



Πανεπιστήμιο  
Κύπρου



Αρχή  
Ηλεκτρισμού  
Κύπρου

# Τεχνικό Εγχειρίδιο Αντικεραυνικής Προστασίας & Προστασίας από Υπερτάσεις για Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις Επί Οροφής



Υπεύθυνοι Μελέτης:  
Ανδρέας Δημητρίου  
Χαράλαμπος Α. Χαράλαμπος

## Πρόλογος

Η εκπόνηση του εγχειριδίου αυτού ανατέθηκε στο εργαστήριο Power System Modelling (PSM) Lab του Ερευνητικού Κέντρου Αειφόρου Ενέργειας «Φως» του Πανεπιστημίου Κύπρου, από την Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ).

Συνοπτικά, το παρόν κείμενο αποτελεί εγχειρίδιο οδηγιών για την ασφαλή και αξιόπιστη εγκατάσταση συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις, τα οποία είναι διασυνδεδεμένα με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι οδηγίες, που ακολουθούν, στοχεύουν κυρίως σε θέματα σχεδιασμού και υλοποίησης της προστασίας από κεραυνούς και υπερτάσεις των Φ/Β συστημάτων καθώς επίσης και της προστασίας της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης των κτηρίων, δεδομένου ότι τα Φ/Β συστήματα αποτελούν εν γένει αναπόσπαστο στοιχείο αυτής. Συνεπώς, κύριος στόχος των οδηγιών είναι η ενημέρωση των ενδιαφερομένων με σκοπό την υιοθέτηση πρακτικών, που θα συμβάλουν στην προαγωγή της ενδεδειγμένης εγκατάστασης συστημάτων προστασίας διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων. Η ανάγκη υψηλής ποιότητας της σχεδίασης και εγκατάστασης αυτών των συστημάτων αναδεικνύεται προκειμένου να εξασφαλίζεται αφ' ενός η ασφάλεια των χρηστών των κτηρίων και αφ' ετέρου η προστασία της περιουσίας τους. Θα πρέπει να τονιστεί με ιδιαίτερη έμφαση, ότι μια ολοκληρωμένη προστασία ενός Φ/Β συστήματος απαρτίζεται από μια σειρά μέτρων προστασίας και δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να στηριχθεί σ' ένα και μόνο προϊόν. Τα μέτρα προστασίας λειτουργούν αλυσιδωτά και αρκεί ένας αδύναμος κρίκος να χαλάσει την ισορροπία αντιμετώπισης του κινδύνου. Οι παρούσες οδηγίες δεν μπορούν να θεωρηθούν ως δεσμευτικοί κανονισμοί, αλλά ως καθοδηγητικές συστάσεις και πρακτικές, που έχουν βασιστεί σε διεθνή πρακτική και εμπειρία. Καταγράφουν με λεπτομέρεια την ενδεδειγμένη μεθοδολογία, που ακολουθείται στη βάση διεθνών προτύπων και γίνεται αναφορά σε αυτά έτσι ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να αναφερθεί αντίστοιχα.

Η ομάδα εργασίας συστάθηκε ως εξής:

### Πανεπιστήμιο Κύπρου:

- Ανδρέας Δημητρίου, Ερευνητικός Συνεργάτης PSM LAB
- Χαράλαμπος Α. Χαράλαμπος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

### Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου:

Ντίνος Χαραλαμπίδης, Σάββας Παπαδούρης, Μάριος Παππουτής, Γιαννάκης Ιωάννου, Βενιζέλος Ευθυμίου, Ανδρέας Σταύρου, Ζήνωνας Αχιλλίδης, Καμινारीδης Σοφοκλής.

### Επικοινωνία

Χαράλαμπος Α. Χαράλαμπος

Επίκουρος Καθηγητής, Υπεύθυνος Εργαστηρίου Μοντελοποίησης Συστημάτων Ηλεκτρικής Ισχύος (PSM Lab)

Τμήμα HMMY & Ερευνητική Μονάδα Ενεργειακής Αειφορίας ΦΩΣ, Πανεπιστήμιο Κύπρου  
Green Park 412, PO BOX 20537, TT134, 1167, Λευκωσία

Email: cchara@ucy.ac.cy

Ιστοσελίδα Εργαστηρίου: [www.psm.ucy.ac.cy](http://www.psm.ucy.ac.cy)

# Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή</b> .....	5
<b>2. Όροι και Ορισμοί</b> .....	5
<b>3. Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας ΣΑΠ φωτοβολταϊκής εγκατάστασης επί οροφής</b> .....	10
<b>4. Αξιολόγηση ρίσκου και προσδιορισμός απαιτούμενου επιπέδου προστασίας ΣΑΠ</b> .....	11
4.1 Μελέτη αναγκαιότητας και οικονομική αξιολόγηση.....	11
4.2 Στάθμη προστασίας συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.....	14
<b>5. Επιλογή εξωτερικού Τύπου Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας</b> .....	16
5.1 Εξωτερική εγκατάσταση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.....	16
5.2 Συλλεκτήριο σύστημα.....	16
5.3 Σύστημα Αγωγών Καθόδου.....	19
5.4 Σύστημα Γείωσης.....	20
5.4.1 Διάταξη ηλεκτροδίων Τύπου Α.....	21
5.4.2 Διάταξη ηλεκτροδίων Τύπου Β.....	22
5.4.3 Υλικά και προδιαγραφές Ηλεκτροδίων.....	23
5.4.4 Εγκατάσταση ηλεκτροδίων γείωσης.....	23
5.5 Θεμελιακή γείωση.....	25
5.5.1 Εγκατάσταση Θεμελιακής Γείωσης.....	25
5.6 Στερέωση.....	26
<b>6. Εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας</b> .....	29
6.1 Ισοδυναμικές συνδέσεις.....	29
6.1.1 Ισοδυναμικές συνδέσεις σε μεταλλικές εγκαταστάσεις.....	30
6.1.2 Ισοδυναμικές συνδέσεις εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων.....	32
6.1.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις για εσωτερικά συστήματα.....	32
6.1.4 Ισοδυναμικές συνδέσεις για εισερχομένων στο κτήριο γραμμών.....	33
6.2 Διαχωρισμός εγκατάστασης σε ζώνες προστασίας.....	33
6.3 Αποσυμφόρηση κεραυνικού πλήγματος στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό του κτηρίου.....	35
6.4 Αντοχή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού έναντι υπερτάσεων.....	36
6.5 Συσκευές περιορισμού υπερτάσεων (SPDs).....	38
6.5.1 Βασικά χαρακτηριστικά.....	38
6.5.2 Διαχωρισμός συσκευών περιορισμού υπερτάσεων ανάλογα με την απόκριση τους σε ρεύμα υπερεντάσεως.....	39
6.5.3 Υπολογισμός επιπέδου τάσεως προστασίας $U_p$ SPDs.....	39
6.5.4 Συνδεσμολογία εγκατάστασης (SPDs) στην πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος (AC-πλευρά).....	39

6.5.5 Συνδεσμολογία εγκατάστασης (SPDs) στην πλευρά συνεχούς ρεύματος (DC-πλευρά) .....	42
6.5.6 Εσωτερική σχηματική σύνδεση SPDs στην DC-πλευρά.....	44
6.5.7 Εγκατάσταση συσκευών SPDs στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος.....	45
6.5.8 Επιλογή Τύπου συσκευών περιορισμού υπερτάσεων SPDs σε κτήρια με φωτοβολταϊκή εγκατάσταση .....	45
6.5.9 Εγκατάσταση SPDs στο γενικό πίνακα της εγκατάστασης.....	47
6.5.10 Προστασία Φ/Β στοιχείων από υπερρεύματα και διακόπτης φορτίου.....	48
6.5.11 Συσκευές SPDs για καλώδια ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων .....	50
6.5.12 Εγκατάσταση συσκευών SPDs σε καλώδια μεταφοράς δεδομένων .....	51

## Παράρτημα

<u>Παράρτημα Α:</u> Απλουστευμένη διαδικασία εκτίμησης αναγκαιότητας εφαρμογής Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας ΣΑΠ.....	52
<u>Παράρτημα Β:</u> Υπολογισμός χώρου προστασίας μέσω ακίδας με τη μέθοδο γωνίας προστασίας και κυλιόμενης σφαίρας .....	59
<u>Παράρτημα Γ:</u> Διαδικασία Επιλογής Χαρακτηριστικών συσκευών περιορισμού υπερτάσεων .....	61
<u>Παράρτημα Δ:</u> Μέτρηση Αντίστασης Γείωσης .....	69
<u>Παράρτημα Ε:</u> Πίνακες Τιμών .....	72
Πίνακας 14 - Ελάχιστες Διαστάσεις συλλεκτήριων συστημάτων και αγωγών καθόδου ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση τους.....	72
Πίνακας 15 - Ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά συλλεκτήριων συστημάτων και αγωγών καθόδου....	73
Πίνακας 16 - Τιμές Συντελεστών ( $K_i$ , $K_c$ , $K_m$ ) για υπολογισμό απόστασης απομόνωσης .....	73
Πίνακας 17 - Τυπικές Αποστάσεις μεταξύ αγωγών καθόδου.....	73
Πίνακας 18 - Ελάχιστες διαστάσεις αγωγών συστήματος γείωσης ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση τους .....	74-75
Πίνακας 19 - Ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά αγωγών συστήματος γείωσης ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση τους.....	75-76
Πίνακας 20 - Επίπεδο προστασίας ηλεκτρολογικού εξοπλισμού....	76
Πίνακας 21 - Ελάχιστη Απαιτούμενη τιμή $U_c$ για SPD ανάλογα με το σύστημα διανομής .....	77
Πίνακας 22 - Τυπικές Τιμές δοκιμών TOV .....	77





Πίνακας 23- Επιλογή υλικών ανάλογα με τη χρήση τους και αντοχή τους στη διάβρωση .....	78
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>79</b>

# 1. Εισαγωγή

Το παρόν κείμενο αποτελεί εγχειρίδιο οδηγιών για την ασφαλή και αξιόπιστη εγκατάσταση συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις, τα οποία είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

## 2. Όροι και Ορισμοί

Για λόγους πληρότητας του οδηγού, παρατίθενται οι πιο κάτω όροι και ορισμοί όπως περιγράφονται μέσα από πρότυπα στα οποία γίνεται αναφορά, για διευκόλυνση του αναγνώστη.

### 2.1 Διάρκεια μετώπου κρουστικού ρεύματος $T_1$

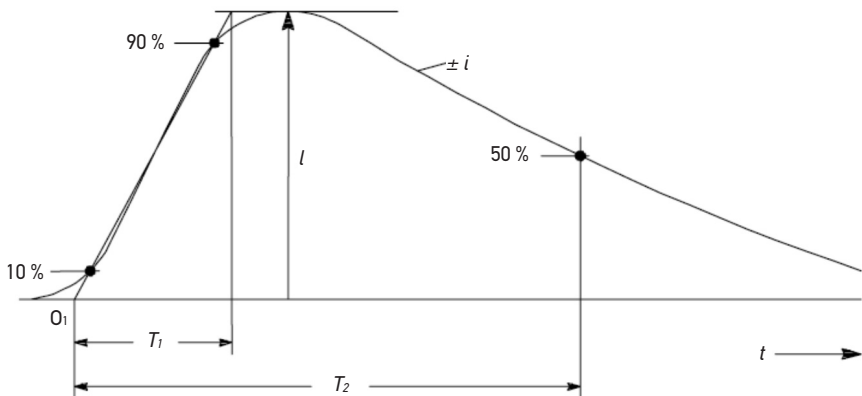
Ισοδυναμεί με 1,25 φορές τη διάρκεια  $T$ , η οποία ορίζεται μεταξύ των στιγμών όπου στο μέτωπο το ρεύμα λαμβάνει τιμές από 10% μέχρι το 90% της μέγιστης του τιμής [EN 62305-1].

### 2.2 Συμβατική αρχή του κρουστικού ρεύματος $O_1$

Είναι το σημείο τομής του άξονα του χρόνου με την ευθεία που περνά από τα σημεία της καμπύλης του κρουστικού ρεύματος, όπου παίρνει τιμές 10% και 90% της μέγιστης του τιμής [EN 62305-1].

### 2.3 Διάρκεια ημίσεως εύρους κρουστικού ρεύματος $T_2$

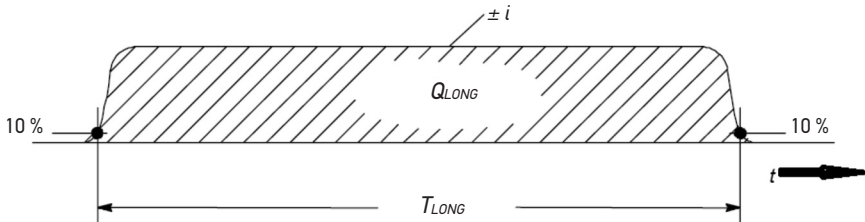
Ορίζεται ως η διάρκεια μεταξύ της συμβατικής αρχής του κρουστικού ρεύματος  $O_1$  μέχρι της στιγμής που το ρεύμα μειώνεται στο 50% της μέγιστης του τιμής [EN 62305-1].



Γράφημα 1: Χρονικές παράμετροι  $T_1$ ,  $T_2$  και  $O_1$  κρουστικού ρεύματος.

#### 2.4 Διάρκεια κεραυνικού ρεύματος μακράς διάρκειας (LongStroke) $T_{LONG}$ :

Ορίζεται ως η διάρκεια μεταξύ της στιγμής κατά την οποία το ρεύμα έχει τιμή ίση με το 10% της μέγιστης του τιμής κατά την αύξηση του ρεύματος, έως τη στιγμή που λαμβάνει τιμή για δεύτερη φορά ίση με 10% της μέγιστης του τιμής κατά τη μείωση του ρεύματος [EN 62305-1]



Γράφημα 2: Γραφική ρεύματος μακράς διάρκειας.

#### 2.5 Μέση κλίση κεραυνικού ρεύματος ( $di/dt$ )

Ο μέσος ρυθμός ανόδου του ρεύματος από το 30% στο 90% του πλάτους μετώπου.

$$\Delta i/\Delta t = (i_{90} - i_{30}) / (t_{90} - t_{30}) \quad [\text{EN } 62305-1].$$

#### 2.6 Ειδική ενέργεια (SE)

Η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη ροή του ρεύματος σε μοναδιαία αντίσταση.

$$SE = \int i^2 dt \quad [\text{EN } 62305-1].$$

#### 2.7 Κρουστικό Φορτίο $Q_{SHORT}$

Χρονικό ολοκλήρωμα της κρουστικής συνιστώσας του ρεύματος κεραυνού [EN 62305-1].

#### 2.8 Συνολικό Φορτίο $Q_{FLASH}$

Το χρονικό ολοκλήρωμα του ρεύματος κεραυνού [EN 62305-1].

#### 2.9 Φορτίο κεραυνικού ρεύματος μακράς διάρκειας (LongStroke) $Q_{LONG}$

Χρονικό ολοκλήρωμα της συνιστώσας του ρεύματος κεραυνού μακράς διάρκειας (Long Stroke) [EN 62305-1].

#### 2.10 Μέγιστη τιμή ρεύματος (I)

Μέγιστη τιμή ρεύματος κεραυνού [EN 62305-1].

#### 2.11 Πλήγμα κεραυνού

Ηλεκτρική εκκένωση που προέρχεται από πτώση κεραυνού [EN 62305-1].

#### 2.12 Αναμενόμενη συχνότητα κεραυνικών πληγμάτων $N_d$

Αναμενόμενη ετήσια συχνότητα προσβολής μιας κατασκευής από άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα [EN 62305-2].

### **2.13 Συνήθειες κατασκευές**

Κατασκευές που χρησιμοποιούνται για συνήθειες χρήσεις, όπως οικιστική, βιομηχανική, αγροτική χωρίς συγκεκριμένες ιδιαιτερότητες [EN 62305-2].

### **2.14 Περιοχή προστασίας**

Περιοχή που θεωρείται ότι προστατεύεται από άμεσο κεραυνικό πλήγμα [EN 62305-2].

### **2.15 Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ)**

Το ολοκληρωμένο σύστημα με εξωτερικές και εσωτερικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιείται για την προστασία κατασκευών από κεραυνικά πλήγματα [EN 62305-3].

### **2.16 Απομονωμένο ΣΑΠ**

ΣΑΠ όπου το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα αγωγών καθόδου τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε η διαδρομή διέλευσης κεραυνικού ρεύματος να είναι απομονωμένη από την υπό προστασία κατασκευή [EN 62305-3].

### **2.17 Μη απομονωμένο ΣΑΠ**

ΣΑΠ όπου το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα αγωγών καθόδου τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε η διαδρομή διέλευσης κεραυνικού ρεύματος να μην είναι απομονωμένη από την υπό προστασία κατασκευή [EN 62305-3].

### **2.18 Εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας**

Το σύνολο στοιχείων που εγκαθίστανται εξωτερικά στην υπό προστασία κατασκευή [EN 62305-3].

### **2.19 Εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας**

Το σύνολο στοιχείων που εγκαθίστανται εσωτερικά στην υπό προστασία κατασκευή [EN 62305-3].

### **2.20 Συνδέσεις-Γεφυρώσεις για εξίσωση δυναμικού (Ισοδυναμικές συνδέσεις)**

Δημιουργία αγωγίσιμης οδού μεταξύ δύο τμημάτων για μείωση της μεταξύ τους διαφοράς δυναμικού [EN 62305-3].

### **2.21 Συλλεκτήριο σύστημα**

Το στοιχείο της εξωτερικής εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας που προορίζεται για να υποδέχεται τους κεραυνούς [EN 62305-3].

### **2.22 Αγωγοί καθόδου**

Το στοιχείο της εξωτερικής εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας που διοχετεύει το ρεύμα κερανού από το συλλεκτήριο σύστημα στο σύστημα γείωσης [EN 62305-3].

### **2.23 Σύστημα γείωσης**

Το στοιχείο της εξωτερικής εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας που διοχετεύει και εκκαθαρίζει το ρεύμα κεραυνού στο έδαφος [EN 62305-3].

### **2.24 Ηλεκτρόδιο γείωσης**

Στοιχείο ή σύνολο στοιχείων του συστήματος γείωσης που εξασφαλίζουν απευθείας ηλεκτρική σύνδεση με τη Γή και διοχετεύουν το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος [EN 62305-3].

### **2.25 Περιμετρικό ηλεκτρόδιο γείωσης**

Ηλεκτρόδιο γείωσης εγκατεστημένο μέσα στο έδαφος που σχηματίζει κλειστό βρόχο γύρω από την κατασκευή [EN 62305-3].

### **2.26 Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης**

Ηλεκτρόδιο γείωσης ενσωματωμένο στο σκυρόδεμα (θεμέλια) μιας κατασκευής/κτιρίου [EN 62305-3].

### **2.27 Ισοδύναμη αντίσταση γείωσης**

Ο λόγος των μέγιστων τιμών τάσης και ρεύματος που εμφανίζονται στο σύστημα γείωσης, οι οποίες μέγιστες τιμές δεν εμφανίζονται ταυτόχρονα. Αυτός ο λόγος χρησιμοποιείται συμβατικά και χαρακτηρίζει την αποτελεσματικότητα του συστήματος γείωσης [ΕΛΟΤ 1197].

### **2.28 Ενδοσυνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός**

Ο χαλύβδινος οπλισμός μιας κατασκευής από σκυρόδεμα που έχει προβλεφθεί να έχει ηλεκτρική συνέχεια με κατάλληλες συνδέσεις μεταξύ των επιμέρους μεταλλικών στοιχείων του [EN 62305-3].

### **2.29 Περιοριστής Κρουστικής υπέρτασης SPD (surge protective device)**

Συσκευή που περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα μη γραμμικό στοιχείο και έχει σχεδιαστεί για να περιορίζει τα κρουστικά ρεύματα και υπερτάσεις [EN 61643-12].

### **2.30 Ζώνες προστασίας από κεραυνικά πλήγματα**

Ζώνες οι οποίες ορίζονται με βάση την ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που προκαλεί το κεραυνικό πλήγμα [EN 62305-4].

### **2.31 Κρουστικό ρεύμα εκφόρτισης $I_{imp}$**

Η μέγιστη τιμή ρεύματος εκφόρτισης που μπορεί να διέλθει διαμέσου ενός SPD για συγκεκριμένη φόρτιση Q, συγκεκριμένη ενέργεια W/R σε συγκεκριμένο χρόνο [EN 61643-11].

### **2.32 Ενέργεια W/R**

Είναι η ενέργεια που διαχέεται από μια μοναδιαία αντίσταση με κρουστικό ρεύμα  $I_{imp}$  [TS 61643-11].



### **2.33 Μέγιστη Τάση ανοιχτού κυκλώματος $U_{ocmax}$**

Η μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματος (χωρίς φορτίο) που μπορεί να εμφανιστεί στην DC-πλευρά του "inverter" [EN 50539-11].

### **2.34 Αντοχή σε κρουστική τάση $U_w$ (impulse withstand voltage)**

Η μέγιστη εκτιμώμενη διηλεκτρική αντοχή ηλεκτρολογικών στοιχείων έναντι κρουστικών υπερτάσεων [TS 61643-12].

### **2.35 Μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας του συστήματος $U_{cs}$**

Η μέγιστη r.m.s. τιμή τάσης του συστήματος ηλεκτροδότησης στην οποία μπορεί να υπόκειται μόνιμα η συσκευή SPD [TS 61643-12].

### **2.36 Μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας $U_c$**

Η μέγιστη r.m.s. τιμή τάσης που μπορεί να εφαρμόζεται συνεχόμενα στη συσκευή SPD και ισοδυναμεί με την ονομαστική τάση λειτουργίας [TS 61643-12].

### **2.37 Ελάχιστη διατομή μεταλλικού περιβλήματος καλωδίων που φέρουν θωράκιση $S_{cmin}$**

Η ελάχιστη διατομή του μεταλλικού περιβλήματος για καλώδια με θωράκιση προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία επικίνδυνων σπινθήρων στο καλώδιο κατά τη διέλευση κεραυνικού ρεύματος, μέσω της μεταλλικής θωράκισης [EN 62305-3].

### **2.38 Μεταλλικές Εγκαταστάσεις**

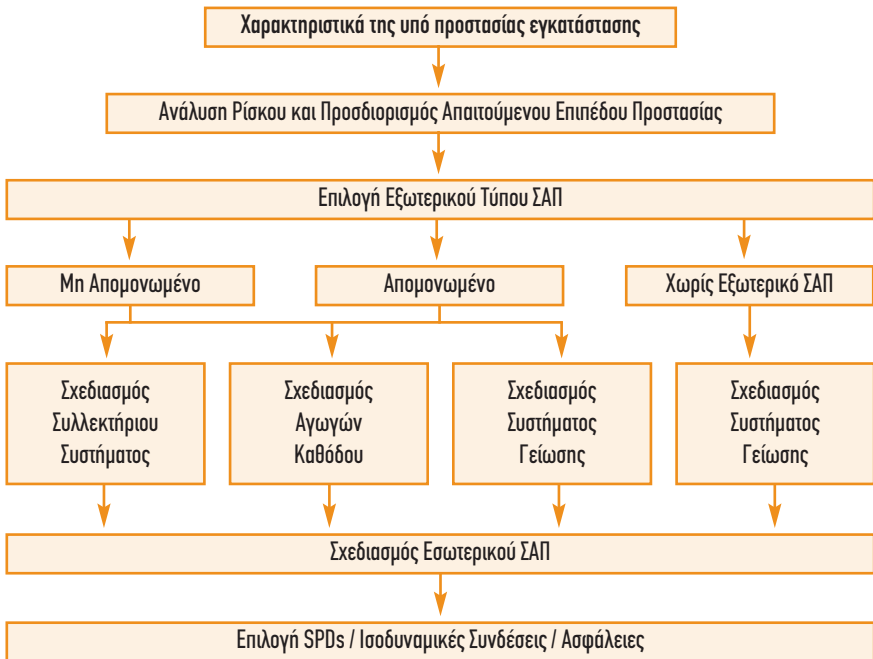
Εκτεταμένα μεταλλικά στοιχεία της υπό προστασία κατασκευής που πιθανόν να δημιουργήσουν αγωγήμη δίοδο για το κεραυνικό ρεύμα (σωληνώσεις, κιγκλιδώματα, οδηγοί ανεγκυστήρων, αεραγωγοί θέρμανσης, ενδοσυνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός) [EN 62305-3].

### **2.39 Εξωτερικά Αγωγή Τμήματα**

Εκτεταμένα μεταλλικά στοιχεία εισερχόμενα ή εξερχόμενα της κατασκευής, όπως σωληνώσεις, θωρακίσεις καλωδίων, μεταλλικά κανάλια που θα μπορούσαν να μεταφέρουν μέρος του κεραυνικού ρεύματος [EN 62305-3].

### 3. Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης Επί Οροφής

Τα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας επί οροφής, θα πρέπει να προσφέρουν προστασία τόσο στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση όσο και στο κτήριο στο οποίο είναι εγκατεστημένα. Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί ότι το ΣΑΠ είναι παθητικό σύστημα και κατά συνέπεια δεν εμποδίζει, ούτε ελκύει τον κεραυνό να πλήξει την κατασκευή. Σε περίπτωση πτώσης κεραυνού, το ΣΑΠ μειώνει τους κινδύνους στον ελάχιστο δυνατό βαθμό, χωρίς όμως να εξασφαλίζει απόλυτη προστασία σε αντικείμενα, άτομα και συσκευές. Ως εκ τούτου, η διαδικασία σχεδιασμού για αντικεραυνική προστασία αποτελείται από ένα σύνολο βημάτων τα οποία αναφέρονται περιληπτικά στο διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1: Σχεδιασμός Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας ΣΑΠ.

## 4. Αξιολόγηση Ρίσκου και Προσδιορισμός Απαιτούμενου Επιπέδου Προστασίας ΣΑΠ

### 4.1 Μελέτη Αναγκαιότητας και Οικονομική Αξιολόγηση

Προτού γίνει αναφορά στα ηλεκτρολογικά στοιχεία που αποτελούν ένα ΣΑΠ, θα παρουσιασθεί η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να αποφασίσει ο μελετητής εάν κρίνεται αναγκαία ή όχι η εγκατάσταση ΣΑΠ. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 62305-2 "Protection against Lightning-Risk Management", ένα σύνολο από παραμέτρους συνθέτουν την απόφαση αυτή.

Οι κίνδυνοι που πρέπει να περιοριστούν με ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, όπως ορίζονται στο EN 62305-2, είναι - 1. Κίνδυνος απώλειας ανθρώπινης ζωής, 2. Κίνδυνος απώλειας κοινωφελούς δικτύου (π.χ. Ενέργεια, Ύδρευση, Τηλεπικοινωνία κτλ), 3. Κίνδυνος απώλειας πολιτιστικής κληρονομιάς, 4. Κίνδυνος οικονομικών απωλειών. Η εκτίμηση του ολικού κινδύνου μιας κατασκευής από κεραυνικό πλήγμα ορίζεται τόσο με αντικειμενικά όσο και με υποκειμενικά κριτήρια επιλογής. Μερικά κριτήρια αναφέρονται πιο κάτω:

Αντικειμενικά κριτήρια	Υποκειμενικά κριτήρια
Διαστάσεις κατασκευής (Μ, Π, Υ)	Χρήση κατασκευής (π.χ. σπίτι, γραφείο, σχολείο, νοσοκομείο, χώρος συνάθροισης κοινού)
Προεξοχές κατασκευής (Υ)	Περιεχόμενο κατασκευής (π.χ. εύφλεκτα, εκρηκτικά, μεγάλη αξία)
Υπόγειες αγώγιμες παροχές	Δυνατότητα εκκένωσης (π.χ. νοσοκομείο, σχολείο, γηροκομείο, κινηματογράφος, θέατρο)
Υλικό στέγης κατασκευής (π.χ. ξύλο)	Οικονομικές επιπτώσεις - ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εκτιμήσει μόνος του τον αποδεκτό κίνδυνο για τις οικονομικές απώλειες
Εισερχόμενες παροχές από κοινό σημείο	Παρουσία ατόμων ανά 24ωρο (π.χ. μόνο ημέρα ή μέρα & νύχτα)
Θωράκιση εσωτερικών καλωδιώσεων	Επιπτώσεις περιβαλλοντικές (π.χ. από εκδήλωση πυρκαγιάς)

Πίνακας 1: Αντικειμενικά-Υποκειμενικά κριτήρια εκτίμησης κινδύνου

Στα δύο διαγράμματα που ακολουθούν, παρουσιάζονται τα βασικά βήματα που ακολουθούνται κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης, που αφορά στην εγκατάσταση ΣΑΠ.

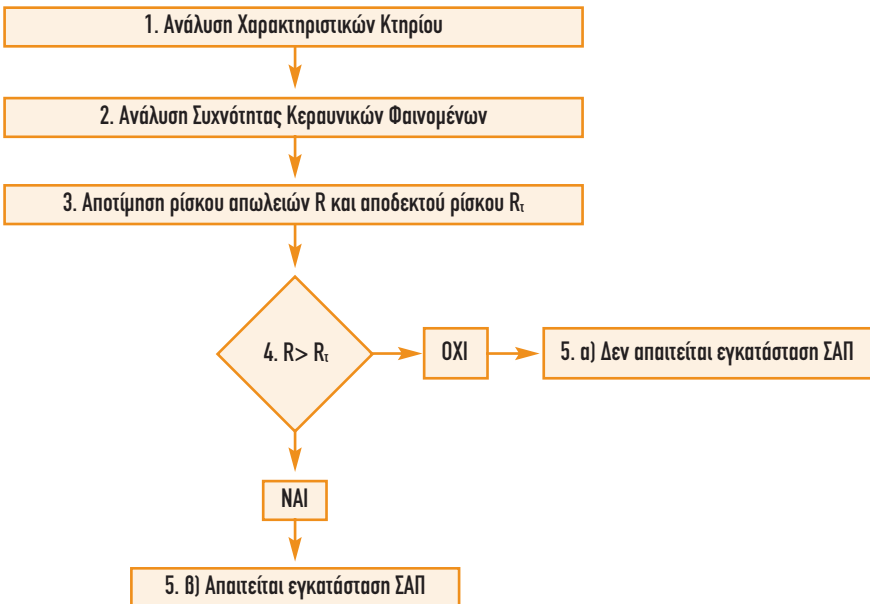
#### **A) Διάγραμμα Αξιολόγησης Αναγκαιότητας Εγκατάστασης ΣΑΠ:**

1. Ανάλυση χαρακτηριστικών κτηρίου: επισημαίνονται βασικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, όπως διαστάσεις, υλικά κατασκευής περιβάλλοντος χώρος, χρήση, ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και συνδεδεμένες παροχές (τηλεπικοινωνιακές, ηλεκτροδότησης).

2. Ανάλυση συχνότητας κεραυνικών φαινομένων: γίνεται εκτίμηση της αναμενόμενης συχνότητας άμεσων και έμμεσων κεραυνικών πληγμάτων, που μπορούν να πλήξουν την κατασκευή. Σημαντικές παράμετροι είναι ο ετήσιος αριθμός πτώσης κεραυνού, στην κατασκευή ή πλησίον αυτής και σε γραμμή τροφοδοσίας ή πλησίον αυτής.

3. Αποτίμηση ρίσκου απωλειών R και αποδεκτού ρίσκου  $R_t$ : Με τη χρήση των δύο πιο πάνω αναλύσεων, γίνεται αποτίμηση του κινδύνου να πληγεί η κατασκευή. Το ρίσκο απώλειας ανθρώπινης ζωής, δημόσιας υπηρεσίας και πολιτιστικής κληρονομιάς είναι πρωτεύουσας σημασίας. Το αποδεκτό ρίσκο είναι μια συγκρίσιμη τιμή η οποία μπορεί να επιβάλλεται από τη νομοθεσία, την εταιρεία που κατασκευάζει το έργο ή μπορεί να αναζητηθεί στο πρότυπο EN 62305-2.

4. Σύγκριση R με  $R_t$ : Εάν η τιμή του εκτιμώμενου ρίσκου R είναι μεγαλύτερη από  $R_t$ , τότε κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση ΣΑΠ, ενώ σε αντίθετη περίπτωση είναι προαιρετική. Επίσης ανάλογα με τη διαφορά αυτών των δύο τιμών, θα καθορισθεί στη συνέχεια σε ποια στάθμη προστασίας πρέπει να κατατάσσεται το ΣΑΠ (η στάθμη προστασίας αντικατοπτρίζει την αποτελεσματικότητα του ΣΑΠ).



Διάγραμμα 2: Αξιολόγηση Αναγκαιότητας ΣΑΠ

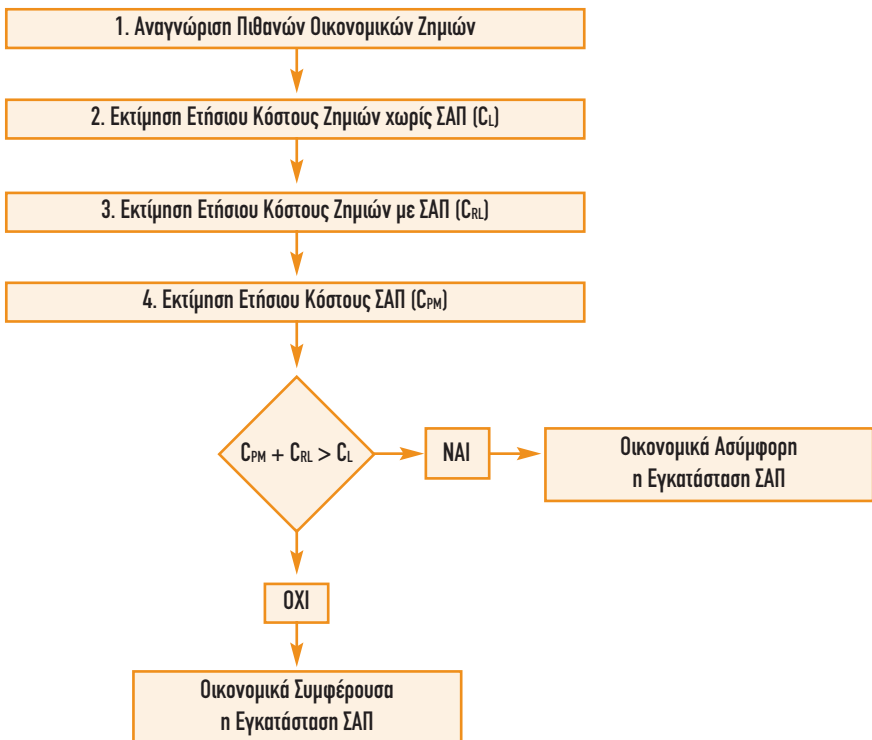
### Β) Διάγραμμα Αξιολόγησης Επένδυσης:

1. Αναγνώριση πιθανών οικονομικών ζημιών: Σε αυτό το στάδιο υπολογίζεται το ρίσκο απώλειας οικονομικών αξιών που μπορεί να προκαλέσει το κεραυνικό πλήγμα, όπως καταστροφή κτηρίου, καταστροφή περιεχομένου κτηρίου ή διακοπή κάποιας δραστηριότητας που θα επιφέρει ζημιά.

2-3. Εκτίμηση ετήσιου κόστους ζημιών: Ανάλογα με το υπολογιζόμενο ρίσκο του σταδίου 1, εκτιμάται το ετήσιο κόστος ζημιών με ΣΑΠ ( $C_{RL}$ ) και χωρίς ΣΑΠ ( $C_L$ ).

4. Εκτίμηση ετήσιου κόστους ΣΑΠ: Ανάλογα με το αρχικό κόστος εγκατάσταση του ΣΑΠ, καθώς και του επιπλέον κόστους συντήρησης κτλ, εκτιμάται το ετήσιο κόστος του ΣΑΠ ( $C_{PM}$ ).

→ Εάν  $C_{PM} + C_{RL} > C_L$  τότε η εγκατάσταση ΣΑΠ κρίνεται ασύμφορη ενώ στην αντίθετη περίπτωση συμφέρουσα.



Διάγραμμα 3. Αξιολόγηση Επένδυσης ΣΑΠ



### Γ) Προπομπές:

Για να γίνει μια ολοκληρωμένη μελέτη εκτίμησης αναγκαιότητας εγκατάστασης ΣΑΠ, θα πρέπει να μελετηθεί με λεπτομέρεια το πρότυπο EN 62305-2 "Protection Against Lightning Risk Management".

- Προς διευκόλυνση των μελετητών υπάρχουν έτοιμα λογισμικά εργαλεία στα οποία ο χρήστης εισάγει τα αναγκαία δεδομένα, που αφορούν την κατασκευή (διαστάσεις, τοποθεσία, ηλεκτρολογικός εξοπλισμός κτλ) και επιδεικνύουν κατά πόσο χρειάζεται η εγκατάσταση ΣΑΠ.
- Για λόγους πληρότητας επισυνάπτεται στο Παράρτημα Α μια απλουστευμένη διαδικασία εκτίμησης αναγκαιότητας ΣΑΠ, η οποία μπορεί να δώσει στο μελετητή μια πρώτη εκτίμηση. Επισημαίνεται, ότι για τη λήψη της τελικής απόφασης πρέπει να γίνει μια εμπειριστωμένη μελέτη λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των χαρακτηριστικών της κατασκευής, όπως περιγράφεται μέσα από το ενδεικνυόμενο πρότυπο. Προς αυτή την κατεύθυνση το εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ισχύος του Παν. Κύπρου, έχει εκπονήσει λογισμικό εργαλείο εκτίμησης κινδύνου με βάση όλες τις πρόνοιες που περιγράφονται στο πρότυπο EN 62305-2 "Protection Against Lightning Risk Management". Το λογισμικό εργαλείο παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α και βρίσκεται στη διάθεση όλων των μελετητών, Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, στην περίπτωση που κριθεί αναγκαία η χρήση του.

## 4.2 Στάθμη Προστασίας Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας

Ανάλογα με την απαιτούμενη αποτελεσματικότητα που πρέπει να διαθέτει ένα ΣΑΠ, κατατάσσεται σε συγκεκριμένη στάθμη προστασίας. Υπάρχουν τέσσερις στάθμες προστασίας που αντικατοπτρίζουν την αποτελεσματικότητα ενός ΣΑΠ, με τη στάθμη I να είναι η πιο αυστηρή/αποτελεσματική και τη στάθμη IV να είναι η λιγότερο αυστηρή/αποτελεσματική. Όσο μεγαλύτερη είναι η αποτελεσματικότητα του συστήματος τόσο μεγαλύτερες αντοχές επιδεικνύει σε κεραυνικά πλήγματα. Όπως είναι αναμενόμενο, όσο μεγαλώνει η αποτελεσματικότητα του ΣΑΠ τόσο αυξάνεται το κόστος και η πολυπλοκότητα του. Για το λόγο αυτό, κατά τη διαδικασία εκτίμησης της αναγκαιότητας του ΣΑΠ καθορίζεται και η αναγκαία στάθμη προστασίας, στην οποία πρέπει να κατατάσσεται το ΣΑΠ, ώστε να διασφαλίζεται η απαραίτητη προστασία.

Στον Πίνακα 2 παρατίθενται οι μέγιστες τιμές που αφορούν τις παραμέτρους του κρουστικού ρεύματος για κάθε στάθμη προστασίας οι οποίες χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των εξαρτημάτων προστασίας (διατομές αγωγών, τεχνικά χαρακτηριστικά SPDs, αποστάσεις προστασίας από επικίνδυνους σπινθήρες κτλ). Το ρεύμα κεραυνού μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις συνιστώσες: από ένα κρουστικό ρεύμα, μια ακολουθία κρουστικού ρεύματος και ένα ρεύμα μακράς διάρκειας. Σημαντική παρατήρηση είναι ότι οι μέγιστες τιμές ρεύματος μειώνονται στο 75% για τη στάθμη προστασίας II και στο 50% για τις στάθμες προστασίας III&IV, συγκριτικά με τη στάθμη προστασίας I.

Πρώτο θετικό κρουστικό Πλήγμα						
Παράμετροι Ρεύματος	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III	IV
Μέγιστη τιμή ρεύματος	I	KA	200	150	100	
Κρουστικό φορτίο	$Q_{SHORT}$	C	100	75	50	
Ειδική Ενέργεια	W/R	MJ/Ω	10	5,6	2,5	
Χρονικές Παράμετροι	T1/T2	μs/μs	10/350			
Πρώτο αρνητικό κρουστικό Πλήγμα						
Παράμετροι Ρεύματος	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III	IV
Μέγιστη τιμή ρεύματος	I	KA	100	75	50	
Μέση Κλίση	di/dt	KA/μs	100	75	50	
Χρονικές Παράμετροι	T1/T2	μs/μs	1/200			
Ακολουθία κρουστικού Πλήγματος						
Παράμετροι Ρεύματος	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III	IV
Μέγιστη τιμή ρεύματος	I	KA	50	37,5	25	
Μέση Κλίση	di/dt	KA/μs	200	150	100	
Χρονικές Παράμετροι	T1/T2	μs/μs	0,25/100			
Μακράς Διάρκειας-Long Stroke						
Παράμετροι Ρεύματος	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III	IV
Φόρτιση Long Stroke	$Q_{LONG}$	C	200	150	100	
Χρονική Παράμετρος	$T_{LONG}$	s	0,5			
Κεραυνός						
Παράμετροι Ρεύματος	Σύμβολο	Μονάδα	I	II	III	IV
Φόρτιση αστραπής	$Q_{FLASH}$	C	300	225	150	

Πίνακας 2: Παράμετροι κεραυνικού ρεύματος ανάλογα της στάθμης προστασίας (EN 62305-1).

## 5. Επιλογή Εξωτερικού Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)

Εφόσον αποφασισθεί κατά πόσο η εγκατάσταση θα περιλαμβάνει ή όχι ΣΑΠ ακολουθεί ο σχεδιασμός του συστήματος. Για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις επί οροφής υπάρχουν οι τρεις πιο κάτω περιπτώσεις:

**Α. Χωρίς εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.**

**Β. Απομονωμένο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.**

**Γ. Μη-Απομονωμένο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.**

Στην περίπτωση **Α**, η εγκατάσταση μπορεί να μην περιλαμβάνει εξωτερικό ΣΑΠ αλλά θα εφαρμοστούν ένα σύνολο από μέτρα προστασίας, που θα περιγραφούν στη συνέχεια και αφορούν στην εσωτερική ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Στην περίπτωση που θα εγκατασταθεί ΣΑΠ αυτό μπορεί να είναι απομονωμένο ή όχι. Το απομονωμένο ΣΑΠ χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις, όπου δεν είναι επιθυμητή η διέλευση κεραυνικού ρεύματος από τη μεταλλική κορνίζα υποστήριξης του φωτοβολταϊκού (panel), για μείωση κινδύνων από θερμικά και ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα.

### 5.1 Εξωτερική Εγκατάσταση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας

Στόχος της εξωτερικής εγκατάσταση ΣΑΠ είναι να λαμβάνει τα άμεσα κεραυνικά πλήγματα και να μεταφέρει το ρεύμα τους, από το σημείο κρούσης προς τη γη χωρίς να προκαλούνται φυσικές ζημιές στην εγκατάσταση ή τραυματισμοί σε φυσικά πρόσωπα. Αποτελείται από τα πιο κάτω τρία στοιχεία:

**1. Συλλεκτήριο σύστημα**

**2. Σύστημα Αγωγών Καθόδου**

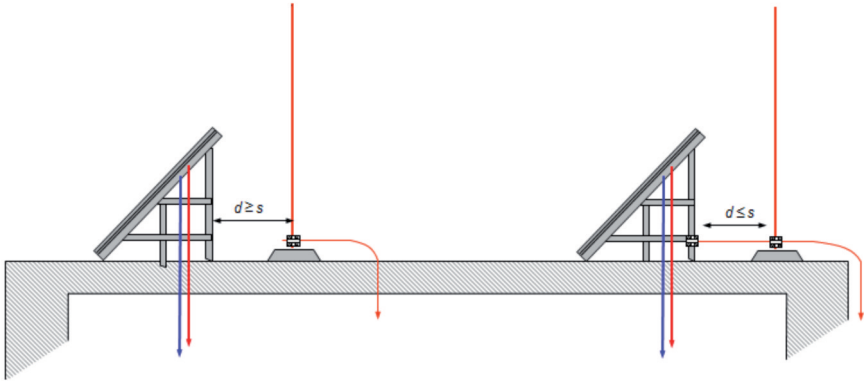
**3. Σύστημα Γείωσης**

### 5.2 Συλλεκτήριο Σύστημα

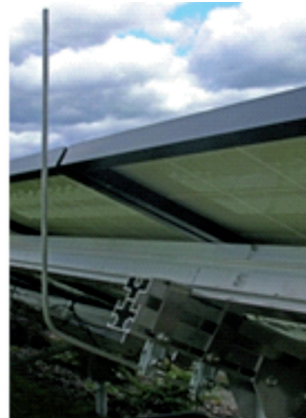
Το συλλεκτήριο σύστημα που χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις επί οροφής είναι η ακίδα προστασίας. Είναι ουσιαστικά μια μεταλλική ράβδος η οποία υποδέχεται τον κεραυνό όταν προσπέσει. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλου είδους συλλεκτήρια συστήματα, όπως τεταμένα συρματόσχοινα ή πλέγματα αγωγών τα οποία όμως δεν προτιμούνται γιατί μπορεί να προκαλέσουν σκίαση στα Φ/Β στοιχεία.

Η ακίδα προστασίας στα απομονωμένα ΣΑΠ (εικ.1), τοποθετείται σε συγκεκριμένη απόσταση **S** από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο η οποία υπολογίζεται πιο κάτω. Στα μη απομονωμένα ΣΑΠ (εικ.2), η ακίδα προστασίας μπορεί να συνδεθεί απευθείας στη

μεταλλική κορνίζα υποστήριξης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Στην περίπτωση που η ακίδα τοποθετηθεί σε μικρότερη από την απόσταση  $S$ , τότε πρέπει να γεφυρώνεται με αγωγό με τη μεταλλική κορνίζα του Φ/Β και το σύστημα θεωρείται μη απομονωμένο.



Εικόνα 1: Απομονωμένο ΣΑΠ  $d \geq s$  (τηρείται η απόσταση απομόνωσης ενώ η ακίδα συγκρατείται με τη βοήθεια τσιμεντένιου μπλοκ) και μη απομονωμένο ΣΑΠ  $d < s$  (ισοδυναμική σύνδεση ακίδας και μεταλλικής κορνίζας).



Εικόνα 2: Μη απομονωμένο ΣΑΠ (ακίδα προστασίας με κάμψη συνδεδεμένη στην κορνίζα του φωτοβολταϊκού με τη βοήθεια σφικτήρων).

**Βασικές παράμετροι που χρήζουν μελέτης είναι:**

- 1) Μήκος Αριθμός και χωροθέτηση ακίδων προστασίας.
- 2) Υλικό και διατομή ράβδου.
- 3) Ηλεκτρικές Συνδέσεις.
- 4) Στερέωση.

Προκειμένου να καθοριστεί το μήκος, η θέση και ο αριθμός των ακίδων προστασίας χρησιμοποιούνται δύο βασικές μέθοδοι (μεθοδολογία Παράρτημα Β):

**Α. μέθοδος γωνίας προστασίας**

**Β. μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας**

Επειδή τα Φ/Β-στοιχεία είναι τοποθετημένα συνήθως σε σειρές, για καλύτερη αποτελεσματικότητα του συλλεκτήριου συστήματος οι ακίδες προστασίας τοποθετούνται επίσης σε παράλληλες σειρές κατά μήκος των Φ/Β-στοιχείων. Οι μεταλλικές ράβδοι πρέπει να έχουν τις απαραίτητες ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες. Συνήθως τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι χαλκός, αλουμίνιο και ανοξείδωτος ή γαλβανισμένος χάλυβας. Η ελάχιστη διατομή ράβδου είναι 176mm<sup>2</sup> ανεξάρτητα από το υλικό και μπορεί να μειωθεί μέχρι τα 70mm<sup>2</sup>, εάν δεν χρειάζεται ιδιαίτερη μηχανική αντοχή (συνήθως σε μικρού μήκους ακίδες μέχρι 1 m). Τα υλικά και οι διαστάσεις πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές σύμφωνα με το πρότυπο EN 62561-2. Στον Πίνακα 14 (Παρ.Ε), φαίνονται οι αντίστοιχες διαστάσεις που πρέπει να τηρούνται ενώ στον Πίνακα 15 (Παρ.Ε), φαίνονται οι ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά. Η επιλογή του υλικού πρέπει να λαμβάνει υπόψη μέτρα προστασίας από τη διάβρωση σύμφωνα με τον Πίνακα 23 (Παρ.Ε).

Τα ανεξάρτητα συλλεκτήρια συστήματα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους στο επίπεδο της οροφής του κτηρίου για να επιτυγχάνεται επιμερισμός του κεραυνικού ρεύματος.

Η ακίδα προστασίας μπορεί να στηρίζεται με τη βοήθεια ενός τσιμεντένιου μπλοκ ή άλλων υποδομών ικανών να την στηρίξουν. Η ράβδος διέρχεται από διατομή που υπάρχει στο μπλοκ, ενώ στην περίπτωση που χρειάζεται επιπλέον στήριξη, χρησιμοποιούνται μη αγωγικά στηρίγματα που παρεμβάλλονται μεταξύ του φωτοβολταϊκού πλαισίου και της ακίδας.

Σε απομονωμένα ΣΑΠ πρέπει να τηρείται μια απόσταση απομόνωσης  $S$  μεταξύ συλλεκτήριου συστήματος και μεταλλικής κορνίζας, η οποία δίνεται από τη σχέση (1).

$$S \geq \frac{K_i}{K_m} \cdot K_c \cdot l \quad (1)$$

$K_i$ : συντελεστής που εξαρτάται από την επιλεγόμενη στάθμη προστασίας του ΣΑΠ

$K_m$ : συντελεστής που εξαρτάται από το υλικό απομόνωσης μεταξύ ΣΑΠ και μεταλλικών στοιχείων της εγκατάστασης.

$K_c$ : συντελεστής που εξαρτάται από τη διέλευση του κρουστικού ρεύματος



l: είναι το μήκος σε μέτρα από το σημείο υπολογισμού της απόστασης απομόνωσης μέχρι το πλησιέστερο σημείο ισοδυναμικής σύνδεσης ή το σύστημα γείωσης, σε περίπτωση που δεν υπάρχουν ισοδυναμικές συνδέσεις.

→ Οι τιμές των συντελεστών μπορούν να αναζητηθούν στον Πίνακα 16 (Παρ.Ε).

Στην περίπτωση του μη απομονωμένου ΣΑΠ, η ακίδα προστασίας μπορεί να συνδέεται απευθείας στη μεταλλική κορνίζα υποστήριξης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Η σύνδεση πρέπει να παρέχει απαραίτητη στήριξη στη ράβδο και μπορεί να επιτευχτεί με τη βοήθεια σφικτήρων, βιδών ασφάλειας, συγκόλληση κτλ. Οι συνδέσεις αυτές πρέπει να ακολουθούν το πρότυπο EN 62561-1.

### 5.3 Σύστημα Αγωγών Καθόδου

Οι αγωγοί καθόδου πρέπει να παρέχουν τις απαραίτητες αγωγίμες διόδους για τη διέλευση του κεραυνικού ρεύματος από το σημείο κρούσης του κεραυνού. Παρεμβάλλονται μεταξύ συλλεκτήριου συστήματος και συστήματος γείωσης. Πρέπει να έχουν όσο το δυνατό μικρότερο μήκος και όπου είναι αναγκαίο να υπόκεινται σε ισοδυναμικές συνδέσεις.

#### Βασικές παράμετροι που χρήζουν μελέτης είναι:

- 1) Μήκος αριθμός και χωροθέτηση αγωγών καθόδου.
- 2) Υλικό και διατομή ράβδων-αγωγών.
- 3) Ηλεκτρικές Συνδέσεις.
- 4) Στερέωση.

Όσο το δυνατό περισσότεροι αγωγοί καθόδου τόσο καλύτερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται. Τυπικά πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου για κάθε ακίδα προστασίας στην περίπτωση απομονωμένου ΣΑΠ. Στην περίπτωση μη απομονωμένου ΣΑΠ, πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο αγωγοί καθόδου στο σύστημα. Πρέπει να είναι σε ευθεία και να τοποθετούνται κατακόρυφα, ώστε να επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση της απόστασης από το συλλεκτήριο σύστημα ως προς το σύστημα γείωσης. Οι τυπικές αποστάσεις μεταξύ των αγωγών καθόδου φαίνονται στον Πίνακα 17 (Παρ.Ε). Ο σχεδιασμός του συστήματος αγωγών καθόδου πρέπει να είναι σε συμφωνία με το πρότυπο EN 62305-3 §5.3.

Οι μεταλλικοί αγωγοί καθόδου πρέπει να έχουν τις απαραίτητες ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες. Συνήθως τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι χαλκός, αλουμίνιο και ανοξείδωτος ή γαλβανισμένος χάλυβας. Τα υλικά και οι διαστάσεις πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές σύμφωνα με το πρότυπο EN 62561-2. Στον Πίνακα 14 (Παρ.Ε) παρουσιάζονται οι διαστάσεις που πρέπει να τηρούνται για τους αγωγούς καθόδου, αλλά και τους αγωγούς σύνδεσης με το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα γείωσης. Στον

Πίνακα 15 (Παρ.Ε) παρουσιάζονται οι ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά κατασκευής τους. Η επιλογή του υλικού πρέπει να λαμβάνει υπόψη μέτρα προστασίας για αποφυγή της διάβρωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 23 (Παρ.Ε).

Επιπλέον οι πιο κάτω σημειώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό του συστήματος αγωγών καθόδου:

- Πρέπει όπου είναι δυνατό να τοποθετούνται στις εκτεθειμένες γωνίες του κτηρίου.
- Να αποφεύγεται η δημιουργία βρόχου από τους αγωγούς καθόδου και αν κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, τότε να τηρούνται οι αποστάσεις βρόχου βάση του EN 62305-3.
- Τα διάφορα εξαρτήματα σύνδεσης και στήριξης των αγωγών πρέπει να ανταποκρίνονται στις δοκιμές του προτύπου EN62561-1 ώστε να μην παρουσιάζουν αδυναμία σε ηλεκτροδυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις.
- Πρέπει να τοποθετούνται με τρόπο ώστε να διασφαλίζουν την όσο δυνατό καλύτερη συνέχεια των συλλεκτήριων αγωγών, περιμετρικά του κτηρίου διατηρώντας ίσες μεταξύ τους αποστάσεις.

### Χρήση φυσικών στοιχείων

Τα ακόλουθα τμήματα μπορούν να θεωρηθούν ως φυσικοί αγωγοί καθόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως μέρος του ΣΑΠ:

Α) μεταλλικές εγκαταστάσεις υπό την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζουν την ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ των τμημάτων τους και έχουν διαστάσεις τουλάχιστον ίσες με τις αντίστοιχες των τυποποιημένων αγωγών καθόδου.

Β) μεταλλικός σκελετός κατασκευής κτηρίου.

Γ) ενδосυνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός κατασκευής.

## 5.4 Σύστημα Γείωσης

Σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις επί οροφής, μπορεί να γίνει χρήση της υπάρχουσας γείωσης του κτηρίου νοουμένου ότι αυτή πληροί τις προδιαγραφές ασφαλείας όπως περιγράφονται από την σειρά HD 60364 και τους κανόνες της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου.

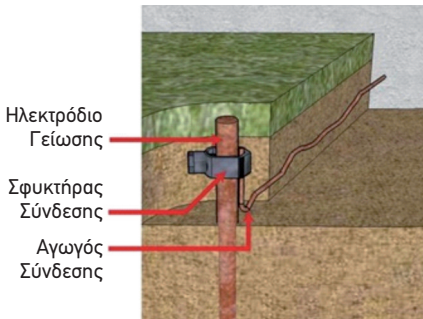
Το σύστημα γείωσης αποτελείται από ηλεκτρόδια ποικίλων σχημάτων και διαστάσεων. Για ενίσχυση του συστήματος γείωσης μπορεί να γίνει χρήση της θεμελιακής σιδηροκατασκευής του κτηρίου. Για τη διοχέτευση του κεραμικού ρεύματος στη γη έχει ιδιαίτερη σημασία το σχήμα και οι διαστάσεις του συστήματος γείωσης. Η τιμή της αντίστασης γείωση πρέπει να είναι χαμηλή (μικρότερη των 10Ω αν είναι εφικτό σε μέτρηση χαμηλής συχνότητας). Ο τρόπος μέτρησης της αντίστασης γείωσης περιγράφεται στο Παράρτημα Δ.

Σε συστήματα αντικεραμικής προστασίας συνίσταται να υπάρχει μια ενιαία γείωση στο κτήριο που θα προσφέρει ολοκληρωμένη προστασία σε ηλεκτρικές συσκευές, τηλεπικοινωνιακά συστήματα και αντικεραμική προστασία.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι διατάξεων των ηλεκτροδίων γείωσης που ακολουθούνται σε συστήματα γείωσης αντικεραυνικής προστασίας ανάλογα με το είδος ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούν και τον τρόπο τοποθέτησης τους, όπως περιγράφονται πιο κάτω.

#### 5.4.1 Διάταξη Ηλεκτροδίων Τύπου Α

Αυτός ο τύπος διάταξης περιλαμβάνει κάθετα (εικ.3) και οριζόντια ηλεκτρόδια σε σχήμα ράβδου συνδεδεμένα σε κάθε αγωγό καθόδου. Επίσης ο συνολικός αριθμός ηλεκτροδίων δεν πρέπει να είναι μικρότερος από δύο.



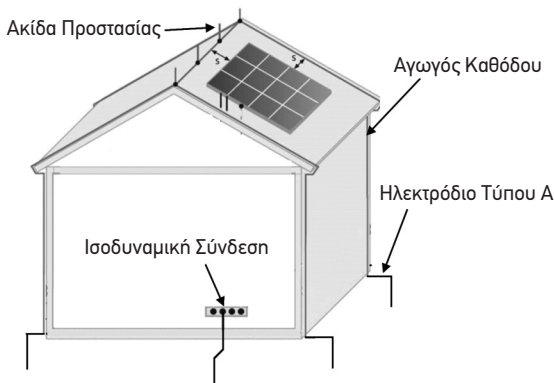
Εικόνα 3: Ηλεκτρόδιο γείωσης σε σχήμα ράβδου στο κάθετα τοποθετημένο στο έδαφος.

**Το ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου είναι:**

$l_1$  - για οριζόντια ηλεκτρόδια

$0.5 \times l_1$  - για κάθετα ηλεκτρόδια

Όπου το  $l_1$  αντιστοιχεί στο ελάχιστο μήκος οριζόντιου ηλεκτροδίου και φαίνεται στην πιο κάτω Γραφική 1. Στην περίπτωση που επιτυγχάνεται αντίσταση γείωσης μικρότερη των  $10\Omega$  δεν είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη τα ελάχιστα μήκη ηλεκτροδίων.



Εικόνα 4: Εγκατάσταση που περιλαμβάνει σύστημα γείωσης με ηλεκτρόδια τύπου Α (κάθετα).

### 5.4.2 Διάταξη Ηλεκτροδίων Τύπου Β

Αυτός ο τύπος διάταξης δημιουργεί ένα είδος περιμετρικής γείωσης στην εδαφική περίμετρο του κτηρίου (εικ.5). Αυτό επιτυγχάνεται με α) την προσθήκη αγωγού σε σχήμα δακτυλίου, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος τουλάχιστον κατά 80% του μήκους του ή β) τη δημιουργία ενός ηλεκτροδίου θεμελιακής γείωσης. Αυτός ο τύπος συνιστάται σε εδάφη με μεγάλη ειδική αντίσταση.

Η ακτίνα  $r$  του δακτυλίου, που δημιουργεί ο αγωγός ή το ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή  $I_1$  (Γραφ.1).

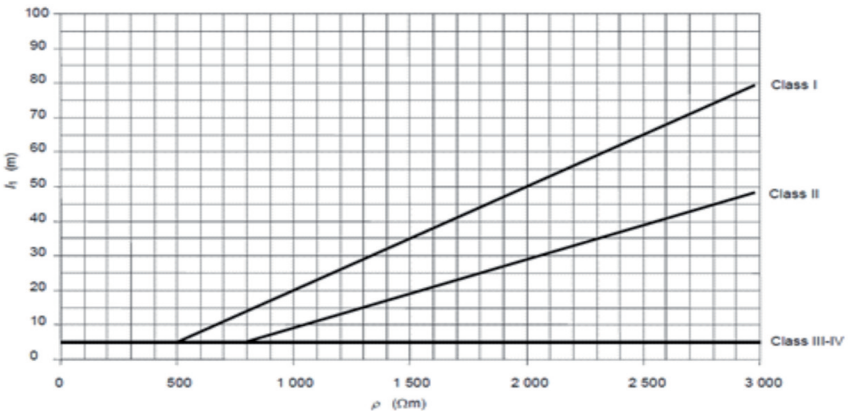
$$r \geq I_1$$

Το  $I_1$  αντιστοιχεί στο ελάχιστο μήκος ακτίνας ανάλογα με τη στάθμη προστασίας του συστήματος. Στην περίπτωση που η ακτίνα  $r$  είναι μικρότερη από το μήκος  $I_1$ , τότε πρέπει να εγκατασταθούν επιπλέον ακτινικά ή κατακόρυφα ηλεκτρόδια με τα αντίστοιχα μήκη  $I_r$  και  $I_v$  να δίνονται από τις σχέσεις.

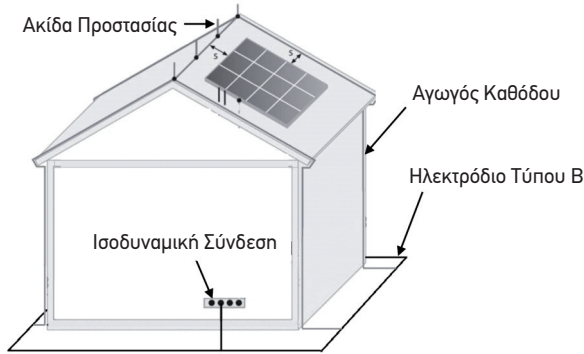
$$I_r \geq I_1 - r$$

$$I_v \geq \frac{I_1 - r}{2}$$

Ο αριθμός των επιπλέον ηλεκτροδίων δεν πρέπει να μικρότερος από τον αριθμό των αγωγών καθόδου, με ελάχιστο πλήθος δύο. Στην περίπτωση που επιπλέον ηλεκτρόδια πρέπει να συνδεθούν στο δακτύλιο, αυτά πρέπει να εγκαθίστανται όσο το δυνατό πιο κατανεμημένα στην περίμετρο του.



Γραφική 1: Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου  $I_1$  ανάλογα με τη στάθμη προστασίας του ΣΑΠ και την αντίσταση εδάφους, EN 62305-3 § 5.4.2.



Εικόνα 5: Εγκατάσταση που περιλαμβάνει σύστημα γείωσης με ηλεκτρόδια Τύπου Β (περιμετρική).

#### 5.4.3 Υλικά και Προδιαγραφές Ηλεκτροδίων

Συνήθως τα ηλεκτρόδια είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή χάλυβα. Στον [Πίνακα 18 \(Παρ.Ε\)](#) παρουσιάζονται οι ελάχιστες διατομές αγωγών ηλεκτροδίων γείωσης σε σχέση με το υλικό και τη διαμόρφωσή τους. Επίσης, στον [Πίνακα 19 \(Παρ.Ε\)](#) παρουσιάζονται οι μηχανικές και ηλεκτρικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν. Η επιλογή του υλικού πρέπει να λαμβάνει υπόψη μέτρα προστασίας από τη διάβρωση, σύμφωνα με τον [Πίνακα 23 \(Παρ.Ε\)](#).

Τα ηλεκτρόδια γείωσης σε σχήμα ράβδου Τύπου Α, πρέπει να έχουν την ικανότητα να σφυρηλατηθούν χωρίς να παραμορφωθούν κατά την εγκατάστασή τους στο έδαφος. Σημαντικό είναι να έχουν μύτη στο κάτω άκρο, ώστε να εισχωρούν εύκολα στο έδαφος κατά την εγκατάστασή τους. Επίσης, μπορεί να επωφελούνται από βιδωτούς συνδέσμους για να επιτρέπουν τη χρήση εργαλείων (υδραυλικά σφυριά, δοκάρια έμπηξης κτλ), που βοηθούν στην έμψη τους σε μεγαλύτερο βάθος τα οποία στη συνέχεια αποσυνδέονται.

Τα ηλεκτρόδια γείωσης Τύπου Β είναι σύρματα μονόκλωνα ή πολύκλωνα ή σε σχήμα ταινίας. Οι αγωγοί πρέπει να παρουσιάζουν αντοχή στη διάβρωση, ενώ στην περίπτωση που είναι επικαλωμένοι ή γαλβανισμένοι, πρέπει να είναι καλά προσκολλημένοι με το βασικό μέταλλο.

Τέλος τα υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι πιστοποιημένα και να ανταποκρίνονται σε δοκιμές, όπως περιγράφονται στο πρότυπο EN 62561-2 §5.

#### 5.4.4 Εγκατάσταση των Ηλεκτροδίων Γείωσης

Τα ηλεκτρόδια Τύπου Α πρέπει να εγκαθίστανται έξω από το υπό προστασία κτήριο σε βάθος τουλάχιστον 0,5m και όσο το δυνατό καλύτερα κατανεμημένα στο έδαφος, για ελαχιστοποίηση φαινομένων ηλεκτρικής σύζευξης.



Όταν το υπέδαφος αποτελείται από βραχώδη πετρώματα ή η κατασκευή περιέχει ευαίσθητα ηλεκτρονικά ή υπάρχει αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιάς, συνιστάται η εγκατάσταση της διάταξης τύπου Β. Ο αγωγός σε σχήμα δακτυλίου (Τύπος Β), πρέπει να τοποθετείται μέσα στο έδαφος σε βάθος τουλάχιστον 0,5m και σε απόσταση μεγαλύτερη από 1m από τους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου. Η τοποθέτηση του αγωγού σε σχήμα ταινίας πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε η μεγάλη επιφάνεια του αγωγού να τοποθετείται κάθετα στο χώμα. Είναι βασικό να επιτυγχάνεται όσο το δυνατό καλύτερη επαφή του αγωγού με το χώμα, κάτι το οποίο δεν διασφαλίζεται εάν το ηλεκτρόδιο τοποθετηθεί με την μεγάλη επιφάνεια οριζόντια στο έδαφος - γιατί υπάρχει η πιθανότητα να δημιουργηθούν κενά μεταξύ ηλεκτροδίου και εδάφους. Για να εξασφαλισθεί η καλύτερη δυνατή τοποθέτηση του ηλεκτροδίου σε κάθετη διάταξη, υπάρχουν ειδικά στηρίγματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

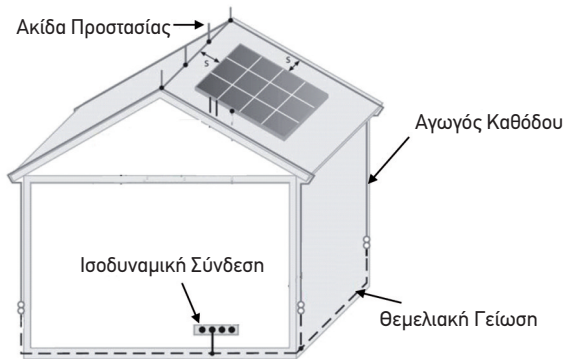
Η επιλογή του τύπου και το βάθος έμπνηξης των ηλεκτροδίων, πρέπει να γίνεται με τρόπο ώστε να διασφαλίζεται όσο το δυνατό ακεραιότητα της τιμής της αντίστασης χωρίς να επηρεάζεται από φαινόμενα διάβρωσης ξήρανσης-πάγωμα εδάφους κτλ. Η σύνδεση των αγωγών καθόδου με το σύστημα γείωσης επιτυγχάνεται με συγκόλληση ή σύσφιξη των αγωγών καθόδου με τους αγωγούς οπλισμού του κτηρίου. Ο τρόπος συγκόλλησης ή σύνδεσης των εμπλεκόμενων αγωγών περιγράφεται στο EN 62305-3 Παράρτημα Ε. Κάθε ηλεκτρόδιο πρέπει να περικλείεται από προστατευτικό φρεάτιο με καπάκι (εικ.6), ώστε να είναι προσβάσιμο σε περίπτωση επιθεώρησης. Επίσης πρέπει να διαθέτει σύνδεσμο απόζευξης ώστε να απομονώνεται από το υπόλοιπο σύστημα για μέτρηση της αντίστασής του κατά τη συντήρηση.



Εικόνα 6: Προστατευτικό Φρεάτιο.

## 5.5 Θεμελιακή Γείωση

Η θεμελιακή γείωση (εικ.7) κατατάσσεται στον Τύπο Β κατηγορίας γειώσεων και αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό είδος. Τα τιμεντένια θεμέλια με την υδροσκοπική τους ιδιότητα σε συνδυασμό με το σιδερένιο σκυρόδεμα του κτηρίου αποτελούν ένα σύστημα μεγάλης αγωγιμότητας. Με την εγκατάσταση ηλεκτροδίων γείωσης στην περίμετρο του σιδερένιου οπλισμού του κτηρίου, δημιουργείται ένα ενισχυμένο σύστημα γείωσης το οποίο μπορεί να μεταφέρει το ρεύμα σφάλματος στο έδαφος. Προϋπόθεση είναι το τιμεντένιο θεμέλιο να έρχεται σε επαφή με το έδαφος χωρίς να παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό.



Εικόνα 7: Εγκατάσταση ΣΑΠ που περιλαμβάνει σύστημα θεμελιακής γείωσης.

### 5.5.1 Εγκατάσταση Θεμελιακής Γείωσης

Για την εγκατάσταση χρησιμοποιούμε αγωγούς σε σχήμα ράβδου ή ταινίας οι οποίοι συνδέονται περιμετρικά στο μεταλλικό οπλισμό του κτηρίου (εικ.8), δημιουργώντας ένα κλειστό βρόχο με ακτίνα  $r$  (όπως περιγράφεται στην Παρ.5.4.2). Η σύνδεση των αγωγών γίνεται με σφικτήρες (εικ.9) κάθε 2m-5m και στα σημεία αλλαγής κατεύθυνσης για την καλύτερη υποστήριξη τους. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι προστατεύεται το ηλεκτρόδιο από τη διάβρωση, εάν καλύπτεται τουλάχιστον από 5cm τιμεντού. Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν φαίνονται στον [Πίνακα 18 \(Παρ.Ε\)](#), αλλά χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η ηλεκτροχημική συμπεριφορά των μετάλλων όσον αφορά στη διάβρωση. Για παράδειγμα, ο χάλυβας εγκιβωτισμένος στο μπετόν επιδεικνύει ίδια ηλεκτροχημική συμπεριφορά με το χαλκό. Για αυτό θα πρέπει να αποφεύγεται η σύνδεση χαλύβδινων στοιχείων, που βρίσκονται στη γη, με χαλύβδινα στοιχεία που βρίσκονται σε μπετόν, γιατί αυτό υποβοηθά την ηλεκτροχημική διάβρωση με επακόλουθο τη φθορά των στοιχείων. Αυτή όμως η συμπεριφορά δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης χαλύβδινων με χάλκινα στοιχεία, εφόσον βρίσκονται

και τα δύο σε μπετόν. Αγωγοί του συστήματος γείωσης εκτεθειμένοι στον ατμοσφαιρικό αέρα, μπορεί να είναι κατασκευασμένοι από χαλκό, επικαλωμένο χάλυβα, ανοξείδωτο χάλυβα ή γαλβανισμένο χάλυβα. Αγωγοί του συστήματος γείωσης που προεξέχουν από τα θεμέλια και εισέρχονται στο έδαφος, πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από χαλκό, επικαλωμένο χάλυβα ή ανοξείδωτο χάλυβα (EN 62306-3 Παρ.Ε 5.6.2.2.2).

## 5.6 Στερέωση

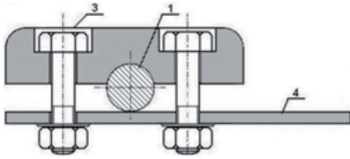
Τα τρία συστατικά στοιχεία ενός ΣΑΠ, αγωγοί καθόδου, αγωγοί του συλλεκτήριου συστήματος και αγωγοί του συστήματος γείωσης πρέπει να είναι καλά στερεωμένοι, ώστε να αντέχουν σε ηλεκτροδυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις που πιθανόν να εμφανιστούν (από δονήσεις, θερμική διαστολή, συσσώρευση χιονιού κτλ) χωρίς να παρατηρείται χαλάρωση ή καταστροφή των αγωγών (παράρτημα Δ EN 62305-1).



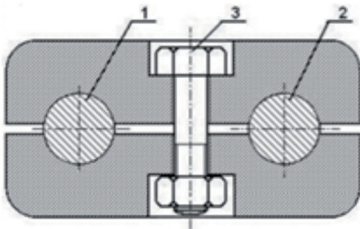
Εικόνα 8. Θεμελιακό Ηλεκτρόδιο Γείωσης εγκατεστημένο στον οπλισμό του κτηρίου [9].



Εικόνα 9. Συνδετικοί Σφικτήρες για αγωγούς γείωσης σε σχημα ταινίας και ράβδου στον οπλισμό της σιδηροκατασκευής



Συνδετικός σφικτήρας για σύνδεση μεταξύ αγωγού γείωσης σε σχήμα ταινίας και μεταλλικών ράβδων του οπλισμού του κτηρίου.



Συνδετικός σφικτήρας για σύνδεση μεταξύ αγωγών γείωσης σε σχήμα ράβδου και μεταλλικών ράβδων του οπλισμού του κτηρίου.

1:μεταλλικός αγωγός οπλισμού.

2:μεταλλικός αγωγός γείωσης σε σχήμα ράβδου

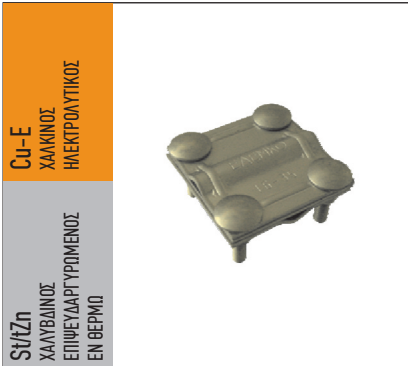
3.βίδα

4. μεταλλικός αγωγός γείωσης σε σχήμα ταινίας.

Τα εξαρτήματα όπως στηρίγματα, σφικτήρες, συνδετήρες και γενικά τα στοιχεία που έρχονται σε άμεση επαφή με τους αγωγούς του ΣΑΠ, πρέπει να είναι από το ίδιο υλικό ή ηλεκτροχημικά συμβατά, για αποφυγή ηλεκτροχημικής διάβρωσης. Εάν δεν είναι εφικτή η χρήση ίδιου υλικού, τότε θα πρέπει να παρεμβάλλεται διμεταλλικό περιβλήμα (εικ.10) μεταξύ των δύο ανόμοιων υλικών ή να χρησιμοποιείται στήριγμα με υλικό συμβατό με αυτό του αγωγού. Επίσης στο σημείο σύνδεσης δύο ανομοιογενών υλικών, μπορεί κάτω από προϋποθέσεις να γίνει χρήση θερμής μονωτικής πίσσας. Προτείνεται ο πιο κάτω Πίνακας 3 συμβατότητας υλικών:

Υλικό Αγωγού ΣΑΠ	Υλικό εξαρτημάτων
Χαλκός	Χάλκινο, χάλκινο επικασσιτερωμένο, πλαστικό
Χαλκός επικασσιτερωμένος	Χάλκινο, χάλκινο επικασσιτερωμένο, πλαστικό
Χάλυβας θερμά επιψευδαργυρωμένος	Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, ανοξείδωτο, πλαστικό
Άλουμινο	Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, ανοξείδωτο, πλαστικό
Ανοξείδωτος Χάλυβας	Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο, ανοξείδωτο, πλαστικό
<p>■ Τα πλαστικά εξαρτήματα χρησιμοποιούνται σε στοιχεία όπου δεν χρειάζεται να επιτελείται ηλεκτρική συνέχεια (π.χ. στηρίγματα).</p>	

Πίνακας 3: Πίνακας συμβατότητας υλικών-εξαρτημάτων σε ΣΑΠ.



Εικόνα 10: Διμεταλλικός Σύνδεσμος Αγωγών τριών πηλακιδίων με ενδιάμεσο ανοξείδωτο πηλακίδιο για αποφυγή ηλεκτροχημικής διάβρωσης.

## 6. Εσωτερική Εγκατάσταση Αντικεραυνικής Προστασίας

Η εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας χρησιμοποιείται για την πρόληψη επικίνδυνων σπινθήρων στην υπό προστασία κατασκευή, που πιθανό να προκαλέσει η ροή του κεραυνικού ρεύματος στο εξωτερικό ΣΑΠ ή στα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης. Έχει ως στόχο την προστασία από ηλεκτροπληξία και την πρόληψη εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Δημιουργία ηλεκτρικού τόξου-σπινθήρων μπορεί να εμφανιστεί μεταξύ εξωτερικού συστήματος αντικεραυνικής προστασίας και:

- μεταλλικών εγκαταστάσεων
- ηλεκτρικών, ηλεκτρονικών, τηλεπικοινωνιακών συστημάτων
- εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων και συνδεδεμένων γραμμών

Επίσης μπορεί να δημιουργηθεί σπινθήρας μεταξύ των πιο πάνω στοιχείων σε περίπτωση που διαρρέονται από μέρος του κεραυνικού ρεύματος.

**Οι επικίνδυνοι σπινθήρες αποφεύγονται με μια σειρά μέτρων προστασίας που περιλαμβάνουν:**

- A) Ισοδυναμικές συνδέσεις (γεφύρωση δύο τμημάτων ή εγκατάσταση συσκευών περιορισμού υπερτάσεων).
- B) δημιουργία ηλεκτρικής μόνωσης μεταξύ τμημάτων.

### 6.1 Ισοδυναμικές Συνδέσεις

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις επιβάλλεται να δημιουργηθούν μεταξύ τμημάτων της εγκατάστασης, προς αποφυγή ανάπτυξης επικίνδυνου δυναμικού μεταξύ δύο τμημάτων. Το πρότυπο 62305-3 §6 αναφέρεται στη δημιουργία ισοδυναμικών συνδέσεων σε κτήρια.

**Μια ισοδυναμική σύνδεση προϋποθέτει τη δημιουργία αγωγίμης οδού μεταξύ του ΣΑΠ και:**

- A. μεταλλικών εγκαταστάσεων του κτηρίου
- B. εσωτερικών συστημάτων
- Γ. εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων και συνδεδεμένων στο κτήριο γραμμών.

**Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αγωγίμης οδού σε ισοδυναμικές συνδέσεις είναι:**

- A. συνθετικοί αγωγοί όπου η ηλεκτρική συνέχεια δεν παρέχεται από τον ουδέτερο
- B. συσκευές περιορισμού υπερτάσεων (SPDs) όπου δεν είναι εφικτή η άμεση γεφύρωση.
- Γ. μονωμένο διάκενο σπινθηρισμού (isolating spark gaps ISGs) όπου δεν επιτρέπεται η άμεση γεφύρωση

### 6.1.1 Ισοδυναμικές Συνδέσεις σε Μεταλλικές Εγκαταστάσεις

Στην περίπτωση απομονωμένου ΣΑΠ οι ισοδυναμικές συνδέσεις μεταλλικών στοιχείων πρέπει να γίνονται μόνο στο επίπεδο του εδάφους.

Στην περίπτωση μη απομονωμένου ΣΑΠ, οι ισοδυναμικές συνδέσεις μεταλλικών στοιχείων πρέπει να γίνονται στο υπόγειο ή περίπου στο επίπεδο του εδάφους. Οι αγωγοί σύνδεσης πρέπει να συνδέονται σε ένα ζυγό εξίσωσης δυναμικού, ο οποίος θα είναι εύκολα επισκέψιμος και συνδεδεμένος με το σύστημα γείωσης. Σε μεγάλες κατασκευές μπορούν να εγκατασταθούν περισσότεροι από ένας ζυγοί υπό την προϋπόθεση ότι διασυνδέονται.

Σε περιπτώσεις που δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις μόνωσης, όπως κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με ενδοσυνδεδεμένο οπλισμό, κατασκευές με μεταλλικό οπλισμό, απομονωμένο εξωτερικό ΣΑΠ κ.ά, οι ισοδυναμικές συνδέσεις πρέπει να γίνονται αποκλειστικά στο επίπεδο του εδάφους όσο πιο άμεσα γίνεται (οι απαιτήσεις μόνωσης προϋποθέτουν την τήρηση ελάχιστης απόστασης  $S$  όπως περιγράφεται στην παράγραφο 5.2).

Στον πίνακα 4 παρουσιάζεται η ελάχιστη διατομή αγωγών ανάλογα με το υλικό του, που πρέπει να τηρείται σε ισοδυναμικές συνδέσεις μεταξύ εσωτερικών μεταλλικών στοιχείων και ισοδυναμικών ζυγών.

Στάθμη προστασίας	Υλικό	Διατομή mm <sup>2</sup>
I έως IV	Χαλκός	6
	Αλουμίνιο	10
	Χάλυβας	16

Πίνακας 4: Ελάχιστη διατομή αγωγών μεταξύ εσωτερικών μεταλλικών στοιχείων και ισοδυναμικών ζυγών.

Στον πίνακα (Πιν.5) παρουσιάζεται η ελάχιστη διατομή αγωγών ανάλογα με το υλικό του, που πρέπει να τηρείται σε ισοδυναμικές συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών ισοδυναμικών ζυγών ή ισοδυναμικών ζυγών και συστήματος γείωσης.

Στάθμη προστασίας	Υλικό	Διατομή mm <sup>2</sup>
I έως IV	Χαλκός	16
	Αλουμίνιο	25
	Χάλυβας	50

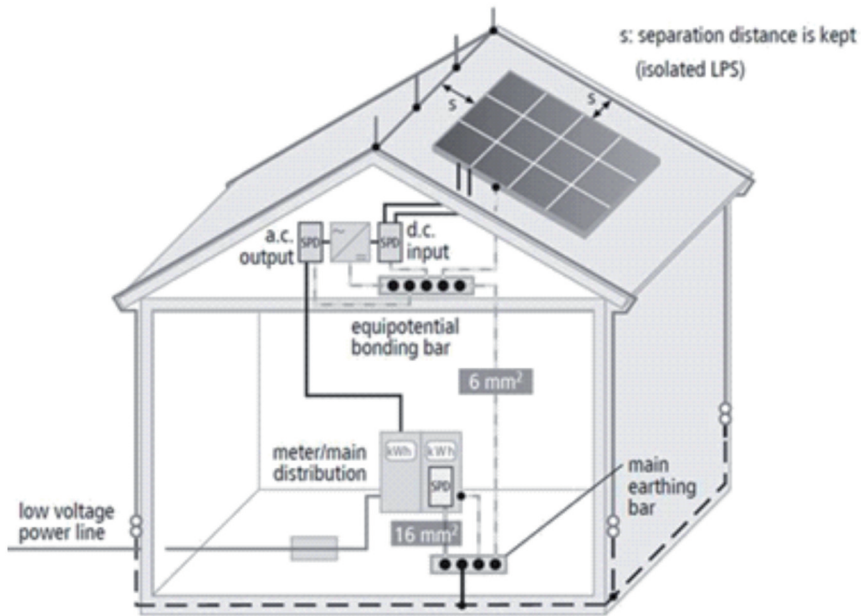
Πίνακας 5: Ελάχιστη διατομή αγωγών μεταξύ διαφορετικών ισοδυναμικών ζυγών ή ισοδυναμικών ζυγών και συστήματος γείωσης.



Αν παρεμβάλλονται μονωτικά τμήματα στους αγωγούς αερίου και νερού μέσα στη κατασκευή που χρήζει προστασίας, αυτά πρέπει να γεφυρώνονται με περιοριστές υπέρτασης με διάκενο σπινθηριστή ISGs ειδικά σχεδιασμένους για αυτή τη χρήση. Οι συσκευές αυτές πρέπει να ανταποκρίνονται στις δοκιμές που περιγράφονται στο EN 62561-3 και πρέπει να έχουν τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

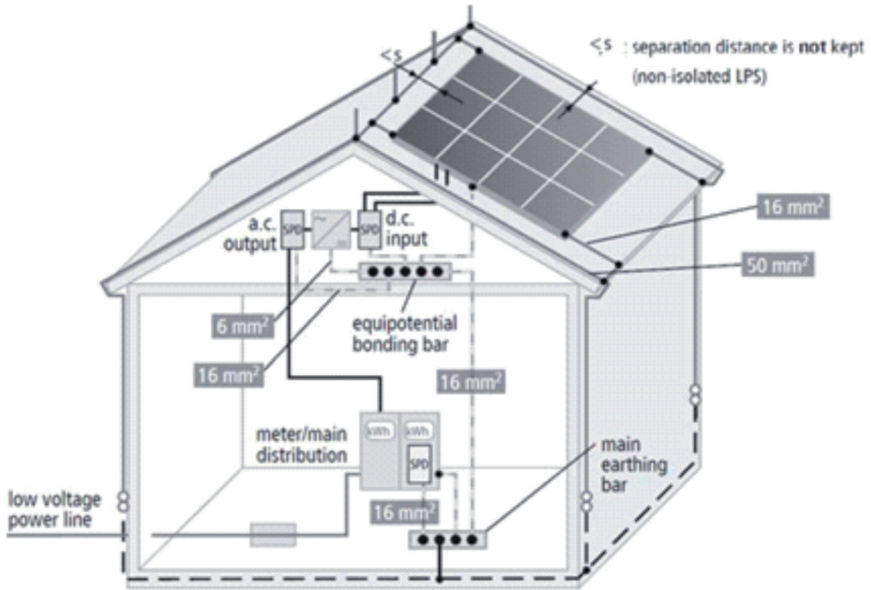
- Το κρουστικό ρεύμα  $I_{imp}$  πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη ή ίση του ρεύματος που διαρρέει εμπλεκόμενο στοιχείο του εξωτερικού ΣΑΠ.
- Η ονομαστική τάση διάτρησης διάκενου  $U_{rimp}$  πρέπει να είναι μικρότερη από την τάση διάτρησης της μόνωσης, που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο μερών.

→ Στα δύο σχήματα (εικ.11,12) παρουσιάζονται οι ισοδυναμικές συνδέσεις που πρέπει να τηρούνται βάσει του προτύπου TS 50539-12 για συστήματα με ΣΑΠ



Εικόνα 11: Κτήριο με απομονωμένο ΣΑΠ- Οι χάλκινοι αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων έχουν διατομή  $6\text{mm}^2$ , εκτός του αγωγού μεταξύ του SPD Τύπου 1 και του ζυγού γείωσης που είναι  $16\text{mm}^2$ . (\* κανονικά θα έπρεπε ο αγωγός που συνδέει τον ισοδυναμικό ζυγό με το ζυγό γείωσης να είχε διατομή  $16\text{mm}^2$  αλλή η συγκεκριμένη περίπτωση αποτελεί εξαίρεση λόγω απομονωμένου ΣΑΠ, έτσι υπάρχει η δυνατότητα χρήσης του αγωγού μικρότερης διατομής των  $6\text{mm}^2$  γιατί θεωρείται ότι μεταφέρει μόνο επαγόμενο κεραυνικό ρεύμα) [TS 50539-12].





Εικόνα 12: Κτήριο με μη-απομονωμένο ΣΑΠ. Οι χάλκινοι αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων έχουν διατομή  $6\text{ mm}^2$  για σύνδεση μεταλλικών στοιχείων και διατομή  $16\text{ mm}^2$  για σύνδεση συσκευών SPDs στους ισοδυναμικούς ζυγούς ή στο σύστημα γείωσης. Επίσης  $16\text{ mm}^2$  χάλκινος αγωγός χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του ισοδυναμικού ζυγού με το ζυγό γείωσης [TS 50539-12].

### 6.1.2 Ισοδυναμικές Συνδέσεις Εξωτερικών Αγωγίμων Τμημάτων

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων πρέπει να γίνονται όσο το δυνατό πιο κοντά στο σημείο εισόδου τους στην υπό προστασία κατασκευή. Επίσης οι συνδετικοί αγωγοί πρέπει να αντέχουν το ποσοστό του κεραμικού ρεύματος το οποίο ενδέχεται να περάσει από αυτούς. Το αναμενόμενο ρεύμα μπορεί να υπολογιστεί από το παράρτημα Ε του προτύπου EN 62305-1.

Στην περίπτωση που δεν επιτρέπεται η άμεση γεφύρωση, τότε χρησιμοποιούνται περιοριστές υπέρτασης με διάκενο σπινθηριστή ISGs με τις απαιτήσεις που περιγράφονται στην προηγούμενη παράγραφο (Παρ. 6.1.1).

### 6.1.3 Ισοδυναμικές Συνδέσεις για Εσωτερικά Συστήματα

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις εσωτερικών συστημάτων αφορούν ηλεκτρικές και τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις που βρίσκονται στο εσωτερικό της κατασκευής και πρέπει να επιτελούνται στα σημεία που υποδεικνύονται στην παράγραφο 6.1.1.

Εάν τα καλώδια ηλεκτρικού ή τηλεπικοινωνιών φέρουν μεταλλική θωράκιση ή είναι τοποθετημένα σε μεταλλικό περίβλημα, τότε η ισοδυναμική σύνδεση με το εσωτερικό ΣΑΠ γίνεται στο περίβλημα ή τη θωράκιση.

Στην περίπτωση που τα καλώδια δεν φέρουν μεταλλική θωράκιση, ούτε υπάρχει μεταλλικό περίβλημα, τότε πρέπει να συνδεθούν μέσω περιοριστών υπέρτασης. Σε συστήματα TN ο αγωγός προστασίας PE ή ο ουδέτερος αγωγός προστασίας PEN, μπορούν να συνδέονται απευθείας στο ΣΑΠ ή μέσω περιοριστή υπέρτασης.

#### **6.1.4 Ισοδυναμικές Συνδέσεις Εισερχομένων Γραμμών στο Κτήριο**

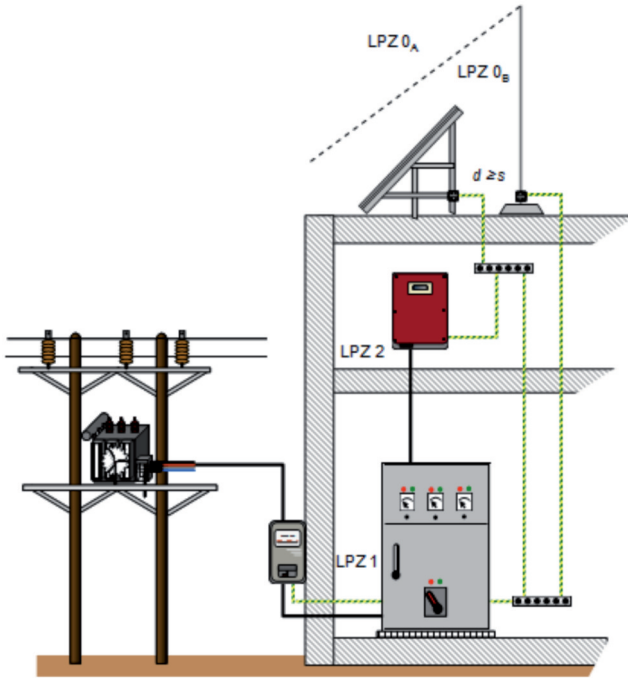
Οι αγωγοί ηλεκτρικών και τηλεπικοινωνιακών γραμμών πρέπει να γεφυρώνονται απευθείας ή μέσω περιοριστών υπέρτασεων σε συμφωνία με τις προδιαγραφές που παρατίθενται στην παράγραφο 6.1.2. Οι ενεργοί αγωγοί πρέπει να συνδέονται στους ζυγούς εξίσωσης δυναμικού αποκλειστικά μέσω περιοριστών υπέρτασεων. Σε συστήματα TN ο αγωγός προστασίας PE ή ο ουδέτερος αγωγός προστασίας PEN, μπορούν να συνδέονται απευθείας στο ΣΑΠ ή μέσω περιοριστή υπέρτασης.

Εάν οι γραμμές των συστημάτων φέρουν μεταλλική θωράκιση ή είναι τοποθετημένες σε μεταλλικό περίβλημα τότε η ισοδυναμική σύνδεση δεν είναι αναγκαία εάν η διατομή των θωρακίσεων ξεπερνά την τιμή  $S_{cmin}$ , ο υπολογισμός της οποίας μπορεί να γίνει μέσω του προτύπου EN 62305-3 Παράρτημα Β.

Σημαντικό είναι να επιτυγχάνεται σύνδεση της μεταλλικής θωράκισης ή του μεταλλικού περιβλήματος των καλωδίων όσο πιο κοντά γίνεται στο σημείο εισόδου των γραμμών στο κτήριο.

## **6.2 Διαχωρισμός Εγκατάστασης σε Ζώνες Προστασίας**

Βάσει του προτύπου EN 62305-4, η εγκατάσταση διαχωρίζεται σε ζώνες προστασίας ανάλογα με τη διηλεκτρική αντοχή του εξοπλισμού, καθώς και τα ενδεχόμενα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα που προκαλεί το κεραυνικό ρεύμα. Ανάλογα με τη ζώνη προστασίας κάθε στοιχείου λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας. Βάσει του εν λόγω προτύπου, σε μια κατασκευή διακρίνονται δύο είδη ζωνών προστασίας από κεραυνικά πλήγματα:



Εικόνα 13: Διαχωρισμός Εγκατάστασης σε ζώνες προστασίας [9].

### Εξωτερικές ζώνες:

**LPZ 0:** Σε αυτή τη ζώνη ο εξοπλισμός μπορεί να πληγεί από άμεσο ή έμμεσο κεραυνικό πλήγμα ενώ το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι σε μέγιστη διέγερση. Αυτή η ζώνη διαχωρίζεται σε δύο υπό-ζώνες:

**LPZ 0<sub>A</sub>:** ζώνη που απειλείται από άμεσο κεραυνικό πλήγμα και μέγιστο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ο εξοπλισμός μπορεί να αντιμετωπίσει μέγιστο κρουστικό ρεύμα κεραυνού.

**LPZ 0<sub>B</sub>:** ζώνη που προστατεύεται από άμεσο κεραυνικό πλήγμα αλλά απειλείται από μέγιστο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ο εξοπλισμός της μπορεί να αντιμετωπίσει έμμεσο-μερικό κεραυνικό πλήγμα.

### Εσωτερικές Ζώνες:

**LPZ 1:** ζώνη όπου το κρουστικό ρεύμα περιορίζεται λόγω των παρεμβαλλόμενων δομών και των περιοριστών υπερτάσεων (πχ τοιχώματα κτηρίου). Πιθανόν ο εξοπλισμός να αντιμετωπίσει εξασθενημένο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

**LPZ 2..n:** ζώνη όπου το κρουστικό ρεύμα περιορίζεται ακόμα περισσότερο ανάλογα με τον αριθμό  $n$ , λόγω των παρεμβαλλόμενων δομών και των περιοριστών υπερτάσεων (πχ τοιχώματα κτηρίου). Πιθανόν ο εξοπλισμός να αντιμετωπίσει αρκετά εξασθενημένο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Σε κάθε ζώνη, το σύνολο του εξοπλισμού, που είναι εγκατεστημένο, πρέπει για λόγους ασφάλειας να βρίσκεται στο ίδιο δυναμικό. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ισοδυναμικών συνδέσεων στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό αλλά και στα αγωγίματα στοιχεία του κτηρίου.

### 6.3 Αποσυμφόρηση Κεραυνικού Πλήγματος στον Ηλεκτρολογικό Εξοπλισμό του Κτηρίου

Για τον υπολογισμό του αναμενόμενου ρεύματος, το οποίο ενδέχεται να καταπονήσει τους αγωγούς και τις συσκευές περιορισμού υπερτάσεων (SPDs) της εγκατάστασης, κατά την άμεση πτώση κεραυνού στο ΣΑΠ θα πρέπει να υπολογιστεί η κατανομή του ρεύματος στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση του κτηρίου.

Βάσει του προτύπου TS 61643-12 [AnnexF] το 50% του κεραυνικού ρεύματος αποσυμφορείται μέσω του συστήματος γείωσης. Το υπόλοιπο 50% ( $I_s$ ) κατανέμεται στις υπηρεσίες που περιλαμβάνει το κτήριο με αγωγίμες εγκαταστάσεις, όπως μεταλλικές σωλήνες ύδρευσης, δίκτυο παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, τηλεπικοινωνιακές γραμμές κτλ..

Έτσι το αναμενόμενο ρεύμα ( $I_i$ ) που προβλέπεται να περάσει από την εγκατάσταση κάθε υπηρεσίας υπολογίζεται από τη σχέση:

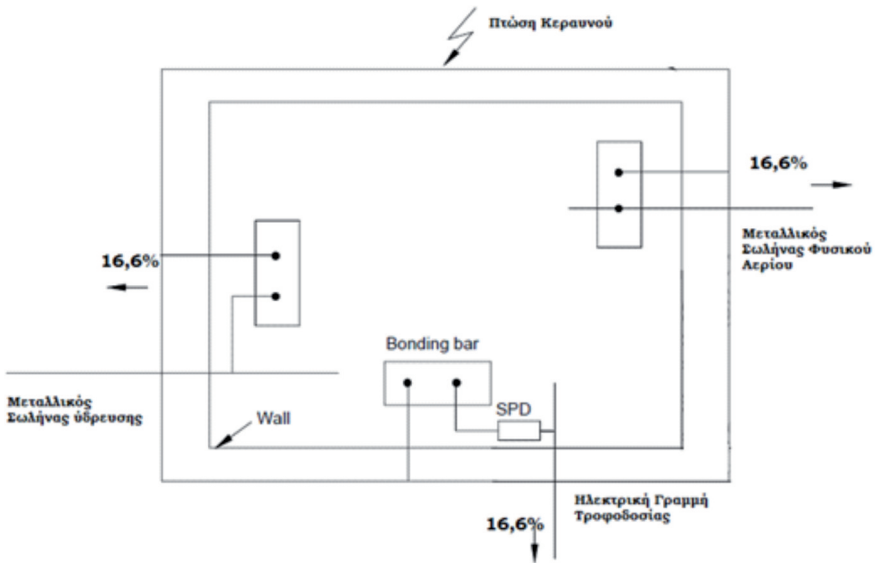
$$I_i = I_s / n \quad \text{όπου } n \text{ ο αριθμός των υπηρεσιών.}$$

Για την αξιολόγηση του ρεύματος, σε κάθε αγωγό τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πιο κάτω σχέση:

$$I_v = I_i / m$$

Όπου  $m$  ο αριθμός των αγωγών τροφοδοσίας. Συνήθως  $m=2$  (L, N) για μονοφασικά συστήματα ή  $m=4$  (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, N) για τριφασικά.

Για παράδειγμα, το κτήριο στην εικόνα 14 το οποίο περιλαμβάνει τρεις εισερχόμενες υπηρεσίες (ηλεκτροδότησης, υδροδότησης και φυσικού αερίου), στην περίπτωση πτώσης κεραυνού, το 50% του κεραυνικού ρεύματος θα εκφορτιστεί μέσω του συστήματος γείωσης, ενώ το υπόλοιπο 50% θα διανεμηθεί εξ ίσου στις τρεις υπηρεσίες αναλαμβάνοντας ποσοστό ρεύματος ίσο με 16,6% έκαστη. Εάν η παροχή είναι μονοφασική, τότε από κάθε αγωγό τροφοδοσίας θα περάσει ρεύμα ίσο με 8,3% ενώ αν πρόκειται για τριφασική παροχή, από κάθε αγωγό τροφοδοσίας θα περάσει ρεύμα ίσο με 4,15%.



Εικόνα 14: Διανομή κεραυνικού ρεύματος μεταξύ των εισερχόμενων στο κτήριο υπηρεσιών.

## 6.4 Αντοχή Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού έναντι Υπερτάσεων

Για τη λήψη μέτρων προστασίας από υπερτάσεις σε κτηριακές εγκαταστάσεις, γίνεται διαχωρισμός του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού σε κατηγορίες οι οποίες αντικατοπτρίζουν την αντοχή του σε φαινόμενα υπερτάσεων. Βασικές παράμετροι για την κατηγοριοποίηση κάθε στοιχείου είναι η ονομαστική τάση λειτουργίας του στοιχείου, το σημείο εγκατάστασης του και η διηλεκτρική αντοχή του βάσει του EN60664-1.

**Σε συστήματα χαμηλής τάσης (230/400 Vac) διακρίνουμε τις τέσσερις πιο κάτω κατηγορίες με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά:**

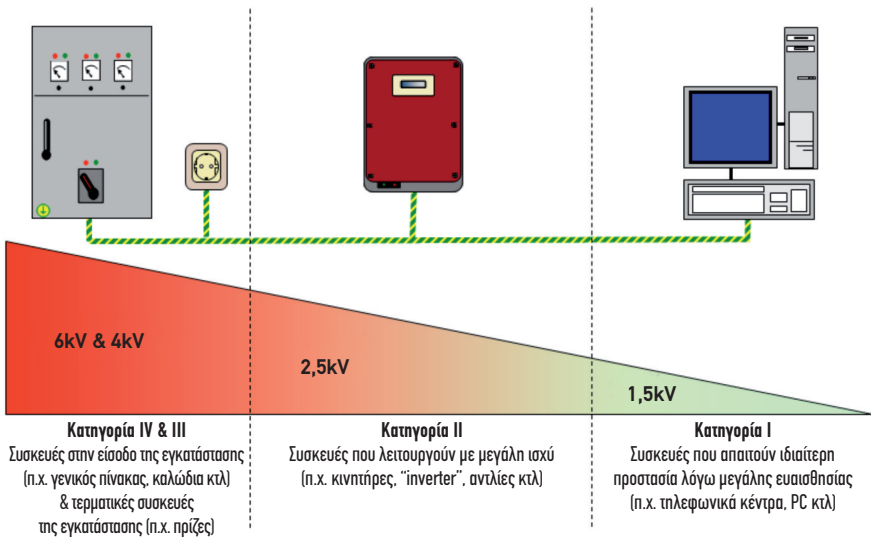
Κατηγορία IV: συσκευές που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρολογική εγκατάσταση, όπως ηλεκτρολογικοί πίνακες, ασφάλειες, καλώδια όργανα μέτρησης κτλ.

Κατηγορία III: συσκευές μόνιμα συνδεδεμένες στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό για τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος όπως υποπίνακες.

Κατηγορία II: συσκευές μόνιμα συνδεδεμένες στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό υψηλής ισχύος, όπως γεννήτριες, κινητήρες, αντλίες νερού κτλ.

Κατηγορία I: ηλεκτρονικές συσκευές χαμηλής ισχύος που περιέχουν ευαίσθητα ηλεκτρονικά κυκλώματα και χρειάζονται ειδική προστασία.

Στον Πίνακα 20 (Παρ.Ε), παρουσιάζονται οι απαιτούμενες αντοχές έναντι κρουστικών υπερτάσεων, που πρέπει να παρουσιάζει ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός ανάλογα με την κατηγορία στην οποία κατατάσσεται. Όσον αφορά στα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, οι αποδεκτές τιμές των φωτοβολταϊκών στοιχείων υπολογίζονται βάσει της αντοχής τους σε ρεύμα ανάστροφης πόλωσης και αντιστοιχούν σε μερικές εκατοντάδες βολτς.



Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε Φ/Β εγκαταστάσεις ανάλογα με τη διηλεκτρική τους αντοχή [9].

Η αντοχή που επιδεικνύουν οι "inverter" στην DC- πλευρά, εξαρτάται από τη μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος και συνήθως αυτή καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Στην περίπτωση που δεν δίνονται πληροφορίες από τον κατασκευαστή για την αντοχή έναντι υπερτάσεων, η τιμή αυτή εκτιμάται περίπου στο πενταπλάσιο της μέγιστης τάσης ανοικτού κυκλώματος της DC-πλευράς του "inverter". Επίσης μπορεί να γίνει αναφορά στον πιο κάτω πίνακα (Πιν.6) που προτείνεται από το TS 50539-12, όπου παρουσιάζεται η διηλεκτρική αντοχή του εξοπλισμού σε σχέση με την τάση ανοικτού κυκλώματος. Για την πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος η αντοχή του "inverter" κατατάσσεται στην κατηγορία II.

U <sub>DC MAX</sub> (V)	U <sub>w</sub> (V)		
	Φ/Β-γεννήτρια	Inverter	Υπόλοιπος Εξοπλισμός
100	800	2500 (ελάχιστο απαιτούμενο)	800
150	1500		1500
300	2500		2500
424	4000		4000
600	4000	4000	4000
800	5000		5000
849	6000		6000
1000	6000	6000	6000
1500	8000	8000	8000

Πίνακας 6: Πίνακας αντοχής ηλεκτρικού εξοπλισμού στην DC πηθευρά.

## 6.5 Συσσκευές Περιορισμού Υπερτάσεων (SurgeProtectiveDevices – SPDs)

### 6.5.1 Βασικά Χαρακτηριστικά

Οι συσκευές περιορισμού υπερτάσεων χρησιμοποιούνται ευρέως σε συστήματα χαμηλής τάσης για προστασία του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και τη δημιουργία ισοδυναμικών συνδέσεων στους αγωγούς ηλεκτροδότησης. Στόχος τους είναι η προστασία των ηλεκτρικών συστημάτων και του εξοπλισμού από ανεπιθύμητες υπερτάσεις και κρουστικά ρεύματα, που πιθανόν να εμφανιστούν από κεραυνικά πλήγματα ή διακοπτικές υπερτάσεις (switching overvoltages). Περιλαμβάνουν τουλάχιστο ένα μη γραμμικό στοιχείο (βαρίστορ μεταλλικού οξειδίου ή σπινθηριστή διακένου).

#### Η λειτουργία τους περιγράφεται ως εξής:

Α. στην περίπτωση απουσίας υπέρτασης στο σύστημα ηλεκτροδότησης οι συσκευές υπερτάσεων δεν επηρεάζουν το σύστημα.

Β. στην περίπτωση εμφάνισης υπέρτασης η συσκευή ανταποκρίνεται και μειώνοντας την αντίσταση της αφήνει το ρεύμα να εκτονωθεί διαμέσου της, μέχρι η τάση να φτάσει σε ασφαλή επίπεδο.

Γ. μετά την απόσβεση της υπέρτασης, η αντίσταση της συσκευής ανεβαίνει σε υψηλά επίπεδα ώστε να μην υπάρχει διαρροή ηλεκτρικού ρεύματος.

### Ταξινόμηση συσκευών περιορισμού υπερτάσεων.

Οι συσκευές περιορισμού υπερτάσεων ταξινομούνται βάσει του EN 61643-12 ως εξής:

Αριθμός θυρών: 2 ή 3

Σχεδιαστική τοπολογία: μεταβολή τάσης, τάσης κατωφλίου ή συνδυασμός των δύο

Κλάση: I, II, III και II & III

Τοποθέτηση: εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου

Μέθοδος τοποθέτησης: σταθερή ή κινητή

Προσβασιμότητα: προσβάσιμο, μη προσβάσιμο

Αποζεύκτης: τοποθετημένος εσωτερικά ή εξωτερικά με λειτουργίες προστασίας (θερμικής, ρεύματος διαρροής, υπερεντάσης).

Προστασία υπερεντάσεως: καθορισμένη ή όχι

### 6.5.2 Διαχωρισμός Συσκευών Περιορισμού Υπερτάσεων ανάλογα με την Απόκριση τους σε Ρεύμα Υπερεντάσεως

Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι συσκευών περιορισμού υπερτάσεων που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα αντικεραυνικής προστασίας, ανάλογα με την απόκριση τους σε ρεύμα υπερεντάσεως.

- α) **Τύπος 1 (T1)** που προσφέρει πρωτεύουσα προστασία από κεραυνικά πλήγματα και ανταποκρίνεται σε κυματομορφές ρεύματος 10/350μs. Αυτός ο τύπος τοποθετείται στα σημεία που ενδέχεται να έχουν τη μεγαλύτερη συμφόρηση από το κεραυνικό πλήγμα, δηλαδή στα σύνορα των ζωνών LPZ0A-LPZ1.
- β) **Τύπος 2 (T2)** που προσφέρει δευτερεύουσα προστασία από υπερεντάσεις και ανταποκρίνεται σε κυματομορφές ρεύματος 8/20μs. Αυτός ο τύπος τοποθετείται στα σημεία που δέχονται έμμεσα το κεραυνικό πλήγμα, δηλαδή στα σύνορα των ζωνών LPZ1-LPZ2 ή LPZ0B-LPZ2.

### 6.5.3 Υπολογισμός Στάθμης Προστασίας Up SPDs

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός έχει συγκεκριμένη αντοχή σε υπερτάσεις (βλ. Παρ. 6.4), ανάλογα με το σημείο εγκατάστασης και την ονομαστική τάση λειτουργίας του. Η τιμή της τάσης  $U_p$  πρέπει να είναι πιο χαμηλή από τα όρια αντοχής του εξοπλισμού προκειμένου να τον προστατεύει. Η τιμή  $U_p$  καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

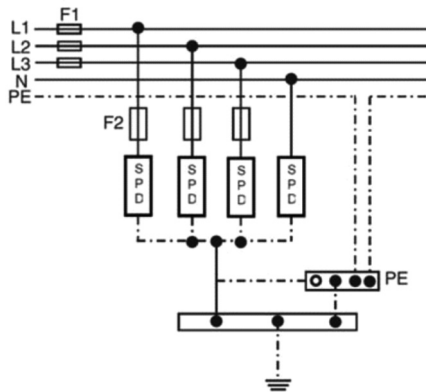
Η επιλογή των τεχνικών χαρακτηριστικών που πρέπει να περιλαμβάνει η εκάστοτε συσκευή περιορισμού υπερτάσεων, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σημείου εγκατάστασης, της περιγράφεται στο [Παράρτημα Γ](#).

### 6.5.4 Συνδεσμολογία Εγκατάστασης SPDs στην πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος (AC-Πλευρά)

Οι συσκευές SPD που βρίσκονται στον κεντρικό πίνακα της εγκατάστασής (ή κοντά σε αυτόν) πρέπει να συνδέονται τουλάχιστο μεταξύ των πιο κάτω στοιχείων (TS 61643-12):



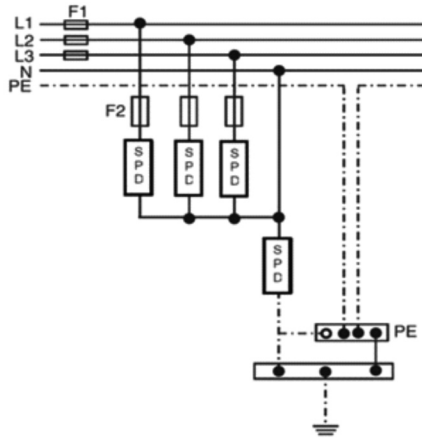
- A.** Εάν υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ ουδετέρου και αγωγού προστασίας (PE) στον κεντρικό πίνακα της εγκατάστασης (ή κοντά από αυτό) ή δεν υπάρχει ουδέτερος; τότε πρέπει να τοποθετείται συσκευή SPD μεταξύ κάθε γραμμής φάσης και τερματικού γείωσης ή του βασικού αγωγού προστασίας (σε όποιο βρίσκεται πλησιέστερα).
- B.** Εάν δεν υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ ουδετέρου και αγωγού προστασίας (PE) στον κεντρικό πίνακα της εγκατάστασης (ή κοντά από αυτό) τότε:
- α) Πρέπει να τοποθετείται συσκευή SPD μεταξύ κάθε γραμμής φάσης και τερματικού γείωσης ή του βασικού αγωγού προστασίας (σε όποιο βρίσκεται πλησιέστερα) και μεταξύ του ουδετέρου και τερματικού γείωσης ή του βασικού αγωγού προστασίας (σε όποιο βρίσκεται πλησιέστερα) [Τύπος Συνδεσμολογίας 1-Διάγραμμα 4]



Διάγραμμα 4: Συνδεσμολογία συσκευών SPD Τύπου 1. [TS 61643-12]

ή

- β) Πρέπει να τοποθετείται συσκευή SPD μεταξύ κάθε γραμμής φάσης και ουδετέρου και μεταξύ του ουδετέρου και τερματικού γείωσης ή του βασικού αγωγού προστασίας (σε όποιο βρίσκεται πλησιέστερα) [Τύπος Συνδεσμολογίας 2-Διάγραμμα 5].



Διάγραμμα 5: Συνδεσμολογία συσκευών SPD Τύπου 2. (TS 61643-12).

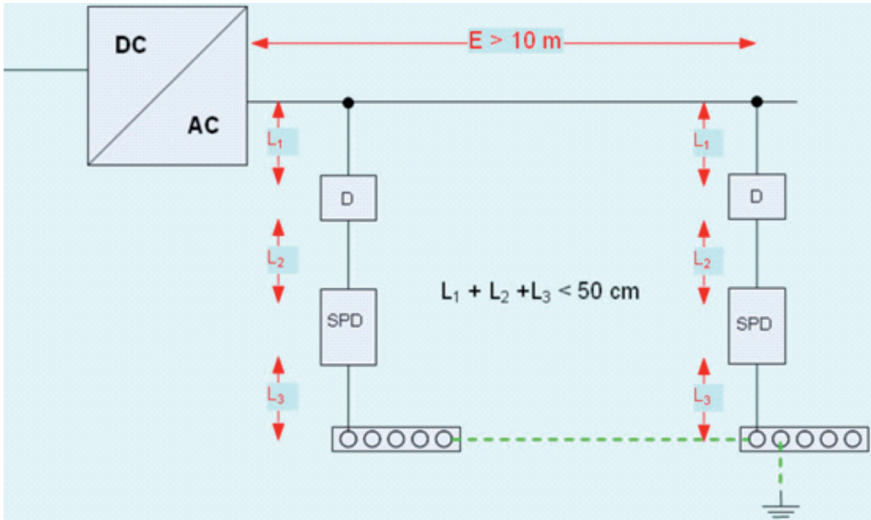
→ Στον πίνακα (Πιν.7) παρουσιάζονται οι πιθανοί τρόποι σύνδεσης των συσκευών SPD σε εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης (AC-πλευρά).

Σύνδεση συσκευών SPD μεταξύ:	Είδος συστήματος τροφοδοσίας εγκατάστασης							
	TT		TN-C	TN-S		IT με παροχή ουδετέρου		IT χωρίς παροχή ουδετέρου
	Εγκατάσταση βάσει τύπου σύνδεσης			Εγκατάσταση βάσει τύπου σύνδεσης		Εγκατάσταση βάσει τύπου σύνδεσης		
	TΣ-1	TΣ-2		TΣ-1	TΣ-2	TΣ-1	TΣ-2	
Κάθε αγωγού φάσης και ουδετέρου αγωγού	+	√	☒	+	√	+	√	☒
Κάθε αγωγού φάσης και αγωγού προστασίας PE	√	☒	☒	√	☒	√	☒	√
Ουδετέρου και αγωγού προστασίας PE	√	√	☒	√	√	√	√	☒
Κάθε αγωγού φάσης και ουδετέρου αγωγού προστασίας PEN	☒	☒	√	☒	☒	☒	☒	☒
Αγωγών φάσης	+	+	+	+	+	+	+	+

√: υποχρεωτικά, +: προαιρετικό  
 TΣ: Τύπος Σύνδεσης, ☒: μη εφαρμοσίμο

Πίνακας 7: Ενδειγμένοι τρόποι σύνδεσης SPDs σε εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης (TS61643-12).

Επιπρόσθετα, η εικόνα 16 υποδεικνύει ότι πριν από την κάθε συσκευή πρέπει να υπάρχουν διακόπτες απομόνωσης (αντικατάσταση, επιθεώρηση συσκευών) ενώ οι επιμέρους καλωδιώσεις δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 50cm.



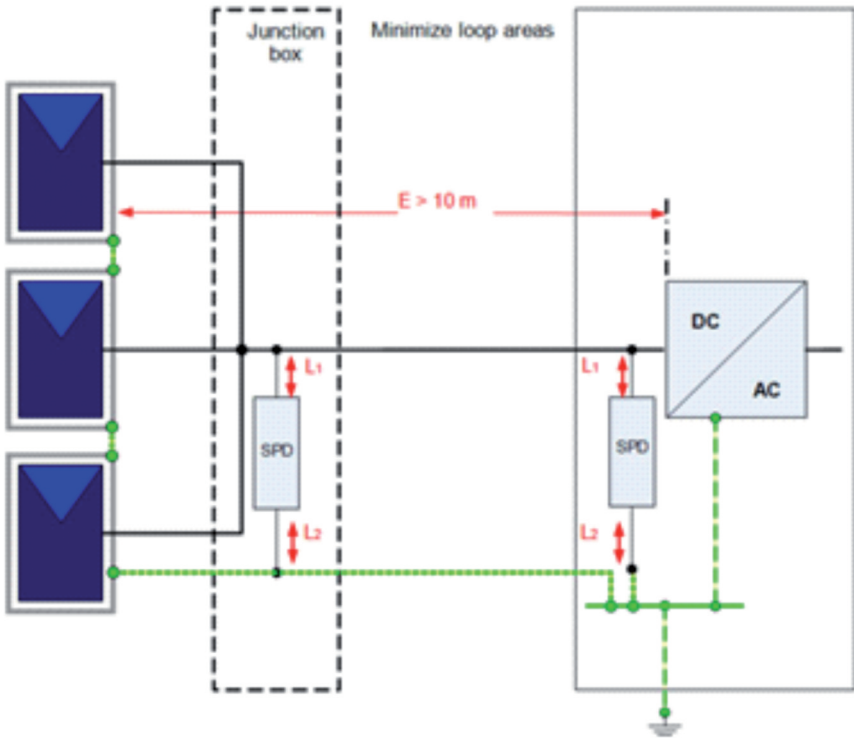
Εικόνα 16: Εγκατάσταση συσκευών SPDs στην AC-πλευρά (TS 50539-12).

### 6.5.5 Συνδεσμολογία Εγκατάστασης SPDs στην πλευρά συνεχούς ρεύματος (DC-Πλευρά)

Η εγκατάσταση των συσκευών SPD πρέπει να γίνεται όσο το δυνατό πιο κοντά στον "inverter". Στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ "inverter" και φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι μεγαλύτερη των 10m, τότε χρειάζεται να εγκατασταθεί ακόμα ένα συμπληρωματικό σετ SPD πλησίον των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το μήκος των καλωδίων σύνδεσης L1, L2 πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο (εικ.17).

**Σημείωση:** Η καλωδίωση κάθε σειράς φωτοβολταϊκών πρέπει να περιλαμβάνει ανεξάρτητη προστασία (SPD) πριν από τη σύνδεση της στο "inverter". Δηλαδή, για παράδειγμα εάν υπάρχουν εγκατεστημένες τρεις σειρές Φ/Β-στοιχείων με τρεις ανεξάρτητες καλωδιώσεις, πρέπει να εγκατασταθούν τρία σετ συσκευών (ή περισσότερα αν δεν ικανοποιούνται οι αποστάσεις των 10m).

Εάν η τεχνολογία του "inverter" επιτρέπει την παράλληλη σύνδεση των επιμέρους καλωδιώσεων, τότε μέσω ενός κουτιού διακλάδωσης (junction box) γίνεται παραλληλισμός της καλωδίωσης και έτσι η προστασία περιορίζεται σε ένα μόνο σετ (ή δύο αν δεν ικανοποιούνται οι αποστάσεις των 10m).



Εικόνα 17: Εγκατάσταση SPDs στην DC-πλευρά με τη βοήθεια κουτιού διακλάδωσης (η απόσταση μεταξύ Φ/Β-στοιχείων και "inverter" ξεπερνά τα 10m).

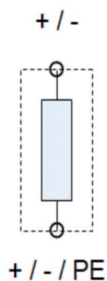
- Τα καλώδια σύνδεσης μεταξύ SPD και ισοδυναμικού ζυγού ( $L_2$ ), πρέπει να έχουν ελάχιστη διατομή  $16mm^2$  χαλκού ή ισοδύναμου αγωγού ή να είναι μεγαλύτερης διατομής των ενεργών αγωγών (αν αυτοί ξεπερνούν τα  $16mm^2$ ) αν πρόκειται για Τύπο 1 SPD.
- Τα καλώδια σύνδεσης μεταξύ SPD και ισοδυναμικού ζυγού ( $L_2$ ), πρέπει να έχουν ελάχιστη διατομή  $6mm^2$  χαλκού ή ισοδύναμου αγωγού ή να είναι μεγαλύτερης διατομής των ενεργών αγωγών (αν αυτοί ξεπερνούν τα  $6mm^2$ ) αν πρόκειται για Τύπο 2 SPD.
- Τα καλώδια σύνδεσης μεταξύ SPD και ενεργών αγωγών ( $L_1$ ), πρέπει να έχουν ελάχιστη διατομή ίση με αυτή των ενεργών αγωγών.

- Για να εξασφαλιστεί η αντοχή των ενεργών αγωγών της DC-πλευράς από κρουστικά ρεύματα, πρέπει η ενεργός διατομή τους να ξεπερνά τα 16 mm<sup>2</sup> ή τα 6mm<sup>2</sup> εάν έχουν εγκατεστημένες συσκευές SPDs Τύπου 1 και Τύπου 2 αντίστοιχα.

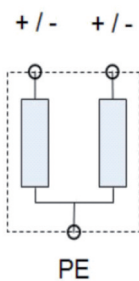
### 6.5.6 Εσωτερική Σχηματική Σύνδεση SPDs στην DC-Πλευρά

Πιο κάτω παρουσιάζονται (εικ.18-23) οι πιο γνωστοί τρόποι σύνδεσης των συσκευών SPD στη DC-πλευρά. Οι συνδέσεις μπορεί να επιτευχθούν είτε με συσκευές δύο ακροδεκτών (single mode) είτε με συσκευές πολλαπλών ακροδεκτών (multipole).

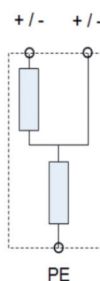
**Σημείωση:** Συνήθως προτιμάται η συνδεσμολογία Υ, γιατί σε περίπτωση σφάλματος, το ρεύμα σφάλματος διέρχεται από δύο συσκευές σε σειρά, έτσι επεκτείνεται η διάρκεια ζωής των συσκευών (εκτίθενται σε μικρότερα επίπεδα τάσεων).



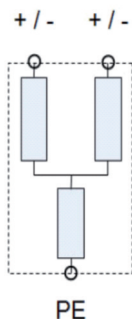
Εικόνα 18: I-Διαμόρφωση



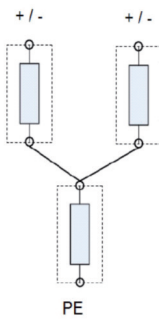
Εικόνα 19: U-Διαμόρφωση



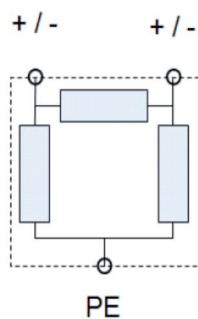
Εικόνα 20: L-Διαμόρφωση



Εικόνα 21: Y-Διαμόρφωση



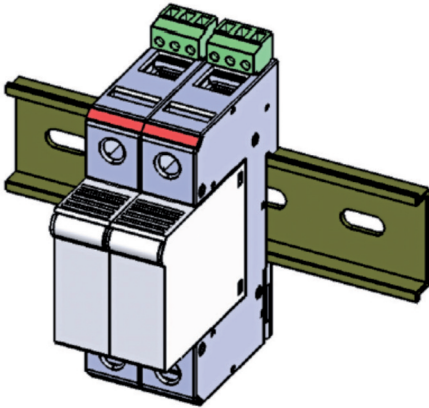
Εικόνα 22: Y-Διαμόρφωση με την Χρήση Διπολικών SPDs.



Εικόνα 23: Δ-Διαμόρφωση

### 6.5.7 Εγκατάσταση SPDs στην DC-Πλευρά

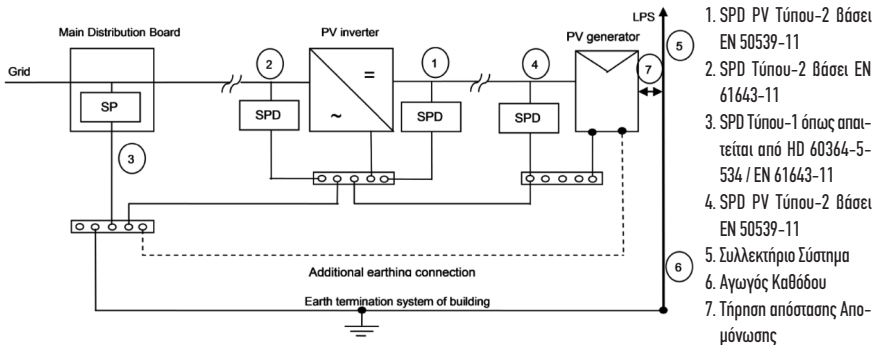
Η εγκατάσταση των συσκευών SPD στην πλευρά συνεχούς ρεύματος, μπορεί να γίνει σε υποπίνακες πάνω σε ράγες (DINrails) για εύκολη προσαρμογή. Σημαντικό είναι να παρέχεται η απαραίτητη προστασίας στις συσκευές και το σημείο εγκατάστασής τους να είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπει επιθεώρηση και συντήρηση.



Εικόνα 24: Εγκατάσταση συσκευών SPDs πάνω σε ράγα.

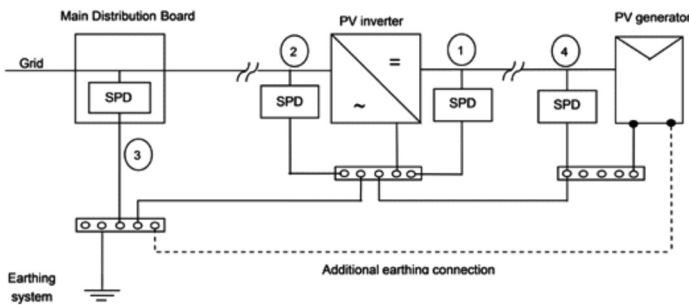
### 6.5.8 Επιλογή τύπου SPD σε κτήρια με Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση [50539-12]

■ Εάν το κτήριο διαθέτει απομονωμένο ΣΑΠ, τότε στην πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος AC, πρέπει να εγκατασταθεί στον πίνακα ηλεκτροδότησης ένα σετ SPDs τύπου T<sub>1</sub>. Τα υπόλοιπα SPDs μπορεί να είναι τύπου T<sub>2</sub> (εικ.25).



Εικόνα 25: Εγκατάσταση συσκευών SPDs σε εγκατάσταση με απομονωμένο ΣΑΠ.

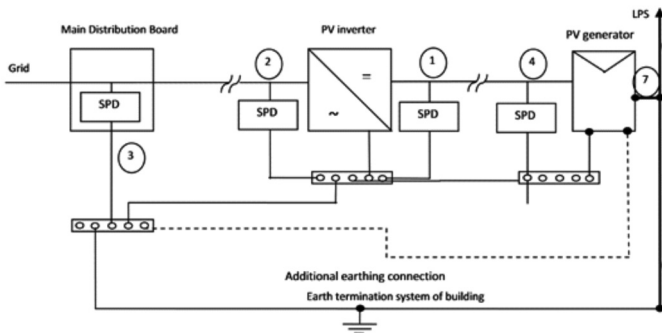
- Εάν το κτήριο δεν διαθέτει εξωτερικό ΣΑΠ, τότε στην πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος AC πρέπει να εγκατασταθεί στον πίνακα ηλεκτροδότησης ένα σετ SPDs τύπου T<sub>1</sub>, εάν η τροφοδοσία γίνεται με εναέρια γραμμή ή ένα σετ SPDs τύπου T<sub>2</sub>, εάν η τροφοδοσία γίνεται με υπόγειο καλώδιο. Τα υπόλοιπα SPDs μπορεί να είναι τύπου T<sub>2</sub> (εικ.26).



1. SPD PV Τύπου2 βάσει EN 50539-11
2. SPD Τύπου 2 βάσει EN 61643-11
3. SPD όπως απαιτείται από HD 60364-5-534 / EN 61643-11
4. SPD PV Τύπου2 βάση EN 50539-11

Εικόνα 26: Εγκατάσταση συσκευών SPDs σε εγκατάσταση χωρίς εξωτερικό ΣΑΠ.

- Εάν το κτήριο διαθέτει μη-απομονωμένο ΣΑΠ τόσο στην πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος AC όσο και στην πλευρά συνεχούς ρεύματος DC των φωτοβολταϊκών στοιχείων, χρειάζεται να γίνει εγκατάσταση συσκευών τύπου T<sub>1</sub> (εικ.27).



1. SPD PV Τύπου1 βάσει EN 50539-11
2. SPD Τύπου 1 βάσει EN 61643-11
3. SPD Τύπου 1 όπως απαιτείται από HD 60364-5-534 / EN 61643-11
4. SPD PV Τύπου1 βάσει EN 50539-11
5. Συλλεκτήριο Σύστημα
6. Αγωγός Καθόδου
7. Μη Τήρηση απόστασης Απομόνωσης-Ισοδυναμική Σύνδεση

Εικόνα 27: Εγκατάσταση συσκευών SPDs σε εγκατάσταση με μη απομονωμένο ΣΑΠ.

### AC-Πλευρά

- Στις περιπτώσεις απομονωμένου ΣΑΠ ή χωρίς εξωτερικό ΣΑΠ εάν η καλωδίωση από τον "inverter" στον πίνακα ηλεκτροδότησης είναι μικρότερη των 10m, τότε ένα σετ SPDs στο σημείο (3) είναι αρκετό. Εάν όμως η καλωδίωση μεταξύ "inverter" και πίνακα ηλεκτροδότησης είναι μεγαλύτερη των 10m, τότε χρειάζεται ακόμα ένα επιπλέον σετ SPDs στην AC πλευρά, κοντά στον inverter (σημείο 2).
- Για μη-απομονωμένα ΣΑΠ πρέπει να γίνεται εγκατάσταση συσκευών SPDs και στον κεντρικό πίνακα καθώς επίσης κοντά στον "inverter" ανεξάρτητα από την απόσταση απομόνωσης. Εξαιρούνται πολύ μικρές Φ/Β-εγκαταστάσεις, όπου ο "inverter" και ο κεντρικός πίνακας συνδέονται στον ίδιο ζυγό γείωσης, έτσι ένα σετ SPDs είναι αρκετό.

### DC-Πλευρά

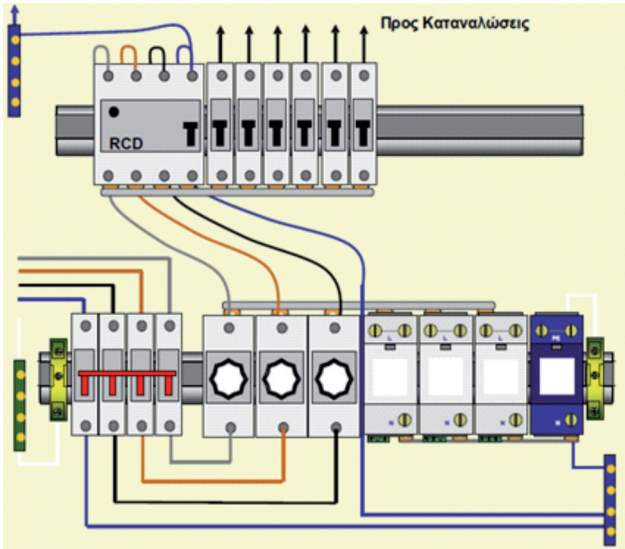
- Στις περιπτώσεις απομονωμένου ΣΑΠ ή χωρίς εξωτερικό ΣΑΠ, εάν η καλωδίωση από τον "inverter" στη Φ/Β-γεννήτρια είναι μικρότερη των 10m, τότε ένα σετ SPDs πλησίον του "inverter" (σημείο 2) είναι αρκετό. Εάν όμως, η καλωδίωση μεταξύ "inverter" και πίνακα ηλεκτροδότησης είναι μεγαλύτερη των 10m, τότε χρειάζεται ακόμα ένα επιπλέον σετ SPDs στην AC πλευρά πλησίον της Φ/Β-γεννήτριας (σημείο 4).
- Για μη-απομονωμένα ΣΑΠ, πρέπει να γίνεται εγκατάσταση συσκευών SPDs και κοντά στον "inverter" και κοντά στη Φ/Β γεννήτρια, ανεξάρτητα από την απόσταση απομόνωσης.
- Εάν το μήκος E (εικ.17) είναι μεγαλύτερο από 10m και η στάθμη προστασίας της συσκευής SPD είναι μικρότερη του μισού της διηλεκτρικής αντοχής της Φ/Β γεννήτριας ( $0,5 \cdot U_w$ ), τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ένα σετ SPDs πλησίον του "inverter" (Η συγκεκριμένη πρόταση δεν είναι εφαρμόσιμη σε μη απομονωμένα ΣΑΠ).

### 6.5.9 Εγκατάσταση SPDs στο Γενικό Πίνακα Εγκατάστασης

Η εγκατάσταση των συσκευών SPDs στην πλευρά εναλλασσόμενου ρεύματος, γίνεται συνήθως στον γενικό πίνακα της εγκατάστασης. Για ευκολία στην προσαρμογή των συσκευών χρησιμοποιούνται ράγες (DINrail). Η σύνδεση των συσκευών συνιστάται να γίνεται πριν από το Διακόπτη Διαφυγής Ρεύματος (RCD) για προστασία του RCD από κρουστικά ρεύματα. Ο πάροχος ηλεκτρικού ρεύματος της εκάστοτε χώρας, πιθανόν να μην επιτρέπει την επέμβαση σε αυτό το σημείο και έτσι υποχρεωτικά η εγκατάσταση των συσκευών SPDs γίνεται μετά το γενικό διακόπτη και τις γενικές ασφάλειες.

Στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ γενικού πίνακα και "inverter" είναι μεγαλύτερη από 10m, τότε τοποθετείται ακόμα ένα σετ SPDs σε ξεχωριστό υποπίνακα.





Εικόνα 28: Εγκατάσταση SPDs πάνω σε ράγα στο γενικό πίνακα μετά το γενικό διακόπτη και τις γενικές ασφάλειες [9].

### 6.5.10 Προστασία Φ/Β στοιχείων από Υπερρέυματα και Διακόπτης Φορτίου

#### Ασφάλειες gPV

Για την προστασία των Φ/Β στοιχείων από υπερεντάσεις, που πιθανόν να εμφανιστούν είτε λόγω κάποιου βραχυκυκλώματος ή απότομης αλλαγής της τιμής του ρεύματος, υπάρχουν ειδικές ασφάλειες για Φ/Β εγκαταστάσεις που φέρουν την σήμανση "gPV". Λόγω του ότι το ρεύμα που παράγεται από τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες έχει ρυθμό αύξηση της τάσης από το μηδέν στη μέγιστη του τιμή, πέντε φορές πιο γρήγορα από ότι στις συνηθισμένες πηγές DC ρεύματος, οι παραδοσιακές ασφάλειες δεν θα μπορούν να ανταποκριθούν επαρκώς.

Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι όταν γίνεται παραλληλισμός των καλωδιώσεων υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας αναστροφου ρεύματος στα άκρα κάποιου "string", π.χ. στην περίπτωση που εμφανιστεί παροδική σκίαση τμήματος της Φ/Β εγκατάστασης. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιφέρει ζημιά στα Φ/Β στοιχεία αφού πρόκειται για ένα ρεύμα διόλου αμελητέο. Έτσι είναι αναγκαίο όταν υπάρχει παραλληλισμός περισσότερων από δύο κλάδων ("strings") να τοποθετούνται ασφάλειες προστασίας "gPV".

**Σημείωση:** μπορεί να γίνει και χρήση διόδων κάτι το οποίο δεν συνιστάται γιατί οι διοδοι δεν αποτελούν εν γένει συσκευές προστασίας και επιπλέον προκαλούν απώλειες στο κύκλωμα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ασφαλειών υπολογίζονται βάσει του EN60269-6 και περιλαμβάνουν τις πιο κάτω παραμέτρους:

Όνομαστική τιμή τάσης λειτουργίας (rated)

Όνομαστική τιμή ρεύματος λειτουργίας (rated)

Ικανότητα διακοπής-Αντοχή σε ρεύμα βραχυκυκλώματος.

Ρυθμός ανόδου θερμοκρασίας σε κανονική λειτουργία.

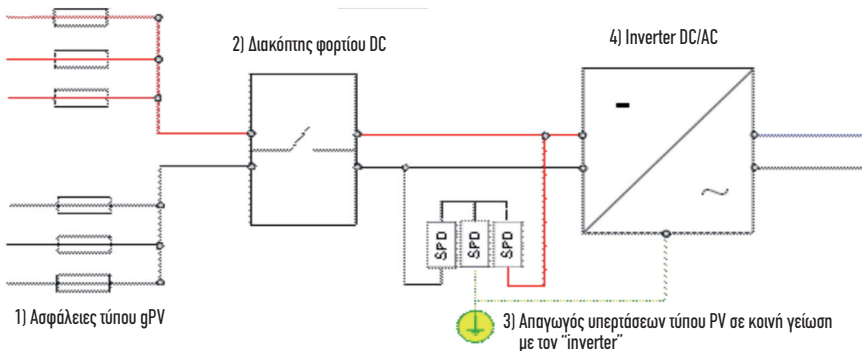
Χαρακτηριστική ρεύματος-χρόνου.

Διαστάσεις-Μέγεθος.

Οι ασφάλειες τοποθετούνται σε σειρά με την καλωδίωση κάθε σειράς Φ/Β στοιχείων και πρέπει να είναι τοποθετημένες σε ασφαλειοθήκες, ικανές να αντέξουν καταπόνηση ακόμα και στις χειρότερες συνθήκες λειτουργίας (εικ.29). (Σημ. αντί ασφαλειών μπορεί να γίνει χρήση μικροαυτομάτων (MCB), μια λύση τεχνικά ανώτερη αλλά με σημαντικά μεγαλύτερο κόστος).

### Διακόπτης Φορτίου.

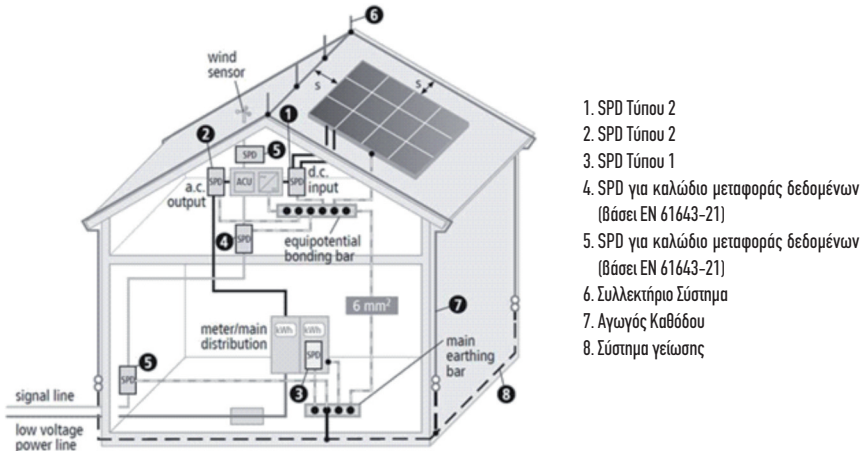
Είναι αναγκαίο να υπάρχει ένας διακόπτης φορτίου πριν από κάθε σετ από SPDs, ούτως ώστε να απομονώνει την εγκατάσταση σε περιπτώσεις ανάγκης αντικατάστασης των SPDs. Ο συγκεκριμένος διακόπτης φορτίου πρέπει να είναι ικανός να διακόπτει το κύκλωμα, ακόμα και αν είναι υπό φορτίο για αυτό πρέπει να έχει τα κατάλληλα τεχνικά χαρακτηριστικά. Υπάρχουν ειδικοί διακόπτες για αυτή τη χρήση με την ονομασία DC-απομονωτές (DC-isolators), που είναι σχεδιασμένοι για συνεχή ρεύματα (εικ.29). Ως επί το πλείστον περιλαμβάνουν ένα θάλαμο σβέσης του ηλεκτρικού τόξου για καλύτερη αποτελεσματικότητα. Σε αντίθεση με τους κοινούς διακόπτες φορτίου, οι DC-απομονωτές έχουν πολικότητα, για αυτό πρέπει να εξετάζονται τα φύλλα των κατασκευαστών πριν συνδεθούν στην εγκατάσταση. Λανθασμένη σύνδεση εγκυμονεί κινδύνους πυρκαγιάς από πιθανή ανάφλεξη –καταστροφή της συσκευής κάτι το οποίο παρατηρήθηκε στο παρελθόν.



Εικόνα 29: Παράδειγμα σχηματικής διαμόρφωσης προστασίας στην DC-πλευρά. (κάθε "string" περιλαμβάνει ασφάλεια gPV ενώ στη συνέχεια αφότου παραλληλιστεί η καλωδίωση τοποθετείται DC-isolator και στη συνέχεια ένα σετ SPDs).

### 6.5.11 Συσκευές Προστασίας από Υπερτάσεις SPDs για Καλώδια Ελέγχου και Μεταφορά Δεδομένων

Για τον έλεγχο εξ αποστάσεως και την εποπτεία του "inverter" αλλά και γενικότερα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, υπάρχει ένα σύνολο από ηλεκτρονικά στοιχεία και αισθητήρια όργανα. Αυτά τα στοιχεία συνδέονται μέσω καλωδίων μεταφοράς δεδομένων στον "inverter" ή στο σύστημα εποπτείας-ελέγχου (scada system) - εικ. 30. Επίσης σε περίπτωση που η εγκατάσταση έχει περισσότερους από ένα "inverter", τότε αυτοί μπορεί να είναι επίσης διασυνδεδεμένοι μέσω καλωδίων για ανταλλαγή δεδομένων. Το σύνολο αυτών το ηλεκτρονικών στοιχείων καθώς και οι είσοδοι λήψης δεδομένων των "inverter", παρουσιάζουν ευαισθησία στις επιβλαβείς υπερτάσεις του δικτύου. Τα εγκατεστημένα SPDs ισχύος αδυνατούν να προστατεύσουν για αυτό και πρέπει να γίνει εγκατάσταση συγκεκριμένων SPDs για γραμμές μεταφοράς δεδομένων.



1. SPD Τύπου 2
2. SPD Τύπου 2
3. SPD Τύπου 1
4. SPD για καλώδιο μεταφοράς δεδομένων (Βάσει EN 61643-21)
5. SPD για καλώδιο μεταφοράς δεδομένων (Βάσει EN 61643-21)
6. Συλλεκτήριο Σύστημα
7. Αγωγός Καθόδου
8. Σύστημα γείωσης

Εικόνα 30: Ολοκληρωμένη Προστασία για απομονωμένο ΣΑΠ και σύστημα ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων εγκατάστασης TS 50539-12.

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά των συσκευών SPDs για γραμμές μεταφοράς δεδομένων πρέπει να καθορίζονται βάσει του TS61643-22 και να αντεπεξέρχονται στις δοκιμές του TS 61643-21.

#### Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά SPDs:

Μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας  $U_c$

Επίπεδο τάσης προστασίας  $U_p$

Επαναφορά

Μονωτική ικανότητα (ρεύμα διαρροής)

Εκτιμώμενο ρεύμα (rated current)

Επίσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στοιχεία των καλωδίων μεταφοράς δεδομένων όπως:

Χωρητικότητα

Αντίσταση

Σύνδεση με ηλεκτρικό εξοπλισμό-Βύσματα

Η επιλογή των συσκευών SPDs για γραμμές μεταφοράς δεδομένων εξαρτάται από το είδος των σημάτων που μεταφέρουν τα καλώδια όπως:

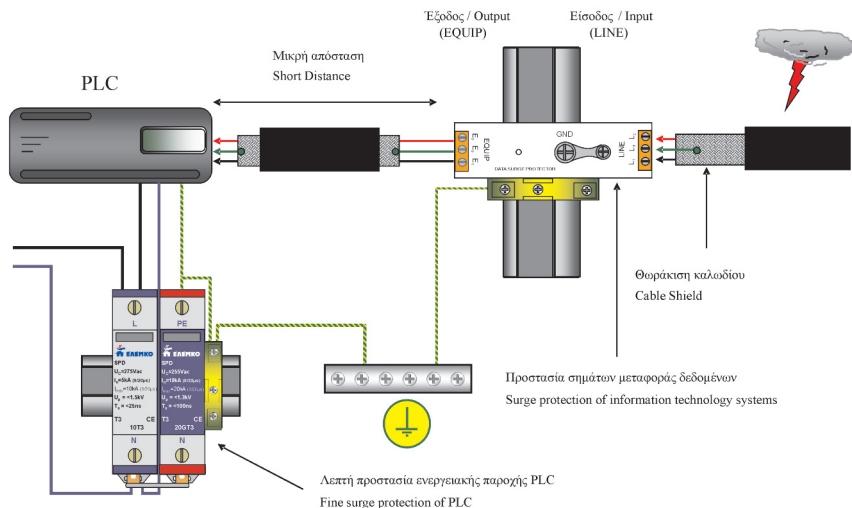
Τηλεπικοινωνιακά Σήματα: Τύπος γραμμής (PSTN, ADSL)

Αναλογικά/Ψηφιακά Σήματα: Συχνότητα, Πλάτος τάσης και ρεύματος σήματος.

RF σήματα: Συχνότητα, Ισχύς, αντίσταση καλωδίου

### 6.5.12 Εγκατάσταση Συσκευών SPDs σε Καλώδια Μεταφοράς Δεδομένων

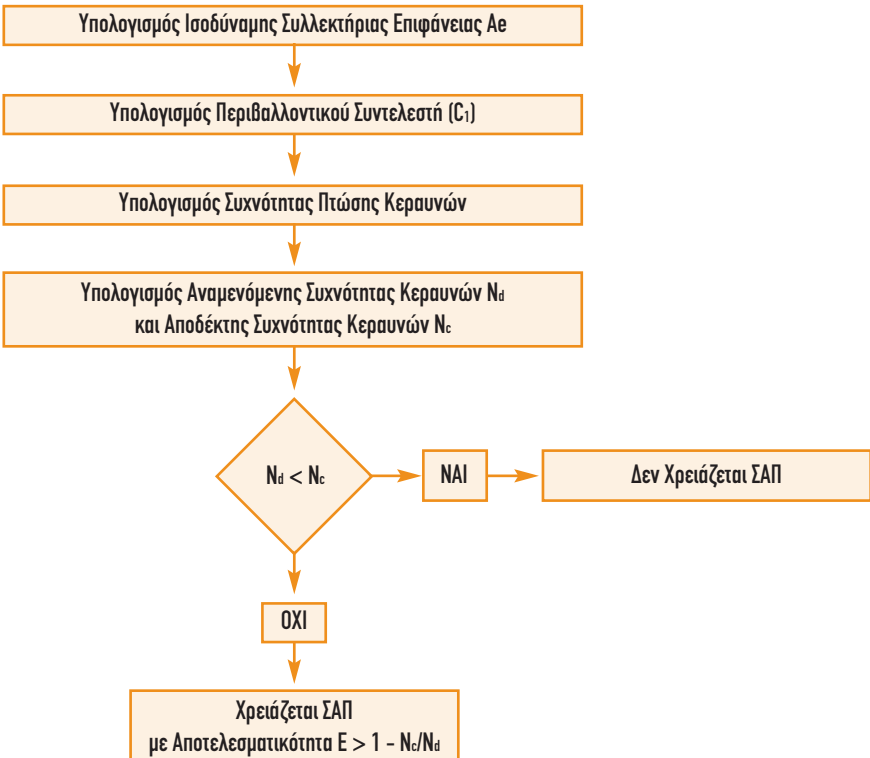
Τα SPDs που χρησιμοποιούνται για μεταφορά δεδομένων, πρέπει να συνδέονται με τους κλώνους του καλωδίου (core wires) αλλά και με τη θωράκιση του καλωδίου (shielding). Η εγκατάσταση του εξοπλισμού πρέπει να γίνεται όσο το δυνατό πιο κοντά στον υπό προστασία εξοπλισμό και κατά προτίμηση, σε απόσταση μικρότερη του 0.5m. Στα καλώδια μεταφοράς δεδομένων που συνδέουν δύο "inverter", στην περίπτωση που το μήκος του καλωδίου είναι μικρότερο των 10m, τότε ένα σετ SPDs είναι αρκετό. Στην περίπτωση που το μήκος του καλωδίου ξεπερνά τα 10m, τότε χρειάζονται δύο σετ SPD τα οποία συνδέονται πλησίον του κάθε "inverter".



Εικόνα 31: Εγκατάσταση SPD σε καλώδια ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων [9].

# Παράρτημα Α - Απλουστευμένη Διαδικασία Εκτίμησης Αναγκαιότητας Εγκατάστασης ΣΑΠ

Για να αποφασισθεί κατά πόσο κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση ΣΑΠ στο κτήριο μπορούν να ακολουθηθούν τα πιο κάτω βήματα.



Διάγραμμα 6. Διαδικασία εκτίμησης αναγκαιότητας ΣΑΠ.

## Αναμενόμενη Συχνότητα Πληγμάτων από Κεραυνό σε μια Κατασκευή, $N_d$

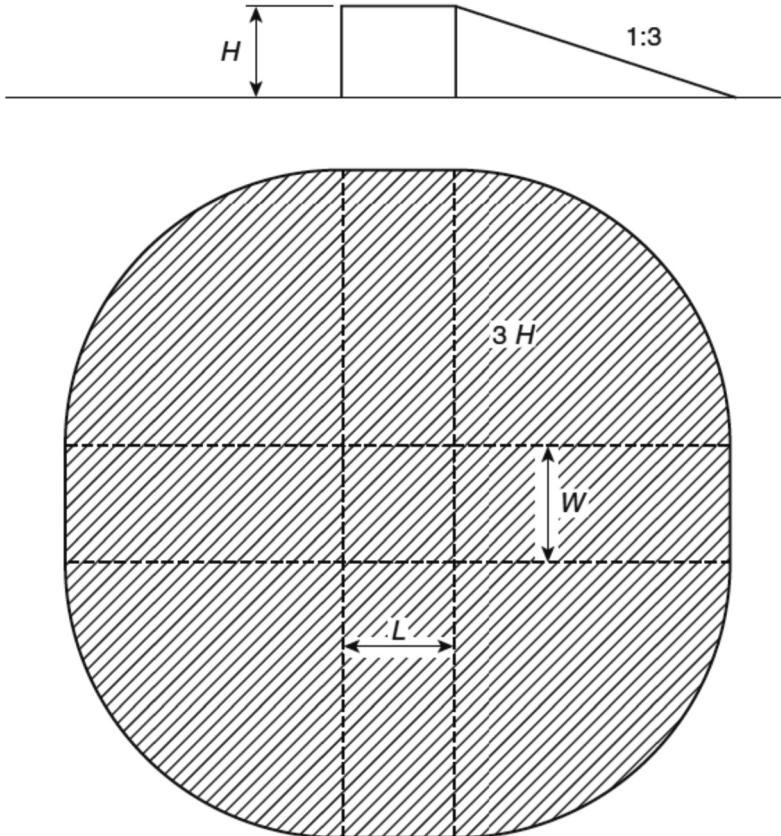
Ο ετήσιος αριθμός κεραυνικών πληγμάτων, που μπορούν να πλήξουν μια κατασκευή, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6}$$

- **$N_g$** : μέσος όρος κεραυνικών πληγμάτων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο στη γεωγραφική τοποθεσία που βρίσκεται η κατασκευή (κεραυνοί/έτος.km<sup>2</sup>).
- **$A_e$** : ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια (m<sup>2</sup>).
- **$C_1$** : περιβαλλοντικός συντελεστής.

### Ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια $A_e$

Η ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια της υπό προστασία κατασκευής αντιστοιχεί σε μια ισοδύναμη επίπεδη επιφάνεια εδάφους, η οποία έχει ίδια ετήσια συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων με την κατασκευή. Για ορθογώνιες απομονωμένες κατασκευές, η επιφάνεια της συλλεκτήριας επιφάνειας μπορεί να υπολογιστεί από το εμβαδόν του περιγράμματος, που προκύπτει από την περιστροφή γύρω από την κορυφογραμμή της κατασκευής, μιας ευθείας γραμμής με κλίση 1:3 και του εδάφους. (εικ.32)



Εικόνα 32: Ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια.

Το συνολικό εμβαδόν που προκύπτει για μια ορθογωνική κατασκευή πλάτους  $W$ , μήκους  $L$  και ύψους  $H$  δίνεται από τη σχέση:

$$A_c = LW + 6H(L+W) + \pi 9H^2$$

**\* Σημειώσεις:**

1. Όταν η συλλεκτρία επιφάνεια μιας κατασκευής καλύπτει πλήρως τη συλλεκτρία περιοχή μιας άλλης, τότε η δεύτερη δεν λαμβάνεται υπόψη.
2. Όταν οι συλλεκτρίες επιφάνειες δύο ή περισσότερων υποδομών της κατασκευής αλληλεπικαλύπτονται, οι αντίστοιχες κοινές επιφάνειες λαμβάνονται μόνο μια φορά υπόψη.
3. Σε περίπτωση που η κατασκευή έχει ακανόνιστο σχήμα με διαφορετικά υψίπεδα, υπάρχουν αριθμητικές και γραφικές μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν (EN 62305-2 Παρ.Α).

**Περιβαλλοντικός συντελεστής  $C_1$ .**

Η τοπογραφία της περιοχής και τα αντικείμενα που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 3H από την κατασκευή, επηρεάζουν τον υπολογισμό του αριθμού των αναμενόμενων κεραυνικών πληγμάτων.

**Συσχετισμός με την υπό προστασία κατασκευή.**

Συσχετισμός με την υπό προστασία κατασκευή.	$C_1$
Κατασκευή που περιβάλλεται από υψηλότερες δομές ή δέντρα σε απόσταση μικρότερη των 3H.	0.25
Κατασκευή που περιβάλλεται από δομές ίσου ή μικρότερου ύψους σε απόσταση μικρότερη των 3H.	0.5
Απομονωμένη κατασκευή χωρίς να υπάρχουν άλλες δομές σε απόσταση μικρότερη των 3H.	1
Απομονωμένη κατασκευή στην κορυφή λόφου.	2

Πίνακας 8: Περιβαλλοντικός συντελεστής  $C_1$ .

**Πυκνότητα Κεραυνών  $N_g$ .**

Η πυκνότητα κεραυνών  $N_g$  εκφράζει το μέσο όρο των κεραυνικών πληγμάτων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, για μια περιοχή, στη διάρκεια ενός έτους. Για την τιμή του  $N_g$  μπορούμε να ανατρέξουμε σε κεραυνικούς χάρτες, ενώ στην περίπτωση που δεν υπάρχουν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την πιο κάτω προσεγγιστική σχέση.

$$N_g = 0.04T_d^{1.25}$$

Το αποτέλεσμα της εξίσωσης προσεγγίζει την πυκνότητα κεραυνών σε μια περιοχή ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Ο όρος  $T_d$  αντιστοιχεί στον αριθμό ημερών καταιγίδας ανά έτος και υπολογίζεται από χάρτες ισοκεραυνικών καμπύλων, που μπορούν να αναζητηθούν από το Τμήμα της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

**Αποδεκτή συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων  $N_c$ .**

Η αποδεκτή συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων,  $N_c$  εκφράζει το μέγιστο αριθμό κεραυνικών πληγμάτων, που μπορούν να πλήξουν άμεσα την κατασκευή στη διάρκεια ενός έτους και να προκαλέσουν ζημιά. Η ενδεικτική τιμή για κατοικίες και κτήρια χωρίς ιδιαιτερότητες είναι,  $N_c = 1.5 \times 10^{-3}$ .

Η τιμή  $N_c$  μπορεί να υπολογιστεί μέσω μελέτης αποτίμησης κινδύνου λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως:

- τύπος δόμησης
- παρουσία εύφλεκτων και εκρηκτικών ουσιών
- τύπος και σπουδαιότητα των υπηρεσιών για εξυπηρέτηση του κοινού
- αξία αγαθών που ενδεχομένως να καταστραφούν.

Προσεγγιστικά η αποδεκτή συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$N_c = \frac{1.5 \times 10^{-3}}{C_2 C_3 C_4 C_5} \text{ events/year}$$

Οι συντελεστές,  $C_2 - C_5$  συνδέονται με τη δομή της κατασκευής, το περιεχόμενο της και τις ενδεχόμενες συνέπειες του κεραυνικού πλήγματος. Οι τιμές των συντελεστών παρουσιάζονται στους πιο κάτω πίνακες.

Δομή Κτηρίου	$C_2$
Μεταλλική	0.5
Μη μεταλλική	1
Εύφλεκτη	2

Πίνακας 9: Συντελεστής Δομής Κτηρίου  $C_2$ .

Περιεχόμενο Κτηρίου	$C_3$
Χαμηλή τιμή-Μη εύφλεκτο	0.5
Κανονική τιμή-Μη εύφλεκτο	1
Υψηλή τιμή- χαμηλή αναφλεξιμότητα	2
Εξαιρετικά υψηλή τιμή, εύφλεκτα υγρά, ηλεκτρονικές συσκευές.	3
Εξαιρετικά υψηλή τιμή, ανεκτίμητα αντικείμενα πολιτιστικής αξίας.	4

Πίνακας 10: Συντελεστής Περιεχομένου Κτηρίου  $C_3$ .

Ποσοστό πληρότητας από ανθρώπους	$C_4$
Μηδενική πληρότητα	0.5
Κανονική πληρότητα	1
Υπερπληρότητα με δυσκολία εκκένωσης σε καταστάσεις πανικού	3

Πίνακας 11: Συντελεστής ποσοστού πληρότητας από ανθρώπους  $C_4$ .



Συνέπειες κεραυνικού πλήγματος	C <sub>5</sub>
Ανοχή εγκαταστάσεων σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας- καμία περιβαλλοντική συνέπεια.	1
Αναγκαία η συνεχόμενη τροφοδότηση εγκατάστασης- καμιά περιβαλλοντική συνέπεια.	5
Περιβαλλοντικές συνέπειες.	10

Πίνακας 12: Συντελεστής συνεπειών κεραυνικού πλήγματος C<sub>5</sub>.

### Διαδικασία επιλογής στάθμης προστασίας ΣΑΠ.

Συγκρίνοντας την αναμενόμενη συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων N<sub>d</sub> με την αποδεκτή συχνότητα ζημιών από κεραυνό N<sub>c</sub>, μπορούμε να αποφασίσουμε κατά πόσο χρειάζεται σύστημα αντικεραυνικής προστασίας και σε ποιά στάθμη προστασίας πρέπει να βρίσκεται.

Εάν N<sub>d</sub> ≤ N<sub>c</sub> τότε δεν χρειάζεται σύστημα αντικεραυνικής προστασίας.

Εάν N<sub>d</sub> > N<sub>c</sub> τότε πρέπει να εγκατασταθεί σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, η στάθμη προστασίας E του οποίου πρέπει να ανταποκρίνεται στην πιο κάτω σχέση.

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

Αποτελεσματικότητα ΣΑΠ (E)	Στάθμη Προστασίας ΣΑΠ
E > 0.98	Στάθμη I+ επιπλέον προστατευτικά μέτρα
0.95 < E ≤ 0.98	Στάθμη I
0.90 < E ≤ 0.95	Στάθμη II
0.80 < E ≤ 0.90	Στάθμη III
0 < E ≤ 0.8	Στάθμη IV
E ≤ 0	Δεν χρειάζεται προστασία.

Πίνακας 13: Επιλογή Στάθμης προστασίας ΣΑΠ.

Ο σχεδιασμός ενός ΣΑΠ πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου βάσει της υπολογιζόμενης στάθμης προστασίας. Σε περίπτωση που εγκατασταθεί ΣΑΠ με αποτελεσματικότητα μικρότερη της υπολογιζόμενης, τότε θα πρέπει να προβλεφθούν επιπλέον μέτρα προστασίας.

Παραδείγματα επιπλέον μέτρων προστασίας όπως:

- Μέτρα περιορισμού των βηματικών και τάσεων επαφής.
- Μέτρα περιορισμού της διάδοσης φωτιάς.
- Μέτρα μείωσης της τάσης εξ επαγωγής σε ευαίσθητες συσκευές.

Επισημαίνεται ότι η πιο πάνω διαδικασία αξιολόγησης είναι απλουστευμένη και γίνεται για να δώσει μια πρώτη εκτίμηση στο μελετητή του συστήματος. Για τη λήψη της τε-

λικής απόφασης πρέπει να προηγηθεί μια εμπειριστατωμένη μελέτη αξιολόγησης αναγκαιότητας λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των χαρακτηριστικών της κατασκευής, όπως περιγράφεται μέσα από το πρότυπο EN 62305-2. Επίσης συνιστάται να γίνεται και τεchnοοικονομική μελέτη, ώστε να διαφανεί η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος. Λόγω της πολυπλοκότητας της συγκεκριμένης διαδικασίας έχουν αναπτυχθεί έτοιμα λογισμικά εργαλεία προς διευκόλυνση των μελετητών.

#### **Λογισμικό Εργαλείο Εκτίμησης Κινδύνου με βάση τις Πρόνοιες του EN 62305-2.**

Το εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ισχύος του Παν. Κύπρου ([www.psm.ucy.ac.cy](http://www.psm.ucy.ac.cy)) έχει εκπονήσει λογισμικό εργαλείο (Εικ. 33) εκτίμησης κινδύνου, με βάση όλες τις πρόνοιες που περιγράφονται στο πρότυπο EN 62305-2 "Protection against Lightning-Risk management". Το λογισμικό εργαλείο βρίσκεται στη διάθεση όλων των μελετητών, Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, στην περίπτωση που κριθεί αναγκαία η χρήση του. Μετά από εύκολη εισαγωγή των δεδομένων της εγκατάστασης, το πρόγραμμα ενημερώνει το μελετητή για το αν κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση ΣΑΠ και σε ποιά στάθμη προστασίας πρέπει να βρίσκεται, έτσι απαλλάσσεται από μια χρονοβόρα και πολύπλοκη διαδικασία.

86

BACK

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

**ΣΤΗΝ 2**

Τύπος διατάξεως: Μέρη Προστασίας

Χωράκι Αρμίδα

Χρόνος προετοιμασίας: 8000 min

Αριθμός Πολυμερής Κυκλοφορίας(L3): 0

Αριθμός υπαλλήλων ή εξοπλισμού που κοινοποιείται: 110

**ΣΤΗΝ 3**

Τύπος διατάξεως: Μέρη Προστασίας

Χωράκι Αρμίδα

Χρόνος προετοιμασίας: 500 min

Αριθμός Πολυμερής Κυκλοφορίας(L3): 0

Αριθμός υπαλλήλων ή εξοπλισμού που κοινοποιείται: 8760

**ΣΤΗΝ 4**

Τύπος διατάξεως: Μέρη Προστασίας

Χωράκι Αρμίδα

Χρόνος προετοιμασίας: 1000 min

Αριθμός Πολυμερής Κυκλοφορίας(L3): 0

Αριθμός υπαλλήλων ή εξοπλισμού που κοινοποιείται: 8760

**ΣΤΗΝ 5**

Τύπος διατάξεως: Μέρη Προστασίας

Χωράκι Αρμίδα

Χρόνος προετοιμασίας: 0 min

Αριθμός Πολυμερής Κυκλοφορίας(L3): 0

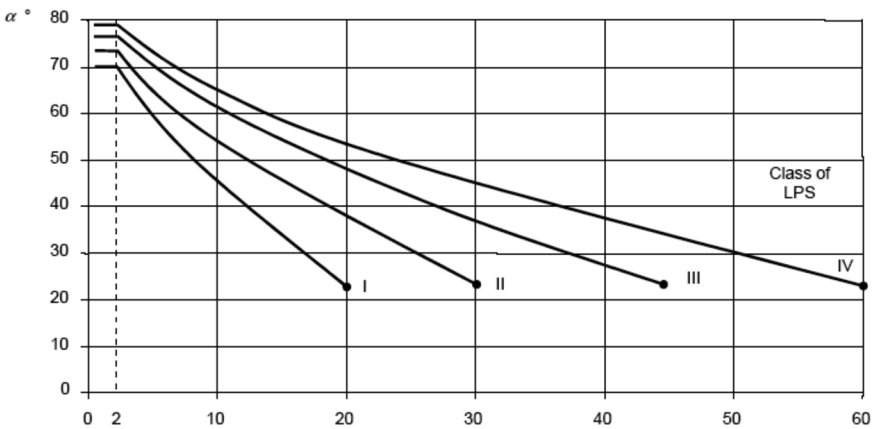
Αριθμός υπαλλήλων ή εξοπλισμού που κοινοποιείται: 8760

Εικόνα 33. Λογισμικό Εργαλείο Εκτίμησης Κινδύνου με βάση το πρότυπο EN 62305-2 "Protection against Lightning-Risk management".

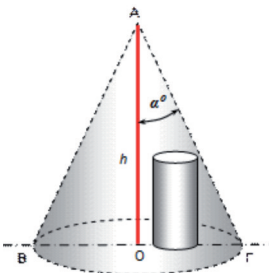
## Παράρτημα Β - Υπολογισμός Χώρου Προστασίας Μέσω Ακίδας με τη μέθοδο Γωνίας Προστασίας και Κυλιόμενης Σφαιράς (EN 62305-3)

### Μέθοδος Γωνίας Προστασίας.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο γωνίας προστασίας ο χώρος προστασίας ενός συλλεκτήριου συστήματος τύπου ακίδας έχει τη μορφή κυκλικού κώνου. Λαμβάνοντας ως κορυφή το πάνω άκρο της ακίδας προστασίας, μια ευθεία γραμμή που σχηματίζει γωνία  $\alpha$  με την κατακόρυφο και διερχόμενη από την κορυφή εκτελώντας μια πλήρη περιστροφή σχηματίζει τον κυκλικό κώνο (εικ.34). Η γωνία  $\alpha$  για κάθε στάθμη προστασίας του ΣΑΠ ανάλογα με το ύψος  $h$  της ακίδας προστασίας, δίνεται στη Γραφική 2.



Γραφική 2: Γωνία Προστασίας  $\alpha$  ανάλογα με το ύψος της ακίδας και τη στάθμη προστασίας του ΣΑΠ.  
(EN 62305-3)



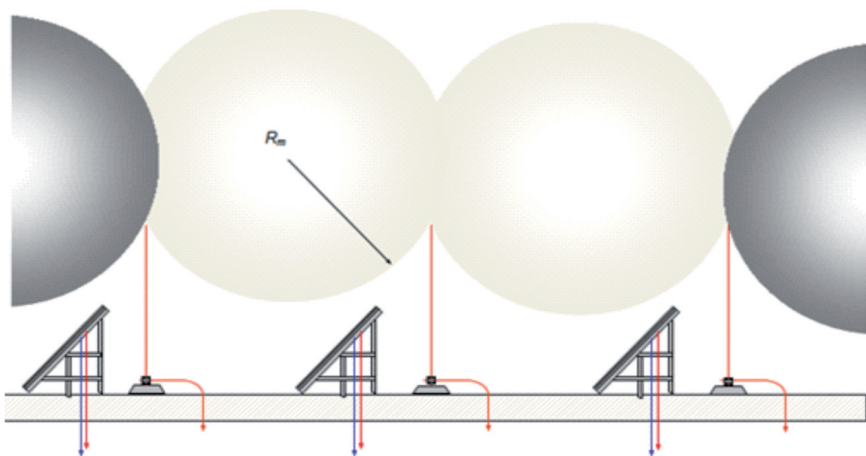
Εικόνα 34: Τρόπος υπολογισμού κυκλικού κώνου.

### Μέθοδος Κυλιόμενης Σφαίρας.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο κυλιόμενης σφαίρας ο χώρος προστασίας ενός συλλεκτήριου συστήματος τύπου ακίδας, μπορεί να διαφανεί κυλώντας προς όλες τις διευθύνσεις μια νοπή σφαίρα ακτίνας  $R$  από το έδαφος προς το κτήριο (εικ.35). Τα σημεία στα οποία η σφαίρα δεν μπορεί να έρθει σε επαφή θεωρούνται ότι είναι προστατευμένα. Η ακτίνα της σφαίρας εξαρτάται από τη στάθμη προστασίας, όπως παρουσιάζεται στον πιο κάτω πίνακα. Αυτή η μέθοδος συνιστάται όταν η εγκατάσταση περιλαμβάνει πολύπλοκα και ακανόνιστα στοιχεία.

Στάθμη Προστασίας	Ακτίνα Κυλιόμενης Σφαίρας $R$
I	20
II	30
III	45
IV	60

Ακτίνα Κυλιόμενης Σφαίρας  $R$  σε σχέση με την στάθμη Προστασίας.



Εικόνα 35: Τρόπος υπολογισμού χώρου προστασίας μέσω κυλιόμενης σφαίρας [9].

Ανάλογα με την περιοχή που θέλουμε να προστατεύσουμε υπολογίζουμε τον αριθμό και το ύψος των ακίδων καθώς και τη θέση στην οποία πρέπει να εγκατασταθούν.

\* Στην περίπτωση που το ύψος του κτηρίου είναι μεγαλύτερο από 60m λόγω κίνδυνου πτώσης κεραυνού πλευρικά του κτηρίου υπάρχουν διαφοροποιήσεις στον τρόπο υπολογισμού του χώρου προστασίας. Σε μια τέτοια περίπτωση μπορούμε να ανατρέξουμε στο πρότυπο EN 62305-3 [5.2.3.2].

## Παράρτημα Γ - Διαδικασία Επιλογής Χαρακτηριστικών Συσκευών Περιορισμού Υπερτάσεων (61643-12/50539-12)

Η πιο κάτω λίστα περιέχει τις ηλεκτρικές παραμέτρους που πρέπει να καθοριστούν προκειμένου να γίνει ορθή επιλογή των συσκευών περιορισμού υπερτάσεων SPDs. (η λίστα δεν είναι εξαντλητική, υπάρχουν SPDs με περισσότερες ή λιγότερες παραμέτρους).

1)  $U_c$ : μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας

2) Χαρακτηριστικά προσωρινών υπερτάσεων

3)  $I_n$ : ονομαστικό ρεύμα εκκένωσης

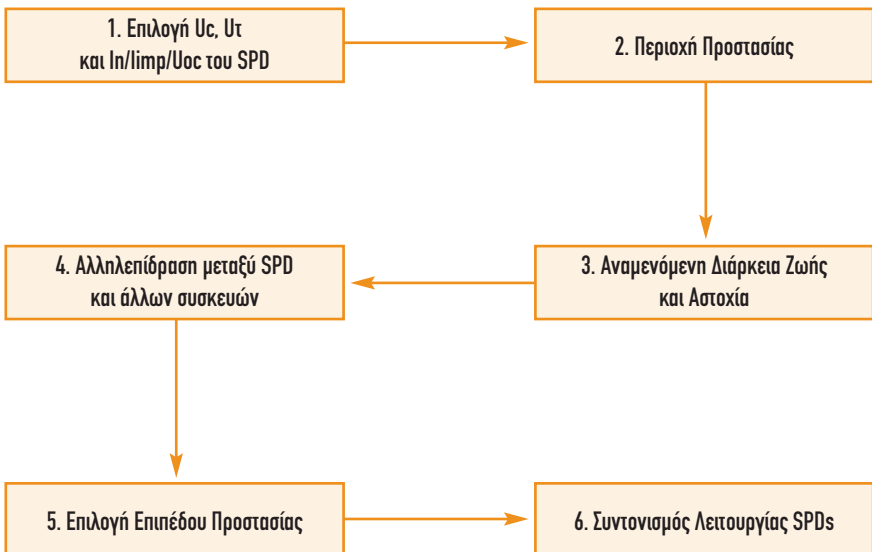
4)  $I_{max}$ ,  $I_{imp}$ ,  $U_{oc}$

5)  $U_p$

6) Περιπτώσεις αστοχίας

7) Αντοχή στο βραχυκύκλωμα

Για την επιλογή της συσκευής περιορισμού υπερτάσεων SPD ακολουθούνται τα πιο κάτω 6 βήματα (TS 61643-12).



Διάγραμμα 7: Επιλογή τεχνικών χαρακτηριστικών συσκευών περιορισμού υπερτάσεων.

## Επιλογή Συσκευών SPDs στην Πλευρά AC

### 1. Επιλογή $U_c$ , $U_t$ και $I_n/I_{imp}/U_{oc}$

$U_c > U_{cs}$ : Η μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας της συσκευής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας του συστήματος. Στον Πίνακα 21 (Παρ. Ε) παρουσιάζονται οι ελάχιστες απαιτούμενες τιμές του  $U_c$ , ανάλογα με το σύστημα διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος.

$U_t > U_{TON,LV}$ : Όσον αφορά στις προσωρινές υπερτάσεις μεγάλης διάρκειας, η τιμή  $U_t$  της συσκευής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τις ενδεχόμενες υπερτάσεις μακράς διάρκειας, που μπορεί να παρατηρηθούν στο σύστημα. Αυτό το είδος υπερτάσεων δεν έχει κρουστική μορφή και εάν ο απαγωγός υπερτάσεων λειτουργήσει για να τις μειώσει υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να καταστραφεί, καθώς καταπονείται για μεγάλη χρονική διάρκεια από το ρεύμα του συστήματος που ρέει μέσα σε αυτόν. Στο Πίνακα 22 (Παρ. Ε) φαίνονται τυπικές τιμές δοκιμών  $U_{TON,LV}$  που πρέπει να αντέχουν οι συσκευές.

Στις περιπτώσεις όπου το πλάτος των  $U_{TON,LV}$  είναι αρκετά μεγάλο, είναι δύσκολο να ευρεθούν συσκευές που να ανταποκρίνονται σε τέτοιες τιμές. Εάν η πιθανότητα εμφάνισης τέτοιων περιπτώσεων είναι αρκετά χαμηλή, τότε μπορεί να επιλεγεί μια συσκευή που να μην επιδεικνύει την απαραίτητη αντοχή στην καταπόνηση από προσωρινές υπερτάσεις μεγάλης διάρκειας. Σε μια τέτοια περίπτωση, πρέπει να εγκατασταθούν κατάλληλες συσκευές αποσύνδεσης της συσκευής SPD που να την απομονώνουν από το δίκτυο σε συνθήκες σφάλματος (προστασίας υπερεντάσεως, θερμικής προστασίας).

Επιλέγοντας ένα χαμηλό επίπεδο στάθμης προστασίας  $U_p$  επιτυγχάνεται καλύτερη προστασία του εξοπλισμού, όμως σε αυτή την επιλογή πρέπει να συνυπολογίζονται και οι προσωρινές υπερτάσεις μεγάλης διάρκειας.

#### **Εγκατάσταση στον κεντρικό πίνακα:**

Για τις παραμέτρους των SPDs που εγκαθίστανται στον κεντρικό πίνακα πρέπει να γίνεται αναδρομή στο HD 60364-5-534.

Η τιμή του  $I_n$  συνδέεται με το επίπεδο προστασίας  $U_p$ , ενώ οι τιμές  $I_{max}$  και  $I_{imp}$  συνδέονται με το μέγεθος της ενέργειας καταστολής.

Εάν χρειάζεται να εγκατασταθεί συσκευή SPD Τύπου 2 στον κεντρικό πίνακα τότε ισχύουν τα ακόλουθα:

Η ονομαστική τιμή ρεύματος εκφόρτισης  $I_n$  δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 5KA (8/20 $\mu$ s) για κάθε τρόπο σύνδεσης (L-N,L-PE,N-PE).

Στην περίπτωση που η σύνδεση της συσκευής στο γενικό πίνακα γίνεται με τον Τύπο σύνδεσης 2 (βλ. §6.5.4), τότε η συσκευή που παρεμβάλλεται μεταξύ ουδετέρου και αγωγού προστασίας (PE), πρέπει να έχει ελάχιστη τιμή  $I_n=20\text{KA}$  (8/20μs) για τριφασικά συστήματα και ελάχιστη τιμή  $I_n=10\text{KA}$  (8/20μs) για μονοφασικά συστήματα.

Οι τιμές των  $I_{max}$ ,  $I_{imp}$ ,  $U_{oc}$  υπολογίζονται μέσω διαδικασίας ανάλυσης ρίσκου που λαμβάνει υπόψη την πιθανότητα κρουστικών υπερτάσεων, το κόστος του εξοπλισμού που προστατεύεται, την αναμενόμενη συχνότητα αστοχίας και τις συνθήκες συντονισμού στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται πέραν της μιας συσκευής (EN 62305-2).

Εάν χρειάζεται να εγκατασταθεί συσκευή SPD Τύπου 1 στο κεντρικό πίνακα τότε ισχύουν τα ακόλουθα:

Ο υπολογισμός του κρουστικού ρεύματος εκφόρτισης  $I_{imp}$  πρέπει να υπολογίζεται κατόπιν αξιολόγησης που λαμβάνει υπόψη το σύνολο των στοιχείων, που είναι εγκατεστημένα πριν από τη συσκευή και ενδέχεται να μειώσουν το αναμενόμενο κρουστικό ρεύμα εκφόρτισης. Για τη μεθοδολογία αξιολόγησης μπορεί να ακολουθηθεί η μεθοδολογία TS 61643-12 [Annex C].

Στην περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει μια τέτοια αξιολόγηση, η τιμή του  $I_{imp}$  δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 12,5 kA για κάθε τρόπο σύνδεσης (L-N, L-PE, N-PE).

Στην περίπτωση που η σύνδεση της συσκευής στον κεντρικό πίνακα, γίνεται με τον Τύπο σύνδεσης 2 (βλ. §6.5.4), τότε η τιμή  $I_{imp}$  της συσκευής που παρεμβάλλεται μεταξύ ουδετέρου και αγωγού προστασίας (PE) πρέπει να υπολογίζεται βάσει του EN 61312-4. Εάν δεν μπορεί να υπολογιστεί η τιμή  $I_{imp}$  τότε επιλέγεται  $I_{imp} \geq 50\text{KA}$  σε τριφασικά συστήματα και  $I_{imp} \geq 25\text{KA}$  σε μονοφασικά συστήματα.

#### **Εγκατάσταση Πλυσίων "inverter":**

Εάν απαιτείται εγκατάσταση Τύπου 2 SPD κοντά στον "inverter" τότε για κάθε τύπο σύνδεσης η ελάχιστη τιμή ονομαστικού ρεύματος εκφόρτισης  $I_n$  πρέπει να είναι 5KA 8/20. Μεγαλύτερες τιμές μπορεί να προσδώσουν περισσότερο χρόνο ζωής στη συσκευή.

Εάν απαιτείται εγκατάσταση Τύπου 1 SPD κοντά στον "inverter" τότε για κάθε τύπο σύνδεσης η ελάχιστη τιμή κρουστικού ρεύματος εκφόρτισης  $I_{imp}$  πρέπει να είναι 12,5KA 10/350.

## **2. Περιοχή Προστασίας**

Ανάλογα με τον υπό προστασία εξοπλισμό γίνεται χωροθέτηση των συσκευών περιορισμού υπερτάσεων στην εγκατάσταση, ώστε να έχουν την καλύτερη δυνατή ανταπόκριση. Σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις η χωρομέτρηση γίνεται βάσει του προτύπου TS 50539-12 και περιγράφεται στην παράγραφο 6.3.8



### **3. Διάρκεια Ζωής και Αστοχία**

#### **3.1 Διάρκεια ζωής**

Η διάρκεια ζωής της συσκευής δεν είναι ίση με την αναμενόμενη διάρκεια που καθορίζει ο κατασκευαστής, αλλά μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνιση υπερτάσεων το μέγεθος και τη διάρκεια που θα έχουν.

Συνοπτικά η επιλογή του SPD, όσον αφορά στη διάρκεια ζωής του, πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις αναμενόμενες προσωρινές υπερτάσεις του δικτύου  $U_{\text{TON, LV}}$ , τη δυνατότητα παράλληλης λειτουργίας με άλλα SPD και τον αποκλεισμό κινδύνου πυρκαγιάς ή ηλεκτροπληξίας σε περίπτωση αστοχίας.

#### **3.2 Αστοχία**

Υπάρχει περίπτωση, ανάλογα με το είδος του κρουστικού κύματος ή της υπέρτασης, η συσκευή να αστοχήσει. Εάν εγκυμονεί κίνδυνος αστοχίας, για αποφυγή των μεταβολών ή διακοπής στην ηλεκτροδότηση, χρειάζεται να γίνει εγκατάσταση επιπλέον συσκευών SPDs και να ληφθούν μέτρα επιπλέον προστασίας πριν από τις συσκευές.

### **4. Αλληλεπίδραση μεταξύ SPD και άλλων συσκευών**

#### **4.1 Κανονικές Συνθήκες**

Υπό κανονικές συνθήκες το ρεύμα συνεχούς λειτουργίας  $I_c$  (το ρεύμα που ρέει διαμέσου του SPD όταν εφαρμοστεί η τάση  $U_c$  στα άκρα του) δεν πρέπει να προκαλεί οποιοδήποτε κίνδυνο ασφάλειας (από έμμεση επαφή κτλ) ή διαταραχές στον υπόλοιπο εξοπλισμό (πχ RCDs).

#### **4.2 Συνθήκες σφάλματος**

Στις συσκευές SPDs προσαρμόζονται κατάλληλες συσκευές αποσύνδεσης ώστε να μην αλληλεπιδρούν με άλλες συσκευές προστασίας όπως RCDs, ασφάλειες, διακόπτες φορτίου.

Σε συνθήκες σφάλματος, η αντοχή του SPD σε ρεύμα βραχυκύκλωσης σε συνδυασμό με τη (εσωτερική ή εξωτερική) συσκευή προστασίας υπερεντάσεων πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη μέγιστη αναμενόμενη τιμή βραχυκυκλώματος στο σημείο της εγκατάστασής του.

Επιπλέον, εάν δίνεται από τον κατασκευαστή τιμή  $I_{fi}$  τότε αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη μέγιστη αναμενόμενη τιμή βραχυκυκλώματος στο σημείο της εγκατάστασης του SPD. Η τιμή  $I_{fi}$  αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή ρεύματος ακολουθίας που είναι ικανή η συσκευή να διακόψει, όπου το ρεύμα ακολουθίας  $I_{fi}$  ορίζεται ως το ρεύμα που διέρχεται από τη συσκευή μετά από την εκκαθάριση κρουστικού ρεύματος και έχει τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή  $I_c$ .

Επίσης σε συστήματα TT και TN, το SPD που παρεμβάλλεται μεταξύ ουδετέρου και αγωγού προστασίας (PE) πρέπει να ισχύει  $I_{fi} \geq 100A$ .

Σε συστήματα IT, το SPD που παρεμβάλλεται μεταξύ ουδετέρου και αγωγού προστασίας (PE) η τιμή του ρεύματος  $I_{fi}$  πρέπει να είναι ίδια με την τιμή του SPD που παρεμβάλλεται μεταξύ ουδετέρου και φάσης.

#### **4.3 Συντονισμός κρουστικού κύματος μεταξύ SPDs και RCDs ή άλλων συσκευών προστασίας υπερεντάσεων (ασφάλειες, circuit-breakers)**

Όσον αφορά στις συσκευές RCD, αυτές δεν έχουν καθορισμένη αντοχή σε ρεύματα υπερεντάσεως, με εξαίρεση τις συσκευές RCD τύπου S που βάσει των προτύπων τους (EN61008-1 EN61009-2) επιδεικνύουν αντοχή 3KA 8/20 χωρίς να ενεργοποιούνται.

Όταν η εγκατάσταση προστατεύεται από τον συνδυασμό SPD και RCD ή άλλων συσκευών προστασίας υπερεντάσεων, στην περίπτωση υπερέντασης με τιμή ρεύματος στο ονομαστικό ρεύμα εκκένωσης  $I_n$ , το RCD ή οι συσκευές προστασίας υπερεντάσεων δεν πρέπει να ενεργοποιούνται.

Όσο στην περίπτωση που το ρεύμα υπερεντάσεως είναι μεγαλύτερο του  $I_n$ , τότε είναι αποδεκτή η ενεργοποίηση των συσκευών υπερεντάσεως. Συσκευές που δεν είναι μιας χρήσης, όπως διακόπτες φορτίου, δεν πρέπει να καταστρέφονται από το κρουστικό κύμα. Σε αυτή την περίπτωση λόγω του χρόνου ανταπόκρισης των συσκευών προστασίας υπερεντάσεων, η εκτόνωση της υπερέντασης θα γίνει μέσω του SPD, για αυτό πρέπει να έχει επαρκή αντοχή για καταστολή της ενέργειας του κύματος. Πιθανή ενεργοποίηση του RCD δεν θεωρείται ως αστοχία του συστήματος SPD γιατί η εγκατάσταση είναι προστατευμένη.

### **5. Επιλογή επιπέδου προστασίας $U_p$ του SPD**

Η επιλογή του επιπέδου προστασίας  $U_p$  πρέπει να είναι μικρότερη της στάθμης μόλυνσης της συσκευής που προστατεύει. Για την επιλογή του επιπέδου προστασίας των συσκευών περιορισμού υπερτάσεων πρέπει να γίνει έλεγχος της αντοχής που επιδεικνύει ο εξοπλισμός:

- ηλεκτρικές γραμμές και εξοπλισμός βάσει του EN61000-4-5, HD60364-4-443, EN60664-1
- τηλεπικοινωνιακές γραμμές και εξοπλισμός βάσει του EN61000-4-5 ITU- TK.20, ITU-TK.21

Στη περίπτωση που δεν εξεταστεί η αντοχή του εξοπλισμού, τότε αυτός κατατάσσεται στην κατηγορία II και αντιστοιχεί σε 2,5KV για δίκτυο χαμηλής τάσης 230/400V.

Η τιμή του  $U_p$  πρέπει να είναι χαμηλότερη από τη διηλεκτρική αντοχή του εξοπλισμού και συνιστάται να τηρείται ένα περιθώριο τουλάχιστον 20% (CLC/TS 61643-12). Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του  $U_p$  τόσο καλύτερη προστασία. Ομως, όπως γίνεται αντιληπτό, η τιμή αυτή περιορίζεται από τις τιμές  $U_c$  και  $U_T$ .

## 6. Συντονισμός συσκευών περιορισμού υπερτάσεων SPDs

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου επιβάλλεται η παράλληλη χρήση δύο (ή περισσότερων) SPDs, ώστε να γίνει εφικτή η καταστολή της υπερέντασης στον υπό προστασία εξοπλισμό σε ένα αποδεκτό επίπεδο (χαμηλότερο επίπεδο προστασίας σε σχέση με τη χρήση μόνο ενός SPD). Για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πρέπει να τοποθετείται ένα σετ SPDs κοντά στον κεντρικό πίνακα και εάν η απόσταση καλωδίωσης μέχρι τον "inverter" είναι μεγαλύτερη των 10m, τότε συνιστάται η τοποθέτηση δεύτερου σετ SPDs πλησίον του "inverter". Σε μη απομονωμένα ΣΑΠ, συνιστάται η εγκατάσταση δύο σετ SPDs ανεξάρτητα της απόστασης μεταξύ "inverter" και κεντρικού πίνακα (TS 50539-12).

Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την παράλληλη χρήση δύο συσκευών μπορεί να γίνει αναδρομή στο TS 61643-12 §6.2.6.

## Επιλογή Συσκευών SPDs στην Πλευρά DC

### 1. Επιλογή $U_{CPV}$ και $I_n/I_{imp}/U_{oc}$

$U_{CPV} > U_{cs}$ : Η μέγιστη τάση συνεχούς λειτουργίας της συσκευής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος των Φ/Β-γεννητριών  $U_{ocmax}$ , κάτω από όλες τις συνθήκες (ακτινοβολία, θερμοκρασία).

Η τιμή του  $U_{ocmax}$  εάν δεν είναι διαθέσιμη, μπορεί να υπολογιστεί από τη διαδικασία που περιγράφεται στο TS 50539 [AnnexB].

$I_n/I_{imp}$ : Εάν χρειάζεται να εγκατασταθεί συσκευή SPD Τύπου 2 στην d.c πλευρά της Φ/Β-εγκατάστασης, τότε η ονομαστική τιμή ρεύματος εκφόρτισης  $I_n$  δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 5KA (8/20μs) για κάθε τρόπο σύνδεσης ( $L_{+ve-PE}, L_{-ve-PE}, L_{+ve-L-ve}$ ).

Εάν χρειάζεται να εγκατασταθεί συσκευή SPD Τύπου 1 στην d.c πλευρά της Φ/Β εγκατάστασης, τότε ο υπολογισμός του κρουστικού ρεύματος εκφόρτισης  $I_{imp}$  πρέπει να υπολογίζεται κατόπιν αξιολόγησης που λαμβάνει υπόψη το σύνολο των στοιχείων, που είναι εγκατεστημένα πριν από τη συσκευή και ενδέχεται να μειώσουν το αναμενόμενο κρουστικό ρεύμα εκφόρτισης. Για την αξιολόγηση μπορεί να ακολουθηθεί η μεθοδολογία του TS50539-12 [AnnexA].

Στην περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει μια τέτοια αξιολόγηση, η τιμή του  $I_{imp}$  δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 12,5KA για κάθε τρόπο σύνδεσης ( $L_{+ve-PE}, L_{-ve-PE}, L_{+ve-L-ve}$ ).

### 2. Περιοχή Προστασία

Ανάλογα με τον υπό προστασία εξοπλισμό, γίνεται χωροθέτηση των συσκευών περιορισμού υπερτάσεων στην εγκατάσταση ώστε να έχουν την καλύτερη δυνατή ανταπόκριση. Σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις η χωροθέτηση γίνεται βάσει του προτύπου TS 50539-12 και φαίνεται στην παράγραφο 6.3.8.

### **3. Διάρκεια Ζωής και Αστοχία**

#### **3.1 Διάρκεια ζωής**

Η διάρκεια ζωής της συσκευής δεν είναι ίση με την αναμενόμενη διάρκεια που καθορίζει ο κατασκευαστής, αλλά μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη ανάλογα με την συχνότητα εμφάνισης υπερτάσεων, το μέγεθος και την διάρκεια που θα έχουν.

#### **3.2 Αστοχία**

Υπάρχει περίπτωση ανάλογα με το είδος του κρουστικού κύματος ή της υπέρτασης, η συσκευή να αστοχήσει. Για την αποφυγή μεταβολών ή διακοπής στην ηλεκτροδότηση, χρειάζεται να γίνει εγκατάσταση επιπλέον συσκευών SPDs και να ληφθούν μέτρα επιπλέον προστασίας πριν από τις συσκευές.

### **4. Αλληλεπίδραση μεταξύ SPD και άλλων συσκευών**

#### **4.1 Κανονικές Συνθήκες**

Υπό κανονικές συνθήκες το ρεύμα συνεχούς λειτουργίας  $I_{CPV}$  (το ρεύμα που ρέει διαμέσου του SPD όταν εφαρμοστεί η τάση  $U_{CPV}$  στα άκρα του) δεν πρέπει να προκαλεί οποιοδήποτε κίνδυνο ασφάλειας (από έμμεση επαφή κτλ).

#### **4.2 Συνθήκες σφάλματος**

Σε συνθήκες σφάλματος, η αντοχή του SPD σε ρεύμα βραχυκύκλωσης σε συνδυασμό με τη (εσωτερική ή εξωτερική) συσκευή προστασίας υπερεντάσεων, πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από τη μέγιστη αναμενόμενη τιμή βραχυκυκλώματος στο σημείο της εγκατάστασής του.

Επιπλέον, εάν δίνεται από τον κατασκευαστή τιμή  $I_{fi}$ , τότε αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη μέγιστη αναμενόμενη τιμή βραχυκυκλώματος στο σημείο της εγκατάστασης του SPD. Η τιμή  $I_{fi}$  αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή ρεύματος ακολουθίας που είναι ικανή η συσκευή να διακόψει, όπου το ρεύμα ακολουθίας  $I_f$  ορίζεται ως το ρεύμα που διέρχεται από τη συσκευή μετά την από την εκκαθάριση κρουστικού ρεύματος και έχει τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή  $I_{CPV}$ .

#### **4.3 Συντονισμός κρουστικού κύματος μεταξύ SPDs και συσκευών προστασίας υπερεντάσεων(ασφάλειες, circuit-breakers)**

Όταν η εγκατάσταση προστατεύεται από το συνδυασμό SPD και συσκευών προστασίας υπερεντάσεων, στην περίπτωση υπερέντασης με τιμή ρεύματος στο ονομαστικό ρεύμα εκκένωσης  $I_n$ , οι συσκευές προστασίας υπερεντάσεων δεν πρέπει να ενεργοποιούνται.

Όσο που στην περίπτωση που το ρεύμα υπερεντάσεως είναι μεγαλύτερο του  $I_n$ , τότε είναι αποδεκτή η ενεργοποίηση των συσκευών υπερεντάσεως. Συσκευές που δεν είναι μιας χρήσης, όπως διακόπτες φορτίου, δεν πρέπει να καταστρέφονται από το κρουστικό κύμα. Σ' αυτή την περίπτωση, λόγω του χρόνου ανταπόκρισης των συ-

σκευών προστασίας υπερεντάσεων, η εκτόνωση της υπερέντασης θα γίνει μέσω του SPD γι' αυτό πρέπει να έχει επαρκή αντοχή για καταστολή της ενέργειας του κύματος.

### **5. Επιλογή επίπεδου προστασίας $U_p$ του SPD**

Η τιμή του  $U_p$  πρέπει να είναι χαμηλότερη από τη διηλεκτρική αντοχή του εξοπλισμού και συνιστάται να τηρείται ένα περιθώριο τουλάχιστον 20% (CLC/TS 61643-12). Εάν δεν υπάρχουν πληροφορίες για τη μονωτική ικανότητα του εξοπλισμού, τότε η τιμή της μπορεί να επιλεγεί από τον Πίνακα 8.

### **6. Συντονισμός συσκευών περιορισμού υπερτάσεων**

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου επιβάλλεται η παράλληλη χρήση δύο (ή περισσότερων) SPDs, ώστε να γίνει εφικτή η καταστολή της υπερέντασης στον υπό προστασία εξοπλισμό σε ένα αποδεκτό επίπεδο (χαμηλότερο επίπεδο προστασίας σε σχέση με την χρήση μόνο ενός SPD). Για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πρέπει να τοποθετείται ένα σετ SPDs κοντά στον "inverter" και εάν η απόσταση καλωδίωσης μέχρι την Φ/Β γεννήτρια είναι μεγαλύτερη των 10m, τότε συνιστάται η τοποθέτηση ενός δεύτερου σετ SPDs πλησίον της Φ/Β γεννήτριας. Σε μη απομονωμένα ΣΑΠ, συνιστάται η εγκατάσταση δύο σετ SPDs ανεξάρτητα της απόστασης μεταξύ "inverter" και Φ/Β γεννήτριας (TS-50539-12).

- Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την παράλληλη χρήση δύο συσκευών μπορεί να γίνει αναδρομή στο TS61643-12 §6.2.6.

## Παράρτημα Δ - Μέτρηση Αντίστασης Γείωσης

Για τη μέτρηση αντίστασης γείωσης υπάρχουν ειδικά όργανα τα γειωσόμετρα, τα οποία πρέπει να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του προτύπου EN 61557-5. Στο τεχνικό φυλλάδιο του κατασκευαστή κάθε οργάνου, περιγράφεται η μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθήσει ο τεχνικός για τη λήψη αξιόπιστων μετρήσεων. Τα όργανα αυτά έχουν κοινή αρχή λειτουργίας βασισμένη στη μέθοδο βολτόμετρου-αμπερόμετρου, όπως περιγράφεται στο πρότυπο (HD 60364-6).

Κατά τη διαδικασία μέτρησης της αντίστασης γείωσης, η γείωση πρέπει να αποσυνδέεται από την υπόλοιπη εγκατάσταση λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα προκειμένου να μην τεθούν υπό τάση αγώγιμα μέρη της εγκατάστασης.

Επίσης, ο τεχνικός πρέπει να έχει υπόψη του τους παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις όπως:

- τη μέθοδο που ακολουθείται (πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μεθόδου).
- την ποιότητα την ακρίβεια και την καλή κατάσταση του οργάνου μέτρησης.
- την υγρασία του εδάφους.
- την πιθανή ύπαρξη υπόγειων μεταλλικών στοιχείων (υπόγεια καλώδια, μεταλλικοί σωλήνες ύδρευσης).

### Μέτρηση Σημειακής Γείωσης

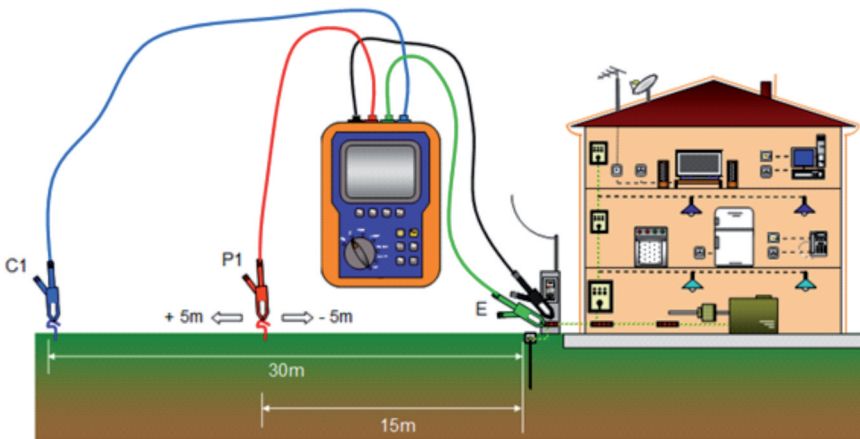
Στην περίπτωση που η γείωση της εγκατάστασης είναι σημειακή, δηλαδή εστιάζεται σημειακά (πχ ράβδος, τρίγωνο γείωσης, πλάκα κτλ), ακολουθείται η μεθοδολογία που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα (εικ. 36). Μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος διοχετεύει στο έδαφος, μέσω ενός βοηθητικού ηλεκτροδίου **C1**, ηλεκτρικό ρεύμα **Ia** το οποίο «κλείνει» τον κύκλο του μέσω του ηλεκτροδίου γείωσης. Η τοποθέτηση του ηλεκτροδίου **C1** πρέπει να γίνεται σε μεγάλη απόσταση (30m-50m), ώστε να θεωρείται ότι έχει πρακτικά δυναμικό μηδέν ως προς την γείωση σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Επίσης, μέσω ενός δεύτερου βοηθητικού ηλεκτροδίου **P1**, γίνονται τρεις μετρήσεις της διαφοράς τάσης μεταξύ ηλεκτροδίου γείωσης και βοηθητικού ηλεκτροδίου **P1**. Για τη λήψη των μετρήσεων, το **P1** τοποθετείται σε τρεις διαφορετικές θέσεις πάνω στη νοητή ευθεία **E**, που ενώνει το ηλεκτρόδιο γείωσης με το βοηθητικό ηλεκτρόδιο **C1**. Οι θέσεις είναι α) το μέσο της ευθείας **E** β) 5m από το μέσο της ευθείας προς το ηλεκτρόδιο γείωσης και γ) 5m από το μέσο της ευθείας προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο **C1**.

Εάν η απόκλιση μεταξύ των τριών μετρήσεων είναι μικρότερη του 5%, τότε οι μετρήσεις θεωρούνται αποδεκτές. Σε αντίθετη περίπτωση εάν η απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων ξεπερνά το 5%, τότε επαναλαμβάνεται η όλη διαδικασία αυξάνοντας την

απόσταση του ηλεκτροδίου **C1** μέχρις ότου οι μετρήσεις κυμανθούν εντός του εύρους ανοχής του 5%.

Όταν επιτύχουμε αποδεκτές μετρήσεις, τότε διαιρούμε το μέσο όρο τους με την τιμή του ρεύματος **I<sub>a</sub>**, που ρέει μέσω του ηλεκτροδίου **C1** και θεωρούμε αυτή την τιμή ως την αντίσταση γείωσης.

\* Σημείωση: κάποιες φορές μπορεί να γίνουν αποδεκτές τιμές μετρήσεων με εύρος ανοχής μέχρι και 20% ιδιαίτερα αν πρόκειται για μικρές τιμές.



Εικόνα 36. Μέτρηση σημειακής γείωσης [9].

### Μέτρηση Εκτεταμένης Γείωσης

Για τον υπολογισμό της αντίστασης σε συστήματα εκτεταμένης γείωσης όπως θεμελιακή γείωση, περιμετρική, πλέγμα κτλ, χρησιμοποιείται η ίδια διαδικασία όπως προηγουμένως με μεγαλύτερη όμως πολυπλοκότητα.

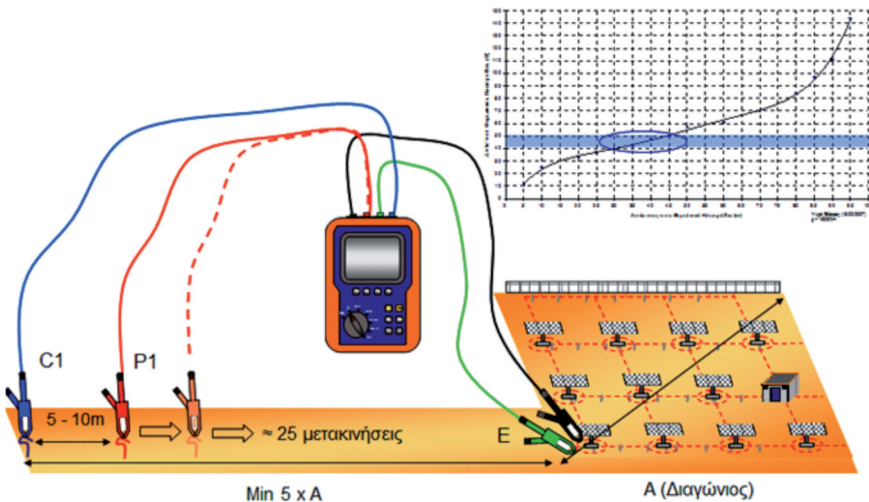
Σε πρώτη φάση υπολογίζεται το μήκος της μέγιστης διαγώνιου **A** του κλειστού γεωμετρικού σχήματος, που σχηματίζουν οι κορυφές των ράβδων γείωσης ή το περιμετρικό ηλεκτρόδιο.

Το βοηθητικό ηλεκτρόδιο **C1** τοποθετείται σε απόσταση 5 έως 10 φορές του μήκους **A** από την περίμετρο του συστήματος γείωσης. Το ηλεκτρόδιο **C1** διοχετεύει εναλλασσόμενο ρεύμα **I<sub>a</sub>** στο έδαφος στο σημείο έμπηξης του, το οποίο «κλείνει» τον κύκλο του μέσω του ηλεκτροδίου γείωσης.

Μέσω του δεύτερου ηλεκτροδίου **P1**, λαμβάνεται ένα σύνολο από μετρήσεις της διαφοράς τάσης μεταξύ του ηλεκτροδίου γείωσης και της τάσης που εμφανίζεται στο **P1**. Λαμβάνονται περίπου 25 μετρήσεις κατά μήκος της νοτιής ευθείας **E**, που ενώνει το ηλεκτρόδιο γείωσης με το βοηθητικό ηλεκτρόδιο **C1**, τοποθετώντας διαδοχικά το ηλεκτρόδιο **P1** σε ίσα διαστήματα από την αρχή μέχρι το τέλος της ευθείας.

Από τις τιμές που λαμβάνονται κατά τη μετακίνηση του ηλεκτροδίου κατά μήκος της ευθείας **E** προκύπτει μια καμπύλη η οποία περιλαμβάνει ένα ευθύγραμμο τμήμα (σχεδόν οριζόντιο). Από τις τιμές του οριζόντιου αυτού τμήματος που παρουσιάζουν απόκλιση μεταξύ τους μέχρι 5%, υπολογίζεται ο μέσος τους όρος **U<sub>mo</sub>**.

Η αντίσταση γείωσης αντιστοιχεί στη διαίρεση του μέσου όρου **U<sub>mo</sub>** δια του ρεύματος **I<sub>a</sub>**.



Εικόνα 37: Μέτρηση εκτεταμένης γείωσης [9].

**Σημείωση.** Κάποιες φορές δεν είναι πρακτικά δυνατή η τοποθέτηση των δύο βοηθητικών ηλεκτροδίων μέτρησης (πχ μέσα σε πόλεις), για αυτό χρησιμοποιούνται εναλλακτικές μέθοδοι, όπως η μέθοδος μέτρησης αντίστασης βρόχου σφάλματος που με κάποιες παραδοχές μπορούν να προσεγγίσουν την τιμή αντίστασης γείωσης (HD 60364-6).



## Παράρτημα Ε – Πίνακες

Υλικό	Μορφή	Ελάχιστη Διατομή <sup>a</sup> mm <sup>2</sup>	Σημειώσεις
<b>Χαλκός</b> <b>Χαλκός επικασσιτερωμένος<sup>b</sup></b>	Ταινία	≥50	Ελάχιστο πάχος 2mm
	Στρογγυλός <sup>d</sup>	≥50	8mm διάμετρος
	Πολύκλωνος <sup>d,g</sup>	≥50	Ελάχιστη διάμετρος κλώνου 1,7mm
	Στρογγυλός <sup>h</sup>	≥176	15mm διάμετρος
<b>Αλουμίνιο</b>	Ταινία	≥70	Ελάχιστο πάχος 2mm
	Στρογγυλός	≥50	8mm διάμετρος
	Πολύκλωνος <sup>g</sup>	≥50	Ελάχιστη διάμετρος κλώνου 1,63mm
<b>Κράμα αλουμινίου με επικάλυψη χαλκού<sup>e</sup></b>	Στρογγυλός	≥50	8mm διάμετρος
<b>Κράμα Αλουμινίου</b>	Ταινία	≥50	Ελάχιστο πάχος 2mm
	Στρογγυλός	≥50	8mm διάμετρος
	Πολύκλωνος <sup>g</sup>	≥50	Ελάχιστη διάμετρος κλώνου 1,7mm <sup>f</sup>
	Στρογγυλός <sup>h</sup>	≥176	15mm διάμετρος
<b>Χάλυβας θερμά επιφειδουργωμένος</b>	Ταινία	≥50	Ελάχιστο πάχος 2,5mm
	Στρογγυλός	≥50	8mm διάμετρος
	Πολύκλωνος <sup>g</sup>	≥50	Ελάχιστη διάμετρος κλώνου 1,7mm
	Στρογγυλός	≥176	15mm διάμετρος
<b>Χάλυβας με επικάλυψη Χαλκού<sup>e</sup></b>	Στρογγυλός	≥50	8mm διάμετρος
	Ταινία	≥50	Ελάχιστο πάχος 2,5mm
<b>Ανοξειδωτος Χάλυβας<sup>e</sup></b>	Ταινία	≥50	Ελάχιστο πάχος 2mm
	Στρογγυλός	≥50	8mm διάμετρος
	Πολύκλωνος <sup>g</sup>	≥70	Ελάχιστη διάμετρος κλώνου 1,7mm
	Στρογγυλός <sup>h</sup>	≥176	15mm διάμετρος

<sup>a</sup> εργοστασιακό όριο ανοχής: -3%

<sup>b</sup> Εν θερμώ ηλεκτρολυτικά με ελάχιστο πάχος 1μm. Επικασσιτέρωση για αισθητικούς μόνο λόγους

<sup>c</sup> Ανοξειδωτος Χάλυβας με περιεκτικότητα: Χρόμιο ≥ 16%, νικέλιο ≥ 8%, άνθρακας ≤ 0,08%

<sup>d</sup> 50mm<sup>2</sup> (8mm διάμετρος) μπορούν να μειωθούν στα 25mm<sup>2</sup> (6mm διάμετρος) σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται ιδιαίτερη μηχανική αντοχή

<sup>e</sup> Ελάχιστη ακτινική επικάλυψη χαλκού 70μm με περιεκτικότητα 99,9% σε χαλκό

<sup>f</sup> Σε κάποιες χώρες πιθανόν να χρησιμοποιείται διάμετρος κλώνου 1,14mm

<sup>g</sup> Η διατομή του πολύκλωνου αγωγού καθορίζεται από την αντίσταση του αγωγού βάσει του IEC 60228

<sup>h</sup> Η διατομή των 176mm<sup>2</sup> εφαρμόζεται σε ακίδες προστασίας, ενώ στην περίπτωση που δεν χρειάζεται ιδιαίτερη μηχανική αντοχή μπορεί να μειωθεί μέχρι τα 70mm<sup>2</sup>.

Πίνακας 14: Ελάχιστες Διαστάσεις συλλεκτήριων συστημάτων αγωγών καθόδου και συνδετικών αγωγών [EN 62561-2].



Υλικό	Μέγιστη ηλεκτρική αντίσταση μΩm	Αντοχή στον εφελκυσμό N/mm <sup>2</sup>
Χαλκός	0,019	200 έως 450
Αλουμίνιο	0,03	≤150
Κράμα Αλουμινίου	0,036	120 έως 280
Χάλυβας	0,15	290 έως 510
Ανοξείδωτος Χάλυβας	0,8	400 έως 770

Πίνακας 15: Ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά συλλεκτήριων συστημάτων και αγωγών καθόδου (EN 62561-2).

Στάθμη προστασίας ΣΑΠ	Ki
I	0,08
II	0,06
III & IV	0,04
Υλικό	Km
Αέρας	1
Μπετόν, τούβλα, ξύλο	0,5
Αριθμός αγωγών καθόδου n	Kc
1 (μόνο στην περίπτωση απομονωμένου ΣΑΠ)	1
2	0,66
3 και περισσότεροι	0,44

Σημειώσεις:

1. Εάν παρεμβάλλονται διάφορα μονωτικά υλικά σε σειρά καλύτερα να επιλέγεται η χαμηλή τιμή του Km

2. Οι τιμές του συντελεστή Kc εφαρμόζονται για όλα τα συστήματα γείωσης Τύπου A και Τύπου B υπό την προϋπόθεση ότι η τιμή της αντίστασης γεπονικών ηλεκτροδίων δεν διαφέρει περισσότερο από το διπλάσιο. Εάν υπάρχει μια τέτοια διαφορά τότε το Kc παίρνει τιμή τη μονάδα.

Πίνακας 16: Τιμές Συντελεστών (Ki, Kc, Km) για υπολογισμό απόστασης απομόνωσης (EN 62305-3).

Στάθμη Προστασίας ΣΑΠ	Τυπικές αποστάσεις m
I	10
II	10
III	15
IV	20

Πίνακας 17: Τυπικές Αποστάσεις μεταξύ αγωγών καθόδου (EN 62305-3).

Υλικό	Μορφή	Διατομή <sup>α</sup> mm <sup>2</sup>			Παρατηρήσεις
		ράβδος	αγωγός	πλάκα	
<b>Χαλκός Χαλκός Επισασσιτερωμένος<sup>β</sup></b>	Πολύκλωνος	-	≥50 <sup>β</sup>	-	1,7mm διάμετρος για κάθε κλώνο
	Στρογγυλός	-	≥50	-	8mm διάμετρος
	Ταινία	-	≥50	-	2mm πάχος
	Στρογγυλός	≥176	-	-	15mm διάμετρος
	Σωλήνα	≥110	-	-	20mm διάμετρος με 2mm πάχος τοιχώματος
	Πλάκα	-	-	≥2500	500mmx500mm με 3mm πάχος <sup>γ</sup>
	Επίπεδο πλέγμα <sup>δ</sup>	-	-	≥3600	600mmx600mm αποτελούμενο από 30mmx3mm τμήματα για ταινία ή 10mm για στρογγυλό αγωγό.
<b>Χάλυβας θερμά επιψευδαργυρωμένος</b>	Στρογγυλός	-	≥78	-	10mm διάμετρο
	Στρογγυλός	≥150 <sup>β</sup>	-	-	14mm διάμετρο
	Σωλήνα	≥140 <sup>β</sup>	-	-	25mm διάμετρος με 2mm πάχος τοιχώματος
	Ταινία	-	≥90	-	3mm πάχος
	Πλάκα	-	-	≥2500	500mmx500mm με 3mm πάχος
	Επίπεδο πλέγμα <sup>δ</sup>	-	-	≥3600	600mmx600mm αποτελούμενο από 30mmx3mm τμήματα για ταινία ή 10mm για στρογγυλό αγωγό.
	Profile <sup>ε</sup>	-	-	-	3mm πάχος
<b>Χάλυβας</b>	Πολύκλωνος	-	≥70	-	1,7mm διάμετρος για κάθε κλώνο
	Στρογγυλός	-	≥78	-	10mm διάμετρο
	Ταινία	-	≥75	-	3mm πάχος
<b>Χάλυβας με επικάλυψη Χαλκού<sup>ς</sup></b>	Στρογγυλός	≥150 <sup>β</sup>	-	-	14mm διάμετρος για ελάχιστη επικάλυψη χαλκού 70μm με περιεκτικότητα 99,9% σε χαλκό
	Στρογγυλός	-	≥50	-	8mm διάμετρος για ελάχιστη επικάλυψη χαλκού 70μm με περιεκτικότητα 99,9% σε χαλκό
	Στρογγυλός	-	≥78	-	10mm διάμετρος για ελάχιστη επικάλυψη χαλκού 70μm με περιεκτικότητα 99,9% σε χαλκό
	Ταινία	-	≥90	-	3mm πάχος για ελάχιστη επικάλυψη χαλκού 70μm με περιεκτικότητα 99,9% σε χαλκό
<b>Ανοξείδωτος Χάλυβας</b>	Στρογγυλός	-	≥78	-	10mm διάμετρο
	Στρογγυλός	≥176 <sup>β</sup>	-	-	15mm διάμετρο
	Ταινία	-	≥100	-	2mm πάχος

<sup>a</sup> εργοστασιακό όριο ανοχής: -3%

<sup>b</sup> τα απειρώματα πρέπει να δημιουργούνται πριν από την επιψευδαργύρωση.

<sup>c</sup> ο χαλκός πρέπει να είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το χάλυβα.

<sup>d</sup> το επίπεδο πλέγμα κατασκευάζεται με ελάχιστο μήκος αγωγού 4.8m.

<sup>e</sup> διαφορετικά προφίλ αγωγών επιτρέπονται με ελάχιστη διατομή 290mm<sup>2</sup> και ελάχιστο πάχος 3mm.

<sup>f</sup> θερμά εμβατισμένα ή μέσω ηλεκτρόλυσης, ελάχιστο πάχος επικάλυψης 1μm. Η επικασιτερώση είναι μόνο για αισθητικούς λόγους.

<sup>g</sup> Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιείται ελάχιστη διατομή 1800cm<sup>2</sup> και πάχος 0,8mm.

<sup>h</sup> Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιείται ελάχιστη διατομή 125mm<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Η διατομή του πολύκλωνου αγωγού καθορίζεται από την αντίσταση του αγωγού βάσει του IEC 60228.

Πίνακας 18: Ελάχιστες διαστάσεις αγωγών συστήματος γείωσης ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση τους (EN 62561-2).

Υλικό	Μορφή	Αντοχή στον εφελκυσμό N/mm <sup>2</sup>			Μέγιστη ηλεκτρική αντίσταση μΩm
		ράβδος	αγωγός	πλάκα	
Χαλκός	Πολύκλωνος	M/E	200 έως 450	M/E	0.019
	Στρογγυλός	200 έως 450	200 έως 450	M/E	
	Ταινία	M/E	-	M/E	
	Σωλήνας	200 έως 450	M/E	M/E	
	Πλάκα	M/E	M/E	200 έως 450	
	Επίπεδο πλέγμα	M/E	M/E	200 έως 450	
Χάλυβας	Επιψευδαργυρωμένος στρογγυλός	350 έως 770	290 έως 510	M/E	0.25
	Επιψευδαργυρωμένος Σωλήνας	350 έως 770	M/E	M/E	
	Επιψευδαργυρωμένη Ταινία	M/E	290 έως 510	M/E	
	Επιψευδαργυρωμένη πλάκα	M/E	M/E	290 έως 510	
	Επιψευδαργυρωμένο επίπεδο πλέγμα	M/E	M/E	290 έως 510	
	Στρογγυλός	M/E	290 έως 510	M/E	
	Ταινία	M/E	290 έως 510	M/E	
	Επιψευδαργυρωμένος πολύκλωνος	M/E	290 έως 510	M/E	
	Επιψευδαργυρωμένος ορθογωνικός	300 έως 770	M/E	M/E	
	Στρογγυλός με επικάλυψη χαλκού	600 έως 770 <sup>a,c</sup>	290 έως 510 <sup>c</sup>	M/E	

Υλικό	Μορφή	Αντοχή στον εφελκυσμό N/mm <sup>2</sup>			Μέγιστη ηλεκτρική αντίσταση μΩm
		ράβδος	αγωγός	πλάκα	
<b>Ανοξείδωτος Χάλυβας</b>	Στρογγυλός <sup>α</sup>	500 έως 770	400 έως 730	M/E	0,80
	Ταινία <sup>β</sup>	M/E	400 έως 730	M/E	




<sup>α</sup> ποσοστό απόδοσης/εφελκυσμό από 0,8 έως 0,95

<sup>β</sup> χρώμιο ≥ 16%, νικέλιο ≥ 5%, μαλυβδαιίο ≥ 2%, άνθρακας ≤ 0,08%

<sup>γ</sup> υπολογισμός βάσει ολόκληρης της διαμέτρου συμπεριλαμβανομένης και της χάλκινης επικάλυψης.

M/E= μη εφαρμοσίμο.

Πίνακας 19: Ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά αγωγών συστήματος γείωσης ανάλογα με το υλικό και τη διαμόρφωση τους (EN 62561-2).

Ονομαστική τάση φύσης-ουδέτερου για a.c/d.c	Ονομαστική τάση δικτύου (V)			Εκτιμώμενη κρουστική τάση εξοπλισμού (U <sub>w</sub> ) ανάλογα με την κατηγορία κατάταξης του (I-IV)			
	Τριφασικό σύστημα με τέσσερις αγωγούς Με γειωμένο τον ουδέτερο	Τριφασικό σύστημα με τρεις αγωγούς γειωμένο ή όχι	Μονοφασικό σύστημα δύο καλωδίων a.c/d.c				
				I	II	III	IV
<b>50</b>	-	-	12,5-48	330	500	800	1500
<b>100</b>	66/115	66	60	500	800	1500	2500
<b>150</b>	120/208, 127/220	115-127	100-120	800	1500	2500	4000
<b>300</b>	220/380, 230/400, 240/415	200-277	220	1500	2500	4000	6000
<b>600</b>	380/660, 400/690, 480/830	347-600	480	2500	4000	6000	8000
<b>1000</b>		660-1000	1000	4000	6000	8000	12000

*\* Το δίκτυο χαμηλής τάσης της ΑΗΚ είναι 230/400*

Πίνακας 20: Επίπεδο προστασίας ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (EN 60664-1).

SPDs συνδεδεμένα μεταξύ	Διαμόρφωση συστήματος δικτύου διανομής				
	TN-C	TN-S	ουδέτερο	IT με προσβάσιμο ουδέτερο	IT με μη προσβάσιμο
Γραμμής και ουδέτερου	1,1 U <sub>0</sub>	M/E	1,1 U <sub>0</sub>	1,1 U <sub>0</sub>	M/E
Κάθε γραμμής και αγωγού PE	1,1 U <sub>0</sub>	M/E	1,1 U <sub>0</sub>	√3·U <sub>0</sub>	Τάση μεταξύ γραμμών
Ουδέτερου και αγωγού PE	U <sub>0</sub>	M/E	U <sub>0</sub>	U <sub>0</sub>	M/E
Κάθε γραμμής και αγωγού PE	M/E	1,1U <sub>0</sub>	U <sub>0</sub>	M/E	M/E

M/E= μη εφαρμοσίμο.

U<sub>0</sub>: ονομαστική τάση δικτύου μεταξύ φάσης-ουδέτερου

Πίνακας 21: Ελάχιστη Απαιτούμενη τιμή U<sub>c</sub> για SPD ανάλογο με το σύστημα διανομής (TS 61643-12).

SPDs συνδεδεμένα σε:	Τιμές TOV U <sub>c</sub>	
	Για 5s (σφάλματα σε συστήματα χαμηλής τάσης)	Για 200ms (σφάλματα σε συστήματα χαμηλής τάσης)
<b>TN-σύστημα</b>		
L-(PE)N ή L-N	1,32xU <sub>c</sub>	-
<b>TT-σύστημα</b>		
L-PE	1,55xU <sub>c</sub>	1200+U <sub>c</sub>
L-N	1,32xU <sub>c</sub>	-
N-PE	-	1200
<b>IT-σύστημα</b>		
L-PE	-	1200+U <sub>c</sub>
L-N	1,32xU <sub>c</sub>	-
N-PE	-	1200
<b>TN, TT &amp; IT συστήματα</b>		
L-PE	1,55xU <sub>c</sub>	1200+U <sub>c</sub>
L-(PE)N	1,32xU <sub>c</sub>	-
N-PE	-	1200

• Ο πίνακας ικανοποιεί τις απαιτήσεις του EN 60364-5-53. Για αυτό το σκοπό U<sub>c</sub>=1,1 U<sub>0</sub>

• U<sub>0</sub>: ονομαστική τάση δικτύου μεταξύ φάσης-ουδέτερου

Πίνακας 22: Τυπικές Τιμές δοκιμών TOV (TS 61643-12).

Υλικό	Χρήση			Διάβρωση		
	Σε ατμοσφαιρικό αέρα	Στο έδαφος	Στο μπετόν	Αντίσταση	Επιτάχυνση από	Μπορεί να καταστρέψει μέσω γαλβανικής σύζευξης με
Χαλκός	Συμπαγές Πολύκλωνος	Συμπαγές Πολύκλωνος Ως επένδυση	Συμπαγές Πολύκλωνος Ως επένδυση	Καλός σε διάφορα περιβάλλοντα	Οργανικά στοιχεία Χημικές ενώσεις θείου	-
Θερμά επιπευδαργωμένος χάλυβας <sup>c,d,e</sup>	Συμπαγές Πολύκλωνος <sup>b</sup>	Συμπαγές	Συμπαγές Πολύκλωνος <sup>b</sup>	Αποδεκτός στον αέρα στο μπετόν και σε ευνοϊκό έδαφος	Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριδίων	Χαλκό
Χάλυβας ηλεκτρολυτικά επικαλωμένους	Συμπαγές	Συμπαγές	Συμπαγές	Καλός σε διάφορα περιβάλλοντα	Χημικές ενώσεις θείου	-
Ανοξείδωτος χάλυβας	Συμπαγές Πολύκλωνος	Συμπαγές Πολύκλωνος	Συμπαγές Πολύκλωνος	Καλός σε διάφορα περιβάλλοντα	Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριδίων	-
Αλουμίνιο	Συμπαγές Πολύκλωνος	Ακατάλληλο	Ακατάλληλο	Καλός σε ατμόσφαιρα με χαμηλά επίπεδα θείου και χλωριδίων	Αλκαλικά διαλύματα	Χαλκό
Μόλυβδος <sup>f</sup>	Συμπαγές Ως επένδυση	Συμπαγές Ως επένδυση	Ακατάλληλο	Καλός σε ατμόσφαιρα με υψηλά επίπεδα θείου	Έδαφος με οξέα	Χαλκό Ανοξείδωτο χάλυβα

<sup>a</sup> Αυτός ο πίνακας δίνει γενικές κατευθυντήριες γραμμές. Σε ειδικές περιπτώσεις πρέπει να γίνεται πιο προσεγμένη ανάλυση των παραμέτρων διάβρωσης (βλ. Annex E EN 62305-3)

<sup>b</sup> Οι πολύκλωνοι αγωγοί είναι πιο ευάλωτοι στη διάβρωση σε σχέση με τους συμπαγείς αγωγούς. Οι πολύκλωνοι αγωγοί παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στα σημεία που μπαίνουν ή βγαίνουν από το έδαφος ή το μπετόν

<sup>c</sup> Ο επιπευδαργωμένος χάλυβας μπορεί να διαβρωθεί σε υγρό έδαφος.

<sup>d</sup> Ο επιπευδαργωμένος χάλυβας μέσα στο μπετόν δεν πρέπει να εκτείνεται μέσα στο έδαφος γιατί υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροχημικής διάβρωσης.

<sup>e</sup> Ο επιπευδαργωμένος χάλυβας σε επαφή το σκυρόδεμα δεν πρέπει να γίνεται σε παράκτιες περιοχές που υπάρχουν άλατα στο έδαφος

<sup>f</sup> Χρήση εντός του εδάφους μπορεί να απαγορεύεται ή να περιορίζεται λόγω περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Πίνακας 23: Επιλογή υλικών ανάλογα με τη χρήση τους και αντοχή τους στη διάβρωση.

## Βιβλιογραφία

---

### [1] EN 62305:

- EN 62305-1: 2010 Protection against lightning –Part1: General Principals
- EN 62305-2: 2010 Protection against lightning –Part2: Risk management
- EN 62305-3: 2010 Protection against lightning –Part3: Physical Damage to Structure and life hazard
- EN 62305-4: 2010 Protection against lightning Part4: Electrical and electronic systems within structures

### [2] EN 50539:

- EN 50539-11: 2013 Low-Voltage surge protective devices–Surge protective devices for specific application including d.c- Part11: Requirements and test for SPDs in photovoltaic applications
- TS 50539-12:2013 Low-Voltage surge protective devices–Surge protective devices for specific application including d.c- Part12: Selection and application principles – SPDs connected to photovoltaic installations.

### [3] EN 61643:

- EN 61643-11: 2012 Low-voltage surge protective devices- Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems- Requirements and test methods.
- TS 61643-12: 2009 Low-voltage surge protective devices- Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power systems–Selection and application principles
- EN 61643-21: 2001 Low-voltage surge protective devices- Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signaling networks- Performance requirements and test methods
- TS 61643-22: 2006 Low-voltage surge protective devices- Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signaling networks- Selection and application principles

### [4] EN 62561:

- EN 62561-1: 2012 Lightning Protection System Components(LPSC)- Part1: Requirements for connection components
- EN 62561-2: 2012 Lightning Protection System Components(LPSC)- Part2: Requirements for conductors and earth electrodes
- EN 62561-3: 2012 Lightning Protection System Components(LPSC)- Part3: Requirements for isolating spark gaps.



- EN 62561-4: 2012 Lightning Protection System Components(LPSC)- Part4: Requirements for conductors fasteners

### **[5] HD 60364:**

- HD 60364-1: 2008 Low-voltage electrical installations- Part1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions
- HD 60364-4-443: 2006 Electrical installations of buildings-Part4-44: Protection for safety-Protection against voltage disturbances and end electromagnetic disturbances- Clause 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching
- HD 60364-4-444: 2010 Low-Voltage installations-Part4-444: Protection for safety-Protection against voltage disturbances and end electromagnetic disturbances
- HD 60364-5-534: 2008 Low-Voltage installations-Part5-53: Selection and erection of electrical equipment- Isolation, switching and control- Clause 534: Devices for protection against overvoltages.
- HD 60364-5-54: 2011 Low-Voltage installations-Part5-54: Selection and erection of electrical equipment- Earthing arrangements and protective conductors

### **[6] IEEE:**

- IEEE Std 80-2000: Guide for Safety in AC Substation Grounding

### **[7] EN 50522:**

- EN 50522: 2010 Earthing of power installations exceeding 1KV a.c

### **[8] EN 60269:**

- EN 60269-6: 2011 Low-voltage fuses - Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems.

**[9]** "Global Lightning Protection Solutions for Solar Applications" Publisher EL-EMKO SA, First Edition, June 2011. ([www.elemko.gr](http://www.elemko.gr))



PSM LAB

**Πανεπιστήμιο Κύπρου**  
**Τμήμα ΗΜΜΥ & Ερευνητική Μονάδα Ενεργειακής Αειφορίας ΦΩΣ**

Green Park 412, PO BOX 20537,

ΤΤ134, 1167, Λευκωσία

Email: [cchara@ucy.ac.cy](mailto:cchara@ucy.ac.cy)

Ιστοσελίδα Εργαστηρίου: [www.psm.ucy.ac.cy](http://www.psm.ucy.ac.cy)



**ΦΩΣ**

Ερευνητική Μονάδα  
Ενεργειακής Αειφορίας