

# Σφραγισμένες κλειστές μπαταρίες μολύβδου (SLA)

Συνεχίζουν ακάθεκτες



Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος εξακολουθούν να αποτελούν το κύριο μέρος της τροφοδοσίας σε αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες, σκάφη και τροχοσπίτα. Στην νεότερη μάλιστα μορφή τους όπου περιλαμβάνουν στέρεο ηλεκτρολύτη και σφραγισμένο περίβλημα, οι παλαιίμαχες αυτές μπαταρίες (η τεχνολογία τους πρωτο-εφαρμόστηκε κάπου στα 1850) αποδεικνύονται περισσότερο ευέλικτες από ποτέ.

Οι σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου (SLA, Sealed Lead-Acid) με στερεό ηλεκτρολύτη εμφανίστηκαν στην αγορά πριν από περίπου σαράντα χρόνια. Ο ηλεκτρολύτης (διάλυμα υδροχλωρικού οξέως) στερεοποιείται είτε με την βοήθεια γέλης πυριτίου (μπαταρίες μολύβδου γέλης, ή ξηράς μορφής), είτε με την βοήθεια ενός υποστρώματος από ίνες γυαλιού (τεχνολογία AGM, Absorbed Glass Mat = Υπόστρωμα απορρόφησης υάλου). Με τον τρόπο αυτό, το οξυγόνο που παράγεται στο θετικό ηλεκτρόδιο κατά την υπερ-φόρτιση της μπαταρίας, διαχέεται προς την αρνητική πλάκα όπου μετατρέπεται και πάλι σε νερό. Ο συγκεκριμένος κύκλος ανασύνθεσης έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία σχεδόν μηδενικής ποσότητας αερίων, και ως εκ

τούτου σύστημα μπορεί να συσκευαστεί σε σφραγισμένο περίβλημα. Για να αποτραπεί οποιαδήποτε έκρηξη από την ενδεχόμενη ανάπτυξη υψηλών πιέσεων, οι κυψέλες (όπως και η κάθε σχεδόν σφραγισμένη μπαταρία) περιλαμβάνουν βαλβίδες ασφαλείας. Ο συνδυασμός στερεού ηλεκτρολύτη και σφραγισμένου περιβλήματος επιτρέπει την χρήση της μπαταρίας σε οποιαδήποτε σχεδόν θέση (παρότι οι μπαταρίες AGM καλό είναι να μην φορτίζονται ανεστραμμένες [πάνω-κάτω]). Εκτός από την χαμηλή τους τιμή, οι σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου παρουσιάζουν και αρκετά άλλα πλεονεκτήματα όπως είναι η χαμηλή αυτό-εκφόρτιση, η απλή μέθοδος φόρτισης και η μακρά διάρκεια ζωής, ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου η μπαταρία παραμένει συνε-

χώς φορτισμένη.

Παρά το γεγονός ότι οι βασικές αρχές λειτουργίας των σφραγισμένων μπαταριών μολύβδου δεν έχουν αλλάξει, η διαρκής εξέλιξη σε όλα αυτά τα χρόνια έχει οδηγήσει σε σημαντικά καλύτερα χαρακτηριστικά:

- Βελτιωμένη συμπεριφορά κατά την υπερ-φόρτιση
- Μικρή σχετικά ευαισθησία στην βαθιά εκφόρτιση
- Υψηλή ειδική χωρητικότητα
- Βελτιωμένη διάρκεια ζωής
- Γρηγορότερη φόρτιση
- Βελτιωμένο ρεύμα εξόδου

Μεγάλοι κατασκευαστές μπαταριών όπως η Yuasa, η Panasonic και η Sonnenschein/Exide διαθέτουν σήμερα διάφορες κατηγορίες μπαταριών βελτιστοποιημένες για μία



(ή περισσότερες) διαφορετικές εφαρμογές. Έτσι υπάρχουν για παράδειγμα μπαταρίες σχεδιασμένες για μεγάλη διάρκεια ζωής (20 χρόνια και 1500 κύκλοι επαναφόρτισης). Οι περισσότερο σημαντικοί τομείς εφαρμογών σήμερα είναι τροφοδοτικά έκτακτης ανάγκης διαφόρων τύπων (π.χ. συστήματα συναγερμού, τεχνολογικός εξοπλισμός, φωτισμός και ιατρικές συσκευές), ηλεκτρικά οχήματα (όπως αυτοκίνητα του golf ή αναπηρικές καρέκλες), ηλεκτρικοί κινητήρες εκκίνησης μηχανών, τροφοδοσία σε σκάφη, τροχόσπιτα και ανεμοπλάνα, και τελευταίο αλλά εξ ίσου σημαντικό ηλιακά συστήματα τα οποία είναι ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό δίκτυο των 220 V.

## Τάση, ρεύμα και χωρητικότητα

Το ποσοστό φόρτισης μίας μπαταρίας μολύβδου, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μετρώντας την τάση της χωρίς φορτίο. Στο **Σχήμα 1** απεικονίζονται διάφορες τιμές για σφραγισμένες μπαταρίες των 6 V και 12 V, ενώ στο ίδιο Σχήμα αναφέρεται και η ακρίβεια την οποία πρέπει να αναμένουμε όταν χρησιμοποιούμε την συγκεκριμένη μέθοδο: η τάση κυμαίνεται από 2,2 V για μία πλήρως φορτισμένη κυψέλη μέχρι τα 1,9 V για μία πλήρως εκφορτισμένη κυψέλη. Οι τιμές αυτές ισχύουν για θερμοκρασία δωματίου (20 °C) και εάν η μπαταρία έχει πρόσφατα φορτιστεί ή εκφορτιστεί, οι τιμές είναι αντίστοιχα μεγαλύτερες ή μικρότερες.

Η αξιοποιήσιμη χωρητικότητα C μίας σφραγισμένης μπαταρίας μολύβδου μετρούμενη σε αμπερ-ώρα (Ah), εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ρεύμα εκφόρτισης. Όσο μικρότερο το ρεύμα εκφόρτισης, τόσο λιγότερες και οι απώλειες κατά την εκφόρτιση, οπότε αυξάνει η αξιοποιήσιμη χωρητικότητα. Για τον λόγο αυτό το ρεύμα εκφόρτισης αναφέρεται συνήθως σε CA, εκφράζοντας το ρεύμα σαν κλάσμα της ονομαστικής χωρητικότητας C. Για μία χωρητικότητα για παράδειγμα C με ρυθμό εκφόρτισης στο C/10 (ή 0,1 CA) για μία μπαταρία του 1 Ah, σημαίνει ένα ρεύμα εκφόρτισης 0,1 A (100 mA). Στην περίπτωση αυτή η χωρητικότητα είναι επίσης δυνατόν γραφεί και ως  $C_{10}$  (χωρητικότητα για εκφόρτιση διάρκειας 10 ωρών). Οι ονομαστικές χωρητικότητες των μπαταριών μολύβδου σύμφωνα με το Γερμανικό πρότυπο DIN αναφέρονται σε εκφόρτιση 20 ωρών (δηλαδή στα 0,05 CA) και με τελική τάση ανά (εκφορτισμένη) κυψέλη τα 1,75 V.

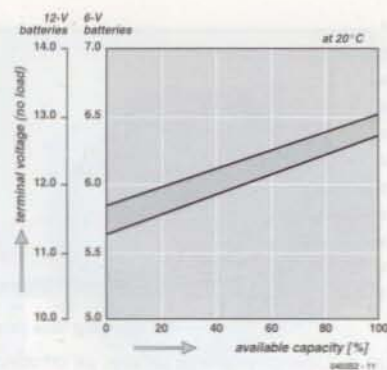
## Φόρτιση

Σε γενικές γραμμές, οι μπαταρίες μολύβδου φορτίζονται με σταθερή τάση. Η μέ-

γιστη τιμή της τάσης φόρτισης που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την θερμοκρασία και είναι ιδιαίτερα σημαντικό η τάση αυτή να μην ξεπεραστεί. Στο **Σχήμα 2** απεικονίζεται η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και τάσης, για δύο διαφορετικά συστήματα φόρτισης. Η υψηλότερη τιμή χρησιμοποιείται για κανονική (κυκλική) λειτουργία, ενώ η χαμηλότερη τιμή χρησιμοποιείται για μπαταρίες οι οποίες υπόκεινται σε χαλαρή φόρτιση με σκοπό την συντήρησή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εάν στην κατάσταση αναμονής η εφαρμοζόμενη τάση είναι έστω και ελαφρώς υψηλότερη από την συνιστώμενη τιμή θα έχουμε μικρότερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, οπότε στην περίπτωση όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος δεν είναι σταθερή απαιτείται η παρουσία κυκλώματος αντιστάθμισης των θερμοκρασιακών μεταβολών. Το αποτέλεσμα διαδικασιών φόρτισης όπου η τάση δεν προσαρμόζεται στις μεταβολές της θερμοκρασίας, φαίνεται ξεκάθαρα στο **Σχήμα 3**.

Η φόρτιση με σταθερή τάση είναι πολύ απλή διαδικασία και το μόνο που χρειάζεται είναι ένα σταθεροποιημένο τροφοδοτικό με δυνατότητα ρύθμισης της τάσης εξόδου στην σωστή τάση. Σε θερμοκρασία δωματίου (20 °C) μία τιμή της τάσης των 2,45 V (κάπου μεταξύ 2,4 V και 2,5 V) ανά κυψέλη, είναι κατάλληλη για κανονική κυκλική φόρτιση. Για την περίπτωση φόρτισης συντήρησης, η κατάλληλη τάση είναι 2,275 V (κάπου μεταξύ 2,25 V και 2,3 V) ανά κυψέλη. Γενικά οι κυψέλες δεν θα πρέπει να υποβάλλονται σε υψηλότερες τάσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ένα κριτήριο το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να βεβαιωθούμε ότι η φόρτιση έχει ολοκληρωθεί, είναι η συμπεριφορά του ρεύματος φόρτισης το οποίο κατά τις πρώτες ώρες της φόρτισης μειώνει συνεχώς. Όταν λοιπόν αυτό φθάσει σε μία τιμή 0,07 CA (η μικρότερο) και παραμένει στην τιμή αυτή για περισσότερο από τρεις ώρες, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί. Στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται το συγκεκριμένο κριτήριο και η φόρτιση γίνεται βάσει χρόνου, η διαδικασία θα πρέπει να διακοπεί μετά την παρέλευση 16 με 20 ωρών.

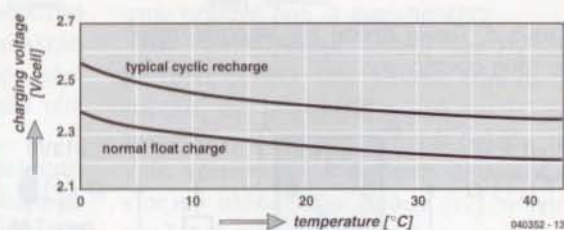
Το αρχικό ρεύμα φόρτισης καθορίζεται από την εσωτερική αντίσταση, ή -στην περίπτωση που υπάρχει- από τον περιοριστή ρεύματος του τροφοδοτικού. Η αύξηση



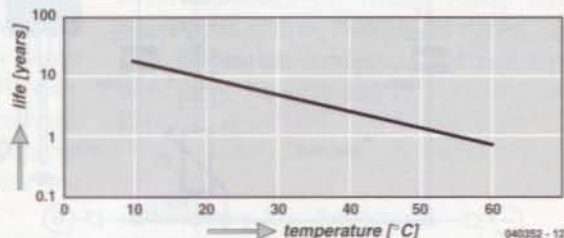
Σχήμα 1. Η Σχέση μεταξύ της τάσης ανοικτού κυκλώματος και της χωρητικότητας.

πάντως της τιμής του αρχικού ρεύματος δεν μειώνει τον χρόνο φόρτισης, όχι τουλάχιστον τόσο όσο θα ανέμενε κανείς.

Στο **Σχήμα 4** έχουμε ένα γράφημα το οποίο περιγράφει την μεταβολή του ρεύματος με την τάση ορισμένη στα 2,275 V και χρησιμοποιώντας τέσσερις διαφορετικούς αλγόριθμους περιορισμού του ρεύματος. Το ρεύμα φόρτισης (εκφρασμένο σε αμπέρ) απεικονίζεται στον κάθετο άξονα σαν ποσοστό της χωρητικότητας της μπαταρίας  $C_{10}$ . Στην περίπτωση που η χωρητικότητα  $C_{10}$  είναι για παράδειγμα 1 Ah, τότε το αρχικό ρεύμα είναι 450 mA (ή 45 % του  $C_{10}$ ) μέχρι τα 100 mA (10% του  $C_{10}$ ). Από το γράφημα φαίνεται ότι ο περιορισμός ρεύματος εφαρμόζεται στην αρχή μόνον της διαδικασίας

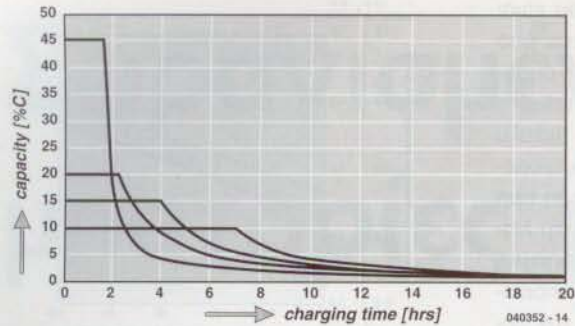


Σχήμα 2. Η τάση φόρτισης (ανά κυψέλη) σε σχέση με την θερμοκρασία για την περίπτωση κυκλικής φόρτισης (επάνω) και φόρτισης συντήρησης (κάτω).

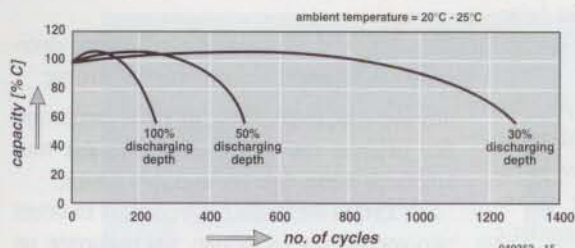


Σχήμα 3. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην διάρκεια ζωής της μπαταρίας, στην περίπτωση συνεχούς φόρτισης με σταθερή τάση 2,275 V ανά κυψέλη.

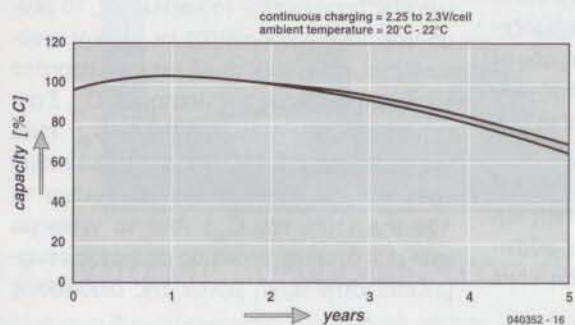




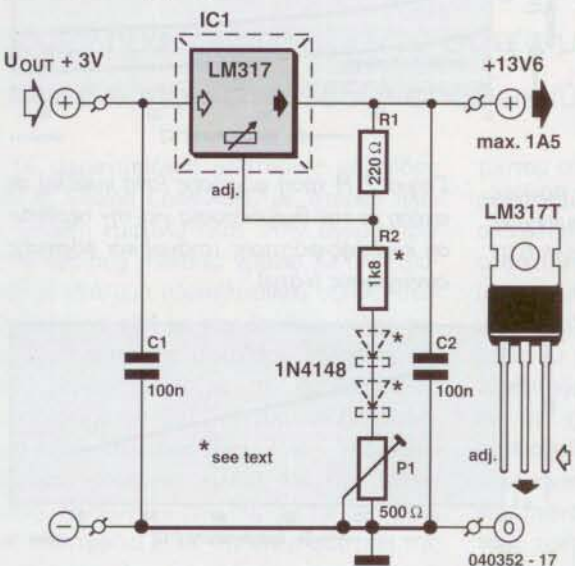
Σχήμα 4. Συμπεριφορά φόρτισης με σταθερή τάση 2,275 V ανά κυψέλη και τέσσερις διαφορετικές ρυθμίσεις περιορισμού ρεύματος.



Σχήμα 5. Η επίδραση της βαθιάς εκφόρτισης στην διάρκεια ζωής, με κυκλική λειτουργία.



Σχήμα 6. Τυπική πτώση της χωρητικότητας με τάση συντήρησης.



Σχήμα 7. Το απλό αυτό κύκλωμα ικανοποιεί τις βασικές απαιτήσεις του κατασκευαστή για την φόρτιση σφραγισμένων μπαταριών μολύβδου.

φόρτισης, ενώ στην συνέχεια το ρεύμα πέφτει εκθετικά μέχρι να φτάσει στο τέλος της διαδικασίας σχεδόν το μηδέν. Οι κατασκευαστές προτείνουν συνήθως αρχικά ρεύματα φόρτισης στην περιοχή των 0,25 CA έως 0,4 CA, ενώ τιμές πάνω από 0,5 CA καλό είναι να αποφεύγονται διότι επιδρούν αρνητικά στην διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

### Διάρκεια ζωής της μπαταρίας

Ο συνολικός χρόνος ζωής της μπαταρίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το βάθος εκφόρτισης, εκφρασμένο σαν ποσοστό της ονομαστική χωρητικότητας της μπαταρίας. Στο Σχήμα 5 έχουμε μία εικόνα της επίδρασης του ποσοστού εκφόρτισης στο σύνολο των κύκλων επαναφόρτισης της μπαταρίας. Για να μεγιστοποιήσουμε το πλήθος των κύκλων επαναφόρτισης, θα πρέπει να επιλέξουμε μία μπαταρία με μεγαλύτερη χωρητικότητα έτσι ώστε στην αντίστοιχη χρήση να έχουμε μειωμένο βάθος εκφόρτισης.

Παρά το γεγονός πάντως ότι το βάθος εκφόρτισης είναι ο σημαντικότερος παράγων, επίδραση στον χρόνο ζωής της μπαταρίας έχει και η θερμοκρασία. Θερμοκρασίες πάνω από 50 °C θα πρέπει να αποφεύγονται καθώς επίσης και θερμοκρασίες κάτω από -15 °C, όπου υπάρχει σημαντική μείωση της χωρητικότητας. Την μπαταρία καταστρέφει επίσης η φόρτιση με πολύ υψηλή τάση ή η φόρτιση για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η θερμοκρασία και η τάση φόρτισης αποτελούν τους βασικούς παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στον χρόνο ζωής μιας μπαταρίας η οποία παραμένει διαρκώς φορτισμένη. Στο Σχήμα 6 περιγράφεται η τυπική συμπεριφορά μιας τέτοιας περίπτωσης, όπου πέντε χρόνια μετά, η μπαταρία εξακολουθεί να διαθέτει το 60 % της χωρητικότητας της. Στις βιομηχανικές εφαρμογές, το όριο του 60 % θεωρείται ότι σημαίνει την λήξη της αξιοποιήσιμης ζωής της μπαταρίας.

Εκτός από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω, ο χρόνος ζωής της μπα-

### Τυπικές τιμές

(όλα τα δεδομένα τάσης είναι ανά κυψέλη και σε θερμοκρασία 20 °C).

#### Συνιστώμενη τάση φόρτισης:

2,45 V (2,4 V έως 2,5 V) για κανονική φόρτιση

2,275 V (2,25 V έως 2,3 V) για φόρτιση συντήρησης

#### Συνιστώμενος περιορισμός ρεύματος:

0,25 CA έως 0,4 CA

#### Μέγιστος χρόνος φόρτισης (κανονική φόρτιση):

16 έως 20 ώρες

#### Τελική τάση εκφόρτισης:

1,75 V

#### Τάση ανοικτού κυκλώματος:

2,2 V (φορτισμένη)

2,1 V (μισο-φορτισμένη)

1,9 V (αφόρτιστη)

ταρίας εξαρτάται επίσης από την ποιότητα κατασκευής. Σε κατάσταση αναμονής για παράδειγμα, υπάρχει ένα μικρό ρεύμα το οποίο ρέει συνεχώς, με αποτέλεσμα οι πλάκες να γίνονται ολοένα λεπτότερες. Οι μπαταρίες λοιπόν που διαθέτουν ανθεκτικότερες πλάκες, είναι φυσικό να παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Υπάρχουν επίσης μπαταρίες οι οποίες είναι κατασκευασμένες με στόχο ένα μεγαλύτερο κύκλο ζωής. Οι ακριβείς προδιαγραφές σχετικά με τις διάφορες επιλογές μπαταριών, είναι δυνατόν να βρεθούν στον δικτυακό τόπο του κάθε κατασκευαστή (δείτε τον σχετικό κατάλογο στο τέλος του άρθρου).

Αρνητική επίδραση έχει επίσης και η μη επαναφόρτιση μίας μπαταρίας μετά από βαθιά εκφόρτιση. Οι σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να παραμένουν αφόρτιστες για περισσότερες από μερικές ημέρες, και καλό είναι να επαναφορτίζονται όσο το δυνατόν συντομότερα. Η δυνατότητα βαθιάς εκφόρτισης μίας μπαταρίας υποδεικνύει το εάν (και βέβαια πόσο σύντομα) η μπαταρία είναι σε θέση να δεχτεί φορτίο, αφού έχει παραμείνει αφόρτιστη για μία μεγάλη χρονική περίοδο. Οι σύγχρονες μπαταρίες τύπου AGM μετά από παραμονή για ένα μήνα σε κατάσταση βαθιάς εκφόρτισης, αποδέχονται σχετικά σύντομα το φορτίο και επανέρχονται στα κανονικά χαρακτηριστικά φόρτισης. Για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο εγκατάλειψης μίας μπαταρίας αφόρτιστης για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι κα-



## Μπαταρίες μολύβδου γέλης και AGM

Οι συμβατικές μπαταρίες μολύβδου-οξέος παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά μειονεκτήματα: περιέχουν έντονα οξεία (και κατά συνέπεια επικίνδυνα) υγρά, τα οποία μπορεί να διαρρέουν προς το περιβάλλον όχι μόνον εάν σπάσει το περίβλημα της μπαταρίας αλλά και όταν τοποθετηθεί με λάθος προσανατολισμό (πάνω-κάτω). Εκτός αυτού, οι συγκεκριμένες μπαταρίες χαρακτηρίζονται από υψηλό ρυθμό αυτο-εκφόρτισης και περιορισμένο πλήθος επαναφορτίσεων. Κάτι τέτοιο μόνον να είναι ανεκτό για τις μπαταρίες εκκίνησης οχημάτων, αλλά εάν η συγκεκριμένη μπαταρία προορίζεται για γενικότερη τροφοδοσία του οχήματος (οπότε και αναμένεται να υπόκειται σε πλήρεις κύκλους φόρτισης καθώς και βαθιά εκφόρτιση) τότε είναι σίγουρο ότι θα αναπτύξει θειικά άλατα. Έχοντας λοιπόν κατά νου όλα τα παραπάνω, δεν μας εκπλήσσει το γεγονός ότι οι σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου με στερεό ηλεκτρολύτη χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε

εφεδρικές μονάδες τροφοδοσίας ή σε ηλιακά συστήματα. Οι συγκεκριμένες μπαταρίες δεν χρειάζονται συντήρηση και δύσκολα θα μολύνουν το περιβάλλον με το περιεχόμενό τους. Η ανάπτυξη θεικών αλάτων είναι επίσης δύσκολο να εμφανιστεί, δεδομένου ότι τα ελεύθερα θειικά οξέα "αυλαμβάνονται" από το εσωτερικό υλικό γέλης. Το ποσοστό αυτο-εκφόρτισης είναι σημαντικά μικρότερο, αλλά οι οδηγίες φόρτισης θα πρέπει να τηρούνται με ευλάβεια. Δυστυχώς, οι σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου-οξέος παρουσιάζουν σε σχέση με τις αντίπαλες μπαταρίες υγρού οξέος σημαντικά μικρότερη ενεργειακή πυκνότητα, γεγονός το οποίο σχεδόν απαγορεύει την χρήση τους ως μπαταρίες εκκίνησης οχημάτων.

Πέρα όμως από τις γνωστές σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου-οξέος υπάρχει και μία άλλη κατηγορία μπαταριών με στερεό ηλεκτρολύτη: οι μπαταρίες AGM.

Το αρκτικόλεξο AGM προέρχεται από το Αγγλικό "Absorbent Glass Mat" (Υπόστρωμα απορρόφησης υάλου), όπου έχουμε ένα ξεχωριστό στρώμα το οποίο πρεσάρεται μεταξύ των ηλεκτροδίων. Η κατασκευή μίας μπαταρίας AGM φαίνεται στην διπλανή εικόνα (πηγή Hawker).



Η τριχοειδής δράση του συγκεκριμένου υποστρώματος οδηγεί σε πλήρη απορρόφηση του ηλεκτρολύτη, αποτρέποντας την ελεύθερη ροή του. Οι μπαταρίες τύπου AGM είναι γενικά σε θέση να παράσχουν υψηλότερα ρεύματα, ενώ έχουν και μικρότερο κόστος.

Στον αντίποδα, παρουσιάζουν μερικές φορές πλεόνασμα ηλεκτρολύτη καθώς επίσης και χειρότερη αγωγιμότητα θερμότητας (σε υψηλές θερμοκρασίες, οι μπαταρίες τύπου AGM είναι δυνατόν να στεγνώσουν πλήρως).

νόνες επιβάλλουν οι μπαταρίες να αποθηκεύονται πάντοτε σε κατάσταση πλήρους φόρτισης. Η επαναφόρτιση συνίσταται όταν η τάση ανοικτού κυκλώματος φθάσει στα 2,1 V ανά κυψέλη, το οποίο αντιστοιχεί σε μία αυτο-εκφόρτιση της τάξης του 50 % της ονομαστικής χωρητικότητας. Μία μπαταρία σε καλή κατάσταση και σε θερμοκρασία δωματίου, εκφορτίζεται τόσο αργά που θα φτάσει στην παραπάνω κατάσταση μετά από 18 περίπου μήνες. Στους 30 °C η ίδια κατάσταση εμφανίζεται στους 9 μήνες, ενώ στους 40 °C στους 4,5 μήνες περίπου. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (μέχρι -15 °C) το φορτίο χάνεται με ακόμη μικρότερους ρυθμούς σε σχέση με την θερμοκρασία δωματίου. Ο χαμηλός ρυθμός αυτο-εκφόρτισης και η προκύπτουσα δυνατότητα μακράς αποθήκευσης, αποτελούν τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των σφραγισμένων μπαταριών μολύβδου έναντι των υπολοίπων.

### Στην πράξη

Οι περισσότεροι κατασκευαστές μπαταριών συνιστούν φόρτιση με σταθερή τάση και περιορισμό ρεύματος, με ταυτόχρονη αντιστάθμιση των μεταβολών στην θερμοκρασία. Ένα απλό κύκλωμα το οποίο ικανοποιεί τις παραπάνω συστάσεις, περιγράφεται στο Σχήμα 7. Στο κύκλωμα αυτό χρησιμοποιούμε ένα LM317 σαν σταθεροποιητή τάσης, με περιορισμό ρεύματος στο 1,5 A.

Για να είμαστε βέβαιοι ότι η τάση στην έξοδο θα παραμείνει στην θέση που ορίζεται μέσω του P1, η τάση στην είσοδο του LM317 θα πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 3 V υψηλότερη από αυτή στην έξοδο. Η τάση στην είσοδο είναι δυνατόν να ληφθεί από ένα μικρό μετασχηματιστή δικτύου (μη σταθεροποιημένο) ή από ένα τροφοδοτικό 14 V. Η δεύτερη επιλογή είναι κατάλληλη μόνον στην περίπτωση όπου η προς φόρτιση μπαταρία περιλαμβάνει το πολύ τέσσερις κυψέλες.

Η τάση φόρτισης ορίζεται στην βέλτιστη τιμή με την βοήθεια του P1, ανάλογα με το πλήθος των κυψελών, τον τύπο της μπαταρίας (συμβουλευτείτε το φυλλάδιο του κατασκευαστή), και τον τύπο της φόρτισης (κανονικός ή συντήρηση). Η τάση στην έξοδο του κυκλώματος θα πρέπει να ελεγχθεί με την βοήθεια ενός ψηφιακού πολυμέτρου, την στιγμή που η μπαταρία δεν είναι συνδεδεμένη. Το εύρος των δυνατών τιμών τάσης που προκύπτουν μέσω του P1 είναι δυνατόν να μεταβληθεί, τροποποιώντας ανάλογα την τιμή της R2, έτσι ώστε να ταιριάζει με το πλήθος των κυψελών της μπαταρίας.

Στην περίπτωση όπου η φόρτιση αναμένεται να γίνεται αποκλειστικά σε θερμοκρασία δωματίου, είναι δυνατόν να καταργήσουμε τις διόδους αντιστάθμισης θερμοκρασίας που βρίσκονται μεταξύ της R2 και του P1 (εμφανίζονται με διακεκομμένες γραμ-

μές). Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να εντοπίσουμε τον συντελεστή θερμοκρασίας (TC, Temperature Coefficient) που συνιστά ο κατασκευαστής για αντιστάθμιση των μεταβολών θερμοκρασίας. Με την διαδικασία που περιγράφεται στην συνέχεια είναι δυνατόν να πετύχουμε για τον TC μία τιμή στην περιοχή από -2 έως -5mV/°C.

Εάν τοποθετήσουμε μεταξύ των R2 και P1 τόσες διόδους 1N4148 όσες είναι και οι κυψέλες της μπαταρίας, η τιμή του TC θα είναι -2mV/°C (για μία μπαταρία δηλαδή 12 V θα χρειαστούμε 6 διόδους). Διπλασιάζοντας το πλήθος των διόδων (12), η τιμή του TC γίνεται -4mV/°C, ενώ με εννέα διόδους η αντίστοιχη τιμή θα είναι -3mV/°C. Όπως λοιπόν γίνεται εμφανές η τιμή του TC μπορεί εύκολα να ρυθμιστεί μεταβάλλοντας το πλήθος των διόδων, ενώ για να αντισταθμίσουμε την πτώση τάσης που προέρχεται από τις διόδους, θα πρέπει για κάθε διόδο να ελαττώσουμε την τιμή της αντίστασης R2 κατά 120 Ω. (040352-1)

### Διευθύνσεις στο διαδίκτυο:

<http://www.yuasabatteries.com>  
<http://www.networkpower.exide.com/>  
<http://www.batterypoweronline.com/>  
<http://www.panasonic.com/industrial/battery/>  
<http://www.panasonic.com/industrial/batteryv/oem/chem/seal/index.html>