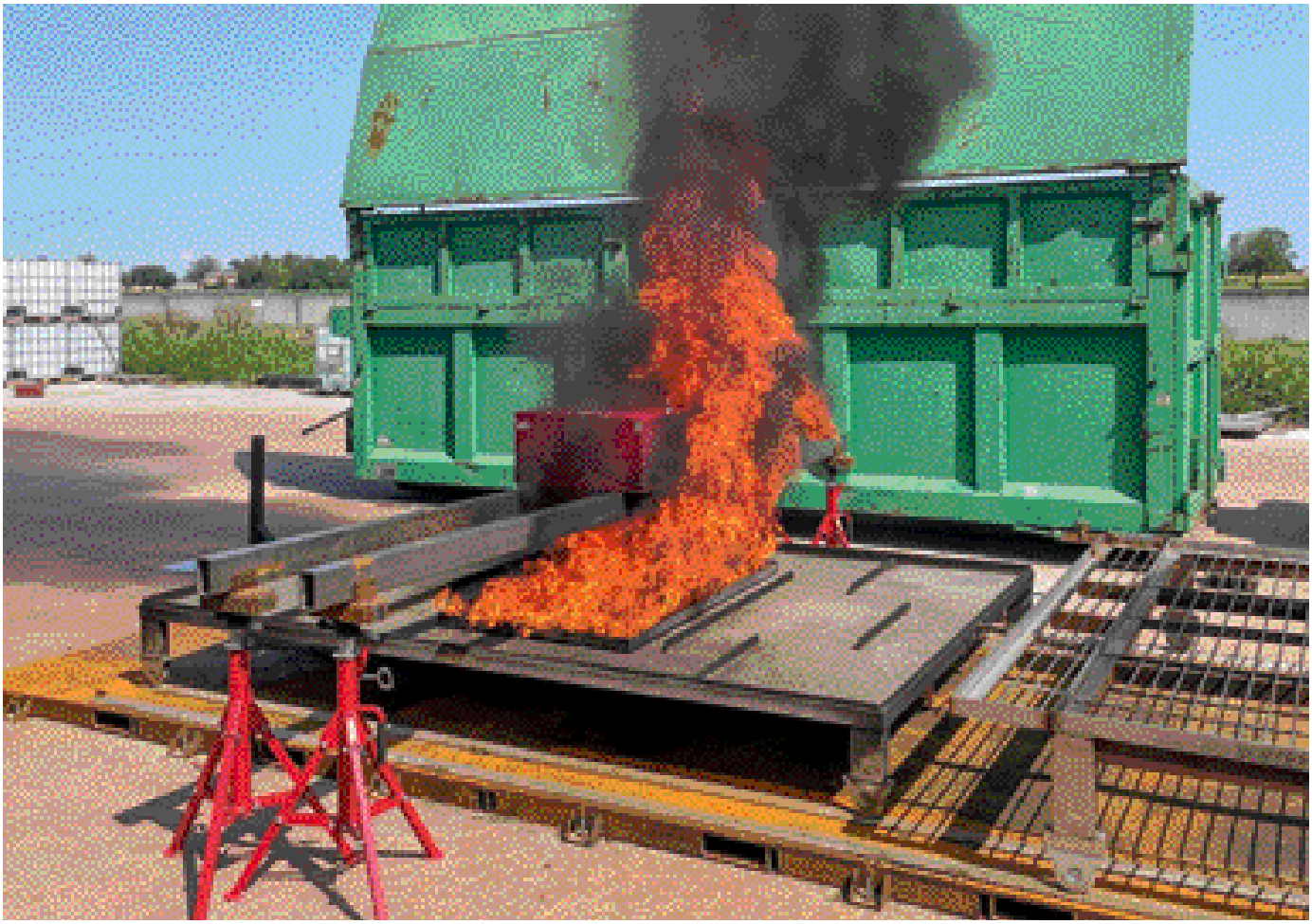
Peggio di così...

Schiacciata, scossa, congelata e messa davanti al fuoco: prima della strada, una batteria deve dimostrare cosa sa fare quando le cose si mettono male



Prendete una batteria da trazione appena sviluppata, quella sulla quale avete passato mesi a ragionare di celle, tensioni, ingombri, software e integrazione. Fissatela a un banco. E poi cominciate a trattarla esattamente come nessun costruttore vorrebbe vedere trattata la propria batteria: scuotetela; acceleratela violentemente; portatela da temperature molto alte a temperature molto basse; schiacciatela; create un cortocircuito; sovraccaricatela. E, infine, mettetela davanti al fuoco. Sembra un pessimo modo di prendersi cura di una batteria, dite? In realtà è un ottimo modo per scoprire se è pronta ad affrontare la realtà della strada.

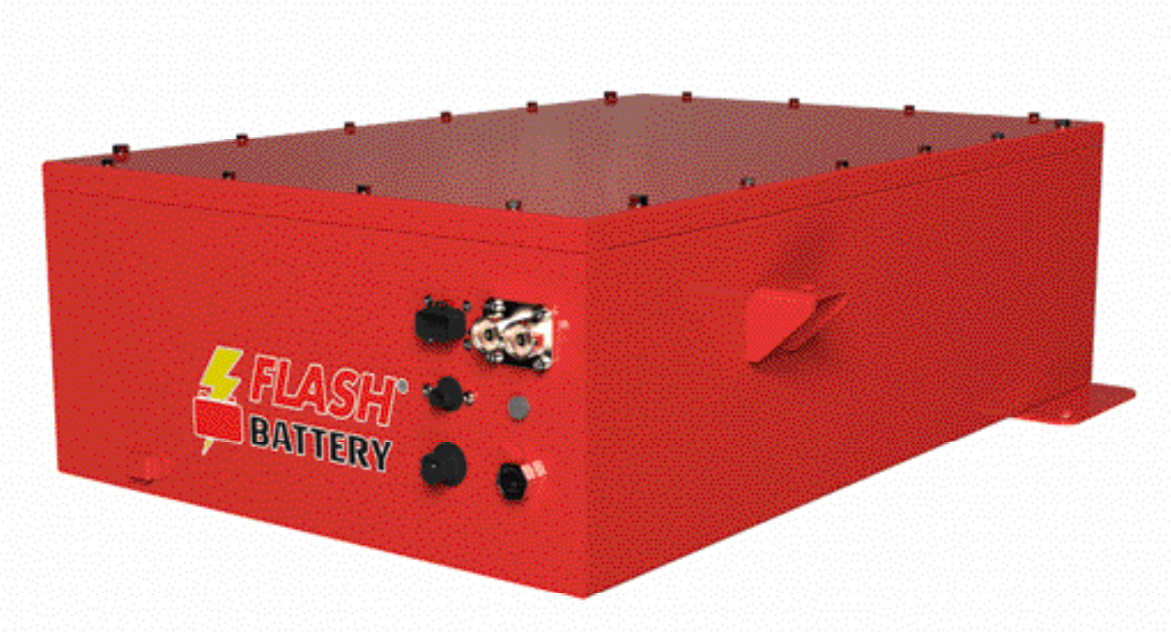
Dietro questa sequenza poco rassicurante c'è la ECE R100, il regolamento UNECE che stabilisce i requisiti di sicurezza dei sistemi elettrici ad alta tensione e delle batterie di trazione installati sui veicoli elettrici. Ok, la sigla ha il fascino narrativo di un codice catastale, ma per un costruttore significa qualcosa di estremamente concreto: se il veicolo appartiene alle categorie M, destinate al trasporto di persone, oppure N, per il trasporto di merci, ed è destinato alla circolazione stradale nei Paesi che applicano il regolamento, la conformità alla ECE R100 è uno dei passaggi fondamentali per arrivare all'omologazione e quindi al mercato.

Prova di resistenza al fuoco su un pacco batteria, esposto direttamente alle fiamme per verificarne il comportamento nelle condizioni estreme previste dal percorso di omologazione ECE R100

Ed è proprio qui che la faccenda diventa interessante, perché l'omologazione potrebbe sembrare l'ultima casella da spuntare dopo avere progettato una macchina elettrica. Invece è una delle prime a cui sarebbe opportuno pensare.

La "strada" comincia molto prima

Il problema non è ottenere un certificato da appiccicare alla batteria, ma arrivare al momento



delle prove senza scoprire che una decisione presa parecchi mesi prima, quando il laboratorio sembrava ancora lontanissimo, ora vi sta presentando il conto.
La ECE R100 entra infatti in profondità nel progetto. Architettura del pacco, disposizione delle celle, materiali, dissipazione termica, elettronica, software e logiche del Battery Management System partecipano tutti al comportamento che verrà osservato durante la validazione. E questo trasforma la normativa in una presenza quasi invisibile durante lo sviluppo: non la vedete ancora, ma è già seduta al tavolo insieme ai progettisti. Per un OEM la differenza è sostanziale. Si può sviluppare la macchina concentrandosi sulle prestazioni e affrontare la conformità quando l'architettura è ormai definita. Oppure si possono mettere sul tavolo fin dall'inizio anche i requisiti che quella macchina dovrà dimostrare di rispettare. Capiamoci bene: questo approccio non rende magicamente facile l'omologazione. Evita però che diventi una costosa caccia all'errore quando cambiare un componente, una disposizione o una logica software significa riaprire parti del progetto che sembravano già chiuse. È un tema particolarmente sensibile nei veicoli industriali e speciali, dove una batteria raramente viene scelta sfogliando un catalogo e infilata nello spazio rimasto libero. Ingombri, capacità, tensione e comportamento del sistema devono convivere con requisiti applicativi specifici. E la ECE R100 aggiunge un'altra domanda all'elenco: cosa succede quando qualcosa va storto?

Quando un test coinvolge tutta la macchina

La risposta arriva in laboratorio, attraverso una serie di prove meccaniche, elettriche e ambientali costruite precisamente per togliere alla batteria la tranquillità della normale vita operativa.

Batteria al litio customizzata Flash Battery, con involucro metallico, connessioni elettriche e punti di fissaggio progettati per l'integrazione a bordo di veicoli elettrici

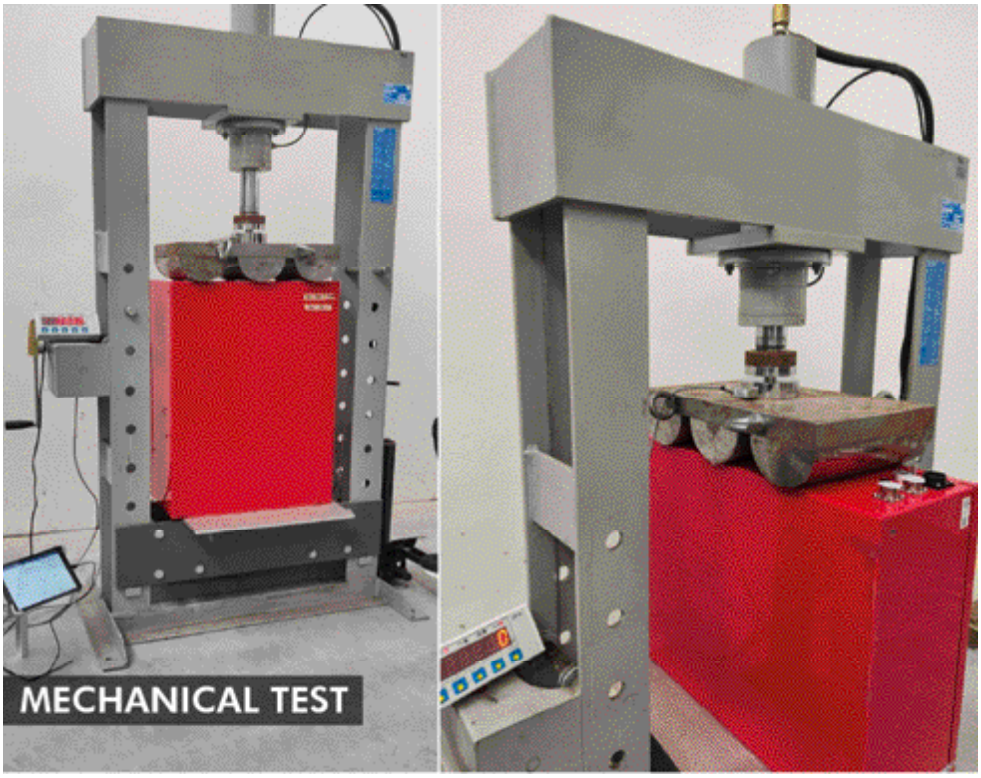
Alcune verificano che la struttura sopporti sollecitazioni violente. Altre spingono il sistema verso temperature estreme. Altre ancora provocano deliberatamente condizioni elettriche anomale per vedere se le protezioni fanno ciò per cui sono state progettate.
Non interessa soltanto sapere se la batteria continua a funzionare. Interessa soprattutto capire se continua a essere sicura quando funzionare normalmente non è più un'opzione. L'esperienza maturata da Flash Battery nell'omologazione ECE R100 Rev.2 rende molto concreta la severità del percorso: il pacco viene sottoposto a sollecitazioni meccaniche, termiche ed elettriche che lo portano deliberatamente lontano dalle condizioni per cui normalmente è chiamato a lavorare. Quanto lontano, lo raccontano bene i numeri raccolti nel Box apposito.
E poi, ovviamente, il fuoco. Perché evidentemente scuotere, schiacciare

La giornata "storta" della batteria

Se una batteria potesse scegliere una giornata da cancellare dal calendario, probabilmente sarebbe quella dell'omologazione ECE R100. Nel percorso affrontato da Flash Battery per ottenere la Rev.2 presso il KBA tedesco, tutto è iniziato prima ancora che qualcuno cominciasse a maltrattare fisicamente il pacco: il KBA ha verificato la conformità del sistema qualità e della produzione dell'azienda e soltanto dopo questa fase sono iniziate le prove sul prodotto.
Tre ore di vibrazioni tra 7 e 50 Hz, accelerazioni fino a 28 G longitudinali e 15 G trasversali per simulare la decelerazione di un impatto e uno schiacciamento laterale di 100 kN, una forza equivalente grossomodo al peso di dieci tonnellate. A queste prove meccaniche si sono aggiunti stress termici da +60 a -40 °C e verifiche di funzionamento alla temperatura massima di 60 °C. E infine il test che non ha bisogno di molte spiegazioni: il fuoco. Il pacco è stato esposto direttamente alla fiamma per 70 secondi, raggiungendo circa 700 °C. Cortocircuito, sovraccarica, sovrascarica e controlli di sicurezza elettrica hanno completato il ciclo delle prove. Sono dati riferiti all'esperienza Rev.2 di Flash Battery e non vanno automaticamente sovrapposti alle procedure delle revisioni successive.
Ma spiegano bene la filosofia dell'omologazione: non basta sapere come si comporta una batteria quando tutto funziona. Bisogna scoprire che cosa fa quando le condizioni diventano decisamente meno amichevoli.

Quello che la batteria deve capire

Resistere è importante, ma capire quando è il momento di reagire lo è altrettanto.
Il Battery Management System monitora continuamente tensioni, correnti e temperature e, quando individua una condizione anomala, deve attivare le strategie di protezione previste. Diventa così una parte attiva della sicurezza, attraverso logiche chiamate direttamente in causa quando le prove ECE R100 portano il sistema lontano dalla rassicurante normalità del funzionamento quotidiano.
Nelle batterie custom, un BMS proprietario consente di sviluppare strategie coerenti con la specifica architettura del pacco. Flash Battery integra il Flash Balancing System, dedicato alla gestione dell'equilibrio tra le celle, e ha sviluppato una tecnologia brevettata che porta nel BMS l'analisi dello spettro di impedenza, con l'obiettivo di monitorare lo stato di salute delle celle e individuare precocemente possibili anomalie.



Prova di schiacciamento meccanico di una batteria al litio mediante pressa idraulica, finalizzata a verificarne la resistenza strutturale nell'ambito dell'omologazione ECE R100

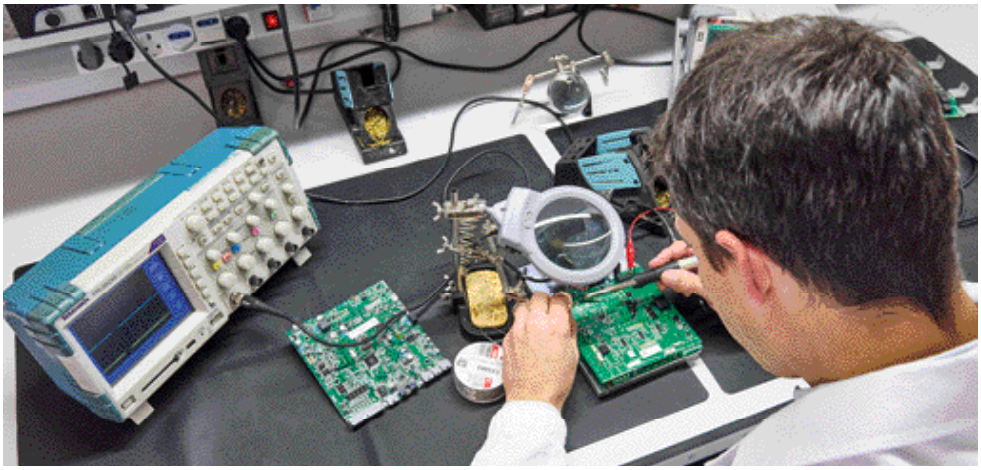
e portare una batteria ai limiti termici non è ancora abbastanza. Ma l'elenco delle "torture" racconta soltanto metà della storia. L'altra metà è probabilmente più importante: nessuna batteria supera un percorso simile grazie a un unico componente particolarmente ben progettato.

Deve funzionare l'insieme.

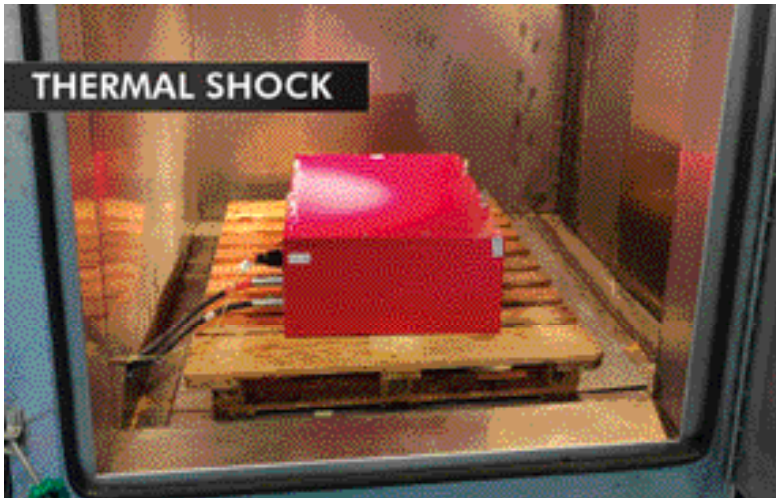
Meccanica, elettronica, software, produzione, testing e quality assurance finiscono inevitabilmente nello stesso progetto. E quando il prototipo esce dal laboratorio, possibilmente dalla porta e non in una nuvola di fumo, il lavoro non è ancora terminato. La Conformity of Production deve assicurare che le batterie prodotte successivamente continuino a rispettare gli stessi requisiti di sicurezza e qualità. Validare un campione, insomma, non basta. Bisogna essere capaci di costruire quel risultato ancora, ancora e ancora.

L'esame cambia mentre lo prepari

A questo punto c'è una notizia buona e una meno buona. Quella buona è che, una volta compresa la logica della ECE R100, è possibile incorporarne i requisiti nello sviluppo. Quella meno buona è che la ECE R100 non rimane ferma ad aspettare. La normativa evolve insieme alle batterie. Con la Rev.3 sono arrivate prove più severe e più rappresentative delle condizioni operative, con un'attenzione particolare alla propagazione termica. In termini molto semplici: una singola cella entra in una condizione critica e il resto del pacco deve dimostrare di non seguirla come una fila di tessere del domino. È qui che l'architettura della batteria torna protagonista, perché la sicurezza non dipende più soltanto dalle caratteristiche della cella, ma da ciò che le è stato costruito intorno: disposizione, isolamento, gestione termica, controllo elettronico e logiche del BMS. Un problema circoscritto può così diventare la prova dell'intero sistema. E il regolamento non ha ancora finito di alzare l'asticella.



Attività di sviluppo e verifica dell'elettronica di gestione delle batterie Flash Battery, con interventi sui circuiti del sistema di controllo e bilanciamento delle celle



Batteria Flash Battery all'interno di una camera climatica durante le prove di shock termico previste dal percorso di omologazione ECE R100, per verificarne il comportamento alle variazioni estreme di temperatura



Batteria Flash Battery installata su un banco vibrante per le prove di resistenza alle sollecitazioni meccaniche, finalizzate a verificare l'integrità del sistema durante l'omologazione ECE R100

Secondo Flash Battery, nel corso del 2027 è prevista la Rev.5, che dovrebbe rendere ulteriormente stringente la valutazione della propagazione termica, estendendola dal livello di modulo all'intero battery pack. L'Annex 9K dovrebbe inoltre introdurre un protocollo finalizzato a verificare che, anche in presenza di un guasto interno, il sistema conceda agli occupanti il tempo necessario per lasciare il veicolo in sicurezza. Sono previsti aggiornamenti anche per urto, vibrazione, resistenza al fuoco, cortocircuito e sovracorrente.
Per gli OEM c'è poi un dettaglio tutt'altro che secondario.
L'evoluzione della norma può bussare alla porta anche quando il prodotto è già uscito dall'ufficio tecnico: Flash Battery segnala che batterie precedentemente omologate e ancora in produzione potrebbero dover essere riqualificate secondo i nuovi standard. La certificazione, quindi, non è necessariamente una fotografia da mettere in archivio dopo il lancio. Assomiglia di più a un film con i suoi sequel: il protagonista rimane lo stesso, ma nel frattempo lo scenario può cambiare.

Su misura, ma non fuori dalle regole

A questo punto viene spontaneo pensare che una batteria standard abbia vita facile e che una custom debba invece prepararsi a un pellegrinaggio normativo. Ma non funziona esattamente così.
L'iter della ECE R100 non è diverso perché una batteria è stata progettata su misura. Ciò che cambia è il modo in cui il pacco arriva ai test. Se nasce attorno alle esigenze reali del veicolo, requisiti applicativi e normativi possono essere affrontati contemporaneamente, invece di tentare di farli convivere quando l'architettura è già congelata.
La personalizzazione, quindi, non è necessariamente il problema.
Può esserlo una personalizzazione progettata dimenticandosi ciò che dovrà accadere dopo. Dentro questa logica anche il Battery Management System smette di essere un semplice sorvegliante elettronico: nelle condizioni anomale simulate durante le prove, ciò che il software decide di fare può essere importante quanto la robustezza dell'involucro. Nel Box 2 vediamo più da vicino come elettronica, controllo delle celle e strategie di protezione entrino nella sicurezza complessiva del sistema.

Il partner entra prima del laboratorio

A questo punto l'omologazione smette di essere soltanto un affare da laboratorio e diventa una questione di metodo.
È su questo terreno che Flash Battery colloca il proprio supporto agli OEM. L'affiancamento parte dalle fasi iniziali dello sviluppo e accompagna il progetto verso l'omologazione, dalla preparazione della documentazione tecnica alle attività di testing fino al confronto con gli enti certificatori. L'azienda porta in questo percorso oltre tredici anni di esperienza nello sviluppo di batterie al litio per veicoli elettrici e mezzi industriali e quella maturata accompagnando diversi costruttori nei processi di omologazione.
Il vantaggio è soprattutto progettuale: meccanica, elettronica, software, produzione e validazione possono procedere verso lo stesso traguardo mentre intervenire sull'architettura fa ancora parte del normale sviluppo, invece di trasformarsi in una costosa correzione dell'ultimo minuto. Perché il laboratorio, alla fine, presenta sempre il conto.

LA ECE R100 PARTE DA UNA DOMANDA SEMPLICE: COME REAGISCE UNA BATTERIA QUANDO QUALCOSA VA STORTO?