

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

COLETA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS UTILIZADAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS E MODELAGEM MATEMÁTICA DOS DADOS, UTILIZANDO MODELOS AR DA TEORIA DE IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS¹

Angélica Benetti Cezimbra², Joelson Lopes Paixão³, Airam Teresa Zago Romcy Sausen⁴, Paulo Sergio Sausen⁵.

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

² Aluna do curso de Engenharia Elétrica da UNIJUI, bolsista CNPq. E-mail: angelica.cezimbra@gmail.com

³ Aluno do curso da Engenharia Elétrica da UNIJUI, bolsista CNPq. E-mail: joelson.paixao@hotmail.com

⁴ Professora Doutora do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Orientadora. E-mail: airamsausen@gmail.com

⁵ Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Coordenador do Projeto. E-mail: paulosausen@gmail.com

Introdução

A utilização de dispositivos móveis tem aumentado gradativamente ao longo de anos, graças à multiplicação no acesso à tecnologia sem fio. Estes dispositivos encontram-se em diversas áreas, como na indústria, no comércio, em setores de educação e saúde, como também no lazer. Alguns exemplos destes dispositivos móveis são: telefones celulares, smartphones, tablets, máquinas digitais, notebooks, sensores de alarmes comerciais ou residenciais, entre outros.

A grande maioria dos dispositivos móveis, utilizados atualmente, é alimentada por algum tipo de bateria, cuja função é o fornecimento de energia ao sistema. Destaca-se que a utilização destes dispositivos está condicionada ao tempo de vida das baterias que é por definição, o tempo que a bateria demora até atingir um determinado nível de capacidade de carga (i.e., nível de cutoff), ao alcançar este nível as reações eletroquímicas, que são responsáveis pela geração de energia, deixam de acontecer e, então, a bateria para de fornecer energia ao sistema [1]. Neste contexto, é de vital importância possuir algum método capaz de prever o tempo de vida da bateria, e consequentemente do dispositivo que é alimentado por ela.

Existem diferentes maneiras de realizar a predição do tempo de vida de uma bateria, apresentadas na literatura, uma delas consta da experimentação física. Porém, dependendo das características do sistema, esta opção deixa de ser viável do ponto de vista econômico. Outra forma é utilizando modelos matemáticos que representam a descarga de energia do aparelho. Dentre os modelos

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

matemáticos de baterias, podem ser citados: os analíticos [2, 3, 4, 5], os estocásticos [6], os elétricos [2] e os eletroquímicos [7], cada um com suas características e níveis de complexidade.

Estudos recentes relacionados à modelagem matemática de sistemas reais mostram uma mudança, a partir da década de 90, que aponta para uma crescente necessidade de desenvolvimento de modelos matemáticos a partir de dados observados. Esta mudança tem ocorrido por vários motivos, dentre eles é possível destacar que os sistemas utilizados, com o desenvolvimento da ciência/tecnologia, estão cada vez mais complexos ocasionando, muitas vezes, até a impossibilidade de escrever as equações que representam o comportamento fenomenológico do mesmo através da física do processo. Esta modelagem é conhecida como Identificação de Sistemas. Segundo Aguirre [8], a teoria de Identificação de Sistemas propõe encontrar um modelo matemático que, aproximadamente, representa e explica a relação causa e efeito presente em um conjunto de dados.

Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho consiste em realizar a modelagem matemática do tempo de vida de baterias utilizando modelos Auto Regressivos (AR), ou seja, o modelo Box-Jenkins (BJ) e o modelo Output Error (OE) da teoria de Identificação de Sistemas. Para isto, é necessária a compreensão dos principais conceitos da teoria de Identificação de Sistemas, assim como é realizada uma ampla coleta de dados experimentais considerando uma bateria de Lithium-Íon, modelo BL5F, utilizada em telefones celulares da marca NOKIA. Os modelos obtidos da teoria de Identificação de Sistemas são de fácil utilização pelo usuário e apresentam boa acurácia. Para a modelagem matemática, é utilizado o Toolbox Ident, o qual tem uma interface gráfica (GUI) prática e intuitiva, e está incluso na ferramenta computacional Matlab [2,3].

Metodologia

Para a realização deste trabalho inicialmente é feita uma revisão bibliográfica, na qual são estudados os conceitos fundamentais relacionados à bateria. Também é realizado um estudo dos diferentes tipos de baterias que alimentam dispositivos móveis, assim como dos principais modelos matemáticos encontrados na literatura, que podem facilitar a tarefa de prever o tempo de vida de baterias. Em um segundo momento, são escolhidas, para os testes, baterias do tipo Lithium-Íon, modelo BL – 5F fabricadas pela Nokia e utilizadas no aparelho celular Nokia N95. A plataforma de testes está localizada no laboratório de Sensores Inteligentes do GAIC (Grupo de Automação Industrial e Controle), e opera de forma autônoma e flexível, a fim de capturar a curva característica de descarga de uma bateria. Nos experimentos, as descargas são realizadas com correntes constantes, que é informada para cada descarga realizada. Os parâmetros usados nas descargas são os seguintes: (a) tipo de bateria: Lithium-Íon; (b) tensão nominal: 3,7 V; (c) capacidade nominal: 950 mAh; (d) correntes de descarga: [950;900;850;800; ... ;200;150;100;50]mA; (e) tensão cutoff: 3,1V; (f) duração: é o tempo que a bateria leva descarregando até atingir os 3,1 V. Durante as descargas, a temperatura do local foi mantida próximo aos 21° C. Os modelos são ferramentas indispensáveis para projetistas de dispositivos móveis alimentados por baterias, por ajudar na análise do comportamento de descarga da bateria, sob diferentes escolhas de projetos. Existem

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

vários modelos matemáticos de descarga de baterias com suas especificidades e complexidade distintas. Após a coleta de dados é realizada a obtenção de um modelo BJ e um modelo OE para predição do tempo de vida de baterias usadas em dispositivos móveis a, partir de estruturas de modelos matemáticos presentes na teoria de Identificação de Sistemas, por fim os modelos são validados e comparados.

Resultados e Discussão

Para a coleta de dados, objetivando minimizar qualquer alteração no resultado final em decorrência da variação dos parâmetros, manteve-se um padrão único para todos os ensaios. Para carregar a bateria optou-se em utilizar a metodologia de carga lenta, desta maneira, é aplicada uma corrente de 20% da capacidade nominal da bateria, que é 190mA, a bateria é considerada totalmente carregada, quando atingir a tensão 4,2V e a corrente atingir 0,01 A. Então a mesma é desconectada da fonte externa e conectada a plataforma de teste, para então se dar início ao processo de descarga, contudo vale ressaltar que antes de iniciar os ensaios é preciso configurar o Software para que ela possa processar as informações solicitadas na descarga. Todas as baterias usadas, de Lithium-Ion, são novas a fim de diminuir a influência de vida útil da bateria nos resultados dos ensaios. O tempo de duração do processo de descarga, é o tempo em que a bateria demora até atingir a tensão de cutoff, definida no software em 3,10 volts. Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos experimentos.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

Perfis (mA)	Bateria #1	Bateria #2	Bateria #3	Bateria #4	Bateria #5	Bateria #6	Bateria #7	Bateria #8	Tempo Médio (min)	Desvio Padrão Geral
50	1190,33	1200,07	1184,45	1180,14	1191,27	1164,11	1157,26	1166,31	1179,24	15,16
100	596,32	600,56	574,58	589,17	599,2	603,42	599,54	600,11	595,36	9,39
150	394,24	394,55	395,31	397,49	400,38	392,48	396,52	398,53	396,19	2,56
200	309,16	315,28	286,16	292,29	291,52	293,31	298,33	295,03	297,64	9,77
250	241,19	247,02	224,27	241,19	239,5	237,15	226,53	226,58	235,43	8,47
300	197,59	201,27	183,03	196,51	200,2	192,33	188,33	191,21	193,81	6,25
350	173,52	172,47	168,43	169,17	170,34	170,17	162,48	164,3	168,86	3,79
400	156,16	148,2	140,22	144,05	145,56	147,51	141,49	142,53	145,72	5,06
450	132,17	130,51	131,02	130,31	132,17	128,27	125,57	129,14	129,90	2,21
500	125,26	122,02	120,09	117,56	118,47	115,11	113,08	117,13	118,59	3,86
550	107,35	109,06	96,25	105,06	107,16	104,54	99,32	104,02	104,10	4,31
600	94,49	97,36	91,31	101,34	96,01	93,33	92,06	96,42	95,29	3,24
650	90,32	89,31	85,21	89,4	90,16	87,23	82,26	88,33	87,78	2,80
700	83,37	82,29	73,3	81,56	81,36	79,23	70,31	80,59	79,00	4,67
750	79,12	77,38	73,1	76,35	74,44	74,17	69,25	76,37	75,02	3,02
800	73	70,47	65,18	71,42	71,57	68,17	59,56	70,2	68,70	4,40
850	70,24	67,07	64,57	65,51	67,29	64,03	54,48	65,4	64,82	4,61
900	64,04	62,12	58	61,45	64,48	59,44	52,31	61,39	60,40	3,91
950	60	59,14	52,13	58,28	59,45	57,11	49,41	58,27	56,72	3,85

Tabela 1-Perfis de corrente de descarga na bateria

A modelagem matemática do tempo de vida de baterias utilizando a teoria de Identificação de Sistemas é feita utilizando os dados da Tabela 1. A forma geral no desenvolvimento das estruturas de modelos AR é dada por:

$$A(q)y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k) + \frac{C(q)}{D(q)}v(k)$$

onde:

$$\begin{aligned}A(q) &= 1 - a_1 q^{-1} - \dots - a_{n_y} q^{-n_y}; \\B(q) &= b_1 q^{-1} + \dots + b_{n_u} q^{-n_u}; \\C(q) &= 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{n_d} q^{-n_d}; \\D(q) &= 1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{n_e} q^{-n_e}; \\F(q) &= 1 + f_1 q^{-1} + \dots + f_{n_f} q^{-n_f}.\end{aligned}$$

são polinômios de regressores, q^{-1} é o operador de atraso, $a_1 \dots a_{n_y}$, $b_1 \dots b_{n_u}$, $c_1 \dots c_{n_d}$, $d_1 \dots d_{n_e}$ e $f_1 \dots f_{n_f}$ são os coeficientes dos polinômios (i.e., parâmetros dos modelos) que precisam ser estimados, e n_y , n_u , n_d , n_e , n_f são as ordens dos polinômios.

Para a obtenção dos modelos BJ e OE os dados da Tabela 1 são divididos em dois conjuntos. No primeiro conjunto são usados os perfis de descarga de corrente (100,200,...900)mA para a estimação dos parâmetros e obtenção dos modelos BJ e ES. No segundo conjunto são utilizados os perfis de (50,150,...950)mA para a validação dos modelos BJ e OE. As simulações são realizadas na ferramenta computacional Matlab mais especificamente no Toolbox Ident. A seguir são apresentadas as equações dos modelos obtidos.

O modelo BJ é obtido através da equação geral, substituindo $A(q) = 1$, a equação do modelo, para ordem 2, é dada por:

$$y(k) = \frac{-0.343q^{-1} + 0.381q^{-2}}{1 - 0.9994q^{-1}} u(k) + \frac{1 + 0.2457q^{-1}}{1 - 0.4156q^{-1}} v(k)$$

O modelo OE é obtido através da equação geral, substituindo $A(q) = C(q) = D(q) = 1$, a equação do modelo, para ordem 2, é dada por:

$$y(k) = \frac{0.6683q^{-1} - 0.7257q^{-2}}{1 - 0.4549q^{-1}} u(k) + v(k)$$

Na Figura 1 a seguir são apresentadas as curvas dos modelos BJ e OE com seu grau de precisão.

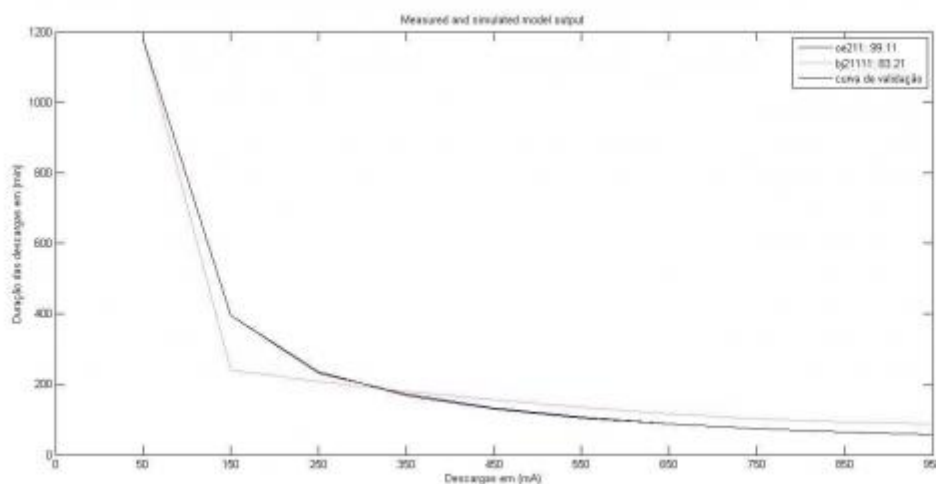


Figura 1- Modelos ES, BJ e curva de validação

Conclusões

Neste trabalho de pesquisa, após a coleta de um amplo conjunto de dados experimentais de baterias de Lithium-Íon, modelo BL-5F, foi realizada a modelagem matemática do tempo de vida de baterias utilizando os modelos OE e BJ, da teoria de Identificação de Sistemas, observou-se que os mesmos apresentam boa acurácia para a predição do seu tempo de vida. O modelo OE apresentou menor erro relativo entre a curva estimada e a curva real de descarga. Este erro é de apenas 0,9%, o que comprova a confiabilidade e eficácia do modelo.

Palavras-chave: Dispositivos Móveis, Tempo de Vida de Baterias, Identificação de Sistemas, Modelagem Matemática, Plataforma de Testes, Modelos OE e BJ.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo fomento à pesquisa e a UNIJUI pelo apoio laboratorial concedido ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

- [1] K.K. Schneider, _Modelos Analíticos na Predição do Tempo de Vida de Baterias Utilizadas em Dispositivos Móveis", Dissertação de Mestrado, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí-RS, Brasil, Março 2011.
- [2] K. Lahiri, A. Raghunathan, S. Dey and D. Panigrahi, _Battery-driven system design: A new frontier in low power design", Proc. Intl. Conf. on VLSI Design/ASPDAC, pp. 261-267, Janeiro 2002.
- [3] Martin, T. L. (1999). Balancing Batteries, Power, and Performance: System Issues in CPU Speed-Setting for Mobile Computing. Master's Thesis, Carnegie Mellon University.
- [4] D. Rakhmatov and S. Vrudhula, _An analytical high-level battery model for use in energy management of portable electronic systems", National Science Foundation's State/Industry/University Cooperative Research Centers (NSFS/IUCRC) Center for Low Power Electronics (CLPE), pg. 1-6, 2001.
- [5] P.S. Sausen, _Gerenciamento Integrado de Energia e Controle de Topologia em Redes de Sensores Sem Fio", Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Brasil, Julho 2008.
- [6] C. Chiasserini and R. Rao, _Pulsed battery discharge in communication devices", Proceedings of the 5th International Conference on Mobile Computing and Networking, pg. 88-95, 1999.
- [7] 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, n.2, pg. 504-511, Junho 2006.
- [8] L. A. Aguirre, _Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais_, 3a Ed., Belo Horizonte:UFMG, 2007.