

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-532274

(P2012-532274A)

(43) 公表日 平成24年12月13日(2012.12.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F03B 13/26 (2006.01)	F03B 13/26	3H072
B63B 35/00 (2006.01)	B63B 35/00	T 3H074
B63G 8/42 (2006.01)	B63G 8/42	A
B63G 8/18 (2006.01)	B63G 8/18	
B63G 8/22 (2006.01)	B63G 8/22	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2012-518531 (P2012-518531)	(71) 出願人	511314706
(86) (22) 出願日	平成22年5月27日 (2010.5.27)		ハント ターナー
(85) 翻訳文提出日	平成24年2月28日 (2012.2.28)		アメリカ合衆国 オハイオ州 45227
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/036459		シンシナティ ウェスト ストリート
(87) 国際公開番号	W02011/008353		3814 スイート 203
(87) 国際公開日	平成23年1月20日 (2011.1.20)	(74) 代理人	100092093
(31) 優先権主張番号	61/236, 222		弁理士 辻居 幸一
(32) 優先日	平成21年8月24日 (2009.8.24)	(74) 代理人	100082005
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 熊倉 禎男
(31) 優先権主張番号	61/221, 676	(74) 代理人	100088694
(32) 優先日	平成21年6月30日 (2009.6.30)		弁理士 弟子丸 健
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100103609
(31) 優先権主張番号	61/328, 884		弁理士 井野 砂里
(32) 優先日	平成22年4月28日 (2010.4.28)	(74) 代理人	100095898
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 松下 満

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繫留型水力発電装置のピッチ、ロールおよびドラグ安定化技術

(57) 【要約】

水流から電力を取出す水力発電装置が提供される。水力発電装置は、浮体と、該浮体に連結されかつ発電機を駆動すべく構成されたロータとを有している。浮体およびロータは協働して浮心および重心を形成し、浮心は重心の上方かつ上流側に配置されている。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水流から電力を取出す水力発電装置において、
 浮体と、
 該浮体に連結されかつ発電機を駆動すべく構成されたロータとを有し、
 浮体およびロータが協働して浮心および重心を形成し、浮心が重心の上方かつ上流側に
 配置されていることを特徴とする水力発電装置。

【請求項 2】

前記重心を調節するように構成された可動カウンタウェイトを更に有していることを特
 徴とする請求項 1 記載の水力発電装置。

10

【請求項 3】

前記重心を調節するように構成された可変パラストを更に有していることを特徴とする
 請求項 1 記載の水力発電装置。

【請求項 4】

エレベータ制御面を備えたハイドロプレーンウイングを更に有していることを特徴とす
 る請求項 1 記載の水力発電装置。

【請求項 5】

前記浮体に取り付けられたキールを更に有し、該キールは、遠位端に取り付けられたデッド
 ウェイトを有していることを特徴とする請求項 1 記載の水力発電装置。

【請求項 6】

前記ロータは、水流と選択的に係合しまたは係合離脱することを特徴とする請求項 1 記
 載の水力発電装置。

20

【請求項 7】

水流から電力を取出す水力発電装置において、
 浮体と、
 該浮体に連結されたロータとを有し、該ロータは発電機を駆動すべく構成されており、
 浮体に連結されたキールと、
 該キールの遠位端に連結されたデッドウェイトとを更に有していることを特徴とする水
 力発電装置。

【請求項 8】

前記デッドウェイトは、浮体の垂直対称平面からオフセットされていることを特徴とす
 る請求項 7 記載の水力発電装置。

30

【請求項 9】

前記デッドウェイトは、浮体前方位置と浮体後方位置との間または左舷側位置と右舷側
 位置との間で移動できることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 10】

水を交互に排出しまたは充満するように構成された複数の横方向に分離されたパラスト
 タンクを更に有していることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 11】

ローリングモーメントを付与するように構成された流体力学的揚力面を更に有している
 ことを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

40

【請求項 12】

可変ドラッグ状態を配備すべく構成されたドラッグインデューサを更に有し、可変ドラッグ状
 態は、高ドラッグ状態、低ドラッグ状態および中間ドラッグ状態を有していることを特徴とする
 請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 13】

前記高ドラッグ状態、低ドラッグ状態および中間ドラッグ状態を配備するように構成されたド
 ラッグインデューサを更に有していることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 14】

水流から電力を取出す水力発電装置において、

50

浮体と、

該浮体に連結されたロータとを有し、該ロータは発電機を駆動すべく構成されており、可変ドラグ状態を配備すべく構成されたドラグインデューサを更に有し、可変ドラグ状態は、高ドラグ状態、低ドラグ状態および中間ドラグ状態を有していることを特徴とする水力発電装置。

【請求項 15】

前記ロータは、水流と係合しまたは係合離脱することを特徴とする請求項 14 記載の水力発電装置。

【請求項 16】

前記ドラグインデューサは、ロータが係合されると係合離脱するように構成されていることを特徴とする請求項 14 記載の水力発電装置。

10

【請求項 17】

前記ドラグインデューサは更に、ロータが係合離脱されると係合するように構成されていることを特徴とする請求項 14 記載の水力発電装置。

【請求項 18】

前記浮体に取付けられたキールを更に有し、該キールは、遠位端に取付けられたデッドウェイトを有していることを特徴とする請求項 14 記載の水力発電装置。

【請求項 19】

前記重心を調節するように構成された可変バラストを更に有していることを特徴とする請求項 14 記載の水力発電装置。

20

【請求項 20】

可変入射機構またはエレベータ制御面を備えたハイドロプレーンウイングを更に有していることを特徴とする請求項 14 記載の水力発電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体の流れの運動エネルギーから発電する方法、システムおよび装置に関し、該装置のピッチ、ロールおよびドラグ（牽引）安定化を含む技術に関する。より詳しくは、本発明は、海流または川の流れの運動エネルギーから発電する方法、システムおよび装置に関し、該装置のピッチ、ロールおよびドラグの安定化を含む技術に関する。

30

【0002】

先行出願の相互参照

本願は、2009年6月30日付米国仮特許出願第61/221,676号（発明の名称「海流タービン、水力発電装置およびこれらの関連方法、および繫留およびヨー装置、畳み上げロータ深さ制御、およびこれらに使用する畳み上げハーネス(OCEAN CURRENT TURBINE AND HYDROKINETIC POWER GENERATION APPARATUS AND RELATED METHODS, ALONG WITH MOORING & YAW ARRANGEMENTS, FURLING ROTOR DEPTH CONTROL, AND MOORING HARNESSSES FOR USE THEREWITH)」)からの優先権および利益を主張する。尚、該米国仮特許出願の全体を本願に援用する。また、本願は、2009年8月24日付米国仮特許出願第61/236,222号（発明の名称「内蔵型可変ピッチ制御ロータハブ、エネルギー出力を最大化しかつ海流タービンの作動深さを制御する方法、および可変深さ水上飛行そり(SELF-CONTAINED VARIABLE PITCH CONTROL ROTOR HUB: METHOD OF MAXIMIZING ENERGY OUTPUT AND CONTROLLING OPERATING DEPTH OF AN OCEAN CURRENT TURBINE; AND VARIABLE DEPTH HYDROPLANE SLED)」)からの優先権および利益を主張する。該米国仮特許出願もその全体を本願に援用する。更に本願は、2010年4月28日付米国仮特許出願第61/328,884号（発明の名称「水流浸漬型繫留システムおよび配備、位置決めおよび回収方法(FLOODED ANCHORING SYSTEM AND METHOD OF DEPLOYMENT, POSITIONING AND RECOVERY)」)からの優先権および利益を主張する。該米国仮特許出願もその全体を本願に援用する。

40

【背景技術】

【0003】

50

海流の運動エネルギーは、クリーンで持続的な大きいエネルギー源を意味する。世界中の海水は常時運動しており、多くの場所には、1.5 m/s を超える速度を有する定常的に反復し急速に流れる海流が存在する。このような海流の例として、メキシコ湾流、フンボルト海流、黒潮、アグラス海流等がある。これらの海流は、海洋の温度勾配および塩分濃度勾配、コリオリの力および他の海洋熱伝達機構に源を有している。

【0004】

これらの海流は、主として300 m を超える底深さを有する大陸棚領域に存在する。このような深さは、水力発電装置を、ケーブルまたは引っぱり綱 (tether) を用いて、海底に固定された上流側アンカーに繋留することを必要とする。上流側の繋留ケーブルは、水力発電装置に動揺ピッチングモーメントを付与し、このため、ロータの回転軸線と自由流れ方向とを整合させる水平釣合い (level trim) 定常状態姿勢を維持すべく、対抗モーメントを加える必要がある。回転軸線と自由流れ方向 (「畳み上げ角 (furl angle) 」) とが整合しなくなると、水平軸線ロータのエネルギー変換性能が急速に低下する。水平軸線ロータの回転により、他の動揺ローリングモーメントすなわち不利なトルクが加えられる。また、ロータが作動を停止したときに消失するロータドラッグ力に擬似または代用させる手段を設けて、水力発電装置の深さ制御を維持しかつ水力発電装置の位置が前方にサージすることを防止することは有利である。

10

【0005】

「沈水力 (drowning force) 」とも呼ばれる垂直力成分を有する上流側繋留ケーブルの張力は、明らかな重量として作用し、水力発電装置をより深く引っ張ろうとする。一般に、繋留ケーブル (単一または複数) を水力発電装置のノーズの近くに取付けて、自由流れ方向の変化との方向整合性を促進させることは有利であるので、沈水力はまた、「沈水モーメント (drowning moment) 」と呼ばれるノーズダウンピッチングモーメントを発生する。このモーメントは、水力発電装置により発生される復元モーメントにより対抗されなくてはならない。水平に対する繋留ケーブルの角度 (繋留ケーブルの「インターセプト角」) が急になるほど沈水力が増大し、したがって沈水モーメントが増大するので、最大エネルギー変換性能を得るための水平釣合い定常状態姿勢を維持するには、かなり大きい復元ノーズアップモーメントを必要とする。

20

【0006】

動揺ピッチングモーメントに対抗する種々の方法が知られており、例えば、繋留ケーブル取付け位置を変えるか、水力発電装置を半分浸漬して、沈水モーメントに対して反作用させるべく水線上の浮力を反転できるようにするレバーシステムを用いた前後のハイドロプレーン揚力面がある。これらの既知の解決法は、装置安定性を損ない、畳み上げ角を増大させるか、ロータの上流側に明らかな畳み上げ角すなわち後流を生じさせるため、エネルギー変換性能に損失を生じさせ、したがって、ロータ後退領域に流れ傾斜角を生じさせる。

30

【0007】

例えば下記特許文献1には、上流側繋留ケーブルの取付け位置を変えるてこシステムと、重心の位置を前後方向に変えて装置全体のピッチ角を変化させ、これにより、取付けられたハイドロプレーンウイングの迎え角を変化させてより大きい (または小さい) 揚力を発生させ、水力発電装置が一定作動深さまたはこの近くに留まるように沈水力の変化をオフセットさせる補完システムとを使用した水力発電装置が開示されている。特許文献1の水力発電装置のロータの主回転軸線は、装置全体をピッチングさせてノーズアップまたはノーズダウンさせることにより接近流れ方向に畳み上げられ、一定深さ作動を達成する。特許文献1はまた、繋留ケーブルのインターセプト角は、「リーズナブルに小さく維持すべき」ことを示唆している。繋留ケーブルの緩いインターセプト角は、長くて、コストが嵩みかつ重い繋留ケーブルになること、および、同数の装置を規則的パターン配列で配備することにより大きい投影地形面積 (projected geographic area) を要する点で、天然資源の低効率使用であることを意味する。

40

【0008】

50

下記特許文献2には、前後方向の釣合い(trimming)を行う水力学的表面と、好ましくないピッチングモーメントに反作用して「水平軸線マリンタービンから最適性能を確保する略水平釣合い」を行う上面浮揚性要素とが提案されている。これらの両解決法は、水平軸線ロータのエネルギー変換性能を損なうものである。前後方向釣合い表面は、水平釣合いを維持するモーメントを生じさせる揚力を付与すると同時に、下流側にドリフト(漂流)してロータ後退領域に衝突する流れ吹き下ろし(flow downwash)傾斜角をも発生させ、明らかな畳み上げ角をロータに付与し、これによりエネルギー変換性能を低下させる。また、上面の浮揚性要素は、水力発電装置の表面に風/波作用の乱れを与え、この乱れは、装置全体およびロータの周期的すなわち正弦波ボビン作用に変換され、エネルギー変換性能は更に損なわれる。特許文献1および2は、浮心は重心の直ぐ上に位置して「水力発電装置の安定性を確保」することを開示しているが、重心の位置と浮心の位置との相対位置に関しては更なる情報または教示はなされていない。

10

【0009】

ロータの回転により非常に不利なローリングモーメントが導入される。なぜならば、ロータの直径およびトルクは、水力発電装置の残部に比べて大型の手段となる傾向を有するからである。不利なトルクは、水力発電装置自体の全体をロータの回転方向と同じ方向に回転させる傾向を有し、これはロータにより吸収されるトルクの大きさに比例するローリングモーメントの存在によるものと解される。したがって、水力発電装置は、ロータにより発生される不利なトルクに反作用する復元トルクを発生する。

20

【0010】

特許文献1、3および4に開示されているものを含む既知の水力発電装置は、一般に同サイズの第2ロータを使用しており、該第2ロータはキャンセリングトルクを発生すべく逆方向に回転する。逆回転する2つのロータは作動上の問題を有し、ロータトルクを同期させる必要がある。このため、一方のロータが不意に停止した場合には第2機能ロータを意図的に停止させて水力発電装置の反転を防止する必要があるため、水力発電装置の有用性が低下する。

30

【0011】

特許文献5、6および7には、ケーブルの張力を介して拘束力および拘束モーメントを付与して水力発電装置の適正姿勢を維持すべく、装置の或る位置に取付けられた付加繫留ケーブルによる多点繫留スキームを使用する技術が提案されている。数百メートルの深さを考慮すると、付加繫留ケーブルは長くてコストが嵩み、システムの重量を増大させ、かつケーブルがもつれる危険性が大きくメンテナンス上の他の問題も生じる。

40

【0012】

作動するロータにより発生されるドラッグ力は同じ後退領域を有する平板にほぼ等しいことを考慮すると、水力発電装置に作用する総ドラッグ力は、ロータの作動状態と非作動状態との間で、例えば数百%だけ変化するであろう。この結果、上流側の繫留ケーブルは垂れ曲り状態に弛緩して、水力発電装置を前方の所定位置にサージさせ、このため、海流ファーム配列をなして繫留された他の隣接水力発電装置に衝突する危険が生じる。また、ロータドラッグ力の消失によっても沈水力の大きな減少を引き起こし、したがって、水力発電装置の深さ制御には問題が生じ、潜在的に制御不能に急激上昇するか、少なくとも特定深さから偏寄する。一般に、既知の繫留型水力発電装置は、ロータが作動しない場合にはドラッグ安定化装置には連結されない。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】Robsonの米国特許第7,291,936号明細書

【特許文献2】Mackieの米国特許出願第2008/0050993号公報

【特許文献3】米国特許第7,091,161号明細書

【特許文献4】米国特許出願第2008/0018115号公報

【特許文献5】米国特許第4,025,220号明細書

50

【特許文献6】米国特許出願第2007/023107号公報

【特許文献7】国際特許公開WO 2009/004420 A2号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

したがって、既知の水力発電装置のエネルギー変換性能を損なうことなく繫留型水力発電装置のピッチおよびロール安定化を解決する必要がある。また、ロータが作動しない場合に、ロータに擬似または代用させて、深さ制御を補助しかつ水力発電装置の前方所定位置への急激サージを回避する必要がある。

【0015】

本発明は、水流の運動エネルギーに繋いで、クリーンで再生可能なエネルギーを供給する水力発電装置、並びに該水力発電装置のピッチ、ロールおよびドラッグを安定化するシステムおよび方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0016】

水流の運動エネルギーに繋ぎ、クリーンで持続的なエネルギーを供給する方法、システムおよび水力発電装置、並びに該水力発電装置のピッチ、ロールおよびドラッグを安定化するシステムおよび方法が提供される。

【0017】

本発明の一態様によれば、水流から電力を取出す水力発電装置が開示される。この水力発電装置は、浮体と、該浮体に連結されかつ発電機を駆動すべく構成されたロータとを有し、浮体およびロータが協働して浮心および重心を形成し、浮心が重心の上方かつ上流側に配置されている。水力発電装置は、重心を調節するように構成された可動カウンタウェイト、重心を調節するように構成された可変バラスト、エレベータ制御面を備えたハイドロプレーンウイング、または浮体に取付けられたキールを更に有し、該キールは、遠位端に取付けられたデッドウェイトを有している。ロータは、水流と選択的に係合しまたは係合離脱する。

【0018】

本発明の他の態様によれば、水流から電力を取出す水力発電装置が開示され、該水力発電装置は、浮体と、該浮体に連結されたロータとを有し、該ロータは発電機を駆動すべく構成されており、浮体に連結されたキールと、該キールの遠位端に連結されたデッドウェイトとを更に有している。この水力発電装置は更に、水を交互に排出しまたは充満するように構成された複数の横方向に分離されたバラストタンク、ローリングモーメントを付与するように構成された流体力学的揚力面、可変ドラッグ状態を配備すべく構成されたドラッグインデューサを有し、可変ドラッグ状態は、高ドラッグ状態、低ドラッグ状態および中間ドラッグ状態を有し、高ドラッグ状態、低ドラッグ状態および中間ドラッグ状態を配備するように構成されたドラッグインデューサを更に有している。デッドウェイトは、浮体の垂直対称平面からオフセットされている。デッドウェイトは、浮体前方位置と浮体後方位置との間または左舷側位置と右舷側位置との間で移動できる。

【0019】

本発明の更に別の態様によれば、水流から電力を取出す水力発電装置が開示されている。該水力発電装置は、浮体と、該浮体に連結されたロータとを有し、該ロータは発電機を駆動すべく構成されており、可変ドラッグ状態を配備すべく構成されたドラッグインデューサを更に有し、可変ドラッグ状態は、高ドラッグ状態、低ドラッグ状態および中間ドラッグ状態を有している。水力発電装置は更に、浮体に取付けられたキールを有し、該キールは、遠位端に取付けられたデッドウェイトを有し、重心を調節するように構成された可変バラストまたは可変入射機構またはエレベータ制御面を備えたハイドロプレーンウイングを更に有している。ロータは、水流と係合しまたは係合離脱する。ドラッグインデューサは、ロータが係合されると係合離脱する。ドラッグインデューサは更に、ロータが係合離脱されると係合するように構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

本発明の他の特徴、長所および実施形態は、以下の詳細な説明および図面を考察することにより明らかになるであろう。また、本発明の上記要約、以下の詳細な説明および図面は例示であり、本発明の範囲を制限することなく他の例を示すことを意図したものであると理解すべきである。

【 0 0 2 1 】

本発明を更に理解すべく包含される図面を含む添付書類は、本願明細書の一部に組み入れられかつその一部を構成しかつ本発明の実施形態を示し、また詳細な説明は本発明の原理を説明するものである。本発明および本発明を実施する種々の方法を基本的に理解する上で必要とされる以上に本発明の構造的細部を示すことはしない。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 2 】

【 図 1 A 】 本発明の原理による水力発電装置の一例を示す斜視図である。

【 図 1 B 】 本発明の原理による水力発電装置の一例を示す側面図である。

【 図 2 A 】 ほぼ同じ長手方向ステーションにある浮心 (center of buoyancy : C B) および重心 (center of gravity : C G) を有する水力発電装置の一例を示す側面図である。

【 図 2 B 】 ほぼ同じ長手方向ステーションでかつ C G の上方にある C B を有する水力発電装置の一例を示す側面図である。

【 図 2 C 】 C G より上方かつ上流側にある C B を有する水力発電装置の一例を示す側面図である。

20

【 図 3 A 】 緩い繫留ケーブルインターセプト角を有する水力発電装置の海流ファーム配列の一例を示す側面図である。

【 図 3 B 】 中間の繫留ケーブルインターセプト角を有する水力発電装置の海流ファーム配列の一例を示す側面図である。

【 図 3 C 】 急な繫留ケーブルインターセプト角を有する水力発電装置の海流ファーム配列の一例を示す側面図である。

【 図 4 A 】 パラストおよびカウンタウェイトを備えた図 1 A の水力発電装置の側面図であり、水力発電装置の C G が艇体後方位置にあるところを示すものである。

【 図 4 B 】 パラストおよびカウンタウェイトを備えた図 1 A の水力発電装置の側面図であり、水力発電装置の C G が艇体前方位置にあるところを示すものである。

30

【 図 5 A 】 ロータが作動状態にありかつ水力発電装置が右舷側にロールしている状態の図 1 A の水力発電装置を示す正面図である。

【 図 5 B 】 ロータが非作動状態にありかつ水力発電装置が左舷側にロールしていて、キールのウェイトが装置の対称平面に対して横方向位置にある状態の図 1 A の水力発電装置を示す正面図である。

【 図 5 C 】 ロータが作動状態にありかつ水力発電装置が垂直方向にあって、キールのウェイトが装置の対称平面に対して横方向位置にある状態の図 1 A の水力発電装置を示す正面図である。

【 図 6 A 】 ドラグインデューサが高ドラグ状態に配備された状態にある図 1 A の水力発電装置を示す斜視図である。

40

【 図 6 B 】 ドラグインデューサが高ドラグ状態に配備された状態にある図 1 A の水力発電装置を示す斜視図である。

【 図 7 】 図 1 A の複数の水力発電装置が種々の作動状態にある海流ファーム配列を示す側面図である。

【 図 8 】 本発明の原理にしたがって水力発電装置のピッチ、ロールおよびドラグを検出しかつ制御する方法の一例を示すフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 3 】

以下に述べる詳細な説明により本発明を更に説明する。

本発明の実施形態およびその種々の特徴および長所の詳細を、添付図面において説明さ

50

れおよび/または示されかつ以下の詳細な説明において説明された非制限的な実施形態を参照してより完全に説明する。図面に示した特徴は、必ずしも正確な縮尺で示されておらず、1つの実施形態の特徴は、本明細書で明白に説明されていなくても、当業者が考えることができるように他の実施形態に使用できる。本発明の実施形態を不必要に不明瞭にしないようにするため、よく知られたコンポーネントおよび加工技術の説明は省略する。本明細書で使用される例は、単に、本発明を実施する方法の理解を容易にしかつ当業者が本発明の実施形態の実施を更に可能にするものである。したがって、本願に開示する例および実施形態は本発明の範囲を限定するものと解釈すべきではなく、本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載および適用可能な法律によってのみ定められるものである。また、参照番号は、幾つかの図面を通して同じ部品を表わすものである。

10

【0024】

本明細書で使用される用語「コンピュータ」は、1つ以上の命令にしたがってデータを操作できる任意の機械、デバイス、回路、コンポーネントまたはモジュールまたは機械、デバイス、回路、コンポーネント、モジュール等を意味し、例えば、プロセッサ、マイクロプロセッサ、中央処理装置、汎用コンピュータ、スーパーコンピュータ、パーソナルコンピュータ、ラップトップコンピュータ、手のひらコンピュータ、ノートブックコンピュータ、デスクトップコンピュータ、ワークステーションコンピュータ、サーバー等、またはプロセッサ、マイクロプロセッサ、中央処理装置、汎用コンピュータ、スーパーコンピュータ、パーソナルコンピュータ、ラップトップコンピュータ、手のひらコンピュータ、ノートブックコンピュータ、ワークステーションコンピュータ、サーバー等（但しこれら

20

【0025】

本明細書で使用される「ネットワーク」は、2つ以上の通信リンクの構成を意味する。ネットワークとして、例えばインターネット、ローカルエリアネットワーク（LAN）、ワイドエリアネットワーク（WAN）、メトロポリタンエリアネットワーク（MAN）、パーソナルエリアネットワーク（PAN）、キャンパスエリアネットワーク、コーポレートエリアネットワーク、グローバルエリアネットワーク（GAN）、ブロードバンドエリアネットワーク（BAN）、およびこれらの任意の組合せがある。ネットワークは、無線

30

【0026】

および有線媒体を介してデータを通信するように構成される。ネットワークには、例えばポイントツーポイントポロジ、パストポロジ、リニアパストポロジ、分散パストポロジ、スタートポロジ、拡張スタートポロジ、分散スタートポロジ、リングトポロジ、メッシュトポロジ、ツリートポロジ等を含むトポロジがある。

40

【0027】

本明細書で使用される用語「有している」「からなる」およびこれらの変形は、特に断らない限り、「有しているが、限定されない」ことを意味する。

【0028】

本明細書で使用される用語「不定冠詞「a」、「an」」および「定冠詞「the」」は、特に断らない限り、「1つ以上」であることを意味する。

【0029】

互いに連通している装置とは、特に断らない限り、互いに連続的に連通している必要はない。また、互いに連通している装置とは、1つ以上の中間体を介して直接的または間接

50

的に連通していることを意味する。

【0030】

プロセス段階、方法段階、アルゴリズム等は、連続的順序で説明されるが、このようなプロセス、方法およびアルゴリズムは、交互の順序で作動するように構成することもできる。換言すれば、本明細書で説明される段階のあらゆるシーケンスまたは順序は、必ずしも当該段階がその順序で遂行されることを示すものではない。本明細書で説明するプロセス、方法またはアルゴリズムの段階は、事実上任意の順序で遂行される。また、或る段階は同時に遂行される。

【0031】

本明細書で単一の装置または物品を説明するとき、単一の装置または物品の代わりに2つ以上の装置または物品を使用できることは容易に理解されよう。同様に、本明細書で2つ以上の装置または物品を説明するとき、2つ以上の装置または物品の代わりに単一の装置または物品を使用できることは容易に理解されよう。装置の機能性または特徴が、このような機能性または特徴を有していると明白に説明されていない2つ以上の他の装置により代わりに具現できる。

10

【0032】

本明細書で使用される「コンピュータ読取り可能な媒体」とは、コンピュータにより読取りできるデータ（例えば情報）を供給することに関するあらゆる媒体を意味する。このような媒体は、不揮発性媒体、揮発性媒体および伝送媒体を含む多くの形態をとることができる。不揮発性媒体として、例えば、光ディスク、磁気ディスクおよび他の持続性メモリがある。揮発性媒体としては、ダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM）がある。伝送媒体として、プロセッサに接続されるシステムバスを備えたワイヤを含む同軸ケーブル、銅線および光ファイバがある。伝送媒体として、無線周波数（RF）および赤外（IR）データ通信時に発生される音波、光波、電磁波を搬送できる。コンピュータ読取り可能な媒体の一般的形態として、例えば、フロッピディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、他の任意の磁気媒体、CD-ROM、DVD、他の任意の光媒体、パンチカード、紙テープ、孔パターンを備えた他の任意の物理的媒体、RAM、PROM、EPROM、フラッシュEEPROM、他の任意のメモリチップ、後述の搬送波、またはコンピュータが読取ることができる他の任意の媒体がある。

20

【0033】

コンピュータ読取り可能な媒体の種々の形態が、コンピュータへの情報のシーケンスを搬送するのに包含される。命令のシーケンスは、(i) RAMからプロセッサに配給され、または(ii)無線伝送媒体を介して伝送され、および/または(iii)例えばWiFi、WiMAX、IEEE 802.11、DECT、0G、1G、2G、3Gまたは4Gセルラー規格、ブルートゥース等を含む多くのフォーマット、規格またはプロトコルにしたがってフォーマット化できる。

30

【0034】

本発明の一態様によれば、水力発電装置100の重心（「CG」）より上方かつ上流側に浮心（「CB」）が存在する水力発電装置100が開示される。水力発電装置100のこの形態は、ボディピッチングモーメントと呼ばれる復元ピッチングモーメントが得られる。ボディピッチングモーメントは、沈水モーメントに対抗して、水力発電装置100を、実質的にゼロの畳み上げ角を有する、水平定常状態に釣合いが保たれた作動姿勢（level steady state trimmed operational attitude）に維持し、最大エネルギー変換性能を付与する。また、水力発電装置100は、短くてコストが安くかつ軽量の繫留ケーブルを用いて、急な繫留ケーブルインターセプト角を維持し、これにより単位平方キロメートル当たり多数の水力発電装置100を配備することができ、天然資源のより効率的な使用を可能にする。更に、水力発電装置100のピッチ姿勢は、カウンタウェイトを装置の前方および後方に移動させ、または装置前方および後方のバラストタンクを満たしまたは減量し、または装置前方および後方の垂直力学的表面を変化させることにより変えることができる。

40

50

【 0 0 3 5 】

本発明の他の態様によれば、水力発電装置 1 0 0 は、作動するロータにより発生される不利なトルクに対抗するローリングモーメントを発生することが開示されている。この点に関し、ロール角偏寄が生じるときに、腹部キールが重み付き振り子として機能し、重み付き腹部キールは、ロータの回転方向に角度的に変位され、復元ローリングモーメントを受動的に発生して、水力発電装置 1 0 0 の全体を所定の垂直方向に戻すように回転させる。

【 0 0 3 6 】

また、腹部キール遠位端でのデッドウェイト（載貨重量）は、水力発電装置 1 0 0 の対称垂直平面からオフセットさせ、ロータが作動しておりかつ不利なトルクが生じているときは腹部キールが略垂直方向を占め、ロータが作動していないときには腹部キールが傾斜方向すなわち角度的に偏寄した方向を占めるように構成できる。腹部キールの長さおよび遠位端でのデッドウェイトは、生じる対抗ローリングモーメントが、作動するロータにより発生されるあらゆる不利なトルクを実質的にキャンセルするように構成できる。

10

【 0 0 3 7 】

本発明の他の態様によれば、ロータドラッグ代用装置（ロータが作動しない場合はドラッグインデューサ）を配備して、作動するロータにより発生されるドラッグに擬似させる水力発電装置 1 0 0 が開示されており、該水力発電装置 1 0 0 では、上流側繫留ケーブルが撓んで、水力発電装置を前方の所定位置にサージさせ、パターン化された配備ファーム配列をなす隣接水力発電装置に衝突するか、繫留ケーブルのもつれを引き起こす危険のある垂れ曲り状態になることがない。また、ドラッグインデューサは、水力発電装置 1 0 0 に作用するドラッグ力を変調して、ロータが作動しない場合に深さ制御を維持する補助をなす手段を構成する。

20

【 0 0 3 8 】

図 1 A は、本発明の原理にしたがって構成された水力発電装置 1 0 0 の一例を示すものである。図 1 B は、水力発電装置 1 0 0 の側面図である。

【 0 0 3 9 】

水力発電装置 1 0 0 は、艇体 1 0 1 と、ロータ 1 0 9 と、艇体後部に取付けられた発電機（図示せず）と、キール 1 0 5 と、キールシリンダ 1 1 1 と、流体力学的ウイング 1 0 6 と、ハーネス 1 0 2 とを有している。水力発電装置 1 0 0 は、コンピュータ（図示せず）およびトランシーバ（図示せず）も有している。また、水力発電装置 1 0 0 は、例えば水温、圧力、深さ、物体（例えば、他の水力発電装置、哺乳動物、魚、船等）の接近、水流の速度および/または方向等の周囲の状況を検出するための 1 つ以上のセンサを有している。また、ロータ 1 0 9 は、オンボードハブコントローラ（図示せず）およびトランシーバを有している。艇体 1 0 1 には、水力発電装置 1 0 0 の主浮力源を形成する主圧力容器を設けることができる。また、艇体 1 0 1 には、水を交互に充満または排出させて、水力発電装置 1 0 0 の重量並びに重心の位置を調節する 1 つ以上の内部バラストタンク（図示せず）を設けることができる。

30

【 0 0 4 0 】

ロータ 1 0 9 は下流側の水平軸線ロータを有し、該ロータは複数のロータブレード 1 0 7 および可変ピッチ制御ロータハブ 1 0 8 を備えている。可変ピッチ制御ロータハブ 1 0 8 は、発電に使用される、艇体後部に取付けられた発電機（図示せず）に連結されている。

40

【 0 0 4 1 】

キール 1 0 5 には、例えば、艇体の前後方向に移動できる可動カウンタウエイト（図示せず）を備えた腹部キール構造を設けることができる。キール 1 0 5 は、水力発電装置 1 0 0 の対称垂直平面から距離 1 1 7 だけオフセットしたキールシリンダ 1 1 1 に連結されている。キールシリンダ 1 1 1 は、デッドウェイトを有している。キール 1 0 5 および/またはキールシリンダ 1 1 1 は種々の目的、例えば、受動ヨーアライメントの方向舵、ロータの不利なトルクのキャンセルを補助する重み付き振り子、ボディのピッチングモーメントの発生を促進すべく、CGの上方および下流側へのCBの移動を促進する手段、ドラ

50

グ変調を促進すべく1つ以上のドラグインデューサ112を取付けるための大きい表面、繫留システムの前方取付け位置を形成するリーディングエッジルート延長部(leading edge root extension: LERX)114等を有し、本明細書で説明する他の長所は当業者に容易に理解されよう。1つ以上のドラグ代用装置(drag proxy devices)112は、例えばスプリットドラグフラップで形成できる。流体力学的ウイング106は、一般に艇体101の上方に取付けられる。或いは、流体力学的ウイング106は、艇体101と同位置または艇体101の下に取付けることができる。LERX14は、ハーネス102のノーズ前方取付け位置を提供する。或いは、ハーネス102は艇体101に取付けることができる。

【0042】

流体力学的ウイング106は、可変角入射偏寄(variable angle incidence deflections)またはトレーリングエッジエレベータ制御表面を形成して、水力発電装置100に揚力またはダウンフォースを発生するように構成されている。

【0043】

ハーネス102には、ユニバーサルジョイント繫留装置を設けることができる。ハーネス102は、例えば図1Bに矢印120により示すように、水力発電装置100がピッチおよびヨーの両方向に自由にピボットできるように構成されている。ハーネス102は、1つ以上の繫留ケーブル103に取付けられる。繫留ケーブル103はアンカー104に取付けられ、該アンカー104は、例えば海底、川底、水面下プラットフォーム等の表面110に固定される。繫留ケーブル103は、水力発電装置100がハーネス102の回りでヨー運動するとき、左舷方向または右舷方向への並進運動を禁止する。繫留ケーブル103は、図1Bに示すように、水流の流れベクトルCの水平方向成分すなわち横方向成分に対してインターセプト角121を形成する。

【0044】

水力発電装置100は、パターン化された配備配列すなわち海流ファーム配列に配備される(例えば、図3A~図3C参照)。所与のファーム配列における隣接する水力発電装置100は、アンカー104を共有できる。各搭載発電機(図示せず)により発電された電気エネルギーは、例えば隣接の水力発電装置100または水中または陸上に配置された1つ以上の電気ステーション(図示せず)に送電され、例えば水上または陸上に配置されるユーティリティグリッドに送電する前に、各水力発電装置100から電気エネルギーを収集する。電気エネルギーは、例えば繫留ケーブル103に取付けられた電気ケーブル(図示せず)を介して送電されかつ隣接する水力発電装置100または1つ以上のステーションに送電される。

【0045】

水力発電装置100は、例えば矢印Cで示す方向に流れる自由流れで、完全水平定常状態釣合い作動姿勢を維持するように構成されている。この点に関し、水力発電装置100は、自由流れベクトルCに実質的に平行なロータ109の回転軸線115を維持し、これにより、移動流体の運動エネルギーの使用可能電力への変換が最大化される。

【0046】

水平定常状態釣合い作動姿勢では、水力発電装置100は、CBの上方かつ上流側にCBを維持して、沈水モーメントに対抗するボディピッチングモーメントを発生する。艇体101の内部で艇体の前後に配置されたパラスタック(図示せず)には水が満たされまたは排出されてCBの位置に対するCGの位置が変えられ、ボディピッチングモーメントの大きさを調節して、変化する自由流れ状態により時時刻刻と変化する沈水モーメントを正確にキャンセルする。また、キールシリンダ111の内部に配置された可動カウンタウェイトまたはキールウェイト(図示せず)を前後方向に変位させると、CBに対するCGの位置が変えられ、ボディピッチングモーメントの大きさも調節される。前後の釣合い表面(図示せず)は、過大なピッチングモーメントを完全に釣合わせて、水平定常状態釣合い作動姿勢を維持するのに使用される。

【0047】

10

20

30

40

50

ロータ109は、例えば、回転軸線115の回りで図1Aの矢印116により示す方向（水力発電装置100の前方から見て反時計回り方向）に回転するように構成されている。ロータ109の回転116により、ローリングモーメントすなわち不利なトルクが発生され、このトルク（このトルクも矢印116の方向である）は水力発電装置100に伝達される。ロータの不利なトルクによりキール105が例えば左舷側に角度的に偏寄する。これにより、キールシリンダ111（例えば、該キールシリンダ内に収容されたデッドウェイトおよびカウンタウェイトを含む）が左舷側に移動され、ロータの不利なトルクに対抗する復元ローリングモーメントが発生する。図1Aに示すように、キールシリンダ111は、水力発電装置100の垂直対称平面から横方向距離117だけオフセットしている。

10

【0048】

ドラグインデューサ112は、図1Aに示すように、例えば、キール105のトレーリングエッジの近くでキール105に取付けられた1対のスプリットドラグフラップを有している。ドラグインデューサ112は、ロータ109が作動していないときにロータ109のドラグ力に擬似した力を発生しかつロータのドラグ力を代用するものである。ドラグ力を増大させるため、両ドラグインデューサ112は、例えば図6Aに示すように、実質的に同時に反対方向に偏寄させることができる。ドラグインデューサ112は、偏寄角が増大するにつれて徐々に大きい前線面積（frontal area）が形成されるように、徐々に偏寄される。ドラグ力を減少させるには、両ドラグインデューサ112を実質的に同時に内方に後退させて互いに近づけ、偏寄角の減少につれて前線面積が徐々に小さくなるようにする。ドラグインデューサ112は、ロータ109が作動しないときまたは所定閾値より小さい値で作動するときは必ず配備され、水力発電装置100が前方所定位置にサージすることを防止し、または特定深さを維持するように制御する。

20

【0049】

水力発電装置100のコンピュータ(図示せず)は、本発明の原理にしたがって水力発電装置100の種々の機械的特性を制御するように構成されている。コンピュータは、例えば、1つ以上の内部パラスタック(図示せず)内への水の充満または排出、ロータ109の作動、可変ピッチ制御ロータハブ108に関連するロータブレードのピッチ角、ドラグインデューサ112の作動、流体力学的ウイング106の作動、トレーリングエッジエレベータの制御面の偏寄、1つ以上のステーション(図示せず)および/またはパワーグリッド(図示せず)との連通、可動カウンタウェイトの作動、キールシリンダ111の内部に配置されたキールウェイト等を制御する。搭載コンピュータと例えばステーションおよび/またはグリッドとの接続は、当業者により知られているように、搭載トランシーバ(図示せず)および通信リンク(図示せず)により行われる。

30

【0050】

ステーションおよび/またはグリッドの各々は、1つ以上のトランシーバ、1つ以上の通信リンク、および任意であるがネットワークを介して、複数の水力発電装置100に通信可能に接続されたコンピュータを有している。コンピュータは、各水力発電装置100を遠隔モニタリングおよび制御できるように構成されている。

40

【0051】

図2A～図2Cには異なる3つの水力発電装置200、220、240の例が示されており、各水力発電装置は他の2つとは異なる構成を有している。より詳しくは、図2Aは、浮心(CB)および重心(CG)がほぼ同じ長手方向ステーションにある水力発電装置200を示している。図2Bは、実質的に同じ長手方向ステーションにおいて、CBがCGより上方にある水力発電装置220を示す側面図である。図2Cは、CGより上方かつ上流側にCBがある水力発電装置を示す側面図である。図2A～図2Cには、例えばCGより上方かつ上流側にCBを位置決めすることにより得られる幾つかの機械的長所が示されている。

【0052】

図2Aは、実質的に同じ長手方向ステーションおよび水線ステーションに共配置されか

50

つ略ゼロの長手方向分離 2 1 5 を有している C B 2 1 9 および C G 2 1 4 を備えた水力発電装置 2 0 0 を示している。水力発電装置 2 0 0 は、繫留ケーブル 2 0 8 により拘束されている。繫留ケーブル 2 0 8 は、例えば、水平基準平面に対して小さいインターセプト角 2 0 7 を有している。この点に関し、繫留ケーブル 2 0 8 は、沈水力 2 1 1 を含むベクトル力 2 0 9、2 1 0、2 1 1 を水力発電装置 2 0 0 に伝達する。

【 0 0 5 3 】

ロータ 2 0 1 が作動される前は、水力発電装置 2 0 0 は、水平姿勢(図示せず)を占めている。ロータ 2 0 1 が作動されると、ロータ 2 0 1 は、水力発電装置 2 0 0 に加えられる大きい下流側へのドラグ力を発生し、水力発電装置 2 0 0 を図 2 A に示すようにノーズダウン方向に回転させる。水力発電装置 2 0 0 は、該装置 2 0 0 の沈水力 2 1 1 から生じる沈水モーメントが、ウイング 2 0 2 により発生されるノーズアップモーメントと、C G 2 1 4 の上方に作用するロータ 2 0 1 のドラグ力により発生されるノーズアップモーメントとの総和に実質的に等しくかつ対抗するまで、ノーズダウン方向に回転する。ウイング 2 0 2 により発生されるノーズアップモーメントは、エレベータ制御面 2 0 3 によるトレーリングエッジアップ角偏寄 2 1 2 により増大される。水力発電装置 2 0 0 のこのノーズダウン回転の結果として、ロータ 2 0 1 の回転軸線 2 0 4 に関して畳み上げ角 2 0 6 が導入され、これにより、エネルギー変換性能が、畳み上げ角 2 0 6 のコサイン(余弦)の 3 乗にほぼ等しいファクタだけ低下する。

10

【 0 0 5 4 】

水力発電装置 2 0 0 を水平釣合い姿勢に戻すため、エレベータ制御面デフレクタ 2 0 3 は、トレーリングエッジアップを更に角度 2 1 2 まで偏寄せ、これによりウイング 2 0 2 に作用するダウンフォースを増大させかつ水力発電装置 2 0 0 のノーズアップモーメントを発生させるように構成されている。この結果生じる、ウイング 2 0 2 に作用する増大したダウンフォースは、トレーリングエッジの吹き下ろし流れ(すなわち後流)を下流側にドリフトさせかつロータ 2 0 1 に衝突させる。これにより、ロータ 2 0 1 には見かけの畳み上げ角 2 1 2 が発生される。この畳み上げ角は既存の幾何学的畳み上げ角 2 0 6 に付加され、両畳み上げ角は、ロータ 2 0 1 のエネルギー変換性能を低下させるべく作用する。インターセプト角 2 0 7 が緩いと、繫留ケーブル 2 0 8 を長くしなければならず、重量が増大しかつコストが高む。

20

【 0 0 5 5 】

インターセプト角が急であると、沈水力 2 1 1 の大きさが増大し、したがって水力発電装置 2 0 0 に作用する沈水モーメントも増大する。急なインターセプト角 2 0 7 では、ロータ 2 0 1 が大きく畳み上げられかつ効率が低下し、水力発電装置 2 0 0 を水平にするのに必要な復元ノーズアップモーメントを発生するには、より大型でコストが高むウイング 2 0 2 を必要とする。沈水力 2 1 1 に関連するレバーアームを短くすることにより沈水モーメントを低減させることを試みて、繫留ケーブル取付け位置を C G 2 1 4 の位置に向かって後方に移動させるならば、水力発電装置 2 0 0 は、方向安定性および流入する流れ方向に対するヨーに装置自体を整合させる能力が犠牲になってしまう。

30

【 0 0 5 6 】

図 2 B は、C B 2 3 9 および C G 2 3 4 が実質的に同じ長手方向ステーションにある水力発電装置 2 2 0 を示すものである。しかしながら、C B 2 3 9 は、水力発電装置 2 2 0 が実質的に水平釣合い姿勢(図示せず)にある場合には C G 2 3 4 の直ぐ上に位置する。水力発電装置 2 2 0 は、図 2 A の水力発電装置 2 0 0 におけるよりも水平基準平面に対して急なインターセプト角 2 2 7 を有する繫留ケーブル 2 2 8 により拘束されている。図 2 B に示すように、繫留ケーブル 2 2 8 は、沈水力 2 3 1 を含むベクトル力 2 2 9、2 3 0、2 3 1 を水力発電装置 2 2 0 に伝達する。

40

【 0 0 5 7 】

ロータ 2 2 1 が作動される前は、水力発電装置 2 2 0 は、水平姿勢(図示せず)を占めている。ロータ 2 2 1 が作動されると、ロータ 2 2 1 は、水力発電装置 2 2 0 に加えられる大きい下流側へのドラグ力を発生し、水力発電装置 2 2 0 を図 2 B に示すようにノーズダ

50

ウン方向に回転させる。水力発電装置 220 がノーズダウン方向に回転すると、CB239 が CG234 の上流側に前進する。水力発電装置 220 のノーズダウン回転は、沈水力 231 から生じる沈水モーメントが、ウイング 222 により発生されるノーズアップモーメントと、CB239 と CG234 との長手方向分離 235 から生じるノーズアップモーメントとの総和に実質的に等しくかつ対抗するようになると停止する。ウイング 222 により発生されるノーズアップモーメントは、エレベータ制御面 223 によるトレーリングエッジアップ角度偏寄により補助される。長手方向分離 235 は、水力発電装置 220 のノーズダウン（またはノーズアップ）回転の単なる結果に過ぎない。CG234 は、CB239 に対する高さ分離 236 を有している。CG234 と CB239 との間の長手方向分離 235 により表わされる付加寄与モーメントにより、（ロータ 221 の回転軸線 224 に対する）畳み上げ角 226 は、図 2 A に示す畳み上げ角 206 に比べて減少される。

10

【0058】

水力発電装置 220 を水平釣合い姿勢に戻すには、エレベータ制御面デフレクタ 223 の偏寄角 232 を増大させて、流れ角（flow angularity）を下流側ロータ 221 に導入しまたは増大させる必要がある。流れ角は、前述の幾何学的畳み上げ角 226 に加えて見かけの畳み上げ角 232 を発生させ、これにより、ロータ 221 のエネルギー変換性能を低下させる。

【0059】

緩いインターセプト角 227 では、繫留ケーブル 228 が長くなり、一層コストが嵩みかつ重くなる。急なインターセプト角 227 では、ロータ 221 がより一層畳み上げられて効率が低下し、水力発電装置 220 に必要な復元ノーズアップモーメントを発生させるのに、より大型でコストが嵩むウイング 222 を必要とする。沈水力 231 に関連するレバーアームを短くすることにより沈水モーメントを低減させることを試みて、繫留ケーブル取付け位置を CG234 の位置に向かって後方に移動させるならば、水力発電装置 220 は、方向安定性および流入する流れ方向に対するヨーに装置自体を整合させる能力が犠牲になってしまう。

20

【0060】

図 2 C は、本発明の原理による水力発電装置 240（または 100）の一例を示すものである。水力発電装置 240 は CB259 を有し、該 CB259 は、水力発電装置 240 が実質的に水平釣合い姿勢にあるときに CG254 の上方かつ上流側に位置する。水力発電装置 240 は繫留ケーブル 248 により拘束されており、該繫留ケーブル 248 は、図 2 A および図 2 B のそれぞれのインターセプト角 207、227 より急なインターセプト角 247（または図 1 B の 121）を有している。繫留ケーブル 248 は、沈水力 251 を含むベクトル力 249、250、251 を水力発電装置 240 に伝達する。

30

【0061】

ロータ 241（または 109）が作動される前は、水力発電装置 240 はノーズ高姿勢（図示せず）を占めており、この姿勢では、水力発電装置 240 のノーズは上方に回転されかつ CB259 と CG254 との間の分離距離は最小になっている。ロータ 241 が作動されると、ロータ 241 は大きい下流側へのドラグ力を発生し、水力発電装置 240 を、例えばノーズ高姿勢からノーズダウン方向に回転させる。水力発電装置 240 のノーズダウン回転は、沈水力 251 から生じる沈水モーメントが、CG254 の上方で水力発電装置 240 に作用するロータドラグ力により発生されるノーズアップモーメントと、CB259 と CG254 との長手方向分離 255 から生じるボディピッチングモーメントとの総和に実質的に等しくかつ対抗するようになると停止する。CB259 を CG254 の上方かつ上流側に位置決めすることにより、水力発電装置 240 は、ロータ 241 の回転軸線 244 に対して実質的にゼロの幾何学的畳み上げ角をもつ実質的に水平な定常状態釣合い作動姿勢に維持される。釣合いモーメントはウイング 242（または 106）から必要とされずかつトレーリングエッジエレベータ制御面 243 はゼロの偏寄角 252 を有するので、流れ角は回避されるか最小になり、したがってロータ 241 には導入されない。したがって、ロータ 241 はその最高効率作動状態に維持され、最高エネルギー変換性能を与え

40

50

る。

【0062】

図2Cから明らかなように、インターセプト角247は、図2Aおよび図2Bに示したインターセプト角207、227よりかなり急である。したがって、繫留ケーブル248は、図2Aおよび図2Bの繫留ケーブル208、228よりも短く、安いコストでかつ軽量にすることができる。水力発電装置240は、CB259とCG254との長手方向分離255を調節することにより、ロータ241の幾何学的すなわち見かけ畳み上げ角により引き起こされる効率低下を生じさせることなく、繫留ケーブル248から伝達される大きい沈水モーメントをオフセットするように構成されている。かくして、ロータ241のエネルギー変換効率が最大化されると同時に、水力発電装置240のピッチ安定性および水

10

【0063】

前述のように、キールシリンダ260（または111）には可動カウンタウエイト（図示せず）を設けることができ、艇体101には1つ以上のバラストタンク（タンクではない）を設けることができる。キールシリンダ260内のカウンタウエイトを調節することにより（例えば、キールシリンダ260内でカウンタウエイトを前後方向に移動させることにより）、および/または（艇体101内の）1対の前後のバラストタンクを交換することにより、CG254の位置を調節できる。また、キールシリンダ260内のカウンタウエイトを調節しかつ前後のバラストタンク間で水バラストを交換することにより、CB259とCG254との間の長手方向分離255の大きさを調節して、ロータの畳み上げ角246を実質的にゼロにしかつウイング242による揚力が実質的に発生しないようにすることにより、ロータ241により受ける幾何学的すなわち見かけの畳み上げ角を回避することができる。したがって、水力発電装置240のピッチが安定化されかつロータ241のエネルギー変換性能を損なうことなく水平定常状態釣合い作動姿勢を維持できる。

20

【0064】

本発明の一実施形態によれば、ウイング242（または106）は、水力発電装置240（または100）から完全に除去できる。この実施形態では、引っ張り綱で繫留された水力発電装置240のピッチ、ロールおよび/またはドラッグの安定化は、残余の手段により達成される。

【0065】

本発明の他の実施形態によれば、ウイング242（または106）はCG254に近接して配置され、したがって、水力発電装置240に単に揚力またはダウンフォースを加えるのに使用される。或いは（または付加的に）、ウイング242は、CG254から距離を隔てて配置するか、釣合い装置および浮揚装置の両方として使用される。

30

【0066】

本発明の原理によれば、ハーネス102は、水力発電装置240の遙か前方にリーズナブルに配置して、装置の方向安定性およびヨー整合能力を最大化することができる。CB259およびCG254の長手方向分離255から生じるボディピッチングモーメントは、ハーネス102のリーズナブルな遙か前方の取付け位置で作用する沈水力から生じる大きい沈水モーメントに抗する作用の補助をする。

40

【0067】

図3A～図3Cは、矢印Cの方向に流れる自由流れ中に完全に浸漬されて作動している水力発電装置300、310、320のファーム配列の種々の例を示すものである。より詳しくは、図3Aは、緩い繫留ケーブルインターセプト角301（または207）を有する水力発電装置300（または200）の海流ファーム配列の一例を示す側面図、図3Bは、中間の繫留ケーブルインターセプト角311（または227）を有する水力発電装置310（または220）の海流ファーム配列の一例を示す側面図、および図3Cは、急な繫留ケーブルインターセプト角321（または121または247）を有する水力発電装置320（または240または100）の海流ファーム配列の一例を示す側面図である。

【0068】

50

図 3 A を参照すると、水力発電装置 3 0 0 は、図 2 A に示した水力発電装置 2 0 0 に概略的に対応している。水力発電装置 3 0 0 はファーム配列に構成されており、各水力発電装置 3 0 0 は、緩いインターセプト角 3 0 1 を有する繫留ケーブルに連結されている。図 3 A に示すように、緩い繫留ケーブルのインターセプト角 3 0 1 は、図 3 B または図 3 C に示すファーム配列より長くて、コストが高みかつ重い繫留ケーブル 3 0 3 を必要とする。また、大きい畳み上げ角 3 0 5 が導入され、これは、水平軸線ロータのエネルギー変換性能を大きく低下させる。このようなケーブルは、コストが高みかつ長くなることに加え、繫留ケーブル 3 0 3 の増大した重量を支持すべく、大型でコストが高む水力発電装置、浮揚体積または大きいウイングの浮揚面を必要とする。

【 0 0 6 9 】

繫留オーバーラップ距離 3 0 2 とは、上流側の水力発電装置 3 0 0 の位置と、隣接する下流側の水力発電装置 3 0 0 の表面床アンカー位置 3 0 6 との間の距離をいう。水力発電装置 3 0 0 のパターン化された配備配列内の水力発電装置 3 0 0 の密度を増大させかつ最小の全地理学的フットプリントを使用して天然資源の使用を最大化させるには、繫留オーバーラップ距離 3 0 2 を増大させて、下流側方向の装置 3 0 0 の連続列を装置 3 0 0 の上流側列に近接させなければならない。長い繫留ケーブル 3 0 3 ではオーバーラップ距離 3 0 2 を増大させることは問題が多く、例えば繫留ケーブル 3 0 3 のもつれの可能性、隣り合う装置 3 0 0 同士の衝突、上流側に隣接して作動する水力発電装置 3 0 0 の直ぐ下にアクセスできるに過ぎず、アンカー位置を機能させることの困難性が生じる。

【 0 0 7 0 】

図 3 B を参照すると、水力発電装置 3 1 0 は、図 2 B に示した水力発電装置 2 2 0 に概略的に対応している。水力発電装置 3 1 0 のファーム配列では、複数の繫留ケーブル 3 1 3 は、図 3 A に示したファーム配列の繫留ケーブル 3 0 3 より急なインターセプト角 3 1 1 を有している。したがって、図 3 A に示したファーム配列の繫留ケーブル 3 0 3 に比べて、より短く、低コストで軽量の繫留ケーブル 3 1 3 を使用できる。繫留ケーブルのオーバーラップ距離 3 1 2 は、図 3 A のオーバーラップ距離 3 0 2 に比べて減少しており、一方、所与の地理的領域における水力発電装置 3 1 0 の密度は増大している。

【 0 0 7 1 】

また、図 3 A の水力発電装置 3 0 0 に導入された畳み上げ角 3 0 5 より小さいけれども、水力発電装置 3 1 0 は、水平軸線ロータのエネルギー変換性能を大きく低下させる、かなりの大きさの畳み上げ角 3 1 5 を導入している。

【 0 0 7 2 】

図 3 C を参照すると、この水力発電装置 3 2 0 は、図 2 B に示した水力発電装置 2 4 0 または図 1 A および図 1 B に示した水力発電装置 1 0 0 に概略的に対応している。図 2 C で説明したように、C B 2 5 9 が C G の上方かつ上流側にあるため、水力発電装置 3 2 0 は、生じるボディピッチングモーメントを、最も急な繫留ケーブルインターセプト角 3 2 1 が得られるように使用でき、これにより、最短、最軽量かつ最低コストのケーブル 3 2 3 にでき、同時に、水力発電装置 3 2 0 は、最高エネルギー変換性能が得られる（幾何学的にまたは見掛け上）実質的にゼロのロータ畳み上げ角 3 2 5 を有する水平定常状態釣合い作動姿勢を維持することができる。また、小さい地理的領域内に多数の水力発電装置 3 2 0 を配備できる。これにより、天然資源の使用が最大化され、一方、上流側の水力発電装置 3 2 0 の位置と、隣接する下流側の水力発電装置 3 0 0 の表面床アンカー位置 3 2 6 との間の繫留ケーブルオーバーラップ距離 3 2 2 が最小になり、ケーブルのもつれ、およびアンカーおよび隣接する装置 3 2 0 の繫留ケーブルの補修の煩わしさを回避できる。

【 0 0 7 3 】

図 4 A は、図 1 A に示した水力発電装置 1 0 0 または図 2 C に示した水力発電装置 2 4 0 と同じまたは実質的に同じ水力発電装置 4 0 0 を示す側面図である。水力発電装置 4 0 0 は、C B 4 1 6（または 2 5 9）に対して C G 4 0 4（または 2 5 4）を前後に移動させる少なくとも 2 つの機構を有している。例えば、水力発電装置 4 0 0 は、前後に配置された 1 対のバラスタタンク 4 0 1、4 0 2 を有している。図 4 A から分かるように、前方

10

20

30

40

50

に配置されたバラストタンク 401 はほぼ空の状態が示され、バラストタンク 402 はほぼ満たされた状態が示されている。水力発電装置 400 には更に、両タンク 401、402 間で水を搬送するように構成されたポンプ(図示せず)が設けられている。水力発電装置 400 は更に、キールシリンダ 260 (または 111) 内に設けられた可動カウンタウエイト 403 を有している。カウンタウエイト 403 は、キールシリンダ 260 の長さに沿って前方から後方位置または後方から前方位置へと長手方向に移動できるように構成されている。ロータ軸線は、参照番号 405 で示されている。

【0074】

水力発電装置 400 のほぼ充滿された後方のバラストタンク 402 および最後方位置にあるカウンタウエイト 403 は、最大負荷状態を表している。最大負荷状態は、例えば、CG254 が、水力発電装置 400 に生じるボディピッチングモーメントの最大の大きさに対応する最後方位置 404 にある状態を含む。

10

【0075】

図 4B は、CG254 が、水力発電装置 400 に生じるボディピッチングモーメントの最小の大きさに対応する最前方位置 404 にある負荷状態を有する水力発電装置 400 (参照番号 410 で示す) を示す側面図である。理解されようが、前方に配置されたバラストタンク 401 (参照番号 411 で示す) はほぼ充滿されており、後方に配置されたバラストタンク 402 (参照番号 412 で示す) はほぼ空である。また、可動カウンタウエイト 403 (参照番号 413 で示す) は、前方位置にある。バラストタンク 401、402 および/またはカウンタウエイト 403 は CG254 の位置を調節し、これにより水力発電装置 400 のボディピッチングモーメントの大きさを変えて実質的に水平定常状態釣合い作動姿勢を維持し、ロータ 241 (または 109) の回転軸線と自由流れ方向とを整合させることによりエネルギー変換性能を最高にするように使用されている。ロータ軸線は、参照番号 415 により示されている。

20

【0076】

図 5A は、図 1A に示した水力発電装置 100 または図 2C に示した水力発電装置 240 と同じまたは実質的に同じ水力発電装置 500 を示す正面図である。図 5A を参照すると、自由流れ C は水平軸線をもつ図 5A の紙面に垂直に流れ、ロータ 501 (または 109 または 241) は、紙面に垂直な回転軸線の回りで例えば反時計回り方向に回転する。水力発電装置 500 は、CB259 (参照番号 505 として示す) および CG254 (参照番号 508 として示す) を有している。

30

【0077】

作動中、ロータ 501 は、不利なトルクと呼ばれるローリングモーメントを水力発電装置 500 に伝達し、水力発電装置 500 を例えば反時計回り方向 502 にロールさせる傾向を有する。例えば、水力発電装置 500 はバンク角へとロールし、バンク角では、レバーアーム距離 506 を介して作用するデッドウエイト 503 および/またはカウンタウエイト 403 (参照番号 503 で示す) により発生される復元ローリングモーメントにより実質的にオフセットされる。バンク角 507 の大きさは、キール 105 (参照番号 510 により示す) の長さ、デッドウエイト 503 の重量および/またはカウンタウエイト 503 の重量に反比例する。このため、より長いキール 510、より重いデッドウエイト 503 および/またはより重いカウンタウエイト 503 を使用することにより、作動するロータ 501 により発生される不利なトルクをオフセットする対抗ローリングモーメントを発生させることが必要になる。かくして、重み付きキール 510 は復元振り子として作用する。

40

【0078】

しかしながら、図 5A から分かるように、水力発電装置 500 は、垂直基準平面 509 から角度的に変位(例えば右舷方向に傾斜)され、したがって、好ましい直立垂直方向に位置してはいない。好ましい直立垂直方向は、水力発電装置 500 の垂直対称面 504 が垂直基準平面 509 と一致するとき生じる。ロータ 501 から不利なトルクをキャンセルしかつ同時に水力発電装置 500 の好ましい直立垂直方向を達成するため、キールウエ

50

イト 5 1 3 は、図 5 B に示すように水力発電装置 5 0 0 の垂直対称平面から横方向にオフセットされる。

【 0 0 7 9 】

図 5 B は水力発電装置 5 0 0 の正面図であり、ロータ 5 0 1 は非作動状態にあり、かつキール 5 1 0 と一体に形成されたキールウェイト 5 1 3 が水力発電装置 5 0 0 の垂直対称平面 5 0 4 に対して横方向に位置して、水力発電装置 5 0 0 は左舷側にロールしている。キールウェイト 5 1 3 は、水力発電装置 5 0 0 の垂直対称平面から距離 5 1 6 だけ横方向にオフセットするように構成されている。図 5 B から分かるように、ロータ 5 0 1 が作動していないとき、水力発電装置 5 0 0 は左舷側にロールし、これにより C B 5 1 5 および C G 5 1 8 を、垂直基準平面 5 0 9 と垂直整合するように位置決めする。

10

【 0 0 8 0 】

図 5 C は水力発電装置 5 0 0 の正面図であり、ロータ 5 0 1 は作動状態にありかつ水力発電装置 5 0 0 は好ましい垂直方向にあって、水力発電装置 5 0 0 の垂直対称平面 5 0 4 は垂直基準平面 5 0 9 と一致している。キールのウェイト 5 1 3 は、水力発電装置 5 0 0 の垂直対称平面 5 0 4 に対して実質的に横方向の所定位置に配置されている。

【 0 0 8 1 】

図 5 C では、ロータ 5 0 1 が作動し、例えば、方向 5 2 2 に回転している場合、水力発電装置 5 0 0 は、以前の左舷側位置（図 5 B 参照）から右舷側に回転し、水力発電装置 5 0 0 を垂直基準平面 5 0 9 と一致する（又は平行な）好ましい垂直方向に立て直す。このような作動状態では、C G 5 2 8 は横方向に変位し、例えば、C B 5 2 5 の左舷側に位置し、作動するロータ 5 0 1 により発生される不利なトルクに反作用する持続性のある回転モーメントを生じさせる。

20

【 0 0 8 2 】

図 5 C から分かるように、水力発電装置 5 0 0 には、ウイング 1 0 6（5 3 1 として示されている）に設けられた 1 つ以上の差動制御面デフレクタ 5 3 3 が設けられている。デフレクタ 5 3 3 は、作動するロータ 5 0 1 による不利なトルクに対抗する付加復元モーメントを付与する。

【 0 0 8 3 】

また、水力発電装置 5 0 0 は、ウイング 5 3 1 に取付けられるかウイング 5 3 1 と一体に形成された複数のウイングタンク 5 3 2 を有している。ウイングタンク 5 3 2 は、ウイング 5 3 1 の遠位端に設ける（例えば図 5 C に示すウイングチップタンク）か、ウイング 5 3 1 の遠位端と艇体 1 0 1 との間の位置に設けられる。作動するロータ 5 0 1 による不利なトルクに対抗するため、ウイングタンク 5 3 2 を交互に排出または充満させることにより、付加復元モーメントを付与することができる。

30

【 0 0 8 4 】

更に、水力発電装置 5 0 0 には、図 5 C に示すように、キール 5 2 4 の遠位端に配置される制御面デフレクタ 5 3 5 を設けることができる。

【 0 0 8 5 】

図 6 A は水力発電装置 6 0 0 を示す斜視図であり、この水力発電装置 6 0 0 は、図 1 A に示した水力発電装置 1 0 0 または図 2 C に示した水力発電装置 2 4 0 と実質的に同じである。図 6 A には、ロータブレード 6 0 1 が完全にフェザーリングされた非作動状態にあり、かつ腹部キール 6 0 3 に配置されたドラグインデューサ 6 0 2 が偏寄位置にあって高ドラグ状態にある水力発電装置 6 0 0 が示されている。ドラグインデューサ 6 0 2 は、例えば 1 対のスプリットドラグフラップを有するものが示されている。

40

【 0 0 8 6 】

図 6 B は、高ドラグ状態に配備されたドラグインデューサ 6 0 2 を備えた水力発電装置 6 0 0 を示す正面図である。図 6 B では、ドラムインデューサ 6 0 2 のスプリットドラグフラップが、大きい前線領域を形成し、これにより自由流れ C の力の下で大きいドラグが得られるように偏寄されている。

【 0 0 8 7 】

50

繫留ケーブルの沈水力は、ロータのドラグ力（例えば図2Cの沈水力251）の大きさに比例する。したがって、ロータドラグ力の存在または除去は、繫留ケーブルの沈水力の大きさに大きい変化を引き起こし、水力発電装置600の特定作動深さを維持するのに必要な垂直力バランスを変化させる。ドラグインデューサ602は、ロータドラグ力が存在しないか最小であるときは、ロータドラグ力の代用となるドラグ力を付与する。ドラグインデューサ602は、ロータの作動状態からロータの非作動状態へのロータブレードのピッチ角の遷移中に生じる水力発電装置600の大きい前後方向移動を防止するロータドラグ力の代用を行う。水力発電装置600の大きい前後方向移動は非常に大きい問題である。なぜならば、水力発電装置が移動すると上流側繫留ケーブルが弛緩し、これは、隣接する水力発電装置600が衝突の危険を呈する規則的間隔の海洋ファーム配列で特に関心が高いからである（例えば図7参照）。

10

【0088】

ドラグインデューサ602は、ロータが作動していないときはいつでも高ドラグ状態に配備され、ロータが作動しているときはいつでも低ドラグ状態または無ドラグ状態に後退される。また、ロータブレード602が、例えば可変ピッチ制御ロータハブの使用によりピッチ角係合シーケンス中またはピッチ角非係合シーケンス中であるとき、ドラグインデューサ602は、水力発電装置600に作用する総ドラグ力（または総垂直力）を一定値に維持して、ロータの作動状態と非作動状態との間のシームレス遷移が得られる態様および速度に、それぞれ後退または伸長される。

【0089】

ドラグインデューサ602は配備可能な種々の高ドラグ装置からなり、高ドラグ装置として、例えば、スプリットドラグフラップ、偏寄可能なボディフラップまたはスケール、ウイングまたは前後の釣合い面上に配置される配備可能なフラップ、水力発電装置600の他の表面上に配置されるポップアップまたはポップアウト型ストールフェンス、約90°の入射偏寄が可能なウイングまたは釣合い面、水力発電装置600の内部キャビティから発射される引っ張り綱付き補助パラシュートまたはパラシュート、または後で低ドラグ状態または無ドラグ状態に後退できる他の配備可能な高ドラグ装置がある。

20

【0090】

図7は、種々の作動段階にある複数の水力発電装置700、701、702、703、706からなる海洋ファーム配列を示す側面図である。各水力発電装置700、701、702、703、706は、図1Aに示した水力発電装置100または図2Cに示した水力発電装置240と同じであるか、実質的に同じである。簡単化のため、水力発電装置700、701、702、703、706は、図1Aに示した水力発電装置100の例を参照して以下に説明する。

30

【0091】

水力発電装置700、701、702は、定格速度が生じておりしたがって搭載発電機（図示せず）により定格電力が発電される深さで、実質的に水平な釣合い定常状態で作動されている。水力発電装置703はそのロータ109が係合されておらず、明瞭化のため、ドラグインデューサ112は無ドラグ状態または低ドラグ状態に後退されているところを示されている。したがって、水力発電装置703は、懸垂線状態にある繫留ケーブル705により前方所定位置にサージされかつ直ぐ上流側の隣接水力発電装置701に衝突する危険がある。ドラグインデューサ112を高ドラグ状態に配備することにより、水力発電装置703は繫留ケーブル705をびんと引っ張って下流側位置704に退去され、これにより水力発電装置701と衝突する危険が軽減される。

40

【0092】

水力発電装置704は、そのロータブレード107が完全にフェザーリングされかつロータ109は作動されておらず、ドラグインデューサ112は高ドラグ状態に配備され、ウイング106にはダウンフォースが作用しかつパラスタック（例えば図4Aの参照番号401、402）内の海水が増大されていて、定格速度が生じておりかつロータは作動しておらず（または実質的に作動しておらず）発電していない深さに維持されている。

50

【 0 0 9 3 】

水力発電装置 7 0 6 は、半浸漬表面状態にあるところが示されており、そのロータ 1 0 9 は作動しておらずかつドラグインデューサ 1 1 2 は中間偏寄角に配備され、したがって、繫留ケーブル 7 0 5 をぴんと引っ張るのに充分ではあるが、水力発電装置 7 0 6 をより深く引っ張る大きさまで沈水力を増大させるには不十分な大きさのドラグが発生されている。この状態では、水力発電装置 7 0 6 は、海上船舶 7 0 7 から乗組員により補修およびメンテナンスが行われる。作動深さまで下降させるため、水力発電装置 7 0 6 は、ドラグインデューサ 1 1 2 を高ドラグ状態に完全に配備して、沈水力を増大させかつ装置 7 0 6 を水面下に引き入れる。ひとたび水面下に入ると、ウイング 1 0 6 を負の入射角まで回転してダウンフォースを発生させる。同時に（または異なる時点で）、バラストタンク（例えば図 4 A、図 4 B に示す）を海水で充満して、水力発電装置 7 0 6 の重量を増大させ、定格速度が生じる深さを有する位置 7 0 8 まで装置 7 0 6 を下降させる。この深さでは、低ドラグに向かって徐々に後退されたドラグインデューサ 1 1 2 と、今やロータブレードピッチ角を作動状態にピッチングさせる過程にある実際のロータ 1 0 9 との間にドラグ力遷移が生じ、これによりロータ 1 0 9 が作動するとロータによりドラグが発生される。ロータ代用物（ドラグインデューサ 1 1 2 により形成される）と特定深さでの実際のロータ 1 0 9 との間のこのドラグ遷移は、水力発電装置 7 0 6 全体に作用する垂直力バランスが実質的にゼロに維持されるように、かつ装置 7 0 6 が、ダウンフォースを緩和するウイング 1 0 6 並びにバラストタンク 4 0 1、4 0 2（これらはロータの係合遷移過程中の除荷バラストである）の補助により、水力発電装置 7 0 6 により定格電力が発電される定格速度で特定深さに維持されるように生じる。ロータ 1 0 9 が非作動状態に遷移されるときに同様な（但し逆方向の）ドラグ力が生じ、このとき、水力発電装置 7 0 6 の制御された上昇の前に、ロータ 1 0 9 からドラグインデューサ 1 1 2 へのドラグ力伝達が生じる。これらの 2 つのドラグ遷移シーケンス（ロータ 1 0 9 の作動状態から非作動状態およびロータ 1 0 9 の非作動状態から作動状態を含む）は、それぞれ、ロータ係合離脱遷移プロトコルおよびロータ係合遷移プロトコルと呼ばれ、本願と同日出願に係る係属中の特許文献 8（米国特許出願第 _____ 号公報（発明の名称「水力発電装置の配列を含む水力発電装置用電力制御プロトコル（POWER CONTROL PROTOCOL FOR A HYDROKINETIC DEVICE INCLUDING A N ARRAY THEREOF）」））に開示されている。尚、該特許文献 8 の全開示は本願に援用する。

10

20

30

【 0 0 9 4 】

水力発電装置 1 0 0 は、例えば、本願と同日出願に係る係属中の特許文献 9（米国特許出願第 _____ 号公報（発明の名称「引っ張り綱に繋がれた水力発電機用繫留システム（MOORING SYSTEM FOR A TETHERED HYDROKINETIC）」））に開示された繫留システムにより水中に保持される。尚、該特許文献 9 の全開示は本願に援用する。

【 0 0 9 5 】

水力発電装置 1 0 0 には、例えば、本願と同日出願に係る係属中の特許文献 1 0（米国特許出願第 _____ 号公報（発明の名称「内蔵型エネルギー貯蔵リザーバを備えた可変制御ロータ（VARIABLE CONTROL ROTOR HUB WITH SELF CONTAINED ENERGY STORAGE RESERVOIR）」））に開示された内蔵型エネルギー貯蔵リザーバを備えた可変制御ロータハブを設けることができる。尚、該特許文献 1 0 の全開示は本願に援用する。

40

【 0 0 9 6 】

図 8 は、本発明の原理による水力発電装置のピッチ、ロールおよびドラグを検出しかつ制御する方法 8 0 0 の一例を示すものである。図 1 A および図 8 を同時に参照すると、方法 8 0 0 は、水力発電装置 1 0 0 のピッチを検出しかつ決定する段階（ステップ 8 1 0）、水力発電装置 1 0 0 のロール（垂直整合を含む）を検出しかつ決定する段階（ステップ 8 1 4）および / または水力発電装置 1 0 0 のドラグ力を検出しかつ決定する段階（ステップ 8 1 8）を有している。

【 0 0 9 7 】

水力発電装置 1 0 0 のピッチ角が所定のピッチ範囲から外れている決定がなされた場合

50

には（ステップ 820 において YES）、水力発電装置 100 のピッチ角を調節する。例えば、水力発電装置 100 のピッチ角が所定のピッチ範囲に戻るまで、長手方向に分離された複数のパラスタックに水を交互に充填しおよび排出する（ステップ 830）。ピッチ範囲から外れていない場合には、ピッチ角調節は行わない（ステップ 820 において NO）。これに加え（またはこの代わりに）、水力発電装置 100 のピッチ角が所定のピッチ範囲に戻るまで、キールシリンダ 111 内のカウンタウェイトを制御しつつ移動することによりピッチ角を調節することができる（ステップ 830）。これに加え（またはこの代わりに）、水力発電装置 100 のピッチ角が所定のピッチ範囲に戻るまで、例えば可変入射角または 1 つ以上のトレーリングエッジを含む流体力学的ウイング 106 の部分を制御しつつ調節することによりピッチ角を調節することができる（ステップ 830）。

10

【0098】

水力発電装置 100 の垂直整合位置が所定の垂直整合位置範囲から外れているとの決定がなされた場合には（ステップ 824 において YES）、例えば図 5C を参照して説明した方法により水力発電装置 100 の垂直整合を調節できる。また、これに加え（またはこの代わりに）、ウイングタンク 532 を充填および排出し、エレベータ制御面 533 または方向舵 535 を偏寄せさせることができる（ステップ 834）。所定の垂直整合位置範囲から外れていない場合には、ロール調節は行わない（ステップ 824 において NO）。

【0099】

水力発電装置 100 のドラグ力が所定のドラグ力範囲から外れているとの決定がなされた場合には（ステップ 828 において YES）、例えば、ロータ 109 によりドラグ力とドラグインデューサ 112 により発生されるドラグによるドラグ力との総和が所定のドラグ力の範囲内に入るまで、水力発電装置 100 のドラグを調節する（ステップ 838）。所定のドラグ力範囲から外れていない場合には、ドラグ調節は行わない（ステップ 828 において NO）。これに加え（またはこの代わりに）、水力発電装置 100 に作用するドラグ力は、ドラグ力が許容範囲に戻るまでロータブレード 107 のピッチ角を変えることによっても調節できる（ステップ 828 において YES）。ロータ 109 によるドラグ力とドラグインデューサ 112 により発生されるドラグによるドラグ力との総和は、通常の作動状態中にロータ 109 のみによって発生されるドラグ力に等しい。

20

【0100】

実質的に同時に行われるとして示されているが、検出および決定ステップ 810、818 は異なる時点で行われる。同様に、判定ステップ 820、828 および調節ステップ 830、838 は、実質的に同時すなわち異なる時点で行われる。

30

【0101】

本発明の一態様によれば、コンピュータ読取り可能な媒体には、実態的に具現化された複数のコードセクション（すなわちセグメント）を有するコンピュータプログラムが設けられる。コンピュータプログラムには、方法 800 のステップ 810 からステップ 838 の各々についてコードセクションが設けられている。水力発電装置 100 の搭載コンピュータ（図示せず）で実行するとき、コンピュータプログラムは、水力発電装置 100 のピッチ、ロールおよび/またはドラグの検出および制御を行う。

【0102】

本発明の種々の実施形態によれば、本願に開示する方法は、コンピュータで実行されるソフトウェアプログラムとして作動することを意図したものである。専用ハードウェアとして特定集積回路、プログラム可能な論理回路があり（但しこれらに限定されない）、他のハードウェアデバイスも本願に開示の方法を実施するように同様に構成される。また、分散処理またはコンポーネント/オブジェクト分散処理、並列処理またはバーチャルマシン処理（但しこれらに限定されない）を含む他のソフトウェアインプリメンテーションも本願に開示する方法を実施するように構成できる。

40

【0103】

以上、本明細書では特定規格およびプロトコルに関連する実施形態で実施されるコンポーネントおよび機能を説明したが、本願の開示はこのような規格およびプロトコルに限定

50

されるものではない。

【0104】

本願の開示は例示実施形態に関連して行ったが、当業者ならば、本願の開示は、特許請求の範囲の記載の精神および範囲内での変更を行って実施できることは理解されよう。前述のこれらの例は単なる例示であって、本発明の可能なあらゆる設計、実施形態、用例または変更例を完全に列挙したものではない。

【図1A】

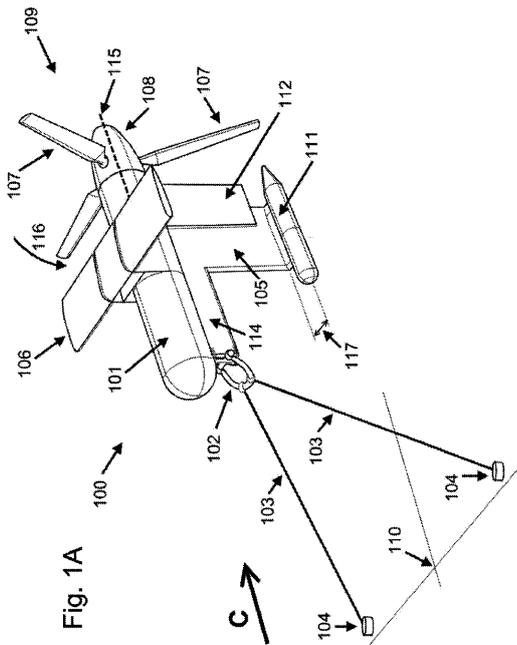


Fig. 1A

【図1B】

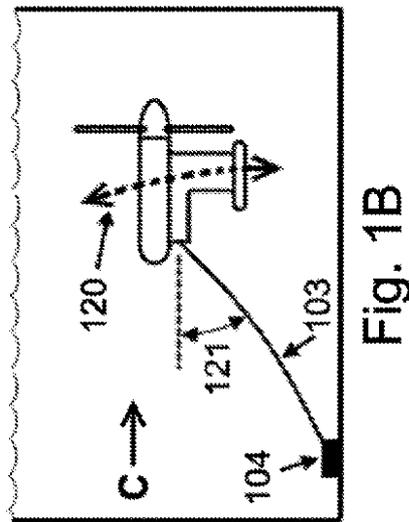


Fig. 1B

【図2A】

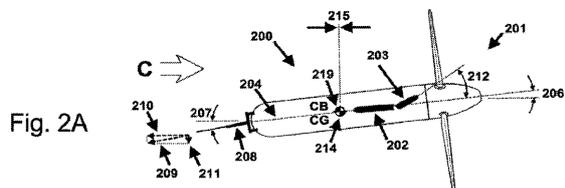


Fig. 2A

【 図 2 B 】

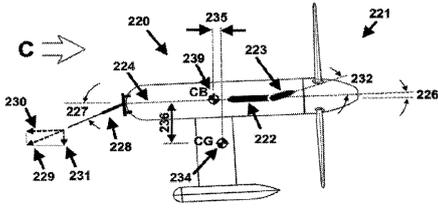


Fig. 2B

【 図 2 C 】

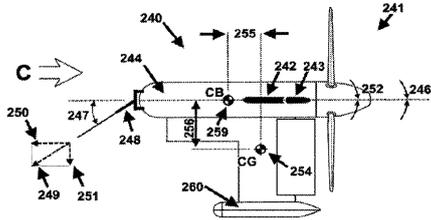


Fig. 2C

【 図 3 A 】

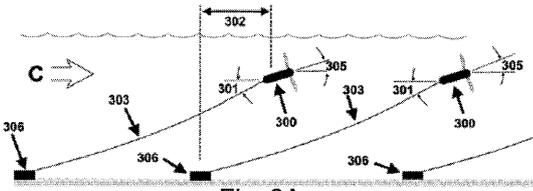


Fig. 3A

【 図 3 B 】

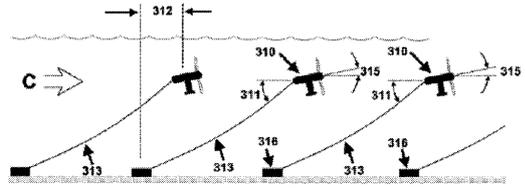


Fig. 3B

【 図 3 C 】

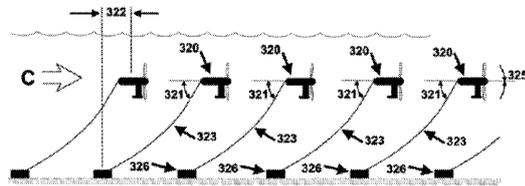


Fig. 3C

【 図 4 A 】

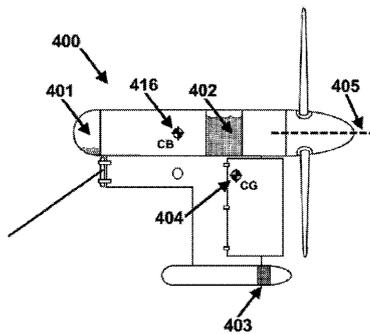


Fig. 4A

【 図 4 B 】

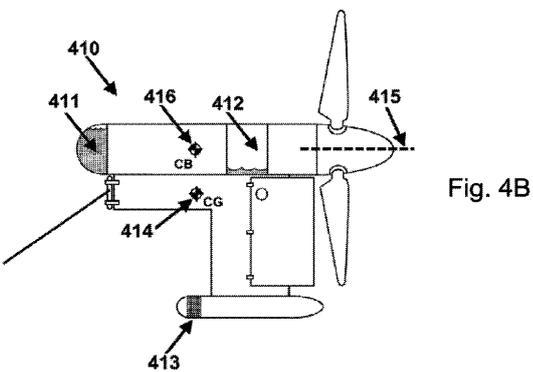


Fig. 4B

【 図 5 A 】

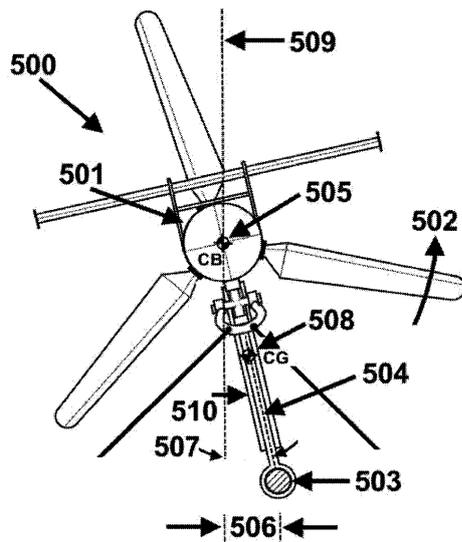


Fig. 5A

【 図 5 B 】

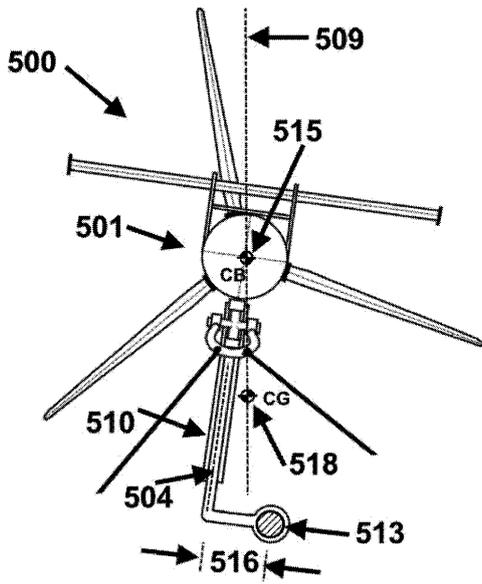


Fig. 5B

【 図 5 C 】

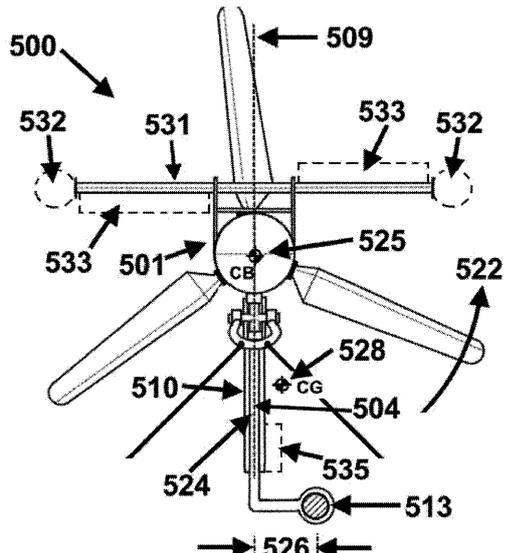


Fig. 5C

【 図 6 A 】

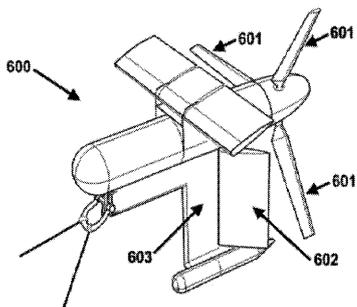


Fig. 6A

【 図 6 B 】

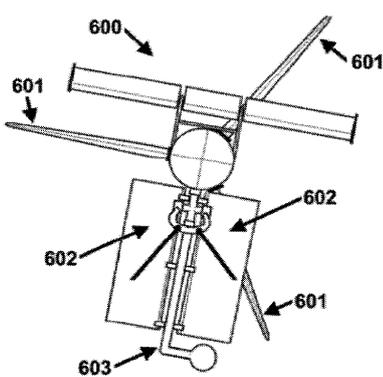


Fig. 6B

【 図 7 】

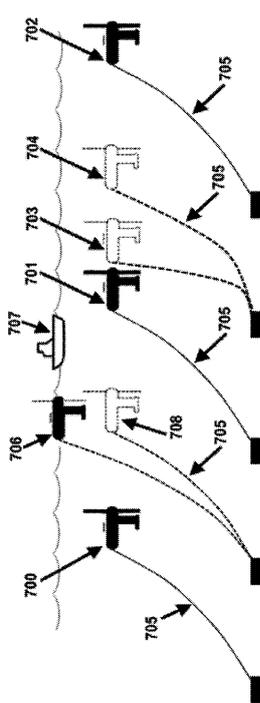


Fig. 7

【 図 8 】

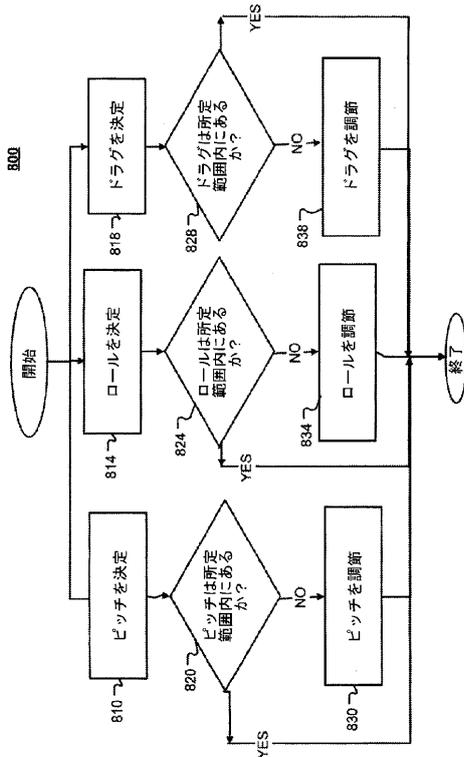


Fig. 8

【 手続補正書 】

【 提出日 】平成24年3月1日(2012.3.1)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】全文

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

水流から電力を取出す水力発電装置において、
浮体と、

該浮体に連結されかつ発電機を駆動すべく構成されたロータとを有し、

浮体およびロータが協働して浮心および重心を形成し、浮心が重心の上方かつ上流側に配置されていることを特徴とする水力発電装置。

【 請求項 2 】

前記重心を調節するように構成された可動カウンタウェイトを更に有していることを特徴とする請求項 1 記載の水力発電装置。

【 請求項 3 】

前記重心を調節するように構成された可変バラストを更に有していることを特徴とする請求項 1 記載の水力発電装置。

【 請求項 4 】

エレベータ制御面を備えたハイドロプレーンウイングを更に有していることを特徴とする請求項 1 記載の水力発電装置。

【 請求項 5 】

前記浮体に取り付けられたキールを更に有し、該キールは、遠位端に取り付けられたデッド

ウェイトを有していることを特徴とする請求項 1 記載の水力発電装置。

【請求項 6】

前記ロータは、水流と選択的に係合しまたは係合離脱することを特徴とする請求項 1 記載の水力発電装置。

【請求項 7】

水流から電力を取出す水力発電装置において、

浮体と、

該浮体に連結されたロータとを有し、該ロータは発電機を駆動すべく構成されており、

浮体に連結されたキールと、

該キールの遠位端に連結されたデッドウェイトとを更に有していることを特徴とする水力発電装置。

【請求項 8】

前記デッドウェイトは、浮体の垂直対称平面からオフセットされていることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 9】

前記デッドウェイトは、浮体前方位置と浮体後方位置との間または左舷側位置と右舷側位置との間で移動できることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 10】

水を交互に排出しまたは充満するように構成された複数の横方向に分離されたバラストタンクを更に有していることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 11】

ローリングモーメントを付与するように構成された流体力学的揚力面を更に有していることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 12】

可変ドラグ状態を配備すべく構成されたドラグインデューサを更に有し、可変ドラグ状態は、高ドラグ状態、低ドラグ状態および中間ドラグ状態を有していることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 13】

前記高ドラグ状態、低ドラグ状態および中間ドラグ状態を配備するように構成されたドラグインデューサを更に有していることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 14】

前記ロータは、水流と係合しまたは係合離脱することを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【請求項 15】

可変入射機構またはエレベータ制御面を備えたハイドロプレーンウイングを更に有していることを特徴とする請求項 7 記載の水力発電装置。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2010/036459
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>F03B 13/18(2006.01)i, F03B 17/06(2006.01)i, F03B 13/10(2006.01)i, F03B 13/26(2006.01)i</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) F03B 13/18; F03B 17/02; F03B 17/06; B63B 22/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: pitch, roll, drag, hydrokinetic, generator		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008-149132 A1 (OVERBERG LIMITED et al.) 11 December 2008 See abstract; claims 1-19; and figures 1-13.	1-20
A	US 2006-0225416 A1 (VAUGHN NORTH et al.) 12 October 2006 See abstract; claims 1-17; and figures 1-15.	1-20
A	US 2008-0050993 A1 (MACKIE, GRAEME, CHARLES, TYNE AND WEAR) 28 February 2008 See abstract; claims 1-64; and figures 1-9.	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 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 25 FEBRUARY 2011 (25.02.2011)		Date of mailing of the international search report 12 APRIL 2011 (12.04.2011)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer RYU, SI UNG Telephone No. 82-42-481-5509 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2010/036459

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008-149132 A1	11.12.2008	EP 2165071 A1	24.03.2010
		GB 0710822 D0	18.07.2007
		GB 0809127 D0	25.06.2008
		GB 2450962 B	23.06.2010
		US 2010-0230971 A1	16.09.2010
US 2006-0225416 A1	12.10.2006	AU 2003-300145 A1	29.07.2004
		US 2006-225416 A1	12.10.2006
		US 2008-106101 A1	08.05.2008
		US 7768144 B2	03.08.2010
		WO 2004-061294 A2	22.07.2004
US 2008-0050993 A1	28.02.2008	EP 1815133 A1	08.08.2007
		GB 0425303 D0	15.12.2004
		GB 0523403 D0	28.12.2005
		GB 2422878 B	11.04.2007
		US 7541688 B2	02.06.2009
		WO 2006-054084 A1	26.05.2006
		ZA 200703743 A	30.07.2008

フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
B 6 3 B 43/08	(2006.01)	B 6 3 B 43/08	
B 6 3 B 41/00	(2006.01)	B 6 3 B 41/00	
F 0 3 B 3/04	(2006.01)	F 0 3 B 3/04	
F 0 3 B 13/10	(2006.01)	F 0 3 B 13/10	

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, RO, RS, RU, 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

(74) 代理人 100098475

弁理士 倉澤 伊知郎

(72) 発明者 ハント ターナー

アメリカ合衆国 オハイオ州 4 5 2 2 7 シンシナティ ウェスト ストリート 3 8 1 4 ス
イト 2 0 3

Fターム(参考) 3H072 AA09 AA26 BB32 BB33 CC06 CC23

3H074 AA06 AA08 AA12 BB11 BB16 BB19 CC02 CC16