



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

«Διασύνδεση στο δίκτυο, Νομοθετικό πλαίσιο, Προδιαγραφές»

Δρ Εμμ. Καραπιδάκης

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ

«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

Το πρόγραμμα συνδιοργανώνεται από:

Το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Τ.Ε.Ι. Κρήτης

Το Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Η ΠΡΑΞΗ ΥΛΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ (ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ – ΕΚΤ) ΚΑΙ ΑΠΟ ΕΘΝΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΕΣΠΑ 2007-2013

Στοιχεία επικοινωνίας

Εισηγητής: Δρ Εμμανουήλ Καραπιδάκης

Εργαστήριο Ανανεώσιμων Ενεργειακών Τεχνολογιών

Ίδρυμα: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Τηλ: 2810379223

Fax:

Email: karapidakis@staff.teicrete.gr

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Διασύνδεση Φ/Β στο δίκτυο	2
1.1 Τίτλος Παραγράφου	Error! Bookmark not defined.
1.1.1 Τίτλος υποπαραγράφου	Error! Bookmark not defined.
1.1.1α Τίτλος.....	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 2. Νομοθετικό Πλαίσιο.....	15
1.1 Τίτλος Παραγράφου	Error! Bookmark not defined.
1.1.1 Τίτλος υποπαραγράφου	Error! Bookmark not defined.
1.1.1α Τίτλος.....	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 3. Προδιαγραφές διασύνδεσης Φ/Β στο δίκτυο	18
1.1 Τίτλος Παραγράφου	Error! Bookmark not defined.
1.1.1 Τίτλος υποπαραγράφου	Error! Bookmark not defined.
1.1.1α Τίτλος.....	Error! Bookmark not defined.
Παράρτημα Α. Πρότυπα αίτησης διασύνδεσης.....	Error! Bookmark not defined.
Χ.1 Τίτλος Παραγράφου	Error! Bookmark not defined.
Χ.1.1 Τίτλος υποπαραγράφου	Error! Bookmark not defined.
Χ.1.1α Τίτλος.....	Error! Bookmark not defined.

Κεφάλαιο 1. Διασύνδεση Φ/Β στο δίκτυο

Σκοπός των συγκεκριμένων σημειώσεων είναι η παρουσίαση της διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο (grid). Πιο συγκεκριμένα, η διασύνδεση των Φ/Β συστημάτων με το κεντρικό δίκτυο, ως ηλεκτρολογική εγκατάσταση, είναι συμβατή με τον Κανονισμό Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΕΛΟΤ HD384) και αφορούν στην υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης στη μεριά του ηλεκτρικού δικτύου Ε.Ρ., ενώ λαμβάνουν υπόψη τους τα ειδικά πρότυπα τα οποία αναφέρονται στις ιδιαιτερότητες των Φ/Β γεννητριών (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 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.).

Στο σημείο αυτό θα περιγραφούν τα Φ/Β συστήματα μικρής κλίμακας. 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 Ε.Ρ. 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 αντιστροφήας. Όπως όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο δίκτυο Ε.Ρ., 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 μετατροπέων των διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων μπορεί να γίνει ανάλογα με το αν εμπεριέχουν μετασηματιστή (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. Παρ'όλο 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.

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).

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.

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%.

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.

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 90ο. 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.

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 0ο-50°.

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).

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.

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. Η μέγιστη αναμενόμενη τάση μιας στοιχειοσειράς είναι η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων για τη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας. 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 1000W/m²). Η τιμή του ρεύματος που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαστασιολόγηση των καλωδίων και των προστασιών.

Η μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων, όπως και των κιβωτίων σύνδεσης αυτών, μπορεί να φθάσει τους 70°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 80-90°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).

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 μετατροπέα. 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 αντιστροφών 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.

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: Α) 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. Β) 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 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: Α) Υπάρχουν κακές ή χαλαρές συνδέσεις (δημιουργία ηλεκτρικού τόξου) Β) 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)

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: Α) 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. Β) 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.

Για τα θέματα προστασίας, η μέθοδος της αυτόματης διακοπής της τροφοδότησης δεν είναι δυνατή λόγω των ιδιοτήτων 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 VDC. 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, εμπριεχόμενης 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.

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.

(γ) 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 Ε.Ρ. 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 Ε.Ρ. 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 ηθελημένο γειωμένο αγωγό, ενώ τέλος τα ρεύματα διαρροής λόγω της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την αξιοπιστία της προαναφερθείσας διάταξης. 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 ηθελημένη 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 γείωσης 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.

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 70oC 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 (αγειώτο σύστημα).

Στην πλευρά Ε.Ρ. 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 Ε.Ρ. Η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής στην έξοδο του αντιστροφέα (πλευρά ΕΡ) 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 ΙΔη, 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

αντιστροφή 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.

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.

Η προστασία των 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 (EN) 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 EN 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 EN 62305). 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 EN 62305 καθώς επίσης της σειράς ΕΛΟΤ EN 50164. Τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305 περιγράφουν τις απαιτήσεις σχεδιασμού ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ενώ τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 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.

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 αγώγιμα με το Σ.Α.Π. (εφόσον πρόκειται για ενσωμάτωση σε υφιστάμενα κτήρια). Αν δεν μπορεί να διατηρηθεί η απόσταση αυτή θα πρέπει να πραγματοποιείται αγώγιμη σύνδεση με τους αγωγούς του Σ.Α.Π.

Κεφάλαιο 2. Νομοθετικό Πλαίσιο

Το νομοθετικό πλαίσιο περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

ΒΗΜΑ 1 Αίτηση για χορήγηση Προσφοράς Σύνδεσης

Όταν ο ενδιαφερόμενος επενδυτής κάνει αίτηση στον αρμόδιο Διαχειριστή (ΔΕΔΔΗΕ για τα συστήματα που συνδέονται στη χαμηλή και μέση τάση, ΑΔΜΗΕ για τα συστήματα που συνδέονται στην υψηλή τάση), ο Διαχειριστής οφείλει σύμφωνα με το νόμο (Ν.3468/2006) να χορηγήσει Προσφορά Σύνδεσης εντός τεσσάρων (4) μηνών. Η προσφορά αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική:

- α) με την έκδοση της απόφασης ΕΠΟ για τον φωτοβολταϊκό σταθμό ή,
- β) αν δεν απαιτείται απόφαση ΕΠΟ, με τη βεβαίωση από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας ότι ο φωτοβολταϊκός σταθμός απαλλάσσεται από την υποχρέωση αυτή.

Εφόσον καταστεί δεσμευτική η Προσφορά Σύνδεσης για σταθμούς με άδεια παραγωγής ισχύει για τέσσερα (4) χρόνια. Για τους μικρότερους σταθμούς οι οποίοι εξαιρούνται από την έκδοση άδειας παραγωγής, η Προσφορά Σύνδεσης ισχύει για έξι (6) μήνες.

Ειδικά για τα οικιακά και μικρά εμπορικά φωτοβολταϊκά συστήματα έως 10 kWp, ο Διαχειριστής του Δικτύου, εξετάζει το αίτημα κατά προτεραιότητα και προβαίνει εντός είκοσι (20) ημερών σε διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον ενδιαφερόμενο κύριο του φωτοβολταϊκού που περιλαμβάνει την περιγραφή και τη δαπάνη των έργων σύνδεσης, η οποία ισχύει για τρεις (3) μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της (ΚΥΑ 12323/2009, ΦΕΚ 1079Β'/4-6-2009).

Όλα τα παραπάνω προβλέπονται θεωρητικά από την ισχύουσα νομοθεσία. Στην πράξη βέβαια, με εξαίρεση τον οικιακό τομέα, τα παραπάνω ισχύουν μόνο για τα συστήματα εκείνα για τα οποία δεν έχει ανασταλεί η διαδικασία αδειοδότησης (συστήματα με άδεια παραγωγής που συνεχίζουν την αδειοδοτική διαδικασία και μπορούν να αιτηθούν όρους σύνδεσης). Επισημαίνουμε ότι με υπουργική απόφαση του Αυγούστου 2012 έχει ανασταλεί η αδειοδότηση νέων έργων καθώς και παλαιότερων αιτήσεων που είτε δεν έχουν εξασφαλίσει άδεια παραγωγής (έργα >1 MWp) είτε δεν διαθέτουν ήδη όρους σύνδεσης (έργα 10 kWp-1 MWp).

ΒΗΜΑ 2 Υπογραφή Σύμβασης Σύνδεσης

Η σύμβαση σύνδεσης συνάπτεται εντός διαστήματος τριών (3) μηνών από την υποβολή του σχετικού αιτήματος με πλήρη φάκελο για φωτοβολταϊκούς σταθμούς που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής (<1 MWp), και εντός έξι (6) μηνών για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς μεγαλύτερης ισχύος για τους οποίους απαιτείται άδεια παραγωγής (Ν.4093/2012).

ΒΗΜΑ 3 Κατασκευή έργων σύνδεσης

Μέχρι πρόσφατα, δεν υπήρχε θεσμοθετημένο ανώτατο χρονικό όριο για την κατασκευή των έργων σύνδεσης από τον Διαχειριστή. Με το Ν.4093/2012 θεσπίστηκαν προθεσμίες. Ειδικά στις

περιπτώσεις που τα απαιτούμενα έργα σύνδεσης είναι μικρής κλίμακας, οι προθεσμίες είναι ιδιαίτερα μεγάλες.

Ο Διαχειριστής υλοποιεί τα έργα σύνδεσης που αναλαμβάνει συμβατικά σε διάστημα που δεν μπορεί να υπερβαίνει από την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης:

α) τους δώδεκα (12) μήνες για σταθμούς που συνδέονται στο Δίκτυο, εφόσον δεν απαιτούνται εργασίες σε υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ,

β) τους δεκαοκτώ (18) μήνες για σταθμούς που συνδέονται στο Δίκτυο εφόσον απαιτούνται εργασίες σε υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ και γ) τους είκοσι τέσσερις (24) μήνες για τους σταθμούς που συνδέονται στο Σύστημα (υψηλή τάση). Με ειδικά αιτιολογημένη απόφασή του, που κοινοποιείται στη ΡΑΕ, ο Διαχειριστής μπορεί σε συγκεκριμένες περιπτώσεις να θέτει μεγαλύτερα χρονικά περιθώρια για την υλοποίηση των έργων σύνδεσης, λαμβάνοντας υπόψη το βαθμό δυσκολίας κατασκευής των έργων αυτών.

Για έργα όπου η γραμμή σύνδεσης ξεπερνά το ένα χιλιόμετρο, ο επενδυτής μπορεί να ζητήσει από τον Διαχειριστή να αναλάβει ο ίδιος την κατασκευή μέρους των έργων σύνδεσης χρησιμοποιώντας δικό του εργολάβο. Τα μικρότερα έργα τα αναλαμβάνει αποκλειστικά ο ΔΕΔΔΗΕ.

Ειδικά για τα οικιακά και μικρά εμπορικά φωτοβολταϊκά συστήματα έως 10 kWp, η κατασκευή των έργων σύνδεσης ολοκληρώνεται από τον Διαχειριστή εντός είκοσι (20) ημερών από την υπογραφή της σύμβασης, εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου (ΚΥΑ 12323/2009, ΦΕΚ 1079Β'/4-6-2009).

ΒΗΜΑ 4 Δήλωση ετοιμότητας και διασύνδεση του έργου

Μέχρι πρόσφατα, δεν υπήρχαν θεσμοθετημένες προθεσμίες για την απόκριση του Διαχειριστή στην ετοιμότητα σύνδεσης που δήλωνε ο επενδυτής. Με το Ν.4093/2012 θεσπίστηκαν προθεσμίες και ρήτρες για τον Διαχειριστή.

Συγκεκριμένα, ο αρμόδιος Διαχειριστής υποχρεούται στη θέση του φωτοβολταϊκού σταθμού σε δοκιμαστική λειτουργία ή, εάν δεν προβλέπεται περίοδος δοκιμαστικής λειτουργίας, στην ενεργοποίηση της σύνδεσής του, εντός προθεσμίας ενός μήνα από τότε που ο ενδιαφερόμενος θα δηλώσει την ετοιμότητα του σταθμού για έναρξη της δοκιμαστικής λειτουργίας ή για ενεργοποίηση της σύνδεσης, εφόσον, κατά την ημερομηνία υποβολής του σχετικού αιτήματος, έχουν ήδη ολοκληρωθεί τα προβλεπόμενα στην οικεία σύμβαση σύνδεσης έργα επέκτασης για σύνδεση ή έχει παρέλθει ο συνολομοιολογημένος στην σύμβαση σύνδεσης χρόνος υλοποίησης των εν λόγω έργων.

Εάν παρέλθει άπρακτο το ανωτέρω διάστημα του ενός μήνα για λόγους οφειλόμενους σε υπαιτιότητα του Διαχειριστή, που διαπιστώνεται από τον ίδιο και γνωστοποιείται εγγράφως προς τον Λειτουργό της Αγοράς ή τον διαχειριστή για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά κατά περίπτωση, η ταρίφα που θα λάβει το έργο είναι αυτή που ίσχυε κατά την ημερομηνία παρέλευσης της ανωτέρω προθεσμίας του ενός μήνα.

Αν περάσει η προθεσμία του ενός μήνα που αναφέρεται παραπάνω, ο Διαχειριστής αρχίζει να έχει κάποιες συνέπειες. Αν συνδέσει τον σταθμό εντός τετραμήνου από τη δήλωση ετοιμότητας που έκανε ο επενδυτής, ο Διαχειριστής υποχρεούται σε αποζημίωση με το μισό του κόστους των έργων σύνδεσης, όπως αυτό αναγράφεται στη σχετική σύμβαση. Αν καθυστερήσει παραπάνω, η αποζημίωση ισούται με το σύνολο του κόστους των έργων σύνδεσης.

Ο νόμος προβλέπει ακόμη τιμωρία για τον επενδυτή που θα δηλώσει ψευδώς δήλωση ετοιμότητας. Συγκεκριμένα, σε περίπτωση αδυναμίας σύνδεσης του σταθμού για λόγους οφειλόμενους σε υπαιτιότητα του ενδιαφερομένου, η οποία διαπιστώνεται από τον Διαχειριστή και γνωστοποιείται εγγράφως προς τον Λειτουργό της Αγοράς ή τον Διαχειριστή για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά κατά περίπτωση, ιδίως σε περίπτωση ανακρίβειας της δήλωσης περί ετοιμότητας του σταθμού, το αίτημα απορρίπτεται και ο ενδιαφερόμενος οφείλει να υποβάλει εκ νέου αίτημα για θέση του φωτοβολταϊκού σταθμού σε δοκιμαστική λειτουργία ή, εάν δεν προβλέπεται περίοδος δοκιμαστικής λειτουργίας, για ενεργοποίηση της σύνδεσής του, αφού παρέλθουν τουλάχιστον έξι (6) μήνες από την υποβολή του προηγούμενου αιτήματός του. Να σημειώσουμε εδώ ότι δεν προβλέπονται ειδικές προθεσμίες και ρήτρες για τη διασύνδεση οικιακών και μικρών εμπορικών φωτοβολταϊκών συστημάτων έως 10 kWp.

Κεφάλαιο 3. Προδιαγραφές διασύνδεσης Φ/Β στο δίκτυο

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται οι προδιαγραφές διασύνδεσης φωτοβολταϊκών συστημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο Χαμηλής Τάσης. Η επιλογή του τρόπου σύνδεσης ενός 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.

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 Αυτομάτου Διακόπτη της Γεννήτριας ή άλλων κατάλληλων προστασιών ενσωματωμένων στο σύστημα ελέγχου του μετατροπέα ισχύος, ώστε να αποφεύγονται βλάβες του εξοπλισμού της εγκατάστασης 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 απόξευξης 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 απόξευξη 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 αποξέυξεων 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.

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 συνεχούς ρεύματος Η μέγιστη τιμή εγχεόμενου συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να είναι το πολύ ίση με το 0.5% του ονομαστικού ρεύματος της εγκατάστασης

Η υψίσυχη διακοπτική λειτουργία των αντιστροφέων, 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 υψίσυχων 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 16A/φάση οι οποίες συνδέονται στα δίκτυα Χ.Τ. Συνεπώς τα όρια που τίθενται από αυτό είναι κατάλληλα και για την αξιολόγηση των ηλεκτρονικών αντιστροφέων 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 αγωγίμες εκπομπές των ηλεκτρονικών μετατροπών και το EN50082-1 προσδιορίζει την προστασία των εν λόγω μετατροπών 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 εγγεόμενου συνεχούς ρεύματος (εφόσον οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς δεν διαθέτουν χαμηλόσυχο 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 διεύθυνσης των εν λόγω συστημάτων στην ενεργειακή τους τροφοδότηση.

- Οι αρμονικές άρτιας τάξης οφείλουν να είναι μικρότερες, τουλάχιστον κατά 25%, από το μέτρο των αντίστοιχων αρμονικών περιττής τάξης
- Μέγιστη τιμή του Συντελεστή Αρμονικής Παραμόρφωσης (T.H.D.) 5% Συντελεστής Ισχύος στο 50% της ονομαστικής ισχύος (PF) 0.9
- Μέγιστη τιμή εγγεόμενου 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
- 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

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.

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).

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.

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, υπερσυχότητας - 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).