



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ
ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΦΑΝΗΣ Κ. ΝΙΚΗΤΑΣ

Επιβλέπων : **ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Θ. ΔΕΡΒΟΣ**

Καθ. ΕΜΠ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ/κων & Μηχ/κων Υπολογιστών

Αθήνα, Ιούλιος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ
ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΦΑΝΗΣ Κ. ΝΙΚΗΤΑΣ

Επιβλέπων : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Θ. ΔΕΡΒΟΣ

Καθ. ΕΜΠ, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ/κων & Μηχ/κων Υπολογιστών

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την.....

Αθήνα, Ιούλιος 2013

.....
Κ.Θ. Δέρβος
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Π. Βασιλείου
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Η. Αβραμόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Νικήτας Κ. Πεφάνης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχ/κός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Νικήτας Κ. Πεφάνης

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση μιας Φ/Β εγκατάστασης, και πιο συγκεκριμένα η παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο γίνεται η επιθεώρηση και πιστοποίησή της.

Αρχικά γίνεται μια αναφορά στα φωτοβολταϊκά με κάποια γενικά στοιχεία, παρουσιάζονται στατιστικά δεδομένα για την τωρινή εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β και των ΑΠΕ στην Ελλάδα, όπως επίσης και κάποιες πληροφορίες για τα οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες.

Η επιθεώρηση και πιστοποίηση ενός Φ/Β συστήματος γίνεται με βάση το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 62446, τα περιεχόμενα του οποίου παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2. Επίσης γίνεται ανάλυση του πώς γίνεται μια επιθεώρηση και παρουσιάζονται δύο ολοκληρωμένα παραδείγματα εκθέσεων τεχνικού ελέγχου για δύο φωτοβολταϊκά πάρκα ονομαστικής ισχύος 500 kWp και 310 kWp, στα κεφάλαια 4 και 5 αντίστοιχα.

Τέλος γίνεται παρουσίαση του τρόπου υπολογισμού των καλωδίων συνεχούς και εναλλασσόμενου μέρους μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, πλαίσιο, αναστροφέας, συστοιχία, πιστοποίηση, επιθεώρηση, ευρωπαϊκό πρότυπο, μονογραμμικό διάγραμμα, ονομαστική ισχύς, τάση ανοικτού κυκλώματος, ρεύμα βραχυκύκλωσης, ανιχνευτής σημείου μέγιστης ισχύος, τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος, ρεύμα στη μέγιστη ισχύ

ABSTRACT

The scope of this thesis was to examine a photovoltaic installation and also to present how the inspection and certification of a PV system can be done.

In the beginning, some general information about photovoltaic technology is mentioned. Various statistical data is also presented, referring to the current installed power of PV systems and renewable energy sources, as well as information about the roof photovoltaic systems.

The inspection and certification of PV system is based on the European Standard EN 62446, the contents of which are presented in chapter 2. The inspection process is also described, according to the standard mentioned above. Two completed examples of an inspection report are then presented, one for a PV system of 500 kWp nominal power and one for a PV system of 310 kWp nominal power, in chapters 4 and 5 respectively.

Finally, the calculations of the AC and DC cables for a PV system are presented.

KEYWORDS

photovoltaic installment, module, inverter, string, certification, inspection, European standard, single line diagram, nominal power, open circuit voltage, short circuit current, maximum power point tracker (MPPT), mpp voltage, mpp current

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας:

Τον κ. Κωνσταντίνο Θ. Δέρβο, Καθηγητή του Τομέα Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών του Ε.Μ.Π. για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και την πολύτιμη βοήθειά του για την υλοποίησή της.

Τον Ιωάννη Π. Σταθόπουλο, Διπλωματούχο Ηλεκτρολόγο Μηχανικό Ε.Μ.Π. που μου επέτρεψε να βρεθώ στο χώρο των εγκαταστάσεων και με βοήθησε να απαντήσω σε όλα τα ερωτήματα που προέκυψαν πάνω στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις.

Τον κ. Γ.Μ. Μυλωνάκη, Φυσικό (Μ.Σc.) και Διευθύνοντα Σύμβουλο της ΤΥV Rheinland Hellas που μου επέτρεψε να συμπεριλάβω τις τεχνικές εκθέσεις των επιθεωρήσεων στην παρούσα εργασία.

Την οικογένειά μου, την κοπέλα μου και τους φίλους μου για όλη την υποστήριξη και βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Οι εκθέσεις τεχνικού ελέγχου που παρουσιάζονται στη συνέχεια προέκυψαν κατόπιν επιτόπιου ελέγχου στο χώρο των εξεταζόμενων φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων και συντάχθηκαν από το συγγραφέα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παρόντες κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης στο χώρο των εγκαταστάσεων επίσης ήταν:

Ο κ. Κωνσταντίνος Θ. Δέρβος, Καθηγητής του Τομέα Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών του Ε.Μ.Π.

Ο Ιωάννης Π. Σταθόπουλος, Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π. και επιθεωρητής για την TÜV Rheinland Hellas

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Ευχαριστίες.....	7
Περιεχόμενα.....	9
Κεφάλαιο 1: Φ/Β συστήματα και εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα.....	13
1.1 Γενικά.....	13
1.2 Τεχνολογία Φ/Β συστημάτων.....	14
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Φ/Β συστημάτων.....	16
1.4 Περιβαλλοντικό όφελος.....	17
1.5 Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ και Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα.....	18
1.6 Φ/Β συστήματα σε στέγες.....	23
1.7 Αποτίμηση οικονομικής απόδοσης Φ/Β εγκαταστάσεων σε στέγες.....	27
1.7.1 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας.....	28
1.7.2 Τρόπος χρηματοδότησης.....	29
1.7.3 Συντελεστής χρησιμοποίησης.....	29
1.7.4 Δείκτης τιμών καταναλωτή.....	30
1.7.5 Υπολογιζόμενες αποδόσεις.....	30
1.7.6 Καθορισμός «Εύλογης απόδοσης».....	33
1.7.7 Σύνοψη – Συμπεράσματα.....	35
Κεφάλαιο 2: Ευρωπαϊκό πρότυπο επιθεώρησης Φ/Β συστήματος.....	37
2.1 Εισαγωγή.....	37
2.2 Σχετικά πρότυπα, χρήσιμοι όροι και ορισμοί.....	38
2.2.1 Σχετικά πρότυπα.....	39
2.2.2 Όροι και ορισμοί.....	39
2.3 Απαιτήσεις τεκμηρίωσης του συστήματος.....	40
2.3.1 Γενικά.....	40
2.3.2 Δεδομένα του συστήματος.....	40
2.3.2.1 Βασικές πληροφορίες του συστήματος.....	40
2.3.2.2 Πληροφορίες για το σχεδιαστή του συστήματος.....	41
2.3.2.3 Πληροφορίες για τον εγκαταστάτη του συστήματος.....	41
2.3.3 Μονογραμμικό διάγραμμα.....	42
2.3.3.1 Γενικά.....	42
2.3.3.2 Φ/Β πεδίο – Γενικές προδιαγραφές.....	42
2.3.3.3 Πληροφορίες Φ/Β συστοιχιών.....	42

2.3.3.4	Φ/Β πεδίο – ηλεκτρολογικές πληροφορίες.....	42
2.3.3.5	Γείωση και προστασία από υπέρταση.....	43
2.3.3.6	Σύστημα AC.....	43
2.3.4	Φύλλα δεδομένων.....	43
2.3.5	Πληροφορίες μηχανικής σχεδίασης.....	44
2.3.6	Πληροφορίες λειτουργίας και συντήρησης.....	44
2.3.7	Αποτελέσματα ελέγχου.....	44
2.4	Πιστοποίηση.....	45
2.4.1	Γενικά.....	45
2.4.2	Επιθεώρηση.....	46
2.4.2.1	Γενικά.....	46
2.4.2.2	Επιθεώρηση τμήματος DC της εγκατάστασης.....	46
2.4.2.3	Προστασία από υπέρταση/ηλεκτροπληξία.....	48
2.4.2.4	Εξέταση AC τμήματος της εγκατάστασης.....	48
2.4.2.5	Επισήμανση και αναγνώριση.....	49
2.4.3	Μετρήσεις και δοκιμές ελέγχου.....	49
2.4.3.1	Γενικά.....	49
2.4.3.2	Δοκιμή συνέχειας γείωσης.....	50
2.4.3.3	Δοκιμή πολικότητας.....	51
2.4.3.4	Μέτρηση τάσεως ανοικτού κυκλώματος στη Φ/Β συστοιχία.....	51
2.4.3.5	Μετρήσεις ρεύματος στη Φ/Β συστοιχία.....	52
2.4.3.6	Λειτουργικές δοκιμές.....	54
2.4.3.7	Έλεγχος αντίστασης μόνωσης.....	54
2.5	Αναφορές πιστοποίησης.....	57
2.5.1	Γενικά.....	57
2.5.2	Αρχική επιθεώρηση.....	57
2.5.3	Περιοδική επιθεώρηση.....	58
Κεφάλαιο 3: Τι περιλαμβάνει μια επιθεώρηση Φ/Β πάρκου – είδη αναστροφέων.....		59
3.1	Γενικά.....	59
3.2	Περιεχόμενα μιας έκθεσης τεχνικού ελέγχου.....	60
3.3	Αναστροφείς φωτοβολταϊκών συστημάτων (inverters).....	61
3.3.1	Κεντρικός αναστροφέας (central inverter).....	62
3.3.2	Αναστροφέας συστοιχιών (string inverter).....	62
3.3.3	Μικρο-αναστροφέας (micro-inverter).....	63
Κεφάλαιο 4: Έκθεση τεχνικού ελέγχου για Φ/Β πάρκο 500 kWp.....		65
Παράρτημα 1: Ευρήματα.....		81
Παράρτημα 2: Ταξινόμηση Ευρημάτων.....		81

Παράρτημα 3: Τεχνική τεκμηρίωση.....	82
Παράρτημα 4: Ηλεκτρικές μετρήσεις.....	83
Παράρτημα 5: Λίστα οργάνων ελέγχου.....	104
Κεφάλαιο 5: Έκθεση τεχνικού ελέγχου για Φ/Β πάρκο 310 kWp.....	105
Παράρτημα 1: Ευρήματα.....	121
Παράρτημα 2: Ταξινόμηση ευρημάτων.....	121
Παράρτημα 3: Τεχνική τεκμηρίωση.....	122
Παράρτημα 4: Ηλεκτρικές μετρήσεις.....	123
Παράρτημα 5: Λίστα οργάνων ελέγχου.....	138
Κεφάλαιο 6: Υπολογισμός καλωδίων Φ/Β εγκατάστασης.....	139
6.1 Πτώση τάσεως.....	139
6.2 Παραδείγματα υπολογισμού καλωδίων στο DC και AC μέρος της εγκατάστασης.....	141
6.2.1 Τμήμα εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).....	141
6.2.2 Τμήμα συνεχούς ρεύματος (DC).....	154
6.2.3 Καλωδίωση Φ/Β σταθμού ισχύος 310 kWp.....	157
Κεφάλαιο 7: Έλεγχος – Συμπεράσματα.....	161
Παράρτημα.....	163
Βιβλιογραφία.....	173

Κεφάλαιο 1: Φωτοβολταϊκά συστήματα και εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα

1.1 Γενικά

Με τον όρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές (ο ήλιος, το νερό, ο άνεμος κ.τ.λ.), που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Αποτελούν τις αρχικές πηγές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο ως τις αρχές του 20ου αιώνα οπότε έγινε πιο έντονη η χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας και κυρίως του πετρελαίου.

Οι περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι γνωστές από τη στιγμή της εμφάνισης του ανθρώπου στον πλανήτη μας, ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί με σημαντική επιτυχία και από τον άνθρωπο των αρχαιοτάτων ιστορικών χρόνων. Η χώρα μας έχει μεγάλη παράδοση χρήσης των ανεμόμυλων, λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφικής μορφής της. Η σημερινή αξιοποίηση του εγχώριου αιολικού δυναμικού είναι ελάχιστη, ενώ οι παρεχόμενες τεχνικές και χρηματοδοτικές δυνατότητες είναι ενδιαφέρουσες.

Σε πολλές χώρες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν εγχώρια πηγή ενέργειας με προοπτικές ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο είναι ιδιαίτερα σημαντική, γεγονός που οδηγεί στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τις άλλες μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, των οποίων το κόστος είναι αρκετά υψηλό. Επιπροσθέτως οι ΑΠΕ συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος.

Οι κυριότερες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν ως εξής:

- Αιολική Ενέργεια
- Υδραυλική Ενέργεια
- Βιομάζα
- Ηλιακή Ενέργεια
- Γεωθερμική Ενέργεια
- Αστικά Απορρίμματα

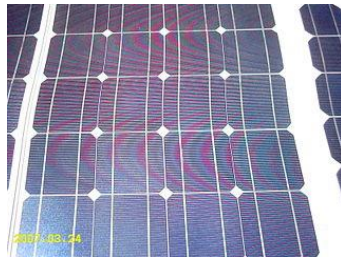
Τα φωτοβολταϊκά (ή Φ/Β) συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με τεράστιο ενδιαφέρον για την Ελλάδα. Εκμεταλλευόμενο το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το φωτοβολταϊκό σύστημα μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας που συνεχώς κερδίζει έδαφος στην χώρα μας. Η Ελλάδα διαθέτει ηλιοφάνεια σε υψηλά ποσοστά, γεγονός που διευκολύνει την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη μετατροπή της σε ηλεκτρική. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση της κατάλληλης τεχνολογίας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Ως προς την ηλιοθερμική ενέργεια η Ελλάδα ήταν πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες με περίπου ένα εκατομμύριο εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες, που συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προϋποθέσεις μάλιστα για τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που και η κατανάλωση (ζήτηση) φτάνει στο μέγιστο και η ΔΕΗ ζητά από όλους τους καταναλωτές να περιορίσουν την ζήτηση ή αναγκάζεται να κάνει περικοπές (ελεγχόμενη συσκότιση).

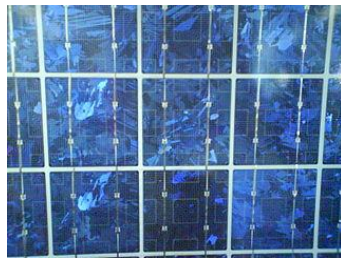
1.2 Τεχνολογία Φ/Β συστημάτων

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πλαίσια φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Σήμερα, στην αγορά καταγράφεται μεγάλος αριθμός τεχνολογιών Φ/Β πλαισίων. Οι κυριότερες εξ αυτών είναι δύο: Η πρώτη κατηγορία είναι τα κρυσταλλικά, τα οποία διακρίνονται σε πλαίσια από μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Η δεύτερη είναι η τεχνολογία λεπτού υμενίου, ή αλλιώς thin film, η οποία περιλαμβάνει το thin film πυρίτιο, το άμορφο πυρίτιο, τον ινδοδισεληνιούχο χαλκό, το τελουριούχο κάδμιο και το αρσενικούχο γάλλιο.

Πρωταρχικό ρόλο στην αγορά κατέχουν τα Φ/Β πάνελ τεχνολογίας κρυσταλλικού πυριτίου με μερίδιο αγοράς της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β γεννητριών ύψους 86%.



Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο



Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο



Thin film

Τα πλαίσια συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV string), η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες

χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Φ/Β συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα με αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς η εγκατάσταση και χρήση τους. Μερικές από τις θετικές επιπτώσεις των Φ/Β συνοψίζονται στις εξής:

- Λειτουργούν αθόρυβα.
- Δεν ελκύνουν ρύπους και δεν παράγουν απόβλητα.
- Παρέχουν αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής. Μηδενικό κόστος παραγωγής ενέργειας και συντήρησης των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής.
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες.
- Δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές.
- Απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.
- Μπορούν να τοποθετηθούν και ενσωματωθούν εύκολα σε κτίρια ή σε ελεύθερα οικόπεδα χωρίς να δημιουργείται οπτική όχληση.
- Προσφέρονται για καινοτόμες και δημιουργικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές.
- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία, κατά τη λειτουργία λειτουργούν ως αποκεντρωμένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.
- Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ανάγκες, ενώ μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά

συστήματα). Έτσι, αν η ζήτηση ενέργειας αυξηθεί υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της παραγωγής.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλό κόστος, το οποίο όμως συνεχώς μειώνεται τα τελευταία χρόνια.
- Απαιτούν συνήθως μεγάλο χώρο για την εγκατάστασή τους προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητικό επίπεδο παραγωγής ενέργειας.
- Η παραγωγή ενέργειας επηρεάζεται από πιθανές νεφώσεις και τη ρύπανση του αέρα.
- Κατά τις νυχτερινές ώρες, δεν υπάρχει παραγωγή ενέργειας, επομένως για αυτόνομα συστήματα απαιτείται η χρήση συσσωρευτών.
- Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχή τάση η οποία πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενη (με τη χρήση αναστροφέα). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας.
- Οι απόψεις για την αισθητική (οπτική) επίπτωση τους δίστανται, αν και σήμερα υπάρχει πληθώρα καινοτόμων υλικών που ικανοποιούν και τις πιο απαιτητικές αισθητικές παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

1.4 Περιβαλλοντικό όφελος

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), συμβάλλοντας έτσι στον αγώνα κατά των κλιματικών αλλαγών. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των Φ/Β συστημάτων είναι ότι δεν εκπέμπουν CO₂ κατά τη λειτουργία τους. Παρόλο που κατά το στάδιο της παραγωγής τους ευθύνονται για ένα μικρό ποσό εκπομπών, αυτό είναι σημαντικά μικρότερο από τις εκπομπές που αποφεύγονται με τη χρήση τους.

1.5 Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ και Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα στοιχεία που έδωσε ο ΛΑΓΗΕ (Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) στη δημοσιότητα στα τέλη Μαΐου 2013, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ στο σύστημα ανερχόταν στα 4.169,9 MW.

Πρώτα στην «κούρσα» έρχονται τα φωτοβολταϊκά με ισχύ 1.970,1 MW, χωρίς σε αυτά να συγκαταλέγονται τα φωτοβολταϊκά στις στέγες που φθάνουν στα 351,5 MW στο συνδεδεμένο και στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα.

Ακολουθούν τα αιολικά με συνολική καθαρή ισχύ 1.494,7 MW, τα μικρά υδροηλεκτρικά με 217,9 MW, η βιομάζα με 45,6 MW και η συμπαραγωγή με 90,1 MW.

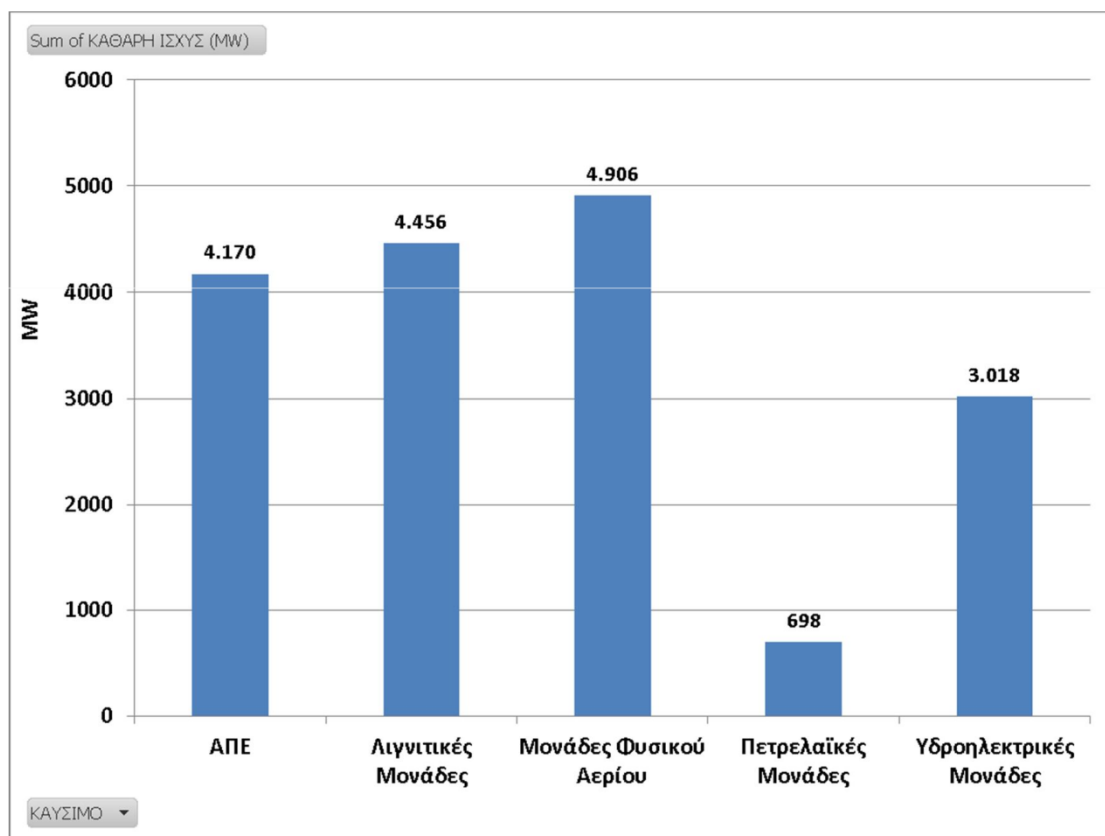
Η καθαρή ισχύς του συνόλου των ΑΠΕ και των μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων φθάνει στο σύστημα στα 7.187,6 MW και η ισχύς του συνόλου των θερμικών μονάδων στα 10.060 MW. Το σύνολο του καθαρού δυναμικού παραγωγής ηλεκτρισμού έχει φθάσει στα 17.247,6 MW, ενώ η μέγιστη ωριαία ζήτηση του συστήματος τον Μάιο ήταν τα 6.501MW και η ωριαία αιχμή στο πεντάμηνο Ιανουαρίου - Μαΐου 2013 ήταν τα 8.564 MW.

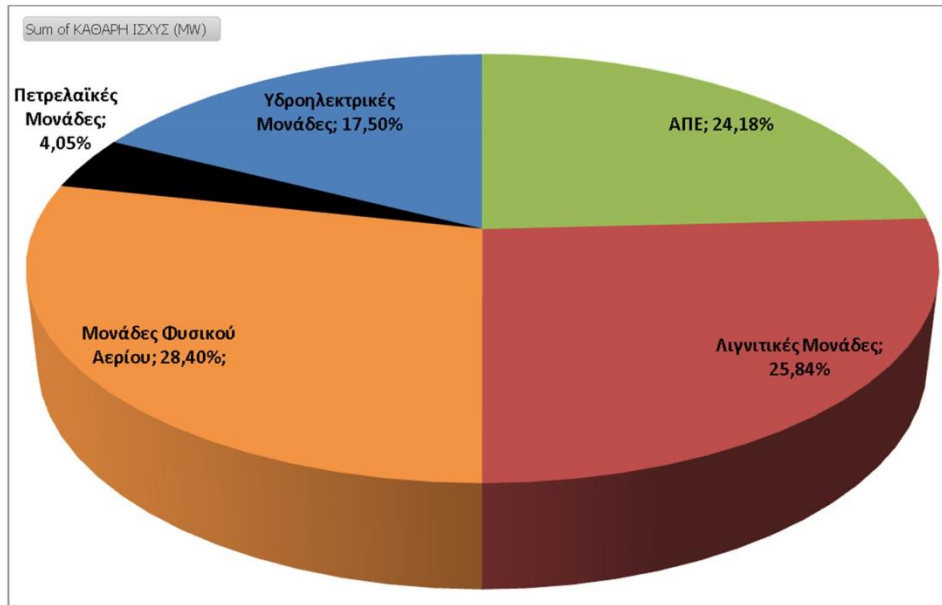
	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
Υδροηλεκτρικές Μονάδες	ΑΓΡΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	50,0
	ΑΣΩΜΑΤΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	108,0
	ΑΩΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	210,0
	ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	19,0
	ΘΗΣΑΥΡΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	384,0
	ΚΑΣΤΡΑΚΙ	ΔΕΗ Α.Ε.	320,0
	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	437,2
	ΛΑΔΩΝΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	70,0
	ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	129,9
	ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε.	116,0
	ΠΟΛΥΦΥΤΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	375,0
	ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι	ΔΕΗ Α.Ε.	300,0
	ΠΟΥΡΝΑΡΙ ΙΙ	ΔΕΗ Α.Ε.	33,6
	ΣΤΡΑΤΟΣ Ι	ΔΕΗ Α.Ε.	150,0
ΣΦΗΚΙΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	315,0	

	Σύνολο Υδροηλεκτρικών Μονάδων	3017,7
ΑΠΕ	ΑΙΟΛΙΚΑ	1494,7
	Φ/Β	1970,1
	Φ/Β ΣΤΕΓΕΣ**	351,5
	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	217,9
	ΒΙΟΜΑΖΑ	45,6
	ΣΗΘΥΑ	90,1
	Σύνολο Μονάδων ΑΠΕ	4169,9
Σύνολο Θερμικών Μονάδων		10060,0
Σύνολο ΑΠΕ & Υδροηλεκτρικών Μονάδων		7187,6
Σύνολο όλων των Μονάδων		17247,6

**Αφορά το σύνολο των Φ/Β στις Στέγες του Διασυνδεδεμένου και του Μη Διασυνδεδεμένου Συστήματος

Ακολουθούν δύο γραφήματα. Στο πρώτο από τα δύο παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς Μονάδων στο Διασυνδεδεμένο σύστημα ανά καύσιμο, και στο δεύτερο το ποσοστό (%) στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος στο Διασυνδεδεμένο σύστημα ανά καύσιμο.





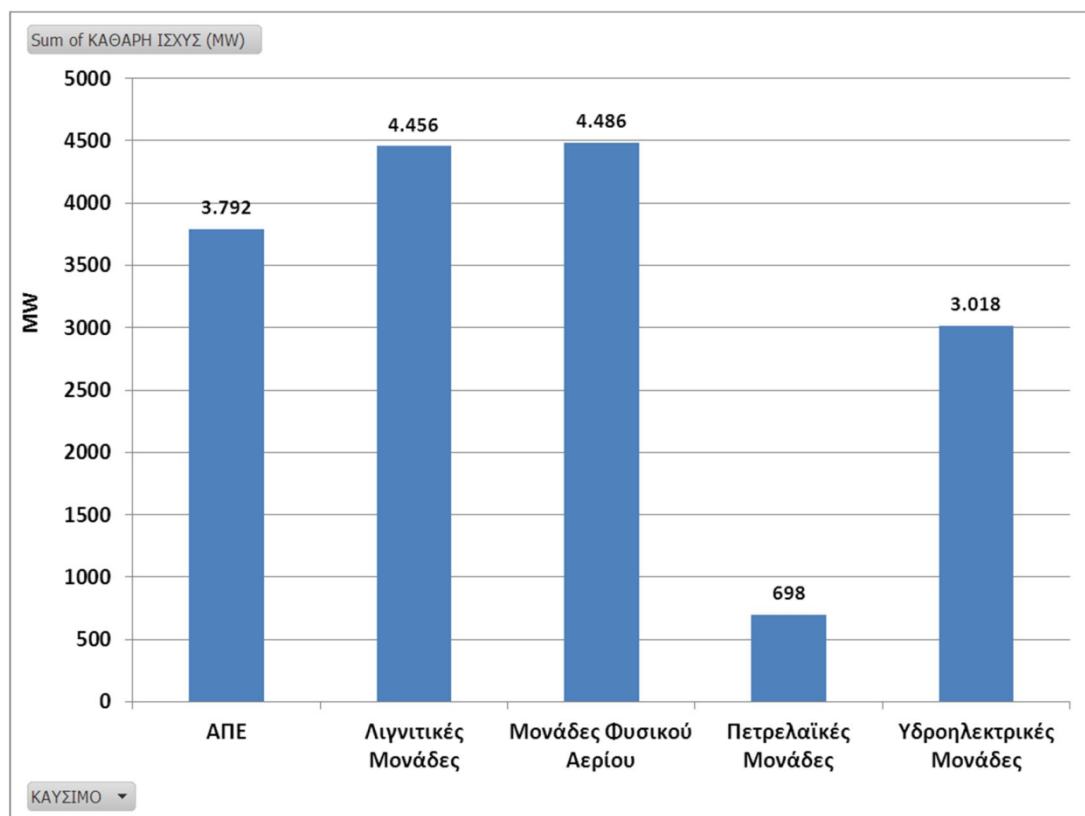
Γράφημα 2: Ποσοστό (%) στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά καύσιμο (Μάιος 2013)

Σύμφωνα με τον ΛΑΓΗΕ και τα επίσημα στοιχεία, η ισχύς των Φ/Β συστημάτων ξεπέρασε εκείνη των αιολικών το Φεβρουάριο 2013. Συγκεκριμένα, η ισχύς των φωτοβολταϊκών ξεπέρασε την αντίστοιχη των αιολικών φθάνοντας στα 1615 μεγαβάτ έναντι 1495 των αιολικών, χωρίς να συνυπολογίζονται οι μικρές εγκαταστάσεις στις στέγες που ήταν άλλα 329 μεγαβάτ. Οι αντίστοιχοι πίνακες και τα διαγράμματα για το μήνα Φεβρουάριο είναι:

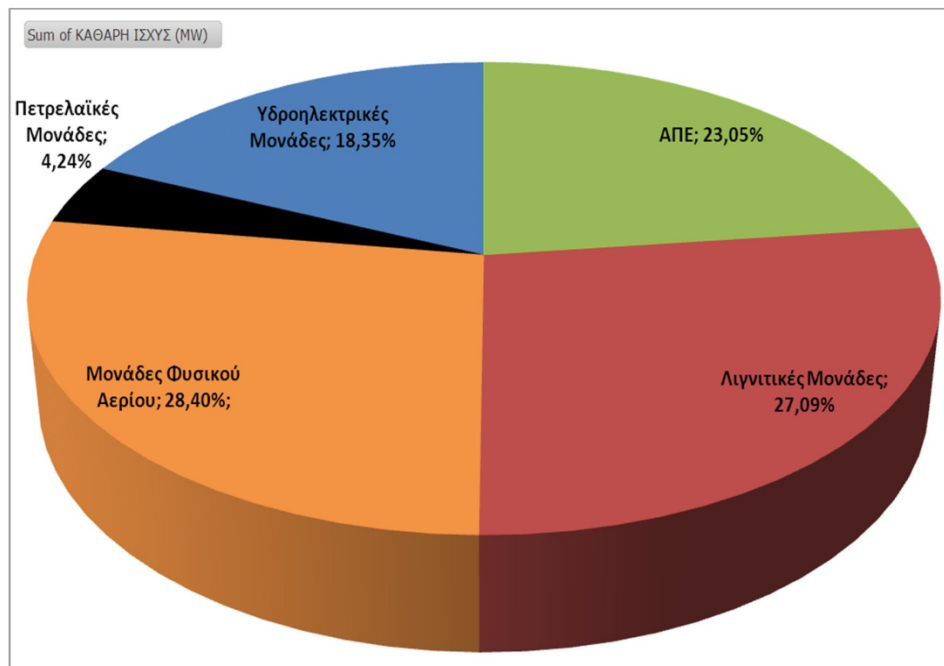
	ΜΟΝΑΔΑ	ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
Υδροηλεκτρικές Μονάδες	ΑΓΡΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	50,0
	ΑΣΩΜΑΤΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	108,0
	ΑΩΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	210,0
	ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	19,0
	ΘΗΣΑΥΡΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	384,0
	ΚΑΣΤΡΑΚΙ	ΔΕΗ Α.Ε.	320,0
	ΚΡΕΜΑΣΤΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	437,2
	ΛΑΔΩΝΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	70,0
	ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	129,9
	ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ	ΔΕΗ Α.Ε.	116,0
	ΠΟΛΥΦΥΤΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	375,0
	ΠΟΥΡΝΑΡΙ Ι	ΔΕΗ Α.Ε.	300,0
	ΠΟΥΡΝΑΡΙ ΙΙ	ΔΕΗ Α.Ε.	33,6
	ΣΤΡΑΤΟΣ Ι	ΔΕΗ Α.Ε.	150,0
ΣΦΗΚΙΑ	ΔΕΗ Α.Ε.	315,0	

	Σύνολο Υδροηλεκτρικών Μονάδων	3017,7
ΑΠΕ	ΑΙΟΛΙΚΑ	1494,7
	Φ/Β	1615,1
	Φ/Β ΣΤΕΓΕΣ*	328,9
	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	217,9
	ΒΙΟΜΑΖΑ	45,3
	ΣΗΘΥΑ	90,1
	Σύνολο Μονάδων ΑΠΕ	3792,0
Σύνολο Θερμικών Μονάδων		9640,0
Σύνολο ΑΠΕ & Υδροηλεκτρικών Μονάδων		6809,7
Σύνολο όλων των Μονάδων		16449,7

* Αφορά το σύνολο των Φ/Β στις Στέγες του Διασυνδεδεμένου και του Μη Διασυνδεδεμένου Συστήματος



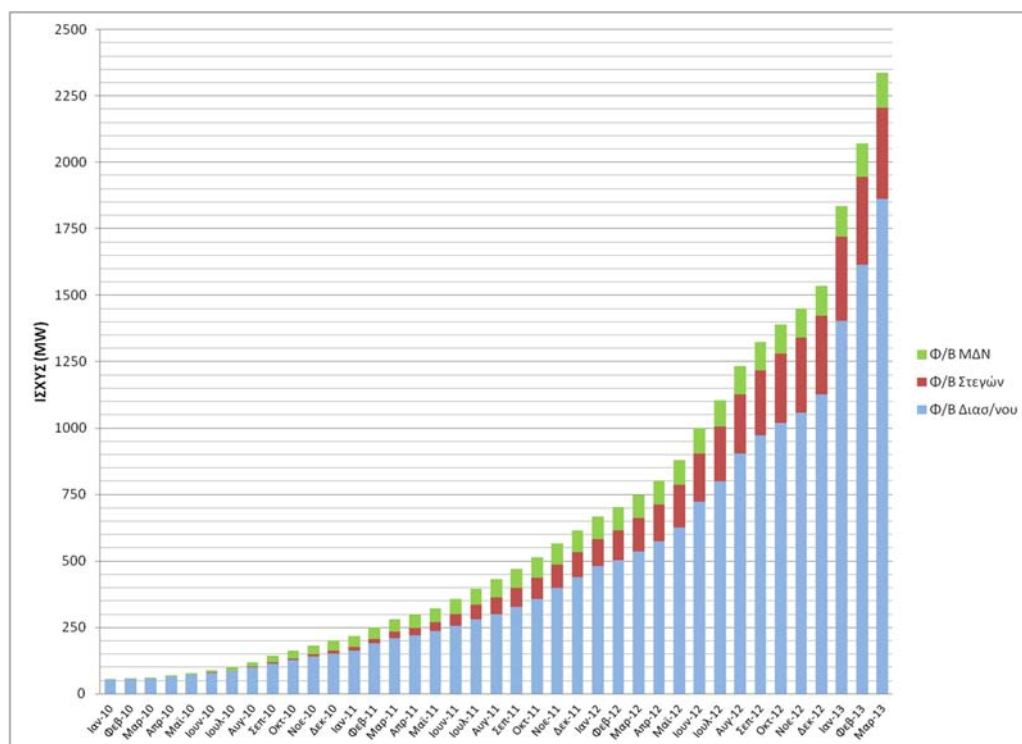
Γράφημα 3: Εγκατεστημένη ισχύς Μονάδων στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά καύσιμο (Φεβρουάριος 2013)



Γράφημα 4: Ποσοστό (%) στο σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά καύσιμο (Φεβρουάριος 2013)

Στην Ελλάδα η αγορά των φωτοβολταϊκών άρχισε να ανθίζει από τις αρχές του 2009 και ύστερα. Μέσα σε μόλις δύο χρόνια, στο τέλος του 2010, η συνολική εγχώρια εγκατεστημένη ισχύς είχε δεκαπλασιαστεί. Ενώ στη συνέχεια, ο ρυθμός ανάπτυξης αυξήθηκε ακόμα περισσότερο, παρά την πρωτοφανή οικονομική κρίση, που κορυφώθηκε στο ίδιο χρονικό διάστημα, φθάνοντας από τα 200 MWp εγκατεστημένης ισχύος στις αρχές του 2011 στα 1.000 MWp μόλις στο τέλος του πρώτου εξαμήνου του 2012. Αρχικά, και ιδιαίτερα τα δύο πρώτα χρόνια, το βάρος της ανάπτυξης του κλάδου, έπεσε στα λεγόμενα «αγροτικά» φωτοβολταϊκά. Σε εγκαταστάσεις, δηλαδή έως 100 kWp επί εδάφους, από αγρότες ανά την ελληνική επικράτεια. Στη διάρκεια του 2011 και εν συνεχεία και το 2012, παρατηρήθηκε μια πολύ έντονη ανάπτυξη στα λεγόμενα «οικιακά» συστήματα. Σε εγκαταστάσεις, δηλαδή στη στέγη ή το δώμα κατοικιών, έως 10 kWp, από ιδιώτες. Το ευνοϊκό νομικό πλαίσιο, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη χιλιάδων επιχειρήσεων γύρω από την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων, έκαναν δυνατή αυτή την εντυπωσιακή πρόοδο, παρά τις δυσχερείς συνθήκες λόγω της οικονομικής κρίσης που υπήρχε την ίδια περίοδο.

Το παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνει επ' ακριβώς αυτήν την αλματώδη πρόοδο και εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β συστημάτων:



Γράφημα 5: Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β συστημάτων από Ιαν. 2010 έως Μαρ. 2013 στην Επικράτεια

1.6 Φ/Β συστήματα σε στέγες

Το Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων μέχρι 10 kWp έχει εφαρμογή σε κτιριακές εγκαταστάσεις, που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων. Το Πρόγραμμα ξεκίνησε την 1η Ιουλίου 2009 στην Ηπειρωτική Χώρα και στα Διασυνδεδεμένα σε αυτή Νησιά, ενώ για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ), μετά τη διερεύνηση που έγινε για τα διαθέσιμα περιθώρια ισχύος στον ηλεκτρικό χώρο κάθε νησιού, η εφαρμογή του Προγράμματος ξεκίνησε την 10η Ιανουαρίου 2011, σε εφαρμογή της 1251/2010 Απόφασης της ΡΑΕ. Το Πρόγραμμα θα ισχύει μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2019. Ως μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανά εγκατάσταση στο πλαίσιο του Προγράμματος ορίζεται:

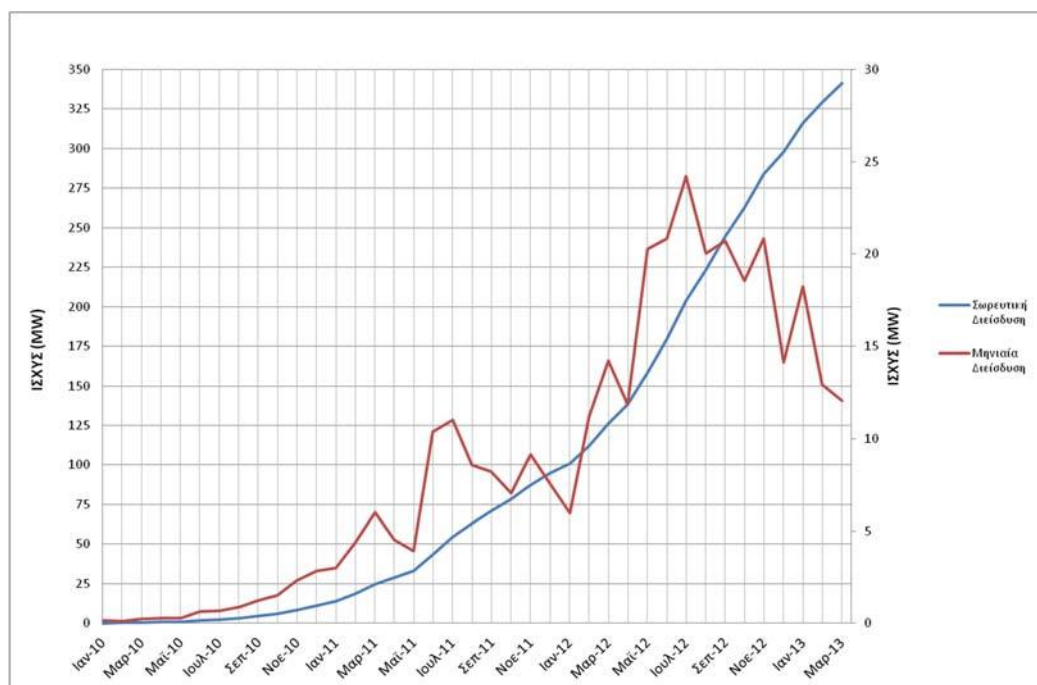
- για την ηπειρωτική χώρα, τα Διασυνδεδεμένα Νησιά και την Κρήτη τα 10kWp
- για τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά τα 5kWp.

Αποτέλεσμα της έντονης αποκλιμάκωσης του κόστους κατασκευής των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων μετά το δεύτερο εξάμηνο του 2011, ήταν ο υπερδιπλασιασμός της μέσης μηνιαίας διείσδυσης για το έτος 2012 για τα φωτοβολταϊκά σε στέγες, που έφτασε τα 17 MW, σε σχέση με τα 7 MW για το 2011. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι παρά τη μείωση, τον Αύγουστο του 2012, κατά 50% των εγγυημένων τιμών με την απόφαση Υ.Α.Π.Ε./Φ1/2301/οικ.16933 (ΦΕΚ Β' 2317), τους τρεις πρώτους μήνες του 2013 η μέση μηνιαία διείσδυση συνέχισε να είναι έντονη προσεγγίζοντας τα 14 MW.

Η εξέλιξη της εγγυημένης τιμής αποζημίωσης της ενέργειας από Φ/Β εγκαταστάσεις σε στέγες συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Φ/Β Σταθμοί ≤ 10kWp		
Έτος/ Μήνας	Εγγυημένη Τιμή (€/MWh)	Υπουργική Απόφαση
2009	550	ΦΕΚ Β' 1079 04/06/2009
2010	550	
2011	550	
Ιαν. 2012	522,5	
Φεβ. 2012	495	ΦΕΚ Β' 97 31/01/2012
Αυγ. 2012	250	ΦΕΚ Β' 2317 10/08/2012
Φεβ. 2013	238,75	

Ας δούμε και πώς απεικονίζεται η μηνιαία διείσδυση Φ/Β εγκαταστάσεων σε στέγες από τον Ιανουάριο του 2010 έως το Μάρτιο του 2013.



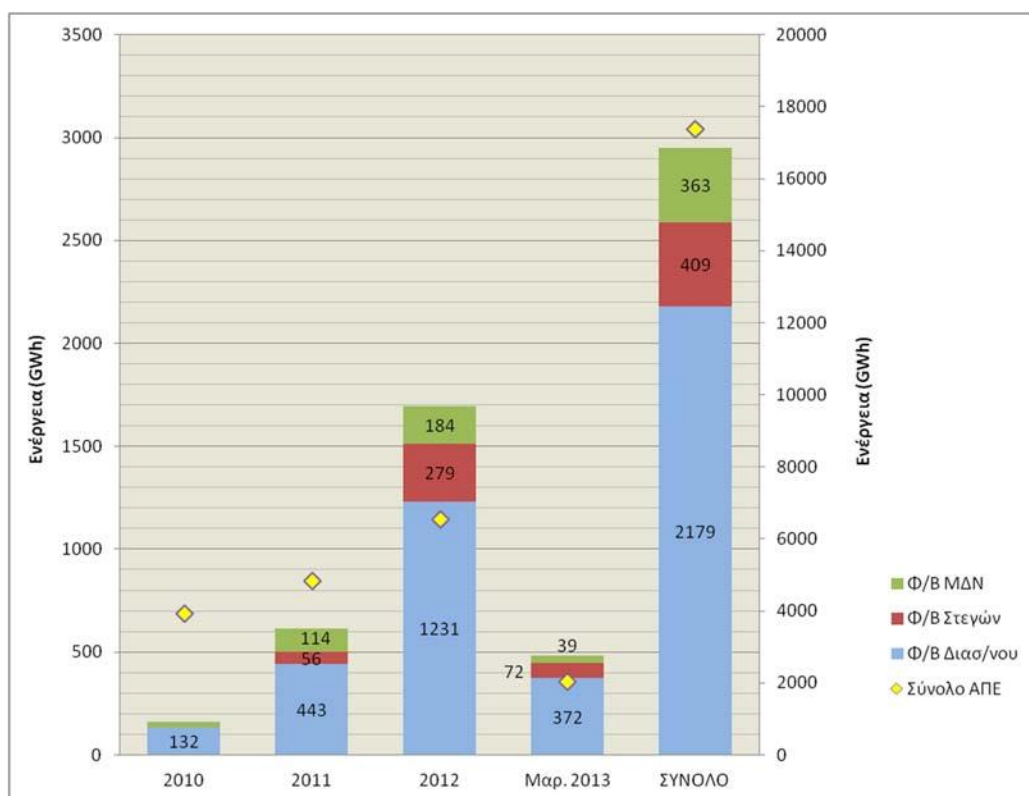
Γράφημα 6: Διείσδυση Φ/Β εγκαταστάσεων σε στέγες στην Επικράτεια

Η μεγάλη διείσδυση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε στέγες που σημειώθηκε κατά τη διάρκεια του 2012 (203 MW) σε συνδυασμό αφενός με τις υψηλές εγγυημένες τιμές και αφετέρου με την πρόβλεψη της διατήρησης της εγγυημένης τιμής για ένα εξάμηνο μετά την υπογραφή της Σύμβασης Συμψηφισμού είχε ως αποτέλεσμα να παρατηρείται ασυμμετρία μεταξύ της συμμετοχής των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε στέγες στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και της αποζημίωσης που απορροφούν.

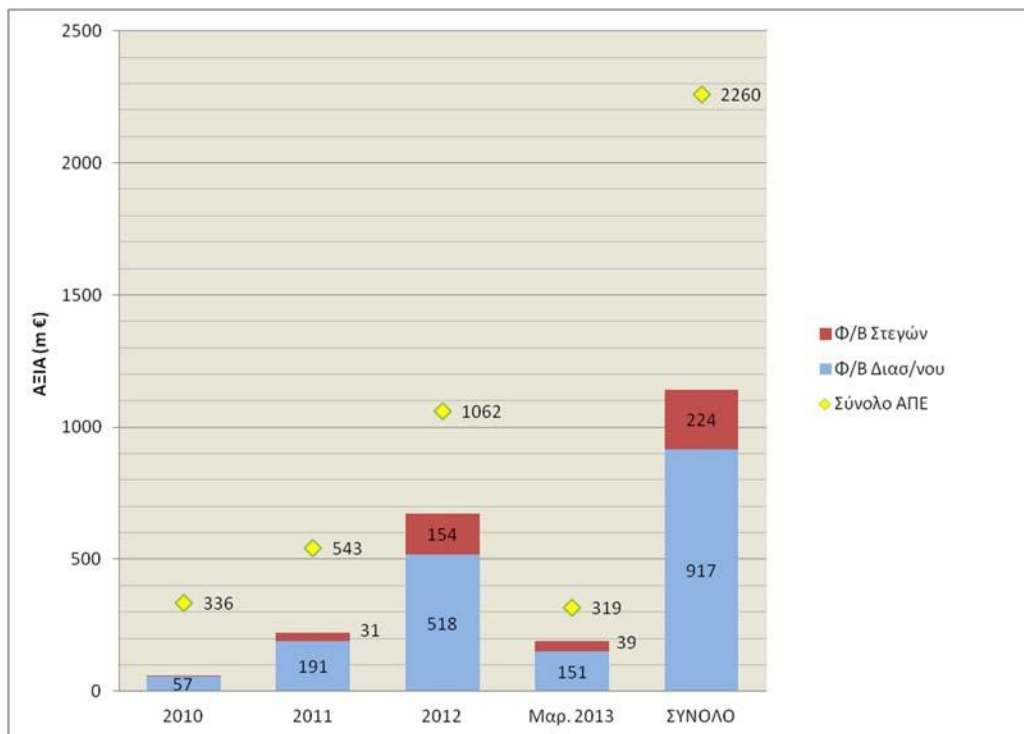
Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα γραφήματα 7 και 8, για το χρονικό διάστημα από το 2010 έως τον Μάρτιο του 2013 το μερίδιο των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε στέγες στη συνολική παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ ήταν

περίπου 2,4% (0,4 TWh σε σύνολο 17,4 TWh) δημιουργώντας δυσανάλογη απαίτηση αποζημίωσης της τάξεως των 224 εκ. € ($\approx 10\%$ της συνολικής αποζημίωσης της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ). Για το έτος 2011 τα παραπάνω ποσοστά ήταν αντίστοιχα 1,1% και 5,6%, ενώ το έτος 2012, κατά το οποίο καταγράφηκε έντονη διείσδυση, τα ποσοστά ήταν αντίστοιχα 4,3% και 14,5%.

Επιπλέον, όπως προκύπτει από τα ίδια γραφήματα, αλλά και σύμφωνα με τα στοιχεία των Μηνιαίων Δελτίων Ειδικού Λογαριασμού ΑΠΕ&ΣΗΘΥΑ του ΛΑΓΗΕ, η μεσοσταθμική τιμή της παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε στέγες για το έτος 2012 ήταν 549 €/MWh, σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με τη συνολική μεσοσταθμική τιμή ενέργειας ΑΠΕ που ισούταν με 186 €/MWh.



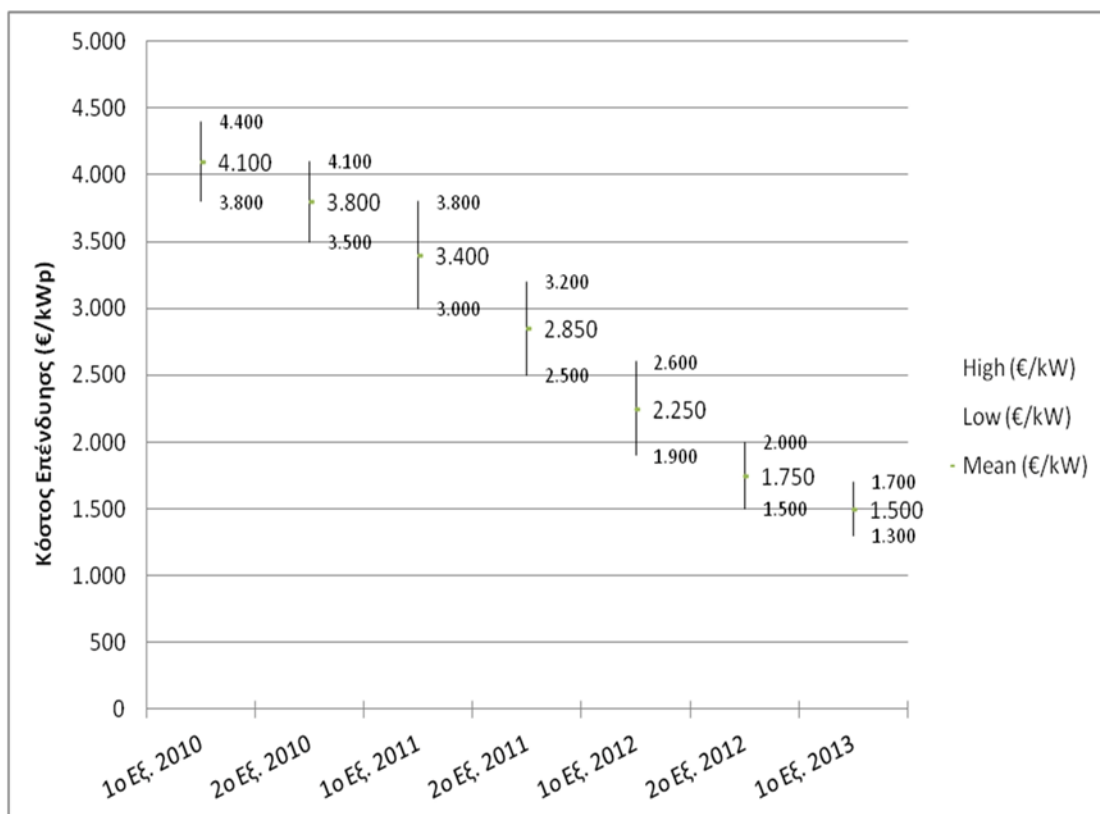
Γράφημα 7: Παραγόμενη ενέργεια από Φ/Β σταθμούς και σταθμούς ΑΠΕ/ΣΗΘΥΑ στην Επικράτεια



Γράφημα 8: Αξία παραγόμενης ενέργειας Φ/Β σταθμών και σταθμών ΑΠΕ/ΣΗΘΥΑ

1.7 Αποτίμηση οικονομικής απόδοσης Φ/Β εγκαταστάσεων σε στέγες

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατέθηκαν παραπάνω, από το 2010 έως σήμερα το μέσο κόστος επένδυσης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ισχύος έως 10 kWp έχει μειωθεί κατά 64%, όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα. Στο γράφημα αυτό αποτυπώνεται η εξαμηνιαία εξέλιξη του κόστους εγκατάστασης. Επειδή το κόστος εγκατάστασης εξαρτάται από την προέλευση (χώρα και κατασκευαστής) των βασικών στοιχείων του συστήματος (Φ/Β πλαίσια και αναστροφείς) και την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών πλαισίων, στο εν λόγω γράφημα απεικονίζεται, για κάθε εξάμηνο από το έτος 2010 έως και σήμερα, ένα εύρος τιμών (διάστημα) καθώς και ο αριθμητικός μέσος όρος των ακραίων τιμών κάθε διαστήματος. Στη συνέχεια θα υπολογιστούν οι οικονομικοί δείκτες για μια τυπική εγκατάσταση ονομαστικής ισχύος 9 kWp για κάθε μία από τις εικονιζόμενες στο γράφημα 9 τιμές.



Γράφημα 9: Εξαμηνιαία εξέλιξη κόστους επένδυσης (συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ και κόστους σύνδεσης) Φ/Β εγκαταστάσεων σε στέγες

Σύμφωνα με στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για την περίοδο από το έτος 2007 έως τον Σεπτέμβριο του 2012 περί το 60%, και με αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια, των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ονομαστικής ισχύος άνω του 1 MWp χρησιμοποίησαν κινέζικα Φ/Β πλαίσια.

1.7.1 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας

Οι ετήσιες δαπάνες (μεταβλητές/σταθερές) κατά τη διάρκεια λειτουργίας, οι οποίες αναλύονται σε πολλές διαφορετικές συνιστώσες, σχετίζονται και με την παραγωγή του υπό εξέταση σταθμού ΑΠΕ. Ειδικά για την περίπτωση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε στέγες εξαιτίας του ότι οι εν λόγω δαπάνες είναι ιδιαίτερα μικρές γίνεται η θεώρηση ότι είναι ίσες με 800 € ανά έτος (το ποσό αυτό θεωρείται οροφή και επιτρέπει σημαντικά περιθώρια μείωσης).

1.7.2 Τρόπος χρηματοδότησης

Το χρηματοδοτικό σχήμα για την υλοποίηση της επένδυσης μπορεί να περιλαμβάνει εισροές από τις ακόλουθες πηγές:

- Ίδια κεφάλαια
- Μακροπρόθεσμος τραπεζικός δανεισμός

Στην περίπτωση σύναψης δανείου για την κάλυψη μέρους της χρηματοδότησης του έργου, προβλέπεται κάθε έτος η καταβολή τοκοχρεολυσίων. Χαρακτηριστικά μεγέθη του δανείου αποτελούν το δανειακό κεφάλαιο, το επιτόκιο δανεισμού, ο χρόνος εξόφλησης του, ο τρόπος αποπληρωμής (σταθερό ή μεταβλητό τοκοχρεολύσιο) και η πιθανή περίοδος χάριτος (δηλαδή το χρονικό διάστημα που δεν υπάρχει υποχρέωση καταβολής χρεολυτικών δόσεων).

Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε στέγες το ύψος του επιτοκίου δανεισμού εξαρτάται από το είδος της πίστωσης, με ή χωρίς εμπράγματα εξασφαλίσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς και το γεγονός ότι ειδικά το τελευταίο έτος αυξήθηκε το κόστος χρηματοδότησης, για τις ανάγκες της παρουσίασης θα χρησιμοποιηθεί μέσο επιτόκιο δανεισμού ίσο με 7,5% για το διάστημα από 2010 έως σήμερα. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι οι παραδοχές σχετικά με το τραπεζικό επιτόκιο δεν επηρεάζουν το Project IRR.

Επιπλέον σχετικά με τη χρηματοδοτική διάρθρωση θα αναλυθούν δύο σενάρια. Στο σενάριο 1 θα γίνει η υπόθεση ότι το 50% του κόστους επένδυσης θα καλυφθεί με τραπεζικό δανεισμό ενώ στο σενάριο 2 ο τραπεζικός δανεισμός θα καλύπτει το 75% του κόστους επένδυσης. Ο χρόνος εξόφλησης θα είναι ίσος με 10 έτη.

1.7.3 Συντελεστής χρησιμοποίησης

Τα ετήσια έσοδα της επένδυσης διαμορφώνονται από την καθορισμένη τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh) και την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν παραπάνω η μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανά μονάδα ονομαστικής ισχύος είναι ίση με 1400 kWh/kWp.

1.7.4 Δείκτης τιμών καταναλωτή

Ο ρυθμός αύξησης της τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας συνδέεται άμεσα με τον ΔTK (ποσοστό 50% για όλες τις τεχνολογίες εκτός Φ/Β που είναι 25%) και επηρεάζει άμεσα τα έσοδα του έργου. Εμείς θα λάβουμε υπόψη μεσοσταθμικά πληθωρισμό της τάξης του 2% συνυπολογίζοντας και τις βραχυπρόθεσμες εκτιμήσεις για την εξέλιξη της Ελληνικής Οικονομίας.

1.7.5 Υπολογιζόμενες αποδόσεις

Το σύνολο των παραπάνω παραδοχών παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της απόδοσης (IRR project & IRR equity) μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε στέγη, από την αρχή της εφαρμογής του προγράμματος. Με χρήση των τιμών του πίνακα αυτού γίνεται μια ανάλυση επένδυσης για κάθε περίπτωση, με τη χρήση επιχειρηματικού μοντέλου που τροφοδοτείται με τα στοιχεία αυτά, και προκύπτουν τα χαρακτηριστικά της.

Παραδοχές για την εκτίμηση της απόδοσης της επένδυσης	Α' Εξάμηνο 2010	Β' Εξάμηνο 2010	Α' Εξάμηνο 2011	Β' Εξάμηνο 2011	Α' Εξάμηνο 2012	Β' Εξάμηνο 2012	Α' Εξάμηνο 2013
Τυπικό μέγεθος μονάδας (kWp)	9	9	9	9	9	9	9
Ανηγμένο κόστος επένδυσης – Εύρος Τιμών (€/kW)	4.400-3.800	4.100-3.500	3.800-3.000	3.200-2.500	2.600-1.900	2.000-1.500	1.700-1.300
Μέσο Ανηγμένο κόστος επένδυσης (€/kW)	4.100	3.800	3.400	2.850	2.250	1.750	1.500
Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (€/y)	800	800	800	800	800	800	800
Συντελεστής Χρησιμοποίησης-cf (%)	16	16	16	16	16	16	16
Ενεργειακή Απόδοση (kWh/kWp)	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Τιμή Πώλησης (€/MWh)	550	550	550	550	495	250	238,75
Ετήσια μείωση παραγόμενης ενέργειας μετά το 6 ^ο έτος(%)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Ονομαστικό επιτόκιο δανεισμού (%)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Ποσοστό ιδίων κεφαλαίων (%)	50& 25	50& 25	50& 25	50& 25	50& 25	50& 25	50& 25
Ποσοστό δανειακών κεφαλαίων (%)	50 & 75	50 & 75	50 & 75	50 & 75	50 & 75	50 & 75	50 & 75

Διάρκεια αποπληρωμής δανείου (έτη)	10	10	10	10	10	10	10
Φορολόγηση (%)	-	-	-	-	-	-	-
Διάρκεια ζωής (έτη)	25	25	25	25	25	25	25
% Προσαύξηση τιμής πώλησης (% του ΔTK)	25	25	25	25	25	25	25
Πληθωρισμός (%)	2	2	2	2	2	2	2

Παραδοχές για την εκτίμηση της απόδοσης της επένδυσης

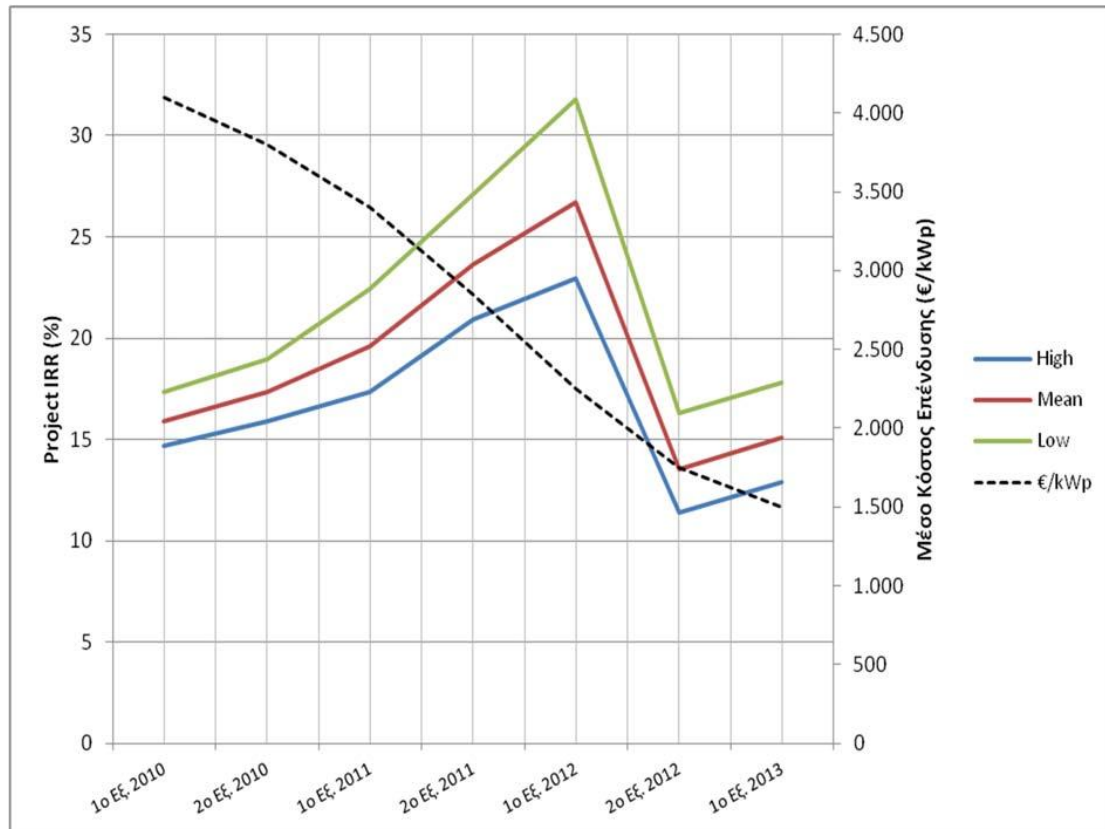
Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Παρουσιάζεται ο βαθμός απόδοσης του έργου- IRR project, η απόδοση ιδίων κεφαλαίων- IRR equity, καθώς και ένα άλλο ενδεικτικό μέγεθος της απόδοσης, ο χρόνος αποπληρωμής, για μια τυπική φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ονομαστικής ισχύος 9 kWp σε στέγη.

Εξάμηνο	Κόστος Επένδυσης (€/kWp)	IRR equity στα 25 έτη (%) – Δανεισμός 75%	IRR equity στα 25 έτη (%) – Δανεισμός 50%	IRR project στα 25 έτη (%) (Χωρίς Δανεισμό)	Περίοδος Αποπληρωμής Έργου (έτη)	Καθαρό κέρδος στην 25ετία (€)
Α' Εξάμηνο 2010	4.400	23	18	15	6	101.491
	4.100	27	20	16	5	104.191
	3.800	31	23	17	5	106.891
Β' Εξάμηνο 2010	4.100	27	20	16	5	104.191
	3.800	31	23	17	5	106.891
	3.500	36	26	19	5	109.591
Α' Εξάμηνο 2011	3.800	31	23	17	5	106.891
	3.400	38	27	20	4	110.491
	3.000	49	32	22	4	114.091
Β' Εξάμηνο 2011	3.200	43	29	21	4	112.291
	2.850	53	34	24	4	115.441
	2.500	66	41	27	3	118.591
	2.600	51	33	23	4	101.019

Α' Εξάμηνο 2012	2.250	65	40	27	3	104.169
	1.900	85	50	32	3	107.319
Β' Εξάμηνο 2012	2.000	15	13	11	7	32.155
	1.750	20	17	14	6	34.405
	1.500	28	21	16	5	36.655
Α' Εξάμηνο 2013	1.700	19	16	13	6	31.445
	1.500	25	19	15	6	33.245
	1.300	33	24	18	5	35.045

Οικονομικοί δείκτες για Φ/Β εγκατάσταση σε στέγη

Όπως φαίνεται στο γράφημα 10, το Project IRR (βαθμός απόδοσης του έργου στα 25 έτη) εγκαταστάσεων που κατασκευάστηκαν και ενεργοποιήθηκαν μεταξύ του 1ου Εξαμήνου του 2011 και του 2ου Εξαμήνου του 2012 ξεπερνούν το 20% φτάνοντας ακόμη και το 32%, στην περίπτωση που το κόστος εγκατάστασης για κάθε ένα από τα εξάμηνα από το 2010 έως σήμερα λαμβάνεται ίσο με το κάτω όριο του εύρους τιμών (καμπύλη Low στο γράφημα 10). Ακόμη όμως και στην περίπτωση που το κόστος εγκατάστασης λαμβάνεται ίσο με το άνω όριο του εύρους τιμών (αυξημένο κόστος εγκατάστασης), η επένδυση συνεχίζει να είναι ιδιαίτερα αποδοτική παρουσιάζοντας για το ίδιο χρονικό διάστημα βαθμούς απόδοσης από 17% έως και 23% (καμπύλη High στο γράφημα 10). Είναι εμφανές (από τον τελευταίο πίνακα και το γράφημα 10) ότι οι εγγυημένες τιμές αποζημίωσης της παραγόμενης ενέργειας, από την έναρξη εφαρμογής του Προγράμματος έως και τον Αύγουστο του 2012, ήταν υψηλές και δεν ακολούθησαν τη μείωση του κόστους κατασκευής (διακεκομμένη καμπύλη στο γράφημα 10) με αποτέλεσμα να οδηγούν σε υψηλούς, μη βιώσιμους, βαθμούς απόδοσης. Η μείωση των τιμών με την Υ.Α. του Αυγούστου του 2012 οδήγησε μεν σε χαμηλότερες αποδόσεις διατηρώντας όμως το Project IRR σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα (άνω του 11%).



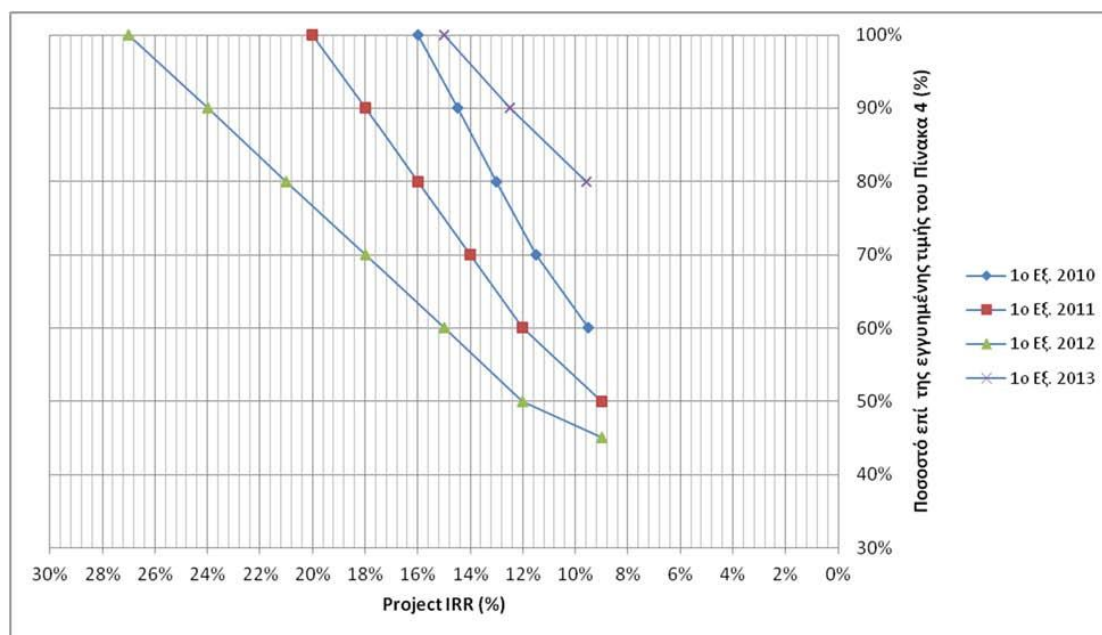
Γράφημα 10: Project IRR στα 25 έτη και μέσο κόστος επένδυσης Φ/Β σταθμών σε στέγες

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα οικονομικών δεικτών, το 2ο Εξάμηνο του 2012 το κόστος επένδυσης ενός Φ/Β σταθμού εγκατεστημένης ισχύος 9 kWp (άνω όριο διαστήματος – επένδυση υψηλού κόστους) ήταν 18.000 €. Η εν λόγω επένδυση είχε Project IRR στην 25ετία 11% αποδίδοντας έσοδα της τάξης των 50.000 € για το ίδιο χρονικό διάστημα (κατά μέσο όρο 2.000 € το έτος). Την ίδια περίοδο εάν κάποιος κατέθετε αντίστοιχο ποσό σε προθεσμιακή κατάθεση με ετήσιο επιτόκιο της τάξης του 4,5%, θα είχε ετήσια έσοδα από τόκους (προ φόρων) περί τα 810 € και η απόδοση (IRR) της τοποθέτησης σε βάθος 25ετίας θα ήταν περί το 4,4%.

1.7.6 Καθορισμός «Εύλογης απόδοσης»

Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να σχολιαστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αποτιμηθεί το κατά πόσον μια συγκεκριμένη εγγυημένη τιμή οδηγεί σε "εύλογη"

απόδοση για τον ενδιαφερόμενο που προχωρεί σε υλοποίηση μιας τέτοιας εγκατάστασης. Η μεθοδολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι να γίνει συσχέτιση της εγγυημένης τιμής με την απόδοση που αυτή επιφέρει, όπως αναλύθηκε παραπάνω. Ένα παράδειγμα τέτοιας συσχέτισης φαίνεται στο γράφημα 11. Σε αυτό παρουσιάζονται καμπύλες, που απεικονίζουν τη μεταβολή των εγγυημένων τιμών σε σχέση με το Project IRR, για ενδεικτικές περιπτώσεις του πίνακα οικονομικών δεικτών. Συγκεκριμένα, αναλύθηκαν τυπικές εγκαταστάσεις ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος 9 kWp. Το κόστος επένδυσης λήφθηκε ίσο με το μέσο κόστος, όπως αυτό υπολογίστηκε ως αριθμητικός μέσος όρος των ακραίων τιμών του διαστήματος, ενώ η χρηματοδότηση της επένδυσης γίνεται κατά 50% με δανεισμό και κατά 50% με ίδια κεφάλαια. Οι εγγυημένες τιμές παρουσιάζονται σαν ποσοστό τις τιμές που ισχύει για την κάθε περίοδο.



Γράφημα 11: Μεταβολή της εγγυημένης τιμής σε σχέση με το Βαθμό Απόδοσης (Project IRR) για τυπικές περιπτώσεις

Σημειώνεται ότι τη μέθοδο αυτή έχει υιοθετήσει η ΡΑΕ στη γνωμοδότηση της **ΡΑΕ 2-2013**, για το ύψος των εγγυημένων τιμών σε ΦΒ εγκαταστάσεις.

Έχοντας τη συσχέτιση αυτή μπορεί κανείς να κρίνει το κατά πόσον μια συγκεκριμένη εγγυημένη τιμή δίνει απόδοση που μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική (ή αντίστοιχα ανεπαρκής ή υπερβολικά υψηλή κλπ). Στην αποτίμηση

για το πώς κρίνεται η απόδοση μιας τέτοιας εγκατάστασης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- η αγορά των ΑΠΕ είναι μια προστατευμένη αγορά (εγγυημένες τιμές που οδηγούν σε υψηλές αποδόσεις, προτεραιότητα στην έγχυση της παραγόμενης ενέργειας, πώληση του συνόλου της παραγόμενης ενέργειας),
- οι αποδόσεις των εν λόγω επενδύσεων με τα μέχρι σήμερα δεδομένα μπορούν να θεωρηθούν έως και ιδιαίτερα υψηλές, είναι δε πολλαπλά υψηλότερες αυτών που προσφέρονται από το τραπεζικό σύστημα για καταθέσεις (οι τραπεζικές καταθέσεις αποτελούν το συχνότερα χρησιμοποιούμενο τρόπο αξιοποίησης οικονομιών φυσικών προσώπων, που ουσιαστικά αποτελούν τους ενδιαφερόμενους για τέτοιες εγκαταστάσεις)

Από την άποψη της κεντρικής διαχείρισης από πλευράς ενεργειακής πολιτικής, μπορεί να αναφερθεί ότι η αγορά των φωτοβολταϊκών είναι πλέον ώριμη, παρουσιάζοντας μάλιστα σημάδια υπερθέρμανσης στο τελευταίο διάστημα, έχοντας κινηθεί προς μεγέθη που έχουν ξεπεράσει κάθε προσδοκία και τους στόχους που η πολιτεία επίσημα έχει θέσει. Τέλος, οι εγκαταστάσεις αυτού του τύπου χαίρουν μέχρι σήμερα ιδιαίτερα υψηλών τιμών συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες, κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην προσπάθεια για τη μείωση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αποτελεί βασικό παραγωγικό πόρο.

1.7.7 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Τα κύρια συμπεράσματα από την παραπάνω ανάλυση μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Από την έναρξη εφαρμογής του Ειδικού Προγράμματος φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων σε στέγες, Ιούλιος 2009, έως και τον Μάρτιο του 2013 έχουν εγκατασταθεί Φ/Β σταθμοί ονομαστικής ισχύος 341 MW, οι οποίοι αντιστοιχούν σε περίπου 38.000 εγκαταστάσεις.
- Κατά την ίδια χρονική περίοδο έχουν παραχθεί από τους εν λόγω σταθμούς 0,4 TWh ηλεκτρικής ενέργειας (2,4% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ) δημιουργώντας αντίστοιχα απαίτηση αποζημίωσης της τάξεως

των 224 εκ. € (10% της συνολικής αποζημίωσης της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ).

- Η μέση ονομαστική ισχύς ανά εγκατάσταση είναι περίπου ίση με 9 kWp στο ΔΣΜ και στην Κρήτη σε αντίθεση με τα ΜΔΝ που το αντίστοιχο μέγεθος ισούται με 4,8 kWp.
- Η μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανά μονάδα ονομαστικής ισχύος είναι ίση με 1400 kWh/kWp.
- Η μεσοσταθμική τιμή της παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε στέγες για το έτος 2012 ήταν 549 €/MWh, σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με τη συνολική μεσοσταθμική τιμή ενέργειας ΑΠΕ που ισούταν με 186 €/MWh
- Η Σύμβαση Συμψηφισμού (Σύμβαση Πώλησης) που συνάπτει ο κύριος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με τον εκάστοτε Προμηθευτή έχει εικοσιπενταετή (25 έτη) διάρκεια και συνομολογείται με σταθερή τιμή αναφοράς που αντιστοιχεί στην τιμή που ισχύει κατά τη χρονική στιγμή που αυτή (η Σύμβαση) συνάπτεται, υπό την προϋπόθεση ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος εντός έξι (6) μηνών από τη σύναψη της Σύμβασης Συμψηφισμού.
- Ο κύριος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης απαλλάσσεται από φορολογικές υποχρεώσεις (φορολογία κερδών από πώληση παραγόμενης ενέργειας, καταβολή ΦΠΑ).
- Το μέσο κόστος κατασκευής μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε στέγη μειώθηκε από το Α' εξάμηνο του 2010 έως σήμερα σχεδόν κατά 64%.
- Οι εγγυημένες τιμές αποζημίωσης της παραγόμενης ενέργειας, από την έναρξη εφαρμογής του Προγράμματος έως και τον Αύγουστο του 2012, ήταν υψηλές και δεν ακολούθησαν τη μείωση του κόστους κατασκευής με αποτέλεσμα να οδηγούν σε υψηλούς βαθμούς απόδοσης (Project IRR) που κυμαίνονται από 14% έως και 27%.

Κεφάλαιο 2: Ευρωπαϊκό πρότυπο επιθεώρησης φωτοβολταϊκού συστήματος

2.1 Εισαγωγή

Η επιθεώρηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, συνδεδεμένου στο ηλεκτρικό δίκτυο, γίνεται με βάση το διεθνές πρότυπο IEC 62446:2009. Αναφέρεται επίσης και ως EN 62446 (Europäische Norm 62446). Το κείμενο αυτού του διεθνούς προτύπου εγκρίθηκε από την ευρωπαϊκή ηλεκτροτεχνική επιτροπή CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) ως Ευρωπαϊκό πρότυπο χωρίς καμία τροποποίηση. Το 2009 στην ονομασία του προτύπου δηλώνει τη χρονιά που εγκρίθηκε από την ευρωπαϊκή επιτροπή. Το πρότυπο αυτό διατίθεται σε τρεις επίσημες εκδόσεις (Αγγλική, Γαλλική, Γερμανική), ωστόσο μια οποιαδήποτε μεταφρασμένη έκδοση υπό την ευθύνη κάποιου μέλους της CENELEC στη γλώσσα του, και αφού ενημερωθεί η Κεντρική Γραμματεία, έχει το ίδιο κύρος και αναγνώριση όπως και οι επίσημες. Μέλη της CENELEC είναι οι εθνικές ηλεκτροτεχνικές επιτροπές των παρακάτω χωρών: Αυστρίας, Βελγίου, Βουλγαρίας, Κύπρου, Τσεχίας, Δανίας, Εσθονίας, Φινλανδίας, Γαλλίας, Γερμανίας, Ελλάδας, Ουγγαρίας, Ισλανδίας, Ιρλανδίας, Ιταλίας, Λεττονίας, Λιθουανίας, Μάλτας, Λουξεμβούργου, Ολλανδίας, Νορβηγίας, Πολωνίας, Πορτογαλίας, Ρουμανίας, Σλοβακίας, Σλοβενίας, Ισπανίας, Σουηδίας, Ελβετίας και Ηνωμένου Βασιλείου.

Επίσης ορίστηκαν από την Επιτροπή οι ακόλουθες ημερομηνίες :

- 2010-07-01 : Αργότερη ημερομηνία κατά την οποία πρέπει να εφαρμοστεί σε εθνικό επίπεδο το EN με τη δημοσίευση ενός ίδιου εθνικού προτύπου ή με την επικύρωση του προαναφερθέντος.
- 2012-10-01 : Αργότερη ημερομηνία κατά την οποία τα εθνικά πρότυπα που παρεκκλίνουν από το EN πρέπει να αποσυρθούν.

Στην Ελλάδα επικυρώθηκε το εγκεκριμένο Ευρωπαϊκό Πρότυπο ως Ελληνικό Πρότυπο και διατίθεται στην Αγγλική, Γαλλική ή Γερμανική γλώσσα από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης Α.Ε.

Αυτό το Διεθνές Πρότυπο καθορίζει τις ελάχιστες πληροφορίες και την τεκμηρίωση που απαιτούνται να παραδοθούν σε έναν πελάτη μετά την εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου συστήματος φωτοβολταϊκών. Στο πρότυπο περιγράφονται επίσης οι ελάχιστες δοκιμές, τα κριτήρια ελέγχου και τεκμηρίωσης τα οποία θα πιστοποιήσουν την ασφαλή εγκατάσταση και την ορθή λειτουργία του συστήματος. Το έγγραφο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για περιοδικό επανέλεγχο. Πρέπει δε να επισημανθεί ότι το πρότυπο αυτό είναι γραμμένο μόνο για διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα και όχι για συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος ή συστήματα που χρησιμοποιούν αποθήκευση ενέργειας (π.χ. μπαταρίες) ή υβριδικά συστήματα. Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα αναμένεται να έχουν διάρκεια ζωής για δεκαετίες, με την απαραίτητη συντήρηση ή τις αναγκαίες τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Η ιδιοκτησία ενός συστήματος μπορεί επίσης να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου, ιδίως για συστήματα τοποθετημένα πάνω σε κτίρια. Μόνο με την παροχή επαρκούς τεκμηρίωσης από την αρχή μπορεί να εξασφαλιστεί η μακροπρόθεσμη απόδοση και η ασφάλεια ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

Το πρότυπο αποτελείται από 2 μέρη :

- **Απαιτήσεις τεκμηρίωσης συστήματος** – Αυτή η συνθήκη περιέχει λεπτομερώς τις πληροφορίες που πρέπει να παρέχονται, κατ'ελάχιστον, στην τεκμηρίωση που δίνεται στον πελάτη μετά την εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος.
- **Πιστοποίηση** – Η συνθήκη αυτή παρέχει τις πληροφορίες που αναμένεται να παρέχονται μετά την αρχική (ή την κατά περιόδους επαλήθευση) πιστοποίηση ενός εγκατεστημένου συστήματος. Περιλαμβάνει επίσης απαιτήσεις για την επιθεώρηση και όλες τις δοκιμές και ελέγχου.

2.2 Σχετικά πρότυπα, χρήσιμοι όροι και ορισμοί

Πριν προχωρήσουμε στην αναλυτικότερη εξέταση αυτών των δύο μερών, θα αναφέρουμε κάποια άλλα πρότυπα που είναι σχετικά με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 62446, καθώς επίσης και κάποιους όρους και ορισμούς που θα χρησιμοποιηθούν ευρέως στην συνέχεια.

2.2.1 Σχετικά πρότυπα

Τα ακόλουθα αναφερόμενα έγγραφα είναι αναγκαία για την εφαρμογή του Ευρωπαϊκού Προτύπου. Όσον αφορά τις χρονολογημένες αναφορές, ισχύει μόνο η αναφερόμενη έκδοση. Για αναφορές χωρίς ημερομηνία, ισχύει η τελευταία έκδοση του αναφερόμενου εγγράφου (συμπεριλαμβανομένων τυχόν τροποποιήσεων).

- 1) IEC 60364 (όλα τα μέρη), ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης
- 2) IEC 60364-6, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης - Μέρος 6: Πιστοποίηση
- 3) IEC 60364-7-712:2002, Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις κτιρίων – Μέρος 7-712: Απαιτήσεις για ειδικές εγκαταστάσεις ή θέσεις – ηλιακά φωτοβολταϊκά (PV) συστήματα τροφοδοσίας
- 4) IEC/TR 60755:2008, Γενικές απαιτήσεις για τις υπόλοιπες, υπό λειτουργία, διατάξεις προστασίας
- 5) IEC 61557 (όλα τα μέρη), Ηλεκτρική ασφάλεια σε συστήματα διανομής χαμηλής τάσης έως 1000 V AC και 1500 V DC - Εξοπλισμός για δοκιμή, μέτρηση ή παρακολούθηση μέτρων προστασίας
- 6) IEC 61730-1, Πιστοποιητικά ασφαλείας Φ/Β πλαισίου – Μέρος 1: Απαιτήσεις για την κατασκευή

2.2.2 Όροι και ορισμοί

Για τους σκοπούς του Προτύπου EN 62446 ισχύουν οι παρακάτω όροι και ορισμοί:

- i. **Πιστοποίηση:** Όλα τα μέτρα μέσω των οποίων ελέγχεται η συμμόρφωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης στα σχετικά πρότυπα. (περιλαμβάνει επιθεώρηση, δοκιμές, ελέγχους και υποβολή αναφορών).
- ii. **Επιθεώρηση:** Η εξέταση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης χρησιμοποιώντας όλες τις αισθήσεις, προκειμένου να εξακριβωθεί η σωστή επιλογή και η ορθή χρήση και εγκατάσταση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

- iii. **Έλεγχος:** Εφαρμογή των μέτρων και των διαδικασιών σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση κατά τέτοιο τρόπο που η αποτελεσματικότητα είναι αποδεδειγμένη.

Σημείωση: Περιλαμβάνει την εξακρίβωση τιμών μέσω των κατάλληλων οργάνων μέτρησης, καθώς και τιμών που δεν είναι ανιχνεύσιμες από την επιθεώρηση.

- iv. **Αναφορά:** Καταγραφή των αποτελεσμάτων των δοκιμών και της επιθεώρησης.
- v. **Φύλλο δεδομένων:** Μια βασική περιγραφή του προϊόντος που εξετάζεται και των προδιαγραφών του. (Συνήθως μία ή δύο σελίδες. Δεν είναι ένα πλήρες εγχειρίδιο του προϊόντος).

2.3 Απαιτήσεις τεκμηρίωσης του συστήματος

2.3.1 Γενικά

Ο σκοπός αυτής της παραγράφου είναι η ταξινόμηση της ελάχιστης τεκμηρίωσης που πρέπει να παρέχεται μετά από την εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος. Αυτές οι πληροφορίες θα εξασφαλίσουν ότι βασικά δεδομένα του συστήματος είναι άμεσα διαθέσιμα για τον πελάτη, τον επιθεωρητή ή τον μηχανικό συντήρησης. Η τεκμηρίωση περιλαμβάνει τα βασικά δεδομένα του συστήματος και τις πληροφορίες που αναμένεται να παρέχονται στα εγχειρίδια λειτουργίας και συντήρησης.

2.3.2 Δεδομένα του συστήματος

2.3.2.1 Βασικές πληροφορίες του συστήματος

Οι ακόλουθες βασικές πληροφορίες του συστήματος πρέπει να παρέχονται κατ'ελάχιστο. Αυτές οι πληροφορίες θα παρουσιάζονται συνήθως στο εξώφυλλο του φακέλου με τα έγγραφα τεκμηρίωσης του συστήματος.

- A) Αριθμός αναφοράς έργου (ανάλογα με την περίπτωση)
- B) Ονομαστική ισχύς του συστήματος (kW DC or kVA AC).
- Γ) Φ/Β πλαίσια και αναστροφείς – Κατασκευαστής, μοντέλο, ποσότητα.

Δ) Ημερομηνία εγκατάστασης.

Ε) Ημερομηνία ανάθεσης.

ΣΤ) Όνομα πελάτη.

Ζ) Διεύθυνση εγκατάστασης.

2.3.2.2 Πληροφορίες για τον σχεδιαστή του συστήματος

Κατ'ελάχιστο, οι ακόλουθες πληροφορίες πρέπει να παρέχονται για όλους τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για το σχεδιασμό του συστήματος. Σε περίπτωση που περισσότερες από μία εταιρείες έχουν την ευθύνη για το σχεδιασμό του συστήματος, οι ακόλουθες πληροφορίες πρέπει να παρέχονται για όλες τις εταιρείες μαζί με μια περιγραφή του ρόλου τους στο έργο.

- i. Σχεδιαστής συστήματος, είτε πρόκειται για εταιρεία είτε για κάποιο πρόσωπο.
- ii. Ταχυδρομική διεύθυνση, τηλέφωνο επικοινωνίας και ηλεκτρονική διεύθυνση(e-mail) του σχεδιαστή του συστήματος.

2.3.2.3 Πληροφορίες για τον εγκαταστάτη του συστήματος

Κατ'ελάχιστο, οι ακόλουθες πληροφορίες πρέπει να παρέχονται για όλους τους φορείς που είναι υπεύθυνοι για την εγκατάσταση του συστήματος. Σε περίπτωση που περισσότερες από μία εταιρείες έχουν την ευθύνη για την εγκατάσταση, οι ακόλουθες πληροφορίες πρέπει να παρέχονται για όλες τις εταιρείες μαζί με μια περιγραφή του ρόλου τους στο έργο.

- i. Εγκαταστάτης συστήματος, είτε πρόκειται για εταιρεία είτε για κάποιο πρόσωπο.
- ii. Ταχυδρομική διεύθυνση, τηλέφωνο επικοινωνίας και ηλεκτρονική διεύθυνση(e-mail) του εγκαταστάτη του συστήματος.

2.3.3 Μονογραμμικό διάγραμμα

2.3.3.1 Γενικά

Θα πρέπει να παρέχεται ένα μονογραμμικό διάγραμμα, το οποίο πρέπει να περιλαμβάνει τις πληροφορίες που αναφέρονται στις ακόλουθες υποπαραγράφους.

Σημείωση: Σε γενικές γραμμές, αναμένεται ότι αυτές οι πληροφορίες θα πρέπει να παρουσιάζονται ως σχόλια στο μονογραμμικό διάγραμμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, συνήθως για τα μεγαλύτερα συστήματα όπου ο χώρος στο διάγραμμα μπορεί να είναι περιορισμένος, οι πληροφορίες αυτές μπορούν να παρουσιάζονται υπό μορφή πίνακα.

2.3.3.2 Φ/B πεδίο – Γενικές προδιαγραφές

Το μονογραμμικό διάγραμμα πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- i. Είδος (-η) πλαισίων.
- ii. Συνολικός αριθμός πλαισίων.
- iii. Συνολικός αριθμός συστοιχιών.
- iv. Αριθμός πλαισίων ανά συστοιχία.

2.3.3.3 Πληροφορίες Φ/B συστοιχιών

Το διάγραμμα πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- i. Προδιαγραφές καλωδίου συστοιχίας - διαστάσεις και τύπος.
- ii. Προδιαγραφές διατάξεων προστασίας από υπερένταση στις συστοιχίες (εάν υπάρχει) - τύπος και ονομαστικά μεγέθη τάσης/έντασης.
- iii. Τύπος διόδου αποκοπής (εάν υπάρχει).

2.3.3.4 Φ/B πεδίο – ηλεκτρολογικές πληροφορίες

Το διάγραμμα πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- i. Προδιαγραφές καλωδίου παροχής - διαστάσεις και τύπος.
- ii. Θέσεις κουτιών διασύνδεσης (όπου εφαρμόζεται).

- iii. Είδος αποζεύκτη DC, θέση και βαθμονόμηση (τάση/ ένταση).
- iv. Προδιαγραφές διατάξεων προστασίας από υπερένταση (εάν υπάρχουν) - τύπος, θέση και βαθμονόμηση (τάση/ ένταση).

2.3.3.5 Γείωση και προστασία από υπέρταση

Το μονογραμμικό διάγραμμα πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες για την γείωση και την προστασία από υπέρταση:

- i. Λεπτομέρειες όλων των καλωδίων γείωσης – μέγεθος και σημεία σύνδεσης.
- ii. Λεπτομέρειες συνδέσεων με τυχόν υπάρχον Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ).
- iii. Λεπτομέρειες για κάθε συσκευή προστασίας από υπέρταση που έχει εγκατασταθεί (στην AC και στην DC πλευρά) - θέση, τύπος και ονομαστικά μεγέθη.

2.3.3.6 Σύστημα AC

Το μονογραμμικό διάγραμμα πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- i. Είδος αποζεύκτη AC, θέση και ονομαστικά μεγέθη.
- ii. Θέση, είδος και ονομαστικά μεγέθη προστατευτικών διατάξεων από υπερένταση.

2.3.4 Φύλλα δεδομένων

Είναι απαραίτητο να παρέχονται φύλλα δεδομένων τουλάχιστον για τα ακόλουθα στοιχεία του συστήματος:

- i. Φύλλα δεδομένων για όλους τους τύπους των πλαισίων που χρησιμοποιούνται στην Φ/Β εγκατάσταση – σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 61730-1.
- ii. Φύλλα δεδομένων για όλα τα είδη των αναστροφέων που χρησιμοποιούνται στο σύστημα.

(Σημειώνεται εδώ βέβαια ότι η παροχή δεδομένων για άλλες σημαντικές συνιστώσες του συστήματος θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη)

2.3.5 Πληροφορίες μηχανικής σχεδίασης

Πρέπει να παρέχεται ένα φύλλο δεδομένων για το σύστημα στήριξης της Φ/Β γεννήτριας.

2.3.6 Πληροφορίες λειτουργίας και συντήρησης

Πρέπει επίσης να παρέχονται πληροφορίες για τη λειτουργία και συντήρηση της εξεταζόμενης εγκατάστασης, περιλαμβάνοντας τουλάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Διαδικασίες πιστοποίησης της σωστής λειτουργίας του συστήματος.
2. Μια λίστα με τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί σε περίπτωση αποτυχίας του συστήματος.
3. Διαδικασία για άμεσο κλείσιμο/απομόνωση του συστήματος σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
4. Συστάσεις - συμβουλές για συντήρηση και καθαρισμό.
5. Εκτιμήσεις για οποιαδήποτε μελλοντική οικοδομική εργασία που σχετίζεται με την φωτοβολταϊκή γεννήτρια (π.χ. στη στέγη).
6. Χαρτιά τεκμηρίωσης για την εγγύηση των Φ/Β πλαισίων και των αναστροφών, όπου θα πρέπει να αναγράφεται επίσης η ημερομηνία έναρξης της περιόδου εγγύησης καθώς και η διάρκειά της.

2.3.7 Αποτελέσματα ελέγχων

Πρέπει να παρέχονται αντίγραφα όλων των δοκιμών και των φύλλων δεδομένων. Ως ελάχιστο, αυτά πρέπει να περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα από τις δοκιμές επαλήθευσης που θα αναφέρουμε στην επόμενη παράγραφο πιστοποίησης.

2.4 Πιστοποίηση

2.4.1 Γενικά

Το μεγαλύτερο μέρος της πιστοποίησης μιας συνδεδεμένης στο δίκτυο φωτοβολταϊκής εγκατάστασης θα πρέπει να γίνεται με αναφορά στο πρότυπο IEC 60364-6, στο οποίο αναφέρονται όλες οι απαιτήσεις και προϋποθέσεις για την αρχική αλλά και την περιοδική πιστοποίηση κάθε εγκατάστασης.

Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιάσουμε όλες τις προϋποθέσεις για την αρχική και περιοδική πιστοποίηση μιας φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής εγκατάστασης, όπως αυτές προκύπτουν μέσα από το πρότυπο IEC 60364-6. Επιπλέον, θα αναφερθούμε σε πρόσθετες απαιτήσεις ή δεδομένα που πρέπει να ληφθούν υπόψη, ούτως ώστε να είναι σωστή και ολοκληρωμένη η πιστοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Η αρχική πιστοποίηση πρέπει να πραγματοποιηθεί μετά την ολοκλήρωση μιας νέας εγκατάστασης ή μετά την ολοκλήρωση πιθανών προσθηκών ή τροποποιήσεων σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Η ανά περιόδους επαλήθευση ήδη επιθεωρημένων εγκαταστάσεων πρέπει να συμβαίνει για να προσδιορισθεί, στο σημείο που αυτό βέβαιο είναι εφικτό, εάν η εγκατάσταση και όλα τα συστατικά του εξοπλισμού παραμένουν σε ικανοποιητική κατάσταση για χρήση. Επίσης, κάθε εγκατάσταση οποιωνδήποτε υποσυστημάτων και στοιχείων πρέπει να ελέγχεται κατά τη διάρκεια της ανέγερσης αυτών, όσο είναι εύλογα εφικτό, αλλά και με την ολοκλήρωση, πριν τεθούν σε λειτουργία από το χρήστη, σύμφωνα με το IEC 60364-6. Η αρχική πιστοποίηση πρέπει να περιλαμβάνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα σχετικά κριτήρια για να επιβεβαιωθεί ότι πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις του IEC 60364. Για τυχόν προσθήκες ή τροποποιήσεις σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση, θα πρέπει να ελέγχεται ότι αυτές συμμορφώνονται με το πρότυπο IEC 60364 και ότι δεν θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια της υπάρχουσας εγκατάστασης. Τέλος, σημειώνεται ρητά ότι όλοι οι αρχικοί και περιοδικοί έλεγχοι θα πρέπει να γίνονται από εξειδικευμένο άτομο, αρμόδιο για τη σχετική πιστοποίηση.

2.4.2 Επιθεώρηση

2.4.2.1 Γενικά

Η επιθεώρηση πρέπει να προηγείται των δοκιμών και πρέπει κανονικά να γίνει πριν από την ενεργοποίηση της εγκατάστασης. Επίσης θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-6. Πρέπει να διασφαλιστεί ότι τα ακόλουθα στοιχεία, ειδικά για διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα, περιλαμβάνονται στην επιθεώρηση.

2.4.2.2 Επιθεώρηση τμήματος DC της εγκατάστασης

Η επιθεώρηση του τμήματος DC πρέπει να πιστοποιεί τουλάχιστον τα εξής:

1. Το DC μέρος της εγκατάστασης έχει σχεδιαστεί και κατασκευασθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του IEC 60364 σε γενικές γραμμές και ειδικότερα σύμφωνα με το IEC 60364-7-712.
2. Όλα τα DC μέρη είναι βαθμονομημένα για συνεχή λειτουργία και στη μέγιστη δυνατή τάση DC του συστήματος και για μέγιστο ρεύμα σφάλματος DC. Για την $V_{oc\ stc}$ πρέπει να είναι διορθωμένη για τοπικές θερμοκρασιακές συνθήκες και εξαρτώμενη από το είδος του Φ/Β πλαισίου. Όσον αφορά το ρεύμα, υπολογίζεται από τον τύπο $1,25 \times I_{sc\ stc}$, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-7-712.433:2002.
3. Προστασία με τη χρήση κατηγορίας II ή ισοδύναμης μόνωσης τοποθετημένης στην πλευρά DC (προτεινόμενη κατηγορία II, εναρμονισμένη με IEC 60364-7-712.413.2:2002).
4. Τα καλώδια των συστοιχιών, τα καλώδια παροχής και τα υπόλοιπα καλώδια της Φ/Β γεννήτριας έχουν επιλεγεί και τοποθετηθεί έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος σφαλμάτων στη γείωση και βραχυκυκλωμάτων(σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-7-712.522.8.1:2002).
5. Η καλωδίωση έχει επιλεγεί και εγκατασταθεί ώστε να αντέχει τις αναμενόμενες εξωτερικές επιδράσεις, όπως οι ισχυροί άνεμοι, ο σχηματισμός πάγου, η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία (IEC 60364-7-712.522.8.1:2002).

6. Για εγκαταστάσεις χωρίς προστασία από υπερεντάσεις στις συστοιχίες, να πιστοποιηθεί ότι το ονομαστικό ανάστροφο ρεύμα των πλαισίων είναι μεγαλύτερο από πιθανό ανάστροφο ρεύμα. Επίσης να πιστοποιηθεί ότι τα καλώδια των συστοιχιών έχουν το κατάλληλο μέγεθος για να αντέχουν το μέγιστο ρεύμα σφάλματος, όπως αυτό προκύπτει από την παράλληλη σύνδεση των συστοιχιών (IEC 60364-7-712.433:2002).
7. Για συστήματα με προστατευτική διάταξη να βεβαιωθεί ότι έχει τοποθετηθεί σωστά και υπακούει στους τοπικούς κανονισμούς ή τις οδηγίες του κατασκευαστή για την προστασία του φωτοβολταϊκού πλαισίου, σύμφωνα με το σημείωμα του (IEC 60364-7-712.433.2:2002).
8. Ένας διακόπτης DC έχει τοποθετηθεί στην DC πλευρά του αναστροφέα (IEC 60364-7-712.536.2.2.5:2002).
9. Εάν έχουν τοποθετηθεί δίοδοι αποκοπής, να πιστοποιηθεί ότι η ονομαστική τιμή της ανάστροφης τάσης τους είναι τουλάχιστον ίση με $2 \times V_{oc}$ της φωτοβολταϊκής συστοιχίας που ανήκουν (IEC 60364-7-712.512.1.1:2002)
10. Εάν κάποιος από τους αγωγούς DC είναι γειωμένος, να ελεγχθεί ότι υπάρχει τουλάχιστον απλός διαχωρισμός μεταξύ AC και DC πλευράς και ότι οι συνδέσεις γείωσης έχουν κατασκευαστεί έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση (IEC 60364-7-712.312.2:2002).

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε ότι η επιθεώρηση ενός συστήματος συνεχούς ρεύματος απαιτεί γνώση της μέγιστης τάσης του συστήματος καθώς και του μεγίστου ρεύματος. Η μέγιστη τάση του συστήματος είναι μια συνάρτηση του σχεδίου των συστοιχιών της Φ/Β γεννήτριας, της τάσης ανοικτού κυκλώματος των πλαισίων και ενός συντελεστή για τον υπολογισμό των μεταβολών στις συνθήκες θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της ηλιακής ακτινοβολίας. Το μέγιστο ρεύμα σφάλματος είναι μία συνάρτηση του σχεδίου των συστοιχιών της Φ/Β γεννήτριας, του ρεύματος βραχυκυκλώσεως των πλαισίων και εξαρτάται από τις μεταβολές στις συνθήκες θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της ηλιακής ακτινοβολίας (IEC 60364-7-712.433:2002).

Σε περίπτωση που δεν δίνεται το ανάστροφο ρεύμα του πλαισίου από τον κατασκευαστή, τότε αυτό υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την τιμή προστασίας από υπερένταση του Φ/Β πλαισίου επί 1,35. Η τιμή αυτή προστασίας από υπερένταση είναι αυτή που παρέχεται από τον κατασκευαστή σύμφωνα με τις απαιτήσεις του IEC 61730-1.

2.4.2.3 Προστασία από υπέρταση / ηλεκτροπληξία

Κατά την επιθεώρηση ενός Φ/Β συστήματος πρέπει:

- i. Να ελέγχεται η ύπαρξη διακόπτη διαρροής έντασης (Δ.Δ.Ε) τύπου B, όπου υπάρχει ήδη τοποθετημένος Δ.Δ.Ε και ο αναστροφέας είναι χωρίς τουλάχιστον απλό διαχωρισμό ανάμεσα στην AC και την DC πλευρά - σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60755 (IEC 60364-7-712.413.1.1.1.2:2002 και 712.1).
- ii. Για την αποφυγή/ελαχιστοποίηση τάσεων που μπορεί να προκληθούν από κεραυνούς, να επαληθευθεί ότι το εμβαδόν όλων των βρόχων της καλωδίωσης έχει διατηρηθεί όσο το δυνατόν μικρότερο (IEC 60364-7-712.444.4:2002).
- iii. Όπου απαιτείται από τους τοπικούς κώδικες, να διασφαλιστεί ότι οι αγωγοί γείωσης των πλαισίων και όλης της Φ/Β γεννήτριας έχουν εγκατασταθεί σωστά και είναι συνδεδεμένοι με τη γη. Όπου έχουν εγκατασταθεί προστατευτική γείωση και / ή αγωγοί ισοδυναμικής σύνδεσης να διασφαλιστεί ότι είναι παράλληλοι και συνδυσασμένοι με τα καλώδια DC (IEC 60364-7-712.54:2002).

2.4.2.4 Εξέταση AC τμήματος της εγκατάστασης

Η επιθεώρηση του AC τμήματος μιας Φ/Β εγκατάστασης πρέπει να διασφαλίζει τουλάχιστον ότι:

- i. Υπάρχει ένα μέσο απομόνωσης του αναστροφέα στην AC πλευρά του.
- ii. Όλες οι διακοπτικές και αποζευκτικές διατάξεις έχουν συνδεθεί έτσι ώστε η Φ/Β εγκατάσταση να βρίσκεται στην πλευρά του “φορτίου” και το δημόσιο δίκτυο στην πλευρά της “πηγής” (IEC 60364-7-712.536.2.2.1:2002).

- iii. Οι παράμετροι λειτουργίας του αναστροφέα έχουν προγραμματιστεί σύμφωνα με τους τοπικούς κανονισμούς.

2.4.2.5 **Επισημανση και αναγνώριση**

Η επιθεώρηση μιας Φ/Β εγκατάστασης πρέπει να διασφαλίζει τουλάχιστον ότι:

1. Όλα τα κυκλώματα, διατάξεις προστασίας, διακόπτες και τερματικά φέρουν την κατάλληλη επισημανση.
2. Όλα τα DC κουτιά διασύνδεσης φέρουν ταμπέλα προειδοποίησης στην οποία αναγράφεται ότι τα ενεργά μέρη μέσα στα κουτιά τροφοδοτούνται από ένα Φ/Β πλαίσιο και μπορεί να είναι σε λειτουργία ακόμα και μετά την απομόνωση από τον αναστροφέα και το δίκτυο.
3. Ο κύριος διακόπτης απομόνωσης AC επισημαίνεται σαφώς.
4. Υπάρχει ένα μονογραμμικό διάγραμμα του Φ/Β συστήματος στην εγκατάσταση.
5. Υπάρχουν στην εγκατάσταση οι ρυθμίσεις προστασίας του αναστροφέα και τα στοιχεία του εγκαταστάτη.
6. Υπάρχουν αναγραμμένες κάπου στο χώρο οι διαδικασίες για κλείσιμο της εγκατάστασης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
7. Όλες οι ενδείξεις και οι ετικέτες έχουν τοποθετηθεί κατάλληλα και είναι ανθεκτικές.

2.4.3 Μετρήσεις και δοκιμές ελέγχου

2.4.3.1 **Γενικά**

Ο έλεγχος της Φ/Β εγκατάστασης θα πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου IEC 60364-6. Όσον αφορά τα όργανα μέτρησης και παρακολούθησης, αυτά πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με τα σχετικά μέρη του προτύπου IEC 61557. Αν χρησιμοποιείται διαφορετικός εξοπλισμός μέτρησης, τότε προφανώς θα πρέπει να εγγυάται ισοδύναμο βαθμό επίδοσης και ασφάλειας.

Οι μέθοδοι δοκιμής, τις οποίες θα περιγράψουμε παρακάτω, μπορούν να χαρακτηριστούν και ως μέθοδοι αναφοράς. Φυσικά αυτό δεν αποκλείει και κάποιες άλλες διαφορετικές μεθόδους, υπό την προϋπόθεση ότι δεν παρέχουν λιγότερο έγκυρα αποτελέσματα. Σε περίπτωση που κάποια δοκιμή ή κάποιος έλεγχος δείξουν την ύπαρξη σφάλματος, τότε πρέπει να αποκατασταθεί η βλάβη και στη συνέχεια όλες οι προηγούμενες δοκιμές να επαναληφθούν. Η επανάληψη αυτή επιβάλλεται λόγω της πιθανότητας η βλάβη (ή οι βλάβες) να έχει επηρεάσει το αποτέλεσμα των δοκιμών αυτών.

Στην παρακάτω λίστα φαίνονται μια σειρά από δοκιμές που πρέπει να διεξάγονται ανάλογα με την περίπτωση, και κατά προτίμηση να γίνονται με την ακόλουθη σειρά:

Αρχικά πρέπει να γίνουν έλεγχοι σε όλα τα κυκλώματα AC σύμφωνα με τις απαιτήσεις του IEC 60364-6. Στη συνέχεια, και αφού έχουν ολοκληρωθεί οι προαναφερθέντες έλεγχοι, οι ακόλουθες δοκιμές πρέπει να διεξάγονται στα DC κυκλώματα που σχηματίζουν τη Φ/Β γεννήτρια:

1. Δοκιμή συνέχειας της γείωσης και/ή ισοδυναμικών αγωγών (αν υπάρχουν).
2. Δοκιμή πολικότητας
3. Δοκιμή τάσεως ανοικτού κυκλώματος σε κάθε συστοιχία
4. Δοκιμή ρεύματος βραχυκυκλώσεως σε κάθε συστοιχία
5. Δοκιμές λειτουργίες
6. Δοκιμή αντίστασης μόνωσης στα DC κυκλώματα

Σε περίπτωση οποιασδήποτε δοκιμής, κατά την οποία υπάρχει αποτυχία συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις, αυτή η διαδικασία και οποιαδήποτε προηγούμενη δοκιμή που μπορεί να έχει επηρεαστεί από το σφάλμα πρέπει να επαναληφθούν

2.4.3.2 Δοκιμή συνέχειας γείωσης

Όταν υπάρχουν αγωγοί γείωσης στην DC πλευρά, θα πρέπει μια ηλεκτρική δοκιμή συνέχειας να γίνει σε όλους αυτούς τους αγωγούς. Θα πρέπει επίσης να ελεγχθεί η σύνδεση με τον κύριο ακροδέκτη γείωσης.

2.4.3.3 Δοκιμή πολικότητας

Η πολικότητα όλων των καλωδίων DC θα πρέπει να επαληθεύεται με χρήση κατάλληλης συσκευής. Μόλις επαληθευτεί η πολικότητα, τα καλώδια θα πρέπει να ελεγχθούν για να διασφαλιστεί ότι έχουν αναγνωρισθεί σωστά και έχουν συνδεθεί σωστά σε συσκευές του συστήματος, όπως οι διακοπτικές διατάξεις ή οι αναστροφείς. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί πώς για λόγους ασφαλείας και για την αποφυγή βλαβών, είναι ιδιαίτερος σημαντικό η δοκιμή πολικότητας να προηγείται των υπολοίπων τεστ και να γίνεται πριν από το κλείσιμο των διακοπών και την εισαγωγή των συσκευών προστασίας από υπερένταση. Εάν κατά τον έλεγχο που γίνεται σε ένα προηγουμένως συνδεδεμένο σύστημα βρεθεί ανάστροφη πολικότητα σε μία συστοιχία, τότε είναι σημαντικό να ελεγχθούν όλα τα πλαίσια και οι δίοδοι παράκαμψης για τυχόν βλάβες που προέκυψαν από αυτό το σφάλμα.

2.4.3.4 Μέτρηση τάσεως ανοικτού κυκλώματος στην Φ/Β συστοιχία

Η τάση ανοικτού κυκλώματος κάθε φωτοβολταϊκής συστοιχίας θα πρέπει να μετράται με τη χρήση κατάλληλης συσκευής μέτρησης. Αυτό πρέπει να γίνεται πριν το κλείσιμο των διακοπών και πριν την τοποθέτηση συσκευών προστασίας από υπερεντάσεις. Κατόπιν οι μετρηθείσες τιμές συγκρίνονται με τις αναμενόμενες. Η σύγκριση αυτή χαρακτηρίζεται ως έλεγχος για τη σωστή εγκατάσταση, όχι ως μέτρο της απόδοσης των πλαισίων ή της Φ/Β γεννήτριας. Ο έλεγχος της απόδοσης άλλωστε ξεπερνάει τους σκοπούς του Διεθνούς προτύπου EN 62446.

Σε συστήματα με πολλαπλές ταυτόσημες συστοιχίες και στα οποία υπάρχουν σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας, οι τάσεις που θα μετρηθούν πρέπει να συγκριθούν μεταξύ τους. Αυτές οι τιμές αναμένεται να βρεθούν ίδιες (τυπικά με μια απόκλιση έως 5% για σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας). Αντίθετα, για μη σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας, είτε θα υπάρξει αναβολή του ελέγχου, είτε χρησιμοποίηση πολλαπλών μετρητών, με έναν μετρητή πάνω σε μία συστοιχία αναφοράς. Εναλλακτικά, ως τρίτη επιλογή παρουσιάζεται η χρησιμοποίηση της ένδειξης ενός μετρητή ακτινοβολίας για την προσαρμογή των τρέχουσων ενδείξεων.

Τάσεις χαμηλότερες από τις αναμενόμενες μπορεί να δηλώνουν ότι ένα ή περισσότερα πλαίσια είναι συνδεδεμένα με λάθος πολικότητα, ίσως σφάλμα λόγω κακής μόνωσης, κάποια πιθανή βλάβη ή συσσώρευση νερού στα κουτιά διασύνδεσης. Υψηλότερες τάσεις είναι συνήθως το αποτέλεσμα λαθών στη συνδεσμολογία.

2.4.3.5 Μετρήσεις ρεύματος στη Φ/Β συστοιχία

Όπως και στις μετρήσεις τάσεως ανοικτού κυκλώματος, ο σκοπός μιας σειράς δοκιμών μέτρησης έντασης είναι να βεβαιωθεί ότι δεν υπάρχουν σημαντικές βλάβες στην συνδεσμολογία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Αυτές οι δοκιμές δεν πρέπει να λαμβάνονται ως μέτρο της απόδοσης των πλαισίων ή της Φ/Β γεννήτριας. Δύο μέθοδοι δοκιμών είναι δυνατές και θα τις δούμε παρακάτω. Αμφότερες παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις επιδόσεις των συστοιχιών. Όπου είναι δυνατόν, η δοκιμή βραχυκύκλωσης είναι προτιμότερη, καθώς θα αποκλείσει οποιαδήποτε επιρροή από τους αναστροφείς.

Αρχικά θα περιγράψουμε τη δοκιμή βραχυκύκλωσης. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης θα πρέπει να μετρηθεί χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα όργανα. Η δημιουργία και διακοπή ρευμάτων βραχυκυκλώσεως στις συστοιχίες είναι δυνητικά επικίνδυνη και μία κατάλληλη διαδικασία δοκιμής, όπως αυτή που περιγράφεται κατωτέρω, συνίσταται να ακολουθηθεί. Οι μετρηθείσες τιμές πρέπει να συγκριθούν με τις τιμές που αναμένουμε. Σε συστήματα με πολλαπλές ταυτόσημες συστοιχίες και όπου υπάρχουν σταθερές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, οι εντάσεις των ρευμάτων μεταξύ των σειρών αυτών θα πρέπει να συγκριθούν. Αυτές οι τιμές θα πρέπει να βρεθούν ίδιες (τυπικά με μια απόκλιση έως 5% για σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας). Για μη σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας, ισχύει ότι ακριβώς αναφέρθηκε και πιο πάνω για την μέτρηση τάσεως ανοικτού κυκλώματος. Είτε θα υπάρξει αναβολή του ελέγχου, είτε χρησιμοποίηση πολλαπλών μετρητών, με έναν μετρητή πάνω σε μία συστοιχία αναφοράς. Εναλλακτικά, ως τρίτη επιλογή παρουσιάζεται η χρησιμοποίηση της ένδειξης ενός μετρητή ακτινοβολίας για την προσαρμογή των τρέχουσων ενδείξεων.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τη διαδικασία της δοκιμής βραχυκυκλώσεως. Αρχικά, πρέπει να διασφαλιστεί ότι όλες οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες έχουν απομονωθεί ή μία από την άλλη και ότι όλες οι διατάξεις διακοπής και απομόνωσης είναι ανοικτές. Ακολούθως, ένα προσωρινό βραχυκύκλωμα πρέπει να προκληθεί στην υπό εξέταση συστοιχία, με έναν από τους παρακάτω 2 τρόπους:

- I. Με ένα καλώδιο βραχυκυκλώματος προσωρινά συνδεδεμένο σε μια διακοπτική διάταξη φορτίου που είναι ήδη εγκατεστημένη στη συστοιχία.
- II. Με την χρήση ενός διακοπτικού κουτιού βραχυκυκλώματος - μια συσκευή διακοπής φορτίου που μπορεί προσωρινά να εισαχθεί στο κύκλωμα για να δημιουργήσει ένα διακοπτόμενο βραχυκύκλωμα.

Σε κάθε περίπτωση οι διακοπτικές διατάξεις και οι αγωγοί βραχυκύκλωσης θα πρέπει να έχουν ονομαστικές τιμές μεγαλύτερες από το πιθανό ρεύμα βραχυκύκλωσης και την τάση ανοικτού κυκλώματος. Το ρεύμα βραχυκυκλώματος μπορεί στη συνέχεια να μετρηθεί με “αμπεροτσιμπίδα” ή με ένα αμπερόμετρο σε σειρά.

Σημείωση: Ένα “διακοπτικό κουτί βραχυκυκλώματος” είναι ένα στοιχείο ενός οργάνου μέτρησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για δοκιμές βραχυκυκλωμάτων καθώς επίσης και για δοκιμές αντίστασης μόνωσης.

Στη δεύτερη μέθοδο, με το σύστημα ενεργοποιημένο και σε κανονική λειτουργία (δηλαδή οι αναστροφείς λειτουργούν σε mppt tracking), το ρεύμα κάθε συστοιχίας πρέπει να μετράται χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο αμπερόμετρο τοποθετημένο γύρω από το καλώδιο συστοιχίας. (γνωστό και ως “αμπεροτσιμπίδα”)

Ισχύει και εδώ ότι και προηγουμένως. Οι μετρηθείσες τιμές πρέπει να συγκριθούν με τις τιμές που αναμένουμε. Σε συστήματα με πολλαπλές ταυτόσημες συστοιχίες και όπου υπάρχουν σταθερές συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, οι εντάσεις των ρευμάτων μεταξύ των σειρών αυτών θα πρέπει να συγκριθούν. Αυτές οι τιμές θα πρέπει να βρεθούν ίδιες (τυπικά με μια απόκλιση έως 5% για σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας). Για μη σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας, είτε θα υπάρξει αναβολή του ελέγχου, είτε χρησιμοποίηση πολλαπλών μετρητών, με έναν μετρητή πάνω σε μία συστοιχία αναφοράς. Εναλλακτικά, ως τρίτη επιλογή παρουσιάζεται η

χρησιμοποίηση της ένδειξης ενός μετρητή ακτινοβολίας για την προσαρμογή των τρέχουσων ενδείξεων.

2.4.3.6 Λειτουργικές δοκιμές

Κατά τη διάρκεια ελέγχου μιας Φ/Β εγκατάστασης συνίσταται να γίνονται οι παρακάτω λειτουργικές δοκιμές.

- 1) Οι διακόπτες και οι υπόλοιπες συσκευές ελέγχου πρέπει να ελέγχονται για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία τους και η ορθή τοποθέτηση και σύνδεση.
- 2) Όλοι οι αναστροφείς που αποτελούν μέρος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πρέπει να ελεγχθούν για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία τους. Η διαδικασία ελέγχου των αναστροφέων καθορίζεται αυστηρά από τον κατασκευαστή τους.
- 3) Επίσης συνίσταται να εκτελεστεί δοκιμή απώλειας του δικτύου: Με το σύστημα σε λειτουργία, ο αποζεύκτης AC θα πρέπει να “ανοίξει”. Αυτό που αναμένεται να παρατηρηθεί είναι ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα παύει αμέσως να παράγει. Στη συνέχεια, ο αποζεύκτης AC θα πρέπει να “κλείσει” εκ νέου και να ελεγχθεί ότι το σύστημα επανέρχεται στην κανονική λειτουργία.

2.4.3.7 Έλεγχος αντίστασης μόνωσης

Μια πολύ σημαντική διαδικασία είναι αυτή της μέτρησης της αντιστάσεως μόνωσης σε μία Φ/Β εγκατάσταση. Επειδή τα DC κυκλώματα μίας Φ/Β εγκατάστασης είναι ενεργά κατά τη διάρκεια της ημέρας, σε αντίθεση με ένα συμβατικό κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, δεν μπορούν να απομονωθούν πριν από την εκτέλεση αυτής της μέτρησης.

Λόγω της ύπαρξης κινδύνου ηλεκτροπληξίας κατά τη διάρκεια της, είναι ιδιαίτερος σημαντικό και απαραίτητο να κατανοηθεί πλήρως η διαδικασία πριν από την έναρξη οποιασδήποτε δοκιμής. Συνίσταται να ακολουθούνται τα ακόλουθα βασικά μέτρα ασφαλείας:

- i. Η πρόσβαση στην περιοχή ελέγχου πρέπει να είναι περιορισμένη.

- ii. Μην αγγίζετε και λάβετε μέτρα ούτως ώστε να αποτραπεί η επαφή άλλων προσώπων με οποιαδήποτε μεταλλική επιφάνεια κατά την εκτέλεση του ελέγχου μόνωσης.
- iii. Μην αγγίζετε και λάβετε μέτρα για να αποτρέψετε άλλα άτομα να έρθουν σε επαφή με το πίσω μέρος του πλαισίου κατά την εκτέλεση της εν λόγω δοκιμής.
- iv. Όποτε το όργανο μόνωσης ενεργοποιείται υπάρχει τάση στην περιοχή δοκιμής. Ο εξοπλισμός πρέπει να διαθέτει ικανότητα αυτόματης εκφόρτισης.
- v. Θα πρέπει να φοριέται κατάλληλος ατομικός προστατευτικός ρουχισμός / εξοπλισμός κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Σημειώνουμε ότι σε ορισμένες εγκαταστάσεις, για παράδειγμα σε μεγαλύτερα συστήματα ή όταν υπάρχει υποψία σφάλματος μόνωσης λόγω εγκατάστασης ή κατασκευαστικών ατελειών, ή όταν τα αποτελέσματα της ξηράς δοκιμής είναι αμφιλεγόμενα, μια υγρή δοκιμή μόνωσης μπορεί να είναι καταλληλότερη. Οι διαδικασίες ελέγχου για αυτήν την δοκιμή μπορούν να βρεθούν στο ASTM Std E 2047, Test Method for Wet Insulation Integrity Testing of PV Arrays.

Αφού λοιπόν αναφέραμε όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας για την αποφυγή ατυχημάτων, τώρα θα περιγράψουμε τη μέθοδο ελέγχου. Η δοκιμή θα πρέπει να επαναληφθεί τουλάχιστον για κάθε φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Είναι επίσης δυνατό να ελεγχθούν μεμονωμένες συστοιχίες εάν απαιτείται. Δύο μέθοδοι ελέγχου είναι δυνατές: Στην πρώτη, γίνεται έλεγχος μεταξύ αρνητικού και γης ακολουθούμενος από έλεγχο μεταξύ θετικού και γης. Στη δεύτερη, γίνεται έλεγχος μεταξύ γης και των δύο βραχυκυκλωμένων ακροδεκτών, του θετικού και του αρνητικού. Όπου ο μεταλλικός σκελετός συνδέεται με τη γη, ο ακροδέκτης που αντιστοιχεί στη γείωση μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε κατάλληλη σύνδεση με τη γείωση ή ακόμα και στον ίδιο το σκελετό της Φ/β γεννήτριας (όπου χρησιμοποιείται ο σκελετός, βεβαιωθείτε ότι υπάρχει μια καλή επαφή και ότι εξασφαλίζεται η συνέχεια της γείωσης σε όλον τον μεταλλικό σκελετό).

Για τα συστήματα όπου ο σκελετός δεν είναι γειωμένος (π.χ. όταν υπάρχει μια εγκατάσταση κατηγορίας II), ο επιθεωρητής μηχανικός μπορεί να επιλέξει να κάνει δύο δοκιμές: α) μεταξύ καλωδίων γεννήτριας και γης και μια επιπλέον δοκιμή β) μεταξύ καλωδίων γεννήτριας και σκελετού.

Για Φ/Β εγκαταστάσεις που δεν έχουν προσβάσιμα αγώγιμα μέρη (π.χ. Φ/Β σε στέγες), η δοκιμή θα πρέπει να διεξάγεται μεταξύ των καλωδίων της γεννήτριας και της γείωσης του κτιρίου.

Σημειώνουμε ότι σε περίπτωση που υιοθετηθεί η μέθοδος δοκιμής 2, για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου από πιθανά ηλεκτρικά τόξα, το θετικό και το αρνητικό καλώδιο θα πρέπει να είναι βραχυκυκλωμένα με ασφαλή τρόπο. Τυπικά αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με ένα κατάλληλο διακοπτικό κουτί βραχυκυκλώματος. Η συσκευή αυτή περιέχει έναν βαθμονομημένο διακόπτη φορτίου DC που μπορεί με ασφάλεια να δημιουργήσει και να κόψει το ζητούμενο βραχυκύκλωμα. Επίσης κάτι άλλο που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι η διαδικασία δοκιμής πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εξασφαλίζεται ότι η μέγιστη τάση δεν υπερβαίνει την ονομαστική των πλαισίων ή των καλωδίων.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τη διαδικασία ελέγχου της αντίστασης μόνωσης. Πριν από την έναρξη του ελέγχου, ο επιθεωρητής πρέπει να βεβαιωθεί ότι η πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό θα είναι περιορισμένη. Συνίσταται η απομόνωση των Φ/Β πλαισίων από τον αναστροφέα καθώς και η αποσύνδεση οποιουδήποτε μέρους του εξοπλισμού θα μπορούσε να έχει αντίκτυπο στη μέτρηση μόνωσης (π.χ. απαγωγοί υπέρτασης). Όταν ένα διακοπτικό κουτί βραχυκυκλώματος χρησιμοποιείται για τη δοκιμή σύμφωνα με την μέθοδο 2, τα καλώδια της γεννήτριας θα πρέπει να είναι σταθερά συνδεδεμένα σε αυτό πριν το βραχυκύκλωμα ενεργοποιηθεί. Οι οδηγίες της συσκευής ελέγχου αντιστάσεως μόνωσης πρέπει να ακολουθηθούν κατά γράμμα για να εξασφαλιστεί ότι η τάση δοκιμής είναι σύμφωνη με τον Πίνακα 1 παρακάτω και τις ενδείξεις αναγνώσεις σε MΩ. Η αντίσταση μόνωσης, μετρούμενη με την τάση ελέγχου που υποδεικνύεται στον Πίνακα 1, είναι ικανοποιητική, αν κάθε κύκλωμα έχει μία αντίσταση μόνωσης όχι μικρότερη από την κατάλληλη τιμή που δίδεται στον πίνακα αυτόν.

Πίνακας 1 – ελάχιστες τιμές αντίστασης μόνωσης

Μέθοδος ελέγχου	Τάση συστήματος ($V_{oc\ stc} \times 1,25$) V	Τάση V	Ελάχιστη αντίσταση γείωσης ΜΩ
Μέθοδος 1 Ξεχωριστά τεστ σε θετικό και αρνητικό	<120	250	0,5
	120 – 500	500	1
	>500	1 000	1
Μέθοδος 2 Βραχυκυκλωμένοι θετικός και αρνητικός ακροδέκτης	<120	250	0,5
	120 – 500	500	1
	>500	1 000	1

2.5 Αναφορές πιστοποίησης

2.5.1 Γενικά

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας επιθεώρησης, πρέπει να παραδοθεί μία αναφορά η οποία θα περιλαμβάνει τις εξής πληροφορίες:

- Συνοπτικές πληροφορίες που περιγράφουν το σύστημα (όνομα, τοποθεσία, κλπ.).
- Κατάλογος των κυκλωμάτων που έχουν ελεγχθεί.
- Ένα αρχείο της επιθεώρησης.
- Μια καταγραφή των αποτελεσμάτων των δοκιμών για κάθε κύκλωμα που έχει δοκιμαστεί.
- Προτεινόμενο διάστημα μέχρι την επόμενη επιθεώρηση.
- Υπογραφή όσων συμμετείχαν στην επιθεώρηση

Υπάρχουν διάφορα μοντέλα αυτών των εκθέσεων ελέγχου.

2.5.2 Αρχική επιθεώρηση

Η επιθεώρηση μιας νέας εγκατάστασης πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που περιγράψαμε παραπάνω. Η αρχική έκθεση ελέγχου πρέπει να

περιλαμβάνει πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με το άτομο (-α) που είναι υπεύθυνα για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την πιστοποίηση του συστήματος, όπως επίσης και την επέκταση των αρμοδιοτήτων τους. Στην αρχική έκθεση ελέγχου πρέπει να προτείνεται το διάστημα μεταξύ περιοδικών επανελέγχων. Αυτό πρέπει να καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο της εγκατάστασης και του εξοπλισμού, τη χρήση και τη λειτουργία, τη συχνότητα και την ποιότητα της συντήρησης και τις εξωτερικές επιδράσεις στις οποίες μπορεί να υποβληθεί. Σε ορισμένες χώρες το διάστημα μεταξύ των ελέγχων προσδιορίζεται από τους εθνικούς κανονισμούς.

2.5.3 Περιοδική επιθεώρηση

Η περιοδική επαλήθευση μιας υφιστάμενης και ήδη επιθεωρημένης εγκατάστασης πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που περιγράψαμε παραπάνω. Ανάλογα με την περίπτωση, τα αποτελέσματα και οι συστάσεις των προηγούμενων περιοδικών επιθεωρήσεων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Κεφάλαιο 3: Τι περιλαμβάνει μια επιθεώρηση Φ/Β πάρκου – είδη αναστροφών

3.1 Γενικά

Μια επιθεώρηση ενός Φ/Β συστήματος (π.χ. Φ/Β πάρκου) περιλαμβάνει πολλούς ελέγχους και πρέπει να γίνεται πάντα σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 62446. Πρέπει να πληρούνται όλες οι απαιτήσεις του εν λόγω προτύπου, οι οποίες παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, και να τηρούνται κατά γράμμα όλες οι διαδικασίες που προβλέπονται για την ορθή εξέταση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Για να εξασφαλιστεί λοιπόν ένας λεπτομερής έλεγχος πιστοποίησης, εξετάζεται ολόκληρο το φωτοβολταϊκό πάρκο, ξεκινώντας από τα Φ/Β πλαίσια μέχρι την σύνδεση της εγκατάστασης με το δίκτυο με ειδική μέριμνα στην ασφάλεια κατά την λειτουργία της εγκατάστασης. Επιπλέον, μέρος της επιθεώρησης αποτελεί η ανασκόπηση της τεχνικής τεκμηρίωσης του έργου, όπως αυτή παρέχεται από τον κατασκευαστή και μελετητή του έργου. Ο υπεύθυνος για την πιστοποίηση οφείλει να επαληθεύσει την ορθότητα όλων των μελετών, όπως αυτών που αφορούν τα ηλεκτρολογικά μέρη της εγκατάστασης, της μελέτης για την γείωση του συστήματος, την στατική μελέτη για τη βάση στήριξης των Φ/Β πλαισίων κτλ. Κατόπιν, και κατά τη διάρκεια του ελέγχου που λαμβάνει χώρα στην εγκατάσταση (on site επιθεώρηση), πρέπει να εξακριβωθεί η ταύτιση ανάμεσα στο τελικώς παραδοτέο έργο και στην τεχνική τεκμηρίωσή του.

Συγκεντρωτικά λοιπόν, για μια ολοκληρωμένη επιθεώρηση γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι:

- Εξέταση του συνολικού σχεδιασμού βάσει των υποβληθέντων εγγράφων.
- Εξέταση της ασφάλειας και της ορθής λειτουργίας της εγκατάστασης, ταυτοποίηση και καταγραφή των ελαττωμάτων.
- Ηλεκτρικές μετρήσεις για να αποδειχθεί η ορθή και ασφαλής λειτουργία του Φ/Β πάρκου.
- Μετρήσεις στα μηχανολογικά μέρη της εγκατάστασης.

- Δοκιμές του υποσταθμού στο εργοστάσιο κατασκευής του παρουσία των επιθεωρητών μηχανικών.

Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε το διαχωρισμό που υπάρχει στον τρόπο σύνδεσης των Φ/Β συστημάτων με το δημόσιο δίκτυο. Για φωτοβολταϊκά πάρκα ονομαστικής ισχύος μέχρι 100 kWp η σύνδεση γίνεται στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης, ενώ για τα συστήματα μεγαλύτερης ισχύος η σύνδεση γίνεται στο δίκτυο Μέσης Τάσης. Οπότε για ένα σύστημα 500 kWp γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι απαιτείται η εγκατάσταση υποσταθμού, που θα περιέχει έναν μετασχηματιστή, πλευρά χαμηλής και πλευρά μέσης τάσης.

Μέρος της επιτόπου (on-site) επιθεώρησης είναι, εκτός των άλλων, ένας ολοκληρωμένος οπτικός έλεγχος της εγκατάστασης με έμφαση στα ακόλουθα στοιχεία:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Σύστημα στήριξης
- Σύστημα γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας
- Καλωδιώσεις
- Αναστροφείς
- Σύστημα τηλεμετρίας και μετεωρολογικός σταθμός
- Εξοπλισμός ασφαλείας

3.2 Περιεχόμενα μιας έκθεσης τεχνικού ελέγχου

Η έκθεση τεχνικού ελέγχου περιλαμβάνει τα εξής: Αρχικά περιγράφεται επιγραμματικά από ποια μέρη αποτελείται ο έλεγχος του Φ/Β συστήματος. Στην έκθεση αναγράφονται ο φορέας πιστοποίησης όπως επίσης και τα δεδομένα του έργου (ονομαστική ισχύς του συστήματος, τοποθεσία, ιδιοκτήτης, εγκαταστάτης, κτλ). Στην συνέχεια γίνεται σύγκριση της τεχνικής τεκμηρίωσης με τον εξοπλισμό της υφιστάμενης εγκατάστασης. Στην έκθεση επίσης περιλαμβάνεται μια συνολική επισκόπηση του έργου όπου αναφέρονται λεπτομέρειες της εγκατάστασης όπως ο αριθμός των αναστροφέων, των συστοιχιών και γίνεται έλεγχος για να επαληθευθεί η

ορθή διαστασιολόγηση αυτών. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του επιτόπιου (on-site) ελέγχου και συγκεκριμένα οι μηχανικές μετρήσεις, η καταγραφή και ταξινόμηση ανάλογα με την κρισιμότητα των πιθανών σφαλμάτων / ευρημάτων, και η αναφορά όλων των ηλεκτρικών μετρήσεων που έγινε. Η αναλυτική παρουσίαση των ευρημάτων καθώς και των ηλεκτρικών μετρήσεων γίνεται σε ξεχωριστά παραρτήματα που παραδίδονται στον πελάτη μαζί με την έκθεση τεχνικού ελέγχου. Στο τέλος της έκθεσης γίνεται ο απολογισμός του υπό εξέταση έργου.

Όπως αναφέρθηκε, όλα τα ευρήματα που προκύπτουν από την επιτόπια επιθεώρηση καταγράφονται, απαριθμούνται και επιπλέον δίδεται η συχνότητα επανάληψής τους καθώς και η κατάταξή τους. Οι «Μη συμμορφώσεις» είναι σφάλματα τα οποία πρέπει να διορθώνονται άμεσα καθώς θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια της εγκατάστασης και των ανθρώπων που βρίσκονται στο Φ/Β πάρκο. Τα «Ουσιώδη σφάλματα» είναι σχετικά με την ορθή λειτουργία της εγκατάστασης και την ασφάλεια των χειρισμών και πρέπει να αντιμετωπίζονται το συντομότερο δυνατόν. Τα «Δευτερεύοντα ευρήματα» δεν επηρεάζουν την απόδοση ή την ασφάλεια της εγκατάστασης. Πρέπει ωστόσο κατά τη διάρκεια της συντήρησης της εγκατάστασης να επιδιορθωθούν ώστε να αποκλειστεί το μελλοντικό ενδεχόμενο αρνητικής επίδρασης στη λειτουργία του έργου. Τέλος τα ευρήματα που χαρακτηρίζονται ως «Κριτικά σχόλια» δεν λογίζονται ως ελαττώματα καθώς δεν επηρεάζουν την ασφάλεια και τη λειτουργία της εγκατάστασης. Επειδή όμως ενδέχεται να παίξουν ρόλο στην διαχείριση ή την συντήρηση της εγκατάστασης άπτεται στην κρίση του κυρίου του έργου η αντιμετώπισή τους.

3.3 Αναστροφείς φωτοβολταϊκών συστημάτων (inverters)

Οι αναστροφείς των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχουν ως σκοπό τη μετατροπή της τάσεως DC που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε τάση AC σταθερού πλάτους και σταθερής συχνότητας. Οι αναστροφείς των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων διαφέρουν από τους αναστροφείς των άλλων ηλεκτρονικών εφαρμογών κατά το γεγονός ότι μπορούν να ελέγχουν την έξοδο των φωτοβολταϊκών υποπεδίων, προκειμένου να δημιουργούν συνθήκες μέγιστης απόδοσης, και σε ορισμένες περιπτώσεις να ελέγχουν ακόμα και τη φόρτιση των συσσωρευτών.

Τα κύρια χαρακτηριστικά μεγέθη των αναστροφέων είναι:

- α. η ονομαστική ισχύς (P_{NOM}),
- β. η ονομαστική τάση εισόδου (V_{DC}),
- γ. η ονομαστική τάση εξόδου (V_{RMS}),
- δ. η συχνότητα εξόδου (Hz)
- ε. ο αριθμός φάσεων (μονοφασικοί – τριφασικοί).

Οι αναστροφείς μπορούν να παρεμβληθούν σε διαφορετικές θέσεις στη Φ/Β εγκατάσταση, ώστε ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους να μπορούν να ελέγχουν την παραγόμενη ισχύ από:

1. ολόκληρο το Φ/Β πεδίο (central inverter),
2. ένα υποπεδίο, δηλαδή παράλληλες συστοιχίες Φ/Β πλαισίων (string inverter),
3. το κάθε ένα Φ/Β πλαίσιο ανεξάρτητα (micro-inverter).

3.3.1 Κεντρικός αναστροφέας (central inverter)

Ολόκληρη η ισχύς της εγκατάστασης του Φ/Β πεδίου αποδίδεται προς έναν κύριο αναστροφέα, οπότε έχουμε τη διάταξη του κεντρικού αναστροφέα (central inverter). Οι σχεδιασμοί των εγκαταστάσεων που βασίζουν τη λειτουργία τους σε κεντρικούς αναστροφείς προτιμώνται κυρίως για τα πολύ μεγάλα Φ/Β συστήματα, π.χ. εγκαταστάσεις άνω των 100 kWp Φ/Β ισχύος. Σε πολλές περιπτώσεις οι κεντρικοί αναστροφείς συνδέονται σε διάταξη «master-slave», κατά την οποία υπάρχουν περισσότεροι του ενός κεντρικοί αναστροφείς εκ των οποίων ο ένας χαρακτηρίζεται ως «κύριος», ενώ ο «δευτερεύων» αναστροφέας (ή οι δευτερεύοντες αναστροφείς) ενεργοποιείται (ενεργοποιούνται) σε περιοδικούς κύκλους λειτουργίας, είτε όταν έχει αυξηθεί σημαντικά η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, είτε στις περιπτώσεις που εκδηλώνεται δυσλειτουργία του «κύριου αναστροφέα».

3.3.2 Αναστροφέας συστοιχιών (string inverter)

Ο αναστροφέας συλλέγει την ηλεκτρική ισχύ από μερικές παράλληλες Φ/Β συστοιχίες πλαισίων (strings). Η κάθε Φ/Β συστοιχία περιλαμβάνει όμοια πλαίσια τα

οποία είναι ηλεκτρολογικά συνδεδεμένα σε σειρά. Στην περίπτωση αυτή έχουμε τους επονομαζόμενους «αναστροφείς πολλαπλών συστοιχιών» (multi-string inverters).

Συνήθως, ο κάθε αναστροφέας ελέγχει μία ή/και περισσότερες παράλληλες συστοιχίες, ή ακόμα και ένα ολόκληρο υποπεδίο (sub-array). Το υποπεδίο αποτελείται από συστοιχίες «strings», οι οποίες συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους. Στους ζυγούς DC συνδέονται ξεχωριστά οι ακροδέκτες, θετικής και αρνητικής πολικότητας, όλων των συστοιχιών που ελέγχονται από τον ίδιο αναστροφέα. Ο αναστροφέας ενδέχεται να εφαρμόζει ξεχωριστό αλγόριθμο ελέγχου MPPT για την κάθε μία από τις συστοιχίες, ή κοινό έλεγχο MPPT για όλες τις παράλληλες συστοιχίες που συνδέονται στην είσοδό του.

3.3.3 Μικρο-αναστροφέας πλαισίου (micro-inverter)

Ο κάθε αναστροφέας πλαισίου ελέγχει ένα μόνο Φ/Β πλαίσιο ανεξάρτητα, οπότε έχουμε τα επονομαζόμενα «AC-πλαίσια /AC modules». Οι αναστροφείς πλαισίων αναφέρονται πλέον και ως μικρο-αναστροφείς (micro – inverters). Προς το παρόν, η επιλογή των μικροαναστροφέων ενδείκνυται για αξιόπιστες Φ/Β εγκαταστάσεις μικρής ισχύος (λόγω της συγκριτικής αύξησης κόστους που επέρχεται για τα μεγαλύτερα συστήματα). Το κύριο μειονέκτημα της άμεσης σύνδεσης των αναστροφέων στα Φ/Β πλαίσια είναι ότι συνήθως οι αποδόσεις τους είναι μικρότερες από τις αποδόσεις των άλλων αναστροφέων, π.χ. αναστροφείς συστοιχιών. Η όποια διαφορά στην απόδοση μετατροπής αντισταθμίζεται από την καλύτερη ρύθμιση στο σημείο λειτουργίας μέγιστης ισχύος των Φ/Β πλαισίων που παρέχουν οι μικρο-αναστροφείς. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιπτώσεις έντονης τοπικής σκίασης, διαφορετικών κλίσεων μεταξύ των πλαισίων λόγω αρχιτεκτονικών περιορισμών και έντονης τοπικής επικάλυψης σωματιδιακής υφής. Ένα άλλο μειονέκτημα των AC- πλαισίων συνδέεται με τον υπερβολικό αριθμό των μικρο-αναστροφέων που απαιτούνται για μία εγκατάσταση. Αυτό ενδεχομένως συνεπάγεται αυξημένη πολυπλοκότητα και μεγαλύτερη συχνότητα βλαβών. Ως εκ τούτου, υπάρχει δυσκολία εντοπισμού της θέσης εκδήλωσης μιας αστοχίας. Ο εντοπισμός ενός αναστροφέα που δεν λειτουργεί, συνήθως γίνεται με on-line ηλεκτρονική παρακολούθηση των λειτουργικών δεδομένων του Φ/Β πεδίου.

Στα επόμενα δύο κεφάλαια θα γίνει η παρουσίαση δύο εκθέσεων τεχνικού ελέγχου μαζί με τα παραρτήματά τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε αυτούσια μια τεχνική έκθεση που συντάχθηκε για ένα πάρκο 500 kWp. Αυτό το πάρκο υλοποιήθηκε με την εγκατάσταση πολλών string-inverter. Στο πέμπτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί ένα πάρκο 310 kWp που υλοποιήθηκε με έναν κεντρικό αναστροφέα.

Κεφάλαιο 4

Έκθεση Τεχνικού Ελέγχου

Επιθεώρηση Πιστοποίησης Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης ισχύος 500kWp

Φεβρουάριος 2013

Έκθεση Τεχνικού Ελέγχου: XXX.2013

Για την

Τεχνική Πιστοποίηση του Φωτοβολταϊκού Πάρκου ισχύος 500 KWp

Πελάτης: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Επιθεωρητής: XXX

Αριθμός σελίδων Έκθεσης: 17

Παραρτήματα: 5

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. Έλεγχος.....	3
2. Δεδομένα έργου υπό επιθεώρηση	5
3. Σύγκριση με την Τεχνική Τεκμηρίωση	6
3.1. Γενικά.....	6
3.2. Λεπτομερής περιγραφή	6
4. Συνολική επισκόπηση του έργου.....	751
4.1. Γενικά.....	11
4.2. Λεπτομερής περιγραφή	11
5. Επιτόπιος έλεγχος	13
5.1. Γενικά.....	13
5.2. Ταξινόμηση Ευρημάτων	13
5.3. Μηχανικοί έλεγχοι	14
5.4. Ηλεκτρικοί έλεγχοι	15
6. Γενική αξιολόγηση και απολογισμός	16

Παραρτήματα

Παράρτημα 1: Ευρήματα

Παράρτημα 2: Ταξινόμηση Ευρημάτων

Παράρτημα 3: Τεχνική Τεκμηρίωση

Παράρτημα 4: Ηλεκτρικές Μετρήσεις

Παράρτημα 5: Λίστα Οργάνων Ελέγχου

1. Έλεγχος

Για να εξασφαλιστεί ένας λεπτομερής έλεγχος πιστοποίησης, εξετάστηκε ολόκληρο το φωτοβολταϊκό πάρκο, ξεκινώντας από τα Φ/Β πλαίσια μέχρι την σύνδεση της εγκατάστασης με το δίκτυο με ειδική μέριμνα στην ασφάλεια κατά την λειτουργίας της εγκατάστασης. Βάση αυτής της επιθεώρησης είναι οι κανόνες της τεχνικής καθώς και η αντίστοιχη εθνική και διεθνής νομοθεσία που διέπει αυτού του είδους τις εγκαταστάσεις.

Μέρος της επιθεώρησης είναι η ανασκόπηση της τεχνικής τεκμηρίωσης του έργου, όπως παρασχέθηκε από τον κατασκευαστή. Εξετάζεται η ορθότητα της μελέτης καθώς και η σχέση της με το κατασκευασθέν έργο.

Κατά την επιθεώρηση έγιναν συγκεκριμένα οι παρακάτω έλεγχοι:

- Εξέταση του συνολικού σχεδιασμού βάσει των υποβληθέντων εγγράφων (Παράρτημα 3).
- Εξέταση της ασφάλειας και της ορθής λειτουργίας της εγκατάστασης, ταυτοποίηση και καταγραφή των ελαττωμάτων.
- Ηλεκτρικές μετρήσεις για να αποδειχθεί η ορθή και ασφαλής λειτουργία του Φ/Β πάρκου. (Παράρτημα 4)
- Μετρήσεις στα μηχανολογικά μέρη της εγκατάστασης
- Δοκιμές του υποσταθμού στο εργοστάσιο κατασκευής του (Seller Hellas) παρουσία μας

Μέρος της επιτόπου (on site) επιθεώρησης είναι ένας ολοκληρωμένος οπτικός έλεγχος της εγκατάστασης με έμφαση στα ακόλουθα στοιχεία:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Σύστημα στήριξης
- Σύστημα γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας
- Καλωδιώσεις
- Αναστροφείς
- Σύστημα τηλεμετρίας και μετεωρολογικός σταθμός
- Εξοπλισμός ασφαλείας

Παρόντες κατά την επιθεώρηση:

- Νικήτας Πεφάνης,
-
-
-

Τα αποτελέσματα της επιθεώρησης και των μετρήσεων παρουσιάζονται στη συνέχεια. Η παρούσα έκθεση αποτελεί το αποτέλεσμα του ελέγχου βασισμένο στα διαθέσιμα έγγραφα στις

2. Δεδομένα έργου υπό επιθεώρηση

Αντικείμενο: 500 kWp Φωτοβολταϊκό πάρκο

Τοποθεσία: XXX

Ιδιοκτήτης: XXX

Εγκαταστάτης: XXX

Τροφοδοσία: Συνδεδεμένο

Τάση τροφοδοσίας: 20kV

3. Σύγκριση με την Τεχνική Τεκμηρίωση

3.1. Γενικά

Τα επιμέρους στοιχεία του φωτοβολταϊκού συστήματος αναφέρονται και περιγράφονται στα σχέδια και στα φύλλα δεδομένων. Η εξέταση των εγγράφων μας δείχνει ότι:

Οι πιο σημαντικές παράμετροι του συστήματος περιγράφονται με επαρκείς λεπτομέρειες στην τεχνική τεκμηρίωση.

Τα υπό εξέταση μέρη της Φ/Β εγκατάστασης δοκιμάστηκαν και συγκρίθηκαν σε σχέση με τα διαθέσιμα έγγραφα και είναι συνεπή με την καθορισμένη και τεκμηριωμένη πληροφορία. Οι διατομές των καλωδίων αντιστοιχούν, στο βαθμό που ήταν δυνατό να ελεγχθούν, στα σχέδια.

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο ελέγχου έγιναν στο μεγαλύτερο μέρος της DC εγκατάστασης οι μετρήσεις τάσης ανοικτού κυκλώματος και mpp λειτουργίας, ρεύματος βραχυκύκλωσης και mpp λειτουργίας καθώς και αντίστασης μόνωσης.

Ακολούθως, σύμφωνα με το πρωτόκολλο ελέγχου έγιναν σε όλο το μέρος της AC εγκατάστασης οι μετρήσεις αντίστασης μόνωσης και βρόχου σφάλματος καθώς και όπου ήταν αναγκαίο οι μετρήσεις διαφορικού διακόπτη ρεύματος (ρελέ διαρροής).

3.2. Λεπτομερής περιγραφή

➤ Φ/Β πλαίσιο

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:	Πολυκρυσταλλικό M238MG	Πολυκρυσταλλικό M238MG	OK
Κατασκευαστής:	Hyundai	Hyundai	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK

Οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν πιστοποιηθεί σύμφωνα με τα φύλλα δεδομένων IEC 61730 και IEC 61215 και είναι κατάλληλοι για τη συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής.

Σύμφωνα με τα στοιχεία, οι ηλιακοί συλλέκτες είναι επίσης εξοπλισμένοι με μια μηχανική ικανότητα φορτίου μέχρι 5400 Pa, μια ολοκληρωμένη πιστοποίηση διαχείρισης ποιότητας (κατά ISO: 9001:2008 και ISO 14001:2004) και 25ετή εγγύηση απόδοσης.

➤ **Βάση στήριξης**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Εργοστάσιο παραγωγής:	ΜΕΤΑΛΛΟΥΜΙΝ Α.Ε.	ΜΕΤΑΛΛΟΥΜΙΝ Α.Ε.	OK

Στην στατική μελέτη του συστήματος στήριξης έχουν ληφθεί υπόψη όλες οι συστάσεις που απαιτούνται από τον Ευρωπαϊκό κώδικα. Συμπερασματικά, από την επιτόπου αυτοψία της οποίας το κατασκευαστικό κομμάτι δείχνει να εναρμονίζεται με την προαναφερθείσα στατική μελέτη, διαφαίνεται ότι μπορεί να φέρει ασφαλώς τα φορτία για τα οποία υπολογίστηκε.

➤ **Πίνακες DC**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:			OK
Κατασκευαστής:			OK
Ασφάλεια string:	12A	12A	OK
Αντικεραυνική προστασία:	40kA/1000 Vdc	40kA/1000 Vdc	OK
DC διακόπτης:	40A/1000 VDC, 16A/1000 VDC	40A/1000 VDC, 16A/1000 VDC	OK

Οι πίνακες είναι σύμφωνοι με την κλάση προστασίας IP65 και αντιστοιχούν στις απαιτήσεις των κανονισμών. Έχουν τοποθετηθεί προειδοποιητικές ενδείξεις για τα ηλεκτροφόρα μέρη όχι όμως και για τον χειρισμό των ασφαλειοθηκών υπό φορτίο.

➤ **Καλώδια και γραμμές**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Καλώδιο Solar:	EUCASOLAR PV1-F	EUCASOLAR PV1-F	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	6 και 10	6 και 10	OK
AC Καλώδιο	J1VV-R, H07RN-F	J1VV-R, H07RN-F	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	3G70+35, 3G95+50, 5x10, 2,5 , 4	3G70+35, 3G95+50, 5x10, 2,5 , 4	OK
MT-Καλώδιο	N2XSY	N2XSY	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	70	70	OK
Καλώδιο	J1VV-R	J1VV-R	OK
Παροχής:			
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	3x(3x(1x150))	3x(3x(1x150))	OK

Όλα τα καλώδια (DC, AC και MT) είναι κατάλληλα για την αντίστοιχη εφαρμογή τους και σχεδιασμένα για 20-ετή διάρκεια ζωής. Τα καλώδια έχουν σχεδιαστεί για την υψηλότερη ονομαστική τάση, η οποία προκύπτει από τη διορθωμένη τάση ανοικτού κυκλώματος στο αντίστοιχο σημείο σύνδεσης.

Η επιλογή των διατομών έγινε βασιζόμενη στους υπολογισμούς απωλειών. Οι υπολογισμοί είναι ακριβείς και σύμφωνοι με τα πρότυπα και τους κανονισμούς.

➤ **Αναστροφές**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:	26x STP 17000TL, 1xSTP 15000TL	26x STP 17000TL, 1xSTP 15000TL	OK
Κατασκευαστής:	SMA	SMA	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK

Οι αναστροφείς είναι κατάλληλοι για τον τύπο πλαισίων που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση. Οι αναστροφείς φέρουν όλα τα απαραίτητα πιστοποιητικά για την σύνδεσή τους στο εθνικό δίκτυο.

➤ **Μετασχηματιστής**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:	M/Σ ελαίου 630 KVA, 10K630B06	M/Σ ελαίου 630 KVA, 10K630B06	OK
Κατασκευαστής:	VIMAR energy	VIMAR energy	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Βαθμός απόδοσης:	20/0,4 KV	20/0,4 KV	OK

Ο μετασχηματιστής είναι κατάλληλος για την εφαρμογή και διαθέτει τις επαρκείς διαστάσεις.

➤ **Τηλεμετρία**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Ηλεκτρ.Μέτρηση:	SUNNY WEBBOX	SUNNY WEBBOX	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Αισθητήρας ακτινοβολίας:	SUNNY SENSORBOX	SUNNY SENSORBOX	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Αριθμός:	1	1	OK
Αισθητήρας θερμοκρασίας:	PT100	PT100	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Αριθμός:	1	1	OK
Αισθητήρας ανέμου:	SUNNY SENSORBOX	SUNNY SENSORBOX	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Αριθμός:	1	1	OK

Η παρακολούθηση της απόδοσης της εγκατάστασης γίνεται μέσω του συστήματος τηλεμετρίας των αναστροφέων. Τα ρεύματα ανά συστοιχία μετρώνται ξεχωριστά, και

καταγράφονται, επιτρέποντας μια πιο λεπτομερή ανίχνευση σφαλμάτων. Επιπροσθέτως, ανιχνεύονται τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού, ο οποίος αποτελείται από έναν αισθητήρα ακτινοβολίας, έναν αισθητήρα για την θερμοκρασία των Φ/Β πλαισίων, έναν αισθητήρα για την ανίχνευση της εξωτερικής θερμοκρασίας και ένα ανεμόμετρο.

➤ **Εγκαταστάσεις ασφαλείας**

Για την αποτροπή κλοπής ή εισβολής στο χώρο εγκαταστάθηκε ένα σύστημα ασφαλείας, που αποτελείται από ζώνες ανίχνευσης κίνησης (beams) και κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (CCTV), το οποίο περιβάλλει ολόκληρη την εγκατάσταση. Επιπλέον, υπάρχουν ετικέτες προειδοποίησης αναρτημένες στο φράχτη, οι οποίες προειδοποιούν για την ύπαρξη συστήματος παρακολούθησης βίντεο.

4. Συνολική επισκόπηση του έργου

4.1. Γενικά

Στην Φ/Β διάταξη είναι τοποθετημένοι 27 αναστροφείς. Η διάταξη τροφοδοτείται από έναν μετασχηματιστή ελαίου στο δίκτυο μέσης τάσης. Η κλίση των πλαισίων και ο προσανατολισμός τους (αζιμούθιο) είναι επιλεγμένα με σκοπό τη βελτιστοποίηση της απόδοσης. Η διασύνδεση των πλαισίων οδηγεί σε ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν στις παραμέτρους εισόδου του αναστροφέα. Οι διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή είναι επαρκούς μεγέθους και απόλυτα προσαρμοσμένα στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

4.2. Λεπτομερής περιγραφή

Χώρος εγκατάστασης:	Γήπεδο
Κλίση πλαισίων:	25°
Προσανατολισμός:	Νότιος
Αριθμός πλαισίων συνολικά:	2100
Αριθμός πλαισίων σε σειρά:	Συστοιχίες με 20 και 18 πλαίσια
Αριθμός συστοιχιών:	108
Αριθμός αναστροφέων:	27
Τάση σύνδεσης:	20kV

➤ Λεπτομέρειες διαστασιολόγησης:

Στοιχειοσειρά με 20 πλαίσια

V_{MPP} στους -10°C [V]	699,5
V_{MPP} στους $+70^{\circ}\text{C}$ [V]	490,3
V_{OC} στους -10°C [V]	831,7
I_{MPP} στους $+70^{\circ}\text{C}$ [A]	8

Στοιχειοσειρά με 18 πλαίσια

V_{MPP} στους $-10^{\circ}C$ [V]	629,6
V_{MPP} στους $+70^{\circ}C$ [V]	441,3
V_{OC} στους $-10^{\circ}C$ [V]	748,6
I_{MPP} στους $+70^{\circ}C$ [A]	8

Αναστροφείας 17000T/L (είσοδοι A/B)

$U_{DC, MPP}$ [V]	608/547,2
$U_{DC, Max}$ [V]:	831,7/748,6
$I_{DC, Max}$ [A]:	25,53/8,51
Βαθμός απόδοσης AC/DC:	98.2%

Αναστροφείας 15000T/L (είσοδοι A/B)

$U_{DC, MPP}$ [V]	547,2/547,2
$U_{DC, Max}$ [V]:	748,6/748,6
$I_{DC, Max}$ [A]:	25,53/8,51
Βαθμός απόδοσης AC/DC:	98.2%

Εκτίμηση : OK

5. Επιτόπιος έλεγχος

Τα αποτελέσματα των ελέγχων και των μετρήσεων συνοψίζονται παρακάτω και απεικονίζονται στα παραρτήματα. Κατά την διάρκεια του επιτόπιου ελέγχου το Φ/Β πάρκο ήταν ήδη συνδεδεμένο στο δίκτυο και παρήγαγε ηλεκτρική ενέργεια.

5.1. Γενικά

Η τωρινή κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος εξετάστηκε στο χώρο εγκατάστασης δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ασφάλεια και τις λειτουργικές πτυχές του. Η ανάλυση καταλήγει στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Οι εγκαταστάσεις του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβλήθηκαν σε ενδελεχή επιτόπια εξέταση. Τα μηχανικά και ηλεκτρικά στοιχεία της εγκατάστασης βρίσκονται κοντά στις ονομαστικές τιμές τους, λαμβάνοντας υπόψη και μια διακύμανση λόγω μη εργαστηριακών συνθηκών των μετρήσεων. Τηρούνται όλες οι απαιτήσεις για την ηλεκτρική ασφάλεια.

Στο συγκεκριμένο έργο δεν υφίσταται καμία ένδειξη ότι τίθενται σε κίνδυνο ή περιορισμό η ασφαλής λειτουργία και τα καλά αποτελέσματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος.

5.2. Ταξινόμηση ευρημάτων

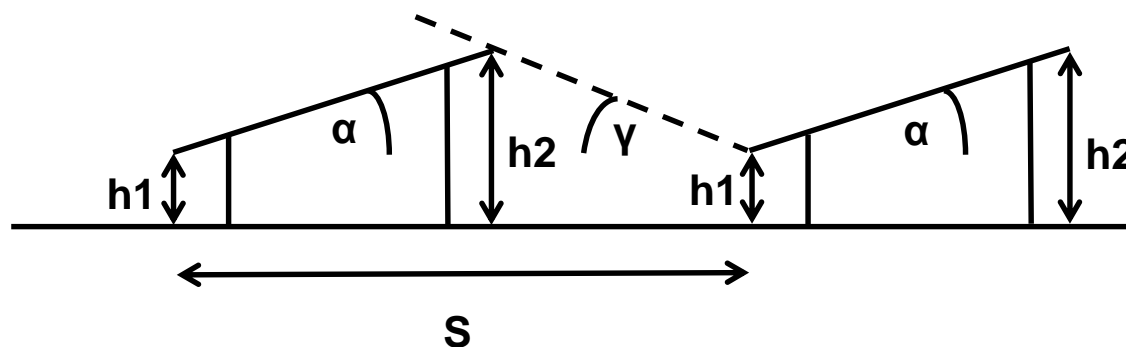
Στην ακόλουθη λίστα συνοψίζονται και κατηγοριοποιούνται όλα τα ευρήματα από την on-site επιθεώρηση. Τα ευρήματα απαριθμούνται και επιπλέον δίδεται η συχνότητα επανάληψης τους καθώς και η κατάταξή τους. Οι «Μη συμμορφώσεις» είναι σφάλματα τα οποία πρέπει να διορθώνονται άμεσα καθώς θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια της εγκατάστασης και των ανθρώπων που βρίσκονται στο Φ/Β πάρκο. Τα «Ουσιώδη σφάλματα» είναι σχετικά με την ορθή λειτουργία της εγκατάστασης και την ασφάλεια των χειρισμών και πρέπει να αντιμετωπίζονται το συντομότερο δυνατόν. Τα «Δευτερεύοντα ευρήματα» δεν επηρεάζουν την απόδοση ή την ασφάλεια της εγκατάστασης. Πρέπει ωστόσο κατά τη διάρκεια της συντήρησης της εγκατάστασης να επιδιορθωθούν ώστε να αποκλειστεί το μελλοντικό ενδεχόμενο αρνητικής επίδρασης στη λειτουργία του έργου. Τέλος επισημαίνονται κάποια

ευρήματα ως «Κριτικά σχόλια» τα οποία δεν ταξινομούνται ως ελαττώματα καθώς δεν επηρεάζουν την ασφάλεια και τη λειτουργία της εγκατάστασης. Επειδή όμως ενδέχεται να παίξουν ρόλο στη διαχείριση ή τη συντήρηση της εγκατάστασης, άπτεται στην κρίση του κυρίου του έργου η αντιμετώπισή τους.

α/α	Εύρημα	Συχνότητα	Κατάταξη
F1	Η είσοδος των σωληνώσεων στο έδαφος δεν προστατεύεται από αρνητικές επιδράσεις, π.χ. χλοοκοπτικό	Γενικό	Δευτερεύον
F2	Έχουν τοποθετηθεί τετραπολικόι μικροαυτόματοι DC αντί για διπολικούς	Γενικό	Δευτερεύον

5.3. Μηχανικοί έλεγχοι

Για να ελεγχθούν οι βασικές παράμετροι των σχεδίων και εγχειριδίων κατασκευής, διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια της επιτόπιας επιθεώρησης μια σειρά από μετρήσεις διαστάσεων, οι οποίες στη συνέχεια συγκρίθηκαν με την τεχνική τεκμηρίωση.



Σειρές πλαισίων	5,6
Κλίση πλαισίου α [°]	25°
Απόσταση μεταξύ 2 σειρών πλαισίων S [m]	11,6
Ύψος κάτω άκρου $h1$ [m]	0,68
Ύψος πάνω άκρου $h2$ [m]	2,6
Γωνία σκίασης γ [°]	15,25°

Αντιστοιχία με την τεχνική τεκμηρίωση: OK

5.4. Ηλεκτρικοί έλεγχοι

Ο σχεδιασμός της γείωσης αντιστοιχεί σε ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας. Επίσης μετρήθηκαν τυχαία δείγματα αντιστάσεων γείωσης από όλη την εγκατάσταση τα οποία παρατίθενται στο παράρτημα 4.

Έγιναν στο μεγαλύτερο μέρος της DC εγκατάστασης οι μετρήσεις τάσης ανοικτού κυκλώματος και mpp λειτουργίας, ρεύματος βραχυκύκλωσης και mpp λειτουργίας καθώς και αντίστασης μόνωσης. Σε όλο το μέρος της AC εγκατάστασης έγιναν οι μετρήσεις αντίστασης μόνωσης και βρόχου σφάλματος. Στις ιδιοκαταναλώσεις του πάρκου έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις διαφορικού διακόπτη ρεύματος (ρελέ διαρροής).

Οι μετρήσεις (V_{oc} , I_{sc} , V_{mpp} , I_{mpp} , R_{iso}) έχουν μια ομοιογενή κατανομή των τιμών.

Οι μετρούμενες τιμές για V_{oc} και I_{sc} λαμβάνουν υπόψη τις διακυμάνσεις ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

Οι μετρήσεις της αντίστασης μόνωσης υπερβαίνουν την ελάχιστη τιμή που απαιτείται για φωτοβολταϊκά συστήματα.

6. Γενική αξιολόγηση και απολογισμός

Στο συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό πάρκο έγινε αξιολόγηση του σχεδιασμού, της τεχνικής τεκμηρίωσης και της εγκατάστασης.

Η εγκατάσταση δοκιμάστηκε για την ασφάλειά της και τη λειτουργικότητά της και η συνολική εκτίμηση έχει ως ακολούθως:

Έγιναν όλες οι μετρήσεις, ηλεκτρικές και μηχανικές, που περιγράφονται παραπάνω, και οι τιμές που προέκυψαν είναι μέσα στα επιτρεπόμενα και φυσιολογικά όρια, επομένως γίνονται αποδεκτές. Βρέθηκαν μόνο αμελητέα και μη ουσιαστικά σφάλματα τα οποία περιγράφονται στα παραρτήματα 1 και 2.

Για να διασφαλιστεί η συνεχής καλή λειτουργία του Φ/Β πάρκου πρέπει να εξασφαλιστεί συμβόλαιο συντήρησης της εγκατάστασης με περιοδικούς ελέγχους σε επαρκή χρονικά διαστήματα των ρευμάτων βραχυκύκλωσης, των τάσεων ανοιχτού κυκλώματος και της αντίστασης μόνωσης σε όλες τις γραμμές.

Τόπος, ημερομηνία

Τπογραφή επιθεωρητή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Ευρήματα

ΕΡΓΟ: 500kWp Τοποθεσία

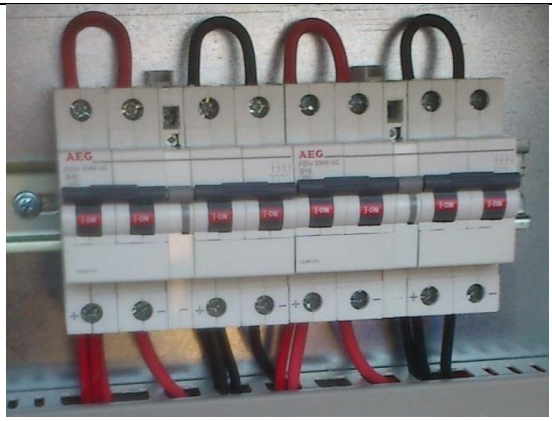
Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής:XXX

ΕΥΡΗΜΑΤΑ

F1	Η είσοδος των σωληνώσεων στο έδαφος δεν προστατεύεται από αρνητικές επιδράσεις, π.χ. χλοοκοπτικό		
Εύρημα		Φωτό:	
F2	Έχουν τοποθετηθεί τετραπολικό μικροαυτόματοι DC αντί για διπολικούς		
Εύρημα	Μικροαυτόματοι σε DC πίνακα	Φωτό	DSC_0023 (2)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Ταξινόμηση ευρημάτων

ΕΡΓΟ: 500kWp Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής:XXX

α/α	ΕΥΡΗΜΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤ Α	ΚΑΤΑΤΑΞΗ	Παράδειγμα	
				Φωτο.	Σειρά
F1	Η είσοδος των σωληνώσεων στο έδαφος δεν προστατεύεται από αρνητικές επιδράσεις, π.χ. χλοοκοπτικό	Γενικό	Δευτερεύον		
F2	Έχουν τοποθετηθεί τετραπολικόι μικροαυτόματοι DC αντί για διπολικούς	Γενικό	Δευτερεύον	Φωτό DSC_002 3 (2)	DC πίνακας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Τεχνική τεκμηρίωση

ΕΡΓΟ: 500kWp Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής:XXX

Τα παρακάτω έγγραφα παραδόθηκαν για την υποστήριξη της επιθεώρησης:

(αφαιρέσαμε από την ονομασία των εγγράφων το όνομα του ανάδοχου του έργου και γράψαμε XXX)

Φ/Β πάνελ	Τίτλος του εγγράφου Datasheet_MG-Series_EN_1
Σύστημα στήριξης	2012-AF96 ΜΕΤΑΛΟΥΜΙΑ SN80 V27 L2200, metaloumin.pdf
Αντιστροφείς	DATASHEET INVERTER
AC πίνακες	2012_12_13_ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ AC

Υπολογισμός απόδοσης	-
Ηλεκτρολογικό διάγραμμα AC	2012_11_20_MONOGRAMMIKO_XXX
Σχέδιο χωροθέτησης	2012_11_09_XXX_μελέτη_εφαρμογής διάγραμμα κάλυψης (1)
Σχέδιο γειώσεων	2012_11_09_XXX_μελέτη_εφαρμογή_γείωση
Υπολογισμός απωλειών	υπολογισμοί
Οδευση Καλωδίων	2012_11_09_XXX_μελέτη_εφαρμογής καλωδίωση DATA (1), 2012_12_13_XXX_μελέτη_εφαρμογής καλώδια AC, 2012_12_13_XXX_μελέτη_εφαρμογής καλώδια DC
Σύνοψη υλικών	ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
Χωματουργικά	2012_11_09_XXX_μελέτη_εφαρμογής χάνδακες (1)
Τεχνική περιγραφή	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Αντικεραυνική προστασία	2012_11_09_XXX_μελέτη_αντικεραυνικής προστασίας
Χαρακτηριστικά υποσταθμού	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Μ_Σ, ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Καλώδιο Solar	PV1F unlock

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: Ηλεκτρικές Μετρήσεις

ΕΡΓΟ: 500kWp Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής: XXX

Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης έγιναν μετρήσεις τιμής της γείωσης σε διάφορα σημεία του πάρκου (γενικός πίνακας, βάσεις στήριξης πλαισίων κτλ), μετρήσεις διαφορικού ρεύματος καθώς και μετρήσεις αντίστασης μόνωσης καλωδίων

(παροχικά καλώδια αντιστροφών, DC καλώδια κτλ) οι οποίες αναλυτικά με τις τιμές των παραμέτρων τους δίδονται ακολούθως:

- 1 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:34
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 709V
I_{sc} 15.16A
- 2 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:34
RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 111.0MΩ Um: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 3 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:34
RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 76.1MΩ Um: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 4 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:35
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 635V
I_{sc} 7.22A
- 5 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:35
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 361MΩ Um: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 6 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:35
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 232MΩ Um: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 7 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 7 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:36
U_{oc}/ I_{sc}

- MΕΤΡΗΣΗ
 U_{oc} 701V
 I_{sc} 15.17A
- 8 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 7 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:36
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 105.5MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 U_{opto} : 2MΩ
- 9 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 7 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:37
RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 65.6MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 U_{opto} : 2MΩ
- 10 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 7 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:37
 U_{oc}/I_{sc}
MΕΤΡΗΣΗ
 U_{oc} 631V
 I_{sc} 7.38A
- 11 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 7 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:37
RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 261MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 U_{opto} : 2MΩ
- 12 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 7 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:37
RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 170.9MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 U_{opto} : 2MΩ
- 13 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 8 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:39
 U_{oc}/I_{sc}
MΕΤΡΗΣΗ
 U_{oc} 713V
 I_{sc} 12.46A
- 14 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 8 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:39
RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 75.1MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V

- Όπτο: 2ΜΩ
 15 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 8 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:39
 RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 48.8ΜΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όπτο: 2ΜΩ
- 16 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 8 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:39
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 503V
 Isc 3.18A
- 17 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 8 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:40
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 197.1ΜΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όπτο: 2ΜΩ
- 18 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 8 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:40
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 138.6ΜΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όπτο: 2ΜΩ
- 19 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 9 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:23
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 686V
 Isc 5.01A
- 20 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 9 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:23
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 121.8ΜΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όπτο: 2ΜΩ
- 21 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 9 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:24
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 78.2ΜΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όπτο: 2ΜΩ
- 22 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 9 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*

- 06.02.2013 13:24
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 628V
 Isc 2.47A
- 23 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 9 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:24
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 674MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 24 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 9 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:24
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 263MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 25 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 10 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:25
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 690V
 Isc 6.33A
- 26 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 10 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:25
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 117.0MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 27 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 10 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:25
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 79.7MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 28 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 10 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:26
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 627V
 Isc 2.85A
- 29 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 10 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:26
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ

- R: 118.1MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 30 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 10 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:26
 RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 90.9MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 31 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 11 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:29
 Uoc/Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 619V
 Isc 7.19A
- 32 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 11 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:30
 RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 114.1MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 33 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 11 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:30
 RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 76.4MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 34 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 11 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:31
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 649V
 Isc 7.31A
- 35 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 11 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:31
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 115.2MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 36 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 11 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:31
 RISO - ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 89.3MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V

- Όριο: 2ΜΩ
- 37 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 14 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:05
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 679V
I_{sc} 7.62A
- 38 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 14 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:06
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 58.5ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 39 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 14 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:06
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 74.6ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 40 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 14 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:07
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 620V
I_{sc} 3.55A
- 41 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 14 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:07
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 319ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 42 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 14 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:07
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 220ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 43 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 15 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 11:55
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 686V
I_{sc} 15.16A
- 44 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 15 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*

- 06.02.2013 11:58
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 48.9ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 45 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 15 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 11:59
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 76.1ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 46 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 15 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 11:59
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 46.0ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 47 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 15 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 11:56
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 618V
Isc 7.24A
- 48 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 15 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 11:59
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 208ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 49 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 15 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 11:59
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 109.6ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 50 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 16 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:11
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 693V
Isc 10.74A
- 51 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 16 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:11
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ

- R: 101.7MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 52 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 16 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:11
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 66.6MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 53 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 16 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:11
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 620V
 Isc 3.23A
- 54 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 16 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:12
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 271MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 55 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 16 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:12
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 185.4MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 56 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 17 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:14
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 701V
 Isc 12.79A
- 57 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 17 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:15
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 96.8MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 58 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 17 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:15
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 58.3MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V

- Όριο: 2ΜΩ
- 59 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 17 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:16
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 646V
I_{sc} 7.28A
- 60 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 17 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:16
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 233ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 61 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 17 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:16
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 155.6ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 62 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 18 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:24
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 713V
I_{sc} 15.16A
- 63 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 18 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:25
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 106.1ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 64 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 18 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:25
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 71.5ΜΩ U_m: 1050V
U_{iso}: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 65 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 18 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:26
U_{oc}/ I_{sc}
ΜΕΤΡΗΣΗ
U_{oc} 634V
I_{sc} 7.92A
- 66 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 18 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*

- 06.02.2013 12:26
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 263ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 67 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 18 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:26
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 174.3ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 68 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 19 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:21
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 700V
Isc 14.13A
- 69 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 19 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:22
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 87.1ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 70 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 19 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:22
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 56.4ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 71 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 19 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:22
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 639V
Isc 6.70A
- 72 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 19 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:23
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 235ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 73 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 19 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:23
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ

- R: 159.4MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 74 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 20 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:33
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 690V
 Isc 15.17A
- 75 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 20 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:33
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 106.2MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 76 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 20 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:34
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 69.1MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 77 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 20 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:34
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 618V
 Isc 4.40A
- 78 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 20 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:35
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 317MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 79 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 20 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:35
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 226MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 80 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 21 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 12:30
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 681V

- Isc 12.00A
- 81 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 21 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:31
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 83.0ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 82 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 21 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:31
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 55.9ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 83 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 21 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:31
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 609V
Isc 3.68A
- 84 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 21 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:31
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 205ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 85 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 21 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:32
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 136.4ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 86 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 22 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:42
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 699V
Isc 15.16A
- 87 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 22 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:43
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 101.7ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 88 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 22 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*

- 06.02.2013 12:43
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 66.1MΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 89 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 22 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:43
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 629V
Isc 7.87A
- 90 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 22 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:43
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 309MΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 91 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 22 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:44
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 207MΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 92 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 23 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:45
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 686V
Isc 15.16A
- 93 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 23 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:47
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 100.2MΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 94 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 23 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:47
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 72.2MΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2MΩ
- 95 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 23 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:47
Uoc/ Isc

- MΕΤΡΗΣΗ
 U_{oc} 613V
 I_{sc} 3.90A
- 96 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 23 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:48
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 264MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 Γ_{opto} : 2MΩ
- 97 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 23 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:48
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 197.2MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 Γ_{opto} : 2MΩ
- 98 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 24 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:52
 U_{oc}/I_{sc}
MΕΤΡΗΣΗ
 U_{oc} 697V
 I_{sc} 15.16A
- 99 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 24 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:53
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 103.7MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 Γ_{opto} : 2MΩ
- 100 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 24 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:53
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 61.9MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V
 Γ_{opto} : 2MΩ
- 101 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 24 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:53
 U_{oc}/I_{sc}
MΕΤΡΗΣΗ
 U_{oc} 626V
 I_{sc} 7.62A
- 102 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 24 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:54
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 303MΩ U_m : 1050V
 U_{iso} : 1000V

- Όριο: 2ΜΩ
- 103 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 24 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:54
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 196.1ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 104 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 25 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:55
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 697V
Isc 15.17A
- 105 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 25 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:55
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 97.7ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 106 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 25 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:55
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 56.9ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 107 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 25 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:55
Uoc/ Isc
ΜΕΤΡΗΣΗ
Uoc 627V
Isc 7.56A
- 108 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 25 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:56
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 253ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 109 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 25 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 12:56
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 143.3ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όριο: 2ΜΩ
- 110 500 kW_p / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 26 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*

- 06.02.2013 13:00
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 616V
 Isc 6.55A
- 111 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 26 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:00
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 240MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 112 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 26 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:00
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 142.3MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 113 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 27 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:02
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 688V
 Isc 15.16A
- 114 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 27 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:03
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 99.7MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 115 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 27 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:03
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 62.3MΩ Um: 1050V
 Uiso: 1000V
 Όριο: 2MΩ
- 116 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 27 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:03
 Uoc/ Isc
 ΜΕΤΡΗΣΗ
 Uoc 627V
 Isc 5.92A
- 117 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 27 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 06.02.2013 13:03
 RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ

- R: 294ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όπτο: 2ΜΩ
- 118 500 kWp / ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑΣ 27 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
06.02.2013 13:03
RISO + ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 189.1ΜΩ Um: 1050V
Uiso: 1000V
Όπτο: 2ΜΩ
- 119 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΑC 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:28
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 56.4ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπτο: 1ΜΩ
- 120 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΑC 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:28
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 25.9ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπτο: 1ΜΩ
- 121 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΑC 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:28
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 57.6ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπτο: 1ΜΩ
- 122 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΑC 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:29
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 38.8ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπτο: 1ΜΩ
- 123 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΑC 2 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:24
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 21.0ΜΩ Um: 526V
Uiso: 500V
Όπτο: 1ΜΩ
- 124 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΑC 2 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:25
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 77.1ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V

	Όπιο: 1ΜΩ		
125	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 2 06.02.2013 14:25 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ R: 42.4ΜΩ Um: 525V Uiso: 500V Όπιο: 1ΜΩ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	
126	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 2 06.02.2013 14:25 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ R: 60.2ΜΩ Um: 525V Uiso: 500V Όπιο: 1ΜΩ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	
127	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 2 06.02.2013 14:28 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ R: 54.9ΜΩ Um: 525V Uiso: 500V Όπιο: 1ΜΩ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	
128	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 3 06.02.2013 14:22 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ R: 34.4ΜΩ Um: 525V Uiso: 500V Όπιο: 1ΜΩ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	
129	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 3 06.02.2013 14:22 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ R: 24.7ΜΩ Um: 525V Uiso: 500V Όπιο: 1ΜΩ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	
130	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 3 06.02.2013 14:22 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ R: 35.1ΜΩ Um: 525V Uiso: 500V Όπιο: 1ΜΩ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	
131	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 3 06.02.2013 14:22 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ R: 63.6ΜΩ Um: 525V Uiso: 500V Όπιο: 1ΜΩ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	
132	500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 4	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	

- 06.02.2013 14:05
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 29.2ΜΩ Um: 526V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 133 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:05
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 30.9ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 134 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:05
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 29.5ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 135 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:06
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 74.2ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 136 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:21
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 33.9ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 137 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 5 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:32
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 25.4ΜΩ Um: 526V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 138 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 5 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:32
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 39.3ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 139 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 5 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:33
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ

- R: 40.4ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 140 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 5 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:33
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 85.2ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 141 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 6 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:35
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 55.4ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 142 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 6 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:35
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 25.5ΜΩ Um: 526V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 143 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 6 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:35
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 22.7ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 144 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 6 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:35
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 78.0ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 145 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:38
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 34.4ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V
Όπιο: 1ΜΩ
- 146 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
06.02.2013 14:38
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 21.8ΜΩ Um: 525V
Uiso: 500V

- Όριο: 1ΜΩ
- 147 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 06.02.2013 14:38
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 25.7ΜΩ Um: 525V
 Uiso: 500V
 Όριο: 1ΜΩ
- 148 500 kWp / ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ / ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ AC 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 06.02.2013 14:38
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 34.2ΜΩ Um: 525V
 Uiso: 500V
 Όριο: 1ΜΩ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: Λίστα οργάνων ελέγχου

ΕΡΓΟ: 500kWp Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X Επιθεωρητής: XXX

Συσκευές Μέτρησης

1: Παράμετρος Μέτρησης	2: Συσκευή
<i>Τάση - V</i>	<i>Πολύμετρο Fluke 289</i>
<i>Ένταση – I</i>	<i>Αμπεροτσιμπίδα Mastec, MS2138</i>
<i>Κλίση πανέλων</i>	<i>GemRed, Digital Level</i>
<i>Αντίσταση Γείωσης</i>	<i>Metrel, Eurotest PV MI 3108</i>
<i>Αντίσταση Μόνωσης</i>	
<i>Voc - Isc</i>	

Κεφάλαιο 5

Έκθεση Τεχνικού Ελέγχου

Επιθεώρηση Πιστοποίησης Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης ισχύος 310kWp

Φεβρουάριος 2013

Έκθεση Τεχνικού Ελέγχου: XXX.2013

Για την

Τεχνική Πιστοποίηση του Φωτοβολταϊκού Πάρκου ισχύος 310 kWp

Πελάτης: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Επιθεωρητής: XXX

Αριθμός σελίδων Έκθεσης: 17

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. Έλεγχος.....	3
2. Δεδομένα έργου υπό επιθεώρηση	5
3. Σύγκριση με την Τεχνική Τεκμηρίωση	6
3.1. Γενικά.....	6
3.2. Λεπτομερής περιγραφή	6
4. Συνολική επισκόπηση του έργου.....	11
4.1. Γενικά.....	11
4.2. Λεπτομερής περιγραφή	11
5. Επιτόπιος έλεγχος	13
5.1. Γενικά.....	13
5.2. Ταξινόμηση Ευρημάτων	13
5.3. Μηχανικοί έλεγχοι	14
5.4. Ηλεκτρικοί έλεγχοι	15
6. Γενική αξιολόγηση και απολογισμός	16

Παραρτήματα

Παράρτημα 1: Ευρήματα

Παράρτημα 2: Ταξινόμηση Ευρημάτων

Παράρτημα 3: Τεχνική Τεκμηρίωση

Παράρτημα 4: Ηλεκτρικές Μετρήσεις

Παράρτημα 5: Λίστα Οργάνων Ελέγχου

1. Έλεγχος

Για να εξασφαλιστεί ένας λεπτομερής έλεγχος πιστοποίησης, εξετάστηκε ολόκληρο το φωτοβολταϊκό πάρκο, ξεκινώντας από τα Φ/Β πλαίσια μέχρι την σύνδεση της εγκατάστασης με το δίκτυο με ειδική μέριμνα στην ασφάλεια κατά την λειτουργίας της εγκατάστασης. Βάση αυτής της επιθεώρησης είναι οι κανόνες της τεχνικής καθώς και η αντίστοιχη εθνική και διεθνής νομοθεσία που διέπει αυτού του είδους τις εγκαταστάσεις.

Μέρος της επιθεώρησης είναι η ανασκόπηση της τεχνικής τεκμηρίωσης του έργου, όπως παρασχέθηκε από τον κατασκευαστή. Εξετάζεται η ορθότητα της μελέτης καθώς και η σχέση της με το κατασκευασθέν έργο.

Κατά την επιθεώρηση έγιναν συγκεκριμένα οι παρακάτω έλεγχοι:

- Εξέταση του συνολικού σχεδιασμού βάσει των υποβληθέντων εγγράφων (Παράρτημα 3).
- Εξέταση της ασφάλειας και της ορθής λειτουργίας της εγκατάστασης, ταυτοποίηση και καταγραφή των ελαττωμάτων.
- Ηλεκτρικές μετρήσεις για να αποδειχθεί η ορθή και ασφαλή λειτουργία του Φ/Β πάρκου. (Παράρτημα 4)
- Μετρήσεις στα μηχανολογικά μέρη της εγκατάστασης
- Δοκιμές του υποσταθμού στο εργοστάσιο κατασκευής του παρουσία μας

Μέρος της επιτόπου (on site) επιθεώρησης είναι ένας ολοκληρωμένος οπτικός έλεγχος της εγκατάστασης με έμφαση στα ακόλουθα στοιχεία:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Σύστημα στήριξης
- Σύστημα γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας
- Καλωδιώσεις
- Αναστροφείς
- Σύστημα τηλεμετρίας και μετεωρολογικός σταθμός
- Εξοπλισμός ασφαλείας

Παρόντες κατά την επιθεώρηση:

- Νικήτας Πεφάνης
-
-

Τα αποτελέσματα της επιθεώρησης και των μετρήσεων παρουσιάζονται στη συνέχεια. Η παρούσα έκθεση αποτελεί το αποτέλεσμα του ελέγχου βασισμένο στα διαθέσιμα έγγραφα στις

2. Δεδομένα έργου υπό επιθεώρηση

Αντικείμενο:	310 kWp Φωτοβολταϊκό πάρκο
Τοποθεσία:	XXX
Ιδιοκτήτης:	XXX
Εγκαταστάτης:	XXX
Τροφοδοσία:	Μη συνδεδεμένο
Τάση τροφοδοσίας:	20kV

3. Σύγκριση με την τεχνική τεκμηρίωση

3.1. Γενικά

Τα επιμέρους στοιχεία του φωτοβολταϊκού συστήματος αναφέρονται και περιγράφονται στα σχέδια και στα φύλλα δεδομένων. Η εξέταση των εγγράφων μας δείχνει ότι:

Οι πιο σημαντικές παράμετροι του συστήματος περιγράφονται με επαρκείς λεπτομέρειες στην τεχνική τεκμηρίωση.

Τα υπό εξέταση μέρη της Φ/Β εγκατάστασης δοκιμάστηκαν και συγκρίθηκαν σε σχέση με τα διαθέσιμα έγγραφα και είναι συνεπή με την καθορισμένη και τεκμηριωμένη πληροφορία. Οι διατομές των καλωδίων αντιστοιχούν, στο βαθμό που ήταν δυνατό να ελεγχθούν, στα σχέδια.

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο ελέγχου έγιναν στο σύνολο της DC εγκατάστασης οι μετρήσεις τάσης ανοικτού κυκλώματος και ρεύματος βραχυκύκλωσης (με αναγωγή σε STC συνθήκες) καθώς και αντίστασης μόνωσης.

Λόγω του ότι στην εγκατάσταση έχουμε κεντρικούς αναστροφείς και το πάρκο δεν ήταν διασυνδεδεμένο στην AC εγκατάσταση μπόρεσαν να γίνουν μόνο οι μετρήσεις αντίστασης μόνωσης.

3.2. Λεπτομερής περιγραφή

➤ Φ/Β πλαίσιο

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:	JC255M-24/Bb	JC255M-24/Bb	OK
Κατασκευαστής:	RENESOLA	RENESOLA	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK

Οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν πιστοποιηθεί σύμφωνα με τα φύλλα δεδομένων IEC 61215, IEC 61730 και UL 1703, και είναι κατάλληλοι για τη συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής.

Σύμφωνα με τα στοιχεία, οι ηλιακοί συλλέκτες είναι επίσης εξοπλισμένοι με μια μηχανική ικανότητα φορτίου μέχρι 54000 Pa, μια ολοκληρωμένη πιστοποίηση διαχείρισης ποιότητας (κατά ISO: 9001:2008, ISO 14001:2004 και OHSAS 18001) και 25ετή εγγύηση απόδοσης.

➤ **Βάση στήριξης**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Εργοστάσιο παραγωγής:	METALLOYMIN A.E.B.E.	METALLOYMIN A.E.B.E.	OK

Στη στατική μελέτη του συστήματος στήριξης έχουν ληφθεί υπόψη όλες οι συστάσεις των Ευρωκωδίκων και του αντισεισμικού κανονισμού. Συμπερασματικά από την επιτόπια αυτοψία, η συνδεσμολογία και η τοποθέτηση της βάσης στήριξης καθώς και γενικότερα η κατασκευή στο σύνολό της δείχνει να εναρμονίζεται με τις προδιαγραφές της προαναφερθείσας στατικής μελέτης και διαφαίνεται ότι μπορεί να φέρει ασφαλώς τα φορτία για τα οποία υπολογίστηκε.

➤ **Πίνακες DC**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:	POWER ONE- PVI- STRINCOMB-S	POWER ONE- PVI- STRINCOMB-S	OK
Κατασκευαστής:	AURORA	AURORA	OK
Ασφάλεια string:	12A	12A	OK
Αντικεραυνική προστασία:	3x500V/40kA	3x500V/40kA	OK
DC διακόπτης	160 A/1100V	160 A/1100V	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK

Οι πίνακες DC είναι σύμφωνοι με την κλάση προστασίας IP65 και αντιστοιχούν στις απαιτήσεις των κανονισμών. Είναι διαθέσιμες προειδοποιητικές ενδείξεις, εύκολες στην ανάγνωση, για τα ηλεκτροφόρα μέρη όχι όμως και για το χειρισμό των ασφαλειοθηκών υπό φορτίο.

➤ **Καλώδια και γραμμές**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Καλώδιο Solar:	OFLEX SOLAR	OFLEX SOLAR	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	6	6	OK
DC Παροχικά Καλώδια	RV-K	RV-K	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	35, 50, 70, 95	35, 50, 70, 95	OK
MT-Καλώδιο	N2XSY	N2XSY	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	50	50	OK
Καλώδιο Παροχής:	J1VV-R	J1VV-R	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Διατομή(mm ²):	3x2x240+1x240	3x2x240+1x240	OK

Όλα τα καλώδια (SOLAR,DC παροχικά, AC και MT) είναι κατάλληλα για την αντίστοιχη εφαρμογή τους και σχεδιασμένα για 20-ετή διάρκεια ζωής. Τα καλώδια έχουν σχεδιαστεί για την υψηλότερη ονομαστική τάση, η οποία προκύπτει από τη διορθωμένη τάση ανοικτού κυκλώματος στο αντίστοιχο σημείο σύνδεσης.

Η επιλογή των διατομών έγινε βασιζόμενη στους υπολογισμούς απωλειών. Οι υπολογισμοί είναι ακριβείς και σύμφωνοι με τα πρότυπα και τους κανονισμούς.

➤ **Αναστροφέας**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:	AURORA PVI-330-TL	AURORA PVI-330-TL	OK
Κατασκευαστής:	AURORA	AURORA	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK

Ο αναστροφέας είναι κατάλληλος για τον τύπο πλαισίων που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση και φέρει όλα τα απαραίτητα πιστοποιητικά για την σύνδεσή του στο εθνικό δίκτυο.

➤ **Μετασχηματιστής**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Είδος:	M/Σ ΕΛΑΙΟΥ 400KVA	M/Σ ΕΛΑΙΟΥ 400KVA	OK
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Βαθμός απόδοσης:	20kV/0,32kV	20kV/0,32kV	OK

Ο μετασχηματιστής είναι κατάλληλος για την εφαρμογή και η διαστασιολόγησή του είναι επαρκής.

➤ **Τηλεμετρία**

	Τεκμηρίωση	Εγκατάσταση	Συμμόρφωση
Αισθητήρας ακτινοβολίας:	THERMOKON	THERMOKON	
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Αριθμός:	1	1	OK

Αισθητήρες	THERMOKON	THERMOKON	
θερμοκρασίας			
περιβάλλοντος και			
πλαisiών:			
Εγκαταστάτης:	XXX	XXX	OK
Αριθμός:	2	2	OK

Η παρακολούθηση της απόδοσης της εγκατάστασης γίνεται μέσω του συστήματος τηλεμετρίας . Επιπροσθέτως, ανιχνεύονται τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού, ο οποίος αποτελείται από έναν αισθητήρα ακτινοβολίας, έναν αισθητήρα για την θερμοκρασία των πλαisiών και έναν για την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

➤ Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Για την αποτροπή κλοπής ή εισβολής στο χώρο εγκαταστάθηκε ένα σύστημα ασφαλείας, που αποτελείται από ζώνες ανίχνευσης κίνησης (beams) και κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (CCTV) ο οποίος περιβάλλει ολόκληρη την εγκατάσταση. Επιπλέον, υπάρχουν ετικέτες προειδοποίησης που αναρτώνται στο φράχτη, οι οποίες προειδοποιούν για την ύπαρξη συστήματος παρακολούθησης βίντεο.

4. Συνολική επισκόπηση του έργου

4.1. Γενικά

Στην Φ/Β διάταξη είναι τοποθετημένος ένας κεντρικός αναστροφέας. Η Φ/Β διάταξη τροφοδοτείται από έναν μετασχηματιστή ελαίου στο δίκτυο μέσης τάσης. Η κλίση των πλαισίων και ο προσανατολισμός τους (αζιμούθιο) είναι επιλεγμένα με σκοπό τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και τις δυνατότητες χωροθέτησης εντός του συγκεκριμένου οικοπέδου. Η διασύνδεση των πλαισίων οδηγεί σε ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν στις παραμέτρους εισόδου του αναστροφέα. Η διαστασιολόγηση και τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή είναι επαρκή και απόλυτα προσαρμοσμένα στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

4.2. Λεπτομερής περιγραφή

Χώρος εγκατάστασης:	Γήπεδο
Κλίση πλαισίων:	20°
Προσανατολισμός:	Νότιος
Αριθμός πλαισίων συνολικά:	1218
Αριθμός πλαισίων σε σειρά:	Συστοιχίες με 21 πλαίσια
Αριθμός συστοιχιών:	58
Αριθμός πινάκων DC	6
Αριθμός αναστροφέων:	1
Τάση σύνδεσης:	20kV

➤ Λεπτομέρειες διαστασιολόγησης:

Συστοιχία με 21 πλαίσια

V_{MPP} στους -10°C [V]	727,6
V_{MPP} στους +70°C [V]	523,5
V_{OC} στους -10°C[V]	870,2
I_{sc} στους +70°C [A]	9,02

**Αναστροφέας AURORA PVI-330-TL με 6 εισόδους από
10/10/10/10/9/9 συστοιχίες**

$U_{DC, MPP}$ [V]	638,4/638,4/638,4/638,4/638,4/638,4
$U_{DC, Max}$ [V]:	870,2/870,2/870,2/870,2/870,2/870,2
$I_{DC, Max}$ [A]:	90,2/90,2/90,2/90,2/81,2/81,2
Βαθμός απόδοσης AC/DC:	96,5% neuro, 96% nsec
<hr/>	
Εκτίμηση :	OK

5. Επιτόπιος έλεγχος

Τα αποτελέσματα των ελέγχων και των μετρήσεων συνοψίζονται παρακάτω και απεικονίζονται στα παραρτήματα. Κατά την διάρκεια του επιτόπιου ελέγχου το Φ/Β πάρκο ήταν ήδη συνδεδεμένο στο δίκτυο και παρήγαγε ηλεκτρική ενέργεια.

5.1. Γενικά

Η τωρινή κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος εξετάστηκε στο χώρο εγκατάστασης δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην ασφάλεια και τις λειτουργικές πτυχές του. Η ανάλυση καταλήγει στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Οι εγκαταστάσεις του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβλήθηκαν σε ενδελεχή επιτόπια εξέταση. Τα μηχανικά και ηλεκτρικά στοιχεία της εγκατάστασης βρίσκονται κοντά στις ονομαστικές τιμές τους, λαμβάνοντας υπόψη και μια διακύμανση λόγω μη εργαστηριακών συνθηκών των μετρήσεων. Τηρούνται όλες οι απαιτήσεις για την ηλεκτρική ασφάλεια

Στο συγκεκριμένο έργο δεν υφίσταται καμία ένδειξη ότι τίθενται σε κίνδυνο ή περιορισμό η ασφαλής λειτουργία και τα καλά αποτελέσματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος.

5.2. Ταξινόμηση Ευρημάτων

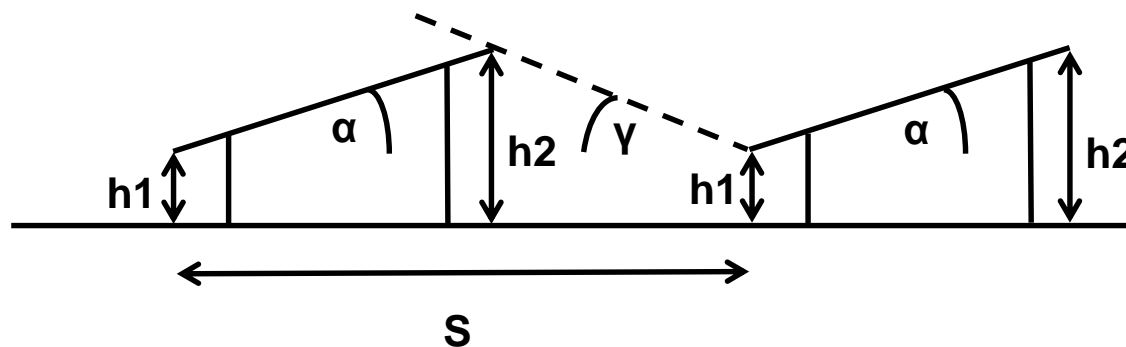
Στην ακόλουθη λίστα συνοψίζονται και κατηγοριοποιούνται όλα τα ευρήματα από την on-site επιθεώρηση. Τα ευρήματα απαριθμούνται και επιπλέον δίδεται η συχνότητα επανάληψής τους καθώς και η κατάταξή τους. Οι «Μη συμμορφώσεις» είναι σφάλματα τα οποία πρέπει να διορθώνονται άμεσα καθώς θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια της εγκατάστασης και των ανθρώπων που βρίσκονται στο Φ/Β πάρκο. Τα «Ουσιώδη σφάλματα» είναι σχετικά με την ορθή λειτουργία της εγκατάστασης και την ασφάλεια των χειρισμών και πρέπει να αντιμετωπίζονται το συντομότερο δυνατόν. Τα «Δευτερεύοντα ευρήματα» δεν επηρεάζουν την απόδοση ή την ασφάλεια της εγκατάστασης. Πρέπει ωστόσο κατά τη διάρκεια της συντήρησης της εγκατάστασης να επιδιορθωθούν ώστε να αποκλειστεί το μελλοντικό ενδεχόμενο αρνητικής επίδρασης στη λειτουργία του έργου. Τέλος επισημαίνονται κάποια

ευρήματα ως «Κριτικά σχόλια» τα οποία δεν ταξινομούνται ως ελαττώματα καθώς δεν επηρεάζουν την ασφάλεια και τη λειτουργία της εγκατάστασης. Επειδή όμως ενδέχεται να παίξουν ρόλο στην διαχείριση ή την συντήρηση της εγκατάστασης άπτεται στην κρίση του κυρίου του έργου η αντιμετώπισή τους.

α/α	Εύρημα	Συχνότητα	Κατάταξη
F1	Παραμονή νερού στο πάνω μέρος των combiner boxes	Γενικό	Δευτερεύον
F2	Απουσία ενός πλαισίου, στην 10η συστοιχία πλαισίων στο 5ο combiner box	Άπαξ	Δευτερεύον

5.3. Μηχανικοί έλεγχοι

Για να ελεγχθούν οι βασικές παράμετροι των σχεδίων και εγχειριδίων κατασκευής, διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια της επιτόπιας επιθεώρησης μια σειρά από μετρήσεις διαστάσεων, οι οποίες στη συνέχεια συγκρίθηκαν με την τεχνική τεκμηρίωση.



Σειρές πλαισίων	Κλίση πλαισίου α [°]	Απόσταση μεταξύ 2 σειρών πλαισίων S [m]	Ύψος κάτω άκρου h1 [m]	Ύψος πάνω άκρου h2 [m]	Γωνία σκίασης γ [°]
1/2	20/20	10,56	0,26/0,23	2,27/2,18	21
3/4	20/20	10,80	2,27/2,18	2,29/2,27	20
5/6	20/19,3	10,20	0,43/0,44	2,32/2,33	18

Αντιστοιχία με την τεχνική τεκμηρίωση : OK

5.4. Ηλεκτρικοί έλεγχοι

Ο σχεδιασμός της γείωσης αντιστοιχεί σε ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας. Επίσης μετρήθηκαν τυχαία δείγματα αντιστάσεων γείωσης από όλη την εγκατάσταση, τα οποία παρατίθενται στο παράρτημα 4.

Έγιναν στο σύνολο της DC εγκατάστασης οι μετρήσεις τάσης ανοικτού κυκλώματος και mpp λειτουργίας, ρεύματος βραχυκύκλωσης και mpp λειτουργίας καθώς και αντίστασης μόνωσης.

Οι μετρήσεις (V_{oc} , I_{sc} , R_{iso}) έχουν μια ομοιογενή κατανομή των τιμών.

Οι μετρούμενες τιμές για V_{oc} και I_{sc} λαμβάνουν υπόψη τις διακυμάνσεις ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

Οι μετρήσεις της αντίστασης μόνωσης υπερβαίνουν την ελάχιστη τιμή που απαιτείται για φωτοβολταϊκά συστήματα.

6. Γενική αξιολόγηση και απολογισμός

Στο συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό πάρκο έγινε αξιολόγηση του σχεδιασμού, της τεχνικής τεκμηρίωσης και της εγκατάστασης.

Η εγκατάσταση δοκιμάστηκε για την ασφάλειά της και την λειτουργικότητά της και η συνολική εκτίμηση έχει ως ακολούθως:

Έγιναν όλες οι μετρήσεις, ηλεκτρικές και μηχανικές, που περιγράφονται παραπάνω, και οι τιμές που προέκυψαν είναι μέσα στα επιτρεπόμενα και φυσιολογικά όρια, επομένως γίνονται αποδεκτές. Βρέθηκαν μόνο αμελητέα και μη ουσιαστικά σφάλματα τα οποία περιγράφονται στα παραρτήματα 1 και 2.

Για να διασφαλιστεί η συνεχής καλή λειτουργία του Φ/Β πάρκου πρέπει να εξασφαλιστεί συμβόλαιο συντήρησης της εγκατάστασης με περιοδικούς ελέγχους σε επαρκή χρονικά διαστήματα των ρευμάτων βραχυκύκλωσης, των τάσεων ανοιχτού κυκλώματος και της αντίστασης μόνωσης σε όλες τις γραμμές.

Τόπος, ημερομηνία

Υπογραφή επιθεωρητή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Ευρήματα

ΕΡΓΟ: 310 kWp Τοποθεσία



Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής:XXX

ΕΥΡΗΜΑΤΑ

F1			
	Η εξωτερική διαμόρφωση των combiner boxes επιτρέπει την παραμονή νερού στο πάνω μέρος τους, που μακροπρόθεσμα μπορεί να προκαλέσει την εισροή νερού εντός του πίνακα.		
Εύρημα	Σειρά: 1	Φωτο: IMG_1389	
F2			
	Λόγω απουσίας ενός πλαισίου, στην 10 ^η συστοιχία στο 5 ^ο combiner box, υπάρχει διαφορά τάσης με τις υπόλοιπες συστοιχίες ~40V.		
Εύρημα	Σειρά: 11	Φωτο: IMG_1399	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Ταξινόμηση ευρημάτων

ΕΡΓΟ: 310 kWp Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής:XXX

α/α	ΕΥΡΗΜΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤ Α	ΚΑΤΑΤΑΞΗ	Παράδειγμα	
				Φωτο.	Σειρά
F1	Παραμονή νερού στο πάνω μέρος των combiner boxes	Γενικό	Δευτερεύον	Φωτο: IMG_1389	1
F2	Απουσία ενός πλαισίου, στην 10η συστοιχία στο 5ο combiner box	Άπαξ	Δευτερεύον	Φωτο: IMG_1399	11

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Τεχνική τεκμηρίωση

ΕΡΓΟ: 310 kWp Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής:XXX

Τα παρακάτω έγγραφα παραδόθηκαν για την υποστήριξη της επιθεώρησης:

Τίτλος του εγγράφου

Φ/Β πάνελ	Renesola Virtus II 250w-260w
Σύστημα στήριξης	Metaloumin, 2012-AF96 ΜΕΤΑΛΟΥΜΙΑ SN80 V27 L2200
Αναστροφείς	PVI - 165-330TL 2012
AC πίνακες	XXX 310kWp rev1
Υπολογισμός απόδοσης	XXX 310kWp rev1
Ηλεκτρολογικό διάγραμμα AC	XXX 310kWp rev1
Σχέδιο χωροθέτησης	XXX - Χωροθέτηση
Σχέδιο γειώσεων	XXX – Γείωση, XXX - Αντικεραυνική rev2
Διαστασιολόγηση Αναστροφέα	ConfigurationReport Last
Οδευση Καλωδίων	XXX - DC καλωδίωση – SCB, XXX - DC καλωδίωση, M.E. XXX MV καλωδίωση, XXX καλωδίωση rev2, XXX - DC καλωδίωση - SCB

	rev2
Χωματουργικά	XXX - Εργασίες πολιτικού μηχανικού
Τεχνική περιγραφή	N/A
Αντικεραυνική προστασία	XXX – Γείωση, Μ.Ε. XXX Γείωση - Αντικεραυνική rev2, Ε17-1 Αναφορά Μελέτης Αντικεραυνικής Προστασίας XXX
Χαρακτηριστικά υποσταθμού	XXX 310kWp rev1
Καλώδιο Solar	XXX - DC καλωδίωση
Καλώδια Ασθενών Ρευμάτων	XXX – Ασθενή
Τροφοδοσία Ασθενών Ρευμάτων	XXX - Ασθενή Τροφοδοσία
Στατική μελέτη βάσεων L2200	2012-AF96 ΜΕΤΑΛΛΟΥΜΙΑ SN80 V27
Ηλεκτρικές Μετρήσεις	
Πτώσης Τάσης	Πτώση Τάσης XXX Παραδοτέο

N/A: Μη διαθέσιμο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: Ηλεκτρικές Μετρήσεις

ΕΡΓΟ: 310 kWp Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής:XXX

Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης έγιναν μετρήσεις τιμής της γείωσης σε διάφορα σημεία του πάρκου (γενικός πίνακας, βάσεις στήριξης πλαισίων κτλ), μετρήσεις αντίστασης μόνωσης καλωδίων (παροχικά καλώδια αντιστροφών, DC καλώδια κτλ) καθώς και μετρήσεις Voc και Isc στις συστοιχίες των πλαισίων με αναγωγή στις STC συνθήκες. Οι μετρήσεις αναλυτικά με τις τιμές των παραμέτρων τους δίδονται ακολούθως:

1 2012.139 310 kWp / MPPT 1 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1-2 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 11:37

	Uoc/Isc		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Uoc	756V 751V	
	Isc	16.86A 15.16A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 899W/m ²		
	Τκυψέλης: 27.8°C		
2	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 1 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 3-4		ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 11:37		
	Uoc/Isc		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Uoc	751V 746V	
	Isc	16.81A 15.17A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 902W/m ²		
	Τκυψέλης: 27.8°C		
3	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 1 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 5-6		ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 11:38		
	Uoc/Isc		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Uoc	755V 750V	
	Isc	16.81A 15.16A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 902W/m ²		
	Τκυψέλης: 27.8°C		
4	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 1 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 7-8		ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 11:38		
	Uoc/Isc		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Uoc	752V 747V	
	Isc	16.86A 15.17A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 900W/m ²		
	Τκυψέλης: 28.3°C		
5	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 1 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 9-10		ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 11:38		
	Uoc/Isc		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Uoc	752V 747V	
	Isc	16.81A 15.16A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 902W/m ²		
	Τκυψέλης: 28.3°C		
6	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 1 / ΠΛΑΙΣΙΑ		ΕΠΙΤΥΧΙΑ

- R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: >1000MΩ Um: 518V
Uiso: 500V
Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 7 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 1 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: >1000MΩ Um: 518V
Uiso: 500V
Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 8 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 1 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 394.5MΩ Um: 518V
Uiso: 500V
Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 9 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 1 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 367.5MΩ Um: 518V
Uiso: 500V
Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 10 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:02
Uoc/Isc
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
Uoc 742V 738V
Isc 9.06A 8.34A
ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 920W/m²
Τκυψέλης: 30.3°C
- 11 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 2 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:03
Uoc/Isc
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
Uoc 748V 744V
Isc 9.07A 8.36A
ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 922W/m²
Τκυψέλης: 30.8°C
- 12 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:03
Uoc/Isc

- STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 U_{oc} 746V 742V
 I_{sc} 9.01A 8.33A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 925W/m²
 Τκυψέλης: 30.8°C
- 13 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:04
 U_{oc}/I_{sc}
- STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 U_{oc} 743V 739V
 I_{sc} 8.99A 8.32A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 926W/m²
 Τκυψέλης: 30.8°C
- 14 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 5 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:04
 U_{oc}/I_{sc}
- STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 U_{oc} 744V 740V
 I_{sc} 9.04A 8.37A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 926W/m²
 Τκυψέλης: 30.8°C
- 15 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:04
 U_{oc}/I_{sc}
- STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 U_{oc} 751V 747V
 I_{sc} 9.07A 8.38A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 925W/m²
 Τκυψέλης: 30.8°C
- 16 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:05
 U_{oc}/I_{sc}
- STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 U_{oc} 744V 740V
 I_{sc} 9.06A 8.38A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 925W/m²
 Τκυψέλης: 30.8°C
- 17 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 8 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*

- 20.02.2013 12:06
 Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 741V 737V
 Isc 8.96A 8.30A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 927W/m²
 Τκυψέλης: 30.8°C
- 18 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 9 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:07
 Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 746V 742V
 Isc 9.05A 8.38A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 926W/m²
 Τκυψέλης: 31.3°C
- 19 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 518V
 Uiso: 500V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 20 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 518V
 Uiso: 500V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 21 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 64.74MΩ Um: 518V
 Uiso: 500V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 22 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 2 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 247.9MΩ Um: 518V
 Uiso: 500V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 23 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:16
 Uoc/Isc

	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc}	738V	734V
	I _{sc}	9.05A	8.44A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 932W/m ²		
	Τκυψέλης: 35.3°C		
24	2012.139	310 kW _p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 2	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013	12:17	
	U _{oc} /I _{sc}		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc}	741V	737V
	I _{sc}	9.06A	8.45A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 932W/m ²		
	Τκυψέλης: 35.3°C		
25	2012.139	310 kW _p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 3	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013	12:17	
	U _{oc} /I _{sc}		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc}	734V	730V
	I _{sc}	9.03A	8.42A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 932W/m ²		
	Τκυψέλης: 35.3°C		
26	2012.139	310 kW _p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013	12:17	
	U _{oc} /I _{sc}		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc}	735V	732V
	I _{sc}	8.99A	8.38A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 932W/m ²		
	Τκυψέλης: 35.3°C		
27	2012.139	310 kW _p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 5	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013	12:17	
	U _{oc} /I _{sc}		
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc}	739V	735V
	I _{sc}	9.02A	8.41A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.		
	Ακτινοβολία: 932W/m ²		
	Τκυψέλης: 35.3°C		
28	2012.139	310 kW _p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013	12:17	

- Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 734V 730V
 Isc 9.02A 8.42A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 933W/m²
 Τκυψέλης: 35.8°C
- 29 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:17
- Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 739V 735V
 Isc 8.98A 8.38A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 933W/m²
 Τκυψέλης: 35.8°C
- 30 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 8 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:18
- Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 734V 730V
 Isc 8.99A 8.39A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 933W/m²
 Τκυψέλης: 35.8°C
- 31 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 9 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:18
- Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 734V 730V
 Isc 8.95A 8.35A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 932W/m²
 Τκυψέλης: 35.8°C
- 32 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 518V
 Uiso: 500V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 33 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 518V
 Uiso: 500V

- Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 34 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: >1000MΩ Um: 1045V
Uiso: 1000V
Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 35 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 62.91MΩ Um: 1045V
Uiso: 1000V
Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 36 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 3 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 67.80MΩ Um: 1045V
Uiso: 1000V
Όριο: >1MΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 37 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:21
Uoc/Isc
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
Uoc 731V 727V
Isc 9.03A 8.43A
ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 933W/m²
Τκυψέλης: 37.3°C
- 38 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 2 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:21
Uoc/Isc
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
Uoc 731V 728V
Isc 8.98A 8.40A
ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 935W/m²
Τκυψέλης: 37.8°C
- 39 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 3 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:21
Uoc/Isc
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
Uoc 729V 725V
Isc 8.96A 8.38A

- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 935W/m²
Τκυψέλης: 37.8°C
- 40 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:21
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 730V 726V
I_{sc} 8.92A 8.35A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 935W/m²
Τκυψέλης: 37.8°C
- 41 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 5 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:21
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 733V 729V
I_{sc} 8.96A 8.38A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 935W/m²
Τκυψέλης: 38.3°C
- 42 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:22
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 730V 726V
I_{sc} 8.99A 8.41A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 935W/m²
Τκυψέλης: 38.3°C
- 43 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:22
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 732V 728V
I_{sc} 8.99A 8.40A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 934W/m²
Τκυψέλης: 38.8°C
- 44 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 8 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:22
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 730V 726V

- Isc 8.96A 8.38A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 934W/m²
 Τκυψέλης: 38.8°C
- 45 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 9 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:22
 U_{oc}/I_{sc}
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 U_{oc} 730V 726V
 I_{sc} 8.93A 8.35A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 934W/m²
 Τκυψέλης: 38.8°C
- 46 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 10 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:23
 U_{oc}/I_{sc}
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 U_{oc} 730V 726V
 I_{sc} 9.04A 8.44A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 933W/m²
 Τκυψέλης: 38.8°C
- 47 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 1045V
 U_{iso}: 1000V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 48 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 1045V
 U_{iso}: 1000V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 49 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 71.96MΩ Um: 1045V
 U_{iso}: 1000V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 50 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 4 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 89.92MΩ Um: 1045V
 U_{iso}: 1000V

	Όριο: >1MΩ	
	ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT	
51	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:26	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 734V 730V	
	I _{sc} 9.01A 8.43A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 935W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
52	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 2	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:26	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 738V 733V	
	I _{sc} 9.00A 8.42A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 935W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
53	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 3	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:27	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 734V 730V	
	I _{sc} 8.99A 8.42A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 936W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
54	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:27	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 734V 730V	
	I _{sc} 8.95A 8.38A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 936W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
55	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 5	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:27	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 734V 730V	
	I _{sc} 8.98A 8.42A	

	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 937W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
56	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:27	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
	U _{oc} 736V	732V
	I _{sc} 8.97A	8.41A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 937W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
57	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 7	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:27	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
	U _{oc} 734V	730V
	I _{sc} 8.98A	8.42A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 937W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
58	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 8	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:27	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
	U _{oc} 732V	728V
	I _{sc} 8.94A	8.39A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 937W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
59	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 9	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:28	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
	U _{oc} 737V	733V
	I _{sc} 9.00A	8.44A
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 936W/m ²	
	Τκυψέλης: 41.3°C	
60	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 9	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:28	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
	U _{oc} 687V	683V

- Isc 8.93A 8.37A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 936W/m²
 Τκυψέλης: 41.3°C
- 61 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 5 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 10 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:30
 Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 691V 687V
 Isc 8.91A 8.34A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
 Ακτινοβολία: 935W/m²
 Τκυψέλης: 41.3°C
- 62 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 5 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 1045V
 Uiso: 1000V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 63 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 5 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: >1000MΩ Um: 1045V
 Uiso: 1000V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 64 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 5 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 72.18MΩ Um: 1045V
 Uiso: 1000V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 65 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 5 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
 R: 64.19MΩ Um: 1045V
 Uiso: 1000V
 Όριο: >1MΩ
 ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 66 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 1 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
 20.02.2013 12:38
 Uoc/Isc
 STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
 Uoc 734V 730V
 Isc 8.99A 8.42A
 ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.

	Ακτινοβολία: 936W/m ²	
	Τκυψέλης: 33.8°C	
67	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 2	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:39	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 742V 738V	
	I _{sc} 8.97A 8.38A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 934W/m ²	
	Τκυψέλης: 33.3°C	
68	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 3	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:39	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 734V 730V	
	I _{sc} 8.99A 8.40A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 934W/m ²	
	Τκυψέλης: 33.3°C	
69	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 4	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:39	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 738V 734V	
	I _{sc} 9.07A 8.46A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 933W/m ²	
	Τκυψέλης: 33.3°C	
70	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 5	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:39	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 730V 726V	
	I _{sc} 9.06A 8.45A	
	ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.	
	Ακτινοβολία: 933W/m ²	
	Τκυψέλης: 33.3°C	
71	2012.139 310 kW _p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6	ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
	20.02.2013 12:39	
	U _{oc} /I _{sc}	
	STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	U _{oc} 734V 730V	
	I _{sc} 9.07A 8.46A	

- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 933W/m²
Τκυψέλης: 33.3°C
- 72 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 7 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:39
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 735V 731V
I_{sc} 9.04A 8.42A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 932W/m²
Τκυψέλης: 33.3°C
- 73 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 8 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:40
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 737V 734V
I_{sc} 9.03A 8.42A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 932W/m²
Τκυψέλης: 33.3°C
- 74 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 9 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:40
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 737V 733V
I_{sc} 9.01A 8.40A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 932W/m²
Τκυψέλης: 33.3°C
- 75 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 10 ΕΠΙΤΥΧΙΑ*
20.02.2013 12:40
U_{oc}/I_{sc}
STC ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
U_{oc} 741V 737V
I_{sc} 9.03A 8.40A
- ΣΥΓΧΡΟΝ. ΠΕΡΙΒ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ.
Ακτινοβολία: 930W/m²
Τκυψέλης: 33.3°C
- 76 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: >1000MΩ U_m: 1045V
U_{iso}: 1000V
Όριο: >1MΩ

- ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 77 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΠΛΑΙΣΙΑ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: >1000ΜΩ Um: 1045V
Uiso: 1000V
Όριο: >1ΜΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 78 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 68.80ΜΩ Um: 1045V
Uiso: 1000V
Όριο: >1ΜΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT
- 79 2012.139 310 kW_p / ΜΡΡΤ 6 / ΠΑΡΩΧΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R ISO ΕΠΙΤΥΧΙΑ
R: 64.58ΜΩ Um: 1045V
Uiso: 1000V
Όριο: >1ΜΩ
ΣΥΣΤΗΜΑ.: TN/TT

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: Λίστα οργάνων ελέγχου

ΕΡΓΟ: 310 kW_p Τοποθεσία

Αριθμός Προσφοράς: XXX

Ημερομηνία Επιθεώρησης: XXX

Αριθμός Έκθεσης Ελέγχου: XXX.201X

Επιθεωρητής: XXX

Συσκευές Μέτρησης

1: Παράμετρος Μέτρησης	2: Συσκευή
Τάση - V	Πολόμετρο Fluke 289
Ένταση - I	Αμπεροσιμπίδα Mastec, MS2138
Κλίση πανέλων	GemRed, Digital Level
Αντίσταση Γείωσης	Metrel, Eurotest PV MI 3108
Voc - Isc	
Αντίσταση Μόνωσης	Metrel, Eurotest XE MI 3102

Κεφάλαιο 6: Υπολογισμός καλωδίων Φ/Β εγκατάστασης

Μετά την παρουσίαση των τεχνικών εκθέσεων για τα 2 Φ/Β πάρκα, θα προσπαθήσουμε να δείξουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μελέτη και ο υπολογισμός των καλωδίων που θα τοποθετηθούν, παραθέτοντας και μερικά παραδείγματα.

Κάθε καλώδιο επιλέγεται με τέτοιο τρόπο, ώστε το ρεύμα που περνάει από τη γραμμή να είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο ρεύμα του καλωδίου και ταυτόχρονα η προκύπτουσα πτώση τάσης να είναι μικρότερη από την επιθυμητή. Η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσεως στα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι 2% στο σύνολο κάθε γραμμής, η οποία αποτελείται από το AC και το DC μέρος. Για την εύρεση του επιτρεπόμενου ρεύματος λαμβάνονται υπόψη το είδος του καλωδίου, το μέσο όδευσης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καλωδίου και ο τρόπος διάταξης και λειτουργίας.

Όσον αφορά τα όργανα προστασίας, ο υπολογισμός τους γίνεται σε κάθε γραμμή με έναν από τους παρακάτω δύο τρόπους:

- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής.
- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής, και το μέγεθός του να είναι το αμέσως μικρότερο της επιτρεπόμενης έντασης του καλωδίου.

6.1 Πτώση τάσεως

Η πτώση τάσεως για μονοφασικό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta V = 2 * \left(\frac{\cos\varphi}{K * A} + \omega * L * \sin\varphi \right) * l * I$$

Στο τριφασικό ισχύει αντίστοιχα η σχέση:

$$\Delta V = \sqrt{3} * \left(\frac{\cos\varphi}{K * A} + \omega * L * \sin\varphi \right) * l * I$$

Όπου:

- ΔV : η πτώση τάσης σε V
- I: Ένταση ρεύματος σε A
- K: ειδική αγωγιμότητα
- $\cos\varphi$: ο συντελεστής ισχύος
- A: διατομή του καλωδίου σε mm^2
- l: το μήκος της γραμμής σε m
- L: επαγωγική αντίδραση του καλωδίου σε H/m
- $\omega = 2\pi f$, $f = 50 \text{ Hz}$

Επειδή στα φύλλα δεδομένων του αναστροφέα αναγράφεται ότι ο συντελεστής ισχύος σε ονομαστική ισχύ είναι 1, προκύπτει άμεσα ότι $\sin\varphi = 0$, συνεπώς οι δύο παραπάνω τύποι απλοποιούνται στους εξής:

1) Για μονοφασικό

$$\Delta V = 2 * \left(\frac{l * I}{K * A} \right)$$

2) Για τριφασικό

$$\Delta V = \sqrt{3} * \left(\frac{l * I}{K * A} \right)$$

Για συνεχές ρεύμα, ο τύπος υπολογισμού της πτώσης τάσεως είναι:

$$\Delta V = \frac{l * I}{K * A}$$

Ανάλογα με την περίπτωση, είναι πιθανό να χρειαστεί να αντικαταστήσουμε την τιμή του l στον προηγούμενο τύπο με το διπλάσιο του μήκους του καλωδίου.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, με K συμβολίσαμε την ειδική αγωγιμότητα του αγωγού. Τα καλώδια που συναντάμε είναι φτιαγμένα από χαλκό ή αλουμίνιο. Η ειδική αντίσταση του χαλκού είναι $0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, οπότε η τιμή της αγωγιμότητας K υπολογίζεται περίπου ίση με $56 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$. Αντίστοιχα για το αλουμίνιο είναι $34 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$.

6.2 Παραδείγματα υπολογισμού καλωδίων στο DC και AC μέρος της εγκατάστασης

Θα εξετάσουμε πρώτα το Φ/Β πάρκο της έκθεσης τεχνικού ελέγχου του τέταρτου κεφαλαίου. Αυτή η εγκατάσταση είναι ονομαστικής ισχύος 499.8 kWp , αποτελείται δε από 27 υποπίνακες DC, 7 υποπίνακες AC και 27 αναστροφείς, οι 26 εκ των οποίων είναι ονομαστικής ισχύος εξόδου 17.000 W και ένας 15.000 W . Το σύνολο των καλωδίων που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι από χαλκό, οπότε στους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν θα ληφθεί ως τιμή για το συντελεστή αγωγιμότητας το 56. Επίσης ως φασική τάση δικτύου ο μελετητής του έργου χρησιμοποίησε τα 230 V .

6.2.1 Τμήμα εναλλασσόμενου ρεύματος (AC)

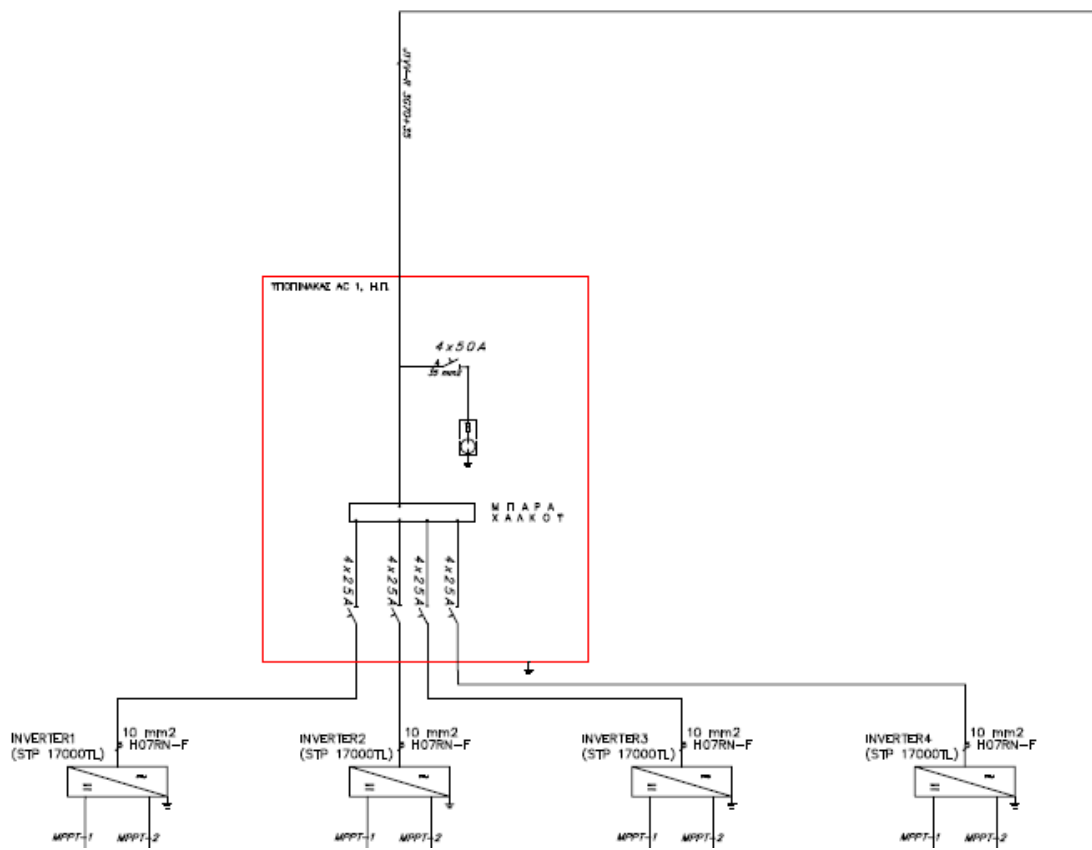
Ας υπολογίσουμε πρώτα την διατομή από κάποιο δείγμα των καλωδίων του AC τμήματος της εγκατάστασης. Από τους επτά υποπίνακες AC αναχωρούν προς τον Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης ισάριθμα καλώδια AC. Τα φορτία που έχουν αυτοί οι επτά υποπίνακες είναι τα ακόλουθα:

- Υποπίνακας AC1: 4 αναστροφείς των 17.000 W
- Υποπίνακας AC2: 4 αναστροφείς των 17.000 W
- Υποπίνακας AC3: 3 αναστροφείς των 17.000 W και ένας των 15.000 W
- Υποπίνακας AC4: 4 αναστροφείς των 17.000 W

- Υποπίνακας AC5: 4 αναστροφείς των 17.000 W
- Υποπίνακας AC6: 4 αναστροφείς των 17.000 W και ρευματοδότες
- Υποπίνακας AC7: 3 αναστροφείς των 17.000 W και ρευματοδότες

Για τον υποπίνακα AC1 έχουμε:

Είδος φορτίου	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Cosφ	Φαινόμενη ισχύς(kVA)	Ετεροχρονισμός	Μέγιστη ζήτηση (kVA)
4 inverter	68	1	68	1	68
Σύνολο	68	-	68	-	68



Στο σχέδιο απεικονίζεται ο υποπίνακας AC1 από το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης

Η κατανομή της ισχύος στις τρεις φάσεις γίνεται ισομερώς, οπότε σε κάθε μία αντιστοιχεί ισχύς $68/3 = 22,67$ kVA.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η μέγιστη εμφανιζόμενη ένταση ανά φάση, η οποία στη δική μας περίπτωση είναι $22670/230 = 98,55$ A. Δεν έχουμε προσαυξήσεις λόγω εφεδρείας, κινητήρων ή έναυσης λαμπτήρων.

Αφού υπολογίσθηκε το μέγιστο πιθανό εμφανιζόμενο ρεύμα, πρέπει να υπολογισθεί στη συνέχεια το επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου σε Κ.Σ. (Α). Αυτό θα γίνει με τη βοήθεια των πινάκων που περιέχονται στο **Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 "Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις"** και τους οποίους παραθέτουμε στο παράρτημα πινάκων. Με κατάλληλη χρήση αυτών των πινάκων θα προκύψουν οι διάφοροι συντελεστές διόρθωσης και ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης. Με γνωστό τον συνολικό συντελεστή, υπολογίζεται στη συνέχεια το επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου και με αυτή την τιμή γίνεται η σωστή επιλογή διατομής καλωδίου από τον κατάλληλο πίνακα του προτύπου.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση του υποπίνακα AC1, ο αγωγός που αναχωρεί από αυτόν και φτάνει στον Γ.Π.Χ.Τ είναι τοποθετημένος στο έδαφος. Άρα θα χρησιμοποιήσουμε τους πίνακες του προτύπου που αφορούν τοποθέτηση καλωδίων στο έδαφος. Σαν θερμοκρασία εδάφους θεωρήθηκαν από τον μελετητή οι 25 °C. Σε αυτό το σημείο τίθεται εύλογα η απορία γιατί να επιλεγεί αυτή η θερμοκρασία και όχι κάποια υψηλότερη, ιδίως από τη στιγμή που το καλοκαίρι οι θερμοκρασίες είναι πολύ μεγαλύτερες. Η συγκεκριμένη κρίνεται οριακά αποδεκτή για τους υπολογισμούς, λόγω του δεδομένου ότι σε υψηλότερες θερμοκρασίες τα πλαίσια δεν αποδίδουν στο μέγιστο και άρα δεν πλησιάζουμε τη μέγιστη ισχύ και έχουμε μικρότερα φορτία. Από τον πίνακα 52-Δ2 του προτύπου προκύπτει λοιπόν η τιμή 0,95 για το συντελεστή διόρθωσης της θερμοκρασίας.

Άλλος συντελεστής διόρθωσης είναι αυτός για ειδική θερμική αντίσταση εδάφους διαφορετική από 2,5 K.m/W. Εδώ θεωρούμε σαν τιμή το 2,5 οπότε ο συντελεστής διόρθωσης έχει τιμή 1. (Πίνακας 52 -Δ3 του ΕΛΟΤ HD384)

Πρέπει επίσης να λάβουμε υπόψη τον συντελεστή ομαδοποίησης. Σε αυτή την εγκατάσταση τα καλώδια είναι τοποθετημένα μέσα στο έδαφος, όχι κατευθείαν

θαμμένα σε αυτό, αλλά μέσα σε οχετούς. Όπως προκύπτει από το διάγραμμα όδευσης καλωδίων AC που έστειλε ο μελετητής και κατασκευαστής του έργου, σε κάποιο σημείο το καλώδιο του υποπίνακα AC1 θα βρίσκεται μέσα στον οχετό μαζί με άλλα 2 (άλλων υποπινάκων) και σε μηδενική απόσταση μεταξύ τους. Οπότε, σύμφωνα πάντα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ και τον πίνακα 52–E3, και για αυτά που περιγράψαμε, προκύπτει η τιμή 0,75 για τον συντελεστή ομαδοποίησης.

Τώρα είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το συνολικό συντελεστή διόρθωσης. Αυτός ισούται με:

Συνολικός συντελεστής διόρθωσης: $0,95 * 1 * 0,75 = 0,7125$

Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου είναι: $98,55 / 0,7125 = 138,32 \text{ A}$

Στη συνέχεια εξετάζεται ο πίνακας 52-K3 του ΕΛΟΤ. Το καλώδιο είναι χάλκινο, με μόνωση PVC και το πλήθος των φορτιζόμενων αγωγών είναι 3, εφ' όσον μιλάμε για τριφασικό σύστημα. Η αμέσως μεγαλύτερη τιμή από το 138,32 που υπολογίσαμε για το επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου είναι το 151, και αντιστοιχεί για διατομή καλωδίου 70 mm^2 .

Πολλαπλασιάζοντας το 151 με τον συνολικό συντελεστή διόρθωσης 0,712 προκύπτει η τιμή 107,59 A, η οποία είναι τελικά η ένταση που «αντέχει» το καλώδιο που τοποθετήθηκε. Το καλώδιο αυτό ασφαρίζεται με γενικό διακόπτη 100 A και ασφάλεια ή αυτόματο διακόπτη 100 A, που είναι τιμή μεγαλύτερη από το μέγιστο πιθανό εμφανιζόμενο ρεύμα και μικρότερη από επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου.

Το καλώδιο λοιπόν που αναχωρεί από τον υποπίνακα AC1 και φτάνει μέχρι τον Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης είναι τύπου J1VV-R 3x70+35, όπου 35 mm^2 είναι η διατομή του ουδετέρου. Θα υπολογίσουμε την πτώση τάσης πάνω σε αυτό το καλώδιο, για να επαληθεύσουμε αν η τιμή της είναι αποδεκτή.

Ο τύπος για την πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = \sqrt{3} * \left(\frac{l * I}{K * A} \right)$$

Θέτοντας

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V\pi}$$

όπου P η τριφασική ισχύς και Vπ η πολική τάση προκύπτει η σχέση:

$$\Delta V = \frac{l * P}{K * A * V\pi}$$

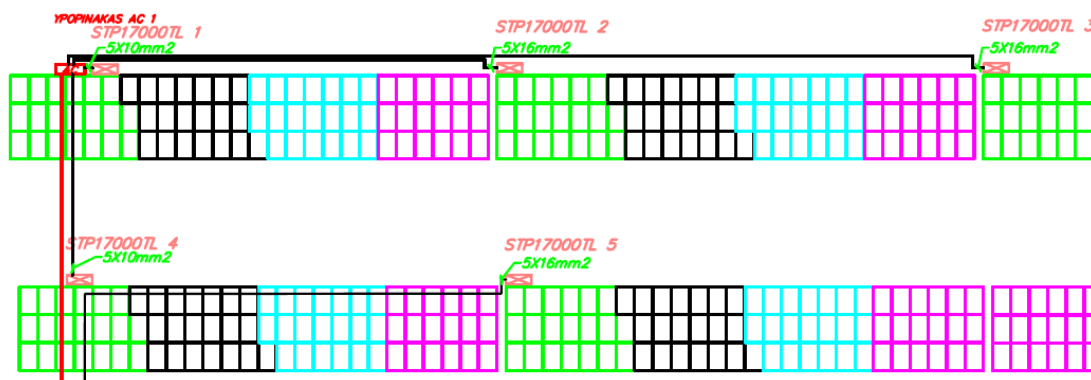
η αλλιώς

$$\Delta V = \frac{l * P}{K * A * \sqrt{3} * V\varphi}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές $l = 70\text{m}$, $P = 68000\text{W}$, $K = 56 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$, $A = 70 \text{ mm}^2$ και $V\varphi = 230 \text{ V}$ προκύπτει:

$\Delta V = 3,052 \text{ V}$ ή $\Delta V = 0,763\%$ από τον υποπίνακα AC1 έως τον Γ.Π.Χ.Τ

Στον υποπίνακα AC1 έρχονται 4 καλώδια από τους 4 αναστροφείς των 17.000W που αναφέραμε παραπάνω. Οι τέσσερις αυτές γραμμές έχουν μήκος 20, 15, 6 και 3 m αντίστοιχα και σαν φορτίο έχουν όλες από έναν αναστροφέα. Για τις τέσσερις αυτές γραμμές το μέγιστο πιθανό εμφανιζόμενο ρεύμα ισούται με 24,64 A (προκύπτει από διαίρεση της ισχύος ανά φάση που είναι $17.000/3 = 5,667 \text{ kVA}$ με τη φασική τάση 230 V).



Στο σχέδιο απεικονίζονται τα καλώδια AC από τους 4 αναστροφείς μέχρι τον υποπίνακα AC1

Η πρώτη γραμμή έχει μήκος 20 m και είναι τοποθετημένη σε οχετό μέσα στο έδαφος. Λαμβάνοντας υπόψη τους πίνακες του Ελληνικού Προτύπου υπολογίζεται ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης ίσος με 0,95. Συνεπώς:

Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου είναι: $24,64/0,95 = 25,94$ A

και από τον πίνακα 52-K3 του ΕΛΟΤ προκύπτει η διατομή καλωδίου 4 mm^2 . Ωστόσο ο κατασκευαστής του έργου αποφάσισε την τοποθέτηση καλωδίου διατομής 10 mm^2 , όπως περιγράφεται αναλυτικά και στη μελέτη, προφανώς για την αποφυγή μεγαλύτερης πτώσης τάσεως. Ο πίνακας 52-K3 αναφέρει ότι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για καλώδιο 10 mm^2 είναι 52 A, οπότε το επιτρεπόμενο ρεύμα τελικά για αυτήν την γραμμή είναι $52*0,95 = 49,4$ A. Η ασφάλεια που τοποθετήθηκε είναι 25 A και ο τύπος του καλωδίου H07RN-F 10 mm^2 .

Οι άλλες τρεις γραμμές είναι εγκατεστημένες μαζί στον αέρα και όχι στο έδαφος. Από τους αντίστοιχους πίνακες υπολογίζεται ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης και είναι 0,912. Το ρεύμα γραμμής είναι και πάλι 24.64 A και από τους υπολογισμούς προκύπτει πάλι η διατομή καλωδίου 4 mm^2 , αλλά και εδώ ο κατασκευαστής προτίμησε διατομή 10 mm^2 . Ο τύπος του καλωδίου είναι H07RN-F 10 mm^2 .

Οι πτώσεις τάσεως των τεσσάρων αυτών γραμμών υπολογίζονται όπως και παραπάνω από τον τύπο:

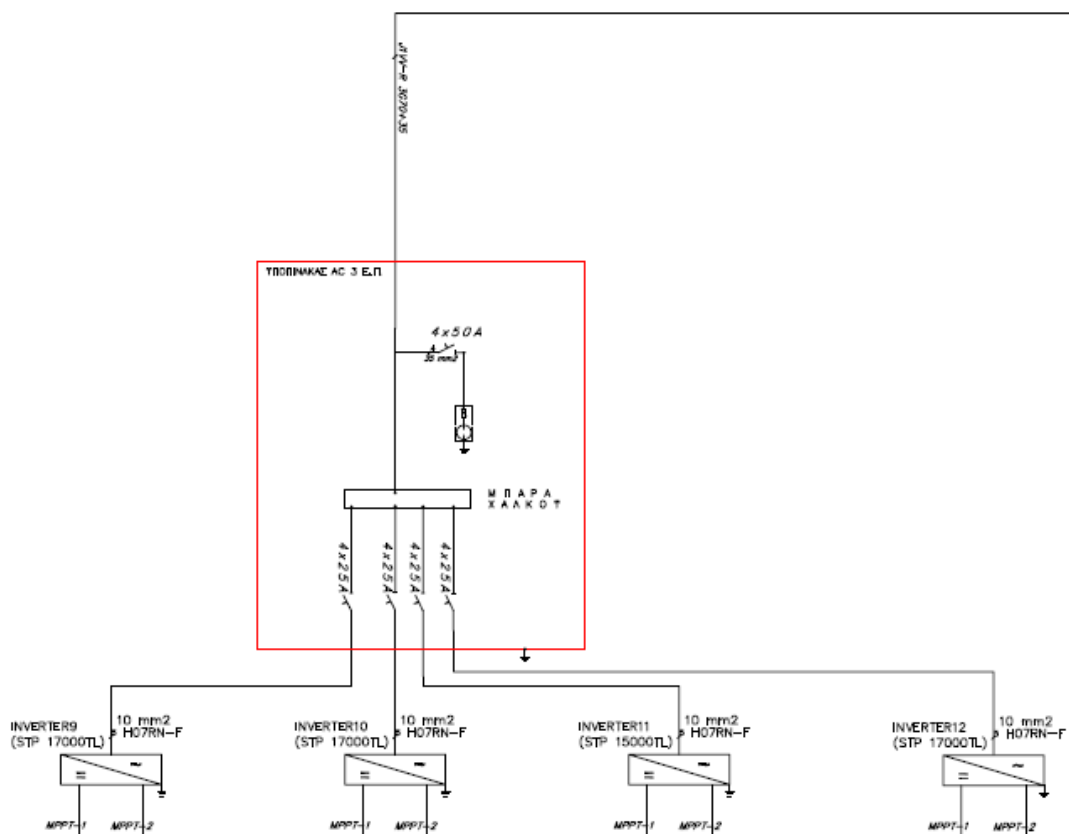
$$\Delta V = \frac{l * P}{K * A * \sqrt{3} * V \varphi}$$

και είναι:

- $\Delta V_1 = 1,526$ V
- $\Delta V_2 = 1,144$ V
- $\Delta V_3 = 0,458$ V
- $\Delta V_4 = 0,229$ V

Ας εξετάσουμε τώρα έναν άλλο υποπίνακα, τον AC3:

Είδος φορτίου	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Cosφ	Φαινόμενη ισχύς(kVA)	Ετεροχρονισμός	Μέγιστη ζήτηση (kVA)
4 inverter	66	1	66	1	66
Σύνολο	66	-	66	-	66



Στο σχέδιο απεικονίζεται ο υποπίνακας AC3 από το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης

Η κατανομή της ισχύος στις τρεις φάσεις γίνεται ισομερώς, οπότε σε κάθε μία αντιστοιχεί ισχύς $66/3 = 22 \text{ kVA}$.

Άρα η μέγιστη εμφανιζόμενη ένταση ανά φάση είναι 95,65 A. Όπως και στην περίπτωση του υποπίνακα AC1, δεν έχουμε προσαυξήσεις λόγω εφεδρείας, κινητήρων ή έναυσης λαμπτήρων.

Για να υπολογίσουμε τι καλώδιο χρειάζεται από τον υποπίνακα μέχρι τον Γ.Π.Χ.Τ κάνουμε ότι και προηγουμένως. Πρέπει να υπολογιστεί ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης, όπως αυτός προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή διόρθωσης θερμοκρασίας επί το συντελεστή διόρθωσης θερμικής αντίστασης επί το συντελεστή ομαδοποίησης. Οι τρεις αυτοί συντελεστές έχουν πάλι τιμές 0.95, 1 και 0.75, οπότε ο συνολικός συντελεστής ισούται και σε αυτήν την περίπτωση με 0,712.

Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου είναι: $95,65/0,712 = 134,34 \text{ A}$

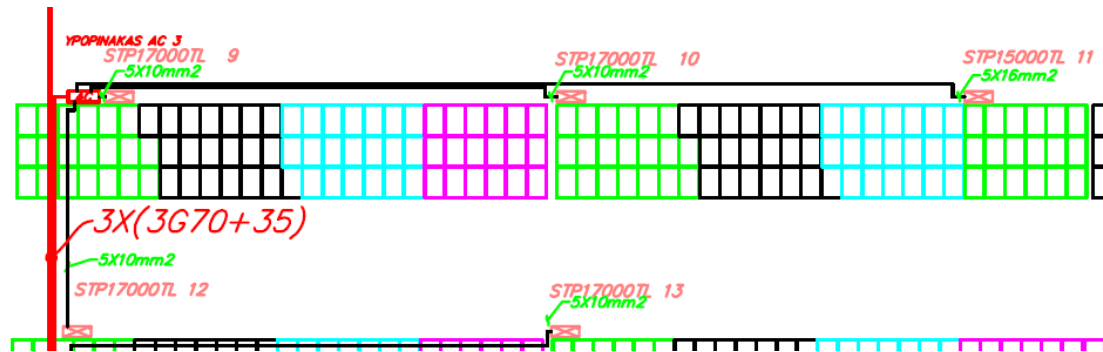
Κατά τα γνωστά, σύμφωνα με τον πίνακα 52-K3 του ΕΛΟΤ, προκύπτει διατομή καλωδίου 70 mm^2 .

Πολλαπλασιάζοντας το 151 με τον συνολικό συντελεστή διόρθωσης 0,712 προκύπτει η τιμή 107,59 A, η οποία είναι τελικά η ένταση που «αντέχει» το καλώδιο που τοποθετήθηκε. Το καλώδιο αυτό ασφαρίζεται με γενικό διακόπτη 100 A και ασφάλεια ή αυτόματο διακόπτη 100 A, που είναι τιμή μεγαλύτερη από το μέγιστο πιθανό εμφανιζόμενο ρεύμα και μικρότερη από επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου.

Το καλώδιο λοιπόν που αναχωρεί από τον υποπίνακα AC3 και φτάνει μέχρι τον Γενικό Πίνακα Χαμηλής Τάσης είναι τύπου J1VV-R 3x70+35, όπου 35 mm^2 είναι η διατομή του ουδετέρου. Θα υπολογίσουμε την πτώση τάσης πάνω σε αυτό το καλώδιο μήκους 38 m, για να επαληθεύσουμε αν η τιμή της είναι αποδεκτή.

Είναι $\Delta V = 1,608 \text{ V}$ ή $\Delta V = 0,402\%$

Στον υποπίνακα AC3 έρχονται 4 καλώδια από τους 4 αναστροφείς, 3 εκ των οποίων είναι των 17.000W και ένας των 15.000W. Τα μήκη τους είναι 20, 15, 6 και 3 m αντίστοιχα και σαν φορτίο έχουν όλα από έναν αναστροφέα. Για την πρώτη γραμμή, με μήκος 20 m, το φορτίο είναι 15.000W και το μέγιστο πιθανό εμφανιζόμενο ρεύμα ισούται με 21,74 A (προκύπτει από διαίρεση της ισχύος ανά φάση που είναι $15.000/3 = 5 \text{ kVA}$ με τη φασική τάση 230 V). Για τις υπόλοιπες τρεις γραμμές το μέγιστο πιθανό εμφανιζόμενο ρεύμα ισούται με 24,64 A.



Στο σχέδιο απεικονίζονται τα καλώδια AC από τους 4 αναστροφείς μέχρι τον υποπίνακα AC3

Η πρώτη γραμμή έχει μήκος 20 m και είναι τοποθετημένη σε οχετό μέσα στο έδαφος. Λαμβάνοντας υπόψη τους πίνακες του Ελληνικού Προτύπου υπολογίζεται ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης ίσος με 0,95. Συνεπώς:

Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου είναι: $21,74/0,95 = 22,88 \text{ A}$

και από τον πίνακα 52-K3 του ΕΛΟΤ προκύπτει η διατομή καλωδίου $2,5 \text{ mm}^2$. Ωστόσο ο κατασκευαστής του έργου αποφάσισε την τοποθέτηση καλωδίου διατομής 10 mm^2 , όπως και στην περίπτωση του υποπίνακα AC1, προφανώς για την αποφυγή μεγαλύτερης πτώσης τάσεως. Ο πίνακας 52-K3 μας λέει ότι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για καλώδιο 10 mm^2 είναι 52 A, οπότε το επιτρεπόμενο ρεύμα τελικά για αυτήν την γραμμή είναι $52 \cdot 0,95 = 49,4 \text{ A}$. Η ασφάλεια που τοποθετήθηκε είναι 25 A και ο τύπος του καλωδίου H07RN-F 10 mm^2 .

Οι άλλες τρεις γραμμές είναι εγκατεστημένες μαζί στον αέρα και όχι στο έδαφος. Από τους αντίστοιχους πίνακες υπολογίζεται ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης και είναι 0,912. Το ρεύμα γραμμής είναι 24.64 A και από τους υπολογισμούς προκύπτει πάλι διατομή καλωδίου 4 mm^2 , αλλά και εδώ ο

κατασκευαστής προτίμησε διατομή 10 mm². Ο τύπος του καλωδίου είναι H07RN-F 10 mm².

Οι πτώσεις τάσεως των τεσσάρων αυτών γραμμών, με μήκη 20, 15, 6 και 3 υπολογίζονται και είναι οι ακόλουθες:

- $\Delta V_1 = 1,346 \text{ V}$
- $\Delta V_2 = 1,144 \text{ V}$
- $\Delta V_3 = 0,458 \text{ V}$
- $\Delta V_4 = 0,229 \text{ V}$

Παρατηρούμε ότι για τις γραμμές 2, 3 και 4 οι πτώση τάσεως είναι ίδια όπως και στην περίπτωση του υποπίνακα AC1.

Θα εξετάσουμε και έναν ακόμα υποπίνακα, τον AC6:

Είδος φορτίου	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	Cosφ	Φαινόμενη ισχύς(kVA)	Ετεροχρονισμός	Μέγιστη ζήτηση (kVA)
4 inverter	68	1	68	1	68
ρευματοδότες	0,2	1	0,2	1	0,2
Σύνολο	68,2	-	68,2	-	68,2

Η κατανομή της ισχύος στις τρεις φάσεις γίνεται ως εξής:

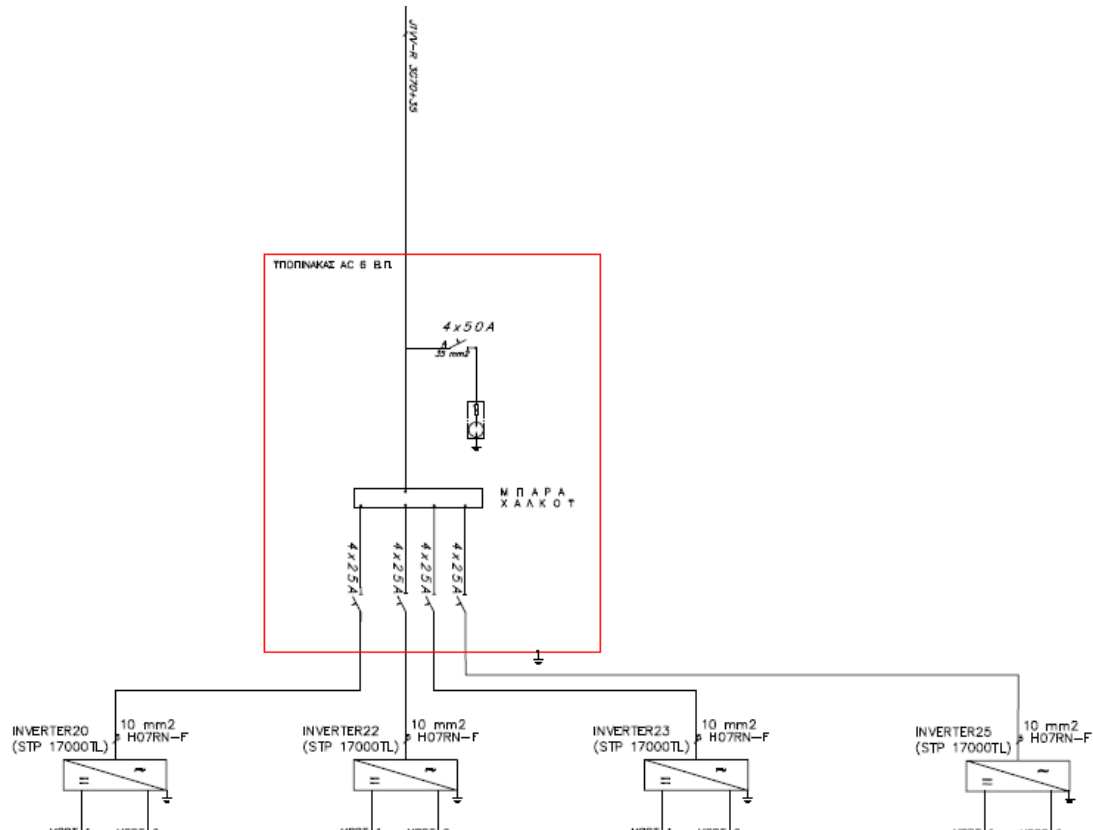
L1 (kVA) : 22.87

L2 (kVA) : 22.67

L3 (kVA) : 22.67

Με βάση αυτά τα δεδομένα η πιθανή μέγιστη εμφανιζόμενη ένταση ρεύματος είναι για τη φάση L1 και ισούται με 99,42 A, ενώ η ένταση για ισοκατανομή των φάσεων είναι 98,84 A. Δεν υπάρχουν προσαυξήσεις για οποιοδήποτε λόγο (εφεδρεία,

κινητήρας, έναυση λαμπτήρων), οπότε ο τύπος του καλωδίου που αναχωρεί από τον υποπίνακα AC6 και φτάνει στον Γ.Π.Χ.Τ θα υπολογιστεί με βάση την τιμή της πιθανής μέγιστης εμφανιζόμενης έντασης.



Στο σχήμα απεικονίζεται ο υποπίνακας AC6 από το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης. Η γραμμή ρευματοδοτών είναι στο τμήμα του μονογραμμικού με τις βοηθητικές καταναλώσεις

Το καλώδιο είναι τοποθετημένο σε οχετό μέσα στο έδαφος. Θεωρούμε θερμοκρασία εδάφους 25°C και ο αριθμός των κυκλωμάτων μέσα στον οχετό είναι 3. Οπότε, σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD 384 και τους κατάλληλους πίνακες, προκύπτει ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης 0,712. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα προκύπτει $99,42/0,712 = 139,63 \text{ A}$, και όπως και με τους προηγούμενους υποπίνακες που εξετάσαμε, καταλήγουμε ότι η διατομή του καλωδίου είναι 70 mm^2 . Ο τύπος του καλωδίου που εγκαταστάθηκε είναι πάλι J1VV-R 3x70+35. Το καλώδιο αυτό ασφαλίζεται με γενικό διακόπτη 100 A και ασφάλεια ή αυτόματο διακόπτη 100 A, που είναι τιμή μεγαλύτερη από το μέγιστο πιθανό εμφανιζόμενο ρεύμα και μικρότερη από επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου.

Η πτώση τάσης στη συγκεκριμένη γραμμή (με μήκος 56 m) είναι:

$$\Delta V = 2,536 \text{ V} \quad \text{ή} \quad \Delta V = 0,634\%$$

Τα φορτία του υποπίνακα AC6 είναι 4 γραμμές από τους αναστροφείς 17.000W και μία γραμμή ρευματοδοτών ισχύος 0,2 kW.

Για τη γραμμή των ρευματοδοτών υπολογίσθηκε διατομή 2,5 mm² και ασφάλεια 16A. Η υλοποίηση των υπόλοιπων γραμμών έγινε με καλώδιο H07RN-F 10 mm² και ασφάλεια 25A.

Όσον αφορά τις πτώσεις τάσεως προκύπτουν οι παρακάτω υπολογισμοί:

Για την γραμμή ρευματοδοτών χρησιμοποιείται ο τύπος για μονοφασικό

$$\Delta V = 2 * \left(\frac{l * I}{K * A} \right)$$

Όπου $l = 1,3\text{m}$, $K = 56 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2$, $A = 2,5 \text{ mm}^2$ και $I = 200/230 \text{ A}$

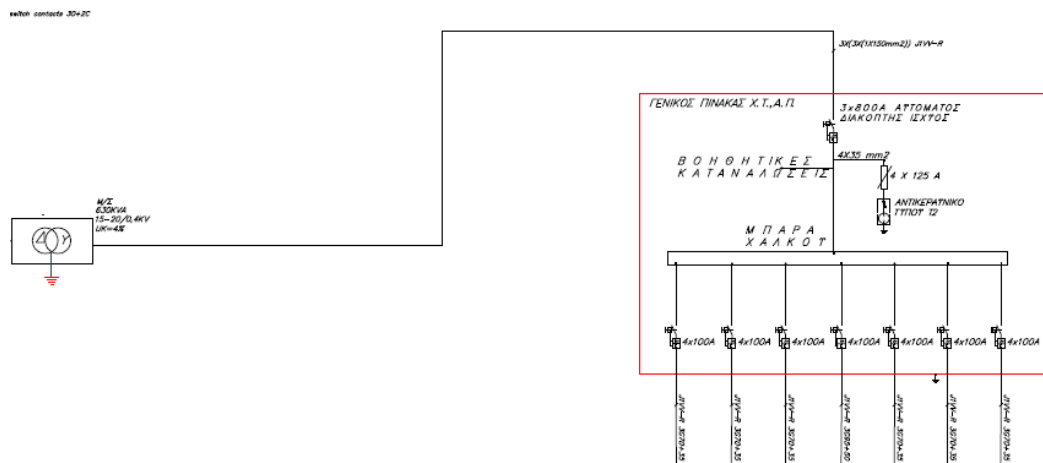
Η τιμή λοιπόν της πτώσης τάσεως είναι $\Delta V = 0,016 \text{ V}$.

Για τις 4 γραμμές των αναστροφέων, με μήκη 20, 15, 6 και 3 m, οι πτώσεις τάσεως είναι αντίστοιχα:

- $\Delta V_1 = 1,526 \text{ V}$
- $\Delta V_2 = 1,144 \text{ V}$
- $\Delta V_3 = 0,458 \text{ V}$
- $\Delta V_4 = 0,229 \text{ V}$

Για να ολοκληρώσουμε με το AC μέρος της εγκατάστασης, μένει να ελεγχθεί το καλώδιο από τον Γ.Π.Χ.Τ έως το μετασχηματιστή ελαίου, το οποίο αποκαλούμε επίσης και κύριο καλώδιο AC (main cable AC) ή καλώδιο παροχής. Το καλώδιο βρίσκεται εντός του οικίσκου και εκτείνεται από την πλευρά χαμηλής τάσης έως τον

Μ/Σ. Τοποθετήθηκε σε απόσταση από τον τοίχο και η όδευση γίνεται σε κατακόρυφους διάτρητους φορείς σε απόσταση. (Πίνακας 52-E4 του προτύπου). Πρόκειται για ένα πολυπολικό καλώδιο και έναν φορέα οπότε ο συντελεστής ομαδοποίησης ισούται με μονάδα. Ο συντελεστής θερμοκρασίας για θερμοκρασία 37 °C βρίσκεται από τον πίνακα 52-Δ1 (και όχι από τον 52-Δ2 που χρησιμοποιήσαμε για προηγούμενα καλώδια) με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών για τους 35 και 40 °C. Η προκύπτουσα τιμή είναι 0,912 και ο συνολικός συντελεστής διόρθωσης είναι $0,912 * 1 = 0,912$. Η πιθανή μέγιστη εμφανιζόμενη ένταση υπολογίζεται και είναι 676,17 A και με βάση τον πίνακα 52-K2 επιλέχθηκε να τοποθετηθούν 3 καλώδια ανά φάση διατομής 150 mm² το καθένα. Τα καλώδια αυτά είναι παραλληλισμένα μεταξύ τους σε κάθε φάση. Όπως βλέπουμε από τη στήλη 1 του εν λόγω πίνακα, δεν υπάρχει καλώδιο για την ένταση ρεύματος που θέλουμε και γι' αυτό το λόγο τοποθετήθηκαν 3 καλώδια ανά φάση.



Από τον Γ.Π.Χ.Τ έως το μετασχηματιστή ελαίου της εγκατάστασης

Η πτώση τάσεως στο καλώδιο αυτό αναμένεται να είναι αμελητέα, αφού και το μήκος του είναι μόλις 3m. Από τον γνωστό τύπο και για $l = 3m$, $P = 461,42 kW$, έχουμε ότι η πτώση τάσεως ισούται με $\Delta V = 0.138 V$ ή 0,035 %. Παρατηρούμε ότι είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν αμελητέα, συγκριτικά με τις υπόλοιπες που υπολογίσαμε.

6.2.2. Τμήμα συνεχούς ρεύματος (DC)

Το DC τμήμα της εγκατάστασης αποτελείται από τις συστοιχίες των φωτοβολταϊκών πλαισίων και φτάνει μέχρι την είσοδο των αναστροφέων. Ουσιαστικά το DC τμήμα ξεκινάει από το Φ/Β πλαίσιο και τελειώνει στην είσοδο του αναστροφέα, καθώς από την έξοδο του ξεκινάει το AC τμήμα της εγκατάστασης. Στην εγκατάσταση που εξετάζουμε υπάρχουν 27 υποπίνακες DC, όσοι δηλαδή είναι και οι αναστροφείς. Από κάθε υποπίνακα DC αναχωρούν παραλληλισμένες 3 ομάδες συστοιχιών (strings) των 20 Φ/Β πλαισίων οι οποίες «κουμπώνουν» στην είσοδο Α του αναστροφέα (MPPT-1 δηλαδή maximum power point tracker 1). Επίσης αναχωρεί μία συστοιχία 18 πλαισίων η οποία «κουμπώνει» στην είσοδο Β (MPPT-2). Μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο αναστροφέας των 15.000W, στον οποίον φτάνουν παραλληλισμένες 3 συστοιχίες των 18 πλαισίων (και όχι 20) στην είσοδό του Α και μια συστοιχία πάλι των 18 πλαισίων στην είσοδο Β.

Στο υπό εξέταση Φ/Β σύστημα χρησιμοποιείται για τις συστοιχίες καλώδιο διατομής 6 mm², του οποίου και θα υπολογίσουμε την πτώση τάσης. Χρησιμοποιείται και καλώδιο διατομής 10 mm² από τον κάθε υποπίνακα DC μέχρι την είσοδο του αντίστοιχου αναστροφέα, αλλά θεωρούμε ότι η πτώση τάσης είναι ασήμαντη και δεν θα ληφθεί υπόψη, δεδομένου ότι πρόκειται για καλώδια μήκους ενός μέτρου ή και ακόμα μικρότερου. Το καλώδιο DC στις συστοιχίες είναι επίσης γνωστό και με την ονομασία «καλώδιο Solar».

Ο τύπος υπολογισμού της πτώσης τάσεως σε καλώδιο DC είναι, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου:

$$\Delta V = \frac{l * I}{K * A}$$

Σε αυτόν τον τύπο αντικαθιστούμε το I με την τιμή του I_{mprr} που αναγράφεται στο φύλλο δεδομένων (datasheet) των πλαισίων που έχουν εγκατασταθεί. Το I_{mprr} είναι η ένταση του ρεύματος στη μέγιστη ισχύ P_{max} .

Είδαμε πριν στους υπολογισμούς των καλωδίων AC ποιες είναι οι πτώσεις τάσεως σε κάποιες γραμμές. Συγκεκριμένα, καταγράφηκε ότι για τον υποπίνακα AC1, κατά μήκος του τμήματος της γραμμής από τον υποπίνακα μέχρι τον Γ.Π.Χ.Τ. υπάρχει πτώση τάσης $\Delta V = 3,052 \text{ V}$ ή $\Delta V = 0,763\%$. Σύμφωνα με τον κανονισμό, η πτώση τάσης επί συνόλου μιας γραμμής δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2%. Έχει ήδη υπολογιστεί ότι η πτώση τάσης από το μετασχηματιστή μέχρι τον Γ.Π.Χ.Τ. είναι 0.138 V ή $0,035\%$. Επομένως από το μετασχηματιστή και μέχρι τον πίνακα AC1 η πτώση τάσης είναι $0,901\%$. Πρέπει στο υπόλοιπο της γραμμής, και για όλες τις συστοιχίες, η τιμή της πτώσης τάσεως να μην ξεπεράσει το $2 - 0,901 = 1,099\%$

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στον υποπίνακα AC1 έρχονται 4 καλώδια από τους 4 αναστροφείς των 17.000W .

Οι πτώσεις τάσεως σε αυτές τις γραμμές υπολογίστηκαν και ισούνται με:

- $\Delta V_1 = 1,526 \text{ V}$ ή $0,382\%$
- $\Delta V_2 = 1,144 \text{ V}$ ή $0,286\%$
- $\Delta V_3 = 0,458 \text{ V}$ ή $0,115\%$
- $\Delta V_4 = 0,229 \text{ V}$ ή $0,057\%$

Θα εξετάσουμε τι γίνεται στην περίπτωση της πρώτης γραμμής, η οποία φαίνεται ως η «χειρότερη», αφού έχει τη μεγαλύτερη πτώση τάσεως. Αυτή αντιστοιχεί στον αναστροφέα 4 και θα ελέγξουμε τι γίνεται με την πιο μακρινή συστοιχία. Το μήκος της πιο μακρινής συστοιχίας είναι περίπου 44 μέτρα και η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = 1,021 \text{ V} \text{ ή } 0,187\%$$

(Ως I_{mpp} θεωρήσαμε την τιμή $7,8 \text{ A}$ που αναγράφεται στο φύλλο δεδομένων του πλαισίου. Η τάση της συστοιχίας που εξετάζουμε, η οποία αποτελείται από 18 πλαίσια, είναι $18 \cdot V_{mpp} = 547,2 \text{ V}$. Με βάση αυτή προκύπτει η ποσοστιαία τιμή πτώσης τάσεως).

Ανακεφαλαιώνοντας, η γραμμή ξεκινώντας από το μετασχηματιστή και φτάνοντας μέχρι το άκρο της πιο μακρινής συστοιχίας παρουσιάζει πτώση τάσης που ισούται με:

$$\Delta V = 0,901 + 0,382 + 0,187 = 1,47\%$$

Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από 2% και επομένως γίνεται αποδεκτή. Συνεπώς δεν υπάρχει πρόβλημα σε αυτήν την γραμμή αλλά και σε καμία άλλη αυτού του αναστροφέα, αφού οι άλλες συστοιχίες έχουν μικρότερο μήκος.

Ελέγχουμε και τα άλλα 3 καλώδια του υποπίνακα AC1, για να επαληθεύσουμε ότι και σε αυτά η πτώση τάσεως κυμαίνεται σε αποδεκτά όρια.

- Για τη γραμμή 2 με $\Delta V_2 = 1,144 \text{ V}$ ή 0,286% έχουμε:

Αυτή αντιστοιχεί στον αναστροφέα 3 και θα ελέγξουμε τι γίνεται με την πιο μακρινή συστοιχία. Το μήκος της πιο απομακρυσμένης συστοιχίας είναι 110 μέτρα και η πτώση τάσης προκύπτει: $\Delta V = 2,554 \text{ V}$ ή 0,467%

Συνολικά, από το μετασχηματιστή μέχρι το άκρο αυτής της συστοιχίας έχουμε:

$$\Delta V = 0,901 + 0,286 + 0,467 = 1,65\%$$

Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από 2% και επομένως γίνεται αποδεκτή. Συνεπώς δεν υπάρχει πρόβλημα σε αυτήν την γραμμή αλλά και σε καμία άλλη αυτού του αναστροφέα, αφού οι άλλες συστοιχίες έχουν μικρότερο μήκος.

- Για τη γραμμή 3 με $\Delta V_3 = 0,458 \text{ V}$ ή 0,115% :

Αυτή αντιστοιχεί στον αναστροφέα 2 και θα ελέγξουμε τι γίνεται με την πιο μακρινή συστοιχία. Το μήκος της πιο απομακρυσμένης συστοιχίας είναι 47 μέτρα και η πτώση τάσης προκύπτει: $\Delta V = 1,091 \text{ V}$ ή 0,199%

Συνολικά, από το μετασχηματιστή μέχρι το άκρο αυτής της συστοιχίας έχουμε:

$$\Delta V = 0,901 + 0,115 + 0,199 = 1,22\%$$

Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από 2% και επομένως γίνεται αποδεκτή. Συνεπώς δεν υπάρχει πρόβλημα σε αυτήν την γραμμή αλλά και σε καμία άλλη αυτού του αναστροφέα, αφού οι άλλες συστοιχίες έχουν μικρότερο μήκος.

- Για τη γραμμή 4 με $\Delta V_4 = 0,229 \text{ V}$ ή $0,057\%$:

Αυτή αντιστοιχεί στον αναστροφέα 1 και θα ελέγξουμε τι γίνεται με την πιο μακρινή συστοιχία. Το μήκος της πιο απομακρυσμένης συστοιχίας είναι 39 μέτρα και η πτώση τάσης προκύπτει: $\Delta V = 0,905 \text{ V}$ ή $0,165\%$

Συνολικά, από το μετασχηματιστή μέχρι το άκρο αυτής της συστοιχίας έχουμε:

$$\Delta V = 0,901 + 0,057 + 0,165 = 1,12\%$$

Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από 2% και επομένως γίνεται αποδεκτή. Συνεπώς δεν υπάρχει πρόβλημα σε αυτήν την γραμμή αλλά και σε καμία άλλη αυτού του αναστροφέα, αφού οι άλλες συστοιχίες έχουν μικρότερο μήκος.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για το υπόλοιπο μέρος της εγκατάστασης.

6.2.3 Καλωδίωση Φ/Β σταθμού ισχύος 310 kWp

Το φωτοβολταϊκό πάρκο που παρουσιάστηκε στο πέμπτο κεφάλαιο έχει υλοποιηθεί με διαφορετικό τρόπο. Δεν υπάρχουν πολλοί αναστροφείς, όπως στο προηγούμενο που είχε 27 string-inverters, αλλά μόνο ένας κεντρικός (central inverter) ονομαστικής ισχύος εξόδου 330 kWp.

Στο τμήμα της AC καλωδίωσης υπάρχει ένα καλώδιο, από τον κεντρικό αναστροφέα μέχρι το μετασχηματιστή και βρίσκεται εντός του οικίσκου. Το μήκος του καλωδίου είναι 6 μέτρα, το ρεύμα 600 A και έχουν επιλεγεί ανά φάση 2 καλώδια παραλληλισμένα, διατομής 240 mm^2 το καθένα. Η πτώση τάσης του συγκεκριμένου καλωδίου είναι $0,28 \text{ V}$ ή περίπου $0,1\%$.

Όσον αφορά το DC τμήμα της καλωδίωσης, υπάρχει ομοιομορφία στις συστοιχίες, καθώς όλες αποτελούνται από 21 πλαίσια. Συνολικά υπάρχουν 58 συστοιχίες, οι οποίες παραλληλίζονται σε 6 υποπίνακες DC ως εξής: Σε 4 υποπίνακες παραλληλίζονται 10 συστοιχίες και στους υπόλοιπους 2 από 9 συστοιχίες. Η επιλογή δεν έγινε τυχαία, αφού ο κεντρικός αναστροφέας διαθέτει 6 MPPT (mpp trackers).

Το DC καλώδιο που χρησιμοποιείται στις συστοιχίες, από τα Φ/Β πλαίσια μέχρι τους υποπίνακες DC (string combs 1-6 όπως αναφέρονται στα έγγραφα που εστάλησαν από το μελετητή του έργου) είναι παντού διατομής 6 mm².

Τα καλώδια από τους υποπίνακες DC 1-6 μέχρι τον κεντρικό αναστροφέα διαφέρουν σε διατομή. Αναλυτικά, το μήκος τους είναι:

- String Comb 1: 35 mm²
- String Comb 2: 50 mm²
- String Comb 3: 50 mm²
- String Comb 4: 70 mm²
- String Comb 5: 95 mm²
- String Comb 6: 95 mm²

Θα υπολογίσουμε την πτώση τάσεως στα 6 αυτά καλώδια. Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$\Delta V = \frac{l * I}{K * A}$$

Στους υποπίνακες 1, 4, 5 και 6 γίνεται παραλληλισμός 10 συστοιχιών, οπότε στους υπολογισμούς των αντίστοιχων καλωδίων θα αντικαθιστούμε την τιμή του I με $10 * I_{mp}$. Το I_{mp} αναγράφεται στο φύλλο δεδομένων του πλαισίου και είναι 8,39 A.

Στους υποπίνακες 2 και 3 γίνεται παραλληλισμός 9 συστοιχιών, οπότε στους υπολογισμούς των αντίστοιχων καλωδίων θα αντικαθιστούμε την τιμή του I με $9 * I_{mp}$.

Στο μήκος l θα υπολογίζουμε 2 φορές το μήκος του εκάστοτε καλωδίου, αφού έχουμε 2 καλώδια, θετικό και αρνητικό.

Η τιμή της ΔV που προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση μετατρέπεται σε % κατόπιν διαιρέσεως με την V_{mp} της συστοιχίας, η οποία είναι 21 φορές η V_{mp} του πλαισίου, δηλαδή $21 * 30,4 = 634,8$ V.

Με αυτά τα δεδομένα λοιπόν, βρίσκουμε τα παρακάτω:

- Για μήκος $l = 50$ m, $\Delta V_1 = 4,28$ V ή $\Delta V_1 = 0,670\%$
- Για μήκος $l = 77$ m, $\Delta V_2 = 4,15$ V ή $\Delta V_2 = 0,650\%$
- Για μήκος $l = 105$ m, $\Delta V_3 = 5,66$ V ή $\Delta V_3 = 0,887\%$
- Για μήκος $l = 133$ m, $\Delta V_4 = 5,69$ V ή $\Delta V_4 = 0,891\%$
- Για μήκος $l = 161$ m, $\Delta V_5 = 5,08$ V ή $\Delta V_5 = 0,796\%$
- Για μήκος $l = 188$ m, $\Delta V_6 = 5,93$ V ή $\Delta V_6 = 0,929\%$

Παρατηρούμε ότι οι τιμές πτώσης τάσεως κυμαίνονται σε αποδεκτά επίπεδα.

Κεφάλαιο 7: Επίλογος - Συμπεράσματα

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα προηγούμενα, η ορθή πιστοποίηση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης προαπαιτεί μια σειρά ελέγχων. Η διαδικασία ελέγχων με τη σειρά της αποτελείται από πολλά στάδια.

Στην Ελλάδα το πρότυπο που ακολουθείται για την πιστοποίηση Φ/Β εγκαταστάσεων είναι το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 62446. Πρέπει να τηρούνται κατά γράμμα όλα όσα περιέχει το εν λόγω πρότυπο. Οι μετρήσεις που πρέπει να διεξαχθούν, η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί κατά τη διάρκεια τους και οι κανόνες ασφαλείας για την αποφυγή ατυχημάτων, περιγράφονται αναλυτικά. Επίσης απαιτείται από τον μελετητή του έργου να στείλει στον υπεύθυνο για την επιθεώρηση μηχανικό μια σειρά από έγγραφα σχετικά με την υπό πιστοποίηση εγκατάσταση.

Οι αρμοδιότητες του επιθεωρητή μηχανικού ξεκινούν πριν από την επίσκεψη στο χώρο της εγκατάστασης. Ο επιθεωρητής οφείλει να ελέγξει όλα τα έγγραφα ελέγχου που έχουν σταλεί από το μελετητή, και να αποφανθεί για την ορθότητα των υπολογισμών που περιγράφονται στις μελέτες (μελέτη βάσεων στήριξης, υπολογισμού καλωδίων, απωλειών, κτλ). Στη συνέχεια, και κατά τη διάρκεια της επιτόπιας επιθεώρησης, οφείλει να διεξάγει όλες τις απαιτούμενες μετρήσεις (ηλεκτρικές και μηχανικές) και δοκιμές, και επιπλέον να επαληθεύσει ότι υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στον εγκατεστημένο εξοπλισμό και τη διάταξή του, με την τεχνική τεκμηρίωση. Μετά το τέλος και της επιτόπιας επιθεώρησης, συντάσσει την έκθεση και με βάση αυτή, αν είναι θετική παρέχεται πιστοποίηση, αλλιώς κανονίζεται επανέλεγχος του συστήματος. Στην παρούσα διπλωματική παρουσιάσαμε πώς ελέγχεται συγκεκριμένα η μελέτη που αφορά στην καλωδίωση μιας Φ/Β εγκατάστασης, όπως επίσης και το πώς συντάσσεται μια έκθεση τεχνικού ελέγχου, παραθέτοντας δύο παραδείγματα. Είναι επομένως κατανοητό ότι η επιθεώρηση ενός Φ/Β συστήματος είναι μια διαδικασία που αποτελείται από πολλά στάδια και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και υπευθυνότητα.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι για όλες τις ήδη πιστοποιημένες εγκαταστάσεις πρέπει να ορίζονται ημερομηνίες μελλοντικής περιοδικής επαλήθευσης, όπως προβλέπεται άλλωστε και στο EN 62446, οι οποίες επίσης πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις αυτού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Χρήσιμοι πίνακες

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ1
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α)
εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοιχείων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο						
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Γυμνό		Σε σωλήνα				
				Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο			
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
240	261	286	321	346	380	424	-	500	599	
300	298	328	367	396	435	486	-	576	693	
Αλουμίνιο	16	41	43	48	53	58	64	71	72	79
	25	53	57	62	70	73	84	93	90	101
	35	65	70	77	86	90	103	116	112	126
	50	78	84	92	104	110	124	140	136	154
	70	98	107	116	131	140	156	179	174	198
	95	118	129	139	157	170	188	217	211	241
	120	135	149	160	180	197	216	251	245	280
	150	155	170	189	206	226	253	-	283	324
	185	176	194	215	233	256	288	-	323	371
	240	207	227	252	273	300	338	-	382	439
	300	237	261	289	313	344	387	-	440	508

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ2
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά)
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Πολυπολικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια							
			Σε επαφή μεταξύ τους				Σε απόσταση μεταξύ τους			
			Διάταξη επίπεδη οριζόντια ή κατακόρυφη		Διάταξη τριγωνική		Διάταξη επίπεδη οριζόντια		Διάταξη επίπεδη κατακόρυφη	
PVC	2	2								
	3	1			5	-	-	-	-	-
EPR ή XLPE	2	3			4	4	7	5		
	3	2			8	-	-	-	-	-
		Στήλες								
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	18,5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2,5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	80	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
	300	497	593	741	561	629	703	709	783	902
400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085	
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253	
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454	
Αλουμίνιο	16	61	73	91	-	-	-	-	-	-
	25	78	89	108	84	98	103	107	121	138
	35	96	111	135	105	122	129	135	150	172
	50	117	135	164	128	149	159	165	184	210
	70	150	173	211	166	192	206	215	237	271
	95	183	210	257	203	235	253	264	289	332
	120	212	244	300	237	273	296	308	337	387
	150	245	282	346	274	316	343	356	389	448
	185	280	322	397	315	363	395	407	447	515
	240	330	380	470	375	430	471	482	530	611
	300	381	439	543	434	497	547	557	613	708
	400	-	-	-	526	600	663	671	740	856
	500	-	-	-	610	694	770	775	856	991
630	-	-	-	711	808	899	900	996	1154	

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ3
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) καλωδίων τοποθετημένων στο έδαφος
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Αγωγός	mm ²	Μόνωση			
		PVC		EPR ή XLPE	
		Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών			
		2	3	2	3
Χαλκός	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
300	408	336	474	396	
Αλουμίνιο	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	236
	240	277	230	322	272
	300	313	260	364	308

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Δ1
Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται
στους Πίνακες 52-Κ1, και 52-Κ2

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

ΠΙΝΑΚΑΣ 52 -Δ2
Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία εδάφους διαφορετική από 20 °C
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 52-K3

Θερμοκρασία εδάφους °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

ΠΙΝΑΚΑΣ 52 -Δ3
Συντελεστές διόρθωσης για ειδική θερμική αντίσταση εδάφους διαφορετική από 2.5 K.m/W
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 52-K3

Ειδική θερμική αντίσταση K.m/W	1	1.5	2	2.5	3
Συντελεστής διόρθωσης	1,18	1,10	1,05	1	0,96

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Ε1

Συντελεστές διόρθωσης για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα κυκλωμάτων ή περισσότερων από ένα πολυπολικών καλωδίων σε επαφή ή σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που στους Πίνακες 52-Κ1 και 52-Κ2

α/α	Τρόπος τοποθέτησης μονωμένων αγωγών ή καλωδίων	Πλήθος κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	- Ελεύθερα στον αέρα ή - επάνω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή - επιτοίχια γυμνά ή σε σωλήνα ή - εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δάπεδο ή επάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70
3	Σε απλή στρώση, στερεωμένη απευθείας κάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61

Σημειώσεις: 1. Αυτοί οι συντελεστές εφαρμόζονται σε ομοιόμορφες ομάδες ισοφορισμένων καλωδίων
2. Όταν η οριζόντια απόσταση γειτονικών καλωδίων υπερβαίνει το διπλάσιο της διαμέτρου τους δεν απαιτείται καμία διόρθωση.
3. Οι ίδιοι συντελεστές χρησιμοποιούνται για:
ομάδες δύο ή τριών μονοπολικών καλωδίων και πολυπολικά καλώδια.
4. Αν ένα σύστημα περιλαμβάνει διπολικά και τριπολικά καλώδια, το συνολικό πλήθος των καλωδίων λαμβάνεται ως πλήθος κυκλωμάτων και ο αντίστοιχος συντελεστής πολλαπλασιάζεται επί τις τιμές του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται από τους Πίνακες για διπολικά και για τριπολικά καλώδια αντιστοίχως.
5. Αν μια ομάδα αποτελείται από n μονοπολικά καλώδια μπορεί να θεωρηθεί είτε ως $n/2$ κυκλώματα δύο φορτιζόμενων αγωγών είτε ως $n/3$ κυκλώματα τριών φορτιζόμενων αγωγών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-E2

Συντελεστές διόρθωσης για περισσότερα από ένα κυκλώματα με καλώδια θαμμένα κατευθείαν στο έδαφος
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον Πίνακα 52-K3.

Μονοπολικά ή πολυπολικά καλώδια

Πλήθος κυκλωμάτων	Απόσταση μεταξύ καλωδίων (α)*				
	Μηδενική (σε επαφή)	Μια διάμετρος καλωδίου	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

*Απόσταση α

Πολυπολικά καλώδια



Μονοπολικά καλώδια



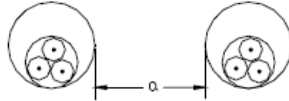
Σημείωση: Οι τιμές ισχύουν για βάθος εγκατάστασης 0,70 m και θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K.m/W

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-E3
Συντελεστές διόρθωσης για περισσότερα από ένα κυκλώματα
με καλώδια τοποθετημένα σε οχετούς μέσα στο έδαφος
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στον
Πίνακα 52-K3

A) Πολυπολικά καλώδια σε οχετούς

Πλήθος καλωδίων	Απόσταση μεταξύ οχετών (α)*			
	Μηδενική (σε επαφή)	0,25 m	0,50 m	1,00 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

*Απόσταση α



B) Μονοπολικά καλώδια σε οχετούς

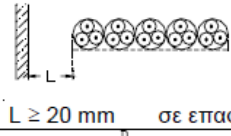
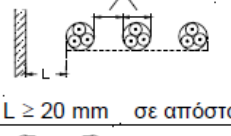
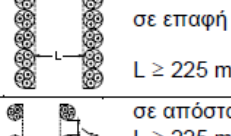
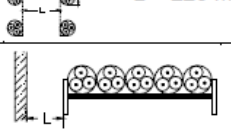
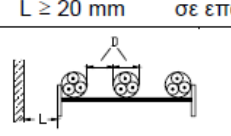
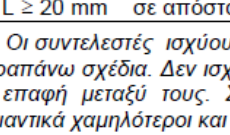
Πλήθος κυκλωμάτων δύο ή τριών καλωδίων	Απόσταση μεταξύ οχετών (α)*			
	Μηδενική (σε επαφή)	0,25 m	0,50 m	1,00 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

*Απόσταση α



Σημείωση: Οι τιμές ισχύουν για βάθος εγκατάστασης 0,70 m και θερμική αγωγιμότητα εδάφους 2,50 K.m/W

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-E4
Συντελεστές διόρθωσης για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα πολυπολικών καλωδίων
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος των πολυπολικών
καλωδίων που δίνονται στον Πίνακα 52-K2


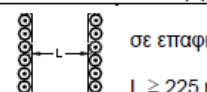

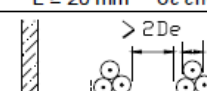
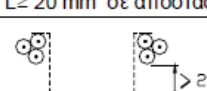
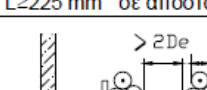
Τρόπος εγκατάστασης	Πλήθος φορέων	Πλήθος καλωδίων						
		1	2	3	4	6	9	
Οριζόντιοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ σημείωση 2)  $L \geq 20 \text{ mm}$ σε επαφή	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73	
	2 3	1,00 1,00	0,87 0,86	0,80 0,79	0,77 0,76	0,73 0,71	0,68 0,66	
 $L \geq 20 \text{ mm}$ σε απόσταση	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-	
	2 3	1,00 1,00	0,99 0,98	0,96 0,95	0,92 0,91	0,87 0,85	- -	
Κατακόρυφοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (βλ σημείωση 3)  σε επαφή $L \geq 225 \text{ mm}$	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72	
	2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70	
 σε απόσταση $L \geq 225 \text{ mm}$	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-	
	2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-	
Εσχάρες καλωδίων, συρμάτινα πλέγματα, βραχίονες, κλπ (βλ. σημείωση 2)  $L \geq 20 \text{ mm}$ σε επαφή	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78	
	2 3	1,00 1,00	0,86 0,85	0,80 0,79	0,78 0,76	0,76 0,73	0,73 0,70	
 $L \geq 20 \text{ mm}$ σε απόσταση	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	
	2 3	1,00 1,00	0,99 0,98	0,98 0,97	0,97 0,96	0,96 0,93	- -	

Σημειώσεις: 1. Οι συντελεστές ισχύουν για απλές σειρές (στρώσεις) καλωδίων όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Δεν ισχύουν για καλώδια τοποθετημένα σε περισσότερες στρώσεις σε επαφή μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση οι συντελεστές πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότεροι και πρέπει να προσδιορίζονται με μια κατάλληλη μέθοδο.
 2. Οι συντελεστές δίνονται για κατακόρυφη απόσταση μεταξύ φορέων τουλάχιστον 300mm και μεταξύ φορέων και τοίχου τουλάχιστον 20 mm. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.
 3. Οι συντελεστές δίνονται για οριζόντια απόσταση μεταξύ φορέων 225 mm με τους φορείς τοποθετημένους όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-E5

Συντελεστές διόρθωσης για την ομαδοποίηση περισσότερων από ένα μονοπολικών καλωδίων.

Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος των μονοπολικών καλωδίων που δίνονται στον Πίνακα 52-K2

Τρόπος εγκατάστασης	Πλήθος φορέων	Πλήθος τριφασικών κυκλωμάτων (Βλ. σημείωση 4)			
		1	2	3	
Οριζόντιοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (Βλ. σημείωση 2)		1	0,98	0,91	0,87
	2	0,96	0,87	0,81	
	3	0,95	0,85	0,78	
$L \geq 20 \text{ mm}$ σε επαφή					
Κατακόρυφοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (Βλ. σημείωση 3)		1	0,96	0,86	-
	2	0,95	0,84	-	
$L \geq 225 \text{ mm}$ σε επαφή					
Εσχάρες καλωδίων, συρμάτινα πλέγματα, βραχίονες (Βλ. σημείωση 2)		1	1,00	0,97	0,96
	2	0,98	0,93	0,89	
	3	0,97	0,90	0,86	
$L \geq 20 \text{ mm}$ σε επαφή					
Οριζόντιοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (Βλ. σημείωση 2)		1	1,00	0,98	0,96
	2	0,97	0,93	0,89	
	3	0,96	0,92	0,86	
$L \geq 20 \text{ mm}$ σε απόσταση					
Κατακόρυφοι διάτρητοι φορείς καλωδίων (Βλ. σημείωση 3)		1	1,00	0,91	0,89
	2	1,00	0,90	0,86	
$L \geq 225 \text{ mm}$ σε απόσταση					
Εσχάρες καλωδίων, συρμάτινα πλέγματα, βραχίονες (Βλ. σημείωση 2)		1	1,00	1,00	1,00
	2	0,97	0,95	0,93	
	3	0,96	0,94	0,90	
$L \geq 20 \text{ mm}$ σε επαφή					

Σημειώσεις: 1.Οι συντελεστές ισχύουν για απλές σειρές (στρώσεις) καλωδίων σε τριγωνικές διατάξεις όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Δεν ισχύουν για καλώδια τοποθετημένα σε ανήκουν περισσότερες στρώσεις σε επαφή μεταξύ τους Σε αυτή την περίπτωση οι συντελεστές πρέπει να είναι σημαντικά χαμηλότεροι και πρέπει να προσδιορίζονται με μια κατάλληλη μέθοδο.

2.Οι συντελεστές δίνονται για κατακόρυφη απόσταση μεταξύ φορέων τουλάχιστον 300mm Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.

3.Οι συντελεστές δίνονται για οριζόντια απόσταση μεταξύ 225 mm με τους φορείς τοποθετημένους όπως φαίνεται στα παραπάνω σχέδια. Για μικρότερες αποστάσεις οι συντελεστές πρέπει να μειώνονται.

4. Για κυκλώματα με περισσότερα από ένα καλώδια σε παράλληλη σύνδεση σε κάθε φάση, κάθε ομάδα τριών αγωγών, πρέπει, για την εφαρμογή αυτού του Πίνακα, να θεωρείται ως ένα κύκλωμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κωνσταντίνος Θ. Δέρβος, «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ από τη Θεωρία στην Πράξη», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. , Αθήνα 2013
2. Κωνσταντίνος Θ. Δέρβος « Εισαγωγή στα ημιαγώγιμα υλικά και Φ/Β διατάξεις», Ε.Μ.Π. , Αθήνα 2011
3. Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62446
4. Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384
5. Έκθεση για τις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φ/Β συστημάτων στις στέγες (Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας)
6. Μηνιαίο δελτίο συστήματος συναλλαγών ΗΕΠ Μαΐου 2013 (ΛΑΓΗΕ)
7. Μηνιαίο δελτίο συστήματος συναλλαγών ΗΕΠ Φεβρουαρίου 2013 (ΛΑΓΗΕ)
8. Μηνιαίο δελτίο συστήματος συναλλαγών ΗΕΠ Μαΐου 2012 (ΛΑΓΗΕ)
9. <http://www.ypeka.gr/>
10. <http://www.lagie.gr/>
11. <http://el.wikipedia.org/>
12. <http://el.wikibooks.org/>
13. <http://www.energypress.gr/>