

Εξωτερική αντικεραυνική προστασία σε φωτοβολταϊκό πάρκο

Η εγκατάσταση αξιόπιστης εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για τα φωτοβολταϊκά πάρκα, διασφαλίζοντας αδιάλειπτη λειτουργία, ορθή χρήση του εξοπλισμού και ασφάλεια του προσωπικού.

Από το τμήμα τεχνικής υποστήριξης της ΕΛΕΜΚΟ ΑΒΕΕ

Η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών πάρκων σε παγκόσμιο επίπεδο ανέδειξε την ανάγκη για εξειδικευμένα συστήματα προστασίας από κεραυνικές εκφορτίσεις. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα αποτελούν εγκαταστάσεις μεγάλης έκτασης, εκτεθειμένες σε ανοικτό περιβάλλον, και ίσως σε περιοχές υψηλής πίεσης ανέμου και υψομέτρου. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, οι μεταλλικές βάσεις στήριξης, οι inverter, οι πίνακες DC/AC, οι υποσταθμοί και οι γραμμές μεταφοράς συνιστούν πολύτιμο εξοπλισμό υψηλής τεχνολογίας. Η κεραυνική δραστηριότητα μπορεί να επιφέρει σημαντικές ζημιές, διακοπή λειτουργίας ή και κινδύνους για το προσωπικό.

Το εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ) αποσκοπεί στην ασφαλή εκτροπή του ρεύματος κεραυνού προς το έδαφος, χωρίς διέλευσή του μέσα από τον εξοπλισμό. Η σχεδίασή του διέπεται από τη νέα έκδοση (2024) των προτύπων της σειράς ΕΛΟΤ EN 62305, τα οποία προσδιορίζουν τη μεθοδολογία για την εκτίμηση του κινδύνου (Risk Assessment), την επιλογή του επιπέδου αντικεραυνικής προστασίας (Lightning Protection Level [LPL]) και το σχεδιασμό συλλεκτρίων συστημάτων, αγωγών καθόδου και συστήματος γείωσης.

Επίπεδα προστασίας (LPL)

Η σχεδίαση του συστήματος προστασίας από κεραυνούς (Lightning Protection System [LPS]) ξεκινά πάντα με εκτίμηση κινδύνου (Risk Assessment), σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-2 και απαιτείται υπολογισμός κινδύνου, σύμφωνα με τα παρακάτω επίπεδα (L):

■ **L1:** Κίνδυνος απώλειας ανθρώπινης ζωής & τραυματισμού.

■ **L2:** Κίνδυνος φυσικής καταστροφής της κατασκευής (πυρκαγιά, έκρηξη, μηχανικές & στατικές καταστροφές, χημικές επιδράσεις).

■ **L3:** Κίνδυνος καταστροφής εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης και ηλεκτρονικών συστημάτων λόγω υπερτάσεων κεραυνού.

Για τα φωτοβολταϊκά πάρκα, μια μεμονωμένη κεραυνική εκφόρτιση μπορεί να προκαλέσει:

■ Καταστροφή inverter υψηλής αξίας.

■ Διακοπή παραγωγής με σημαντική απώλεια εσόδων.

■ Ζημιές στα φωτοβολταϊκά πλαίσια.

■ Απώλεια δεδομένων SCADA.

■ Ζημιές σε πίνακες DC/AC και καλωδιώσεις.

Το επίπεδο προστασίας καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι:

■ Η θέση.

■ Το ύψος δομών και

■ Η κεραυνική πυκνότητα N_g της περιοχής, κάτι που εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή: Όσο μεγαλύτερη είναι η N_g , τόσο υψηλότερη είναι η πιθανότητα άμεσων πληγμάτων.

Συνήθως τα φωτοβολταϊκά κατατάσσονται σε κατηγορία αντικεραυνικής προστασίας LPL IV.

Το εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ) περιλαμβάνει τα εξής κύρια μέρη:

■ Το συλλεκτήριο σύστημα («συλλέγει» το κεραυνικό πλήγμα και το διοχετεύει στο σύστημα γείωσης).

■ Τους αγωγούς καθόδου («οδηγούν» το κεραυνικό ρεύμα από το συλλεκτήριο σύστημα προς το σύστημα γείωσης).

■ Το σύστημα γείωσης (διασφαλίζει τη διάχυση του κεραυνικού ρεύματος, χωρίς την ανάπτυξη επικίνδυνων τάσεων).

Μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας

Για το σχεδιασμό ενός εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας σε φωτοβολταϊκά πάρκα χρησιμοποιείται ευρέως η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας (Rolling Sphere Method), που είναι η πλέον ακριβής και προσομοιώνει την πορεία του κεραυνικού ρεύματος μέσω μιας νοητής σφαίρας (εικόνα 1) με ακτίνα:

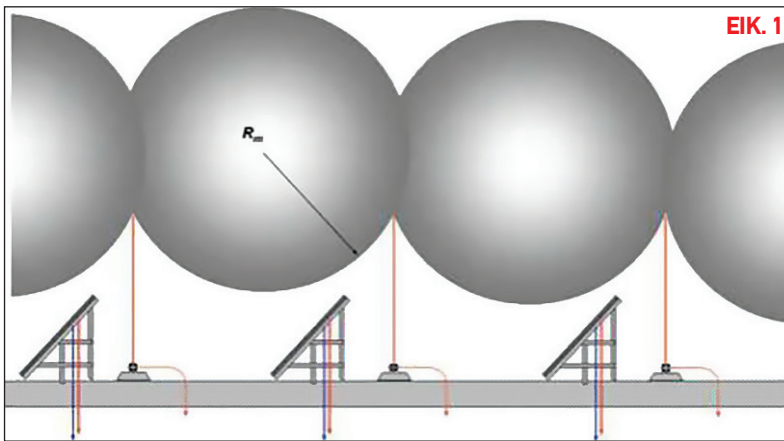
■ 20 m, για LPL I.

■ 30 m, για LPL II.

■ 45 m, για LPL III.

■ 60 m, για LPL IV.

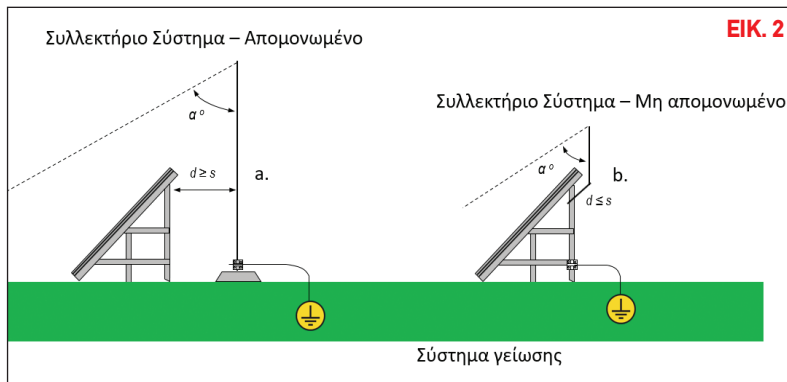




ΕΙΚ. 1

ΕΙΚΟΝΑ 1: Προσομοίωση μεθόδου κυλιόμενης σφαίρας, για την προστασία των φωτοβολταϊκών πινέλων.

ΕΙΚΟΝΑ 2: Προστασία φωτοβολταϊκού πινέλ -επί μεταλλικών βάσεων- με ακίδες.



ΕΙΚ. 2

Συλλεκτήριο σύστημα

Οι μεταλλικές βάσεις στήριξης σε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο δεν θεωρούνται επαρκείς για άμεση συλλογή κεραυνικού πλήγματος, οπότε τα φωτοβολταϊκά επί αυτών προστατεύονται από ακίδες οι οποίες πρέπει:

- Να τοποθετούνται σε επαρκές ύψος, πάνω από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (εικόνα 2).
- Να διαθέτουν μηχανική αντοχή σε ανεμοπιέσεις.
- Να μην προκαλούν σκιάσεις στα φωτοβολταϊκά πινέλ.

Οι αποστάσεις μεταξύ των ακίδων και οι θέσεις τους, είτε επί των μεταλλικών βάσεων (μη απομονωμένο σύστημα, εικόνες 2 & 3), είτε σε απόσταση πίσω από αυτές (απομονωμένο σύστημα, εικόνες 2 & 4) καθορίζονται από το επίπεδο προστασίας, με σκοπό να δημιουργούνται ζώνες που να καλύπτουν ομοιόμορφα όλες τις συστοιχίες του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Αγωγοί καθόδου

Οι αποστάσεις και το πλήθος αγωγών καθόδου καθορίζονται από το επίπεδο προστασίας. Αποτελούν κρίσιμο κομμάτι του εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας, και πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να διασφαλίζεται:

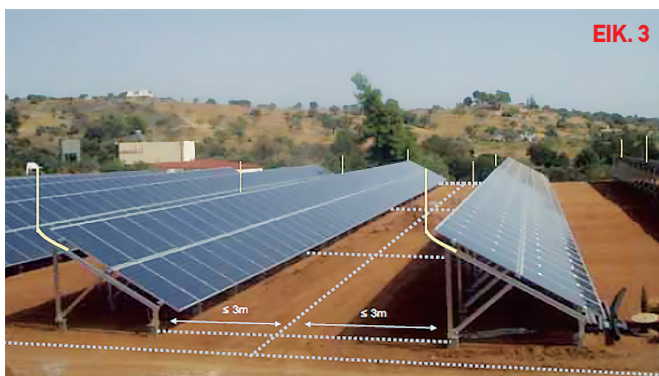
- Ευθύγραμμη διαδρομή με ελάχιστες καμπύλες.
 - Σταθερή απόσταση μεταξύ τους.
- Συνήθως, οι μεταλλικές βάσεις των φωτοβολταϊκών πινέλ αποτελούν «φυσικούς» αγωγούς καθόδου, που γεφυρώνονται - συνδέονται ηλεκτρικά τόσο με τις ακίδες όσο και με το σύστημα γείωσης.

Σύστημα γείωσης

Σε ένα φωτοβολταϊκό πάρκο, το σύστημα γείωσης μπορεί να αποτελείται από:

- Περιμετρικό δακτύλιο γείωσης (τοποθετείται περιμετρικά του πάρκου, λειτουργεί ως βασική γραμμή συλλογής ρευμάτων και συνδέεται με τους μεταλλικούς αγωγούς καθόδου, εικόνα 5).
 - Ραβδοειδή ηλεκτρόδια γείωσης.
 - Συνδυασμό των δύο παραπάνω.
- Η χαμηλή αντίσταση γείωσης είναι απαραίτητη διότι:
- Αποτρέπει την υπέρταση στα πινέλ.
 - Μειώνει τις βηματικές τάσεις και τάσεις επαφής.
 - Διασφαλίζει την ομαλή διάχυση του κεραυνικού ρεύματος.

Για τη σχεδίαση ενός συστήματος προστασίας από κεραυνούς γίνεται εκτίμηση κινδύνου σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62305-2, καθώς και υπολογισμός κινδύνου



ΕΙΚ. 3

ΕΙΚΟΝΑ 3: Ακίδες επί των μεταλλικών βάσεων - μη απομονωμένο σύστημα.



ΕΙΚ. 4

ΕΙΚΟΝΑ 4: Ακίδες πίσω από τις μεταλλικές βάσεις - απομονωμένο σύστημα.

Ισοδυναμικές συνδέσεις

Όλα τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης (βάσεις, inverter, περιφράξεις, πίνακες DC/AC, βλ. εικόνα 5) πρέπει να συνδέονται στον κύριο αγωγό γείωσης ώστε να βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό, αποτρέποντας την εμφάνιση επικίνδυνων τάσεων μεταξύ διαφορετικών σημείων κατά τη διάρκεια κεραυνικής εκφόρτισης.

Υλικά και διατομές

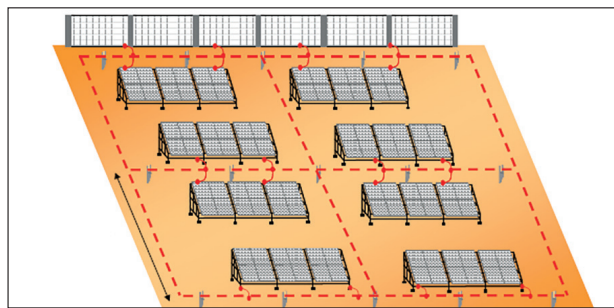
Τα υλικά ενός εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας καθορίζονται από τις ελάχιστες απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-3 σχετικά με τις διατομές-διαστάσεις, από το είδος κατασκευής των μεταλλικών βάσεων (πασσαλόπηξη ή μεπτόπηξη) και από το είδος (π.χ. χαλκός, χάλυβα κλπ.).

Συνεργασία εξωτερικής και εσωτερικής προστασίας

Η εξωτερική αντικεραυνική προστασία (εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας) πρέπει να λειτουργεί σε συνδυασμό με την εσωτερική (Surge Protection Devices- [SPD]).

Αν και δεν αποτελεί μέρος της παρούσας ανάλυσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι:

- Τα SPDs τύπου 1 τοποθετούνται στην είσοδο του πάρκου (υποσταθμός, AC πίνακες).
- Τα SPDs τύπου 2 τοποθετούνται σε πίνακες DC/AC και inverter statios.
- Τα SPDs τύπου 3 χρησιμοποιούνται σε ευαίσθητα ηλεκτρονικά (SCADA, τηλεπικοινωνίες).



ΕΙΚΟΝΑ 5: Ενδεικτικό σύστημα γείωσης και ισοδυναμικές συνδέσεις.

Ο συνδυασμός εσωτερικής και εξωτερικής προστασίας διασφαλίζει πλήρη προστασία έναντι άμεσων και έμμεσων πληγμάτων.

Συντήρηση, επιθεώρηση και έλεγχοι

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συντήρηση. Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 ορίζει:

- Ετήσια επιθεώρηση (οπτικό έλεγχο ακίδων, στηριγμάτων και παρελκομένων, οπτικό έλεγχο αγωγών καθόδου, εντοπισμό διαβρώσεων ή φθορών, έλεγχο συνδέσεων και ακροδεκτών).
- Επιθεώρηση μετά από κεραυνικό πλήγμα. Λόγω του ότι μεγάλα ρεύματα εκ-

ας έχει υψηλή απόδοση, διότι η πιθανή ζημιά από έναν και μόνο κεραυνό μπορεί να υπερβεί κατά πολύ το κόστος εγκατάστασης του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα:

- Η αντικατάσταση ενός inverter μπορεί να κοστίσει δεκάδες χιλιάδες ευρώ.
- Τα πάνελ μπορεί να παρουσιάσουν μικρορωγμές ή ολική καταστροφή.
- Η διακοπή παραγωγής μπορεί να διαρκέσει ημέρες ή εβδομάδες.
- Η ασφάλεια προσωπικού και εξοπλισμού αποτελεί πρωταρχική προτεραιότητα. Μελέτες δείχνουν ότι η επιστροφή επένδυσης (ROI) ενός ολοκληρωμένου συστήματος προστασίας από κεραυνούς είναι σχεδόν πάντοτε εφικτή μέσα στα πρώτα 2-3 χρόνια λειτουργίας του πάρκου.

Η κεραυνική προστασία δεν αποτελεί προαιρετικό συμπλήρωμα της μελέτης για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο αλλά βασικό στοιχείο ασφάλειας και αξιοπιστίας

Συμπεράσματα

Ένα φωτοβολταϊκό πάρκο αποτελεί πολύτιμη και ευαίσθητη εγκατάσταση, εκτεθειμένη πλήρως στα φυσικά φαινόμενα. Για το λόγο αυτό, η κεραυνική προστασία δεν αποτελεί προαιρετικό συμπλήρωμα της μελέτης αλλά βασικό στοιχείο ασφάλειας και αξιοπιστίας.

Η ορθή εφαρμογή των προτύπων της σειράς ΕΛΟΤ EN 62305 εξασφαλίζει ότι:

- Το ρεύμα του κεραυνού συλλέγεται και οδηγείται με ασφάλεια στο έδαφος.
- Τα πάνελ και οι inverter προστατεύονται από άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις.
- Το προσωπικό είναι ασφαλές.
- Η παραγωγή ενέργειας γίνεται αδιάλειπτα.
- Η διάρκεια ζωής της εγκατάστασης αυξάνεται.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, σε συνδυασμό με κατάλληλα SPD, χαμηλή αντίσταση γείωσης και τακτική συντήρηση, αποτελεί τη βέλτιστη πρακτική που πρέπει να ακολουθεί κάθε σύγχρονο φωτοβολταϊκό πάρκο.

φόρτισης μπορεί να προκαλέσουν μηχανικές παραμορφώσεις, θερμικά σημάδια και χαλάρωση συνδέσεων, αμέσως μετά από έντονη καταιγίδα πρέπει να ελέγχονται όλα τα σημεία.

Οικονομική σημασία

Η επένδυση σε ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας



ΕΙΚ. 6

ΕΙΚΟΝΑ 6: Απαγωγός T1 συνδέεται εν σειρά με παροχικό καλώδιο διασύνδεσης inverter και MVS, προσφέροντας προστασία από άμεσο κεραυνικό πλήγμα στα inverter.