

Li-ionバッテリーの高いエネルギー密度を完全に生かすには、個々のセルの充電状態を正確に監視する必要があります。dSPACEは、初期モデルから車載テストまで、開発プロセス全体を通してこのタスクを実行するバッテリーマネジメントシステムを開発しました。このシステムは、Li-ionバッテリーの計測と制御を主な目的とします。

強力なバッテリーを必要とする電気自動車

20世紀に内燃機関が繁栄した理由の1つは、ガソリンが持つ高いエネルギー密度にあります。自動車は1リットルのガソリンで長い距離を走行できますが、ガソリンと同じ質量または体積を持つバッテリーを使用して電気自動車が走行できる距離はほんのわずかです。このように、電気自動車の躍進には高出力でエネルギー密度の高いバッテリーを開発することが鍵となります。

Perfect Balance

プロトタイピングにおけるLi-ionバッテリーのセル電圧制御





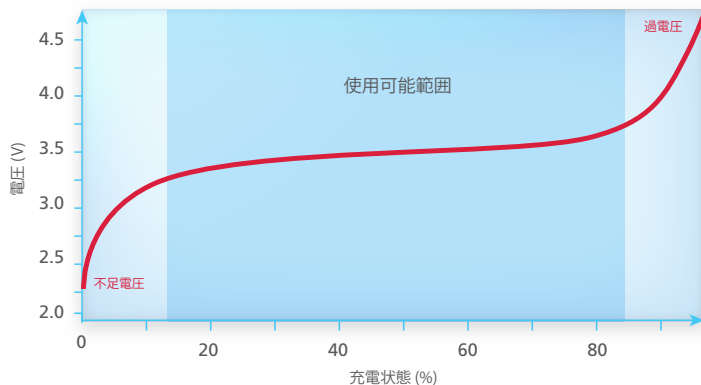


図1: Li-ionセルの典型的な負荷曲線 - 使用可能電圧レンジは数100 mVの狭い範囲に制限される

Li-ionバッテリーのソリューション

Li-ion技術に基づくバッテリーは、高密度エネルギー貯蔵方式の1つです。Li-ionバッテリーは多数のセルにより構成され、1つのセルが発生する電圧は、バッテリーのタイプにもよりますが、通常は3.3~4.2Vの範囲です。このため、必要とされる数100 Vの電圧を得るために、多数のセルを連結して1つのセルスタックを構成します。

Li-ionバッテリーと監視の必要性

Li-ionバッテリーの1つのセルの使用可能電圧レンジは数100 mVという狭い範囲に制限されるため、バッテリーを常時監視および制御する必要があります(図1)。電圧がこの適正範囲から外れるほど、セルの寿命は短くなります。極端な場合、セルが破損してしまうことすらあります。携帯電話やノートパソコンのバッテリー火災や、あのボーイング

787のバッテリー火災事故は、バッテリーの状態を監視することの重要性を如実に示しています。従って、セルの電圧を過電圧・不足電圧から守ることが何よりも重要ですここで、バッテリーマネジメントシステム(BMS)がその役割を担います。このシステムには、セルスタック全体の電圧が数100 Vに達するという状況下で、ガルバニック絶縁を保ってセル電圧を高精度(数mVレベル)に計測するという困難なタスクが課せられます。温度はセルの状態に大きく影響するため、BMSは温度も監視する必要があります。BMSは所定のアルゴリズムを使用して個々のセルを常時監視し、バッテリーの充電状態(SOC)や劣化状態(SoH)などを判定します。BMSは、すべてのセルの電圧を均一に保つ「セルバランシング」と呼ばれるタスクも実行します。パッシブなセルバランシングでは、電圧が高すぎるセルに抵抗器を並列に接続することによって、そのセルの過剰な充電を取り除きます。スタック内のセル電圧の均一化は、Li-ionバッテリーの寿命に影響する最重要因子の1つです。

dSPACEのバッテリーマネジメントシステムは、高電圧バッテリーをセルレベルで高精度に管理します。

図2: モジュラー構造を持つdSPACEバッテリーマネジメントシステム - 最大で約200セルまで柔軟に構成でき、車両に直接搭載することも可能



dSPACEのバッテリーマネジメントシステム

既存のソリューションでは上記の要件を満たせないため、dSPACEではラピッドコントロールプロトタイピングに対応したバッテリーマネジメントシステムとして「Battery Cell Voltage Measurement and Balancing」を独自に開発しました。このシステムは、ラピッドコントロールプロトタイピング中にLi-ionバッテリーのセル電圧を計測および制御するのみならず、バッテリーマネジメントアルゴリズムの開発もサポートします。このdSPACE BMS (Battery Management and Balancing System)には、総電圧が846VまでのLi-ionバッテリーを接続できます。このシステムは各セルの電圧を高精度に計測し、必要に応じて抵抗器をスイッチングすることで、個々のセルの電圧を低減します。システムはモジュラー型であるため、組み合わせによって6~約200セルに構成できます。これを車両に直接搭載することも可能です。各モジュールは、Ethernet経由でMicroAutoBox IIなどのdSPACEプロトタイピングシステムに接続します。1つのモジュールで最大24セルの電圧と温度を計測し、パッシブ方式で個々のセルを平衡化できます。バランスング用の抵抗は別体のキャリアボードに実装するため、異なる抵抗値をすばやく試せます。電圧および温度計測用の入力はガルバニック絶縁されているため、実際の

主な機能

最大セル数	約200
最大電圧	846 V
モジュールあたりのセル数	24
セル電圧	0~5 V
計測周波数	最大1 kSPS
精度	±3 mV at 3.3 V ±300 mV
分解能	0.61 mV
同期計測	全セル
BMS IC	Intersil ISL78600
温度計測	セルごと、サーミスタ(NTC)を使用
バランスング方式	パッシブバランスング
絶縁	完全なガルバニック絶縁
絶縁状態の監視	絶縁監視デバイスへのインターフェース
安全機能	ウォッチドッグ、診断オプション、温度監視
ハードウェアインターフェース	Ethernet
ソフトウェアインターフェース	Simulink®ブロックセット

バッテリーをシステムに接続することもできます。プロトタイピングシステムのすべての性能は、最終製品の性能を超えている必要があります。dSPACE BMSは、セル数に関係なく、1 kHz以下の計測周波数で±3 mVの精度を達成します。この精度は、セルの化学的特性の調査も可能にします。各モジュールのセル電圧計測プロセスを同期させることもできます。「手動バランスング」モードでは、セル

バランスングの頻度を任意に設定でき、セルごとに平衡化することも、複数セルを集散的に平衡化することもできます。これにより、ユーザは全く自由にバッテリーマネジメントアルゴリズムを開発できます。「自動バランスング」モードでは、目標電圧とスイッチOFF時間が自動的に設定されるため、ユーザはより重要なBMSアルゴリズムに集中できます。

シームレスなシステム監視

システム全体の状態を常時監視するために、dSPACE BMSは下記の強力なエラー検出機能とアラーム機能を備えています。

- ハードウェア障害および通信/同期エラー警告
- 温度警告
- 絶縁不良警告
- セル不足電圧/過電圧警告

システム全体の安全性を確保するため、別体のデバイスが絶縁抵抗を監視します。これは絶縁状態に関する情報を常時提供し、絶縁不良を検出すると即座にアラームを出力します。安全上の理由から、dSPACEではこのBMSを「エンジニアリングプロジェクトにおけるターンキーシステム」としてのみ提供します。■

図3: 高電圧バッテリー使用時の安全性を確保するdSPACEバッテリーマネジメントシステムの絶縁コンセプト

