

トピック

● 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（その1）

ースイッチの故障診断ー

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（その1）

ースイッチの故障診断ー

自動車や産業用機器における、電池を用いた安定的な電源の構築のために、電池状態の推定や、充放電経路のスイッチの制御をおこなう、バッテリーマネジメントシステム（BMS）の重要性が高まっている。

リレーや電界効果トランジスタ（FET）などのスイッチ、計測素子、制御ユニットなどで構成されるBMSは、電池を過充電や過放電から保護するべく、電池がそうした異常状態に到る前にスイッチを開放する。電池を保護すべき時にスイッチが故障で開かないということがないように、制御ユニットがスイッチに開閉信号を与え、スイッチが実際に開閉したかを確認する故障診断が、所定のタイミングでおこなわれる。

BMSを搭載してリチウムイオンセルから車両の電気負荷に電力を供給する12ボルト（12V）バッテリーは、負荷への電力供給を途切れさせることなくスイッチ故障診断をおこなうことが求められる。本稿では、12Vバッテリーへの適用にむけてGSユアサが開発した、スイッチ故障診断の技術コンセプトを紹介する。

1 並列接続スイッチの故障診断

12Vバッテリーは、たとえば4個のリチウムイオンセルを直列接続して構成される組電池と、BMSとをハウジングに内蔵する^{*1}。12Vバッテリーの通常の使用時は、組電池と外部端子との間の充放電経路に並列にもうけられたスイッチすべてを閉じた状態で組電池の充放電がおこなわれる（図1上）。過電流や電圧低下などの異常が検出されて電池を保護する際は、

スイッチすべてを同時に開くことで充放電を遮断する。

スイッチ故障診断の際は、オープン故障（スイッチが閉じない故障）の診断後に、クローズ故障（スイッチが開かない故障）の診断をおこなうことで、負荷への電力供給が途切れることを防止する。具体的には、負荷への電力供給前に、制御ユニットが、スイッチに交互に開信号を与えつつ負荷電圧V2を測定する。図1下に示すように、一方のスイッチにオープン故障が生じていると、制御ユニットが他方のスイッチ（スイ

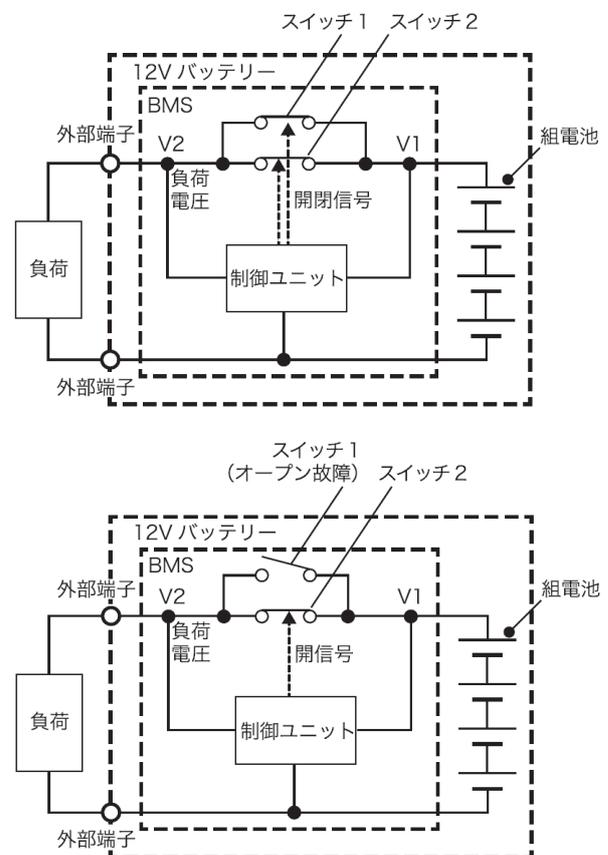


図1 並列接続スイッチの故障診断

ッチ2)に開信号を与えた時に、充放電経路が遮断される。この時の負荷電圧V2の低下を検出することで、制御ユニットはスイッチ1のオープン故障を認識できる。

その後、負荷への電力供給の最中に、制御ユニットがスイッチに交互に開信号を与えつつ組電池電圧V1と負荷電圧V2との差(スイッチ部の電圧降下)を測定する。仮に、図1上に示すスイッチ2に、クローズ故障が生じていると、制御ユニットがスイッチ2に開信号を与えても両方のスイッチが閉じたままで、片方のスイッチが開いた場合と比べてスイッチ部の電圧降下が小さい。この時のスイッチ部における電圧降下が小さいことを検出して、制御ユニットはスイッチ2のクローズ故障を認識できる^{*2}。

2 直列接続 FET の故障診断

エンジン始動をおこなわない、電気自動車用の12Vバッテリーなどでは、充放電経路を流れる電流がそれほど大きくないため、スイッチとしてFETが用いられる場合がある。図2上に示すように、一対のFETは、それぞれのボディダイオードが反対方向を向くように充放電経路に直列に配置される。12Vバッテリーの通常の使用時は、スイッチ1(放電遮断

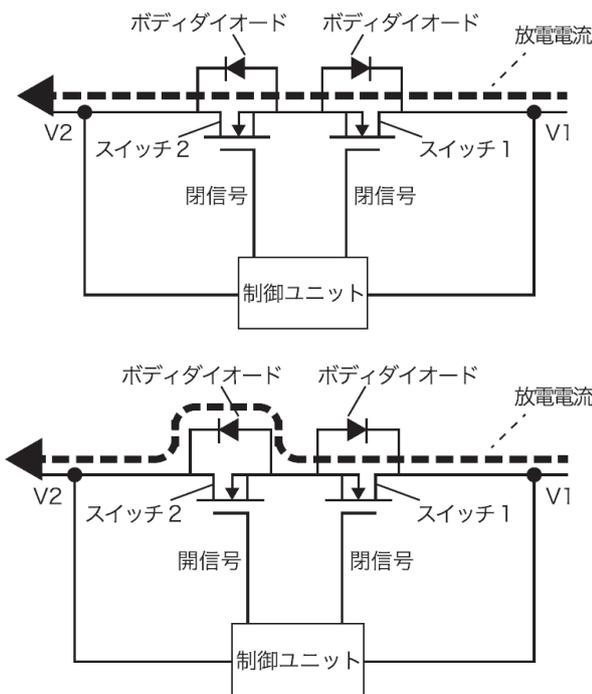


図2 直列接続 FET の故障診断

用)とスイッチ2(充電遮断用)の両方を閉じた状態で、組電池からの放電電流が負荷に供給される。

スイッチ故障診断の際、図2下に示すように制御ユニットがスイッチ2に開信号を与えると、放電電流がスイッチ2のボディダイオードを経由して負荷に供給され、ボディダイオードによる電圧降下が生じる。

スイッチ2にクローズ故障(スイッチが開かない故障)が生じていると、制御ユニットがスイッチ2に開信号を与えてもスイッチ2は閉じたまま(図2上の状態のまま)となる。この場合、スイッチ2が開いた場合(図2下)と比べて、ボディダイオードによる電圧降下が生じないため、組電池電圧V1と負荷電圧V2との差(スイッチ部の電圧降下)が小さい。この時のスイッチ部における電圧降下が小さいことを検出して、制御ユニットはスイッチ2のクローズ故障を認識できる^{*3}。こうして、車載の負荷への電力供給を途切れさせることなくスイッチ故障診断をおこなうことができる。

3 電源併設時のスイッチ故障診断

電気自動車における電源システムは、図3に示すように、12Vバッテリーに加えて、車両を駆動するモータMに電力を供給する高電圧バッテリーを有する。車載の12V負荷に対し、12Vバッテリーが接続されるとともに、DC/DCコンバータと高電圧バッテリーを含む電力供給装置が接続される。

12Vバッテリーが内蔵するスイッチの故障診断をおこなう際は、DC/DCコンバータにより高電圧バッテリーの電圧を降圧して電力供給をおこなう。図3のA点に高電圧バッテリーから電力が供給されている状態で、12Vバッテリー内部のスイッチを開閉し、電流値

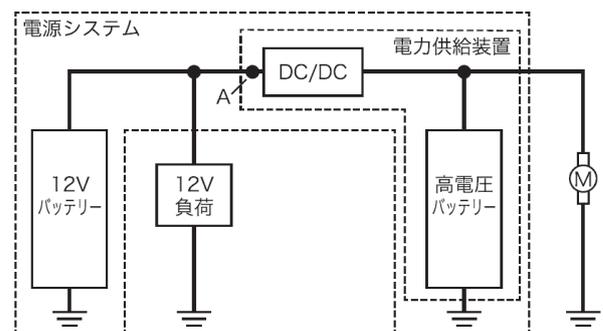


図3 高電圧電源併設システム

の変化を検出することでスイッチが実際に開閉したかを確認する。スイッチを開くことで12Vバッテリーから12V負荷への充放電経路は遮断されるが、高電圧バッテリーから12V負荷に電力が供給される^{※4}。そのため、ブレーキシステム、ドアロックシステム、カーナビゲーションシステムなどの12V負荷は、12Vバッテリーのスイッチ故障診断の実行中も安定的に動作できる。

本稿では、車両用12Vバッテリーに適用可能な、BMSにおけるスイッチ故障診断技術を紹介した。GSユアサは、製品信頼性の向上に資するバッテリーマネジメント技術の開発を推進する。

※1 https://www.gs-yuasa.com/jp/technology/making_history/pdf/no12.pdf

※2 日本特許第5983171号（2012年出願）、
米国特許第9267992号、
米国特許第9746522号、
中国特許第201310336635.4号、
ドイツ特許第602013083618.3号

※3 日本特許第6327278号（2012年出願）、
米国特許第9383412号、
中国特許第201310059853.8号、
韓国特許第10-1980848号、
ドイツ特許第102013203545号

※4 日本特許公開2021-166454（2020年出願）、
米国特許公開2023/0152376、
中国特許公開115349212、
ドイツ特許公開112021002217

<問合せ先>

(株)GSユアサ 知的財産部