

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijui

ESTUDO E APLICAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO ADOTADO AO CONCEITO VEHICLE-TO-HOME E HOME- TO-VEHICLE NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA¹

STUDY AND APPLICATION OF A MATEMATICAL MODEL ADOPTED TO THE CONCEPT VEHICLE-TO-HOME AND HOME-TO-VEHICLE IN THE DISTRIBUTED GENERATION

Pedro Gelati Pascoal², Airam Sausen³, Paulo S. Sausen⁴, Giordano M. Walker⁵, Gustavo C. Lucca⁶, Catherine M. De Freitas⁷

¹ Pesquisa Institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng), pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC).

² Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica na UNIJUI, bolsista PIBITI/CNPq, pedropascoal01@hotmail.com.

³ Professora Orientadora, airam@unijui.edu.br

⁴ Professor Colaborador, sausen@unijui.edu.br.

⁵ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica na UNIJUI, bolsista PROBITI/Fapergs, gi.walker@hotmail.com.

⁶ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica na UNIJUI, bolsista PROBITI/Fapergs, gusc.lucca2@gmail.com.

⁷ Acadêmica do curso de Engenharia Elétrica na UNIJUI, bolsista PIBITI/UNIJUI, catherine.mf@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Com o aumento econômico e populacional, percebe-se o constante crescimento na demanda energética Brasileira. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [1], estimativas apontam que o consumo de eletricidade no país deve aumentar aproximadamente duas vezes até o ano de 2050. Em decorrência deste fato, o setor energético brasileiro deverá realizar um esforço crescente para a produção, cada vez maior, de energia. É neste sentido, que estudos para o aperfeiçoamento dos processos de geração e distribuição da energia passam a ter significativa importância.

De acordo com [2], parte da demanda crescente é gerada pela indústria automobilística, que, a partir da produção e comercialização de carros elétricos, contribuirá significativamente com o aumento da demanda por energia nos próximos anos. Assim, torna-se importante a realização de estudos sobre as implicações que o carregamento ou mesmo a utilização destes veículos podem causar ao sistema de produção e distribuição de energia no Brasil.

É neste contexto que reside o principal objetivo deste trabalho, que é realizar o estudo de modelos matemáticos/computacionais que possam ser usados na modelagem e simulação nos procedimentos de carga e descarga de baterias de veículos elétricos. Assim como nos conceitos de Vehicle-to-home (V2H) e Home-to-vehicle (H2V).

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, o trabalho focou em uma completa revisão bibliográfica, na qual foram estudados os modelos utilizados para representar VEs, assim como os softwares mais utilizados na simulação destes modelos. Após foi definida a plataforma/software que seria utilizado para realizar as simulações e ensaios. Nesta etapa, foram realizadas várias simulações, utilizando diversos softwares para verificar qual iria atender da melhor forma o problema proposto. Esta etapa foi fundamental para compreensão dos modelos matemáticos que poderiam ser aplicados à carga e descarga de baterias de VEs. Conhecer e compreender estas limitações, a precisão, a complexidade de cada modelo mostrou-se bastante importante para a escolha do modelo a ser utilizado neste trabalho.

A partir do referencial teórico desenvolvido, foram possíveis algumas conclusões sobre os modelos utilizados nas simulações de baterias de VEs. [6] realiza um estudo completo em relação a classe de modelos elétricos e apresenta resultados que comprovam que esses modelos possuem acurácia próximo aos analíticos, adicionando características elétricas, tais como a queda da tensão, que os modelos analíticos não conseguem capturar. Desta forma, o foco dos estudos iniciais foi voltado a classe de modelos elétricos, os quais apresentam em média um erro que varia de 1% até 5%.

Para usar esses modelos é necessário o conhecimento das características das baterias que serão usadas nos ensaios. Estes dados, chamados de parâmetros de entrada, podem ser obtidos diretamente com o fabricante ou a partir de ensaios. Uma das vantagens da utilização de modelos elétricos, especialmente por engenheiros, é que eles possuem um formato mais intuitivo e compreensivo pois utilizam componentes tais como: fontes de tensão, resistores e capacitores.

Partindo desse pressuposto, buscou-se um modelo elétrico para a representação e realização das simulações necessárias. Foi realizado um estudo dos softwares mais utilizados em simulações de veículos elétricos, baterias, motores elétricos e a própria rede de geração distribuída de energia. Optou-se por utilizar o programa Matlab/Simulink em virtude de sua ampla documentação e principalmente pela facilidade de integrar o modelo construído a partir dele com os demais modelos e estudos. O Matlab já é utilizado em diversos estudos realizados pelos estudantes do programa em Modelagem Matemática e do Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC), o que permite uma maior interação e trabalho colaborativo entre os membros do grupo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Partindo da ideia futura de utilizar um carro elétrico real para realizar uma série de ensaios e obter dados para validar o modelo utilizado (isto porque existe um projeto pré-aprovado que irá disponibilizar verba para aquisição de um veículo BMW i3). Foi realizada uma pesquisa para obter dados deste carro assim como os parâmetros de configuração da bateria usada pelo BMW i3. Através da consulta de fichas técnicas [13], [14] e [15], manual do fabricante [16] e testes práticos realizados pelo Idaho National Laboratory (INL) [17], foram possíveis compilar uma série de informações sobre o veículo e a bateria que o mesmo usa, estas informações podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Bloco de parâmetros do VE BMW i3. (Fonte própria do autor).

Parâmetros

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

Autonomia	130,35 km
Consumo	16,88 kWh por 100 km rodados
Velocidade máxima	147,25 km/h
Freio regenerativo	7,4 kW
Bateria (íons de lítio - NCM)	
Potência máxima oferecida	139,4 kW (186,86 hp)
Energia instalada	18,8 kWh
Tensão nominal	355,2 V
Corrente nominal	60 Ah
Células	96 unidades
Módulos	8 unidades
Vida útil	10 anos
Durabilidade	100 mil km
Tensão máxima - célula	4,1 V
Tensão nominal - célula	3,7 V
Tensão <i>cut-off</i> - célula	2,75 V

O modelo elétrico Battery foi o modelo escolhido para ser usado neste trabalho pelos motivos já expostos anteriormente, associado a sua facilidade de implementação uma vez que o mesmo encontra-se disponível a partir da biblioteca SimPowerSystems, responsável pelas simulações de carga e descarga da bateria. A interface presente na ferramenta computacional MatLab-Simulink para o desenvolvimento de modelos e projetos é interativa possibilitando o desenvolvimento de esquemas em blocos e posterior simulações.

Os parâmetros referentes a bateria do BMW i3, que é uma bateria de lítio (NCM) Níquel-Cobalto-Manganês, foram implementados no modelo Battery e estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2 - Bloco de parâmetros: BMW i3 - Battery. (Fonte própria do autor).

Parâmetros	
Tensão nominal (V)	355.2
Capacidade nominal (Ah)	59.87
Estado de carga inicial (%)	99.78
Tempo de resposta da bateria (S)	30
Descarga	
Capacidade máxima (Ah)	61.666
<i>Cut-off</i> de tensão (V)	259.2
Carga máxima de tensão (V)	393.6
Corrente nominal de descarga (A)	20
Resistência interna (Ohms)	0.131
Capacidade (Ah) da tensão nominal	52.93

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

Zona exponencial [Tensão (V), Capacidade (Ah)] [390, 0.5]

Temperatura

Temperatura inicial da célula (deg. C) 25

Temperatura ambiente nominal T1 (deg. C) 25

Temperatura ambiente nominal T2 (deg. C) 0

Parâmetros de Descarga de T2

Capacidade máxima (Ah) 61.666

Tensão de descarga inicial (V) 393.6

Tensão em 90% da capacidade máxima (V) 354.06

Zona exponencial [Tensão (V), Capacidade (Ah)] [390, 0.5]

Resposta térmica e perda de calor

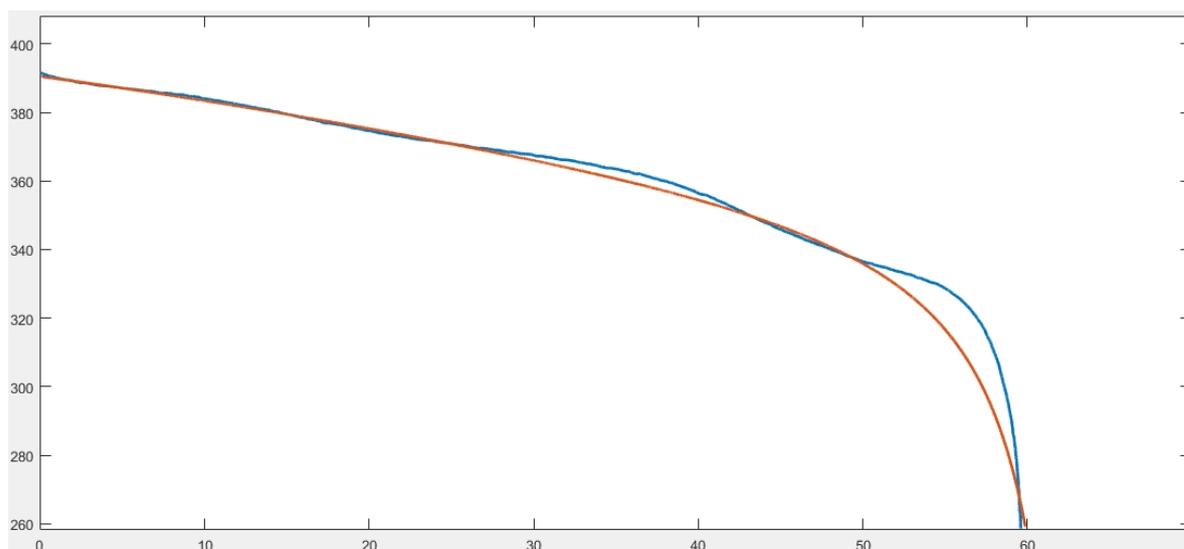
Resistência térmica, célula-ambiente (deg. C/W) 0.6

Constante de tempo térmico, célula-ambiente (s) 10

Diferença de perda de calor [Carga vs. Descarga] (W) 0

Para realizar as simulações do modelo Battery foi desenvolvido um diagrama de blocos utilizando o simulink. O resultado decorrente dos dados expostos na Tabela 2 juntamente com o diagrama de blocos da bateria pode ser observado na Figura 1. Em azul, está representada a curva prática do INL e em vermelho, a curva obtida pela simulação. O gráfico é representado em tensão (V) pela capacidade de descarga (Ah) da bateria.

Figura 1 - Curvas de simulação e referência [V x Ah]. (Fonte própria do autor).



A partir do gráfico da simulação presente anteriormente (Figura 1), foi possível realizar a verificação do modelo escolhido nesse trabalho. A curva característica obtida dos gráficos de

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

simulações reais do INL foi baseada em [18], a qual considerou em sua descarga um tempo de 3 horas e corrente de 20 A. Essa curva foi introduzida no software Matlab através da ferramenta auxiliar Grabit com o intuito de realizar a comparação com a curva simulada através do modelo Battery. O Grabit é uma ferramenta capaz de ler arquivos de imagem e realizar a extração de pontos de dados do mesmo. Essas informações são salvas como variável matriz n-2 na workspace do Matlab.

Pode-se perceber que os dados da curva desse trabalho convergem com os dados experimentais obtidos pelos testes do INL, porém, apresentam algumas variações. A obtenção de um datasheet da bateria através do fabricante seria de extrema importância no desempenho do trabalho, porém, tratando-se de uma empresa privada, a Samsung SDI [19] não disponibiliza esse material. Sendo assim, seriam necessários ensaios reais para melhorar a configuração dos parâmetros de entrada do modelo e consequentemente melhorar a acurácia do mesmo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento de tecnologias e provável utilização de futuros VEs no Brasil, é importante iniciar os estudos sobre geração distribuída, assim como as implicações que VEs irão causar à rede.

O trabalho desenvolvido teve como foco realizar a verificação do modelo elétrico Battery para simular a bateria do VE BMW i3. A verificação foi comprovada através da similaridade entre a curva obtida por experimentos práticos do INL e a curva simulada pelo modelo Battery.

Como citado anteriormente, o projeto está pré-aprovado, assim, ainda não está disponível a verba para a aquisição do VE BMW i3. Logo, com a falta de dados práticos, ainda não é possível realizar a validação do trabalho relacionando o VE com a smart home.

Desta forma, os conceitos V2H e H2V não puderam ser aplicados já que o VE ainda é inexistente.

Para projetos futuros, espera-se que seja possível a obtenção de dados práticos com um VE para aprimorar os dados inseridos no modelo Battery para validar a pesquisa. Possibilitando seguir os estudos que possam relacionar diretamente o VE no processo de Geração Distribuída.

Palavras-chave: Redes Inteligentes; Veículos elétricos; Bateria; Curva de Descarga.

Keywords: Smart Grids; Electric Vehicles; Battery; Discharge Curve.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIJUI, a FAPERGS pela bolsa de iniciação científica, ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) pela disponibilização dos laboratórios para a realização das pesquisas e aos doutorandos Douglas Joziel Bitencourt Freitas e Marcia de Fatima Brondani.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Demanda de Energia 2050. Rio de Janeiro: 2014.
- [2] - BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, XIII. 2010. BNDES Setorial 33, p. 207-224.
- [6] - BRONDANI, Marcia. Modelagem Matemática do Tempo de Vida de Baterias de Lítio Íon Polímero utilizando Algoritmos Genéticos. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.
- [13] - The Ultimate Driving Machine (BMW). The New Bmw i3 94Ah. Acesso em < file:///D:/Usuario/Downloads/i3%202016.pdf >. Disponível em: 29 jun. 2018.
- [14] - BRANCO, J. Bmw i3 94Ah. 2017. Disponível em < file:///D:/Usuario/Downloads/

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica da Unijuí

fichatecnica_teste_175.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

[15] - Standard Equipment Highlights. Disponível em < http://www.i3guide.com/pdf/The_BMW_i3_94Ah_Standard_Specification_July_2016.pdf >. Acesso em: 29 jun. 2018.

[16] - The BMW i3. Owner's Manual. Disponível em: < <http://www.i3guide.com/pdf/BMWi3-owners-manual.pdf> >. Acesso em 29 jun. 2018.

[17] - Idaho National Laboratory (INL). 2014 BMW i3 Advanced Vehicle Testing - Baseline Vehicle Testing Results. 2016. 4 f. Disponível em: . Acesso em 29 jun. 2018.

[18] - Idaho National Laboratory (INL). Battery Pack Laboratory Testing Results 2014 BMW i3 EV. 2017. 4 f. Disponível em: . Acesso em 29 jun. 2018.

[19] - SAMSUNG SDI. Disponível em . Acesso em: 29 jun. 2018.