

小型蓄電システムのリレー故障時の安全性向上

Improving Safety of Small Energy Storage System in case of Relay Failure

倉貫 正明*
Masaaki Kuranuki

武田 睦彦*
Mutsuhiko Takeda

停電時の電力供給や電力ピークシフトを行う小型蓄電システムは、商用電源から給電されている負荷をインバータ給電へ切り替える際、リレーが溶着しているとインバータが故障するという特有の課題を有している。本報告ではこの課題を解消する安全な電力切り替え方法について解説する。

A Small Energy Storage System (SESS) is used to supply power when there is a blackout or to shift peak power demand. However, a unique problem can occur when switching between commercial power and inverter power where the inverter fails due to the welding of the relay. This paper explains how to solve this problem with safety power switching.

1. システムの概要と構成

小型蓄電システム (SESS: Small Energy Storage System) は、通常時商用電源から電力を供給し、必要なときに機器本体に内蔵された電池から電力を供給する機器 (以下、本機と記す) であり、主に停電時のバックアップや電力ピークシフトを目的に設計されたものである。

本機の外観と主な仕様を第1図に示す。



第1図 SESS外観と仕様

Fig. 1 Overview and specification of SESS

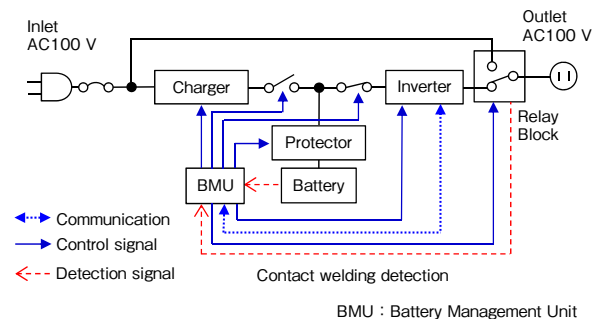
現在各社から産業、家庭向けに同様の機器が販売されているが、高価、大型で電力損失も大きく、普及には至っていない。そこで本機は安価、小型で電力損失の少ない機器を目標に開発を行うこととした。

* オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社
技術本部
Corporate Engineering Div., Automotive & Industrial Systems
Company

主回路の方式は、切り替え時に瞬断のない常時インバータ方式、そして電力損失が少ない常時商用方式が一般的であるが、本機では電力損失の少ない常時商用方式を採用した。

また電池は、高容量円筒型リチウムイオン電池の標準的なセル (直径: 18 mm, 長さ: 65 mm) を採用して、低価格、小型化を狙った。

本機のブロックダイアグラムを第2図に示す。



第2図 ブロックダイアグラム

Fig. 2 Block diagram

常時商用方式の利点としては、

- ・切り替え回路が簡単かつ安価
- ・商用電源とインバータ出力の同期が不要

などが挙げられるが、下記の欠点もあり設計的配慮が必要である。

- ・接点の溶着
- ・切り替え時間の発生

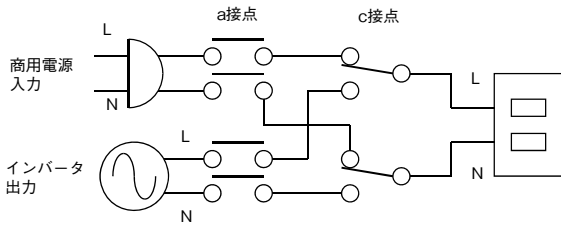
特に切り替えリレーの接点溶着や不適切な切り替えタイミングは、商用電源とインバータ出力の短絡を誘発し、故障を招く恐れもある。そこでインバータの保護回路 (以下、溶着検出機能と記す) を新たに設け、安全性・信頼性の向上を図ったので、ここで報告する。

溶着検出機能は、電池の電圧、電流、温度を計測しつ

つ、充放電やリレーの制御を行うBMU(Battery Management Unit)とリレーブロックの連携により実現している。

2. リレーブロックの基本構成

リレーブロックの回路構成を第3図に示す。



第3図 リレーブロック概略図
Fig. 3 Outline of relay block

商用電源とインバータ出力はL (ライブ) またはN (ニュートラル) どちらか一方で切り替えることも可能であるが、安全性確保のため本機では両方を切り替える構成とした。

リレーは商用電源側、インバータ出力側にそれぞれ接点を2対(4個)、また出力切り替え用にc接点を1対(2個)設定する構成とした。

通常リレーを用いて電流を遮断する場合は、アーク放電を伴うため、リレー内部の接点がお互いの端子まで移動する間に、アークを消弧する必要がある。

しかしながらc接点では消弧前に接点がお互いの端子に到着することがあるため、c接点だけの切り替えでは商用電源とインバータ出力の短絡が発生する危険性がある。そのため、a接点で商用電源、インバータ出力ラインの遮断を行った後、c接点で切り替えを行う必要がある。

ここでL, Nに配置された1対のa接点の溶着が発生した場合、c接点で切り替えを行うと商用電源とインバータ出力の短絡が発生することになる。これを防止するため、リレーの溶着を検出し、故障を防ぐ保護機能が必要になる。

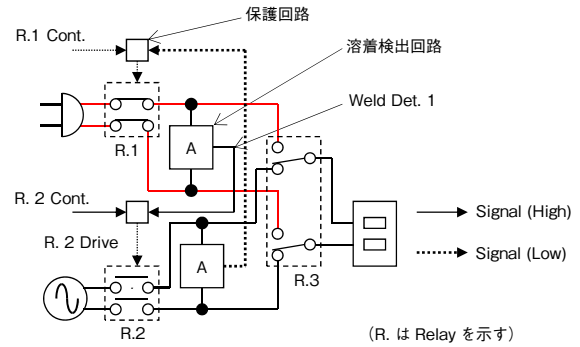
3. リレーブロックの安全性向上

3.1 溶着検出回路の構成と動作手順

第4図に溶着検出機能のブロック図を示す。

溶着検出機能を実現するためにAで示したL, N線間電圧検出回路、つまり溶着検出回路を2箇所設けた。

Aにより線間電圧を検出した場合は、溶着検出信号を送出し、次に接続するリレー信号を保護回路で遮る。



第4図 溶着検出機能ブロック図
Fig. 4 Block diagram of contact welding detection

通常動作時、商用電源供給時は商用側の、インバータ供給時はインバータ側のAに線間電圧が印加されており、もう一方のa接点をオンしないように動作する。

R. 1 (R. はRelayを示す) のa接点が2個溶着した場合、第4図に示すとおりR. 1 Cont.信号がない (Low) にもかかわらずR. 1 がオン状態となる。

この場合、溶着検出回路Aは溶着検出信号を出力し、制御信号 (R. 2 Cont.) はBMUから送出されるが、駆動信号 (R. 2 Drive) は溶着検出信号により遮断されるため、R. 2がオフ状態を継続し、従来保護できなかった溶着時のインバータ保護を実現できる。

LまたはNのどちらか一方のa接点が溶着した場合は、インバータに電流が流れず、故障には至らない。

3.2 タイムチャート

ピークシフトや手動操作による、商用電源からインバータへの切り替えタイムチャートを第5図に示す。

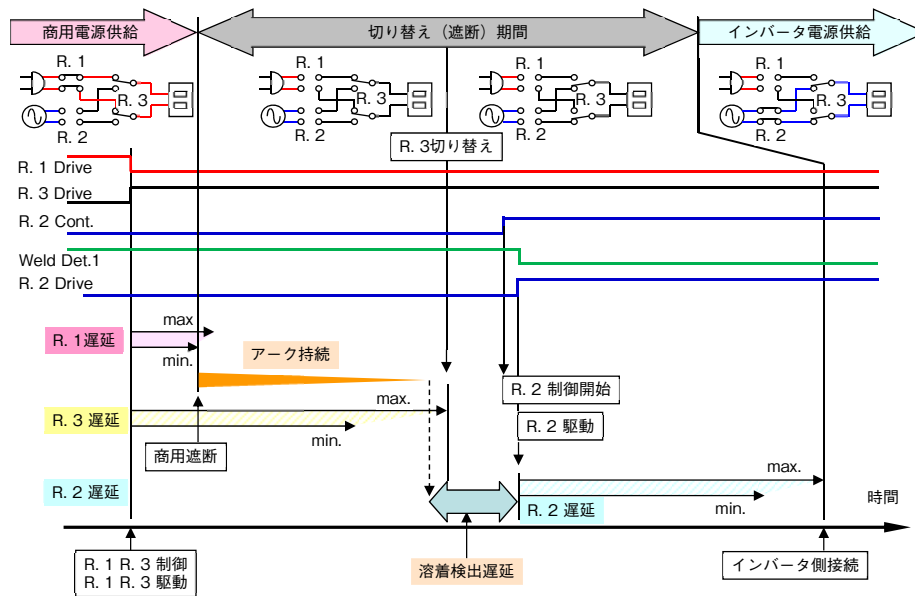
R. 1 Drive, R. 2 Drive, R. 3 Driveで示す信号は、第5図上部にR. 1, R. 2, R. 3で示した3対のリレーのコイルを駆動する信号でオン状態をHighで示したもの。

R. 2 Cont.で示す信号は、第4図で示したBMUから送出されるR. 2 Driveの元となる制御信号で、オン状態をHighとして示したもの。

Weld Det. 1で示す信号は、R. 1側に設置された溶着検出回路から送出される信号で、溶出検出した状態をHighで示したもの。

以下、順を追って説明する。

第5図の赤線で示す経路で商用電源供給されている状態で、BMUからR. 1の切断要求信号 (R. 1 Cont.信号がLow) とR. 3の切り替え信号 (R. 3 DriveがHigh) が同時に送られる。その結果、R. 1の駆動信号 (R. 1 Drive信号がLow) とR. 3の切り替え信号 (R. 3 Drive信号がHigh) が各リレーに伝達される。R. 1 Cont.とR. 1 Driveはこの場合同一となるため、図ではR. 1 Driveと表記している。



第5図 切り替えタイムチャート
Fig. 5 Switching time chart

リレーには駆動コイルにより接点を動作させる構造に由来する遅延時間とばらつきが存在する。ここでは2本の矢印で遅延時間の最大と最小を示している。

同時に駆動されたR. 1とR. 3は、まず遅延時間の短いR. 1がオフしたときに、商用電源の供給が絶たれる。

この場合、商用電源の切断位相によりR. 1の接点にアークが発生するが、商用電源の半周期以内には終了する。図中にはそのイメージを記載した。

アークの状態にも依存するが、仮にアーク末期まで溶着検出した場合は、図示する溶着検出回路の遅延時間後にWeld Det. 1で遮断されていたR. 2 Cont.からR. 2 Driveへの信号が遮断解除され、R. 2で示すインバータ側のa接点がオンし、第5図上部右側に示す青線の経路で、電池からインバータを経由して電力供給を行う。

急な停電でない場合は、あらかじめインバータを起動してから第5図に示す手順をとることができるため、切り替え時間は20 ms以内となる。

停電の場合は、停電時自動出力する設定にしておく、停電検出後にインバータを起動する。インバータの起動には数秒を要するので、各種シーケンスを含めて10 s以内に切り替えを行うことができる。

停電時自動出力しない場合は、必要なときまで電池電力を使わずに維持することができる。

3.3 溶着故障時の対応

従来は溶着故障発生でインバータの出力回路が故障するため、大規模修理が必要であり、事実上修理不能とな

っていた。

本方式ではBMUが溶着故障を判定した場合、次に接続すべきリレーを強制的にオフすることにより、インバータを安全に保護し、溶着したリレーまたはそれを搭載したリレー基板の交換のみで修理可能となる。

この回路により、インバータの保護を安全に行えるようになり、また修理時の時間とコストが削減できる。

4. 動向と展望

今回の開発（リレーブロック構成、溶着検出機能）で、切り替え時間をいわずに拡大することなく安全性向上を図り、さらに万一のリレー溶着時においてもインバータ故障を回避可能な小型蓄電システムの量産化に成功した。

また本技術をベースに欧州、米国、アジアなどさまざまな用途に展開し、さらなる需要の拡大とともに電力事情の改善に貢献して参ります。