

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5971626号
(P5971626)

(45) 発行日 平成28年8月17日(2016.8.17)

(24) 登録日 平成28年7月22日(2016.7.22)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 2 J	7/00	(2006.01)	HO 2 J	7/00	S
HO 1 M	10/48	(2006.01)	HO 1 M	10/48	P
HO 1 M	10/44	(2006.01)	HO 1 M	10/44	P

請求項の数 3 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-58175 (P2012-58175)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成24年3月15日 (2012.3.15)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2013-192410 (P2013-192410A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成25年9月26日 (2013.9.26)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成27年1月22日 (2015.1.22)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	山内 晋
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	稲葉 龍
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所 日立研究所内
		審査官	猪瀬 隆広

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の蓄電池を接続してなる電池群と、前記電池群に直列に接続されるスイッチ回路とを有する電池ユニットを、複数並列に接続してなる電池システムであって、

前記スイッチ回路は、第1のスイッチおよび抵抗値が既知のプリチャージ抵抗が直列に接続される第1の回路、並びに、第2のスイッチを有する第2の回路を並列に接続してなり、

複数の前記電池ユニットは、

前記電池群における両端の電圧差を検知する電池群電圧検知部と、

前記電池群に流れる電流を検知する第1の電流検知部と、

をそれぞれを有し、

前記電池システムは、該電池システムに流れる電流を検知する第2の電流検知部を有し、

複数の前記電池ユニットにおける出力を制御するコントローラを備え、

前記コントローラは、

前記電池システム、前記電池ユニット、および、前記電池群の抵抗値を取得する抵抗値取得部と、

前記電池ユニットにおける両端の電圧差を取得する電池ユニット電圧取得部と、

接続対象となる電池ユニットである接続対象電池ユニットにおける前記第1の電流検知部の電流検知情報、前記第2の電流検知部の電流検知情報、前記抵抗値取得部で取得した

抵抗値情報、前記電池群電圧検知部の電圧検知情報、前記電池ユニット電圧取得部で取得した電圧差情報、並びに、前記電池ユニット電圧取得部で取得した電圧差情報に基づき求められる前記接続対象電池ユニットのSOC情報に基づいて、前記接続対象電池ユニットを前記電池システムに接続する際に、前記接続対象電池ユニットにおいて、前記第1のスイッチをオン状態にし、かつ、前記第2のスイッチをオフ状態にした後に、前記第1のスイッチをオフ状態にし、かつ、前記第2のスイッチをオン状態にするように、前記第1および第2のスイッチのオンオフ状態を制御するスイッチ動作制御部と、を備え、

前記コントローラが有する前記スイッチ動作制御部は、

前記電池群の内部抵抗値を、前記第1のスイッチがオン状態のときの、前記第1の電流検知部の前記電池群に係る電流検知情報と、前記電池群電圧検知部の電圧検知情報の比から求め、

10

前記電池システムの内部抵抗値を、前記第1のスイッチがオン状態のときの、前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報、および、前記第1の電流検知部の前記電池群に係る電流検知情報の差と、前記電池群電圧検知部の電圧検知情報の比から求め、

さらに、前記求めた電池システムの内部抵抗値と前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報との積の関数から、前記求めた電池群の内部抵抗値と前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報との積の関数を差し引いた解が、予め定められる範囲内に収束する場合、前記第2のスイッチをオン状態に制御する、

ことを特徴とする電池システム。

20

【請求項2】

請求項1に記載の電池システムであって、

前記コントローラが有する前記スイッチ動作制御部は、前記求めた電池システムの内部抵抗値と前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報との積の関数から、前記求めた電池群の内部抵抗値と前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報との積の関数を差し引いた解が、前記第2の電流検知部の電流検知情報、および、前記電池群の内部抵抗値に基づく演算値と一致する場合、前記第2のスイッチをオン状態に制御する、

ことを特徴とする電池システム。

30

【請求項3】

請求項1又は2に記載の電池システムであって、

前記複数の各電池ユニットは、前記コントローラをそれぞれが有する、

ことを特徴とする電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の蓄電池を接続してなる電池モジュールと、電池モジュールに直列に接続されるスイッチ回路とを有する電池ユニットを、複数並列に接続してなる電池システムに関する。

【背景技術】

40

【0002】

最近時、再生可能エネルギーと呼ばれる、風力発電や太陽光発電などの自然エネルギーに由来する電力系統（発電・変電・送電・配電を統合したシステム）が整備されてきた。再生可能エネルギーを用いた電力系統では、自然環境に及ぼす負荷が少ないという利点がある反面、その発電能力が自然環境に左右される。具体的には、風力や太陽光の強さは時々刻々と変化するため、電力系統に周波数変動や電圧変動などの悪影響を及ぼすことが懸念される。

【0003】

こうした懸念を除くアプローチのひとつとして、近年、電力貯蔵用の電池システムの開発および電力系統への試験的な導入が着実に進みつつある。

50

【0004】

従来の電池システムとして、特許文献1には、複数の蓄電池を接続してなる電池モジュールと、電池モジュールと直列に接続されるスイッチ回路とを有する電池ユニットを、複数並列に接続してなる電池システムであって、電気自動車に搭載されるものが開示されている。

【0005】

詳しく述べると、特許文献1に係る電池システムは、インバータ（直流電力を交流電力に変換する）などの電力装置に対して並列に接続される複数の電池ユニットと、複数の各電池ユニットの電圧値を検出する電圧センサと、複数の電池ユニットにおける出力を制御するコントローラと、を有する。スイッチ回路は、第1のスイッチおよびプリチャージ抵抗が直列に接続される第1の回路、並びに、第2のスイッチを有する第2の回路を並列に接続してなる。第1および第2のスイッチは、コントローラの制御信号にしたがって開閉動作するようになっている。

10

【0006】

特許文献1に係る電池システムでは、例えば、個別の電池ユニットのメンテナンスを行うために、電池システムから電池ユニットを部分的に取り外すことがある。こうして部分的に取り外していた電池ユニットでは、分極などによって蓄電池の内部抵抗が、電池システムに既接続の電池ユニットが有する蓄電池の内部抵抗と異なるものになっていることがある。このような電池ユニットが有する蓄電池の内部抵抗の変動を考慮せずに電池ユニットを電池システムに接続すると、接続対象となる電池ユニットに過大な電流が流れるおそれがあった。

20

【0007】

こうした問題を除くために、接続対象となる電池ユニットを電池システムに接続する際に、コントローラは、まず、第1のスイッチをオフ状態からオン状態に切り替える。これにより、電池ユニットは、プリチャージ抵抗を介して電池システムに接続される。その後、コントローラは、第2のスイッチをオフ状態からオン状態に切り替える。これにより、電池ユニットは、プリチャージ抵抗を介することなく、電池システムに直接接続される。

特許文献1に係る電池システムによれば、接続対象となる電池ユニットを電池システムに接続する際において、その接続直後に流れるおそれのある突入電流などの過大電流を抑制することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2011-211790号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、特許文献1に係る電池システムでは、接続対象となる電池ユニットを電池システムに接続する際において、コントローラは、第1のスイッチをオフ状態からオン状態に切り替えた後、電池システムにおける両端の電圧値と、接続対象となる電池ユニットにおける両端の電圧値との差が、所定値と比べて小さくなったことを確認すると、第2のスイッチをオフ状態からオン状態に切り替えるように制御している（特許文献1の段落番号0131参照）。

40

【0010】

しかしながら、前記の電圧差に基づく第2のスイッチのオフ状態からオン状態への切り替え制御を、例えば、再生可能エネルギーを用いた電力システムにおける電力貯蔵用の電池システムに適用した場合、過大な電流を抑制できない事態を招くおそれがあった。

【0011】

これについて説明すると、放電状態にある電池システムに対し、接続対象となる電池ユニットを接続（第2のスイッチをオフ状態からオン状態に切り替え）した後は、接続後の

50

電池ユニットと比べて、既接続の電池ユニットの方に多量の放電電流が流れる。これは、前記の電池システムでは、未接続の電池ユニットと比べて、既接続の電池ユニットの方が、高い開路電圧（OCV）をもつからである。前記のような放電電流の流通過程を経て、接続後の電池ユニットと、既接続の電池ユニットとのそれぞれに流れる放電電流の大きさは、相互に一致するように経時的に収束してゆく。

【0012】

いま、前記の収束の過程で、接続後の電池システムの状態が、放電から充電へと切り替わったとする。ちなみに、再生可能エネルギーを用いた電力系統における電力貯蔵用の電池システムでは、このような電池システムの状態の切り替わりが突発的に起こり得る。すると、充電電流は、接続後の電池ユニットの方に集中して流れる。前記の電池システムでは、接続後の電池ユニットの方が、既接続の電池ユニットと比べて、低い開路電圧（OCV）をもつからである。

10

【0013】

したがって、前記の電圧差に基づく第2のスイッチのオフ状態からオン状態への切り替え制御を、再生可能エネルギーを用いた電力系統における電力貯蔵用の電池システムに適用した場合に、過大な電流を抑止できない事態を招くおそれがあった。この点、特許文献1に係る電池システムでは、前記のようにして生じるおそれのある過大な電流を抑止する点については言及されていない。

【0014】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、接続対象となる電池ユニットを電池システムに接続した後に、接続後の電池システムの状態が放電から充電へと突発的に切り替わった場合であっても、過大な電流を抑止可能な電池システムを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的を達成するために、本発明に係る電池システムは、複数の蓄電池を接続してなる電池群と、前記電池群に直列に接続されるスイッチ回路とを有する電池ユニットを、複数並列に接続してなる電池システムであって、前記スイッチ回路は、第1のスイッチおよび抵抗値が既知のプリチャージ抵抗が直列に接続される第1の回路、並びに、第2のスイッチを有する第2の回路を並列に接続してなり、複数の前記電池ユニットは、前記電池群における両端の電圧差を検知する電池群電圧検知部と、前記電池群に流れる電流を検知する第1の電流検知部と、をそれぞれを有し、前記電池システムは、該電池システムに流れる電流を検知する第2の電流検知部を有し、複数の前記電池ユニットにおける出力を制御するコントローラを備え、前記コントローラは、前記電池システム、前記電池ユニット、および、前記電池群の抵抗値を取得する抵抗値取得部と、前記電池ユニットにおける両端の電圧差を取得する電池ユニット電圧取得部と、接続対象となる電池ユニットである接続対象電池ユニットにおける前記第1の電流検知部の電流検知情報、前記第2の電流検知部の電流検知情報、前記抵抗値取得部で取得した抵抗値情報、前記電池群電圧検知部の電圧検知情報、前記電池ユニット電圧取得部で取得した電圧差情報、並びに、前記電池ユニット電圧取得部で取得した電圧差情報に基づき求められる前記接続対象電池ユニットのSOC情報に基づいて、前記接続対象電池ユニットを前記電池システムに接続する際に、前記接続対象電池ユニットにおいて、前記第1のスイッチをオン状態にし、かつ、前記第2のスイッチをオフ状態にした後に、前記第1のスイッチをオフ状態にし、かつ、前記第2のスイッチをオン状態にするように、前記第1および第2のスイッチのオンオフ状態を制御するスイッチ動作制御部と、を備え、前記コントローラが有する前記スイッチ動作制御部は、前記電池群の内部抵抗値を、前記第1のスイッチがオン状態のときの、前記第1の電流検知部の前記電池群に係る電流検知情報と、前記電池群電圧検知部の電圧検知情報の比から求め、前記電池システムの内部抵抗値を、前記第1のスイッチがオン状態のときの、前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報、および、前記第1の電流検知部の前記電池群に係る電流検知情報の差と、前記電池群電圧検知部の電圧検知情報の

30

40

50

比から求め、さらに、前記求めた電池システムの内部抵抗値と前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報との積の関数から、前記求めた電池群の内部抵抗値と前記第2の電流検知部の前記電池システムに係る電流検知情報との積の関数を差し引いた解が、予め定められる範囲内に収束する場合、前記第2のスイッチをオン状態に制御することを最も主要な特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る電池システムによれば、接続対象となる電池ユニットを電池システムに接続した後に、接続後の電池システムの状態が放電から充電へと突発的に切り替わった場合であっても、過大な電流を抑止することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明に係る電池システムが適用される電力システムの概要を表すブロック図である。

【図2】本発明に係る電池システムの階層構造を概念的に表すブロック図である。

【図3A】比較例に係る電池システムの回路図である。

【図3B】比較例に係る電池システムのコントローラの入出力信号を表す図である。

【図4A】第2のスイッチのオン条件として等電圧条件を採用した場合の、比較例に係る電池システムの動作説明図である。

【図4B】第2のスイッチのオン条件として等電圧条件を採用した場合の、比較例に係る電池システムの動作説明図である。

20

【図4C】第2のスイッチのオン条件として等SOC条件を採用した場合の、比較例に係る電池システムの動作説明図である。

【図4D】第2のスイッチのオン条件として等SOC条件を採用した場合の、比較例に係る電池システムの動作説明図である。

【図5A】本発明の実施形態に係る電池システムの回路図である。

【図5B】本発明の実施形態に係る電池システムのコントローラの内部構成および入出力信号を表す図である。

【図6】本発明の実施形態に係る電池システムの動作を表すフローチャート図である。

【図7A】第2のスイッチのオン条件として等電流条件を採用した場合の、本発明の実施形態に係る電池システムの動作説明図である。

30

【図7B】第2のスイッチのオン条件として等電流条件を採用した場合の、本発明の実施形態に係る電池システムの動作説明図である。

【図7C】第2のスイッチのオン条件として等電流条件を採用した場合の、本発明の実施形態に係る電池システムの動作説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態に係る電池システムについて、図面を参照して説明する。

【0019】

〔本発明に係る電池システムが適用される電力システムの概要〕

40

はじめに、本発明に係る電池システムが適用される電力システムの概要について、図1を参照して説明する。図1は、本発明に係る電池システム201が適用される電力システム101の概要を表すブロック図である。

【0020】

風力発電や太陽光発電などの自然エネルギーに由来する電力システムでは、自然環境に及ぼす負荷が少ないという利点がある反面、その発電能力が自然環境に左右される。具体的には、風力や太陽光の強さは時々刻々と変化するため、電力システムに周波数変動や電圧変動などの悪影響を及ぼすことが懸念される。

【0021】

こうした懸念を除くアプローチのひとつとして、図1に示すように、自然エネルギー発

50

電装置に電池システムを併設し、電力系統の周波数変動や電圧変動の抑制を図る電力システム 101 が提案された。

【0022】

電力システム 101 は、図 1 に示すように、電力系統 102 と、発電装置 103 と、インバータ 104 と、本発明に係る電池システム 201 とを備えて構成される。

なお、本発明に係る電池システム 201 とは、後記する本発明の実施形態に係る電池システムに相当する電池パック 203 を包括する概念である。

【0023】

発電装置 103 は、例えば、自然エネルギーに由来して発電した電力を電力系統 102 に供給する機能を有する。発電装置 103 と電力系統 102 とを接続する電線 105 には、連結点 A およびインバータ 104 をそれぞれ介して、本発明に係る電池システム 201 が接続されている。

10

【0024】

インバータ 104 は、発電装置 103 で発電された電力を直流電力に変換し、変換した直流電力を電池システム 201 へ送る機能と、電池システム 201 に蓄えられた直流電力を交流電力に変換し、変換した交流電力を電力系統 102 へ送る機能とを有する。負荷への送電は、交流の電力系統 102 を介して行われる。

【0025】

発電装置 103 として自然エネルギー発電装置 103 を採用した場合、その出力は、天候や季節などの自然環境の変化に係る影響を受けて変動する。この出力変動は、電力系統 102 の周波数変動や電圧変動を招き、電力系統 102 の電力品質を低下させる要因となる。

20

【0026】

この点、本発明に係る電池システム 201 は、電力系統 102 の周波数や電圧の変動が所定の範囲内に収まるように機能する。すなわち、電池システム 201 は、電力系統 102 に過剰な電力が供給された場合はその過剰電力を電池システム 201 に充電する一方、電力が不足する場合は電池システム 201 に蓄えられた電力を放電する、いわゆるバッファ機能を有する。これにより、本発明に係る電池システム 201 は、電力系統 102 の周波数変動や電圧変動を抑制することができる。

【0027】

〔本発明に係る電池システム 201 の階層構造〕

次に、本発明に係る電池システム 201 の階層構造について、図 2 を参照して説明する。図 2 は、本発明に係る電池システム 201 の階層構造を概念的に表すブロック図である。

30

【0028】

本発明に係る電池システム 201 は、例えば図 2 に示すように、複数の電池セル（本発明の“蓄電池”に相当する。）217 を接続してなる電池モジュール（本発明の“電池群”および“電池ユニット”に相当する。）213 と、複数の電池モジュール 213 を並列に接続してなる電池パック（本発明の“電池システム”に相当する。）203 と、複数の電池パック 203 を接続してなる電池ブロック 251 とを、相互に階層化して構成されている。

40

【0029】

なお、電池モジュール 213 は、複数の電池セル 217 を直列接続したもの、複数の電池セル 217 を並列接続したもの、並びに、複数の電池セル 217 を直列および並列の組み合わせにより接続したものを含む。

【0030】

電池モジュール 213 は、図 2 に示すように、複数の電池セル 217 と、電池セル監視部（CCU）218 とを備えている。

【0031】

複数の各電池セル 217 は、例えばリチウムイオン電池や鉛電池などの二次電池であり

50

、電力系統 102 からインバータ 104 を介して供給される直流電力を一時的に充電する一方、電池セル 217 に蓄えた直流電力を必要に応じて放電する機能を有する。

【0032】

電池セル監視部 (CCU) 218 は、複数の各電池セル 217 毎の端子間電圧、温度、電流を計測し、各電池セル 217 毎の充電状態 (SOC; State Of Charge) に係る情報を取得する機能を有する。また、電池セル監視部 218 は、複数の各電池セル 217 毎の端子間電圧に基づいて、過充電または過放電の診断を行なう機能を有する。

【0033】

電池パック 203 は、図 2 に示すように、複数の電池モジュール 213 と、電池制御装置 (BCU) 215 とを備えている。電池制御装置 (BCU) 215 は、本発明の“コントローラ”に相当する。

10

【0034】

複数の各電池モジュール 213 は、電池セル 217 と同様に、電力系統 102 からインバータ 104 を介して供給される直流電力を一時的に充電する一方、電池モジュール 213 に蓄えた直流電力を必要に応じて放電する機能を有する。

【0035】

電池制御装置 (BCU) 215 は、不図示の通信媒体を介して電池セル監視部 218 から取得した複数の各電池セル 217 の充電状態情報や電池パック 203 の管理情報を、不図示の通信媒体を介して自身の上位の制御装置である統合制御装置 (IBCU) 261 およびシステム制御装置 (BSCU) 271 へと報告する機能を有する。

20

【0036】

電池ブロック 251 は、図 2 に示すように、複数の電池パック 203 と、統合制御装置 (IBCU) 261 とを備えている。

【0037】

複数の各電池パック 203 は、電池セル 217 や電池モジュール 213 と同様に、電力系統 102 からインバータ 104 を介して供給される直流電力を一時的に充電する一方、電池パック 203 に蓄えた直流電力を必要に応じて放電する機能を有する。

【0038】

統合制御装置 (IBCU) 261 は、通信媒体を介して電池制御装置 (BCU) 215 から取得した情報や電池ブロック 251 の管理情報を、通信媒体を介して自身の上位の制御装置であるシステム制御装置 (BSCU) 271 へと報告する機能を有する。システム制御装置 (BSCU) 271 は、複数の電池ブロック 251 の動作管理を行う機能を有する。

30

【0039】

〔本発明に係る電池システムの概要〕

本発明に係る実施形態の説明に先立って、本発明に係る電池システムの概要について説明する。

本発明に係る電池システムは、複数の蓄電池を接続してなる電池群と、前記電池群に直列に接続されるスイッチ回路とを有する電池ユニットを、複数並列に接続してなる電池システムであって、前記スイッチ回路は、第 1 のスイッチおよび抵抗値が既知のプリチャージ抵抗が直列に接続される第 1 の回路、並びに、第 2 のスイッチを有する第 2 の回路を並列に接続してなり、複数の前記電池ユニットは、前記電池群における両端の電圧差を検知する電池群電圧検知部と、前記電池群に流れる電流を検知する第 1 の電流検知部と、をそれぞれを有し、前記電池システムは、該電池システムに流れる電流を検知する第 2 の電流検知部を有し、複数の前記電池ユニットにおける出力を制御するコントローラを備え、前記コントローラは、接続対象となる電池ユニットである接続対象電池ユニットを前記電池システムに接続する際に、前記接続対象電池ユニットにおいて、前記第 1 のスイッチをオン状態にし、かつ、前記第 2 のスイッチをオフ状態にした後に、前記第 1 のスイッチをオフ状態にし、かつ、前記第 2 のスイッチをオン状態にしたときの、前記第 1 の電流検知部の電流検知情報、前記第 2 の電流検知部の電流検知情報、並びに、前記電池群電圧検知部

40

50

の電圧検知情報に基づいて、前記第1および第2のスイッチのオンオフ状態を制御する、ことを最も主要な特徴とする。

なお、後記する実施形態では、電池セル217が本発明の“蓄電池”に、電池モジュール213が本発明の“電池群”および“電池ユニット”に、電池パック203が本発明の“電池システム”に、それぞれ相当する。

【0040】

本発明に係る電池システム203によれば、接続対象となる電池ユニットを電池システムに接続した後に、接続後の電池システムの状態が放電から充電へと突発的に切り替わった場合であっても、過大な電流を抑止することができる。

【0041】

〔比較例に係る電池システム203A〕

ここで、本発明に係る電池システム203の優位性を明らかにするために、比較例に係る電池システム203Aの概要について、図3Aおよび図3Bを参照して説明する。図3Aは、比較例に係る電池システム203Aの回路図である。図3Bは、比較例に係る電池システム203AのコントローラCTRAの入出力信号を表す図である。

【0042】

比較例に係る電池システム203Aは、図3Aに示すように、複数の電池セルを接続してなる複数の電池群 $V_1 - V_n$ （ただし、 n は自然数。以下、同じ。）と、複数の電池群 $V_1 - V_n$ にそれぞれ直列に接続されるスイッチ回路 SW_1, \dots, SW_n とを有する電池ユニット BTU_1, \dots, BTU_n を、複数並列に接続して構成される。

【0043】

詳しく述べると、複数の電池ユニット BTU_1, \dots, BTU_n は、図3Aに示すように、電池システム203Aの正極および負極直流母線 DCP, DCN の間に、電流センサ I_1, \dots, I_n 、電池群 $V_1 - V_n$ 、電池群 $V_1 - V_n$ の内部抵抗 Z_1, \dots, Z_n 、および、スイッチ回路 SW_1, \dots, SW_n を、それぞれ直列に接続して構成される。また、複数の電池ユニット BTU_1, \dots, BTU_n は、電池群 $V_1 - V_n$ における両端の電圧差を検知する電池群電圧検知部 Vb_1, \dots, Vb_n と、電池ユニット BTU_1, \dots, BTU_n における両端の電圧差を検知する電池ユニット電圧検知部 Va_1, \dots, Va_n と、を備える。

【0044】

複数のスイッチ回路 SW_1, \dots, SW_n は、図3Aに示すように、第1のスイッチ Sa_1, \dots, Sa_n および抵抗値が既知のプリチャージ抵抗 Zpr_1, \dots, Zpr_n が直列に接続される第1の回路 Ca_1, \dots, Ca_n 、並びに、第2のスイッチ Sb_1, \dots, Sb_n を有する第2の回路 Cb_1, \dots, Cb_n を並列に接続してなる。

【0045】

第1のスイッチ Sa_1, \dots, Sa_n 、および、第2のスイッチ Sb_1, \dots, Sb_n としては、例えば、リレーや電力用半導体スイッチ（例えばIGBT）などを用いて構成すればよい。本実施形態では、第1のスイッチ Sa_1, \dots, Sa_n 、および、第2のスイッチ Sb_1, \dots, Sb_n として、リレーを用いた例をあげて説明する。

【0046】

第1のスイッチ Sa_1, \dots, Sa_n 、および、第2のスイッチ Sb_1, \dots, Sb_n をオンオフ動作させるために、比較例に係る電池システム203Aは、図3Bに示すように、コントローラCTRAを備える。コントローラCTRAは、電流センサの電流検知情報 I_1, \dots, I_n 、電池ユニット BTU_1, \dots, BTU_n の電圧検知情報 Va_1, \dots, Va_n 、および、電池群電圧検知部の電圧検知情報 Vb_1, \dots, Vb_n をそれぞれ入力し、入力した各種情報に基づいて所定の演算を施して、第1のスイッチ Sa_1, \dots, Sa_n 、および、第2のスイッチ Sb_1, \dots, Sb_n をオンオフ動作させるための制御信号を出力する。コントローラCTRAは、複数の電池ユニット BTU_1, \dots, BTU_n における出力を制御する機能を有する。

10

20

30

40

50

【0047】

詳しく述べると、接続対象となる電池ユニット（以下の説明では、図3Aに示す電池ユニットBTU1を、接続対象電池ユニットとして説明する。）を電池システム203Aに接続する際に、コントローラCTRAは、まず、第1のスイッチSa1をオフ状態からオン状態に切り替えるように制御する。これにより、電池ユニットBTU1は、プリチャージ抵抗Zpr1を介して電池システム203Aに接続される。その後、コントローラCTRAは、次述する第2のスイッチSb1のオン条件充足を待って、第2のスイッチSb1をオフ状態からオン状態に切り替えるように制御する。これにより、電池ユニットBTU1は、プリチャージ抵抗Zpr1を介することなく、電池システム203Aに直接接続される。

10

【0048】

要するに、比較例に係る電池システム203Aでは、接続対象電池ユニットBTU1を電池システム203Aに接続する際に、その接続直後において、電池ユニットBTU1は、プリチャージ抵抗Zpr1を介して電池システム203Aに接続される。したがって、比較例に係る電池システム203Aによれば、接続対象電池ユニットBTU1を電池システム203Aに接続する際において、その接続直後に流れるおそれのある突入電流などの過大電流を抑止することができるかとされている。

【0049】

〔第2のスイッチSb1のオン条件：等電圧条件〕

次に、第2のスイッチSb1のオン条件として等電圧条件を採用した場合の、比較例に係る電池システム203Aの動作について、図4Aおよび図4Bを参照して説明する。図4Aおよび図4Bは、第2のスイッチSb1のオン条件として等電圧条件を採用した場合の、比較例に係る電池システム203Aの動作説明図である。

20

【0050】

なお、等電圧条件とは、接続対象電池ユニットBTU1の電圧検知情報Va1と、電池システム203Aに対して既接続の電池ユニットBTUnの電圧検知情報Vanとの差の絶対値 $|Va1 - Van|$ が、予め定められる許容範囲内に収束する場合、第2のスイッチSb1をオン状態に制御するように、コントローラCTRAに予め設定される第2のスイッチSb1のオン条件を意味する。

【0051】

第2のスイッチSb1のオン条件として等電圧条件を採用した場合において、放電状態にある電池システム203Aに対し、接続対象電池ユニットBTU1を接続（第2のスイッチSb1をオフ状態からオン状態に切り替え；図4Aの経過時間T1参照）した後は、図4Aに示すように、接続後の電池ユニットBTU1と比べて、既接続の電池ユニットBTUnの方に多量の放電電流が流れる。

30

【0052】

これは、前記の電池システム203Aでは、未接続の電池ユニットBTU1と比べて、既接続の電池ユニットBTUnの方が、高い開路電圧（OCV）をもつからである。前記のような放電電流の流通過程を経て、接続後の電池ユニットBTU1と、既接続の電池ユニットBTUnとのそれぞれに流れる放電電流の大きさは、図4Aに示すように、所定の収束時間をもって、相互に一致するように収束してゆく。

40

【0053】

いま、図4Aに示す収束の過程において、接続後の電池システムBTU1の状態が、図4Bに示す経過時間T2の時点で、放電から充電へと切り替わったとする。ちなみに、再生可能エネルギーを用いた電力系統における電力貯蔵用の電池システムでは、このような電池システムの状態の切り替わりが突発的に起こり得る。すると、充電電流は、接続後の電池ユニットBTU1の方に集中して流れる。前記の電池システム203Aでは、接続後の電池ユニットBTU1の方が、既接続の電池ユニットBTUnと比べて、低い開路電圧（OCV）をもつからである。

【0054】

50

したがって、第2のスイッチS b 1のオン条件として、等電圧条件に係る第2のスイッチのオフ状態からオン状態への切り替え制御を、再生可能エネルギーを用いた電力系統における電力貯蔵用の比較例に係る電池システム203Aに適用した場合に、図4Bに示すように、過大な電流を抑止できない事態を招くおそれがあった。

【0055】

〔第2のスイッチS b 1のオン条件：等SOC条件〕

次に、第2のスイッチS b 1のオン条件として等SOC（SOC；充電状態）条件を採用した場合の、比較例に係る電池システム203Aの動作について、図4Cおよび図4Dを参照して説明する。図4Cおよび図4Dは、第2のスイッチS b 1のオン条件として等SOC条件を採用した場合の、比較例に係る電池システム203Aの動作説明図である。

10

【0056】

なお、等SOC条件とは、接続対象電池ユニットBTU1のSOC情報（電圧検知情報Va1に基づいて求める）と、電池システム203Aに対して既接続の電池ユニットBTUnのSOC情報（電圧検知情報Vanに基づいて求める）との差の絶対値が、予め定められる許容範囲内に収束する場合、第2のスイッチS b 1をオン状態に制御するように、コントローラCTRAに予め設定される第2のスイッチS b 1のオン条件を意味する。

【0057】

第2のスイッチS b 1のオン条件として等SOC条件を採用した場合において、放電状態にある電池システム203Aに対し、接続対象電池ユニットBTU1を接続（第2のスイッチS b 1をオフ状態からオン状態に切り替え；図4Cの経過時間T3参照）した後は、図4Cに示すように、接続後の電池ユニットBTU1の閉路電圧（CCV）と、既接続の電池ユニットBTUnの閉路電圧（CCV）とは、経時的に線形の漸減特性を示す、略共通の軌跡をたどる。

20

【0058】

一方、図4Cに示す経過時間T3の前後における電流の大きさの観点で、接続後の電池ユニットBTU1と、既接続の電池ユニットBTUnとを比較すると、図4Dに示すように、等SOC条件であっても、電流は等しく分配されずに、接続後の電池ユニットBTU1の方に過大な電流の流れるおそれがある。これは、接続後の電池ユニットBTU1と、既接続の電池ユニットBTUnとは、相互に内部抵抗（充放電による分極）の大きさが異なるからである。

30

【0059】

したがって、第2のスイッチS b 1のオン条件として、等SOC条件に係る第2のスイッチのオフ状態からオン状態への切り替え制御を、比較例に係る電池システム203Aに適用した場合に、図4Dに示すように、過大な電流を抑止できない事態を招くおそれがあった。

【0060】

〔本発明の実施形態に係る電池システムに相当する電池パック203B〕

次に、本発明の実施形態に係る電池システムに相当する電池パック203Bについて、図5を参照して説明する。図5Aは、本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック203B）の回路図である。図5Bは、電池システム（電池パック203B）のコントローラCTRBの内部構成および入出力信号を表す図である。

40

【0061】

なお、比較例に係る電池システム203Aと、本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック）203Bとは、基本的な構成部分が類似している。そこで、比較例と本発明との各構成要素について、共通の機能を有する部材間には共通の符号を付し、その重複する説明を省略する。また、比較例と本発明との間で共通の機能を有する部材を識別して説明する必要がある場合において、比較例に係る部材の共通符号の末尾に“ A ”を付する一方、本発明に係る部材の共通符号の末尾に“ B ”を付することとする。そして、比較例と本発明との相違点に注目し、これら両者間の相違点について説明することによって、本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック）203Bの説明に代えることとする。

50

【0062】

比較例と本発明との相違点は、大きく2つある。第1の相違点は、図5Aに示すように、本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック）203Bが陽極側直流母線DCPに、電池システム203Bに流れる電流を検知する第2の電流検知部I0を有する点である。第2の電流検知部I0で検知された電池システム（電池パック）203Bに係る電流検知情報I0は、コントローラCTRBへと送られる。

【0063】

第2の相違点は、図5Bに示すように、本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック）203BのコントローラCTRBが、抵抗値取得部CTR1と、電池ユニット電圧取得部CTR2と、スイッチ動作制御部CTR3と、を有する点である。

10

【0064】

抵抗値取得部CTR1は、電池システム203B、電池ユニットBTU1、・・・、BTUn、および、電池群V1-Vnの内部抵抗値を取得する機能を有する。

【0065】

電池ユニット電圧取得部CTR2は、複数の電池ユニットBTU1、・・・、BTUnのそれぞれにおける両端の電圧差を取得する機能を有する。

【0066】

スイッチ動作制御部CTR3は、接続対象電池ユニットBTU1における第1の電流検知部の電流検知情報I1、第2の電流検知部の電流検知情報I0、抵抗値取得部CTR1で取得した抵抗値情報Z1、Zn、電池群電圧検知部の電圧検知情報Vb1、・・・、Vbn、並びに、電池ユニット電圧検知部Va1、・・・、Vanで検知した電圧差情報Va1、・・・、Vanに基づいて、第1および第2のスイッチSa1、Sb1のオンオフ状態を制御する機能を有する。

20

【0067】

〔本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック）203の動作〕

次に、本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック）203の動作について、図6を参照して説明する。図6は、本発明の実施形態に係る電池システム（電池パック）203の動作を表すフローチャート図である。

なお、図6に示すフローは、電池システム（電池パック）203に対して、接続対象電池ユニットBTU1が接続される旨（例えば、メンテナンス員による操作入力）を、コントローラCTRBが取得することによって開始される。

30

【0068】

ステップS11において、接続対象電池ユニットBTU1が接続される旨を取得すると、コントローラCTRBのスイッチ動作制御部CTR3は、図6に示すように、第1のスイッチSa1をオン状態にする制御を行う。これにより、第1のスイッチSa1はオン状態になる。すると、電池ユニットBTU1は、プリチャージ抵抗Zpr1を介して電池システム203Bに接続される。こうすることで、接続対象電池ユニットBTU1を電池システム203Bに接続する際において、その接続直後などに流れるおそれのある突入電流などの過大電流を抑止することができる。

【0069】

ステップS12において、コントローラCTRB、および、コントローラCTRBの電池ユニット電圧取得部CTR2は、電池ユニットBTU1の電圧検知情報Va1、電池群電圧検知部Vb1の電圧検知情報Vb1、第1の電流検知部I1の電流検知情報I1、および、第2の電流検知部I0の電流検知情報I0をそれぞれ取得する。

40

【0070】

ステップS13において、コントローラCTRBの抵抗値取得部CTR1は、蓄電池V1-Vnの内部抵抗値情報Z1、Znを、後記の演算により取得する。

【0071】

ここで、蓄電池V1-Vnの内部抵抗値情報Z1、Znを取得する意味について説明する。仮に、接続対象電池ユニットBTU1が、第2のスイッチSb1をオンした状態で電

50

池システム203Bに接続されたとする。このとき、電池システム203Bの充電状態において、接続対象電池ユニットBTU1に流れる電流I1は、電池システム203Bに流れる電流I0を、蓄電池V1 - Vnの内部抵抗値情報Z1, Znにしたがって按分したものとなる。このため、蓄電池V1 - Vnの内部抵抗値情報Z1, Znの差の絶対値 $|Z1 - Zn|$ が、予め定められる範囲内に収束している場合、接続対象電池ユニットBTU1に流れる電流I1と、既接続の電池ユニットBTUnに流れる電流Inとは、その大きさがほぼ等しい(後記の等電流条件の充足に相当する。)とみなすことができる。以上が、蓄電池V1 - Vnの内部抵抗値情報Z1, Znを取得する理由である。

【0072】

ステップS14において、コントローラCTRBのスイッチ動作制御部CTR3は、スイッチ動作制御部CTR3に予め設定されている第2のスイッチSb1のオン条件として、後に詳しく説明する等電流条件を充足したか否かを判定する。

10

【0073】

ステップS14の判定の結果、等電流条件を充足しない旨の判定が下された場合、コントローラCTRBは、処理の流れをステップS12へ戻し、以下の処理を行わせる。一方、ステップS14の判定の結果、等電流条件を充足した旨の判定が下された場合、コントローラCTRBは、処理の流れを次のステップS15へと進ませる。

【0074】

ステップS15において、コントローラCTRBのスイッチ動作制御部CTR3は、第2のスイッチSb1をオン状態にする制御を行う。これにより、第2のスイッチSb1はオン状態になる。すると、電池ユニットBTU1は、プリチャージ抵抗Zpr1を介することなく、電池システム203Bに直接接続されるようになる。こうすることで、電池ユニットBTU1を、プリチャージ抵抗Zpr1を介して電池システム203Bに接続した場合に生じるプリチャージ抵抗Zpr1の発熱を抑止するようにしている。

20

【0075】

ステップS16において、コントローラCTRBのスイッチ動作制御部CTR3は、第1のスイッチSa1をオフ状態にする制御を行う。これにより、第1のスイッチSa1はオフ状態になる。要するに、プリチャージ抵抗Zpr1を含む第1の回路Ca1は、開放状態となる。こうすることで、電池ユニットBTU1を、プリチャージ抵抗Zpr1を介して電池システム203Bに接続した場合に生じるプリチャージ抵抗Zpr1の発熱を、確実に抑止することができる。

30

【0076】

[第2のスイッチSb1のオン条件：等電流条件]

次に、第2のスイッチSb1のオン条件として等電流条件を採用した場合の、本発明の実施形態に係る電池システム203Bの動作について、図7A~図7Cを参照して説明する。図7A~図7Cは、第2のスイッチSb1のオン条件として等電流条件を採用した場合の、本発明の実施形態に係る電池システム203Bの動作説明図である。

【0077】

なお、等電流条件とは、接続対象電池ユニットBTU1の電流検知情報I1と、電池システム203Bに対して既接続の電池ユニットBTUnの電流検知情報Inとの差の絶対値 $|I1 - In|$ が、予め定められる許容範囲内に収束する場合、第2のスイッチSb1をオン状態に制御するように、コントローラCTRAに予め設定される第2のスイッチSb1のオン条件を意味する。

40

【0078】

第2のスイッチSb1のオン条件として等電流条件を採用した場合において、放電状態にある電池システム203Bに対し、接続対象電池ユニットBTU1を接続(第2のスイッチSb1をオフ状態からオン状態に切り替え;図7Aの経過時間T4参照)した後は、図7Aに示すように、接続後の電池ユニットBTU1の閉路電圧(CCV)と、既接続の電池ユニットBTUnの閉路電圧(CCV)とは、等SOC条件の場合と同様に、経時的に線形の漸減特性を示す、略共通の軌跡をたどる。

50

【 0 0 7 9 】

一方、図 7 A に示す経過時間 T 4 の前後における電流の大きさの観点で、接続後の電池ユニット B T U 1 と、既接続の電池ユニット B T U n とを比較すると、図 7 B に示すように、接続直後の両電池ユニット B T U 1 , B T U n に流れる電流が等しくなる。その後、S O C の相違にしたがって流れる電流の大きさに差が生じて、両電池ユニット B T U 1 , B T U n に流れる電流の大きさは、経時的に収束してゆく。

【 0 0 8 0 】

図 7 B に示す収束の過程において、図 7 C の経過時間 T 5 に示すように、充放電の切り替えが生じた場合は、前記と同様に、S O C の差にしたがって流れる電流の大きさに差が生じてしまう。しかしながら、等電流条件によれば、充放電の切り替えが生じた場合であっても、等電圧条件と比べて、異常な過大電流の流れる蓋然性を低く抑えることができる。これは、等電流条件では、電流の大きさが収束するまでの S O C の差の大きい期間が短く、また、そもそも S O C の差が大きい状況で接続されることがほとんど起こらないからである。

【 0 0 8 1 】

したがって、第 2 のスイッチ S b 1 のオン条件として、等電流条件に係る第 2 のスイッチのオフ状態からオン状態への切り替え制御を、本発明の実施形態に係る電池システム 2 0 3 B に適用した場合に、図 7 C に示すように、仮に充放電の切り替えが生じた場合であっても、等電圧条件と比べて、異常な過大電流の流れる蓋然性を低く抑えることができる。

【 0 0 8 2 】

〔第 2 のスイッチ S b 1 のオン条件（等電流条件）の求め方〕

次に、第 2 のスイッチ S b 1 のオン条件（等電流条件）の求め方について説明する。

前提として、本発明の実施形態に係る電池システム 2 0 3 B は、電池ユニット B T U 1 が接続されていない状態にあるとする。また、本発明の実施形態に係る電池システム 2 0 3 B における直流系統電圧を V TOTAL とし、電池ユニット B T U n の電池群 V n の両端の電圧差を V n（図 5 A 参照）とし、電池群 V n の内部抵抗値を Z n（図 5 A 参照）とし、電池システム 2 0 3 B に流れる電流の大きさを I 0（図 5 A 参照）とし、現に接続されている電池システムの数（n - 1）（ただし、n は自然数）とする。

【 0 0 8 3 】

すると、電池ユニット B T U 1 が接続されていない状態における直流系統電圧 V TOTAL は、下記（式 1）のように表すことができる。

$$V_{TOTAL} = V_n + Z_n \times I_0 / (n - 1) \quad (\text{式 1})$$

【 0 0 8 4 】

また、電池ユニット B T U 1 が接続されていない状態から、接続対象電池ユニット B T U 1 の第 1 のスイッチ S a 1 をオン状態とすることを経て、接続対象電池ユニット B T U 1 の第 2 のスイッチ S b 1（図 5 A 参照）をオン状態にした瞬間の直流系統電圧 V TOTAL は、下記（式 2）のように表すことができる。ただし、電池ユニット B T U 1 の電池群 V 1 の両端の電圧差を V 1（図 5 A 参照）とし、電池群 V 1 の内部抵抗値を Z 1（図 5 A 参照）とする。

$$V_{TOTAL} = V_1 + Z_1 \times I_0 / n \quad (\text{式 2})$$

【 0 0 8 5 】

理想的な等電流条件で第 2 のスイッチ S b 1（図 5 A 参照）をオン状態にした直後において、各電池ユニット B T U 1 , . . . , B T U n に流れる電流はそれぞれ I 0 / n である。また、各電池ユニット電池ユニット B T U 1 , . . . , B T U n の電圧は等しい。したがって、次の（式 3）が成立する。

$$V_1 + Z_1 \times I_0 / n = V_n + Z_n \times I_0 / n \quad (\text{式 3})$$

【 0 0 8 6 】

（式 3）を変形することにより、（式 4）を得ることができる。

$$V_1 - V_n = Z_n \times I_0 / n - Z_1 \times I_0 / n \quad (\text{式 4})$$

10

20

30

40

50

【0087】

ここで、電池ユニットBTUnにおける電池群Vnの両端の電圧差Vn（図5A参照）は、充放電中の電池ユニットBTUnの開路電圧（OCV）であるから、その計測による取得は困難である。そこで、（式1）を次の（式5）のように変換する。

$$V_n = V_{TOTAL} - Z_n \times I_0 / (n - 1) \quad (\text{式5})$$

この際、（式1）と（式5）の間にはスイッチ投入前後の時間差があるが、この時間差による充電状態の変化は微小であるため、（式5）にて近似することができる。

【0088】

（式5）を（式4）に代入し、次の（式6）、（式7）を順次得る。

$$V_1 - (V_{TOTAL} - Z_n \times I_0 / (n - 1)) = Z_n \times I_0 / n - Z_1 \times I_0 / n \quad 10$$

（式6）

$$V_1 - V_{TOTAL} = Z_n \times I_0 \times (1/n - 1/(n - 1)) - Z_1 \times I_0 / n \quad (\text{式7})$$

【0089】

ここで、（式7）の左辺（V1 - VTOTAL）が、（式7）の右辺（Zn × (I0 / n - I0 / (n - 1)) - Z1 × I0 / n）と等しくなる 때가、第2のスイッチSb1の好適なオン条件（等電流条件）に相当する。

【0090】

（式7）の電池ユニットBTU1における電池群V1の両端の電圧差V1は、電池群電圧検知部の電圧検知情報Vb1に、直流系統電圧VTOTALは、電池ユニットBTU1の電圧検知情報Va1に、それぞれ相当する。したがって、（式7）の左辺の解を、コントローラCTRBが取得可能な情報Vb1, Va1に基づいて求めることができる。 20

【0091】

また、（式7）の右辺（Zn × (I0 / n - I0 / (n - 1)) - Z1 × I0 / n）のうち、電池システム203Bに流れる電流の大きさI0は、第2の電流検知部I0の電流検知情報I0により取得することができる。電池システムの数nは、実際のシステム構成に基づいて取得することができる。電池群V1, Vnの内部抵抗値Z1, Znは、下記の手順で求めることができる。したがって、（式7）の右辺の解を、第2の電流検知部I0の電流検知情報I0により取得可能な情報I0、電池システムの数n、および、電池群V1, Vnの内部抵抗値Z1, Znに基づいて求めることができる。 30

【0092】

〔電池群V1 - Vnの内部抵抗値Z1, Znの求め方〕

次に、電池群V1 - Vnの内部抵抗値Z1, Znの求め方について次述する。

前提として、本発明の実施形態に係る電池システム203Bは、電池ユニットBTU1が接続されている状態にあり、かつ、第1のスイッチSa1（図5A参照）がオン状態にあるとする。また、電池ユニットBTU1が有する電池群V1の起電力をV1とし、電池ユニットBTU1が有するプリチャージ抵抗Zpr1の抵抗値をZpr1とし、電池ユニットBTU1に流れる電流の大きさをI1とする。このとき、直流系統電圧VTOTALは、下記（式8）のように表すことができる。

$$V_{TOTAL} = V_1 + (Z_1 + Z_{pr1}) \times I_1 \quad (\text{式8}) \quad 40$$

【0093】

（式8）は、（式9）のように変形することができる。

$$Z_1 = - (V_1 - V_{TOTAL}) / I_1 - Z_{pr1} \quad (\text{式9})$$

なお、（式9）の右辺のうち（V1 - VTOTAL）は、前記のように、コントローラCTRBが取得可能な情報Vb1, Va1に基づいて求めることができる。また、（式9）の右辺のうち電流の大きさI1は、第1の電流検知部I1の電流検知情報I1により取得することができる。そして、プリチャージ抵抗Zpr1の抵抗値Zpr1は既知である。したがって、前記の手順で取得した（V1 - VTOTAL）、I1, Zpr1を、（式9）の右辺に代入することにより、（式9）の左辺Z1の解を求めることができる。

【0094】

次に、電池群 V_n の内部抵抗値 Z_n の求め方について説明する。

前提として、本発明の実施形態に係る電池システム 203B は、電池ユニット BTU_n が接続されている状態にあり、かつ、第2のスイッチ S_{bn} (図5A参照) がオン状態にあるとする。また、電池ユニット BTU_n が有する電池群 V_n の起電力を V_n とし、電池ユニット BTU_n に流れる電流の大きさを I_n とする。このとき、直流系統電圧 V_{TOTAL} は、下記(式10)のように表すことができる。

$$V_{TOTAL} = V_n + Z_n \times I_n \quad (\text{式10})$$

【0095】

前記の(式8)と(式10)との左辺は共通(V_{TOTAL})であるから、それぞれの右辺を等号で結び、(式11)のように表すことができる。

$$V_n + Z_n \times I_n = V_1 + (Z_1 + Z_{pr1}) \times I_1 \quad (\text{式11})$$

【0096】

(式11)は、(式12)のように変形することができる。

$$Z_n = (V_1 - V_n) / I_n + (Z_1 + Z_{pr1}) \times I_1 / I_n \quad (\text{式12})$$

なお、(式12)の右辺のうち電池群 $V_1 - V_n$ の起電力 $V_1 - V_n$ は、各電池群 $V_1 - V_n$ のSOCに基づいて推定することができる。また、 $(Z_1 + Z_{pr1})$ は、これら両者が $Z_1 \ll Z_{pr1}$ の関係にあるため、 $(Z_1 + Z_{pr1}) \approx Z_{pr1}$ として計算を行ってもよい。また、(式12)の右辺のうち電流の大きさ I_1 、 I_n は、第1の電流検知部 I_1 の電流検知情報 I_1 および第2の電流検知部 I_0 の電流検知情報 I_0 により取得することができる。そして、プリチャージ抵抗 Z_{pr1} の抵抗値 Z_{pr1} は既知である。したがって、前記の手順で取得した $V_1 - V_n$ 、 I_n 、 $(Z_1 + Z_{pr1})$ 、 I_1 を、(式12)の右辺に代入することにより、(式12)の左辺 Z_n の解を求めることができる。

【0097】

(本発明の実施形態に係る電池システム(電池パック)203の作用効果)

本発明の実施形態に係る電池システム(電池パック)203は、複数の蓄電池を接続してなる電池群 $V_1 - V_n$ と、電池群 $V_1 - V_n$ に直列に接続されるスイッチ回路 SW_1 、 \dots 、 SW_n とを有する電池ユニット BTU_1 、 \dots 、 BTU_n を、複数並列に接続してなる電池システムであって、スイッチ回路 SW_1 、 \dots 、 SW_n は、第1のスイッチ S_{a1} 、 \dots 、 S_{an} および抵抗値が既知のプリチャージ抵抗 Z_{pr1} 、 \dots 、 Z_{prn} が直列に接続される第1の回路 C_{a1} 、 \dots 、 C_{an} 、並びに、第2のスイッチ S_{b1} 、 \dots 、 S_{bn} を有する第2の回路 C_{b1} 、 \dots 、 C_{bn} を並列に接続してなる。

【0098】

複数の電池ユニット BTU_1 、 \dots 、 BTU_n は、電池群 $V_1 - V_n$ における両端の電圧差を検知する電池群電圧検知部 V_{b1} 、 \dots 、 V_{bn} と、電池群 $V_1 - V_n$ に流れる電流を検知する第1の電流検知部 I_1 、 \dots 、 I_n と、をそれぞれを有する。電池システムは、該電池システムに流れる電流を検知する第2の電流検知部 I_0 を有する。また、電池システムは、複数の電池ユニット BTU_1 、 \dots 、 BTU_n における出力を制御するコントローラ $CTRB$ を備える。

【0099】

コントローラ $CTRB$ は、接続対象となる電池ユニットである接続対象電池ユニット BTU_1 を電池システム 203B に接続する際に、接続対象電池ユニット BTU_1 において、第1のスイッチ S_{a1} をオン状態にし、かつ、第2のスイッチ S_{b1} をオフ状態にした後に、第1のスイッチ S_{a1} をオフ状態にし、かつ、第2のスイッチ S_{b1} をオン状態にしたときの、第1の電流検知部の電流検知情報 I_1 、第2の電流検知部の電流検知情報 I_0 、並びに、電池群電圧検知部の電圧検知情報 V_{b1} に基づいて、第1および第2のスイッチ S_{a1} 、 S_{b1} のオンオフ状態を制御する。

【0100】

本発明の実施形態に係る電池システム(電池パック)203によれば、接続対象電池ユ

10

20

30

40

50

ニットBTU1を電池システム203Bに接続した後に、接続後の電池システム203Bの状態が放電から充電へと突発的に切り替わった場合であっても、過大な電流を抑止することができる。

【0101】

特に、例えば、一般にコントローラを有することなく用いられる鉛蓄電池からなる電池ユニットと、一般にコントローラを有して用いられるリチウムイオン電池からなる電池ユニットとを混在させて構成する電池システムに対して本発明を適用すれば、優れた過大電流抑止効果を発揮することができる。

【0102】

また、コントローラCTRBは、電池システム203B、電池ユニットBTU1, . . . , BTUn、および、電池群V1 - Vnの抵抗値を取得する抵抗値取得部CTR1と、電池ユニットBTU1, . . . , BTUnにおける両端の電圧差を取得する電池ユニット電圧取得部CTR2と、接続対象電池ユニットBTU1における第1の電流検知部の電流検知情報I1、第2の電流検知部の電流検知情報I0、抵抗値取得部CTR1で取得した抵抗値情報Z1, Zn、電池群電圧検知部の電圧検知情報Vb1, . . . , Vbn、並びに、電池ユニット電圧取得部で取得した電圧差情報Va1, . . . , Vanに基づいて、第1および第2のスイッチSa1, Sb1のオンオフ状態を制御するスイッチ動作制御部CTR3と、を有する構成を採用してもよい。

【0103】

また、コントローラCTRBが有するスイッチ動作制御部CTR3は、第1の電流検知部の電池群に係る電流検知情報I1と、抵抗値取得部で取得した電池群の抵抗値情報Z1との積 $I1 * Z1 = V1$ から、第2の電流検知部の電池システムに係る電流検知情報I0と、抵抗値取得部で取得した電池システムの抵抗値Znとの積 $I0 * Zn = Vn$ を差し引いた解 $V1 - Vn$ である第1のスイッチ動作条件情報を求める一方、第1の電流検知部の電池群に係る電流検知情報I1と、抵抗値取得部で取得した電池ユニットの抵抗値 $Z1 + Zpr1$ との積 $Va1 = I1 * (Z1 + Zpr1)$ から、電池群電圧検知部の電圧検知情報Vb1を差し引いた解 $Va1 - Vb1$ である第2のスイッチ動作条件情報を求める。そして、コントローラCTRBが有するスイッチ動作制御部CTR3は、第1のスイッチ動作条件情報V1 - Vn、および、第2のスイッチ動作条件情報Va1 - Vb1に基づいて、第1および第2のスイッチSa1, Sb1のオンオフ状態を制御する、構成を採用してもよい。

【0104】

また、コントローラCTRBが有するスイッチ動作制御部CTR3は、第1のスイッチ動作条件情報V1 - Vn、および、第2のスイッチ動作条件情報Va1 - Vb1の差が、予め定められる範囲内に収束する場合、第2のスイッチSb1をオン状態に制御する、構成を採用してもよい。

【0105】

また、複数の各電池ユニットBTU1, . . . , BTUnは、コントローラCTRBをそれぞれが有する、構成を採用してもよい。

【0106】

また、コントローラCTRBが有するスイッチ動作制御部CTR3は、第1のスイッチSa1がオン状態であるときの、第1の電流検知部の電池群に係る電流検知情報I1と、抵抗値取得部で取得した電池群の抵抗値情報Z1との積 $(I1 * Z1)$ に、電池群電圧検知部の電圧検知情報V1を加えた解 $Vb1 = (I1 * Z1) + V1$ に基づいて、電池システムの電圧情報Vb1を求め、電池群電圧検知部の電圧検知情報V1と、前記求めた電池システムの電圧情報Vb1との差 $V1 - Vb1$ が、予め定められる範囲内に収束する場合、第2のスイッチSb1をオン状態に制御する、構成を採用してもよい。

【0107】

また、コントローラCTRBが有する前記スイッチ動作制御部CTR3は、電池群V1の内部抵抗値Z1を、第1のスイッチSa1がオン状態のときの、第1の電流検知部I1

10

20

30

40

50

の電池群 V_1 に係る電流検知情報 I_1 と、電池群電圧検知部の電圧検知情報 V_{b1} の比 V_{b1}/I_1 から求め、電池システム（電池ユニット BTU_n ）の内部抵抗値 Z_n を、第1のスイッチ S_{a1} がオン状態のときの、第2の電流検知部 I_0 の電池システム（電池ユニット BTU_n ）に係る電流検知情報 I_0 、および、第1の電流検知部 I_1 の電池群 V_1 に係る電流検知情報 I_1 の差 $I_0 - I_1$ と、電池群電圧検知部の電圧検知情報 V_n の比 $V_n/(I_0 - I_1)$ から求め、さらに、前記求めた電池システム（電池ユニット BTU_n ）の内部抵抗値 Z_n と第2の電流検知部 I_0 の電池システム（電池ユニット BTU_n ）に係る電流検知情報 I_0 との積の関数 $Z_n * I_0 * (1/n - 1/(n-1))$ から、前記求めた電池群 V_1 の内部抵抗値 Z_1 と第2の電流検知部 I_0 の電池システム（電池ユニット BTU_n ）に係る電流検知情報 I_0 との積の関数 $Z_1 * I_0/n$ を差し引いた解 $Z_n * I_0 * (1/n - 1/(n-1)) - Z_1 * I_0/n$ が、予め定められる範囲内に収束する場合、第2のスイッチ S_{b1} をオン状態に制御する、構成を採用してもよい。

10

【0108】

〔その他の実施形態〕

以上説明した複数の実施形態は、本発明の具現化例を示したものである。したがって、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならない。本発明はその要旨またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形態で実施することができるからである。

【0109】

例えば、本発明に係る実施形態の説明において、複数の電池ユニット BTU_1, \dots, BTU_n 毎にそれぞれ設けられるプリチャージ抵抗 Z_{pr1}, \dots, Z_{prn} の抵抗値は、共通であってもよいし、それぞれが相互に異なる値であってもよい。

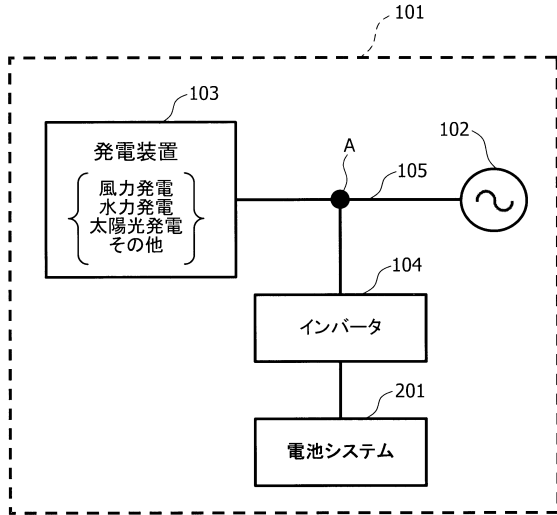
20

【符号の説明】

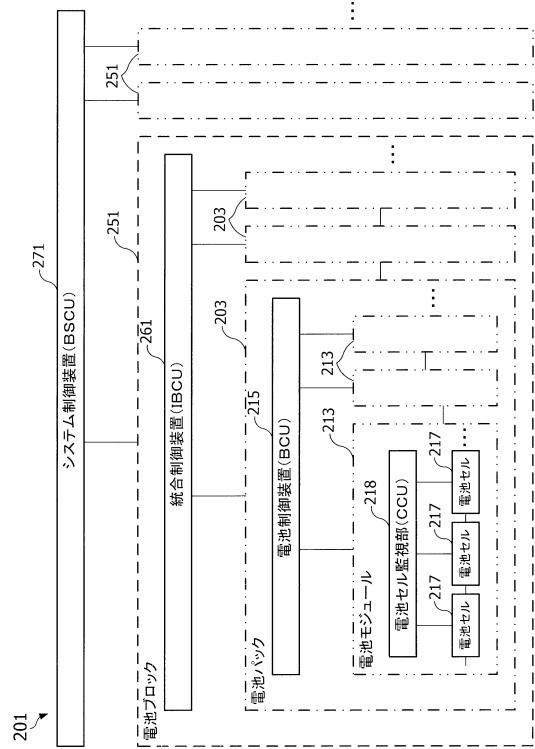
【0110】

201	本発明に係る電池システム	
203A	比較例に係る電池システム	
203B	電池パック（本発明の実施形態に係る電池システム）	
213	電池モジュール（電池群、電池ユニット）	
217	電池セル（蓄電池）	
251	電池ブロック	30
$V_1 - V_n$	電池群	
SW_1, \dots, SW_n	スイッチ回路	
S_{a1}, \dots, S_{an}	第1のスイッチ	
S_{b1}, \dots, S_{bn}	第2のスイッチ	
BTU_1, \dots, BTU_n	電池ユニット	
I_1, \dots, I_n	第1の電流検知部	
I_0	第2の電流検知部	
Z_1, \dots, Z_n	電池群の内部抵抗	
V_{a1}, \dots, V_{an}	電池ユニット電圧検知部	
V_{b1}, \dots, V_{bn}	電池群電圧検知部	40

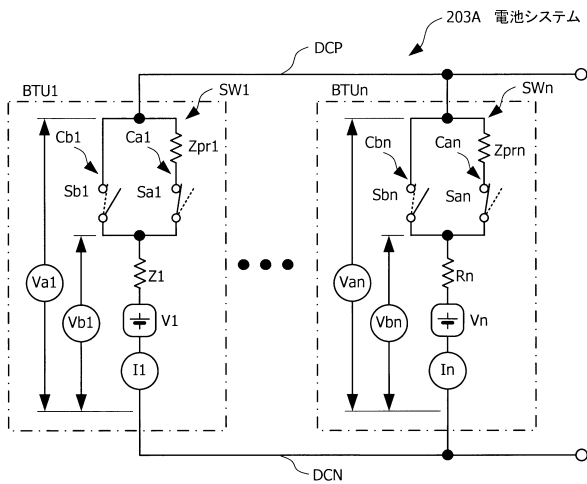
【図1】



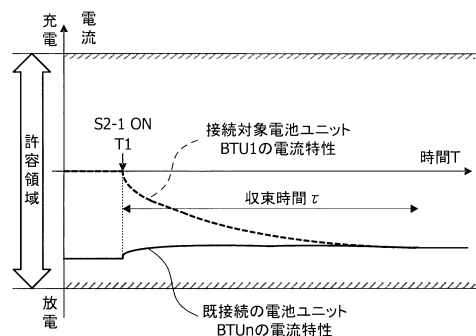
【図2】



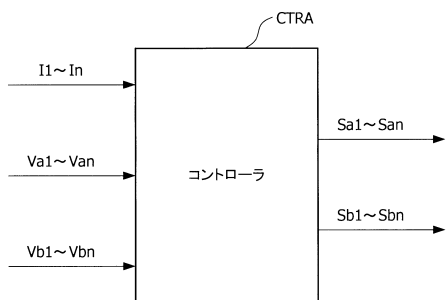
【図3A】



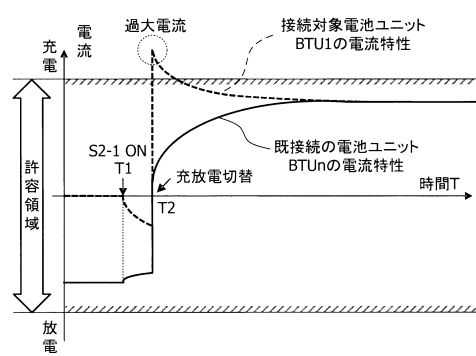
【図4A】



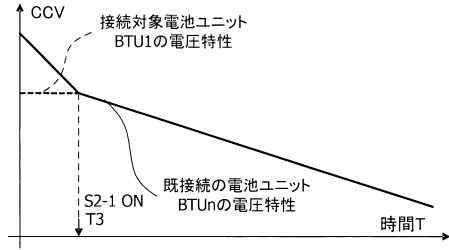
【図3B】



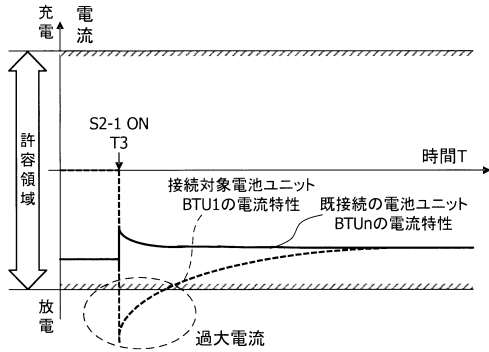
【図4B】



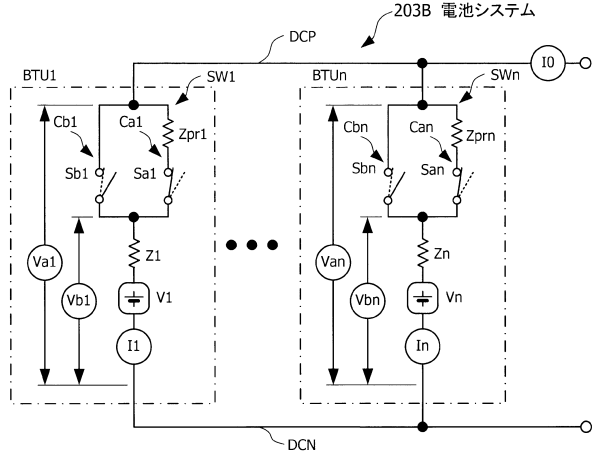
【図4C】



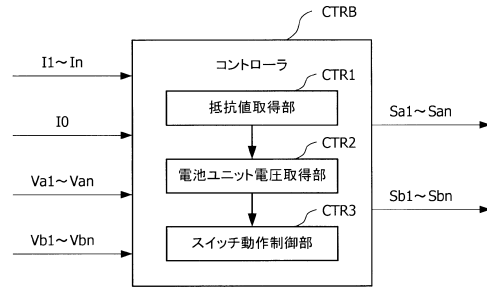
【図4D】



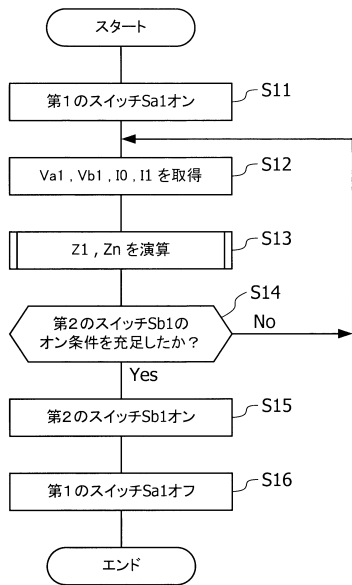
【図5A】



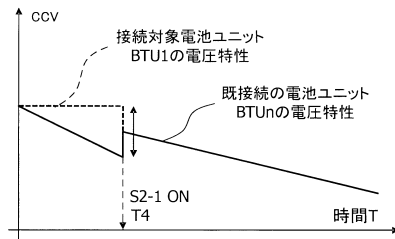
【図5B】



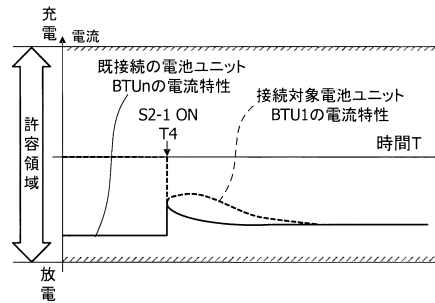
【図6】



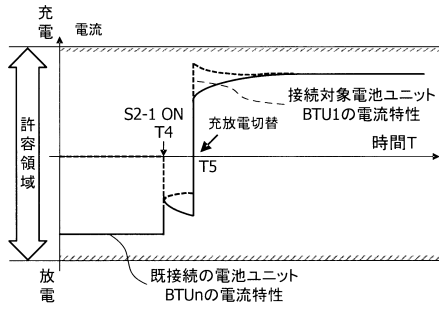
【図7A】



【図7B】



【図7C】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-254650(JP,A)
特開平10-304501(JP,A)
特開2011-188700(JP,A)
特開2008-118790(JP,A)
特開2004-215459(JP,A)
特開2010-045923(JP,A)
米国特許第04841161(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 3/00-5/00, 7/00-7/12, 7/34-7/36
H01M 10/42-10/48
H02H 7/00, 7/10-7/20
B60L 1/00-3/12, 7/00-13/00, 15/00-15/42