

明 細 書

発明の名称：

風力発電設備の出力平準化方法及び風力発電設備の出力平準化装置

技術分野

[0001] 本発明は、風力発電設備の出力を平準化するための出力平準化方法及び平準化装置に関する。

背景技術

[0002] 従来より、風速によって変動する風力発電設備の出力を平準化するための様々な方法が提案されている。例えば、特許文献 1 には、風力発電設備の出力が増加した場合に、まず、風力発電装置のロータの回転数を増加させて余剰出力を回転エネルギーとして蓄えつつ、所定の回転数を超えないようにピッチ制御して、出力の変動を抑制する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平 1 1－8 2 2 8 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献 1 に記載の風力発電設備では、ピッチ制御によって風を受け流して回転数を抑制するため、電力に変換可能な風のエネルギーの一部を逸失することになり所望の出力を得ることが難しい場合がある。

一方、風力発電設備によって生成した電力を需要家に供給する電気事業者は、所定の期間における目標発電量を設定しており、この目標発電量を達成できるか否かが電気事業者の収益を左右する。このため、単に風力発電設備の出力を平準化するだけでなく、発電量を増大させうる出力平準化の手法が望まれていた。

[0005] そこで、本発明は、上記の問題に鑑みなされたものであり、出力を平準化することに加えて、発電量を増大させうる風力発電設備の出力平準化方法及

び出力平準化装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決する本発明に係る風力発電設備の出力平準化方法は、風力発電装置に蓄電池が接続された風力発電設備の出力をターゲット出力に調整するために、前記風力発電装置の出力を計測する出力計測ステップと、所定期間における目標発電量に対する、該所定期間の起算時点から前記所定期間内における所定の時点までの前記風力発電装置の出力の計測値の積算値の割合である発電目標達成率を算出する達成率算出ステップと、前記発電目標達成率が第1閾値未満である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減すべく出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、前記蓄電池への充電又は前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを選択する運転モード選択ステップと、を備えることを特徴とする。

なお、所定期間における目標発電量とは、例えば、風力発電設備によって生成した電力を需要家に供給する電気事業者の年間の目標発電量である。

また、所定期間内における所定の時点とは、当該所定期間の途中の時点であってもよいし、当該所定期間の終了時点であってもよい。例えば、月別の目標発電量が設定されており、「所定期間」を1ヶ月とし、「所定期間内における所定の時点」を起算時点から1ヶ月経過後の時点として、毎月の発電目標達成率を繰り返しモニターするようにしてもよい。あるいは、年間の目標発電量が設定されており、「所定期間」を1年とし、「所定期間内における所定の時点」を起算時点からnヶ月経過後の時点（ただしnは自然数。）として、nヶ月経過する毎に発電目標達成率を繰り返しモニターするようにしてもよい。

[0007] このように本発明によれば、風力発電装置の出力の計測値から発電目標達成率を算出し、当該達成率が予め設定された第1閾値未満である場合に、ターゲット出力に対する風力発電装置の出力の余剰分を低減するに当たって、出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、蓄電池への充電又は風力発

電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うようにしたので、風を受け流すようにピッチ角を変更するピッチ制御が行われる頻度が低くなる。よって、風のエネルギーのうち電力に変換されずに逸失される量を減らして、発電量を増大させることができる。

なお、ここでいうピッチ角とは、風車ブレードの翼弦とロータ回転面のなす角度である。ピッチ角を大きくすると、風が受け流され、ロータが風から取り出すエネルギーが減少する。よって、ターゲット出力に対する風力発電装置の出力の余剰分を低減するために行うピッチ制御とは、具体的には、風車ブレードのピッチ角を大きくして風力発電装置の出力を抑制しターゲット出力に合わせることを意味する。

[0008] また、前記運転モード選択ステップでは、前記発電目標達成率が前記第 1 閾値以上である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減するために、ピッチ制御を行うことを許容するピッチ許容運転モードを選択することとしてもよい。

このように、ピッチ許容運転モードにおいて風力発電装置の出力の余剰分をピッチ制御によって低減することを許容することで、蓄電池の状態によっては、風力発電装置の出力の余剰分を蓄電池に充電することを避けてピッチ制御を利用し、蓄電池への充電機会を低減して、蓄電池の寿命を延ばすことができる。また、出力平準化のための蓄電池の負担が軽減されるので、容量マージンの少ない安価な蓄電池が使用可能になる。

[0009] また、前記運転モード選択ステップで前記ピッチ許容運転モードが選択された場合、風速と前記風力発電装置の理想出力との関係を表す前記風力発電装置の性能曲線に前記風速を当てはめて得られる前記理想出力に対する、前記ピッチ制御によって損失した発電量の割合である損失率を算出する損失率算出ステップをさらに備え、前記ピッチ許容運転モードでは、前記損失率が第 2 閾値以上である場合、前記ピッチ許容運転モードから前記ピッチ禁止運転モードに切り換えることが好ましい。

ある時点において発電目標達成率が第 1 閾値以上であり比較的十分な発電

量が得られていても、風速及び風向は変化するから、その後も目標発電量の達成に向けて着実に発電量を確保できるとは限らない。そこで、上述した損失率が第2閾値以上である場合、発電目標達成率が第1閾値以上でありピッチ許容運転モードが選択されていても、ピッチ禁止運転モードに切り換えることで、風力発電装置の出力の余剰分を低減するためにピッチ制御が行われる頻度がより一層低くなる。よって、所定期間における目標発電量の達成が容易になる。

なお、風力発電装置の性能曲線とは、風速と風力発電装置の理想出力との関係を表す曲線を意味し、測定された風速を性能曲線に適用することによりその風速における理想出力が算出される。

[0010] また、前記蓄電池の劣化度を取得する劣化度取得ステップをさらに備え、前記蓄電池の劣化度が第3閾値を上回る場合、前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積又は放出を前記蓄電池の充電又は放電よりも優先させて、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減又は不足分を補ってもよい。

このように、蓄電池の劣化度を取得し、当該劣化度と予め設定された第3閾値とを比較して劣化度が第3閾値を上回る場合に、風力発電装置の回転エネルギーの蓄積又は放出を蓄電池の充電又は放電よりも優先させることで蓄電池の充放電機会を低減できる。これによって、蓄電池の寿命低下を防止できる。また、出力平準化のための蓄電池の負担が軽減されるので、容量マージンの少ない安価な蓄電池が使用可能になる。

[0011] また、前記劣化度は、前記蓄電池の充放電サイクル数、積算充放電サイクル数、充放電レート数のうち少なくとも一つであってもよい。

[0012] また、前記蓄電池の残容量を取得する残容量取得ステップをさらに備え、前記蓄電池の残容量が所定範囲を外れた場合、前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積又は放出よりも前記蓄電池の充電又は放電を優先させて、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減又は不足分を補ってもよい。

このように、蓄電池の残容量を取得し、当該残容量が予め設定された所定範囲を外れた場合に、蓄電池の充電又は放電を風力発電装置の回転エネルギーの蓄積又は放出よりも優先させることで充電の残容量を適切な範囲に維持できる。これによって、蓄電池の寿命低下を防止できる。また、残容量を所定範囲に維持できるため、容量マージンの少ない安価な蓄電池が使用可能になる。

- [0013] また、前記蓄電池の劣化度が前記第 3 閾値を上回る場合、前記風力発電装置の出力との偏差が小さくなるように前記ターゲット出力を一時的に変更する第 1 ターゲット出力変更ステップをさらに備えることが好ましい。

このように、蓄電池の劣化度が第 3 閾値を上回る場合に、風力発電装置の出力との偏差が小さくなるようにターゲット出力を一時的に変更することで、蓄電池の充放電以外（主に風力発電装置の回転エネルギーへの蓄積又は放出）によって出力の平準化を十分に行いうる場合が多くなるので、蓄電池の充放電機会を減らして、蓄電池の寿命を延ばすことができる。また、出力平準化のための蓄電池の負担が軽減されるので、容量マージンの少ない安価な蓄電池が使用可能になる。

- [0014] また、前記発電目標達成率が前記第 1 閾値未満である場合、前記ターゲット出力を一時的に増加させる第 2 ターゲット出力変更ステップをさらに備えることが好ましい。

このように、ターゲット出力を増加させることにより、風のエネルギーのうち電力に変換されずに逸失される量を減らすことができる。

- [0015] また、前記風力発電装置及び前記蓄電池が接続された系統の周波数を取得する周波数取得ステップと、前記周波数が所定範囲の上限値を上回った場合に前記ターゲット出力を一時的に低減し、前記周波数が前記所定範囲の下限値を下回った場合に前記ターゲット出力を一時的に増加させる第 3 ターゲット出力変更ステップを更に備えることが好ましい。

このように、系統の周波数が所定範囲の上限値を上回った場合にターゲット出力を低減することで、系統の周波数の上昇を抑制できる。また、周波数

が所定範囲の下限値を下回った場合にターゲット出力を増加させることにより、系統の周波数の低減を抑制できる。したがって、系統の周波数を所定範囲内に制御することができる。

[0016] また、本発明に係る出力平準化装置は、風力発電装置に蓄電池が接続された風力発電設備の出力をターゲット出力に調整する風力発電設備の出力平準化装置であって、前記風力発電装置の出力を計測する出力計測部と、所定期間における目標発電量に対する、該所定期間の起算時点から前記所定期間内における所定の時点までの前記風力発電装置の出力の計測値の積算値の割合である発電目標達成率を算出する達成率算出部と、前記発電目標達成率が第1閾値未満である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減すべく出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、前記蓄電池への充電又は前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを選択する運転モード選択部と、を備えることを特徴とする。

上記出力平準化装置によれば、風力発電装置の出力の計測値から発電目標達成率を算出し、当該達成率が予め設定された第1閾値未満である場合に、ターゲット出力に対する風力発電装置の出力の余剰分を低減するに当たって、出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、蓄電池への充電又は風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うようにしたので、風を受け流すようにピッチ角を変更するピッチ制御が行われる頻度が低くなる。よって、風のエネルギーのうち電力に変換されずに逸失される量を減らして、発電量を増大させることができる。

[0017] また、本発明に係る別の態様の出力平準化方法は、風力発電装置に蓄電池が接続された風力発電設備の出力をターゲット出力に調整する風力発電設備の出力平準化方法であって、前記風力発電装置の出力を計測する出力計測ステップと、風速と前記風力発電装置の理想出力との関係を表す前記風力発電装置の性能曲線に前記風速を当てはめて得られる前記理想出力に対する、ピッチ制御によって損失した発電量の割合である損失率を算出する損失率算出

ステップと、前記損失率が第2閾値未満である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減すべく出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、前記蓄電池への充電又は前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを選択する運転モード選択ステップと、を備えることを特徴とする。

- [0018] 上記出力平準化方法によれば、風力発電装置の出力の計測値から損失率を算出し、当該損失率が予め設定された第2閾値未満である場合に、ターゲット出力に対する風力発電装置の出力の余剰分を低減するに当たって、出力平準化のための行うピッチ制御を禁止して、蓄電池への充電又は風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うようにしたので、風を受け流すようにピッチ角を変更するピッチ制御が行われる頻度が低くなる。よって、風のエネルギーのうち電力に変換されずに逸失される量を減らして、発電量を増大させることができる。

発明の効果

- [0019] 本発明によれば、ターゲット出力に対する風力発電設備の出力の余剰分を低減するに当たって、ピッチ制御を行うことを禁止して、蓄電池への充電又は風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを発電目標達成率又は損失率に基づいて選択するようにしたので、風を受け流すようにピッチ角を変更するピッチ制御が行われる頻度が低くなる。よって、風のエネルギーのうち電力に変換されずに逸失される量を減らして、発電量を増大させることができる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]本発明の第一実施形態に係る風力発電設備の出力平準化装置を含む全体構成図である。
- [図2]ピッチ禁止運転モードの選択時に風力発電装置の出力の余剰分を低減する場合の制御ブロック図である。
- [図3]ピッチ禁止運転モード又はピッチ許容運転モードの選択時に風力発電装置の出力の不足分を補う場合の制御ブロック図である。

[図4] ピッチ許容運転モードの選択時に風力発電装置の出力の余剰分を低減する場合の制御ブロック図である。

[図5] マスターコントローラの全体制御部による制御態様をまとめて示す図である。

[図6] ピッチ禁止運転モード及びピッチ許容運転モードを選択する制御のフローを示す図である。

[図7] ピッチ禁止運転モードが選択された際における全体制御部による制御のフローを示す図である。

[図8] ピッチ許容運転モードが選択された際における全体制御部による制御のフローを示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明に係る風力発電設備の出力平準化装置及びこの装置を用いた出力平準化方法の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下の実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは特に特定の記載がない限り、この発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

図1は、本発明の第一実施形態に係る風力発電設備の出力平準化装置を含む全体構成図である。

図1に示すように、風力発電設備1は、風力発電装置2と、蓄電装置3と、出力平準化装置4とを備えており、系統連系部5を介して電力系統6に接続されている。また、風力発電装置2及び蓄電装置3は、系統連系部5に並列に接続されている。

[0022] 風力発電装置2は、いわゆる超同期セルビウス方式誘導発電機を搭載した風力タービンシステムであり、その構成要素である発電機9が発生する電力がステータ巻線SC及びロータ巻線RCの両方から変圧器8及び系統連系部5を介して電力系統6に出力可能であるように構成されている。具体的には、発電機9は、そのステータ巻線SCが電力系統6に直接に接続され、ロータ巻線RCがインバータ装置14を介して電力系統6に接続されている。な

お、図 1 では簡略化して図示しているが、ステータ巻線 S C から電力系統 6 に至るまでの電線、及びロータ巻線 R C からインバータ装置 1 4 を介して電力系統 6 に至るまでの電線は、実際には三相 3 線式である。

発電機 9 には、ハブ 5 2 A に複数のブレード 5 2 B が取り付けられたロータ 5 2 が増速機（不図示）を介して連結されており、風の力によって発生したロータ 5 2 の回転が発電機 9 に入力されるようになっている。

[0023] インバータ装置 1 4 は、発電機側インバータ 1 8 A、D C バス 1 8 B、及び系統側インバータ 1 8 C から構成されており、ロータ巻線 R C から受け取った交流電力を電力系統 6 の周波数に適合した交流電力に変換する。発電機側インバータ 1 8 A は、ロータ巻線 R C に発生された交流電力を直流電力に変換し、その直流電力を D C バス 1 8 B に出力する。系統側インバータ 1 8 C は、D C バス 1 8 B の電圧制御を行い、これにより系統側インバータ 1 8 C は系統側と電力の受給を行う。即ち、系統側インバータ 1 8 C は、D C バス 1 8 B から受け取った直流電力を電力系統 6 と同一の周波数の交流電力に変換し、その交流電力を電力系統 6 に出力する。発電機 9 が電力系統 6 に出力する電力は、発電機側インバータ 1 8 A によって制御される。

なお、図 1 には風力発電装置 2 が超同期セルビウス方式誘導発電機を搭載した風力タービンシステムである例を示したが、発電機として多極同期発電機を用い、そのステータ巻線がインバータとコンバータからなるインバータ装置を介して電力系統に接続された構成の風力発電装置を用いてもよい。

[0024] 風力発電装置 2 の出力は、後述の風車コントローラ 2 0 の回転エネルギー制御部 2 5 からの制御信号に基づいて発電機側インバータ 1 8 A のパワートランジスタを制御することによって、調整可能である。

例えば、風力発電装置 2 の出力を低下させる場合は、回転エネルギー制御部 2 5 によってインバータ装置 1 4 の発電機側インバータ 1 8 A を制御して発電機トルク、もしくは、出力を小さくして、ブレード 5 2 B に作用する風力を風力発電装置 2 の回転エネルギー（慣性エネルギー）に変換して保存することで出力を調整する。

逆に、風力発電装置 2 の出力を増加させる場合は、回転エネルギー制御部 25 によってインバータ装置 14 の発電機側インバータ 18A を制御して発電機トルク、もしくは、出力を大きくして、風力発電装置 2 の回転エネルギーを電気エネルギーに変換して回収する。

[0025] 風力発電設備 1 の蓄電装置 3 は、蓄電池 10 と、直流－交流変換器 11 と、変圧器 12 と、蓄電池状態検出器 31 とを備えている。

蓄電装置 3 は、風力発電装置 2 で発電された交流出力を直流－交流変換器 11 で直流出力に変換して蓄えたり、放電した直流出力を直流－交流変換器 11 で交流出力に変換し、交流出力を変圧器 12 で所定電圧に変圧した後、系統連系部 5 を介して電力系統 6 に供給したりする。

[0026] 系統連系部 5 は、風力発電設備 1 を電力系統 6 に連系するための設備であり、電力系統 6 との間で定められた系統連系の条件に基づいて供給電力の各種調整を行う。例えば、系統連系の条件として、連系点における電圧の変動や出力値を許容範囲内とする条件が設定されている。なお、系統連系部 5 には変圧器 13 を含んでいてもよい。

また、電力系統 6 とは、発電設備で発電した出力を送電線、変電所を介して需要家へ送る設備機器群であり、ここでは一般需要家が供給を受けている商用電力系統をいう。

[0027] 出力平準化装置 4 は、風力発電装置 2 の出力を制御する風車コントローラ 20 と、蓄電装置 3 を制御するバッテリーコントローラ 30 と、風車コントローラ 20 及びバッテリーコントローラ 30 にそれぞれ指令を与えるマスターコントローラ 40 とを備えている。この出力平準化装置 4 で、風力発電装置 2 の出力を平準化してターゲット出力に調整する。以下、出力平準化装置 4 の各構成要素の詳細について説明する。

[0028] マスターコントローラ 40 は、達成率算出部 45 と、達成率監視部 41 と、運転モード選択部 42 と、損失率算出部 43 と、損失率監視部 44 と、系統監視部 46 と、全体制御部 48 とを備えている。

[0029] 達成率算出部 45 は、予め設定された所定期間の起算時点から前記所定期

間内における所定の時点までの風力発電装置 2 の出力の計測値を積算して積算値を算出し、当該積算値を前記所定期間における目標発電量で除して発電目標達成率を算出する。

達成率監視部 4 1 は、達成率算出部 4 5 にて算出された発電目標達成率が予め設定された第 1 閾値以上か否かを常時又は定期的に監視し、その結果を運転モード選択部 4 2 に出力する。

運転モード選択部 4 2 は、達成率監視部 4 1 から出力された信号に基づいて、ピッチ禁止運転モード及びピッチ許容運転モードのいずれか一方を選択する。具体的には、発電目標達成率が第 1 閾値未満である場合、ターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減すべく出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、蓄電池 1 0 への充電又は風力発電装置 2 の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを選択する。また、発電目標達成率が第 1 閾値以上である場合、ターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減するためにピッチ制御を行うことを許容するピッチ許容運転モードを選択する。

[0030] 損失率算出部 4 3 は、ピッチ制御によって損失している発電量を算出し、当該発電量を、風力発電装置 2 の性能曲線（パワーカーブ）に風速を当てはめて得られる理想出力により除して損失率を算出し、当該算出結果を損失率監視部 4 4 に出力する。なお、ピッチ制御によって損失した発電量（すなわち、本来ならば発電に利用可能な風のエネルギーのうちピッチ制御によって逸失した量）は、出力計測器 1 5 による風力発電装置 2 の出力の計測値から求めた実際の発電量と理想出力との差として求めることができる。

[0031] 損失率監視部 4 4 は、損失率算出部 4 3 にて算出された損失率が予め設定された第 2 閾値以上か否かを常時又は定期的に監視し、その結果を運転モード選択部 4 2 に出力する。運転モード選択部 4 2 は、損失率監視部 4 4 から出力された信号に基づいて、必要に応じてピッチ許容運転モードをピッチ禁止運転モードに切り換える。具体的には、損失率が第 2 閾値以上である場合、ピッチ許容運転モードで運転中であっても、ピッチ禁止運転モードに切り

換えてピッチ制御以外によってターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減する。

- [0032] 全体制御部 48 は、運転モード選択部 42 によって選択された運転モードに応じて、後述の風車コントローラ 20 のピッチ制御部 26 とバッテリーコントローラ 30 の蓄電池制御部 33 とに制御信号を送る。

また、系統監視部 46 は、センサ 17 によって計測された電力系統 6 の系統周波数を受け取って、電力系統 6 の状態を監視し、その結果を全体制御部 48 に出力する。全体制御部 48 では、電力系統 6 の系統周波数が所定範囲の上限値を上回った場合に風力発電設備 1 のターゲット出力を一時的に低減する一方で、電力系統 6 の系統周波数が所定範囲の下限值を下回った場合に風力発電設備 1 のターゲット出力を一時的に上昇させる。これにより、電力系統 6 の周波数を所定範囲内に維持する。

- [0033] 風車コントローラ 20 は、偏差算出部 22 と、回転エネルギー監視部 24 と、回転エネルギー制御部 25 と、ピッチ制御部 26 とを備えている。

偏差算出部 22 は、出力計測器 15 で計測された風力発電装置 2 の出力と、予め設定されたターゲット出力との偏差を算出し、当該算出結果をマスターコントローラ 40 の全体制御部 48 に出力する。

回転エネルギー監視部 24 は、ロータ 52 の回転数の上昇によって蓄えられている回転エネルギー（慣性エネルギー）量を常時又は定期的に監視する。

回転エネルギー制御部 25 は、マスターコントローラ 40 の全体制御部 48 からの制御信号に基づいて、発電機側インバータ 18A を制御して発電機トルクを変化させることで、風力発電装置 2 の余剰な出力を回転エネルギーに変換したり、回転エネルギーを風力発電装置 2 の電気エネルギーとして回収したりするための制御を実施する。

ピッチ制御部 26 は、マスターコントローラ 40 の全体制御部 48 からの制御信号に基づいて、風力発電装置 2 の出力とターゲット出力との偏差を小さくするためにブレード 52B のピッチ角を調節してピッチ制御を行う。

[0034] バッテリーコントローラ 30 は、蓄電池状態監視部 32 と、蓄電池制御部 33 とを備えている。

蓄電池状態監視部 32 は、蓄電池 10 に接続された蓄電池状態検出器 31 から蓄電池 10 の劣化度の検出結果を受け取って、蓄電池 10 の状態を監視する。蓄電池状態監視部 32 による蓄電池 10 の状態の監視結果は、マスターコントローラ 40 の全体制御部 48 に送られて、風力発電装置 2 の出力とターゲット出力との偏差を小さくするに当たって蓄電池 10 の充放電を優先的に利用すべきか否かが判断される。

なお、劣化度の指標としては、蓄電池 10 の充放電サイクル数、積算充放電サイクル数、充放電レート数のうち少なくとも一つを用いる。

ここで、充放電サイクル数とは、充電してから放電するまでを 1 サイクルとして、予め設定された所定期間内における充放電サイクルの回数をいう。また、積算充放電サイクル数とは、蓄電池 10 の使用を開始してから所定の時点までの充放電サイクル数の累積値をいう。そして、充放電レート数とは、単位時間あたりの充放電量が所定の閾値を上回った回数をいう。

[0035] 次に、出力平準化装置 4 が出力平準化制御を行う際に各構成要素間でやり取りされる信号について、図 2～4 を用いて説明する。図 2 は、ピッチ禁止運転モードの選択時に風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減する場合の制御ブロック図である。図 3 は、ピッチ禁止運転モード又はピッチ許容運転モードの選択時に風力発電装置 2 の出力の不足分を補う場合の制御ブロック図である。図 4 は、ピッチ許容運転モードの選択時に風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減する場合の制御ブロック図である。

[0036] <ピッチ禁止運転モード選択時に風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減する場合>

図 2 に示すように、まず、風車コントローラ 20 の偏差算出部 22 によって、風力発電装置 2 の出力とターゲット出力の偏差 ΔP (> 0) が算出される。この偏差 ΔP は、マスターコントローラ 40 の全体制御部 48 の一部を構成する第 1 切換スイッチ 34 に送られる。また、蓄電池状態監視部 32 は

、蓄電池状態検出器 31 によって検出された蓄電池 10 の劣化度が予め設定された第 3 閾値未満か否かを常時又は定期的に監視し、この結果を第 1 切換スイッチ 34 に送る。そして、第 1 切換スイッチ 34 は、蓄電池状態監視部 32 からの信号に基づいて、風力発電装置 2 の出力の余剰分 ΔP を低減するに当たって蓄電池 10 への充電及び風力発電装置 2 の回転エネルギーへの蓄積のいずれを優先するか選択する。

具体的には、劣化度が第 3 閾値未満である場合、ターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減するに当たって回転エネルギーへの蓄積よりも蓄電池 10 への充電を優先させるため、第 1 切換スイッチ 34 を図 2 における下側（蓄電池側）の接続端子に接続する。一方、劣化度が第 3 閾値以上である場合、ターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減するに当たって蓄電池 10 への充電よりも回転エネルギーへの蓄積を優先させるため、第 1 切換スイッチ 34 を図 2 における上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続する。

[0037] 第 1 切換スイッチ 34 が図 2 における下側の接続端子に接続されると、風車コントローラ 20 の偏差算出部 22 から出力された偏差 ΔP は、第 1 切換スイッチ 34 を介して蓄電池制御部 33 の蓄電池優先エリアに出力される。

一方、第 1 切換スイッチ 34 が図 3 の上側の接続端子に接続されると、偏差 ΔP は比較部 38 及び減算器 39 に出力される。

[0038] また、回転エネルギー監視部 24 では、風力発電装置 2 に蓄積可能な最大の回転エネルギー量 E_{max} から現時点で風力発電装置 2 に蓄えられている回転エネルギー量 E との差分である貯蔵余裕量 ΔE を算出し、当該貯蔵余裕量 ΔE を比較部 38 に出力する。

[0039] 比較部 38 では、偏差 ΔP と貯蔵余裕量 ΔE とを比較し、その結果に基づいて風力発電装置 2 の回転エネルギーの蓄積指令量 $\Delta P\omega$ を算出する。具体的には、 $\Delta P > \Delta E$ の場合は $\Delta P\omega = \Delta E$ とし、 $\Delta P \leq \Delta E$ の場合は $\Delta P\omega = \Delta P$ として算出する。比較部 38 から出力された回転エネルギーの蓄積指令量 $\Delta P\omega$ は、風車コントローラ 20 の回転エネルギー制御部 25 及び減算

器 39 へ出力される。

[0040] 回転エネルギー制御部 25 では、回転エネルギーの蓄積指令量 $\Delta P \omega$ に基づいて発電機側インバータ 18A (図 1 参照) を制御して発電機トルク、もしくは、出力を小さくし、ブレード 52B に作用する風力を風力発電装置 2 の回転エネルギーへ変換することによって余剰の出力を蓄積し、出力を平準化する。

[0041] 減算器 39 では、偏差算出部 22 から第 1 切換スイッチ 34 を介して入力された偏差 ΔP から、比較部 38 から出力された回転エネルギーの蓄積指令量 $\Delta P \omega$ を減算する。そして、当該減算した結果が正になる場合 (すなわち、偏差 ΔP が変換可能量 $\Delta P \omega$ よりも大きい場合) に、充電指令量 $\Delta P b$ ($= \Delta P - \Delta P \omega$) を蓄電池制御部 33 の回転エネルギー優先エリアに出力する。なお、当該減算した結果が負になる場合、すなわち、偏差 ΔP が変換可能量 $\Delta P \omega$ よりも小さい場合は、回転エネルギーへの蓄積によって出力の余剰分は解消されたこととなるので、蓄電池制御部 33 の回転エネルギー優先エリアに出力される充電指令量 $\Delta P b$ はゼロとする。

[0042] <ピッチ禁止運転モード又はピッチ許容運転モードの選択時に風力発電装置 2 の出力の不足分を補う場合>

図 3 に示すように、まず、風車コントローラ 20 の偏差算出部 22 によって、風力発電装置 2 の出力とターゲット出力の偏差 $-\Delta P$ (< 0) が算出される。この偏差 $-\Delta P$ は、マスターコントローラ 40 の全体制御部 48 の一部を構成する第 2 切換スイッチ 35 に送られる。また、蓄電池状態監視部 32 は、蓄電池状態検出器 31 によって検出された蓄電池 10 の劣化度が予め設定された第 3 閾値未満か否かを常時又は定期的に監視し、この結果を第 2 切換スイッチ 35 及び 36 に送る。そして、第 2 切換スイッチ 35 及び 36 は、蓄電池状態監視部 32 からの信号に基づいて、風力発電装置 2 の出力の不足分 $-\Delta P$ を補うに当たって蓄電池 10 からの放電及び風力発電装置 2 の回転エネルギーの放出のいずれを優先するか選択する。

具体的には、劣化度が第 3 閾値未満である場合、ターゲット出力に対する

風力発電装置 2 の出力の不足分を補うに当たって回転エネルギーからの回収よりも蓄電池 10 からの放電を優先させるために、第 2 切換スイッチ 35 及び 36 のそれぞれを図 3 における下側（蓄電池側）の接続端子に接続する。一方、劣化度が第 3 閾値以上である場合、ターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の不足分を補うに当たって蓄電池 10 からの放電よりも回転エネルギーからの回収を優先させるために、第 2 切換スイッチ 35 及び 36 のそれぞれを図 3 における上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続する。

[0043] 第 2 切換スイッチ 35 が図 3 における下側（蓄電池側）の接続端子に接続されると、風車コントローラ 20 の偏差算出部 22 から出力された偏差 $-\Delta P$ は、蓄電池制御部 33 の蓄電池優先エリアに出力される。一方、第 2 切換スイッチ 36 が図 3 における下側の接続端子に接続されると、回転エネルギーの放出指令量は回転エネルギー制御部 25 には出力されない。したがって、風力発電装置 2 の出力の不足分 $-\Delta P$ は、蓄電池 10 から放電される。

これに対し、第 2 切換スイッチ 35 が図 3 における上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続されると、偏差 $-\Delta P$ は加算器 51 に出力される。また加算器 51 には、回転エネルギー監視部 24 によって取得された風力発電装置 2 の回転エネルギーの現在の貯蔵量 $\Delta P \omega$ が入力される。そして、加算器 51 において、偏差 $-\Delta P$ と回転エネルギーの貯蔵量 $\Delta P \omega$ とを加算して $-\Delta P b$ を求めて、この加算値 $-\Delta P b$ を放電指令量として蓄電池制御部 33 の回転エネルギー優先エリアに入力する。一方、第 2 切換スイッチ 36 が図 3 における上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続されると、回転エネルギーの現在の貯蔵量 $\Delta P \omega$ は回転エネルギー監視部 24 から第 2 切換スイッチ 36 を介して、回転エネルギー制御部 25 側に送られ、途中で -1 を乗算されて符号が正負反転されて回転エネルギーの放出指令量 $-\Delta P \omega$ として回転エネルギー制御部 25 に入力される。

[0044] 回転エネルギー制御部 25 では、回転エネルギーの放出指令量 $-\Delta P \omega$ に基づいて発電機側インバータ 18 A（図 1 参照）を制御して発電機トルク、もしくは、出力を大きくし、ロータ 52 に蓄えられた回転エネルギーを回収

して電気エネルギーに変換することによって出力の不足を解消し、出力を平準化する。

[0045] なお、加算器 51 における加算結果が正になる場合、すなわち、回転エネルギーの現在の貯蔵量 $\Delta P \omega$ が偏差 ΔP よりも大きい場合は、回転エネルギーの回収によって出力の不足は解消されたこととなるので、蓄電池制御部 33 の回転エネルギー優先エリアに出力される放電指令量 $-\Delta P b$ はゼロとする。

[0046] <ピッチ許容運転モードの選択時に風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減する場合>

図 4 に示すように、まず、風車コントローラ 20 の偏差算出部 22 によって、風力発電装置 2 の出力とターゲット出力の偏差 ΔP (> 0) が算出される。この偏差 ΔP は、マスターコントローラ 40 の全体制御部 48 の一部を構成する第 3 切換スイッチ 37 に送られる。また、蓄電池状態監視部 32 は、蓄電池状態検出器 31 によって検出された蓄電池 10 の劣化度が予め設定された第 3 閾値未満か否かを常時又は定期的に監視し、この結果を第 3 切換スイッチ 37 に送る。そして、第 3 切換スイッチ 37 は、蓄電池状態監視部 32 からの信号に基づいて、風力発電装置 2 の出力の余剰分 ΔP を低減するに当たって蓄電池 10 への充電を利用するか、あるいは、風力発電装置 2 の回転エネルギーへの蓄積及びピッチ制御の組み合わせを利用するかを選択する。

具体的には、劣化度が第 3 閾値未満である場合、ターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分 ΔP を低減するに当たって蓄電池 10 に充電を行うため、第 3 切換スイッチ 37 を図 4 の下側（蓄電池側）の接続端子に接続する。一方、劣化度が第 3 閾値以上である場合、ターゲット出力に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分 ΔP を低減するに当たって回転エネルギーの蓄積及び／又はピッチ制御を行うため、第 3 切換スイッチ 37 を図 4 の上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続する。この場合、風力発電設備 1 の発電量を向上させる観点から、ピッチ制御よりも回転エネルギーの蓄積を

優先させて、回転エネルギーの蓄積を行っても解消できない風力発電装置 2 の出力の余剰分のみをピッチ制御により低減することが好ましい。

[0047] 第 3 切換スイッチ 37 が図 4 の下側の接続端子に接続されると、風車コントローラ 20 の偏差算出部 22 から出力された偏差 ΔP は、充電指令量として蓄電池制御部 33 に出力される。

一方、第 3 切換スイッチ 37 が図 4 の上側の接続端子に接続されると、偏差 ΔP は風車コントローラ 20 に出力される。

[0048] 図 5 は、上述したマスターコントローラ 40 の全体制御部 48 による制御態様をまとめて示す図である。

図 5 に示すように、予め設定された所定期間の起算時点から当該所定期間内の所定の時点までの風力発電装置 2 の出力の計測値を積算して積算値を算出し、当該積算値を所定期間における目標発電量で除して発電目標達成率 T_a を算出する。

[0049] <ケース 1 の場合>

この発電目標達成率 T_a が、予め設定された発電目標達成率の第 1 閾値 T_T 以上であり（発電目標達成率（ T_a ）の項目に「良」で示す）、かつ、充放電サイクル数及び充放電レート数を指標としたそれぞれの蓄電池の劣化度 B_a （充放電サイクル数）、 B_b （充放電レート数）が、共に予め設定されたそれぞれの第 3 閾値 B_T 、 B_S 未満（蓄電池の劣化度（ B_a 、 B_b ）の項目に「良」で示す）の場合は、蓄電池 10 で充放電する。

つまり、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っている場合、図 4 における第 3 切換スイッチ 37 を下側（蓄電池側）の接続端子に接続し、偏差算出部 22 から出力された偏差 ΔP を第 3 スイッチ 37 を介して蓄電池制御部 33 の蓄電池優先エリアに入力する。一方、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下の場合、図 3 における第 2 切換スイッチ 35 を下側（蓄電池側）の接続端子に接続し、偏差算出部 22 から出力された偏差 $-\Delta P$ を第 2 スイッチ 35 を介して蓄電池制御部 33 の蓄電池優先エリアに入力する。

[0050] <ケース 2 の場合>

また、発電目標達成率 T_a が第 1 閾値 T_T 以上であり（発電目標達成率（ T_a ）の項目に「良」で示す）、かつ、蓄電池の劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも何れか一方が第 3 閾値 B_T 、 B_S 以上（蓄電池の劣化度（ B_a 、 B_b ）の項目に「不」で示す）の場合は、まず、回転エネルギーを蓄積及び回収する。そして、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っている場合に、回転エネルギーに蓄積しても出力がまだ余剰のときはピッチ制御する。一方、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下の場合に、回転エネルギーを回収しても出力がまだ不足のときは、蓄電池 10 から放電する。

つまり、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っている場合、図 4 における第 3 切換スイッチ 37 を上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続し、偏差算出部 22 から出力された偏差 ΔP を第 3 スwitch 37 を介して風車コントローラ 20 に入力する。一方、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下の場合、図 3 における第 2 切換スイッチ 35、36 を上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続し、放出指令量 $-\Delta P \omega$ を回転エネルギー制御部 25 に入力するとともに、放電指令量 $-\Delta P b$ を蓄電池制御部 33 の回転エネルギー優先エリアに入力する。

[0051] <ケース 3 の場合>

次に、発電目標達成率 T_a が第 1 閾値 T_T 未満であり（発電目標達成率（ T_a ）の項目に「不」で示す）、かつ、蓄電池の劣化度 B_a 、 B_b が共に、それぞれの第 3 閾値 B_T 、 B_S 未満（蓄電池の劣化度（ B_a 、 B_b ）の項目に「良」で示す）の場合は、蓄電池 10 で充放電する。

つまり、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っている場合、図 2 における第 1 切換スイッチ 34 を下側（蓄電池側）の接続端子に接続し、偏差算出部 22 から出力された偏差 ΔP を第 1 切換スイッチ 34 を介して蓄電池制御部 33 の蓄電池優先エリアに入力する。一方、風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下の場合、図 3 における第 2 切換スイッチ 35 を下側（蓄電池側）の接続端子に接続し、偏差算出部 22 から出力さ

れた偏差 $-\Delta P$ を蓄電池制御部33の蓄電池優先エリアに入力する。

[0052] <ケース4の場合>

最後に、発電目標達成率 T_a が第1閾値 T_T 未満であり（発電目標達成率（ T_a ）の項目に「不」で示す）、かつ、蓄電池の劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも何れか一方が第3閾値 B_T 、 B_S 以上（蓄電池の劣化度（ B_a 、 B_b ）の項目に「不」で示す）の場合は、優先して回転エネルギーを蓄積及び回収する。そして、風力発電装置2の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っている場合に、回転エネルギーに蓄積しても出力がまだ余剰のときは蓄電池に充電する。一方、風力発電装置2の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下の場合に、回転エネルギーを回収しても出力がまだ不足のときは、蓄電池10から放電する。

つまり、風力発電装置2の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っている場合、図2における第1切換スイッチ34を上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続し、蓄積指令量 $\Delta P \omega$ を回転エネルギー制御部25に入力するとともに、充電指令量 $\Delta P b$ を蓄電池制御部33の回転エネルギー優先エリアに入力する。一方、風力発電装置2の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下の場合、図3における第2切換スイッチ35、36を上側（回転エネルギー側）の接続端子に接続し、放出指令量 $-\Delta P \omega$ を回転エネルギー制御部25に入力するとともに、放電指令量 $-\Delta P b$ を蓄電池制御部33の回転エネルギー優先エリアに入力する。

[0053] 次に、出力平準化装置4で行われる制御内容についてフローチャートを用いて説明する。

[0054] 図6は、ピッチ禁止運転モード及びピッチ許容運転モードを選択する制御のフローを示す図である。

図6に示すように、まず、出力計測器15により現時点の風力発電装置2の出力 W_a を計測する（ステップS10）。

[0055] 計測された出力 W_a に基づいて、予め設定された所定期間の起算時点から当該所定期間内の所定の時点までの出力 W_a の積算値を求め、達成率算出部

45で当該積算値をその所定期間における目標発電量で除して発電目標達成率 T_a を算出する（ステップS12）。

[0056] この後、算出された発電目標達成率 T_a と予め設定された第1閾値 T_T とを達成率監視部41で比較し、その結果を運転モード選択部42に送る（ステップS14）。

そして、発電目標達成率 T_a が予め設定された第1閾値 T_T 未満である場合（ステップS14のYES）、運転モード選択部42において、ピッチ制御を禁止するピッチ禁止運転モードを選択する（ステップS16）。これを受けて、全体制御部48は、ピッチ禁止運転モードによる運転が行われるように、回転エネルギー制御部25及び蓄電池制御部33を制御する。

一方、発電目標達成率 T_a が第1閾値 T_T 以上である場合（ステップS14のNO）には、損失率算出部43において、風力発電装置2の性能曲線（パワーカーブ）に風速を当てはめて得られる理想出力に対する、出力計測器15による出力 W_a の計測値から求めた実際の発電量と理想出力との差（ピッチ制御によって損失した発電量）の比である損失率 L_a を算出する（ステップS17）。この後、算出された損失率 L_a と予め設定された損失率の第2閾値 L_T とを比較し、その結果を運転モード選択部42に送る。そして、損失率 L_a が第2閾値 L_T 以上である場合（ステップS18のYES）には、ステップS16に進んで、運転モード選択部42において、ピッチ制御を行うことを禁止するピッチ禁止運転モードを選択する。

一方、損失率 L_a が第2閾値 L_T 未満である場合には、ステップS19に進んで、運転モード選択部42において、ピッチ制御を行うことを許容するピッチ許容運転モードを選択する（ステップS19）。これを受けて、全体制御部48は、ピッチ許容運転モードによる運転が行われるように、回転エネルギー制御部25、ピッチ制御部26及び蓄電池制御部33を制御する。

[0057] 次に、運転モード選択部42がピッチ禁止運転モードを選択した後における全体制御部48による制御のフローについて説明する。

[0058] 図7は、ピッチ禁止運転モードが選択された際における全体制御部48に

よる制御のフローを示す図である。

図 7 に示すように、上記ピッチ禁止運転モードが選択された場合（ステップ S 1 6）、蓄電池状態検出器 3 1 によって蓄電池 1 0 の劣化度（例えば、充放電サイクル数 B_a 及び充放電レート数 B_b ）を取得し（ステップ S 2 0）、当該取得した結果を蓄電池状態監視部 3 2 に出力する。

なお、ピッチ禁止運転モードでは、出力平準化のために行うピッチ制御を禁止するものであり、ピッチ制御自体を禁止するものではない。

[0059] ここで、出力計測器 1 5 で計測された風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っているか否かを、偏差算出部 2 2 により判定しておく（ステップ S 2 2）。

[0060] そして、蓄電池状態監視部 3 2 では、蓄電池状態検出器 3 1 から入力された蓄電池 1 0 の劣化度 B_a 、 B_b が共に第 3 閾値 B_T 、 B_s を下回っているか判定する（ステップ S 2 4 及び S 2 6）。

[0061] ステップ S 2 2 において風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っていると判断され、かつ、ステップ S 2 4 において蓄電池 1 0 の劣化度 B_a 、 B_b が共に第 3 閾値 B_T 、 B_s を下回っていると判断された場合、ステップ S 2 8 に進んで、全体制御部 4 8 による制御の下、蓄電池 1 0 に充電する。これは、既に説明した図 5 におけるケース 3 の $W_a > W_T$ の場合に相当する制御である。

[0062] ステップ S 2 2 において風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っていると判断され、かつ、ステップ S 2 4 において蓄電池 1 0 の劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも一方が第 3 閾値 B_T 、 B_s 以上であると判断された場合、ステップ S 3 0 に進んで、全体制御部 4 8 による制御の下、回転エネルギーへの蓄積を優先し、それでも出力の余剰分が解消されない場合は蓄電池 1 0 に充電する。これは、既に説明した図 5 におけるケース 4 の $W_a > W_T$ の場合に相当する制御である。

[0063] ステップ S 2 2 において風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下と判断され、かつ、ステップ S 2 6 において蓄電池 1 0 の劣化度 B_a 、 B_b

bが共に第3閾値 B_T 、 B_s を下回っていると判断された場合、ステップS32に進んで、全体制御部48による制御の下、蓄電池10から放電する。これは、既に説明した図5におけるケース3の $W_a \leq W_T$ の場合に相当する制御である。

[0064] ステップS22において風力発電装置2の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下と判断され、かつ、ステップS26において蓄電池10の劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも一方が第3閾値 B_T 、 B_s 以上であると判断された場合、ステップS34に進んで、全体制御部48による制御の下、回転エネルギーからの回収を優先し、それでも出力の不足分が解消されない場合は蓄電池10から放電する。これは、既に説明した図5におけるケース4の $W_a \leq W_T$ の場合に相当する制御である。

[0065] 図8は、ピッチ許容運転モードが選択された際における全体制御部48による制御のフローを示す図である。

図8に示すように、上記ピッチ許容運転モードが選択された場合（ステップS19）、蓄電池状態検出器31によって蓄電池10の劣化度 B_a 、 B_b （例えば、 B_a ：充放電サイクル数、 B_b ：充放電レート数）を取得し（ステップS40）、当該取得した結果を蓄電池状態監視部32に出力する。

[0066] ここで、出力計測器15で計測された風力発電装置2の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っているか否かを、偏差算出部22により判定しておく（ステップS42）。

[0067] そして、蓄電池状態監視部32では、蓄電池状態検出器31から入力された蓄電池10の劣化度 B_a 、 B_b が共に第3閾値 B_T 、 B_s を下回っているか判定する（ステップS44及びS46）。

[0068] ステップS42において風力発電装置2の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っていると判断され、かつ、ステップS44において蓄電池10の劣化度 B_a 、 B_b が共に第3閾値 B_T 、 B_s を下回っていると判断された場合、ステップS48に進んで、全体制御部48による制御の下、蓄電池10に充電する。これは、既に説明した図5におけるケース1の $W_a > W_T$ の場合に相当

する制御である。

[0069] ステップS 4 2において風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T を上回っていると判断され、かつ、ステップS 4 4において蓄電池 1 0 の劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも一方が第 3 閾値 B_T 、 B_s 以上である判断された場合、ステップS 5 0に進んで、全体制御部 4 8 による制御の下、回転エネルギーへの蓄積を優先し、それでも出力の余剰分が解消されない場合にのみピッチ制御する。これは、既に説明した図 5 におけるケース 2 の $W_a > W_T$ の場合に相当する制御である。

[0070] ステップS 4 2において風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下と判断され、かつ、ステップS 4 6において蓄電池 1 0 の劣化度 B_a 、 B_b が共に第 3 閾値 B_T 、 B_s を下回っていると判断された場合、ステップS 5 2に進んで、全体制御部 4 8 による制御の下、蓄電池 1 0 から放電する。これは、既に説明した図 5 におけるケース 1 の $W_a \leq W_T$ の場合に相当する制御である。

[0071] ステップS 4 2において風力発電装置 2 の出力 W_a がターゲット出力 W_T 以下と判断され、かつ、ステップS 4 6において蓄電池 1 0 の劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも一方が第 3 閾値 B_T 、 B_s 以上であると判断された場合、ステップS 5 4に進んで、全体制御部 4 8 による制御の下、回転エネルギーからの回収を優先し、それでも出力の不足分が解消されない場合に蓄電池 1 0 から放電する。これは、既に説明した図 5 におけるケース 2 の $W_a \leq W_T$ の場合に相当する制御である。

[0072] さらに、蓄電池優先モードのステップS 2 8、S 3 2、S 4 8、S 5 2 や回転エネルギー優先モードのステップS 3 0、S 3 4、S 5 0、S 5 4 以降に、風力発電装置 2 及び蓄電池 1 0 が接続された系統の周波数を周波数検出器 1 7 で取得する周波数取得ステップと、周波数が予め設定された所定範囲の上限値を上回った場合にターゲット出力 W_T を低減する又は周波数が所定範囲の下限値を下回った場合にターゲット出力 W_T を増加するターゲット出力変更ステップとを更に備えてもよい。これにより、電力系統 6 の系統周波数を

所定範囲内に維持することができる。

[0073] 本実施形態によれば、出力計測器 15 による風力発電装置 2 の出力 W_a の計測値から達成率算出部 45 において発電目標達成率 T_a を算出し、当該達成率が予め設定された第 1 閾値 T_T 未満である場合に運転モード選択部 42 によってピッチ禁止運転モードを選択し、ターゲット出力 W_T に対する風力発電装置 2 の出力の余剰分 ΔP を低減するに当たってピッチ制御を行うことを禁止して、蓄電池 10 への充電又は風力発電装置 2 の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うようにしたので、風を受け流すようにピッチ角を変更するピッチ制御が行われる頻度が低くなる。よって、風のエネルギーのうち電力に変換されずに逸失される量を減らして、発電量を増大させることができる。

[0074] また、ピッチ許容運転モードにおいて風力発電装置 2 の出力の余剰分をピッチ制御によって低減することを許容することで、蓄電池 10 の状態によっては、風力発電装置 2 の出力の余剰分を蓄電池 10 に充電することを避けてピッチ制御を利用し、蓄電池 10 への充電機会を低減して、蓄電池 10 の寿命を延ばすことができる。

[0075] また、ある時点において発電目標達成率 T_a が第 1 閾値 T_T 以上であり比較的十分な発電量が得られていても、風速及び風向は変化するから、その後も目標発電量の達成に向けて着実に発電量を確保できるとは限らない。そこで、損失率算出部 43 で算出した損失率 L_a が第 2 閾 L_T 値以上である場合、発電目標達成率 T_a が第 1 閾値 T_T 以上でありピッチ許容運転モードが選択されていても、運転モード選択部 42 によってピッチ禁止運転モードに切り換えることで、風力発電装置 2 の出力の余剰分を低減するためにピッチ制御が行われる頻度がより一層低くなる。よって、所定期間における目標発電量の達成が容易になる。

[0076] さらに、蓄電池状態検出器 31 によって蓄電池 10 の劣化度 B_a 、 B_b を取得し、当該劣化度と予め設定された第 3 閾値 B_T 、 B_s とを比較して劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも何れか一方が第 3 閾値 B_T 、 B_s 以上の場合に、風力

発電装置 2 の回転エネルギーの蓄積又は放出を蓄電池 10 の充電又は放電よりも優先させることで蓄電池 10 への充電回数を低減できる。これによって、蓄電池 10 の寿命低下を防止できる。

[0077] 以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明はこれに限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはいうまでもない。

[0078] 例えば、上述の実施形態では、センサ 17 で取得した電力系統 6 の周波数に基づいて風力発電設備 1 のターゲット出力 W_T を一時的に増減する例について説明したが、風力発電設備 1 のターゲット出力 W_T は蓄電池 10 の劣化度 B_a 、 B_b に基づいて一時的に変更してもよい。すなわち、蓄電池状態検出器 31 で検出した蓄電池 10 の劣化度 B_a 、 B_b の少なくとも何れか一方が第 3 閾値 B_T 、 B_s 以上の場合、風力発電装置 2 の出力との偏差が小さくなるようにターゲット出力 W_T を一時的に変更してもよい。これにより、蓄電池 10 の充放電以外（主に風力発電装置 2 の回転エネルギーへの蓄積又は放出）によって出力の平準化を十分に行いうる場合が多くなるので、蓄電池 10 の充放電機会を減らして、蓄電池 10 の寿命を延ばすことができる。

[0079] また、上述の実施形態では、蓄電池 10 の劣化度 B_a 、 B_b と第 3 閾値 B_T 、 B_s との比較結果に基づいて、風力発電装置 2 の回転エネルギーの蓄積又は放出と蓄電池 10 の充電又は放電とのいずれを優先させるかを切り換える例について説明したが、蓄電池 10 の劣化度 B_a 、 B_b に替えて、または、蓄電池 10 の劣化度 B_a 、 B_b に加えて、蓄電池 10 の残容量（SOC）に基づいて、風力発電装置 2 の回転エネルギーの蓄積又は放出と蓄電池 10 の充電又は放電とのいずれを優先させるかを決定してもよい。例えば、蓄電池状態検出器 31 によって蓄電池 10 の劣化度 B_a 、 B_b に加えて残容量を検出し、蓄電池状態監視部 32 においてこの残容量が所定範囲内に収まっているか判定し、蓄電池 10 の残容量が所定範囲から外れた場合には全体制御部 48 が出力平準化のために蓄電池 10 からの充放電を優先させて、残容量を所定範囲に収めるようにしてもよい。

すなわち、上述の実施形態では、図5におけるケース2の $W_a \leq W_T$ の場合、及びケース4の $W_a > W_T$ 及び $W_a \leq W_T$ の場合、風力発電設備1の出力平準化を行うに当たって、回転エネルギーの蓄積又は回収を行った後、それでも風力発電装置2の出力 W_a とターゲット出力 W_T との偏差が残る場合に蓄電池10の充放電を行うのに対し、ここでは、蓄電池10の残容量が所定範囲を外れた場合に、蓄電池10の充放電を優先させて蓄電池10の残容量を所定範囲内に収める。これにより、蓄電池10の寿命を延ばすことができる。

[0080] さらに、上述の実施形態では、運転モード選択部42における運転モードの選択の主な基準として達成率算出部45によって求めた発電目標達成率 T_a を用いる例について説明したが、損失率算出部43によって求めた損失率 L_a を主な基準として運転モードの選択を行ってもよい。すなわち、図6のステップS12及びS14とステップS17及びS18とを入れ替えて、まずは損失率 L_a と第2閾値 L_T とを比較し、 $L_a \geq L_T$ の場合にはピッチ禁止運転モードを選択し（ステップS16）、 $L_a < L_T$ の場合に発電目標達成率 T_a と第1閾値 T_T とを比較して、 $T_a < T_T$ の場合にはピッチ禁止運転モードを選択する一方（ステップS16）、 $T_a \geq T_T$ の場合にはピッチ許容運転モードを選択する（ステップS19）ようにしてもよい。

[0081] なお、上述の実施形態では、1台の風力発電装置2からなる風力発電設備1について説明したが、この台数に限定されるものではなく、複数台の風力発電装置2から構成されていてもよい。

符号の説明

[0082] 1 風力発電設備
2 風力発電装置
3 蓄電装置
4 出力平準化装置
5 系統連系部
6 電力系統
8 変圧器

- 9 発電機
 - 10 蓄電池
 - 11 直流－交流変換器
 - 12 変圧器
 - 13 変圧器
 - 14 インバータ装置
 - 15 出力計測器
 - 17 センサ
 - 18 A 発電機側インバータ
 - 18 B DCバス
 - 18 C 系統側インバータ
- 20 風車コントローラ
- 22 偏差算出部
- 24 回転エネルギー監視部
- 25 回転エネルギー制御部
- 26 ピッチ制御部
- 30 バッテリーコントローラ
- 31 蓄電池状態検出器
- 32 蓄電池状態監視部
- 33 蓄電池制御部
- 34 第1切換スイッチ
- 35、36 第2切換スイッチ
- 37 第3切換スイッチ
- 38 比較部
- 39 減算器
- 40 マスターコントローラ
- 41 達成率監視部
- 42 運転モード選択部

4 3 損失率算出部

4 4 損失率監視部

4 5 達成率算出部

4 6 系統監視部

4 8 全体制御部

5 1 加算器

5 2 ロータ

5 2 A ハブ

5 2 B ブレード

S C ステータ巻線

R C ロータ巻線

請求の範囲

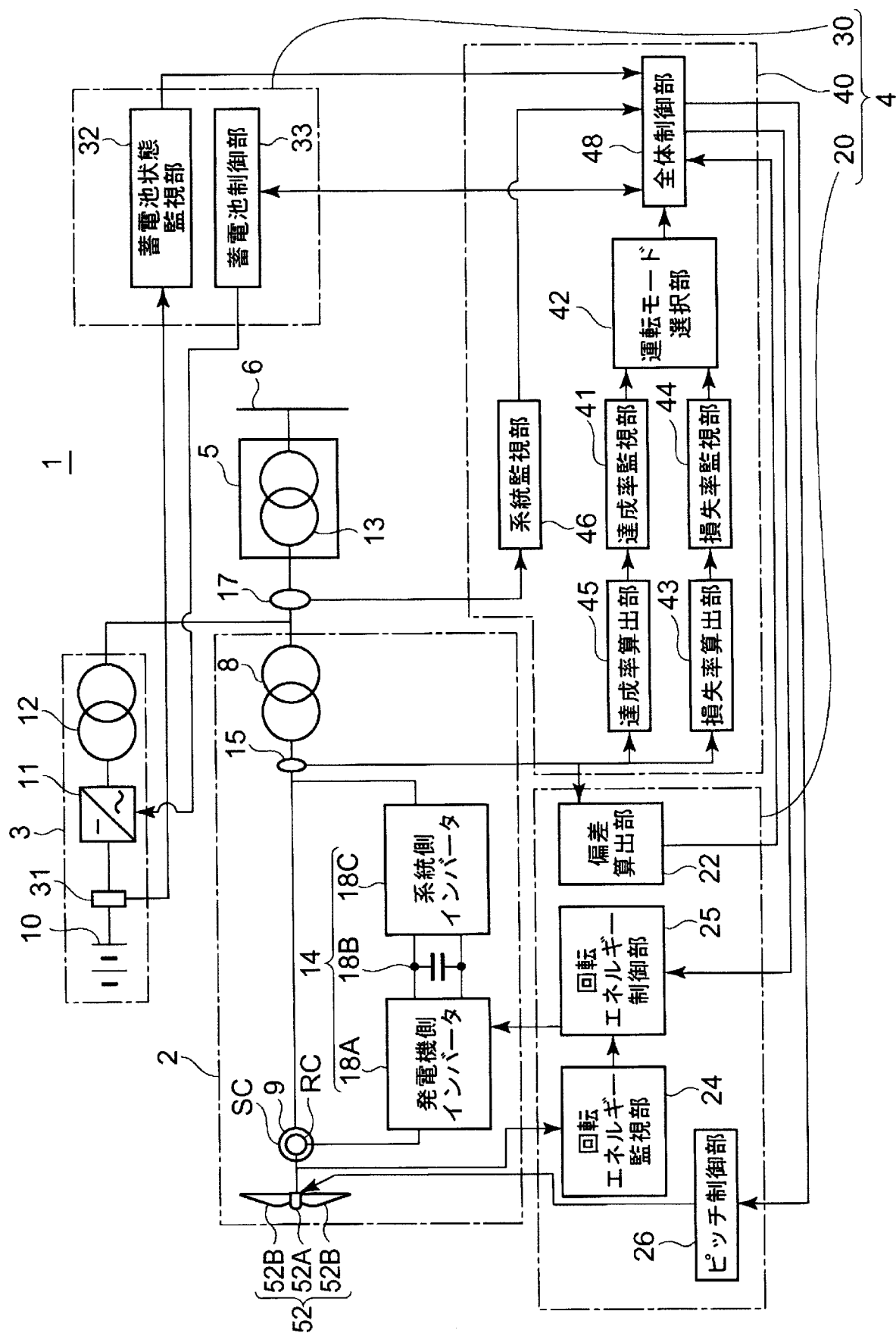
- [請求項1] 風力発電装置に蓄電池が接続された風力発電設備の出力をターゲット出力に調整する風力発電設備の出力平準化方法であって、
前記風力発電装置の出力を計測する出力計測ステップと、
所定期間における目標発電量に対する、該所定期間の起算時点から前記所定期間内における所定の時点までの前記風力発電装置の出力の計測値の積算値の割合である発電目標達成率を算出する達成率算出ステップと、
前記発電目標達成率が第1 閾値未満である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減すべく出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、前記蓄電池への充電又は前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを選択する運転モード選択ステップと、を備えることを特徴とする風力発電設備の出力平準化方法。
- [請求項2] 前記運転モード選択ステップでは、前記発電目標達成率が前記第1 閾値以上である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減するために、ピッチ制御を行うことを許容するピッチ許容運転モードを選択することを特徴とする請求項1 に記載の風力発電設備の出力平準化方法。
- [請求項3] 前記運転モード選択ステップで前記ピッチ許容運転モードが選択された場合、風速と前記風力発電装置の理想出力との関係を表す前記風力発電装置の性能曲線に前記風速を当てはめて得られる前記理想出力に対する、前記ピッチ制御によって損失した発電量の割合である損失率を算出する損失率算出ステップをさらに備え、
前記ピッチ許容運転モードでは、前記損失率が第2 閾値以上である場合、前記ピッチ許容運転モードから前記ピッチ禁止運転モードに切り換えることを特徴とする請求項2 に記載の風力発電設備の出力平準化方法。

- [請求項4] 前記蓄電池の劣化度を取得する劣化度取得ステップをさらに備え、
前記蓄電池の劣化度が第3閾値を上回る場合、前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積又は放出を前記蓄電池の充電又は放電よりも優先させて、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減又は不足分を補うことを特徴とする請求項1に記載の風力発電設備の出力平準化方法。
- [請求項5] 前記劣化度は、前記蓄電池の充放電サイクル数、積算充放電サイクル数、充放電レート数のうち少なくとも一つであることを特徴とする請求項4に記載の風力発電設備の出力平準化方法。
- [請求項6] 前記蓄電池の残容量を取得する残容量取得ステップをさらに備え、
前記蓄電池の残容量が所定範囲を外れた場合、前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積又は放出よりも前記蓄電池の充電又は放電を優先させて、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減又は不足分を補うことを特徴とする請求項1に記載の風力発電設備の出力平準化方法。
- [請求項7] 前記蓄電池の劣化度が前記第3閾値を上回る場合、前記風力発電装置の出力との偏差が小さくなるように前記ターゲット出力を一時的に変更する第1ターゲット出力変更ステップをさらに備えることを特徴とする請求項4に記載の風力発電設備の出力平準化方法。
- [請求項8] 前記発電目標達成率が前記第1閾値未満である場合、前記ターゲット出力を増加させる第2ターゲット出力変更ステップをさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の風力発電設備の出力平準化方法。
- [請求項9] 前記風力発電装置及び前記蓄電池が接続された系統の周波数を取得する周波数取得ステップと、
前記周波数が所定の上限値を上回った場合に前記ターゲット出力を低減し、前記周波数が所定の下限値を下回った場合に前記ターゲット出力を増加する第3ターゲット出力変更ステップを更に備えることを特徴とする請求項1に記載の風力発電設備の出力平準化方法。

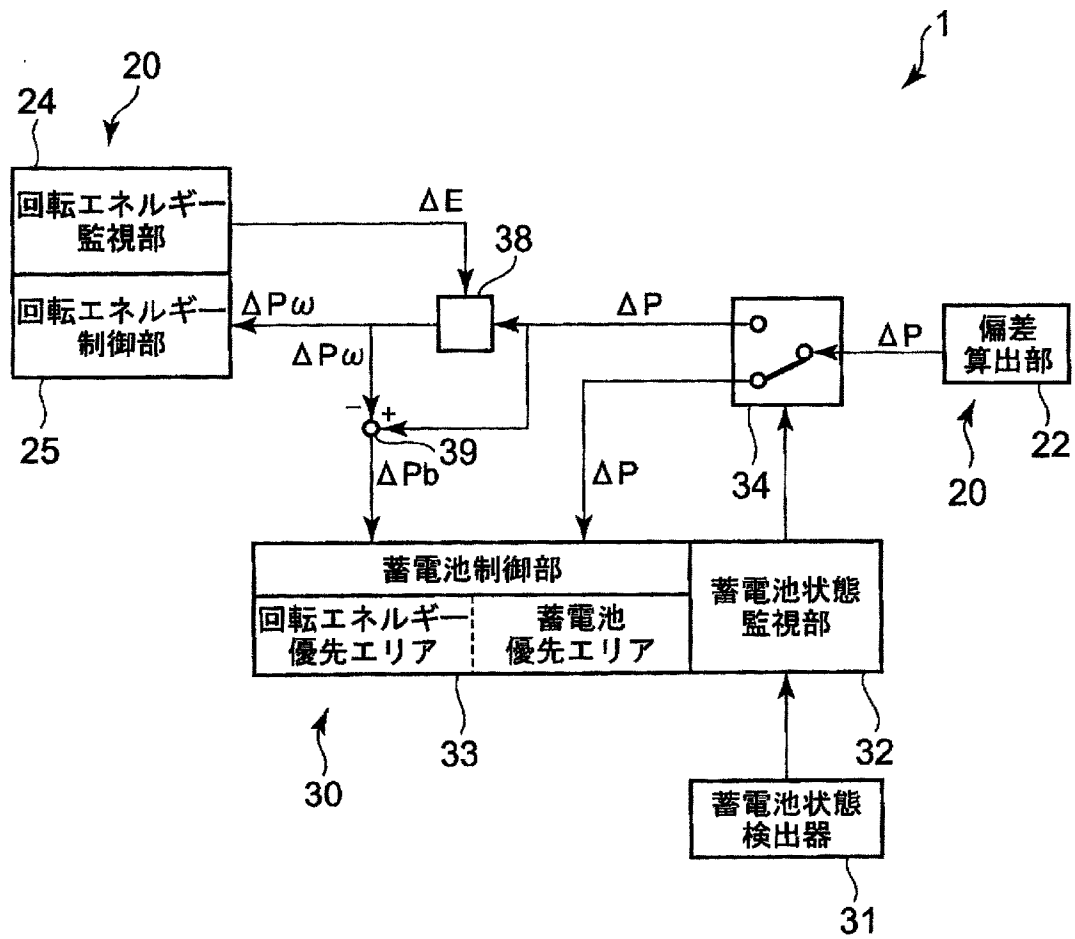
[請求項10] 風力発電装置に蓄電池が接続された風力発電設備の出力をターゲット出力に調整する風力発電設備の出力平準化装置であって、
前記風力発電装置の出力を計測する出力計測部と、
所定期間における目標発電量に対する、該所定期間の起算時点から前記所定期間内における所定の時点までの前記風力発電装置の出力の計測値の積算値の割合である発電目標達成率を算出する達成率算出部と、
前記発電目標達成率が第1閾値未満である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減すべく出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、前記蓄電池への充電又は前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを選択する運転モード選択部と、を備えることを特徴とする風力発電設備の出力平準化装置。

[請求項11] 風力発電装置に蓄電池が接続された風力発電設備の出力をターゲット出力に調整する風力発電設備の出力平準化方法であって、
前記風力発電装置の出力を計測する出力計測ステップと、
風速と前記風力発電装置の理想出力との関係を表す前記風力発電装置の性能曲線に前記風速を当てはめて得られる前記理想出力に対する、ピッチ制御によって損失した発電量の割合である損失率を算出する損失率算出ステップと、
前記損失率が第2閾値未満である場合、前記ターゲット出力に対する前記風力発電装置の出力の余剰分を低減すべく出力平準化のために行うピッチ制御を禁止して、前記蓄電池への充電又は前記風力発電装置の回転エネルギーの蓄積の少なくとも一方を行うピッチ禁止運転モードを選択する運転モード選択ステップと、を備えることを特徴とする風力発電設備の出力平準化方法。

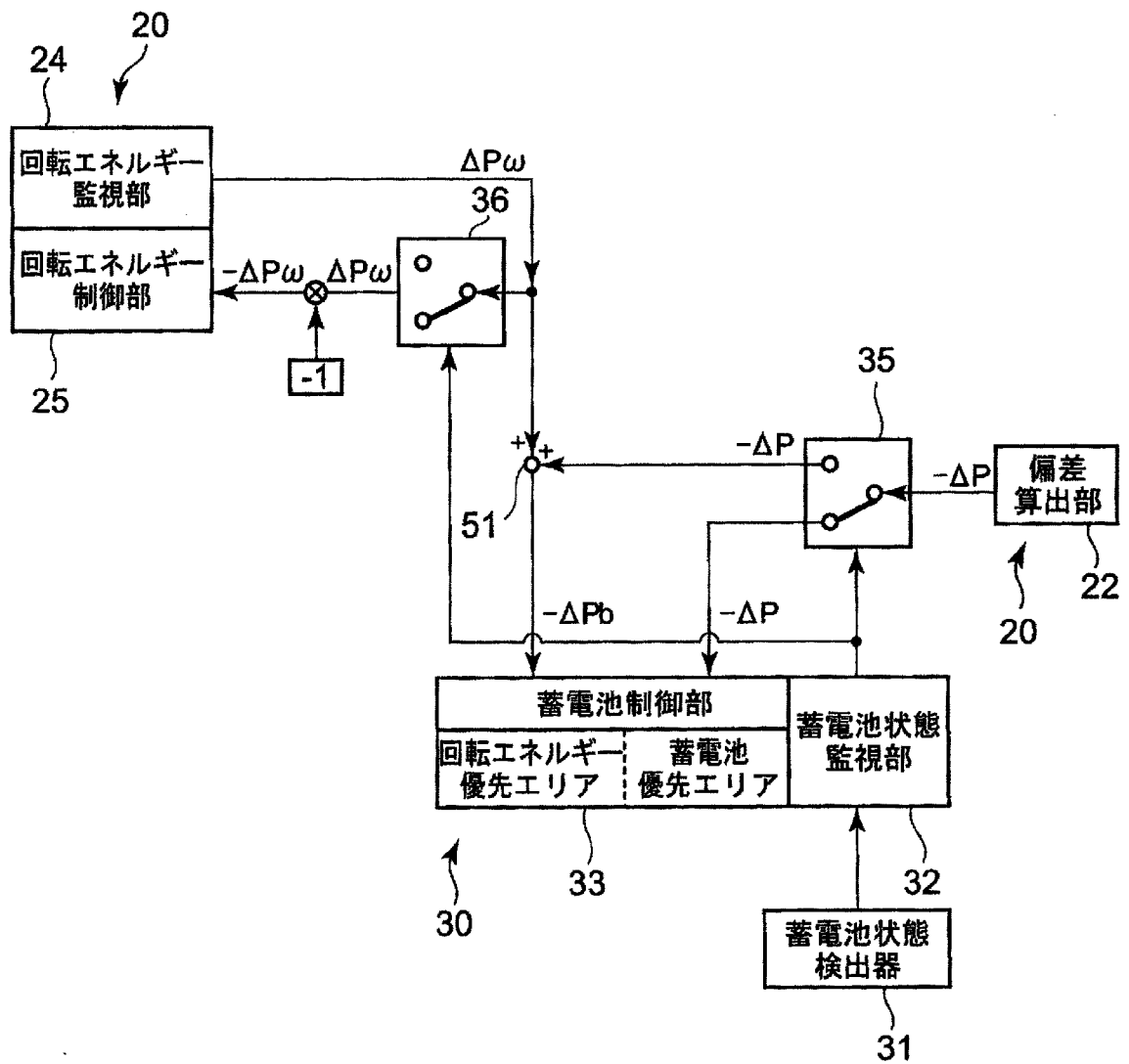
[図1]



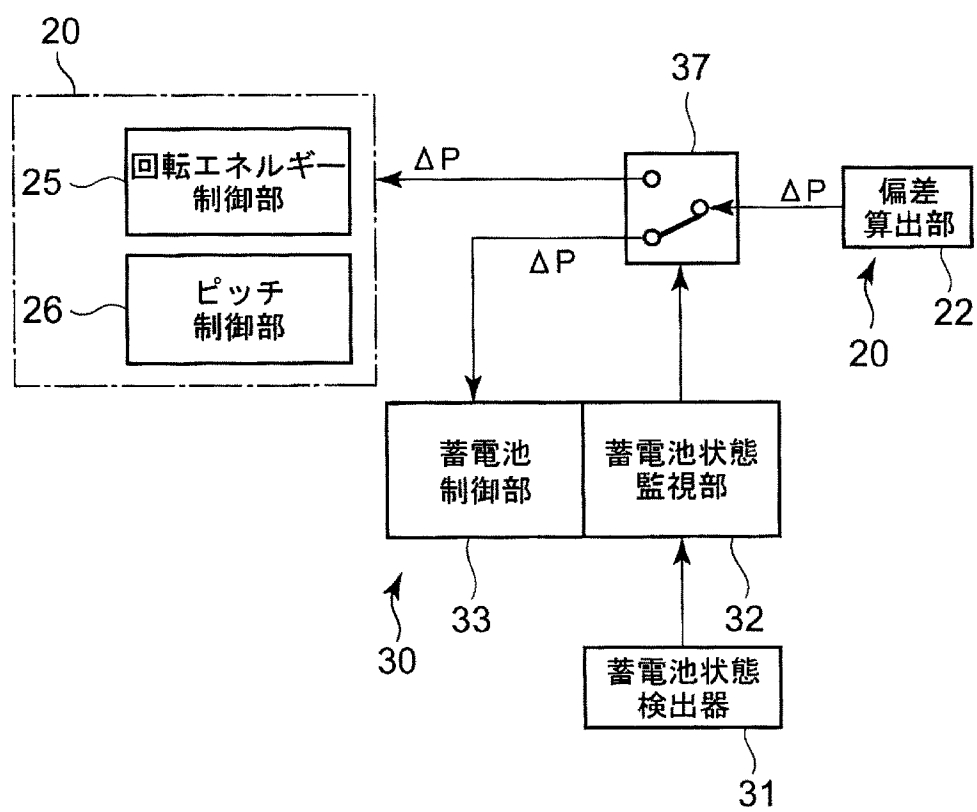
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

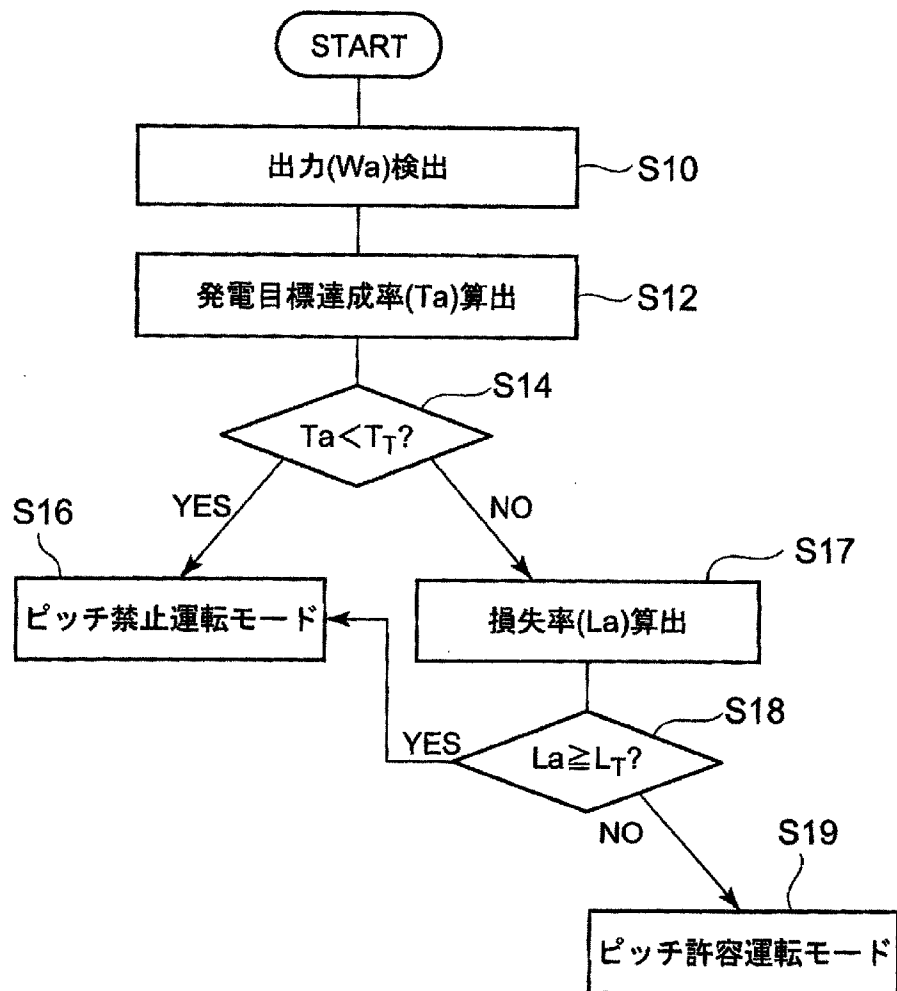
ケース 番号	発電目標達成率(T_a) $\left(\begin{array}{l} T_a \geq T_T \text{の場合を「良」,} \\ T_a < T_T \text{の場合を「不」} \\ \text{で示す} \end{array} \right)$	蓄電池の劣化度(B_a, B_b) $\left(\begin{array}{l} B_a < B_T \text{かつ} B_b < B_s \\ \text{の状態を「良」,} \\ \text{上記以外の場合を「不」} \\ \text{で示す} \end{array} \right)$	出力(W_a)	
			$W_a > W_T$ (W_T :ターゲット出力)	$W_a \leq W_T$
ケース1	良	良	蓄電池に充電	蓄電池から放電
ケース2		不	回転エネルギー への蓄積後、 ピッチ制御	回転エネルギー から回収後、 蓄電池から放電
ケース3	不	良	蓄電池に充電	蓄電池から放電
ケース4		不	回転エネルギー への蓄積後、 蓄電池に充電	回転エネルギー から回収後、 蓄電池から放電

T_a : 発電目標達成率, T_T : 第1閾値

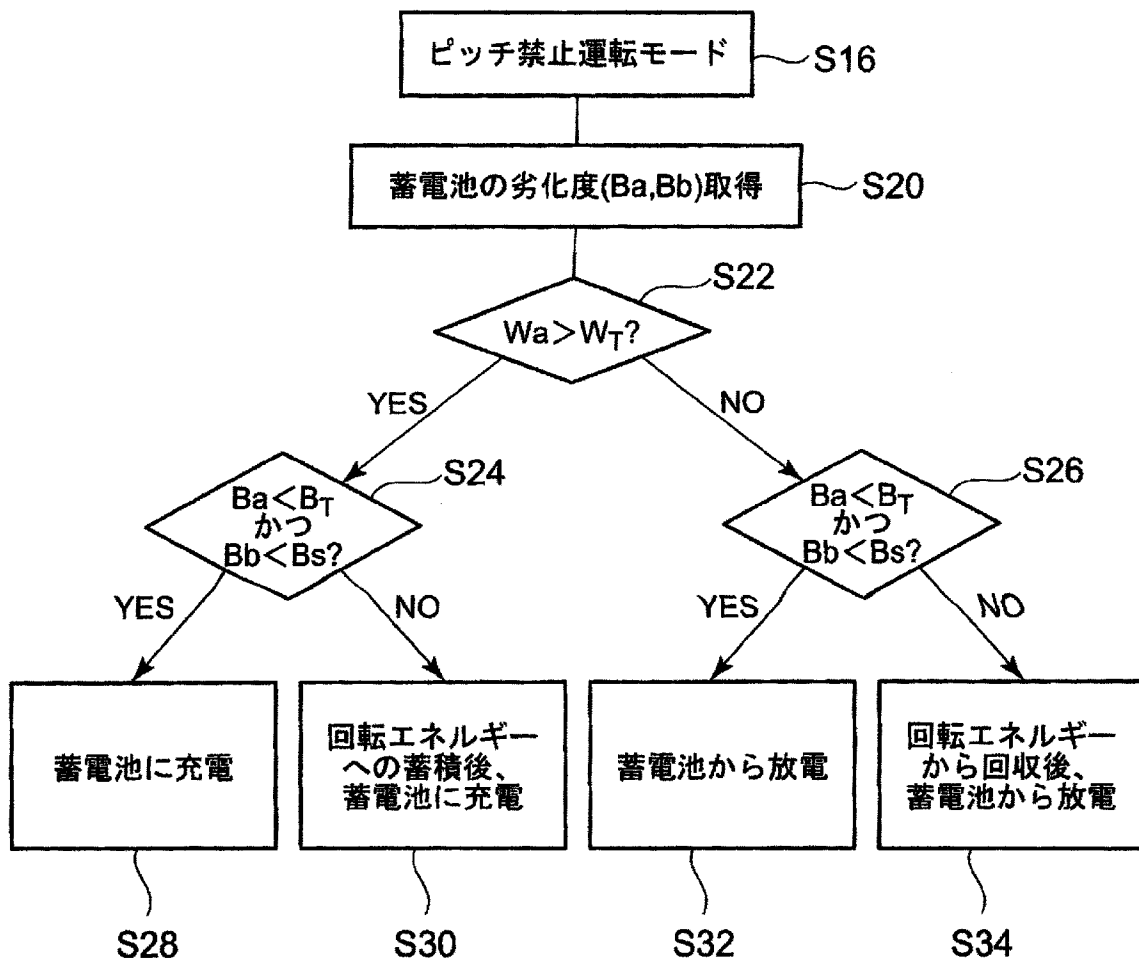
B_a : 充放電サイクル数, B_b : 充放電レート数, B_T, B_s : 第3閾値

W_a : 出力, W_T : ターゲット出力

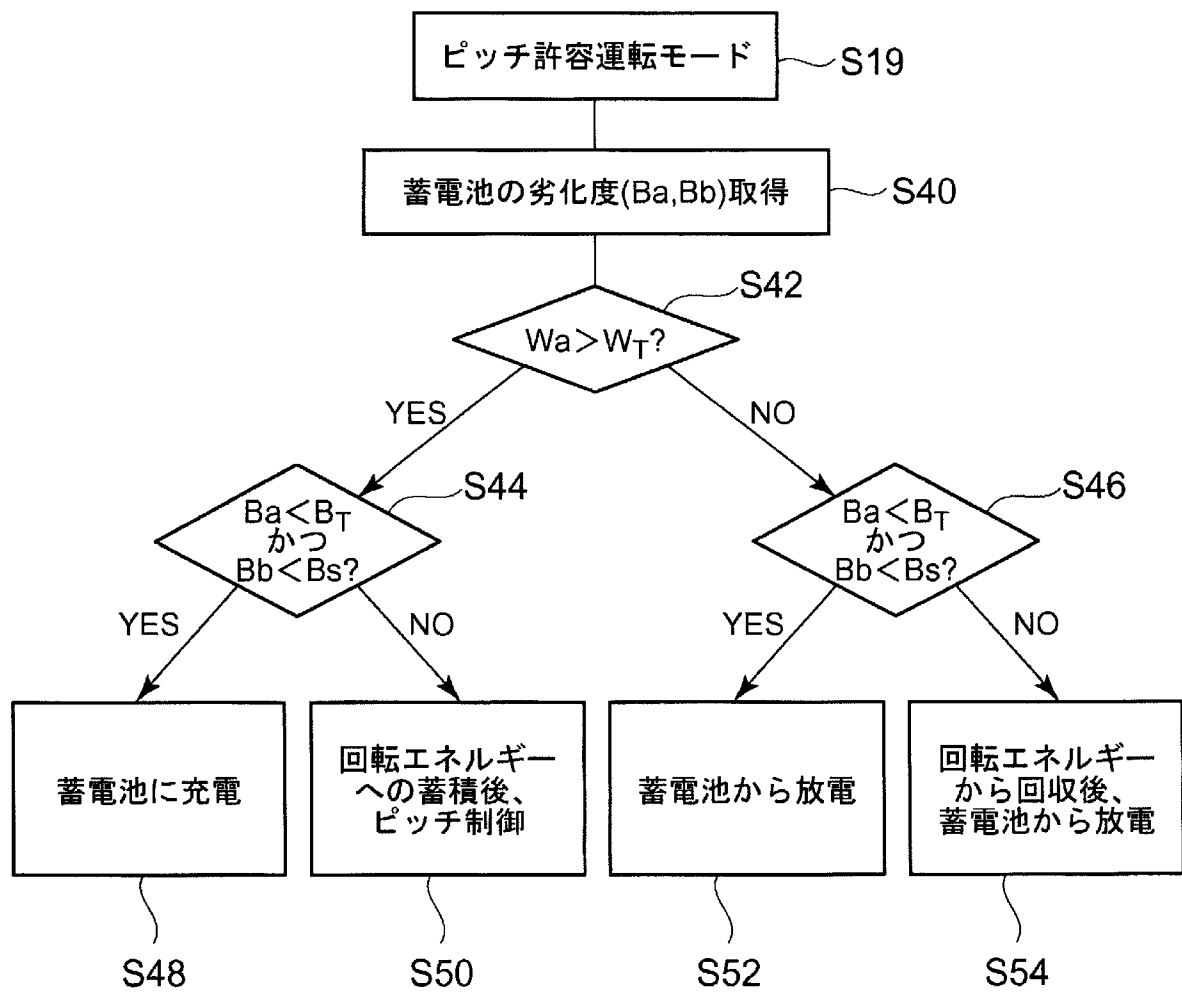
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/059231

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D7/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03D7/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-50945 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 23 February 1999 (23.02.1999), paragraph [0010]; fig. 1 (Family: none)	1-11
A	JP 2007-195315 A (Fukuoka Institute of Technology), 02 August 2007 (02.08.2007), paragraph [0030] (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 May, 2011 (16.05.11)

Date of mailing of the international search report
24 May, 2011 (24.05.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F03D7/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F03D7/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-50945 A（三菱重工業株式会社）1999.02.23, 段落 10, 図 1（ファミリーなし）	1 - 1 1
A	JP 2007-195315 A（学校法人福岡工業大学）2007.08.02, 段落 30（ファミリーなし）	1 - 1 1

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 6 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

田谷 宗隆

3 0

3 5 1 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8