

Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

“ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ”



Επιβλέπων Καθηγητής:

Σταύρος Καμινάρης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Σπουδαστής:

Μαλιάκας Εμμανουήλ Α.Μ. : 31995

Αιγάλεω

Δεκέμβριος 2016

Copyright © Α. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ..

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ. για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Ιδιαίτερα τον καθηγητή κ. Σταύρο Καμινάρη για την ανάθεση αυτής της εργασίας και για τις συμβουλές και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Πρόλογος.....	1
1° Κεφάλαιο “ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ συγκροτηματων”	4
1.1 Φωτοβολταϊκοί Συλλέκτες.....	4
1.2 Τρόποι Σύνδεσης ΦΒ Συλλεκτών.....	8
1.3 Αντιστροφέας (Inverter).....	9
2° Κεφάλαιο “ΑΠΟΔΟΣΗ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ ”	11
2.1 Γενικά.....	11
2.2 Ροή Ενέργειας Φ/Β Πάρκου	13
2.3 Δείκτες Αξιολόγησης Φ/Β Πάρκου.....	14
3° Κεφάλαιο «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	20
3.1 Γενικά.....	20
3.2 Κύρια Συστήματα Συντήρησης.....	20
3.3. Μέθοδοι Συντήρησης που Εφαρμόζονται στην Πράξη	26
4° Κεφάλαιο «ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ	28
4.1 Διαδικασίες Επαλήθευσης Σωστής Λειτουργίας Φ/Β Σταθμού.....	28
4.1.1 Έλεγχος με φυσική παρουσία.....	28
4.1.2 Προειδοποιήσεις ασφαλείας.....	30
4.1.3 Απομακρυσμένος έλεγχος.....	31
4.1.4 Λίστα Ελέγχου σε Περίπτωση Αστοχίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού	31
4.1.5 Διαδικασία έκτακτης ανάγκης.....	33
4.1.6 Διαδικασία απομόνωσης μέρους του συστήματος	34
4.2 Προληπτική Συντήρηση	35
4.2.1 Φ/Β πλαίσια	35
4.2.2 Καθαρισμός Φ/Β πλαισίων	35
4.2.3 Κατασκευές.....	36
4.2.4 Καλώδια	36
4.2.5 Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός.....	37
4.2.6 Μετεωρολογικοί σταθμοί.....	38
4.2.7 Σύστημα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης	38
4.2.8 Σύστημα ασφάλειας και παρακολούθησης	39
4.2.9 Έλεγχος της αντίστασης γείωσης και του Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ).....	39
4.3 Διορθωτική Συντήρηση	41
4.4 Μετρήσεις.....	41
4.4.1 Μετρήσεις τομέα DC.....	41
4.4.2 Μετρήσεις τομέας AC.....	41
5° Κεφάλαιο «ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ	43
5.1 Γενικά.....	43
5.2 Χρόνος Επίλυσης της Βλάβης	44
Βιβλιογραφία	46

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την παρουσίαση των διαδικασιών συντήρησης ενός Φωτοβολταϊκού Πάρκου

- Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μία σύντομη παρουσίαση των βασικών τμημάτων φωτοβολταϊκών διατάξεων.
- Στο κεφάλαιο 2 δίνονται στοιχεία για τη ροή ενέργειας και την απόδοση ενός Φ/Β πάρκου.
- Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται σύντομα τα Συστήματα Συντήρησης.
- Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαδικασίες συντήρησης ενός Φ/Β Πάρκου.
- Τέλος, στο κεφάλαιο 5 παρατίθενται εν συντομία στοιχεία της μεθοδολογίας εντοπισμού βλάβης σε ένα Φ/Β Σταθμό.

Λέξεις κλειδιά: Φ/Β Πάρκο, Σύστημα Συντήρησης, Διαδικασίες Συντήρησης, Εντοπισμός Βλάβης

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ”

1.1 Φωτοβολταϊκοί Συλλέκτες

Φωτοβολταϊκοί Συλλέκτες : Οι διατάξεις μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, εκμεταλλευόμενη το ΦΒ φαινόμενο (αποτελούνται από πολλά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία σε επίπεδη διάταξη ηλεκτρονικά συνδεδεμένα).

Φωτοβολταϊκό στοιχείο (PV cell) ή φωτοβολταϊκή κυψέλη : είναι η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια που δέχεται ακτινοβολία. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι η απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και η μετακίνησή τους από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας με την κατάλληλη γωνία, δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την ειδική σύνδεση σε φορτίο παράγεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο από τους αντιστροφείς (inverters).

Το φωτοβολταϊκό πάνελ (PV panel) περιέχει ένα ή και περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν κατασκευαστεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η **φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array)** είναι μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια ή πάνελα αλληλοσύνδεση ηλεκτρική, τοποθετημένα τις περισσότερες φορές σε κοινή κατασκευή στήριξης.

Το υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία των ΦΒ στοιχείων, είναι το Πυρίτιο (Si). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία Πυριτίου ανάλογα με τη δομή του βασικού υλικού ή τον ιδιαίτερο τρόπο παρασκευής διακρίνονται σε 6 κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής:

- **ΦΒ στοιχεία μόνο-κρυσταλλικού Πυριτίου (Single-crystal Silicon):** Το κύριο υλικό είναι μόνο-κρυσταλλικό Πυρίτιο και το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο. Η απόδοση τους, με τη μορφή των ΦΒ πλαισίων βρίσκεται από 13% έως 18% ενώ χαρακτηρίζονται από μεγάλο κόστος κατασκευής.
- **ΦΒ στοιχεία πολύ-κρυσταλλικού Πυριτίου(Multicrystalline Silicon mc-Si):** Στην περίπτωση του πολύ-κρυσταλλικού πυριτίου υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής μεγάλων επιφανειών. Τις περισσότερες φορές κόβονται σε τετραγωνικής μορφής στοιχεία και αποτελούνται από λεπτά επιστρώματα, πάχους 10 μέχρι 50 μm. Στην επιφάνεια της κυψελίδας, διακρίνονται οι διαφορετικές μόνο-κρυσταλλικές περιοχές των οποίων τα όρια αποτελούν θέσεις παγίδευσης των φορέων. Άρα, όσο μικρότερο το συνολικό μήκος των οριακών περιοχών μέσα στο ΦΒ στοιχείο δεδομένης διάστασης, τόσο καλύτερη είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα τους. Γενικά, όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μόνο- κρυσταλλικών περιοχών του πολύ-κρυσταλλικού ΦΒ στοιχείου, τόσο υψηλότερη είναι η απόδοσή του, η οποία κυμαίνεται από 10% έως και 14% σε βιομηχανική μορφή ΦΒ πλαισίου. Το πολύ-κρυσταλλικό πυρίτιο χαρακτηρίζεται από υψηλή χρονική σταθερότητα, το κόστος παρασκευής του είναι χαμηλότερο από το κόστος παρασκευής του μόνο-κρυσταλλικού πυριτίου, ενώ το χρώμα του είναι γαλάζιο.
- **ΦΒ στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous or Thin film Silicon):** Η τεχνολογία λεπτών επιστρώσεων ή υμενίων (films) είναι, θεωρητικά χαμηλού κόστους παραγωγής, εξαιτίας της μικρής χρησιμοποιούμενης μάζας υλικού. Το λεπτό επίστρωμα σχηματίζεται πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους. Η απόδοση είναι αρκετά μειωμένη των ΦΒ στοιχείων αυτών, στα επίπεδα του 6%-8%. Σήμερα, η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για την παρασκευή σύνθετων ΦΒ στοιχείων, με διαδοχικές ενώσεις δύο ή τριών

στρωμάτων με διαφορετικό ενεργειακό χάσμα, με σκοπό την αύξηση του αξιοποιήσιμου τμήματος του ηλιακού φάσματος. Ένα παράδειγμα είναι η παρασκευή ΦΒ στοιχείων από κράμα Πυριτίου με Άνθρακα και Γερμάνιο, με σταθερή απόδοση σχεδόν ίση με 13%. Το κατασκευαστικό χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα δημιουργίας διαδοχικών ΦΒ στοιχείων σε μεγάλες επιφάνειες ΦΒ πλαισίων.

- **ΦΒ στοιχεία ταινίας (-Ribbon Silicon):** Στα στοιχεία αυτά δημιουργείται λεπτή ταινία από τηγμένο υλικό. Χρησιμοποιώντας Πολύ-κρυσταλλικό Πυρίτιο, η απόδοση είναι περίπου 13%. Αυτή η μέθοδος είναι υψηλού κόστους και έως τώρα, περιορισμένης βιομηχανικής παραγωγής. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άλλων υλικών, λεπτών επιστρώσεων: Τα ΦΒ στοιχεία περιέχουν άλλα ημιαγώγιμα υλικά, κυρίως σε συνδυασμό μεταξύ τους. Ο συνδυασμός επιλέγεται έτσι ώστε να επιτευχθεί διάταξη με καλύτερη αξιοποίηση του ηλιακού φάσματος. Τα ΦΒ στοιχεία αυτά, παρά τα βασικά πλεονεκτήματά τους σε σχέση με το πυρίτιο εμφανίζουν μειωμένη χρήση λόγω των δυσκολιών που έχουν να κάνουν με την πολυπλοκότητα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται. Όμως η συντελούμενη πρόοδος στον τομέα της βελτίωσης των μεθόδων παρασκευής των ΦΒ στοιχείων λεπτών επιστρώσεων ενισχύει την πρόβλεψη για ισχυρή διεξόδυση τους στην αγορά, μπορεί και μέχρι το 2020.
- **Ηλεκτροχημικά ή Οργανικά Φωτοβολταϊκά στοιχεία:** Όπως προκύπτει και απ την ονομασία τους η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται σε οργανικά συστήματα (π.χ. φωτοσύνθεση). Βασικό μειονέκτημα των ΦΒ στοιχείων αυτών είναι η ευπάθειά τους στο φως που αυτό επιφέρει την ταχεία γήρανση τους. Το κύριο πλεονέκτημα των ΦΒ στοιχείων της τεχνολογίας αυτής είναι το εξαιρετικά χαμηλό κόστος παρασκευής τους γεγονός που σημαίνει ότι επιτρέπεται να θεωρούμε δυνατή την αξιοποίηση τους ακόμα και αν έχουν το μειονέκτημα που προαναφέραμε δηλαδή του μικρότερου χρόνου ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ΦΒ στοιχεία. Η όψη του ΦΒ καλύπτεται από αντανάκλαστική επίστρωση. Πρόκειται για διαφανή ουσία (π.χ. SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Si₃N₄, MgF₂), η ουσία αυτή χαρακτηρίζεται από δείκτη διάθλασης τέτοιο ώστε για μια περιοχή μηκών κύματος, συνήθως γύρω από τα 600nm, (κοντά στο μέγιστο της ηλιακής

ακτινοβολίας (480nm), να ελαχιστοποιείται η ανακλώμενη συνιστώσα του φωτός. Για να κυκλοφορήσει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο στην ευρωπαϊκή αγορά πρέπει να πληρεί ορισμένες προδιαγραφές ανάλογα με την τεχνολογία του. Συγκεκριμένα, τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά οφείλουν να πληρούν τις προδιαγραφές CEC 503 ή EN 61215 ή IEC 61215 ή ισοδύναμες, ενώ τα thin-film την προδιαγραφή IEC 61646 ή ισοδύναμες.

1.2 Τρόποι Σύνδεσης ΦΒ Συλλεκτών

Τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα, ανάλογα με τους σκοπούς. Μερικά ΦΒ πλαίσια κατασκευασμένα σε ένα μεταλλικό πλαίσιο με καλωδιώσεις που φτάνουν σε ηλεκτρολογικό κιβώτιο ως ενιαία κατασκευή, έτοιμη για εγκατάσταση, με δυνατότητα αφαίρεσης, μεταφοράς ή επέμβασης στα επιμέρους ΦΒ πλαίσια, ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες μονάδες λέγονται ΦΒ panel, όπως αναφέραμε. Ο συνδυασμός πολλών ΦΒ πλαισίων, καλωδιωμένων μεταξύ τους, παράλληλα ή σε σειρά, συνήθως σε μια επίπεδη επιφάνεια, σταθερή ή περιστρεφόμενη με αντίστοιχο κεντρικό ηλεκτρολογικό κιβώτιο, αποτελεί την **ΦΒ συστοιχία**. Τα ΦΒ πλαίσια είναι συνδεδεμένα κατά κλάδους. Κάθε κλάδος αποτελείται από ΦΒ στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά. Οι ισοδύναμοι κλάδοι συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους. Η σύνδεση σε σειρά αυξάνει την ολική τάση αντίστοιχα η παράλληλη σύνδεση το ολικό ρεύμα.

Τα ΦΒ πλαίσια σε συστοιχία συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η μεταφορά της ΦΒ ηλεκτρικής ενέργειας να ολοκληρώνεται με τις μικρότερες δυνατές απώλειες στη γραμμή μεταφοράς δηλαδή με χαμηλό ρεύμα και αντίστοιχα μεγάλη ηλεκτρική τάση μέσα στα επιτρεπτά όρια (600V). Προκειμένου να προσαρμοστεί η τάση της ΦΒ συστοιχίας στην τάση του δικτύου είναι απαραίτητες οι ειδικές ηλεκτρονικές διατάξεις δηλαδή οι μετατροπείς (inverters).

Ένα συνεργαζόμενο σύνολο ΦΒ συστοιχιών αποτελούν ένα ΦΒ συγκρότημα ή ΦΒ Πάρκο, το οποίο μαζί με εκείνες τις διατάξεις που είναι απαραίτητες για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο, τον έλεγχο της φόρτισης συσσωρευτών (αν υπάρχουν), για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος επαρκούς τροφοδότησης οικίας, οικισμών ή χωριών, αποτελούν το ΦΒ σταθμό (PV station).

1.3 Αντιστροφέας (Inverter)

Ο αντιστροφέας (inverter), αποτελεί μία ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα των φωτοβολταϊκών σε εναλλασσόμενο του δικτύου. Οι αντιστροφείς μπορεί να είναι μικροί (string inverters) ή κεντρικοί, ανάλογα με τις ανάγκες που έχει το σύστημα. Στην τεχνολογία στοιχειοσειρών (string), η φωτοβολταϊκή γεννήτρια διακρίνεται σε επιμέρους επιφάνειες μονάδας και σε κάθε μία από τις επιμέρους "στοιχειοσειρές" τεριάζει ένας ξεχωριστός μετατροπέας. Εξαιτίας της τεχνολογίας αυτής μειώνονται τα έξοδα του συστήματος, η εγκατάσταση απλοποιείται σημαντικά ενώ η ενεργειακή απόδοση αυξάνεται καθώς και η διαθεσιμότητα της εγκατάστασης. Οι κεντρικοί μετατροπέες είναι κατάλληλοι ιδιαίτερα για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων με ομοιογενή δομή (πλαίσια του ίδιου τύπου με ταυτόσημο προσανατολισμό και κλίση). Έχουν σχεδιαστεί για εξωτερική χρήση ενώ χρησιμοποιούνται για εγκαταστάσεις άνω των 100 kWp.

Οι αντιστροφείς μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα (DC), σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Κατ' αρχήν το πλάτος είναι σχεδόν ίδιο μεταξύ DC και AC. Μέσα στην ίδια συσκευασία μπορεί να περιέχεται και μετασχηματιστής ο οποίος έχει ως στόχο την προσαρμογή της τάσης στα επίπεδα του εναλλασσομένου ρεύματος που εμείς θέλουμε, π.χ. 400V. Επίσης, στους αντιστροφείς για ΦΒ είναι δυνατόν να περιλαμβάνεται διάταξη ανίχνευσης της μέγιστης παραγωγής από την πηγή (Maximum Power Point Tracker (MPPT)). Στις ΑΠΕ οι αντιστροφείς χρησιμοποιούνται σε:

- ΦΒ συστήματα Κυψέλες Καυσίμου Μικρές Α/Γ παράγουν ισχύ σε DC απευθείας
- Σε μεγάλες Α/Γ σε ειδικούς μετατροπέες για τη ρύθμιση της ισχύος μέσω μετατροπών δικτύου για φιλικότερη λειτουργία.
- Σε διατάξεις μπαταριών για την παροχή της ενέργειας προς το δίκτυο η οποία είναι αποθηκευμένη.

Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η υψηλή απόδοση τους (ακόμα και σε χαμηλή ισχύ εισόδου), το μεγάλο περιθώριο θερμοκρασιακής λειτουργίας (-25°C έως +60°C), και ο υψηλός βαθμός προστασίας από υγρασία και σκόνη (τυπική τιμή: IP65). Κατά την τοποθέτηση των αντιστροφέων είναι βασικό ο επαρκής αερισμός να εξασφαλίζεται.

Συγκεκριμένα, γύρω από τη συσκευή είναι απαραίτητες οι αποστάσεις 300mm – 500mm και, αν απαιτείται να γίνεται χρήση τεχνητού εξαερισμού.

Οι αντιστροφείς χωρίζονται με βάση τον αριθμό φάσεων που εμπλέκουν αλλά και τον τύπο διαμόρφωσης της συνεχούς τάσης προς εναλλασσόμενη που δέχονται. Οι τετραγωνικού παλμού είναι οι πιο απλοί αλλά η έξοδός τους έχει πολλές αρμονικές επιβλαβες για τις συσκευές μας. Έτσι χρησιμοποιούνται σε πολύ απλές κατασκευές για μικρή ισχύ και για «αναίσητα» φορτία όπως οι λαμπτήρες πυράκτωσης κάποιο μικρό θερμικό φορτίο κλπ. Οι αντιστροφείς διακρίνονται σε μόνο-φασικούς ή τρι-φασικούς, ανάλογα πάντα με τον αριθμό φάσεων.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΑΠΟΔΟΣΗ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ ”

2.1 Γενικά

Ο συντελεστής απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων δεν είναι σταθερός αλλά αποτελεί μέτρο ποιότητας και αποτελεσματικότητας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. **Η ποιότητα ενός φωτοβολταϊκού πάρκου εξαρτάται κατά πολύ από την απόδοσή του η οποία σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα των φωτοβολταϊκών πλαισίων, βάσεων στήριξης αλλά και πολλών διαφορετικών παραγόντων:**

- Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός φ/β συστήματος είναι η σύσταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ειδικότερα, δύο δέσμες ακτινοβολίας ίδιας ισχύος αλλά διαφορετικού μήκους κύματος οδηγούν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σε διαφορετική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η διαφορά οφείλεται κυρίως στην καταλληλότητα των φωτονίων σε σχέση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού του φωτοβολταϊκού στοιχείου.
- Η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση του. Η τάση ανοιχτού κυκλώματος συνδέεται άμεσα από τις διάφορες παραμέτρους του ημιαγωγού, όπως η συγκέντρωση των φορέων και το ενεργειακό διάκενο. Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει αντίστοιχη αύξηση της ενδογενούς συγκέντρωσης των φορέων αποτέλεσμα αυτού είναι να πραγματοποιούνται περισσότερες επανασυνδέσεις φορέων που οδηγούν σε μείωση της απόδοσης μετατροπής.

Προβλέπιμη εξαιρετικά είναι παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες σε ετήσια βάση προκύπτουν από το

σύστημά μας. **Η απόδοση [πόσες κιλοβατώρες (kWh) σε ετήσια βάση θα δίνει το σύστημα και τι κόστος θα έχει η κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα]** μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β εξαρτάται από τα εξής:

- Από το κλίμα της περιοχής (όσο λιγότερες οι ημέρες της ηλιοφάνειας τόσο μικρότερη η απόδοση)
- Από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής (όσο νοτιότερη είναι η περιοχή, τόσο μεγαλύτερη η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας).
- Από την κλίση των Φ/Β πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο (η βέλτιστη απόδοση είναι με νότιο προσανατολισμό και κλίση σχεδόν 30 μοίρες)
- Από την ηλικία των Φ/Β πάνελ (υπολογίζεται ότι η απόδοση των πάνελ πέφτει κατά μέσο όρο 0,5% έως 1% κάθε χρόνο)
- Από την χρησιμοποιημένη τεχνολογία (τα συστήματα ανίχνευσης ήλιου βελτιώνουν την απόδοση μέχρι και 35%)
- Από την σωστή συντήρηση κατά την διάρκεια του χρόνου
- Από τον προσανατολισμό των Φ/Β πάνελ (τα φωτοβολταϊκά έχουν τη μέγιστη απόδοση όταν έχουν νότιο προσανατολισμό, αποκλίσεις από το Νότο μέχρι και 45ο επιτρέπεται, μειώνουν όμως την απόδοση)
- Από την ύπαρξη ή την μη ύπαρξη ανωμαλιών στο οικόπεδο (π.χ. βράχια, ρέματα, εξογκώματα, κ.λ.π.)
- Από την ύπαρξη εντός ή σε κοντινή απόσταση του οικοπέδου στοιχείων που δημιουργούν σκίαση και σε αυτή την περίπτωση σε πόση έκταση δημιουργούν το πρόβλημα και για πόσες ώρες στην διάρκεια της ημέρας (ο χώρος να είναι 100% ασκίαστος καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ένας γενικός κανόνας για να εξασφαλίσετε ότι το σύστημά σας δε θα αποδίδει λιγότερο λόγω σκιάσεων, είναι ο εξής: η απόσταση από το εμπόδιο που μπορεί να προκύψει (κτίριο, δέντρο, κ.λ.π.) πρέπει να είναι δύο φορές το ύψος του εμποδίου (πιο ειδικά για τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά απαιτούν περίπου ένα τετραγωνικό μέτρο για κάθε 100 Watt, ενώ τα άμορφα φωτοβολταϊκά σχεδόν διπλάσια επιφάνεια)

2.2 Ροή Ενέργειας Φ/Β Πάρκου

Η απόδοση της εγκατάστασης κατ'επίκρίμηση, όπως βλέπουμε στην παρακάτω σχέση, είναι ίση με τον λόγο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια προς την παραγόμενη ενέργεια ακριβώς μετά τον αντιστροφέα, όπου και λαμβάνονται οι μετρήσεις.

Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι ο βαθμός απόδοσης που αφορά το σύνολο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, δηλαδή από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μέχρι και το σημείο σύνδεσης του πολυοργάνου, δηλαδή μετά τον αντιστροφέα.

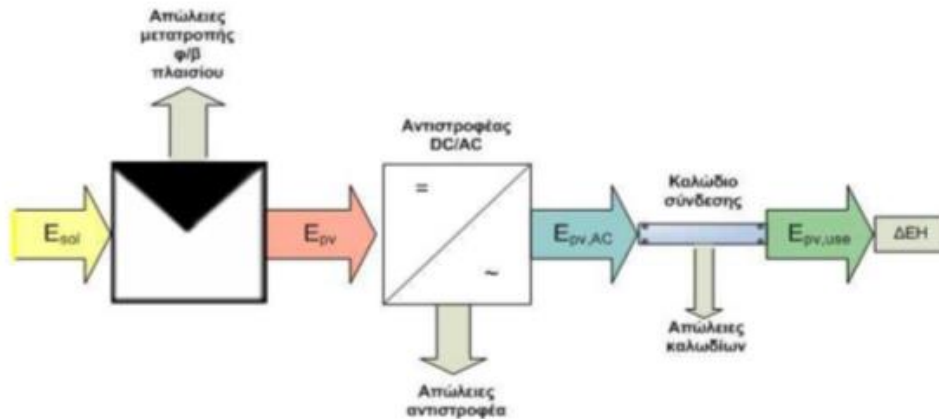
Συνυπολογίζονται οι βαθμοί απόδοσης των πλαισίων, του αντιστροφέα ενώ και οι απώλειες στα καλώδια λόγω την πτώσης τάσης που παρατηρείται κατά την όδευση του ρεύματος από τα πλαίσια έως τον αντιστροφέα έχουν επίδραση.

$$\eta = (E_{sol} / E_{pv,AC}) 100\%$$

όπου : E_{sol} η προσπίπτουσα ακτινοβολία στα φωτοβολταϊκά πλαίσια
 $E_{pv,AC}$ η παραγόμενη ενέργεια μετά τον αντιστροφέα

Στο σχήμα 2.1 φαίνεται το διάγραμμα ροής ενέργειας ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού πάρκου, όπου:

- $E_{pv,AC}$: Παραγόμενη ενέργεια μετά τον αντιστροφέα DC/AC
- E_{sol} : Ηλιακή ενέργεια
- E_{pv} : Παραγόμενη ενέργεια από φ/β πλαίσια
- $E_{pv,use}$: Ηλιακή ενέργεια προς χρήση – ΔΕΗ



Σχήμα 0.1 : Διάγραμμα ροής ενέργειας του διασυνδεδεμένου φ/β πάρκου

2.3 Δείκτες Αξιολόγησης Φ/Β Πάρκου

Ορισμένοι από τους δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι οι παρακάτω:

1. Ηλιακό κλάσμα – Solar Fraction (F_{sol}).

Ο δείκτης F_{sol} δίνεται από την παρακάτω σχέση και μας δίνει την αναλογία σε ποσοστό της χρησιμοποιούμενης ηλιακής ενέργειας EPV,use προς την συνολική ενεργειακή κατανάλωση $Etot$.

Ο δείκτης αυτός αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο για την σωστή διαστασιολόγηση ενός πάρκου όπου καλείται να εξυπηρετήσει ένα δεδομένο ενεργειακό προφίλ κατανάλωσης.

$$F_{sol} = EPV,use / Etot$$

όπου :

F_{sol} : ο δείκτης ηλιακού κλάσματος (%) EPV ,

USE : η AC ενέργεια προς χρήση παραγόμενη από το φ/β πάρκο (kWh/d)

$Etot$ ή E_{Load} : η συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh/d)

Ο δείκτης αυτός στα διασυνδεδεμένα συστήματα μπορεί να προσεγγίσει το 100% εφόσον η ηλεκτρική ενέργεια που δεν χρησιμοποιείται απευθείας αλλά διοχετεύεται στο δίκτυο προσμετρείται ως χρήσιμη ενέργεια παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά.

2. Απόδοση σειράς - Array Yield (YA)

Ο δείκτης YA δίνεται από την παρακάτω σχέση και μας δείχνει πόσες ώρες ανά μέρα θα έπρεπε να παράγει το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό πάρκο στην μέγιστη ισχύ του ώστε να παραχθεί η ενέργεια που στο τέλος μετρήθηκε από το πολυόργανο. Η τιμή του δείκτη είναι σε ώρες ανά ημέρα (h/d) και θα πρέπει να είναι όσο το γίνεται μεγαλύτερη.

Η μικρή τιμή αυτής θα σημαίνει αυτόματα και κάποια αστοχία στην κλίση, τον προσανατολισμό, πιθανή εμφάνιση σκίασης ή κάποιο πρόβλημα στον αντιστροφέα (χαμηλή απόδοση).

$$YA = E_{pv,AC} / P_{nom}$$

όπου :

YA : ο δείκτης απόδοση σειράς (h/d) $E_{pv,AC}$ η παραγόμενη ενέργεια μετά τον αντιστροφέα (kWh/d)

P_{nom} : η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του φ/β πάρκου (kWp)

3. Τελική απόδοση - Final Yield (YF)

Ο δείκτης YF δίνεται από την παρακάτω σχέση και μας δείχνει πόσες ώρες ανά μέρα θα έπρεπε να παράγει το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό πάρκο στην μέγιστη ισχύ του ώστε να παραχθεί η ενέργεια που τελικά είναι προς χρήση και είτε δίνεται στην ΔΕΗ, για τα διασυνδεδεμένα συστήματα, είτε καταναλώνεται από τα φορτία και αποθηκεύεται στις μπαταρίες, στα αυτόνομα συστήματα.

Στην περίπτωση που μιλάμε για αυτόνομα συστήματα, αυτό το μέγεθος έχει διαφορά από το EPV,AC καθώς εισέρχονται απώλειες μπαταριών, καλωδίων καθώς και ένα μέρος της ενέργειας που κάποιες στιγμές πετιέται αν υπάρχει περίσσειμα και οι μπαταρίες είναι φορτισμένες 100%.

Στην περίπτωσή διασυνδεδεμένου πάρκου, υπάρχουν μόνο οι απώλειες καλωδιώσεων. Γενικά για να συγκρίνεις την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάρκα διαφορετικού μεγέθους ο δείκτης αυτός αποτελεί έναν πλέον αξιόπιστο τρόπο

$$YF = EPV,USE / P_{nom}$$

όπου :

YF : ο δείκτης τελικής απόδοσης (h/d) EPV,

USE : η AC ενέργεια προς χρήση παραγόμενη από το φ/β πάρκο (kWh/d)

P_{nom} : η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του φ/β πάρκου (kWp)

4. Απώλειες Συστήματος - Systems Losses (Ls)

Ο δείκτης LS δίνεται από την παρακάτω σχέση και μας δίνει τις απώλειες που προκύπτουν κατά την μετατροπή της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας μέχρι το σημείο που αυτή δίνεται προς κατανάλωση

$$(AC). LS = YA - YF$$

Οι απώλειες αυτές ταξινομούνται ως εξής :

- Απώλειες κατά την μετατροπή στον αντιστροφέα
- Απώλειες κατά την αποθήκευση και κατανάλωση στις μπαταρίες (αυτόνομα συστήματα)
- Απώλειες συμβατότητας φ / β πλαισίων

- Απώλειες καλωδίων λόγω αντίστασης (R)

Το Ls δείχνει στην ουσία πόσες ώρες την μέρα πρέπει να δουλεύει το πάρκο στην ονομαστική του ισχύ για να μπορέσει καλύψει τις απώλειες από την παραγωγή στην κατανάλωση.

5. Απόδοση αναφοράς - Reference Yield (YR)

Ο δείκτης YR δίνεται από την παρακάτω σχέση και μας δίνει την μέση ημερήσια ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στα φ/β πλαίσια διαιρούμενη από την ακτινοβολία αναφοράς GSTC.

Η GSTC είναι η ακτινοβολία για ιδανικές συνθήκες ηλιοφάνειας και είναι ίση με 1000W/m².

Τελικά ο δείκτης δείχνει πόσες στην πραγματικότητα ώρες απαιτούνται με ιδανική πρόσπτωση ακτινοβολίας 1000W/m² ώστε να έχουμε ίδια συνολική ακτινοβολία με αυτή που μετράμε από έναν αισθητήρα και προσαρμόζεται σε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο μέσω κάποιου μοντέλου ανάλυσης.

$$YR = H_i / G_{stc}$$

όπου :

YR : ο δείκτης απόδοσης αναφοράς (h/d)

H_i : η συνολική ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει ανά m² στα φ/β πλαίσια κατά τη διάρκεια του συνόλου της ημέρας (kW h/m²d)

G_{STC} : η ακτινοβολία αναφοράς STC (1kW/m²)

6. Απώλειες ακτινοβολίας - Capture or irradiation Losses (Lc)

Ο δείκτης Lc δίνεται από την παρακάτω σχέση και εκφράζει το μέγεθος της εισερχόμενης προσπίπτουσας ακτινοβολίας που τελικά χρησιμοποιείται για την μετατροπή της ενέργειας.

$$Lc = YR - YA \quad (7)$$

Οι απώλειες αυτές ταξινομούνται ως εξής:

- Απώλειες σκίασης
- Απώλειες ανακλάσεων πάνω στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο • Απώλειες προσανατολισμού – κλίσης
- Απώλειες ρύπανσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου

Το L_c δείχνει στην ουσία πόσες ώρες μιας ημέρας ιδανικής ακτινοβολίας χάθηκαν από προβλήματα όπως τα προαναφερθέντα.

7. Λόγος απόδοσης -The Performance Ratio (PR)

Ο λόγος απόδοσης PR μας δίνεται από την παρακάτω σχέση και εισάγεται για να χαρακτηρίσει την λειτουργία του συστήματος.

Ουσιαστικά μας δείχνει πώς χρησιμοποιείται το ενεργειακό δυναμικό του φωτοβολταϊκού συστήματος που καθορίζεται σύμφωνα με το STC (Standard Tests Conditions)

$$PR = YF / YR$$

Ο δείκτης PR λοιπόν, ορίζεται ως η αναλογία της χρησιμοποιούμενης ηλιακής ενέργειας σε σχέση την ονομαστική ενέργεια.

Όσο μεγαλύτερος ο λόγος απόδοσης PR τόσο καλύτερα το σύστημα χρησιμοποιεί το δυναμικό του. Αντίθετα η χαμηλή τιμή του μας φανερώνει προβλήματα κατά την μετατροπή που οφείλονται σε τεχνικά ή σχεδιαστικά προβλήματα της εγκατάστασης.

Ουσιαστικά μας προσδίδει την ποσόστωση των επιδράσεων που έχουν οι διάφορες απώλειες στην έξοδο του συστήματος (χρησιμοποιούμενη ενέργεια). Οι απώλειες αυτές είναι πιθανόν να αφορούν την αντίσταση των καλωδίων, την κακή απόδοση του αντιστροφέα, τις διάφορες ασυμβατότητες κατά την μετατροπή ισχύος από DC σε AC, την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών πάνω στα πλαίσια, την μειωμένη χρήση της ακτινοβολίας λόγω ανακλάσεων στην γυάλινη επιφάνεια των πλαισίων ή ακάθαρτων τμημάτων σ' αυτά και για οποιαδήποτε άλλη αστοχία των επιμέρους συσκευών και υλικών.

Η τιμή αυτή του PR τυπικά αναφέρεται σε μηνιαία ή ετήσια βάση όπου εκεί μπορούν να προκύψουν και τα πιο χρήσιμα για το σύστημα συμπεράσματα. Η αναφορά αυτού του δείκτη σε εβδομαδιαία ή ημερήσια βάση μπορεί να είναι χρήσιμη μόνο για την εξακρίβωση ύπαρξης προβλημάτων του εξοπλισμού.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ”

3.1 Γενικά

Η λειτουργία της συντήρησης ορίζεται ως **«οτιδήποτε είναι απαραίτητο να επιτρέψει στον εξοπλισμό να διατηρηθεί ή να αποκατασταθεί σε ένα προκαθορισμένο σύνολο συνθηκών έτσι ώστε να μπορεί να εκτελέσει μια δεδομένη λειτουργία».**

Η Συντήρηση είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων που έχουν ως στόχο τη διατήρηση μιας παραγωγικής μονάδας σε λειτουργία. Περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως

- ο έλεγχος,
- οι δοκιμές,
- οι μετρήσεις,
- οι αντικαταστάσεις,
- οι ρυθμίσεις εξαρτημάτων,
- οι επισκευές και
- σε μερικές περιπτώσεις, διοικητικές ενέργειες.

Η συντήρηση περιλαμβάνει το σύνολο των μέτρων για τη διατήρηση και την αποκατάσταση του τεχνικού εξοπλισμού ενός συστήματος στη κατάσταση που αρχικά είχε σχεδιαστεί να λειτουργεί, καθώς και τον προσδιορισμό και την αποτίμηση της πραγματικής κατάστασης αυτού

3.2 Κύρια Συστήματα Συντήρησης

Τα κύρια είδη (συστήματα) συντήρησης είναι τα παρακάτω:

- Βελτιωτική (improvement maintenance)
- Προληπτική (preventive maintenance)
 - i. προγραμματισμένη (programmed)
 - ii. οριακή (on-condition)
 - iii. προγνωστική (predictive)
- Επισκευαστική (corrective maintenance)

3.2.1 Βελτιωτική Συντήρηση

Στόχος της βελτιωτικής συντήρησης είναι η ελάττωση ή εξάλειψη των βλαβών που οφείλονται κυρίως στις συνθήκες λειτουργίας. Εφαρμόζοντας το σύστημα αυτό, η εμπλοκή με τις εργασίες συντήρησης είναι τόσο έντονη, ώστε να παραβλέπεται η έρευνα και η αναζήτηση των αιτιών που τις προκαλούν. Η τάση είναι, σύμφωνα με τους κανόνες της αξιοπιστίας, να ελαττωθούν οι βλάβες που απαιτούν συντήρηση. Δηλαδή, να γίνεται πρόληψη και όχι επιδιόρθωση.

3.2.2 Προληπτική Συντήρηση

Η προληπτική συντήρηση είναι πρόγραμμα συστηματικών ελέγχων λειτουργίας, εξαρτημάτων, συγκροτημάτων ή συστημάτων και μελέτες διάγνωσης, πρόβλεψης, πρόγνωσης και αποκατάστασης βασισμένες στα στοιχεία που προκύπτουν από τους ελέγχους αυτούς.

Σχεδιάζεται έτσι ώστε να διορθώνει ή να προλαμβάνει καταστάσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε βλάβες, με αποτέλεσμα την απώλεια παραγωγής, ακριβές επισκευές και αντικαταστάσεις εξαρτημάτων. Είναι πιο οικονομικό να συντηρηθεί κάτι προληπτικά, παρά να έχει ήδη προκαλέσει σταμάτημα της παραγωγής, με όσα δυσάρεστα επακόλουθα αυτό συνεπάγεται. Ακόμα και αν αυτό σημαίνει ότι ορισμένα εξαρτήματα πιθανόν θα αντικατασταθούν πριν εξαντλήσουν τα όρια αξιοπιστίας λειτουργίας τους.

Θα πρέπει να γίνει συνείδηση πως η προγραμματισμένη στάση μιας μηχανής είναι απαραίτητη όσο και αν αυτό σημαίνει απώλεια παραγωγής. Η παραγωγή που χάνεται σε μία διακοπή λόγω βλάβης είναι, τις περισσότερες φορές, περισσότερη από αυτή που χάνεται λόγω μιας προγραμματισμένης διακοπής συντήρησης.

Με την προληπτική συντήρηση και τον έλεγχο μπορούμε να φτιάξουμε μακροχρόνια προγράμματα, να συλλέξουμε στατιστικά στοιχεία, να οδηγηθούμε από τα αποτελέσματα σε βελτιώσεις και το κυριότερο να αποκτήσουμε συνείδηση «δράσης» για αντικατάσταση εξαρτημάτων ή μηχανημάτων.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στην επιλογή του απαραίτητου προσωπικού που θα κληθεί να εφαρμόσει ένα τέτοιο πρόγραμμα καθώς και στην εκπαίδευσή του. Τονίζεται πως δεν πρέπει να βασιζόμαστε μόνο στις τεχνικές γνώσεις, αλλά και στην τεχνική «συνείδηση». Με το τελευταίο εννοούμε την εξοικείωση του τεχνικού με τη μηχανή, την εγρήγορση της όρασης, της ακοής, ακόμη και της αφής, όσφρησης και γεύσης. Έλεγχος σημαίνει πείρα, αισθήσεις και γρήγορη αντίδραση.

Η προληπτική συντήρηση διακρίνεται στην Προγραμματισμένη, στην Οριακή (on condition) και στην Προγνωστική.

Επομένως **η προληπτική συντήρηση συνίσταται σε μια σειρά από δραστηριότητες οι οποίες προγραμματίζονται με συχνότητα που** υπαγορεύεται από το συνολικό χρονικό διάστημα από την προμήθεια ενός μηχανήματος, τις ώρες λειτουργίας του, την ποσότητα παραγωγής ή κατάστασης και:

1. είτε παρατείνουν τη ζωή ενός εξαρτήματος/ μηχανήματος
2. είτε αποκαλύπτουν ότι ένα εξάρτημα/μηχάνημα έχει φθαρεί σημαντικά και πρόκειται να αστοχήσει.

Ακρογωνιαίος λίθος της προληπτικής συντήρησης είναι η διενέργεια ελέγχων. Έλεγχος είναι η διαδικασία εκείνη που: → εξετάζει αν ο σχεδιασμός ή οι προδιαγραφές ενός μηχανήματος είναι τα απαιτούμενα → εκτιμά όλους τους παράγοντες που μπορούν να δημιουργήσουν πιθανά προβλήματα → αναγνωρίζει όλους τους

παράγοντες και τα αίτια που μπορούν να οδηγήσουν σε παύση και εκτιμά το χρόνο μέχρι ότου αυτό συμβεί.

i. Προγραμματισμένη προληπτική συντήρηση.

Η προγραμματισμένη προληπτική συντήρηση είναι η συντήρηση η οποία στοχεύει στην παράταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού και στην αποφυγή απρογραμμάτιστων δραστηριοτήτων συντήρησης. Περιλαμβάνει λιπάνσεις, καθαρισμούς, ρυθμίσεις και αντικαταστάσεις. Ένα καλό πρόγραμμα προγραμματισμένης προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνει:

- ✓ Μη καταστροφικούς ελέγχους
- ✓ Περιοδικές επιθεωρήσεις
- ✓ Προγραμματισμένες δραστηριότητες συντήρησης
- ✓ Διορθωτικές συντηρήσεις των ελαττωμάτων που εντοπίστηκαν κατά τους ελέγχους ή τις επιθεωρήσεις.

Το σύστημα αυτό αποτελεί τη βάση της οργάνωσης της λειτουργίας της συντήρησης. Στηρίζεται σε μια λεπτομερειακή περιγραφή περιοδικών ελέγχων και επεμβάσεων που σαν σκοπό έχουν την αντικατάσταση ή αποκατάσταση λειτουργίας εξαρτημάτων ή μηχανημάτων. Σαν επί μέρους συστήματα του κυρίου προγράμματος αναφέρονται τα εξής είδη συντήρησης:

• Ομοιόμορφη συντήρηση.

Με την ομοιόμορφη συντήρηση εφαρμόζεται περιοδικά μια συγκεκριμένη διαδικασία που ικανοποιεί τις βασικές απαιτήσεις συντήρησης των μηχανημάτων. Εκδίδεται, έτσι, ένα σύνολο οδηγιών που επαναλαμβάνονται χωρίς την ανάγκη έκδοσης συμπληρωματικών. Δεν λαμβάνονται υπόψη οι οδηγίες του κατασκευαστή ως προς τις λεπτομέρειες, αλλά η παραγωγική διαδικασία φροντίζοντας να υπάρχει ένας ικανοποιητικός βαθμός αξιοπιστίας.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του υποσυστήματος είναι: α) είναι απλό στην οργάνωση, β) απαιτεί ελάχιστη βοηθητική εργασία και γ) επιτυγχάνει αρκετά καλό βαθμό πρόληψης.

Ταυτόχρονα όμως: α) δεν είναι κατάλληλο για μεγάλες μονάδες, β) δε δίνει αξιόλογα στοιχεία συμπεριφοράς μηχανολογικού εξοπλισμού, και γ) δεν επιτρέπει τη δημιουργία σοβαρού υπόβαθρου.

Είναι όμως κατάλληλο να καλύψει εξοπλισμό ήσσονος σημασίας, παραγωγικές μονάδες όμοιες, που βρίσκονται εγκατεστημένες σε μεγάλο αριθμό ή μηχανήματα που λειτουργούν περιορισμένα σε κάποιες φάσεις της παραγωγής.

- **Συντήρηση βάσει προδιαγραφών**

Εδώ λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι οδηγίες του κατασκευαστή, οι συνθήκες εκμετάλλευσης και περιβάλλοντος και γενικά όλοι οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία και απόδοση του εξοπλισμού. Το σύστημα αυτό προϋποθέτει την έκδοση λεπτομερών οδηγιών και προσεκτικό τεχνικό και χρονικό προγραμματισμό, καταγραφή των στοιχείων που προκύπτουν από κάθε επέμβαση, την ανάλυση των ευρημάτων και την κατάλληλη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν. Το υποσύστημα αυτό είναι κατάλληλο για μεμονωμένες μονάδες, για συστοιχίες όμοιων εξαρτημάτων, για βοηθητικά μηχανήματα, και για μηχανήματα που δε συνδέονται άμεσα με την παραγωγή.

ii. Οριακή συντήρηση.

Η οριακή συντήρηση εκτελείται όταν είναι αναγκαίο. Εδώ χρειάζεται επαρκής και λεπτομερειακός έλεγχος από ειδικούς καθώς και η χρήση ειδικών οργάνων μέτρησης.

Για την εφαρμογή του συστήματος, είναι απαραίτητος ο καθορισμός ορίων ασφαλούς και ορθής λειτουργίας, θέσπιση οριακών τιμών και μετρήσεων με κατάλληλα όργανα. Όλα αυτά χρειάζονται ώστε κάθε φορά να είναι σαφές από πότε αρχίζει να υπάρχει πρόβλημα. Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ιδιαίτερα σημαντικός, μια και αυτός καθορίζει τα σταθερά μεγέθη πέρα από τα οποία βρισκόμαστε σε οριακές συνθήκες. Εκείνο που χρειάζεται είναι η αλλαγή της νοοτροπίας και του τρόπου σκέψης του προσωπικού. Επίσης ο έλεγχος και οι μετρήσεις δεν πρέπει να οδηγούν σε επεμβάσεις, αν προηγουμένως δεν έχει εντοπιστεί και αναγνωριστεί το πρόβλημα.

Οι γενικοί κανόνες της οριακής συντήρησης είναι: α) Έλεγχος όλων των κρίσιμων στοιχείων β) Θεώρηση της ασφαλούς λειτουργίας σαν βασικού συντελεστή γ) Αν κάτι λειτουργεί σωστά, μην το πειράζετε.

iii. Προγνωστική συντήρηση.

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής υλικών και εξαρτημάτων, ώστε να υπολογίζεται με μεγαλύτερη ασφάλεια ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών αντικαταστάσεων.

Επίσης λαμβάνονται στοιχεία ώστε, συμπερασματικά πλέον να βρίσκονται τα αίτια των βλαβών και να γίνονται οι προληπτικές ενέργειες αποφυγής τους. Εδώ γίνεται χρήση οργάνων διαρκούς παρακολούθησης της λειτουργίας. Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται η κατάσταση των διαφόρων μερών και εξαρτημάτων κατά τον πραγματικό χρόνο λειτουργίας. Με την ανάλυση και αξιολόγηση των μετρήσεων προβλέπεται ο υπολειπόμενος ωφέλιμος χρόνος ζωής και προσδιορίζονται τα όρια ασφαλούς λειτουργίας.

Τέτοια συστήματα βοηθούν στο να παίρνονται λογικές αποφάσεις αντικατάστασης εξαρτημάτων ή μηχανημάτων.

3.2.3. Επισκευαστική Συντήρηση

Η επισκευαστική συντήρηση δεν αποτελεί σύστημα αλλά καταλαμβάνει σε πολλές περιπτώσεις ένα μεγάλο μέρος της συντήρησης.

Βεβαίως επισκευές πάντα χρειάζονται, θα πρέπει όμως αυτές να είναι αποτέλεσμα ενός ευρύτερου προγραμματισμού και όχι απλά αντιμετώπιση ζημιών και αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών.

Η μετάβαση σε βελτιωμένα προγράμματα συντήρησης μειώνει δραστικά το κόστος και τον χρόνο επισκευών των βλαβών και δίνει μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου και μελέτης φαινομένων και αιτιών.

3.3. Μέθοδοι Συντήρησης που Εφαρμόζονται στην Πράξη

Οι μέθοδοι οι οποίες θα αναλυθούν εκτενέστερα στη συνέχεια είναι οι εξής:

- ✓ Συντήρηση βασισμένη σε βλάβη
- ✓ Περιοδική συντήρηση
- ✓ Συντήρηση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού
- ✓ Οριακό σημείο σε συντήρηση βασισμένη σε δείκτες απόδοσης

3.3.1. Συντήρηση βασισμένη σε βλάβη. Η μέθοδος συντήρησης που βασίζεται σε βλάβη χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι δεν πραγματοποιείται προληπτική συντήρηση. Το σύστημα εγκαθίσταται χωρίς προγραμματισμένα έξοδα συντήρησης, φθείρεται και αντικαθίσταται εξ' ολοκλήρου όταν συμβεί κάποια βλάβη. Η βασισμένη σε βλάβη μέθοδος συντήρησης είναι επομένως βιώσιμη οικονομικά, μόνο κάτω από τους ακόλουθους όρους:

- 1) Αν το κόστος απόκτησης των συστατικών του συστήματος είναι μικρότερο από αυτό της συντήρησής τους.
- 2) Αν τα συστατικά του συστήματος δε θέτουν σε κίνδυνο την παραγωγή ή την ασφάλεια σε περίπτωση βλάβης, και μπορούν να επισκευασθούν χωρίς σημαντικά έξοδα.
- 3) Αν τα συστατικά του συστήματος έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής και δεν είναι ούτε εφικτή ούτε επιθυμητή η επιμήκυνση του.

3.3.2. Περιοδική συντήρηση. Κατά την περιοδική συντήρηση, η προληπτική συντήρηση ενός συστατικού του συστήματος πραγματοποιείται κανονικά μετά από καθορισμένη περίοδο χρήσης. Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι η κανονική προληπτική συντήρηση αυξάνει τη διάρκεια ζωής ενός συστατικού του συστήματος. Σε μερικές περιπτώσεις η νομοθεσία ή οι κανονισμοί ασφαλείας απαιτούν απόδειξη της κανονικής προληπτικής συντήρησης. Ένα μειονέκτημα της

περιοδικής συντήρησης είναι ότι η διάρκεια ζωής των συστατικών ενός συστήματος εξαρτάται από το βαθμό χρήσης τους.

3.3.3 Συντήρηση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού. Από τις παραδοσιακές μεθόδους συντήρησης, η συντήρηση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού είναι αυτή που επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της διάρκειας ζωής με οικονομικό τρόπο. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, εργασίες συντήρησης απαιτούνται μόνο όταν η φθορά του εξοπλισμού έχει φθάσει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Για να είναι εφικτή αυτή η μέθοδος συντήρησης θα πρέπει η πραγματική λειτουργία του εξοπλισμού να μετράται επακριβώς μέσω κανονικών επιθεωρήσεων. Μια εταιρία μπορεί να εφαρμόζει και τις τρεις παραπάνω μεθόδους παράλληλα ή να τις συνδυάζει ανάλογα με τις απαιτήσεις. Η ειδική μέθοδος που χρησιμοποιείται εξαρτάται συχνά από τον τύπο και την ποσότητα του υπό συζήτηση εξοπλισμού.

3.3.4 Οριακό σημείο σε συντήρηση βασισμένη σε δείκτες απόδοσης. Στη μέθοδο αυτή έχουμε τη χρήση ειδικών κριτηρίων για τον καθορισμό διαφόρων υποπεριοχών συντήρησης και τη σύγκριση με τα πρότυπα της εταιρίας ή με αυτά άλλων εταιριών. Για να καταστεί δυνατή η βελτίωση της διοίκησης της συντήρησης, οι ειδικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται, καθορίζονται από κριτήρια.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ”

4.1 Διαδικασίες Επαλήθευσης Σωστής Λειτουργιάς Φ/Β Σταθμού

Θα πρέπει να ακολουθείται ένα συγκεκριμένο πλάνο επαλήθευσης της σωστής λειτουργίας του Φ/Β σταθμού εστιάζοντας σε όλα τα επιμέρους συστατικά στοιχεία του σταθμού. Ο κάθε Φ/Β σταθμός αποτελείται από τα εξής βασικά επιμέρους στοιχεία:

- Φ/Β πλαίσια
- Σταθερές βάσεις ή ιχνηλάτες (Tracker Iaxis -2axis)
- Αντιστροφείς
- Μετασχηματιστές (Φ/Β πάνω από 100 kWp)
- Πεδία μέσης τάσης (Φ/Β πάνω από 100 kWp)
- Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των ηλεκτρικών μεγεθών του Φ/Β σταθμού
- Σύστημα ασφαλείας
- Μετεωρολογικά όργανα
- Καλωδιώσεις, πίνακες, ασφάλειες, διακόπτες και λοιπά ηλεκτρολογικά υλικά

Ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του συστήματος μπορεί να γίνει είτε με φυσική παρουσία στο χώρο του Φ/Β σταθμού είτε απομακρυσμένα μέσω εφαρμογής τηλεπαρακολούθησης.

4.1.1 Έλεγχος με φυσική παρουσία

Όταν οι παράμετροι του δικτύου είναι εντός του επιτρεπόμενου εύρους τιμών, υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία και δε σημειώνεται δυσλειτουργία σε κάποιο από τα βασικά παραγωγικά μέρη του Φ/Β σταθμού, τότε οι αντιστροφείς εκκινούν αυτόματα τη λειτουργία τους.

Η κατάσταση λειτουργίας του αντιστροφέα ελέγχεται από τις ενδείξεις στην οθόνη του. Αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τις καταστάσεις λειτουργίας και τα σφάλματα περιλαμβάνονται στα εγχειρίδια λειτουργίας του κάθε κατασκευαστή.

Σε γενικές γραμμές, η κατάσταση καλής λειτουργίας πιστοποιείται ως εξής:

- Η πράσινη ενδεικτική λυχνία του αντιστροφέα πρέπει να είναι αναμμένη όταν υπάρχει ηλιοφάνεια (επομένως ο αντιστροφέας λειτουργεί).
- Η πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία του αντιστροφέα πρέπει να είναι σβηστή και να μην εμφανίζεται κάποιο μήνυμα σφάλματος στην οθόνη του.
- Οι ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης στον AC πίνακα πρέπει να είναι αναμμένες και οι τρεις (παρουσία τάσης και στις τρεις φάσεις).
- Το άθροισμα της παραγόμενης ισχύος που εμφανίζεται στις οθόνες όλων των αντιστροφέων πρέπει να συμβαδίζει με την ισχύ που καταγράφει ο μετρητής ΔΕΗ (αποκλίσεις μέχρι 2 % θεωρούνται αποδεκτές).

Κατά τη φυσική παρουσία στο Φ/Β σταθμό εκτελούνται μετρήσεις με χρήση ειδικών διακριβωμένων οργάνων. Οι μετρήσεις αυτές περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Οι τάσεις ανοικτοκυκλώματος και λειτουργίας στοιχειοσειρών που έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και ίδιο αριθμό φωτοβολταϊκών συλλεκτών πρέπει να είναι περίπου οι ίδιες. Μέτρηση διαφορετικών τάσεων μπορεί να είναι ένδειξη ελαττωματικών φωτοβολταϊκών συλλεκτών.
- Οι τάσεις ανοικτοκυκλώματος κάθε στοιχειοσειράς πρέπει να ισούται με το άθροισμα των τάσεων ανοικτοκυκλώματος των φωτοβολταϊκών πλαισίων που αποτελούν τη στοιχειοσειρά.
- Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας στοιχειοσειρών που έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και ίδιο αριθμό φωτοβολταϊκών συλλεκτών πρέπει να είναι περίπου οι ίδιες. Μέτρηση διαφορετικών ρευμάτων μπορεί να είναι ένδειξη ελαττωματικών φωτοβολταϊκών συλλεκτών.
- Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας κάθε στοιχειοσειράς πρέπει να ισούται με το ρεύμα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων που αποτελούν τη στοιχειοσειρά.
- Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας των στοιχειοσειρών πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στη μελέτη εφαρμογής.
- Οι τάσεις ανοικτοκυκλώματος και λειτουργίας των στοιχειοσειρών πρέπει να

βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στην μελέτη εφαρμογής.

Επιπλέον, η ορθή λειτουργία του σταθμού επαληθεύεται από τις εξής ενδείξεις:

- Η AC τάση στην έξοδο του αντιστροφέα πρέπει να είναι ανά φάση 230 Volt με απόκλιση από -20% έως +15%.
- Η παραγωγή ενέργειας του σταθμού πρέπει να συνάδει με την πρόβλεψη παραγωγής του σταθμού.

4.1.2 Προειδοποιήσεις ασφαλείας

Απαιτείται μεγάλη προσοχή για όλες τις εργασίες που εκτελούνται σε Φ/Β σταθμό. Ειδικότερα, αναφέρονται οι παρακάτω προειδοποιήσεις:

ΠΡΟΣΟΧΗ! Κίνδυνος-θάνατος λόγω υψηλών τάσεων στον μετατροπέα.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Όλες οι εργασίες στην εγκατάσταση επιτρέπεται να διενεργούνται αποκλειστικά από εκπαιδευμένο ηλεκτρολόγο. Μην ανοίγεται τον μετατροπέα ή τους πίνακες.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Κίνδυνος εγκαυμάτων σε μέρη του κελύφους του αντιστροφέα με υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη λειτουργία το καπάκι του κελύφους και το σώμα του κελύφους μπορεί να αναπτύξουν υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας αγγίζετε μόνο το κάτω μέρος του καπακιού του μετατροπέα.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Πιθανές βλάβες στην υγεία από επίδραση της ακτινοβολίας! Μην παραμένετε για μεγάλο χρονικό διάστημα σε απόσταση μικρότερη από 20 cm από το μετατροπέα.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Μην αποσυνδέετε τα βύσματα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (εικόνα 4.1) ενώ το σύστημα λειτουργεί. Κίνδυνος ηλεκτρικού τόξου !



Εικόνα 4.1: Βύσματα φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

ΠΡΟΣΟΧΗ! Σε περίπτωση πυρκαγιάς αποφύγετε την επαφή με τα γυμνά μεταλλικά

μέρη, όπως τις βάσεις και τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ενημερώστε την πυροσβεστική υπηρεσία για την ύπαρξη της φωτοβολταϊκής μονάδας.

4.1.3 Απομακρυσμένος έλεγχος

Σε κάθε Φ/Β σταθμό, πλέον, εγκαθίσταται σύστημα τηλεπαρακολούθησης των ηλεκτρικών μεγεθών, το οποίο εμφανίζει και καταγράφει τις μετρήσεις και τις καταστάσεις που λαμβάνει από τα όργανα του Φ/Β σταθμού. Το σύστημα συνδέεται με το μετρητικό στη Μέση Τάση, τον ηλεκτρονόμο, τα πεδία ΜΤ (λήψη σημάτων από τον αυτόματο διακόπτη ισχύος, από διακόπτες φορτίου κλπ), τους αντιστροφείς, τα μετεωρολογικά όργανα κλπ και συγκεντρώνει και παρουσιάζει όλα τα σημαντικά μεγέθη του Φ/Β σταθμού.

Μέσω της εφαρμογής τηλεπαρακολούθησης ελέγχεται η καλή λειτουργία του σταθμού και καθίσταται ευκολότερος ο εντοπισμός των σφαλμάτων μέσα από την παρακολούθηση και την ανάλυση συγκεκριμένων ενδείξεων και παραμέτρων. Επιπλέον, προσφέρεται η δυνατότητα δημιουργίας αυτόματων ειδοποιήσεων εφόσον παρατηρηθούν τιμές ενδείξεων και παραμέτρων εκτός των ορίων που έχουν κάθε φορά τεθεί. Οι ειδοποιήσεις αυτές φτάσουν στους χρήστες με e-mail ή SMS προκειμένου να υπάρξει άμεση ενημέρωση για την όποια πιθανή δυσλειτουργία.

4.1.4 Λίστα Ελέγχου σε Περίπτωση Αστοχίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού

Σε περίπτωση βλάβης-αστοχίας κατά την οποία ο Φ/Β σταθμός δεν λειτουργεί σύμφωνα με τα αναμενόμενα, ο χρήστης μπορεί να ελέγξει τον φωτοβολταϊκό σταθμό ως προς τα ακόλουθα (οι οδηγίες σε ό,τι αφορά στους αντιστροφείς είναι γενικές και αφορούν κυρίως αντιστροφείς μικρής ισχύος $P < 30\text{kWp}$ και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ακολουθούνται οι ιδιαίτερες οδηγίες του κατασκευαστή για κάθε μοντέλο):

- Να ελέγξει οπτικά την εξωτερική κατάσταση του αντιστροφέα και των πινάκων.
- Να ελέγξει εάν οι ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης στον AC πίνακα είναι αναμμένες και οι τρεις (παρουσία τάσης και στις τρεις φάσεις). Εάν κάποια λυχνία δεν είναι αναμμένη είναι πιθανό να έχει συμβεί διακοπή ρεύματος από

το Δίκτυο της ΔΕΗ ή να έχει πέσει η ασφάλεια του αντιστροφέα.

- Να ελέγξει εάν έχει γίνει διακοπή ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ.
- Να ελέγξει εάν οι τρεις (3) ασφάλειες που βρίσκονται στο κουτί του μετρητή της ΔΕΗ είναι στη θέση ON.
- Να ελέγξει ότι ο μικροαυτόματος του κάθε αντιστροφέα είναι στη θέση ON.
- Να ελέγξει εάν είναι αναμμένες η πράσινη ή και η πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία των αντιστροφέων.
- Να ελέγξει εάν εμφανίζεται κάποιο μήνυμα σφάλματος στην οθόνη των αντιστροφέων. Σημειώστε τον κωδικό σφάλματος εάν εμφανίζεται.
- Να ελέγξει εάν το σύστημα λειτουργεί, ελέγξτε εάν η παραγόμενη ισχύς που εμφανίζεται στην οθόνη του αντιστροφέα συμβαδίζει με την ισχύ που καταγράφει ο μετρητής ΔΕΗ.

Επιπλέον, ο εγκαταστάτης/συντηρητής μπορεί να ελέγξει τον φωτοβολταϊκό σταθμό ως προς τα ακόλουθα:

- Να μετρήσει την τάση που παρέχει στον αντιστροφέα το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ). Η τιμή της τάσης πρέπει να είναι 230Volt σε κάθε φάση με απόκλιση από -20% έως +15%. Η τιμή της συχνότητας πρέπει να ανέρχεται σε 50Hz με απόκλιση $\pm 0,5$ Hz. Σε περίπτωση που η τάση είναι πέραν αυτών των ορίων να ενημερωθεί η ΔΕΗ (βλάβες).
- Έλεγχος των ενδείξεων των αντιστροφέων Ο αντιστροφέας λαμβάνει μετρήσεις από όργανα που διαθέτει (σε είσοδο, έξοδο και εσωτερικά), από την επεξεργασία των οποίων διαπιστώνει την κατάσταση των κυκλωμάτων AC και DC αλλά και του ίδιου του αντιστροφέα και εμφανίζει τις κατάλληλες προειδοποιήσεις και σφάλματα. Σε περίπτωση που ο αντιστροφέας έχει εμφανίσει μήνυμα σφάλματος ή δεν λειτουργεί καθόλου, ενώ υπάρχει παρουσία κατάλληλης DC τάσης στην είσοδό του να ανατρέξει στο εγχειρίδιο εγκατάστασης του αντιστροφέα.

Σε περίπτωση που οι παραπάνω ενέργειες υποδεικνύουν πρόβλημα στο κύκλωμα DC του Φ/Β σταθμού, ανάλογα με τις ενδείξεις των αντιστροφέων, που εξειδικεύουν το πρόβλημα, μπορούν να εφαρμοστούν οι ακόλουθες ενέργειες:

- Να γίνει έλεγχος της κατάστασης διακοπών, ασφαλειών κλπ στην Χαμηλή

Τάση.

- Να ελέγξει όλες τις ηλεκτρικές συνδέσεις στην DC πλευρά του αντιστροφέα.
- Να ελέγξει όλες τις ηλεκτρικές συνδέσεις στην AC πλευρά του αντιστροφέα και στον πίνακα.
- Να ελέγξει εάν οι στοιχειοσειρές παρέχουν τάση στον αντιστροφέα. Να μετρήσει τις τάσεις ανοιχτοκυκλώματος και λειτουργίας όλων των στοιχειοσειρών. Οι τιμές των τάσεων πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στην μελέτη εφαρμογής.
- Να μετρήσει τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας όλων των στοιχειοσειρών. Οι τιμές των ρευμάτων πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στην μελέτη εφαρμογής.
- Να μετρήσει τη αντίσταση μόνωσης των καλωδίων τόσο στο AC κύκλωμα όσο και στο DC για εύρεση πιθανών βραχυκυκλωμάτων.
- Να γίνει οπτικός έλεγχος καλωδίων, συνδέσεων και ηλεκτρολογικών πινάκων και κουτιών διασύνδεσης (βλ. περιγραφή στην §6.3 και στην §6.4 - σημείο 7).
- Να ελέγξει οπτικά τις οδεύσεις και τα κανάλια των καλωδίων για χτυπήματα, υγρασίες, φθορές, καψίματα κλπ.
- Να ελέγξει εάν υπάρχει εμφανής φθορά στις στοιχειοσειρές των φωτοβολταϊκών πάνελ.
- Να ελέγξει τις βάσεις του φωτοβολταϊκού για φθορές.

4.1.5 Διαδικασία έκτακτης ανάγκης

Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, για να διακοπεί η παραγωγική λειτουργία του Φ/Β σταθμού πρέπει να γίνει απόξευση του Αυτόματου Διακόπτη Ισχύος:

- για έργα με σύνδεση στη μέση τάση: με πάτημα του κομβίου off (“opening push button”), που βρίσκεται στον υποσταθμό ζεύξης του Φ/Β σταθμού.
- για έργα με σύνδεση στη χαμηλή τάση: άνοιγμα (θέση off) του ΓΔΧΤ.

Η ενέργεια αυτή θα προκαλέσει διακοπή της λειτουργίας των αντιστροφέων και θα διακόψει τη ροή ρεύματος AC και DC στο δίκτυο παραγωγής και την παρουσία τάσης στο κύκλωμα μέσης και χαμηλής AC τάσης στο δίκτυο παραγωγής μέχρι τον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος. Ωστόσο, δεδομένου ότι τα Φ/Β πλαίσια δημιουργούν διαφορά δυναμικού στα άκρα τους όποτε υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία ανεξαρτήτως

της κατάστασης του υπόλοιπου κυκλώματος, το DC κύκλωμα θα παραμείνει υπό τάση. Στις περιπτώσεις σύνδεσης σταθμού MT, για να διακοπεί η παροχή και στα βοηθητικά κυκλώματα του Φ/Β σταθμού (Μ/Σ ιδιοκαταναλώσεων), πρέπει να ανοίξει ο διακόπτης που βρίσκεται στο πεδίο MT εισόδου από το δίκτυο (για περιπτώσεις έργων σε MT).

Όλες οι ανωτέρω εργασίες πρέπει να γίνονται από εξειδικευμένο κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό λαμβάνοντας όλα τα απαραίτητα κατά περίπτωση μέτρα προστασίας.

4.1.6 Διαδικασία απομόνωσης μέρους του συστήματος

1. Απενεργοποιήστε τον τετραπολικό ή τριπολικό διακόπτη στον αντίστοιχο ηλεκτρικό πίνακα (Κατεβάστε τον διακόπτη στη θέση OFF).
2. Έλεγχος κατάστασης μετατροπέα (για σταθμούς ΧΤ):
 - Εάν ακούγονται ηχητικά σήματα από το μετατροπέα ή ένα μήνυμα σφάλματος στην οθόνη απαγορεύεται η αποσύνδεση του διακόπτη του αντιστροφέα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Περιμένετε μέχρι να δύσει ο ήλιος και μετά αποσυνδέστε τον διακόπτη αντιστροφέα.
 - Εάν δεν ακούγονται ηχητικά σήματα από τον μετατροπέα και στην οθόνη δεν εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος, τότε αφαιρείται τον διακόπτη του αντιστροφέα. Μην αφαιρείτε το διακόπτη ενώ ο αντιστροφέας βρίσκεται σε λειτουργία εάν πρώτα δεν απενεργοποιήστε πρώτα τον τριφασικό διακόπτη στον ηλεκτρικό πίνακα.

4.2 Προληπτική Συντήρηση

Όλες οι ενέργειες προληπτικής συντήρησης που απαιτούν ή καταλήγουν σε πιθανή εκμηδένιση ή μείωση της παραγωγής του Φ/Β Πάρκου πρέπει να γίνονται ως επί το πλείστον κατά τις μη παραγωγικές χρονικές περιόδους όπως νύχτα, ημέρες με συννεφιά κλπ. Η προληπτική συντήρηση σε εξαμηνιαία βάση, εκτός από τα σημεία στα οποία αναγράφεται διαφορετική συχνότητα, αφορά στα ακόλουθα:

4.2.1 Φ/Β πλαίσια

- Οπτικός έλεγχος για πιθανή επικάλυψη σκόνης ή άλλων αντικειμένων ή σωματιδίων.
- Φ/Β πλαίσια.
- Οπτικός έλεγχος για σπασμένο/ραγισμένο γυαλί, hotspot, θερμική καταπόνηση κ.α. Εάν διαπιστωθεί κάτι τέτοιο, τα συγκεκριμένα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να αντικαθίστανται άμεσα από εξειδικευμένο προσωπικό.
- Οπτικός έλεγχος για πιθανό κιτρίνισμα (browning).
- Οπτικός έλεγχος για οξείδωση των τυπωμένων κυκλωμάτων και των ενώσεων της κατασκευής των Φ/Β πλαισίων λόγω εισχώρησης υγρασίας, σπάσιμο κατασκευής κ.α.
- Κάθε 12 μήνες:
Έλεγχος ηλεκτρικών χαρακτηριστικών αντιπροσωπευτικού δείγματος συστοιχιών με χρήση πιστοποιημένου οργάνου.

4.2.2 Καθαρισμός Φ/Β πλαισίων

Κατά τη διάρκεια της ζωής ενός Φ/Β πλαισίου είναι αρκετά σύνηθες να συσσωρεύονται σωματίδια σκόνης και βρωμιάς στην επιφάνειά του. Αυτή η διαδικασία μπορεί να μειώσει την αναμενόμενη παραγωγή του. Υπό κανονικές συνθήκες αυτά τα σωματίδια καθαρίζονται με φυσικό τρόπο από τη βροχή που πέφτει στην περιοχή εγκατάστασης του Φ/Β σταθμού, αλλά εάν σημαντική ποσότητα σωματιδίων βρωμιάς εμφανιστεί στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων και αυτή παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα τότε προτείνεται το καθάρισμα των Φ/Β

πλαισίων για να εξασφαλιστεί η μέγιστη παραγωγή τους. Ο καθαρισμός πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό ώστε να εκμηδενιστεί ο κίνδυνος πιθανού ατυχήματος (π.χ. λόγω πτώσης, ηλεκτροπληξίας) καθώς και πρόκλησης βλάβης των Φ/Β πλαισίων και του υπόλοιπου εξοπλισμού. Σε κάθε περίπτωση κατά τη διάρκεια του καθαρισμού δεν θα επιτρέπεται η πτώση ή η στήριξη αντικειμένων πάνω στα Φ/Β πλαίσια, ενώ το προσωπικό δεν θα ακουμπά με δύναμη, δεν θα περπατά και δεν θα στηρίζεται πάνω τους. Τα πιθανά Φ/Β πλαίσια με σπάσιμο/ραγισμένο γυαλί, hot spots, θερμική καταπόνηση κ.α. αποτελούν πηγές πιθανής ηλεκτροπληξίας και εγκαύματος και δεν θα καθαρίζονται. Στις περισσότερες περιπτώσεις το καθάρισμα των Φ/Β πλαισίων είναι απαραίτητο κατά τη διάρκεια περιόδου μακράς ξηρασίας όπου και δεν υπάρχει βροχή που θα παρέχει φυσικό καθάρισμα. Η διαδικασία καθαρισμού περιλαμβάνει το πλύσιμο του μπροστινού γυαλιού (όχι της πίσω επιφάνειας) των Φ/Β πλαισίων με καθαρό χλιαρό νερό και μαλακό ύφασμα ή μαλακό σφουγγάρι, ενώ αν θεωρηθεί σκόπιμο θα ακολουθήσει ελαφρύ τρίψιμο της μπροστινής επιφάνειας για να απομακρυνθούν και οι τελευταίες λεπτομέρειες.

4.2.3 Κατασκευές

- Οπτικός έλεγχος μεταλλικών στηριγμάτων.
- Έλεγχος θεμελίωσης (διάβρωση, καθιζήσεις κτλ).
- Λίπανση πύρων [Tracker 1 axis, 2 axis]
- Έλεγχος-ρεγουλάρισμα-στεφάνης γρασάρισμα
- Έλεγχος της καλής στήριξης των αντιστροφών και των πινάκων
- Κάθε 12 μήνες:
Δειγματοληπτικός έλεγχος σύσφιξης των συγκρατητών των φωτοβολταϊκών πλαισίων (ροπή σύσφιξης μεγαλύτερη από 10 Nm).
- Κάθε 12 μήνες:
Δειγματοληπτικός έλεγχος σύσφιξης των βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

4.2.4 Καλώδια

- Οπτικός έλεγχος για ανίχνευση πιθανών κρεμασμάτων/κοιλιών και αποκοπή δερματικών.

- Οπτικός έλεγχος των καλωδίων για ανίχνευση πιθανών κακών ή χαλαρών συνδέσεων (DC καλωδίων MC3/MC4, box).
- Οπτικός έλεγχος για ανίχνευση πιθανών φθορών της μόνωσης λόγω ακτινοβολίας UV, τρωκτικών κ.α.
- Έλεγχος για διαρροή ρεύματος προς τη γείωση της εγκατάστασης και ύπαρξη πιθανού βραχυκυκλώματος.
- Οπτικός έλεγχος των οδεύσεων των καλωδιώσεων για φθορές, χτυπήματα, γδαρσίματα καψίματα κλπ.

4.2.5 Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

- Έλεγχος στεγανότητας και των στυπιοθληπτών των ηλεκτρικών πινάκων των αντιστροφών
- Έλεγχος των αντιστροφών και των ηλεκτρικών πινάκων για διείσδυση ζυωφίων.
- Έλεγχος των αντιστροφών και του συνόλου του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού για την εγκυρότητα των ηλεκτρικών τους στοιχείων.
- Κάθε 12 μήνες:
 - Έλεγχος και περιοδική συντήρηση των αντιστροφών σύμφωνα με τις οδηγίες και την συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής.
- Κάθε 12 μήνες:
 - Καθαρισμός και έλεγχος του ανεμιστήρα των αντιστροφών
- Κάθε 12 μήνες:
 - Σύσφιξη όλων των ενώσεων/κλεμών στο DC και χαμηλής τάσης AC κύκλωμα του Φ/Β σταθμού, συμπεριλαμβανομένων αυτών στην έξοδο AC των αντιστροφών.
- Κάθε 12 μήνες:
 - Έλεγχος και περιοδική συντήρηση των μετασχηματιστών σύμφωνα με τις οδηγίες και την συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής.
- Κάθε 12 μήνες:
 - Έλεγχος και περιοδική συντήρηση των τυποποιημένων πεδίων Μ.Τ. κυβελωτού τύπου σύμφωνα με τις οδηγίες και τη συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής.
- Κάθε 12 μήνες:
 - Συντήρηση μετρητικών οργάνων και συστημάτων προστασίας σύμφωνα

με τις οδηγίες και την συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής.

- Οπτικός έλεγχος επιτηρητών στοιχειοσειρών, πινάκων και κουτιών διασύνδεσης για αστοχία στεγανότητας κ.α. Σε περίπτωση πιθανής αστοχίας της στεγανότητας, ο συντηρητής αναλαμβάνει την αποκατάσταση του συγκεκριμένου πίνακα ακολουθώντας την προβλεπόμενη διαδικασία (καθάρισμα του πίνακα, επαναστεγανοποίηση με σιλικόνη κλπ).
- Ο πίνακας/κουτί θα αντικαθίσταται σε περίπτωση που το πρόβλημα δεν επιδέχεται επιδιόρθωση.
- Έλεγχος της λειτουργίας των απαγωγών υπερτάσεων.
- Έλεγχος της αντίστασης γείωσης και του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.
- Επισημαίνεται πως ο οπτικός έλεγχος του συστήματος γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας είναι εξαμηνιαίος, ενώ λεπτομερέστερος έλεγχος, που περιλαμβάνει μέτρηση της αντίστασης γείωσης, θα γίνεται κάθε 12 μήνες.
- Κάθε 36 μήνες περίπου:
 - Αντικατάσταση μπαταριών στα UPS.

4.2.6 Μετεωρολογικοί σταθμοί

Προληπτική συντήρηση σε μηνιαία βάση για τους αισθητήρες ηλιακής ακτινοβολίας & αισθητήρες σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας αέρα :

- Οπτικός έλεγχος (κλίση, σκίαση από εμπόδια κτλ).
- Οπτικός έλεγχος (αισθητήρας εντός radiation shield, κλίση radiation shield).
- Καθαρισμός πλακών radiation shield.
- Ξεβίδωμα κεφαλής αισθητήρα και καθαρισμός του φίλτρου.

4.2.7 Σύστημα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης

- Κάθε 12 μήνες:
 - Οπτικός έλεγχος των πυροσβεστήρων του Φ/Β Σταθμού. Πρέπει να γίνεται έλεγχος και αναγόμωση από πιστοποιημένη εταιρία όποτε απαιτείται.
 - Οπτικός έλεγχος και συντήρηση του συστήματος πυρανίχνευσης του Φ/Β Σταθμού, δηλαδή η λειτουργία των αντίστοιχων ανιχνευτών, οι πίνακες πυρανίχνευσης και οι μπαταρίες αυτών.

4.2.8 Σύστημα ασφάλειας και παρακολούθησης

- Οπτικός έλεγχος ελεγκτών και καταγραφικών καμερών.
- Έλεγχος αισθητηρίων, τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, συστήματος παροχής τάσης, Rack, καμερών κ.α.
- Κάθε 12 μήνες:
 - Αντικατάσταση μπαταριών στην σειρήνα, κέντρο και το UPS.
- Κάθε 6 μήνες:
 - Καθαρισμός των καμερών.
 - Έλεγχος ευθυγράμμισης με πολύμετρο των Beam.
 - Ρύθμιση απόκρισης δέσμης των Beam.

4.2.9 Έλεγχος της αντίστασης γείωσης και του Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)

Επισημαίνεται πως ο οπτικός έλεγχος του συστήματος γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας είναι εξαμηνιαίος, ενώ λεπτομερέστερος έλεγχος, που περιλαμβάνει μέτρηση της αντίστασης γείωσης, θα γίνεται κάθε 24 μήνες. Επιπλέον, έκτακτες επιθεωρήσεις θα πρέπει γίνονται μετά από μεταβολές, προσθήκες ή επισκευές προστατευόμενης κατασκευής ή όταν είναι γνωστό ότι δέχτηκε κεραυνικό πλήγμα.

Ο έλεγχος περιλαμβάνει :

- οπτική επιθεώρηση,
- μετρήσεις και
- σύνταξη σχετικής αναφοράς.

Οπτική επιθεώρηση Οπτικοί Έλεγχοι της Εγκατάστασης πραγματοποιούνται προκειμένου να διαπιστωθεί ότι:

- Δεν υπάρχουν χαλαρά συνδετικά στοιχεία (σύνδεσμοι και σφικτήρες).
- Δεν υπάρχουν κομμένοι αγωγοί ή σπασμένα συνδετικά στοιχεία.
- Κανένα στοιχείο του ΣΑΠ και ειδικότερα όσα βρίσκονται στη στάθμη του εδάφους δεν είναι εξασθενημένο από διάβρωση.
- Όλα τα ορατά σημεία του συστήματος γείωσης βρίσκονται σε καλή κατάσταση ικανοποιώντας τον σκοπό τους.

- Η στήριξη όλων των ορατών αγωγών και των εξαρτημάτων του ΣΑΠ παρέχει αποδεκτή μηχανική στήριξη της εγκατάστασης καθώς και τα στηρίγματα βρίσκονται σε καλή κατάσταση ικανοποιώντας το σκοπό τους.
- Δεν έχουν πραγματοποιηθεί προσθήκες ή αλλαγές της προστατευόμενης κατασκευής που απαιτούν πρόσθετη προστασία.
- Δεν υπάρχουν ζημιές στο ΣΑΠ, καμένοι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων ή καμένες ασφάλειες που προστατεύουν απαγωγούς.

Κάθε 24 μήνες ο συντηρητής οφείλει να επιθεωρεί και να επιβεβαιώνει το σύστημα γείωσης κατά τις ξηρές περιόδους. Η τιμή πρέπει να βρίσκεται εντός των επιθυμητών ορίων. Σε πιθανή αύξηση της αντίστασης γείωσης, θα πρέπει να προχωρήσουμε σε μέτρα ενίσχυσης του συστήματος γείωσης. Μετά την πραγματοποίηση των εν λόγω εργασιών ενίσχυσης του συστήματος γείωσης θα πραγματοποιείται εκ νέου μέτρηση για την επιβεβαίωση της επιτυχίας των εργασιών.

4.3 Διορθωτική Συντήρηση

Η διορθωτική συντήρηση θα εκτελείται τόσο κατά τις προγραμματισμένες επισκέψεις εξειδικευμένου συνεργείου του για την Προληπτική Συντήρηση, εφόσον κατά τη διάρκεια αυτής εντοπιστεί πρόβλημα που χρήζει επέμβασης, όσο και μετά την καταγραφή κάποιου λειτουργικού προβλήματος από το Σύστημα Τηλεπαρακολούθησης του Φ/Β Πάρκου.

Στις περιπτώσεις εκτέλεσης εργασιών διορθωτικής συντήρησης θα συντάσσεται δελτίο συντήρησης στο οποίο θα καταγράφονται τουλάχιστον τα ακόλουθα:

1. Ημερομηνία της επέμβασης.
2. Ζητήματα που ανέκυψαν.
3. Ενέργειες προς αποκατάσταση της καλής λειτουργίας του Φ/Β σταθμού.
4. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

4.4 Μετρήσεις

4.4.1 Μετρήσεις τομέα DC

- Μέτρηση κυκλωμάτων strings (Voc, Isc, Riso).
- Μέτρηση τάση εισόδου του Inverter.
- Μέτρηση ρεύματος εισόδου του Inverter.
- Μέτρηση I/V χαρακτηριστικής των κυκλωμάτων (string).

4.4.2 Μετρήσεις τομέας AC

Μετρήσεις εισόδου Inverters

- Μέτρηση ισχύς εισόδου του Inverter.
- Μέτρηση ρεύματος εισόδου του Inverter.
- Μέτρηση αντίστασης μόνωσης του Inverter.

Μετρήσεις εξόδου Inverters

- Μέτρηση ισχύς εξόδου του Inverter.
- Μέτρηση ρεύματος εξόδου του Inverter.
- Μέτρηση πολικής-φασικής τάσης εξόδου του Inverter.
- Έλεγχος αντικεραυνικών του Inverter.

Μετρήσεις γενικού πίνακα

- Μέτρηση ισχύς εξόδου Φ/Β σταθμού.
- Μέτρηση βρόχου σφάλματος.
- Μέτρηση σφάλματος γραμμής.
- Μέτρηση ποιότητας ισχύος (I/V).

Μετρήσεις υποπίνακα πίνακα

- Μέτρηση ισχύς εξόδου Φ/Β σταθμού.
- Μέτρηση βρόχου σφάλματος.
- Μέτρηση σφάλματος γραμμής.
- Μέτρηση ποιότητας ισχύος (I/V).

Μέτρηση γείωσης & μέτρηση συνέχειας

- Μέτρηση συνέχειας βάσεων.
- Μέτρηση συνέχειας panels.
- Μέτρηση γείωσης στην ισοδυναμική μπάρα γείωσης του πίνακα DC και AC.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

“ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ”

5.1 Γενικά

Βλάβη σε ένα σύστημα σημαίνει ότι υπάρχει μια δυσλειτουργία. Την βλάβη μπορούμε να την χωρίσουμε σε 3 κατηγορίες

- Υψηλού επιπέδου πρόβλημα
- Μέσου επιπέδου πρόβλημα
- Χαμηλού επιπέδου πρόβλημα

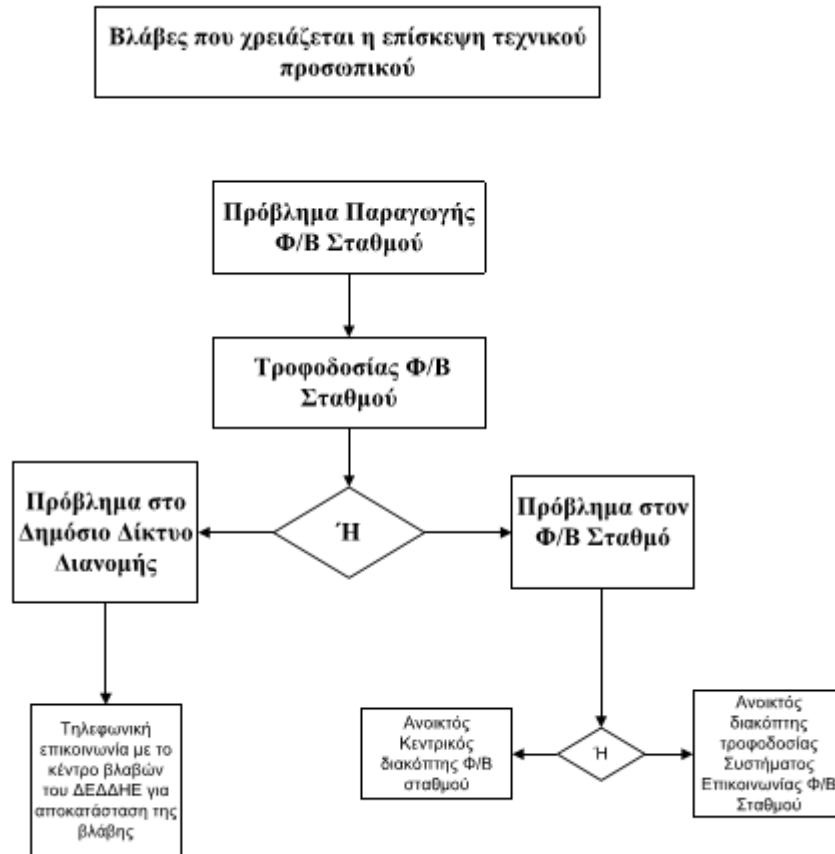
Οι βλάβες οι οποίες μας δημιουργούν μεγάλα προβλήματα είναι του **υψηλού επιπέδου**, οι οποίες είναι αυτές που μας θέτουν εκτός λειτουργίας το σύστημα, ή υπολειτουργούν σημεία της εγκατάστασης, που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας (π.χ. βλαβη ενός αντιστροφέα κτλ).

Μέσου επιπέδου θεωρούμε τις βλάβες που σχετίζονται με την υπολειτουργία ενός σημείου της εγκατάστασης και δεν επηρεάζουν τόσο την παραγωγή ενέργειας (π.χ. Η διακοπή ενός κυκλώματος (string) του αντιστροφέα).

Χαμηλού επιπέδου είναι αυτές που δεν μας επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας, απλά μας δυσκολεύουν στην ομαλή επιτήρηση του Φ/Β σταθμού (π.χ. ένα καμμένο τροφοδοτικό κάμερας ασφαλείας)

Οι βλάβες που πιθανόν να προκύψουν σε ένα Φ/Β σταθμό ανεξάρτητα από το επίπεδό τους πρέπει να επιλύονται άμεσα έτσι ώστε να επανέρχεται στην ορθή λειτουργία του ο Φ/Β σταθμός. **Η επισκευή της βλάβης μπορεί να γίνει με την επίσκεψη μας στην εγκατάσταση ή εξ αποστάσεως.**

Η εξ αποστάσεως επίσκεψη είναι κυρίως για βλάβες επικοινωνίας του Φ/Β σταθμού(π.χ. πρόβλημα με το router, επικοινωνία των αντιστροφών) και βλάβες που προκύπτουν στο δημόσιο δίκτυο ηλεκτρισμού.



Οι βλάβες που απαιτούν επί τόπου παρουσία τεχνικού προσωπικού για την επίλυσή τους, είναι αυτές που έχουν αντίκτυπο στη παραγωγή ενέργειας του Φ/Β σταθμού. Η επίσκεψή στον Φ/Β σταθμό θα πρέπει να είναι στοχευμένη και το τεχνικό προσωπικό να φέρει μαζί του υλικά και εργαλεία τα οποία μπορεί να χρειαστούν στην αποκατάσταση βλάβης.

5.2 Χρόνος Επίλυσης της Βλάβης

Οι βλάβες που προκύπτουν στους Φ/Β σταθμούς πρέπει να επιδιορθώνονται όσο πιο σύντομα γίνεται σε όποιο επίπεδο και αν ανήκουν.

Όταν υπάρχει βλάβη στην επικοινωνία του Φ/Β σταθμού θα πρέπει να επιλυθεί άμεσα, διότι χωρίς συνεχή επικοινωνία δεν μπορούμε να αντιληφθούμε βλάβες που μπορεί να προκύψουν σε κάποιο άλλο κομμάτι της εγκατάστασης.

Μια πιθανή βλάβη σε κάποιον αντιστροφέα συνεπάγεται απώλεια παραγωγής ενέργειας, που έχει ως αποτέλεσμα να χάνει χρήματα ο επενδυτής

Καθοριστικός είναι ο χρόνος επίλυσης μιας βλάβης, διότι εξαρτάται απ αυτόν η διαρκής επίβλεψη του Φ/Β σταθμού και η απώλεια ενέργειας. Τον χρόνο αυτόν προσπαθούν να ελαττώσουν η να περιορίσουν όλοι όσοι εμπλέκονται στην συντήρηση του Φ/Β σταθμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Καλογεράκης Γεώργιος, «Μελέτη Εγκατάστασης και Λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Πάρκου 80KW», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πουτεχνείο Κρήτης, 2013
- [2] Τζιουβάρας Μιχαήλ, «Μελέτη απόδοσης των φωτοβολταϊκών πάρκων στο Νομό Θεσσαλονίκης», Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε., ΤΕΙ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης
- [3] Νταλής Γεώργιος, “Ολοκληρωμένος Σχεδιασμός Διαδικασιών Συντήρησης Φωτοβολταϊκών Σταθμών”, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Πειραιά, 2013.
- [4] Κατσέλης Χρ., Φωτοβολταϊκά, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών / 2.5 Βασικά μέρη Φ/Β Συστήματος, 2012.
- [5] ‘Πηγές Ενέργειας – Συμβατικές και Ανανεώσιμες’ Γελεγένης – Αξαόπουλος, έκδοση Σύγχρονη εκδοτική.
- [6] Ι.Ε. Φραγκιαδάκης. Φωτοβολταϊκά συστήματα. ΖΗΤΗ. Θεσσαλονίκη. 2004.
- [7] (portal.tee.gr) Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων.
- [8] www.hellarco.gr (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών)
- [9] www.ypeka.gr
- [10] www.rae.gr
- [11] www.admie.gr
- [12] www.deddie.gr
- [13] www.lagie.gr
- [14] www.cres.gr
- [15] www.retscreen.net
- [16] <http://www.φωτοβολταϊκά.com>
- [17] Eco Energia A.E. / www.ecoenergia.gr
- [18] Enfoton Solar Ltd / www.enfotonsolar.com
- [19] Solar Cells Hellas / www.schellas.g
- [20] green project/ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ