

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年6月6日(06.06.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/080321 A1

- (51) 国際特許分類 : F03D 9/00 (2006.01) F04B 17/02 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP201 1/077624
- (22) 国際出願日 : 2011年11月30日(30.11.2011)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について) : 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
- () 発明者 ;および
- () 発明者/出願人 (米国につしてのみ) : 浜野 文夫 (HAMANO, Fumio) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人 : 特許業務法人 高橋松本 & パートナーズ (AKAHASHI, MATSUMOTO & PARTNERS INTELLECTUAL PROPERTY CORP.); 〒1060032 東京都港区六本木3丁目1番13号アンバサダー六本木1003号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

- (54) Title: REGENERATED ENERGY TYPE GENERATING APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING SAME
- (54) 発明の名称 : 再生エネルギー型発電装置およびその制御方法

[図2]

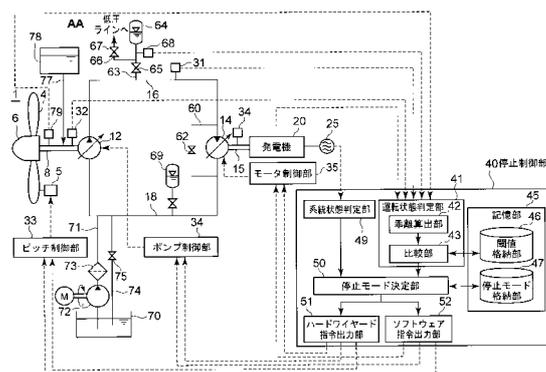


FIG. 2:
 20 Generator
 33 Pitch controller
 34 Pump controller
 35 Motor controller
 40 Stop controller
 41 Operational status assessment portion
 42 Discrepancy calculation portion
 43 Comparator
 45 Memory
 46 Threshold value storage
 47 Stop mode storage
 49 System status assessment portion
 50 Stop mode determining portion
 51 Hard-wired command output portion
 52 Software command output portion
 AA To low pressure line

(57) Abstract: The present invention is applied to a regenerated energy type generating apparatus (1) provided with: a rotating shaft (8); a hydraulic pump (12) driven by the rotating shaft (8); a hydraulic motor (14) driven by hydraulic oil pressurized by the hydraulic pump (12); a generator (20); and a pitch drive mechanism (5). During occurrence of an abnormal event, the discrepancy between a state value indicating the operational status of the regenerated energy type generating apparatus (1) and a status value associated with normal operation is calculated by a stop controller (40). In the event that this discrepancy is equal to or greater than a first threshold value, at least one of transitioning of the hydraulic pump (12) to the idle state, transitioning of the hydraulic motor (14) to the idle state, and transitioning of the pitch angle towards the feathered position by the pitch drive mechanism (5), is carried out by hard-wired circuits. In the event that the discrepancy is less than the first threshold value but equal to or greater than a second threshold value closer to the normal value than the first threshold value, transitioning of the hydraulic pump (12) to an idle state, transitioning of the hydraulic motor (14) to the idle state, and transitioning of the pitch angle towards the feathered position by the pitch drive mechanism (5), are all carried out through software control.

(57) 要約:

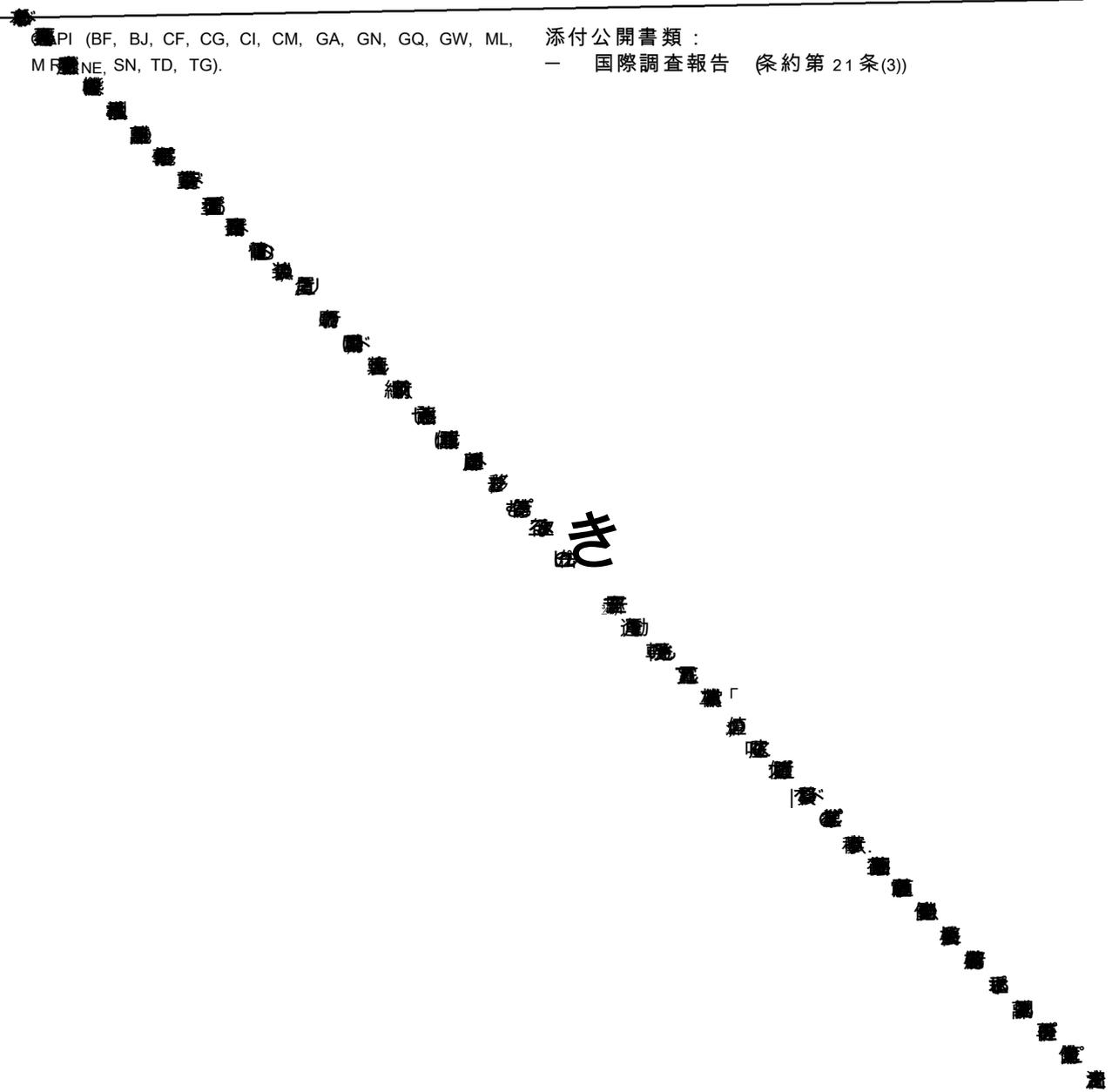
[続葉有]



2013/080321 A1

PI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MF, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))



ま

って制
14と
制御部
時の状態
の
ツ
ア
への移行
トウェア
即により行つ。

明 細 書

発明の名称 : 再生エネルギー型発電装置およびその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、油圧ポンプおよび油圧モータを組み合わせた油圧トランスミッションを介して、ロータの回転エネルギーを発電機に伝達する再生エネルギー型発電装置およびその制御方法に関する。なお、再生エネルギー型発電装置は、風、潮流、海流、河流等の再生可能なエネルギーを利用した発電装置であり、例えば、風力発電装置、潮流発電装置、海流発電装置、河流発電装置等を挙げることができる。

背景技術

[0002] 近年、地球環境の保全の観点から、風力を利用した風力発電装置や、潮流、海流又は河流を利用した発電装置を含む再生エネルギー型発電装置の普及が進んでいる。再生エネルギー型発電装置では、風、潮流、海流又は河流の運動エネルギーをロータの回転エネルギーに変換し、さらにロータの回転エネルギーを発電機によって電力に変換する。

[0003] このような再生エネルギー型発電装置においては、装置自体やその周辺機器に異常事象が発生した場合、機器の損傷や寿命低下、あるいは性能低下を防ぎ、さらに安全性を確保するために緊急停止させるようになっている。

[0004] 再生エネルギー型発電装置の停止方法として、例えば特許文献1には、機械式ブレーキを用いてロータを減速するようにした風力発電装置が記載されている。また、別の停止方法として、特許文献2には、ピッチ制御装置によりピッチ角をフエザー側に制御して回転翼を減速させる方法が記載されている。さらにこれらを組み合わせた方法として、特許文献3には、回転翼のピッチ角制御によるピッチブレーキに加えて、機械式ブレーキを併用する方法が記載されている。

[0005] ところで、近年、油圧ポンプおよび油圧モータを組み合わせた油圧トランスミッションを採用した再生エネルギー型発電装置が注目を集めている。

例えば、特許文献4には、ロータの回転により駆動される油圧ポンプと、発電機に接続された油圧モータとを組み合わせた油圧トランスミッションを備えた風力発電装置が記載されている。この風力発電装置では、油圧ポンプおよび油圧モータが作動油流路を介して互いに接続され、ロータの回転エネルギーが、油圧トランスミッションを介して発電機に伝わるようになっている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1 :米国特許出願公開第2007/0189900号明細書
- 特許文献2 :特開2010-156318号公報
- 特許文献3 :米国特許第6265785号明細書
- 特許文献4 :米国特許出願公開第2010/0040470号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 上記特許文献4等に記載される油圧トランスミッションにおいては、異常事象の発生時、ピッチブレーキ等によりロータの回転を停止させるとともに、油圧ポンプおよび油圧モータを停止させる必要がある。

しかしながら、緊急停止を要する異常事象が発生してから急激にピッチブレーキをかけたり、油圧モータおよび油圧モータを急激にアイドル状態へ移行させたりすると、機器へ過大な負荷がかかり、耐久性が低下してしまうという問題があった。

- [0008] 本発明は、上述の事情に鑑みてなされたものであり、異常事象の発生時に、運転状態に応じた停止制御を行うことができ、安全性を確保しながら停止制御による機器への負荷を軽減できる再生エネルギー型発電装置およびその制御方法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

- [0009] 本発明に係る再生エネルギー型発電装置は、再生エネルギーを利用して発

電を行う再生エネルギー型発電装置であって、前記再生エネルギーによって回転翼とともに回転する回転シャフトと、前記回転シャフトによって駆動されて作動油を昇圧する油圧ポンプと、前記油圧ポンプで昇圧された前記作動油によって駆動される油圧モータと、前記油圧モータに連結された発電機と、前記回転翼のピッチ角を調節するピッチ駆動機構と、前記再生エネルギー型発電装置の運転状態を示す状態値を取得する監視部と、異常事象の発生時に、前記再生エネルギー型発電装置を停止させる停止制御部とを備え、前記停止制御部は、通常運転時の前記状態値である正常値に対する前記監視部で取得された前記状態値の乖離が第1閾値以上の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の少なくとも一つをハードワイヤード回路により行うとともに、前記乖離が前記第1閾値よりも前記正常値に近い第2閾値以上前記第1閾値未満の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の全てをソフトウェア制御により行うことを特徴とする。

[001 0] 本発明によれば、監視部で再生エネルギー型発電装置の運転状態を示す状態値を取得し、停止制御部によって、この状態値と正常値との乖離の度合いによって異なる停止制御を行うようにしている。すなわち、状態値の乖離が第1閾値以上の場合、油圧ポンプのアイドル状態への移行、油圧モータのアイドル状態への移行およびピッチ駆動機構によるピッチ角のフエザー側への移行の少なくとも一つをハードワイヤード回路により行う。このように、異常事象の中でも特に過酷な運転状態である場合には、ハードワイヤード回路を用いて停止制御を行うことによって、確実に再生エネルギー型発電装置を停止することができる。

[001 1] 一方、乖離が第1閾値よりも正常値に近い第2閾値以上第1閾値未満の場合、油圧ポンプのアイドル状態への移行、油圧モータのアイドル状態への移行およびピッチ駆動機構によるピッチ角のフエザー側への移行の全てをソフ

トウェア制御により行う。このように、異常事象の中でも運転状態が通常運転時に近い場合には、ソフトウェア制御を用いて停止制御を行う。これにより、急激な停止動作を回避し、機器へ与えられる負荷を軽減できる。特に、油圧ポンプのアイドル状態への移行または油圧モータのアイドル状態への移行によって停止制御を行う場合、通常運転時と同様の制御によって行うことができるため、油圧ポンプまたは油圧モータの寿命低下を防ぐことができる。また、ソフトウェア制御を用いることで、通常運転時のシーケンスにのっとり制御を行うことができるので、異常事象の原因が取り除かれた後、迅速に再起動を行うことができ、稼働率の大幅な低下を回避できる。さらにまた、ハードワイヤード回路によって停止させるような深刻な状況になるまで放置するのではなく、その前にソフトウェア制御によって停止制御することで、機器に過大な負荷をかけずに再生エネルギー型発電装置を停止させることができる。

なお、ハードワイヤード回路とは、物理的な結線により命令を実行するように構成された回路である。

[001 2] ここで、前記状態値は、前記油圧ポンプの回転数、前記油圧モータの回転数および前記発電機の出力の少なくとも一つであってもよい。

[001 3] 上記再生エネルギー型発電装置において、前記停止制御部は、前記乖離が前記第1閾値以上の場合、前記乖離が前記第2閾値以上前記第1閾値未満の場合に比べて高速で前記ピッチ角をフエザー側に変更することが好ましい。

このように、乖離が第1閾値以上の場合、異常事象の中でも特に過酷な運転状態であるので、できるだけ迅速に停止させることが最も優先される。したがって、高速でピッチ角をフエザー側に変更してピッチブレーキをかけることで、停止までの時間を短縮することができる。

[0014] 上記再生エネルギー型発電装置において、前記油圧ポンプは、シリンダおよびピストンで囲まれて前記作動油で満たされる複数の作動室と、各作動室の前記ピストンを上死点と下死点との間で互いに位相差を持たせて上下動させるカムとを含み、前記停止制御部は、前記乖離が前記第1閾値以上の場合

、全作動室を同時に非作動状態に切り替えて前記油圧ポンプを即時停止させるとともに、前記乖離が前記第2閾値以上前記第1閾値未満の場合、各作動室の前記ピストンが前記上死点または前記下死点に位置するタイミングで前記作動室を非作動状態に順次切り替えて前記油圧ポンプを停止させることが好ましい。

[001 5] 上述したように、乖離が第1閾値以上の場合、迅速に停止させることが最も優先されるので、油圧ポンプの全作動室を同時に非作動状態に切り替えることで即時停止させ、安全性を確保する。ところがこのとき、ピストンは位相差をもって上下動しているので、ピストンが上死点と下死点以外に位置するにもかかわらず非作動状態に切り替えられる作動室が発生する。このようなタイミングで切り替えられると、油圧ポンプの構成部品に予期せぬ荷重がかかってしまうことがある。そこで、必ずしも緊急停止を要さない、乖離が第2閾値以上第1閾値未満の場合には、各作動室のピストンが上死点または下死点に位置するタイミングで作動室を非作動状態に順次切り替える。これにより、構成部品に予期せぬ荷重がかかることを回避し、延いては、油圧ポンプや油圧モータの寿命低下を防止できる。

[001 6] 上記再生エネルギー型発電装置において、前記停止制御部は、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの一方で前記異常事象が発生した場合、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの前記一方をアイドル状態に移行させ、これらの移行後も前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの他方を少なくとも所定時間だけ稼働状態に維持させることが好ましい。

[001 7] このように、油圧ポンプおよび油圧モータのうち異常事象が発生した一方は停止させる。異常事象が発生していない他方は必ずしも停止させる必要はないので、少なくとも所定時間だけ稼働状態に維持させる。例えば、油圧モータを所定時間だけ稼働状態に維持させる場合、油圧モータは発電機が電力系統と繋がっている限り、高圧油ラインの残留エネルギー分の仕事を行う。そして、時間の経過に伴い油圧は低下し、油圧モータはアイドル状態となり、発電機の実出力も低下する。つまり、油圧モータはアイドル状態になるまで

の間、発電機を駆動し続けることとなり、発電効率が向上する。一方、油圧ポンプを所定時間だけ稼働状態に維持させるようにしたので、その間油圧ポンプによる制御力（トルク）をロータに付与して、ピッチブレーキを補助することができる。

[001 8] 上記再生エネルギー型発電装置において、前記状態値が前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの一方の回転数であり、該状態値が前記第2 閾値未満であっても、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの前記一方で前記異常事象が発生した場合、前記ピッチ駆動機構により前記ピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの前記一方をアイドル状態に移行させることが好ましい。

[001 9] このように、状態値が第2 閾値未満であっても、異常事象が発生したら停止制御を行う。すなわち、第1 閾値以上のハードワイヤード回路による停止制御と、第2 閾値以上第1 閾値未満のソフトウェア制御による停止制御に加えて、状態値が第2 閾値に満たなくても異常事象に応じて停止制御を行うようにし、3 段階の停止制御を行う構成としている。これにより、停止制御の信頼性を向上させることができる。

[0020] 上記再生エネルギー型発電装置において、前記状態値が前記油圧モータの回転数であり、該状態値が前記第2 閾値未満であっても、前記発電機を連系した電力系統が停電した場合、前記停止制御部は、前記油圧モータをアイドル状態に移行させるとともに前記発電機を前記電力系統から解列させることが好ましい。

[0021] このように、状態値が第2 閾値未満であっても、発電機を連系した電力系統が停電した場合は異常事象と認識し、停止制御部によって、発電機に連結される油圧モータをアイドル状態に移行させるとともに発電機を電力系統から解列させる。これにより、発電機の過回転を防止可能となる。

[0022] ここで、上記したように電力系統が停電した場合、前記停止制御部は、前記油圧モータをアイドル状態に移行させるとともに前記ピッチ駆動装置を駆動して前記ピッチ角をフエザー側に移行させ、これらの移行後も前記油圧ポ

ンプを稼働状態に維持させるようにしてもよい。

[0023] このように、電力系統が停電した場合に、油圧モータをアイドル状態に移行させて油圧モータと発電機とを保護するとともに、ピッチ駆動装置によりピッチブレーキを作動してロータの回転を停止する制御を行うことで、安全性を確保することができる。このとき、これらの移行後も油圧ポンプを稼働状態に維持させるようにしたので、その間油圧ポンプによる制御力（トルク）をロータに付与して、ピッチブレーキを補助することができる。

[0024] 上記再生エネルギー型発電装置は、前記油圧ポンプの吐出口および前記油圧モータの吸入口を接続する高圧油ラインをさらに備え、前記停止制御部は、前記高圧油ラインの圧力が設定下限値より低い状態で所定時間継続した場合、前記ピッチ駆動装置を駆動して前記ピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータをアイドル状態に移行させることが好ましい。

[0025] 高圧油ラインの圧力が設定下限値より低い状態で所定時間継続した場合、油圧トランスミッションの配管が破損して作動油の漏れが発生していると考えられる。作動油は、その一部が油圧ポンプや油圧モータの軸受部へ供給されて潤滑油の役割を果たすこともあり、作動油の漏れが顕著になると軸受部への油供給が絶たれる懸念がある。そこで、軸受の保護を図るために再生エネルギー型発電装置の停止制御を行って、ピッチ角をフエザー側に移行させ、最終的に油圧ポンプと油圧モータもアイドル状態にして、再生エネルギー型発電装置を停止する。

[0026] 上記再生エネルギー型発電装置において、前記状態値が前記油圧モータの回転数であり、前記第1閾値は、定格負荷運転中の前記発電機が電力系統から解列した時に異常が発生した場合に予想される前記発電機の最大回転数に対応する前記油圧モータの回転数よりも低い値に設定されていることが好ましい。

このように第1閾値を設定することで、発電機が電力系統から解列した場合であっても、発電機が最大回転数に到達する前に停止することができ、発

電機の損傷を防止できる。

- [0027] 上記再生エネルギー型発電装置は、前記油圧ポンプの吐出口および前記油圧モータの吸入口を接続する高圧油ラインと、前記油圧ポンプの吸入口および前記油圧モータの吐出口を接続する低圧油ラインと、前記高圧油ラインに接続される高圧アキュムレータと、前記低圧油ラインに接続される低圧アキュムレータと、前記高圧アキュムレータから前記低圧アキュムレータに連通するバイパスラインとをさらに備え、前記停止制御部は、前記高圧アキュムレータの圧力が設定値より高くなった場合、前記バイパスラインを介して、前記高圧アキュムレータから前記低圧アキュムレータへ前記作動油を放出させることが好ましい。
- [0028] 高圧アキュムレータの圧力が設定値より高くなった場合、高圧アキュムレータで規定される最大許容圧力を超えてしまうおそれがある。そこで、このような場合に、高圧アキュムレータから低圧アキュムレータに連通するバイパスラインを介して低圧アキュムレータへ高圧の作動油を放出することによって、高圧アキュムレータの圧力を低下させて異常事象を解消することができる。
- [0029] 上記再生エネルギー型発電装置は、前記回転シャフトおよび前記油圧モータと前記発電機とを連結する出力軸の少なくとも一方の軸受に潤滑油を供給する密閉されたヘッドタンクをさらに備え、前記停止制御部は、前記ヘッドタンクの潤滑油圧力および潤滑油量の一方が設定値より低下した場合、前記ピッチ駆動装置を駆動して前記ピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータをアイドル状態に移行させることが好ましい。
- [0030] ヘッドタンクやその配管から潤滑油が漏出すると、回転シャフトや出力軸の軸受に十分な潤滑油が供給されず、軸受が損傷してしまう可能性がある。そこで、ヘッドタンクの潤滑油圧力および潤滑油量の一方が設定値より低下した場合に、ピッチ駆動装置を駆動してピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、油圧ポンプおよび油圧モータをアイドル状態に移行させて停止制

御を行う。これにより、軸受が損傷してしまう前に再生エネルギー型発電装置を停止させることができる。

[0031] さらにまた、再生エネルギー型発電装置は、前記再生エネルギーの一形態である風から電力を生成する風力発電装置であってもよい。

[0032] 本発明に係る再生エネルギー型発電装置の制御方法において、再生エネルギーによって回転翼とともに回転する回転シャフトと、前記回転シャフトによって駆動されて作動油を昇圧する油圧ポンプと、前記油圧ポンプで昇圧された前記作動油によって駆動される油圧モータと、前記油圧モータに連結された発電機と、前記回転翼のピッチ角を調節するピッチ駆動機構とを備えた再生エネルギー型発電装置の制御方法であって、前記再生エネルギー型発電装置の運転状態を示す状態値を取得する取得ステップと、異常事象の発生時に、前記再生エネルギー型発電装置を停止させる停止ステップとを備え、前記停止ステップでは、通常運転時の前記状態値である正常値に対する前記取得ステップで取得された前記状態値の乖離が第1閾値以上の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の少なくとも一つをハードワイヤード回路により行い、前記乖離が前記第1閾値よりも前記正常値に近い第2閾値以上前記第1閾値未満の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の全てをソフトウェア制御により行うことを特徴とする。

[0033] 本発明によれば、再生エネルギー型発電装置の運転状態を示す状態値を取得し、この状態値と正常値との乖離の度合いによって異なる停止制御を行うようにしている。すなわち、状態値の乖離が第1閾値以上であって、異常事象の中でも特に過酷な運転状態である場合には、ハードワイヤード回路を用いて停止制御を行う。これにより、確実に再生エネルギー型発電装置を停止することができる。

[0034] 一方、乖離が前記第1閾値よりも正常値に近い第2閾値以上第1閾値未満

の場合であって、異常事象の中でも運転状態が通常運転時に近い場合には、ソフトウェア制御を用いて停止制御を行う。これにより、急激な停止動作を回避し、機器へ与えられる負荷を軽減できる。特に、油圧ポンプのアイドル状態への移行または油圧モータのアイドル状態への移行によつて停止制御を行う場合、通常運転時と同様の制御によつて行うことができるため、油圧ポンプまたは油圧モータの寿命低下を防ぐことができる。また、ソフトウェア制御を用いることで、通常運転時のシーケンスにのつとつて制御を行うことができるので、異常事象の原因が取り除かれた後、迅速に再起動を行うことができ、稼働率の大幅な低下を回避できる。

発明の効果

[0035] 本発明では、再生エネルギー型発電装置の運転状態を示す状態値を取得し、この状態値と正常値との乖離の度合いによつて異なる停止制御を行うようにしている。すなわち、状態値の乖離が第1閾値以上であつて、異常事象の中でも特に過酷な運転状態である場合には、ハードワイヤード回路を用いて停止制御を行う。これにより、確実に再生エネルギー型発電装置を停止することができる。

[0036] 一方、乖離が前記第1閾値よりも正常値に近い第2閾値以上第1閾値未満の場合であつて、異常事象の中でも運転状態が通常運転時に近い場合には、ソフトウェア制御を用いて停止制御を行う。これにより、急激な停止動作を回避し、機器へ与えられる負荷を軽減できる。さらにまた、ハードワイヤード回路によつて停止させるような深刻な状況になるまで放置するのではなく、その前にソフトウェア制御によつて停止制御することで、機器に過大な負荷をかけずに再生エネルギー型発電装置を停止させることができる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1] 風力発電装置の全体構成の一例を示す図である。

[図2] 風力発電装置の油圧トランスミッションと停止制御部の構成を示す図である。

[図3] 油圧ポンプの具体的な構成例を示す図である。

[図4] 油圧モータの具体的な構成例を示す図である。

[図5] 油圧ポンプの回転数を状態値とした場合の停止制御を示す図である。

[図6] 油圧モータの回転数を状態値とした場合の停止制御を示す図である。

[図7] 発電機の出力を状態値とした場合の停止制御を示す図である。

[図8] 風力発電装置の停止制御の一例を示すフローチャートである。

[図9] 停止制御時における油圧ポンプの各弁の開閉タイミングを示す図である。

。

[図10] 第3の停止モードの適用異常事象とその停止制御を示す図である。

発明を実施するための形態

[0038] 以下、添付図面に従って本発明の実施形態について説明する。ただし、この実施形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、特定の記載がない限り本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

[0039] 図1は風力発電装置の全体構成の一例を示す図である。図2は風力発電装置の油圧トランスミッションと停止制御部の構成を示す図である。図3は油圧ポンプの具体的な構成例を示す図である。図4は油圧モータの具体的な構成例を示す図である。

[0040] 図1に示すように、風力発電装置1は、主として、風を受けて回転するロータ2と、ロータ2の回転を増速する油圧トランスミッション10と、電力系統25に連系された発電機20と、停止制御部40（図2参照）を含む各制御部と、回転数計32、34を含む各種計測器とを備える。

油圧トランスミッション10および発電機20は、ナセル22又はこれを支持するタワー24の内部に収納されていてもよい。なお、図1には、タワー24が地上に立設された陸上風力発電装置を示したが、風力発電装置1は洋上を含む任意の場所に設置されていてもよい。

[0041] ロータ2は、回転翼4が取り付けられたハブ6に回転シャフト8が連結された構成を有する。すなわち、3枚の回転翼4がハブ6を中心として放射状に延びており、それぞれの回転翼4が、回転シャフト8と連結されたハブ6

に取り付けられている。回転翼 4 には、回転翼 4 のピッチ角を調節するためのアクチュエータ（ピッチ駆動機構）5（図 2 参照）が取り付けられている。アクチュエータ 5 は、ピッチ制御部 33 からの制御信号によって制御される。これにより、回転翼 4 が受けた風の力によってロータ 2 全体が回転し、回転シャフト 8 を介して油圧 トランスミッション 10 に回転が入力される。

[0042] 油圧 トランスミッション 10 は、図 2 に示すように、回転シャフト 8 によって駆動される可変容量型の油圧ポンプ 12 と、発電機 20 に接続される出力軸 15 を有する可変容量型の油圧モータ 14 と、油圧ポンプ 12 と油圧モータ 14 との間に設けられた高圧油ライン 16 および低圧油ライン 18 を有する。

[0043] 油圧ポンプ 12 の吐出側は、高圧油ライン 16 によって油圧モータ 14 の吸込側に接続されており、油圧ポンプ 12 の吸込側は、低圧油ライン 18 によって油圧モータ 14 の吐出側に接続されている。油圧ポンプ 12 から吐出された作動油（高圧油）は、高圧油ライン 16 を介して油圧モータ 14 に流入し、油圧モータ 14 を駆動する。油圧モータ 14 で仕事を行った作動油（低圧油）は、低圧油ライン 18 を介して油圧ポンプ 12 に流入して、油圧ポンプ 12 で昇圧された後、再び高圧油ライン 16 を介して油圧モータ 14 に流入する。

[0044] 図 3 および図 4 を用いて、油圧ポンプ 12 および油圧モータ 14 の具体的な構成例について説明する。

油圧ポンプ 12 は、図 3 に示すように、シリンダ 80 およびピストン 82 により形成される複数の作動室（ワーキングチャンバ）83 と、ピストン 82 に係合するカム曲面を有するリングカム 84 と、各作動室 83 に対して設けられる高圧弁 86 および低圧弁 88 とにより構成されてもよい。高圧弁 86 は、各作動室 83 と高圧油ライン 16 との間の高圧連通路 87 に設けられ、低圧弁 88 は、各作動室 83 と低圧油ライン 18 との間の高圧連通路 89 に設けられている。ここで、高圧弁 86 には、油圧室 83 から高圧油流路 16 に向かう作動油の流れのみを許容する逆止弁を用い、低圧弁 88 には電磁

弁を用いることができる。

[0045] 油圧ポンプ 12 の運転時において、回転シャフト 8 とともにリングカム 8 4 が回転すると、カム曲線に合わせてピストン 8 2 が周期的に上下動し、ピストン 8 2 が下死点から上死点に向かうポンプ工程と、ピストン 8 2 が上死点から下死点に向かう吸入工程とが繰り返される。そのため、ピストン 8 2 とシリンダ 8 0 の内壁面によって形成される作動室 8 3 の容積は周期的に変化する。

油圧ポンプ 12 では、高圧弁 8 6 および低圧弁 8 8 の開閉制御によって、各作動室 8 3 をアクティブ状態又はアイドル状態に切替えることができる。作動室 8 3 がアクティブ状態である場合、吸入工程において高圧弁 8 6 を閉じ低圧弁 8 8 を開くことで低圧油ライン 1 8 から作動室 8 3 内に作動油を流入させるとともに、ポンプ工程において高圧弁 8 6 を開き低圧弁 8 8 を閉じることで作動室 8 3 から高圧油ライン 1 6 に圧縮された作動油を送り出す。一方、作動室 8 3 がアイドル状態である場合、吸入工程およびポンプ工程の両方において、高圧弁 8 6 が閉じて低圧弁 8 8 が開いた状態を維持して、作動室 8 3 と低圧油ライン 1 8 との間で作動油を往復させる（すなわち、高圧油ライン 1 6 には作動油を送り出さない）。ポンプ制御部 3 4 は、高圧弁 8 6 および低圧弁 8 8 を開閉することによって油圧ポンプ 12 を停止制御する。

[0046] 油圧モータ 1 4 は、図 4 に示すように、シリンダ 9 0 およびピストン 9 2 により形成される複数の作動室 9 3 と、ピストン 9 2 に係合するカム曲面を有する偏心カム 9 4 と、各作動室 9 3 に対して設けられた高圧弁 9 6 および低圧弁 9 8 とにより構成されてもよい。高圧弁 9 6 は、各作動室 9 3 と高圧油ライン 1 6 との間の高圧連通路 9 7 に設けられ、低圧弁 9 8 は、各作動室 9 3 と低圧油ライン 1 8 との間で低圧連通路 9 9 に設けられている。ここで、高圧弁 9 6 および低圧弁 9 8 には、電磁弁を用いることができる。

[0047] 油圧モータ 1 4 の運転時において、油圧ポンプ 12 が作った高圧油ライン 1 6 と低圧油ライン 1 8 との差圧によって、ピストン 9 2 が周期的に上下動

し、ピストン92が上死点から下死点に向かうモータ工程と、ピストン92が下死点から上死点に向かう排出工程とが繰り返される。油圧モータ14の運転中、ピストン82とシリンダ80の内壁面によって形成される作動室83の容積は周期的に変化する。

油圧モータ14は、高圧弁96および低圧弁98の開閉制御によって、各作動室83をアクティブ状態又はアイドル状態に切替えることができる。作動室93がアクティブ状態である場合、モータ工程において高圧弁96を開き低圧弁98を閉じることで高圧油ライン16から作動室93内に作動油を流入させるとともに、排出工程において高圧弁96を閉じ低圧弁98を開くことで作動室93内で仕事をした作動油を低圧油ライン18に送り出す。一方、作動室93がアイドル状態である場合、モータ工程およびポンプ工程の両方において、高圧弁96が閉じて低圧弁98が開いた状態を維持して、作動室93と低圧油ライン18との間で作動油を往復させる（すなわち、高圧油ライン16からの高圧油を作動室93に受け入れない）。また、モータ制御部35は、高圧弁96および低圧弁98を開閉することによって油圧モータ14を停止制御することもある。

[0048] 図2に戻り、高圧油ライン16には分岐ライン63が接続され、この分岐ライン63に高圧アキュムレータ64が接続されている。高圧油ライン16と高圧アキュムレータ64の間には電磁弁65を設けてもよい。なお、アキュムレータ64の圧力は、圧力計68によって取得される。

同様に、低圧油ライン18にも、分岐ラインを介して低圧アキュムレータ69が接続されている。低圧油ライン18と低圧アキュムレータ69の間には電磁弁を設けてもよい。これらの低圧アキュムレータ64、69は、蓄圧あるいは脈動防止などを目的として設置される。

[0049] 高圧アキュムレータ64と低圧アキュムレータ69の間には、これらのアキュムレータ64、69を連通するバイパスライン66が設けられている。このバイパスライン66にはバイパス弁67が設けらる。そして、バイパス弁67を開くことで、高圧アキュムレータ64に蓄えられた高圧油の少な

くとも一部を低圧アキュムレータ69へ供給することができる。

高圧油ライン16と低圧油ライン18の間には、油圧モータ14をバイパスするバイパスライン60が設けられている。そして、バイパスライン60には、高圧油ライン16の作動油の圧力を設定圧力以下に保持するリリーフ弁62が設けられている。

[0050] また、油圧トランスミッション10には、オイルタンク70、補充ライン71、プーストポンプ72、オイルフィルタ73、返送ライン74、低圧リリーフ弁75が設けられている。

オイルタンク70は、補充用の作動油が貯留されている。補充ライン71は、オイルタンク70を低圧油ライン18に接続している。プーストポンプ72は、補充ライン71に設けられ、オイルタンク70から低圧油ライン18に作動油を補充するようになっている。

返送ライン74は、オイルタンク70と低圧油ライン18との間に配置されている。低圧リリーフ弁75は、返送ライン74に設けられており、低圧油ライン18内の圧力を設定圧力と同じ又はそれ以下に保持するようになっている。

[0051] さらにまた、潤滑油が貯留されるヘッドタンク78と、ヘッドタンク78の潤滑油を回転シャフト8や出力軸15の軸受に供給する軸受潤滑油ライン77とが設けられている。軸受潤滑油ライン77には、潤滑油を軸受に圧送するポンプ(不図示)が設けられている(図2では回転シャフト8の場合のみを示している)。そして、この軸受潤滑油ライン77を介して、ヘッドタンク78から回転シャフト8や出力軸15の軸受に潤滑油が供給されるようになっている。なお、ヘッドタンク78の潤滑油は、上記した軸受の他にも、風力発電装置1の構成部材の他の摺動部へ供給されてもよい。また、ヘッドタンク78は所定圧力を維持した状態で密閉されていてもよい。軸受潤滑油ライン77の軸受上流には潤滑油軸受供給圧力を計測する圧力センサ79(図2では軸位置に簡易的に表示)が設けられており、この圧力センサ79によって潤滑油の圧力が検出される。なお、圧力センサ79の替わりに、液

面レベルセンサ等のように潤滑油量を直接計測する計測器を設けてもよい。なお、軸受にはグリース封入の場合もあり、その場合は上記した構成を有していない。

[0052] 各種計測器として、風力発電装置 1 には、回転数計 3 2 および 3 4 と、圧力センサ 3 1、6 8、7 9 とが設けられている。回転数計 3 2 は回転シャフト 8 の回転速度を計測する。回転数計 3 4 は油圧モータ 1 4 の出力軸 1 5 の回転速度を計測する。圧力計 3 1 は、高圧油ライン 1 6 の作動油（高圧油）の圧力を計測する。圧力センサ 6 8 は高圧アキュムレータ 6 4 の作動油の圧力を計測する。圧力センサ 7 9 は潤滑油の圧力を計測する。

[0053] ここで、上記構成の風力発電装置 1 における停止制御について、詳細に説明する。

一般に、風力発電装置においては、通常運転時の状態とは異なる異常事象が発生した場合に、機器の損傷や寿命低下、あるいは性能低下等を引き起こしたり、場合によっては安全性の確保が困難となる可能性もあるので、異常事象の内容やその深刻度によっては風力発電装置 1 を停止させる必要がある。

そこで、本実施形態の風力発電装置 1 では、以下に説明する停止制御部 4 0 によって、異常事象の発生時に適切に風力発電装置 1 を停止させるようにしている。

[0054] この停止制御部 4 0 は、風力発電装置 1 の運転状態を示す状態値から異常事象を検知し、異常事象に対応した停止制御を行う。なお、ここでいう異常事象とは、主に風力発電装置 1 を構成する部位に生じる事象を指すが、例えば停電等のように、風力発電装置 1 の周辺装置の事象を含んでもよい。

停止制御部 4 0 は、運転状態判定部 4 1 と、記憶部 4 5 と、停止モード決定部 5 0 と、ハードワイヤード指令出力部 5 1 と、ソフトウェア指令出力部 5 2 と、系統状態判定部 4 9 とを備える。

[0055] 記憶部 4 5 は、閾値格納部 4 6 と停止モード格納部 4 7 とを有しており、停止制御部 4 0 で用いられる各種の設定値や閾値などが格納されている。

閾値格納部 4 6 は、状態値に対応した第 1 閾値と第 2 閾値とが格納されている。第 1 閾値は、通常運転時の状態値である正常値より大きく、通常運転で許容される状態値を超えて緊急停止が必要とされる境界となる値である。第 2 閾値は、正常値よりも大きく且つ第 1 閾値よりも小さい値であり、つまり第 1 閾値より正常値に近い値である。第 2 閾値と第 1 閾値との間では、必ずしも緊急停止する必要はなく、運転を続行できる状態ではあるが、この状態が継続することにより運転に影響が生じる可能性がある。これらの閾値は、例えば図 5 ～図 7 に示すように、状態値に対応してそれぞれ設定されて、閾値格納部 4 6 に格納されている。なお、状態値とは、例えば、油圧ポンプ 1 2 の回転数、油圧モータ 1 4 の回転数、発電機 2 0 の出力等である。

[0056] 停止モード格納部 4 7 には、状態値の種類ごとに複数の停止モードが格納されている。各停止モードは、制御対象とその停止制御の内容とが紐付けられて設定されている。また、一つの種類の状態値に対して、正常値と状態値との乖離の大きさに対応して、少なくとも第 1 の停止モードおよび第 2 の停止モードからなる 2 段階の停止モードが設定されている。

第 1 の停止モードは、状態値と正常値との乖離が第 1 閾値以上の場合に適用されるもので、油圧ポンプ 1 2 のアイドル状態への移行、油圧モータ 1 4 のアイドル状態への移行およびピッチ駆動機構 5 によるピッチ角のフエザー側への移行の少なくとも一つをハードワイヤード回路により行う。

第 2 の停止モードは、状態値と正常値との乖離が第 2 閾値以上第 1 閾値未満の場合に適用されるもので、油圧ポンプ 1 2 のアイドル状態への移行、油圧モータ 1 4 のアイドル状態への移行およびピッチ角のフエザー側への移行の全てをソフトウェア制御により行う。

[0057] 運転状態判定部 4 1 は、各種計測器から入力される状態値に基づいて、風力発電装置 1 の運転状態が、停止制御を行う必要のある異常事象か否かを判定する。ここで、運転状態判定部 4 1 は、乖離算出部 4 2 と比較部 4 3 とからなる。

乖離算出部 4 2 は、各種計測器から入力される状態値と、正常値との乖離

を算出する。

比較部 43 は、乖離算出部 42 で算出される乖離と、閾値格納部 46 に格納される第 1 閾値および第 2 閾値とをそれぞれ比較する。

停止モード決定部 50 は、比較部 43 の比較結果に基づいて停止モードを決定し、これに対応した停止モードを停止モード格納部 47 から抽出する。

[0058] ハードワイヤード指令出力部 51 は、停止モード決定部 50 で決定された停止モードの制御内容のうち、ハードワイヤード回路による制御に関する指令を該当の制御対象に出力する。なお、ハードワイヤード回路とは、リレーやスイッチ等のハードウェアを電線で接続して、物理的な結線により命令を実行するように構成された回路である。

ソフトウェア指令出力部 52 は、停止モード決定部 50 で決定された停止モードの制御内容のうち、ソフトウェア制御による制御に関する指令を該当の制御対象に出力する。なお、ソフトウェア制御とは、演算処理装置でプログラム処理を実行することによって命令を実行させるものである。

[0059] 系統状態判定部 49 は、電力系統 25 の系統状態を取得して、系統状態が異常事象か否かを判定する。例えば、系統状態判定部 49 により電力系統 50 の電圧が低下したときに異常事象である停電が発生したと判定してもよい。なお、系統状態判定部 49 は、電力系統 25 の電圧を計測する電圧センサを用いることが好ましいが、電圧センサに替えて、力率計又は無効電力計を用いて間接的に電力系統 50 の状態を判定してもよい。

そして、運転状態判定部 41 と同様に、この系統状態判定部 49 による判定結果に基づいて、停止モード決定部 50 で停止モードを決定し、ハードワイヤード指令出力部 51 またはソフトウェア指令出力部 52 から各指令を出力する。

[0060] 各制御対象における停止制御の具体例を図 5～図 7 に示す。なお、以下の例では、停止制御の制御対象を、回転翼 4 のピッチ、油圧ポンプ 12 および油圧モータ 14 としている。ただし、これら以外の制御対象の制御内容を含んでいてもよい。

[0061] 図5は油圧ポンプの回転数を状態値とした場合の停止制御を示す図である。同図に示すように、油圧ポンプ12の回転数を状態値とした場合、正常値には油圧ポンプ12の定格回転数を適用してもよい。さらに、第1閾値は正常値より大きい値とし、第2閾値は、正常値より大きく且つ第1閾値より小さい値とする。

このとき、油圧ポンプ12の回転数が第1閾値以上である場合には、第1の停止モードA1が適用される。第1の停止モードA1では、各制御対象に対する制御内容が、回転翼4のピッチに対してはハードワイヤード回路によるフエザー側への移行であり、油圧ポンプ12に対してはハードワイヤード回路による即時アイドル状態への移行であり、油圧モータ14に対してはハードワイヤード回路による即時アイドル状態への移行である。

一方、油圧ポンプ12の回転数が第2閾値以上第1閾値未満である場合には、第2の停止モードB1が適用される。第2の停止モードB1では、各制御対象に対する制御内容が、回転翼4のピッチに対してはソフトウェア制御によるフエザー側への移行であり、油圧ポンプ12に対してはソフトウェア制御による停止指令であり、油圧モータ14に対してはソフトウェア制御による停止指令である。

[0062] 図6は油圧モータの回転数を状態値とした場合の停止制御を示す図である。この閾値設定および停止制御は、図5に示した油圧ポンプ12の場合と略同一であるので、詳細な説明は省略するが、やはり第1の停止モードA2においては主にハードワイヤード回路により停止制御を行い、第2の停止モードB2においては主にソフトウェア制御により停止制御を行うようになっている。

なお、図5および図6では、第1の停止モードにおいて、第1閾値以上で油圧ポンプ12および油圧モータ14の両方をハードワイヤード回路により即時停止する設定としたが、油圧ポンプ12および油圧モータ14のうち異常事象が発生していない方は、ソフトウェア制御により停止制御してもよいし、所定時間だけ通常運転を続行した後に停止制御してもよい。

また、油圧モータの回転数を状態値とする場合、第1閾値は、定格負荷運転中の発電機20が電力系統25から解列した時に異常が発生した場合に予想される発電機20の最大回転数に対応する油圧モータ14の回転数よりも低い値に設定されていることが好ましい。これにより、発電機20が電力系統25から解列した場合であっても、発電機20が最大回転数に到達する前に停止することができ、発電機20の損傷を防止できる。

[0063] 図7は発電機の出力を状態値とした場合の停止制御を示す図である。同図に示すように、発電機20の出力を状態値とした場合、正常値には発電機20の定格出力を適用してもよい。さらに、第1閾値は正常値より大きい値とし、第2閾値は、正常値より大きく且つ第1閾値より小さい値とする。

このとき、発電機20の出力が第1閾値以上である場合には、第1の停止モードA3が適用される。第1の停止モードA3では、各制御対象に対する制御内容が、回転翼4のピッチに対してはハードワイヤード回路によるフェザー側への移行であり、油圧ポンプ12に対してはハードワイヤード回路による即時アイドル状態への移行であり、油圧モータ14に対してはハードワイヤード回路による即時アイドル状態への移行である。

一方、発電機20の出力が第2閾値以上第1閾値未満である場合には、第2の停止モードB3が適用される。第2の停止モードB3では、各制御対象に対する制御内容が、回転翼4のピッチに対してはソフトウェア制御によるフェザー側への移行であり、油圧ポンプ12に対してはソフトウェア制御による停止指令であり、油圧モータ14に対してはソフトウェア制御による停止指令である。

[0064] 次に、図8に示すフローチャートを参照して、風力発電装置1の停止制御の一例を説明する。ここでは、風力発電装置1の運転状態を示す状態値として、油圧ポンプ12の回転数を用いている。

[0065] 最初に、ステップS1において、運転状態判定部41は、油圧ポンプ12の回転数を取得する。油圧ポンプ12の回転数は、回転数計32で計測される回転シャフト8の計測値であってもよい。ステップS2で、運転状態判定

部41の乖離算出部42は、ステップS1で取得した油圧ポンプ12の回転数と、通常運転時の回転数である正常値との乖離を算出する。

次いで、ステップS3において、比較部43で上記乖離と第1閾値とを比較し、乖離が第1閾値以上である場合、停止モード決定部50で、油圧ポンプ12の回転数に対する第1の停止モードA1を選択し、停止モード格納部47から第1の停止モードA1に対応した制御対象および制御内容を抽出する。

[0066] そして、ステップS4で、第1の停止モードA1に従って停止制御を行う。すなわち、第1の停止モードA1の制御内容のうちハードワイヤード回路による停止制御はハードワイヤード指令出力部51から各制御対象の制御部に指令を出力する。一方、ソフトウェア制御による停止制御はソフトウェア指令出力部52から各制御対象の制御部に指令を出力する。例えば、制御対象が回転翼4のピッチ角で、制御内容がハードワイヤード回路によりピッチ角をフエザ側に移行する場合、ハードワイヤード指令出力部51からピッチ制御部33に指令を送信し、この指令に基づいてピッチ制御部33で制御信号を生成してピッチ駆動機構5を制御する。なお、ピッチ駆動機構5が、高速用と通常用の2種類ある場合には、迅速に停止制御を行うために、第1の停止モードでは高速用のピッチ駆動機構5によってピッチ角を制御することが好ましい。

[0067] ステップS3における比較結果で、乖離が第1閾値未満である場合、続いて比較部43で上記乖離と第2閾値とを比較する。このとき、乖離が第2閾値以上である場合、停止モード決定部50で、油圧ポンプ12の回転数に対する第2の停止モードB1を選択し、停止モード格納部47から第2の停止モードB1に対応した制御対象および制御内容を抽出する。

そして、ステップS6で、第2の停止モードB1に従って停止制御を行う。このとき、第1の停止モードA1と同様に、制御内容に応じてハードワイヤード指令出力部51またはソフトウェア指令出力部52から各制御対象の制御部に指令を出力する。

[0068] ここで、図9を用いて、油圧ポンプ12の停止制御における具体的な動作を説明する。図9は停止制御時における油圧ポンプの各弁の開閉タイミングを示す図である。図3に示す油圧ポンプ12において、回転シャフト8とともにカム84が回転すると、図9に示すピストンサイクル曲線110のように、ピストン82が周期的に上下動し、ピストン82が下死点から上死点に向かうポンプ工程と、ピストン82が上死点から下死点に向かう吸入工程とが繰り返される。なお、図9において、ピストンサイクル曲線110は、横軸を時刻 t として、ピストン82の位置の経時変化を示した曲線である。

[0069] 通常運転時、高圧弁86は油圧室83と高圧油ライン16との圧力差によって開閉する逆止弁であるので、その開閉動作は油圧室83の圧力に依存する。すなわち、高圧弁86は、高圧弁ポジション114に示すように、ポンプ工程において油圧室83内の圧力（圧力曲線120参照）が上昇し、高圧油ライン16の圧力よりも高くなると自動的に開かれ、ポンプ工程の終了とともに自動的に閉じられる。一方、低圧弁88は、低圧弁ポジション118から分かるように、ピストン82が下死点に達する直前に閉じられ、ピストン82が上死点に到達した直後に開かれる。これにより、吸入工程では油圧室83の圧力が低下し、ポンプ工程では油圧室83の圧力が上昇する。なお、図中の点線部分は、停止制御を行わずに通常運転を続行したときのグラフである。

[0070] ポンプ工程で異常事象が検知され、第1の停止モードが適用される場合、図9に示すように、ハードワイヤード指令出力部51から停止指令を受けた時点で、ポンプ制御部34は低圧弁88を開く。これにより、油圧室83の圧力が低下して、高圧弁86が閉じられる。このとき、ハードワイヤード回路によって低圧弁88および高圧弁85を強制的に閉じるようにしてもよい。

一方、第2の停止モードが適用される場合、ソフトウェア指令出力部52から停止指令を受けた後、ポンプ制御部34は低圧弁88をその状態に維持し、ピストン82が次に下死点に到達した時に低圧弁88を開く（不図示）

。これにより油圧室 8 3 の圧力が低下して、高圧弁 8 6 が閉じられる。

このように、第 1 の停止モード A 1 においては、油圧ポンプ 1 2 の全作動室を同時に非作動状態に切り替えることで即時停止させ、安全性を確保でき、第 2 の停止モード B 1 においては、作動室 8 3 を順次非作動状態に切り替えるようにしたので、予期せぬ荷重がかかることを回避し、延いては油圧ポンプ 1 2 の寿命低下を防止できる。

[0071] なお、ステップ S 4 およびステップ S 6 の停止制御では、油圧ポンプ 1 2 を次のように停止制御してもよい。

停止制御部 4 0 は、油圧ポンプ 1 2 で、第 1 の停止モードや第 2 の停止モードが適用される異常事象が発生した場合、油圧ポンプ 1 2 をアイドル状態に移行させ、この移行後も油圧モータ 1 4 を少なくとも所定時間だけ稼働状態に維持させる。

このように、油圧ポンプ 1 2 に異常事象が発生した場合、油圧モータ 1 4 を所定時間だけ稼働状態に維持させることによって、油圧モータ 1 4 がアイドル状態になるまでの間、発電機 2 0 を駆動し続けることとなり発電効率が増加する。なお、油圧モータ 1 4 に異常事象が発生した場合は、油圧ポンプ 1 2 を所定時間だけ稼働状態に維持させる。これにより、油圧ポンプ 1 2 を稼働させている間油圧ポンプ 1 2 による制御力（トルク）をロータ 2 に付与して、ピッチブレーキを補助することができる。

[0072] また、上記した状態値による停止制御に加えて、以下の停止制御を行うようにしてもよい。

ステップ S 5 において、比較部 4 3 で状態値が第 2 閾値未満であると判断された後、ステップ S 7 で、他の異常事象があるか否かを判断する。例えば、系統状態判定部 4 9 により電力系統 2 5 が停電していると判定された場合のように、他の異常事象があると判定されたら、停止モード決定部 5 0 で第 3 の停止モード C を選択し、停止モード格納部 4 7 から第 3 の停止モード C に対応した制御対象と制御内容を抽出する。そして、ステップ S 8 で、第 3 の停止モード C に従って停止制御を行う。このとき、第 1 および第 2 の停止

モードと同様に、制御内容に応じてハードワイヤード指令出力部 51 またはソフトウェア指令出力部 52 から各制御対象の制御部に指令を出力する。

このように、状態値が第 2 閾値に満たなくても異常事象に応じて停止制御を行うようにし、3 段階の停止制御を行う構成とすることで、停止制御の信頼性を向上させることができる。

る。

[0073] 図 10 を用いて、第 3 の停止モードが適用される他の異常事象と、これに対応した制御対象および制御内容の具体例を説明する。ここで、図 10 は第 3 の停止モードの適用異常事象とその停止制御を示す図である。

[0074] 異常事象が電力系統 35 の停電である場合は次の制御を行う。

発電機 20 を連系した電力系統 25 が停電した場合、停止制御部 40 は、油圧モータ 12 をアイドル状態に移行させるとともに発電機 20 を電力系統 25 から解列させる。これにより、発電機 20 の過回転を防止可能である。

またこのとき、油圧モータ 14 をアイドル状態に移行させるとともにピッチ駆動装置 5 を駆動してピッチ角をフエザー側に移行させ、これらの移行後も前記油圧ポンプを稼働状態に維持させることが好ましい。このとき、油圧ポンプ 12 は、油圧モータ 14 の停止による高圧油ライン 16 の圧力上昇にしたがって、徐々に停止させ最終的にアイドル状態にしてもよい。このように、電力系統 25 が停電した場合に、油圧モータ 14 をアイドル状態に移行させて油圧モータ 12 と発電機 20 とを保護するとともに、ピッチ駆動装置 5 によりピッチブレーキを作動してロータ 2 の回転を停止する方向に制御することで安全性を確保する。このとき、これらの移行後も油圧ポンプ 12 を稼働状態に維持させるようにしたので、その間油圧ポンプ 12 による制御力をロータ 2 に付与して、ピッチブレーキを補助することができる。

[0075] 異常事象が高圧油ライン 16 の圧力低下である場合は次の制御を行う。

高圧油ライン 16 の圧力が設定下限値より低い状態で所定時間継続した場合、作動油の漏れが発生している可能性があるため、ピッチ駆動装置 5 を駆動してピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、油圧ポンプ 12 および

油圧モータ 14 をアイドル状態に移行させることが好ましい。これにより、回転シャフト 8 や出力軸 15 等の軸受の保護が図れる。このとき、油圧ポンプ 12 は、ピッチブレーキによる入力トルク、回転数の減少にともなって徐々に停止させていき最終的にアイドル状態となる。一方、油圧モータ 14 は、高圧油ライン 16 の圧力低下に応じて徐々に停止状態に近づき、最終的にアイドル状態となる。

[0076] 異常事象がヘッドタンク 78 の潤滑油量の低下である場合は次の制御を行う。

ヘッドタンク 78 の潤滑油圧力および潤滑油量の一方が設定値より低下した場合、ピッチ駆動装置 5 を駆動してピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、油圧ポンプ 12 および油圧モータ 14 をアイドル状態に移行させることが好ましい。

ヘッドタンク 78 やその配管から潤滑油が漏出すると、回転シャフト 8 や出力軸 15 の軸受に十分な潤滑油が供給されず、軸受が損傷してしまう可能性がある。そこで、ヘッドタンク 78 の潤滑油圧力および潤滑油量の一方が設定値より低下した場合に、ピッチ駆動装置 5 を駆動してピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、油圧ポンプ 12 および油圧モータ 14 をアイドル状態に移行させて停止制御を行う。これにより、軸受が損傷してしまう前に風力発電装置 1 を停止させることができる。このとき、油圧ポンプ 12 は、ピッチブレーキによる入力トルク、回転数の減少にともなって徐々に停止させていき最終的にアイドル状態となる。一方、油圧モータ 14 は、高圧油ライン 16 の圧力低下に応じて徐々に停止状態に近づき、最終的にアイドル状態となる。

[0077] 異常事象がヘッドタンク 78 の潤滑油量の低下である場合は次の制御を行う。

高圧アキュムレータ 64 の圧力が設定値より高くなった場合、バイパスライン 66 を介して、高圧アキュムレータ 64 から低圧アキュムレータ 69 へ作動油を放出させることが好ましい。これにより、高圧アキュムレータの圧

力を低下させることができる。なお、この異常事象が発生した場合は、発電機 20、油圧ポンプ 12 または油圧モータ 14 は、通常制御を継続してもよい。

[0078] 以上説明したように、本実施形態では、風力発電装置 1 の運転状態を示す状態値を取得し、この状態値と正常値との乖離の度合いによって異なる停止制御を行うようにしている。すなわち、状態値の乖離が第 1 閾値以上であつて、異常事象の中でも特に過酷な運転状態である場合には、ハードワイヤード回路を用いて停止制御を行う。これにより、確実に風力発電装置 1 を停止することができる。

[0079] 一方、乖離が前記第 1 閾値よりも正常値に近い第 2 閾値以上第 1 閾値未満の場合であつて、異常事象の中でも運転状態が通常運転時に近い場合には、ソフトウェア制御を用いて停止制御を行う。これにより、急激な停止動作を回避し、機器へ与えられる負荷を軽減できる。さらにまた、ハードワイヤード回路によって停止させるような深刻な状況になるまで放置するのではなく、その前にソフトウェア制御によって停止制御することで、機器に過大な負荷をかけずに風力発電装置 1 を停止させることができる。

[0080] 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つてもよいのはいうまでもない。

なお、上述の実施形態では、主として油圧ポンプ 12 の回転数を状態値として用いた例を示したが、状態値はこれに限定されるものではなく、他にも、油圧モータ 14 の回転数、発電機 20 の出力等の他の状態値を用いてもよい。

符号の説明

[0081]	1	風力発電装置
	2	ロータ
	4	回転翼
	6	ハブ

8	回転シャフト
10	油圧 トランスミッション
12	油圧 ポンプ
14	油圧 モータ
16	高圧油ライン
18	低圧油ライン
20	発電機
22	ナセル
24	タワー
25	電力系統
31、68、79	圧力センサ
32、34	回転数計
33	ピッチ制御部
34	ポンプ制御部
35	モータ制御部
40	停止制御部
41	運転状態判定部
42	乖離算出部
43	比較部
45	記憶部
46	閾値格納部
47	停止モード格納部
49	系統状態判定部
50	停止モード決定部
51	ハードワイヤード指令出力部
52	ソフトウェア指令出力部
64	高圧アキュムレータ
66	バイパスライン

69	低圧アキュムレータ
70	オイルタンク
78	ヘッドタンク
79	圧力センサ

請求の範囲

- [請求項 1] 再生エネルギーを利用して発電を行う再生エネルギー型発電装置であって、
- 前記再生エネルギーによって回転翼とともに回転する回転シャフトと、
- 前記回転シャフトによって駆動されて作動油を昇圧する油圧ポンプと、
- 前記油圧ポンプで昇圧された前記作動油によって駆動される油圧モータと、
- 前記油圧モータに連結された発電機と、
- 前記回転翼のピッチ角を調節するピッチ駆動機構と、
- 前記再生エネルギー型発電装置の運転状態を示す状態値を取得する監視部と、
- 異常事象の発生時に、前記再生エネルギー型発電装置を停止させる停止制御部とを備え、
- 前記停止制御部は、通常運転時の前記状態値である正常値に対する前記監視部で取得された前記状態値の乖離が第 1 閾値以上の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の少なくとも一つをハードワイヤード回路により行うとともに、前記乖離が前記第 1 閾値よりも前記正常値に近い第 2 閾値以上前記第 1 閾値未満の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の全てをソフトウェア制御により行うことを特徴とする再生エネルギー型発電装置。
- [請求項 2] 前記状態値は、前記油圧ポンプの回転数、前記油圧モータの回転数および前記発電機の出力の少なくとも一つであることを特徴とする請求項 1 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項3] 前記停止制御部は、前記乖離が前記第1閾値以上の場合、前記乖離が前記第2閾値以上前記第1閾値未満の場合に比べて高速で前記ピッチ角をフェザー側に変更することを特徴とする請求項1に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項4] 前記油圧ポンプは、シリンダおよびピストンで囲まれて前記作動油で満たされる複数の作動室と、各作動室の前記ピストンを上死点と下死点との間で互いに位相差を持たせて上下動させるカムとを含み、

前記停止制御部は、前記乖離が前記第1閾値以上の場合、全作動室を同時に非作動状態に切り替えて前記油圧ポンプを即時停止させるとともに、前記乖離が前記第2閾値以上前記第1閾値未満の場合、各作動室の前記ピストンが前記上死点または前記下死点に位置するタイミングで前記作動室を非作動状態に順次切り替えて前記油圧ポンプを停止させることを特徴とする請求項1に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項5] 前記停止制御部は、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの一方で前記異常事象が発生した場合、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの前記一方をアイドル状態に移行させ、これらの移行後も前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの他方を少なくとも所定時間だけ稼働状態に維持させることを特徴とする請求項1に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項6] 前記状態値が前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの一方の回転数であり、該状態値が前記第2閾値未満であっても、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの前記一方で前記異常事象が発生した場合、前記ピッチ駆動機構により前記ピッチ角をフェザー側に移行させるとともに、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータの前記一方をアイドル状態に移行させることを特徴とする請求項1に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項7] 前記状態値が前記油圧モータの回転数であり、該状態値が前記第2

閾値未満であっても、前記発電機を連系した電力系統が停電した場合、前記停止制御部は、前記油圧モータをアイドル状態に移行させるとともに前記発電機を前記電力系統から解列させることを特徴とする請求項 1 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項8]

前記電力系統が停電した場合、前記停止制御部は、前記油圧モータをアイドル状態に移行させるとともに前記ピッチ駆動装置を駆動して前記ピッチ角をフエザー側に移行させ、これらの移行後も前記油圧ポンプを稼働状態に維持させることを特徴とする請求項 7 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項9]

前記油圧ポンプの吐出口および前記油圧モータの吸入口を接続する高圧油ラインをさらに備え、

前記停止制御部は、前記高圧油ラインの圧力が設定下限値より低い状態で所定時間継続した場合、前記ピッチ駆動装置を駆動して前記ピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータをアイドル状態に移行させることを特徴とする請求項 1 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項10]

前記状態値が前記油圧モータの回転数であり、

前記第 1 閾値は、定格負荷運転中の前記発電機が電力系統から解列した時に異常が発生した場合に予想される前記発電機の最大回転数に対応する前記油圧モータの回転数よりも低い値に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項11]

前記油圧ポンプの吐出口および前記油圧モータの吸入口を接続する高圧油ラインと、

前記油圧ポンプの吸入口および前記油圧モータの吐出口を接続する低圧油ラインと、

前記高圧油ラインに接続される高圧アキュムレータと、

前記低圧油ラインに接続される低圧アキュムレータと、

前記高圧アキュムレータから前記低圧アキュムレータに連通するバ

イパスラインとをさらに備え、

前記停止制御部は、前記高圧アキュムレータの圧力が設定値より高くなった場合、前記バイパスラインを介して、前記高圧アキュムレータから前記低圧アキュムレータへ前記作動油を放出させることを特徴とする請求項 1 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項 12]

前記回転シャフトおよび前記油圧モータと前記発電機とを連結する出力軸の少なくとも一方の軸受に潤滑油を供給するヘッドタンクをさらに備え、

前記停止制御部は、前記ヘッドタンクの潤滑油圧力および潤滑油量の一方が設定値より低下した場合、前記ピッチ駆動装置を駆動して前記ピッチ角をフエザー側に移行させるとともに、前記油圧ポンプおよび前記油圧モータをアイドル状態に移行させることを特徴とする請求項 1 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項 13]

前記再生エネルギー型発電装置は、前記再生エネルギーとしての風から電力を生成する風力発電装置であることを特徴とする請求項 1 に記載の再生エネルギー型発電装置。

[請求項 14]

再生エネルギーによって回転翼とともに回転する回転シャフトと、前記回転シャフトによって駆動されて作動油を昇圧する油圧ポンプと、前記油圧ポンプで昇圧された前記作動油によって駆動される油圧モータと、前記油圧モータに連結された発電機と、前記回転翼のピッチ角を調節するピッチ駆動機構とを備えた再生エネルギー型発電装置の制御方法であって、

前記再生エネルギー型発電装置の運転状態を示す状態値を取得する取得ステップと、

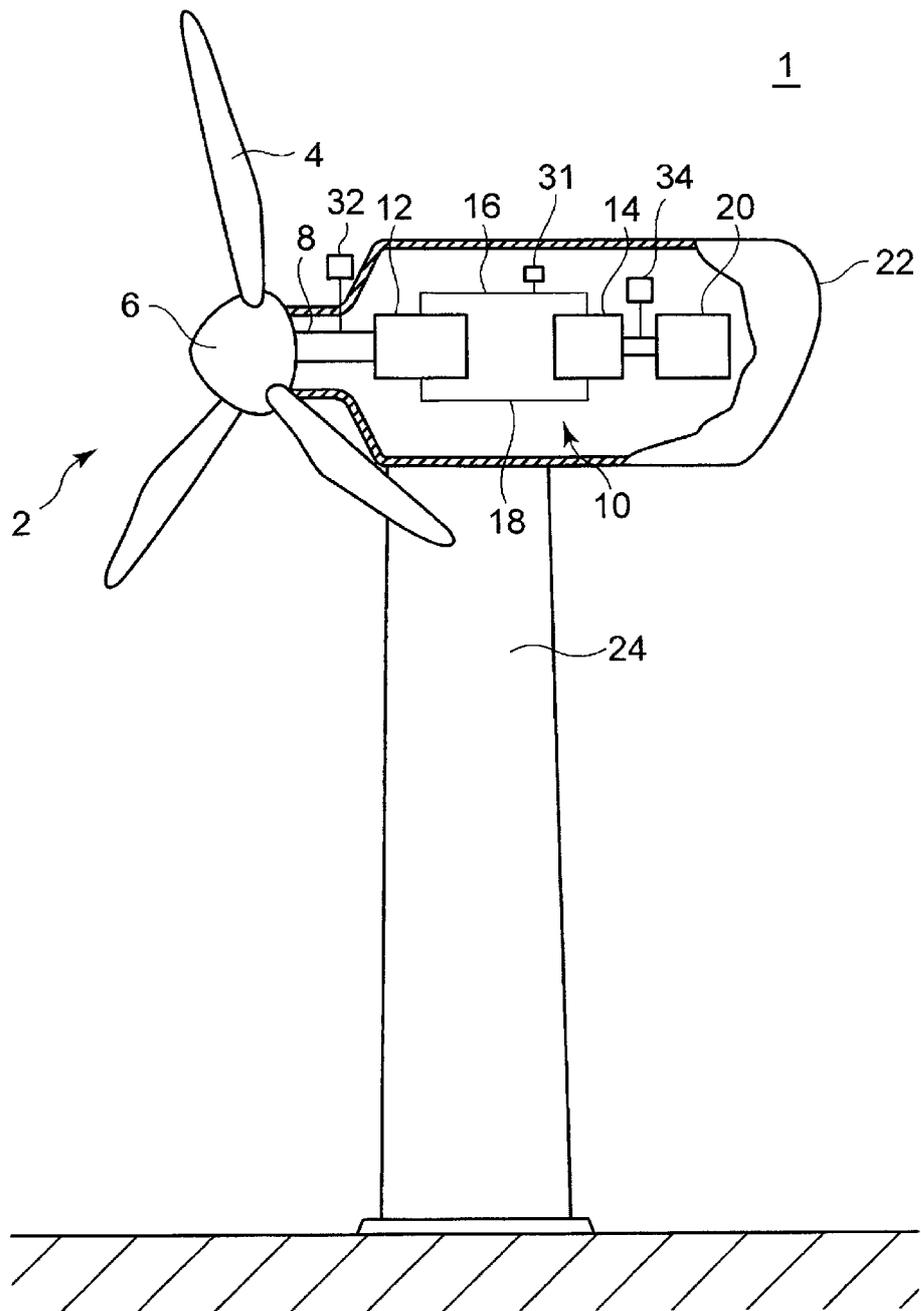
異常事象の発生時に、前記再生エネルギー型発電装置を停止させる停止ステップとを備え、

前記停止ステップでは、通常運転時の前記状態値である正常値に対する前記取得ステップで取得された前記状態値の乖離が第 1 閾値以上

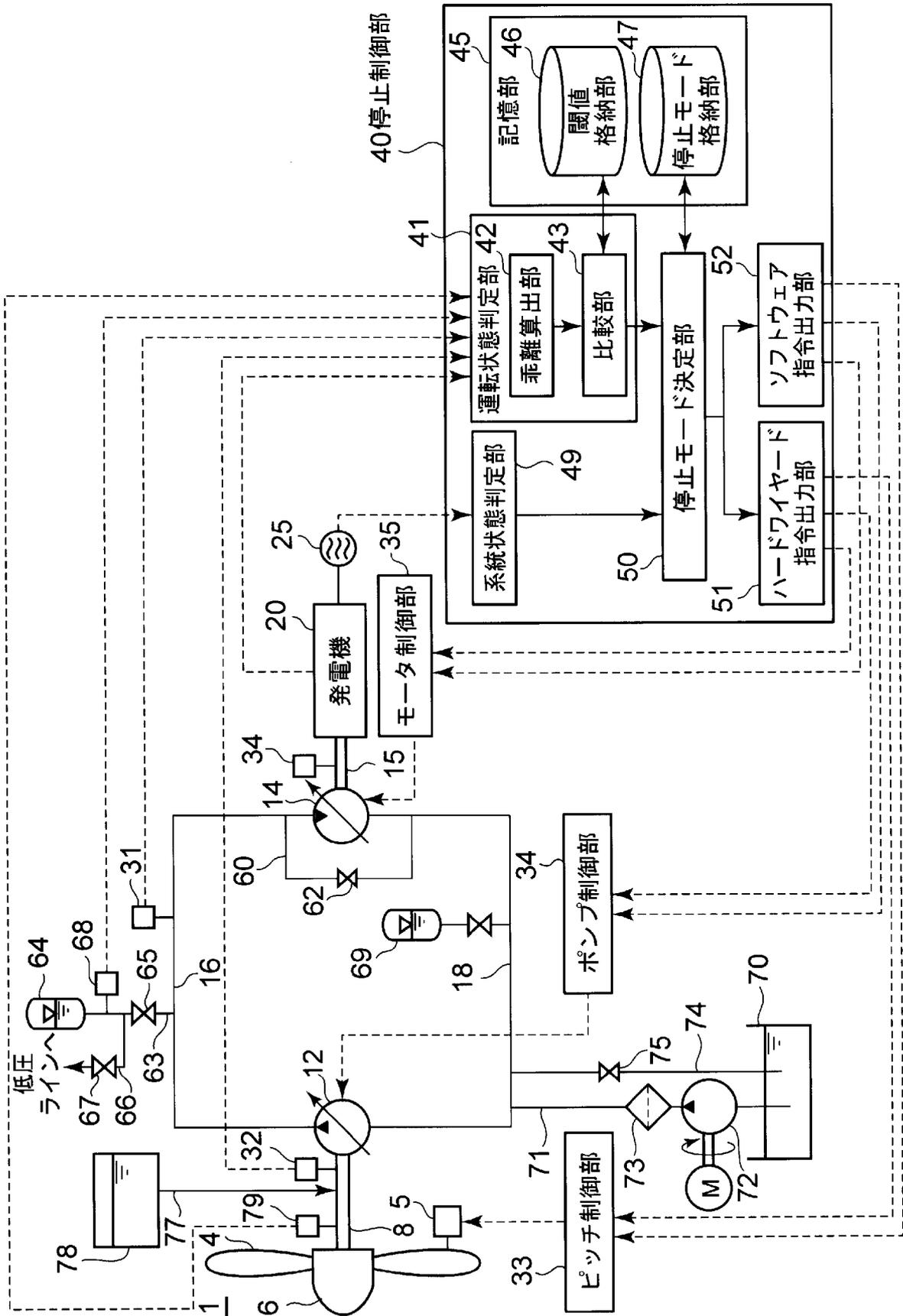
の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の少なくとも一つをハードワイヤード回路により行い、

前記乖離が前記第1閾値よりも前記正常値に近い第2閾値以上前記第1閾値未満の場合、前記油圧ポンプのアイドル状態への移行、前記油圧モータのアイドル状態への移行および前記ピッチ駆動機構による前記ピッチ角のフエザー側への移行の全てをソフトウェア制御により行うことを特徴とする再生エネルギー型発電装置の制御方法。

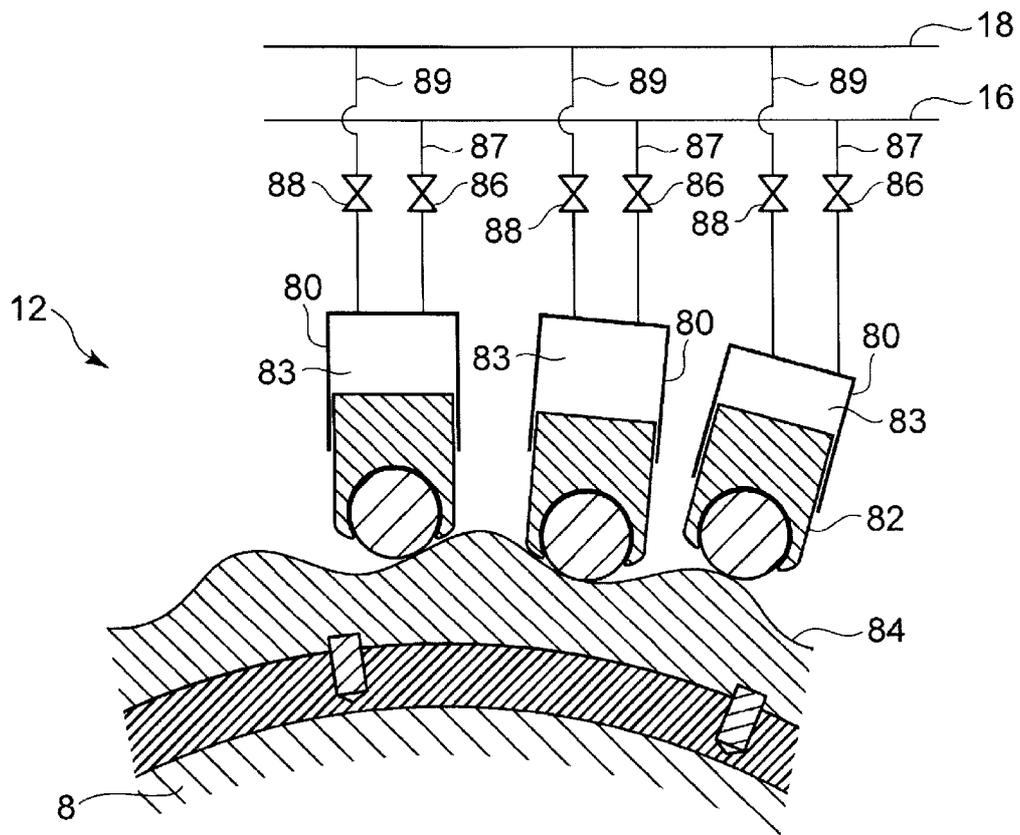
[図1]



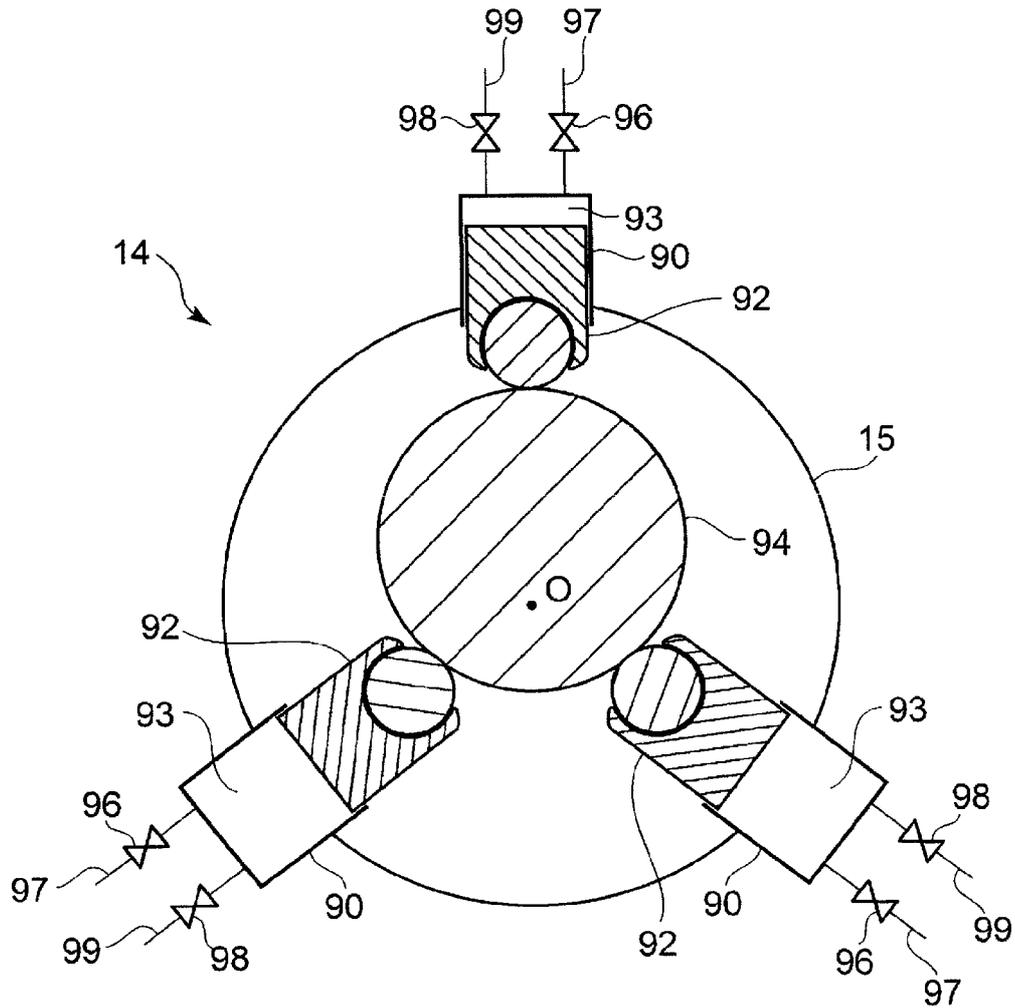
[図2]



[図3]



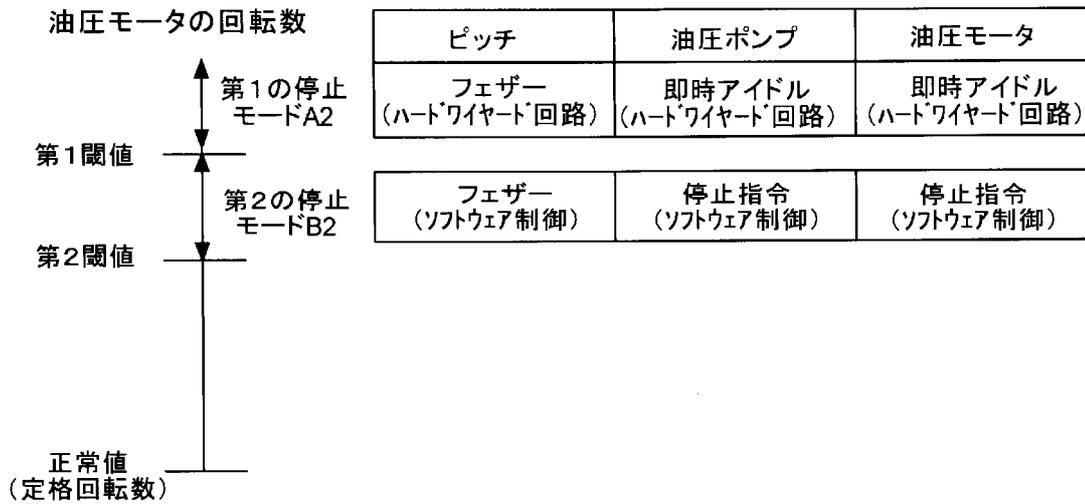
[図4]



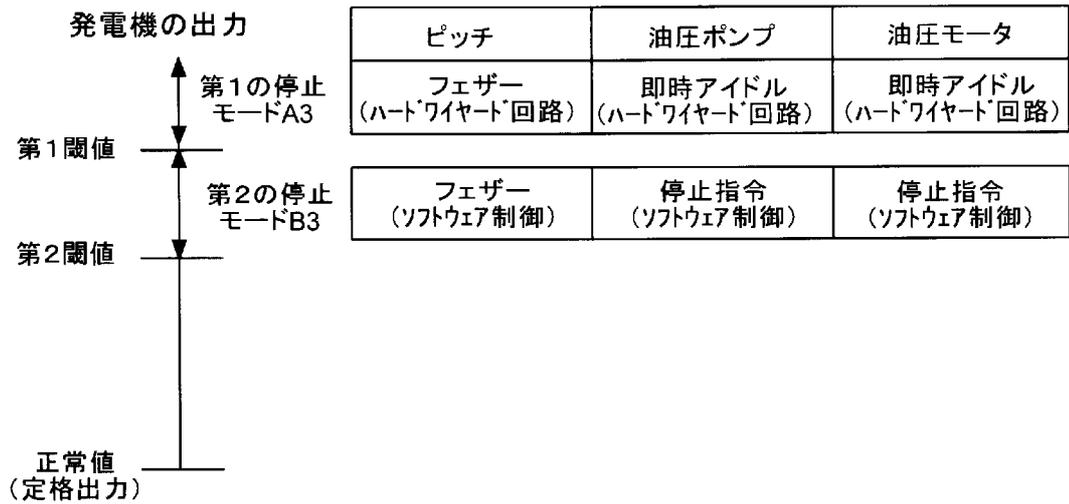
[図5]



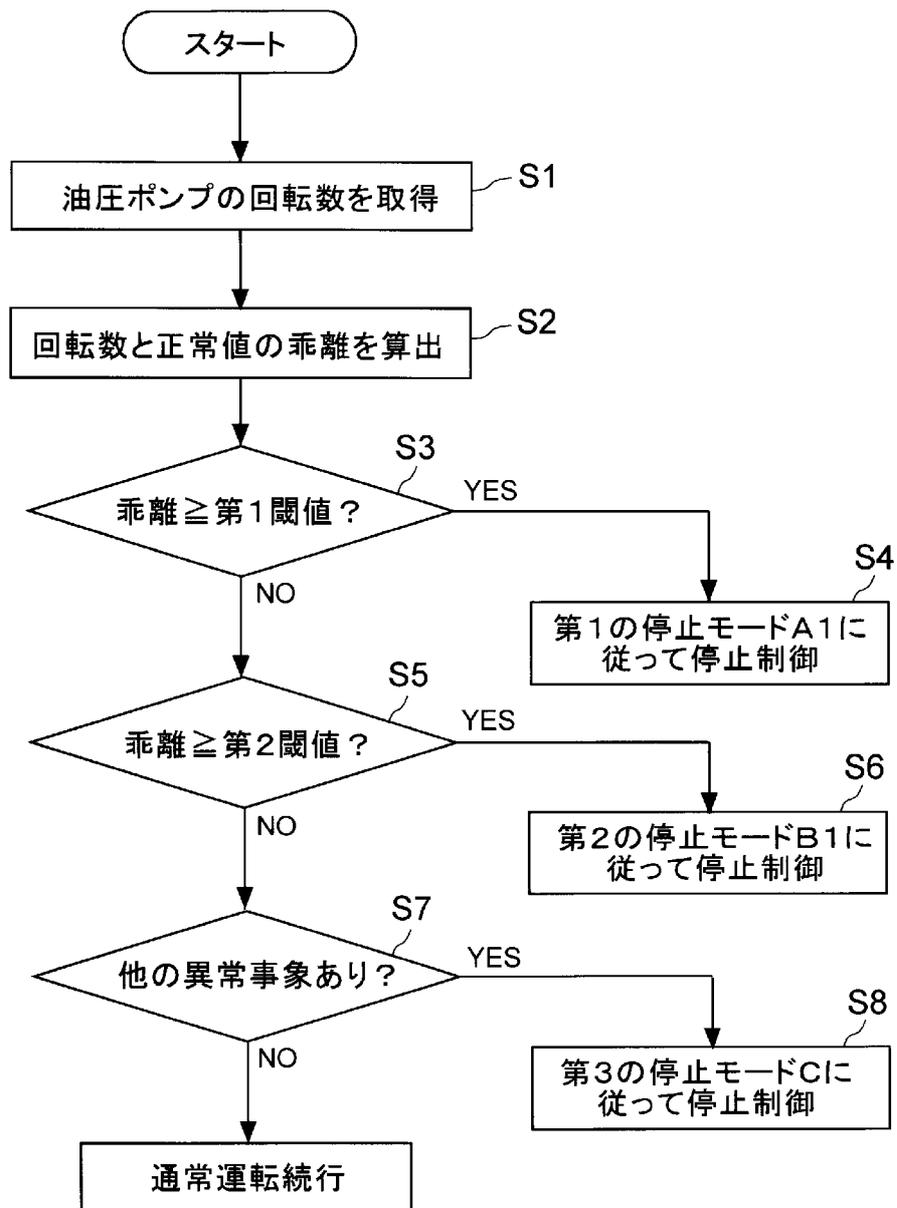
[図6]



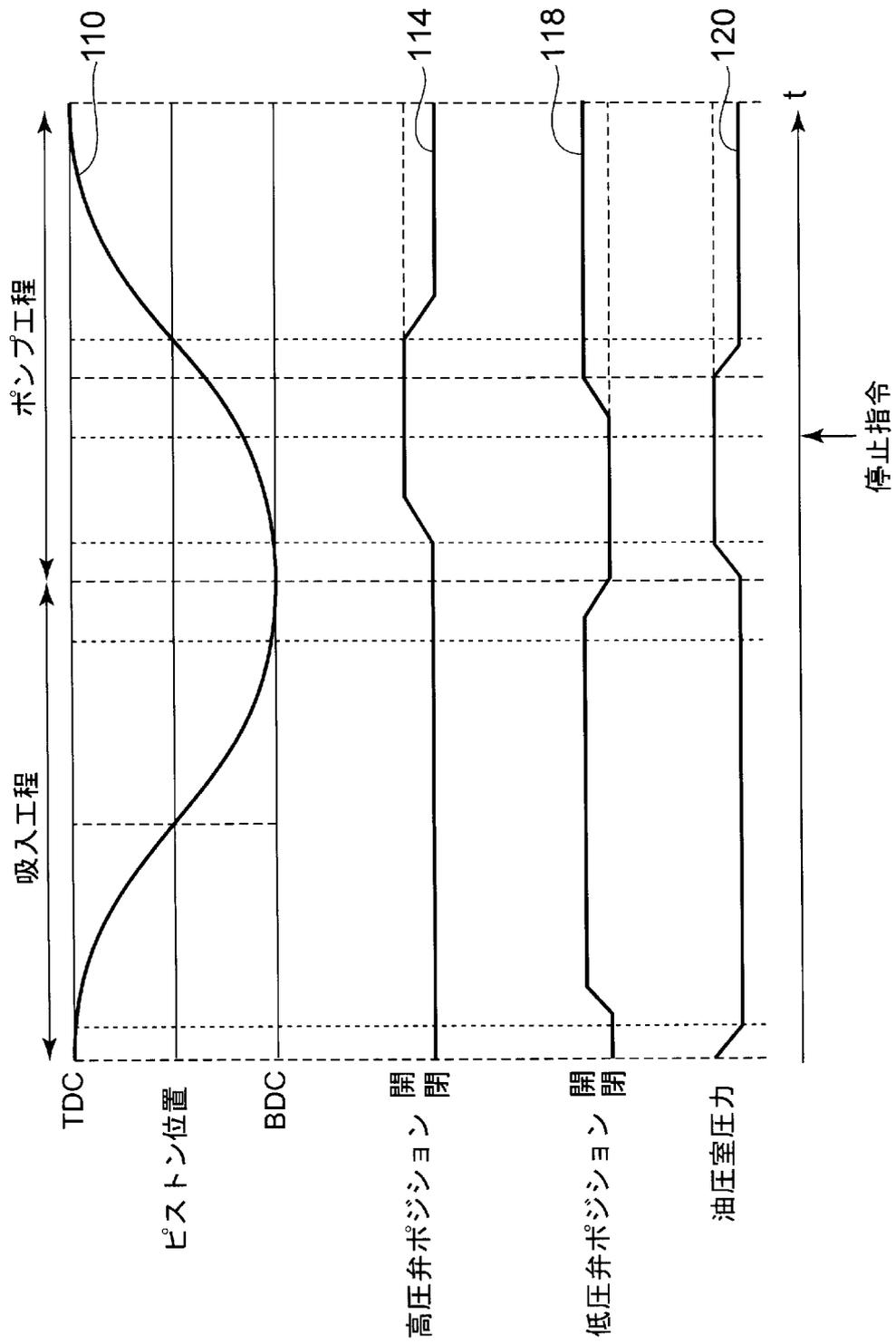
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

異常事象	ピッチ	油圧ポンプ	油圧モータ	その他の制御
停電	フェザー	稼働状態を維持した後アイドル	即時アイドル	発電機解列
高圧油ライン 圧力異常低下	フェザー	最終的にアイドル	最終的にアイドル	—
ヘッドタンク レベル異常低下	フェザー	最終的にアイドル	最終的にアイドル	—
高圧アキムレータ 継続圧力低下	—	—	—	発電機解列

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D9/00 (2006.01)i, F03D 7/04 (2006.01)i, F04B1 7/02 (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)

F03D9/00, F03D7/04, F04B17/02

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

Jitsuyo	Shinan	Koho	1922-1	996	Jitsuyo	Shinan	Toroku	Koho	1996-2012
Kokai	Jitsuyo	Shinan	Koho	1971-2012	Toroku	Jitsuyo	Shinan	Koho	1994-2012

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 2004-218436 A (National Maritime Research Institute), 05 August 2004 (05.08.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2009-513882 A (Chapdrive A/S), 02 April 2009 (02.04.2009), entire text; all drawings 6 US 2009/0140522 A1 & EP 1945946 A1 & WO 2007/053036 A1	1-14
A	JP 2004-266883 A (Saxa, Inc.), 24 September 2004 (24.09.2004), entire text; all drawings & WO 2004/070935 A1	1-14

 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

"I" 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

06 February, 2012 (06.02.12)

Date of mailing of the international search report

14 February, 2012 (14.02.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077624

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-155678 A (Hi tachi , Ltd .), 15 June 2006 (15.06.2006), ent ire text ; all drawings & US 2003/0137998 AI & WO 2001/084252 AI	1~14
A	JP 2004-118265 A (Toshiba Corp.), 15 April 2004 (15.04.2004), ent ire text ; all drawings (Family : none)	1~14
A	JP 2007-183285 A (Gene ral El ectri c Co.), 19 July 2007 (19.07.2007), ent ire text ; all drawings & US 5621776 A & EP 781451 AI & WO 1997/004463 AI	1~14
A	JP 10-267194 A (Schnei der Automat ion), 09 Octobe r 1998 (09.10.1998), ent ire text ; all drawings & US 6370438 B1	1~14
A	JP 6-51808 A (Toshiba Corp.), 25 February 1994 (25.02.1994), ent ire text ; all drawings (Family : none)	1~14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F03D9/00 (2006. 01) i, F03D7/04 (2006. 01) i, F04B17/02 (2006. 01) i

B. 一 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 (IPC))
 Int.Cl. F03D9/00, F03D7/04, F04B17/02

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 1922-19
 日本国公開実用新案公報 1971-20
 日本国実用新案登録公報 1996-20
 日本国登録実用新案公報 1994-20

国際調査で利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)
 年

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 2004-218436 A (独立行政法人海上技術研究所) 2004. 08. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2009-513882 A (チャプドライヴ・アクティベータスキャブ) 2009. 04. 02, 全文, 全図 & US 2009/0140522 A1 & EP 1945946 A1 & WO 2007/053036 A1	1-14
A	JP 2004-266883 A (サクサ株式会社) 2004. 09. 24, 全文, 全図 & WO 2004/070935 A1	1-14

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	の日の後に公表された文献
IA) 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	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
IE) 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	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
I) 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)	IY) 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
Iθ) 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	I&) 同一パテントファミリー文献
IP) 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 06. 02. 2012	国際調査報告の発送日 14. 02. 2012
----------------------------	----------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 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) 佐藤 秀之 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	30	3925
--	--	----	------

C (続き) . 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 2006-155678 A (株式会社日立製作所) 2006. 06. 15, 全文,全図 & US 2003/0137998 AI & WO 2001/084252 AI	1-14
A	JP 2004-118265 A (株式会社東芝) 2004. 04. 15, 全文,全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2007-183285 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 2007. 07. 19, 全文,全図 & US 5621776 A & EP 781451 AI & WO 1997/004463 AI	1-14
A	JP 10-267194 A (シュネーデル、オートマシオン) 1998. 10. 09, 全 文,全図 & US 6370438 B1	1-14
A	JP 6-51808 A (株式会社東芝) 1994. 02. 25, 全文,全図 (ファミリー なし)	1-14