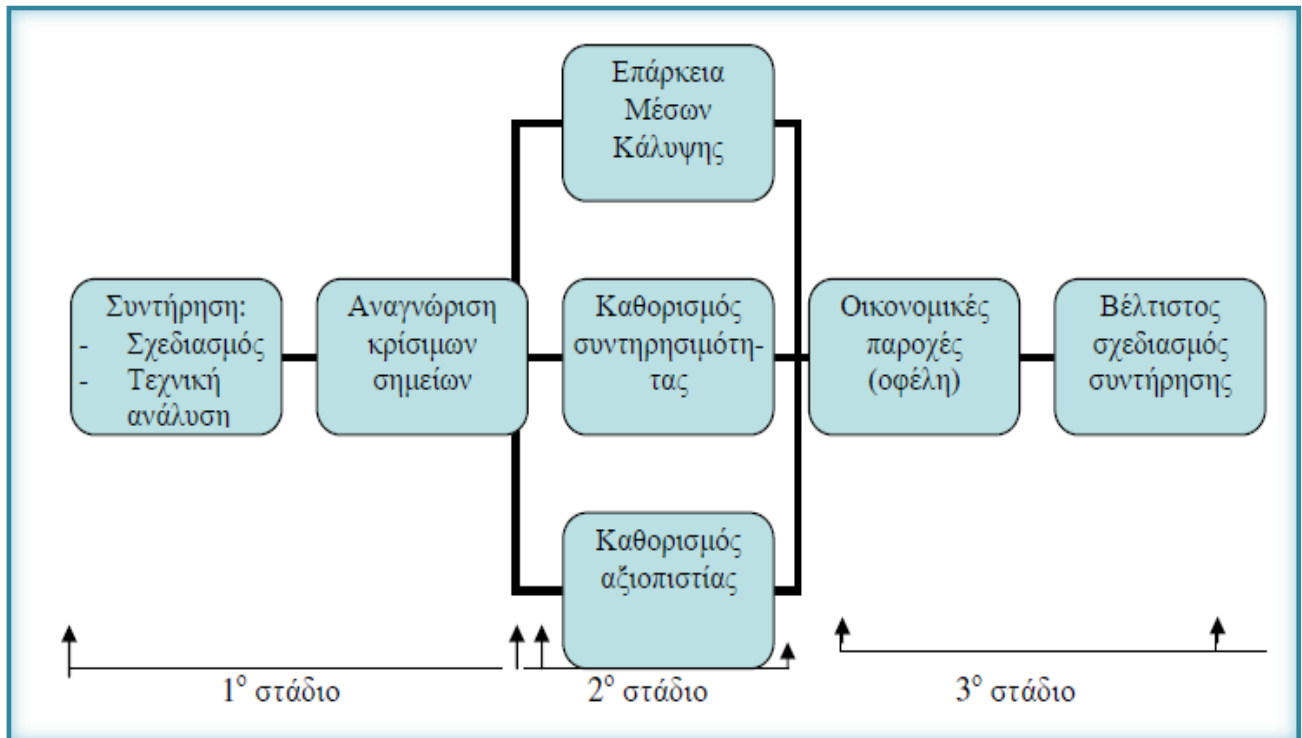
Δ_{CM} = το κόστος βελτίωσης της συντηρησιμότητας

Σύμφωνα με τα προηγούμενα και σε συνδυασμό με τη σχέση (1) προκύπτει ότι:

$$\Delta I = f(A) - \Delta_{CR} - \Delta_{CM} \quad (2)$$

Η τελευταία σχέση αποτελεί το κριτήριο αξιολόγησης όλων των προτεινόμενων λύσεων. Οι διάφορες προτάσεις βελτίωσης της συντήρησης επιλέγονται μόνο όταν τα αναμενόμενα οφέλη υπερβαίνουν το κόστος που απαιτείται για να γίνουν. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η ανάπτυξη του κατάλληλου μοντέλου για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή.

Η φάση του σχεδιασμού ξεκινά από τεχνοοικονομική ανάλυση, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.3.9 και περιλαμβάνει τρία στάδια.



Εικόνα 3.3.9 – Φάσεις Σχεδιασμού μοντέλου συντήρησης (Condition Based Maintenance)

Πρώτο Στάδιο

Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας περιλαμβάνει την αναγνώριση και την απομόνωση των κρίσιμων θέσεων παραγωγικού λειτουργικού συστήματος.

Δεύτερο Στάδιο

Αφού αναγνωριστούν τα κρίσιμα σημεία του εξοπλισμού κάθε ένα από αυτά εξετάζεται ως προς τα απαιτούμενα μέσα κάλυψης, την αξιοπιστία και τη συντηρησιμότητα.

Η υπερεπάρκεια σε μέσα αυξάνει ενδεχόμενα την αξιοπιστία, αλλά όπως είναι φυσικό, προσθέτει στο σύστημα κόστος. Η αξιοπιστία μπορεί να βελτιωθεί με άλλους τρόπους, όπως για παράδειγμα με την επιλογή καλύτερων εξαρτημάτων ή με κάποιες κατασκευαστικές βελτιώσεις.

Η συντηρησιμότητα εξάλλου βελτιώνεται με το συνδυασμό και τον έλεγχο των μέσων συντήρησης (επίπεδο ικανότητας προσωπικού, όργανα, εργαλεία, εκπαίδευση κ.λπ.), καθιέρωση προδιαγραφών, κατασκευαστικούς και λειτουργικούς περιορισμούς, θέσπιση πρότυπων μεγεθών μέτρησης και σύγκρισης.

Τρίτο Στάδιο

Το τρίτο στάδιο αφορά την αξιολόγηση των παραδοχών επιλογής και διάθεσης των μέσων, συντηρησιμότητας και αξιοπιστίας, με την έννοια της επίτευξης του μέγιστου δυνατού οικονομικού οφέλους.

Η χρήση κατάλληλων μοντέλων δοκιμαστικά βοηθά στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Το τελικό σχέδιο θα πρέπει να συνδυάζει την οικονομοτεχνικά αποδεκτή λύση με την εφικτή διαθεσιμότητα. Σημειώνεται ότι απόλυτη διαθεσιμότητα (100% λειτουργία χωρίς αστοχία, $A=1$) ή μηδενική συντηρησιμότητα ($M=0$) δεν αποτελεί βέλτιστη λύση. Ένα τέτοιο σύστημα είναι απαγορευτικά ακριβό και πρακτικά αδύνατο.

3.3.10 Απαιτούμενα μέσα σε ένα σύστημα C.B.M.

Η βέλτιστη κατανομή των μέσων εξαρτάται από τη δομή του συστήματος. Ο καθορισμός τους, επομένως, ακολουθεί το σχεδιασμό του.

Σε αυτή τη φάση το πρόβλημα είναι να υπολογιστούν τόσο οι συνολικά απαιτούμενες δαπάνες όσο και ο επιμερισμός τους στα μέσα που χρειάζονται, όπως εργαλεία, όργανα, προσωπικό, εκπαίδευση, έτσι ώστε:

- να είναι δυνατή η πρόβλεψη του τι χρειάζεται στην περίπτωση που συμβεί βλάβη
- να είναι δυνατός ο προσδιορισμός των απαιτούμενων διορθωτικών ενεργειών ώστε αυτή να μη συμβεί

Τα παραπάνω έχουν σχέση με την πρόληψη και τον προγραμματισμό στην Προληπτική Συντήρηση. Εδώ όμως θα πρέπει επιπλέον να ληφθεί υπόψη και η υποδομή της τεχνικής υποστήριξης που απαιτείται, της κατάλληλης εκπαίδευσης, συγκέντρωση και επεξεργασία στοιχείων, έλεγχος ανταλλακτικών, δημιουργία αρχείων κ.ά.

Τα κριτήρια και εδώ είναι οικονομικά. Κάθε δραστηριότητα συντήρησης δεν είναι μια ανεξάρτητη λειτουργία, αλλά πραγματοποιείται μόνο όταν:

- στοχεύει στην αύξηση της απόδοσης
- δίνει δυνατότητα πρόβλεψης καταστροφικών βλαβών
- επιτρέπει τη γρήγορη λειτουργική αποκατάσταση

Η πρόβλεψη αστοχίας και ο καθορισμός των ενεργειών αποφυγής της είναι δυνατό να γίνουν με τη χρήση λειτουργικών δεδομένων αξιοπιστίας (π.χ. ρυθμός βλαβών, είδη βλαβών). Η ανάλυση κάθε βλάβης καθώς και η εξάλειψη των αιτιών που την προκάλεσαν οδηγεί στη δημιουργία βάσεων δεδομένων (Databases) που βοηθούν στην επιλογή των μέσων, στον προγραμματισμό των εργασιών και στον τεχνικό προσδιορισμό των ενεργειών που χρειάζονται.

Κάθε πρόβλημα συντήρησης αντιμετωπίζεται με το συνδυασμό διαφόρων παραγόντων και ανάλογα με τη βαρύτητα που δίνεται σε κάθε έναν από αυτούς (βλ. Εικόνα 3.3.10).

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2ΛΥΣΗ N
A. ΜΕΣΑ			
Προσωπικό			
Εκπαίδευση	2	1	
Απόθεμα ανταλλακτικών	4	2	
Αποθήκευση ανταλλακτικών	3		
Εργαλεία		3	
Όργανα ελέγχου		2	
Σύστημα πληροφοριών	1	5	
Δομή management			
B. ΟΦΕΛΗ			
Χρόνοι λειτουργίας	5	3	
Δαπάνες	3	2	
Απόδοση			
			Η βαθμολογία είναι τυχαία

Εικόνα 3.3.10 – Εναλλακτικές λύσεις ανά δραστηριότητα μοντέλου συντήρησης C.B.M.

Κάθε δραστηριότητα συντήρησης που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του παραγωγικού χρόνου με ένα προκαθορισμένο λογικό κόστος, μπορεί να επιτευχθεί με το συνδυασμό προσωπικού υψηλής στάθμης εκπαίδευσης, εργαλείων, οργάνων πληροφορικού συστήματος. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και με προσωπικό χαμηλότερης στάθμης εκπαίδευσης, αλλά με ένα περισσότερο ανεπτυγμένο πληροφορικό σύστημα, το οποίο θα έχει περισσότερες δυνατότητες εντοπισμού σφαλμάτων και θα περιλαμβάνει μια πληρέστερη περιγραφή εργασιών και ενεργειών.

Σύμφωνα με την επιχειρησιακή έρευνα κάθε πρόβλημα έχει περισσότερες από μία λύσεις. Η βέλτιστη καθορίζεται με τα ισχύοντα κάθε φορά δεδομένα. Η προσπάθεια και η έρευνα στο χώρο της οργάνωσης της συντήρησης μπορεί να δώσει σοβαρά οικονομικά οφέλη. Με τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε είναι δυνατή η προσέγγιση των στόχων που έχουν σχέση με:

- Το βέλτιστο εξοπλισμό των μεθόδων συντήρησης και την επιλογή των μέσων
- Τη βέλτιστη κατανομή τους

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συγκέντρωση αρκετών στοιχείων που είναι απαραίτητα πριν ξεκινήσει ο σχεδιασμός. Οι πηγές πληροφοριών είναι:

- Οι Κατασκευαστές: Κατασκευαστικά και ιστορικά στοιχεία, οδηγίες συντήρησης και λειτουργίας συνοδεύουν συνήθως τον εξοπλισμό
- Η Εμπειρία: που έχει σχέση με τη λειτουργική συμπεριφορά των μηχανημάτων

- Οι Έλεγχοι: που πραγματοποιούνται είτε άμεσα κατά τη λειτουργία είτε έμμεσα κατά την επιθεώρηση
- Συγκριτικά στοιχεία: Με παρόμοια ή παρεμφερή μηχανήματα
- Η ανάλυση των εργασιών και του επιπέδου ικανότητας του απαιτούμενου προσωπικού

3.3.11 Η φάση της ανάπτυξης

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι δυνατό να προσδιοριστούν η ποσότητα και το είδος των απαιτούμενων μέσων. Κατά τη φάση αυτή καθορίζονται τόσο τα στάδια ανάπτυξης όσο και τα χρονικά όρια μέσα στα οποία πρέπει να γίνει η συντήρηση.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.3.11, παράλληλα με το σχεδιασμό του μοντέλου της Condition Based Maintenance χρειάζεται να γίνουν συμπληρωματικοί σχεδιασμοί για διάφορες παράλληλες δραστηριότητες, όπως:

- προμήθειες ανταλλακτικών
- ύψος αποθεμάτων
- παραγγελίες
- εσωτερικοί έλεγχοι
- πολιτική πληρωμών

που πρέπει και χρειάζεται να καθοριστούν πλήρως.

Το βασικό στοιχείο είναι ότι ένα σύστημα πρέπει να περιλαμβάνει την παρακολούθηση και την υποστήριξη του παραγωγικού εξοπλισμού από την έναρξη της λειτουργίας του μέχρι το τέλος της χρήσιμης παραγωγικής του περιόδου.



Σχήμα 3.3.11 – Στάδια ανάπτυξης ενός συστήματος C.B.M.

3.3.12 Η οργάνωση του συστήματος συντήρησης

Μέχρι τώρα εξετάστηκαν όλα όσα καθορίζουν το τι πρέπει να γίνει. Στη συνέχεια εξετάζουμε το πώς θα οργανωθεί το σύστημα της συντήρησης.

Το οργανωτικό σχήμα του συστήματος είναι ο φορέας με βάση τον οποίο θα εκπληρωθούν οι στόχοι. Έχει ως σκοπό το διαρκή έλεγχο του τεχνικού σχεδιασμού, των δραστηριοτήτων και των μέσων της συντήρησης, την

επεξεργασία των στοιχείων που χρειάζονται για την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων.

Το λειτουργικό σχήμα της συντήρησης πρέπει να είναι δομημένο έτσι ώστε:

- να εξασφαλίζεται η εκτέλεση των εργασιών που έχουν σχεδιαστεί
- να προωθούνται οι πληροφορίες
- να γίνεται χρήση των κατάλληλων εργαλείων και οργάνων
- να καταγράφονται όλα τα αποτελέσματα
- η απόδοση να είναι σύμφωνη με το πρόγραμμα

Είναι ανάγκη να υπάρξει αυτού του είδους η προσέγγιση ώστε να είναι από όλους κατανοητό

- γιατί έγινε η κατανομή των μέσων κατά ένα συγκεκριμένο τρόπο
- γιατί πρέπει να χρησιμοποιούνται τα συγκεκριμένα εργαλεία ή όργανα
- γιατί πρέπει να γίνονται οι έλεγχοι

Για να λειτουργήσει και να αποδώσει το σύστημα θα πρέπει όλα να εκτελούνται προσχεδιασμένα. Τέλος πρέπει να γίνει η συγκέντρωση των πληροφοριών και η επεξεργασία τους. Αυτή η δραστηριότητα εκτελείται με τη βοήθεια της πληροφορικής.

Το σύστημα πληροφορικής συγκεντρώνει και παρέχει:

A.) Στοιχεία για τη συντήρηση

- ανάλυση δεδομένων
- συστήματα μοντέλων
- προγράμματα συντήρησης
- διαδικασίες συντήρησης
- φόρτος εργασίας
- προτεραιότητες
- απαιτούμενα εργαλεία και όργανα ελέγχου

B.) Γενικά στοιχεία σχετικά με τα χρηματοοικονομικά δεδομένα

- έλεγχος αποθεμάτων
- έλεγχος απόδοσης

Κάθε σύστημα λογικής επεξεργασίας στοιχείων για να λειτουργήσει σωστά και να προσφέρει δυνατότητες εναλλακτικών λύσεων και διορθωτικών ενεργειών χρειάζεται επαναπληροφόρηση (feedback). Επιπλέον για να είναι αποδοτικό θα πρέπει να βελτιώνεται καθώς αλλάζουν οι συνθήκες ή η τεχνολογία. Ο μηχανισμός επαναπληροφόρησης δεν επιτρέπει μόνο την αναπροσαρμογή κάθε συστήματος, αλλά βοηθά στην απόκτηση της εμπειρίας που χρειάζεται για την ανάπτυξη και άλλων παρόμοιων ή πιο βελτιωμένων.

3.3.13.Ολοκληρωμένα υπολογιστικά συστήματα οργάνωσης και διοίκηση συντήρησης με λογισμικό Condition-Based-Maintenance (Computerized Maintenance Management Systems-CMMS)

Για να λειτουργήσει μια επιχείρηση συντήρησης ή το τμήμα συντήρησης μιας οποιασδήποτε επιχείρησης χρειάζονται ακριβείς πληροφορίες συνδυασμένες με την ικανότητα γρήγορης αντίδρασης σε επικείμενες έκτακτες ανάγκες. Σήμερα οι τεχνολογίες των Υπολογιστικών Συστημάτων Οργάνωσης και Διοίκησης Συντήρησης (CMMS) και της Condition-Based Maintenance (C.B.M.) μπορούν να βοηθήσουν στην εξάλειψη της μεγάλης πλειοψηφίας των απρογραμμάτιστων επισκευών του.

Αν και η χρήση μιας καλής έκδοσης οποιασδήποτε από τις δύο τεχνολογίες μπορεί να οδηγήσει κοντά σε αυτό το στόχο, ο συνδυασμός και των δύο σε ένα σύστημα μπορεί να έχει πολλά περισσότερα θετικά στην απόδοση του τμήματος συντήρησης.

Ο συνδυασμός των δυνατοτήτων ενός CMMS (προγραμματισμός προληπτικών συντηρήσεων, αυτόματη παραγωγή των αρχείων με τις εργασίες συντήρησης που πρέπει να πραγματοποιηθούν, έλεγχος των αποθεμάτων και ακεραιότητα των δεδομένων) και του συστήματος Condition-Based-Maintenance (επιθεωρήσεις κατάστασης με πολλαπλές μεθόδους, λειτουργικοί έλεγχοι και ειδικά συστήματα διάγνωσης) μπορεί να παράγει αυτόματα τις προς εκτέλεση δραστηριότητες συντήρησης με βάση την πληροφόρηση που παρέχουν οι έλεγχοι και οι διαγνώσεις της Condition-Based Maintenance.

Πριν από λίγα χρόνια η σύνδεση των CMMS και της τεχνολογίας της Condition-Based-Maintenance φάνταζε ανέφικτη ή, στην καλύτερη περίπτωση, πολύ ακριβή. Πλέον η έρευνα στους τομείς των δύο τεχνολογιών κατέστησε δυνατή τη σχετικά εύκολη και οικονομική σύνδεσή τους.

Τα χαρακτηριστικά και των δύο τεχνολογιών τους καθιστούν απαραίτητες για τη λειτουργία της συντήρησης. Τα CMMS αποτελούν ένα πολύ καλό εργαλείο οργάνωσης για τη συντήρηση, το οποίο όμως δεν μπορεί να ελέγχει άμεσα την κατάσταση του εξοπλισμού. Ένα σύστημα Condition-Based Maintenance μπορεί να ελέγχει την κατάσταση του, δεν είναι όμως κατάλληλο να οργανώνει την όλη λειτουργία της συντήρησης. Η λογική κατάληξη είναι να συνδυαστούν οι δύο τεχνολογίες σε ένα ενιαίο σύστημα το οποίο θα αποφεύγει καταστροφικές βλάβες και θα εξαλείφει τις περιπτώσεις αντικαταστάσεις εξαρτημάτων που λειτουργούν ικανοποιητικά.

Το πρώτο βήμα για την ολοκλήρωση ενός πακέτου CMMS και Condition-Based Maintenance σε ένα αυτόματο σύστημα είναι να βρεθεί ένας τρόπος επικοινωνίας των δύο συστημάτων. Αυτό γίνεται με τη συνεχή καταχώρηση δεδομένων στο κάθε σύστημα, γεγονός που θα τους επιτρέψει να επικοινωνούν με τη χρήση μιας κοινής βάσης πληροφοριών. Για παράδειγμα όλα τα μηχανήματα που ελέγχονται από την Condition-Based Maintenance πρέπει να υπάρχουν και στη βάση δεδομένων του CMMS και μάλιστα με το ίδιο όνομα.

Έπειτα, στο δεύτερο βήμα θα πρέπει να υπάρχει ένα σύστημα ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των αισθητήρων, μετρητών ή άλλων εργαλείων μετρήσεων σε ένα σύστημα Condition-Based Maintenance και το κατάλληλο πρόγραμμα στο CMMS που να συνδέει μετρήσεις του ενός συστήματος με μετρήσεις του

άλλου. Ενδείξεις μετρήσεων εκτός της αποδεκτής περιοχής, όπως αυτή έχει καταχωρηθεί στο CMMS, θα πρέπει να επιφέρει τον αυτόματο προγραμματισμό των απαραίτητων εργασιών συντήρησης. Αυτό κάνει τον εκ των προτέρων σχεδιασμό της καταχώρησης των κανόνων και των βάσεων δεδομένων ιδιαίτερα σημαντικό στη διαδικασία προ της ολοκλήρωσης των δύο συστημάτων.

Το τρίτο βήμα στην ολοκλήρωση ενός πακέτου CMMS και Condition-Based Maintenance είναι η παροχή ενός άμεσου συνδέσμου μεταξύ των βάσεων δεδομένων των δύο συστημάτων. Σήμερα οι καλύτερες βάσεις δεδομένων CMMS διαθέτουν ανοιχτή δομή ISAM (External Indexed Sequential Access Method-MS Access) ή ODBC (Open Database Connectivity-Microsoft SQL Server, Oracle κ.ά.). Αυτές οι βάσεις δεδομένων CMMS μπορούν να διαβαστούν και να γραφούν από προγράμματα Condition-Based Maintenance με δυνατότητες ISAM και ODBC.

Κάθε πληροφορία της Condition-Based Maintenance θα πρέπει τελικά να επανεξετάζεται από τον ανθρώπινο παράγοντα για παράδειγμα έναν αναλυτή. Όταν η προκύπτουσα πληροφορία εμφανιστεί ως διάγνωση, ο αναλυτής μπορεί εύκολα να επανεξετάσει τα αποτελέσματα της Condition-Based Maintenance και να τα υποβάλλει στο CMMS. Αυτό παρέχει στο CMMS την πληροφόρηση για την κατάσταση του εξοπλισμού και τις επιδιορθώσεις που γίνονται.

3.3.14. Διάγνωση κατά τη λειτουργία με το μοντέλο της C.B.M.

Η έννοια της «προβλεπτικής συντήρησης» που έχει οργανική σχέση με τη στρατηγική συντήρησης Condition-Based Maintenance προέρχεται από το σκοπό αυτής που είναι η πρόβλεψη της μελλοντικής τάσης της κατάστασης του εξοπλισμού. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί στατιστικές διαδικασίες ελέγχου για να καθορίσει σε ποια χρονική στιγμή στο μέλλον είναι κατάλληλο να γίνει η συντήρηση.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιεί η Condition-Based Maintenance είναι προηγμένες τεχνικές περιοδικού ή συνεχούς (on-line) ελέγχου της κατάστασης του εξοπλισμού (machinery condition monitoring) οι οποίες μπορούν να προβλέψουν την αρχή μιας βλάβης πριν τις ανθρώπινες αισθήσεις και επιτρέπουν τον προγραμματισμό των επισκευών ή άλλων ενεργειών, ώστε να αποφευχθεί το σταμάτημα της παραγωγής. Ελέγχουν μια παράμετρο της κατάστασης του εξοπλισμού έτσι ώστε μια σημαντική αλλαγή αυτής να είναι ενδεικτική μιας εξελισσόμενης αστοχίας. Η αλλαγή αυτή καταγράφεται, παρακολουθείται και εφόσον αυτή διαρκεί στη συνέχεια γίνεται διάγνωση και πρόγνωση του πιθανού χρόνου βλάβης και της αιτίας.

Αυτός ο τρόπος ελέγχου και συντήρησης έρχεται σε αντίθεση με την Προληπτική μέθοδο συντήρησης που πραγματοποιείται μόνο μετά την πάροδο ορισμένου χρόνου και στην οποία ο εξοπλισμός συντηρείται είτε είναι απαραίτητο είτε όχι. Η Προληπτική Συντήρηση απασχολεί εντατικά το προσωπικό της, είναι αναποτελεσματική στον εντοπισμό προβλημάτων που εξελίσσονται μεταξύ προγραμματισμένων ελέγχων και οικονομικά μη αποδοτική.

Πρόσφατες έρευνες αναφέρουν ότι το ένα τρίτο του συνολικού κόστους συντήρησης οφείλεται σε περιττές και λανθασμένα εφαρμοζόμενες

συντηρήσεις. Η κυριότερη αιτία είναι η έλλειψη πραγματικών δεδομένων που να ποσοτικοποιούν την πραγματική ανάγκη για επισκευή ή συντήρηση. Σύμφωνα με την Condition-Based Maintenance ο τακτικός έλεγχος της πραγματικής κατάστασης του εξοπλισμού εξασφαλίζει μεγαλύτερο διάστημα μεταξύ των επισκευών, ελαχιστοποιεί τον αριθμό και το κόστος των στάσεων-βλαβών και βελτιώνει τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού. Η Condition-Based Maintenance προχωράει πιο πέρα από την Προληπτική με τη χρήση μη-καταστροφικών μεθόδων για να ανακαλύψει επικείμενες αστοχίες στο πρωταρχικό τους στάδιο.

3.3.14.1 Μέθοδοι της C.B.M.

Όπως ειπώθηκε, η παρακολούθηση της λειτουργικής κατάστασης του εξοπλισμού πραγματοποιείται με την παρακολούθηση της λειτουργικής του δυναμικής. Οι σχετικές μέθοδοι της Condition-Based Maintenance που μετρούν τη λειτουργική δυναμική του εξοπλισμού στηρίζονται σε ένα σύνολο Μετρητικών Τεχνικών συνοδευόμενων από κατάλληλες Διαγνωστικές Μεθοδολογίες.

Καθώς καθεμιά από τις μεθόδους της Condition-Based Maintenance χρησιμοποιείται για ένα συγκεκριμένο τύπο φθοράς, σε ένα πρόγραμμα Condition-Based Maintenance τυπικά χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός μεθόδων.

3.3.14.2 Μετρητικές τεχνικές

Η σημαντικότερη κατηγορία Μετρητικών Τεχνικών έχει αναπτυχθεί για τη διάγνωση βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού, ο οποίος, δεδομένης της δομής των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, αποτελεί την κύρια κατηγορία εξοπλισμού.

Σήμερα εμφανίζεται μία μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών που μπορούν και πρέπει να χρησιμοποιούνται στη διάγνωση βλαβών και στη μέτρηση της φθοράς των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες περιλαμβάνουν:

- Μέτρηση και Ανάλυση Κραδασμών (Vibration Spectrum Analysis)
- Μέθοδο Κρουστικών Παλμών (Shock Pulse Method)
- Μετρήσεις με Υπερήχους
- Μεθόδους Τριβολογίας Θερμογραφία
- Λοιπές μεθόδους μη καταστροφικών ελέγχων

Μέτρηση και Ανάλυση Κραδασμών (Vibration Spectrum Analysis)

Αποτελεί σήμερα το πλέον διαδεδομένο εργαλείο διάγνωσης βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού. Η διάδοση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι οποιαδήποτε βλάβη ή διαταραχή της συμπεριφοράς του εξοπλισμού δημιουργεί μία αλλαγή της δυναμικής συμπεριφοράς του, η οποία μεταβιβάζεται εν τέλει στη μηχανική δομή του προκαλώντας μεταβολή των κραδασμών στους οποίους υπόκειται. Κατά συνέπεια η μέτρηση των κραδασμών είναι σε θέση να παράσχει όλες εκείνες τις πληροφορίες που μπορούν να καταστήσουν δυνατή τη διάγνωση μιας πιθανής βλάβης ή φθοράς.

Για το λόγο αυτό έχει ήδη αναπτυχθεί διεθνώς πληθώρα σχετικών συστημάτων μέτρησης κραδασμών, πολλά από τα οποία βρίσκονται σε εμπορική μορφή. Η σχετική τεχνολογία στηρίζεται:

1. Σε κατάλληλα αισθητήρια μέτρησης κραδασμών (Displacement–Velocity – Acceleration transducers) με τη χρήση διαφόρων φυσικών τεχνικών (Piezoelectricity, Strain Gages, Capacitance, Laser κ.λπ.). Το σημερινό επίπεδο τεχνολογίας και παραγωγής έχει καταστήσει τη χρήση τους ιδιαίτερα οικονομική και ελκυστική για τη σημαντική πλειοψηφία των δυνατών εφαρμογών τους (περιοχές συχνοτήτων, περιβάλλον λειτουργίας, μη παρεμβατικές μετρήσεις κ.λπ.).
2. Σε κατάλληλη ηλεκτρονική διάταξη συλλογής και επεξεργασίας των μετρήσεων. Οι σχετικές διατάξεις διαφοροποιούνται από κατασκευαστή σε κατασκευαστή και συνιστούν σήμερα την κύρια πηγή κόστους του σχετικού εξοπλισμού.

Οι μετρήσεις συγκρίνονται με τις θεωρητικά «ανεκτές» τιμές και εξακριβώνεται η κατάσταση του εξοπλισμού. Λαμβάνοντας δε μετρήσεις σε τακτές χρονικές περιόδους παρακολουθούμε την εξέλιξη της κατάστασής του.

Η όλη διαδικασία μέτρησης και ανάλυσης των κραδασμών παρουσιάζεται και παραστατικά στο Σχήμα 3.3.14.2 που ακολουθεί.



Σχήμα 3.3.14.2- Μέτρηση και ανάλυση κραδασμών

Μέθοδος Κρουστικών Παλμών (Shock Pulse Method)

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται με επιτυχία για περισσότερα από 30 χρόνια και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως για τη διάγνωση και πρόγνωση βλαβών, κυρίως ρουλεμάν. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι η ταχύτητα των μετρήσεων, αλλά και η ευκολία στην κατανόησή της και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της.

Στα πλαίσια αυτής της μεθόδου το ενδιαφέρον δεν επικεντρώνεται στον κραδασμό που προκαλείται από κάποιο κρουστικό παλμό, αλλά στον κρουστικό παλμό αυτόν καθ' εαυτόν. Συνεπώς η μέθοδος αυτή απλοποιεί πολύ και επιταχύνει τη διάγνωση με τη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη συλλογή και ανάλυση των μετρήσεων. Η ανάλυση συνίσταται στα ακόλουθα στάδια:

- Το σήμα που διεγείρεται από μια μηχανή και το οποίο προκαλεί κάποιος κρουστικός παλμός περνά μέσα από ένα ηλεκτρονικό φίλτρο.
- Μέσα από το φίλτρο περνούν κρουστικοί παλμοί στα 32 kHz, το πλάτος των οποίων εξαρτάται από την ενέργεια τους.
- Οι κρουστικοί παλμοί μετατρέπονται σε αναλογικούς ηλεκτρονικούς παλμούς.
- Το αλλαγμένο σήμα των κρουστικών παλμών μετατρέπεται τελικά σε μια ακολουθία ισχυρότερων και ασθενέστερων ηλεκτρικών παλμών.

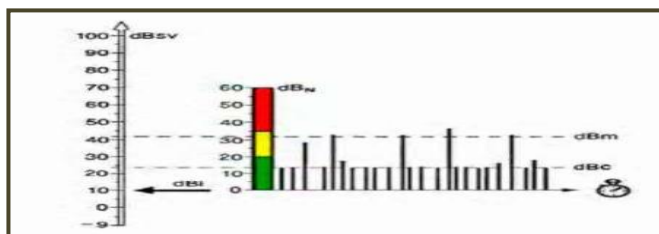
Τα όργανα που μετρούν τους κρουστικούς παλμούς, ή αλλιώς θορύβους, μετράνε το σήμα τους στην κλίμακα decibel (db).

Ένα παράδειγμα αποτελεί η μέθοδος SPM (db_m/db_c). Οι τιμές που απαιτούνται σε αυτή για την αξιολόγηση της κατάστασης του ρουλεμάν είναι:

- dB_m: η οποία αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή για ένα μικρό αριθμό ισχυρών κρουστικών παλμών
- dB_c: η οποία αντιστοιχεί στο βασικό παλμό (ή παλμό χαλιού –carpet shock) για ένα μεγάλο αριθμό ασθενών κρουστικών παλμών

Στην Εικόνα 3.3.14.2α πιο κάτω οι τιμές των dB_m και dB_c έχουν ένα εύρος 60db (από 0 έως 60db) στην κανονικοποιημένη κλίμακα db_N (0-60db). Η τιμή db_i είναι ο αρχικός θόρυβος της κλίμακας πάνω στην απόλυτη κλίμακα db_{sv}. Η τιμή db_{sv} είναι ο θόρυβος που προκαλεί η περιστροφή του άξονα της μηχανής και του ρουλεμάν ταυτόχρονα. Για να εξουδετερώσουμε το θόρυβο που προκαλεί η περιστροφή του άξονα εισάγουμε την έννοια του «αρχικού» θορύβου db_i ο οποίος και θα αποτελέσει πλέον την αφετηρία της κλίμακας για τον έλεγχο του ρουλεμάν.

Η μέτρηση γίνεται με κατάλληλο όργανο το οποίο δίνει απ' ευθείας ένδειξη της κατάστασης του ρουλεμάν σε κλίμακα καλή (πράσινη) - μειωμένη/αμφίβολη (κίτρινη) - κακή (κόκκινη) παρέχοντας έτσι στον αναλυτή ακριβείς πληροφορίες.



Εικόνα 3.3.14.2α Η κλίμακα dBm/dBc.

Μετρήσεις με Υπερήχους

Η αρχή της μέτρησης είναι ίδια με τη μέτρηση των κρουστικών παλμών με τη διαφορά ότι η σχετική περιοχή μέτρησης βρίσκεται στην περιοχή των

υπερήχων. Κύρια περιοχή εφαρμογής της είναι ο εντοπισμός ρωγμών του στατικού εξοπλισμού. Οι υπέρηχοι που εντοπίζονται και μετρώνται είναι δυνατό να παρέχουν στον αναλυτή πληροφορίες για την τοποθεσία και τη σοβαρότητα της ρωγμής. Η εφαρμογή της όμως προϋποθέτει την εκ των προτέρων γνώση των πιθανών σημείων εμφάνισης ρωγμής, διαφορετικά η γενική χρήση της είναι εξαιρετικά δαπανηρή.



Εικόνα 3.3.14.2β Μέτρηση υπερήχων

Μέθοδοι Τριβολογίας

Βασική αρχή τους είναι η ανάλυση του ελαίου λίπανσης, κυρίως των κινούμενων τμημάτων των μηχανών και περιλαμβάνει:

- αναλύσεις που έχουν σχεδιαστεί για τον έλεγχο της κατάστασης του λιπαντικού (ιξώδες, οξύτητα, αλκαλικότητα, βαθμό οξειδωσης, περιεκτικότητα νερού και στοιχεία προσθέτων) και το συσχετισμό αυτής με την κατάσταση λειτουργίας του μηχανήματος
- αναλύσεις που έχουν σχεδιαστεί για να ελέγχουν το λιπαντικό για την παρουσία στοιχείων φθοράς και υπολειμμάτων διάβρωσης που δημιουργούνται από την κύλιση και ολίσθηση των επιφανειών των εμπλεκόμενων εξαρτημάτων.

Και οι δύο τύποι ανάλυσης περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα ανάλυσης των ελαίων. Η επιλογή κάθε φορά γίνεται ανάλογα με του είδους τις πληροφορίες που αναζητούνται, όπως δείχνει η Εικόνα 3.3.14.2γ που ακολουθεί:

	Used Oil Analysis	Wear Particle Analysis
Lubricant Condition	GOOD	MINIMAL
Machine Condition	MINIMAL	GOOD

Εικόνα 3.3.14.2γ Μέτρηση υπερήχων

Όπως είναι γνωστό, οι περισσότεροι τύποι φθοράς και διάβρωσης έχουν σταδιακό ρυθμό ανάπτυξης για κάποιο χρονικό διάστημα προτού αποκτήσουν εκθετικό βαθμό ανάπτυξης, οπότε έρχεται ολοσχερής αστοχία. Κατά το διάστημα αυτό μικρά θραύσματα αποκολλώνται από την επιφάνεια που έχει προσβληθεί και ανακυκλώνονται μέσα στο σύστημα λίπανσης. Αυτά τα προϊόντα φθοράς ή διάβρωσης μπορούν να αναγνωριστούν με φασματοσκόπηση, φερογραφία ή φιλτράρισμα και έλεγχο με μικροσκόπιο. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για να αναγνωριστεί ποια διαδικασία φθοράς ενεργεί. Στον Πίνακα παρακάτω δίνεται ενδεικτικά ένα παράδειγμα για μηχανές εσωτερικής καύσης.

<p>Αποτελέσματα αναλύσεων</p> <p>1. Αύξηση ιξώδους</p> <p>2. Μείωση ιξώδους</p> <p>3. Μείωση TBN/αύξηση TAN</p> <p>4. Περικτικότητα νερού</p> <p>5. Περικτικότητα Fe σε ppm</p> <p>6. Φερογραφία severity index</p>	<p>Πιθανό πρόβλημα</p> <p>Υπερτροφούσση καυσίμου που συνεπάγεται αύξηση της θερμοκρασίας και άρα παραγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων υλικών καύσης, περιορισμένη εισαγωγή αέρα, φθορά ελαστικών ή οστών βαλβίδων, υψηλή ισχύς από υπερτροφούσση καυσίμου, μεγάλο διάστημα σπληνής βαλβίδων κ.λπ.</p> <p>Κόλληση ελαστικών, φτωχή ένκυσση λιγνιτός, διαρροή βαλβίδων, αρρύθμιστο καρμπυρατέρ, φθαρμένα ελαστικά/κιτώνια αστοχία ανάφλεξης, διάτμηση του βαλβιωτή δείκτη ιξώδους.</p> <p>Καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα θείου φτωχή καύση, μεγάλο διάστημα σπληνής βαλβίδων κ.λπ.</p> <p>Χαμηλές θερμοκρασίες, μακρά λειτουργία μηχανής στο ρελαντί, διαρροή από φλάντζα, ρωγμή στο σώμα της μηχανής κ.λπ.</p> <p>Τυπική τιμή 50-200 υψηλότερες τιμές σημαίνουν μεγάλη φθορά στα κιώνια έδρανα στροφαλοφόρου και έλικεντρα ή ωστήρια. Απαιτείται λεπτομερής έλεγχος.</p> <p>Τυπική τιμή (αναλόγως με μηχανήμα) 200-400. Μεγαλύτερες τιμές δείχνουν σημαντική φθορά που χρειάζεται παραπέρα διερεύνηση.</p>
--	---

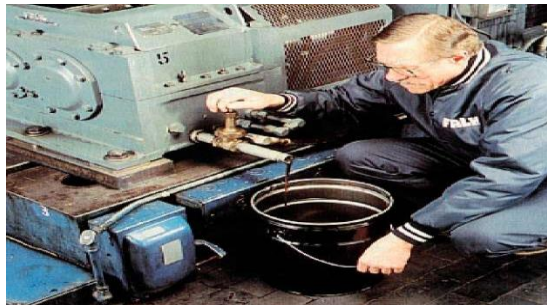
Πίνακας 3.3.14.2δ Ενδεικτικό παράδειγμα για τις μηχανές Εσωτερικής καύσης

Πολλές εργαστηριακές μετρήσεις μπορούν να γίνουν στα δείγματα ελαίων. Αυτές αναφέρονται παρακάτω επιγραμματικά:

- Ιξώδες
- Σημείο ανάφλεξης
- Διαλυτότητα καυσίμου
- Αδιάλυτα σε πεντάνιο
- Αδιάλυτα σε τουλουόλιο
- Περικτικότητα σε νερό
- Φυγοκεντρικές μέθοδοι
- Διαπερατότητα φίλτρου
- Φωτομετρική σύγκριση
- Περικτικότητα τέφρας
- Αλκαλικότητα (TBN)
- Οξύτητα (TAN)
- Ανόργανη οξύτητα (SAN)

- Θερμοβαρυτική ανάλυση(TGA)
- Μέταλλα προσθέτων(AES/AAS)
- Μέταλλα φθοράς(AES/AAS)
- Υπέρυθρη φασματοσκόπηση (IR)
- Φερογραφία (Ferrogaphy)

Υπάρχουν φορητές συσκευές αναλύσεων, που είναι χρήσιμες για τοπικές δοκιμές. Τέτοιες συσκευές μπορούν να δώσουν προσεγγιστικά αποτελέσματα σχετικά με την κατάσταση του λιπαντικού. Αυτές οι συσκευές πραγματοποιούν συνήθως απλοποιημένες μετρήσεις προσδιορισμού ιξώδους, ολικών αδιαλυτών, περιεκτικότητας νερού, οξύτητας κ.λπ.



Εικόνα 3.3.14.2ε Συλλογή δείγματος λαδιού

Για ακριβείς όμως μετρήσεις καθώς και συστηματική παρακολούθηση σε μεγάλες μηχανές/μηχανισμούς συνήθως χρειάζονται πιο ακριβείς μετρήσεις σε εργαστήρια. Οι διάφορες αναλύσεις διακρίνονται σε:

- Βασικές: Ιξώδες - Σημείο ανάφλεξης - Αδιάλυτα σε κανονικό πεντάνιο – Αλκαλικότητα – Περιεκτικότητα σε νερό.
- Δευτερεύουσες: Διαλυτότητα καυσίμου - Ολική οξύτητα - Ανόργανη οξύτητα – Φασματοσκοπική ανάλυση (για μέταλλα φθοράς ή προσθέτων).
- Ειδικές περιπτώσεις: Φερογραφική ανάλυση άμεσης ανάγνωσης ή αναλυτική - Ανάλυση μεγέθους σωματιδίων - Θερμοβαρυτική ανάλυση - Ανάλυση με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο κ.λπ.

Πρώτα γίνεται η βασική σειρά αναλύσεων και εάν υπάρχει λόγος, ακολουθούν οι δευτερεύουσες αναλύσεις. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και οι ειδικές αναλύσεις.

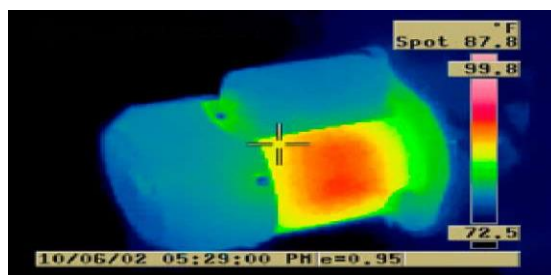
Η χρήση των παραπάνω μεθόδων περιοδικής δειγματοληψίας και χημικής ανάλυσης των λαδιών συνεπάγεται ένα κόστος που εντοπίζεται όχι μόνο στον απαραίτητο πάγιο εξοπλισμό και προσωπικό, αλλά και στο κόστος των σχετικών αναλώσιμων που χρησιμοποιούν. Το γεγονός όμως ότι οι αλλαγές

λαδιών δε γίνονται πλέον με τη συμπλήρωση καθορισμένων ωρών λειτουργίας, όπως προβλέπουν τα προγράμματα της Προληπτικής Συντήρησης, αλλά μόνο εάν απαιτείται από τα αποτελέσματα των αναλύσεων (ppm μετάλλων, μόλυνση λιπαντικού, πτώση ιξώδους ή σημείου ανάφλεξης, αφρισμός λιπαντικού κ.λπ.), εξασφαλίζει καλύτερη προστασία στα μηχανήματα, αφού τυχόν προβλήματα εντοπίζονται έγκαιρα και επιπλέον παρατείνει τη διάρκεια χρήσης του λιπαντικού.

Θερμογραφία

Στηρίζεται στη μέτρηση ανωμαλιών στην εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας (θερμότητας) του εξοπλισμού. Η σωστή εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει την κατάλληλη απομόνωση της προς παρακολούθηση εκπεμπόμενης ενέργειας από άλλες ενεργειακές πηγές, όπως για παράδειγμα η ανακλώμενη ή η μεταφερόμενη ενέργεια. Σαν αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη και απαιτεί εκτεταμένη εκπαίδευση και εμπειρία.

Πρόκειται για υπέρυθρες φωτογραφικές εικόνες, όπως αυτή Εικόνας 3.3.12, στις οποίες τα στοιχεία που εμφανίζονται πιο κόκκινα είναι τα θερμότερα. Το βασικό εδώ είναι ότι τα περισσότερα στοιχεία εμφανίζουν αύξηση της θερμοκρασίας τους πριν αστοχήσουν. Οι θερμοκρασίες των στοιχείων ποσοτικοποιούνται με κατάλληλο λογισμικό και αναγνωρίζονται ως φυσιολογικές ή μη με βάση τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί από τους κατασκευαστές ή τη βιομηχανία. Αλλαγές στη θερμότητα δείχνουν τις προβληματικές περιοχές όπου εξελίσσεται η φθορά.



Εικόνα 3.3.14.2ζ Υπέρυθρη φωτογραφική εικόνα

Η γνώση απλά του ότι υπάρχει μια αλλαγή στη θερμοκρασία δεν είναι αρκετή για να προβλεφθεί πότε ακριβώς θα εμφανιστεί αστοχία. Αυτό όμως δεν είναι και το πιο σημαντικό. Ο στόχος είναι να υπάρχει αρκετός χρόνος αποκατάστασης του προβλήματος πριν αυτό γίνει χειρότερο, γεγονός που έχει καταστήσει τη θερμογραφία ένα πολύ δημοφιλές εργαλείο για την Condition Based Maintenance.

Λοιπές μέθοδοι μη καταστροφικών ελέγχων

Σαν συμπλήρωμα των πιο πάνω τεχνικών έχει αναπτυχθεί μια ευρεία κατηγορία μεθόδων μη καταστροφικών ελέγχων, οι οποίες περιλαμβάνουν μεθόδους Δινορευμάτων, μεθόδους Διεισδυτικών - Μαγνητικών υγρών, Ραδιογραφήματα κ.λπ. Τα κύρια προβλήματα ευρείας εφαρμογής τους σε ένα γενικό σχέδιο Προβλεπτικής Συντήρησης εντοπίζονται στον περιορισμό της διαγνωστικής τους ικανότητας σε μία περιορισμένη κατηγορία βλαβών και στο σχετικά μεγάλο κόστος ενσωμάτωσής τους είτε αυτό αφορά την αγορά του εξοπλισμού είτε την ένταξή του στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. εκπαίδευση - διατήρηση προσωπικού, προσδιορισμός συχνότητας μετρήσεων).

3.3.14.3 Μεθοδολογίες διάγνωσης

Κοινή παράμετρο όλων των πιο πάνω Μετρητικών Τεχνικών αποτελεί η απαίτηση για τη σωστή ερμηνεία των σχετικών μετρήσεων, με στόχο τη διάγνωση της βλάβης. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διεθνώς μεθοδολογίες για την επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων - έτσι ώστε κατά το δυνατόν να μπορεί να υποκατασταθεί η κρίση του χειριστή του μηχανήματος - από κατάλληλη, επιστημονικά τεκμηριωμένη επιστημονική διάγνωση.

Οι μεθοδολογίες αυτές περιλαμβάνουν:

- Παρακολούθηση Λειτουργικών Παραμέτρων (Parameter Trending)
- Μεθόδους Επεξεργασίας Σήματος (Digital Signal Processing)
- "Αυτόματες" Μεθόδους Διάγνωσης (Automated Diagnosis)

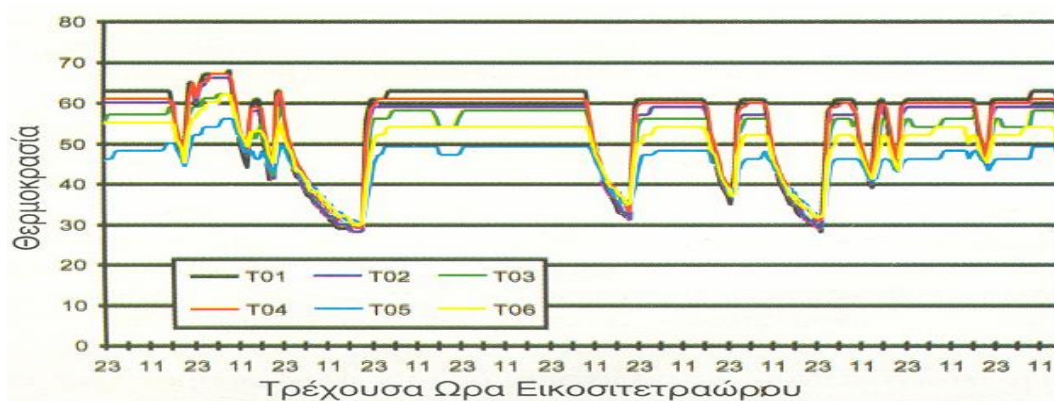
Παρακολούθηση Λειτουργικών Παραμέτρων (Parameter Trending)

Αποτελεί την πλέον πρωτογενή διαγνωστική μεθοδολογία. Μία πρώτη άμεση εφαρμογή της αποτελεί η παρακολούθηση των τάσεων εξέλιξης βασικών μεγεθών (physical parameters trending), που σχετίζονται άμεσα με τη φυσική διεργασία που εκτελείται από τον εξοπλισμό, όπως πιέσεις, παροχές, θερμοκρασίες κ.λπ. Η ανωμαλία ή η βλάβη συνάγεται έμμεσα από την επισήμανση τιμών εκτός λειτουργικών πλαισίων. Σημαντική ώθηση προς αυτή την κατεύθυνση έχουν δώσει μεταξύ άλλων η ανάπτυξη συστημάτων εποπτικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων (Supervisory Control and Data Acquisition Systems), καθώς και το σχετικά χαμηλό πλέον κόστος των απαιτούμενων αισθητηρίων. Για παράδειγμα στην Εικόνα 3.3.14.3 που ακολουθεί φαίνεται ένα διάγραμμα εξέλιξης της θερμοκρασίας που προκύπτει από καταγραφές κατά τη συνεχή επιτήρησή της.

Η χρησιμότητα τέτοιων διαγραμμάτων επομένως είναι προφανής, όχι μόνο για την απεικόνιση της κατάστασης του μηχανήματος, αλλά και για τη διατύπωση των αιτιών που προκάλεσαν βλάβη (root failure analysis). Η διερεύνηση των αιτιών και των μηχανισμών που οδήγησαν σε αστοχία θα βοηθήσει στη σχεδίαση και εφαρμογή συστημάτων που θα αποτρέπουν στο μέλλον την εμφάνιση βλαβών και θα διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του μηχανήματος.

Επίσης τέτοια διαγράμματα βοηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων από δοκιμαστικές εφαρμογές νέων υλικών, όπως π.χ. λιπαντικά. Η επιτυχής δοκιμή ενός νέου λιπαντικού θα φέρει μικρότερα επίπεδα δονήσεων στα

γρανάζια αλλά και χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ρουλεμάν, που θα φανούν άμεσα στα διαγράμματα.



Εικόνα 3.3.14.3 Εξέλιξη θερμοκρασιών σε έξι ρουλεμάν ενός μειωτήρα κίνησης. T01 έως T06 είναι οι αριθμοί των θερμοστοιχείων που μετρούν τη θερμοκρασία των ρουλεμάν σε κάθε βαθμίδα.

Μια άλλη εφαρμογή τους αποτελεί η παρακολούθηση των τάσεων εξέλιξης δευτερογενών μεταβλητών που προέρχονται από τις Μετρητικές Τεχνικές διάγνωσης βλαβών, με τυπική περίπτωση την παρακολούθηση των τάσεων εξέλιξης συνιστωσών του φάσματος συχνοτήτων των μετρήσεων των κραδασμών.

Μέθοδοι Επεξεργασίας Σήματος (Digital Signal Processing)

Λαμβανομένου υπόψη του μεγάλου όγκου των μετρήσεων που προέρχονται από τις Μετρητικές Τεχνικές έχει αναπτυχθεί μία μεγάλη κατηγορία μεθόδων επεξεργασίας των λαμβανόμενων σημάτων με στόχο την ελάττωση των σχετικών προς παρακολούθηση παραμέτρων και τον καλύτερο συσχετισμό τους με το αίτιο βλάβης. Η συνηθέστερη μέθοδος στηρίζεται στην ανάλυση συχνοτήτων των λαμβανόμενων σημάτων με τον Ταχύ Μετασχηματισμό Fourier (FFT- Fast Fourier Transform). Τυπική εφαρμογή της αποτελεί η ανάλυση των μετρήσεων των κραδασμών. Έτσι συνιστώσες ή ομάδες συνιστωσών του λαμβανόμενου φάσματος μετρήσεων μπορούν να συσχετισθούν με συγκεκριμένο τύπο βλάβης. Συμπληρωματικά έχει αναπτυχθεί μία μεγάλη ομάδα μεθόδων επεξεργασίας σήματος, π.χ. ανάλυση κυματιδίων (wavelets), ανάλυση περιβάλλουσας (envelope analysis), μέθοδοι ARMA κ.λπ., με στόχο τη διευκόλυνση ειδικών διαγνωστικών προβλημάτων.

"Αυτόματες" Μέθοδοι Διάγνωσης (Automated Diagnosis)

Χρησιμοποιούνται κυρίως για την υποκατάσταση της διαγνωστικής εμπειρίας του προσωπικού λειτουργίας ή συντήρησης από αυτοματοποιημένα συστήματα διάγνωσης στηριγμένα σε σωστά τεκμηριωμένες επιστημονικές αρχές. Τυπικά τέτοια συστήματα αποτελούν τα μοντέλα αναφοράς της λειτουργίας της εγκατάστασης για τη σύγκριση των λαμβανόμενων μετρήσεων

με τα «αποτελέσματα της ορθής λειτουργίας» (Reference Model Based Diagnosis), τα έμπειρα συστήματα (expert systems) ή συστήματα στηριζόμενα σε νευρωνικά δίκτυα (neural net works) ή ασαφή λογική (fuzzy logic). Παρά το γεγονός ότι τα συστήματα αυτής της μορφής βρίσκονται ακόμη κυρίως σε ερευνητικό επίπεδο, η πρακτική εφαρμογή τους σε πολλές περιπτώσεις έχει οδηγήσει σε χρήσιμα αποτελέσματα.

3.3.15 Δείκτες της Condition-Based Maintenance

Οι δείκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελεγχθεί κατά πόσο το πρόγραμμα της Condition Based Maintenance είναι επιτυχές. Μερικοί από αυτούς είναι οι ακόλουθοι.

Οι Δραστηριότητες της Condition Based Maintenance σαν Ποσοστό όλων των Δραστηριοτήτων Συντήρησης

Αυτός ο δείκτης εξετάζει το ποσοστό των δραστηριοτήτων συντήρησης που είναι προβλεπτικές σε σύγκριση με τις υπόλοιπες κατηγορίες των δραστηριοτήτων συντήρησης. Υπάρχουν δύο τρόποι έκφρασης αυτού του δείκτη.

Ο πρώτος είναι να συγκριθούν οι ώρες της Condition-Based Maintenance με τις συνολικές ώρες συντήρησης:

Ώρες Δραστηριοτήτων Condition Based Maintenance **Συνολικό Ώρες Συντήρησης**

Ο δεύτερος είναι να συγκριθούν τα συνολικά κόστη τους. Το μεγαλύτερο κομμάτι των εργασιών της Condition-Based Maintenance είναι εντατικοί έλεγχοι από το ανθρώπινο δυναμικό. Ελάχιστα ανταλλακτικά χρειάζονται. Παρόλα αυτά, εάν το σύστημα ελέγχου των εργασιών μπορεί να εντοπίσει τις διορθωτικές εργασίες που προκύπτουν από την Condition-Based Maintenance, τότε υπάρχει η δυνατότητα να συγκριθούν επιπρόσθετα οικονομικά οφέλη.

Κόστος Δραστηριοτήτων Condition Based Maintenance **Συνολικό Κόστος Συντήρησης**

Αυτοί οι δείκτες προκύπτουν επομένως εάν διαιρεθούν οι συνολικές ώρες (ή το συνολικό κόστος) των δραστηριοτήτων της Condition-Based Maintenance με τις συνολικές ώρες (ή το συνολικό κόστος) των δραστηριοτήτων του τμήματος συντήρησης. Τα προκύπτοντα ποσοστά μπορούν να αναχθούν στο χρόνο για να δείξουν το επίπεδο των ωρών ή του κόστους που επενδύεται στο πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης είναι διαφωτιστικός του επιπέδου των δραστηριοτήτων της Condition-Based Maintenance και του κατά πόσο αυτές είναι συνεπείς.

Εμποδίζει τον αποπροσανατολισμό των εργασιών της. Εάν σημειωθεί κάποια αρνητική τάση, μπορεί να διορθωθεί πριν την εξέλιξη σοβαρών προβλημάτων στο πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance.

Αδυναμίες:

Δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη αδυναμία σε αυτό το δείκτη. Θα έπρεπε να χρησιμοποιείται από οποιαδήποτε επιχείρηση θέλει να εφαρμόσει σοβαρά το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance.

Εξοικονόμηση Χρημάτων Αποδιδόμενη στις Δραστηριότητες C.B.M.

Αυτός ο δείκτης είναι ενδεικτικός των χρημάτων που εξοικονομούνται χάρη στην εφαρμογή του προγράμματος της Condition-Based Maintenance. Θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει τις στάσεις-βλάβες που περιορίστηκαν ή απεφεύχθησαν χάρη στις δραστηριότητες της Condition-Based Maintenance. Αν και αυτές μπορεί να είναι δύσκολο να υπολογιστούν, θα πρέπει να καταβληθεί μια πραγματική προσπάθεια ποσοτικοποίησης αυτών των «κερδών», ως εκ τούτου να διασφαλίζεται η συνεχής υποστήριξη του οργανισμού για το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance.

Οι τρεις κυριότερες πηγές εξοικονόμησης χρημάτων είναι:

- αύξηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού ή αποφυγή του κόστους σταματήματος της μηχανής λόγω βλάβης (breakdown)
- αύξηση ικανότητας/απόδοσης του εξοπλισμού
- μείωση του κόστους συντήρησης (είναι οικονομικότερο να γίνεται η επισκευή προγραμματισμένα)

Αυτοί οι δείκτες θα πρέπει να υπολογίζονται κάθε μήνα και να εξετάζεται η τάση τους μέσα στο χρόνο. Θα πρέπει να περιλαμβάνουν μια περίληψη των ετήσιων αποταμιεύσεων από την έναρξη του προγράμματος.

Δυνατότητες:

Αυτοί οι δείκτες είναι χρήσιμοι για να αποσπάται και να διατηρείται η υποστήριξη της επιχείρησης για την προβλεπτική προσπάθεια. Μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως ένα εργαλείο εκπαίδευσης που θα βοηθά την επιχείρηση να κατανοεί τον αντίκτυπο που έχει η αξιοπιστία του εξοπλισμού στα κέρδη της.

Αδυναμίες:

Η μεγαλύτερη αδυναμία είναι η δυσκολία στον υπολογισμό του κόστους που αποφεύγεται. Θα ήταν ευκολότερο εάν είχαν καταγραφεί στο CMMS δεδομένα κόστους προηγούμενων βλαβών. Μπορεί να γίνεται καταγραφή του χρόνου εκτός λειτουργίας (downtime), οπότε η απώλεια μπορεί να υπολογίζεται από αυτό το στοιχείο. Ακόμη οι αυξήσεις στην ικανότητα του εξοπλισμού μπορούν να χρησιμεύσουν στη σύγκριση του ποσοστού παραγωγής με τα ποσοστά προ της έναρξης του προγράμματος της Condition-Based Maintenance.

Μειωμένα Έξοδα Συντήρησης Αποδιδόμενα στις Δραστηριότητες της Condition-Based Maintenance

Αυτός ο δείκτης εξετάζει τη μείωση των εξόδων συντήρησης χάρη στη χρήση της Condition-Based Maintenance σε σύγκριση με εκείνα της Λειτουργίας ως τη Βλάβη ή της Προληπτικής. Η μείωση, που προκύπτει λόγω του μακροχρόνιου σχεδιασμού, περιορίζει τον όγκο των εμπορευμάτων που πρέπει να αποθηκεύονται επειδή η παραγγελία και η παραλαβή μπορούν να γίνονται ακριβώς πριν την επισκευή. Καθώς οι εργασίες μπορούν να

προγραμματιστούν, ελαχιστοποιούνται οι διακοπές στην παραγωγή και απαιτούνται λιγότερες υπερωρίες για συντήρηση. Οι δύο κυριότερες πηγές μείωσης των εξόδων είναι η ανθρώπινη εργασία (βελτιωμένη και πιο αξιόπιστα προγραμματίσιμη) και τα ανταλλακτικά (πρόβλεψη των αναγκών, όχι αποθήκευση και χρήση όποτε είναι απαραίτητο).

Αυτός ο δείκτης προκύπτει εάν διαιρεθούν οι σημερινές εργατοώρες συντήρησης και το σημερινό κόστος υλικών με τα κόστη συντήρησης προ της έναρξης του προγράμματος της Condition-Based Maintenance. Αυτά τα κόστη θα πρέπει να είναι οι μηνιαίες δαπάνες συντήρησης. Το αποτέλεσμα, το οποίο εκφράζεται ως ποσοστό, μπορεί να εξεταστεί πώς κυμαίνεται μέσα σε 12 μήνες με τους μήνες με το υψηλότερο και το χαμηλότερο ποσοστό να δείχνουν το πεδίο διακύμανσης.

Σημερινό Κόστος Συντήρησης

Κόστος Συντήρησης προ του Προγράμματος C. B. M.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης είναι χρήσιμος για την ανάπτυξη και τη διατήρηση της υποστήριξης από μέρους της επιχείρησης για το πρόγραμμα της Προβλεπτικής Συντήρησης. Βοηθά στην κατανόηση της επιχείρησης για τα οικονομικά οφέλη της Condition-Based Maintenance στην κερδοφορία της. Μπορεί επίσης να χρησιμεύσει στην εξασφάλιση της συνεχούς απόδοσης του επενδεδυμένου για την Προβλεπτική Συντήρηση κεφαλαίου (ROI).

Αδυναμίες:

Η μόνη μεγάλη αδυναμία αυτού του δείκτη είναι η ανάγκη συλλογής των δεδομένων κόστους ώστε να είναι αρκετά ικανοποιητικός και να γίνει αποδεκτός από την επιχείρηση. Τα δεδομένα κόστους θα πρέπει να είναι δυνατό να συσχετιστούν με τα λογιστικά δεδομένα.

Μειωμένη Συχνότητα Στάσης-Βλάβης (Breakdown)

Αυτός ο δείκτης εξετάζει τον ενδιάμεσο χρόνο μεταξύ δύο αστοχιών (Mean Time Between Failures- MTBF) για επιλεγμένα κρίσιμης σημασίας στοιχεία του εξοπλισμού. Η αποτελεσματικότητα του προγράμματος της Προβλεπτικής Συντήρησης καθορίζεται από τη μείωση των στάσεων-βλαβών (breakdowns). Ο ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ δύο αστοχιών (MTBF) προκύπτει από τη διαίρεση του παρερχόμενου χρόνου μεταξύ των αστοχιών του εξοπλισμού δια του αριθμού των αστοχιών (breakdowns):

Συνολικές Ώρες Μεταξύ Αστοχιών

Αριθμός Αστοχιών Εξοπλισμού

Η τάση του προκύπτοντος λόγου μπορεί να παρακολουθηθεί στο χρόνο και να φανερώσει το επίπεδο βελτίωσης. Εάν ο λόγος αυξάνεται, τότε αυτό σημαίνει ότι το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance έχει αποτέλεσμα. Εάν δεν αυξάνεται, τότε το πρόγραμμα χρειάζεται ρύθμιση. Το χρονικό πλαίσιο υπολογισμού εξαρτάται από τον εξοπλισμό και τη συχνότητα των αστοχιών από την έναρξη του προγράμματος.

Δυνατότητες:

Αυτός ο δείκτης είναι ενδεικτικός του αντίκτυπου που έχουν οι δραστηριότητες της Condition-Based Maintenance στις αστοχίες του εξοπλισμού. Είναι ωφέλιμη η χρήση αυτού του δείκτη για τη διατήρηση της αποδοτικότητας του προγράμματος της Condition-Based Maintenance. Όσο ο ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ δύο αστοχιών (MTBF) αυξάνεται, το πρόγραμμα αποδίδει. Εάν μειώνεται, τότε είναι απαραίτητες κάποιες ρυθμίσεις.

Αδυναμίες:

Δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη αδυναμία σε αυτό το δείκτη. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται από οποιοδήποτε οργανισμό εφαρμόζει ένα πρόγραμμα Condition-Based Maintenance. Όταν ο οργανισμός φτάνει σε αυτό το επίπεδο ωριμότητας, το σύστημα συλλογής δεδομένων θα πρέπει να είναι ικανοποιητικά ακριβές για τον υπολογισμό του μέσου χρόνου μεταξύ αστοχιών.

3.3.16 Προβλήματα στο πρόγραμμα της προβλεπτικής συντήρησης

Το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance είναι ικανό να φέρει αποτελέσματα σε πολλές επιχειρήσεις, αν και λίγες από αυτές απολαμβάνουν όλα τα προνόμια που μπορεί να τους παρέχει. Η δυσκολία γι' αυτό προκύπτει συχνά εξαιτίας των ακόλουθων προβλημάτων.

Ανεπαρκή Δεδομένα Αστοχίας του Εξοπλισμού

Αυτό το πρόβλημα προκύπτει όταν ένας οργανισμός αρχίζει το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance χωρίς να έχει πρώτα θέσει τα θεμέλια μιας βασικής συντήρησης. Επειδή ο οργανισμός δε χρησιμοποιεί πλήρως το CMMS δεν έχει τα δεδομένα για να μπορεί να υπολογίσει τους δείκτες της Condition-Based Maintenance.

Η λύση φυσικά είναι να γίνει σωστή χρήση των δεδομένων για να είναι δυνατό να ελεγχθεί εάν το πρόγραμμα είναι αποδοτικό.

Έλλειψη Εστίασης στο Πρόγραμμα

Αυτό το πρόβλημα προκύπτει όταν ένας οργανισμός αποφασίζει την εφαρμογή της Condition-Based Maintenance λόγω ενδιαφέροντος για τα προηγμένα τεχνολογικά εργαλεία που χρησιμοποιεί. Τα όργανα για την Condition-Based Maintenance αγοράστηκαν, χρησιμοποιήθηκαν πάνω σε συγκεκριμένα προβλήματα όσο ήταν καινούρια, αλλά ποτέ δεν εφαρμόστηκε ένα δομημένο και πειθαρχημένο πρόγραμμα. Επομένως το τμήμα συντήρησης έχει τα εργαλεία, αλλά ποτέ δεν εκπαιδεύτηκε ώστε να είναι επαρκές για αυτά.

Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται μόνο όταν η επιχείρηση καταβάλλει προσπάθεια για να μελετήσει τον εξοπλισμό, τη λειτουργική του δυναμική και τους τρόπους αστοχίας του. Βασίζομενη στα στοιχεία που θα συλλέξει από αυτή τη μελέτη θα αγοράσει τα κατάλληλα εργαλεία της Condition-Based Maintenance που θα εντοπίζουν προβλήματα στον εξοπλισμό. Ο στόχος του προγράμματος, ο εξοπλισμός που θα συμπεριληφθεί σε αυτό, το πρόγραμμα των επιθεωρήσεων και ο τρόπος που θα γίνεται η καταγραφή των δεδομένων, όλα αυτά πρέπει να προσδιοριστούν ακριβώς. Μόλις αγοραστούν τα εργαλεία

της Condition-Based Maintenance, πρέπει να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί μια εκτενής εκπαίδευση για τους τεχνικούς συντήρησης. Καθώς η εφαρμογή του προγράμματος της Condition-Based Maintenance θα συνεχίζεται, θα πρέπει να πραγματοποιούνται με βάση τους δείκτες κατάλληλες προσαρμογές, ώστε να εξασφαλίζεται πάντα η αποδοτικότητά του.

Ανεπαρκής Εκπαίδευση πάνω στα Εργαλεία της Condition-Based Maintenance

Σε πολλές επιχειρήσεις η άδεια για την αγορά εργαλείων συντήρησης μπορεί να δοθεί σε πολλούς ανθρώπους. Όταν ένας εργαζόμενος χρειάζεται κάτι, το αγοράζει, χωρίς να απαιτεί κανείς ιδιαίτερη αιτιολόγηση. Το αντίθετο συμβαίνει με την εκπαίδευση. Το αίτημα της εκπαίδευσης πρέπει να περάσει από την έγκριση πολλών επιπέδων, κάθε ένα από τα οποία θέτει όλο και περισσότερα ερωτήματα και αφαιρεί ένα κομμάτι από τα προοριζόμενα για την εκπαίδευση χρήματα. Σαν αποτέλεσμα, όταν η διαδικασία ολοκληρωθεί, δεν υπάρχει επαρκής χρηματοδότηση για την παροχή της καλύτερης εκπαίδευσης, γίνονται συμβιβασμοί με μια εκπαίδευση κατώτερη της βέλτιστης, γεγονός που οδηγεί σε αποτελέσματα κατώτερα των βέλτιστων. Η αποδοτικότητα του προγράμματος της Condition-Based Maintenance μειώνεται και τα θετικά αποτελέσματα που θα μπορούσε να παρέχει δεν έρχονται ποτέ. Έτσι η διοίκηση αναζητά άλλα, περισσότερα υποσχόμενα προγράμματα.

Ο μόνος τρόπος για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα είναι να γίνουν κατανοητές οι απαιτήσεις ενός επιτυχούς προγράμματος Condition-Based-Maintenance όταν αυτό σχεδιάζεται ακόμα. Με αυτό τον τρόπο, όταν προκύψει το αίτημα για εκπαίδευση, αυτό θα έχει ήδη εγκριθεί.

Έλλειψη Πληροφόρησης του συνόλου του Οργανισμού για το Πρόγραμμα

Αυτό το πρόβλημα ανακύπτει όταν το τμήμα συντήρησης δεν κάνει γνωστό το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance στην υπόλοιπη επιχείρηση. Μπορεί το προσωπικό του τμήματος συντήρησης να ξέρει τι να κάνει και ποια είναι τα θετικά αποτελέσματα αυτού, αλλά αυτή η πληροφορία δε γίνεται ποτέ απόλυτα κατανοητή από την υπόλοιπη επιχείρηση. Όταν έπειτα το τμήμα συντήρησης ζητήσει να τεθεί ο εξοπλισμός εκτός λειτουργίας εξαιτίας μιας επικείμενης αστοχίας, κανείς δε θα το πιστέψει. Ο εξοπλισμός αστοχεί και το τμήμα συντήρησης καλείται να αντιδράσει.

Ο μόνος τρόπος για να μη συμβεί κάτι τέτοιο είναι να πληροφορηθεί όλη η επιχείρηση για τα πλεονεκτήματα και το σκοπό του προγράμματος πριν την εφαρμογή του ακόμη. Χρήσιμα μπορούν να φανούν παραδείγματα από άλλες επιχειρήσεις (διατίθενται συνήθως από τους πωλητές συστημάτων Προβλεπτικής συντήρησης) που εφάρμοσαν το πρόγραμμα και είχαν επιτυχία. Έτσι όταν χρειαστούν κάποιες ενέργειες συντήρησης, αυτές θα είναι πιο εύκολο να πραγματοποιηθούν.

Ανεπάρκεια των Στελεχών του Προγράμματος

Αυτό το πρόβλημα σχετίζεται με πολλά από τα προηγούμενα, αλλά ξεκινά από την έλλειψη ενός πλήρους σχεδίου εφαρμογής του προγράμματος της Προβλεπτικής Συντήρησης. Χωρίς ένα σχέδιο, οι απαιτήσεις δε γίνονται ποτέ αντιληπτές και η στελέχωση είναι μία από τις απαιτήσεις.

Όταν ξεκινά το πρόγραμμα θα πρέπει να συντάσσεται ένα συνολικό σχέδιο εφαρμογής του που θα συμπεριλαμβάνει τις απαιτήσεις σε πόρους και μια μελέτη της απόδοσης του επενδεδυμένου κεφαλαίου (ROI). Διαφορετικά η έλλειψη του κατάλληλου προσωπικού θα είναι πάντα πρόβλημα.

Η Χρήση των Λάθος Εργαλείων Condition Based Maintenance σε μια Δραστηριότητα Συντήρησης

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τη χρήση των λάθος εργαλείων. Ένας από αυτούς μπορεί να είναι ότι ο διευθυντής έχει γνώση μόνο μίας τεχνικής της Προβλεπτικής Συντήρησης και έτσι το πρόγραμμα εστιάζει μόνο σε αυτή. Ένας άλλος λόγος μπορεί να είναι το κόστος. Με ένα περιορισμένο προϋπολογισμό μπορεί να είναι δυνατή η αγορά και η εκμάθηση ενός μόνο εργαλείου. Όποιος και να είναι ο λόγος, το πρόγραμμα θα έχει περιορισμένη επιτυχία εάν εστιάζει σε μία μοναδική τεχνική. Όταν μάλιστα χρησιμοποιείται το λάθος εργαλείο για την επίλυση ενός προβλήματος στον εξοπλισμό και όλη η επιχείρηση παρακολουθεί την εξέλιξη της βλάβης και το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance να μην έχει αποτέλεσμα, δημιουργείται η εντύπωση ότι κανένα εργαλείο αυτού του τύπου συντήρησης δε λειτουργεί.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι απλή: να γίνεται χρήση του σωστού εργαλείου για την ανάλογη δραστηριότητα. Αυτό δεν είναι τόσο εύκολο να επιτευχθεί όσο ακούγεται. Κάποιος μέσα στην επιχείρηση πρέπει να έχει καλή γνώση των διάφορων τεχνικών Condition-Based Maintenance που διατίθενται, καθώς και των δυνατοτήτων, των αδυναμιών και των εφαρμογών της καθεμιάς. Μόνο έτσι μπορεί να γίνει χρήση της κατάλληλης τεχνικής για το εκάστοτε πρόβλημα.

Ο Οργανισμός είναι πολύ Αντιδραστικός

Το πρόγραμμα της Condition-Based Maintenance δε θα πρέπει να υιοθετείται πριν το τμήμα συντήρησης να είναι ώριμο αρκετά για να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά τα εργαλεία. Ας υποθέσουμε ότι πάνω από το 20% των εργασιών συντήρησης γίνονται ακόμη σε μορφή αντίδρασης και όχι πρόβλεψης. Τότε το αρχείο των εργασιών συντήρησης είναι ανακριβές. Τα δεδομένα κόστους θα είναι ανακριβή. Επομένως δε μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα για την αιτιολόγηση του κόστους ή την απόδοση του επενδεδυμένου κεφαλαίου. Μπορεί μεν τα εργαλεία της Προβλεπτικής Συντήρησης να αγοράστηκαν, αλλά να μην υπήρξε κανένας σχεδιασμός και πειθαρχία στο πρόγραμμα δε. Το αποτελέσματα δε θα είναι ενθαρρυντικά.

Η λύση είναι να εξακριβωθεί εάν τα θεμέλια υπάρχουν και ότι το τμήμα συντήρησης είναι έτοιμο να εφαρμόσει την Condition-Based Maintenance. Εάν δεν είναι έτοιμο το τμήμα συντήρησης, το πιθανότερο είναι ότι και ολόκληρη η επιχείρηση δεν είναι έτοιμη. Πρώτα πρέπει να τεθούν τα θεμέλια και μετά να εξελιχθεί το πρόγραμμα συντήρησης.

Ελλιπή Θεμέλια για Condition-Based Maintenance

Αν και σχετικό με κάποια από τα προηγούμενα, αυτό το πρόβλημα είναι περισσότερο περιεκτικό. Τα θεμέλια πρέπει να τίθενται πριν την εφαρμογή του προγράμματος της Condition-Based Maintenance. Είναι επιτακτικό η διαδικασία της εξέλιξης να ακολουθείται, ώστε να είναι επιτυχής η προσπάθεια βελτίωσης της συντήρησης. Ελαττωματική θεμελίωση μπορεί τελικά να

καταλήξει σε υπό του βέλτιστου την όλη προσπάθεια και σε έλλειψη ανταγωνιστικότητας του προγράμματος συντήρησης.

Η Condition-Based Maintenance είναι ένα από τα πιο πολύτιμα εργαλεία που καθιστούν τη συντήρηση ικανή να κάνει μακροχρόνιους προγραμματισμούς και να αυξάνει τον ενδιάμεσο χρόνο μεταξύ δύο αστοχιών (MTBF) του εξοπλισμού. Αλλά πάντα πρέπει να δομείται πάνω σε στερεή βάση.

3.3.17 Αξιολόγηση της Condition-Based Maintenance

Η εφαρμογή του συστήματος της Condition-Based Maintenance παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Άριστη χρήση του εξοπλισμού με αύξηση της διαθεσιμότητας και του παραγωγικού χρόνου αφού οι κυριότεροι έλεγχοι συντήρησης γίνονται εν λειτουργία
- Μειωμένο κόστος λειτουργίας λόγω αύξησης της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού
- Δραματικά μειωμένο κόστος συντήρησης λόγω μειωμένης ανάλωσης ανταλλακτικών τα οποία εξαντλούν το όριο ζωής τους, αλλά και λόγω μείωσης των άχρηστων μαζικών συντηρήσεων σε μηχανήματα που δεν το απαιτούσαν
- Λιγότερες απώλειες παραγωγής με τη μείωση των μη αναμενόμενων διακοπών
- Ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης εργατικών ατυχημάτων λόγω της αύξησης ασφάλειας και αξιοπιστίας, αλλά και λόγω μείωσης των επεμβάσεων
- Μείωση του αποθέματος ανταλλακτικών
- Μείωση των δευτερευουσών ζημιών, καθώς ο εξοπλισμός μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας πριν συμβεί κάποια μεγάλη ζημιά, άρα και μείωση του κόστους των επισκευών
- Είναι δυνατός ο σχεδιασμός της συντήρησης (διαθεσιμότητα ανταλλακτικών, διαθεσιμότητα τεχνικών και διακοπή της παραγωγής) εκ των προτέρων
- Είναι δυνατή η ανάλυση των αιτιών των αστοχιών
- Αυξημένη ποιότητα προϊόντος και μείωση των απορριπτόμενων προϊόντων χάρη στην καλύτερη γενική κατάσταση του
- Μειωμένο προσωπικό συντήρησης, κυρίως για διορθωτικές επεμβάσεις, αφού οι περισσότεροι έλεγχοι γίνονται από αυτόματα συστήματα
- Μειωμένο κόστος λόγω υπερωριών και οικονομικότερη χρήση των τεχνικών συντήρησης καθώς αυτοί δουλεύουν βάση προγράμματος και όχι εκτάκτως για την αποκατάσταση ξαφνικών βλαβών
- Βέλτιστη ποιότητα συντήρησης και μέγιστη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού
- Ευκαμψία προγραμμάτων και συνεργασία με την παραγωγική διαδικασία για την εξεύρεση κατάλληλου χρόνου σταματήματος των μηχανημάτων λόγω δυνατότητας πρόβλεψης του χρόνου συντήρησης

Επιπλέον τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει ένα πρόγραμμα Condition-Based Maintenance αναφέρονται παρακάτω:

- Η μέτρηση κραδασμών, η θερμογραφία και η ανάλυση λαδιών απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό και ειδική εκπαίδευση, ενώ πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά η κατάλληλη κάθε φορά τεχνική
- Απαιτεί εκπαιδευμένους ειδικούς
- Απαιτείται η πάροδος κάποιου χρόνου μέχρι να φανεί η εξέλιξη των μετρούμενων μεγεθών και να διαγνωσθεί η κατάσταση της μηχανής
- Το αρχικό κόστος που απαιτείται για την Condition-Based Maintenance

Η εφαρμογή του συστήματος, όπως έχει αναπτυχθεί, απαιτεί επενδύσεις σε προσωπικό, όργανα και χρόνο. Η απόδοση του επενδυόμενου κεφαλαίου (ROIC –Return On Invested Capital) σαν άμεσο ή έμμεσο αποτέλεσμα αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο. Τέλος η αξιοπιστία, η ποιότητα και η συνέπεια είναι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη επειδή συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση ή την απόκτηση καλής φήμης της επιχείρησης.

Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να εξαλειφθεί εάν αντιμετωπιστεί σωστά. Οι δαπάνες εφαρμογής και λειτουργίας πρέπει να ελέγχονται λεπτομερώς, ενώ η επιλογή εξοπλισμού και μέσων να βασίζεται στη σχέση:



Σύμφωνα με σχετικές διεθνείς έρευνες, από την προκαταρκτική υλοποίηση προγραμμάτων Προβλεπτικής Συντήρησης σε 500 βιομηχανίες (Η.Π.Α., Καναδάς, Μ. Βρετανία, Γαλλία, Αυστραλία κ.λπ.) προέκυψαν σημαντικά οφέλη, τα οποία συνοψίζονται στα εξής τυπικά αποτελέσματα:

- Μείωση του κόστους συντήρησης κατά 50-80%
- Μείωση των καταστροφών μηχανών κατά 50-60%
- Μείωση των αποθεμάτων ανταλλακτικών κατά 20-30%
- Μείωση του νεκρού χρόνου των μηχανών κατά 50-80%
- Μείωση του κόστους υπερωριών κατά 20-50%
- Αύξηση της διάρκειας ζωής των μηχανών κατά 20-40%

- Αύξηση της παραγωγικότητας κατά 20-30%
- Αύξηση κερδών κατά 25-60%

3.3.18 Συμπεράσματα δυο μελετών σχετικά με την C.B.M.

3.3.18.1 Συμπέρασμα πρόσφατης μελέτης σχετικά με την εφαρμογή της C.B.M.

Σύμφωνα με μια μελέτη που έγινε πρόσφατα στις ΗΠΑ πρόσφατα έχουμε να σημειώσουμε τα εξής:

Διακόσια δισεκατομμύρια \$ ΗΠΑ ξοδεύονται κάθε χρόνο παγκοσμίως για τη συντήρηση εξοπλισμού. Το 1/3 αυτού του ποσού κυριολεκτικά σπαταλιέται και αποτελεί μεγάλο εμπόδιο στην κατασκευή προϊόντων ποιότητας στην παγκόσμια αγορά. Η λύση του προβλήματος της σπατάλης βρίσκεται σε μεγάλο βαθμό στην μελέτη κι εφαρμογή της Condition-Based Maintenance.

Πρόσφατες έρευνες παρέχουν «αποδείξεις» σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί ουσιαστική μείωση, η οποία μάλιστα μπορεί να υπολογισθεί στις δαπάνες συντήρησης με την εφαρμογή προγραμμάτων Condition-Based Maintenance.

1.) Παρακολούθηση ταλαντώσεων

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

2.) Υστέρηση στις βιομηχανίες

Υπάρχουν πολλά στοιχεία από τα οποία βγαίνει το συμπέρασμα ότι εξοικονομούνται μεγάλα ποσά από την εφαρμογή Condition-Based Maintenance. Σχετική ανάλυση αναφέρει ότι αν και η C.B.M. έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση μεγάλων ποσών κάθε χρόνο, εντούτοις, πολλές μονάδες καθυστερούν αδικαιολόγητα να εφαρμόσουν προγράμματα C.B.M.

3.) Επέκταση ζωής

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

4.) Ανίχνευση και τάσεις

Τα αποτελέσματα της Condition-Based Maintenance χρησιμοποιούνται για να ανιχνευθούν αστοχίες, να δίνουν τις τάσεις και να παρακολουθούν τη λειτουργία του εξοπλισμού έτσι ώστε να εκτελούνται οι προγραμματισμένες συντηρήσεις πριν ο εξοπλισμός υποστεί ζημιά.

5.) Το δίλημμα

Σ' ένα πρόγραμμα ενσωματώνεται ποικιλία μεθόδων παρακολούθησης που αρχίζει από τις βασικές τεχνικές χρήσεις αισθητηρίων και φθάνει μέχρι experts systems. Τα διατιθέμενα προγράμματα παρακολούθησης της κατάστασης, παρέχουν στη βιομηχανία πρακτικές αλλά και φθηνές λύσεις στο δίλημμα του ασφαλούς προγραμματισμού συντήρησης και των ορθών διαγνωστικών μέσων.

3.3.18.2 Η Condition Based Maintenance στις βιομηχανίες των Η.Π.Α.

Από πολύ πρόσφατη μελέτη που έγινε στις ΗΠΑ αποκαλύφθηκε ότι οι Βιομηχανίες είναι σε υστέρηση όσον αφορά την αποτελεσματική εφαρμογή της Condition-Based Maintenance.

Οι τρεις μεγάλες ομάδες επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (που διατηρούν θερμοηλεκτρικούς, υδροηλεκτρικούς και πυρηνικούς σταθμούς) είναι σε υστέρηση όσον αφορά τις διαδικασίες συντήρησης και την Condition-Based Maintenance. Μόνο το 44% θεωρούν ότι τα συστήματα της παρακολούθησης των ταλαντώσεων είναι άξια λόγου. Στις Χαρτοβιομηχανίες το αντίστοιχο ποσοστό είναι 79% και στις Πετροχημικές 88%.

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

Χαρτοβιομηχανίες:	292.000 \$ ανά τεμάχιο Εξοπλισμού Δοκιμών
Πετροχημικές:	90.000 \$ ανά τεμάχιο Εξοπλισμού Δοκιμών
Ηλεκτρικές:	5.100 \$ ανά τεμάχιο Εξοπλισμού Δοκιμών

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

Χαρτοβιομηχανίες:	55 προς 1
Πετροχημικές:	44 προς 1
Ηλεκτρικές:	9 προς 1

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

Χαρτοβιομηχανίες:	6 μέρες ανά έτος
Πετροχημικές:	19 μέρες ανά έτος
Ηλεκτρικές:	55 μέρες ανά έτος

Από την προαναφερθείσα μελέτη προέκυψε επίσης το συμπέρασμα ότι υπάρχει εξαιρετικά ακριβής αντιστοιχία μεταξύ του ποσού που δαπανά κάθε βιομηχανία για τον εξοπλισμό δοκιμών και των διακοπών της λειτουργίας για να εκτελεστούν επισκευές. Αυτή αντιστοιχία επεκτείνεται στο προσωπικό καθώς και στις διαδικασίες Condition-Based Maintenance.

Για παράδειγμα, ενώ στις Χαρτοβιομηχανίες και στις Πετροχημικές Βιομηχανίες πάνω από 75% έχουν πλήρως απασχολούμενους υπαλλήλους, οι οποίοι παίρνουν στοιχεία ταλαντώσεων, το ποσοστό αυτό γίνεται 37% στις Ηλεκτρικές Βιομηχανίες. Ο χρόνος που διατίθεται για τη συλλογή και ανάλυση

των στοιχείων ταλάντωσης κάθε βδομάδα, είναι κατά τον ίδιο τρόπο κατανομημένος.

Για τη συλλογή στοιχείων ταλάντωσης:

Χαρτοβιομηχανίες:	60 ώρες κάθε βδομάδα
Πετροχημικές:	41 ώρες κάθε βδομάδα
Ηλεκτρικές:	21 ώρες κάθε βδομάδα

Για την ανάλυση των στοιχείων ταλάντωσης:

Χαρτοβιομηχανίες:	48 ώρες κάθε βδομάδα
Πετροχημικές:	25 ώρες κάθε βδομάδα
Ηλεκτρικές:	18 ώρες κάθε βδομάδα

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

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

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στα δισεκατομμύρια των δολαρίων που χάνονται λόγω της μη αποτελεσματικότητας της συντήρησης, αλλά είναι σαφές ότι η μέθοδος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων αποτελεί σημαντική συνισταμένη στο αποδοτικό – από πλευράς κόστους – πρόγραμμα Condition-Based Maintenance. Από τη σκοπιά αυτή, οι Πετροχημικές Βιομηχανίες είναι πρωτοπόρες, αφού διαθέτουν Η/Υ για τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων.

3.4 Reliability Centered Maintenance (R.C.M.) (Συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία & τεχνικές εκτίμησης – διαχείρισης ρίσκου)

3.4.1 Γενικά Στοιχεία

Τα προβλήματα συντήρησης που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα εργοστάσια, επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, και γενικά η βιομηχανία είναι πάρα πολλά και πολυσύνθετα και για να συστηματοποιηθούν οι στρατηγικές αντιμετώπισης αυτών αναπτύχθηκε η μέθοδος RCM, η οποία προσφέρει τον τρόπο για να εξεταστεί μια γενική προσέγγιση στη βελτιστοποίηση της συντήρησης παραγωγικών συστημάτων. Έτσι, από το 1978 οι Nowlan και Hear συμπέραναν με την παρουσίαση μιας μελέτης τους ότι η διαδικασία συντήρησης των αεροσκαφών της πολιτική αεροπορίας των ΗΠΑ με τη χρήση του προγράμματος συντήρησης ενάντια στη γήρανση έχει πολύ μικρή ή και καθόλου, επίδραση στο ρυθμό εμφάνισης βλαβών. Η μελέτη αυτή ονομάστηκε Reliability Centered Maintenance (RCM) και αποτελεί τη βάση ανάπτυξης όλων των προσεγγίσεων στην φιλοσοφία της μεθόδου RCM που αναπτύχθηκαν από τότε.

Η μέθοδος αυτή, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60300-3-11, χρησιμοποιεί διαδικασίες Προληπτικής Συντήρησης και επιτρέπει με αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο, την επίτευξη του απαιτούμενου επιπέδου ασφάλειας και διαθεσιμότητας του παραγωγικού εξοπλισμού. Η μέθοδος αυτή, προσπαθεί να δημιουργήσει το βέλτιστο συνδυασμό της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί και τη σχολαστική στατιστική προσέγγιση, έτσι ώστε να πετύχει τη μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής του παραγωγικού εξοπλισμού. Απώτερος σκοπός είναι να επιτευχθεί η ζητούμενη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα με το ελάχιστο κόστος. Η μέθοδος RCM χρησιμοποιεί γνώσεις από πολλά επιστημονικά πεδία, όπως είναι η θεωρία της αξιοπιστίας, η θεωρία της συντήρησης και της λειτουργίας, η σχεδίαση και κατασκευή των αντικειμένων κ.ά.

Υπάρχουν αρκετές προσπάθειες για την βελτίωση και την εξέλιξη της μεθόδου από τότε. Η κύρια προσπάθεια γίνεται για να ελαττωθεί ο χρόνος που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου. Η ύπαρξη αρκετών μεθόδων οι οποίες ονομάζονται RCM από τους ερευνητές που τις ανέπτυξαν, δημιουργεί πολλαπλά προβλήματα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με την ανάπτυξη του προτύπου από την Society of Automotive Engineers (SAE) το 1999. Το πρότυπο αυτό δίνει μια σειρά από προϋποθέσεις τις οποίες πρέπει να πληρεί μία διαδικασία για να μπορεί να ονομαστεί RCM. Ο τίτλος του προτύπου είναι: «Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes (SAE JA1011)».

Για να ονομάζεται μία διαδικασία RCM, σύμφωνα με το πρότυπο, πρέπει να εξασφαλίζει πως οι ερωτήσεις που ακολουθούν θα απαντηθούν με τη σειρά που δίνεται και πως θα λάβουν ικανοποιητική απάντηση. Οι διαδικασίες στις οποίες στηρίζεται η RCM προϋποθέτουν όπως είπαμε την απάντηση σε 7 βασικά ερωτήματα όσο αφορά τον υπό συντήρηση εξοπλισμό. Αυτά είναι:

- 1. Ποιες είναι οι λειτουργίες και τα επιθυμητά κριτήρια απόδοσης του εξοπλισμού στην παρούσα λειτουργία του;*
- 2. Σε ποιες περιπτώσεις μπορεί να αστοχήσει κατά τη λειτουργία του ο εξοπλισμός;*
- 3. Τι προκαλεί την αστοχία του εξοπλισμού;*
- 4. Τι συμβαίνει όταν εμφανίζεται μια αστοχία;*
- 5. Ποιες είναι οι επιπτώσεις από την αστοχία;*
- 6. Πως μπορεί να προβλεφθεί ή να αποτραπεί η αστοχία;*
- 7. Τι πρέπει να γίνει εάν δεν μπορεί να βρεθεί το κατάλληλο μέτρο για την αποτροπή της αστοχίας;*

3.4.2 Εφαρμογή μεθόδου RCM (Βήματα– Κριτήρια Προτεραιότητας)

Η τάση που εμφανίζεται παγκοσμίως στη συντήρηση είναι η ενσωμάτωση πρακτικών ανάλυσης κινδύνων στις διαδικασίες της για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων. Η τάση αυτή οδηγεί και τις εξελίξεις στον τομέα της συντήρησης σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέθοδος που προτείνεται παρακάτω κινείται προς αυτή την κατεύθυνση.

Προκύπτει δηλαδή ως γεγονός ότι στις μέρες μας η συντήρηση που εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας έχει αρχίσει να απομακρύνεται από τις παραδοσιακές πρακτικές της προληπτικής συντήρησης, των επιθεωρήσεων και των επισκευών που προαναφέρθηκαν και στρέφεται σε πιο σύνθετα και αποδοτικότερα συστήματα. Επίσης, το ενδιαφέρον για τον κίνδυνο και οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε αυτόν στις επιθεωρήσεις και στη συντήρηση έχουν ξεκινήσει να υιοθετούνται όλο και περισσότερο.

Απαιτούνται μέθοδοι για τον προσδιορισμό των κινδύνων, την αξιόπιστη εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης τους και του αντίκτυπου αυτών κατά τρόπο ποσοτικό. Σχεδόν όλες οι προσεγγίσεις προσπαθούν να αξιολογήσουν την πιθανότητα εμφάνισης ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και των συνεπειών που θα επιφέρει από άποψη επίδρασης στο χρόνο, στο κόστος και στην ποιότητα. Η εφαρμογή τέτοιων μεθοδολογιών σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο.

Η ανάλυση των κινδύνων έχει εργαλεία για τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης, τον αντίκτυπο και το κόστος της εμφάνισης βλάβης κάποιου εξαρτήματος για τα διάφορα συστήματα συντήρησης. Ο κίνδυνος ορίζεται σαν το γινόμενο της πιθανότητας εμφάνισης ενός γεγονότος πολλαπλασιαζόμενο επί του αντίκτυπου του. Στη συντήρηση, η πιθανότητα εμφάνισης ενός γεγονότος όπως η αστοχία εξοπλισμού μπορεί να προσδιοριστεί είτε χρησιμοποιώντας υποκειμενικές κρίσεις ειδικών είτε μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας αντικειμενικά ιστορικά στοιχεία από τις κατάλληλες βάσεις

δεδομένων που τηρούνται από τον τομέα συντήρησης. Η πιθανότητα εμφάνισης μπορεί να δοθεί σαν η πιθανότητα αστοχίας ανά χιλιάδες ώρες λειτουργίας. Ο αντίκτυπος μπορεί να ορισθεί ως ο αριθμός των αστοχιών που προκαλούνται ή ως η οικονομική απώλεια που προκαλείται από τις αστοχίες. Από μία άποψη, αυτός ο ορισμός του κινδύνου είναι κοντά στο πως οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο και οδηγεί άμεσα σε μια ποσοτικοποιημένη απόδοση της απώλειας π.χ. ανά ώρα λειτουργίας. Για την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να δοθεί απάντηση στις επτά ερωτήσεις του προτύπου SAE J A1011 για να καθοριστούν τα βήματα της ανάλυσης. Απαντώντας αυτές τις ερωτήσεις με τη σειρά που δίνονται, προκύπτουν οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν. Έτσι, τα βήματα της μεθόδου είναι τα εξής:

- 1) Καθορισμός της δομής και των λειτουργιών του συστήματος: Αναλύεται το πώς το σύστημα είναι δομημένο και καθορίζονται οι λειτουργίες του στην παρούσα και στην επιθυμητή κατάσταση λειτουργίας του βάσει προδιαγραφών και κανονισμών. Το βήμα αυτό που αποτελεί και το πρώτο στην RCM ανάλυση αποτελεί το ένα τρίτο του συνολικού χρόνου εφαρμογής της RCM.
- 2) Αναγνώριση πιθανών βλαβών: Για να αναγνωρισθούν οι πιθανές βλάβες πρέπει να καθορίσουμε την κατάσταση που καλούμε βλάβη. Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 50 (191) βλάβη είναι «η διακοπή της ικανότητας του εξαρτήματος να εκτελέσει την απαιτούμενη λειτουργία του».
- 3) Εντοπισμός αιτιών των πιθανών βλαβών: Εντοπίζονται τα αίτια που κατά πάσα πιθανότητα προκαλούν τις πιθανές βλάβες που αναγνωρίστηκαν στο δεύτερο βήμα.
- 4) Επίδραση των πιθανών βλαβών: Εντοπίζονται οι πιθανές αποδείξεις που θα δείχνουν ότι μια βλάβη θα λάβει χώρα πώς αυτή θα εμφανιστεί, ο κίνδυνος που αυτή θα προκαλέσει και τέλος οι τρόποι με τους οποίους η βλάβη θα επιδράσει στο παραγωγικό σύστημα.
- 5) Επιπτώσεις των πιθανών βλαβών: Αναλύονται οι επιπτώσεις κάθε πιθανής βλάβης. Επομένως, αναλύοντας τις επιπτώσεις μπορούμε να επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας σε καταστάσεις με σημαντικές επιπτώσεις και να αποφύγουμε χάσιμο χρόνου σε καταστάσεις με μηδαμινές επιπτώσεις. Κατασκευάζουμε έναν κατάλογο με τους τομείς τους οποίους μπορεί να επιδράσει μια βλάβη και θεωρούμε έναν συντελεστή βαρύτητας για κάθε κατηγορία. Μεγαλύτερη βαρύτητα έχουν οι κατηγορίες της ασφάλειας των εργαζομένων, του περιβάλλοντος και της κατάστασης και διαθεσιμότητας του εξοπλισμού. Κάθε κατηγορία διαβαθμίζεται σε πέντε καταστάσεις, με 1 τον μικρότερο αντίκτυπο και 5 τον μεγαλύτερο αντίκτυπο και τέλος υπολογίζεται ο συντελεστής επιπτώσεων ανά κατηγορία, ο οποίος ισούται με το γινόμενο του βαθμού της κατηγορίας επί του βαθμού βαρύτητας της.
- 6) Υπολογισμός του συντελεστή κρισιμότητας. Υπολογίζεται η συχνότητα και η πιθανότητα εμφάνισης των πιθανών βλαβών σε ποσοτική βάση με τη χρήση πιθανοτικής ανάλυσης και ο συντελεστής κρισιμότητας, ο οποίος ισούται με το γινόμενο της πιθανότητας εμφάνισης βλάβης επί τον συντελεστή επιπτώσεων

που υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα. Τέλος, πραγματοποιείται ιεράρχηση των βλαβών με φθίνοντα βαθμό κρισιμότητας.

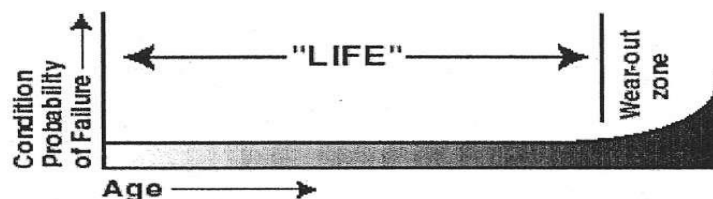
- 7) Επιλογή ενέργειας συντήρησης. Η ενέργεια συντήρησης επιλέγεται για τις βλάβες με υψηλό συντελεστή κρισιμότητας και υψηλό συντελεστή επιπτώσεων για κατηγορίες όπως ασφάλεια εργαζομένων ή περιβάλλοντος, κατάσταση εξοπλισμού, διαθεσιμότητα. Το όριο που καθορίζει τον «υψηλό συντελεστή κρισιμότητας» πρέπει να καθορισθεί αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή κρισιμότητας για τις βλάβες. Ως υψηλός συντελεστής επιπτώσεων ανά κατηγορία θεωρείται ο βαθμός 5, ενώ και ο βαθμός 4 θέτει τη βλάβη υπό παρακολούθηση.

Τέλος, η έλλειψη πόρων μας αναγκάζει να επιλέγουμε σε ποια συστήματα του παραγωγικού συστήματος θα πραγματοποιηθεί η μέθοδος, βάσει του οφέλους που προκύπτει από την εφαρμογή της. Τα κριτήρια προτεραιότητας είναι:

- Οι επιπτώσεις από τη βλάβη του συστήματος πρέπει να είναι σημαντικές όσον αφορά την ασφάλεια των εργαζομένων, τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, την κατάσταση του εξοπλισμού ή την διαθεσιμότητα.
- Η πολυπλοκότητα του συστήματος πρέπει να είναι μεγάλη.
- Πρέπει να έχουμε εμπειρία χρήσης ή δεδομένα αξιοπιστίας από το ίδιο το σύστημα ή όμοιο σύστημα.

3.4.3 Η καμπύλη «μπανιέρα» στη Στρατηγική Συντήρησης RCM

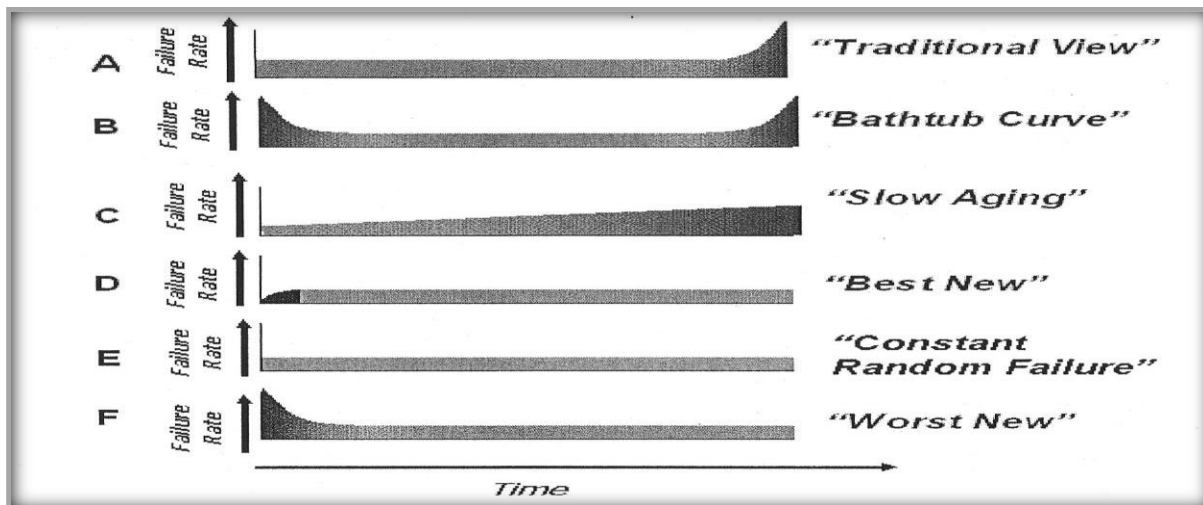
Όπως έχουμε δει σε προηγούμενο κεφάλαιο, η συντήρηση της δεύτερης γενιάς βασίζεται στην λεπτομερή επιθεώρηση του εξοπλισμού και στην αντικατάστασή του αν απαιτείται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Στην Εικόνα 3.4.3 φαίνεται η παραδοσιακή θεώρηση του χρόνου ζωής ενός εξαρτήματος.



Εικόνα 3.4.3 – Παραδοσιακή θεώρηση πιθανότητας βλάβης και ηλικία ενός εξαρτήματος

Η θεώρηση αυτή όπως έχουμε πει βασίζεται στην υπόθεση ότι τα περισσότερα εξαρτήματα λειτουργούν αξιόπιστα για μια περίοδο χρόνου και ακολούθως θέλουν συντήρηση ή αντικατάσταση. Η εξέλιξη και πολυπλοκότητα του εξοπλισμού με την πάροδο των ετών είχε σαν αποτέλεσμα η παραπάνω γραφική μεταξύ πιθανότητας βλάβης σε συνάρτηση

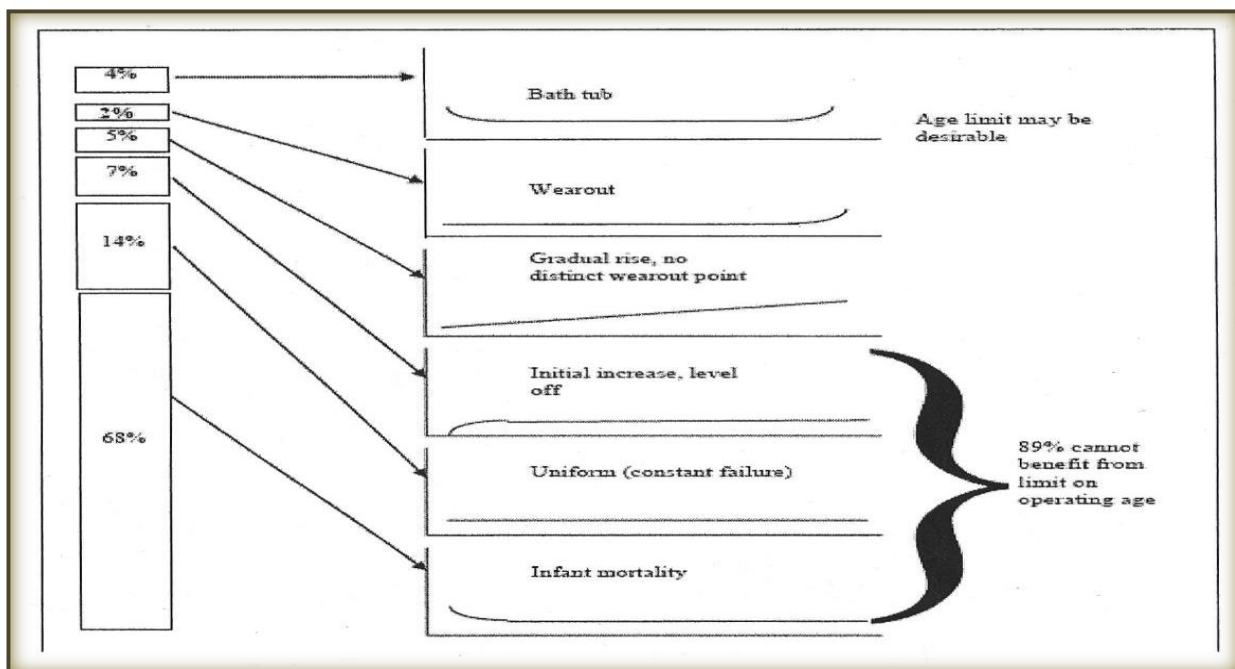
με το χρόνο να γενικευτεί και να πάρει πιο σύνθετες μορφές. Αυτές απεικονίζονται στην Εικόνα 3.4.3α:



Εικόνα 3.4.3α – Η σημερινή θεώρηση μεταξύ πιθανότητας βλάβης σε συνάρτηση με το χρόνο

Η γραφική A μας εμφανίζει την παραδοσιακή θεώρηση που είδαμε και παραπάνω. Στη γραφική B παρουσιάζεται η καμπύλη μπανιέρα που έχουμε αναλύσει διεξοδικά στην παράγραφο 3.2.2. Η γραφική C αντιπροσωπεύει εξαρτήματα στα οποία παρά τα στατιστικά στοιχεία δεν μπορούμε με ακρίβεια να υπολογίσουμε πότε θα αστοχήσουν. Η γραφική D μας δείχνει εξαρτήματα τα οποία η καλύτερη περίοδος λειτουργίας του είναι όταν αυτά είναι καινούργια, δεν υπάρχει για αυτά παιδική θνησιμότητα ενώ με την πάροδο του χρόνου έχουν μια σταθερή ομαλή λειτουργία. Στη γραφική E απεικονίζουμε εξαρτήματα όπου η εκδήλωση βλάβης είναι μια τυχαία διαδικασία δηλαδή δεν ξέρουμε πότε αυτού του τύπου τα εξαρτήματα θα αστοχήσουν. Τέλος στη γραφική F έχουμε τα εξαρτήματα όπου η παιδική θνησιμότητα κυριαρχεί δηλαδή το εξάρτημα είναι πολύ πιθανό να αστοχήσει στην αρχή της εγκατάστασής του.

Στο σημείο αυτό έχει ενδιαφέρον να αναφέρουμε ότι στατιστικές μελέτες σε εξαρτήματα αεροσκαφών έχουν δείξει ότι οι πιθανότητα εμφάνισης βλάβης παρουσιάζει τα ακόλουθα ποσοστά όπως φαίνονται στον πίνακα 3.4.3β.



Εικόνα 3.4.3β – Ο σημαντικός ρόλος της αξιοπιστίας ενός εξαρτήματος

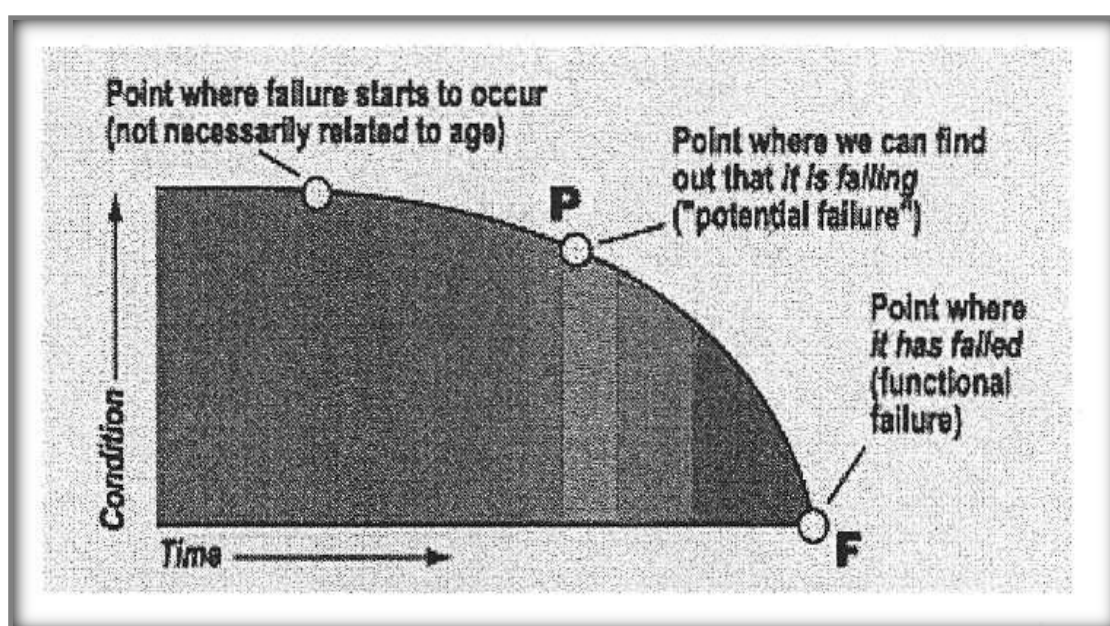
Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.4.3β η γνώση του πραγματικού χρόνου ζωής ενός εξαρτήματος δεν αποτελεί πλέον τον καθοριστικό παράγοντα στην συντήρηση. Σύμφωνα με τις στατιστικές μελέτες κύριο ρόλο παίζει η αξιοπιστία που εμφανίζει αυτό σε συνάρτηση με το χρόνο. Αυτή η πεποίθηση οδήγησε στην ιδέα ότι όσο πιο συχνά εξετάζεται ένα εξάρτημα τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να αστοχήσει. Στις μέρες μας αυτό είναι περίπου αλήθεια. Η αντικατάσταση δηλαδή ενός εξαρτήματος του εξοπλισμού εκτός της περίπτωσης που αυτό είναι απαραίτητο για τη συνολική λειτουργία του, δεν βελτιώνει πάντα την αξιοπιστία του όλου εξοπλισμού αφού πρέπει να αντισταθμίσουμε σε αυτό το σημείο και την αυξημένη παιδική θνησιμότητα που θα έχουμε και αυτή δεν είναι καθόλου αμελητέα (σχήμα F).

3.4.4 Η καμπύλη P-F και η συχνότητα των ελέγχων

Συνήθως όταν θέλουμε να καθορίσουμε πότε ή πόσο συχνά θα γίνεται η συντήρηση και ρωτάμε αυτούς που ασχολούνται με ένα συγκεκριμένο εξοπλισμό συνήθως λαμβάνουμε απαντήσεις όπως ο συγκεκριμένος εξοπλισμός δεν αστοχεί συχνά και κατά συνέπεια δεν πρέπει να γίνεται η συντήρηση πολύ συχνά ή καλύτερα να ελέγχουμε αυτά τα μέρη του εξοπλισμού που είναι πιο κρίσιμα παρά κάποια άλλα. Τέτοιου είδους απαντήσεις είναι παραπλανητικές και ως προς την βάση τους είναι λάθος γιατί η συχνότητα της συντήρησης δεν έχει καμιά σχέση με τη συχνότητα αστοχίας ή με το πόσο κρίσιμο είναι ένα κομμάτι του εξοπλισμού. Σίγουρα πάντως δεν μπορούμε να πούμε ότι είναι μια ευθεία αναλογία, ότι δηλαδή υπάρχει μια ακριβής αντιστοιχία. Το αρνητικό στοιχείο εδώ έγκειται κυρίως στο γεγονός ότι αυτές οι λανθασμένες αντιλήψεις είναι σε μεγάλο βαθμό παγιωμένες, όχι μόνο

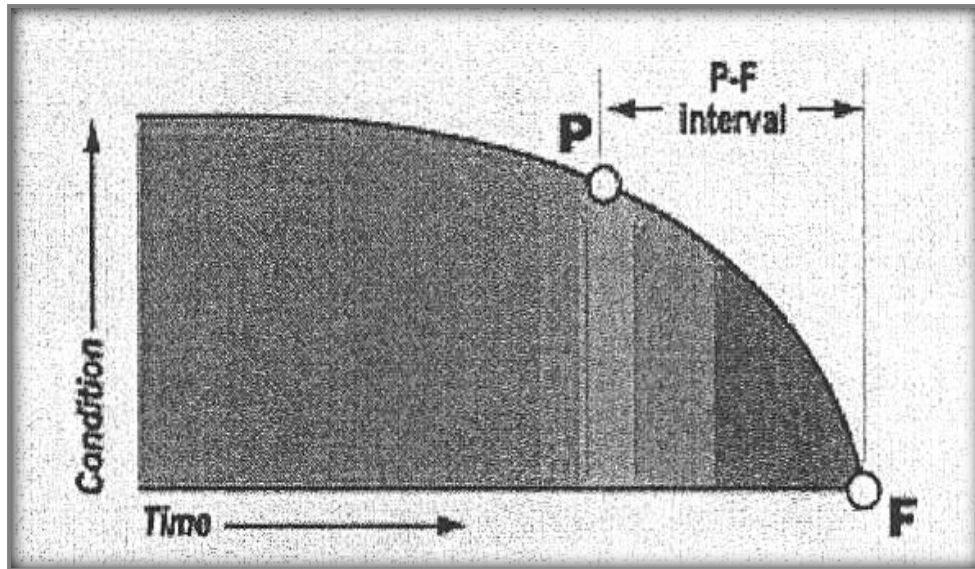
στο κοινωνικό σύνολο αλλά και στο εξειδικευμένο προσωπικό και τους τεχνικούς που ασχολούνται με τον τομέα της συντήρησης.

Η συχνότητα οποιασδήποτε μορφής Condition-Based Maintenance βασίζεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες βλάβες δεν προκαλούνται ξαφνικά και ότι συνήθως υπάρχουν κάποιες ενδείξεις πριν ένα εξάρτημα ή ο εξοπλισμός αστοχήσει. Στο Διάγραμμα 3.4.4 παρουσιάζεται η καμπύλη P-Fη οποία δείχνει πότε αρχίζει μια βλάβη (η έναρξη της βλάβης ή αστοχίας δεν έχει να κάνει πάντα με την ηλικία ενός εξαρτήματος), το χρονικό διάστημα που συνήθως περνάει μέχρι να αντιληφθούμε ότι κάτι δεν πάει καλά μέχρι δηλαδή να φτάσουμε στο σημείο P που είναι το σημείο που κάποια σημάδια δυσλειτουργίας είναι πλέον εμφανή και τέλος, αν δεν λάβουμε κάποια μέτρα από το σημείο αυτό και μετά θα έχουμε μια επιτάχυνση της εκάστοτε δυσλειτουργίας μέχρι το εξάρτημα να αστοχήσει.



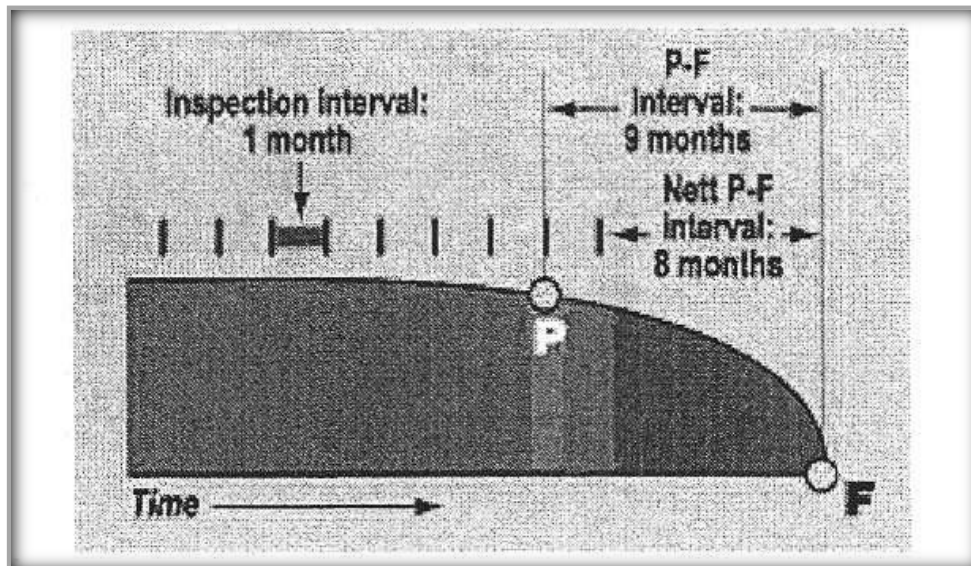
Εικόνα 3.4.4 – Η καμπύλη P-F

Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από το σημείο P όπου μπορούμε να καταλάβουμε τι φταίει, ποιο εξάρτημα δηλαδή έχει αστοχήσει μέχρι το σημείο F όπου αν δεν λάβουμε κάποια μέτρα αντικατάστασης του εξαρτήματος αυτό θα καταστραφεί ονομάζεται διάστημα P-F και εμφανίζεται στο Διάγραμμα 3.4.4α.



Εικόνα 3.4.4α – Το διάστημα P-F στην καμπύλη P-F

Το διάστημα P-F καθορίζει το πόσο συχνά πρέπει να γίνεται η συντήρηση. Το διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών συντηρήσεων πρέπει να είναι έτσι καθορισμένο ώστε να είναι μικρότερο από το διάστημα P-F ώστε να αποφεύγονται όσο είναι δυνατό βλάβες που μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια λειτουργίας. Για διαφορετικού είδους βλάβες το διάστημα P-F μπορεί να διαφέρει από μέρες ως χρόνια. Ένα καλό χρονικό διάστημα ελέγχου του εξοπλισμού είναι περίπου στο μισό του χρονικού διαστήματος P-F ενώ σε πολύ κρίσιμο εξοπλισμό αυτό μπορεί να γίνεται πιο συχνά όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4.4β.



Εικόνα 3.4.4β – Σχετικά με την Περιοδική Επιθεώρηση του κρίσιμου εξοπλισμού

Να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι η γενικότερη εξέλιξη των Στρατηγικών Συντήρησης δεν προκύπτει τυχαία ούτε από κάποιες ασύνδετες και θεωρητικές, ανεφάρμοστες ιδέες. Κάθε νέα μέθοδος – πρακτική – στρατηγική συντήρησης που προτείνεται κι αναπτύσσεται αποτελεί (σε αρκετά σημεία) βελτίωση των ήδη υπαρχουσών, παγιωμένων, γνωστών, εφαρμοσμένων και δοκιμασμένων μεθόδων. Μάλιστα, προσπαθεί (όπως π.χ. η RCM) να συνδυάσει βέλτιστα τα θετικά τους σημεία εξαλείφοντας τα αρνητικά κατά το μέγιστο δυνατό. Δηλαδή, έχει ως αποτέλεσμα ο τομέας της συντήρησης του εξοπλισμού να προχωράει ένα βήμα μπροστά.

Για το λόγο αυτό, συνίσταται να αποφεύγεται η εύκολη κρίση αφού είναι σίγουρο ότι κάθε νέα πρόταση έχει κάτι νέο να κομίσει. Οφείλουμε να την εξετάζουμε, να την δοκιμάζουμε και να την αξιολογούμε και να της αποδίδουμε τη βαρύτητα/σημασία που (ρεαλιστικά κι όχι δογματικά) προκύπτει ότι της αναλογεί.

3.4.5 Τα αποτελέσματα της μεθόδου RCM

Πρωταρχικός στόχος είναι η βελτιστοποίηση της διαδικασίας της συντήρησης, όμως ταυτόχρονα θα αποκτηθούν πολλαπλά οφέλη:

- **Μεγαλύτερη ασφάλεια των εργαζομένων και του περιβάλλοντος:** Η ανάλυση προσδιορίζει τους κινδύνους από κάθε κατάσταση αποτυχίας και προσπαθεί να τους ελαχιστοποιήσει. Εντάσσοντας την ασφάλεια στην διαδικασία του προγραμματισμού της συντήρησης η μέθοδος θα πετύχει να βελτιώσει την νοοτροπία σχετικά με την ασφάλεια
- **Μεγαλύτερη απόδοση λειτουργίας:** Η μέθοδος θα αναγνωρίσει πώς κάθε ενέργεια συντήρησης είναι χρήσιμη υπό προϋποθέσεις και θα μας δώσει μια μέθοδο επιλογής της καταλληλότερης ανά περίπτωση.
- **Καλύτερη σχέση κόστους απόδοσης της συντήρησης:** Η μέθοδος θα δώσει έμφαση στις βλάβες που έχουν τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στην απόδοση του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό καταφέρνει να μειώσει, αν εφαρμοσθεί σωστά, τις ενέργειες συντήρησης του κλασσικού συστήματος συντήρησης
- **Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής ακριβού εξοπλισμού**
- **Περιεκτική βάση δεδομένων:** Με την εφαρμογή της μεθόδου θα συλλέγονται πολλαπλά στοιχεία για την αξιοπιστία και τα στοιχεία κάθε βλάβης για κάθε τμήμα του εξοπλισμού. Τα στοιχεία αυτά θα καταγράφονται σε μία βάση δεδομένων και θα χρησιμοποιούνται για την συνεχή βελτιστοποίηση του προγράμματος συντήρησης. Ταυτόχρονα θα επιτρέπουν τη διατήρηση της γνώσης που θα χανόταν αν άλλαζε το προσωπικό του τμήματος συντήρησης

Οφέλη ενός προγράμματος R.C.M.

- Βελτιστοποίηση της διαδικασίας της συντήρησης
- Μεγαλύτερη ασφάλεια των εργαζομένων και του περιβάλλοντος
- Μεγαλύτερη απόδοση λειτουργίας
- Καλύτερη σχέση κόστους απόδοσης της συντήρησης
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής ακριβού εξοπλισμού

- Περιεκτική βάση δεδομένων – Διατήρηση της γνώσης

3.4.6 HR.C.M. προσαρμοσμένη σε Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στην παράγραφο αυτή θα επιχειρήσουμε να προσεγγίσουμε μια πιο συμπυκνωμένη εφαρμογή της μεθόδου αυτής προσαρμοσμένη κατά κάποιο τρόπο στα ανάγκες των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Επισημαίνεται ότι αυτή αποτελεί μια θεωρητική προσέγγιση και ότι επιπλέον στο Κεφάλαιο 5^ο θα παρουσιαστούν πραγματικά παραδείγματα εφαρμογής της RCM(στην Ισπανία, τη Σουηδία και αλλού) σε συστήματα διανομής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως έχουμε υπογραμμίσει και νωρίτερα, η συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που προκύπτουν από τα συστήματα παρακολούθησης (condition monitoring) μαζί με μία ανάλυση των αναγκών και των προτεραιοτήτων και καταλήγει γενικά σε ένα καθορισμό των εργασιών συντήρησης βασισμένων σε δείκτη ή δείκτες που αντικατοπτρίζουν την κατάσταση και τη σημασία του εξοπλισμού. Η κύρια συνεισφορά της συντήρησης με γνώμονα την αξιοπιστία είναι η έμφαση που δίνει στη διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος, όπου κρίσιμα στοιχεία για την αξιοπιστία του έχουν προτεραιότητα για προληπτικά μέτρα συντήρησης. Αυτή η μέθοδος συντήρησης ενισχύεται ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με μια συστηματική ανάλυση κόστους -οφέλους στο σχέδιο διαχείριση στοιχείων. Από το Σχήμα 1.2, όπου παρουσιάζεται μία ταξινόμηση των στρατηγικών συντήρησης, είναι εμφανές ότι η συντήρηση με γνώμονα την αξιοπιστία λαμβάνει υπόψη τόσο την κατάσταση όσο και τη σημασία ενός στοιχείου για τη λειτουργία όλου του εξοπλισμού.

Οι βασικές διαδικασίες για την εφαρμογή της συντήρησης με γνώμονα την αξιοπιστία στα ενεργειακά συστήματα είναι οι ακόλουθες:

- 1) **Προσδιορισμός των λειτουργιών ενός στοιχείου και ορισμός της αποτυχίας:** Λειτουργίες στοιχείων και αποδεκτά επίπεδα απόδοσης τους πρέπει να είναι σαφή έτσι ώστε να μπορούν να οριστούν όταν μία αστοχία συμβαίνει.
- 2) **Τρόπος αστοχίας και ανάλυση αποτελεσμάτων (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA):** Αφορά την αναγνώριση των πιθανών τρόπων με τους οποίους σε ένα στοιχείο μπορεί να προκύψει βλάβη (αστοχία), τα αίτια που οδηγούν σε αστοχίες και τις συνέπειες της αποτυχίας στο σύστημα και στο περιβάλλον γενικότερα.
- 3) **Σχεδιασμός εργασιών συντήρησης:** Περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες δράσεις για την πρόληψη αστοχιών. Οι δράσεις αυτές μπορεί να είναι προκαθορισμένες εργασίες συντήρησης που συνδέονται κυρίως με σχετιζόμενες με την ηλικία αποτυχίες.

Ωστόσο, ο σχεδιασμός των εργασιών συντήρησης μπορεί να ενισχυθεί περαιτέρω από τα αποτελέσματα της FMEA και τη δυναμική παρακολούθηση (Condition monitoring) των πιο σημαντικών ηλεκτρικών συσκευών του συστήματος μεταφοράς, όπως είναι οι μετασχηματιστές και οι διακόπτες ισχύος. Υπάρχουν αρκετές προσπάθειες για την βελτίωση και την εξέλιξη

αυτής της μεθόδου από τότε. Η κύρια προσπάθεια γίνεται για να ελαττωθεί ο χρόνος που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής.

Βήματα Εφαρμογής της R.C.M. σε ενεργειακά συστήματα

- Προσδιορισμός των λειτουργιών ενός στοιχείου και ορισμός της αποτυχίας
- Τρόπος αστοχίας και ανάλυση αποτελεσμάτων (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA)
- Σχεδιασμός εργασιών συντήρησης

3.4.7 Αξιολόγηση της Reliability Centered Maintenance (RCM)

Η εφαρμογή της Συντήρηση με επίκεντρο την αξιοπιστία παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μείωση του κόστους συντήρησης με τον περιορισμό αχρείαστων διακοπών του εξοπλισμού και συντήρησης σε χρονικά περιόδους που θα μπορούσαν να αποφευχθούν αν δεν είναι πραγματικά απαραίτητες.
- Μείωση της συχνότητας των διακοπών του εξοπλισμού
- Μείωση της πιθανότητας ξαφνικής βλάβης ή δυσλειτουργίας ενός μηχανήματος
- Μας δίνει την δυνατότητα να επικεντρώσουμε σε νευραλγικά σημεία του εξοπλισμού και να παρατηρούμε αν αυτά λειτουργούν όπως πρέπει
- Αύξηση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού
- Μας δίνει τη δυνατότητα μέσω της ανάλυσης να γνωρίζουμε αν συμβεί κάποια βλάβη τι κατά πάσα πιθανότητα φταίει και ποιες οι πιθανές βλάβες στον σχετιζόμενο με το συγκεκριμένο εξάρτημα εξοπλισμό
- Συνδυάζει τα θετικά της Προληπτικής και Προβλεπτικής ανάλυσης και είναι το πιο αξιόπιστο σύστημα συντήρησης σήμερα
- Μεγαλύτερη ασφάλεια των εργαζομένων και του περιβάλλοντος
- Μεγαλύτερη απόδοση λειτουργίας
- Καλύτερη σχέση κόστους απόδοσης της συντήρησης
- Περιεκτική βάση δεδομένων
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής ακριβού εξοπλισμού

Τα μειονεκτήματα της RCM είναι τα ακόλουθα:

- Αρκετά υψηλό κόστος εγκατάστασης του εξοπλισμού που θα ελέγχει το υπό παρακολούθηση σύστημα
- Εκπαιδευμένο προσωπικό για τη λειτουργία του παραπάνω συστήματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ASSETMANAGEMENT(Γενικότερη Διαχείριση Παγίων)

4.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια ανίχνευσης κάποιων βασικών πολιτικών που σχετίζονται με τη Διαχείριση των Παγίων του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Αρχικά θεμελιώνεται η αναγκαιότητα χάραξης στρατηγικής διαχείρισης του εξοπλισμού, τόσο στο οικονομικό όσο και στο τεχνικό επίπεδο. Στη συνέχεια, για τις πιο σύγχρονες και αποδοτικές στρατηγικές συντήρησης, παρατίθενται κάποιες βασικές διαδικασίες υλοποίησής τους. Αυτές είναι ο τρόπος καθορισμού της κατάστασης του εξοπλισμού (π.χ.on-line monitoring, χρήση διάφορων 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.

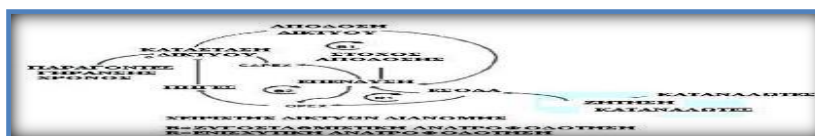
Στα συστήματα διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας οι υπεύθυνοι αντιμετωπίζουν πολλούς διαφορετικούς και συνήθως ανταγωνιστικούς στόχους. Είναι καθήκον τους η εύρεση ισορροπία μεταξύ των απαιτήσεων των πελατών σε ότι αφορά το προϊόν και την ποιότητα της υπηρεσίας σε ικανοποιητικές τιμές και 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 σχεδιασμός 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 4.2 – Αιτιώδες Βροχώδες Διάγραμμα

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται κάποιες από τις πιο σημαντικές στρατηγικές και τεχνικές διαχείρισης που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους υπεύθυνους των δικτύων. Αυτές είναι:

- i. Στρατηγικές συντήρησης (αναλύθηκαν εκτενώς στο Κεφάλαιο 3^ο)
- ii. Καθορισμός της κατάστασης των εξαρτημάτων
- iii. Τεχνικές προσομοίωσης ενεργητικού (εξοπλισμού)
- iv. Στατιστική ανάλυση σφάλματος και στατιστική προσέγγιση της διαχείρισης του ενεργητικού.
- v. Επιμήκυνση του χρόνου ζωής.
- vi. Κίνδυνοι και Διαχείριση της Συντήρησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.
- vii. Δείκτες υγείας του εξοπλισμού και το κεφάλαιο της αντικατάστασής του

- viii. Γήρανση του εξοπλισμού
- ix. Αιτίες βλαβών σε νέους μετασχηματιστές (π.χ. θειούχος χαλκός)

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 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.

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

4.3.2 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 υπέρ υψηλής 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.

4.3.3 Χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων

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

που σχετίζονται με την ισχύ των μηχανημάτων, όπως τάσεις, ρεύματα και ροή ισχύς καθώς αυτά υπολογίζονται κατά τη λειτουργία του συστήματος. Η σύνδεση αυτών των παραμέτρων με ζητήματα σχετικά με τη συντήρηση γίνεται με τη χρήση πραγματικών φυσικών μοντέλων και τις επιδράσεις που έχουν τα παραπάνω μεγέθη στην κατάσταση του εξοπλισμού, παράλληλα με τη φυσιολογική γήρανση. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός του χρόνου ζωής ενός μετασχηματιστή μπορεί να γίνει με τη χρήση ενός πραγματικού μοντέλου μετασχηματιστή της ίδιας ικανότητας και με την ίδια χρήση, ενώ για τους διακόπτες των κυκλωμάτων η ένδειξη που προσανατολίζει σε σωστά συμπεράσματα είναι ο υπολογισμός των ρευμάτων βραχυκύκλωσης και η σύγκριση με το σωστό μοντέλο. Βέβαια, η ουσία και η ακρίβεια των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και η σχέση τους με τη συντήρηση εξαρτάται εν πολλοίς από τα διαθέσιμα πραγματικά μοντέλα. Στην πραγματικότητα, τέτοια μοντέλα είναι πολύ πρόχειρα, αν όχι δυσεύρετα. Ένας ακόμη λόγος για την αδυναμία της μεθόδου είναι η πολύ σοβαρή εξάρτησή της από τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των διαφόρων τύπων του εξοπλισμού.

4.3.4 Στατιστική ανάλυση

Τελικά, οι στατιστικές μέθοδοι συνεισφέρουν στην πληροφόρηση για την κατάσταση του εξοπλισμού. Βάση αυτής της προσέγγισης είναι η συστηματική συλλογή πληροφοριών σχετικών με τον εξοπλισμό, όπως αναφορές συντήρησης ή αποτυχιών και σφαλμάτων. Οι πληροφορίες κατηγοριοποιούνται και αποδίδονται σε συγκεκριμένα εξαρτήματα. Το επίπεδο των πληροφοριών, η ορθή κατηγοριοποίηση και η αποσαφήνιση του ρόλου των εξαρτημάτων δίνουν και τα αντίστοιχα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Ακόμη, η ποιότητα των πορισμάτων της στατιστικής ανάλυσης βελτιώνεται με την αύξηση του υπό εξέταση δείγματος. Εξαιτίας λοιπόν του μεγάλου αριθμού εξαρτημάτων στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας η στατιστική είναι μια σπουδαία μέθοδος για μια διευρυμένη πρακτική εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικών με τη συντήρηση.

4.3.5 Εμπειρία και δεδομένα

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

4.3.6 Παράδειγμα εκτίμησης της κατάστασης του εξοπλισμού

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

4.3.6.1 Θερμογραφική Ανίχνευση

Ο όρος "Θερμογραφική Ανίχνευση" αναφέρεται σε μια τεχνική μέτρησης των θερμοκρασιών, κατά προσέγγιση, όταν ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός,

βρίσκεται σε λειτουργία. Αυτό γίνεται με την βοήθεια ειδικών ανιχνευτών της υπέρυθρης ακτινοβολίας από απόσταση. Διεξάγεται κυρίως σε εναέριες γραμμές αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλου είδους ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (διακόπτες, 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 ("hots pots").

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.

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 προσέγγιση 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.

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 θερμοανίχνευτικής 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.

Επιθυμητά λειτουργικά χαρακτηριστικά

Η οθόνη απεικόνισης της 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.

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.

4.3.6.2 Φαινόμενο Corona- φαινόμενο μερικών εκφορτίσεων

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

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

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

Το φαινόμενο έχει τις εξής συνέπειες:

- Παράσιτα στους γειτονικούς ραδιοφωνικούς σταθμούς και τηλεοπτικούς δέκτες
- Πρόσθετες απώλειες στη μεταφορά ενέργειας
- Χαρακτηριστικό τριγμό, ο οποίος ακούεται εύκολα
- Θυσανοειδείς εκκενώσεις κατά μήκος των αγωγών, ορατές κατά τη διάρκεια της νύχτας
- Παραμόρφωση των επί της γραμμής οδευόντων 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 ελέγχους από αέρα αφού δεν επηρεάζονται από το θόρυβο και μπορούν να ανιχνεύουν τις πηγές του φαινομένου από απόσταση μεγαλύτερη των 150 μέτρων.

4.4 Μέθοδος προσομοίωσης

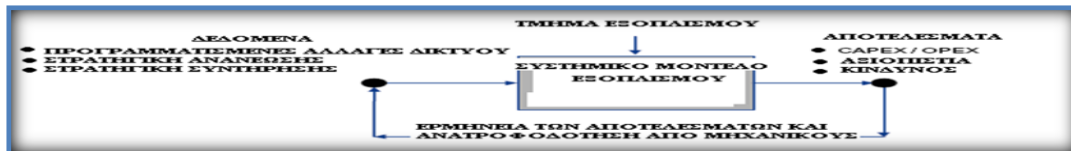
Παρακάτω προσεγγίζεται η μέθοδος της προσομοίωσης. Γίνεται αναφορά στις βασικές της αρχές και αναδεικνύεται η σημασία της στα ζητήματα εφαρμογής των διάφορων πολιτικών συντήρησης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

4.4.1 Βασική θεωρία

Η μέθοδος της προσομοίωσης επιδιώκει την προσέγγιση της πρόβλεψης για τις μακροπρόθεσμες οικονομικές επιπτώσεις των ισχυουσών ή ανανεωμένων στρατηγικών σε ότι αφορά το ηλεκτρικό δίκτυο. Μπορεί να μοντελοποιηθεί με τη χρήση δυναμικών συστημάτων. Η προσέγγιση με τη χρήση δυναμικών συστημάτων έχει δείξει την αξιοπιστία της και σε άλλα πεδία, όπου το αίτιο και το αποτέλεσμα περιγράφονται αρκετά καλά, παρά το ότι η διαθεσιμότητα των πληροφοριών ήταν σχετικά μικρή. Πρόκειται για μια μοντελοποιημένη προσέγγιση που επιτρέπει το χτίσιμο μιας αναπαράστασης της δυναμικής συμπεριφοράς ενός επιχειρησιακού σχεδίου, του οποίου η συμπεριφορά είναι το αποτέλεσμα της σχέσης ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία του συστήματος. Τα αποτελέσματα των σχέσεων αυτών βασίζονται σε κανόνες υποθέσεων και αποφάσεων, τα οποία τυποποιούνται με τη χρήση μαθηματικών εξισώσεων. Θεμελιώδης για το δυναμικό σύστημα είναι η ιδέα ότι όλες οι δυναμικές συμπεριφορές είναι αποτέλεσμα της δομής του συστήματος, όπου η δομή αναφέρεται στο πως τα στοιχεία του συστήματος τοποθετούνται μαζί. Σε αντίθεση με τη γραμμική ροή κάποιων λογιστικών μοντέλων, τα δυναμικά συστήματα επικεντρώνονται στις αλληλεπιδράσεις παρά στη γραμμική σχέση αιτίου και αποτελέσματος και αντιμετωπίζουν τις τροποποιήσεις σαν μια διαδικασία παρά σαν στιγμιότυπα. Λειτουργούν με ανατροφοδοτούμενους βρόχους. Το σύστημα φτιάχνεται με ανατροφοδοτούμενους κανόνες που αντικατοπτρίζουν τις επιδράσεις του ενός παράγοντα στον άλλο.

4.4.2 Προσέγγιση προσομοίωσης

Αφού το σύστημα μεταφοράς απαρτίζεται από ένα πλήθος στοιχείων που αποτελούν τον εξοπλισμό και υπόκεινται σε φθορές λόγω γήρανσης, αυτά επιθεωρούνται, συντηρούνται, ανακαινίζονται και ανανεώνονται, το μοντέλο προσομοίωσης πρέπει να περιγράφει αυτή τη διαδικασία γήρανσης του ενεργητικού εξοπλισμού (Εικόνα 4.4.2).

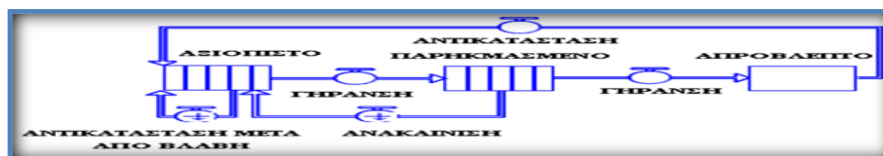


Εικόνα 4.4.2 – Συσχέτιση μεταξύ της Στρατηγικής και του Κόστους

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

4.4.3 Πληροφορίες και μοντέλα

Το πιο ουσιαστικό κομμάτι της προσομοίωσης είναι η μοντελοποίηση του συστήματος. Το μοντέλο αυτό περιγράφει τη γήρανση του εξοπλισμού και τις δραστηριότητες που μπορούν να αποτρέψουν την υποβάθμιση της αξιοπιστίας του. Το διάγραμμα παρακάτω δείχνει ένα απλό μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Αυτό το μοντέλο περιγράφει τη ζωή του μηχανήματος κατά την οποία αυτό περνάει από τρεις φάσεις: αξιόπιστο, παρηκμασμένο, απρόβλεπτο. Για κάθε μια από αυτές τις τρεις φάσεις διαφέρουν αντίστοιχα ο προγραμματισμός, όπως η στρατηγική συντήρησης, οι αποφάσεις που αφορούν στην ανακαίνιση και ο ρυθμός των αποτυχιών. Η βασική αρχή είναι ότι κατά τη διάρκεια της ζωής του ένα μηχάνημα θα διανύσει κάθε φάση και θα περάσει ένα χρονικό διάστημα σε αυτήν. Η δουλειά που επιτυγχάνεται από τη συντήρηση είναι η επιβράδυνση του ρυθμού με τον οποίο το εξάρτημα περνάει από τη μία φάση στην άλλη. Τελικά το εξάρτημα τίθεται εκτός συστήματος όταν αντικαθίσταται. Σε κάθε μια από τις φάσεις το μηχάνημα έχει διαφορετικό επίπεδο απόδοσης.



Εικόνα 4.4.3 – Απλό μοντέλο γήρανσης για Προσομοίωση του Εξοπλισμού



Εικόνα 4.4.3α – Απλό μοντέλο γήρανσης για Προσομοίωση του Εξοπλισμού

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

4.4.4 Αβεβαιότητα λόγω της στοχαστικής διαδικασίας

Δεδομένου ότι οι ροές σε αυτό το μοντέλο που αναπαριστά την διαδικασία γήρανσης παραμετροποιείται με τη χρήση στατιστικών δεδομένων, η προσέγγιση είναι από τη μία κατάλληλη για τη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς του συστήματος, από την άλλη όμως ενέχονται ανακρίβειες σε ότι αφορά το κάθε μεμονωμένο εξάρτημα. Επιπλέον, μόνο αυτές οι επιδράσεις που βασίζονται σε περιστατικά και ενέργειες με μεγάλη συχνότητα εμφάνισης παραμετροποιούνται με υψηλής ακρίβειας σχήματα.

Οι σχετικές με περιστατικά που εμφανίζονται σπανιότερα παράμετροι είναι χαμηλής ποιότητας και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης πρέπει να επαληθεύονται για να εξακριβώνεται αν εξαρτώνται ή όχι από αυτές τις παραμέτρους. Στην πραγματικότητα, αυτό το θεωρητικό πρόβλημα δεν θα πρέπει να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα των αποτελεσμάτων, αφού οι πραγματικές διαδικασίες κυριαρχούνται από τις πιο συχνές συναρτήσεις.

4.4.5 Ανακρίβειες εξαιτίας του μοντέλου και της έλλειψης πληροφοριών

Είναι προφανές ότι η προσέγγιση μπορεί να είναι τόσο καλή όσο καλά είναι τα υποκείμενα της μοντέλα. Το έργο εδώ είναι η εύρεση ισορροπίας μεταξύ της ακρίβειας του θεωρητικού μοντέλου και της διαθεσιμότητας των πληροφοριών για την παραμετροποίηση του μοντέλου. Ειδικά η γνώση για την κατάσταση του εξοπλισμού μέσα στο μοντέλο πιθανώς δεν είναι διαθέσιμη, αν δεν έχει εφαρμοστεί κάποια στρατηγική συντήρησης βασισμένη στην κατάσταση του εξοπλισμού και δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες πληροφορίες. Η χρησιμοποίηση αντίθετα της ηλικίας του εξοπλισμού μπορεί να δημιουργήσει το εξής πρόβλημα, ότι οι ηλικιακές βάσεις δεδομένων παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το χρόνο των επενδύσεων που έχουν συμβεί αλλά όχι με το τι ακριβώς αντικαταστάθηκε.

Επιπρόσθετα, για παράδειγμα ο ρυθμός των αποτυχιών πρέπει να παρέχεται για όλες τις καταστάσεις στο μοντέλο του εξοπλισμού. Μέχρι εδώ, είναι επίσης αναγκαία η επαλήθευση αν μια επιπλέον κατάσταση που μπορεί να χρειάζεται για να εξηγηθεί μια επενέργεια είναι δυνατό να παραμετροποιηθεί με τις διαθέσιμες πληροφορίες. Αλλά εφόσον οι αποφάσεις, όπως για παράδειγμα μια ανανέωση, λαμβάνονται με στόχο τη βέλτιστη ωφέλεια στο σήμερα, είναι κατ' αρχάς σωστό να ανακαλύψουμε τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις και έπειτα να τις προσομοιώσουμε με αυτό το σκεπτικό. Με αυτόν τον τρόπο το μοντέλο θα αναπαράγει τις αποφάσεις όπως αυτές θα παίρνονταν στην πραγματικότητα και αυτό είναι σε τελική ανάλυση το πλεονέκτημα της προσομοίωσης.

4.4.6 Ανάλυση ευαισθησίας

Για να γίνει μια ανάλυση υποθέσεων και εκτιμήσεων, λεπτομέρειες και ευαίσθητες πληροφορίες για την παρούσα κατάσταση του εξοπλισμού είναι αναγκαίες. Επιπρόσθετα, στα δεδομένα σχετικά με τον εξοπλισμό απαιτούνται συγκεκριμένες γνώσεις σχετικές με τις δαπάνες, την ποιότητα των προμηθειών, το ρίσκο κ.α. Τα κενά από άποψη ποιότητας και ποσότητας των δεδομένων πρέπει να αναγνωρίζονται με ένα συστηματικό τρόπο και να καλύπτονται από συγκεκριμένες μετρήσεις. Η ανάλυση ευαισθησίας σε αυτές τις συγκεκριμένες παραμέτρους με τη χρήση του μοντέλου βοηθά στο να αναγνωρισθεί που η βελτίωση των δεδομένων επιδρά θετικά πάνω στα αποτελέσματα και έτσι να αξιολογούνται και να χρησιμοποιούνται καλύτερα τα σημαντικά δεδομένα.

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

4.5 Στατιστική ανάλυση στη διαχείριση εξοπλισμού

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

Διαφορετικές στατιστικές προσεγγίσεις ποικίλουν σε επίπεδο πολυπλοκότητας και εστίασης της ανάλυσης. Το εύρος είναι από πρακτικώς-αποδεδειγμένες μεθόδους που στοχεύουν στην αποφυγή των αλλοιώσεων των εξαρτημάτων που υπερβαίνουν συγκεκριμένα επίπεδα, σε εκτενείς προσεγγίσεις που

λαμβάνουν υπόψη τα σφάλματα και το μοντέλο «γήρανσης» των εξαρτημάτων, οι οποίες αναπτύσσονται προσωρινά από διαφορετικούς φορείς σε ολόκληρο τον κόσμο. Στις ακόλουθες ενότητες παρατίθενται σύντομα παραδείγματα διαδικασιών διαχείρισης εξοπλισμού που είτε είναι τώρα σε εφαρμογή είτε είναι υπό ανάπτυξη αντιστοίχως.

4.5.1 Στατιστική ανάλυση σφάλματος

Η πρακτικώς-αποδεδειγμένη στατιστική μέθοδος διαχείρισης του εξοπλισμού είναι η λεγόμενη στρατηγική «επιβλεπόμενης» ανίχνευσης παρακμής του εξοπλισμού. Αποτελείται από μια εκτενή ανάλυση της αποτυχίας και της ζημιάς, η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση μιας βάσης δεδομένων δυσλειτουργιών και ζημιών σε συνδυασμό με το SCADA και ERP λογισμικό και ένα γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα (GIS). Το σχήμα 4. 6 δείχνει σχηματικά την επιτήρηση των αποζευκτών.



Εικόνα 4.5.1 Στρατηγική επιβλεπόμενης ανίχνευσης παρακμής του εξοπλισμού

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

Επιπλέον, η προσπάθεια για συντήρηση υπολογίζεται και συγκρίνεται με μια δεύτερη παράμετρο «K», η οποία στο εν λόγω παράδειγμα θα πρέπει να είναι κάτω από το 60% του κόστους της αρχικής συντήρησης (με βάση τη χρονική αναθεώρηση).

Εάν ένα από αυτά τα όρια ξεπεραστεί, ένα σήμα προειδοποιεί το διαχειριστή του εξοπλισμού για τη χειροτέρευση της κατάστασης. Το λεπτομερές ιστορικό των ζημιών και της συντήρησης δίνει την ευκαιρία στον διαχειριστή του εξοπλισμού να ερευνήσει αν οι ζημιές προκαλούνται από το υλικό ή από άλλα προβλήματα ή εξαιτίας απουσίας συντήρησης.

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

4.5.2 Λεπτομερής στατιστική προσέγγιση διαχείρισης εξοπλισμού

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

Η αρχή μιας λεπτομερούς, προσβλέπουσας στην αποτίμηση κινδύνου προσέγγισης διαχείρισης εξοπλισμού για δίκτυα διανομής που χρησιμοποιούν στατιστική περιγραφή του δικτυακού εξοπλισμού παρουσιάζεται διαγραμματικά στο Διάγραμμα 4.5.2.

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

Οι ντετερμινιστικές δαπάνες προσδιορίζονται από τις επιλεγμένες στρατηγικές για επιθεωρήσεις, συντηρήσεις, επανεπενδύσεις και απαλοιφή των σφαλμάτων. Ακόμη αυτές οι ντετερμινιστικές δαπάνες δεν μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια, αλλά συγκρίνοντας τες με τις στοχαστικές δαπάνες, οι αβεβαιότητες είναι σε πολύ πιο χαμηλό επίπεδο. Λοιπά πάγια έξοδα όπως π.χ. το κόστος κεφαλαίου, συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη κατηγορία επίσης.

Οι στοχαστικές δαπάνες εξαρτώνται από τις εμφανίσεις ζημιών και συμβάντων που προκαλούν αναστάτωση στα μέρη του δικτύου-που διέπονται από το τυχαίο. Έτσι, αυτές οι δαπάνες- συμπεριλαμβανομένων των εξόδων για την εκκαθάριση σφάλματος, για επιδιόρθωση ή για αντικατάσταση χαλασμένου εξοπλισμού και για ποινές ή για αποζημιώσεις (εάν προβλέπονται)- μπορούν να υπολογιστούν μόνο στοχαστικά. Τυπικά, αυτές οι δαπάνες υπόκεινται σε διανομές με μεγάλες διασπορές.

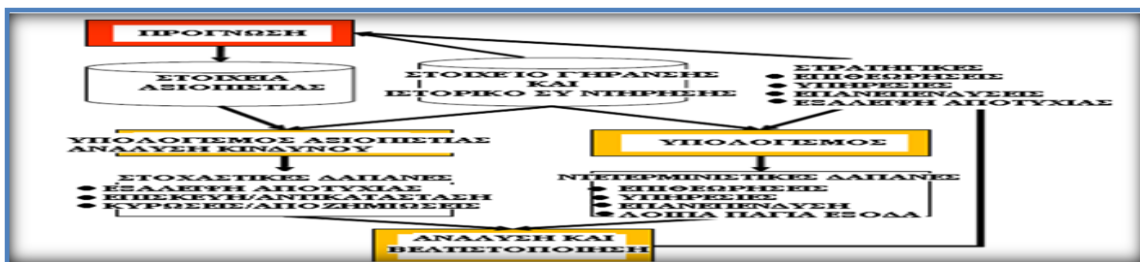
Ενώ η αξιολόγηση των ντετερμινιστικών δαπανών είναι μια απλή υπόθεση που βασίζεται σε επιλεγμένες στρατηγικές για συντήρηση, επανεπένδυση και απαλοιφή του σφάλματος, οι στοχαστικές δαπάνες βασίζονται σε αποτελέσματα ενός πιθανού κρατικού υπολογισμού αξιοπιστίας του δικτύου. Αυτός ο υπολογισμός απαιτεί- δίπλα στο συνηθισμένο δίκτυο και συστατικό στοιχείο- περιγραφή των εμφανίσεων σφαλμάτων των εξαρτημάτων. Αυτή η περιγραφή δίνεται από το λεγόμενο στοιχείο αξιοπιστίας εξαρτημάτων.

Οι μέθοδοι υπολογισμού που απαιτούνται για αυτή τη προσέγγιση της διαχείρισης του εξοπλισμού είναι διαθέσιμες σήμερα- συμπεριλαμβανομένων των πιθανών κρατικών υπολογισμών της αξιοπιστίας. Ωστόσο, συγκεκριμένες πτυχές αυτής της προσέγγισης τυπικά προκαλούν προβλήματα στην πρακτική εφαρμογή:

- Χρήσιμα στατιστικά για τη κατανομή των δαπανών που πηγάζουν από τις ζημιές των τμημάτων του δικτύου, όπως π.χ. δαπάνες επισκευής, δεν είναι διαθέσιμα. Μέχρι σήμερα, μόνο τιμές που έχουν εκτιμηθεί κατά προσέγγιση είναι διαθέσιμες.

- Το στοιχείο αξιοπιστίας των εξαρτημάτων μπορεί να προσδιοριστεί για τα δίκτυα στη σημερινή τους κατάσταση με τα κατάλληλα στατιστικά. Αλλά οι αλλαγές στις στρατηγικές διαχείρισης του εξοπλισμού – π.χ. μειωμένη συντήρηση, μειωμένη επανεπένδυση που οδηγεί σε αυξανόμενη ηλικία των τμημάτων, ή μειώσεις προσωπικού που αυξάνει τη διάρκεια για την απαλοιφή του σφάλματος- φυσικά θα έχουν επιπτώσεις στην αξιοπιστία των εξαρτημάτων. Όπως και οι παράμετροι αυτών των στρατηγικών διαχείρισης εξοπλισμού πρέπει να βελτιστοποιηθούν σε αυτή τη διαδικασία, τέτοιες επιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα από μοντέλα για τη πρόγνωση της αξιοπιστίας των τμημάτων.

Ωστόσο, για τη πρόγνωση της αξιοπιστίας των εξαρτημάτων σε εξάρτηση αυτών των παραμέτρων- που είναι ένα κρίσιμο βήμα για τις μεθόδους διαχείρισης εξοπλισμού- συνήθως πολύ στοιχειώδη μοντέλα και λιγοστά δεδομένα είναι διαθέσιμα. Σαν ένα παράδειγμα, μια ερευνητική μελέτη προσπαθώντας να συνεισφέρει σε αυτό το πεδίο παρουσιάζεται στην ενότητα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.5.2 – Προσέγγιση της λεπτομερούς διαχείρισης του εξοπλισμού

4.5.3. Ερευνητική μελέτη πάνω στη διαχείριση εξοπλισμού σε συστήματα διανομής

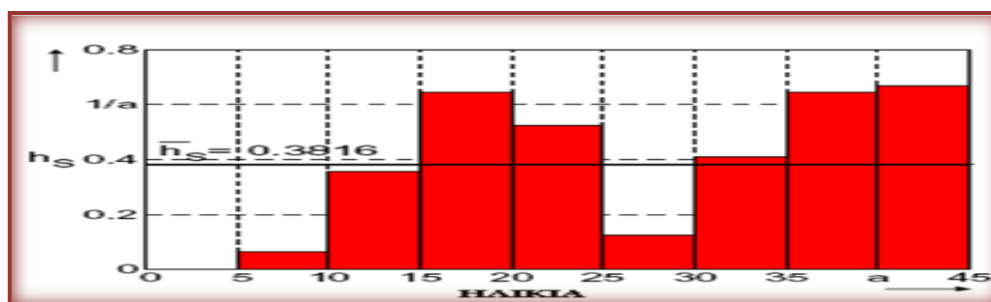
Αυτό το κενό στη γνώση της μοντελοποίησης της αξιοπιστίας των εξαρτημάτων σε εξάρτηση με παράγοντες χαρακτηριστικής επιρροής έχει αποτελέσει το κίνητρο για την έναρξη μιας ερευνητικής μελέτης που διεξήχθη από περισσότερους από 20 ειδικούς δικτύων, ακαδημαϊκά ιδρύματα και παροχείς υπηρεσιών στη Γερμανία.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

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

–ακόμη πιο σημαντικό για την πρακτική εφαρμογή- την παραμετροποίηση κατάλληλων μοντέλων για την πρόβλεψη της αξιοπιστίας των εξαρτημάτων που εξαρτάται από τις επιλεγμένες στρατηγικές μεθόδους διαχείρισης εξοπλισμού.

Επιπλέον, και οι δαπάνες που έχουν προκύψει από εμφανίσεις ζημιών στα εξαρτήματα δεν είναι διαθέσιμες σε συστηματικά στατιστικά μέχρι τώρα. Η ειδικά σχεδιασμένη στατιστική μελέτη σε αυτή την ερευνητική μελέτη εμπεριέχει επίσης πληροφορίες για το εν λόγω κόστος, έτσι ώστε το κόστος των ζημιών και η στατιστική τους διασπορά να μπορεί να δοθεί.

Σαν ένα παράδειγμα, το Διάγραμμα 4.5.3 δείχνει την ηλικία που σχετίζεται με το συντελεστή του χρόνου διακοπής για διακόπτες κυκλώματος χαμηλής περιεκτικότητας σε λάδι σε υποσταθμούς μέσης τάσης. Σημειώστε ότι αυτό το διάγραμμα βασίζεται σε μια ομάδα προκαταρκτικών στοιχείων, καθώς η συλλογή δεδομένων δεν ήταν ακόμη ολοκληρωμένη. Σε αυτό το διάγραμμα, μια πολύ σαφής εξάρτηση των συντελεστών του χρόνου διακοπής από την ηλικία των τμημάτων μπορεί να διαπιστωθεί.



Διάγραμμα 4.5.3 – Σταθμοί Μέσης Τάσης, Διακόπτες Κυκλώματος χαμηλής περιεκτικότητας σε λάδι, συντελεστής χρόνου διακοπής λόγω βλάβης εξαρτώμενος από την ηλικία των εξαρτημάτων

4.6. Διαχείριση του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή (παράδειγμα)

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.

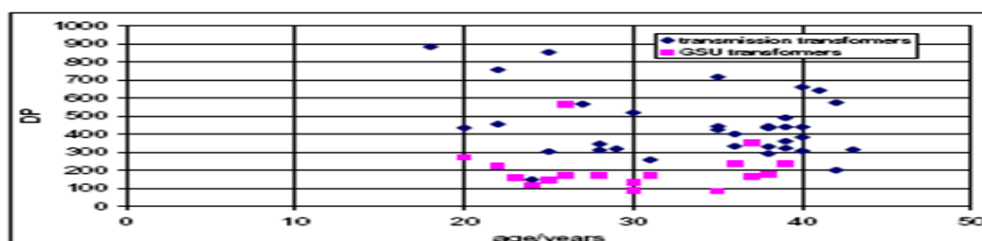
Ο στόχος της διαδικασίας της διαχείρισης του χρόνου ζωής είναι η βέλτιστη αξιοποίηση του εναπομείναντα χρόνου ζωής αναφορικά με μια ορισμένη αξιοπιστία και μια σταθερή κατανομή του κόστους για εκ νέου επένδυση και συντήρηση.

4.6.1 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.

4.6.1.1 Ενεργό μέρος

Η «γήρανση» του ενεργού μέρους εξαρτάται κυρίως από τη φόρτιση του μετασχηματιστή. Η θερμική ισχύς μειώνει τη μηχανική αντοχή της μονωτικής κυτταρίνης, μια αδύναμη μόνωση από κυτταρίνη μπορεί να προκαλέσει ένα εσωτερικό σφάλμα εξαιτίας της έντασης του παροδικού ρεύματος. Η ανθεκτικότητα της μόνωσης από κυτταρίνη μπορεί να προσδιοριστεί με μέτρηση του MB (βαθμού από-πολυμερισμού). Μια νέα μονωτική κυτταρίνη έχει $MB > 1000$, μονωτική κυτταρίνη με ανεπαρκή μηχανική αντοχή έχει $MB < 200$. Δυστυχώς η μέτρηση MB μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια εργαστηριακής έρευνας ή τη στιγμή που ο μετασχηματιστής έχει διαλυθεί. Ο σχεδιασμός του συστήματος μόνωσης, η μέθοδος ψύξης και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης επηρεάζουν την κλίση της «γήρανσης». Η κατανομή των μετρούμενων MB τιμών στο σχήμα 9 δείχνει ότι ο τεχνικός χρόνος ζωής των μετασχηματιστών γεννήτριας (ανύψωσης τάσης) περιορίζεται σε 25 έτη, ενώ οι μετασχηματιστές μεταφοράς μπορούν να επιτύχουν έναν τεχνικό χρόνο ζωής μέχρι και 50 έτη.



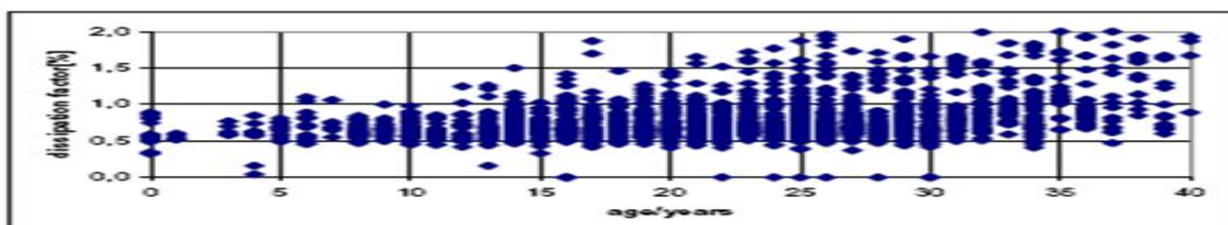
Εικόνα 4.6.1.1 – Συμπεριφορά γήρανσης μονωτικής κυτταρίνης των Μ/Σ

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.

4.6.1.2 Συμπυκνωτής μονωτήρων διελεύσεως

Η κατάσταση συμπυκνωτών μονωτήρων διελεύσεως μπορούν να προσδιοριστούν με τη μέτρηση της χωρητικότητας και του συντελεστή απορρόφησης $\tan \delta$. Μια αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις μετρήσεις δείχνει ότι η «γήρανση» παρατηρείται μόνο σε μονωτήρες διελεύσεως τύπου χάρτου με επίστρωση ρητίνης. Η «γήρανση» αυτών των μονωτήρων διελεύσεως προκαλείται από τη πυρόλυση του χαρτιού με επίστρωση ρητίνης και τον ανομοιογενή εμποτισμό με μονωτικό λάδι. Ο τεχνικός χρόνος ζωής έχει μεγάλη διασπορά και δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 30 έτη.



Εικόνα 4.10–Συμπεριφορά γήρανσης μονωτήρων διέλευσης τύπου χάρτου με επίστρωση ρητίνης

4.6.1.3 Μηχανισμός αλλαγής λήψεως

Ο μηχανισμός αλλαγής λήψεως εξαρτάται από τον αριθμό των εναλλασσόμενων λειτουργιών και το συσσωρευτικό εναλλασσόμενο ρεύμα. Αναμένοντας μια καλή συντήρηση ο τεχνικός χρόνος ζωής ενός μηχανισμού αλλαγής λήψεως είναι σχεδόν απεριόριστος, αφού η κατάσταση του μηχανισμού αλλαγής λήψεως προσδιορίζεται κατά τη διάρκεια του ελέγχου του διακόπτη που ρυθμίζει την αλλαγή λήψης και αφού τα κινητά μέρη όπως οι εναλλασσόμενες επαφές και το μονωτικό λάδι αλλάζονται αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Ωστόσο, υπάρχει ένας κίνδυνος που κρύβει η παρασκευή λαδιού σε περίπτωση που οι επαφές του επιλογέα λήψης δεν είναι επάργυρες.

4.6.2 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 τυλίγματα συλλέγονται για την εκτέλεση των MB μετρήσεων.

Η ανάλυση του διαλυμένου αερίου είναι η πιο σημαντική διαγνωστική μέθοδος για να αξιολογηθεί η κατάσταση του ενεργού τμήματος του μετασχηματιστή. Για τη βέλτιστη ερμηνεία της ανάλυσης του διαλυμένου αερίου, η εξέταση του συντελεστή ανάπτυξης του αερίου και η σύγκριση των τιμών του αερίου που έχει μετρηθεί με τις φυσιολογικές τιμές, είναι απαραίτητη. Με ένα επιπρόσθετο σύστημα η μέθοδος DGA μετατρέπεται σε ένα προειδοποιητικό επίπεδο που αποτελείται από τρία στάδια (κανονικό, πρώτη προειδοποίηση, επείγουσα προειδοποίηση). Το ειδικό σύστημα παρέχει επίσης μια κατάσταση που βασίζεται στο έλαιο δειγματοληψίας.

Η μέτρηση των φουρανικών στοιχείων στο μονωτικό έλαιο χρησιμοποιείται για τη συλλογή πληροφοριών για τη διάσπαση του μονωτικού υλικού τη κυτταρίνης. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μέτρησης εξαρτάται από τη «συμπεριφορά» του ελαίου και τη μέθοδο ψύξης.

Η μέτρηση της χωρητικότητας και του συντελεστή απορρόφησης $\tan \delta$ των μονωτήρων που διαθέτουν οι μετασχηματιστές αλλά και ο έλεγχος του διακόπτη που ρυθμίζει την αλλαγή λήψης είναι διαδικασίες απαραίτητες ώστε να διασφαλιστεί η ακεραιότητα των μονωτήρων και του συστήματος αλλαγής λήψεως. Η βλάβη ενός μονωτήρα μπορεί να προκαλέσει δευτερεύουσες ζημιές, η καταστροφή του διακόπτη που ρυθμίζει την αλλαγή λήψης μπορεί να αχρηστέψει το τύλιγμα του μετασχηματιστή.

Ο οπτικός έλεγχος και η ανάλυση των δειγμάτων χαρτιού είναι τα μόνα εργαλεία για να ληφθεί ανατροφοδότηση της πραγματικής κατάστασης του μετασχηματιστή σε σύγκριση με τα πορίσματα διάφορων διαγνωστικών μεθόδων. Η ανάλυση των δειγμάτων χαρτιού δείχνει ότι οι περισσότερες από τις εν αχρηστία γεννήτριες των μετασχηματιστών διέθεταν μονωτική κυτταρίνη με ανεπαρκή μηχανική αντοχή. Ο οπτικός έλεγχος επιβεβαιώνει ότι οι βλάβες ορισμένων μετασχηματιστών προκαλούνται από ανεπαρκή μηχανική αντοχή της μονωτικής κυτταρίνης. Η τυπική διακοπή λειτουργίας του μηχανισμού ξεκινά με μια αντίστροφη βλάβη στο χαμηλής τάσης τύλιγμα δίπλα από το σημείο υψηλής συσσώρευσης.

Η αντίστροφη βλάβη προκαλεί προσωρινή ζημιά που παραμορφώνει το χαμηλής τάσης τύλιγμα. Από τη «γεφύρωση» του παραμορφωμένου περιτυλίγματος με βολταϊκό τόξο προκαλείται ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου (ρελέ) Buchholz .

4.6.3 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 βεβλημένη 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.

4.6.4 Στρατηγικές ενέργειες

Μια συνεχής εκτίμηση και αξιολόγηση της κατάστασης του μετασχηματιστή είναι η πιο σημαντική πράξη για τη διαχείριση του χρόνου ζωής. Ένα ειδικό σχέδιο αξιολόγησης και ένα εργαλείο κατάταξης το οποίο βασίζεται στην κατάσταση και τη σημασία θα πρέπει να εφαρμοστούν. Με τη βοήθεια του εργαλείου κατάταξης μπορεί να προβλεφτεί η αντικατάσταση των μετασχηματιστών.

Μια άλλη στρατηγική πτυχή είναι η διαθεσιμότητα επαρκούς ποσότητας εφεδρικών μετασχηματιστών και μονωτήρων. Οι εφεδρικοί μετασχηματιστές και μονωτήρες ελαχιστοποιούν τις συνέπειες μιας βλάβης και μπορούν να μειώσουν το χρόνο βλάβης αισθητά. Ειδικότερα οι εφεδρικές γεννήτριες των μετασχηματιστών είναι πολύτιμες. Ωστόσο, η βέλτιστη χρήση των εφεδρικών μετασχηματιστών και μονωτήρων απαιτεί μια ευρεία τυποποίηση. Επιπλέον, η κατάσταση που βασίζεται στη διάγνωση και τη συντήρηση μπορεί να ελαχιστοποιήσει το κίνδυνο μιας αιφνίδιας βλάβης του μετασχηματιστή.

Στη περίπτωση μιας βλάβης, που ανιχνεύτηκε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανακαίνισης ή όταν ένας μετασχηματιστής έχει αχρηστευτεί, η επιθεώρηση είναι απαραίτητη. Η επιθεώρηση ενός μετασχηματιστή είναι πολύτιμη για τη συλλογή εμπειρίας και μπορεί να αποκαλύψει απόκρυφα αδύνατα σημεία του σχεδιασμού και της κατασκευής του μετασχηματιστή. Επιπλέον, είναι η μοναδική μέθοδος για να επαληθευθούν οι εμπειρικές υποθέσεις του σχεδίου αξιολόγησης της κατάστασης.

Τουλάχιστον, ένα κυρίαρχο ζήτημα της διαχείρισης του χρόνου ζωής του μετασχηματιστή είναι η επεξεργασία μιας στρατηγικής ανακαίνισης και αντίστοιχων προγραμμάτων για αντικατάσταση στο βαθμό που αυτό είναι απαραίτητο. Επιπλέον, η ανάλυση της τελικής ζήτησης πρέπει να εμπεριέχει τις μελλοντικές απαιτήσεις του μετασχηματιστή εξαιτίας της περεταίρω ανάπτυξης του δικτύου καθώς επίσης και εξαιτίας πιθανών αχρησιμοποίητων μετασχηματιστών οι οποίοι έχουν καταστεί διαθέσιμοι λόγω των μέτρων ανακατασκευής.

4.7 Κίνδυνοί & διαχείριση συντήρησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

Όπως έχει γίνει από όλα τα προηγούμενα σημεία κατανοητό, το ζήτημα της διαχείρισης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού Υ.Τ. και Μ.Τ. αλλά και της διαχείρισης, οργάνωσης και διοίκησης της συντήρησής του πιο συγκεκριμένα, αποτελεί έναν από τους βασικούς τομείς ενασχόλησης των υπευθύνων με στόχο την ικανοποιητική κατάσταση αλλά και την αξιόπιστη και ικανοποιητική λειτουργία του εξοπλισμού.

Στο ζήτημα τώρα της διαχείρισης των κινδύνων και της συντήρησης του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, Στο προκείμενο θέμα χρησιμοποιείται στατιστική προσέγγιση, μολονότι αναγνωρίζεται ότι δεν υπάρχουν πραγματικές στατιστικές βλαβών, οι οποίες, βέβαια, είναι αναγκαίες εδώ και πολλά χρόνια. Ο σκοπός είναι να επιτευχθεί προσέγγιση, όσον αφορά στη μείωση του κινδύνου, ώστε αυτός να γίνει χαμηλός, όσο είναι λογικά κατορθωτό (ALARP—as low as reasonable practicable), επιτρέποντας ιεράρχηση απαντήσεων.

Για την εκτίμηση του κινδύνου πληθυσμού π.χ. μετασχηματιστών και για τη διαχείριση της συντήρησης του πληθυσμού αυτού, χρησιμοποιούνται παραδοσιακές μέθοδοι εκτίμησης του κινδύνου, ήτοι διάγραμμα πιθανότητας (χαμηλή, μέση, υψηλή) και συνέπειες (χαμηλές, μεσαίες, υψηλές). Στη συνέχεια, προσδιορίζονται οι μετασχηματιστές οι οποίοι συνδυάζουν κακή τεχνική κατάσταση και ενυπάρχουσα αυξημένη πιθανότητα βλάβης και οι οποίοι, με τυχόν βλάβη τους, οδηγούν σε υψηλού βαθμού συνέπειες για το χρήστη. Σε τέτοιους μετασχηματιστές εκτελείται περαιτέρω έρευνα, για να καθοριστούν οι αναγκαίες θεραπευτικές ενέργειες, ώστε ο εμπλεκόμενος κίνδυνος να μειωθεί σε λογικά χαμηλή στάθμη, όπως προαναφέρεται.

Όσον αφορά στη συντήρηση των μετασχηματιστών, σημειώνεται ότι η μετάβαση προς τη συντήρηση που βασίζεται στις συνθήκες (Condition based maintenance) προβάλλει την ανάγκη, μεταξύ των άλλων, να προσδιορισθούν οι κρίσιμες θέσεις, επί τη βάσει συνθηκών και κινδύνων. Σ' αυτό βοηθά η εφαρμογή της μεθόδου για τον υπολογισμό της στάθμης της αξιοπιστίας του δικτύου, υπό ποικίλες συνθήκες φόρτισής του. Αυτό το γεγονός οδηγεί στη πραγματοποίηση λεπτομερών μελετών, για τη λήψη αποφάσεων σχετικών με τη φροντίδα για τον εξοπλισμό.

Η εν λόγω φροντίδα αφορά στην εξέλιξη των διαφόρων στρατηγικών συντήρησης, από την επισκευαστική συντήρηση (corrective maintenance) και τη συντήρηση που βασίζεται στο χρόνο (time based maintenance) έως τη συντήρηση που βασίζεται στις συνθήκες (condition based maintenance) και τις άλλες στρατηγικές συντήρησης που εστιάζονται στην αξιοπιστία, στον κίνδυνο και στην κρισιμότητα της θέσης του εξοπλισμού.

Επίσης, εξετάζει την εφαρμογή συνδυασμού στρατηγικών. Έτσι, μερικές εργασίες συντήρησης εκτελούνται βάσει της πολιτικής της επισκευαστικής συντήρησης (επισκευή ή αντικατάσταση, όταν συμβεί βλάβη).

Άλλες εκτελούνται με προγράμματα συντήρησης η οποία βασίζεται στο χρόνο και άλλες με προγράμματα συντήρησης η οποία βασίζεται στις συνθήκες.

Μια καλή λύση διαχείρισης του εξοπλισμού είναι να δίνεται προτεραιότητα στα δίκτυα, επί τη βάσει της εκτίμησης κινδύνου, και να εφαρμόζεται ο κατάλληλος συνδυασμός στρατηγικών.

4.8 Δείκτες υγείας του εξοπλισμού και αντικατάσταση(Health Indices and Replacement)

Μια άλλη οπτική υποστηρίζει ότι το κρίσιμο θέμα δεν είναι η στρατηγική συντήρησης, αλλά το κεφάλαιο αντικατάστασης και τα μέσα προσδιορισμού του ορθού χρόνου αντικατάστασης του εξοπλισμού. Το παρόν θέμα μπορεί να προσεγγιστεί χρησιμοποιώντας δείκτες υγείας.

Πρώτη συνιστώσα είναι οι επιλεγμένοι δείκτες υγείας για την αντικατάσταση εξοπλισμού.

Έχει δειχθεί ότι η μελέτη ειδικής περίπτωσης (Ζυγοί μέσης τάσης) είναι κατάλληλη, για να περιγραφεί η διαδικασία ανανέωσης εξοπλισμού. Για την εν λόγω διαδικασία ανανέωσης μπορούν να συγκεντρωθούν οι εξοπλισμοί οι οποίοι δείχνουν ίδιο προσδοκώμενο ζωής, με βάση την εκτίμηση της υγείας του εξοπλισμού και, εν προκειμένω, των Ζυγών μέσης τάσης. Με αυτόν τον τρόπο είναι ευκολότερο να γίνει αντικατάσταση της υποδομής των Ζυγών αυτών, με θετικά αποτελέσματα, όσον αφορά στις ανεπιθύμητες εξόδους, στη χρησιμοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού και στον ανασχεδιασμό. Η κύρια παράμετρος ήταν η εκτίμηση της υγείας του εξοπλισμού, η οποία περιλαμβάνει ανασκόπηση των μεγαλύτερων στοιχείων της εγκατάστασης. Αυτά είναι η κατάσταση του εξοπλισμού (35%), οι περιορισμοί στη χρήση, ήτοι ονομαστικά μεγέθη (30%) και γνωστά ελαττώματα της μελέτης (20%), και η παρελθούσα λειτουργία (15%). Για να συμπληρωθεί ο υπολογισμός του κινδύνου, πρέπει να γίνει προσέγγιση των οικονομικών επιπτώσεων και των επιπτώσεων στο σύστημα.

Δεύτερη συνιστώσα είναι οι δείκτες υγείας ενός συστήματος μεταφοράς

Τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σχεδόν όλων των χωρών έχουν ανάγκη ανακαίνισης πολλών τμημάτων τους, καθώς και νέων κατασκευών.

Εδώ και μερικά χρόνια, βρίσκονται σε εξέλιξη δείκτες υγείας για την προτεραιότητα αντικατάστασης. Η σχετική διαδικασία αρχίζει με ανασκόπηση στο γραφείο, ακολουθεί επίσκεψη επί τόπου, στη συνέχεια γίνεται κατανομή του εξοπλισμού, με βάση τα χρόνια λειτουργίας, π.χ. 5,10,20 χρόνια, και, τέλος, καταγραφή στον πίνακα υγείας. Για παράδειγμα, η ανασκόπηση γραφείου για μετασχηματιστές περιλαμβάνει δεδομένα δοκιμών λαδιού.

Τρίτη συνιστώσα είναι η χρήση αθροιστικών δεικτών υγείας

Η ανάπτυξη και η χρήση αθροιστικών δεικτών υγείας είναι πολύ χρήσιμο μέσο στην αντιπροσώπευση της υγείας του πληθυσμού του εξοπλισμού και παρέχει γενικό τρόπο κατανόησης προς τους μέτοχους, τους διευθύνοντες και το προσωπικό.

Τα εισαγόμενα στοιχεία περιλαμβάνουν σύστημα καταγραφών, στις οποίες περιλαμβάνονται και τα αποτελέσματα δοκιμών για τη κατάσταση του εξοπλισμού. Για καταγραφές με συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR), καταγραφές μερικών εκκενώσεων (PD) και καταγραφές αποτελεσμάτων αναλύσεων διαλυμένων στο λάδι αερίων (DGA), προερχόμενες από τις μονάδες συντήρησης, περιλαμβάνονται στα εισαγόμενα στοιχεία. Όλα τα ως άνω στοιχεία, αθροιζόμενα, φθάνουν μερικές εκατοντάδες χιλιάδες ανά έτος. Χρησιμοποιώντας ανασκόπηση των στοιχείων, υπολογίζεται η επίπτωση κάθε παρεμβολής, όπως είναι ένα πρόγραμμα επιμήκυνσης της ζωής του εξοπλισμού. Χρησιμοποιούνται, ακόμη, δεδομένα από παλιότερες εφαρμογές της συντήρησης που εστιάζεται στην αξιοπιστία, όπως ο ορισμός της λειτουργικής βλάβης και οι κύριοι δείκτες της κατάστασης του εξοπλισμού.

Όσον αφορά στα στοιχεία εξόδου, είναι δυνατό να γίνει διάκριση των μονάδων σε αυτές που γηράσκουν «κανονικά» και σε εκείνες που παρουσιάζουν ελαττώματα.

Σκοπός της ανακαίνισης είναι να γίνει διάγραμμα ALARP, με τον αριθμό των στοιχείων σε κάθε κατηγορία, όσον αφορά στην κατάσταση και στις συνέπειες, και, άρα, εκείνων με μη αποδεκτές τιμές. Έτσι μπορεί να ιεραρχηθούν οι επιβαλλόμενες ενέργειες.

4.9 Η γήρανση του εξοπλισμού

Εδώ και αρκετά χρόνια, οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού προχωρούν μόνες τους ή υποχρεούνται από τις Ρυθμιστικές Αρχές των χωρών τους να εφαρμόζουν διαδικασίες οι οποίες ορίζουν τη τεχνική ζωή του εξοπλισμού, ιδιαίτερα του καίριου εξοπλισμού, εξασφαλίζοντας ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση του εξοπλισμού της επιχείρησης.

Αυτό συνδέεται με τον προγραμματισμό κεφαλαίων και με κανονικές εκθέσεις αντικατάστασης εξοπλισμού. Μέρος των ενεργειών της στρατηγικής για τον εξοπλισμό αποτελεί η βασική εργασία σχετικά με τον προσδιορισμό των κριτηρίων που αφορούν στη ζωή των μετασχηματιστών και σχετικά με τη δημιουργία ανασκόπησης της υγείας του εξοπλισμού, η οποία βασίζεται στη κατάστασή του.

Βασικό τμήμα μιας τέτοιας εργασίας είναι οι πληροφορίες από διακοπές λειτουργίας, οι οποίες ομαδοποιούνται ανάλογα με τον κατασκευαστή και τη σχεδίαση του μετασχηματιστή. Επόμενο βήμα είναι η εφαρμογή σχετικών διαγνωστικών μετρήσεων για την εκτίμηση της κατάστασης του μετασχηματιστή.

Όσον αφορά στη διαχείριση της συντήρησης διακοπών υψηλής τάσης, είναι δυνατό να γίνει χρήση δεδομένων από βλάβες και από τη συντήρηση των εν λόγω διακοπών, για αποτελεσματική διαχείριση από άποψη οικονομική και τεχνική. Στο προκείμενο, εφαρμόζονται απλές στατιστικές μέθοδοι για την ανάλυση δεδομένων που προέρχονται από σφάλματα και συντηρήσεις διακοπών και αποζευκτών.

Αντικείμενο θα είναι να προσδιορισθεί αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ηλικίας και συχνότητας βλαβών και να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της προληπτικής συντήρησης.

Η ανάλυση σχετικών δεδομένων από βλάβες δείχνει ότι οι μεγάλες βλάβες σε διακόπτες μικρού όγκου λαδιού και SF6 είναι τυχαίες και οι επιπτώσεις είναι λίγο πιθανό να επηρεάζονται από τη συντήρηση που βασίζεται στο χρόνο.

Πείρα αποκτηθείσα από την ανακαίνιση διακοπών πεπιεσμένου αέρα στο μέσο της διάρκειας ζωής, σε κατάλληλα εργαστήρια και με επιτυχείς εν συνεχεία δοκιμές οδηγεί στην υιοθέτηση τέτοιων ανακαινίσεων, οι οποίες επιτρέπουν την επιμήκυνση της ζωής τους – κατά τουλάχιστον 10 έτη – και συμβάλλουν στον καλύτερο προγραμματισμό εγκατάστασης νέων διακοπών. Η εκτίμηση της ζωής των διακοπών (σύμφωνα με την CIGREB rochure165) στηρίζεται στην πρακτική κατά την οποία η προσδοκώμενη ζωή έχει προσδιορισθεί για όλα τα στοιχεία με σχεδιασμό λαδιού, αέρα και αερίου.

4.10 Αιτίες βλαβών σε νέους Μ/Σ (π.χ. θειούχος χαλκός)

Σε μικρό ποσοστό σχετικά νέων μετασχηματιστών, οι οποίοι έχουν μονωτικά λάδια διαφόρων παραγωγών, έχουν εμφανισθεί βλάβες συσχετιζόμενες με τα ως άνω λάδια. Οι έρευνες για τη συσχέτιση των λαδιών με βλάβες έχουν δείξει τη σπουδαιότητα της υπάρχουσας λεπτής χημικής ισορροπίας μεταξύ λαδιών, χαρτιού, χαλκού και οξυγόνου, και έχουν οδηγήσει τους χρήστες μετασχηματιστών στην προσεκτική επιλογή λαδιών και στη διαχείριση εν λειτουργία μονάδων.

Στις δεκαετίες του 1980 και 1990 είχε παρατηρηθεί θειούχος χαλκός, αλλά δεν είχε συσχετισθεί με βλάβες σε μετασχηματιστές.

Το 2003, στην Ινδία και στη Βραζιλία συσχέτισαν την παρατηρηθείσα παρουσία θειούχου χαλκού στο εσωτερικό μετασχηματιστών HVDC με βλάβες. Το 2004 και 2005, έγιναν ανάλογες συσχετίσεις σε Αυτομετασχηματιστές και σε Μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης.

Έκτοτε, δημοσιεύθηκαν εκθέσεις βλαβών σε μετασχηματιστές, οι οποίες βλάβες έλαβαν χώρα σε περίπου, 100 μετασχηματιστές σε όλο τον πλανήτη και συσχετίζονται με επικαθίσεις θειούχου χαλκού στο εσωτερικό μετασχηματιστών.

Στη δημοσίευση V.Tumiatti, SeaMarconi, Italy: "Corrosive sulphur: Case histories off failures and selective depolarization" αναφέρεται ότι παρουσιάσθηκαν βλάβες σε μετασχηματιστές στο τύλιγμα ή μεταξύ φάσεων, μετά από επικάλυψη γυμνών αγωγών με θειούχο χαλκό. Οι μετασχηματιστές ήταν με ελεύθερη αναπνοή. Το περιεχόμενο passivators είχε μειωθεί με το χρόνο. Πιστεύεται ότι η αναγέννηση του λαδιού απομακρύνει το DBDS και άλλες θειούχες ενώσεις.

Στη δημοσίευση του T. Folgeberg, ABB Power Transformers, Sweden: «ABB Research into Copper Sulphide Deposition in Power Transformers» αναφέρονται οι πιο κάτω παρατηρήσεις:

- Θειούχος χαλκός είναι δυνατό να ανιχνευθεί, αν το λάδι απομακρυνθεί και ο μετασχηματιστής τεθεί σε ξήρανση με ατμό
- Θειούχος χαλκός δεν παρατηρείται σε λάδι με αντιοξειδωτικό πρόσθετο DBPC (Di-Tert-Butyl- Para-Cresol), και γι' αυτό η βιομηχανία πρέπει να εγκαταλείψει τη χρήση λαδιών χωρίς αντιοξειδωτικό πρόσθετο
- Το DBDS (Dibenzyl Disulphide) είναι εν δυνάμει ισχυρός θειούχος χαλκός, σχηματίζοντας χημικές αντιδράσεις. Πιθανώς, είναι η αιτία των περισσότερων προβλημάτων κατά τα τελευταία χρόνια. Βρίσκεται σε μερικά είδη αργού πετρελαίου. Όμως, υψηλό περιεχόμενο σε μερικά λάδια μετασχηματιστών έχει αναδείξει την υποψία ότι αυτό προστέθηκε στα εν λόγω λάδια. Οι προμηθευτές λαδιών εξηγούν την παρουσία του ως το αποτέλεσμα του back blending κλασμάτων λαδιού χαμηλής διύλισης

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι:

- το DBDS δεν είναι η μόνη επιβλαβής θειούχος ένωση
- η απουσία του DBDS δεν αποτελεί εγγύησημη διαβρωτικού λαδιού
- λάδι με DBDS δε σημαίνει αναγκαστικά διαβρωτικό λάδι

Οι παράγοντες κινδύνου είναι:

- διαβρωτικό λάδι: δοκιμές βασιζόμενες στη λειτουργία, περιεχόμενο διαβρωτικών ειδών
- υψηλή θερμοκρασία (όχι αναγκαστικά υπερθέρμανση)
- στάθμες οξυγόνου (όχι απευθείας συσχέτιση)
- άπαξ και σχηματισθεί θειούχος χαλκός, συμβαίνουν ηλεκτρικές καταπονήσεις (μεταβατικές)

Εκτίμηση κινδύνου

Δε στηριζόμαστε σε μια μόνο δοκιμή. Κάνουμε συνολική εκτίμηση:

- κατάσταση λαδιού
- λειτουργικές συνθήκες
- μετασχηματιστές της ίδιας κατασκευής

Στη μελέτη P. Griffin, Doble Engineering, USA: "Research on Corrosive Sulphur" αναφέρεται ότι έχει αναληφθεί μια σημαντική μελέτη, για την καλύτερη κατανόηση του διαβρωτικού θείου το οποίο βρίσκεται σε μετασχηματιστές, σε αυτεπαγωγές και σε μονωτήρες διέλευσης.

Μέρος της μελέτης αναζητά να προσδιορίσει κοινές εμπειρίες των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού, σχετικές με ευρήματα διαβρωτικού θείου και με αντίστοιχα μέτρα θεραπείας. Τα φαινόμενα έχουν ερευνηθεί στο εργαστήριο, παρατηρώντας τις σχετικές χημικές διαδικασίες και τις εξαρτήσεις τους. Έχουν εφαρμοσθεί τεσσάρων ειδών δοκιμές:

- δοκιμή γυμνού χαλκού, ASTM 1275
- δοκιμή καλυμμένου αγωγού, παρουσία οξυγόνου
- δοκιμή καλυμμένου αγωγού, χωρίς την παρουσία οξυγόνου
- δοκιμή καλυμμένου αγωγού, CIGREWGSCA2 – 32

Όλες οι δοκιμές έχουν την αξία τους και εκφράζεται η άποψη ότι δεν υπάρχει αναμφισβήτητη δοκιμή η οποία θα δώσει πλήρη και ασφαλή απάντηση για τη μη ύπαρξη διάβρωσης. Το DBDS έχει δείξει ότι είναι ασταθές σε θερμοκρασία >140 °C και σχηματίζει διαβρωτικές μερκαπτανές (θειαλκούδες), αλλά βλάβες έχουν συμβεί και εκεί όπου δεν υπάρχουν DBDS στα λάδια.

Συνεχιζόμενες έρευνες αποκαλύπτουν ότι τα λάδια τα οποία βρίσκονται σε χρήση είναι διαβρωτικά και ότι η (εφ δ) με τάση 10 kV- 50 kV αποτελεί μέσο ανακάλυψης θειούχου χαλκού στο χαρτί.

Κατά την άποψη ενός παραγωγού μονωτικών λαδιών, οι προστιθέμενοι στα λάδια passivators μεταναστεύουν από το λάδι, μέσω του χαρτιού όπου παραμένει μεγάλο μέρος, στους χάλκινους αγωγούς και σχηματίζουν προστατευτική επικάλυψη. Εξάλλου, θεωρείται ότι η μείωση του αριθμού βλαβών κατά τα τελευταία χρόνια οφείλεται στη πρόσθεση passivators σε όλο και πιο πολλούς μετασχηματιστές.

Τέλος, υπάρχει η άποψη ότι, ίσως, έχει σημασία η θερμική σχεδίαση του μετασχηματιστή. Με τη σχεδίαση AN (Air Natural) απαιτούνται μερικές ώρες

μέχρι να γίνει ικανοποιητική η ροή του λαδιού, ώστε να δημιουργήσει ψύξη μεταξύ των δίσκων του τυλίγματος. Στο μεταξύ διάστημα, οι καλυπτόμενοι αγωγοί εκτίθενται σε μη κυκλοφορούν λάδι υψηλής θερμοκρασίας. Το γεγονός αυτό, ίσως, είναι συντελεστής κινδύνου. Για την παρεμπόδιση δημιουργίας θειούχου χαλκού επί γυμνών αγωγών, η επισμάλτωση αγωγού χαλκού είναι ανεφάρμοστη στη σημερινή κατασκευή μετασχηματιστών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές σχεδιάσεις μετασχηματιστών, οι οποίες προβλέπουν τη φυσική ψύξη αυτών, αφορούν σε μετασχηματιστές με μονωτικό λάδι με διαβρωτικό θείο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΕΓΧΩΡΙΑ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

5.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας μελέτης έχουμε αναφέρει τις βασικές εισαγωγικές έννοιες της συντήρησης του εξοπλισμού των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, έχουμε κάνει μια αναδρομή στις μεθόδους συντήρησης των τελευταίων δεκαετιών, έχουμε αναλύσει και καταγράψει λεπτομερέστατα τις σύγχρονες στρατηγικές συντήρησης που εφαρμόζονται σε ολόκληρο τον κόσμο στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας (και όχι μόνο) και έχουμε περιγράψει αναλυτικά τη λογική της Διαχείρισης Παγίων (Asset Management) και τις μεθόδους που αυτό εφαρμόζει.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε αρχικά στην κατάσταση που επικρατεί στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (εξοπλισμός – αρμοδιότητες – δραστηριότητες – νομοθετικό πλαίσιο).

Έπειτα, θα καταγράψουμε τις στρατηγικές συντήρησης που εφαρμόζονται από μεγάλες εταιρείες ηλεκτρισμού σε χώρες της Ευρώπης αλλά και παγκόσμια. Η εμπειρία αυτή θα μας φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη για να καθορίσουμε – σε γενικές γραμμές – τα βασικά χαρακτηριστικά της «επόμενης μέρας» στον τομέα της συντήρησης στο ελληνικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

5.2 Η κατάσταση στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

5.2.1 Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας & Δ.Σ.Σ.Μ.

Στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) είναι ο ιδιοκτήτης των παγίων του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς, μέσω του οποίου μεταφέρεται ηλεκτρική ενέργεια από τις Μονάδες Παραγωγής και τις Διασυνδέσεις με τις Γειτονικές Χώρες στο Δίκτυο Διανομής και στους Πελάτες Υψηλής Τάσης με τη χρήση των Γραμμών Μεταφοράς. Ο ΑΔΜΗΕ είναι, επίσης, υπεύθυνος για τις μελέτες, την κατασκευή και την παραλαβή των νέων Έργων Μεταφοράς, καθώς επίσης και για την φυσική λειτουργία, την συντήρηση και την τεχνική αρτιότητα του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς, σύμφωνα με τον προγραμματισμό και τις οδηγίες της Δ.Σ.Σ.Μ.

Οι βασικές συνιστώσες του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς είναι:

- Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης
- Υποσταθμοί Υποβιβασμού, Ανύψωσης και Ζεύξης

- Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης
- Τερματικές Διατάξεις Υποβρυχίων και Υπογείων Καλωδίων
- Γραμμές Μεταφοράς Υψηλής Τάσης
- Εναέριες Γραμμές Μεταφοράς (Αγωγοί, Μονωτήρες, Πύργοι Ανάρτησης και Τάνυσης)
- Υποβρύχια Καλώδια (Καλώδια, Σύνδεσμοι)
- Υπόγεια Καλώδια (Καλώδια, Σύνδεσμοι)

Για λόγους πληρότητας της παρουσίασης παραθέτουμε και τους ακόλουθους Πίνακες, στους οποίους παρατίθεται το πλήθος των Υ/Σ και τερματικών διατάξεων καλωδίων ανά Περιφερειακό Τομέα καθώς και τα μήκη των εγκατεστημένων Γραμμών Μεταφοράς ανά επίπεδο τάσης (σε km).

ΠΕΡ. ΤΟΜΕΑΣ	ΑΝΥΨΩΣΗΣ	ΔΙΑΝΟΜΗΣ	ΖΕΥΞΗΣ	ΚΥΤ	ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΟ	ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΠΕΛΑΤΗ	ΤΕΡΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΥΒ	ΤΕΡΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΥΓ	Γενικό Άθροισμα
ΠΕΡ. ΤΟΜΕΑΣ ΒΟΡ. ΕΛΛΑΔΑΣ	8	44	2	4	10	11		1	80
ΠΕΡ. ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΤ. ΕΛΛΑΔΑΣ	8	30		2	7	1	13	1	62
ΠΕΡ. ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΤ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	7	11		4	2	1			25
ΠΕΡ. ΤΟΜΕΑΣ ΚΕΝΤΡ. ΕΛΛΑΔΑΣ	1	28	2	2	1	7	2		43
ΠΕΡ. ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	3	23	1	1	15	1			44
ΠΕΡ. ΤΟΜΕΑΣ ΣΤΕΡ. ΕΛΛΑΔΑΣ	6	38	6	8	16	18	15	9	116
Γενικό Άθροισμα	33	174	11	21	51	39	30	11	370

ΤΥΠΟΣ	400 kV	Σ.Ρ. 400 kV	150 kV	66 kV	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΝΑΕΡΙΕΣ	2.756,41	106,95	8.157,42	39,05	11.059,84
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ			227,57	15,00	242,57
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ (Υ/Γ τμήμα)			16,55		16,55
ΥΠΟΓΕΙΕΣ	31,35		163,84		195,19
ΣΥΝΟΛΟ	2.787,76	106,95	8.565,38	54,05	11.514,14

Εικόνες 5.2.1-5.2.1α – Πίνακες με στοιχεία του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Επίσης, το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας διαθέτει και τις ακόλουθες Διεθνείς Διασυνδέσεις με ηλεκτρικά συστήματα γειτονικών χωρών:

1. Διασύνδεση Ελλάδας – Αλβανίας μέσω δύο Γραμμών Μεταφοράς Ε.Ρ.
 - 400kV ΚΥΤ Καρδιάς – Elbasan (χρονολογία ηλεκτρισής Ιούλιος 1985)
 - 150kV Υ/Σ Μούρτου – Bistrica (χρονολογία ηλεκτρισής Ιανουάριος 1974)
2. Διασύνδεση Ελλάδας – FYROM μέσω δύο Γραμμών Μεταφοράς Ε.Ρ.
 - 400kV ΚΥΤ Θεσσαλονίκης – Dubrono (χρονολογία ηλεκτρισής Σεπτέμβριος 1979)
 - 400kV ΚΥΤ Μελίτης – Bitola (χρονολογία ηλεκτρισής Ιούνιος 2007)
3. Διασύνδεση Ελλάδας – Βουλγαρίας μέσω μίας Γραμμής Μεταφοράς Ε.Ρ.

- 400kV KYT Θεσσαλονίκης – Blagoevgrad (χρονολογία ηλεκτρίσης Δεκέμβριος 1987)
- 4. Διασύνδεση Ελλάδας – Τουρκίας μέσω μίας Γραμμής Μεταφοράς Ε.Ρ.
 - 400kV KYT Νέας Σάντας – Babaeski (χρονολογία ηλεκτρίσης Μάιος 2008)
- 5. Διασύνδεση Ελλάδας – Ιταλίας μέσω Τεχνολογίας Υψηλής Τάσης Συνεχούς Ρεύματος (HVDC)
 - 400kV KYT Αράχθου – Galatina (χρονολογία ηλεκτρίσης Ιούλιος 2002)

Συνεχίζοντας, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να καταγράφονται και να καθορίζονται σαφώς και επακριβώς οι υποχρεώσεις για τη συντήρηση που έχει η Δ.Σ.Σ.Μ. όπως προκύπτουν από το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο. Έτσι, η ΔΣΣΜ οφείλει να τηρεί:

- Συντήρηση και διατήρηση λειτουργικής και τεχνικής αριότητας του Συστήματος σύμφωνα με άρθρο 257 του ΚΔΣ&ΣΗΕ & άρθρο 36 του Κώδικα ΔΕΗ. Επίσης προκύπτουν υποχρεώσεις Επιθεωρήσεων-Συντηρήσεων που απορρέουν από τον ΚΕΣΥΓΗΕ, καθώς και εσωτερικές οδηγίες.
- Συντήρηση εξοπλισμού με βάση τον προγραμματισμό απομονώσεων του Συστήματος από τον ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.
- Συντήρηση εξοπλισμού που δεν απαιτεί απομόνωση με βάση την πρακτική και τις οδηγίες των κατασκευαστών.
- Συντήρηση κτιριακών εγκαταστάσεων και περιβάλλοντος χώρου με βάση την πρακτική και τις εσωτερικές οδηγίες.

5.2.2 Στρατηγική Συντήρησης που εφαρμόζει η Δ.Σ.Σ.Μ.

Όσον αφορά το γενικό πλαίσιο, η Επιθεώρηση και η Συντήρηση των Γραμμών Μεταφοράς γίνεται σύμφωνα με τις υπηρεσιακές «Οδηγίες Επιθεώρησης και Συντήρησης Γραμμών Μεταφοράς» (έκδοση 2017) που είναι εναρμονισμένες με τη σχετική Νομοθεσία, ενώ η Επιθεώρηση και η Συντήρηση του εξοπλισμού Υποσταθμών, Κέντρων Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ), Τερματικών Διατάξεων Υποβρυχίων και Υπογείων Καλωδίων εκτελείται σύμφωνα με υπηρεσιακές οδηγίες και εγχειρίδια κατασκευαστών. Όλες αυτές οι εργασίες διακρίνονται σε: α) περιοδικές (κύκλοι συντήρησης εξοπλισμού), β) ειδικές (θερμοσκόπηση), γ) έκτακτες (πλύσιμο μονωτήρων).

Πιο αναλυτικά τώρα, στον εξοπλισμό του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς αλλά και του ΔΕΔΔΗΕ – ΔΕΗ/Παραγωγή – Ορυχεία που συντηρούνται από την Διεύθυνση Συντήρησης Συστήματος Μεταφοράς του ΑΔΜΗΕ, εφαρμόζεται κυρίως η πολιτική της περιοδικής συντήρησης T.B.M. (Συντήρηση βάσει του χρόνου Time-Based Maintenance). Αυτό σημαίνει ότι κάθε στοιχείο του εξοπλισμού συντηρείται σε τακτά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα στα οποία γίνονται συγκεκριμένες επεμβάσεις ανεξάρτητα (ή σχεδόν ανεξάρτητα) από την κατάσταση του εξοπλισμού, συμπληρώνοντας μία προσαρμοσμένη για κάθε τύπο και κατασκευαστή αναφορά με λίστες επιλογής (checklist).

Παράλληλα σε κάποιο εξοπλισμό εφαρμόζονται στα πλαίσια της TBM συντήρησης, διαγνωστικοί έλεγχοι της λειτουργικής του κατάστασης. Όμως οι διαγνωστικοί αυτοί έλεγχοι και μετρήσεις δεν οδηγούν στην ανάληψη προληπτικής ή διορθωτικής δράσης βάση συγκεκριμένων τυποποιημένων οδηγιών και προγραμμάτων που αναμφισβήτητα θα ήταν σκόπιμο να είχαν ήδη υιοθετηθεί.

Παραδείγματα τέτοιων ελέγχων στον εξοπλισμό των υποσταθμών είναι:

- Μετρήσεις λαδιού Μ/Σ σε ετήσια βάση (Φυσικοχημικές, Αεριο χρωματογραφικές Φουρανικές).
- Ηλεκτρικές μετρήσεις (εφδ, χωρητικότητα, αντίσταση, μόνωση κτλ).
- Μετρήσεις εφδ & χωρητικότητας τυλιγμάτων.
- Μετρήσεις εφδ & χωρητικότητας των BUSHINGS.
- Μέτρηση της τάσης βραχυκύκλωσης.
- Μέτρηση της ωμικής αντίστασης των τυλιγμάτων.
- Μέτρηση της σχέσης μετασχηματισμού.
- Μέτρηση αντίστασης μόνωσης.
- Μέτρηση του ρεύματος μαγνήτιση.
- Θερμοσκόπηση όλου του εξοπλισμού (Μετασχηματιστές Ισχύος, Διακόπτες, Αποζεύκτες, Μετασχηματιστές Τάσης, Μετασχηματιστές Έντασης).

Επίσης, λαμβάνονται αποφάσεις για αντικαταστάσεις εξοπλισμού λόγω γήρανσης και αναξιοπιστίας μετά από εμφάνιση συχνών και συστηματικών σφαλμάτων. Ο πίνακας που ακολουθεί είναι κατατοπιστικός:

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ		
ΒΛΑΒΗ	ΠΗΓΗ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ	ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ	Λειτουργία προστασίας	Έλεγχος τάση βραχυκύκλωσης
		Έλεγχος χωρητικότητας
		Έλεγχος ρευμάτων διέγερσης
		Έλεγχος ωμικών αντιστάσεων
		Έλεγχος σχέσεων
		SFRA
		Οπτική επιθεώρηση
ΜΟΝΩΣΗΣ	Ετήσιος έλεγχος αερίων Λειτουργία προστασίας	εφδ
		Έλεγχος ωμικών αντιστάσεων
		Έλεγχος μονώσεων
		DGA (Dissolved Gas Analysis)
		Έλεγχος μερικών εκκενώσεων
ΘΕΡΜΙΚΗ	Ετήσιος έλεγχος αερίων Υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας	DGA (Dissolved Gas Analysis)

Εικόνα 5.2.2 – Εργαλεία Διάγνωσης Βλαβών σε Μ/Σ

Στον εξοπλισμό των Γραμμών Μεταφοράς εφαρμόζεται η πολιτική της προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης. Η συντήρηση των εναερίων Γραμμών Μεταφοράς δεν έχει περιοδικό χαρακτήρα, οι δε ανάγκες επέμβασης καθορίζονται βασικά από τις παρατηρήσεις των ελέγχων που γίνονται στις περιοδικές επιθεωρήσεις π.χ. ο μακροσκοπικός (οπτικός) έλεγχος των εμφανών σημείων των γραμμών που εφαρμόζεται στην ετήσια επιθεώρηση από το έδαφος ο προληπτικός (οπτικός) έλεγχος της κατάστασης ορισμένων ειδικών σημείων των γραμμών που εφαρμόζεται στην επιθεώρηση επταετίας με αναρρίχηση. Πιο συγκεκριμένα:

- Επιθεώρηση με οπτικό έλεγχο με στόχο τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων και δένδρων που προσεγγίζουν επικίνδυνα τους αγωγούς
- Θερμοσκόπηση σημείων σύνδεσης αγωγών για εντοπισμό πιθανών προβλημάτων
- Έλεγχος διάβρωσης μεταλλικών στοιχείων και θεμελιώσεων πύργων
- Μέτρηση αντίστασης γειώσεων
- Συντήρηση
- Εργασίες με βάση τα ευρήματα των επιθεωρήσεων:
 - Κοπή και κλάδεμα δέντρων με έμφαση στα ταχειανάπτυκτα, ευλύγιστα και τα δέντρα που ήδη πλησιάζουν τους αγωγούς
 - Καθαρισμός Τετραγώνων Έδρασης Πυλώνων με έμφαση στους Τερματικούς Πύργους

Τα σημαντικά ζητήματα της θερινής περιόδου με τις έκτακτες δυσμενείς συνθήκες που πρέπει να αντιμετωπιστούν εγκαίρως έχουν καταγραφεί στην παράγραφο 2.3 της παρούσας μελέτης που αφορά την Προληπτική Συντήρηση.

Τέλος, εφαρμόζεται σε κάποιο εξοπλισμό, σε ειδικές επιθεωρήσεις χωρίς περιοδικό χαρακτήρα, προληπτικός έλεγχος της λειτουργικής του κατάστασης και κατ' επέκταση επέμβαση αν κριθεί σκόπιμο όπως:

- Θερμοσκόπηση αγωγών φάσης, πιεστικών συνδέσμων και κοχλιωτών επαφών αγωγών φάσης
- Μέτρηση της αντίστασης γειώσεως πύργων
- Έλεγχος διάβρωσης μεταλλικών στοιχείων σκελών/θεμελιώσεων πύργων
- Έλεγχος κατάστασης αγωγού εδάφους

5.3 Διεθνής Πραγματικότητα αναφορικά με τις Στρατηγικές Συντήρησης του εξοπλισμού

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να υπογραμμίσουμε αρχικά ότι οι πληροφορίες σχετικά με τις ακριβείς δραστηριότητες, τις εργασίες, τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό της συντήρησης, δηλαδή την εξειδίκευση των στρατηγικών συντήρησης, που εφαρμόζονται από μεγάλες ηλεκτρικές εταιρείες άλλων χωρών δεν είναι κάτι που κοινοποιείται και δημοσιεύεται εύκολα, μάλλον πολύ δύσκολα έως και καθόλου. Στις ιστοσελίδες των μεγάλων εταιρειών αυτών – που κατά τα άλλα στους περισσότερους τομείς δραστηριοτήτων είναι πολύ αναλυτικές – δεν θα βρούμε κάτι παραπάνω από μια απλή αναφορά στο θέμα της συντήρησης του εξοπλισμού των δικτύων.

Ο λόγος είναι μάλλον αρκετά απλός: η οργάνωση, ο προγραμματισμός κι η ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης της συντήρησης δεν αποτελεί εμπορεύσιμο προϊόν για τις εταιρείες ηλεκτρισμού (εκτός κι αν λειτουργεί παράλληλα και τομέας ή θυγατρική εταιρεία που παρέχει σχετικές συμβουλευτικές υπηρεσίες σε άλλες επιχειρήσεις), δεν είναι κάτι που μπορεί να πωληθεί. Μάλιστα, ενδεχόμενη αποκάλυψη της αναλυτικής εφαρμογής μιας εξαιρετικά

επιτυχημένης κι αποδοτικής μεθοδολογίας συντήρησης μιας επιχείρησης μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας θα υπονόμει σημαντικά τη θέση της στο παγκοσμιοποιημένο τοπίο της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, θα μείωνε την ανταγωνιστικότητά της και εν τέλει την εμπορική της αξία. Για το λόγο αυτό καμία επιχείρηση δεν μπορεί να ρισκάρει να απολέσει κάποιο σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα το οποίο διατηρεί έναντι άλλων ομοειδών επιχειρήσεων, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του μεριδίου που κατέχει στην απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Έτσι, η όποια πληροφόρηση παρέχεται μέσα από papers που παρουσιάζονται σε συνέδρια διεθνών επιστημονικών ενώσεων (IEEE-Transaction on Power, CIGRÉ, CIREN κ.ά.) από τις ίδιες τις επιχειρήσεις (μπορούμε να πούμε δηλαδή ότι επιλέγουν οι ίδιες τι θα δημοσιοποιήσουν, πότε, σε τι επίπεδο και σε τι βαθμό ανάλυσης), καθώς από ημερίδες ανταλλαγής εμπειριών, από συζητήσεις σε (κλειστά) διεθνή forum κτλ.

Προχωρώντας στην ουσία του θέματος της παραγράφου αυτής, μπορούμε γενικά να πούμε ότι η μέθοδος συντήρησης που εφαρμόζουν οι μεγάλες ηλεκτρικές εταιρείες δεν είναι ξεκάθαρα μια εκ των Corrective Maintenance, T.B.M., C.B.M., R.C.M., αλλά συνήθως ένας κατάλληλος συνδυασμός αυτών ανάλογα του εξοπλισμού, των διαθέσιμων υλικών, του ανθρώπινου δυναμικού, της τεχνογνωσίας, της πολυπλοκότητας, των απαιτήσεων σε αξιοπιστία και διαθεσιμότητα του ηλεκτρικού δικτύου και κυρίως της νοοτροπίας της κάθε εταιρείας (σε αλληλεπίδραση φυσικά με τη νοοτροπία του κοινωνικού συνόλου).

Επίσης, ισχύει ότι οι περισσότερες εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας έχουν εγκαταλείψει την πρακτική της T.B.M. και έχουν προχωρήσει στην πολιτική συντήρησης του εξοπλισμού τους βάσει της κατάστασής του ενσωματώνοντας τα αναγκαία συστήματα συνεχούς δυναμικής παρακολούθησης (on line monitoring systems) στα δίκτυά τους, υιοθετώντας κατάλληλα "εργαλεία" διάγνωσης, ανάλυσης των δεδομένων των μετρήσεων και ακολούθως προγραμματισμού και λήψης των βέλτιστων αποφάσεων αναφορικά με τη συντήρηση. Όλα αυτά οδηγούν στην εφαρμογή της Συντήρησης βάσει της κατάστασης (Condition Based Maintenance – C.B.M.).

Όμως, πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι σε (σχεδόν) όλες τις περιπτώσεις πια, είτε η C.B.M. αντικαθίσταται σταδιακά από την R.C.M. (ή με την ποσοτικοποιημένη μορφή της, την R.C.A.M. – Reliability Centered Asset Maintenance) και τεχνικές διαχείρισης του ρίσκου (Risk Management), είτε μιλάμε για ένα συνδυασμό των μεθόδων RCM και CBM

Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

- Σλοβενία – Elektroinsitut Milan Vidmar: On-line Monitoring για Μ/Σ.
- Πολωνία – Energo-Complex: Παρακολούθηση της Κατάστασης των Μ/Σ και Διακοπών, χρήση Διαγνωστικών Μεθόδων για την εκτίμηση της Κατάστασης και για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με συντήρηση (με μια από τις διαθέσιμες μεθόδους ανάλογα και με την σημαντικότητα του τμήματος του εξοπλισμού) ή την αντικατάστασή του.
- Γαλλία – RTE: Συντήρηση CBM (και υπολογισμός δεικτών αξιοπιστίας) στον βασικό εξοπλισμό των Υποσταθμών GIS.

- Ελβετία – AREVAT&DAG και Αγγλία – NationalGrid: Βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ωφέλιμης διάρκειας ζωής του εξοπλισμού Υ/Σ με χρήση στοχαστικών αλγορίθμων (χρησιμοποιεί πτυχές της RCM)
- Ισπανία – Red Eléctricade España (REE): Χρήση RCM για τη συντήρηση (που καταλήγει στην εφαρμογή CBM, Preventive Maintenance ή πολιτικής αντικαταστάσεων) και έμφαση στη σωστή διαχείριση κι οργάνωση των πληροφοριών καθώς στη μεταφορά της γνώσης μέσα στην επιχείρηση.
- Ισπανία – Red Eléctricade España (REE): (αλλού) Χρήση της CBM η οποία εφαρμόζεται στο σύνολο των μηχανημάτων (Μ/Σ Ισχύος, Διακόπτες, Α/Ζ, Μ/Σ Τάσης κι Έντασης)
- Ιαπωνία – Toshiba Corporation, Mitsubishi ElectricCorp., Japan AE Power SystemsCo.: Συνδυασμός των μεθόδων RCM και CBM για τον σημαντικό εξοπλισμό
- Ισπανία – Asea Brown Boveri (ABB) S.A.: Σταδιακή εφαρμογή των μεθόδων R.C.M., Risk Based Planning (RBP), Performance Based Service Contracts (PBC) στον εξοπλισμό των δικτύων μεταφοράς και διανομής.
- Γερμανία – Siemens AG: Χρήση της μεθόδου R.C.A.M. (Reliability Centered Asset Maintenance) σε Υποσταθμούς Υ.Τ.
- Ρουμανία – NOVA Industrial S.A., SMARTS.A., CN Transelectrica S.A.: Χρήση της CBM για την παρακολούθηση κι εκτίμηση της κατάστασης του εξοπλισμού των Υ/Σ
- Αυστραλία – ETSAUilities: Χρήση Condition Monitoring και διάφορων Διαγνωστικών Μεθόδων για την εκτίμηση της κατάστασης και την απόφαση για Συντήρηση ή εφαρμογή πολιτικής αντικατάστασης
- Γαλλία – RTE: Σταδιακή εφαρμογή της RCM σε συνδυασμό με ελέγχους του εξοπλισμού σε καθορισμένα διαστήματα
- Τσεχία – CEPS: Συνδυασμός CBM και Προληπτικής Συντήρησης βασισμένης στο Χρόνο (πιλοτική εφαρμογή RCM)
- Αγγλία – EDF (London): Εφαρμογή μεθόδου CBM (που λαμβάνει υπόψη και την σημαντικότητα του εξοπλισμού)
- Ισλανδία – Landsvirkjun: Αποτελείται από δύο εταιρείες Παραγωγή &Μεταφορά. Η εταιρεία μεταφοράς χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα: Marketing, Λειτουργία Συστήματος, Υπηρεσίες Συστήματος & Προγραμματισμός. Ο προγραμματισμός, ο σχεδιασμός και η κατασκευή αποτελούν δραστηριότητες της Μεταφοράς.

Πολιτική συντήρησης

Μέχρι το 1994 η Landsvirkjun εφαρμόζε διορθωτική και προβλεπτική συντήρηση. Στην συνέχεια προσανατολίστηκε στην Συντήρηση με Βάση την Κατάσταση (Condition Based Maintenance). Ξεκίνησαν με ελέγχους στους διακόπτες ΥΤ και σήμερα πραγματοποιούν ελέγχους διαλελυμένων στο λάδι αερίων σε όλους τους Μ/Σ Ισχύος.

Για τον έλεγχο αξιοπιστίας της συντήρησης χρησιμοποιούν δύο μεθόδους:

- Μελέτες λειτουργικότητας και κινδύνου(HASOR: Hazardand Operability Studies)

Στόχος αυτών των μελετών είναι ο έλεγχος του Συστήματος ώστε να ανιχνευτούν τα αδύναμα σημεία του και να προσδιοριστούν τα προβλήματα του. Ανάλυση με επιπλέον τεχνικές είναι δυνατό να εφαρμοστεί ώστε να κατανοηθούν οι αιτίες και οι συνέπειες αυτών των προβλημάτων.

- Τεχνικές συντήρησης με βάση την αξιοπιστία (RCM: Reliability Center Maintenance)

Η συντήρηση με βάση την αξιοπιστία αφορά μέθοδο για τον καθορισμό των αναγκών συντήρησης και ανταλλακτικών. Μπορεί επίσης να παράσχει πληροφόρηση σχετικά με την κατάσταση του εξοπλισμού και για το λόγο αυτό να χρησιμοποιηθεί για:

- καθορισμό προγραμμάτων προβλεπτικής συντήρησης
- καθορισμό προγραμμάτων επιθεώρησης
- Βάση για βελτίωση υπαρχόντων προγραμμάτων συντήρησης
- να αποκαλυφθούν οι απαιτούμενες σχεδιαστικές βελτιώσεις
- να καθοριστούν οι βέλτιστες απαιτήσεις για ανταλλακτικά
- γενικό έλεγχο της κατάστασης κάθε ελεγχόμενου μηχανήματος

Η εν λόγω μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε κρίσιμες μονάδες και εξαρτήματα και η εμπειρία τους έχει δείξει ότι σε σχέση με την μέθοδο HASOR απαιτεί περισσότερο χρόνο και προσπάθεια.

Άλλοι παράγοντες εκτός από την αξιοπιστία και τις μελέτες κινδύνου, που επηρεάζουν τις αποφάσεις συντήρησης είναι οι στατιστικές διαταραχές βάσει των οποίων αποφασίζεται πού θα εφαρμοστεί RCM, επιθεωρήσεις και ανιχνευτικές μετρήσεις καθώς επίσης και η εμπειρία του τεχνικού προσωπικού. Για την διαχείριση των συντηρήσεων δεδομένου ότι οι οικονομικές παράμετροι παίζουν εξίσου σημαντικό" ρόλο με τις τεχνικές χρησιμοποιούν διάφορα εργαλεία. Ένα από αυτά είναι το τεχνικό αρχείο εμπλουτισμένο με στοιχεία βλαβών, λειτουργική συμπεριφορά του υλικού.

Γερμανία – Wuttenberg AG

Η πολιτική συντήρησης που εφαρμόζαν για τον Η/Μ εξοπλισμό, έχει περάσει διάφορα στάδια. Αρχικά εφαρμόζαν την προβλεπτική συντήρηση (TBM), στην συνέχεια υιοθέτησαν την ανιχνευτική συντήρηση (CBM). Το τελευταίο στάδιο αυτής της εξέλιξης είναι η συντήρηση βασισμένη στην αξιοπιστία (RCM). Η βασική αρχή αυτής της μεθόδου είναι η υποστήριξη της ανιχνευτικής συντήρησης λαμβάνοντας υπόψη την σημαντικότητα του κάθε μηχανήματος στο δίκτυο. Έτσι στο σύνολο του εξοπλισμού εφαρμόζεται ανιχνευτική συντήρηση (CBM), όμως οι προτεραιότητες της συντήρησης τίθενται βάση της σημαντικότητας κάθε μηχανήματος στο δίκτυο. Είναι λοιπόν εμφανές ότι τα σημαντικότερα μηχανήματα θα συντηρούνται σε πιο τακτά χρονικά διαστήματα από ότι τα λιγότερο σημαντικά. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται η αξιοπιστία του δικτύου.

Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου γίνεται με χρήση εργαλείων λογισμικού, τα οποία μπορεί η ίδια η εταιρία να αναπτύξει ή να τα προμηθευτεί από την αγορά. Η εμπειρία που έχουν αποκομίσει από την εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να συνοψιστεί στα εξής:

- Η εκτίμηση της κατάστασης των μηχανημάτων δίνει στοιχεία για την κατάσταση του δικτύου
- Αποκαλύπτονται τα αδύναμα σημεία του δικτύου τα οποία μπορούν να "θεραπευτούν" με επιπρόσθετη συντήρηση
- Η κατάταξη των μηχανημάτων σύμφωνα με την λειτουργική τους κατάσταση και την σημαντικότητά τους στο δίκτυο, καθώς και ο συνδυασμός τους επιτρέπει σε έναν περιορισμένο προϋπολογισμό συντήρησης να διατεθεί ορθολογικά
- Η διαδικασία αξιολόγησης των μηχανημάτων αποκρυσταλλώνει την εμπειρία και την γνώση του προσωπικού συντήρησης και την μετατρέπει σε κατάλληλο λογισμικό διαθέσιμο προς χρήση διαχρονικά

Βασισμένοι στην θετική εμπειρία, τα επόμενα βήματα που προγραμματίζουν είναι:

- Η εφαρμογή της μεθόδου στα πιο σημαντικά μηχανήματα όπως Μ/Σ Ισχύος, Διακόπτες Ισχύος και Μ/Σ μετρήσεων
- Η επέκταση της μεθόδου σε άλλους τύπους μηχανημάτων όπως Αποζεύκτες καθώς και σε γραμμές Μεταφοράς.

Ολλανδία – NUON Infracore

Οι Ολλανδικές ηλεκτρικές εταιρίες, αντιμετωπίζοντας τις επιπτώσεις της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας, αντιδρούν η κάθε μία διαφορετικά στις πιέσεις που έχουν στόχο την μείωση των λειτουργικών τους εξόδων.

Μέχρι σήμερα η συντήρηση από εργολάβους (outsourcing) στις εταιρίες αυτές περιοριζόταν μόνο σε περιπτώσεις φόρτου εργασίας και σε τομείς όπως κατασκευή και συντήρηση κτιρίων. Δραστηριότητες δηλαδή άλλες από την βασικές τους (π.χ. συντήρηση Η/Μ εξοπλισμού). Τώρα όμως πολλές εταιρίες αναθεωρούν αυτή την πρακτική και προσανατολίζονται στην όλο και περισσότερο κάλυψη των αναγκών συντήρησης μέσω εργολαβίας.

Γαλλία – EDF

Η μέτρηση των μερικών εκκενώσεων κατά την δοκιμή επαγομένης τάσης προσδιορίζει και την διηλεκτρική κατάσταση της μόνωσης του Μ/Σ. Πιο συγκεκριμένα, ένα διηλεκτρικό πρόβλημα στη μόνωση του Μ/Σ οδηγεί στην δημιουργία μερικών εκκενώσεων οι οποίες προκαλούν ωστικά κύματα. Με χρήση υπερήχων μορφοτροπέων (ultra sonic transducers) οι οποίοι προσαρμόζονται στο κέλυφος του Μ/Σ είναι δυνατό να εκτιμηθούν οι χρόνοι αναπαραγωγής και οι αποστάσεις μεταξύ των υπερήχων πηγών και Τ(W αισθητήρων. Στην συνέχεια ο εντοπισμός της πηγής των μερικών εκκενώσεων υπολογίζεται με τριγωνοποίηση.

Για βελτίωση των παραπάνω δοκιμών η EDF προμηθεύτηκε στο τέλος του 1998 φορητή συσκευή για παροχή επαγομένης τάσης σε Μ/Σ Ισχύος. Η πηγή αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για:

- Ελέγχους Μ/Σ σε περιπτώσεις σφαλμάτων – Ο Μ/Σ τροφοδοτείται με επαγομένη τάση από 0 ως 1,3 Un (όπου Un η ονομαστική τάση του Μ/Σ).

- Επαναξιολόγηση των Μ/Σ μετά από επί τόπου (on-site) επισκευές, με τροφοδότηση επαγομένης τάσης από 0 ως 1,7 Un ώστε να επιβεβαιωθεί η διηλεκτρική αντοχή του Μ/Σ (σύμφωνα με το IEC 76.3).

Εμπειρία από την επί τόπου χρήση της συσκευής

Από το τέλος του 1998 και μέχρι περίπου το τέλος του 2000 έλεγξαν 13 Μ/Σ. Οι 8 ελέχθησαν μετά από επί τόπου επισκευή για εκτίμηση της διηλεκτρικής τους αντοχής και οι υπόλοιποι σε προσπάθεια εντοπισμού σφάλματος (μετά από λειτουργία Η/Ν Buchholz, αυξημένα διαλυμένα αέρια κτλ.). Στους 4 από τους 5 αυτούς έγινε επιτυχώς ο εντοπισμός του σφάλματος.

Στην περίπτωση των Γραμμών Μεταφοράς, οι περισσότερες ηλεκτρικές εταιρείες εφαρμόζουν μεθόδους προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης που βασίζονται όμως όλο και περισσότερο στη διάγνωση της κατάστασης του εξοπλισμού (Condition-Based Maintenance–CBM), ενώ κάποιες έχουν προχωρήσει και στη Συντήρηση με βάση την Αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance – RCM). Αξιοσημείωτο είναι ότι έχουν καθιερώσει την από αέρος επιθεώρηση ως ένα από τα κύρια διαγνωστικά εργαλεία που βοηθούν στον προγραμματισμό της προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Condition Based Maintenance (C.B.M.) ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

6.1 Εισαγωγή

Όπως έχει σημειωθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, η λογική, η μέθοδος αλλά και ο εξειδικευμένος εξοπλισμός για την εφαρμογή της CBM συνδυάζεται βέλτιστα και εξαιρετικά αποδοτικά με ένα ολοκληρωμένο σύστημα (που περιλαμβάνει και λογισμικό) Διαχείρισης Παγίων, με Υπολογιστικά Συστήματα Διαχείρισης της Συντήρησης αλλά και με πτυχές της μεθόδου RCM.

Αυτό που παρατηρείται δηλαδή σε ευρεία κλίμακα είναι ότι τα συστήματα δυναμικής παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού δεν μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα και αποκομμένα, γιατί στην περίπτωση αυτή δεν είναι αποτελεσματικά και θα αποτελούν μια επένδυση που δεν θα αποφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα για την επιχείρηση.

Αντιθέτως, θα πρέπει να συνδυάζονται και να πλαισιώνονται από τα προαναφερθέντα πληροφοριακά συστήματα που είναι απαραίτητα για την ορθή συλλογή των δεδομένων, την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση αλλά και την αποτελεσματική ροή της πληροφορίας προκειμένου να οδηγηθούμε σε ένα αξιόπιστο και αποδοτικό Σύστημα Λήψης Αποφάσεων για τις εργασίες της Συντήρησης. Να υπογραμμίσουμε για μια ακόμη φορά ότι η CBM, όπου εφαρμόζεται, ενσωματώνει κάποιους δείκτες αξιοπιστίας, κρισιμότητας και σημαντικότητας του εξοπλισμού αλλά και επιπτώσεων των βλαβών (σε μια κατεύθυνση συνδυασμού της CBM με την ποσοτικοποιημένη RCM).

Στο Κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε κάποια πραγματικά παραδείγματα εφαρμογής της Condition Based Maintenance καθώς και, ενδεικτικά, κάποια προϊόντα που διατίθενται στο εμπόριο και εκτελούν on-line condition monitoring.

6.2 Παράδειγμα εφαρμογής της CBM σε Μ/Σ και Διακόπτες (Η.Π.Α.)

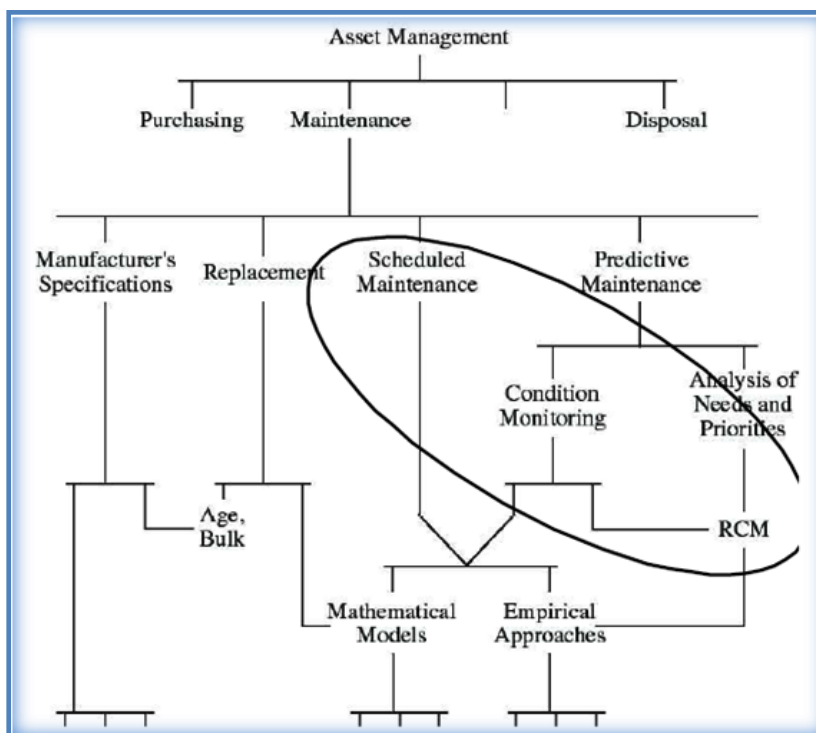
Η μέθοδος που περιγράφεται παρακάτω αφορά τον «Βέλτιστο Προγραμματισμό της Συντήρησης με Παρακολούθηση της Κατάστασης Διακοπών και Μετασχηματιστών Ισχύος».

Ένα εκτενές ερευνητικό πρόγραμμα του Power Systems Engineering Research Center των Η.Π.Α. είχε ως αντικείμενο την ανάπτυξη ενός αυτοματοποιημένου συστήματος για το βέλτιστο σχεδιασμό της συντήρησης συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη την λειτουργική κατάσταση των διακοπών και των μετασχηματιστών ισχύος. Η μέθοδος μπορεί να επεκταθεί έτσι ώστε να λαμβάνει υπόψη και τη λειτουργική κατάσταση και άλλου εξοπλισμού των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (καλώδια, πυκνωτές κ.α.).

Βασικοί στόχοι του πρότζεκτ αυτού ήταν: α) να αναπτύξει τα αναλυτικά μοντέλα και τις μεθόδους εκείνες που θα κάνουν χρήση των δεδομένων της πραγματικής λειτουργικής κατάστασης των παρακολουθούμενων μηχανημάτων προκειμένου να λαμβάνονται οι βέλτιστες αποφάσεις σχετικά με την κατανομή των εργασιών συντήρησης και τον αποδοτικό προγραμματισμό αυτών, β) να φτιαχτεί το απαραίτητο λογισμικό που θα διασφαλίζει την αυτόματη και συνεχή ενσωμάτωση νέων δεδομένων και πηγών πληροφοριών (από το monitoring) κάθε φορά που θα ανατροφοδοτείται και θα ανανεώνεται ο προγραμματισμός των εργασιών της συντήρησης. Οι σύγχρονες προσεγγίσεις στη συντήρηση συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας τις οποίες ενσωματώνει η μέθοδος αυτή είναι οι ακόλουθες:

A.) Συντήρηση με βάση την κατάσταση (Condition Based Maintenance)(CBM) όπου η ενεργοποίηση των εργασιών συντήρησης γίνεται όταν τα δεδομένα από την κατάσταση του εξοπλισμού υποδεικνύουν σχετική ανάγκη.

B.) Συντήρηση με Βάση την αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance) (RCM) όπου ο προγραμματισμός της συντήρησης γίνεται με βάση την πιθανότητα εμφάνισης σχετιζόμενων ενδεχομένων βλάβης και των επιπτώσεων που αυτά έχουν στη λειτουργία του συστήματος.



Εικόνα 6.2 – Εποπτική εικόνα της Διαχείρισης Παγίων & Μεθόδων Συντήρησης

Στις μεθόδους αυτές ενσωματώνονται και αλγόριθμοι βελτιστοποίησης με περιορισμούς που αφορούν το οικονομικό κόστος της συντήρησης, τη διαθεσιμότητα των συνεργείων και τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης. Τα ενδεχόμενα βλάβης και τα δεδομένα λειτουργικής κατάστασης αφορούν τους

διακόπτες και τους μετασχηματιστές ισχύος για τρεις κυρίως λόγους: (1) το κόστος συντήρησης του εξοπλισμού αυτού αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους συντήρησης των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, (2) τα ενδεχόμενα βλάβης επηρεάζουν σημαντικά την αξιοπιστία του συστήματος, (3) οι σύγχρονοι υποσταθμοί περιλαμβάνουν υποδομή για τεχνολογίες παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού αυτού.

Η πλήρης μεθοδολογία για το βέλτιστο προγραμματισμό συντήρησης που αναπτύχθηκε από το Power Systems Engineering Research Center και το σχετιζόμενο λογισμικό που αναπτύχθηκε αποτελείται από επτά υποενότητες:

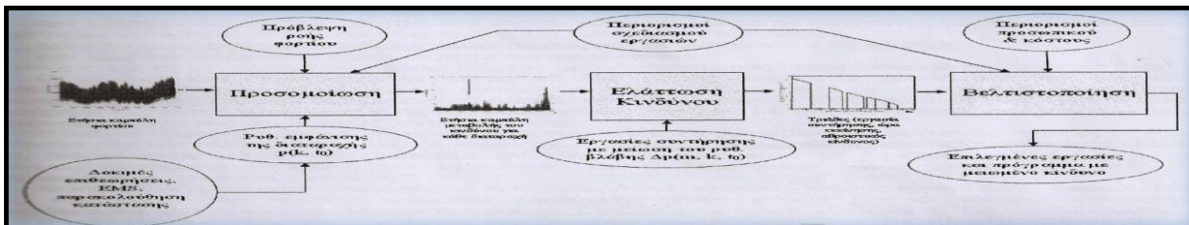
1. Αναγνώριση των ενδεχομένων βλάβης. Η αναγνώριση και αναλυτική καταγραφή των ενδεχομένων βλάβης για τους μετασχηματιστές και διακόπτες ισχύος όπως επίσης και των αντίστοιχων εργασιών συντήρησης του συγκεκριμένου εξοπλισμού σχετίζεται άμεσα με την εκτίμηση της επίδρασης της συντήρησης στο ρυθμό βλάβης του εξοπλισμού αυτού.
2. Εκτίμηση του ρυθμού βλάβης. Περιλαμβάνει την εκτίμηση πιθανοτικών δεικτών αξιοπιστίας όπως ο ρυθμός και ο χρόνος εμφάνισης βλάβης με χρήση στατιστικών δεδομένων από την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού ή την περιοδική επισκόπηση και δοκιμές
3. Μελέτη διαταραχών και εκτίμηση κινδύνου. Προσομοιώνεται για διάστημα ενός έτους η εμφάνιση διαταραχών στο υπό μελέτη δίκτυο από έναν συγκεκριμένο κατάλογο με ενδεχόμενα βλάβης του εξοπλισμού (γραμμές, μετασχηματιστές διακόπτες) και εκτιμάται ο δείκτης κινδύνου που αφορά την κάθε διαταραχή. Ο δείκτης κινδύνου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα εμφάνισης της διαταραχής, το κόστος στο σύστημα από την πιθανή ανάγκη επανακατανομής φορτίου (redispatch cost) και το κόστος στον εξοπλισμό από ζημιά, επανορθωτική συντήρηση, αντικατάσταση. Η επίδραση εργασιών συντήρησης στο δείκτη κινδύνου μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση σχετικής προσομοίωσης.
4. Μεσοπρόθεσμος προγραμματισμός εργασιών συντήρησης. Αναπτύχθηκαν αλγόριθμοι και υπολογιστικά προγράμματα που αφορούν την επιλογή και τον προγραμματισμό των εργασιών συντήρησης στο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με τεχνοοικονομικά κριτήρια και χρονικό ορίζοντα ενός ημερολογιακού έτους. Το διάστημα αυτό υποδιαιρείται σε μικρότερα υπό διαστήματα (π.χ. μίας εβδομάδας) και θεωρώντας μία καμπύλη προβλεπόμενης ζήτησης φορτίου, εντοπίζεται το πρόγραμμα εργασιών συντήρησης με το οποίο βελτιστοποιούνται συγκεκριμένα κριτήρια αξιοπιστίας κόστους συντήρησης ή κινδύνου όπως αυτά επιλέγονται να οριστούν. Το σύστημα αυτό παρουσιάζεται στο διάγραμμα εικόνα 6.2.
5. Μακροπρόθεσμος προγραμματισμός εργασιών συντήρησης. Δημιουργήθηκε ένας κατάλογος προτεινόμενων εργασιών συντήρησης για χρονικό ορίζοντα μεγαλύτερο του ενός έτους ώστε να χρησιμοποιείται ως είσοδος στη μέθοδο του μεσοπρόθεσμου προγραμματισμού συντήρησης που αναφέρθηκε προηγουμένως.

6. Ανάπτυξη ολοκληρωμένου μοντέλου διαχείρισης των στατιστικών δεδομένων
7. Σύγχρονος σχεδιασμός υπολογιστικού μοντέλου λογισμικού. Υιοθετήθηκαν πολυπρακτορικά (multi-agent) συστήματα, ώστε να διευκολύνεται η επικοινωνία ανάμεσα στις ενότητες προγραμμάτων και η επεκτασιμότητα του λογισμικού. Επίσης τα πολυπρακτορικά συστήματα είναι μία εξαιρετική προσέγγιση σύγχρονου σχεδιασμού υπολογιστικών συστημάτων όταν υπάρχουν απαιτήσεις καταμεμημένης επεξεργασίας δεδομένων και υπολογισμών, όπως συμβαίνει στο ζήτημα της διαχείρισης παγίων.

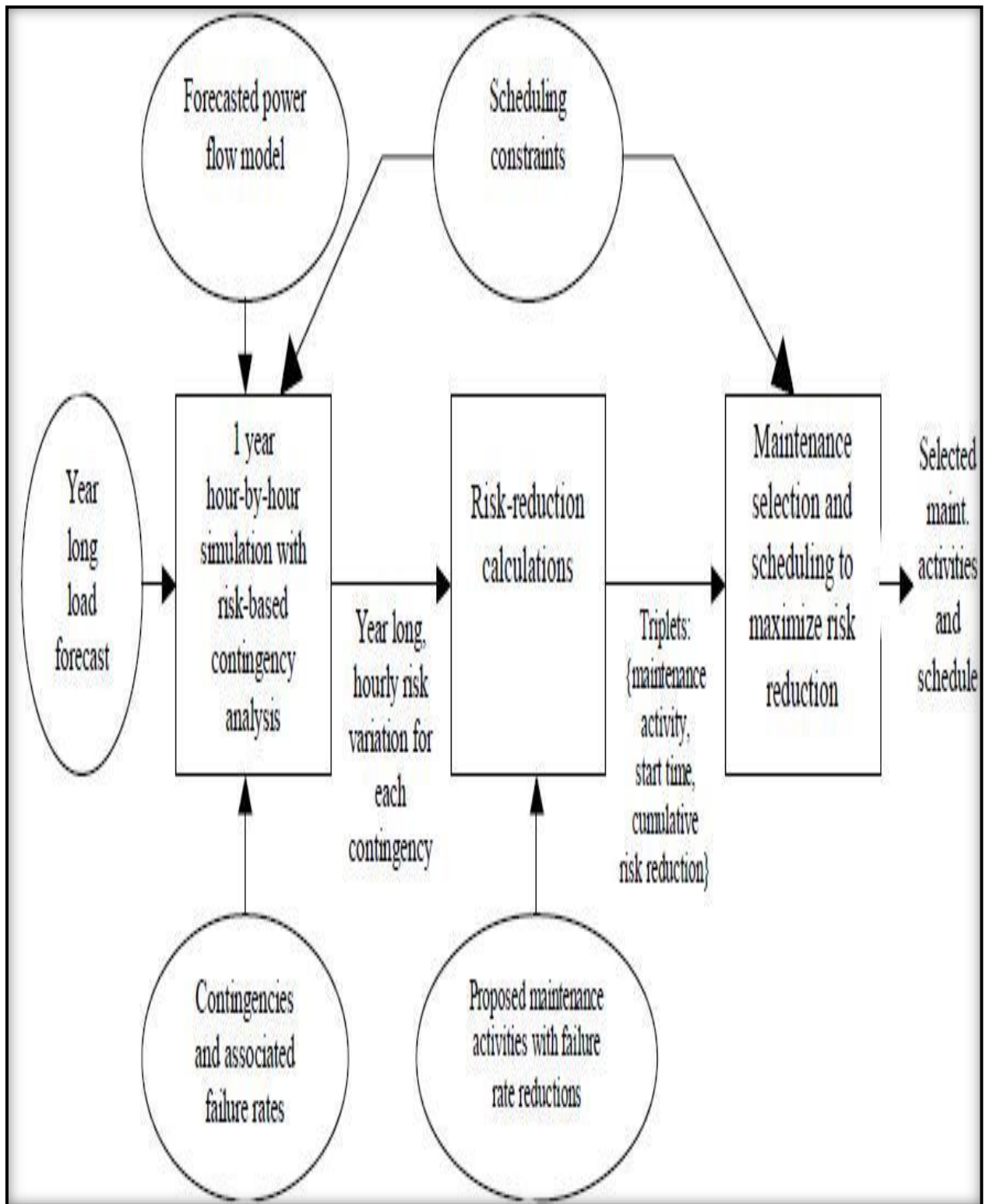
Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ένα μπλοκ διάγραμμα του συστήματος μεσοπρόθεσμου προγραμματισμού των εργασιών συντήρησης. Αρχικά, χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από τις δοκιμές και τις επιθεωρήσεις, το EMS (Energy Management System) και την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού (condition monitoring) έτσι ώστε να εκτιμηθούν οι ρυθμοί βλάβης του εξοπλισμού που δημιουργούν τις διαταραχές στο δίκτυο (contingency failures). Στη συνέχεια, αυτοί οι ρυθμοί βλάβης που χαρακτηρίζουν τα πιθανά χαρακτηριστικά της κάθε διαταραχής εισάγονται μαζί με την προβλεπόμενη ετήσια καμπύλη ζήτησης φορτίου, τους ενδεχόμενους φυσικούς περιορισμούς που χαρακτηρίζουν το σύστημα και τα σχετικά μαθηματικά μοντέλα εκτίμησης κινδύνου στον προσομοιωτή του μεσοπρόθεσμου προγραμματισμού εργασιών συντήρησης, έτσι ώστε να υπολογιστεί η ετήσια ωριαία καμπύλη μεταβολής των δεικτών κινδύνου για κάθε διαταραχή. Αυτή η καμπύλη εισάγεται στο δεύτερο στάδιο του υπολογιστικού μοντέλου μαζί με τις εκτιμήσεις από ένα σχετιζόμενο κατάλογο εργασιών συντήρησης με εκτιμώμενη μείωση του ρυθμού βλάβης ώστε να υπολογιστούν οι τρεις παράμετροι:

- εργασία συντήρησης
- ώρα εκκίνησης εφαρμογής
- αθροιστικός δείκτης κινδύνου

Στο τρίτο στάδιο, οι τρεις αυτές παράμετροι σε συνδυασμό με περιορισμούς προϋπολογισμού και προσωπικού εισάγονται σε μία διαδικασία βελτιστοποίησης ώστε να επιλεγεί το βέλτιστο πρόγραμμα εργασιών συντήρησης με βάση συγκεκριμένα κριτήρια.



Εικόνα 6.2α – Διάγραμμα για τον Προγραμματισμό των Εργασιών της συντήρησης



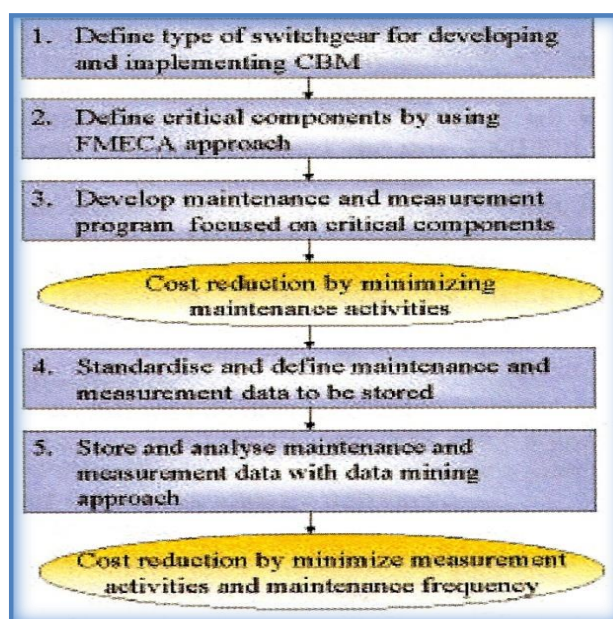
Εικόνα 6.2β– Διάγραμμα για τον Προγραμματισμό των Εργασιών της συντήρησης

6.3 Επιτυχημένη Εφαρμογή C.B.M. στην Ολλανδία (το παράδειγμα εφαρμογής σε Διακόπτες στην NUON InfraCore και στην ENECO)

Στην περίπτωση αυτή η προσέγγιση της μεθόδου CBM χρησιμοποιήθηκε με κύριο στόχο να μειώσει το κόστος της συντήρησης χωρίς να έχει αυτό αρνητικές συνέπειες για την τεχνική κατάσταση των διακοπών. Σημαντικό είναι να υπογραμμίσουμε ότι η συντήρηση και οι δραστηριότητες παρακολούθησης της κατάστασης και διαγνωστικών μετρήσεων και ελέγχων επικεντρώνονται στον κρίσιμο/σημαντικό εξοπλισμό (αυτός καθορίζεται με κριτήρια που θα αναφέρουμε παρακάτω).

Αφού λοιπόν καθοριστεί ο τύπος των διακοπών στους οποίους θα εφαρμόσουμε την μέθοδο CBM, ακολουθεί η εφαρμογή μιας διαδικασίας προσδιορισμού του τρόπου αστοχίας, των επιπτώσεων βλαβών και της σημαντικότητας των συνεπειών των αστοχιών – είναι η επονομαζόμενη FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis), την οποία έχουμε αναφέρει και αναλύσει και προηγουμένως στο Κεφάλαιο 3^ο

Με την διαδικασία αυτή καθορίζουμε επακριβώς τα κρίσιμα και σημαντικά τμήματα του εξοπλισμού που έχουμε επιλέξει (του συγκεκριμένου τύπου διακοπών) και στη συνέχεια εφαρμόζουμε στον εξοπλισμό αυτό έναν συνδυασμό μεθόδων συντήρησης και μετρήσεων παρακολούθησης της κατάστασης.



Διάγραμμα 6.4 – Η δομή του προγράμματος C.B.M.

Τα βήματα της μεθόδου όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 6.4 είναι επιγραμματικά τα ακόλουθα:

- 1) Προσδιορισμός του συγκεκριμένου τύπου/κατηγορίας διακοπών στους οποίους θα επιλέξουμε να εφαρμοστεί η μέθοδος CBM:

Γίνεται σαφές ότι είναι αδύνατη η άμεση εφαρμογή συντήρησης με βάση την κατάσταση σε όλους τους διακόπτες ενός Υ/Σ εξαιτίας της πληθώρας διακοπών διαφορετικού τύπου. Για το λόγο αυτό λαμβάνουμε υπόψη τα ακόλουθα κριτήρια για την επιλογή του πιο ελκυστικού, για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου συντήρησης, τύπου διακοπών :

- Τωρινό κόστος συντήρησης ανά διακόπτη
- Τωρινός χρόνος διακοπής λειτουργίας για συντήρηση
- Ρίσκο πρόκλησης βλαβών λόγω συντήρησης (εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του διακόπτη)
- Το μέγεθος του πληθυσμού τους
- Ηλικία και προβλεπόμενη διάρκεια ζωής
- Τωρινή συμπεριφορά του διακόπτη ως προς τις βλάβες και συχνότητα εμφάνισής τους

Για παράδειγμα ένας μικρός πληθυσμός διακοπών μεγάλης πολυπλοκότητας με υψηλό κόστος συντήρησης μπορεί να είναι το ίδιο ελκυστικός με ένα μεγαλύτερο πληθυσμό απλούστερων διακοπών.

2) Εφαρμογή της μεθόδου Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA): Εδώ πρέπει να προσδιοριστούν τα κρίσιμα/σημαντικά τμήματα από το σύνολο των αρχικά επιλεγέντων διακοπών (δεύτερη φάση επιλογής). Για να γίνει αυτός ο κάθε διακόπτης χωρίζεται σε υποσυστήματα, π.χ. θα μπορούσαμε να καθορίσουμε τις κατηγορίες των μηχανικών, διηλεκτρικών, πρωτευόντων, δευτερευόντων και υποσυστημάτων οδήγησης/ελέγχου του διακόπτη. Όλα τα εξαρτήματα και υποσυστήματα καθώς και η συμπεριφορά βλαβών τους κατηγοριοποιούνται με βάση τέσσερα κριτήρια που θα αναφέρουμε παρακάτω. Τα κριτήρια αυτά επικεντρώνουν κυρίως στην τεχνική και πρακτική σκοπιά και δεν συμπεριλαμβάνουν την οπτική της διαχείρισης ρίσκου, π.χ. ένας συγκεκριμένος διακόπτης που βρίσκεται σε ένα αστικό κέντρο έχει την ίδια σημασία με έναν ίδιο διακόπτη σε ένα απομακρυσμένο χωριό και με έναν ίδιο πάλι διακόπτη που συνδέει μια σημαντική βιομηχανία με το δίκτυο. Τα κριτήρια βαρύτητας είναι:

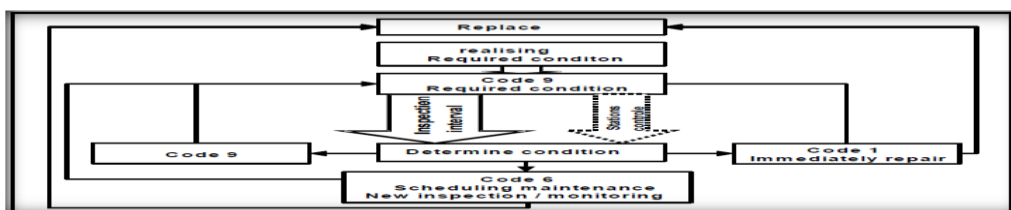
- Συχνότητα αστοχιών, με τιμές: **0** – Καμία καταγεγραμμένη αστοχία, **1** – Συχνότητα αστοχιών μικρότερη από μια φορά ανά έτος, **2** – Συχνότητα μεγαλύτερη από μια φορά το χρόνο
- Επίπτωση αστοχίας στην παροχή ενέργειας/ισχύος, με τιμές: **0** – Καμία επίδραση, **1** – Επίπτωση μόνο στο κύκλωμα το οποίο είναι απευθείας συνδεδεμένο με τον εν λόγω διακόπτη, **2** – Επίπτωση σημαντική σε περισσότερα κυκλώματα
- Κόστος επιδιόρθωσης, με τιμές: **0** – Ελάχιστο έως μηδενικό κόστος, **1** – Κόστος < 3.000€, **2** – Κόστος > 3.000€
- Επίπτωση στο περιβάλλον, με τιμές: **0** – Μόνο τεχνικές συνέπειες, **1** – Επίπτωση στην ασφάλεια.

Ο τελικός υπολογισμός γίνεται πολλαπλασιάζοντας τις τιμές από τα τέσσερα κριτήρια. Φυσικά, η βαρύτητα των κριτηρίων εξαρτάται από τη φιλοσοφία, τη στοχοθεσία και τις ανάγκες/απαιτήσεις της κάθε εταιρείας. Ο εξοπλισμός

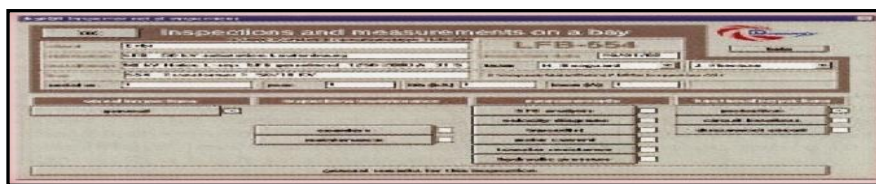
κατατάσσεται ανάλογα με την ανιχνευσιμότητα των βλαβών, την διαγνωσιμότητα ή την αντικαταστασιμότητα (ανάγκη να γίνεται αντικατάσταση του τμήματος του εξοπλισμού). Για παράδειγμα ένα εξάρτημα πρέπει να αντικαθίσταται σε συχνή βάση εάν ο τρόπος αστοχίας του δεν είναι ανιχνεύσιμος ή εάν δεν μας συμφέρει οικονομικά να παρακολουθούμε την κατάστασή του. Για όλον τον άλλο εξοπλισμό πρέπει να καταστρώνεται ένα βελτιστοποιημένο πρόγραμμα επιθεωρήσεων και διαγνωστικών ελέγχων που θα περιλαμβάνει σημεία επιθεώρησης και τύπους ελέγχου/μετρήσεων ανάλογα με την FMECA που έχει προηγηθεί. Βέβαια, η εμπειρία από την εφαρμογή του προγράμματος έδειξε ότι μόνο ένα εξάρτημα έπρεπε να αντικαθίσταται σε τακτική βάση (έπρεπε να αντικαθίσταται κάθε 10^ο χρόνο και όχι κάθε 3^ο χρόνο όπως γινόταν πριν με το πρόγραμμα TBM).

3.) Προγραμματισμός εργασιών συντήρησης και ελέγχων/επιθεωρήσεων/μετρήσεων: Για να εκτελεστεί το βήμα αυτό θα πρέπει να καθοριστούν τα αποδεκτά όρια με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα του βήματος που προηγήθηκε, πάνω από τα οποία είναι απαραίτητη η συντήρηση (π.χ. αποτέλεσμα πολλαπλασιασμού των τεσσάρων κριτηρίων της FMECA να είναι μεγαλύτερο του 1 ή του 2 ανάλογα με την πολιτική της εταιρείας για τον συγκεκριμένο τομέα). Επίσης πρέπει να καθοριστούν τα επίπεδα που ενεργοποιούν (καθιστούν αναγκαίες) την έναρξη δραστηριοτήτων επιθεώρησης, συντήρησης ή αντικατάστασης. Στο σημείο αυτό έχουμε το πρώτο άμεσο κέρδος από την εφαρμογή του προγράμματος που αφορά την μείωση του κόστους και του χρόνου της συντήρησης λόγω εφαρμογής της συντήρησης στον κρίσιμο εξοπλισμό μόνο να σημειώσουμε ότι πρόκειται για σημαντική εξοικονόμηση.

4.) Καθορισμός των δεδομένων μετρήσεων και συντήρησης που πρέπει να αποθηκεύονται: Είναι απαραίτητη η χρήση κατάλληλου και προσαρμοσμένου λογισμικού, όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.3α. Το λογισμικό αυτό πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να υποστηρίζει τους τεχνικούς στην εφαρμογή του CBM παρέχοντας μια συνολική διαχείριση και καταγραφή του προγράμματος συντήρησης που εφαρμόζεται. Έτσι αποφεύγεται η επανάληψη ή παράλειψη εργασιών συντήρησης, η παρακολούθηση της ορθής εκτέλεσής τους, η αναλυτικότερη καταγραφή και αποθήκευση όλων των απαραίτητων δεδομένων, και εν τέλει το λογισμικό αυτό αποτελεί ένα απαραίτητο και εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των τεχνικών, των στελεχών και των υπευθύνων της συντήρησης όπου θέλουμε να εφαρμόσουμε την μέθοδο CBM.

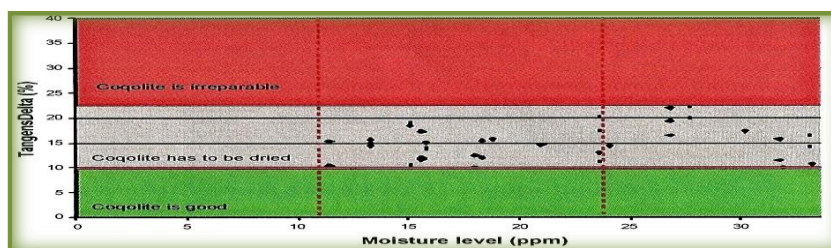


Εικόνα 6.3α – Οθόνη λογισμικού Inspector



Εικόνα 6.3.β – Απόφαση για τις αναγκαίες εργασίες ανάλογα με την κατάσταση

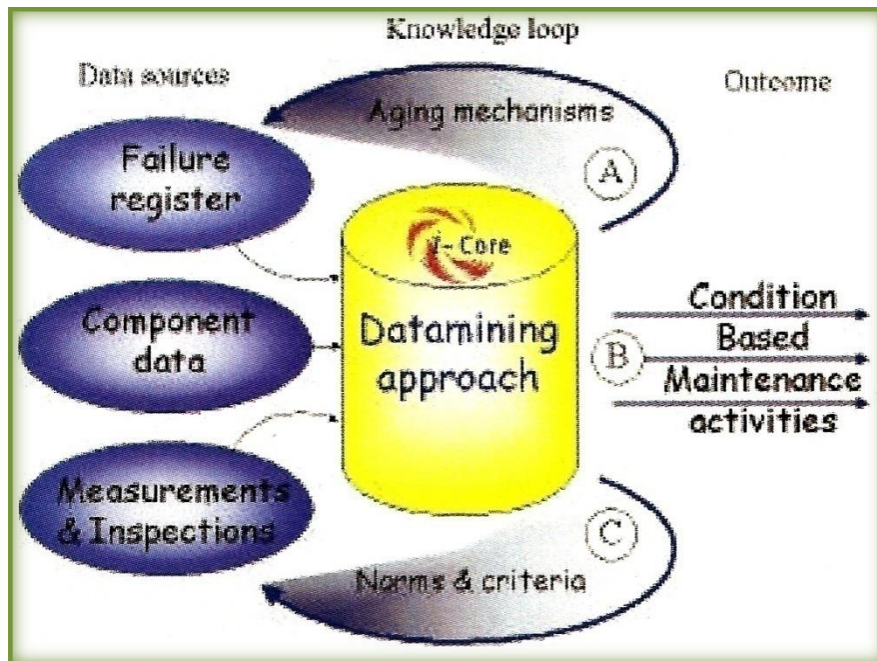
5.) Προσέγγιση της διαδικασίας «Εξόρυξης Δεδομένων» (Data Mining Process) και Αποθήκευση Πληροφοριών: Στο σημείο αυτό επιτυγχάνεται η δεύτερη φάση κέρδους με το πρόγραμμα. Αυτό γίνεται συλλέγοντας αναλυτικά δεδομένα της κατάστασης του επιλεγέντος εξοπλισμού και χρησιμοποιώντας εφαρμογές ενδεδειγμένες και αναλυτικότερης καταγραφής και ανάλυσης όλων των δυνατών τύπων δεδομένων (και «κρυμμένων» πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση), προκειμένου να προκύψουν οι περισσότερες δυνατές πληροφορίες σχετικά με την διαδικασία γήρανσης του σημαντικού εξοπλισμού.



Εικόνα 6.3.γ – Παρακολούθηση και κατανόηση της διαδικασίας γήρανσης του εξοπλισμού

Η δεύτερη αυτή φάση κέρδους με το πρόγραμμα καθίσταται εφικτή διότι με την Data Mining Analysis μπορούμε πολύ καλύτερα και ευκολότερα να προσαρμόσουμε τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων συντήρησης και ελέγχων/επιθεωρήσεων/μετρήσεων στους μηχανισμούς γήρανσης του κρίσιμου εξοπλισμού.

Η διαδικασία που ονομάζεται «Data Mining Process» και χρησιμοποιεί ως δεδομένα εισόδου («input data») τη γνώση γύρω από τους μηχανισμούς αστοχίας ως κατευθυντήριες γραμμές για την διαδικασία παρακολούθησης του κρίσιμου εξοπλισμού και την διεξαγωγή μετρήσεων και ελέγχων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα («output») τον προσδιορισμό των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης με βάση την στρατηγική CBM.



Εικόνα 6.3δ – Η διαδικασία «Data Mining Process»

Όλη αυτή η διαδικασία βελτιστοποίησης των διαδικασιών συντήρησης είχε ως αποτέλεσμα τόσο την μείωση του αριθμού των εργασιών συντήρησης και των δραστηριοτήτων ελέγχου και μετρήσεων, όσο και την σημαντική εξοικονόμηση πόρων και χρημάτων από την μειωμένη συχνότητα διεξαγωγής των εργασιών συντήρησης και των μετρήσεων.

Τελικά, η εφαρμογή της μεθόδου αυτής της Συντήρησης με βάση την Κατάσταση (CBM) είχε το εντυπωσιακό αποτέλεσμα η τελική μείωση του συνολικού κόστους για την συντήρηση να προσεγγίζει τα ποσοστά μείωσης του 30%-35% και 30%-50% (για δυο εφαρμογές της μεθόδου, που δημοσιεύθηκαν το 2003 και το 2007 αντίστοιχα, και οι δυο στην Ολλανδία από τις ίδιες εταιρείες).

Εν κατακλείδι σημειώνεται ότι επιπρόσθετα και συμπληρωματικά με τη μέθοδο που αναπτύχθηκε, οι θερμογραφικές επιθεωρήσεις χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο, σήμερα, στα συστήματα μέσης και υψηλής τάσης με αποτέλεσμα η γνώση των μηχανισμών εμφάνισης βλαβών στα εξαρτήματα μέσης και υψηλής τάσης να έχει αυξηθεί. Επίσης, η διαδικασία που αναλύθηκε δεν πρέπει να ιδωθεί σαν μια πεπερασμένη μέθοδος αλλά σαν ένας δομημένος τρόπος να συλλεχθούν όλο και περισσότερες και νέες μάλιστα πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργική συμπεριφορά των διακοπών. Εξάλλου, η πληροφορία αυτή υπογραμμίζει την ανάγκη για μια υπεύθυνη συντήρηση ακόμα κι αυτό δεν έχει ως αποτέλεσμα την εντυπωσιακή μείωση του συνολικού κόστους.

6.4 Η μέθοδος του Decision Maintenance Grid (DMG)(Labib, 2004)(μέθοδος Πλέγματος Αποφάσεων Συντήρησης)

Παραθέτουμε τη μέθοδο αυτή που βελτιστοποιείται με την εφαρμογή μιας αρκετά μοντέρνας στρατηγικής συντήρησης, της Συντήρησης Ακριβείας – Design Out Maintenance (DOM). Η DOM βασίζεται στην κεντρική φιλοσοφία της RCM και την εξελίσσει αρκετά δίνοντας έμφαση στην κατάστρωση ενός εύκολου στην κατανόηση και τη χρήση Συστήματος Λήψης Αποφάσεων που έχει στόχο να καθοδηγήσει τους υπεύθυνους της συντήρησης στην προσπάθειά τους να καθορίσουν τις αναγκαίες δραστηριότητες και εργασίες συντήρησης, αντικατάστασης ή λειτουργίας ως τη βλάβη, αφού έχουν συλλέξει τα δεδομένα κι έχουν υπολογίσει τους σχετικούς δείκτες σημαντικότητας, κατάστασης κι επιπτώσεων που έχουν επιλέξει. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται το λεγόμενο Πλέγμα Αποφάσεων Συντήρησης (Decision Maintenance Grid-DMG).

Δεν είναι δυνατόν φυσικά να εφαρμοστεί άμεσα, ή ακόμα και βραχυπρόθεσμα, στην συντήρηση του εξοπλισμού του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας η μέθοδος αυτή, αυτούσια και όπως παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο. Θα ήταν εκτός πραγματικότητας να προταθεί κάτι τέτοιο, παρ' όλα αυτά είναι αρκετά χρήσιμο να αντλήσουμε στοιχεία από την μέθοδο και όσον αφορά τον τρόπο κατάταξης/ιεράρχησης του εξοπλισμού επιλέγοντας κατάλληλους δείκτες αλλά και επίσης την κατάστρωση ενός απλού πλέγματος λήψης αποφάσεων που μας καθοδηγεί και μας υποδεικνύει την βέλτιστη απόφαση σχετικά με την συντήρηση.

Data Collection	✓	✓	✓	✓
Data Analysis		✓	✓	✓
Real Time			✓	✓
Network				✓
Decision Analysis	A Black Hole			
Price Range	£1k +	£10k +	£30k +	£40k +

Εικόνα 6.4 – Σημεία υστέρησης των CMMSs

Η μέθοδος αυτή έχει διαγνώσει ότι υπάρχει σοβαρή υστέρηση στα υπάρχοντα Συστήματα Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης (Computerized Maintenance Management Systems–CMMSs) στο κομμάτι της Ανάλυσης των συλλεχθέντων. Δεδομένων και Λήψης Αποφάσεων, όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα. Προτείνεται δε να ενσωματωθεί το εν λόγω λογικό διάγραμμα/δέντρο αποφάσεων (που θα δούμε παρακάτω) ως υπό εφαρμογή στα υπάρχοντα – κατά τα άλλα πολύ λειτουργικά και εύχρηστα – συμβατικά CMMSs, προκειμένου να καλύψει αυτή τη «μαύρη τρύπα» και το έλλειμμα λειτουργικότητας αναφορικά με το ζήτημα της «έξυπνης» ανάλυσης αποφάσεων και χάραξη στρατηγικής συντήρησης.

Τα είδη και οι στρατηγικές συντήρησης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

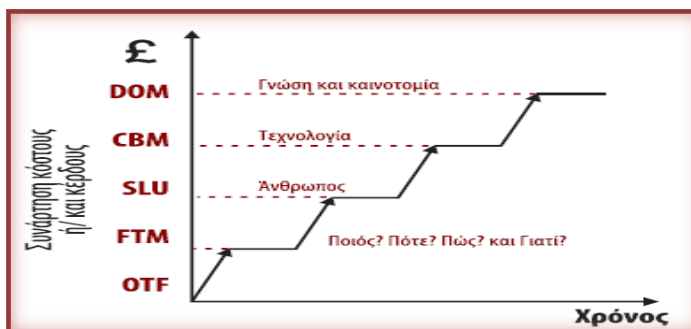


Εικόνα 6.4α – Βασικές στρατηγικές συντήρησης

Οι πολιτικές συντήρησης μπορούν να διαχωριστούν γενικά σε αυτές που εστιάζουν στην τεχνολογία, σε αυτές που εστιάζουν στο σύστημα, σε αυτές που εστιάζουν στη διαχείριση του ανθρώπινου παράγοντα και σε αυτές που εστιάζουν στην παρακολούθηση και τον έλεγχο. Η προτεινόμενη μέθοδος προσφέρει ένα χάρτη αποφάσεων που προσαρμόζεται στα συλλεχθέντα δεδομένα και υποδεικνύει την καταλληλότητα χρήσης των RCM, TPM, και CBM. Το πλέγμα αποφάσεων συντήρησης (Decision Maintenance Grid-DMG) είναι ένα μοντέλο που βοηθάει στην επιλογή μεταξύ εναλλακτικών μοντέλων συντήρησης. Το μοντέλο αναγνωρίζει 5 επίπεδα στρατηγικών συντήρησης που επιδρούν στην αποδοτικότητα.

Το μοντέλο λειτουργεί ως χάρτης όπου τοποθετούνται οι αποδόσεις των χειρότερων (υποδεέστερων) μηχανημάτων βάσει πολλαπλών κριτηρίων.

Στόχος είναι η εφαρμογή κατάλληλων ενεργειών σχεδίασης που θα οδηγήσουν στην αναβάθμιση των μηχανημάτων αναφορικά μετά πολλαπλά κριτήρια που τέθηκαν. Τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι: α) η κατάταξη των πολιτικών που σχετίζονται με τη σχεδίαση και β) ο καθορισμός προτεραιοτήτων των προτεινόμενων ενεργειών. Παρουσιάζεται στα διαγράμματα παρακάτω η εξέλιξη και κατάταξη των μεθόδων συντήρησης καθώς και το Πλέγμα Αποφάσεων Συντήρησης (DMG).



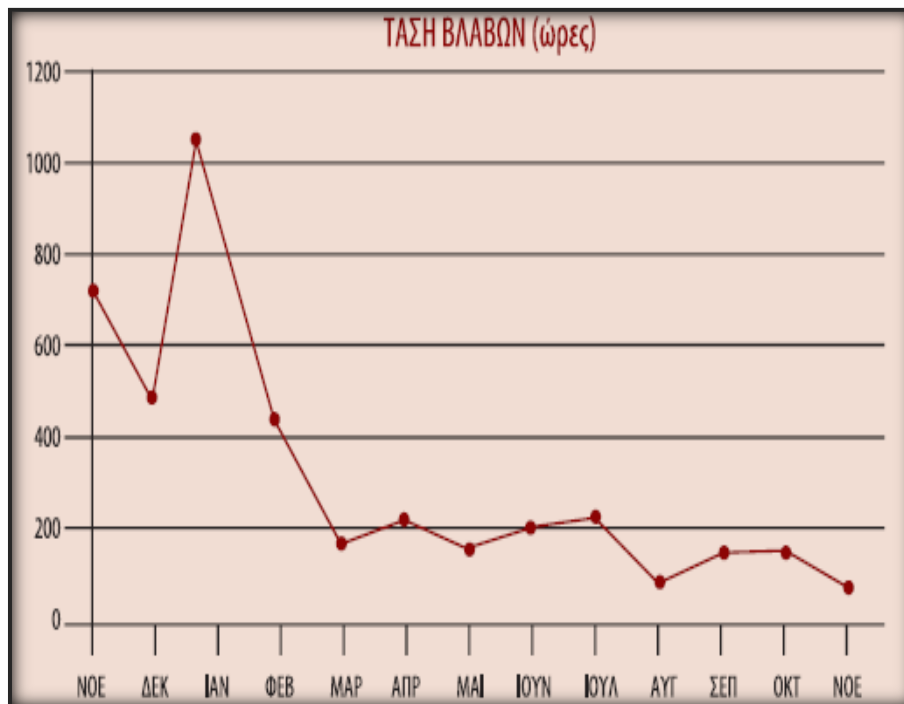
Εικόνα 6.4β – Εξέλιξη και κατάταξη πολιτικών συντήρησης

OTF (Operate to Failure): Λειτουργία μέχρι τη Βλάβη.
 SLU (Skill Level Upgrade): Αναβάθμιση επιπέδου εξειδίκευσης.
 CBM (Condition Based Maintenance): Συντήρηση Βασισμένη στην Κατάσταση.
 FTM (Fixed time Maintenance): Συντήρηση Σταθερού Χρόνου.
 DOM (Design Out Maintenance): Συντήρηση Ακριβείας και Σχεδιασμού.

		ΝΕΚΡΟΙ ΧΡΟΝΟΙ		
		ΧΑΜΗΛΟΙ	ΜΕΣΑΙΟΙ	ΥΨΗΛΟΙ
ΣΥΝΟΧΗΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	OTF	FTM	CBM
	ΜΕΣΙΑ	FTM	FTM	FTM
	ΥΨΗΛΗ	SLU	FTM	DOM

Εικόνα 6.4γ – Το Πλέγμα Λήψης Αποφάσεων για συντήρηση

Παρουσιάζεται παρακάτω η πραγματική εφαρμογή του DMG μέσω ενός πραγματικού παραδείγματος σε μια βιομηχανική περίπτωση.



Εικόνα 6.4δ – Γραμμή του συνολικού αριθμού βλαβών ανά μήνα

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΝΕΚΡΟΙ ΧΡΟΝΟΙ		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ		
	ΟΝΟΜΑ	ΝΕΚΡΟΙ ΧΡΟΝΟΙ (ώρες)	ΟΝΟΜΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (αριθ.)	
↑ ΗΨΗΛΟΙ ↓	Μηχάνημα[A]	30	Μηχάνημα[G]	27	↑ ΗΨΗΛΗ ↓
	Μηχάνημα[B]	20	Μηχάνημα[C]	16	
	Μηχάνημα[C]	20	Μηχάνημα[D]	12	
↑ ΜΕΣΑΙΟΙ ↓	Μηχάνημα[D]	17	Μηχάνημα[A]	9	↑ ΜΕΣΑΙΑ ↓
	Μηχάνημα[E]	16	Μηχάνημα [I]	8	
	Μηχάνημα[F]	12	Μηχάνημα[E]	8	
	Μηχάνημα[G]	7	Μηχάνημα[K]	8	
↑ ΧΑΜΗΛΟΙ ↓	Μηχάνημα[H]	6	Μηχάνημα[F]	4	↑ ΧΑΜΗΛΗ ↓
	Μηχάνημα [I]	6	Μηχάνημα[B]	3	
	Μηχάνημα [J]	4	Μηχάνημα[H]	2	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΩΝ 10 ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ:	138	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΩΝ 10 ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΩΝ:	97	
	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΛΩΝ:	155	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΛΩΝ:	120	
	ΠΟΣΟΣΤΟ:	89%	ΠΟΣΟΣΤΟ:	81%	

Εικόνα 6.4ε – Βήμα 1^ο ανάλυση των Κριτηρίων

Η περίπτωση αυτή καταδεικνύει την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου και την επίδρασή του στην απόδοση της διαχείρισης εξοπλισμού. Η εφαρμογή του μοντέλου παρουσιάζεται μέσω της εμπειρίας μιας εταιρίας κατά την απόπειρά της να επιτύχει υψηλού επιπέδου διαχείριση εξοπλισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Η συγκεκριμένη εταιρία εφάρμοσε το προτεινόμενο μοντέλο με αποτέλεσμα τη μείωση του μέσου μηνιαίου συνολικού νεκρού χρόνου από 800 ώρες σε λιγότερες από 100 ώρες όπως φαίνεται στο διάγραμμα παρακάτω. Στη συγκεκριμένη εταιρία υπάρχουν 130 μηχανήματα που ποικίλουν από ρομπότ και κέντρα εργαλειομηχανών έως πάγκους χειρονακτικής συναρμολόγησης. Σημειώστε ότι στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης χρησιμοποιούνται μόνο δύο κριτήρια (συχνότητα και νεκροί χρόνοι). Εάν συμπεριληφθούν περισσότερα κριτήρια, όπως το κόστος ανταλλακτικών και ο ρυθμός αχρήστευσης, το μοντέλο αποκτά πολλές διαστάσεις με χαμηλό, μεσαίο και υψηλό εύρος τιμών για κάθε αναγνωρισμένο κριτήριο. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτήν την περίπτωση περιελάμβανε τρία βήματα. Τα βήματα αυτά είναι:

- Ανάλυση Κριτηρίων,
- Χαρτογράφηση Αποφάσεων και
- Υποστήριξη Αποφάσεων.

Βήμα 1^ο – Ανάλυση των Κριτηρίων

Όπως επισημάνθηκε νωρίτερα απώτερος στόχος στη φάση αυτή είναι η ανάλυση τύπου Paretoδύο σημαντικών κριτηρίων, του Νεκρού Χρόνου που είναι η κύρια ανησυχία της παραγωγής και της Συχνότητας Κλήσεων Συντήρησης που είναι η κύρια ανησυχία της διαχείρισης εξοπλισμού.

Ο σκοπός είναι η αποτίμηση του πόσο άσχημα αποδίδουν τα χειρότερα μηχανήματα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ας πούμε για ένα μήνα. Τα μηχανήματα με τη χειρότερη απόδοση και στα δύο κριτήρια

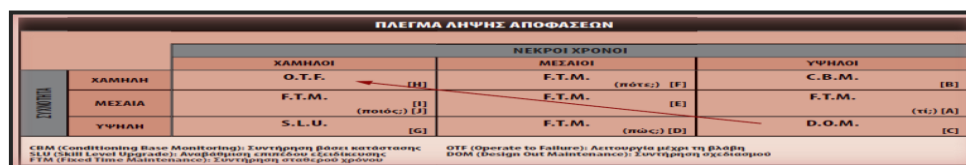
ομαδοποιούνται και κατατάσσονται σε υψηλές, μεσαίες και χαμηλές κατηγορίες. Τα όρια τιμών που καθορίζουν τις διάφορες κατηγορίες επιλέγονται έτσι ώστε τα μηχανήματα να μοιράζονται ομοιόμορφα στις τρεις κατηγορίες για κάθε κριτήριο. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο συνολικός αριθμός μηχανημάτων ανέρχεται στα 120. Στα μηχανήματα περιλαμβάνονται CNCμηχανές, ρομπότ και κέντρα εργαλειομηχανών.

Βήμα 2^ο – Χαρτογράφηση των Αποφάσεων

Ο στόχος στο βήμα αυτό είναι διπλός: η κατηγοριοποίηση των υψηλών, μεσαίων και χαμηλών ομάδων ούτως ώστε τα πραγματικά χειρότερα μηχανήματα και των δύο κριτηρίων να εντοπίζονται στο πλέγμα. Επιπλέον αποτυπώνεται η απόδοση των διαφορετικών μηχανημάτων και προτείνονται κατάλληλες ενέργειες. Το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση των μηχανημάτων στο «Πλέγμα Λήψης Αποφάσεων» που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.4ζ και, ακολούθως, η εισήγηση των αποφάσεων διαχείρισης εξοπλισμού στη διοίκηση. Το πλέγμα αυτό λειτουργεί ως χάρτης όπου τοποθετούνται οι αποδοτικότητες των χειρότερων μηχανημάτων βάσει πολλαπλών κριτηρίων.

Στόχος είναι η εκτέλεση κατάλληλων ενεργειών που θα οδηγήσουν στη μετατόπιση των μηχανημάτων προς το βορειοδυτικό τμήμα των χαμηλών νεκρών χρόνων κα της χαμηλής συχνότητας. Στην πάνω - αριστερή περιοχή, η ενέργεια προς εκτέλεση, ή ο εφαρμοζόμενος κανόνας, είναι η λειτουργία μέχρι τη βλάβη (operate to failure- OTF). Ο εφαρμοζόμενος κανόνας για την κάτω - αριστερή περιοχή είναι η αναβάθμιση του επιπέδου εξειδίκευσης (skill level upgrade- SLU) καθώς τα συλλεχθέντα δεδομένα βλαβών - υπό την

εποπτεία των μηχανικών συντήρησης - μαρτυρούν ότι το μηχάνημα [G] έχει δεχτεί πολλές επισκέψεις (υψηλή συχνότητα) μικρής χρονικής διάρκειας (χαμηλοί νεκροί χρόνοι).

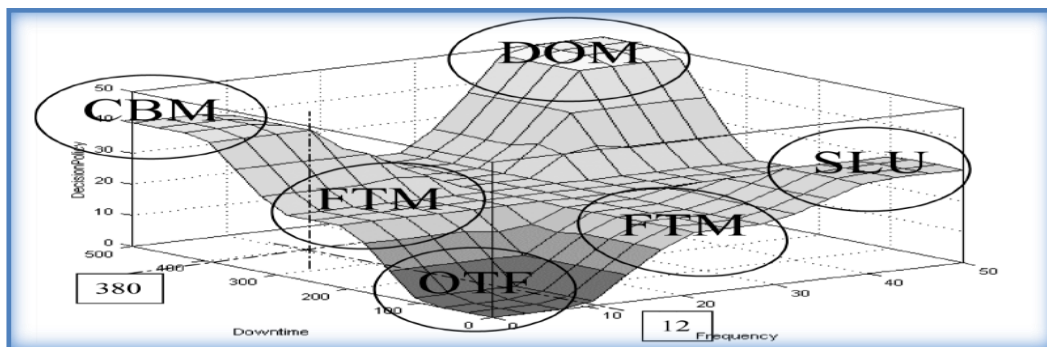


Εικόνα 6.4ζ – Βήμα 2^ο Πλέγμα Λήψης Αποφάσεων για την συντήρηση

Με άλλα λόγια η συντήρηση αυτού του μηχανήματος είναι σχετικά εύκολη υπόθεση και κατά συνέπεια θα μπορούσαν να την αναλάβουν οι ίδιοι οι χειριστές του μετά από κατάλληλη εκπαίδευση. Τα μηχανήματα που βρίσκονται στην πάνω – δεξιά περιοχή, όπως το μηχάνημα [B], είναι προβληματικά μηχανήματα, σε ορολογία συντήρησης αναφέρονται ως «δολοφόνοι» ("killers"). Δεν συχνά βλάβες (χαμηλή συχνότητα), αλλά όταν αυτό συμβεί απαιτείται η διακοπή της λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα (υψηλοί νεκροί χρόνοι). Σε τέτοιες περιπτώσεις η κατάλληλη ενέργεια είναι η ανάλυση των βλαβών και η στενή παρακολούθηση της κατάστασής τους, π.χ. συντήρηση βάσει κατάστασης (condition based maintenance- CBM).

Ένα μηχάνημα που εντάσσεται στην κάτω - δεξιά περιοχή θεωρείται μηχάνημα με τα χειρότερα χαρακτηριστικά και ως προς τα δύο κριτήρια. Είναι δηλαδή ένα μηχάνημα το οποίο οι μηχανικοί συντήρησης έχουν συνηθίσει να το βλέπουν συχνότερα να μη λειτουργεί παρά να εκτελεί κανονικά την αποστολή του. Ένα μηχάνημα αυτής της κατηγορίας, όπως το μηχάνημα [C], χρειάζεται δομικές αλλαγές και επανασχεδίαση και κατά συνέπεια η κατάλληλη ενέργεια προς εκτέλεση είναι η συντήρηση σχεδιασμού (design out maintenance- DOM).

Εάν κάποιος από τα προηγούμενα παρουσιάζει μεσαίου μεγέθους νεκρούς χρόνους ή συχνότητα, τότε η κατάλληλη ενέργεια είναι η συνέχιση με το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης. Όμως, δεν είναι όλα όσα ανήκουν στη μεσαία κατηγορία το ίδιο. Υπάρχουν κάποιες περιοχές που βρίσκονται κοντά στην πάνω - αριστερή γωνία όπου η εύκολη η συντήρηση σταθερού χρόνου (fixed time maintenance- FTM) καθώς βρισκόμαστε κοντά στην περιοχή λειτουργίας μέχρι τη βλάβη (OTF) και απαιτείται επαναπροσδιορισμός θεμάτων που αφορούν το ποιος θα εκτελέσει την εντολή ή το πότε θα εκτελεστεί η εντολή. Για παράδειγμα, τα μηχανήματα [I] και [J], βρίσκονται μεταξύ των περιοχών OTF και SLU και το ερώτημα αφορά το ποιος θα εκτελέσει την εντολή - ο χειριστής, ο μηχανικός συντήρησης ή ο υπεργολάβος. Επίσης, ένα μηχάνημα όπως το μηχάνημα [F] μετακινήθηκε από την περιοχή OTF εξαιτίας των σχετικά υψηλών νεκρών χρόνων του και κατά συνέπεια οι χρόνοι συντήρησής του θα πρέπει να επαναπροσδιοριστούν.



Εικόνα 6.4η – Οι «περιοχές» των διαφόρων στρατηγικών συντήρησης

Σε άλλες περιπτώσεις ο προγραμματισμός της προληπτικής συντήρησης πρέπει να επιμελείται με διαφορετικό τρόπο. Οι περιπτώσεις της δύσκολης συντήρησης σταθερού χρόνου είναι αυτές που συνδέονται με το περιεχόμενο των εντολών. Μπορεί να είναι περιπτώσεις όπου είτε επιλύεται το λάθος πρόβλημα είτε δεν επιλύεται επαρκώς το σωστό πρόβλημα. Σε τέτοιες περιπτώσεις τα μηχανήματα, όπως τα μηχανήματα [A] και [D] χρειάζεται να διερευνηθούν ως προς το περιεχόμενο των εντολών προληπτικής συντήρησης και είναι αναγκαία η συμβουλή των ειδικών.

6.5 Προϊόντα που διατίθενται στο εμπόριο για την C.B.M.

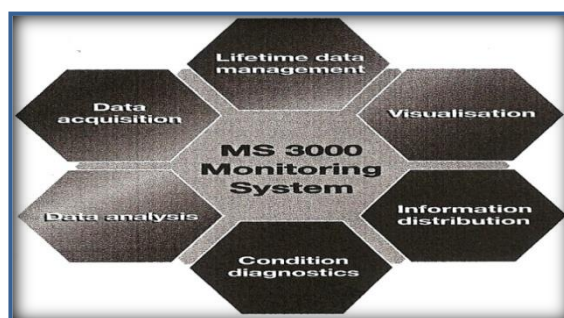
Όπως είναι γνωστό υπάρχει πληθώρα αξιόπιστων και λειτουργικών προϊόντων σχετικά το on-line condition monitoring και την εφαρμογή της Condition Based Maintenance. Εδώ θα παραθέσουμε εντελώς επιγραμματικά και ενδεικτικά κάποια από αυτά (εξάλλου τα εγχειρίδια με τις αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές τους παραδίδονται με την μελέτη αυτή, οπότε δεν θεωρείται σκόπιμη μια αναπαραγωγή των τεχνικών τους στοιχείων εδώ).

Το σημαντικό είναι να γίνει η κατάλληλη επιλογή εξειδικευμένου εξοπλισμού για την ικανοποίηση των ειδικών αναγκών της συντήρησης του εξοπλισμού του ελληνικού συστήματος ενέργειας και η εφαρμογή να προσαρμοστεί επακριβώς στις συγκεκριμένες απαιτήσεις. Θα ήταν καλό να υπάρχει ένας συνολικός σχεδιασμός του τι θέλουμε να εφαρμόσουμε σαν νέα στρατηγική συντήρησης, σε τι βαθμό και έκταση και σε ποιο τμήμα του εξοπλισμού, προκειμένου να γίνει και ο βέλτιστος συνδυασμός προϊόντων που θα προμηθευτούμε (αφού όπως έχουμε επισημάνει τα προϊόντα αυτά λειτουργούν βέλτιστα και γίνονται πιο αποδοτικά όταν συνδυάζονται και υποστηρίζονται το ένα με το άλλο κατάλληλα, δηλαδή ένα δεν είναι θεμιτό να προμηθευτούμε ένα on-line monitoring system χωρίς το κατάλληλο πληροφοριακό σύστημα συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων που θα οδηγήσει σε ένα σύστημα λήψης αποφάσεων για τη συντήρηση). Τέλος, θα πρέπει να γίνει ένας μειοδοτικός διαγωνισμός συνδυασμένος και με τεχνική αξιολόγηση προσφορών, αφού έχουν δημοσιευθεί οι τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις.

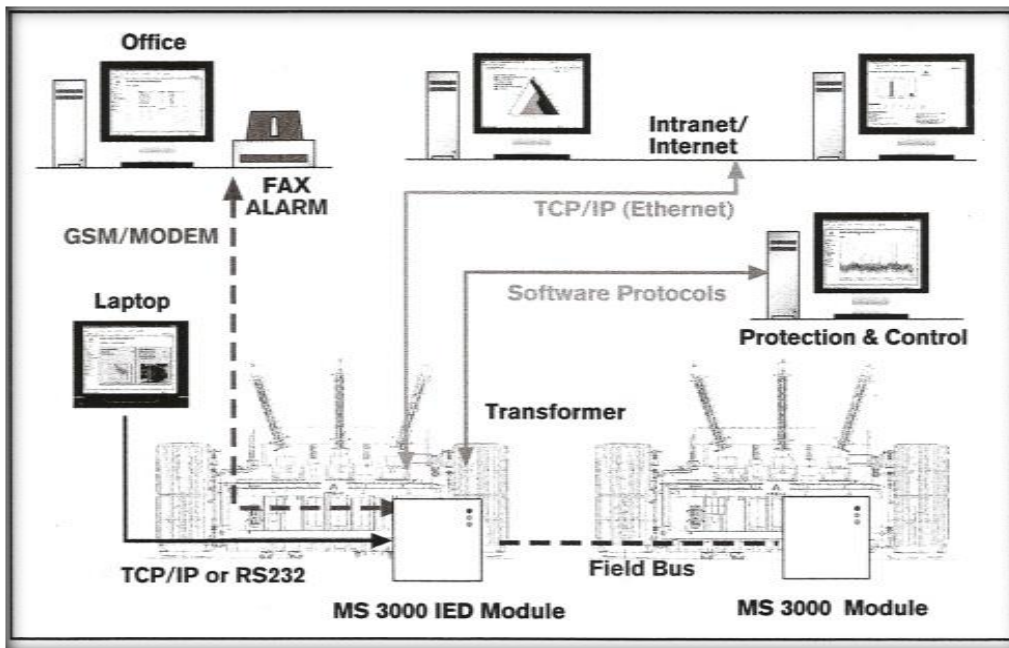
Θα παραθέσουμε εδώ:

- ❖ Σύστημα on-line monitoring για Μ/Σ με τη μέθοδο Dissolved Gas Analysis (DGA) της εταιρείας General Electric Energy (GE Energy)
- ❖ SEL-487E Transformer Protection Relay και SEL-487E Transformer Differential Relay της εταιρείας Schweitzer Engineering Laboratories (SEL)
- ❖ SEL-2414 Transformer Monitor της εταιρείας Schweitzer Engineering Laboratories (SEL)
- ❖ MS 3000 Monitoring System MS 3000 Software (on-line condition monitoring and expert system for power transformers) για Μ/Σ της εταιρείας AREVA T&D

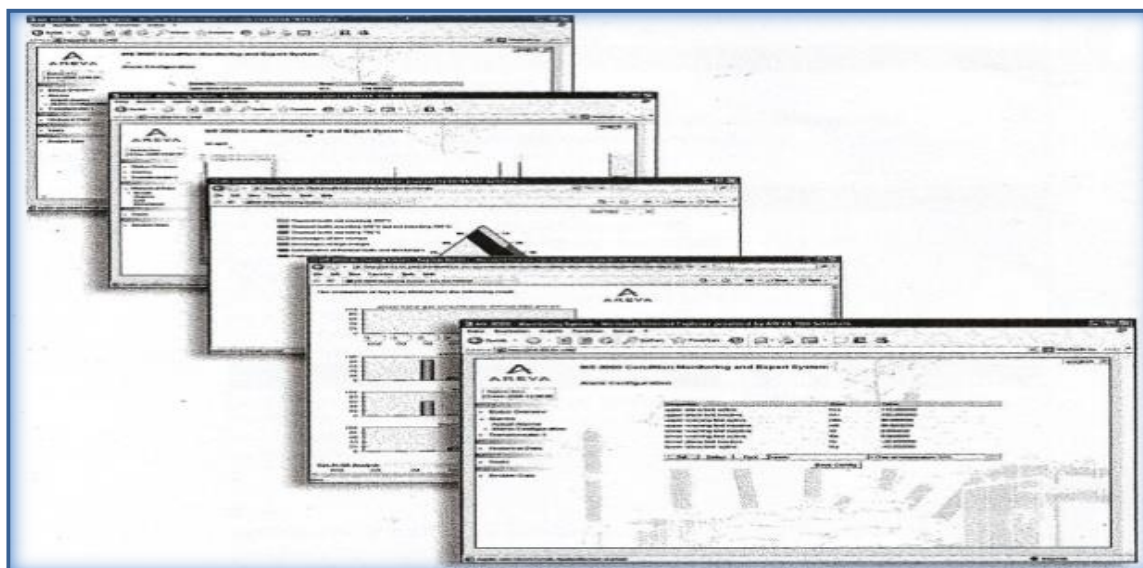
Τέλος παραθέτουμε κάποιες εικόνες αντιπροσωπευτικές για τον τρόπο λειτουργίας αυτού του εξοπλισμού:



Εικόνα 6.5 – Βασικά χαρακτηριστικά του MS 3000



Εικόνα 6.5α – Ροή των δεδομένων και επικοινωνία με το MS 3000



Εικόνα 6.5β – Οθόνες του λογισμικού MS 3000

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΣΤΟΧΟΙ – ΒΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

7.1 Εισαγωγή

Με βάση τα όσα έχουν περιγραφεί κι αναλυθεί εκτενώς στα προηγούμενα κεφάλαια, πρέπει να αξιοποιήσουμε την αποτίμηση της κατάστασης του ελληνικού συστήματος μεταφοράς καθώς και την μεγάλη χρησιμότητα της διεθνούς εμπειρίας σχετικά με την εφαρμογή σύγχρονων στρατηγικών συντήρησης, προκειμένου να καθορίσουμε – σε γενικές γραμμές αρχικά – τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει η «επόμενη μέρα» στον τομέα της συντήρησης στο ελληνικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και τα στάδια που είναι απαραίτητα για να περάσουμε στην επόμενη φάση.

Χρησιμοποιώντας την πλούσια διεθνή εμπειρία από την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων συντήρησης, όπως αυτή έχει παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια –με την υιοθέτηση κάποιων πρότυπων τρόπων εφαρμογής των σύγχρονων στρατηγικών (προσαρμόζοντάς τους φυσικά στις ανάγκες, την πραγματικότητα και τις απαιτήσεις του ελληνικού συστήματος αλλά και τη διαθεσιμότητα και τις δυνατότητες του προσωπικού της συντήρησης) και αξιοποιώντας την τεράστια εμπειρία και τεχνογνωσία των επιτελικών της συντήρησης και όλου του προσωπικού μπορούν να επιτευχθεί ο στόχος της βελτιστοποίησης κάθε διαδικασίας επιθεώρησης και συντήρησης. Κι αυτή βέβαια η χρήση μοντέρνων μεθόδων συντήρησης, βέβαια, θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας σε συνδυασμό με τις οικονομικές κατευθύνσεις της αγοράς ενέργειας.

Γενικότερα, όσον αφορά τη Διαχείριση των Παγίων το σύγχρονο ανταγωνιστικό παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον της απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας επιβάλλει τη βελτιστοποίηση αυτού που αποκαλούμε Asset Management τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική σκοπιά. Είναι αυτονόητο ότι η μεγάλη πλειονότητα των επιχειρήσεων ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν εξελιγμένα πληροφοριακά συστήματα για να επιτύχουν τους στόχους της βέλτιστης ποιότητας του παρεχόμενου προϊόντος (ισχύος), της μεγάλης αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας του συστήματος, της ασφάλειας του προσωπικού, της προστασίας του περιβάλλοντος, και όλα αυτά μέσα από το πρίσμα των ισχυρών πιέσεων για τη μείωση του κόστους λειτουργίας.

Ακόμη, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τις ανάγκες αλλά και τα όρια και τις αντοχές του Δικτύου. Διότι, εφόσον η προοπτική των φιλόδοξων έργων επέκτασής του βρίσκει διάφορα εμπόδια και καθυστερεί σε βαθμό που αυξάνει την επικινδυνότητα, τότε η βελτιστοποίηση των εργασιών συντήρησης και της λειτουργίας του συστήματος μπορεί να προσφέρει μια βραχυπρόθεσμη εναλλακτική λύση στην επέκταση που χρειάζεται το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Δεν είναι δυνατόν, όμως, να υποκαταστήσει σε μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο ορίζοντα τα αναγκαία έργα επέκτασης.

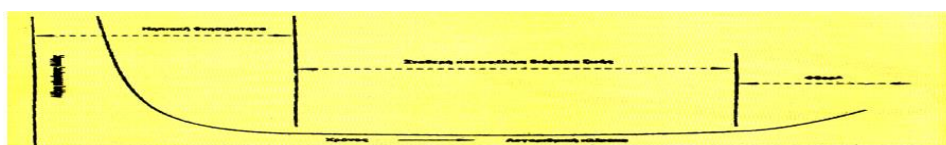
Τέλος, είναι αναγκαίο μέσα από συνεννόηση και συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων να αλλάξει και να αναπροσαρμοστεί το θεσμικό πλαίσιο προκειμένου να προχωρήσει η υλοποίηση σύγχρονων Στρατηγικών Συντήρησης βασισμένων στην Κατάσταση του Εξοπλισμού και την Αξιοπιστία του Συστήματος.

7.2 Η «επόμενη μέρα» στον τομέα της Συντήρησης στο Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

7.2.1 Αναγκαιότητα εγκατάλειψης της Time Based Maintenance

Έχουμε υπογραμμίσει τα μειονεκτήματα της μεθόδου TBM σε σύγκριση με την CBM πολύ αναλυτικά σε προηγούμενα κεφάλαια. Συνοψίζοντας και ολοκληρώνοντας την ανάλυση αυτή μπορούμε να σημειώσουμε τα ακόλουθα για την Προληπτική Συντήρηση βασισμένη στο Χρόνο και τη Λειτουργία ως τη Βλάβη.

Πολλές μελέτες και αναλύσεις έχουν δείξει ότι σαν αποτέλεσμα των προβλημάτων των παραδοσιακών μορφών συντήρησης, δηλαδή της Time Based Maintenance και της Λειτουργίας ως τη Βλάβη, τουλάχιστον το 33% του συνολικού κόστους συντήρησης οφείλεται σε μη απαραίτητες ή αναποτελεσματικές δράσεις συντήρησης. Η σημαντικότερη παράλειψη στους υπολογισμούς κόστους που γίνεται στην υιοθέτηση της Time Based Maintenance είναι το συνεπαγόμενο κόστος από το απρόβλεπτο σταμάτημα της παραγωγικής διαδικασίας λόγω της αστοχίας του εξαρτήματος/μηχανήματος. Εάν, δε, σκεφτεί κανείς ότι οι μέσες τιμές αστοχιών για τη «νηπιακή» περίοδο των μηχανημάτων είναι της τάξης του 12-16% καταλαμβάνει τη σημασία και το μέγεθος των πιθανών απωλειών.



Εικόνα 7.2.1 – Γραφική Παράσταση κύκλου ζωής εξαρτημάτων

Τα ανωτέρω εξηγούνται με το διάγραμμα 7.2 .1 Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται ο τυπικός κύκλος ζωής ενός εξαρτήματος/μηχανήματος και οι πιθανότητες αστοχίας του σε κάποια φάση της ζωής του. Η αποτύπωση του διαγράμματος αυτού ξεκίνησε από την εμπειρία της αεροδιαστημικής βιομηχανίας στις Η.Π.Α., αλλά η ισχύς του γρήγορα επεκτάθηκε σε όλη τη βιομηχανία. Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι ένα μηχάνημα έχει περισσότερες πιθανότητες να αστοχήσει όταν είναι καινούριο («νηπιακή θνησιμότητα»). Το διάγραμμα αυτό επίσης εξηγεί γιατί από ένα χρονικό σημείο και πέρα η Λειτουργία ως τη Βλάβη μπορεί να φαίνεται πιο οικονομική προσέγγιση από την Time Based Maintenance.

Τόσο στην Time Based Maintenance όμως όσο και στη Λειτουργία ως τη Βλάβη είναι φανερό ότι οι πιθανότητες αστοχίας ενός μηχανήματος εξακολουθούν να υπάρχουν και πριν αλλά και μετά από κάθε παρέμβαση της

συντήρησης. Για ένα μηχάνημα για παράδειγμα που προορίζεται να ζήσει για 20 χρόνια και υφίσταται Time Base Maintenance κάθε 3 χρόνια υπάρχουν 8 περίοδοι μέσα στις οποίες σύμφωνα με το διάγραμμα «κύκλου ζωής» μπορεί να αστοχήσει. Έστω και αν οι πιθανότητες αστοχίας είναι μειωμένες κατά την περίοδο της ωφέλιμης ζωής του, αυτές δεν παύουν να υπάρχουν.

Πέρα από την επίδραση στο κόστος, τουλάχιστον εξίσου σημαντική είναι η επίδραση της αναποτελεσματικής συντήρησης σε ένα άλλο σύνολο πρόσθετων παραγωγικών απαιτήσεων, όπως ασφάλεια προσωπικού και εγκαταστάσεων, μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, παραγωγή προϊόντων ποιότητας κ.λπ. Κύρια αιτία για την αναποτελεσματική συντήρηση αποτελεί η έλλειψη πραγματικών δεδομένων με τα οποία είναι δυνατόν να τεκμηριωθεί με πραγματικά μετρήσιμα, ποσοτικά κριτήρια η λήψη απόφασης για την ανάγκη επισκευής ή συντήρησης.

Εξειδικεύοντας λίγο για τη συντήρηση του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας μπορούμε επιγραμματικά να υπογραμμίσουμε τους βασικούς λόγους που υποδεικνύουν την αναγκαιότητα μετάβασης σε άλλη μέθοδο συντήρησης, αφού η Time Based Maintenance που εφαρμόζεται:

- Δεν λαμβάνει υπόψη την κατάσταση του εξοπλισμού, συνεπώς δαπανώνται για την συντήρησή του πόροι οι οποίοι θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν αν η συντήρηση μετατοπιζόταν χρονικά (μεταγενέστερα) ή θα βελτιωνόταν η αξιοπιστία του αν κρινόταν ότι έπρεπε να συντηρηθεί νωρίτερα
- Δεν χρησιμοποιεί τις δυνατότητες που προσφέρουν για έλεγχο οι σύγχρονες συσκευές μετρήσεων, επιτήρησης και γενικότερα οι μέθοδοι αξιολόγησης της κατάστασης εξοπλισμού
- Δεν εστιάζεται στην διόρθωση του προβλήματος που αντιμετωπίζει ο εξοπλισμός
- Δεν λαμβάνει υπόψη την σημαντικότητα του εξοπλισμού

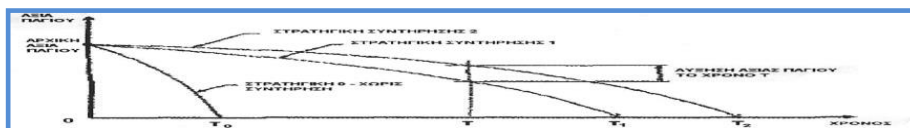
Από την εμπειρία πολλών ετών όσον αφορά την εφαρμογή της TBM προκύπτουν και πολλές πραγματικές αιτίες που καταδεικνύουν την επιπλέον ανάγκη για αλλαγή στην εφαρμοζόμενη μέθοδο συντήρησης:

- Οι μεγάλες καθυστερήσεις στην προμήθεια Μ/Σ ισχύος (σχεδόν 2 χρόνια από την απόφαση προμήθειάς τους) αλλά και άλλου κύριου εξοπλισμού οδηγεί τις εταιρείες σε στρατηγικές προσπάθειας επιμήκυνσης της ζωής τους και ταυτόχρονα σε προσεκτικότερη λειτουργία τους (φόρτιση τους όχι στα όρια) και επιτήρηση της κατάστασης τους ώστε να αποφευχθούν σοβαρές βλάβες και ξαφνική απώλειά τους που θα δημιουργούσε την ανάγκη "άμεσης" αντικατάστασης.
- Η ανάγκη παρακολούθησης της κατάστασης των Μ/Σ και η διαχείριση της βέλτιστης λειτουργίας τους (transformer life cycle management) έχει δημιουργήσει ανάπτυξη τεχνολογιών ξήρανσης / αναγέννησης ελαίου on-line, διαγνωστικής on-line και επισκευών επί τόπου (on-site) κατά το δυνατόν, καθώς επίσης και πολύπλοκου λογισμικού ανάλυσης των ευρημάτων. Γενικά δαπανώνται πολλά χρήματα σ' αυτές τις τεχνολογίες αντί σε επενδύσεις νέων Μ/Σ.

- Αλλάζουν οι πρακτικές υπολογισμού του συγκριτικού κόστους κτήσης εξοπλισμού (κυρίως M/Σ Ισχύος) που πέραν του κόστους απωλειών λαμβάνεται πλέον υπόψη και το κόστος συντήρησης μακροπρόθεσμα καθώς επίσης αξιολογούνται ο ρυθμός βλαβών αντίστοιχου εξοπλισμού του κατασκευαστή.
- Η χρήση ελικοπτέρου στη συντήρηση των εναερίων γραμμών επέτρεψε στις ηλεκτρικές εταιρείες να κάνουν πιο λειτουργικές και ωφέλιμες τις εργασίες επιθεώρησης και ελέγχου της κατάστασης του εξοπλισμού με:
 - την αποδοτική χρήση τεχνολογιών διάγνωσης κατάστασης εξοπλισμού υπό τάση, είτε από απόσταση (IR, Corona, Video) είτε εξ επαφής (διάτρηση μονωτήρων, ηλεκτρική αντίσταση συνδέσμων αγωγών, διάβρωση αγωγού, ακτινοσκόπηση με ακτίνες-X των συναρμογών).
 - τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών (laser scanning) για την ψηφιακή αποτύπωση του εξοπλισμού, του βέλους των αγωγών, της μηκοτομής και της οριζοντιογραφίας της γραμμής της βλάστησης και των διασταυρώσεων με υποδομές τρίτων, όπως επίσης τον αυτόματο υπολογισμό των διακένων ασφαλείας ανάλογα με την θερμοκρασία των αγωγών και τον εντοπισμό των σημείων πιθανής υπέρβασης των ορίων ασφαλείας.
 - τη δυνατότητα ενημέρωσης ψηφιακών βάσεων δεδομένων με τεράστιο όγκο γεωδεδομένων και τεχνικών πληροφοριών.

7.2.2 Σχετικά με την επιλογή μιας στρατηγικής συντήρησης

Όταν εξετάζουμε το ερώτημα της επιλογής στρατηγικής συντήρησης ή της αξιολόγησης της ήδη εφαρμοζόμενης μεθόδου, αρχικά ελέγχουμε αν πληρούνται οι βασικοί στόχοι της συντήρησης που εντελώς επιγραμματικά είναι: ο περιορισμός της αναπόφευκτης χρονικής φθοράς του εξοπλισμού, η επέκταση του ωφέλιμου χρόνου ζωής του και η αποφυγή εμφάνισης βλαβών με υψηλό κόστος επισκευής και πιθανές καταστροφικές επιπτώσεις στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Στο Διάγραμμα παρακάτω, παρουσιάζονται τρεις καμπύλες ίου περιγράφουν τη λειτουργική αξία του παγίου εξοπλισμού μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με το χρόνο, για δύο διαφορετικές στρατηγικές συντήρησης και για την περίπτωση που δεν εφαρμόζεται συντήρηση στον εξοπλισμό.



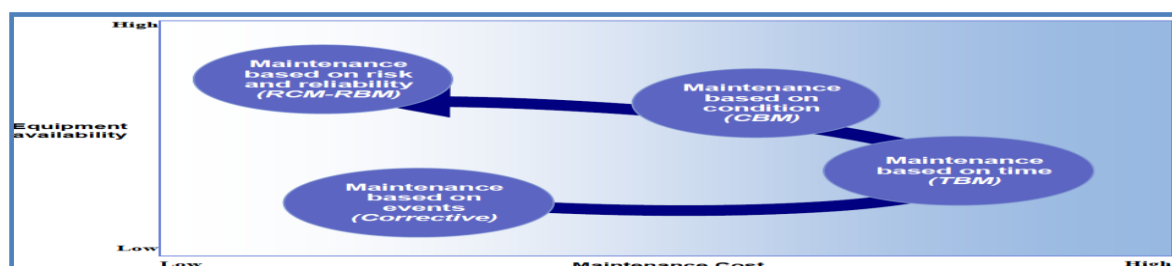
Εικόνα 7.2.2 – Χρονική μείωση της λειτουργικής αξίας παγίου εξοπλισμού ηλεκτρικής ενέργειας

Η εμφάνιση ολικής βλάβης αντιστοιχεί στην κατάσταση μηδενικής αξίας παγίου και οι χρόνοι T_0 , T_1 , T_2 είναι οι μέσοι χρόνοι για την εμφάνιση της βλάβης αυτής. Από το παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι με την εφαρμογή της

βελτιωμένης στρατηγικής συντήρησης 2 σε σχέση με την 1, επεκτείνεται ο χρόνος ζωής του εξοπλισμού αυξάνοντας ταυτόχρονα την αξιοπιστία αλλά και τη λειτουργική αξία του στον ίδιο χρόνο T . Βέβαια, στην τελική επιλογή της στρατηγικής συντήρησης που θα εφαρμοστεί χρειάζεται να ληφθεί υπόψη και το αυξημένο κόστος σε σχέση με τη βελτίωση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού που επιτυγχάνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η στρατηγική συντήρησης 2 να μην είναι πάντα προτιμητέα σε σχέση με την στρατηγική συντήρησης 1.

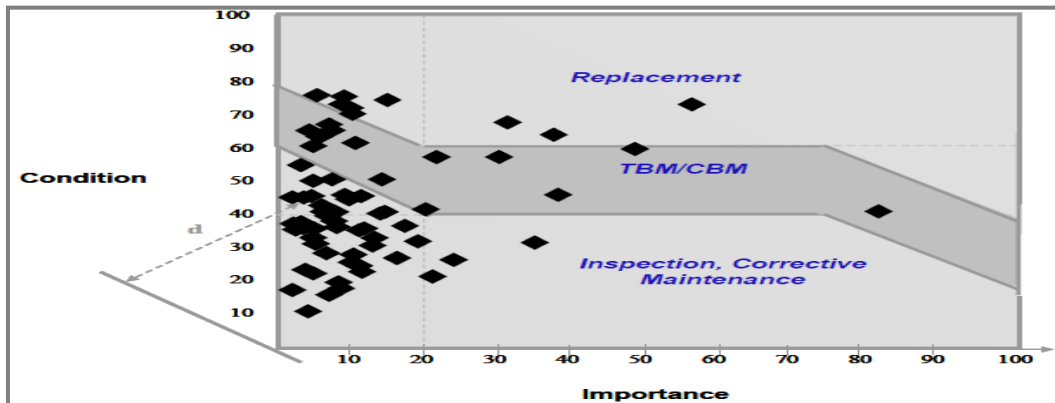
Οι διαδικασίες και εργασίες της συντήρησης που εκτελούνται από την Διεύθυνση Συντήρησης Συστήματος Μεταφοράς του ΑΔΜΗΕ, όπως έχουμε εκτενώς αναλύσει, ανήκουν στην παραδοσιακή, και πλέον ξεπερασμένη καθότι λιγότερο αποδοτική και συμφέρουσα, αντίληψη περί συντήρησης στις ηλεκτρικές εταιρείες, που βασίζεται στην εμπειρία της λειτουργίας του εξοπλισμού και στις οδηγίες των κατασκευαστών (Time Based Maintenance). Το Διάγραμμα 7.2.2 δείχνει αυτή τη σχέση μεταξύ κόστους συντήρησης και διαθεσιμότητας/αξιοπιστίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Τις τελευταίες δυο δεκαετίες, έχει γίνει πλέον σαφές ότι είναι οικονομικά αποδοτικότερο να εφαρμόζεται η συντήρηση όταν αυτή είναι αναγκαία, λαμβάνοντας όμως υπόψη και τη σημαντικότητα του εξοπλισμού για τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε μεθόδους που παρακολουθούν συγκεκριμένες παραμέτρους λειτουργίας του εξοπλισμού, ώστε να εκτιμάται η κατάστασή του (on-line condition monitoring), ενώ παράλληλα υπολογίζονται και λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένοι δείκτες αξιοπιστίας για την βέλτιστη οικονομοτεχνική επιλογή στρατηγικών συντήρησης.

Με τον τρόπο αυτό γίνεται μια κατάταξη του εξοπλισμού και των ενδεχομένων βλαβών και μέσα από την ιεράρχηση αυτή (εδώ παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο οι δείκτες αξιοπιστίας που θα υπολογιστούν κι η ορθή χρήση και ερμηνεία τους) και έτσι επιλέγεται, μέσα από ένα σύστημα αποφάσεων που έχουν «οικοδομήσει» οι υπεύθυνοι της συντήρησης, για κάθε τμήμα του εξοπλισμού η ενδεδειγμένη αντιμετώπιση, δηλαδή καθορισμός μεθόδου συντήρησης και συγκεκριμένων εργασιών ή αντικατάσταση ή ακόμα και λειτουργία ως τη βλάβη. Με τον τρόπο βελτιστοποιείται η διαδικασία της διαχείρισης της συντήρησης.



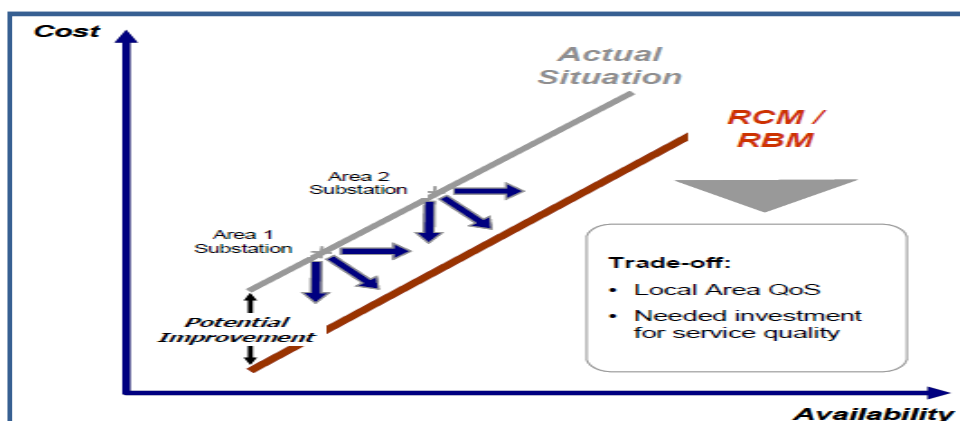
Εικόνα 7.2.2α – Σχέση Κόστους & Διαθεσιμότητας Συστήματος για τις στρατηγικές συντήρησης

Ένα χαρακτηριστικό αποτέλεσμα μιας τέτοιας μεθόδου φαίνεται στο Διάγραμμα παρακάτω, όπου συνυπολογίζονται η σημαντικότητα ενός τμήματος του εξοπλισμού και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται αυτό προκειμένου να προκύψει είτε εντολή εργασίας TBM ή ανίχνευσης και παρακολούθησης (CBM) ή απλή Επιδιορθωτικής Συντήρησης ή Λειτουργίας ως τη Βλάβη ή (σε εξαρτήματα πολύ υψηλής προτεραιότητας) Αντικατάστασης.



Εικόνα 7.2.2β – Σχεδιασμός και απόφαση για τις αναγκαίες εργασίες συντήρησης

Μια συνδυασμένη ανάλυση, λοιπόν, των στρατηγικών συντήρησης και της επίπτωσής τους στην αξιοπιστία μας πληροφορεί για το επίπεδο αξιοπιστίας που επιτυγχάνεται με καθεμία από αυτές, και να μην ξεχνάμε ότι παρόλο το μέγεθος της αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας δεν είναι άμεσα μετρήσιμο του σε το κέρδος που επιτυγχάνεται ανήκει στα πολύ σημαντικά έμμεσα κέρδη / οφέλη. Έτσι, μπορεί να προκύψει η βέλτιστη κατανομή των πόρων όπως φαίνεται:



Εικόνα 7.2.2γ – Βελτιστοποίηση της συντήρησης

7.2.3 Βήματα για εφαρμογή μιας νέας στρατηγικής συντήρησης

7.2.3.1 Υποσταθμοί

Συνίσταται γενικά, πριν την έναρξη της διαδικασίας θεώρησης και κατάστρωσης ενός ενδεχόμενου πιλοτικού σχεδίου (που είναι απόλυτα αναγκαίο ως μεταβατικό στάδιο και πρέπει να φροντίσουμε να εφαρμοστεί ορθά και να παρακολουθείται επισταμένως), να μελετηθούν με προσοχή τα βήματα και οι διαδικασίες ανάπτυξης των στρατηγικών CBM και RCM, όπως αυτά έχουν καταγραφεί στο Κεφάλαιο 3^ο. Χρήσιμο θα ήταν επίσης να λάβουμε υπόψη πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα – αδυναμίες των μεθόδων αυτών, όπως έχουν αναλυθεί στα ίδια κεφάλαια, και να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στα πραγματικά παραδείγματα εφαρμογής των σύγχρονων στρατηγικών συντήρησης, όπως παρουσιάστηκαν.

Εδώ, ενδεικτικά, μπορούμε να αναφέρουμε τα ακόλουθα κομβικά βήματα:

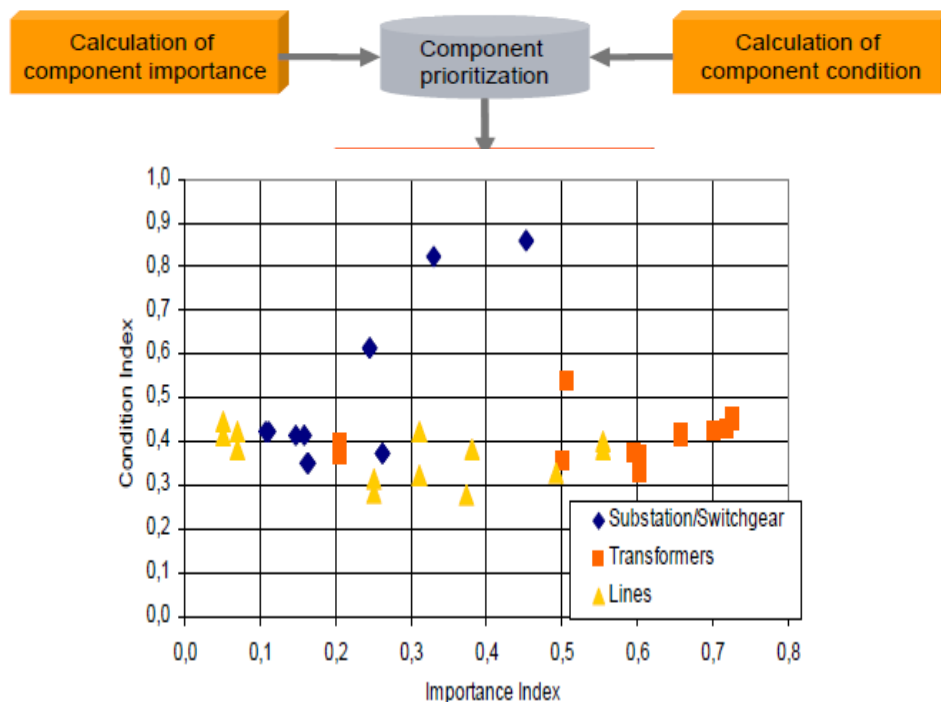
- Κατηγοριοποίηση του εξοπλισμού με κριτήρια που λαμβάνουν υπόψη την κατάστασή του και την σημαντικότητα του

Κριτήρια για την εκτίμηση της κατάστασής του μπορεί να είναι:

- Ηλικία κι εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού
- Αξιολόγηση της λειτουργίας του εξοπλισμού (ώρες λειτουργίας/έτος, φορτίσεις κ.ά.)
- Είδος, τεχνολογία, τεχνικά χαρακτηριστικά και κατασκευαστής
- Εμπειρία χρήσης κατά τη λειτουργία (από τον χειριστή)
- Διαγνωστικές μετρήσεις και ανάλυση αυτών για προσδιορισμό πραγματικής κατάστασης
- Συντηρησιμότητα
- Πλήθος εγκαταστημένων τμημάτων του εξοπλισμού

Κριτήρια για την εκτίμηση της σημαντικότητάς του:

- Συχνότητα βλαβών και γενικότερη συμπεριφορά του εξοπλισμού
- Αριθμός βλαβών που απαιτούσαν συντήρηση
- Μη τροφοδοτούμενη ενέργεια/ισχύς λόγω βλαβών
- Επίπτωση βλάβης εξαρτήματος στη συνολική συχνότητα βλάβης του συστήματος
- Οικονομικές απώλειες
- Τρέχον κόστος συντήρησης
- Απαιτούμενος χρόνος συντήρησης
- Βαθμός κρισιμότητας της μη τροφοδότησης του συγκεκριμένου κοινωνικού υποσυνόλου (ανάλογα με τη γεωγραφική τοποθεσία)
- Ενδεχόμενες ποινές επιβαλλόμενες από τη Ρυθμιστική Αρχή ή/και το Διαχειριστή Συστήματος



Εικόνα 7.2.3.1 – Ιεράρχηση εξοπλισμού με βάση κατάσταση και σημαντικότητα

Υπολογίζοντας τις παραμέτρους της κατάστασης και σημαντικότητας του εξοπλισμού προκύπτει μια ιεράρχηση αυτού που (με χρήση κατάλληλης εφαρμογής λογισμικού) φαίνεται όπως στο διάγραμμα παραπάνω.

Επιπρόσθετα υπολογισμός των ακόλουθων δεικτών σχετικών με τις επιπτώσεις των πιθανών βλαβών (η λογική τους βασίζεται στην κεντρική φιλοσοφία των μεθόδων της RCM και RCAM—Reliability Centered Asset Maintenance):

- Επίδραση των πιθανών βλαβών: Εντοπίζονται οι πιθανές αποδείξεις που θα δείχνουν ότι μία βλάβη θα λάβει χώρα και πως αυτή θα εμφανιστεί, ο κίνδυνος που αυτή θα προκαλέσει, και τέλος οι τρόποι με τους οποίους η βλάβη θα επιδράσει στο παραγωγικό σύστημα
- Επιπτώσεις των πιθανών βλαβών: Αναλύονται οι επιπτώσεις κάθε πιθανής βλάβης. Επομένως, αναλύοντας τις επιπτώσεις τους μπορούμε να επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στις καταστάσεις με σημαντικές επιπτώσεις και να αποφύγουμε χάσιμο χρόνου σε καταστάσεις με μηδαμινές επιπτώσεις. Κατασκευάζουμε έναν κατάλογο με τους τομείς στους οποίους μπορεί να επιδράσει μία βλάβη και θεωρούμε έναν συντελεστή βαρύτητας για κάθε κατηγορία. Μεγαλύτερη βαρύτητα έχουν οι κατηγορίες της ασφάλειας των εργαζομένων και του περιβάλλοντος και της κατάστασης και διαθεσιμότητας του εξοπλισμού. Κάθε κατηγορία διαβαθμίζεται σε πέντε καταστάσεις, με 1 τον μικρότερο αντίκτυπο και 5 τον μεγαλύτερο αντίκτυπο. Τέλος υπολογίζεται ο συντελεστής

επιπτώσεων ανά κατηγορία, ο οποίος ισούται με το γινόμενο του βαθμού της κατηγορίας επί του βαθμού βαρύτητας της

- Υπολογισμός του συντελεστή κρισιμότητας: Υπολογίζεται η συχνότητα και η πιθανότητα εμφάνισης των πιθανών βλαβών σε ποσοτική βάση με τη χρήση πιθανοτικής ανάλυσης και ο συντελεστής κρισιμότητας, ο οποίος ισούται με το γινόμενο της πιθανότητας εμφάνισης βλάβης επί τον συντελεστή επιπτώσεων που υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα. Τέλος, πραγματοποιείται ιεράρχηση των βλαβών με φθίνοντα βαθμό κρισιμότητας
- Επιλογή ενέργειας συντήρησης: Η ενέργεια συντήρησης επιλέγεται για τις βλάβες με υψηλό συντελεστή κρισιμότητας και υψηλό συντελεστή επιπτώσεων στις κατηγορίες ασφάλεια εργαζομένων ή περιβάλλοντος, κατάσταση εξοπλισμού, διαθεσιμότητα. Το όριο που καθορίζει τον «υψηλό συντελεστή κρισιμότητας» πρέπει να καθορισθεί αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία υπολογισμού του συντελεστή κρισιμότητας για όλες τις βλάβες. Ως υψηλός συντελεστής επιπτώσεων ανά κατηγορία θεωρείται ο βαθμός 5, ενώ και ο βαθμός 4 θέτει τη βλάβη υπό παρακολούθηση
- Επιλογή του εξοπλισμού στον οποίο θα εφαρμοστεί η νέα μέθοδος συντήρησης με βάση την ιεράρχηση όπως αναλύθηκε παραπάνω, αλλά και τις επιπτώσεις από τη βλάβη του συγκεκριμένου εξοπλισμού (αυτές πρέπει να είναι σημαντικές όσον αφορά την ασφάλεια των εργαζομένων, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την κατάσταση του συνολικού εξοπλισμού, την διαθεσιμότητα). Επίσης, είναι αυτονόητο ότι θα πρέπει να έχουμε εμπειρία χρήσης ή/και δεδομένα αξιοπιστίας από τον εν λόγω εξοπλισμό ή άλλον αντίστοιχο εξοπλισμό
- Επιλογή των κρίσιμων παραμέτρων για την παρακολούθηση της κατάστασης του επιλεγμένου εξοπλισμού (online monitoring, offline μετρήσεις- έλεγχοι, φυσικά μοντέλα, στατιστικά μοντέλα), ώστε να μπορεί να προκύψει μια πραγματική και ρεαλιστική εικόνα της κατάστασης του εξοπλισμού, και πιο συγκεκριμένα των συνθηκών που μπορεί να οδηγήσουν σε βλάβες ή μείωση της αξιοπιστίας του. Με τα συστήματα παρακολούθησης συλλέγονται τα στοιχεία και εν συνεχεία μέσα από ένα σύστημα αποφάσεων καθορίζονται οι επόμενες ενέργειες (χρόνος, τρόπος και τόπος της συντήρησης είτε αντικατάσταση είτε λειτουργία ως τη βλάβη). Έτσι, είναι πολύ ουσιαστικό, όπως έχει αναφερθεί πολλάκις, η σωστή επιλογή των παραμέτρων που επιτηρούνται και η βέλτιστη ανάλυσή τους με χρήση του κατάλληλου προσαρμοσμένου λογισμικού έτσι ώστε να σε οδηγούμαστε σε ορθές και αποδοτικές αποφάσεις
- Αξιολόγηση των στατιστικών βλαβών του επιλεγμένου εξοπλισμού και της συσσωρευμένης εμπειρίας σχετικά με την κατάστασή του καθώς και εξαγωγή κατάλληλων δεικτών για την διαγνωστική ή την αξιόπιστη λειτουργική συμπεριφορά του εξοπλισμού
- Δημιουργία αξιόπιστης βάσης δεδομένων με στοιχεία συντηρήσεων, βλαβών, ελέγχων του εξοπλισμού (π.χ. GIS, πρόγραμμα διαχείρισης παγίων κ.ά.)

- Έλεγχοι, μετρήσεις και μεθοδολογία που απαιτούνται για την αξιολόγηση της κατάστασης του εξοπλισμού
- Σύνδεση της διαγνωστικής με τις απαραίτητες ενέργειες προβλεπτικής, προληπτικής ή διορθωτικής συντήρησης που πρέπει να αναληφθούν είτε εξέταση των ενδεχομένων λειτουργία ως τη Βλάβη είτε Αντικατάσταση

Ένα σημαντικό ζήτημα είναι ο καθορισμός του πιο κατάλληλου εξοπλισμού παρακολούθησης της κατάστασης του κρίσιμου εξοπλισμού (σίγουρα π.χ. μετασχηματιστών και διακοπών). Εξάλλου, κάποια διαθέσιμα στο εμπόριο συστήματα έχουν ήδη παρουσιαστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Κατά τα τελευταία χρόνια, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα συστήματα παρακολούθησης σε Μ/Σ υψηλής και υπέρ υψηλής τάσης, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε καίριες θέσεις.

Οι νέες μονάδες πρέπει είναι εφοδιασμένες με «έξυπνα» συστήματα, ενώ οι παλιές μονάδες μπορούν να εξακολουθήσουν να έχουν απλά συστήματα παρακολούθησης, τα οποία να έχουν ανακαινισθεί. Θα πρέπει, επίσης, να υιοθετηθεί η ανάπτυξη ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης δεδομένων και η χρήση των εξερχόμενων από το σύστημα στοιχείων.

Κατά το παρελθόν, όπου έχει εφαρμοστεί, η λειτουργία τέτοιων συστημάτων υπήρξε ικανοποιητική, αλλά παρουσιάστηκε η ανάγκη ακόμη πιο αξιόπιστων αισθητήρων, δεδομένου ότι λανθασμένες προειδοποιήσεις ακυρώνουν την εμπιστοσύνη. Αναμένεται να παρουσιαστούν περαιτέρω βελτιώσεις σε τέτοιες εγκαταστάσεις, οι οποίες θα επιτρέπουν αποτελεσματική διαχείριση μελλοντικών δυσλειτουργιών.

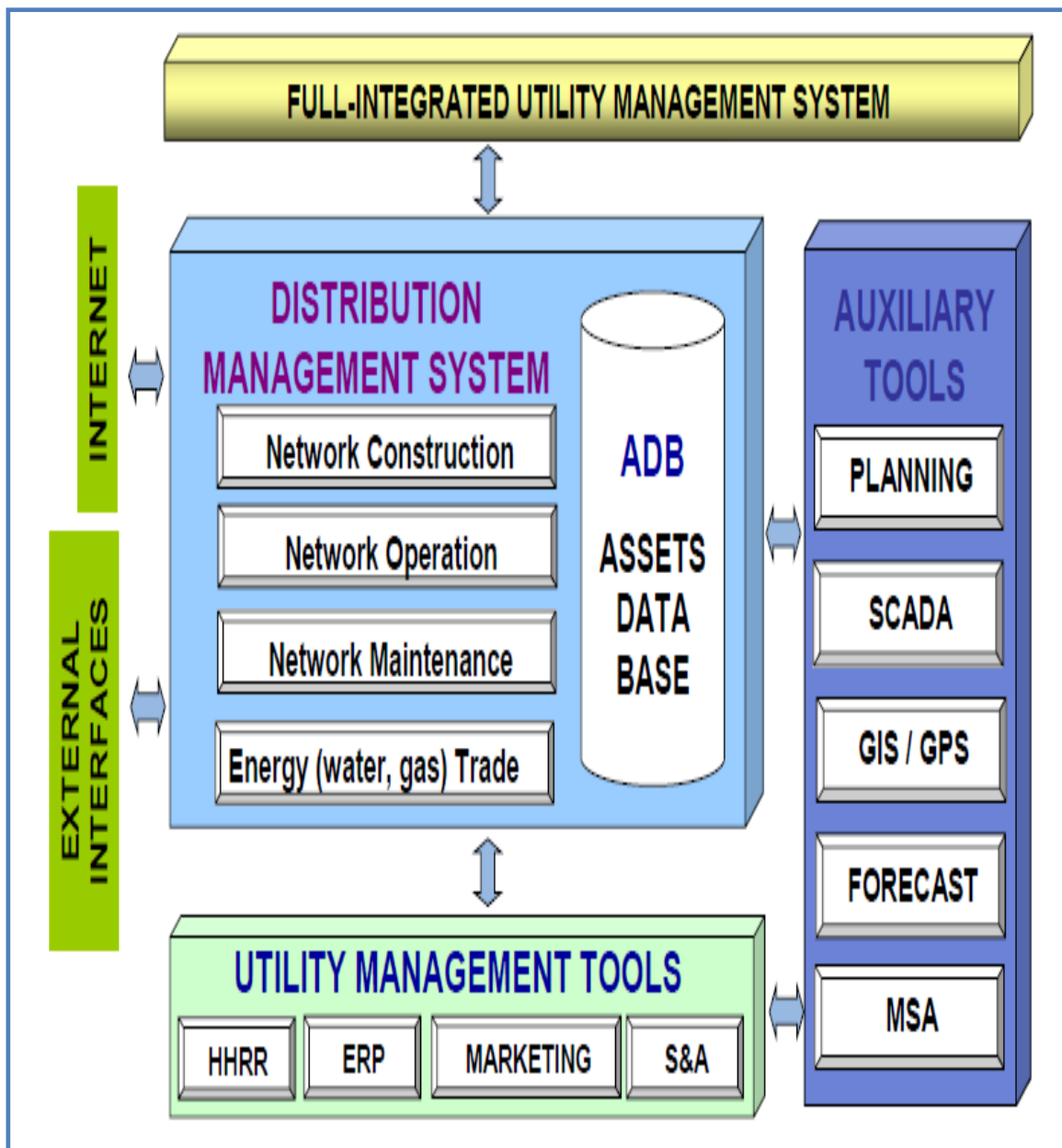
Η πείρα από τη χρήση συσκευών συνεχούς (on-line) παρακολούθησης μερικών αερίων, διαλυμένων στο λάδι του μετασχηματιστή δείχνει ότι πρόκειται για αποτελεσματική στρατηγική, τόσο για νέους μετασχηματιστές, όσο και για παλιούς, όταν αυτοί είναι εγκατεστημένοι σε καίριες θέσεις. Η χρησιμοποίηση δεδομένων από συσκευή ανάλυσης αερίων επί τόπου, σε μετασχηματιστές, οδήγησε στη πρόληψη βλαβών, οι οποίες επαληθεύτηκαν με φωτογραφίες του εσωτερικού μετασχηματιστών, οι οποίες απεικόνισαν τις βλάβες μετά το άνοιγμα των μετασχηματιστών.

Εκτός αυτών, όμως, για τη διαχείριση κινδύνου βλάβης σε μετασχηματιστή, κατά τα τελευταία χρόνια, έχουν χρησιμοποιηθεί αισθητήρες UHF για τη μέτρηση μερικών εκκενώσεων σε μετασχηματιστές. Η μέθοδος έδειξε ότι είναι δυνατό να ανακαλύπτει δραστηριότητα μερικών εκκενώσεων στο μετασχηματιστή, επιτρέποντας προσδιορισμό συσχέτισης με τις συνθήκες λειτουργίας του πιο άμεσα, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, όπως είναι η αεριοχρωματογραφική ανάλυση αερίων διαλυμένων στο λάδι του μετασχηματιστή. Συνεπώς, είναι δυνατό να επιτευχθεί καλύτερος έλεγχος της εκτίμησης κινδύνου. Ειδικά για Μ/Σ μεγάλης σπουδαιότητας το σήμα μερικών εκκενώσεων UHF μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να ενισχύσει σημαντικά τον προσδιορισμό της θέσης των μερικών εκκενώσεων.

Τα συστήματα αυτά της παρακολούθησης κατάστασης θα μας ειδοποιούν με βάση τα κριτήρια που έχουμε εμείς καθορίσει και τα κρίσιμα όρια που έχουμε

θέσει και οι «ειδοποιήσεις» θα πρέπει να είναι εύκολες στην κατανόηση, απλές και εύχρηστες, όπως στην εικόνα παρακάτω:

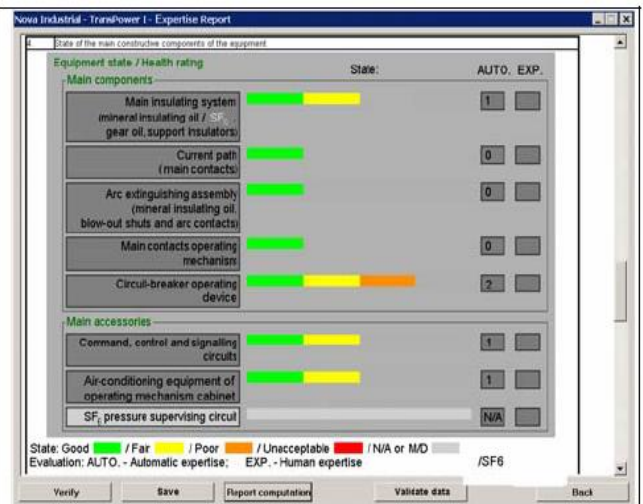
Στη συνέχεια θα πρέπει να αξιολογούνται και να αναλύονται οι ενδείξεις και τα αποτελέσματα της δυναμικής παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού και να χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου στο σύστημα λήψης αποφάσεων για τον καθορισμό των ενδεδειγμένων ενεργειών συντήρησης.



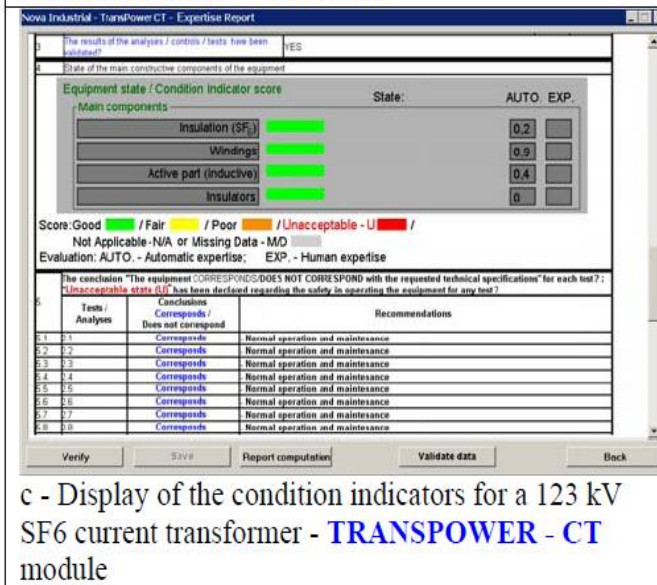
Εικόνα 7.2.3.1α – Λογικό διάγραμμα αποφάσεων για τον καθορισμό ενεργειών συντήρησης



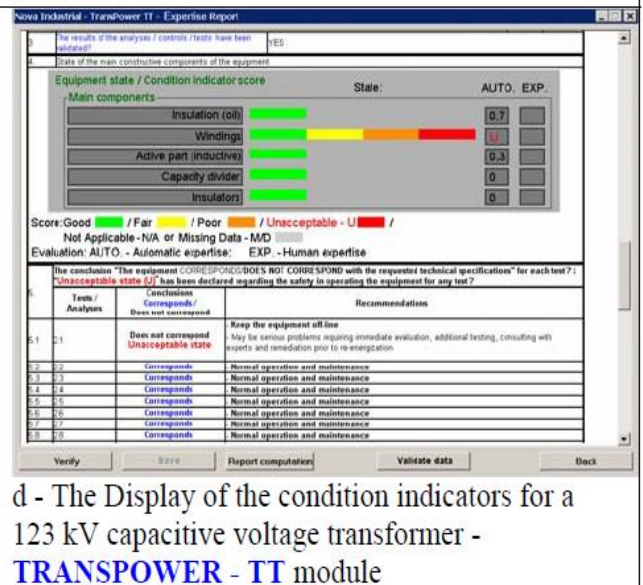
a - Display of condition indicators for an 200/200/60 MVA 231/121/10.5 kV autotransformer - **TRANSPower - PT** module



b - Display of the condition indicators for a IO - 400 kV circuit breaker **TRANSPower - I** module



c - Display of the condition indicators for a 123 kV SF6 current transformer - **TRANSPower - CT** module

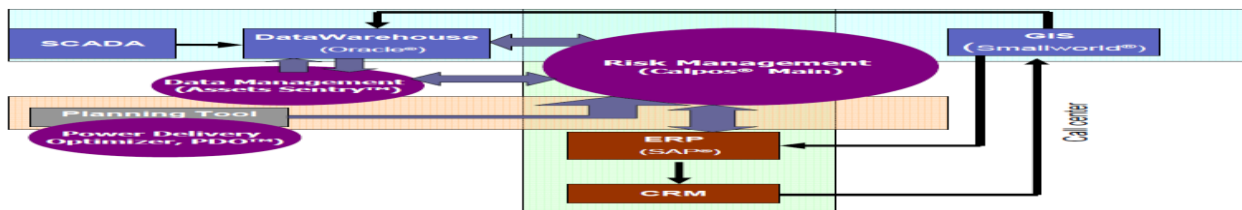


d - The Display of the condition indicators for a 123 kV capacitive voltage transformer - **TRANSPower - TT** module

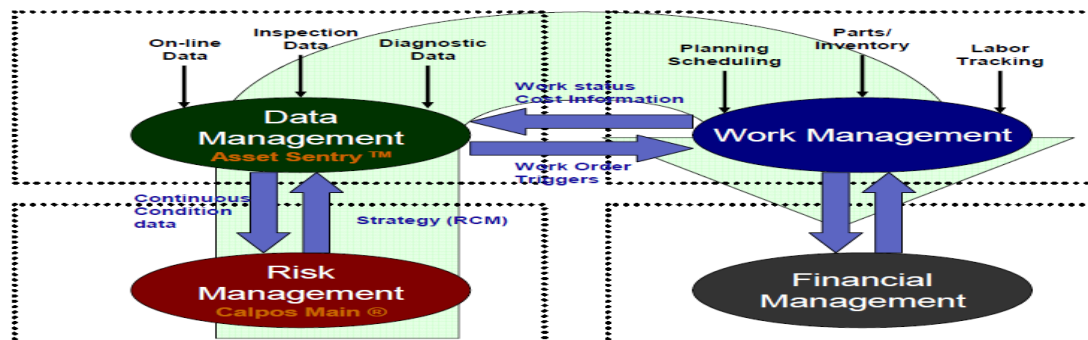
Εικόνα 7.2.3.1β – Οθόνες ενδείξεων συστημάτων παρακολούθησης (condition monitoring)

Ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει επίσης να δοθεί στην αποτελεσματική οργάνωση του συστήματος ροής των δεδομένων και των πληροφοριών, στην συνεργασία και επικοινωνία των διαφόρων τμημάτων μεταξύ τους και στον έλεγχο και συντονισμό όλων των ενεργειών μέσα από ένα κεντρικοποιημένο σύστημα επικοινωνίας, αποθήκευσης και διαχείρισης των δεδομένων και ένα λογισμικό ανάλυσης κι επεξεργασίας των πληροφοριών από τα on-line monitoring systems.

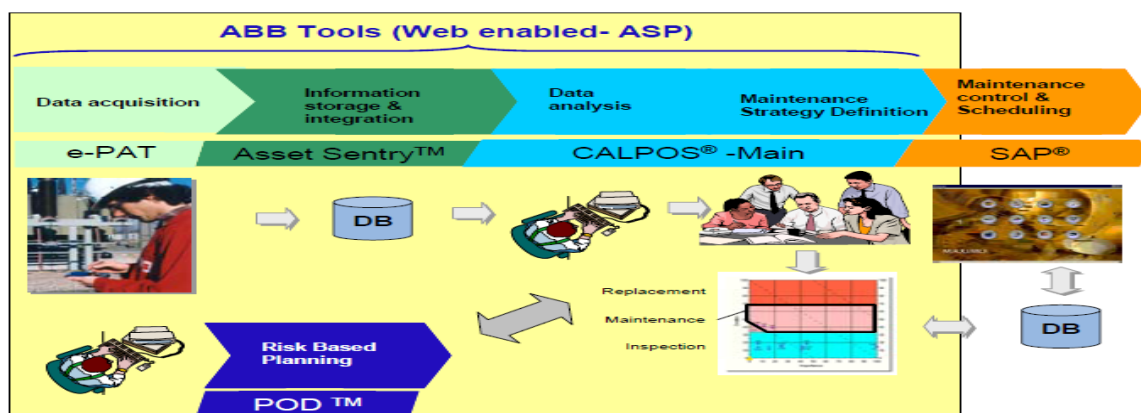
Τα παραπάνω φαίνονται στα ακόλουθα διαγράμματα που βρίσκουν εφαρμογή σε ηλεκτρικές εταιρείες μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλά αντίστοιχα πληροφοριακά συστήματα είναι διαθέσιμα στο εμπόριο και εφαρμόζονται ευρέως σε πολλές ηλεκτρικές εταιρείες ανά τον κόσμο.



Εικόνα 7.2.3.1γ – Ροή πληροφοριών και επικοινωνία για αποτελεσματική Διαχείριση Παγίων



Εικόνα 7.2.3.1δ – Πραγματικό παράδειγμα εφαρμογής ολοκληρωμένου πληροφοριακού



Εικόνα 7.2.3.1ε – Πλατφόρμα συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων

Στον τομέα των Γραμμών Μεταφοράς οι δυνατότητες είναι πιο περιορισμένες σε σχέση με τον εξοπλισμό των Υ/Σ και οι προοπτικές όσον αφορά τα επόμενα βήματα αρκετά πιο συγκεκριμένες και εντοπισμένες. Σημειώνουμε λοιπόν ενδεικτικά τα ακόλουθα:

- Εκτέλεση πιλοτικού έργου επιθεώρησης με ελικόπτερο (Video, IR, Corona) καθώς και σάρωσης με laser επιλεγμένων τμημάτων Γ.Μ.

- Δημιουργία στα πλαίσια του παραπάνω έργου της ψηφιακής αποτύπωσης των Γ.Μ., του υποβάθρου και των διασταυρώσεων εντός των διαδρόμων δουλείας. Ανάπτυξη εφαρμογών διαχείρισης των παραπάνω δεδομένων επιθεώρησης εξοπλισμού καθώς και υπολογισμού Βέλους vs. Θερμοκρασία αγωγού και εντοπισμού σημείων υπέρβασης ορίων διακένων ασφαλείας
- Επιλογή των τεχνικών και διαδικασιών ελέγχου της κατάστασης του εξοπλισμού Γ.Μ. όπως:
 - Ελαττωματικοί μονωτήρες λόγω ρωγμών ή εσωτερικής διάτρησης
 - Ρύπανση μονωτήρων
 - Κατάσταση αγωγών
 - Κατάσταση συνδέσμων αγωγών
 - Κατάσταση μεταλλικών εξαρτημάτων
 - Έλεγχος συστήματος γειώσεως
 - Διάβρωση σκελών πύργων/κατάσταση θεμελιώσεων
- Κωδικοποίηση της κατάστασης του εξοπλισμού Γ.Μ., δεδομένων περιβάλλοντος, των κριτηρίων εκτίμησης της απομένουσας ωφέλιμης διάρκειας ζωής του και του κόστους συντήρησης εξοπλισμού Γ.Μ. . Αυτά θα εκτελεστούν λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία καταγραφής και αξιολόγησης ευρημάτων καθώς και το μοντέλο της βάσης τεχνικών δεδομένων συντήρησης του πιλοτικού έργου
- Αξιολόγηση των στατιστικών βλαβών του παραπάνω εξοπλισμού Γ.Μ. και της συσσωρευμένης εμπειρίας σχετικά με την κατάστασή του
- Δημιουργία αξιόπιστης βάσης δεδομένων με στοιχεία συντηρήσεων, βλαβών, ελέγχων του εξοπλισμού (π.χ. GIS, πρόγραμμα διαχείρισης παγίων.
- Εξασφάλιση της ομαλής μετάβασης από την παρούσα συντήρηση στη νέα μέθοδο συντήρησης.

7.2.4 Παράμετροι και Προϋποθέσεις για την εφαρμογή και Στόχοι

7.2.4.1 Βασικές παράμετροι και προϋποθέσεις για την εφαρμογή

Είναι καθοριστικής κι αποφασιστικής σημασίας το ότι η μετάβαση από την τρέχουσα πολιτική συντήρησης σε άλλη πολιτική να γίνει με προκαθορισμένα βήματα και συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα και το κάθε βήμα να αποτελεί συνέχεια και εξέλιξη του προηγούμενου. Να μην υπάρχουν δηλαδή ασυνέχειες που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα, δυσκολίες στην εφαρμογή και δυσλειτουργίες.

- Όσον αφορά ένα πιλοτικό πρόγραμμα εφαρμογής της νέας μεθόδου συντήρησης σε επιλεγμένα τμήματα του εξοπλισμού, ένας μέσος κατ' εκτίμηση χρόνος για την μετάβαση και πραγμάτωση της νέας στρατηγικής συντήρησης (στα πλαίσια της συνολικότερης

διαχείρισης παγίων από την εταιρεία), εκτιμάται βάσει διεθνών εμπειριών των εταιρειών που την υλοποίησαν στα 5 χρόνια. Σε κάθε περίπτωση ο χρόνος ενός ενδεχόμενου πιλοτικού προγράμματος θα πρέπει να ξεπερνά τουλάχιστον τον ένα κύκλο συντήρησης, ίσως και τους δυο, προκειμένου να μπορούν να προκύψουν επαρκή στοιχεία και να γίνει μια αξιόπιστη σύγκριση των δεδομένων και αξιολόγηση της νέας στρατηγικής συντήρησης (σε σχέση προφανώς με τους ρυθμούς βλαβών και το κόστος που είχαμε με την παλαιά μέθοδο). Ο προτεινόμενος χρόνος εφαρμογής ενός τέτοιου προγράμματος θα κινείται από 5-8 χρόνια περίπου τουλάχιστον (εφιστούμε την προσοχή! όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα επιλεγεί τόσο πιο αξιόπιστα και αντιπροσωπευτικά θα είναι τα στοιχεία και τα συμπεράσματα αφού είναι λογικό ότι χρειάζεται αρκετός χρόνος να φανούν τα μέσο- και μακροπρόθεσμα οφέλη και να γίνει απόσβεση των επενδύσεων σε νέο εξοπλισμό monitoring, σε κατάλληλο software κ.ά.). Αυτό θα μας βοηθήσει στο να καθορίσουμε τα επόμενα βήματα που αφορούν την εφαρμογή της νέας μεθόδου σταδιακά σε μεγαλύτερα τμήματα του εξοπλισμού.

- Εκτός αυτού, θα πρέπει να εκτιμηθούν διάφοροι παράγοντες όσον αφορά το πού θα επιλεγεί να υλοποιηθεί η πιλοτική εφαρμογή της νέας μεθόδου, αφού προφανώς έχουν καθοριστεί μετά από μελέτη και προσεκτική ανάλυση τα τμήματα του εξοπλισμού στα οποία θα παρακολουθείται η κατάσταση με συστήματα δυναμικής παρακολούθησης. Θα ληφθούν υπόψη παράγοντες κρισιμότητας των διαφόρων Υ/Σ ή Κ.Υ.Τ. για την ασφάλεια του συστήματος και της τροφοδοσίας, αλλά και επίσης η ευκολία στην εγκατάσταση των νέων μηχανημάτων, η δυνατότητα συλλογής των στοιχείων, η ανεμπόδιστη και αποτελεσματική επικοινωνία των πληροφοριακών συστημάτων, η αποθήκευση των δεδομένων σε ένα κεντρικό server (έναν κεντρικό Η/Υ στον οποίο θα έχει πρόσβαση και θα τον διαχειρίζεται κατάλληλα εκπαιδευμένο και εξοικειωμένο στέλεχος της συντήρησης), η ανάλυση και η επεξεργασία τους με κατάλληλο λογισμικό το οποίο θα χειρίζεται κατάλληλο στέλεχος της συντήρησης, η εύκολη και άμεση ενημέρωση των υπευθύνων προϊσταμένων, ο συντονισμός και έλεγχος όλων των προηγούμενων προκειμένου η ροή των πληροφοριών να οδηγεί σε ένα σύστημα ερμηνείας των αποτελεσμάτων των διαγνωστικών ελέγχων, των μετρήσεων και των outputs του λογισμικού της συντήρησης και λήψης αποφάσεων σχετικά με τον καθορισμό των επόμενων κινήσεων (εργασίες συντήρησης, τύπος, τρόπος, χρόνος και τόπος ή αντικατάσταση και πότε ή λειτουργία ως τη βλάβη), και τέλος η συχνή παρακολούθηση της εξέλιξης του προγράμματος και διασφάλιση της ορθής εφαρμογής του. Μια αξιολόγηση και σχετικά ασφαλή πρόταση, όσον αφορά την επιλογή του τύπου εφαρμογής, θα ήταν ο Υ/Σ στο Ρουφ (δίπλα στις εγκαταστάσεις της ΔΣΣΜ).
- Για την επίτευξη της νέας πολιτικής εκτός των άλλων απαιτείται είτε η ένταξη στην ανθρωποδύναμη του προσωπικού συντήρησης νέων μηχανικών (εξοικειωμένων με τη χρήση νέων τεχνολογιών και πληροφοριακών συστημάτων), οι οποίοι με την συνεργασία και καθοδήγηση υπαρχόντων έμπειρων στελεχών της ΔΣΜ θα

ασχολούνται κυρίως με την σταδιακή υλοποίηση της, είτε η επανεκπαίδευση (μέσω ημερίδων, σεμιναρίων, εκπαιδευτικών αδειών) των υπαρχόντων στελεχών της συντήρησης και η άμεση και ουσιαστική ενίσχυση του προσωπικό, σε επίπεδο υποστήριξης/διαγνωστικό, ανάλογα με το μοντέλο που θα εφαρμοστεί.

- Κατανόηση και αποδοχή των διαδικασιών μετάβασης από όλους τους εμπλεκόμενους στην αλυσίδα της συντήρησης για το τι πρέπει να γίνει και πώς και γιατί, γιατί σε κάθε άλλη περίπτωση η όποια αλλαγή είναι καταδικασμένη σε αποτυχία. Πιο συγκεκριμένα, οι τεχνικοί που θα συμμετέχουν στις διαδικασίες και θα επιφορτιστούν με την εφαρμογή της νέας μεθόδου, ενώ έχουν συνηθίσει τα προηγούμενα χρόνια να επιτελούν την τις «κλασσικές», τετριμμένες και τυποποιημένες εργασίες πρέπει να κατανοήσουν ότι η δουλειά τους θα αλλάξει κατά ένα μέρος προς την κατεύθυνση των μετρήσεων, της τήρησης αρχείων, της παρακολούθησης λειτουργίας και προβλημάτων του εξοπλισμού, της συγγραφής αναφορών της διάγνωσης της κατάστασης του εξοπλισμού και των προτεινομένων ενεργειών προληπτικής συντήρησης. Θα πρέπει να αντιμετωπιστεί έγκαιρα το ενδεχόμενο ότι ίσως αυτό τους δημιουργήσει ψυχολογία αμφισβήτησης της δουλειάς που έκαναν τόσα χρόνια με συνέπεια «αρνητισμό» και ανάγκη «διαχείρισης» της εργασίας τους. Τέλος, θεωρείται απαραίτητο ότι πρέπει να μελετηθεί και να υιοθετηθεί νέα οργάνωση των σχημάτων του υφισταμένου οργανογράμματος της Διεύθυνσης όσον αφορά την επιτελική και εκτελεστική δραστηριότητα, με προσανατολισμό την νέα πολιτική στις μεθόδους συντήρησης, την ευελιξία στην διαχείριση της, την μείωση του κόστους και την αύξηση της αξιοπιστίας του Συστήματος Μεταφοράς.
- Χρήση λογισμικού διαχείρισης παγίων με επιβεβλημένη συμπλήρωση πληθώρας στοιχείων ώστε το μοντέλο λήψης αποφάσεων να είναι το βέλτιστο. Να εξεταστεί από τους υπευθύνους και ενδεχόμενη συμμετοχή συμβούλου (στην τελική λήψη αποφάσεων αλλά και στο μεταβατικό στάδιο).
- Είναι αδιαμφισβήτητα εύλογο να αλλάζει ή να προσαρμόζεται η κάθε πολιτική που χρησιμοποιείται (βάση της εμπειρίας που αποκτάται) στο μοντέλο που κρίνεται ότι βελτιστοποιεί μεθόδους και αποτελέσματα. Δηλαδή, η επιλογή μιας μεθόδου δεν σημαίνει προσκόλληση σε αυτήν κατ' ανάγκη αλλά πρέπει να υπάρχει συνεχής ανατροφοδότηση και βελτίωση και δυναμική προσέγγιση του εκάστοτε βέλτιστου μοντέλου για τις ανάγκες και συγκυρίες της εταιρείας.

7.2.4.2 Στόχοι για το μέλλον

Βραχυπρόθεσμοι στόχοι

- Χρησιμοποίηση κατάλληλου συμβούλου για την υιοθέτηση διαγνωστικών τεχνικών εξοπλισμού, διάγνωσης της κατάστασης με την βοήθεια λογισμικού και εφαρμογής οδηγίων μέτρων

προληπτικής συντήρησης και προβλεπτικής συντήρησης που είναι απαραίτητα είτε με στόχο την διορθωτική συντήρηση είτε με στόχο την παράταση εναπομείνουσας ζωής του εξοπλισμού είτε την αντικατάσταση είτε τη λειτουργία ως τη βλάβη.

- Εισαγωγή στον προγραμματισμό των συντηρήσεων των παραπάνω δεδομένων με την βοήθεια κατάλληλου λογισμικού.
- Εκτίμηση της εναπομείνουσας ζωής του εξοπλισμού με στόχο την χρήση του στην διαχείριση παγίων και ανταλλακτικών.
- Ειδικότερα για τις Γραμμές Μεταφοράς προτείνεται εκτέλεση περιοδικών επιθεωρήσεων με ελικόπτερο (Video, IR, Corona) και εισαγωγή στον προγραμματισμό των συντηρήσεων των δεδομένων από τους πραγματοποιούμενους ελέγχους.

Μεσοπρόθεσμοι στόχοι

- Συντήρηση με βάση την κατάσταση με υπολογισμό διάφορων δεικτών αξιοπιστίας, σημαντικότητας εξοπλισμού και κατάστασης καθώς και επιπτώσεων βλαβών (δηλαδή ένας βέλτιστος συνδυασμός της CBM με την ποσοτικοποιημένη προσέγγιση της RCM). Εφαρμογή της στον κρίσιμο εξοπλισμό που θα καθορισθεί.
- Σταδιακή επέκταση της εφαρμογής της μεθόδου σε:
 - εξοπλισμό YT & YYT
 - εξοπλισμό Γραμμών Μεταφοράς
 - Συστήματα Προστασίας
 - Συστήματα Μετρήσεων
 - Συστήματα Τηλεπικοινωνιών

7.2.5 Επίλογος

Η εφαρμογή της Condition Based Maintenance παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα ως προς την έγκαιρη ανακάλυψη φθορών του εξοπλισμού οι οποίες είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε βλάβη, έτσι ώστε μέσω επεμβάσεων να αποφεύγονται οι βλάβες και το συνεπαγόμενο κόστος τους. Η εκτίμηση όμως της μείωσης του κόστους από την εφαρμογή του προγράμματος της συντήρησης με βάση την κατάσταση του εξοπλισμού (CBM) είναι αρκετά αβέβαιη. Όμως ο υπολογισμός της βελτίωσης μόνο από το αραιότερό κόστος συντήρησης του εξοπλισμού θα ήταν ιδιαίτερα συντηρητικός και δεν θα αντικατόπτριζε το πραγματικό κέρδος της επιχείρησης από την επένδυση στο πρόγραμμα. Επειδή η μείωση του κόστους σχετίζεται με τις αστοχίες που αποφεύγονται και την αύξηση της αξιοπιστίας που βασίζεται σε γεγονότα (βλάβες) που δεν συνέβησαν, όλα τα παραπάνω πρέπει να αποτιμηθούν.

Για το λόγο αυτό, δεν πρέπει να βλέπουμε μόνο «κοντόφθαλμα» και σε στενό χρονικό ορίζοντα τη μείωση του κόστους από την εφαρμογή ενός προγράμματος συντήρησης CBM. Αποκτά ιδιαίτερη σημασία – ειδικά στις μέρες μας και στο πλαίσιο της ανταγωνιστικής αγοράς ενέργειας με τα χαρακτηριστικά που έχουν αναλυθεί εκτενώς σε προηγούμενα κεφάλαια – να

αναγνωρίζουμε και να διακρίνουμε επιτυχώς, καθαρά και με διαύγεια τη συνολική κατεύθυνση. Να έχουμε δηλαδή μια εποπτική εικόνα και όχι στενά προσδιορισμένη, προσκολλημένη κι επικεντρωμένη σε λάθος – πολλές φορές – στόχους, θέματα και σημεία.

Είναι επιτακτική η ανάγκη να παρακολουθούμε το ρου των εξελίξεων σε επιστημονικό, τεχνολογικό επίπεδο όπως και στο πεδίο της εφαρμογής νέων μεθόδων και πρακτικών. Πρέπει να εκτελούμε ανάλυση, αξιολόγηση και εκτίμηση των αποτελεσμάτων, διαδικασία που θα μας οδηγήσει στην αναπροσαρμογή των μεθόδων που εφαρμόζουμε σε μια κατεύθυνση συνεχούς βελτίωσης και βελτιστοποίησης.

Εξάλλου, η συνολική «εικόνα», η γενικότερη κατεύθυνση μας ξεπερνά σημαντικά και μας υποδεικνύει την άμεση ανάγκη επανεξέτασης κι αναθεώρησης των μεθόδων που εφαρμόζονται (TBM) αφού δεν υπάρχει πια αμφιβολία καμία ότι υστερούν σε απόδοση με όρους τεχνικο-οικονομικούς.

Θα ήταν θεμιτό και σκόπιμο να αντιμετωπίσουμε την στρατηγική CBM ως «υποδοχέα», ως το 1^ο βήμα από αρκετά που πρέπει να ακολουθήσουν. Η μέθοδος αυτή πλαισιωμένη από συνεχώς αναπτυσσόμενα κι εξελισσόμενα τεχνολογικά εργαλεία, προγράμματα παρακολούθησης και διάγνωσης καθώς και λογισμικά επεξεργασίας κι ανάλυσης των αποτελεσμάτων μπορεί να αποτελέσει τη λύση. Και φυσικά, σε συνδυασμό – στην εφαρμογή της – με πτυχές της RCM όσον αφορά τη διαχείριση κινδύνου και ρίσκου αστοχίας, αλλά κυρίως την εισαγωγή της έννοιας της σημαντικότητας και κρισιμότητας του εξοπλισμού που θα οδηγήσει στην κατάταξή του (μετά από υπολογισμό δεικτών), στην ιεράρχηση των απαιτούμενων εργασιών, όπως και στην κατάταξη των σημαντικών βλαβών ανάλογα με τις επιπτώσεις τους.

Σίγουρα, επίσης, είναι αναγκαίο να εξελίσσουμε και να αναπροσαρμόζουμε τις μεθόδους αυτές ανάλογα με τις ανάγκες και τις εκάστοτε απαιτήσεις του συστήματος με στόχο τη συνεχή βελτίωση της εφαρμοζόμενης μεθόδου και της απόδοσης.

Εξάλλου, η μέθοδος CBM, ενισχυμένη με δείκτες για την κρισιμότητα και σημαντικότητα του εξοπλισμού, προσφέρει τεράστια συγκριτικά πλεονεκτήματα και στον τομέα της εξοικονόμησης από το έμμεσο κόστος, αφού υπάρχει αδιαμφισβήτητο κέρδος σε:

- Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα
- Ασφάλεια συστήματος και προσωπικού
- Ποιότητα παρεχόμενου προϊόντος
- Καλύτερη συμπεριφορά του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας προς το περιβάλλον

Κλείνοντας υπογραμμίζουμε ότι, γενικότερα για τον τομέα της συντήρησης του εξοπλισμού, στο μέλλον οι στρατηγικές της συντήρησης είναι αναγκαίο να έχουν ως στόχο την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ελέγχων με περισσότερη ακρίβεια, την ακόμα πιο έγκαιρη προειδοποίηση για επερχόμενα γεγονότα βλαβών ή αστοχιών και τη μείωση των επιπτώσεων, της έκτασης καθώς και του χρόνου αποκατάστασής τους.

Ακόμα, μια μέθοδος συντήρησης ακόμα πιο βελτιωμένη θα πρέπει να στοχεύει στη δραστική μείωση των βλαβών και πρέπει να αποβλέπει στον

εντοπισμό των αιτιών που τις προκαλούν και όχι στα συμπτώματα που εκδηλώνονται. Σε μια τέτοια στρατηγική οι ενέργειες πρέπει να είναι προνοητικές ως προς την πρόληψη και εξάλειψη των αιτιών μιας βλάβης και όχι «εξ' αντιδράσεως».

Αυτή ακριβώς η προσέγγιση αποτελεί τον πιο ενδεδειγμένο δρόμο για την εφαρμογή των νέων μεθόδων συντήρησης με τη λογική της πρόνοιας και την επέκταση της ωφέλιμης ζωής λειτουργίας, καθώς και του ενδιάμεσου χρόνου μεταξύ δύο αστοχιών, πολλές φορές παραπάνω από αυτούς που επιτυγχάνονται με τους κλασικούς τρόπους συντήρησης.

Βιβλιογραφία

- 1) Σαμοΐλης Γ.Β. , *Μετασχηματιστές, Παρακολούθηση, Διαγνωστική, Εκτίμηση της Λειτουργικής Κατάστασης*, ΤΕΕ, 2007.
- 2) Σαμοΐλης Γ.Β. , *‘‘Η Συντήρηση, ειδικά Κεφάλαια Συντήρησης Μηχανημάτων’’*, Αθήνα, 1995.
- 3) Κωνσταντίνος Πίπης, *«Μεθοδολογίες Συντήρησης του Δικτύου Ηλεκτρικής Ενέργειας και Σύγχρονες Τάσεις»*, Μεταπτυχιακή Εργασία στο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του ΕΜΠ «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας», Αθήνα, Μάρτιος 2009.
- 4) Κατωπόδης Α, Νιάρχος Γ, *«Παραγωγή-Μεταφορά-Διανομή» Ηλεκτρικής Ενέργειας, Υποσταθμοί-Προστασία*, Τόμος Δεύτερος, Αθήνα.
- 5) Βρ. Λεώπουλου, Ευ. Χαμπηλομάτη, Β. Διαμάντα, Χαρ. Τσόγκα, *«Συντήρηση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βάσει της ανάλυσης κινδύνων» διαθέσιμο στη διεύθυνση: http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=587*.
- 6) Δρ. Γεωργαντζής Γ., *«Συντήρηση και Αποκατάσταση Βλαβών στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς»*, Ημερίδα-ΤΕΕ, Παν. Πατρών, Ε.Ε. CIGRE-Πάτρα, 16.02.2009.
- 7) Ραΐσιος Ε.Π., *Μετρήσεις και Ειδικές Λειτουργίες Μετασχηματιστών*, ΤΕΕ, 2002.
- 8) Τσιρούλης Κ, *‘‘Παραγωγή-Μεταφορά-Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Υποσταθμοί-Προστασία’’*, Αθήνα.
- 9) Ιωακειμίδης Ι, *‘‘Εγχειρίδιο Προληπτικής Ηλεκτρολογικής Συντήρησης’’*, Αθήνα 2000.
- 10) Σιάτρας, *‘‘Σύστημα Μεταφοράς’’*, Δ.Ε.Η Διεύθυνση Εκπαίδευσης, Τομέας Σχολών.
- 11) Κοροβέσης Α, Γλάρος Α, Νικολόπουλος Δ, *‘‘Συνεργείο Υποσταθμών Μεταφοράς’’* Δ.Ε.Η Διεύθυνση Εκπαίδευσης, Τομέας Σχολών.
- 12) Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς, *‘‘Αξιοπιστία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας’’*, Αθήνα 2001.

- 13) *Κ. Βουρνάς, Γ. Κονταζής, 'Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας', Αθήνα 2001.*
- 14) *Κόλλιας Κ, Επιθεώρηση και Συντήρηση Εξοπλισμού του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, τόμος 1&2, Δ.Ε.Η Α.Ε. , ΔΣΜ, 2010.*
- 15) *Joachim Schneider, Armin Gaul, Claus Neumann, Jurgen Hografer, Wolfram Wellbow, Michael Schwan, Armin Schnettler, «Asset Management Techniques», 15th PSCC, Liege, 22-26 August 2005*
- 16) www.parc.com
- 17) www.enrdia.gr
- 18) www.vilma.gr
- 19) www.infrspec.gr
- 20) en.wikipedia.org/wiki/Safety_engineering
- 21) <https://www.wikipedia.gr>
- 22) www.daycor.com/ *'Daylight corona and Arching Technologies', liege, 2005.*