

# Tecnologia delle batterie per sistemi UPS monofase: confronto tra VRLA e ioni di litio

## White paper 266

Revisione 0

di Victor Avelar  
Martin Zacho

### Riepilogo

Nel corso degli anni, i prezzi delle batterie agli ioni di litio (Li-Ion) sono diminuiti, per cui questo tipo di batterie rappresenta una scelta fattibile per i sistemi UPS. Questo white paper offre una breve panoramica delle batterie agli ioni di litio rispetto alle batterie al piombo con valvola di regolazione (VRLA) per gli UPS monofase. È descritta, inoltre, un'analisi del costo totale di proprietà (TCO) decennale che per le batterie agli ioni di litio è inferiore del 53% rispetto a quello delle batterie VRLA, nonostante i costi di capitale superiori. Un'analisi della sensibilità, inoltre, rivela i fattori di determinanti per il TCO.

## Introduzione

Le batterie agli ioni di litio sono disponibili in commercio da oltre vent'anni per varie applicazioni<sup>1</sup>. Qual è il motivo per cui generalmente non sono state adottate per gli UPS monofase? Il motivo è che non esistevano celle agli ioni di litio<sup>2</sup> che garantissero ai fornitori di UPS un adeguato equilibrio tra prezzo, densità di energia, potenza, sicurezza e affidabilità per gli UPS monofase. Grazie ai progressi chimici e tecnologici delle batterie agli ioni di litio avvenuti negli ultimi 10 anni, attualmente i fornitori di UPS possono valutare alternative concrete. Tali progressi sono dovuti in buona parte ai requisiti imposti dall'industria dei veicoli elettrici. La **Figura 1** illustra un esempio di batteria agli ioni di litio per un UPS monofase. Il modulo UPS è impilato su un modulo batteria agli ioni di litio.

**Figura 1**

SMART-UPS APC  
(in alto) con batteria  
esterna agli ioni di litio  
(in basso)



Le batterie agli ioni di litio presentano vantaggi oggettivi rispetto alle batterie VRLA:<sup>3</sup>

- Il minore numero (o addirittura l'assenza) di sostituzioni per tutta la durata dell'UPS riduce o elimina il rischio di interruzioni dovute alla sostituzione delle batterie.
- Il peso è tre volte inferiore a parità di energia fornita
- Il numero cicli di scarica è fino a dieci volte superiore, a seconda della composizione chimica, della tecnologiche, della temperatura e della profondità di scarica
- L'autoscarica (cioè la scarica lenta quando la batteria non è utilizzata) è circa quattro volte inferiore
- I tempi di ricarica, fondamentali in vari scenari di blackout, sono almeno quattro volte più rapidi

Le batterie agli ioni di litio, tuttavia, presentano anche due svantaggi rispetto a quelle VRLA:

<sup>1</sup> <http://www.sonyenergy-devices.co.jp/en/keyword/> (ultimo accesso il 28/02/2016)

<sup>2</sup> Occorre tenere presente che il termine "cella" si riferisce al componente fondamentale più piccolo di una batteria. Le batterie sono costituite da due o più celle che vengono confezionate in base all'applicazione specifica, ad esempio per un UPS.

<sup>3</sup> [http://batteryuniversity.com/learn/article/whats\\_the\\_best\\_battery](http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_best_battery) (ultimo accesso il 28/02/2016)

- Costano 2-3 volte di più a parità di energia fornita, a causa dei maggiori costi per la produzione e per il sistema di gestione delle batterie
- Normative più rigide in relazione al trasporto

Questo white paper fornisce una breve panoramica delle caratteristiche delle batterie agli ioni di litio rispetto a quelle VRLA e analizza i costi di capitale, le spese di esercizio e il TCO di questi due tipi di batterie.

## Panoramica delle batterie agli ioni di litio

Le seguenti sottosezioni forniscono una breve panoramica di alcune caratteristiche principali delle batterie agli ioni di litio.

### Vita utile

La frequenza con cui deve essere sostituita è fondamentale quando si tratta di valutare la vita utile di una batteria. È importante, però, tenere presenti alcuni parametri utilizzati dai fornitori per misurare la vita utile, in particolare la **vita di servizio**, vale a dire la durata stimata prima che raggiunga il 70-80% della capacità, ossia ciò che comunemente viene ritenuta la fine della vita di una batteria. La vita di servizio è correlata al funzionamento della batteria in condizioni reali e per una determinata applicazione, per cui è molto variabile. La **vita di calendario**, invece, è la durata stimata di una batteria se dovesse mantenere la carica per l'intera vita senza interruzioni di alimentazione a una determinata temperatura, in genere 25° C. La vita di servizio delle batterie VRLA è compresa tra 3 e 6 anni, mentre quella delle batterie agli ioni di litio può essere superiore a 10 anni (stima ottenuta tramite prove di durata accelerate). Occorre tenere presente che trascorreranno vari anni prima che siano disponibili dati sulla vita di servizio reale delle batterie agli ioni di litio più recenti; per alcune di queste batterie, tuttavia, esiste una garanzia decennale che compensa la mancanza di dati sulla vita di servizio.

### Temperatura

Sia per le batterie al piombo-acido che per quelle agli ioni di litio la vita di calendario e il numero di cicli si riducono con l'aumento della temperatura. L'aumento della temperatura, però, influisce in maniera minore sulla durata delle batterie agli ioni di litio rispetto a quella delle batterie al piombo-acido. Molte batterie agli ioni di litio utilizzate negli UPS sono progettate per tollerare temperature medie più alte (ad es. 40 °C) e sono in grado di raggiungere il fine vita previsto con queste temperature superiori.

### Ingombro

Grazie alle maggiori densità di energia, le batterie agli ioni di litio sono molto più piccole in termini di ingombro e di volume rispetto a quelle VRLA. Questo risparmio di spazio è particolarmente importante per applicazioni che richiedono una maggiore autonomia a parità di ingombro totale.

### Peso

La maggiore densità di energia delle batterie agli ioni di litio contribuisce a ridurre il peso rispetto alle VRLA, per cui sono anche più maneggevoli e più facili da installare o sostituire.

### Monitoraggio delle batterie

I sistemi di monitoraggio delle batterie (BMS) non fanno parte di una soluzione di batterie VRLA per sistemi UPS monofase poiché le celle in queste batterie non sono gestite. Le batterie agli ioni di litio, invece, sono dotate di un sistema di gestione delle batterie perché richiedono il bilanciamento delle celle e funzioni di sicurezza che incrementano il rendimento e la durata del sistema.

## Sicurezza

La sicurezza è di primaria importanza quando si parla di batterie. In relazione agli UPS, è opportuno tenere presente che i fornitori di gruppi di continuità devono collaborare attivamente con i fornitori di soluzioni agli ioni di litio per escogitare la combinazione migliore possibile di composizione chimica, tecnologia, involucro per le celle e processi di gestione delle batterie per UPS specifici.

Tutti i tipi di batterie accumulano energia termica, per cui se vengono gestite in maniera inadeguata (ad es. se vengono gettate nel fuoco) o sovraccaricate potrebbero rilasciare materiali pericolosi o innescare incendi. Le batterie agli ioni di litio sono ritenute più volatili, a causa delle segnalazioni di alcuni casi di incendio e del connubio tra la maggiore densità di energia e la maggiore sensibilità alla sovraccarica. Se una batteria agli ioni di litio viene gestita in maniera inadeguata, può raggiungere più facilmente una condizione di instabilità termica, in quanto la resistenza delle celle è inferiore e la capacità di immagazzinare energia è superiore a quella di una batteria al piombo-acido.

Nel corso degli anni, però, sono stati compiuti notevoli progressi per aumentare il livello di sicurezza fino a livelli confrontabili con quelli di altri tipi di batterie di uso comune. Grazie ai progressi della chimica e del confezionamento delle celle, queste sono più stabili; i processi produttivi sono maturi e i materiali impiegati sono più resistenti; gli schemi di gestione delle batterie, inoltre, sono stati ampiamente sperimentati e collaudati sul campo per evitare che le batterie agli ioni di litio si sovraccarichino o si surriscaldino. L'uso prolifico delle batterie agli ioni di litio in centinaia di milioni di apparecchi elettronici portatili, smartphone e veicoli elettrici testimonia il loro livello di sicurezza.

Dal momento che i sistemi di batterie agli ioni di litio sono molto più sensibili alle modalità con cui vengono caricati e scaricati, includono tutti un sistema BMS (Battery Management System) per la gestione delle batterie, costituito da microprocessori, sensori, interruttori e relativi circuiti, che monitora costantemente la temperatura della batteria a livello di cella, il grado e la percentuale di carica, per impedire corto circuiti e sovraccarica. Il sistema BMS, inoltre, protegge le celle dai danni evitando che la tensione si abbassi troppo con la scarica e fornisce all'UPS e all'utente informazioni precise sullo stato, sull'integrità e sull'autonomia residua delle batterie.

## Normative sul trasporto

Esistono varie normative per la spedizione delle batterie, incluse quelle agli ioni di litio e le VRLA. Tali normative tendono ad essere più severe per le caratteristiche chimiche delle batterie agli ioni di litio, a causa della maggiore densità di energia e della maggiore volatilità di determinate sostanze chimiche.

Sì, le norme variano da paese a paese, ma una guida efficace sulle limitazioni e sui requisiti per il trasporto aereo è fornita dall'IATA (International Air Transport Association), l'associazione internazionale per il trasporto aereo, e dalle norme DGR (Dangerous Goods Regulation) sulle merci pericolose,<sup>4</sup> che descrivono gli obblighi da seguire per le spedizioni aeree in materia di dimensioni, peso e numero di unità. Per il trasporto delle batterie al litio occorre distinguere materiali pericolosi appartenenti o meno alla Classe 9<sup>5</sup>; quelli non appartenenti alla Classe 9 possono essere trasportati in quantità e volumi inferiori, mentre per quelli appartenenti alla Classe 9 è consentito il trasporto di batterie in numero e taglia superiori. Ogni classe include etichettatura, confezionamento e altri requisiti di gestione specifici.

Occorre tenere presente che le batterie di tutti i tipi sono soggette a requisiti e limitazioni; ad esempio, le batterie spedite all'interno di apparecchiature generalmente non devono essere staccate. Anche se tutti questi requisiti possono sembrare onerosi per l'utente finale o il rivenditore, è il produttore del sistema che generalmente si assume l'onere e la responsabilità di garantire la conformità tramite la progettazione, la certificazione, l'etichettatura, la documentazione per l'utente e il confezionamento.

<sup>4</sup> <http://www.iata.org/publications/dgr/Pages/index.aspx> (ultimo accesso il 19/01/2016)

<sup>5</sup> [http://batteryuniversity.com/learn/article/shipping\\_lithium\\_based\\_batteries\\_by\\_air](http://batteryuniversity.com/learn/article/shipping_lithium_based_batteries_by_air) (ultimo accesso il 26/02/2016)

## Riciclabilità

Le batterie agli ioni di litio possono contenere quantitativi molto esigui di metalli pesanti, nichel o cobalto, mentre le batterie piombo-acido ne contengono molti di più (cioè il piombo). Il governo statunitense considera le batterie agli ioni di litio non pericolose, per cui ne consente lo smaltimento in discarica in quanto non contengono mercurio, piombo, cadmio o altri materiali ritenuti pericolosi.

Sia le batterie agli ioni di litio che le VRLA sono riciclabili, ma attualmente nella maggior parte dei paesi del mondo è molto più semplice riciclare le batterie al piombo-acido rispetto alle batterie agli ioni di litio di formato superiore utilizzate per i veicoli elettrici e gli UPS, ed esistono molte aziende di riciclo che ritirano le batterie agli ioni di litio più piccole. Nel momento in cui è stato scritto questo white paper, tuttavia, la maggior parte delle batterie più piccole vengono semplicemente raccolte e destinate alla demolizione o all'incenerimento, anche se alcuni materiali utilizzati nella produzione potrebbero essere recuperati. Sono molti i materiali che finiscono in discarica, in quanto dal punto di vista puramente finanziario il riciclo delle batterie agli ioni di litio per il recupero di quantità di litio e cobalto (quando disponibile) molto esigue e altri metalli più comuni e meno preziosi (alluminio, nichel ecc...) non è economicamente conveniente. La ricerca sta cercando di migliorare l'economia del riciclo e i governi stanno cominciando a incoraggiare, incentivare o imporre la raccolta e il corretto riciclo delle batterie.

## Analisi finanziaria

L'uso del TCO come parametro è sempre più diffuso in alcuni investimenti IT come la manutenzione dell'UPS. Nel caso delle batterie agli ioni di litio, determinate tecnologie e caratteristiche chimiche delle celle evidenziano un TCO favorevole per un periodo di 10 anni rispetto alle batterie VRLA. Tale periodo sembra essere la durata tipica di un UPS prima che sia necessario sostituirlo.

### Presupposti

La **Tabella 1** riporta un elenco di caratteristiche pertinenti all'analisi del TCO.

Caratteristica della batteria	VRLA	Ioni di litio
Chimica	Piombo-acido	NMC
Capacità nominale	1,5 kVA	1,5 kVA
Autonomia a 25 °C	22 minuti	19 minuti
Vita di servizio della batteria a 25 °C	4 anni	10 anni

### Tabella 1

*Caratteristiche delle batterie utilizzate nell'analisi del TCO*

La **Tabella 2** riporta un elenco di presupposti utilizzati per questa analisi.

**Tabella 2**

Elenco di presupposti utilizzati nell'analisi del TCO

Presupposto	VRLA	Ioni di litio
Carico dell'UPS	1350 W	1350 W
Vita di servizio dell'UPS	10 anni	10 anni
Temperatura di esercizio	25 °C	25 °C
Anni in cui le batterie vengono rigenerate durante il ciclo di vita dell'UPS	Anno 4 e 8	Non richiesto
Prezzo di una batteria esterna per l'autonomia richiesta	\$ 730*	\$ 1.200
Costo di una batteria di ricambio interna ed esterna per l'autonomia richiesta	\$ 840 / sostituzione	-
Costo della manodopera per la sostituzione della batteria	\$ 200 / sostituzione	Non richiesto

\* Solo per il prezzo della batteria VRLA esterna in base all'autonomia richiesta dell'UPS. Il costo di capitale della batteria VRLA interna per UPS non è considerato in questo calcolo poiché un UPS non può essere privo di batterie al piombo-acido interne.

### Costo di capitale

La spesa iniziale per la batteria, nell'anno 0, include i costi materiali e i costi di manodopera. La **Tabella 3** analizza separatamente le spese di capitale per entrambi i tipi di batterie.

**Tabella 3**

Analisi dei costi di capitale

Costo di capitale	VRLA	Ioni di litio	% cambio
Costi materiali della batteria	\$ 730	\$ 1.200	64% in più per gli ioni di litio
Costo di installazione	\$ 200	\$ 200	Spese di capitale identiche
<b>TOTALE</b>	<b>\$ 930</b>	<b>\$ 1.400</b>	<b>51% in più per gli ioni di litio</b>

### Costi di esercizio

I costi di esercizio delle batterie iniziano nell'anno 1 e proseguono fino all'anno 10. Per i sistemi UPS monofase, il fattore che incide maggiormente sulle spese di esercizio è il costo della rigenerazione. La **Tabella 4** analizza separatamente i costi di esercizio per entrambi i tipi di batterie.

**Tabella 4**

Analisi delle spese di esercizio

Costi di esercizio	VRLA	Ioni di litio	% cambio
Costo della sostituzione della batteria nell'anno 4	\$ 840	\$ 0	100% in meno per gli ioni di litio
Costo della manodopera per la sostituzione della batteria nell'anno 4	\$ 200	\$ 0	100% in meno per gli ioni di litio
Costo della sostituzione della batteria nell'anno 8	\$ 840	\$ 0	100% in meno per gli ioni di litio
Costo della manodopera per la sostituzione della batteria nell'anno 8	\$ 200	\$ 0	100% in meno per gli ioni di litio
<b>TOTALE</b>	<b>\$ 2.080</b>	<b>\$ 0</b>	<b>100% in meno per gli ioni di litio</b>

## TCO

Il TCO decennale considera le spese di capitale e di esercizio sopra riportate. Le batterie agli ioni di litio assicurano un TCO decennale inferiore del 53% rispetto alle batterie VRLA. La **Tabella 5** analizza separatamente il TCO per entrambi i tipi di batterie.

**Tabella 5**

*Analisi del TCO*

TCO	VRLA	Ioni di litio	% cambio
Costo di capitale	\$ 930	\$ 1.400	51% in più per gli ioni di litio
Costi di esercizio	\$ 2.080	\$ 0	100% meno per gli ioni di litio
<b>TOTALE</b>	<b>\$ 3.010</b>	<b>\$ 1.400</b>	<b>53% in meno per gli ioni di litio</b>

## Analisi della sensibilità

Sono stati modificati in maniera indipendente vari fattori di spesa per valutarne la variabilità e l'impatto sul TCO in termini di cambiamento. Ad esempio, è stata modificata la vita di servizio della batteria VRLA da 3 a 7 anni, determinando una riduzione del TCO compresa tra il 29% (1 sostituzione della batteria VRLA) e il 65% (3 sostituzioni della batteria VRLA).

I due fattori che influiscono maggiormente sul ciclo di sostituzione delle batterie VRLA sono la temperatura e i cicli di carica e scarica.

In base a questa analisi di sensibilità, i fattori che incidono maggiormente sul confronto tra il TCO delle batterie agli ioni di litio e quello delle soluzioni VRLA sono:

- Vita di servizio della batteria VRLA
- Vita di servizio dell'UPS

È importante sottolineare che, sebbene ciascuno di questi singoli fattori possa causare un cambiamento significativo del TCO di entrambi i tipi di batterie, la combinazione di alcuni elementi è in grado di influenzare la decisione relativa all'adozione di una soluzione o dell'altra. In particolare, la vita di servizio delle batterie VRLA, più breve di quella delle batterie agli ioni di litio, diventa una leva fondamentale assieme alla vita di servizio dell'UPS. Ad esempio, la vita di servizio di 4 anni di una batteria VRLA, assieme alla vita di servizio di 8 anni di un UPS, implica una sola rigenerazione della batteria. Aumentando la vita di servizio dell'UPS di appena 2 anni, tuttavia, le batterie VRLA dovranno essere rigenerate due volte, apportando un cambiamento significativo del TCO a favore delle batterie agli ioni di litio.

Ai fini di confronto, le spese di capitale calcolate in questo modello si basano sulla batteria esterna aggiuntiva utilizzata nell'UPS VRLA per adeguare l'autonomia a quella della batteria agli ioni di litio. NOTA: se l'autonomia standard di un UPS VRLA di riferimento (5 minuti) fosse confrontata con l'autonomia standard di un UPS agli ioni di litio (19 minuti), il TCO sarebbe a favore dell'UPS VRLA.

## Conclusioni

Si può affermare con certezza che i prezzi delle batterie agli ioni di litio continueranno a calare, nuove composizioni chimiche e tecnologie saranno disponibili sul mercato e quelle esistenti verranno migliorate. In tale contesto e considerando l'analisi presentata in questo white paper, i sistemi con batterie agli ioni di litio per UPS monofase offrono vantaggi interessanti. Anche se i prezzi delle soluzioni agli ioni di litio sono troppo elevati per giustificare il passaggio dalle batterie VRLA, esistono soluzioni con un TCO favorevole a 10 anni.

## Informazioni sugli autori

**Victor Avelar** è Direttore e Senior Research Analyst presso il Data Center Science Center di Schneider Electric. È responsabile della ricerca sulla progettazione e il funzionamento dei Data Center e fornisce consulenze ai clienti sulla valutazione del rischio e sui migliori standard in materia di progettazione per ottimizzare la disponibilità e l'efficienza degli ambienti informatici. È laureato in ingegneria meccanica al Rensselaer Polytechnic Institute ed è titolare di un master del Babson College. È membro dell'AFCOM.

**Martin Zacho** è Senior Engineer per le tecnologie di stoccaggio energetico di Schneider Electric, Secure Power, IT Business. È laureato in ingegneria informatica presso la University of Southern Denmark. Ha iniziato la sua attività all'interno di Schneider Electric (allora American Power Conversion) nel 2000, lavorando sulle celle a idrogeno. Dopo tre anni è passato al controllo del firmware e alla programmazione FPGA per la linea di prodotti Symmetra. Si è occupato di tutti gli aspetti correlati alle tecnologie di stoccaggio energetico dal 2008, con un'attenzione speciale su UPS trifase di grandi dimensioni. Tra le tecnologie di riferimento figurano batterie di tipo piombo-acido, ultracondensatori, sistemi a volano e varie soluzioni basate su litio. È membro del Danish Standardization Committee per lo stoccaggio energetico.



[I vari tipi di sistemi UPS](#)

White paper 1



[Tecnologia delle batterie per Data Center e sale reti: batterie al piombo-acido](#)

White paper 30



[Tecnologia delle batterie per Data Center e sale reti: affidabilità e sicurezza delle batterie VRLA](#)

White paper 39



[Ciclo di vita delle batterie al piombo-acido: termini e definizioni](#)

White paper 230



[Domande frequenti relative all'uso di batterie agli ioni di litio con gli UPS](#)

White paper 231



[Visualizza tutti i white paper](#)

[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



[Strumento di calcolo per il confronto tra le batterie al piombo-acido a valvola e le batterie agli ioni di litio](#)

TradeOff Tool 19



[Vedi tutte le applicazioni](#)

[TradeOff Tools™](#)

[tools.apc.com](http://tools.apc.com)



## Contatti

Per pareri e commenti sul contenuto di questo white paper:

Data Center Science Center  
[DCSC@Schneider-Electric.com](mailto:DCSC@Schneider-Electric.com)

Per formulare richieste specifiche sulla progettazione del Data Center:

Contattare il rappresentante Schneider Electric all'indirizzo  
[www.apc.com/support/contact/index.cfm](http://www.apc.com/support/contact/index.cfm)