



ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ – ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΤΙΣ ΣΤΕΓΕΣ

Ε. Τσοτσόλη
Σ. Μυλωνάς

Γενικά για το σεμινάριο

1^η ενότητα

Γνωριμία με τον χώρο

- Έξοδοι κινδύνου
- Κάπνισμα
- Χώροι υγιεινής
- Διαλείμματα
- Χρήση κινητών τηλεφώνων



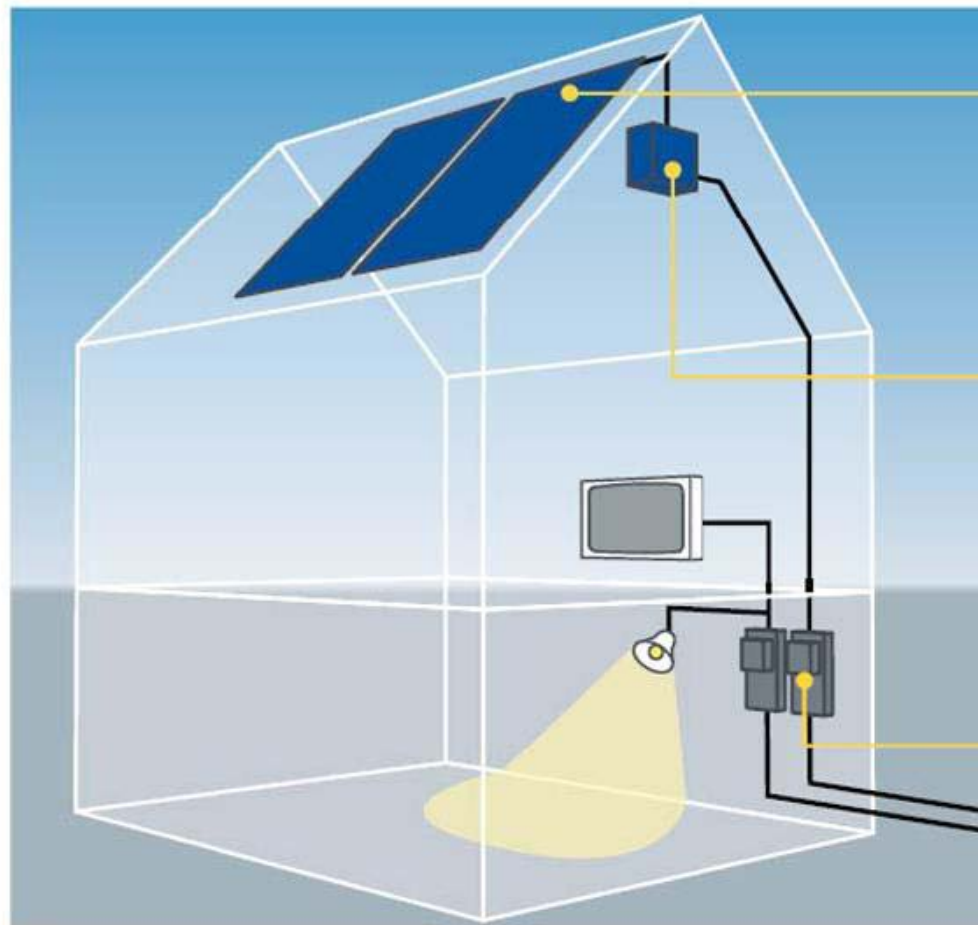
Λίγα λόγια για το πρόγραμμα

- **ΤΡΙΤΗ 15/03** – ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΒ ΣΤΙΣ ΣΤΕΓΕΣ. (ΕΛΛΗ ΤΣΟΤΣΟΛΗ – ΔΙΠΛ. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ)
- **ΤΕΤΑΡΤΗ 16/03** – ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΚΓΑΤΑΣΤ ΦΒ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ. (Σ.ΜΥΛΩΝΑΣ– ΔΙΠΛ. ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ)
- **ΠΕΜΠΤΗ 17/03** – ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΩΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗ. (ΜΑΝΩΛΗΣ ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ – ΟΙΚΟΝΟΜΟΛΟΓΟΣ)
 - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΧΟΡΗΓΩΝ – Κλείσιμο σεμιναρίου
- **ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 18/03** – Έχει ζητηθεί να γίνει ενημέρωση από τη ΔΕΗ. Θα γίνει επιβεβαίωση την Πέμπτη

Μελέτη έργων κατασκευής Φ/Β σταθμών σε στέγες/ δώματα

Εισηγητής: Τσοτσόλη Ελισάβετ
Ηλεκτρολόγος Μηχ. & Μηχ. Η/Υ, M.Sc.

Εισαγωγή

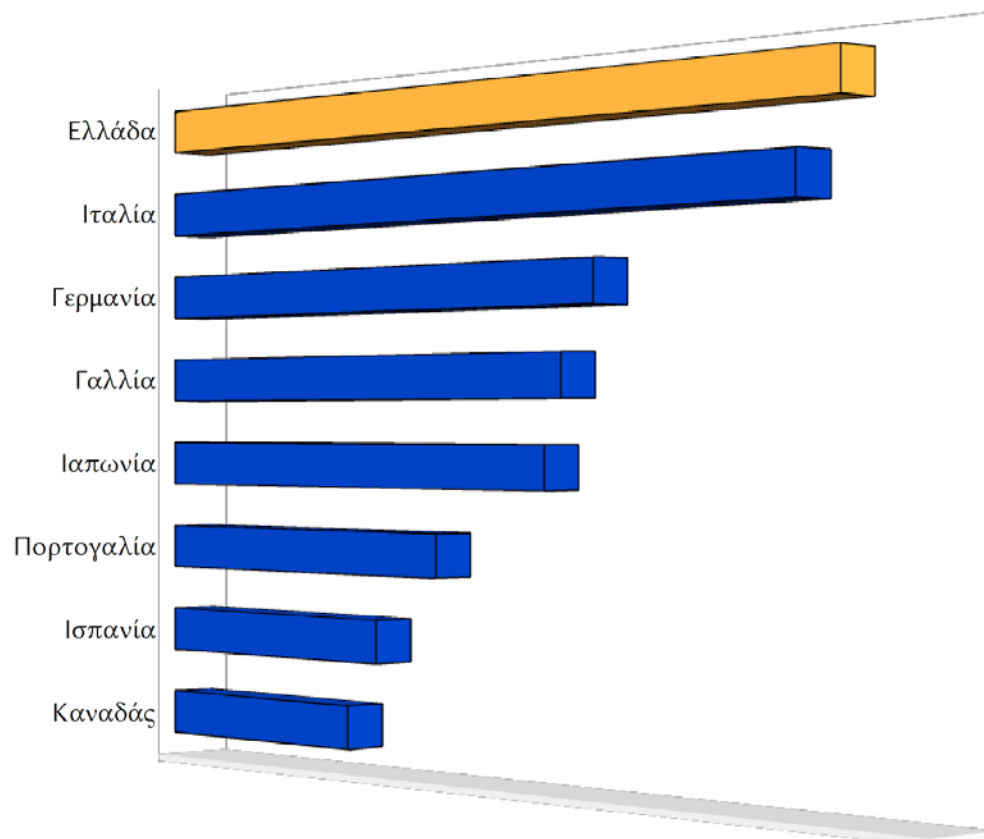


Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Αντιστροφέας

Μετρητές
εξερχόμενου και
εισερχόμενου ρεύματος

Πόλος έλξης η χώρα μας για το 2010 όσον αφορά τα Φ/Β στις στέγες



Πηγή: Τράπεζα Sarasin (Ελβετία), Νοέμβριος 2009

Φ/Β Σταθμός σε δώμα



Φ/Β σταθμός σε στέγη



ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ

1. Επιλογή του τύπου των φωτοβολταϊκών γεννητριών που θα εγκατασταθούν
2. Προσδιορισμός της μέγιστης ονομαστικής ισχύος που μπορεί να εγκατασταθεί – Χωροθέτηση Φ/Β Σταθμού
3. Διαστασιολόγηση του Φ/Β Σταθμού και επιλογή των κατάλληλων μετατροπών
4. Ηλεκτρολογική μελέτη του Σταθμού
5. Κατασκευή μονογραμμικού ηλεκτρολογικού σχεδίου

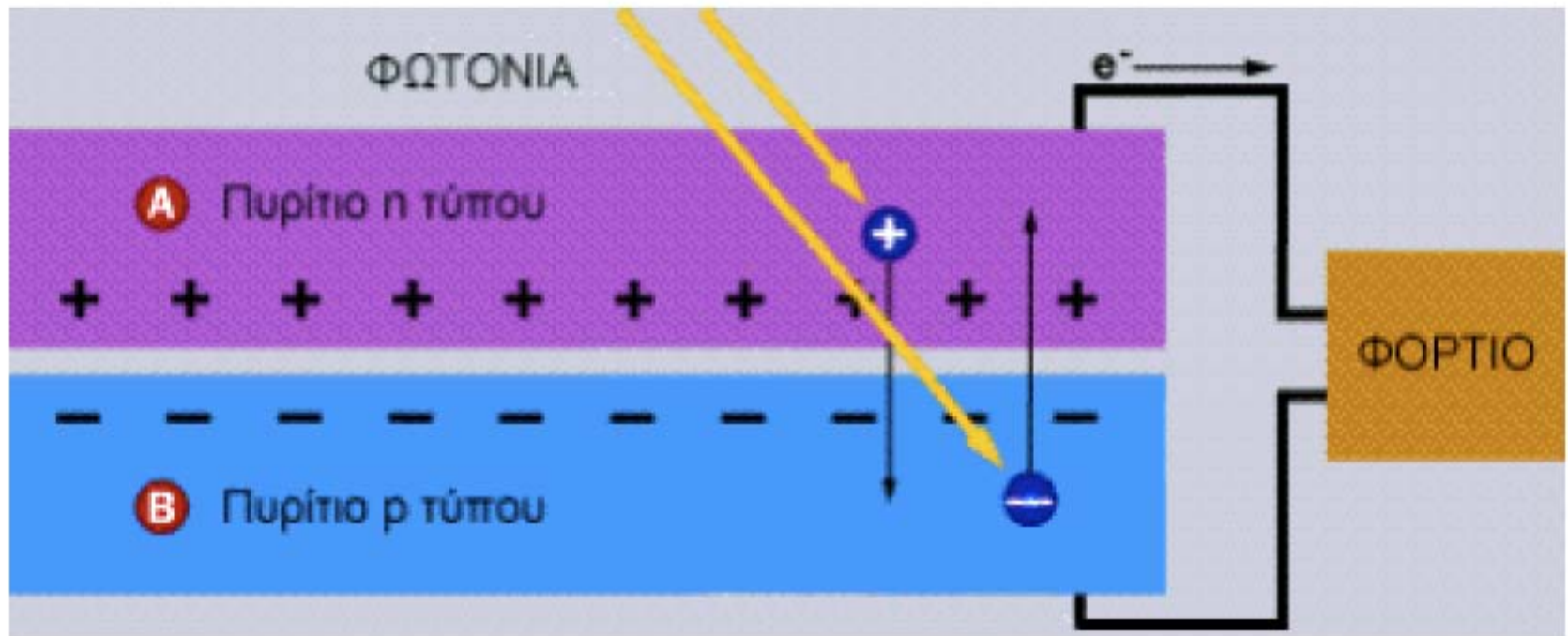
Φωτοβολταικά στοιχεία/κελιά

- ▶ Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων βασίζεται στην ικανότητα των ημιαγωγών να μετατρέπουν αμέσως το ηλιακό φως σε ηλεκτρισμό με τη βοήθεια του φωτοβολταϊκού φαινομένου.
- ▶ Τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με την μορφή ενός δίσκου, όπου η ένωση p-n εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου και δέχεται την ακτινοβολία.
- ▶ Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει την δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει το ηλεκτρόνιο.
- ▶ Δημιουργείται έτσι και για όσο διαρκεί η ακτινοβολήση, μια περίσσεια από ζεύγη φορέων ελεύθερων ηλεκτρονίων-οπών, πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας.
- ▶ Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n, οπότε θα δεχτούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου.

Φωτοβολταικά στοιχεία / κελιά

- ▶ Έτσι, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p , με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των τμημάτων της διόδου.
- ▶ Δηλαδή η διάταξη αποτελεί μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου.
- ▶ Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.
- ▶ Η αποδοτική λειτουργία των ηλιακών φωτοβολταϊκών στοιχείων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην πρακτική εκμετάλλευση του παραπάνω φαινομένου.

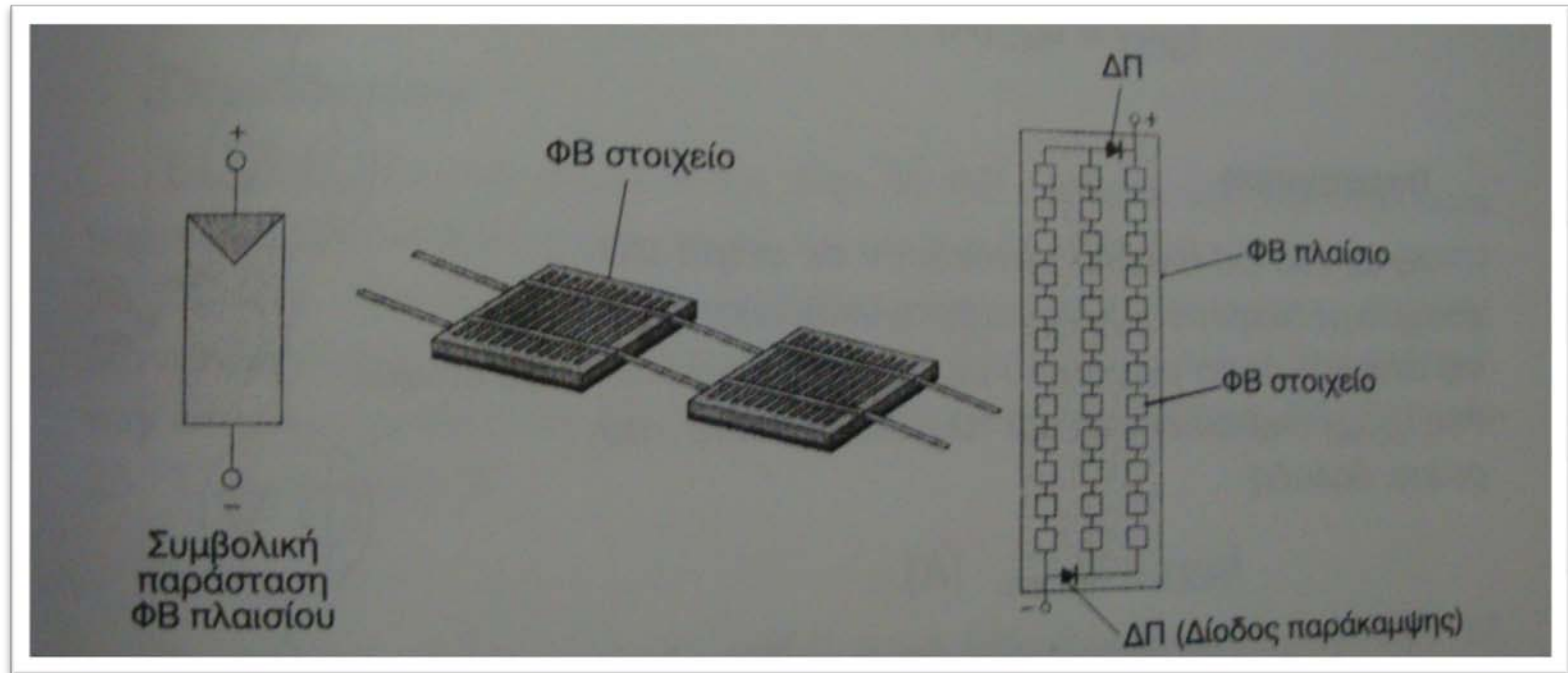
Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο



Φωτοβολταϊκό στοιχείο

- ▶ Η τάση που εκδηλώνει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου σε κανονική ηλιακή ακτινοβολία είναι έως $0,5 \text{ V}$ και η ηλεκτρική ισχύς που παράγει δεν ξεπερνά το $0,4 \text{ W}$ περίπου.
- ▶ Πολύ μικρές τιμές για την τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων.
- ▶ Λύση: Σύνδεση των ΦΒ σε σειρά κατά τρόπο ανάλογο της σύνδεσης των ηλεκτρικών πηγών
- ▶ Φωτοβολταϊκό πλαίσιο : Ένα σύνολο ΦΒ στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά έτσι ώστε να αποτελούν εύχρηστη σε μέγεθος μονάδα

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο



Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

- ▶ Τάση ανοιχτού κυκλώματος Φ/Β πλαισίου:

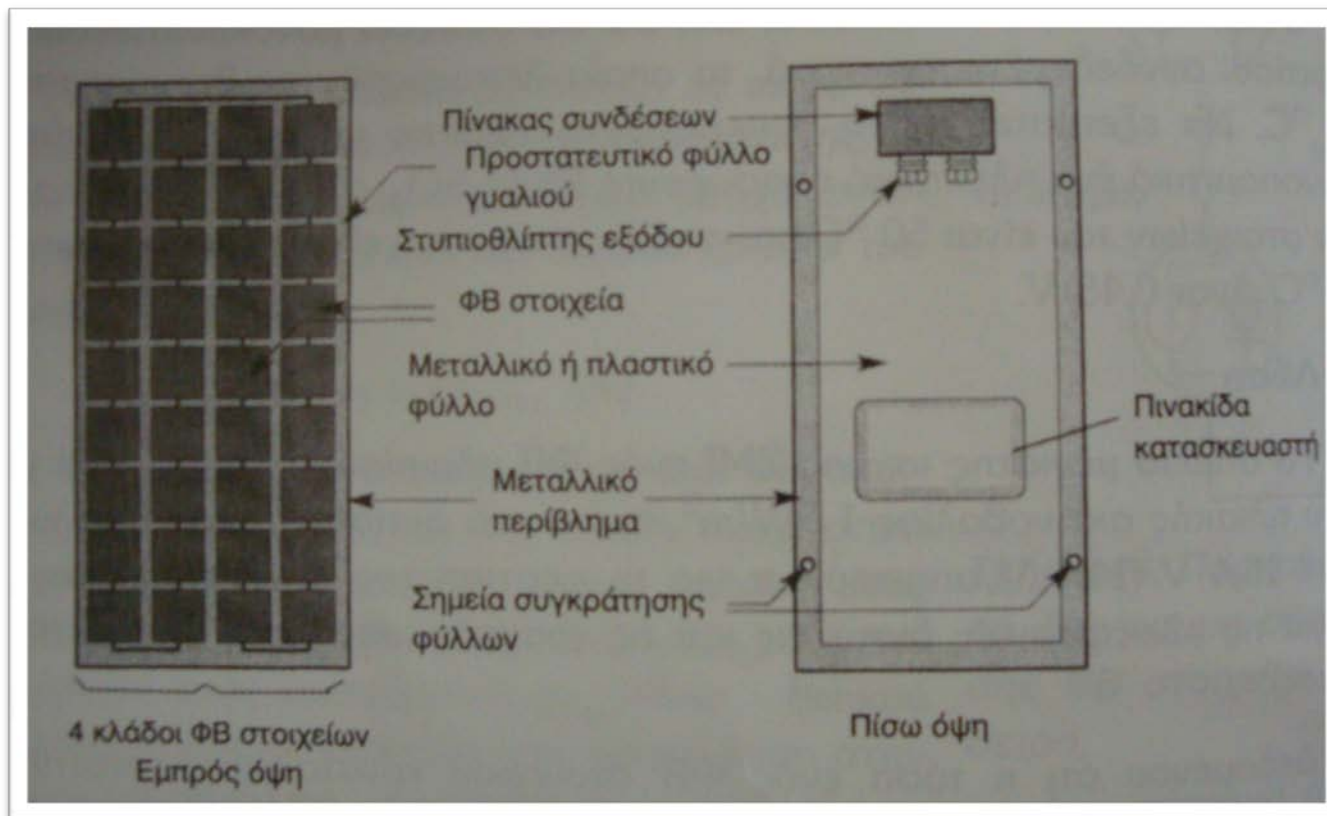
$V_{OCΠ} = N * V_{OC}$ όπου N : αριθμός όμοιων ΦΒ στοιχείων και V_{OC} : τάση ανοιχτού κυκλώματος ενός ΦΒ στοιχείου

$I_{SCΠ} = I_{SCmin}$ Αν σε ένα ΦΒ πλαίσιο συνδεθούν σε σειρά ΦΒ στοιχεία με διαφορετικό ρεύμα βραχυκύκλωσης τότε το ΦΒ στοιχείο με το μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{SCmin} επιβάλλει στο ΦΒ πλαίσιο το δικό του ρεύμα

Κατασκευή ΦΒ πλαισίων

- ▶ Κατασκευάζονται σε μορφή σάντουιτς
- ▶ Πάνω σε ένα φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό στερεώνονται τα ΦΒ στοιχεία με κατάλληλη κολλητική ουσία.
- ▶ Το φύλλο αυτό αποτελεί την πλάτη του πλαισίου
- ▶ Η εμπρός όψη των στοιχείων καλύπτεται από προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού.
- ▶ Τα δύο φύλλα εμπρός και πίσω συγκρατούνται μεταξύ τους με τη βοήθεια ταινίας από συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα
- ▶ Κατασκευή που εξασφαλίζει την απαραίτητη μηχανική αντοχή, τις υποδοχές στήριξης και την αυξημένη στεγανότητα για προστασία από την υγρασία

Κατασκευή ΦΒ πλαισίων



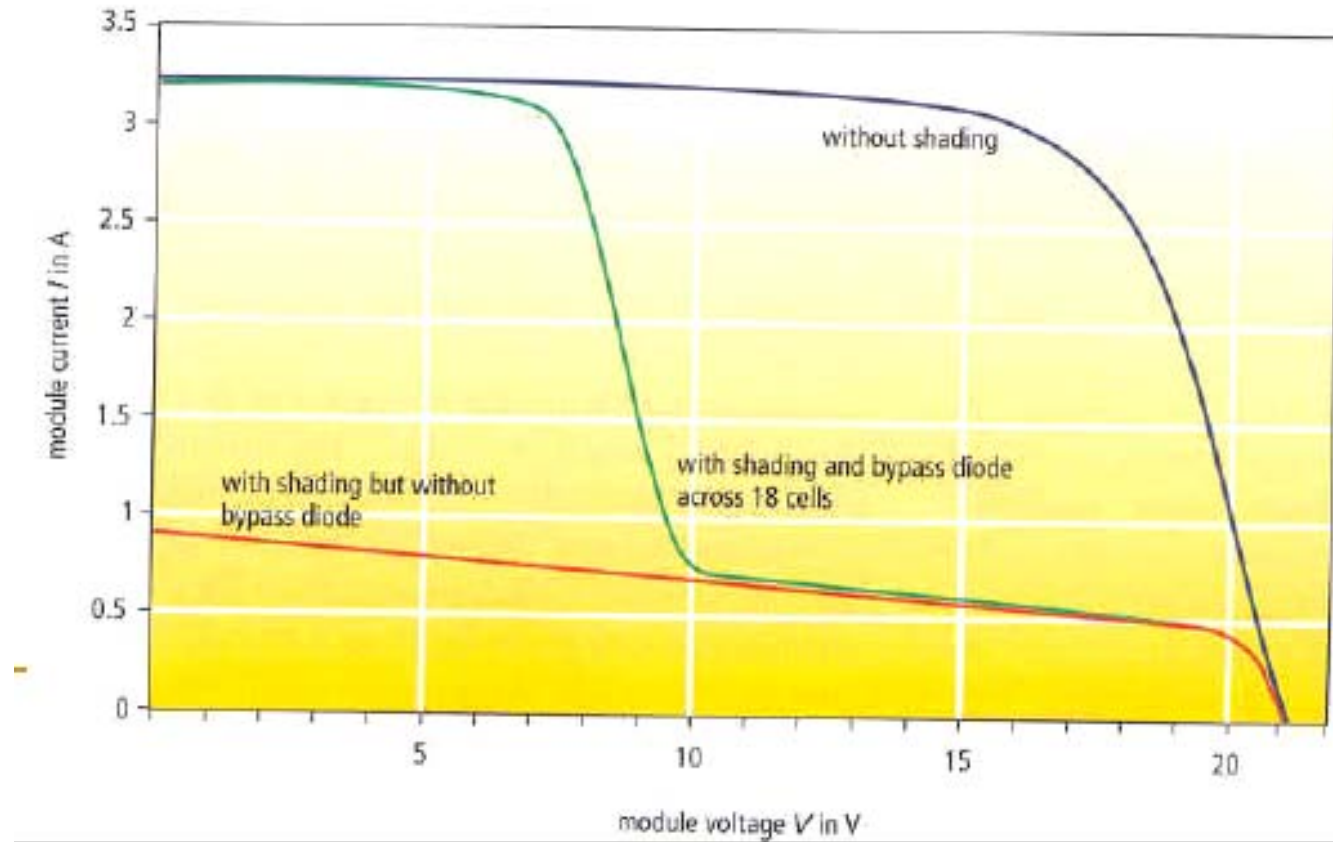
Προβλήματα Φ/Β πλαισίου (Μερική Σκίαση)

- ▶ Υπερθέρμανση Φ/Β στοιχείου
- ▶ Όταν ένα ΦΒ στοιχείο δεν δέχεται την προσπίπτουσα στο ΦΒ πλαίσιο ηλιακή ακτινοβολία (μερική σκίαση) σταματάει να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα
- ▶ Επειδή όμως τα ΦΒ στοιχεία συνδέονται σε σειρά, και μοντελοποιούνται ως δίοδοι το στοιχείο με το μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης επιβάλλει στο ΦΒ πλαίσιο το δικό του ρεύμα και συνεπώς το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα από το πλαίσιο τείνει στο μηδέν.
- ▶ Ταυτόχρονα, το σκιασμένο ΦΒ στοιχείο δέχεται το άθροισμα των τάσεων όλων των άλλων στοιχείων ανάστροφα και αρχίζει να υπερθερμαίνεται
- ▶ Το φαινόμενο αυτό προκαλεί τελικά την καταστροφή του ΦΒ στοιχείου!!!!
- ▶ Αναγνώριση κατεστραμμένου ΦΒ στοιχείου: Αποκτά καφέ χρώμα!!

Προστασία από τη μερική σκίαση

- ▶ Η προστασία της εγκατάστασης εξασφαλίζεται με την παράλληλη σύνδεση μιας διόδου παράκαμψης (by-pass diode) σε κάθε ομάδα ΦΒ στοιχείων του πλαισίου
- ▶ Η δίοδος διατηρεί την ανάστροφη τάση σε μια σειρά ΦΒ στοιχείων σε συγκεκριμένη τιμή έτσι ώστε ακόμα και αν κάποιο ΦΒ στοιχείο σκιαστεί ή ακόμα και καταστραφεί να μπορεί να λειτουργεί κανονικά το ΦΒ πλαίσιο.
- ▶ Πολύ σημαντικός ο έλεγχος καλής λειτουργίας της διόδου παράκαμψης!!!!

Επίδραση Διόδου παράκαμψης (by - pass - diode)



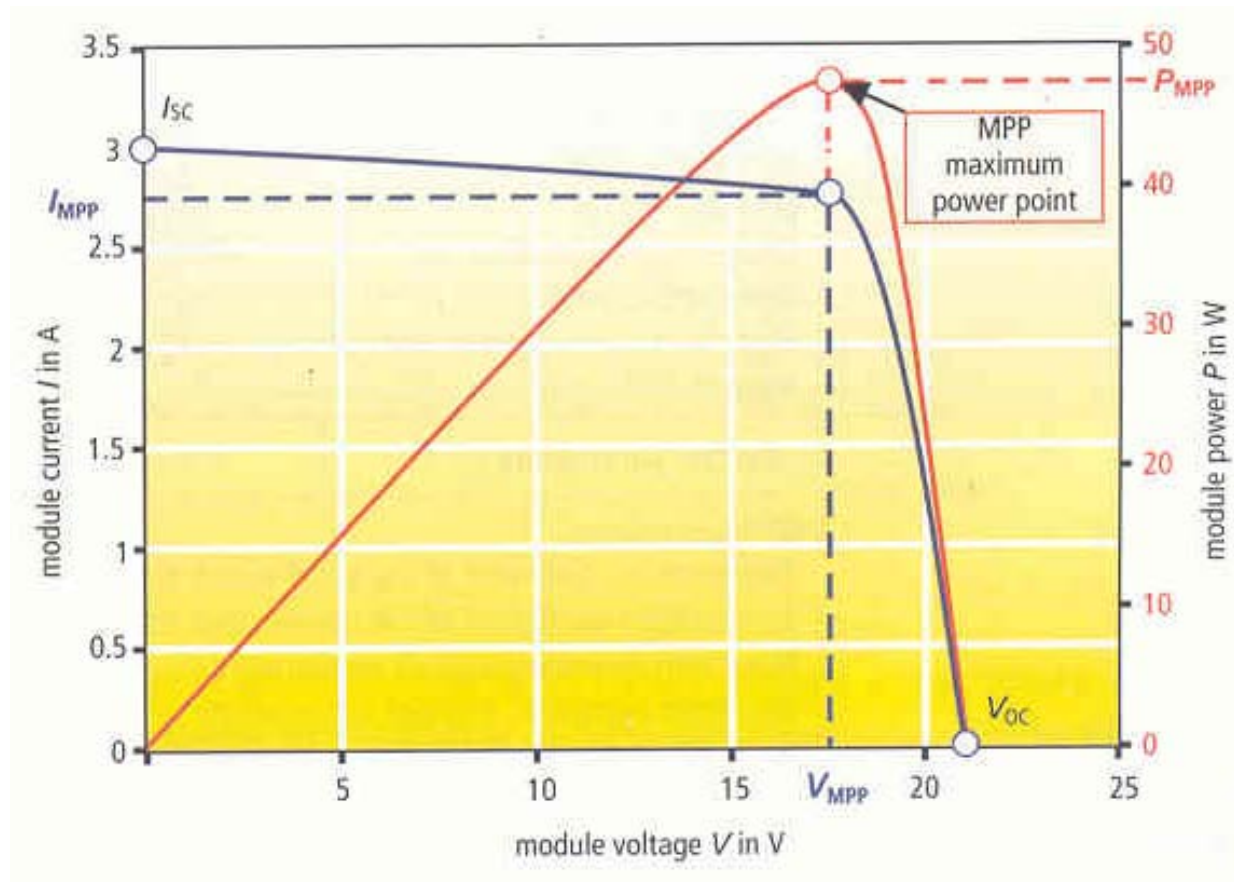
Τύποι ΦΒ πλασίων

- ▶ Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο: Υψηλό κόστος κατασκευής, βαθμός απόδοσης της κυψέλης 16–18%, βαθμός απόδοσης του πλασιού 12–14%.
- ▶ Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο: Χαμηλότερο κόστος κατασκευής, αλλά και μικρότερος βαθμός απόδοσης σε σχέση με το μονοκρυσταλλικό.
- ▶ Άμορφο πυρίτιο: Πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής αλλά ο βαθμός απόδοσης είναι περίπου ο μισός (8–9% ανα κυψέλη) του κρυσταλλικού.
- ▶ Λεπτά υμένια: Νέος τύπος Φ/Β από υλικά όπως Ινδίο, Καδμίο, Τελλούριο, Αρσενικούχο Γάλλιο

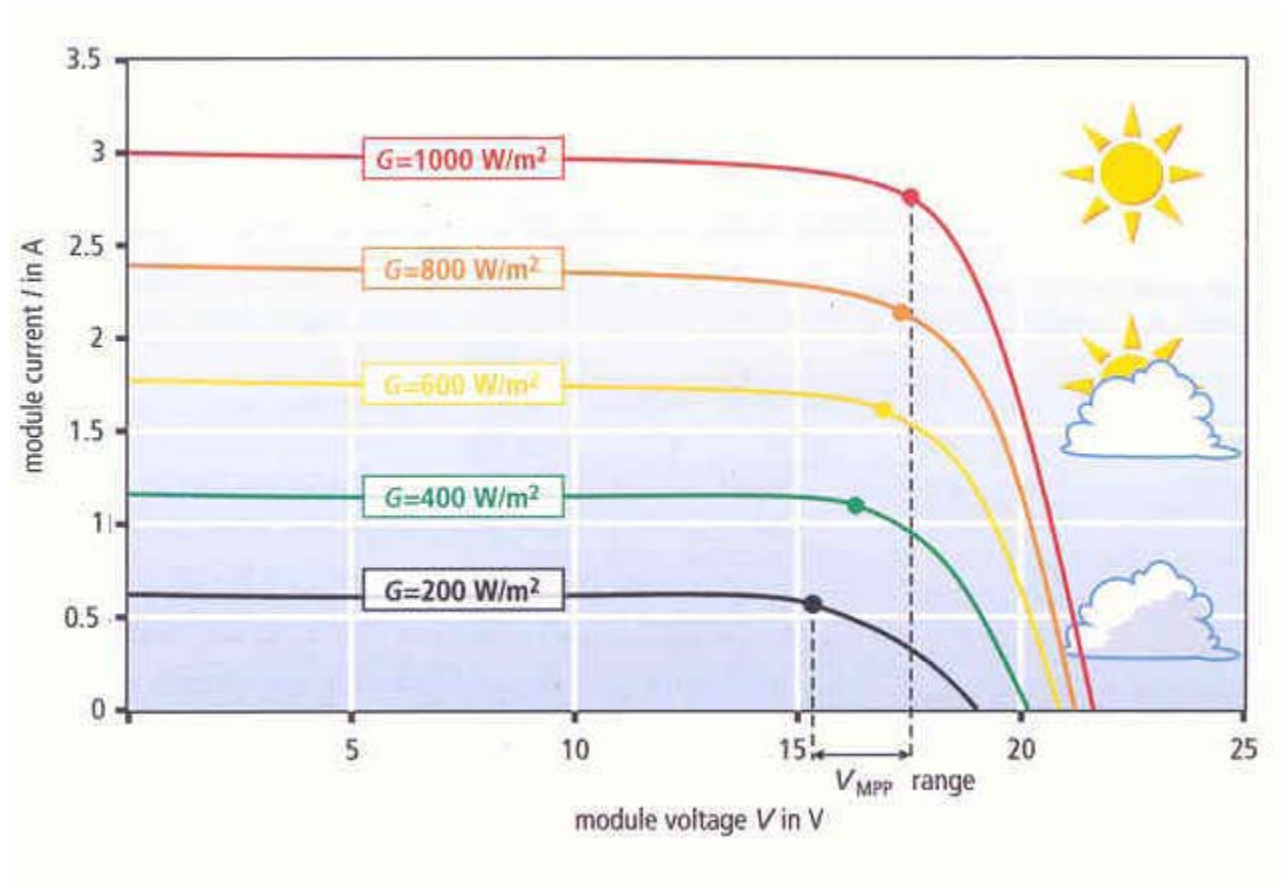
Ονομαστικές συνθήκες

- ▶ Η ισχύς των Φ/Β panels, δίνεται σαν μέγιστη ισχύς από τους κατασκευαστές σε κάποιες συνθήκες οι οποίες ονομάζονται «τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου» (standard testing conditions, STC)
- ▶ Αυτές είναι:
- ▶ Θερμοκρασία κυψέλης: 25°C
- ▶ Ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του πλαισίου: 1000 W/m²
- ▶ AM 1.5 (Αντιστοιχεί σε φάσμα ηλιακής ακτινοβολίας όταν ο ήλιος είναι 45° επάνω από τον ορίζοντα. Όταν ο ήλιος είναι στο μέγιστο σημείο του έχουμε AM1).

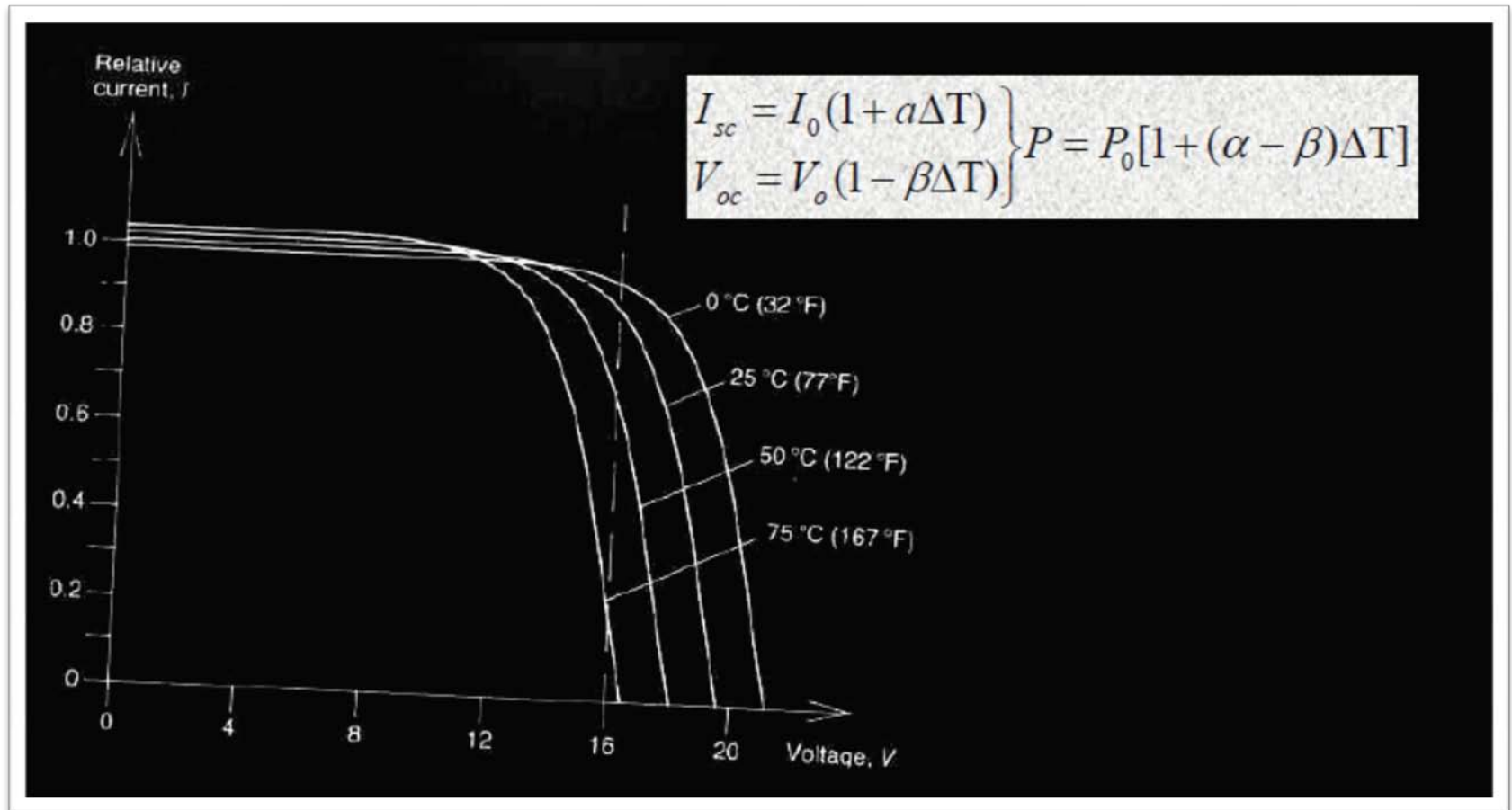
Χαρακτηριστική V-I



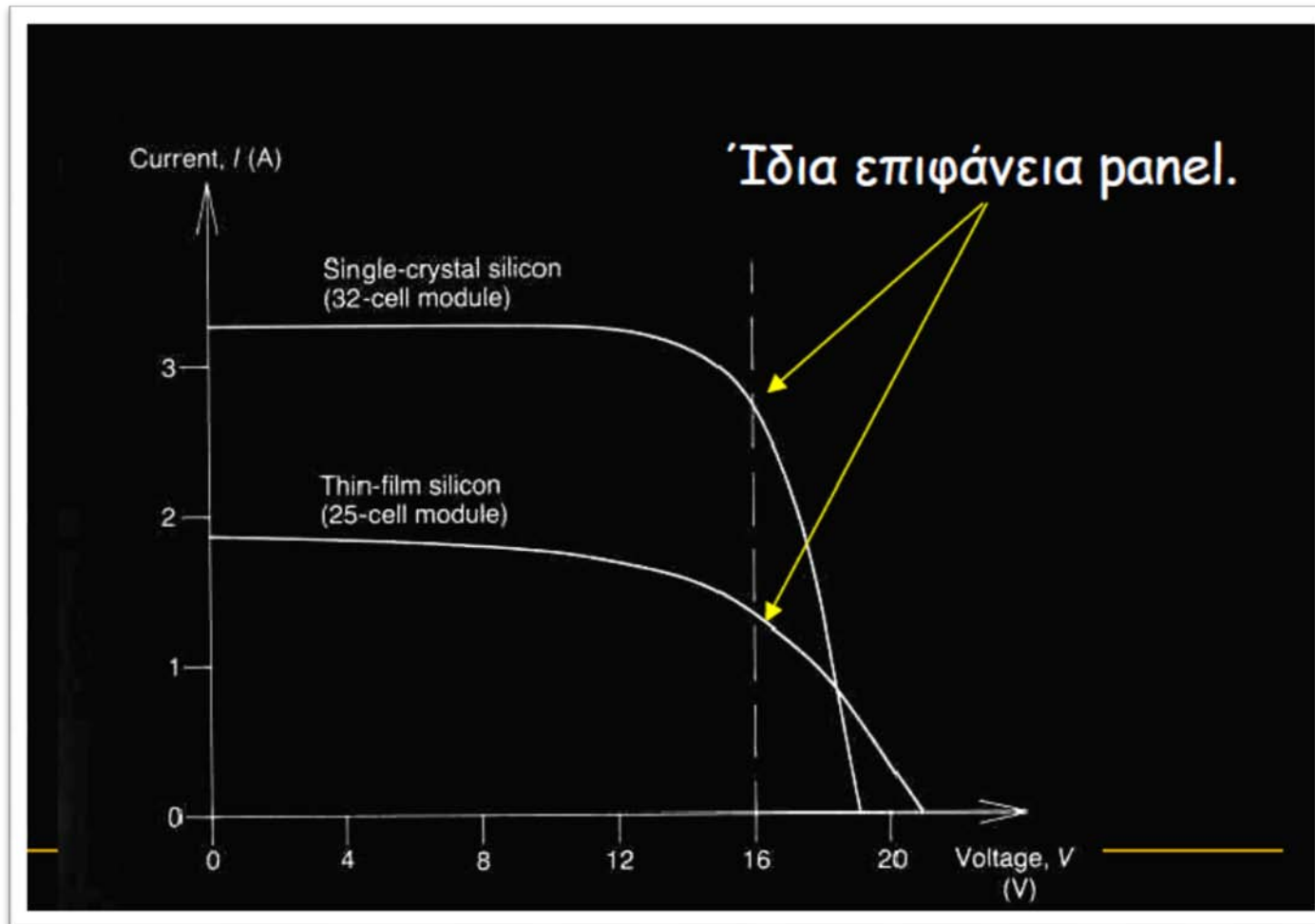
Επίδραση Ηλιακής Ακτινοβολίας



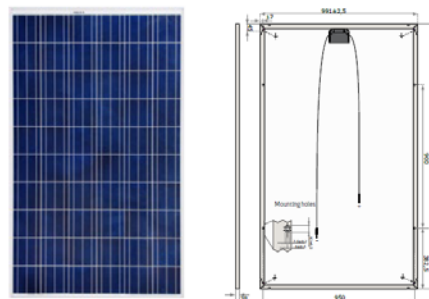
Επίδραση της θερμοκρασίας της κυψέλης



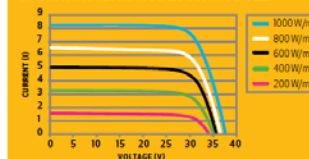
Επίδραση του υλικού κατασκευής



Τεχνικές προδιαγραφές ΦΒ πλαστίου πολυκρυσταλλικού πυριτίου



IV CHARACTERISTICS 235W MODULE



14.2
63
25

EFFICIENCY

MONTHS WORKMANSHIP WARRANTY

YEAR POWER OUTPUT WARRANTY

ELECTRICAL DATA @ STC	REC215PE	REC220PE	REC225PE	REC230PE	REC235PE	REC240PE
Peak Power Watts - P_{max} (Wp)	215	220	225	230	235	240
Watt Class Tolerance - P_{100} (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Watt Class Tolerance - P_{100} (%)	0/+2	0/+2	0/+2	0/+2	0/+2	0/+2
Maximum Power Voltage - V_{mp} (V)	28.3	28.7	29.1	29.4	29.8	30.4
Maximum Power Current - I_{mp} (A)	7.6	7.7	7.7	7.8	7.9	7.9
Open Circuit Voltage - V_{oc} (V)	36.3	36.6	36.8	37.1	37.4	37.7
Short Circuit Current - I_{sc} (A)	8.1	8.2	8.2	8.3	8.3	8.4
Module Efficiency (%)	13.0	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000 W/m², Cell temperature 25 °C)

TEMPERATURE RATINGS (235 W RATED MODULE)

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	47.9 °C ($\pm 2^\circ$ C)
Temperature Coefficient of P_{mp}	-0.46 %/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.32 %/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.011 %/°C

CERTIFICATION



Certified according to UL1703,
IEC 61215 and IEC 61730

MECHANICAL DATA

Dimensions	1665 x 991 x 38 mm
Area	1.65 m²
Weight	18kg

GENERAL DATA

Cell Type	60 REC PE multi-crystalline cells 3 strings of 20 cells - 3 by-pass diodes
Glass	High-transparency solar glass with antireflection surface treatment by Sunarc Technology
Back sheet	Double layer high performance polyester
Frame	Anodized aluminium
Cable	Radox 4mm² solar cables, 0.90m +1.20m
Connectors	Radox 4mm² twist locking connector

WARRANTY

10 years limited warranty of 90% power output
25 years limited warranty of 80% power output
63 months workmanship warranty

MAXIMUM RATINGS

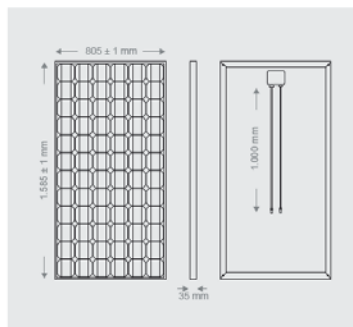
Operational Temperature	-40 ... +80°C
Maximum System Voltage	1000V
Maximum Load	551 kg/m² (5400 Pa)
Maximum Wind Speed	197 km/h (safety factor 3)
Max Series Fuse Rating	15A
Max Reverse Current	15A

Note! Specifications subject to change without notice.

REC is a leading vertically integrated player in the solar energy industry. REC is among the world's largest producers of polysilicon and wafers for solar applications, and a rapidly growing manufacturer of solar cells and modules. REC is also engaged in project development activities in selected PV segments. Founded in Norway, REC is an international solar company, employing more than 4,000 people worldwide. REC had revenues in excess of NOK 9 billion in 2009.

Τεχνικές προδιαγραφές ΦΒ πλαισίου μονόκρυσταλλικού πυριτίου

Διαστάσεις



Γενικά Στοιχεία

Τεχνολογία	Γυαλί-Foil-Laminate; Αλουμινίου Πλαίσιο
Κατάστρωμα	Προς υλικό υψηλής διαφάνειας ηλιακό γυαλί (Σκληρυμένο), 4mm
Επιστροφή υλικό	Tedlar - Polyester-Tedlar λευκό; υλικό
Ηλιακά κύτταρα	72 μονοκρυσταλλικά
Διαστάσεις κελιών	125 mm x 125 mm
Ενοούματη	2 x 1.000 mm / 4 mm ² Tyco Solarlok σύνδεσης
Σύστημα τάσης	1.000 V
Βάρος	16 kg
IP βαθμό προστασίας	IP 65
Μηχανική Τελευταίος	δοκιμάζονται έως 5.400 Pa
Ικανότητα φορτίου	δοκιμάζονται έως 5.400 P

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε STC

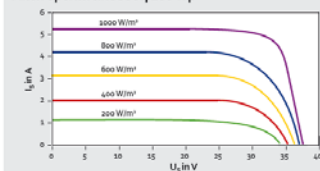
STC: Standard Test Conditions: Ένταση ακτινοβολίας 1000 W/m², Φασματική κατανομή AM 1.5, θερμοκρασία 25 ± 2° C, σύμφωνα με το EN 60904-3

Όνομα συλλέκτη	SSM-170M	SSM-175M	SSM-180M	SSM-185M	SSM-190M
Ονομαστική ισχύς P_{max}	170 Wp	175 Wp	180 Wp	185 Wp	190 Wp
Ονομαστική U_{mp}	35,25 V	35,5 V	36,0 V	36,05 V	37,0 V
Ονομαστικό ρεύμα I_{mp}	4,82 A	4,93 A	5,0 A	5,14 A	5,15 A
τάσης κυκλώματος U_{oc}	44,3 V	44,5 V	44,9 V	45,0 V	45,0 V
Βραχυκύκλωμα τρέχουσα I_{sc}	5,36 A	5,40 A	5,52 A	5,53 A	5,5 A
Ενότητα Απόδοση	13,3 %	13,7 %	14,1 %	14,5 %	14,9 %

Ανοχές μέτρησης σε σχέση με P_{max} ± 3%

Καμπύλη

Τρέχουσα-χαρακτηριστική τάση σε διάφορα Ακτινοβολία απόδοση 180 Wp



Thermische Eigenschaften

Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-40 ... +85 °C
Εύρος της θερμοκρασίας περιβάλλοντος	-40 ... +45 °C
Θερμοκρασία συντελεστής P_n	-0,48 %/K
UOC θερμοκρασία συντελεστής U_{oc}	-0,34 %/K
Συντελεστής θερμοκρασίας της I_{sc}	+0,028 %/K
NOCT	44 °C

Προσδιορισμός μέγιστης ονομαστικής ισχύος-Χωροθέτηση

- ▶ Σχέδιο κάτοψης στέγης/δώματος – Αποτύπωση
- ▶ Αξιόπιστο
- ▶ Προσανατολισμένο
- ▶ Επιλογή των ΦΒ πλασιών που θα χρησιμοποιήσω ανάλογα με: τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, και την ονομαστική ισχύ τους
- ▶ Υλοποίηση Φ/Β Σταθμού με σταθερές βάσεις στήριξης (παράλληλα στη στέγη ή με κλίση)
- ▶ Χωροθέτηση

Χωροθέτηση Φ/Β πλασιών

- ▶ Βέλτιστη τοποθέτηση των Φ/Β πλασιών στο χώρο της στέγης/ δώματος ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απόδοση
- ▶ Φωτοβολταϊκή συστοιχία: Ο συνδυασμός πολλών φωτοβολταϊκών πλασιών σε σειρά ή παράλληλα σε μια επίπεδη επιφάνεια.
- ▶ Προσανατολισμός Φ/Β πλασιού: Γωνία κλίσης και αζιμούθιος γωνία

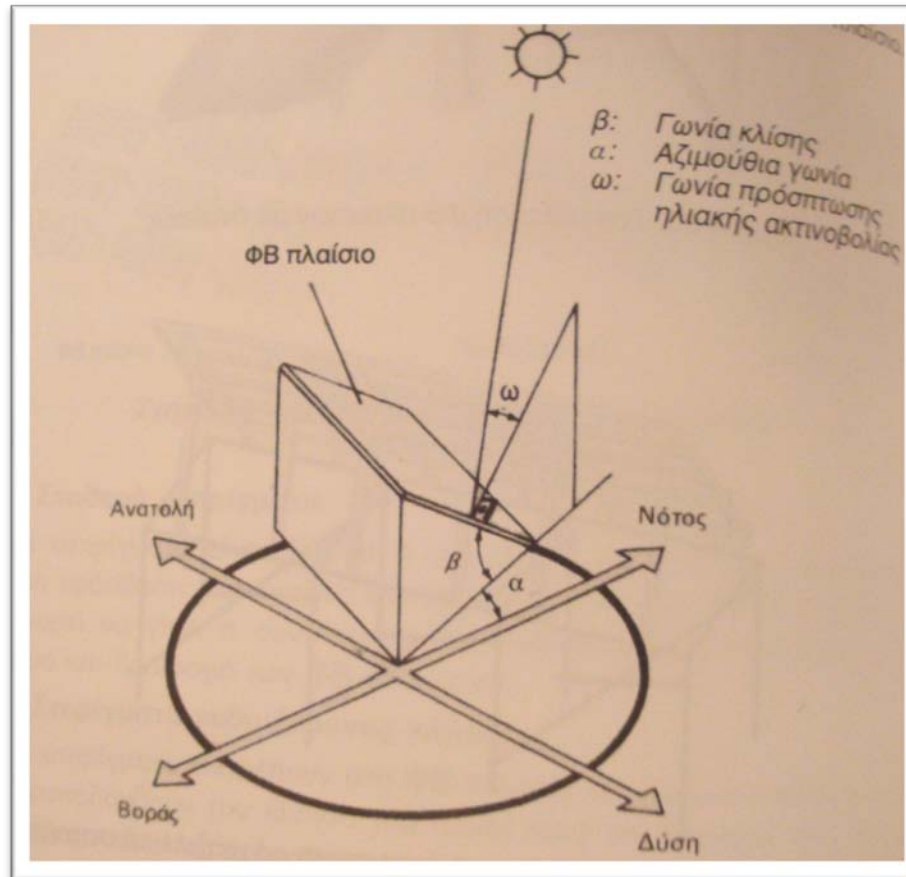
Γωνία κλίσης β – Αζιμούθιος γωνία

- ▶ Γωνία κλίσης β : Διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του Φ/B πλαισίου και στο οριζόντιο επίπεδο και δείχνει πόσο «γέρνει» το πλαίσιο
- ▶ Αζιμούθιος γωνία α : Γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή του ΦB πλαισίου στο οριζόντιο επίπεδο και το Νότο
- ▶ $\alpha = 0^\circ \Rightarrow$ τοποθέτηση Φ/B πλαισίου προς το Νότο
- ▶ $\alpha = 90^\circ \Rightarrow$ τοποθέτηση Φ/B πλαισίου προς τη Δύση
- ▶ $\alpha = -90^\circ \Rightarrow$ τοποθέτηση Φ/B πλαισίου προς την Ανατολή
- ▶ $\alpha = -180^\circ \Rightarrow$ τοποθέτηση Φ/B πλαισίου προς το Βορρά

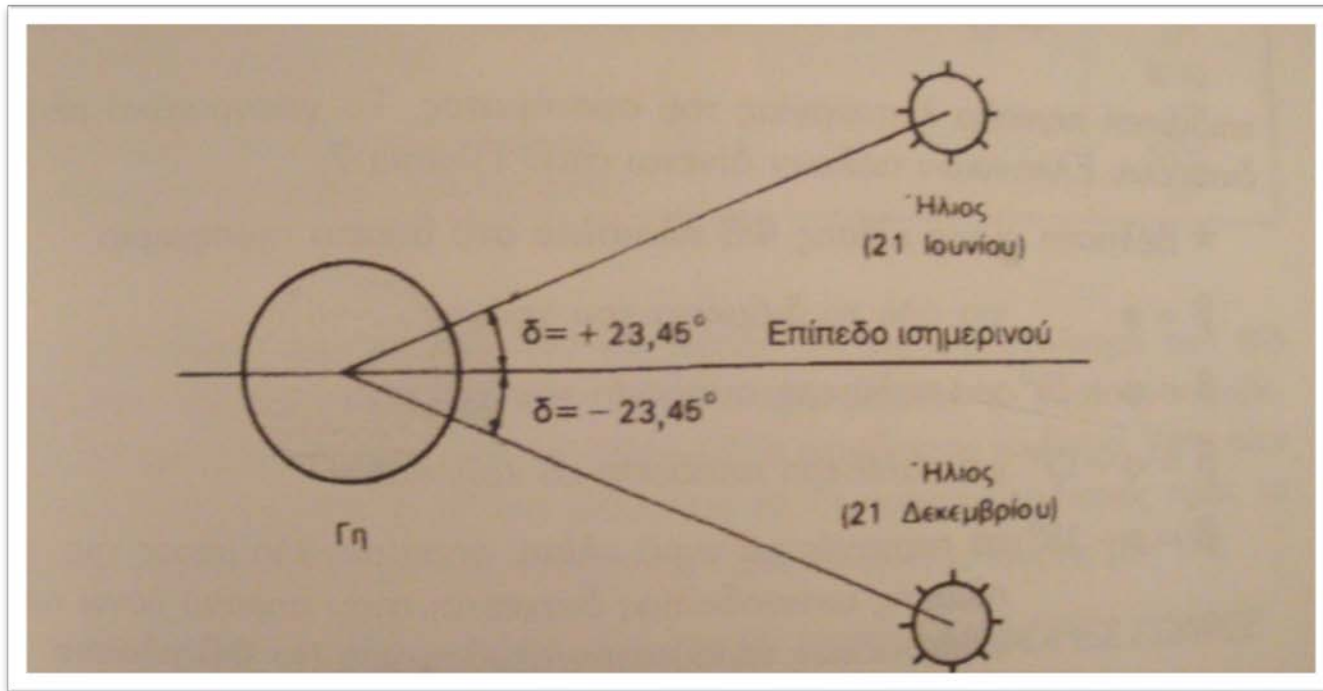
Βέλτιστη τοποθέτηση των πλαισίων

- ▶ Στο βόρειο ημισφαίριο τα ΦΒ πλαίσια τοποθετούνται προς το νότο ενώ στο νότιο προς το βορρά
- ▶ Η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε μία επιφάνεια είναι μέγιστη όταν η επιφάνεια είναι κάθετη προς την κατεύθυνση της ακτινοβολίας δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι 0°
- ▶ Όμως, δεδομένου ότι ο ήλιος συνεχώς μετακινείται κατά τη διάρκεια της ημέρας η συνθήκη γωνία πρόσπτωσης $= 0^\circ$ εξασφαλίζεται μόνο με κινητές βάσεις στήριξης (tracker)

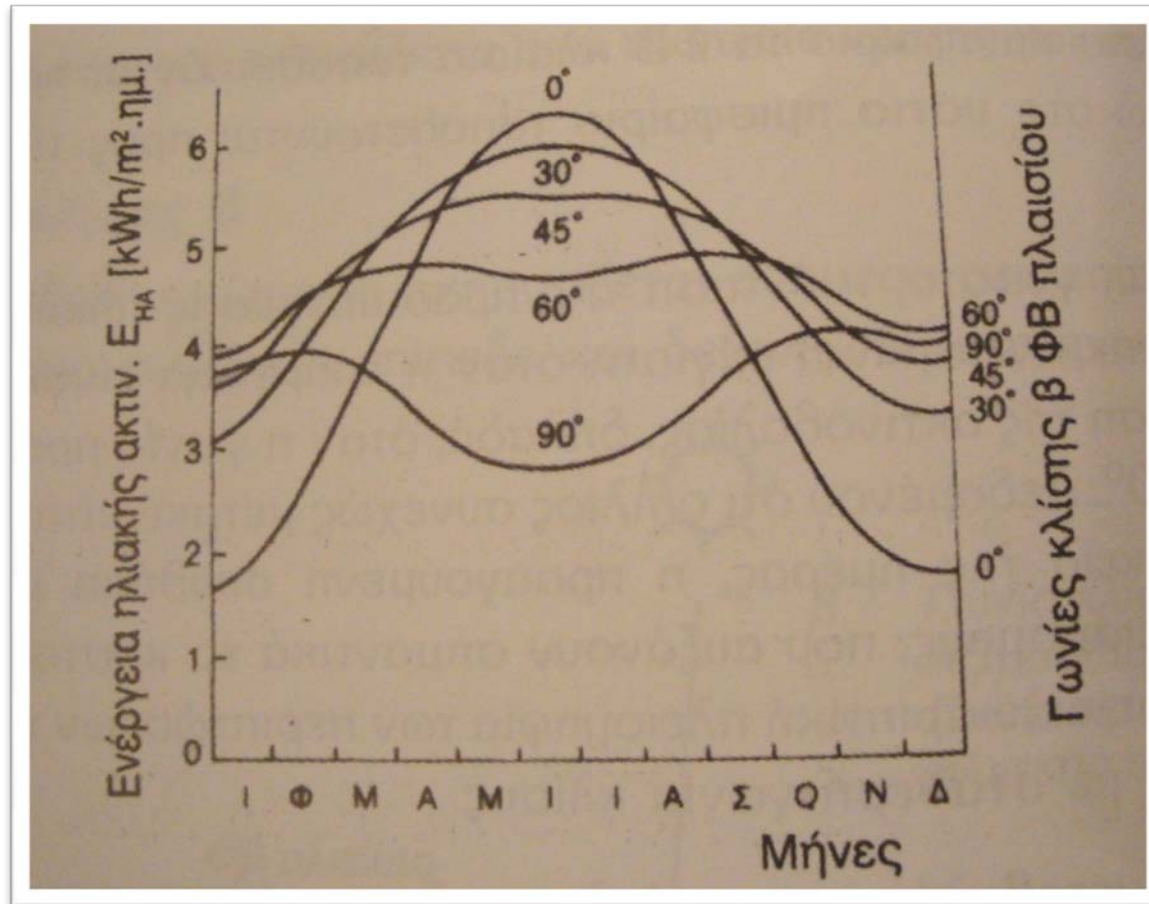
Γωνίες Προσανατολισμού ΦΒ πλασισίου στην επιφάνεια της γης



Μέγιστη απόκλιση του ήλιου κατά το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο



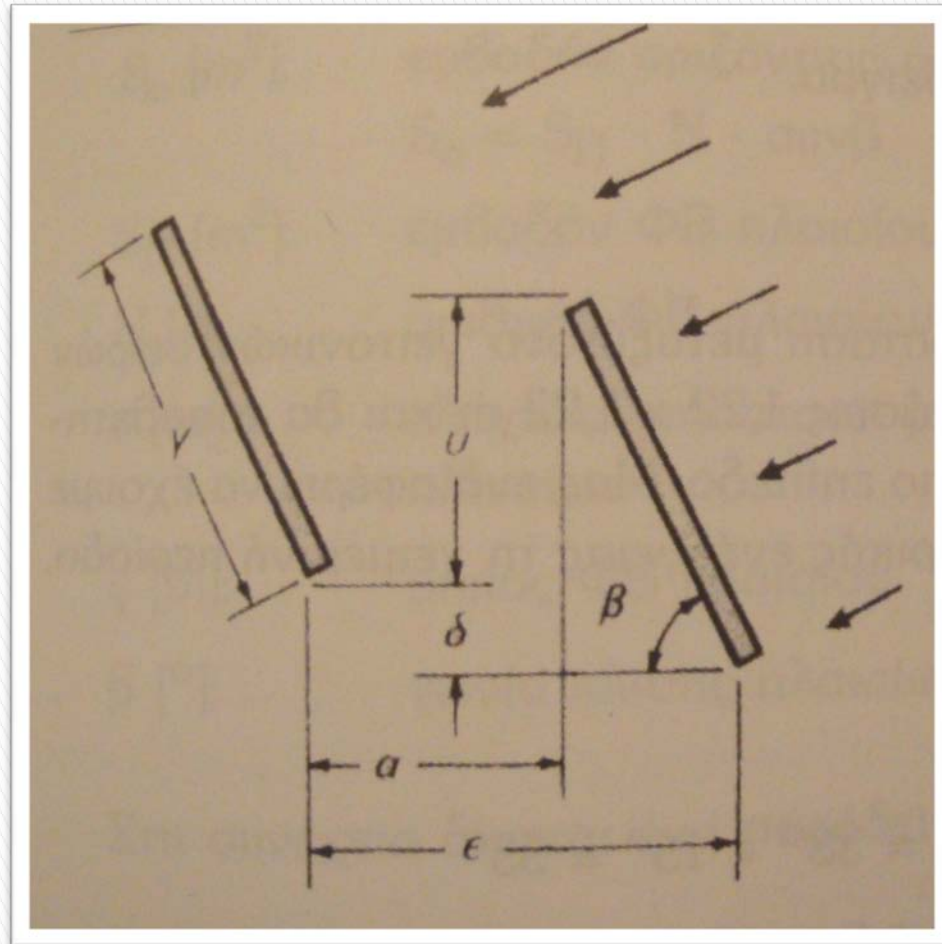
Μεταβολή της ημερήσιας ενέργειας
ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ένα ΦΒ
πλαίσιο σε τόπο με γεωγραφικό πλάτος
 $\phi = 45^\circ$



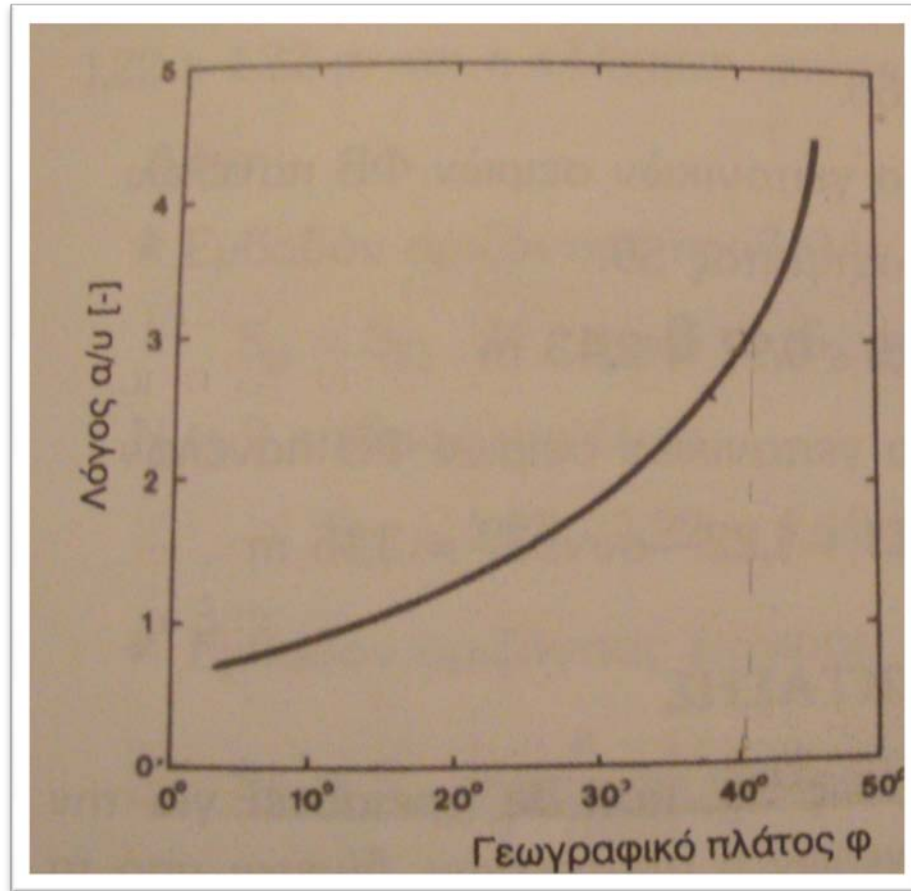
Διάταξη ΦΒ πλακιδίων στη στέγη/ δώμα

- ▶ Προσοχή στη σκίαση της μιας συστοιχίας πλακιδίων από την άλλη
- ▶ Τοποθέτηση των συστοιχιών προσανατολισμένες προς το νότο
- ▶ Υπολογισμός ελάχιστης απόστασης ϵ μεταξύ δύο γειτονικών σειρών
- ▶ $\epsilon = \alpha + \gamma \cos \beta$ (m)
- ▶ Ο λόγος α/γ υπολογίζεται από δοθέν διάγραμμα σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής
- ▶ Και το $\gamma = \gamma \sin \beta - \delta$

- γ : μήκος ΦΒ πλαισίων (m)
- β : γωνία κλίσης ΦΒ πλαισίων
- δ : υψομετρική διαφορά ανάμεσα στα στηρίγματα δύο σειρών ΦΒ πλαισίων ($\delta=0$ για στήριξη στο ίδιο επίπεδο)



Καμπύλη του λόγου της ελεύθερης
απόσαςσης α μεταξύ δύο γειτονικών σειρών
ΦΒ πλασιών προς το ύψος u σε συνάρτηση
με το γεωγραφικό πλάτος ϕ του τόπου



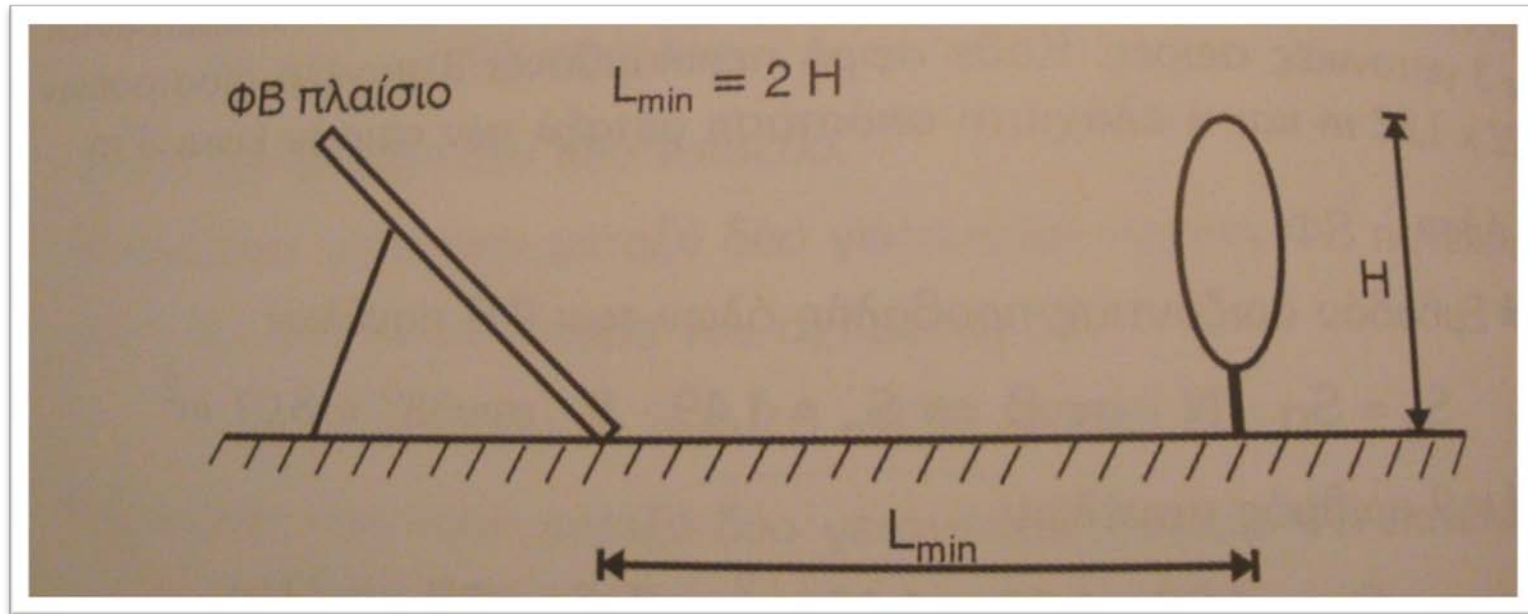
Υπολογισμός εμβαδού οριζόντιας έκτασης

- ▶ Το εμβαδό οριζόντιας έκτασης E_{TOT} που απαιτείται για την σωστή τοποθέτηση των πλασίων σε ένα δώμα υπολογίζεται ως εξής:
- ▶ $E_{TOT} = E_{\Phi B} \epsilon / (\gamma \cos \beta) (m^2)$
- ▶ $E_{\Phi B}$:Εμβαδό οριζόντιας προβολής όλων των ΦB πλασίων
- ▶ $E_{\Phi B} = E N \cos \beta$ όπου E είναι το εμβαδό του πλασιού και N ο αριθμός των πλασίων

Αποφυγή σκίασης από εμπόδια

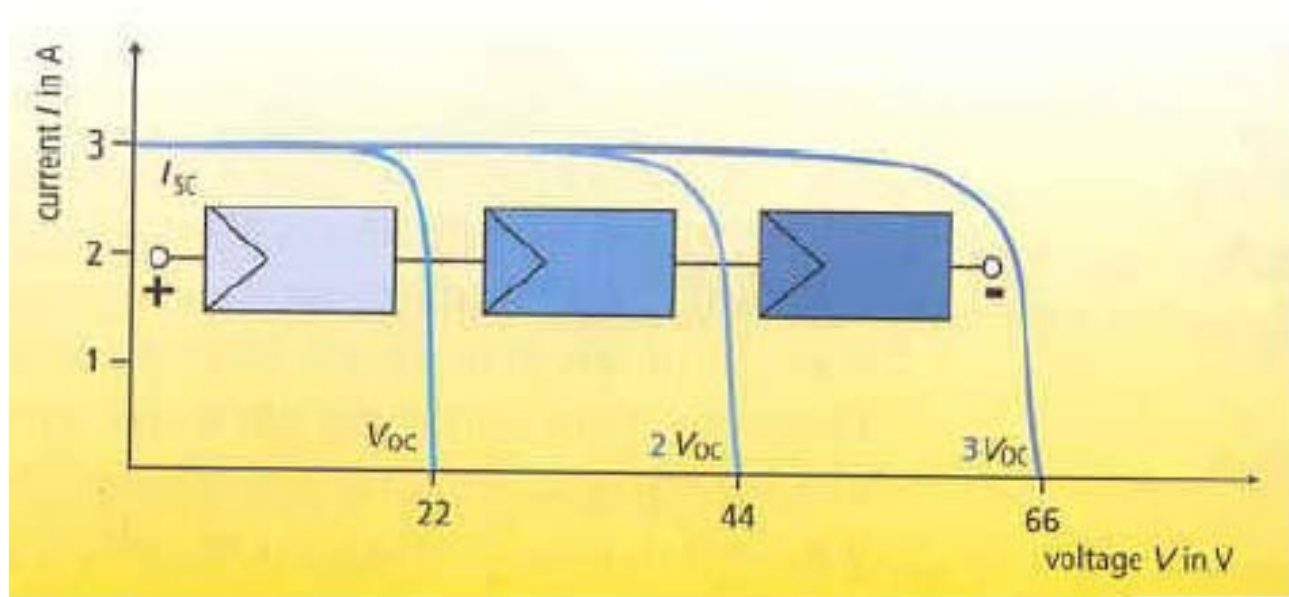
- ▶ Απαιτείται αξιολόγηση της περιοχής και προσεκτική επιλογή του χώρου εγκατάστασης προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη απόδοση του συστήματος καθώς ακόμα και η παραμικρή σκίαση επηρεάζει σε μεγάλο ποσοστό την ενεργειακή απόδοση του πλαισίου
- ▶ Ανεπιθύμητη σκίαση μπορεί να προκύψει από δέντρα, θάμνους, οικίσκους, κολώνες κλπ
- ▶ Μεγαλύτερο πρόβλημα σκίασης για το βόρειο ημισφαίριο οι χειμερινοί μήνες όπου το ύψος του ήλιου είναι χαμηλότερα και οι σκιές γίνονται μακρύτερες
- ▶ Πρακτικός Κανόνας: Εξασφάλιση ελάχιστης απόστασης μεταξύ των πλαισίων και του εμποδίου να είναι ίση με το διπλάσιο του ύψους του εμποδίου

Αποφυγή σκίασης από εμπόδια



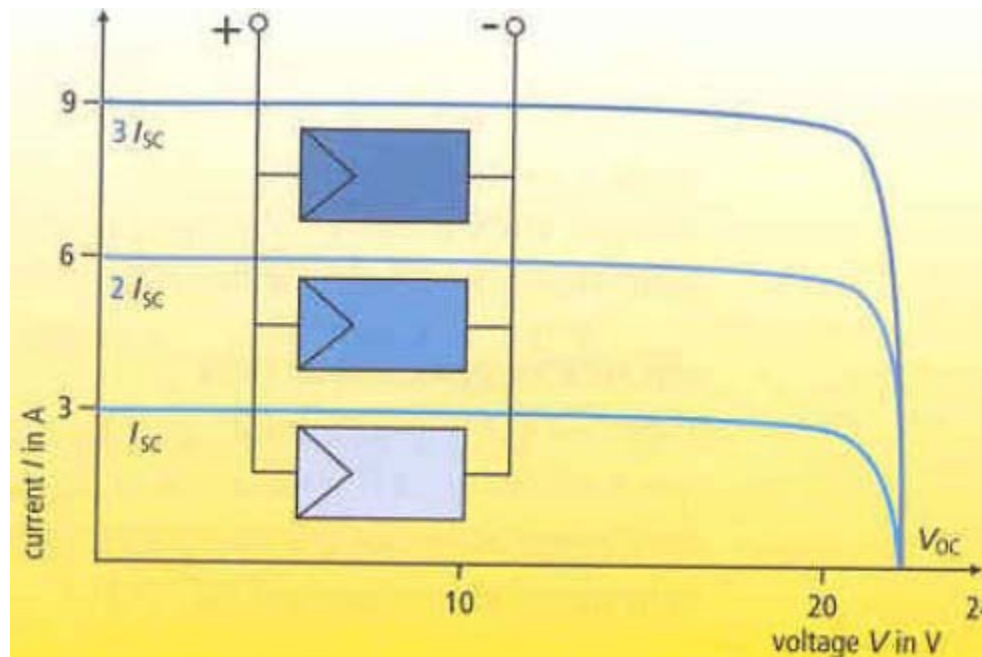
Συνδέσεις των πλαισίων

Σύνδεση Σε σειρά



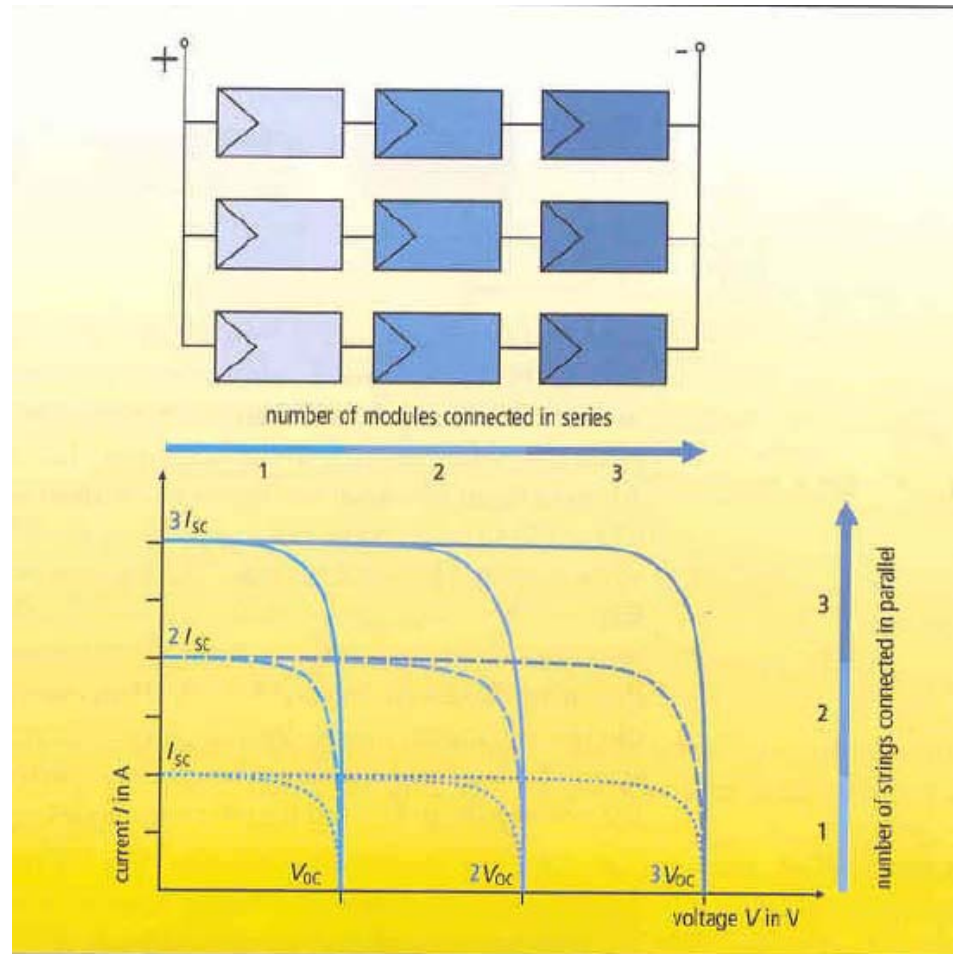
Συνδέσεις των πλαισίων

Σύνδεση παράλληλα



Συνδέσεις των πλασίων

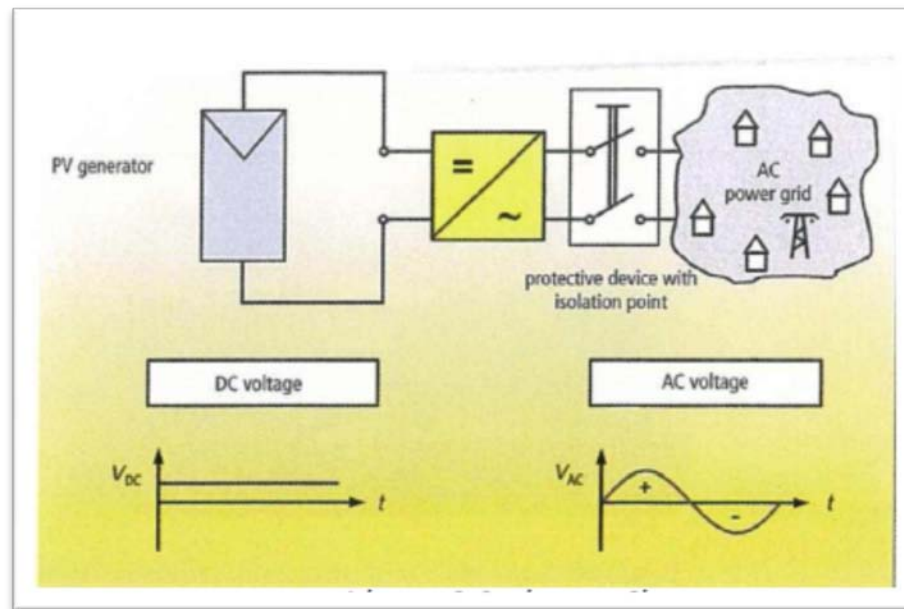
Δημιουργία στοιχειοσειρών



Μετατροπέας Ισχύος

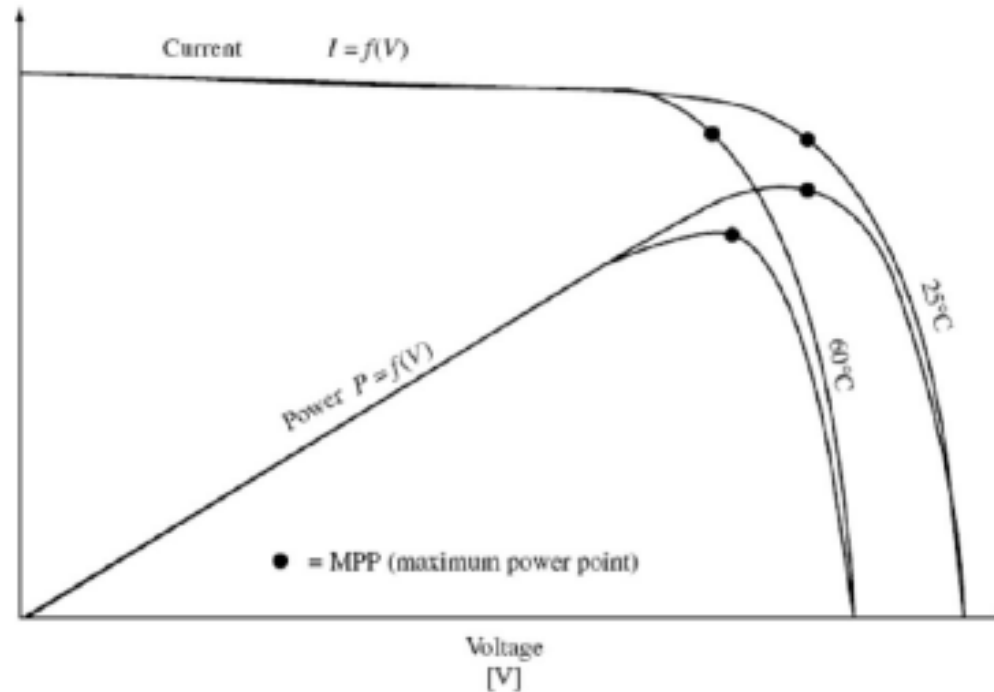
- ▶ DC/AC μετατροπείς: μεταφέρουν ισχύ από ένα σύστημα συνεχούς τάσης σε ένα σύστημα εναλλασσόμενης τάσης, δηλαδή λειτουργούν ως αντιστροφείς ('inverters')
- ▶ Οι αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: τους μονοφασικούς αντιστροφείς και τους τριφασικούς αντιστροφείς.
- ▶ Συστήματα ισχύος μέχρι 5kWp σχεδιάζονται γενικά σαν μονοφασικά συστήματα, ενώ συστήματα μεγαλύτερης ισχύος είναι τριφασικά.
- ▶ Οι περισσότεροι σύγχρονοι αντιστροφείς φωτοβολταϊκών συστημάτων που συνδέονται στο δίκτυο είναι αυτοοδηγούμενοι αντιστροφείς (self-commutated) και χρησιμοποιούν τη μέθοδο διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) για να παραχθεί η εναλλασσόμενη τάση εξόδου.
- ▶ Οι αυτοοδηγούμενοι αντιστροφείς χρησιμοποιούν ημιαγωγικά στοιχεία (π.χ. MOSFET, IGBT) των οποίων η σβέση πραγματοποιείται από εσωτερικά κυκλώματα σε αντίθεση με τους αντιστροφείς που οδηγούνται από το δίκτυο (line-commutated) των οποίων η σβέση πραγματοποιείται από κάποια εξωτερική AC πηγή (δίκτυο)

Αντιστροφέας συνδεδεμένος στο δίκτυο



- ▶ Ο αντιστροφέας που συνδέεται στο δίκτυο έχει το ρόλο ελέγχου του συστήματος και αποτελεί το μέσο που τροφοδοτείται η ενέργεια στο δίκτυο.
- ▶ Όσον αφορά την πραγματική ισχύ που τροφοδοτείται στο δίκτυο μέσω του αντιστροφέα μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας την ισχύ εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με τον συντελεστή απόδοσης του αντιστροφέα.
- ▶ Πιο σημαντική όμως είναι η ενέργεια που παράγεται στο σύστημα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, για παράδειγμα ενός χρόνου λειτουργίας.
- ▶ Σ' αυτήν την περίπτωση η μέση απόδοση του αντιστροφέα που λαμβάνει υπόψη όλα τα φορτία παίζει σημαντικό ρόλο.

Σημείο Μέγιστης Ισχύος για διάφορες θερμοκρασίες



Σημείο Μέγιστης Ισχύος

- ▶ Ο αντιστροφέας θα πρέπει να διασφαλίζει ότι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια θα λειτουργεί στο **Σημείο Μέγιστης Ισχύος (Maximum Power Point MPP)** προσαρμόζοντας την αντίστοιχη τάση λειτουργίας
- ▶ Γνωρίζουμε όμως ότι το σημείο αυτό δεν είναι σταθερό καθώς αλλάζει τόσο με την ηλιακή ακτινοβολία όσο και με τη θερμοκρασία. Από τη στιγμή λοιπόν που η τάση και το ρεύμα της φωτοβολταϊκής συστοιχίας μεταβάλλονται με τις καιρικές συνθήκες ο αντιστροφέας θα πρέπει να μετακινεί το σημείο λειτουργίας του έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απορρόφηση ισχύος από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία.
- ▶ Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος, του Ανιχνευτή του Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPPT).
- ▶ Για την ανίχνευση του σημείου μέγιστης ισχύος έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αλγόριθμοι οι οποίοι βασίζονται στη μέτρηση της ισχύος εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, που με τη βοήθεια ανατροφοδότησης και ενός μετατροπέα επιτυγχάνουν μετατόπιση της τάσης λειτουργίας ώστε να συμπίπτει με την τάση που αντιστοιχεί στο σημείο μέγιστης ισχύος.

Βασικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί ένας αντιστροφέας

- ▶ Να διασφαλίζει ότι η φωτοβολταϊκή συστοιχία λειτουργεί στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP). Θα πρέπει η κυμάτωση στα άκρα της συστοιχίας να είναι μικρή έτσι ώστε να επιτευχθεί λειτουργία στο σημείο μέγιστης ισχύος χωρίς διακυμάνσεις. Από υπολογισμούς έχει βρεθεί ότι δεν πρέπει η κυμάτωση της τάσης στα άκρα να ξεπερνά το 8,5% της τάσης που αντιστοιχεί στο σημείο μέγιστης ισχύος.
- ▶ Να διασφαλίζει ότι το ρεύμα που εγχέεται στο δίκτυο έχει ημιτονοειδή μορφή (υπάρχει όριο στην ποσότητα του dc ρεύματος που επιτρέπεται να εγχέεται στο δίκτυο προς αποφυγή κορεσμού των πυρήνων των μετασχηματιστών 0.5% ~1%)
- ▶ Να εγγυάται αποτελεσματικότητα και καλή απόδοση σε ένα μεγάλο εύρος τάσεως εισόδου και ισχύος εισόδου καθώς αυτές οι μεταβλητές είναι συνάρτηση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.
- ▶ Να χαρακτηρίζεται από μεγάλη διάρκεια ζωής (αξιοπιστία) καθώς οι περισσότεροι κατασκευαστές φωτοβολταϊκών πλαισίων προσφέρουν εγγύηση 25 χρόνων σε 80% της αρχικής απόδοσης και εγγύηση 5 χρόνων όσον αφορά τα υλικά και την τεχνική υποστήριξη.

Τρόποι διασύνδεσης του αντιστροφέα με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια

- ▶ Κεντριοποιημένος Αντιστροφέας (Centralized Inverter)
- ▶ Αντιστροφέας στοιχειοσειράς (String Inverter)
- ▶ Αντιστροφέας πολλαπλών στοιχειοσειρών (Multi-string Inverter)
- ▶ AC-Module

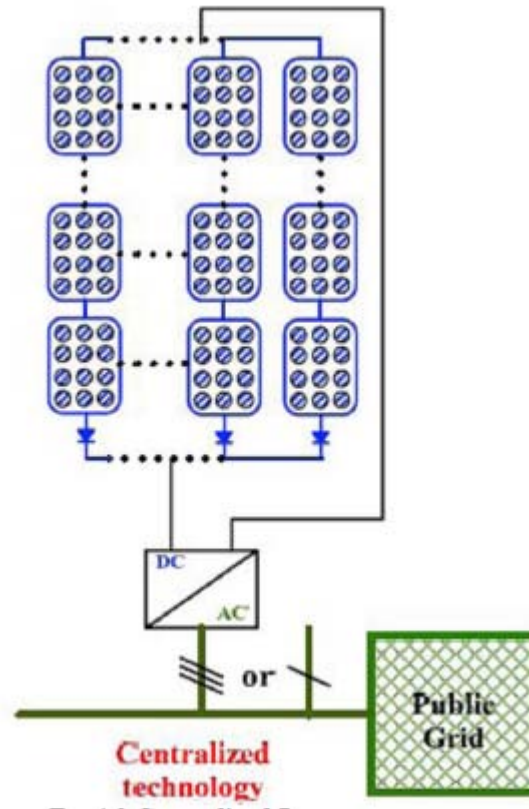
Κεντριοποιημένος Αντιστροφέας (Centralized Inverter)

- ▶ Η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιεί ένα μεγάλο αριθμό φωτοβολταϊκών πλακιδίων (PV modules) τα οποία συνδέονται μέσω του αντιστροφέα στο δίκτυο. Τα πλακίδια αυτά αρχικά συνδέονται σε σειρά σχηματίζοντας αλυσίδες (strings) και παράγουν μια υψηλή τάση έτσι ώστε να μην χρειάζεται κάποιο περαιτέρω στάδιο ανύψωσης της τάσης.
- ▶ Στη συνέχεια οι αλυσίδες συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα μέσω διόδων αντεπιστροφής προς επίτευξη υψηλών επιπέδων ισχύος.

Μειονεκτήματα :

- ▶ υψηλή dc τάση των καλωδίων που συνδέουν το φωτοβολταϊκό σύστημα με το δίκτυο,
- ▶ μεγάλες απώλειες (λόγω διόδων αντεπιστροφής, κοινού MPPT αλλά και λόγω ανόμοιων φωτοβολταϊκών πλακιδίων) και κακό σχεδιασμό που δεν ευνοεί τη μαζική παραγωγή.
- ▶ Στην περίπτωση δε που ο αντιστροφέας οδηγείται από το δίκτυο, αποτελείται δηλαδή από θυρίστορ, παρατηρείται αυξημένη ποσότητα αρμονικών που εγχέονται στο δίκτυο και άρα χαμηλή ποιότητα ισχύος.

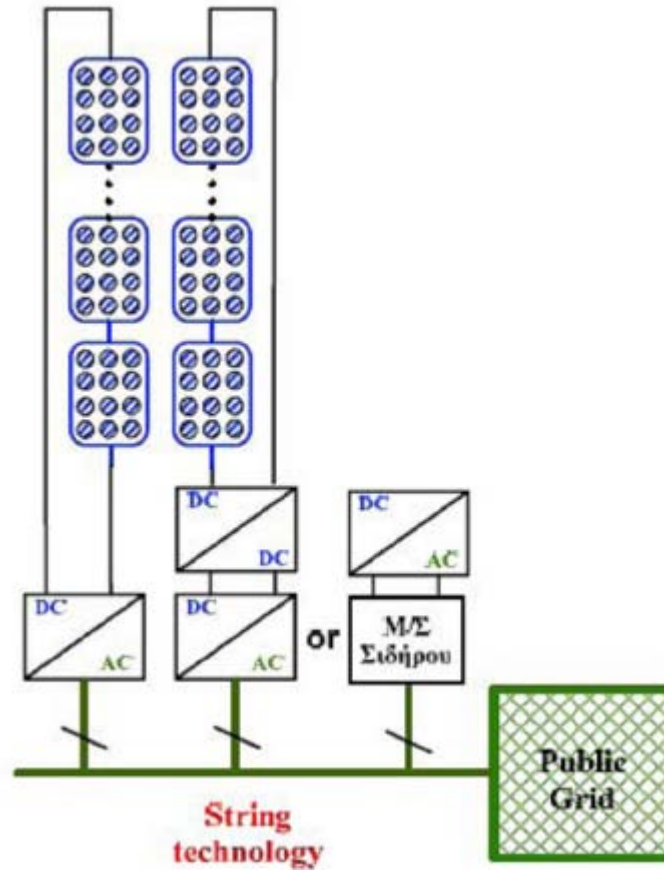
Κεντριοποιημένος Αντιστροφέας



Αντιστροφέας Στοιχειοσειράς (String Inverter)

- ▶ Ο αντιστροφέας στοιχειοσειράς περιλαμβάνει μόνο μία αλυσίδα φωτοβολταϊκών πλαισίων τα οποία συνδέονται με αυτόν.
- ▶ Η τάση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να είναι αρκετά υψηλή έτσι ώστε να αποφευχθεί στάδιο ανύψωσης της τάσης, το οποίο όμως σημαίνει αρκετά φωτοβολταϊκά πλαίσια σε σειρά (16 για τα ευρωπαϊκά συστήματα). Η συνολική τάση ανοιχτού κυκλώματος για 16 φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορεί να φτάσει τα 720V, ενώ η τάση λειτουργίας 450V– 510V.
- ▶ Μείωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση ενός DC-DC μετατροπέα ή ενός μετασχηματιστή συνδεδεμένου στην ac πλευρά του αντιστροφέα για ανύψωση της τάσης.
- ▶ Στη συγκεκριμένη τοπολογία παρατηρούνται μικρότερες απώλειες σε σχέση με τους centralized inverters (απουσία διόδων και χρήση ξεχωριστού MPPT για κάθε string), μεγαλύτερη απόδοση και μειωμένο κόστος εξαιτίας της μαζικής παραγωγής.

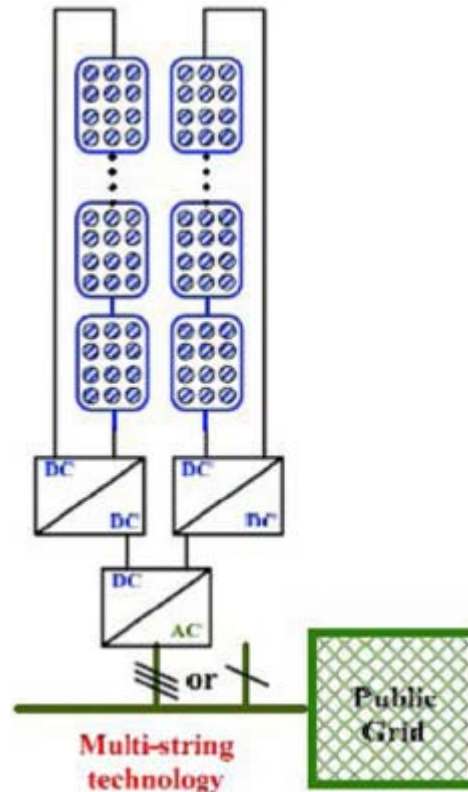
Αντιστροφέας Στοιχειοσειράς (String Inverter)



Αντιστροφέας πολλαπλών στοιχειοσειρών (Multi-String Inverter)

- ▶ Ο αντιστροφέας πολλαπλών στοιχειοσειρών αποτελεί μία περαιτέρω εξέλιξη του αντιστροφέα στοιχειοσειράς.
- ▶ Περιλαμβάνει τη σύνδεση διαφόρων αλυσίδων φωτοβολταϊκών πλαισίων με το δικό τους DC-DC μετατροπέα ανύψωσης της τάσης (boost converter) το καθένα με ένα κοινό αντιστροφέα.
- ▶ Στην περίπτωση αυτή υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της κάθε αλυσίδας ξεχωριστά, ενώ ενδεχόμενη επέκταση του συστήματος με ένα ορισμένο όριο ισχύος μπορεί να πραγματοποιηθεί προσθέτοντας μία αλυσίδα (string) με έναν DC-DC μετατροπέα.
- ▶ Η συγκεκριμένη τοπολογία αποτελεί έναν ευέλικτο σχεδιασμό με υψηλή απόδοση.

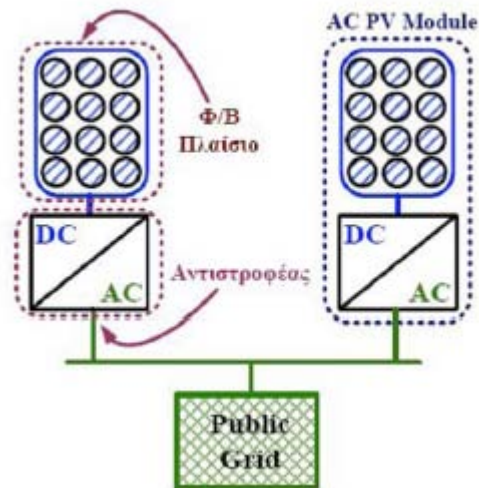
Αντιστροφέας πολλαπλών στοιχειοσειρών (Multi-String Inverter)



AC Module

- ▶ Το ac module είναι η «ολοκλήρωση» του αντιστροφέα και του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε μία ηλεκτρική διάταξη. Με αυτήν την τοπολογία εξαλείφεται το πρόβλημα σύνδεσης των ανόμοιων φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς υπάρχει μόνο ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο.
- ▶ Διευκολύνεται η επέκταση του συστήματος λόγω της δομής του, ενώ η εγκατάσταση του μπορεί να πραγματοποιηθεί από μη εξειδικευμένο προσωπικό.
- ▶ Όσον αφορά το κόστος μπορεί να υπάρχει αύξηση της τιμής της κιλοβατώρας λόγω της περίπλοκης τοπολογίας όμως ευνοείται η μαζική παραγωγή, το οποίο οδηγεί σε χαμηλό κατασκευαστικό κόστος και χαμηλές τιμές λιανικής πώλησης.

AC Module



Επιλογή Αντιστροφέα

- ▶ Η ισχύς του αντιστροφέα μπορεί να είναι μεταξύ

$$0.7 \cdot P_{pv} < P_{inv_dc} < 1.2 \cdot P_{pv}$$

- ▶ Μέγιστος αριθμός πλασιών σε σειρά

$$n_{\max} = \frac{V_{\max,inv}}{V_{oc}(-10^{\circ})}$$

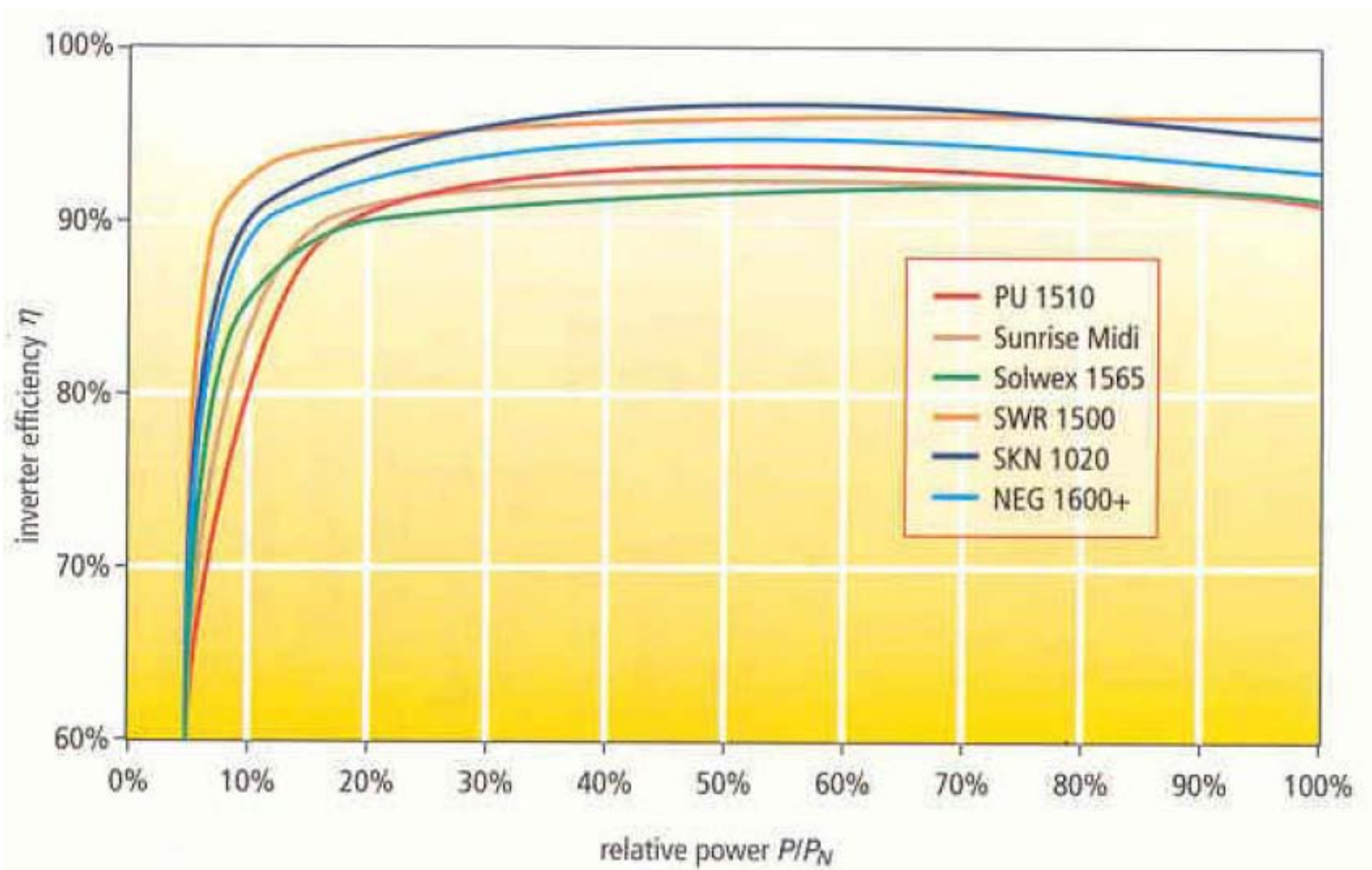
- ▶ Ελάχιστος αριθμός πλασιών σε σειρά

$$n_{\min} = \frac{V_{MPP(INV,MIN)}}{V_{MPP(+70^{\circ})}}$$

- ▶ Αριθμός κλάδων

$$N_{string} < \frac{I_{\max(INV)}}{I_{n,string}}$$

Βαθμός απόδοσης αντιστροφέα



Ηλεκτρολογική μελέτη του Σταθμού

- ▶ Διαστασιολόγηση αγωγών
- ▶ Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης
- ▶ Επιλογή μέσων προστασίας αγωγών
- ▶ Επιλογή εσωτερικής αντικεραιυνικής προστασίας
- ▶ Γείωση προστασίας και λειτουργίας του Σταθμού

DC Αγωγοί και ασφάλειες

- ▶ Αγωγοί που συνδέουν τα Φ/Β πλαίσια μεταξύ τους εν σειρά με σκοπό τη δημιουργία της στοιχειοσειράς
- ▶ Αγωγοί που συνδέουν τον ελεύθερο θετικό και αρνητικό πόλο της στοιχειοσειράς στην είσοδο του μετατροπέα
- ▶ Ανθεκτικοί αγωγοί στην υπεριώδη ακτινοβολία καθώς είναι εκτεθειμένα συνέχεια στην ηλιακή ακτινοβολία
- ▶ Να διαθέτουν μόνωση, ανθεκτικοί τουλάχιστον έως 70°C ή και περισσότερο εάν δεν υπάρχει ελεύθερη κυκλοφορία αέρα
- ▶ Συνήθως χρησιμοποιούνται εύκαμπτα μονοπολικά καλώδια με ισχυρή μόνωση

Διατομή αγωγού DC

- ▶ Καθορίζεται από το μέγιστο αναμενόμενο ρεύμα ανά κλάδο
- ▶ Ταυτόχρονα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η διόρθωση λόγω θερμοκρασίας
- ▶ Διορθωτικός Συντελεστής για καλώδια με ανθεκτική μόνωση από τους 70°C έως τους 90°C είναι 0,58.
Συνεπώς υπολογίζεται διατομή για ρεύμα συνεχούς φορτισής :
- ▶ $1,72 (1 / 0,58) \times$ Μέγιστο αναμενόμενο ρεύμα συστοιχείας
- ▶ Κριτήριο Πτώσης Τάσης : Θεωρείται ότι η πτώση τάσης κατά μήκος του καλωδίου δεν υπερβαίνει το 1% της ονομαστικής της στοιχειοσειράς
- ▶ Οδηγεί συνήθως σε μεγαλύτερη διατομή η οποία και τελικά επιλέγεται

Επιλογή Διακόπτη Απόζευξης DC

- ▶ Συνήθως περιλαμβάνεται στον μετατροπέα
- ▶ Παράγοντες επιλογής διακόπτη απόζευξης DC
 1. Τύπος χρησιμοποιούμενου αγωγού : Ο διακόπτης πρέπει να περιορίζει το ρεύμα στο βαθμό που αυτό δεν υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια
 2. Θερμοκρασία περιβάλλοντος αγωγού
 3. Τρόπος τοποθέτησης του αγωγού (π.χ σε μονωτικό υλικό)
 4. Συνωστισμός αγωγών
 5. Αμοιβαία υπερθέρμανση των αγωγών
 6. Τύπος συνδεδεμένης συσκευής

Επιλογή ασφαλειών τήξης DC

- ▶ Η ανάγκη για τοποθέτηση ασφαλειών προστασίας εξαρτάται από τον αριθμό των στοιχειοσειρών συνδεδεμένες εν παράλληλω
- ▶ Η επιλογή τους εξαρτάται από την τιμή του ανάστροφου ρεύματος των Φ/β πλαισίων, $I_{MOD_REVERSE}$ και τα καλώδια
- ▶ Σε συστήματα με 1, 2, ή το πολύ 3 στοιχειοσειρές συνδεδεμένες παράλληλα δεν απαιτείται η προστασία με ασφάλειες τήξεως
- ▶ Συνήθως τα περισσότερα κρυσταλλικά πλαίσια έχουν αντοχή σε ανάστροφο ρεύμα διπλάσιο του μέγιστου ρεύματος βραχυκυκλώματος

Επιλογή ασφάλλειών τήξης DC

- ▶ Οι κοινές ασφάλειες τήξης για ac ρεύματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν!!!!
- ▶ Μπορεί , αντιθέτως , να αποτελέσουν αιτία καταστροφής παρά προστασίας
- ▶ Προστασία με ασφάλειες και στις δύο πολικότητες όταν πρόκειται για μη γειωμένα ϕ/β συστήματα
- ▶ Αφάλειες τύπου «g»: Μπορούν να διακόψουν από το ελάχιστο ρεύμα τήξης έως το ονομαστικό ρεύμα της διακοπτικής τους ικανότητας (π.χ 25KA)

Επιλογή ασφαλειών τήξης DC

- ▶ Ονομαστικό ρεύμα ασφάλειας : $(n-1) \times I_{SC_MAX}$
- ▶ $I_{SC_MAX} = 1,25 \times I_{SC}$
- ▶ Ονομαστική τάση $n \times V_{OC_MAX}$
- ▶ Πολύ μικρές απώλειες ισχύος σε σχέση με άλλες συσκευές προστασίας ή διόδους αντεπιστροφής

Επιλογή Διατομής Αγωγών

- ▶ Υπολογισμός ρεύματος συνεχούς φόρτισης
=> Διατομή A1
- ▶ Υπολογισμός ρεύματος βραχυκύκλωσης =>
Διατομή A2
- ▶ Επιλογή μεγιστης διατομής A1, A2
- ▶ Έλεγχος Πτώσης Τάσης - Επάρκεια ;
- ▶ Όχι => Αυξάνω διατομή
- ▶ Έλεγχος χρόνου απόζευξης σε σφάλμα
- ▶ Έλεγχος ελάχιστης επιτρεπόμενης
διατομής

Υπολογισμός Πτώσης Τάσης

- ▶ Θεωρείται πτώση τάσης 1 – 3 %.
- ▶ Συνήθως 1% για ελαχιστοποίηση της απώλειας ισχύος στους αγωγούς
- ▶ Για μονοφασικό κύκλωμα ισχύει

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{2l\Psi' P}{U^2} = 2l\Psi' I \frac{\cos \phi}{U}$$

- ▶ Για τριφασικό κύκλωμα ισχύει

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{l\Psi' P}{U^2} = \sqrt{3}l\Psi' I \frac{\cos \phi}{U}$$

- ▶ Όπου $\Psi' = R' + X' \tan \phi$ και $R' = \frac{1}{\kappa A}$

Υπολογισμός Πτώσης Τάσης

- ▶ l : μήκος γραμμής
- ▶ P : ισχύς καταναλωτή
- ▶ U : τάση
- ▶ I : ρεύμα
- ▶ $\cos\phi$: συντελεστής ισχύος
- ▶ R' X' : αντίσταση , αντίδραση ανά μονάδα μήκους
- ▶ κ : αγωγιμότητα ($\Omega^{-1} \cdot m \cdot mm^{-2}$) στη θερμοκρασία λειτουργίας
- ▶ A : διατομή αγωγού (mm^2)

Υπολογισμός πτώσης τάσης

► $X' = 0,0628 \left(\ln \frac{D}{r} + 0,25 \right) \frac{m\Omega}{m}$ όπου

D: η απόσταση των κέντρων των αγωγών για μονοφασικό κύκλωμα και

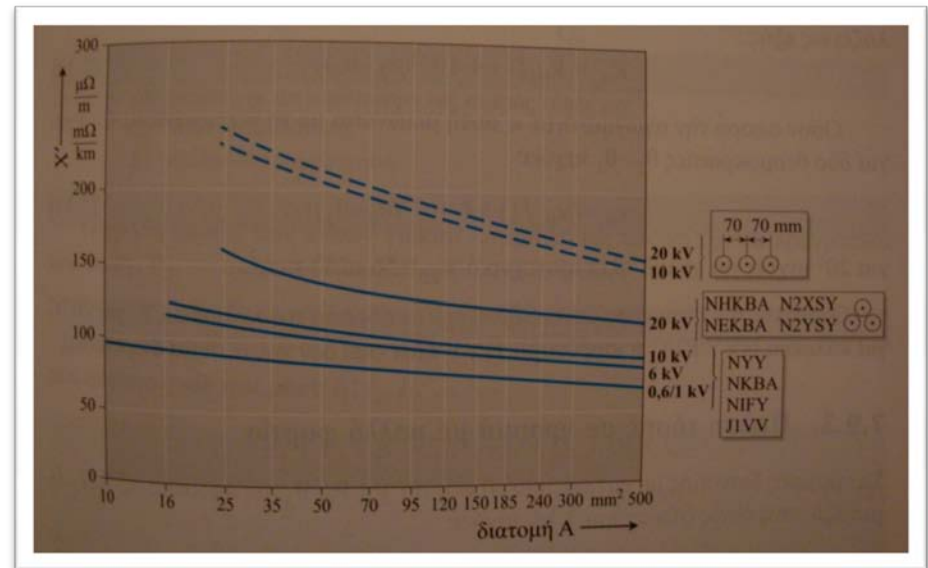
r: η ακτίνα των αγωγών

Για τριφασικό κύκλωμα

$$D = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}}$$

► Ποσοστιαία πτώση τάσης

$$\epsilon = \Delta U / U \times 100$$



Προσεγγιστικός Υπολογισμός διατομής αγωγού

- ▶ $A = \frac{l \cdot P}{U^2} \cdot \frac{100}{\kappa \cdot \varepsilon}$ για τριφασικά καλώδια
U: πολική τάση

- ▶ $A = \frac{2 \cdot l \cdot P}{U^2} \cdot \frac{100}{\kappa \cdot \varepsilon}$ για μονοφασικά καλώδια
- ▶ U: φασική τάση
- ▶ κ: για 20°C 56 m/Ω mm²
- ▶ Για θερμοκρασία αγωγού διαφορετική ισχύει
- ▶ $\kappa_{\theta_1} = \kappa_{\theta_2} / (1 + 4 \cdot 10^{-3}(\theta_2 - \theta_1))$

Διατομή Ουδετέρου

- ▶ Σε μονοφασικά κυκλώματα η διατομή του ουδετέρου είναι όσο και η διατομή της φάσης καθώς φέρουν το ίδιο ρεύμα και αρκεί να προστατεύεται η φάση σε υπερεντάσεις και βραχυκυκλώματα
- ▶ Σε τριφασικά κυκλώματα το ρεύμα του ουδετέρου είναι το άθροισμα των ρευμάτων των φάσεων
- ▶ Είναι μηδέν σε γραμμικά και συμμετρικά φορτία
- ▶ Σε μη γραμμικά συμμετρικά φορτία το ρεύμα του ουδετέρου μπορεί να φτάσει μέχρι $I_N \leq \sqrt{3} \cdot I_\phi$

Κανονισμός HD 384.5.524

- ▶ Για διατομές αγωγών μικρότερες από 16mm^2 ο ουδέτερος και η φάση έχουν την ίδια διατομή
- ▶ Για διατομές αγωγών μεγαλύτερες από 16mm^2 ο ουδέτερος και η φάση έχουν την ίδια διατομή όταν πρόκειται για ηλεκτρονικά ισχύος και τη μισή από τη διατομή της φάσης όταν πρόκειται για γραμμικά φορτία
- ▶ Οι μετατροπείς είναι ηλεκτρονικά ισχύος και άρα μη γραμμικά φορτία συνεπώς κατανέμονται στην πρώτη κατηγορία
- ▶ Οι διασυνδεδεμένοι στο δίκτυο όμως διαθέτουν φίλτρα για μείωση των αρμονικών σε ποσοστό μικρότερο του 4% συνεπώς είναι δυνατό ο ουδέτερος να έχει και μικρότερη διατομή από αυτή των φάσεων

Μέσα Προστασίας Αγωγών Ισχυρών ρευμάτων

- ▶ Προστασία αγωγών σε τυχόν βραχυκυκλώματα και σε επιβλαβή παρατεταμένη υπερφόρτιση
- ▶ Ενδεχόμενο βραχυκύκλωμα οδηγεί σε απαράδεκτα υψηλή θερμοκρασία, καταστροφή της μόνωσης ή και πυρκαγιά
- ▶ Συνεχής υπερφόρτιση οδηγεί σε επιτάχυνση της γήρανσης του μονωτικού ή και του αγωγού, ακόμα και σε πυρκαγιές
- ▶ Μέσα προστασίας
 - Ασφάλειες τήξης μέχρι 1000 A περίπου
 - Μικροαυτόματοι προστασίας γραμμών μέχρι 64 A
 - Διακόπτες ισχύος με θερμική διέγερση για υπερφορτίση και ηλεκτρομαγνητική διέγερση για βραχυκυκλώματα ρυθμιζόμενοι

Πρότυπο HD 384.433.1 – Συνθήκες μέσων προστασίας

- ▶ $I_b \leq I_n \leq I_z$
- ▶ $I_2 \leq 1,45 I_z$ ή $I_z \geq 0,69 I_2$
- ▶ Όπου
- ▶ I_b : το μέγιστο ρεύμα φόρτισης
- ▶ I_n : η ονομαστική ένταση του οργάνου προστασίας
- ▶ I_z : το μέγιστο θερμικά επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής
- ▶ I_2 : το ρεύμα στο οποίο αντιδρά το όργανο προστασίας και ανοίγει το αντίστοιχο κύκλωμα

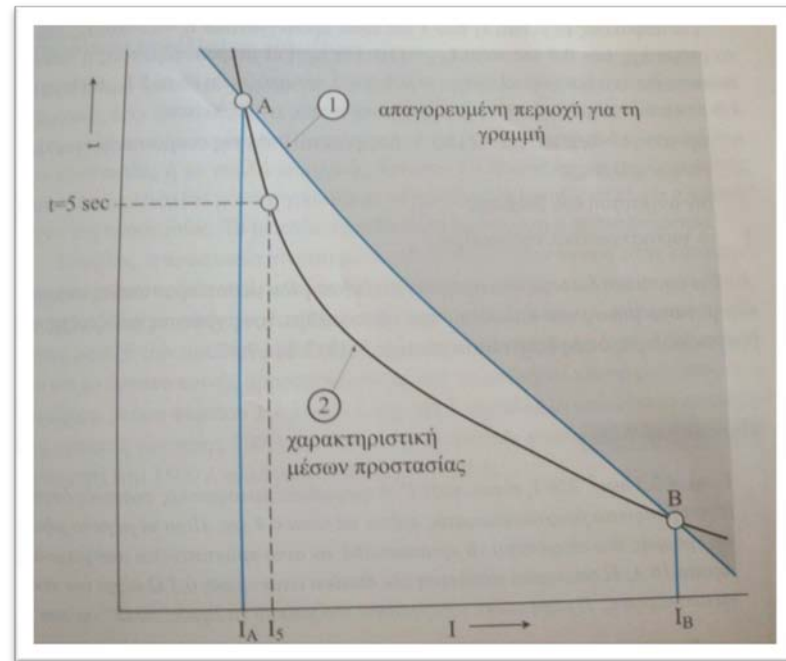
Προτείνεται να προστατεύονται οι γραμμές σε υπερφόρτιση με την αμέσως μικρότερη τυποποιημένη τιμή του I_z

Μέσα προστασίας βραχυκυκλωμάτων και υπερέντασης

- ▶ Τοποθετούνται στο σημείο αναχώρησης της γραμμής
- ▶ Αν η γραμμή διακλαδίζεται ή αλλάζει διατομή τότε πρέπει να ελεγχθεί ξανά η προστασία και ενδεχομένως να τοποθετηθούν νέα μέσα προστασίας στις γραμμές της διακλάδωσης
- ▶ Σε κυκλώματα μικροαυτόματων προτάσσονται ασφάλειες σαν εφεδρικό μέσο προστασίας σε μεγάλα ρεύματα βραχυκυκλωμάτων
- ▶ Οι μικροαυτόματοι δεν μπορούν να αποζεύξουν ρεύματα μεγαλύτερα των 10kA
- ▶ Οι ασφάλειες τήξης τύπου DIAZED μπορούν
- ▶ Συνήθως : προστασία γραμμών με μικροαυτόματους και προστασία κεντρικής αναχώρησης με μικροαυτόματους και ασφάλειες τήξης ή με αυτόματους ισχύος ρυθμιζόμενους ή μή

Προστασία βραχυκυκλωμάτων

- ▶ Σε μικρά ρεύματα βραχυκυκλωμάτων που εμφανίζονται σε μακριές γραμμές (> 80 m)
- ▶ Σε πολύ μεγάλα ρεύματα που εμφανίζονται όταν η εγκατάσταση είναι κοντά σε Υ/Σ



Σύστημα Αतिकεραινικής Προστασίας

- ▶ Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια βρίσκεται σε ανοιχτό χώρο
- ▶ Ανάλογα την κατάσταση, ενδέχεται και οι μετατροπείς να έχουν εγκατασταθεί σε ανοιχτό χώρο.
- ▶ Έλεγχος για τη λήψη μέτρων για προστασία από κεραυνούς και υπερτάσεις
- ▶ Απαραίτητα για διάφορους λόγους. Εκτός από τα τεχνικά πρότυπα της κάθε χώρας και τις αντίστοιχες οικοδομικές διατάξεις, πιθανόν και η εταιρεία ασφάλισης της εγκατάστασης να απαιτεί την ύπαρξη προστασίας από υπέρταση
- ▶ Εξωτερική και Εσωτερική Αντικεραινική προστασία

Η εξωτερική αποτελείται από :

- ▶ Συλλεκτήριο Σύστημα
- ▶ Σύστημα αγωγών καθόδου
- ▶ Σύστημα Γείωσης

Εξωτερικό Σ.Α.Π

- ▶ Συλλεκτήριο τμήμα: Προορίζεται για την συλλογή του κεραυνού και την ομαλή διοχέτευσή του μέσω των αγωγών καθόδου στο σύστημα γείωσης. Τα συστήματα αυτά ενδέχεται να αποτελούνται από οποιονδήποτε συνδυασμό εκ των ακόλουθων στοιχείων:
- ▶ Κατακόρυφων ράβδων
- ▶ Τεταμένων συρμάτων
- ▶ Πλέγματος αγωγών

Για τον προσδιορισμό της θέσης του συλλεκτηρίου συστήματος, χρησιμοποιούνται γενικώς, οι ακόλουθοι μέθοδοι:

- ▶ Η μέθοδος της γωνίας προστασίας
- ▶ Η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας
- ▶ Η μέθοδος του πλέγματος

Εξωτερικό ΣΑΠ

Σύστημα αγωγών καθόδου

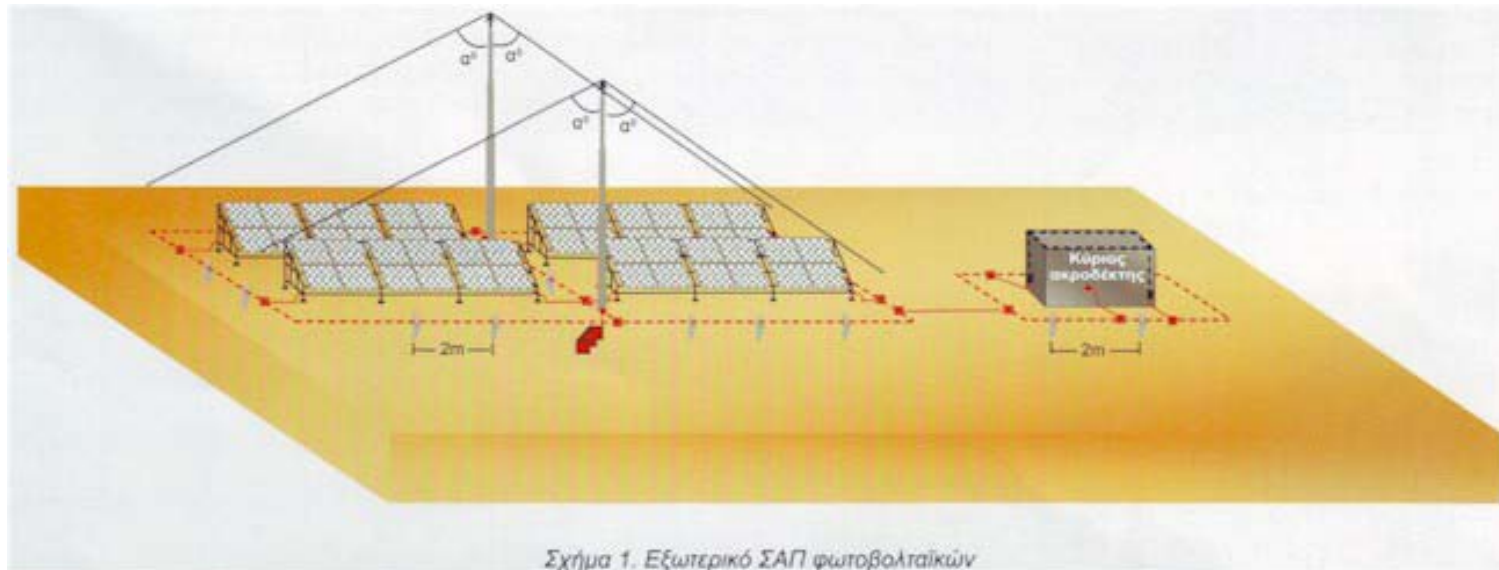
- ▶ Η επαγωγική αντίσταση των αγωγών καθόδου ευθύνεται για τη δημιουργία υπερτάσεων μεταξύ των υψηλότερων σημείων του κυκλώματος προστασίας και του κυκλώματος γείωσης
- ▶ Οι υπερτάσεις αυτές ευθύνονται για επικίνδυνους σπινθήρες (side flashes)
- ▶ Η ελάττωση του δρόμου μεταφοράς έχει ως επακόλουθο τη μείωση της επαγωγικής αντίστασης, καθώς επίσης συνεπακόλουθη είναι και η μείωση του κινδύνου εμφάνισης επικίνδυνων σπινθήρων.
- ▶ Η ικανότητα μείωσης αυτού του κινδύνου αυξάνεται με τη σχεδίαση αρκετών παραλλήλων οδών ρεύματος, καθώς επίσης και με την εισαγωγή ισοδυναμικών συνδέσεων οπουδήποτε είναι απαραίτητο.

Εξωτερικό ΣΑΠ

Σύστημα Γείωσης

- ▶ Διάχυση του ρεύματος του κεραυνού στο έδαφος
- ▶ Πρέπει να πραγματοποιείται με ταχύτητα και ασφάλεια, ώστε να μην αναπτύσσονται επικίνδυνες υπερτάσεις στον προστατευμένο χώρο
- ▶ Η επίτευξη του στόχου αυτού σχετίζεται, τόσο με την τιμή της αντίστασης γείωσης, όσο και με τη μορφή και τις διαστάσεις του συστήματος γείωσης.
- ▶ Η κατασκευή του συστήματος γείωσης εμπεριέχει είτε περιμετρική γείωση, είτε τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε κάθε κάθοδο.
- ▶ Η εγκατάσταση του εξωτερικού ΣΑΠ των ϕ/β συλλεκτών και του οικισμού σχεδιάζεται, σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305-3
- ▶ Απαιτούμενη στάθμη προστασίας η οποία υπολογίζεται από το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-2
- ▶ Όλα τα εξαρτήματα εγκατάστασης του εξωτερικού ΣΑΠ επιβάλλεται να έχουν επιτυχώς δοκιμαστεί, σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 50164.

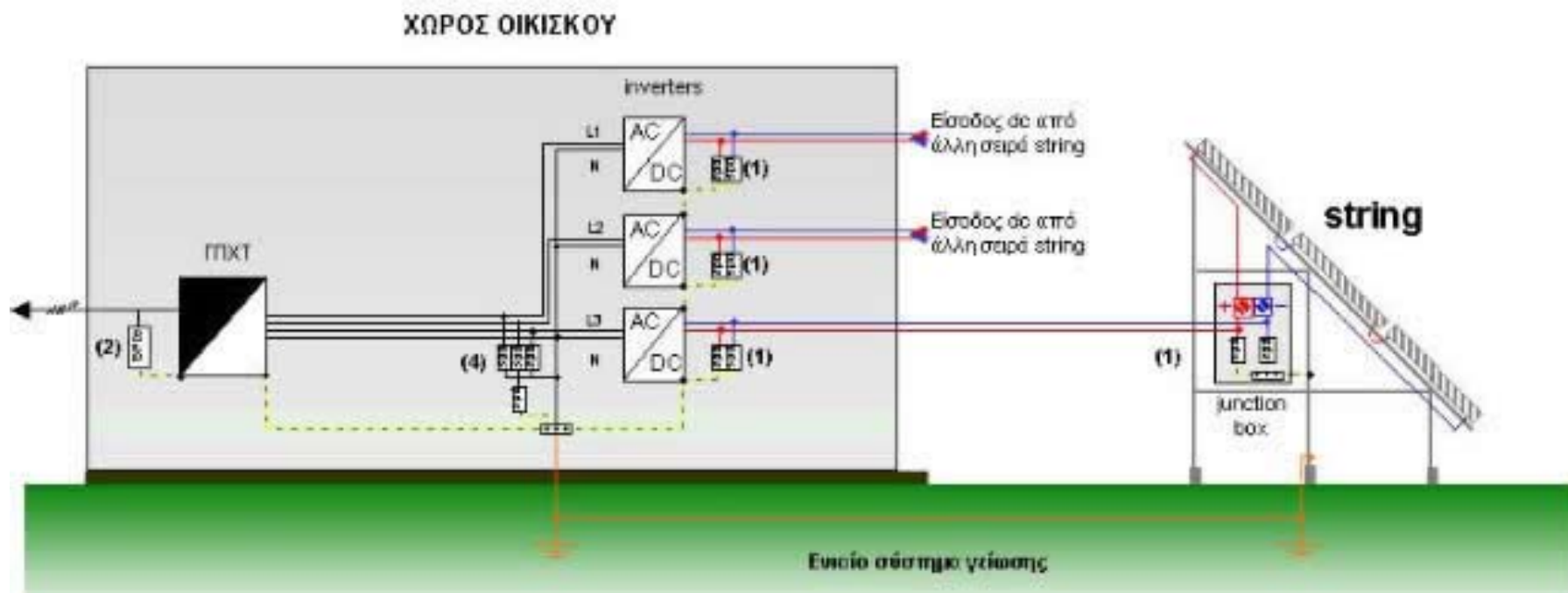
Παράδειγμα Εξωτερικού ΣΑΠ σε Φ/Β εγκατάσταση



Εσωτερικό Σ.Α.Π

- ▶ Αποτελείται από τις διατάξεις, με τις οποίες γίνεται εφικτή η μείωση των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων του ρεύματος του κεραυνού στο εσωτερικό του προστατευμένου χώρου
- ▶ Ιδιαίτερη βαρύτητα στην εξίσωση των δυναμικών όλων των μεταλλικών στοιχείων του χώρου, ώστε να αποφευχθούν τυχόν διαφορές δυναμικού μεταξύ τους, στο εσωτερικό του προστατευμένου χώρου
- ▶ Οι ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται με άμεση γεφύρωση του μεταλλικού εξοπλισμού με τη γείωση μέσω αγωγών ακολουθώντας την πλέον σύντομη οδό
- ▶ Οι ισοδυναμικές συνδέσεις των ηλεκτρικά μονωμένων δικτύων και συσκευών πραγματοποιούνται μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων, οι οποίοι επιλέγονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του δικτύου, του αναμενόμενου κεραυνικού ή κρουστικού ρεύματος στη θέση εγκατάστασής τους και της στάθμης μόνωσης των δικτύων και συσκευών.

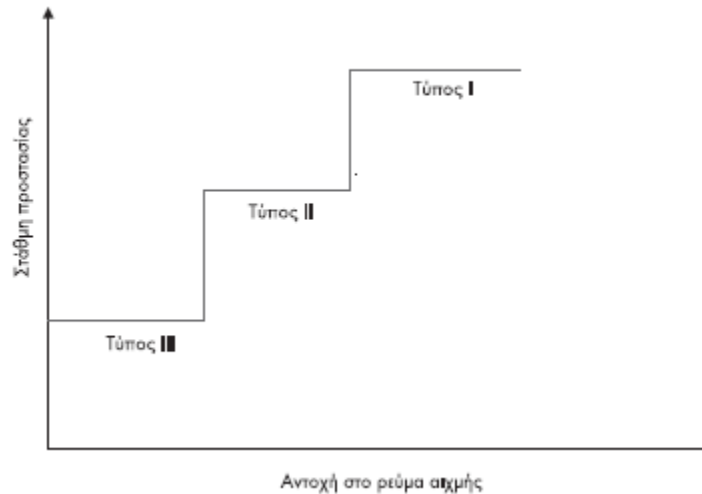
Ισοδυναμικές συνδέσεις με απαγωγείς κρουστικών τάσεων (SPDs) ηλεκτρικά μονωμένων δικτύων



Αρχή λειτουργίας απαγωγέα κρουστικών υπερτάσεων

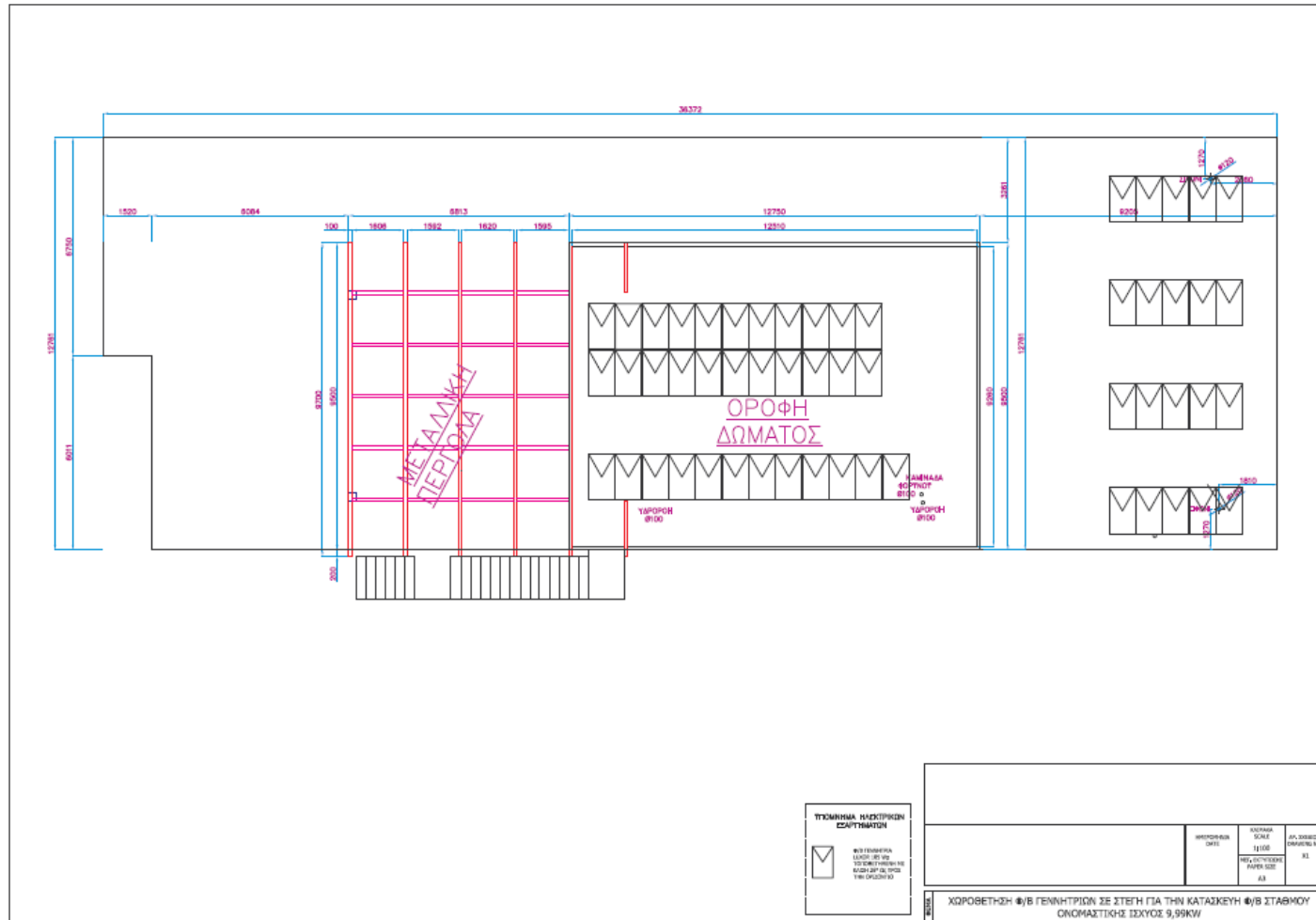
- ▶ Ο απαγωγέας κρουστικών υπερτάσεων χαρακτηρίζεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας από μία υψηλή αντίσταση μεταξύ των άκρων του.
- ▶ Όταν στο δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένος εφαρμοστεί μια κρουστική τάση με τιμή μεγαλύτερη από την τάση διάσπασής του, βραχυκυκλώνει τα άκρα του σε χρόνο ο οποίος είναι της τάξης των ns , με αποτέλεσμα την μείωση των διαφορών δυναμικού μεταξύ των ηλεκτρικά μονωμένων αγωγών και μεταξύ των γειωμένων μερών, σε στάθμη η οποία πρέπει να είναι χαμηλότερη της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών της εγκατάστασης, όπως αυτή ορίζεται στο Διεθνές Πρότυπο IEC 60664-1
- ▶ Η τάση αυτή ονομάζεται τάση προστασίας (U_p) και αποτελεί το βασικότερο κριτήριο κατά την επιλογή απαγωγέα κρουστικών υπερτάσεων
- ▶ Όταν η τάση του δικτύου επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων, αυτόματα επανέρχεται στην αρχική του θέση, χωρίς την ανάγκη διακοπής της παροχής του ηλεκτρικού δικτύου

Κατηγορίες απαγωγέα κρουστικών υπερτάσεων (SPD)

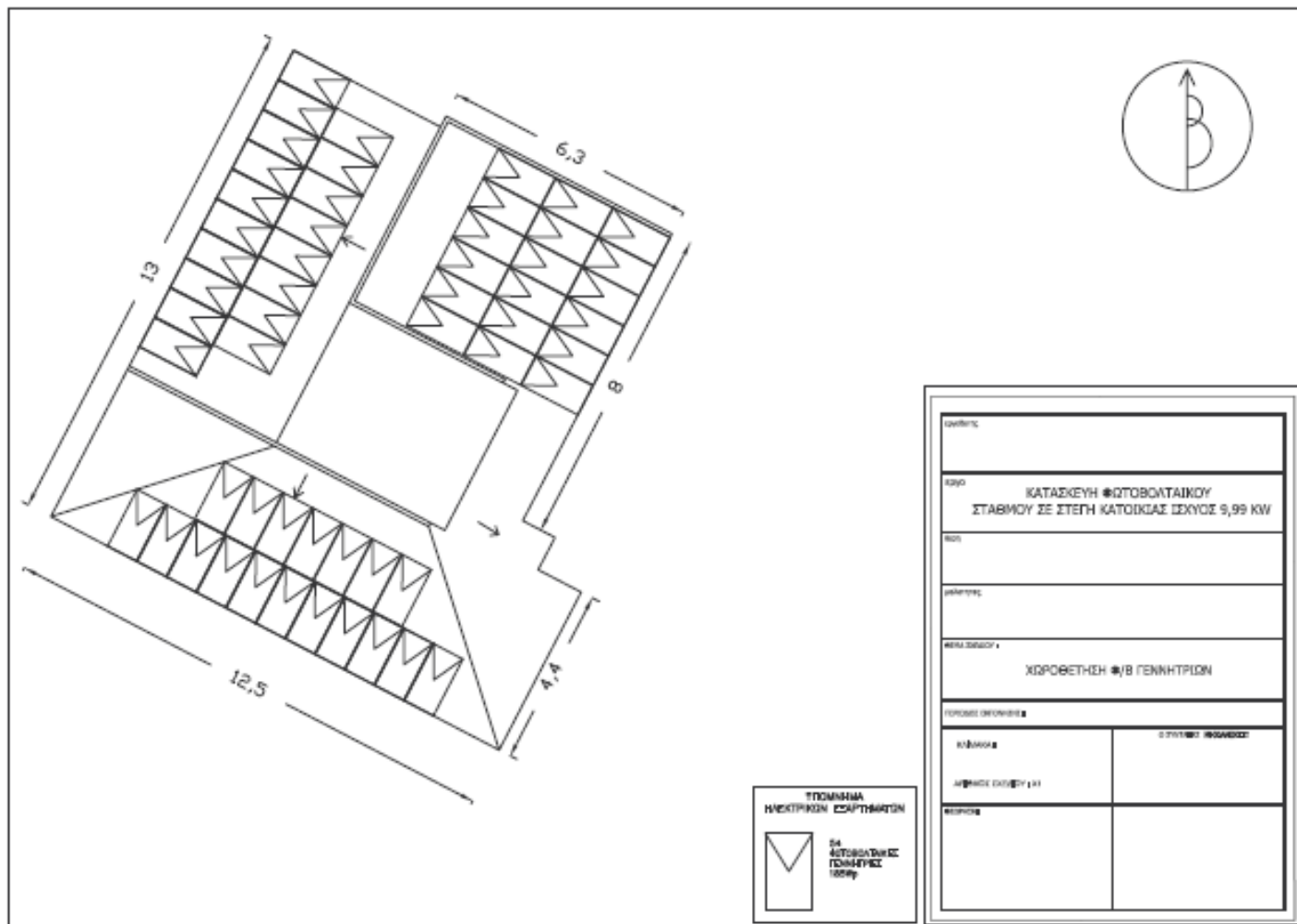


Παραδείγματα Σχεδίων Χωροθέτησης & Μονογραμμικών Σχεδίων Συμπλήρωση Αίτησης Δ.Ε.Η

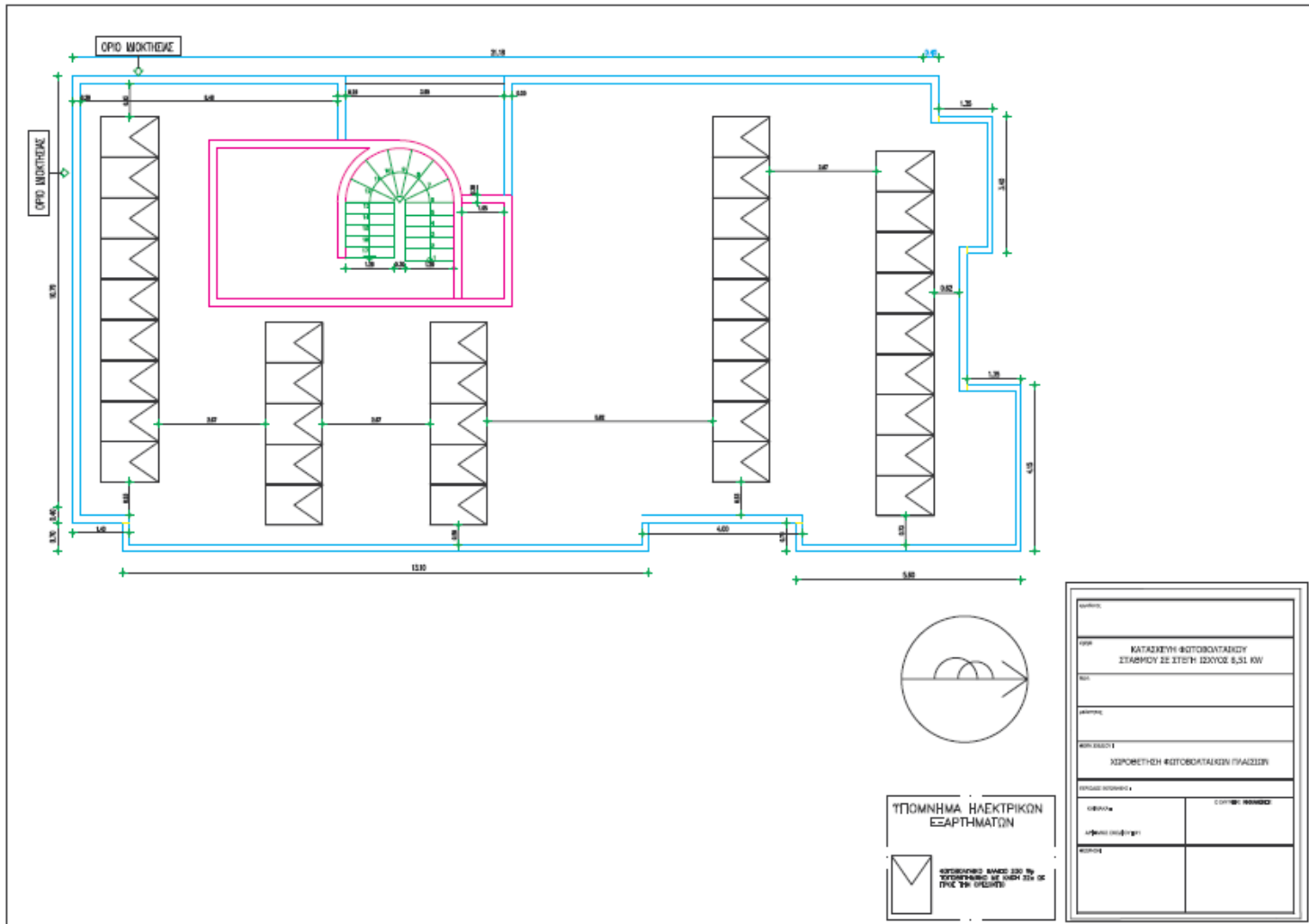
Χωροθέτηση φ/β πλαισίων ονομαστικής ισχύος 9,99 kWp σε δώμα οικίας



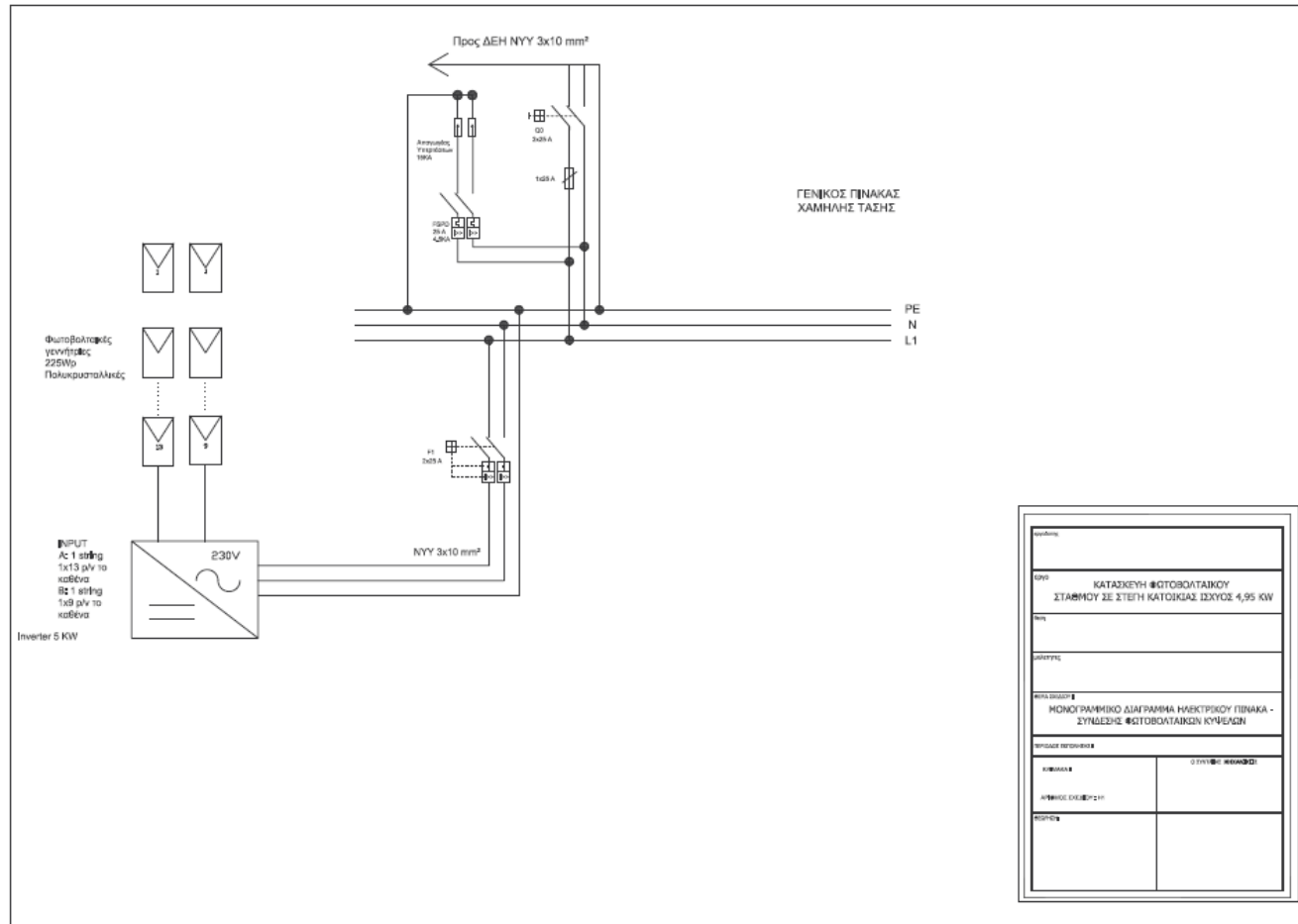
Χωροθέτηση φ/β πλαισίων ονομαστικής ισχύος 9,99 kWp σε στέγη οικίας



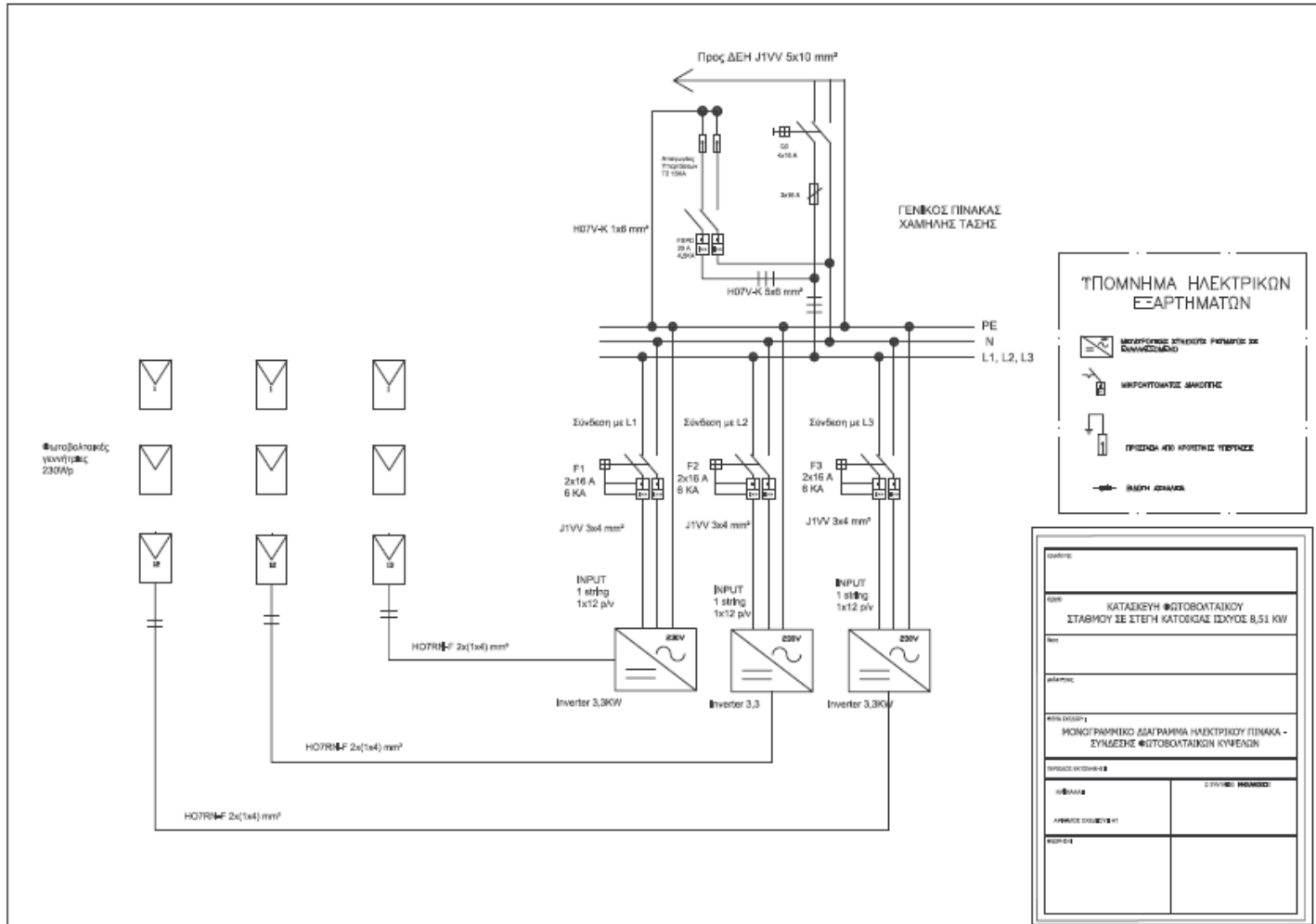
Χωροθέτηση φ/β πλασιών ονομαστικής ισχύος 8,51 kWp σε δώμα οικίας



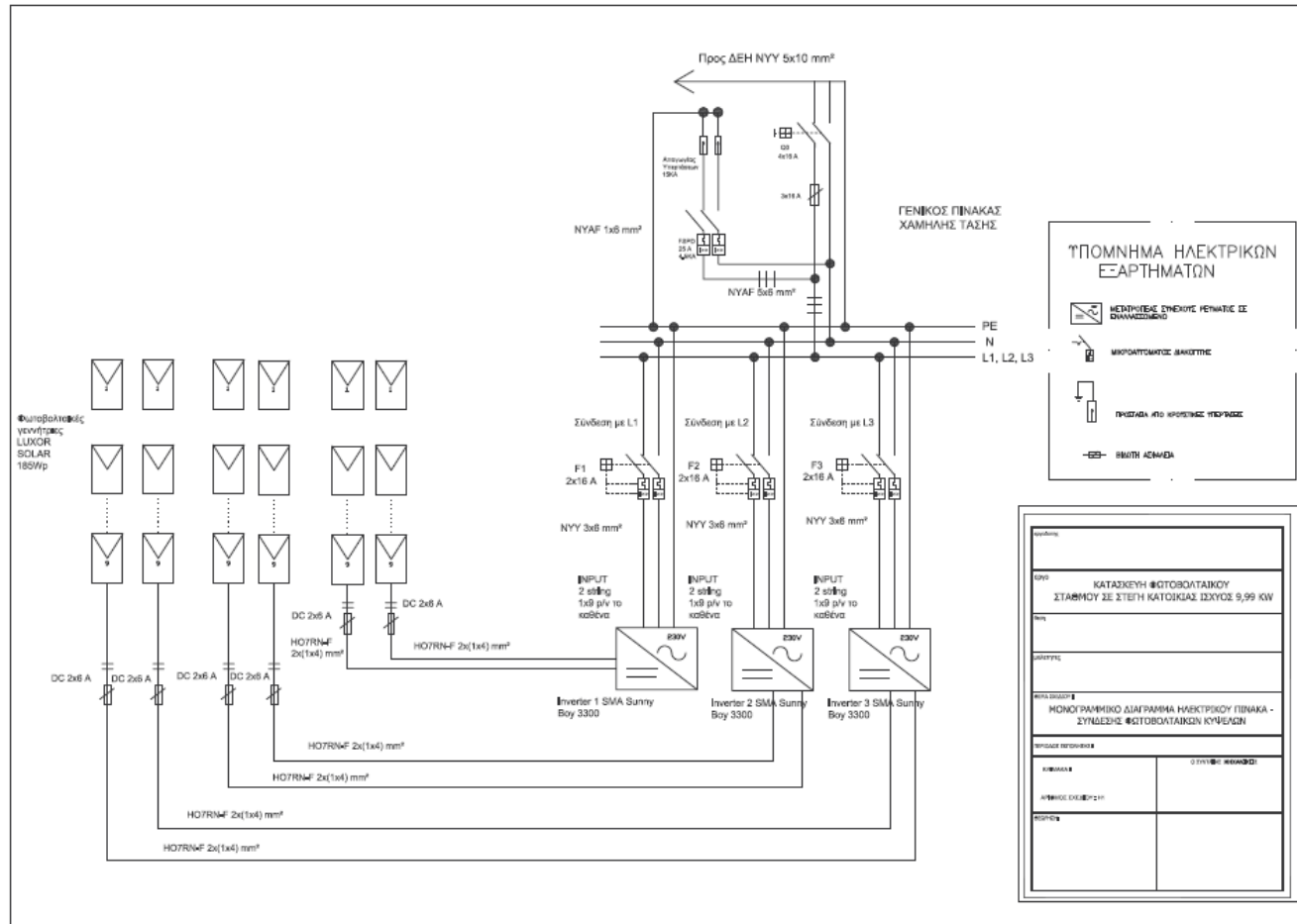
Μονογραμμικό Σχέδιο σταθμού ισχύος 5kWp



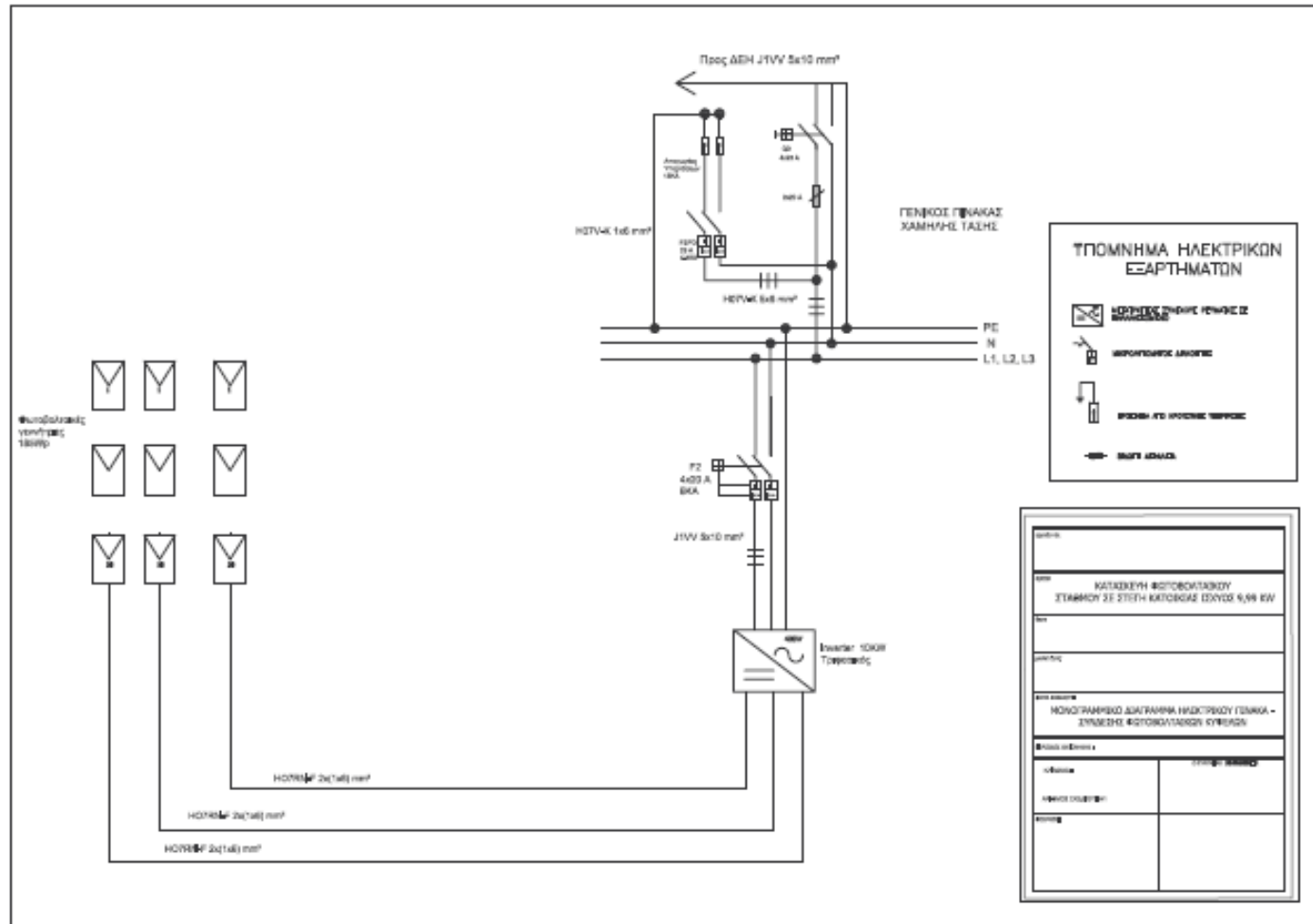
Μονογραμμικό Σχέδιο σταθμού ισχύος 8,51 kWp



Μονογραμμικό Σχέδιο σταθμού ισχύος 10 kWp



Μονογραμμικό Σχέδιο σταθμού ισχύος 10 kWp



Προμέτρηση Υλικών

- ▶ Φ/Β γεννητρίες – Τύπος, ισχύς, αριθμός
- ▶ Μετατροπείς (Μοντέλο , ισχύς , αριθμός)
- ▶ Σύστημα τηλεμετρίας μετατροπένων/ προεραιτικό
- ▶ Μεταλλικές Βάσεις στήριξης (Μονή σειρά, διπλή σειρά, μέτρα/τεμάχια)
- ▶ Αγωγοί γείωσης (Μήκος , διατομή)
- ▶ Ηλεκτρόδια γείωσης (τεμάχια, διατομή)
- ▶ Σωληνώσεις (τύπος, μέτρα, διατομή)
- ▶ Φρεάτια (τεμάχια, τύπος)
- ▶ Αγωγοί AC, DC, ασθενή (Μήκος, διατομή, μόνωση-τύπος)
- ▶ Διακοπτικά μέσα (Ονομαστικό ρεύμα, ονομαστική τάση, ρεύμα βραχυκυκλώματος) AC – DC
- ▶ Οικίσκος
- ▶ Όργανα προστασίας Γενικού Πίνακα
- ▶ Εσωτερική και Εξωτερική Αντικεραυνική προστασία (Κλάση T1, T2 κλπ , μήκος ιστού και τύπος συλλέκτη (τονισμού/ franklin)

Συμπλήρωση Αίτησης ΔΕΗ – Μετατροπείς

- ▶ Κατασκευαστής – Προέλευση
- ▶ Τύπος – Μοντέλο
- ▶ Ονομαστική ισχύς εξόδου
- ▶ Μέγιστη ισχύς εξόδου
- ▶ Μέγιστος βαθμός απόδοσης
- ▶ Συντελεστής Ισχύος
- ▶ Διακύμανση τάσης εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)
- ▶ Διακύμανση συχνότητας εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)
- ▶ Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)
- ▶ Έγχυση DC
- ▶ Μετασχηματιστής απομόνωσης
- ▶ Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης(islanding) κατά VDE0126 ή ισοδύναμης μεθόδου
- ▶ Πλήρης περιγραφή τρόπου προστασίας
- ▶ Πιστοποιήσεις

Υπόδειγμα Αίτησης ΔΕΗ Φ/Β σταθμού σε στέγη ισχύος μέχρι 10kW



ΔΕΗ/Περιοχή

Ημερομηνία παραλαβής αίτησης:
(συμπληρώνεται από την Περιοχή ΔΕΗ)

Αίτηση για τη σύνδεση Φωτοβολταϊκού Συστήματος ισχύος ≤ 10 kWp στο Δίκτυο ΧΤ
(στο πλαίσιο του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις)

Στοιχεία Κυρίου του Φωτοβολταϊκού Συστήματος	
Ιδιότητα κυρίου του συστήματος	☐ Φυσικό πρόσωπο ☐ Κύριοι οριζόντιων ιδιοκτησιών πολυκατοικίας ☐ Πολύ μικρή επιχείρηση (ή φυσικό πρόσωπο επιτηδευματίας) ☐ Ν.Π.Δ.Δ. ☐ Ν.Π.Ι.Δ. μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα
Όνομα/επωνυμία φυσικού/νομικού προσώπου (ή εκπροσώπου διαχειριστή)	
Κατοικία/έδρα φυσικού/νομικού προσώπου	
ΑΦΜ και ΔΟΥ φυσικού/νομικού προσώπου	
Εκπρόσωπος επικοινωνίας με τη ΔΕΗ	
Ταχυδρομική διεύθυνση	
Ηλεκτρονική διεύθυνση (E-mail)	
Τηλέφωνο	
Fax	
Στοιχεία Εγκατάστασης	
Θέση εγκατάστασης (οδός, αριθμός, Τ.Κ., Δήμος, Νομός)	☐ Δώμα ☐ Στέγη ☐ Στέγαστρο ☐ Πρόσφυγη ☐ Σκίαστρο ☐ Αποθήκη ☐ Χώρος στάθμευσης
Συνολική ισχύς (kWp)	

Υπόλ. 10.2010

1

Αριθμός Παροχής του υφιστάμενου μετρητή κατανάλωσης του κτιρίου (για τον οικονομικό συμφωνηισμό)	
Στοιχεία του υπεύθυνου μελέτης και εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος (επωνυμία, ειδικότητα, διεύθυνση, τηλέφωνο)	
Στοιχεία φωτοβολταϊκών πλασίων	
Κατασκευαστής, προέλευση	
Τύπος - μοντέλο	
Ονομαστική ισχύς πλασίου	
Αριθμός πλασίων	
Πιστοποιήσεις	
Στοιχεία αντιστροφέων (inverters)	
Κατασκευαστής, προέλευση	
Τύπος - Μοντέλο	
Ονομαστική ισχύς εξόδου	
Μέγιστη ισχύς εξόδου	
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	
Συντελεστής ισχύος	
Διακύμανση τάσης εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(προεπιλεγμένη) (εύρος ρύθμισης)
Διακύμανση συχνότητας εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(προεπιλεγμένη) (εύρος ρύθμισης)

Υπόλ. 10.2010

2

Υπόδειγμα Αίτησης ΔΕΗ Φ/Β σταθμού σε στέγη ισχύος μέχρι 10kW

Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)	
Εγγύηση DC	
Μετασχηματιστής απομόνωσης	Ναι / Όχι
Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης (Islanding) κατά VDE 0126 ή ισοδύναμης μεθόδου	Ναι / Όχι
Πλήρης περιγραφή τρόπου προστασίας	
Πιστοποιήσεις	
Έγγραφα και στοιχεία που συνοποβάλλονται κατά την αρχική αίτηση	
1. Τεχνικά εγχειρίδια φωτοβολταϊκών στοιχείων	☐
2. Τεχνικά εγχειρίδια και πιστοποιητικά αντιστροφών	☐
3. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του φωτοβολταϊκού συστήματος (υπογεγραμμένο από μηχανικό κατάλληλης ειδικότητας)	☐
4. Αντίγραφο πρόσφατου λογαριασμού κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος (για τον μετρητή κατανάλωσης του ακινήτου ή των κοινόχρηστων μέσω του οποίου θα διενεργείται ο οικονομικός συμφωνισμός)	☐
5. Τοπογραφικό της θέσης εγκατάστασης (προκειμένου για κτιριακές εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως)	☐
6. Κάτοψη του χώρου εγκατάστασης όπου θα αποτυπώνεται η ακριβής θέση τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλασίων	☐
7. Αποδεικτικό δικαιώματος χρήσης του χώρου εγκατάστασης, κατά περίπτωση, ως ακολούθως: α) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από τον κύριο του χώρου αυτού:</u> Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικού μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο) β) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από άλλον, πλην του ιδιοκτήτη, κύριο οριζόντιας ιδιοκτησίας στο ίδιο κτίριο:</u> Τίτλος κυριότητας ως ανωτέρω και έγγραφη συμφωνία του κυρίου του χώρου εγκατάστασης για την παραχώρησή του σε άλλο κύριο οριζόντιας ιδιοκτησίας του ίδιου κτίριου, με ίδια ευθύνη των υπογραφόντων γ) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε κοινοχρήστο ή κοινοκτίριο χώρο είτε από το σύνολο των κυρίων οριζόντιων ιδιοκτησιών του κτιρίου, είτε από έναν εκ των κυρίων οριζόντιων ιδιοκτησιών, μετά από παραχώρηση του χώρου αυτού:</u> Πρακτικό ομόφωνης απόφασης της γενικής συνέλευσης ή έγγραφη συμφωνία όλων των συνιδιοκτητών του κτιρίου με ευθύνη του διαχειριστή ή του κυρίου οριζόντιας ιδιοκτησίας που θα εγκαταστήσει το σύστημα, αντίστοιχα	☐ ☐ ☐

Υπδδ_10_2010

3

δ) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από ΝΠΔΔ</u> Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικού μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο) Έγγραφη συναίνεση του κυρίου του χώρου για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού (αν η αίτηση υποβάλλεται από διαχειριστή)	☐ ☐
ε) <u>για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από μη κερδοσκοπικό ΝΠΔΔ</u> Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικού μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο)	☐
8. Καταστατικό δημοσιευμένο σε ΦΕΚ από το οποίο να προκύπτει ο μη κερδοσκοπικός χαρακτήρας του ΝΠΔΔ. <u>μόνο προκειμένου για ΝΠΔΔ</u>	☐
9. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 στην οποία ο αιτών θα δηλώνει ότι: α) Το έργο της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν έχει ενταχθεί σε οποιοδήποτε πρόγραμμα χρηματοδότησης β) Μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό του κτιρίου επί του οποίου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (με αναφορά στον τρόπο κάλυψης, όπως ηλιακός θερμοσίφοντας, ηλιοθερμικά, βιομάζα κλπ) <u>μόνο για την περίπτωση που ο συμφωνισμός γίνεται με μετρητή ιδιόκτητης κατοικίας</u> γ) Κατατάσσεται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, όπως αυτές καθορίζονται στην Ε.Ε. <u>μόνο προκειμένου για φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες</u> δ) Όλοι ανεξαιρέτως οι συνιδιοκτήτες των οριζόντιων ιδιοκτησιών του κτιρίου έχουν υπογράψει το πρακτικό της γενικής συνέλευσης ή έχουν εγγράφως συμφωνήσει για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος ε) Όλα τα στοιχεία που υποβάλλει με την αίτησή του είναι αληθή	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της υπογραφής της Σύμβασης Σύνδεσης	
10. Κατά περίπτωση: • Έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας (για κτίρια σε παραδοσιακούς οικισμούς και ιστορικά τμήματα πόλεων καθώς και διατηρητέα κτίρια) ή • Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 από τον κύριο του φωτοβολταϊκού, καθώς και Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 από τον υπεύθυνο για την εγκατάσταση μηχανικό (λοιπές περιπτώσεις)	☐ ☐
Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το Δίκτυο	
12. Αντίγραφο της Σύμβασης Συμφωνισμού	☐

Υπδδ_10_2010

4

Υπόδειγμα Αίτησης ΔΕΗ Φ/Β σταθμού σε στέγη ισχύος μέχρι 10kW

13. Υπεύθυνη Δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένα: μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης και τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινομένου της νησιδοποίησης στην οποία θα αναφέρονται οι ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα που σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν για την τάση το +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης, ενώ για την συχνότητα τα +/- 0,5 Hz καθώς επίσης και την πρόβλεψη ότι σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις :



- Θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα,
- Επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από τρία λεπτά.

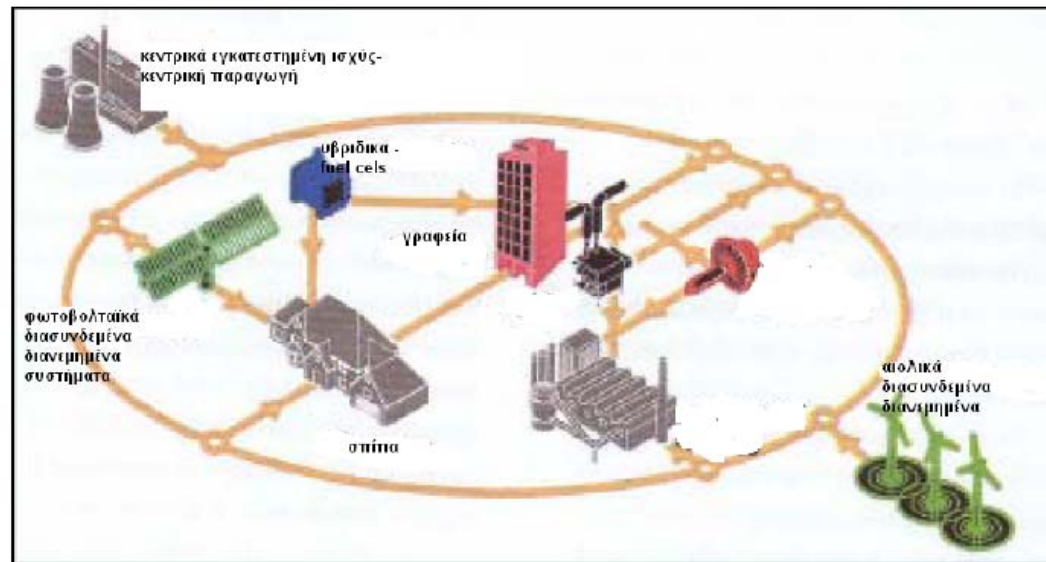
Επίσης θα αναφέρεται ο χρόνος λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης

14. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο κύριος του φωτοβολταϊκού θα αναφέρει ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν βάσει των απαιτήσεων της ανωτέρω Υπεύθυνης Δήλωσης μηχανικού.



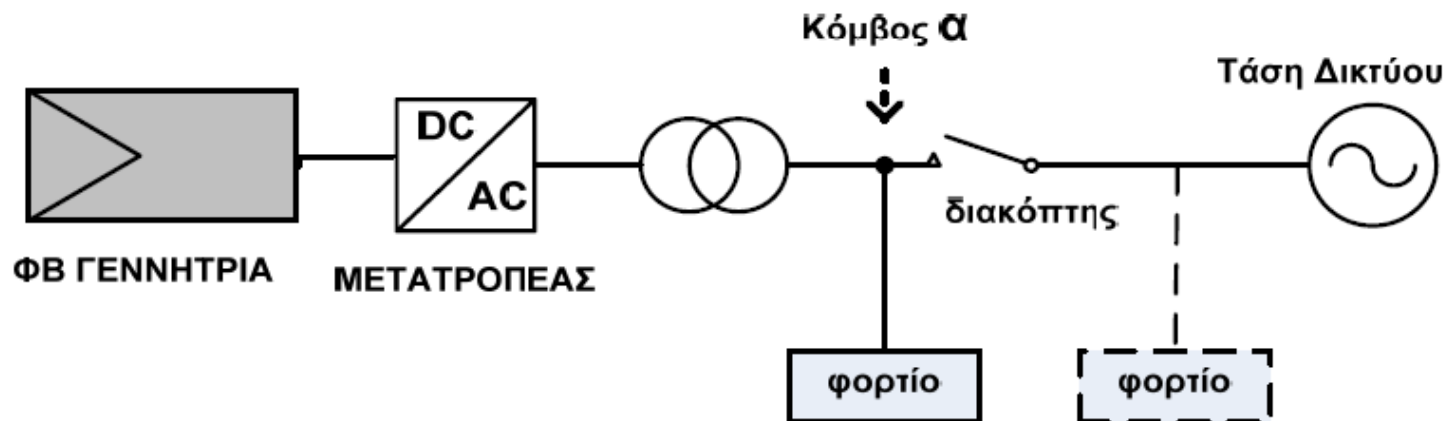
Φαινόμενο Νησιδοποίησης

- ▶ Αναφέρεται σε διανεμημένα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία είναι διασυνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο
- ▶ Διανεμημένα συστήματα : Εγκαταστάσεις παραγωγής οι οποίες συνδέονται κατά κανόνα στο δίκτυο (Μ.Τ ή Χ.Τ) και βρίσκονται πλησιέστερα στους τελικούς χρήστες



Φαινόμενο νησιδοποίησης

- ▶ Όταν το διανεμημένο σύστημα συνεχίζει να παρέχει ισχύ σε ένα τμήμα του δικτύου της ΔΕΗ ενώ το τμήμα αυτό έχει αποσυνδεθεί από το κεντρικό δίκτυο τότε λέμε ότι εμφανίζεται το φαινόμενο της νησιδοποίησης
- ▶ Το διανεμημένο σύστημα δηλαδή συμπεριφέρεται σαν μια νησίδα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το τμήμα του δικτύου στο οποίο παραμένει συνδεδεμένο
- ▶ Η νησιδοποίηση συμβαίνει λοιπόν κυρίως σε διανεμημένα διασυνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο συστήματα βασική κατηγορία των οποίων αποτελούν και τα φωτοβολταϊκά.



Αρνητικές Επιπτώσεις Φαινομένου νησιδοποίησης

- ▶ Ασφάλεια δικτύου: Σοβαρή πιθανότητα πρόκλησης θανάσιμου κινδύνου σε προσωπικό που εργάζεται στο τμήμα του δικτύου που συμβαίνει η νησιδοποίηση
- ▶ Δουλεύει υπό τάση και μάλιστα εν αγνοία του
- ▶ Σοβαρός κίνδυνος διαταραχών στη συχνότητα και στην τάση εκτός των προβλεπόμενων ορίων, καταστροφικό για συσκευές που τροφοδοτούνται από το νησιδοποιημένο κομμάτι
- ▶ Κατά την επανασύνδεση , εκτός φάσης , κίνδυνος πρόκλησης καταστροφών στον εξοπλισμό του διασυνδεδεμένου συστήματος

Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης

- ▶ «Τοπικές» τεχνικές προστασίας προτιμούνται για διασυνδεδεμένα συστήματα
- ▶ Παθητικές: Παρακολουθούν παραμέτρους όπως η τάση, η συχνότητα και η διαφορά φάσης που «βλέπει» ο συνδεδεμένος στο δίκτυο μετατροπέας. Όταν αυτές υπερβούν κάποια καθορισμένα όρια που υποδεικνύουν ότι το κεντρικό δίκτυο έχει αποσυνδεθεί αναγκάζουν τον μετατροπέα να σταματήσει την παροχή ισχύος
- ▶ Πλεονέκτημα: Δεν επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα της ισχύος που παρέχει το διανεμημένο σύστημα στο δίκτυο, αφού δεν εισάγουν κάποια διαταραχή σε αυτό
- ▶ Μειονέκτημα: Δεν μπορούν πάντα να ανιχνεύσουν την εμφάνιση του φαινομένου, παρουσιάζουν δηλαδή μια σχετικά μεγάλη ζώνη μη ανίχνευσης του φαινομένου της νησιδοποίησης

Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης

- ▶ Ενεργητικές: Βασίζονται στην εισαγωγή σκόπιμων «διαταραχών-παρενοχλήσεων» στη πλευρά της εξόδου του διανεμημένου συστήματος, δηλαδή από το ΔΣ προς την πλευρά του δικτύου. Οι διαταραχές αυτές αφορούν την τάση, το ρεύμα και τη συχνότητα. Δεδομένου ότι το δίκτυο χαρακτηρίζεται από σταθερότητα στην τάση και τη συχνότητα και χαμηλή εμπέδηση, με τη λήψη μετρήσεων σχετικά με τη συμπεριφορά του δικτύου υπό την επίδραση των παραπάνω διαταραχών είναι δυνατός ο εντοπισμός του φαινομένου της νησιδοποίησης
- ▶ Πλεονέκτημα : είναι πιο αξιόπιστες αναφορικά με την ανίχνευση του φαινομένου, δηλαδή παρουσιάζουν μια σχετικά πιο μικρή ζώνη μη ανίχνευσης
- ▶ Μειονέκτημα: επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα της ισχύος που παρέχεται από το διανεμημένο σύστημα ακριβώς επειδή βασίζονται στην εισαγωγή σκόπιμων «διαταραχών»
- ▶ Μπορεί ακόμα και να υποβαθμίσουν την σταθερότητα του διανεμημένου συστήματος ακόμα και υπό κανονική λειτουργία δηλαδή ακόμα και όταν δεν υπάρχει το φαινόμενο της νησιδοποίησης
- ▶ Πρότυπο DIN VDE 0126.1.1

Τεχνικές Προδιαγραφές Μετατροπών

Πιστοποιητικό για μετατροπείς

σε φωτοβολταϊκά συστήματα διασυνδεδεμένα στο Ελληνικό δημόσιο δίκτυο

Τύπος μετατροπείας	Ονομαστική ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος	Μέγιστη ισχύς εναλλασσόμενου ρεύματος	Βαθμός απόδοσης	Ρύθμιση χαμηλής τάσης	Ρύθμιση υψηλής τάσης	Ρύθμιση χαμηλής συχνότητας ημερησιακή Ελλάδα	Ρύθμιση υψηλής συχνότητας ημερησιακή Ελλάδα
Sunny Boy 1200	1200 W	1200 W	92,1 %	186 V	253 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Boy 1700	1550 W	1700 W	93,5 %	186 V	253 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Boy 2500	2300 W	2500 W	94,1 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Boy 3000	2750 W	3000 W	95,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Boy 3300	3300 W	3600 W	95,2 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Boy 3300TLHC	3000 W	3300 W	96,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Boy 3800	3800 W	3800 W	95,6 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 4600A	4600 W	5000 W	96,1 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 5000A	5000 W	5500 W	96,1 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 6000A	6000 W	6000 W	96,1 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 7000HV	6650 W	7000 W	96,1 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 7000HV-11	6650 VA	7000 VA	96,2 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 6000TL	6000 W	6000 W	98,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 7000TL	7000 W	7000 W	98,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 8000TL	8000 W	8000 W	98,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 9000TL-10	9000 W	9000 W	98,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 10000TL-10	10000 W	10000 W	98,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 11000TL-10	11000 W	11000 W	98,0 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 9000TLRP-10	9000 VA	9000 VA	97,7 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 10000TLRP-10	10000 VA	10000 VA	97,7 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Mini Central 11000TLRP-10	11000 VA	11000 VA	97,7 %	186 V	260 V	49,51 Hz	50,49 Hz
Sunny Boy 2000HF-30	2000 W	2000 W	96,3 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Boy 2500HF-30	2500 W	2500 W	96,3 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Boy 3000HF-30	3000 W	3000 W	96,3 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Boy 3000TL-20	3000 W	3000 W	97,0 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Boy 4000TL-20	4000 W	4000 W	97,0 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Boy 5000TL-20	4600 W	5000 W	97,0 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Tripower 10000TL-10	10000 VA	10000 VA	98,1 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Tripower 12000TL-10	12000 VA	12000 VA	98,1 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Tripower 15000TL-10	15000 VA	15000 VA	98,1 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz
Sunny Tripower 17000TL-10	17000 VA	17000 VA	98,1 %	184 V	264,5 V	49,50 Hz	50,50 Hz

Ισχύει για όλους τους μετατροπείς που αναφέρονται πιο πάνω:

Εύρος τάσεως εναλλασσόμενου ρεύματος: $0,8 V_{nom} - 1,15 V_{nom}$ ($V_{nom} = 230 V$)

Κατώτερο όριο: $< 264,5 V$

Ανώτατο όριο: $< 264,5 V$

Περιοχή συχνότητων εναλλασσόμενου ρεύματος: 45,5 Hz - 54,5 Hz (περιοχή συχνότητων του μετατροπέα)

Ρύθμιση χαμηλής συχνότητας: 47,5 Hz για τα μη συνδεδεμένα στο δίκτυο νησιά

Ρύθμιση υψηλής συχνότητας: 51,0 Hz για τα μη συνδεδεμένα στο δίκτυο νησιά

Συντελεστής παραμόρφωσης ρεύματος: $< 4\%$

DC-Current Injection: $< 0,5\%$ του ονομαστικού ρεύματος

Active Anti Islanding (Επιτήρηση δικτύου):
SMA Grid Guard, επιτήρηση δικτύου active anti islanding σύμφωνα με την
DIN VDE 0126-1-1 Με μέτρηση τάσης/συχνότητας/όντωσης αντίστασης/LOM (Loss Of Mains)
Ο χρόνος αποσύνδεσης σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων συχνότητας και τάσης είναι $< 0,5 s$.
Ο χρόνος επανασύνδεσης μετά την επαναφορά του δικτύου είναι τουλάχιστον 180 s

Οι ρυθμίσεις αυτές εξασφαλίζουν ότι τα όρια της αποσύνδεσης για την τάση και τη συχνότητα παραμένουν τα ίδια.

*Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή
σας*

Βιβλιογραφία

- ▶ «Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις», Σταμάτης Δ. Πέρδιος
- ▶ «Στοιχεία για την σχεδίαση ΦΒ συστημάτων συνδεδεμένων με το ηλεκτρικό δίκτυο», Χάρης Δημουλιάς
- ▶ «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών» , Πέτρος Ντοκόπουλος
- ▶ SMA Hellas
- ▶ «Μελέτη Υπερτάσεων λόγω κεραυνών σε φωτοβολταϊκές διατάξεις» ,Θωμάς Ντούμας
- ▶ «Μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών μεγάλης ισχύος σε σύνδεση με το δίκτυο», Δαλαΐνας Δημήτρης