

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-201345
(P2009-201345A)

(43) 公開日 平成21年9月3日(2009.9.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2J 7/02 (2006.01)	HO2J 7/02 H	5G503
HO1M 10/44 (2006.01)	HO1M 10/44 Z	5H030
HO1M 10/42 (2006.01)	HO1M 10/42 P	

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L 外国語出願 (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2008-330833 (P2008-330833)	(71) 出願人 500521843 オートー マイクロ, インコーポレーテッド アメリカ合衆国 95054 カリフォルニア州, サンタ クララ, パトリック ヘンリー ドライヴ 3118
(22) 出願日 平成20年12月25日 (2008.12.25)	(74) 代理人 100064908 弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号 12/005, 507	(74) 代理人 100089037 弁理士 渡邊 隆
(32) 優先日 平成19年12月27日 (2007.12.27)	(74) 代理人 100108453 弁理士 村山 靖彦
(33) 優先権主張国 米国 (US)	(74) 代理人 100110364 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

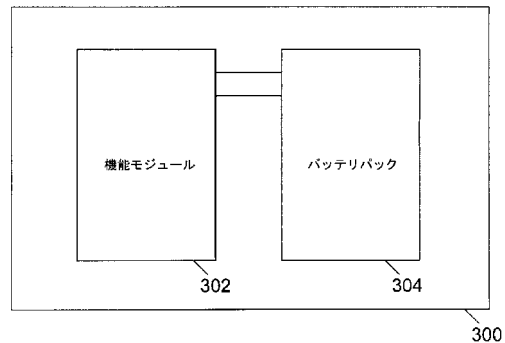
(54) 【発明の名称】 電流レギュレータを使用した電池セルバランスシステム

(57) 【要約】

【課題】セルをバランスするために使用されるセルバランス回路を提供する。

【解決手段】本発明の一実施形態によると、前記セルバランス回路は、前記セルに接続されたバイパス経路、前記バイパス経路に接続された電流レギュレータ、および放出コントロールスイッチを具備する。前記電流レギュレータは、電流を生成するとともに前記バイパス経路のコンダクタンスステータスをコントロールするために使用可能である。前記放出コントロールスイッチは、前記電流レギュレータにより生成される電流に応じて前記バイパス経路を形成する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セルのバイパス電流をイネーブルするためにセルに接続されたバイパス経路と、
前記バイパス経路のコンダクタンスステータスをコントロールする電流を生成するために前記バイパス経路に接続された電流レギュレータと、
前記電流に応じて前記バイパス経路を形成するための放出コントロールスイッチと、
を具備することを特徴とするセルバランシング回路。

【請求項 2】

前記バイパス経路と前記電流レギュレータ間に接続された抵抗器をさらに具備し、
前記抵抗器を流れる前記電流は前記抵抗器における電圧降下を生じさせ、
前記バイパス経路の前記コンダクタンスステータスは、前記電圧降下により決定されることを特徴とする請求項 1 に記載のセルバランシング回路。

10

【請求項 3】

前記バイパス経路は、前記放出コントロールスイッチを具備し、
前記放出コントロールスイッチのコンダクタンスステータスは、前記抵抗器における前記電圧降下により決定されることを特徴とする請求項 2 に記載のセルバランシング回路。

【請求項 4】

前記電流レギュレータは、電力源から前記セルの負極へ流れる前記電流を生成するために使用可能な電流源を具備することを特徴とする請求項 1 に記載のセルバランシング回路。

20

【請求項 5】

前記電流レギュレータは、前記セルの正極からグランドへ流れる前記電流を生成するために使用可能な電流シンクを具備することを特徴とする請求項 1 に記載のセルバランシング回路。

【請求項 6】

もし前記セルがアンバランスならば、前記電流レギュレータをコントロールするとともに前記電流レギュレータをイネーブルするために前記電流レギュレータに接続された電流レギュレータコントロールユニットをさらに具備することを特徴とする請求項 1 に記載のセルバランシング回路。

【請求項 7】

前記セルの第 1 セル電圧と前記第 1 セルに直列に接続されている他のセルの第 2 セル電圧間の電圧差が所定の閾値よりも大きい場合には前記セルはアンバランスであることを特徴とする請求項 6 に記載のセルバランシング回路。

30

【請求項 8】

前記セルの電圧が所定の閾値よりも大きい場合には、前記セルはアンバランスであることを特徴とする請求項 6 に記載のセルバランシング回路。

【請求項 9】

複数のセルを備えるバッテリーパックであって、
対応するセルのバイパス電流をイネーブルするために前記複数のセルに対応するセルそれぞれと接続されている複数のバイパス経路と、
前記複数のセルをバランシングするために前記複数のセルと接続されたコントローラと

40

を具備し、

前記コントローラは、

対応するバイパス経路のコンダクタンスステータスをコントロールする電流を生成するために前記複数のバイパス経路の対応するバイパス経路にそれぞれ接続されている複数の電流レギュレータと、

前記電流に応じて前記複数のバイパス経路の 1 つを形成するための複数の放出コントロールスイッチと、

を具備することを特徴とするバッテリーパック。

50

【請求項 10】

前記複数のバイパス経路と前記複数の電流レギュレータ間にそれぞれ接続されている複数の抵抗器をさらに具備し、

前記電流は複数の抵抗器の対応する抵抗器に流れ、前記対応する抵抗器に電圧降下を生じさせ、

前記対応するバイパス経路の前記コンダクタンスステータスは、前記電圧降下により決定されることを特徴とする請求項 9 に記載のバッテリーパック。

【請求項 11】

前記複数のバイパス経路のそれぞれは、対応する放出コントロールスイッチを具備し、

前記対応する放出コントロールスイッチのコンダクタンスステータスは、前記電圧降下により決定されることを特徴とする請求項 10 に記載のバッテリーパック。

【請求項 12】

前記複数の電流レギュレータは、前記複数のセルの 1 つの正極からグランドへ流れる前記電流を生成するために使用可能な電流シンクを具備することを特徴とする請求項 9 に記載のバッテリーパック。

【請求項 13】

前記電流レギュレータのそれぞれは、電力源から前記複数のセルの 1 つの負極へ流れる前記電流を生成するために使用可能な電流源を具備することを特徴とする請求項 9 に記載のバッテリーパック。

【請求項 14】

前記複数のセルのうち 1 つのセルがアンバランスならば、前記コントローラは対応する電流レギュレータをイネーブルすることを特徴とする請求項 9 に記載のバッテリーパック。

【請求項 15】

前記 1 つのセルの第 1 セル電圧と他のセルの第 2 セル電圧間の電圧差が、所定の閾値よりも大きい場合には、前記 1 つのセルはアンバランスであることを特徴とする請求項 14 に記載のバッテリーパック。

【請求項 16】

前記 1 つのセルの電圧が所定の閾値よりも大きい場合には、前記 1 つのセルは、アンバランスであることを特徴とする請求項 14 に記載のバッテリーパック。

【請求項 17】

セルをバラシングするための方法であって、
もし前記セルがアンバランスならば、電流レギュレータにより電流を生成するステップと、

前記電流に応じて前記セルと接続されたバイパス経路を形成するステップと、

前記バイパス経路を通して流れるように前記セルのバイパス電流をイネーブルするステップと、

を具備することを特徴とする方法。

【請求項 18】

前記バイパス経路と前記電流レギュレータの間に接続された抵抗器において電圧降下を生じさせるステップをさらに具備し、

前記電流は前記抵抗器を通して流れることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記電圧降下に応じて前記バイパス経路の放出コントロールスイッチをオンするステップをさらに具備することを特徴とする請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

もし、前記セルの電圧が所定の閾値よりも大きい場合には前記セルはアンバランスであることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 21】

もし前記セルの第 1 セル電圧と前記セルと直列に接続された他のセルの第 2 セル電圧間の電圧差が所定の閾値よりも大きい場合には前記セルはアンバランスであることを特徴と

10

20

30

40

50

する請求項 17 に記載の方法。

【請求項 22】

機能を実行するための機能モジュールと、
前記機能モジュールに電力を供給するためのバッテリーパックと、
を具備し、
前記バッテリーパックは、
前記対応するセルのバイパス電流をイネーブルするために複数のセルの対応するセルとそれぞれ接続されている複数のバイパス経路と、
前記複数のセルをパランシングするために前記複数のセルと接続されているコントローラと、
前記電流に応じて前記複数のバイパス経路をそれぞれ形成するための複数の放出コントロールスイッチと、
を具備し、

10

前記コントローラは、前記対応するバイパス経路のコンダクタンスステータスをコントロールする電流を生成するために前記複数のバイパス経路の対応するバイパス経路にそれぞれ接続されている複数の電流レギュレータを具備することを特徴とする電気システム。

【請求項 23】

前記複数のバイパス経路と前記複数の電流レギュレータの間にそれぞれ接続されている複数の抵抗器をさらに具備し、
前記電流は、対応する抵抗器において電圧降下を生じさせるために対応する抵抗器を通して流れ、
前記バイパス経路の前記コンダクタンスステータスは、前記電圧降下により決定されることを特徴とする請求項 22 に記載の電気システム。

20

【請求項 24】

複数のバイパス経路のそれぞれは、対応する放出コントロールスイッチを具備し、
前記対応する放出コントロールスイッチのコンダクタンスステータスは、前記電圧降下により決定されることを特徴とする請求項 23 に記載の電気システム。

【請求項 25】

前記複数の電流レギュレータのそれぞれは、前記電流を生成するために使用可能である電流シンクを具備し、
前記電流は、前記複数のセルの 1 つの正極からグランドへ流れることを特徴とする請求項 22 に記載の電気システム。

30

【請求項 26】

前記複数の電流レギュレータのそれぞれは、前記電流を生成するために使用可能である電流源を具備し、
前記電流は、電力源から前記複数のセルの 1 つの負極へ流れることを特徴とする請求項 22 に記載の電気システム。

【請求項 27】

前記コントローラは、もし前記複数のセルの 1 つのセルがアンバランスならば、対応する電流レギュレータをイネーブルすることを特徴とする請求項 22 に記載の電気システム。

40

【請求項 28】

もし前記 1 つのセルの第 1 セル電圧と、他のセルの第 2 セル電圧間の電圧差が所定の閾値よりも大きい場合には、前記 1 つのセルはアンバランスであることを特徴とする請求項 27 に記載の電気システム。

【請求項 29】

もし前記 1 つのセルの電圧が所定の閾値よりも大きい場合には、前記 1 つのセルはアンバランスであることを特徴とする請求項 27 に記載の電気システム。

【請求項 30】

前記機能モジュールは中央演算装置(CPU)を具備することを特徴とする請求項 22 に記載の電気システム。

50

【請求項 3 1】

前記機能モジュールは、車のモータを具備することを特徴とする請求項 2 2 に記載の電気システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、電池保護システムに関する。さらに詳しくは、電池セルバランシングシステムに関する。

【0002】

この出願は、2007年10月9日に提出した米国仮特許出願第60/998,104号の優先権を主張する。これを引用することによりその全体が本明細書に組み込まれる。

10

【背景技術】**【0003】**

DC電圧電源として使用される典型的なリチウム・イオン(Li-Ion)バッテリーパックは、通常、直列に接続された電池セルのグループを具備している。

【0004】

通常操作により前記バッテリーパックの充電および放電を長期間にわたり繰り返していると、セル間のセル電圧に変動が現れる。直列接続された一連の(in a series string) 1つまたは複数のセルは、他に比べて充電が早かったり遅かったりするため、アンバランスな状態となる。

20

【0005】

図1は、外部のバイパス経路を制御するための専用のピン(pin)を使用した従来のセルバランシング回路を示している。セル102の正極(アノード)は、第1抵抗器108を介してコントローラ110のBAT1端子に接続されている。セル102の負極(カソード)は、第2抵抗器106を介してコントローラ110のBAT0端子に接続されている。外部のバイパス経路は、セル102に並列接続されている。前記バイパス経路は、電流制限抵抗器(current limiting resistor)101を具備し、放出(bleeding)コントロールスイッチ104は、前記電流制限抵抗器101に直列に接続されている。前記スイッチ104は、専用ピンCBを介してコントローラ110により制御される。

【0006】

30

アンバランス状態が発生したとき、例えば、セル102の電圧が、前記バッテリーパックの他のセル(簡潔化と明瞭性のために図1には示していない)よりも大きいときには、前記コントローラ110は、放出電流が外部バイパスを流れるようにイネーブルするための前記スイッチ104をオンにする。その結果、前記バッテリーパックのセル電圧のバランシングが図れる。この方法のひとつの欠点は、放出コントロールスイッチ104への余分なCBピンが必要となることから費用が増加するという点である。

【0007】

図2は、放出コントロールスイッチの制御に内部スイッチを使用する他の従来のセルバランシング回路を示している。図1と同じ符号付の要素は同様の機能を有するので、簡潔化と明瞭性のために本明細書では繰り返し説明しない。コントローラ210内部において、内部スイッチ212は、BAT1端子とBAT0端子間に接続されている。前記内部スイッチは、同様にコントローラ210内部にある内部スイッチコントロールユニット214により制御されている。

40

【0008】

図2において、抵抗器106での電圧降下は、放出コントロールスイッチ104のコンダクタンスステータスを決定する。さらに、内部スイッチ212が内部スイッチコントロールユニット214からのコントロール信号によりオンになるとき、前記抵抗器106での電圧降下は、抵抗器108および抵抗器106を具備する分圧器により決定される。抵抗器106の電圧降下自体は小さい(例えばセル電圧の半分)。

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

この方法には他にもいくつかの欠点がある。第1に、前記抵抗器106の電圧降下が小さいため、放出コントロールスイッチ104が抵抗器106における小さな電圧降下でもオンできるように放出コントロールスイッチ104の閾値電圧を十分に低くしなければならない(例えば1Vなど)。もし、前記放出コントロールスイッチ104がMOSFETであるならば、低い閾値電圧のMOSFETである必要がありうる。そのようなMOSFETは、一般に高価であり、回路の総費用を増加させてしまう。

【0010】

第2に、直列に接続されたセルのグループの場合を考えると、近傍のセルの放出コントロールスイッチは、同時にはイネーブル(enabled)にできないため、セルグループを有するバッテリーパックのための前記バランシング回路の実際使用を制限する原因となる。図2においては、バイパス経路を形成するために、内部スイッチ212がオンされBAT0端子から抵抗器106を通りセル102の負極に電流が流れる。もしセル102に直列に接続された第2セル(簡潔化と明瞭性のために図2には示していない)が存在した場合、前記抵抗器106は、第2セルの正極とコントローラ210の間に接続される。第2セルのバイパス経路を形成する(conduct)ためには、放出電流は、第2セルの正極から前記抵抗器106を通過してBAT0端子に流れることが必要となるが、それは電流方向の衝突の結果をもたらす。

10

【0011】

第3に、前記セル電圧は、前記放出コントロールスイッチ104が確実に操作可能となりうるだけ十分に高い必要がある。もしセル電圧がかなり低い場合には、前記放出コントロールスイッチ104のゲートからソース間の電圧 V_{gs} (それは、前記抵抗器106の電圧降下である)は、前記放出コントロールスイッチ104の閾値電圧よりも決して大きくはならない。たとえ内部スイッチ212がオンしてもスイッチ104それ自体がオンしない。したがって、この方法はLiFePo4セルのような低電圧セルには適用できない。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一構成によれば、セルをバランシングするために使用されるセルバランシング回路が提供される。前記セルバランシング回路は、セルに接続されたバイパス経路と、前記バイパス経路に接続された電流レギュレータと、放出コントロールスイッチと、を具備する。前記電流レギュレータは、電流を生成するとともに前記バイパス経路のコンダクタンスステータスを制御することが可能である。前記放出コントロールスイッチは、前記電流レギュレータにより生成される電流に応じて前記バイパス経路を形成する(conduct)。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

本発明の実施形態における機能および利点は、符号で要素を示している図面を参照しながらの以下の詳細な記載により明白になる。

【0014】

【図1】専用ピンを使用してバイパス経路をイネーブルまたはディスエーブルする従来のセルバランシング回路を示す図である。

40

【図2】内部スイッチにより制御される放出コントロールスイッチを備えた他の従来のセルバランシング回路を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態における電気システムを示す図である。

【図4】本発明の一実施形態におけるセルバランシング回路を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態におけるセルバランシング回路を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態におけるセルグループをバランシングするためのセルバランシング回路を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態におけるセルグループをバランシングするためのセルバランシング回路を示す図である。

【図8】本発明の一実施形態におけるセルをバランスする方法のフローチャートを示す図

50

である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本明細書には、いくつかの本発明の実施形態が詳細になされている。本発明は、これらの実施形態とともに説明されているが、本発明をこれらの実施形態に限定する目的ではないことは、理解されよう。開示された本発明の付加的な利点および特徴は、以下の詳細な説明から当業者にとって自明である。説明するように、本開示により、本開示の精神から逸脱することなくすべてのあらゆる点から修正可能となる。従って図面と記載は、説明のためのものであり、限定するためのものではない。

【0016】

図3は、機能モジュール302と、バッテリーパック304と、を具備する電気システム300を示している。前記バッテリーパック304は、電池セルのグループを有する。前記機能モジュール302は、前記バッテリーパック304を備えるとともに、1つまたは複数の機能を実行可能である。前記電気システム300は、コンピュータシステム、車、電気バイク、無停電電源装置などであってよいが、それらに限定されない。一実施形態では、前記機能モジュール302は、コンピュータシステムの中央演算処理装置(CPU)を備える。一実施形態では、前記機能モジュール302は、車のモータ(vehicle motor)である。

【0017】

本発明によると、一実施形態では、ピン数を減らすとともに、バッテリーセル電圧が低くても動作可能な前記バッテリーパック304のための電池セルバランシング回路が提供される。一実施形態では前記セルバランシング回路は、バッテリーセルのバイパス経路を制御するのに電流レギュレータを使用する。電池セルのバイパス経路を形成するための放出コントロールスイッチは、さまざまなスイッチの型であってよく、低閾値電圧(例えば1Vなど)のスイッチに限定されないことが有利である。さらに、一実施形態では、前記電池セルバランシング回路は、例えば隣接セルを同時にバランスさせるなど多数のセルを同時にバランスさせることが可能である。

【0018】

図4は、本発明における一実施形態のセルバランシング回路400を示している。図4の一実施形態における前記バランシング回路400は、セル102のバイパス経路のコンダクタンスステータスを制御するために、例えば内部電流シンク(sink)414などといった定電流レギュレータを使用している。一実施形態においては、前記電流レギュレータ414は、前記バイパス経路のコンダクタンスステータスを制御するための電流を生成するために前記バイパス経路に接続されている。一実施形態においては、前記バイパス経路は、前記電流レギュレータ414により生成される電流に応じて形成される(オンされる)。

【0019】

バッテリーパックにおける前記セル102の正極(アノード)は、第1抵抗器408を介してコントローラ410のBAT1端子に接続されている。前記セル102の負極(カソード)は、第2抵抗器406を介して前記コントローラ410のBAT0端子に接続されている。バイパス経路は、前記セル102のバイパス電流をイネーブルするために前記セル102に並列に接続されている。

【0020】

一実施形態において、前記バイパス経路は、放出(バランシング)コントロールスイッチ404を備えるとともに、電流制限抵抗器401と直列に接続されている。一実施形態において、前記放出コントロールスイッチ404は、P型金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ(PMOSFET)であってよい。前記放出コントロールスイッチ404は、前記電流レギュレータ414により生成される電流に応じて前記バイパス経路を形成することができる。一実施形態において、前記抵抗器408は、前記バイパス経路と前記電流シンク414の間に接続されている。前記放出コントロールスイッチ404のコンダクタンスステータスは、図4の例における抵抗器408での電圧降下に等しいゲート-ソース間電圧 V_{gs} により決定される。一実施形態において、コントローラ410は、前記バッテリーパックの充電および/または放電を制御するために使用されるとともに、前記バッテリーパックのための保護機能(例えば、過電圧保護

10

20

30

40

50

、過電流保護、低電圧保護、セルのバランスなど)を果たしている。前記コントローラ410は、前記バッテリーパックに組み込んでよい。前記コントローラ410は、BAT1端子とグラウンドの間に接続された電流シンク414のような電流レギュレータを備えてもよい。前記電流シンク414は、前記セル102の正極から前記抵抗器408を介しグラウンドへ流れるシンク電流を提供するために使用可能であるとともに、前記バイパス経路のコンダクタンスステータスをコントロールするために使用可能である。言い換えれば、電流シンク414は、前記セル102の正極から電流をシンクする。前記シンク電流は、前記抵抗器408を介して流れるため、それにより前記抵抗器408での電圧降下を引き起こす。そのように(as such)、前記バイパス経路のコンダクタンスステータスは、前記抵抗器408の電圧降下により決定されうる。

10

【0021】

前記コントローラ410は、電流シンク414をコントロール(例えばイネーブル/ディスエーブル)するために使用可能な電流シンクコントロールユニット412をさらに具備する。一実施形態において、前記電流シンクコントロールユニット412は、前記セル102をモニターするとともに、もしセル102がアンバランスならば電流シンク414をイネーブルにする。一実施形態において、もしセル102の電圧が所定の閾値よりも大きい場合にはセル102はアンバランスである。他の実施形態において、同一バッテリーパック内におけるセル102の電圧と他のセル(簡略化と明確化のために図4には示していない)の電圧差が所定の閾値よりも大きい場合には、セル102はアンバランスである。他の実施形態において、前記セル102の前記バイパス経路は、前記コントローラ410の内部に構築してもよい。

20

【0022】

図示するために、前記抵抗器408の抵抗は1 K Ω 、電流シンク414により供給される前記シンク電流は3 mA、そして前記放出コントロールスイッチ404の閾値電圧は-1 Vであると仮定した。しかし、本開示における前記セルバランス回路は、そのような特定の値に限定されるものではない。

【0023】

操作中に、もしアンバランス状態が発生した場合(例えば、前記バッテリーパックの充電/放電/待機段階中)には、前記電流シンク414は、前記セル102の正極から前記抵抗器408を介してグラウンドへ流れるシンク電流、例えば3 mA、を提供するように前記電流シンクコントロールユニット412によりイネーブルされる。前述のように、前記抵抗器408における電圧降下は3 Vである。従って、一実施形態において、前記放出コントロールスイッチ404のゲート-ソース間電圧 V_{gs} は、-3 Vであり、前記放出コントロールスイッチ404は、オンされる。ひとたび前記放出コントロールスイッチ404がオンされると、対応するバイパス経路が形成される(オンされる)。その結果、放出電流(バランス電流)は前記バイパス経路を通過して流れ、前記バッテリーパックのセル電圧をバランスする。例えば電池の充電段階の間、もし放出電流が前記セル102のためにイネーブルとなれば、前記セル102の充電電流の一部は前記バイパス経路を介して分路され、従って前記セル102の充電速度が落ちるため、セルのアンバランスは、一定時間のバランス後には減少/解消される。一実施形態においては、その一定時間は前記電流シンクコントロールユニット412により決定される。

30

40

【0024】

図5には、本発明の一実施形態におけるセルバランス回路500が図示されている。図4と同じ符号の要素は同様の機能を有し、簡潔化と明瞭性のためにここでは詳細に説明しない。一実施形態において、図5におけるバランス回路500は、バッテリーパック内のセル102のバイパス経路におけるコンダクタンスステータスを制御するために、例えば内部電流源514といった定電流レギュレータを使用している。一実施形態において、前記電流レギュレータ514は、前記バイパス経路のコンダクタンスステータスを制御する電流を生成するために前記バイパス経路に接続されている。一実施形態において、前記バイパス経路は、前記電流源514により生成された電流に応じて形成される(オンする)。

【0025】

50

一実施形態においては、放出コントロールスイッチ504は、N型金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ(NMOSFET)であってよい。前記放出コントロールスイッチ504は、電流レギュレータ514により生成された電流に応じて前記バイパス経路を形成する。前記セル102の正極は、第1抵抗器408を介してコントローラ510のBAT1端子に接続されている。前記セル102の前記負極は、第2抵抗器406を介して前記コントローラ510のBAT0端子に接続されている。前記放出コントロールスイッチ504のコンダクタンスステータスは、図5に例示した前記抵抗器406における電圧降下に等しいゲート-ソース間電圧 V_{gs} により決定される。

一実施形態において、前記コントローラ510は、前記バッテリーパックの充電および/または放電を制御するために使用されるとともに、前記バッテリーパックのための保護機能(例えば、過電圧保護, 過電流保護, 低電圧保護, セルのバランシングなど)を果している。

前記コントローラ510は、前記バッテリーパックに組み込んでよい。一実施形態において、前記コントローラ510は、BAT0端子と電力源 V_{cc} 513の間に接続された電流源514を備えてもよい。前記電流源514は、電力源513から前記抵抗器406を介して前記セル102の前記負極へ流れるソース電流を提供するために使用可能であるとともに、前記バイパス経路のコンダクタンスステータスをコントロールするためにも使用可能である。言い換えれば、前記電流源514は、前記セル102の前記負極への電流のソースである。前記ソース電流は、前記抵抗器406を流れるため、前記抵抗器406において電圧降下を生じさせる。前述のように、前記バイパス経路のコンダクタンスステータスは、前記抵抗器406にわたる電圧降下により決定されうる。

10

20

【0026】

前記コントローラ510は、前記電流源514をコントロールするため(例えば、イネーブル/ディスエーブル)に使用可能な電流源コントロールユニット512をさらに具備する。一実施形態において、前記電流源コントロールユニット512は、前記セル102をモニターし、もしセル102がアンバランスならば前記電流源514をイネーブルする。一実施形態において、もしセル102の電圧が所定の閾値よりも大きい場合にはセル102はアンバランスである。他の実施形態において、同一バッテリーパック内におけるセル102の電圧と他のセル(簡略化と明確化のために図5には示していない)の電圧差が所定の閾値よりも大きい場合には、セル102はアンバランスである。他の実施形態において、前記セル102の前記バイパス経路は、前記コントローラ510の内部に構築してもよい。

30

【0027】

図示するために、抵抗器406の抵抗は1 K Ω , 前記電流源514により提供されるソース電流は3 mA, そして前記放出コントロールスイッチ504の閾値電圧は1 Vであると仮定した。しかし、本開示における前記セルバランシング回路は、そのような特定の値に限定されるものではない。

【0028】

もしアンバランス状態が発生した場合には、電力源513から前記抵抗器406を通過して前記セル102の前記負極へ流れるソース電流、例えば3 mA、を提供するように、前記電流源514は、前記電流源コントロールユニット512によりイネーブルされる。前述したように、前記抵抗器406における前記電圧降下は3 Vである。したがって、一実施形態において、前記放出コントロールスイッチ504のゲート-ソース間電圧 V_{gs} は、3 Vであり、前記放出コントロールスイッチ504は、オンされる。ひとたび前記放出コントロールスイッチ504がオンされると、対応するバイパス経路が形成される(オンされる)。その結果、放出電流(バランシング電流)は前記バイパス経路を介して流れ、前記バッテリーパックのセル電圧をバランシングする。一実施形態においては、放出時間は、電流源コントロールユニット512により決定される。

40

【0029】

図6は、本発明の一実施形態におけるバッテリーパック内の直列接続されたセルのグループであるセル-1からセル-Nのバランシングのためのセルバランシング回路を示している。セル-1~セル-Nは、直列に接続されている。簡潔化と明瞭性のために前記セルのすべてが図6に示されているわけではない。複数のバイパス経路は、それぞれ前記セルのセル-1~

50

セル-Nに接続されており、複数のバイパス経路のそれぞれは、対応するセルのバイパス電流をイネーブルするために使用可能である。一実施形態において、それぞれのバイパス経路は、対応する放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nおよび直列に接続された対応する抵抗器Rc-1~Rc-Nを具備する。したがって、バイパス経路のコンダクタンスステータスは、対応する放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nのコンダクタンスステータスにより決定される。それぞれの前記放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nは、PMOSFETであってよい。簡潔化および明瞭性のために、すべての前記放出コントロールスイッチおよび抵抗器が図6に示されているわけではない。

【0030】

コントローラ610は、複数のセルのセル-1~セル-Nをバランスングするために複数のセルのセル-1~セル-Nに接続されている。前記コントローラ610は、例えば電流シンク614-1~614-Nといった複数の電流レギュレータを具備し、複数のバイパス経路にそれぞれ接続されている。複数の電流レギュレータ614-1~614-Nのそれぞれは、対応するバイパス経路のコンダクタンスステータスを制御するための、対応するセルの正極からグランドへ流れる電流を生成するのに使用可能である。前記対応するバイパス経路は、前記電流に応じて形成される(オンされる)。それぞれの放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nは、対応する電流レギュレータ614-1~614-Nから生成された電流に応じて、対応するバイパス経路を形成される(オンする)。前記セルセル-1~セル-Nの端子は、前記コントローラ610の端子BAT0~BATNにそれぞれ抵抗器R0-0~R0-Nを介して接続されている。一実施形態において、端子BAT1~BATNは、前記コントローラ610の電流シンク614-1~614-Nを介してグランドに接続されている。簡潔化および明瞭性のために、すべての端子、抵抗器、および電流シンクが図6に示されているわけではない。一実施形態において、複数の電流レギュレータ614-1~614-Nのそれぞれは、対応する抵抗器R0-0~R0-N-1を流れる電流を生成するために使用可能であり、対応する抵抗器R0-0~R0-N-1における電圧降下を生じる。一実施形態において、対応する放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nの前記コンダクタンスステータスは、対応する抵抗器R0-0~R0-N-1における電圧降下により決定される。

【0031】

一実施形態において、前記コントローラ610は、電流シンク614-1~614-Nをコントロールするために使用可能な電流シンクコントロールユニット612を具備してもよい。一実施形態において、もし対応するセルのセル-1~セル-Nがアンバランスならば、前記コントローラ610内の前記電流シンクコントロールユニット612は、対応する電流シンク614-1~614-Nをイネーブルする。前記電流シンク614-1~614-Nは、前記電流シンクコントロールユニット612により個別にまたは同時にイネーブルまたはディスエーブルされる。したがって、前記バランス回路はそれぞれのセルの状態に従ってセルのグループをバランスングするために使用可能である。

【0032】

図7は、本発明の一実施形態におけるバッテリーパック内の直列接続されたセルのグループであるセル-1~セル-Nをバランスングするためのセルバランスング回路を示している。セル-1~セル-Nは、直列に接続されている。簡潔化と明瞭性のために前記セルのすべてが図6に示されているわけではない。複数のバイパス経路は、それぞれ前記セルのセル-1~セル-Nに接続されており、複数のバイパス経路のそれぞれは、対応するセルのバイパス電流をイネーブルするために使用可能である。一実施形態において、それぞれのバイパス経路は、対応する放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nおよび直列に接続された抵抗器Rc-1~Rc-Nを具備する。したがって、バイパス経路のコンダクタンスステータスは、対応する放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nのコンダクタンスステータスにより決定される。それぞれの前記放出コントロールスイッチQ1-1~Q1-Nは、NMOSFETであってよい。簡潔化および明瞭性のために、すべての前記放出コントロールスイッチおよび抵抗器が図7に示されているわけではない。

【0033】

コントローラ710は、複数のセルのセル-1~セル-Nをバランスングするために複数のセ

10

20

30

40

50

ルのセル-1～セル-Nに接続されている。前記コントローラ710は、例えば電流源714-1～714-Nといった複数の電流レギュレータを具備し、複数のバイパス経路にそれぞれ接続されている。複数の電流レギュレータ714-1～714-Nのそれぞれは、対応するバイパス経路のコンダクタンスステータスを制御するための、電力源718から対応するセルの負極へ流れる電流を生成するために使用可能である。対応するバイパス経路は、前記電流に対応して形成される(オンされる)。それぞれの放出コントロールスイッチQ1-1～Q1-Nは、対応する電流レギュレータ714-1～714-Nから生成される電流に応じて対応するバイパス経路を形成する(オンする)。前記セルのセル-1～セル-Nの端子は、前記コントローラ710に端子BAT0～BATNから抵抗器R0-0～R0-Nをそれぞれ介して接続されている。一実施形態において、端子BAT0～BATN-1は、前記コントローラ710内の電流源714-1～714-Nを介し電力源Vcc718に接続されている。簡潔化と明瞭性のために、すべての端子、抵抗器、および電流源が図7に示されているわけではない。一実施形態において、複数の電流レギュレータ714-1～714-Nのそれぞれは、対応する抵抗器R0-0～R0-N-1を流れる電流を生成するのに使用可能であり、対応する抵抗器R0-0～R0-N-1における電圧降下を生じさせる。一実施形態において、対応する放出コントロールスイッチQ1-1～Q1-Nの前記コンダクタンスステータスは、対応する抵抗器R0-0～R0-N-1における電圧降下により決定される。

10

20

30

40

50

【0034】

一実施形態において、前記コントローラ710は、電流源714-1～714-Nをコントロールするために使用可能な電流源コントロールユニット712を具備してもよい。一実施形態において、もし対応するセルのセル-1～セル-Nがアンバランスならば、前記コントローラ710内の前記電流源コントロールユニット712は対応する電流源714-1～714-Nをイネーブルする。前記電流源714-1～714-Nは、前記電流源コントロールユニット712により個別にまたは同時にイネーブルまたはディスエーブルされる。したがって、前記バランス回路は、それぞれのセルの状態に従ってセルのグループをバランスするために使用可能である。

【0035】

図8は、本発明の一実施形態におけるセルのバランスのための方法のフローチャート800を示している。図8は、図4および図5とともに説明される。ブロック802において、もしセル102がアンバランスならば、例えば電流シンク414または電流源514といった電流レギュレータにより電流が生成される。前述したように、前記バイパス経路と前記電流レギュレータ間に接続された抵抗器408/406における電圧降下が発生する(図8のステップには示していない)。一実施形態において、放出コントロールスイッチ404/504は、前記抵抗器408/406における電圧降下に応じてオンされる(図8のステップには示していない)。したがって、ブロック804では、前記セル102に接続されているバイパス経路は、前記電流レギュレータにより生成された電流に応じて形成される(オンされる)。ブロック806では、バイパス電流が前記バイパス経路を流れるようにイネーブルされる。

【0036】

上述の実施形態で使用されるPMOSFETおよびNMOSFETは、本開示の範囲から逸脱することなくコンダクタンスステータスが電圧降下によりコントロール可能な他の種類のスイッチと置き換え可能である。前記抵抗器もまた本開示の範囲から逸脱することなく電圧降下が電流フローにより生じるような抵抗またはインピーダンスを有する他の種類の部品と置き換え可能である。本発明は、それら同等な実施形態をカバーすることを目的とする。

【0037】

本発明において有利なのは、バイパス経路をコントロールするための拡張ピンが不要であるので費用の削減が可能であるところである。さらに、本発明におけるセルバランス回路は、異なる型のバッテリーセルに応用可能である。なぜなら、放出コントロールスイッチのコンダクタンスステータスは、セル電圧により影響を受けないからである。一実施形態において、本発明はさらに、隣接したセルを同時にバランスすることが可能である。本発明の一実施形態において、電流レギュレータは、コントローラへ流れこむか(電流シンクが図6に示すように使用される場合)、またはコントローラから流れ出すか(電流

源が図7に示すように使用される場合)、という同一方向の電流を生成する。従って、電流方向の衝突は生じない。それゆえ、一実施形態において、隣接したセルか、隣接していないセルかを問わず、多数のセルが1つのコントローラにより同時にバランス可能である。一実施形態において、前記セルバランス回路は、電池の充電、電池の放電および待機状態で使用される。

【0038】

本明細書で使用された用語および表現は、説明のために使用されたものであり、限定するためのものではない。図示され、説明された機能(またはその一部)と均等なものを除外するというような意図もない。特許請求の範囲内でさまざまな改良が可能なが理解される。他の改良、バリエーション、および代替物もまた可能である。したがって、特許請求の範囲は、そのような均等なものすべてをカバーすることを目的としている。

10

【符号の説明】

【0039】

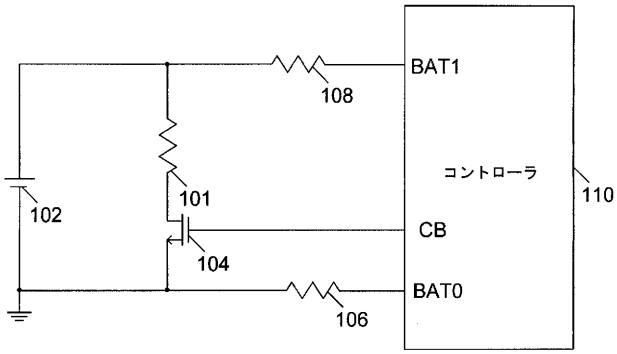
101	電流制限抵抗器
102	セル
104	コントロールスイッチ
108	第1抵抗器
106	第2抵抗器
110	コントローラ
210	コントローラ
212	内部スイッチ
214	内部スイッチコントロールユニット
300	電気システム
302	機能モジュール
304	バッテリーパック
400	セルバランス回路
404	放出コントロールスイッチ
406	第2抵抗器
408	第1抵抗器
410	コントローラ
412	電流シンクコントロールユニット
414	電流レギュレータ、電流シンク
500	バランス回路
504	放出コントロールスイッチ
510	コントローラ
512	電流源コントロールユニット
513	電力源
514	内部電流源
610	コントローラ
612	電流シンクコントロールユニット
614	電流レギュレータ、電流シンク
710	コントローラ
712	電流源コントロールユニット
714	電流レギュレータ、電流源
718	電力源

20

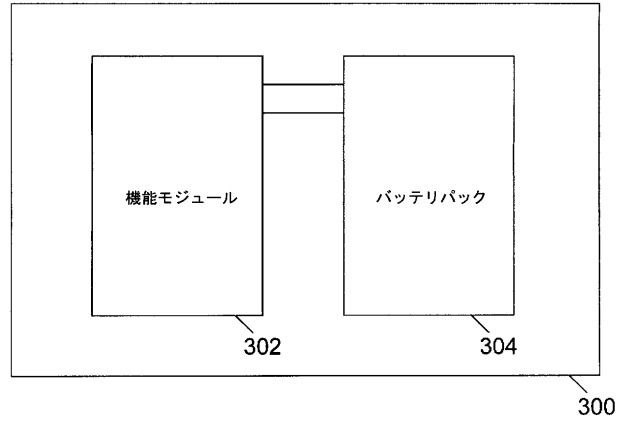
30

40

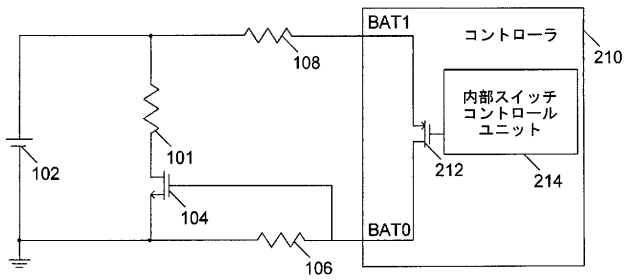
【図1】



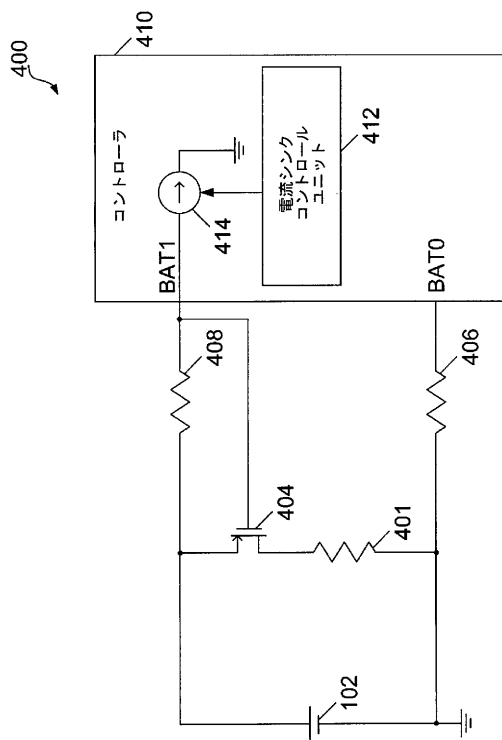
【図3】



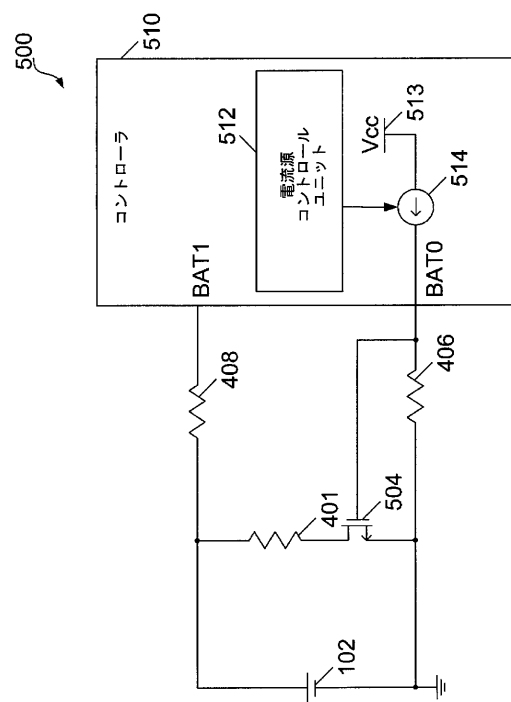
【図2】



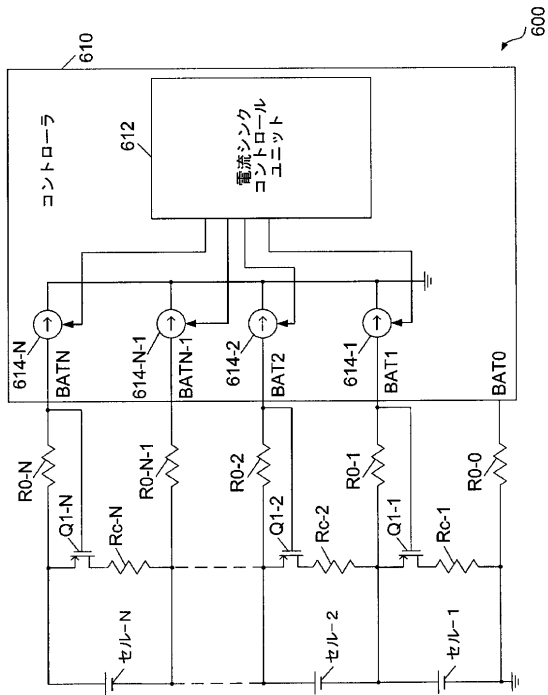
【図4】



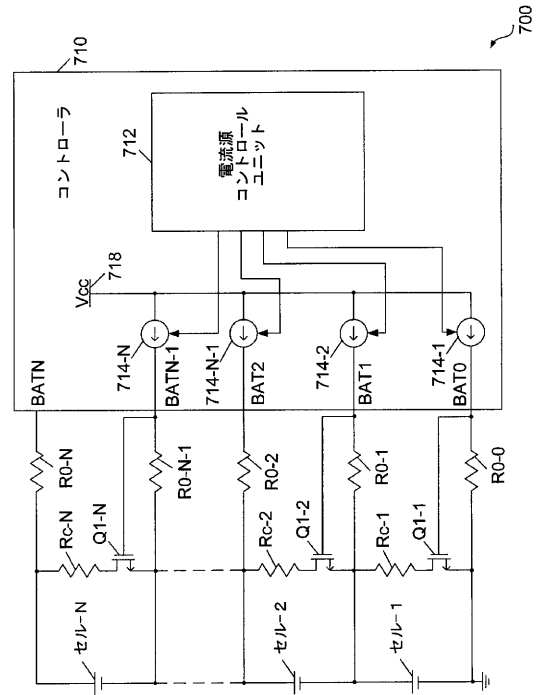
【図5】



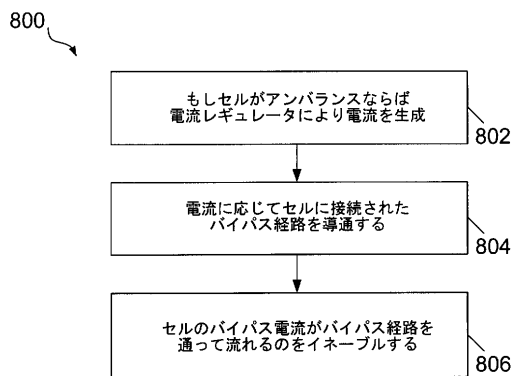
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 シャオフェイ・ゴン

中華人民共和国・201203・シャンハイ・プ・ドン・ニュー・エリア・ザン・ジン・ハイ・テ
ク・パーク・ソン・タオ・ロード・ナンバー・560・ザン・ジン・マンション・2B

(72)発明者 アンクァン・シャオ

中華人民共和国・201203・シャンハイ・プ・ドン・ニュー・エリア・ザン・ジン・ハイ・テ
ク・パーク・ソン・タオ・ロード・ナンバー・560・ザン・ジン・マンション・2B

Fターム(参考) 5G503 AA01 BA03 BB02 CA02 GA01 HA01 HA03

5H030 AA01 AA10 AS03 AS08 BB03 BB26 DD20 FF42

【外国語明細書】

BATTERY CELL BALANCING SYSTEMS USING CURRENT REGULATORS

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0001] This application claims priority to U.S. provisional application, serial number 60/998,104, filed on October 9, 2007, which is hereby incorporated by reference in its entirety.

TECHNICAL FIELD

[0002] The invention relates to battery protection systems, and more particularly to battery cell balancing systems.

BACKGROUND

[0003] Used as a DC voltage power supply, a typical Lithium-Ion (Li-Ion) battery pack usually includes a group of battery cells connected in series.

[0004] Charging and discharging the battery pack through normal operation over time may result in cell-to-cell variations in cell voltages. When one or more cells in a series string charge faster or slower than the others, an unbalanced condition may occur.

[0005] FIG. 1 illustrates a conventional cell balancing circuit using a dedicated pin to control an external bypass path. The positive terminal (anode) of a cell 102 is coupled to a controller 110 at terminal BAT1 through a first resistor 108. The negative terminal (cathode) of the cell 102 is coupled to the controller 110 at terminal BAT0 through a second resistor 106. An external bypass path is parallel-connected with the cell 102. The bypass path can include a current limiting resistor 101 and a bleeding control switch 104 connected in series with the current limiting resistor 101. The switch 104 is controlled by a controller 110 via a dedicated pin CB.

[0006] When an unbalanced condition occurs, for example, a voltage of cell 102 is greater than that of any other cell (not shown in FIG. 1 for purposes of brevity and clarity) in the battery pack, the controller 110 may turn on the switch 104 to enable a bleeding current to flow through the external bypass path, thereby balancing cell voltages in the battery pack. One of the disadvantages of this method is that an extra pin CB is needed to control the bleeding control switch 104, which can increase the cost.

[0007] FIG. 2 shows another conventional cell balancing circuit using an internal switch to control a bleeding control switch. Elements labeled the same as in FIG. 1 have similar functions and will not be repetitively described herein for purposes of brevity and clarity. In the controller 210, an internal switch 212 is coupled between terminal BAT1 and terminal BAT0, and is under control of an internal switch control unit 214 which is also located in the controller 210.

[0008] In FIG. 2, a voltage drop on the resistor 106 determines a conductance status of the bleeding control switch 104. Furthermore, when internal switch 212 is turned on by a control signal from the internal switch control unit 214, the voltage drop on the resistor 106 is determined by a voltage divider including resistor 108 and resistor 106. As such, the voltage drop on the resistor 106 may be small (e.g., half of the cell voltage).

[0009] There are also some disadvantages of this method. Firstly, since the voltage drop on the resistor 106 may be small, the threshold voltage of the bleeding control switch 104 may have to be low enough (e.g., 1V) such that the bleeding control switch 104 is able to be turned on by the small voltage drop across the resistor 106. If the bleeding control switch 104 is a MOSFET, then it may need to be a MOSFET with a

lower threshold voltage. Such MOSFET is generally expensive, which will increase the total cost of the circuit.

[0010] Secondly, considering a group of series-connected cells, bleeding control switches of neighboring cells can not be simultaneously enabled, which leads to limited practical usage of the balancing circuit for a battery pack having a group of cells. In FIG. 2, in order to conduct the bypass path, internal switch 212 is turned on and a current flows from terminal BAT0, through the resistor 106 to the negative terminal of the cell 102. If there is a second cell (not shown in FIG. 2 for purposes of brevity and clarity) connected in series with cell 102, the resistor 106 is coupled between the positive terminal of the second cell and the controller 210. In order to conduct the bypass path of the second cell, a bleeding current needs to flow from a positive terminal of the second cell, through the resistor 106 to terminal BAT0, which may result in a confliction of the current direction.

[0011] Thirdly, the cell voltage may need to be high enough to ensure that the bleeding control switch 104 can be operable. If the cell voltage is too low, the gate-to-source voltage V_{gs} of the bleeding control switch 104 (that is, the voltage drop on the resistor 106) may never be greater than the threshold voltage of the bleeding control switch 104. As such, the switch 104 may not be turned on even if internal switch 212 is turned on. Consequently, this method may not be applicable for low voltage cells, such as LiFePo4 cells.

SUMMARY

[0012] According to one embodiment of the invention, there is provided a cell balancing circuit used for balancing a cell. The cell balancing circuit includes a bypass path coupled to the cell, a current regulator coupled to the bypass path, and a bleeding control switch. The current regulator is operable for producing a current and for controlling a conductance status of the bypass path. The bleeding control switch conducts the bypass path in response to the current produced by the current regulator.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0013] Features and advantages of embodiments of the invention will become apparent as the following detailed description proceeds, and upon reference to the drawings, where like numerals depict like elements, and in which:

[0014] FIG. 1 illustrates a conventional cell balancing circuit using a dedicated pin to enable or disable a bypass path.

[0015] FIG. 2 illustrates another conventional cell balancing circuit with a bleeding control switch controlled by an internal switch.

[0016] Fig. 3 illustrates an electrical system, in accordance with one embodiment of the present invention.

[0017] FIG. 4 illustrates a cell balancing circuit, in accordance with one embodiment of the present invention.

[0018] FIG. 5 illustrates a cell balancing circuit, in accordance with one embodiment of the present invention.

[0019] FIG. 6 illustrates a cell balancing circuit for balancing a group of cells, in accordance with one embodiment of the present invention.

[0020] FIG. 7 illustrates a cell balancing circuit for balancing a group of cells, in accordance with one embodiment of the present invention.

[0021] FIG. 8 illustrates a flowchart of a method to balance a cell, in accordance with one embodiment of the present invention.

DETAILED DESCRIPTION

[0022] Reference will now be made in detail to the embodiments of the present invention. While the invention will be described in conjunction with these embodiments, it will be understood that they are not intended to limit the invention to these embodiments. Additional advantages and aspects of the present disclosure will become readily apparent to those skilled in the art from the following detailed description. As will be described, the present disclosure is capable of modification in various obvious respects, all without departing from the spirit of the present disclosure. Accordingly, the drawings and description are to be regarded as illustrative in nature, and not as limitative.

[0023] FIG. 3 illustrates an electrical system 300 including a functional module 302 and a battery pack 304. The battery pack 304 includes a group of battery cells. The functional module 302 is powered by the battery pack 304 and can perform one or more functions. The electrical system 300 can include, but is not limited to, a computer system, a vehicle, an electrical bike, an uninterruptible power supply, etc. In one embodiment, the functional module 302 includes a central processing unit (CPU) of a computer system. In one embodiment, the functional module 302 includes a vehicle motor of a vehicle.

[0024] According to the present invention, in one embodiment, it is provided a battery cell balancing circuit for the battery pack 304, which reduces pin numbers and can be operable even if a battery cell voltage is low. The cell balancing circuit uses a current regulator to control a bypass path of a battery cell, in one embodiment.

Advantageously, a bleeding control switch for conducting a bypass path of a battery cell can be various types of switches and is not limited to a switch with a low threshold voltage (e.g., 1V). Furthermore, in one embodiment, the battery cell balancing circuit is able to balance multiple cells simultaneously, e.g., to balance neighboring cells simultaneously.

[0025] FIG. 4 illustrates a cell balancing circuit 400, in accordance with one embodiment of the present invention. The balancing circuit 400 in FIG. 4 utilizes a constant current regulator, e.g., an internal current sink 414, to control a conductance status of a bypass path of a cell 102, in one embodiment. In one embodiment, the current regulator 414 is coupled to the bypass path for producing a current to control a conductance status of the bypass path. The bypass path is conducted (turned on) in response to the current produced by the current regulator 414, in one embodiment.

[0026] The positive terminal (anode) of the cell 102 in a battery pack is coupled to a controller 410 at terminal BAT1 through a first resistor 408. The negative terminal (cathode) of the cell 102 is coupled to the controller 410 at terminal BAT0 through a second resistor 406. A bypass path is parallel-connected with the cell 102 for enabling a bypass current of the cell 102.

[0027] In one embodiment, the bypass path includes a bleeding (balancing) control switch 404 and a current limiting resistor 401 coupled in series. In one embodiment, the bleeding control switch 404 can be a P channel metal oxide semiconductor field effect transistor (PMOSFET). The bleeding control switch 404 can conduct the bypass path in response to the current produced by the current regulator 414. In one

embodiment, the resistor 408 is coupled between the bypass path and the current sink 414. A conductance status of the bleeding control switch 404 is determined by its gate-to-source voltage V_{gs} , which is equal to a voltage drop on the resistor 408, in the example of FIG. 4. In one embodiment, a controller 410 can be used to control a charging and/or discharging of the battery pack, and can be used to perform protection functions (e.g., over-voltage protection, over-current protection, under-voltage protection, cell balancing) for the battery pack. The controller 410 can be integrated in the battery pack. The controller 410 can include a current regulator shown as a current sink 414 coupled between terminal BAT1 and ground. The current sink 414 is operable for providing a sink current flowing from the positive terminal of the cell 102 through the resistor 408 to ground and for controlling a conductance status of the bypass path. In other words, the current sink 414 sinks current from the positive terminal of the cell 102. The sink current flows through the resistor 408, thereby producing a voltage drop on the resistor 408. As such, the conductance status of the bypass path can be determined by the voltage drop across the resistor 408.

[0028] The controller 410 may further include a current sink control unit 412 which is operable for controlling (e.g., enable/disable) the current sink 414. In one embodiment, the current sink control unit 412 monitors the cell 102 and enables the current sink 414 if cell 102 is unbalanced. In one embodiment, cell 102 is unbalanced if a voltage of cell 102 is greater than a predetermined threshold. In an alternative embodiment, cell 102 is unbalanced if a difference between the voltage of cell 102 and a voltage of another cell (not shown in FIG. 4 for purposes of brevity and clarity) in the same battery pack is

greater than a predetermined threshold. In an alternate embodiment, the bypass path of the cell 102 can be built inside the controller 410.

[0029] For illustration purposes, it is assumed that a resistance of the resistor 408 is 1K Ω , the sink current provided by the current sink 414 is 3mA, and the threshold voltage of the bleeding control switch 404 is -1V. However, the cell balancing circuit in the present disclosure is not limited to such specific values.

[0030] In operation, if an unbalanced condition occurs (e.g., during a charging/discharging/standby phase of the battery pack), the current sink 414 can be enabled by the current sink control unit 412 to provide a sink current, e.g., 3mA, flowing from the positive terminal of the cell 102 through the resistor 408 to ground. As such, the voltage drop on the resistor 408 is 3V. Therefore, the gate-to-source voltage V_{gs} of the bleeding control switch 404 is -3V and the bleeding control switch 404 is turned on, in one embodiment. Once the bleeding control switch 404 is turned on, the corresponding bypass path is conducted (turned on). As a result, a bleeding current (balancing current) can flow through the bypass path, thus balancing the cell voltages in the battery pack. For example, during a battery charging phase, if a bleeding current is enabled for the cell 102, part of the charging current of the cell 102 can be shunted away via the bypass path, thus charging of the cell 102 can be slowed down, and the cell unbalance can be reduced/eliminated after balancing for a time period. Such time period can be determined by the current sink control unit 412, in one embodiment.

[0031] FIG. 5 illustrates a cell balancing circuit 500, in accordance with one embodiment of the present invention. Elements labeled the same as in FIG. 4 have

similar functions and will not be detailed described herein for purposes of brevity and clarity. The balancing circuit 500 in FIG. 5 utilizes a constant current regulator, e.g., an internal current source 514 to control a conductance status of a bypass path of a cell 102 in a battery pack, in one embodiment. In one embodiment, the current regulator 514 is coupled to the bypass path for producing a current to control a conductance status of the bypass path. The bypass path is conducted (turned on) in response to the current produced by the current source 514, in one embodiment.

[0032] In one embodiment, a bleeding control switch 504 can be an N channel metal oxide semiconductor field effect transistor (NMOSFET). The bleeding control switch 504 can conduct the bypass path in response to the current produced by the current regulator 514. The positive terminal of the cell 102 is coupled to a controller 510 at terminal BAT1 through a first resistor 408. The negative terminal of the cell 102 is coupled to the controller 510 at terminal BAT0 through a second resistor 406. A conductance status of the bleeding control switch 504 is determined by its gate-to-source voltage V_{gs} , which is equal to a voltage drop on the resistor 406, in the example of FIG. 5. In one embodiment, the controller 510 can be used to control a charging and/or discharging of the battery pack, and can be used to perform protection functions (e.g., over-voltage protection, over-current protection, under-voltage protection, cell balancing) for the battery pack. The controller 510 can be integrated in the battery pack. In one embodiment, the controller 510 can include a current source 514 which is coupled between terminal BAT0 and a power supply V_{cc} 513. The current source 514 is operable for providing a source current flowing from the power supply 513

through the resistor 406 to the negative terminal of the cell 102 and for controlling a conductance status of the bypass path. In other words, the current source 514 sources current to the negative terminal of the cell 102. The source current flows through the resistor 406, thereby producing a voltage drop on the resistor 406. As such, the conductance status of the bypass path can be determined by the voltage drop across the resistor 406.

[0033] The controller 510 may further include a current source control unit 512 which is operable for controlling (e.g., enable/disable) the current source 514. In one embodiment, the current source control unit 512 monitors the cell 102 and enables the current source 514 if cell 102 is unbalanced. In one embodiment, cell 102 is unbalanced if a voltage of cell 102 is greater than a predetermined threshold. In an alternative embodiment, cell 102 is unbalanced if a difference between the voltage of cell 102 and a voltage of another cell (not shown in FIG. 5 for purposes of brevity and clarity) in the same battery pack is greater than a predetermined threshold. In an alternate embodiment, the bypass path of the cell 102 can be built inside the controller 510.

[0034] For illustration purposes, it is assumed that a resistance of resistor 406 is 1K Ω , the source current provided by the current source 514 is 3mA, and the threshold voltage of the bleeding control switch 504 is 1V. However, the cell balancing circuit in the present disclosure is not limited to such specific values.

[0035] If an unbalanced condition occurs, the current source 514 can be enabled by the current source control unit 512 to provide a source current, e.g., 3mA, flowing from the power supply 513 to the negative terminal of the cell 102 through the resistor 406.

As such, the voltage drop across the resistor 406 is 3V. Therefore, the gate-to-source voltage V_{gs} of the bleeding control switch 504 is 3V and the bleeding control switch 504 is turned on, in one embodiment. Once the bleeding control switch 504 is turned on, the corresponding bypass path is conducted (turned on). Consequently, a bleeding current (balancing current) can flow through the bypass path, thus balancing the cell voltages in the battery pack. A bleeding time period can be determined by the current source control unit 512, in one embodiment.

[0036] FIG. 6 illustrates a cell balancing circuit for balancing a group of series-connected cells cell-1 ~ cell-N in a battery pack, in accordance with one embodiment of the present invention. Cell-1 ~ cell-N are coupled in series. Not all of the cells are shown in FIG. 6 for purposes of brevity and clarity. A plurality of bypass paths are coupled to the cells cell-1 ~ cell-N respectively, and each of the plurality of bypass paths is operable for enabling a bypass current of a corresponding cell. In one embodiment, each bypass path can include a corresponding bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N and a corresponding resistor R_c-1 ~ R_c-N coupled in series. Therefore, a conductance status of a bypass path is determined by a conductance status of a corresponding bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N. Each of the bleeding control switches Q1-1 ~ Q1-N can be a PMOSFET. Not all of the bleeding control switches and resistors are shown in FIG. 6 for purposes of brevity and clarity.

[0037] A controller 610 is coupled to the plurality of cells cell-1 ~ cell-N for balancing the plurality of cells cell-1 ~ cell-N. The controller 610 comprises a plurality of current regulators, e.g., current sinks 614-1 ~ 614-N, which are coupled to the plurality of bypass

paths respectively. Each of the plurality of current regulators 614-1 ~ 614-N is operable for producing a current flowing from a positive terminal of a corresponding cell to ground to control a conductance status of a corresponding bypass path, and the corresponding bypass path is conducted (turned on) in response to the current. Each bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N can conduct (turn on) a corresponding bypass path in response to the current produced from a corresponding current regulator 614-1 ~ 614-N. Terminals of the cells cell-1 ~ cell-N are coupled to the controller 610 at terminals BAT0 ~ BATN through resistors R0-0 ~ R0-N respectively. In one embodiment, terminals BAT1 ~ BATN are coupled to ground through current sinks 614-1 ~ 614-N in the controller 610. Not all of the terminals, resistors, and current sinks are shown in FIG. 6 for purposes of brevity and clarity. In one embodiment, each of the plurality of current regulators 614-1 ~ 614-N is operable for producing a current flowing through a corresponding resistor R0-0 ~ R0-N-1, which produces a voltage drop on the corresponding resistor R0-0 ~ R0-N-1. The conductance status of a corresponding bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N is determined by a voltage drop on the corresponding resistor R0-0 ~ R0-N-1, in one embodiment.

[0038] In one embodiment, the controller 610 can include a current sink control unit 612 which is operable for controlling current sinks 614-1 ~ 614-N. In one embodiment, the current sink control unit 612 in the controller 610 enables a corresponding current sink 614-1 ~ 614-N if a corresponding cell cell-1 ~ cell-N is unbalanced. The current sinks 614-1 ~ 614-N can be enabled or disabled independently or simultaneously by the

current sink control unit 612. Consequently, the balancing circuit can be operable for balancing the group of cells according to the state of each cell.

[0039] FIG. 7 illustrates a cell balancing circuit for balancing a group of series-connected cells cell-1 ~ cell-N in a battery pack, in accordance with one embodiment of the present invention. Cell-1 ~ cell-N are coupled in series. Not all of the cells are shown in FIG. 7 for purposes of brevity and clarity. A plurality of bypass paths are coupled to the cells cell-1 ~ cell-N respectively, and each of the plurality of bypass paths is operable for enabling a bypass current of a corresponding cell. In one embodiment, each bypass path can include a corresponding bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N and a resistor Rc-1 ~ Rc-N coupled in series. Therefore, a conductance status of a bypass path is determined by a conductance status of a corresponding bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N. Each of the bleeding control switches Q1-1 ~ Q1-N can be an NMOSFET. Not all of the bleeding control switches and resistors are shown in FIG. 7 for purposes of brevity and clarity.

[0040] A controller 710 is coupled to the plurality of cells cell-1 ~ cell-N for balancing the plurality of cells cell-1 ~ cell-N. The controller 710 comprises a plurality of current regulators, e.g., current sources 714-1 ~ 714-N, which are coupled to the plurality of bypass paths respectively. Each of the plurality of current regulators 714-1 ~ 714-N is operable for producing a current flowing from a power supply 718 to a negative terminal of a corresponding cell to control a conductance status of a corresponding bypass path, and the corresponding bypass path is conducted (turned on) in response to the current. Each bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N can conduct (turn on) a corresponding

bypass path in response to the current produced from a corresponding current regulator 714-1 ~ 714-N. Terminals of the cells cell-1 ~ cell-N are coupled to the controller 710 at terminals BAT0 ~ BATN through resistors R0-0 ~ R0-N respectively. In one embodiment, terminals BAT0 ~ BATN-1 are coupled to a power supply Vcc 718 through current sources 714-1 ~ 714-N in the controller 710. Not all of the terminals, resistors, and current sources are shown in FIG. 7 for purposes of brevity and clarity. In one embodiment, each of the plurality of current regulators 714-1 ~ 714-N is operable for producing a current flowing through a corresponding resistor R0-0 ~ R0-N-1, which produces a voltage drop on the corresponding resistor R0-0 ~ R0-N-1. The conductance status of a corresponding bleeding control switch Q1-1 ~ Q1-N is determined by a voltage drop on the corresponding resistor R0-0 ~ R0-N-1, in one embodiment.

[0041] In one embodiment, the controller 710 can include a current source control unit 712 which is operable for controlling current source 714-1 ~ 714-N. In one embodiment, the current source control unit 712 in the controller 710 enables a corresponding current source 714-1 ~ 714-N if a corresponding cell cell-1 ~ cell-N is unbalanced. The current source 714-1 ~ 714-N can be enabled or disabled independently or simultaneously by the current source control unit 712. Consequently, the balancing circuit can be operable for balancing a group of cells according to the state of each cell.

[0042] FIG. 8 illustrates a flowchart 800 of a method for balancing a cell, in accordance with one embodiment of the present invention. FIG. 8 is described in

combination with FIG. 4 and 5. In block 802, a current is generated by a current regulator, e.g., a current sink 414 or a current source 514, if a cell 102 is unbalanced. As such, a voltage drop on a resistor 408/406 coupled between the bypass path and the current regulator can be produced (step not shown in FIG. 8). In one embodiment, a bleeding control switch 404/504 can be turned on in response to the voltage drop on the resistor 408/406 (step not shown in FIG. 8). Therefore, in block 804, a bypass path coupled to the cell 102 is conducted (turned on) in response to the current generated by the current regulator. In block 806, a bypass current is enabled to flow through the bypass path.

[0043] The PMOSFET and NMOSFET used in the above embodiments can be replaced by any other type of switches whose conductance status can be controlled by a voltage drop, without departing from the scope of the present disclosure. The resistor can also be replaced by any other type of components with resistance or impedance, across which a voltage drop can be developed due to a current flow, without departing from the scope of the present disclosure. The present invention intends to cover those equivalent embodiments.

[0044] Advantageously, according to the present invention, extra pins for controlling bypass paths are not needed, such that the cost can be reduced. Furthermore, cell balancing circuits in the present invention can be applicable for different types of battery cells, because a conductance status of a bleeding control switches is not affected by a cell voltage. In one embodiment, the present invention is further capable of simultaneously balancing neighboring cells. According to one embodiment of the

present invention, a current regulator generates currents with the same direction either flow into the controller (when current sinks are used as shown in FIG. 6) or flow out of the controller (when current sources are used as shown in FIG. 7). Therefore, there is no confliction of current direction. Consequently, multiple cells, no matter neighboring cells or non-neighboring cells, can be simultaneously balanced by a single controller, in one embodiment. The cell balancing circuits can be used in battery charging and battery discharging, stand-by conditions, in one embodiment.

[0045] The terms and expressions which have been employed herein are used as terms of description and not of limitation, and there is no intention, in the use of such terms and expressions, of excluding any equivalents of the features shown and described (or portions thereof), and it is recognized that various modifications are possible within the scope of the claims. Other modifications, variations, and alternatives are also possible. Accordingly, the claims are intended to cover all such equivalents.

1. A cell balancing circuit comprising:
 - a bypass path coupled to a cell for enabling a bypass current of said cell;
 - a current regulator coupled to said bypass path for producing a current to control a conductance status of said bypass path; and
 - a bleeding control switch for conducting said bypass path in response to said current.

2. The cell balancing circuit of claim 1, further comprising:
 - a resistor coupled between said bypass path and said current regulator,
 - wherein said current flows through said resistor to produce a voltage drop on said resistor, and wherein said conductance status of said bypass path is determined by said voltage drop.

3. The cell balancing circuit of claim 2, wherein said bypass path comprises said bleeding control switch, and wherein a conductance status of said bleeding control switch is determined by said voltage drop on said resistor.

4. The cell balancing circuit of claim 1, wherein said current regulator comprises a current source operable for producing said current flowing from a power supply to a negative terminal of said cell.

5. The cell balancing circuit of claim 1, wherein said current regulator comprises a current sink operable for producing said current flowing from a positive terminal of said cell to ground.

6. The cell balancing circuit of claim 1, further comprising:
a current regulator control unit coupled to said current regulator for controlling said current regulator and for enabling said current regulator if said cell is unbalanced.

7. The cell balancing circuit of claim 6, wherein said cell is unbalanced if a voltage difference between a first cell voltage of said cell and a second cell voltage of another cell in series with said first cell is greater than a predetermined threshold.

8. The cell balancing circuit of claim 6, wherein said cell is unbalanced if a voltage of said cell is greater than a predetermined threshold.

9. A battery pack having a plurality of cells, comprising:
a plurality of bypass paths each coupled to a corresponding cell of said plurality of cells for enabling a bypass current of said corresponding cell; and
a controller coupled to said plurality of cells for balancing said plurality of cells, said controller comprising a plurality of current regulators each coupled to a corresponding bypass path of said plurality of bypass paths for producing a current to control a

conductance status of said corresponding bypass path; and

a plurality of bleeding control switches each for conducting one of said plurality of bypass paths in response to said current.

10. The battery pack of claim 9, further comprising:

a plurality of resistors respectively coupled between said plurality of bypass paths and said plurality of current regulators,

wherein said current flows through a corresponding resistor of said plurality of resistors to produce a voltage drop on said corresponding resistor, and wherein said conductance status of said corresponding bypass path is determined by said voltage drop.

11. The battery pack of claim 10, wherein each of said plurality of bypass paths comprises a corresponding bleeding control switch, and wherein a conductance status of said corresponding bleeding control switch is determined by said voltage drop.

12. The battery pack of claim 9, wherein each of said plurality of current regulators comprises a current sink operable for producing said current flowing from a positive terminal of one of said plurality of cells to ground.

13. The battery pack of claim 9, wherein each of said current regulators comprises a current source operable for producing said current flowing from a power supply to a

negative terminal of one of said plurality of cells.

14. The battery pack of claim 9, wherein said controller enables a corresponding current regulator if one cell of said plurality of cells is unbalanced.

15. The battery pack of claim 14, wherein said one cell is unbalanced if a voltage difference between a first cell voltage of said one cell and a second cell voltage of another cell is greater than a predetermined threshold.

16. The battery pack of claim 14, wherein said one cell is unbalanced if a voltage of said one cell is greater than a predetermined threshold.

17. A method for balancing a cell, comprising:

generating a current by a current regulator if said cell is unbalanced;

conducting a bypass path coupled to said cell in response to said current; and

enabling a bypass current of said cell to flow through said bypass path.

18. The method of claim 17, further comprising:

producing a voltage drop on a resistor coupled between said bypass path and said current regulator,

wherein said current flows through said resistor.

19. The method of claim 18, further comprising:

turning on a bleeding control switch in said bypass path in response to said voltage drop.

20. The method of claim 17, wherein said cell is unbalanced if a voltage of said cell is greater than a predetermined threshold.

21. The method of claim 17, wherein said cell is unbalanced if a voltage difference between a first cell voltage of said cell and a second cell voltage of another cell in series with said cell is greater than a predetermined threshold.

22. An electrical system comprising:

a functional module for performing a function; and

a battery pack for powering said functional module, wherein said battery pack comprises:

a plurality of bypass paths each coupled to a corresponding cell of a plurality of cells for enabling a bypass current of said corresponding cell; and

a controller coupled to said plurality of cells for balancing said plurality of cells, said controller comprising a plurality of current regulators each coupled to a corresponding bypass path of said plurality of bypass paths for producing a current to control a conductance status of said corresponding bypass path; and

a plurality of bleeding control switch each for conducting one of said plurality of

bypass paths in response to said current.

23. The electrical system of claim 22, further comprising:

a plurality of resistors respectively coupled between said plurality of bypass paths and said plurality of current regulators,

wherein said current flows through a corresponding resistor to produce a voltage drop on said corresponding resistor, and wherein said conductance status of said corresponding bypass path is determined by said voltage drop.

24. The electrical system of claim 23, wherein each of said plurality of bypass paths comprises a corresponding bleeding control switch, and wherein a conductance status of said corresponding bleeding control switch is determined by said voltage drop.

25. The electrical system of claim 22, wherein each of said plurality of current regulators comprises a current sink operable for producing said current, and wherein said current flows from a positive terminal of one of said plurality of cells to ground.

26. The electrical system of claim 22, wherein each of said plurality of current regulators comprises a current source operable for producing said current, and wherein said current flows from a power supply to a negative terminal of one of said plurality of cells.

27. The electrical system of claim 22, wherein said controller enables a corresponding

current regulator if one cell of said plurality of cells is unbalanced.

28. The electrical system of claim 27, wherein said one cell is unbalanced if a voltage difference between a first cell voltage of said one cell and a second cell voltage of another cell is greater than a predetermined threshold.

29. The electrical system of claim 27, wherein said one cell is unbalanced if a voltage of said one cell is greater than a predetermined threshold.

30. The electrical system of claim 22, wherein said functional module comprises a central processing unit (CPU).

31. The electrical system of claim 22, wherein said functional module comprises a vehicle motor.

1 Abstract

According to one embodiment of the invention, there is provided a cell balancing circuit used for balancing a cell. The cell balancing circuit includes a bypass path coupled to the cell, a current regulator coupled to the bypass path, and a bleeding control switch. The current regulator is operable for producing a current and for controlling a conductance status of the bypass path. The bleeding control switch conducts the bypass path in response to the current produced by the current regulator.

2 Representative Drawing

Fig. 3

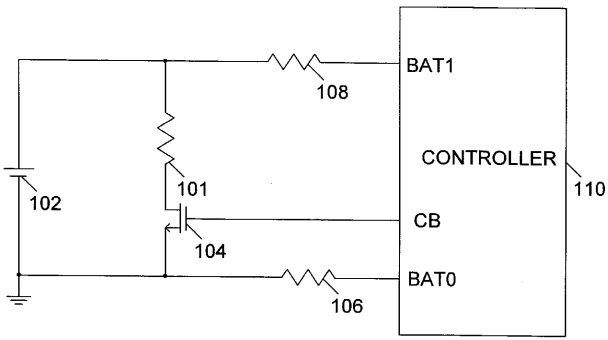


FIG. 1 PRIOR ART

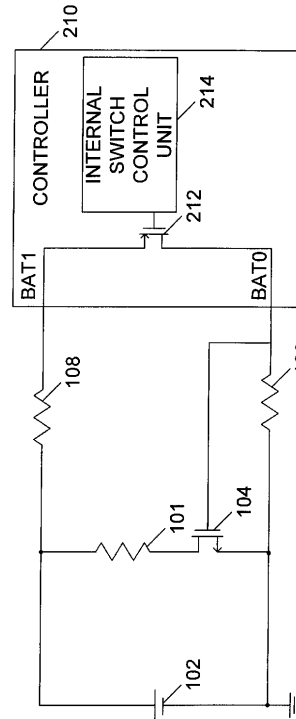


FIG. 2 PRIOR ART

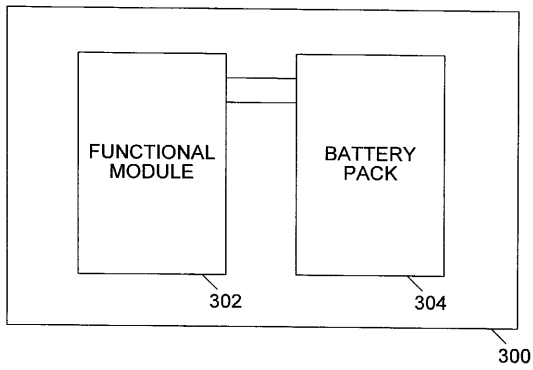


FIG. 3

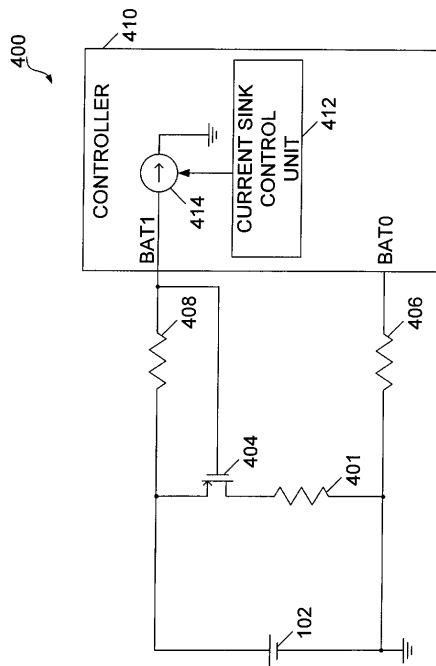


FIG. 4

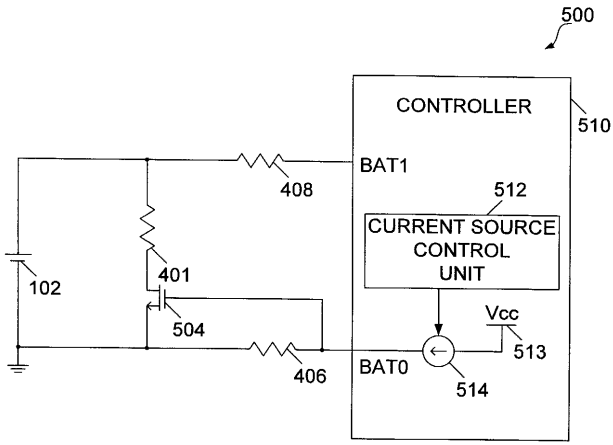


FIG. 5

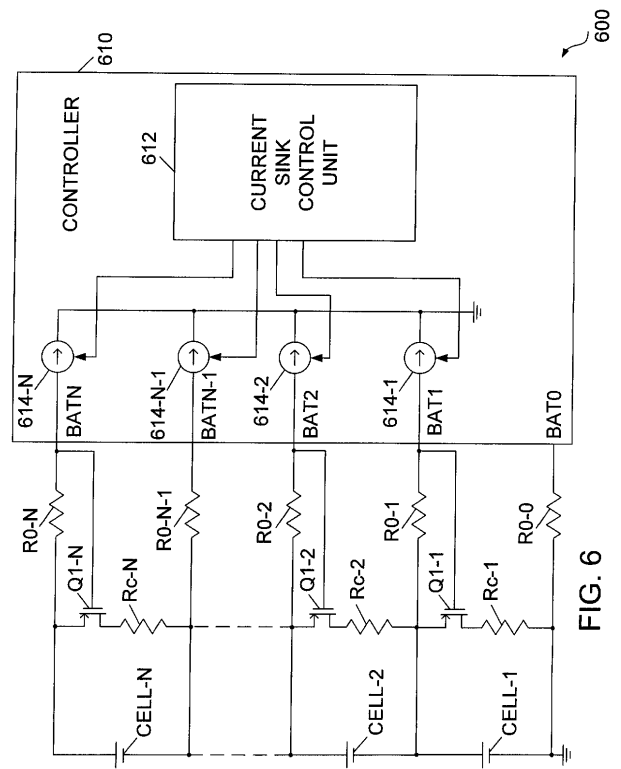


FIG. 6

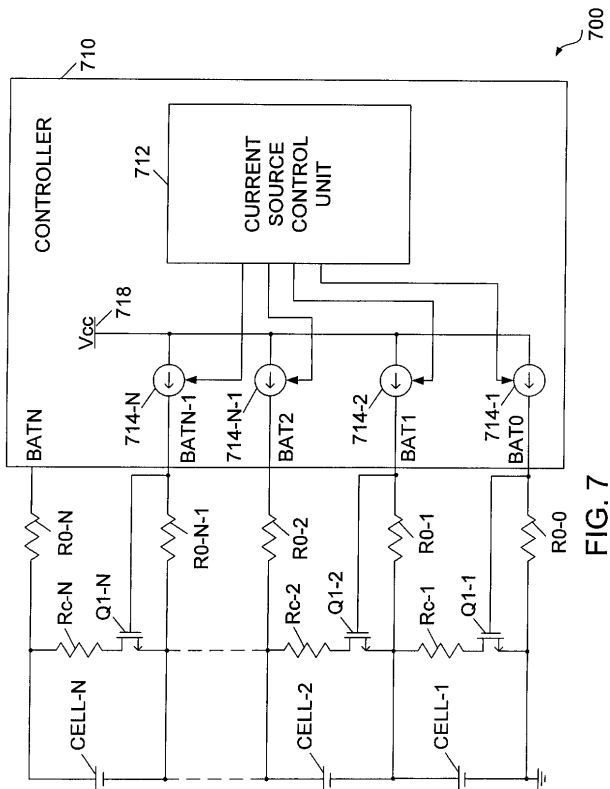


FIG. 7

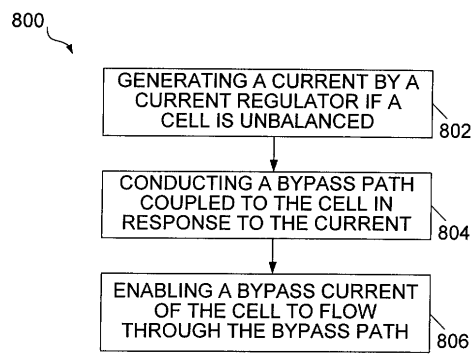


FIG. 8