



Erasmus+



Project Erasmus+: Training and certification model
for photovoltaic trainers with the use of ECVET system
(EU-PV-Trainer). No 2016-1-PL01-KA202-026279

ΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΕΓΚΣΥΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Μ2.Υ2. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ
ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

RESEARCH NETWORK
ŁUKASIEWICZ

INSTITUTE
FOR SUSTAINABLE
TECHNOLOGIES



FUNDACIÓN *equipo humano*



EDIT.C

EDUCATION & INFORMATION TECHNOLOGY CENTRE

Erasmus+
Cooperation for innovation and the exchange of good practices
Strategic Partnership for vocational education and training

***“Μοντέλο κατάρτισης και πιστοποίησης για τους εκπαιδευτές φωτοβολταϊκών με την
χρήση του συστήματος ECVET (EU-PV-Trainer)”
No 2016-1-PL01-KA202-026279***

Πνευματικό Προϊον Ο4.

**Τράπεζα των ενοτήτων για την εκπαίδευση του Εκπαιδευτή
Φωτοβολταϊκών σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ECVET
(stationary learning)**

Το έργο αυτό ολοκληρώθηκε με την οικονομική υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Το έργο ή η δημοσίευση αντικατοπτρίζουν μόνο τη θέση του συντάκτη τους και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν είναι υπεύθυνη για το περιεχόμενό τους.

2018-2019

**ΕΝΟΤΗΤΑ 2.
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ,
ΕΓΚΣΥΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

**M2.U2. Συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών
εγκαταστάσεων**

**ΟΔΗΓΟΣ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗ**

Πρόγραμμα: Φωτοβολταϊκός Εκπαιδευτής

Ενότητα 2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εγκυσχρονισμός και συντήρηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

M2.U2. Συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

Οδηγός για τον εκπαιδευόμενο και τον εκπαιδευτή

Συγγραφείς:

Stanisław Pietruszko
Kamil Kulma
Radosław Gutowski
Radosław Figura
Miroslaw Żurek
Katarzyna Sławińska
Maria Knais
Emilia Pechenau
Adina Cocu
Jose Enrique Val Montros
Alfonso Cadenas Cañamás

Κριτικοί:

Tomasz Magnowski

Σύμβουλοι μεθοδολογίας:

Edyta Koziel

Έκδοση:

Iwona Nitek

Διόρθωμα κειμένου:

Maria Knais

Ο οδηγός αποτελεί διδακτική ανάπτυξη για τη υποεπένδυση **M2.U2 Συναρμολόγηση Φωτοβολταϊκών Εγκαταστάσεων** που περιλαμβάνεται στην ενότητα **M2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΕΓΚΣΥΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ** που περιέχονται στο πρόγραμμα **Εκπαιδευτή Φωτοβολταϊκών συστημάτων**.

2018-2019

TABLE OF CONTENTS

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2. ΑΡΧΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	9
3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	10
4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	11
4.1. Κανονισμοί ασφάλειας και υγείας για την εγκατάσταση	11
4.2. Πρόγραμμα εγκατάστασης	17
4.3. Εργαλεία και εξοπλισμός για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων	22
4.4. Πρακτικές αρχές της εγκατάστασης μονάδων, επιλογή και διαστασιολόγηση των συρμάτων και καλωδίων	26
4.5. Εγκατάσταση και εκκίνηση του φωτοβολταϊκού συστήματος	35
4.6. Συνεργασία μπαταριών με τα φωτοβολταϊκά συστήματα	41
4.7. Προστασία απο υπερτάσεις σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις	49
4.8. Προστασία από κεραυνούς και εγκατάσταση γείωσης	56
4.9. Κανόνες εγκατάστασης για ηλιακά συστήματα	64
4.10. Τυπικά λάθη κατά την συναρμολόγηση	70
4.11. Συνθήκες συλλογής και τεχνικά έγγραφα της εγκατάστασης	76
4.12. Υπολογισμός, προσφορά, συμφωνία για την εγκατάσταση ηλιακών συσκευών και συστημάτων	82
5. ΑΣΚΗΣΕΙΣ	90
5.1. Κανονισμοί ασφάλειας και υγείας για την εγκατάσταση – ασκήσεις	90
5.2. Πρόγραμμα εγκατάστασης – ασκήσεις	91
5.3. Εργαλεία και εξοπλισμός για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων – ασκήσεις	92
5.4. Πρακτικές αρχές της εγκατάστασης μονάδων, επιλογή και διαστασιολόγηση των συρμάτων και καλωδίων	93
5.5. Εγκατάσταση και εκκίνηση του φωτοβολταϊκού συστήματος Εγκατάσταση και εκκίνηση του φωτοβολταϊκού συστήματος – ασκήσεις	93
5.6. Συνεργασία μπαταριών με τα φωτοβολταϊκά συστήματα – ασκήσεις	94
5.7. Προστασία από υπερτάσεις στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις – ασκήσεις	95
5.8. Προστασία από κεραυνούς και εγκατάσταση γείωσης – ασκήσεις	95

5.9. Κανόνες εγκατάστασης για ηλιακά συστήματα – ασκήσεις	96
5.10. Τυπικά λάθη κατά την συναρμολόγηση – ασκήσεις	97
5.11. Συνθήκες συλλογής και τεχνικά έγγραφα της εγκατάστασης – ασκήσεις.....	98
5.12. Υπολογισμός, προσφορά, συμφωνία για την εγκατάσταση ηλιακών συσκευών και συστημάτων – ασκήσεις	98
6. ΤΕΣΤ ΠΡΟΟΔΟΥ	100
7. ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ	103
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	105



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ενώ αρχίζει η εκτέλεση των επαγγελματικών καθηκόντων που έχουν ανατεθεί στον εκπαιδευτή φωτοβολταϊκών στο εκπαιδευτικό σύστημα, ως εκπαιδευτικός συμμετέχων θα αποκτήσετε τις απαραίτητες γνώσεις και επαγγελματικές δεξιότητες που περιλαμβάνονται σε δύο ενότητες:

1. **M1. Ο σχεδιασμός, η οργάνωση, η διεξαγωγή και η αξιολόγηση της επαγγελματικής κατάρτισης,**
2. **M2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.**

Κάθε ενότητα χωρίζεται σε υποενότητες που αποτελούνται από υλικό διδασκαλίας, κατάλογο ελέγχου, ασκήσεις και δοκιμασία προόδου.

Η μελέτη περιέχει υλικά που έχουν αναπτυχθεί για τη υποενότητα **M2.U2. Συναρμολότητα Φωτοβολταϊκών Εγκαταστάσεων** στη Ενότητα M2. Σχεδιασμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Πριν από την έναρξη της μάθησης, ως εκπαιδευτικός θα πρέπει να εξοικειωθείτε με τις αρχικές απαιτήσεις και τα λεπτομερή μαθησιακά αποτελέσματα, δηλαδή τη γνώση, τις δεξιότητες και τις στάσεις που θα αποκτήσετε μετά το τέλος της εκμάθησης σε μια συγκεκριμένη υποενότητα.

Κατά την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού, η εμπειρία των εταίρων του έργου στο πλαίσιο των διδακτικών μαθημάτων στα μαθήματα που προετοιμάζουν τους μελλοντικούς εγκαταστάτες φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Το διδακτικό υλικό έχει συμπληρωθεί με εκπαίδευση ηλεκτρονικής μάθησης που περιλαμβάνει π.χ. εκπαιδευτικά βίντεο.

Πριν από την εκτέλεση των ασκήσεων, ελέγξτε αν είστε κατάλληλα προετοιμασμένοι. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήστε λίστες ελέγχου μετά από κάθε διδακτικό υλικό. Κάθε μάθημα ολοκληρώνεται με τεστ προόδου που θα σας επιτρέψει να καθορίσετε το πεδίο των γνώσεων και δεξιοτήτων που αποκτήσατε. Εάν τα αποτελέσματά σας είναι θετικά, μπορείτε να μεταβείτε στο επόμενο θέμα. Αν όχι, θα πρέπει να επαναλάβετε το περιεχόμενο που απαιτείται για συγκεκριμένες δεξιότητες.

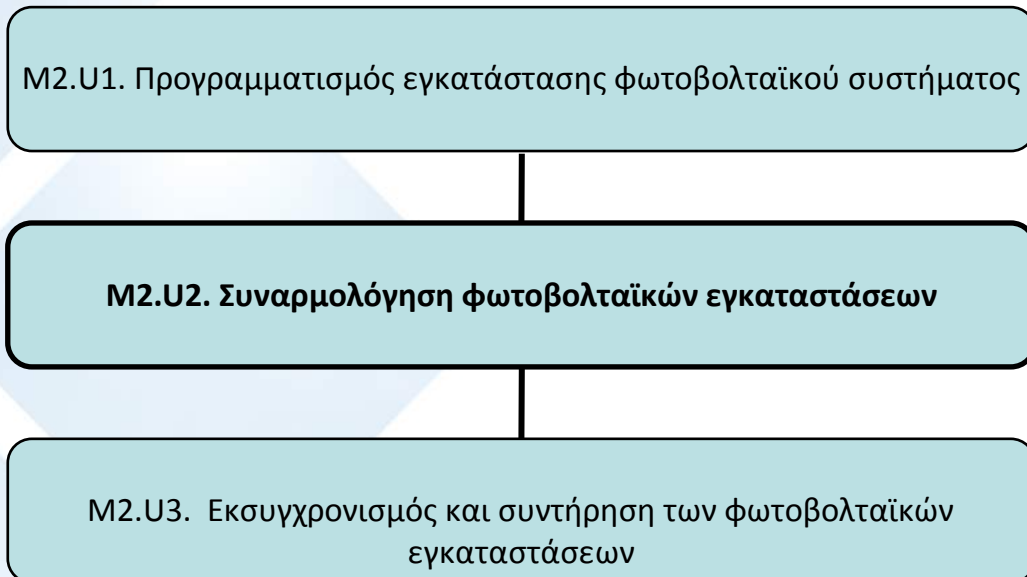
Η επιτυχία του τεστ σε μια έκδοση ηλεκτρονικής μάθησης αποτελεί τη βάση για τη διέλευση της υποενότητας.

Σημείωση: σε περίπτωση διδακτικού περιεχομένου που περιλαμβάνει παραπομπές σε νομικές πράξεις, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι είναι έγκυρα κατά την ημερομηνία εξέλιξης της μελέτης και πρέπει να ενημερωθούν. Το εκπαιδευτικό περιεχόμενο της ενότητας είναι σύμφωνο με το νομικό καθεστώς από τις 15 Αυγούστου 2018.

Ο Οδηγός αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος "Πρότυπο εκπαίδευσης και πιστοποίησης για φωτοβολταϊκούς εκπαιδευτές με χρήση του συστήματος ECVEE (EU-PV-Trainer)" που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πρόγραμμα Erasmus+

Συνεργασία για καινοτομία και ανταλλαγή ορθών πρακτικών, Στρατηγική εταιρική σχέση για την επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση.

Τα υλικά που περιλαμβάνονται στον Οδηγό αντικατοπτρίζουν μόνο τη θέση των δημιουργών τους και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν είναι υπεύθυνη για το περιεχόμενό τους.



Οι υποενότητες την ενότητας **M2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων**

Λίστα των υποενοτήτων και αριθμός εκπαιδευτικών ωρών, κατά προσέγγιση, είναι:

Ονομασία ενότητας	Ονομασία υποενότητας	Αριθμός εκπαιδευτικών ωρών
M2. Προγραμματισμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων	M2.U1. Προγραμματισμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος	28
	M2.U2. Συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	20
	M2.U3. Εκσυγχρονισμός και συντήρηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	16
	Σύνολο:	64

2. ΑΡΧΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Ενώ αρχίζει η εφαρμογή του αναλυτικού προγράμματος της υποενότητας **M2.U2. Συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων που** περιλαμβάνονται στη ενότητα **M2. Σχεδιασμός, εγκατάσταση, εκσυγχρονισμός και συντήρηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων**, θα πρέπει να είστε σε θέση:

- να χρησιμοποιείτε διάφορες πηγές πληροφοριών,
- να καθορίσετε τα δικά σας δικαιώματα και υποχρεώσεις,
- να αναγνωρίζετε τις βασικές νομικές πράξεις,
- να συμμετέχετε στη συζήτηση, στην παρουσίαση και στην υπεράσπιση της δικής σας θέσης,
- να αισθανθείτε υπεύθυνος για την υγεία σας (και τη ζωή σας),
- να εφαρμόζετε βασικές αρχές δεοντολογίας (αξιόπιστη εργασία, ακρίβεια, διατήρηση του λόγου, ειλικρίνεια, ευθύνη για συνέπειες, ειλικρίνεια),
- να συνεργάζεστε σε μια ομάδα λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των καθηκόντων,
- να χρησιμοποιείτε υπολογιστή σε βασικό επίπεδο.

3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

M2.U2. Συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Με την ολοκλήρωση της υποενότητας αυτής, ο εκπαιδευόμενος θα επιτύχει τα ακόλουθα μαθησιακά αποτελέσματα:

Γνώση (γνωρίζει και κατανοεί):	Δεξιότητες (μπορεί):
<ul style="list-style-type: none"> - Κανονισμοί υγιεινής και ασφάλειας για την εγκατάσταση. - Σχέδιο εγκατάστασης. - Εργαλεία και εξοπλισμός για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. - Πρακτικές αρχές εγκατάστασης, επιλογής και διαστασιολόγησης καλωδίων και καλωδίων. - Κανόνες για τη διαμόρφωση και λειτουργία φωτοβολταϊκών συστημάτων. - Συνεργασία μπαταριών με φωτοβολταϊκά συστήματα. - Προστασία από υπέρταση σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. - Εγκατάσταση προστασίας από κεραυνούς και γείωσης. - Κανόνες εγκατάστασης για φωτοβολταϊκά συστήματα. - Τυπικά σφάλματα εγκατάστασης συναρμολόγησης. - Όροι συλλογής και τεχνικός φάκελος της εγκατάστασης. - Εκτίμηση, προσφορά, σύμβαση για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συσκευών και συστημάτων. 	<ul style="list-style-type: none"> - Εφαρμόζει τους κανόνες υγιεινής και ασφάλειας στην εγκατάσταση και είναι σε θέση να τις μεταβιβάσει σε συμμετέχοντες της εκπαίδευσης. - Εκτελεί το σχέδιο εγκατάστασης. - Χρησιμοποιεί εργαλεία και εξοπλισμό για συναρμολόγηση. - Αξιολογεί την ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών και των εργασιών που εκτελούνται. - Εγκαθιστά μονάδες, επιλέγει καλώδια και καλώδια σύμφωνα με την τεκμηρίωση του σχεδιασμού. - Ρυθμίζει και λειτουργεί φωτοβολταϊκά συστήματα. - Επιλογή και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών διακοπών τάσης υπερτάσεων στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. - Επιλογή και συναρμολόγηση αντικειμένων προστασίας από κεραυνούς και γείωσης. - Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. - Ανίχνευση και ανάλυση τυπικών σφαλμάτων συναρμολόγησης εγκατάστασης. - Ανάπτυξη τεκμηριωμένης τεκμηρίωσης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. - Εκτελεί μετρήσεις και μετρήσεις έργων που σχετίζονται με τη συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών συσκευών και συστημάτων. - Προετοιμάζει εκτιμήσεις κόστους και προετοιμάζει προσφορές και συμφωνίες σχετικά με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συσκευών και συστημάτων.
Κοινωνική ικανότητα	
<ul style="list-style-type: none"> - Ολοκληρώνει το έργο σύμφωνα με τα κριτήρια καταλληλότητας, ταχύτητας, οικονομίας και αποτελεσματικότητας. - Αναγνωρίζει τη παραγωγική διαδικασία του οργανισμού. - Να συμμορφώνεται με τα πρότυπα παραγωγής που ορίζει ο οργανισμός. - Διατηρεί το χώρο εργασίας οργανωμένο και καθαρό όπως απαιτεί ο οργανισμός. - Συμμετέχει ενεργά και συνεργάζεται στην ομάδα εργασίας. - Ερμηνεύει και εκτελεί τις οδηγίες εργασίας. 	

4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

4.1. Κανονισμοί ασφάλειας και υγείας για την εγκατάσταση

Κατά τη συζήτηση των κανονισμών για την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία κατά την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, δεν πρέπει να παραλειφθούν τα ακόλουθα δύο βασικά ζητήματα:

- επιδόσεις στην εργασία,
- εκτέλεση έργων σε ύψος.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην πιθανή εμφάνιση και των δύο κινδύνων ταυτόχρονα.

Οι εγκαταστάτες που εκτελούν εργασίες συναρμολόγησης στις στέγες των κτιρίων θα πρέπει να έχουν άδειες που να τους επιτρέπουν να εργάζονται σε ύψος, να διαθέτουν ειδικό εξοπλισμό που τους προστατεύει από πτώση από ύψος και ηλεκτροπληξία. Οι εργασίες θα πρέπει να εκτελούνται προσεκτικά, με τη χρήση σωστά επιλεγμένων υλικών και συστημάτων συναρμολόγησης, προκειμένου να εξασφαλιστεί η μακρά και αβλαβής λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Βασικές δραστηριότητες πριν την έναρξη της εργασίας

Πριν από την έναρξη της εργασίας, θα πρέπει να εκτελεστούν οι ακόλουθες δραστηριότητες:

- ανάγνωση της τεκμηρίωσης και του σχεδιασμού της σειράς των συγκεκριμένων σταδίων εργασίας,
- προετοιμασία των απαραίτητων εργαλείων με μονωμένες λαβές που προστατεύουν από την άμεση ηλεκτροπληξία,
- προετοιμασία των απαραίτητων προειδοποιητικών πινακίδων
- Προετοιμασία του αναγκαίου εξοπλισμού μέτρησης και του απαραίτητου μονωτικού εξοπλισμού, όπως τα διηλεκτρικά γάντια, προστασία από τις συνέπειες τυχαίας επαφής δύο καλωδίων διαφορετικών δυνατοτήτων (αυτά ελέγχονται κάθε 6 μήνες), gumboots, χαλιά, μονωτικές πλατφόρμες και προστατευτικά γυαλιά.

Μηχανικές εργασίες

Η σωστή εγκατάσταση της υποστηρικτικής δομής(supporting structure) αποτελεί την πρώτη λειτουργία κατά την εγκατάσταση της φωτοβολταϊκής μονάδας. Η υποστηρικτική δομή πρέπει να επιλέγεται για έναν τύπο εγκατάστασης. Παρ'όλα αυτά, ανεξάρτητα από το αν η εγκατάσταση πραγματοποιείται στο έδαφος, στην οροφή ή ως BIPV στην πρόσοψη, η δομή πρέπει να πληροί τα συγκεκριμένα τεχνικά πρότυπα.



Εικ. 1. Εγκατάσταση της μηχανικής δομής για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα εδάφους.
Πηγή: <https://solarprofessional.com/articles/products-equipment/racking/ground-mount-pv-racking-systems#.W7uZynszapo>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Στη συνέχεια, οι φωτοβολταϊκές μονάδες θα πρέπει να στερεώνονται στη δομή στήριξης με την προγραμματισμένη σειρά, με τη χρήση των πρωτότυπων πιστοποιημένων στοιχείων συναρμολόγησης ενός συγκεκριμένου παραγωγού και με τη χρήση εργαλείων και συσκευών που συνιστώνται στο εγχειρίδιο. Εξαιρουμένης της εγκατάστασης στο έδαφος, οι άλλες μέθοδοι εγκατάστασης σημαίνουν έργο σε ύψος. Υπάρχει μια σειρά προνοιών και συστάσεων για τον τρόπο εκτέλεσης τέτοιων έργων.



Εικ. 2. Εγκαταστάτης φωτοβολταϊκών εργάζεται σε ύψος σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση
Πηγή: <http://theconversation.com/why-rooftop-solar-is-disruptive-to-utilities-and-the-grid-39032>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Οι εργασίες σε ύψος ανήκουν στις εργασίες που είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες, καθώς η πτώση από ύψος είναι πολύ συχνά αιτία ατυχημάτων, συνήθως σοβαρών ή θανατηφόρων. Εκτιμάται ότι η πτώση ήταν ο λόγος για πάνω από το 30% όλων των εργατικών ατυχημάτων. Κατά συνέπεια, κατά τη διάρκεια εργασιών συναρμολόγησης που εκτελούνται συχνά σε ύψος, πρέπει να διασφαλίζονται εξαιρετικές προφυλάξεις λόγω του υψηλού επιπέδου κινδύνου για τη ζωή και την υγεία του προσωπικού.

Ως εργασία σε ύψος νοείται το έργο που εκτελείται στην επιφάνεια τουλάχιστον 1,0 m πάνω από το δάπεδο ή το επίπεδο του εδάφους. Οι ράγες πρέπει να εγκαθίστανται σε επιφάνειες πάνω από 1,0 m από το δάπεδο ή το επίπεδο του εδάφους, όπου οι εργαζόμενοι μπορούν να παραμείνουν λόγω της πραγματοποιηθείσας εγκατάστασης ή να υπάρχει πέρασμα.

Εάν, λόγω του τύπου και των συνθηκών εκτέλεσης των εργασιών σε ύψος, δεν είναι δυνατή η εφαρμογή αυτού του είδους σιδηροτροχιών, πρέπει να χρησιμοποιούνται και άλλα αποτελεσματικά μέτρα για την προστασία των εργαζομένων από την πτώση από το ύψος ανάλογα με τον τύπο και τις συνθήκες εργασίας.

Οι εργασίες σε ύψος πρέπει να οργανώνονται και να εκτελούνται με τον τρόπο που δεν αναγκάζουν έναν εργαζόμενο να γέρνει έξω από την σκαλωσιές(rails) ή το περίγραμμα της συσκευής στην οποία στέκεται.

Κατά τις εργασίες σε σκάλες, στηρίγματα, σκαλωσιές και άλλες πλατφόρμες μέχρι 2 m πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι σκάλες, τα στηρίγματα, σκαλωσιές, οι πλατφόρμες και άλλες συσκευές είναι σταθερές και προστατεύονται από μη αναμενόμενη αλλαγή της θέσης τους και ότι έχουν την κατάλληλη αντίσταση στο αναμενόμενο φορτίο.



Εικ. 3. Εγκαταστάτης φωτοβολταϊκού συστήματος που εργάζεται σε ύψος
Πηγή: <https://easi-dec.co.uk/products/solar-access-system>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Σε εργασίες που εκτελούνται σε σκαλωσιές σε απόσταση μεγαλύτερη από 2 μέτρα από το επίπεδο του δαπέδου ή του εξωτερικού χώρου και σε κρεμαστές φορητές πλατφόρμες, κάποιος πρέπει ειδικότερα να:

- διασφαλίζει την ασφάλεια στην κάθετη επικοινωνία και την πρόσβαση στο χώρο εργασίας,
- εξασφαλίζει τη σταθερότητα των σκαλωσιών και την κατάλληλη αντοχή τους στο αναμενόμενο φορτίο,
- πριν από την έναρξη της χρήσης σκαλωσιάς, πρέπει να γίνει τεχνικός έλεγχος της.

Κατά τη συναρμολόγηση των μηχανικών εξαρτημάτων, η ποιότητα των εκτελούμενων εργασιών πρέπει να ελέγχεται και να επαληθεύεται συνεχώς.

Ηλεκτρικές εργασίες

Μετά τις εργασίες που σχετίζονται με την τοποθέτηση της δομής, πρέπει να αρχίσει η εκτέλεση ηλεκτρικών συνδέσεων, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρικών συνδέσεων μεταξύ των μονάδων, των καλωδιακών συνδέσεων στο κιβώτιο σύνδεσης, της εγκατάστασης προστατευτικών και, εάν είναι απαραίτητο, των λειτουργιών που σχετίζονται με την εγκατάσταση αστραπής.

Η ηλεκτρική μονάδα είναι ένα ηλεκτρικά ενεργό εργαλείο που παράγει ηλεκτρισμό.

Η επαφή με τα ηλεκτρικά ενεργά μέρη της μονάδας μπορεί να προκαλέσει φούσκωμα, σπινθήρισμα, καύση ή ηλεκτροπληξία. Η φωτοβολταϊκή μονάδα παράγει τάση όταν η ηλιακή ακτινοβολία ή άλλη πηγή φωτίζει την επιφάνεια της.

Μια καλή πρακτική είναι ότι κατά τη συναρμολόγηση η μονάδα πρέπει να καλύπτεται για να απομονώσει την ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια της εγκατάστασης.



Εικ. 4. Προστασία της φωτοβολταϊκής μονάδας με κάλυψη της
Πηγή: <http://securedsolar.com/why/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

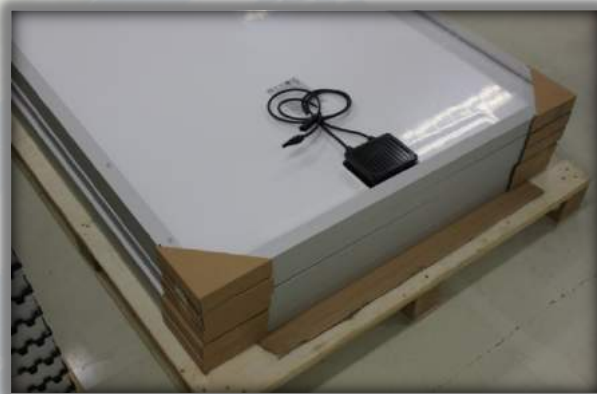
Οι ηλεκτρικές εργασίες που περιλαμβάνουν εργασίες συναρμολόγησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αποτελούν τις εργασίες που σχετίζονται με την εκτέλεση πολλών ηλεκτρικών συνδέσεων τόσο σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος όσο και σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι εργασίες αυτές πραγματοποιούνται σε ανοιχτό έδαφος (εγκαταστάσεις στο έδαφος και συνδέσεις μονάδων στην οροφή) και σε κτίρια – καθοδήγηση για την εγκατάσταση ενός μετατροπέα και ενός πίνακα και εναλλασσόμενου ρεύματος προστασίας.

Οι ηλεκτρικές εργασίες θα πρέπει να εκτελούνται από έναν υπάλληλο – έναν ενήλικα που αποφοίτησε από μια επαγγελματική σχολή ως ηλεκτρολόγος, διαθέτει έγκυρα επαγγελματικά προσόντα, και αυτό επιβεβαιώνεται με κατάλληλο πιστοποιητικό, έχει καλή υγεία και έχει εκπαιδευτεί σε θέματα Επαγγελματικής Ασφάλειάς και Υγείας.

Ο εγκαταστάτης φωτοβολταϊκών συστημάτων που έχει προσληφθεί για ηλεκτρικές εργασίες θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με κατάλληλα ρούχα εργασίας, προστατευτικά γάντια και απαραίτητα εργαλεία.

Πριν από τη συναρμολόγηση, θα πρέπει να είναι βέβαιος ότι δεν υπάρχει ζημιά σε κάθε εγκατεστημένη μονάδα. Σε περίπτωση ανίχνευσης ζημιάς, ένα κατεστραμμένο στοιχείο ή μέρος πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα με βάση τα αρχικά εξαρτήματα ή θα πρέπει να κάνει παράπονο.



Εικ. 5. Σωστά πακεταρισμένη φωτοβολταϊκή μονάδα
Πηγή: <http://sinovoltaics.com/solar-basics/basics-of-solar-panel-packaging/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Συναρμολόγηση της εγκατάστασης συνεχούς ρεύματος

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων στην οροφή θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις συστάσεις των κατασκευαστών μονάδων, ηλεκτρικών καλωδίων και συνδέσεων. Αυτά τα έργα θα πρέπει να εκτελούνται με τη χρήση εργαλείων που συνιστώνται από τους κατασκευαστές συγκεκριμένων στοιχείων, ενώ η σύσφιξη καλωδίων θα πρέπει να εκτελείται με τη χρήση ειδικών εργαλείων.



Εικ. 6. Παραδειγματική σειρά εργαλείων για καλώδια DC για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις
Πηγή: <http://www.solar-test-equipment.co.uk/knipex-mc4-tool-kit-24>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Κατά την τοποθέτηση καλωδίων, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην προστασία τους από μηχανικές βλάβες. Κατά τη σφυρηλασία αυλακώσεων και ανοιγμάτων σε τοίχους κτιρίων, θα πρέπει να φορούν προστατευτικά γυαλιά και γάντια.

Κάθε εκτελεσθείσα εργασία της ηλεκτρικής εγκατάστασης πρέπει να επαληθεύεται σε σχέση με το τεχνικό εξάρτημα, κυρίως όσον αφορά την ηλεκτρική ορθότητα με τη χρήση μετρητών.

Συναρμολόγηση εγκαταστάσεων εναλλασσόμενου ρεύματος

Στις οικιακές εγκαταστάσεις και στις εγκαταστάσεις πρόσοψης που είναι ενσωματωμένες στο κτίριο, το τμήμα εναλλασσόμενου ρεύματος βρίσκεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Ενώ για εγκαταστάσεις στο έδαφος, μπορεί να υπάρξουν εγκαταστάσεις εναλλασσόμενου ρεύματος σε ανοιχτό έδαφος ή στο κτίριο, σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να προσέχετε ιδιαίτερα κατά τη συναρμολόγηση λόγω του σχηματισμού γης και των ατμοσφαιρικών συνθηκών.

Συνιστάται να εκτελούνται όλες οι εξωτερικές εργασίες που σχετίζονται με την καθοδήγηση και τη σύνδεση στοιχείων ηλεκτρικής εγκατάστασης όταν δεν βρέχει και υπάρχει μικρή ή περιορισμένη υγρασία.

Η συναρμολόγηση της εγκατάστασης εναλλασσόμενου ρεύματος καλύπτει την εγκατάσταση ενός μετατροπέα, ενός κύριου καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος από τον μετατροπέα στον πίνακα ελέγχου, την προστασία και τη σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο στον πίνακα διανομής. Οι δραστηριότητες αυτές πρέπει να διεξάγονται σύμφωνα με τις συστάσεις των κατασκευαστών συγκεκριμένων στοιχείων.

Εάν εντοπιστεί βλάβη στην εγκατάσταση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της, η τροφοδοσία πρέπει να σταματήσει και να απενεργοποιηθεί (για το τμήμα DC η μόνη αποτελεσματική λύση είναι η κάλυψη μονάδων με το πλακίδιο), ενώ για την εγκατάσταση εναλλασσόμενου ρεύματος πρέπει να απενεργοποιηθεί το φωτοκύτταρο τον κύριο

διακόπτη DC και το μέρος AC – με τον κύριο διακόπτη εναλλασσόμενου ρεύματος στον πίνακα διανομής.

Σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας, κάθε εγκαταστάτης θα πρέπει να γνωρίζει πάρα πολύ καλά και να είναι σε θέση να εφαρμόζει στην πράξη τις βασικές αρχές διάσωσης ατόμων που έπαθαν ηλεκτροπληξία.

Σε μια τέτοια περίπτωση, θα πρέπει να εκτελούνται οι ακόλουθες δραστηριότητες:

- την αφαίρεση ενός ατόμου που έχει υποστεί ηλεκτροπληξία το συντομότερο δυνατό από το ρεύμα,
- χορήγηση τεχνητής αναπνοής (δεν μπορεί να διακοπεί μέχρι να φτάσει ο γιατρός),
- διαχείριση πρώτων βοηθειών,
- άμεση κλήση του γιατρού.

Κύριοι λόγοι φωτιών

Στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, τα φαινόμενα πυρκαγιάς εντοπίζονται συνήθως στο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος (ιδιαίτερα σε εκείνα που βρίσκονται στην οροφή του κτιρίου) και στο τμήμα εναλλασσόμενου ρεύματος στον μετατροπέα ή στον κεντρικό πίνακα διανομής (switchboard).

Στο τμήμα συνεχούς ρεύματος, συνήθως έχουμε να κάνουμε με ανάφλεξη που προκαλείται από ζημιά στην ηλιακή καλωδίωση ή τη σύνδεση.

Στη συνέχεια, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο, εμφανίζεται ανοικτή φωτιά και το υλικό της στέγης καίγεται.



Εικ. 7. Πυρκαγιά στην φωτοβολταϊκή γεννήτρια

Πηγή: <http://www.greenworldinvestor.com/wp-content/uploads/2016/06/PV-on-fire.jpg>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Ένας άλλος λόγος πυρκαγιάς είναι η μικρή διακοπή των φωτοβολταϊκών μονάδων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους ή στο στάδιο της παραγωγής ή της μεταφοράς – χωρίς να παρατηρείται από τον εγκαταστάτη. Σε μέρη αυτών των ζημιών, δημιουργούνται καυτά σημεία όπου η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή ώστε να προκαλέσει την εμφάνιση φωτιάς στη στέγη.

Στην πλευρά AC, οι συνηθέστερες αιτίες πυρκαγιάς περιλαμβάνουν την ακατάλληλη επιλογή του μετατροπέα και της ζημιάς του κατά τη λειτουργία, την ακατάλληλη επιλογή και τη συναρμολόγηση καλωδίων εναλλασσόμενου ρεύματος, καθώς και την ακατάλληλη επιλογή προστασίας.

Αυτός ο τύπος καταστάσεων προκαλείται συνήθως από την έλλειψη αρχικού ελέγχου των εξαρτημάτων που εφαρμόζονται για την εγκατάσταση, την ανίκανη εκτέλεση των εργασιών

συναρμολόγησης, την κόψιμο των καλωδίων από λάθος. Αποτελείται κυρίως από ακατάλληλη εκτέλεση εργασιών συναρμολόγησης από τους εγκαταστάτες.



Εικ. 8. Πυρκαγιά στον πίνακα ελέγχου AC σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Πηγή:https://www.researchgate.net/publication/254027370_Fault_analysis_in_solar_PV_arrays_under_Low_irradiance_conditions_and_reverse_connections, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

4.2. Πρόγραμμα εγκατάστασης

Οποιοσδήποτε εργασίες στη συναρμολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να σχεδιάζονται λεπτομερώς. Ένα καλό σχέδιο εργασιών και η επαλήθευση των συναρμολογημένων συσκευών πρέπει να επιτρέπουν την αποφυγή μιας περιττής σύγχυσης κατά τη συναρμολόγηση, τη μείωση του χρόνου συναρμολόγησης και τον αριθμό των απροσδόκητων καταστάσεων.

Ορισμένα στοιχεία ενδέχεται να απαιτούν την εγκατάσταση σε περιβλήματα ανθεκτικά στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Ο εγκαταστάτης πρέπει να υπολογίσει, στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού, το μέγεθος του χώρου που απαιτείται για την εγκατάσταση όλων των απαιτούμενων στοιχείων.

Η συναρμολόγηση ξεκινά από τη στερέωση των δομών υποστήριξης και στη συνέχεια από τις φωτοβολταϊκές μονάδες μαζί με τα καλώδια και τις πλευρικές προστατευτικές διατάξεις DC. Το επόμενο στάδιο είναι η συναρμολόγηση μετατροπέων, καλωδίων της πλευράς εναλλασσόμενου ρεύματος και των πλευρικών προστατευτικών στοιχείων.

Εάν είναι απαραίτητο να εγκατασταθεί αλεξικέραυνο, πρέπει να εγκατασταθεί.

Μετά την εκτέλεση όλων των εργασιών εγκατάστασης, ο εγκαταστάτης πραγματοποιεί μια αρχική εκκίνηση του συστήματος, έχοντας στο νου του την ακολουθία ενεργοποίησης κύκλωματος. Πρώτον, ξεκινάει το κύκλωμα συνεχούς ρεύματος και στη συνέχεια το κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση πρέπει να απενεργοποιείται με την αντίθετη σειρά, δηλ. Πρώτα απενεργοποιούμε το κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος από το δίκτυο και έπειτα το κύκλωμα συνεχούς ρεύματος.

Κατά την προετοιμασία του συστήματος, εκτελούνται ρυθμιστικές λειτουργίες σε μετατροπείς, ρυθμιστές τάσης ή φορτιστές.

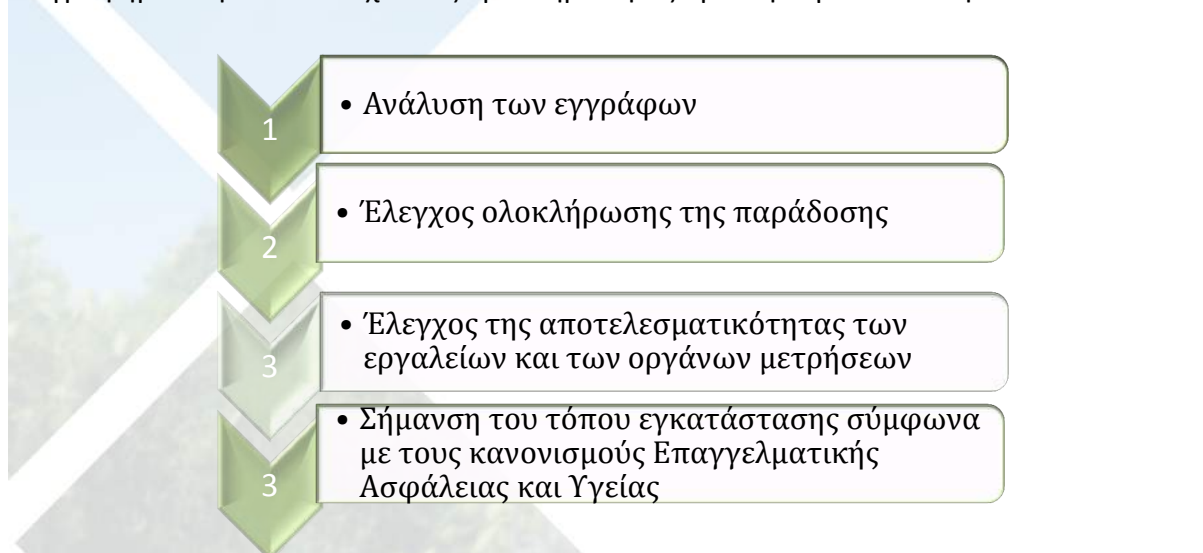
Μετά το πέρας των εργασιών ανάθεσης, ο εγκαταστάτης θα πρέπει να εκπαιδεύσει τον χρήστη στο πλαίσιο μιας συνεχούς υπηρεσίας του φωτοβολταϊκού συστήματος.



Εικ. 1. Στάδια κατά την διάρκεια της διαδικασίας εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος
Πηγή: εργασία των συγγραφέων

ΣΤΑΔΙΟ I – Δραστηριότητες πριν την εγκατάσταση

Το γράφημα στην Εικ. 1 δείχνει τις δραστηριότητες πριν την εγκατάσταση.



Εικ. 2. Δραστηριότητες πριν την εγκατάσταση
Πηγή: εργασία των συγγραφέων

Ανάλυση των εγγράφων

Η τεκμηρίωση που παραδίδεται στην ομάδα εγκατάστασης θα πρέπει να επαληθεύεται όσον αφορά τις επίσημες πτυχές, δηλαδή κατά πόσον περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις εργασίες εγκατάστασης, ανεξάρτητα από το εάν έχει ετοιμαστεί και εγκριθεί από εξουσιοδοτημένα πρόσωπα.

Οι άδειες για το σχεδιασμό ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων στον κατασκευαστικό τομέα παρέχονται σε κάθε χώρα της ΕΕ σύμφωνα με τους εσωτερικούς κανονισμούς.

Επιπλέον, πρέπει να επαληθεύεται η πληρότητά του σε ηλεκτρικό και μηχανικό μέρος. Σύμφωνα με την καλή οικοδομική πρακτική, μόνο η σωστά προετοιμασμένη τεκμηρίωση πρέπει να επιτρέπει την απόδοση του συστήματος συναρμολόγησης.

Έλεγχος ολοκλήρωσης της παράδοσης

Ο έλεγχος ολοκλήρωσης της παράδοσης αποτελεί το επόμενο βήμα. Ενώ πραγματοποιείτε μια αγορά από μόνος σας ή αμέσως κατά την παράδοση, όλες οι λεπτομέρειες πρέπει να επαληθεύονται ποιοτικά και ποσοτικά. Αυτό θα επιτρέψει την αποφυγή μελλοντικών πιθανών διαφορών με τους προμηθευτές συγκεκριμένων στοιχείων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ποιότητα των φωτοβολταϊκών μονάδων, καθώς η ποιότητα τους εγγυάται την ασφάλεια των χρηστών και την αποτελεσματικότητα του συστήματος.

Έλεγχος την αποτελεσματικότητας των εργαλείων και των οργάνων μέτρησης

Κατά την εκτέλεση εργασιών ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων, κυρίως σε ύψος, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην χρήση των κατάλληλων οργάνων μέτρησης (μετρητές τάσης, ρεύματος, μόνωσης, ευθύγραμμης κλπ.), σκάλες, ατομικός εξοπλισμός προστασίας, ρούχα εργασίας.

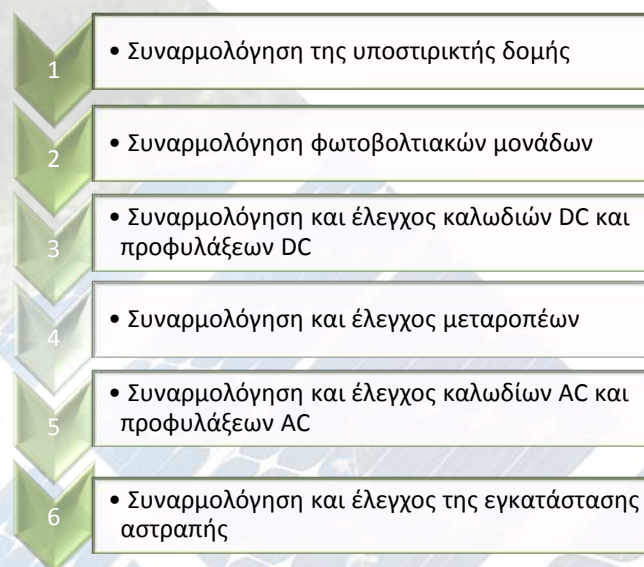
Όλα τα παραπάνω αντικείμενα πρέπει να είναι αποτελεσματικά, με έγκυρα πιστοποιητικά που να διασφαλίζουν την ορθότητα των διεξαγόμενων εργασιών και την απαραίτητη ασφάλεια των τεχνικών κατά τη διάρκεια των εργασιών και των χρηστών μετά την λειτουργία ολόκληρου του συστήματος.

Σήμανση του τόπου εγκατάστασης σύμφωνα με τους Κανονισμούς Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας

Καθώς η πλειονότητα των εργασιών που πραγματοποιούνται κατά την υλοποίηση των φωτοβολταϊκών επενδύσεων πραγματοποιείται έξω, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις, ο χώρος εγκατάστασης πρέπει να είναι περιφραγμένος και να επισημαίνεται με σαφήνεια και ευκρίνεια. Αυτό θα επιτρέψει την αποφυγή εμφάνισης τρίτων σε περιοχή κινδύνου και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου σε αυτά τα μέρη να γίνει κάποιο ατύχημα.

ΣΤΑΔΙΟ II – Δραστηριότητες εγκατάστασης

Τα πιο κάτω γράφημα δείχνει τις εργασίες κατά την εγκατάσταση



Εικ. 3. Άλλα βήματα στην εγκατάσταση
Πηγή: εργασία συγγραφέων

Συναρμολόγηση της υποστηρικτικής δομής

Μετά την εκτέλεση των προαναφερθέντων αρχικών δραστηριοτήτων, κάθε εγκατάσταση πρέπει να ξεκινήσει από τη συναρμολόγηση της υποστηρικτικής δομής. Ανεξάρτητα από το αν η εγκατάσταση πραγματοποιείται στο έδαφος, στην οροφή ή ενσωματωμένο στο κτίριο, η δομή στήριξης πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με την τεκμηρίωση.

Θα πρέπει να ακολουθήσετε τις συστάσεις των κατασκευαστών αυτών των συστημάτων, χρησιμοποιώντας τα συνιστώμενα εργαλεία και τις συσκευές μέτρησης που απαιτούνται για την εκτέλεση αυτών των έργων. Μετά την ολοκλήρωσή τους, η ορθότητα της συναρμολόγησης θα πρέπει να ελέγχεται.

Συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες αποτελούν βασικό στοιχείο από τις οποίες εξαρτάται η ασφάλεια και η αποδοτικότητα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Πριν από την έναρξη των εργασιών συναρμολόγησης, θα πρέπει να διεξάγεται οπωσδήποτε οπτικός έλεγχος σε κάθε μονάδα, ώστε να ανιχνεύονται πιθανές ανωμαλίες (στεγανότητα πλαισίου, απαλότητα γυαλιού, σωστή τοποθέτηση του κουτιού DC και ολοκληρωμένα καλώδια και συνδετήρες). Η συναρμολόγηση κάθε μονάδας θα πρέπει να επαληθεύεται όσον αφορά την αντοχή της, αν τα καλώδια δεν τυλίγονται τυχαία στη δομή στήριξης, καθώς και οι κρίσιμες αποστάσεις πρέπει να ελέγχονται (π.χ. απόσταση από την άκρη στέγης, ύψος από το επίπεδο της οροφής). Είναι σημαντικό οι μονάδες αυτές να συναρμολογηθούν σε ένα επίπεδο.

Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης συνεχούς ρεύματος DC και προφυλάξεων DC

Τα σύρματα DC πρέπει να καθοδηγούνται σύμφωνα με τις βασικές αρχές. Το καλώδιο συνεχούς ρεύματος που παραδίδεται στον τόπο πρέπει να επαληθεύονται συνεχώς όσον αφορά την ποιότητα. Επιπλέον, οι συνδέσεις DC και το κιβώτιο σύνδεσης DC πρέπει να ελέγχονται σε σχέση με την ποιότητα.

Η εγκατάσταση θα πρέπει να καθοδηγείται αυστηρά σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή σύμφωνα με τις καθιερωμένες καλωδιακές διαδρομές με χρήση αποκλειστικών εργαλείων και αυθεντικών καλωδίων. Αυτές οι δραστηριότητες, παρότι φαίνεται να είναι απλές, απαιτούν μεγάλη προσοχή, καθώς η ακατάλληλη απόδοση τους αυξάνει ασφαλώς τον κίνδυνο βλάβης στην εγκατάσταση και αποτελεί ασφαλώς λόγο μειωμένης απόδοσης, καθώς προκαλεί απώλειες ισχύος στις αντιστάσεις των συρμάτων και στις συνδέσεις ολόκληρου του κυκλώματος συνεχούς ρεύματος είναι επαρκώς υψηλότερες. Μετά τη συναρμολόγηση ολόκληρης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, είναι απαραίτητο να επαληθεύεται η ορθότητα του μηχανικού συγκροτήματος και να ελέγχεται σε σχέση με την ηλεκτρική ενέργεια.

Συναρμολόγηση και έλεγχος των μετατροπέων

Η συναρμολόγηση του κυκλώματος εναλλασσόμενου ρεύματος πρέπει να ξεκινά από την εγκατάσταση ενός μετατροπέα(μετατροπείς).

Κανονικά ελέγχεται η πληρότητα και η ποιότητα της παράδοσης. Στη συνέχεια, με τη χρήση εργαλείων που είναι εξουσιοδοτημένα από τον κατασκευαστή, συναρμολογούμε το μετατροπέα σε κατάλληλο μέρος όπως συνιστάται από τον κατασκευαστή. Ο ιδανικός χώρος για την εγκατάσταση του μετατροπέα πρέπει να είναι δροσερός, στεγνός, χωρίς σκόνη και να βρίσκεται κοντά σε φωτοβολταϊκές μονάδες, κουτί ελέγχου και μπαταρίες.

Μπορεί να βρίσκεται στη δομή στήριξης, στον πίνακα διανομής ή στον τοίχο. Σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις, η εγκατάσταση πρέπει να είναι ασφαλής και να εξασφαλίζει τον κατάλληλο εξαερισμό της συσκευής. Μετά την επαλήθευση της ορθότητας του, πραγματοποιούμε τον απαραίτητο προγραμματισμό της συσκευής, ειδικές ρυθμίσεις των ηλεκτρικών παραμέτρων που είναι απαραίτητες για την σωστή λειτουργία ολόκληρης της εγκατάστασης.

Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης AC και προφυλάξεων AC

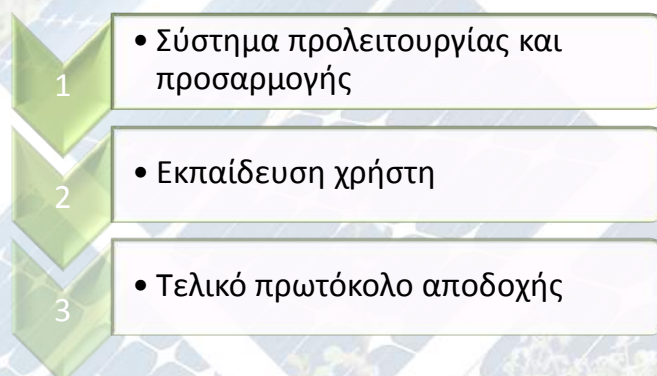
Μετά την επαλήθευση της σωστής λειτουργίας της εγκατάστασης, αρχίζουμε τη συναρμολόγηση καλωδίωσης εναλλασσόμενου ρεύματος. Όπως και στην περίπτωση του κυκλώματος συνεχούς ρεύματος, τα σύρματα εναλλασσόμενου ρεύματος πρέπει να καθοδηγούνται σύμφωνα με τις βασικές αρχές της καθοδήγησης της καλωδιακής διαδρομής, ενώ το καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος που παραδίδεται στον τόπο πρέπει να ελέγχεται συνεχώς όσον αφορά την ποιότητα. Η συναρμολόγηση των προστατευτικών εγκαταστάσεων εναλλασσόμενου ρεύματος πρέπει να πραγματοποιείται μετά από προηγούμενο έλεγχο ποιότητας.

Συναρμολόγηση και έλεγχος της εγκατάστασης αστραπής(lightening installation)

Εάν είναι απαραίτητο, λόγω της εμφάνισης του κινδύνου βλάβης της εγκατάστασης που οφείλεται σε κεραυνούς, πραγματοποιούμε μια τέτοια εγκατάσταση. Καθώς η πλειοψηφία των μικρών εγκαταστάσεων βασίζεται σε στέγες, η συναρμολόγηση γίνεται με τον συνηθισμένο τρόπο. Η εγκατάσταση αστραπής συναρμολογείται με τη χρήση παραδοσιακών διαχωριστικών(spacers). Ο αριθμός τους θα υπερβαίνει σημαντικά τον αριθμό που απαιτείται για τη μέθοδο έντασης. Στους τοίχους και στις επίπεδες στέγες εφαρμόζονται κυρίως λαβές που κινούνται και με πρέσες. Επιπλέον, οι λαβές είναι επικολλημένες με κόλλα ή σιλικονούχο συγκολλητικό (στην περίπτωση επίπεδων οροφών που καλύπτονται με χαρτί πίσσας ή επικαλυμμένο φύλλο). Εάν η οροφή είναι καθαρή, συνήθως είναι απαραίτητο να εφαρμόζετε βραχίονες τύπου demijohn που συναρμολογούνται στην επιφάνεια με τη χρήση λαβών ή κολλημένων σε σανίδες. Υπάρχουν επίσης λαβές που έχουν επικολληθεί σε κεραμικά πλακίδια με τη χρήση κολλητικών ουσιών που είναι ανθεκτικές σε νερό και κατάψυξη.

ΣΤΑΔΙΟ III – Δραστηριότητες μετά την εγκατάσταση

Οι τελευταίες εργασίες στην διαδικασία εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Εικ. 4. Τελικές εργασίες στην διαδικασία εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος
Πηγή: εργασία συγγραφέων

Σύστημα προ-λειτουργίας και προσαρμογής

Μετά την κατασκευή ολόκληρης της εγκατάστασης, πραγματοποιείται η προ- λειτουργία και στη συνέχεια πραγματοποιείται η αναγκαία προσαρμογή προκειμένου να επιτευχθεί η αποδοτικότητα του συστήματος. Λόγω της φύσης αυτών των έργων, θα πρέπει να διεξάγονται τόσο στην ηλιόλουστη όσο και στη θολή ημέρα, βεβαιώνοντας έτσι τη λειτουργία του συστήματος σε διάφορες ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Εκπαίδευση χρήστη και πρωτόκολλο αποδοχής

Στο τέλος της εγκατάστασης, διεξάγεται η εκπαίδευση των χρηστών (αναφέρεται ειδικότερα στο περιβάλλον χρήστη και σε μια σχετική εφαρμογή, εάν υπάρχει). Είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος της όλης διαδικασίας, καθώς χάρη στην κατάλληλη εκπαίδευση ο χρήστης όχι μόνο εξοικειώνεται με βασικές αρχές λειτουργίας αλλά και επιβεβαιώνει την εμπιστοσύνη στην εταιρεία εγκατάστασης και μπορεί να την συστήσει σε άλλο ενδιαφερόμενο.

Επιπλέον, βλέπουμε πιθανούς συναγερούς που ενδέχεται να εμφανιστούν κατά τη λειτουργία του συστήματος και τα βήματα που πρέπει να ληφθούν όταν εμφανιστούν. Το τελικό στάδιο της εργασίας μας γίνεται με την προετοιμασία και υπογραφή του πρωτοκόλλου αποδοχής της εγκατάστασης με τον επενδυτή.

4.3. Εργαλεία και εξοπλισμός για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης του φωτοβολταϊκού συστήματος, ο εγκαταστάτης πρέπει να έχει στη διάθεσή του ειδικά εργαλεία που διευκολύνουν τη συναρμολόγηση της δομής στήριξης και των φωτοβολταϊκών μονάδων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στα εργαλεία και στην προετοιμασία των υλικών που απαιτούνται για την απόδοση της καλωδίωσης DC. Τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος εκτίθενται στην στα αποτελέσματα των ατμοσφαιρικών συνθηκών σε όλη την περίοδο χρήσης της εγκατάστασης. Οποιοσδήποτε συνδέσεις, τοποθέτηση και στερέωση καλωδίων και καλωδίων, σφίξιμο των συνδέσεων DC θα πρέπει να πραγματοποιούνται προσεκτικά και σχολαστικά. Δεν πρέπει να εισάγονται χημικές ουσίες στους συνδέσμους DC, καθώς μπορεί να προκαλέσουν ταχύτερη διάβρωση των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται οι σύνδεσμοι συνδετήρων.

Ανάλογα με τον τύπο εγκατάστασης και τη διανομή των συγκεκριμένων στοιχείων του, η πλευρά AC μπορεί να γίνει εξωτερική ή εσωτερική. Σε κάθε περίπτωση, οι πρόνοιες σχετικά με την συναρμολόγηση της εγκατάστασης AC πρέπει να εφαρμόζονται απόλυτα, ενώ στην περίπτωση των υπαίθριων εγκαταστάσεων πρέπει να εφαρμόζονται υλικά ανθεκτικά στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Μετά την εκτέλεση των εργασιών καλωδίωσης, ο εγκαταστάτης πρέπει να διεξάγει μετρήσεις για την επαλήθευση της κατάστασης ολόκληρης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Εργαλεία για την συναρμολόγηση της υποστηρικτικής δομής

Η δομή στήριξης αποτελεί ένα στοιχείο που σηκώνει όλο το βάρος ολόκληρης της εγκατάστασης. Από μηχανική άποψη, αποτελεί ένα ενδιάμεσο στοιχείο μεταξύ του εδάφους (το οποίο αποτελείται από το έδαφος, την επιφάνεια στέγης ή την πρόσοψη του κτιρίου) και φωτοβολταϊκά στοιχεία. Και στις δύο πλευρές θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ασφαλής, ανθεκτική και μηχανικά ασφαλής σύνδεση όλων των συνεργαζόμενων στοιχείων. Η δομή αυτή πρέπει να κατασκευάζεται με τη χρήση μηχανών και συσκευών για εργασίες

εδάφους – μικρού εκσκαφέα, οδηγό μεταφοράς πασσάλων μερικές φορές εργαλείο ερπύστριας για να εξισορροπήσει τη γήινη ανομοιομορφία. Για ασταθή εδάφη, είναι απαραίτητο να υπάρχουν συσκευές για να χύνονται θεμέλια πάνω στα οποία πρέπει να τοποθετούνται πόλοι στήριξης.



Εικ. 1. Αυτοκίνητο μεταφοράς πασσάλων

Πηγή: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/utility-scale-pv-ground-mount-racking-solutions/page/0/1#.W7z-P3szaro>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Επιπλέον, για όλους τους τύπους υποστηρικτικών κατασκευών, θα χρειαστούν τα κλειδιά για βίδες, σκαλωσιές και πολύ σημαντικό προσωπικό εξοπλισμό προστασίας.

Εργαλεία και όργανα για τη συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων

Λόγω της απλής κατασκευής των φωτοβολταϊκών μονάδων και των διαφόρων στοιχείων συναρμολόγησης που είναι αφιερωμένα σε διάφορους κατασκευαστές και προσαρμοσμένα σε αυτά, μειώνεται στο ελάχιστο ένα σύνολο εργαλείων για τη θεμελίωση τους.

Το σύνολο των απλών κλειδιών (κάποτε είναι αρκετό), βιδωτό όπλο, μέτρο μέτρησης, μολύβι. Αποτελείται επίσης από την απαραίτητη ελαχιστοποίηση της ποσότητας των εργαλείων που είναι υποχρεωτικά για την εκτέλεση αυτών των εργασιών, δεδομένου ότι εκτελούνται σε ύψος και συχνά σε επιφάνεια οροφής κλίσης.



Εικ. 2. Σετ συναρμολόγησης

Πηγή: <https://www.solaris-shop.com/blog/essential-tools-for-solar-installations/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Εργαλεία για συναρμολόγηση της καλωδίωσης DC σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Είναι απαραίτητο να έχετε ένα μέτρ, ένα μολύβι για να καθορίσετε τις διαστάσεις και τη θέση της λαβής και της καλωδιακής διαδρομής, το κατάλληλο εργαλείο για την αφαίρεση της μόνωσης και την απογύμνωση καλωδίων.

Η πλειοψηφία των κατασκευαστών φωτοβολταϊκών συνδέσμων από την πλευρά DC προσφέρει στους εγκαταστάτες τα επαγγελματικά σετ εργαλείων που επιτρέπουν την εκτέλεση συνδέσεων με ελάχιστη αντίσταση και εξασφαλίζουν στεγανότητα ακόμη και στο επίπεδο IP68. Είναι πολύ σημαντικό, καθώς αυτά τα καλώδια λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε εξωτερικούς χώρους σε διάφορες ατμοσφαιρικές συνθήκες, συχνά σε υγρό ή με υγρασία περιβάλλον.



Εικ. 3. Σετ εργαλείων για φωτοβολταϊκούς συνδετήρες(photovoltaic connectors)

Πηγή: <http://www.lensunsolar.com/Lensun-MC3-MC4-Solar-Crimping-Tools-Solar-PV-Tool-Kits,Crimper-Stripper-cutter-spanners>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Εργαλεία για συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μετατροπέων(photovoltaic inverters)

Οι φωτοβολταϊκοί μετατροπείς, ανάλογα με την επεξεργασμένη μέγιστη ισχύ, αποτελούν βαριά εργαλεία. Επιπλέον, παρά την υψηλή αποτελεσματικότητά τους, οι απώλειες που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία τους απαιτούν αποτελεσματική διασπορά θερμότητας μέσω του συστήματος radiator. Κάθε κατασκευαστής περικλείει ένα σχετικό πρότυπο για να επισημάνει τις τρύπες τοίχων στο εγχειρίδιο του.

Επιπλέον, το τρυπάνι με τα κατάλληλα τρυπάνια και το **σετ κλειδιών** (ίσως το **βιδωτό όπλο**) για να βιδώσετε λαβές για να κρεμάσετε το μετατροπέα. Προκειμένου να συνδεθεί το ηλεκτρικό μέρος είναι απαραίτητα τα όργανα μέτρησης (τάση, ρεύμα, αντίσταση)

Εργαλεία για συναρμολόγηση της καλωδίωσης AC στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Η εγκατάσταση εναλλασσόμενου ρεύματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση συσκευών μέτρησης που εφαρμόζονται στην συναρμολόγηση του μετατροπέα, ενώ οδηγώντας τις διαδρομές καλωδίων, η απογύμνωση καλωδίων για σύνδεση θα χρειαστείτε **το τρυπάνι (drill)**, **το βιδωτό όπλο (screw gun)** και μερικές φορές **το σετ κλειδιών (spanner set)**.



Εικ. 4. Παραδειγματικά σελ εργαλείων για εργασία στην εγκατάσταση AC

Πηγή: <https://www.wihatools.com/insulated-slimline-blade-19pc-set>, <http://www.imtechie.in/best-drilling-mach ine-reviews/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Πρέπει να υπάρχουν οι συσκευές για τον προσδιορισμό του μήκους του καλωδίου, να επισημαίνονται πιθανά σημεία για την ανίχνευση με σκοπό τη στερέωση καλωδίων.

Συσκευές μέτρησης για τον έλεγχο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και την διαδικασία διαμόρφωσης και ρύθμισης του συστήματος, πρέπει να πραγματοποιηθούν οι τελικές μετρήσεις ολόκληρης της εγκατάστασης.

Οι ηλεκτρικές μετρήσεις πρέπει να διεξάγονται με τη χρήση νομιμοποιημένων συσκευών μέτρησης για τη **μέτρηση της τάσης, του ρεύματος και της αντίστασης**. Απαιτείται συσκευή για τον έλεγχο της αντίστασης γείωσης(earth resistance).



Εικ. 5. Σελ συσκευών για μέτρηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Πηγή: <https://www.benning.de/products-en/testing-measuring-and-safety-equipment/measuring-devices-for-photovoltaic/photovoltaic-tester-benning-pv-1-1.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Εάν είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί με ακρίβεια ολόκληρη η χωρητικότητα του συστήματος, πρέπει να καθοριστεί η ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η μέτρηση απαιτεί τη χρήση του πυρανομέτρου(ryganometer) – ενός οργάνου για τη μέτρηση της ολικής ακτινοβολίας από την ημισφαίρα, που παράγεται με ανάκλαση και διάχυση, συνήθως μέσα σε ολόκληρο το φάσμα του ηλιακού φάσματος.



Εικ. 6. Πυρόμετρο

Πηγή: <https://www.test-therm.pl/katalog-produktow/meteorologia/pyranometry-promieniowanie-calkowite-rozproszone-i-odbite/lp-pyra-12>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Επιλεκτική μέτρηση επιλεγμένων επιπέδων ακτινοβολίας είναι δυνατή με την εφαρμογή σχετικών φίλτρων.

4.4. Πρακτικές αρχές της εγκατάστασης μονάδων, επιλογή και διαστασιολόγηση των συρμάτων και καλωδίων

Η εγκατάσταση της φωτοβολταϊκής μονάδας πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή της μονάδας. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες γενικές κατευθύνσεις σχετικά με την πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών μονάδων που διατίθενται στην ευρωπαϊκή αγορά.

Οδηγίες και συστάσεις του κατασκευαστή των φωτοβολταϊκών μονάδων

Κάθε κατασκευαστής φωτοβολταϊκών πλαισίων καθορίζει το σύνολο των απαραίτητων συστάσεων, οδηγιών που απαιτούνται για τη σωστή συναρμολόγηση αυτής της μονάδας στην κάρτα καταλόγου και στο εγχειρίδιο συναρμολόγησης. Επιπλέον, ορίζει μια σειρά επιφυλάξεων σχετικά με τις εργασίες που δεν πρέπει να γίνονται κατά τη συναρμολόγηση και τη λειτουργία. Η ικανοποίηση των πιο πάνω προϋποθέσεων πρέπει να επιτρέπει την ορθή λειτουργία της μονάδας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της.

Επιθεώρηση της φωτοβολταϊκής μονάδας, εντοπισμός μηχανικών βλαβών

Η επιθεώρηση των φωτοβολταϊκών μονάδων θα πρέπει να διεξάγεται για την ανίχνευση μηχανικών βλαβών. Ο εγκαταστάτης δεν πρέπει να εγκαταστήσει μια κατεστραμμένη μονάδα. Αυτό θα προκαλούσε ελαττωματική λειτουργία ολόκληρης της φωτοβολταϊκής αλυσίδας στην οποία περιλαμβάνεται. Το πλαίσιο πρέπει να ελέγχεται διεξοδικά, ανεξάρτητα από το εάν είναι κατεστραμμένο, καθώς και η στεγανότητα του μπροστινού και του πίσω τμήματος της μονάδας, η ποιότητα στερέωσης του κιβωτίου σύνδεσης (junction box), τα καλώδια και τα βύσματα DC (DC Plugs) πρέπει να ελέγχονται.



Εικ. 1. Παράδειγμα ελαττωματικής φωτοβολταϊκής μονάδας

Πηγή: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/design-installation/potential-pv-problems>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Ο εγκαταστάτης, ενώ αρχίζει εργασίες, καθορίζει, βάσει του σχεδιασμού, τον τόπο εγκατάστασης για τις φωτοβολταϊκές μονάδες και επαληθεύει τις υποθέσεις σχεδίασης όσον αφορά την ενδεχόμενη σκίαση.

Επαλήθευση των συνθηκών του χώρου σε σχέση με πιθανή σκίαση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Τα εμπόδια στον χώρο, όπως δέντρα, κτίρια που βρίσκονται πριν από το τόπο, καμινάδες, κλπ αποτελούν φυσικά στοιχεία που προκαλούν σκίαση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ο εγκαταστάτης θα πρέπει να προβλέψει πώς η σκίαση από το παραπάνω στοιχεία θα μειώσει την πραγματική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη συγκεκριμένη περίπτωση. Μπορεί να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία λογισμικού για το σκοπό αυτό, στο οποίο μπορεί να προσομοιώσει την ισχύ του συνόλου της εγκατάστασης μετά από κατάλληλη χαρτογράφηση του συνόλου της εγκατάστασης, μαζί με το χώρο και τα εμπόδια.

Κάθετη και οριζόντια διάταξη φωτοβολταϊκών μονάδων

Αυτή η απεικόνιση μπορεί να καλύπτει τόσο την κάθετη όσο και την οριζόντια διάταξη των μονάδων. Το καλύτερο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί όταν ένα τμήμα των μονάδων λειτουργεί κάθετα και το άλλο μέρος οριζόντια. Η κατάσταση αυτή συμβαίνει στην περίπτωση εγκατάστασης τύπου Ανατολής-Δύσης, που και στις δύο κατευθύνσεις υπάρχουν διάφορα εμπόδια στο χώρο και το κτίριο.

Έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία μονάδων που βρίσκονται στην ίδια φωτοβολταϊκή αλυσίδα ή συλλέκτη

Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση κατά τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει κανείς να προσπαθήσει για μια τέτοια διάταξη των μονάδων στην ίδια φωτοβολταϊκή αλυσίδα έτσι ώστε η έκθεση στην ακτινοβολία να είναι η ίδια για κάθε μονάδα. Ενώ εφαρμόζουμε αυτή την αρχή σε κάθε αλυσίδα, μπορούμε να αναμένουμε τη λήψη μέγιστων ρευμάτων εξόδου για κάθε ένα από αυτά.

Επαλήθευση της επιλογής της διατομής του καλωδίου (wire cross section)

Λόγω της ειδικής φύσης του συνεχούς ρεύματος στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, είναι απαραίτητο να επιλέξετε σωστά το διατομή καλωδίων. Ενώ γνωρίζετε τα ρεύματα εξόδου από κάθε χορδή, θα μπορείτε να ελέγχετε τη σωστή επιλογή των καλωδίων σε συλλέκτες (collectors) και το σύνολο της γεννήτριας.

Κατά την επιλογή και την επαλήθευση της διατομής των καλωδίων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι σημαντικοί παράγοντες:

- ονομαστική τάση συρμάτων,
- ονομαστικό ρεύμα συρμάτων
- ελαχιστοποίηση των απωλειών μετάδοσης.

Οι διατομές συρμάτων πρέπει να επιλέγονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν χαμηλή αντίσταση για τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ το μέγεθος των απωλειών για τη διαδρομή φωτοβολταϊκές μονάδες → μετατροπέα → σύνδεση παροχής ρεύματος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% (για την πλευρά DC και AC).

Ειδική αντίσταση των χάλκινων συρμάτων για:

2.5 mm ² – 0.0074 Ω/m,	10.0 mm ² – 0.0018 Ω/m,
4.0 mm ² – 0.0046 Ω/m,	25.0 mm ² – 0.00073 Ω/m,
6.0 mm ² – 0.0031 Ω/m,	35.0 mm ² – 0.00049 Ω/m,

Απαιτήσεις για φωτοβολταϊκά καλώδια

Τα καλώδια πρέπει να είναι εξοπλισμένα με ένα διπλό στρώμα μόνωσης: βασικό και πρόσθετο, το οποίο σε περίπτωση βλάβης, η μόνωση προστατεύει από ηλεκτροπληξία και φωτιά.

Η ακτίνα καμπύλης καλωδίων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να διευκολύνει τη συναρμολόγηση και να προστατεύεται από εσωτερικές ζημιές.

Η ευελιξία του αγωγού (conductor flexibility) πρέπει να ανήκει στην πέμπτη ή την έκτη κατηγορία, πράγμα που σημαίνει ότι το σύρμα είναι πολύ εύκαμπτο και ανθεκτικό σε οποιαδήποτε κίνηση.

Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένη η μόνωση πρέπει να είναι ανθεκτικό σε οποιοδήποτε τύπο ελαίων και χημικών παραγόντων που θα το επηρεάσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η θερμοκρασία λειτουργίας πρέπει να υπερβαίνει τους 100 βαθμούς Κελσίου, ενώ ο αγωγός σε βραχυκύκλωμα (conductor at the short circuit) πρέπει να αντέχει τη θερμοκρασία που υπερβαίνει τους 200 βαθμούς Κελσίου για μερικά δευτερόλεπτα.

Όσο υψηλότερη είναι η θερμική αντίσταση του αγωγού, τόσο το καλύτερο. Επιπλέον, η αντίσταση των καλωδίων στις θερμοκρασίες κάτω από το μηδέν είναι πολύ σημαντική, καθώς τα καλώδια στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πρέπει να λειτουργούν όλο το χρόνο, επίσης το χειμώνα. Εδώ, η αντίσταση σε 40 μοίρες κάτω από το μηδέν είναι το πρότυπο, ωστόσο ορισμένοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με αντίσταση έως και μείον 50 μοίρες.

Η ανθεκτικότητα των καλωδίων θα πρέπει να έχει διάρκεια τουλάχιστον τόσων ετών όπως η περίοδος αποτυχίας για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση διαρκεί, δηλαδή περίπου 20 χρόνια. Τώρα, πολλοί κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια τα οποία η αντίσταση ορίζεται ως 30 χρόνια.

Τα καλώδια φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων θα πρέπει επίσης να περιγράφονται με ευαισθησία στην υπεριώδη ακτινοβολία.



Εικ. 3. Δομή του φωτοβολταϊκού καλωδίου όπου υπάρχουν:

1. εύκαμπτος χάλκινος αγωγός (Αγωγός),
2. Πρώτο μονωτικό στρώμα, χωρίς καουτσούκ αλογόνου, Λευκό LSZH (Μόνωση),
3. Δεύτερο μονωτικό στρώμα, χωρίς αλογόνο καουτσούκ, που εμποδίζει την διάδοση της φλόγας, χωρίς καπνό. Μαύρο ή Κόκκινο (outer sheath).

Πηγή: <https://voltaconsolar.com/solar-products/pv-cables/solar-cables/red-solar-cable-100m-drum-6mm.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Παραδειγματικές λειτουργικοί παράμετροι

1. Θερμοκρασία λειτουργίας:

- μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας: 120°C,
- μέγιστη θερμοκρασία αγωγού κατά τη διάρκεια βραχυκυκλώματος: 250°C (μέγιστο 5 δευτερόλεπτα),
- ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας: -40°C.

2. Ιδιότητες φωτιάς:

- χαμηλές εκπομπές διαβρωτικών αερίων σύμφωνα με τους UNE-EN 60754-2 και IEC 60754-2,
- χαμηλές εκπομπές πυκνότητας καπνών που εκπέμπονται κατά την καύση σύμφωνα με τους UNE-EN 61034 και IEC 61034,
- - διαφανή κλίση > 60%,
- αντίσταση στη διάδοση της φλόγας: UNE-EN 60332-1 και IEC 60332-1 (δοκιμή σε μονό καλώδιο / καλώδιο),
- ιδιότητες χωρίς αλογόνα σύμφωνα με τα πρότυπα UNE-EN 60754-1 και IEC 60754-1.

3. Αντοχή στο νερό:

- προστασία κατά των πλημμυρών AD8.

4. Μηχανικές ιδιότητες:

- ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας: Διάμετρος καλωδίου 3x,
- αντοχή κρούσης impact strength: AG2 – μέση ισχύς.

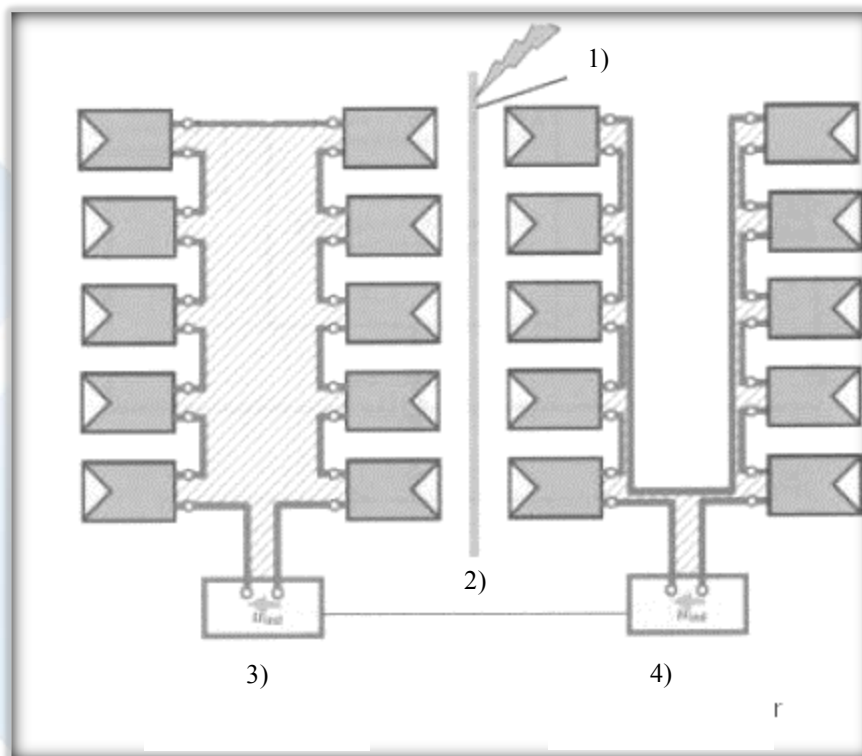
5. Ηλεκτρικές ιδιότητες:

- Ονομαστική τάση DC: 1,8 kV.

6. Χημική αντοχή:

- ανθεκτικότητα σε έλαια και χημικούς παράγοντες: Εξαιρετική,
- αντοχή σε λιπαντικά και ορυκτέλαια: Εξαιρετική,
- Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία σύμφωνα με τα πρότυπα EN 50618, TÜV 2Pfg 1169-08 και UL 2556.

Η καλωδιακή διαδρομή πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη από τη μία πλευρά, αλλά πρέπει επίσης να εξετάζει την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που σχετίζονται με τον κεραυνό.



Εικ. 4. Ορθή και μη ορθή τοποθέτηση των συρμάτων DC, όπου:

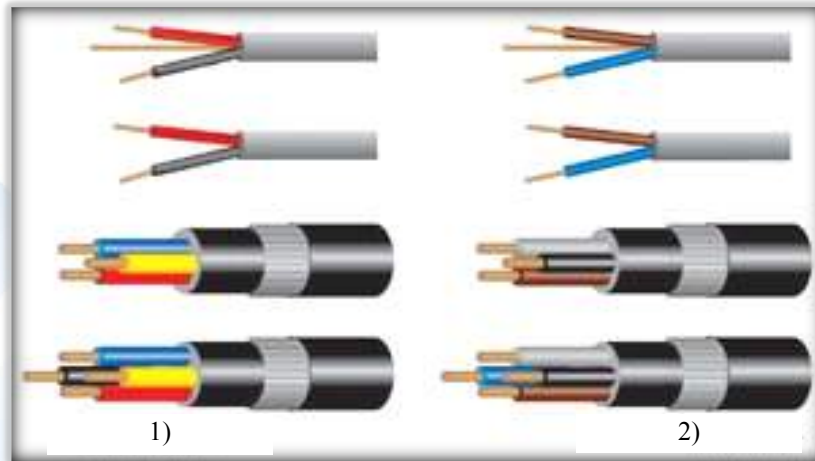
- 1) Αλεξικεύρανο,
- 2) Panel junction box,
- 3) Λάθος: Μεγάλη περιοχή για επαγωγική σύζευξη(*inductive coupling*),
- 4) Ορθό: Μια μικρή περιοχή για επαγωγική σύζευξη(*inductive coupling*).

Πηγή: <http://www.tec-institut.com/construction-of-a-100-kwp-solar-power-system-on-top-of-carports-built-for-a-parking-lot-with-60-parking-spaces-on-company-premises/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Καλώδια για εξαρτήματα της εγκατάστασης χαμηλής τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος.

Τα καλώδια για το κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος πρέπει να είναι εύκαμπτα, ανθεκτικά στο λάδι και να σβήνουν. Μπορούν να τοποθετηθούν απευθείας στο έδαφος και να εγκατασταθούν σε κανάλια, σκάλες καλωδίων και καλωδιακά κανάλια. Το καλώδιο πρέπει να είναι ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία και να είναι έτοιμο για εγκατάσταση εκτός των χώρων χωρίς την εφαρμογή πρόσθετης προστασίας και για εφαρμογή σε συνθήκες υγρασίας, συμπεριλαμβανομένης της ολικής βραχυπρόθεσμης εμβάπτισης στο νερό.

Οι πολυκλωνικοί εύκαμπτοι αγωγοί (Multi-stranded flexible conductors) πρέπει να ανήκουν στην κατηγορία ευκαμψίας 5 σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60228 και είναι κατασκευασμένοι από ηλεκτρολυτικό χαλκό. Η υψηλή ευελιξία και η μικρή ακτίνα κάμψης (5 x διάμετρος καλωδίου) διευκολύνουν σημαντικά τη διαδικασία εγκατάστασης, επιτρέποντας την ταχύτερη διαμόρφωση καλωδίων ακόμη και σε ιδιαίτερα απαιτητικές συνθήκες και χώρους με περιορισμένη πρόσβαση. Η μόνωση του αγωγού (Conductor insulation) θα πρέπει να γίνεται από πολυαιθυλένιο XLPE με σταυρωτά συνδεδεμένο υλικό (cross-linked polyethylene XLPE). Χάρη σε αυτό, είναι δυνατόν να ληφθούν καλύτερες ηλεκτρικές παραμέτρους καλωδίων (υψηλότερη μακροπρόθεσμη χωρητικότητα φορτίου, χαμηλότερη απώλεια, μεγαλύτερη ηλεκτρική αντίσταση) απ' ό, τι στην περίπτωση των καλωδίων με μόνωση από αγωγούς PVC. Έχει μια ευρύτερη περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας του καλωδίου (από -40°C έως 90°C), ενώ σε βραχυκύκλωμα η μέγιστη αποδεκτή θερμοκρασία έρχεται στους 250°C (έως 5 s).



Εικ. 5. Δομή του καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος όπου:

- 1) Υφιστάμενο χρώμα
- 2) Νέο χρώμα

Πηγή: https://www.emsd.gov.hk/minisites/New_Cable_Colour_Code/en/tech1.html, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Εάν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση εγκαθιστάμενοι σε δημόσια κτίρια ή απαιτούνται υψηλότερες παράμετροι σχετικά με την πυρασφάλεια για το μέρος εναλλασσόμενου ρεύματος, συνιστάται η χρήση καλωδίων χωρίς αλογόνα.

Εάν υπάρχει φωτιά, δεν εκπέμπουν δηλητηριώδεις αλογονούχες ενώσεις, όπως χλώριο, φθόριο, βρώμιο και ιώδιο. Χαρακτηρίζονται από χαμηλή εκπομπή τοξικών αερίων και επιθετικά διαβρωτικά αέρια. Η ποσότητα και η πυκνότητα του εκπεμπόμενου καπνού είναι χαμηλή, ενώ η βαθμίδα διαφάνειας υπερβαίνει το 60%. Έχουν ιδιότητες αυτόματης κατάσβεσης και σε περίπτωση πυρκαγιάς δεν διαδίδουν φλόγα, τόσο σε ατομικό καλώδιο όσο και σε καλωδίωση. Μπορούν να τοποθετηθούν απευθείας στο έδαφος, καθώς και εντός και εκτός των εγκαταστάσεων, χωρίς την ανάγκη πρόσθετης προστασίας από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η εξωτερική επίστρωση των καλωδίων κατασκευάζεται από πλαστικά χωρίς αλογόνα, εξαιρετικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία και ανθεκτικά στα έλαια. Το διασταυρωμένο πολυαιθυλένιο που εφαρμόζεται στη μόνωση των αγωγών επιτρέπει τη λειτουργία εντός της θερμοκρασίας από -40°C έως +90°C, ενώ η υψηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία του αγωγού στις συνθήκες βραχυκυκλώματος έρχεται στους 250 ° C. Και στις δύο περιπτώσεις είναι διαθέσιμες εκδόσεις καλωδίων DC και AC με προστασία κατά των τρωκτικών. Όλοι οι τύποι περιλαμβάνουν την επισήμανση τμημάτων ενός μέτρου, διευκολύνοντας σημαντικά την εργασία των τεχνικών.

Συνδετήρες συνεχούς ρεύματος(DC connectors) στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις

Ο φωτοβολταϊκός συνδετήρας αποτελείται από ένα σετ socket-plug. Διακόπτες, σφιγμένοι στα καλώδια που εισέρχονται στον συνδετήρα, βρίσκονται μέσα στους μονωτήρες. Οι εισόδους των καλωδίων προστατεύονται με σφραγίδες και καπάκι. Χάρη στη διατήρηση της εξάρτησης μεταξύ της πολικότητας σύνδεσης και ενός τμήματος συνδετήρα συναρμολογημένου στο καλώδιο (PLUG "μείον" και SOCKET "plus"), η εργασία του τεχνικού διευκολύνεται σημαντικά. Επιτρέπει την αποφυγή λαθών που σχετίζονται με την πολικότητα σύνδεσης εάν υπάρχει ανάγκη αποσύνδεσης και επανασύνδεσης των καλωδίων εγκατάστασης φωτοβολταϊκών μονάδων.



Εικ. 6. Socket (+) και plug (-) ενός φωτοβολταϊκού συνδετήρα

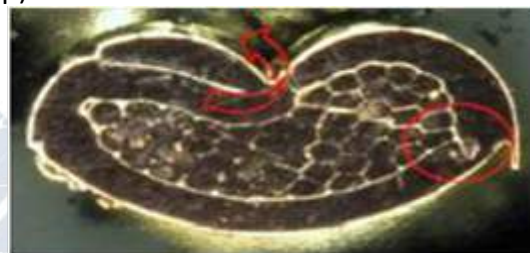
Πηγή: <https://www.fabian.com.mt/en/products/webshop/14928/solar-----power-connector-mc4-plug-and-socket-kitf.htm>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Ο εμπρόσθιος σύνδεσμος (connector's underbelly) του συνδετήρα αποτελείται από διακόπτες (switches), δηλ. Αγώγιμα στοιχεία που σφίγγονται στα καλώδια που εισέρχονται στους συνδετήρες και στη συνέχεια εξασφαλίζουν την επαφή μέσα στο συνδετήρα. Η σωστή σύσφιξη και η ποιότητα της επαφής είναι ζωτικής σημασίας όταν αφορά την ανθεκτικότητα αυτού του στοιχείου και τις απώλειες που μπορεί να προκαλέσει ως αποτέλεσμα αντοχής, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει βλάβη. Η αντίσταση σύνδεσης είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος λόγω της απώλειας απόδοσης που μπορεί να προκαλέσει στο φωτοβολταϊκό σύστημα. Στα καλώδια μονάδας, αυτή η τιμή πολλαπλασιάζεται εξαιτίας της εμφάνισης περισσότερων συνδετήρων (μονάδων, κιβωτίων συσσωρευτών), καθιστώντας έτσι τη χαμηλή (και σταθερή σε πολυετή περίοδο) αντίσταση των σωστά σφιγμένων υποδοχών σημαντική.

(α)



(β)



Εικ. 7. Ορθά(α) και λανθασμένα (β) σφιγμένα καλώδια σε ένα φωτοβολταϊκό συνδετήρα

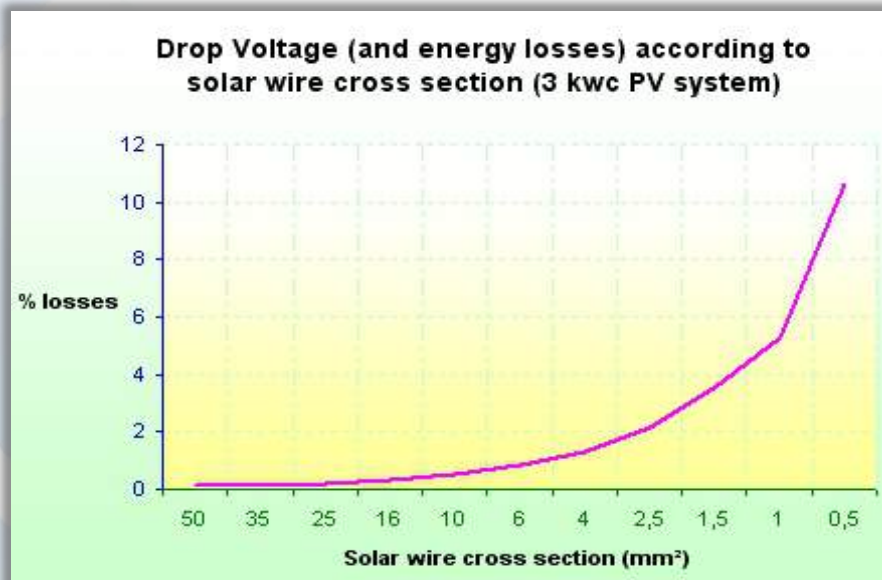
Πηγή: kabelforum.de, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Οι λόγοι αποτυχίας ενδέχεται να είναι διάφοροι:

- χαμηλή ποιότητα του συνδετήρα
- χαλαρή σύνδεση που προκύπτει από συνεχείς αλλαγές θερμοκρασίας, δονήσεις, κόπωση υλικού ή λανθασμένη εγκατάσταση,
- μηχανικές βλάβες στη μόνωση ως αποτέλεσμα της ξυλείας ή της άμεσης πρόσκρουσης με εξωτερικές δυνάμεις (άνεμος, σχηματισμός πάγου, θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία),

- υποβάθμιση της μόνωσης λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων (υπεριώδης ακτινοβολία, υγρασία, χημικά, θερμότητα),
- ζημιές στη μόνωση από τρωκτικά και έντομα,
- ζημιές στη μόνωση.

Εκτός από την αντίσταση στην αποτυχία, είναι επίσης σημαντικό τα καλώδια να μην προκαλούν απώλειες στην αποδοτικότητα του συστήματος.



Εικ. 8. Απώλειες στη καλωδίωση DC, όπου:

- Πτώση τάσης (και απώλειες ενέργειας) σύμφωνα με την διατομή ηλιακού σύρματος (φωτοβολταϊκό σύστημα 3 kw),
- % απώλειες,
- Διατομή ηλιακού σύρματος (mm²).

Πηγή:<https://photovoltaic-software.com/solar-tools/dc-ac-drop-voltage-calculator>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Λειτουργίες που σχετίζονται με την σύνδεση και αποσύνδεση στοιχείων της φωτοβολταϊκής γεννήτριας

Η σύνδεση της γεννήτριας πρέπει να γίνεται με την αυστηρά καθορισμένη σειρά:

- συναρμολόγηση της δομής στήριξης,
- εγκατάσταση μονάδων σύμφωνα με τη σειρά που υπάρχει στο σχεδιασμό,
- Καλωδιώσεις DC σε συγκεκριμένους συλλέκτες με έμφαση στην ασφαλή και ανθεκτική στερέωση καλωδίων στη δομή στήριξης ή στα στοιχεία στέγης,
- συναρμολόγηση του DC junction box και προστασίας,
- Σύνδεση συγκεκριμένων συλλεκτών(collectors) στο junction box
- Σε περίπτωση εγκατάστασης αλεξικέραυνου στην εγκατάσταση, θα πρέπει να συνδεθεί,
- την επαλήθευση όλων όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια και την τεχνική φύση.

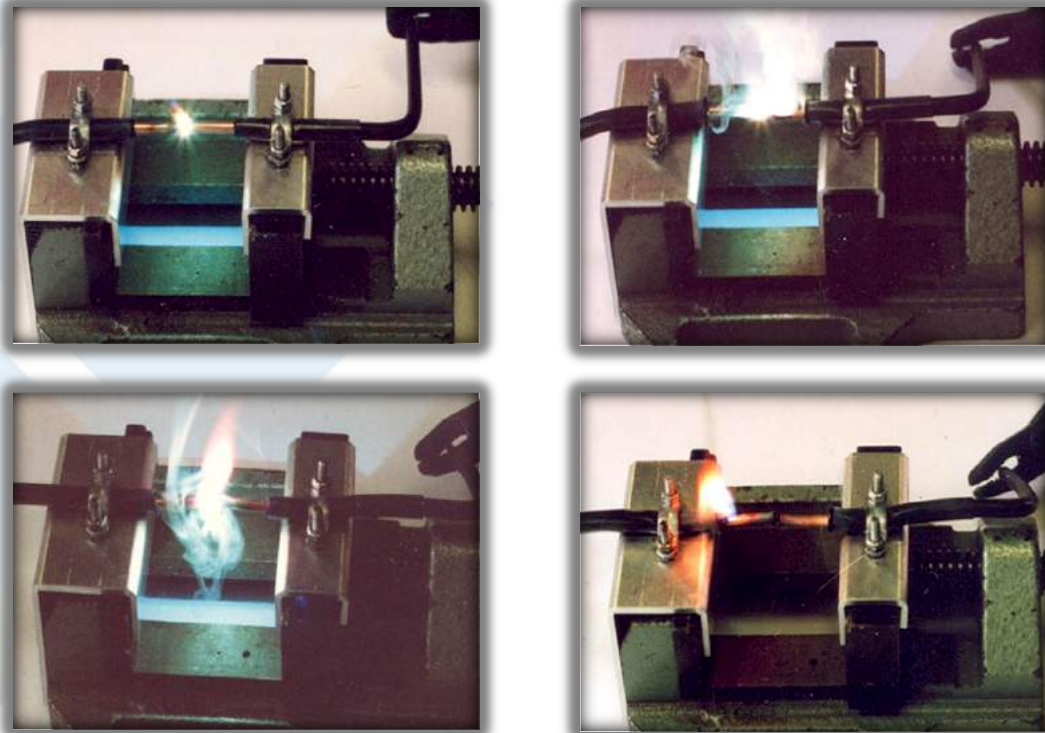
Εγκατάσταση καλωδίων και των συρμάτων της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Αρχές συναρμολόγησης των φωτοβολταϊκών καλωδίων σε συστήματα οροφής

Τα καλώδια δεν μπορούν να κρεμαστούν χαλαρά, να "κουνιούνται" ή να χαλαρώνουν στην επιφάνεια της οροφής, ειδικά σε περιοχές κυκλοφορίας. Τα καλώδια πρέπει να

προστατεύονται π.χ. με τη χρήση ταινιών κλιπ ή να τεθούν σε καλωδιακές διαδρομές, πίνακες, αγωγούς κλπ.

Επιπλέον, τα καλώδια δεν μπορούν να είναι σφιχτά, υπερβολικά λυγισμένα ή δεν μπορούν να αγγίζουν στοιχεία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ή του κτιρίου. Αυτό θα απειλεί με ζημιές στη μόνωση. Τα καλώδια πρέπει να οδηγούνται στο κιβώτιο συσσωρευτών(aggregate box). Πρέπει να διασφαλίζεται η κατάλληλη σφράγιση για να αποφευχθεί η διαρροή στο εσωτερικό του κουτιού, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε βραχυκύκλωμα και πιθανή εμφάνιση ηλεκτρικού τόξου(electric arc).



Εικ. 9. Ηλεκτρικό τόξο σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος (DC circuit)

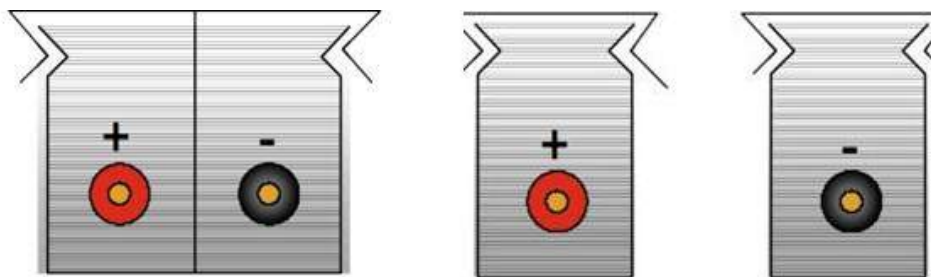
Πηγή: *ALTENER Projekt Soltrain 2004 Fraunhofer ISE, πρόσβασης: 20 Σεπτεμβρίου 2018).*

Αρχές συναρμολόγησης των φωτοβολταϊκών καλωδίων σε συστήματα εδάφους

Τα καλώδια στα συστήματα εδάφους τοποθετούνται σε αγωγούς(ducts).

Οι αγωγοί πρέπει να προστατεύουν τα καλώδια από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, το άμεσο ηλιακό φως και τις μηχανικές βλάβες. Οι αγωγοί καλωδίων αποτρέπουν επίσης την πρόσβαση από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Οι αγωγοί πρέπει να τοποθετούνται στο έδαφος ή στη δομή στήριξης πίσω από τις φωτοβολταϊκές μονάδες και θα πρέπει να οδηγούν στο κιβώτιο συσσωρευτών(aggregate box) που βρίσκεται κοντά στις σειρές των μονάδων. Τα καλώδια στους αγωγούς δεν πρέπει να είναι διατεταγμένα χαλαρά, αλλά επίσης δεν μπορούν να στερεωθούν πολύ σφιχτά (θερμική διαστολή, τάσεις).

Τα καλώδια πρέπει να οδηγούνται στο κιβώτιο συσσωρευτών (aggregate box) και πρέπει να σφραγίζεται για να αποφευχθεί η διαρροή στο εσωτερικό του κιβωτίου. Εάν είναι δυνατόν, οι εισαγωγές καλωδίων θα πρέπει να τοποθετούνται στην κάτω πλευρά του κιβωτίου. Για καλύτερη προστασία της εγκατάστασης από τον κίνδυνο σπινθήρων ή βραχυκυκλώματος, τα θετικά και τα αρνητικά καλώδια μπορούν να οδηγηθούν ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας καλωδιακά κανάλια με ένα διαμέρισμα(cable channels with one compartment) ή σε ξεχωριστά κανάλια. Εάν η μόνωση έχει υποστεί ζημιά, τα καλώδια είναι χωρισμένα φυσικά.



Εικ. 10. Μοίρασμα των καλωδίων με την παροχή καναλιών

Πηγή: *Polskie Towarzystwo Fotowoltaiki. Elementy instalacyjne: kable, złącza i puszki przyłączeniowe.*

4.5. Εγκατάσταση και εκκίνηση του φωτοβολταϊκού συστήματος

Εκκίνηση του φωτοβολταϊκού συστήματος

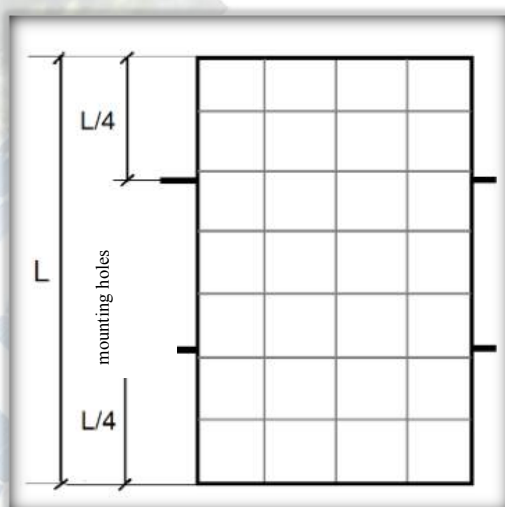
Όταν όλα συγκεντρωθούν τελικά, έρχεται η ώρα της πρώτης εκκίνησης της εγκατάστασης. Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αποτελείται από κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος και συνεχούς ρεύματος, επομένως η εκκίνηση πρέπει να γίνεται διαδοχικά, επαληθεύοντας και ξεκινώντας κάθε κύκλωμα χωριστά. Η επαλήθευση πρέπει να περιλαμβάνει έλεγχο της μηχανικής στερέωσης και αποτελεσματικής λειτουργίας όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια.

Σειρά που πρέπει να ακολουθηθεί για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση συγκεκριμένων στοιχείων στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

Το βασικό στοιχείο κάθε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης αποτελείται από τη συσκευή στην οποία φθάνει η ενέργεια που παράγεται στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που ρέουν περαιτέρω στα κυκλώματα εξόδου. Ανάλογα με τον τύπο εγκατάστασης, αυτός πρέπει να είναι ο ρυθμιστής φόρτισης ή ο φωτοβολταϊκός μετατροπέας.

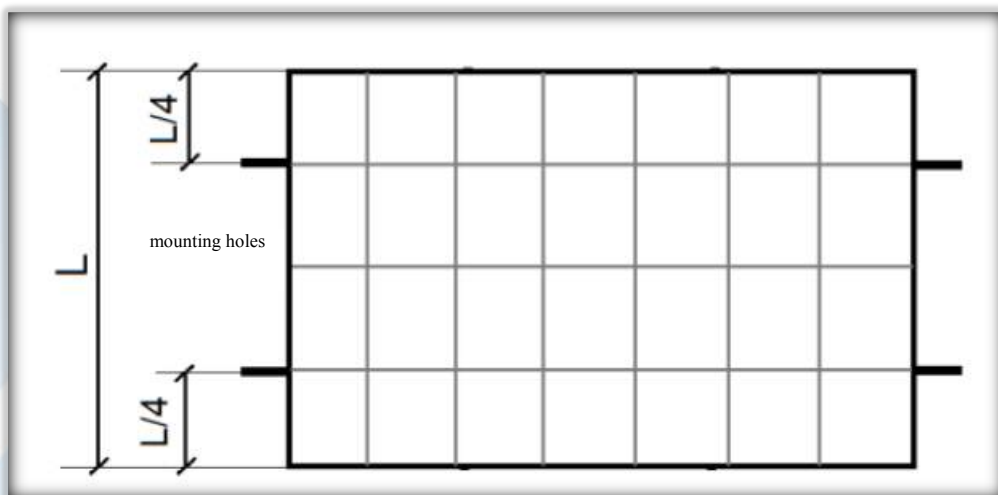
Ωστόσο, προτού διαμορφώσουμε αυτές τις συσκευές, οι ενέργειες ελέγχου θα πρέπει να εκτελούνται σε σχέση με άλλα στοιχεία εγκατάστασης:

- Στην εγκατάσταση συνεχούς ρεύματος πρέπει να εκτελείται ηλεκτρικός έλεγχος και έλεγχος των γεννητριών συναρμολόγησης για όλα τα στοιχεία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.



Εικ. 1. Ορθές αποστάσεις τοποθετήσεις για μονάδες που λειτουργούν κάθετα (mounting holes)

Πηγή: http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja_montazu_i_uzytkowania_modulu_pn_05_08.pdf, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).



Εικ. 2. Ορθές αποστάσεις τοποθέτησης για τις μονάδες που λειτουργούν οριζόντια (mounting holes)

Πηγή: http://www.suntrans.pl/produkty/moduly/instrukcja_montazu_i_uzytowania_modulu_pv_05_08.pdf, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- Ελέγχουμε αν οι μονάδες συναρμολογούνται σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή.
- Ελέγχουμε τη θέση του κουτιού συναρμολόγησης σε κάθε μονάδα.
- Ελέγχουμε την ορθότητα των ηλεκτρικών συνδέσεων και τη στερέωση καλωδίων που συνδέουν συγκεκριμένες μονάδες, δίδοντας ιδιαίτερη έμφαση στην πολικότητα.
- Ελέγχουμε την τάση εξόδου (output voltage) από τον συλλέκτη (σε περίπτωση μεγαλύτερου όγκου συλλεκτών η ενέργεια αυτή πρέπει να επαναληφθεί για όλους τους συλλέκτες) πριν από το κουτί σύνδεσης.
- Ελέγχουμε την ορθότητα της συναρμολόγησης του κιβωτίου σύνδεσης (connection box) και των συσκευών που βρίσκονται εκεί - των ασφαλειών DC, των προστατευτικών SPD και του κεντρικού διακόπτη DC.
- Ελέγχουμε τη συναρμολόγηση του κύριου καλωδίου συνεχούς ρεύματος από το κουτί σύνδεσης στις εισόδους DC του μετατροπέα.
- Μετρούμε την τάση εξόδου DC από τις μονάδες που είναι επίσης η τάση εισόδου DC για τον μετατροπέα.
- Σε περίπτωση εγκατάστασης εγκατάστασης αστραπής (lightening installation) στην εγκατάστασή μας, ελέγχουμε επίσης την ορθότητα της απόδοσής του, καθώς σε αυτή την περίπτωση αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της εγκατάστασης DC.

Σύνδεση και διαμόρφωση του ρυθμιστή τάσης (charging regulator)

Ο ρυθμιστής τάσης (voltage regulator) αποτελεί τη συσκευή που χρησιμοποιείται σε φωτοβολταϊκά συστήματα εκτός δικτύου, οπότε δεν συνδέεται στο δίκτυο τροφοδοσίας. Οι εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν αυτόνομες εγκαταστάσεις από την άποψη του χρήστη, καθώς εξασφαλίζουν την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στους δέκτες.

Δεδομένου ότι η ιδιόκτητη εκτός δικτύου εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί τη μόνη πηγή ενέργειας στη δεδομένη θέση, ο ρυθμιστής (regulator) πρέπει επιμελώς να εγκατασταθεί, εξασφαλίζοντας στον χρήστη την ορθότητα της λειτουργίας του. Η ακολουθία των ενεργειών έχει ως εξής:

- Συναρμολογήστε τον ρυθμιστή (regulator) σε κατακόρυφη θέση για να εξασφαλίσετε την ελεύθερη ροή του αέρα ψύξης από κάτω προς τα πάνω από το radiator.

- Ελέγξτε εάν το αποδεκτό ρεύμα εξόδου από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια και το ρεύμα εισόδου του δέκτη δεν υπερβαίνουν τα δεδομένα του εγκατεστημένου μοντέλου.
- Πρώτον, πρέπει να συνδεθεί η μπαταρία και στη συνέχεια οι δέκτες.
- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας - σύμφωνα με τον τύπο του ρυθμιστή θα πρέπει να είναι ορατή στην οθόνη LCD ή στην ενδεικτική λυχνία LED.
- Επιλέξτε έναν τύπο μπαταρίας για σύνδεση.
- Ορίστε σωστά την ονομαστική τάση της μπαταρίας (12V, 24V, 48V ή άλλη διαθέσιμη στο ρυθμιστή).
- Ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης, πρέπει να εκτελεστούν περαιτέρω ενέργειες που υποδεικνύονται στην οδηγία συναρμολόγησης.
- Συνδέστε τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια στον ρυθμιστή.
- Ενεργοποιήστε τον φωτοβολταϊκό ρυθμιστή(PV regulator) με το κουμπί ON / OFF.
- Εάν ο ρυθμιστής έχει τη λειτουργία αυτόματου ελέγχου, θα πρέπει να διεξαχθεί.
- Εάν δεν υπάρχει τέτοια λειτουργία, ακολουθήστε τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Εάν οι ενέργειες σύνδεσης γίνονται σωστά, το σύστημα πρέπει να λειτουργήσει και υπό συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας, θα πρέπει να παρατηρήσουμε έναν κατάλληλο τρόπο λειτουργίας (φόρτιση της μπαταρίας ή μετάδοση ενέργειας στους δέκτες).

Σύνδεση και διαμόρφωση του μετατροπέα δικτύου (network inverter)

Υπάρχουν πολλοί τύποι φωτοβολταϊκών μετατροπέων και πολλοί κατασκευαστές. Η θέση σε λειτουργία ξεκινά με διαφορετικό τρόπο και περιγράφεται λεπτομερώς στο εγχειρίδιο εγκατάστασης και χρήσης του καθενός. Παρακάτω μπορείτε να βρείτε τα βασικά ζητήματα που συζητούνται και όπου απαιτείται μια συγκεκριμένη ενέργεια, πρέπει να ανατρέξετε στο συγκεκριμένο μοντέλο και τις οδηγίες του κατασκευαστή για να διεξάγετε τη διαδικασία σωστά.

Καθώς ο μετατροπέας αποτελεί τη συσκευή σχετικά υψηλής ισχύος και η τάση και τα ρεύματα στην πλευρά DC και AC θέτουν σε κίνδυνο την υγεία και τη ζωή του τεχνικού και του χρήστη, πρέπει να τηρούνται απολύτως οι αρχές και οι προειδοποιήσεις που παρέχονται από τους κατασκευαστές (οι βασικές περιγράφονται παρακάτω).

- Στους σφιγκτήρες (clamps) και τα καλώδια του μετατροπέα μπορεί να εμφανιστούν τάσεις επικίνδυνες για τη ζωή και μετά την απενεργοποίηση και την αποσύνδεση.
- Ο μετατροπέας πρέπει να είναι κλειστός κατά τη λειτουργία του.
- Μην αγγίζετε καλώδια ή σφιγκτήρες κατά την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση.
- Δεν πρέπει να γίνουν αλλαγές στο μετατροπέα.
- Η λειτουργική ασφάλεια πρέπει να εξασφαλίζεται μέσω σωστής γείωσης, επιλογής καλωδίων και κατάλληλης προστασίας από βραχυκύκλωμα.
- Πριν από την έναρξη των εργασιών επιθεώρησης ή συντήρησης, όλες οι πηγές τάσης θα πρέπει να απενεργοποιούνται και να προστατεύονται από μη σκόπιμη ενεργοποίηση.
- Μη εξουσιοδοτημένα άτομα πρέπει να μένουν μακριά από τον μετατροπέα και την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.
- Ειδικότερα, το πρότυπο PN-EN-60364-7-712 "Requirements for work establishment, premises and installations of a special type – photovoltaic supply systems" πρέπει να ακολουθηθεί.

Κατά τη διάρκεια των ζωντανών μετρήσεων στον μετατροπέα, πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες αρχές:

- Αφαιρέστε τα κοσμήματα από τα δάχτυλα και τους καρπούς.
- Μην αγγίζετε τις ηλεκτρικές συνδέσεις.
- Χρησιμοποιείτε ασφαλή και νόμιμα όργανα μέτρησης.
- Σταθείτε στο μονωμένο έδαφος κατά τη διάρκεια εργασιών στον φωτοβολταϊκό μετατροπέα.

Η λειτουργική ασφάλεια των μετατροπέων εξασφαλίζεται μέσω:

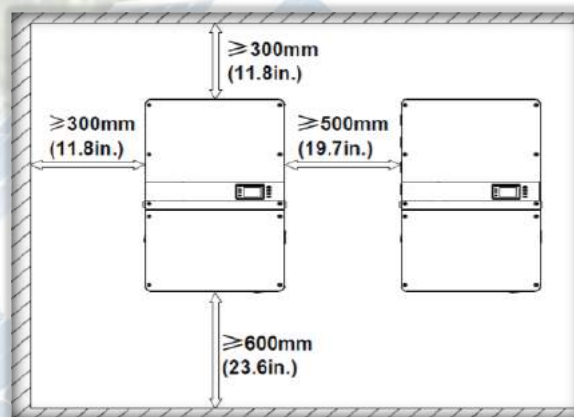
- Προστατευτικά κεραυνών / βαρίστορ(varistor) που προστατεύουν τα κυκλώματα εισόδου από υπερτάσεις υψηλής ενέργειας από την πλευρά του δικτύου και τη γεννήτρια.
- Παρακολούθηση της θερμοκρασίας του στοιχείου ψύξης.
- Φίλτρο EMC που προστατεύει το μετατροπέα από παρεμβολές υψηλής συχνότητας.
- Οι varistor στην πλευρά του δικτύου εναλλασσόμενου ρεύματος, προστατεύοντας τους μετατροπέες από τις υπερτάσεις ισχύος και τις σειρές υπερτάσεων ισχύος.

Δώστε προσοχή στις συνθήκες στις οποίες θα πρέπει να λειτουργεί ο μετατροπέας (οδηγία χρήσης του μετατροπέα):

- Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να εξασφαλίζεται η αφαίρεση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον μετατροπέα.
- Εξασφαλίστε την κυκλοφορία αέρα χωρίς ενόχληση.
- Εξασφαλίστε την καλή πρόσβαση στην περαιτέρω συντήρηση του μετατροπέα.
- Προστατεύστε από υπερβολική υγρασία και ηλιακή ακτινοβολία.
- Εάν ο μετατροπέας διαθέτει οθόνη, πρέπει να εγκατασταθεί με τρόπο που να επιτρέπει την εύκολη ανάγνωση παραμέτρων από την οθόνη.

Θέση:

- Αυτόνομη ή συναρμολόγηση στον τοίχο.
- Επαρκής ικανότητα των τοίχων στο βάρος, στους οποίους συναρμολογείται
- Τοίχοι από υλικό ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες, ανθεκτικό στη φλόγα.
- Πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστη απόσταση και εύκολη πρόσβαση για τον τεχνικό συντήρησης.



Εικ. 3. Παραδειγματικές αποστάσεις κατά την συναρμολόγηση ενός συνόλου μετατροπέων (τα μεγέθη δίνονται σε ίντσες)

Πηγή: https://www.solectria.com//site/assets/files/2265/docr-070645f_manual_installation_and_operation_pvi_50-60tl.pdf, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Σύνδεση στο δίκτυο τροφοδοσίας:

- Ο μετατροπέας μπορεί να ανοιχτεί και να εγκατασταθεί μόνο από ειδικευμένο ηλεκτρολόγο.
- Πριν από τη σύνδεση με την ηλεκτρική εγκατάσταση, πρέπει να ελέγξετε αν ο μετατροπέας έχει τοποθετηθεί σωστά.
- Αποσυνδέστε την πλευρά AC και DC από τάση και προστατέψτε τα από την επανενεργοποίηση.
- Συνδέστε τα καλώδια σύνδεσης στο δίκτυο στο ειδικό κουτί σύνδεσης.
- Πριν από την εισαγωγή ενός καλωδίου δικτύου στη συσκευή, ελέγξτε ξανά εάν ο μετατροπέας είναι πλήρως αποσυνδεδεμένος από την τάση στην πλευρά AC και DC.

Στην περίπτωση υψηλής αντοχής καλωδίων, δηλ. σε πολύ μακριά σύρματα στην πλευρά του δικτύου, η τάση στους σφιγκτήρες δικτύου(network clamps) του μετατροπέα αυξάνεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας στον τρόπο τροφοδοσίας. Ο μετατροπέας παρακολουθεί αυτή την τάση. Εάν υπερβαίνει την οριακή τιμή για το δεδομένο δίκτυο, ο μετατροπέας πρέπει να αποσυνδεθεί. Ως εκ τούτου, πρέπει να δοθεί προσοχή στις αρκετά μεγάλες διατομές καλωδίων και στις μικρές αποστάσεις τους, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η αντοχή του σύρματος.

Σε εγκαταστάσεις με πολλούς μετατροπείς, πρέπει να δοθεί προσοχή στην ενεργοποίηση μετατροπέων σε διάφορες φάσεις, προκειμένου να αποφευχθεί η ασυμμετρία στο δίκτυο.

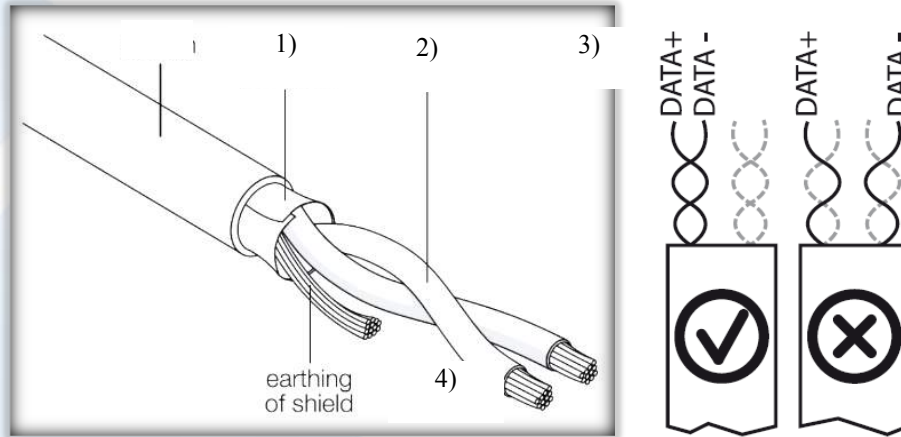
Ενεργοποίηση του μετατροπέα

- Ελέγξτε αν ο μετατροπέας είναι τοποθετημένος και συνδεδεμένος στην ηλεκτρική εγκατάσταση.
- Ελέγξτε εάν το κάλυμμα του κιβωτίου σύνδεσης(connection box) είναι γειωμένο και κλειστό.
- Ελέγξτε αν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια παρέχει τάση μεγαλύτερη από την ελάχιστη τάση εισόδου DC στον μετατροπέα.
- Συνδέστε τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια μέσω του DC Disconnect.
- Συνδέστε την τάση δικτύου μέσω εξωτερικών ασφαλειών.
- Ο μετατροπέας πρέπει να αρχίσει να λειτουργεί.
- Η πρώτη ενεργοποίηση περιγράφεται στις οδηγίες χρήσης για συγκεκριμένους μετατροπείς.

Απομακρυσμένη επικοινωνία με την συσκευή (charging regulator ή μετατροπέας)

- Η επικοινωνία με τη χρήση του RS 485 Bus system γίνεται με τη χρήση δύο καλωδίων με σήμανση Data "+" και Data "-". Προκειμένου να εξαλειφθεί η παρεμβολή, το shielded twisted pair πρέπει να χρησιμοποιείται ως σύρμα επικοινωνίας.
- Συνδέστε την οθόνη στο PE μόνο από τη μία πλευρά.
- Πρέπει να δοθεί προσοχή στην σωστή σύνδεση των αγωγών Data "+" και Data "-".
- Σε περίπτωση αλλαγής των αγωγών, η επικοινωνία είναι αδύνατη.
- Κατά τη διάρκεια της σύνδεσης DATA + και DATA-, πρέπει να δοθεί προσοχή στο σωστό ζεύγος αγωγών.
- Μην ρυθμίζετε καλώδια του RS485 Bus system κοντά σε ηλεκτρικά αγωγικά σύρματα DC / AC.

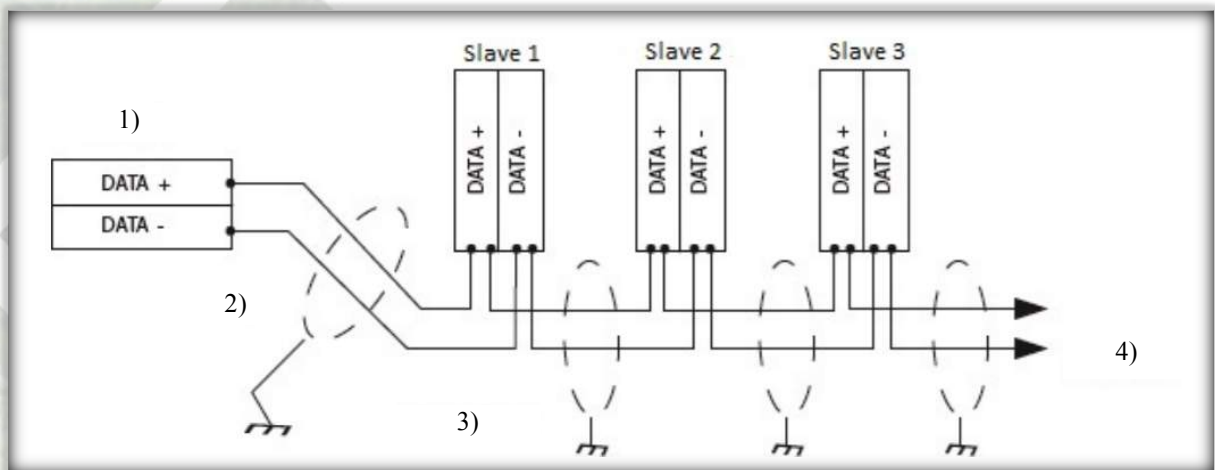
- Οι συσκευές πρέπει να συνδέονται παράλληλα και κάθε συνδρομητής του Bus System (μετατροπέας, αισθητήρας) πρέπει να έχει μια μοναδική διεύθυνση.
- Το κύκλωμα επικοινωνίας θα πρέπει να τερματίζεται με την τελική συσκευή, τον terminator.



Εικ. 4. Επικοινωνία twisted pair για RS 485, όπου:

- 1) Θήκη, Sheath – Πρώτο στρώμα μόνωσης,
- 2) Shield (foil-type) – Μόνωση τύπου φολ,
- 3) Twisted pair – ζεύγος συρμάτων,
- 4) Earthing of shield – γείωση,
- 5) Δεδομένα +
- 6) Δεδομένα -

Πηγή: <https://electrical-engineering-portal.com/correct-cabling-modbus-rs485>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).



Εικ. 5. Παράλληλες συνδέσεις πολλών μετατροπέων στην περίπτωση της επικοινωνίας με το πρωτόκολλο RS 485, όπου:

- 1) Master,
 - 2) Shield,
 - 3) Ένα twisted pair,
 - 4) Στις επόμενες συσκευές RS-485.
- Data+ – Δεδομένα +,
 - Data- – Δεδομένα -,
 - Slave – Σκλάβος.

Πηγή: https://www.solectria.com//site/assets/files/1611/commercial_inverters_communication_manual.pdf, πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

4.6. Συνεργασία μπαταριών με τα φωτοβολταϊκά συστήματα

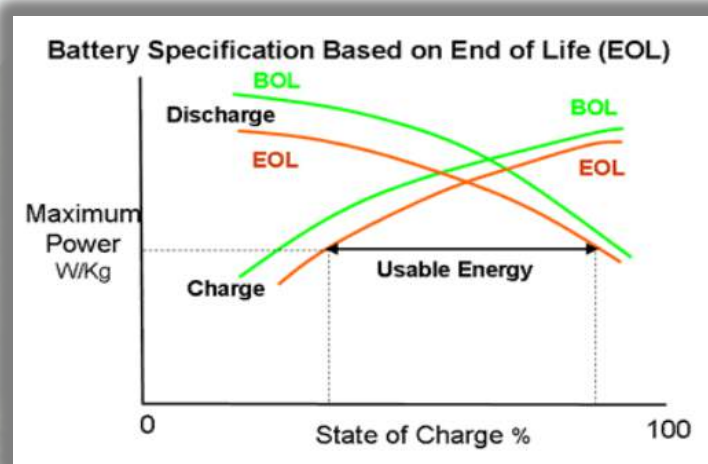
Ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας

Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με τη χρήση μπαταριών. Υπάρχουν πολλοί τύποι μπαταριών, ξεκινώντας από το οξύ, το τζελ, μέσω του νικελίου, στις μπαταρίες λιθίου. Κάθε τεχνολογία χαρακτηρίζεται με τη διάρκεια ζωής της, υπολογιζόμενη σε έτη, τον αριθμό των κύκλων φόρτισης(charge) και απόφόρτισης(discharge), το βάθος απόφόρτισης(discharging depth), το μέγιστο ρεύμα εξόδου κ.λπ.

Η επιλογή μιας καλής μπαταρίας θα πρέπει να προηγείται με ανάλυση των παραμέτρων σε σχέση με τον προγραμματισμένο σκοπό της μπαταρίας.

Γενικές απαιτήσεις σε σχέση με τις μπαταρίες:

- μεγάλος αριθμός κύκλων > 5.000,
- χαμηλή αποφόρτιση,
- πιθανή επικοινωνία με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, ιδιαίτερα με τον μετατροπέα,
- μεγάλη ισχύ ρεύματος τόσο κατά τη φόρτιση όσο και κατά την αποφόρτιση,
- ευρύ φάσμα θερμοκρασίας λειτουργίας,
- μεγάλη διάρκεια ζωής > 15 ετών,
- δυνατότητα κλιμάκωσης (κατασκευή με μονάδες),
- χωρίς συντήρηση
- υψηλό επίπεδο ασφάλειας,
- πρόσβαση σε βασικές παραμέτρους της αποθήκης – διαδικτυακά.



Εικ. 1. Μέγιστη πυκνότητα ισχύος (power density) σύμφωνα με την κατάσταση φόρτισης σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των μπαταριών, όπου:

- Προδιαγραφές μπαταρίας βασισμένες στην λήξη της μπαταρίας (End of Life (EOL)) –Μέγιστη ισχύ σύμφωνα με την κατάσταση φόρτισης σε ολόκληρη την ζωή των (entire lifecycle of batteries (EOL)),
- Maximum Power-Μέγιστη ισχύς,
- State of charge-Κατάσταση φόρτισης,
- Discharge-Αποφόρτισης,
- Charge-Φόρτιση,
- Usable Energy-Χρησιμοποιήσιμη ενέργεια.

Πηγή: <https://www.mpoweruk.com/traction.html> (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Γενικά δεδομένα για τις μπαταρίες

Μπαταρίες θείου και μολύβδου

- 1) Αποτελούνται από κελιά συνδεδεμένα σε σειρά.
- 2) Ονομαστική τάση ενός μόνο κελιού: 1.8-2.1V.
- 3) Ο μολύβδος αποτελεί το βασικό στοιχείο.
- 4) Τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται από δίσκους μολύβδου – πλαίσια – με (II) μονοξειδίου του μολύβδου (PbO) που πιέζεται μέσα τους. Μετά την τοποθέτηση του δίσκου σε ένα αντικείμενο που αποτελείται από την θήκη της μπαταρίας, εισάγεται 20% υδατικό διάλυμα θειικού οξέος (VI) με πυκνότητα $1,15 \text{ g/cm}^3$ στη θερμοκρασία των 25°C .

VRLA (μπαταρίες ρυθμισμένες με βαλβίδα οξέος)

- 1) Τύπος μπαταρίας οξέος και μολύβδου, με ηλεκτρολύτη τζελ. Το θειικό οξύ, μετά από ανάμιξη με διοξείδιο του πυριτίου, δημιουργεί τη μάζα του τζελ.

Μπαταρίες AGM (απορροφητικό γυαλί)

- 1) Μια τεχνολογία στην οποία απορροφάται ο ηλεκτρολύτης στο διαχωριστή από γυαλί.
- 2) Μεγάλη χωρητικότητα σχετιζόμενη με πολύ μεγάλο βάρος.
- 3) Η τάση που λαμβάνεται είναι ανάλογη με τον αριθμό συνδεδεμένων κυψελών: 6, 12, 24 => 12 V, 24 V, 48 V.
- 4) Χρησιμοποιούνται σε σταθερές εφαρμογές (αίθουσες μπαταριών, UPS), σε συνδυασμό με τις ηλιακές εγκαταστάσεις, αλλά ο περιορισμένος αριθμός κύκλων.

Μπαταρίες NiCd

- 1) Χαμηλή ονομαστική τάση 1,2 V / κυψέλη.
- 2) Σταθερότητα υψηλής τάσης κατά τη διάρκεια της αποφόρτισης.
- 3) Χαμηλή εξάρτηση της χωρητικότητας από το ρεύμα απόφορτισης.
- 4) Καλές παράμετροι σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά την αποφόρτιση.
- 5) Υψηλή κυκλική ανθεκτικότητα.
- 6) Εφέ μνήμης.
- 7) Κυκλικότητα μέχρι 1.200 κύκλους.

Μπαταρίες NiMH

- 1) Ονομαστική τάση 1,2 V / κυψέλη.
- 2) Χαμηλή εξάρτηση της χωρητικότητας από την ταχύτητα αποφόρτισης.
- 3) Καλές παραμέτρους σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- 4) Καλή αποδοχή από την άποψη της προστασίας του περιβάλλοντος.
- 5) Αντίσταση 500-1000 (1.500 *) κύκλοι.

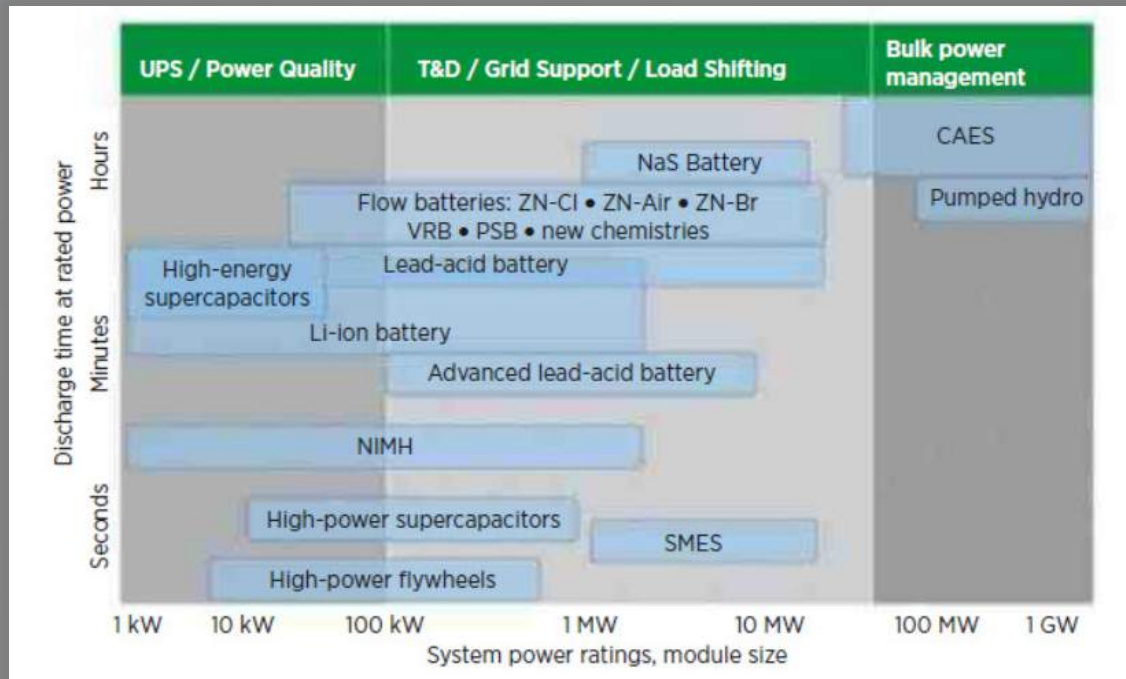
Μπαταρίες ιόντων λιθίου (lithium ion batteries)

- 1) Πυκνότητα ενέργειας 130-200 Wh/k, 300 Wh/L.
- 2) Απόδοση φόρτισης / αποφόρτιση: 99,8%.
- 3) Αποφόρτιση: 2% / μήνα.
- 4) Ανθεκτικότητα > 5.000 κύκλοι.

Μπαταρίες λιθίου-σιδήρου

- 1) Πυκνότητα ενέργειας 130-200 Wh/kg. 300 Wh/L.
- 2) Απόδοση φόρτισης / αποφόρτισης: 99,8%.
- 3) Αυτοαποφόρτιση: 3% / μήνα.
- 4) Ανθεκτικότητα > 5.000 κύκλοι.

Υπάρχουν και άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας:



Εικ. 2. Διαθέσιμος χρόνος των διάφορων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας για διάφορες ισχύς όπου:

Χρόνος αποφόρτισης σε ονομαστική ισχύ

Δευτερόλεπτα

Λεπτά

Ωρες

System power rating, module size – Αξιολόγηση ισχύος συστήματος, μέγεθος μονάδας,

High-power flywheels – Υψηλής ισχύς flywheels,

SMES (Superconducting magnetic energy storage) – SMES (Υπεραγωγική αποθήκευση μαγνητικής ενέργειας),

High-power supercapacitors – Υπερπαραγωγικοί υψηλής ισχύος,

NiMH – Nickel-metal hydride battery – μπαταρία νικελίου-υδριδίου μετάλλου,

Advanced lead-acid battery – Προηγμένη μπαταρία μολύβδου-οξέος,

Li-ion battery – Lithium and ionic battery – Μπαταρία ιόντων λιθίου – Μπαταρία λιθίου και ιόντων,

High-energy supercapacitors – Υπερκαταναλωτές υψηλής ενέργειας,

Υπερκαταναλωτές υψηλής ενέργειας - Υπερκαταναλωτές υψηλής ενέργειας,

Lead-acid battery – Μπαταρία μολύβδου οξέος,

Flow batteries: ZN-Cl, ZN-Air, ZN-Br, CRB, PBS, new chemistries – Μπαταρίες ροής: ZN-Cl, ZN-Air, ZN-Br, CRB,

PBS, νέες χημικές ουσίες,

NaS Battery – Μπαταρία NaS,

Pumped hydro – Σταθμοί ηλεκτρικής αντλίας,

CAES (Compressed Air Energy Storage) – CAES (αποθήκευση ενέργειας πεπιεσμένου αέρα),

UPS / Power Quality – UPS / Ποιότητα ισχύος

T&D / Grid Support / Load Shifting – T & D / Υποστήριξη δικτύου / Μετατόπιση φορτίου,

Bulk power management – Διαχείριση μαζικής τροφοδοσίας.

Πηγή: <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/electricity-storage-and-renewables-island-power-guide-decision-makers/2a-understanding-storage-performance>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

1) Flywheels

Η ενέργεια αποθηκεύεται με τη μορφή κινητικής ενέργειας της περιστρεφόμενης μάζας. Η τιμή της αποθηκευμένης ενέργειας αυξάνεται με κάθε τετράγωνο της γωνιακής ταχύτητας στροβιλισμού, η οποία περιορίζεται από την αντίσταση του υλικού που εφαρμόζεται για την κατασκευή του τροχού. Με την εφαρμογή ελαφρών υλικών είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες ταχύτητες στροβιλισμού σε σύγκριση με βαρύτερα υλικά με την ίδια αντίσταση στην τάνυση, έτσι είναι δυνατόν να αποθηκευτεί περισσότερη ενέργεια.

2) Σταθμοί ηλεκτρικής αντλίας(Pumping power stations)

Οι σταθμοί υδροηλεκτρικής αποθήκευσης προορίζονται για την αποθήκευση της συλλεγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνέχεια για την επιστροφή της στο δίκτυο. Όταν η ζήτηση ισχύος είναι χαμηλή, το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα χρησιμοποιείται για την άντληση νερού στο άνω δοχείο. Στην περίοδο αυξημένης ζήτησης, το νερό ρέει από το άνω προς το κάτω δοχείο μέσω του στροβίλου, δημιουργώντας ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, τα αναστρέψιμα σύνολα στροβίλων λειτουργούν εναλλακτικά ως αντλία κινητήρα ή γεννήτρια στροβίλων. Εξετάζοντας τη μείωση του εξατμισμένου νερού και τις απώλειες στο σετ στροβίλων, όταν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, ανακτάται μόνο το 70-75% της ενέργειας που συλλέγεται για το νερό που αναγκάζει το ανώτερο δοχείο.

3) Πιεσμένος αέρας(compressed air)

Η τεχνολογία με την ονομασία CAES (αποθήκευση ενέργειας πεπιεσμένου αέρα) αποτελεί την τροποποίηση ενός παραδοσιακού κύκλου αντλιοστασιών που βασίζονται σε αεριοστροβίλους. Αυτή η τεχνολογία εφαρμόζει φθηνή ηλεκτρική ενέργεια εκτός αιχμής για την αποθήκευση πεπιεσμένου αέρα, η οποία στη συνέχεια εφαρμόζεται για την οδήγηση του αεριοστροβίλου στο χρόνο αιχμής.

4) SMES (Υπεραγωγική μαγνητική αποθήκευση ενέργειας)

Η SMES αποθηκεύει ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου που παράγεται από ειδικά κράματα. Χάρη στα καλώδια ψύξης έως -269°C , η αντίσταση του υλικού στην τρέχουσα ροή μειώνεται, επιτρέποντας τη διεξαγωγή πολύ υψηλών τιμών ρεύματος χωρίς απώλειες ενέργειας. Από την άποψη του συνόλου του συστήματος, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η κατανάλωση ενέργειας μέσω του συστήματος ψύξης. Η τρέχουσα ροή μέσω στοιχείων που δεν έχουν ιδιότητες υπεραγωγιότητας και ηλεκτρικών ηλεκτρονικών συνδέσεων, όπου υπάρχουν απώλειες βραχυκυκλώματος, είναι επίσης απαραίτητη. Παρόλα αυτά, η γενική αποδοτικότητα στις εμπορικές εφαρμογές είναι πολύ υψηλή. Η χωρητικότητα αποθήκευσης (ενεργειακή ικανότητα) των ΜΜΕ στις εμπορικές εφαρμογές έρχεται τώρα μόνο σε περίπου. 1 kWh, ενώ η μέγιστη ισχύς εξόδου έως 1 MW και περιορίζεται από την ικανότητα των ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος.

5) Υπερσυμπυκνωτές(Super-condensers)

Οι υπερσυμπυκνωτές αποθηκεύουν ενέργεια στο ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων. Οι βασικές δομές και οι ηλεκτρικές ιδιότητές τους είναι κοντά σε συμβατικούς συμπυκνωτές. Η δομή του ηλεκτροδίου και η επιλογή ηλεκτρολυτών επιτρέπουν την λήψη υψηλής πυκνότητας φορτίου στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων, αλλά η οριακή τάση έρχεται σε περίπου. 2.7V ανά κύτταρο. Παρά τη χαμηλή τάση, η ποσότητα αποθηκευμένης ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη από ό, τι στους συμβατικούς συμπυκνωτές και μπορεί να φθάσει σε επίπεδο πολλών Wh για τους μεγαλύτερους διαθέσιμους πυκνωτές. Οι υπερσυμπυκνωτές συνδέονται για να

αποκτήσουν μεγαλύτερες μονάδες με ενεργειακή ισχύ μέχρι 1 kWh και επιπλέον να δημιουργήσουν μεγαλύτερες μονάδες αποθήκευσης ενέργειας. Το σχήμα 2 παρουσιάζει τη διαθεσιμότητα χρόνου διαφόρων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας για διάφορες δυνάμεις.

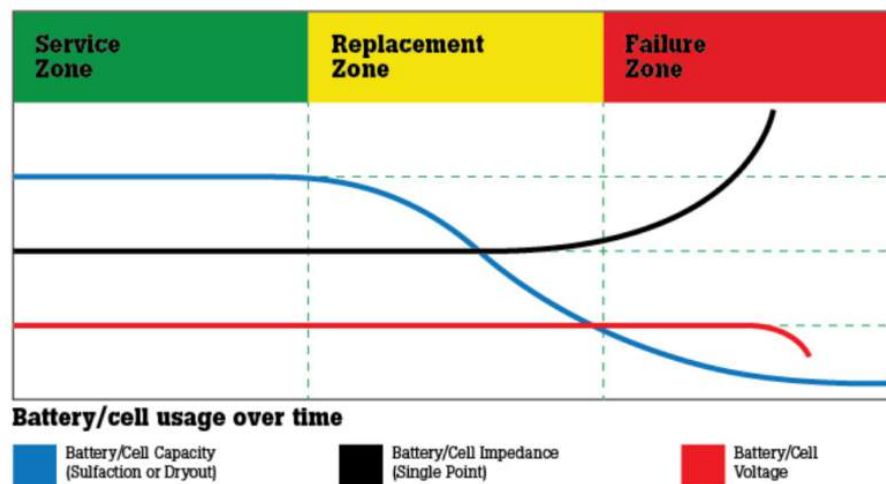
Τεχνολογίες και κόστος– σήμερα και αύριο

Καθώς είναι απαραίτητη η συνεχής κυκλική εργασία στα φωτοβολταϊκά συστήματα, μπορούμε να εφαρμόσουμε τους συσσωρευτές που μπορούν να εκτελούν αρκετές χιλιάδες κύκλους σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών (Εικ. 3).

Η ανάγκη μόνιμης επικοινωνίας με το σύστημα και οι απαιτούμενες μικρές διαστάσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μόνο οι σύγχρονες τεχνολογίες ιόντων λιθίου και λιθίου μπορούν να εφαρμοστούν συνήθως σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Η ταχεία αύξηση του ενδιαφέροντος για την αποθήκευση ενέργειας οδήγησε πρόσφατα στη σημαντική μείωση των τιμών. Από περισσότερα από 1.000 EUR / kWh σε 400 EUR / kWh για ένα πλήρες σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Προβλέπεται ότι οι τιμές αυτές θα μειωθούν στο επίπεδο των 250-300 ευρώ / kWh τα προσεχή έτη, ενώ εκείνοι που είναι πιο αισιόδοξοι λένε ότι μειωθούν σε 150 ευρώ / kWh.

Βασικές ηλεκτρικές παράμετροι των μπαταριών:

- 1) Ονομαστική χωρητικότητα σε Q [Ah].
- 2) Εσωτερική αντίσταση R_w [mΩ].
- 3) Μέγιστη τάση φόρτισης U_{max} [V].
- 4) Ονομαστική τάση U_n [V].
- 5) Ελάχιστη τάση αποφόρτισης U_{min} [V].



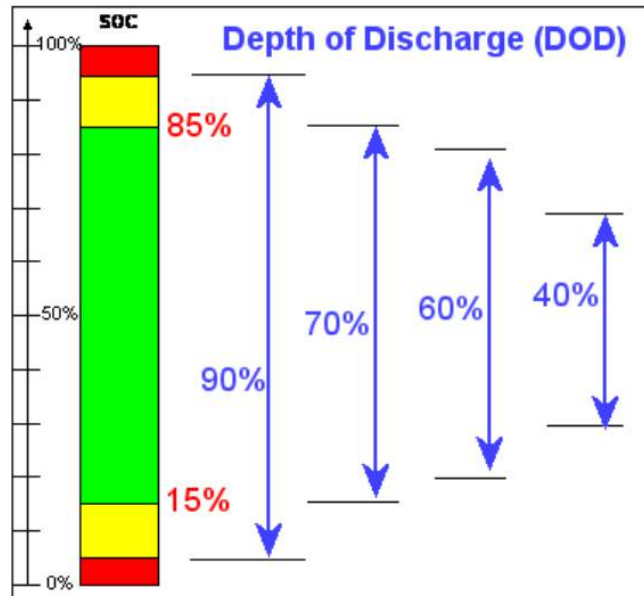
Εικ. 3. Ζώνες ζωής μπαταρίας, όπου:

- Service Zone – Ζώνη εξυπηρέτησης,
- Replacement Zone – Ζώνη αντικατάστασης,
- Failure Zone – Ζώνη αποτυχίας,
- Battery / cell usage over time – χρήση μπαταρίας κελιού στο περάσμα του χρόνου,
- Battery / Cell Capacity (Sulphation or Dryout) – Χωρητικότητα μπαταρίας κελιού (Sulphation ή Dryout),
- Battery / Cell Impedance (Single Point) – Αντίσταση μπαταρίας κελιού σε ένα σημείο,
- Battery / Cell Voltage – Τάση μπαταρίας κελιού.

Πηγή: <https://www.fluke.com/en-us/learn/best-practices/measurement-basics/stationary-batteries/measuring-battery-state-of-health-over-time-to-ensure-optimal-uptime>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Παράμετροι που καθορίζουν το χρόνο λειτουργίας των μπαταριών:

- 1) SOH [%] – κατάσταση υγείας – επίπεδο χωρητικότητας έναντι της χωρητικότητας ενός νέου κυττάρου.
- 2) SOC [%]– κατάσταση φόρτισης – επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας.
- 3) DOD [%]– βάθος αποφόρτισης – στάθμη αποφόρτισης της μπαταρίας (Εικ. 4).



Εικ. 4. Διάφορα επίπεδα αποφόρτισης μπαταρίας, όπου:

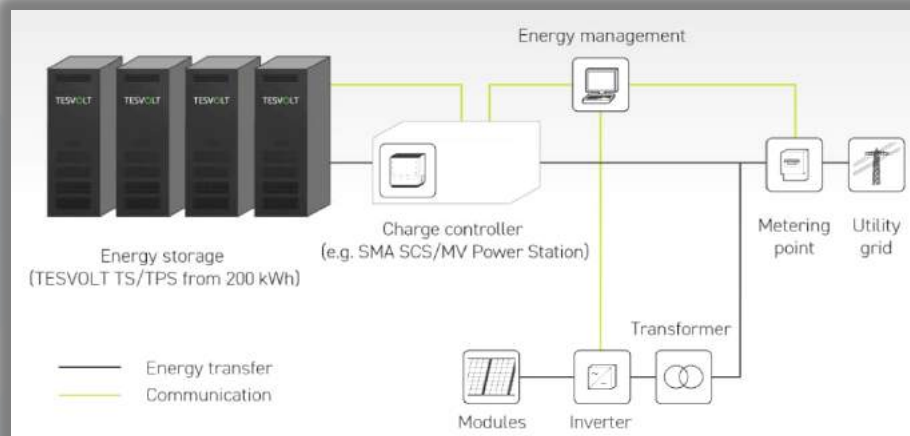
- SOC [%] – state of charge – battery charging level – κατάσταση φόρτισης μπαταρίας-επίπεδο φόρτισης μπαταρίας,
- DOD [%] – depth of discharge – battery discharging level – βάθος φόρτισης- επίπεδο αποφόρτισης μπαταρίας.

Πηγή: <https://www.ev-power.eu/blog/Tests-and-diagnosis/Depth-of-discharge-DOD.html>, πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Συστήματα που επιβλέπουν την λειτουργία της μπαταρίας

Το σύστημα που εποπτεύει τη λειτουργία της μπαταρίας είναι απαραίτητο για τη λειτουργία της μπαταρίας σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο ανώτερος σκοπός του είναι να προστατεύει την αποθήκευση ενέργειας από ζημιές μέσω της υπέρβασης των απαιτούμενων περιοχών στην περιοχή τάσης, θερμοκρασίας ή ρεύματος, συμπεριλαμβανομένου του βραχυκυκλώματος.

Το δεύτερο σημαντικό καθήκον του είναι η επικοινωνία και η ανταλλαγή πληροφοριών με το σύστημα φόρτισης σχετικά με τη γενική κατανόηση της ενεργειακής ανταλλαγής μεταξύ φωτοβολταϊκών συστημάτων, δεκτών και αποθήκευσης ενέργειας (Εικ. 5).



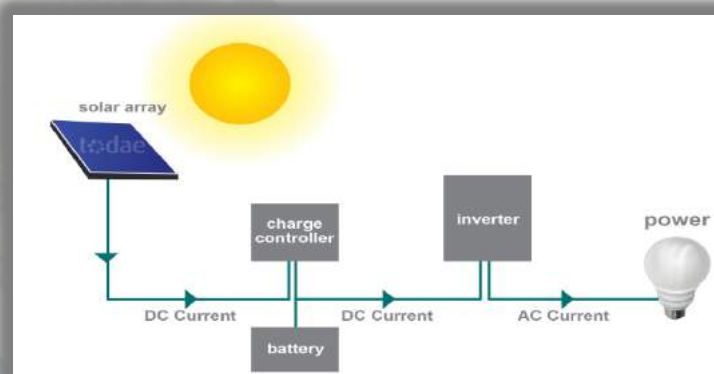
Εικ. 5. Σχέδιο επικοινωνίας μεταξύ την αποθήκευσης ενέργειας και του φωτοβολταϊκού συστήματος, όπου:

- *Energy storage (TESVOLT TS/TPS from 200kWh)* – Αποθήκευση ενέργειας (TESVOLT TS/TPS from 200 kWh),
- *Charge controller (e.g. SMA SCS/MV Power Station)* – Ελεγκτής φόρτισης (π.χ SMA SCS/MV Power Station),
- *Energy management* – Διαχείριση ενέργειας,
- *PV modules* – Φωτοβολταϊκές μονάδες,
- *Inverter* – Μετατροπέας,
- *Transformer* – Μετασχηματιστής,
- *Metering point* – Σημείο μέτρησης,
- *Utility grid* – Πλέγμα χρησιμότητας,

Πηγή: <https://zerohomebills.com/product/tesvolt-tps-200-864kwh-lithium-battery-storage-all-in-one-20ft-container/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Λειτουργία αποθήκευσης με ρυθμιστή φόρτισης (charge regulator)

Σε απλά συστήματα χωρίς μετατροπέα, ο ρυθμιστής φόρτισης αποτελεί μια συσκευή με την οποία επικοινωνεί η αποθήκευση ενέργειας (Εικ. 6). Εξασφαλίζει τη σωστή διαδικασία φόρτισης μέσω της επίβλεψης πάνω από την τιμή του ρεύματος φόρτισης, τη μέγιστη τάση φόρτισης και σε ορισμένες περιπτώσεις ελέγχει επίσης τη θερμοκρασία λειτουργίας της μπαταρίας.



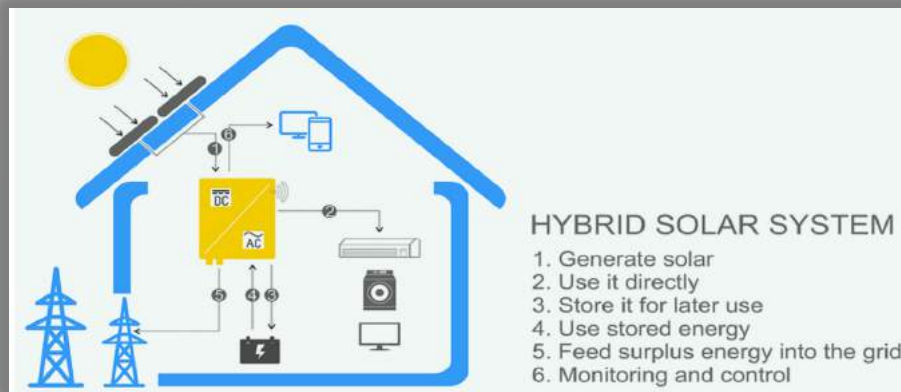
Εικ. 6. Αποθήκευση ενέργειας στο φωτοβολταϊκό σύστημα με τον ελεγκτή φόρτισης, όπου:

- *Solar array* – Ηλιακή ακτινοβολία,
- *DC Current* – Ρεύμα DC,
- *Charge controller* – Ελεγκτής φόρτισης,
- *Inverter* – Μετατροπέας,
- *AC Current* – Ρεύμα AC,
- *Power* – Ισχύς.

Πηγή: <https://maandus.com/en/pvsystemeng.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Λειτουργία αποθήκευσης με μετατροπέα

Σε συστήματα που είναι εξοπλισμένα με τον μετατροπέα (on-grid, off-grid ή υβριδικό (Σχήμα 7)), το σύστημα εποπτείας (BMS) ανταλλάσσει πληροφορίες online με το μετατροπέα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης και αποφόρτισης. Τα προηγμένα συστήματα BMS παρέχουν στο σύστημα πληροφορίες για SOH, SOC και DoD (Εικ. 8). Οι τρέχουσες πληροφορίες σχετικά με τις παραπάνω παραμέτρους επιτρέπουν τη βέλτιστη λειτουργία του συσσωρευτή ενέργειας, βελτιώνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του και αυξάνοντας τον αριθμό των κύκλων που μπορεί να εκτελέσει.



Εικ. 7. Αποθήκευση ενέργειας στο φωτοβολταϊκό σύστημα με τον μετατροπέα, όπου:

Hybrid solar system – Hybrid photovoltaic system – Υβριδικό ηλιακό σύστημα Υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα,

1. Solar generator – Ηλιακή γεννήτρια,

2. Use it directly – Direct power consumption – Χρησιμοποιήστε την απευθείας Απευθείας κατανάλωση ενέργειας,

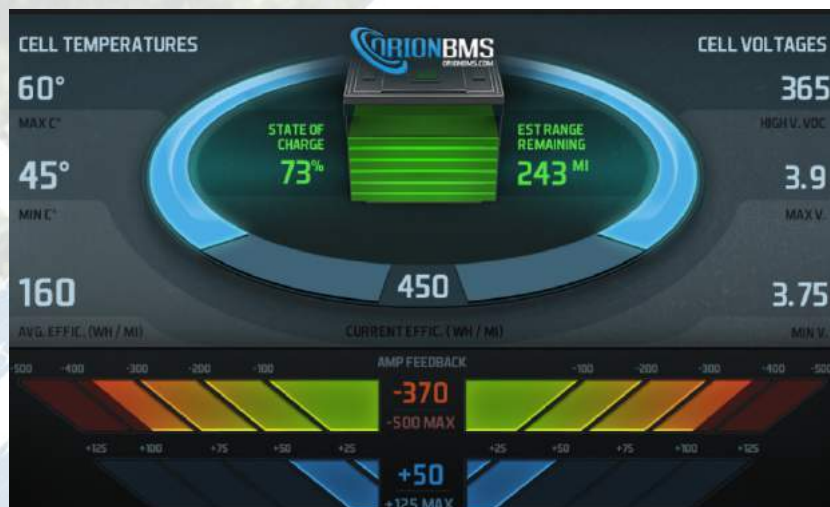
3. Store it for later use – Energy storage for later use – Φυλάξτε την για αργότερη χρήση Αποθήκευση ενέργειας για χρήση αργότερα,

4. Use stored Energy – Consumption of stored energy – Χρησιμοποιήστε την αποθηκευμένη ενέργεια Κατανάλωση αποθηκευμένης ενέργειας,

5. Feed surplus Energy into the grid – Energy surplus sent to the network – Τροφοδοτήστε την επιπλέον ενέργεια στο δίκτυο Το πλεόνασμα της ενέργειας στείλτε το στο δίκτυο,

6. Monitoring and control – Παρακολούθηση και έλεγχος.

Πηγή: <https://www.solarminer.com.au/solar-battery-storage/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).



Εικ. 8. Παραδειγματική εμφάνιση της οθόνης συστήματος διαχείρισης ενέργειας στο φωτοβολταϊκό σύστημα

Πηγή: <https://www.orionbms.com/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

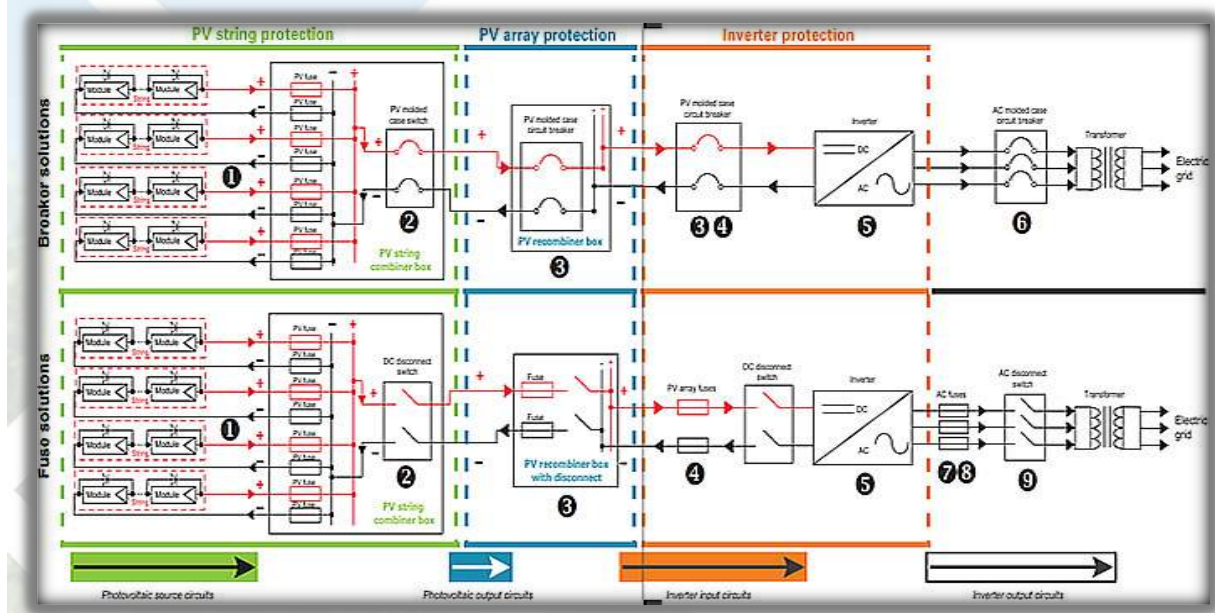
4.7. Προστασία από υπερτάσεις σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις

Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που είναι συνδεδεμένη στο εξωτερικό ηλεκτρικό δίκτυο εκτίθεται σε ζημιές σε διάφορες περιοχές:

- στην εγκατάσταση συνεχούς ρεύματος μεταξύ των μονάδων και του μετατροπέα (π.χ. σχηματισμός ρευμάτων βραχυκυκλώματος που προκαλούνται από σκίαση της μονάδας, βραχυκύκλωμα σε σύρματα, σχηματισμό θερμών σημείων, αστραπές),
- στην εγκατάσταση AC στον τόπο όπου ο μετατροπέας είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο (π.χ. λόγω αυξημένης τάσης στο σημείο σύνδεσης του μετατροπέα, διακυμάνσεις τάσης στο δίκτυο, εσφαλμένη επιλογή προστασίας).

Λαμβανομένων υπόψη των πιο πάνω στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων εφαρμόζονται τα ακόλουθα:

- ασφάλειες του πρώτου επιπέδου - για μεμονωμένους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες,
- ασφάλειες του δεύτερου επιπέδου - για ολόκληρη τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια,
- εγκατάσταση γείωσης,
- εγκατάσταση αστραπής.



Εικ. 1. Προστασίες σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις όπου:

- *Fuso solution* – Λύση Fuso,
- *Bronkor solutions* – Λύσεις Bronkor,
- *PV string protection* – Προστασία PV String,
- *PV array protection* – Προστασία PV Array,
- *Inverter protection* – Προστασία μετατροπέα.

Πηγή: <http://www.cleanenergybrands.com/shoppingcart/categories/pv-circuit-protection/pv-circuit-breakers/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Ασφάλειες(Fuses)

Σε παράλληλη σύνδεση πολλών σειριακών κυκλωμάτων φωτοβολταϊκών πλαισίων, η σκίαση ενός από τα δομοστοιχεία προκαλεί τη ροή ολόκληρου του ρεύματος που ρέει σε άλλες αλυσίδες μέσω της αλυσίδας με μια σκιασμένη μονάδα (Εικ. 2). Αυτό είναι το

λεγόμενο αντίστροφο ρεύμα. Η αξία του εξαρτάται από την ποσότητα των παράλληλων αλυσίδων και έρχεται σε:

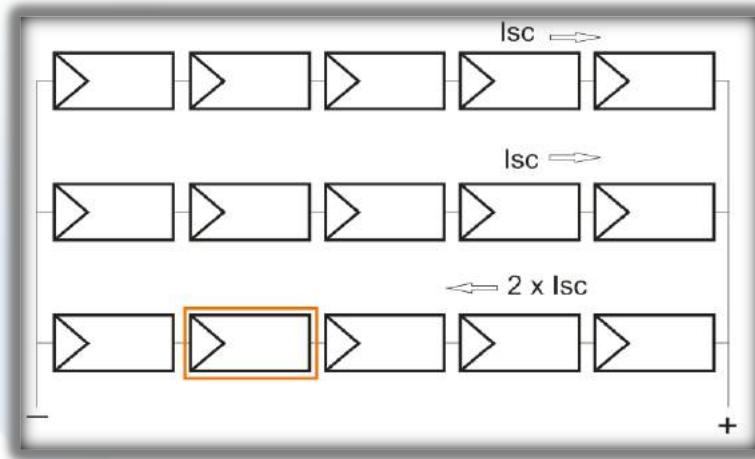
$$I_n = (n - 1) \cdot I_{sc}$$

όπου:

I_n – τιμή αντίστροφου ρεύματος (reverse current),

N – αριθμός παρ'άλληλων αλυσίδων

I_{sc} – τιμή του short-circuit current της μονάδας.



Εικ. 2. Αντίστροφη ροή ρεύματος μέσα στο κύκλωμα με μια σκιασμένη φωτοβολταϊκή μονάδα

Πηγή: Εργασία συγγραφέων

Η πλειοψηφία των μονάδων που προσφέρονται στην αγορά είναι σε θέση να αντισταθεί στο αντίστροφο ρεύμα που έρχεται στο 1.5-2 ISC, επομένως η ανάγκη προστασίας εμφανίζεται συνήθως μόνο σε τρεις και περισσότερες παράλληλες αλυσίδες. Η προστασία από το αντίστροφο ρεύμα αποτελείται από την ασφαλειοθήκη με ασφάλεια. Οι σύνδεσμοι ασφαλείας gPV (για την προστασία των φωτοβολταϊκών) έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματική αποσύνδεση μικρών υπερτάσεων ισχύος που θα μπορούσαν να καταστρέψουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60269-6, οι συνδέσεις ασφαλειών δεν πρέπει να λειτουργούν για το τρέχον 1.13 I_n , ενώ θα πρέπει να φυσούν σε συγκεκριμένο χρόνο για ρεύμα που έρχεται σε 1.45 I_n . Οι σύνδεσμοι ασφαλειών εκτός του gPV ή gR / gPV δεν προστατεύουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Οι DC διακόπτες που κυκλοφορούν στην αγορά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για την προστασία μετατροπέα DC / AC αλλά δεν πρέπει να εφαρμοστούν για την προστασία των φωτοβολταϊκών μονάδων, όπως στην περίπτωση βραχυκυκλώματος στην ενότητα μπορεί να εμφανιστεί αντίστροφο ρεύμα που ρέει στο η άλλη πλευρά και η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στον ασφαλειοδιακόπτη ενδέχεται να μην λειτουργούν.

Οι κυλινδρικές συνδέσεις ασφαλειών αποτελούν τις λεγόμενες ασφάλειες του πρώτου επιπέδου – το καθήκον τους είναι να αποσυνδέσουν τα ρεύματα βραχυκυκλώματος στην περιοχή των πλαισίων, οπότε θα πρέπει να εγκατασταθούν όσο το δυνατόν πιο κοντά στο τελευταίο φωτοβολταϊκό πάνελ στη σειρά, ενώ η συναρμολόγηση λαμβάνουν χώρα από την πλευρά του θετικού και αρνητικού πόλου.

Το δεύτερο επίπεδο προστασίας για τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση συμβαίνει ακριβώς πριν από την είσοδο DC στον μετατροπέα, όπου το συνολικό συνολικό ρεύμα ρέει από ολόκληρη τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Φυσικά, όταν ο μετατροπέας έχει πολλές εισόδους, κάθε ανεξάρτητο κύκλωμα εισόδου πρέπει να έχει τέτοια προστασία. Εδώ εφαρμόζονται συνδέσεις ασφαλειών PV DC που λειτουργούν με ρεύμα DC και τάση 750-1100 V. Οι συνδέσεις τοποθετούνται σε βάσεις ασφαλειών και επιτρέπουν την γρήγορη αποσύνδεση του μετατροπέα από ολόκληρη τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Επιπλέον, εγκαθίστανται στον θετικό και στον αρνητικό πόλο.

Οι μεγάλες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορεί να έχουν ένα αποκεντρωμένο σύστημα πολλών μικρών μετατροπέων ή ενός κεντρικού φωτοβολταϊκού μετατροπέα με ισχύ αρκετών εκατοντάδων [kVA]. Στη δεύτερη περίπτωση, πολλές αλυσίδες φωτοβολταϊκών πλαισίων συνδέονται παράλληλα και στη συνέχεια εμφανίζονται συνολικά ρεύματα, που ρέουν στον αντιστροφέα από περισσότερες από δώδεκα έως αρκετές εκατοντάδες αμπερ.

Για τέτοιες μεγάλες εγκαταστάσεις, οι σύνδεσμοι ασφαλείας gPV με τυποποιημένο μέγεθος NH1 από 32A έως 160A σε συνδέσεις 750V και 1000V DC και NH (Εικ. 3), αλλά με επιμηκυμένο σώμα - είναι συνδέσεις NH1x1, NH2x1 και NH3x1 έως 450A σε 1100V DC και έως 350A σε 1500V DC. Οι σύνδεσμοι αυτοί μπορούν να εγκατασταθούν σε μονοπολικές βάσεις, διακόπτες (μέχρι 630A και τάση 1000-1200V DC, κατηγορία χρήσης DC20B) και σε ειδικές διπολικές ασφάλειες για τάση μέχρι 1500V DC για το σύστημα των ράβδων διαύλου με εύρος 370 mm. Η τελευταία λύση είναι ιδιαίτερα ελκυστική, καθώς επιτρέπει την κατασκευή καμπίνων ελέγχου καλωδίων σε θήκες και πίνακες πολυεστέρα για τάσεις 1100V και 1500V DC με ισχύ έως και 1 MW. Οι λύσεις αυτές έχουν απλή δομή και είναι σχετικά φτηνές.



Εικ. 3. gPV fuse σε NH cases

Πηγή: <http://www.eti.si/images/userfiles/en-GB/documents/products/Ultraquick/PV.pdf>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Arresters

Η προστασία κατά των υπερτάσεων των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στοχεύει στην προστασία της εγκατάστασης από τα αποτελέσματα ηλεκτρομαγνητικών τάσεων στο ηλεκτρικό δίκτυο που προκαλούνται από αστοχίες στο δίκτυο ή από κεραυνούς. Οι

διακυμάνσεις ισχύος από κεραυνό συμβαίνουν ακόμη και σε απόσταση 1 χλμ. Από την εγκατάσταση. Οι γενικές αρχές προστασίας κατά των υπερτάσεων για τα φωτοβολταϊκά συστήματα περιλαμβάνονται στο πρότυπο PN-EN 61173: 2002 (IEC 61173: 2002). Αντικερηκτική προστασία φωτοβολταϊκών (PV) συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Λεπτομερείς αρχές για την προστασία από υπερτάσεις περιλαμβάνονται στα ακόλουθα πρότυπα:

- 1) IEC 61643-1. Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems. Requirements and tests.
- 2) IEC-60364-4-442. Electrical installations in buildings. Protection for security. Anti-surge protection. Low-voltage installation protection from temporary surges and damage at earthing in high-voltage networks.
- 3) IEC-60364-4-443:1999. Electrical installations in buildings. Protection for security. Anti-surge protection. Switching and atmospheric overvoltage protection.
- 4) IEC-60364-7-712:2007. Electrical installations in buildings. Part 7-712: Guidelines concerning special installations or locations. Photovoltaic (PV) power systems.

Προκειμένου να προστατευθούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι ηλεκτρονικές συσκευές που συνδέονται με αυτές από τις υπερτάσεις και τους συνδέσμους, εφαρμόζονται ειδικές διατάξεις προστασίας από υπερτάσεις (SPD) που προορίζονται για φωτοβολταϊκά συστήματα στην τάση DC και τυποποιημένες συσκευές προστασίας από υπερτάσεις στην πλευρά AC. Σε εγκαταστάσεις DC, δεν υπάρχει "διείσδυση ρεύματος μέσω του μηδενός", πράγμα που παρεμποδίζει την απόσβεση των ρευμάτων βραχυκυκλώματος. Η επιλογή ακατάλληλων συσκευών προστασίας από υπερτάσεις μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο πυρκαγιάς σε ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.

Πίνακας Γενικές οδηγίες για επιλογή SPD protections σε φωτοβολταϊκά συστήματα

Is there LPS?	Is "s" insulation spacing from LPS maintained?	Distance between PV modules and the inverter	SPD DC PV modules	SPD DC inverter	SPD AC
yes	yes	< 10 m	–	Type 2	Type 1
		> 10 m	Type 2	Type 2	
	No	< 10 m	–	Type 1	
		> 10 m	Type 1	Type 1	
no	–	< 10 m	–	Type 2	Type 2
		> 10 m	Type 2	Type 2	

Πηγή: PN-HD 60364-7-712:2007 Electrical installations in buildings. Part 7-712: Guidelines concerning special installations or locations. Photovoltaic (PV) power systems.

Τύποι Arrester

- 1) Οι συσκευές προστασίας από υπερτάσεις τύπου 1 (κατηγορία B) προστατεύουν από άμεση και στενή αστραπή.
- 2) Οι συσκευές προστασίας από υπερτάσεις τύπου 2 (τάξη C) προστατεύουν την πλειονότητα των ηλεκτρικών δεκτών από τις υπέρυθρες μεταβολές και τις υπερτάσεις που μειώνονται με διατάξεις προστασίας από υπερτάσεις τύπου 1.

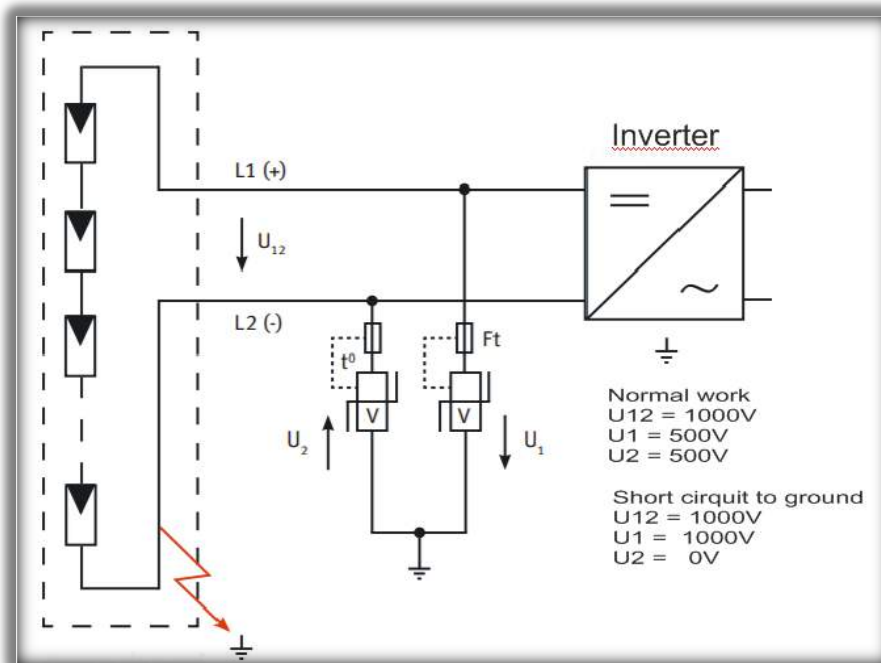
- 3) Οι συσκευές προστασίας από υπερτάσεις τύπου 3 (κατηγορία D) προστατεύουν επιπλέον ιδιαίτερα ευαίσθητες και δαπανηρές ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.
- 4) Σετ συσκευών προστασίας από υπερτάσεις τύπου 1 + 2 (τάξη B + C).
Επί του παρόντος, σε φωτοβολταϊκά συστήματα από την πλευρά DC, χρησιμοποιούνται ολοένα και συχνότερα ειδικά αφιερωμένες συσκευές προστασίας από υπερτάσεις με την SCI (Short Circuit Interpretation), με ένα σύστημα μεταγωγής DC τριών βαθμών.

Συσκευές προστασίας από υπερτάσεις για τα φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ παράγουν συνεχές ρεύμα σε σχετικά χαμηλή τάση 30-40V. Κατά τη σύνδεση τους σε σειρά, αυξάνουμε την ολική τάση του κυκλώματος συνεχούς ρεύματος στην τιμή αρκετών εκατοντάδων βολτ και μερικές φορές ακόμη περισσότερο, καθώς οι μετατροπείς στα 1200 ή 1500V DC διατίθενται στην αγορά. Για την προστασία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης κατασκευάζονται ειδικές συσκευές προστασίας από υπερτάσεις και συνήθως προσαρμόζονται σε ονομαστικές τάσεις στην περιοχή από 500 έως 1500V DC, αλλά υπάρχουν και εκδόσεις χαμηλής τάσης.

Ανάλογα με τη δομή και τη θέση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, το μήκος του σύρματος, τη διάταξη και την παρουσία της εγκατάστασης αστραπής, γίνονται υπολογισμοί και σε αυτή τη βάση αποφασίζεται εάν πρέπει να εφαρμοστούν συσκευές προστασίας από υπερτάσεις τύπου 1 + 2 ή εάν ο τύπος 2 είναι αρκετό (Πίνακας 1).

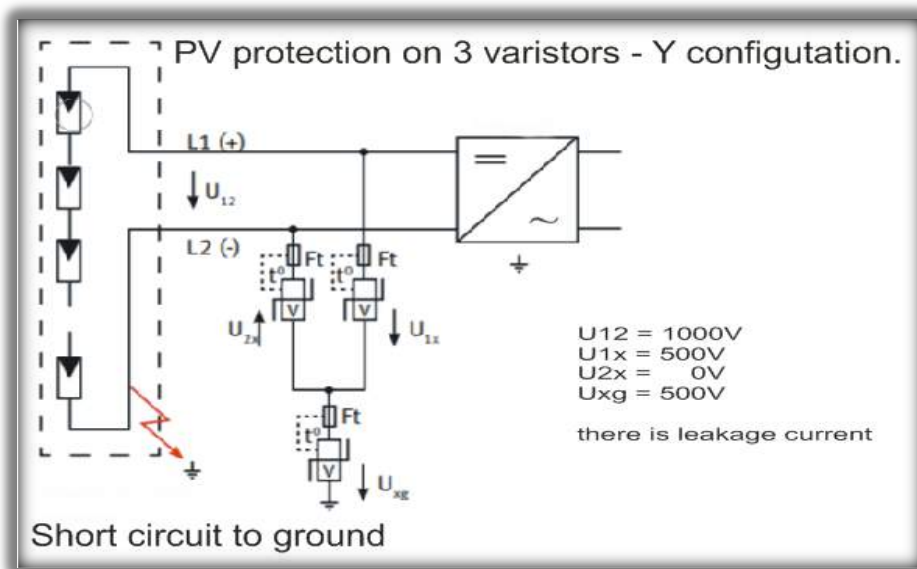
Οι συσκευές προστασίας από υπερτάσεις με φωτοβολταϊκές μονάδες για την προστασία των θετικών και αρνητικών πόλων αποτελούν τη φθηνότερη αλλά τεχνικ, την χειρότερη λύση (Εικ. 4).



Εικ. 4. Διπολική συσκευή προστασίας από υπερτάσεις στο φωτοβολταϊκό κύκλωμα όπου:

- Short circuit to ground – μικρό κύκλωμα στο έδαφος,
- Inverter–μετατροπέας,
- Normal work– κανονική εργασία.

Πηγή: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).



Εικ. 5. Τριπολική συσκευή προστασίας από υπερτάσεις στην "Y" configuration στο φωτοβολταϊκό κύκλωμα, όπου:

- PV protection on 3 varistors – „Y” configuration – Tripolar surge protection device in the "Y" configuration – Προστασία ΦΣ σε 3 varistors- Y" configuration Τριπολική συσκευή προστασίας από υπερτάσεις στο Y" configuration,
- Short circuit to ground – Μικρό κύκλωμα στο έδαφος,
- There is leakage current – Υπάρχει leakage current.

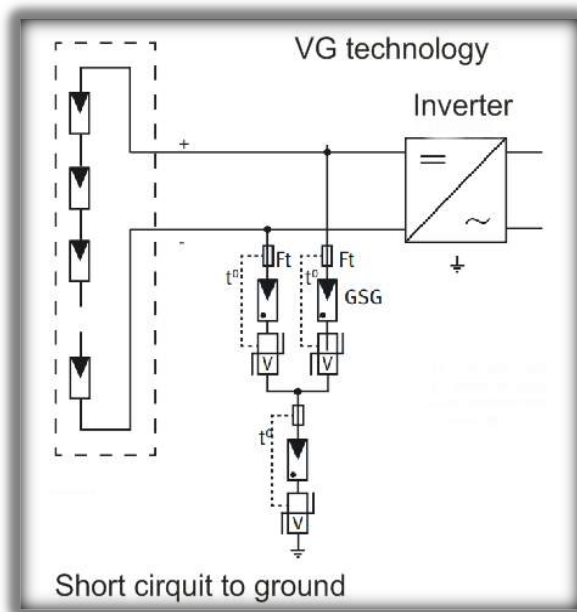
Πηγή: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Κατά την κανονική λειτουργία του δικτύου, υπάρχει μέγιστη τάση 500V DC στον θετικό πόλο και 500V DC στον αρνητικό πόλο, ενώ η συνολική τάση εξόδου της γεννήτριας φθάνει τα 1000V. Οι μονάδες στις συσκευές προστασίας από υπερτάσεις επιλέγονται σε τέτοια ονομαστική τάση – 500V DC. Στην περίπτωση βραχυκυκλώματος, π.χ. ως αποτέλεσμα βλάβης στη μόνωση του καλωδίου, εμφανίζεται τάση 0V στον πόλο όπου σημειώθηκε το βραχυκύκλωμα και στον άλλο πόλο – 1000V DC. Καθώς η μονάδα SPD επιλέχθηκε σε τάση 500V, όχι σε τάση 1000V DC, θα υπάρξει μόνιμη ζημιά σε αυτές τις συσκευές.

Για να αποφευχθεί αυτό, θα πρέπει να εφαρμόσετε την τριπολική απόδοση στο σύστημα σύνδεσης "Y" (Εικ. 5), καθώς η τρίτη επιπρόσθετη μονάδα που συνδέεται εν σειρά κατά τη γείωση είναι επίσης σε 500V DC, δηλαδή συνολικά SPD χειρίζεται την πτώση τάσης 1000V DC.

Σε προηγούμενες λύσεις, τα βαρίστορ υπήρχαν ως εκτελεστικά στοιχεία σε αυτού του είδους τις προστασίες, αλλά η εμφάνιση ρευμάτων διαρροής και ρεύματος λειτουργίας αποτελούσαν το ελάττωμα τους. Σε μεταγενέστερες λύσεις, εμφανίστηκαν κενά σπινθήρων αερίου. Χάρη σε αυτό, το ρεύμα διαρροής εξαλείφθηκε, ενώ το χαμηλό ρεύμα λειτουργίας μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου παρέμεινε.

Μέχρι στιγμής, η καλύτερη λύση συνίσταται στην εφαρμογή διακένων σπινθήρων σε κάθε κλάδο (Σχήμα 6), καθώς τότε δεν θα προκύψει τόσο ρεύμα διαρροής όσο και ρεύμα λειτουργίας.



Εικ. 6. Τριπολική συσκευή προστασίας από υπερτάσεις με spark gaps στο φωτοβολταϊκό κύκλωμα, όπου:

- *Short circuit to ground* – Μικρό κύκλωμα στο έδαφος,
- *Inverter* – Μετατροπέας.

Πηγή: <http://www.jeanmueller.pl/pliki/ochrona-instalacji-fotowoltaicznych-2016.pdf>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Αποσυνδέσεις(Disconnectors)

Συνήθως εφαρμόζονται και στις δύο πλευρές του μετατροπέα, δηλαδή στο κύκλωμα AC και DC. Προστατεύουν το μετατροπέα κατά τη συναρμολόγηση, στην περίπτωση εργασιών συντήρησης, αντικατάστασης στοιχείων κλπ. Στην αγορά, μπορεί να βρεθεί ολόκληρη η σειρά αποσυνδέσεων διαφόρων κατασκευαστών και διαφόρων τιμών επιτρεπόμενου ρεύματος αποσύνδεσης.

Η ηλεκτρομαγνητική δύναμη Lorentz που προκαλεί το σχέδιο τόξου και το σπάσιμο εφαρμόζεται για την τρέχουσα θραύση σε αυτόν τον τύπο αποσυνδέσεων. Οι συσκευές έχουν συμμετρική δομή που επιτρέπει τη λειτουργία ανεξάρτητα από την πολικότητα, οπότε ο αποζεύκτης λειτουργεί ομοιόμορφα και στις δύο κατευθύνσεις της τρέχουσας ροής.

Η καλή πρακτική είναι η εφαρμογή αποσυνδέσεων με ένα ορατό κενό που εκτελείται από μεγάλα παράθυρα στην θήκη, τα οποία επιτρέπουν τον έλεγχο της θέσης των κύριων επαφών της συσκευής. Η λειτουργία του αποζεύκτη δεν είναι ευαίσθητη στις τάσεις τάσης ενώ η αλλαγή γίνεται με ταχύτητα ανεξάρτητα από τον χειριστή (γρήγορη ενεργοποίηση και απενεργοποίηση).

Εάν η λειτουργία είναι απαραίτητη στην κατηγορία χρήσης DC22BF, οι λειτουργίες μόνωσης και απενεργοποίησης μπορούν να πραγματοποιηθούν από συσκευές που έχουν ονομαστική τάση U_e έως 1100V DC και εύρος ρεύματος από 160 έως 1600A.

Οι αποσυνδέσεις μόνωσης(insulator disconnectors) μπορεί να έχουν απόδοση σε εσωτερική έκδοση, να τοποθετούνται μόνο μέσα στο κτίριο σε στεγνούς χώρους, καθώς και εξωτερικές επιδόσεις στην τάξη προστασίας IP65. Αυτός ο τελευταίος τύπος αποσυνδέσεων συνήθως περιέχει ταυτόχρονα εισόδους χαρακτηριστικές για κυκλώματα εξόδου από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη κατασκευής προσωρινής καλωδίωσης υψηλής ισχύος, η οποία θα αποτελούσε περιττή πηγή ζημιών.

4.8. Προστασία από κεραυνούς και εγκατάσταση γείωσης

Οι συσκευές του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν αυξάνουν τον κίνδυνο από κεραυνούς

Ωστόσο, η τοποθέτηση του φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή αυξάνει τον κίνδυνο διείσδυσης του ρεύματος κεραυνού στο εσωτερικό του κτιρίου σε περίπτωση αστραπής απευθείας στον πίνακα.

Συνιστάται οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις να προστατεύονται από τις αστραπές με την εφαρμογή των εγκαταστάσεων αστραπής. Εάν δεν υπάρχει εγκατάσταση αστραπής και οι συσκευές στην οροφή εκτελούνται στην τάξη προστασίας χαμηλότερη από την κλάση II, πρέπει να πραγματοποιηθεί μια τέτοια εγκατάσταση.

Σύμφωνα με το νόμο της φυσικής και των δυνάμεων της φύσης, το σύστημα γείωσης που συνδέει το ηλεκτροφόρο σώμα με το έδαφος επιτρέπει την απόσπαση ενός κατάλληλου αριθμού θετικών φορτίων, προσπαθώντας την ηλεκτρική ουδετερότητα. Η μεταφορά στο έδαφος των ρευμάτων κύματος από κεραυνό προστατεύει το κτίριο και τους ανθρώπους που βρίσκονται σε αυτό από αρνητικά φαινόμενα κεραυνού.

Ο εγκαταστάτης πρέπει να εξοικειωθεί με τα στοιχεία που εφαρμόζονται για την απόδοση των οριζόντιων και κατακόρυφων τερματικών αέρα. Βάσει των προτύπων που αφορούν τις εγκαταστάσεις γείωσης, πρέπει να είναι δυνατή η ταξινόμηση της εγκατάστασης για μια σχετική ομάδα εγκαταστάσεων και ο σχεδιασμός της εγκατάστασης γείωσης σύμφωνα με τις τυποποιημένες διατάξεις. Η γείωση αποτελεί σημαντικό στοιχείο της εγκατάστασης κεραυνού.

Το ηλεκτρόδιο είωσης θα πρέπει να χαρακτηρίζεται με αντίσταση χαμηλότερη από αυτή που προδιαγράφεται στο πρότυπο, έτσι ώστε να είναι ικανό να διαχέει στη γη το δυναμικό που παράγεται κατά τη διάρκεια του φωτισμού.

Εργασίες και αρχές για την εγκατάσταση αστραπής

Κατά τη συναρμολόγηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην οροφή, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμοστέων διατάξεων, θα πρέπει να προστατεύεται από τις συνέπειες του άμεσου και στενού κεραυνού. Κατά την ανάλυση του κινδύνου πρόκλησης βλάβης από κεραυνό σύμφωνα με τις συστάσεις του προτύπου EN 62305-2 (πρότυπο σχετικά με τη διαχείριση κινδύνου στην προστασία από κεραυνούς), αν είναι σημαντικό, πρέπει να συναρμολογηθεί το σύστημα προστασίας από κεραυνούς (Lightning Protection System, LPS) για να δημιουργηθεί η προστατευτική ζώνη ανάλογα με την καταλληλότητα για την τοποθέτηση όλων των συσκευών που συναρμολογούνται στην οροφή εντός αυτής της ζώνης.

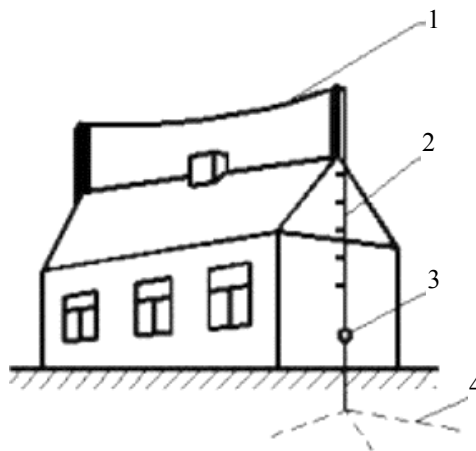
Είναι υπεύθυνη για την προστασία της εγκατάστασης από ηλεκτροπληξία που προέρχεται από κεραυνούς.

Εγκατάσταση εγκατάστασης αστραπής αποτελείται από (Εικ. 1):

- 1) **τερματικά αέρα (air terminals)** που καθορίζουν την άμεση λήψη κεραυνού που στη συνέχεια διαχέονται στη γη. Τοποθετούνται σε στέγες και τοίχους κτιρίων ή σε ιστούς κοντά στο προστατευόμενο κτίριο. Τα τερματικά αέρα θεωρούνται τα φυσικά εξωτερικά δομικά στοιχεία της οροφής - κεραίες, αεραγωγοί, μεταλλικές δοκοί, ράβδοι οπλισμένου σκυροδέματος και οποιωνδήποτε μεταλλικά τμήματα που προεξέχουν από την οροφή. Τα τερματικά αέρα μπορεί επίσης να εισάγονται με τεχνητές ράβδους και καλώδια εγκατεστημένα κάθετα ή οριζόντια. Τα τεχνητά τερματικά αέρα

κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα, χαλκό ή γαλβανισμένο χάλυβα πάχους τουλάχιστον 6 mm.

- 2) **γείωση (earth)**(μεταξύ καλωδίων εξαγωγής και γείωσης) και **σύρματα εξαγωγής(exhaust wires)** (μεταξύ τερματικών αέρα και καλωδίων γείωσης) που εφαρμόζονται για τη σύνδεση συγκεκριμένων στοιχείων εγκατάστασης στο σύνολό τους.
- 3) **γείωση(earthing)** υπεύθυνη για τη διάχυση ενός ηλεκτρικού φορτίου από κεραυνό και παρεμπόδιση από μέρη μεταλλικής εγκατάστασης στη γη. Η γείωση έχει τη μορφή σύρματος από αγωγό (φυσική χρήση μεταλλικών υπόγειων τμημάτων, μη μονωμένων θεμελιώσεων από σπλισμένο σκυρόδεμα, μεταλλικών αγωγών).
- 4) **κλιπ δοκιμής(test clips)** για τον έλεγχο και τη μέτρηση της αντίστασης της γείωσης και της γαλβανικής συνέχειας στο τμήμα του συστήματος που βρίσκεται στο έδαφος.



Εικ. 1. Σχέδιο της εγκατάστασης φωτός, όπου:

1. High horizontal air terminal – Ψηλό οριζόντιο τερματικό αέρα,
2. Exhaust wire – Σύρμα εξαγωγής,
3. Test clip – Κλίπ δοκιμής,
4. Earthing – Γείωση.

Πηγή:https://www.researchgate.net/figure/Lightning-protection-system-LPS-transfer-the-lightning-current-safely-to-the-ground_fig1_282924315, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου2018).

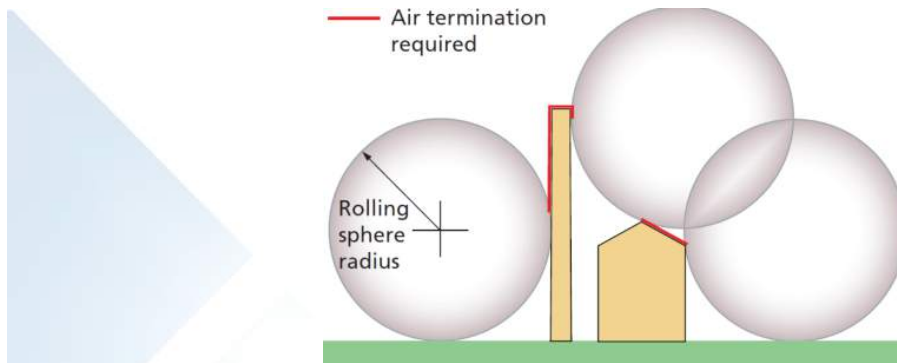
Διανομή της εγκατάστασης φωτός στις οροφές και στις προσόψεις κτιρίων

Στον κόσμο υπάρχουν τέσσερις βασικές μέθοδοι που καθορίζουν τη διανομή των στοιχείων εγκατάστασης κεραυνού για σωστή προστασία των κτιρίων από κεραυνούς.

1. Μέθοδος Rolling Sphere

Αυτή είναι μια πολύ απλή μέθοδος για τον προσδιορισμό της περιοχής που πρέπει να προστατευθεί. Ισχύει για τον προσδιορισμό των πλευρικών εκκενώσεων. Σε αυτή τη μέθοδο, η σφαίρα κυλά στην επιφάνεια της δομής του κτιρίου και το σημείο όπου η σφαίρα αγγίζει τον τοίχο είναι το πιο ευαίσθητο σημείο στην αστραπή. Εδώ πρέπει να τοποθετηθεί το τέλος του τερματικού κεραυνού.

Η ακτίνα σφαίρας καθορίζει ποια κατηγορία προστασίας απαιτείται για την κατάλληλη προστασία.



Εικ. 2. Σχέδιο απόφασης προστασίας στην Μέθοδο Rolling Sphere, όπου:

- *Air termination required* – Τερματισμός αέρα,
- *Rolling sphere radius*– Ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας.

Πηγή: [https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-15-application-of-the-rolling-sphere-method/#lightbox\[postimages\]/0](https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-15-application-of-the-rolling-sphere-method/#lightbox[postimages]/0), (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

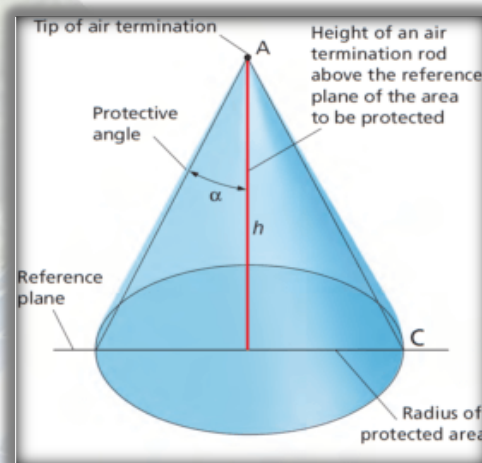
Πίνακας 1. Κατηγορίες προστασίας και ακτίνες στην Μέθοδο Rolling Sphere

Κατηγορία προστασίας LPS	Ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας (m)
Class I	20
Class II	30
Class III	45
Class IV	60

Πηγή: https://sep.com.pl/opracowania/opracowania_ochr_odgrom_bud.pdf

2. Μέθοδος Protective Angle

Αυτή η μέθοδος αποτελεί μαθηματική απλοποίηση της μεθόδου Rolling Sphere. Η προστατευτική γωνία μετράται μεταξύ της ακτίνας του κύκλου από την προβολή σφαίρας στην προστατευμένη επιφάνεια και το ύψος του προστατευτικού τερματικού αέρα.

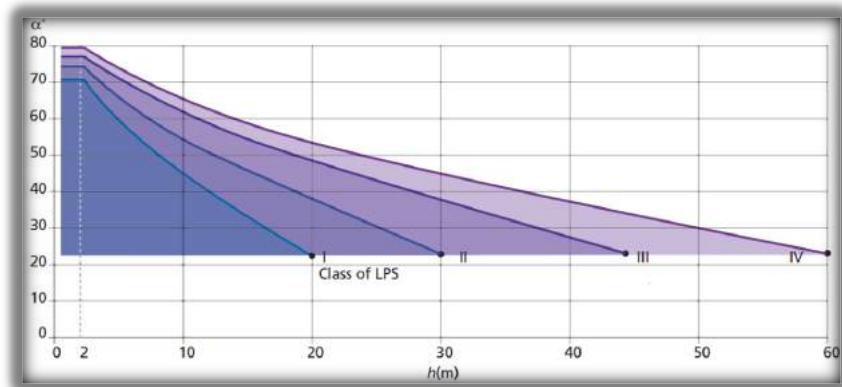


Εικ. 3. Σχέδιο απόφασης προστασίας στην Μέθοδο Protective Angle, όπου:

- *Reference plane* – Επίπεδο αναφοράς,
- *Protective angle* – Προστατευτική γωνία,
- *Tip of air termination* – Κορυφή του τερματικού αέρα,
- *Height of an air termination rod above the reference plane of the area to be protected, Y*,
- *Radius of protected area* – Ακτίνα της προστατευόμενης περιοχής.

Πηγή: <https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/figure-16-the-protective-angle-method-for-a-single-air-rod/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Η προστατευτική γωνία αλλάζει μαζί με το ύψος του προστατευτικού τερματικού αέρα και επομένως η τάξη LPS αλλάζει. Αυτή η μέθοδος περιορίζεται στο ύψος μιας ράβδου ίσης ή μικρότερης από την ακτίνα σφαίρας.

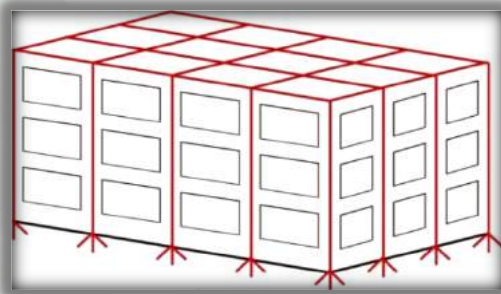


Εικ. 4. Εξάρτηση της προστατευτικής γωνιά α° με το ύψος H του τερματικού αέρα και την κατηγορία LPS class
 Πηγή: <https://www.lsp-international.com/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/#post/0>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

3. Μέθοδος Mesh

Αυτή η μέθοδος ισχύει για την προστασία επίπεδων οροφών ή επίπεδων επιφανειών. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται μόνο όταν τα καλώδια έχουν τη μορφή πλέγματος και:

- τα καλώδια mesh τοποθετούνται στις άκρες της επιφάνειας, το μέγεθος των mesh είναι σύμφωνο με τον πρότυπο πίνακα, καμία μεταλλική δομή δεν πρέπει να προεξέχει έξω από την περιοχή των mesh,
- Πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο χωριστές διαδρομές προς τη μάζα από κάθε σημείο.



Εικ. 5. Σχέδιο απόφασης στην Μέθοδο Mesh
 Πηγή: <https://www.electrotechnik.net/2014/09/how-is-mesh-protection-for-lightning.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Πίνακας 2. Κατηγορίες προστασίας και επιφάνειες mesh

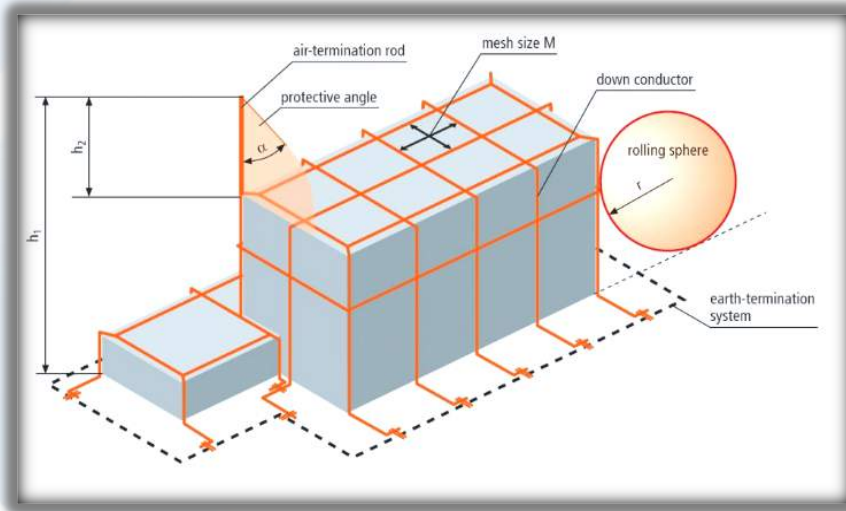
Κατηγορίες προστασίας (LPS)	Μέγεθος Mesh
I	5m x 5m
II	10m x 10m
III	15m x 15m
IV	20m x 20m

Πηγή: https://sep.com.pl/opracowania/opracowania_ochr_odgrom_bud.pdf, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

4. Μικτό Σύστημα, Mixed system

Στην πράξη, και οι τρεις μέθοδοι εφαρμόζονται από κοινού για την αποτελεσματική προστασία του κτιρίου.

Σύμφωνα με τον προστατευόμενο χώρο, επιλέγουμε τη μέθοδο που είναι η βέλτιστη για αυτό το κτίριο.



Εικ. 6. Σχέδιο απόφασης προστασίας σε ένα μικτό σύστημα όπου:

- *Protective angle* – Προστατευτική γωνία,
- *Air-termination rod* – Ράβδος τερματισμού αέρα,
- *Mesh size M* – Μέγεθος Mesh,
- *Down conductor* – Κάτω αγωγός,
- *Rolling sphere* – Κυλιώμενη Σφαίρα,
- *Earth-termination system* – Σύστημα τερματισμού γείωσης.

Πηγή: <http://eurovolt.eu/en/post/5-1-air-termination-systems>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

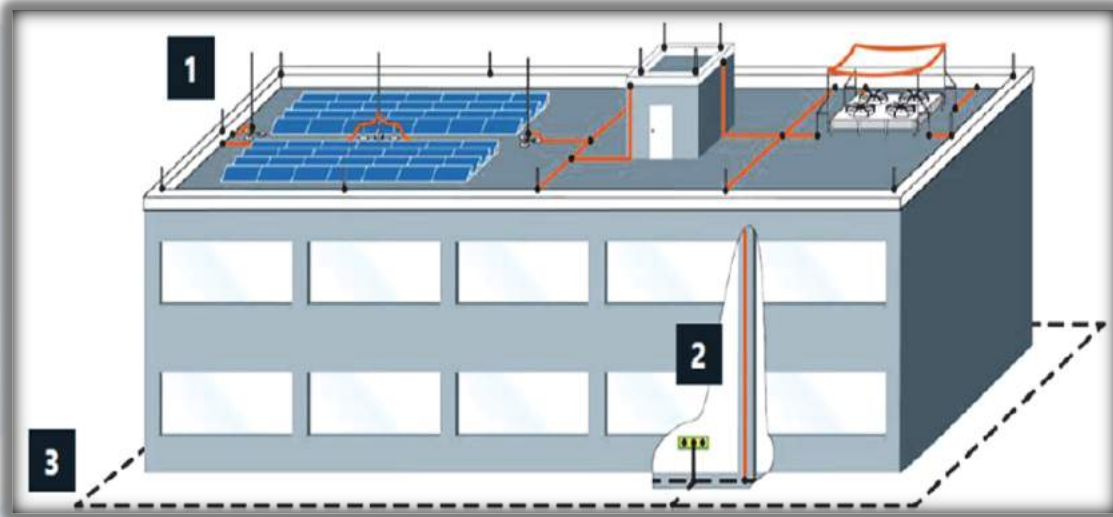
Προστασία από υπέρταση στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε κτίριο χωρίς την εγκατάσταση αστραπής

Εάν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι εγκατεστημένη στη μονάδα χωρίς την υπάρχουσα εγκατάσταση αστραπής, μια τέτοια εγκατάσταση πρέπει να εκτελείται μετά από προηγούμενη αξιολόγηση κινδύνου. Στην Ευρώπη, πολλοί ασφαλιστές χρειάζονται μια τέτοια προστασία στην κατηγορία III.

Οι βασικές αρχές προστασίας από άμεσες επιπτώσεις του ρεύματος αστραπής λένε ότι "όλες οι συσκευές οροφής από μονωτικά ή αγώγιμα υλικά, που περιλαμβάνουν ηλεκτρικό εξοπλισμό ή / και εξοπλισμό ευεργετικό για την επεξεργασία πληροφοριών, θα πρέπει να βρίσκονται στη ζώνη προστασίας του συστήματος τερματικού αέρα".

Έτσι, είναι σαφές ότι αν δεν ακολουθήσουμε αυτή τη σύσταση, ο άμεσος κεραυνός στα στοιχεία του φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή του φωτοβολταϊκού συστήματος και των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών που είναι εγκατεστημένες στο εσωτερικό του κτιρίου.

Επομένως, ολόκληρο το φωτοβολταϊκό σύστημα πρέπει να βρίσκεται στον προστατευόμενο χώρο. Ένας τέτοιος χώρος μπορεί να δημιουργηθεί εφαρμόζοντας κατάλληλα επιλεγμένα συστήματα κάθετων ή οριζόντιων τερματικών αέρος. Επιπλέον, πρέπει να διατηρείται η σχετική απόσταση μεταξύ των συσκευών του συστήματος και των τερματικών αέρα ή των συρμάτων εξαγωγής.



Εικ. 7. Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε κτίριο χωρίς προστασία, όπου:

1. Air-termination system – Σύστημα τερματισμού αέρα,
2. Down conductor – Κάτω αγωγός,
3. Earth-termination system – Σύστημά τερματισμού γείωσης.

Πηγή: <http://www.ee.co.za/article/lightning-protection-leave-experts.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Προστασία από υπέρταση στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε κτίριο με την εγκατάσταση αστραπής

Εάν η εγκατάσταση αστραπής βρίσκεται ήδη στο κτίριο, κατά τη διάρκεια της αμοιβαίας ρύθμισης της προστασίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην εγκατάσταση αστραπής, είναι σημαντικό να διατηρείται η κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους.

Σκοπός τους είναι να προστατεύουν στοιχεία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης από arc flashes ή ηλεκτρικά τόξα, τα οποία θα μπορούσαν να προέρχονται από τερματικά αέρα ή σύρματα προστασίας από κεραυνούς κατά τη διάρκεια της αστραπής. Οι αποστάσεις μόνωσης σύμφωνα με το πρότυπο PN-EN 62305-3: 2009 καθορίζονται με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$S \geq k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l$$

S – ελάχιστο διάστημα μόνωσης,

k_i – συντελεστής ανάλογα με την τάξη προστασίας 0,4 για την κατηγορία III και LPS,

k_m – συντελεστής ανάλογα με το υλικό διαχωρισμού μόνωσης 1 - για τον αέρα,

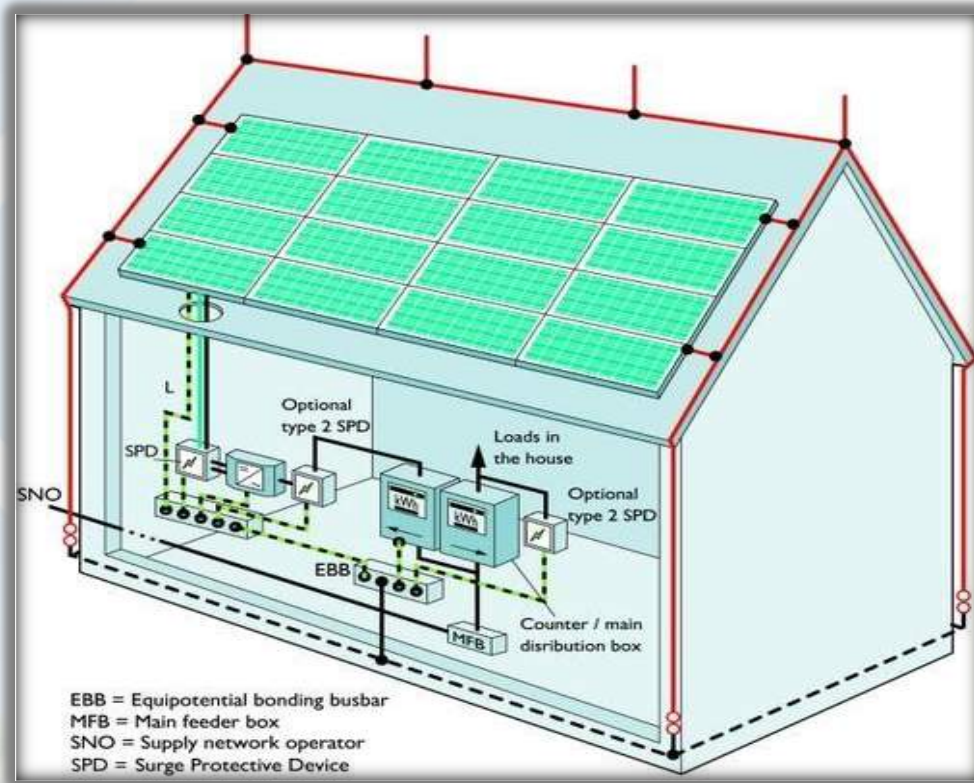
k_c – Συντελεστής ανάλογα με την κατανομή ρεύματος στα καλώδια 1 - για 1 σύρμα εξάτμισης,

1... 0,5 – για 2 σύρματα εξάτμισης,

l – μήκος σε μέτρα, μετρούμενο κατά μήκος του τερματικού αέρα ή του σύρματος εξάτμισης από το σημείο όπου η απόσταση της μόνωσης θεωρείται ως το σημείο της πλησιέστερης εξισωτικής σύνδεσης.

Συνήθως η επαρκής μονωτική απόσταση S είναι μεταξύ 0,5 και 1 m. Εμφανίζεται κάποιο πρόβλημα όταν μεταξύ των στοιχείων φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και των στοιχείων

εγκατάσταση κεραυνού δεν μπορεί να διατηρηθεί η απόσταση της μόνωσης, π.χ. λόγω της κατασκευής της οροφής ή της επιφάνειας της ή λόγω πλήρους πλήρωσης της επιφάνειας της οροφής με πάνελ. Σε αυτή την περίπτωση, για την προστασία του φωτοβολταϊκού συστήματος από τα ηλεκτρικά φορτία από την εγκατάσταση αστραπής, τα μεταλλικά στοιχεία της δομής του πίνακα πρέπει να συνδέονται με την εγκατάσταση αστραπής.



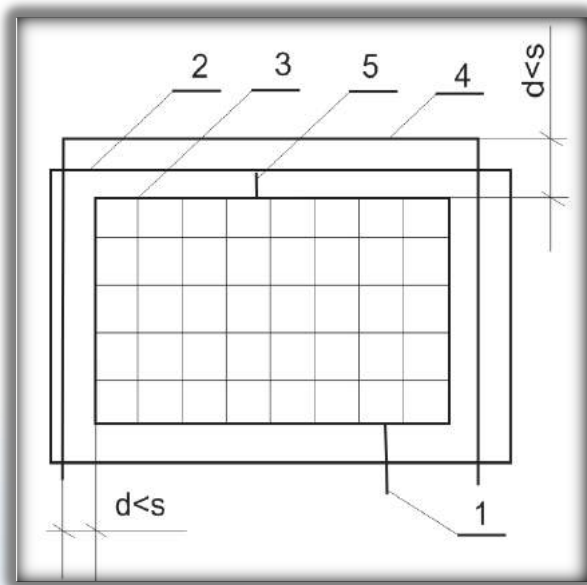
Εικ. 8. Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε κτίριο με εγκατάσταση αστραπής, όπου:

- EBB = Equipotential bonding bus bar – Ράβδος ισοδυναμίας,
- MFB = Main feeder box – Κουτί κεντρικού τροφοδότη,
- SNO = Supply network operator – Διαχειριστής δικτύου παροχής,
- SPD = Surge Protective Device – Συσκευή προστασίας από υπερτάσεις,
- Optional SPD type – Συσκευή προστασίας από υπερτάσεις,
- Loads in the house – Φορτία στο σπίτι,
- Counter / main distribution box – Κουτί μετρητή /Κουτί κύριας διανομής.

Πηγή: <https://www.indiamart.com/satcomelektronics/r-f-surge-protector.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Στην πράξη, έχουμε να κάνουμε με δύο περιπτώσεις:

1. Το κτίριο είναι εξοπλισμένο με LPS και η απόσταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων δεν πληροί την απαίτηση $d < s$. Σε μια τέτοια περίπτωση, η δομή στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων πρέπει να καλύπτεται με συνδέσεις εξισορρόπησης(equalizing connections).
2. Το κτίριο είναι εξοπλισμένο με LPS και η απόσταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων πληροί την απαίτηση $d < s$. Σε μια τέτοια περίπτωση, η δομή στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων πρέπει να συνδεθεί με το σύστημα τερματικού αέρα(air terminal system).



Εικ. 9. Συνδέσεις εξισοροπήσεις (Equalising connections) όταν $d < s$, όπου:

1 – Equipotential bonding conductor to GSU – Αγωγός ισοδυναμίας στο GSU,

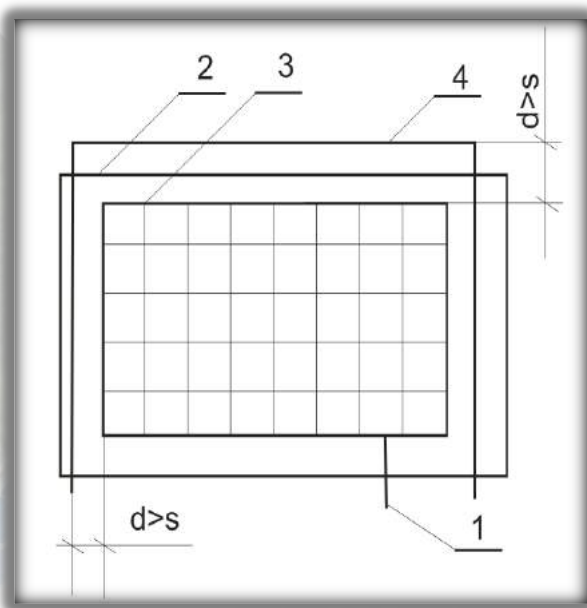
2 – Roof edge – Άκρη οροφής,

3 – PV generator – Φωτοβολταϊκή γεννήτρια,

4 – Horizontal air terminals – Οριζόντια τερματικά αέρα,

5 – Connection of the PV supporting structure with LPS – Σύνδεση της υποστηρικτικής δομής του φωτοβολταϊκού με LPS.

Πηγή: εργασία συγγραφέων.



Εικ. 11. Συνδέσεις Εξισοροπήσεις (Equalising connections) όταν $d > s$, όπου:

1 – Equipotential bonding conductor to GSU – Αγωγός ισοδυναμίας στο GSU,

2 – Roof edge – Άκρη οροφής,

3 – PV generator – Φωτοβολταϊκή γεννήτρια,

4 – Horizontal air terminals – Οριζόντια τερματικά αέρα,

5 – Connection of the PV supporting structure with LPS – Σύνδεση της υποστηρικτικής δομής του φωτοβολταϊκού με LPS.

Πηγή: εργασία συγγραφέων.

4.9. Κανόνες εγκατάστασης για ηλιακά συστήματα

Κατά την έναρξη της διαδικασίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, θα πρέπει να ακολουθούνται ορισμένοι κανόνες και μια σειρά από δραστηριότητες σε όλη τη διαδικασία. Μια τέτοια διαδικασία εγγυάται ότι οι ενέργειές μας θα είναι λογικές, αποτελεσματικές και αποδοτικές, ενώ η εξυπηρέτηση του πελάτη θα παρέχεται έγκαιρα, με διατήρηση της καλής ποιότητας και του κόστους που αναλαμβάνεται στην εκτίμηση κόστους.

1	• Επαλήθευση λαμβανόμενων δεδομένων
2	• Επιβεβαίωση με τον επενδυτή των όρων και προϋποθέσεων της συμφωνίας πριν από την έναρξη της αγοράς
3	• Εκτέλεση παραδόσεων συγκεκριμένων εξαρτημάτων και συλλογή εργαλείων
4	• Προστασία του χώρου εγκατάστασης
5	• Απόδοση των έργων εγκατάστασης
6	• Τελικές δραστηριότητες και αποδοχή

Εικ. 1. Επαλήθευση των λαμβανόμενων δεδομένων για τον σχεδιασμό
Πηγή: Εργασία συγγραφέων

Επαλήθευση των λαμβανόμενων δεδομένων για τον σχεδιασμό

Θα πρέπει να διεξαχθεί η επιτόπια επιθεώρηση της εγκατάστασης και κάποιος θα πρέπει να επαληθεύεται εάν η παραδοθείσα τεχνική τεκμηρίωση συμμορφώνεται και προσαρμόζεται στην εγκατάσταση. Η ενέργεια αυτή είναι σημαντική όταν εκτελούμε εγκαταστάσεις από έγγραφά που ετοίμασε το τρίτο μέρος και εμείς, ως συνεργάτες, δεν συμμετείχαμε σε επιτόπια επιθεώρηση και ξεκινήσαμε να δουλεύουμε ως μισθωμένη εταιρεία για τα παραπάνω έργα. Εάν η σχεδίαση είναι η δική μας, αυτή η ενέργεια μπορεί να παραλειφθεί, καθώς στο στάδιο του σχεδιασμού είμαστε σε συνεχή επαφή με την εγκατάσταση.

Επιβεβαίωση με τον επενδυτή των όρων και προϋποθέσεων της συμφωνίας πριν από την έναρξη της αγοράς

Η ορθή πρακτική σε κάθε περίπτωση είναι η επιβεβαίωση με τον πελάτη των όρων και προϋποθέσεων της συμφωνίας (τιμές, ημερομηνίες έναρξης εργασίας). Ίσως ο πελάτης χρειάζεται μικρές αλλαγές ως προς την ημερομηνία έναρξης της εργασίας για διάφορους λόγους. Εάν προκύψουν τέτοιες αλλαγές, πρέπει να συμφωνηθούν γραπτώς και να επιβεβαιωθούν με διμερή υπογραφή. Στη συνέχεια, θα αποφευχθούν τυχόν παρεξηγήσεις και διαφωνίες ως προς τους όρους της συμφωνίας.

Εκτέλεση παραδόσεων συγκεκριμένων εξαρτημάτων και συλλογή εργαλείων

Το επόμενο στάδιο συνίσταται στην επιλογή όλων των εξαρτημάτων που απαιτούνται για την εκτέλεση εργασιών εγκατάστασης και στη διασφάλιση σχετικών εργαλείων εργασίας. Τα στοιχεία και τα εργαλεία που παραδίδονται στο χώρο πρέπει να προστατεύονται (κατά προτίμηση σε συμφωνία με τον επενδυτή - ίσως να έχει κάποιο χώρο όπου μπορούν να αποθηκευτούν υπό κατάλληλες συνθήκες χωρίς εμπόδιο για οποιοδήποτε μέρος). Εάν η εγκατάστασή μας είναι μεγάλη και χωρισμένη σε στάδια, θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα των παραδόσεων σε συγκεκριμένα στάδια, επιτρέποντας έτσι την καλύτερη οργάνωση κατά τη διάρκεια των εργασιών, χωρίς να βλάπτεται η απόδοσής της.

Ο αρχικός έλεγχος των στοιχείων που παραδίδονται (μονάδες, μετατροπέας, καλωδίωση μαζί με αρμούς και άλλα στοιχεία εγκατάστασης) είναι πολύ σημαντική. Μια τέτοια διαδικασία πρέπει να επιτρέπει την αποφυγή τυχόν διαφωνιών με τον προμηθευτή σε περίπτωση ελαττωματικής παράδοσης, καθώς η παρέμβασή μας θα είναι άμεση. Εάν πραγματοποιήσουμε μόνοι μας την αγορά, τα μέτρα ελέγχου θα πρέπει να εκτελούνται απευθείας στον τόπο αγοράς.

Προστασία του χώρου εγκατάστασης

Καθώς τα έργα μας θα είναι ηλεκτρικά έργα από την μια πλευρά και οι εργασίες είναι σε ύψος από την άλλη πλευρά, ο χώρος εγκατάστασης θα πρέπει να προστατεύεται σύμφωνα με τους κανονισμούς του Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας.

Οι εργαζόμενοι που συμμετέχουν σε έργα πρέπει να είναι υγιείς και να έχουν όλες τις απαραίτητες άδειες επιβεβαιωμένες με έγκυρα πιστοποιητικά που είναι απαραίτητα για την εκτέλεση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων.



Εικ. 2. Παραδειγματική προστασία χώρου

Πηγή: <http://odnawialneźródłaenergii.pl/energia-słoneczna-aktualności/item/514-farma-fotowoltaiczna-w-lipsku-na-finiżu>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018)

Απόδοση των έργων εγκατάστασης

Στο επόμενο βήμα, προχωράμε στην εγκατάσταση που εκτελείται σταδιακά. Στην περίπτωση μικρών ομάδων εγκατάστασης (δύο ατόμων), εκτελούνται στάδια το ένα μετά το άλλο, ενώ στην περίπτωση μεγαλύτερων ομάδων, μπορούμε να διεξάγουμε ταυτόχρονα συγκεκριμένα στάδια.

Ιδιαίτερα στάδια προκύπτουν άμεσα από τη λογική δομής του συστήματος και έχουν ως εξής:

- 1) Συναρμολόγηση της δομής στήριξης (στην οροφή ή στο έδαφος)



Εικ. 3. Παραδειγματική δομή στήριξης στην οροφή

Πηγή: <http://solarsystemmanufacturers.com/metal-roof-mounting-structure/metal-roof-mounting-structure-manufacturer/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).



Εικ. 4. Παραδειγματική δόμη στήριξης στο έδαφος

Πηγή: <https://www.solarbuildermag.com/wp-content/uploads/2013/05/Solar-FlexRack.jpg>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 2) Έλεγχος ορθότητας συναρμολόγησης.
- 3) Συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων στη δομή στήριξης.



Εικ. 5. Συναρμολόγηση μονάδων στην υποστηρικτική δομή της οροφής

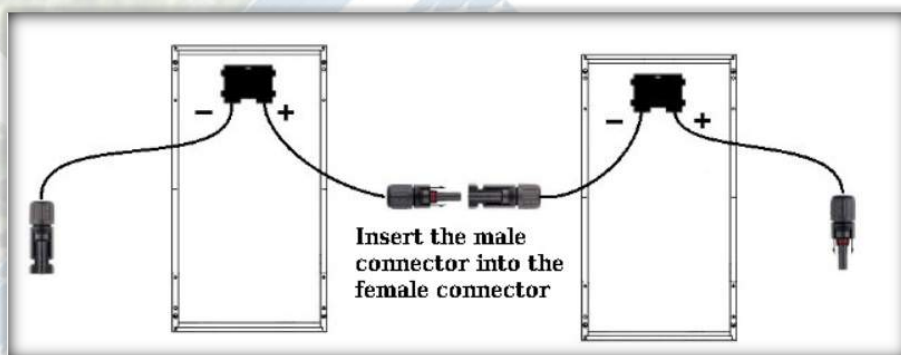
Πηγή: <http://www.solarpanelsindustry.com/p/portfolio.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).



Εικ. 6. Συναρμολόγηση των μονάδων σε υποστηρικτική δομή εδάφους

Πηγή: <http://www.ticktockenergy.com/ground-mounted-solar-panels/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 4) Έλεγχος ορθότητας συναρμολόγησης.
- 5) Ηλεκτρική σύνδεση μονάδων και παροχή εγκατάστασης DC.

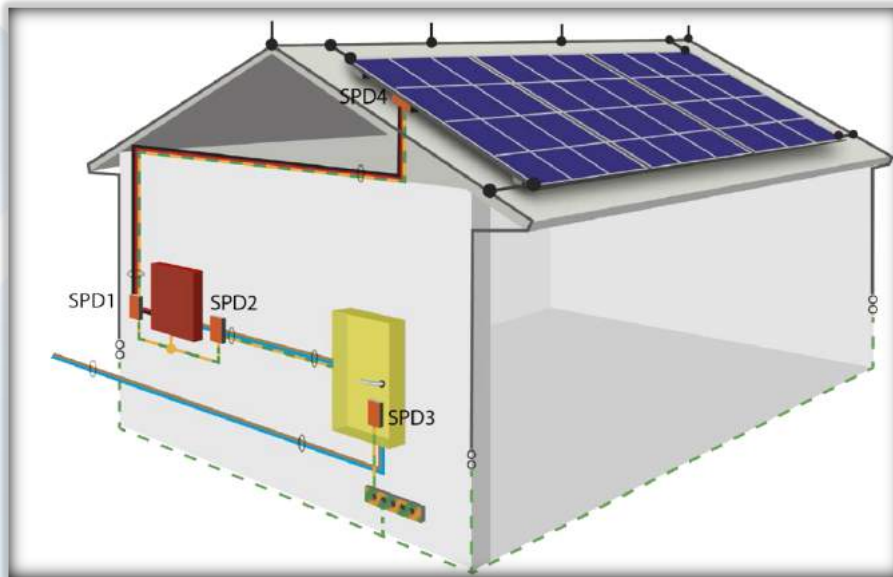


Εικ. 7. Ηλεκτρική σύνδεση μονάδων, όπου:

Insert the male connector into the female connector –Εισάγετε τον αρσενικό συνδετήρα στον θηλυκό συνδετήρα

Πηγή: <https://www.solar-electric.com/learning-center/wiring-cabling/how-to-use-mc4-connectors-cables.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 6) Έλεγχος και απαραίτητες μετρήσεις όσον αφορά τον ηλεκτρισμό.
- 7) Συναρμολόγηση της εγκατάστασης αστραπής (εάν υπάρχει) και προστασία από την πλευρά DC.



Εικ. 8. Εγκατάσταση αστραπής

Πηγή: <http://www.novaris.com.au/wp-content/uploads/2016/02/0015-D29V2-Protection-for-PV-Systems-Australia.pdf>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 8) Έλεγχος και απαραίτητες ηλεκτρικές μετρήσεις.
- 9) Συναρμολόγηση του κουτιού σύνδεσης DC και του κύριου διακόπτη DC που συνδέεται με το κύκλωμα DC.



Εικ. 9. Συναρμολόγηση του κουτιού DC

Πηγή: <https://www.etigroup.eu/solution/protection-of-photovoltaics-systems/dc-distribution-and-protection>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 10) Τελικός έλεγχος ολόκληρου του συστήματος DC στο πλάι των φωτοβολταϊκών συλλεκτών.
- 11) Παροχή της κύριας εγκατάστασης καλωδίου DC και στο κιβώτιο σύνδεσης στον μετατροπέα.

12) Συναρμολόγηση του μετατροπέα όπως ζητείται.



Εικ. 10. Συναρμολόγηση του μετατροπέα

Πηγή: <http://greenpowerco.com.au/wp-content/uploads/2016/11/sma-inverters-1024x354.jpg>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

13) Έλεγχος της ορθής σύνδεση του κύριου καλωδίου DC και της συναρμολόγησης του μετατροπέα.

14) Παροχή της εγκατάστασης καλωδίου AC από τον μετατροπέα στο κεντρικό κιβώτιο σύνδεσης.

15) Συναρμολόγηση των προστασιών από την πλευρά του AC.



Εικ. 11. Προστασίες AC

Πηγή: <https://solarbay.com.au/projects/drury-farm-dairy-commercial-solar/dairy-farm-solar/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

16) Έλεγχος σωστής συναρμολόγησης του κυκλώματος AC.

17) Σύνδεση του μετατροπέα στο δίκτυο (εάν υπάρχει).

18) Συναρμολόγηση και σύνδεση της αποθήκευσης ενέργειας (εάν υπάρχει).

19) Προετοιμασία του μετατροπέα χωρίς το συνδεδεμένο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος για να επαληθεύσετε την ορθότητα της εγκατάστασης εναλλασσόμενου ρεύματος.

20) Προσωρινή αποσύνδεση του μετατροπέα από το δίκτυο.

21) Σύνδεση του κυκλώματος συνεχούς ρεύματος στον μετατροπέα και επανενεργοποίηση του.

22) Εκτέλεση των απαραίτητων προσαρμογών και προγραμματισμών στο μετατροπέα.

23) Ενεργοποίηση του συστήματος απομακρυσμένης επικοινωνίας (remote communication).

24) Αποσύνδεση πρόσθετων συσκευών, εάν υπάρχουν (για παράδειγμα, Solar Log), για ανάλυση.

Τελικές δραστηριότητες και αποδοχή:

- 1) Βασική εκπαίδευση χρηστών.
- 2) Υπογραφή πρωτοκόλλου αποδοχής, έκδοση εγγράφων εγγύησης στο τέλος της εγκατάστασης.
- 3) Τελικός διακανονισμός με τον πελάτη.

4.10. Τυπικά λάθη κατά την συναρμολόγηση

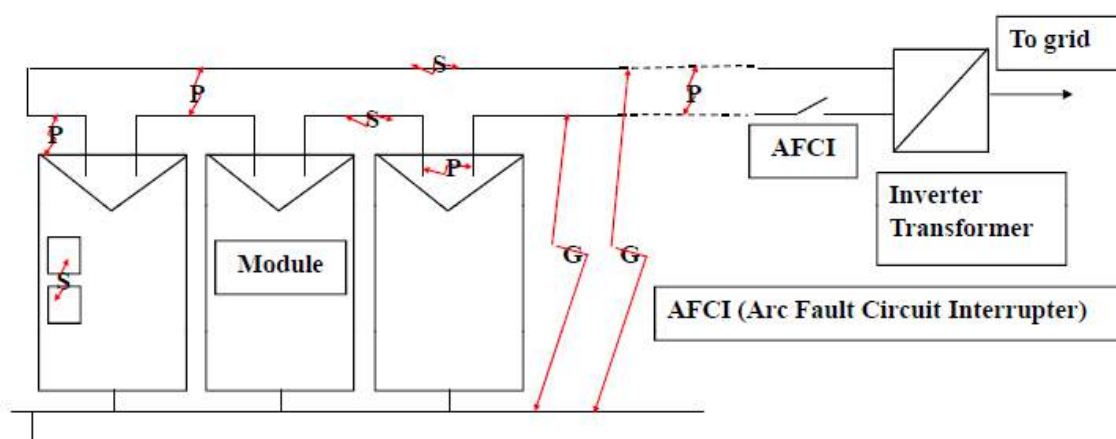
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα πρέπει να εργάζονται για πολλά χρόνια. Για αυτό, σας παραθέτονται πληροφορίες για τα τυπικά λάθη και θέματα που εγείρονται κατά την συναρμολόγηση του συστήματος που είναι χρήσιμες.

Αποτυχίες μόνωσης (σπασίματα)

Πρόσφατα, η ποιότητα των συρμάτων και των συνδέσεων μεταξύ των μονάδων έχει βελτιωθεί σημαντικά με την εισαγωγή των βυσμάτων σύνδεσης (plug connectors). Η εφαρμογή καλωδίων και συνδέσεων καλωδίων με μικρή αντίσταση στη θερμοκρασία και την υπεριώδη ακτινοβολία δημιούργησε πολλά προβλήματα.

Η σωστή σύνδεση σχετίζεται επίσης με την κατάλληλη μηχανική αντίσταση. Όλες οι συνδέσεις και οι μόνωσεις είναι παλιές. Η διάρκεια ζωής των καλωδίων που εφαρμόζονται στα συστήματα τροφοδοσίας καθορίζεται ως 45 έτη.

Η μόνωση των καλωδίων μπορεί να καταστραφεί από την υπεριώδη ακτινοβολία, τις βλάβες τάσης και μηχανικά. Οποιαδήποτε ζημιά στη μόνωση στην πλευρά DC μπορεί να προκαλέσει σπινθήρα που δημιουργεί τον κίνδυνο πυρκαγιάς.



Εικ. 1. Πιθανά σημεία καταστροφής του σύρματος σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, όπου:

- To grid – Στο δίκτυο,
- Inverter – Μετατροπέας,
- Transformer – Μετασχηματιστής,
- AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter) – Διακόπτης λανθασμένου κυκλώματος,
- PV module – Φωτοβολταϊκή μονάδα.

Πηγή: <https://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/ARC/Tech%20Talks/TTVol8-FireHazardsofPVSystems.pdf>, (απόσπασμα: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

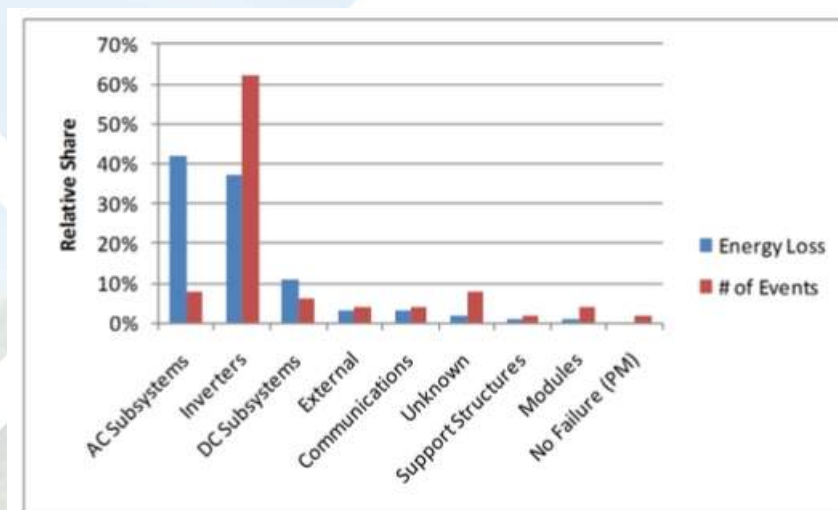
Επομένως, η καλωδίωση πρέπει να ελέγχεται περιοδικά όσον αφορά τις μηχανικές και θερμικές βλάβες. Η μέτρηση της αντίστασης της μόνωσης είναι η καλύτερη λύση.

Η αυτόματη παρακολούθηση της μόνωσης που εφαρμόζεται στους μετατροπείς είναι μια πολύ χρήσιμη λειτουργία. Το σύστημα παρακολούθησης στέλλει σήματα για τις ζημιές στη

μόνωση και απενεργοποιεί το φωτοβολταϊκό σύστημα από το ενεργειακό δίκτυο. Εντούτοις, πρέπει να παρέχεται ακόμα ρεύμα από φωτοβολταϊκά πάνελ. Αυτό σημαίνει ότι η αποτυχία δεν μπορεί να εξαλειφθεί από το μετατροπέα. Εάν μια τέτοια αποτυχία εντοπιστεί, θα πρέπει να ξεκινήσει το συντομότερο δυνατόν μια ενέργεια για την εξάλειψή της.

Βλάβες του μετατροπέα

Οι βλάβες του μετατροπέα είναι οι πιο συχνά αναφερθέντες βλάβες (63%). Ωστόσο, μπορεί να παρατηρηθεί σημαντική βελτίωση στο πλαίσιο αυτό. Η μη σωστή διαστασιολόγηση ή η ρύθμιση της τάσης με τα φωτοβολταϊκά πάνελ αποτελεί το κοινό λάθος. Πολλές εταιρείες εγκατάστασης έχουν ξεπεράσει αυτό το πρόβλημα εφαρμόζοντας εργαλεία λογισμικού που επιτρέπουν σωστή προσομοίωση των παραμέτρων του συστήματος. Μια άλλη πηγή προβλημάτων με τους μετατροπείς είναι οι βλάβες που προκαλούνται από ηλεκτρικούς παλμούς (electrical impulses) ή διακόπτες δικτύου (network switchovers), την “γήρανση” ή την υπερθέρμανση.



Εικ. 2. Ποσοστό διανομής της βλάβης στα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπου:

- *Relative Share* – Σχετικό μερίδιο,
- *Energy Loss* – Απώλεια ενέργειας,
- *Energy of Events* – Ενέργεια των γεγονότων,
- *AC Subsystems* – Υποσυστήματα AC,
- *Inverters* – Μετατροπείς,
- *DC Subsystems* – Υποσυστήματα DC,
- *External* – Εξωτερικά,
- *Communication* – Επικοινωνία,
- *Unknown* – Άγνωστη,
- *Support Structures* – Υποστηρικτικές δομές,
- *PV modules* – Μονάδες φωτοβολταϊκών,
- *No Failure (PM)* – Καμία απώλεια.

Πηγή: <https://www.scottmadden.com/insight/solar-photovoltaic-plant-operating-and-maintenance-costs/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Μηχανικές βλάβες στις μονάδες

Η καταστροφή των φωτοβολταϊκών μονάδων κατά την εγκατάσταση στην οροφή, κατά τη διάρκεια της ρύθμισής τους για την επίτευξη επίπεδης επιφάνειας, είναι μια τυπική

αστοχία. Η έλλειψη διαστολής μεταξύ μονάδων ή πολύ σπάνιων διατάξεων στερέωσης που δεν λαμβάνουν υπόψη την αιολική ενέργεια αποτελούν τυπικό σφάλμα στο φωτοβολταϊκό συγκρότημα. Μια ακατάλληλα επιλεγμένη μονάδα για περιβαλλοντικές συνθήκες κάτω από την επίδραση της θερμοκρασίας και του ανέμου ή ως αποτέλεσμα της γήρανσης μπορεί να υποβληθεί σε ταχύτερη υποβάθμιση και π.χ. το γυαλί μπορεί να είναι εύθραυστο, ενώ ένα ακατάλληλο υλικό για πλαίσια συναρμολόγησης μπορεί να προκαλέσει τη διάβρωσή του.



Εικ. 3. Βλάβη στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια λόγω ανέμου

Πηγή: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-18/issue-4/features/solar/ensuring-your-solar-array-doesn-t-get-caught-in-the-wind.html>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Τα λάθη και οι ζημιές στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τον σωστό σχεδιασμό, εγκατάσταση και συντήρηση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Συνήθως, τα περισσότερα λάθη στα φωτοβολταϊκά συστήματα συμβαίνουν κατά την εγκατάσταση.

Συχνά λάθη κατά την εγκατάστασή και ρύθμιση του πλαισίου(panel):

- 1) Αλλαγή καλωδίωσης, χωρίς αλλαγές στο διάγραμμα κυκλωμάτων.
- 2) Αλλαγή σε τύπο μονάδας ή κατασκευαστή λόγω προβλημάτων με αναλώσιμα.
- 3) Η υπέρβαση της τάσης της μονάδας ή του μετατροπέα ως αποτέλεσμα λανθασμένου σχεδιασμού πίνακα.
- 4) Διαμόρφωση πολύ μικρού αριθμού μονάδων σε σειρά για σωστή λειτουργία του μετατροπέα κατά τη διάρκεια των υψηλών θερινών θερμοκρασιών.
- 5) Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η παράμετρος I_{mp} κάθε μονάδας (ομαδοποίηση).

Συχνά λάθη στην εγκατάσταση καλωδίων:

- 1) Ανθρώπινα σφάλματα κατά την εκτέλεση συνδέσεων κατά την εγκατάσταση.
- 2) Ανεπαρκής τοποθέτηση καλωδίων στο έδαφος (καλωδιακές διαδρομές).



Εικ. 4. Λανθασμένη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών καλωδίων

Πηγή: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/common-residential-pv-system-code-violations#.W9Hs1nszaro>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 3) Καλώδια που αγγίζουν οροφή ή άλλες λειαντικές επιφάνειες που έχουν εκτεθεί σε φυσικές βλάβες.
- 4) Μη σωστά τοποθετημένα καλωδιακά κανάλια(cable tracks) - τοποθέτηση σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.
- 5) Πολλά καλώδια σε ένα κλιπ.



Εικ. 5. Λανθασμένα τοποθετημένα φωτοβολταϊκά σύρματα χωρίς το cable route

Πηγή: <https://newenglandcleanenergy.com/energymiser/2013/05/09/shady-solar-installment-2-why-wires-matter/>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 6) Έλλειψη στοιχείων στήριξης για τη διεξαγωγή καλωδίων.
- 7) Υπερβολικά τεντωμένα ή πολύ χαλαρά καλώδια.
- 8) Δεν εφαρμόστηκαν πλήρως οι βυσματικοί σύνδεσμοι.
- 9) Κάμψη καλωδίων πολύ κοντά στην υποδοχή.
- 10) Εσφαλμένα συνδεδεμένα βύσματα (δεν έχουν μπλοκαριστεί).



Εικ. 6. Ορθή σύνδεση των φωτοβολταϊκών συρμάτων με την χρήση plug connectors
Πηγή: <https://www.homepower.com/articles/solar-electricity/equipment-products/array-wire-management>, πρόσβαση 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Τυπικά λάθη στην εγκατάσταση της γείωσης στις φωτοβολταϊκές μονάδες:

- 1) Έλλειψη εγκατάστασης γείωσης στον πίνακα.
- 2) Δεν έχουν συνδεθεί διάφορα εξαρτήματα της μονάδας προκειμένου να επιτευχθεί ίσο δυναμικό γείωσης.



Εικ. 7. Συνδέσεις δυναμών εξισορρόπησης της γείωσης της μονάδας σε φωτοβολταϊκά συστήματα
Πηγή: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/common-residential-pv-system-code-violations#.W9Hs1nszaro>, (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

- 3) Χρήση ακατάλληλων λαβών γείωσης σε φωτοβολταϊκές μονάδες γης και δομές στήριξης.
- 4) Η υπόθεση ότι τα πλαίσια αλουμινίου που οδηγούνται στη γη σε δομές στήριξης εξασφαλίζουν αποτελεσματική γείωση.
- 5) Εγκατάσταση γείωσης χωρίς διαστάσεις.
- 6) Εσφαλμένη εγκατάσταση προστασίας από κεραυνούς.



Εικ. 8. Τμήμα της εγκατάστασης αστραπής στο φωτοβολταϊκό σύστημα

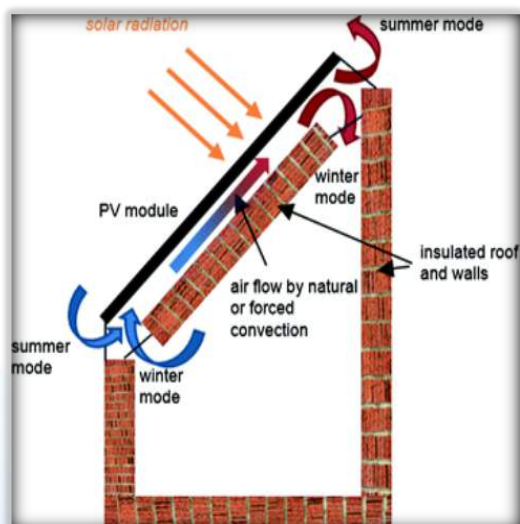
Πηγή: <https://www.solarinsure.com/protect-your-solar-power-system-from-lightning>,
(πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018).

Τυπικά λάθη σχετικά με την εγκατάσταση ηλεκτρικών κιβωτίων, καλωδίων και απεγκατάσταση:

- 1) Σπάσιμο εγκαταστάσεων προσαρμοσμένων σε κάθετη τοποθέτηση σε μη κάθετη εφαρμογή – Εγκατάσταση διακοπών που προορίζονται για κάθετη λειτουργία σε μη κάθετη ρύθμιση.
- 2) Εγκατάσταση ασφαλειών μη σωστής αξίας (fuses of improper value).
- 3) Λανθασμένα τοποθετημένα ηλεκτρικά κιβώτια (electric boxes) και καλωδιακά κανάλια (cable tracks), λόγω των οποίων δεν είναι σχεδόν διαθέσιμα για χρήση.
- 4) Μη συμμόρφωση με τις οδηγίες του κατασκευαστή σχετικά με την αποσύνδεση καλωδίων στην πλευρά DC.
- 5) Εγκατάσταση καλωδίων χωρίς μόνωση ή με ακατάλληλη μόνωση σε υγρά μέρη και εσωτερικά κουτιά που δεν είναι ανθεκτικά στο νερό.
- 6) Εφαρμογή λανθασμένων εξαρτημάτων για την εισαγωγή καλωδίων σε εξωτερικά κουτιά.

Τυπικά λάθη εγκατάστασης που συνδέονται με συστήματα τοποθέτησης:

- 1) Εφαρμογή ακατάλληλου εξοπλισμού συναρμολόγησης.
- 2) Λανθασμένη επεξεργασία στέγης.
- 3) Εφαρμογή λανθασμένων στηριγμάτων στέγης (roof mountings) για συγκεκριμένο τύπο στέγης.
- 4) Εφαρμογή λανθασμένων βιδών για τελειώματα στέγης, για στοιχεία στέγης.
- 5) Διάτρηση λανθασμένων ανοιγμάτων για βύσματα τοίχου και σπασμένα τελειώματα στέγης (στοιχεία στέγης).
- 6) Λανθασμένη απόσταση μονάδων από την οροφή.



Εικ. 9. Ανταλλαγή αέρα στην καλά συναρμολογημένη φωτοβολταϊκή μονάδα, όπου:

- *Solar radiation* – Ηλιακή ακτινοβολία,
- *PV module* – Φωτοβολταϊκή Μονάδα,
- *Summer mode* – Καλοκαίρι,
- *Winter mode* – Χειμώνας,
- *Air flow by natural or forced convection* – Ροή αέρα μέσω φυσικής ή εξαναγκασμένης μεταφοράς,
- *Insulated roof and walls* – Μονωμένη οροφή και τοίχοι,

Πηγή: Olivier Dupré, Rodolphe Vaillon, Martin A. Green; *Thermal Issues in Photovoltaics and Existing Solutions* Springer International Publishing AG 2017.

4.11. Συνθήκες συλλογής και τεχνικά έγγραφα της εγκατάστασης

Τεχνικά έγγραφα

Η πλειονότητα των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων λειτουργεί στη λειτουργία δικτύου, δηλαδή συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο. Μια τέτοια σύνδεση κάθε συσκευής απαιτεί την τήρηση των ειδικών τεχνικών προϋποθέσεων που απαιτούνται από έναν τοπικό διαχειριστή δικτύου.

Στην περίπτωση των μικροεγκαταστάσεων, μία από τις προϋποθέσεις είναι η παρουσίαση του τεχνικού φακέλου της εγκατάστασης στο στάδιο της υποβολής της αίτησης σύνδεσης.

Τα έγγραφα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- διάγραμμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης της εγκατάστασης,
- Μέθοδος σύνδεσης της μικροεγκατάστασης στην ηλεκτρική εγκατάσταση της εγκατάστασης και στο δίκτυο,
- εάν ο αιτών αποτελείται είναι επιχειρηματίας, το σύστημα σύνδεσης θα πρέπει να περιλαμβάνει το σύστημα μέτρησης για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στην μικροεγκατάσταση.

Επιπλέον, η αίτηση σύνδεσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένα στοιχεία της εγκατάστασης:

1. Πληροφορίες για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση

- α) Θέση εδάφους / οροφής / πρόσοψης / άλλου.....

- β) Αριθμός τμημάτων *..... [τεμ.].
- γ) Τμηματική ονομαστική ισχύς *..... [W].
- δ) Μέγιστη επιτρεπτή τάση..... [V].
- ε) Τύπος μόνιμα συναρμολογημένος:.....
- στ) Μέγιστο ύψος της δομής **..... [m].

* Μια ομάδα πάνελ συνδεδεμένων σε ένα μετατροπέα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως τμήματα.

** Αναφέρεται μόνο σε δομές συναρμολογημένες στο έδαφος, μετρημένες από το έδαφος μέχρι το υψηλότερο στοιχείο που προεξέχει από τη δομή / πλάκα.

2. Φωτοβολταϊκό κελί

- α) Κατασκευαστής / χώρα / τύπος:
- β) Προβλεπόμενη διάρκεια λειτουργίας σε έτη:.....
- γ) Μέγιστη ονομαστική ισχύς:..... [W].
- δ) Τάση ανοικτού κυκλώματος συνεχούς ρεύματος (V):..... [V].
- ε) Μέγιστη τάση συνεχούς ρεύματος:..... [V].
- στ) Ρεύμα βραχυκυκλώματος:..... [A].
- ζ) Μέγιστο ρεύμα για βέλτιστες συνθήκες:..... [A].
- η) Ονομαστική απόδοση..... [%].
- θ) Διαστάσεις (πλάτος / ύψος)..... [m].

3. DC/AC μετατροπέας(μετατροπέας)

- α) Τύπος μετατροπέα
- β) Κατασκευαστής / χώρα ...
- γ) Αριθμός μετατροπέων [π.].
- δ) Ονομαστική ισχύς AC [kW].
- ε) Ονομαστική ισχύς DC [kW].
- στ) Μέγιστη τάση εισόδου [V].
- ζ) Ονομαστική τάση εξόδου [V].
- η) Εύρος αλλαγής τάσης εξόδου [V].
- θ) Ονομαστικό ρεύμα εισόδου [ENA].
- ι) ονομαστικό ρεύμα εξόδου [ENA].
- κ) ρεύμα εξόδου Min / max [ENA].
- λ) Κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία την νύχτα [W].
- μ) Συχνότητα [Hz].

ν) Εύρος αλλαγών συχνότητας [Hz].

ξ) Παράγοντας παραμόρφωσης [%].

ο) Συντελεστής ισχύος [-].

Απόδοση Εγκατάστασης

Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί ότι η κατασκευή της μικροεγκατάστασης και η σύνδεσή της με το ηλεκτρικό δίκτυο μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από πρόσωπο που κατέχει σχετικές άδειες που καθορίζονται στις πρόνοιες της συγκεκριμένης χώρας.

Τελικές δοκιμές, εκκίνηση και commissioning.

Η διαδικασία εγκατάστασης τελειώνει με το στάδιο της δοκιμής και εκκίνησης. Σε αυτό το στάδιο προηγείται η διαδικασία σύνταξης γραπτής αναφοράς από τον εγκαταστάτη, συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων των δοκιμών λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που καθορίζονται στις οδηγίες για την εγκατάσταση από τους κατασκευαστές εφαρμοζόμενων φωτοβολταϊκών συσκευών.

Οι μετρήσεις δοκιμών θα πρέπει να προηγούνται με την αρχική επιθεώρηση του συστήματος, η οποία πρέπει να διεξαχθεί πριν από τη σύνδεση παροχής ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η επιθεώρηση πρέπει να διεξάγεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-6.

Σημείωση: Σε περίπτωση ηλεκτρικής καλωδίωσης που μπορεί να βρεθεί σε δύσκολα προσπελάσιμα σημεία μετά την εγκατάσταση του συστήματος, μπορεί να χρειαστεί να τα ελέγξετε πριν από την εγκατάσταση ή την πορεία τους.

Θα πρέπει να επαληθευτεί κατά πόσον τα ακόλουθα στοιχεία, τυπικά για τα φωτοβολταϊκά συστήματα που συνδέονται με το δίκτυο, πρέπει να ελέγχονται κατά την αρχική επιθεώρηση:

Πλευρά DC του φωτοβολταϊκού συστήματος – γενικός έλεγχος

Ο γενικός έλεγχος της εγκατάστασης συνεχούς ρεύματος πρέπει να επαληθεύει εάν:

- 1) Το σύστημα DC σχεδιάστηκε, προσδιορίστηκε και εγκαταστάθηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364, και ειδικότερα του μέρους IEC 60364-9-1.
- 2) Η μέγιστη τάση του πεδίου της φωτοβολταϊκής μονάδας είναι κατάλληλη για τη θέση του φωτοβολταϊκού συστήματος (IEC 60364-9-1 και οι τοπικοί κανονισμοί μπορούν να προβλέπουν ότι οι εγκαταστάσεις πάνω από κάποια τάση μπορεί να βρίσκονται μόνο σε συγκεκριμένες τοποθεσίες).
- 3) Όλα τα στοιχεία του συστήματος και οι δομές εγκατάστασης επιλέχθηκαν και συναρμολογήθηκαν με τον τρόπο που επιτρέπουν την επίδραση των αναμενόμενων εξωτερικών συνθηκών, όπως ο άνεμος, το χιόνι, η θερμοκρασία ή η έκθεση στη διάβρωση.
- 4) Τα στηρίγματα στέγης και οι συρματόσχοινα για ηλεκτρικές καλωδιώσεις είναι ανθεκτικά στις ατμοσφαιρικές συνθήκες (αν υπάρχουν).

Σύστημα DC – προστασία από ηλεκτροπληξία

Ο έλεγχος της εγκατάστασης συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον την επαλήθευση των μέτρων προστασίας από ηλεκτροπληξία σε περίπτωση ελαττωμάτων της μόνωσης, συμπεριλαμβανομένων:

- α) Προστατευτικά μέτρα που προβλέπονται κατά την εφαρμογή πολύ χαμηλής τάσης (SELV / PELV) – ναι / όχι;
- β) Προστασία μέσω εφαρμογής τάξης II ή ίση μόνωση στην πλευρά DC – ναι / όχι;
- γ) Τα καλώδια και οι συνδέσεις των φωτοβολταϊκών αλυσίδων και του φωτοβολταϊκού πλαισίου επιλέχθηκαν και εγκαταστάθηκαν με τον τρόπο ελαχιστοποίησης του κινδύνου βραχυκυκλωμάτων μεταξύ τους και σφαλμάτων στην γη, που συνήθως επιτυγχάνεται με την εφαρμογή καλωδίου με προστατευτική και ενισχυμένη μόνωση (συχνά αποκαλούμενη "διπλή μόνωση") – ναι / όχι.

Σύστημα DC – προστασία από συνέπειες στην καταστροφή της μόνωσης.

Ο έλεγχος της εγκατάστασης συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον την επαλήθευση έγκυρων μέτρων προστασίας από τις συνέπειες των ζημιών από τη μόνωση, συμπεριλαμβανομένων:

- α) Γαλβανική απομόνωση εντός του μετατροπέα και στην πλευρά AC - ναι / όχι;
- β) Λειτουργική γείωση κάθε αγωγίμου στοιχείου - ναι / όχι;

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η γνώση της γαλβανικής απομόνωσης και των λειτουργικών γειώσεων είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό του κατά πόσον τα προστατευτικά μέτρα για την αποφυγή ζημιών από τη μόνωση έχουν καθοριστεί σωστά.

- γ) Το σύστημα συναγερμού για την ανίχνευση της χαμηλής αντίστασης μόνωσης μεταξύ του πεδίου της φωτοβολταϊκής μονάδας και της γήινης συμμόρφωσης με τις πρότυπες απαιτήσεις του IEC 60364-9-1.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: επιλογή που εξασφαλίζεται συνήθως από το μετατροπέα

Σύστημα DC – προστασία από υπερφόρτωση(overcurrent)

Ο έλεγχος της εγκατάστασης συνεχούς ρεύματος πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον την επαλήθευση της προστασίας από υπερφόρτωση σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος:

- α) Σε περίπτωση συστήματος χωρίς προστασία υπερφόρτωσης σε αλυσίδες φωτοβολταϊκών μονάδων, θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι:
- Το $I_{MOD_MAX_OCPR}$ (μέγιστο ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας σειράς στην αλυσίδα) είναι μεγαλύτερο από το πιθανό αντίστροφο ρεύμα.
 - Η καλωδιακή αλυσίδα της φωτοβολταϊκής μονάδας έχει επιλεγεί με τον τρόπο που επιτρέπει τη μεταφορά του μέγιστου ρεύματος βραχυκυκλώματος από αλυσίδες που είναι συνδεδεμένες παράλληλα.

Σημείωση: Για τον υπολογισμό του αντιστρεπτού ρεύματος(reverse current) του πεδίου της φωτοβολταϊκής μονάδας πρέπει να εφαρμόζεται το πρότυπο IEC 60364-9-1.

- β) Σε περίπτωση συστημάτων με προστασία υπερφόρτωσης σε αλυσίδες, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι συσκευές προστασίας από υπερένταση είναι κατάλληλες, σωστά εγκατεστημένες και συμμορφούμενες με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1. παρόμοια διαδικασία θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν έχει τοποθετηθεί προστασία υπερφόρτωσης για ολόκληρο το πεδίο των φωτοβολταϊκών μονάδων ή του τμήματος του.

Σύστημα DC – εγκατάσταση γείωσης

Ο έλεγχος της εγκατάστασης γείωσης DC πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον την επαλήθευση:

- α) όταν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση περιέχει λειτουργική γείωση ενός από τα καλώδια συνεχούς ρεύματος - συμμόρφωση των προδιαγραφών και της εγκατάστασης αυτής της γείωσης με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1,

- β) Όταν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση έχει άμεση σύνδεση με τη γείωση στην πλευρά DC - Συμμόρφωση του εφαρμοσμένου διακόπτη με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1.
- γ) Συμμόρφωση με τη μέθοδο των συνδέσεων γείωσης του πλαισίου πεδίου φωτοβολταϊκών πλαισίων με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1.
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι τοπικοί κανονισμοί ενδέχεται να απαιτούν διάφορες συνδέσεις.
- δ) Σε περίπτωση εγκατάστασης καλωδίων προστασίας γείωσης ή / και εξισορρόπησης στάθμης, θα πρέπει να επαληθευτεί αν είναι τοποθετημένα παράλληλα με τα καλώδια DC και συνδέονται με αυτά.

Σύστημα DC – προστασία από τις συνέπειες των αστραπών και των power surges

Ο έλεγχος της εγκατάστασης DC πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον:

- α) Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η τάση που προκαλείται από κεραυνό, επαλήθευση του κατά πόσο η επιφάνεια των βρόχων που δημιουργούνται από τις ηλεκτρικές καλωδιώσεις είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
- β) Επαλήθευση των μέτρων που αποσκοπούν στην προστασία μακρών καλωδίων (π.χ. μέσω οθονών ή εγκατάστασης γείωσης - SPD).
- γ) Σε περίπτωση χρήσης γείωσης SPD, επαληθεύστε εάν έχουν εγκατασταθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1.

Σύστημα DC – επιλογή και εγκατάσταση του ηλεκτρικού εξοπλισμού

Ο έλεγχος της εγκατάστασης DC καλύπτει τουλάχιστον την επαλήθευση εάν:

- α) Όλα τα στοιχεία προορίζονται για συνεχή λειτουργία DC και για μέγιστες δυνατές τιμές τάσης και ρεύματος, όπως ορίζονται στο πρότυπο IEC 60364-9-1.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Απαιτείται γνώση της μέγιστης τάσης και του ρεύματος του συστήματος κατά τη διάρκεια του ελέγχου του συστήματος DC.

- η μέγιστη τάση του συστήματος είναι η συνάρτηση της διαμόρφωσης των αλυσίδων των φωτοβολταϊκών μονάδων / του πεδίου της φωτοβολταϊκής μονάδας, της τάσης ανοικτού κυκλώματος (V_{oc}) των μονάδων και του πολλαπλασιαστή λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές θερμοκρασίας και έντασης φωτισμού (συνήθως 1,3),
 - το μέγιστο δυνατό ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι η συνάρτηση της διαμόρφωσης των αλυσίδων φωτοβολταϊκής μονάδας / πεδίου φωτοβολταϊκής μονάδας, του ρεύματος βραχυκυκλώματος (I_{sc}) των μονάδων και του πολλαπλασιαστή λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές θερμοκρασίας και έντασης ακτινοβολίας (συνήθως 1,5).
- β) Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν επιλεγεί και εγκατασταθεί για να αντέχουν τις αναμενόμενες επιπτώσεις των εξωτερικών παραγόντων, όπως ο αέρας, το πάγο, η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η ακτινοβολία UV.
- γ) Η μέθοδος απομόνωσης και αποσύνδεσης των αλυσίδων, του πεδίου της φωτοβολταϊκής μονάδας και του τμήματος των φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1.
- δ) Ο αποσυνδετήρας DC (DC disconnect) είναι εγκατεστημένος στην πλευρά του μετατροπέα DC σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1.

Σημείωση: Το πρότυπο IEC 60364-9-1 ορίζει τέσσερις διαφορετικές μεθόδους εγκατάστασης διακόπτη. ο εφαρμοζόμενος τύπος και ο τόπος του διακόπτη πρέπει να παρουσιάζονται στην αναφορά αποδοχής του συστήματος.

ε) Σε περίπτωση εγκατάστασης διόδων μπλοκαρίσματος(blocking diodes), θα πρέπει να επαληθεύεται αν η ονομαστική τάση τους ανέρχεται σε τουλάχιστον $2 \times V_{OCSTC}$ της αλυσίδας φωτοβολταϊκών μονάδων, όπου έχουν τοποθετηθεί οι δίοδοι (πρότυπο IEC 60364-9-1).

στ) Οι υποδοχές και οι σχισμές σύνδεσης είναι του ίδιου τύπου και από τον ίδιο κατασκευαστή και ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1.

Πλευρά AC του φωτοβολταϊκού συστήματος– γενικός έλεγχος

Ο έλεγχος του φωτοβολταϊκού συστήματος στην πλευρά AC περιλαμβάνει τουλάχιστον την επαλήθευση κατά πόσο:

α) Ο αποσυνδετήρας διακόπτης του μετατροπέα (switch disconnecter of the inverter) τοποθετείται στην πλευρά τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος.

β) Όλες οι συσκευές αποσύνδεσης και μεταγωγής που εφαρμόζονται στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών είναι καλωδιωμένες από την πλευρά των "φορτίων", ενώ το δημόσιο δίκτυο - από την πλευρά της "πηγής".

γ) Οι παράμετροι του μετατροπέα προγραμματίστηκαν σύμφωνα με τους τοπικούς κανονισμούς.

δ) Εάν το στοιχείο RCD διαφορικής προστασίας έχει εγκατασταθεί στο κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που τροφοδοτεί τον μετατροπέα, θα πρέπει να επαληθευτεί εάν το στοιχείο αυτό επιλέχθηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-9-1.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Σε περίπτωση μερικών μετατροπέων, ενδέχεται να απαιτούνται ασφάλειες RCD τύπου B (αργή καύση).

Επισήμανση (Labelling) και αναγνώριση

Ο έλεγχος του φωτοβολταϊκού συστήματος περιλαμβάνει τουλάχιστον την επαλήθευση κατά πόσο:

α) Όλα τα συστήματα, οι προστατευτικές συσκευές, οι διακόπτες και τα τερματικά επισημάνθηκαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364 γενικά και του προτύπου 60364-9-1 ειδικότερα.

β) Ετικέτες προειδοποίησης τοποθετήθηκαν σε όλα τα περιβλήματα των ηλεκτρικών κουτιών σύνδεσης DC (φωτοβολταϊκή γεννήτρια και φωτοβολταϊκά πλαίσια) που δείχνουν ότι τα ενεργά μέρη μέσα στο κιβώτιο τροφοδοτούνται από το πεδίο της φωτοβολταϊκής μονάδας και μπορούν ακόμη να ηλεκτροποιηθούν ακόμα και μετά την αποσύνδεση από τον μετατροπέα και το δημόσιο δίκτυο.

γ) Ο αποσυνδετήρας διακόπτης στην πλευρά AC ήταν σαφώς επισημασμένος.

δ) Τα σημεία σύνδεσης του συστήματος και του δικτύου είναι εφοδιασμένα με προειδοποιητικές ετικέτες που ειδοποιούν για διπλή τροφοδοσία ρεύματος.

ε) Σχέδιο ηλεκτρικής καλωδίωσης μονής γραμμής διατίθεται στο χώρο εγκατάστασης.

στ) Τα στοιχεία του εγκαταστάτη είναι διαθέσιμα στο χώρο εγκατάστασης.

ζ) Διαδικασίες απενεργοποίησης συστήματος είναι διαθέσιμες στο χώρο εγκατάστασης.

η) Υπάρχουν διαδικασίες συναγερμού στον τόπο εγκατάστασης (εάν υπάρχει).

θ) Όλες οι ετικέτες έχουν μόνιμα τοποθετηθεί.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι απαιτήσεις για την επισήμανση και την αναγνώριση του φωτοβολταϊκού συστήματος καθορίζονται στο πρότυπο IEC 60364-9-1.

Πρέπει να παρέχεται αντίγραφο των αποτελεσμάτων των δοκιμών στον πελάτη. Μετά την εκκίνηση του συστήματος, ο εγκαταστάτης εκδίδει ένα πιστοποιητικό για τον πελάτη, το οποίο περιέχει τα ακόλουθα δεδομένα:

- Διεύθυνση ακίνητης περιουσίας.
- Στοιχεία επικοινωνίας του τεχνικού εγκατάστασης.
- Τύποι και αύξοντες αριθμοί(serial numbers)των εγκατεστημένων συσκευών.
- Ημερομηνία έναρξης λειτουργίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
- Αξιολόγηση ισχύος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
- Εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
- Η περίοδος εγγύησης που έχει χορηγηθεί από τον εγκαταστάτη.
- Εγγυήσεις του κατασκευαστή για τις φωτοβολταϊκές μονάδες και τον μετατροπέα και στοιχεία επικοινωνίας των υπηρεσιών αυτών των παρόχων.

Τέτοιες πληροφορίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές όταν δεν υπάρχει εταιρεία εγκατάστασης. Επιπροσθέτως, επιτρέπει στον πελάτη να επαληθεύει την προσπάθεια αποφυγής της ευθύνης για μη έγκυρη εγκατάσταση.

Εγγυήσεις και εξυπηρέτηση

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εγκατάστασης, ο πελάτης πρέπει να είναι σίγουρος ότι έχει υποστήριξη σε περίπτωση οποιωνδήποτε προβλημάτων με το φωτοβολταϊκό σύστημα. Οι λεπτομέρειες των εγγυήσεων που αφορούν την ποιότητα των προϊόντων και των εργασιών εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνονται στα έγγραφα εκκίνησης που παρέχονται στον πελάτη από την εγκατάστατη κατά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης.

Οι εγκαταστάτες θα πρέπει να προτείνουν τη σύναψη μιας σύμβασης παροχής υπηρεσιών, αλλά δεν θα πρέπει να επιμείνουν στη χρήση της. Είναι μια καλή πρακτική να αφήνετε στον πελάτη ένα αντίγραφο με οδηγίες, περιγράφοντας τις απαιτήσεις σχετικά με τη συντήρηση του συστήματος.

Όλοι οι εγκαταστάτες πρέπει να έχουν και να εφαρμόζουν μια διαφανή διαδικασία υποβολής παραπόνων, καθώς και να αφήνουν την περιγραφή του παραπόνου στον πελάτη. Μια έρευνα ικανοποίησης πελατών είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την παρακολούθηση της ικανοποίησης των πελατών. Επομένως, δίνοντας μια τέτοια έρευνα στον πελάτη αποτελεί καλή πρακτική.

4.12. Υπολογισμός, προσφορά, συμφωνία για την εγκατάσταση ηλιακών συσκευών και συστημάτων

Αρχές σχετικές με την ποιότητα

Κάθε εταιρεία εγκατάστασης πρέπει να κατασκευάζει φωτοβολταϊκά συστήματα σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα και σε όλη τη διαδικασία κατασκευής θα πρέπει να εφαρμόζει ορθές πρακτικές για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων με επαναλαμβανόμενο τρόπο με το ίδιο υψηλό επίπεδο ποιότητας.

Το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας (Quality Management System, QMS) αποτελεί ένα εργαλείο για το σκοπό αυτό.

Η βασική ιδέα του ΣΔΠ είναι ότι από την πρώτη επαφή με τον πελάτη, δηλαδή από την προσφορά, μέχρι την συναρμολόγηση, την ενεργοποίηση και τη θέση σε λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, πρέπει να γίνεται ένα γράπτο πλάνο που θα υλοποιείται από έναν εγκαταστάτη κατά τη διάρκεια όλων των εγκαταστάσεων.

Οι τυποποιημένες διαδικασίες, τα έντυπα και το λογισμικό που δημιουργούν το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας συμβάλλουν στη συνοχή των δραστηριοτήτων και στην ανιχνευσιμότητά τους. Η ανιχνευσιμότητα τους καθίσταται σημαντική στην περίπτωση ζητημάτων αμέσως μετά την ενεργοποίηση, αλλά μπορεί να βοηθήσει και πολλούς μήνες ή χρόνια αργότερα.

Μια τέτοια τεκμηρίωση βοηθά να καταλάβουμε πού π.χ. ο εγκαταστάτης έκανε λάθος ή να αποδείξουμε ότι ο εγκαταστάτης δεν έκανε λάθη και είναι το λάθος κάποιου άλλου (είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περίπτωση διαφωνίας).

Το πρότυπο ISO 9001 είναι ένα παράδειγμα Συστήματος Διαχείρισης Ποιότητας που εφαρμόζεται από πολλές μεσαίες και μεγάλες επιχειρήσεις και μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο οδηγό για όλους όσους μελετούν τον τρόπο που μπορούν να εσωματώσουν το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας στη δραστηριότητά τους. Πρέπει να έχουμε κατά νου ότι κάθε εταιρεία είναι διαφορετική, έτσι κάθε οντότητα πρέπει να αναπτύξει το δικό της ΣΔΠ, το οποίο ταιριάζει καλύτερα στον τρόπο δράσης της.

Η εφαρμογή ολόκληρου του συστήματος ISO 9001 δεν είναι απαραίτητη για την επίτευξη ποιοτικών στόχων.

Η σύντομη, αλλά καλύπτοντας τις βασικές διαδικασίες του συστήματος αυτού είναι πιο ακριβής για τις μικρότερες επιχειρήσεις και τους επιχειρηματίες.

Ο παρακάτω κατάλογος είναι ένα δείγμα μερικών στοιχείων που μπορούν να ληφθούν υπόψη κατά τη σύνταξη λειτουργικών διαδικασιών για μια εταιρεία που εγκαθιστά φωτοβολταϊκά συστήματα:

1. Διαδικασία συλλογής δεδομένων για το σχέδιο, μορφή προσφοράς.
 - α) Δεδομένα στην αρχική προσφορά,
 - β) Στοιχεία από την επιτόπια επιθεώρηση.
2. Δείγμα προσφοράς.
3. Υπόδειγμα σύμβασης με τον πελάτη.
4. Διαδικασία επιλογής εργαλείων λογισμικού που πρόκειται να εφαρμοστούν για το σχεδιασμό του φωτοβολταϊκού συστήματος.
5. Διαδικασία αγοράς και ελέγχου των παραδομένων στοιχείων φωτοβολταϊκού συστήματος.
6. Διαδικασία εκτέλεσης της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος: σχεδιασμός, ρυθμίσεις, συναρμολόγηση.
7. Διαδικασία αποδοχής φωτοβολταϊκού συστήματος
8. Διαδικασία για την ενημέρωση του ΣΔΠ, συμπεριλαμβανομένων των εγγράφων που εφαρμόζονται σε αυτό
9. Άλλα έγγραφα που πρέπει να συμπεριληφθούν στο ΣΔΠ, π.χ:

- α) Κατάλογος των τοπικών κανονισμών που σχετίζονται με την κατασκευή φωτοβολταϊκών συστημάτων: τεχνικά πρότυπα, κτιριακοί κανονισμοί και τομεακοί οδηγοί.
- β) Οδηγίες του κατασκευαστή για κάθε φωτοβολταϊκό προϊόν που εγκαθίσταται από την εταιρεία.
- γ) Κατάλογος των εγγράφων που παρέχονται στον πελάτη, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που αφορούν εργασίες συντήρησης.
- δ) Δεσμός απόδοσης με συγκεκριμένες απαιτήσεις εγγύησης.
- ε) Αρχές προστασίας της υγείας και της ασφάλειας, με ιδιαίτερη προσοχή στην ιδιαιτερότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων (π.χ. ανάπτυξη ηλεκτρικού τόξου και διαφορετικοί κανόνες για τον κίνδυνο πυρκαγιάς σε σχέση με το εναλλασσόμενο ρεύμα).
10. Άλλα έγγραφα που καλύπτονται από το ΣΔΠ που μπορούν να εφαρμοστούν:
- α) Κατάλογος συσκευών (συμπεριλαμβανομένων των αύξοντων αριθμών) που απαιτούν βαθμονόμηση, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την έγκαιρη βαθμονόμηση του εξοπλισμού, το πρόγραμμα βαθμονόμησης.
- β) Αρχεία κατάρτισης των εργαζομένων - χρήσιμα για να διαπιστωθεί ποιος είναι κατάλληλος προετοιμασμένος για την εφαρμογή μιας δεδομένης διαδικασίας και να δημιουργήσει μια πορεία ανάπτυξης δεξιοτήτων των εργαζομένων, προκειμένου να τους παρακινήσει ικανοποιητικά να εκτελέσουν το σχέδιο δράσης.
- γ) Η διαδικασία καταγγελίας και το μητρώο καταγγελιών (ανεξάρτητα από το αν είναι δικαιολογημένες ή όχι) για την καταγραφή των ζητημάτων, ακόμη και μεμονωμένων περιπτώσεων, καθώς και για τον τρόπο με τον οποίο επιλύθηκαν.

Παραδειγματική φόρμα προσφοράς για το έργο:

Δεδομένα διεύθυνσης:

Έργο: αριθμός, ονομασία	
Διευθυνση χώρου κατασκευής:	
Ονομασία και διεύθυνση επενδυτή:	
Ατόμο επικοινωνίας επενδυτή:	
Άτομο επικοινωνίας Κατασκευαστή:	
Αρχιτέκτονας/Σχεδιαστής κτιρίου:	
Αριθμός τηλεφώνου	Ηλεκτρονική διεύθυνση
Ηλεκτρολόγος	
Αριθμός τηλεφώνου	Ηλεκτρονική διεύθυνση
Roofer	
Αριθμός τηλεφώνου	Ηλεκτρονική διεύθυνση

Δεδομένα ηλεκτρικού δικτύου:

Διαχειριστής δικτύου	Αριθμός τηλεφώνου	Ηλεκτρονική διεύθυνση
Ισχύς και προμήθεια	Περιγραφή κατάστασης	
Η σχεδιαζόμενη ισχύς για την εγκατάσταση δεν είναι υψηλότερη από αυτή που καθορίζεται στις εκδοθείσες συνθήκες σύνδεσης - απαραίτητη ειδοποίηση.		
Η σχεδιαζόμενη ισχύς για την εγκατάσταση είναι μεγαλύτερη από αυτή που καθορίζεται στις εκδοθείσες συνθήκες σύνδεσης – η απαραίτητη εφαρμογή.		
Παροχή δικτύου που επιτρέπεται από το διανεμέα υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:		

Εσωκλειόμενα έγγραφα:

☀ Σχέδιο κτιρίου	☀ Σχέδιο πατώματος	☀ Σχέδιο οροφής
☀ όψη από το πλάι	☀ Τομή κτιρίου	☀ Περιγραφή κτιρίου
☀ Φωτογραφία οροφής	☀ Φωτογραφία σπιτιού	☀ Φωτογραφία σκίασης
☀ Φωτογραφία του ηλεκτρικού μετρητή	☀ Φωτογραφία της σύνδεσης του σπιτιού με το δίκτυο	☀ Ιστορικό ενεργειακής κατανάλωσης
☀ Άλλα		

Απαιτήσεις πελάτη:

Όνομαστική ισχύς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, σε kWp:	Αναμενόμενα κεφάλαια επένδυσης σε:
Αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh / έτος:	Μέγιστη επιφάνεια οροφής για το φωτοβολταϊκό σύστημα σε m ² :
Άλλα:	

Λεπτομέρειες για το σχήμα της οροφής:

Όνομαστική ισχύς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, σε kWp:	Αναμενόμενα κεφάλαια επένδυσης σε:
Αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh / έτος:	Μέγιστη επιφάνεια οροφής για το φωτοβολταϊκό σύστημα σε m ² :
Άλλα:	

Λεπτομέρειες για το σχήμα της οροφής:

Επιφάνεια οροφής διαθέσιμη για την φωτοβολταϊκή γεννήτρια (συνιστάται το πλάτος της απόστασης από την άκρη κάθε πλευράς να είναι τουλάχιστον 0.5m)

Μήκος σε m =	Πλάτος m =	Επιφάνεια σε m ² =
--------------	------------	-------------------------------

Στοιχεία οροφής που προκαλούν σκίαση στα πλαίσια των φωτοβολταϊκών γεννητριών:

☀ Καμινάδα	☀ Αντένα	☀ Παράθυρο
☀ Lightning rod	☀ Dormer window	☀ Άλλο

Εσωκλειόμενο σχέδιο της σκιασμένης περιοχής.

Χρησιμοποιήσιμη επιφάνεια μετά την αφαίρεση της σκιασμένης επιφάνειας: m²

Διαθεσιμότητα οροφής:

☀ Χρειάζεται ανέλκυση	☀ Χρειάζεται σκαλωσιές	☀ Πιθανή πρόσβαση με φορτηγό
-----------------------	------------------------	------------------------------

Συναρμολόγηση δομοστοιχείων – Προστασία από αστραπές-Μετατροπέας-Τροφοδοσία με ενέργεια, καλωδίωση:

Κατεύθυνση μονάδας	-90° = ανατολή 0° = νότος +90° = δύση
Κλίση μονάδας (0° = οριζόντια)	
Εγκατάσταση σε οριζόντια οροφή με την χρήση σχοινιών και κλιπς☀	

Υπάρχει γείωση; Απαιτείται επιθεώρηση; ☀	Ναι ☀ ☀Όχι
Υπάρχει προστασία από κερανό; Απαιτείται επιθεώρηση;	Ναι ☀ ☀Όχι Ναι ☀ ☀Όχι

Τύποι υφιστάμενων προστασιών	
Τοποθεσία του generator box	
Τοποθεσία του DC switch	
Τοποθεσία του μετατροπέα	
Τοποθεσία του μετρητή και των ασφαλειών	Ναι ☀ ☀Όχι
Απαιτείται εκσυγχρονισμός	Ναι ☀ ☀Όχι

Καλωδίωση DC στην οροφή:

☀ μέσα από κανάλια στην οροφή	☀ σε αποστραγγιστές οροφής	☀ κτισμένη στο σκελετό του κτιρίου
Μήκος των συρμάτων απο την φωτοβολταϊκή γεννήτρια στο splitter (m)		
Μήκος των συρμάτων απο το splitter στο DC switch/inverter (m)		

Καλωδίωση AC: ☀ στο πάνω μέρος του plaster	☀ κάτω από το plaster	☀ στο κανάλι με τα καλώδια
Μήκος των συρμάτων απο τον μετατροπέα στον μετρητή (m)		
Μήκος των συρμάτων απο τον μετρητή στην ασφάλεια(fuse (m))		

Άλλες συνθήκες συναρμολόγησης:

Περιγραφή:

Κάθε εταιρεία θα πρέπει να αναπτύξει το δικό της ΣΔΠ με περιγραφή της διαδικασίας που πρέπει να χρησιμοποιείται σε κάθε στάδιο από την πρώτη επαφή με τον πελάτη μέχρι την εγκατάσταση και την εξυπηρέτηση μετά την πώληση. Πρέπει επίσης να διευκρινιστεί ποιος είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση μιας δεδομένης διαδικασίας. Ένα τέτοιο έγγραφο ορίζεται γενικά ως Σχέδιο Ποιότητας.

Μετά την εφαρμογή του ΣΔΠ, αξίζει να διεξάγεται περιοδικός έλεγχος προκειμένου να ελέγχεται η καλή λειτουργία του (π.χ. ετησίως) και να καταχωρούνται τα αποτελέσματα κάθε ελέγχου. Επιτρέπει την αποφυγή λαθών που έγιναν νωρίτερα και την εφαρμογή ορθής πρακτικής στην καθημερινή εργασία της εταιρείας. Οι έλεγχοι αυτοί αποτελούν επίσης μια ευκαιρία για να ελεγχθούν οι αλλαγές των κανονισμών και των προτύπων που είναι σημαντικές στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και να προσδιοριστούν τα θέματα και οι τυχόν καταγγελίες που επιτρέπουν τη βελτίωση της ποιότητας της εργασίας και τη συνεργασία με τους υπεργολάβους.

Εξυπηρέτηση πελάτη

Η όλη διαδικασία από την πρώτη επαφή με τον πελάτη, μέσω της εκκίνησης και της θέσης σε λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, πρέπει να είναι σαφής, διαφανής,

τεκμηριωμένη και κατανοητή για τον πελάτη. Η παραίτηση από αυτές τις γενικές αρχές οδηγεί αναπόφευκτα σε προβλήματα και καταγγελίες.

Για αυτό, όλα τα στάδια της διαδικασίας πρέπει να τεκμηριώνονται με τρόπο κατανοητό στον πελάτη, όλα τα βασικά σημεία πρέπει να εξηγούνται προφορικά και το έργο δεν μπορεί να συνεχιστεί εάν δεν είναι καλό για τον πελάτη και δεν έχει δεχθεί την υποτιθέμενη εκτίμηση κόστους.

Πωλήσεις του φωτοβολταϊκού συστήματος

Στη διαδικασία πωλήσεων πρέπει να εφαρμοστούν οι ακόλουθες αρχές:

1) Διαφήμιση

Οι διαφημιστικές και προωθητικές δραστηριότητες πρέπει να παρουσιάζουν τα προσφερόμενα προϊόντα και υπηρεσίες με αντικειμενικό τρόπο και να μην υπερβάλουν για την απόδοση της υπηρεσίας που προσφέρουν. Οι βασικές πληροφορίες που απευθύνονται στον πελάτη, οι οποίες είναι η αναμενόμενη αποδοτικότητα του συστήματος, θα πρέπει να προκύπτουν από δεδομένα από την βάση της ηλιακής ακτινοβολίας στη θέση του έργου, π.χ. από την ιστοσελίδα <http://re.jrc.ec.europa.eu/pnvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe> και πρέπει να εξεταστούν οι συνθήκες σκίασης, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα.

2) Κατάρτιση προσωπικού

Οι βοηθοί πωλήσεων θα πρέπει να εκπαιδεύονται στο επίπεδο που τους επιτρέπει να παρουσιάζουν λεπτομερώς το φωτοβολταϊκό σύστημα που προσφέρεται για εγκατάσταση ή να παρέχουν συμβουλές στο πλαίσιο του απαιτούμενου εκσυγχρονισμού. Θα πρέπει επίσης να είναι σε θέση να αξιολογούν σωστά την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και να συμβουλεύουν τον πελάτη στο πλαίσιο της ενεργειακής απόδοσης. Η κατάρτιση του προσωπικού πωλήσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει μια ενότητα σχετικά με τις επιτρεπόμενες μεθόδους πώλησης, προκειμένου να αποφευχθεί μια ανάρμοστη στρατηγική (υπερβολική πίεση για πώληση).

Το προσωπικό θα πρέπει να ενημερώνεται σχετικά με πιθανές κυρώσεις σε περίπτωση πίεσης από μέρους τους.

3) Βασικές αρχές σχετικά με τη θέση του βοηθού πωλήσεων

Κατά τη διάρκεια της πρώτης συνάντησης, δεν θα πρέπει να ασκηθεί πίεση στην υπογραφή συμφωνίας.

Κατά την πρώτη επιθεώρηση χώρου, δεν μπορεί κανείς να παραμείνει στην εγκατάσταση για περισσότερες από δύο ώρες (επιθεώρηση, μετρήσεις κ.λπ.).

Στην αρχική φάση της διαδικασίας πώλησης, η πληρωμή δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή. Πρέπει να ενημερώνει τον πελάτη για τη διαδικασία πώλησης, συμπεριλαμβανομένων των όρων υπαναχώρησης από τη συμφωνία μετά την υπογραφή της. Πρέπει να ενημερώνει τον πελάτη για τις απαιτούμενες άδειες ή πιστοποιητικά (π.χ. άδεια οικοδόμησης, σύνδεση δικτύου) πριν από την έναρξη της εγκατάστασης, έτσι ώστε να είναι σαφές ποιος είναι υπεύθυνος για την απόκτησή τους.

Πρέπει να εκτιμά αξιόπιστα την αναμενόμενη χωρητικότητα του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Υπολογισμός κόστους και συμφωνία–υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης.

Η εκτίμηση του κόστους, μαζί με τους όρους εκτέλεσης, αποτελεί συχνά συμφωνία μεταξύ της εταιρείας που θα κάνει την εγκατάσταση και του πελάτη. Οι συμβατικές διατάξεις

πρέπει να είναι σαφείς, κατανοητές και να περιλαμβάνουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Είναι μια καλή πρακτική να παρουσιάζουμε στους πελάτες μας την εκτίμηση της ετήσιας ενεργειακής απόδοσης από ένα προτεινόμενο φωτοβολταϊκό σύστημα, πριν από την υποβολή οικονομικής πρότασης σχετικά με τη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Είναι σημαντικό επειδή ο πελάτης αναμένει ότι η παραγωγή ενέργειας από μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας θα βελτιώσει την οικονομική του ισορροπία που συνδέεται με την χρησιμοποιούμενη ενέργεια (θα είναι πιο οικονομική σε μια περίοδο που θεωρείται ότι δεν είναι παρά μόνο η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος). Επομένως, είναι σημαντικό να εκτιμηθούν τα προβλεπόμενα ενεργειακά χαρακτηριστικά του συστήματος, τα οποία θα πρέπει να αποφασιστούν πριν από τη σύναψη οποιασδήποτε συμφωνίας σχετικά με την εγκατάσταση.

Πίνακας 1. Παραδειγματικός υπολογισμός κόστους συστήματος

Αρ.	Στοιχεία συστήματος	Τύπος	Ποσότητα	Παράμετροι
Ονομασία	Κατασκευαστής			
1	Φωτοβολταϊκές μονάδες			
2	Σύστημα συναρμολόγησης			
3	Μετατροπέας			
4	Charging regulator			
5	Συναρμολογήσεις και καλωδίωση			
6	Προστασίες			
7	Μπαταρίες			
8	Σύστημα παρ ακολουθίας			
9	Τιμή συναρμολόγησης σε PLN (μεικτή)			
Συνολική τιμή σε PLN (μεικτή)				

Στις συνθήκες τοπικής ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών, η πιο σημαντική παράμετρος της πρόβλεψης είναι ποιο ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας μπορεί να συνιστά η αυτοκατανάλωση και επιτρέπει την εξοικονόμηση ενεργειακών εξόδων και ποιο ποσοστό πρέπει να απελευθερωθεί στο δίκτυο (λόγω των χαρακτηριστικών λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος) σε έγκυρες, χαμηλές τιμές.

Σε αυτό το στάδιο, ο προσδιορισμός της ενεργειακής απόδοσης μπορεί να είναι μόνο κατά προσέγγιση. Οι υπολογισμοί μπορεί να γίνουν πιο περίπλοκοι, ανάλογα με το επίπεδο απαιτούμενης ακρίβειας. Πρέπει να εξηγηθεί στον πελάτη τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα του φωτοβολταϊκού συστήματος όπως το κλίμα, ο γεωγραφικός προσανατολισμός και η κλίση των μονάδων, η επισκίαση, η θερμοκρασία και να αποφασίσουν την μέθοδο υπολογισμού της απόδοσης (εγχειρίδιο ή με χρήση πακέτου λογισμικού μοντελοποίησης).

Οι βασικές υποθέσεις που υιοθετήθηκαν για τους υπολογισμούς πρέπει επίσης να παρουσιαστούν στον πελάτη ώστε να επιτρέψουν την επαλήθευση των ληφθέντων αποτελεσμάτων. Είναι σημαντικό επειδή εξηγεί ότι η απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια, λόγω των διαφορών στην ποσότητα ηλιακής ενέργειας που είναι διαθέσιμη σε κάθε τόπο και έτος. Ωστόσο, σε μια πολυετή προσέγγιση, οι προβλέψεις που βασίζονται σε επαγγελματικά προγράμματα έργων, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις τεχνικές, μετρολογικές και τοπικές παραμέτρους, και κυρίως μια ανάλυση της επισκίασεως, αντιστοιχούν στην πραγματικότητα με πιθανότητα λάθους περισσότερο από δώδεκα τοις εκατό. Ωστόσο, είναι σκόπιμο να παρέχεται στον πελάτη η δυνατότητα να διεξάγει κοινή απλοποιημένη ανάλυση, π.χ. λαμβάνοντας υπόψη τη βάση δεδομένων PVIGS.

Άλλες πληροφορίες που πρέπει να παραδοθούν στον πελάτη στο στάδιο της υποβολής προτάσεων περιλαμβάνουν:

- 1) Επεξήγηση τυχόν διαθέσιμων οικονομικών κινήτρων (π.χ. επιχορηγήσεις κ.λπ.).
- 2) Αναλογία τιμής / ποιότητας για το προτεινόμενο σύστημα.
- 3) Πληροφορίες σχετικά με τα στοιχεία που μπορεί να απαιτούν αντικατάσταση κατά την περίοδο λειτουργίας του συστήματος και το κατά προσέγγιση κόστος αντικατάστασης.
- 4) Λίστα όλων των βασικών εξαρτημάτων που έχουν παραδοθεί, συμπεριλαμβανομένης της μάρκας, του μοντέλου και του αριθμού σειράς. Αυτά τα δεδομένα είναι ιδιαίτερα σημαντικά όσον αφορά την εγγύηση της απρόσκοπτης λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος.
- 5) Αναμενόμενη διάρκεια της διαδικασίας εγκατάστασης.
- 6) Διαθέσιμη πιθανή παράταση του χρόνου εγκατάστασης (ανάλογα με τους τοπικούς κανονισμούς και πρακτικές).

Τι μπορεί να αναμένει ο εγκαταστάτης κατά την διάρκεια της εγκατάστασης:

- 1) Όλες τις άλλες απαιτούμενες υπηρεσίες (π.χ. τροφοδοσία, πρόσβαση σε νερό και τουαλέτα).
- 2) Αποθήκη για ασφαλή αποθήκευση του εξοπλισμού πριν από τη συναρμολόγηση.

Τι μπορεί να αναμένει ο πελάτης:

- 1) Πληροφορίες σχετικά με το αποδεκτό έντυπο πληρωμής και ημερομηνίες.
- 2) Γραπτές συμφωνίες σχετικά με μικρές αλλαγές στις προδιαγραφές.
- 3) Σε περίπτωση μεγάλων αλλαγών στις προδιαγραφές από οποιοδήποτε μέρος, πρέπει να προετοιμαστούν νέες προδιαγραφές και η εργασία μπορεί να συνεχιστεί μετά τη διμερή έγκρισή της.

5. ΑΣΚΗΣΕΙΣ

5.1. Κανονισμοί ασφάλειας και υγείας για την εγκατάσταση – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.1)

Συμπληρώστε την πρόταση με την πρόταση από τον πίνακα.

Η εργασία σε ύψος ανήκει στις εργασίες που είναι...

Ιδιαίτερα επικίνδυνες	Ιδιαίτερα ασφαλής	Δεν χρειάζεται ειδική άδεια	Γίνεται σε δυνατούς ανέμους
-----------------------	-------------------	-----------------------------	-----------------------------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.1)

Από τους ακόλουθους παράγοντες, επιλέξτε αυτούς που επηρεάζουν τις βασικές δραστηριότητες πριν την έναρξη της εργασίας.

	Βασικές δραστηριότητες πριν την έναρξη της εργασίας
Προετοιμασία των απαραίτητων εργαλείων με μονωμένες λαβές που προστατεύουν από την άμεση ηλεκτροπληξία.	
Προετοιμασία του αναγκαίου εξοπλισμού μέτρησης και του αναγκαίου μονωτικού εξοπλισμού, όπως τα διηλεκτρικά γάντια, που προστατεύουν από συνέπειες τυχαίας επαφής δύο καλωδίων διαφορετικού δυναμικού (ελεγχόνται κάθε 6 μήνες), gumboots, χαλιών, μονωτικών πλατφορμών και προστατευτικών γυαλιών.	
Προετοιμασία των απαραίτητων πινακίδων προειδοποίησης	
Βεβαιωθείτε ότι όλοι οι εγκαταστάτες βρίσκονται στην οροφή του κτιρίου	
Προστασία χαλαρών στοιχείων στο όχημα	
Διατήρηση της ασφαλούς απόστασης από τη σκάλα σε περίπτωση πτώσης του τεχνικού	
Αγορά κατάλληλου γραφειακού και σχεδιαστικού υλικού	
Ανάγνωση της τεκμηρίωσης και σχεδιασμός της ακολουθίας συγκεκριμένων σταδίων εργασίας.	
Ανάγνωση της συμφωνίας πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.1)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Η συναρμολόγηση της εγκατάστασης συνεχούς ρεύματος συνδέεται με:

- συναρμολόγηση συρμάτων που συνδέουν φωτοβολταϊκές μονάδες,
- συναρμολόγηση τερματισμών τύπου MC4 σε σύρματα,
- σύνδεση φωτοβολταϊκών μονάδων σε αλυσίδες,
- σύνδεση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με τον μετατροπέα,
- συναρμολόγηση του διακόπτη προστασίας από υπολειμματικό ρεύμα τύπου AC

5.2. Πρόγραμμα εγκατάστασης – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.2)

Από τις ακόλουθες δραστηριότητες, επιλέξτε αυτές που ανήκουν στις δραστηριότητες πριν την συναρμολόγηση.

	Βασικές δραστηριότητες πριν την συναρμολόγηση
Ανάλυση των εγγράφων	
Έλεγχος ολοκλήρωσης της παράδοσης	
Έλεγχος αποδοτικότητας εργαλείων και οργάνων μέτρησης	
Τελικό πρωτόκολλο αποδοχής	
Συναρμολόγηση και έλεγχος των μετατροπέων	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της εγκατάστασης αστραπής	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης AC και των προστασιών AC	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης DC και των προστασιών DC	
Συναρμολόγηση της υποστηρικτικής δομής	
Συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων	
Σήμανση του τόπου εγκατάστασης σύμφωνα με τους κανονισμούς Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας	
Εκπαίδευση χρηστών	
Προετοιμασία και προσαρμογή του συστήματος	

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.2)

Από τις πιο κάτω δραστηριότητες, επιλέξτε αυτές που ανήκουν στις δραστηριότητες εγκατάστασης.

	Βασικές δραστηριότητες εγκατάστασης
Ανάλυση των εγγράφων	
Έλεγχος ολοκλήρωσης της παράδοσης	
Έλεγχος αποδοτικότητας εργαλείων και οργάνων μέτρησης	
Τελικό πρωτόκολλο αποδοχής	
Συναρμολόγηση και έλεγχος των μετατροπέων	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της εγκατάστασης αστραπής	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης AC και των προστασιών AC	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης DC και των προστασιών DC	
Συναρμολόγηση της υποστηρικτικής δομής	
Συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων	
Σήμανση του τόπου εγκατάστασης σύμφωνα με τους κανονισμούς Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας	
Εκπαίδευση χρηστών	
Προετοιμασία και προσαρμογή του συστήματος	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.2)

Από τις ακόλουθες δραστηριότητες, επιλέξτε αυτές που ανήκουν στις δραστηριότητες μετά την εγκατάσταση.

	Βασικές δραστηριότητες μετά την εγκατάσταση
Ανάλυση των εγγράφων	
Έλεγχος ολοκλήρωσης της παράδοσης	
Έλεγχος αποδοτικότητας εργαλείων και οργάνων μέτρησης	
Τελικό πρωτόκολλο αποδοχής	
Συναρμολόγηση και έλεγχος των μετατροπέων	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της εγκατάστασης αστραπής	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης AC και των προστασιών AC	
Συναρμολόγηση και έλεγχος της καλωδίωσης DC και των προστασιών DC	
Συναρμολόγηση της υποστηρικτικής δομής	
Συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων	
Σήμανση του τόπου εγκατάστασης σύμφωνα με τους κανονισμούς Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας	
Εκπαίδευση χρηστών	
Προετοιμασία και προσαρμογή του συστήματος	

5.3. Εργαλεία και εξοπλισμός για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων – ασκήσεις

Βίντεο 1. (για το θέμα 4.3)

Καθοδηγητικό βίντεο για το πώς να χρησιμοποιείς εργαλεία για την συναρμολόγηση των MC4 connections.

Με τη χρήση μόνωσης αφαιρέστε περίπου. 1 εκ. Μόνωση από το φωτοβολταϊκό σύρμα. Στη συνέχεια, χωρίς να αγγίξετε τους αγωγούς σύρματος με δάκτυλα τοποθετημένα πάνω στον μεταλλικό πείρο σύνδεσης MC4, τοποθετήστε τον πείρο και το καλώδιο στο εργαλείο πρέσσας. Σπρώξτε το εργαλείο πρέσσας σφικτά μέχρι να μπλοκάρει το άνοιγμα του εργαλείου πρέσσας. Τοποθετήστε το καπάκι σύνδεσης στο συμπιεσμένο καλώδιο και στη συνέχεια τοποθετήστε τον πείρο στην θήκη σύνδεσης. Βιδώστε το καπάκι στην θήκη σύνδεσης με ειδικά κλειδιά.

Διδακτικά βοηθήματα: ηλιακό καλώδιο 4mm², τελειώματα MC4, εργαλείο πρέσαρίσματος για MC4, μόνωσης, κλειδιά για να βιδώσετε τις συνδέσεις MC4

5.4. Πρακτικές αρχές της εγκατάστασης μονάδων, επιλογή και διαστασιολόγηση των συρμάτων και καλωδίων

Βίντεο 1. (για το θέμα 4.4)

Βίντεο – συναρμολόγηση μονάδων σε οροφή.

Φωτοβολταϊκές μονάδες, δομή συναρμολόγησης μαζί με τα απαραίτητα στοιχεία και κλειδιά (ανάλογα με τον κατασκευαστή της δομής), γραμμή οροφής (πιθανώς κομμάτι οροφής), χορδή, επίπεδο (ενδεχομένως λείζερ).

Βίντεο 2. (για το θέμα 4.4)

Βίντεο – τοποθέτηση σύρματος στην οροφή

Βίντεο 3. (για το θέμα 4.4)

Βίντεο– Σύνδεση μονάδων σε αλυσίδες και η σύνδεση τους σε φωτοβολταϊκό μετατροπέα

5.5. Εγκατάσταση και εκκίνηση του φωτοβολταϊκού συστήματος Εγκατάσταση και εκκίνηση του φωτοβολταϊκού συστήματος – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.5)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια φράση από τον πίνακα.

Κατά την κάθετη συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων, το κουτί ακροδεκτών της φωτοβολταϊκής μονάδας θα πρέπει να βρίσκεται στο...

Πάνω από την φωτοβολταϊκή μονάδα	Κάτω από την φωτοβολταϊκή μονάδα	Αριστερά της φωτοβολταϊκής μονάδας
----------------------------------	----------------------------------	------------------------------------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.5)

Από τους ακόλουθους παράγοντες, επιλέξτε αυτούς που επηρεάζουν την εβδομαδιαία ενεργειακή απόδοση στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

	Παράγοντες που επηρεάζουν την εβδομαδιαία ενεργειακή απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
Καλή πρόσβαση σε περαιτέρω συντήρηση και συντήρηση του μετατροπέα	
Εάν ο μετατροπέας διαθέτει οθόνη, θα πρέπει να εγκατασταθεί με τρόπο που να επιτρέπει την εύκολη ανάγνωση παραμέτρων από την οθόνη	
Ανεμπόδιση κυκλοφορία αέρα	
Προστασία από υπερβολική υγρασία και ηλιακή ακτινοβολία	
Αφαίρεση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον μετατροπέα	
Περιορισμένη πρόσβαση αέρα στον μετατροπέα	
Λειτουργία σε υγρό περιβάλλον που εξασφαλίζει καλύτερη ψύξη του μετατροπέα	
Μόνιμη παρεμπόδιση της οθόνης που προστατεύει από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.5)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Οι δραστηριότητες που εκτελούνται κατά την ενεργοποίηση του μετατροπέα περιλαμβάνουν:

- αποσύνδεση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας από τον μετατροπέα.
- Σύνδεση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας μέσω του αποζεύκτη DC.
- σύνδεση της τάσης του δικτύου μέσω εξωτερικών ασφαλειών.
- ελέγξτε εάν ο μετατροπέας είναι τοποθετημένος και συνδεδεμένος στην ηλεκτρική εγκατάσταση.
- ελέγξτε αν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια παρέχει τάση μεγαλύτερη από την ελάχιστη τάση εισόδου DC στον μετατροπέα.
- ελέγξτε αν το κάλυμμα του κιβωτίου σύνδεσης είναι γειωμένο και κλειστό.

5.6. Συνεργασία μπαταριών με τα φωτοβολταϊκά συστήματα – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.6)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια φράση από τον πίνακα.

Η αποθήκευσή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατή χάρη στην εφαρμογή...

Μπαταριών	Ηλιακών συλλεκτών	Λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας	Δοχείο για ζεστό νερό
-----------	-------------------	--------------------------------	-----------------------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.6)

Από τις ακόλουθες παραμέτρους, επιλέξτε τις παραμέτρους που περιγράφουν την αποθήκευση ενέργειας.

	Παράμετροι για αποθήκευση ενέργειας
Συχνότητα τάσης εξόδου f [Hz]	
Μέγιστη τάση φόρτισης U_{\max} [V]	
Ελάχιστη τάση αποφόρτισης U_{\min} [V]	
Ονομαστική τάση U_n [V]	
Ονομαστική χωρητικότητα σε Q [Ah]	
Ταχύτητα περιστροφής n [rot/min]	
Εσωτερική αντίσταση R_w [m ω]	
Θερμοκρασία τήξης [°C]	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.6)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει για τα υπόλοιπα.

Παράμετροι που δείχνουν τον σκοπό της λειτουργίας της μπαταρίας στο χρόνο συμπεριλαμβάνουν:

- SOC.
- SOH.
- DOD.
- RISC.

5.7. Προστασία από υπερτάσεις στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.7)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια φράση από τον πίνακα.

Οι συσκευές προστασίας από υπέρταση του τύπου ... προστατεύουν από απευθείας και κλειστό φωτισμό.

1	2	3	4
---	---	---	---

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.7)

Από τις ακόλουθες προστασίες, επιλέξτε αυτές που προστατεύουν την ηλεκτρική εγκατάσταση από τα αποτελέσματα από κεραυνό ή υπέρταση.

	Ορθές συνθήκες λειτουργίας του φωτοβολταϊκού μετατροπέα
Προστασία υπερφόρτωσης B	
Προστασία υπερφόρτωσης D	
Προστασία υπέρτασης τύπος 1	
Προστασία υπέρτασης τύπος 1+2	
Προστασία υπέρτασης τύπος 2	
Προστασία υπέρτασης τύπος 3	
Residual current circuit breaker B	

5.8. Προστασία από κεραυνούς και εγκατάσταση γείωσης – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.8)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια φράση από τον πίνακα.

Ένα στοιχείο της εγκατάστασης αστραπής που τοποθετείται στην γή είναι η ...

Γείωση	Οριζόντιο τερματικό αέρα	Τεστ κλιπ	Σύρμα εξαγωγής
--------	--------------------------	-----------	----------------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.8)

Από τις ακόλουθες μεθόδους, επιλέξτε τις μεθόδους που δείχνουν διανομή των στοιχείων εγκατάστασης κεραυνού.

	Μέθοδοι που δείχνουν την διανομή των στοιχείων εγκατάστασης κεραυνού
Μέθοδος Protective Angle	
Μέθοδος First Strike	
Μέθοδος Lightning	
Μέθοδος Impulse Current	
Μέθοδος Mesh	
Μέθοδος Rolling Sphere	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.8)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Στοιχεία της εγκατάστασης αστραπής περιλαμβάνουν:

- φωτοβολταϊκή μονάδα.
- σύρμα εξάτμισης.
- γείωση.
- κλιπ δοκιμής.
- κατακόρυφο τερματικό αέρα.
- οριζόντιο τερματικό αέρα.

5.9. Κανόνες εγκατάστασης για ηλιακά συστήματα – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.9)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια φράση από τον πίνακα.

Πριν την έναρξη της τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών μονάδων στην οροφή, η ακόλουθη δραστηριότητα πρέπει να γίνει:

Συναρμολόγηση των υποστηρικτικών στοιχείων για φωτοβολταϊκές μονάδες	Επαλήθευση της ορθότητας των ηλεκτρικών συνδέσεων	Ενεργοποίηση του φωτοβολταϊκού μετατροπέα	Συναρμολόγηση της προστασίας υπερφόρτωσης στην πλευρά DC
--	---	---	--

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.9)

Η διαδικασία εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος καλύπτει τα ακόλουθα θέματα:

	Η διαδικασία εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος περιλαμβάνει
Τελική λειτουργία και αποδοχή	
Επιβεβαίωση με τον επενδυτή των όρων και προϋποθέσεων της συμφωνίας	
Απόδοση παράδοσης	
Απόκτηση επενδυτικής πίστωσης	
Παραλαβή στήριξης με επιχορήγηση	
Επαλήθευση λαμβανόμενων δεδομένων	
Απόδοση εγκατάστασης	
Προστασία χώρου εγκατάστασης	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.9)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Η εκτέλεση των εργασιών εγκατάστασης περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:

- συναρμολόγηση του φωτοβολταϊκού μετατροπέα.
- συναρμολόγηση της δομής στήριξης.
- συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων.
- συναρμολόγηση προστατευτικών διατάξεων στην πλευρά AC και DC της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

- Υπογραφή συμφωνίας για την εκτέλεση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
- σύνδεση φωτοβολταϊκών μονάδων.

5.10. Τυπικά λάθη κατά την συναρμολόγηση – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.10)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια φράση από τον πιο κάτω πίνακα.

Τα πιο συνηθισμένα λάθη στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση περιλαμβάνουν τις βλάβες στους ...

Φωτοβολταϊκούς μετατροπείς	Φωτοβολταϊκές μονάδες	Καλωδίωση στην πλευρά DC	Καλωδίωση στην πλευρά AC
----------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------------------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.10)

Από τα ακόλουθα λάθη, επιλέξτε τα τυπικά λάθη που μπορεί να προκύψουν κατά την συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων.

	Τυπικά λάθη που μπορούν να προκύψουν κατά την συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών μονάδων
Εγκατάσταση προστασίας υπερφόρτωσης στην πλευρά AC με πολύ χαμηλό ονομαστικό ρεύμα	
Λανθασμένη επιλογή μονάδων στον μετατροπέα στο στάδιο της σχεδίασης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης	
Σύνδεση πολύ μικρού αριθμού φωτοβολταϊκών μονάδων στη φωτοβολταϊκή αλυσίδα	
Αλλαγή στην καλωδίωση, χωρίς να κάνετε αλλαγές στο διάγραμμα κυκλωμάτων	
Αλλαγή στο τύπο μονάδας ή στον κατασκευαστή λόγω προβλημάτων με αναλώσιμα	

Άσκηση 3. (για το θέμα 4.10)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Τυπικά σφάλματα που συνδέονται με την εγκατάσταση συστημάτων τοποθέτησης για τις φωτοβολταϊκές μονάδες:

- εφαρμογή λανθασμένων στηριγμάτων στέγης.
- εφαρμογή λανθασμένων βιδών.
- Εφαρμογή ακατάλληλου εξοπλισμού συναρμολόγησης.
- Εσφαλμένη διεξαγωγή της διαδικασίας κατασκευής στέγης.
- λανθασμένες συνδέσεις φωτοβολταϊκών μονάδων.

5.11. Συνθήκες συλλογής και τεχνικά έγγραφα της εγκατάστασης – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.11)

Από τις αναφερόμενες πληροφορίες, επιλέξτε τις πληροφορίες που πρέπει να τοποθετηθούν στις σχετικές με τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

	Πληροφορίες σχετικά με την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που πρέπει να τοποθετούνται στο έγγραφο
Αριθμός φωτοβολταϊκών αλυσίδων	
Μέγιστη ισχύς σύνδεσης παροχής ρεύματος	
Μέγιστη επιτρεπτή τάση στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση	
Χώρος έδαφος /οροφή/πρόσοψη/άλλος	
Ονομαστική ισχύς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης	
Σκοπός κατασκευής	
Μέγιστη ισχύς σύνδεσης παροχής ρεύματος	

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.11)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Η τεχνική τεκμηρίωση της μικροεγκατάστασης που επισυνάπτεται στην αίτηση για σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να περιλαμβάνει:

- διάγραμμα ροής του φωτοβολταϊκού μετατροπέα,
- σχέδιο της φωτοβολταϊκής μικροεγκατάστασης,
- μέθοδος σύνδεσης της μικροεγκατάστασης στην ηλεκτρική εγκατάσταση της εγκατάστασης και στο δίκτυο,
- μλεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένα στοιχεία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

5.12. Υπολογισμός, προσφορά, συμφωνία για την εγκατάσταση ηλιακών συσκευών και συστημάτων – ασκήσεις

Άσκηση 1. (για το θέμα 4.12)

Συμπληρώστε την πρόταση με μια φράση από τον πίνακα.

Την απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα από την εταιρεία εγκατάστασης, την εξασφαλίζει η...

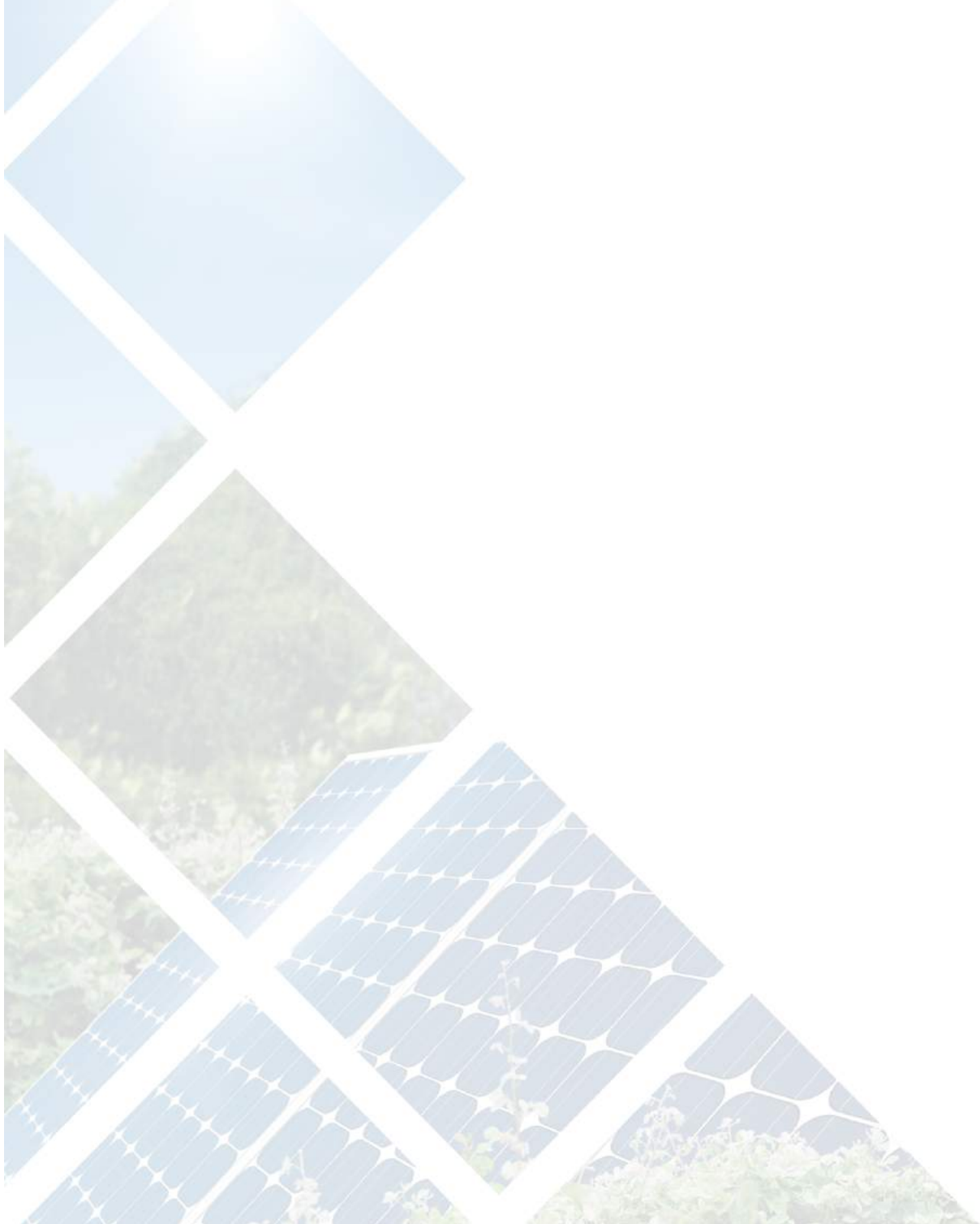
Εισαγωγή ενός συστήματος διαχείρισης ποιότητας	Δημιουργία θέσης εργασίας για ειδικό ποιότητας	συμμόρφωση με τις αρχές της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας	Γρήγορη απόδοση στις εργασίες
--	--	---	-------------------------------

Άσκηση 2. (για το θέμα 4.12)

Σβήστε το αντικείμενο που δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα:

Ο σωστός σχεδιασμός της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στέγης απαιτεί την απόκτηση των ακόλουθων πληροφοριών:

- σχήμα και θέση της οροφής κατά τη νότια κατεύθυνση.
- τύπος καλύμματος οροφής.
- πιθανές πηγές σκίασης οροφής.
- αναμενόμενη ενεργειακή απόδοση από τη σχεδιαζόμενη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.
- αριθμός ατόμων που διαμένουν στο κτίριο.



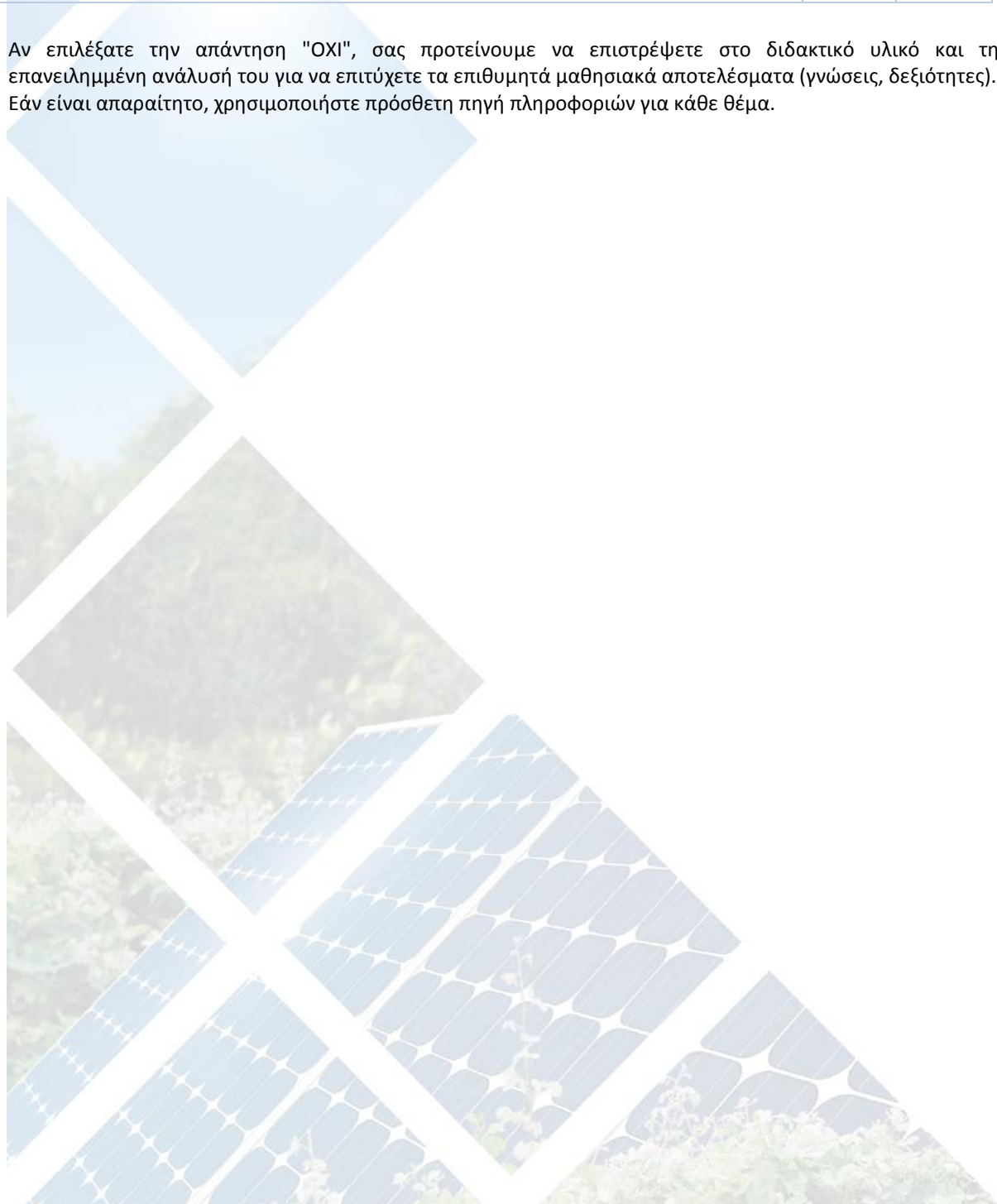
6. ΤΕΣΤ ΠΡΟΟΔΟΥ

Μπορείτε να:	Ναι	Όχι
1) Εξηγήστε τι συνίσταται η συναρμολόγηση της εγκατάστασης συνεχούς ρεύματος;		
2) Γράψετε τις βασικές δραστηριότητες πριν από την έναρξη της εργασίας;		
3) Συζητήστε δραστηριότητες που σχετίζονται με μηχανικά έργα κατά τη διάρκεια της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
4) Συζητήστε δραστηριότητες που σχετίζονται με ηλεκτρολογικά έργα;		
5) Αναφέρετε τις κύριες αιτίες πυρκαγιάς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
6) Εξηγήστε ποιες είναι οι δραστηριότητες προ-εγκατάστασης;		
7) Γράψετε τις δραστηριότητες εγκατάστασης σε μια κατάλληλη σειρά;		
8) Συζητήστε συγκεκριμένες δραστηριότητες εγκατάστασης;		
9) Συζητήστε δραστηριότητες που σχετίζονται με τη συναρμολόγηση του φωτοβολταϊκού μετατροπέα;		
10) Γράψετε τις δραστηριότητες μετά την εγκατάσταση;		
11) Εξηγήστε την αίσθηση της εφαρμογής ειδικών εργαλείων συναρμολόγησης;		
12) Γράψετε τα βασικά εργαλεία συναρμολόγησης για την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
13) Συζητήστε τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής των ειδικών εργαλείων συναρμολόγησης;		
14) Συζητήστε τη διαδικασία κατά τη συναρμολόγηση των φωτοβολταϊκών συνδέσεων DC;		
15) Αναφέρετε τα εργαλεία που απαιτούνται για τη συναρμολόγηση του φωτοβολταϊκού μετατροπέα;		
16) Εξηγήστε τις αρχές της σωστής συναρμολόγησης της φωτοβολταϊκής μονάδας;		
17) Γράψετε τα τμήματα καλωδίων που εφαρμόζονται σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στην πλευρά της φωτοβολταϊκής γεννήτριας;		
18) Συζητήστε τη δομή του καλωδίου DC που εφαρμόζεται σε φωτοβολταϊκές γεννήτριες;		
19) Συζητήστε τη δομή του καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
20) Αναφέρετε τους τυπικούς λόγους για τα λάθη των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην πλευρά της φωτοβολταϊκής γεννήτριας;		
21) Εξηγήστε τι περιλαμβάνει η συναρμολόγηση του φωτοβολταϊκού μετατροπέα;		
22) Γράψετε τις βασικές αρχές της συναρμολόγησης των φωτοβολταϊκών μονάδων;		
23) Συζητήστε τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του φωτοβολταϊκού μετατροπέα;		
24) Συζητήστε τα θέματα σχετικά με την απομακρυσμένη επικοινωνία με τους μετατροπείς;		
25) Αναφέρετε τις κυριότερες αρχές που ισχύουν για την μέτρηση των φωτοβολταϊκών μετατροπέων;		
26) Εξηγήστε ποια είναι η αποθήκευση ενέργειας;		
27) Καταγράψετε βασικές τεχνολογίες της απόδοσης μπαταρίας;		

Μπορείτε να:	Ναι	Όχι
28) Συζητήσετε τις λειτουργικές παραμέτρους των μπαταριών;		
29) Συζητήσετε θέματα που σχετίζονται με την εποπτεία της λειτουργίας μπαταρίας;		
30) Γνωρίζετε τις παραμέτρους, τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα των συγκεκριμένων τεχνολογιών των μπαταριών;		
31) Εξηγήσετε από τι αποτελείται η προστασία από υπέρταση(power surge protection) στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
32) Εξηγήσετε τις βασικές αρχές επιλογής προστασιών για υπέρταση στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
33) Συζητήσετε τους τύπους των προστασιών από υπέρταση(power surge protections);		
34) Συζητήσετε τον ρόλο της εγκατάστασης αστραπής στην προστασία από υπέρταση στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
35) Αναφέρετε τις βασικές αρχές στην συναρμολόγηση των προστασιών υπέρτασης;		
36) Εξηγήσετε γιατί η εγκατάσταση αστραπής πρέπει να εφαρμοστούν;		
37) Γράψετε βασικές αρχές της διανομής σε μια εγκατάσταση αστραπής;		
38) Συζητήσετε μεθόδους της διανομής των στοιχείων μιας εγκατάστασης αστραπής;		
39) Συζητήσετε θέματα που σχετίζονται με την προστασία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης από τα αποτελέσματα της αστραπής;		
40) Να αναφέρετε πότε εμφανίζεται ο κίνδυνος κεραυνού απευθείας στη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση;		
41) Εξηγήστε από τι αποτελείται η προστασία του χώρου της εγκατάστασης;		
42) Εξηγήστε βασικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την συναρμολόγηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
43) Συζητήστε τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την συναρμολόγηση της υποστηρικτικής εγκατάστασης;		
44) Συζητήστε θέματα που σχετίζονται με την απόδοση των μετρήσεων αποδοχής της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
45) Αναφέρετε τις κύριες αρχές που ισχύουν κατά την ενεργοποίηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;;		
46) Εξηγήστε τις επιπτώσεις των σφαλμάτων που εμφανίζονται στη σύνδεση της μονάδας στην λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
47) Γράψετε τυπικά σφάλματα που εμφανίζονται κατά τη συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων		
48) Συζητήστε τυπικά σφάλματα που συμβαίνουν κατά τη συναρμολόγηση δομών υποστήριξης;		
49) Συζητήστε σφάλματα σχετικά με τη διάταξη καλωδίων και καλωδίων σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις;		
50) Αναφέρετε τα κύρια σφάλματα που εμφανίζονται κατά τη συναρμολόγηση των εγκαταστάσεων αστραπής;		
51) Εξηγήστε την προετοιμασία των τεχνικών εγγράφων της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
52) Καταγράψτε τα βασικά στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνονται στην τεχνική τεκμηρίωση;		
53) Συζητήστε τις πληροφορίες που πρέπει να περιληφθούν σε μια περιγραφή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
54) Συζητήστε στοιχεία της τεκμηρίωσης μετά την ολοκλήρωση;		

Μπορείτε να:	Ναι	Όχι
55) Αναφέρετε τις κύριες αρχές των στοιχείων επισήμανσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης		
56) Εξηγήστε από τι αποτελείται η εισαγωγή των συστημάτων διαχείρισης ποιότητας;		
57) Αναφέρατε τις βασικές πληροφορίες που βοηθούν στο σχεδιασμό φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων;		
58) Συζητήστε βασικές αρχές διαχείρισης πελατών;		
59) Συζητήστε τα ζητήματα σχετικά με τη σύναψη συμφωνίας για την απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης;		
60) Αναφέρετε τα κύρια στοιχεία των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων;		

Αν επιλέξατε την απάντηση "ΟΧΙ", σας προτείνουμε να επιστρέψετε στο διδακτικό υλικό και την επανειλημμένη ανάλυσή του για να επιτύχετε τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (γνώσεις, δεξιότητες). Εάν είναι απαραίτητο, χρησιμοποιήστε πρόσθετη πηγή πληροφοριών για κάθε θέμα.



7. ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ

Αγγλικά	Ελληνικά
Assembly of PV modules	Συναρμολόγηση φωτοβολταϊκών μονάδων
Assembly of the inverter	Συναρμολόγηση μετατροπέα
Assembly of the supporting structure	Συναρμολόγηση υποστηρικτικής δομής
Battery capacity	Χωριτικότητα μπαταρίας
Battery discharging current	Ρεύμα μπαταρίας
Cabling assembly	Συναρμολόγηση καλωδίων
Charging cycle	Κύκλος φόρτισης
Cylindrical fuse link	Κυλινδρικές συνδέσεις ασφαλειών
Discharging cycle	Κύκλος αποφόρτισης
Earth	Γη
Earthing	Γείωση
Energy storage	Αποθήκευση ενέργειας
Fuses	Ασφάλειες
Horizontal air terminal	Οριζόντιο τερματικό αέρα
Installation activities	Δραστηριότητες εγκατάστασης
Insulation class	Τάξη μόνωσης
Lightning installation	Εγκατάσταση κεραυνού
Lightning protection	Προστασία απο αστραπές
Live work	Ζωντανή εργασία
Maximum voltage of battery	Μέγιστη ισχύ της μπαταρίας
Minimum voltage of battery	Ελάχιστη ισχύ της μπαταρίας
Overcurrent circuit breaker	Wyłącznik nadprądowy
Overcurrent protection	Προστασία απο υπέρταση
Photovoltaic cell	Φωτοβολταϊκό κελλί
Photovoltaic chain	Φωτοβολταϊκή αλυσίδα
Photovoltaic connection	Φωτοβολταϊκή σύνδεση
Photovoltaic generator	Φωτοβολταϊκή γεννήτρια

Photovoltaic installation	Φωτοβολταική εγκατάσταση
Photovoltaic installation design	Σχεδιασμός φωτοβολταικής εγκατάστασης
Photovoltaic module	Φωτοβολταική μονάδα
Post-installation activities	Δραστηριότητες μετά την εγκατάσταση
Power surge protection	Προστασία απο υπέρταση
Pre-installation activities	Δραστηριότητες πριν απο την εγκατάσταση
PV chain wire	Σύρμα φωτοβολταικής αλυσίδας
Residual current circuit breaker	Διακόπτης προστασίας από υπολειμματικό ρεύμα
Residual current device	Συσκευή υπολειματικού ρεύματος
Reverse current	Αντίστροφο ρεύμα
Specific resistance	Ειδική αντίσταση
Technical documentation	Τεχνική τεκμηρίωση
Tracking system of the point of maximum power	Σύστημα εντοπισμού του σημείου μέγιστης ισχύς
Vertical air terminal	Κάθετο τερματικό αέρα
Work at height	Εργασία σε ύψος



8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Bernaciak A.: *Ochrona środowiska w praktyce. Aspekty ekonomiczno-prawne.* [Environmental Protection in Practice. Economic and Legal Aspects] Wydawcy Sorus sc and Ekoprofil, Poznań 1994.
- 2) Brzeziński W.: *Ochrona prawna naturalnego środowiska człowieka.* [Legal Protection of the Natural Human Environment] PWN, Warszawa 1975.
- 3) Dębski M., Luberański A., Petrukanec A., Polewka P.: *Praktyczny poradnik Instalatora. Systemy fotowoltaiczne i słoneczne systemy grzewcze.* [Practical Fitter's Guide. Photovoltaic Systems and Solar Heating Systems] Wydawnictwo ATUM Sp. z o.o., Warszawa 2016.
- 4) Jarzębski Z. M.: *Energia słoneczna, konwersacja fotowoltaiczna.* [Solar Energy, Photovoltaic Conversion] Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1990r.
- 5) Jastrzębska G.: *Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia, zastosowanie.* [Solar Cells. Construction, Technology, Application] Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa 2013.
- 6) Klugmann-Radziemska E.: *Fotowoltaika w teorii i praktyce.* [Photovoltaics in Theory and Practice] Wydawnictwo BDC, Legionowo 2010.
- 7) Michałowska-Knap K., Wiśniewski G.: *Stan obecny i potencjał energetyki odnawialnej w Polsce.* [The Current Condition and Potential of Renewable Energy Production in Poland] PIGWO studies 2008.
- 8) Szymańska B.: *Instalacje fotowoltaiczne. Teoria, praktyka, prawo, ekonomia.* [Photovoltaic Installations. Theory, Practice, Law, Economy] Kraków, Wydawnictwo Glob Energia, 2013.
- 9) Tytko R.: *Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej.* [Devices and Systems of the Renewable Energy Production] Wydawnictwo Towarzystwo Słowaków w Polsce, Kraków 2014.
- 10) Tytko R.: *Odnawialne źródła energii.* [Renewable Energy Sources] Wydawnictwo OWG, Warszawa 2010.
- 11) Znajdek, K., Sibiński, M.: *Ogniwa fotowoltaiczne różnych typów.* [Photovoltaic Cells of Various Types] Świat Szkła, issue 9, section 16, Wydawnictwo Euro-Media Sp. z o.o., 2011.

Ηλεκτρονικές Πηγές (πρόσβαση: 20 Σεπτεμβρίου 2018)

- 1) Gnatowski M.: *Falownik, czyli inwerter w pigułce.* <http://www.solartime.pl/porady-eksperta/item/554-falownik-czyli-inwerter-w-pigulce>
- 2) www.zielonewrota.pl
- 3) www.gramwzielone.pl
- 4) www.sep.com.pl
- 5) www.systemy-fotowoltaika.pl
- 6) www.fotowoltaikainfo.pl
- 7) <https://pvmonitor.pl>
- 8) www.fotowoltaika.com.pl

