

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

COLETA DE UM AMPLO CONJUNTO DE DADOS EXPERIMENTAIS DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS CONSIDERANDO CORRENTES DE DESCARGAS VARIÁVEIS E MODELAGEM MATEMÁTICA DOS DADOS A PARTIR DE MODELOS ELÉTRICOS¹
DATA OF LIFETIME OF BATTERIES CONSIDERING CHANNELS OF VARIABLE DISCHARGES AND MATHEMATICAL MODELING FROM ELECTRICAL MODELS

Eduardo Cardoso Toniazzo², Airam T. Z. R. Sausen³, Paulo Sausen⁴

¹ Projeto de pesquisa realizado no Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) da UNIJUI.

² Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIC/CNPq.

³ Profa. Dra. do Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI. Orientadora.

⁴ Prof. Dr. do Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI.

Introdução

Uma importante característica dos dispositivos móveis (notebooks, smartphones, sensores, telefones celulares, etc.) é a mobilidade que oferecem ao usuário, pois não são conectados à rede elétrica. Por este motivo, grande parte destes aparelhos são dependentes de uma bateria, a qual é responsável por fornecer energia ao sistema. Portanto, o uso dos dispositivos móveis está relacionado e condicionado ao tempo de vida da bateria, isso é, o tempo em que a bateria consegue fornecer energia até alcançar um ponto de corte denominado nível de cutoff, este é o ponto onde as reações eletroquímicas internas cessam e não fornecem mais energia ao sistema. Conhecer o tempo pelo qual a bateria consegue manter o dispositivo em funcionamento, ou seja, seu tempo de vida, tem sido de fundamental importância no desenvolvimento de dispositivos móveis [1]. Neste contexto, é de vital importância prever o tempo de vida da bateria, uma das formas consiste em utilizar modelos matemáticos, os quais simulam e representam com boa precisão o fenômeno de descarga da bateria. Alguns modelos responsáveis pela previsão do tempo de vida de baterias, presentes na literatura são: os modelos analíticos, os modelos eletroquímicos, os modelos estocásticos, os modelos híbridos, os modelos via teoria de identificação de sistemas e os modelos elétricos [1,3]. Este trabalho tem como objetivo principal a aplicação do modelo elétrico *Predizer Runtime e Características V-I* para a previsão do tempo de vida de baterias de Lítio Íon Polímero (LiPo) usadas em telefones celulares do tipo smartphone. Este modelo é capaz de capturar as características elétricas e dinâmicas, tais como, a tensão em circuito aberto, a capacidade utilizável a resposta transiente [3]. O processo da modelagem matemática é feito computacionalmente no *Simulink*, presente na ferramenta computacional Matlab.

Metodologia

Após uma revisão bibliográfica dos modelos utilizados na literatura com ênfase na compreensão do modelo elétrico para *Predizer Runtime e Características V-I*, constatou-se que este tem capacidade para a modelagem matemática do tempo de vida de baterias do tipo LiPo, visando um

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

amplo conjunto de dados experimentais que são obtidos a partir de uma plataforma de testes desenvolvida especificamente para este fim, onde se tem um controle da carga e da descarga das baterias. Na sequência são coletados os dados de descargas de baterias do tipo LiPo, estas que são na atualidade o modelo mais presente em dispositivos móveis. As baterias utilizadas possuem uma capacidade de 800 mAh e uma tensão nominal de 3,7 V. Para a realização desse experimento foram alocadas baterias novas visando descartar qualquer desgaste acarretado pelo uso das baterias antigas. Desse modo as mesmas foram carregadas em duas fontes CC (Corrente Contínua) com 20% da sua capacidade nominal, ou seja, 160 mA. O carregamento é concluído quando a tensão na bateria alcança 4,2 V, e a corrente drenada da fonte chega a 0 A. Concluído este processo, as baterias já podem ser alocadas na plataforma para ser realizada a descarga controlada. Através da plataforma de testes, é realizada a descarga de 4 baterias simultaneamente [4]. De modo geral, a plataforma é composta por um hardware e um software, os quais ficam responsáveis pelo armazenamento dos dados. Quando as 4 baterias são conectadas na plataforma, o software é configurado para o tipo de descarga desejada. Ressaltando que neste trabalho as baterias foram descarregadas com correntes variáveis. Os parâmetros aplicados para as descargas das baterias são os seguintes: (a) tipo de bateria: Lítio Íon Polímero; (b) tensão nominal: 3,7 V; (c) capacidade nominal da bateria: 800 mAh (d) perfil de correntes variáveis para descarga, como descreve a Tabela 1; (e) tensão cutoff: 2,7 V, essa que é definida pelo fabricante como o menor valor de tensão onde a bateria ainda fornece energia ao sistema externo; (f) Duração: é o tempo que a bateria demora para descarregar até atingir o ponto de cutoff, ou seja, os 2,7 V. Durante a realização das descargas, a temperatura do ambiente se manteve na média dos 21 °C. Após a aplicação dessa metodologia e a coleta de um amplo conjunto de dados experimentais do tempo de vida das baterias, é então realizada a modelagem matemática usando o modelo elétrico Predizer Runtime e Características V-I, que consiste em encontrar o tempo de vida respectivo para cada um dos 8 perfis de descarga descritos na Tabela 1, onde com estes resultados é efetuada a validação do modelo que ocorre através de uma análise comparativa entre os dados experimentais coletados da plataforma de testes e dados obtidos pela execução do modelo, e então é encontrado o erro percentual.

Tabela 1- Perfis de correntes variáveis.

Perfis	Correntes do período (mA)	Duração de cada pulso (min)
P1	100 - 10 - 150 - 10 - 100 - 10 - 200	5 - 5 - 5 - 5 - 5 - 5 - 6
P2	170 - 270 - 10 - 140 - 230 - 10 - 270	5 - 20 - 30 - 10 - 20 - 10 - 30
P3	270 - 10 - 120 - 170 - 10 - 270 - 170	5 - 10 - 10 - 15 - 10 - 15 - 5
P4	250 - 40 - 50 - 200 - 550	10 - 10 - 5 - 15 - 10
P5	750 - 450 - 200 - 250 - 250 - 100	5 - 10 - 10 - 5 - 5 - 10
P6	100 - 200 - 300 - 400 - 500 - 600 - 700	10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10
P7	700 - 600 - 500 - 400 - 300 - 200 - 100	10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10
P8	200 - 10 - 300 - 10 - 200 - 10 - 400	2,5 - 5 - 2,5 - 5 - 2,5 - 5 - 5

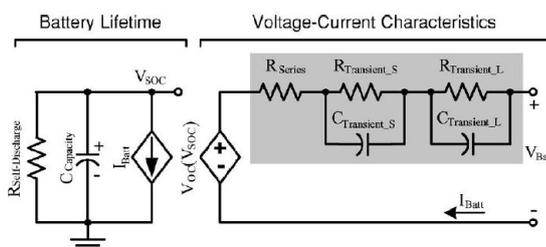
01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijui

Resultados e Discussões

Nesse processo foram realizadas 8 descargas para cada perfil de corrente variável, considerando as correntes em mA, e os pulsos para duração de cada corrente de descarga em minutos. A média do tempo de vida resultante das 8 descargas para cada perfil foram alocadas na Tabela 2 (tempo experimental) para posterior validação. Após ampla coleta dos dados experimentais das descargas variáveis, é realizada a modelagem matemática implementando o modelo elétrico através da ferramenta Simulink presente no Matlab, o circuito equivalente que descreve este modelo é mostrado abaixo.

Figura 1- Modelo elétrico para *Predizer Runtime e Características V-I*.



O modelo elétrico para *Predizer Runtime e Características V-I* [3] foi proposto a partir da combinação de modelos baseados em *Runtime*, conforme o circuito da esquerda, com modelos baseados em *Thevenin*, representado pelo circuito a direita, como mostra a Figura 1. O circuito da esquerda é composto por uma resistência de auto-descarga (*Rself-Discharge*), uma capacitância (*Ccapacity*) que representa a carga total armazenada na bateria, e uma fonte de corrente controlada (*IBatt*) [2]. Estes elementos são aplicados para modelar a capacidade, o estado de carga da bateria (*SOC*) e o tempo de vida da mesma. Por sua vez, o circuito da direita fornece a resposta transiente, sendo constituído por uma resistência (*Rseries*), duas associações resistivas e capacitivas *RC* dispostas em paralelo e uma fonte de tensão controlada *Voc* (*Vsoc*). A variação da capacidade utilizável é causada pela intensidade da corrente de descarga aplicada sobre a bateria. O valor atribuído a *Rself-Discharge* é desconsiderado pelo fato de outros fatores que também alteram a capacidade da bateria são negligenciados, como o número de ciclos de descarga-carga, temperatura e o tempo de armazenamento. Desta forma, diferentes correntes de descarga atribuídas a *Ccapacity* resultam nas quedas de tensão ao longo da resistência equivalente do circuito, que corresponde a soma de *Rseries*, *RTransient_S* e *RTransient_L*. Isto resulta em um conjunto de valores relacionando ao estado da bateria (*SOC*) medidos distintamente de acordo com o decaimento da tensão, o que diminui gradativamente a capacidade utilizável da bateria ao longo de sua descarga. [2,3]. O comportamento da tensão ao longo da bateria é definido por *Vbatt*, e expresso pela equação:

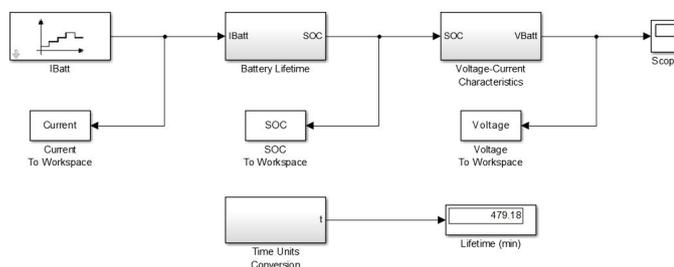
$$V_{batt} = V_{oc}(V_{soc}) - I_{Batt}R_{series} - V_{Transient}(t) \quad (1)$$

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

onde: $V_{Transient}(t)$ representa a tensão transiente no circuito, diferindo-se entre curta e longa duração. A implementação do modelo elétrico através do *Simulink* utilizou de parâmetros iniciais estimados através da metodologia dos Algoritmos Genéticos calculados e definidos por [3]. Por final é obtido para cada perfil de correntes variáveis a curva de comportamento da tensão durante a descarga da bateria (V_{batt}), de onde se retira o valor correspondente do tempo de vida, e que serão validados a partir dos dados experimentais adquiridos anteriormente.

Figura 2 - Modelo implementado no *Simulink*.



A Tabela 2 apresenta a comparação entre os tempos de vida experimentais e os tempos de vida da bateria de LiPo encontrados via modelagem para os 8 perfis de descargas utilizados. A validação do modelo é feita então, resultando no erro percentual para a modelagem de cada perfil.

Tabela 2 - Resultados para modelo *Predizer Runtime e Características V-I*.

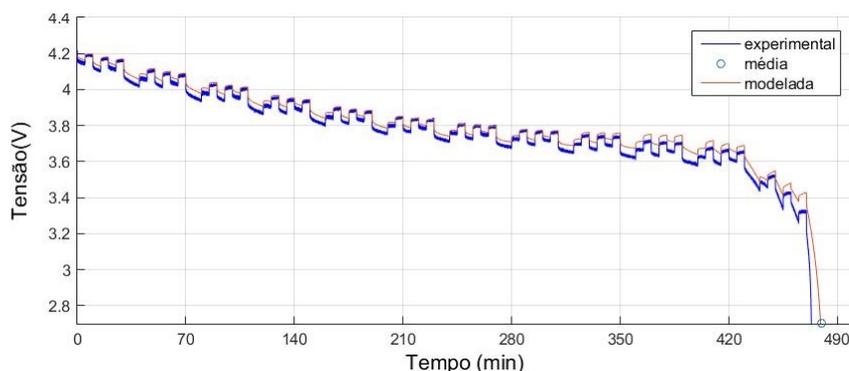
Perfil	T. Exper. (min)	T. Mode. (min)	Erro %
P1	479,67	479,18	0,10
P2	284,94	269,63	5,37
P3	322,01	331,92	3,08
P4	149,38	149,73	0,23
P5	141,75	144,95	2,26
P6	126,62	124,07	2,01
P7	98,51	99,2	0,70
P8	324,17	328,65	1,38
		Média Erro:	1,89

O perfil com menor erro percentual resultante foi o P1, onde a validação do tempo de vida encontrado via modelo, comparado com o valor experimental resultou no menor erro percentual de 0,10%. Observa-se que o tempo de vida experimental médio é o resultado da média aritmética das 8 descargas coletadas pela plataforma de testes, descrito em Resultados e Discussões. A Figura 3 mostra o comportamento da tensão durante a descarga do perfil P1, identificando o ponto resultante da média das 8 descargas experimentais (círculo azul), bem como a curva experimental que ficou mais próxima dessa média (azul), e a curva modelada matematicamente com o modelo elétrico (vermelha).

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

Figura 3 - Curva para o perfil de descarga P1.



Conclusão

Destaca-se que para os perfis com um tempo maior entre os pulsos de corrente de descarga, como demonstrado na Tabela 1, encontrou-se um erro relativamente maior em relação aos perfis que se fizeram de intervalos menores de tempo para as descargas variáveis aplicadas. Entre as modelagens efetuadas para os 8 perfis de corrente de descarga, a média dos erros percentuais encontrados foi de 1,89%, onde o perfil com melhor curva de descarga estimada foi o perfil P1, com um tempo de vida de 479,18 minutos, e um erro de 0,10%. Conclui-se também, que para a modelagem e simulação de descargas variáveis, o modelo para Predizer Runtime e Características V-I encontrou acurácia satisfatória, uma vez que considerou alguns efeitos não lineares existentes na descarga da bateria, tendo uma boa confiabilidade para prever o tempo de vida da bateria de LiPo.

Palavras Chave: Lítio-Íon Polímero, Tempo de Vida, Modelo Elétrico, Predizer Runtime e Características V-I.

Referências Bibliográficas:

- [1] Brondani, Marcia de Fatima. "Modelagem matemática do tempo de vida de baterias de Lítio Íon Polímero utilizando algoritmos genéticos". Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Fevereiro, 2015
- [2] Brondani, Marcia de Fatima; Sausen, Airam T. Z. R.; Sausen, Paulo Sérgio; Binelo, Manuel Osório. "Estimação dos Parâmetros do Modelo para Predizer Runtime e Características V-I de uma Bateria utilizando Algoritmo Genético. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, vol. 6, no. 1, pp. 1-7, 2018.
- [3] M. Chen and G. Rincón-Mora, Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and i-v performance, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 21, no. 2, pp. 504-511, Junho, 2006.
- [4] Toniazzo, Eduardo C; Sauthier, Luís Fernando; Sausen, Paulo Sérgio; Sausen, Airam T. Z. R. "Desenvolvimento de um dispositivo de monitoramento para controle de carga e descarga de uma plataforma de testes de baterias". XXVIII - CRICTE, UNIJUI-Ijuí, 2017.