

DESIGN NOTES

LTC3305 鉛蓄電池バランスのバランス電流の判定

デザインノート 539

Jim Drew

はじめに

LTC[®]3305 は鉛蓄電池バランスで、補助バッテリーまたは代替のストレージセル (AUX) を使用して、直列接続されているスタック内の各バッテリー間で互いに電荷を転送します。このバランスは、外付けの NMOS スイッチを制御して、スタック内の各バッテリーへ補助バッテリーを直列に接続します。NMOS スイッチと、それらを相互接続する PCB トレースの破損を防止するため、電流制限デバイスが必要です。このようなデバイスの一例として、セラミックの正の温度係数 (PTC) サーミスタがあります。

PTC サーミスタは、AUX セルとバッテリーとの接続におけるピーク電流を制限します。AUX セルと、接続されているバッテリーとの間の比較的小さな差電圧においては PTC サーミスタを通過する電流は低く維持され、温度も同様に低く維持されます。PTC は一定値の抵抗特性を示します。 V_{DIFF} が増大すると電流も増大し、PTC サーミスタの温度も上昇します。PTC サーミスタの温度がキュリー点に達すると、図 1 に示すように抵抗値が急激に増大します。キュリー点に達すると、PTC サーミスタの抵抗によって電流が制限されるようになります。このようにして、PTC サーミスタは一定電力のデバイスとして動作し、 V_{DIFF} の増大時にパルス電流を制限します。

LTC3305 のバランス電流を予測するには、AUX セルと、バランスの対象であるバッテリーとの間で、回路の総抵抗について電流 - 電圧曲線をプロットする必要があります。この線は PTC の電流 - 電圧の静的特性曲線 (図 2) と重ねられます。PTC の電流 - 電圧の特性曲線は、PTC サーミスタの製造メーカーから入手、または実験によって生成できます。それを元に、回路の総抵抗が判明していれば、PTC の電流 - 電圧の特性曲線を使用して、バッテリーと AUX セルを通過する電流を計算できます。

LT、LTC、LTM、Linear Technology および Linear のロゴは、Linear Technology 社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

バランス電流の予測

AUX セルとバッテリーとの間の回路の総抵抗は、AUX セルの ESR (ESR_{AUX})、バッテリーの ESR (ESR_{BAT})、MOSFET スイッチの $R_{DS(ON)}$ 、および PTC 抵抗 (R_{PTC}) で構成されます。BAT1 と BAT4 をバランスさせる場合、回路に 4 つの直列 ($N_{FET} = 4$) MOSFET スイッチが存在します。これに対して、BAT2 と BAT3 には 5 つの直列 ($N_{FET} = 5$) MOSFET スイッチが存在します (LTC3305 データシートの最初のページを参照してください)。バッテリーと補助セルとの間の相互接続の抵抗は全て、該当するバッテリーと AUX セルの ESR として一括に扱うことができます。この相互接続の抵抗には、正と負の端子の相互接続抵抗を両方とも含める必要があります。下の式は、補助セルとバッテリーとの間の総抵抗 (R_{TOTAL}) で、 N_{FET} は直列 MOSFET スイッチの数です。

$$R_{TOTAL} = ESR_{AUX} + ESR_{BAT} + R_{PTC} + N_{FET} \cdot R_{DS(ON)}$$

図 3 は、PTC の I-V 特性曲線に R_{TOTAL} を重ねたものです。矢印の線は、各種の V_{DIFF} について、バランス電流の軌跡を示しています。 V_{DIFF} が増大すると、バランス電流も総抵抗曲線に沿って増大します。差電圧により、キュリー点電流を超えるバランス電流が生成されると、PTC 抵抗が増大し、最終的には回路の総抵抗の大部分を占めるようになります。キュリー点電流は、データシートではトリップ電流と記載されています。PTC 抵抗が増大すると、バランス電流は急激に減少し、PTC の I-V 曲線の負の勾配に近づきます。

最終的に、AUX セルと、バランス対象であるバッテリーとの間で十分な電荷が転送され、 V_{DIFF} は低下し始めます。 V_{DIFF} が減少すると、I-V 特性もそれに従って逆の動作を行います。 V_{DIFF} が減少すると、バランス電流は R_{TOTAL} I-V 曲線に従って増加し、キュリー点電流に達します。この点において PTC 抵抗は一定に維持され、バランス電流は R_{TOTAL} 曲線に従います。

設計例

ここに示す例では、トリップ電流が 1.9A で、コールド (25°C) 抵抗が 0.27Ω の PTC サーミスタ (PTGLAS ARR27M1B51B0) を使用しています。図 4 に示されている PTC の I-V 曲線は、実験によって生成されたものです。

補助セルとバッテリーの ESR は、それぞれ 100mΩ と 50mΩ です。4 つの MOSFET スイッチが存在し、それぞれの $R_{DS(ON)}$ は 10mΩ です。各バッテリーおよび補助セルの V_{DIFF} は、次の式を使用して計算できます。

$$V_{DIFF} = I_{PTC} \cdot (ESR_{AUX} + ESR_{BAT} + N_{FET} \cdot R_{DS(ON)}) + V_{PTC}$$

図 5 は、 V_{DIFF} のそれぞれの値についてシステムを通過する電流と、PTC サーミスタを通過する電流、またはバランス電流 (I_{BAL}) を示したものです。システム曲線は、 V_{DIFF} の関数として示されるバランス電流の軌跡です。回路内の寄生抵抗にかかる追加の電圧降下が発生するため、差分トリップ電圧は PTC トリップ電圧

よりも高い電圧まで増大します。差電圧が増大すると、 R_{PTC} が R_{TOTAL} の大部分を占めるようになり、2 つの曲線は重なっていきます。

差電圧が V_{TRIP} を超えると、PTC 抵抗が増大するため、バランス電流は低下します。差電圧が V_{TRIP} よりも低いとき、バランス電流は差電圧 ÷ 回路の総抵抗で与えられます。バッテリー電圧が 12.5V で補助セルの電圧が 12.0V の場合、生成されるバランス電流は 1.12A で、図 5 の I-V 曲線と一致します。

まとめ

LTC3305 は鉛蓄電池の直列スタックおよび補助ストレージセルの全体にわたって電圧をバランスさせます。バランス電流は、セラミック PTC サーミスタを使用して制御できます。PTC サーミスタに指定されているトリップ電流とコールド抵抗のパラメータ、および他のバランス回路の寄生抵抗を使用して、バッテリーと補助セルとの間の各差電圧についてバランス電流を予測することが可能です。

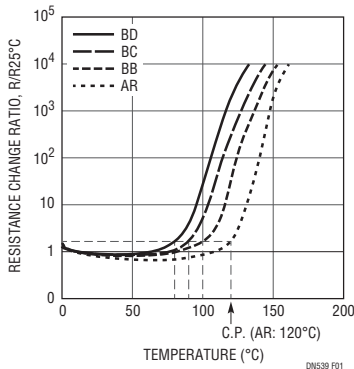


図 1. Murata PTC サーミスタの抵抗 - 温度特性

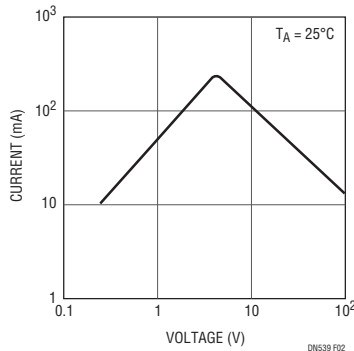


図 2. PTC の電力 - 電圧特性曲線

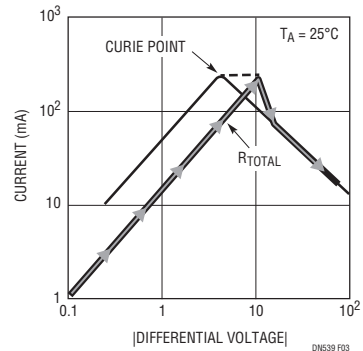


図 3. PTC 特性曲線上に R_{TOTAL} を重ねた図

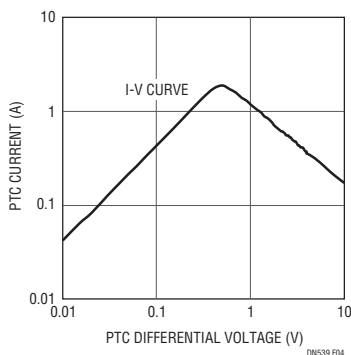


図 4. 設計例の PTC I-V 特性曲線

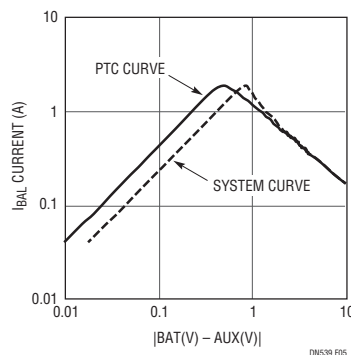


図 5. システムの I-V 特性曲線。システム曲線と V_{DIFF} 、および PTC 曲線と V_{PTC}

データシートのダウンロード

www.linear-tech.co.jp/LTC3305

リニアテクノロジー株式会社

102-0094 東京都千代田区紀尾井町 3-6 紀尾井町パークビル 8F
TEL(03)5226-7291 FAX(03)5226-0268
<http://www.linear-tech.co.jp>

dn539f LT/AP 0615 • PRINTED IN JAPAN

 LINEAR TECHNOLOGY
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2015