

Simulação térmica de um pack de baterias de íons-lítio utilizado para teste de sistemas de balanceamento de tensão

Thermal simulation of a lithium-ion battery pack used to test voltage balancing systems

Mateus Augusto Waldeck Krachinski¹, Carlos Henrique Illa Font²

RESUMO

As baterias de íon lítio vem sendo empregadas em muitas aplicações práticas com sistemas de armazenamento de energia e veículos elétricos. Nessas aplicações, as células das baterias têm sido submetidas a várias condições de operação que podem elevar a temperatura das células, causando problemas de segurança. Esse estudo tem o objetivo de avaliar o comportamento térmico de um pack de baterias sob diferentes correntes de carga/descarga. Esse pack de baterias foi construído para servir de plataforma de testes de sistemas de balanceamento de tensão, permitindo a realização de testes de laboratório. Este estudo mostra que quando se eleva os níveis de corrente de operação do pack de baterias (na carga ou na descarga), pode-se necessitar o emprego de um sistema de resfriamento.

PALAVRAS-CHAVE: baterias; íon lítio; análise térmica.

ABSTRACT

Lithium ion batteries have been used in many practical applications with energy storage systems and electric vehicles. In these applications, battery cells have been subjected to various operating conditions that can increase cell temperature, causing safety concerns. This study aims to evaluate the thermal behavior of a battery pack under different charge/discharge currents. This battery pack was built to serve as a testing platform for voltage balancing systems, allowing laboratory tests to be carried out. This study shows that when the operating current levels of the battery pack increase (when charging or discharging), it may be necessary to use a cooling system.

KEYWORDS: batteries; lithium-ion; thermal analysis.

INTRODUÇÃO

As baterias de íon lítio têm um papel fundamental na revolução tecnológica atual, sendo essencial em dispositivos eletrônicos, carros elétricos e no armazenamento de energia. Isso ocorre, pois as células de íon lítio tem um ciclo de vida mais logo que as demais baterias e tem uma baixa taxa de autodescarga. Mas para que se possa otimizar seu desempenho e garantir sua segurança operacional é essencial o entendimento dos fenômenos térmicos vindo dessas células.

A temperatura é um fator essencial na eficiência e vida útil das baterias, pois a temperatura afeta as reações químicas envolvidas no interior da célula e a segurança operacional delas entre outros fatores. Nesse tema surge a simulação térmica como um ferramental essencial para a análise e investigação do comportamento térmico das células de íon lítio em diversas condições operacionais, permitindo a modelagem específica da transferência de calor ocorrida no interior das células e ainda a simulação térmica oferece

¹ Bolsista do CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, Brasil. E-mail: mateusk@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 0432905115530846.

² Docente do Departamento Acadêmico de Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, Brasil. E-mail: illafont@utfpr.edu.br. ID Lattes: 3453361830000042

uma compreensão aprofundada do comportamento das células em diferentes situações operacionais.

Nesse contexto, esse trabalho tem o objetivo de avaliar o comportamento térmico de um *pack* de baterias sob diferentes correntes de carga/descarga. Esse *pack* de baterias foi construído para servir de plataforma de testes de sistemas de balanceamento de tensão, permitindo a realização de testes de laboratório.

O software utilizado para realizar a simulação térmica é livre e se baseia nos códigos de implementação das técnicas de elementos finitos e fluidodinâmica computacional.

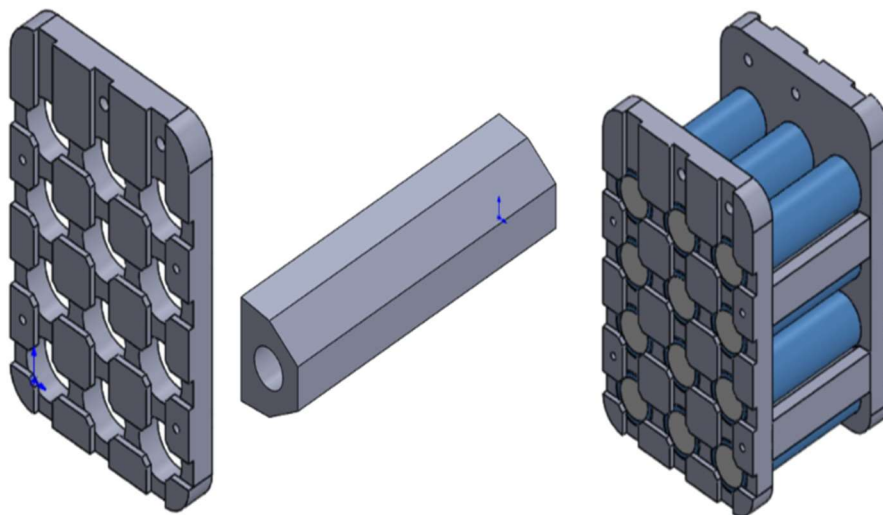
PROJETO DO PACK DE BATERIAS

Iniciou-se a elaboração do projeto com a definição de uso de células cilíndricas de íon lítio, do modelo LGEAS318650 [1], da fabricante LG, devido a facilidade de obtenção das mesmas e a disponibilidade de material técnico do fabricante.

O próximo passo foi o dimensionamento preciso da estrutura de fixação do *pack* de baterias sendo utilizado o *software* Solidworks. Para o material da estrutura de fixação escolheu-se o PLA (polímero termoplástico com ácido lático) que, segundo os testes feitos por GOMES, SILVA, GIMENES e DIACENCO (2019, p. 01), oferece alta resistência a corrente elétrica fornecendo uma isolação adequada para sistemas elétricos e com isso podendo ser utilizado para a elaboração de projetos elétricos [2].

Para a ligação entre as células dimensionou-se fitas de níquel cromo devido a fácil soldagem e boa condução da corrente elétrica. O desenho estrutural do *pack* de baterias é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Desenho estrutural do *pack* de baterias



Fonte: autoria própria.

MONTAGEM DO PACK DE BATERIAS

A montagem do *pack* de baterias iniciou com a impressão 3D dos componentes estruturais. Após esta etapa, foi realizado o encaixe das células e a fixação dos suportes

laterais com parafusos. Em seguida, realizou-se a soldagem das fitas de níquel cromo nas células, solda essa que é específica para eletrônicos e não oferecia nenhum risco a integridade de cada célula.

Montou-se o *pack* ligando todas as baterias em série para que fosse possível atingir valor final de 48 V com o *pack* completamente carregado. No processo de soldagem, as fitas de níquel cromo foram realizando uma ligação em série entre as células, pois o presente *pack* é composto por 12 células com em média 4 V cada, totalizando 48 V. A fotografia do *pack* montado é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Fotografia do *pack* montado



Fonte: autoria própria.

SIMULAÇÃO TÉRMICA DO *PACK* DE BATERIAS

A simulação térmica foi realizada utilizando-se o *software* livre Simscale, que utiliza as técnicas de elementos finitos e fluidodinâmica computacional.

O modelo 3D criado com o *software* Solidworks foi utilizado para determinar as dimensões do *pack* e sua geometria, o que é de suma importância para a obtenção da distribuição de temperatura.

Para a simulação térmica, necessitava-se fornecer a potência dissipada por uma célula e, de acordo com a referência OLAB, MAGHRABIE, ADHARI, SAYED, YOUSEF, SALAMEH, KAMIL, ABDELKAREEM (2022, p. 02), pode-se estimar a potência dissipada por uma célula de bateria através da sua resistência interna e a sua corrente ao quadrado, ou seja, $P = R_i \cdot I^2$ [3], [4].

Realizaram-se três simulações térmicas variando-se a corrente de carga/descarga do *pack*. Considerou-se que o *pack* irá operar com corrente constante e com os valores 1 A, 2 A e 4 A.

Simulação térmica com 1 A: Para a primeira simulação tem-se os seguintes parâmetros: resistência interna de 80 mΩ e a corrente de 1 A. Assim, aplicando-se a expressão matemática $P = R_i \cdot I^2$, obtém-se a potência de 0,08 W por célula. A Figura 3 apresenta o resultado da simulação térmica, onde observa-se as temperaturas na célula e no material do *pack*. A figura da esquerda considera que o fluxo de ar (por convecção natural) que entra no *pack* é de cima para baixo e a figura da direita, o contrário.

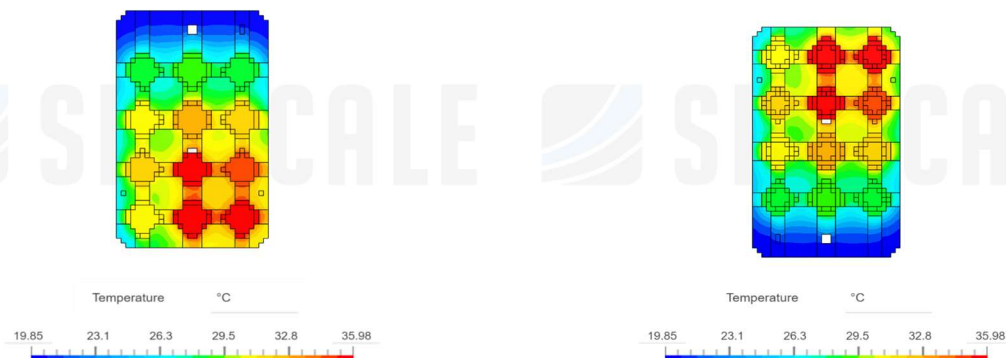
Figura 3 – Distribuição de temperatura no *pack* de baterias com 1 A



Fonte: autoria própria.

Simulação térmica com 2 A: Já para a segunda simulação, a potência dissipada em cada célula é de 0,32 W. As imagens apresentadas na Figura 4 demonstram de forma simulada o comportamento térmico das células do *pack* e a interação do material do *pack* com o calor gerado.

Figura 4 – Distribuição de temperatura no *pack* de baterias com 2 A



Fonte: Autoria própria.

Simulação térmica com 4 A: E para a terceira e última simulação, a potência dissipada em cada célula é de 1,28 W. As imagens apresentadas na Figura 5 demonstram de forma simulada o comportamento térmico das células do *pack* e a interação do material do *pack* com o calor gerado.

Figura 5 – Distribuição de temperatura no *pack* de baterias com 4 A



Fonte: Autoria própria.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na primeira simulação térmica observa-se que a máxima temperatura é de 24,07°C, sendo duas células tendo a temperatura máxima. Portanto, o *pack* de baterias opera em uma zona térmica confortável pois, segundo as informações fornecidas pelo fabricante, a temperatura máxima indicada de operação em descarga é de 60°C [1].

Com a segunda simulação aumentou-se a corrente para 2 A e nota-se a elevação da temperatura máxima para 35,98°C, uma diferença de 11,31°C com a temperatura máxima da primeira simulação. Agora 3 células estão sobre esse aquecimento máximo, mas ainda dentro de uma região confortável termicamente.

Finalizando, na terceira e última simulação térmica, tem-se a temperatura máxima de 77,44°C, isso agora é preocupante pois está acima da temperatura máxima operacional de descarga indicada pelo fabricante. Das 12 células empregadas no *pack* de baterias, 9 excedem a temperatura de operação. Portanto, considerando-se a convecção natural, este *pack* de baterias não pode operar com o nível de corrente de 4 A. Para que possa operar com essa geometria e com esse nível de corrente, um sistema de resfriamento das células deve ser implementado.

CONCLUSÃO

A simulação térmica permitiu verificar que, com a variação de corrente, tem-se uma variação não linear da temperatura. Ainda, este estudo mostra que quando se eleva os níveis de corrente de operação do *pack* de baterias (na carga ou na descarga), pode-se necessitar o emprego de um sistema de resfriamento. Como continuidade do trabalho, pode-se verificar a disposição das células no *pack* e o impacto na distribuição de temperatura, sugerindo alterações para a geometria da estrutura.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa de Iniciação Científica concedida ao acadêmico Mateus Augusto Waldeck Krachinski e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela infraestrutura e pelos recursos disponibilizados.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

- [1] Datasheet Lg, model LGEAS318650. disponível em: PDF, pg 1, 2021
- [2] Andressa GOMES, Lidiane SILVA, Rossano GIMENES, Adriana DIACENCO em resumo do artigo: Análise da Resistência Elétrica e Mecânica em Filamentos de PLA e ABS. REVISTA CIENTIFICA UNIVERSITAS. Disponível em: revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/view/586, pg 1, 2019.
- [3] A.G. Olabi, Hussein M. Maghrabie, Ohood Hameed Kadhim Adhari, Enas Taha Sayed, Bashria A.A. Yousef, Tareq Salameh, Mohammed Kamil, Mohammad Ali Abdelkareem, Battery thermal management systems: Recent progress and challenges, **International Journal of Thermofluids**, Volume 15, 2022, 100171.
- [4] Wang, Qian & Jiang, Bin & Li, Bo & Yan, Yuying, 2016. "A critical review of thermal management models and solutions of lithium-ion batteries for the development of pure electric vehicles," **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, vol. 64(C), pages 106-128.