

Μπαταρίες

Βασικές γνώσεις



Εάν δεν το έχετε ήδη προσέξει, ρίξτε απλά μια ματιά γύρω σας. Κάμερες, κινητά τηλέφωνα, τρυπάνια, είδη μοντελισμού, τίποτε δεν λειτουργεί χωρίς μπαταρία. Ιδιαίτερα η εντυπωσιακή εξέλιξη στον τομέα των φορητών υπολογιστών και της κινητής τηλεφωνίας, έχει δώσει τρομερή ώθηση στην εξέλιξη της βιομηχανίας κατασκευής συσσωρευτών. Πέρα από την άνευ προηγουμένου ανάπτυξη ολοκληρωμένων κυκλωμάτων φόρτισης μπαταριών και γενικά αντιλήψεων γύρω από το κεφάλαιο 'συσσωρευτής', κάνουν την εμφάνιση τους στο προσκήνιο νέες τεχνολογίες συσσωρευτών, όπως υδριδίου του νικελίου ή ιόντων λιθίου.

Παρά την πραγματικά εντυπωσιακή ποικιλία εφαρμογών των συσσωρευτών, οι μπαταρίες ξηρών στοιχείων (οι γνωστές μπαταρίες 'μιας χρήσεως') εξακολουθούν να κατέχουν την μερίδα του λέοντος στον χώρο των αυτόνομων (εκτός δικτύου) συσκευών. Εν μεταξύ έχει πραγματικά δημιουργηθεί σύγχυση στην χρήση κάποιων βασικών όρων. Η μπαταρία είναι γενικά μια πηγή ενέργειας αποτελούμενη από μια ή περισσότερες κυψέλες, που καταχωρούνται σε πρωτεύουσα ή δευτερεύουσα κατηγορία αναλόγως του εάν πρόκειται

για κυψέλες μιας χρήσεως ή επαναφορτιζόμενες. Η ορολογία λοιπόν πρωτεύουσα και δευτερεύουσα επεκτάθηκε κατά σύμβαση και στους συσσωρευτές, μιλώντας για μπαταρίες πρωτεύοντος ή δευτερεύοντος τύπου. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν κάποιοι που ισχυρίζονται το αντίθετο, οι μπαταρίες πρωτεύοντος τύπου δεν επαναφορτίζονται και είναι μιας χρήσεως, ενώ οι δευτερεύοντος τύπου είναι επαναφορτιζόμενες. Η δεύτερη κατηγορία (επαναφορτιζόμενες) παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι έχουν ήδη αναπτυχθεί μέθοδοι

ανακύκλωσης, υπακούοντας στους κανόνες προστασίας του περιβάλλοντος, οι οποίες μάλιστα είναι και ιδιαίτερα αποδοτικές. Το χαρακτηριστικό αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τις μπαταρίες της πρώτης κατηγορίας (μιας χρήσεως), οι οποίες για την παραγωγή τους απαιτούν όχι μόνον περισσότερη ενέργεια αλλά και περισσότερες πρώτες ύλες, ενώ η απομάκρυνση τους απαιτεί ιδιαίτερες διαδικασίες (εντάσσονται στην κατηγορία των χημικών αποβλήτων), δεδομένου ότι δεν έχει ακόμη γίνει αποδεκτή κάποια τυπική (και πάντα ακριβή) μέθοδος ανακύκλωσης.

Οι μπαταρίες μιας χρήσεως και επαναφορτιζόμενες.

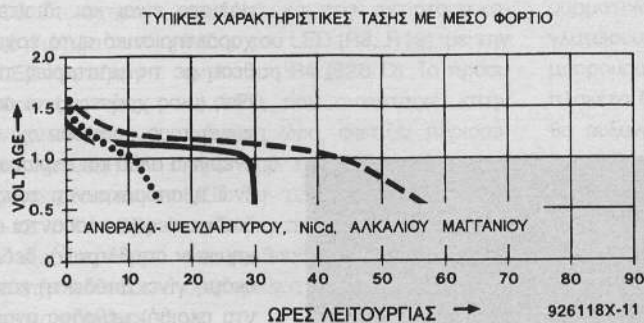
Παρά τα αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα των συσσωρευτών της δεύτερης κατηγορίας όσον αφορά τις απαιτούμενες πρώτες ύλες και την διαδικασία απομάκρυνσης τους, οι μπαταρίες μιας χρήσεως (γνωστές και ως μπαταρίες 'ξηρών στοιχείων') εξακολουθούν να παρουσιάζουν σε ορισμένα πεδία εφαρμογών σημαντικά πλεονεκτήματα. Στον πίνακα 1 και στο Σχ.1 1 βλέπουμε τα πλεονεκτήματα τουλάχιστον των αλκαλικών μπαταριών μαγγανίου. Παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από τις ανταγωνιστικές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiCd. Μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία για να επιτύχει περίπου την ίδια ενεργό χρήση με μια αλκαλική, πρέπει να επαναφορτιστεί δυο ή τρεις φορές. Όταν λοιπόν μια μπαταρία χρησιμοποιείται για μεγάλη περίοδο χωρίς απαίτηση επαναφόρτισης, είναι εμφανές ότι οι αλκαλικές έχουν το προβάδισμα. Η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα εμφανής σε συσκευές με μικρή κατανάλωση ρεύματος, ή γενικά σε συσκευές με σύντομη χρήση ανάμεσα σε μεγάλα χρονικά διαστήματα. Στις περιπτώσεις αυτές οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είναι αντιοικονομικές και ανεξαρτήτως της χρήσης τους πρέπει να φορτίζονται κάθε δυο ή τρεις μήνες, ώστε να αναπληρώσουν την ενέργεια που χάνουν λόγω αυτο-εκφόρτισης. Από την άλλη, οι αλκαλικές είναι σίγουρο ότι κάτω από τις ίδιες συνθήκες θα κρατήσουν τουλάχιστον δύο χρόνια. Τυπικά παραδείγματα τέτοιων συσκευών με αραιή χρήση και μικρή κατανάλωση, είναι τα τηλεχειριστήρια υπέρυθρων, τα ηλεκτρονικά ρολόγια, οι ψηφιακές ζυγαριές, οι υπολογιστές τσέπης και πολλά άλλα είδη. Αντίθετα, σε συσκευές με σχετικά μεγάλη κατανάλωση ρεύματος, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είναι η καλύτερη επιλογή. Οι μόνον από την πλευρά του κόστους και της περιβαλλοντολογικής επιβάρυνσης, αλλά και γιατί τελικά διαρκούν περισσότερο από τις αντίστοιχες μπαταρίες μιας χρήσεως.

Στις αλκαλικές μπαταρίες, λόγω της υψηλής εσωτερικής τους αντίστασης, η τάση

Πίνακας 1

| Χωρητικότητα | (σε mAh) | |
|-----------------|------------------------------------|--|
| Τύπος μπαταρίας | Αλκαλίου-Μαγγανίου ξηρών στοιχείων | Νικελίου-Καδμίου επαναφορτιζόμενη μπαταρία |
| Mignon | 1500-2000 | 500-1000 |
| Baby | 5000-6000 | 1200-2500 |
| Mono | 10000-12000 | 2200-5000 |
| 9V block | 400-600 | 70-120 |

1



Σχ. 1. Σύγκριση της συμπεριφοράς εκφόρτισης κυψελών πρώτης και δεύτερης κατηγορίας. Παρά το γεγονός ότι οι κυψέλες δεύτερης κατηγορίας δεν φτάνουν την χωρητικότητα αυτών της πρώτης (στην συγκεκριμένη περίπτωση των αλκαλικών), έχουν όπως φαίνεται και από την καμπύλη, πολύ καλύτερη συμπεριφορά σε υψηλά ρεύματα.

εξόδου πέφτει πιο γρήγορα όπως φαίνεται και στο Σχ. 1. Η τάση εξόδου μιας μπαταρίας NiCd (νικελίου-καδμίου) παραμένει ουσιαστικά σταθερή καθ' όλη την διάρκεια εκφόρτισης, ακόμη και με σχετικά υψηλά ρεύματα. Η ηλεκτρική συμπεριφορά των συνηθισμένων μπαταριών άνθρακα-ψευδαργύρου σε υψηλά ρεύματα είναι ακόμη χειρότερη, ειδικά σε χρήσεις συνεχούς εκφόρτισης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, πραγματικά αξίζει τον κόπο να αντικατασταθούν με μπαταρίες NiCd μιας και οι συσκευές τελικά θα λειτουργούν σταθερά και για μεγαλύτερη διάρκεια.

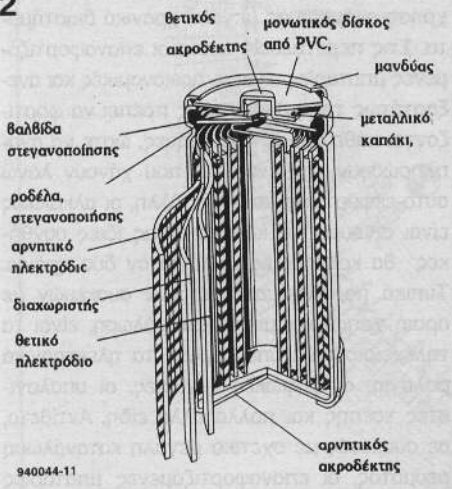
Μια σύγκριση κόστους ανάμεσα σε αλκαλικές και επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiCd μπορεί να γίνει λαμβάνοντας υπ' όψη ότι μια απλή κυψέλη NiCd επιτρέπει περίπου 1000 φορτίσεις κατά την διάρκεια της ζωής

της, οπότε μπορεί να υποκαταστήσει ούτε λίγο-ούτε πολύ περί τις 330 αλκαλικές μπαταρίες ίδιου μεγέθους. Υποθέτοντας ότι ένα απλό ραδιοφωνάκι χρησιμοποιεί τέσσερις μπαταρίες, καταλήγουμε στο συμπέρασμα, ότι χρησιμοποιώντας αντί των κανονικών μπαταριών επαναφορτιζόμενες, γλυτώνουμε πραγματικά μια μικρή περιουσία, ακόμη και αγοράζοντας τις ακριβότερες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες της αγοράς με τον πιο πολυτελή φορτιστή.

NiCd και NiMH

Όπως περιγράφεται στο Σχ. 2, η κατασκευή των κυψελών NiMH (νικελίου-μετάλλου του υδριδίου) είναι παρόμοια με αυτή των κυψελών NiCd (για την ακρίβεια, αλκαλικών κυψελών νικελίου καδμίου). Η ουσιαστική διαφορά βρίσκεται στην δομή του αρνητικού ηλεκτροδίου. Το μεταλλικό κάδμιο (φορτισμένη κατάσταση), αντικαθίσταται από ένα κράμα μετάλλου το οποίο έχει την δυνατότητα να κατακρατεί υψηλά ποσά υδρογόνου χωρίς επιπρόσθετη πίεση. Ενώ λοιπόν οι χημικές διαδικασίες στο θετικό ηλεκτρόδιο είναι οι ίδιες και στους δύο τύπους μπαταριών, τα πράγματα διαφοροποιούνται στο αρνητικό ηλεκτρόδιο. Σε μια μπαταρία NiMH τα άτομα του υδρογόνου συλλέγονται σε ένα μεταλλικό πλέγμα, όπου δημιουργούνται υδρίδια του μετάλλου ως προϊόν της φόρτισης. Ακολουθεί και κατά την διάρκεια της εκφόρτισης, τα άτομα απομακρύνονται από το πλέγμα, αφήνοντας γυμνό το μέταλλο ως προϊόν της εκφόρτισης. Στις κυψέλες NiCd, κατά την εκφόρτιση το κάδμιο μετατρέπεται σε υδροξειδίο του καδμίου. Και στους δύο τύπους κυψελών, για αποφυγή καταστροφής του πλέγματος σε περιπτώσεις υπερφόρτισης ή υπερ-εκφόρτισης χρησιμοποιείται στην κάθοδο, 'υπερμεγέθης' ηλεκτρόδιο (σε σχέση με αυτό της ανόδου). Την προηγούμενη χρονιά οι μπαταρίες

2



Σχ. 2. Οι στρογγυλές κυψέλες NiMH μοιάζουν πολύ με τις γνωστές μας κυψέλες 'UM3' NiCd. Η μόνη διαφορά είναι ότι στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, αντί για κάδμιο χρησιμοποιούνται ειδικά κράματα τα οποία έχουν την δυνατότητα να κατακρατούν υδρογόνο (χωρίς σχεδόν καθόλου επί πλέον πίεση).

Ορισμοί και ορολογία

Χωρητικότητα C

Ως χωρητικότητα C μιας μπαταρίας ορίζεται το γινόμενο του ρεύματος εκφόρτισης I επί τον χρόνο εκφόρτισης t:

$$C = I t \text{ (Ah)}$$

t = ο χρόνος από το ξεκίνημα της εκφόρτισης μέχρι την χρονική στιγμή που η τάση φτάνει την ελάχιστη τιμή της. Μονάδα: Ωρες (h)

I = Ονομαστική τιμή του σταθερού ρεύματος εκφόρτισης. Μονάδα: Ampere (A).

Ρεύματα

Τα ρεύματα φόρτισης και εκφόρτισης αναφέρονται σε σχέση με την ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας C. Για παράδειγμα, σε μια μπαταρία με ονομαστική χωρητικότητα C, 1 Ah:

$$0.1C = 100 \text{ mA}$$

$$3C = 3 \text{ A.}$$

Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης

Στις μπαταρίες NiCd, το ονομαστικό ρεύμα φόρτισης για πλήρη φόρτιση μέσα σε 14 έως 16 ώρες είναι 0.1C A.

Ονομαστικό ρεύμα εκφόρτισης

Στις μπαταρίες NiCd, το ονομαστικό ρεύμα εκφόρτισης ορίζεται το ρεύμα το οποίο εκφορτίζει την ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας μέσα σε 5 ώρες. Για παράδειγμα μια μπαταρία με ονομαστική χωρητικότητα C, 1 Ah:

$$I = C/t = 1 \text{ Ah}/5\text{h} = 0.2 \text{ A}$$

Μέτρηση ονομαστικής χωρητικότητας

Η ονομαστική χωρητικότητα C (Ah), αναφέρεται στο συνολικό ποσό ενέργειας που παρέχει η μπαταρία με ονομαστικό ρεύμα εκφόρτισης 0.2C, μέσα σε χρονική περίοδο 5 ωρών. Μια μπαταρία NiCd εκφορτίζεται στο ελάχιστο σημείο εκφόρτισης του 1.0 Volt σε θερμοκρασία 20°C +/- 5°C.

NiCd κάλυψαν περίπου το 70% της αγοράς επαναφορτιζόμενων μπαταριών, ποσοστό που αντιστοιχεί τελικά σε παραγωγή περισσότερων από 1 δισεκατομμύριο κομματιών μέσα σε ένα χρόνο. Το αντίστοιχο μερίδιο των κυψελών NiMH (η μαζική παραγωγή των οποίων ξεκίνησε πρόσφατα) ήταν μέσα στο 1993 μόλις 5%. Παρ' όλα αυτά, το μερίδιο των κυψελών NiMH αναμένεται να ανέλθει σε ποσοστό μεγαλύτερο από 40% μέσα στα επόμενα πέντε χρόνια, και η αισιόδοξη αυτή προσδοκία στηρίζεται σε κάποια πρωταρχικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η οικολογική αυτή κατηγορία μπαταριών. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

- καθόλου βαριά μέταλλα (όχι κάδμιο, μόλυβδος ή ασήμι)
- υψηλή ενεργειακή πυκνότητα (μέχρι 1.2 Ah για τις 'μινιόν' μπαταρίες (HP7/UM3))
- δεν παρουσιάζουν φαινόμενο 'μνήμης'

Στον Πίνακα 2 φαίνονται κάποια διακριτικά γνωρίσματα των κυψελών NiMH που τους δίνουν το προβάδισμα έναντι άλλων συστημάτων μπαταριών. Όλα αυτά αγνοώντας τον παράγοντα κόστος. Το μειονέκτημα του υψηλού κόστους δημιουργείται κύρια από τα κράματα που χρησιμοποιούνται στο πλέγμα συλλογής του υδρογόνου τα οποία είναι πιο ακριβά από το κάδμιο. Ακόμα και με αυτή όμως την κατάσταση, οι τιμές των μπαταριών NiMH αναμένεται να πέσουν σημαντικά μόλις αρχίσει η μαζική παραγωγή και η καθιέρωση των κυψελών του συγκεκριμένου τύπου.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα για την καθιέρωση των κυψελών NiMH είναι ότι τα χαρακτηριστικά τους είναι σχεδόν ίδια με αυτά των κυψελών NiCd. Έχουν δηλαδή αναμενόμενη χρήση 500 - 1000 κύκλων φόρτισης, ρεύμα εκφόρτισης 1.2 Volt με ουσιαστικά επίπεδη καμπύλη, τάση φόρτισης 1.55 Volt σε κάθε κυψέλη (δείτε το Σχ. 5), ρεύμα κανονικής φόρτισης το 1/10 της συνολικής χωρητικότητας με χρόνο φόρτισης 12 έως 14 ώρες και επιτρεπόμενο χρόνο υπερφόρτισης κάτω από το κανονικό ρεύμα φόρτισης περίπου 100 ώρες. Όσον αφορά την τάση, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα στην αντικατάσταση των κυψελών NiCd από κυψέλες τύπου NiMH, μιας και η καμπύλη εκφόρτισης των δεύτερων είναι σχεδόν ολόιδια με αυτή των NiCd. Παρ' όλα αυτά η χωρητικότητα των κυψελών NiMH είναι σχεδόν διπλάσια από αυτή των NiCd όπως φαίνεται και στις καμπύλες του Σχ. 3 για μπαταρίες μεγέθους 'μινιόν'. Αυτό που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην σύγκριση των δυο τύπων είναι ότι ο παράγων χωρητικότητα ίσως να μην είναι και ο πιο κρίσιμος. Η Panasonic για παράδειγμα, κυκλοφόρησε πρόσφατα μια μπαταρία NiCd μεγέθους 'μινιόν', η ονομαστική χωρητικότητά της οποίας είναι 1000 mAh, ενώ η πραγ-

Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά

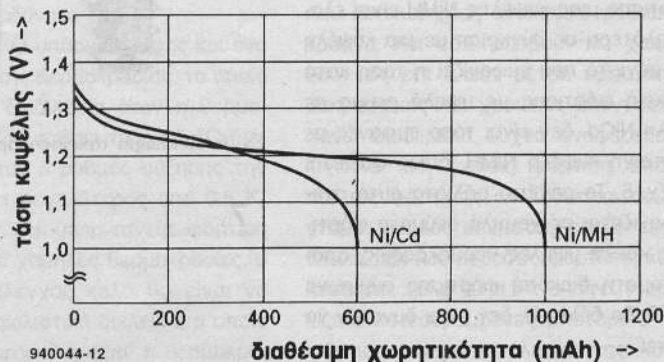
| | NiCd | Μολυβδου | NiMH | Ιόντων λιθίου |
|---------------------------|------|----------|------|---------------|
| Ενεργειακή πυκνότητα | - | - | ++ | ++ |
| Κυκλική συμπεριφορά | ++ | - | ++ | ++ |
| Αυτοεκφόρτιση | + | + | + | ++ |
| Ταχεία φόρτιση | ++ | - | + | - |
| Φορτίο με υψηλό ρεύμα | ++ | - | + | - |
| Αξιοπιστία | + | ++ | + | - |
| Κόστος | + | ++ | - | - |
| Συμβατότητα τάσης | ++ | - | ++ | — |
| Σεβασμός στο περιβάλλον | — | - | + | + |
| Σταθ/τητα τάσης εκφ/τισης | ++ | - | ++ | - |

Επεξήγηση: ++πολύ καλή

+ καλή/αποδεκτή για πολλές εφαρμογές

— ουσιαστικά μειονεκτήματα

3



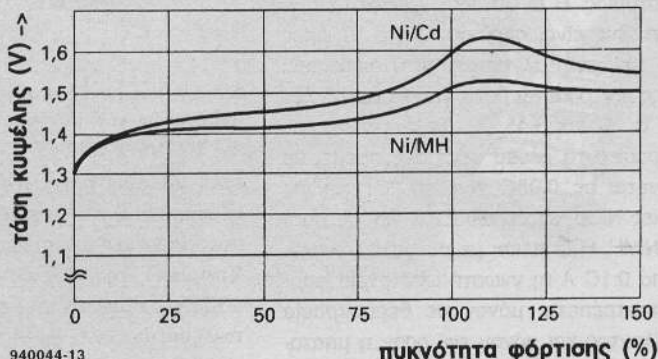
Σχ. 3. Γραφική παράσταση της τάσης εκφόρτισης σε συνάρτηση με την χωρητικότητα, σε κυψέλες NiMH και NiCd μεγέθους 'UM3'. Το ρεύμα εκφόρτισης είναι 1 A.



4

Σχ. 4. Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας NiMH είναι περίπου διπλάσια της κλασσικής NiCd. Τα αίματα όμως στην αγορά άναψαν πάλι όταν η Panasonic παρουσίασε καινούργια μπαταρία NiCd μεγέθους 'UM3', με χωρητικότητα 1000-mAh.

5

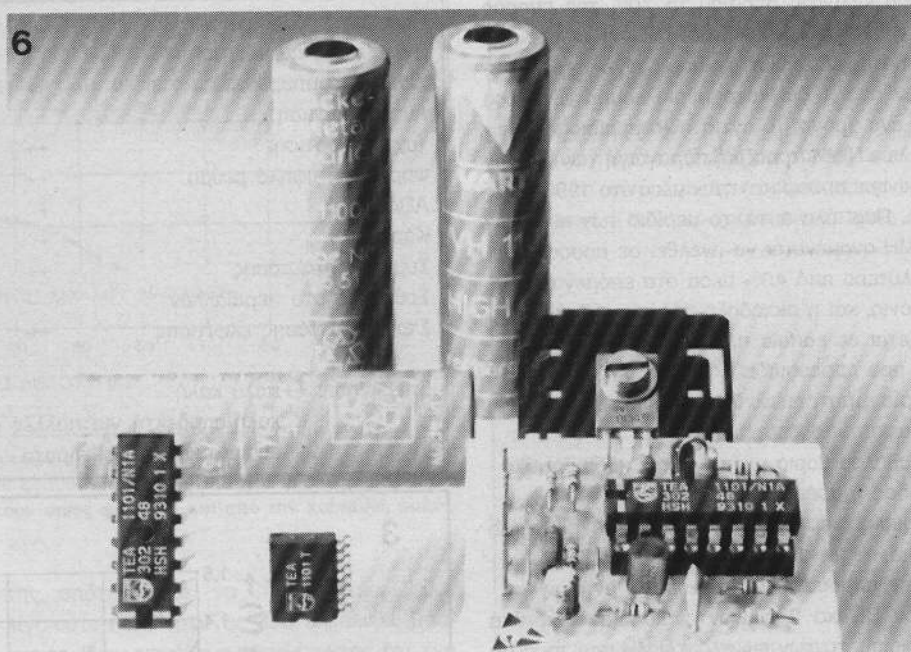


Σχ. 5. Χαρακτηριστικές καμπύλες φόρτισης μπαταριών NiCd και NiMH σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C και με ρεύμα φόρτισης 1C.

ματική της χωρητικότητα αναμένεται να ξεπεράσει την τυπική τιμή των 1100 mAh (δείτε το Σχ. 4). Η καμπύλη εκφόρτισης που βλέπουμε στο Σχ. 3 ισχύει για ρεύμα 1 A. Σε μεγαλύτερα όμως ρεύματα οι μπαταρίες NiCd υπερτερούν των μπαταριών NiMH η χωρητικότητα των οποίων πέφτει γρηγορότερα. Εκφόρτιση με ρεύματα μεγαλύτερα από 3C A (δηλ. 3 A με μπαταρία NiCd του Σχήματος 3), δεν συνίσταται σε μπαταρίες NiMH ενώ αντίθετα οι μπαταρίες NiCd δεν αντιμετωπίζουν κανένα πρόβλημα, ακόμη και με υψηλότερα ρεύματα. Ενώ λοιπόν τα χαρακτηριστικά εκφόρτισης των μπαταριών NiCd και NiMH είναι περίπου τα ίδια απέναντι σε φορτία με χαμηλά ή μεσαία ρεύματα, υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές στις χαρακτηριστικές τάσεις κατά την διάρκεια της φόρτισης. Γενικά, η τάση φόρτισης μιας κυψέλης NiMH είναι ελαφρά χαμηλότερη σε σύγκριση με μια κυψέλη NiCd. Το μέγιστο που εμφανίζει η τάση κατά την διάρκεια φόρτισης με υψηλό ρεύμα σε μια κυψέλη NiCd, δεν είναι τόσο εμφανές σε μια αντίστοιχη κυψέλη NiMH, όπως φαίνεται και στο Σχ. 5. Το μέγιστο μάλιστα αυτό σχεδόν εξαφανίζεται σε χαμηλά ρεύματα φόρτισης όπως και σε υψηλές θερμοκρασίες, οπότε η αυτόματη διακοπή φόρτισης σύμφωνα με την μέθοδο δέλτα-U, δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί.

Τεχνικές φόρτισης

Η τυπική διαδικασία φόρτισης τόσο για τις μπαταρίες NiCd όσο και για τις NiMH, συνίσταται σε φόρτιση με σταθερό ρεύμα της τάξης του 0.1C (δηλ. 1/10 της συνολικής χωρητικότητας C), όπου επιτρέπεται παρατεταμένη υπερφόρτιση μέχρι και 100 ωρών (μόνον όμως με ρεύμα 0.1 C). Παρ' όλα αυτά συνίσταται η παραμονή 'εντός των ορίων ασφαλείας', η φόρτιση δηλαδή να διακόπτεται με την βοήθεια ενός χρονοδιακόπτη κάπου στο 150% - 160% (140% για τις μπαταρίες NiCd), της ονομαστικής χωρητικότητας της μπαταρίας. Η αντίστοιχη χρονική περίοδος φόρτισης είναι περίπου 15 με 16 ώρες (NiCd : 14 ώρες). Η τυπική αυτή διαδικασία φόρτισης επιτρέπεται μόνο για θερμοκρασίες μεταξύ 0 °C και +45 °C. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το ρεύμα φόρτισης πρέπει να ελαττώνεται σε 0.05C A (T<0 °C) για τις μπαταρίες NiCd και σε 0.03C A για τις μπαταρίες NiMH. Η φόρτιση με ρεύματα μεγαλύτερα από 0.1C A (η γνωστή ως 'ταχεία φόρτιση'), επιτρέπεται μόνον σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και μόνον εφ' όσον η μπαταρία δεν υπερφορτίζεται με αυτό το ρεύμα. Όσο λιγότερο υπερφορτίζεται μια μπαταρία, τόσο περισσότερο επεκτείνεται ο χρόνος ζωής της και αυτό ισχύει και για τις δύο κατηγορίες. Για να αποφευχθεί η υπερφόρτιση, καλό



Σχ. 6. Κύκλωμα ταχείας φόρτισης για μπαταρίες NiCd και NiMH, στηριγμένο πάνω στο TEA1101

7



Σχ. 7. Ο εικονιζόμενος φορτιστής της Friwo είναι ένα παράδειγμα έξυπνου φορτιστή 1 ώρας, πολλαπλών καθκόντων. Είναι συμβατός με μπαταρίες NiCd και NiMH, εκτελεί ταχεία φόρτιση, αυτόματη εκφόρτιση, έλεγχο αρνητικού δέλτα-U, και αυτόματη διακοπή μέσω χρονοδιακόπτη.

είναι να προηγείται πλήρης εκφόρτιση της μπαταρίας, ώστε να είναι βέβαιο ότι μερικώς εκφορτισμένες μπαταρίες δεν υπόκεινται στην 'δοκιμασία' της ταχείας φόρτισης. Όταν λοιπόν έχει εξασφαλιστεί η πλήρης εκφόρτιση των μπαταριών, ένας απλός χρονοδιακόπτης είναι αρκετός για να ελέγξει τον χρόνο φόρτισης, ο οποίος δεν πρέπει να υπερβαίνει τελικά τις πέντε ώρες (με 0.3C A) ή τις τέσσερις ώρες αντίστοιχα για μπαταρίες NiCd. Για επί πλέον ασφάλεια θα μπορούσε να χρη-

σιμοποιηθεί και ένας διακόπτης θερμοκρασίας, ο οποίος θα διακόπτε την διαδικασία φόρτισης όταν η θερμοκρασία των κυψελών ξεπεράσει τους +45 °C (μέγιστο 50 °C) για μπαταρίες NiCd, και τους +55 °C (μέγιστο 60 °C) για μπαταρίες NiMH. Γενικά, η διαδικασία της φόρτισης με ρεύμα 0.3C A δεν πρέπει να πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία ξεφεύγει από την περιοχή των +10 °C έως +45 °C.

Φόρτιση με ακόμη μεγαλύτερα ρεύματα είναι δυνατή για μπαταρίες τύπου NiMH,

όπου το ρεύμα επιτρέπεται να κυμαίνεται μεταξύ 0.5 C A και -μέγιστο επιτρεπτό- 1C A. Και σε αυτή όμως την περίπτωση μην επαναπαυθείτε στον χρονοδιακόπτη, ακόμη και εάν είστε σίγουροι ότι οι μπαταρίες είναι πλήρως αποφορτισμένες. Καλό είναι να χρησιμοποιήσετε ένα ηλεκτρονικό φορτιστή μπαταριών, ο οποίος ελέγχει δύο συνθήκες για να διακόψει την διαδικασία της φόρτισης: (1) ανιχνεύει ελάττωση της τάσης φόρτισης, αφού έχει επιτευχθεί η μέγιστη τάση (αρνητικό δέλτα U), και (2) ελέγχει τον ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας των κυψελών, συγκρίνοντας την με την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή στάθμη των μπαταριών. Πρόσθετα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και ένα χρονοδιακόπτη, οποίος θα διακόψει την φόρτιση μετά από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για να είναι δυνατή η αναγνώριση του παράγοντα δέλτα-U, είναι απαραίτητο η τάση της μπαταρίας να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα (κατά την διάρκεια σύντομης διακοπής του ρεύματος φόρτισης). Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας ταχείας φόρτισης, ο φορτιστής θα πρέπει να μεταγεται σε κατάσταση συντήρησης, παρέχοντας ρεύμα φόρτισης από 0.03 μέχρι 0.05CA. Για τις μπαταρίες NiMH συνίστανται οι παρακάτω κανόνες διακοπής της διαδικασίας φόρτισης:

- θερμική διακοπή σε θερμοκρασίες <10 °C και >60 °C,
 - διακοπή βάσει παράγοντα αρνητικού δέλτα-U για ρυθμό ελάττωσης τάσης <10 mV ανά κυψέλη (NiCd: 10 έως 20 mV ανά κυψέλη),
 - διακοπή για ρυθμό αύξησης θερμοκρασίας >1 °C ανά λεπτό (NiCd: 0.5 °C ανά λεπτό).
- Φορτιστής λοιπόν που είναι σχεδιασμένος με βάση τους παραπάνω κανόνες είναι κατάλληλος για φόρτιση μπαταριών NiCd ή NiMH. Τέτοιοι είναι οι φορτιστές που φαίνονται στο Σχ. 6 και στο Σχ. 7. Με τις μπαταρίες τύπου NiMH που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, υπερταχεία φόρτιση δεν είναι δυνατή, ενώ αντιθέτως κάθε μπαταρία τύπου NiCd είναι κατάλληλη για παλμοφόρτιση με ρεύματα από 4C A έως 6C A. Μια μπαταρία δηλαδή NiCd με χωρητικότητα 1Ah, μπορεί να φορτιστεί με ρεύματα 4 έως 6 A. Σε μια τέτοια διαδικασία ο φορτιστής διακόπτεται μέσω ελέγχου της τάσης της μπαταρίας, αμέσως πριν επιτευχθεί η πλήρης φόρτιση. Με θερμοκρασία κυψέλης 20 °C, η στάθμη διακοπής είναι 1.55 Volt. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μια μεταβολή 4m Volt για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας, μεταβολή που θα πρέπει να εξισορροπηθεί από ένα αξιόπιστο σύστημα θερμοκρασιακής αντιστάθμισης. Η τάση της κυψέλης μπορεί να μετρηθεί μόνον όταν δεν υπάρχει ροή ρεύματος, και αυτό επιτυγχάνεται παρεμβάλλοντας διακοπές διάρκειας 30 έως 50 ms στην διαδικασία φόρτισης, κάθε 1.2

Πίνακας 3

| Προϊόν | NP-500H | NP-55H |
|----------------------------|-------------------|---------------|
| Τύπος μπαταρίας | ιόντων λιθίου | NiCd |
| Πλήθος κυψελών | 2 | 5 |
| Ονομαστική τάση | 7,2 Volt | 6,0 Volt |
| Χωρητικότητα | 1200 mAh | 1200 mAh |
| Αυτοεκφόρτιση 6 μήνες μετά | 30% | 60% |
| Θερμοκρασία λειτουργίας | 0 °C - 50 °C | 0 °C - 50 °C |
| Βάρος | 95 g | 143 g |
| Διαστάσεις (ΠxΥxΒ) | 38,4x20,6x70,8 mm | 45,5x18x89 mm |

δευτερόλεπτα. Όταν ανιχνευτεί κατ' επανάληψη μέσα στις παραπάνω περιόδους το μέγιστο τάσης, το σύστημα μεταγεται σε κατάσταση συντήρησης η οποία είναι συνήθως φόρτιση με πολύ αδύνατο ρεύμα.

Καλό είναι να υπάρχει επίσης και ένα κύκλωμα ελέγχου της θερμοκρασίας, το οποίο θα διακόπτει την διαδικασία όταν η θερμοκρασία των κυψελών φτάσει τους 45 °C (μέγιστο 50 °C), ή όταν ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας γίνει μεγαλύτερος από 0.5 K/λεπτό. Δεδομένου ότι υπερ-ταχεία φόρτιση δεν επιτρέπεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, ο θερμοκρασιακός έλεγχος καλό θα είναι να έχει μια ακόμη ασφαλιστική δικλείδα, η οποία δεν θα επιτρέπει φόρτιση όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερο από ένα κατώτερο όριο στην περιοχή των 10 έως 15 °C.

Πέρα από τις παραπάνω μεθόδους φόρτισης, υπάρχει μια διαδικασία γνωστή ως 'παλμοφόρτιση' στην οποία μια παράγωγος της τάσης (για παράδειγμα το ολοκλήρωμα

πρώτης τάξης της χαρακτηριστικής καμπύλης της τάσης φόρτισης), ορίζεται ως συνθήκη διακοπής της διαδικασίας φόρτισης, και παρακολουθείται από ένα μικροεπεξεργαστή που εκτελεί χρέη αναλογικό-ψηφιακού μετατροπέα. Και εδώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επί πλέον μέτρα προστασίας, θερμοκρασιακός και χρονικός έλεγχος. Η παραπάνω διαδικασία συχνά αναφέρεται και ως 'ανακλαστική' (reflex) φόρτιση, επειδή κάθε παλμός φόρτισης ακολουθείται από ένα σύντομο, υψηλού ρεύματος παλμό εκφόρτισης. Οποια πάντως μέθοδος φόρτισης και να ακολουθείτε, καλό είναι να αποφεύγετε να φορτίζετε κατεστραμμένες μπαταρίες. Η παλμοφόρτιση επιτρέπει έλεγχο της κατάστασης των κυψελών (εάν δηλ. όντως αποθηκεύουν ενέργεια ή όχι), με ένα απλό έλεγχο της τάσης στα άκρα τους μετά από μια δοκιμαστική φόρτιση. Στην περίπτωση φόρτισης περισσότερων από μιας κυψελών με πολύ υψηλά ρεύματα (χρόνος φόρτισης μικρότερος από 15



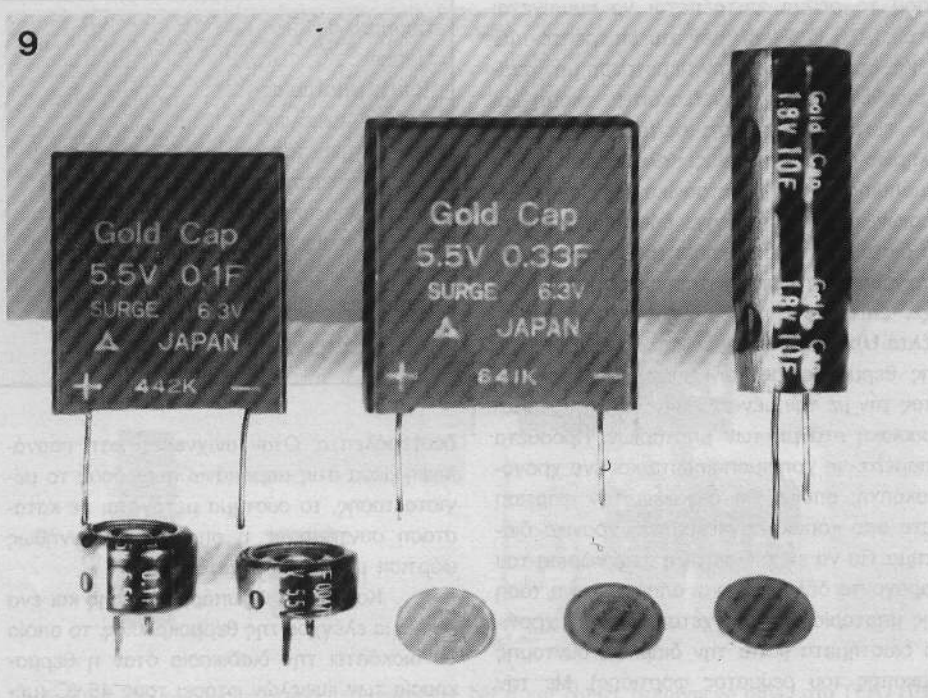
Φωτογ.9. Μπαταρίες με 6 V και 7,2 V τάση για Video των 1200 mAH σε τεχνολογία NiCd και ιόντων Λιθίου. Για σύγκριση μια αλκαλική μπαταρία των 9V.

λεπτά), καλό είναι να έχετε προσαρμόσει σε κάθε κυψέλη το δικό της αισθητήριο.

Μπαταρίες ιόντων λιθίου

Η Sony, έχει ήδη προχωρήσει (εδώ και δύο χρόνια), στην παραγωγή ελαφρών, επαναφορτιζόμενων μπαταριών ιόντων λιθίου. Στην συνέχεια, την επιλογή αυτή ακολούθησαν πολλοί κατασκευαστές, μεταξύ των οποίων οι Sony, AT&T Battery, Matsushita (Panasonic) και πρόσφατα η NEC. Στις μπαταρίες αυτού του τύπου, τα ηλεκτρόδια είναι κατασκευασμένα από μια ειδική σύνθεση λιθίου και η ενεργοποίηση τους αφορά μετακίνηση ιόντων μεταξύ των ηλεκτροδίων, ως αποτέλεσμα της φόρτισης ή εκφόρτισης τους. Χάρη στην ειδική σύνθεση του λιθίου, οι μπαταρίες του εν λόγω τύπου είναι πολύ εύκολες στην συντήρηση τους. Το χαρακτηριστικό των μπαταριών ιόντων λιθίου είναι η υψηλή απόδοση, πράγμα που τους προσφέρει μεγάλο εύρος εφαρμογών. Οι φορητές κάμερες της Sony CCD-TR1/TR3/TR8 καθώς και η σειρά SC, είναι όλες εξοπλισμένες εδώ και δύο χρόνια με τις συγκεκριμένες μπαταρίες. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου μπορούν να επαναφορτιστούν περισσότερες από 1000 φορές, και δεν παρουσιάζουν καθόλου το φαινόμενο της 'μνήμης'. Αξιοσημείωτη επίσης είναι η υψηλή ενεργειακή χωρητικότητα που παρουσιάζουν, η οποία ούτε λίγο ούτε πολύ είναι τριπλάσια αυτής των κλασικών μπαταριών NiCd. Και αν συγκρίνουμε επί ακριβώς το βάρος των δύο τύπων μπαταριών, και εδώ υπάρχει μεγάλη διαφορά υπέρ των μπαταριών λιθίου. Ένα άλλο θετικό χαρακτηριστικό στοιχείο των μπαταριών ιόντων λιθίου είναι η αντοχή τους στην υπερφόρτιση. Τα ασύρματα τηλέφωνα π.χ. που σχεδόν φορτίζονται συνεχώς βρισκόμενα στην βάση τους, δεν παρουσιάζουν κανένα πρόβλημα όταν οι μπαταρίες που χρησιμοποιούν είναι τύπου ιόντων λιθίου, ενώ αντίθετως πολλές μπαταρίες NiCd, έχουν 'παραδώσει το πνεύμα' μέσα σε λίγους μόλις μήνες. Το ποσοστό αυτοεκφόρτισης των νέων αυτών μπαταριών είναι 50 % λιγότερο από αυτό των μπαταριών NiCd ή NiMH, πράγμα το οποίο αυτόματα μεταφράζεται σε μεγαλύτερο χρόνο αποθήκευσης της ενέργειας. Το ελάττωμα των συγκεκριμένων μπαταριών είναι ότι έχουν υψηλή τάση κυψέλης (3.6 Volt), και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συσκευές ως αντικαταστάτες των μπαταριών NiCd ή NiMH. Ο κύριος λοιπόν χώρος εφαρμογής που τους απομένει είναι σε συσκευασίες όπου μια μπαταρία ιόντων λιθίου αντικαθιστά τρεις κυψέλες NiCd. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται μια σύγκριση των χαρακτηριστικών μιας μπαταρίας video ιόντων λιθίου και μιας NiCd ίδιας χωρητικότητας.

Λόγω της φύσης των πρώτων υλών



Σχ. 9. Οι GoldCap και οι διάδοχοι τους PowerCap δείχνουν έτοιμοι να αντικαταστήσουν τις κλασικές μπαταρίες σε πολλές εφαρμογές. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η τελείως απλή συμπεριφορά φόρτισης/εκφόρτισης, η μεγάλη ζωή τους (περισσότερες από 100000 επαναφορτίσεις) και η ικανότητα τους να δίνουν στιγμιαία πάρα πολύ υψηλά ρεύματα.

που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των μπαταριών ιόντων λιθίου, η απόσυρση τους μπορεί να γίνει εν είδη χημικών αποβλήτων, χωρίς όμως ιδιαίτερα προβλήματα. Παρ' ότι οι μπαταρίες αυτού του τύπου είναι οικολογικά 'αβλαβείς', καλό είναι να ακολουθείται μια σωστή τυποποιημένη ανακύκλωση.

Πέρα από αυτή καθ' εαυτή την τάση της κυψέλης, διαφέρει σημαντικά και η τάση εκφόρτισης των συγκεκριμένων μπαταριών από τις NiCd ή NiMH. Όσο αδειάζει η μπαταρία, η τάση στα άκρα της πέφτει βαθμιαία, όπως σχεδόν μιας μπαταρίας 'ξηρών στοιχείων'. Η πτώση αυτή της τάσης δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα, ιδιαίτερα όταν η σχετική υψηλή τάση των κυψελών επιτρέπει την χρήση παλμοσταθεροποιητών στις εφαρμογές της. Η συγκεκριμένη μάλιστα πτώση τάσης, η οποία είναι ανάλογη του απορροφούμενου από την μπαταρία ρεύματος, επιτρέπει γρήγορο και εύκολο έλεγχο της κατάστασης της μπαταρίας. Καταλήγουμε λοιπόν ότι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι ιδανικές για χρήση σε μετακινούμενες συσκευές, διότι επιτρέπουν ακριβή προγραμματισμό στην χρήση της μπαταρίας, χωρίς να είναι απαραίτητες περιττές επαναφορτίσεις. Παρέχουν επίσης την δυνατότητα άμεσου διάγνωσης της κατάστασης στην οποία βρίσκεται μια μπαταρία η οποία έχει μείνει σε αχρηστία για πολύ καιρό, πράγμα που ουσιαστικά είναι αδύνατο με τις μπαταρίες NiCd.

Πυκνωτές αντί για μπαταρίες

Στην δεκαετία του '70 αναπτύχθηκε από την Matsushita ο πυκνωτής διπλής επίστρωσης GoldCap, ο οποίος παρουσιάζει πολύ μεγάλη χωρητικότητα (στην κλίμακα των farad). Ο πυκνωτής αυτός κατατάσσεται όσον αφορά τα ηλεκτρικά του χαρακτηριστικά, κάπου μεταξύ ηλεκτρολυτικού πυκνωτή αλουμινίου και μπαταρίας. Το κύριο μειονέκτημα του GoldCap που είναι το χαμηλό ρεύμα που παρέχει σε (σχέση με τις μπαταρίες NiCd), αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι πρόκειται περί μιας μονάδας με μεγάλη διάρκεια ζωής, που εμφανίζει αντοχή στο βραχυκύκλωμα και φορτίζει πολύ γρήγορα. Στην πραγματικότητα δεν χρειάζεται φορτιστής -ούτε καν αντίσταση σε σειρά- μιας και η υψηλή εσωτερική του αντίσταση περιορίζει το ρεύμα φόρτισης σε αποδεκτά (υψηλά) επίπεδα. Φαινόμενο μνήμης προφανώς δεν υπάρχει και η μονάδα είναι καθαρή από δύσκολα υλικά όπως είναι τα βαριά μέταλλα, που είναι δύσκολο να ανακυκλωθούν και αποτελούν και απειλή προς το περιβάλλον.

Χάρη στα θετικά χαρακτηριστικά τους, οι μπαταρίες GoldCap έχουν βρει μεγάλο πεδίο εφαρμογών, όπως σαν back-up μπαταρίες σε video, τηλέφωνα ή υπολογιστές. Χρησιμοποιούνται επίσης σαν υποκατάστατα μπαταριών σε φώτα ποδηλάτων, σε ηλιακά ρολόγια και υπολογιστές, καθώς και σε ηλεκτρικές οδοντόβουρτσες και ξυριστικές μηχανές. Η αιχμή του τεχνολογικού δόρατος στον συγκεκριμένο τομέα είναι η PowerCap. Βασίζο-

μενη στην τεχνολογία των 'υπερ-πυκνωτών', η μονάδα αυτή προσφέρει ακόμη μεγαλύτερη χωρητικότητα σε σχέση με την GoldCap (τυπικές τιμές είναι μεταξύ 470 και 1500 farad στα 3 Volt). Μια τυπική εφαρμογή του συγκεκριμένου τύπου, είναι η χρήση του σε ένα 12-βολτο σύστημα μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων, όπου θερμαίνει τον καταλύτη στους 800 °C μέσα σε 10 περίπου δευτερόλεπτα. Στην συνέχεια η PowerCap επαναφορτίζεται μέσα σε χρονικό διάστημα 40 δευτερολέπτων με ρεύμα 150 A. Το πλεονέκτημα απέναντι σε απ' ευθείας φόρτιση από την μπαταρία του αυτοκινήτου είναι ότι με αυτό τον τρόπο έχουμε μια ισχυρή πηγή ενέργειας, ακριβώς για όσο μας χρειάζεται. Παρόμοια, οι PowerCap μπορούν να εξυπηρετήσουν τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα, παρέχοντας στιγμιαία υψηλά ρεύματα όταν αυτά ξαφνικά απαιτούνται (π.χ. κατά την επιτάχυνση), και οι κλασικές μπαταρίες μολύβδου δυσκολεύονται να ανταποκριθούν. Η ανάπτυξη και χρήση νέων υλικών στα ηλεκτρόδια, στοχεύει σε ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας των PowerCap. Η ουσία βέβαια είναι να μπορέσουν οι PowerCap να αντικαταστήσουν πλήρως τις κλασικές μπαταρίες μολύβδου. Για προφανείς λόγους, η βιομηχανία αυτοκινήτων έχει δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών.

Μπαταρίες του μέλλοντος

Εδώ και αρκετό καιρό, αρκετοί κατασκευαστές μεταξύ των οποίων η Varta και η BASF, δουλεύουν συστηματικά σε ένα νέο τύπο μπα-

ταρίας, την ονομαζόμενη 'πολυμερή' μπαταρία, στην οποία το θετικό ηλεκτρόδιο σχηματίζεται από ένα πολυμερές φύλλο. Συγκεκριμένα έχουν αναπτυχθεί κυψέλες, στις οποίες χρησιμοποιείται ένα αγωγίμο πολυμερές ονομαζόμενο 'πολυπυρρόλιο'. Το πολυμερές αυτό υπόσχεται πολλά για το μέλλον, μιας και αποδείχτηκε ότι όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ηλεκτρόδια λιθίου και οργανικό καταλύτη, δίνει αποτελέσματα συγκρίσιμα με αυτά μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου. Δεδομένου μάλιστα ότι ηλεκτρόδια και ηλεκτρολύτης είναι σε επίπεδη στρογγυλή μορφή, φτάνουμε στο σημείο να μιλάμε για μπαταρίες μεγέθους 'γραμματόσημου'. Εν τω μεταξύ οι ερευνητές στις Ηνωμένες Πολιτείες, έχουν προχωρήσει στην ανάπτυξη επαναφορτιζόμενων συστημάτων αερίου-ψευδαργύρου. Η εταιρία κατασκευής φορητών υπολογιστών Zenith Data Systems για παράδειγμα, ανακοίνωσε την συνεργασία της με την AER Energy Resources, στην ανάπτυξη μιας μπαταρίας η οποία όπως αναμένουν θα έχει την δυνατότητα να τροφοδοτεί ένα φορητό υπολογιστή για 10 έως 20 ώρες, με μια μόνον φόρτιση. Όπως μάλιστα ισχυρίζονται, η ενεργειακή πυκνότητα τη μπαταρίας αυτής θα είναι δύο έως τέσσερις φορές μεγαλύτερη αυτής των μπαταριών τύπου NiMH. Μια άλλη εξέλιξη η οποία υπόσχεται πολλά στον τομέα διαχείρισης περισσότερο των μπαταριών, είναι η τεχνολογία ενσωμάτωσης μικροελεγκτών μέσα στις μπαταρίες. Η 'έξυπνη μπαταρία' που αναπτύσσεται πάνω στον τύπο NiMH, θα έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί με τον επεξεργα-

στή μέσω διαύλου, με στόχο περισσότερες ώρες λειτουργίας και βέλτιστη χρήση της διαθέσιμης χωρητικότητας. Πέραν τούτου η έξυπνη μπαταρία θα μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες όσον αφορά την κατάσταση της, σε ένα αντίστοιχα έξυπνο φορτιστή, ο οποίος θα αντιδρά με ορθότερη, ανάλογα με την κατάσταση της, φόρτιση. Το βασικό σκεπτικό πίσω από την ανάπτυξη έξυπνων μπαταριών είναι η αναζήτηση ενός τρόπου αντιμετώπισης του τεράστιου πλήθους τύπων μπαταριών που έκαναν την εμφάνιση τους μαζί με τα κινητά τηλέφωνα και τους φορητούς υπολογιστές. Η Intel σε συνεννόηση με την Duracell, ανέπτυξαν διστακτικά στην αρχή, ένα πρότυπο όσον αφορά τις μπαταρίες στα κινητά τηλέφωνα και τους φορητούς υπολογιστές, το οποίο όμως στην συνέχεια έγινε ευρύτερα αποδεκτό από το σύνολο των κατασκευαστών των αντίστοιχων χώρων. Μερικοί από αυτούς που το ακολούθησαν είναι οι: Phoenix Technologies (ναι, οι γνωστοί ειδήμονες των PC-BIOS), Maxim, VLSI Technologies και βέβαια η Intel. Οι προδιαγραφές για έλεγχο των μπαταριών περιλαμβάνουν ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας ονομαζόμενο SDB (smart battery standard) και ένα SMBus (το οποίο δίνει πρόσβαση στο σύστημα διαχείρισης ισχύος. Όπως μπορείτε να δείτε, το μέλλον των μπαταριών μόλις ξεκίνησε! Για περισσότερες λεπτομέρειες:

Battery reference book, to T.R. Crompton, Εκδοτικός οίκος Butterworths ISBN 0-408-00790-7.