

COLETA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS DE LÍTIO-ÍON POLÍMERO ATRAVÉS DE UMA PLATAFORMA DE TESTES E MODELAGEM DOS DADOS UTILIZANDO A TEORIA DE IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS¹

Eduardo Cardoso Toniazzo², Joelson Lopes Da Paixão³, Alisson V. Beerbaum⁴, Airam T. Z. R. Sausen⁵, Paulo Sausen⁶.

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

² Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Bolsista CNPQ; E-mail: eduardotoniazzo29@gmail.com

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

⁴ Aluno do curso de Matemática, bolsista Unijuí; E-mail: a.v.beerbaum@gmail.com

⁵ Professora Doutora do Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUÍ; E-mail: airamsausen@gmail.com

⁶ Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUÍ, Coordenador do Projeto; E-mail: paulosausen@gmail.com

Introdução

A utilização de dispositivos móveis aumentou consideravelmente nos últimos anos, devido ao surgimento de novas tecnologias e a facilidade de acesso à rede sem fio. Estes aparelhos são utilizados em diferentes áreas, para inúmeras tarefas e funções. São exemplos de dispositivos móveis: notebooks, smartphones, tablets, câmeras digitais, alarmes, sensores de ambos os tipos, telefones celulares, entre outros.

Uma importante característica dos dispositivos móveis 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 forma consiste em utilizar modelos matemáticos, os quais simulam e representam com boa precisão o fenômeno da descarga da bateria. Alguns modelos responsáveis pela previsão do tempo de vida de baterias, presentes na literatura são: os modelos analíticos [1], os modelos eletroquímicos [1], os modelos elétricos [3], os modelos estocásticos [1], os modelos híbridos [1] e os modelos da teoria de Identificação de Sistemas [2].

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Neste trabalho são aplicados dois modelos para a predição do tempo de vida de baterias de Lítio Íon Polímero usadas em telefones celulares do tipo smartphone, o modelo AutoRegressivo com entradas eXternas (ARX), e o modelo AutoRegressivo com MédiA móvel e entradas eXternas (ARMAX), ambos provenientes da teoria de Identificação de Sistemas [2]. Estes modelos são de fácil utilização por parte do usuário, apresentam fácil análise e boa acurácia. O processo da modelagem matemática é feito computacionalmente no toolbox Ident, presente na ferramenta computacional Matlab.

Metodologia

Inicialmente é realizada uma revisão bibliográfica dos principais modelos matemáticos encontrados na literatura técnica para a modelagem matemática do tempo de vida de baterias. Constatou-se que através da teoria de Identificação de Sistemas é possível realizar a modelagem matemática de sistemas reais a partir de modelos regressivos e de dados coletados de uma plataforma de testes que realiza o descarregamento de uma bateria. Então, em um segundo momento são coletados os dados de descargas de baterias de Lítio Íon Polímero, por ser a principal tecnologia utilizada para a construção de baterias usadas em dispositivos móveis. Estas baterias possuem uma capacidade de 800 mAh e uma tensão nominal de 3,7 V, para este experimento foram adquiridas baterias novas visando descartar qualquer desgaste acarretado pelo uso das baterias antigas. Deste 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 corrente drenada da fonte CC alcança 0 A, e a bateria apresenta o nível de tensão de 4,2 V. Concluído este processo as baterias podem ser retiradas da fonte, e colocadas na plataforma para que seja realizada a descarga.

Através da plataforma de testes é realizado o descarregamento de 4 baterias simultaneamente. De modo geral a plataforma é composta por um hardware e um software, os quais ficam responsáveis pelo armazenamento dos dados. Quando as baterias são conectadas a plataforma, o software é configurado para o tipo de descarga desejada. Vale ressaltar que nesse trabalho as descargas foram todas constantes, e portanto configuradas deste modo. 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) correntes de descarga usadas: [50; 75; 100; 125; ... 725; 750; 775; 800] mA; (e) tensão cutoff: 2,7 V a qual é definida, pelo fabricante, como menor tensão em que a bateria fornece energia ao meio externo; (f) Duração: é o tempo que a bateria demora para descarregar até atingir a tensão 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 coleta de um amplo conjunto de dados das descargas, é realizada a modelagem matemática para obtenção de um modelo ARX e ARMAX baseados nas estruturas matemáticas da Teoria de Identificação de Sistemas para a predição do tempo de vida das baterias. Em uma última parte os modelos são validados e comparados, resultando na precisão dos mesmos.

Resultados e Discussões

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

No processo de descarga das baterias, foram realizadas 8 descargas para cada perfil de corrente constante (I) considerado, todos em mAh. Os tempos de descarga das baterias (Tv) foram alocados em uma tabela no Windows Excel, todos em minutos, seguido de uma média para analisar o comportamento das respectivas descargas. Na Tabela 1, são apresentados os dados obtidos.

I (mA)	Tv1	Tv2	Tv3	Tv4	Tv5	Tv6	Tv7	Tv8	Média
50	964,07	980,42	860,43	922,15	920,43	993,96	931,38	950,08	940,37
75	593,06	607,28	626,98	599,75	586,90	652,15	582,58	606,78	606,94
100	464,71	474,42	460,45	466,30	470,75	459,03	445,53	486,62	465,98
125	388,48	392,93	375,03	367,40	380,90	393,65	381,55	398,17	384,76
150	283,02	311,72	302,97	307,58	345,03	297,62	279,48	305,38	304,10
175	280,85	274,50	271,33	285,07	297,07	253,50	246,43	269,10	272,23
200	232,20	219,18	213,95	236,18	218,83	235,70	239,72	228,12	227,99
225	206,45	191,38	188,35	207,45	199,83	211,80	214,07	208,58	203,49
250	191,23	173,47	167,72	188,93	182,78	190,15	193,12	184,65	184,01
275	170,48	159,63	145,22	168,08	165,87	171,35	175,63	165,10	165,17
300	156,15	148,23	142,28	156,65	157,58	140,68	138,83	155,37	149,47
325	141,57	145,68	149,53	143,47	148,45	129,85	126,40	145,33	141,29
350	126,53	137,71	139,57	131,23	133,43	123,65	118,67	132,97	130,47
375	118,63	128,93	130,68	123,57	127,72	111,52	118,87	124,96	123,11
400	115,55	117,75	121,52	115,78	118,80	107,90	101,90	117,50	114,59
425	111,00	113,72	94,47	110,13	105,30	109,03	114,40	109,01	108,38
450	102,45	105,05	109,60	103,15	106,82	89,80	87,28	103,15	100,91
475	97,28	98,67	91,68	97,54	101,72	86,11	82,90	98,18	94,26
500	91,98	93,93	97,11	92,68	96,70	83,13	78,65	90,45	90,58
525	88,57	91,30	93,15	85,28	92,63	78,67	74,11	85,85	86,20
550	83,77	85,06	88,77	82,48	87,46	72,67	68,90	84,42	81,69
575	80,42	83,11	82,88	80,00	83,13	68,13	65,85	79,23	77,84
600	77,10	77,98	81,31	76,15	80,57	65,50	62,68	76,25	74,69
625	73,60	74,38	77,58	72,40	77,30	62,42	59,83	73,12	71,33
650	71,05	71,67	74,67	70,03	74,13	59,42	55,90	70,38	68,41
675	68,35	69,00	71,68	67,78	71,63	57,18	53,42	68,73	65,97
700	65,90	66,37	69,48	64,73	69,76	54,73	51,85	65,28	63,51
725	63,53	63,77	66,68	62,27	66,42	51,62	48,27	62,98	60,69
750	64,12	50,20	47,06	60,87	61,32	61,72	64,42	59,72	58,68
775	62,35	47,96	44,04	58,87	59,73	59,80	62,08	58,23	56,63
800	60,10	46,32	42,50	56,92	57,30	57,78	60,07	56,13	54,64

Tabela 1- Perfis de corrente de descarga e tempos de vida.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

A partir dos dados coletados, é realizada a modelagem matemática do tempo de vida das baterias utilizando da teoria de Identificação de Sistemas, que obedece a seguinte equação geral definida por:

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

onde: A(q), B(q), C(q), D(q) e F(q) são os polinômios definidos a seguir:

$$A(q) = 1 - a_1q^{-1} - \dots - a_{n_y}q^{-n_y};$$

$$B(q) = b_1q^{-1} + \dots + b_{n_u}q^{-n_u};$$

$$C(q) = 1 + c_1q^{-1} + \dots + c_{n_c}q^{-n_c};$$

$$D(q) = 1 + d_1q^{-1} + \dots + d_{n_d}q^{-n_d};$$

$$F(q) = 1 + f_1q^{-1} + \dots + f_{n_f}q^{-n_f};$$

onde: $q^{-(n)}$ é o operador de atraso, de forma que $y(k)q^{-(1)}=y(k-1)$; $a_1...a_{n_y}, b_1...b_{n_u}, c_1...c_{n_c}, d_1...d_{n_d}$ e $f_1...f_{n_f}$ são parâmetros que precisam ser estimados; e n_y, n_u, n_c, n_d, n_f são as ordens dos polinômios [2].

Em seguida utiliza-se os dados da Tabela 1, dividindo-os em dois grupos: os perfis de descarga para estimação dos parâmetros dos modelos ARX e ARMAX são [75; 125; 175; 225; ... 625; 675; 725; 775], e os perfis de descarga para validação dos modelos ARX e ARMAX são [50; 100; 150; 200; ... 650; 700; 750; 800]. O conjunto destes dados foi aplicado no toolbox Ident, presente na ferramenta computacional Matlab, assim realizando a modelagem matemática, validação e comparação entre os modelos e os dados experimentais. Neste trabalho foram investigados modelos com diferentes ordens, concluindo que a melhor ordem para o modelo ARX foi (2,4,4), com um erro percentual de 0,31%, e para o modelo ARMX a ordem (2,2,3,1), com um erro percentual de 0,63%.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

O modelo ARX é obtido da equação geral fazendo $C(q) = D(q) = F(q) = 1$, a equação do modelo para ordem (2,4,4) e dada por:

$$y[k] = \frac{0,1548q^{-4} - 0,1715q^{-7}}{1 - 0,2038q^{-1} - 0,428q^{-2}} u[k] + \frac{1}{1 - 0,2038q^{-1} - 0,428q^{-2}} v[k]$$

O modelo ARMAX é obtido da equação geral fazendo $D(q) = F(q) = 1$, a equação do modelo para ordem (2,2,3,1) é dada por:

$$y[k] = \frac{0,6682q^{-1} - 0,6997q^{-2}}{1 - 0,8384q^{-1} + 0,1251q^{-2}} u[k] + \frac{1 - 0,1752q^{-1} - 0,1649q^{-2} - 0,9897q^{-3}}{1 - 0,8384q^{-1} + 0,1251q^{-2}} v[k]$$

A Figura 1 representa a curva dos dois modelos autorregressivos ARX e ARMAX, com o respectivo grau de precisão dos modelos.

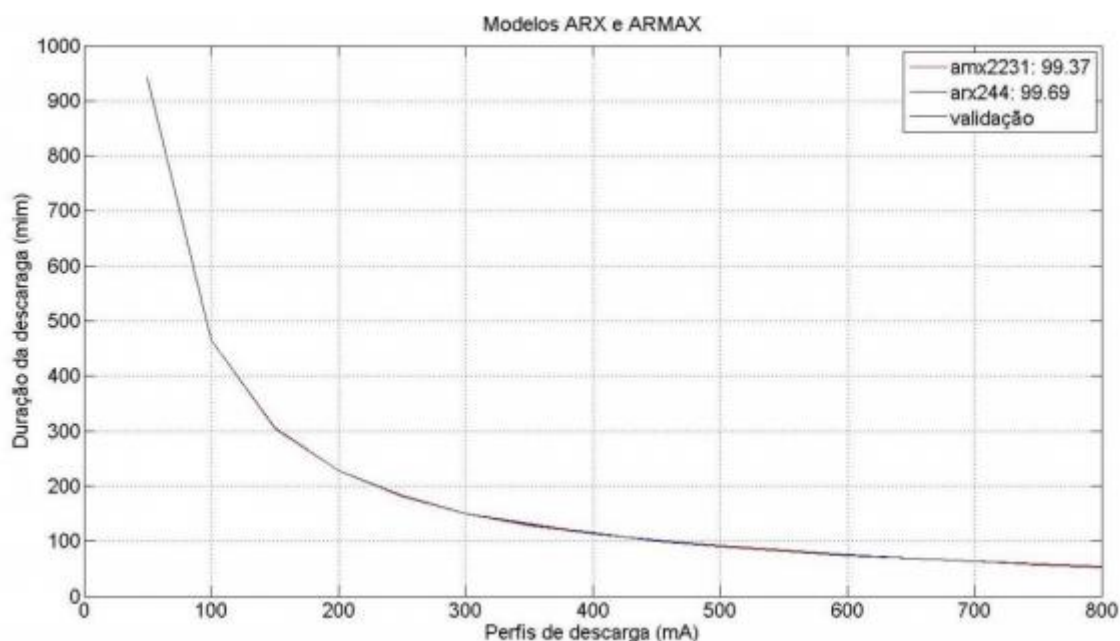
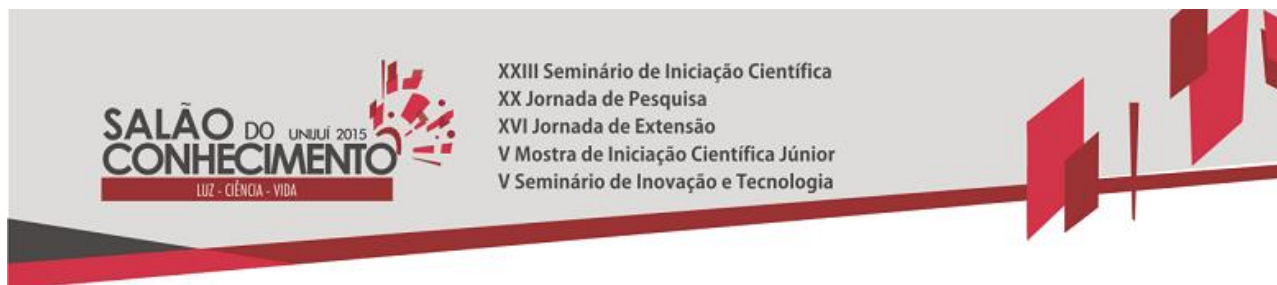


Figura 1- Modelos ARX e ARMAX.

Conclusão



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Até o presente momento a pesquisa esteve exclusivamente voltada ao estudo do comportamento e funcionamento do uso de baterias que alimentam dispositivos móveis, sem deixar de estudar também suas características físicas. Especificamente, o estudo do tempo de vida da bateria, foi baseado nos experimentos realizados com uma bateria de Lítio-Íon Polímero, com capacidade de 800 mAh. Desta forma constatou-se que quanto maior o valor de corrente de descarga da bateria, menor é seu tempo de vida. Nesse contexto os experimentos que se seguiram, para a maior corrente de descarga no valor de 800mA, obteve-se um tempo de vida médio de 54,64 minutos. Concluiu-se também que os modelos ARX e ARMAX provenientes da teoria de Identificação de Sistemas tem grande acurácia para descrever a curva de descarga de uma bateria de Lítio-Íon Polímero, e precisão para prever o tempo de vida da bateria. O modelo ARX (2,4,4) apresentou o menor erro percentual (0,31%) entre a curva estimada e a curva da validação, o que comprova a acurácia e confiança no modelo.

Palavras Chave: Lítio Íon Polímero, Tempo de Vida, Teoria de Identificação de Sistemas, Modelos ARX e ARMAX.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo fomento à pesquisa, e à UNIJUI pela assistência laboratorial concedida ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- [1] MACHADO, M.V. Modelagem do Tempo de Vida de Baterias utilizando modelos Autorregressivos. 2014. 72f. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Ijuí. Abril 2014.
- [2] L. A. Aguirre, Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais, 3rd ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
- [3] PORCIUNCULA, C.M.D. Aplicação de modelos elétricos de bateria na predição do tempo de vida de dispositivos móveis. 2012. 74f. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Ijuí. Abril 2012.