PSIMチュートリアル リチウムイオンバッテリの使い方

Mywayプラス株式会社

このチュートリアルではリチウムイオンバッテリの使い方を説明します。

バッテリのパラメータの一部はメーカのデータシートから得ることができますが、データシートにないパラメータは、特性を見て調整しながらパラメータを決定します。

以下のようなパラメータが必要です。

- Ns 直列に接続したセルの数
- Ks 電圧ディレーティング係数
- Np 並列に接続したセルの数
- Kp 定格ディレーティング係数
- Erated バッテリセルの定格電圧[V]
- Ecut 最大容量に対応したバッテリ電圧[V]
- Qrated バッテリセルの定格容量[Ah]
- Rbatt バッテリセルの内部抵抗[Ω]
- Efull 最大バッテリ電圧[V]
- Etop 放電特性における指数領域の終端のバッテリ電圧[V]
- Enom 放電特性における公称領域の終端のバッテリ電圧[V]
- Qmax バッテリセルの最大容量[Ah]
- Qtop 放電特性における指数領域の終端のバッテリ容量[Ah]
- Qnom 放電特性における公称領域の終端のバッテリ容量[Ah]
- SOC 初期充電状態
- パラメータの Erated、Ecut、Qrated はメータのデータシートから読み取ることができます。ほかの

パラメータは電池の放電特性から求めることができます。下図に代表的な放電特性を示します。



図 1 代表的な放電特性

放電特性から Efull、Etop、Enom、Qtop、Qnom、Qmax がわかります。遷移する点は正確に定義されていないので、Etop、Enom、Qtop、Qnom の値は正確ではないことに注意してください。

Myway

モデルの特性を実際の特性に近づけるためにパラメータを調整します。データシートで提供されて いないパラメータについては、メーカに問い合わせるか、特性を見ながらパラメータを調整してくだ さい。

このチュートリアルでは Saft 社のリチウムイオンバッテリ VL34570 のパラメータをモデルに定義す る方法を説明します。次の手順で行います。

- データシートからの情報を入力します。
- データシートの放電特性からパラメータの初期推定を行います。
- 充電特性、放電特性をシミュレーションで確認します。データシートや実験データと異なる場合はパラメータを調整します。

1. データシートの情報を入力

下図にメーカのデータシートの画像を示します。

まず始めにデータシートに基づいた電池の特性を確認します。スタック内のセル数、ならびにディレーティング係数はすべてデフォルトで1が設定されています。

Electrical characteristics		
Nominal voltage Junder 1.1 A at 20°C)	3.7 V	
Typical capacity (under 1.1 A at 20°C 2.75 V cut-off)	5.4 Ah	
Operating conditions		
Charge method	Constant Current/Constant Voltage	
Maximum charge voltage	4.20 +/- 0.05 V	
Maximum recommended charge current**	5.4 A (+C rate)	
Charge temperature range*	- 20°C to + 60°C (- 4°F to +140°F)	
Charge time at 20°C To b	e set as a function of the charge cun Crate = 2 to 3 h C/2 rate = 3 to 4 h C/5 rate = 6 to 7 h	nen
Maximum continuous discharge current***	11 A (~2C rate)	
Pulse discharge current	up to 21 A (~4C rate)	
Discharge out-off voltage	2.5 V	_
Discharge temperature range*	- 50°C to + 60°C - 56°F to +140°F)	

図 2 データシート

電池の定格パラメータはデータシートから読み取ることができます。

E rated = 3.7V

Q rated = 5.4Ah

E cut = 2.5V

このデータシートには電池の内部抵抗値の記載はありません。内部抵抗値の値を知るためのひと つの方法として他のリチウムイオン電池の値を使用することが上げられます。今回は内部抵抗値 を 0.05 Ωと仮定します。

Myway

2. 放電特性からパラメータを推定する

データシートの電池の放電特性を下図に示します。放電特性から初期のパラメータを推定できま す。



温度+20℃の放電特性を使用して初期のパラメータを推定します。

- Efull = 4.2V (最大バッテリ電圧)
- Etop = 3.9V(指数関数領域の終わりの電圧)
- Qtop = 1.08Ah
- Enom = 3.6V (公称領域の終わりの電圧)
- Qnom = 5.13Ah
- Qmax = 5.67Ah (カットオフ電圧での容量)

Efull と Qmax を除いてこれらの点は近似していますので、データシートの曲線や実験結果とシミ ュレーション結果が合うようにこれらのパラメータを調整する必要があります。

3. パラメータのチューニング

初期のパラメータが得られたら、充放電特性を得るための回路を使用して充放電特性を確認しま す。放電試験回路を以下に示します。この回路はサンプル回路です。

【ファイル保存場所】C:¥Program Files¥Powersim¥PSIM***¥examples¥Batteries

【ファイル名】test - Li-Ion battery discharging.psimsch







SOC(充電初期状態)が1のバッテリを放電するために1.1Aの電流源を使用しています。容量Ahを 算出するために電流を時間で割りますが、時間はsecなので、3600倍して算出しています。

充電試験回路を以下に示します。この回路はサンプル回路です。

【ファイル保存場所】C:¥Program Files¥Powersim¥PSIM***¥examples¥Batteries

【ファイル名】test - Li-Ion battery charging.psimsch



図 5 放電回路

通常、実際のバッテリ充電回路は充電電流とバッテリ電圧を調整する制御回路で構成されていま す。この充電試験回路は実際のバッテリ充電回路を単純化したものです。

充電プロセスは定電流充電と定電圧充電の2つの段階からなります。最初の充電段階において、 充電電流は1.1Aに制限されています。電圧が4.2Vの最大バッテリ電圧に近い場合は定電圧充電 です。

下図はパラメータの初期値にもとづいて放電および充電のシミュレーション結果を示しています。





シミュレーション結果の充放電特性から、下記がわかります。

- 放電特性では2つ目のカーブの終わりがデータシートよりも丸みを帯びている。
- 充電特性は電圧が満充電値に達していてもSOCは0.9にとどまります。また、充電電流はデ ータシートよりも早く0に減少します。これは単純化した充電回路が原因である可能性があり ます。

理想的には、充電状態(SOC)が100%に達したとき内部の電池電圧が最大値に達します。放電時 は電圧がカットオフ点まで低下する前にSOCはゼロに達することになります。

最初のパラメータの設定でのシミュレーションの結果は、バッテリ電圧変化速度が速すぎるか、 SOCの増加が遅すぎることを示しています。より良い特性になるようにパラメータを調整する必要 があります。

パラメータを調整するにはいくつか方法があります。

- 曲線の指数領域の終了時点である各topの値を調整します。QtopとEtopの値を大きく読み取ると充電/放電プロセスの始めに電圧変化率が遅くなります。
- 曲線の公称領域の終了地点の各nomの値を調整します。QtopとEnomの値を大きく読み取る と電圧変化率を遅くします。
- 最大容量を調整します。SOCは最大容量Qmaxに対して計算されます。Qmaxが高い場合は、 内部電池電圧が最大値に達したとき、バッテリが完全に充電されていない(SOC<100%)という状態を生じます。Qmaxが高すぎる、またはQnomが低すぎる場合にも放電特性の公称帯域の端におけるカーブが丸くなります。
- バッテリの内部抵抗を調整します。定電流定電圧であれば電池の内部抵抗は充電特性に影響を与えます。抵抗が大きいとバッテリに十分充電される前に定電流、定電圧から低い電圧値に移る遷移点が移動し、充電をとめてしまいます。

Myway

これらに基づき、Qnomはわずかに増加、Qmaxはわずかに減少し、下記の値に変更しました。

Qnom = 5.4Ah

Qmax = 5.56Ah

このパラメータから得られる充放電特性を以下に示します。



図 7 変圧器を磁気回路で構成した回路

これらの特性はよりデータシートの特性に近づきました。

データシートまたは実験データに近づけるためにはパラメータを何度か調整する必要がある場合 があります。

4. マルチセルバッテリスタック

多くの場合で電池は大容量や高い出力電圧、またはその両方を得るために並行や直列に接続されます。

これらの場合において、ユーザはモデルに直列または並列に接続した電池の数を設定することが できます。電圧や容量のディレーティング因子が知られている場合はその係数を入力し、必要な い場合は係数に1を入力します。

ご注意

- 1. 本資料に記載された製品の仕様は、予告なく変更することがあります。
- 2. 本資料の内容については、万全を期しておりますが、万一ご不明な点などがありましたら、弊社までお申しつけください。
- 3. 本資料に記載された情報に起因する損害または特許権その他権利の侵害に関しては、弊社は一切の責任を負いません。
- 4. 本資料によって第三者または弊社の特許権その他権利の実施権を許諾するものではありません。
- 5. 弊社の書面許諾なく、本資料の一部または全部を無断で複製することを固くお断りします。
- 6. 本資料に記載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

Copyright by Myway Plus Corporation.

All rights reserved. No part of this manual may be photocopied or reproduced in any form or by any means without the written permission of Myway Plus Corporation. Co., Ltd.

発行: Myway プラス株式会社 〒222-0022 横浜市西区花咲町 6-145 横浜花咲ビル TEL:045-548-8831 FAX:045-548-8832

ホームページ:<u>https://www.myway.co.jp</u> Eメール: <u>sales@myway.co.jp</u>