

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

Modelos de Baterias – Estado de arte

Relatório de estado de arte realizado no âmbito da Unidade Curricular
Electrónica Automóvel do

Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Novembro de 2011

Introdução

Este documento pretende expor o estado de arte de modelos eléctricos de baterias usados actualmente e documentados em vários textos científicos publicados.

O objectivo é encontrar um modelo adequado para a modelação das baterias a serem utilizadas num sistema de gestão de baterias.

Ao longo deste pequeno relatório são então apresentados e analisados vários modelos de baterias assim como as suas características, vantagens e desvantagens.

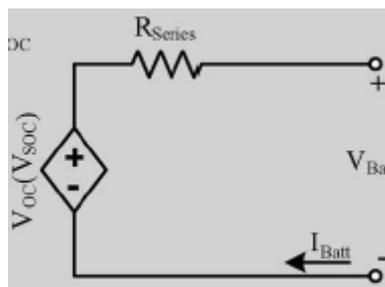
Conteúdos

Introdução.....	2
Conteúdos	2
Modelos de baterias.....	2
Modelo simples:.....	2
Modelo de Thevenin:	3
Modelo baseado em impedância:.....	3
Modelos de estado de carga:.....	4
Associação de modelos:	5
Bibliografia	7

Modelos de baterias

Modelo simples:

Este modelo consiste numa bateria ideal em circuito aberto com uma resistência em série. A fonte de tensão refere-se à tensão em circuito aberto da bateria para um determinado estado de carga, SOC. A resistência em série modela a resposta instantânea da tensão a um degrau de corrente (carga). [1]



Este modelo é muito simples e por isso possui muitas desvantagens:

Nem tem em conta a variação da resistência interna devido ao SOC e à temperatura;

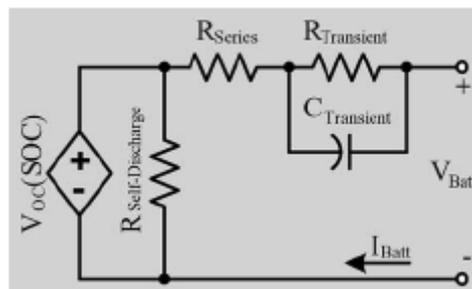
Não tem em conta a resposta dinâmica da bateria;

A energia que é fornecida pela bateria é considerada ilimitada neste modelo, sendo o SOC considerado de pouca relevância;

Modelo de Thevenin:

Este modelo tem como o objectivo prever a resposta da bateria a eventos transitórios da carga para um determinado SOC. [2]

O esquema equivalente do modelo é o seguinte:



A fonte de tensão e a resistência de série têm a mesma função que no modelo simples, mas neste caso é também considerado um resistência em paralelo ($R_{\text{Self-Discharge}}$) que modela a perda de energia que ocorre durante períodos de não utilização longos da bateria.

A malha RC modela a resposta dinâmica da tensão da bateria a uma variação de corrente.

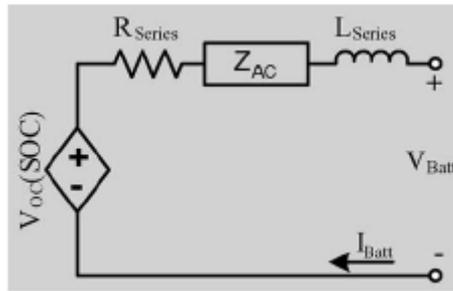
Este modelo é já bastante mais completo que o modelo simples mas continua a possuir desvantagens:

Não tem em consideração a previsão do estado da bateria em tempo real.

Modelo baseado em impedância:

Este modelo usa o método da impedância electromecânica para obter o modelo AC equivalente no domínio das frequências e depois usa uma impedância (Z_{ac}) de modo a que se encaixe no espectro. [1]

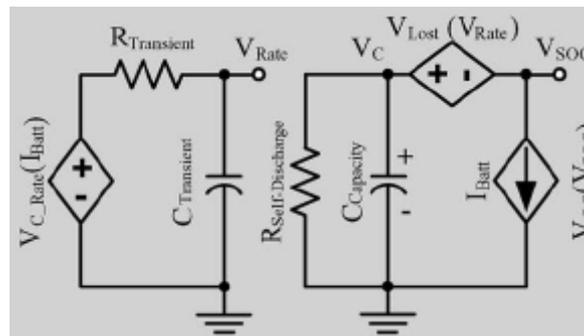
O circuito equivalente do modelo é o seguinte:



Mais uma vez, este modelo apresenta o modelo AC para um determinado SOC pelo que não permite a modelação da resposta em tempo real da bateria.

Modelos de estado de carga:

Existem dois modelos mais completos que o modelo simples com o objectivo de modelar o comportamento da bateria em tempo real, ou seja, a modelação de estado de carga em tempo real. Esses dois modelos estão presentes na seguinte figura:



O modelo da direita é bastante semelhante com o modelo simples, com a particularidade de possuir um condensador em paralelo com a fonte de tensão. A tensão neste condensador representa a tensão do estado de carga da bateria e é definida em Farads da seguinte forma:

$$C_{Transient} = 3600 \cdot Capacidade_{(Capacidade\ nominal\ da\ bateria\ em\ Ahr)} \cdot f_1(ciclos) \cdot f_2(temperatura)$$

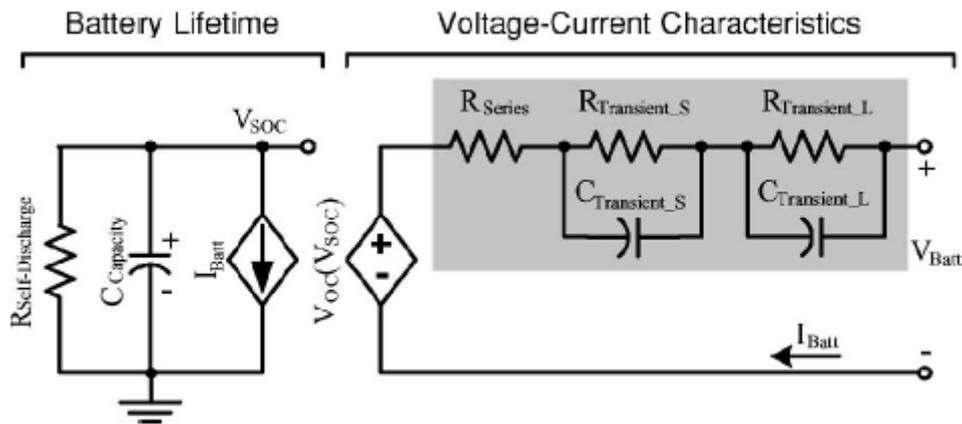
Onde f1 representa a função de dependência do número de ciclos da bateria, e f2 a função que representa a dependência da temperatura ou factores de correcção da temperatura.

O modelo da direita possui ainda para além do anterior uma fonte de tensão secundaria que modela a tensão de perdas devido a reacções químicas, uma resistência que auto descarga e uma fonte de corrente que modela a corrente na bateria.

Estes modelos permitem modelar a bateria no seu funcionamento em tempo real mas no entanto não permitem a modelação da resposta da bateria a transitórios de carga. [2]

Associação de modelos:

Para que tenhamos um modelo capaz de modelar o funcionamento da bateria em tempo real e ao mesmo tempo a modelação da resposta ao transitório de carga é necessário a agregação de vários modelos. Em [2] é proposto a agregação do modelo de *Thevenin* para a modelação da resposta ao transitório de carga e o modelo de tempo real para a modelação do estado de carga da bateria. O esquema do modelo é o seguinte:



Neste modelo temos mais uma vez uma resistência em serie para a modelação de resposta ao degrau de corrente e duas malhas RC que representam a resposta dinâmica de tensão a uma variação de corrente. Malha RC_s modela uma resposta transitória rápida na ordem das décimas de segundo e a malha RC_L modela a resposta transitória mais lenta podendo chegar à ordem das horas. [2]

Na parte do modelo com a função de modelar a “Battery Lifetime” temos então o condensador cuja capacidade depende da capacidade nominal da bateria em Ahr, do numero de ciclos e ta temperatura como foi visto na equação definida acima. Assim, o SOC vem em função dessa capacidade da seguinte forma [3]:

$$SOC(t) = SOC(0) - \eta \int_0^t \frac{i(\tau)}{C_n} d\tau$$

Onde SOC(0) é o estado de bateria inicial, Cn a capacidade nominal da bateria e considera-se corrente>0 parra descarga e corrente<0 para carga.

Mais ainda, em [2] é também apresentado um conjunto de equações que permitem calcular os parâmetros do modelo para baterias de lítio. As equações obtidas são as seguintes:

$$V_{OC}(SOC) = -1.031 \cdot e^{-35 \cdot SOC} + 3.685 + 0.2156 \cdot SOC - 0.1178 \cdot SOC^2 + 0.3201 \cdot SOC^3 \quad (1)$$

$$R_{Series}(SOC) = 0.1562 \cdot e^{-24.37 \cdot SOC} + 0.07446 \quad (2)$$

$$R_{Transient_S}(SOC) = 0.3208 \cdot e^{-29.14 \cdot SOC} + 0.04669 \quad (3)$$

$$C_{Transient_S}(SOC) = -752.9 \cdot e^{-13.51 \cdot SOC} + 703.6 \quad (4)$$

$$R_{Transient_L}(SOC) = 6.603 \cdot e^{-155.2 \cdot SOC} + 0.04984$$

$$C_{Transient_L}(SOC) = -6056 \cdot e^{-27.12 \cdot SOC} + 4475.$$

Com este modelo é possível modelar o comportamento de uma bateria tanto no que diz respeito ao seu estado de carga como no que diz respeito à sua resposta dinâmica aos transitórios de carga.

Bibliografia

- [1] Sun kai; SHU Qifang. (2011) "Overview of the Types of Battery Models". 30th Chinese Control Conference. Yantai, China
- [2] Min Chen; Gabriel A. Rincón-Mora. (2006) "Accurate Electrical Battery Model Capable of Predicting Runtime and I-V Performance" IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.21, Nº 2.
- [3] Ala Al-haj Hussein, Issa Batarseh. (2011) "An Overview of Generic Battery Models" IEEE