

FORMULE DA UTILIZZARE DURANTE UN PROCESSO DI CARICA/SCARICA PER UN PACCO BATTERIA AL NiCd O NiMH

Attenzione: Tale documento deve essere copiato solo per fini privati e non divulgato o venduto a terzi in quanto protetto dalla copyright di RCM.

INDICE

Prefazione	pag. 2
Cap. 1 CARATTERISTICHE DI UN PACCO BATTERIA AL NiCd ED AL NiMH.....	pag. 3
Cap. 2 L'AUTOSCARICA DI UN PACCO BATTERIA.....	pag. 4
Cap. 3 COME RICARICARE LE BATTERIE AL PIOMBO, Pb.....	pag. 6
Cap. 4 CARICABATTERIA E SISTEMI A TEMPI.....	pag. 6
Cap. 5 CALCOLO DEL TEMPO DI RICARICA.....	pag. 8
Cap. 6 CARICABATTERIA CON CONTROLLO DELLA TENSIONE DEL PACCO.....	pag. 9
- 6.1 CONTROLLO LINEARE.....	pag. 9
- 6.2 CONTROLLO DEL DELTA PEAK.....	pag. 9
Cap. 7 CARICABATTERIA CON CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DEL PACCO.....	pag. 10
- 7.1 A CORRENTE COSTANTE.....	pag. 10
- 7.2 A CORRENTE IMPULSIVA.....	pag. 10
- 7.3 A CORRENTE VARIABILE.....	pag. 10

PREMESSA

Tra gli anni '70 ed '80 abbiamo cominciato a renderci conto che le batterie al NiCd avevano una certa personalità. Perché potessero dare il loro massimo, le batterie esigevano di essere trattate in un certo modo e, con il tempo, avevamo capito qual'era il loro carattere.

Un paio d'anni fa l'introduzione delle 3000 NiMh ha rimesso di nuovo in moto la faccenda, ed abbiamo dovuto ricominciare tutto da capo. Le NiCd si erano trasformate e modificate molte volte nel tempo, ma erano comunque sempre rimaste delle NiCd fino al giorno che le NiMh hanno annullato tutto quello che avevamo faticosamente acquisito ed abbiamo dovuto ricominciare da zero.

Cerchiamo allora di vedere da vicino che carattere hanno e come vogliono essere trattate queste NiMh.

Intanto vediamo a quanti Ampere dobbiamo caricarle: il consiglio è di star bassi, 3 e 5 A è il miglior range, tenendo ovviamente conto, che, per un uso competitivo e quindi esasperato, dovremo considerare 5 A che è al limite del consigliato, ma comunque sicuro. Superando questo limite non si incorre in alcun beneficio della carica se non quelle di bruciarle.

Passando al tipo di caricabatteria che conviene usare, dobbiamo premettere che dovremo usare molta attenzione se non usiamo un sofisticato alimentatore espressamente progettato per le NiMh. Ovvero, forse scorrette ma intuibili, le "vecchie" NiCd avevano bisogno di ricevere una *botta* con voltaggio superiore al termine della loro carica, mentre, le NiMh hanno una forma di *digestione* molto più lineare. Questo vuol dire che quando hanno raggiunto la loro piena capacità hanno bisogno di un voltaggio inferiore delle precedenti. Pertanto, un alimentatore per le NiCd, tra i meno costosi e senza regolazione di picco, farà fatica a capire quando il nostro pacco NiMh sarà completamente carico ed avrà la tendenza a caricarle troppo. Quindi teniamole costantemente sotto monitoraggio e verifichiamo con un tester la loro tensione per capire quando sono prossime alla loro carica massima e vigiliamo sulla loro temperatura. Appena cominciano ad essere calde, e questo succede abbastanza in fretta quando raggiungono la carica massima, togliamole dall'alimentatore: le batterie potrebbero bruciarsi facilmente.

Se possediamo un caricabatteria con il controllo del picco regolabile, le cose sono più facili: regoliamolo da 0,02 a 0,03 (per tutto il pacco) e, quando ci avverte, spegniamo il caricabatteria. Ricordiamoci anche che la temperatura delle NiMh è leggermente superiore alle NiCd: al picco la loro temperatura dovrebbe essere tra i 40° e 45°C rispetto ai 35°-37°C delle NiCd.

Un'altra importante differenza consiste nel metodo di ricarica. Diremo semplicisticamente che le NiCd gradiscono fluttuazioni di carica, mentre le NiMh amano una carica lineare. Quindi, se il nostro alimentatore prevede la scelta, usiamola.

Va anche detto che la carica lineare è da considerarsi come default anche nei caricabatteria più sofisticati e l'unica disponibile in quelli meno costosi. Infine, le NiMh si mostrano permissive e non si offendono troppo con le cariche fluttuanti. Sembrano invece offendersi notevolmente se gli viene applicata la carica di mantenimento. Mentre, è molto utile con le NiCd.

Il pacco deve stare in condizione di massima carica soltanto lo stretto tempo necessario. L'ideale sarebbe, se la gara parte tra 45 minuti, mettere subito sotto carica il pacco e staccarlo un minuto prima della partenza. Questo però non ci lascia alcun margine di errore (e possono essere tanti). Quindi cerchiamo di iniziare l'operazione un'oretta prima della gara: avremo 40-45 minuti per la carica ed un quarto d'ora di comporto per rimediare ad una carica sbagliata. Se tutto va bene, subito prima di mettere la macchina in pista, daremo un altro breve ciclo di carica ed il nostro pacco sarà al meglio del suo rendimento.

Inoltre, se le batterie sono state ferme per una settimana, daranno il loro meglio al secondo o terzo ciclo di ricarica. Quindi regolatevi di conseguenza ricordando che dovrete almeno lasciarle raffreddare completamente prima di rifarlo.

Infine, diremo che una condizione nettamente a favore delle NiMh è quella della scarica: sembra che non se ne preoccupino molto. Non hanno lo stesso effetto memoria delle NiCd e quindi è molto meno importante seguire pedestramente la routine di scarica.

Ora analizziamo in modo più approfondito, tutto ciò che finora abbiamo scritto.

1. CARATTERISTICHE DI UN PACCO BATTERIA AL NiCd ED AL NiMH

Le attuali batteria al NiCd si dividono in due categorie, Normali e Sinterizzate.

1. **Normali**: un efficace processo di ricarica garantisce una lunga vita ai nostri accumulatori (circa 700 - 1000 cicli di carica/scarica) e per ricaricarli correttamente occorre fornirgli una

corrente continua o impulsiva pari ad $\frac{1}{10}$ della loro capacità nominale (Teorema di S. W.

Severs), inoltre non sopportano cariche rapide. Le batterie al NiCd Normali sono quelle che solitamente si trovano in commercio.

2. **Sinterizzate**: sono progettate per sopportare, oltre alla carica normale, dei cicli di carica rapida; in pratica, potete ricaricarle anche in un ora con una corrente uguale o superiore alla loro corrente nominale. Tuttavia, bisogna tener presente che utilizzare un ciclo di carica rapido induce una riduzione del 40% della vita normale del pacco batteria. Diciamo, che questo processo è da preferirsi a quello lento, quando non ne potete fare a meno.

Un'altra caratteristica delle batterie al NiCd è l'effetto memoria. Se prendiamo un elemento da 1,2 Volt/500 mAh e con esso alimentiamo, per esempio, una calcolatrice che consuma 50mAh, la stessa potrà funzionare ininterrottamente per 10 h, infatti $500 : 50 = 10$.

Se però dopo 5 ore togliamo la batteria e la ricarichiamo e questa operazione la facciamo per un paio di volte, si produce un fenomeno a cui diamo il nome di *effetto memoria* (lazy battery), vedi fig. 1.



Figura 1

Effetto memoria di una batteria.

Se una batteria viene ripetutamente caricata prima che sia completamente scarica, essa dimentica di avere ulteriore capacità energetica in aggiunta a quella fino a quel momento erogata. In altre parole, se partendo da una batteria completamente carica si utilizza solo il 70% della sua capacità energetica e successivamente si passa alla ricarica, il dispositivo elettrochimico diventa inconsapevole del 30% di potenzialità energetica rimasta che diventa, quindi, inutilizzabile. Questo fenomeno si riscontra generalmente nelle batterie NiCd solamente in alcune applicazioni modellistiche.

Non bisogna confondere questo, l'effetto memoria, con uno più comune e simile, chiamato abbassamento di potenziale di scarica, che può facilmente e usualmente verificarsi nelle batterie NiCd e in quelle NiMH.

Nelle prime l'abbassamento del potenziale di scarica è dovuto alla crescita delle dimensioni dei cristalli di cadmio, vedi fig. 1. Il materiale che forma gli elettrodi è costituito da cristalli di piccole dimensioni; fin tanto che questi cristalli rimangono di dimensioni ridotte, le celle elettrochimiche funzionano in modo appropriato. Quando si ha crescita delle dimensioni ha luogo la drastica riduzione dell'area superficiale dei materiali elettronici, con conseguente diminuzione di voltaggio e quindi delle prestazioni del dispositivo elettrochimico. Qualora i cristalli crescano eccessivamente è possibile che i loro spigoli possano penetrare attraverso il separatore (solitamente di cartone chimico) e cortocircuitare i due elettrodi; in queste condizioni si può verificare un'autoscarica della batteria.

L'effetto della crescita delle dimensioni dei cristalli è più pronunciato se la batteria viene lasciata sotto carica per giorni, o viene ripetutamente scaricata in maniera incompleta. Per evitare quest'effetto bisogna ciclare (caricare e scaricare) completamente la batteria almeno una volta ogni due o tre settimane.

Stesso fenomeno di crescita (autocrescita) delle dimensioni dei cristalli ha luogo anche se la batteria non viene usata per lungo tempo. In questo caso per ripristinare le caratteristiche iniziali è necessario un lento e profondo processo di scarica in grado di rimuovere completamente l'energia rimasta nella cella elettrochimica.

Nelle batterie NiMH l'abbassamento di potenziale di scarica si origina a seguito di un processo di sovraccarica che modifica la struttura cristallina dell'idrossido di nichel (NiOH) dalla forma beta a quella gamma; quest'ultima ha un potenziale d'elettrodo di circa 50 mV inferiore alla forma beta. Anche in questo tipo di batterie il fenomeno può essere rimosso con un processo di completa carica e scarica del dispositivo elettrochimico.

La più recente tecnologia sembrerebbe avere virtualmente eliminato questo problema; alcuni produttori dichiarano ogni assenza di qualunque effetto "memoria" nelle batterie NiMH.

Inoltre, è opportuno chiarire il perché, dal punto di vista tecnico-elettronico, il sistema di scarica con la lampadina danneggia irreversibilmente le batterie.

Una pacco-batteria (chiamato anche power pack) al NiCd è da ritenersi scarico quando, misurando la sua tensione tra i poli + e -, risulta essere di circa:

$$V_{0, NiCr} = 0,70 \times N^{\circ} \text{ elementi} \quad [\text{Volt}] \quad (1)$$

Una pacco-batteria al NiMH è da ritenersi scarico quando, misurando la sua tensione tra i poli + e -, risulta essere di circa:

$$V_{0, NiMH} = 1,01 \times N^{\circ} \text{ elementi} \quad [\text{Volt}] \quad (2)$$

Il sistema della lampadina non tiene conto di questo, di conseguenza fa scendere la tensione a zero o quasi. In queste condizioni si verifica, all'interno di uno o più elementi, un corto circuito irreversibile, con conseguente danneggiamento del pacco stesso (basta un elemento danneggiato).

Oltre alla corrente costante è necessario fornire agli elementi, anche un'adeguata tensione V di alimentazione, solitamente pari a:

$$V = (0,8 \div 1,3) \times N^{\circ} \text{ elementi} \quad [\text{Volt}] \quad (3)$$

E' consigliabile scaricare i pacchi batteria ogni 2-3 cicli di ricarica fino a portare la tensione interna V_0 ad un valore pari alla (1) o (2), in ogni caso mai sotto gli 0,80 V per elemento (es. pacco da 4 elementi (4,8 Volt) va scaricato fino a 4,04 Volt). Non scaricate mai i vostri pacchi fino a 0,00 Volt, rischiereste solamente di danneggiare qualche elemento rendendo il pacco inutilizzabile.

Osservazione 1: Per quanto riguarda la corrente di carica per i pacchi batteria al NiMH, continua a valere il Teorema di S.W. Severs anche se approssimativamente.

2. L'AUTOSCARICA DI UN PACCO BATTERIA

L'autoscarica è un fenomeno naturale presente in qualsiasi tipo di batteria. Non è dovuto a difetti di fabbricazione, e si presenta in modo più o meno accentuato a seconda dell'anzianità delle batterie e della temperatura: con l'aumentare della temperatura l'autoscarica aumenta. Sia le NiMH che le NiCd hanno una proprietà di autoscarica piuttosto elevate. Le NiCd perdono circa il 10 % della loro capacità entro le 24 ore dopodiché l'autoscarica si attesta intorno al 10-20% / mese: le NiMH hanno un'autoscarica 1,5 volte quella delle NiCd.

Nella tabella che segue sono riportate le specifiche più interessanti fra i due power-pack presi in esame.

Tab. 1

	NiCd	NiMh
Densità di Energia (Wh/Kg)	45-80	60-120
Longevità (Numero di cicli)	1500	Da 300 a 500
Tempo per "carica rapida"	1 ora (tipica)	2 ÷ 4 ore
Tolleranza alla sovraccarica	Moderata	Bassa
Autoscarica / mese	20 %	30 %
Corrente del carico:		
Di picco:	20 x Capacità	5 x Capacità
Suggerito:	≤ 1 x Capacità	≤ 0.5 x Capacità
Temperatura di funzionamento	- 40°C ÷ +60°C	- 20°C ÷ +60°C
Costo / ciclo €	0.04	0.12

Tab. 2 Batterie al Nickel Cadmio (NiCd)

Vantaggi	<p>Carica semplice e veloce, anche dopo una conservazione prolungata.</p> <p>Elevato numero di cicli di carica/scarica (se periodicamente scaricate con "manutenzione"): il numero dei cicli possono essere oltre 1000.</p> <p>Tollerano correnti di scarica elevate</p> <p>Possibilità di carica e funzionamento garantito anche a basse temperature (fino a - 40°C), ricordatevelo se andate a correre il trofeo "pinguino d'oro" in Alaska...:-)</p> <p>Elevata possibilità di conservazione (possono essere conservate per lungo tempo senza rovinarsi anche in condizione "scariche").</p> <p>Buona tolleranza alle "cariche selvagge" - Le NiCd sono forse la categoria di batterie ricaricabili più robuste.</p> <p>Economiche – Le NiCd hanno un basso costo per ciclo</p>
Limitazioni e svantaggi	<p>Relativamente bassa densità di energia</p> <p>Effetto "memoria" – Le NiCd devono essere periodicamente</p>

	<p>scaricare per prevenire l'effetto "memoria"</p> <p>Inquinanti : Le NiCd contengono metalli tossici</p> <p>Hanno una "autoscarica" che non consente di conservarle cariche per lungo tempo</p>
--	--

Tab. 3 Batterie al Nickel Metal Idrato (NiMH)

Vantaggi	<p>Dal 30 al 40 % superiori in termini di densità d'energia: pesano meno delle NiCd a parità di capacità. Hanno energia leggera...e quindi il modello pesa meno.</p> <p>Effetto memoria quasi inesistente: richiedono cicli di scarica completa meno frequentemente.</p> <p>Sono poco inquinanti: contengono sostanze poco tossiche e sono quindi meno dannose per l'ambiente.</p>
Limitazioni e svantaggi	<p>Vita limitata – specie se "trattate male", le prestazioni cominciano a degradare dopo 200 ÷ 300 cicli. E' preferibile non sfruttare mai la loro capacità massima se gli si vuole allungare la vita.</p> <p>Non tollera le elevate correnti di scarica. Anche se le NiMH sono in grado di fornire elevate correnti di scarica, l'utilizzo ripetuto in queste condizioni riduce la vita in termini di cicli. Le correnti di scarica ottimali sono da 0.2 a 0.5 x C (da 1/5 ad 1/2 della capacità nominale): quindi se abbiamo delle 1000 mAH verifichiamo che l'assorbimento massimo dei servi e radio non raggiunga i 500 mA.</p> <p>Tipologia di carica più complicata rispetto alle NiCd. Le NiMH, durante la carica generano maggior quantità di calore ed il tempo di carica è tipicamente più lungo delle NiCd. La carica deve essere controllata accuratamente e richiede caricatori più complicati delle NiCd.</p> <p>Elevata autoscarica, hanno circa il 50% di maggiore autoscarica rispetto alle NiCd. Non pensiamo di conservarle cariche a lungo</p> <p>Maggiore criticità di conservazione. Le NiMh dovrebbero non essere conservate in luoghi con temperature elevate. Conservarle in luogo fresco con uno stato di carica residua.</p> <p>Anche se l'effetto memoria è minore delle NiCd, saltuariamente vanno comunque mantenute con cicli di scarica.</p> <p>Le NiMH sono più costose delle NiCd.</p>

Osservazione 2: Queste informazioni sono adatte a tutti i tipi di accumulatori al NiCd, ma per alcuni particolari tipi di elementi, tipo le Sanyo a carica/scarica rapida per motori elettrici, esistono particolari procedure di carica/scarica che permettono di ottenere un miglior rendimento complessivo della cella.

3. COME RICARICARE LE BATTERIE AL PIOMBO, Pb

A differenza delle batterie al NiCd, le batterie al piombo, si ricaricano a tensione costante e non a corrente costante, inoltre per i piccoli accumulatori al piombo sigillati, chiamati comunemente piombo gel, vedi fig. 2, che usiamo abitualmente nelle nostre cassette di avviamento è necessario anche limitare la corrente altrimenti la batteria rischia di spaccarsi a causa dell'eccessiva quantità di gas formato durante la ricarica.



Figura 2

Batteria al Piombo-gel.

Vediamo ora quali sono le caratteristiche degli apparecchi in commercio, per la ricarica degli accumulatori NiCd e NiMh:

4. CARICABATTERIA E SISTEMI A TEMPI

E' un tipo di caricabatteria, vedi fig. 3, molto semplice, dove la ricarica è controllata semplicemente da un timer meccanico o elettronico, senza quindi nessun controllo del pacco, che dopo un certo tempo interrompe il flusso della corrente.



Figura 3

Caricabatteria a tempo semplice.

Con questo sistema non si può essere perfettamente sicuri che il pacco sia stato ricaricato al 100%, infatti quando si caricano i pacchi con forti correnti se il tempo è troppo lungo c'è il rischio che le batterie si danneggino o addirittura esplodano, mentre se il tempo è corto non si può essere sicuri che siano completamente cariche.

Mentre il sistema a tempo determinato, vedi fig. 3, funziona invece benissimo con le ricariche lente (1/10 della capacità), infatti anche se impostiamo una corrente leggermente maggiore o un tempo più lungo non succede nulla perché la corrente in più viene facilmente dissipata in calore.



Figura 4

Caricabatteria a tempo determinato.

5. CALCOLO DEL TEMPO DI RICARICA

Si disponga di un alimentatore a tempo semplice (assenza del delta peak, vedi par. 6) ed indicando con C_{npb} la corrente nominale (misurata in mAh) del pacco batteria, vedi fig. 5, con C_a la corrente di uscita dall'alimentatore (misurata in mAh), vedi fig. 6,



Figura 5

Corrente nominale di un pacco batteria, C_{npb} .



Figura 6

Corrente di uscita dell'alimentatore, C_a .

allora il tempo di carica del pacco batteria (al NiCd o al NiMH), T_C , si ricava dalla seguente relazione:

$$T_C = 1,438 \cdot \frac{C_{npb}}{C_a} \cdot e^{-0,268 \cdot \frac{C_{npb}}{C_a}} \quad [\text{h}] \quad (4)$$

Dove la funzione:

$$C_e = 1,438 \cdot e^{-0,268 \cdot \frac{C_{npb}}{C_a}} \quad [\text{adim}] \quad (5)$$

Prende il nome di Coefficiente di Efficienza dello stato di carica di un pacco batteria del tipo power-pack. Tuttavia, rispettando il teorema di S.W. Severs la relazione (5) assume il valore costante di $C_e = 1,400$, ovvero:

$$T_C = 1,4 \cdot \frac{C_{npb}}{C_a} \quad [\text{h}] \quad (6)$$

Osservazione 2: Le relazioni (4) e (6) sono da intendersi con un pacco batteria completamente scarico, ovvero che soddisfi la relazione (1).

6. CARICABATTERIA CON CONTROLLO DELLA TENSIONE DEL PACCO

Ce ne sono di 2 tipi, a semplice con controllo lineare e a Delta Peak.

6.1. CONTROLLO LINEARE

Durante la ricarica, la tensione del pacco viene continuamente monitorata, fino a quando, al raggiungimento di una determinata tensione, la ricarica viene interrotta. Anche con questo sistema la ricarica non è garantita al 100%, infatti la tensione del pacco non varia solo con il suo stato di carica ma dipende anche dalla corrente fornita per la ricarica, ciò obbliga a impostare un valore di soglia di tipo medio, che se troppo alto, può rischiare di danneggiare le celle, specialmente quando carichiamo con forti correnti.

E' un sistema che può andare bene per cariche lente ma può essere un rischio nelle cariche veloci.

6.2. CONTROLLO DEL DELTA PEAK

Il Delta Peak è probabilmente il miglior sistema per essere sicuri di raggiungere la piena carica del pacco, vediamo come funziona. Durante la ricarica, con elevata corrente, la tensione del pacco sale in maniera continua fino a quando il pacco raggiunge la sua piena carica, a questo punto la tensione si ferma ed inizia a scendere. Proprio questa diminuzione della tensione fa scattare l'interruzione della ricarica, infatti se forniamo altra corrente al pacco verrebbe solamente dissipata in calore. Il delta peak funziona benissimo con le ricariche veloci, ma per le ricariche lente a volte può non essere perfettamente rilevato dall'apparecchio.

Attenzione al fatto che i vecchi apparecchi a delta peak possono essere influenzati dalla sezione troppo piccola del cavo di collegamento al pacco da ricaricare.

7. CARICABATTERIA CON CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DEL PACCO

Sono degli apparecchi che, tramite un sensore, rilevano in tempo reale la temperatura del pacco interrompendo la ricarica in un preciso intervallo di temperatura. Se la temperatura viene letta con precisione sono affidabili quanto quelli a delta peak.

Sistemi di ricarica:

7.1. A CORRENTE COSTANTE

E' il classico sistema di ricarica delle batterie NiCd, è affidabile, costa poco e si realizza semplicemente con qualche transistor o con un solo integrato.

Attenzione al fatto che i caricabatteria molto economici, per limitare la corrente, usano una semplice resistenza di valore adeguato in serie all'alimentazione. In questo modo c'è il rischio di danneggiare le batterie, infatti durante la ricarica la tensione varia e quindi anche la corrente, così succede che all'inizio della ricarica la corrente è molto elevata e poi decresce fino a fine carica.

7.2. A CORRENTE IMPULSIVA

E' il sistema più recente, la corrente è sempre costante ma è fornita in maniera impulsiva, solitamente sotto forma di onda quadra. Questo sistema dovrebbe permettere una migliore ricarica del pacco e una vita più lunga.

7.3. A CORRENTE VARIABILE

Gli ultimi caricabatteria computerizzati usano particolari algoritmi di carica, usando correnti sia lineari che impulsive..

Per la scarica non esistono sistemi particolari, le batterie al NiCd o NiMh devono essere semplicemente scaricate fino ad un valore pari a 0,9-1 Volt per elemento.

Altre caratteristiche da controllare prima di acquistare un caricabatteria sono:

1. La possibilità di elevare la tensione di entrata: infatti, se adoperiamo un apparecchio di 12 Volt e dobbiamo ricaricare pacchi da più di 8 celle dobbiamo obbligatoriamente elevare la tensione;
2. Corrente di carica/scarica massima per numero di celle;
3. La possibilità di eseguire più cicli di carica/scarica: i cicli servono per formattare i pacchi nuovi o ridare vita a pacchi fermi da tempo, non è una funzione indispensabile ma è sicuramente molto comoda;
4. Eventuali protezioni: inversione della polarità, tensione massima e minima di alimentazione ecc. ecc;
5. Profili di carica/scarica per differenti tipi di batterie;
6. Informazioni varie: tempi di carica/scarica, ampere caricati/scaricati, ecc. ecc;
7. Eventuali sistemi di raffreddamento attivi/passivi;
8. Cicalino di avviso per fine carica.

Per meglio visionare le precedenti relazioni sviluppiamo un esempio numerico.

ESEMPIO

Si debba caricare un pacco batteria da 5 elementi 6,0 Volt al NiMH, destinato ad alimentare la ricevente del nostro automodello, con un alimentatore da campo. Entrambi hanno i seguenti dati di targa:

1. Corrente nominale del pacco batteria: 1050 mAh;
2. Corrente di uscita dell'alimentatore, modulabile secondo la seguente serie: 50, 100, 150, 300, 500 mAh.

3. Tensione di uscita dell'alimentatore, modulabile secondo la seguente serie di valori: 4.8, 6.0, 7.2, 9.0, 10.8 Volt.

Dall'osservazione 1 ricaviamo che la corrente massima di carica da applicare al nostro pacco batteria deve essere uguale od inferiore ad 1/10 della sua corrente nominale: $C_{npb} = 1050$ mAh. Pertanto, $1050/10 = 105$ mAh. Stante i valori di C_a , generati dal nostro alimentatore da campo, il valore ad esso più prossimo è di 100 mAh.

Ora non resta che determinare il tempo di carica da applicare al pacco. Prima di procedere al calcolo della relazione (6), occorre determinare il valore dalla relazione (3) e verificare se il pacco batteria è correttamente scarico, altrimenti non si possono utilizzare le relazioni suddette.

Dalla relazione (2), osserviamo che il pacco batteria è da ritenersi scarico non appena il suo valore di uscita è pari ad:

$$V_{0, NiMH} = 1,01 \times N^{\circ} \text{elementi} = 1,01 \times 5 = 5,05 \text{ Volt.} \quad (E1)$$

Dal nostro tester digitale leggiamo un valore di uscita di 5,20 Volt, sebbene sia leggermente superiore, lo possiamo ritenere con sufficiente approssimazione, scarico. Pertanto, possiamo applicare le relazioni (3) e (6).

CALCOLO DELLA TENSIONE DI ALIMENTAZIONE V

Dalla relazione (3) abbiamo:

$$V = (0,8 \div 1,3) \times N^{\circ} \text{elementi} = (0,8 \div 1,3) \times 5 = 4,0 \div 6,5 \text{ Volt.} \quad (E2)$$

Dal punto 3 dell'esempio, si evince che i valori di tensione forniti dall'alimentatore, che cadono nell'intervallo rappresentato dalla (E2), sono 4,8 Volt e 6,0 Volt. Ora la scelta di uno di questi due valori è puramente arbitraria, dal momento che vanno bene entrambi.

CALCOLO DEL TERMPO DI CARICA DEL PACCO BATTERIA T_C

Dalla relazione (6) abbiamo che:

$$T_C = 1,4 \times \frac{C_{npb}}{C_a} = 1,4 \times \frac{1050}{100} = 1,4 \times 10,5 = 14,7 \text{ h} = 14\text{h } 42 \text{ min.} \quad (E3)$$

Inoltre, dalla tabella 1, osserviamo che la corrente di scarica che il pacco batteria può fornire al massimo delle sue prestazioni, senza danneggiarsi, è pari a $0,5 \times C_{npb} = 0,5 \times 1050 = 525$ mAh. Pertanto, tutti i servi che essa deve alimentare non devono richiedere più di 525 mAh, questo comporta, tuttavia, un tempo di impiego del pacco di $1050/525 = 2$ h di utilizzo, poi il pacco si scarica completamente.

Osservazione 3: Se il valore del pacco batteria, ritenuto da noi scarico, dovesse presentare una tensione all'uscita superiore del 3%, il pacco deve essere ulteriormente scaricato con una normale lampadina, stando bene attenti che il filamento non si spenga del tutto. Questo serve per evitare il fenomeno dell'effetto memoria, in quanto in essa ancora è presente un leggera carica residua che, con l'accumularsi delle altre, tende a ridurre sensibilmente le sue specifiche. Tuttavia, è bene controllare ogni tanto lo stato di tensione del pacco batteria, al fine di raggiungere correttamente il valore ricavato dalla relazione (2) e procedere, poi, con la ricarica attenendosi alla relazione (6).