

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6814437号
(P6814437)

(45) 発行日 令和3年1月20日 (2021.1.20)

(24) 登録日 令和2年12月23日 (2020.12.23)

(51) Int.Cl.

F I

H O 2 J 7/02 (2016.01)

H O 2 J 7/02 H

H O 2 J 7/10 (2006.01)

H O 2 J 7/10 H

H O 1 M 10/44 (2006.01)

H O 1 M 10/44 P

H O 1 M 10/48 (2006.01)

H O 1 M 10/48 P

H O 1 M 4/58 (2010.01)

H O 1 M 4/58

請求項の数 18 (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2017-24480 (P2017-24480)
 (22) 出願日 平成29年2月13日 (2017.2.13)
 (65) 公開番号 特開2018-133851 (P2018-133851A)
 (43) 公開日 平成30年8月23日 (2018.8.23)
 審査請求日 令和2年1月8日 (2020.1.8)

(73) 特許権者 510078160
 N E x T - e S o l u t i o n s 株 式 会 社
 東京都世田谷区若林一丁目18番10号
 みかみビル6F
 (74) 代理人 110000877
 龍華国際特許業務法人
 (72) 発明者 久保田 治彦
 東京都文京区本郷7-3-1

審査官 辻丸 詔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御装置、バランス補正装置、蓄電システム、及び、装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直列に接続された第1蓄電セル及び第2蓄電セルの電圧を均等化させるバランス補正装置を制御する制御装置であって、

前記バランス補正装置は、

前記第1蓄電セルの一端と前記第2蓄電セルの一端との接続点に、一端が電氣的に接続されるインダクタと、

前記インダクタの他端と前記第1蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される第1スイッチング素子と、

前記インダクタの他端と前記第2蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される (i) 第2スイッチング素子及び (i i) 整流器の少なくとも一方と、

を備え、

前記整流器は、前記第2蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、前記第2蓄電セルの前記正極側から前記負極側の向きに流れる電流は流さず、

前記制御装置は、

前記インダクタを流れる電流の電流値に関する情報を取得する電流情報取得部と、

前記バランス補正装置が作動している期間のうちの少なくとも一部の期間において、前記電流情報取得部が取得した前記電流値に関する情報に基づいて、前記電流値の絶対値の谷が、予め定められた0よりも大きな第1の値に近づくように、又は、0よりも大きな所定の範囲内に収まるように、前記バランス補正装置を制御する制御信号を、前記バランス

10

20

補正装置に供給する制御信号供給部と、
を備える、
制御装置。

【請求項 2】

前記制御信号供給部は、(i) 前記谷の値が、前記第 1 蓄電セル及び前記第 2 蓄電セルの少なくとも一方の電圧又は SOC の値に基づいて定められる前記第 1 の値に近づくように、又は、(i i) 前記谷の値が、前記第 1 蓄電セル及び前記第 2 蓄電セルの少なくとも一方の電圧又は SOC の値に基づいて定められる前記所定の範囲内に収まるように、前記制御信号を供給する、

請求項 1 に記載の制御装置。

10

【請求項 3】

前記制御信号供給部は、

(a) 前記バランス補正装置が、少なくとも前記第 2 スイッチング素子を備える場合、前記バランス補正装置が作動している間、前記バランス補正装置が、(i) 前記第 1 スイッチング素子がオン動作し、前記第 2 スイッチング素子がオフ動作する第 1 の動作と、(i i) 前記第 1 スイッチング素子がオフ動作し、前記第 2 スイッチング素子がオン動作する第 2 の動作を含むスイッチング動作を繰り返すように、前記第 1 スイッチング素子及び前記第 2 スイッチング素子のオン・オフ動作を制御する前記制御信号を、前記第 1 スイッチング素子及び前記第 2 スイッチング素子に供給する、

(b) 前記バランス補正装置が、並列に配された前記第 2 スイッチング素子及び前記整流器を備える場合、

20

前記バランス補正装置が作動している間、前記バランス補正装置が、(i) 前記第 1 スイッチング素子がオン動作し、前記第 2 スイッチング素子がオフ動作する第 1 の動作と、(i i) 前記第 1 スイッチング素子がオフ動作し、前記第 2 スイッチング素子がオン動作する第 2 の動作及び(i i i) 前記第 1 スイッチング素子がオフ動作し、前記第 2 スイッチング素子がオフ動作する第 3 の動作の少なくとも一方とを含むスイッチング動作を繰り返すように、前記第 1 スイッチング素子及び前記第 2 スイッチング素子のオン・オフ動作を制御する前記制御信号を、前記第 1 スイッチング素子及び前記第 2 スイッチング素子に供給する、又は、

(c) 前記バランス補正装置が、少なくとも前記整流器を備える場合、

30

前記バランス補正装置が作動している間、前記バランス補正装置が、(i) 前記第 1 スイッチング素子がオン動作する第 1 の動作と、(i i) 前記第 1 スイッチング素子がオフ動作する第 2 の動作を含むスイッチング動作を繰り返すように、前記第 1 スイッチング素子のオン・オフ動作を制御する前記制御信号を、前記第 1 スイッチング素子に供給する、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の制御装置。

【請求項 4】

前記制御信号供給部は、

前記第 1 スイッチング素子をオン動作させるための第 1 制御信号を供給するタイミングを決定する第 1 タイミング決定部と、

前記第 1 スイッチング素子をオフ動作させるための第 2 制御信号を供給するタイミングを決定する第 2 タイミング決定部と、

40

前記第 1 タイミング決定部が決定したタイミングで前記第 1 制御信号を生成し、前記第 2 タイミング決定部が決定したタイミングで前記第 2 制御信号を生成する制御信号生成部と、

を有し、

(a) 前記バランス補正装置が、少なくとも前記第 2 スイッチング素子を備える場合、前記第 1 制御信号は、前記第 1 スイッチング素子をオン動作させ、前記第 2 スイッチング素子をオフ動作させるための信号であり、

前記第 2 制御信号は、前記第 1 スイッチング素子をオフ動作させ、前記第 2 スイッチング素子をオン動作させるための信号である、

50

(b) 前記バランス補正装置が、並列に配された前記第 2 スイッチング素子及び前記整流器を備える場合、

前記第 1 制御信号は、前記第 1 スイッチング素子をオン動作させ、前記第 2 スイッチング素子をオフ動作させるための信号であり、

前記第 2 制御信号は、(i) 前記第 1 スイッチング素子をオフ動作させ、前記第 2 スイッチング素子をオン動作させるための信号、若しくは、(ii) 前記第 1 スイッチング素子をオフ動作させ、前記第 2 スイッチング素子をオフ動作させるための信号である、又は、

(c) 前記バランス補正装置が、少なくとも前記整流器を備える場合、

前記第 1 制御信号は、前記第 1 スイッチング素子をオン動作させるための信号であり、

前記第 2 制御信号は、前記第 1 スイッチング素子をオフ動作させるための信号である、請求項 3 に記載の制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 タイミング決定部は、前記第 1 蓄電セルから前記第 2 蓄電セルに電荷を移動させる場合、予め定められた周期で、前記第 1 制御信号を供給することを決定し、

前記第 2 タイミング決定部は、前記第 1 蓄電セルから前記第 2 蓄電セルに電荷を移動させる場合、前記電流値の絶対値が、(i) 前記第 1 の値及び(ii) 前記第 2 の動作における前記電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミングで、前記第 2 制御信号を供給することを決定する、

請求項 4 に記載の制御装置。

【請求項 6】

前記第 2 タイミング決定部は、予め定められた第 1 の電圧波形を有する第 1 参照電圧と、前記電流を検出するための検出電圧とが一致した場合に、前記第 2 制御信号を供給することを決定し、

前記参照電圧は、前記電流値の絶対値の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波、鋸波又は台形波を含む、

請求項 5 に記載の制御装置。

【請求項 7】

前記第 2 タイミング決定部は、予め定められた第 1 の期間内に前記電流値の絶対値が前記参照値を超えない場合、前記第 1 の期間が経過するタイミングで、前記第 2 制御信号を供給することを決定する、

請求項 5 又は請求項 6 に記載の制御装置。

【請求項 8】

前記バランス補正装置は、前記第 2 スイッチング素子を備え、

前記第 1 タイミング決定部は、前記第 2 蓄電セルから前記第 1 蓄電セルに電荷を移動させる場合、前記電流値の絶対値が、(i) 前記第 1 の値及び(ii) 前記第 1 の動作における前記電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミングで、前記第 1 制御信号を供給することを決定し、

前記第 2 タイミング決定部は、前記第 2 蓄電セルから前記第 1 蓄電セルに電荷を移動させる場合、予め定められた周期で、前記第 2 制御信号を供給することを決定する、

請求項 4 から請求項 7 までの何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 9】

前記第 1 タイミング決定部は、予め定められた第 2 の電圧波形を有する第 2 参照電圧と、前記電流を検出するための検出電圧とが一致した場合に、前記第 1 制御信号を供給することを決定し、

前記参照電圧は、前記検出電圧の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波、鋸波又は台形波を含む、

請求項 8 に記載の制御装置。

【請求項 10】

前記第 1 タイミング決定部は、予め定められた第 2 の期間内に前記電流値の絶対値が前

10

20

30

40

50

記参照値を超えない場合、前記第 2 の期間が経過するタイミングで、前記第 1 制御信号を供給することを決定する、

請求項 8 又は請求項 9 に記載の制御装置。

【請求項 1 1】

前記電流を検出する電流検出部をさらに備える、

請求項 1 から請求項 1 0 までの何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 1 2】

電荷を移動させる方向を決定する方向決定部をさらに備える、

請求項 1 から請求項 1 1 までの何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 1 3】

前記バランス補正装置を作動させるか否か、及び、前記バランス補正装置を停止させるか否かの少なくとも一方を決定する動作決定部をさらに備える、

請求項 1 から請求項 1 2 までの何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 1 4】

(i) 前記バランス補正装置の作動時間と、(i i) 前記電流情報取得部が取得した前記電流値に関する情報、及び、前記電流値の絶対値の谷に関する前記予め定められた条件の少なくとも一方とに基づいて、前記第 1 蓄電セル及び前記第 2 蓄電セルの間を移動した電荷量を推定する移動電荷量推定部をさらに備える、

請求項 1 から請求項 1 3 までの何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 蓄電セル及び前記第 2 蓄電セルの少なくとも一方は、鉄成分を含むリチウム化合物を正極物質として含むリチウムイオン電池を有する、

請求項 1 から請求項 1 4 までの何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 1 6】

直列に接続された第 1 蓄電セル及び第 2 蓄電セルの電圧を均等化させるバランス補正装置であって、

前記第 1 蓄電セルの一端と前記第 2 蓄電セルの一端との接続点に、一端が電氣的に接続されるインダクタと、

前記インダクタの他端と前記第 1 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される第 1 スイッチング素子と、

前記インダクタの他端と前記第 2 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される (i) 第 2 スイッチング素子及び (i i) 整流器の少なくとも一方と、

請求項 1 から請求項 1 5 までの何れか一項に記載の制御装置と、

を備え、

前記整流器は、前記第 2 蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、前記第 2 蓄電セルの前記正極側から前記負極側の向きに流れる電流は流さない、

バランス補正装置。

【請求項 1 7】

直列に接続された第 1 蓄電セル及び第 2 蓄電セルと、

請求項 1 6 に記載のバランス補正装置と、

を備える、蓄電システム。

【請求項 1 8】

請求項 1 7 に記載の蓄電システムと、

(i) 前記蓄電システムから供給された電力を消費する負荷、及び、(i i) 前記蓄電システムから他の機器に電力を供給するための充電設備の少なくとも一方と、

を備える、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制御装置、バランス補正装置、蓄電システム、及び、装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

直列接続された多数の蓄電セルを使用するときに、蓄電セル間の電圧にバラつきが生じると、蓄電セルの容量を有効に使用せず利用可能な電流量が減少する場合がある。そこで、バランス補正回路を用いて蓄電セル間の電圧を均等化させることが提案されている（特許文献1～4を参照）。

〔先行技術文献〕

〔特許文献〕

〔特許文献1〕特開2006-067742号公報

〔特許文献2〕特開2008-017605号公報

〔特許文献3〕特開2009-232660号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

例えば、インダクタと、当該インダクタを流れる電流（インダクタ電流と称する場合がある。）を増減させるスイッチング素子とを用いて、蓄電セル間の電圧を均等化させる場合、蓄電セルの電圧、バランス補正回路を構成する部品の仕様などによっては、バランス補正回路の作動期間中に、インダクタ電流が大きく増減することがある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

20

本発明の第1の態様においては、制御装置が提供される。上記の制御装置は、例えば、直列に接続された第1蓄電セル及び第2蓄電セルの電圧を均等化させるバランス補正装置を制御する。上記のバランス補正装置は、第1蓄電セルの一端と第2蓄電セルの一端との接続点に、一端が電気的に接続されるインダクタを備えてよい。上記のバランス補正装置は、インダクタの他端と第1蓄電セルの他端との間に電気的に接続される第1スイッチング素子を備えてよい。上記のバランス補正装置は、インダクタの他端と第2蓄電セルの他端との間に電気的に接続される（ i ）第2スイッチング素子及び（ ii ）整流器の少なくとも一方を備えてよい。上記の整流器は、例えば、第2蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、第2蓄電セルの正極側から負極側の向きに流れる電流は流さない。上記の制御装置は、インダクタを流れる電流の電流値に関する情報を取得する電流情報取得部を備えてよい。上記の制御装置は、バランス補正装置が作動している期間のうちの少なくとも一部の期間において、電流情報取得部が取得した電流値に関する情報に基づいて、電流値の絶対値の谷が予め定められた条件を満足するように、バランス補正装置を制御する制御信号を、バランス補正装置に供給する制御信号供給部を備えてよい。

30

【0005】

上記の制御信号供給部は、（ i ）谷の値が予め定められた第1の値と等しくなるように、（ ii ）谷の値が第1の値よりも大きくなるように、又は、（ iii ）谷の値が、第1の値を含む予め定められた範囲内に収まるように、制御信号を供給してよい。上記の制御信号供給部は、（ i ）谷の値が、第1蓄電セル及び第2蓄電セルの少なくとも一方の電圧又はSOCの値に基づいて定められる第1の値と等しくなるように、（ ii ）谷の値が、第1の値よりも大きくなるように、又は、（ iii ）谷の値が、第1の値を含む範囲であって、第1蓄電セル及び第2蓄電セルの少なくとも一方の電圧又はSOCの値に基づいて定められる範囲内に収まるように、制御信号を供給してよい。

40

【0006】

上記の制御信号供給部は、例えば、（ a ）バランス補正装置が、少なくとも第2スイッチング素子を備える場合、バランス補正装置が作動している間、バランス補正装置が、（ i ）第1スイッチング素子がオン動作し、第2スイッチング素子がオフ動作する第1の動作と、（ ii ）第1スイッチング素子がオフ動作し、第2スイッチング素子がオン動作する第2の動作を含むスイッチング動作を繰り返すように、第1スイッチング素子及び第2スイッチング素子のオン・オフ動作を制御する制御信号を、第1スイッチング素子及び第

50

2 スイッチング素子に供給する。上記の制御信号供給部は、例えば、(b) バランス補正装置が、並列に配された第2 スイッチング素子及び整流器を備える場合、バランス補正装置が作動している間、バランス補正装置が、(i) 第1 スイッチング素子がオン動作し、第2 スイッチング素子がオフ動作する第1の動作と、(ii) 第1 スイッチング素子がオフ動作し、第2 スイッチング素子がオン動作する第2の動作及び(iii) 第1 スイッチング素子がオフ動作し、第2 スイッチング素子がオフ動作する第3の動作の少なくとも一方とを含むスイッチング動作を繰り返すように、第1 スイッチング素子及び第2 スイッチング素子のオン・オフ動作を制御する制御信号を、第1 スイッチング素子及び第2 スイッチング素子に供給する、上記の制御信号供給部は、例えば、(c) バランス補正装置が、少なくとも整流器を備える場合、バランス補正装置が作動している間、バランス補正装置が、(i) 第1 スイッチング素子がオン動作する第1の動作と、(ii) 第1 スイッチング素子がオフ動作する第2の動作を含むスイッチング動作を繰り返すように、第1 スイッチング素子のオン・オフ動作を制御する制御信号を、第1 スイッチング素子に供給する。

【0007】

上記の制御信号供給部は、第1 スイッチング素子をオン動作させるための第1 制御信号を供給するタイミングを決定する第1 タイミング決定部を有してよい。上記の制御信号供給部は、第1 スイッチング素子をオフ動作させるための第2 制御信号を供給するタイミングを決定する第2 タイミング決定部を有してよい。上記の制御信号供給部は、第1 タイミング決定部が決定したタイミングで第1 制御信号を生成し、第2 タイミング決定部が決定したタイミングで第2 制御信号を生成する制御信号生成部を有してよい。例えば、(a) バランス補正装置が、少なくとも第2 スイッチング素子を備える場合、第1 制御信号は、第1 スイッチング素子をオン動作させ、第2 スイッチング素子をオフ動作させるための信号であってよく第2 制御信号は、第1 スイッチング素子をオフ動作させ、第2 スイッチング素子をオン動作させるための信号であってよい。例えば、(b) バランス補正装置が、並列に配された第2 スイッチング素子及び整流器を備える場合、第1 制御信号は、第1 スイッチング素子をオン動作させ、第2 スイッチング素子をオフ動作させるための信号であってよく、第2 制御信号は、(i) 第1 スイッチング素子をオフ動作させ、第2 スイッチング素子をオン動作させるための信号、若しくは、(ii) 第1 スイッチング素子をオフ動作させ、第2 スイッチング素子をオフ動作させるための信号であってよい。例えば、(c) バランス補正装置が、少なくとも整流器を備える場合、第1 制御信号は、第1 スイッチング素子をオン動作させるための信号であってよく、第2 制御信号は、第1 スイッチング素子をオフ動作させるための信号であってよい。

【0008】

上記の制御装置において、第1 タイミング決定部は、第1 蓄電セルから第2 蓄電セルに電荷を移動させる場合、予め定められた周期で、第1 制御信号を供給することを決定してよい。上記の制御装置において、第2 タイミング決定部は、第1 蓄電セルから第2 蓄電セルに電荷を移動させる場合、電流値の絶対値が、(i) 第1の値及び(ii) 第2の動作における電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミングで、第2 制御信号を供給することを決定してよい。上記の制御装置において、第2 タイミング決定部は、予め定められた第1の電圧波形を有する第1 参照電圧と、電流を検出するための検出電圧とが一致した場合に、第2 制御信号を供給することを決定してよい。上記の制御装置において、参照電圧は、電流値の絶対値の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波、鋸波又は台形波を含んでよい。上記の制御装置において、第2 タイミング決定部は、予め定められた第1の期間内に電流値の絶対値が参照値を超えない場合、第1の期間が経過するタイミングで、第2 制御信号を供給することを決定してよい。

【0009】

上記の制御装置において、バランス補正装置は第2 スイッチング素子を備えてよい。上記の制御装置において、第1 タイミング決定部は、第2 蓄電セルから第1 蓄電セルに電荷を移動させる場合、電流値の絶対値が、(i) 第1の値及び(ii) 第1の動作における電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミングで、

第1制御信号を供給することを決定してよい。上記の制御装置において、第2タイミング決定部は、第2蓄電セルから第1蓄電セルに電荷を移動させる場合、予め定められた周期で、第2制御信号を供給することを決定してよい。上記の制御装置において、第1タイミング決定部は、予め定められた第2の電圧波形を有する第2参照電圧と、電流を検出するための検出電圧とが一致した場合に、第1制御信号を供給することを決定してよい。上記の制御装置において、参照電圧は、検出電圧の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波、鋸波又は台形波を含んでよい。上記の制御装置において、第1タイミング決定部は、予め定められた第2の期間内に電流値の絶対値が参照値を超えない場合、第2の期間が経過するタイミングで、第1制御信号を供給することを決定してよい。

【0010】

10

上記の制御装置は、電流を検出する電流検出部を備えてよい。上記の制御装置は、電荷を移動させる方向を決定する方向決定部を備えてよい。上記の制御装置は、バランス補正装置を作動させるか否か、及び、バランス補正装置を停止させるか否かの少なくとも一方を決定する動作決定部を備えてよい。上記の制御装置は、(i)バランス補正装置の作動時間と、(ii)電流情報取得部が取得した電流値に関する情報、及び、電流値の絶対値の谷に関する予め定められた条件の少なくとも一方とに基づいて、第1蓄電セル及び第2蓄電セルの間を移動した電荷量を推定する移動電荷量推定部を備えてよい。上記の制御装置は、第1蓄電セル及び第2蓄電セルの少なくとも一方は、鉄成分を含むリチウム化合物を正極物質として含むリチウムイオン電池を有してよい。

【0011】

20

本発明の第2の態様においては、バランス補正装置が提供される。上記のバランス補正装置は、例えば、直列に接続された第1蓄電セル及び第2蓄電セルの電圧を均等化させる。上記のバランス補正装置は、第1蓄電セルの一端と第2蓄電セルの一端との接続点に、一端が電氣的に接続されるインダクタを備えてよい。上記のバランス補正装置は、インダクタの他端と第1蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される第1スイッチング素子を備えてよい。上記のバランス補正装置は、インダクタの他端と第2蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される(ii)第2スイッチング素子及び(ii)整流器の少なくとも一方を備えてよい。上記のバランス補正装置は、上記の制御装置を備えてよい。上記のバランス補正装置において、整流器は、例えば、第2蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、第2蓄電セルの正極側から負極側の向きに流れる電流は流さない。

30

【0012】

本発明の第3の態様においては、蓄電システムが提供される。上記の蓄電システムは、直列に接続された第1蓄電セル及び第2蓄電セルを備えてよい。上記の蓄電システムは、上記のバランス補正装置を備えてよい。

【0013】

本発明の第4の態様においては、装置が提供される。上記の装置は、上記の蓄電システムを備えてよい。上記の装置は、(i)蓄電システムから供給された電力を消費する負荷、及び、(ii)蓄電システムから他の機器に電力を供給するための充電設備の少なくとも一方を備えてよい。

【0014】

40

なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】蓄電システム110を備える装置100の一例を概略的に示す。

【図2】蓄電システム210の一例を概略的に示す。

【図3】均等化制御部270の一例を概略的に示す。

【図4】モジュール制御部290の一例を概略的に示す。

【図5】谷電流値を制御しない場合のインダクタ電流 I_L の一例を概略的に示す。

【図6】谷電流値を制御した場合のインダクタ電流 I_L の一例を概略的に示す。

50

【図 7】駆動信号供給部 350 の一例を概略的に示す。
【図 8】駆動信号生成部 354 の一例を概略的に示す。
【図 9】谷電流値の制御方法の一例を概略的に示す。
【図 10】蓄電モジュール 220 の動作の一例を概略的に示す。
【図 11】蓄電モジュール 220 の動作の一例を概略的に示す。
【図 12】参照信号 33 の電圧波形の一例を概略的に示す。
【図 13】蓄電モジュール 220 の動作の一例を概略的に示す。
【図 14】駆動信号供給部 350 の一例を概略的に示す。
【発明を実施するための形態】

【0016】

10

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。また、図面を参照して、実施形態について説明するが、図面の記載において、同一又は類似の部分には同一の参照番号を付して重複する説明を省く場合がある。

【0017】

図 1 は、蓄電システム 110 を備える装置 100 の一例を概略的に示す。図 1 を用いて、装置 100 及び蓄電システム 110 の構成及び動作について説明する。本実施形態において、装置 100 は、モータ 102 と、蓄電システム 110 とを備える。モータ 102 は、蓄電システム 110 に電氣的に接続され、蓄電システム 110 から供給された電力を消費する。モータ 102 は、回生ブレーキとして使用されてもよい。モータ 102 は、負荷の一例であってよい。

20

【0018】

一実施形態において、蓄電システム 110 は、モータ 102 と電氣的に接続され、モータ 102 に電力を供給する（蓄電システムの放電という場合がある）。他の実施形態において、蓄電システム 110 は、図示されない充電装置と電氣的に接続され、当該充電装置から供給される電気エネルギーを蓄える（蓄電システムの充電という場合がある）。

【0019】

なお、装置 100 は、本実施形態に限定されるものではない。装置 100 は、例えば、(i) 蓄電システム 110 から供給された電力を消費する負荷、及び、(ii) 蓄電システム 110 から他の機器に電力を供給するための充電設備の少なくとも一方を備える。装置 100 は、電気自動車、ハイブリッド自動車、電気二輪車、鉄道車両、昇降機などの輸送装置であってもよく、装置 100 は、PC、携帯電話などの電気機器であってもよく、装置 100 は、充電装置であってもよい。

30

【0020】

図 1 に示されるとおり、本実施形態において、蓄電システム 110 は、端子 112 と、端子 114 と、保護回路 116 と、蓄電モジュール 120 とを備える。蓄電モジュール 120 は、蓄電セル 122、蓄電セル 124、蓄電セル 126 及び蓄電セル 128 を含む直列に接続された複数の蓄電セルと、バランス補正回路 132、バランス補正回路 134 及びバランス補正回路 136 を含む複数のバランス補正回路とを有してよい。バランス補正回路 132、バランス補正回路 134 及びバランス補正回路 136 は、バランス補正装置の一例であってよい。

40

【0021】

ここで、「電氣的に接続される」とは、ある要素と他の要素とが、直接接続される場合に限定されない。ある要素と他の要素との間に、第三の要素が介在していてもよい。また、「電氣的に接続される」とは、ある要素と他の要素とが物理的に接続されている場合に限定されない。例えば、変圧器の入力巻線と出力巻線とは物理的には接続されていないが、電氣的には接続されている。さらに、「電氣的に接続される」とは、ある要素と他の要素とが現実に電氣的に接続されている場合だけでなく、蓄電セルとバランス補正回路とが電氣的に接続されたときに、ある要素と他の要素とが電氣的に接続される場合をも含む。

50

【 0 0 2 2 】

なお、「直列に接続される」とは、ある要素と他の要素とが直列に電氣的に接続されることを示す。また、特に断らない限り、蓄電セル間の「電圧差」は、２つの蓄電セルの電圧（端子間電圧と称される場合がある。）を比較して、電圧が高い方の蓄電セルの電圧から、電圧が低い方の蓄電セルの電圧を引いた値を意味する。

【 0 0 2 3 】

端子１１２及び端子１１４は、モータ１０２、充電装置などのシステムの外部の機器又は装置と、蓄電システム１１０とを電氣的に接続する。保護回路１１６は、過電流、過電圧及び過放電の少なくとも一つから、蓄電モジュール１２０を保護する。保護回路１１６としては、例えば、特開２００９－１８３１４１号に開示されているような、公知の過電流・過電圧保護回路を利用することができる。

10

【 0 0 2 4 】

本実施形態において、蓄電セル１２２、蓄電セル１２４、蓄電セル１２６及び蓄電セル１２８は、直列に接続される。蓄電セル１２２、蓄電セル１２４、蓄電セル１２６及び蓄電セル１２８は、二次電池又はキャパシタであってよい。二次電池の種類としては、リチウム電池、リチウムイオン電池、リチウム硫黄電池、ナトリウム硫黄電池、鉛電池、ニッケル水素電池、ニッケルカドミウム電池、レドックスフロー電池、金属空気電池などを例示することができる。リチウムイオン電池の種類は、特に限定されない。リチウムイオン電池の種類としては、リン酸鉄系、マンガン系、コバルト系、ニッケル系、三元系などを例示することができる。

20

【 0 0 2 5 】

蓄電セル１２２、蓄電セル１２４、蓄電セル１２６及び蓄電セル１２８の少なくとも１つが、さらに複数の蓄電セルを含んでもよい。蓄電セル１２２、蓄電セル１２４、蓄電セル１２６及び蓄電セル１２８の少なくとも１つが、直列に接続された複数の蓄電セルを含んでもよい。蓄電セル１２２、蓄電セル１２４、蓄電セル１２６及び蓄電セル１２８の少なくとも１つが、並列に接続された複数の蓄電セルを含んでもよい。蓄電セル１２２、蓄電セル１２４、蓄電セル１２６及び蓄電セル１２８の少なくとも１つが、マトリックス状に接続された複数の蓄電セルを含んでもよい。

【 0 0 2 6 】

本実施形態においては、蓄電モジュール１２０が、直列に接続された複数の蓄電セルを有する場合について説明する。しかしながら、蓄電モジュール１２０は本実施形態に限定されない。他の実施形態において、蓄電モジュール１２０は、並列接続された複数の蓄電セルを有してもよい。

30

【 0 0 2 7 】

本実施形態において、バランス補正回路１３２は、蓄電セル１２２及び蓄電セル１２４の電圧を均等化させる。バランス補正回路１３２は、蓄電セル１２２の端子１１２側の一端（正極側という場合がある。）に電氣的に接続される。バランス補正回路１３２は、蓄電セル１２２の端子１１４側の一端（負極側という場合がある。）と蓄電セル１２４の正極側との接続点１４３に電氣的に接続される。バランス補正回路１３２は、蓄電セル１２４の負極側と蓄電セル１２６の正極側との接続点１４５に電氣的に接続される。

40

【 0 0 2 8 】

一実施形態において、バランス補正回路１３２は、接続点１４３と電氣的に接続するインダクタ（図示していない。）を有してよい。バランス補正回路１３２と、蓄電セル１２２及び蓄電セル１２４とを、上記のように電氣的に接続することで、蓄電セル１２２及び上記のインダクタを含む第１の回路と、蓄電セル１２４及び上記のインダクタを含む第２の回路が形成される。バランス補正回路１３２は、第１の回路と、第２の回路とに交互に電流を流す。これにより、蓄電セル１２２と蓄電セル１２４との間でインダクタを介して電気エネルギーを授受することができる。その結果、蓄電セル１２２及び蓄電セル１２４の電圧を均等化させることができる。

【 0 0 2 9 】

50

本実施形態において、バランス補正回路 132 が、隣接する 2 つの蓄電セルの電圧を均等化させる場合について説明した。しかしながら、バランス補正回路 132 は本実施形態に限定されない。他の実施形態において、バランス補正回路 132 は、直列に接続された 3 以上の蓄電セルのうち、任意の 2 つの蓄電セルの電圧を均等化させてもよい。例えば、バランス補正回路 132 を、接続点 143 の代わりに接続点 145 と電氣的に接続し、接続点 145 の代わりに接続点 147 と電氣的に接続することにより、バランス補正回路 132 を用いて、蓄電セル 122 及び蓄電セル 126 の電圧を均等化させることができる。

【0030】

本実施形態において、バランス補正回路 134 は、蓄電セル 124 及び蓄電セル 126 の電圧を均等化させる。バランス補正回路 134 は、接続点 143 と、接続点 145 と、蓄電セル 126 の負極側と蓄電セル 128 の正極側との接続点 147 とに、電氣的に接続される。バランス補正回路 136 は、蓄電セル 126 及び蓄電セル 128 の電圧を均等化させる。バランス補正回路 136 は、接続点 145 と、接続点 147 と、蓄電セル 128 の負極側とに、電氣的に接続される。バランス補正回路 134 及びバランス補正回路 136 は、バランス補正回路 132 と同様の構成を有してよい。

【0031】

以上の通り、本実施形態の蓄電モジュール 120 によれば、複数の蓄電セルの電圧にバラつきが生じた場合であっても、バランス補正回路の動作によって、複数の蓄電セルの電圧を均等化させることができる。その結果、蓄電システム 110 の利用効率を向上させることができる。

【0032】

例えば、蓄電セル 122 と蓄電セル 124 との間で、製造品質、劣化の程度などが異なる場合、蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電池特性に差が生じる場合がある。電池特性としては、電池容量、又は、放電時間に対する電池電圧の関係を示す放電電圧特性を例示することができる。例えば、蓄電セルの劣化が進行するにつれて、より短い放電時間で電池電圧が低下するようになる。

【0033】

蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電池特性が異なる場合、蓄電システム 110 の充電完了時に蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電圧が略同一であったとしても、蓄電システム 110 の放電が進行するにつれて、蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電圧にばらつきが生じる。また、蓄電システム 110 の充電開始時に蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電圧が略同一であったとしても、蓄電システム 110 の充電が進行するにつれて、蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電圧にばらつきが生じる。

【0034】

蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 を利用する場合において、利用可能な充電レベル (State of Charge、SOC という場合がある。) の範囲が予め定められていることがある。このような場合において、蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電圧にばらつきが生じると、蓄電システム 110 の利用効率が悪化する。しかしながら、蓄電セル 122 及び蓄電セル 124 の電圧を均等化させることで、蓄電システム 110 の利用効率を向上させることができる。

【0035】

図 2 を用いて、蓄電システムの詳細について説明する。図 1 においては、蓄電システム 110 の蓄電モジュール 120 が、3 以上の蓄電セルと、2 以上のバランス補正回路を備える場合について説明した。一方、図 2 においては、蓄電システムに関する説明を簡単にする目的で、蓄電システムが、2 つの蓄電セルと、1 つのバランス補正回路を備える場合を例として、蓄電システムの詳細について説明する。しかしながら、図 2 に関連して説明される実施形態の詳細に接した当業者であれば、3 以上の蓄電セルと、2 以上のバランス補正回路とを備える蓄電システムの構成及び動作についても理解することができる。

【0036】

図 2 は、蓄電システム 210 の一例を概略的に示す。本実施形態において、蓄電システ

10

20

30

40

50

ム 2 1 0 は、端子 2 1 2 と、端子 2 1 4 と、保護回路 2 1 6 と、蓄電モジュール 2 2 0 とを備える。本実施形態において、蓄電モジュール 2 2 0 は、直列に接続された蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 と、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧を均等化させるバランス補正回路 2 3 2 とを備える。

【 0 0 3 7 】

本実施形態において、バランス補正回路 2 3 2 は、インダクタ 2 5 0 と、スイッチング素子 2 5 2 と、スイッチング素子 2 5 4 と、均等化制御部 2 7 0 とを有する。バランス補正回路 2 3 2 は、ダイオード 2 6 2 と、ダイオード 2 6 4 とを有してもよい。ダイオード 2 6 2 及びダイオード 2 6 4 の少なくとも一方は、M O S F E T などのソース・ドレイン間に等価的に形成される寄生ダイオードであってもよい。バランス補正回路 2 3 2 は、電圧監視部 2 8 0 を有してもよい。電圧監視部 2 8 0 は、例えば、電圧検出部 2 8 2 と、電圧検出部 2 8 4 と、差分検出部 2 8 6 とを含む。バランス補正回路 2 3 2 は、モジュール制御部 2 9 0 を有してもよい。

10

【 0 0 3 8 】

均等化制御部 2 7 0、並びに、スイッチング素子 2 5 2 及びスイッチング素子 2 5 4 は、同一基板上に形成されてもよく、異なる基板上に形成されてもよい。均等化制御部 2 7 0、及び、モジュール制御部 2 9 0 は、同一基板上に形成されてもよく、異なる基板上に形成されてもよい。

【 0 0 3 9 】

本実施形態において、バランス補正回路 2 3 2 が、均等化制御部 2 7 0 及びモジュール制御部 2 9 0 を有する場合について説明する。しかしながら、バランス補正回路 2 3 2 は本実施形態に限定されない。他の実施形態において、均等化制御部 2 7 0 は、モジュール制御部 2 9 0 の機能の少なくとも一部を有してもよく、モジュール制御部 2 9 0 が、均等化制御部 2 7 0 の機能の少なくとも一部を有してもよい。

20

【 0 0 4 0 】

本実施形態においては、インダクタ 2 5 0 を流れるインダクタ電流を検出するための電流検出部として、(i) 蓄電セル 2 2 2 と、インダクタ 2 5 0 と、スイッチング素子 2 5 2 又はダイオード 2 6 2 とを含む第 1 の回路の適切な位置に設けられた抵抗器、及び、(i i) 蓄電セル 2 2 4 と、インダクタ 2 5 0 と、スイッチング素子 2 5 4 又はダイオード 2 6 4 とを含む第 2 の回路の適切な位置に設けられた抵抗器を利用する場合について説明する。上記の抵抗器は、シャント抵抗器であってもよい。しかしながら、電流検出部は、本実施形態に限定されない。

30

【 0 0 4 1 】

他の実施形態において、スイッチング素子 2 5 2 の内部抵抗、及び、スイッチング素子 2 5 4 の内部抵抗が、電流検出部として利用されてもよい。さらに他の実施形態において、電流検出部は、インダクタ 2 5 0 に流れる電流を検出して、インダクタ 2 5 0 の電流値を示す情報を含む信号を均等化制御部 2 7 0 に伝送する電流計であってもよい。

【 0 0 4 2 】

蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の一方は、第 1 蓄電セルの一例であってもよい。蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の他方は、第 2 蓄電セルの一例であってもよい。バランス補正回路 2 3 2 は、バランス補正装置の一例であってもよい。スイッチング素子 2 5 2 及びスイッチング素子 2 5 4 の一方は、第 1 スwitchング素子の一例であってもよい。スイッチング素子 2 5 2 及びスイッチング素子 2 5 4 の他方は、第 2 スwitchング素子の一例であってもよい。ダイオード 2 6 2 及びダイオード 2 6 4 の一方は、整流部又は第 2 整流部の一例であってもよい。ダイオード 2 6 2 及びダイオード 2 6 4 の他方は、第 1 整流部の一例であってもよい。均等化制御部 2 7 0 は、制御装置の一例であってもよい。モジュール制御部 2 9 0 は、方向決定部、動作決定部又は移動電荷量推定部の一例であってもよい。

40

【 0 0 4 3 】

蓄電システム 2 1 0 の各部の説明において、蓄電システム 1 1 0 の各部と同様の構成については説明を省略する場合がある。例えば、端子 2 1 2 及び端子 2 1 4 は、それぞれ、

50

端子 1 1 2 及び端子 1 1 4 と同様の構成を有し得る。保護回路 2 1 6 は、保護回路 1 1 6 と同様の構成を有してもよい。蓄電モジュール 2 2 0 は、蓄電モジュール 1 2 0 と同様の構成を有してもよい。蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 のそれぞれは、蓄電セル 1 2 2 、蓄電セル 1 2 4 、蓄電セル 1 2 6 又は蓄電セル 1 2 8 と同様の構成を有してもよい。また、図 1 に関連して説明した蓄電システム 1 1 0 の少なくとも一部が、蓄電システム 2 1 0 の対応する部材と同様の構成を有してもよい。

【 0 0 4 4 】

本実施形態において、バランス補正回路 2 3 2 は、蓄電セル 2 2 2 の正極側と、蓄電セル 2 2 2 の負極側及び蓄電セル 2 2 4 の正極側の接続点 2 4 3 と、蓄電セル 2 2 4 の負極側とに電氣的に接続される。これにより、蓄電セル 2 2 2 と、スイッチング素子 2 5 2 と、インダクタ 2 5 0 とを含む第 1 の開閉回路が形成される。また、蓄電セル 2 2 4 と、インダクタ 2 5 0 と、スイッチング素子 2 5 4 とを含む第 2 の開閉回路が形成される。接続点 2 4 3 は、第 1 蓄電セルの一端と第 2 蓄電セルの一端との接続点の一例であってよい。

【 0 0 4 5 】

本実施形態において、インダクタ 2 5 0 は、蓄電セル 2 2 2 とスイッチング素子 2 5 2 との間に、蓄電セル 2 2 2 及びスイッチング素子 2 5 2 に直列に接続され、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の少なくとも一方の電圧を調整する。本実施形態において、インダクタ 2 5 0 の一端は、接続点 2 4 3 に電氣的に接続される。インダクタ 2 5 0 の他端は、スイッチング素子 2 5 2 及びスイッチング素子 2 5 4 の接続点 2 4 5 に電氣的に接続される。

【 0 0 4 6 】

本実施形態において、スイッチング素子 2 5 2 及びスイッチング素子 2 5 4 が、交互にオン動作及びオフ動作（オン・オフ動作という場合がある。）を繰り返すことで、インダクタ 2 5 0 にインダクタ電流 I_L が生じる。これにより、蓄電セル 1 2 2 と蓄電セル 1 2 4 との間でインダクタを介して電気エネルギーを授受することができる。その結果、蓄電セル 1 2 2 及び蓄電セル 1 2 4 の電圧を均等化させることができる。

【 0 0 4 7 】

本実施形態において、スイッチング素子 2 5 2 は、インダクタ 2 5 0 の他端と蓄電セル 2 2 2 の正極側との間に電氣的に接続される。スイッチング素子 2 5 2 は、均等化制御部 2 7 0 から駆動信号 2 2 を受信して、駆動信号 2 2 に基づきオン動作又はオフ動作を行う。これにより、第 1 の開閉回路を開閉する。スイッチング素子 2 5 2 は、M O S F E T であってよい。

【 0 0 4 8 】

本実施形態において、スイッチング素子 2 5 4 は、インダクタ 2 5 0 の他端と蓄電セル 2 2 4 の負極側との間に電氣的に接続される。スイッチング素子 2 5 4 は、均等化制御部 2 7 0 から駆動信号 2 4 を受信して、駆動信号 2 4 に基づきオン動作又はオフ動作を行う。これにより、第 2 の開閉回路を開閉する。スイッチング素子 2 5 4 は、M O S F E T であってよい。

【 0 0 4 9 】

本実施形態において、ダイオード 2 6 2 は、インダクタ 2 5 0 の他端と蓄電セル 2 2 2 の正極側との間に電氣的に接続される。ダイオード 2 6 2 は、スイッチング素子 2 5 2 と並列に配される。ダイオード 2 6 2 は、インダクタ 2 5 0 の他端から蓄電セル 2 2 2 の正極側への方向に電流を流す。一方、ダイオード 2 6 2 は、蓄電セル 2 2 2 の正極側からインダクタ 2 5 0 の他端への方向には電流を流さない。つまり、ダイオード 2 6 2 は、蓄電セル 2 2 2 の負極側から蓄電セル 2 2 2 の正極側の向きに流れる電流は流すが、蓄電セル 2 2 2 の正極側から蓄電セル 2 2 2 の負極側の向きに流れる電流は流さない。

【 0 0 5 0 】

本実施形態において、ダイオード 2 6 4 は、インダクタ 2 5 0 の他端と蓄電セル 2 2 4 の負極側との間に電氣的に接続される。ダイオード 2 6 4 は、スイッチング素子 2 5 4 と並列に配される。ダイオード 2 6 4 は、蓄電セル 2 2 4 の負極側からインダクタ 2 5 0 の

他端への方に電流を流す。一方、ダイオード 264 は、インダクタ 250 の他端から蓄電セル 224 の負極側への方に電流を流さない。つまり、ダイオード 264 は、蓄電セル 224 の負極側から蓄電セル 224 の正極側の向きに流れる電流は流すが、蓄電セル 224 の正極側から蓄電セル 224 の負極側の向きに流れる電流は流さない。

【0051】

ダイオード 262 及びダイオード 264 を設けることで、スイッチング素子 252 及びスイッチング素子 254 が共にオフ状態となった期間にインダクタ電流 I_L が残留した場合であっても、当該インダクタ電流 I_L がダイオード 262 又はダイオード 264 を通して流れ続けることができる。これにより、インダクタ 250 に一旦生じたインダクタ電流 I_L を無駄なく利用することができる。また、インダクタ電流 I_L を遮断した場合に生じるサージ電圧の発生を抑制することができる。

10

【0052】

本実施形態において、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 252 及びスイッチング素子 254 の少なくとも一方を制御して、バランス補正回路 232 を制御する。例えば、均等化制御部 270 は、モジュール制御部 290 からの動作制御信号 28 に基づいて、スイッチング素子 252 及びスイッチング素子 254 の少なくとも一方を制御する。

【0053】

本実施形態において、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 252 のオン・オフ動作を制御するための駆動信号 22 をスイッチング素子 252 に供給する。また、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 254 のオン・オフ動作を制御するための駆動信号 24 をスイッチング素子 254 に供給する。

20

【0054】

一実施形態において、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 252 及びスイッチング素子 254 が交互に（又は相補的に）オン・オフ動作を繰り返すように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を供給する。これにより、バランス補正回路 232 が作動している間、第 1 の開閉回路に電流が流れている状態と、第 2 の開閉回路に電流が流れている状態とが交互に切り替わるスイッチング動作が繰り返される。

【0055】

他の実施形態において、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 252 及びスイッチング素子 254 の一方がオン・オフ動作を繰り返し、スイッチング素子 252 及びスイッチング素子 254 の他方がオフ状態を維持するように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を供給する。これにより、バランス補正回路 232 が作動している間、第 1 の開閉回路に電流が流れている状態と、第 2 の開閉回路に電流が流れている状態とが交互に切り替わるスイッチング動作が繰り返される。

30

【0056】

例えば、動作制御信号 28 が、蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させることを示している場合、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 252 がオン・オフ動作を繰り返し、スイッチング素子 254 がオフ状態を維持するように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を供給する。この場合、第 2 の開閉回路には、ダイオード 264 を介して、インダクタ電流が流れる。一方、動作制御信号 28 が、蓄電セル 224 から蓄電セル 222 に電荷を移動させることを示している場合、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 254 がオン・オフ動作を繰り返し、スイッチング素子 252 がオフ状態を維持するように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を供給する。この場合、第 1 の開閉回路には、ダイオード 262 を介して、インダクタ電流が流れる。

40

【0057】

均等化制御部 270 は、駆動信号 22 及び駆動信号 24 の組み合わせにより、バランス補正回路 232 を制御するために用いられる様々な制御信号を生成してよい。一実施形態において、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 252 をオン動作させ、スイッチング素子 254 をオフ動作させるための第 1 制御信号を生成する。他の実施形態において、均等化制御部 270 は、スイッチング素子 252 をオフ動作させ、スイッチング素子

50

254をオン動作させるための第2制御信号を生成する。さらに他の実施形態において、均等化制御部270は、スイッチング素子252をオフ動作させ、スイッチング素子254をオフ動作させるための第3制御信号を生成する。第1制御信号、第2制御信号及び第3制御信号のそれぞれは、駆動信号22及び駆動信号24により構成されてよい。

【0058】

本実施形態において、均等化制御部270は、バランス補正回路232の作動状態において、バランス補正回路232が下記のスイッチング動作を繰り返すようにバランス補正回路232を制御する。また、均等化制御部270は、バランス補正回路232の停止状態において、バランス補正回路232がスイッチング動作を停止するようにバランス補正回路232を制御する。

10

【0059】

例えば、均等化制御部270は、バランス補正回路232の作動期間中、バランス補正回路232が、スイッチング動作を予め定められた周期で繰り返すように、駆動信号22及び駆動信号24を、スイッチング素子252及びスイッチング素子254に供給する。ここで、「予め定められた周期」とは、スイッチング動作の繰り返しの周期が予め設定されている場合だけでなく、予め定められた何らかの制御又はアナログ回路によって当該周期が変動する場合を含む。

【0060】

例えば、次のサイクルにおける周期が、現在のサイクルにおける何らかの情報と、予め定められた特定のアルゴリズム又は特定のアナログ回路とにより決定される場合であっても、当該周期は、「予め定められた周期」の一例であってよい。また、スイッチング動作に含まれる第1の動作、第2の動作及び第3の動作の少なくとも1つを他の動作に切り替えるタイミングが、特定のアルゴリズム又は特定のアナログ回路により決定される場合であっても、当該スイッチング動作の周期は、「予め定められた周期」の一例であってよい。上記の周期は、例えば、(i)蓄電セル222及び蓄電セル224の少なくとも一方、(ii)インダクタ250を流れる電流の電流値、並びに、(iii)これらの組み合わせに基づいて、決定されてよい。

20

【0061】

スイッチング動作は、(i)スイッチング素子252がオン動作し、スイッチング素子254がオフ動作する第1の動作と、(ii)スイッチング素子252がオフ動作し、スイッチング素子254がオン動作する第2の動作とを含んでよい。スイッチング動作は、第1の動作及び第2の動作に加えて、スイッチング素子252及びスイッチング素子254の両方がオフ動作する第3の動作を含んでもよい。第1の動作、第2の動作及び第3の動作の順序は、任意に決定されてよいが、第1の動作に引き続いて第2の動作が実施されることが好ましい。スイッチング動作は、上記の第1の動作、第2の動作及び第3の動作とは異なる他の動作を含んでもよい。

30

【0062】

本実施形態において、電圧監視部280は、蓄電セル222及び蓄電セル224の少なくとも一方の電圧を監視する。本実施形態において、電圧監視部280は、電圧検出部282及び電圧検出部284により、蓄電セル222の電圧及び蓄電セル224の電圧を検出する。電圧監視部280は、蓄電セル222の電圧及び蓄電セル224の電圧を差分検出部286に入力して、蓄電セル222及び蓄電セル224の電圧差を検出する。電圧監視部280は、検出した電圧差を示す信号26を生成して、モジュール制御部290に送信する。信号26は、蓄電セル222の電圧と蓄電セル224の電圧のどちらが大きいかなを示す情報を含んでもよい。

40

【0063】

本実施形態において、モジュール制御部290は、バランス補正回路232を制御する。モジュール制御部290は、均等化制御部270を介して、バランス補正回路232を制御してよい。

【0064】

50

一実施形態において、モジュール制御部 290 は、電荷を移動させる方向を決定する。例えば、モジュール制御部 290 は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧又は SOC に基づいて、(i) 蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させるか、又は、(ii) 蓄電セル 224 から蓄電セル 222 に電荷を移動させるかを決定する。モジュール制御部 290 は、電荷を移動させる方向を示す情報を含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信してよい。

【0065】

他の実施形態において、モジュール制御部 290 は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の間を移動した正味の電荷量（電荷の移動量と称する場合がある。）を推定する。例えば、モジュール制御部 290 は、(i) バランス補正回路 232 の作動時間と、(ii) インダクタ 250 を流れた電流値の実測値又は推定値とに基づいて、電荷の移動量を推定する。モジュール制御部 290 は、電荷の移動量の推定値に基づいて、バランス補正回路 232 を制御してもよい。モジュール制御部 290 は、電荷の移動量の推定値を示す情報を含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信してもよい。モジュール制御部 290 は、バランス補正装置の作動時間と、バランス補正装置の作動期間におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の谷の値又はその目標条件とに基づいて、バランス補正装置の作動期間中に 2 つの蓄電セルの間を移動した正味の電荷量を推定する移動電荷量推定装置の一例であってよい。

【0066】

モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 が作動してから停止するまでの時間を推定してもよい。例えば、モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 が作動する直前又は直後の蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧差と、電荷の移動量の推定値とに基づいて、バランス補正回路 232 が作動してから停止するまでの時間を推定する。モジュール制御部 290 は、バランス補正装置の動作対象となる 2 つの蓄電セルの電圧差と、バランス補正装置の作動期間におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の谷の値又はその目標条件とに基づいて、バランス補正装置が停止するまでの時間又は時刻を推定する作業時間推定装置の一例であってよい。

【0067】

さらに他の実施形態において、モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 を作動させるか否か、及び、バランス補正回路 232 を停止させるか否かの少なくとも一方を決定する。モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 を作動させるか否か、及び、バランス補正回路 232 を停止させるか否かの少なくとも一方を示す情報を含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信する。

【0068】

〔バランス補正回路 232 を作動させるタイミング〕

本実施形態において、モジュール制御部 290 は、停止しているバランス補正回路 232 を作動させることを示す情報を含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信する。例えば、モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 を作動させるタイミングで、上記の動作制御信号 28 を均等化制御部 270 に送信する。モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 を作動させるタイミングを示す情報と、当該タイミングでバランス補正回路 232 を作動させることを示す情報とを含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信してもよい。

【0069】

モジュール制御部 290 は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧又は SOC に基づいて、停止しているバランス補正回路 232 を作動させるタイミングを決定してよい。例えば、モジュール制御部 290 は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の少なくとも一方の電圧又は SOC が、予め定められた第 1 の条件を満足する場合に、バランス補正回路 232 を作動させることを決定する。上記の第 1 の条件としては、(i) 蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧又は SOC の差が、予め定められた第 1 の値よりも大きいという条件、(ii) 蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の少なくとも一方の電圧又は SOC

が、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧又は SOC に応じて定まる値に合致するという条件などを例示することができる。

【0070】

〔バランス補正回路 232 を停止させるタイミング〕

本実施形態において、モジュール制御部 290 は、作動しているバランス補正回路 232 を停止させることを示す情報を含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信する。例えば、モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 を停止させるタイミングで、上記の動作制御信号 28 を均等化制御部 270 に送信する。モジュール制御部 290 は、バランス補正回路 232 を停止させるタイミングを示す情報と、当該タイミングでバランス補正回路 232 を停止させることを示す情報とを含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信してもよい。

10

【0071】

〔バランス補正回路 232 を停止させるタイミングを決定する第 1 の実施形態〕

モジュール制御部 290 は、2 つの蓄電セルの間の電荷の移動量に基づいて、バランス補正回路 232 を停止させるタイミングを決定してよい。例えば、モジュール制御部 290 は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の間の電荷の移動量を推定し、当該電荷の移動量の推定値に基づいて、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の少なくとも一方の SOC を推定する。モジュール制御部 290 は、SOC の推定値が予め定められた第 2 の条件を満足する場合に、バランス補正回路 232 を停止させることを決定する。上記の第 2 の条件としては、(i) 蓄電セル 222 又は蓄電セル 224 の SOC が予め定められた第 2 の値に合致するという条件、(i i) 蓄電セル 222 又は蓄電セル 224 の SOC が、予め定められた数値範囲内であるという条件、(i i i) 蓄電セル 222 又は蓄電セル 224 の SOC が、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の SOC に応じて定まる値に合致するという条件などを例示することができる。

20

【0072】

例えば、正極物質として、鉄成分を含むリチウム化合物が使用されているリチウムイオン電池の充電特性は、充電の初期から中盤に現れる電圧平坦部での電圧上昇が非常に緩やかである一方、充電末期に電池電圧が急激に上昇する曲線を描く。そのため、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の少なくとも一方が、正極物質として鉄成分を含むリチウム化合物を含むリチウムイオン電池を有する場合、蓄電セルの端子間電圧に基づいて、当該蓄電セルの SOC を管理することが難しい。しかしながら、モジュール制御部 290 が、推定された電荷の移動量に基づいて、バランス補正回路 232 を停止させるタイミングを決定することで、このような場合であっても、モジュール制御部 290 は、適切なタイミングでバランス補正回路 232 を停止させることができる。鉄成分を含むリチウム化合物としては、リン酸鉄系のリチウム化合物を例示することができる。リン酸鉄系のリチウム化合物としては、リン酸鉄リチウムを例示することができる。

30

【0073】

〔バランス補正回路 232 を停止させるタイミングを決定する第 2 の実施形態〕

モジュール制御部 290 は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧又は SOC に基づいて、バランス補正回路 232 を停止させるタイミングを決定してもよい。例えば、モジュール制御部 290 は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の少なくとも一方の電圧又は SOC が、予め定められた第 3 の条件を満足する場合に、バランス補正回路 232 を停止させることを決定する。上記の第 3 の条件としては、(i) 蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧又は SOC の差が、予め定められた第 3 の値よりも小さいという条件、(i i) 蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の少なくとも一方の電圧又は SOC が、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧又は SOC に応じて定まる値に合致するという条件などを例示することができる。第 3 の値は、第 1 の値よりも小さくてよい。

40

【0074】

一実施形態によれば、例えば、モジュール制御部 290 は、電圧監視部 280 からの信号 26 を受信して、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧差を示す情報を取得する

50

。モジュール制御部 290 は、(i) 蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧差が予め定められた値に等しい場合又は予め定められた値よりも小さい場合に、バランス補正回路 232 を停止させることを決定し、(i i) バランス補正回路 232 を停止させることを示す情報を含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信する。

【0075】

均等化制御部 270 は、動作制御信号 28 を受信すると、スイッチング素子 252 及びスイッチング素子 254 の両方がオフ動作するように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を供給して、バランス補正回路 232 を停止させる。これにより、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の均等化がほぼ終了した状態で、バランス補正回路 232 が停止する。その結果、バランス補正回路 232 のハンチングを防止することができ、バランス補正回路 232 の消費電力を抑制することができる。

10

【0076】

他の実施形態によれば、例えば、モジュール制御部 290 は、電圧監視部 280 からの信号 26 を受信して、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧差を示す情報を取得する。モジュール制御部 290 は、(i) 蓄電セル 222 の電圧と蓄電セル 224 の電圧との大小関係が逆転するタイミングの近傍において、バランス補正回路 232 を停止させることを決定し、(i i) バランス補正回路 232 を停止させることを示す情報を含む動作制御信号 28 を、均等化制御部 270 に送信する。モジュール制御部 290 は、例えば、バランス補正回路 232 の作動期間中に蓄電セル 222 の電圧と蓄電セル 224 の電圧との大小関係が逆転した後、バランス補正回路 232 が作動している状態における蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧差の絶対値が第 1 の閾値に等しくなった場合又は第 1 の閾値よりも小さくなった場合に、バランス補正回路 232 を停止させることを決定する。本実施形態によれば、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧差が極めて小さくなった状態で、バランス補正回路 232 が停止する。

20

【0077】

蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧を均等化しようとする場合、通常であれば、当業者は、スイッチング素子 252 のオン時間とスイッチング素子 254 のオン時間とが等しくなるように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を制御することを試みる。しかし、スイッチング素子 252、スイッチング素子 254 及びバランス補正回路 232 の精度、製造誤差などにより、スイッチング素子 252 のオン時間とスイッチング素子 254 のオン時間とを精度よく一致させることは難しい。

30

【0078】

そのため、スイッチング素子 252 のオン時間とスイッチング素子 254 のオン時間とが等しくなるように駆動信号 22 及び駆動信号 24 を制御することで、蓄電セル 222 の電圧と蓄電セル 224 の電圧とを精度よく均等化することは難しい。しかし、隣接する 2 つの蓄電セルの間の電圧差が小さい場合であっても、蓄電システムに含まれる蓄電セルの個数が増加すればするほど、隣接する 2 つの蓄電セル間の電圧差が積み重なり、システム全体としては無視できないものとなる。

【0079】

本実施形態によれば、蓄電セル 222 の電圧と蓄電セル 224 の電圧との大小関係が逆転した後でバランス補正回路 232 を停止させるので、スイッチング素子 252 のオン時間とスイッチング素子 254 のオン時間とが等しくなるように駆動信号 22 及び駆動信号 24 を制御する場合と比較して、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧差が 0 になるタイミングを、より確実に作り出すことができる。これにより、蓄電セル 222 の電圧及び蓄電セル 224 の均等化の精度を向上させることができる。その結果、バランス補正回路 232 のハンチングを防止することができ、バランス補正回路 232 の消費電力を抑制することができる。

40

【0080】

また、例えば、蓄電セル 222 の電圧が蓄電セル 224 の電圧より高い場合、バランス補正回路 232 が停止した後、蓄電セル 222 の電圧の測定値は、蓄電セル 222 の内部

50

抵抗などによる電圧降下により増加する（見かけ上の電圧変動と称する場合がある。）。一方、蓄電セル２２４の電圧の測定値は、蓄電セル２２４の内部抵抗などによる電圧降下により減少する（見かけ上の電圧変動と称する場合がある）。

【００８１】

そのため、モジュール制御部２９０が、蓄電セル２２２の電圧と蓄電セル２２４の電圧との大小関係が逆転する前にバランス補正回路２３２を停止させた場合、蓄電セル２２２及び蓄電セル２２４の電圧差の絶対値は、バランス補正回路２３２が停止した後、時間とともに拡大する。これに対して、モジュール制御部２９０が、蓄電セル２２２の電圧と蓄電セル２２４の電圧との大小関係が逆転した後でバランス補正回路２３２を停止させた場合、蓄電セル２２２及び蓄電セル２２４の電圧差の絶対値は、バランス補正回路２３２が停止した後、時間とともに縮小する。その結果、バランス補正回路２３２が停止した状態における蓄電セル２２２及び蓄電セル２２４の電圧差の絶対値をより小さくすることができる。

10

【００８２】

第１の閾値は、バランス補正回路２３２が停止した場合に生じる、蓄電セル２２２の見かけ上の電圧変動を考慮して定められてよい。第１の閾値は、インダクタ２５０の電流値と、蓄電セル２２２の直流抵抗（ＤＣＲと称する場合がある。）の値とに基づいて定められてよい。第１の閾値は、蓄電セル２２２及び蓄電セル２２４の直流抵抗値がほぼ同等であると仮定し、インダクタ２５０の電流値と蓄電セル２２２の直流抵抗値とを乗じること

20

【００８３】

第１の閾値は、バランス補正回路２３２が停止した場合に生じる、蓄電セル２２２及び蓄電セル２２４の見かけ上の電圧変動を考慮して定められてよい。第１の閾値は、インダクタ２５０の電流値と、蓄電セル２２２の直流抵抗値と、蓄電セル２２４の直流抵抗値とに基づいて定められてよい。第１の閾値は、蓄電セル２２２の直流抵抗値及び蓄電セル２２４の直流抵抗値の和と、インダクタ２５０の平均電流値とを乗じた値を、２で割ること

【００８４】

蓄電セル２２２の直流抵抗値は、蓄電セル２２２の温度及び劣化状況に応じて変化する。そこで、第１の閾値は、蓄電セル２２２の温度及び劣化状況の少なくとも一方を考慮して、決定されてもよい。蓄電セル２２４の直流抵抗値は、蓄電セル２２４の温度及び劣化状況に応じて変化する。そこで、第１の閾値は、蓄電セル２２４の温度及び劣化状況の少なくとも一方を考慮して決定されてもよい。例えば、第１の閾値は、蓄電セル２２２及び蓄電セル２２４の出荷時点における直流抵抗値に予め定められた係数を乗じた値を用いて決定されてよい。予め定められた係数は、１以上３以下であってよく、１より大きく２以下であることが好ましい。

30

【００８５】

第１の閾値は、均等化制御部２７０がバランス補正回路２３２を停止させた後、バランス補正回路２３２の停止状態が維持されたと仮定した場合に、バランス補正回路２３２の停止後、予め定められた時間が経過した時点における蓄電セル２２２及び蓄電セル２２４電圧差の絶対値が、第２の閾値以下になるように定められてもよい。第２の閾値の絶対値は、第１の閾値の絶対値より小さくてよい。予め定められた時間は、電圧降下による電圧変動の変動幅及び当該電圧変動の持続時間の少なくとも一方を考慮して決定されてよい。

40

【００８６】

上記の予め定められた時間は、電圧降下による電圧変動の変動幅が、電圧変動がほぼ終了した時点における最終的な変動幅の６０％（好ましくは７５％、更に好ましくは８０％である。）に達するまでの時間であってもよい。なお、電圧降下による電圧変動は、通常、３０分から１時間程度で終了する。上記の予め定められた時間は、０．５秒以上５分以内であってよく、１秒以上２分以内であることが好ましく、１秒以上１分以内であることがより好ましい。

50

【 0 0 8 7 】

第 1 の閾値は、0 . 5 m V 以上 1 0 0 m V 以下であってよい。第 1 の閾値は、より好ましくは 0 . 5 m V 以上 1 0 m V 以下であり、さらに好ましくは 0 . 5 m V 以上 5 m V 以下である。通常の使用状態であれば、第 1 の閾値を上記の範囲内に設定することで、電圧降下による電圧変動がほぼ終了した時点における蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 電圧差の絶対値を、バランス補正回路 2 3 2 を停止させた時点における蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 電圧差の絶対値よりも小さくすることができる。その結果、バランス補正回路 2 3 2 による均等化の精度を向上させることができる。また、バランス補正回路 2 3 2 のハンチングを抑制することができる。

【 0 0 8 8 】

モジュール制御部 2 9 0 は、バランス補正回路 2 3 2 が停止した後、予め定められた期間、バランス補正回路 2 3 2 を停止させることが好ましい。これにより、バランス補正回路 2 3 2 のハンチングをより効果的に防止することができる。上記の予め定められた期間は、0 . 5 秒以上 5 分以内であってよく、1 秒以上 2 分以内であることが好ましく、1 秒以上 1 分以内であることがより好ましい。

【 0 0 8 9 】

[バランス補正回路 2 3 2 を停止させるタイミングを決定する第 3 の実施形態]

蓄電セル 2 2 2 の電圧及び蓄電セル 2 2 4 の電圧に基づいて、バランス補正回路 2 3 2 を停止させるタイミングを決定する第 3 の実施形態としては、以下を例示することができる。本実施形態において、スイッチング動作は、第 1 の動作、第 2 の動作及び第 3 の動作を含む。本実施形態において、均等化制御部 2 7 0 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧差が小さいほど、スイッチング動作の周期に対する第 3 の動作の時間の割合が大きくなるように、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 を供給する。

【 0 0 9 0 】

均等化制御部 2 7 0 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧差に基づいて、予め定められた方法に従って、第 3 の動作の時間を決定してもよい。動作開始時において、第 3 の動作の時間は 0 秒であってもよい。第 1 の動作の時間及び第 2 の動作の時間は等しくてもよい。第 1 の動作の時間及び第 2 の動作の時間は、第 2 の実施形態と同様にして決定されてもよい。

【 0 0 9 1 】

本実施形態において、モジュール制御部 2 9 0 は、第 3 の動作の時間又はスイッチング動作の周期に対する第 3 の動作の時間の割合が、予め定められた値に等しい又は予め定められた値よりも大きい場合に、バランス補正回路 2 3 2 を停止させることを決定する。本実施形態によれば、均等化制御部 2 7 0 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧差が十分に小さくなったタイミングで、バランス補正回路 2 3 2 が停止する。その結果、バランス補正回路 2 3 2 のハンチングを防止することができ、バランス補正回路 2 3 2 の消費電力を抑制することができる。

【 0 0 9 2 】

[バランス補正回路 2 3 2 を停止させるタイミングを決定する第 4 の実施形態]

蓄電セル 2 2 2 の電圧及び蓄電セル 2 2 4 の電圧に基づいて、バランス補正回路 2 3 2 を停止させるタイミングを決定する第 4 の実施形態としては、以下を例示することができる。本実施形態において、均等化制御部 2 7 0 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧差が小さいほど、スイッチング動作の周期が短くなるように、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 を供給する。

【 0 0 9 3 】

均等化制御部 2 7 0 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧差に基づいて、予め定められた方法に従って、スイッチング動作の周期を決定してもよい。第 1 の動作の時間及び第 2 の動作の時間は等しくてもよい。第 1 の動作の時間及び第 2 の動作の時間は、第 2 の実施形態と同様にして決定されてもよい。スイッチング動作は、第 3 の動作を含んでもよいし、含まなくてもよい。スイッチング動作の周期に対する第 3 の動作の時間の割合

10

20

30

40

50

は、第 3 の実施形態と同様にして決定されてもよい。

【 0 0 9 4 】

本実施形態において、モジュール制御部 2 9 0 は、スイッチング動作の周期が、予め定められた値に等しい又は予め定められた値よりも小さい場合に、バランス補正回路 2 3 2 を停止させることを決定する。本実施形態によれば、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧差が十分に小さくなったタイミングで、バランス補正回路 2 3 2 が停止する。また、均等化が終了した時点でバランス補正回路 2 3 2 が停止するので、バランス補正回路 2 3 2 の消費電力を抑制することができる。

【 0 0 9 5 】

[均等化制御部 2 7 0 の具体的な構成]

図 3 は、均等化制御部 2 7 0 の一例を概略的に示す。本実施形態において、均等化制御部 2 7 0 は、受信部 3 1 0 と、検出電圧取得部 3 2 0 と、参照信号生成部 3 3 0 と、パルス信号生成部 3 4 0 と、駆動信号供給部 3 5 0 とを備える。本実施形態において、駆動信号供給部 3 5 0 は、駆動タイミング決定部 3 5 2 と、駆動信号生成部 3 5 4 とを有する。

【 0 0 9 6 】

検出電圧取得部 3 2 0 は、電流情報取得部の一例であってよい。駆動信号供給部 3 5 0 は、制御信号供給部の一例であってよい。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、第 1 タイミング決定部又は第 2 タイミング決定部の一例であってよい。駆動信号生成部 3 5 4 は、制御信号生成部の一例であってよい。

【 0 0 9 7 】

本実施形態において、受信部 3 1 0 は、モジュール制御部 2 9 0 からの動作制御信号 2 8 を受信する。一実施形態において、受信部 3 1 0 は、動作制御信号 2 8 を、駆動信号供給部 3 5 0 に転送する。他の実施形態において、受信部 3 1 0 は、動作制御信号 2 8 に基づいて、信号 3 1 及び信号 3 2 の少なくとも一方を生成する。信号 3 1 は、バランス補正回路 2 3 2 を作動させることを示す情報、又は、バランス補正回路 2 3 2 を停止させることを示す情報を含む。信号 3 2 は、電荷を移動させる方向を示す情報を含む。例えば、受信部 3 1 0 は、信号 3 1 を駆動信号生成部 3 5 4 に送信し、信号 3 2 を駆動タイミング決定部 3 5 2 に送信する。

【 0 0 9 8 】

本実施形態において、検出電圧取得部 3 2 0 は、インダクタ 2 5 0 を流れる電流の電流値に関する情報を取得する。例えば、検出電圧取得部 3 2 0 は、インダクタ 2 5 0 を流れる電流（インダクタ電流と称する場合がある。）の電流値を検出するための電流検出抵抗における電圧降下を示す情報を取得する。本実施形態において、検出電圧取得部 3 2 0 は、（ i ）第 1 の開閉回路の任意の位置に配された電流検出抵抗における電圧降下の程度を示す情報と、（ i i ）第 2 の開閉回路の任意の位置に配された電流検出抵抗における電圧降下の程度を示す情報とを取得する。インダクタ電流の電流値は、第 1 スwitching 素子、第 2 スwitching 素子を流れる電流の電流値から算出されてもよい。

【 0 0 9 9 】

本実施形態において、参照信号生成部 3 3 0 は、参照信号を生成する。参照信号生成部 3 3 0 は、参照信号を駆動タイミング決定部 3 5 2 に送信する。参照信号は、駆動タイミング決定部 3 5 2 が、インダクタ電流の電流値又はインダクタ電流の検出電圧に基づいて、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 を供給するタイミングを決定する際に、参照される。参照信号は、駆動タイミング決定部 3 5 2 が、第 1 制御信号、第 2 制御信号及び第 3 制御信号の少なくとも 1 つの供給されるタイミングを決定するために用いられてよい。

【 0 1 0 0 】

一実施形態において、参照信号生成部 3 3 0 は、蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合に利用される参照信号 3 3 を生成する。他の実施形態において、参照信号生成部 3 3 0 は、蓄電セル 2 2 4 から蓄電セル 2 2 2 に電荷を移動させる場合に利用される参照信号 3 4 を生成する。

【 0 1 0 1 】

10

20

30

40

50

参照信号は、例えば、参照電圧として、駆動タイミング決定部 352 に入力される。参照電圧は、予め定められた電圧波形を有してよい。参照電圧は、蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の少なくとも一方の電圧に応じて定められる電圧波形を有してもよい。参照信号は、インダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波、鋸波又は台形波を含んでよい。

【0102】

例えば、参照信号 33 は、スイッチング素子 252 がオフ状態である場合に第 2 の開閉回路を流れるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波、鋸波又は台形波を含む。一方、参照信号 34 は、スイッチング素子 254 がオフ状態である場合に第 1 の開閉回路を流れるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波、鋸波又は台形波を含む。

10

【0103】

参照信号は、駆動信号 22 又は駆動信号 24 を供給するタイミングにおけるインダクタ電流の電流値の推定値に関する情報を含んでもよい。例えば、参照信号が参照電圧として駆動タイミング決定部 352 に入力される場合、参照電圧は、上記のインダクタ電流の電流値の推定値に応じた電圧であってもよい。また、参照電圧は、上記のインダクタ電流の電流値の推定値に応じた波高値を有するパルス波形を有してもよい。パルス波形の形状は、矩形形状であってもよく、台形形状であってもよく、三角形形状であってもよく、鋸歯形状であってもよい。パルスの発生位置は、駆動信号 22 又は駆動信号 24 が供給されるべきタイミングの近傍に設定されてよい。

20

【0104】

駆動信号 22 又は駆動信号 24 を供給するタイミングにおけるインダクタ電流の電流値は、例えば、インダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて算出される。駆動信号 22 又は駆動信号 24 を供給するタイミングは、例えば、インダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて算出される。

【0105】

インダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値は、例えば、任意の電圧値 V と、インダクタ 250 のインダクタンス L とを利用して、 V/L と表される。参照電圧の三角波又は鋸波の傾きは、電流検出用の抵抗器の抵抗値 R （本実施形態においては、スイッチング素子 252 又はスイッチング素子 254 の内部抵抗の抵抗値である。）と、任意の電圧値 V と、インダクタ 250 のインダクタンス L とを利用して、 $R \times V/L$ と表される。

30

【0106】

任意の電圧値 V としては、(i) スwitching動作の開始時点における蓄電セル 222 又は蓄電セル 224 の電圧値、(ii) スwitching動作の開始時点における蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧値の平均値、(iii) スwitching動作中の任意の時点における蓄電セル 222 又は蓄電セル 224 の電圧値、(iv) スwitching動作中の任意の時点における蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧値の平均値、(v) 蓄電セル 222 又は蓄電セル 224 の充放電曲線の電圧平坦領域における任意の値、(vi) 蓄電セル 222 又は蓄電セル 224 の代表電圧などを例示することができる。代表電圧としては、(i) 公称電圧、(ii) 利用が予定される電圧範囲の上限値、下限値若しくは平均値などを例示することができる。

40

【0107】

参照信号生成部 330 は、インダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に応じた傾きを有する三角波又は鋸波のオフセットを調整し、調整後の信号を駆動タイミング決定部 352 に供給してよい。参照信号生成部 330 は、複数の種類の参照信号を記憶していてもよい。参照信号生成部 330 は、複数の種類の参照信号の中から 1 つを選択し、選択された信号を駆動タイミング決定部 352 に供給してよい。

【0108】

本実施形態において、パルス信号生成部 340 は、パルス信号を生成する。パルス信号は、予め定められた周期のパルス列であってもよい。一実施形態において、パルス信号生成

50

部 3 4 0 は、スイッチング動作の周期を規定するためのセット信号 3 5 を生成する。他の実施形態において、駆動信号 2 2 又は駆動信号 2 4 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 3 6 を生成する。

【 0 1 0 9 】

パルス信号生成部 3 4 0 は、パルス発生器は、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 の少なくとも一方のデューティ比を可変制御する可変パルス発生器であってもよい。駆動信号 2 2 のデューティ比は、例えば、スイッチング動作の周期に対する、駆動信号 2 2 のオン期間の割合として算出される。同様に、駆動信号 2 4 のデューティ比は、スイッチング動作の周期に対する、駆動信号 2 4 のオン期間の割合として算出される。

【 0 1 1 0 】

本実施形態において、駆動信号供給部 3 5 0 は、バランス補正回路 2 3 2 の作動期間中、バランス補正回路 2 3 2 がスイッチング動作を繰り返すように、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 を、スイッチング素子 2 5 2 及びスイッチング素子 2 5 4 に供給する。例えば、駆動信号供給部 3 5 0 は、バランス補正回路 2 3 2 の作動期間中の少なくとも一部の期間において、検出電圧取得部 3 2 0 が取得した、インダクタ電流の電流値に関する情報に基づいて、当該電流値の絶対値の谷（谷電流値と称する場合がある。）が、予め定められた条件を満足するように、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 を、スイッチング素子 2 5 2 及びスイッチング素子 2 5 4 に供給する。

【 0 1 1 1 】

一実施形態において、駆動信号供給部 3 5 0 は、（ i ）谷電流値が第 1 の値と等しくなるように、（ i i ）谷電流値が上記の第 1 の値よりも大きくなるように、又は、（ i i i ）谷電流値が、上記の第 1 の値を含む数値範囲内に収まるように、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 を供給する、上記の第 1 の値は、予め定められた値であってもよく、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の少なくとも一方の電圧又は SOC の値に基づいて定められる値であってもよい。上記の数値範囲は、予め定められた範囲であってもよく、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の少なくとも一方の電圧又は SOC の値に基づいて定められる範囲であってもよい。

【 0 1 1 2 】

本実施形態において、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、駆動信号 2 2 及び駆動信号 2 4 を供給するタイミングを決定する。一実施形態において、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、スイッチング素子 2 5 2 をオン動作させ、スイッチング素子 2 5 4 をオフ動作させるための第 1 制御信号を供給するタイミングを決定する。他の実施形態において、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、スイッチング素子 2 5 2 をオフ動作させ、スイッチング素子 2 5 4 をオン動作させるための第 2 制御信号を供給するタイミングを決定する。さらに他の実施形態において、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、スイッチング素子 2 5 2 をオフ動作させ、スイッチング素子 2 5 4 をオフ動作させるための第 3 制御信号を供給するタイミングを決定する。

【 0 1 1 3 】

[蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合の第 1 実施形態]

蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、例えば、予め定められた周期で、第 1 制御信号を供給することを決定する。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の少なくとも一方の電圧若しくは SOC、又は、両者の電圧差若しくは SOC の差に応じて定められる周期で、第 1 制御信号を供給することを決定してもよい。また、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、（ i ）インダクタ電流の電流値の絶対値が、第 2 の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミング、又は、（ i i ）駆動信号 2 2 のオン時間が予め定められた期間を越えるタイミングで、第 2 制御信号を供給することを決定する。上記の参照値は、インダクタ電流の谷電流値の目標値と、第 2 の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値とに基づいて定められてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 4 】

例えば、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、検出電圧取得部 3 2 0 から、インダクタ電流の検出電圧を取得する。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、参照信号生成部 3 3 0 から参照信号を受信する。参照信号により示される電圧波形は、第 2 の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、参照信号の電圧波形と、検出電圧とを比較して、両者が一致した場合に、第 2 制御信号を供給することを決定する。

【 0 1 1 5 】

駆動タイミング決定部 3 5 2 は、予め定められた第 1 の期間内にインダクタ電流の電流値の絶対値が、参照信号により示される参照値を超えない場合、当該第 1 の期間が経過するタイミングで、第 2 制御信号を供給することを決定してよい。例えば、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、パルス信号生成部 3 4 0 から、駆動信号 2 2 のデューティ比の最大値を規定するためのパルス信号を受信する。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、上記のパルス信号に基づいて、上記の第 1 の期間の経過を判断してよい。

10

【 0 1 1 6 】

[蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合の第 2 実施形態]

蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、例えば、予め定められた周期で、第 1 制御信号を供給することを決定する。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の電圧若しくは SOC、又は、両者の電圧差若しくは SOC の差に応じて定められる周期で、第 1 制御信号を供給することを決定してもよい。また、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、インダクタ電流の電流値の絶対値が、第 3 の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミングで、第 3 制御信号を供給することを決定する。また、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、駆動信号 2 2 のオン時間が予め定められた期間を越えるタイミングで、第 2 制御信号又は第 3 制御信号を供給することを決定する。

20

【 0 1 1 7 】

例えば、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、検出電圧取得部 3 2 0 から、インダクタ電流の検出電圧を取得する。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、参照信号生成部 3 3 0 から参照信号を受信する。参照信号により示される電圧波形は、第 3 の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、参照信号の電圧波形と、検出電圧とを比較して、両者が一致した場合に、第 3 制御信号を供給することを決定する。

30

【 0 1 1 8 】

駆動タイミング決定部 3 5 2 は、予め定められた第 1 の期間内にインダクタ電流の電流値の絶対値が、参照信号により示される参照値を超えない場合、当該第 1 の期間が経過するタイミングで、第 2 制御信号又は第 3 制御信号を供給することを決定してよい。例えば、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、パルス信号生成部 3 4 0 から、駆動信号 2 2 のデューティ比の最大値を規定するためのパルス信号を受信する。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、上記のパルス信号に基づいて、上記の第 1 の期間の経過を判断してよい。

40

【 0 1 1 9 】

[蓄電セル 2 2 4 から蓄電セル 2 2 2 に電荷を移動させる場合の第 1 実施形態]

蓄電セル 2 2 4 から蓄電セル 2 2 2 に電荷を移動させる場合、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、例えば、予め定められた周期で、第 2 制御信号を供給することを決定する。駆動タイミング決定部 3 5 2 は、蓄電セル 2 2 2 及び蓄電セル 2 2 4 の少なくとも一方の電圧若しくは SOC、又は、両者の電圧差若しくは SOC の差に応じて定められる周期で、第 2 制御信号を供給することを決定してもよい。また、駆動タイミング決定部 3 5 2 は、(i) インダクタ電流の電流値の絶対値が、第 1 の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミング、又は、(i i) 駆動信号 2 4 のオン時間が予め定められた期間を越えるタイミングで、第 1 制御信

50

号を供給することを決定する。上記の参照値は、インダクタ電流の谷電流値の目標値と、第1の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値とに基づいて定められてもよい。

【0120】

例えば、駆動タイミング決定部352は、検出電圧取得部320から、インダクタ電流の検出電圧を取得する。駆動タイミング決定部352は、参照信号生成部330から参照信号を受信する。参照信号により示される電圧波形は、第1の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる。駆動タイミング決定部352は、参照信号の電圧波形と、検出電圧とを比較して、両者が一致した場合に、第1制御信号を供給することを決定する。

10

【0121】

駆動タイミング決定部352は、予め定められた第2の期間内にインダクタ電流の電流値の絶対値が、参照信号により示される参照値を超えない場合、当該第2の期間が経過するタイミングで、第1制御信号を供給することを決定してよい。例えば、駆動タイミング決定部352は、パルス信号生成部340から、駆動信号24のデューティ比の最大値を規定するためのパルス信号を受信する。駆動タイミング決定部352は、上記のパルス信号に基づいて、上記の第2の期間の経過を判断してよい。

【0122】

[蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させる場合の第2実施形態]

蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させる場合、駆動タイミング決定部352は、例えば、予め定められた周期で、第2制御信号を供給することを決定する。駆動タイミング決定部352は、蓄電セル222及び蓄電セル224の少なくとも一方の電圧若しくはSOC、又は、両者の電圧差若しくはSOCの差に応じて定められる周期で、第2制御信号を供給することを決定してもよい。また、駆動タイミング決定部352は、インダクタ電流の電流値の絶対値が、第3の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミングで、第3制御信号を供給することを決定する。また、駆動タイミング決定部352は、駆動信号24のオン時間が予め定められた期間を越えるタイミングで、第1制御信号又は第3制御信号を供給することを決定する。上記の参照値は、インダクタ電流の谷電流値の目標値と、第3の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値とに基づいて定められてもよい。

20

30

【0123】

例えば、駆動タイミング決定部352は、検出電圧取得部320から、インダクタ電流の検出電圧を取得する。駆動タイミング決定部352は、参照信号生成部330から参照信号を受信する。参照信号により示される電圧波形は、第3の動作におけるインダクタ電流の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる。駆動タイミング決定部352は、参照信号の電圧波形と、検出電圧とを比較して、両者が一致した場合に、第3制御信号を供給することを決定する。

【0124】

駆動タイミング決定部352は、予め定められた第2の期間内にインダクタ電流の電流値の絶対値が、参照信号により示される参照値を超えない場合、当該第2の期間が経過するタイミングで、第1制御信号又は第3制御信号を供給することを決定してよい。例えば、駆動タイミング決定部352は、パルス信号生成部340から、駆動信号24のデューティ比の最大値を規定するためのパルス信号を受信する。駆動タイミング決定部352は、上記のパルス信号に基づいて、上記の第2の期間の経過を判断してよい。

40

【0125】

本実施形態において、駆動信号生成部354は、駆動タイミング決定部352が第1制御信号を供給することを決定したタイミングで、駆動信号22及び駆動信号24を含む第1制御信号を生成し、第1制御信号を、スイッチング素子252及びスイッチング素子254に送信する。駆動信号生成部354は、駆動タイミング決定部352が第2制御

50

信号を供給することを決定したタイミングで、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を含む第2制御信号を生成し、第2制御信号を、スイッチング素子252及びスイッチング素子254に送信する。駆動信号生成部354は、駆動タイミング決定部352が第3制御信号を供給することを決定したタイミングで、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を含む第3制御信号を生成し、第3制御信号を、スイッチング素子252及びスイッチング素子254に送信する。

【0126】

蓄電セル222から蓄電セル224に電荷を移動させる場合において、バランス補正回路232が作動を開始又は再開してから、駆動タイミング決定部352が第2制御信号又は第3制御信号を供給することを決定するまでの間、駆動信号生成部354は、駆動信号 22 のデューティ比が、駆動信号 24 のデューティ比よりも大きくなるように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を含む第1制御信号を生成してよい。同様に、蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させる場合において、バランス補正回路232が作動を開始又は再開してから、駆動タイミング決定部352が第1制御信号又は第3制御信号を供給することを決定するまでの間、駆動信号生成部354は、駆動信号 24 のデューティ比が、駆動信号 22 のデューティ比よりも大きくなるように、駆動信号 22 及び駆動信号 24 を含む第2制御信号を生成してよい。

【0127】

図4は、モジュール制御部290の一例を概略的に示す。本実施形態において、モジュール制御部290は、電圧情報取得部410と、動作制御信号生成部420と、移動電荷量積算部430と、入出力部440とを備える。動作制御信号生成部420は、方向決定部又は動作決定部の一例であってよい。移動電荷量積算部430は、移動電荷量推定部の一例であってよい。

【0128】

本実施形態において、電圧情報取得部410は、蓄電セル222及び蓄電セル224の少なくとも一方の電圧に関する情報を取得する。例えば、電圧情報取得部410は、差分検出部286からの信号 26 を受信する。

【0129】

本実施形態において、動作制御信号生成部420は、電荷を移動させる方向を決定する。例えば、動作制御信号生成部420は、電圧情報取得部410から、蓄電セル222及び蓄電セル224の電圧に関する情報を取得する。動作制御信号生成部420は、電圧情報取得部410から取得された情報に基づいて、バランス補正回路232の操作対象である2つの蓄電セルのうち、電圧又はSOCの大きな蓄電セルから、電圧又はSOCの小さな蓄電セルに電荷を移動させることを決定する。

【0130】

動作制御信号生成部420は、バランス補正回路232を作動させるか否かを決定する。動作制御信号生成部420は、バランス補正回路232を停止させるか否かを決定する。例えば、動作制御信号生成部420は、電圧情報取得部410から、蓄電セル222及び蓄電セル224の電圧に関する情報を取得する。動作制御信号生成部420は、電圧情報取得部410から取得された情報に基づいて、バランス補正回路232を作動させるか否かを決定する。また、動作制御信号生成部420は、電圧情報取得部410から取得された情報に基づいて、バランス補正回路232を停止させるか否かを決定する。

【0131】

動作制御信号生成部420は、動作制御信号生成部420による決定事項を示す情報を含む動作制御信号 28 を生成する。動作制御信号生成部420は、動作制御信号 28 を均等化制御部270に送信する。

【0132】

本実施形態において、移動電荷量積算部430は、バランス補正回路232の作動期間中に蓄電セル222及び蓄電セル224の間を移動した電荷量を積算する。移動電荷量積算部430は、(i)バランス補正回路232の作動時間と、(ii)検出電圧取得部3

10

20

30

40

50

20が取得したインダクタ電流の電流値に関する情報、及び、駆動タイミング決定部352において使用されるインダクタ電流の谷電流値に関する条件の少なくとも一方とに基づいて、蓄電セル222及び蓄電セル224の間を移動した電荷量を推定してもよい。

【0133】

本実施形態において、入出力部440は、ユーザからの入力を受け付ける。また、入出力部440は、ユーザに情報を出力する。入出力部440としては、(i)キーボード、ポインティングデバイス、タッチパネル、マイクなどの入力装置、(ii)各種ディスプレイ、スピーカなどの出力装置、(iii)他の通信端末との間で情報を送受する通信装置又は通信インタフェースなどを例示することができる。

【0134】

図5は、谷電流値を制御しない場合のインダクタ電流 I_L の一例を概略的に示す。図5において、 T_{sw} は、スイッチング動作の周期を示す。 t_{sw1} は、駆動信号22のオン期間を示す。 t_{sw2} は、駆動信号24のオン期間を示す。駆動信号22のデューティ比は、 t_{sw1} / T_{sw} として表される。駆動信号24のデューティ比は、 t_{sw2} / T_{sw} として表される。

【0135】

図5に示されるとおり、谷電流値を制御しない場合、インダクタ電流 I_L の増減が大きい。また、場合によっては、インダクタ電流 I_L の正負が逆転する。そのため、バランス補正回路232を構成する部品の仕様に余裕を持たせる必要があり、コスト及び実装面積が増加する。また、実際のインダクタ電流値が、効率よく均等化を実施することができる範囲から外れることがあり、均等化の効率が低下する。さらに、均等化に要する時間を精度よく推定することが難しい。

【0136】

図6は、谷電流値を制御した場合のインダクタ電流 I_L の一例を概略的に示す。図6を用いて、蓄電セル222から蓄電セル224に電荷を移動させる場合における、インダクタ電流 I_L の制御方法の概要を説明する。蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させる場合も、同様にして、インダクタ電流 I_L を制御することができる。図6において、 T_{sw} は、スイッチング動作の周期を示す。 t_{sw1} は、駆動信号22のオン期間を示す。 t_{sw1max} は、駆動信号22のオン期間の最大値を示す。 t_{sw2} は、駆動信号24のオン期間を示す。 I_s は、谷電流値の目標値を示す。

【0137】

図6の実施形態において、モジュール制御部290がバランス補正回路232を作動させることを決定すると、駆動タイミング決定部352が第1制御信号を供給することを決定する。そして、スイッチング素子252がオン動作し、スイッチング素子254がオフ動作することにより、時間の経過とともにインダクタ電流 I_L の電流値の絶対値が増加する。インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値がある程度の大きさになるまでの間、駆動タイミング決定部352は、スイッチング素子252がオン動作した後、期間 t_{sw1max} が経過したときに、第2制御信号を供給することを決定する。この間、インダクタ電流 I_L の谷電流値は、谷電流値の目標値 I_s よりも小さい。

【0138】

バランス補正回路232がスイッチング動作を繰り返し、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値がある程度の大きさになると、駆動タイミング決定部352は、スイッチング素子252がオン動作した後、期間 t_{sw1max} が経過する前に、第2制御信号を供給することを決定する。より具体的には、駆動タイミング決定部352は、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値が、第2の動作又は第3の動作におけるインダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる参照値を超えるタイミングで、第2制御信号又は第3制御信号を供給することを決定する。これにより、インダクタ電流 I_L の谷電流値が目標値 I_s と略等しくなるように制御される。

【0139】

本実施形態によれば、インダクタ電流 I_L の電流値を一定の範囲内に制御することがで

10

20

30

40

50

きる。その結果、バランス補正回路 232 を構成する部品の仕様を最適化することができる。そのため、コスト及び実装面積が減少する。また、均等化の効率が向上する。さらに、均等化に要する時間を精度よく推定することができる。

【0140】

図7及び図8を用いて、駆動信号供給部350の回路構成の一例について説明する。図7は、駆動信号供給部350の一例を概略的に示す。図8は、駆動信号生成部354の一例を概略的に示す。

【0141】

本実施形態において、駆動信号供給部350は、端子702と、端子704と、端子712と、端子714と、端子722と、端子724とを備える。本実施形態において、駆動タイミング決定部352は、比較器732と、比較器734と、マルチプレクサ740と、OR回路750と、セット・リセット回路760と、マルチプレクサ770とを備える。本実施形態において、駆動信号生成部354は、OR回路812と、増幅器822と、AND回路814と、増幅器824とを備える。

【0142】

端子702は、蓄電セル222の正極側の端子と電気的に接続される。端子702は、電源電圧VDDと電気的に接続されてよい。端子704は、蓄電セル224の負極側の端子と電気的に接続される。端子704は、グラウンド電圧VSSと電気的に接続されてよい。端子712は、スイッチング素子252のゲートと電気的に接続される。端子712は、スイッチング素子252の動作を制御する駆動信号22を出力する。端子714は、スイッチング素子254のゲートと電気的に接続される。端子714は、スイッチング素子254の動作を制御する駆動信号24を出力する。

【0143】

端子722には、電流検出抵抗742における電圧降下の程度を示す情報が入力される。電流検出抵抗742は、例えば、一端が端子702及び蓄電セル222の正極側と電気的に接続され、他端が端子722と電気的に接続される。端子724には、電流検出抵抗744における電圧降下の程度を示す情報が入力される。電流検出抵抗744は、例えば、一端が端子704及び蓄電セル224の負極側と電気的に接続され、他端が端子724と電気的に接続される。端子722及び端子724に入力される電圧は、インダクタ電流を検出するための検出電圧の一例であってよい。端子722及び端子724は、検出電圧取得部320の一例であってよい。

【0144】

比較器732の一方の入力には、参照信号33が入力される。比較器732の他方の入力には、端子722からの検出電圧が入力される。比較器732は、参照信号33により示される電圧が、検出電圧より大きい場合、出力信号72としてH論理を出力する。比較器732は、参照信号33により示される電圧が、検出電圧より小さい場合、出力信号72としてL論理を出力する。これにより、参照信号33により示される電圧と、検出電圧とが一致するタイミングを検出することができる。

【0145】

比較器734の一方の入力には、参照信号34が入力される。比較器734の他方の入力には、端子724からの検出電圧が入力される。比較器734は、参照信号34により示される電圧が、検出電圧より小さい場合、出力信号74としてH論理を出力する。比較器734は、参照信号34により示される電圧が、検出電圧より大きい場合、出力信号74としてL論理を出力する。これにより、参照信号34により示される電圧と、検出電圧とが一致するタイミングを検出することができる。

【0146】

マルチプレクサ740の一方の入力には、比較器732の出力信号72が入力される。マルチプレクサ740の他方の入力には、比較器734の出力信号74が入力される。マルチプレクサ740の選択制御入力には、信号32が入力される。マルチプレクサ740は、信号32に応じて、出力信号72又は出力信号74の何れか一方を、出

力信号 76として出力する。

【0147】

例えば、信号 32が、蓄電セル222から蓄電セル224に電荷を移動させることを示す場合、マルチプレクサ740は、比較器732の出力信号 72を、出力信号 76として出力する。一方、信号 32が、蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させることを示す場合、マルチプレクサ740は、比較器734の出力信号 74を、出力信号 76として出力する。

【0148】

OR回路750の一方の入力には、マルチプレクサ740の出力信号 76が入力される。OR回路750の他方の入力には、パルス信号生成部340からのリセット信号 36が入力される。パルス信号生成部340は、例えば、(i)蓄電セル222から蓄電セル224に電荷を移動させる場合、駆動信号 22のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 36を生成し、(ii)蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させる場合、駆動信号 24のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 36を生成する。

【0149】

セット・リセット回路760のセット側の入力Sには、パルス信号生成部340からのセット信号 35が入力される。セット・リセット回路760のリセット側の入力Rには、OR回路750の出力が入力される。パルス信号生成部340は、例えば、(i)蓄電セル222から蓄電セル224に電荷を移動させる場合、駆動信号 22の発生周期を規定するためのセット信号 35を生成し、(ii)蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させる場合、駆動信号 24の発生周期を規定するためのセット信号 35を生成する。

【0150】

入力SにL論理が入力され、入力RにL論理が入力された場合、例えば、セット・リセット回路760の一方の出力Q及び他方の出力QBは、現在の状態を保持する。入力SにL論理が入力され、入力RにH論理が入力された場合、例えば、セット・リセット回路760の一方の出力QはL論理を出力し、他方の出力QBはH論理を出力する。入力SにH論理が入力され、入力RにL論理が入力された場合、例えば、セット・リセット回路760の一方の出力QはH論理を出力し、他方の出力QBはL論理を出力する。なお、入力S及び入力Rの両方にH論理が入力されることは禁止又は不定とされてよい。

【0151】

マルチプレクサ770の一方の入力には、セット・リセット回路760の一方の出力Qが入力される。マルチプレクサ770の他方の入力には、セット・リセット回路760の他方の出力QBが入力される。マルチプレクサ740の選択制御入力には、信号 32が入力される。マルチプレクサ770は、信号 32に応じて出力信号 78を出力する。

【0152】

例えば、信号 32が、蓄電セル222から蓄電セル224に電荷を移動させることを示す場合、マルチプレクサ770は、セット・リセット回路760の一方の出力Qからの信号を、出力信号 78として出力する。一方、信号 32が、蓄電セル224から蓄電セル222に電荷を移動させることを示す場合、マルチプレクサ770は、セット・リセット回路760の他方の出力QBからの信号を、出力信号 78として出力する。

【0153】

駆動信号生成部354は、出力信号 78に応じて、駆動信号 22及び駆動信号 24を出力する。駆動信号生成部354は、出力信号 78及び信号 31に応じて、駆動信号 22及び駆動信号 24を出力してもよい。駆動信号生成部354は、信号 31が、バランス補正回路232を作動させることを示す情報を含む場合に、駆動信号 22及び駆動信号 24を出力する。本実施形態においては、信号 31がH論理である場合、バランス補正回路232が作動し、信号 31がL論理である場合、バランス補正回路232が停止する。

【 0 1 5 4 】

例えば、蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合、一実施形態によれば、スイッチング素子 2 5 2 の発生周期を規定するためのセット信号 3 5 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 2 をオン動作させるための駆動信号 2 2 と、スイッチング素子 2 5 4 をオフ動作させるための駆動信号 2 4 とが供給される。また、端子 7 2 2 からの検出電圧が参照電圧より小さくなったタイミング、又は、駆動信号 2 2 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 3 6 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 2 をオフ動作させるための駆動信号 2 2 と、スイッチング素子 2 5 4 をオン動作させるための駆動信号 2 4 とが供給される。

【 0 1 5 5 】

蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合、他の実施形態によれば、スイッチング素子 2 5 2 の発生周期を規定するためのセット信号 3 5 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 2 をオン動作させるための駆動信号 2 2 が供給される。また、端子 7 2 2 からの検出電圧が参照電圧より小さくなったタイミング、又は、駆動信号 2 2 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 3 6 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 2 をオフ動作させるための駆動信号 2 2 が供給される。この場合、スイッチング素子 2 5 4 はオフ状態のまま維持される。なお、駆動信号 2 2 が供給されるタイミングにおいて、スイッチング素子 2 5 4 をオフ動作させるための駆動信号 2 4 が供給されてもよい。

【 0 1 5 6 】

同様に、蓄電セル 2 2 4 から蓄電セル 2 2 2 に電荷を移動させる場合、一実施形態によれば、スイッチング素子 2 5 4 の発生周期を規定するためのセット信号 3 5 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 4 をオン動作させるための駆動信号 2 4 と、スイッチング素子 2 5 2 をオフ動作させるための駆動信号 2 2 とが供給される。また、端子 7 2 4 からの検出電圧が参照電圧より大きくなったタイミング、又は、駆動信号 2 4 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 3 6 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 4 をオフ動作させるための駆動信号 2 4 と、スイッチング素子 2 5 2 をオン動作させるための駆動信号 2 2 とが供給される。

【 0 1 5 7 】

蓄電セル 2 2 4 から蓄電セル 2 2 2 に電荷を移動させる場合、他の実施形態によれば、スイッチング素子 2 5 4 の発生周期を規定するためのセット信号 3 5 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 4 をオン動作させるための駆動信号 2 4 が供給される。また、端子 7 2 4 からの検出電圧が参照電圧より大きくなったタイミング、又は、駆動信号 2 4 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 3 6 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 2 5 4 をオフ動作させるための駆動信号 2 4 が供給される。この場合、スイッチング素子 2 5 2 はオフ状態のまま維持される。なお、駆動信号 2 4 が供給されるタイミングにおいて、スイッチング素子 2 5 2 をオフ動作させるための駆動信号 2 2 が供給されてもよい。

【 0 1 5 8 】

図 9 は、谷電流値の制御方法の一例を概略的に示す。例えば、蓄電セル 2 2 2 から蓄電セル 2 2 4 に電荷を移動させる場合、時刻 t_1 においてスイッチング素子 2 5 2 がオン動作し、スイッチング素子 2 5 4 がオフ動作すると、時間 t の経過とともに、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値は単調増加する。ここで、スイッチング動作の次の周期 T_{sw} の始期である時刻 t_2 において、インダクタ電流 I_L の谷電流値を目標値 I_s にするためには、(i) 時刻 t_1 においてスイッチング素子 2 5 2 がオン動作した後、時刻 t_c においてスイッチング素子 2 5 2 がオフ動作するまでの間に増加した電流値 (図 9 の I である。) と、(i i) 時刻 t_c においてスイッチング素子 2 5 2 がオフ動作した後、時刻 t_2 までの間に減少する電流値とが略等しくなるように、時刻 t_c を決定すればよいことがわかる。これにより、バランス補正装置が作動している期間のうちの少なくとも一部の期間において、インダクタ電流の電流値の絶対値の谷が予め定められた条件を満足するように

10

20

30

40

50

、バランス補正装置を制御することができる。

【0159】

スイッチング動作の周期 T_{sw} は十分に短いので、インダクタ電流 I_L の電流値の変化は、直線状であると近似することができる。上述のとおり、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度は、任意の電圧値 V と、インダクタ 250 のインダクタンス L とを利用して、 V/L として算出することができる。そのため、例えば、蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させる場合、インダクタ電流 I_L が、 $I_s + V/L \times (t_2 - t_c)$ となったときに、スイッチング素子 252 をオフ動作させればよいことがわかる。

【0160】

なお、本実施形態において、駆動タイミング決定部 352 は、インダクタ電流 I_L の電流値の変化の推定値を電圧変換した参照電圧と、インダクタ電流の検出電圧とを比較することで、スイッチング素子 252 をオフ動作させるタイミングを決定する。これにより、比較的簡単な回路を利用して、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の谷の値を制御することができる。

【0161】

インダクタ電流 I_L の谷電流値の制御を開始した後、 t_c が t_{sw1max} よりも大きくなると、インダクタ電流 I_L の谷電流値の制御が困難になる可能性がある。また、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度は、その時点における蓄電セル 222 及び蓄電セル 224 の電圧により変化する。そこで、好ましい実施形態においては、(i) バランス補正回路 232 の仕様、及び、バランス補正回路 232 を構成する部品の仕様の少なくとも一方に基づいて、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度の誤差の程度が算出され、(ii) 算出された誤差の程度を考慮しても、 t_c が t_{sw1max} を越えることがないように、 t_{sw1max} が設定される。

【0162】

本実施形態において、バランス補正回路 232 は、インダクタ電流の電流値が増加する期間の長さを制御することで、インダクタ電流の谷電流値を制御した。しかしながら、インダクタ電流の谷電流値の制御方法は、本実施形態に限定されない。他の実施形態によれば、バランス補正回路 232 は、インダクタ電流の電流値が減少する期間の長さを制御することで、インダクタ電流の谷電流値を制御する。例えば、バランス補正回路 232 は、蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させる場合、インダクタ電流の電流値を任意の手段を用いて監視しておき、インダクタ電流の電流値が目標値 I_s を越えて増加するまでは、初期設定に基づいてバランス補正動作を繰り返す。インダクタ電流の電流値が目標値 I_s を越えた後、バランス補正回路 232 は、インダクタ電流が減少して、当該目標値 I_s と等しくなったタイミング又は当該目標値 I_s よりも小さくなったタイミングで、スイッチング素子 252 をオン動作させることを決定する。このとき、バランス補正回路 232 は、スイッチング素子 254 をオフ動作させることを決定してもよい。

【0163】

図 10 及び図 11 を用いて、蓄電モジュール 220 の動作の一例を説明する。図 10 は、蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させる場合における蓄電モジュール 220 の動作の一例を概略的に示す。図 11 は、蓄電セル 224 から蓄電セル 222 に電荷を移動させる場合における蓄電モジュール 220 の動作の一例を概略的に示す。

【0164】

図 10 に示すとおり、スイッチング素子 252 の発生周期を規定するためのセット信号 35 が H 論理になると、スイッチング素子 252 がオン動作し、スイッチング素子 254 がオフ動作する。スイッチング素子 252 がオン動作すると、時間の経過とともに、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調増加する。インダクタ電流 I_L の検出電圧の値は、電流検出抵抗 742 における電圧降下の分だけ電源電圧 V_{DD} の電圧よりも小さくなるので、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調増加すると、端子 722 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧が単調減少する。

【0165】

一方、参照信号 33 の電圧波形は、例えば、時間の経過とともに単調増加する領域を含む。また、上記の領域における電圧波形の傾きは、例えば、スイッチング素子 252 がオフ動作し、スイッチング素子 254 がオン動作した場合における、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められている。スイッチング素子 252 がオン動作した後、時間が経過するにつれ、端子 722 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧は、参照信号 33 により示される電圧に近づく。そして、端子 722 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧が、参照信号 33 の電圧波形と交差するタイミングにおいて、比較器 732 が H 論理を出力する。

【0166】

蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させる場合、マルチプレクサ 740 の出力信号 76 の論理は、比較器 732 の出力信号 72 の論理と等しくなるので、出力信号 76 も H 論理となる。図 10 の例では、駆動信号 22 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 36 が H 論理になる前に、出力信号 76 が H 論理になっているので、出力信号 76 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 252 がオフ動作し、スイッチング素子 254 がオン動作する。

【0167】

スイッチング素子 252 がオフ動作すると、時間の経過とともに、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調減少する。上述のとおり、スイッチング素子 252 をオフ動作させるタイミングは、(i) スwitchング素子 252 がオン動作してから、スイッチング素子 252 がオフ動作するまでの期間における、インダクタ電流の電流値の絶対値の増加分と、(i i) スwitchング素子 252 がオフ動作してから、セット信号 35 が次に H 論理になるまでの期間における、インダクタ電流の電流値の絶対値の減少分とが、略等しくなるように決定されている。そのため、セット信号 35 が次に H 論理なるタイミングにおいて、インダクタ電流の電流値は、目標値 I_s と略等しくなる。

【0168】

図 11 に示すとおり、スイッチング素子 254 の発生周期を規定するためのセット信号 35 が H 論理になると、スイッチング素子 252 がオフ動作し、スイッチング素子 254 がオン動作する。スイッチング素子 254 がオン動作すると、時間の経過とともに、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調増加する。インダクタ電流 I_L の検出電圧の値は、電流検出抵抗 744 における電圧上昇の分だけグラウンド電圧 V_{SS} の電圧よりも大きくなるので、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調増加すると、端子 724 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧が単調増加する。

【0169】

一方、参照信号 34 の電圧波形は、例えば、時間の経過とともに単調減少する領域を含む。また、上記の領域における電圧波形の傾きは、例えば、スイッチング素子 252 がオン動作し、スイッチング素子 254 がオフ動作した場合における、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められている。スイッチング素子 254 がオン動作した後、時間が経過するにつれ、端子 724 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧は、参照信号 34 により示される電圧に近づく。そして、端子 724 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧が、参照信号 34 の電圧波形と交差するタイミングにおいて、比較器 734 が H 論理を出力する。

【0170】

蓄電セル 224 から蓄電セル 222 に電荷を移動させる場合、マルチプレクサ 740 の出力信号 76 の論理は、比較器 734 の出力信号 74 の論理と等しくなるので、出力信号 76 も H 論理となる。図 11 の例では、駆動信号 24 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 36 が H 論理になる前に、出力信号 76 が H 論理になっているので、出力信号 76 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 252 がオン動作し、スイッチング素子 254 がオフ動作する。

【0171】

スイッチング素子 254 がオフ動作すると、時間の経過とともに、インダクタ電流 I_L

10

20

30

40

50

の絶対値が単調減少する。そして、セット信号 35 が次に H 論理なるタイミングにおいて、インダクタ電流の電流値は、目標値 I_s と略等しくなる。なお、図 11 において、 t_{sw2max} は、駆動信号 24 のオン期間の最大値を示す。

【0172】

図 12 は、参照信号 33 の電圧波形の一例を概略的に示す。図 12 の実施形態は、蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させる場合における参照信号の一例であってよい。本実施形態において、参照信号 33 の電圧波形は、時間の経過とともに単調増加する領域を含むパルス波形を有する。また、上記の領域における電圧波形の傾きは、例えば、スイッチング素子 252 がオフ動作し、スイッチング素子 254 がオン動作した場合における、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められる。また、パルスの幅は、参照信号 33 と、端子 722 に入力される検出電圧が交差することが予想されるタイミングを含むように決定される。

10

【0173】

図 13 は、蓄電モジュール 220 の動作の一例を概略的に示す。図 13 の実施形態は、蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させる場合における蓄電モジュール 220 の動作の一例であってよい。図 13 の実施形態は、バランス補正回路 232 の作動中、スイッチング素子 254 がオフ状態を維持する点で、図 10 の実施形態と相違する。また、上記の相違に伴って、参照信号 33 の電圧波形の傾きも異なる。これらの相違点以外の構成要素に関して、図 13 の実施形態は、図 10 の実施形態と同様の特徴を有してよい。なお、図 13 の実施形態に関する説明に接した当業者であれば、当該記載及び図 11 に関連する記載を参酌して、蓄電セル 224 から蓄電セル 222 に電荷を移動させる場合における蓄電モジュール 220 の動作を理解することができる。

20

【0174】

図 13 に示すとおり、スイッチング素子 252 の発生周期を規定するためのセット信号 35 が H 論理になると、スイッチング素子 252 がオン動作する。スイッチング素子 252 がオン動作すると、時間の経過とともに、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調増加する。インダクタ電流 I_L の検出電圧の値は、電流検出抵抗 742 における電圧降下の分だけ電源電圧 V_{DD} の電圧よりも小さくなるので、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調増加すると、端子 722 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧が単調減少する。

【0175】

30

一方、参照信号 33 の電圧波形は、例えば、時間の経過とともに単調増加する領域を含む。また、本実施形態において、上記の領域における電圧波形の傾きは、例えば、スイッチング素子 252 がオフ動作し、スイッチング素子 254 がオフ状態である場合における、インダクタ電流 I_L の電流値の絶対値の減少速度の推定値に基づいて定められている。スイッチング素子 252 がオン動作した後、時間が経過するにつれ、端子 722 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧は、参照信号 33 により示される電圧に近づく。そして、端子 722 に入力されるインダクタ電流 I_L の検出電圧が、参照信号 33 の電圧波形と交差するタイミングにおいて、比較器 732 が H 論理を出力する。

【0176】

蓄電セル 222 から蓄電セル 224 に電荷を移動させる場合、マルチプレクサ 740 の出力信号 76 の論理は、比較器 732 の出力信号 72 の論理と等しくなるので、出力信号 76 も H 論理となる。図 13 の例では、駆動信号 22 のデューティ比の最大値を規定するためのリセット信号 36 が H 論理になる前に、出力信号 76 が H 論理になっているので、出力信号 76 が H 論理になったタイミングで、スイッチング素子 252 がオフ動作し、スイッチング素子 254 がオン動作する。

40

【0177】

スイッチング素子 252 がオフ動作すると、時間の経過とともに、インダクタ電流 I_L の絶対値が単調減少する。上述のとおり、スイッチング素子 252 をオフ動作させるタイミングは、(i) スwitchング素子 252 がオン動作してから、スイッチング素子 252 がオフ動作するまでの期間における、インダクタ電流の電流値の絶対値の増加分と、(i

50

i) スイッチング素子 252 がオフ動作してから、セット信号 35 が次に H 論理になるまでの期間における、インダクタ電流の電流値の絶対値の減少分とが、略等しくなるように決定されている。そのため、セット信号 35 が次に H 論理なるタイミングにおいて、インダクタ電流の電流値は、目標値 I_s と略等しくなる。

【0178】

図 14 は、駆動信号供給部 350 の一例を概略的に示す。図 14 の実施形態は、インダクタ電流の電流検出抵抗として、電流検出抵抗 742 の代わりにスイッチング素子 252 の内部抵抗を利用し、電流検出抵抗 744 の代わりにスイッチング素子 254 の内部抵抗を利用する点で、図 7 の実施形態と相違する。上記の相違点以外の構成要素は、図 7 の実施形態と同様の特徴を有してよい。

10

【0179】

本実施形態において、駆動信号供給部 350 は、端子 722 及び端子 724 の代わりに端子 1420 を有する。端子 1420 には、接続点 245 の電圧が入力される。接続点 245 の電圧は、インダクタ電流の電流値に関する情報の一例であってよい。接続点 245 の電圧は、インダクタ電流を検出するための検出電圧の一例であってよい。端子 1420 は、検出電圧取得部 320 の一例であってよい。

【0180】

本実施形態において、駆動信号供給部 350 は、端子 1420 と、比較器 732 との間に配されるスイッチング素子 1432 を有する。スイッチング素子 1432 の一端は、端子 1420 と電氣的に接続され、スイッチング素子 1432 の他端は、比較器 732 と電氣的に接続される。駆動信号供給部 350 は、電源電圧 V_{DD} と、比較器 732 との間に配されるスイッチング素子 1434 を有する。スイッチング素子 1434 の一端は、電源電圧 V_{DD} と電氣的に接続される。スイッチング素子 1434 の他端は、スイッチング素子 1432 の他端と電氣的に接続される。

20

【0181】

スイッチング素子 1432 は、例えば、スイッチング素子 252 がオン動作するときにオン動作し、スイッチング素子 252 がオフ動作するときにオフ動作するように制御される。スイッチング素子 1434 は、例えば、スイッチング素子 252 がオフ動作するときにオン動作し、スイッチング素子 252 がオン動作するときにオフ動作するように制御される。これにより、比較器 732 への入力を調整することができる。

30

【0182】

本実施形態において、駆動信号供給部 350 は、端子 1420 と、比較器 734 との間に配されるスイッチング素子 1442 を有する。スイッチング素子 1442 の一端は、端子 1420 と電氣的に接続され、スイッチング素子 1442 の他端は、比較器 734 と電氣的に接続される。駆動信号供給部 350 は、グラウンド電圧 V_{SS} と、比較器 734 との間に配されるスイッチング素子 1444 を有する。スイッチング素子 1444 の一端は、グラウンド電圧 V_{SS} と電氣的に接続される。スイッチング素子 1444 の他端は、スイッチング素子 1442 の他端と電氣的に接続される。

【0183】

スイッチング素子 1442 は、例えば、スイッチング素子 254 がオン動作するときにオン動作し、スイッチング素子 254 がオフ動作するときにオフ動作するように制御される。スイッチング素子 1444 は、例えば、スイッチング素子 254 がオフ動作するときにオン動作し、スイッチング素子 254 がオン動作するときにオフ動作するように制御される。これにより、比較器 732 への入力を調整することができる。

40

【0184】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。また、技術的に矛盾しない範囲において、特定の実施形態について説明した事項を、他の実施形態に適用することができる。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲

50

の記載から明らかである。

【 0 1 8 5 】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

【 0 1 8 6 】

本願明細書には、下記の項目が開示されている。

10

[項目 A]

直列に接続された第 1 蓄電セル及び第 2 蓄電セルの電圧を均等化させるバランス補正装置を制御する制御装置であって、

上記バランス補正装置は、

上記第 1 蓄電セルの一端と上記第 2 蓄電セルの一端との接続点に、一端が電氣的に接続されるインダクタと、

上記インダクタの他端と上記第 1 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される第 1 スイッチング素子と、

上記インダクタの他端と上記第 2 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される (i) 第 2 スイッチング素子及び (i i) 第 2 整流器の少なくとも一方と、

20

を備え、

上記第 2 整流器は、上記第 2 蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、上記第 2 蓄電セルの上記正極側から上記負極側の向きに流れる電流は流さず、

上記制御装置は、

上記インダクタを流れる電流の電流値に関する情報を取得する電流情報取得部と、

前記バランス補正装置が作動している期間のうちの少なくとも一部の期間において、前記電流情報取得部が取得した前記電流値に関する情報に基づいて、前記電流値の絶対値の谷が予め定められた条件を満足するように、前記バランス補正装置を制御する制御信号を、前記バランス補正装置に供給する制御信号供給部と、

を備える、

30

制御装置。

[項目 B]

直列に接続された第 1 蓄電セル及び第 2 蓄電セルの電圧を均等化させるバランス補正装置を制御する制御装置であって、

上記バランス補正装置は、

上記第 1 蓄電セルの一端と上記第 2 蓄電セルの一端との接続点に、一端が電氣的に接続されるインダクタと、

上記インダクタの他端と上記第 1 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される (i) 第 1 スイッチング素子及び (i i) 第 1 整流部の少なくとも一方と、

上記インダクタの他端と上記第 2 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される第 2 スイッチング素子と、

40

を備え、

上記第 1 整流器は、上記第 1 蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、上記第 1 蓄電セルの上記正極側から上記負極側の向きに流れる電流は流さず、

上記制御装置は、

上記インダクタを流れる電流の電流値に関する情報を取得する電流情報取得部と、

前記バランス補正装置が作動している期間のうちの少なくとも一部の期間において、前記電流情報取得部が取得した前記電流値に関する情報に基づいて、前記電流値の絶対値の谷が予め定められた条件を満足するように、前記バランス補正装置を制御する制御信号を、前記バランス補正装置に供給する制御信号供給部と、

50

を備える、
制御装置。

[項目 C]

直列に接続された第 1 蓄電セル及び第 2 蓄電セルの電圧を均等化させるバランス補正装置を制御する制御装置であって、

上記バランス補正装置は、

上記第 1 蓄電セルの一端と上記第 2 蓄電セルの一端との接続点に、一端が電氣的に接続されるインダクタと、

上記インダクタの他端と上記第 1 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される (i) 第 1 スイッチング素子及び (i i) 第 1 整流部の少なくとも一方と、

上記インダクタの他端と上記第 2 蓄電セルの他端との間に電氣的に接続される (i) 第 2 スイッチング素子及び (i i) 第 2 整流部の少なくとも一方と、

を備え、

上記バランス補正装置は、前記第 1 スイッチング素子及び前記第 2 スイッチング素子の少なくとも一方を備え、

上記第 1 整流器は、上記第 1 蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、上記第 1 蓄電セルの上記正極側から上記負極側の向きに流れる電流は流さず、

上記第 2 整流器は、上記第 2 蓄電セルの負極側から正極側の向きに流れる電流は流すが、上記第 2 蓄電セルの上記正極側から上記負極側の向きに流れる電流は流さず、

上記制御装置は、

上記インダクタを流れる電流の電流値に関する情報を取得する電流情報取得部と、

前記バランス補正装置が作動している期間のうちの少なくとも一部の期間において、前記電流情報取得部が取得した前記電流値に関する情報に基づいて、前記電流値の絶対値の谷が予め定められた条件を満足するように、前記バランス補正装置を制御する制御信号を、前記バランス補正装置に供給する制御信号供給部と、

を備える、

制御装置。

【符号の説明】

【 0 1 8 7 】

1 0 0 装置、1 0 2 モータ、1 1 0 蓄電システム、1 1 2 端子、1 1 4 端子、1 1 6 保護回路、1 2 0 蓄電モジュール、1 2 2 蓄電セル、1 2 4 蓄電セル、1 2 6 蓄電セル、1 2 8 蓄電セル、1 3 2 バランス補正回路、1 3 4 バランス補正回路、1 3 6 バランス補正回路、1 4 3 接続点、1 4 5 接続点、1 4 7 接続点、2 1 0 蓄電システム、2 1 2 端子、2 1 4 端子、2 1 6 保護回路、2 2 0 蓄電モジュール、2 2 2 蓄電セル、2 2 4 蓄電セル、2 3 2 バランス補正回路、2 4 3 接続点、2 4 5 接続点、2 5 0 インダクタ、2 5 2 スイッチング素子、2 5 4 スイッチング素子、2 6 2 ダイオード、2 6 4 ダイオード、2 7 0 均等化制御部、2 8 0 電圧監視部、2 8 2 電圧検出部、2 8 4 電圧検出部、2 8 6 差分検出部、2 9 0 モジュール制御部、3 1 0 受信部、3 2 0 検出電圧取得部、3 3 0 参照信号生成部、3 4 0 パルス信号生成部、3 5 0 駆動信号供給部、3 5 2 駆動タイミング決定部、3 5 4 駆動信号生成部、4 1 0 電圧情報取得部、4 2 0 動作制御信号生成部、4 3 0 移動電荷量積算部、4 4 0 入出力部、7 0 2 端子、7 0 4 端子、7 1 2 端子、7 1 4 端子、7 2 2 端子、7 2 4 端子、7 3 2 比較器、7 3 4 比較器、7 4 0 マルチプレクサ、7 4 2 電流検出抵抗、7 4 4 電流検出抵抗、7 5 0 OR 回路、7 6 0 セット・リセット回路、7 7 0 マルチプレクサ、8 1 2 OR 回路、8 1 4 AND 回路、8 2 2 増幅器、8 2 4 増幅器、1 4 2 0 端子、1 4 3 2 スイッチング素子、1 4 3 4 スイッチング素子、1 4 4 2 スイッチング素子、1 4 4 4 スイッチング素子

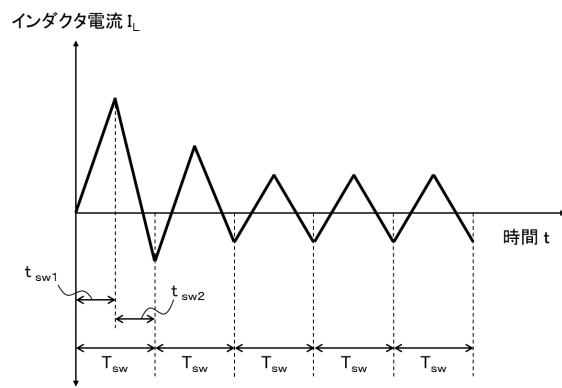
10

20

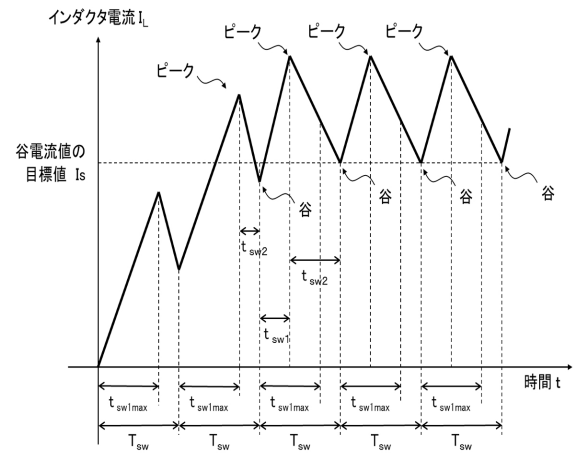
30

40

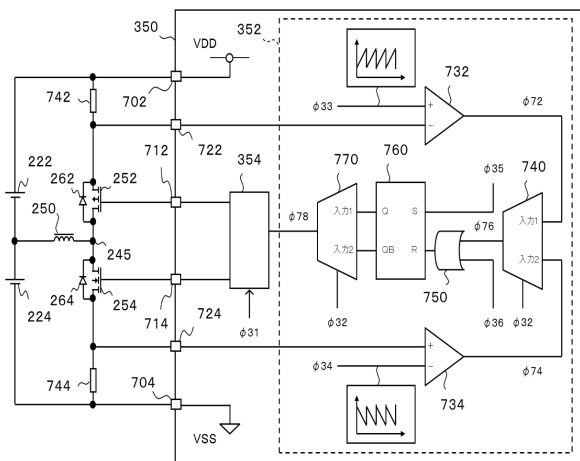
【図 5】



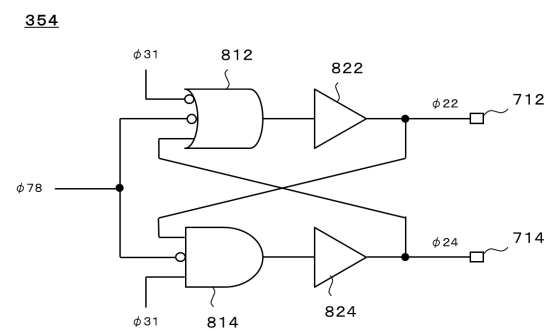
【図 6】



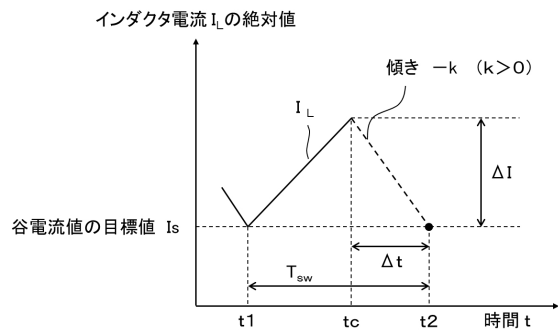
【図 7】



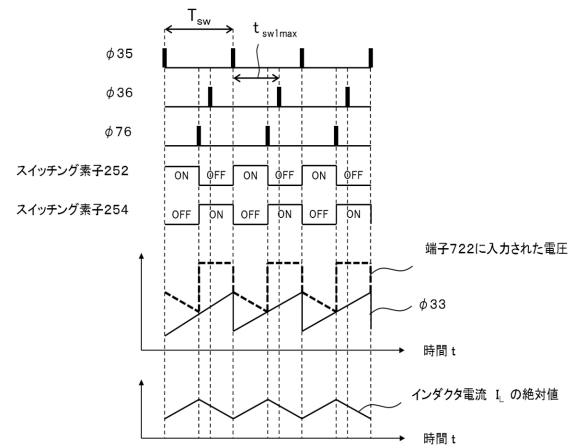
【図 8】



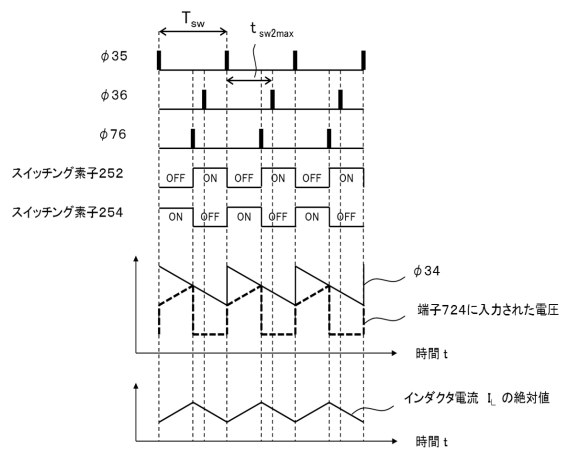
【図 9】



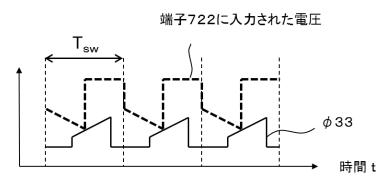
【図 10】



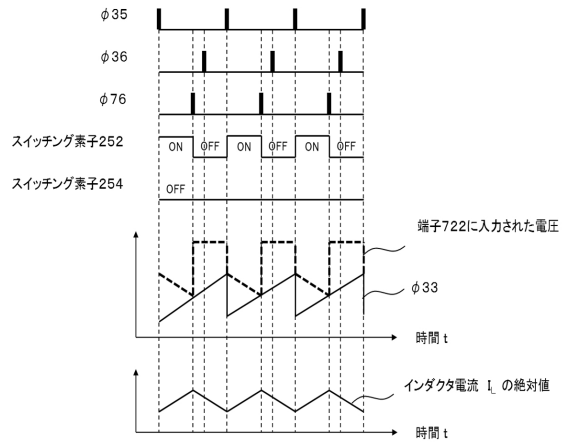
【図 11】



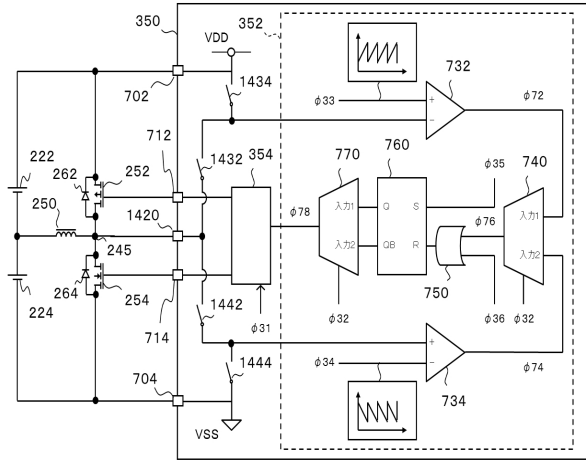
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 0 1 7 6 0 5 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 2 1 2 4 2 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 0 6 5 7 9 5 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 7 1 3 1 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 2 J	7 / 0 0 - 7 / 1 2
	7 / 3 4 - 7 / 3 6
H 0 1 M	1 0 / 4 2 - 1 0 / 4 8
H 0 1 M	4 / 5 8