

Advel Application Note – AAN2011.3

Caricabatteria per uso industriale

Ing. Alessio Spinosi

1. Introduzione

Le batterie, o accumulatori di carica elettrica, o pile, si differenziano non solo per le caratteristiche di tensione (espressa in Volt) e capacità (espressa in Ah), ma anche e soprattutto per le differenti composizioni chimiche interne, forma e dimensioni, utilizzo.

Le più comuni famiglie di batterie sono:

- Batteria piombo-acido (es. negli autoveicoli, nei sistemi d'allarme), che costano poco e hanno bassa densità d'energia, ma possono sopportare elevati picchi di corrente richiesti dal carico (es. avviamento motori);
- Batterie AGM e GEL, che costano leggermente di più delle precedenti, ma presentano migliori caratteristiche (...) e richiedono minor manutenzione;
- Batteria agli ioni di litio (es. nei PC portatili, o nei cellulari) che hanno elevata densità di carica e non presentano "effetti memoria" (...) ma sono molto costose;
- Batterie sodio-zolfo,
- Batterie di base nichel (Ni-Fe, Ni-Mh, ...)
- ...

Inutile dilungarsi in questa sede sulle caratteristiche peculiari di ognuna delle famiglie di batterie elencate; oggigiorno per uso industriale vengono predilette le batterie ermetiche **AGM** o **GEL**, che rispetto alle Piombo-Acido (in uso fino all'anno 2000 circa) possono sopportare tensioni di ricarica molto più alte senza danneggiarsi (e quindi temperature interne più alte), ed inoltre essendo ermetiche non presentano problemi di emissione di gas pericolosi o fuoriuscite di acido (ciò le rende adatte al trasporto via nave o via aereo) e praticamente non richiedono manutenzione (non sono necessari rabbocchi di acqua distillata o demineralizzata).

Detto questo, che caratteristiche deve avere la carica batterie da utilizzarsi in un sistema industriale dotato di batterie AGM o GEL? E come si dimensiona il "pacco batterie"? E che accorgimenti seguire per il cablaggio delle batterie?

2. Batterie AGM e GEL

Le batterie AGM e quella "al GEL" sono spesso considerate, erroneamente, identiche... in realtà, pur essendo entrambe di tipo ermetico ed esenti da manutenzione, sono tecnologicamente differenti tra loro e quindi per quanto riguarda

l'utilizzo nei servizi può essere più adatta l'una o l'altra tipologia.

La tecnologia AGM è idonea a sopportare numerosi cicli di scarica profonda. Questi accumulatori infatti sono realizzati al loro interno con piastre di tipo piombo calcio nelle quali è avvolto un materiale assorbente imbevuto di acido; tale tecnologia permette all'elettrolito di evaporare durante la fase di carica e scarica (ossia quando la temperatura all'interno aumenta), al termine della quale le bollicine prodotte si rimescolano con l'acido portando la batteria a mantenere un rendimento efficiente.

Gli accumulatori al GEL, invece, sono composti internamente da acido gelatinizzato e da piastre al piombo calcio, e sono più delicate delle precedenti perché facilmente danneggiabili nel tempo se caricate e scaricate più volte a causa della differenza di temperatura che viene a generarsi al loro interno provocando la solidificazione del gel; per questa ragione esse sono ritenute più adatte ad un uso tampone (es. gruppi di continuità o altri utilizzatori che raramente richiedono energia).

3. Capacità di una batteria

La capacità delle batterie, **C**, definisce la quantità di carica elettrica che può essere immagazzinata ed è comunemente espressa in Ampere-ora (Ah). Per ottenere l'energia in wattora è necessario moltiplicare la capacità in Ah per la tensione nominale.

Per sicurezza è bene applicare sempre 10÷100 ore come range temporale di riferimento e quindi ad esempio una batteria da 40 Ah può fornire 4A per 10 ore... oppure 0.4A per 100 ore. Questo range temporale serve ad evitare valutazioni errate del tipo: "ho una batteria da 40 Ah e quindi posso assorbire 80A per mezzora" oppure "con una batteria da 40Ah alimento un carico di 10mA per 4000 ore" ovvero per quasi 6 mesi! Si tratta di considerazioni errate perché è bene che una batteria, salvo tempi brevissimi (qualche secondo) non fornisca mai una corrente superiore al 10÷20% della propria capacità. Inoltre, a causa dell'autoscarica, la scarica non può protrarsi per più di qualche giorno (al massimo una settimana) poiché altrimenti l'autoscarica stessa diventa fonte importante di consumo.

Inoltre la capacità reale di una batteria è molto dipendente dal tasso di scaricamento, decrescendo con l'aumentare della corrente

richiesta; inoltre la batteria invecchiando peggiora la sua capacità di carica nominale; inoltre bisognerebbe tenere in considerazione la temperatura di lavoro della batteria... Per questi motivi una batteria da 40Ah nella realtà non riesce a fornire 4A per 10 ore, ragion per cui dopo aver effettuato il calcolo teorico della batteria necessaria al sistema per ottenere l'autonomia richiesta, è buona pratica utilizzare un fattore 2 di sicurezza che tenga conto di tutti gli effetti reali.
Per esempio:

il nostro sistema necessita di un'autonomia di 4A per 10 ore, quindi è bene procurarsi un pacco-batterie pari a:

$$2 \text{ (fattore di sicurezza)} \times 40\text{Ah} = 80\text{Ah}$$

Batteria scarica

Quando una batteria viene definita scarica? Si definisce **scarica** una batteria che, posta a carico, raggiunge la tensione $V_{nom} - 20\%$ ovvero 9.6V per una batteria 12V.

Quando una batteria sta erogando corrente, la tensione ai suoi capi cala sempre di più man mano che si scarica; è importante prevedere un sistema di controllo che monitora la tensione ai capi della batteria: quando questa tocca la soglia $V_{nom} - 20\%$, bisogna sezionare la batteria (come mostrato in Figura 1) altrimenti questa va in "scarica profonda" con il rischio di danneggiarsi irrimediabilmente.

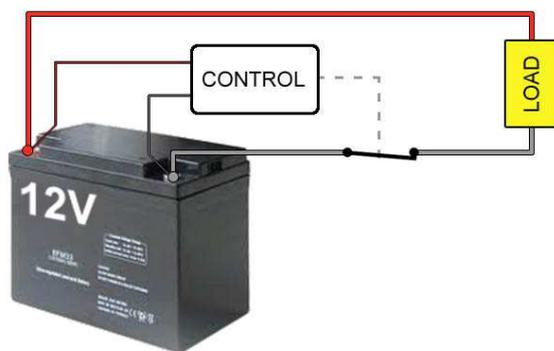


Figura1 – Sistema di controllo che monitora la tensione di batteria: @ $V_{nom} - 20\%$ la batteria viene sezionata dal carico.

Da questo momento quindi per "batteria scarica" si intende che questa ha raggiunto $V_{nom} - 20\%$.

4. Ricarica della batteria

Una batteria in fase di ricarica si comporta in questa maniera: assorbe una corrente che dipende dalla tensione di ricarica, dal suo stato di carica, dalla sua temperatura interna, dalla tipologia della batteria, dal cablaggio, e perfino dalla marca della batteria!

Visto che i parametri in gioco sono molteplici, in questa sede si preferisce fare un discorso qualitativo e, almeno inizialmente non verranno

considerate le variabilità dipendenti da temperatura e cablaggio.

Si può dire che una batteria nella fase di ricarica si comporta come una resistenza variabile, di valore inversamente proporzionale allo stato di carica:

quando la batteria è molto scarica, si comporta come una resistenza molto bassa (\rightarrow alta corrente di ricarica); man mano che la batteria si ricarica questa si comporta come una resistenza di valore via via più elevato (\rightarrow corrente di ricarica via via più bassa).

Guidati dall'esperienza si può dire che una batteria 12V SCARICA, sottoposta a $V_{nom}+15\%$ ovvero 13.8V, inizia ad assorbire una corrente pari al 20% della sua capacità (in realtà per una batteria piombo-acido la corrente sarebbe più bassa, mentre per una AGM o GEL sarebbe più alta, ma in questa sede abbiamo considerato un valore medio).

Esempio: batteria 12V-40Ah scarica \rightarrow sottoposta a 13.8V assorbe 8A.

Sempre guidati dall'esperienza si può dire che una batteria 12V SCARICA sottoposta a $V_{nom}-5\%$, ovvero 11.4V, assorbe una corrente nulla.

Al crescere del livello di carica della batteria, a parità di tensione di ricarica, la corrente assorbita dalla batteria si abbassa.

Dall'esperienza si sa che una batteria 12V CARICA, sottoposta a $V_{nom}+15\%$, ovvero 13.8V, assorbe una corrente pari a circa $100\text{mA} \div 1\text{A}$ (a seconda del tipo di batteria) detta **corrente di mantenimento**, mentre sottoposta a $V_{nom}+5\%$, ovvero 12.6V, assorbe una corrente nulla.

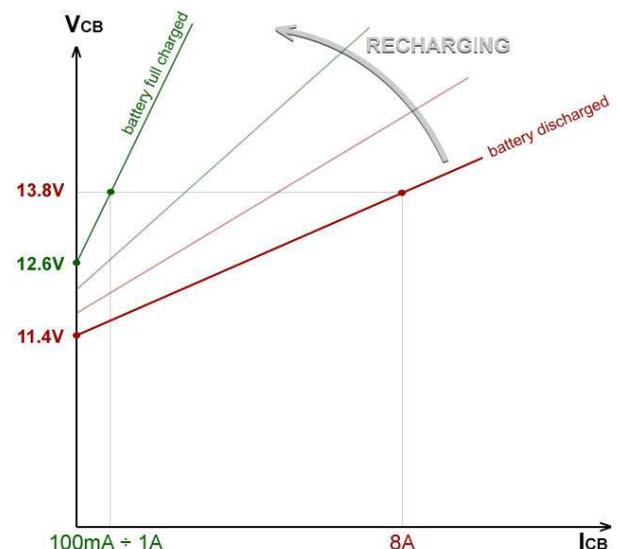


Figura2 – Caratteristica qualitativa tensione / corrente di una batteria 12V-40Ah in diversi stati di carica, @25°C.

In Figura2 è rappresentata la caratteristica I/V di una batteria 12V-40Ah in varie stati di carica. Le caratteristiche sono qualitative, ma basate su rilievi effettuati su batterie reali (piombo-acido e AGM, poi mediando i valori), a temperatura 25°C.

La modellizzazione della batteria con una resistenza ci permetterà di fare utili considerazioni in seguito.

Ciò detto, come va caricata una batteria? Una batteria può essere ricaricata fondamentalmente in due maniere: a corrente costante oppure a tensione costante.

Ricarica a corrente costante

I costruttori di batteria suggeriscono di ricaricare la batteria ad una corrente costante pari al 10% della capacità nominale, prendiamo il solito esempio della batteria da 40Ah → la corrente di ricarica suggerita è 4A.

In realtà questa regola valeva per le batterie acido-piombo, ma con le batterie AGM o GEL questo limite potrebbe essere tranquillamente superato (si pensi ad esempio che per le batterie al GEL la massima corrente di ricarica può essere pari a 0.5A per Ah, e quindi ben 20A per una batteria da 40Ah), tuttavia è pratica comune utilizzare la vecchia regola, che garantisce comunque una ricarica “tranquilla” della batteria, ovvero impedisce che questa si scaldi eccessivamente, a vantaggio della longevità della batteria.

Ricaricando quindi una batteria ad una corrente pari al 10% della capacità nominale, il tempo per una ricarica completa dovrebbe essere pari a 10 ore; in realtà però il tempo di ricarica è tipicamente superiore come già precedentemente detto, perché il processo di ricarica non ha un'efficienza del 100% (basti pensare che la batteria si scalda durante la ricarica: il calore disperso implica che una parte di energia è stata dispersa come calore). Si assume quindi che il tempo di ricarica in questa condizione è pari a circa 12 ore (abbiamo assunto il 20% di perdita in calore).

Si consideri una batteria 12V: durante la ricarica a corrente costante, la tensione di batteria è variabile, passando da circa 12.5 ÷ 12.6V (istante in cui la batteria scarica è posta sotto carica) a oltre 14V (batteria carica): è fondamentale che il caricabatteria possa monitorare il voltaggio della batteria per determinare quando questa è completamente carica (ovvero al raggiungimento di una certa tensione) e conseguentemente limitare la corrente di ricarica ai valori di mantenimento (100mA ÷ 1A a seconda della capacità della batteria), ovvero sottoporla a una tensione di 13.8V.

Si consideri per esempio una batteria 12V-40Ah scarica e posta in ricarica a corrente costante I_{CB} . In Figura3 sono rappresentati gli andamenti qualitativi in due condizioni di ricarica a corrente costante: naturalmente se si carica la batteria a 6A il tempo di ricarica è inferiore rispetto alla ricarica a 4A. I valori di tensione ad inizio ricarica (batteria scarica) sono estrapolati dalla caratteristica della batteria di Figura2.

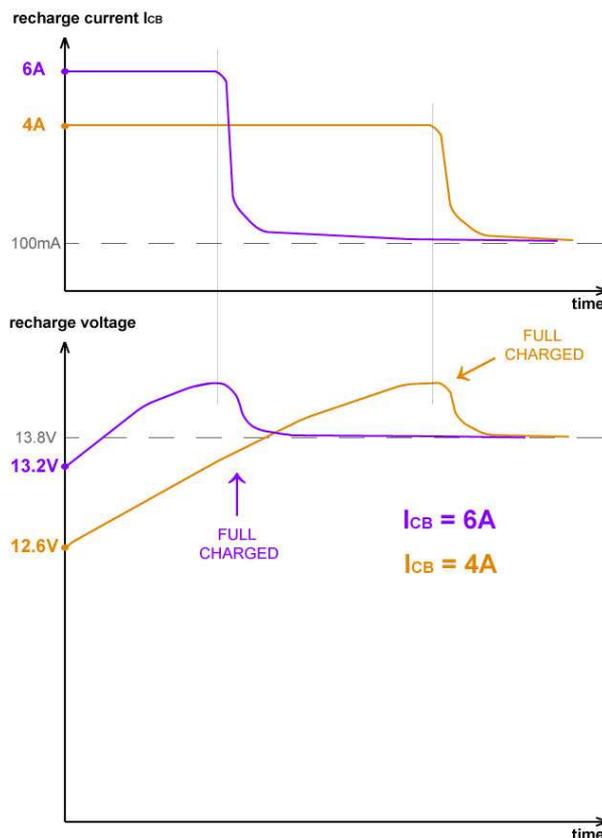


Figura3 – Caratteristica qualitativa tensione / tempo di una batteria 12V-40Ah caricata a corrente costante, per diversi valori di corrente di ricarica I_{CB} .

Questa tipologia di ricarica della batteria è molto affidabile e sicura, ed è consigliata se si ha un sistema “piccolo”, con un caricabatteria singolo; tuttavia se il sistema prevede di utilizzare più caricabatterie in parallelo (ad esempio per ottenere ridondanza, oppure perché il sistema è molto grosso) bisognerebbe prevedere che gli alimentatori possano dividersi equamente la corrente di ricarica, per aumentare l'affidabilità del sistema (vedi **AAN 2009.1**), il che potrebbe complicare l'elettronica di controllo dei caricabatterie.

Ricarica a tensione costante

La batteria può anche essere ricaricata a tensione costante. I costruttori consigliano una ricarica a $V_{nom} + 15\%$.

Quando una batteria 12V è connessa ad un caricabatterie a tensione costante V_{CB} , questa assorbe una corrente variabile:

il picco massimo della corrente di ricarica si ha quando la batteria è scarica; man mano che la batteria si ricarica la corrente assorbita cala. Quando la batteria è carica la corrente assorbita dalla batteria è molto bassa e tende tipicamente a 100mA ÷ 1A a seconda della capacità della batteria e $V_{CB} = V_{nom} + 15\%$.

Si consideri per esempio la batteria 12V-40Ah scarica e messa in ricarica a tensione costante V_{CB} . In Figura4 alcune curve di ricarica.

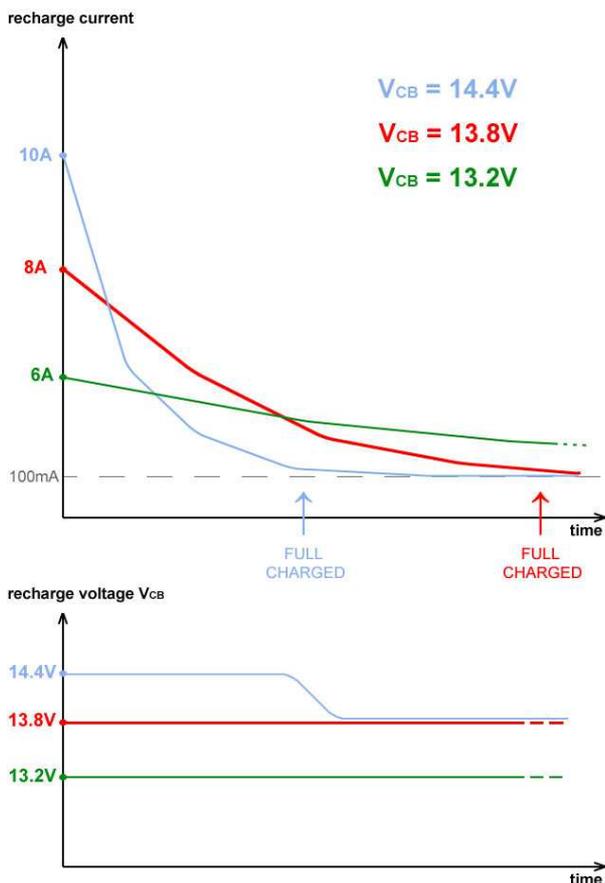


Figura4 – Caratteristica qualitativa corrente / tempo di una batteria 12V-40Ah caricata a tensione costante, per diversi valori di tensione di ricarica V_{CB} .

Questo sistema di ricarica è assolutamente consigliato, per la sua semplicità, se la batteria è utilizzata in tampone e non subisce continue scariche profonde.

Tuttavia può essere utilizzato anche per sistemi con frequenti scariche profonde delle batterie, ma in questo caso bisogna tenere sotto controllo la corrente di ricarica, soprattutto ad inizio ricarica, periodo in cui la corrente assorbita è elevata e quindi le batterie tendono a scaldarsi maggiormente.

La ricarica a tensione costante è adatta anche per sistemi molto grossi, visto che lavorando a tensione costante è molto facile realizzare sistemi composti da più caricabatterie in parallelo, con current sharing per la ripartizione equa della corrente di carico.

Ulteriore vantaggio di questo tipo di ricarica è il fatto di poter utilizzare la tensione (costante) di ricarica della batteria, anche per l'alimentazione del carico, con ovvio risparmio economico del sistema. Vedremo più avanti un esempio.

In Figura4 sono rappresentati gli andamenti qualitativi in tre condizioni di ricarica a tensione costante: naturalmente il tempo di ricarica si abbassa se la tensione di ricarica V_{CB} è più alta. Si noti che è sconsigliato dai costruttori di batteria tenere una tensione di ricarica superiore a

$V_{nom}+20\%$ (ovvero 14.4V nel nostro esempio) per un tempo indefinito. Infatti alcuni caricabatterie forniscono una tensione $V_{CB} = V_{nom}+20\%$ solo per accelerare il tempo di ricarica e una volta raggiunta la carica piena riportano V_{CB} a $V_{nom}+15\%$, vedi curva azzurra in Figura4.

Se non ci sono richieste particolari da parte dell'utente sui tempi di ricarica, vengono utilizzati caricabatterie a tensione costante fissa indefinitamente a $V_{nom}+15\%$, così da semplificare il caricabatteria.

Si noti inoltre che utilizzare una tensione di ricarica fissa inferiore a $V_{nom}+15\%$ (curva verde in Figura3), oltre a rallentare molto il processo di ricarica, non permette di caricare la batteria al 100% della sua capacità.

Confronto dei due sistemi di ricarica

È opportuno fare una distinzione tra: sistema di piccola potenza se formato da un singolo alimentatore caricabatteria e sistema di grande potenza se formato da un più alimentatori caricabatteria, necessari a raggiungere la potenza richiesta o ad ottenere la ridondanza (tipici sistemi industriali). Per questi due macrosistemi, a seconda dell'utilizzo delle batterie (in tampone e/o con frequenti scariche profonde) riassumiamo nelle tabelle sottostanti i pro e i contro dei due sistemi di ricarica: **C-C** (constant-current) o **C-V** (constant voltage).

SISTEMA DI PICCOLA POTENZA	
La batteria è usata in tampone	La batteria subisce frequenti scariche profonde
Vanno indifferentemente bene entrambi i sistemi di ricarica: C-C o C-V . Il C-V è più economico.	
È consigliato un sistema C-C , che assicura una maggiore longevità della batteria.	

SISTEMA DI GRANDE POTENZA	
La batteria è usata in tampone	La batteria subisce frequenti scariche profonde
Il sistema C-V è perfetto, per la semplicità di mettere più alimentatori caricabatteria in parallelo/ridondanza.	Il sistema C-C va bene per assicurare una maggior longevità delle batterie ma risulta complicato mettere più alimentatori caricabatteria in parallelo/ridondanza.
	Il sistema C-V va bene perché risulta semplice mettere più alimentatori caricabatteria in parallelo/ridondanza, tuttavia è doveroso trovare soluzioni di controllo della corrente massima assorbita dalle batterie.

Ricarica con compensazione della temperatura

In entrambi i casi, caricabatteria di tipo **C-C** o **C-V**, i costruttori di batterie, per una ricarica ottimale finalizzata ad aumentare la vita media operativa delle batterie, consigliano che la tensione di ricarica V_{CB} sia funzione della temperatura della batteria T_{batt} , tipicamente $-18mV/°C$ per batteria 12V.

Si consideri per esempio una batteria 12V caricata a tensione costante e compensazione della temperatura, come in Figura5.

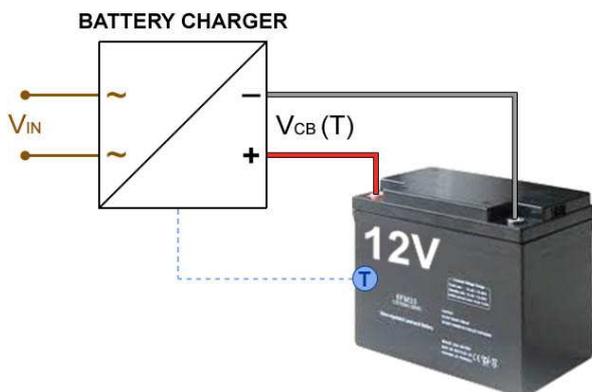


Figura5 – Caricabatteria con tensione $V_{CB}(T)$ dipendente dalla temperatura della batteria.

La tensione suggerita a temperatura 25°C è:

$$V_{CB} @ 25^{\circ}\text{C} = (12\text{V} + 15\%) = 13.8\text{V}$$

Mentre a temperatura differente vale la formula:

$$V_{CB} @ T^{\circ}\text{C} = (12\text{V} + 15\%) - 18 \frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} \cdot \Delta T$$

per es. se $T_{\text{batt}} = 38^{\circ}\text{C}$ si ha: $V_{CB}@38^{\circ}\text{C} =$

$$(12\text{V} + 15\%) - 18 \frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} \cdot (38 - 25)^{\circ}\text{C} = 13.56\text{V}$$

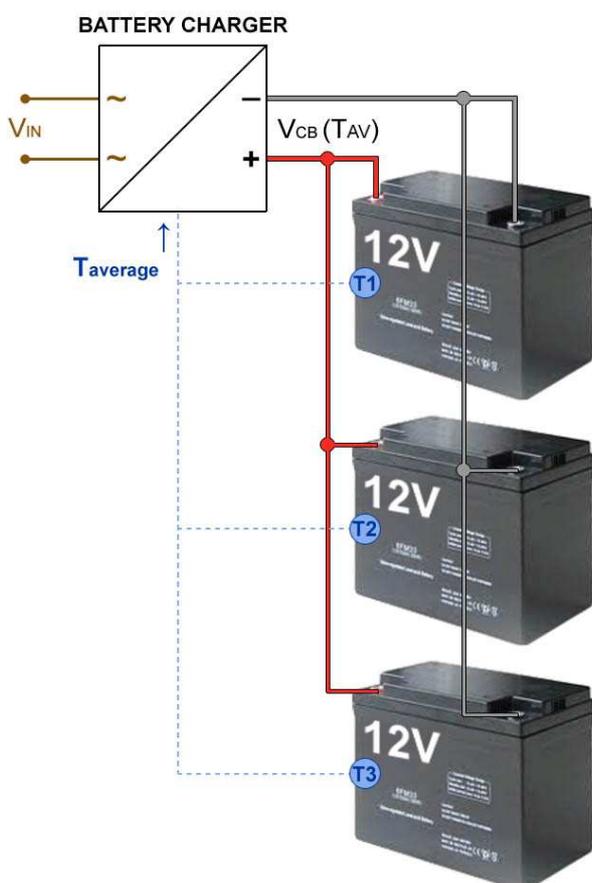


Figura6 – Singolo caricabatteria con tensione $V_{CB}(T_{AV})$ dipendente dalla temperatura media delle 3 batterie.

Il problema della lettura della temperatura della batteria si complica quando si ha un sistema con più batterie in serie/parallelo alimentate dallo stesso caricabatteria, come in Figura6: il tal caso bisognerebbe rilevare la temperatura delle singole batterie, con ovvie complicazioni sia nella fase di cablaggio, sia nella gestione dei segnali.

Infatti è ovvio che le batterie non si trovano tutte alla stessa temperatura, e la cosa più ovvia è quella di far variare la V_{CB} in funzione della temperatura media T_{AV} delle 3 temperature rilevate.

Ma a questo punto sorge un problema: se una delle 3 batterie si guasta, e quindi si scalda maggiormente, questa determina una T_{AV} non ottimale per le batterie rimanenti. Questo esempio ci fa capire che un sistema del genere (singolo caricabatteria su più batterie in parallelo con compensazione della temperatura media delle batterie) non deve essere utilizzato.

Un sistema ideale dovrebbe avere un caricabatteria per ogni batteria e compensazione della temperatura della stessa. Ma naturalmente ciò comporterebbe un notevole aumento di costi e come spesso accade, bisogna scendere a compromessi.

Si può affermare che un caricabatteria con compensazione della temperatura è consigliato solo se la batteria è singola e si trova in condizioni termiche non prevedibili o comunque molto lontane dai 25°C.

Invece per un tipico sistema industriale (spesso composto da più batterie) è buona regola posizionare il pacco batterie in una stanza a temperatura controllata (20÷30°C) e non prevedere alcuna compensazione termica.

Talvolta viene rilevata una singola temperatura media del pacco batterie che viene utilizzata soltanto per interrompere la ricarica in caso di superamento di una certa temperatura massima $T_{\text{max-batt}}$, tipicamente 45÷50°C (anche se le batterie AGM o al GEL potrebbero sopportare temperature anche superiori); in questi casi la ricarica riprende successivamente quando la temperatura torna a valori più bassi.

6. Cablaggio delle batterie

Il cablaggio delle batterie è spesso erroneamente trascurato, tuttavia è fondamentale effettuare un buon cablaggio soprattutto nel caso sia necessario mettere in parallelo più batterie.

Cavi ideali e cavi reali

I cavi di cablaggio “reali” presentano una certa resistenza: da questa non idealità dei cavi nascono tutti i problemi legati al cablaggio delle batterie.

La resistenza dei cavi si calcola con la formula:

$$R_{\text{cavo}} = \frac{\sigma \cdot L}{S}$$

con:

$$\sigma_{rame} = 0.017\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$L = \text{lunghezza cavo [m]}$$

$$S = \text{sezione cavo [mm}^2\text{]}$$

Un esempio chiarirà sicuramente il problema introdotto dai cavi:

si consideri un caricabatteria di tipo **C-V** (constant voltage) con tensione d'uscita posta a 13.8V, batteria 12V-40Ah a distanza $L = 1\text{mt}$ dal caricabatteria, cablata con cavo di sezione $S = 2.5\text{mm}^2$, come in Figura7.

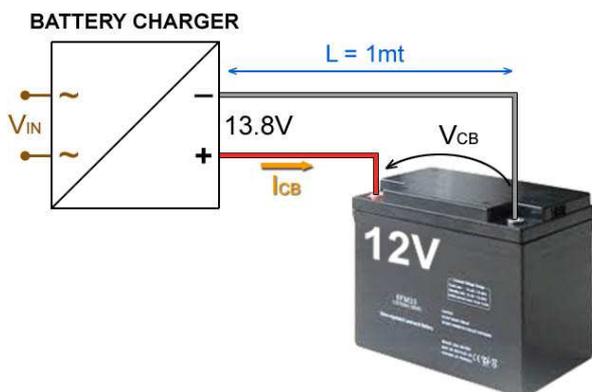


Figura7 – Caricabatteria C-V a distanza 1mt dalla batteria.

Se il cavo fosse ideale, ovvero con $R_{cavo} = 0\Omega$, si avrebbe la corrente di ricarica di Figura4 – curva rossa.

Invece il cavo ha una resistenza non nulla pari a:

$$R_{cavo} = \frac{0.017 \cdot (2mt)}{2.5\text{mm}^2} = 13.6\text{m}\Omega$$

NOTA: la lunghezza del cavo è pari al doppio della distanza, visto che c'è il cavo positivo e quello negativo.

Considerando anche le resistenze dei contatti, pari a circa $5\text{m}\Omega$ a contatto (valore tipico), si ha:

$$R_{cavo+contatti} = 13.6\text{m}\Omega + 2 \times 5\text{m}\Omega \approx 25\text{m}\Omega$$

$$V_{CB} = 13.8\text{V} - I_{CB} \cdot 25\text{m}\Omega$$

Risolvendo il sistema graficamente, dalla caratteristica I/V della batteria di Figura2, si trova che la batteria, scarica e posta in ricarica con caricabatteria C-V a tensione 13.8V, cablata con cavo di sezione 2.5mm^2 , inizialmente si trova sottoposta a 13.6V a causa della caduta di tensione (0.2V) sul cavo.

Come conseguenza della minore tensione di ricarica della batteria, anche la corrente di ricarica risulta più bassa: non è più 8A ma 7.4A, come indicato in Figura8.

Ne consegue un leggero aumento del tempo di ricarica.

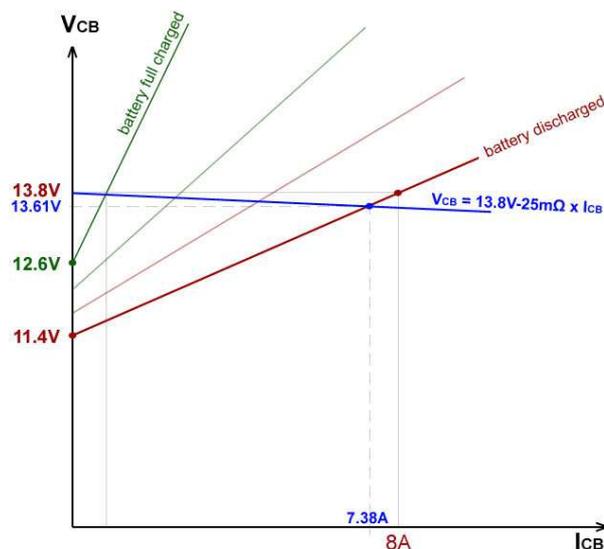


Figura8 – Caricabatteria a distanza 1mt dalla batteria.

Questo semplice esempio si può estendere al caso di più batterie poste in parallelo, come in Figura9.

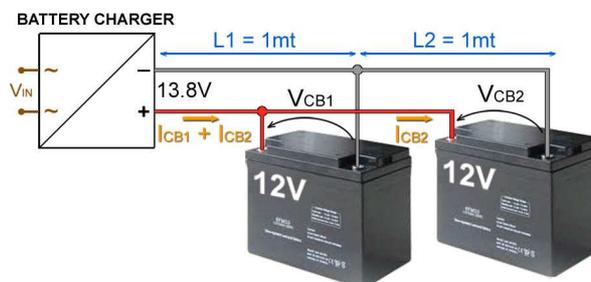


Figura9 – Aggiunta una batteria in parallelo al sistema di Figura7 (C-V): la nuova batteria è sottoposta ad una tensione inferiore.

Dall'esempio in Figura9, facendo un discorso puramente qualitativo, si intuisce perfettamente che, anche se il caricabatterie fornisce 13.8V:

- la prima batteria è sottoposta a tensione $V_{CB1} < 13.8\text{V}$,
- la seconda batteria è sottoposta a tensione $V_{CB2} < V_{CB1} < 13.8\text{V}$,

ciò a causa delle cadute di tensione sui cavi di collegamento, non trascurabili.

Il problema peggiora tante più batterie si mettono in parallelo: le batterie più "lontane" dal caricabatteria hanno tempi di ricarica via via superiori, e le differenze si hanno anche in fase di scarica.

Questo è un problema in quanto le batterie non vengono usate allo stesso modo e si invecchieranno in maniera diversa.

Le conseguenze di un cablaggio come quello di Figura9 sarebbero addirittura peggiori con caricabatteria di tipo **C-C** (constant-current), visto che non si avrebbe certamente una equa suddivisione della corrente di ricarica, e quindi la PRIMA batteria assorbirebbe senz'altro molta più corrente della seconda. Al crescere del numero di batterie il problema peggiora e in poco tempo la prima batteria tenderebbe a "gonfiarsi" a causa

dell'eccessiva corrente di ricarica, danneggiandosi irrimediabilmente.

Tipi di cablaggio adatti

I problemi derivanti dalla non idealità dei cavi, possono essere risolti utilizzando opportune tecniche di cablaggio.

Il cablaggio "a stella" è quello che utilizza cavi di cablaggio di eguale lunghezza tra ogni batteria e il caricabatteria, come in Figura10. La conseguenza di questo cablaggio è che $V_{CB1} = V_{CB2} = V_{CB3}$: le batterie sono caricate allo stesso modo, per alimentatore sia di tipo C-V, sia di tipo C-C.

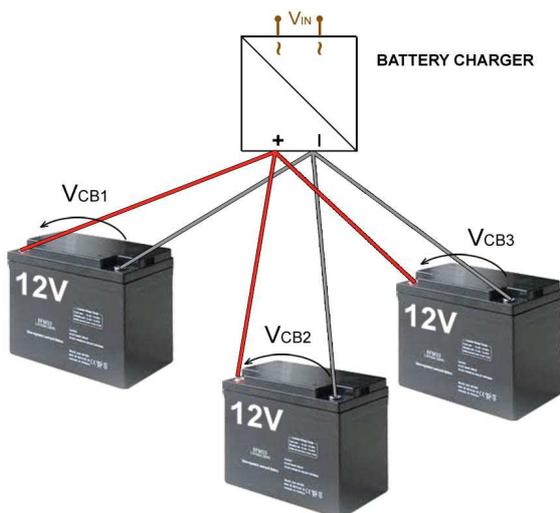


Figura10 – 3 batterie in parallelo cablate "a stella": i cavi di collegamento tra ogni batteria e il caricabatteria sono di uguale lunghezza e quindi $V_{CB1} = V_{CB2} = V_{CB3}$.

Il cablaggio a stella tuttavia non è agevole da realizzare, se non con 2 o al massimo 3 batterie. In ambito industriale, in cui spesso vengono utilizzati pacchi batteria composti da molte batterie, il cablaggio a stella non è pressoché mai utilizzato.

Interessante invece è il cablaggio raffigurato in Figura11.

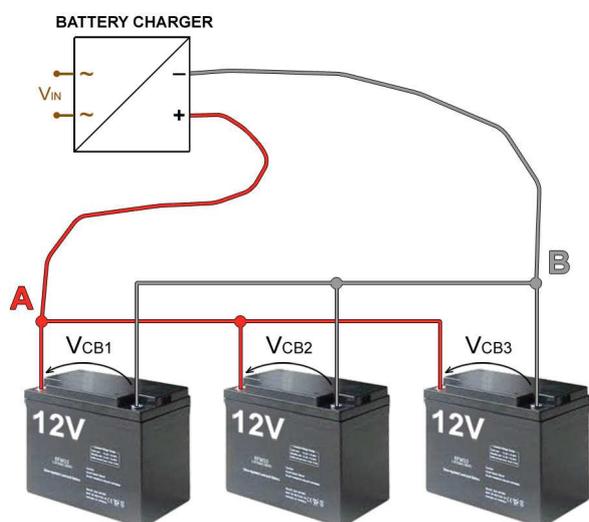


Figura11 – 3 batterie in parallelo cablate in modo da annullare le dissimmetrie di tensione dovute al cablaggio.

Le batterie in Figura11 presentano tensioni di ricarica $V_{CB1} = V_{CB2} = V_{CB3}$, ciò grazie al fatto che il positivo del pacco batterie è preso sul positivo della prima batteria, e il negativo del pacco batterie è preso sul negativo dell'ultima batteria. Inoltre questo tipo di cablaggio risulta alquanto semplice e agevole da realizzare anche con pacchi batterie composti da numerose batterie.

7. Stato di salute di una batteria

Naturalmente la batteria col tempo tende a perdere le proprie capacità nominali: una batteria vecchia non assicura l'autonomia inizialmente prevista. Non è però agevole capire se una batteria è "in salute", spesso ad esempio capita che una batteria guasta a vuoto presenti ancora la tensione nominale, ma posta a carico si "sieda" istantaneamente.

Resistenza interna R_i

Una batteria reale in fase di scarica può essere modellizzata come una batteria ideale con una resistenza in serie, detta Resistenza Interna o R_i , come mostrato in Figura12.

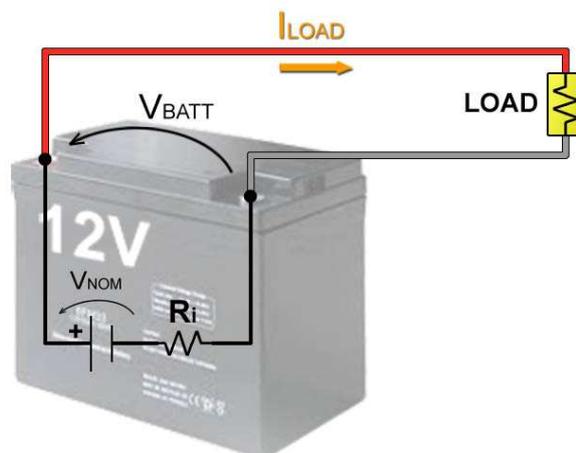


Figura12 – Batteria reale, modellizzata come una batteria ideale a tensione V_{nom} con una resistenza in serie R_i .

La resistenza interna di una batteria carica e in salute è indicata sul datasheet della batteria. Tipicamente dipende dal tipo di batteria, dalla dimensione e dalla temperatura. In ogni caso la resistenza interna aumenta via via che la batteria si scarica e soprattutto all'aumentare dell'età della batteria e quindi può essere utilizzata per stabilire il grado di salute della batteria.

Dalla modellizzazione della batteria di Figura12 appare ora chiaro che se la resistenza interna è alta (perché la batteria è scarica o guasta) nel momento in cui viene chiesta corrente alla batteria, la V_{batt} cala a causa della caduta di tensione interna V_{R_i} .

Calcolo R_i

Un sistema per calcolare la R_i della batteria è il seguente:

- il caricabatteria sgancia la batteria, la quale rimane a vuoto,

- viene registrata la tensione della batteria a vuoto, $V_{batt. a vuoto}$,
- viene messo un carico noto R' sulla batteria e viene registrata la tensione $V_{batt. @ R'}$,
- viene riagganciata la batteria.

Per determinare la R_i è sufficiente utilizzare la Legge di Ohm, che ci fornisce la seguente equazione:

$$R_i = R' \times \left(\frac{V_{batt. a vuoto}}{V_{batt. @ R'}} - 1 \right)$$

Se la R_i calcolata è superiore a un certo valore predefinito e dipendente dalla temperatura, la batteria viene definita guasta.

Alcuni caricabatteria eseguono questo test automaticamente una volta ogni lasso di tempo T (per es. 4 ore, come richiesto dalla normativa EN54.4 2011).

Il sistema appena descritto è molto preciso, anche se non sempre è richiesta una tale precisione.

Esistono infatti altri sistemi per valutare lo stato di salute della batteria, molto più pratici del precedente. Alcuni sistemi caricabatteria ad esempio hanno la possibilità di eseguire un INHIBIT del caricabatteria, ovvero abbassarne la tensione, lasciando il carico completamente sulla batteria, così da verificare se questa riesce ad alimentare completamente il carico per un certo tempo. Questo test può essere effettuato manualmente o automatizzato: non fornisce una misura reale dello stato della batteria, ma dà un'indicazione del fatto che la batteria riesca o meno a svolgere la sua funzione.

Questo sistema è senz'altro molto più economico del sistema di calcolo della R_i .

8. Esempi di caricabatterie prodotti da Advel

Advel produce alimentatori caricabatterie in due formati: per montaggio su guida DIN (serie SPS-D) e in formato rack (serie SPS-R).

Serie da montaggio su barra DIN

Gli alimentatori per il montaggio su guida DIN sono disponibili in diverse taglie di potenza, da 100W a 600W (comunque parallelabili per ottenere più potenza) e contengono onboard i dispositivi di controllo batteria.

Si prenda come esempio l'**SPS251CBDZ** (Figura13), che ha le seguenti caratteristiche:

- uscita per carico e per batteria (max 100Ah);
- fusibile di batteria onboard;
- contatto batteria scarica^(*);
- contatto mancanza V_{in} ^(*);
- inhibit manuale;
- relè di sgancio batteria interno.

(*) Caratteristiche richieste dalla normativa EN54-4



Figura13 – Alimentatore caricabatterie prodotto da ADVEL, serie SPS251CBDZ.

Per potenze più elevate è possibile parallelare l'SPS251CBDZ ad un altro alimentatore oppure utilizzare una taglia di potenza maggiore (fino a 600W).

Questo alimentatore, di tipo C-V, permette di ottenere un sistema completo di tipo DC-UPS (vedi AAN2012.1).

Serie in formato rack

Gli alimentatori nel formato standard rack 19", serie SPS-R, si distinguono per l'elevata affidabilità. Le caratteristiche principali sono:

- uscita per carico e per batteria (> 500Ah);
- moduli alimentatori interni estraibili a caldo;
- fusibile di batteria onboard (opzione);
- contatto batteria scarica^(*);
- contatto mancanza V_{in} ^(*);
- inhibit manuale;
- relè di sgancio batteria esterno (da dimensionare in base alla capacità delle batterie).

È possibile scegliere il formato del rack (per montaggio a parete o retro quadro), la posizione dei morsetti (anteriore, posteriore), la posizione dei ventilatori (superiore o posteriore), il cablaggio interno (2 ingressi o unico ingresso, uscite in parallelo o un'uscita per ogni modulo alimentatore, ...). In Figura 14 un esempio di rack della serie SPS-R.



Figura14 – Rack SPS-R, formato RK8p2 (montaggio a parete) contenente 2 moduli da 600W, morsettiera posteriore, dispositivi di controllo batteria (BCD, RMCB).

All'interno di sistema a rack della serie SPS-R si può decidere di inserire una moltitudine di opzioni:

- voltmetro e/o amperometro;
- compensazione della temperatura;
- interruttori automatici per ingresso e/o uscita;
- controllori di isolamento.

9. Conclusioni

Dopo questa densa, sia pur qualitativa, introduzione nel mondo delle batterie, si può concludere che il caricabatteria perfetto per ogni situazione non esiste, ma va scelto in base alle proprie specifiche esigenze.

Inoltre, una volta definite le caratteristiche che deve avere l'alimentatore caricabatteria, è importantissimo non trascurare gli accorgimenti legati al cablaggio, e prestare attenzione alla temperatura delle batterie, che per motivi di sicurezza non devono mai oltrepassare certi limiti (tipicamente i $45\div 50^{\circ}\text{C}$).

»ADVEL«
ELETTRONICA INDUSTRIALE

HEADQUARTER: Via Miglioli 13, Segrate 20090 MI (Italy)
Technical DPT & R/D: Eng. A. Spinosi, tec@advel.it