



Brevi note sulle LiPo e LiFe

Di
Alberto Rigamonti

GLI ACCUMULATORI LIPO

Nell'ultimo decennio, lo sviluppo di nuove batterie ha dato nuovi e improbabili sviluppi al modellismo in generale. Infatti, l'enorme densità di carica (W/Kg) ha permesso di utilizzare con pesi estremamente bassi, elevate potenze (KW) irraggiungibili sino a poco tempo fa e così il rapporto Peso/Potenza a favore di quest'ultimo, ha permesso lo sviluppo di motori elettrici sempre più performanti e di conseguenza, modelli dalle prestazioni incredibili sino ad arrivare all'assurdo 4D (Aerei con elica a passo variabile positivo e negativo).

Non tutti i modellisti provengono da un settore elettrotecnico o elettronico e non sono avvezzi a certe terminologie tipicamente da tecnici e dunque, questo manualetto cercherà di fare chiarezza su questi termini.

DESCRIZIONE DELLE SIGLE

Quando scegliamo una batteria per il nostro modello o leggiamo una sigla da un manuale di istruzione, sappiamo cosa stiamo scegliendo o che cosa ci sta consigliando il costruttore? Ovviamente molti di noi sì ma altri neofiti che si avvicinano a questo mondo, non proprio e quindi iniziamo questo viaggio fatto di sigle e numeri.

Poniamo come base di partenza alcuni dati di fatto, da ricordare molto bene.

LiPo ovvero batteria ai **Polimeri di Litio**

LiFe(PO4) comunemente chiamata **LiFe** ovvero batteria **Litio Ferro Fostatato**.

La tensione nominale di una cella **LiPo** è di **3,7 Volt** (tipica)

La tensione nominale di una cella **LiFe** è di **3,3 Volt** (tipica)

Tutte le batterie che andremo ad analizzare, saranno composte da celle identiche per tensione e capacità di carica.

Per iniziare, propongo subito un classico esempio che si può trovare su una etichetta di una comune batteria **3S, 2200mAh 30..50C**

3S significa che la nostra batteria è composta da **3** celle poste in **Serie** e dunque la tensione si sommerà. La tensione nominale di questa batteria sarà di **1S = 3,7 Volt**
 $\Rightarrow 3S = 3,7+3,7+3,7$ oppure $3,7*3 = 11,1$ Volt

2200 mAh Questo valore, rappresenta la massima capacità di carica della cella espresso in "milli Ampere" in millesimi di Ampere e quindi se volessimo conoscere la capacità della batteria in Ampere dovremmo semplicemente dividere il valore per 1000. ($2200 \text{ mA} / 1000 = 2,2 \text{ A}$). Essendo le celle poste in serie, la corrente sarà comune a tutte le celle e dunque avremo una batteria da 11,1 V nominali da 2200 mAh di capacità max.

30..50C Questi numeri, indicano il valore continuo di erogazione della corrente e il valore di picco max che tali celle possono raggiungere. Il primo numero, indica il “numero di volte la capacità della cella” di erogazione continua della corrente di scarica mentre il secondo, indica il “numero di volte la capacità della cella” di picco massimo sostenibile per 15 secondi massimi. Facendo due conti, il nostro pacco batterie sarà in grado di erogare una corrente in modo continuo pari a $2,2 \text{ A} * 30 = 66 \text{ A}$ mentre per un periodo di soli **15 secondi**, riuscirà ad erogare una corrente di $2,2 * 50 = 110 \text{ A}$. Eccedendo a tali valori di scarica, le celle si degradano irrimediabilmente con vistosi rigonfiamenti sino al loro danneggiamento e in taluni casi, con delle proprie e vere esplosioni con rilascio di molta energia esotermica. In caso di corto circuito dei terminali, con molta probabilità la batteria esplode e se non lo farà, si gonfierà a tal punto da rilasciare in ambiente dei fumi di carbonizzazione. **ATTENZIONE !** Questi fumi sono altamente tossici!

CARICA E SCARICA DI UNA CELLA LIPO

Come abbiamo visto le celle LiPo, sebbene possano erogare enormi potenze, hanno delle restrizioni da rispettare assolutamente pena, il degrado repentino delle stesse o peggio, **pericoli di esplosioni o di incendi**. Diciamo che per sicurezza, dovrebbero sempre essere caricate con gli appositi caricabatterie che contemplano tutti questi limiti e peculiarità di queste batterie oltre a svariate altre sicurezze inoltre, è buona norma non lasciare **mai** i pacchi batteria **incustoditi** durante le fasi ricarica o scarica, anche se nelle apposite buste o contenitori ignifughi.

La carica di queste celle non è così semplice e banale come possa sembrare in quanto avviene dapprima con Corrente Costante e Tensione Variabile sino al massimo consentito. Quando la cella raggiunge il suo valore massimo di tensione consentito (**4,2 V**) le cose si invertono e la carica prosegue con Tensione Costante e Corrente Variabile sino al raggiungimento della carica completa.

La corrente che scorrerà nel pacco batteria, sarà identica per tutte le celle (collegamento serie) e questo provocherà una CDT (caduta di tensione) diversa per ogni cella dovuta al fatto che ogni cella anche se uguale, non sarà mai identica ad un'altra per la tipica resistenza interna. Controllando solo la tensione totale del pacco, per i motivi enunciati in precedenza, è possibile che si verifichino i così detti “effetti a valanga” per cui una cella si potrebbe caricare a valori di tensione molto alti rispetto ad un'altra cella che rimarrebbe a tensione più bassa. Continuando di questo passo, la cella che rimarrebbe con tensioni più basse, continuerebbe a caricarsi sempre meno mentre quelle a tensione più alta, continuerebbe a caricarsi a tensioni sempre più alte sino a danneggiarsi completamente.

Per evitare questi effetti indesiderati, ecco che nei caricabatterie per le LiPo - LiFe, fa la sua comparsa la presa di **equalizzazione**.

L'equalizzatore, prelevando la tensione ai capi di ogni cella, potrà regolarne la tensione, regolando la corrente che fluisce in ogni cella. Alcuni caricabatteria hanno la corrente di equalizzazione di pochi mA, altri di qualche centinaio di mA (tipico è

di 300 mA) mentre i più recenti, arrivano a correnti di equalizzazione di 1 o più Ampere diminuendo di molto i tempi di ricarica ed equalizzazione.

Per non danneggiare le batterie ed allungare la loro vita, in fase di ricarica tutti i costruttori consigliano di caricare le batterie con correnti pari a **1C** (C=> numero di volte la capacità della cella) Nel nostro caso, la batteria 3S, **2200mAh** 30..50C 1S sarà da caricare con corrente nominale di $1C = 1 * 2,2A = 2,2A$. Recentemente alcuni costruttori dichiarano di poter ricaricare le loro batterie sino ad un massimo di 5C ovvero $5 * 2,2A = 11A$. Ovviamente in queste condizioni, i tempi di ricarica si accorciano notevolmente ma con essi, la vita della batteria e i rischi di esplosione aumentano esponenzialmente. Questi tipi di ricarica, vanno effettuati all'aperto e solo in caso di effettiva necessità.

Abbiamo visto che le celle LiPo da 3,7V nominali (pari al 60..70% della capacità totale) completamente cariche, avranno una tensione max di 4,2 V per ogni singola cella. Nel nostro caso una batteria **3S** avrà una tensione finale (completamente carica) di $3 * 4,2V = 12,6V$

Raggiunto questo valore di tensione, il caricabatterie commuterà la sua funzione da corrente costante (max C impostati) e tensione variabile a tensione costante e corrente variabile sino al raggiungimento della carica totale.

In questa condizione la batteria **non può rimanere** per periodi prolungati perché il lito sovraeccitato, tenderà a “bruciarsi” degradando così nel tempo, la sua capacità massima di erogare corrente. Questa condizione può essere tranquillamente supportata per circa 7 .. 10 giorni max ma non oltre. Per periodi prolungati, come ad esempio l'inverno, si consiglia di caricare o scaricare le batterie sino a portarle in una condizione così detta di “**Storage**” o “Immagazzinamento”. Questa condizione fa in modo di portare le celle al suo valore nominale di 3,7 V e tutti i caricabatterie odierni hanno questa funzione di ricarica o scarica in funzione della tensione della batteria.

Così come una sovratensione danneggia le batterie LiPo, anche una bassa tensione le danneggerà irrimediabilmente. Questa minima tensione assolutamente da non oltrepassare è di **3 V** per cella e sempre nel nostro caso della batteria 3S sarà di $3 * 3V = 9 V$.

Al di sotto di questo valore, le batterie tendono a gonfiarsi (produzione di gas dovuto al degrado del litio che reagisce con l'elettrolita) e la batteria sarà irrimediabilmente danneggiata e sarà buona norma, non utilizzarla evitando così tutti i pericoli esposti in precedenza. Al di sotto dei **2,7 V** per cella, ($3S = 3 * 2,7V = 8,1V$) la batteria sarà danneggiata e sarà da sostituire!

CARATTERISTICHE FISICHE

Le celle costituenti le batterie LiPO, sono molte delicate. Anche se i costruttori le avvolgono in plastiche termorestringenti cercando di isolare molto bene i poli e i cavi degli equalizzatori presentandosi come un pacco molto solido, la realtà è ben diversa e vi sono alcuni accorgimenti da prendere per il loro utilizzo trasporto e maneggiamento in genere.

Queste batterie, non supportano urti molto violenti o peggio, forature delle celle stesse. In questo caso è buona norma non utilizzare mai più queste batterie. Per il trasporto è consigliabile l'acquisto dell'apposito "sacco ignifugo" o di un luogo ben protetto e morbido (una cassetta apposita con rivestimento ignifugo)

Si dovrà porre attenzione, anche alla temperatura di esercizio delle stesse.

Queste batterie hanno un range di temperatura di lavoro molto limitato. Al di sopra dei 60°C si avrà un decadimento molto accelerato della carica per via dell'aumento repentino della resistenza interna, dovuto alla liquefazione dell'elettrolita. Utilizzando la batteria in queste condizioni, il processo di degrado risulterà molto accelerato.

Così come per le alte temperature, le basse temperature, inferiori a 5°C, provocano l'aumento della viscosità dell'elettrolita con l'aumento repentino della resistenza interna e dunque, bassa corrente erogabile e tensione che scende rapidamente senza poter sfruttare tutta la capacità di scarica della batteria.

COME SONO COSTRUITE

Di seguito, alcune fotografie sui dettagli costruttivi di una cella LiPo / LiFe.



Aperto l'involucro esterno della cella, ci si trova davanti un foglio bianco di polimero avvolto su se stesso e fermato da un pezzo di nastro adesivo



Osservando l'estremità anteriore, si può notare come la cella sia composta da materiale avvolto su sé stesso (Stessa tecnica per i condensatori di carta)



Svolgendo l'involucro, è possibile separare il sottile foglio di polimero da 0,05 mm di spessore scoprendo un foglio sottostante di metallo.



Sollevando e aprendo il foglio di metallo di questa LiFe Litio-ferro-fosfato (elettrodo + catodo), appare il deposito di materiale. Il foglio di metallo ha uno spessore di 0,05 mm mentre il materiale nero, contenente grafite di carbonio (elettrodo negativo -anodo) dovrebbe essere all'incirca 0,02 mm di spessore.



Continuando a svolgere il risultato non cambia, la struttura è quella illustrata.

Data la struttura della cella, è doveroso usare una certa cautela nel sottoporre la batteria a troppi stress meccanici che potrebbero comprometterne la struttura stessa con gravi rischi per gli operatori nelle immediate vicinanze (Rischi di incendi ed esplosioni).

Come si sa la maggior parte delle batterie in commercio, soprattutto per modelli quali aerei e elicotteri, sono avvolte con tubi termo-restringenti e non hanno un involucro esterno solido e rigido, che le protegge da colpi e cadute etc etc.

LA RESISTENZA INTERNA

Un dato importante da tenere sotto controllo è la resistenza interna delle batterie. Normalmente questo dato viene ommesso dai costruttori ma i nostri caricabatterie, sono in grado di fornircelo e ci indicherà lo stato di salute della batteria stessa. Appena acquistate, le batterie avranno un basso valore in $m\Omega$. (3..5 $m\Omega$ tipico). Si noterà che questo valore tenderà ad aumentare con le continue cariche e scariche della batteria sino ad arrivare a valori superiori ai 50 $m\Omega$ che di fatto, renderanno le nostre batterie inutilizzabili per i nostri scopi. Rifacendosi per un attimo alla legge di Ohm, $V = R * I$. Ipotizzando che la nuova batteria di esempio abbia una resistenza interna di 3 $m\Omega$, per una corrente nominale di scarica a 66A avrà una caduta di tensione ai suoi capi pari a $cdt=0,003\Omega * 66 = 0,198 V$ pressochè irrisoria. Proviamo ora la stessa situazione con la batteria “vecchia o degradata” con 50 $m\Omega$ di resistenza interna.

$Cdt = 0,05\Omega * 66A = 3,3 V$! Questo significa che la nostra batteria sarà praticamente inutilizzabile con quelle correnti perché anche se completamente carica (12,6V) sottraendo la caduta di tensione dovuta alla resistenza interna, avremo una tensione di utilizzo di 9,3 V che è troppo vicino ai valori minimi consentiti. Si può quindi dedurre che minore è la resistenza interna, migliore sarà la batteria.

COLLEGAMENTO DI BATTERIE IN SERIE E IN PARALLELO.

Come l'elettrotecnica ci spiega, possiamo collegare questi “generatori” sia in serie che in parallelo sino a formare delle combinazioni serie-parallelo per soddisfare le nostre più disparate esigenze.

Partiamo sempre dal nostro caso iniziale con la ormai famosa batteria

3S, 2200mAh 30..50C

La parte iniziale 3S, identifica il numero di celle componente il pacco batteria e la lettera seguente S o P, identifica il tipo di connessione realizzato nel pacco. Nel nostro caso **3S**, significa che avremo **3 celle** LiPo poste in **serie** tra loro.

Nel caso di un pacco batteria **3S2P, 4400, Ah 60..100C**, significa che avremo 2 pacchi da 3 celle poste in serie collegati in parallelo tra loro

Ricordiamoci che la tensione di due generatori posti in serie, si somma mentre la corrente rimane identica per entrambi mentre la tensione di due o più generatori posti in parallelo, rimane identica mentre si somma la corrente di ognuno dei generatori.

ATT.NE!! La realizzazione di queste serie e paralleli, presuppone di utilizzare delle **celle identiche di capacità e di resistenza interna**. Grosse differenze, possono portare al degrado delle celle stesse.

Di seguito alcuni esempi partendo da **1 cella da 2200 mAh 30..50C**

- 1) **3S** => $V_{tot} = 3,7+3,7+3,7 = 11,1 V$ Nel caso serie, le tensioni si sommeranno emntre la corrente sarà unica che percorrerà tutte le celle. Otterremo dunque un pacco batteria da **3S 2200 mAh 30C**

- 2) $3P \Rightarrow V_{tot} = (3,7+3,7+3,7) / 3 = 3,7V$ $A_{tot} = 2,2+2,2+2,2 = 6,6A$ $90C$ Nel caso parallelo, la tensione dei generatori rimarrà uguale mentre le correnti e di conseguenza anche i "C" si sommeranno ottenendo così un pacco batteria da **3P 6600 mAh 90C**
- 3) Con queste celle a disposizione (8) se volessimo realizzare un pacco batteria da 14,8 V nominali da 4,4 Ah da 60C dovremmo comporlo come 4S2P (2 pacchi da 4 celle in serie, posti in parallelo tra loro). Calcolando, **$V_{tot} = 4 * 3,7V = 14,8V$** (per pacco) mentre le correnti saranno la somma dei 2 pacchi = **$2,2A * 2 = 4,4 Ah$** e così i C di scarica saranno **$30C * 2 = 60C$** Avremmo così realizzato un pacco batteria **4S2P 4400 mAh 60C**

UNA SERIE DI INFORMAZIONI SULLE CELLE LIFEP04

Molto simili alle batterie LiPo sono le batterie LiFe di struttura e capacità e potenze quasi identiche alle LiPo ma con tensioni di esercizio leggermente più basse. Di seguito, alcuni dati di queste celle.

CARATTERISTICHE DI UNA CELLA LIFEP04 (LITIO FERRO FOSFATO)

Le principali differenze, si possono racchiudere in questi 3 dati di tensione

tensione nominale: da 3.0 a 3.3 Volt (tipicamente **3,2 Volt**)

tensione massima di esercizio: 4,3 Volt

tensione minima assoluta di funzionamento: 2 Volt.

nota:

Valori al di fuori di questi limiti non solo accorciano la vita delle celle ma è probabile, che possano causare un danno immediato.

Un range di esercizio limitato tra 2,5V e 3,75V ne allungherà di certo la durata.

Tipicamente una cella LiFePo4 è completamente carica a **3,65-3,7 Volt**

Quindi un pacco formato da più celle subito dopo al termine della carica avrà una tensione di:

7,4 V per una batteria da 6,4V nominali formata da **2** celle

14,8V per una batteria da 12,8 V nominali formata da **4** celle

22,2 V per una batteria da 19,2V nominali formata da **6** celle

TEMPERATURE DI ESERCIZIO

Temperature di scarica, previste fra i 5°C e + 55°C

Temperature di ricarica, previste fra 0°C e +45°

Temperatura di stoccaggio, previste tra i -20°C e 55°C

VALORI DI RICARICA

Queste batterie seguono esattamente gli stessi concetti esplicitati in precedenza per le batterie LiPo.

TENSIONI MINIME DI SCARICA

A differenza delle LiPo queste batterie possono scaricarsi fino ad una tensione minima di **2,5 V** per cella. Al di sotto dei 2 V per cella, oltre che ad accorciarne la vita, potrebbero verificarsi dei danneggiamenti immediati.

COLLEGAMENTO DI BATTERIE IN SERIE E IN PARALLELO.

Queste batterie seguono esattamente gli stessi concetti esplicitati in precedenza per le batterie LiPo.

DICHIARAZIONE DI NON RESPONSABILITÀ (DISCLAIMER)

Tutti i marchi eventualmente citati, appartengono alle rispettive società e sono citati solo a titolo di esempio.

Le immagini delle celle LiFePO₄, sono gentilmente fornite da: Oscar Cadore C. Designer.