

1.4.7 Que tipos de diagnósticos um BMS deve relatar

Tendo examinado os quatro primeiros requisitos de um Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS), abordaremos o quinto e último requisito: **Diagnóstico**. A função de diagnóstico de um BMS é uma área ampla e crítica que abrange várias responsabilidades chave, incluindo a detecção de abuso operacional, a estimativa da saúde a longo prazo da bateria e a previsão de sua vida útil restante.

Detecção de Abuso Externo

Na maioria das aplicações, um BMS não tem controle total sobre o destino do pacote de bateria. Ele fornece orientação à aplicação hospedeira — como limites máximos de potência — mas a hospedeira pode optar por ignorar essa orientação ou pode apresentar um defeito que viole esses limites.

Portanto, é uma função de diagnóstico crítica para o BMS detectar e registrar quaisquer instâncias de **abuso externo**. Isso inclui qualquer violação dos limites operacionais de segurança para tensão, corrente, potência ou temperatura. Essas condições de abuso podem causar danos severos e irreversíveis às células e criar preocupações de segurança significativas. Por exemplo, sobrecarregar uma célula pode fazer com que seu eletrólito se decomponha e forme gases inflamáveis, levando ao inchaço da célula e criando um risco de incêndio. Todos os eventos de abuso detectados devem ser registrados no diário de bordo do BMS para **análise de garantia** e para **diagnóstico post-mortem** no caso de uma falha do pacote.

Detecção de Falhas Internas

Além de monitorar o abuso externo, o BMS também deve ser capaz de diagnosticar **falhas internas** em seus próprios componentes e no sistema mais amplo do pacote de bateria. Essa capacidade de autodiagnóstico é crucial para manter a integridade e a confiabilidade de todo o sistema. O BMS deve ser capaz de detectar e registrar uma ampla gama de falhas internas potenciais, incluindo:

- Falhas de seus próprios sensores (tensão, corrente e temperatura)
- Mau funcionamento no sistema de balanceamento de células
- Falha dos contadores de alta tensão em abrir ou fechar corretamente
- Falhas no sistema de gerenciamento térmico, como um ventilador quebrado, uma bomba de líquido de arrefecimento defeituosa ou a perda de líquido de arrefecimento

- Perda de comunicação com a aplicação hospedeira, ou o recebimento de mensagens corrompidas ou ausentes

Detectar essas falhas permite que o BMS tome a ação apropriada, comunique a falha ao usuário e possibilite um reparo em tempo hábil para garantir que o pacote possa continuar a ser usado com segurança.

Estimação do Estado de Saúde (SOH) : Quantificando o Envelhecimento

O BMS deve ser capaz de calcular e relatar uma estimativa do **Estado de Saúde (SOH)** da bateria. Diferente do Estado de Carga, que está diretamente ligado à concentração física de lítio, o SOH é um termo definido de forma menos precisa que geralmente busca quantificar o quanto uma célula envelheceu ao longo de sua vida. Ele é frequentemente expresso como uma porcentagem, onde 100% representa uma célula nova e saudável, e 0% representa uma célula que atingiu seu fim de vida útil designado.

Dois indicadores mensuráveis primários são usados para rastrear este processo natural de envelhecimento:

- **Perda de Capacidade (*Capacity Fade*)**: À medida que uma célula envelhece, sua capacidade total de carga diminui gradualmente. O fim de vida para uma aplicação primária é frequentemente definido como o ponto em que a célula perdeu de 20% a 30% de sua capacidade original.
- **Perda de Potência (*Power Fade*)**: A resistência interna da célula aumenta ao longo de sua vida útil, muitas vezes de 50% a 100% até o momento em que atinge o fim de vida. Esse aumento da resistência diminui a capacidade da célula de fornecer alta potência.

Ao estimar continuamente a capacidade (Q) e a resistência (R) atuais da célula enquanto o pacote opera, o BMS pode fornecer esses indicadores cruciais de sua saúde. Os métodos detalhados para realizar essa estimativa serão tópicos futuros.

Previsão do Estado de Vida (SOL) : Um Olhar para o Futuro

Em algumas aplicações, o BMS também pode ser solicitado a fornecer uma métrica de **Estado de Vida (SOL)**, que tenta prever quanta vida útil a bateria ainda tem, seja como uma porcentagem ou em tempo de calendário. É crucial entender a diferença fundamental entre SOH e SOL:

- **SOH** é uma estimativa da **condição atual** da bateria, baseada em todos os dados de medição passados e presentes.

- **SOL** é uma **previsão** do que acontecerá no **futuro**.

Prever o futuro é inerentemente difícil. Uma previsão precisa de SOL exigiria saber exatamente como a bateria será usada e potencialmente abusada no futuro, o que é impossível. Como a taxa futura de envelhecimento e abuso pode ser muito diferente da passada, as previsões de SOL tendem a ser, na melhor das hipóteses, bastante imprecisas.