

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-147211

(P2011-147211A)

(43) 公開日 平成23年7月28日(2011.7.28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02J 9/06 (2006.01)	H02J 9/06 504C	5G015
H02J 7/34 (2006.01)	H02J 7/34 G	5G503
	H02J 7/34 B	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2010-3951 (P2010-3951)
 (22) 出願日 平成22年1月12日 (2010.1.12)

(71) 出願人 000156938
 関西電力株式会社
 大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100083703
 弁理士 仲村 義平
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊
 (74) 代理人 100109162
 弁理士 酒井 将行
 (74) 代理人 100111246
 弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

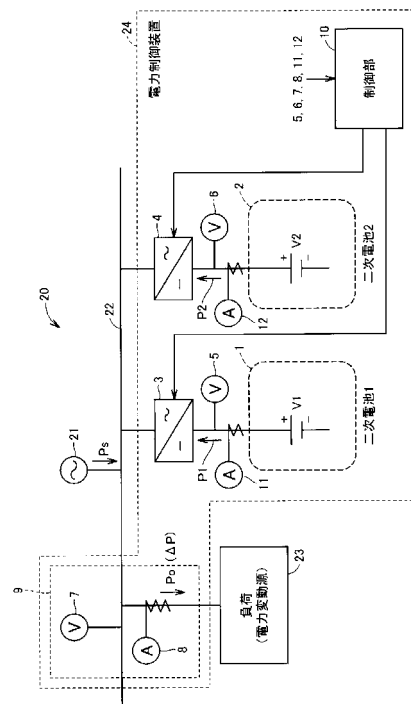
(54) 【発明の名称】 電力制御装置

(57) 【要約】

【課題】二次電池の許容量範囲内で連続的に電力変動を補償するとともに、従来よりも電力変動の補償性能が向上した電力制御装置を提供する。

【解決手段】電力制御装置24の制御部10は、第1および第2の二次電池1, 2の一方を第1のモードに設定し、他方を第2のモードに設定する。制御部10は、負荷23の電力変動を補償するために電力変動Pに応じた補償電力を算定し、補償電力が放電方向である場合に、第1のモードの二次電池に補償電力を放電させ、補償電力が充電方向である場合に、第2のモードの二次電池に補償電力を充電させる。制御部10は、第1のモードの二次電池の端子電圧が予め定める下限電圧に達したとき、または、第2のモードの二次電池の端子電圧が予め定める上限電圧に達したとき、第1および第2のモードを入替える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電力系統に接続された電力変動源の電力変動を補償するために前記電力系統に接続された第 1 および第 2 の二次電池と、

前記第 1 および第 2 の二次電池の端子電圧をそれぞれ検出する第 1 および第 2 の電圧検出部と、

前記第 1 および第 2 の二次電池の一方を第 1 のモードに設定し、他方を第 2 のモードに設定する制御部とを備え、

前記制御部は、前記電力変動を補償するために前記電力変動に応じた補償電力を算定し、前記補償電力が放電方向の電力である場合に、前記第 1 のモードの二次電池に前記補償電力を放電させ、前記補償電力が充電方向の電力である場合に、前記第 2 のモードの二次電池に前記補償電力を充電させ、

前記制御部は、前記第 1 のモードの二次電池の端子電圧が予め定める下限電圧に達したとき、または、前記第 2 のモードの二次電池の端子電圧が予め定める上限電圧に達したとき、前記第 1 および第 2 のモードを入替える、電力制御装置。

【請求項 2】

電力系統に接続された電力変動源の電力変動を補償するために前記電力系統に接続された第 1 および第 2 の二次電池と、

前記第 1 および第 2 の二次電池の端子電圧をそれぞれ検出する第 1 および第 2 の電圧検出部と、

前記第 1 および第 2 の二次電池の一方を第 1 のモードに設定し、他方を第 2 のモードに設定する制御部とを備え、

前記制御部は、前記電力変動を補償するために前記電力変動に応じた補償電力を算定するとともに、前記第 1 および第 2 の端子電圧の平均値を予め定める基準値に一致させるために前記平均値と前記基準値との偏差に応じた調整電力を算定し、

前記制御部は、前記補償電力および前記調整電力がともに放電方向の電力である場合に、前記第 1 のモードの二次電池に前記補償電力と前記調整電力とを加算した電力を放電させ、前記第 2 のモードの二次電池に前記調整電力を放電させ、

前記制御部は、前記補償電力および前記調整電力がともに充電方向の電力である場合に、前記第 2 のモードの二次電池に前記補償電力と前記調整電力とを加算した電力を充電させ、前記第 1 のモードの二次電池に前記調整電力を充電させ、

前記制御部は、前記補償電力が放電方向の電力でありかつ前記調整電力が充電方向の電力である場合に、前記補償電力から前記調整電力を減じた差電力が放電方向の電力か充電方向の電力かに応じて前記第 1 のモードの二次電池に前記差電力を放電または充電させ、前記第 2 のモードの二次電池に前記調整電力を充電させ、

前記制御部は、前記補償電力が充電方向の電力でありかつ前記調整電力が放電方向の電力である場合に、前記差電力が充電方向の電力か放電方向の電力かに応じて前記第 2 のモードの二次電池に前記差電力を充電または放電させ、前記第 1 のモードの二次電池に前記調整電力を放電させ、

前記制御部は、前記第 1 のモードの二次電池の端子電圧が予め定める下限電圧に達したとき、または、前記第 2 のモードの二次電池の端子電圧が予め定める上限電圧に達したとき、前記第 1 および第 2 のモードを入替える、電力制御装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記第 1 および第 2 の二次電池のいずれか一方の端子電圧が前記下限電圧または前記上限電圧に達したとき、前記第 1 および第 2 のモードを入替える前に前記第 1 および第 2 の二次電池を入替モードに設定し、

前記制御部は、前記入替モードにおいて第 1 および第 2 の部分補償電力を算定し、前記第 1 および第 2 の部分補償電力の和は前記補償電力に等しく、前記制御部は、前記第 1 の部分補償電力の割合を次第に減少させるとともに前記第 2 の部分補償電力の割合を次第に増加させ、

10

20

30

40

50

前記制御部は、前記入替モードにおいて、前記補償電力が放電方向の電力の場合に前記入替モードの前に前記第 1 のモードであった二次電池に前記第 1 の部分補償電力を放電させ、前記入替モードの後に前記第 1 のモードになる二次電池に前記第 2 の部分補償電力を放電させ、

前記制御部は、前記入替モードにおいて、前記補償電力が充電方向の電力の場合に前記入替モードの前に前記第 2 のモードであった二次電池に前記第 1 の部分補償電力を充電させ、前記入替モードの後に前記第 2 のモードになる二次電池に前記第 2 の部分補償電力を充電させる、請求項 1 に記載の電力制御装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記第 1 および第 2 の二次電池のいずれか一方の端子電圧が前記下限電圧または前記上限電圧に達したとき、前記第 1 および第 2 のモードを入替える前に前記第 1 および第 2 の二次電池を入替モードに設定し、

前記制御部は、前記入替モードにおいて第 1 および第 2 の部分補償電力を算定し、前記第 1 および第 2 の部分補償電力の和は前記補償電力に等しく、前記制御部は、前記第 1 の部分補償電力の割合を次第に減少させるとともに前記第 2 の部分補償電力の割合を次第に増加させ、

前記制御部は、前記入替モードにおいて、前記補償電力および前記調整電力がともに放電方向の電力である場合に、前記入替モードの前に前記第 1 のモードであった二次電池に前記第 1 の部分補償電力と前記調整電力とを加算した電力を放電させ、前記入替モードの後に前記第 1 のモードになる二次電池に前記第 2 の部分補償電力と前記調整電力とを加算した電力を放電させ、

前記制御部は、前記入替モードにおいて、前記補償電力および前記調整電力がともに充電方向の電力である場合に、前記入替モードの前に前記第 2 のモードであった二次電池に前記第 1 の部分補償電力と前記調整電力とを加算した電力を充電させ、前記入替モードの後に前記第 2 のモードになる二次電池に前記第 2 の部分補償電力と前記調整電力とを加算した電力を充電させ、

前記制御部は、前記入替モードにおいて、前記補償電力が放電方向の電力でありかつ前記調整電力が充電方向の電力である場合に、前記第 1 の部分補償電力から前記調整電力を減じた第 1 の差電力が放電方向の電力か充電方向の電力かに応じて、前記入替モードの前に前記第 1 のモードであった二次電池に前記第 1 の差電力を放電または充電させ、前記第 2 の部分補償電力から前記前記調整電力を減じた第 2 の差電力が放電方向の電力か充電方向の電力かに応じて、前記入替モードの後に前記第 1 のモードになる二次電池に前記第 2 の差電力を放電または充電させ、

前記制御部は、前記入替モードにおいて、前記補償電力が充電方向の電力でありかつ前記調整電力が放電方向の電力である場合に、前記第 1 の差電力が充電方向の電力か放電方向の電力かに応じて、前記入替モードの前に前記第 2 のモードであった二次電池に前記第 1 の差電力を充電または放電させ、前記第 2 の差電力が充電方向の電力か放電方向の電力かに応じて、前記入替モードの後に前記第 2 のモードになる二次電池に前記第 2 の差電力を充電または放電させる、請求項 2 に記載の電力制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、二次電池によって電力変動を抑制する電力制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電力系統に接続された負荷の消費する電力や電源の生成する電力が変動すると、系統電圧が変化するので望ましくない。そこで、二次電池を用いてこれらの電力変動を吸収することによって系統電圧を安定化させる電力制御装置が開発されている。

【0003】

このような用途に二次電池を用いる場合の問題点として、二次電池の充電エネルギーと

10

20

30

40

50

端子電圧とが比例関係にないので、動作中に充電エネルギーを正確に計測することが困難である点が挙げられる。このため、動作中には充放電電流に基づいて充電エネルギーを推定し、出力停止中に充電エネルギーを計測して誤差をリセットする制御方式が各種考案されている。しかし、このような制御方式は、上記の電力制御装置のように連続動作が要求される用途に好適とは言い難い。

【0004】

特開2009-222175号公報(特許文献1)に開示される電力制御装置は、二次電池の許容容量範囲内で連続動作で電力変動を吸収し得るようするために、双方向交直変換装置と二次電池とからなる電力変動吸収装置を2系統含む。第1の電力変動吸収装置は、二次電池の下限電圧を維持するように制御するとともに充電方向の電力変動のみを補償する。第2の電力変動吸収装置は、二次電池の上限電圧を維持するように制御するとともに放電方向の電力変動のみを補償する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-222175号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記の特開2009-222175号公報(特許文献1)に開示された技術には、以下の問題がある。すなわち、第1の電力変動吸収装置は、充電方向の電力変動を補償した結果、二次電池の端子電圧が増加すると、下限電圧を維持するために二次電池を放電させなければならない。この放電は充電方向の電力変動の補償をキャンセルするように作用する。一方、第2の電力変動吸収装置は、放電方向の電力変動を補償した結果、二次電池の端子電圧が減少すると、上限電圧を維持するために二次電池を充電しなければならない。この充電は放電方向の電力変動の補償をキャンセルするように作用する。

20

【0007】

このように、二次電池の上限電圧または下限電圧を維持するための制御は、電力変動の補償をキャンセルするように作用するので、電力変動の補償性能が悪化すると考えられる。

30

【0008】

この発明の目的は、二次電池の許容容量範囲内で連続的に電力変動を補償するとともに、従来よりも電力変動の補償性能が向上した電力制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明は一局面において電力制御装置であって、第1および第2の二次電池と、第1および第2の電圧検出部と、制御部とを備える。第1および第2の二次電池は、電力系統に接続された電力変動源の電力変動を補償するために電力系統に接続される。第1および第2の電圧検出部は、第1および第2の二次電池の端子電圧をそれぞれ検出する。制御部は、第1および第2の二次電池の一方を第1のモードに設定し、他方を第2のモードに設定する。制御部は、電力変動を補償するために電力変動に応じた補償電力を算定し、補償電力が放電方向の電力である場合に、第1のモードの二次電池に補償電力を放電させ、補償電力が充電方向の電力である場合に、第2のモードの二次電池に補償電力を充電させる。制御部は、第1のモードの二次電池の端子電圧が予め定める下限電圧に達したとき、または、第2のモードの二次電池の端子電圧が予め定める上限電圧に達したとき、第1および第2のモードを入替える。

40

【0010】

この発明は他の局面において電力制御装置であって、第1および第2の二次電池と、第1および第2の電圧検出部と、制御部とを備える。第1および第2の二次電池は、電力系統に接続された電力変動源の電力変動を補償するために電力系統に接続される。第1およ

50

び第2の電圧検出部は、第1および第2の二次電池の端子電圧をそれぞれ検出する。制御部は、第1および第2の二次電池の一方を第1のモードに設定し、他方を第2のモードに設定する。制御部は、電力変動を補償するために電力変動に応じた補償電力を算定するとともに、第1および第2の端子電圧の平均値を予め定める基準値に一致させるために平均値と基準値との偏差に応じた調整電力を算定する。制御部は、補償電力および調整電力がともに放電方向の電力である場合に、第1のモードの二次電池に補償電力と調整電力とを加算した電力を放電させ、第2のモードの二次電池に調整電力を放電させる。制御部は、補償電力および調整電力がともに充電方向の電力である場合に、第2のモードの二次電池に補償電力と調整電力とを加算した電力を充電させ、第1のモードの二次電池に調整電力を充電させる。制御部は、補償電力が放電方向の電力であり、調整電力が充電方向の電力である場合に、補償電力から調整電力を減じた差電力が放電方向の電力か充電方向の電力かに応じて第1のモードの二次電池に差電力を放電または充電させ、第2のモードの二次電池に調整電力を充電させる。制御部は、補償電力が充電方向の電力であり、調整電力が放電方向の電力である場合に、差電力が充電方向の電力か放電方向の電力かに応じて第2のモードの二次電池に差電力を充電または放電させ、第1のモードの二次電池に調整電力を放電させる。制御部は、第1のモードの二次電池の端子電圧が予め定める下限電圧に達したとき、または、第2のモードの二次電池の端子電圧が予め定める上限電圧に達したとき、第1および第2のモードを入替える。

10

20

30

40

50

【0011】

上記の第1の局面の電力制御装置において、好ましくは、制御部は、第1および第2の二次電池のいずれか一方の端子電圧が下限電圧または上限電圧に達したとき、第1および第2のモードを入替える前に第1および第2の二次電池を入替モードに設定する。制御部は、入替モードにおいて第1および第2の部分補償電力を算定する。ここで、第1および第2の部分補償電力の和は上記の補償電力に等しい。制御部は、第1の部分補償電力の割合を次第に減少させるとともに第2の部分補償電力の割合を次第に増加させる。制御部は、入替モードにおいて、補償電力が放電方向の電力の場合に入替モードの前に第1のモードであった二次電池に第1の部分補償電力を放電させ、入替モードの後に第1のモードになる二次電池に第2の部分補償電力を放電させる。制御部は、入替モードにおいて、補償電力が充電方向の電力の場合に入替モードの前に第2のモードであった二次電池に第1の部分補償電力を充電させ、入替モードの後に第2のモードになる二次電池に第2の部分補償電力を充電させる。

【0012】

上記第2の局面の電力制御装置において、好ましくは、制御部は、第1および第2の二次電池のいずれか一方の端子電圧が下限電圧または上限電圧に達したとき、第1および第2のモードを入替える前に第1および第2の二次電池を入替モードに設定する。制御部は、入替モードにおいて第1および第2の部分補償電力を算定する。ここで、第1および第2の部分補償電力の和は上記の補償電力に等しい。制御部は、第1の部分補償電力の割合を次第に減少させるとともに第2の部分補償電力の割合を次第に増加させる。制御部は、入替モードにおいて、補償電力および調整電力がともに放電方向の電力である場合に、入替モードの前に第1のモードであった二次電池に第1の部分補償電力と調整電力とを加算した電力を放電させ、入替モードの後に第1のモードになる二次電池に第2の部分補償電力と調整電力とを加算した電力を放電させる。制御部は、入替モードにおいて、補償電力および調整電力がともに充電方向の電力である場合に、入替モードの前に第2のモードであった二次電池に第1の部分補償電力と調整電力とを加算した電力を充電させ、入替モードの後に第2のモードになる二次電池に第2の部分補償電力と調整電力とを加算した電力を充電させる。制御部は、入替モードにおいて、補償電力が放電方向の電力でありかつ調整電力が充電方向の電力である場合に、第1の部分補償電力から調整電力を減じた第1の差電力が放電方向の電力か充電方向の電力かに応じて、入替モードの前に第1のモードであった二次電池に第1の差電力を放電または充電させ、第2の部分補償電力から調整電力を減じた第2の差電力が放電方向の電力か充電方向の電力かに応じて、入替モードの後に

第 1 のモードになる二次電池に第 2 の差電力を放電または充電させる。制御部は、入替モードにおいて、補償電力が充電方向の電力でありかつ調整電力が放電方向の電力である場合に、第 1 の差電力が充電方向の電力か放電方向の電力かに応じて、入替モードの前に第 2 のモードであった二次電池に第 1 の差電力を充電または放電させ、第 2 の差電力が充電方向の電力か放電方向の電力かに応じて、入替モードの後に第 2 のモードになる二次電池に第 2 の差電力を充電または放電させる。

【発明の効果】

【0013】

この発明によれば、第 1 および第 2 の二次電池のモードを入替えながら電力変動を補償することによって、二次電池の許容容量範囲内で連続的に電力変動を吸収するとともに、従来よりも電力変動の補償性能を向上することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図 1】この発明の実施の一形態による電力制御装置 24 の構成図である。

【図 2】二次電池の充電エネルギーと端子電圧との関係を示す図である。

【図 3】図 1 の制御部 10 による二次電池 1, 2 の制御の概要を説明するための図である。

【図 4】図 1 の制御部 10 の動作を示す機能ブロック図である。

【図 5】図 1 の制御部 10 の制御手順を示すフローチャートである。

【図 6】図 5 のステップ S5 の処理手順を示すフローチャートである。

20

【図 7】電力制御装置 24 のシミュレーションモデルを説明するための図である。

【図 8】図 7 のシミュレーションモデルに対応するブロック図である。

【図 9】電力制御装置 24 のシミュレーション結果を示す図である。

【図 10】図 9 の時刻 $t_1 \sim t_5$ における二次電池 1, 2 のモードを説明するための図である。

【図 11】図 9 の一部の拡大図である。

【図 12】比較例の電力制御装置 100 のシミュレーションモデルを説明するための図である。

【図 13】図 12 のシミュレーションモデルに対応するブロック図である。

【図 14】比較例の電力制御装置 100 のシミュレーション結果を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、同一または相当する部分には同一の参照符号を付して、その説明を繰返さない。

【0016】

[電力制御装置 24 の構成]

図 1 は、この発明の実施の一形態による電力制御装置 24 の構成図である。

【0017】

図 1 に示す電力系統 20 では、母線 22 に電力変動源としての負荷 23 と電力制御装置 24 とが接続される。母線 22 は、電力系統の電源 21 から交流電力 P_s の供給を受ける。電力制御装置 24 は、負荷 23 の消費する電力 P_o の変動を補償することによって、母線 22 の電圧を安定化させる。

40

【0018】

以下では、電力変動源として負荷 23 が接続される場合が示されるが、電力変動源が分散電源であってもこの発明を同様に適用することができる。ただし、負荷 23 の消費電力が増加する場合と、分散電源の生成電力が減少する場合とが等価であるので、以下の説明において電力変動 P の符号を逆にする必要がある。

【0019】

電力制御装置 24 は、第 1、第 2 の二次電池 1, 2 と、第 1、第 2 の電力変換器 3, 4 と、直流電圧計 5, 6 と、直流電流計 11, 12 と、交流電圧計 7 と、交流電流計 8 と、

50

制御部 10 とを含む。

【 0 0 2 0 】

この明細書では、負荷 23 については負荷 23 に流入する方向の電力 P_0 (すなわち、負荷 23 が消費する電力) を正とする。二次電池 1, 2 については放電方向の電力 P_1 , P_2 を正とする。したがって、二次電池 1, 2 の充電方向の電力は $-P_1$, $-P_2$ のように負の符号を付して表わす。

【 0 0 2 1 】

二次電池 1 は、電力変換器 3 を介して母線 22 に接続される。電力変換器 3 は、双方向の直流 - 交流変換器である。電力変換器 3 は、二次電池 1 から母線 22 に電力 P_1 を放電する場合には、二次電池 1 の放電する直流電力を交流電力に変換するとともに、制御部 10 の指令に応じて放電電力の大きさを制御する。逆に、電力変換器 3 は、母線 22 から二次電池 1 に電力 ($-P_1$) を充電する場合には、母線 22 から供給される交流電力を直流電力に変換するとともに、制御部 10 の指令に応じて充電電力の大きさを制御する。

10

【 0 0 2 2 】

同様に、二次電池 2 は、電力変換器 4 を介して母線 22 に接続される。電力変換器 4 は、双方向の直流 - 交流変換器である。電力変換器 4 は、二次電池 2 から母線 22 に電力 P_2 を放電する場合には、二次電池 2 の放電する直流電力を交流電力に変換するとともに、制御部 10 の指令に応じて放電電力の大きさを制御する。逆に、電力変換器 4 は、母線 22 から二次電池 2 に電力 ($-P_2$) を充電する場合には、母線 22 から供給される交流電力を直流電力に変換するとともに、制御部 10 の指令に応じて充電電力の大きさを制御する。

20

【 0 0 2 3 】

直流電圧計 5, 6 は、二次電池 1, 2 の端子電圧 V_1 , V_2 をそれぞれ測定する。直流電流計 11 は、直流変流器を介して二次電池 1 と電力変換器 3 との間に接続され、二次電池 1 の充電電流または放電電流を測定する。直流電流計 12 は、直流変流器を介して二次電池 2 と電力変換器 4 との間に接続され、二次電池 2 の充電電流または放電電流を測定する。

【 0 0 2 4 】

交流電圧計 7 は、図示を省略した計器用変圧器を介して母線 22 に接続される。交流電圧計 7 は母線 22 の交流電圧を測定する。交流電流計 8 は、交流変流器を介して母線 22 と負荷 23 とを接続する配電線に接続される。交流電流計 8 は負荷 23 に流れる交流電流を測定する。交流電圧計 7 および交流電流計 8 は、負荷 23 によって消費される電力を検出する電力検出部 9 として機能する。

30

【 0 0 2 5 】

制御部 10 は、コンピュータなどによって構成され、直流電圧計 5, 6、直流電流計 11, 12、交流電圧計 7、および交流電流計 8 の測定結果に基づいて電力変換器 3, 4 の動作を制御する。これによって、二次電池 1, 2 の放電電力および充電電力が制御される。制御部 10 の詳しい動作については、図 4 ~ 図 6 を参照して後述する。

【 0 0 2 6 】

[電力制御装置 24 の動作の概要]

40

図 2 は、二次電池の充電エネルギーと端子電圧との関係を示す図である。

【 0 0 2 7 】

図 2 を参照して、一般に二次電池は充電エネルギーと端子電圧とが比例関係にない。図 2 に示すように充電エネルギーが 100% に近い場合、または充電エネルギーが 0% に近い場合には、充電エネルギーが増加すると端子電圧が増加する関係にあるが、大部分の充電エネルギーの範囲では、充電エネルギーが変化しても端子電圧はほとんど変化しない。このため、二次電池の動作中に端子電圧に基づいて充電エネルギーを正確に計測することは困難である。そこで、この実施の形態の電力制御装置 24 は 2 台の二次電池 1, 2 を用いることによって二次電池を容量の範囲内で使用できるようにする。

【 0 0 2 8 】

50

なお、二次電池の使用にあたっては、二次電池を破損しないように充電エネルギーが 100%のときの電圧 V_{full} よりも低電圧の上限電圧 V_{max} と、充電エネルギーが 0%のときの電圧 V_{empty} よりも高電圧の下限電圧 V_{min} とが設定される。二次電池は、上限電圧 V_{max} と下限電圧 V_{min} との間の許容範囲で使用される。

【0029】

図3は、図1の制御部10による二次電池1, 2の制御の概要を説明するための図である。

【0030】

制御部10は、二次電池1, 2のうち的一方を第1のモード、他方を第2のモードに設定する。図3(A)は二次電池1を第1のモードに設定し、二次電池2を第2のモードに設定した場合を示す。以下、この状態をパラメータ $flag$ を用いて $flag = 0$ とする。一方、図3(B)は二次電池1を第2のモードに設定し、二次電池2を第1のモードに設定した場合を示す。以下、この状態を $flag = 1$ とする。

10

【0031】

図3(A)に示す $flag = 0$ の状態では、負荷23の消費電力 P_o が増加した場合(電力変動 P が正の場合)、制御部10は、電力変動 P を補償するための電力 P_1 を第1のモードの二次電池1に放電させることによって電力変動 P を補償する。一方、負荷23の消費電力 P_o が減少した場合(電力変動 P が負の場合)、制御部10は、電力変動 P を補償する補償電力 ($-P_2$) を第2のモードの二次電池2に充電させることにより電力変動 P を補償する。

20

【0032】

さらに、制御部10は、第1のモードである二次電池1の端子電圧が放電中に下限電圧 V_{min} に達した場合、もしくは、第2のモードである二次電池2の端子電圧が充電中に上限電圧 V_{max} に達した場合に、第1および第2のモードを入替える ($flag = 0$ の状態から $flag = 1$ の状態に切替わる)。

【0033】

図3(B)に示す $flag = 1$ の状態は、上記の $flag = 0$ の場合の逆である。すなわち、負荷23の消費電力 P_o が増加した場合(電力変動 P が正の場合)、制御部10は、電力変動 P を補償するための電力 P_2 を第1のモードの二次電池2に放電させることによって電力変動 P を補償する。一方、負荷23の消費電力 P_o が減少した場合(電力変動 P が負の場合)、制御部10は、電力変動 P を補償する補償電力 ($-P_1$) を第2のモードの二次電池1に充電させることにより電力変動 P を補償する。

30

【0034】

なお、正確には、図5、図6で後述するように、二次電池1, 2を制御するパラメータとしてさらに $rate$ がある。パラメータ $rate$ は、通常は1に設定され、第1および第2のモードを入替える過程で0以上1未満の値に設定される。パラメータ $rate$ が0以上1未満のとき、二次電池1, 2は第1および第2のモードのいずれとも異なる入替モードにあるとする。一方、 $flag = 0$ かつ $rate = 1$ のとき、二次電池1は第1のモードであり、二次電池2は第2のモードである。 $flag = 1$ かつ $rate = 1$ のとき、二次電池1は第2のモードであり、二次電池2は第1のモードである。

40

【0035】

このように、図1の制御部10は、第1のモードの二次電池には正の電力変動 ($P > 0$) を補償するために放電のみを行なわせ、第2のモードの二次電池には負の電力変動 ($P < 0$) を補償するために充電のみを行なわせる。そして、制御部10は、第1のモードの二次電池の端子電圧が放電中に下限電圧 V_{min} に達した場合、もしくは、第2のモードの二次電池の端子電圧が充電中に上限電圧 V_{max} に達した場合に、第1および第2のモードを入替える。これによって、電池の充電容量を設定された上限および下限まで使用でき、連続的に効率良く電力変動を補償することができる。

【0036】

[電力制御装置24の詳細動作]

50

図4は、図1の制御部10の動作を示す機能ブロック図である。以下に説明するように、制御部10は上記の補償動作に加えて、二次電池1, 2の端子電圧 V_1 , V_2 の平均値 V_{ave} が予め設定された基準値 V_{ref} に一致するように二次電池1, 2を制御する。このため、制御部10は、変動抽出フィルタ30と、正負分離部31と、電圧平均化部32と、減算器35と、乗数器36, 37と、加算器38, 39を含む。

【0037】

変動抽出フィルタ30は、図1の交流電圧計7および交流電流計8によって検出された負荷23の消費電力 P_0 から変動分 P を抽出するハイパスフィルタである。

【0038】

正負分離部31は、図3で説明したように、電力変動 P および二次電池1, 2のモードに応じて、二次電池1, 2に対して補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} の指令値をそれぞれ出力する。補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} の一方は P に等しく、他方は0である。

10

【0039】

さらに、正負分離部31は、二次電池1, 2の端子電圧 V_1 , V_2 が予め設定された上限電圧 V_{max} または下限電圧 V_{min} に達したとき、第1および第2のモードの入替を行なう。正負分離部31のさらに詳しい動作については、図6に示すフローチャートを参照して後述する。

【0040】

電圧平均化部32は、二次電池1, 2の端子電圧 V_1 , V_2 を受けてこれらの平均電圧 V_{ave} を算出する。図4の場合、電圧平均化部32は、加算器33と乗数器34を含む。加算器33によって端子電圧 V_1 , V_2 が加算され、乗数器34によって加算器33の加算結果が0.5倍されることによって、端子電圧 V_1 , V_2 の加算平均が出力される。

20

【0041】

減算器35は、平均電圧 V_{ave} と基準電圧 V_{ref} との偏差を算出する。算出された偏差は乗数器36, 37によって予め定める比例定数倍(K 倍)される。乗数器36, 37から出力された電力の指令値(調整電力と称する)は、加算器38, 39によってそれぞれ補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} の指令値に加算される。ここで、加算器38, 39では補償電力および調整電力の符号も含めた演算が行なわれる。したがって、補償電力および調整電力が共に放電方向の電力の場合または共に充電方向の電力の場合、加算結果は両者の絶対値の和に放電方向または充電方向を示す符号をつけたものになる。補償電力および調整電力の一方が放電方向の電力で他方が充電方向の電力の場合には、加算結果は両者の絶対値の差に放電方向または充電方向を表わす符号をつけたものになる。なお、補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} は一方が P であり他方が0であるのに対して、二次電池1, 2に対する調整電力は互いに等しい。

30

【0042】

以上によって、二次電池1, 2に対する最終的な出力電力 P_1 , P_2 の指令値が算出される。出力電力 P_1 が正(放電方向)の場合に二次電池1は電力 P_1 を放電し、出力電力 P_1 が負(充電方向)の場合に二次電池1は電力 $-P_1$ を充電する。二次電池2についても同様であり、出力電力 P_2 が正(放電方向)の場合に二次電池2は電力 P_2 を放電し、出力電力 P_2 が負(充電方向)の場合に二次電池2は電力 $-P_2$ を充電する。

40

【0043】

このように、電力変動を補償するための補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} の指令値に、二次電池1, 2の端子電圧 V_1 , V_2 の平均値 V_{ave} を基準値 V_{ref} に維持するための調整電力の指令値が加算される理由は次のとおりである。

【0044】

二次電池1, 2や電力変換器3, 4は充放電の際に損失が発生するため、上記のように二次電池1, 2の入替を行ないながら充放電を行なった場合、最終的に二次電池1, 2ともに残存容量が下限値に至り電力変動を吸収する効果が得られなくなる場合があり得る。このような事態を避けるためのより好ましい構成として、電力制御装置24は、電力変動

50

の補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} を算定するとともに、二次電池 1 , 2 の端子電圧 V_1 , V_2 の平均値と基準値との偏差を小さくするための調整電力も算定する。偏差を小さくするための調整電力を出力することによって、補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} をキャンセルする作用が生じる場合があるが、端子電圧を上限電圧または下限電圧に維持するような前述の特開 2009 - 222175 号公報 (特許文献 1) の方法に比べると、端子電圧 V_1 , V_2 の平均値を制御しているのでキャンセル作用は小さい。したがって、従来技術に比べると電力変動の補償性能は優れている。

【 0045 】

図 5 は、図 1 の制御部 10 の制御手順を示すフローチャートである。

図 4、図 5 を参照して、ステップ S 1 で、制御部 10 (詳しくは、正負分離部 31) は、パラメータ $flag$ を 0 に初期設定し、パラメータ $rate$ を 1 に初期設定する。既に説明したように、 $flag = 0$ かつ $rate = 1$ の場合、二次電池 1 が第 1 のモード (主として放電のみを行なう) であり、二次電池 2 が第 2 のモード (主として充電のみを行なう) である。

10

【 0046 】

次のステップ S 2 で、制御部 10 は、交流電圧計 7 および交流電流計 8 の計測結果によって負荷 23 で消費される電力 P_o を検知する。

【 0047 】

次のステップ S 3 で、制御部 10 は、直流電圧計 5 , 6 の計測結果によって、二次電池 1 , 2 の端子電圧 V_1 , V_2 を検知する。

20

【 0048 】

次のステップ S 4 で、制御部 10 の変動抽出フィルタ 30 は、ステップ S 2 で検知した消費電力 P_o の電力変動分 P を抽出する。

【 0049 】

次のステップ S 5 で、制御部 10 の正負分離部 31 は、電力変動分 P に基づいて二次電池 1 , 2 に対する補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} の指令値をそれぞれ算出するとともに、二次電池 1 , 2 の端子電圧 V_1 , V_2 に応じて、二次電池 1 , 2 の第 1 および第 2 のモードの入替指令を行なう。ステップ S 5 の詳しい手順は図 6 を参照して後述する。

【 0050 】

次のステップ S 6 で、制御部 10 の電圧平均化部 32 は、二次電池 1 , 2 の端子電圧 V_1 , V_2 の平均値を算出する。

30

【 0051 】

次のステップ S 7 で、制御部 10 は、補償電力 P_{1ref} , P_{2ref} の指令値に、二次電池 1 , 2 の端子電圧 V_1 , V_2 の平均値 V_{ave} を基準値 V_{ref} に維持するための調整電力の指令値を加算することによって、二次電池 1 , 2 の最終的な出力電力 P_1 , P_2 の指令値を算出する。

【 0052 】

次のステップ S 8 で、制御部 10 は、ステップ S 7 で算出した出力電力 P_1 , P_2 の指令値を電力変換器 3 , 4 にそれぞれ出力する。

【 0053 】

図 6 は、図 5 のステップ S 5 の処理手順を示すフローチャートである。

40

図 1、図 6 を参照して各ステップの概略を説明すると、まず、図 6 のステップ S 101 ~ S 105 は、端子電圧 V_1 , V_2 に基づいて二次電池 1 , 2 について第 1 および第 2 のモードの入替を行うか否かを判定するためのステップである。

【 0054 】

ステップ S 106 ~ S 108 は、二次電池 1 , 2 の第 1 および第 2 のモードの入替過程で、パラメータ $rate$ の値を設定するためのステップである。具体的には、二次電池 1 , 2 の端子電圧が下限電圧 V_{min} または上限電圧 V_{max} に達したとき、制御部 10 は、パラメータ $rate$ を 0 に設定した後 (ステップ S 104 , S 105)、所定の割合で 1 まで増加させる。既に説明したように、パラメータ $rate$ が 0 以上 1 未満の場合

50

、二次電池 1, 2 は入替モードである。パラメータ $rate = 1$ に戻ると、二次電池 1, 2 はパラメータ $flag$ の値が 0 か 1 かに応じて一方が第 1 のモードになり、他方が第 2 のモードになる。

【0055】

ステップ $S109 \sim S113$ は、二次電池 1, 2 の各々の補償電力 $P1ref, P2ref$ を算定するためのステップである。二次電池 1, 2 の各々が第 1 のモード、第 2 のモード、および入替モードのいずれであるかによって、補償電力 $P1ref, P2ref$ には異なる値が設定される。

【0056】

まず、図 6 の最初のステップ $S101$ で、制御部 10 (詳しくは、正負分離部 31) は、パラメータ $flag$ が 0 であるか否かを判定する。 $flag = 0$ の場合、処理はステップ $S102$ に進み、 $flag = 1$ の場合、処理はステップ $S103$ に進む。

10

【0057】

ステップ $S102$ では、制御部 10 は、第 1 のモードである二次電池 1 の端子電圧 $V1$ が下限電圧 $Vmin$ 以下であるか、または第 2 のモードである二次電池 2 の端子電圧 $V2$ が上限電圧 $Vmax$ 以上であるかを判定する。ステップ $S102$ の条件が満たされた場合 (ステップ $S102$ で YES)、処理はステップ $S104$ に進む。そして、ステップ $S104$ で、制御部 10 は、パラメータ $flag$ を 1 に変更するとともに、パラメータ $rate$ を 0 に変更する。すなわち、二次電池 1, 2 は入替モードに設定される。その後、制御部 10 は、処理をステップ $S106$ に進める。ステップ $S102$ で NO の場合、制御部 10 は、パラメータ $flag$ および $rate$ を変更せずに ($flag = 0, rate = 1$)、処理をステップ $S106$ に進める。

20

【0058】

一方、ステップ $S103$ では、制御部 10 は、第 1 のモードである二次電池 2 の端子電圧 $V2$ が下限電圧 $Vmin$ 以下であるか、または第 2 のモードである二次電池 1 の端子電圧 $V1$ が上限電圧 $Vmax$ 以上であるか否かを判定する。ステップ $S103$ の条件が満たされた場合 (ステップ $S103$ で YES)、処理はステップ $S105$ に進む。そして、ステップ $S105$ で、制御部 10 は、パラメータ $flag$ を 0 に変更するとともに、パラメータ $rate$ を 0 に変更する。すなわち、二次電池 1, 2 は入替モードに設定される。その後、制御部 10 は、処理をステップ $S106$ に進める。ステップ $S103$ で NO の場合、制御部 10 は、パラメータ $flag$ および $rate$ を変更せずに ($flag = 1, rate = 1$)、処理をステップ $S106$ に進める。

30

【0059】

ステップ $S106$ で、制御部 10 は、パラメータ $rate$ の大きさを判定し、以下のステップ $S107, S108$ でパラメータ $rate$ の大きさに応じた処理を行なう。二次電池 1, 2 が入替モードでないときにはパラメータ $rate$ は 1 であるので、制御部 10 は、パラメータ $rate$ の大きさを変更せずに処理をステップ $S109$ に進める。二次電池 1, 2 が入替モードのときにはパラメータ $rate$ は 0 以上 1 未満であり、この場合、制御部 10 はパラメータ $rate$ を所定のステップ幅である $rate$ ずつ増加させる (ステップ $S108$)。パラメータ $rate$ を増加させたことによってその値が 1 を超えた場合には、制御部 10 は、パラメータ $rate$ を 1 に設定することによって入替モードを終了させる (ステップ $S107$)。

40

【0060】

次のステップ $S109 \sim S113$ において、二次電池 1, 2 の各々の補償電力 $P1ref, P2ref$ が算定される。図 6 に示すように、パラメータ $flag$ が 0 か 1 かによって (ステップ $S109$)、さらには負荷 23 の電力変動 P が正 (または 0) か負かによって (ステップ $S110, S111$) によって算定される補償電力 $P1ref, P2ref$ の値が異なる。

【0061】

(i) パラメータ $flag = 0$ で電力変動 P が 0 以上 (ステップ $S109$ で YES、

50

ステップ S 1 1 0 で Y E S) の場合

この場合、処理はステップ S 1 1 2 に進む。ステップ S 1 1 2 においてパラメータ $r a t e$ が 1 のとき (二次電池 1 , 2 が入替モードでないとき) 、第 1 のモードである二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値 (放電方向) が P に設定され、第 2 のモードである二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値が 0 に設定される。すなわち、正の電力変動 P を補償するために、第 1 のモードである二次電池 1 の放電方向の補償電力 $P 1 r e f$ として P が設定される。

【 0 0 6 2 】

一方、ステップ S 1 1 2 においてパラメータ $r a t e$ が 0 以上 1 未満のとき (二次電池 1 , 2 が入替モードのとき) 、入替モードの前に第 1 のモードであった二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値 (放電方向) は $P \times (1 - r a t e)$ に設定され、入替モードの後に第 1 のモードになる二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値 (放電方向) は $P \times r a t e$ に設定される。パラメータ $r a t e$ は 0 から 1 まで所定の割合で増加するので、二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値 (放電方向) は P から 0 まで徐々に減少し、二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値 (放電方向) は 0 から P まで徐々に増加することになる。

10

【 0 0 6 3 】

(i i) パラメータ $f l a g = 0$ で電力変動 P が 0 未満 (ステップ S 1 0 9 で Y E S 、ステップ S 1 1 0 で N O) の場合

この場合、処理はステップ S 1 1 3 に進む。ステップ S 1 1 3 においてパラメータ $r a t e$ が 1 のとき (二次電池 1 , 2 が入替モードでないとき) 、第 1 のモードである二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値が 0 に設定され、第 2 のモードである二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値 (充電方向) が P に設定される。すなわち、負の電力変動 P を補償するために、第 2 のモードである二次電池 2 の充電方向の補償電力 $P 2 r e f$ として P が設定される。

20

【 0 0 6 4 】

一方、ステップ S 1 1 3 においてパラメータ $r a t e$ が 0 以上 1 未満のとき (二次電池 1 , 2 が入替モードのとき) 、入替モードの前に第 2 のモードであった二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値 (充電方向) は $P \times (1 - r a t e)$ に設定され、入替モードの後に第 2 のモードになる二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値 (充電方向) は $P \times r a t e$ に設定される。パラメータ $r a t e$ は 0 から 1 まで所定の割合で増加するので、二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値 (充電方向) は P から 0 まで徐々に減少し、二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値 (充電方向) は 0 から P まで徐々に増加することになる。

30

【 0 0 6 5 】

(i i i) パラメータ $f l a g = 1$ で電力変動 P が 0 以上 (ステップ S 1 0 9 で N O 、ステップ S 1 1 1 で Y E S) の場合

この場合、処理はステップ S 1 1 3 に進む。ステップ S 1 1 3 においてパラメータ $r a t e$ が 1 のとき (二次電池 1 , 2 が入替モードでないとき) 、第 1 のモードである二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値 (放電方向) が P に設定され、第 2 のモードである二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値が 0 に設定される。すなわち、正の電力変動 P を補償するために、第 1 のモードである二次電池 2 の放電方向の補償電力 $P 2 r e f$ として P が設定される。

40

【 0 0 6 6 】

一方、ステップ S 1 1 3 においてパラメータ $r a t e$ が 0 以上 1 未満のとき (二次電池 1 , 2 が入替モードのとき) 、入替モードの前に第 1 のモードであった二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値 (放電方向) は $P \times (1 - r a t e)$ に設定され、入替モードの後に第 1 のモードになる二次電池 2 の補償電力 $P 2 r e f$ の指令値 (放電方向) は $P \times r a t e$ に設定される。パラメータ $r a t e$ は 0 から 1 まで所定の割合で増加するので、二次電池 1 の補償電力 $P 1 r e f$ の指令値 (放電方向) は P から 0 まで徐々に減少し

50

、二次電池 2 の補償電力 P_{2ref} の指令値（放電方向）は 0 から P まで徐々に増加することになる。

【0067】

（iv）パラメータ $flag = 1$ で電力変動 P が 0 未満（ステップ S109 で NO、ステップ S111 で NO）の場合

この場合、処理はステップ S112 に進む。ステップ S112 においてパラメータ $rate$ が 1 のとき（二次電池 1, 2 が入替モードでないとき）、第 1 のモードである二次電池 2 の補償電力 P_{2ref} の指令値が 0 に設定され、第 2 のモードである二次電池 1 の補償電力 P_{1ref} の指令値（充電方向）が P に設定される。すなわち、負の電力変動 P を補償するために、第 2 のモードである二次電池 1 の充電方向の補償電力 P_{1ref} として P が設定される。

10

【0068】

一方、ステップ S112 においてパラメータ $rate$ が 0 以上 1 未満のとき（二次電池 1, 2 が入替モードのとき）、入替モードの前に第 2 のモードであった二次電池 2 の補償電力 P_{2ref} の指令値（充電方向）は $P \times (1 - rate)$ に設定され、入替モードの後に第 2 のモードになる二次電池 1 の補償電力 P_{1ref} の指令値（充電方向）は $P \times rate$ に設定される。パラメータ $rate$ は 0 から 1 まで所定の割合で増加するので、二次電池 2 の補償電力 P_{2ref} の指令値（充電方向）は P から 0 まで徐々に減少し、二次電池 1 の補償電力 P_{1ref} の指令値（充電方向）は 0 から P まで徐々に増加することになる。

20

【0069】

二次電池 1, 2 が入替モードである場合について、上記の（i）～（iv）をまとめると次のようになる。二次電池 1, 2 によって補償される全体の補償電力 P のうち $P \times (1 - rate)$ を第 1 の部分補償電力と称し、 $P \times rate$ を第 2 の部分補償電力と称する。第 1 および第 2 の部分補償電力の和は全体の補償電力に等しく、第 1 の部分補償電力の割合は次第に減少し、第 2 の部分補償電力の割合は次第に増加する。全体の補償電力

P が正（放電方向）の場合、入替モードの前に第 1 のモードであった二次電池の補償電力として第 1 の部分補償電力が設定され、入替モードの後に第 1 のモードになる二次電池の補償電力として第 2 の部分補償電力が設定される。全体の補償電力 P が負（充電方向）の場合、入替モードの前に第 2 のモードであった二次電池の補償電力として第 1 の部分補償電力が設定され、入替モードの後に第 2 のモードになる二次電池の補償電力として第 2 の部分補償電力が設定される。

30

【0070】

このように入替モードにおいて二次電池 1, 2 の充放電電力を徐々に変化させる理由は次のとおりである。すなわち、図 1 の電力変換器 3, 4 には一般に応答遅れがある。このため、充電方向と放電方向とを瞬時に入替えるように指令すると制御誤差を生じるので、電力変動の補償に悪影響を及ぼす。そこで、図 1 の電力制御装置 24 では、パラメータ $rate$ を用いて、電力変換器 3, 4 の応答遅れが問題にならないような変化率で充電方向と放電方向とが入替えられる。パラメータ $rate$ が 0 のときは、モードが入替わってもモードの入替前と二次電池 1, 2 出力に変化がない状態であり、 $rate$ を 0 から 1 までに徐々に増加させることによって、二次電池 1, 2 の出力が徐々に変化する。このような制御をすることによって、良好な電力変動の補償性能が得られる。

40

【0071】

[電力制御装置 24 のシミュレーション結果]

図 7 は、電力制御装置 24 のシミュレーションモデルを説明するための図である。

【0072】

図 7 を参照して、シミュレーションでは二次電池 1 は抵抗 R_1 とコンデンサ C_1 の直列接続によってモデル化される。二次電池 2 も同じく抵抗 R_2 とコンデンサ C_2 との直列接続によってモデル化される。抵抗 R_1, R_2 の各抵抗値を R とし、コンデンサ C_1, C_2 の容量値を C とする。コンデンサ C_1, C_2 にかかる電圧をそれぞれ V_{c1}, V_{c2} とし

50

、二次電池 1, 2 から出力される電流をそれぞれ I_1 , I_2 とする。出力電流 I_1 , I_2 は放電方向を正とする。この場合、二次電池 1, 2 の端子電圧 V_1 , V_2 は、

【0073】

【数1】

$$V_1 = -R \cdot I_1 - \frac{1}{C} \int I_1 dt + V_{\max} \quad \dots(1)$$

$$V_2 = -R \cdot I_2 - \frac{1}{C} \int I_2 dt + V_{\min} \quad \dots(2)$$

10

【0074】

で与えられる。上式(1), (2)の右辺第3項の V_{\max} , V_{\min} は、端子電圧 V_1 , V_2 の初期値をそれぞれ示す。すなわち、二次電池1の端子電圧 V_1 の初期値は許容量の最大値に対応する上限電圧 V_{\max} に設定され、二次電池2の端子電圧 V_2 の初期値は許容量の最小値に対応する下限電圧 V_{\min} に設定される。

【0075】

シミュレーションでは負荷23の電力変動 P を所与の条件としてシステムの応答が計算される。具体的数値として、負荷23の電力変動 P を振幅(ゼロ・ツー・ピーク)10kWで周期20秒の正弦波とした。

20

【0076】

その他の、シミュレーションの具体的な数値として、二次電池1, 2の容量の下限を25kJとし、上限を100kJとした。コンデンサ C_1 , C_2 の容量 C を20Fとし、抵抗 R_1 , R_2 の値 R を0.05とした。この値は、充放電効率80%程度に相当する。上限電圧 V_{\max} を100Vとし、下限電圧 V_{\min} を50Vとした。端子電圧 V_1 , V_2 の平均値 V_{ave} と比較する基準電圧 V_{ref} の大きさを80Vとした。端子電圧 V_1 , V_2 の平均値 V_{ave} と基準電圧 V_{ref} との偏差に乗ずる定数 K を0.5とした。図5、図6に示した二次電池1, 2の入替モード時のパラメータ $rate$ の変化率 $rate$ を $1pu/0.1$ 秒とした。

【0077】

30

図8は、図7のシミュレーションモデルに対応するブロック図である。図8のブロック図は図4のブロック図に、上記の二次電池1, 2のモデル式(1), (2)に対応する機能ブロックを追加したものである。図4のブロック図と共通する部分については同一の参照符号を付して説明を繰返さない。

【0078】

図8において、二次電池1の端子電圧 V_1 は、二次電池1の出力電流 I_1 を乗数器43で $-R$ 倍した値と、コンデンサ C_1 の端子電圧 V_{c1} とを、加算器47で加算することによって得られる。コンデンサ C_1 の端子電圧 V_{c1} は、二次電池1の出力電流 I_1 を積分器41で積分して $-1/C$ 倍した値と、初期値 V_{\max} とを、加算器45で加算することによって得られる。出力電流 I_1 は、加算器38から出力された二次電池1の出力電力 P_1 の指令値を、除算器49で端子電圧 V_1 によって除することによって求められる。

40

【0079】

同様に、二次電池2の端子電圧 V_2 は、二次電池2の出力電流 I_2 を乗数器44で $-R$ 倍した値と、コンデンサ C_2 の端子電圧 V_{c2} とを、加算器48で加算することによって得られる。コンデンサ C_2 の端子電圧 V_{c2} は、二次電池2の出力電流 I_2 を積分器42で積分して $-1/C$ 倍した値と、初期値 V_{\min} とを、加算器46で加算することによって得られる。出力電流 I_2 は、加算器39から出力された二次電池2の出力電力 P_2 の指令値を、除算器50で端子電圧 V_2 によって除することによって求められる。

【0080】

図9は、電力制御装置24のシミュレーション結果を示す図である。図9において、上

50

段のグラフは、図 1 の負荷 2 3 の電力変動 P [kW] の時間変化を表わす。中段のグラフは、図 8 に示した二次電池 1 の出力電力 P_1 [kW] の時間変化（実線）と、二次電池 2 の出力電力 P_2 [kW] の時間変化（破線）とを表わす。下段のグラフは、二次電池 1, 2 の出力電力 P_1, P_2 を合計した出力電力 P_{out} [kW] の時間変化（実線）と、電力変動 P と出力電力 P_{out} との誤差 P_{err} [kW]（破線）とを表わす。各波形は時刻 400 秒～460 秒までが示される。

【0081】

図 9 に示すように、誤差 P_{err} は電力変動 P の 10% 以下であり、電力制御装置 2 4 から出力される電力 P_{out} によって電力変動 P がほぼ補償されていることがわかる。

10

【0082】

図 10 は、図 9 の時刻 $t_1 \sim t_5$ における二次電池 1, 2 のモードを説明するための図である。図 10 でハッチングが付された領域によって、二次電池 1, 2 の充電エネルギーの割合が示される。図 10 (A)～(E) は、図 9 の時刻 $t_1 \sim t_5$ における二次電池 1, 2 のモードにそれぞれ対応する。

【0083】

図 9、図 10 を参照して、時刻 t_1 (420 秒) では、二次電池 1 は第 2 のモード（主として充電のみを行なう）であり、二次電池 2 は第 1 のモード（主として放電のみを行なう）である。時刻 t_1 で電力変動 P が正になったので、図 10 (A) に示すように、第 1 のモードの二次電池 2 からの放電電力 P_2 によって電力変動 P が補償される。

20

【0084】

時刻 t_2 (423 秒) で、図 10 (B) に示すように、第 1 のモードである二次電池 2 の端子電圧 V_2 が下限電圧 V_{min} に達したので、第 1 および第 2 のモードが入替わる。新たに第 1 のモードになった二次電池 1 からの放電電力 P_1 によって電力変動 P が補償される。

【0085】

時刻 t_3 (430 秒) で電力変動 P が負になったので、図 10 (C) に示すように、第 2 のモードである二次電池 2 に充電される電力 P_2 によって電力変動 P が補償される。

【0086】

時刻 t_4 (440 秒) で電力変動 P が正になったので、図 10 (D) に示すように、第 1 のモードである二次電池 1 から放電される電力 P_1 によって電力変動 P が補償される。

30

【0087】

時刻 t_5 (443 秒) で、図 10 (E) に示すように、第 1 のモードである二次電池 1 の端子電圧 V_1 が下限電圧 V_{min} に達したので、二次電池 1, 2 のモードが入替わる。新たに第 2 のモードになった二次電池 2 からの放電電力 P_2 によって電力変動 P が補償される。

【0088】

図 11 は、図 9 の一部の拡大図である。図 11 には、図 9 の中段のグラフの 402 秒から 404 秒までが拡大して示される。図 11 に示す区間では、負荷 2 3 の電力変動 P が正であるので、第 1 のモードの二次電池からの放電電力によって電力変動 P が補償される。図 11 の 402 秒から 403 秒までは、二次電池 1 が第 1 のモードであるので、二次電池 1 からの放電電力 P_1 によって電力変動 P が補償される。403 秒付近で、二次電池 1 の端子電圧 V_1 が下限電圧 V_{min} に達する。このとき、図 6 で説明したように、二次電池 1, 2 は入替モードになる。入替モードにおいて、入替モードになる前まで第 1 のモードであった二次電池 1 の放電電力 P_1 は徐々に減少する。一方、入替モードの後に第 1 のモードになる二次電池 2 の放電電力 P_2 は徐々に増加する。入替モードの終了後は二次電池 2 からの放電電力 P_2 によって電力変動 P が補償される。

40

【0089】

50

[比較例の電力制御装置 100 のシミュレーション結果]

以下、前述の特開 2009 - 222175 号公報（特許文献 1）に開示された技術と類似の電力制御装置 100 についてのシミュレーション結果を比較例として示す。

【 0090 】

図 12 は、比較例の電力制御装置 100 のシミュレーションモデルを説明するための図である。電力制御装置 100 では、二次電池 1 がこれまで説明した第 1 のモードに固定され、二次電池 2 が第 2 のモードに固定される。すなわち、負荷 23 の電力変動 P が正のとき、二次電池 1 からの放電電力 P_p によって電力変動 P が補償される。負荷 23 の電力変動 P が負のとき、二次電池 2 の充電電力 ($-P_n$) によって電力変動 P が補償される。なお、図 12 では、放電方向の電力を正と定義しているため、充電電力には - の符号が付される。

10

【 0091 】

さらに、電力制御装置 100 では、二次電池 1 の端子電圧 V_1 が上限電圧 V_{max} を維持するように制御され、二次電池 2 の端子電圧 V_2 が下限電圧 V_{min} を維持するように制御される。このため、二次電池 1 には上限電圧維持のための充電電力 ($-P_{v1}$) が生じ、二次電池 2 には下限電圧維持のための放電電力 (P_{v2}) が生じる。これらの充電電力 ($-P_{v1}$) および放電電力 (P_{v2}) は、電力変動 P を補償するための放電電力 P_p および充電電力 ($-P_n$) をキャンセルするように作用する。このため、電力制御装置 100 では、電力変動 P の補償性能が悪化する。

20

【 0092 】

図 13 は、図 12 のシミュレーションモデルに対応するブロック図である。図 13 において、二次電池 1, 2 の部分のブロック図は図 8 の場合と同じであるため、対応する部分には同一の参照符号を付して説明を繰返さない。

【 0093 】

図 13 の正負分離部 101 は、電力変動 P が正の場合は、二次電池 1 から放電される補償電力（放電方向） P_p の指令値を $P_p = P$ に設定する。正負分離部 101 は、電力変動 P が負の場合は、二次電池 2 に充電される補償電力（充電方向） P_n の指令値を $P_n = -P$ に設定する。

【 0094 】

減算器 102 は、二次電池 1 の端子電圧 V_1 と上限電圧 V_{max} との偏差を算出する。乗数器 36 は、減算器 102 から出力される偏差に定数 K ($K = 1.5$) を乗ずることによって、上限電圧維持のための調整電力 P_{v1} の指令値を算出する。加算器 38 は、変動補償のための補償電力 P_p と上限電圧維持のための調整電力 P_{v1} とを加算することによって最終的に二次電池 1 から出力される出力電力 P_1 の指令値を算出する。

30

【 0095 】

同様に、減算器 103 は、二次電池 2 の端子電圧 V_2 と下限電圧 V_{min} との偏差を算出する。乗数器 37 は、減算器 103 から出力される偏差に定数 K ($K = 1.5$) を乗ずることによって、下限電圧維持のための調整電力 P_{v2} の指令値を算出する。加算器 39 は、変動補償のための補償電力 P_n と下限電圧維持のための調整電力 P_{v2} とを加算することによって最終的に二次電池 2 から出力される出力電力 P_2 の指令値を算出する。

40

【 0096 】

図 14 は、比較例の電力制御装置 100 のシミュレーション結果を示す図である。図 14 のシミュレーション結果については、特に断らない限り、図 9 の場合と同じ数値を用いて計算した。図 14 において、上段のグラフは、図 12 の負荷 23 の電力変動 P の時間変化を表わす。中段のグラフは、図 13 に示した二次電池 1 から出力される補償電力 P_p の時間変化（実線）と、二次電池 2 から出力される補償電力 P_n の時間変化（破線）を示す。下段のグラフは、下段のグラフは、二次電池 1, 2 の最終的な出力電力 P_1, P_2 を合計した出力電力 P_{out} [kW] の時間変化（実線）と、電力変動 P と出力電力 P_{out} との誤差 P_{err} [kW]（破線）とを表わす。各波形は時刻 400 秒 ~ 460 秒までが示される。

50

【0097】

図14に示すように、誤差 P_{err} は電力変動 P の20%程度まで達し、図9の場合に比べて補償性能が悪化していることがわかる。

【0098】

[変形例]

図4で制御部10のブロック図を示したが、あくまで一例でありこの構成に限られるものでない。たとえば、電圧平均化部32は端子電圧 V_1 , V_2 の加算平均ではなく、重み付き平均を計算してもよい。さらに、端子電圧 V_1 , V_2 の平均値が基準値 V_{ref} と一致するように制御する場合、図4に示す比例要素36, 37だけでなく一次遅れ要素など他の制御要素を組合わせてもよい。

10

【0099】

上記では、負荷23および電力制御装置24が交流配電系統に接続される場合について説明したが、負荷23および電力制御装置24が直流配電系統に接続される場合についても電力変動補償が可能である。この場合、図1の電力変換器3, 4として直流-交流変換器に代えて直流-直流変換器が用いられる。

【0100】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものでないと考えられるべきである。この発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

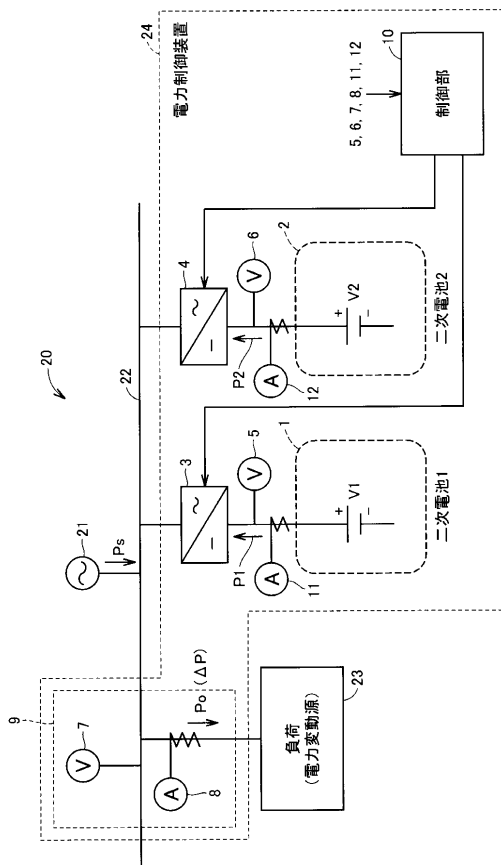
20

【符号の説明】

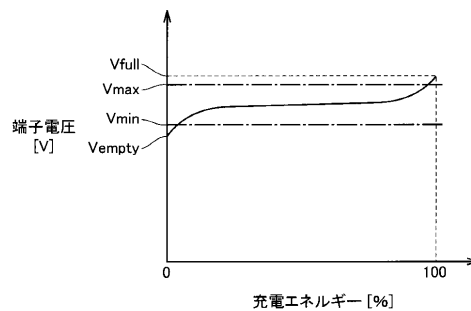
【0101】

1, 2 二次電池、3, 4 電力変換器、10 制御部、21 電源、22 母線、23 負荷(電力変動源)、24 電力制御装置。

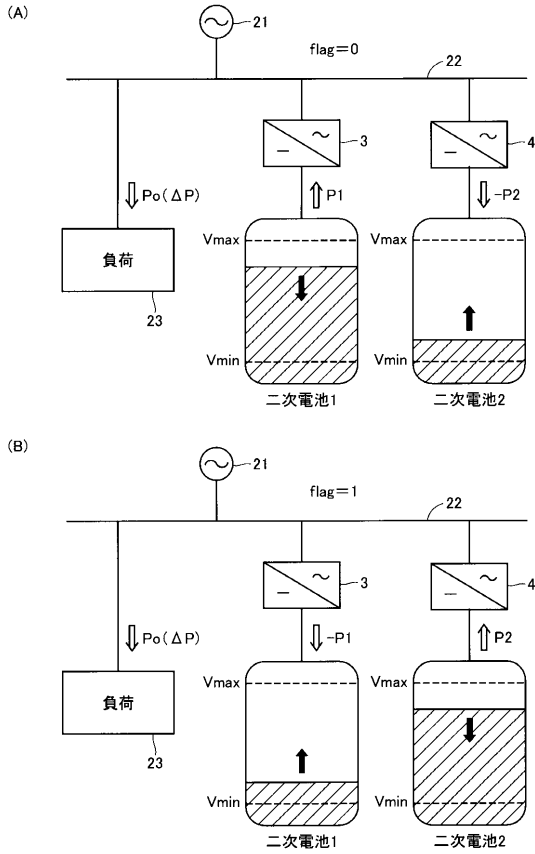
【図1】



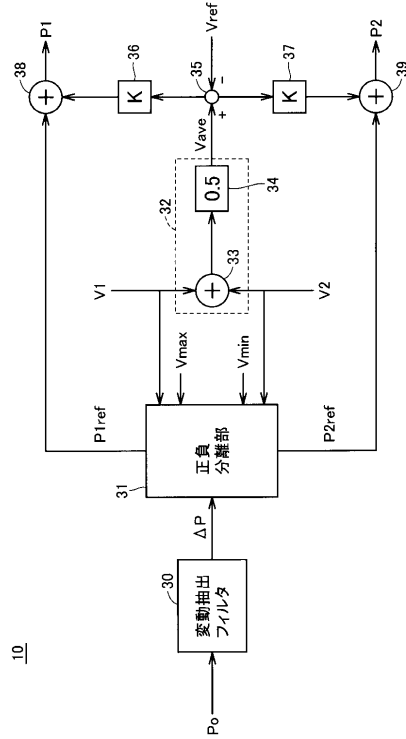
【図2】



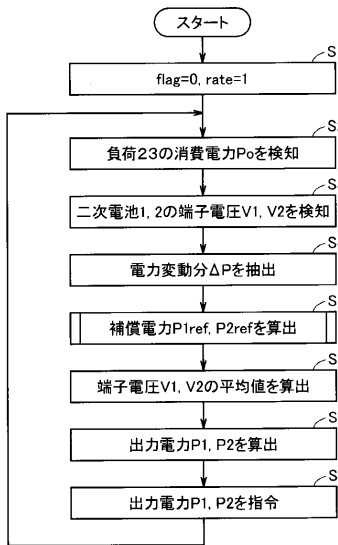
【図3】



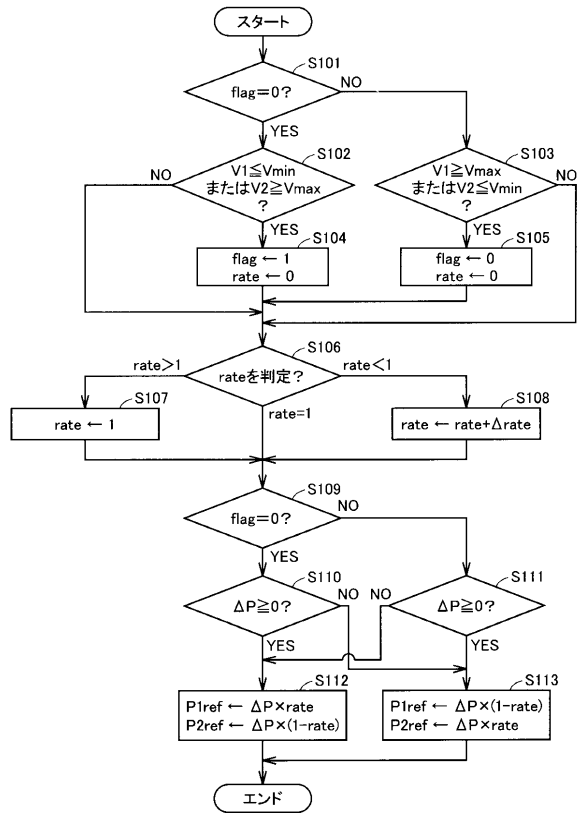
【図4】



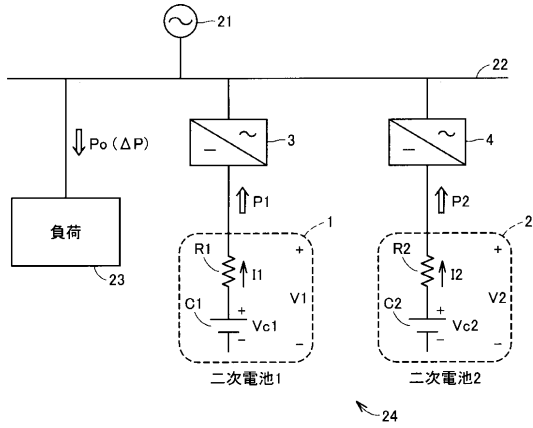
【図5】



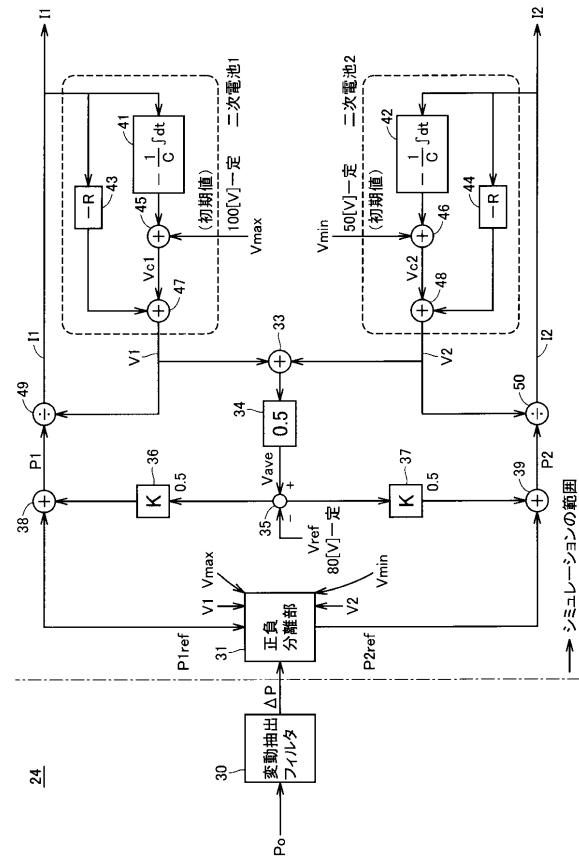
【図6】



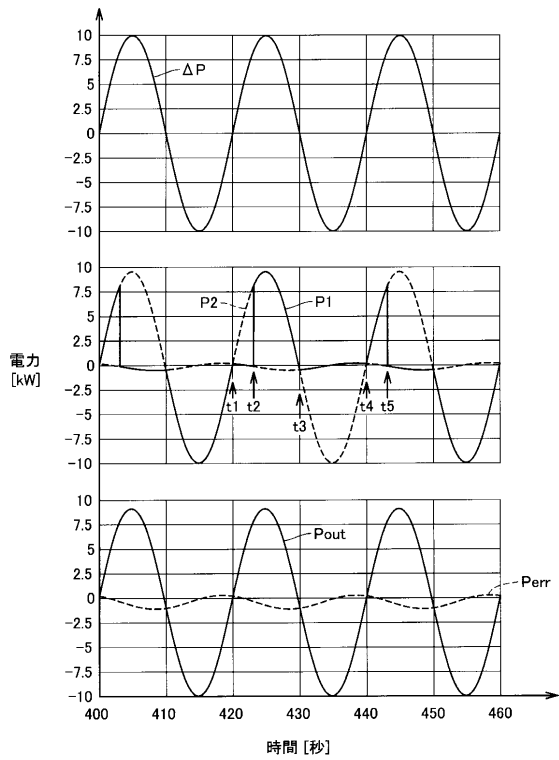
【 図 7 】



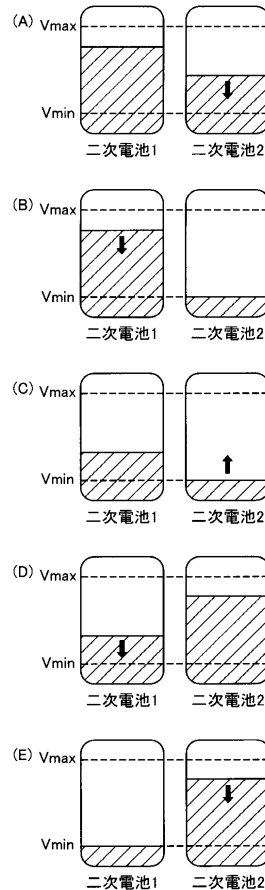
【 図 8 】



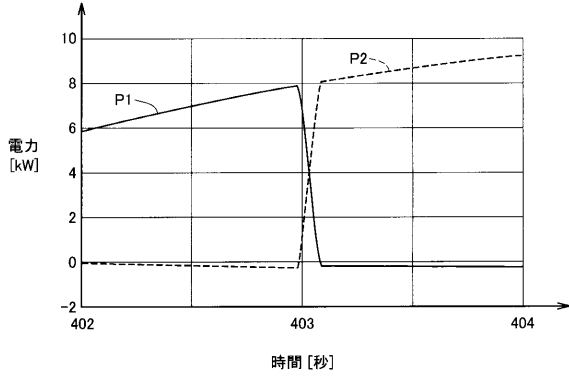
【 図 9 】



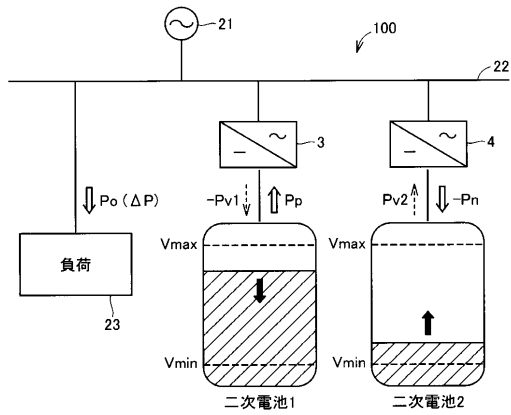
【 図 10 】



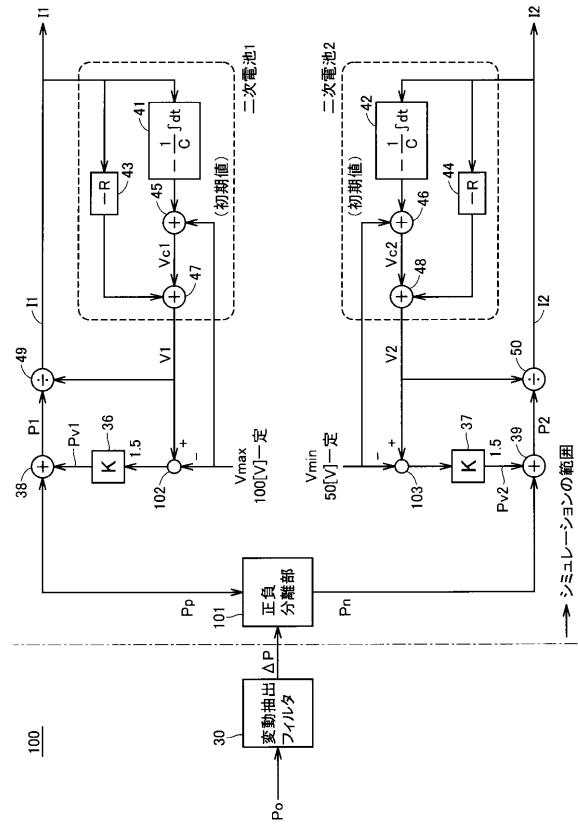
【図 1 1】



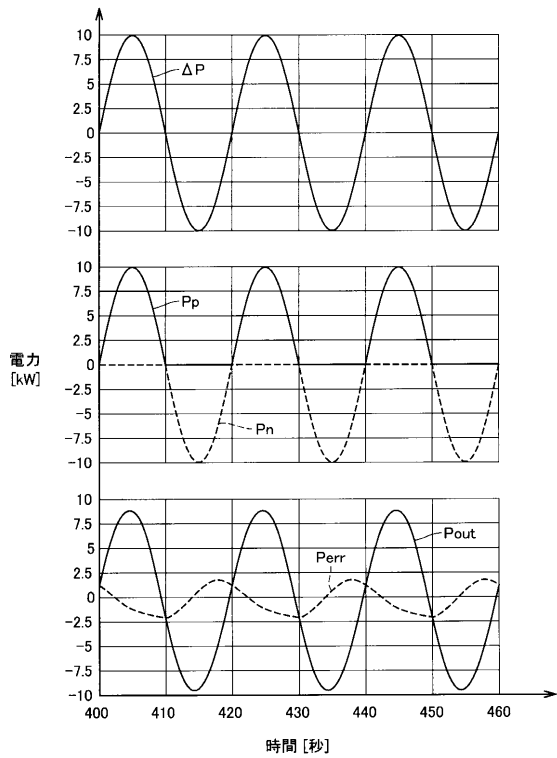
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 柴田 勝彦

兵庫県尼崎市若王寺3丁目1番20号 関西電力株式会社研究開発室電力技術研究所内

(72)発明者 羽田野 伸彦

兵庫県尼崎市若王寺3丁目1番20号 関西電力株式会社研究開発室電力技術研究所内

Fターム(参考) 5G015 FA16 GA08 JA22 JA32 JA58

5G503 AA01 BA04 BB01 DA06 DA07 GB06