

Advel Application Note – AAN2012.1

Sistemi DC-UPS con batterie per uso industriale

Ing. Alessio Spinosi

1. Introduzione

Nella progettazione di un impianto industriale, è fondamentale individuare a priori i carichi critici, per i quali la mancanza dell'alimentazione ha un impatto rilevante per la produzione e soprattutto per la sicurezza del personale. Spesso infatti vengono definite delle linee di alimentazione "privilegiate" destinate proprio alle utenze più critiche del sistema: per queste viene creato un sistema di alimentazione da gruppi di continuità (o **UPS**, Uninterruptible Power Supply) che oltre a fornire energia elettrica alternata di alta qualità, garantisce una linea senza interruzioni.

Esistono varie tipologie di UPS (...).

La linea AC (rete o UPS) è seguita dagli alimentatori AC/DC che alimentano direttamente le utenze; questi possono essere parallelati per ottenere un sistema ridondante, che tiene alimentate le utenze anche in caso di guasto di uno degli alimentatori (vedi **AAN2009.1** e **AAN2009.2**).

L'utilizzo di linee UPS seguite da alimentatori AC/DC in parallelo/ridondanza, assicurano la continuità dell'alimentazione.

Tuttavia in un impianto industriale può accadere che:

- una certa utenza non è alimentata da linea UPS ma la si vuole proteggere da eventuali buchi di tensione,
- oppure è presente una linea UPS ma è necessario spegnere periodicamente l'UPS, sia pure per pochi minuti in piena sicurezza (ad esempio per manutenzione),
- oppure certe utenze devono sostenere carichi molto alti (>10 volte del carico nominale) per breve tempo (es. accensione motori),
- ...

In questi casi appena elencati risulta necessario predisporre un sistema di alimentazione AC/DC con backup a batteria, detto sistema **DC-UPS**. In questo articolo verranno esaminate le caratteristiche di un sistema DC-UPS, fornendo anche degli esempi pratici di calcolo e dimensionamento.

Prima di proseguire la lettura si suggerisce di leggere attentamente la **AAN2011.3**, in cui sono state descritte le caratteristiche degli alimentatori caricabatteria per uso industriale.

2. Sistema DC-UPS

Un sistema DC-UPS è composto da:

- alimentatore AC/DC per il carico
- alimentatore caricabatteria
- pacco batterie

Esistono diversi modi di realizzare un sistema DC-UPS, che verranno brevemente illustrati.

Stand-by DC-UPS

In Figura1 è schematizzato un sistema **Stand-by DC-UPS**; il funzionamento è il seguente:

il caricabatteria alimenta la batteria, tenendola carica, mentre l'alimentatore alimenta il carico. Nota: l'interruttore **INT** è normalmente aperto in quanto le tensioni dei due alimentatori sono diverse.

Se viene a mancare l'alimentazione primaria V_{in} , il sistema si spegne ma **INT** si chiude e la batteria tiene alimentato il carico per un certo periodo, T_{aut} . La capacità delle batterie viene scelta proprio in base all'autonomia T_{aut} che si desidera.

Il caricabatteria potrà essere di tipo C-C o C-V e potrà avere o meno certe caratteristiche (tensione/corrente di ricarica in funzione della temperatura della batteria, sistema di INHIBIT o lettura della R_i , ...) già illustrate nella **AAN2011.3**.

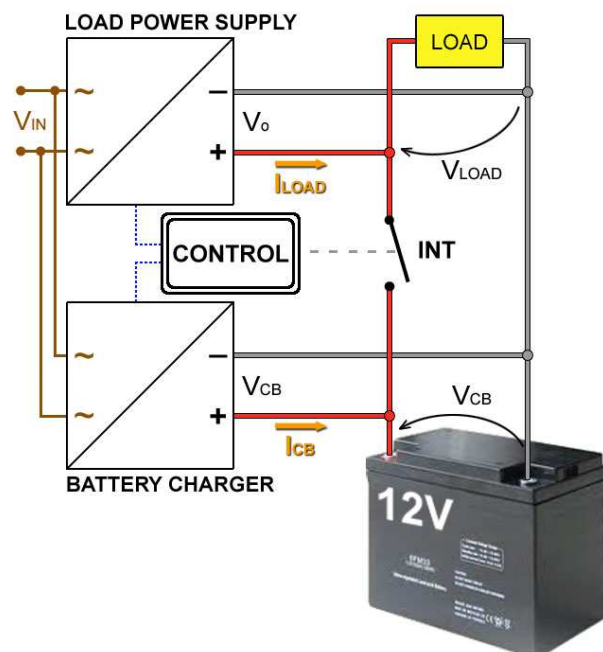


Figura1 – Sistema Stand-by DC-UPS composto di un alimentatore per il carico ed uno per la ricarica della batteria.

Guardando la Figura1, si considerino per esempio i seguenti parametri:

- caricabatterie di tipo C-V, con $V_{cb} = 13,8V$
- carico 20A, $V_{load-nom} = 12V$
- pacco batteria 12V di capacità $C = 40Ah$

Utilizzando le formule spiegate nella **AAN2011.3**, si calcola che:

$T_{aut} = 1$ ora (infatti: batteria 40Ah \rightarrow 40A per 1h e quindi 20A per 2h però dividendo per un fattore 2 di sicurezza, si ottiene che l'autonomia è pari a 1 ora);

il sistema ha una potenza pari a:

$$P = 12V \times 20A \text{ (per il carico)} \\ + 10\%C \times 13.8V \text{ (per la ricarica della batt.)} \\ = 300W \text{ circa}$$

La tensione del carico sarà pari a:

$$V_{load} = 12V \text{ in presenza di } V_{in},$$

$V_{load} = 12V \div 9.6V$ se manca V_{in} (infatti la tensione della batteria, man mano che si scarica, scenderà fino ad un valore pari a $V_{batt-nom} - 20\%$, tensione di sgancio tipica a cui si apre **INT**).

In un sistema Stand-by DC-UPS la scheda CONTROL numerose attività: questa deve tenere aperto **INT** in condizioni normali e chiuderlo se manca la V_{in} ; aprire poi **INT** in caso di ritorno della V_{in} o in caso che V_{batt} scenda al di sotto del valore tipico $V_{batt-nom} - 20\%$.

In caso di mancanza della V_{in} , l'interruttore **INT** si deve chiudere prima che la V_o vada a zero, per evitare buchi di tensione al carico: ciò deve essere assicurato dal tempo di Hold-Up dell'alimentatore LOAD POWER SUPPLY, che deve essere pari ad almeno 40msec, ovvero: 20msec (tempo tipico di chiusura degli interruttori automatici) + 20msec (tempo per il sistema di "accorgersi" che la V_{in} è venuta a mancare).

Infine la scheda CONTROL deve saper affrontare le condizioni di guasto: cosa accade se uno dei due alimentatori si guasta, anche se presente la V_{in} ?

La scheda CONTROL in definitiva deve essere molto sofisticata ed affidabile.

Stand-by DC-UPS semplificato

In Figura2 è schematizzato un sistema Stand-by DC-UPS semplificato: questo sistema è identico a quello Stand-by DC-UPS classico, se non per il fatto che l'interruttore **INT** è sostituito da un diodo **D**.

Ciò semplifica notevolmente il sistema, ma impone che: $V_{BATT} \leq V_{LOAD}$.

Infatti se $V_{BATT} \leq V_{LOAD}$ il diodo **D** non è polarizzato direttamente e quindi non conduce (si comporta come un interruttore aperto); se viene a mancare l'alimentazione primaria V_{in} invece il diodo **D** si polarizza direttamente e il carico viene alimentato dalla batteria a tensione $V_{BATT} - V_D$ (con tipico valore $V_D = 0,5V$ tensione di polarizzazione del diodo).

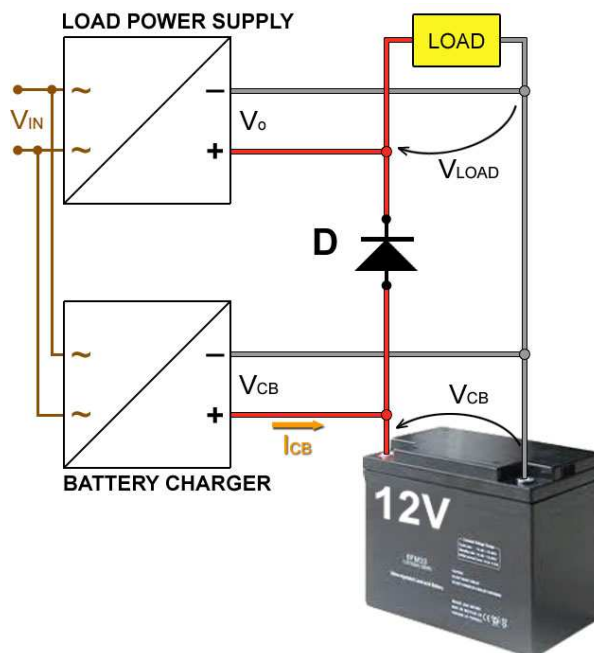


Figura2 – Sistema Stand-by DC-UPS semplificato: l'alimentatore per il carico e il caricabatteria sono disaccoppiati da un diodo anziché da un interruttore.

Il funzionamento del sistema Stand-by DC-UPS semplificato è del tutto simile a quello classico, con le seguenti considerazioni:

- la tensione al carico (V_{LOAD}) e la tensione di ricarica della batteria (V_{BATT}) sono indipendenti, ma bisogna fare in modo che $V_{BATT} \leq V_{LOAD}$. Quindi per esempio considerando il sistema visto precedentemente ($V_{load-nom} = 12V$) va impostato:
 $V_{BATT} = 13,8V$ (tensione tipica di ricarica)
 $V_{LOAD} = 13,8V$ (si suppone che il carico sia alimentabile a questo livello di tensione senza problemi).
- La corrente di ricarica della batteria non può più essere controllata a piacimento, come era nel caso classico: infatti non è più possibile usare un caricabatteria a corrente costante (tipo C-C), visto che quest'ultimo tipicamente eleva parecchio la tensione di ricarica della batteria. È quindi necessario usare un caricabatteria a tensione costante (tipo C-V).
- Il carico, quando alimentato dalla batteria, si trova a tensione $V_{BATT} - V_D$, e quindi a tensione più bassa rispetto al caso classico.

Il vantaggio del sistema Stand-by DC-UPS semplificato, rispetto a quello classico, è fondamentalmente la mancanza dell'interruttore (sostituito da un semplice diodo) e della relativa scheda di controllo: ciò comporta una maggiore affidabilità e soprattutto un minor costo del sistema.

Online DC-UPS

In Figura3 è schematizzato un sistema **Online DC-UPS**; il funzionamento è il seguente:

il caricabatteria alimenta sia la batteria, tenendola carica, sia il DC/DC converter che a sua volta alimenta il carico.

Se viene a mancare l'alimentazione primaria V_{in} , il caricabatteria si spegne ma la batteria tiene alimentato il DC/DC converter per un certo periodo, T_{aut} .

Il caricabatteria potrà essere di tipo C-C o C-V e potrà avere o meno certe caratteristiche (tensione/corrente di ricarica in funzione della temperatura della batteria, sistema di INHIBIT o lettura della R_i , ...) già illustrate nella **AAN2011.3**.

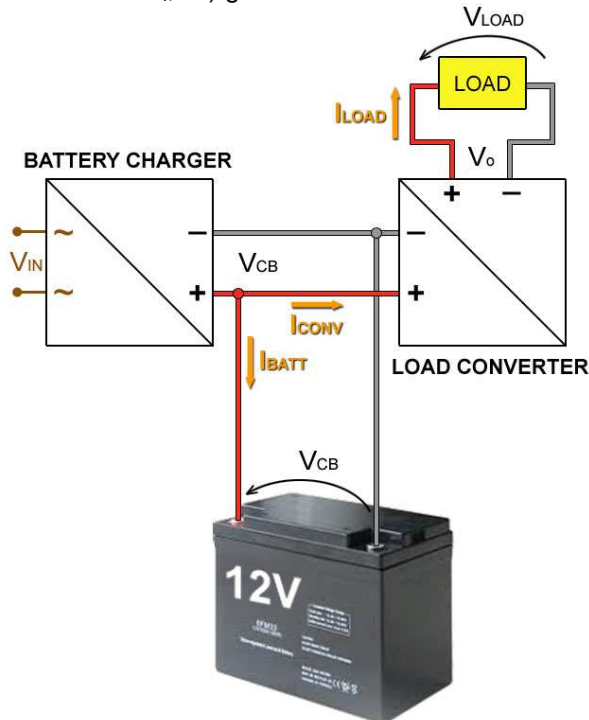


Figura3 – Sistema Online DC-UPS composto di un caricabatteria e converter DC/DC in cascata.

Si considerino gli stessi parametri presi per l'esempio precedente:

- caricabatterie di tipo C-V, con $V_{cb} = 13,8V$
- carico 20A, $V_{load-nom} = 12V$
- pacco batteria 12V di capacità $C = 40Ah$

Sfruttando i calcoli già eseguiti precedentemente si ha:

$T_{aut} = 1$ ora;

il sistema ha una potenza pari a:

$$P = 12V \times 20A \text{ (per il carico)} \\ + 12V \times 20A / \eta_{conv} \text{ (per il DC/DC converter)} \\ + 10\%C \times 13.8V \text{ (per la ricarica della batt.)} \\ = 600W \text{ circa}$$

in cui abbiamo considerato l'efficienza del DC/DC converter pari a $\eta_{conv} = 80\%$.

La tensione del carico sarà pari a:

$V_{load} = 12V$ stabilizzata dal DC/DC converter.

È sempre possibile aggiungere un sistema di sgancio della batteria nel caso in cui V_{batt} scenda al di sotto del valore tipico $V_{batt-nom} -20\%$, per evitare la scarica profonda.

Stand-by DC-UPS vs Online DC-UPS

L'online DC-UPS, rispetto al sistema Stand-by visto precedentemente, non presenta alcun buco di tensione quando viene a mancare la V_{in} , inoltre permette di mantenere sempre una tensione stabilizzata al carico.

Nel caso in cui il carico richiedesse una tensione più elevata, per esempio $V_{load-nom} = 48V$:

con lo Stand-by DC-UPS bisogna utilizzare un pacco batterie 48V (realizzabile con 4 batterie 12V in serie), mentre con l'online DC-UPS il pacco batterie rimane a 12V (che è uno standard).

Tuttavia il sistema Online DC-UPS è molto ingombrante, in quanto il caricabatteria deve fornire potenza sia per la ricarica della batteria, sia per l'alimentazione del DC/DC converter, ad esso in cascata. Inoltre va considerato che nell'Online DC-UPS in caso di guasto del DC/DC converter, il carico resterebbe disalimentato e quindi sarebbe opportuno ridondare il DC/DC converter, per esempio mettendone due in parallelo.

DC-UPS a singolo alimentatore

Al fine di semplificare il sistema-caricabatteria, può essere adottato un sistema molto più snello di quelli appena descritti.

Infatti tipicamente un oggetto elettronico che richiede di essere alimentato a una certa tensione V_{nom} , accetta in realtà tensione $V_{nom} \pm 20\%$.

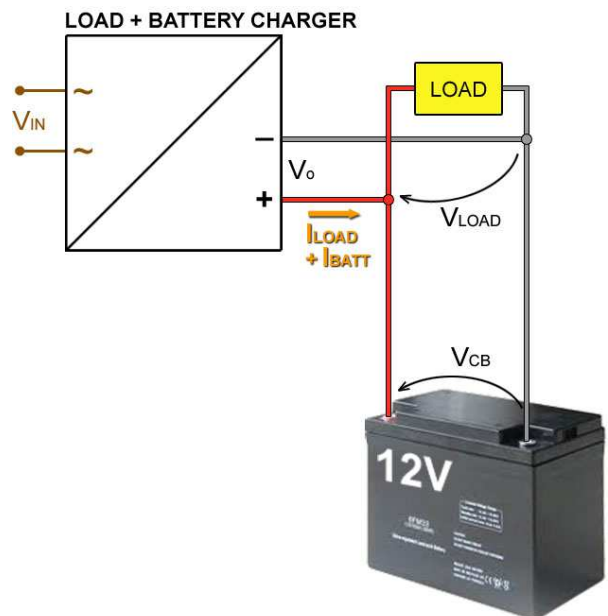


Figura4 – Sistema DC-UPS composto di un unico alimentatore per carico e per la ricarica della batteria.

Da questa considerazione, tornando all'esempio precedente:

se il LOAD, che richiede di essere alimentato a 12V, accetta di fatto un range di tensione $12V \pm 20\%$, ovvero $9.6V \div 14.4V$ (consultare a tal proposito la scheda tecnica del LOAD), allora è possibile utilizzare un unico alimentatore che funga sia da alimentatore per il carico, sia da caricabatteria, come mostrato in Figura4.

A conti fatti si ottiene una potenza di sistema pari a quella di uno Stand-by DC-UPS.

La tensione del carico sarà pari a:

$$V_{load} = 13.8V \text{ in presenza di } V_{in},$$

$$V_{load} = 13.8V \div 9.6V \text{ se manca } V_{in}$$

Si noti che il DC-UPS a singolo alimentatore non presenta alcun buco di tensione quando viene a mancare la V_{in} , visto che in effetti la batteria è sempre connessa al carico.

Inoltre questo tipo di sistema costa molto meno rispetto dei due precedenti e presumibilmente offre una maggior affidabilità, per via della maggior semplicità.

Un sistema DC-UPS a singolo alimentatore impone la scelta di un alimentatore di tipo C-V, infatti sarebbe rischioso (per il carico) utilizzare un alimentatore C-C, che durante la ricarica della batteria potrebbe portare la tensione a livelli estremamente elevati.

Dimensionamento DC-UPS a singolo alimentatore

Utilizzare un sistema a singolo alimentatore, di tipo C-V, per carico e ricarica delle batterie (Figura4) necessita di un opportuno dimensionamento dell'alimentatore.

La classica domanda è: "se uso un alimentatore unico per carico e batteria, come posso evitare che la batteria assorba tutta la corrente disponibile lasciando disalimentato il carico?"

La domanda è mal posta: la batteria non può assorbire corrente, sottraendola al carico!

Occorre fare chiarezza in proposito, visto che la domanda è molto ricorrente.

In Figura5 è riportata la caratteristica tipica di una batteria 12V-40Ah @25°C in funzione dello stato di carica.

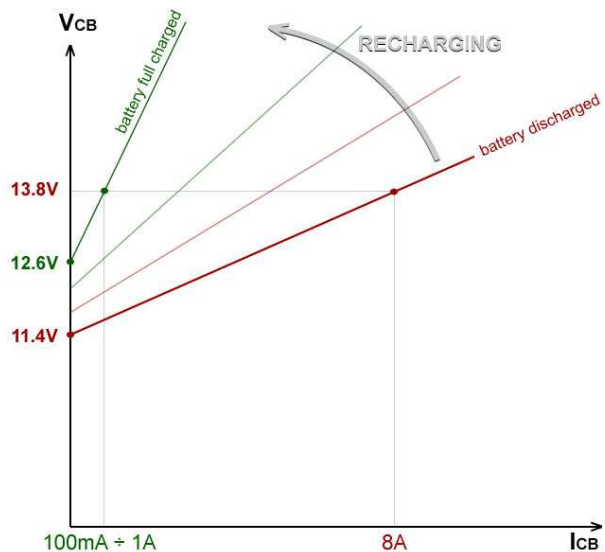


Figura5 – Caratteristica qualitativa tensione / corrente di una batteria 12V-40Ah in diversi stati di carica, @25°C.

La batteria in fase di ricarica, come spiegato nella AAN2011.3, si può modellizzare come una resistenza variabile, il cui valore dipende dallo

stato di carica della batteria, infatti la caratteristica tensione-corrente è una retta, che varia in funzione di quanto la batteria è carica (Figura5).

Facciamo un esempio pratico, si supponga di avere a disposizione:

- un alimentatore DC-UPS a singolo alimentatore di tipo C-V @13.8V che può erogare al massimo 8A,
- un carico da 4A @ $V_{nom} = 12V$,
- la batteria 40Ah (caratteristica I-V di Figura5)

Consideriamo il caso peggiore: la batteria inizialmente è scarica. Dalla caratteristica della batteria appare chiaro che se questa è scarica e posta a 13.8V, tenderà ad assorbire 8A (vedi Figura5, retta marrone).

La batteria scarica e il carico richiedono rispettivamente 8A + 4A ma il DC-UPS può erogare al massimo 8A, quindi cosa accade? Come viene suddivisa la corrente tra batteria e carico?

Il carico LOAD assorbe 4A @12V, ovvero un totale di 48W. In questo discorso qualitativo, si può modellizzare il carico LOAD come una resistenza variabile a potenza costante:

LOAD assorbe 48W ovvero 4A@12V, oppure 3.5A@13.8V oppure 5A@9.6V.

In Figura6 è rappresentato l'andamento della caratteristica del carico LOAD.

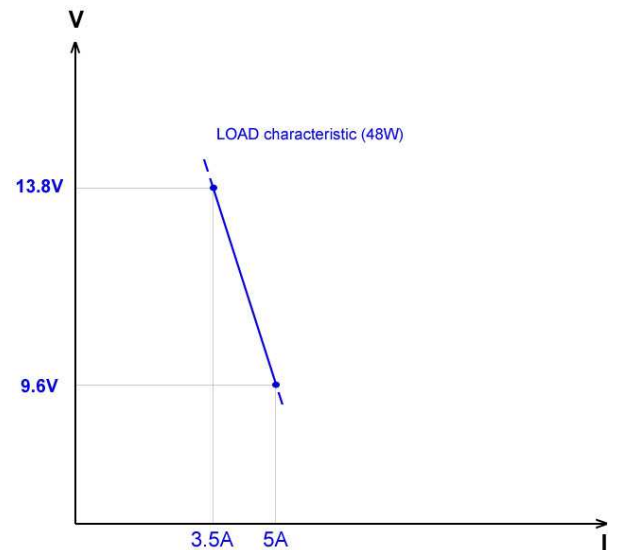


Figura6 – Caratteristica tensione / corrente di un carico "a potenza costante" tra 9.6V e 13.8V.

Ora attenzione: se all'alimentatore viene chiesta più corrente di quella che può erogare, come in questo caso, la sua tensione tenderà a scendere. È un funzionamento normale di tutti gli alimentatori, che in condizione di *overcurrent* tendono per l'appunto a diminuire la propria tensione d'uscita (e quindi potenza d'uscita) per autoproteggersi.

Quindi tornando al nostro esempio: l'alimentatore ha una $I_{max} = 8A$ e quindi non può fornire i 12A "richiesti" da carico e batteria, quindi la tensione nominale dell'alimentatore inizia a scendere.

Si noti che LOAD, che si comporta come un carico a potenza costante, al calare della tensione tende ad assorbire più corrente, mentre la batteria al calare della tensione tende ad assorbire meno corrente (vedi caratteristiche di batteria e LOAD, Figura5 e Figura6 rispettivamente).

Facile intuire che la tensione dell'alimentatore scenderà fino al punto in cui la somma delle correnti di LOAD e di batteria sarà pari a 8A.

È possibile risolvere graficamente il problema, visto che LOAD e batterie sono sottoposte alla medesima tensione (perché di fatto sono in parallelo).

Dalla Figura7 si trova che per $V_o = 12.6V$ le batterie e il carico assorbono in totale 8A (rispettivamente 3.88A e 4.12A).

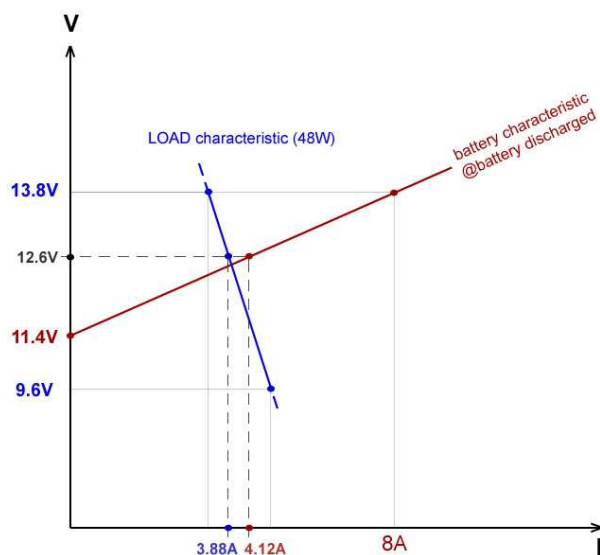


Figura7 – Calcolo grafico per determinare il livello di tensione per cui $I_{batt} + I_{load} = 8A$.

Man mano che la batteria si ricarica, la sua caratteristica varia (Figura5), l'assorbimento di corrente da parte della batteria cala e quindi la V_o dell'alimentatore pian piano tornerà al valore nominale di 13.8V.

Questo esempio fa capire che mettendo in parallelo diretto il carico e le batterie, non c'è alcun rischio per il carico, posto che l'alimentatore del DC-UPS sia ben dimensionato.

Advel, dopo anni di esperienza a riguardo, suggerisce di dimensionare l'alimentatore per poter sostenere almeno la corrente di carico + 10% della capacità di batteria, come fatto per l'esempio appena visto.

In tal caso il tempo di ricarica della batteria è pari a 10 ore teoriche (diciamo pure 12 ore nella realtà, per via dei fenomeni dissipativi della batteria, la caduta di tensione sui cavi, ecc... vedi **AAN2011.3**).

3. Esempio di dimensionamento di un DC-UPS

Può essere utile a questo punto analizzare un caso pratico. Consideriamo che un nostro cliente necessita di un sistema DC-UPS.

Richiesta del cliente:

assorbimento da parte del carico: 500W
 alimentazione del carico: 24V $\pm 20\%$
 autonomia richiesta: 5 ore
 tempo di ricarica richiesto: <24ore

Seguono le considerazioni per il dimensionamento del sistema DC-UPS proposto da Advel:

- visto che il carico può essere alimentato nel range 24V $\pm 20\%$, si opta per un DC-UPS a singolo alimentatore;
- il carico assorbe $500W / 24V = 20.8A$ circa;
- è necessario un pacco batterie teorico di $20.8A \times 5h = 104Ah$ \rightarrow nella pratica si suggerisce una capacità del pacco batterie fino a 208Ah (fattore di sicurezza 2); in commercio esistono batterie di 100Ah, quindi mettendo 2 batterie 24V da 100Ah in parallelo si ottiene un pacco batterie da 200Ah, che più o meno va bene;
- il pacco batterie da 200Ah deve poter assorbire almeno 20A (ovvero il 10% della sua capacità) per ricaricarsi in circa 10÷12 ore.

In definitiva l'alimentatore deve fornire una corrente di almeno:

$20.8A$ (carico) + $20A$ (pacco batterie) = $40.8A$

Advel suggerisce di usare un alimentatore da 1200W, con $V_{out} = 27.6V$ ($I_{max} = 43A$), ad esempio in formato rack della serie SPS-R contenente due moduli da 600W in parallelo (Figura8), con le seguenti caratteristiche:

- uscita per carico e per batterie su morsetti posteriori;
- scheda interna di controllo **BCD** (che realizza il comando di sgancio di batteria se questa ha una tensione al di fuori di $V_{batt.nom} \pm 20\%$);
- allarme **RMCB**, che segnala se la batteria è scollegata o guasta (opzione);
- contatto **Inhibit** manuale, per effettuare il test di batteria;
- compensazione della temperatura (opzione non necessaria vista la bassa corrente di ricarica, ma consigliata se le batterie si trovano in ambiente non climatizzato);
- possibilità di estrazione dei moduli a caldo;
- ventilazione forzata interna al rack, con controllo della funzionalità delle ventole (**FCD**);
- fusibile esterno di protezione in serie alla batteria (consigliato ma non strettamente necessario).

Se la batteria è carica, l'alimentatore eroga: 20.8A (carico) + 100mA÷1A (corrente di mantenimento) e la tensione di alimentazione del caricabatteria resta pari a 27.6V.

Se invece la batteria è scarica, all'alimentatore viene chiesta una corrente pari a:

20.8A (carico) + 40A (ovvero il 20% della capacità nominale della batteria) = 60.8A!

...ma l'alimentatore non può fornire 60.8A (perché al massimo eroga 43A) e come conseguenza la V_{out} dell'alimentatore inizia a scendere, come spiegato al paragrafo precedente:

presumibilmente la V_{out} dell'alimentatore scenderà a circa 25÷26V, a questa tensione infatti la batteria assorbe circa il 10% della sua capacità, ovvero circa 20A, e quindi l'alimentatore ce la fa a sostenere la corrente di carico + quella della ricarica della batteria. Man mano che la batteria si ricarica, la corrente di ricarica cala e di conseguenza la V_{out} sale fino a tornare al valore nominale di 27.6V (dopo qualche ora).

In un tempo pari a circa 12 ore la batteria risulterà completamente carica.

NOTA - tempi di ricarica: se il cliente avesse preteso un tempo di ricarica più basso (es. 5 ore), avremmo forse dovuto scegliere un alimentatore più potente (circa 2000W). Tuttavia si noti che il sistema di ricarica di tipo C-V a tensione fissa $V_{batt}+15\%$ non permette un buon controllo del tempo di ricarica. Infatti per diminuire i tempi di ricarica bisognerebbe aumentare la tensione di ricarica oltre $V_{batt}+15\%$, come ben spiegato nella **AAN2011.3**, cosa che è bene evitare per non uscire dalle specifiche di alimentazione del carico. Quindi il DC-UPS a singolo alimentatore non consente di velocizzare i tempi di ricarica al di sotto delle 5÷6 ore.

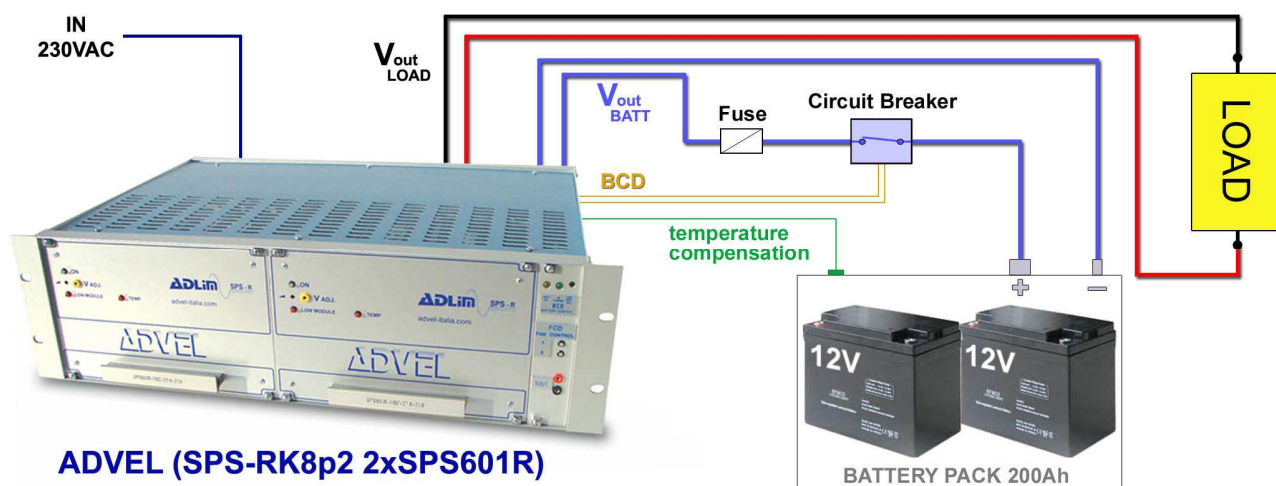


Figura8 – Sistema DC-UPS, realizzato con alimentatore Advel (serie rack SPS-R, contenente due moduli estraibili SPS601R da 600W l'uno) con controllo batteria e compensazione della temperatura.

4. Conclusioni

Sono state analizzate le caratteristiche delle seguenti famiglie di DC-UPS: Stand-by, Stand-by semplificato, Online, e a singolo alimentatore.

Con gli alimentatori di Advel è possibile realizzare tutti e 4 i tipi di DC-UPS, sta al cliente scegliere la tipologia del sistema DC-UPS, sulla base delle proprie necessità tecniche.

In Tabella 1 sono riassunte le principali caratteristiche delle tre tipologie di DC-UPS.

L'esempio analizzato al paragrafo 3, del tutto realistico, fa comprendere che un sistema DC-UPS a singolo alimentatore, a tensione costante (C-V), se ben dimensionato, permette una ricarica completa del pacco batteria senza "sottrarre" corrente al carico.

Inoltre se il sistema è dimensionato in modo da consentire una corrente di ricarica massima non superiore al 10% della sua capacità (come suggerito da Advel) non risulta strettamente

necessario alcun accorgimento per quello che riguarda la temperatura della batteria.

Gli aspetti negativi di un DC-UPS a singolo alimentatore sono sostanzialmente due:

- 1) non è possibile abbassare il tempo di ricarica della batteria al di sotto delle 5-6ore,
- 2) si ha un ampio range di tensione al carico.

Gli aspetti positivi invece sono molteplici: prezzo contenuto, elevata affidabilità, ingombro contenuto, ...

Se è richiesto un tempo di ricarica delle batterie molto basso, è necessario utilizzare un DC-UPS con alimentatore dedicato per la batteria, di tipo Stand-by o Online. Tuttavia se i tempi di ricarica sono molto bassi le correnti di ricarica della batteria saranno sicuramente elevate e quindi risulterà necessario prendere gli opportuni accorgimenti che riguardano il controllo della temperatura delle batterie e il dimensionamento opportuno dei cavi di cablaggio.

Se, e solo se, il carico necessita di una tensione fissa e ben stabilizzata in ogni situazione (es. $V_{nom} \pm 5\%$) bisogna optare per un sistema Online

DC-UPS, che però ha un elevato ingombro e costo.

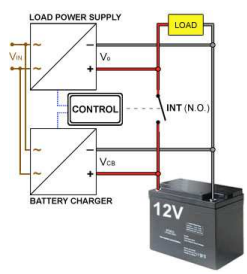
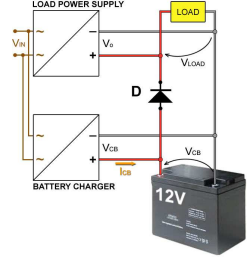
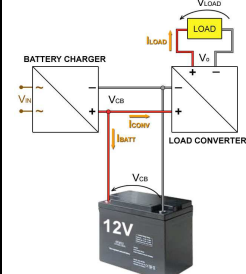
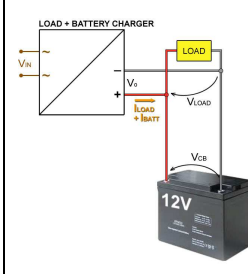
TIPOLOGIA	Stand-by DC-UPS	Stand-by DC-UPS semplificato	Online DC-UPS	DC-UPS a singolo alimentatore
Schema				
Costo	alto	medio	molto alto	medio
Carico 12V tensione al carico V_{LOAD}	Battery pack 12V → $V_{LOAD} = 9.6V \div 12V$	Battery pack 12V → $V_{LOAD} = 9.1V \div 13.3V$ (supposto $V_D = 0,5V$)	Battery pack 12V → $V_{LOAD} = 12V$ fisso	Battery pack 12V → $V_{LOAD} = 9.6V \div 13.8V$
Carico 24V tensione al carico V_{LOAD}	Battery pack 24V → $V_{LOAD} = 19.2V \div 24V$	Battery pack 24V → $V_{LOAD} = 18.7V \div 23.5V$ (supposto $V_D = 0,5V$)	Battery pack 12V → $V_{LOAD} = 24V$ fisso	Battery pack 24V → $V_{LOAD} = 19.2V \div 27,6V$
Carico 48V tensione al carico V_{LOAD}	Battery pack 48V (4x12V in serie) → $V_{LOAD} = 38.4V \div 48V$	Battery pack 48V (4x12V in serie) → $V_{LOAD} = 38.9V \div 47.5V$ (supposto $V_D = 0,5V$)	Battery pack 12V → $V_{LOAD} = 48V$ fisso	Battery pack 48V (4x12V in serie) → $V_{LOAD} = 38.9V \div 55V$
Carico 110V tensione al carico V_{LOAD}	Battery pack 108V (9x12V in serie) → $V_{LOAD} = 86.4V \div 108V$	Battery pack 108V (9x12V in serie) → $V_{LOAD} = 85.9V \div 107.5V$ (supposto $V_D = 0,5V$)	Battery pack 12V → $V_{LOAD} = 48V$ fisso	Battery pack 108V (9x12V in serie) → $V_{LOAD} = 86.4V \div 124V$
tipo di caricabatteria	C-C o C-V	C-V	C-C o C-V	C-V
Buco di tensione per mancanza V_{in}	~20÷40msec	0 sec	0 sec	0 sec
ingombro sistema	normale	medio basso	elevato	basso
Tipica potenza del carico	< 500W	> 500W	< 1000W	> 500W
Tempo di ricarica della batteria	1h ÷ 12h	5h ÷ 12h	1h ÷ 12h	5h ÷ 12h

Tabella1 – Caratteristiche principali delle tre tipologie di DC-UPS: Stand-by, Online, a singolo alimentatore.