

Μπαταρίες μολύβδου οξέως για Φ/Β συστήματα

Εύα Παρασκευαδάκη
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

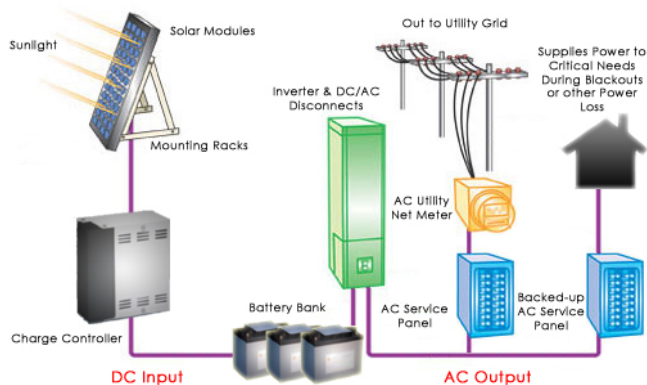
Τα Φ/Β συστήματα μετατρέπουν την ενέργεια του ήλιου σε ηλεκτρική. Καθώς ο ήλιος δεν μας δίνει κάθε ώρα της ημέρας επαρκή ενέργεια για να καλύψουμε τις ανάγκες μας, είναι απαραίτητο να αποθηκεύουμε την ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό γίνεται συνήθως (και ειδικά στα συστήματα ΑΠΕ) με τις μπαταρίες, από τις οποίες μπορεί να αντληθεί ενέργεια οποιαδήποτε ώρα της ημέρας. Μπαταρίες μολύβδου οξέως χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα ως μπαταρίες εκκίνησης και ως εκ τούτου είναι διαθέσιμες σε κάθε μέρος του κόσμου.

1. Γενικά

Οι μπαταρίες μολύβδου οξέως - ειδικά σχεδιασμένες για τις ιδιαίτερες απαιτήσεις των συστημάτων ΑΠΕ - είναι συνήθως η πρώτη επιλογή για την αποθήκευση ενέργειας σε συστήματα με ανανεώσιμες πηγές καθώς έχουν ως κύρια πλεονεκτήματα το χαμηλό κόστος, την αντοχή σε κύκλους λειτουργίας και την ικανότητα φόρτισης/εκφόρτισης. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν ακόμα προκλήσεις για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους, ειδικότερα ως προς τον χρόνο ζωής σε θερμά κλίματα.

Τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή μέσω της τεχνολογίας Φ/Β είναι μία διαδικασία ηλεκτροπαραγωγής, φιλική προς το περιβάλλον. Οι διατάξεις που συνήθως πλαισιώνουν τα Φ/Β πάνελ σε ένα σύστημα με δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας (δηλαδή χωρίς το δίκτυο της ΔΕΗ) είναι ο ρυθμιστής φόρτισης, οι μπαταρίες και ο αντιστροφάς (Σχ. 1). Η Φ/Β συστοιχία μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, η οποία διατηρεί τις μπαταρίες φορτισμένες. Οι μπαταρίες με τη σειρά τους μέσω του αντιστροφέα DC/AC τροφοδοτούν το φορτίο.

Η συστοιχία μπαταριών περιλαμβάνει πολλά στοιχεία μολύβδου οξέως συνδεδεμένα σε σειρά μεταξύ τους. Οι μπαταρίες μολύβδου οξέως είναι σχετικά φθηνές και άμεσα διαθέσιμες από τους κατασκευαστές, σε σύγκριση με άλλα συστήματα μπαταριών όπως οι ιόντων λιθίου και οι νικελίου-υδριδίου μέταλλου. Υπάρχουν πολλοί τύποι, διαστάσεις και χωρητικότητες μπαταριών μολύβδου οξέως για να επιλέξει κανείς ανάλογα με την εφαρμογή.



Σχ. 1 Φ/Β σύστημα με μπαταρίες για αποθήκευση ενέργειας.

II. Τύποι μπαταριών μολύβδου οξέως

Παρά την πληθώρα τύπων και εφαρμογών όσον αφορά τις μπαταρίες μολύβδου οξέως, τα χαρακτηριστικά που είναι ιδιαίτερα σημαντικά σε εφαρμογές Φ/Β συστημάτων είναι οι απαιτήσεις συντήρησης της μπαταρίας και η δυνατότητα βαθιάς εκφόρτισης, διατηρώντας παράλληλα μεγάλη διάρκεια ζωής.

Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης μπορούν να είναι ανοικτού ή κλειστού τύπου. Οι μπαταρίες ανοικτού τύπου αποτελούνται από στιβαρές πλάκες και ηλεκτρολυτικό διάλυμα και απαιτούν συντήρηση κάθε 6-12 μήνες με συμπλήρωση απιονισμένου νερού. Οι μπαταρίες κλειστού τύπου, όπως οι AGM και GEL, δεν απαιτούν συντήρηση. Βασικά θετικά χαρακτηριστικά των μπαταριών βαθιάς εκφόρτισης είναι η μεγάλη αντοχή σε κύκλους και ο μεγάλος χρόνος ζωής. Οι μπαταρίες με μικρό βάθος εκφόρτισης – μικρότερο του 25% - έχουν συνήθως λεπτότερες πλάκες από κράματα ασβεστίου μολύβδου.



Σχ. 2 Μπαταρία μολύβδου οξέως κλειστού τύπου

Χαρακτηριστικό των μπαταριών ανοικτού τύπου είναι ότι μικρό ποσό υδρογόνου και οξυγόνου που παράγονται στα ηλεκτρόδια κατά τη λειτουργία της μπαταρίας ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα μέσω μικρών οπών στο επάνω μέρος της μπαταρίας. Σε μία μπαταρία κλειστού τύπου μία ειδική διάταξη καταλύτη μέσα στη μπαταρία χρησιμοποιείται για να επανενώσει το υδρογόνο με το οξυγόνο δημιουργώντας νερό. Επομένως δεν υπάρχει απώλεια υγρού, όπως στις ανοικτού τύπου.

Οι αυστηρές απαιτήσεις για τις μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν προτρέψει διάφορους κατασκευαστές να αναπτύξουν μπαταρίες ειδικά σχεδιασμένες για Φ/Β

ή άλλα συστήματα παραγωγής ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι είτε μολύβδου οξέως βαθιάς εκφόρτισης, είτε λιγότερων κύκλων χωρίς απαιτήσεις συντήρησης. Οι ειδικές μπαταρίες με μικρό βάθος εκφόρτισης που δεν απαιτούν συντήρηση μπορούν επίσης να εγκατασταθούν, αν η συστοιχία μπαταριών σχεδιαστεί κατάλληλα ώστε να μην απαιτηθεί ποτέ εκφόρτιση κάτω του 25%.

Μια μπαταρία μεγάλου χρόνου ζωής σε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο Φ/Β σύστημα με τη σωστή συντήρηση μπορεί να διαρκέσει μέχρι 15 έτη, αλλά η χρήση μπαταριών που δεν σχεδιάστηκαν για πολλούς κύκλους φόρτισης, ή είναι ακατάλληλες για το συγκεκριμένο σύστημα, μπορεί να οδηγήσει σε μια συστοιχία μπαταριών ανίκανη να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της εφαρμογής σε μόλις μερικά χρόνια.



Σχ. 3 Μπαταρία μολύβδου οξέως ανοικτού τύπου

III. Ποιον τύπο μπαταρίας να επιλέξει κανείς?

Για ένα μικρό Φ/Β σύστημα, το αρχικό κόστος και η αντοχή σε κύκλους παίζουν τον κυριότερο ρόλο. Σε τέτοιες εφαρμογές λοιπόν, που το σχετικό κόστος πρέπει να διατηρηθεί χαμηλά, η καλύτερη επιλογή είναι οι μπαταρίες που σχεδιάζονται ειδικά για Φ/Β συστήματα (solar batteries).

Οι μπαταρίες SLI που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα δεν είναι κατάλληλες λόγω του μειωμένου χρόνου ζωής σε ένα Φ/Β σύστημα. Οι μπαταρίες αυτοκινήτου έχουν ικανοποιητικό χρόνο ζωής σε συνθήκες μικρού βάθους εκφόρτισης, ενώ έχουν την ικανότητα γρήγορης επαναφόρτισης. Εκτός από την εκκίνηση, στο υπόλοιπο μέρος της λειτουργίας τους καλούνται να καλύψουν πολύ μικρά φορτία (φώτα, ραδιόφωνο, κ.λπ.) με άλλα λόγια δεν υπάρχει απαίτηση για αποθήκευση μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Ο χρόνος ζωής όμως όταν οι μπαταρίες αυτές πρέπει να ανταποκριθούν

σε μεγαλύτερα βάθη εκφόρτισης (όπως αναμένεται σε ένα Φ/Β σύστημα), μειώνεται δραματικά.

Οι μπαταρίες SLI που χρησιμοποιούνται στα φορτηγά, παρά την ευαισθησία τους στην βαθειά εκφόρτιση, έχουν καλύτερο χρόνο ζωής από τις μπαταρίες αυτοκινήτου σε λειτουργία ως μέρος ενός Φ/Β συστήματος με την προϋπόθεση ότι δεν θα υποστούν βαθιά εκφόρτιση. Το ίδιο ισχύει και για τον τύπο μπαταριών που χρησιμοποιείται σε εξοχικές κατοικίες και σκάφη, του οποίου βασικό μειονέκτημα είναι η περιορισμένη αντοχή σε κύκλους.

Μπαταρίες που συνήθως βρίσκουν εφαρμογή σε μηχανές γκαζόν και αμαξίδια γκολφ έχουν καλύτερο χρόνο ζωής από τις μπαταρίες αυτοκινήτου και μπορούν να ανταπεξέλθουν σε σχετικά μεγάλα βάθη εκφόρτισης. Αν ληφθεί μέριμνα στο να μην υπόκεινται σε απαγορευτικά βαθιές εκφορτίσεις, μπορούν να αποτελέσουν την καλύτερη λύση για ένα Φ/Β σύστημα, μετά τις εξειδικευμένες ηλιακές μπαταρίες.

Είναι γεγονός πως η καλύτερη μπαταρία έχει συνήθως και μεγαλύτερο αρχικό κόστος, το οποίο όμως αποσβένει κανείς σε βάθος χρόνου. Η διαθεσιμότητα των ειδικών μπαταριών δεν αποτελεί πλέον ζήτημα, αφού οι μεγάλοι κατασκευαστές έχουν προσθέσει στη γκάμα τους και αυτό τον τύπο.

IV. Χωρητικότητα της μπαταρίας

Η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι το μέτρο για την ποσότητα ρεύματος που μπορεί να αποθηκευτεί και να αντληθεί από μία μπαταρία. Η μονάδα μέτρησης είναι τα αμπερώρια (Ah). Η τιμή αυτή είναι θεωρητική και εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων. Στις μπαταρίες μολύβδου οξέως υπάρχουν τρία ενεργά συστατικά μέρη, το ενεργό υλικό του θετικού ηλεκτροδίου, το ενεργό υλικό του αρνητικού ηλεκτροδίου και ο ηλεκτρολύτης. Μία από αυτές τις ουσίες μπορεί να μειώσει τη χωρητικότητα και αν έχει καταναλωθεί, η τάση της μπαταρίας καταρρέει και η μπαταρία αποφορτίζεται. Είναι λοιπόν πιο πρακτικό να αναφερόμαστε στην ονομαστική τιμή της χωρητικότητας, η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή για την εγγυημένη χωρητικότητα μιας καινούργιας μπαταρίας που εκφορτίζεται με κάποια τυποποιημένη διαδικασία. Για τις μπαταρίες αυτοκινήτου, η μπαταρία αποφορτίζεται σε 20 ώρες με σταθερό ρεύμα ως μία προκαθορισμένη τιμή τάσης. Το ρεύμα αυτό επισημαίνεται με I20 και η αντίστοιχη χωρητικότητα με C20. Η χωρητικότητα μπορεί να διαφέρει από την ονομαστική τιμή. Πολλαπλές παράμετροι επηρεάζουν τη χωρητικότητα όπως η θερμοκρασία, η προηγούμενη φόρτιση, ο χρόνος από την

τελευταία φόρτιση, η ηλικία της μπαταρίας, η συμπεριφορά ως προς το ρεύμα, η τάση αποφόρτισης κ.λπ.

V. Σχεδιασμός του συστήματος με βάση το 80% της ονομαστικής χωρητικότητας

Είναι σημαντικό να κατανοήσει κανείς ότι η ονομαστική χωρητικότητα αναφέρεται σε μία καινούργια μπαταρία. Το τέλος της ζωής της μπαταρίας ορίζεται ως το σημείο που η χωρητικότητα μειώνεται στο 80% της ονομαστικής. Όταν γίνεται ο σχεδιασμός μίας εγκατάστασης με μπαταρίες, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η μείωση της χωρητικότητας από μία νέα σε μία παλιά μπαταρία. Είναι σημαντικό η συστοιχία μπαταριών να μπορεί να επιτελεί το έργο της ακόμα και μετά από κάποια έτη λειτουργίας, όταν η χωρητικότητα θα έχει μειωθεί.

Σε ένα Φ/Β σύστημα ένα επιπλέον περιθώριο προτείνεται να υπάρχει, αφού η επαναφόρτιση της μπαταρίας μπορεί να πάρει αρκετό χρόνο ειδικά σε διαστήματα με χαμηλή ηλιακή ακτινοβολία. Ένας συνηθισμένος κανόνας είναι να διαστασιολογείται το σύστημα για εκφόρτιση 50% στη χειρότερη περίπτωση. Αυτό θα παρατείνει το χρόνο ζωής της μπαταρίας σημαντικά σε ένα Φ/Β σύστημα, αφού η πιθανότητα για βαθειά εκφόρτιση είναι μικρότερη.

VI. Πως επιλέγεται η κατάλληλη χωρητικότητα σε ένα συγκεκριμένο σύστημα

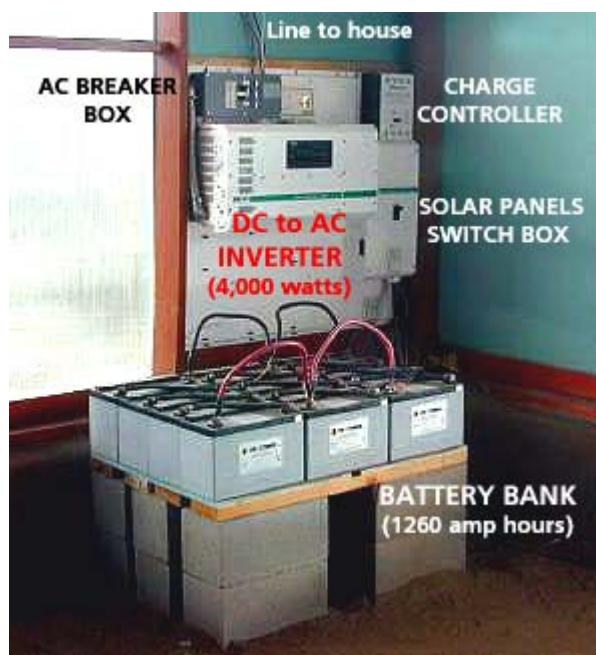
Ας πάρουμε ως παράδειγμα ένα μικρό Φ/Β οικιακό σύστημα των 12 V με 2 λαμπτήρες των 11 W οι οποίοι χρησιμοποιούνται 5 ώρες/ ημέρα, και μία τηλεόραση 15W η οποία βρίσκεται σε λειτουργία 3 ώρες/ημέρα.

1. Αρχικά υπολογίζουμε την ενέργεια που καταναλώνεται ημερησίως από το φορτίο του σπιτιού: αριθμός συσκευών x ισχύς x ώρες λειτουργίας = $2 \times 11W \times 5h + 1 \times 15W \times 3h = 155Wh$ την ημέρα.

2. Υπολογίζεται η ενέργεια που περιέχει μία μπαταρία για το συγκεκριμένο σύστημα: Έστω ότι διαθέτουμε στοιχείο 12V/75Ah το οποίο δίνει 1kWh (με μεγαλύτερη ακρίβεια $75 \times 12 = 900 Wh$). Αν λάβουμε υπόψη μόνο το 80% της ονομαστικής ενέργειας και επιπλέον ότι η μπαταρία θα πρέπει να εκφορτίζεται ημερησίως μόνο κατά το 50%, τότε το $0.8 \times 0.5 = 0.4 = 40\%$ της ονομαστικής ενέργειας θα είναι η βάση της διαστασιολόγησης. Στη δική μας περίπτωση $900 \times 0.4 = 360Wh$.

3. Υπολογίζεται ο αριθμός των μπαταριών που χρειάζεται ώστε η μπαταρία να μπορεί να καλύψει το φορτίο για 3-7 ημέρες χωρίς ενέργεια από τον

ήλιο (αυτονομία). Για το παρόν παράδειγμα μία μπαταρία 12V/75Ah μπορεί να καλύψει το φορτίο για 2.3 μέρες (360Wh/155Wh/ημέρα = 2,3 ημέρες). Για γεωγραφικά πλάτη κοντά στον ισημερινό όπου η ετήσια κατανομή της ηλιακής ενέργειας είναι πιο ομαλή, 2 μπαταρίες θα ήταν ικανές να καλύψουν το φορτίο για 4,6 μέρες. Σε τοποθεσίες με υψηλότερα πλάτη, προτιμάται η εγκατάσταση 3-4 μπαταριών που θα δώσουν 7-9 μέρες αυτονομία. Είναι σημαντικό ο χρήστης να μπορεί να ελέγξει σε γενικές γραμμές τη κατάσταση φόρτισης των μπαταριών. Κάτι τέτοιο γίνεται με τους σύγχρονους ρυθμιστές φόρτισης.



Σχ. 4 Μπαταρίες, αντιστροφέας και ρυθμιστής φόρτισης Φ/Β συστήματος

VII. Γήρανση των μπαταριών

Στην κανονική λειτουργία υπάρχουν τέσσερις κύριοι λόγοι για την γήρανση των μπαταριών:

- Βαθεία εκφόρτιση
- Υπερφόρτιση
- Χαμηλό επίπεδο ηλεκτρολύτη
- Υψηλή θερμοκρασία μπαταρίας

Ως παράδειγμα, ο χρόνος ζωής της μπαταρίας μειώνεται δραματικά αν αφηθεί σε βαθιά αποφόρτιση για πολύ καιρό (περισσότερο από μερικές μέρες). Μία τέτοια κατάσταση μπορεί να προκύψει αν το φορτίο είναι μεγάλο σε σχέση με την ενέργεια που δίνει η Φ/Β πηγή και ο ρυθμιστής φόρτισης δεν έχει κάποια ειδική προστασία για αποσύνδεση των μπαταριών σε κατάσταση χαμηλής φόρτισης. Σε τέτοιες περιπτώσεις η μπαταρία θα πρέπει να αποσυνδεθεί αμέσως από το φορτίο και να φορτιστεί με άλλα μέσα πριν τεθεί ξανά σε

λειτουργία. Ένας καλός ρυθμιστής δεν θα επέτρεπε να φτάσουν οι μπαταρίες που επιβλέπει σε τέτοιες επικίνδυνες καταστάσεις.

Μια μπαταρία μολύβδου οξέως σε ένα Φ/Β σύστημα δεν χρειάζεται να δίνει υψηλό ρεύμα κατά την εκφόρτιση ή να υπόκειται σε ταχεία φόρτιση. Θα πρέπει όμως να έχει υψηλή χωρητικότητα. Μία μπαταρία αυτοκινήτου που συνδέεται σε Φ/Β σύστημα θα δουλέψει καλά για 1-5 μέρες, αλλά η αντοχή σε κύκλους δεν θα μπορέσει να καλύψει το σύστημα για περισσότερο χρόνο. Για το λόγο αυτό οι μπαταρίες που εγκαθίστανται σε Φ/Β συστήματα σχεδιάζονται για περισσότερους κύκλους.

VIII. Τα βήματα της διαδικασίας φόρτισης

-Κύρια φόρτιση, όπου η μπαταρία φορτίζεται ως ένα επίπεδο τάσης που ξεκινά ο βρασμός του υγρού και η τάση αυξάνεται.

-Φόρτιση για το 100%, όπου η μπαταρία φορτίζεται από μία κατάσταση του 90-95% για να φτάσει το 100%.

-Φόρτιση εξισορρόπησης, όπου η χωρητικότητα των επιμέρους στοιχείων εξισώνεται ώστε όλα τα στοιχεία να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο φόρτισης.

-Φόρτιση συντήρησης, ώστε να διατηρείται σε μέγιστο επίπεδο η χωρητικότητα της μπαταρίας που είναι ήδη φορτισμένη αλλά δεν έχει αποφορτιστεί για κάποιο χρόνο.

Οι μπαταρίες δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην κύρια φόρτιση, εκτός από την αύξηση της θερμοκρασίας που αυτή επιφέρει. Είναι προτιμότερο να μην ξεκινήσει κανείς να φορτίζει μία μπαταρία που έχει υψηλή θερμοκρασία αν μπορεί με κάποιο τρόπο να τη ρίξει πρώτα. Όταν ο ρυθμιστής ρυθμίζει τη λειτουργία της φόρτισης σύμφωνα με τη τάση, θεωρείται πως όλα τα στοιχεία έχουν την ίδια τάση. Επειδή αυτό δεν είναι πάντα αληθές μερικά στοιχεία μπορεί να μην φορτιστούν πλήρως. Είναι λοιπόν σημαντικό να ελέγχεται η τάση σε κάθε στοιχείο συχνά.