



GSユアサによるバッテリーマネジメント技術の開発の歩み

蓄電池の充電制御

近年、電力需要の増加と脱炭素電源を求める動きは、世界中で顕著である。再生可能エネルギーの導入量増加に伴い、調整力の必要量の増加や、系統混雑の発生が増加も想定される。発電された電力を蓄電し、需要のピーク時などに電力供給する蓄電池は、迅速な応答性を有する調整電力として重要視されている^{*1}。

GSユアサは、高安全設計のコンテナ式蓄電システムを開発し^{*2}、さらに、分割輸送や狭小地への設置も可能なパワーコンディショナ(PCS)併設型蓄電システムを開発した^{*3}(●図1)。いずれの蓄電システムも、国産・自社製のリチウムイオン電池セルと電池管理ユニット(BMU)を用いている。

これら蓄電システムは、バッテリーマネジメントの一環として、蓄電池に電析などの異常事象が発生することを防止しながら充電性能を高める充電制御をおこなっている。本稿では、このような充電制御の開発の過程でGSユアサが考案した技術コンセプトを紹介する。

1. 蓄電システムの基本構成

蓄電システムにおいて、●図2左側に示す蓄電池は、PCSを介して、●図2右側に示す電力系統や再生可能エネルギー発電設備に接続される。蓄電池は、複数のリチウムイオン電池セルを直列に接続したセル群(バンクとも称する)を、並列に接続して構成される。監視ICを搭載したセル管理ユニット(CMU)が、各セルの電圧と、セル群の代表温度とを取得して通信によりBMUへ送信する。BMUはさらに、バンクに流れる電流を取得する。

BMUは、現在のセル電圧などに基いて、蓄電池に流すことが可能な最大電流(電流制限値)をPCSに出力する。PCSは、例えば電力余剰時に、系統または再生可能エネルギー発電設備から供給される電力を充電に適した電圧に変換し、BMUから得た電流制限値を超えない電流で蓄電池を充電する。またPCSは、例えば電力需要ピーク時に、BMUから得た電流制限値を超えない電流で蓄電池を放電させる。

2. 温度に応じた電流制限値の適用

GSユアサは、リチウムなどの金属イオンがセルの負極に析出する現象(電析)を防止するために、セルまたはセル群の温度に応じて異なる電流制限値を適用することを考案した。

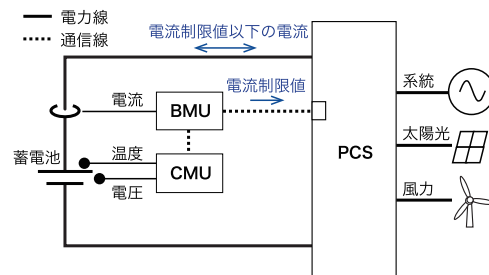
●図3は、セル電圧(横軸)と電流制限値(縦軸)との関係を表す。実線で示すように、充電が進んでセル電圧が電流低減開始点1に達するまでは、一定の値 I_{max} を電流制限値とした充電制御をおこない、セル電圧が電流低減開始点1に達した後、電流制限値を徐々に低くする。

一方、セルが低温のとき(例えば0°C未満のとき)は、充電末期(セルの満充電付近)で電析が発生しやすい。そこで●図3に破線で示すように、セル電圧が、電流低減開始点1より小さい電流低減開始点2に達した段階で、電流制限値を低減させる^{*4}。このようにセル低温時には早い段階で充電電流を絞ることで、電析の発生を防止する。

●図1 PCS 併設型蓄電システム



●図2 BMUからの制限値に応じた充放電



3. 充電受入性能の向上

次に、●図4(A)に示すように、電流制限値を低減させながら充電をおこなう領域に入る直前で、セルの現在(n)の電圧と電流(V_n, I_n)を取得したBMUが、 I_{max} に近い大きい値を電流制限値としてPCSに出力する場合を考える。この場合、通信遅延およびPCSにおける制御遅延などに起因して、次の制御周期(n+1)でセルの電圧と電流(V_{n+1}, I_{n+1})が安全な運用範囲を超えてしまい、電析が発生するおそれがある。

これに対し、●図4(B)に示すように、BMUが電流制限値として小さい値をPCSに出力して、複数回の制御周期にわたりセルの電圧と電流を小刻みに上昇させる場合を考える。この場合、電析発生リスクは低減するが、蓄電システムとしての充電受入性能(応答性)が不十分となる。

そこで、セルの内部抵抗に基づいてセルの電圧と電流の変化を予測すること、具体的には、●図5に示す電流制限値の減少線に沿うような電圧と電流の目標値を算出することが考案された^{※5}。

セルの内部抵抗として、直流抵抗成分(オーム抵抗)のみを考慮してもよいし、オーム抵抗に加え非オーム抵抗を考慮してもよい。BMUに記憶させたセルの等価回路モデルに、現在の電圧と電流(V_n, I_n)、内部抵抗 R_i などの値を適用する。内部抵抗 R_i は、セルの温度に応じて変化する値であってもよい。内部抵抗 R_i としてオーム抵抗のみを考慮する場合、簡略化された等価回路モデル($V_n = OCV + I_n \times R_i$)に基づき以下の式を導くことができる。なお、OCVはセルの開放電圧を表す。

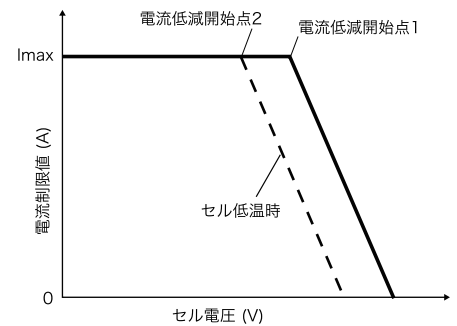
$$I_n = \frac{1}{R_i} \times V_n - \frac{OCV}{R_i}$$

ここで、 $1/R_i$ は、●図5において(V_n, I_n)を通る右肩上がりの直線の傾きを表す。この傾き $1/R_i$ の直線と、電流制限値の減少線との交点(V'_n, I_{limit})を、BMUは目標値として算出し、算出した電流 I_{limit} を電流制限値としてPCSに出力する。PCSは、 I_{limit} を超えない電流でセルを充電する。なお、BMUは算出した電流 I_{limit} を電力に変換して電力制限値としてPCSに出力してもよく、PCSは電力制限値を超えない電力でセルを充電してもよい。

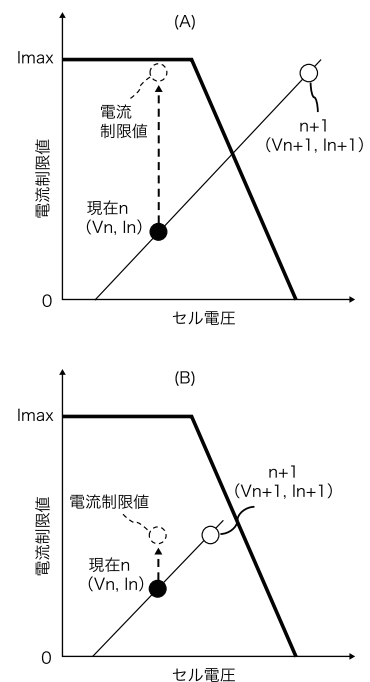
このようなセルの内部抵抗に基づく電圧と電流の挙動予測をとり入れることで、電析などの発生を防止しながら、PCSとの協働により可能な限り高い充電電流を維持して、蓄電システムの充電受入性能を向上する。

本稿では、蓄電池の充電制御に関する技術を紹介した。GSユアサは、長年蓄積した技術に裏打ちされた安全な製品の提供を通じて、再生可能エネルギーの普及と持続可能な社会の実現に貢献する。

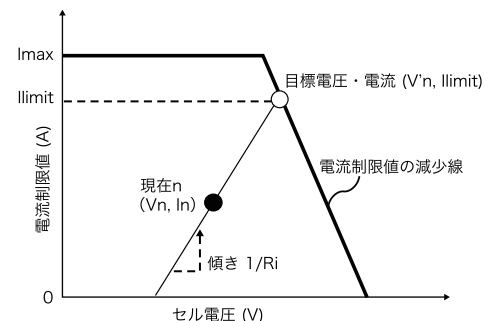
●図3 温度に応じた電流制限値



●図4 充電末期の制限値の大小比較



●図5 セル内部抵抗に基づく目標電圧・電流



※1 経済産業省ホームページ「第7次エネルギー基本計画」

※2 GS Yuasa Technical Report 第19巻第2号 2022年

※3 GS Yuasa Technical Report 第22巻第2号 2025年

※4 日本特許第7437605号

※5 日本特許第7605070号, 米国特許公開 2024/0377461, 中国特許公開 118159856

<問い合わせ先>

(株)GSユアサ 知的財産部