

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΤΕΛΕΧΗ – EXECUTIVE MBA»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:
«ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ
ΑΕΡΙΟΥ»

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ του ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΠΟΧΩΡΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΓΕΩΡΓΑΚΕΛΛΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	ΚΟΡΝΗΛΙΑ ΔΕΛΟΥΚΑ - ΙΓΓΛΕΣΗ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019

Παράρτημα Β: Βεβαίωση Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΤΕΛΕΧΗ**

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή (δεύτερη) σελίδα στο σώμα της διπλωματικής εργασίας)

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη : Ε-ΜΒΑ» με τίτλο

«ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ»

έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή/τριας.....

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Α.Κ.', written over a horizontal line.

Όνοματεπώνυμο... ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ

Ημερομηνία... 15/10/2019

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

*Στη μνήμη του πατέρα μου Απόστολου και της μητέρας μου Αγγελικής, τους
οποίους έχασα κατά την διάρκεια εκπόνησης της εν λόγω Διπλωματικής
Εργασίας...*

...σας ευχαριστώ για όλα

Τίτλος:

«Βελτιστοποίηση Προγραμματισμού Εργασιών Συντήρησης Δικτύων Μέσης Πίεσης Φυσικού Αερίου»

Σημαντικοί όροι: διανομή φυσικού αερίου, προληπτική συντήρηση, καθοδική προστασία, δίκτυα, μετρήσεις, ανάλυση, τηλεμέτρηση, δείκτης κινδύνου, έλεγχος μόνωσης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με έναν από τους πλέον ανερχόμενους κλάδους ενέργειας τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στην Ελληνική Επικράτεια αυτόν του Φυσικού Αερίου.

Η ανάπτυξη του κλάδου στη χώρα μας, τα τελευταία είκοσι έτη και η διεύρυσή του, τόσο σε οικιακή όσο και σε βιομηχανική χρήση, την τελευταία δεκαετία έχει δημιουργήσει την ανάγκη για υψηλό επίπεδο ασφαλών και αέναης λειτουργίας από την Εταιρία Διανομής Αερίου που διαχειρίζεται τα δίκτυά του.

Με αυξημένη την απαίτηση προληπτικής συντήρησης, για την επίτευξη του ζητούμενου επιπέδου λειτουργίας, αναζητήθηκαν νέα μοντέλα και εργαλεία που θα αποφέρουν την υψηλότερη απόδοση, καλύπτοντας πάντα τις ισχύουσες νομικές απαιτήσεις με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Το κόστος προληπτικής συντήρησης δε, σε εταιρίες τέτοιου είδους, τα έσοδα των οποίων προέρχονται από τα τέλη διέλευσης και την ισχύουσα κατά περίοδο ταρίφα, αποτελεί το βασικό τους έξοδο.

Έγινε παρουσίαση του χαλύβδινου δικτύου Μέσης Πίεσης (19 bar) της Εταιρίας Διανομής Αερίου, μήκους 320 χλμ περίπου, το οποίο τροφοδοτεί σταθμούς μέτρησης και ρύθμισης της πίεσης, υπεύθυνους για την τροφοδοσία τόσο των οικιακών (B2C) όσο και των βιομηχανικών (B2B) πελατών.

Παρουσιάστηκε επίσης η μεθοδολογία προγραμματισμού προληπτικής συντήρησης του δικτύου και ειδικότερα ο έλεγχος των συστημάτων έναντι της εξωτερικής και εσωτερικής διάβρωσης (Καθοδική Προστασία), ο υφιστάμενος τρόπος λήψης και αξιολόγησης των μετρήσεων αυτών καθώς και οι έως τώρα διορθωτικές ενέργειες. Στη συνέχεια, με γνώμονα πάντα την πλήρωση των απαιτήσεων του νόμου, ερευνήθηκαν οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες με την χρήση νέων τεχνολογιών όπως: συστήματα τηλεμέτρησης και ενσωμάτωση των μετρήσεων σε ειδική πλατφόρμα αποθήκευσης και επεξεργασίας αυτών, εκπόνηση ειδικών μελετών επί του προσδιορισμού του δείκτη κινδύνου των δικτύων, εφαρμογή ελέγχων της εξωτερικής μόνωσης με ειδικές σύγχρονες επαγωγικές μεθόδους, οι οποίες δεν απαιτούν καμία εκσκαφή ή επιπλέον εργασία.

Τέλος παρουσιάστηκαν τα οφέλη των ενεργειών αυτών τόσο από άποψη κόστους όσο και ποιότητας αποτελέσματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Μποχώρη τόσο για την άριστη συνεργασία μας όσο και για την καθοδήγηση που μου προσέφερε.

*Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου που με βοήθησαν με την ανοχή τους και την ηθική και ουσιαστική συμπαράστασή τους.
Βασίλη, Νεκτάριε σας ευχαριστώ.*

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγό μου Ελένη και τα παιδιά μου, Εμμακουέλα και Άγγελο, για την στήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VII
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	IX
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	XV
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	XVI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	XVII
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ.....	XVIII
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (ΚΠ) ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (ΜΠ) ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (ΦΑ)	1
1.2 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	2
2. Η «ΕΤΑΙΡΙΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΕΡΙΟΥ» - ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ	4
2.1 Η ΕΤΑΙΡΙΑ	4
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	4
2.3 Η ΕΤΑΙΡΙΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΕΡΙΟΥ ΣΕ ΑΡΙΘΜΟΥΣ.....	5
2.4 ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΩΣ ΠΡΟΪΟΝ , ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ	6
2.5 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	8
2.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΕΡΙΟΥ.....	10
2.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ	13
3. ΚΑΘΟΔΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΕΡΙΟΥ	15
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	15
3.1.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ (IMPRESSED CURRENT).....	15
3.1.2 Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	16
3.1.3 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΟΡΟΙ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	17
3.1.3.1 ΥΠΕΡΠΡΟΣΤΑΣΙΑ (OVERPROTECTION).....	17
3.1.3.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	17
3.1.3.3 ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (REFERENCE ELECTRODE)	17
3.1.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ “ON” ΚΑΙ “ON-OFF”	18
3.1.3.5 ΚΛΙΝΗ ΑΝΟΔΩΝ (ANODEBED).....	19
3.1.3.6 ΡΕΥΜΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (PROTECTIVE CURRENT)	19
3.1.3.7 ΑΠΟΜΟΝΩΤΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ - ΦΛΑΝΤΖΕΣ (INSULATING COUPLINGS).....	20
3.1.3.8 ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ (MEASURING POSTS).....	20
4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.....	23
4.1 ΣΚΟΠΟΣ	23
4.2 ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	23
4.3 ΕΙΔΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	25
4.3.1 ΜΗΝΙΑΙΕΣ & ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΠ.....	25
4.3.2 ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ ΚΠ.....	29
4.4 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	31
4.4.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ON	32

4.4.2	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ OFF	32
4.4.3	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ	32
4.4.4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΙΜΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ	33
4.4.5	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΓΩΓΟΥ ΚΑΙ ΞΕΝΩΝ ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΩΝ ΑΓΩΓΩΝ.....	33
4.4.6	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΛΙΝΗΣ ΑΝΟΔΩΝ ΚΑΙ ΑΓΩΓΟΥ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	33
4.4.7	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ	33
5.	Η ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	35
5.1	ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	35
5.2	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	36
5.3	ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	37
5.4	ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	38
5.4.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	38
5.4.2	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ (PREVENTIVE MAINTENANCE)	40
5.4.3	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ (CORRECTIVE MAINTENANCE)	41
5.4.4	ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ (PREDICTIVE MAINTENANCE).....	42
6.	ΝΕΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ (RBM)	43
6.1	ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ RBM	43
6.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ RBM	44
6.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.....	45
6.4	ΒΗΜΑΤΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	46
6.5	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ	47
6.6	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.....	48
6.7	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣ ΕΛΕΓΧΟ.....	49
6.8	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	51
6.9	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	51
6.10	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	52
7.	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ RBM ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΠ	53
7.1	ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙ ΤΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΠ.....	53
7.1.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	53
7.1.2	ΓΕΝΙΚΑ.....	53
7.1.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΔΕΙΚΤΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	53
7.1.3.1	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	53
7.1.3.2	ΜΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΚΛΑΔΟΥ	55
7.1.3.3	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΒΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΠ	56
7.1.3.4	ΕΠΙΡΡΟΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ	56
7.1.4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
7.1.5	ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	58
7.2	ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ PCM (PIPELINE CURRENT MAPPER) ΤΗΣ RADIODETECTION	61
7.2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	61
7.2.2	Το «ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ».....	61
7.2.3	Η ΤΕΧΝΙΚΗ.....	64

7.2.4	ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	65
7.2.5	ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	66
7.2.6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
7.3	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΠ	67
7.3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	67
7.3.2	ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	67
7.3.3	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	71
7.3.4	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	74
7.3.5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΝΕΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	77
8.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	78

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Το φυσικό αέριο ως προϊόν	7
Σχήμα 2: Στιγμιότυπο εικόνας Σταθμού Διανομής από το SCADA	12
Σχήμα 3: Στιγμιότυπο εικόνας βανοστασίου από το SCADA	13
Σχήμα 4: Περίοδοι εξέλιξης συντήρησης	38
Σχήμα 5: Πεδίο Προγραμματισμού Συντήρησης.....	43
Σχήμα 6: Κύκλος Επιθεωρήσεων	46
Σχήμα 7: Βασική διάταξη συνδεσμολογίας τηλεμέτρησης τροφοδοτικού ΚΠ	68
Σχήμα 8: Ενδεικτική συσκευή τηλεμέτρησης σε τροφοδοτικό ΚΠ.....	69
Σχήμα 9: Εγκατάσταση συσκευής τηλεμέτρησης σε τροφοδοτικό ΚΠ	70
Σχήμα 10: Ενδεικτική συσκευή τηλεμέτρησης σε ΜΣΚΠ.....	71
Σχήμα 11: Αποτύπωση συσκευών τηλεμέτρησης ΚΠ σε χάρτη	71
Σχήμα 12: Αποτύπωση συσκευής τηλεμέτρησης σε χάρτη	72
Σχήμα 13: Απεικόνιση γενικών στοιχείων συσκευής τηλεμέτρησης στην πλατφόρμα ..	72
Σχήμα 14: Απεικόνιση αναφοράς συσκευής τηλεμέτρησης στην πλατφόρμα	73
Σχήμα 15: Απεικόνιση συναγερμών συσκευής τηλεμέτρησης στην πλατφόρμα.....	74

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Χημική σύσταση φυσικού αερίου	6
Πίνακας 2: Φόρμα Μηνιαίων Μετρήσεων Καθοδικής Προστασίας	27
Πίνακας 3: Φόρμα Εξαμηνιαίων Μετρήσεων Καθοδικής Προστασίας	28
Πίνακας 4: Φόρμα Εβδομαδιαίων Μετρήσεων Τροφοδοτικών Καθοδικής Προστασίας	30
Πίνακας 5: Αποτύπωση μετρήσεων PCM	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Συχνότητα εκπομπής σε σχέση με την ένταση του ρεύματος	63
Διάγραμμα 2: Αποτύπωση της ροής του ρεύματος σε σχέση με το μήκος του δικτύου	63
Διάγραμμα 3: Απεικόνιση σε διάγραμμα μετρήσεων συσκευής τηλεμέτρησης στην πλατφόρμα.....	74

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

ΕΔΑ:	Εταιρία Διανομής Αερίου
ΜΠ:	Μέση Πίεση
ΜΣΚΠ:	Μετρητικός Σταθμός Καθοδικής Προστασίας
RBM:	Risk Based Maintenance
LNG:	Liquid Natural Gas
LPG:	Liquid Petroleum Gas
SCADA:	Supervisory Control and Data Acquisition
ΚΕΑΕ:	Κέντρο Άμεσης Επέμβασης
GIS:	Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα
T/R unit:	Transformer Rectifier Unit (Τροφοδοτικό ΚΠ)
OPEX:	Operational Expenses
RMU:	Remote Monitoring Unit

1. Εισαγωγή

1.1 Η σημασία της προληπτικής συντήρησης Καθοδικής Προστασίας (ΚΠ) στα δίκτυα Μέσης Πίεσης (ΜΠ) Φυσικού Αερίου (ΦΑ)

Η εμφάνιση της τάσης διεθνοποίησης τις τελευταίες δεκαετίες, με την παγκοσμιοποίηση να αποτελεί πρωταρχικό στόχο των κρατών και την Ευρωπαϊκή Ένωση να εντείνει τις προσπάθειές της να πρωτοστατήσει στο παγκόσμιο γίγνεσθαι, η σημασία της συντήρησης γίνεται όλο και μεγαλύτερη.

Τόσο οι επενδυτές του κλάδου της ενέργειας, όσο και οι ιδιοκτήτες και υπεύθυνοι λειτουργίας των επιχειρήσεων διύλισης πετρελαίου και φυσικού αερίου έχουν την δυνατότητα να αναπροσαρμόζουν το πρόγραμμα συντήρησης των εγκαταστάσεων τους, βάσει της συχνότητας εμφάνισης αστοχίας σε αυτές.

Για αυτό τον λόγο κρίνεται αναγκαία η δυνατότητα ανάπτυξης ενός αξιόπιστου πλάνου συντήρησης και αξιολόγησης του κινδύνου (Pouliezos and Stavrakakis 2013).

Διαρκείς έρευνες, από εξειδικευμένα στο είδος πανεπιστημιακά ιδρύματα, μεταξύ των οποίων και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, έχουν επικεντρωθεί στο πρόβλημα της δημιουργίας προγραμματισμένου πλάνου συντήρησης, λόγω της απαίτησης για αύξηση της παραγωγικότητας, αποδοτικότητας, διαθεσιμότητας και αξιοπιστίας του παραγωγικού εξοπλισμού των επιχειρήσεων, με γνώμονα πάντα τη μείωση του κόστους συντήρησης αλλά και την ασφαλή λειτουργία. Για την επίτευξη αυτού του στόχου έχουν αναπτυχθεί προσεγγίσεις που βασίζονται στον κίνδυνο και στο κόστος. Οι προσεγγίσεις αυτές αξιολογούν την πιθανότητα εμφάνισης ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και των συνεπειών του σε σχέση με το χρόνο το κόστος την ποιότητα και την ασφάλεια.

Η παρούσα διπλωματική ασχολείται με την παρουσίαση των εργασιών Προληπτικής Συντήρησης της Καθοδικής Προστασίας (ΜΣΚΠ) των δικτύων Μέσης Πίεσης Φυσικού Αερίου και την επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος συντήρησης, το οποίο προσεγγίζει ικανοποιητικά τις συνθήκες που επικρατούν στην πράξη. Συγκεκριμένα μελετάται ο καθορισμός των κατάλληλων διαστημάτων συντήρησης σε μετρητικούς σταθμούς καθοδικής προστασίας της Εταιρίας Διανομής Αερίου. Για την επίτευξη αυτού του

στόχου έγινε χρήση νέων μεθόδων υπολογισμού του δείκτη κινδύνου και ρίσκου καθώς και διακρίβωσης του επιπέδου ασφάλειας των δικτύων τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Για την πραγματοποίηση της έρευνας, έγινε:

- Μελέτη της μεθόδου συντήρησης βάσει κινδύνου RBM (Risk Based Maintenance)
- Μελέτη υπολογισμού δείκτη κινδύνου ανά σύστημα καθοδικής προστασίας
- Έλεγχος μόνωσης δικτύου με τη μέθοδο PCM (Pipeline Current Mapper) της Radiodetection
- Μελέτη Εγκατάστασης και χρήσης συστήματος τηλεμέτρησης στα δίκτυα ΚΠ
- Προσδιορισμός παραγόντων που επηρεάζονται από τη συντήρηση
- Επικύρωση του μοντέλου με προηγούμενα στοιχεία συντήρησης και αποδεκτά όρια κινδύνου.

1.2 Δομή διπλωματικής

Κεφάλαιο 1

Περιγράφεται η σημασία της συντήρησης.

Κεφάλαιο 2

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται και περιγράφεται η Εταιρία Διανομής Αερίου ως προς την δραστηριότητά της, το αντικείμενό της και την στρατηγική της.

Κεφάλαιο 3

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το είδος συντήρησης το οποίο πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία δηλαδή την Προληπτική Συντήρηση της Καθοδικής Προστασίας του Χαλύβδινου Δικτύου Μέσης Πίεσης.

Κεφάλαιο 4

Στο κεφάλαιο αυτό αποτυπώνεται η μεθοδολογία λήψης μετρήσεων ΚΠ, η διαδικασία αξιοποίησης των μετρήσεων καθώς και οι διορθωτικές ενέργειες που προκύπτουν.

Κεφάλαιο 5

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα βασικότερα είδη συντήρησης που εφαρμόζονται στη βιομηχανία και πως η διοίκηση παραγωγής επεμβαίνει για την βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων

Κεφάλαιο 6

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι νέες μέθοδοι συντήρησης βάσει της εκτίμησης επικινδυνότητας (Risk Based Maintenance)

Κεφάλαιο 7

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται οι προτεινόμενες μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου βάσει της RBM για τον καθορισμό της προληπτικής συντήρησης ΚΠ

Κεφάλαιο 8

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του προβλήματος

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 1

- Pouliezos, A. and G. S. Stavrakakis (2013). Real time fault monitoring of industrial processes, Springer Science & Business Media.

2. Η «Εταιρία Διανομής Αερίου» - Δραστηριότητα και Στρατηγική

2.1 Η εταιρία

Η «Εταιρία Διανομής Αερίου» αποτελεί τον Διαχειριστή του Δικτύου Διανομής Φυσικού Αερίου στην περιοχή στην οποία δραστηριοποιείται, σύμφωνα με τη σχετική άδεια λειτουργίας της.

Αρμοδιότητά της αποτελεί:

- η λειτουργία των δικτύων Μέσης Πίεσης (19 bar) και Χαμηλής Πίεσης (4 bar) τα οποία κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980
- νεότερα δίκτυα τα οποία κατασκευάστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και από τα πλέον σύγχρονα δίκτυα, από το 2001 έως σήμερα.

2.2 Ιστορική αναδρομή

Τα πρώτα δίκτυα αερίου της εταιρίας, μήκους περίπου 20 χιλιομέτρων, κατασκευασμένα από μαντέμι και χάλυβα, άρχισαν να λειτουργούν στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, με την παραγωγή φωταερίου σε εργοστάσιο με πρώτη ύλη το κάρβουνο. Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες επεκτάσεις δικτύων, με υλικό το χάλυβα και εξωτερική μόνωση λιθανθρακόπισσας, οι οποίες έφτασαν σε μήκος τα 60 χιλιόμετρα περίπου. Η λειτουργία του εργοστασίου παραγωγής συνεχίστηκε μέχρι το 1985 όπου και σταμάτησε η παραγωγή του φωταερίου, σταμάτησε η λειτουργία του, για περιβαλλοντικούς κυρίως λόγους και ξεκίνησε η παραγωγή αερίου από τη σχάση της Νάφθας, από το οικείο Δημόσιο Διυλιστήριο.

Με την πάροδο των ετών και την ευαισθητοποίηση της κοινωνίας σε θέματα οικολογίας και προστασίας του περιβάλλοντος αναπόφευκτα οδηγηθήκαμε στην αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας, φιλικότερων προς το περιβάλλον.

Αποτέλεσμα των ερευνών αυτών αποτέλεσε η δημιουργία της νέας εταιρίας Φυσικού Αερίου το 1988 και η κατασκευή του κεντρικού αγωγού φυσικού αερίου. Το 1996 αποτελεί το έτος έναρξης προμήθειας φυσικού αερίου από την Ρωσία, μέσω του δικτύου των αγωγών και από την Αλγερία μέσω ειδικών δεξαμενοπλοίων με την μορφή υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG).

Το 2001 ιδρύθηκε η Εταιρία Παροχής Αερίου η οποία κατέχει και την αποκλειστική διανομή του αερίου έως το 2016.

Από 01/01/2017 και στα πλαίσια της απελευθέρωσης της αγοράς Φυσικού Αερίου, με την ψήφιση νόμου για το πλήρες άνοιγμα της λιανικής αγοράς, επήλθε ο διαχωρισμός των εταιριών όπου η Εταιρία Παροχής Αερίου ανέλαβε την προμήθεια του φυσικού αερίου στους καταναλωτές ενώ η νέα ιδρυθείσα Εταιρία Διανομής Αερίου τη λειτουργία, συντήρηση και ανάπτυξη του δικτύου διανομής και τη σύνδεση των κατοίκων και επαγγελματιών με τρόπο ασφαλή και αποδοτικό.

2.3 Η Εταιρία Διανομής Αερίου σε αριθμούς

300	Άτομα εξειδικευμένο προσωπικό με τεχνογνωσία και εμπειρία
3.500	Χιλιόμετρα δικτύου διανομής φυσικού αερίου
300.000	Νοικοκυριά
6.500	Επαγγελματίες
200	Βιομηχανικοί και Μεγάλοι Εμπορικοί Πελάτες
1.300	Σχολικές μονάδες και δημοτικά κτίρια
35%	Διείσδυση σε περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο

2.4 Το φυσικό αέριο ως προϊόν , χημικές ιδιότητες και χρήσεις

Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο αέριο μίγμα απλών υδρογονανθράκων αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο, που είναι και ο ελαφρύτερος υδρογονάνθρακας συναντώνται όμως σε αυτό και σημαντικές ποσότητες προπανίου, βουτανίου, αιθανίου καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, ήλιο και υδρόθειο.

Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH ₄)	70-90
Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	5-15
Προπάνιο (C ₃ H ₈) & Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	<5
CO ₂ , N ₂ , H ₂ S κλπ	Μικρότερες Ποσότητες

Πίνακας 1: Χημική σύσταση φυσικού αερίου

Συναντάται συνήθως σε υπόγειους ταμιευτήρες πορωδών πετρωμάτων ή σε κοιτάσματα πετρελαίου.

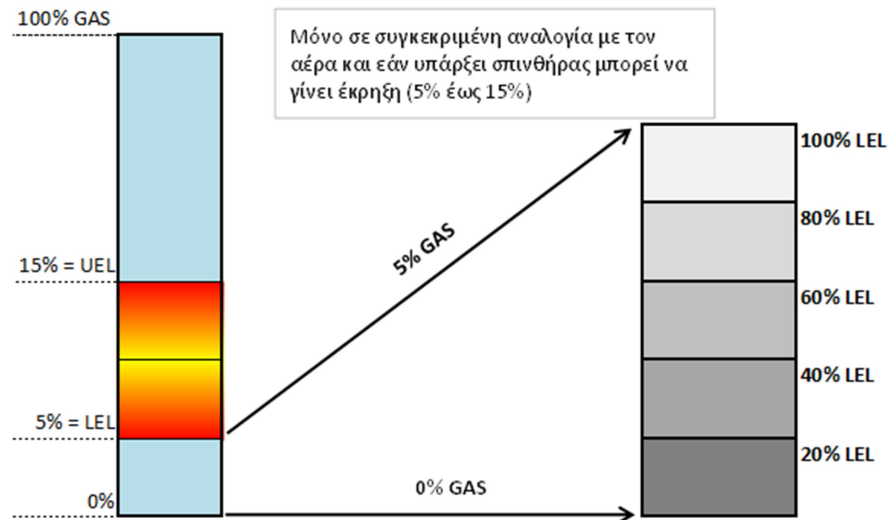
Τα υφιστάμενα κοιτάσματα καλύπτουν απαιτήσεις για τα επόμενα πενήντα έτη και πραγματοποιούνται διαρκώς έρευνες για τον εντοπισμό νέων.

Είναι πολύ καθαρό, χωρίς προσμίξεις και θείουχα συστατικά καθώς είναι το φιλικότερο συμβατικό καύσιμο για το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Η καύση του έχει μικρότερη εκπομπή ρύπων σε σχέση με τα άλλα καύσιμα, είναι καθαρή, δεν δημιουργεί ρύπους στην ατμόσφαιρα και κατάλοιπα στον καυστήρα. Τα επίπεδα μονοξειδίου και διοξειδίου είναι πολύ χαμηλά οπότε η καύση είναι σχεδόν τέλεια.

Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα. Σε περίπτωση διαρροής, διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα σε αντίθεση με τα Υγραέρια (LPG) που είναι βαρύτερα του αέρα.

Είναι μη τοξικό άχρωμο και άοσμο αλλά προστίθεται μια ειδική ουσία, το ΤΗΤ (Τετραϋδροθειοφαίνιο) ώστε να του προσδίδει την χαρακτηριστική του οσμή και να είναι εύκολα ανιχνεύσιμο σε περίπτωση διαρροής.



Σχήμα 1: Το φυσικό αέριο ως προϊόν

Οι χρήσεις του φυσικού αερίου, εξαιτίας των ιδιοτήτων του, τόσο σε οικιακό όσο και σε βιομηχανικό επίπεδο, είναι πολλές και οι πλέον ενδεικτικές είναι:

- Πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε αντικατάσταση κυρίως του μαζούτ και του λιγνίτη.
- Οικιακή χρήση, για θέρμανση, μαγείρεμα, ζεστό νερό και ψύξη.
- Ως καύσιμο σε νέας τεχνολογίας οχήματα που κινούνται με υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG).
- Στην παραγωγή υδρογόνου
- Σε βιομηχανίες παραγωγής γυαλιού, τουβλοποιίας, φαρμάκων, υφασμάτων, βαφών, πλαστικών, τροφίμων, αναψυκτικών κλπ.

Τόσο οι ιδιότητες του φυσικού αερίου όσο και τα χαρακτηριστικά του βοηθούν στην χρήση του ως βασική μορφή ενέργειας σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας καθώς πέρα της ανταγωνιστικής τιμής αλλά και της μεγάλης θερμογόνου δύναμής του (απόδοση σε ενέργεια ανά μονάδα καύσιμης ύλης) η συνεχής παροχή του διασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία με οφέλη όπως:

- Αποδέσμευση κεφαλαίων για διατήρηση αποθεμάτων καυσίμων.
- Αποδέσμευση χώρων αποθήκευσης καυσίμων.
- Μειωμένες εκπομπές ρύπων με θετικό πρόσημο στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά πιστοποιητικά των βιομηχανιών.
- Συμβολή στο καθαρότερο περιβάλλον και στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Μείωση του λειτουργικού κόστους διαχείρισης καυσίμων και συντήρησης.
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία.
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.

2.5 Βασικοί ορισμοί

Προκειμένου να προχωρήσουμε στην παρουσίαση και ανάλυση της διπλωματικής μελέτης πρέπει να αναφερθούν οι ορισμοί των βασικότερων εννοιών, αυτοί είναι οι παρακάτω:

1. Δίκτυο αερίου Μέσης Πίεσης

Αποτελεί το σύνολο των συνδεδεμένων χαλύβδινων σωλήνων, εξαρτημάτων και εξοπλισμού μέσω των οποίων διανέμεται το φυσικό αέριο.

2. Μόνωση χαλύβδινων αγωγών

Είναι το υλικό που περιβάλλει εξωτερικά το χαλύβδινο δίκτυο τόσο για μηχανική προστασία όσο και για παθητική προστασία έναντι της διάβρωσης. Αρχικά για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούταν η λιθανθρακόπισσα και αργότερα το πολυαιθυλένιο.

3. Εξοπλισμός

Ο βασικός εξοπλισμός των δικτύων ΜΠ απαρτίζεται από: τους σταθμούς μέτρησης και ρύθμισης της πίεσης, τα τροφοδοτικά καθοδικής προστασίας, τους μετρητικούς σταθμούς καθοδικής προστασίας, τα ηλεκτροκίνητα και χειροκίνητα βανοστάσια, τους μονωτικούς συνδέσμους, τα καταγραφικά πίεσης και τους μετρητές κατανάλωσης.

4. Καθοδική προστασία

Το σύστημα αντιδιαβρωτικής προστασίας του δικτύου το οποίο εφαρμόζεται σε όλο το μήκος του και το οποίο εγγυάται την αδιάλειπτη και ασφαλή λειτουργία σε όλο το χρόνο ζωής του, περί τα πενήντα έτη.

5. Τροφοδοτικό καθοδικής προστασίας

Ειδικός εξοπλισμός μετασχηματιστή-ανορθωτή ο οποίος διασφαλίζει την απαιτούμενη τάση προστασίας συνεχούς ρεύματος στο χαλύβδινο δίκτυο.

6. Πίλλαρ τροφοδοτικού καθοδικής προστασίας

Μεταλλικό ερμάριο κατάλληλα διαμορφωμένο να φιλοξενεί το τροφοδοτικό καθοδικής προστασίας και με ειδικές προδιαγραφές για εγκατάστασή του σε εξωτερικό χώρο

7. Μετρητικός σταθμός καθοδικής προστασίας

Μεταλλικός στυλίσκος με ακροκιβώτιο καλωδίων στο οποίο καταλήγουν τα καλώδια από το θαμμένο δίκτυο ΦΑ με σκοπό τη λήψη μετρήσεων

8. Μονωτικός σύνδεσμος

Ειδικό εξάρτημα του δικτύου ΦΑ το οποίο διασφαλίζει την ηλεκτρική μόνωση μεταξύ τμημάτων του με σκοπό τον διαχωρισμό σε ανεξάρτητα συστήματα καθοδικής προστασίας

9. Προληπτική συντήρηση

Οι εργασίες προγραμματισμένου ελέγχου του δικτύου με σκοπό την διαφύλαξη της ακεραιότητάς του , της λειτουργικότητάς του και υψηλού επιπέδου ασφάλειάς του

10. Διορθωτική συντήρηση

Ενέργειες που σκοπό έχουν την επαναφορά του δικτύου και των εγκαταστάσεων του στην αρχική τους κατάσταση μετά την εμφάνιση δυσλειτουργίας ή βλάβης ή ζημιάς.

11. Τηλεμέτρηση

Χρήση της ηλεκτρονικής συσκευής, για την ένδειξη, καταγραφή και τη μετάδοση στοιχείων σε κεντρικό σύστημα προκειμένου να είναι δυνατή η παρακολούθηση σημαντικών λειτουργικών δεδομένων.

2.6 Περιγραφή των εγκαταστάσεων μέσης πίεσης της Εταιρίας Διανομής Αερίου

Το όριο ευθύνης της εταιρίας ξεκινά από τα σημεία διασύνδεσης με το κεντρικό δίκτυο υψηλής πίεσης όπου η λήψη λαμβάνεται στην έξοδο των σταθμών Μέτρησης και Ρύθμισής του (City Gates). Στο σημείο αυτό η υψηλή πίεση των 30 bar υποβιβάζεται στη μέση πίεση των 19 bar. Το σύστημα μέσης πίεσης περιλαμβάνει όλα τα δίκτυα και τις και τις εγκαταστάσεις από την έξοδο των City Gates μέχρι και την έξοδο των Σταθμών Διανομής 19/4 bar ή των σταθμών Βιομηχανικών Πελατών που τροφοδοτούνται από αυτό.

Δίκτυο Μέσης Πίεσης

Το κυρίως δίκτυο μέσης πίεσης περιλαμβάνοντας και όλες τις δευτερεύουσες εγκαταστάσεις του εκτείνεται στον αστικό ιστό και στα περίχωρα τροφοδοτώντας τόσο το δίκτυο πόλης όσο και μεγάλους βιομηχανικούς πελάτες (B2B). Η ονομαστική πίεση λειτουργίας του είναι 19 bar ενώ η πραγματική 15 bar. Οι διατομές του δικτύου κυμαίνονται, ανάλογα με την περίπτωση, μεταξύ 18” και 4”. Αποτελείται από χαλύβδινους αγωγούς χωρίς ραφή και είναι πλήρως συγκολλητό. Καλύπτεται εξωτερικά με μόνωση πολυαιθυλενίου προκειμένου να προστατεύεται από το φαινόμενο της διάβρωσης των μετάλλων (παθητική προστασία). Επιπροσθέτως προστατεύεται από τη διάβρωσή του μέσω συστήματος Καθοδικής Προστασίας (ενεργή προστασία).

Σταθμοί Διανομής

Οι σταθμοί μέτρησης και ρύθμισης της πίεσης ή αλλιώς Σταθμοί Διανομής 19/4 υποβιβάζουν την πίεση στα 4 bar και αποτελούν την έναρξη του δικτύου χαμηλής πίεσης προς τους τελικούς καταναλωτές. Οι σταθμοί διανομής, 160 στον αριθμό, βρίσκονται εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία της πόλης και από εκεί ξεκινούν οι Λειτουργικοί Τομείς οι οποίοι καλύπτουν σε παροχή μια συγκεκριμένη γεωγραφική έκταση (Δήμος). Κάθε Δήμος καλύπτεται από δύο διαφορετικούς σταθμούς διανομής για λόγους επάρκειας και ασφάλειας.

Υπόγεια βανοστάσια (φρεάτια βανών)

Βρίσκονται εγκατεστημένα σε όλο το μήκος του δικτύου και πρόκειται για υπόγειους χώρους, κατασκευασμένους από οπλισμένο σκυρόδεμα μέσα από τους οποίους διέρχεται ο αγωγός. Η πρόσβαση ασφαλιζεται και ειδικές ανθρωποθυρίδες και σύστημα αερισμού επιτρέπει την ικανοποιητική δίοδο του αέρα έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η είσοδος προσωπικού για εργασία. Συνήθως αποτελείται από σύστημα τριών βανών όπου η μία θεωρείται κύρια και οι άλλες δύο βοηθητικές (bypass). Το βανοστάσιο αποτελεί το σημείο αναχώρησης από το κυρίως δίκτυο προς το μικρότερης διατομής δευτερεύον (αντένα) το οποίο θα αποτελέσει την τροφοδοσία ενός σταθμού διανομής.

Ο λόγος της ύπαρξης των βανοστασίων, πέραν της τροφοδοσίας των σταθμών είναι και η δυνατότητα που παρέχουν, μέσω συγκεκριμένων κινήσεων (άνοιγμα ή κλείσιμο βάνας) να γίνουν εργασίες προληπτικής ή διορθωτικής συντήρησης στο δίκτυο ή να ασφαλίσουν το δίκτυο σε περίπτωση έκτακτου περιστατικού (διάτρηση ή δυσλειτουργία εξοπλισμού).

Μεγάλο ποσοστό των βανοστασίων, περίπου το 40%, είναι ηλεκτροκίνητα, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει η δυνατότητα τηλεχειρισμού τους, μέσω ειδικού συστήματος και κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις και εγκρίσεις, σε περίπτωση άμεσης ανάγκης.

Σύστημα Τηλεελέγχου και Τηλεχειρισμού (SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition)

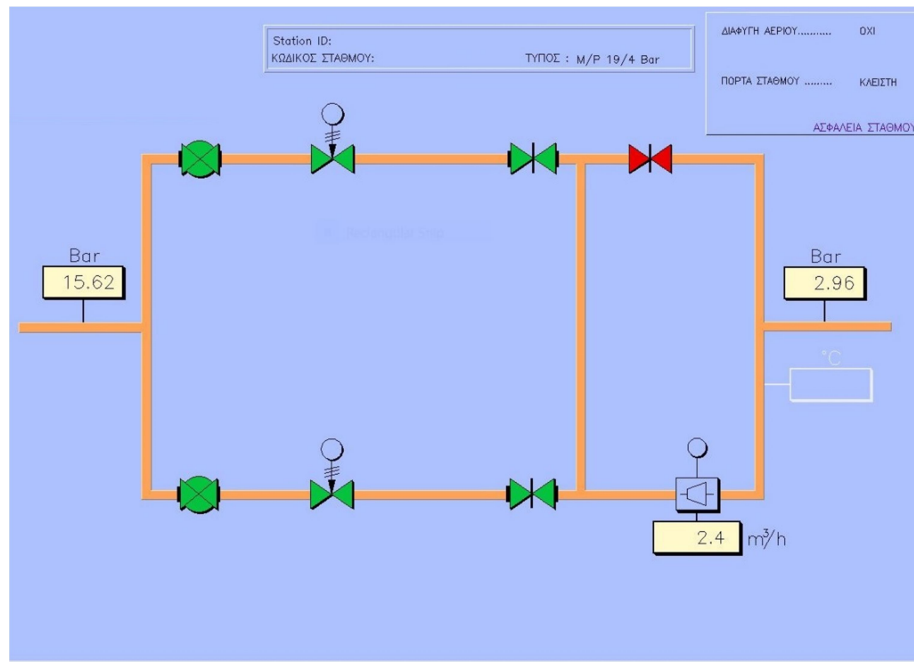
Το σύστημα SCADA εξυπηρετεί, μέσα από τη λειτουργία του Κέντρου Άμεσης Επέμβασης (KEAE), την ανάγκη παρακολούθησης σε 24ωρη βάση του απομακρυσμένου ελέγχου και τηλεχειρισμού του δικτύου Μ.Π. φυσικού αερίου με στόχο την ασφάλεια της λειτουργίας του χαλύβδινου δικτύου διανομής μέσω της παρακολούθησης του σε πραγματικό χρόνο.

Το σύστημα SCADA παρακολουθεί βασικά στοιχεία του δικτύου όπως:

Τους σταθμούς διανομής και ειδικότερα:

- Την πίεση εισόδου και την πίεση εξόδου των σταθμών διανομής
- Την ροή του αερίου
- Την θερμοκρασία του αερίου
- Την κατάσταση των βανών

- Το επίπεδο αερίου στο χώρο, μέσω ειδικού ανιχνευτή αερίου
- Την πιθανή παραβίαση της εγκατάστασης
- Την κατάσταση των βανών έκτακτης ανάγκης (βάνες ακαριαίας διακοπής)

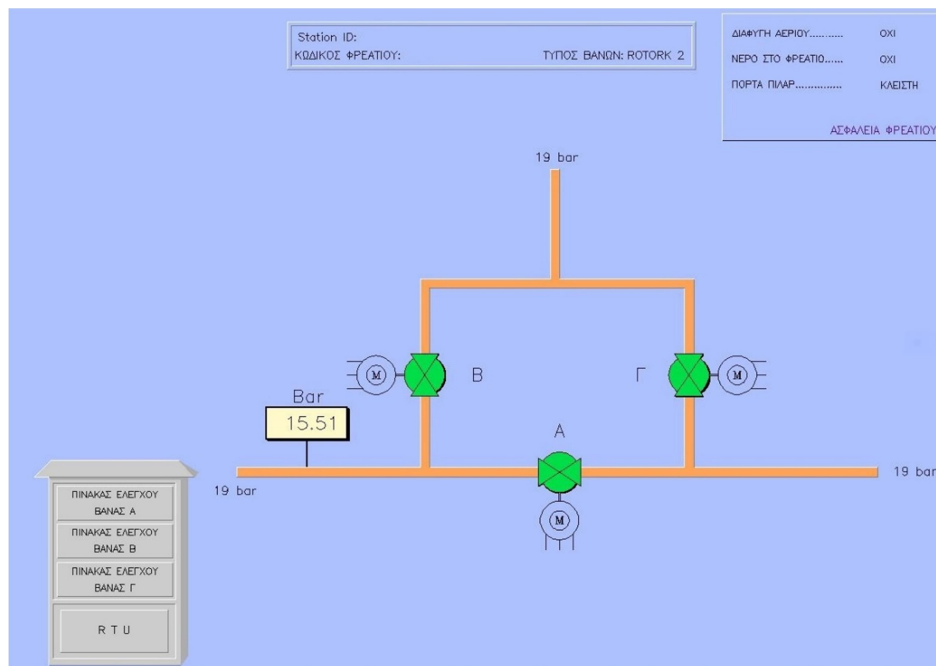


Σχήμα 2: Στιγμιότυπο εικόνας Σταθμού Διανομής από το SCADA

Τα ηλεκτροκίνητα βανοστάσια και ειδικότερα:

- Την θέση και κατάσταση των βανών
- Την κατάσταση των ηλεκτροκινητήρων
- Το επίπεδο αερίου στο χώρο, μέσω ειδικού ανιχνευτή αερίου
- Την πιθανή παραβίαση της εγκατάστασης
- Την πίεση του δικτύου
- Το επίπεδο αερίου στο χώρο, μέσω ειδικού ανιχνευτή αερίου

- Την πιθανή παραβίαση της εγκατάστασης



Σχήμα 3: Στιγμιότυπο εικόνας βανοστασίου από το SCADA

2.7 Λειτουργία και Συντήρηση Δικτύων

Προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό επίπεδο λειτουργίας και συντήρησης των δικτύων ΜΠ εκτελούνται τα παρακάτω είδη εργασιών:

- Προληπτική συντήρηση δικτύου και εξοπλισμού (Preventive Maintenance)
- Διορθωτική συντήρηση δικτύου και εξοπλισμού (Corrective Maintenance)

Οι εργασίες αυτές κύρια αφορούν:

- Την συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού (σταθμούς, βανοστάσια, βάνες θαμμένου τύπου, μετρητές)
- Την συντήρηση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (πίλλαρ, αισθητήρια όργανα σταθμών, ηλεκτροκινητήρες.
- Τον έλεγχο ποιοτικών χαρακτηριστικών του ιδιόκτητου τηλεπικοινωνιακού δικτύου.
- Τον έλεγχο της καθοδικής προστασίας των δικτύων.
- Την εποχούμενη εποπτεία δικτύων για εξασφάλιση της ακεραιότητας του δικτύου, αποφυγή ατυχημάτων λόγω εργασιών τρίτων πλησίον του αγωγού και των εγκαταστάσεων ΜΠ.

- Τον έλεγχο πιθανών διαρροών σε σταθμούς, βανοστάσια και βάνες θαμμένου τύπου.
- Την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών μέσα από το μηχανισμό επιφυλακής άμεσης επέμβασης
- Την ρύθμιση των πιέσεων για την αντιμετώπιση αυξημένης ή μειωμένης ζήτησης ανάλογα την εποχή.
- Την ενεργοποίηση νέων τμημάτων δικτύου μετά την κατασκευή τους.
- Την απενεργοποίηση μέρους των δικτύων με σκοπό την εκτέλεση εργασιών που αφορούν τη σύνδεση νέων σταθμών.

Οι εργασίες συντήρησης πρέπει να σχεδιάζονται και οργανώνονται με τρόπο τέτοιο ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε σύγχυση η οποία ενδέχεται να προκαλέσει πρόβλημα στην ομαλή λειτουργία ή ακόμα και ατύχημα.

Κύρια εργαλεία για την ορθή λειτουργία του δικτύου αποτελούν συστήματα τα οποία διαθέτει η εταιρία και συνεπικουρούν σε αυτό. Τα συστήματα αυτά είναι:

- Το Γεωγραφικό Πληροφοριακό Σύστημα το οποίο μέσω του υποσυστήματος GIS παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με την όδευση του δικτύου καθώς και την ακριβή θέση των εγκαταστάσεων.
- Το τεχνικό αρχείο με όλα τα κατασκευασθέντα (as built) σχέδια του δικτύου τα οποία βρίσκονται ψηφιοποιημένα και ενσωματωμένα στο σύστημα GIS
- Το σύστημα SCADA με την 24ωρη παρακολούθηση και τη συνεχή άντληση πληροφοριών της λειτουργικής κατάστασης του δικτύου ΜΠ
- Η ύπαρξη βανών ακαριαίας διακοπής, ανιχνευτών αερίου και μέτρησης επιπέδου σκόνης στο δίκτυο, μέσω του SCADA, που παρέχουν τη δυνατότητα έγκαιρης πρόβλεψης πιθανής βλάβης στο δίκτυο.

Σε περίπτωση εμφάνισης έκτακτου περιστατικού, είτε σε εργάσιμες ώρες είτε όχι, υπάρχει καταγεγραμμένος τρόπος αντιμετώπισής του μέσα από το μηχανισμό άμεσης επέμβασης, με συγκεκριμένο σχέδιο δράσης και διαμοιρασμένες αρμοδιότητες, ανάλογα με το είδος και την σοβαρότητα του περιστατικού. Οι διαδικασίες αντιμετώπισης έκτακτου περιστατικού κοινοποιούνται σε όλο το προσωπικό αποσαφηνίζοντας τις αρμοδιότητες του καθενός χωριστά. Οι σε διαδικασίες, αυτές καθ' αυτές, ελέγχονται συχνά και επικαιροποιούνται ώστε να ανταποκρίνονται πάντα στα νέα δεδομένα.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 2

- Επίσημη ιστοσελίδα Διαχειριστή Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ), www.desfa.gr
- Επίσημη ιστοσελίδα Δημόσια Επιχείρηση Αερίου, www.depa.gr
- Επίσημη ιστοσελίδα Εταιρίας Διανομής Αερίου Αττικής, www.edaattikis.gr

3. Καθοδική Προστασία των χαλύβδινων δικτύων της Εταιρίας Διανομής Αερίου

3.1 Γενικά

Στόχος ενός συστήματος Καθοδικής Προστασίας είναι η μεταβολή του φυσικού δυναμικού της μεταλλικής κατασκευής από τιμές -300 mV έως -600 mV σε τιμές τέτοιες ώστε να επιτυγχάνεται η αντιστροφή της αντίδρασης οξείδωσης της μεταλλικής επιφάνειας.

Η τιμή του δυναμικού κάτω από την οποία επιτυγχάνεται η προστασία του μετάλλου εξαρτάται από τον ηλεκτρολύτη που περιβάλλει την υπό προστασία κατασκευή. Έτσι σε αερόβιες συνθήκες είναι -850 mV ενώ σε αναερόβιες -950 mV . Σε κάθε περίπτωση η τιμή των -950 mV θεωρείται ικανοποιητική για την επίτευξη της Καθοδικής Προστασίας. Η εφαρμογή ενός συστήματος Καθοδικής Προστασίας νοείται μόνο με την ύπαρξη ηλεκτρολυτικού περιβάλλοντος (έδαφος ή νερό). Στον αέρα δεν μπορεί να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος προστασίας.

Η εφαρμογή του συστήματος Καθοδικής Προστασίας στηρίζεται στην εφαρμογή τάσης στην μεταλλική επιφάνεια με την δημιουργία ενός ηλεκτρολυτικού κελιού (άνοδος - κάθοδος - ηλεκτρολύτης). Η λειτουργία του ηλεκτρολυτικού κελιού επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τάσης μεταξύ καθόδου (υπό προστασία κατασκευή) και ανόδου (συστοιχία ανόδων - κλίνη ανόδων).

Φυσικό είναι ότι, εφόσον στην κάθοδο επιτυγχάνεται αντιστροφή του φαινομένου της διάβρωσης, στην άνοδο το φαινόμενο αυτό επιταχύνεται και παρουσιάζονται έντονα φαινόμενα διάβρωσης.

3.1.1 Εξωτερικά επιβαλλόμενη τάση (impressed current)

Η τροφοδοσία του συστήματος, όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω, πραγματοποιείται με τον ακόλουθο τρόπο: μεταξύ ανόδου και καθόδου τοποθετείται πηγή ρεύματος (τροφοδοτικό μηχάνημα ανορθωτή / μετασχηματιστή, ή επαναφορτιζόμενη μπαταρία). Ως άνοδοι χρησιμοποιούνται υλικά που παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στην διάβρωση.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου:

- Μεγάλος χρόνος ζωής του συστήματος.
- Μικρό κόστος για μεγάλες απαιτήσεις σε ρεύμα προστασίας.
- Πλεονέκτημα στην έλεγχο και ρύθμιση των μεταβλητών προστασίας (τάση - ρεύμα).

Μειονεκτήματα της μεθόδου:

- Υψηλές απαιτήσεις συντήρησης
- Μεγάλο κόστος για μικρές απαιτήσεις σε ρεύμα προστασίας.

3.1.2 Ο μηχανισμός της καθοδικής προστασίας

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, στον μηχανισμό της διάβρωσης του χάλυβα στο έδαφος, ο χάλυβας διαβρώνεται με την δημιουργία τοπικών ανόδων και καθόδων. Στην άνοδο διαλύεται ο σίδηρος ενώ στην κάθοδο το οξυγόνο σχηματίζει υδροξύλια (OH⁻). Με την καθοδική προστασία όλη η επιφάνεια του χάλυβα, με την βοήθεια των προσερχόμενων από την θυσιαζόμενη άνοδο ηλεκτρονίων, μετατρέπεται σε κάθοδο.

Η επιφάνεια της θυσιαζόμενης ανόδου μετατρέπεται σε άνοδο με αποτέλεσμα να διαλύεται ανοδικά από Mg σε Mg²⁺. Αντίθετα στην επιφάνεια του χάλυβα το οξυγόνο μετατρέπεται σε υδροξύλιο. Επομένως η διάβρωση συμβαίνει στην επιφάνεια της θυσιαζόμενης ανόδου μαγνησίου και όχι στον χάλυβα.

Η ίδια διαδικασία συμβαίνει και στην περίπτωση της καθοδικής προστασίας με επιβαλλόμενο ρεύμα. Τα ηλεκτρόνια του αρνητικού πόλου μετατρέπουν την επιφάνεια του χάλυβα σε κάθοδο ενώ η επιφάνεια της ανόδου επιβαλλομένου ρεύματος σε άνοδο. Η διάβρωση πλέον συμβαίνει στην άνοδο και όχι στον χάλυβα. Η προστασία έχει ισχύ εφόσον υπάρχει άνοδος. Η άνοδος θα εξαντληθεί σε κάποιο χρονικό διάστημα. Συνήθως ο σχεδιασμός είναι για διάρκεια ζωής ανόδου 20-25 χρόνια.

3.1.3 Συνήθεις όροι καθοδικής προστασίας

3.1.3.1 Υπερπροστασία (Overprotection)

Η τιμή που αναφέρεται παραπάνω μπορεί να μεταβληθεί προς τις αρνητικές τιμές έως ενός ορίου. Το όριο αυτό είναι -1250 mV . Η μεταβολή του δυναμικού του αγωγού σε αρνητικότερες τιμές προκαλεί φαινόμενα ηλεκτρόλυσης του νερού πάνω στη μεταλλική επιφάνεια. Με αυτό το τρόπο η παραγωγή υδρογόνου στην επιφάνεια του μετάλλου οδηγεί σε αποκολλήσεις της μόνωσης και σε διατάραξη της δομής του μετάλλου (hydrogen embrittlement).

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **υπερπροστασία** και οδηγεί σε συνθήκες δυσμενέστερες από πλευράς διάβρωσης. Για να αποφευχθεί πρέπει ο σχεδιασμός ενός συστήματος καθοδικής προστασίας να λαμβάνει υπόψη του το αρνητικό όριο του δυναμικού προστασίας δηλαδή -1250 mV .

3.1.3.2 Κριτήρια Καθοδικής Προστασίας

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι για να επιτευχθεί αξιόπιστα η προστασία μίας μεταλλικής κατασκευής πρέπει το δυναμικό διάβρωσης να βρίσκεται μεταξύ των τιμών -850 mV και -1250 mV ή, σε περιοχές με αναερόβιες συνθήκες, -950 mV έως -1250 mV . Σε καινούργιους αγωγούς καλό είναι ο σχεδιασμός να λαμβάνει υπόψη του ως κάτω όριο (πλέον αρνητικό) την τιμή των -1150 mV .

Τα παραπάνω όρια αναφέρονται στους διεθνείς κανονισμούς σαν Κριτήρια Καθοδικής Προστασίας.

3.1.3.3 Ηλεκτρόδιο Αναφοράς (Reference Electrode)

Η μέτρηση του φυσικού δυναμικού ή του δυναμικού προστασίας γίνεται με την χρήση (αναφορά) των ηλεκτροδίων αναφοράς, πρότυπων δηλαδή ηλεκτροδίων όπου το δυναμικό τους ως προς γη θεωρείται σταθερό. Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο

ηλεκτρόδιο αναφοράς στο έδαφος είναι το ηλεκτρόδιο Χαλκού / Θεικού Χαλκού (Cu / CuSO₄) το οποίο αποτελείται από μία ράβδο χαλκού εμβάπτιση μέσα σε κορεσμένο διάλυμα θεικού χαλκού. Άλλα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται είναι αυτά του καλομέλανα (για εργαστηριακές μετρήσεις) και του αργύρου χλωριούχου αργύρου (Ag/AgCl) για μετρήσεις σε θαλασσινό νερό.

3.1.3.4 Μετρήσεις “ON” και “ON-OFF”

Όταν το σύστημα Καθοδικής Προστασίας δεν το διαρρέει ρεύμα η μέτρηση του δυναμικού γίνεται με απλή σύνδεση της κατασκευής με τον πυρήνα του ηλεκτροδίου αναφοράς, μέσω ενός βολτομέτρου. Το ηλεκτρόδιο αναφοράς πρέπει να έρχεται σε επαφή με το έδαφος, σε απόσταση μικρότερη των 2 μέτρων από τον αγωγό.

Στην περίπτωση που το σύστημα διαρρέει ρεύμα στην παραπάνω συνδεσμολογία παρουσιάζεται μία πτώση τάσης που οφείλεται στο ρεύμα που διαρρέει το έδαφος μεταξύ μεταλλικής κατασκευής και ηλεκτροδίου αναφοράς. Το μέγεθος της πτώσης τάσης (IR drop) εξαρτάται από την απόσταση του ηλεκτροδίου αναφοράς από την μεταλλική κατασκευή και την ποιότητα του εδάφους που μεσολαβεί. Έτσι, για παράδειγμα, σε βραχώδες και ξηρό περιβάλλον η τιμή της είναι δυνατό να φθάσει στα 400 - 500 mV ενώ σε υγρό και αγωγίμο περιβάλλον (πχ θαλασσινό νερό) τείνει στο μηδέν.

Αν προσπαθήσουμε να μετρήσουμε το δυναμικό του αγωγού με το κύκλωμα σε λειτουργία (κλειστό), δηλαδή “ON” μέτρηση από το πραγματικό δυναμικό, θα αφαιρεθεί η πτώση τάσης του κυκλώματος όπως την περιγράψαμε παραπάνω. Έτσι ενώ οι τιμές του δυναμικού προστασίας είναι για παράδειγμα -1100 mV το δυναμικό που θα μετρηθεί είναι -1500 mV.

Προκειμένου να εξαλείψουμε το παραπάνω και να διαπιστώσουμε την ορθή τιμή του δυναμικού προστασίας, διακόπτουμε προσωρινά για μερικά δευτερόλεπτα την παροχή ρεύματος. Η μέτρηση που παρατηρούμε στο 1-2 δευτερόλεπτα από την διακοπή του ρεύματος είναι η τιμή του δυναμικού προστασίας. Η διαφορά μεταξύ ανοιχτού - κλειστού κυκλώματος δίνει την πτώση τάσης.

Για την διεξαγωγή των μετρήσεων, σε απομακρυσμένα της παροχής σημεία συνήθως χρησιμοποιούνται χρονοδιακόπτες 10 sec ON – 3 sec OFF. Σε περιπτώσεις συνδυασμένης καθοδικής προστασίας από περισσότερους του ενός σταθμούς τροφοδοσίας.

3.1.3.5 Κλίνη Ανόδων (Anodebed)

Οι άνοδοι που τοποθετούνται σε κάθε σημείο τροφοδοσίας μπορεί να είναι περισσότερες της μιας. Το πλήθος των ανόδων εξαρτάται από το υπολογιζόμενο μήκος της ανόδου και την τοποθέτησή τους (οριζόντια ή κάθετα). Το σύνολο της εγκατάστασης ονομάζεται κλίνη ανόδων.

Η επιλογή της τοποθέτησης των ανόδων, οριζόντια ή κάθετα ή βαθέως τύπου, εξαρτάται από τον διαθέσιμο χώρο, την ευχέρεια κατασκευής, το μέγεθος της ανόδου κλπ.

3.1.3.6 Ρεύμα προστασίας (Protective Current)

Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη ποσότητα ρεύματος που απαιτείται από την υπό προστασία μεταλλική κατασκευή και χρησιμοποιείται για την διαστασιολόγηση ενός συστήματος Καθοδικής Προστασίας.

Το ρεύμα προστασίας εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα της επικάλυψης της κατασκευής. Βιβλιογραφικά δίδονται διάφορες καταναλώσεις ρεύματος ανά τετραγωνικό μέτρο προστασίας. Η κατανάλωση ρεύματος μπορεί να κυμανθεί από μερικά mA για περιπτώσεις γυμνού αγωγού, έως 1 mA για σύγχρονες μονώσεις όπως πολυαιθυλένιο τριών στρώσεων κλπ.

Σε καλά μονωμένους αγωγούς, όπου η ποιότητα της μόνωσης απαιτεί μικρές καταναλώσεις σε ρεύμα προστασίας, η πτώση τάσης που παρατηρείται από το σημείο τροφοδοσίας έως το ένα άκρο του αγωγού είναι μικρή και μη ανιχνεύσιμη. Σε αυτές τις περιπτώσεις η εξέταση του ρεύματος που διαρρέει σε κάθε σημείο την κατασκευή, υποδεικνύει πιθανές φθορές του αγωγού.

3.1.3.7 Απομονωτικοί σύνδεσμοι - φλάντζες (Insulating Couplings)

Για την επιτυχή προστασία μιας κατασκευής είναι αναγκαία η ηλεκτρική απομόνωσή της από άλλες ώστε να αποφεύγεται η διαρροή του ρεύματος προστασίας προς αυτές ή προς τη γη. Κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε καταναλώσεις μεγάλων ποσοτήτων ρεύματος και κατά πάσα πιθανότητα σε αδυναμία του συστήματος να προστατέψει την κατασκευή.

Για τον παραπάνω λόγο λαμβάνεται μέριμνα ώστε η υπό προστασία κατασκευή να μην έρχεται σε αγωγή με άλλες μεταλλικές κατασκευές. Έτσι σε σημεία όπου οι αγωγοί εισέρχονται υπέργειοι σε μονάδες, βανοστάσια κλπ τοποθετούμε είτε απομονωτικούς συνδέσμους (ειδικές κατασκευές που συνδέονται σε σειρά στον αγωγό με απομονωμένα ηλεκτρικά τα δύο άκρα τους) ή με μετατροπή των υπάρχοντων φλαντζών σε απομονωτικές με την τοποθέτηση παρεμβυσμάτων και την αλλαγή των μπουλονιών.

3.1.3.8 Μετρητικοί σταθμοί (Measuring Posts)

Προκειμένου να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της Καθοδικής Προστασίας είναι αναγκαίο να διαπιστώνεται αν τα κριτήρια προστασίας επιτυγχάνονται σε όλο το μήκος της κατασκευής.

Για τον αξιόπιστο έλεγχο της Καθοδικής Προστασίας σε συγκεκριμένα σημεία χρησιμοποιούνται σταθμοί μέτρησης ή άλλες κατασκευές (φρεάτια κλπ), όπου με κατάλληλη συνδεσμολογία με την υπό προστασία κατασκευή είναι δυνατό να μετρηθούν διάφοροι παράγοντες, όπως δυναμικό προστασίας, το ρεύμα προστασίας που διαρρέει τον αγωγό στο συγκεκριμένο σημείο, η αντίσταση απομονωτικών συνδέσμων κλπ.

Τύποι Μετρητικών Σταθμών:

- **Μετρητικός σταθμός μέτρησης δυναμικού (τύπου P)**

Ο μετρητικός σταθμός μέτρησης δυναμικού ή τύπου P είναι ο πιο συνηθισμένος μετρητικός σταθμός καθοδικής προστασίας. Ο σταθμός αυτός μέτρησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την μέτρηση του δυναμικού ON και δυναμικού OFF.

Προκειμένου να είναι δυνατή η επαφή του ηλεκτροδίου αναφοράς με το έδαφος είναι απαραίτητο να συνοδεύεται με φρεάτιο. Σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό πχ λόγω μη διευθέτησης του πεζοδρομίου τοποθετείται μόνιμο ηλεκτρόδιο αναφοράς.

- **Μετρητικός σταθμός μέτρησης δυναμικού και ρεύματος (τύπου PC).**

Ο μετρητικός σταθμός τύπου PC χρησιμοποιείται τόσο για την μέτρηση του δυναμικού ON και OFF όσο και για την μέτρηση της έντασης του ρεύματος καθοδικής προστασίας.

Για επιτευχθεί η μέτρηση η ένταση του ρεύματος καθοδικής προστασίας πρέπει να είναι γνωστή η τιμή της αντίστασης μεταξύ δύο απομακρυσμένων κολλήσεων δηλ. να μετρηθεί στην αρχή της κατασκευής του σταθμού μέτρησης. Εφόσον η τιμή της αντίστασης είναι γνωστή τότε η μέτρηση της διαφοράς δυναμικού μετατρέπεται με την βοήθεια του νόμου του Ohm σε ένταση ρεύματος. Ο μετρητικός αυτός σταθμός χρησιμοποιείται σε μεγάλα τμήματα αγωγών που δεν έχουν μονωτικές φλάντζες ή μονωτικούς συνδέσμους.

- **Μετρητικός σταθμός μέτρησης δυναμικού και αντίστασης μονωτικών συνδέσμων (τύπου PJ).**

Ο μετρητικός σταθμός μέτρησης δυναμικού και αντίστασης μονωτικού στοιχείου χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν μονωτικοί σύνδεσμοι ή μονωτικές φλάντζες. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση του δυναμικού ON και OFF και για την μέτρηση της αντίστασης του μονωτικού συνδέσμου ή της μονωτικής φλάντζας.

Εφόσον η καθοδική προστασία συνεχίζεται μετά τον μονωτικό σύνδεσμο ή φλάντζα τότε μπορεί να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος καθοδικής προστασίας όταν παρεμβληθεί εν σειρά αμπερόμετρο.

- **Μετρητικός σταθμός μέτρησης δυναμικού και διασταύρωσης με ξένο αγωγό (τύπου Pst).**

Ο μετρητικός αυτός σταθμός της καθοδικής προστασίας χρησιμοποιείται όταν υπάρχει διασταύρωση με ξένο (μεταλλικό) αγωγό. Ο σταθμός αυτός που εικονίζεται παραπάνω δίνει την δυνατότητα μέτρησης του δυναμικού ON και OFF του αγωγού αερίου, του δυναμικού του ξένου αγωγού και την αντίσταση μεταξύ αγωγού φυσικού αερίου και ξένου αγωγού.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 3

- Handbook of Cathodic Corrosion Protection 3rd Edition, by Walter von Baeckmann (Author), Wilhelm Schwenk (Author), Werner Prinz (Author), October 31, 1997.
- Αριθμ. Δ3/Α/ 17013, Κανονισμός χαλύβδινων δικτύων διανομής φυσικού αερίου με πίεση σχεδιασμού 19 bar, Αριθμός φύλλου Εφημερίδας Κυβερνήσεως 1552, 24 Οκτωβρίου 2006.
- DNVGL-RP-B401, Cathodic protection design, June 2017

4. Μετρήσεις Καθοδικής Προστασίας

4.1 Σκοπός

Οι μετρήσεις καθοδικής προστασίας έχουν σκοπό να διαπιστώσουν εάν η καθοδική προστασία λειτουργεί σωστά και κανένα σημείο του αγωγού αερίου δεν κινδυνεύει από διάβρωση. Κριτήριο της σωστής καθοδικής προστασίας είναι το δυναμικό OFF. Σε ένα καλά προστατευμένο αγωγό το δυναμικό OFF πρέπει να μεταβάλλεται σε όλους τους μετρητικούς σταθμούς καθοδικής προστασίας από -850 έως -1200 mV. Εάν αυτό συμβαίνει τότε η καθοδική προστασία λειτουργεί σωστά. Εάν αυτό δεν συμβαίνει τότε θα πρέπει να βρεθεί το αίτιο που εμποδίζει την καλή λειτουργία της καθοδικής προστασίας και να γίνουν όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την εξάλειψή του.

Σε όλους τους μετρητικούς σταθμούς της καθοδικής προστασίας, συμπεριλαμβανομένου και του πύλλαρ τροφοδοσίας της καθοδικής προστασίας, πρέπει να γίνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετρήσεις. Συνήθως αυτό γίνεται δύο φορές τον χρόνο. Ανά μήνα γίνονται μετρήσεις στο πύλλαρ, στην αρχή και το τέλος της καθοδικής προστασίας και ανά εβδομάδα μόνο στο πύλλαρ, για λόγους λειτουργικής επάρκειας και αρτιότητας του κάθε συστήματος καθοδικής προστασίας.

4.2 Διεξαγωγή μετρήσεων

Όπως ήδη έχει λεχθεί στην προηγούμενη παράγραφο πρέπει να γίνουν μετρήσεις σε κάθε σταθμό μέτρησης της καθοδικής προστασίας. Οι μετρήσεις ξεκινούν από τον σταθμό τροφοδοσίας της καθοδικής προστασίας (πίλλαρ καθοδικής προστασίας) και στη συνέχεια γίνονται οι μετρήσεις στους μετρητικούς σταθμούς στα άκρα της καθοδικής προστασίας. Η διαδικασία αυτή έχει σαν σκοπό να εξασφαλίσει χονδρικά την καλή λειτουργία της καθοδικής προστασίας. Δηλαδή εάν οι μετρήσεις στο πύλλαρ και στα άκρα του αγωγού έχουν καλώς τότε εκτός απρόοπτου οι μετρήσεις στους ενδιάμεσους σταθμούς μέτρησης θα έχουν καλώς.

Οι μετρήσεις στο σταθμό τροφοδοσίας (πίλλαρ) της καθοδικής προστασίας περιλαμβάνουν:

- Μέτρηση του δυναμικού λειτουργίας του μετασχηματιστή – ανορθωτή με το ενσωματωμένο βολτόμετρο και φορητό βολτόμετρο. Η διπλή αυτή μέτρηση στοχεύει στην διαπίστωση της καλής λειτουργίας του ενσωματωμένου βολτομέτρου.
- Μέτρηση του ρεύματος λειτουργίας με το ενσωματωμένο αμπερόμετρο στον μετασχηματιστή ανορθωτή και με φορητό αμπερόμετρο.
- Εκκίνηση του διακόπτη «ON» και «OFF».
- Μέτρηση των δυναμικών «ON» και «OFF» ως προς ηλεκτρόδιο χαλκού / θειικού χαλκού, τόσο με το μόνιμο όσο και με φορητό. Εάν οι τιμές των δυναμικών δεν θεωρούνται ικανοποιητικές τότε ρυθμίζονται στις κανονικές τιμές και επαναλαμβάνονται οι μετρήσεις των δύο προηγούμενων παραγράφων.
- Μέτρηση της αντίστασης της κλίνης των ανόδων ή για να αποφύγουμε την τοποθέτηση σχετικά μεγάλου μήκους καλωδίων (τουλάχιστον 20 και 40 μέτρων) την μέτρηση της αντίστασης μεταξύ αγωγού και ανόδων.

Ακολουθούν οι μετρήσεις στα άκρα και στη συνέχεια σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς μέτρησης της καθοδικής προστασίας. Οι μετρήσεις ανάλογα τον τύπο του σταθμού μέτρησης (ΣΜ) περιλαμβάνουν:

- Για ΜΣΚΠ τύπου Ρ μέτρηση των δυναμικών ON και OFF ως προς ηλεκτρόδιο χαλκού / Θειικού χαλκού. Επίσης μετράτε το δυναμικό εναλλασσόμενου ρεύματος στον αγωγό ή δυναμικό επιρροής εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Για ΜΣΚΠ τύπου ΡC των δυναμικών ON και OFF και επιπλέον μέτρηση του δυναμικού μεταξύ δύο απομακρυσμένων κολλήσεων ώστε να υπολογισθεί η ένταση του ρεύματος προστασίας. Επίσης μετράτε το δυναμικό εναλλασσόμενου ρεύματος στον αγωγό ή δυναμικό επιρροής εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Για ΣΜ τύπου ΡJ γίνεται μέτρηση των δυναμικών ON και OFF στο τμήμα που έχει την καθοδική προστασία και στο τμήμα που δεν συμπεριλαμβάνεται σε αυτήν. Επίσης μετρείται το δυναμικό εναλλασσόμενου ρεύματος στον αγωγό ή δυναμικό επιρροής εναλλασσόμενου ρεύματος. Ακόμη μετρείται η αντίσταση του μονωτικού συνδέσμου. Στους σταθμούς μέτρησης τύπου ΡJx αυτό επαναλαμβάνεται χ φορές.

- Για ΜΣΚΠ τύπου Pst γίνεται μέτρηση των δυναμικών ON και OFF του αγωγού και μετρείται το δυναμικό εναλλασσόμενου ρεύματος στον αγωγό ή δυναμικό επιρροής εναλλασσόμενου ρεύματος. Επίσης μετρείται το δυναμικό του ξένου αγωγού. Ακόμη μετρείται η αντίσταση του αγωγού με τον ξένο αγωγό.

Κριτήρια αποδοχής σε αυτές τις μετρήσεις είναι:

- Για την τιμή του δυναμικού OFF μεταξύ -850 mV και -1200 mV.
- Για τις αντιστάσεις μονωτικών συνδέσμων και αγωγού – ξένου αγωγού μεγαλύτερες των $0,1$ Ω.
- Για το δυναμικό εναλλασσόμενου ρεύματος ή δυναμικού επιρροής τα 5 V.

Εάν υπάρχει τιμή εκτός των ορίων αυτών έστω και σε ένα σημείο μέτρησης θα πρέπει η καθοδική προστασία να ελεγχθεί από έμπειρο συνεργείο καθοδικής προστασίας.

4.3 Είδη μετρήσεων

4.3.1 Μηνιαίες & Εξαμηνιαίες μετρήσεις ΚΠ

Η διαδικασία των μηνιαίων / εξαμηνιαίων μετρήσεων, στα συστήματα καθοδικής προστασίας με επιβαλλόμενο ρεύμα του δικτύου Μέσης Πίεσης, έχει σαν στόχο:

- τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας του εγκατεστημένου στο πεδίο εξοπλισμού καθοδικής προστασίας (πίλλαρ, ανορθωτής / μετασχηματιστής, κλίνη ανόδων) και επομένως της αντιδιαβρωτικής προστασίας του δικτύου Μέσης Πίεσης.
- Την επιβεβαίωση, με ικανοποιητική προσέγγιση ότι το σύστημα διατήρησε την αρχική του αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα.
- Την κάλυψη των απαιτήσεων για μετρήσεις καθοδικής προστασίας, όπως αυτές αποτυπώνονται στον κανονισμό: «Εγχειρίδιο λειτουργίας & συντήρησης δικτύων διανομής μέσης πίεσης φυσικού αερίου (πίεση σχεδιασμού 19 bar) και δικτύων κατανομής χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου (μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar), ΦΕΚ 1712, Δ3/Α/20701».

Η διαδικασία των μηνιαίων / εξαμηνιαίων μετρήσεων στα συστήματα καθοδικής προστασίας με επιβαλλόμενο ρεύμα, του δικτύου Μέσης Πίεσης, αναφέρετε σε μετρήσεις:

- Στα πίλλαρ των Τροφοδοτικών Καθοδικής Προστασίας (T/R units) και
- Στους εγκατεστημένους, κατά μήκος του δικτύου Μέσης Πίεσης (Μ.Π.), Μετρητικούς Σταθμούς Καθοδικής Προστασίας (ΜΣΚΠ)

και περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα, ανάλογα με τη περίπτωση:

**ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ Κ.Π.
(ΜΗΝΙΑΙΟΣ)**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΟΛΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ						
Ημερομηνία Έκδοσης						
Υπεύθυνος Μηχανικός				Βοηθός Μηχανικός		
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΟΝΟΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	
Λειτουργικός Έλεγχος Μετρητικών Σταθμών Κ.Π.						
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΚΩΔΙΚΟΣ F.L. (SAP)		
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ				
ΑΡ. ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΕΗ		ΕΝΔΕΙΞΗ ΜΕΤΡΗΤΗ			ΕΠΟΝΗ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ	
Voff (mVolt)	Von (mV)	Vout(mVolt)	I (Amper)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:						
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΕΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ	
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ				
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:						
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΕΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ	
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ				
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:						
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΕΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ	
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ				
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:						
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΕΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ	
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ				
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:						
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΕΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ	
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ				
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:						
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΕΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ	
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ				
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:						
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΕΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ	
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΤΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ						
131	Απουσία ή φόρα ΜΣΚΠ	134	Ελλιπή φρεσάτιο για φορητό ηλεκτροδίο αναφοράς			
132	Απουσία «ΦΩΛΙΑΣ» ΜΣΚΠ	135	Φόρα σφάλου ΜΣΚΠ			
133	Κομμένο καλώδιο ΜΣΚΠ					

Ο εκτελών την εντολή εργασίας	Ο διενεργών τον έλεγχο
Ταχίνης	Μηχανικός Λειτουργίας & Συντήρησης Μ.Π.

Πίνακας 2: Φόρμα Μηνιαίων Μετρήσεων Καθοδικής Προστασίας

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ
Κ.Π.(ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΟΣ)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΟΛΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ					
Ημερομηνία Έκδοσης				Βοηθός Μηχανικός	
Υπεύθυνος Μηχανικός					
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΟΝΟΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑ.	ΥΠΕΡΩΡΙΑ
Λειτουργικός Έλεγχος Μετρητικών Σταθμών Κ.Π.					
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΑΝΑΧ/ΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔ. ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑ.
Λειτουργικός Έλεγχος Μετρητικών Σταθμών Κ.Π.					
ΕΡΓΑΣΙΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	
Λειτουργικός Έλεγχος Μετρητικών Σταθμών Κ.Π.					
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΚΩΔΙΚΟΣ F.L. (SAP)	
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ			
ΑΡ. ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΕΗ		ΕΝΔΕΙΞΗ ΜΕΤΡΗΤΗ		ΕΠΟΙΝΗ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ	
Voff (mVolt)	Von (mVolt)	Vout(mVolt)	I (Amper)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΥΠΕΡΩΡΙΑ
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No	
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)	
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No	
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)	
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No	
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)	
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No	
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)	
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΝΤΟΛΗΣ		ΜΣΚΠ No	
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ		ΚΩΔΙΚΟΣ (SAP)	
Vout(mV)	Von (mV)	Voff(mV)	I (mA)	V AC (mV)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:					
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΤΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ					
131	Απουσία ή φθορά ΜΣΚΠ	134	Έλλειψη φορτίου για φορητό ηλεκτροδίο αναφοράς		
132	Απουσία «ΦΩΛΙΑΣ» ΜΣΚΠ	135	Φθορά σπύλου ΜΣΚΠ		
133	Κομμένο καλώδιο ΜΣΚΠ				
Ο εκτελών την εντολή εργασίας			Ο διενεργών τον έλεγχο		
Τεχνίτης			Μηχανικός Λειτουργίας & Συντήρησης Μ.Π.		

Πίνακας 3: Φόρμα Εξαμηνιαίων Μετρήσεων Καθοδικής Προστασίας

Πίλλαρ Τροφοδοτικού Καθοδικής Προστασίας:

1. Αφίξη στο χώρο και κατάλληλη στάθμευση.
2. Οπτικός έλεγχος εξωτερικής κατάστασης πίλλαρ.
3. Άνοιγμα πίλλαρ και έλεγχος λειτουργίας.
4. Θέση σε κατάσταση λειτουργίας του “ON – OFF” του Τροφοδοτικού Καθοδικής Προστασίας
5. Σύνδεση οργάνων και λήψη μετρήσεων
6. Συμπλήρωση εντύπου μετρήσεων.
7. Αποσύνδεση οργάνων μέτρησης
8. Θέσει σε κατάσταση λειτουργίας “ON” του Τροφοδοτικού Καθοδικής Προστασίας
9. Κλείσιμο πόρτας πίλλαρ

Μετρητικοί Σταθμοί Καθοδικής Προστασίας:

1. Αφίξη στο χώρο και κατάλληλη στάθμευση.
2. Οπτικός έλεγχος εξωτερικής κατάστασης Μετρητικού Σταθμού Καθοδικής Προστασίας.
3. Άνοιγμα Μετρητικού Σταθμού Καθοδικής Προστασίας, σύνδεση οργάνων και λήψη μετρήσεων.
4. Συμπλήρωση εντύπου μετρήσεων.
5. Αποσύνδεση οργάνων μέτρησης.
6. Κλείσιμο Μετρητικού Σταθμού Καθοδικής Προστασίας.

4.3.2 Εβδομαδιαίες μετρήσεις τροφοδοτικών ΚΠ

Η διαδικασία των εβδομαδιαίων μετρήσεων τροφοδοτικών στα συστήματα καθοδικής προστασίας με επιβαλλόμενο ρεύμα, του δικτύου Μέσης Πίεσης, αναφέρετε σε μετρήσεις στα πίλλαρ των Τροφοδοτικών Καθοδικής Προστασίας (T/R units) και περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Αφίξη στο χώρο και κατάλληλη στάθμευση.
2. Οπτικός έλεγχος εξωτερικής κατάστασης πίλλαρ.
3. Άνοιγμα πίλλαρ και έλεγχος λειτουργίας.

4. Θέση σε κατάσταση λειτουργίας του “ON – OFF” του Τροφοδοτικού Καθοδικής Προστασίας
5. Σύνδεση οργάνων ελέγχου και λήψης μετρήσεων
6. Συμπλήρωση εντύπου μετρήσεων.
7. Αποσύνδεση οργάνων μέτρησης
8. Θέσει σε κατάσταση λειτουργίας “ON” του Τροφοδοτικού Καθοδικής Προστασίας
9. Κλείσιμο πόρτας πίλλαρ

**ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ
ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ									
Ημερομηνία Έκδοσης									
Υπεύθυνος Μηχανικός					Βοηθός Μηχανικός				
ΕΡΓΑΣΙΑ		ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ		ΟΝΟΜΑ		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ		ΩΡΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΗ ΒΑΣΗ
Έλεγχος Τροφοδοτικών Κ.Π.									
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΠΙΘΕΣΗΣ		ΚΩΔΙΚΟΣ F.L. (SAP)					
ΚΛΑΔΟΣ		Δ/ΣΗ							
ΑΡ. ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΕΗ		ΕΝΔΕΙΗ ΜΕΤΡΗΤΗ		ΕΠΟΙΝΗ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ					
Voff (mVolt)	Von (mVolt)	Vout(mVolt)	I (mA)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:					
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:									
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ		ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΥΠΕΡΩΡΙΑ
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΠΙΘΕΣΗΣ		ΚΩΔΙΚΟΣ F.L. (SAP)					
ΚΛΑΔΟΣ		ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ							
ΑΡ. ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΕΗ		ΕΝΔΕΙΗ ΜΕΤΡΗΤΗ		ΕΠΟΙΝΗ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ					
Voff (mVolt)	Von (mVolt)	Vout(mVolt)	I (mA)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:					
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:									
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ		ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΥΠΕΡΩΡΙΑ
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΠΙΘΕΣΗΣ		ΚΩΔΙΚΟΣ F.L. (SAP)					
ΚΛΑΔΟΣ		ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ							
ΑΡ. ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΕΗ		ΕΝΔΕΙΗ ΜΕΤΡΗΤΗ		ΕΠΟΙΝΗ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ					
Voff (mVolt)	Von (mVolt)	Vout(mVolt)	I (mA)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:					
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:									
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ		ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΥΠΕΡΩΡΙΑ
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΠΙΘΕΣΗΣ		ΚΩΔΙΚΟΣ F.L. (SAP)					
ΚΛΑΔΟΣ		ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ							
ΑΡ. ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΕΗ		ΕΝΔΕΙΗ ΜΕΤΡΗΤΗ		ΕΠΟΙΝΗ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ					
Voff (mVolt)	Von (mVolt)	Vout(mVolt)	I (mA)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:					
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:									
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ		ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΥΠΕΡΩΡΙΑ
ΑΡ. ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ		ΑΡ.ΕΠΙΘΕΣΗΣ		ΚΩΔΙΚΟΣ F.L. (SAP)					
ΚΛΑΔΟΣ		ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ							
ΑΡ. ΠΑΡΟΧΗΣ ΔΕΗ		ΕΝΔΕΙΗ ΜΕΤΡΗΤΗ		ΕΠΟΙΝΗ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ					
Voff (mVolt)	Von (mVolt)	Vout(mVolt)	I (mA)	ΚΩΔΙΚΟΣ(ΟΙ) ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ:					
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:									
ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ		ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ	ΕΝΔΕΙΗ ΟΔΟΜΕΤΡΟΥ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ ΑΠΟ ΣΗΜ. ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΥΠΕΡΩΡΙΑ

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΤΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ			
141	Βλάβη τροφοδοτικού	146	Βλάβη καλωδίων κλίσης ανόδου
142	Βλάβη παροχής ΔΕΗ	147	Βλάβη μόνιμου ηλεκτροδίου αναφοράς
143	Βλάβη ασφάλειας εισόδου τροφοδοτικού	148	Φαέρια στο πίλλαρ
144	Βλάβη ασφάλειας εξόδου τροφοδοτικού	101	Σκουριά στο πίλλαρ
145	Βλάβη Καλωδίων Τροφοδοτικού Καθοδικής Προστασίας		

Ο εκτελών την εντολή εργασίας	Ο διενεργών τον έλεγχο
Ταχέτης	Μηχανικός Λειτουργίας & Συντήρησης Μ.Π.

Πίνακας 4: Φόρμα Εβδομαδιαίων Μετρήσεων Τροφοδοτικών Καθοδικής Προστασίας

4.4 Αξιοποίηση των μετρήσεων

Είναι φανερό ότι οι μετρήσεις της καθοδικής προστασίας δεν αποτελούν αυτοσκοπό. Αντίθετα οι μετρήσεις αυτές έχουν σαν σκοπό να διαπιστώσουν πιθανά προβλήματα και ακόμη να προλάβουν την εμφάνιση προβλημάτων. Για τον σκοπό αυτό πρέπει οι μετρήσεις να συγκεντρώνονται και να αξιοποιούνται με την κατασκευή καταλλήλων διαγραμμάτων. Με το τέλος των μετρήσεων θα πρέπει τουλάχιστον να κατασκευάζονται τα ακόλουθα διαγράμματα:

- Διάγραμμα δυναμικού ON σε συνάρτηση με την απόσταση των σταθμών μέτρησης από το σημείο τροφοδοσίας της καθοδικής προστασίας.
- Διάγραμμα δυναμικού OFF σε συνάρτηση με την απόσταση των σταθμών μέτρησης από το σημείο τροφοδοσίας της καθοδικής προστασίας.
- Διάγραμμα δυναμικού εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνάρτηση με την απόσταση των σταθμών μέτρησης από το σημείο τροφοδοσίας της καθοδικής προστασίας.
- Διάγραμμα (ή πίνακα) των τιμών των αντιστάσεων μονωτικών συνδέσμων σε συνάρτηση με την απόσταση των σταθμών μέτρησης από το σημείο τροφοδοσίας της καθοδικής προστασίας.
- Διάγραμμα (ή πίνακα) των τιμών των αντιστάσεων μεταξύ αγωγού και ξένου αγωγού σε συνάρτηση με την απόσταση των σταθμών μέτρησης από το σημείο τροφοδοσίας της καθοδικής προστασίας.
- Διάγραμμα αντίστασης μεταξύ κλίνης ανόδων και χρόνου λειτουργίας.
- Διάγραμμα της πυκνότητας ρεύματος της καθοδικής προστασίας συναρτήσει του χρόνου λειτουργίας της καθοδικής προστασίας.

Τα πέντε πρώτα διαγράμματα αναφέρονται σε μία μέτρηση. Αντίθετα τα δύο τελευταία έχουν σαν μεταβλητή τον χρόνο και επομένως αναφέρονται σε περισσότερες από μία μετρήσεις.

Υποτίθεται ότι τα πέντε πρώτα διαγράμματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα που προκύπτουν από τις μετρήσεις της καλής λειτουργίας της καθοδικής προστασίας κατά την παράδοση του αγωγού από τον κατασκευαστή. Σε αντίθετη περίπτωση με το αρχαιότερο διάγραμμα μιας πλήρους μέτρησης. Η αξιοποίηση των διαγραμμάτων αυτών αναφέρεται στην συνέχεια.

4.4.1 Διάγραμμα δυναμικού ON

Το διάγραμμα του δυναμικού ON σε συνάρτηση με την απόσταση του σημείου μέτρησης από τον σταθμό τροφοδοσίας (πίλαρ) της καθοδικής προστασίας χρησιμοποιείται μαζί με το διάγραμμα του δυναμικού OFF. Ιδιαίτερης σημασίας είναι οι μεταβολές του δυναμικού με τον χρόνο, δηλαδή με σύγκριση δύο διαγραμμάτων με χρονική απόσταση ενός ή περισσότερων χρόνων. Μετακινήσεις του δυναμικού ON προς ηλεκτροαρνητικότερες τιμές σημαίνουν μεταβολή του περιβάλλοντος του αγωγού προς διαβρωτικότερες τιμές ή φθορά της μόνωσης.

4.4.2 Διάγραμμα δυναμικού OFF

Το διάγραμμα του δυναμικού OFF είναι το σημαντικότερο διάγραμμα. Όλες οι τιμές του δυναμικού OFF πρέπει να ευρίσκονται στην περιοχή από -850 mV έως -1200 mV όπως έχει ήδη αναφερθεί. Εάν βρίσκεται μία ή περισσότερες τιμές εκτός των ορίων σημαίνει ότι υπάρχει κάποιο σημείο δυσλειτουργίας της καθοδικής προστασίας όπως φθορά μόνωσης, επαφή με μεταλλικό αντικείμενο ή επίδραση κάποιου ηλεκτρικού πεδίου στον αγωγό. Η μετατόπιση των τιμών του δυναμικού OFF σε ένα σημείο προς ηλεκτροθετικότερες τιμές με την πάροδο του χρόνου σημαίνει την αύξηση της φθοράς της μόνωσης.

4.4.3 Διάγραμμα εναλλασσόμενων ρευμάτων

Το διάγραμμα των εναλλασσόμενων ρευμάτων χρησιμοποιείται όταν υπάρχει κίνδυνος επιρροών από εναλλασσόμενα ρεύματα όπως π.χ. γεινίαση με εναέρια καλώδια υψηλής τάσης της ΔΕΗ ή γειτονίας με υπόγεια καλώδια με φθαρμένη εξωτερική μόνωση.. Εάν μετρηθούν τιμές μεγαλύτερες από 5 V πιθανότατα θα απαιτηθούν μέτρα προστασίας όπως χρήση εκτονοτών εναλλασσόμενου ρεύματος.

4.4.4 Διάγραμμα τιμών αντίστασης μονωτικών συνδέσμων

Το διάγραμμα αντίστασης μονωτικών συνδέσμων δίνει πληροφορίες για την κατάσταση των μονωτικών συνδέσμων. Η σύγκριση διαγραμμάτων διαφορετικών χρόνων μέτρησης μπορεί να προειδοποιήσει για την μεταβολή της κατάστασης μονωτικών συνδέσμων ή φλαντζών ώστε να προβλεφθεί η αντικατάστασή τους πριν την καταστροφή τους.

4.4.5 Διάγραμμα αντίστασης μεταξύ αγωγού και ξένων διασταυρουμένων αγωγών

Τα διαγράμματα της αντίστασης μεταξύ του αγωγού και ξένων διασταυρουμένων αγωγών συγκρινόμενα μεταξύ τους δίνουν πληροφορίες για την πιθανή επαφή μεταξύ των αγωγών. Εφόσον η τιμή της αντίστασης μικραίνει η πιθανότητα επαφής αυξάνει και μπορεί να εκτιμηθεί ο χρόνος επέμβασης ώστε να αποφευχθεί η αγώγιμη επαφή με την παρεμβολή μεταξύ των αγωγών φύλλων πολυαιθυλενίου και τεφλόν.

4.4.6 Διάγραμμα αντίστασης μεταξύ κλίνης ανόδων και αγωγού σε συνάρτηση με τον χρόνο λειτουργίας της καθοδικής προστασίας

Το διάγραμμα αντίστασης μεταξύ κλίνης ανόδων και αγωγού σε συνάρτηση με τον χρόνο λειτουργίας της καθοδικής προστασίας δίνει πληροφορίες για την κατάσταση της κλίνης των ανόδων. Όταν οι τιμές της αντίστασης αυξάνουν τότε οι άνοδοι έχουν φθαρεί και απαιτείται η αντικατάστασή τους.

4.4.7 Διάγραμμα της πυκνότητας ρεύματος της καθοδικής προστασίας συναρτήσει του χρόνου λειτουργίας της

Η παρακολούθηση της μεταβολής της πυκνότητας του ρεύματος της καθοδικής προστασίας με τον χρόνο είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μία μικρή αύξηση της πυκνότητας

ρεύματος με τον χρόνο λειτουργίας είναι φυσιολογική. Μεγάλες όμως μεταβολές σημαίνουν φθορά της μόνωσης ή επαφή του αγωγού με μεταλλικό αντικείμενο όπως ξένο μεταλλικό αγωγό χωρίς καθοδική προστασία και πρέπει να αντιμετωπίζονται άμεσα.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 4

- Αριθμ. Δ3/Α/20701, Κανονισμός «Εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης δικτύων διανομής μέσης πίεσης φυσικού αερίου (πίεση σχεδιασμού 19 bar) και δικτύων κατανομής χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου (μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar)», Αριθμός Φύλλου Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 1712, 23 Νοεμβρίου 2006.
- Public Works Technical Bulletin 420-49-29, Operation and Maintenance Of Cathodic Protection Systems, December 1999.
- ISO15589-1, Petroleum, petrochemical and natural gas industries—Cathodic protection of pipeline systems - Part1: On-land pipelines, Second edition 2015-03-01

5. Η διεργασία της προληπτικής συντήρησης

5.1 Αναγκαιότητα προληπτικής συντήρησης

Πρωτεύον μέλημα των παραγωγικών επιχειρήσεων, στη σύγχρονη άκρως ανταγωνιστική εποχή, αποτελεί η διαρκής βελτίωση και καινοτομία, σε σχέση με τον ανταγωνισμό.

Οι δραστηριότητες συντήρησης του παραγωγικού εξοπλισμού αποτελούν βασική εργασία, λαμβάνοντας φυσικά υπόψη ότι είναι οι ίδιες ένα από τα μεγαλύτερα κέντρα κόστους όλων των παραγωγικών μονάδων. Ανάλογα με τον κλάδο, το κόστος συντήρησης, σαν ποσοστό του παραγόμενου προϊόντος, κυμαίνεται από 15% έως 40%. (Jovanovic 2003).

Η άρρηκτα συνδεδεμένη σχέση της συντήρησης και της ποιότητας του παραγόμενου «προϊόντος», είτε αυτό είναι προϊόν είτε υπηρεσία, είναι αυτό που προσδίδει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε μία επιχείρηση. Ελαττώματα και ασυνέχειες στον εξοπλισμό μιας βιομηχανίας μπορούν να οδηγήσουν στην παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων ή προϊόντων που ποικίλουν σε χαρακτηριστικά και έρχονται σε ασυμφωνία με τις κατοχυρωμένες προδιαγραφές. Στόχος της συντήρησης, πέραν της συνεχούς λειτουργίας του εξοπλισμού, αποτελεί και η διασφάλιση της ορθής λειτουργίας του και κατά συνέπεια η παραγωγή εντός προδιαγραφών και αναμενόμενης ποιότητας (Nakajima 1986).

Καθώς η σχέση συντήρησης και κόστους είναι επίσης πολύ ισχυρή, η καλή διαχείριση της συντήρησης είναι μεγάλης σημασίας για τον έλεγχο του κόστους της. Η διοίκηση παραγωγής του οργανισμού συνεχώς αναζητά νέες διαδικασίες, πιο αυτοματοποιημένες και επομένως πιο ανταγωνιστικές, χωρίς να γίνεται έκπτωση στην ποιότητα αλλά με περισσότερη παραγωγή μέσω ενός αξιόπιστου και εντός προδιαγραφών εξοπλισμού.

Ο αξιόπιστος εξοπλισμός αποτελεί το εργαλείο για την παροχή αξιόπιστων υπηρεσιών και επομένως για την απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος έναντι των υπολοίπων. Ευχαριστημένοι πελάτες είναι αυτοί στις απαιτήσεις των οποίων υπάρχει

άμεση ανταπόκριση και αυτό το επιβεβαιώνει ο εξοπλισμός που βρίσκεται στην καλύτερη κατάσταση. Ας μην ξεχνάμε ότι βλάβη του εξοπλισμού, πέραν των καθυστερήσεων παράδοσης, οδηγεί σε απώλεια μεριδίου αγοράς εξαιτίας της απώλειας εμπιστοσύνης προς τον οργανισμό. Εταιρίες που επιλέγουν να λειτουργούν με τα ελάχιστα κόστη συντήρησης, ανάλογα με το είδος του παραγόμενου προϊόντος, μπορούν να πάθουν, πέραν της οικονομικής ζημιάς και ανεπανόρθωτες βλάβες έως και καταστροφικές (περίπτωση βλάβης σε εγκαταστάσεις πετρελαίου ή φυσικού αερίου με επιπτώσεις στο περιβάλλον ή και σε ανθρώπινες ζωές).

5.2 Επιπτώσεις ελλιπούς προληπτικής συντήρησης

Στόχος λοιπόν των διαδικασιών συντήρησης είναι η διατήρηση των παραγωγικών εγκαταστάσεων και εξοπλισμών σε αποδεκτή κατάσταση λειτουργίας. Οι βλάβες ή δυσλειτουργίες σε μηχανήματα και μέρη εξοπλισμού σε παραγωγικές ή επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών επιχειρήσεις έχουν άμεσες επιπτώσεις, ο οποίες αναλύονται ακολούθως (Nakajima 1986):

- **Ποσότητα παραγωγής**

Με την παύση λειτουργίας του εξοπλισμού δεν επιτυγχάνεται η παραγωγή της προγραμματισμένης ποσότητας παραγωγής.

- **Κόστος παραγωγής**

Πιθανή βλάβη του εξοπλισμού θα έχει ως συνέπεια την αύξηση του κόστους παραγωγής ανά προϊόν. Στην τιμή αυτού προστίθεται και η αύξηση του κόστους των υλικών καθώς και το κόστος συντήρησης, το οποίο περιλαμβάνει κόστη όπως επισκευή εγκαταστάσεων, συνεργεία επισκευής, προληπτική συντήρηση, επιθεωρήσεις, ανταλλακτικά και πηγαίνει αναλογικά με τη συχνότητα των βλαβών.

- **Ποιότητα προϊόντων και υπηρεσιών**

Φυσικό ακόλουθο αποτελεί το γεγονός ότι η χαμηλή συντήρηση παραγωγικών μονάδων οδηγεί σε παραγωγή προϊόντων χαμηλής ποιότητας. Η έλλειψη συντήρησης οδηγεί συχνά σε αστοχίες και επομένως σε ανικανότητα κάλυψης των αναγκών των πελατών.

- **Ασφάλεια εργαζομένων και πελατών**

Οποιαδήποτε βλάβη του εξοπλισμού θα μπορούσε να οδηγήσει σε τραυματισμό του χειριστή που έρχεται σε επαφή και όχι μόνο.

- **Ικανοποίηση πελατών**

Καλός πελάτης είναι ο ικανοποιημένος πελάτης, ο οποίος και θα ξαναέρθει και θα μας διαφημίσει, επομένως όταν κάποια παραγωγική μονάδα αστοχήσει, τότε τα προϊόντα και οι υπηρεσίες δεν μπορούν να παραχθούν σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα παραγωγής και κάτι τέτοιο οδηγεί σε καθυστερήσεις στην παράδοση προϊόντων ή στην παροχή υπηρεσιών.

5.3 Στόχοι της διοίκησης παραγωγής ως προς την συντήρηση

Το ποιοι είναι οι στόχοι της διοίκησης παραγωγής ως προς τις εργασίες συντήρησης αναφέρεται παρακάτω:

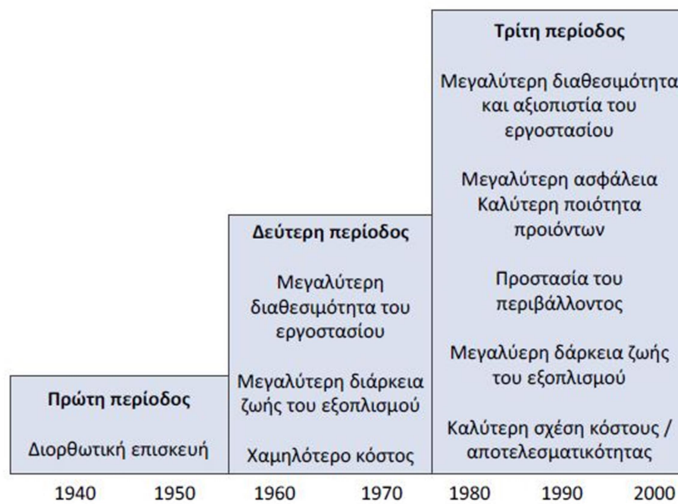
1. Μείωση ή και εξάλειψη της πιθανότητας διακοπής παραγωγής λόγω βλάβης.
2. Αποφυγή μείωσης της παραγωγικότητας εξαιτίας βλάβης του εξοπλισμού.
3. Μείωση χρόνου επισκευής και επομένως αποδοτικότητας της λειτουργίας της παραγωγής.
4. Παράταση του χρόνου ζωής του εξοπλισμού και αποφυγή τυχών ατυχημάτων από πιθανή βλάβη του.
5. Μείωση των λειτουργικών εξόδων της διεύθυνσης λειτουργίας και συντήρησης εξαιτίας της διατήρησης του εξοπλισμού σε καλή κατάσταση λειτουργίας.
6. Διατήρηση ή και βελτίωση της ποιότητας παραγωγής σε επίπεδα εντός προδιαγραφών.
7. Επίτευξη του στόχου μηδενικών ατυχημάτων (Goal Zero) όπως επιβάλλεται σε όλες τις σύγχρονες εταιρίες, μέσω της διεύθυνσης Υγιεινής & Ασφάλειας.

5.4 Μέθοδοι συντήρησης

5.4.1 Ιστορική αναδρομή

Συντήρηση είναι η βασική λειτουργία της επιχείρησης , η επιφορτισμένη με τη συνεχή διατήρηση των εγκαταστάσεων / εξοπλισμού που υποστηρίζει ή και εμπορεύεται, στις προδιαγεγραμμένες επιδόσεις του, παρέχοντας προστασία και ασφάλεια από τη χρήση του εξοπλισμού, κρατώντας παράλληλα το συνολικό κόστος στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. Περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως ο έλεγχος , οι δοκιμές, οι μετρήσεις , οι αντικαταστάσεις, οι ρυθμίσεις των εξαρτημάτων, οι επισκευές και σε μερικές περιπτώσεις οι διοικητικές ενέργειες.

Ιστορικά η εξέλιξη της συντήρησης, από το 1930 έως σήμερα, διακρίνεται σε τρεις περιόδους. Η πρώτη αφορά την περίοδο από το 1940 έως και το 1950, η δεύτερη τις δεκαετίες 1960 και 1970 και η Τρίτη από την δεκαετία του 1980 έως σήμερα. Οι βασικές αρχές των περιόδων αυτών από αποτυπώνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 4: Περίοδοι εξέλιξης συντήρησης

Πρώτη Περίοδος (1930-1940)

Κατά την περίοδο αυτή, και με την βιομηχανική παραγωγή στην βρεφική της ηλικία, τόσο η πληθώρα του φτηνού εργατικού δυναμικού όσο και η απλότητα του εξοπλισμού δεν καταστούν αναγκαίο τον προγραμματισμό της προληπτικής συντήρησής του.

Η εμφάνιση οποιαδήποτε βλάβης του επισκευάζεται εύκολα και επιτόπου με πολύ μικρές επιδράσεις στην ταχύτητα παραγωγής και στο κόστος της. Εξαιτίας δε της απλότητας του εξοπλισμού το επίπεδο ασφαλείας των εργαζομένων είναι αρκετά υψηλό με δεδομένη την χαμηλά ταχύτητα παραγωγής.

Δεύτερη Περίοδος (1950-1960)

Τόσο κατά τη διάρκεια του παγκοσμίου πολέμου όσο και στη δεκαετία του 1950 που ακολούθησε, οι συνθήκες στη βιομηχανία άλλαξαν. Το ανθρώπινο δυναμικό, εξαιτίας των απωλειών του πολέμου, μειώθηκε ενώ η ζήτηση πολεμικών εφοδίων αυξήθηκε, κατά συνέπεια ήταν αναπόφευκτη η είσοδος των μηχανών στην αλυσίδα παραγωγής. Σε αυτό συνέβαλλε ιδιαίτερα και η ανάπτυξη των επιστημών, ιδιαίτερα στον κλάδο της μηχανολογίας, με αποτέλεσμα τη χρήση περισσότερων μηχανών.

Τη δεκαετία του 1950 οι μηχανές ήταν περισσότερες και πολυπλοκότερες και η βιομηχανία στηριζόταν άρρηκτα σε αυτές. Το κόστος επισκευής βλαβών έγινε υψηλότερο και η εξάρτηση μεγάλωνε με το πέρασμα των χρόνων. Αναπόφευκτα, η εξέλιξη αυτή οδήγησε στην ανάπτυξη της ιδέας της προληπτικής συντήρησης. Παρόλα αυτά και μέχρι και τη δεκαετία του 1960 η συντήρηση περιορίζεται στην διενέργεια γενικών επισκευών του εξοπλισμού σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Ο προγραμματισμός των εργασιών συντήρησης ήταν αποτέλεσμα της αύξουσας πορείας του κόστους συντήρησης.

Τρίτη Περίοδος (1970-Σήμερα)

Από την δεκαετία του 1970 και εντεύθεν, αλλά ιδιαίτερα από το 2000, έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνικές σχετικές με τη συντήρηση. Η κλασική μέθοδος της γενικής επιθεώρησης γίνεται με τη προσθήκη νέων εργαλείων. Τα εργαλεία αυτά είναι τα εξής:

- Μελέτες κινδύνων και αναλύσεις των αιτιών και επιπτώσεων των βλαβών
- Καταγραφή κατάστασης (condition monitoring)
- Σχεδιασμός εξοπλισμού με έμφαση στην αξιοπιστία και συντηρησιμότητα
- Αλλαγή της μορφής οργάνωσης προς τη συμμετοχή, την ευελιξία και την ομαδική εργασία

5.4.2 Προληπτική συντήρηση (Preventive Maintenance)

Με τον όρο Προληπτική Συντήρηση συνήθως αναφερόμαστε στον καθορισμό των διαδικασιών συντήρησης βάσει προγραμματισμένου πλαισίου. Το πλαίσιο αυτό συνήθως επιλέγεται είτε από τις οδηγίες του κατασκευαστή είτε εμπειρικά.

Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η μείωση του αριθμού των βλαβών σε σχέση με το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού. Οι εργασίες προληπτικής συντήρησης προγραμματίζονται βάσει των νεκρών χρόνων από βλάβη του εξοπλισμού και της ύπαρξης ή μη των απαραίτητων ανταλλακτικών, σε απόθεμα ασφαλείας για την ταχύτερη επισκευή και θέσει σε λειτουργία του.

Τα πλεονεκτήματα της προληπτικής συντήρησης είναι:

- Εκτελείται όποτε αυτό είναι εφικτό σε σχέση με την παραγωγική διαδικασία
- Αυξάνει το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού
- Επιτυγχάνει μεγιστοποίηση των εσόδων παραγωγής
- Ακολουθεί τυποποιημένες διαδικασίες, ώρες και κόστος
- Ελαχιστοποιεί το στοκ ασφαλείας ανταλλακτικών, μειώνοντας το σχετικό κόστος.
- Μειώνει τις υπερωρίες
- Εξισορροπεί το φόρτο εργασίας
- Μειώνει την ανάγκη για εξοπλισμό σε κατάσταση αναμονής.
- Βελτιώνει τα θέματα υγιεινής και ασφάλειας και του ελέγχου ρύπανσης του περιβάλλοντος
- Προάγει την πρόληψη αντί της αντίδρασης
- Είναι φιλική προς τον χρήστη / χειριστή
- Διασφαλίζει σταθερή ποιότητα προϊόντος
- Προωθεί τη βελτιστοποίηση του οφέλους σε σχέση με το κόστος

Τα μειονεκτήματα της προληπτικής συντήρησης είναι:

- Εκθέτει τον εξοπλισμό σε πιθανή ζημιά
- Μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε νέο εξοπλισμό
- Χρησιμοποιεί περισσότερα ανταλλακτικά
- Απαιτείται συχνότερη πρόσβαση στον εξοπλισμό

Η προληπτική συντήρηση μπορεί να είναι υπερβολική ή ελλειμματική. Οι περισσότερες αστοχίες του εξοπλισμού οφείλονται σε ελλιπή προληπτική συντήρηση και αυτή είναι η πιο συνηθισμένη κατάσταση, δεδομένου ότι είναι φτηνό και εύκολο να μην συντηρείτε τίποτα. Η ευφυής προληπτική συντήρηση παρέχει οφέλη που υπερβαίνουν κατά πολύ το σχετικό κόστος.

5.4.3 Διορθωτική Συντήρηση (Corrective Maintenance)

Η διορθωτική συντήρηση αναφέρεται στις επισκευές του εξοπλισμού και σε σχέση με την προληπτική συντήρηση απαιτεί μεγαλύτερο ποσοστό πόρων που προστίθεται στο ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης του οργανισμού (OPEX).

Οι διορθωτικές ενέργειες λαμβάνουν χώρα στον εξοπλισμό όταν εμφανίζεται πραγματική αστοχία (βλάβη) και σκοπό έχουν την αποκατάστασή του το ταχύτερο δυνατό, προκειμένου να επανατεθεί το συντομότερο σε παραγωγική διαδικασία. Για την διάγνωση της βλάβης απαιτείται ενδελεχής έλεγχος, από εξειδικευμένο προσωπικό, έτσι ώστε να προγραμματιστεί η αποκατάσταση το ταχύτερο δυνατό με απόλυτη ασφάλεια και επιτυχές αποτέλεσμα.

Η συντήρηση αυτής της μορφής παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα εξαιτίας του ότι:

1. Οι βλάβες παρουσιάζονται τυχαία οπότε, τόσο το πλήθος όσο και η σοβαρότητά τους είναι άγνωστες και επομένως δύσκολα προβλέψιμες. Μοναδικός τρόπος μίας σχετικής πρόβλεψης αποτελούν τα στατιστικά στοιχεία προηγούμενων ετών, εάν υπάρχουν και με αμφίβολο ποσοστό επιτυχίας.
2. Οι βλάβες του εξοπλισμού είναι πολύ πιθανό να παρουσιάσουν το φαινόμενο «ντόμινο» δηλαδή μια απροσδόκητη βλάβη ενός εξαρτήματος ενδέχεται να προκαλέσει ζημιά και σε άλλα μέρη του εξοπλισμού, απαιτώντας περαιτέρω πόρους για την αποκατάσταση.
3. Οι απρογραμμάτιστες διακοπές λειτουργίας λόγω βλάβης και οι απαραίτητες επισκευές ενδέχεται να διαρκέσουν μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. λόγω αναμονής ελευθέρωσης διαφόρων πόρων, παραλαβής ανταλλακτικών κλπ), παραμένει λοιπόν χαμηλό ή στάσιμο το επίπεδο παραγωγής ενώ δεσμεύεται προσωπικό σε κατάσταση αναμονής

4. Το κόστος της συντήρησης είναι εκ των προτέρων υψηλό και αποκλείει τη δυνατότητα μέγιστης διαθεσιμότητας του εξοπλισμού

5.4.4 Προγνωστική Συντήρηση (Predictive Maintenance)

Η προβλεπτική συντήρηση αφορά στη διαδικασία συντήρησης κατά την οποία, λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική κατάσταση του εξοπλισμού, μετατρέπεται η διορθωτική συντήρηση που εφαρμοζόταν έως τώρα σε προληπτική.

Τα οφέλη από την εφαρμογή της προβλεπτικής συντήρησης είναι:

1. Μείωση κόστους συντήρησης
2. Αύξηση του χρόνου ζωής του εξοπλισμού.
3. Μείωση του νεκρού χρόνου της αναμονής επισκευής του εξοπλισμού.
4. Αύξηση της παραγωγικότητας.
5. Μείωση των αποθεμάτων ασφαλείας ανταλλακτικών
6. Μείωση καταστροφικών βλαβών του εξοπλισμού
7. Αύξηση των κερδών
8. Μείωση ανάγκης υπερωριακής απασχόλησης για κάλυψη των απαιτήσεων καθυστερημένης παράδοσης

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 5

- Αριθμ. Δ3/Α/20701, Κανονισμός «Εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης δικτύων διανομής μέσης πίεσης φυσικού αερίου (πίεση σχεδιασμού 19 bar) και δικτύων κατανομής χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου (μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar)», Αριθμός Φύλλου Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 1712, 23 Νοεμβρίου 2006.
- Reliable Maintenance Planning, Estimating, and Scheduling, Ralph W. Peters, December 2014.
- Strategic Maintenance Planning, Anthony Kelly, June 2006.
- Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers, Ricky Smith, R. Keith Mobley, October 2007

6. Νέες μέθοδοι συντήρησης βάσει εκτίμησης Επικινδυνότητας (RBM)

6.1 Θεμελιώδη στοιχεία της RBM

Τα οφέλη του προγραμματισμού προληπτικής συντήρησης βάσει της μεθόδου εκτίμησης επικινδυνότητας είναι πολλά, ένα από αυτά είναι η ελάττωση του κόστους συντήρησης, καθώς χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των παρακάτω βασικών απαιτήσεων ενός ολοκληρωμένου προγράμματος συντήρησης (Vo and Balkey 1995) :

- Που πρέπει να γίνει εργασία προληπτικής συντήρησης
- Τι πρέπει να ελεγχθεί
- Πως πρέπει να γίνει η συντήρηση
- Κάθε πότε πρέπει να γίνεται η εργασία συντήρησης

Οι παραπάνω απαιτήσεις καλύπτονται από την μέθοδο RBM μέσα στα πλαίσια της ασφάλειας και υγιεινής της εργασίας καθώς και τήρηση των περιβαλλοντικών ορίων.

Το πεδίο προγραμματισμού συντήρησης απεικονίζεται παρακάτω.



Σχήμα 5: Πεδίο Προγραμματισμού Συντήρησης

Η εν λόγω μέθοδος οργάνωσης του κατάλληλου μοντέλου συντήρησης παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία εξαιτίας του ότι είναι πολυπαραγοντική. Οι βασικότεροι των παραγόντων είναι:

- Το μεγάλο πλήθος των εμπλεκόμενων παραμέτρων
- Η πολυπλοκότητα των μονάδων του συστήματος
- Ο μεγάλος αριθμός στοιχείων που πρέπει να ληφθούν υπόψη
- Το θεωρητικό υπόβαθρο που χρησιμοποιείται για την ανάλυση του ρίσκου

6.2 Μέθοδοι εκτίμησης της RBM

Τρεις είναι οι βασικές μέθοδοι εκτίμησης της RBM:

➤ Η Ποσοτική μέθοδος εκτίμησης

Κατά την ποσοτική μέθοδο υπάρχει αντιστοίχιση τιμών ρίσκου με βαθμίδες ρίσκου, ανάλογα με τις πιθανότητες αστοχίας ή της επίπτωσης αυτής. Η αριθμητική τιμή του ρίσκου που προκύπτει υπολογίζεται και ανανεώνεται συστηματικά. Για την ποσοτική προσέγγιση απαιτεί η χρήση λογισμικού το οποίο θα υπολογίζει το ρίσκο και το πρόγραμμα συντήρησης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε ανάλυση δένδρων σφαλμάτων, προκειμένου να καθορισθεί η πιθανότητα εμφάνισης κάθε ακολουθίας αστοχιών και το αποτέλεσμα του ρίσκου παρουσιάζεται ως αριθμητική τιμή (Krishnasamy, Khan et al. 2005)

➤ Η Ποιοτική μέθοδος εκτίμησης

Στην ποιοτική μέθοδο, η αξιολόγηση του ρίσκου πραγματοποιείται με βαθμίδες όπως, χαμηλό, μέσο, υψηλό. Βασίζεται στην κρίση και στην εμπειρία του μηχανικού και εφαρμόζεται σε σύντομο χρονικό διάστημα με σχεδόν μηδενικό αρχικό κόστος και με κατανοητά αποτελέσματα, χωρίς ωστόσο να ενημερώνεται εύκολα. Μεγάλο ρόλο στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου τρόπου εκτίμησης ρίσκου παίζει το γνωστικό επίπεδο και η εμπειρία της ομάδας συντήρησης (Bass and Robichaux 2001).

➤ **Η Ημιποσοτική μέθοδος εκτίμησης**

Η ημιποσοτική μέθοδος εκτίμησης ρίσκου είναι συνδυασμός της ποσοτικής και της ποιοτικής μεθόδου και κάνει χρήση των κύριων πλεονεκτημάτων των δύο παραπάνω μεθόδων. Πιθανές περιπτώσεις που μπορούν να εμφανιστούν είναι οι ακόλουθες:

- Η επίπτωση αστοχίας να είναι ποιοτική και η πιθανότητα αστοχίας να είναι ποσοτική
- Η επίπτωση και η πιθανότητα αστοχίας να είναι ποσοτικές και ο χρόνος συντήρησης ποιοτικός

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε κατηγορίες πιθανοτήτων και επιπτώσεων ή ως τιμές ρίσκου, ωστόσο οι αριθμητικές τιμές συνδέονται με κάθε κατηγορία ώστε να υπολογισθεί το τελικό ρίσκο.

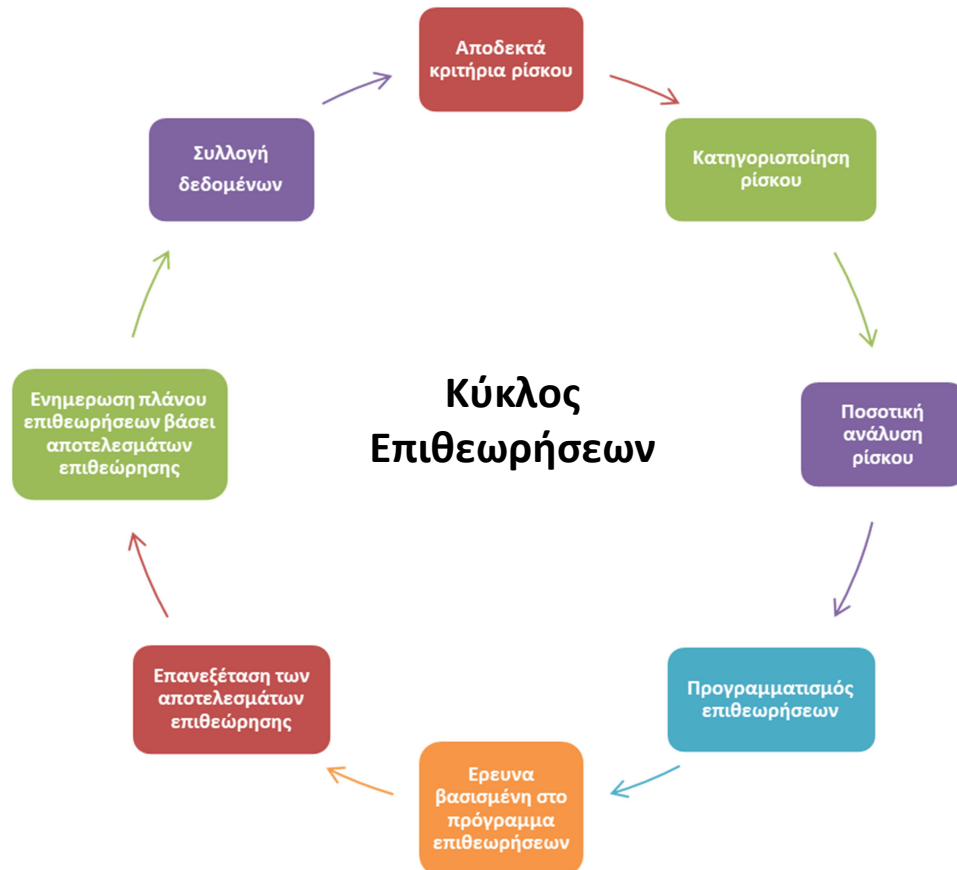
Η διοίκηση κάθε επιχείρησης, καθορίζει με ποια προσέγγιση θα χρησιμοποιηθεί η ανάλυση ρίσκου, ώστε η ποιοτική και ποσοτική προσέγγιση να είναι οι βέλτιστες δυνατές

6.3 Διαδικασία εκτίμησης Επικινδυνότητας

Σε εταιρίες με πολυπληθή εξοπλισμό η διενέργεια της μεθόδου RBM αποτελεί την ορθότερη επιλογή. Η μέθοδος εκτίμησης επικινδυνότητας χωρίζεται σε πέντε κύρια βήματα και είναι τα παρακάτω (Arunraj and Maiti 2010):

1. Συλλογή δεδομένων και πληροφοριών
2. Επιλογή τρόπου αξιολόγησης
3. Λεπτομερής αξιολόγηση
4. Προγραμματισμός
5. Εκτέλεση και εκτίμηση

Παρακάτω φαίνεται σχηματικά η διαδικασία που ακολουθείται ώστε να εφαρμοστεί η μέθοδος βάσει κινδύνου, στον προγραμματισμό συντήρησης.



Σχήμα 6: Κύκλος Επιθεωρήσεων

6.4 Βήματα εκτίμησης Επικινδυνότητας

Σύμφωνα με τους μελετητές της μεθόδου η δομή της εκτίμησης της επικινδυνότητας δεν είναι μοναδική αλλά μεταβάλλεται ανά περίπτωση. Παρόλο που υπάρχουν μελέτες στις οποίες τα βήματα της διαδικασίας είναι διαφορετικά το αποτέλεσμα παραμένει ίδιο. Βάσει αυτού σε κάποιες προσεγγίσεις τα στάδια μελέτης είναι τρία ενώ σε άλλες τέσσερα. Η διαφορά αυτή προέρχεται από το γεγονός ότι τα δύο πρώτα βήματα ομαδοποιούνται σε ένα, χωρίς να προκύπτει ουσιαστική διαφορά στο παραγόμενο αποτέλεσμα.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα τέσσερα βήματα της διαδικασίας RBIM καθώς είναι αυτή που προτιμάται περισσότερο από τους αναλυτές και τις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις τον τελευταίο καιρό (Khan, Sadiq et al. 2004).

Βήμα 1^ο: Αναγνώριση αντικειμένου μελέτης

- Αναγνώριση Υποσυστημάτων και Εξαρτημάτων
- Αναγνώριση των σχέσεων μεταξύ Εξαρτημάτων- Υποσυστημάτων- Συστημάτων
- Συλλογή Δεδομένων αστοχιών και καθορισμός Μοντέλου αστοχιών

Βήμα 2^ο: Εκτίμηση (Αναγνώριση και Ποσοτικοποίηση) Κινδύνου

- Αναγνώριση Κινδύνων
- Ανάπτυξη σεναρίων Αστοχιών
- Πιθανοτική Ανάλυση Αστοχιών
- Ανάλυση Συνεπειών -Ποσοτικοποίηση Κινδύνου

Βήμα 3^ο: Σχεδιασμός Συντήρησης

- Ανάπτυξη Προγράμματος συντήρησης με στόχο τη μείωση του μη αποδεκτού κινδύνου σε αποδεκτό επίπεδο

Βήμα 4^ο: Αξιολόγηση Κινδύνου

- Επιλογή κριτηρίων αποδεκτού Κινδύνου
- Σύγκριση υπολογισμένου Κινδύνου με αποδεκτά κριτήρια

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η μέθοδος RBM δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένας αλγόριθμος, καθώς περιέχει βήματα τα οποία είναι αλληλοεξαρτώμενα και το ένα προαπαιτούμενο του άλλου, δημιουργώντας δομή βρόγχου, από την οποία προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα. Βασική προϋπόθεση για την εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος αποτελεί σε κάθε περίπτωση η ικανοποίηση όλων των κριτηρίων.

6.5 Αντικείμενο μελέτης

Στο πρώτο βήμα, γίνεται επιλογή της εγκατάστασης (σύστημα καθοδικής προστασίας) στην οποία θα εφαρμοσθεί η μέθοδος συντήρησης βάσει εκτίμησης επικινδυνότητας (RBM). Η ανάλυση μπορεί να αφορά ολόκληρη την εγκατάσταση ή μέρος αυτής.

Το κάθε σύστημα διαιρείται σε υποσυστήματα (τροφοδοτικό καθοδικής, μετρητικοί σταθμοί ΚΠ κλπ) και καθένα από αυτά αναλύεται ξεχωριστά. Στη συνέχεια συλλέγονται δεδομένα, σχετικά με την εγκατάσταση και τα στοιχειώδη τμήματα της, ώστε να

αναπτυχθούν σενάρια αστοχιών. Οι πληροφορίες που συλλέγονται περιέχουν ιστορικό βλαβών του εξοπλισμού. Παράλληλα μελετώνται οι σχέσεις μεταξύ των εξαρτημάτων και υποσυστημάτων του συστήματος, τόσο εντός όσο και εκτός αυτού (Tixier, Dusserre et al. 2002).

Μετά την κατηγοριοποίηση του συστήματος, θέτονται παραδοχές και ερμηνεύονται τα διαθέσιμα δεδομένα ώστε να προκύψουν συμπεράσματα, για την κατανομή των πιθανοτήτων που ακολουθούν οι μεταβλητές του υπό μελέτης προβλήματος.

Ένα από τα βασικότερα μέρη της ανάλυσης είναι η επιλογή κατανομής, καθώς επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Τέλος με μεθόδους όπως αυτή των ελαχίστων τετραγώνων, οι εξερευνητές εξετάζουν αν οι προκύπτουσες καμπύλες περιγράφουν τα δεδομένα με τη μέγιστη ακρίβεια.

6.6 Εκτίμηση κινδύνου

Σε αυτό το βήμα, πραγματοποιείται πλήθος υπολογισμών τόσο για την εκτίμηση όσο και για την ποσοτικοποίηση του κινδύνου, τα βασικά στάδια αναπτύσσονται στη συνέχεια:

- **Σενάρια Αστοχιών**

Σε αυτό το στάδιο αναγνωρίζονται τα σημαντικότερα συμβάντα που μπορούν να οδηγήσουν σε αστοχία. Η μέθοδος προσδιορίζει τις πιθανές αστοχίες και τις επιπτώσεις τους στο συνολικό σύστημα. Αποτελεί την πιο άμεση μέθοδο ανάλυσης και ενδείκνυται κυρίως σε περιπτώσεις, όπου μια μεμονωμένη αστοχία είναι ικανή να οδηγήσει σε αστοχία του συνολικού συστήματος. Τα αποτελέσματα της συνήθως τυποποιούνται σε ένα πίνακα με στήλες που περιλαμβάνουν την υπό εξέταση συνιστώσα, την πιθανή αστοχία, την αιτία της, την πιθανότητα εμφάνισης και την κρισιμότητα της επίπτωσης (Carlson).

- **Ποσοτική εκτίμηση επιπτώσεων**

Βασίζεται σε μοντέλο ανάλυσης των πιθανών επιπτώσεων η ανάλυση του οποίου δύναται να δώσει χρήσιμα συμπεράσματα για τη βελτίωση τόσο της συντήρησης όσο και της γενικότερης σχεδίασης της εγκατάστασης.

Σε περίπτωση που η εκτίμηση των επιπτώσεων δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποιοτικά κριτήρια κατάταξης σε κατηγορίες (π.χ. σοβαρές μέτριες ή ελάχιστης σημασίας επιπτώσεις). Υπάρχουν διάφορα εργαλεία, για την διεξαγωγή τέτοιου είδους αναλύσεων, όπως το RISKIT, WHAZAN, MAXCRED (Khan and Abbasi 2001).

Μία προσέγγιση υπολογισμού των επιπτώσεων ενός γεγονότος είναι η εξέταση τεσσάρων κατηγοριών κόστους. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Κόστος στην Ανθρώπινη Υγεία
- Οικονομικό κόστος
- Κόστος στο περιβάλλον
- Κόστος στη μείωση παραγωγής

- **Εκτίμηση πιθανοτήτων εμφάνισης βλαβών**

Χρησιμοποιεί την συστηματική εφαρμογή της Ανάλυσης Αξιοπιστίας (Reliability Analysis) των παραγωγικών συνιστωσών της εγκατάστασης η οποία μπορεί να αναλυθεί σε τρία επίπεδα (Υψηλή Μέτρια ή Χαμηλή πιθανότητα).

Ο καλύτερος τρόπος μέτρησης της αξιοπιστίας στηρίζεται:

1. στην συστηματική τήρηση αρχείων βλαβών της εγκατάστασης , από τα οποία να προκύπτουν οι μέσοι χρόνοι μεταξύ βλαβών του εξοπλισμού.
2. σε εμπειρικές εκτιμήσεις του προσωπικού συντήρησης
3. σε οργανωμένες βάσεις δεδομένων αξιοπιστίας εξαρτημάτων
4. σε δεδομένα κατασκευαστών.

Ιστορικά οι μέθοδοι της κατηγορίας αυτής ξεκίνησαν από προχωρημένους τεχνολογικά κλάδους (π.χ. αεροναυπηγική, πυρηνικές εγκαταστάσεις, ηλεκτρονική) και σταδιακά επεκτείνονται και σε βιομηχανίες άλλου τύπου (εγκαταστάσεις παραγωγής ρεύματος, βιομηχανίες διεργασιών , κ.λπ.) (Volkanovski, Čerip et al. 2009)

6.7 Δεδομένα προς έλεγχο

Αντικείμενο αυτού του βήματος είναι η επισκόπηση των δεδομένων που πιθανόν να κριθούν σημαντικά στην αξιολόγηση ενδεχόμενων μηχανισμών αστοχιών, πιθανοτήτων

και επιπτώσεων καθώς και ανάπτυξη πλάνου επιθεωρήσεων συντήρησης. Τα δεδομένα που χρειάζονται για τη διεξαγωγή της ανάλυσης βάσει ρίσκου χωρίζονται σε τρεις κύριες ομάδες δεδομένων (Rausand and Vatn 2008):

- **Δεδομένα επιθεωρήσεων/μετρήσεων**

Αυτό το είδος δεδομένων προέρχεται από τις επιτόπιες επιθεωρήσεις / μετρήσεις καθοδικής προστασίας όπως προκύπτουν από τον υφιστάμενο προγραμματισμό προληπτικής συντήρησης (εβδομαδιαίες, μηνιαίες, εξαμηνιαίες μετρήσεις). Κάθε μηχανισμός που συντελεί στην πρόκληση αστοχίας έχει συγκεκριμένο προσδιορισμό.

- **Δεδομένα επιπτώσεων**

Σε συνέχεια της ανάλυσης ρίσκου, πρέπει να γίνει καθορισμός της μεθόδου πρόβλεψης των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων της ανάλυσης.

- **Τεχνικά δεδομένα**

Πρόκειται για βασικά δεδομένα όπως δυναμικό και ρεύμα προστασίας, δυναμικό εξόδου τροφοδοτικού κλπ.

Οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό συντήρησης βάσει κινδύνου, θα πρέπει να περιέχουν ενημερωμένα δεδομένα του βασικού εξοπλισμού μιας επιχείρησης, στοιχεία εξαρτημάτων, κατασκευαστικά και σχεδιαστικά δεδομένα, ιστορικό επιθεωρήσεων, καθορισμένο πλάνο συντήρησης, πληροφορίες σχετικές με τον εξοπλισμό, διαδικασίες συντηρήσεων, αρχεία γραφημάτων, φωτογραφικό υλικό στοιχείων εξοπλισμού στοιχεία διορθωτικών ενεργειών μετά από βλάβη και στοιχεία που έχουν προκύψει από τη συστηματική παρακολούθηση των μονάδων του εξοπλισμού.

Η ακρίβεια της ανάλυσης RBM έχει άμεση σχέση με την ποιότητα των δεδομένων. Είναι απολύτως σημαντικό και χρήσιμο τα δεδομένα να είναι επικαιροποιημένα σε σχέση με την ανάλυση και επικυρωμένα από τους ειδικούς μηχανικούς του τμήματος καθοδικής προστασίας.

6.8 Αξιολόγηση κινδύνου

Σκοπός αυτού του βήματος είναι η επιλογή και αξιολόγηση των στοιχείων που συντελούν στην πρόκληση υψηλών επιπέδων ρίσκου. Οι επιπτώσεις που ανακύπτουν από βλάβες και η πιθανότητα εμφάνισης τους εξετάζονται ξεχωριστά ώστε να διαπιστωθεί η σημαντικότητα τους ή μη στην τιμή του τελικού ρίσκου, δηλαδή σε υψηλό ή χαμηλό επίπεδο κινδύνου.

Γενικά εξαρτήματα και στοιχεία του συστήματος με χαμηλό δείκτη ρίσκου οδηγούν σε λιγότερες συντηρήσεις σε σχέση με μονάδες που διαθέτουν μεσαίας ή υψηλής κλίμακας ρίσκο με αποτέλεσμα να καθιστούν απαραίτητη την περαιτέρω εξέταση και αξιολόγηση. (Jiang, McCalley et al. 2006).

Το ιστορικό βλαβών μέσα στην εγκατάσταση, το διάστημα λειτουργίας της εγκατάστασης (ηλικία), η ποιότητα του προϊόντος και η εγγύτητα σε δημόσια περιοχή και ευαισθησία σε σχέση με το περιβάλλον αποτελούν βασικούς ποιοτικούς παράγοντες RBM.

Με βάση το χαρακτηρισμό της αξιολόγησης κινδύνου επιλέγεται και το αντίστοιχο πλάνο συντήρησης.

6.9 Προγραμματισμός συντήρησης

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν, τόσο από την παρακολούθηση όσο και από την λεπτομερή αξιολόγηση, και παρουσιάστηκαν στα παραπάνω βήματα χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου στον προγραμματισμό συντήρησης.

Η συνεργασία της ομάδας προγραμματισμού συντήρησης και των αποτελεσμάτων της μεθόδου RBM, οδηγεί στο σχηματισμό ενός προκαταρκτικού πλάνου συντήρησης βασισμένο στους διαθέσιμους ανθρώπινους πόρους, στην χρονική διάρκεια πιθανής απώλειας της παραγωγής, στην αλληλεπίδραση με διαδικασίες συντήρησης και στην ανανέωση της βάσης δεδομένων. Τα αποτελέσματα αυτού του μέρους αξιολόγησης παρέχουν τη βάση για τον τελικό προγραμματισμό συντήρησης (Kennedy and Kirwan 1998).

6.10 Έλεγχος αποτελεσμάτων και αξιολόγηση

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τα προηγούμενα βήματα της ανάλυσης βάσει κινδύνου αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων.

Η ανάλυση πιθανοτήτων εμφάνισης βλαβών κατά τη μέθοδο RBM γίνεται με στόχο τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης γεγονότος που μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του μηχανισμού.

Η διαδικασία ανάλυσης σύμφωνα με τον κίνδυνο καθορίζει το πρόγραμμα επιθεωρήσεων συντήρησης, δίνοντας προτεραιότητα σε τμήματα του εξοπλισμού που παρουσιάζουν υψηλό βαθμό ρίσκου. Η συνολική πιθανότητα αστοχίας ενός συστήματος είναι το άθροισμα των πιθανοτήτων όλων των γεγονότων που μπορούν να οδηγήσουν στην αστοχία.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 6

- Risk-Based Maintenance (RBM): A New Approach for Process Plant Inspection and Maintenance, Faisal I. Khan and Mahmoud Haddara, November 2004.
- An Extended Methodology for Risk Based Inspection Planning, J. T. Selvik, P. Scarf, T. Aven, March 2011.
- Pipeline Risk Management Manual Ideas Techniques and Resources, W. Kent Muhlbauer, October 2004.
- A Risk Management Tool for Establishing Budget Priorities, John F. Kiefner, PhD, February 1997.

7. Προτεινόμενες Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου βάσει της RBM για τον καθορισμό της προληπτικής συντήρησης ΚΠ

7.1 Μελέτη επί του προσδιορισμού δείκτη κινδύνου συστημάτων καθοδικής προστασίας δικτύων ΜΠ

7.1.1 Περιγραφή δραστηριότητας – Εισαγωγή

Η εφαρμογή της διαδικασίας του «Προσδιορισμού Δείκτη Κινδύνου συστημάτων Καθοδικής Προστασίας» αποτελεί εργασία για την κάλυψη των αναγκών και των υποχρεώσεων, όπως αυτές απορρέουν από το «Εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης δικτύων διανομής μέσης πίεσης φυσικού αερίου (πίεση σχεδιασμού 19 bar) και δικτύων κατανομής χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου (μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar)» ΦΕΚ 1712 / 17-11-2006.

7.1.2 Γενικά

Ο κίνδυνος αντιπροσωπεύει την πιθανότητα διάβρωσης, σε σύντομο χρονικό διάστημα, των σωληνώσεων που ανήκουν σε ένα σύστημα Καθοδικής Προστασίας. Μετράτε με δείκτες, με τους οποίους σχετίζεται η συχνότητα ελέγχου των εγκαταστάσεων που συνιστούν το σύστημα Καθοδικής Προστασίας. Στόχος είναι η εφαρμοζόμενη Καθοδική Προστασία να διατηρείται στα υψηλότερα και σταθερότερα δυνατά επίπεδα. Η εν λόγω συχνότητα αυξάνεται με την αύξηση του δείκτη κινδύνου.

Ο δείκτης κινδύνου επηρεάζεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ
- ΜΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
- ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΒΩΝ
- ΕΠΙΡΡΟΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

7.1.3 Ανάλυση των παραμέτρων που επηρεάζουν τον Δείκτη Κινδύνου

7.1.3.1 Μεταβλητότητα του Ηλεκτρικού πεδίου

Η μεταβλητότητα του ηλεκτρικού πεδίου, η οποία εξαρτάται από την ένταση των συνεχών περιπλανώμενων ρευμάτων (stray currents), προσδιορίζεται με σειρά προκαταρκτικών μετρήσεων, βάσει γραπτών διαδικασιών της Εταιρίας Διανομής Αερίου, που διεξάγονται στα χαρακτηριστικά σημεία ή και στα επιλεγμένα σημεία του εξεταζόμενου συστήματος Καθοδικής Προστασίας. Αποδίδεται, έτσι, σε κάθε βαθμό μεταβλητότητας, μία βαθμολογία:

A) ΧΑΜΗΛΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ:	5
B) ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ:	25
Γ) ΥΨΗΛΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ:	50

Οι αιτίες δημιουργίας συνεχών περιπλανώμενων ρευμάτων οφείλονται:

- Στο τραμ
- Στο μετρό
- Σε ηλεκτροχημικές βιομηχανίες μεγάλης ισχύος
- Σε καθοδικές προστασίες ξένων αγωγών.

Για να είναι δυνατή η διεξαγωγή της οποιασδήποτε μέτρησης θα πρέπει:

- Να υπάρχουν σταθμοί μέτρησης καθοδικής προστασίας στην αρχή και στο τέλος της παράλληλης όδευσης με το τραμ ή το μετρό, εφόσον η απόσταση από τον αγωγό είναι μικρότερη από 20 μέτρα.
- Να υπάρχουν σταθμοί μέτρησης καθοδικής προστασίας στην αρχή και στο τέλος της παράλληλης όδευσης με αγωγό (με καθοδική προστασία) σε απόσταση μικρότερη από 3 μέτρα.
- Να υπάρχουν σταθμοί μέτρησης καθοδικής προστασίας σε περίπτωση διασταύρωσης με το τραμ ή το μετρό ή με ξένους αγωγούς.

Εφόσον οι σταθμοί μέτρησης υφίστανται ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Για το τραμ ή το μετρό:

- Μετράτε η διακύμανση του δυναμικού «ON» της Καθοδικής Προστασίας σε 24 ώρες με καταγραφικό (AC/DC Data Logger).
- Συγκρίνεται η διακύμανση του δυναμικού όταν το τραμ ή το μετρό λειτουργούν με την διακύμανση του δυναμικού όταν δεν λειτουργούν. Εάν ο λόγος της μεταβολής του δυναμικού όταν λειτουργεί το τραμ ή το μετρό προς τον λόγο της μεταβολής του δυναμικού όταν δεν λειτουργούν είναι

από 1 έως 5 θεωρείται η μεταβλητότητα χαμηλή, από 5 έως 25 ενδιάμεση και πάνω από 25 υψηλή.

Για τους ξένους αγωγούς:

- Μετράτε το δυναμικό του ξένου αγωγού όταν έχει τεθεί σε κατάσταση «ON-OFF» η καθοδική προστασία του αγωγού φυσικού αερίου. Εάν συμπαρασύρεται το δυναμικό του ξένου αγωγού σε «ON-OFF» η μεταβλητότητα θεωρείται υψηλή εάν όχι θεωρείται χαμηλή.

7.1.3.2 Μέση ηλεκτρική μόνωση του εξεταζόμενου κλάδου

Η μέση ηλεκτρική μόνωση του συστήματος αναφέρεται στην ειδική (ηλεκτρική) αντίσταση του μονωτικού επιστρώματος του μεταλλικού αγωγού και υπολογίζεται βάσει της αποδιδόμενης ποσότητας ρεύματος από τους ανορθωτές Καθοδικής Προστασίας (τροφοδοτικά) για την επίτευξη του προκαθορισμένου δυναμικού, που αναφέρεται στη συνολική επιφάνεια των σωληνώσεων του συστήματος Καθοδικής Προστασίας.

Η ειδική αντίσταση του μονωτικού επιστρώματος του αγωγού μπορεί να υπολογισθεί από τα μεγέθη της καθοδικής προστασίας για έναν μεταλλικό αγωγό που ευρίσκεται εντός του εδάφους. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται από τον τύπο:

$$R_i = (V_{on} - V_{off}) / J_s = (V_{on} - V_{off}) / (I/A)$$

Όπου:

- R_i = η μέση ηλεκτρική μόνωση σωληνώσεως σε $\Omega \cdot m^2$.
- V_{on} = η τιμή του δυναμικού σε κατάσταση «ON» σε V
- V_{off} = η τιμή του δυναμικού σε κατάσταση «OFF» σε V
- J_s = η πυκνότητα ρεύματος καθοδικής προστασίας σε A/m²
- I = η ένταση ρεύματος καθοδικής προστασίας σε A
- A = η επιφάνεια του μεταλλικού αγωγού σε m²

Αφού γίνει ο υπολογισμός της R_i τότε η βαθμολογία του κριτηρίου της μέσης ηλεκτρικής μόνωσης αγωγού είναι:

- $R_i \geq 107 \Omega \cdot m^2$:βαθμολογία 5
- $106 \leq R_i \leq 107 \Omega \cdot m^2$:βαθμολογία 10
- $105 \leq R_i \leq 106 \Omega \cdot m^2$:βαθμολογία 15

- $R_i \leq 105 \ \Omega.m^2$:βαθμολογία 25

7.1.3.3 Συχνότητα βλαβών του συστήματος ΚΠ

Η βλάβη μεμονωμένου συστήματος καθοδικής προστασίας είναι η διακοπή της λειτουργίας της καθοδικής προστασίας, είτε σε όλον τον προστατευόμενο αγωγό (π.χ. πτώση του μικροαυτόματου διακόπτη, τήξη θερμικής ασφάλειας κλπ) είτε σε μέρος του αγωγού (π.χ. την διακοπή της καθοδικής προστασίας κλάδου του αγωγού λόγω καταστροφής του μετρητικού σταθμού της καθοδικής προστασίας λόγω πρόσκρουσης αυτοκινήτου).

Ο αριθμός των βλαβών υπολογίζεται σε ετήσια βάση.

Ανάλογα με τον αριθμό των βλαβών ανά έτος, προκύπτει και η βαθμολογία για την εκτίμηση του δείκτη κινδύνου που έχει ως ακολούθως:

- Μέχρι 5 βλάβες το έτος :βαθμολογία 5
- Από 5 μέχρι 10 βλάβες το έτος :βαθμολογία 15
- Από 10 βλάβες το έτος και πάνω :βαθμολογία 25

7.1.3.4 Επιρροές εναλλασσόμενων ρευμάτων

Σχετικά με τις επιρροές από εναλλασσόμενα ρεύματα, για την εκτίμηση του δείκτη κινδύνου, πραγματοποιείται μέτρηση των δυναμικών AC, σε όλο το μήκος του αγωγού, διαμέσου των μετρητικών σταθμών καθοδικής προστασίας με τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Εάν τα μετρούμενα δυναμικά AC, σε όλο το μήκος του αγωγού, είναι μικρότερα από 4V δεν τοποθετείται αισθητήριο πόλωσης. Ο υπολογισμός βαθμού επικινδυνότητας πραγματοποιείται μόνο από τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα

Δυναμικό AC σε όλο τον αγωγό σε κάθε χρονική στιγμή	Βαθμολογία
< 10V ή < 4V, όταν η τοπική ειδική αντίσταση εδάφους < 25 Ωm	5
≥ 10V ή ≥ 4V, όταν η τοπική ειδική αντίσταση εδάφους < 25 Ωm	25

7.1.4 Συμπεράσματα

Σε κάθε μία από τις προαναφερθείσες παραμέτρους αποδίδεται βαθμολογία και το άθροισμα των βαθμολογιών ορίζει το **δείκτη κινδύνου του συστήματος Καθοδικής Προστασίας**.

Ο δείκτης κινδύνου ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες, βάσει της αντίστασης της μόνωσης της σωλήνωσης, της μεταβλητότητας του ηλεκτρικού πεδίου, των διαστημάτων που παραμένει χωρίς προστασία λόγω βλαβών των εγκαταστάσεων και τις επιρροές από εναλλασσόμενα ρεύματα :

1. ΚΙΝΔΥΝΟΣ 1 – K1 (ελάχιστος) :συνολική βαθμολογία < 50
2. ΚΙΝΔΥΝΟΣ 2 – K2 (ενδιάμεσος) :συνολική βαθμολογία > 50 και < 90
3. ΚΙΝΔΥΝΟΣ 3 – K3 (υψηλός) :συνολική βαθμολογία > 90.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1712 / 17-11-2006

- Στην περίπτωση που ο δείκτης κινδύνου είναι **ελάχιστος** τότε η ίδια διαδικασία θα επαναληφθεί μετά από 4 (τέσσερα) χρόνια .
- Στην περίπτωση που ο δείκτης κινδύνου είναι **ενδιάμεσος** τότε η ίδια διαδικασία θα επαναληφθεί μετά από 2 (δύο) χρόνια
- Τέλος στην περίπτωση που ο δείκτης κινδύνου είναι **υψηλός** τότε η ίδια διαδικασία θα επαναληφθεί μετά από 1 (ένα) χρόνο.

7.1.5 Υπόδειγμα μελέτης

ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ (π.χ 1^{ου}) ΔΕΙΚΤΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ

(ΚΛΑΔΟΣ XXXXXX)

.....

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

.....

ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ C.P

Θα γίνεται σύντομη αναφορά :

- Στην κατασκευή του εξεταζόμενου κλάδου (π.χ χρονολογία κατασκευής ,αλλαγές ,τροποποιήσεις που έχουν επέλθει από τότε και μέχρι την έκδοση του πρώτου δείκτη κινδύνου)
- Στις παρατηρήσεις –συμπεράσματα του προηγούμενου δείκτη κινδύνου(αν υπάρχει)
- Στις παρεμβάσεις που έχει υποστεί ο κλάδος στο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε.

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ C.P

- Θα αναφέρεται η συνολική επιφάνεια του προστατευόμενου κλάδου σε m²
- Θα αναγράφεται το είδος της μόνωσης του προστατευόμενου αγωγού.
- Θα επισυνάπτεται η οριζοντιογραφία του δικτύου στην οποία θα φαίνεται:
 - Το τροφοδοτικό του συστήματος C.P
 - Όλοι οι μετρητικοί σταθμοί (ΜΣΚΠ)
 - Όλοι οι μονωτικοί σύνδεσμοι

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ –ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΕΣ:

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

- Θα γίνεται αναφορά στο πλήθος των μετρήσεων του δυναμικού «ON» που λαμβάνουν μέρος και θα εξάγεται ο μέσος όρος τους όταν η εγκατάσταση που μας επηρεάζει βρίσκεται σε λειτουργία
- Θα γίνεται αναφορά στο πλήθος των μετρήσεων του δυναμικού «ON»που λαμβάνουν μέρος και θα εξάγεται ο μέσος όρος τους, όταν η εγκατάσταση που μας επηρεάζει δεν λειτουργεί.
- Θα εξάγεται ο λόγος των δύο δυναμικών «ON» ως προς τον τύπο:

Von με επηρεάζοντα D.C/Von χωρίς επηρεάζοντα D.C

Με βάση το αποτέλεσμα θα εξάγεται βαθμολογία..

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Θα επισυνάπτονται όλες οι προαναφερόμενες μετρήσεις ,καθώς και όργανο (μάρκα-τύπος) το οποίο τις καταγράφει.

ΜΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

- Στον προαναφερόμενο τύπο: $R_i = (V_{on} - V_{off}) / (I/A) \Omega m^2$

θα χρησιμοποιούνται και θα επισυνάπτονται οι τελευταίες μετρήσεις (όχι μέσοι όροι), για το V_{on}, V_{off} και I που έγιναν στον Transformer /Rectifier (T/R) του εξεταζόμενου συστήματος καθώς επίσης και η συνολική προστατευόμενη επιφάνεια του δικτύου που ελέγχεται. Με βάση το αποτέλεσμα θα εξάγεται η βαθμολογία.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΒΩΝ

Θα χρησιμοποιούνται όλες (αριθμητικά) οι τεκμηριωμένες βλάβες που έχουν καταγραφεί στο T/R του συστήματος C.P και θα επισυνάπτονται αντίγραφα της τεκμηρίωσης.

Με βάση των αριθμό των βλαβών θα εξάγεται η βαθμολογία.

ΕΠΙΡΡΟΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Θα χρησιμοποιούνται και θα επισυνάπτονται οι τελευταίες εξαμηνιαίες μετρήσεις των εναλλασσόμενων ρευμάτων A.C που επιρραάζουν το εξεταζόμενο σύστημα.

Με βάση τα ευρήματα των ανωτέρων μετρήσεων θα εξάγεται η βαθμολογία.

ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Προσθέτοντας τις επιμέρους βαθμολογίες θα προκύψει η συνολική βαθμολογία, με βάση την οποία θα προσδιορίζεται η κατηγορία του ΔΕΙΚΤΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ του εξεταζόμενου συστήματος.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ:

Στις περιπτώσεις όπου η κατηγορία του δείκτη κινδύνου (ΔΚ) είναι ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ή ΥΨΗΛΗ η μελέτη θα συνοδεύεται από σύντομες προτάσεις με σκοπό να επανέλθει ο εξεταζόμενος κλάδος δικτύου σε Δ.Κ ΧΑΜΗΛΟ.

**Ο ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΔΙΚΤΥΩΝ**

Ο ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

**Ο Δ/ΝΤΗΣ
ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΠ**

7.2 Έλεγχος μόνωσης δικτύου με τη μέθοδο PCM (Pipeline Current Mapper) της Radiodetection

7.2.1 Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εποχή της αγοράς αυξημένης ανταγωνιστικότητας και με διαρκή την ανάγκη για στρατηγικές μείωσης του κόστους, οι τοπικές εταιρείες διανομής φυσικού αερίου είναι σε θέση να ελέγξουν καλύτερα το κόστος συντήρησης καθοδικής προστασίας των δικτύων με την εμφάνιση μιας νέας τεχνικής βελτίωσης της παραγωγικότητας.

Με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας, στις αρχές της δεκαετίας του '90, οι μηχανικοί ελέγχου της διάβρωσης στην εταιρία «Southern California Gas Company (SoCal)» δραστηριοποιήθηκαν για την εύρεση νέων μεθόδων, ώστε να μειώσουν τα έξοδα συντήρησης που σχετίζονταν με τα καθοδικά προστατευμένα δίκτυα της εταιρίας.

Λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο που επιλύονταν έως τότε τα προβλήματα συντήρησης της καθοδικής προστασίας και το ετήσιο κόστος των εργασιών αυτών, μια ενδιαφέρουσα ιδέα εμφανίστηκε, η οποία θα μπορούσε ενδεχομένως να μειώσει αυτά τα έξοδα ή να αυξήσει την παραγωγικότητα κατά τουλάχιστον 25 τοις εκατό.

Για το λόγο αυτό η εταιρία «SoCal και Pacific Gas and Electric Company (PG & E)», και το «Gas Research Institute – GRI», συνεργάστηκαν, στα μέσα της δεκαετίας του 90, με την εταιρεία Radiodetection Corporation στην έρευνα και ανάπτυξη μιας νέας συσκευής εντοπισμού σφαλμάτων καθοδικής προστασίας γνωστής ως «Pipeline Current Mapper (PCM)».

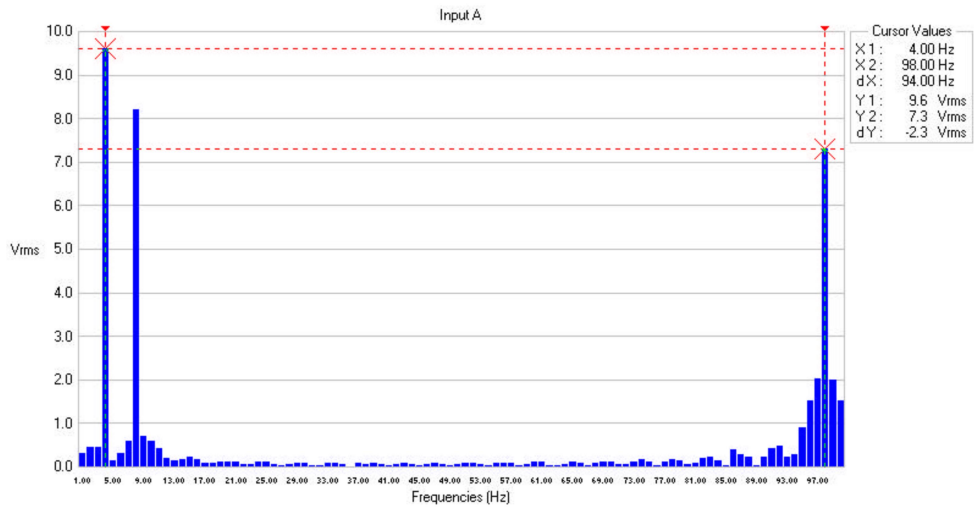
7.2.2 Το «φυσικό φαινόμενο»

Ακόμη και στις μέρες μας δεν είμαστε σε θέση να ανιχνεύσουμε, με ηλεκτρομαγνητικές μεθόδους, ροή συνεχούς ρεύματος (DC Current) δίχως να έχουμε σημείο πρόσβασης στο δίκτυο φυσικού αερίου. Το μαγνητικό πεδίο της γης είναι τόσο ισχυρό ώστε δεν

επιτρέπει την ανίχνευση του πεδίου που αναπτύσσεται από την ροή ρεύματος στον αγωγό. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC Current) η οποία να παράγει σήματα τα οποία να μπορούν να αναγνωριστούν υπέργεια. Η πηγή αυτή είναι ένας εξωτερικός πομπός ο οποίος συνδέεται στο σύστημα.

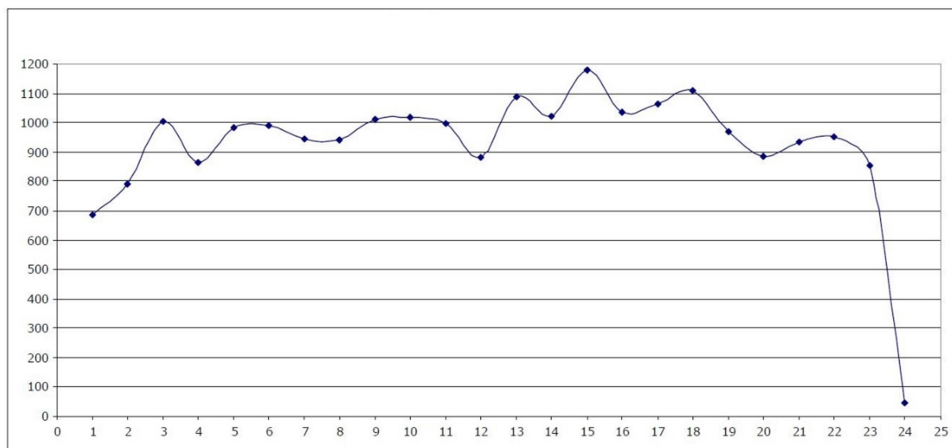
Στο σημείο αυτό τίθεται σε ισχύ νόμος της φυσικής ο οποίος αναφέρει ότι όσο υψηλότερη είναι μια συχνότητα, τόσο περισσότερο θα διαρρεύσει πέρα από τους μονωτήρες και τις μονώσεις. Αυτή η διαρροή μπορεί να ανιχνευθεί και να αναφερθεί, αλλά με σκοπό την ελαχιστοποίηση του σφάλματος πρέπει να γίνει χρήση ενός σήματος AC το οποίο να είναι κοντά στη συχνότητα DC. Η συχνότητα που επιλέγεται για αυτό το σύστημα είναι τα 4 Hertz. Η χαμηλή αυτή συχνότητα, παρότι έχει το πλεονέκτημα ότι βρίσκεται πολύ κοντά στο συνεχές ρεύμα, δεν βοηθά στον εντοπισμό του αγωγού. Για να εντοπίσουμε το ρεύμα χρειαζόμαστε ένα σήμα το οποίο να μπορεί να αναγνωριστεί υπέργεια και το σήμα των 4Hz είναι αδύνατο να εντοπιστεί με κεραίες και με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού εντοπισμού. Για να υπερπηδήσουμε αυτό το εμπόδιο χρησιμοποιούμε μία δεύτερη συχνότητα, η οποία εκπέμπει ταυτόχρονα ανιχνεύσιμο σήμα της τάξεως των 98 ή 512 Hz, το οποίο μπορεί να καλύψει μεγάλο μήκος με καλή ποιότητα.

Εν τέλει, σε δίκτυα που παρουσιάζουν κλειστούς βρόγχους, γνωρίζοντας την φορά του ρεύματος στον αγωγό μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα και λαμβάνοντας υπόψη το νόμο του Kirchhoff περί διατήρησης του φορτίου, το σύνολο των ρευμάτων που εισέρχονται σε ένα δίκτυο είναι ίσο με το σύνολο αυτών που εξέρχονται από αυτό. Στην περίπτωση μας αυτό είναι πολύ σχετικό γιατί ο αγωγός μπορεί να παρομοιασθεί με μια ηλεκτρική αντίσταση μεγάλου μήκους στην οποία μπορούν να ανιχνευτούν απώλειες ρεύματος με ευκολία.



Διάγραμμα 1: Συχνότητα εκπομπής σε σχέση με την ένταση του ρεύματος

PCM Output (ELF frequency with CD) at 2 Amperes into a 4.8 Ohm load.



Διάγραμμα 2: Αποτύπωση της ροής του ρεύματος σε σχέση με το μήκος του δικτύου

Πίνακας 5: Αποτύπωση μετρήσεων PCM

A/A	Depth (cm)	Locate (mA)	Locate (dBmA)	4Hz (mA)	4Hz (dBmA)	Phase (degrees)
1	198.6	620.23	55.85	684.82	56.71	177.17
2	212	737.36	57.35	792.31	57.98	177.84
3	202.9	1051.4	60.44	1002.4	60.02	180.58
4	174.9	868.34	58.77	865.62	58.75	181.22
5	159	978.28	59.81	983.89	59.86	180.85
6	208.9	993.22	59.94	988.67	59.9	180.44
7	122.8	932.11	59.39	945.67	59.51	180.11
8	149.7	983.66	59.86	939.71	59.46	180.19
9	139	1054.8	60.46	1010.5	60.09	179.86
10	153.8	1081.6	60.68	1018.1	60.16	180.04
11	205	1067.1	60.56	996.38	59.97	179.79
12	107.2	995.02	59.96	883.32	58.92	180.31
13	209.8	1172	61.38	1086.7	60.72	179.81
14	151.7	1108.5	60.89	1022.4	60.19	180.28
15	249.8	1332	62.49	1180.3	61.44	180.98
16	159.7	1121.5	61	1036.8	60.31	180.06
17	234.7	1187.5	61.49	1063.4	60.53	180.53
18	250.5	1218.7	61.72	1108.2	60.89	179.99
19	139.1	987.28	59.89	969.32	59.73	179.45
20	124.5	889.03	58.98	884.61	58.94	179.62
21	130.9	985.4	59.87	935.04	59.42	179.93
22	128.8	1033	60.28	951.9	59.57	180.01
23	119.1	901.82	59.1	852.36	58.61	179.82
24	185.2	224.31	47.02	45.61	33.18	173.82

7.2.3 Η τεχνική

Το σύστημα αποτελείται από ένα φορητό πομπό και ένα φορητό δέκτη.

Ο πομπός είναι μία συσκευή η οποία παρέχει ρεύμα από 0,1 έως 3 Αμπέρ περιλαμβάνει γεννήτρια σήματος και μπορεί να τροφοδοτηθεί από διάφορες πηγές. Φιλοξενείται δε σε φορητό και στεγανό ερμάριο.

Ο δέκτης αποτελείται από δύο τμήματα από ένα ειδικό εξοπλισμό ανίχνευσης αγωγού ο οποίος μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανιχνευτής τύπου Pearson και ένα εξάρτημα μαγνητόμετρου.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, για να αφαιρέσουμε την επίδραση του μαγνητικού πεδίου της γης και άλλων στατικών πηγών στον εξοπλισμό του PCM εφαρμόζουμε την μετάδοση σήματος 4 Hz στον αγωγό. Το ειδικό μαγνητόμετρο, χρησιμοποιώντας ειδικές τεχνικές εντοπισμού τοποθετείται ακριβώς πάνω από τον υπό έλεγχο αγωγό και λαμβάνει το σήμα των 4 Hz το οποίο μετατρέπει σε ποσότητα ρεύματος. Το ρεύμα

αυτό μας δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες από τις οποίες μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με την κατάσταση της μόνωσης του αγωγού.

7.2.4 Οφέλη και δυνατότητες

Πάνω από το έδαφος, σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου και χωρίς καμία όχληση είμαστε σε θέση να εντοπίσουμε τόσο την όδευση του δικτύου όσο και να πάρουμε μέτρηση της ποσότητας του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό. Πρότερες του PCM μέθοδοι ανίχνευσης ρεύματος χρησιμοποιούσαν εξοπλισμό μεγάλων διαστάσεων ο οποίος απαιτούσε άμεση σύνδεση με τον αγωγό και επομένως εργασίες εκσκαφών οι οποίες μεταφράζονταν σε υψηλά κόστη και χρονοβόρες διαδικασίες.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι καθώς ανιχνεύουμε ένα συγκεκριμένο σήμα που εκπέμπουμε μπορούμε εύκολα να διαγνώσουμε οποιαδήποτε επιρροή από παρακείμενα συστήματα καθοδικής προστασίας τα οποία διαχωρίζονται με ειδικούς μονωτικούς συνδέσμους. Επομένως εφόσον το σήμα εφαρμόζεται σε ένα δίκτυο καθοδικής προστασίας οποιαδήποτε διαρροή ρεύματος ανιχνεύεται άμεσα και οδηγεί σε διορθωτική συντήρηση.

Οι μετρήσεις που λαμβάνονται αποθηκεύονται εσωτερικά και μπορούν να εξαχθούν και να επεξεργαστούν σε οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα καταγεγραμμένα ρεύματα και οι απώλειές τους μπορούν να αποτυπωθούν σε σχέση με το μήκος του δικτύου σε ειδικά διαγράμματα κατάλληλα να μας οδηγήσουν στην ανάλυση των πιθανών προβλημάτων μόνωσης του δικτύου.

Η δυνατότητα που διαθέτει για σύνδεση με σύστημα GPS (Global Positioning Satellite) βοηθούν στην άμεση αποτύπωση όλων των θέσεων και αποστάσεων στην επεξεργασία τους και στην εισαγωγή τους σε Γεωγραφικό Σύστημα Συντεταγμένων (GIS).

Τα καταγεγραμμένα και αποθηκευμένα στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα Benchmarking σε μελλοντικές μετρήσεις του ίδιου δικτύου.

7.2.5 Δυσκολίες ελέγχου

Εξαιτίας του γεγονότος ότι η διαδικασία εξαρτάται αποκλειστικά από τη ροή ρεύματος, περιοχές όπου αυτό δεν είναι εφικτό δημιουργεί περιορισμούς. Συχνά οι παρεχόμενες πληροφορίες είναι αξιόλογες αλλά πρέπει πάντα να ελέγχονται με σεβασμό στους νόμους του Ohm και του Kirchhoff.

Συχνή επιθυμία αποτελεί η εύρεση θαμμένων μονωτικών φλάντζων γνωστές ως "Dresser Couplings". Οι φλάντζες αυτές λειτουργούν συχνά ως ηλεκτρικοί απομονωτές οι οποίοι εμποδίζουν την έλευση του ρεύματος καθοδικής προστασίας σε τμήματα του δικτύου. Οι εν λόγω φλάντζες εμποδίζουν επίσης τη ροή των ρευμάτων χαρτογράφησης. Η χρήση υψηλότερης συχνότητας στο σήμα ανίχνευσης σε σχέση με την μετρούμενη απώλεια ρεύματος μας διευκολύνει στον εντοπισμό τους.

7.2.6 Συμπεράσματα

Η χρήση του συστήματος PCM και η ικανότητά του να μετράει με ακρίβεια, ταχύτητα και ευκολία την διανομή του προς εξέταση επιβαλλόμενου ρεύματος σε δίκτυο διανομής φυσικού αερίου αποτελεί μέγιστη βελτίωση των μεθοδολογιών επίλυσης προβλημάτων καθοδικής προστασίας και οδηγεί στην εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων σχετικά με την κατάσταση της εξωτερικής μόνωσης του δικτύου. Η διαπίστωση προβλημάτων μόνωσης, ειδικά σε δύσκολα σημεία όπως πεζοδρόμια ή εγκιβωτισμένα σε σκυρόδεμα δίκτυα χωρίς την ανάγκη οποιασδήποτε εργασίας εκσκαφής αποτελεί βασικό πλεονέκτημα.

7.3 Εγκατάσταση και χρήση συστήματος τηλεμέτρησης στα δίκτυα ΚΠ

7.3.1 Εισαγωγή

Η καθοδική προστασία είναι μια σημαντική μέθοδος πρόληψης της διάβρωσης σε μεταλλικούς αγωγούς, αλλά πρέπει να εφαρμοστεί στο σωστό επίπεδο. Κάθε εταιρία διανομής αερίου, η οποία είναι και η υπεύθυνη για τη λειτουργία του δικτύου, πρέπει να πραγματοποιεί τακτικές μετρήσεις της καθοδικής προστασίας τόσο στους μετασχηματιστές / ανορθωτές (TR Units) όσο και στους κατά μήκος του δικτύου εγκατεστημένους μετρητικούς σταθμούς (ΜΣΚΠ ή CP Posts).

Ορισμένοι βασικοί αγωγοί, που διασχίζουν τους κύριους δρόμους, τα ποτάμια ή τα αστικά κέντρα, μπορεί να έχουν πρόσθετη προστασία από τη διάβρωση με τη μορφή χαλύβδινου χιτωνίου το οποίο να περιβάλλει τον αγωγό και απαιτεί επίσης τακτικούς ελέγχους. Η συλλογή και ανάλυση των μετρήσεων πεδίου είναι εργασία επίπονη, χρονοβόρα και δαπανηρή. Το σημαντικότερο δε όλων είναι ότι οι μετρήσεις διαπιστώνουν τα προβλήματα που έχουν προκύψει στο δίκτυο εκ των υστέρων οπότε και οδηγούν σε διορθωτικές συντηρήσεις αλλά στο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα, μέχρι την εκτέλεσή τους, ο αγωγός ενδέχεται να μην προστατεύεται επαρκώς.

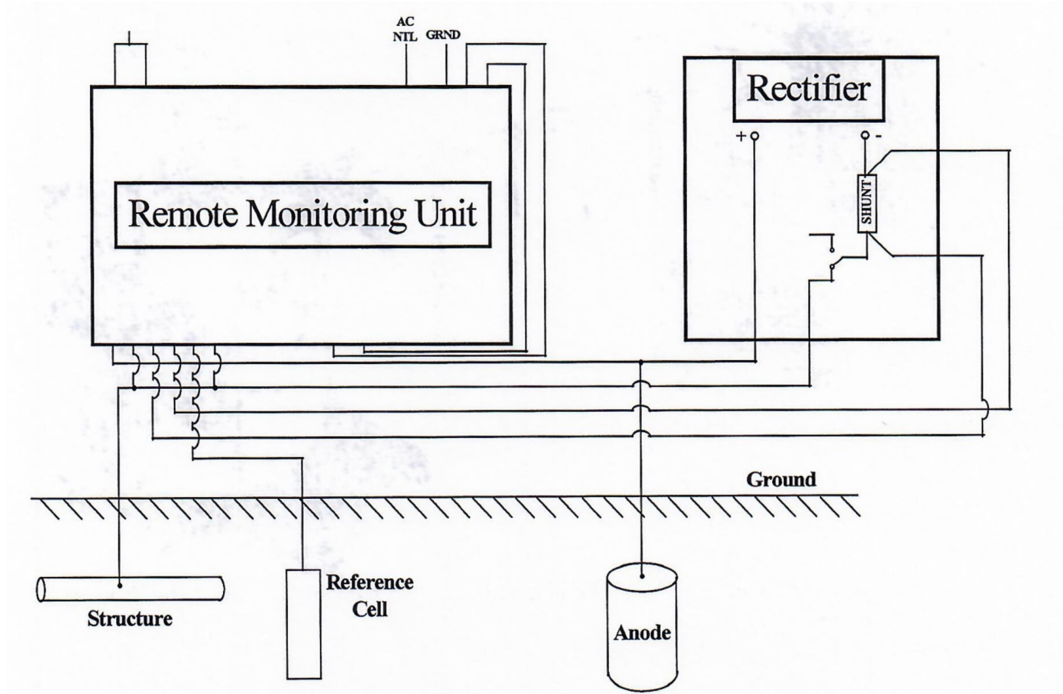
Προκειμένου να βελτιστοποιηθούν οι συνθήκες συντήρησης της καθοδικής προστασίας του δικτύου και να αυξηθούν στο μέγιστο τα επίπεδα ασφαλείας τους απαιτείται η εγκατάσταση ειδικών συσκευών τηλεμέτρησης (Remote Monitoring Units – RMU) για την αυτόματη συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων της ΚΠ.

7.3.2 Μέθοδος συλλογής και μετάδοσης δεδομένων

Οι ειδικές συσκευές τηλεμέτρησης (RMU), που πρόκειται να εγκατασταθούν στο πεδίο, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος των εγκαταστάσεων που θα επιτηρούν:

1. Συσκευές τηλεμέτρησης Τροφοδοτικών ΚΠ
2. Συσκευές τηλεμέτρησης Μετρητικών Σταθμών ΚΠ

Οι ειδικές συσκευές τηλεμέτρησης (RMU) που πρόκειται να εγκατασταθούν στα τροφοδοτικά της καθοδικής προστασίας ακολουθούν την συνδεσμολογία όπως ενδεικτικά αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 7: Βασική διάταξη συνδεσμολογίας τηλεμέτρησης τροφοδοτικού ΚΠ

Οι μετρήσεις οι οποίες καταγράφονται και αποθηκεύονται από το σύστημα τηλεμέτρησης αφορούν στα παρακάτω δεδομένα:

- Δυναμικό προστασίας "ON" (V_{on})
- Δυναμικό προστασίας "OFF" (V_{off})
- Δυναμικό εξόδου του τροφοδοτικού καθοδικής προστασίας (V_{out})
- Ένταση ρεύματος προστασίας του αγωγού (I_{amp})
- Δυναμικό ηλεκτρικής παροχής μετασχηματιστή / ανορθωτή

Οι συσκευές αυτές που αφορούν στα τροφοδοτικά ΚΠ παρέχουν και τη δυνατότητα απομακρυσμένης ενεργοποίησης του ειδικού χρονοδιακόπτη λειτουργίας ON-OFF του τροφοδοτικού για τη λήψη μηνιαίων και εξαμηνιαίων μετρήσεων.

Ενδεικτικά στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται συσκευή RMU τελευταίας γενιάς για την εγκατάσταση σε τροφοδοτικό ΚΠ:



Σχήμα 8: Ενδεικτική συσκευή τηλεμέτρησης σε τροφοδοτικό ΚΠ

Οι συσκευές συνδυάζουν ηλεκτρονικές μονάδες χαμηλής κατανάλωσης ισχύος με σύγχρονες μεθόδους απομακρυσμένης τηλεμετρίας και πρακτικό σχεδιασμό για εύκολη εγκατάσταση και κάλυψη όλων των απαιτήσεων της συντήρησης.

Οι ειδικές συσκευές τηλεμέτρησης (RMU), που πρόκειται να εγκατασταθούν στους μετρητικούς σταθμούς καθοδικής προστασίας, πέραν των ειδικών διαστάσεων που πρέπει να έχουν ώστε να καλύπτεται η δυνατότητα εγκατάστασής τους σε αυτούς, ικανοποιούν την καταγραφή και αποθήκευση των παρακάτω δεδομένων:

- Δυναμικό προστασίας “ON” (Von)
- Δυναμικό προστασίας “OFF” (Voff)
- Ένταση ρεύματος προστασίας του αγωγού (I amp)
- Δυναμικό ως προς χαλύβδινο χιτώνιο προστασίας
- Δυναμικό ως προς ξένο αγωγό

Αν και οι μετρήσεις αυτές δεν λαμβάνονται συνήθως τόσο συχνά όσο στον ανορθωτή, αποτελούν δείγμα ελέγχου σε επιλεγμένα ακροτελευταία σημεία του δικτύου και καταδεικνύουν προβλήματα μετά την εμφάνισή τους χωρίς να έχουν καμία δυνατότητα συναγερμού.

Στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνεται η εγκατάσταση τέτοιας συσκευής σε μεταλλικό ερμάριο που φιλοξενεί τροφοδοτικό ΚΠ:



Σχήμα 9: Εγκατάσταση συσκευής τηλεμέτρησης σε τροφοδοτικό ΚΠ

Με την εγκατάσταση των RMU παρέχεται άμεση ένδειξη των επιπέδων καθοδικής προστασίας σε σημαντικά σημεία του δικτύου.

Σε ένα καλά συντηρημένο σύστημα ΚΠ όλα τα σημεία θα πρέπει να ελέγχονται περιοδικά, αλλά οι βασικοί μετρητικοί σταθμοί θα πρέπει να παρακολουθούνται πιο εντατικά, μεταξύ των οποίων:

- Μετρητικοί σταθμοί των πιο απομακρυσμένων σημείων του δικτύου
- Μετρητικοί σταθμοί σε σημεία όπου διασταυρώνονται αγωγοί ίδιου ή διαφορετικού φορέα
- Μετρητικοί σταθμοί σε σημεία όπου αγωγοί οδεύουν παράλληλα και προστατεύονται από κοινό σύστημα ΚΠ
- Μετρητικοί σταθμοί σε σημεία εγκατάστασης μονωτικών φλαντζών οι οποίοι διαβεβαιώνουν την ηλεκτρική απομόνωση υπόγειων προστατευμένων τμημάτων του δικτύου με υπέργεια τμήματα μη προστατευμένα.
- Μετρητικοί σταθμοί σε σταθμούς μέτρησης και ρύθμισης φυσικού αερίου

Ενδεικτικά στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται συσκευή RMU τελευταίας γενιάς για την εγκατάσταση σε μετρητικούς σταθμούς ΚΠ:

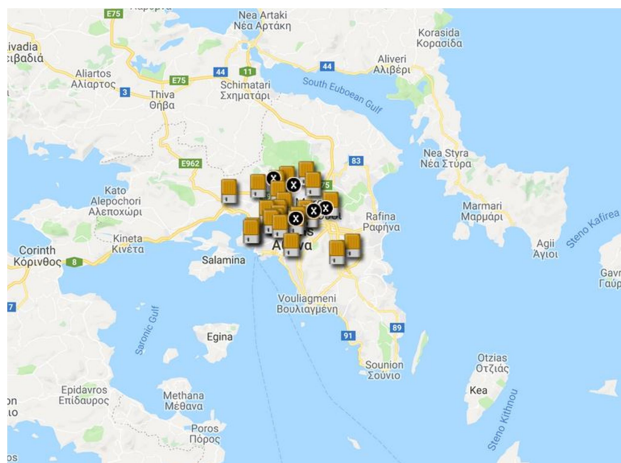


Σχήμα 10: Ενδεικτική συσκευή τηλεμέτρησης σε ΜΣΚΠ

7.3.3 Πλατφόρμα αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων

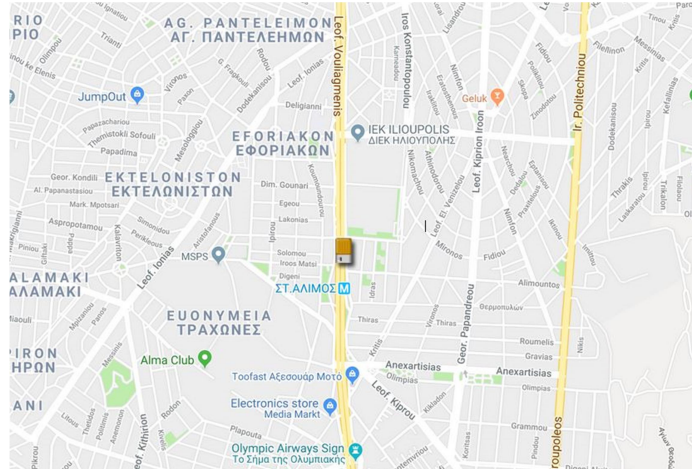
Η συλλογή των δεδομένων, μέσω των συσκευών τηλεμέτρησης ΚΠ, αποτελεί το σύνολο των απαραίτητων στοιχείων προς επεξεργασία για την επιτήρηση και διαχείριση του συστήματος καθοδικής προστασίας. Τα στοιχεία αυτά εισάγονται αυτόματα σε εξειδικευμένο πληροφοριακό σύστημα (πλατφόρμα) το οποίο έχει τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά:

- Γεωγραφική αποτύπωση του συνόλου των συσκευών:
Όλες οι συσκευές που αφορούν τροφοδοτικά & μετρητικούς σταθμούς απεικονίζονται με υπόστρωμα (layer) τους χάρτες της Google



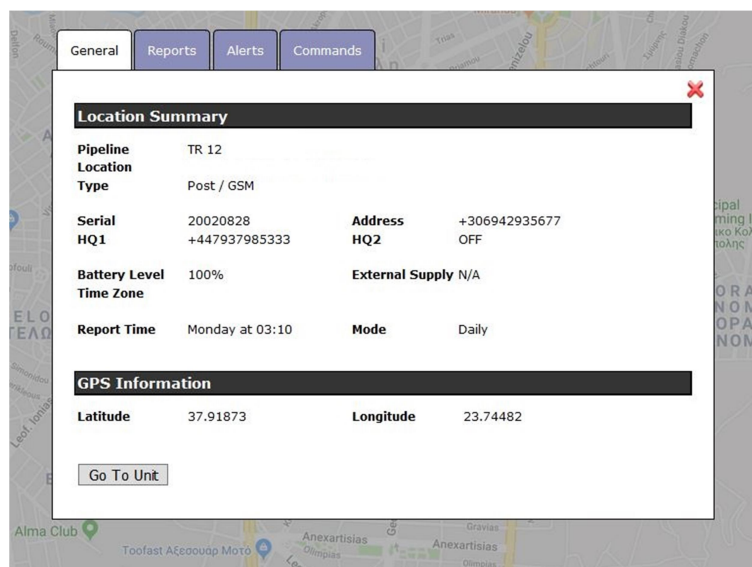
Σχήμα 11: Αποτύπωση συσκευών τηλεμέτρησης ΚΠ σε χάρτη

- Σε διαφορετικό επίπεδο υπάρχει η δυνατότητα επιλογής συγκεκριμένου τροφοδοτικού, όπως απεικονίζει επόμενη εικόνα:



Σχήμα 12: Αποτύπωση συσκευής τηλεμέτρησης σε χάρτη

- Γενικά στοιχεία που αφορούν στο συγκεκριμένο επιλεγμένο τροφοδοτικό που αφορούν την θέση εγκατάστασής του, τις γεωγραφικές του συντεταγμένες, το σειριακό αριθμό της συσκευής, τον αριθμό της τηλεφωνικής σύνδεσης, τη στάθμη της μπαταρίας καθώς και την ημερομηνία και ώρα της συσκευής



Σχήμα 13: Απεικόνιση γενικών στοιχείων συσκευής τηλεμέτρησης στην πλατφόρμα

- Στοιχεία που αφορούν στις ημερήσιες αναφορές των μετρήσεων ανά ελεγχόμενο σημείο

Timestamp (Unit Local Time)	ON Potential (mV)	Input2 DC (mV)	Current DC (mA)	Signal	Battery
29 Apr 2019 18:00	-403	769	1.00	67%	100%
28 Apr 2019 18:00	-419	796	1.00	67%	100%
27 Apr 2019 18:00	-428	825	1.33	64%	100%
26 Apr 2019 18:00	-514	979	1.33	67%	100%
25 Apr 2019 18:00	-1347	4946	-43.33	64%	100%
24 Apr 2019 18:00	-1360	4947	-43.33	64%	100%
23 Apr 2019 18:00	-1332	4927	-43.67	61%	100%

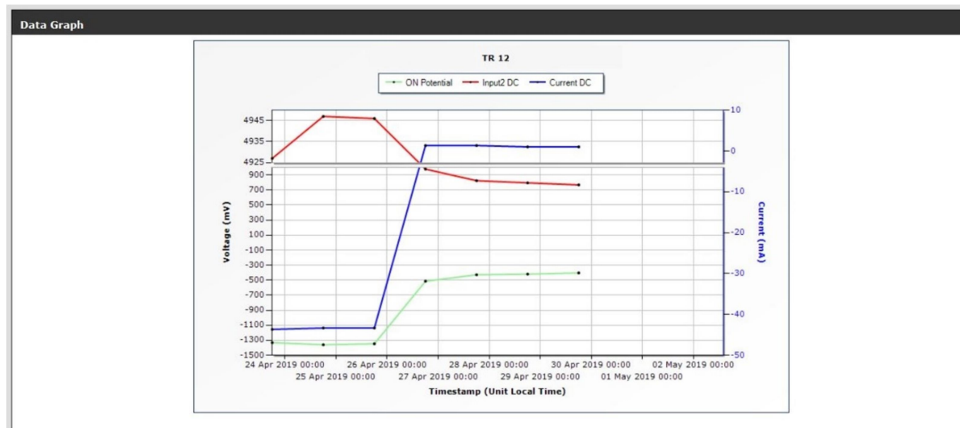
- Στοιχεία που αφορούν στους συναγερμούς του συστήματος του ελεγχόμενου σημείου

	ON Potential (mV)	Input2 DC (mV)	Current DC (mA)
Upper Limit	30000	30000	10000.00
Lower Limit	-30000	-30000	-10000.00

Last 10 CP Alerts

Σχήμα 14: Απεικόνιση αναφοράς συσκευής τηλεμέτρησης στην πλατφόρμα

- Γραφικές παραστάσεις που απορρέουν από τις καταγεγραμμένες τιμές στο συγκεκριμένο εξοπλισμό



Διάγραμμα 3: Απεικόνιση σε διάγραμμα μετρήσεων συσκευής τηλεμέτρησης στην
 Σχήμα 15: Απεικόνιση συναγεμίων συσκευής τηλεμέτρησης στην πλατφόρμα
 α
 τφόρμα

7.3.4 Πλεονεκτήματα συστήματος

Η χρήση συστήματος τηλεμέτρησης για την προληπτική συντήρηση της καθοδικής προστασίας των δικτύων της Εταιρίας Διανομής Αερίου σε σχέση με την παραδοσιακή επιτόπια λήψη μετρήσεων παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων εκ των οποίων τα σημαντικότερα είναι:

1. Μείωση του κόστους συλλογής δεδομένων και εποπτείας δικτύων
2. Αύξηση της ποιότητας των μετρήσεων, εφόσον δεν υπεισέρχεται ανθρώπινος παράγοντας
3. Μείωση των κινδύνων των τεχνιτών σε θέματα υγιεινής και ασφάλειας
4. Αύξηση της αποτελεσματικότητας των ομάδων συντήρησης με άμεση επέμβαση, όπου απαιτείται
5. Διαρκής παρακολούθηση των συστημάτων σε 24ωρη βάση (24/7)
6. Μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα για τη συλλογή δεδομένων
7. Ευκολία στην εγκατάσταση του εξοπλισμού μόνο με τη χρήση βασικών εργαλείων και κινητού τηλεφώνου

8. Ευκολία στη συντήρηση του εξοπλισμού εξαιτίας των αυτοδιαγνωστικών του προγραμμάτων και του συνεχούς ελέγχου της τροφοδοσίας του.
9. Απομακρυσμένος έλεγχος των βασικών του λειτουργιών του εξοπλισμού
10. Αυτόματη αλλά και κατ' εντολή μετάδοση πληροφοριών
11. Εξάλειψη απώλειας δεδομένων, σε περίπτωση βλάβης, λόγω της ύπαρξης εσωτερικής μνήμης αποθήκευσης στοιχείων
12. Όφελος σε ότι αφορά τη φήμη της εταιρίας από ταχύτερες λύσεις που οδηγούν σε αυξημένη ικανοποίηση του πελάτη
13. Επιτυγχάνεται διαρκής και αποτελεσματική αντιδιαβρωτική προστασία των δικτύων. Οποιαδήποτε προβλήματα παρουσιαστούν αναφέρονται άμεσα, μέσω της εφαρμογής οπότε μπορεί να προγραμματιστεί η διορθωτική συντήρηση σε σύντομο χρονικό διάστημα
14. Η επιτήρηση των συστημάτων ΚΠ είναι ανεξάρτητη των καιρικών συνθηκών και των έκτακτων αναγκών.
15. Η ύπαρξη καταγραφής των μετρήσεων της ΚΠ και εξαγωγή τους μέσω της πλατφόρμας ικανοποιεί την απαίτηση της νομοθεσίας σχετικά με αυτό.
16. Μείωση του κόστους και επιμήκυνση του ωφέλιμου ζωής των συστημάτων ΚΠ

7.3.5 Συμπεράσματα

Η εγκατάσταση συστήματος τηλεμετρίας στα δίκτυα καθοδικής προστασίας, στα πλαίσια της προσπάθειας βελτιστοποίησης των εργασιών προληπτικής συντήρησης με βασικό άξονα το ρίσκο, αποτελεί ένα βασικό πυλώνα με αδιαμφισβήτητο όφελος.

Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της σύγχρονης τεχνολογίας σε συνδυασμό με την χρήση της εμπειρίας ετών του προσωπικού συντήρησης μπορεί να φέρει θεαματικά αποτελέσματα βελτίωσης.

Παρατηρώντας το θέμα από τεχνικοοικονομικής πλευράς θα δούμε ότι το κόστος σε εξοπλισμό και ανθρώπινους πόρους σαφώς μειώνεται, με παράλληλη αύξηση της ποιότητας του προϊόντος. Ο πλεονάζοντας δε χρόνος του προσωπικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαφώς σε θέματα εκπαίδευσης και έρευνας και ανάπτυξης.

Σε μια εταιρία σαν αυτή της διανομής φυσικού αερίου, όπου βασικό προϊόν και διαφήμισή της αποτελεί η ασφαλής λειτουργία των δικτύων και βασικός της στόχος είναι τα μηδενικά ατυχήματα (Goal Zero) η αντιδιαβρωτική προστασία και η ορθή λειτουργία της αποτελεί ένα από τους κύριους μοχλούς επίτευξής του.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 7

- Αριθμ. Δ3/Α/20701, Κανονισμός «Εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης δικτύων διανομής μέσης πίεσης φυσικού αερίου (πίεση σχεδιασμού 19 bar) και δικτύων κατανομής χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου (μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar)», Αριθμός Φύλλου Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 1712, 23 Νοεμβρίου 2006.
- Evaluation on the Cathodic Protection Inspection Methods for Underground Pipeline, Paper No: P – 14, Ari Kurniawan, Aditya F. Arif, NACE International Jakarta Section, September 2014.
- New Electromagnetic Method to Locate and Assess Buried Cp Problems, NACE Western Conference - Saskatoon, Gord W. Parker, MAY 2000.
- The Theory of Buried Pipe and Cable Location, Radiodetection LTD, www.radiodetection.com.
- Remote Monitoring Equipment for Cathodic Protection Systems, Vicki L. Blaricum and William R. Norris, U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, April 1997.

8. Συμπεράσματα εκτίμησης νέων συστημάτων συντήρησης

Όπως ήδη αναλύθηκε, στην ανάπτυξη της διπλωματικής εργασίας, τα οφέλη του προγραμματισμού προληπτικής συντήρησης βάσει της μεθόδου εκτίμησης επικινδυνότητας είναι πολλά και βοηθούν στην επίτευξη του κύριου στόχου της διεύθυνσης λειτουργίας μέσης πίεσης που είναι η απρόσκοπτη και ασφαλής λειτουργία του χαλύβδινου δικτύου.

Το ρίσκο και η μείωσή του είναι ο κύριος στόχος της χρήσης των νέων προτεινόμενων συστημάτων συντήρησης και ειδικότερα:

- **Ο ποσοτικός προσδιορισμός του ρίσκου, με τη μορφή του υπολογισμού δείκτη κινδύνου**, χρησιμοποιώντας τα επιτόπια αποτελέσματα μετρήσεων καθοδικής προστασίας έως τώρα και τα τηλεμετρούμενα, μετά την εγκατάσταση του σχετικού συστήματος τηλεμέτρησης.

Ο δείκτης κινδύνου είναι ένας πολυπαραγοντικός δείκτης ο οποίος θα μας δίνει μια ασφαλή ένδειξη για τον προγραμματισμό και την χρονική επανάληψη των ειδικών μετρήσεων, οι οποίες πρέπει να πραγματοποιούνται στο πεδίο, όπως επιβάλλει το εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης, ως νομική υποχρέωση.

- **Ο ποιοτικός προσδιορισμός του ρίσκου, με τη μορφή του ελέγχου μόνωσης δικτύου με τη μέθοδο Pipeline Current Mapper (PCM)**, όπου ελέγχεται το επίπεδο της εξωτερικής μόνωσης του δικτύου και επισημαίνονται σημεία με αυξημένο ρίσκο προς διερεύνηση και επισκευή.

Σε ένα χαλύβδινο θαμμένο δίκτυο φυσικού αερίου η εξωτερική μόνωσή του, μέρος της παθητικής του προστασίας έναντι της διάβρωσης, αποτελεί την ασπίδα για ασφαλή λειτουργία σε ποσοστό άνω του πενήντα τοις εκατό (50%). Γίνεται λοιπόν εύκολα αντιληπτή η σπουδαιότητα της συγκεκριμένης μεθόδου ελέγχου, σε σχέση με το επικείμενο ρίσκο και την μείωσή του.

- **Η συλλογή δεδομένων προσδιορισμού ρίσκου με την εγκατάσταση του συστήματος τηλεμέτρησης στα δίκτυα ΚΠ**, τα δεδομένα των οποίων τροφοδοτούν με πληροφορίες τα υπόλοιπα προτεινόμενα συστήματα. Οι πληροφορίες αυτές είναι έγκαιρες, έγκυρες και ποιοτικά αναβαθμισμένες.

Συμπληρωματικά της τροφοδοσίας δεδομένων, το σύστημα τηλεμέτρησης επιτρέπει “on line” την ορθή λειτουργία των εγκατεστημένων, στο δίκτυο

μέσης πίεσης, ανεξάρτητων συστημάτων καθοδικής προστασίας, ελέγχει την ποιότητα λειτουργίας τους και ενημερώνει με άμεσο συναγερμό (alarm) για οποιαδήποτε δυσλειτουργία. Οποιαδήποτε διορθωτική ενέργεια απαιτηθεί προγραμματίζεται άμεσα με τη μορφή διορθωτικής συντήρησης.

8.1 Συμπεράσματα

Ο Αμερικανός Ιδρυτής της Πενσυλβάνιας William Penn (1644-1718) είπε:

«Το να διακινδυνεύεις πολλά για να κερδίσεις πολλά, είναι περισσότερο πλεονεξία παρά σοφία».

Λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τα παραπάνω λόγια και το γεγονός ότι μια εταιρία διανομής φυσικού αερίου, σαν αυτή που αναφερόμαστε στην εν λόγω διπλωματική εργασία, έχει σαν στόχο την **Αδιάλειπτη Παροχή Φυσικού Αερίου με Ασφάλεια στους Καταναλωτές**, με γνώμονα τους παρακάτω άξονες:

1. **Πρόληψη**, με πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης
2. **Διόρθωση**, με πρόγραμμα διορθωτικής συντήρησης
3. **Αντιμετώπιση Εκτάκτων Περιστατικών**, με τον μηχανισμό άμεσης επέμβασης

Οδηγούμεστε στο συμπέρασμα ότι, προσδιορίζοντας το επίπεδο του ρίσκου του δικτύου, με τη βοήθεια επιστημονικών μεθόδων και ιδιαίτερα αυτής του Προγραμματισμού Συντήρησης βάσει Εκτίμησης Επικινδυνότητας (Risk Based Maintenance), οδηγούμεστε σε αναδιαμόρφωση της προληπτικής συντήρησης της καθοδικής προστασίας με τρόπο ασφαλή, οικονομικό και σύμφωνο με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και της συνήθους πρακτικής.

Η χρήση των νέων τεχνολογιών, των επιτευγμάτων της σύγχρονης επιστήμης και των αποτελεσμάτων των πανεπιστημιακών και βιομηχανικών εργαστηρίων, αποτελούν τα βασικά εργαλεία για τον εκσυγχρονισμό των συστημάτων προληπτικής συντήρησης.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 8

- Αριθμ. Δ3/Α/20701, Κανονισμός «Εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης δικτύων διανομής μέσης πίεσης φυσικού αερίου (πίεση σχεδιασμού 19 bar) και δικτύων κατανομής χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου (μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar)», Αριθμός Φύλλου Εφημερίδας της Κυβερνήσεως 1712, 23 Νοεμβρίου 2006.
- Αριθμ. Δ3/Α/ 17013, Κανονισμός χαλύβδινων δικτύων διανομής φυσικού αερίου με πίεση σχεδιασμού 19 bar, Αριθμός φύλλου Εφημερίδας Κυβερνήσεως 1552, 24 Οκτωβρίου 2006.
- Pouliezos, A. and G. S. Stavrakakis (2013). Real time fault monitoring of industrial processes, Springer Science & Business Media.
- DNVGL-RP-B401, Cathodic protection design, June 2017
- Handbook of Cathodic Corrosion Protection 3rd Edition, by Walter von Baeckmann (Author), Wilhelm Schwenk (Author), Werner Prinz (Author), October 31, 1997.
- Remote Monitoring Equipment for Cathodic Protection Systems, Vicki L. Blaricum and William R. Norris, U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, April 1997.
- Risk-Based Maintenance (RBM): A New Approach for Process Plant Inspection and Maintenance, Faisal I. Khan and Mahmoud Haddara, November 2004.
- Strategic Maintenance Planning, Anthony Kelly, June 2006.
- A Risk Management Tool for Establishing Budget Priorities, John F. Kiefner, PhD, February 1997.
- Evaluation on the Cathodic Protection Inspection Methods for Underground Pipeline, Paper No: P – 14, Ari Kurniawan, Aditya F. Arif, NACE International Jakarta Section, September 2014.
- Pipeline Risk Management Manual Ideas Techniques and Resources, W. Kent Muhlbauer, October 2004.
- New Electromagnetic Method to Locate and Assess Buried Cp Problems, NACE Western Conference - Saskatoon, Gord W. Parker, MAY 2000.
- Reliable Maintenance Planning, Estimating, and Scheduling, Ralph W. Peters, December 2014.
- An Extended Methodology for Risk Based Inspection Planning, J. T. Selvik, P. Scarf, T. Aven, March 2011.

- Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers, Ricky Smith, R. Keith Mobley, October 2007
- The Theory of Buried Pipe and Cable Location, Radiodetection LTD, www.radiodetection.com.
- Επίσημη ιστοσελίδα Διαχειριστή Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ), www.desfa.gr
- Επίσημη ιστοσελίδα Δημόσια Επιχείρηση Αερίου, www.depa.gr
- Επίσημη ιστοσελίδα Εταιρίας Διανομής Αερίου Αττικής, www.edaattikis.gr