

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6448225号
(P6448225)

(45) 発行日 平成31年1月9日(2019.1.9)

(24) 登録日 平成30年12月14日(2018.12.14)

(51) Int.Cl.			F I		
HO2J	7/00	(2006.01)	HO2J	7/00	302C
HO2J	15/00	(2006.01)	HO2J	15/00	D
HO2J	3/38	(2006.01)	HO2J	3/38	130
HO2J	7/35	(2006.01)	HO2J	3/38	160
HO2J	7/34	(2006.01)	HO2J	7/00	303B

請求項の数 26 (全 45 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-124263 (P2014-124263)	(73) 特許権者	590002817
(22) 出願日	平成26年6月17日(2014.6.17)		三星エスディアイ株式会社
(65) 公開番号	特開2016-5358 (P2016-5358A)		SAMSUNG SDI Co., LTD.
(43) 公開日	平成28年1月12日(2016.1.12)		大韓民国京畿道龍仁市器興区貢税路150-20
審査請求日	平成29年6月12日(2017.6.12)		150-20 Gongse-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 446-902 Republic of Korea
		(74) 代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力アシストユニットおよび電力アシストシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自然エネルギーにより発電した発電電力を系統に供給する自然エネルギー発電システムの幹線に接続可能に構成された電力アシストユニットであって、

前記自然エネルギー発電システムの幹線に接続される分岐電力線と、

前記分岐電力線に接続された第1の電力貯蔵装置と、

前記分岐電力線に接続された電力アシストDC/DCコンバータと、

前記電力アシストDC/DCコンバータの下流側に接続された第2の電力貯蔵装置と、

前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる統括制御部とを備え、

前記統括制御部は、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれか一方をSOCがQ1%以下になるように充放電させて、かつ、他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる第1の充放電制御と、前記一方の電力貯蔵装置をSOCがQ1%以下になるように充放電させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置をSOCがQ1%以上Q2%以下になるように充放電させる、または、前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置をSOCがQ2%以下になるように充放電させる第2の充放電制御を交互に実施し、Q1 Q2であることを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項2】

請求項1記載の電力アシストユニットにおいて、

前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーを受けて回転する回転体と、前記

10

20

回転体により駆動される同期発電機と、前記同期発電機と前記系統との間に設けられた電力変換部とを備え、前記電力変換部は、互いに直列接続された、AC/DC変換する第1の発電システムインバータおよびDC/AC変換する第2の発電システムインバータを有するものであり、

前記分岐電力線は、前記第1の発電システムインバータと、前記第2の発電システムインバータとの間を接続する直流幹線に接続されることを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項3】

請求項1記載の電力アシストユニットにおいて、

前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーを受けて回転する回転体と、前記回転体により駆動される誘導発電機と、前記誘導発電機の二次巻線に設けられた電力変換部とを備え、前記電力変換部は、互いに直列接続された、AC/DC変換する第1の発電システムインバータおよびDC/AC変換する第2の発電システムインバータを有するものであり、

10

前記分岐電力線は、前記第1の発電システムインバータと、前記第2の発電システムインバータとの間を接続する直流電力線に接続されることを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項4】

請求項1記載の電力アシストユニットにおいて、

前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーとしての自然光を受けて直流電力を発電する発電装置と、該発電装置と系統との間に設けられた電力変換部とを備えたものであり、

20

前記分岐電力線は、前記発電装置と前記電力変換部との間を接続する直流幹線に接続されることを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項5】

請求項1記載の電力アシストユニットにおいて、

前記幹線は、交流幹線であり、

前記交流幹線に接続されるインバータをさらに備え、

前記分岐電力線は、前記インバータの下流側に接続されていて、前記インバータを介して前記交流幹線に接続される

30

ことを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項6】

請求項5記載の電力アシストユニットにおいて、

前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーを受けて回転する回転体と、前記回転体により駆動される同期発電機と、前記同期発電機と前記系統との間に設けられ、該同期発電機の発電電力を電力変換して交流電力を出力する電力変換部とを備え、

前記インバータは、前記電力変換部と前記系統との間を接続する交流幹線に接続されることを特徴とする電力アシストユニット。

40

【請求項7】

請求項1から6のうちのいずれか1項に記載の電力アシストユニットにおいて、

前記第1の電力貯蔵装置の出力電圧は、前記第2の電力貯蔵装置の出力電圧よりも高いことを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項8】

請求項1から6のうちのいずれか1項に記載の電力アシストユニットにおいて、

前記分岐電力線の分岐後の電力線のうちの前記第1の電力貯蔵装置側に設けられ、前記第1の電力貯蔵装置と前記分岐電力線との間の接続の遮断/導通をオンオフ制御する直流遮断器を備えている

ことを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項9】

50

請求項 2 または 6 記載の電力アシストユニットにおいて、
前記自然エネルギーは風力であり、前記回転体は該風力を受けて回転することを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項 10】

請求項 2 または 6 記載の電力アシストユニットにおいて、
前記自然エネルギーは水力であり、前記回転体は該水力を受けて回転することを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項 11】

請求項 5 または 6 に記載の電力アシストユニットにおいて、
前記インバータは、前記交流幹線への接続に加えて、前記系統とは異なる別系統への連系が可能に構成されており、

前記自然エネルギー発電システムから前記系統への電源供給が停止したとき、または、前記系統側の電源が喪失したとき、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置のうちの少なくともいずれか一方から前記インバータを介して前記別系統に電源供給される

ことを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項 12】

請求項 1 または 5 に記載の電力アシストユニットにおいて、
前記自然エネルギー発電システムは、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置の充放電を駆動 / 停止させる統括制御信号を出力する統括制御部を備えたものであり、

前記統括制御部から前記統括制御信号を受け、該統括制御信号に基づいて、前記第 1 の電力貯蔵装置の充放電を駆動 / 停止させる第 1 の電池制御信号を生成して前記第 1 の電力貯蔵装置に出力し、かつ、前記第 2 の電力貯蔵装置の充放電を駆動 / 停止させる第 2 の電池制御信号を生成して前記第 2 の電力貯蔵装置に出力するインターフェース部をさらに備え、

前記インターフェース部を介して前記統括制御部から、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置のいずれか一方が充放電駆動され、かつ、他方の電力貯蔵装置の充放電が停止される第 1 の充放電制御と、前記他方の電力貯蔵装置が充放電駆動され、かつ、前記一方の電力貯蔵装置の充放電が停止される第 2 の充放電制御とが交互に選択されるように制御される

ことを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項 13】

請求項 12 記載の電力アシストユニットにおいて、
前記統括制御部が出力する前記統括制御信号は、前記電力アシスト DC / DC コンバータをオンオフ制御するコンバータ制御指令を含んでおり、

前記インターフェース部は、前記コンバータ制御指令に基づいて、前記電力アシスト DC / DC コンバータを駆動 / 停止させるコンバータ制御信号を該電力アシスト DC / DC コンバータに出力する

ことを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項 14】

請求項 1 記載の電力アシストユニットと、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置の充放電を駆動 / 停止させる統括制御部とを備えた電力アシストシステムであって、

前記統括制御部は、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置のいずれか一方を充放電駆動させ、かつ他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる第 1 の充放電制御と、前記他方の電力貯蔵装置を充放電駆動させ、かつ前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる第 2 の充放電制御とを交互に実施する

ことを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

請求項 1 に記載の電力アシストユニットにおいて、

前記統括制御部は、前記第 1 の充放電制御において、前記一方の電力貯蔵装置を SOC が Q 1 % 以下になるように充放電させ、前記他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる一方、前記第 2 の充放電制御において、前記他方の電力貯蔵装置を SOC が Q 2 % 以下になるように充放電させ、前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる制御を実施するものであり、かつ、 $Q 1 \leq 50$ であり、 $Q 1 < Q 2 \leq 100$ であり、前記第 1 の充放電制御の時間よりも前記第 2 の充放電制御の時間の方が短いことを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 1 6】

請求項 5 記載の電力アシストユニットと、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置の充放電を駆動 / 停止させる統括制御部とを備えた電力アシストシステムであって、

前記統括制御部は、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置のいずれか一方に充放電駆動させ、かつ他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる第 1 の充放電制御と、前記他方の電力貯蔵装置を充放電駆動させ、かつ前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる第 2 の充放電制御とを交互に実施することを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載の電力アシストユニットにおいて、

前記統括制御部は、前記第 1 の充放電制御において、前記一方の電力貯蔵装置を SOC が Q 1 % 以下になるように充放電させ、前記他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる一方、前記第 2 の充放電制御において、前記他方の電力貯蔵装置を SOC が Q 2 % 以下になるように充放電させ、前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させるものであり、かつ、 $Q 1 \leq 50$ であり、 $Q 1 < Q 2 \leq 100$ であり、前記第 1 の充放電制御の時間よりも前記第 2 の充放電制御の時間の方が短いことを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 1 8】

請求項 5 記載の電力アシストユニットと、を備えた電力アシストシステムであって、

前記統括制御部は、前記第 1 の充放電制御において、前記一方の電力貯蔵装置を SOC が Q 1 % 以下になるように充放電させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる一方、前記第 2 の充放電制御において、前記一方の電力貯蔵装置を SOC が Q 1 % 以下になるように充放電させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置を SOC が Q 1 % 以上 Q 2 % 以下になるように充放電させて、 $Q 1 \leq 50$ であり、 $Q 1 + Q 2 \leq 100$ であることを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 1 9】

請求項 1 に記載の電力アシストユニットにおいて、

$Q 1$ % は 50 % であり、かつ、 $Q 2$ % は 100 % であることを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項 2 0】

請求項 1 5、1 7 または 1 8 に記載の電力アシストシステムにおいて、

前記統括制御部は、前記発電電力の状態を示す電力監視信号を受け、該電力監視信号に基づいて前記分岐電力線におけるアシスト電力を示す充放電指令波形を算出し、該分岐電力線の充放電波形が前記充放電指令波形になるように前記第 1 の充放電制御および前記第 2 の充放電制御を実施する

ことを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 2 1】

請求項 2 0 記載の電力アシストシステムにおいて、

前記統括制御部は、前記充放電指令波形として、前記電力監視信号に基づいて算出した振幅および充放電周期を有する三角波を矩形波の組み合わせに近似した三角近似波を、前記第 1 の充放電制御に適用する第 1 の充放電指令と、前記第 2 の充放電制御に適用する第 2 の充放電指令とに分解して、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置を

10

20

30

40

50

制御する

ことを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 2 2】

請求項 1 4 または 1 6 記載の電力アシストシステムにおいて、

前記統括制御部は、前記発電電力の状態を示す電力監視信号を受け、前記電力監視信号に基づいて前記分岐電力線におけるアシスト電力を示す三角波の充放電指令波形を算出し、該三角波を前記第 1 の充放電制御に適用する第 1 の充放電指令と、前記第 2 の充放電制御に適用する第 2 の充放電指令とに分解して、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置を制御する

ことを特徴とする電力アシストシステム。

10

【請求項 2 3】

請求項 1 6 に記載の電力アシストシステムにおいて、

前記統括制御部は、前記発電電力の状態を示す電力監視信号を受け、該電力監視信号に基づいて前記インバータと前記交流幹線との間の電力線におけるアシスト電力を示す充放電指令波形を算出し、該分岐電力線の充放電波形が前記算出された充放電波形となるように前記第 1 の充放電制御および前記第 2 の充放電制御を実施する

ことを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 2 4】

請求項 1 に記載の電力アシストユニットにおいて、

前記統括制御部は、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置のいずれか一方を SOC が Q 1 % 以下になるように充放電させ、かつ、他方の電力貯蔵装置の充放電を停止する第 3 の充放電制御と、前記一方の電力貯蔵装置を SOC が Q 1 % 以下になるように充放電させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置を SOC が Q 1 % 以上 Q 2 % 以下になるように充放電させる第 4 の充放電制御と有し、

20

前記統括制御部は、前記第 1 の充放電制御及び前記第 2 の充放電制御を組み合わせた第 5 の充放電制御と、前記第 3 の充放電制御及び前記第 4 の充放電制御を組み合わせた第 6 の充放電制御とを所定の割合で実施可能に構成されていることを特徴とする電力アシストユニット。

【請求項 2 5】

請求項 1 4、1 6 または 1 8 に記載の電力アシストシステムにおいて、

前記統括制御部は、前記電力アシスト DC / DC コンバータの駆動 / 停止をオンオフ制御可能に構成されており、前記第 2 の電力貯蔵装置に充放電動作をさせるとき前記電力アシスト DC / DC コンバータを駆動させる一方、前記第 2 の電力貯蔵装置の充放電動作を停止させるとき前記電力アシスト DC / DC コンバータを停止させる

30

ことを特徴とする電力アシストシステム。

【請求項 2 6】

請求項 1 6 に記載の電力アシストシステムにおいて、

前記統括制御部は、前記インバータの駆動 / 停止をオンオフ制御可能に構成されており、前記第 1 の電力貯蔵装置または前記第 2 の電力貯蔵装置に充放電動作をさせるとき、前記インバータを駆動させる一方、前記第 1 の電力貯蔵装置および前記第 2 の電力貯蔵装置のいずれにも充放電動作をさせていないとき、前記インバータを停止させる

40

ことを特徴とする電力アシストシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自然エネルギー発電システムに接続され、自然エネルギー発電システムの発電電力が系統に安定供給されるようにアシストする電力アシストユニットおよび電力アシストシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

50

近年、地球温暖化対策やエネルギーの自給率向上などを目的として、自然エネルギーの活用が推進されており、特に太陽光発電や風力発電の普及が進んでいる。しかし、これらの自然エネルギーを活用した発電は、天候などの変化に追従して出力電力が変動する。そのため、多数の自然エネルギー発電システムが電力系統に接続されると、それらの自然エネルギー発電システムの出力電力が急変した場合、電力系統の運用が不安定になる問題がある。例えば、自然エネルギー発電システムに風力発電システムを用いる場合、気象条件による風力の強弱で系統への電源供給が不安定になる場合がある。非特許文献1では、風力発電における出力変動の調査研究結果として、短周期の出力電力の変動の大きさと、その変動の発生頻度との間には正規分布の関係がみられることが報告されている。

【0003】

10

そこで、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収するために、自然エネルギー発電システムに蓄電池システムを併設することが有効であることが知られている。例えば、特許文献1には、風力発電機と、風力発電機から出力される発電電力を変圧器を介して電力系統に送る送電経路とを備え、この送電経路に変圧器を介して電力貯蔵装置（キャパシタシステム）を併設する風力発電システムが開示されている。

【0004】

特許文献2には、電源との負荷の間に複数の二次電池を配設して、これらの二次電池で常時に電力補償動作を実行するようにした電力貯蔵装置が開示されている。このものでは、複数の二次電池を、常時の電力補償動作にのみ使用する第1グループと、この第1グループの二次電池が回復充電される期間だけその回復充電される二次電池に代わり電力補償動作に使用される第2グループとに二分している。

20

【0005】

特許文献3には、直流バスに直流電力を供給する直流電力供給手段と、直流バスとの間で充放電を行う第1の蓄電手段および第2の蓄電手段とを備え、負荷休止時間帯の電力消費を抑制して高い電力効率を得ることのできる直流給電システムが開示されている。このものでは、軽負荷時は、制御部によって各第1の動作電源および第2の動作電源を遮断して各直流電力供給手段および第2の蓄電手段から直流バスへの電力供給を遮断することができ、各第1の動作電源および第2の動作電源を遮断した分だけ消費電力を削減することができる。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-116825号公報

【特許文献2】特開2001-157382号公報

【特許文献3】特開2012-228028号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】“周波数変動の観点から見た風力発電連系可能量の正確な把握”、[online]、2009年4月21日、経済産業省資源エネルギー庁新エネルギー対策課、[平成26年5月9日検索] <URL: <http://www.meti.go.jp/committee/materials/g50426aj.html>>

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、自然エネルギー発電システムに蓄電池システムを併設する場合、自然エネルギーは、天候や気象状況等の影響を受けることがあり、その発生状況を正確に予測することが難しいため、必要な電池の容量を精度よく見積もることが難しい。特に、自然エネルギー発電システムを設置する段階では、充放電電力等の使用条件や必要なマージン等を設定することが難しい場合がある。そのため、余裕をもった容量の蓄電池を蓄電池システムに設置することが必要となり、蓄電池システムが大型化するとともに、高価になるという

50

問題がある。特に、自然エネルギー発電システムとして、風力発電システムを用いる場合、風車の設置されている場所の気象状況により風車の回転速度が変化するため、出力電力の変動が大きい。そのため、必要な蓄電池の容量を精度よく見積もることがより難しくなる。一方で、蓄電池システムが有する電池バンクの端子電圧が決まると、一義的に電池バンクに用いる電池のセル数が決まるため、使用条件等により電池の並列接続による増設を行う必要がある場合には、既存の電池バンクに用いている電池と同数のセルを有する電池を並列接続する必要があり、電池バンクの蓄電容量が過剰になる場合がある。

【0009】

さらに、上述の出力電力の変動を吸収する高レートの充放電（例えば、数分程度の周期）を実施する必要がある。すなわち、蓄電池システムの電池への充放電時間が短く、かつ充放電回数が多くなる。このような高レートの充放電を要する発電システムに、例えば特許文献1に記載されたような単一の蓄電池システム（キャパシタシステム）を併設した場合、高レートの充放電による蓄電池システムが有する電池（キャパシタ）への負担が大きいため、その電池寿命が低下する。特許文献2では、電源との負荷の間に複数の二次電池を配設する技術が開示されているが、常時の電力補償動作に使用するのは第1グループの二次電池のみであり、特許文献1の場合と同様に、出力電力の変動を吸収する高レートの充放電を実施すると常時に使用する第1グループの二次電池の寿命が低下する。高レートの充放電を実現するために、電池のセル数を増加させ、蓄電容量を増加させることも可能であるが、蓄電池システムが大型化するとともに、高価になるという問題が生じる。

【0010】

特許文献3は、直流バスに対して、第1の蓄電池を有する第1の蓄電手段と、第2の蓄電池とDC/DCコンバータとを有する第2の蓄電手段とが接続されているが、直流バスに対して負荷が直接接続されているため、第1および第2の蓄電池への高レートの充放電を実施することができない。

【0011】

上記問題に鑑み、本発明は、自然エネルギー発電システムの発電電力が系統に安定供給されるようにアシストする電力アシストユニットおよび電力アシストシステムにおいて、電力アシストユニットおよび電力アシストシステムが有する蓄電池を長寿命化することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、自然エネルギー発電システムの幹線に接続可能に構成された電力アシストユニットにおいて、第1の電力貯蔵装置と第2の電力貯蔵装置との間に電力アシストDC/DCコンバータを設けるように構成したものである。

【0013】

すなわち、本発明の第1態様では、自然エネルギーにより発電した発電電力を系統に供給する自然エネルギー発電システムの幹線に接続可能に構成された電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギー発電システムの幹線に接続される分岐電力線と、前記分岐電力線に接続された第1の電力貯蔵装置と、前記分岐電力線に接続された電力アシストDC/DCコンバータと、前記電力アシストDC/DCコンバータの下流側に接続された第2の電力貯蔵装置とを備えていることを特徴とする。

【0014】

第1態様によると、電力アシストDC/DCコンバータの下流側に第2の電力貯蔵装置を設けているため、第1の電力貯蔵装置の端子電圧によらず、任意の端子電圧を有する第2の電力貯蔵装置を設置することができる。これにより、例えば、自然エネルギー発電システムおよび電力アシストユニットを所定の設置場所に設置した後等において、使用条件等に応じた電力アシストユニットのトータルの蓄電容量に変更の必要が生じた際でも、第2の電力貯蔵装置のセル数の変更等による蓄電容量の微調整が可能になる。

【0015】

さらに、このような構成にすることによって、第1の電力貯蔵装置と第2の電力貯蔵装

10

20

30

40

50

置との充放電電圧の差分と電力アシストDC/DCコンバータとによって、いずれか一方の電池バンクの電圧が高い状態と、他方の電池バンクの電圧が高い状態とが自動的にかつ交互に形成される。すなわち、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置には、自動的にかつ交互に休止時間が設けられる。具体的には、例えば、第1の電力貯蔵装置から充放電する電圧が高ければ、第1の電力貯蔵装置からの充放電によって分岐電力線が駆動され、電力アシストDC/DCコンバータが壁になって第2の電力貯蔵装置の充放電は停止する。すなわち、第2の電力貯蔵装置には、休止時間が設けられる。一方で、第2の電力貯蔵装置から充放電する電圧が高ければ、電力アシストDC/DCコンバータを介して出力された第2の電力貯蔵装置からの充放電によって分岐電力線が駆動され、電力アシストDC/DCコンバータが壁になって第1の電力貯蔵装置の充放電は停止する。すなわち、第1の電力貯蔵装置には、休止時間が設けられる。これにより、自然エネルギー発電システムの電力アシスト動作において、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置の充放電において休止時間が設けられない場合と比較して、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置の長寿命化を実現することができる。

10

【0016】

本発明の第2態様では、第1態様記載の電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーを受けて回転する回転体と、前記回転体により駆動される同期発電機と、前記同期発電機と前記系統との間に設けられた電力変換部とを備え、前記電力変換部は、互いに直列接続された、AC/DC変換する第1の発電システムインバータおよびDC/AC変換する第2の発電システムインバータを有するものであり、前記分岐電力線は、前記第1の発電システムインバータと、前記第2の発電システムインバータとの間を接続する直流幹線に接続されることを特徴とする。

20

【0017】

第2態様記載の構成にすることにより、同期発電機を備えた自然エネルギー発電システムに本態様に係る電力アシストユニットを適用することができる。

【0018】

本発明の第3態様では、第1態様記載の電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーを受けて回転する回転体と、前記回転体により駆動される誘導発電機と、前記誘導発電機の二次巻線に設けられた電力変換部とを備え、前記電力変換部は、互いに直列接続された、AC/DC変換する第1の発電システムインバータおよびDC/AC変換する第2の発電システムインバータを有するものであり、前記分岐電力線は、前記第1の発電システムインバータと、前記第2の発電システムインバータとの間を接続する直流電力線に接続されることを特徴とする。

30

【0019】

第3態様記載の構成にすることにより、誘導発電機を備えた自然エネルギー発電システムに本態様に係る電力アシストユニットを適用することができる。

【0020】

本発明の第4態様では、第1態様記載の電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーとしての自然光を受けて直流電力を発電する発電装置と、該発電装置と系統との間に設けられた電力変換部とを備えたものであり、前記分岐電力線は、前記発電装置と前記電力変換部との間を接続する直流幹線に接続されることを特徴とする。

40

【0021】

第4態様記載の構成にすることにより、自然光を受けて直流電力を発電する発電装置、例えば、太陽光発電装置を備えた自然エネルギー発電システムに本態様に係る電力アシストユニットを適用することができる。

【0022】

本発明の第5態様では、第1態様記載の電力アシストユニットにおいて、前記幹線は、交流幹線であり、前記交流幹線に接続されるインバータをさらに備え、前記分岐電力線は、前記インバータの下流側に接続されていて、前記インバータを介して前記交流幹線に接

50

続されることを特徴とする。

【0023】

第5態様の電力アシストユニットは、分岐電力線の直流電力を交流電力に変換するインバータを備えているため、電力アシストユニットを交流幹線に接続することが可能になる。

【0024】

本発明の第6態様では、第5態様記載の電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギー発電システムは、自然エネルギーを受けて回転する回転体と、前記回転体により駆動される同期発電機と、前記同期発電機と前記系統との間に設けられ、該同期発電機の発電電力を電力変換して交流電力を出力する電力変換部とを備え、前記インバータは、前記電力変換部と前記系統との間を接続する交流幹線に接続されることを特徴とする。

10

【0025】

第6態様によると、同期発電機を備えた自然エネルギー発電システムに電力アシストユニットを適用することが可能になる。具体的には、電力変換された後の発電電力が送電される交流幹線に電力アシストユニットを接続することが可能になる。

【0026】

本発明の第7態様では、第1から第6態様のうちのいずれか一態様に記載の電力アシストユニットにおいて、前記第1の電力貯蔵装置の出力電圧は、前記第2の電力貯蔵装置の出力電圧よりも高いことを特徴とする。

【0027】

第7態様によると、第2の電力貯蔵装置の出力電圧が第1の電力貯蔵装置の出力電圧よりも低い、すなわち、第2の電力貯蔵装置の蓄電容量が第1の電力貯蔵装置の蓄電容量よりも少ない。このような構成とすることにより、例えば、同じ容量である第1の電力貯蔵装置を並列接続する場合と比較して、蓄電容量の増減を微調整しつつ、電力アシストユニットを小型化することができる。

20

【0028】

本発明の第8態様では、第1から第6態様のうちのいずれか一態様に記載の電力アシストユニットにおいて、前記分岐電力線の分岐後の電力線のうちの前記第1の電力貯蔵装置側に設けられ、前記第1の電力貯蔵装置と前記分岐電力線との間の接続の遮断/導通をオンオフ制御する直流遮断器を備えていることを特徴とする。

30

【0029】

第8態様によると、直流遮断器は、第1の電力貯蔵装置と分岐電力線との間の接続を物理的に遮断することができるため、例えば、第1の電力貯蔵装置が充放電動作を停止しているとき、分岐電力線と第1の電力貯蔵装置との間の電力の伝播をより確実に遮断することができる。

【0030】

本発明の第9態様では、第2または第6態様に記載の電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギーは風力であり、前記回転体は該風力を受けて回転することを特徴とする。

【0031】

第9態様記載の構成にすることにより、風力発電システム等の風力を利用した発電システムに対して本態様に係る電力アシストユニットを適用することができる。なお、風力発電システムは、風車の設置されている場所の気象状況により風車の回転速度が変化するため、出力電力の変動が大きく、高レートの充放電を行うため、より高い長寿命化の効果が得られる。

40

【0032】

本発明の第10態様では、第2または第6態様に記載の電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギーは水力であり、前記回転体は該水力を受けて回転することを特徴とする。

【0033】

50

第10態様記載の構成にすることにより、水力発電システムや揚力発電システム等の水力を利用した発電システムに対して本態様に係る電力アシストユニットを適用することができる。

【0034】

本発明の第11態様では、第5または第6態様に記載の電力アシストユニットにおいて、前記インバータは、前記交流幹線への接続に加えて、前記系統とは異なる別系統への連系が可能に構成されており、前記自然エネルギー発電システムから前記系統への電源供給が停止したとき、または、前記系統側の電源が喪失したとき、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のうちの少なくともいずれか一方から前記インバータを介して前記別系統に電源供給されることを特徴とする。

10

【0035】

第11態様によると、電力アシストユニットは、別系統への連系が可能に構成されており、自然エネルギー発電システムから系統への電源供給が停止したとき、または、系統側の電源が喪失したとき、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置のうちの少なくともいずれか一方から別系統に電源を供給可能である。すなわち、異常状態の発生時における非常時用の電源等としても活用することができる。

【0036】

本発明の第12態様では、第1または第5態様に記載の電力アシストユニットにおいて、前記自然エネルギー発電システムは、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる統括制御信号を出力する統括制御部を備えたものであり、前記統括制御部から統括制御信号を受け、該統括制御信号に基づいて、前記第1の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる第1の電池制御信号を生成して前記第1の電力貯蔵装置に出力し、かつ、前記第2の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる第2の電池制御信号を生成して前記第2の電力貯蔵装置に出力するインターフェース部をさらに備え、前記インターフェース部を介して前記統括制御部から、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれか一方が充放電駆動され、かつ、他方の電力貯蔵装置の充放電が停止される第1の充放電制御と、前記他方の電力貯蔵装置が充放電駆動され、かつ、前記一方の電力貯蔵装置の充放電が停止される第2の充放電制御とが交互に選択されるように制御されることを特徴とする。

20

【0037】

第12態様によると、統括制御部からの統括制御信号を受け、インターフェース部を介して、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置のいずれか一方が充放電駆動されているとき、他方の電力貯蔵装置の充放電装置が停止される、すなわち、他方の電力貯蔵装置には休止時間が設けられる。これにより、このような休止時間を設ける制御をしない場合と比較して、電力貯蔵装置を長寿命化することができる。特に、電力アシストユニットに対して高レートの充放電を行った場合において、より高い長寿命化の効果が得られる。

30

【0038】

本発明の第13態様では、第12態様記載の電力アシストユニットにおいて、前記統括制御部が出力する前記統括制御信号は、前記電力アシストDC/DCコンバータをオンオフ制御するコンバータ制御指令を含んでおり、前記インターフェース部は、前記コンバータ制御指令に基づいて、前記電力アシストDC/DCコンバータを駆動/停止させるコンバータ制御信号を該電力アシストDC/DCコンバータに出力することを特徴とする。

40

【0039】

第13態様によると、統括制御信号からコンバータ制御指令に基づいて、コンバータ制御信号により電力アシストDC/DCコンバータを駆動/停止可能であるため、例えば、電力アシストDC/DCコンバータを駆動する必要がないとき、例えば、第2の電力貯蔵装置が停止しているとき、DC/DCコンバータを停止させることができる。これにより、電力アシストDC/DCコンバータの駆動率を低減させることができ、電力アシストユニット全体の効率を向上させることができる。

【0040】

50

本発明の第14態様では、電力アシストシステムは、第1態様記載の電力アシストユニットと、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる統括制御部とを備えている。前記統括制御部は、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれか一方を充放電駆動させ、かつ他方の電池の充放電を停止させる第1の充放電制御と、前記他方の電池を充放電駆動させ、かつ前記一方の電池の充放電を停止させる第2の充放電制御とを交互に実施することを特徴とする。

【0041】

本態様に係る充放電制御を統括制御部が実施することにより、第1の電力貯蔵装置の充放電電力と第2の電力貯蔵装置の充放電電力が合成されて分岐電力線に送電される。これにより、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができる。統括制御部は、この電力アシスト動作において、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置のいずれか一方を充放電駆動させているとき、他方の電力貯蔵装置の充放電装置を停止させる、すなわち、他方の電力貯蔵装置には休止時間を設ける。そして、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置に対して、上記の充放電駆動制御と上記の充放電停止制御とを交互に実施する。これにより、このような休止時間を設ける制御をしない場合と比較して、電力貯蔵装置を長寿命化することができる。特に、電力アシストユニットに対して高レートでの充放電を行った場合において、より高い長寿命化の効果が得られる。

【0042】

本発明の第15態様では、第14態様記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記第1の充放電制御において、前記一方の電力貯蔵装置をSOCがQ1% (Q1 50であり、かつ、SOCが0%以上Q1%以下の区間)で充放電させ、前記他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる一方、前記第2の充放電制御において、前記他方の電力貯蔵装置をSOCがQ2% (Q1 < Q2 100であり、かつ、SOCが0%以上Q2%以下の区間)で充放電させ、前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる制御を実施するものであり、かつ、前記第1の充放電制御の時間よりも前記第2の充放電制御の時間の方が短い。

【0043】

本発明の第15態様では、第2の充放電制御に係る充放電電力が第1の充放電制御に係る充放電電力よりも大きいため、電力アシストユニットから自然エネルギー発電システムの幹線に対して、統括制御部が本態様に係る充放電制御を実施することにより、分岐電力線に突状のアシスト電力が送電される。これにより、より効果的に自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができる。この電力アシスト動作において、統括制御部は、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置に対して、それぞれ休止時間を設けるように充放電制御を行っている。これにより、このような休止時間を設ける制御をしない場合と比較して、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置の長寿命化を実現することができる。

【0044】

また、統括制御部は、一方の電力貯蔵装置にSOCをQ1% (SOCを0%以上Q1%以下の区間)に設定して充放電させる第1の充放電制御の時間よりも、他方の電力貯蔵装置にSOCをQ2% (SOCが0%以上Q2%以下の区間)に設定して充放電させる第2の充放電制御の時間の方が短くなるように制御している。Q1とQ2の間には、Q1 < Q2の関係があるため、高いSOCである他方の電力貯蔵装置の方が一方の電力貯蔵装置よりも充放電に係る負担が大きい。したがって、第1の充放電制御の時間よりも第2の充放電制御の時間を短くすることによって、電力アシストユニット全体の長寿命化を実現することができる。

【0045】

本発明の第16態様では、電力アシストシステムは、第5態様記載の電力アシストユニットと、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる統括制御部とを備えている。前記統括制御部は、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれか一方に充放電駆動させ、かつ他方の電力貯蔵装置の充放電

10

20

30

40

50

を停止させる第1の充放電制御と、前記他方の電力貯蔵装置を充放電駆動させ、かつ前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる第2の充放電制御とを交互に実施することを特徴とする。

【0046】

第16態様によると、統括制御部は、第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置に対して第14態様と同様の充放電制御を実施する。これにより、このような休止時間を設ける制御をしない場合と比較して、電力貯蔵装置を長寿命化することができる。特に、電力アシストユニットに対して高レートの充放電を行った場合において、より高い長寿命化の効果が得られる。

【0047】

本発明の第17態様では、第16態様記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記第1の充放電制御において、前記一方の電力貯蔵装置をSOCが $Q1 - 50$ であり、かつ、SOCが0%以上 $Q1$ 以下の区間)で充放電させ、前記他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる一方、前記第2の充放電制御において、前記他方の電力貯蔵装置をSOCが $Q2$ ($Q1 - Q2 - 100$)であり、かつ、SOCが0%以上 $Q2$ 以下の区間)で充放電させ、前記一方の電力貯蔵装置の充放電を停止させるものであり、かつ、前記第1の充放電制御の時間よりも前記第2の充放電制御の時間の方が短いことを特徴とする。

【0048】

本態様に係る充放電制御を統括制御部が実施することにより、第15態様と同様に、自然エネルギー発電システムの変動を吸収することができるとともに、本態様のような休止時間を設ける制御をしない場合と比較して、第1の電力貯蔵装置および第2の電力貯蔵装置の長寿命化を実現することができる。

【0049】

本発明の第18態様では、電力アシストシステムは、第1態様記載の電力アシストユニットと、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる統括制御部とを備えている。前記統括制御部は、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれか一方をSOCが $Q1 - 50$ であり、かつ、SOCが0%以上 $Q1$ 以下の区間)で充放電させ、かつ、他方の電力貯蔵装置の充放電を停止させる第1の充放電制御と、前記一方の電力貯蔵装置をSOCが $Q1$ (SOCが0%以上 $Q1$ 以下の区間)で充放電させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置をSOCが $Q2$ ($Q1 + Q2 - 100$)であり、かつ、SOCが $Q1$ 以上 $Q2$ 以下の区間)で充放電させる第2の充放電制御とを交互に実施することを特徴とする。

【0050】

本態様に係る充放電制御を統括制御部が実施することにより、第1の電力貯蔵装置の充放電電力と第2の電力貯蔵装置の充放電電力が合成されて分岐電力線に送電される。このとき、他方の電力貯蔵装置をSOCが $Q1$ (SOCが0%以上 $Q1$ 以下の区間)で充放電させ、他方の電力貯蔵装置をSOCが $Q2$ (SOCが $Q1$ 以上 $Q2$ 以下の区間)で充放電させて、この2つの電力が合成されるので、分岐電力線に突状のアシスト電力が送電される。これにより、より効果的に自然エネルギー発電システムの変動を吸収することができる。

【0051】

この電力アシスト動作において、統括制御部は、他方の電力貯蔵装置に対して、休止時間を設けるように充放電制御を行っているため、このような休止時間を設ける制御をしない場合と比較して、電力貯蔵装置を長寿命化することができる。特に、電力アシストユニットに対して高レートの充放電を行った場合において、より高い長寿命化の効果が得られる。この態様では、統括制御部は、一方の電力貯蔵装置に対して、休止時間を設ける制御を行っていない。しかしながら、統括制御部は、一方の電力貯蔵装置に対して、充放電動作の期間中、SOCが $Q1$ (SOCが0%以上 $Q1$ 以下の区間)で充放電させるものとしている。このような充放電制御とすることにより、上記の一方の電力貯蔵装置の充放

10

20

30

40

50

電に係る負担を軽減することができ、電力貯蔵装置の長寿命化を実現することができる。

【0052】

本発明の第19態様では、電力アシストシステムは、第5態様記載の電力アシストユニットと、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置の充放電を駆動/停止させる統括制御部とを備えている。前記統括制御部は、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれか一方をSOCがQ1% (Q1 50であり、かつ、SOCが0%以上Q1%以下の区間)で充放電させ、かつ、他方の電力貯蔵装置の充放電を停止する第1の充放電制御と、前記一方の電力貯蔵装置をSOCがQ1% (SOCが0%以上Q1%以下の区間)で充放電させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置をSOCがQ2% (Q1+Q2 100であり、かつ、SOCがQ1%以上Q2%以下の区間)で充放電させる第2の充放電制御とを交互に実施することを特徴とする。

10

【0053】

本態様に係る充放電制御を統括制御部が実施することにより、第18態様と同様に、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動をより効果的に吸収することができる。また、一方の電力貯蔵装置に対して、休止時間を設ける制御を行っていないが、その一方の電力貯蔵装置の充放電に係る負担を軽減することができ、電力貯蔵装置の長寿命化を実現することができる。

【0054】

本発明の第20態様では、第15、17、18または19態様に記載の電力アシストシステムにおいて、Q1%は50%であり、かつ、Q2%は100%であることを特徴とする。

20

【0055】

第20態様によると、Q1%を50%、Q2%を100%にすることにより、分岐電力線における合成された充放電電力波形として、矩形波の組み合わせにより三角波に近似させた合成波形を得ることができる。これにより、短周期の出力電力の変動の大きさと、その変動の発生頻度との間の正規分布の関係に応じた充放電制御を実施することができるため、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動をより効果的に吸収することができる。

【0056】

本発明の第21態様では、第15、17、18または19態様に記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記発電電力の状態を示す電力監視信号を受け、該電力監視信号に基づいて前記分岐電力線におけるアシスト電力を示す充放電指令波形を算出し、該分岐電力線の充放電波形が前記充放電指令波形になるように前記第1の充放電制御および前記第2の充放電制御を実施することを特徴とする。

30

【0057】

第21態様によると、統括制御部は、発電電力の状態を示す電力監視信号に応じた第1の充放電制御および第2の充放電制御を実施することができるため、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動をより効果的に吸収する充放電制御を実施することができる。

【0058】

本発明の第22態様では、第21態様記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記充放電指令波形として、前記電力監視信号に基づいて算出した振幅および充放電周期を有する三角波を矩形波の組み合わせに近似した三角近似波を、前記第1の充放電制御に係る第1の充放電指令と、前記第2の充放電制御に係る第2の充放電指令とに分解して、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置を制御することを特徴とする。

40

【0059】

第22態様によると、統括制御部は、電力監視信号に基づいて算出した振幅および充放電周期を有する三角波を矩形波の組み合わせに近似した三角近似波に基づいて第1の充放電制御および第2の充放電制御を実施する。これにより、短周期の出力電力の変動の大きさと、その変動の発生頻度との間の正規分布の関係に応じた充放電制御を実施することが

50

できるため、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動をより効果的に吸収することができる。

【0060】

本発明の第23態様では、第14または16態様記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記発電電力の状態を示す電力監視信号を受け、前記電力監視信号に基づいて前記分岐電力線におけるアシスト電力を示す三角波の充放電指令波形を算出し、該三角波を前記第1の充放電制御に適用する第1の充放電指令と、前記第2の充放電制御に適用する第2の充放電指令とに分解して、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置を制御することを特徴とする。

【0061】

第23態様によると、統括制御部は、電力監視信号に基づいて算出した振幅および充放電周期を有する三角波に基づいて第1の充放電制御および第2の充放電制御を実施する。これにより、短周期の出力電力の変動の大きさと、その変動の発生頻度との間の正規分布の関係に応じた充放電制御を実施することができるため、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動をより効果的に吸収することができる。

【0062】

本発明の第24態様では、第16または19態様に記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記発電電力の状態を示す電力監視信号を受け、該電力監視信号に基づいて前記インバータと前記交流幹線との間の電力線におけるアシスト電力を示す充放電指令波形を算出し、該分岐電力線の充放電波形が前記算出された充放電波形となるように前記第1の充放電制御および前記第2の充放電制御を実施することを特徴とする。

【0063】

第24態様によると、電力監視信号に基づいてインバータの上流側の充放電波形を算出し、その算出した充放電波形になるように第1の充放電制御および第2の充放電制御を実施する。これにより、短周期の出力電力の変動の大きさと、その変動の発生頻度との間の正規分布の関係に応じた充放電制御を実施することができるため、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動をより効果的に吸収することができる。

【0064】

本発明の第25態様では、第14、16、18または19態様に記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれか一方をSOCが $Q1\%$ ($Q1 \leq 50$ であり、かつ、SOCが 0% 以上 $Q1\%$ 以下の区間)で充放電させ、かつ、他方の電力貯蔵装置の充放電を停止する第3の充放電制御と、前記一方の電力貯蔵装置をSOCが $Q1\%$ (SOCが 0% 以上 $Q1\%$ 以下の区間)で充放電させ、かつ、前記他方の電力貯蔵装置をSOCが $Q2\%$ ($Q1 + Q2 \leq 100$ であり、かつ、SOCが $Q1\%$ 以上 $Q2\%$ 以下の区間)で充放電させる第4の充放電制御と有し、前記統括制御部は、前記第1の充放電制御及び前記第2の充放電制御を組み合わせた第5の充放電制御と、前記第3の充放電制御及び前記第4の充放電制御を組み合わせた第6の充放電制御とを所定の割合で実施可能に構成されていることを特徴とする。

【0065】

第25態様によると、統括制御部は、第5の充放電制御と第6の充放電制御とを所定の割合で実施可能に構成されているため、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収するために最適な組み合わせを設置場所等の設置状況や気象状況等に応じて適宜組み合わせることができる。これにより、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動をより効果的に吸収することができる。

【0066】

本発明の第26態様では、第14、16、18または19態様に記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記電力アシストDC/DCコンバータの駆動/停止をオンオフ制御可能に構成されており、前記第2の電力貯蔵装置に充放電動作をさせるとき前記電力アシストDC/DCコンバータを駆動させる一方、前記第2の電力貯蔵装置の充放電動作を停止させるとき前記電力アシストDC/DCコンバータを停止させること

10

20

30

40

50

を特徴とする。

【0067】

第26態様によると、第2の電力貯蔵装置が停止している期間、すなわち、電力アシストDC/DCコンバータを充放電電力が通過しない期間、電力アシストDC/DCコンバータをオフ制御している。これにより、電力アシストDC/DCコンバータの駆動率を低減させることができるため、電力アシストユニット全体の効率を向上させることができる。また、統括制御部が第1の電力貯蔵装置、第2の電力貯蔵装置および電力アシストDC/DCコンバータを統括して制御することができるため、統括制御部による制御について、種々の情報、例えば電力貯蔵装置の稼働情報等に基づく制御を実施することが可能になり、制御性能を向上させることができる。

10

【0068】

本発明の第27態様では、第16または19態様に記載の電力アシストシステムにおいて、前記統括制御部は、前記インバータの駆動/停止をオンオフ制御可能に構成されており、前記第1の電力貯蔵装置または前記第2の電力貯蔵装置に充放電動作をさせるとき、前記インバータを駆動させる一方、前記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれにも充放電動作をさせていないとき、前記インバータを停止させることを特徴とする。

【0069】

第27態様によると、記第1の電力貯蔵装置および前記第2の電力貯蔵装置のいずれにも充放電動作をさせていないとき、すなわち、インバータを充放電電力が通過しない期間、インバータをオフ制御している。これにより、電力アシストDC/DCコンバータの駆動率を低減させることができるため、電力アシストユニット全体の効率を向上させることができる。また、統括制御部が第1の電力貯蔵装置、第2の電力貯蔵装置、電力アシストDC/DCコンバータおよびインバータを統括して制御することができるため、統括制御部による制御について、種々の情報、例えば電力貯蔵装置の稼働情報等に基づく制御を実施することが可能になり、制御性能を向上させることができる。

20

【発明の効果】

【0070】

本発明の電力アシストユニットは、発電システムから系統への電力を安定供給するための電力アシスト機能を有しつつ、電力アシストユニットが備える電力貯蔵装置の長寿命化を実現することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの構成例を示した図である。

【図2】第1の電力検知信号の電力波形例を示した図である。

【図3】充放電パターン1の波形例を示した図である。

【図4】充放電パターン2の波形例を示した図である。

【図5】充放電パターン3の波形例を示した図である。

【図6】充放電パターン4の波形例を示した図である。

40

【図7】充放電パターン5の波形例を示した図である。

【図8】第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例1を示した図である。

【図9】第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例2を示した図である。

【図10】第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの他の変形例3を示した図である。

【図11】第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの他の変形例4を示した図である。

【図12】第2の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの構成例

50

を示した図である。

【図 1 3】充放電パターン 6 の波形例を示した図である。

【図 1 4】充放電パターン 7 の波形例を示した図である。

【図 1 5】第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 1 を示した図である。

【図 1 6】第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 2 を示した図である。

【図 1 7】第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 3 を示した図である。

【図 1 8】第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 4 を示した図である。

【図 1 9】第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 5 を示した図である。

【図 2 0】第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 6 を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0072】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用範囲あるいはその用途を制限することを意図するものではない。また、実施形態内に発明の理解を容易にするために電圧値、電力値、充電容量値、放電容量値、充放電容量値等の各種の数値を例示しているが、これらの数値は発明の技術的範囲を限定する意図を有するものではない。

【0073】

< 第 1 の実施形態 >

- システムの構成 -

図 1 は第 1 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの構成例を示した図である。自然エネルギー発電システムとしての風力発電システム 10 は、系統 40 に接続可能に構成されており、具体的には、風を受けて回転する回転体としての風車 11 と、風車 11 の回転軸に接続され、回転体により駆動される同期発電機 12 と、同期発電機 12 で発電された電力を電力変換する電力変換部 13 とを備えている。電力変換部 13 は、幹線 L11 を介して同期発電機 12 で発電された交流電力を受け、直流電力に変換 (AC/DC 変換) して幹線 L12 に出力する第 1 の発電システムインバータ 13a と、幹線 L12 の直流電力を交流電力に変換 (DC/AC 変換) して幹線 L13 に出力する第 2 の発電システムインバータ 13b とを備えている。幹線 L13 は、変圧器 42 を介して系統 40 に連系されている。これにより、風力発電システム 10 の出力電力は、変圧器 42 によって変圧されて系統 40 に供給される。風力発電システム 10 および系統用電源 41 から供給された電力は、変圧器 43 や変圧器 45 を介して、工場 44 や家庭 46 等に供給される。

【0074】

電力アシストシステム 2 は、風力発電システム 10 の幹線 L12 に接続された電力アシストユニット 20 と、電力アシストユニット 20 を統括して制御する統括制御部 29 とを備えている。

【0075】

電力アシストユニット 20 は、一端が風力発電システム 10 の幹線 L12 に接続された遮断器 21 と、遮断器 21 の他端に接続された分岐電力線 L22 と、この分岐電力線 L22 に接続された第 1 の電力貯蔵装置としての第 1 の電池バンク 23 と、分岐電力線 L22 に接続された電力アシスト DC/DC コンバータ 24 と、電力アシスト DC/DC コンバータ 24 の下流側に電力線 L23 を介して接続された第 2 の電力貯蔵装置としての第 2 の電池バンク 25 と、インターフェース部 26 とを備えている。本開示において、電力アシストユニット 20 内において、幹線 L12 に近い側を上流側と称し、幹線 L12 から遠い

10

20

30

40

50

側を下流側と称するものとする。

【 0 0 7 6 】

遮断器 2 1 は、風力発電システム 1 0 の幹線 L 1 2 と、電力アシストユニット 2 0 の分岐電力線 L 2 2 との遮断 / 導通を切り替え可能に構成されており、電力アシストユニット 2 0 が電力アシスト動作をしているとき、すなわち、例えば第 1 の電池バンク 2 3 および / または第 2 の電池バンク 2 5 が充放電しているとき、幹線 L 1 2 と分岐電力線 L 2 2 とを導通させる。一方で、過電流発生時や異常発生時等（例えば、落雷があり雷サージ等の異常電圧が発生した場合）には、自動的にまたは統括制御部 2 9 等の制御を受けて（制御信号線は図示しない）、幹線 L 1 2 と分岐電力線 L 2 2 との接続を遮断する。

【 0 0 7 7 】

第 1 の電池バンク 2 3 は、高レートの充放電に対応可能に構成された電池バンクであり、例えば、リチウムイオン電池により構成されている。第 1 の電池バンク 2 3 は、端子電圧が風力発電システム 1 0 の幹線 L 1 2 と同じになるように構成されている。例えば、第 1 の電池バンク 2 3 の端子電圧は 8 0 0 V である。

【 0 0 7 8 】

第 2 の電池バンク 2 5 は、高レートの充放電に対応可能に構成された電池バンクであり、例えば、リチウムイオン電池により構成されている。また、第 2 の電池バンク 2 5 は、端子電圧が第 1 の電池バンク 2 3 の端子電圧以下になるように構成されている。すなわち、例えば、第 1 の電池バンク 2 3 の端子電圧が 8 0 0 V の場合、第 2 の電池バンク 2 5 は、例えば、端子電圧が 3 V 以上、かつ、6 0 0 V 以下の範囲になるように構成される。第 1 の電池バンク 2 3 や第 2 の電池バンク 2 5 の端子電圧は、例えば、リチウムイオン電池に使用するセルのタイプやセル数等を変えることにより設定することができる。

【 0 0 7 9 】

なお、第 2 の電池バンク 2 5 の端子電圧は、6 0 0 V 以下に限定されない。例えば、第 2 の電池バンク 2 5 の端子電圧が 6 0 0 V を超えてもよく、例えば、第 1 の電池バンク 2 3 の端子電圧と同じであってもよい。また、本開示では、第 1 の電池バンク 2 3 および第 2 の電池バンク 2 5 は、リチウムイオン電池により構成されているものとするが、例えば、鉛電池、NaS（ナス）電池、Ni - Cd 電池のような他の電池を用いてもよい。以下の説明においても同様である。

【 0 0 8 0 】

電力アシスト DC / DC コンバータ 2 4 は、第 2 の電池バンク 2 5 の出力端子に接続され、その出力端子電圧を昇圧して分岐電力線 L 2 2 に接続する機能を有しており、その入力電圧範囲は、第 2 の電池バンク 2 5 の端子電圧の設定範囲に応じた範囲に設定されている。このような構成にすることにより、第 2 の電池バンク 2 5 の蓄電容量を柔軟に変更することができる。これにより、例えば、風力発電システム 1 0 および電力アシストユニット 2 0 を設置した後に、使用条件等に応じて、電力アシストユニット 2 0 のトータルの蓄電容量に変更の必要が生じた場合においても、第 2 の電池バンク 2 5 の蓄電容量による微調整が可能になる。

【 0 0 8 1 】

また、第 1 の電池バンク 2 3 と第 2 の電池バンク 2 5 との間に電力アシスト DC / DC コンバータ 2 4 を設ける構成にすることによって、第 1 の電池バンク 2 3 と第 2 の電池バンク 2 5 との充放電電圧の差分と、電力アシスト DC / DC コンバータ 2 4 とによって、いずれか一方の電池バンクの電圧が高い状態と、他方の電池バンクの電圧が高い状態とが自動的にかつ交互に形成される。すなわち、第 1 の電池バンク 2 3 および第 2 の電池バンク 2 5 には、自動的にかつ交互に休止時間が設けられることとなる。

【 0 0 8 2 】

例えば、第 1 の電池バンク 2 3 から充放電する電圧が高ければ、第 1 の電池バンク 2 3 からの充放電によって分岐電力線 L 2 2 が駆動され、電力アシスト DC / DC コンバータ 2 4 が壁になって第 2 の電池バンク 2 5 の充放電は停止する。すなわち、第 2 の電池バンク 2 5 には、休止時間が設けられる。一方で、第 2 の電池バンク 2 5 から充放電する電圧

10

20

30

40

50

が高ければ、電力アシストDC/DCコンバータ24を介して出力された第2の電池バンク25からの充放電によって分岐電力線L22が駆動され、電力アシストDC/DCコンバータ24が壁になって第1の電池バンク23の充放電は停止する。すなわち、第1の電池バンク23には、休止時間が設けられる。

【0083】

これにより、風力発電システム10の電力アシスト動作において、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に高レートの充放電が行われるような場合においても、休止時間が設けられない場合と比較して、電池の長寿命化を実現することができる。なお、図1の電力アシストユニット20において、遮断器21は必ずしも必要ではなく、なくても同様の効果が得られる。

10

【0084】

統括制御部29は、電力アシストシステム2（電力アシストユニット20）によるアシスト電力が供給される前の幹線L12の電力状況を示す電力監視信号としての第1の電力検知信号SM1を受け、第1の電池バンク23、電力アシストDC/DCコンバータ24および第2の電池バンク25を制御する統括制御信号SC1をインターフェース部26に出力する。また、統括制御部29は、第1の電池バンク23から電池電圧、充放電電流、充放電電力を示す第1の電池監視信号SM2を受け、第1の電池バンク23の充放電状況等を監視する。同様に、統括制御部29は、第2の電池バンク25から電池電圧、充放電電流、充放電電力を示す第2の電池監視信号SM3を受け、第2の電池バンク25の充放電状況等を監視する。さらに、統括制御部29は、電力アシストユニット20による電力アシストが行われた後の交流電力が送電される幹線L13の電力状況を示す第2の電力検知信号SM4を受け、電力アシスト後の電力状況、すなわち、所望の電力アシスト動作が行われているか否かを監視する。なお、統括制御部29は、幹線L12の電力状況に代えて、同期発電機12で発電された交流電力が供給される幹線L11の電力状況を示す信号を第1の電力検知信号SM1として受け、その第1の電力検知信号SM1に基づいて生成した統括制御信号SC1をインターフェース部26に出力するようにしてもよい。

20

【0085】

- 電力安定化制御（充放電制御） -

風力発電システムの発電電力の変動

図2(a), (b)は、図1の風力発電システム10において、第1の電力検知信号SM1の波形の一例を示した図である。すなわち、風力発電システム10において、電力変換部13による電力変換後の発電電力波形の一例を示した図である。図2(a)において、実線は第1の電力検知信号SM1の波形であり、一点鎖線は風力発電システム10のプロファイル波形である。図2(b)は、プロファイル波形(図2(a)の一点鎖線)に対する第1の電力検知信号SM1の変動幅を示した図であり、横軸の時間[min]は、例えば20[min]である。

30

【0086】

図2(b)では、風力発電システム10から系統40への電力を安定供給するために許容される出力電力の変動幅がP1であるものとし、出力電力の変動に係る上限の閾値がP2、出力電力の変動に係る下限の閾値がP3であるものとして説明する。例えば、風力発電システムの発電電力が4MWの場合において、P1の値は、例えば500kWに設定される。そのとき、例えば、P2は+250kW、P3は-250kWに設定される。なお、許容する変動幅P1~P3は、これに限定されず、任意に設定可能な値である。

40

【0087】

前述の非特許文献1に記載された調査研究結果から、図2(b)に示したような短周期の出力電力の変動の大きさと、その変動の発生頻度との間には正規分布の関係がある。すなわち、図2(b)において、出力電力の変動が上限の閾値P2を超える部分(図2(b)の右上がり斜線)の変動の大きさと発生頻度、および出力電力の変動が下限の閾値P3を下回る部分(図2(b)の右下がり斜線)の変動の大きさと発生頻度との間にも、正規分布の関係があると考えられる。

50

【0088】

そこで、発明者らは、風力発電システム10から系統40への電力の変動幅を所定の範囲内（例えば、P1以内）に収めるために、上記の正規部分布の関係に基づいた所定のパターンの充放電指令を統括制御部29から第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に対して与えることにした。以下、統括制御部29による具体的な充放電制御について、詳細に記載する。

【0089】

なお、以下の説明において、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25は、満充電容量が4Cであるものとする。したがって、以下の説明において、第1の電池バンク23にSOC (State Of Charge) 100%で充放電するとは、充放電容量4Cで充放電することを指すものとし、第2の電池バンク25においても同様とする。また、SOC 0%以上50%以下の区間で充放電するとは、0C以上2C以下の充放電容量で充放電することを指すものとする。ここで、SOCとは、満充電容量に対する現在の充電容量の割合である。また、充電容量1Cとは、公称容量値の容量を有するセルを定電流で充電して、1時間で充電完了となる電流値のことである。同様に、放電容量1Cとは、公称容量値の容量を有するセルを定電流で放電して、1時間で放電完了となる電流値のことである。また、充放電容量0C以上2C以下の区間で充放電するとは、充電容量0C以上2C以下の区間で充電し、放電容量0C以上2C以下の区間で放電することである。なお、説明の便宜上、満充電容量が4Cであるものとしているが、満充電容量は4Cよりも大きくても、小さくてもよい。

【0090】

充放電制御

まず、統括制御部29は、第1の電力検知信号SM1を受け、この第1の電力検知信号SM1に基づいて、風力発電システム10の出力電力を安定化させるための充放電パターンを算出する。具体的には、第1の電力検知信号SM1とプロファイル波形とを比較し、充放電パターンに使用する所定のパターン（波形形状）を選定するとともに、その充放電パターンに適用する充放電容量、充放電周期等を算出する。

【0091】

統括制御部29が所定の充放電パターンとして選定する波形形状は、例えば、方形波、三角波、矩形波を組み合わせて三角波に近似させた波形等がある。以下、充放電パターンの例を挙げて充放電制御について詳細に説明する。

【0092】

(充放電パターン1)

図3は、充放電パターンとして方形波を選定した例を示す図である。具体的には、図3(a)では、統括制御部29は、第1の電力検知信号SM1に基づいて、充放電パターンとして方形波を選定し、充放電パターンに適用する充放電容量として充電容量が4C、放電容量が4Cと算出した例を示している。また、充放電の1サイクル期間(T10~T11)を5[min]、1サイクル期間のうちの充電期間、放電期間ともに2.5[min]と算出した例を示している。ここで、1サイクル期間とは、充電と放電とを交互に実施する場合において、充電の開始から放電の終了までを1周期分実施したときの期間を指すものとし、以下同様とする。

【0093】

次に、統括制御部29は、充放電パターンを分解して、第1の電池バンク23を制御するための第1の電池制御パターンおよび第2の電池バンク25を制御するための第2の電池制御パターンを生成する。このとき、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に充放電を停止する休止時間(レストタイム)が設けられるように、第1および第2の電池制御パターンを生成する。また、上記の充放電パターンに基づいて、電力アシストDC/DCコンバータ24を制御するための電力変換部制御パターンを生成する。

【0094】

その後、統括制御部29は、第1および第2の電池制御パターンの情報および電力変換

10

20

30

40

50

部制御パターンの情報を付加した統括制御信号 S C 1 をインターフェース部 2 6 に出力する。

【 0 0 9 5 】

インターフェース部 2 6 は、統括制御部 2 9 から受けた統括制御信号 S C 1 に基づいて生成された充放電指令である第 1 の電池制御信号 S C 2 を第 1 の電池バンク 2 3 に出力する。また、同様にして生成された充放電指令である第 2 の電池制御信号 S C 3 を第 2 の電池バンク 2 5 に出力する。さらに、インターフェース部 2 6 は、統括制御部 2 9 から受けた統括制御信号 S C 1 に基づいて生成された電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 のオン/オフ制御指令であるコンバータ制御信号 S C 4 を電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 に出力する。

10

【 0 0 9 6 】

これにより、統括制御部 2 9 は、インターフェース部 2 6 を介して、第 1 の電池バンク 2 3、電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 および第 2 の電池バンク 2 5 を一括制御することができる。このように一括制御を可能とすることにより、統括制御部 2 9 等が搭載された基板を最適化することができ、制御遅延が起これにくくなるとともに、ノイズ影響も受けにくくなるというメリットがある。また、電力アシストユニット 2 0 にインターフェース部 2 6 を設け、インターフェース部 2 6 を介した制御を可能にすることにより、利便性を向上させることができる。具体的には、例えば、既存の風力発電システムに本開示に係る電力アシストシステムを併設する場合に、既存の風力発電システムが有する制御部（例えば、電力監視用の制御部）を置き換えることなく、本開示に係る統括制御部として活用しやすくすることができる。なお、以下の説明において、統括制御部 2 9 が第 1 の電池バンク 2 3、電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 および第 2 の電池バンク 2 5 を制御するに際し、インターフェース部 2 6 を介して制御信号を出力することによりこれらの制御を実施する旨を省略し、単に統括制御部 2 9 がこれらの制御を実施すると記載する場合がある。

20

【 0 0 9 7 】

具体的には、まず、統括制御部 2 9 は、図 3 (b) に示すように、第 1 の電池制御パターン（第 1 の電池制御信号 S C 2 ）として、時間 T 1 0 から時間 T 1 1 までの 1 サイクル期間および時間 T 1 2 から時間 T 1 3 までの 1 サイクル期間、図 3 (a) の充放電パターンに基づいた充放電指令を第 1 の電池バンク 2 3 に出力する。これにより、第 1 の電池バンク 2 3 は、S O C 1 0 0 % (S O C 0 % 以上 1 0 0 % 以下の区間) で充放電される。一方で、統括制御部 2 9 は、時間 T 1 1 から時間 T 1 2 までの 1 サイクル期間および時間 T 1 3 から時間 T 1 4 までの 1 サイクル期間は、充放電停止指令を第 1 の電池バンク 2 3 に出力して、第 1 の電池バンク 2 3 の充放電を停止させて休止時間を設ける。時間 T 1 4 以降は、時間 T 1 0 から時間 T 1 4 までの制御を繰り返して実施する。

30

【 0 0 9 8 】

一方で、統括制御部 2 9 は、図 3 (c) に示すように、第 2 の電池制御パターン（第 2 の電池制御信号 S C 3 ）として、時間 T 1 0 から時間 T 1 1 までの 1 サイクル期間および時間 T 1 2 から時間 T 1 3 までの 1 サイクル期間は、充放電停止指令を第 2 の電池バンク 2 5 に出力して、第 2 の電池バンク 2 5 の充放電を停止させるとともに、コンバータ制御信号 S C 4 により電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 をオフ制御し、第 2 の電池バンク 2 5 および電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 に休止時間を設ける。一方で、統括制御部 2 9 は、時間 T 1 1 から時間 T 1 2 までの 1 サイクル期間および時間 T 1 3 から時間 T 1 4 までの 1 サイクル期間は、図 3 (a) の充放電パターンに基づいた充放電指令を第 2 の電池バンク 2 5 に出力し、電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 をオン制御する。これにより、第 2 の電池バンク 2 5 は、S O C 1 0 0 % (S O C 0 % 以上 1 0 0 % 以下の区間) で充放電される。時間 T 1 4 以降は、時間 T 1 0 から時間 T 1 4 までの制御を繰り返して実施する。

40

【 0 0 9 9 】

上記のような制御を実施することにより、分岐電力線 L 2 2 では、第 1 の電池バンク 2

50

3と第2の電池バンク25との充放電電力が合成され、図3(a)に示すような充放電電力が分岐電力線L22に送電される。すなわち、電力アシストユニット20から幹線L12に対して、図3(a)に示すような充放電電力が送電され、第1の電力検知信号SM1とプロファイル波形との比較結果に基づいた電力アシスト動作が実施される。これにより、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができる。

【0100】

この電力アシスト動作において、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25は、それぞれ1サイクル期間毎に休止時間を有する。このように、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に休止時間を設けることにより、図3(a)~(c)に示したような高レートの充放電を行った場合においても、このような制御をしない場合と比較して、電池の長寿命化を実現することができる。また、第2の電池バンク25が停止している期間は、電力アシストDC/DCコンバータ24をオフ制御しているため、電力アシストDC/DCコンバータ24の駆動率を低減させることができる。これにより、電力アシストユニット20全体の効率を向上させることができる。具体的には、例えば電力アシストユニット20全体の効率を10%以上向上させることができる。

10

【0101】

なお、図3(b),(c)において、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25は、1サイクル期間毎に休止時間を有するものとしたが、これに限定されない。例えば、2サイクル以上の任意のサイクル毎に休止時間を有するようにしてもよい。また、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25の休止時間が異なってもかまわない。

20

【0102】

また、図3(b),(c)において、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25は、SOC100%(SOC0%以上100%以下の区間)で充放電されるものとしたが、これに限定されない。例えば、SOC100%未満の任意のR1%(SOC0%以上R1%以下の区間)で第1の電池バンク23および第2の電池バンク25を充放電してもよい。これにより、統括制御部29による制御を簡素化することができる。

【0103】

また、図3(a)~(c)において、第2の電池バンク25が停止している期間は、電力アシストDC/DCコンバータ24をオフ制御するものとしたが、これに限定されない。例えば、第2の電池バンク25が停止している期間も含めて、第1の電池バンク23および/または第2の電池バンク25の充放電が実施されている期間、電力アシストDC/DCコンバータ24をオン制御するようにしてもよい。

30

【0104】

(充放電パターン2)

図4は、充放電パターンとして矩形波を組み合わせて三角波に近似させた波形(以下、三角近似波ともいう)を選定した例を示す図である。具体的には、図4(a)の例では、統括制御部29は、第1の電力検知信号SM1に基づいて、充放電パターンとして三角近似波を選定し、この三角近似波の元となる充放電パターン(三角波)として、充電容量の最大値が4C、放電容量の最大値が4Cであり、かつ、充放電の1サイクル期間(T20~T26)を10[min]と、1サイクル期間のうちの充電期間(T20~T23)、放電期間(T23~T26)ともに5[min]と算出した例を示している(図4(a)の破線参照)。統括制御部29は、図4(a)の実線で示すように、算出した充放電パターン(三角波)に基づいて、矩形波の組み合わせである三角近似波を生成する。

40

【0105】

次に、統括制御部29は、三角近似波を分解して、第1の電池バンク23を制御するための第1の電池制御パターンおよび第2の電池バンク25を制御するための第2の電池制御パターンを生成する。このとき、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に充放電を停止する休止時間(レストタイム)が設けられるように、第1および第2の電池制御パターンを生成する。その後、統括制御部29は、インターフェース部26を介して、図4(b)に示す第1の電池制御信号SC2(第1の電池制御パターン)を第1の電池

50

バンク 23 に出力し、図 4 (c) に示す第 2 の電池制御信号 S C 3 (第 2 の電池制御パターン) を第 2 の電池バンク 25 に出力する。

【 0 1 0 6 】

また、統括制御部 29 は、上記の充放電パターンに基づいて、電力アシスト D C / D C コンバータ 24 を制御するための電力変換部制御パターンを生成し、コンバータ制御信号 S C 4 (電力変換部制御パターン) として電力アシスト D C / D C コンバータ 24 に出力する。例えば、統括制御部 29 は、図 4 (a) の充放電パターンが出力されている期間、すなわち、第 1 の電池バンク 23 および / または第 2 の電池バンク 25 の充放電が実施されている期間、電力アシスト D C / D C コンバータ 24 をオン制御するコンバータ制御信号 S C 4 を出力する。

10

【 0 1 0 7 】

図 4 (b) , (c) に戻り、時間 T 20 から時間 T 21 までの期間 (例えば 2 [m i n]) において、統括制御部 29 は、第 1 の電池制御信号 S C 2 により、第 1 の電池バンク 23 を S O C 50 % (S O C 0 % 以上 50 % 以下の区間) で充電させる (図 4 (b) 参照) 。また、統括制御部 29 は、第 2 の電池制御信号 S C 3 により、第 2 の電池バンク 25 の充放電を停止させ、第 2 の電池バンク 25 に休止時間を設ける (図 4 (c) 参照) 。

【 0 1 0 8 】

時間 T 21 から時間 T 22 までの期間 (例えば 1 [m i n]) において、統括制御部 29 は、第 1 の電池制御信号 S C 2 により、第 1 の電池バンク 23 に休止時間を設ける (図 4 (b) 参照) 。また、統括制御部 29 は、第 2 の電池制御信号 S C 3 により、第 2 の電池バンク 25 を S O C 100 % (S O C 0 % 以上 100 % 以下の区間) で充電させる (図 4 (c) 参照) 。

20

【 0 1 0 9 】

時間 T 22 から時間 T 24 までの期間 (例えば 4 [m i n]) において、統括制御部 29 は、第 1 の電池制御信号 S C 2 により、第 1 の電池バンク 23 を S O C 50 % (S O C 0 % 以上 50 % 以下の区間) で充放電させる (図 4 (b) 参照) 。また、統括制御部 29 は、第 2 の電池制御信号 S C 3 により、第 2 の電池バンク 25 の充放電を停止させ、第 2 の電池バンク 25 に休止時間を設ける (図 4 (c) 参照) 。

【 0 1 1 0 】

時間 T 24 から時間 T 25 までの期間 (例えば 1 [m i n]) において、統括制御部 29 は、第 1 の電池制御信号 S C 2 により、第 1 の電池バンク 23 に休止時間を設ける (図 4 (b) 参照) 。また、統括制御部 29 は、第 2 の電池制御信号 S C 3 により、第 2 の電池バンク 25 を S O C 100 % (S O C 0 % 以上 100 % 以下の区間) で放電させる (図 4 (c) 参照) 。

30

【 0 1 1 1 】

時間 T 25 から時間 T 26 までの期間 (例えば 2 [m i n]) において、統括制御部 29 は、第 1 の電池制御信号 S C 2 により、第 1 の電池バンク 23 を S O C 50 % (S O C 0 % 以上 50 % 以下の区間) で放電させる (図 4 (b) 参照) 。また、統括制御部 29 は、第 2 の電池制御信号 S C 3 により、第 2 の電池バンク 25 の充放電を停止させ、第 2 の電池バンク 25 に休止時間を設ける (図 4 (c) 参照) 。時間 T 26 以降、統括制御部 29 は、時間 T 20 から時間 T 26 までの制御を繰り返して実施する。

40

【 0 1 1 2 】

上記のような制御を実施することにより、第 1 の電池バンク 23 と第 2 の電池バンク 25 との充放電電力が合成され、図 4 (a) に示すような充放電電力が分岐電力線 L 22 に送電される。すなわち、電力アシストユニット 20 から幹線 L 12 に対して、図 4 (a) に示すような充放電電力が送電され、第 1 の電力検知信号 S M 1 とプロファイル波形との比較結果に基づいた電力アシスト動作が実施される。これにより、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができる。

【 0 1 1 3 】

この電力アシスト動作において、統括制御部 29 は、第 1 の電池バンク 23 および第 2

50

の電池バンク 25 に対して、それぞれ休止時間を設けるように充放電制御を行っている。これにより、図 4 (a) ~ (c) に示したような高レート of 充放電を行った場合においても、このような制御をしない場合と比較して、第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 の長寿命化を実現することができる。

【 0 1 1 4 】

また、統括制御部 29 は、第 1 の電池バンク 23 に対して、休止時間を設けるとともに、充放電を実施する場合においても SOC 50 % 以下 (SOC 0 % 以上 50 % 以下の区間) で充放電させるものとしている。このような充放電制御とすることにより、SOC 50 % 以上を含む区間、例えば SOC 100 % (SOC 0 % 以上 100 % 以下の区間) や SOC 50 % (SOC 50 % 以上 100 % 以下の区間) で充放電させる場合と比較して、電池の長寿命化を実現することができる。一方で、統括制御部 29 は、第 2 の電池バンク 25 に対して、SOC 100 % (SOC 0 % 以上 100 % 以下の区間) で充放電させるが、休止時間を第 1 の電池バンク 23 よりも長い時間設けるように制御している。例えば、本態様では、充放電期間に対して、休止時間が 4 倍設けられるように制御している。このような制御を実施することにより、SOC 100 % (SOC 0 % 以上 100 % 以下の区間) の充放電を実施しつつ、第 1 の電池バンク 23 と第 2 の電池バンク 25 とを含む電力アシストユニット 20 全体の長寿命化を実現することができる。

10

【 0 1 1 5 】

なお、統括制御部 29 は、第 1 の電池バンク 23 に図 4 (b) に示す充放電指令 (以下、第 1 の充放電指令ともいう) を与え、第 2 の電池バンク 25 に図 4 (c) に示す充放電指令 (以下、第 2 の充放電指令ともいう) を与えるものとしたが、第 1 の電池バンク 23 に第 2 の充放電指令を与え、第 2 の電池バンク 25 に第 1 の充放電指令を与えるようにしても、第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 の寿命、並びに電力アシストユニット 20 全体の長寿命化を実現するという効果が得られる。

20

【 0 1 1 6 】

また、本充放電制御の説明において、統括制御部 29 は、第 1 の電池バンク 23 を充放電駆動させるとき、SOC 50 % (SOC 0 % 以上 50 % 以下の区間) で充放電させ、第 2 の電池バンク 25 を充放電駆動させるとき、SOC 100 % (SOC 0 % 以上 100 % 以下の区間) で充放電させるものとしたが、これに限定されない。例えば、第 1 の電池バンク 23 を充放電駆動させるとき、SOC が $Q1\%$ ($Q1 < 50$ であり、かつ、SOC 0 % 以上 $Q1\%$ 以下の区間) で充放電させ、第 2 の電池バンク 25 を充放電駆動させるとき、SOC が $Q2\%$ ($Q1 < Q2 < 100$ であり、かつ、SOC 0 % 以上 $Q2\%$ 以下の区間) で充放電させた場合においても、第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 の寿命、並びに電力アシストユニット 20 全体の長寿命化を実現することができる。

30

【 0 1 1 7 】

また、統括制御部 29 は、図 4 (a) の充放電パターンが出力されている期間、電力アシスト DC / DC コンバータ 24 をオン制御するものとしたが、これに限定されない。例えば、統括制御部 29 は、第 2 の電池バンク 25 が停止している期間、電力アシスト DC / DC コンバータ 24 をオフ制御するように制御してもよい。このような制御を実施することにより、電力アシスト DC / DC コンバータ 24 の駆動率を低減させることができるため、電力アシストユニット 20 全体の効率を向上させることができる。

40

【 0 1 1 8 】

また、統括制御部 29 は、第 2 の電池バンク 25 において、充放電期間に対して休止時間が 4 倍設けられるように制御しているが、休止時間を第 1 の電池バンク 23 よりも長い時間設けていれば、4 倍よりも短くてもよいし、4 倍を超えてもよく、その場合においても電力アシストユニット 20 の長寿命化の効果が得られる。

【 0 1 1 9 】

(充放電パターン 3)

図 5 は、充放電パターンとして三角近似波を選定した場合において、統括制御部 29 が他の充放電パターンを生成した例を示す図である。

50

具体的には、図5(a)の例では、統括制御部29は、第1の電力検知信号SM1に基づいて、三角近似波を選定しており、この三角近似波の元となる充放電パターン(三角波)として、図4(a)の破線と同じ三角波を算出した例を示している。統括制御部29は、図4(a)と同様に、算出した充放電パターン(三角波)に基づいて、矩形波の組み合わせである三角近似波を生成する。

【0120】

次に、統括制御部29は、三角近似波を分解して、第1の電池バンク23を制御するための第1の電池制御パターンおよび第2の電池バンク25を制御するための第2の電池制御パターンを生成する。その後、統括制御部29は、インターフェース部26を介して、図5(b)に示す第1の電池制御信号SC2を第1の電池バンク23に出力し、図5(c)に示す第2の電池制御信号SC3を第2の電池バンク25に出力する。

10

【0121】

また、統括制御部29は、上記の充放電パターンに基づいて、電力アシストDC/DCコンバータ24を制御するための電力変換部制御パターンを生成し、コンバータ制御信号SC4(電力変換部制御パターン)として電力アシストDC/DCコンバータ24に出力する。例えば、統括制御部29は、図5(a)の充放電パターンが出力されている期間、電力アシストDC/DCコンバータ24をオン制御するコンバータ制御信号SC4を出力する。

【0122】

図5(b)に戻り、時間T20から時間T26までの期間(例えば10[min])において、統括制御部29は、第1の電池制御信号SC2により、第1の電池バンク23をSOC50%(SOC0%以上50%以下の区間)で充放電させる。

20

一方で、図5(c)に戻り、時間T20から時間T21までの期間(例えば2[min])において、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25の充放電を停止させ、第2の電池バンク25に休止時間を設ける。

時間T21から時間T22までの期間(例えば1[min])において、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25をSOC50%(SOC50%以上100%以下の区間)で充電させる。

時間T22から時間T24までの期間(例えば4[min])において、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25の充放電を停止させ、第2の電池バンク25に休止時間を設ける。

30

時間T24から時間T25までの期間(例えば1[min])において、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25をSOC50%(SOC50%以上100%以下の区間)で放電させる。

時間T25から時間T26までの期間(例えば2[min])において、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25の充放電を停止させ、第2の電池バンク25に休止時間を設ける。時間T26以降、統括制御部29は、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に対して、時間T20~T26と同じ制御を繰り返して実施する。

【0123】

40

上記のような制御を実施することにより、第1の電池バンク23と第2の電池バンク25との充放電電力が合成され、図5(a)に示すような充放電電力が分岐電力線L22に送電される。すなわち、電力アシストユニット20から幹線L12に対して、図5(a)に示すような充放電電力が送電され、第1の電力検知信号SM1とプロファイル波形との比較結果に基づいた電力アシスト動作が実施される。これにより、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができる。

【0124】

この電力アシスト動作において、統括制御部29は、第2の電池バンク25に対して、休止時間を設けるように充放電制御を行っている。これにより、図5(c)に示したような高レートの充放電を行った場合においても、このような制御をしない場合と比較して、

50

第2の電池バンク25の有する電池の長寿命化を実現することができる。この態様では、統括制御部29は、第1の電池バンク23に対して、休止時間を設ける制御を行っていない。しかしながら、統括制御部29は、第1の電池バンク23に対して、電力アシスト動作（充放電動作）の全期間にわたってSOC50%（SOC0%以上50%以下の区間）で充放電させるものとしている。このような充放電制御とすることにより、SOC50%以上を含む区間、例えばSOC100%（SOC0%以上100%以下の区間）やSOC50%（SOC50%以上100%以下の区間）で充放電する場合と比較して、電池バンクの長寿命化を実現することができる。一方で、第2の電池バンク25は、SOC50%以上を含む区間（SOC50%（SOC50%以上100%以下の区間））で充放電させるが、SOC50%であり、かつ、休止時間を長く設けるように制御している。例えば、本態様では、充放電期間に対して、休止時間が4倍設けられるように制御している。このような制御を実施することにより、システム全体としては、SOC100%（SOC0%以上100%以下の区間）と同等の充放電を実施しつつ、第1の電池バンク23と第2の電池バンク25とを含む電力アシストユニット20全体の長寿命化を実現することができる。

10

【0125】

なお、統括制御部29は、第1の電池バンク23に図5（b）に示す充放電指令（以下、第3の充放電指令ともいう）を与え、第2の電池バンク25に図5（c）に示す充放電指令（以下、第4の充放電指令ともいう）を与えるものとしたが、第1の電池バンク23に第4の充放電指令を与え、第2の電池バンク25に第3の充放電指令を与えるようにしても、各電池バンクの寿命および電力アシストユニット20全体の長寿命化を実現するという効果が得られる。

20

【0126】

また、本充放電制御の説明において、統括制御部29は、第1の電池バンク23を充放電駆動させるとき、SOC50%（SOC0%以上50%以下の区間）で充放電させ、第2の電池バンク25を充放電駆動させるとき、SOC50%（SOC50%以上100%以下の区間）で充放電させるものとしたが、これに限定されない。例えば、第1の電池バンク23を充放電駆動させるとき、SOCがQ1%（Q1 50であり、かつ、SOC0%以上Q1%以下の区間）で充放電させ、第2の電池バンク25を充放電駆動させるとき、SOCがQ2%（Q1 + Q2 100であり、かつ、SOCがQ1%以上Q2%以下の区間）で充放電させた場合においても、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25の寿命、並びに電力アシストユニット20全体の長寿命化を実現することができる。

30

【0127】

また、統括制御部29は、図5（a）の充放電パターンが出力されている期間、電力アシストDC/DCコンバータ24をオン制御するものとしたが、これに限定されない。例えば、統括制御部29は、第2の電池バンク25が停止している期間、電力アシストDC/DCコンバータ24をオフ制御するように制御してもよい。このような制御を実施することにより、電力アシストDC/DCコンバータ24の駆動率を低減させることができるため、電力アシストユニット20全体の効率を向上させることができる。

【0128】

（充放電パターン4）

図6は、充放電パターンとして三角近似波を選定した場合において、統括制御部29が図4（b）、（c）に示した第1および第2の充放電指令と、図5（b）、（c）に示した第3および第4の充放電指令とを組み合わせる例を示す図である。

具体的には、図6（a）の例では、図4（a）と同様に、統括制御部29は、破線で示した三角波を算出し、実線で示した矩形波の組み合わせである三角近似波を生成する。

次に、統括制御部29は、三角近似波を分解して、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25を制御するための電池制御パターンを生成し、インターフェース部26を介して、図6（b）に示す第1の電池制御信号SC2を第1の電池バンク23に出力し、図6（c）に示す第2の電池制御信号SC3を第2の電池バンク25に出力する。また、

40

50

統括制御部 29 は、図 6 (a) の充放電パターンが出力されている期間、電力アシスト DC / DC コンバータ 24 をオン制御するコンバータ制御信号 SC4 を出力する。

【 0 1 2 9 】

図 6 (b) , (c) に戻り、時間 T30 から時間 T31 までの期間 (例えば 10 [min]) において、統括制御部 29 は、第 1 の電池制御信号 SC2 により、第 1 の電池バンク 23 に図 4 (b) に示す第 1 の充放電指令 (時間 T20 から時間 T26 までの期間と同じ指令) を与える。また、統括制御部 29 は、第 2 の電池制御信号 SC3 により、第 2 の電池バンク 25 に図 4 (c) に示す第 2 の充放電指令 (時間 T20 から時間 T26 までの期間と同じ指令) を与える。

時間 T31 から時間 T32 までの期間 (例えば 10 [min]) において、統括制御部 29 は、第 1 の電池制御信号 SC2 により、第 1 の電池バンク 23 に図 5 (b) に示す第 3 の充放電指令 (時間 T20 から時間 T26 までの期間と同じ指令) を与える。また、統括制御部 29 は、第 2 の電池制御信号 SC3 により、第 2 の電池バンク 25 に図 5 (c) に示す第 4 の充放電指令 (時間 T20 から時間 T26 までの期間と同じ指令) を与える。時間 T32 以降、統括制御部 29 は、時間 T30 から時間 T32 までの制御を繰り返して実施する。

【 0 1 3 0 】

上記のような制御を実施することにより、第 1 の電池バンク 23 と第 2 の電池バンク 25 との充放電電力が合成され、図 6 (a) に示すような充放電電力が分岐電力線 L22 に送電される。すなわち、電力アシストユニット 20 から幹線 L12 に対して、図 6 (a) に示すような充放電電力が送電され、第 1 の電力検知信号 SM1 とプロファイル波形との比較結果に基づいた電力アシスト動作が実施される。これにより、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができる。

また、充放電パターン 2 と充放電パターン 3 とを組み合わせた充放電パターンにより第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 の充放電を実施しているため、充放電パターン 2 や充放電パターン 3 をそれぞれ適用した場合と同様に、第 1 の電池バンク 23 と第 2 の電池バンク 25 とを含む電力アシストユニット 20 全体の長寿命化を実現することができる。

【 0 1 3 1 】

なお、統括制御部 29 は、第 1 の電池バンク 23 に第 1 の充放電指令 (図 4 (b)) を与え、かつ、第 2 の電池バンク 25 に第 2 の充放電指令 (図 4 (c)) を与える第 5 の充放電指令と、第 1 の電池バンク 23 に第 3 の充放電指令 (図 5 (b)) を与え、かつ、第 2 の電池バンク 25 に第 4 の充放電指令 (図 5 (c)) を与える第 6 の充放電指令とを、1 サイクル期間毎に交互に与えるものとしたが、これに限定されない。例えば、第 5 の充放電指令を複数のサイクル期間連続して与え、その後第 6 の充放電指令を複数のサイクル期間連続して与え、これを交互に繰り返してもよい。

【 0 1 3 2 】

また、第 1 の電池バンク 23 に第 2 の充放電指令 (図 4 (c)) を与え、かつ、第 2 の電池バンク 25 に第 1 の充放電指令 (図 4 (b)) を与える第 7 の充放電指令と、第 1 の電池バンク 23 に第 4 の充放電指令 (図 5 (c)) を与え、かつ、第 2 の電池バンク 25 に第 3 の充放電指令 (図 5 (b)) を与える第 8 の充放電指令とを、1 サイクル期間毎に交互に与えるようにしてもよいし、例えば、第 7 の充放電指令を複数のサイクル期間連続して与え、その後第 8 の充放電指令を複数のサイクル期間連続して与え、これを交互に繰り返してもよい。また、第 5 ~ 第 8 の充放電指令を任意の組み合わせで与えてもよい。

【 0 1 3 3 】

また、矩形波の組み合わせは、充放電パターン 2 ~ 4 に限定されず、他の矩形波の組み合わせによって三角近似波を実現してもよい。このとき、統括制御部 29 は、第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 の少なくともいずれか一方に休止時間を設けるように三角近似波を生成する。

【 0 1 3 4 】

(充放電パターン5)

図7は、充放電パターンとして三角波を選定した例を示す図である。具体的には、図7(a)の例では、統括制御部29は、第1の電力検知信号SM1に基づいて、充放電パターンとして三角波を選定しており、充放電パターンとして、充電容量の最大値が4C、放電容量の最大値が4Cであり、かつ、充放電の1サイクル期間(T40~T46)を10[min]と、1サイクル期間のうちの充電期間(T40~T43)、放電期間(T43~T46)ともに5[min]を算出した例を示している。

次に、統括制御部29は、三角波を分解して、第1の電池バンク23を制御するための第1の電池制御パターンおよび第2の電池バンク25を制御するための第2の電池制御パターンを生成する。その後、統括制御部29は、インターフェース部26を介して、図7(b)に示す第1の電池制御信号SC2(第1の電池制御パターン)を第1の電池バンク23に出力し、図7(c)に示す第2の電池制御信号SC3(第2の電池制御パターン)を第2の電池バンク25に出力する。また、統括制御部29は、図7(a)の充放電パターンが出力されている期間、電力アシストDC/DCコンバータ24をオン制御するコンバータ制御信号SC4を出力する。

【0135】

図7(b)、(c)に戻り、時間T40から時間T41までの期間(例えば約1.9[min])において、統括制御部29は、第1の電池制御信号SC2により、第1の電池バンク23をSOC75%(SOC0%以上75%以下の区間)で、かつ、SOCが0%から75%まで線形増加するように充電させる(図7(b)参照)。また、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25の充放電を停止させ、第2の電池バンク25に休止時間を設ける(図7(c)参照)。

時間T41から時間T42までの期間(例えば1.2[min])において、統括制御部29は、第1の電池制御信号SC2により、第1の電池バンク23に休止時間を設ける(図7(b)参照)。また、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25をSOC100%(SOC0%以上100%以下の区間)で、かつ、SOCが0%から75%まで立ち上がった後、100%まで線形増加し、その後100%から75%まで線形減少して0%に立ち下がるように充電させる(図7(c)参照)。

時間T42から時間T43までの期間(例えば1.9[min])において、統括制御部29は、第1の電池制御信号SC2により、第1の電池バンク23をSOC75%(SOC0%以上75%以下の区間)で、かつ、SOCが75%から0%まで線形減少するように充電させる(図7(b)参照)。また、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25の充放電を停止させ、第2の電池バンク25に休止時間を設ける(図7(c)参照)。

【0136】

時間T43から時間T44までの期間(例えば1.9[min])において、統括制御部29は、第1の電池制御信号SC2により、第1の電池バンク23をSOC75%(SOC0%以上75%以下の区間)で、かつ、SOCが0%から75%まで線形増加するように放電させる(図7(b)参照)。また、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25の充放電を停止させ、第2の電池バンク25に休止時間を設ける(図7(c)参照)。

時間T44から時間T45までの期間(例えば1.2[min])において、統括制御部29は、第1の電池制御信号SC2により、第1の電池バンク23に休止時間を設ける(図7(b)参照)。また、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25をSOC100%(SOC0%以上100%以下の区間)で、かつ、SOCが0%から75%まで立ち上がった後、100%まで線形増加し、その後100%から75%まで線形減少して0%に立ち下がるように放電させる(図7(c)参照)。

時間T45から時間T46までの期間(例えば1.9[min])において、統括制御部29は、第1の電池制御信号SC2により、第1の電池バンク23をSOC75%(SOC0%以上75%以下の区間)で、かつ、SOCが75%から0%まで線形減少するよ

10

20

30

40

50

うに放電させる（図7（b）参照）。また、統括制御部29は、第2の電池制御信号SC3により、第2の電池バンク25の充放電を停止させ、第2の電池バンク25に休止時間を設ける（図7（c）参照）。時間T46以降、統括制御部29は、時間T40から時間T46までの制御を繰り返して実施する。

【0137】

上記のような制御を実施することにより、第1の電池バンク23と第2の電池バンク25との充放電電力が合成され、図7（a）に示すような充放電電力が分岐電力線L22に送電される。すなわち、電力アシストユニット20から幹線L12に対して、図7（a）に示すような充放電電力が送電され、第1の電力検知信号SM1とプロファイル波形との比較結果に基づいた電力アシスト動作が実施される。これにより、自然エネルギー発電システムの出電力の変動を吸収することができる。

10

この電力アシスト動作において、統括制御部29は、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に対して、それぞれ休止時間を設けるように充放電制御を行っている。これにより、図7（a）～（c）に示したような高レートの充放電を行った場合においても、このような制御をしない場合と比較して、電池バンクの長寿命化を実現することができる。

【0138】

なお、図7（b）、（c）において、T40～T41、T41～T42、T42～T44、T44～T45、T45～T46の各期間を任意に変更し、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25の充放電時間および休止時間を調整してもよい。この場合においても、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25の寿命、並びに電力アシストユニット20全体の長寿命化を実現することができる。

20

【0139】

- 変形例1 -

図8は第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例1を示した図である。図8の電力アシストユニット20において、図1と異なるのは、分岐電力線L22において、分岐した後の電力線のうちの第1の電池バンク23側に直流遮断器27を設けた点である。また、インターフェース部26は、統括制御部29から統括制御信号SC1に基づいて生成された直流遮断器27の遮断/導通をオンオフ制御する遮断器制御信号SC5を出力する。

30

【0140】

具体的には、直流遮断器27は、インターフェース部26からの遮断器制御信号SC5に基づいて、分岐電力線L22と第1の電池バンク23との遮断/導通を切り替え可能に構成されており、第1の電池バンク23が充放電動作をしているとき、分岐電力線L22と第1の電池バンク23とを導通させる。一方で、第1の電池バンク23が充放電動作を停止しているとき、分岐電力線L22と第1の電池バンク23との接続を遮断する。

統括制御部29による電力アシストユニット20の充放電制御は、上述の充放電制御と同様にして実施することができる。

前述のとおり、第1の電池バンク23の充放電は、第1の電池制御信号SC2により実施することが可能であるが、直流遮断器27を設けることにより、物理的に接続を遮断することができるため、第1の電池バンク23が充放電動作を停止しているとき、分岐電力線L22と第1の電池バンク23との間の電力の伝播をより確実に遮断することができる。

40

【0141】

- 変形例2 -

図9は第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例2を示した図であり、風力発電システムに2つの電力アシストユニットが接続されている例を示している。具体的には、電力アシストシステム2は、図1に示した風力発電システム10の幹線L12に接続された電力アシストユニット20a、20bと、統括制御部29とを備えている。すなわち、風力発電システム10の幹線L12に2つの電力アシストユ

50

ニット20a, 20bが2つ並列に接続されている。各電力アシストユニット20a, 20bは、図1に示した電力アシストユニット20と同じ構成である。

【0142】

統括制御部29は、幹線L12の電力状況を示す第1の電力検知信号SM1を受け、電力アシストユニット20aのインターフェース部26(図9では図示しない)に統括制御信号SC1aを出力する。同様に、統括制御部29は、電力アシストユニット20bのインターフェース部26(図9では図示しない)に統括制御信号SC1bを出力する。これにより、統括制御部29は、2つの電力アシストユニット20a, 20bが有する第1の電池バンク23、電力アシストDC/DCコンバータ24および第2の電池バンク25(図9では図示しない)を統括して制御することができる。また、統括制御部29は、電力アシストユニット20aから第1の電池監視信号SM2aおよび第2の電池監視信号SM3aを受け、電力アシストユニット20bから第1の電池監視信号SM2bおよび第2の電池監視信号SM3bを受ける。これにより、統括制御部29は、2つの電力アシストユニット20a, 20bが有する第1の電池バンク23および第2の電池バンク25の電池電圧、充放電電流、充放電電力等を一括して監視することができる。また、種々の情報、例えば、第1の電池バンク23や第2の電池バンク25の充放電情報、電力貯蔵装置の稼働情報等に基づく制御を実施することが可能になり、統括制御部29による制御性能を向上させることができる。

10

【0143】

なお、図9では、風力発電システム10の幹線L12に2つの電力アシストユニット20a, 20bが2つ並列に接続されている例を示したが、風力発電システム10の幹線L12に電力アシストユニット20が3つ以上並列に接続されていてもよい。その場合においても、図9と同様の構成にすることにより、統括制御部29は、それらの電力アシストユニット20, 20, ...を統括して制御すること、および、各電力アシストユニット20が有する第1の電池バンク23および第2の電池バンク25の電池電圧等を一括して監視することができる。

20

【0144】

- 変形例3 -

図10は第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例3を示した図であり、誘導発電機14を有する風力発電システム10に電力アシストシステム2が適用された例を示している。具体的には、本変形例に係る風力発電システム10は、風を受けて回転する回転体としての風車11と、風車11の回転軸に接続され、回転体により駆動される誘導発電機14と、誘導発電機14の二次巻線L15に設けられた電力変換部15とを備えている。誘導発電機14で発電された発電電力は、幹線L14に出力され、変圧器42を介して系統40に連系されている。

30

電力変換部15は、交流電力を直流電力に変換(AC/DC変換)する第1の発電システムインバータ15aと、第1の発電システムインバータ15aから出力された直流電力を交流電力に変換(DC/AC変換)する第2の発電システムインバータ15bと、第2の発電システムインバータ15bから出力された交流電力を変圧して幹線L14に連系可能にする変圧器15cとを備えている。

40

【0145】

電力アシストシステム2は、誘導発電機14の二次巻線L15のうちの第1の発電システムインバータ15aおよび第2の発電システムインバータ15bの間の直流の電力線L15aに接続された電力アシストユニット20と、電力アシストユニット20を統括して制御する統括制御部29とを備えている。電力アシストユニット20の構成は、上記第1の実施形態と同様である。

統括制御部29は、電力アシストシステム2(電力アシストユニット20)によるアシスト電力が供給される前の電力線L15aの電力状況を示す第1の電力検知信号SM1を受け、統括制御信号SC1を電力アシストユニット20のインターフェース部26に出力する。さらに、統括制御部29は、電力アシストユニット20による電力アシスト動作が

50

実施され、第2の発電システムインバータ15bおよび変圧器15cによる電力変換された後の交流電力が送電される幹線L14の電力状況を示す第2の電力検知信号SM4を受け、電力アシスト後の電力状況、すなわち、所望の電力アシスト動作が行われているか否かを監視する。統括制御部29による具体的な制御は、上記第1の実施形態と同様である。

このような構成にすることにより、風力発電システムに誘導発電機が適用されている場合においても、本開示に係る電力アシストシステムを用いて電力アシスト動作を実現することができ、風力発電システムの発電電力を系統に安定供給させることができる。

【0146】

- 変形例4 -

図11は、第1の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例4を示した図であり、自然エネルギー発電システムとしての太陽光発電システム60に電力アシストシステム2が適用された例を示している。具体的には、本変形例に係る太陽光発電システム60は、太陽光等の自然光を受けて直流電力を発生して幹線L61に出力する発電装置としての太陽電池パネル(photovoltaic panel)61と、幹線L61を介して太陽電池パネル61の発電電力を受け、交流電力に電力変換して幹線L62に出力する電力変換部62とを備えている。幹線L62は、変圧器42を介して系統40に連系されている。

【0147】

電力アシストシステム2は、幹線L61に接続された電力アシストユニット20と、電力アシストユニット20を統括して制御する統括制御部29とを備えている。電力アシストユニット20の構成は、上記第1の実施形態と同様である。

統括制御部29は、電力アシストシステム2(電力アシストユニット20)によるアシスト電力が供給される前の幹線L61の電力状況を示す第1の電力検知信号SM1を受け、統括制御信号SC1を電力アシストユニット20のインターフェース部26に出力する。さらに、統括制御部29は、電力アシストユニット20による電力アシストが行われ、電力変換部62による電力変換された後の交流電力が送電される幹線L62の電力状況を示す第2の電力検知信号SM4を受け、電力アシスト後の電力状況、すなわち、所望の電力アシスト動作が行われているか否かを監視する。統括制御部29による具体的な制御は、上記第1の実施形態と同様である。

【0148】

このような構成にすることにより、本開示に係る電力アシストシステムを太陽光発電システムに適用した場合においても、電力アシスト動作を実現することができ、太陽光発電システムの発電電力を系統に安定供給させることができる。なお、太陽光発電システムの場合、風力発電システムと比較して出力電力の変動のサイクルが長い、すなわち、風力発電システムよりも電力アシストシステムに求められる充放電サイクルのレートは低い。例えば、太陽光発電システムの充放電サイクルは、数十分から数日である。本開示に係る電力アシストシステム2は、このような低レートの充放電サイクルの発電装置にも適用することができ、電力アシストユニットおよび電力アシストシステムが有する蓄電池を長寿命化することができる。

【0149】

- 変形例5 -

図1では、1つの風力発電システム10が系統に連系されている例を示したが、複数の風力発電システム10が系統40に連系されている場合においても、本開示に係る電力アシストシステム2(電力アシストユニット20)は適用することができる。具体的には、複数の風力発電システム10, 10, ...がそれぞれ変圧器42, 42, ...を介して系統40に連系されている場合、それぞれの風力発電システム10の幹線L12に対してそれぞれに電力アシストユニット20を接続すればよい。このとき、統括制御部29は、1つの統括制御部29がすべての電力アシストユニット20, 20, ...を統括して制御するようにしてもよいし、それぞれの電力アシストユニット20に対して、それぞれに統括制御部

10

20

30

40

50

29, 29, ...を設けて、個別に制御させるようにしてもよい。なお、上記の複数の風力発電システム10, 10, ...のうちの一部または全部に対して、“変形例2”に示したように複数の電力アシストユニット20a, 20b, ...を接続してもよい。

【0150】

<第2の実施形態>

-システムの構成-

図12は第2の実施形態に係る風力発電システムの構成例を示した図である。本実施形態では、電力アシストユニット20が、電力変換部13による電力変換後の交流電力が送電される幹線L13に接続されている点で第1の実施形態と異なる。

本実施形態では、一端が風力発電システム10の幹線L13に接続された遮断器21と、遮断器21の他端に電力線L21を介して接続されたインバータ22と、インバータ22の下流側に接続された分岐電力線L22と、分岐電力線L22に接続された第1の電力貯蔵装置としての第1の電池バンク23と、分岐電力線L22に接続された電力アシストDC/DCコンバータ24と、電力アシストDC/DCコンバータ24の下流側に接続された第2の電力貯蔵装置としての第2の電池バンク25と、インターフェース部26とを備えている。

【0151】

第1の電池バンク23は、高レートの充放電に対応可能に構成された電池バンクであり、例えば、リチウムイオン電池により構成されている。第1の電池バンク23の端子電圧は、例えば800Vである。

第2の電池バンク25は、高レートの充放電に対応可能に構成された電池バンクであり、例えば、リチウムイオン電池により構成されている。また、第2の電池バンク25は、端子電圧が第1の電池バンク23の端子電圧以下になるように構成される。すなわち、例えば、第1の電池バンク23の端子電圧が800Vの場合、第2の電池バンク25は、例えば、端子電圧が3V以上、かつ、600V以下の範囲になるように構成される。なお、第2の電池バンク25の端子電圧は、600V以下に限定されない。例えば、第2の電池バンク25の端子電圧が600Vを超えてもよく、例えば、第2の電池バンク25の端子電圧と第1の電池バンク23の端子電圧とが同じであってもよい。

電力アシストDC/DCコンバータ24は、第2の電池バンク25の出力端子に接続され、その出力端子電圧を昇圧して分岐電力線L22に接続する機能を有しており、その入力電圧範囲は、第2の電池バンク25の端子電圧の設定範囲に応じた範囲に設定されている。

【0152】

インバータ22は、分岐電力線L22と電力線L21との間に接続され、直流交流変換を実施する。電力線L21の電圧は、例えば、380V～480Vである。

遮断器21は、風力発電システム10の幹線L13と、電力アシストユニット20の電力線L21との遮断/導通を切り替え可能に構成されており、電力アシストユニット20が電力アシスト動作をしているとき、すなわち、例えば第1の電池バンク23および/または第2の電池バンク25が充放電動作しているとき、幹線L13と電力線L21とを導通させる。一方で、過電流発生時や異常発生時等、例えば落雷があり雷サージ等の異常電圧が発生した場合には、自動的にまたは統括制御部29等の制御を受けて(制御信号線は図示しない)、幹線L13と電力線L21との接続を遮断する。

【0153】

このような構成にすることにより、第1の実施形態と同様に、第2の電池バンク25の蓄電容量を柔軟に変更することができるとともに、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に、自動的にかつ交互に休止時間が設けられる。その結果、風力発電システム10の電力アシスト動作において、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に高レートの充放電が行われるような場合においても、休止時間が設けられない場合と比較して、電池の長寿命化を実現することができる。なお、図12の電力アシストユニット20において、遮断器21は必ずしも必要ではなく、なくても同様の効果が得られる。

なお、風力発電システム 10 において、同期発電機 12 および電力変換部 13 は、風車 11 と一体的に構成されている場合がある。このような構成の風力発電システム 10 に電力アシストユニット 20 を取り付ける際、本実施形態のような構成を用いることにより、設置作業、交換作業、メンテナンス作業等の各種作業が容易化できるメリットがある。

【0154】

統括制御部 29 は、電力アシストシステム 2 (電力アシストユニット 20) によるアシスト電力が供給される前の幹線 L13 の電力状況を示す第 1 の電力検知信号 SM1 を受け、第 1 の電池バンク 23、第 2 の電池バンク 25、電力アシスト DC/DC コンバータ 24 およびインバータ 22 を制御する統括制御信号 SC1 をインターフェース部 26 に出力する。また、統括制御部 29 は、第 1 の電池バンク 23 から電池電圧、充放電電流、充放電電力を示す第 1 の電池監視信号 SM2 を受け、第 1 の電池バンク 23 の充放電状況等を監視する。同様に、統括制御部 29 は、第 2 の電池バンク 25 から電池電圧、充放電電流、充放電電力を示す第 2 の電池監視信号 SM3 を受け、第 2 の電池バンク 25 の充放電状況等を監視する。さらに、統括制御部 29 は、電力アシストユニット 20 による電力アシストが行われた後の幹線 L13 の電力状況を示す第 2 の電力検知信号 SM4 を受け、電力アシスト後の電力状況、すなわち、所望の電力アシスト動作が行われているか否かを監視する。

10

【0155】

- 電力安定化制御 (充放電制御) -

発明者らは、第 1 の実施形態と同様に、風力発電システム 10 から系統 40 への電力の変動幅を所定の範囲内 (例えば、図 2 (b) の P1 以内) に収めるために、正規部分布の関係に基づいた所定のパターンの充放電指令を統括制御部 29 から第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 に対して与えることにした。以下、統括制御部 29 による具体的な充放電制御について、詳細に記載する。

20

【0156】

充放電制御

まず、統括制御部 29 は、第 1 の電力検知信号 SM1 を受け、この第 1 の電力検知信号 SM1 に基づいて、風力発電システム 10 の出力電力を安定化させるための充放電パターンを算出する。具体的には、第 1 の電力検知信号 SM1 とプロファイル波形とを比較し、充放電パターンに使用する所定のパターン (波形形状) の選定を行うとともに、その充放電パターンに適用する充放電容量、充放電周期等を算出する。

30

統括制御部 29 が所定の充放電パターンとして選定する波形形状は、インバータ 22 の下流側の DC 波形に基づく充放電制御を行う場合は、例えば、方形波、三角波、三角近似波等がある。また、インバータ 22 の上流側の AC 波形に基づく充放電制御を行う場合は、例えば正弦波等がある。

【0157】

(充放電パターン 1 ~ 5)

インバータ 22 の下流側の DC 波形に基づく充放電パターンとして、方形波、三角波、三角近似波を選定した場合、統括制御部 29 は、第 1 の実施形態に記載された「充放電パターン 1」から「充放電パターン 5」と同じ制御を実施することが可能である。

40

具体的には、統括制御部 29 は、第 1 の電力検知信号 SM1 に基づいて、充放電パターンを選定し、充放電パターンを分解して、第 1 の電池バンク 23 を制御するための第 1 の電池制御パターンおよび第 2 の電池バンク 25 を制御するための第 2 の電池制御パターンを生成する。その後、統括制御部 29 は、第 1 および第 2 の電池制御パターンの情報および電力変換部制御パターンの情報を付加した統括制御信号 SC1 をインターフェース部 26 に出力する。

インターフェース部 26 は、統括制御部 29 から受けた統括制御信号 SC1 に基づいて生成された充放電指令である第 1 の電池制御信号 SC2 を第 1 の電池バンク 23 に出力する。また、同様にして生成された充放電指令である第 2 の電池制御信号 SC3 を第 2 の電池バンク 25 に出力する。さらに、インターフェース部 26 は、統括制御部 29 から受け

50

た統括制御信号 S C 1 に基づいて生成された電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 のオン / オフ制御指令であるコンバータ制御信号 S C 4 を電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 に出力する。同様に、インターフェース部 2 6 は、統括制御部 2 9 から受けた統括制御信号 S C 1 に基づいて生成されたインバータ 2 2 のオン / オフ制御指令であるインバータ制御信号 S C 6 をインバータ 2 2 に出力する。

【 0 1 5 8 】

具体的な充放電パターンの一例は、既に説明した図 3 ~ 7 に示しており、統括制御部 2 9 は、第 1 の実施形態と同様の制御を実施することができる。このとき、統括制御部 2 9 は、「充放電パターン 1」から「充放電パターン 5」の各制御において、図 3 (a)、図 4 (a)、図 5 (a)、図 6 (a) または図 7 (a) の充放電パターンが出力されている期間、すなわち、第 1 の電池バンクまたは第 2 の電池バンクが充放電動作をしているとき、インバータ 2 2 をオン制御するインバータ制御信号 S C 6 をインバータ 2 2 に出力する。一方で、統括制御部 2 9 は、第 1 の電池バンク 2 3 または第 2 の電池バンク 2 5 のいずれにも充放電動作をさせていないとき、インバータ 2 2 を停止 (オフ制御) するインバータ制御信号 S C 6 をインバータ 2 2 に出力する。

これにより、統括制御部 2 9 は、インターフェース部 2 6 を介して、第 1 の電池バンク 2 3、第 2 の電池バンク 2 5、電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 およびインバータ 2 2 を一括制御することができる。また、第 1 の電池バンク 2 3 または第 2 の電池バンク 2 5 のいずれにも充放電動作をさせていないとき、インバータ 2 2 をオフ制御しているため、インバータ 2 2 の駆動率を低減させることができる。これにより、電力アシストユニット 2 0 全体の効率を向上させることができる。

【 0 1 5 9 】

(充放電パターン 6)

図 1 3 , 1 4 は、インバータ 2 2 の上流側の A C 波形に基づく充放電パターンとして正弦波を選定した例を示す図である。

具体的には、統括制御部 2 9 は、第 1 の電力検知信号 S M 1 に基づいて、インバータ 2 2 の上流側に適用させる充放電パターンを選定する。図 1 3 (a) では、波形形状として正弦波を選定し、充放電の 1 サイクル期間 (T 1 0 ~ T 1 1) を 1 0 [m i n] と算出した例を示している。その後、統括制御部 2 9 は、インバータ 2 2 の上流側の A C 波形が算出した充放電パターン (正弦波) となるように、第 1 の電池バンク 2 3 および第 2 の電池バンク 2 5 を制御するベースとなる直流の充放電パターンを生成する。

【 0 1 6 0 】

図 1 3 (b) は、統括制御部 2 9 が、第 1 の電池バンク 2 3 および第 2 の電池バンク 2 5 を制御する直流の充放電パターンとして方形波を選定し、方形波の充放電パターンを生成した例を示している。また、図 1 4 (b) は、統括制御部 2 9 が、第 1 の電池バンク 2 3 および第 2 の電池バンク 2 5 を制御する直流の充放電パターンとして三角近似波を選定し、正弦波に基づいて三角波 (図 1 4 (b) の破線) を生成し、その三角波に基づいて三角近似波 (図 1 4 (b) の実線) を生成した例を示している。

【 0 1 6 1 】

図 1 3 (b) ~ (d) における統括制御部 2 9 による第 1 の電池バンク 2 3、第 2 の電池バンク 2 5 および電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 の制御は、図 3 (a) ~ (c) の例で示した制御と同様である。また、このとき、統括制御部 2 9 は、第 1 の電池バンクまたは第 2 の電池バンクのいずれかに充放電動作をさせているため、インバータ 2 2 をオン制御するインバータ制御信号 S C 6 をインバータ 2 2 に出力する。

【 0 1 6 2 】

一方、図 1 4 (b) ~ (d) における統括制御部 2 9 による第 1 の電池バンク 2 3、第 2 の電池バンク 2 5 および電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 の制御は、図 4 (a) ~ (c) の例で示した制御と同様である。また、このとき、統括制御部 2 9 は、第 1 の電池バンクまたは第 2 の電池バンクのいずれかに充放電動作をさせているため、インバータ 2 2 をオン制御するインバータ制御信号 S C 6 をインバータ 2 2 に出力する。

上記のような制御を実施することにより、第1の電池バンク23と第2の電池バンク25との充放電電力が合成され、図13(a)または図14(a)に示すような充放電電力が電力線L21に送電される。すなわち、電力アシストユニット20から幹線L13に対して、図13(a)または図14(a)に示すような充放電電力が送電され、第1の電力検知信号SM1とプロファイル波形との比較結果に基づいた電力アシスト動作が実施される。これにより、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができる。

【0163】

この電力アシスト動作において、統括制御部29は、第1の電池バンク23および第2の電池バンク25に対して、それぞれ休止時間を設けるように充放電制御を行っている。これにより、高レートの充放電を行った場合においても、このような制御をしない場合と比較して、電池バンクの長寿命化を実現することができる。

また、図14(b)~(d)に示した制御において、統括制御部29は、第1の電池バンク23に対して、休止時間を設けるとともに、充放電を実施する場合においてもSOC50%以下(SOC0%以上50%以下の区間)で充放電させるものとしている。このような充放電制御とすることにより、SOC50%以上(SOC50%以上を含む区間)、例えばSOC100%(SOC0%以上100%以下の区間)やSOC50%(SOC50%以上100%以下の区間)で充放電させる場合と比較して、電池寿命を延ばすことができる。一方で、統括制御部29は、第2の電池バンク25に対して、SOC100%(SOC0%以上100%以下の区間)で充放電させるが、休止時間を第1の電池バンク23よりも長い時間設けるように制御している。例えば、本態様では、充放電期間に対して、休止時間が4倍設けられるように制御している。このような制御を実施することにより、SOC100%(SOC0%以上100%以下の区間)の充放電を実施しつつ、第1の電池バンク23、第2の電池バンク25およびこれらの電池バンクを含む電力アシストユニット20全体の寿命を延ばすことができる。なお、統括制御部29は、第2の電池バンク25において、充放電期間に対して休止時間が4倍設けられるように制御しているが、休止時間を第1の電池バンク23よりも長い時間設けていれば、4倍よりも短くてもよいし、4倍を超えてもよく、その場合においても電力アシストユニット20の長寿命化の効果が得られる。

【0164】

- 変形例1 -

図15は第2の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例1を示した図である。図15の電力アシストユニット20において、図12と異なるのは、分岐電力線L22において、分岐した後の電力線のうちの第1の電池バンク23側に直流遮断器27を設けた点である。また、インターフェース部26は、統括制御部29から統括制御信号SC1に基づいて生成された直流遮断器27の遮断/導通をオンオフ制御する遮断器制御信号SC5を出力する。

【0165】

具体的には、直流遮断器27は、インターフェース部26からの遮断器制御信号SC5に基づいて、分岐電力線L22と第1の電池バンク23との遮断/導通を切り替え可能に構成されており、第1の電池バンク23が充放電動作をしているとき、分岐電力線L22と第1の電池バンク23とを導通させる。一方で、第1の電池バンク23が充放電動作を停止しているとき、分岐電力線L22と第1の電池バンク23との接続を遮断する。

統括制御部29による電力アシストユニット20の充放電制御は、上述の充放電制御と同様にして実施することができる。

前述のとおり、第1の電池バンク23の充放電は、第1の電池制御信号SC2により実施することが可能であるが、直流遮断器27を設けることにより、物理的に接続を遮断することができるため、第1の電池バンク23が充放電動作を停止しているとき、分岐電力線L22と第1の電池バンク23との間の電力の伝播をより確実に遮断することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 6 】

- 変形例 2 -

図 1 6 は第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 2 を示した図である。本変形例 2 の電力アシストユニット 2 0 は、電力アシストユニット 2 0 が、系統 4 0 に直接連系が可能に構成されている点で図 1 2 の構成と異なる。具体的には、電力アシストユニット 2 0 の電力線 L 2 1 が遮断器 2 1 および変圧器 4 7 を介して系統 4 0 に接続されることにより、電力アシストユニット 2 0 が系統 4 0 に直接連系されている。

【 0 1 6 7 】

変形例 2 において、統括制御部 2 9 は、風力発電システム 1 0 の電力変換部 1 3 と、変圧器 4 2 との間を接続する幹線 L 1 3 の電力状況を示す第 1 の電力検知信号 S M 1 を受け、第 1 の電池バンク 2 3、第 2 の電池バンク 2 5、電力アシスト D C / D C コンバータ 2 4 およびインバータ 2 2 を制御する統括制御信号 S C 1 をインターフェース部 2 6 に出力する。さらに、統括制御部 2 9 は、電力アシストユニット 2 0 による電力アシストが行われた後の電力状況として、電力アシストユニット 2 0 と変圧器 4 7 との間を接続する電力線から第 2 の電力検知信号 S M 4 を受け、電力アシスト後の電力状況、すなわち、所望の電力アシスト動作が行われているか否かを監視する。なお、変形例 2 において、電力アシストユニット 2 0 の電力線 L 2 1 と系統 4 0 との電圧値が等しい場合は、変圧器 4 7 を省いて、電力アシストユニット 2 0 を系統 4 0 に直接接続することができる。

【 0 1 6 8 】

- 変形例 3 -

図 1 7 は第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 3 を示した図である。本変形例 3 の電力アシストユニット 2 0 は、電力アシストユニット 2 0 が、系統 4 0 とは異なる別の系統 5 0 への接続が可能に構成されている点で図 1 2 の構成と異なる。具体的には、電力アシストユニット 2 0 の電力線 L 2 1 が変圧器 5 1 を介して系統 5 0 に接続されることにより、電力アシストユニット 2 0 が系統 5 0 に連系されている。また、電力線 L 2 1 と変圧器 5 1 との間には、遮断器 2 8 が設けられており、電力線 L 2 1 と変圧器 5 1 と間の接続の遮断 / 導通を切り替え可能に構成されている。

遮断器 2 8 は、定常動作時は、電力線 L 2 1 と変圧器 5 1 との接続を遮断する。一方で、例えば、風力発電システム 1 0 から系統 4 0 への電源供給が停止したとき、または、系統 4 0 の系統用電源 4 1 が喪失したとき等の異常発生時には、遮断器 2 1 は、自動的にまたは統括制御部 2 9 等の制御を受けて（制御信号線は図示しない）、幹線 L 1 2 と分岐電力線 L 2 2 との接続を遮断し、遮断器 2 8 は、自動的にまたは統括制御部 2 9 等の制御を受けて（制御信号線は図示しない）、電力線 L 2 1 と変圧器 5 1 とを導通させる。

【 0 1 6 9 】

これにより、定常動作時は、電力アシストシステム 2 から風力発電システム 1 0 への電力アシスト動作を実施し、異常状態の発生時には、第 1 の電池バンク 2 3 および第 2 の電池バンク 2 5 のうちの少なくともいずれか一方から電力線 L 2 1 および変圧器 5 1 を介して系統 5 0 に電源を供給可能にすることができる。すなわち、異常状態の発生時における非常時用の電源等としても活用することができる。

【 0 1 7 0 】

- 変形例 4 -

図 1 8 は第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 4 を示した図である。本変形例 4 の電力アシストユニット 2 0 は、電力アシストユニット 2 0 の電力線 L 2 1 にフィルタ回路 3 1 が設けられている点で図 1 2 の構成と異なる。フィルタ回路 3 1 は、インバータ 2 2 と遮断器 2 1 との間に設けられたインダクタ 3 1 a と、電力線 L 2 1 とグランドとの間に設けられたコンデンサ 3 1 b とを備えている。

これにより、電力アシストユニット 2 0 のアシスト電力をさらに平滑化させることができる。なお、リップルが発生しても問題にならない場合、例えば、他の回路や構成でフィルタ機能を有する場合や、アシスト電力にリップルが発生しにくい環境である場合等は、

10

20

30

40

50

フィルタ回路 31 はなくてもよい。

【0171】

- 変形例 5 -

図 19 は第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 5 を示した図であり、風力発電システムに 2 つの電力アシストユニットが接続されている例を示している。具体的には、電力アシストシステム 2 は、図 12 に示した風力発電システム 10 の幹線 L 13 に接続された電力アシストユニット 20 a, 20 b と、統括制御部 29 とを備えている。すなわち、風力発電システム 10 の幹線 L 13 に 2 つの電力アシストユニット 20 a, 20 b が 2 つ並列に接続されている。各電力アシストユニット 20 a, 20 b は、図 12 に示した電力アシストユニット 20 と同じ構成である。

10

【0172】

統括制御部 29 は電力アシストシステム 2 (電力アシストユニット 20) によるアシスト電力が供給される前の幹線 L 13 の電力状況を示す第 1 の電力検知信号 SM1 を受け、電力アシストユニット 20 a のインターフェース部 26 (図 19 では図示しない) に統括制御信号 SC1 a を出力する。同様に、統括制御部 29 は、電力アシストユニット 20 b のインターフェース部 26 (図 19 では図示しない) に統括制御信号 SC1 b を出力する。これにより、統括制御部 29 は、2 つの電力アシストユニット 20 a, 20 b が有する第 1 の電池バンク 23、電力アシスト DC / DC コンバータ 24 および第 2 の電池バンク 25 (図 19 では図示しない) を統括して制御することができる。また、統括制御部 29 は、電力アシストユニット 20 a から第 1 の電池監視信号 SM2 a および第 2 の電池監視信号 SM3 a を受け、電力アシストユニット 20 b から第 1 の電池監視信号 SM2 b および第 2 の電池監視信号 SM3 b を受ける。これにより、統括制御部 29 は、2 つの電力アシストユニット 20 a, 20 b が有する第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 の電池電圧、充放電電流、充放電電力等を一括して監視することができる。種々の情報、例えば、第 1 の電池バンク 23 や第 2 の電池バンク 25 の充放電情報、電力貯蔵装置の稼働情報等に基づく制御を実施することが可能になり、統括制御部 29 による制御性能を向上させることができる。

20

【0173】

なお、図 19 では、風力発電システム 10 の幹線 L 13 に 2 つの電力アシストユニット 20 a, 20 b が 2 つ並列に接続されている例を示したが、風力発電システム 10 の幹線 L 13 に電力アシストユニット 20 が 3 つ以上並列に接続されていてもよい。その場合においても、図 9 と同様の構成にすることにより、統括制御部 29 は、それらの電力アシストユニット 20, 20, ... を統括して制御すること、および、各電力アシストユニット 20 が有する第 1 の電池バンク 23 および第 2 の電池バンク 25 の電池電圧等を一括して監視することができる。

30

【0174】

- 変形例 6 -

図 20 は第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 6 を示した図であり、風力発電システムが 2 つ設置されており、これらに対して 2 つの電力アシストユニットが接続されている例を示している。具体的には、複数の風力発電システム 10, 10 が幹線 L 13 に接続され、その幹線 L 13 が変圧器 42 を介して系統に連系されている。電力アシストシステム 2 は、図 19 に示した電力アシストシステム 2 と同様の構成であり、統括制御部 29 が、複数の風力発電システム 10, 10 のそれぞれから第 1 の電力検知信号 SM1 を受ける点で図 19 と異なる。これにより、複数の風力発電システム 10, 10 が系統 40 に連系されている場合においても、本開示に係る電力アシストシステム 2 (電力アシストユニット 20) を適用することができる。

40

【0175】

なお、複数の風力発電システム 10, 10, ... がそれぞれ変圧器 42, 42, ... を介して系統 40 に連系されている場合、それぞれの風力発電システム 10 の幹線 L 13 に対してそれぞれに電力アシストユニット 20 を接続すればよい。このとき、複数の風力発電シ

50

システム 10, 10, ... のうちの一部または全部に対して、図 19 や図 20 に示したように複数の電力アシストユニット 20 a, 20 b を接続してもよい。

【 0 1 7 6 】

- 変形例 7 -

図 12 では、同期発電機 12 を有する風力発電システム 10 に電力アシストシステム 2 が適用される例について説明したが、これに限定されない。第 2 の実施形態に係る風力発電システムおよび電力アシストシステムの変形例 7 として、例えば、誘導発電機を有する風力発電システムや太陽光発電システムに適用することもできる。

例えば、既に説明した図 10 に示された誘導発電機 14 を有する風力発電システム 10 に第 2 の実施形態に係る電力アシストシステム 2 を適用する場合、例えば、図 10 の風力発電システム 10 の幹線 L 14 に電力アシストユニット 20 を接続すればよい。

10

本変形例において、統括制御部 29 は、電力アシストシステム 2 (電力アシストユニット 20) によるアシスト電力が供給される前の幹線 L 14 の電力状況を示す第 1 の電力検知信号 SM1 を受け、統括制御信号 SC1 を電力アシストユニット 20 のインターフェース部 26 に出力する。さらに、統括制御部 29 は、電力アシストユニット 20 による電力アシストが行われた後の交流電力が送電される幹線 L 14 の電力状況を示す第 2 の電力検知信号 SM4 を受け、電力アシスト後の電力状況、すなわち、所望の電力アシスト動作が行われているか否かを監視する。統括制御部 29 による具体的な制御は、上記第 2 の実施形態と同様である。

【 0 1 7 7 】

20

例えば、既に説明した図 11 に示された太陽光発電システム 60 に第 2 の実施形態に係る電力アシストシステム 2 を適用する場合、例えば、太陽光発電システム 60 の幹線 L 62 に電力アシストユニット 20 を接続すればよい。

本変形例において、統括制御部 29 は、電力アシストシステム 2 (電力アシストユニット 20) によるアシスト電力が供給される前の幹線 L 62 の電力状況を示す第 1 の電力検知信号 SM1 を受け、統括制御信号 SC1 を電力アシストユニット 20 のインターフェース部 26 に出力する。さらに、統括制御部 29 は、電力アシストユニット 20 による電力アシストが行われた後の交流電力が送電される幹線 L 62 の電力状況を示す第 2 の電力検知信号 SM4 を受け、電力アシスト後の電力状況、すなわち、所望の電力アシスト動作が行われているか否かを監視する。統括制御部 29 による具体的な制御は、上記第 2 の実施

30

【 0 1 7 8 】

< その他の実施形態 >

以上、本発明の好ましい実施形態を説明してきたが、種々の改変が可能である。

例えば、各実施形態およびその変形例は、組み合わせることが可能である。具体的には、例えば、図示しないが、第 1 の実施形態の図 1 の構成において、分岐電力線が別の直流系統に接続可能に構成され、電力アシストシステムを異常状態の発生時における非常時用の電源等としても活用可能にしてもよい。また、例えば、図 8 の構成において、分岐電力線 L 22 に設けた直流遮断器 27 を、図 9 ~ 11 の電力アシストユニット 20 に適用してもよい。

40

【 0 1 7 9 】

また、第 1 の実施形態では、統括制御部 29 は、インターフェース部 26 を介して、第 1 の電池バンク 23、第 2 の電池バンク 25 および電力アシスト DC / DC コンバータ 24 を一括制御することができるものとしたが、統括制御部 29 とインターフェース部 26 との機能を統合し、その統合された統括制御部 29 が直接、第 1 の電池バンク 23、第 2 の電池バンク 25 および電力アシスト DC / DC コンバータ 24 を一括制御するようにしてもよい。同様に、第 2 の実施形態において、統括制御部 29 とインターフェース部 26 との機能を統合し、その統合された統括制御部 29 が直接、第 1 の電池バンク 23、第 2 の電池バンク 25、電力アシスト DC / DC コンバータ 24 およびインバータ 22 を一括制御するようにしてもよい。

50

【 0 1 8 0 】

また、上記の実施形態では、電力アシストシステム 2（電力アシストユニット 20）を風力発電システムまたは太陽光発電システムに適用する例について説明したが、適用可能な発電システムはこれに限定されない。例えば、自然エネルギーにより発電した発電電力を系統に供給する自然エネルギー発電システムに対して、本開示に係る電力アシストシステム 2（電力アシストユニット 20）を適用することが可能である。例えば、本開示に係る電力アシストシステム 2（電力アシストユニット 20）を水力発電システムや揚水発電システムに適用する場合、図 1 において、風車 11 に代えて、水力により回転する水車（図示しない）を設けるとよい。その他の構成は図 1 と同様である。これにより、水力発電システムや揚水発電システムにおいても、自然エネルギー発電システムの出力電力の変動を吸収することができるとともに、第 1 の電池バンクおよび第 2 の電池バンクの寿命、並びに電力アシストユニット全体の長寿命化を実現するという効果が得られる。

10

【産業上の利用可能性】

【 0 1 8 1 】

本開示に係る電力アシストユニットおよび電力アシストシステムは、発電システムから系統への電力を安定供給するための電力アシスト機能を有するとともに、電力アシストユニットおよび電力アシストシステムに用いる電力貯蔵装置を長寿命化することができるため、天候などの変化に追従して出力電力が変動する風力発電システム、太陽光発電システム、潮流発電システム、潮力発電システム、揚水発電システム等の自然エネルギー発電システムの電力アシストに有用である。

20

【符号の説明】

【 0 1 8 2 】

- 10 風力発電システム（自然エネルギー発電システム）
- 11 風車（回転体）
- 12 同期発電機
- 13 電力変換部
- 13 a 第 1 の発電システムインバータ
- 13 b 第 2 の発電システムインバータ
- 14 誘導発電機
- 15 電力変換部
- 15 a 第 1 の発電システムインバータ
- 15 b 第 2 の発電システムインバータ
- 2 電力アシストシステム
- 20 電力アシストユニット
- 22 インバータ
- 23 第 1 の電池バンク（第 1 の電力貯蔵装置）
- 24 電力アシスト DC / DC コンバータ
- 25 第 2 の電池バンク（第 2 の電力貯蔵装置）
- 26 インターフェース部
- 27 直流遮断器
- 29 統括制御部
- 40 系統
- 50 系統（別系統）
- 60 太陽光発電システム（自然エネルギー発電システム）
- 61 太陽電池パネル（発電装置）
- 62 電力変換部
- L12 幹線（直流幹線）
- L13 幹線（交流幹線）
- L15 二次巻線
- L15 a 電力線（直流電力線）

30

40

50

- L 2 2 分岐電力線
- L 6 1 幹線（直流幹線）
- S C 1 統括制御信号
- S C 2 第 1 の電池制御信号
- S C 3 第 2 の電池制御信号
- S C 4 コンバータ制御信号
- S M 1 第 1 の電力検知信号（電力監視信号）

【 図 1 】

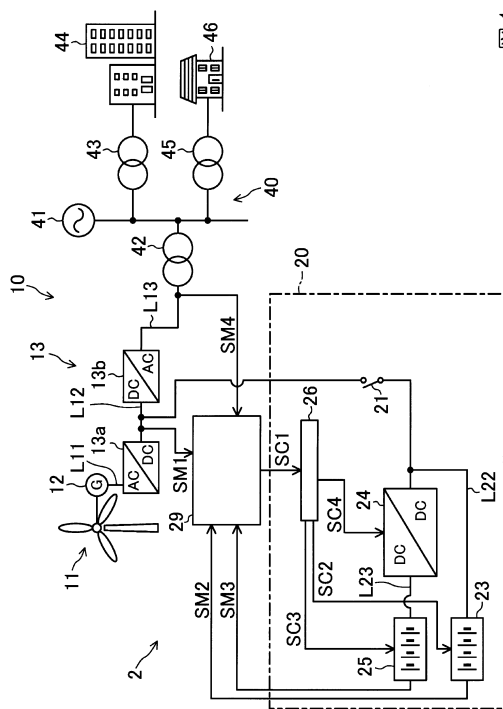


図 1

【 図 2 】

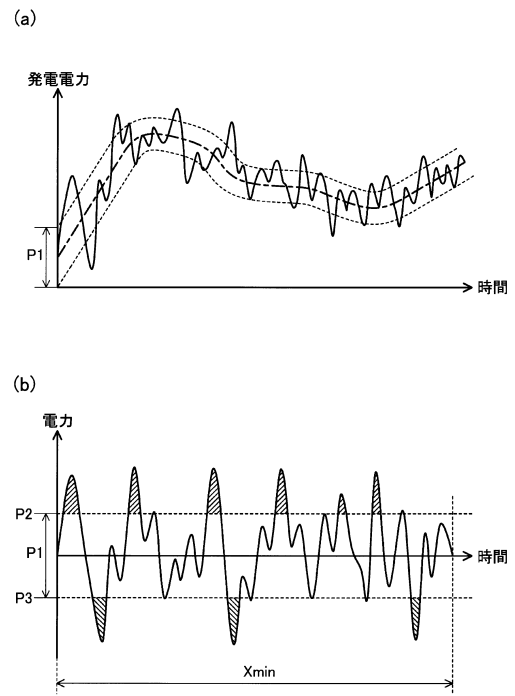


図 2

【 図 3 】

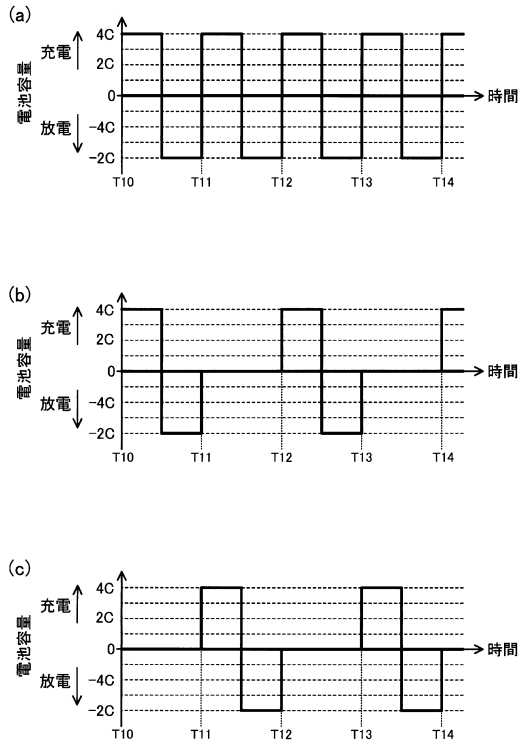


図 3

【 図 4 】

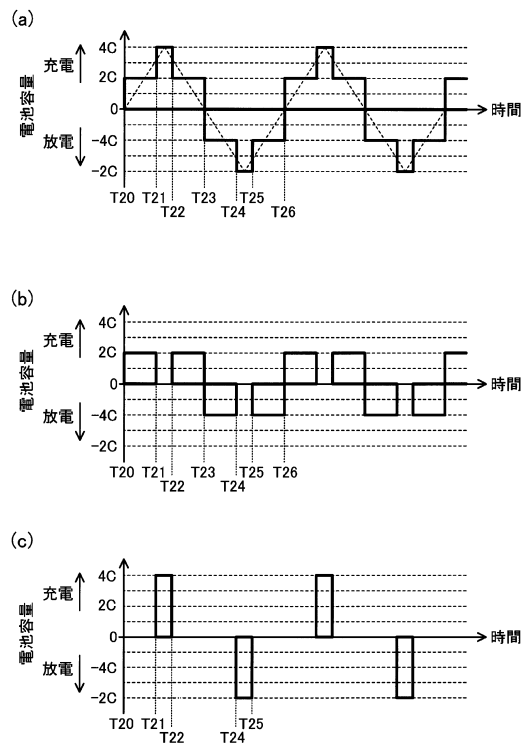


図 4

【 図 5 】

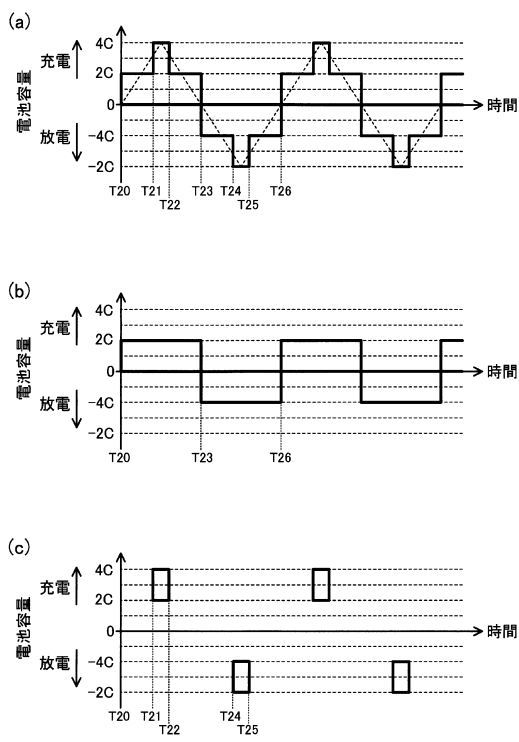


図 5

【 図 6 】

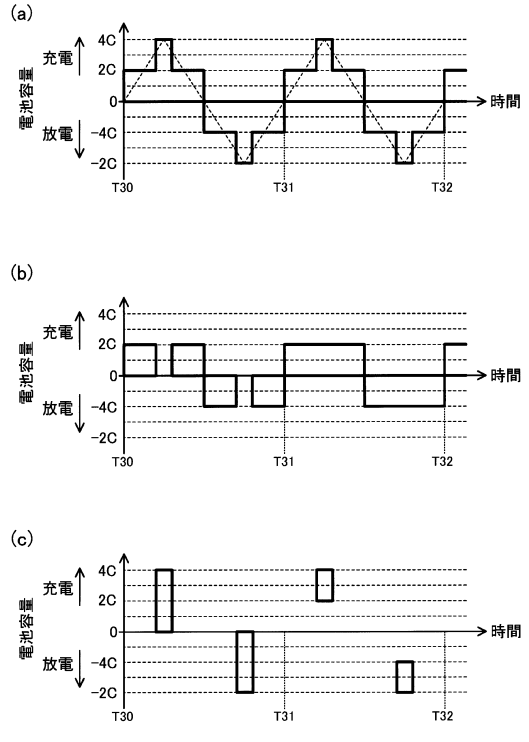


図 6

【図7】

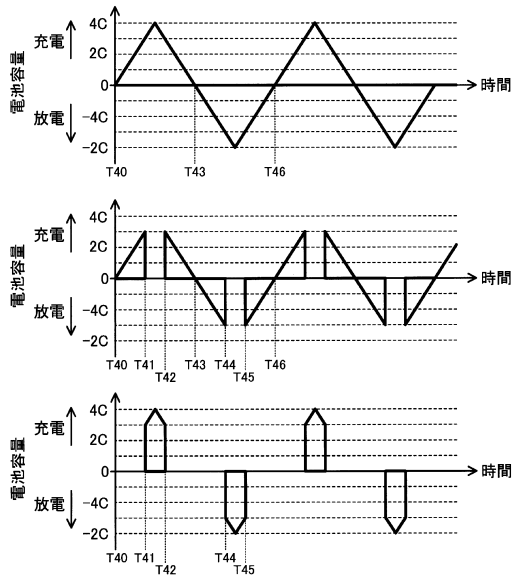


図7

【図8】

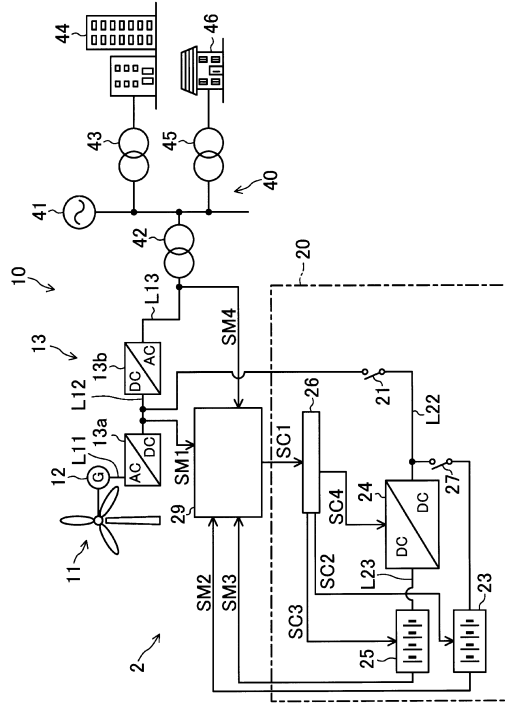


図8

【図9】

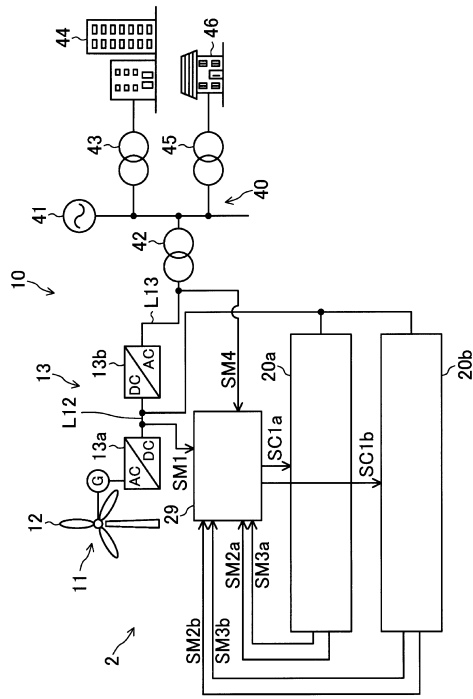


図9

【図10】

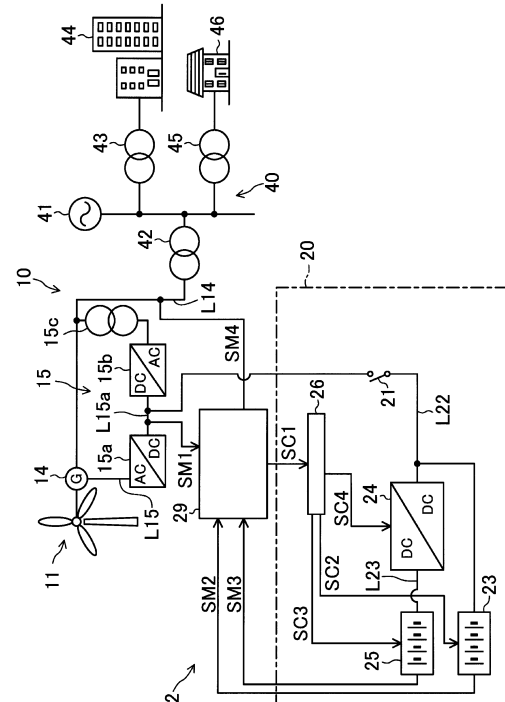


図10

【 图 1 1 】

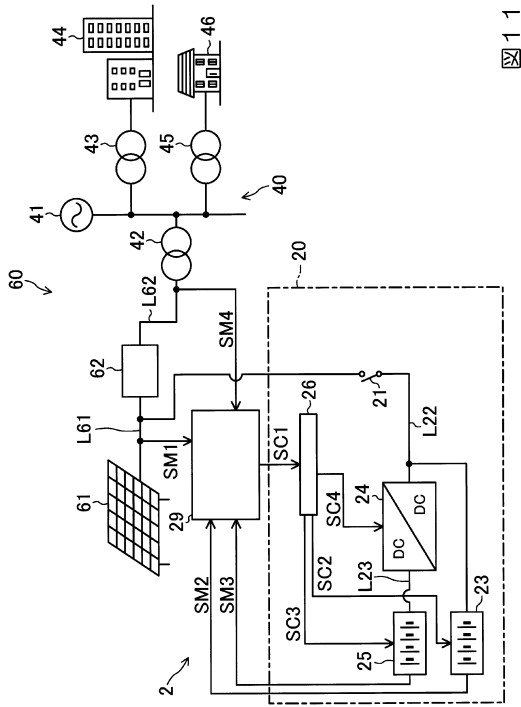


图 1 1

【 图 1 2 】

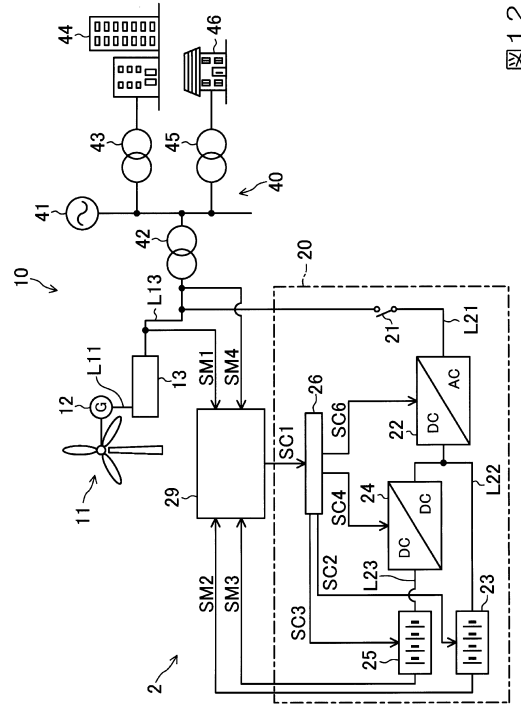


图 1 2

【 图 1 3 】

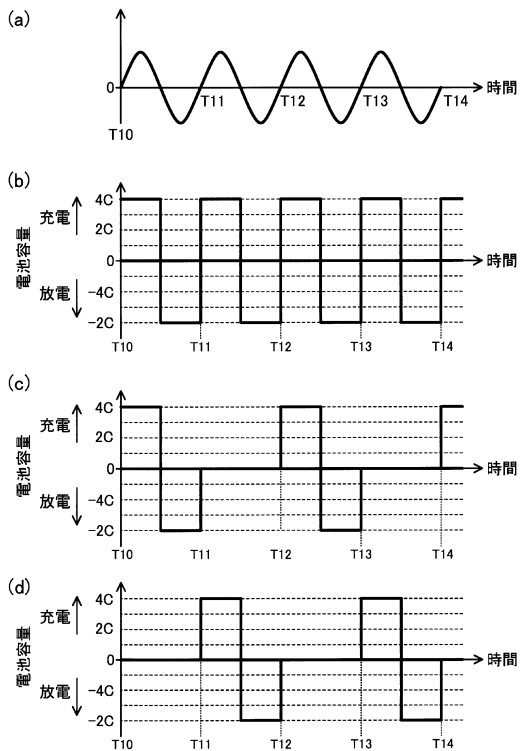


图 1 3

【 图 1 4 】

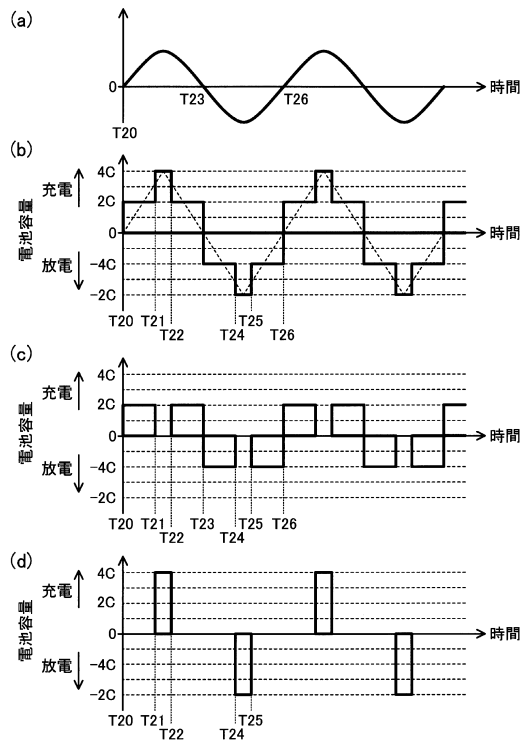


图 1 4

【 図 15 】

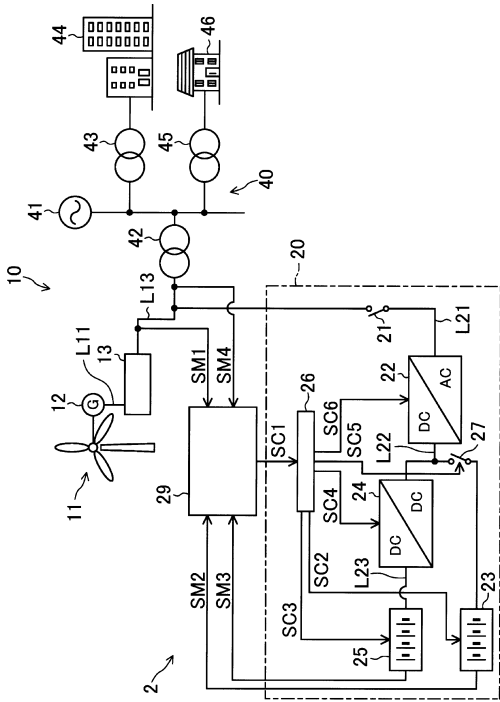


図 15

【 図 16 】

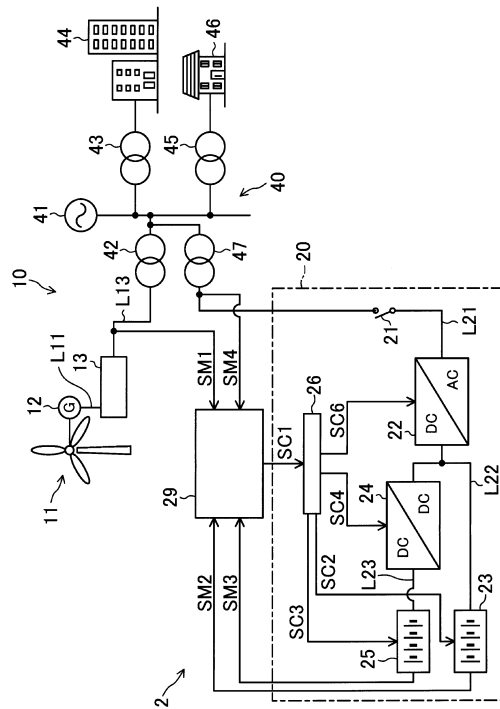


図 16

【 図 17 】

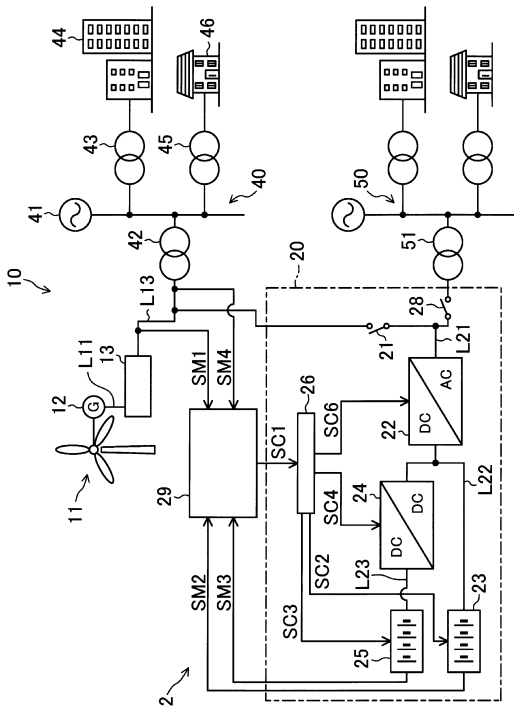


図 17

【 図 18 】

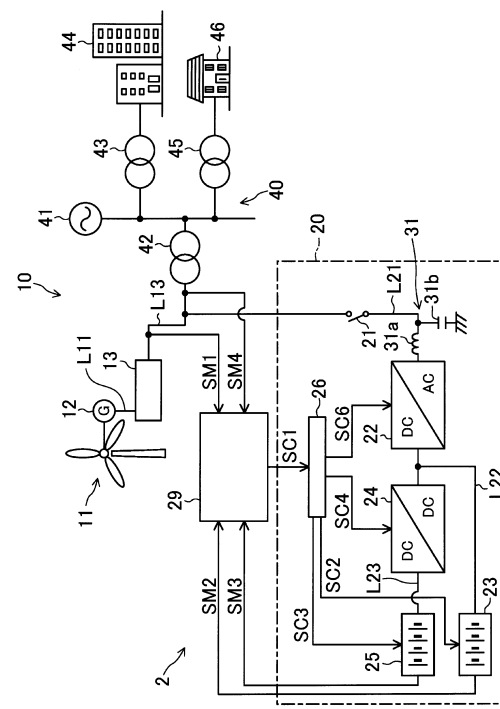


図 18

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
H 0 2 J	7/02	(2016.01)	H 0 2 J	7/00 3 0 3 Z
H 0 1 M	10/44	(2006.01)	H 0 2 J	7/35 K
			H 0 2 J	7/34 F
			H 0 2 J	7/02 F
			H 0 1 M	10/44 P

- (72)発明者 龍田 利樹
大阪府箕面市船場西2-1-11 株式会社サムスン日本研究所内
- (72)発明者 谷津 誠
大阪府箕面市船場西2-1-11 株式会社サムスン日本研究所内
- (72)発明者 石川 哲浩
大韓民国忠清南道天安市西北区繁荣路467 三星エスディアイ株式会社内
- (72)発明者 奥井 芳明
大韓民国忠清南道天安市西北区繁荣路467 三星エスディアイ株式会社内

審査官 松尾 俊介

- (56)参考文献 国際公開第2011/135891(WO, A1)
特開2006-311707(JP, A)
特開2008-099527(JP, A)
特開2008-131736(JP, A)
特開2002-349417(JP, A)
特開2009-247108(JP, A)
特開2011-234563(JP, A)
特開2015-033307(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-----------------------|
| H 0 2 J | 3 / 0 0 - 3 / 5 0 |
| H 0 2 J | 7 / 0 0 - 7 / 1 2 |
| H 0 2 J | 7 / 3 4 - 7 / 3 6 |
| H 0 2 J | 1 5 / 0 0 |
| H 0 1 M | 1 0 / 4 2 - 1 0 / 4 8 |