

Desenvolvimento de um protótipo de pack de baterias de íon lítio para teste de sistemas equalizadores de tensão

Development of a prototype of lithium-ion battery pack for testing voltage-equalizing systems

Diogo Hiraiwa de Oliveira¹, Carlos Henrique Illa Font²

RESUMO

Este artigo tem por finalidade estudar e projetar um pack de bateria utilizando células de Íon-Lítio bem como a implementação prática. Esse trabalho apresenta as características gerais levadas em consideração para se projetar o pack como o tipo de bateria, a capacidade, as características construtivas entre outros parâmetros. Além disso, mostra todo o processo construtivo do protótipo desde a modelagem do pack em *software*, processo de fabricação das peças utilizadas na estrutura, o tipo e como foram feitas as ligações entre as células, entre outras etapas. É apresentando também o esquema e funcionamento da placa de aquisição de dados que foi utilizada nos testes de carga e descarga para verificar o funcionamento e eficiência do pack de baterias bem como demonstrar a importância do processo de equalização das células para garantir um bom funcionamento e vida útil do pack.

PALAVRAS-CHAVE: bateria; carga; células; descarga.

ABSTRACT

The purpose of this article is to study and design a battery pack using lithium-ion cells, as well as practical implementation. This work presents the general characteristics taken into consideration when designing the pack, such as battery type, capacity, construction features, and other parameters. Furthermore, it demonstrates the entire construction process of the prototype, from modeling the pack in software to the manufacturing of parts used in the structure, the type of connections made between cells, and other stages. It also includes the schematic and operation of the data acquisition board used in charge and discharge tests to verify the functioning and efficiency of the battery pack, as well as to demonstrate the importance of cell equalization in ensuring proper operation and longevity of the pack.

KEYWORDS: battery; charge; cells; discharge.

INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda de sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos e fontes de energias renováveis, os sistemas de armazenamento de energia com baterias surgem como uma tecnologia indispensável na viabilização e inovação nesse processo de evolução pois fornecem mais autonomia. Um *pack* de bateria é um conjunto de duas ou mais células eletrolíticas, que são dispositivos eletroquímicos que, através de reações que podem ser reversíveis, armazenam energia elétrica na forma de energia química [1], [2].

Esta pesquisa vem com o objetivo de projetar e construir um *pack* de bateria, mostrando os principais requisitos que ditam a configuração que o *pack* deve ter, além de falar sobre seu sistema de gerenciamento e realizar teste de carga e descarga para observar o comportamento do *pack* de bateria.

¹ Bolsista do CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, Brasil. E-mail: diogohiraiwa@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 5024096783692704.

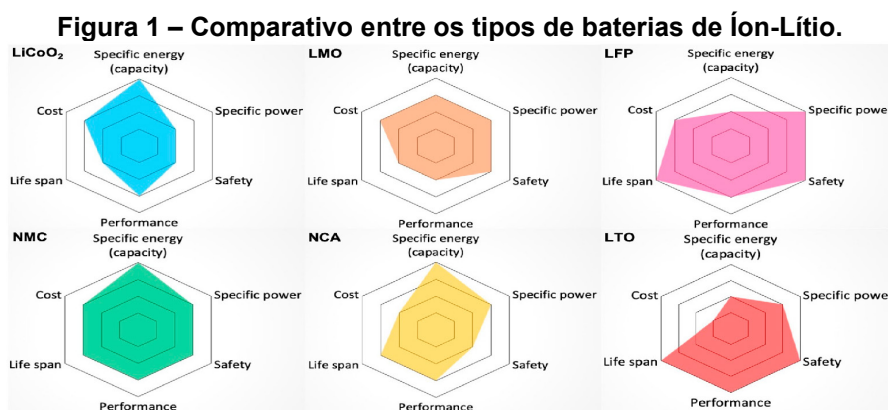
² Docente do Departamento Acadêmico de Eletrônica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, Brasil. E-mail: illafont@utfpr.edu.br. ID Lattes: 3453361830000042.

A utilização desse *pack* de baterias será no teste de sistemas de equalização de tensão, que são parte constituinte dos BMSs, e são de fundamental importância para a operação segura das baterias.

PACK DE BATERIA

Para realizar o dimensionamento de um *pack* de bateria deve-se levar várias características de projeto em consideração, como em veículos elétricos [3] que tem a necessidade de o *pack* ser mais compacto, armazene energia de uma forma mais rápida se comparado a baterias estacionárias utilizadas em sistemas de energias alternativas, mas de uma forma geral os principais parâmetros adotados para dimensionamento de um *pack* de bateria são [4]:

Tipo de baterias: As baterias evoluíram ao longo do tempo onde se desenvolveu diversas químicas e tecnologias para baterias e cada um com a sua vantagem e desvantagem, elas variam de acordo com o eletrólito e o material utilizado no catodo e anodo. Entre os diversos tipos de bateia as mais conhecidas de acordo com [5] são: Chumbo-ácido (Pb-Acid), Íon-Lítio (Li-íon), Níquel-cádmio (NiCd) e Níquel-Metal-Hidreto (NiMH). E devido a bateria Íon-lítio possuir a maior densidade de energia, menor peso, suporta mais ciclos de descarga e carga, não possuir efeito memória e baixa taxa de autodescarga, que são características muito boas se comparadas com os outros tipos e devido a isso será a bateria utilizada como foco de estudo deste trabalho. As baterias de íon-lítio podem ser classificadas pelo seu formato para se adequar a necessidade de projeto como: cilíndricas, prismáticas e *pouch*. As baterias podem ser classificadas pela sua química [5] também, fazendo com que tenham características diferentes como segurança, densidade de energia, ciclo de vida e os principais tipos são: Óxido de cobalto de lítio (LCO), Óxido de manganês de lítio (LMO), Fosfato de ferro de lítio (LFP), Óxido de cobalto de manganês de lítio níquel (NMC), Lítio níquel cobalto óxido de alumínio (NCA) e Titanato de Lítio (LTO); a Figura 1 mostra os parâmetros de cada tipo e o que pode variar de acordo com o fornecedor.



Fonte: Article Current Li-Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements.

Tensão e corrente: Devem estar em acordo com o exigido pelo projeto para alimentar o dispositivo ou equipamento de forma a não comprometer a sua longevidade. Outro cuidado que se deve ter é com a tensão de corte, pois cada célula possui um valor mínimo e máximo

de tensão. E as células de forma unitária possuem uma certa limitação de tensão e corrente, por isso a necessidade de configurações diferentes de associação de células, como em série quando a intenção é aumentar a tensão e em paralelo quando se deseja aumentar a corrente se assemelhando muito à análise de associações de resistências.

Capacidade: Também é um fator responsável pela definição do número de células associadas em paralelo, pois capacidade de uma bateria como já mencionado é quantidade de corrente que um *pack* de bateria pode fornecer durante um determinado tempo.

Características construtivas: Ao se realizar um projeto, algumas características devem ser consideradas para garantir o bom funcionamento e segurança. Isso inclui projetar um invólucro resistente contra impactos, vibrações e estresse mecânico; isolamento elétrico e térmico podendo ser feito por meio do material utilizado ou do tipo de estrutura de *pack* adotado; conexões elétricas confiáveis e com resistividade elétrica baixa de modo a diferença de potencial logo diminuir as perdas por calor.

Temperatura: Temperatura é um fator que influencia em muitos aspectos no **pack** de baterias, pois a capacidade diminui com a queda da temperatura, em altas temperaturas a eficiência e a vida útil das células de bateria são reduzidas drasticamente.

Profundidade de descarga (DOD): É outro fator que está diretamente ligado com a eficiência e vida útil da bateria, pois quanto maior a profundidade de descarga mais stress é colocado sobre a bateria já que as reações ocorrem no processo de carga e descarga causando desgaste da célula. Em baterias de Íon-Lítio é recomendado uma profundidade máxima de descarga abaixo de 80% ou 70% da capacidade máxima da célula.

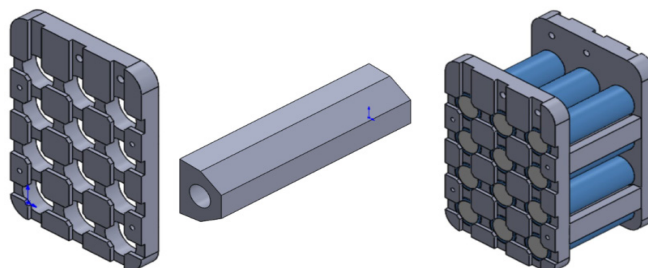
BMS: Em *packs* de baterias é necessário um sistema de gerenciamento da bateria conhecido como BMS ele visa mitigar os problemas aumentando assim a segurança, eficiência e vida útil do *pack*. As células de bateria trabalham dentro de certos valores de funcionamento e o BMS, através do monitoramento de tensão, corrente e temperatura das células, realiza a estimativa do estado de saúde (SOH) e do estado de carga (SOC), também é responsável pelo controle de carga de forma a limitar o DOD e também realiza o balanceamento (equalização) das células.

PROCEDIMENTO E TESTES

Com objetivo de construir um protótipo de *pack* de bateria com uma tensão por volta de 48V e 2200mAh, foi selecionado a célula de bateria cilíndrica de Íon-Lítio 18650 da LG, devido a ser a mais utilizadas e também pela disponibilidade de 12 unidades delas. Próximo passo o projeto do invólucro, a estrutura do *pack* de forma atender os requisitos já mencionados, para isso foi utilizado o SolidWorks um software que realiza desenhos em CAD para montagem e modelagem de peças, onde foi realizado todo o dimensionamento e construção virtual dos suportes laterais e a placas superior e inferior. Essa configuração foi adotada devido a fornecer uma grande robustez e também devido a um espaçamento entre as células permitir a circulação de ar de forma a manter a temperatura das células em boas condições de funcionamento; foi utilizado uma impressora 3D para a confecção das peças, devido a ser um processo de fabricação mais rápido ele diminui relativamente as

falhas no processo, além de ser mais prática a confecção de peças mais complexas. O material utilizado na impressora foi um polímero termoplástico com ácido láctico (PLA) devido a sua alta dureza, por ser um plástico possui uma boa isolamento elétrica e por ter um bom acabamento superficial. Para as ligações foi utilizado fita de níquel cromo com solda ponto, para finalizar a montagem foi dividido o pack em 4 módulos sendo cada um com 3 células. O modelo estrutural do pack de baterias é apresentado na Figura 2.

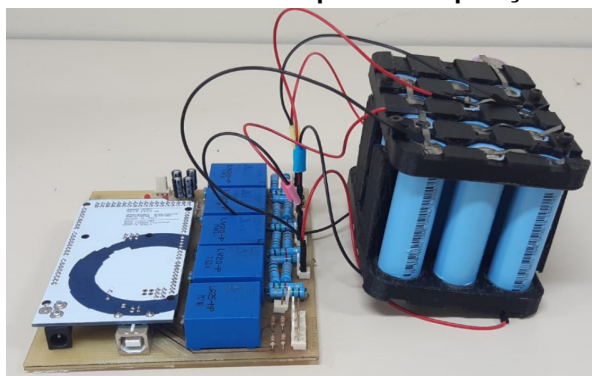
Figura 2 – Modelo estrutural do pack



Fonte: Autoria própria.

Com a montagem do pack terminada se deu início aos testes usando uma placa de aquisição para monitorar os níveis de tensão do pack de forma a observar e registrar o processo de carga e descarga do *pack*, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Pack conectado na placa de aquisição de sinais



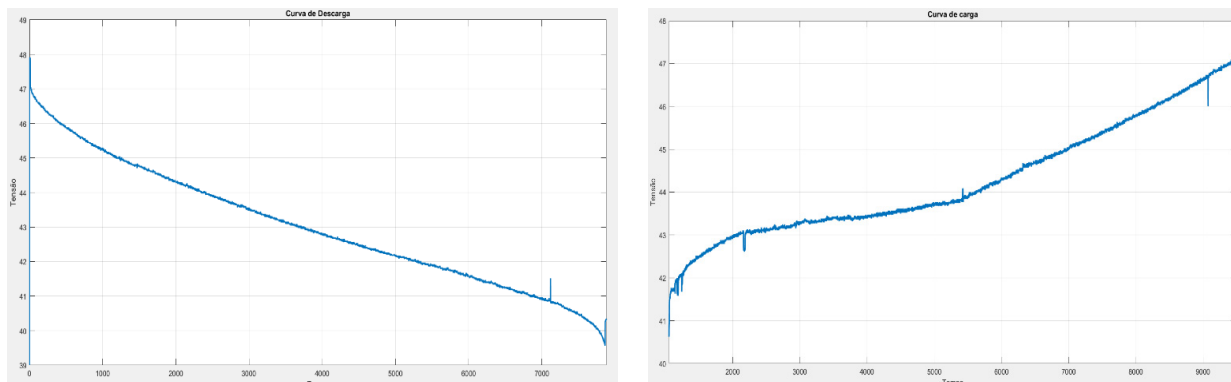
Fonte: Autoria própria.

Essa placa de aquisição conta principalmente com 4 sensores de tensão LV 20-P, um sensor de corrente LA 25-NP, um Arduino MEGA 2560 e outros componentes eletrônicos como resistores que são utilizados para controlar a tensão e corrente na entrada dos sensores e do Arduino, impedindo que danifique os dispositivos. A partir de um código no MATLAB onde com as informações de saída da placa, é possível com a entrada analógica do Arduino ler essa tensão e com um ganho da placa calculado é possível encontrar o valor de entrada na placa, logo os valores de tensões do pack.

Para os testes do pack primeiramente verificou-se os níveis de tensão de cada célula para que todas estivessem em níveis próximos e foi observado que estavam entre 3,9V e 4V, totalizando assim um pack de bateria de aproximadamente 48V. Então, conectou-se as

entradas de cada módulo do pack na placa de aquisição. Para o processo de descarga foi utilizado 3 resistores de potência em série de 30Ω para manter uma corrente de aproximadamente 0,5A e para carga utilizamos uma fonte linear regulada para um corrente constante de 0,5A. A placa de aquisição capturou as curvas de carga e descarga do pack, como mostrado na Figura 4.

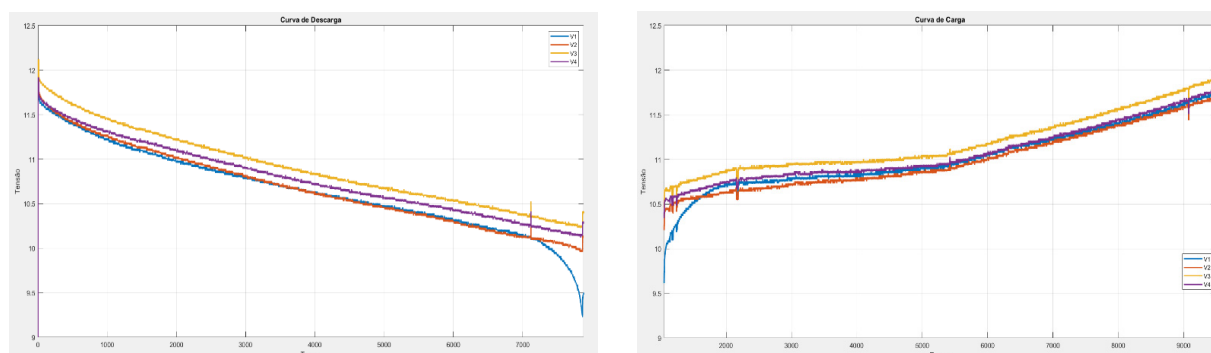
Figura 4 – Curvas de descarga e carga do pack



Fonte: Autoria própria.

Mas para ambos os testes teve que se tomar um certo cuidado devido ao fato de que tanto a carga como a descarga estava sendo realizada sem o auxílio de um equalizador, ou seja como pode ser observado na Figura 5, é o mesmo processo de carga e descarga do pack só que agora observando separadamente 4 módulos compostos por 3 células. É possível notar um desbalanceamento entre os módulos de forma que uma célula do pack atinja tanto uma tensão acima ou abaixo dos níveis recomendados para manter o bom funcionamento e vida útil da célula. E isso se dá devido ao fato de as células possuírem resistência interna que difere um pouco, também ao fato de no passado serem submetidas a stress e trabalhos diferentes causando assim esse desbalanceamento no pack. Para isso durante ambos os processos como pela placa de aquisição de dados só é possível verificar um grupo de 3 células foi necessário com um multímetro medir constantemente cada célula do pack separadamente para principalmente no processo de carga uma célula não ultrapassasse o valor de tensão e logo sobrecarregasse e fosse danificada.

Figura 5 – Curvas de descarga e carga dos módulos do pack



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu aprender um pouco mais sobre *pack* de bateria e suas características, bem como ter uma interação e aprendizagem com o sistema de aquisição de dados. E através dos testes realizados se teve a confirmação do correto projeto e construção obtendo um *pack* de 48V utilizando 12 células de Íon-Lítio. Analisando os gráficos obtidos nos processos de carga e descarga observa-se as curvas características das baterias, bem como a importância de um sistema de equalização para impedir o desbalanceamento das células do *pack* e que já citado provoca superaquecimento da célula, diminuição da eficiência, vida útil e capacidade de armazenamento do *pack*.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa de Iniciação Tecnológica concedida ao acadêmico Diogo Hiraiwa de Oliveira e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela infraestrutura e pelos recursos disponibilizados.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

- [1] BUCHMANN, Isidor. **Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers**. 3. ed. [S. l.]: Cadex Electronics Inc., 2011.
- [2] CARNEIRO, Diogo Teófilo. **Sistema de Equilíbrio de Células de Bateria de Iões de Lítio do FEUP VEC**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) - FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, [S. l.], 2019.
- [3] TRUDES, Gustavo Pereira; MONTEIRO, Paulo Eduardo. **DIMENSIONAMENTO E PROJETO DE BANCO DE BATERIAS PARA UM PROTÓTIPO FÓRMULA SAE ELÉTRICO**. Orientador: Prof. Dr. Felipe Mezzadri. 2019. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA, [S. l.], 2019.
- [4] BASTOS, Arthur Freitas. **Estudo de Técnicas de Estimação de Estado de Carga e Tempo de Vida de Baterias vinculado ao projeto Equalização de Tensão em Sistemas de Armazenamento de Energia com Baterias de Lítio**. Dissertação - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA, [S. l.], 2020.
- [5] GARCIA, Vilson. **CONCEPÇÃO, ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO PARA BATERIAS DE ÍON LÍTIO, COM MONITORAMENTO DE FORMA REMOTA**. 2021. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE CURSO DE ENGENHARIA MECATRÔNICA, [S. l.], 2021.