

Διαστασιολόγηση Φ/Β συστήματος

Εύα Παρασκευαδάκη
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας έχει πολλά πλεονεκτήματα για όλους. Πρώτον, είναι πολύ φθηνή έναντι άλλων τεχνολογιών. Είναι επίσης ανανεώσιμη αντίθετα από τον άνθρακα και άλλα καύσιμα. Είναι φιλική προς το περιβάλλον και την υγεία όλων μας, δεδομένου ότι δεν παράγει στο ελάχιστο εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

1. Γενικά

Τα συστήματα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια (Φ/Β συστήματα) απαιτούν σχεδόν μηδενική συντήρηση, αφού τα Φ/Β πλαίσια διατηρούν την απόδοσή τους σε ικανοποιητικά επίπεδα για 20 με 25 έτη λειτουργίας. Σημαντικό είναι να διατηρείται καθαρή η επιφάνειά τους ώστε να αξιοποιούν στο μέγιστο τη διαθέσιμη ακτινοβολία.

Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα αποτελούν ιδανική λύση σε απομακρυσμένες περιοχές, που το δίκτυο είναι δύσκολο ή αδύνατο να φτάσει.

Εάν οι χώρες εστιάσουν στη ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές, ανεξαρτητοποιούνται από τα συμβατικά καύσιμα και το πετρέλαιο, διατηρώντας ισχυρή οικονομία. Σε μικρότερες εφαρμογές που αφορούν τον ιδιώτη, το οικονομικό όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας θα μειώσει το λογαριασμό προς τη ΔΕΗ. Ο χρόνος απόσβεσης εξαρτάται από το αρχικό κόστος του Φ/Β συστήματος το οποίο τείνει να μειώνεται όσο η εν λόγω τεχνολογία διεισδύει στην καθημερινότητα των πολιτών παγκοσμίως. Τα Φ/Β πλαίσια είναι ακόμα ακριβά, οδηγώντας σε ένα σημαντικό αρχικό κόστος για το Φ/Β σύστημα. Το θετικό είναι ότι δεν θα χρειαστεί να γίνουν άλλα έξοδα κατά το χρόνο

ζωής του συστήματος αφού δεν απαιτείται συντήρηση.



Η ηλιακή ενέργεια είναι ασφαλής, φθηνή και φιλική προς το περιβάλλον. Η ηλεκτροπαραγωγή σε ένα Φ/Β σύστημα σταματά μόνο τη νύχτα ή μειώνεται όταν ο ήλιος κρύβεται πίσω από τα σύννεφα, δεδομένου ότι ο σχεδιασμός του συστήματος είναι επαρκής και ο εξοπλισμός κατάλληλα επιλεγμένος. Η ενέργεια που παράγεται είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, η οποία εξαρτάται αρχικά από την τοποθεσία εγκατάστασης και ύστερα από τον προσανατολισμό των πλαισίων. Τοποθετώντας τα Φ/Β πλαίσια με κατεύθυνση το νότο και κλίση 30ο ως προς το

οριζόντιο επίπεδο, βελτιστοποιείται η ετήσια ενεργειακή παραγωγή, σε περιπτώσεις όπου δεν χρησιμοποιούνται συστήματα παρακολούθησης της κίνησης του ήλιου (tracking system). Έχει αποδειχθεί ότι τέτοιου είδους συστήματα μπορούν να αυξήσουν την ενεργειακή παραγωγή κατά 20-30%, ιδιαίτερα σε μέρη με μεγάλο ποσοστό άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό που πρέπει να λάβει υπόψη κανείς είναι το κόστος αγοράς, εγκατάστασης και συντήρησης των tracking systems, σε σχέση με το κέρδος από την αυξημένη παραγωγή ενέργειας.

Τα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούν τελευταίας τεχνολογίας ημιαγωγικά υλικά για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ανάλογα με την εφαρμογή, διαφοροποιείται η σύσταση και ο σχεδιασμός της Φ/Β πηγής. Τα Φ/Β στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους συνήθως σε σειρά, για να δημιουργήσουν τα Φ/Β πλαίσια, δηλαδή τα ακέραια panels που βλέπουμε στα Φ/Β συστήματα. Τα πλαίσια συνδέονται σε σειρά και παράλληλα, διαμορφώνοντας την Φ/Β συστοιχία. Το μέγεθος της συστοιχίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που είναι διαθέσιμη στη συγκεκριμένη τοποθεσία καθώς και οι ανάγκες του καταναλωτή. Τα Φ/Β πλαίσια αποτελούν το σημαντικότερο μέρος ενός Φ/Β συστήματος, το οποίο μπορεί επίσης να περιλαμβάνει τις ηλεκτρικές συνδέσεις, τη δομή στήριξης, τον αντιστροφέα DC/AC και τις μπαταρίες.

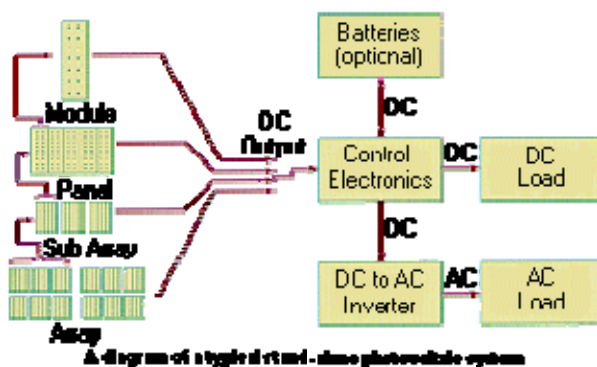
Μερικά συστήματα καλούνται αυτόνομα, γιατί λειτουργούν ως η μοναδική πηγή ενέργειας σε απομακρυσμένες οικιακές και άλλες εγκαταστάσεις. Σχεδιάζονται για λειτουργία με ή χωρίς μπαταρίες. Για παράδειγμα, τα συστήματα άντλησης νερού με ηλιακή ενέργεια σχεδιάζονται χωρίς μπαταρίες γιατί το νερό που έχει αντληθεί κατά τη διάρκεια της ημέρας αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης για χρήση οποιαδήποτε ώρα της ημέρας. Σε αντίθεση, τα οικιακά αυτόνομα ηλιακά συστήματα σχεδιάζονται με μπαταρίες ώστε το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που δεν καταναλώνεται την ημέρα να αποθηκεύεται για χρήση όταν ο ήλιος δεν είναι διαθέσιμος. Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα είναι οικονομικά σε σχέση με την εναλλακτική λύση της προέκτασης γραμμών του δικτύου.

Άλλα Φ/Β συστήματα ονομάζονται διασυνδεδεμένα και λειτουργούν συμπληρωματικά ως προς τη ισχύ που καταναλώνει ένα φορτίο από το δίκτυο. Όταν το σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από αυτή που χρειάζεται το φορτίο, το πλεόνασμα δίνεται κατευθείαν στο δίκτυο. Όταν η διαθέσιμη ηλιακή

ενέργεια δεν είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες του φορτίου, το δίκτυο παρέχει ενέργεια προς το φορτίο.

Κάθε τύπος συστήματος εκτός από τα Φ/Β πλαίσια απαιτεί την εγκατάσταση συγκεκριμένων διατάξεων. Για την μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο είναι απαραίτητος ένας αντιστροφέας. Η αποθήκευση σε συστοιχία μπαταριών απαιτεί ειδικό τύπο μπαταριών και ρυθμιστή φόρτισης. Το τελικό κόστος κάθε Φ/Β συστήματος εξαρτάται από το μέγεθος της Φ/Β πηγής, της συστοιχίας μπαταριών και των λοιπών συστατικών διατάξεων της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Στο παρόν άρθρο θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται κατά τη διαστασιολόγηση της Φ/Β πηγής και των μπαταριών, και θα εκτιμηθεί το κόστος για αυτόνομα Φ/Β συστήματα. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από το εργαστήριο της Sandia στις Η.Π.Α. και μπορεί να βρει εφαρμογή και σε διασυνδεδεμένα συστήματα, με παρεμβάσεις που επισημαίνονται όπου κριθεί αναγκαίο.



II. Βήμα 1^ο: Υπολογισμός του φορτίου

Η καλύτερη μέθοδος υπολογισμού του φορτίου είναι ο προσδιορισμός του φορτίου κάθε ημέρα του έτους και η εύρεση της μέσης ημερήσιας τιμής. Σε Φ/Β συστήματα που προορίζονται για την κάλυψη απλών φορτίων όπως μία αντλία νερού, φωτισμό ή άλλες συσκευές, ο υπολογισμός είναι εύκολος, αφού η ενέργεια που καταναλώνεται από τη συσκευή (Wh) προκύπτει με τον πολλαπλασιασμό της ονομαστικής ισχύος (W) και των ωρών που βρίσκεται σε λειτουργία (h).

Σε πιο σύνθετα φορτία όπως η τροφοδότηση μιας οικιακής εγκατάστασης, θα πρέπει να υπολογιστούν όλα τα διαφορετικά φορτία μίας τυπικής μέρας και να αθροιστούν. Παραμένει όμως δύσκολο να προβλεφθεί κάθε φορτίο, η απόδοση του συστήματος, οι απώλειες πάνω στις γραμμές καθώς και η απόδοση των κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης των μπαταριών. Για το λόγο αυτό η ενέργεια που

προκύπτει από τον υπολογισμό μπορεί να πολλαπλασιαστεί με 1.3-1.5, αφήνοντας ένα περιθώριο ασφαλείας.

Σε διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα η κατανάλωση του σπιτιού βρίσκεται στον λογαριασμό της ΔΕΗ.

III. Βήμα 2^ο: Υπολογισμός διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας

Η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια στα Φ/Β πλαίσια υπολογίζεται για τη μέση μέρα του χειρότερου μήνα του έτους. Επιλέγεται ο χειρότερος μήνας για να διασφαλιστεί ότι θα υπάρχει επαρκής ενέργεια όλο το χρόνο. Για την Ελλάδα το συγκεκριμένο νούμερο των ωρών ηλιοφάνειας είναι μικρότερο 5.

IV. Βήμα 3^ο: Επιλογή της εγκατεστημένης ισχύος του Φ/Β συστήματος

Όταν πρόκειται για Φ/Β σύστημα που καλείται να καλύψει καθημερινά φορτία, θα πρέπει να διαιρέσουμε την ενέργεια που υπολογίσαμε στο πρώτο βήμα με τις ώρες του βήματος 2. Αν το Φ/β σύστημα τροφοδοτεί φορτίο που λειτουργεί μόνο κάποιες μέρες την εβδομάδα, το αποτέλεσμα της παραπάνω πράξης θα πολλαπλασιαστεί με το κλάσμα των ημερών που το φορτίο είναι ενεργό προς τις ημέρες της εβδομάδας (αν το φορτίο λειτουργεί μόνο Σαββατοκύριακα το κλάσμα είναι 2/7). Σε διασυνδεδεμένα συστήματα προβλέπεται η εγκατεστημένη ισχύς να αντιστοιχεί στο 10-60% των αναγκών σε ενέργεια, με τη διαφορά να παρέχεται από το δίκτυο.



V. Βήμα 4^ο: Επιλογή της συστοιχίας μπαταριών

Οι περισσότερες μπαταρίες διαρκούν περισσότερο αν το βάθος εκφόρτισης σε καθημερινή βάση είναι

σχετικά μικρό (οι μπαταρίες να είναι πάντα 50-80% φορτισμένες). Ένας συντηρητικός σχεδιασμός θα προνοούσε ώστε βαθύτερες εκφορτίσεις του 20% να συμβαίνουν σπανιότερα. Σε μία τέτοια περίπτωση η χωρητικότητα της συστοιχίας μπαταριών είναι ίση με 5 φορές την ενέργεια που υπολογίστηκε στο βήμα 1. Αυτό σημαίνει ότι οι μπαταρίες έχουν αυτονομία (δηλαδή μπορούν να καλύψουν συνεχόμενα το φορτίο) για πέντε ημέρες. Τα διασυνδεδεμένα συστήματα συνήθως δεν διαθέτουν μπαταρίες αφού τις ώρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια, το φορτίο καλύπτεται από το δίκτυο.

VI. Βήμα 5^ο : Υπολογισμός κόστους

Η τιμή των Φ/Β συστημάτων ποικίλλουν ανάλογα με την εταιρεία αλλά σε γενικές γραμμές κυμαίνονται μεταξύ 4.5-5 €/Wp, ειδικά για μικρά Φ/Β συστήματα. Κατά την αγορά θα πρέπει κανείς να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός με τις πιστοποιήσεις που φέρουν τα Φ/Β πλαίσια (συμμόρφωση με τα κατάλληλα πρότυπα IEC) καθώς και την εγγύηση για τον εξοπλισμό και την απόδοση. Οι εγγυήσεις για τον εξοπλισμό καλύπτουν τα πρώτα 2-5 χρόνια ανάλογα με τον κατασκευαστή, ενώ για την απόδοση τα πρώτα 20-25 χρόνια λειτουργίας για το 80-85% της αρχικής τιμής.

Το κόστος της μπαταρίας βαθιάς εκφόρτισης, ειδικά σχεδιασμένης για Φ/β συστήματα είναι περίπου στα 1-2 €/Ah.

Ο αντιστροφέας που χρειάζεται για την μετατροπή του ρεύματος σε εναλλασσόμενο θα πρέπει να επιλέγεται κατάλληλα. Η μέγιστη ισχύς εισόδου του αντιστροφέα είναι η επιτρεπόμενη ονομαστική συνολική ισχύς της Φ/Β πηγής. Ο λόγος της ισχύος αυτής προς την συνολική της πηγής ονομάζεται λόγος ονομαστικής ισχύος και συνήθως λαμβάνει τιμές μεταξύ 95% και 115%. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν περιθώρια υπερ- και υπο-διαστασιολόγησης του αντιστροφέα. Στην πράξη συνήθως ο αντιστροφέας υποδιαστασιολογείται δηλαδή η ονομαστική ισχύς του επιλέγεται λίγο μικρότερη από αυτή της Φ/Β γεννήτριας ώστε να βελτιώνεται η απόδοση σε χαμηλή ισχύ. Το κόστος για τον αντιστροφέα είναι μικρότερο του 1 €/W.

Το κόστος των διακοπών, καλωδίων κ.λπ. που χρειάζονται για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση αποτελούν περίπου το 20% του συνολικού κόστους.

Η κατάλληλη επιλογή και εγκατάσταση των επιμέρους διατάξεων ενός Φ/Β συστήματος έχουν άμεση επίδραση στην αξιοπιστία, τη διάρκεια ζωής, και το αρχικό κόστος. Σε οποιαδήποτε εγκατάσταση, ο σχεδιαστής πρέπει να αναμένει ότι θα γίνουν συμβιβασμοί. Αν κριθεί αναγκαίο, το σύστημα

μπορεί να γίνει υβριδικό, δηλαδή να περιλαμβάνει συστήματα για την εκμετάλλευση άλλων πηγών ενέργειας, ανανεώσιμων ή συμβατικών. Τέλος, ιδιαίτερη μέριμνα λαμβάνεται στα θέματα της ασφάλειας. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στο σύστημα και η εγκατάσταση θα πρέπει να συμμορφώνονται με τα ανάλογα ευρωπαϊκά και εθνικά πρότυπα.

Πηγές

[1] www.sandia.gov

[2] www.infinitepower.org

[3] www.green-trust.org

[4] www.thesolarenergycompany.com