

蓄電型 PV/EV 充電システム用バッテリーマネジメントシステムの開発

Development of a battery managing unit for a photo-voltaic electric power generation system

恩田 一* 袴田吉朗* 中田篤史*
Hajime ONDA, Yoshiro HAKAMATA, Atsushi NAKATA

Abstract: A battery managing unit for a photo-voltaic electric power generation system is developed. As a lithium ion battery is very sensitive to the way of usage, a battery managing unit must be equipped for the safe operation. The unit has two functions; one is monitoring the voltage of all cells and cut off the charging or discharging circuit in an emergency, the other is balancing the cell voltage by discharging the over voltage cell. This paper describes the hardware construction of the developed system.

Key word; Lithium ion battery, battery management, cell balance,

1. はじめに

静岡理科大学では開学 20 周年記念事業の一環として図 1 に示す蓄電型太陽光発電式電気自動車 (PV/EV) 充電システムを構築した。その機能は太陽光発電したクリーンな電気エネルギーで電気自動車 (EV) や充電式ハイブリッド自動車 (PEV) を充電しようとするものである。自然エネルギーについて回る不安定さ (大幅な変動) を吸収するために蓄電機能を有しているのが特徴である。エネルギー収支のバランスのために商用電力と系統連系もしている。本システムの詳細構成や稼働状況等については別途報告予定である。

本システムはクリーンエネルギー応用の実証実験システムで、蓄電機能を有している点が特徴的であるが、蓄電池のうち、リチウムイオン蓄電池は取り扱いが難しく航空機でのトラブル等もあって厳格な使用管理が要求されている¹⁾。本報告はリチウムイオン蓄電池の管理システムであるバッテリーマネジメントシステムに関するものである。システム構成上独自のものを開発する必要があったことと研究的な要素もあったため、電気電子工学科内の研究プロジェクトとして申請し、開発した。本報告では基本構成とハードウェアについて報告し、計測・制御ソフトについては別途報告する²⁾。

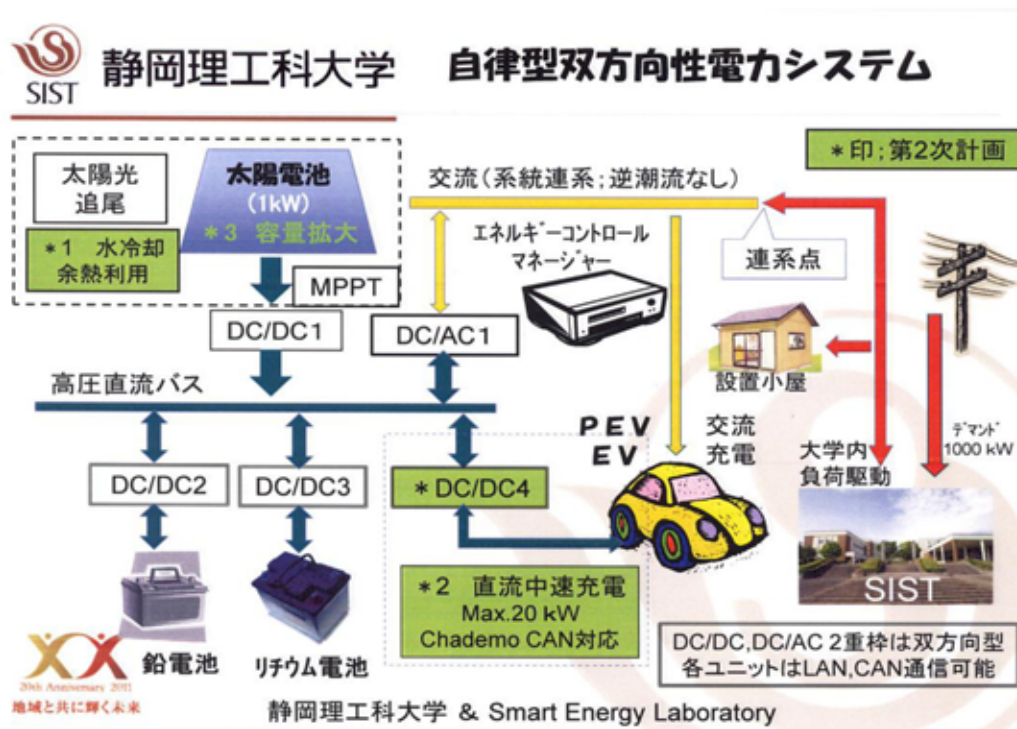


図 1 SIST 蓄電型 PV/EV 充電システム

2013 年 2 月 22 日受理

* 理工学部 電気電子工学科

2. バッテリーマネジメントシステム (BMS) とは

一般に電池やコンデンサなど可変電圧を端子間に有する電圧源を直列に接続して使用する際に、特にこのシステムに外部から充電や放電をさせるような用途では、素子に掛かる電圧が均一でなくばらつくことがある。このばらつき (アンバランス) が大きくなると特定の素子 (通常は電圧の高い素子) の負担が大きくなり、ついには破壊に至る恐れがある。リチウムイオン電池では内部の電解液が有機液体のため、素子の破壊は火災や爆発を誘起したり、人体に有害なガスの発生を伴う恐れがある。そのため、素子 (セル) 電圧を厳密に管理することが必要となる。

バッテリーマネジメントシステム (以下 BMS と略記) は各セルの電圧を検出し、それぞれの電圧が等しくなるようにバランスさせるシステムである。その基本構成を図2に示す。各素子 (セル) の電圧を検出する機能とセルを放電させてバランスさせるセルバランス回路より構成される。

セルバランスは放電用トランジスタ TrX と放電抵抗よ

り成り、放電抵抗の値によって放電電流を制御する。これらの各回路ユニットは互いに絶縁されている必要がある。

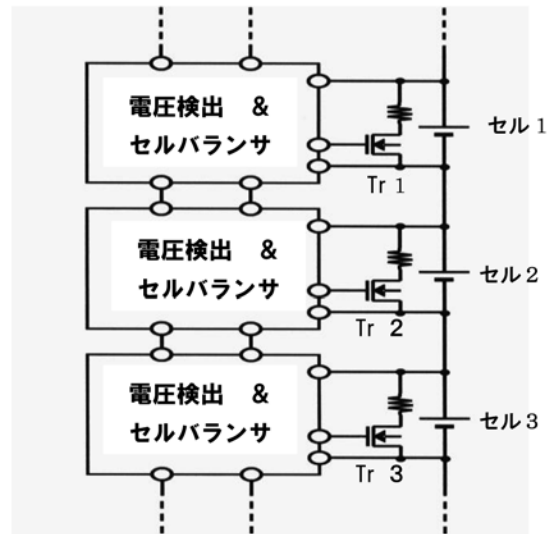


図2 バッテリーマネジメントシステムの基本構成

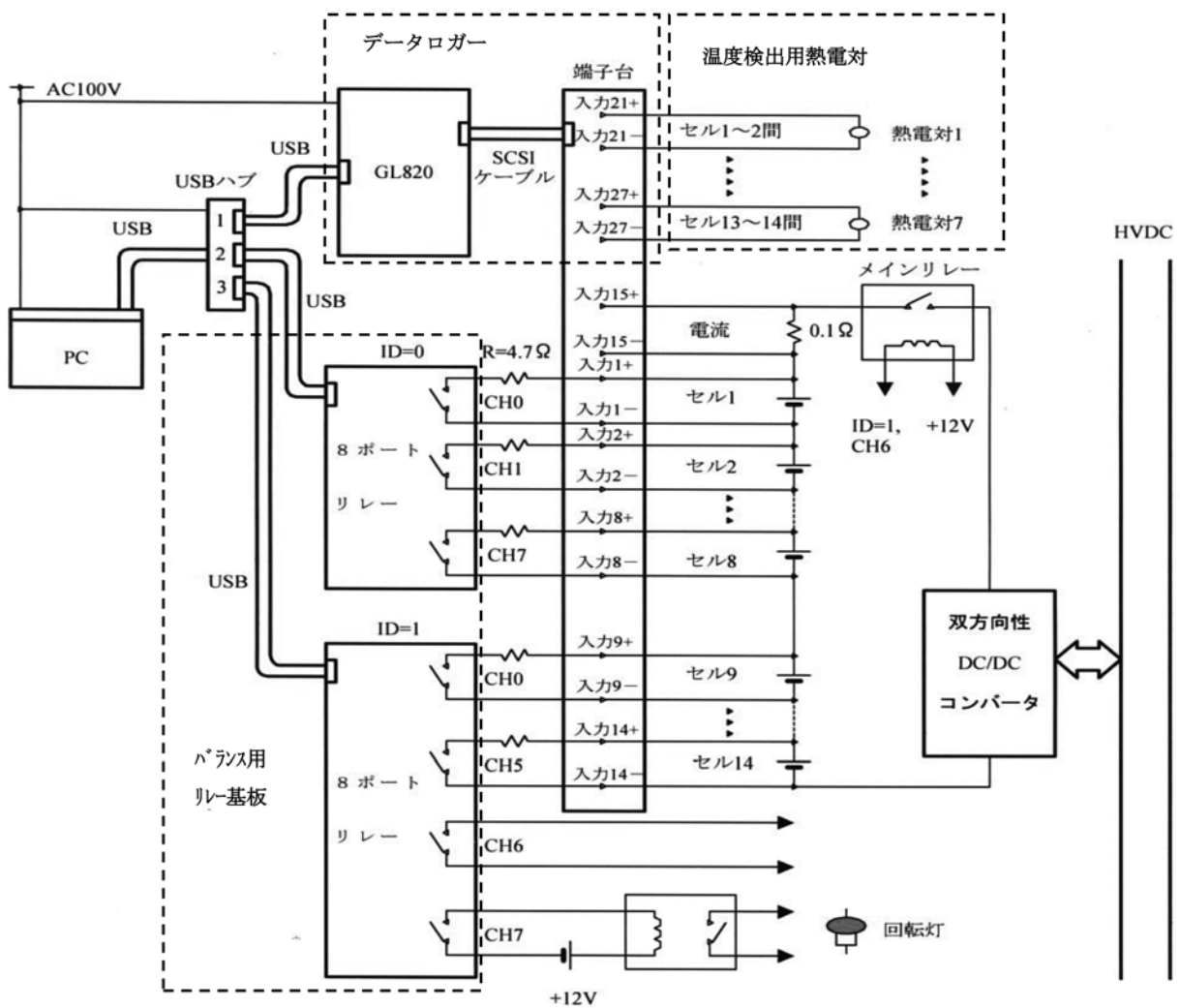


図3 バッテリーマネジメントシステムのハードウェア構成

3. 本システムの構成

BMSのハードウェア構成を図3に示す。絶縁型電圧検出は信頼性の観点から自作は止めて市販品のデータロガーGL820（メーカー；グラフテック）を使用した。データロガー自体はデータの蓄積と簡単な制御機能も有しているが、ここでは単に絶縁型のアナログ電圧検出とA/D変換器としてのみ使用している。

ここで使用するリチウムイオン蓄電池はトータル電圧上限値が60(V)以下という制限から14セル(Max. 57.1V)構成であり、其々の電圧(±)をデータロガーの入力端子台(CHO~CH13)に接続する。データロガーで取得された電圧データはUSBインタフェースにより制御用パソコンに取り込まれる。各セル電圧の入力端子は放電抵抗を介してバランス用リレー基板にも接続される。有接点のリレーを使用するのは絶縁型にするためである。

リレー基板はUSBインタフェース型で、ミニチュアリレー8個からなる基板2組で構成されており、それぞれID番号でID0, ID1と指定される。ミニチュアリレーの接点容量は最大1(A)で、それ程大きくは無い。バランス動作はセルを抵抗を介して短絡するために慎重に行う必要があり、その電流もあまり大きくしない方が安全である。ここでは、昼間の充電に対して、夜間中にゆっくりバランス動作させること(以下バランス放電と記す)を想定して最大0.8(A)程度としている。

データロガーでは、さらに各セルの温度も測定するようになっている。セルに異常があった場合には発熱の可能性があり、これを検出するために、背中合わせにしたセル間に熱電対を挟みこんで2セル分の温度を測定している。2セル分を同時に測定するのはデータロガーのチャンネル数を節約するためである。測定用熱電対は測定範囲と精度からK型を利用している。

充放電電流の大きさも重要なファクタであるので、検出用抵抗(0.1Ω)により電圧変換してデータロガーに取り込んでいる。



図4 BMSシステム外観写真

異常時には充放電用の双方向性DC/DCコンバータから切り離されるように、セル列に直列接続されたメインリレーを設けている。また、外部に警報も出せるように警報接点も用意されている。

図4に本システムの外観写真を示す。装置全体はメンテナンスしやすいように平板木製ベースの上に取付られている。充放電抵抗は発熱を考慮して10(W)のセメント抵抗を利用している。

対象となるリチウムイオン蓄電池は発火や有害ガス除去等の対策の観点から、図5下部に示す金属製収納容器に納められている。この容器は制御システムが設置されているミニハウスの外に強制排気されるようになっている。



図5 蓄電池収納容器

4. 本システムにおける異常検出・制御動作

本システムの基本的動作を説明する。

4.1 セル電圧異常の場合

データロガーGL820を介して各セルの電圧を取り込む。データロガーは1秒毎にデータが更新されるが、蓄電池の充放電動作時の端子間電圧変動はそれ程速くないので、パソコン側では測定・動作のサンプリング時間は2分としている。

いずれかのセル(No. XX)電圧が4.1(V)以上の過電圧になるとメインリレーがオフされて充電又は放電を停止する。過電圧検出はノイズや誤動作除去のため3サンプリング(6分間)のデータが連続して4.1(V)を超えたとき過電圧と判定する。

この状態でパソコンはダイアログメッセージで「セルXXを放電しますか?」と問い合わせる。オペレータがOKをクリックすると再度「セルXXを放電しますか?」と問い合わせる。これをもう一回繰り返すとセルXXを放電用リレーにより放電する。

放電に際してはオペレータが介在し、操作も繰り返し問い合わせるのは、セルの放電には十分注意が必要なためで

ある。放電させる時はパソコン上で他のセルの電圧等の状態をよく確認した上で行うべきで、例えば他のセルも全て上限電圧付近になっていた場合は別途処置が必要となる。

放電している間に対象セル電圧が低下して、他のセル電圧の平均値以下になると放電を停止する。さらに次のサンプリング周期(2分後)でメインリレーをオンして通常の充放電動作にもどる。

複数個のセルが同一サンプリング周期内で 4.1 (V) 以上になった場合は、セル番号の若い方から対応するようにしてあるが、パソコン上のダイアログボックス内で、他のセルに変更できるので、動作状況をパソコン画面上で確認して、最も必要な(セル電圧の高い)セルを選んでバランス放電できるようになっている。

4.2 温度異常の場合

熱電対により測定した温度が規定値以上になった場合、メインリレーをオフし、充放電動作を停止する予定である。

4.3 過電流の場合

電流検出は 0.1 (Ω) の抵抗により電流/電圧変換した電圧をデータロガーに取り込み、この値を 10 倍して電流値とする。この値が規定値以上になった場合、メインリレーをオフし、充放電動作を停止する予定である。ただし、充放電電流は蓄電池を充放電する上位の双方向性 DC/DC コンバータで設定できるようになっているので、まずはそちらで最適値に設定しておくべきで、本システムでの保護動作は最終的な危険回避動作である。

5. 動作結果の概要

机上で本システムの模擬動作を行った結果の概要を説明する。図 6 は午前 9 時頃から夕方 6 時過ぎまでの稼働状態を表示したパソコン上の表示画面である。

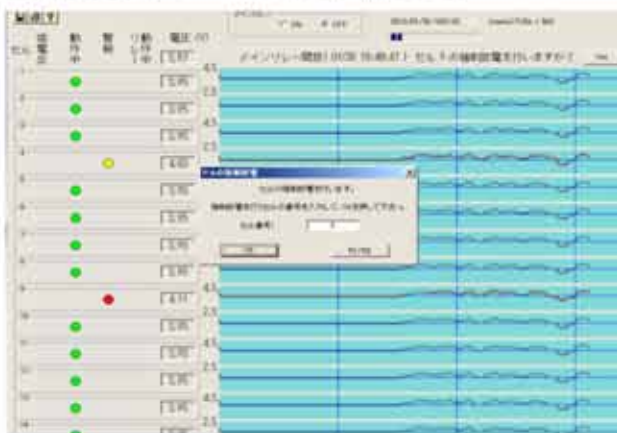


図 6 動作結果のパソコン画面表示

縦方向にセル番号 1 から 14 までを示し、横方向にそのセルの状態(低電圧、動作中、警報、バランスリレー動作)の状態表示とその時点での電圧値を示し、その右に

該当日の 0 時から 24 時までの電圧をグラフ表示している。グラフ上の縦線は 6 時、12 時、18 時を示し、各セルの横の直線は基準となる 3.70 (V) を示している。

図 6 の状態はセル 9 が 4.1 (V) 以上、メインリレーが OFF され、セル 9 をバランス放電させるかどうかを問い合わせた際に「YES」を回答して確認のダイアログボックスが表示されている状態である。動作状態表示では、セル 9 は「警報」状態で「赤色の点滅状態」である。この時セル 4 は 4.0 (V) 以上、4.1 (V) 未満であるため、黄色の「警報」状態である。他のセルは正常な 4.0 (V) 未満の「動作中」表示である。

セル電圧が 4.1 (V) 以上、メインリレーを OFF し、バランス放電を問い合わせる際には、その時刻も表示してこの事象の発生時刻を確認できるようになっている。これは、夜間等人がいない状態での対応として事後でも確認できるようにしたものである。なお、温度と電流値に関してはパソコン画面の 2 頁目に同様の表示がされている。

このようにパソコン画面上で現在の動作状態と過去の動作結果が一目瞭然と判るため、管理上の有効手段として利用が可能である。

制御ソフトウェアについては別報で詳しく報告されるが、パソコン上でのシミュレーションと共に本ハードウェアと一体化して長期にわたって詳細にデバッグされ修正された。

6. まとめ

本学内に設置された蓄電型 PV/EV 充電システム用リチウムイオン蓄電池のバッテリーマネジメントシステム(BMS)を開発し、詳細なデバッグを終えた。

本システムの主な機能は各セル電圧と温度および充放電電流を検出し、異常の有無を常時監視することと、異常時には充放電を停止し、過電圧のセルは放電させてセル電圧をバランスさせることである。

本論文作成時には大元の蓄電型 PV/EV 充電システムが追加工事のため未完成で実稼働はまだ出来ていないが、完成次第 BMS をつなぎ込んで実稼働させる予定である。

参考文献

- 1) 恩田 一;「蓄電型太陽光発電システム用リチウムイオン電池の調査」,静岡理科大学紀要 Vol.20(2012) PP37-40
- 2) 袴田吉朗, 恩田 一;「リチウムイオンバッテリーの揭示特性測定用プログラムの開発」静岡理科大学紀要, Vol.21(2013),PP
- 3) 「燃えない Li イオン 2 次電池」日経エレクトロニクス社 NE アカデミー講習会テキスト 2011.12.21
- 4) 「蓄電デバイス開発の現状と適用例」電気学会関西支部専門講習会テキスト 2012.2.9