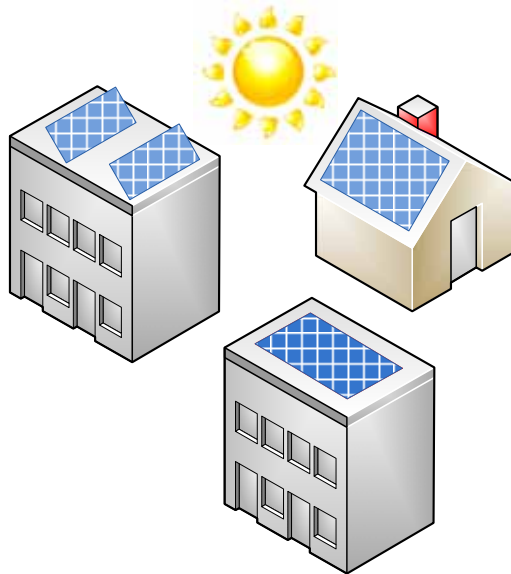




## ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ



ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2009

**ΤΜΗΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**



**ΚΑΠΕ  
CRES**

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ  
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## Πίνακας περιεχομένων

1	ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	3
2	ΣΤΟΧΟΙ.....	4
3	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
3.1	Δομή των Διασυνδεδεμένων Κτηριακών Φ/Β Συστημάτων .....	5
3.2	Κατηγοριοποίηση των Διασυνδεδεμένων Κτηριακών Φ/Β Συστημάτων.....	6
3.3	Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς Ανεξάρτητου Παραγωγού.....	6
3.4	Διαμόρφωση της σύνδεσης βάσει της μέγιστης ισχύος της Φ/Β εγκατάστασης... 7	
4	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	8
4.1	Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων .....	8
4.2	Προβλήματα σκιασμών .....	10
4.3	Στατική μελέτη & Υλικά στήριξης.....	12
4.4	Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων .....	13
5	ΣΧΕΔΙΑΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	14
5.1	Χαρακτηριστικές ηλεκτρικές τιμές ενός Φ/Β συστήματος .....	14
5.1.1	Τάση .....	14
5.1.2	Ένταση.....	14
5.1.3	Θερμοκρασία .....	14
5.2	Συνεργασία Φ/Β - Αντιστροφέα.....	14
6	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	17
6.1	Γενικά .....	17
6.2	Διερεύνηση σφαλμάτων .....	18
6.3	Προστασία .....	19
7	ΓΕΙΩΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ .....	20
8	ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ .....	23
8.1	Πλευρά Σ.Ρ.....	23
8.2	Πλευρά Ε.Ρ.....	24
8.3	Σημάνσεις .....	25
9	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΥΠΕΡΤΑΣΕΙΣ – ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	26
10	ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	29
11	ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΔΙΚΤΥΟ .....	30
11.1	Σύνδεση κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο Χαμηλής Τάσης.....	30
11.2	Διαμόρφωση της διασύνδεσης των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων – ηλεκτρικού δικτύου .....	30
11.3	Αρμονική Παραμόρφωση και επιτρεπτά όρια έγχυσης αρμονικών συνιστωσών.....	32
11.4	Ανίχνευση καταστάσεων απομονωμένης λειτουργίας – «φαινόμενο νησίδας»..	34
12	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	36
12.1	Γενικές οδηγίες για την ασφάλεια του κοινού.....	36
12.2	Μέτρα περιορισμού του κινδύνου ηλεκτροπληξίας κατά την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος.....	36
12.3	Ελάχιστες απαραίτητες Προδιαγραφές εξοπλισμού.....	38
13	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	45
14	Ευρετήριο Σχημάτων .....	47
15	Ευρετήριο Πινάκων .....	48
16	Συντομογραφίες .....	49

## **1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), μετά από σχετικό αίτημα του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής και με στόχο να διασφαλιστεί τόσο η άρτια εγκατάσταση, όσο και η απρόσκοπτη και ασφαλής λειτουργία των μικρών κτηριακών Φ/Β συστημάτων, προχώρησε στην επεξεργασία των σχετικών προτύπων (ελληνικών, ευρωπαϊκών και διεθνών) προκειμένου να καταρτίσει τον οδηγό: "Οδηγίες για την εγκατάσταση Φ/Β Συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις" ως μια πηγή πληροφοριών και καλής πρακτικής σχετικά με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος έως 10 kWp σε κτήρια.

Η σύνταξη του οδηγού έγινε από το ΚΑΠΕ, ενώ το κείμενο συζητήθηκε, σχολιάστηκε και τροποποιήθηκε σε συνεργασία με εκπροσώπους της ΔΕΗ, του Συνδέσμου Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) και του ΕΜΠ.

Ο παρών Οδηγός έχει συνταχθεί με βάση την τρέχουσα κατάσταση στους τεχνικούς και επιστημονικούς κανόνες και θα είναι ανοιχτός σε κάθε αναγκαία αναθεώρηση, όταν διαπιστώνεται ότι υπάρχουν νέες εξελίξεις στην τεχνολογία, σε θέματα ασφάλειας και νέοι κανονισμοί.

Ελπίζουμε ότι αυτός ο οδηγός θα είναι χρήσιμος για την άρτια και ασφαλή εγκατάσταση κτηριακών Φωτοβολταϊκών συστημάτων και αναμένουμε εποικοδομητικά σχόλια για την βελτίωσή του.

Επικοινωνία: [infopv@cres.gr](mailto:infopv@cres.gr)

## **2 ΣΤΟΧΟΙ**

Το παρόν κείμενο αποτελεί εγχειρίδιο οδηγιών για την ασφαλή εγκατάσταση και την αξιόπιστη λειτουργία φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις, διασυνδεδεμένες με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο Εναλλασσόμενου Ρεύματος (Ε.Ρ.). Οι οδηγίες που ακολουθούν στοχεύουν κυρίως σε θέματα σχεδιασμού και υλοποίησης της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Χωρίς να πρέπει να θεωρηθούν δεσμευτικοί κανονισμοί, αποτελούν οδηγίες που προκύπτουν από τη διεθνή πρακτική και εμπειρία.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι στη χώρα μας, όπως και σε άλλες χώρες, δεν υπάρχουν νομοθετημένοι κανονισμοί για την εγκατάσταση κτηριακών Φ/Β συστημάτων. Εξαιρέση αποτελούν οι κανονισμοί και τα πρότυπα που έχουν υιοθετηθεί από χώρες που έχουν μεγάλη εμπειρία στον τομέα των κτηριακών Φ/Β συστημάτων, όπως οι Η.Π.Α, η Γερμανία, η Αυστραλία και η Αγγλία. Σε αυτές τις περιπτώσεις έχουν υιοθετηθεί (ή νομοθετηθεί) κανονισμοί, οι οποίοι αφ' ενός είναι συμβατοί με τον Κανονισμό Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων της εκάστοτε χώρας (όπως ο HD384) - και αφορούν στη διαμόρφωση και υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης στη μεριά του ηλεκτρικού δικτύου Ε.Ρ.-, αφ' ετέρου λαμβάνουν υπόψη τους τα ειδικά πρότυπα τα οποία αναφέρονται στις ιδιαιτερότητες των Φ/Β γεννητριών (όπως οι EN-IEC 61215, EN-IEC 61646, IEC 61730-1 και IEC 60364-7-712 Ed. 1.0). Ειδικότερα επισημαίνεται ότι, ο EN-IEC 61215 πραγματεύεται τις ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές για φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου, ο EN-IEC 61646 πραγματεύεται τα φωτοβολταϊκά τεχνολογίας λεπτών υμενίων, ο IEC 61730-1 πραγματεύεται θέματα που αφορούν στις προδιαγραφές ασφαλείας τις οποίες πρέπει να πληρούν τα Φ/Β πλαίσια και τα υλικά σύνδεσης τους και ο IEC 60364-7-712 Ed. 1.0 πραγματεύεται θέματα τα οποία αφορούν στην εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε κτηριακές εγκαταστάσεις. Παρά ταύτα, δεν υπάρχουν ενιαία αποδεκτοί κανονισμοί οι οποίοι να αναφέρονται στην υλοποίηση της ηλεκτρολογικής σύνδεσης στην πλευρά Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.) ή Ε.Ρ.

Κύριος στόχος των οδηγιών που ακολουθούν είναι η ενημέρωση των ενδιαφερομένων με σκοπό την υιοθέτηση πρακτικών που θα συμβάλουν στην κοινή και συλλογική αντιμετώπιση των θεμάτων εγκατάστασης και ασφαλούς λειτουργίας των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων. Λαμβάνοντας δε υπόψη ότι οι εν λόγω ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες εγκαθίστανται πλησίον των καταναλωτών με στόχο την επί μακρόν χρονικό διάστημα λειτουργία τους (δεκαετίες), αναδεικνύεται η ανάγκη υψηλής ποιότητας σχεδίασης και εγκατάστασης αυτών των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων προκειμένου να εξασφαλίζεται αφ' ενός η ασφάλεια των χρηστών του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) και αφ' ετέρου η απρόσκοπτη και ασφαλής λειτουργία του Ελληνικού ΣΗΕ.

### **3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Πεδίο εφαρμογής των οδηγιών είναι τα Φ/Β συστήματα που εγκαθίστανται σε κτηριακές εγκαταστάσεις όπως προβλέπεται από την ΚΥΑ με θέμα: «Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτηρίων» (ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009) και αφορούν σε Φ/Β συστήματα ισχύος έως 5 kWp προκειμένου για μονοφασική παροχή, ή ισχύος έως 10 kWp προκειμένου για τριφασική παροχή.

#### **3.1 Δομή των Διασυνδεδεμένων Κτηριακών Φ/Β Συστημάτων**

Κάθε Διασυνδεδεμένο Κτηριακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα (BAPV/BIPV – Building Applied/Integrated Photovoltaics) μπορεί να αναλυθεί σε δύο επιμέρους δομικές μονάδες: τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και τον ηλεκτρονικό μετατροπέα, που αναλαμβάνει την προσαρμογή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στις προδιαγραφές του δικτύου χαμηλής τάσης. Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων Φ/Β πλαισίων καθορίζει τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ, ενώ η εν σειρά και παράλληλη σύνδεση αυτών προσδιορίζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (τιμές τάσης και ρεύματος) των μετατροπέων που θα χρησιμοποιηθούν. Επιπρόσθετα, η απρόσκοπτη λειτουργία της όλης εγκατάστασης απαιτεί τη χρήση ορισμένων βοηθητικών συστημάτων (Balance of System, B.O.S.), τα οποία εγγυώνται τόσο την ασφαλή διασύνδεση του μετατροπέα με τις Φ/Β γεννήτριες και το ηλεκτρικό δίκτυο όσο και τη στιβαρότητα της όλης εγκατάστασης σε μηχανικές καταπονήσεις.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παρέχεται υπό τη μορφή συνεχούς τάσης και ρεύματος. Για να καταστεί λοιπόν εφικτή η τροφοδότηση του ηλεκτρικού δικτύου E.P. με την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, απαιτείται η διαμεσολάβηση κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, των αντιστροφών. Έχει επικρατήσει αυτές οι ηλεκτρονικές διατάξεις να ονομάζονται στο σύνολό τους ηλεκτρονικοί μετατροπείς ενώ το τμήμα τους που αναλαμβάνει τη διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο και μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη ονομάζεται αντιστροφέας.

Όπως όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο δίκτυο E.P., έτσι και οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς των διασυνδεδεμένων με το ηλεκτρικό δίκτυο Φ/Β συστημάτων, οφείλουν να υπόκεινται στις προδιαγραφές που ορίζονται από τους κανονισμούς και τα πρότυπα που έχουν θεσπιστεί ή υιοθετηθεί από τους Διαχειριστές των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας και Δικτύων. Συγκεκριμένα, η σύνδεση μικρών διεσπαρμένων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.), θεωρείται αποδεκτή όταν η ενέργεια που παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω των ηλεκτρονικών μετατροπέων δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα ισχύος που παρέχεται στους άλλους συνδεδεμένους χρήστες (καταναλωτές ή παραγωγούς), δεν διαταράσσει την ορθή λειτουργία των μέσων ρύθμισης και προστασίας του δικτύου και δεν θέτει σε κίνδυνο πρόσωπα και εγκαταστάσεις.

Αν και τα θέματα αυτά αναλύονται εκτενέστερα σε επόμενη παράγραφο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς που διατίθενται στο εμπόριο είναι

συνήθως εναρμονισμένοι με τους εν λόγω κανονισμούς και πρότυπα ενώ παράλληλα διαθέτουν και τις απαιτούμενες προστασίες προκειμένου να επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη παράλληλη λειτουργία τους με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Ένας σημαντικός διαχωρισμός μεταξύ των ηλεκτρονικών μετατροπών των διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων μπορεί να γίνει ανάλογα με το αν περιέχουν μετασχηματιστή (Μ/Σ) σε κάποια από τις βαθμίδες τους. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται Μ/Σ, αυτός μπορεί να είναι υψίσυχνος (Μ/Σ φερρίτη) ή χαμηλόσυχνος (Μ/Σ σιδήρου). Η ύπαρξη Μ/Σ προσφέρει το πλεονέκτημα της γαλβανικής απομόνωσης του Φ/Β εξοπλισμού από το δίκτυο Ε.Ρ. Παρόλο που οι χαμηλόσυχνοι Μ/Σ επιφέρουν την αύξηση του όγκου και του βάρους της συνολικής κατασκευής, η παρουσία τους εγγυάται τη μηδενική έγχυση συνεχούς ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αντίθετα στις υπόλοιπες τοπολογίες, ενδεχόμενες ασυμμετρίες του κυκλώματος ισχύος ή του κυκλώματος ελέγχου μπορούν να προκαλέσουν την εμφάνιση μιας μικρής συνιστώσας συνεχούς ρεύματος στην έξοδο των αντιστροφών.

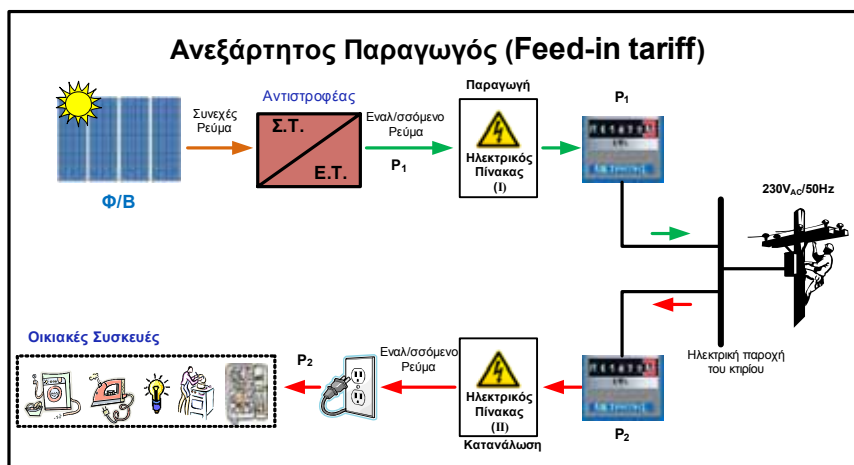
### **3.2 Κατηγοριοποίηση των Διασυνδεδεμένων Κτηριακών Φ/Β Συστημάτων**

Ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζονται οι παραπάνω δομικές μονάδες, τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα μικρής ισχύος (έως 10kW) κατηγοριοποιούνται κυρίως σε δύο τεχνολογικές τάσεις. Την τεχνολογία Στοιχειοσειράς (String technology) και την τεχνολογία Πολλαπλών Στοιχειοσειρών (Multi-string technology). Η διαφοροποίηση των προαναφερθέντων τεχνολογικών τάσεων έγκειται αφ' ενός στον αριθμό των Φ/Β πλαισίων που συνδέονται ανά ηλεκτρονικό μετατροπέα (επίπεδο ισχύος του μετατροπέα), αφ' ετέρου στον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους τα Φ/Β πλαίσια (εν σειρά σύνδεση, παράλληλη σύνδεση ή συνδυασμός αυτών).

### **3.3 Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς Ανεξάρτητου Παραγωγού**

Τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ (ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009) εντάσσονται στο καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού (Feed in tariff). Δηλαδή, το σύνολο της ενέργειας που παράγεται από την ηλεκτροπαραγωγική μονάδα πωλείται στη ΔΕΗ και δεν χρησιμοποιείται για τη μερική ή ολική τροφοδότηση των φορτίων της κτηριακής εγκατάστασης (ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου).

Η υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης (σχήμα 1) απαιτεί την εγκατάσταση δύο ξεχωριστών ηλεκτρικών πινάκων (ενός για τις ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου και ενός δεύτερου για τη σύνδεση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας), οι οποίοι εν συνεχεία, συνδέονται στους μετρητές καταναλισκόμενης και αποδιδόμενης ενέργειας αντίστοιχα. Τόσο η ενέργεια που αποδίδει ο παραγωγός στο ηλεκτρικό δίκτυο όσο και αυτή που απορροφά από αυτό για τις ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου, μεταφέρονται πάντοτε μέσω της ίδιας ηλεκτρικής παροχής.



**Σχήμα 1:** Δομή ενός Διασυνδεδεμένου κτηριακού Φ/Β συστήματος στην περίπτωση του ανεξάρτητου παραγωγού

### 3.4 Διαμόρφωση της σύνδεσης βάσει της μέγιστης ισχύος της Φ/Β εγκατάστασης

Τα κτηριακά Φ/Β συστήματα ισχύος έως και 5 kWp, συνδέονται στο δίκτυο Χ.Τ. μέσω μονοφασικής παροχής, σε αντιδιαστολή με αυτά των οποίων η μέγιστη ισχύς ξεπερνά τα 5 kWp (αλλά σε καμία περίπτωση τα 10 kWp) οπότε υποχρεωτικά συνδέονται στο δίκτυο μέσω τριφασικής παροχής. Στην περίπτωση της τριφασικής σύνδεσης θα πρέπει να επιδιώκεται η συμμετρική φόρτιση των τριών φάσεων. Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τις σχετικές οδηγίες της ΔΕΗ, το ποσοστό ασυμμετρίας μεταξύ των τριών φασικών ρευμάτων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 20%.

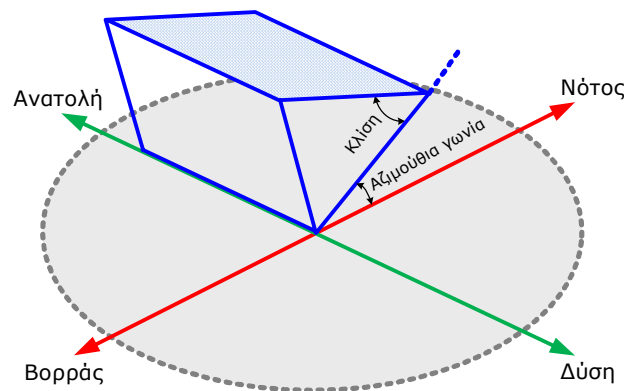
## 4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β συστημάτων, η Φ/Β συστοιχία εγκαθίσταται στο δώμα ή τη στέγη του κτηρίου, σύμφωνα με την ΚΥΑ, ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009. Επίσης, ως δυνατές επιφάνειες εγκατάστασης ορίζονται και τα στέγαστρα των βεραντών.

### 4.1 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων

Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, εφόσον η πορεία του ήλιου αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και με τη μέρα του έτους, τεκμαίρεται πως για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας.

Πρακτικά, η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού που θα επέτρεπε την κίνηση των πλαισίων σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή την εφαρμογή του σε κτηριακά Φ/Β συστήματα. Έτσι στη πλειονότητα των κτηριακών Φ/Β συστημάτων επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, ώστε να επιτυγχάνεται μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό πιο κοντά στις  $90^\circ$ . Η επίτευξη αυτού του στόχου έγκειται στην σωστή επιλογή της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου. Η κλίση του πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του Φ/Β πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο, ενώ η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.



**Σχήμα 2:** Γραφική απεικόνιση της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας ενός Φ/Β πλαισίου που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο

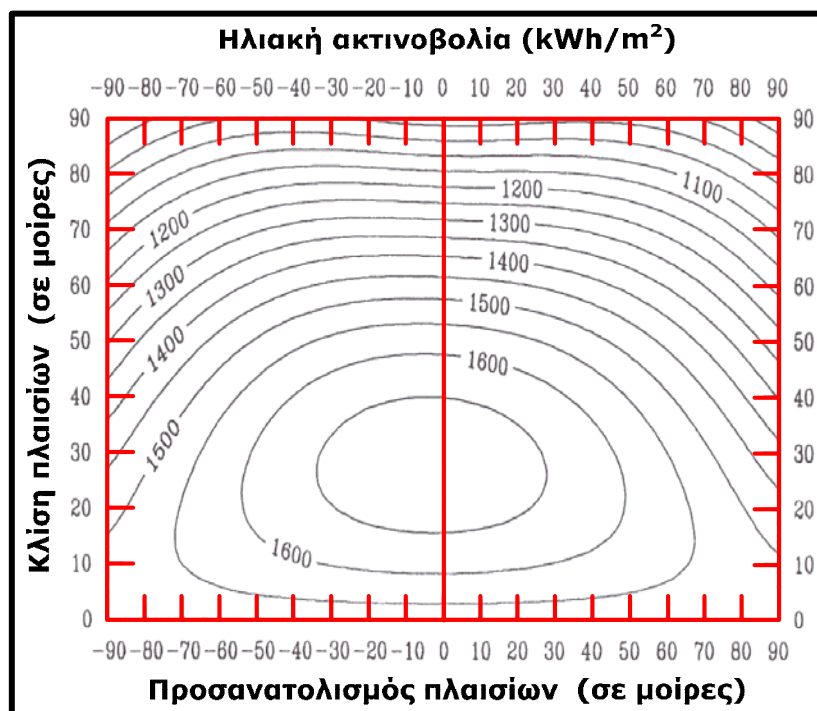
Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του Φ/Β πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου  $0^\circ$  (κατεύθυνση προς νότο). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε




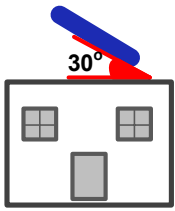
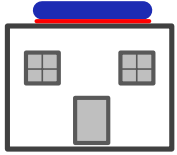
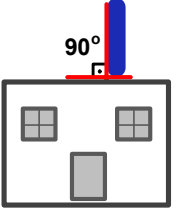
επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30°.

Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να είναι ανέφικτες (λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτηρίου), θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας) συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή (βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού) συνιστάται να μην υπερβαίνει το 10% προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη του ανεξάρτητου παραγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτηρίων, προτιμώνται γενικά επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70° από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης στο εύρος 0°-50°. Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών κλίσης άνω των 10-15° διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής.

Στα σχήματα 3.α και 3.β παρατίθενται ενδεικτικά η επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος σε απόλυτες τιμές και σε επί τοις εκατό ποσοστά αντίστοιχα. Σε όλες τις περιπτώσεις υποθέτεται ότι δεν υπάρχουν σκιασμοί.



**Σχήμα 3.α:** Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m<sup>2</sup>/έτος) στο επίπεδο των ηλιακών πλαισίων ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στην Αττική

 Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	 30°	 0°	 90°
Ανατολικός - Δυτικός	85%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	50%kWh <sub>(max)</sub>
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	60%kWh <sub>(max)</sub>
Νότιος	kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	60%kWh <sub>(max)</sub>
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	30%kWh <sub>(max)</sub>
Βόρειος	60%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	20%kWh <sub>(max)</sub>

**Σχήμα 3.β:** Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος (σε επί τοις εκατό ποσοστά)

#### 4.2 Προβλήματα σκιασμών

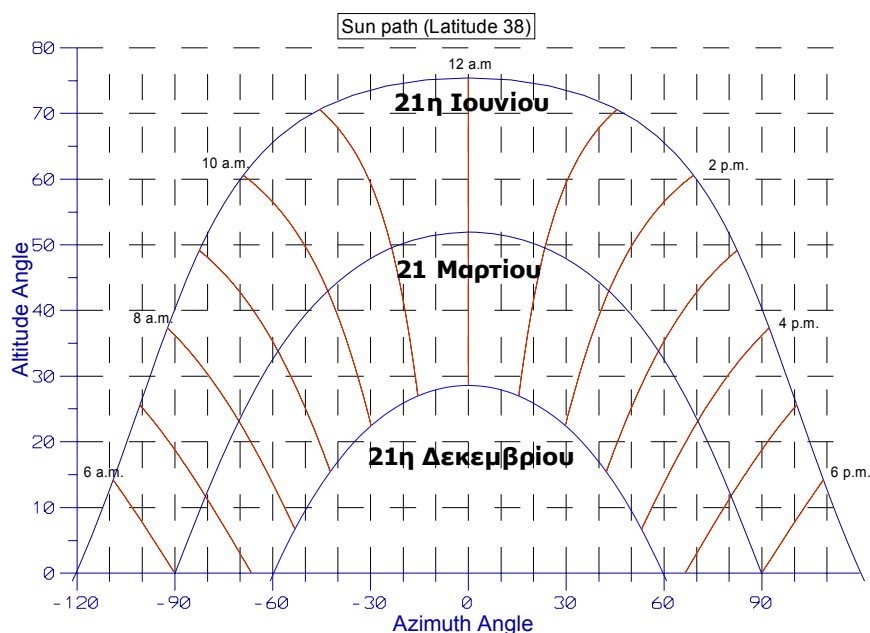
Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος επιδρά καθοριστικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος είναι η ύπαρξη σκιασμών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε ένα Φ/Β πλαίσιο τόσο τα Φ/Β στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα Φ/Β πλαίσια μιας στοιχειοσειράς συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, γίνεται κατανοητό ότι ακόμα κι ο σκιασμός ενός μέρους της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής. Αναλυτικότερα, το συνολικό ρεύμα μιας στοιχειοσειράς Φ/Β πλαισίων καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος της Φ/Β συστοιχίας. Βέβαια στην περίπτωση που ο σκιασμός περιορίσει την τάση του (των) σκιασμένου(ων) πλαισίου(ων) αρκετά χαμηλά ώστε να εισέλθει σε αγωγή η δίοδος παράκαμψης, το πλαίσιο αυτό εξαιρείται της ηλεκτροπαραγωγής.

Από μια άλλη οπτική γωνία, μόνιμοι και επαναλαμβανόμενοι τοπικοί σκιασμοί σε ώρες υψηλής ακτινοβολίας δύναται να καταπονήσουν το σκιαζόμενο Φ/Β πλαίσιο, προκαλώντας την πρόωρη γήρανση αυτού. Συνεπώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται σκιασμοί, έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, κεραιές ή ηλεκτρικά καλώδια ή, ακόμη περισσότερο, από δένδρα, παρακείμενα κτήρια κλπ.

Η επιλογή της θέσης έδρασης της Φ/Β συστοιχίας θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξουν σκιασμοί καθ' όλο το έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας. **Εάν στην τοποθεσία**

έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού υπάρχουν μόνιμοι ή επαναλαμβανόμενοι σκιασμοί (π.χ. σκίαση από παρακείμενα κτήρια, κολώνες, στηθαίο, κλπ.) για μεγάλο χρονικό διάστημα γύρω από το ηλιακό μεσημέρι (από 09:00 έως 15:00), τότε η θέση εγκατάστασης θεωρείται ακατάλληλη. Τέλος, για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτηρίων. Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι ο γενικός κανόνας ορθής τοποθεσίας έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού είναι ο ορίζοντας προς Νότο να είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια.

Για τον έλεγχο πιθανών σκιασμών καθ' όλο το έτος καλό είναι να χρησιμοποιηθεί ένα διάγραμμα τροχιάς του ήλιου, όπως αυτό που παρατίθεται στο σχήμα 4. Στο εν λόγω διάγραμμα σχεδιάζεται η θέση του ήλιου σε γωνιακές συντεταγμένες, για γεωγραφικό πλάτος 38°. Για διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος στην Ελλάδα προκύπτει ελαφρά διαφορετικό διάγραμμα. Ο οριζόντιος άξονας στο σχήματος 4 αντιστοιχεί στην αζιμούθια γωνία του ήλιου, ήτοι την γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου (γωνιακή απόσταση του ηλίου από τη διεύθυνση του Νότου), ενώ ο κατακόρυφος άξονας αντιστοιχεί στη γωνία του ύψους του ήλιου, δηλαδή ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και της προβολής της στο οριζόντιο επίπεδο.



**Σχήμα 4:** Διάγραμμα τροχιάς ήλιου σε Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 38° μοιρών

Επί του διαγράμματος έχουν σχεδιασθεί ενδεικτικά η 21η Δεκεμβρίου, η 21η Μαρτίου και η 21η Ιουνίου, ενώ επίσης σημειώνονται επί των τροχιών και οι θέσεις του ήλιου για κάθε ώρα της ημέρας (σε τοπική ηλιακή ώρα). Με βάση το διάγραμμα του σχήματος 4 θα πρέπει να συγκριθούν τα περιγράμματα των εμποδίων (σε γωνιακές συντεταγμένες στο ίδιο σύστημα αξόνων) όπως φαίνονται από το δυσμενέστερο σημείο της Φ/Β συστοιχίας. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε αν τα εμπόδια σκιάζουν την Φ/Β συστοιχία, δηλαδή αν η γωνία ύψους των εμποδίων είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ύψους του ήλιου για την αντίστοιχη αζιμούθια γωνία.

### **4.3 Στατική μελέτη & Υλικά στήριξης**

Η έδραση των Φ/Β πλαισίων επί του κτηρίου μπορεί να υλοποιηθεί είτε πάνω σε πρόσθετη μεταλλική κατασκευή, είτε επί της επιφάνειας του δώματος, ή ακόμα και με την ενσωμάτωση των πλαισίων στο δομικό κέλυφος του κτηρίου. Αν και το βάρος της ίδιας της Φ/Β συστοιχίας και της βάσης στήριξης δεν αναμένεται να επηρεάσει την στατική αντοχή του κτηρίου, καλό είναι όταν η τοποθέτηση των πλαισίων γίνεται σε στέγαστρα ή σκεπές να διενεργείται στατικός έλεγχος (ή ακόμα και ειδική μελέτη όπου απαιτείται) ώστε να διερευνάται η μηχανική καταπόνηση και η ανεμοπίεση της επιφάνειας έδρασης των πλαισίων.

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε ένα σύστημα στήριξης, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη λειτουργία και την ασφάλεια της εγκατάστασης σε ακραίες συνθήκες ανέμου, χιονόπτωσης, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών. Οι ακραίες αυτές συνθήκες καθώς, ο συνδυασμός τους καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφάλειας, προδιαγράφονται στους Ευροκώδικες (Eurocodes), παράλληλα με επιπρόσθετους ελέγχους, όπως για το σύνολο των δομικών κατασκευών. Για τη στατική επάρκεια του συστήματος στήριξης καθεαυτού, μπορεί να ζητείται αντίστοιχο πιστοποιητικό από τον προμηθευτή.

Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι μέρος υαλοπετάσματος, να αποτελεί σύνδεσμο με τους φορείς μίας στέγης ή να αποτελεί ένα αυτοτελές σύστημα τοποθετημένο στο δώμα ή με τρόπο που να δημιουργεί σκίαστρο. Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι είτε μεταλλικό, από αλουμίνιο ή εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα, είτε από πλαστικό (κυρίως όσο αφορά στην περίπτωση λεκανών στήριξης). Στο εμπόριο διατίθεται πληθώρα συστημάτων στήριξης. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να δίνεται προσοχή στη συμβατότητά τους με τα λοιπά στοιχεία του εξοπλισμού και κατ' επέκταση στην εγκυρότητα των πιστοποιητικών στατικής επάρκειας επί του συνόλου της εγκατάστασης. Θα πρέπει ο τρόπος σύσφιξης των Φ/Β πλαισίων να είναι σύμφωνος με τις προδιαγραφές του συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου και επιπλέον οι διαστάσεις του πλαισίου να είναι αντίστοιχες (ή μικρότερες) με αυτές που έχουν θεωρηθεί στην στατική μελέτη για την έκδοση του πιστοποιητικού στατικής επάρκειας.

Όσον αφορά στη σύνδεση του συστήματος στήριξης με το κτήριο, και ειδικότερα αναφορικά με σύστημα στήριξης σε δώμα, θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή γίνεται κυρίως με την προσθήκη φορτίου, ή με τη χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με τη στατική μελέτη του κτηρίου. Στην περίπτωση χρήσεως κοχλιών, θα πρέπει να μην τραυματίζεται η υφιστάμενη μόνωση. Και στις δύο περιπτώσεις, όπως και στην περίπτωση άλλου συστήματος, παρέχονται οι προδιαγραφές για την αγκύρωση από τον προμηθευτή του συστήματος στήριξης. Ωστόσο η συμβατότητα με το κτήριο θα πρέπει να ελέγχεται από έναν μηχανικό.

Τέλος, ο εγκαταστάτης θα πρέπει να έχει υπόψη του την διαφοροποίηση των συστημάτων στήριξης και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που το διέπουν, συμπεριλαμβανομένων της ευκολίας εγκατάστασης, της αξιοπιστίας και των λειτουργικών στοιχείων (όπως η δυνατότητα ή όχι φυσικού αερισμού του πλαισίου).

#### **4.4 Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων**

Ένα από τα ζητήματα που χρήζουν προσοχής κατά το σχεδιασμό ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος, είναι η επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων. Συνήθως, οι μετατροπείς των εν λόγω ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων τοποθετούνται είτε στο εσωτερικό των κτηρίων που εγκαθίστανται, είτε σε ειδικά διαμορφωμένο κλειστό χώρο ο οποίος μπορεί να βρίσκεται πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού. Μάλιστα, στη δεύτερη περίπτωση μειώνεται σημαντικά το μήκος των ηλεκτρικών αγωγών Σ.Ρ. με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό των ηλεκτρικών απωλειών, της πτώσης τάσης, αλλά και του κόστους καλωδίωσης.

Βέβαια υπάρχουν και ηλεκτρονικοί μετατροπείς οι οποίοι σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή μπορούν να εγκατασταθούν είτε κάτω από τα Φ/Β πλαίσια, είτε στο μηχανισμό στήριξης αυτών, εφόσον υπάρχει αρκετός χώρος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο συγκεκριμένος τύπος έδρασης έχει ως αποτέλεσμα την άμεση έκθεση του μετατροπέα σε υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, αλλά, σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας, και σε αρκετά χαμηλές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, προτείνεται να εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις που το προβλέπει ο κατασκευαστής. Συγκεκριμένα, στο φυλλάδιο του κατασκευαστή θα πρέπει να αναζητηθεί ο δείκτης προστασίας (IP) του μετατροπέα από σωματίδια σκόνης και νερού, καθώς και τα όρια της θερμοκρασίας μέσα στα οποία δεν επηρεάζεται η ασφαλής και απρόσκοπτη λειτουργία του. Σε αντίθετη περίπτωση η υιοθέτηση του προαναφερθέντος τρόπου έδρασης μπορεί να επιφέρει μείωση του προσδόκιμου της διάρκειας ζωής του μετατροπέα. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ψύξη του ηλεκτρονικού μετατροπέα επηρεάζεται σημαντικά από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένο το Φ/Β σύστημα (θερμοκρασία περιβάλλοντος, συνθήκες ηλιοφάνειας, υγρασία και άνεμος), γίνεται κατανοητό ότι στις περιπτώσεις που ο μετατροπέας τοποθετείται σε κλειστό χώρο πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού ίσως είναι απαραίτητη η τοποθέτηση μηχανισμού εξαναγκασμένης ψύξης (ανεμιστήρες).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ειδικότερες οδηγίες που αφορούν στη σωστή εγκατάσταση και ασφαλή λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Οι οδηγίες βασίζονται στην διεθνή πρακτική και εμπειρία, καθώς και σε πρότυπα, όπως το HD384 και το IEC 364-7-712.

## **5 ΣΧΕΔΙΑΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Η σωστή σχεδίαση ενός Φ/Β συστήματος και η άρτια εγκατάστασή του επιβάλλονται ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, τόσο από άποψη ασφάλειας όσο και από άποψη ενεργειακής αποδοτικότητας.

### **5.1 Χαρακτηριστικές ηλεκτρικές τιμές ενός Φ/Β συστήματος**

#### **5.1.1 Τάση**

Η μέγιστη αναμενόμενη τάση μιας στοιχειοσειράς είναι η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων για τη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας.

#### **5.1.2 Ένταση**

Η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του ρεύματος μιας στοιχειοσειράς, προκύπτει από το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ενός πλαισίου πολλαπλασιασμένο επί τον συντελεστή 1.25. Για παράλληλους κλάδους η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του συνολικού ρεύματος, προκύπτει από την αντίστοιχη τιμή του ενός κλάδου πολλαπλασιασμένη επί τον αριθμό των παράλληλων κλάδων. Ο συντελεστής ασφαλείας 1.25 καλύπτει ειδικές συνθήκες ατμόσφαιρας και ανακλάσεων οι οποίες μπορούν να παρουσιαστούν σε καθαρό ουρανό μετά από βροχή (ένταση ακτινοβολίας μεγαλύτερη από  $1000\text{W/m}^2$ ). Η τιμή του ρεύματος που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαστασιολόγηση των καλωδίων και των προστασιών.

#### **5.1.3 Θερμοκρασία**

Η μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων, όπως και των κιβωτίων σύνδεσης αυτών, μπορεί να φθάσει τους  $70^\circ\text{C}$ , σε κατασκευές που επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στην πίσω πλευρά των Φ/Β πλαισίων. Στις περιπτώσεις που εμποδίζεται η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα αναμένονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες, έως και  $80\text{-}90^\circ\text{C}$ . Στην περίπτωση που οι αγωγοί διασύνδεσης των Φ/Β πλαισίων γειτνιάζουν με τα πλαίσια, η θερμοκρασία των τελευταίων θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη τόσο για την ορθή επιλογή της μόνωσης των αγωγών, όσο και για την κατάλληλη επιλογή της διατομής τους (επιλογή σωστού διορθωτικού συντελεστή αύξησης διατομής).

### **5.2 Συνεργασία Φ/Β - Αντιστροφέα**

Κατά τη σχεδίαση του συστήματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της Φ/Β συστοιχίας και του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδό του ένα συγκεκριμένο εύρος για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν πρέπει να υπερβαίνεται, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος καταστροφής του αντιστροφέα. Συνεπώς, ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν εν σειρά (στοιχειοσειρά) υπολογίζεται έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια αυτά, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Η τάση ενός Φ/Β πλαισίου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Οι τιμές τάσης, ρεύματος και ισχύος που δίνονται από τον κατασκευαστή, αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες δοκιμών (S.T.C). Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία στην οποία διενεργήθηκαν οι μετρήσεις (του κατασκευαστή) είναι 25°C. Κατά συνέπεια τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων πρέπει να διορθωθούν (αναχθούν) στις ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας του Φ/Β συστήματος. Αναλυτικότερα, από την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων υπολογίζεται η μέγιστη τιμή της τάσης των αλυσίδων και από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων καθορίζεται η μέγιστη τιμή του ρεύματος των παράλληλων αλυσίδων (κλάδων).

Ο μέγιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά υπολογίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος της συστοιχίας στη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, να μην υπερβαίνει το ανώτατο όριο τάσης εισόδου του αντιστροφέα. Για τις πεδινές περιοχές της Ελλάδος ως ελάχιστη θερμοκρασία μπορεί να ληφθεί η τιμή -5°C η -10 °C (θερμοκρασία λειτουργίας ενεργού υλικού του Φ/Β πλαισίου). Συγχρόνως πρέπει να ελεγχθεί και η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου, η οποία ομοίως πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση ανοικτού κυκλώματος της στοιχειοσειράς στην μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, ώστε να μην προκύψει πρόβλημα στη μόνωση του Φ/Β πλαισίου.

Ο ελάχιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά ορίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση βέλτιστης λειτουργίας της συστοιχίας στη μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας να υπερβαίνει την ελάχιστη τάση του εύρους εισόδου του αντιστροφέα ώστε αυτός να ενεργοποιείται.

Αν ο κατασκευαστής παρέχει μόνο την τιμή του θερμοκρασιακού συντελεστή για την τάση ανοικτού κυκλώματος (V/°C), τότε η ίδια τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την τάση στο σημείο μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος του Φ/Β πλαισίου, χωρίς σημαντικό σφάλμα.

Αν από την εν σειρά σύνδεση των Φ/Β πλαισίων δεν προκύπτει ισχύς κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα, θα πρέπει να συνδεθούν περισσότεροι παράλληλοι κλάδοι (αποδεκτού αριθμού εν σειρά πλαισίων) ώστε η ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να είναι κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα.

Το ρεύμα λειτουργίας των παράλληλων κλάδων θα πρέπει να είναι χαμηλότερο από το μέγιστο όριο ρεύματος εισόδου του αντιστροφέα. Η συνολική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας μπορεί και να υπερβαίνει την ονομαστική ισχύ του μετατροφέα. Για τις συνθήκες της Ελλάδας συνιστάται η ονομαστική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να μην υπερβαίνει το 110% της ονομαστικής ισχύος του αντιστροφέα.

Τέλος, ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν είναι η συμβατότητα μεταξύ των τύπων των Φ/Β και του αντιστροφέα που σχετίζεται με την απαίτηση ή όχι για γείωση της συστοιχίας στην πλευρά Σ.Ρ. Πιο συγκεκριμένα, ορισμένοι τύποι Φ/Β πλαισίων απαιτούν σύμφωνα με τις κατασκευαστικές προδιαγραφές γείωση είτε του αρνητικού (Thin-film) είτε του θετικού (Back contact) πόλου. Η γείωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε απευθείας, είτε μέσω μεγάλης αντίστασης και αποσκοπεί στην αποφυγή

λειτουργικών προβλημάτων που εμφανίζουν οι παραπάνω τύποι πλαισίων όταν παραμένουν αγείωτα (προβλήματα διάβρωσης και υποβάθμισης της απόδοσης). Κατά συνέπεια σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται χρήση αντιστροφέων χωρίς γαλβανική απομόνωση, λόγω εμφάνισης ρευμάτων διαρροής, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του αντιστροφέα ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει.



## **6 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

### **6.1 Γενικά**

Για την άρτια υλοποίηση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας θα πρέπει να ακολουθηθούν οι κανόνες της διεθνούς εμπειρίας και οι ισχύοντες κανονισμοί, έτσι ώστε να αποφευχθούν καταστάσεις που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή να προκαλέσουν υλικές καταστροφές.

Αναλυτικότερα, για την υλοποίηση της εγκατάστασης στην πλευρά του Ε.Ρ, θα πρέπει να ακολουθηθούν οι κανονισμοί που απορρέουν από τον κανονισμό HD384. Οι ιδιαιτερότητες που προκύπτουν από την παράλληλη λειτουργία του Φ/Β συστήματος με το Ελληνικό ΣΗΕ αναπτύσσονται στο Κεφάλαιο Διασύνδεση με το Δίκτυο. Αντίθετα, η υλοποίηση της εγκατάστασης στην πλευρά του Σ.Ρ. δεν καλύπτεται με την εφαρμογή του HD384. Ο λόγος είναι ότι τα φωτοβολταϊκά έχουν διαφορετικές ιδιότητες από τις συμβατικές πηγές. Οι ιδιαιτερότητες αυτές πηγάζουν από τη φύση των υλικών κατασκευής των Φ/Β στοιχείων και πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη προκειμένου για να σχεδιασθεί και να υλοποιηθεί σωστά ένα Φ/Β σύστημα.

Αναλυτικότερα:

A) Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των Φ/Β στοιχείων, τεκμαίρεται πως τα Φ/Β πλαίσια συμπεριφέρονται σαν πηγές ρεύματος ελεγχόμενες από τάση. Μάλιστα η μέγιστη τιμή του ρεύματος ενός Φ/Β πλαισίου είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την τιμή του ονομαστικού ρεύματος του πλαισίου. Συνεπώς η χρήση ασφαλειών δεν εγγυάται τη διακοπή του συστήματος σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκύκλωμα πλαισίου). Δηλαδή, ένα σφάλμα βραχυκύκλωσης στην πλευρά του Σ.Ρ. μπορεί να εξακολουθεί να υφίσταται, ανεξαρτήτως της χρήσης ασφαλειών εκτός από την περίπτωση που το Φ/Β σύστημα απαρτίζεται από περισσότερες από τρεις παράλληλες στοιχειοσειρές. Σε μια τέτοια δομή Φ/Β συστήματος οι ασφάλειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία κάθε μιας ξεχωριστής στοιχειοσειράς.

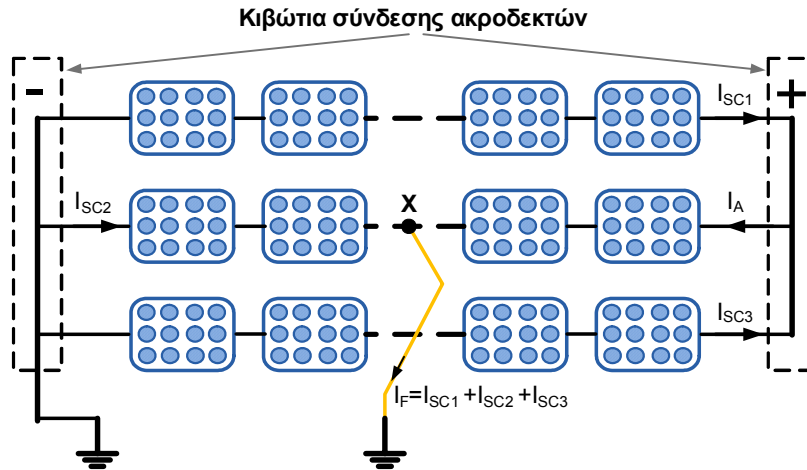
B) Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να διακοπεί με τη βοήθεια ενός γενικού μέσου απόξευξης, τα Φ/Β πλαίσια παράγουν τάση στους ακροδέκτες τους μόλις εκτεθούν στο ηλιακό φως. Συνεπώς, η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος πραγματοποιείται υπό συνθήκες τάσεως προς την πλευρά των πλαισίων.

Κατά την υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης στην μεριά του Σ.Ρ. μπορούν να προκύψουν ανεπιθύμητες καταστάσεις όταν:

- A) Υπάρχουν κακές ή χαλαρές συνδέσεις (δημιουργία ηλεκτρικού τόξου)
- B) Σφάλμα ως προς τη γη (καταστροφή μόνωσης και επαφή ενεργού αγωγού με γειωμένο μεταλλικό πλαίσιο ή εξοπλισμό στήριξης αυτού)
- Γ) Σφάλμα βραχυκυκλώματος (σφάλμα μόνωσης και επαφή ενεργών αγωγών)

## 6.2 Διερεύνηση σφαλμάτων

Στο Σχήμα 5 φαίνεται ένα παράδειγμα εγκατάστασης με εκ σχεδιασμού γειωμένο τον αρνητικό πόλο των Φ/Β στοιχειοσειρών, για διερεύνηση πιθανής ανεπιθύμητης κατάστασης εξ αιτίας σφάλματος.



**Σχήμα 5:** Διερεύνηση σφάλματος

Υποτίθεται ότι ο αρνητικός πόλος είναι γειωμένος. Αυτό μπορεί να συμβαίνει σκόπιμα από τη σχεδίαση του συστήματος δηλαδή γειωμένο σύστημα ή χρήση μετατροπέα χωρίς απομόνωση.

Αν συμβεί ένα σφάλμα ως προς γη σε έναν παράλληλο κλάδο, τότε το ρεύμα όλων των υπόλοιπων κλάδων θα τροφοδοτήσει το σφάλμα, δημιουργώντας ένα ανάστροφο ρεύμα σε πλαίσια του κλάδου με το σφάλμα.

Παρόμοια κατάσταση προκύπτει και όταν δημιουργηθεί σφάλμα βραχυκύκλωσης στον παράλληλο κλάδο, ή όταν ο αρνητικός πόλος γειώνεται ακούσια, από ένα πρώτο σφάλμα ως προς γη που έχει προκύψει, και ακολουθεί το δεύτερο σφάλμα ως προς γη.

Το ρεύμα σφάλματος τροφοδοτείται από τα Φ/Β και μπορεί να παραμείνει ακόμα και αν η Φ/Β συστοιχία απομονωθεί από τον μετατροπέα, χωρίς αυτό να διακόψει τον βρόγχο του ρεύματος σφάλματος. Το ρεύμα αυτό μπορεί να καταστρέψει τα καλώδια και τα Φ/Β πλαίσια.

Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται:

A) Με την διαστασιολόγηση των αγωγών κάθε παράλληλου κλάδου ώστε να αντέχουν το ρεύμα των N-1 παράλληλων κλάδων, με την προϋπόθεση ότι το ρεύμα αυτό είναι χαμηλότερο του μέγιστου επιτρεπόμενου ανάστροφου ρεύματος του Φ/Β πλαισίου. Για το σύνολο των εμπορικών Φ/Β πλαισίων, ως μέγιστο επιτρεπόμενο ανάστροφο ρεύμα μπορεί να θεωρηθεί τιμή ρεύματος τουλάχιστον ίση με 3 φορές την τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

B) Με την τοποθέτηση ασφαλειών σε κάθε πλευρά (θετική ή και αρνητική ταυτόχρονα ανάλογα με την τοπολογία του αντιστροφέα) του εκάστου παράλληλου κλάδου.

Η χρήση διόδων αντεπιστροφής επιλύει μεν το προαναφερθέν πρόβλημα, επιβαρύνει δε την ενεργειακή απόδοση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας εξαιτίας των απωλειών ισχύος που τις διέπουν.

### **6.3 Προστασία**

Για τα θέματα προστασίας, η μέθοδος της αυτόματης διακοπής της τροφοδότησης δεν είναι δυνατή λόγω των ιδιομορφιών των Φ/Β.

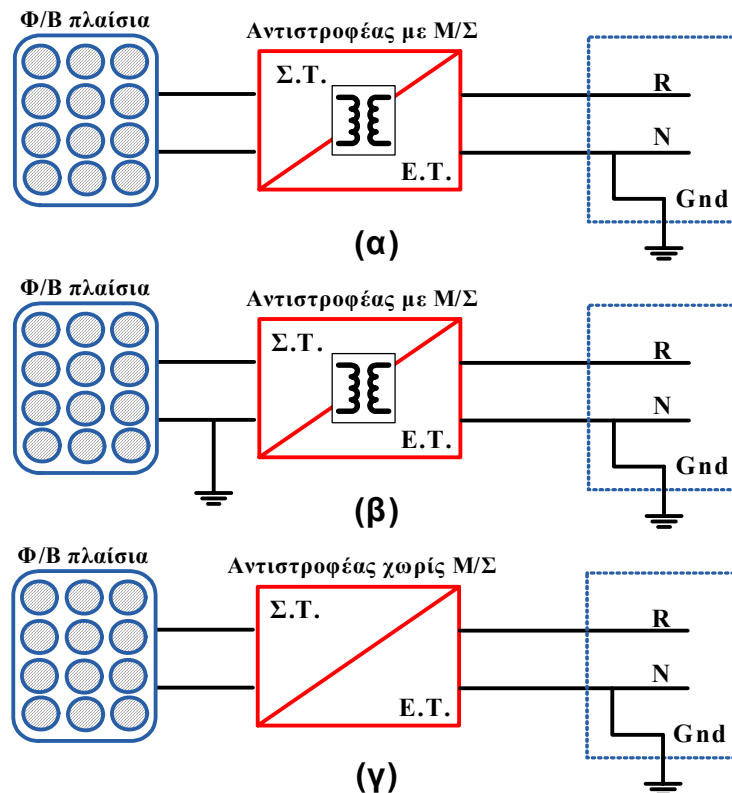
Για την προστασία έναντι άμεσης και έμμεσης επαφής μπορεί να γίνει χρήση πολύ χαμηλής τάσης (συστήματα SELV ή PELV). Ένα Φ/Β σύστημα χαρακτηρίζεται σαν σύστημα πολύ χαμηλής τάσης όταν η τάση ανοικτού κυκλώματος σε πρότυπες συνθήκες δοκιμών δεν υπερβαίνει τα 120 V<sub>DC</sub>. Η περίπτωση αυτή ωστόσο είναι ειδική και περιορισμένου ενδιαφέροντος, καθώς τα περισσότερα προϊόντα της αγοράς λειτουργούν με μεγαλύτερες τάσεις.

Δεδομένου ότι τα Φ/Β πλαίσια που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι Class II όσον αφορά στη μόνωση (κατά το πρότυπο EN 61730, στην κατηγορία εφαρμογών [Application Class A] με συνεχή τάση λειτουργίας του συστήματος πάνω από 120 V), είναι απαίτηση η μόνωση Class II για τα Φ/Β πλαίσια αυτής της κατηγορίας. Η συνιστώμενη πρακτική για προστασία έναντι έμμεσης επαφής είναι η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης σφαλμάτων, πέραν από την χρήση Φ/Β πλαισίων Class II, και με υλικά και πρακτικές εγκατάστασης που εξασφαλίζουν προστασία Class II ή ισοδύναμη με αυτή ("ground fault and short circuit proof installation"). Η προστασία με υλικό κλάσης II, με ενισχυμένη μόνωση, βασίζεται στο ότι η μόνωση είναι τόσο ισχυρή ώστε να αποκλείεται πρακτικά η καταστροφή της. Το πρότυπο IEC EN 61730 αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο αφορά στις ελάχιστες προδιαγραφές καλής κατασκευής του Φ/Β πλαισίου, εμπεριεχόμενης και της ηλεκτρικής μόνωσης, για εγκαταστάσεις όπου η μέγιστη τάση συνεχούς μπορεί να φθάσει τα 1000V, όσον αφορά στη μόνωση πρέπει να καλύπτονται οι απαιτήσεις Class II. Το δεύτερο μέρος του προτύπου IEC EN 61730 αφορά στις απαιτήσεις δοκιμών για τα Φ/Β πλαίσια.

## 7 ΓΕΙΩΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ

Η γείωση (άμεση ή ουδετέρωση, ανάλογα με την περιοχή) αποσκοπεί κυρίως στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής και την ασφάλεια των προσώπων και θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς (HD384). Στο σχήμα 6 παρουσιάζονται οι δυνατοί τρόποι γείωσης των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η γείωση ενός εκ των ακροδεκτών του αντιστροφέα στην πλευρά συνεχούς ρεύματος δεν είναι υποχρεωτική στις Ευρωπαϊκές χώρες, σε αντιδιαστολή με τις Η.Π.Α.

Τονίζεται ότι η γείωση ή μη της πλευράς Σ.Ρ. εξαρτάται από την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων και την τοπολογία του αντιστροφέα. Οι Φ/Β συστοιχίες που διαμορφώνονται από συγκεκριμένα είδη πλαισίων (λεπτών επιστρώσεων, back – contact) γειώνονται με υπόδειξη του κατασκευαστή, προκειμένου να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία τους αλλά και η βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. Ειδικότερα, τα Φ/Β πλαίσια λεπτών επιστρώσεων (thin film) με υλικά όπως το άμορφο πυρίτιο (a –Si) και το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe), λόγω της τεχνολογίας κατασκευής τους (superstrate technology), παρουσιάζουν συνήθως υψηλό κίνδυνο διάβρωσης του στρώματος TCO, γεγονός που επιφέρει καταστρεπτικά για τα πλαίσια αποτελέσματα. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, γειώνεται ο αρνητικός ακροδέκτης της Φ/Β πηγής. Το φαινόμενο αυτό δεν εμφανίζεται, βάσει των υφιστάμενων μελετών, σε Φ/Β πλαίσια thin film με άλλα υλικά (π.χ. CIS). Σε συστήματα με Φ/Β πλαίσια τεχνολογίας back – contact, επιβάλλεται (από τον κατασκευαστή) η γείωση του θετικού ακροδέκτη στην πλευρά Σ.Ρ. για βελτιστοποίηση της απόδοσης. Η γείωση σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να γίνει μέσω μεγάλης αντίστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση αντιστροφέα με Μ/Σ απομόνωσης, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα (χωρίς Μ/Σ) είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει. Όσον αφορά στα συνήθη κρυσταλλικά πλαίσια, δεν έχουν τεθεί ιδιαίτερες απαιτήσεις από τους κατασκευαστές ως προς τη γείωση ή μη των ακροδεκτών της πλευράς Σ.Ρ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, εφόσον δεν γειώνονται ενεργά μέρη στην πλευρά ΣΡ, είναι δυνατή η χρήση αντιστροφέα χωρίς Μ/Σ απομόνωσης. Σε κάθε περίπτωση, ο μελετητής του συστήματος ακολουθεί τις οδηγίες του κατασκευαστή για τις ειδικές απαιτήσεις που προκύπτουν ανάλογα με την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων. Συνήθως οι κατασκευαστές αντιστροφέων, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, προτείνουν τον κατάλληλο εξοπλισμό ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου. Τονίζεται ότι, αν ο αντιστροφέας δεν περιλαμβάνει μετασχηματιστή απομόνωσης, η πλευρά Σ.Ρ. δεν γειώνεται. Αντίθετα όλα τα εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη του Φ/Β εξοπλισμού (π.χ. βάσεις στήριξης και μεταλλικά μέρη των Φ/Β πλαισίων) γειώνονται υποχρεωτικά. Στις παραγράφους που ακολουθούν αναλύονται ορισμένα θέματα τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής ανάλογα με τον τρόπο γείωσης του αντιστροφέα.



**Σχήμα 6:** Δυνατοί τρόποι γείωσης των Διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων (α,β,γ)

Στο σχήμα 6.α παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας με Μ/Σ και γείωση αυτού στη μεριά E.P. Σε ένα τέτοιο σύστημα η δημιουργία σφάλματος μεταξύ ενός εκ των δύο αγωγών Σ.Ρ. και της γης δεν οδηγεί στη ροή ρευμάτων. Το ίδιο γενικά ισχύει και όταν ένας άνθρωπος (ο οποίος έρχεται σε επαφή με τη γη) ακουμπήσει έναν εκ των ενεργών αγωγών Σ.Ρ. Βέβαια, εάν τα πλαίσια είναι γειωμένα και δεν διαθέτουν κατάλληλη μόνωση, μπορεί να προκληθεί εκφόρτιση της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων μέσω του ανθρώπου προς τη γη (ρεύμα διαρροής). Γι' αυτό είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται πλαίσια με κατηγορία μόνωσης "Class II" σύμφωνα με το πρότυπο IEC EN 61730. Τέλος, στα εν λόγω συστήματα απαιτείται η χρήση ειδικών συστημάτων επιτήρησης σφαλμάτων ως προς γη και συστημάτων αποσύνδεσης του αντιστροφέα (στη μεριά Σ.Ρ.), προκειμένου να αποφευχθούν ατυχήματα λόγω ηθελημένης ή μη γείωσης της μεριάς συνεχούς.

Στο σχήμα 6.β παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας με Μ/Σ και γείωση αυτού τόσο στη μεριά Σ.Ρ. όσο και στη μεριά E.P. Σε αντιδιαστολή με την προηγούμενη περίπτωση, η δημιουργία ενός σφάλματος μεταξύ του αγείωτου αγωγού Σ.Ρ. και της γης οδηγεί στη ροή ρευμάτων, όπως επίσης και η επαφή ενός ανθρώπου (ο οποίος έρχεται σε επαφή με τη γη) με τον αγείωτο αγωγό Σ.Ρ. Ο μοναδικός τρόπος να διακοπεί η ροή ρευμάτων ως προς γη (περίπτωση σφάλματος), είναι η αποσύνδεση της μεριάς Σ.Ρ. από αυτή. Για την ασφάλεια των ανθρώπων απαιτείται η χρήση διάταξης ανίχνευσης του ρεύματος που ρέει προς τη γη από τον ηθελημένα γειωμένο αγωγό, ενώ τέλος τα ρεύματα διαρροής λόγω της

παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την αξιοπιστία της προαναφερθείσας διάταξης.

Στο σχήμα 6.γ παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας χωρίς Μ/Σ και γείωση αυτού στη μεριά Ε.Ρ. Μολονότι η πλευρά Σ.Ρ. δεν γειώνεται άμεσα, σε ορισμένες περιπτώσεις (ανάλογα με την τοπολογία του αντιστροφέα) η γείωση στη μεριά Ε.Ρ. γίνεται "ορατή" στη μεριά Σ.Ρ. Στην περίπτωση που είτε τα πλαίσια είναι γειωμένα και δεν διαθέτουν κατάλληλη μόνωση είτε προκληθεί λόγω σφάλματος μη θελημένη γείωση αυτών προκαλείται εκφόρτιση της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων μέσω του αντιστροφέα προς τη γη (ρεύμα διαρροής). Για την ασφάλεια των ανθρώπων απαιτείται η χρήση διάταξης ανίχνευσης των ρευμάτων διαρροής. Βέβαια, η ρύθμιση του ορίου ενεργοποίησης της παραπάνω διάταξης χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή (καθορισμός ανώτατου και κατώτατου ορίου, απότομες μεταβολές).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε όλες τις περιπτώσεις η τάση στα άκρα της Φ/Β συστοιχίας δύναται να είναι αρκετά υψηλή (ώστε σύμφωνα με τα πρότυπο IEC 364-4-41 να υφίσταται ανάγκη λήψης μέτρων για την προστασία του κοινού), αλλά και η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο Χ.Τ, τεκμαίρεται ότι, η τάση σε ορισμένα εξαρτήματα του αντιστροφέα μπορεί να είναι δύο ή και τρεις φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση του δικτύου. Συνεπώς, σηματοδοτείται η ανάγκη γειώσεως του μεταλλικού περιβλήματος του μετατροπέα προκειμένου να αποφεύγεται ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο μειώνεται και η ενδεχόμενη ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση που μπορεί να προκληθεί από τη διακοπτική λειτουργία του κυκλώματος ισχύος σε παρακείμενες ηλεκτρικές συσκευές.

Τονίζεται τέλος ότι η γείωση του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού μπορεί να επιφέρει σοβαρά προβλήματα στην περίπτωση που η μόνωση των πλαισίων δεν είναι κατάλληλης τάξης. Από την άλλη πλευρά, μολονότι η χρήση αγείωτων Φ/Β πλαισίων περιορίζει τον παραπάνω κίνδυνο, αυξάνει τον κίνδυνο καταστροφής των πλαισίων σε ένα ενδεχόμενο κεραυνικό πλήγμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις η γείωση των πλαισίων είναι επιβεβλημένη από τον κατασκευαστή.

## **8 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ**

### **8.1 Πλευρά Σ.Ρ.**

Στην πλευρά της Φ/Β συστοιχίας ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της εγκατάστασης καλωδίωσης θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με μόνωση Class II.

Η καλωδίωση περιλαμβάνει τις συνδέσεις μεταξύ των Φ/Β πλαισίων, τις συνδέσεις από τα άκρα κάθε εν σειρά κλάδου μέχρι το κουτί παραλληλισμού, αν χρησιμοποιείται και τις συνδέσεις από τα άκρα της Φ/Β συστοιχίας, π.χ. στο κουτί παραλληλισμού, μέχρι τον αντιστροφέα.

Όλα τα καλώδια τα οποία είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία (αποκλείοντας έτσι τα κοινά καλώδια με μόνωση από PVC).

Τα καλώδια τα οποία χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των πλαισίων θα πρέπει να έχουν μόνωση ανθεκτική τουλάχιστον έως 70°C ή και περισσότερο αν δεν υπάρχει ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα.

Η επιλογή του κατάλληλου είδους καλωδίου είναι σημαντική για την ασφάλεια και τη διάρκεια της εγκατάστασης όπως και την ικανοποίηση της απαίτησης για μόνωσης ισοδύναμης με κλάση II.

Για τις συνδέσεις μεταξύ των πλαισίων χρησιμοποιούνται συνήθως εύκαμπτα μονοπολικά καλώδια με ενισχυμένη μόνωση, με τις ανωτέρω τουλάχιστον απαιτήσεις. Ο συνδυασμός αυτός των απαιτήσεων είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί από κοινά τυποποιημένα καλώδια και απαιτεί τη χρήση ειδικών μειγμάτων πλαστικών για μόνωση.

Τα καλώδια μπορούν να είναι εναέρια, αλλά πρέπει να παρέχεται στήριξη, ώστε να μην καταπονούνται οι συνδέσεις. Η στήριξη γίνεται με υλικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, την υγρασία, την υψηλή θερμοκρασία και τη διάβρωση.

Τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να διαθέτουν διόδους παράκαμψης (bypass diodes), για ελάττωση των συνεπειών σκίασης. Για τις συνδέσεις των καλωδίων μεταξύ τους συνιστάται να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι ειδικοί σύνδεσμοι ταχείας σύνδεσης. Τα προεγκατεστημένα καλώδια των Φ/Β πλαισίων δε θα πρέπει να αφαιρούνται και να αντικαθίστανται από καλώδια άλλης διατομής ή τύπου.

Η όδευση των καλωδίων από το κουτί παραλληλισμού μέχρι τον αντιστροφέα θα πρέπει να εξασφαλίζει προστασία ισοδύναμη με Class II. Τα καλώδια θα πρέπει να είναι μονοπολικά, με διπλή ή ενισχυμένη μόνωση. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να τοποθετούνται σε διαφορετικά κανάλια.

Στα κιβώτια διασύνδεσης πρέπει να χρησιμοποιούνται διαφορετικές περιοχές με μονωτικό διαχωριστικό για τη σύνδεση των αρνητικών και θετικών αγωγών. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιούνται ξεχωριστά κουτιά σύνδεσης για τους θετικούς και τους αρνητικούς αγωγούς.

Τα κιβώτια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι μονωτικά και να ανοίγουν με ειδικό κλειδί ή εργαλείο.

Η διατομή του καλωδίου καθορίζεται από το μέγιστο αναμενόμενο ρεύμα σε ένα κλάδο όπως υπολογίζεται βάσει της Παραγράφου «Σχεδίαση Συστήματος». Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τουλάχιστον η διόρθωση λόγω θερμοκρασίας, η οποία για τα καλώδια πλησίον των Φ/Β πλαισίων μπορεί να φθάσει τους 70°C. Σημειώνεται ότι στους 70°C ο διορθωτικός συντελεστής για καλώδια με μόνωση ανθεκτική ως τους 90°C είναι 0.58. Δηλαδή στην περίπτωση αυτή η διατομή του καλωδίου θα πρέπει να διαστασιολογηθεί με βάση τη τιμή του μέγιστου αναμενόμενου ρεύματος πολλαπλασιασμένη επί 1.72 (=1/0.58), για να μην υπερβούν τα όρια αντοχής της μόνωσης.

Ένα άλλο κριτήριο που εξετάζεται για τη διαστασιολόγηση των καλωδίων είναι αυτό της απώλειας ισχύος. Συνήθως θεωρείται ότι η απώλεια ισχύος στο συνολικό μήκος των Σ.Ρ. καλωδίων υπό ονομαστικές τιμές λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% της ονομαστικής ισχύος του Φ/Β συστήματος. Το κριτήριο αυτό συνήθως οδηγεί σε επιλογή μεγαλύτερης διατομής.

Στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να εγκαθίσταται διακόπτης (όταν αυτός δεν εμπεριέχεται στον αντιστροφέα) ο οποίος θα απομονώνει τον αντιστροφέα από τη Φ/Β συστοιχία. Ο διακόπτης θα πρέπει να έχει την ικανότητα να απομονώνει τον αντιστροφέα υπό φορτίο (συνεπώς οι ταχυσύνδεσμοι δεν καλύπτουν την απαίτηση αυτή σαν μέσο απομόνωσης). Ο διακόπτης πρέπει να είναι σχεδιασμένος για συνεχές ρεύμα και να απομονώνει και τους δύο πόλους (αγείωτο σύστημα).

## **8.2 Πλευρά E.P.**

Στην πλευρά E.P. γενικά θα πρέπει να ακολουθούνται οι συνήθειες πρακτικές που απορρέουν από τον HD384.

Η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται σε ξεχωριστό ηλεκτρικό πίνακα, όπου εγκαθίστανται τα μέσα προστασίας και χειρισμού. Η τροφοδοσία του ηλεκτρικού πίνακα θα πρέπει να προέρχεται κατευθείαν από την Παροχή που έχει προμηθεύσει ο Διαχειριστής του Δικτύου στο κτήριο.

Οι ηλεκτρονικοί αντιστροφείς θα πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα απομόνωσης της εξόδου τους από το δίκτυο E.P.

Η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής στην έξοδο του αντιστροφέα (πλευρά EP) πραγματοποιείται με βάση τις απαιτήσεις του προτύπου HD384. Ειδικότερα, στην περίπτωση που ο αντιστροφέας δεν εμπεριέχει γαλβανική απομόνωση ή εμπεριέχει υψίσυχνο Μ/Σ, θα πρέπει να παρέχεται προστασία μέσω ρελαί διαφυγής τύπου Β (σύμφωνα με το πρότυπο IEC 364-7-712). Ο επιλεγμένος αντιστροφέας καλό είναι να διαθέτει αυτή τη δυνατότητα χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάσταση επιπλέον ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Οι αντιστροφείς που υπάγονται σε αυτές τις κατηγορίες μπορεί να φέρουν πιστοποιητικό μετρήσεων για τη μη έγχυση Σ.Ρ, οπότε μπορεί να εγκατασταθεί ρελαί διαφυγής τύπου Α. Για την επιλογή του ρεύματος  $I_{\Delta n}$ , εκτός από τις απαιτήσεις της οδηγίας HD384, λαμβάνεται υπόψη ότι σε Φ/Β εγκαταστάσεις με αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή υπάρχει ρεύμα διαρροής στην κανονική λειτουργία του συστήματος, η τιμή του οποίου δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια (εξαρτάται από τον τύπο των πλαισίων, του αντιστροφέα και τις



καιρικές συνθήκες). Στις περιπτώσεις αυτές, η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής με ρεύμα διέγερσης 30 mA μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες διακοπές στη λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Είναι λοιπόν σκόπιμο, ο μελετητής να ακολουθήσει τις οδηγίες του κατασκευαστή του αντιστροφέα για την επιλογή του κατάλληλου ρελαί διαφυγής.

**Τονίζεται ότι η ελαχιστοποίηση των οδεύσεων είναι επιθυμητή, τόσο στην μεριά Σ.Ρ. όσο και στη μεριά Ε.Ρ. προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των ηλεκτρικών απωλειών.**

### **8.3 Σημάνσεις**

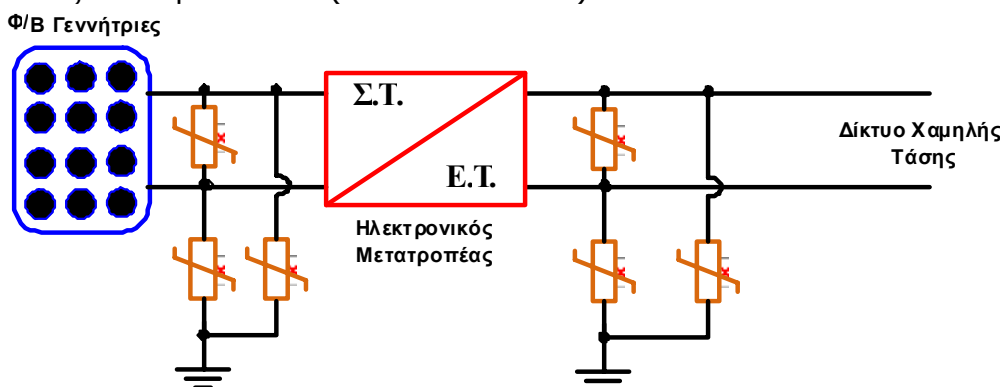
Σε όλα τα κιβώτια σύνδεσης πρέπει να υπάρχει προειδοποιητική σήμανση ότι τα ενεργά τμήματα στο εσωτερικό των κιβωτίων παραμένουν ενεργά και μετά την απομόνωση των Φ/Β πλαισίων από τον μετατροπέα. Οι σημάνσεις θα πρέπει να είναι ανθεκτικές για το περιβάλλον στο οποίο εγκαθίστανται.

## 9 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΑΚΩΝ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΥΠΕΡΤΑΣΕΙΣ –ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η προστασία των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων από υπερτάσεις και κεραυνούς είναι ένα θέμα το οποίο αποσκοπεί στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής, αλλά κυρίως την ασφάλεια των ανθρώπων και θα πρέπει να υλοποιείται μόνο σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά (ΕΛΟΤ), ευρωπαϊκά (ΕΝ) και διεθνή (IEC) πρότυπα αλλά και την ισχύουσα νομοθεσία.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ470 (5 Μαρτίου 2004) Άρθρα 3 έως και 6, τα φαινόμενα εκδήλωσης υπερτάσεων, εφόσον πρόκειται για αρχικό έλεγχο (νέα ηλεκτρική εγκατάσταση ή σοβαρή τροποποίηση παλαιάς), θα πρέπει να αντιμετωπιστούν σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά και ευρωπαϊκά πρότυπα, τα οποία είναι τα πρότυπα σειράς ΕΛΟΤ ΕΝ 61643. Επομένως η αναγκαιότητα εφαρμογής προστασίας από υπερτάσεις είναι πλέον απαραίτητη ανεξάρτητα με το εάν υπάρχει ή εάν προβλέπεται να υπάρξει σύστημα εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας.

Με κάθε επιφύλαξη, στηριζόμενοι στην υπάρχουσα εμπειρία εκατοντάδων χιλιάδων Φ/Β συστημάτων μικρότερων των 10 kWp που εγκαταστάθηκαν σε ευρωπαϊκές χώρες και δεν εξέχουν σημαντικά από το περίγραμμα του κτηρίου, όπως προβλέπεται στις Υπουργικές Αποφάσεις, θεωρείται ότι ο κίνδυνος από άμεσο κεραυνικό πλήγμα δεν αυξάνεται. Εντούτοις, για την ασφάλεια των ανθρώπων και την προστασία των κτηριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών συνιστάται η εκτίμηση των κινδύνων από τους κεραυνούς και τις υπερτάσεις που προκαλούν (ΕΛΟΤ ΕΝ 62305).



**Σχήμα 7:** Τυπική μορφή των συστημάτων γειώσεως και προστασίας από υπερτάσεις της εγκατάστασης

Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται μια ενδεικτική μορφή εγκατάστασης των διατάξεων προστασίας από υπερτάσεις για την προστασία μόνο του Φ/Β συστήματος η οποία και συνιστάται. Παράλληλα θα πρέπει να προβλεφθεί και προστασία των υφιστάμενων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων του κτηρίου (π.χ. προστασία γενικού πίνακα και υποπινάκων).

Τα πρότυπα αντικεραυνικής προστασίας που ισχύουν και εφαρμόζονται είναι της σειράς ΕΛΟΤ ΕΝ 62305 καθώς επίσης της σειράς ΕΛΟΤ ΕΝ 50164. Τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 62305 περιγράφουν τις απαιτήσεις σχεδιασμού ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ενώ τα πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ 50164

περιγράφουν τις απαιτήσεις δοκιμών των εξαρτημάτων αντικεραυνικής προστασίας. Επίσης για την προστασία από υπερτάσεις τα αντίστοιχα πρότυπα είναι της σειράς ΕΛΟΤ EN 61643 τα οποία περιγράφουν τις απαιτήσεις δοκιμών και εγκατάστασης των διατάξεων προστασίας από υπερτάσεις τόσο για τα ενεργειακά όσο και για τα τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα.

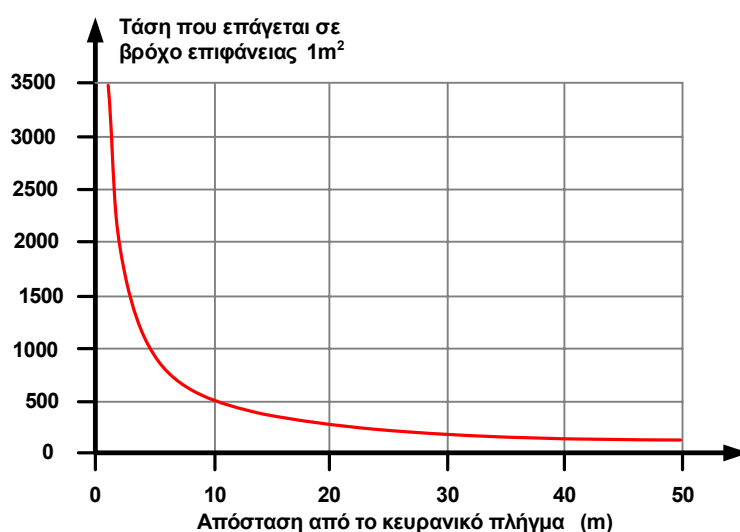
Η αναγκαιότητα εγκατάστασης ενός συστήματος εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας μπορεί να εξετασθεί με την εφαρμογή του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-2. Το πρότυπο εξετάζει, ανεξάρτητα με το εάν υπάρχει Φ/Β εγκατάσταση, τον κίνδυνο που μπορεί να έχει το υφιστάμενο κτήριο σε ένα άμεσο ή έμμεσο κεραυνικό πλήγμα.

Εάν η εγκατάσταση ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας κριθεί απαραίτητη, ο σχεδιασμός του συστήματος θα πρέπει να υλοποιηθεί με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3.

Σε περίπτωση που το κτήριο διαθέτει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, θα πρέπει να μελετηθεί εάν ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου και εάν καλύπτει τις Φ/Β εγκαταστάσεις. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να γίνουν όλες οι απαραίτητες συμπληρωματικές ενέργειες ώστε το υφιστάμενο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας να προσαρμοστεί στις νέες απαιτήσεις (π.χ. εγκατάσταση επιπρόσθετων ακίδων, συλλεκτήριων αγωγών, αγωγών καθόδου, εφαρμογή ισοδυναμικών συνδέσεων, ηλεκτροδίων γείωσης κ.α.).

Η προστασία του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως και των ανθρώπων που έρχονται σε επαφή με αυτά σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62305-3, επιβάλλεται εφόσον εφαρμόζεται ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Η επιλογή και η εγκατάσταση των διατάξεων προστασίας θα πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62305-4.

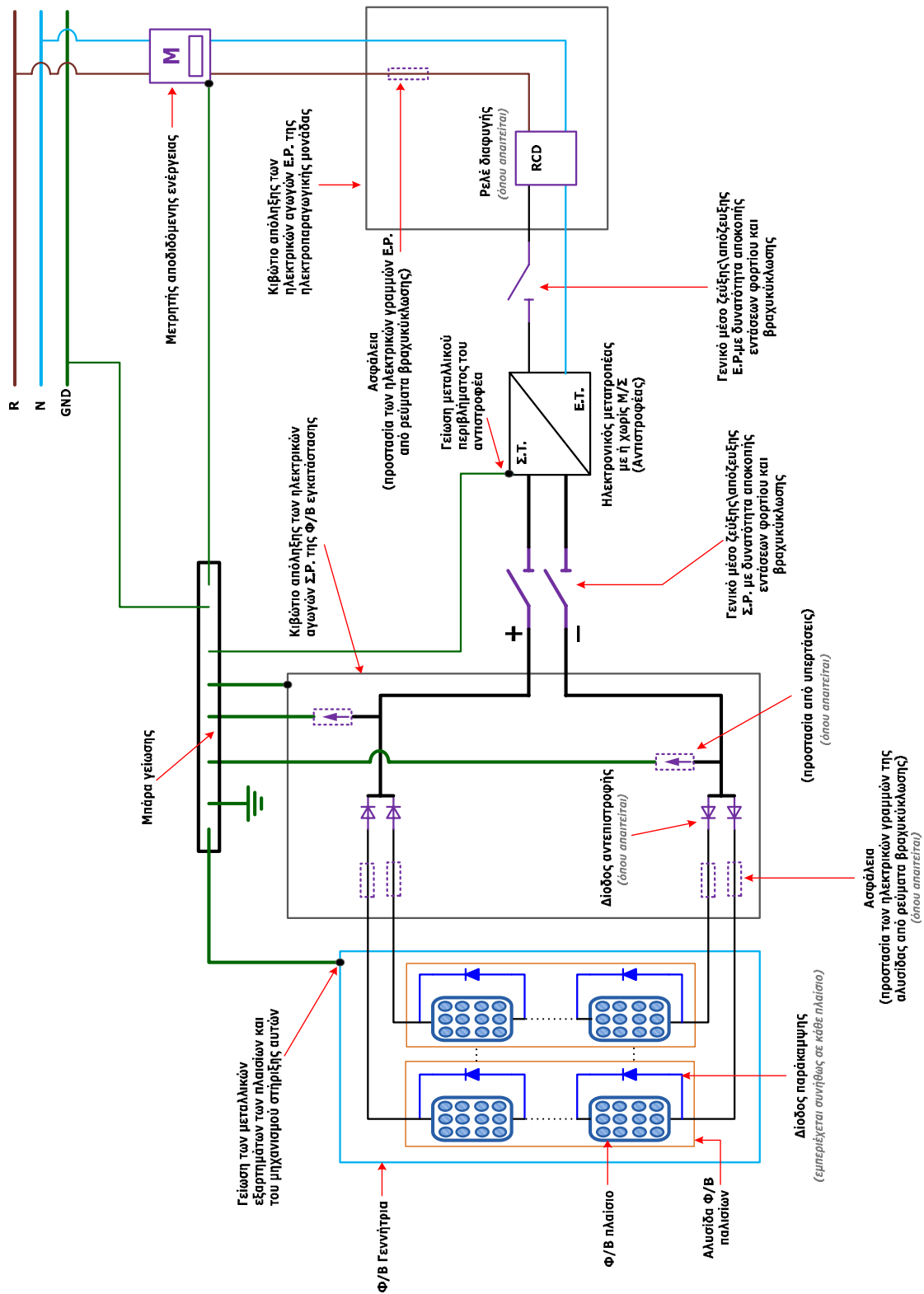
Οι εγκαταστάτες καλό είναι να αποφεύγουν τη δημιουργία μεγάλων βρόγχων ρεύματος, διότι ένα ενδεχόμενο κεραυνικό πλήγμα θα οδηγήσει στην εμφάνιση υψηλών τάσεων εξ επαγωγής, όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στο σχήμα 8.



**Σχήμα 8:** Ενδεικτικό σχήμα τάσης που επάγεται σε βρόχο επιφάνειας 1m<sup>2</sup> συναρτήσεως της απόστασης του κεραυνικού πλήγματος

Στην περίπτωση που το Φ/Β σύστημα εγκαθίσταται σε κτήριο που διαθέτει υφιστάμενο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (Σ.Α.Π.) και μπορεί να διατηρηθεί απόσταση ασφαλείας (0.5-1 μέτρο) μεταξύ του Φ/Β συστήματος και των αγωγών συλλογής και καθόδου του κεραυνικού ρεύματος, το Φ/Β σύστημα θεωρείται ότι βρίσκεται μέσα στην περιοχή προστασίας του αλεξικέραυνου και δεν πρέπει να συνδέεται αγωγίμα με το Σ.Α.Π. (εφόσον πρόκειται για ενσωμάτωση σε υφιστάμενα κτήρια). Αν δεν μπορεί να διατηρηθεί η απόσταση αυτή θα πρέπει να πραγματοποιείται αγωγίμη σύνδεση με τους αγωγούς του Σ.Α.Π.

## 10 ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



**Σχήμα 9:** Τυπική μορφή της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου οικιακού Φ/Β συστήματος σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-7-712

## **11 ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΔΙΚΤΥΟ**

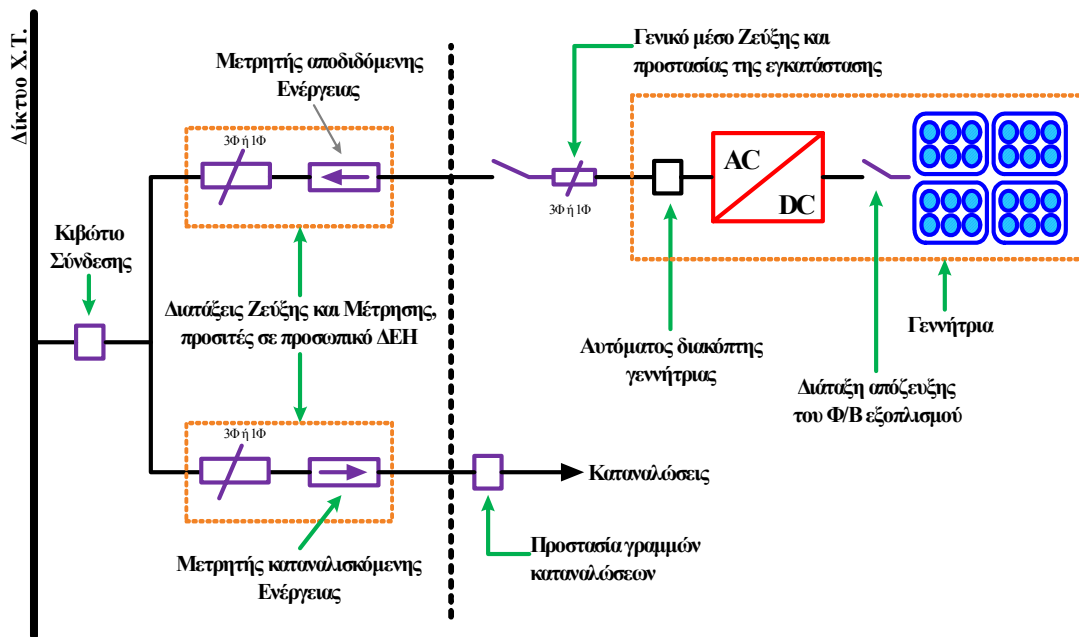
### **11.1 Σύνδεση κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο Χαμηλής Τάσης**

Η επιλογή του τρόπου σύνδεσης ενός οικιακού φωτοβολταϊκού (Φ/Β) συστήματος στο ηλεκτρικό δίκτυο Χ.Τ, θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παραβιάζονται τα όρια διαταραχών που τίθενται από τους Διαχειριστές του Δικτύου.

Αν και η ένταξη περιορισμένου αριθμού μικρών ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων δεν είναι δυνατό να επηρεάσει αισθητά την ποιότητα ισχύος του Ελληνικού ΣΗΕ, δε συμβαίνει το ίδιο στην περίπτωση ευρείας χρήσης των παραπάνω μονάδων. Έτσι, τα κριτήρια που εξετάζονται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση νέων εγκαταστάσεων παραγωγής σε συγκεκριμένο σημείο του δικτύου Χ.Τ. είναι η διαμόρφωση των προστασιών της διασύνδεσης εγκαταστάσεων-δικτύου, οι αργές και ταχείες μεταβολές της τάσης, οι εκπομπές αρμονικών, η επάρκεια του δικτύου και η συμβολή των νέων μονάδων στη στάθμη βραχυκύκλωσης. Τα κριτήρια και οι μέθοδοι αξιολόγησης της εφαρμογής αυτών στο Ελληνικό ΣΗΕ, βασίζονται στις καθιερωμένες διαδικασίες και πρακτικές που εφαρμόζονται από τη ΔΕΗ για τη σύνδεση των παραγωγών, την πρακτική χωρών οι οποίες έχουν να επιδείξουν σημαντική εμπειρία στον τομέα των διεσπαρμένων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων, τη σειρά προτύπων 61000 της IEC τα οποία έχουν σήμερα διεθνή αποδοχή και σε σημαντικό βαθμό έχουν υιοθετηθεί ως Ευρωπαϊκά (EN) και εθνικά (ΕΛΟΤ) πρότυπα και τέλος το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 50160, το οποίο έχει ήδη υιοθετηθεί από την ΔΕΗ και τον ΕΛΟΤ. Ο έλεγχος πληρότητας των παραπάνω κριτηρίων γίνεται στο πλησιέστερο προς τις εγκαταστάσεις του παραγωγού σημείο του δικτύου, στο οποίο συνδέεται άλλος καταναλωτής ή παραγωγός (Σημείο Κοινής Σύνδεσης στο Δίκτυο). Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο η ενέργεια που αποδίδεται από τον παραγωγό στο δίκτυο όσο και αυτή που απορροφά από αυτό ως καταναλωτής, μεταφέρεται πάντα μέσω της ίδιας παροχής. Στις παραγράφους που ακολουθούν, απομονώνονται τα εδάφια των παραπάνω κανονισμών και προτύπων που αφορούν στους ηλεκτρονικούς αντιστροφείς των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων και παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνικές προδιαγραφές που θα πρέπει να ικανοποιούνται, ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη παράλληλη λειτουργία των παραπάνω συστημάτων με το δίκτυο χαμηλής τάσης του Ελληνικού ΣΗΕ.

### **11.2 Διαμόρφωση της διασύνδεσης των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων – ηλεκτρικού δικτύου**

Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται μια τυπική απλοποιημένη μορφή σύνδεσης των προαναφερθέντων ηλεκτροπαραγωγικών διατάξεων με το δίκτυο Χ.Τ. Το γενικό μέσο Ζεύξης Ε.Ρ, η προστασία από ρεύματα βραχυκύκλωσης στην πλευρά Ε.Ρ, καθώς και ο αυτόματος διακόπτης της γεννήτριας εξασφαλίζουν τον παραλληλισμό και τη ζεύξη της εγκατάστασης με το δίκτυο.



**Σχήμα 10:** Τυπική απλοποιημένη μορφή σύνδεσης οικιακών Φ/Β συστημάτων με το ηλεκτρικό δίκτυο Χ.Τ.

Η προστασία των Φ/Β γεννητριών σε περίπτωση εμφάνισης διαταραχών στο δίκτυο καθώς και η απομόνωσή της σε περίπτωση πλήρους διακοπής του θα πρέπει να επιτυγχάνεται μέσω του Αυτόματου Διακόπτη της Γεννήτριας ή άλλων κατάλληλων προστασιών ενσωματωμένων στο σύστημα ελέγχου του μετατροπέα ισχύος, ώστε να αποφεύγονται βλάβες του εξοπλισμού της εγκαταστάσεως και να αποτρέπεται η δημιουργία επικίνδυνων καταστάσεων για τους λοιπούς χρήστες του δικτύου.

Για την ασφαλή και απρόσκοπτη εκτέλεση εργασιών στο δίκτυο, θα πρέπει να παρέχεται στο προσωπικό των διανομέων ηλεκτρικού ρεύματος η δυνατότητα χειροκίνητης απόζευξης της εγκατάστασης από το δίκτυο, μέσω της ελεύθερης πρόσβασης στη μετρητική διάταξη. Από την άλλη πλευρά, τα μέσα ζεύξεως και προστασίας θα πρέπει αφ' ενός να έχουν την ικανότητα διακοπής εντάσεων φορτίου και βραχυκυκλώματος, αφ' ετέρου να εξασφαλίζουν την έγκαιρη απόζευξη της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας. Η ρύθμιση των τιμών χρονικής καθυστέρησης των μέσων προστασίας χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, διότι αρκετά μικρές τιμές αυτής μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένη συχνότητα ανεπιθύμητων αποζεύξεων της εγκατάστασης παραγωγής, ενώ αντίθετα μεγάλες χρονικές καθυστερήσεις μπορούν να προκαλέσουν βλάβες, τόσο στην ίδια την εγκατάσταση όσο και σε παρακείμενα φορτία ή παραγωγούς.

Οι απαιτήσεις οι οποίες πρέπει να καλύπτονται για την διασύνδεση ενός Φ/Β συστήματος με το δίκτυο, σύμφωνα και με τις οδηγίες του Διαχειριστή Δικτύου, συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Παράμετρος	Απαίτηση
Τάση	Η τιμή της εναλλασσόμενης τάσης στα άκρα του ηλεκτρονικού αντιστροφέα δεν πρέπει να υπερβαίνει το -20% (184V) ή το +15% (264.5V) της ονομαστικής τιμής της τάσης του δικτύου. Σε περίπτωση υπέρβασης των παραπάνω ορίων, η απόζευξη θα πρέπει να πραγματοποιείται εντός 0.5 s
Συχνότητα	Η συχνότητα των ηλεκτρικών μεγεθών εξόδου του αντιστροφέα δεν πρέπει να υπερβαίνει περισσότερο από $\pm 0.5\text{Hz}$ την ονομαστική τιμή της συχνότητας του δικτύου. Σε περίπτωση υπέρβασης των παραπάνω ορίων, η απόζευξη θα πρέπει να πραγματοποιείται εντός 0.5 s.
Αυτόματη επανάζευξη	Η επανάζευξη θα πρέπει να πραγματοποιείται μετά από τουλάχιστον 3 λεπτά.
Αρμονικές	Η ολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%.
Έγχυση ρεύματος συνεχούς	Η μέγιστη τιμή εγχεόμενου συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να είναι το πολύ ίση με το 0.5% του ονομαστικού ρεύματος της εγκατάστασης

**Πίνακας 1:** Απαιτήσεις διασύνδεσης σύμφωνα και με τις οδηγίες του Διαχειριστή Δικτύου

### **11.3 Αρμονική Παραμόρφωση και επιτρεπτά όρια έγχυσης αρμονικών συνιστωσών**

Η υψίσυχνη διακοπτική λειτουργία των αντιστροφέν, που χρησιμοποιούνται στα κτηριακά Φ/Β συστήματα προκαλεί την εμφάνιση ανώτερων αρμονικών στην κυματομορφή του ρεύματος που παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αυτές οι ανώτερες αρμονικές συνιστώσες είναι δυνατόν να προκαλέσουν προβλήματα τόσο στο ίδιο το δίκτυο και σε εγκαταστάσεις που είναι συνδεδεμένες σε αυτό, όσο και σε παρακείμενες ηλεκτρονικές συσκευές. Συγκεκριμένα, η έγχυση αρμονικών από τις εγκαταστάσεις παραγωγής προκαλεί παραμόρφωση της τάσης, με άμεσο αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία ηλεκτρικών συστημάτων (π.χ. μετασχηματιστές, ηλεκτρικές μηχανές), ηλεκτρονικών συσκευών (π.χ. συστήματα προστασίας του δικτύου), αλλά και παρακείμενων ηλεκτρικών φορτίων (π.χ. ενισχυτές, τροφοδοτικά ηλεκτρονικών μηχανημάτων), τα οποία είναι συνδεδεμένα στην ίδια ηλεκτρική γραμμή. Από την άλλη πλευρά, η ύπαρξη αρμονικών σε συχνότητες μεγαλύτερες του 1kHz δυσχεραίνει τη χρησιμοποίηση του δικτύου για τη μεταφορά υψίσυχνων τηλεπικοινωνιακών σημάτων τα οποία εξυπηρετούν την αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διεσπαρμένων πηγών ενέργειας και του κέντρου ελέγχου του Ηλεκτρικού Συστήματος. Τέλος, η ύπαρξη ανώτερων αρμονικών μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση σε γειτονικές συσκευές, που δεν συνδέονται άμεσα στο ηλεκτρικό δίκτυο (μέσω ακτινοβολίας). Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η εμφάνιση θορύβου και δυσλειτουργιών σε αυτές τις συσκευές, στην περίπτωση που δεν υπάρχει κατάλληλη μαγνητική θωράκιση.



Για την αποφυγή των παραπάνω ανεπιθύμητων καταστάσεων είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση της λειτουργίας των μετατροπέων που χρησιμοποιούνται στα κτηριακά Φ/Β συστήματα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Αναλυτικότερα, η έγχυση αρμονικών από τους ηλεκτρονικούς μετατροπείς των κτηριακών Φ/Β συστημάτων πρέπει να εναρμονίζεται με τις προϋποθέσεις που προβλέπονται από το πρότυπο IEC 61000-3-2. Το πρότυπο αυτό πραγματεύεται τα επιτρεπτά όρια εκπομπής αρμονικών συσκευών και εγκαταστάσεων με ονομαστικό ρεύμα μικρότερο ή ίσο των 16Α/φάση οι οποίες συνδέονται στα δίκτυα Χ.Τ. Συνεπώς τα όρια που τίθενται από αυτό είναι κατάλληλα και για την αξιολόγηση των ηλεκτρονικών αντιστροφών που χρησιμοποιούνται στα οικιακά Φ/Β συστήματα. Πρέπει να σημειωθεί πως ο έλεγχος των αρμονικών πραγματοποιείται μόνο για την κανονική λειτουργία των εγκαταστάσεων και όχι κατά τις μεταβατικές περιόδους, οι οποίες έχουν συνήθως διάρκεια λίγων δευτερολέπτων (π.χ. κατά τον παραλληλισμό με το δίκτυο). Τέλος, το πρότυπο EN50081-1 οριοθετεί τα επιτρεπτά όρια εκπομπής ακτινοβολίας και τις αγώγιμες εκπομπές των ηλεκτρονικών μετατροπέων και το EN50082-1 προσδιορίζει την προστασία των εν λόγω μετατροπέων από εκπομπές ακτινοβολίας σε οικιακό, εμπορικό και ελαφρύ βιομηχανικό περιβάλλον.

Πέρα από τις παραπάνω προδιαγραφές, ο Διαχειριστής Δικτύου επιβάλλει, ως απαραίτητη προϋπόθεση για τη σύνδεση εγκαταστάσεων παραγωγής στα δίκτυα διανομής, την επίτευξη Συντελεστή Αρμονικής Παραμόρφωσης (Total Harmonic Distortion, T.H.D.) του ρεύματος εξόδου της εγκατάστασης μικρότερο ή οριακά ίσο με 5%, Συντελεστή Ισχύος (Power Factor, PF) μεγαλύτερο από 0.95 για επαγωγική και χωρητική συμπεριφορά υπό ισχύ άνω του 50% της ονομαστικής και μέγιστη τιμή εγχεόμενου συνεχούς ρεύματος (εφόσον οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς δεν διαθέτουν χαμηλόσυχνο μετασχηματιστή) το πολύ ίση με το 0.5% του ονομαστικού ρεύματος της εγκατάστασης. Σκοπός των δύο τελευταίων προδιαγραφών είναι η οικονομική λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος (μέσω του περιορισμού των απωλειών στους αγωγούς του δικτύου) και η αποφυγή εμφάνισης φαινομένων κορεσμού στους μετασχηματιστές του δικτύου.

Σε χώρες με μεγαλύτερη εμπειρία στον τομέα των Φ/Β συστημάτων, τα όρια των προαναφερθέντων τεχνικών προδιαγραφών είναι περισσότερο αυστηρά σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω της αυξημένης διείσδυσης των εν λόγω συστημάτων στην ενεργειακή τους τροφοδότηση. Ενδεικτικά στον Πίνακα 2 παρατίθενται τα προβλεπόμενα όρια από το πρότυπο IEC 61727 το οποίο βασίστηκε σε σημαντικό βαθμό σε κανονισμούς που αναπτύχθηκαν από την εκτεταμένη εφαρμογή Φ/Β συστημάτων στη Γερμανία.

Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση Αρμονικών Περιττής Τάξης (A)		Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση Αρμονικών Άρτιας Τάξης (A)
Τάξη Αρμονικής		Οι αρμονικές άρτιας τάξης οφείλουν να είναι μικρότερες, τουλάχιστον κατά 25%, από το μέτρο των αντίστοιχων αρμονικών περιττής τάξης
3 <sup>η</sup> -9 <sup>η</sup>	4.0% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
11 <sup>η</sup> -15 <sup>η</sup>	2.0% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
17 <sup>η</sup> -21 <sup>η</sup>	1.5% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
23 <sup>η</sup> -33 <sup>η</sup>	0.6% του μέγιστου ρεύματος εξόδου	
Μέγιστη τιμή του Συντελεστή Αρμονικής Παραμόρφωσης (T.H.D.)		5%
Συντελεστής Ισχύος στο 50% της ονομαστικής ισχύος (PF)		0.9
Μέγιστη τιμή εγχεόμενου συνεχούς ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο		Μικρότερο του 0.5% της τιμής του ονομαστικού ρεύματος εξόδου της εγκατάστασης
Μέγιστη επιτρεπτή διακύμανση της τάσης εξόδου της εγκατάστασης στη μόνιμη κατάσταση λειτουργία		85%-110% (196V -253V)
Μέγιστη επιτρεπτή διακύμανση της συχνότητας των ηλεκτρικών μεγεθών εξόδου της εγκατάστασης στη μόνιμη κατάσταση λειτουργία		(50 ± 0,5)Hz

**Πίνακας 2:** Επιτρεπτά όρια συνιστωσών του ρεύματος και τάσης εξόδου Φ/Β μονάδων ισχύος έως 10kW που συνδέονται στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61727

#### **11.4 Ανίχνευση καταστάσεων απομονωμένης λειτουργίας – «φαινόμενο νησίδας»**

Με τον όρο "φαινόμενο νησίδας" ορίζεται μια μη επιθυμητή κατάσταση κατά την οποία ένα τμήμα του ηλεκτρικού δικτύου, όπου εμπεριέχονται τόσο ηλεκτρικά φορτία όσο και μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, παραμένει ηλεκτροδοτημένο, λόγω των παραπάνω μονάδων, παρότι το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ανενεργό. Αιτίες εμφάνισης αυτού του φαινομένου μπορεί να είναι η ηθελημένη αποσύνδεση ενός μέρους του δικτύου από τα μέσα προστασίας αυτού εξαιτίας της ανίχνευσης κάποιου σφάλματος, η προγραμματισμένη διακοπή του δικτύου για λόγους συντήρησης, η διακοπή της ηλεκτροδότησης λόγω εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, η πιθανή αστοχία ενός μέρους του εξοπλισμού του Σ.Η.Ε. αλλά και το ανθρώπινο λάθος. Η ανίχνευση του «φαινομένου νησίδας», αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στο Ελληνικό ΣΗΕ, όπως εν γένει και των υπολοίπων διεσπαρμένων πηγών ενέργειας. Οι λόγοι που επιβάλλουν την ανίχνευση αυτών των καταστάσεων έγκειται στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας παρεχόμενης ενέργειας στους καταναλωτές και κυρίως η ασφάλεια εγκαταστάσεων και προσώπων. Αναλυτικότερα, σε περιπτώσεις

προγραμματισμένης συντήρησης, ενώ οι Διαχειριστές Δικτύου θέτουν ηθελημένα εκτός λειτουργίας τμήματα του ηλεκτρικού συστήματος για να τελεστούν οι εργασίες συντήρησης, η ενδεχόμενη ηλεκτροδότηση αυτού του τμήματος από διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (λόγω αδυναμίας ανίχνευσης της διακοπής), θέτει δε σε κίνδυνο το προσωπικό που διενεργεί τις απαραίτητες εργασίες. Επιπρόσθετα, εάν οι προστασίες ενός Σ.Η.Ε. ανοίξουν τους διακόπτες προστασίας μιας γραμμής (λόγω ανίχνευσης τυχαίων σφαλμάτων, πιθανής βλάβης του εξοπλισμού, εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, ανθρώπινων λαθών χειρισμού κ.λ.π.), και δεν καταστεί εφικτό οι διεσπαρμένες πηγές να εντοπίσουν τη διακοπή της ηλεκτροδότησης, θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν τα φορτία που είναι συνδεδεμένα στην ίδια με αυτές γραμμή. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει δύο πολύ σημαντικά προβλήματα:

α) Κατά το χρονικό διάστημα της διακοπής, στο κομμάτι της γραμμής που τέθηκε εκτός λειτουργίας δεν υφίσταται κάποιος κεντρικός έλεγχος της συχνότητας και της τάσης, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στους υπόλοιπους συνδεδεμένους χρήστες σε περίπτωση που οι διεσπαρμένες πηγές δε μπορέσουν να τροφοδοτήσουν τα φορτία με τα απαραίτητα ποσά ενεργού και άεργου ισχύος.

β) Στην περίπτωση που οι διεσπαρμένες μονάδες παραγωγής μπορέσουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των φορτίων, όταν οι διακόπτες των συστημάτων προστασίας επανασυνδέσουν την εν λόγω γραμμή στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ενδέχεται να υπάρξουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της τάσης στους ακροδέκτες των διεσπαρμένων πηγών και αυτής του υπολοίπου Σ.Η.Ε. (διαφορά φάσης και πλάτους, απώλεια συγχρονισμού με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο) Οι διαφορές αυτές είναι δυνατό να έχουν καταστροφικές συνέπειες τόσο στην ίδια την εγκατάσταση όσο στους υπόλοιπους συνδεδεμένους καταναλωτές.

Οι αντιστροφείς των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων θα πρέπει να διαθέτουν προστασία έναντι νησιδοποίησης κατά VDE 0126-1-1 ή ισοδύναμης μεθόδου κατά IEC 62116. Στην περίπτωση ανίχνευσης απομονωμένης λειτουργίας (ανεξαρτήτως της χρησιμοποιούμενης μεθόδου), η απόζευξη των Φ/Β μονάδων από το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να γίνεται σε χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός δευτερολέπτου (απαιτούμενος χρόνος εκκαθάρισης τυχαίων μη σοβαρών σφαλμάτων), έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συνέπειες που μπορούν να προκληθούν από ενδεχόμενη ταχεία επαναφορά της τάσης του δικτύου.

Στη Γερμανία η Φ/Β γεννήτρια αποσυνδέεται από το δίκτυο αν παραβιαστούν τα όρια για την τάση και τη συχνότητα. Η προστασία αντινησιδοποίησης κατά VDE 0126-1-1 είναι υποχρεωτική για Φ/Β συστήματα ισχύος έως 30kVA μόνο όταν το σημείο σύνδεσης της πηγής με το δίκτυο δεν είναι προσβάσιμο από το διαχειριστή του δικτύου. Η συμμόρφωση με το πρότυπο VDE 0126-1-1 αποδεικνύεται με πιστοποιητικό τύπου από ανεξάρτητο εργαστήριο.

## **12 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

### **12.1 Γενικές οδηγίες για την ασφάλεια του κοινού**

Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να διακοπεί με τη βοήθεια ενός γενικού μέσου απόζευξης, τα Φ/Β πλαίσια παράγουν τάση στους ακροδέκτες τους μόλις εκτεθούν στο ηλιακό φως. Συνεπώς, η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος πραγματοποιείται συνήθως υπό συνθήκες τάσεως προς την πλευρά των πλαισίων.

Επίσης, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η μέγιστη τιμή του ρεύματος ενός Φ/Β πλαισίου είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την τιμή του ονομαστικού ρεύματος του πλαισίου, τεκμαίρεται ότι η χρήση ασφαλειών δεν εγγυάται τη διακοπή του συστήματος σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκύκλωμα πλαισίου). Αυτό συνεπάγεται ότι ένα σφάλμα βραχυκύκλωσης στην πλευρά του Σ.Ρ. μπορεί να εξακολουθεί να υφίσταται ανεξαρτήτως της χρήσης ασφαλειών.

Η καλή σχεδίαση και η σωστή επιλογή των υλικών καλωδίωσης είναι απαραίτητη για την ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας όχι μόνο του εγκαταστάτη αλλά και όλων των προσώπων που έρχονται σε επαφή με το σύστημα. Επιπρόσθετα, η επιλογή καλωδίων κατάλληλης διατομής εγγυάται την αποφυγή πυρκαγιάς λόγω υπερθέρμανσης των καλωδίων σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Τα πλαίσια που θα επιλεγούν θα πρέπει να πληρούν, είτε τις τεχνικές προδιαγραφές του κανονισμού EN-IEC 61215 (Φ/Β κρυσταλλικού πυριτίου), είτε του κανονισμού EN-IEC 61646 (Φ/Β τεχνολογίας λεπτών υμενίων).

### **12.2 Μέτρα περιορισμού του κινδύνου ηλεκτροπληξίας κατά την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος**

Κατά τη σύνδεση των Φ/Β πλαισίων, ο εγκαταστάτης έρχεται σε επαφή με τους ακροδέκτες των πλαισίων στους οποίους εμφανίζεται συνεχής τάση. Συνήθως η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει τα όρια ασφαλείας συνεχούς επαφής, βάση του κανονισμού IEC 364-4-41. Οι ενδεικτικές τιμές των τάσεων των πλαισίων του εμπορίου κυμαίνονται μεταξύ 17 και 100V (ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των κελιών). Παρά ταύτα, οι ηλεκτρονικοί αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα συνήθως απαιτούν την εν σειρά σύνδεση περισσοτέρων των δύο πλαισίων, με αποτέλεσμα η τάση της στοιχειοσειράς να υπερβαίνει συχνά τα όρια ασφαλείας. Η τάση της στοιχειοσειράς είναι το γινόμενο του αριθμού των εν σειρά πλαισίων επί τη μέγιστη τάση του ενός. Συνεπώς, η εγκατάσταση του συστήματος πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό και σύμφωνα με τα ακόλουθα μέτρα:

- **Προτεινόμενη μεθοδολογία εγκατάστασης:**

Σημαντικό μέρος της καλωδίωσης μπορεί να γίνει πριν την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων. Ενδεικτικά, πρώτα τοποθετούμε το γενικό μέσο απόζευξης της πλευράς Σ.Ρ. και τα κιβώτια συνδέσεων. Στη συνέχεια συνδέουμε το θετικό και αρνητικό πόλο της όλης συστοιχίας με το γενικό μέσο απόζευξης χωρίς να έχουμε υλοποιήσει τις ενδιάμεσες συνδέσεις

των πλαισίων. Κατόπιν ακολουθεί η εν σειρά σύνδεση των πλαισίων της στοιχειοσειράς, ενώ τέλος το γενικό μέσο απόζευξης συνδέεται στην είσοδο του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποσκοπεί στην αποφυγή επικίνδυνων τάσεων κατά την εγκατάσταση.

- **Εγκατάσταση με μηδενική ηλιοφάνεια:**  
Για την αποφυγή εμφάνισης υψηλών τάσεων η εγκατάσταση του συστήματος μπορεί να γίνει είτε καλύπτοντας πλήρως τα πλαίσια είτε κατά τις νυχτερινές ώρες όπου αυτό είναι δυνατό. Επίσης συνιστάται η χρήση ειδικών γαντιών και μονωμένων εργαλείων.
- **Προειδοποιητική σήμανση:**  
Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται ειδική σήμανση που να προειδοποιεί για τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.
- **Επιλογή μόνωσης καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης:**  
Η χρήση καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης διπλής μόνωσης ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Για το λόγο αυτό συνιστάται η χρήση υλικών και πλαισίων κλάσης II (Class II construction). Επειδή η κλάση των υλικών και των πλαισίων μπορεί να μην είναι εμφανής, ο εγκαταστάτης οφείλει να την επιβεβαιώνει επικοινωνώντας με τον κατασκευαστή.
- **Επιλογή Φ/Β πλαισίων με προεγκατεστημένο σύστημα σύνδεσης:**  
Τα Φ/Β πλαίσια που διαθέτουν μονωμένους ακροδέκτες σύνδεσης ελαχιστοποιούν την πιθανότητα έκθεσης του εγκαταστάτη σε επικίνδυνες τιμές τάσης. Η επιλογή αυτή είναι απαραίτητη στην περίπτωση που η εγκατάσταση γίνεται από μη εξειδικευμένο προσωπικό.
- **Αποφυγή γείωσης της πλευράς Σ.Ρ. κατά την εγκατάσταση:**  
Ένα σύστημα στο οποίο κανένας από τους δύο πόλους δεν είναι γειωμένος εγκυμονεί λιγότερους κινδύνους (συγκριτικά με ένα γειωμένο σύστημα) επειδή ελαχιστοποιείται ο αριθμός πιθανών διαδρομών για το ρεύμα ηλεκτροπληξίας. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι σε ένα σύστημα με γειωμένο τον αρνητικό πόλο ο εγκαταστάτης έρθει σε επαφή με οποιοδήποτε σημείο της στοιχειοσειράς - και βρίσκεται σε επαφή με τη γη - δημιουργείται δρόμος ρεύματος μέσω αυτού και της γης. Σε αυτή την περίπτωση η τάση στην οποία θα εκτεθεί ο εγκαταστάτης ισούται με το άθροισμα των τάσεων των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων μεταξύ του σημείου επαφής και του αρνητικού πόλου της στοιχειοσειράς.

#### **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:**

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία δεν μπορεί να εξαλείψει πλήρως την πιθανότητα ηλεκτροπληξίας.

### **12.3 Ελάχιστες απαραίτητες Προδιαγραφές εξοπλισμού**

#### Φ/Β πλαίσια:

- IEC-EN 61215 η 61646,
- IEC 61730 - Class A (με μόνωση Class II)

Τα παραπάνω πιστοποιητικά πρέπει πάντα να παρέχονται από διαπιστευμένα εργαστήρια.

#### Ηλεκτρονικοί μετατροπείς:

- Βεβαίωση ότι διαθέτει προστασία έναντι νησιδοποίησης σύμφωνα με VDE 0126-1-1 ή ισοδύναμης μεθόδου (βεβαίωση τύπου από ανεξάρτητο εργαστήριο)
- Προστασίες ορίων τάσεως και συχνότητας (υπέρτασης-υπότασης, υπερσυχνότητας - υποσυχνότητας)
- THD ρεύματος εξόδου μικρότερο από 5%, βεβαίωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή (προαιρετικά)
- Σε περίπτωση ηλεκτρονικών μετατροπέων χωρίς Μ/Σ σιδήρου θα πρέπει η μέγιστη τιμή εγγεόμενου Σ.Ρ. στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρότερη του 0.5% της τιμής του ονομαστικού ρεύματος εξόδου της μετατροπέα, βεβαίωση συμμόρφωσης του κατασκευαστή (προαιρετικά).

**Έντυπο 1:** ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ,  
περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά της Φ/Β εγκατάστασης

- Το έντυπο 1: «ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ», συμπληρώνεται από την εταιρεία/εγκαταστάτη και παραδίδεται στον ιδιοκτήτη του Φ/Β συστήματος.
- Το έντυπο 1: «ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ», επίσης συμπληρώνεται από την εταιρεία/εγκαταστάτη και αποστέλλεται ηλεκτρονικά στο ΚΑΠΕ, το οποίο τηρεί αρχείο των εγκαταστάσεων, με στόχο την προώθηση της τήρησης και αποδοχής των ελάχιστων τεχνικών προδιαγραφών και όρων ασφάλειας για την εγκατάσταση και λειτουργία φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία έχουν αποδεχθεί για να καταχωρηθούν στον ενδεικτικό κατάλογο αλλά και για στατιστική χρήση των στοιχείων.

# ΕΝΤΥΠΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Νο εταιρίας: .....

## Τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β συστήματος

Νο Φ/Β Συστ.: .....

Γενικά στοιχεία																											
<b>Εγκατεστημένη Ισχύς Συστήματος</b>		<b>Τόπος Εγκατάστασης</b>																									
Συνολική Ονομαστική Ισχύς Φ/Β Πλαισίων	_____ kWp	Ιδιοκτήτης (Όνοματεπώνυμο ή Επωνυμία)																									
Απόκλιση Ισχύος Φ/Β πλαισίων	_____ %	(Όσος-Αριθμός)																									
<b>Προσανατολισμός/Κλίση</b>		(Πύλη)																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>A/A</th> <th>Ισχύς( kWp)</th> <th>Προσανατολισμός (°)</th> <th>Κλίση (°)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		A/A	Ισχύς( kWp)	Προσανατολισμός (°)	Κλίση (°)																					<b>Ενεργοποίηση Φ/Β Συστήματος</b>	
A/A	Ισχύς( kWp)	Προσανατολισμός (°)	Κλίση (°)																								
Παρατηρήσεις:		Ημερομηνία Ενεργοποίησης: _____ Αριθμός Μετρητή: _____ Ένδειξη Μετρητή με την παράδοση: _____ kWh <input type="checkbox"/> Εκτίμηση Απόδοσης <input type="checkbox"/> Δεν πραγματοποιήθηκε εκτίμηση Αναμενόμενη απόδοση: _____ kWh/έτος*																									
_____		* Η πρόβλεψη δεν είναι δεσμευτική και αφορά μια εκτίμηση με ένα συγκεκριμένο μέσο όρο ηλιοφάνειας. Η απόδοση εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποιότητα της εγκατάστασης κ.α																									
_____																											
_____																											

Φωτοβολταϊκά πλαίσια								
Αριθμός πλαισίων	Σειριακός αριθμός	Κατασκευαστής	Τύπος πλαισίου	Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά				
				P <sub>mp</sub> (Wp)	I <sub>sc</sub> (A)	V <sub>oc</sub> (V)	I <sub>mp</sub> (A)	V <sub>mp</sub> (V)

Κρυσταλλικό πυρίτιο:      Thin film:      Προστασία:  
 IEC 61215: 1993       IEC 61646:1996       EN 61730-1:2007, EN 61730-2:2007       Πιστοποίηση CE  
 IEC 61215:2005, EN 61215:2005       IEC 61646:2008       IEC 61730-1:2004, IEC 61730-2:2004       Κλάση μόνωσης II  
Μηχανική αντοχή:       Απλή (2400 Pascal)       Αυξημένη (5400 Pascal)

**Άλλα πιστοποιητικά:** \_\_\_\_\_



Στοιχεία καλωδιώσεων			
	Κατασκευαστής	Τύπος	Χρησιμοποιούμενες διατομές
Καλώδια σύνδεσης πλαισίων			
Καλώδια σύνδεσης πλαισίων και αντιστροφέα			
Καλώδια εναλλασσόμενου ρεύματος			

Στοιχεία διακοπών Σ.Ρ. (εφόσον δεν συμπεριλαμβάνονται στον αντιστροφέα)					
Α/Α	Κατασκευαστής	Τύπος	Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά		Πιστοποίηση CE
			$I_{max}$ (A)	$V_{max}$ (V)	
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

Στοιχεία αντιστροφέν						
Α/Α	Σειριακός αριθμός	Κατασκευαστής	Τύπος αντιστροφέα	Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά		
				$P_{DC\ nom}$ (W)	$P_{DC\ max}$ (W)	$P_{AC\ nom}$ (W)

Πιστοποίηση CE   
 Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα   
 Προστασία έναντι νησιδοποίησης

Άλλα πιστοποιητικά: \_\_\_\_\_

Στοιχεία στήριξης	
Κατασκευαστής:	Τύπος: Υλικό κατασκευής:
Τρόπος στήριξης	
Τοποθέτηση:	<input type="checkbox"/> Επίπεδη οροφή <input type="checkbox"/> Επικλινής στέγη (>5° κλίση) <input type="checkbox"/> Σκίαστρα <input type="checkbox"/> Στέγαστρα
Στερέωση:	<input type="checkbox"/> Με βάρος <input type="checkbox"/> Πάκτωση <input type="checkbox"/> Άλλο
Διαστασιολόγηση σύμφωνα με:	<input type="checkbox"/> Ευρωκώδικα 1 <input type="checkbox"/> Άλλο (πχ DIN1055)
Υπεύθυνος στατικής επάρκειας συστήματος στήριξης:	_____
Υπεύθυνος στατικής επάρκειας στέγης/φέρουσας υποδομής:	_____
Πιστοποιητικά ποιότητας/Στατικά:	_____

## Πληροφορίες Σχεδιασμού/Εγκατάστασης

Γενικά			
<input type="checkbox"/> Η κατασκευή της Φ/Β εγκατάστασης έγινε βάσει των κανονισμών:			
<input type="checkbox"/> Πραγματοποιήθηκε μελέτη εκτίμησης σκίασης			
Στατικά			
Η αξιολόγηση της φέρουσας υποδομής της στέγης έγινε:			
<input type="checkbox"/> Ναι, από τον:		<input type="checkbox"/> Δεν απαιτείται, διότι:	
Η αξιολόγηση της κατασκευής της επιφάνειας/μόνωσης της στέγης έγινε:			
<input type="checkbox"/> Ναι, από τον:		<input type="checkbox"/> Δεν απαιτείται, διότι:	
<input type="checkbox"/> Ο τρόπος στερέωσης του συστήματος στήριξης πληροί τις προδιαγραφές του Ευρωκώδικα 1. Η στερέωση των πλαισίων έγινε σύμφωνα με:			
<input type="checkbox"/> Υποδείξεις του κατασκευαστή των πλαισίων			
<input type="checkbox"/> Εναλλακτικό τρόπο (αιτιολόγηση): _____			
Ηλεκτρική ασφάλεια λειτουργίας			
Η εγκατάσταση έγινε και ελέγχθηκε με βάση τα πρότυπα:			
Η προστασία & ασφάλεια ανθρώπου από το κύκλωμα συνεχούς ρεύματος υλοποιήθηκε μέσω:			
<input type="checkbox"/> Εξοπλισμού μόνωσης κλάσης II <input type="checkbox"/> Άλλο:			
<input type="checkbox"/> Η εγκατάσταση περιέχει προστασία έναντι διαρροής προς γη και βραχυκυκλωμάτων			
Επιλογή και εγκατάσταση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού			
Η επιλογή και εγκατάσταση του εξοπλισμού τηρεί τα πρότυπα.....			
Προδιαγραφές του κατασκευαστή που λήφθηκαν υπ' όψιν:			
<input type="checkbox"/> Μέγιστη τάση εισόδου και τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος του αντιστροφέα			
<input type="checkbox"/> Τοποθέτηση του αντιστροφέα για την κατάλληλη απαγωγή θερμότητας			
<input type="checkbox"/> Επιλογή διακοπών Σ.Ρ. βάσει ρευμάτων φορτίου και βραχυκυκλώματος			
<input type="checkbox"/> Καλωδίωση (λαμβάνοντας υπ' όψιν την επίδραση υπερϊώδους ακτινοβολίας και θερμοκρασίας)			
Αντικεραυνική προστασία/Προστασία έναντι υπερτάσεων			
Το σύστημα στήριξης γειώθηκε: <input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι			
<input type="checkbox"/> Το κτήριο έχει αντικεραυνική προστασία:			
<input type="checkbox"/> Άμεση σύνδεση της γείωσης του Φ/Β συστήματος στο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας			
<input type="checkbox"/> Διατήρηση των απαιτούμενων αποστάσεων από το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας			
Προστασία υπερτάσεων (εκτός αντιστροφέα)	Απαγωγοί τύπου 1	Απαγωγοί τύπου 2	Δεν πραγματοποιήθηκε
πλευρά Σ.Ρ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
πλευρά Ε.Ρ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Προστασία/Φύλαξη			
Σύστημα παρακολούθησης και προστασίας: <input type="checkbox"/> Ηχητική <input type="checkbox"/> Τηλεειδοποίηση <input type="checkbox"/> Χωρίς προστασία			
Αντικλεπτικά μέτρα: <input type="checkbox"/> Πλαίσια και συστήματα στήριξης <input type="checkbox"/> Αντιστροφείς			

## Συμπεριλαμβανόμενα έγγραφα

Στον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης δόθηκαν τα ακόλουθα έγγραφα:

### A. Έγγραφα που επισυνάπτονται

- A1: Η/Μ σχέδια με αναλυτική απεικόνιση των στοιχειοσειρών και λοιπών χαρακτηριστικών του συστήματος

Έγγραφα για τις συσκευές του συστήματος (κυκλώστε τα αντίστοιχα)

	<u>Καλώδια</u>	<u>Πλαίσια</u>	<u>Διακόπτες</u>	<u>Αντιστροφείς</u>
<i>Τεχνικά φυλλάδια</i>	A2	A6	A10	A14
<i>Εγχειρίδια οδηγιών χρήσης</i>	A3	A7	A11	A15
<i>Εγγυήσεις</i>	A4	A8	A12	A16
<i>Αντίγραφα πιστοποιητικών ποιότητας</i>	A5	A9	A13	A17

Έγγραφα για το σύστημα στήριξης

- A18: Τεχνικά φυλλάδια  
 A19: Υπολογισμοί στατικής επάρκειας  
 A20: Εγγυήσεις  
 A21: Αντίγραφα πιστοποιητικών ποιότητας

### B. Επιπλέον έγγραφα (αν υπάρχουν)

- B1: Εκτίμηση ενεργειακής απόδοσης συστήματος  
 B2: Τεχνική περιγραφή του συστήματος παρακολούθησης  
 B3:  
 B4:

Έλαβα το έντυπο των τεχνικών χαρακτηριστικών και περιγραφής της Φ/Β εγκατάστασης

\_\_\_\_\_  
Ημερομηνία

\_\_\_\_\_  
Υπογραφή Ιδιώτη/Εργολάβου

## ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΤΗ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	
<p>Η βεβαίωση εκδόθηκε από:</p> <p>_____</p> <p>Επωνυμία εταιρείας</p> <p>_____</p> <p>Όνοματεπώνυμο υπεύθυνου</p> <p>_____</p> <p>Όδος-Αριθμός</p> <p>_____</p> <p>Πόλη</p> <p>Ο υπογράφων βεβαιώνει ότι όλες οι ανωτέρω πληροφορίες είναι ακριβείς και αφορούν τη συγκεκριμένη εγκατάσταση.</p> <p>_____</p> <p>Ημερομηνία, Υπογραφή Εγκαταστάτη</p>	<p>Η σφραγίδα βεβαιώνει ότι Η εγκατάσταση είναι νόμιμη και κατόπιν μπαίνει στην ιστοσελίδα του κατασκευαστή</p> <p style="text-align: center;"><u>Σφραγίδα εταιρείας</u></p>

## 13 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] [1] IEC EN 61730, 2005, 2007, part1 and 2: Photovoltaic (PV) module safety qualification.
- [2] IEC 61000-3-2:2000 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits-Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16A$  per phase).
- [3] IEC 61000-3-3:1994/A1:2001 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits-Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current  $\leq 16A$ .
- [4] IEC 364-4-41 Electrical installations of buildings, Part 4: Protection for safety, Chapter 41: Protection against electric shock.
- [5] IEC61727 Ed.2.0 (2004): PV systems - Characteristics of the utility interface' (for PV systems  $<10kVA$ ).
- [6] IEC 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters.
- [7] IEC-EN 61173: Overvoltage protection for photovoltaic (PV) power generating systems. Guide.
- [8] IEC 62446: Grid connected photovoltaic systems – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.
- [9] IEC 60364-7-712: Electrical installations of buildings, Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems (IEC 60364-7-712:2002).
- [10] EN-IEC 61215: Crystalline Silicon Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules – Design Qualification and Type Approval
- [11] EN-IEC 61646: Thin-film Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules – Design Qualification and Type Approval
- [12] EN 50081-1: Electromagnetic Compatibility – Generic Emission Standard – Part1: Residential, Commercial and Light Industry.
- [13] EN 50081-2: Electromagnetic Compatibility – Generic Emission Standard – Part1: Residential, Commercial and Light Industry.
- [14] EN 50160: "Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems", CENELEC 1999.
- [15] VDE 0126-1-1: Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid.
- [16] ΕΛΟΤ HD384 Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
- [17] ΕΛΟΤ EN 50160: 1995 Χαρακτηριστικά της τάσης που παρέχεται από τα δημόσια δίκτυα διανομής.
- [18] ΕΛΟΤ EN 61000.03.02:1995 Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) - Μέρος 3: Όρια - Τμήμα 2: Όρια εκπομπής για αρμονικές ρεύματος (ρεύμα εισόδου συσκευής  $\leq 16 A$  ανά φάση).
- [19] ΕΛΟΤ EN 61000.03.03:1996 Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) - Μέρος 3: Όρια - Τμήμα 3: Περιορισμός των διακυμάνσεων και τρεμοσβήματος της τάσης σε συστήματα παροχής χαμηλής τάσης για συσκευές με ονομαστικό ρεύμα  $= < 16 A$ .
- [20] ΕΛΟΤ EN 50082-1: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα – Γένιο πρότυπο ατρωσίας – Μέρος 1: Περιβάλλον κατοικιών, εμπορικό περιβάλλον και περιβάλλον ελαφριάς βιομηχανίας.
- [21] ΕΛΟΤ EN 50081-1: Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα – Γένιο πρότυπο ατρωσίας – Μέρος 1: Περιβάλλον κατοικιών, εμπορικό περιβάλλον και περιβάλλον ελαφριάς βιομηχανίας.

- [22] ΕΛΟΤ EN 50164: Lightning protection components (LPC) -- Εξαρτήματα αντικεραυνικής προστασίας (LPC).
- [23] ΕΛΟΤ EN 62305: Protection against lightning – Αντικεραυνική Προστασία.
- [24] ΕΛΟΤ EN 61643: Low-voltage surge protective devices.
- [25] "BACKGROUND INFORMATION TO THE INSTALLERS GUIDE FOR SMALL SCALE MAINS CONNECTED PV", Contractors: BRE EA Technology Halcrows Sundog.

## 14 Ευρετήριο Σχημάτων

A/A	Περιγραφή	Σελ.
Σχήμα 1	Δομή ενός Διασυνδεδεμένου κτηριακού Φ/Β συστήματος στην περίπτωση του ανεξάρτητου παραγωγού	7
Σχήμα 2	Γραφική απεικόνιση της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας ενός Φ/Β πλαισίου που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο	8
Σχήμα 3.α	Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία ( $\text{kWh/m}^2/\text{έτος}$ ) στο επίπεδο των ηλιακών πλαισίων ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στην Αττική	9
Σχήμα 3.β	Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος (σε επί τοις εκατό ποσοστά)	10
Σχήμα 4	Διάγραμμα τροχιάς ήλιου σε Βόρειο γεωγραφικό πλάτος $38^\circ$ μοιρών	11
Σχήμα 5	Διερεύνηση σφάλματος	18
Σχήμα 6	Δυνατοί τρόποι γείωσης των Διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων	21
Σχήμα 7	Τυπική μορφή των συστημάτων γείωσης και προστασίας από υπερτάσεις της εγκατάστασης	26
Σχήμα 8	Ενδεικτικό σχήμα τάσης που επάγεται σε βρόχο επιφάνειας $1\text{m}^2$ συναρτήσει της απόστασης του κεραυνικού	27
Σχήμα 9	Τυπική μορφή της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου οικιακού Φ/Β συστήματος σύμφωνα με το πρότυπο HD 60364-7-712	29
Σχήμα 10	Τυπική απλοποιημένη μορφή σύνδεσης οικιακών Φ/Β συστημάτων με το ηλεκτρικό δίκτυο Χ.Τ.	31

## 15 Ευρετήριο Πινάκων

A/A	Περιγραφή	Σελ.
Πίνακας 1	Απαιτήσεις διασύνδεσης σύμφωνα και με τις οδηγίες του Διαχειριστή Δικτύου	32
Πίνακας 2	Επιτρεπτά όρια εκπομπής αρμονικών συνιστωσών του ρεύματος εξόδου Φ/Β μονάδων ισχύος έως 10kW που συνδέονται στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61727	34



## 16 Συντομογραφίες

BAPV	Building Applied Photovoltaic
BIPV	Building Integrated Photovoltaic
B.O.S.	Balance of System
DC	Direct Current
EN	European Norm
IEC	International Electrotechnical Commission
$I_{\Delta n}$	Ονομαστικό ρεύμα Διαρροής
I.P.	International Protection
PELV	Protective Extra Low Voltage
P.F	Power Factor
PVC	Polyvinyl chloride
RCD	Residual Current Device
SELV	Safety Extra-Low Voltage
S.T.C	Standard Test Conditions
T.H.D.	Total Harmonic Distortion
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
E.P.	Εναλλασσόμενο Ρεύμα
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
Μ/Σ	Μετασχηματιστής
Σ.Α.Π	Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας
ΣΗΕ	Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας
Σ.Ρ.	Συνεχές Ρεύμα
Φ/Β	Φωτοβολταϊκό
Χ.Τ.	Χαμηλή Τάση