

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4920823号
(P4920823)

(45) 発行日 平成24年4月18日(2012.4.18)

(24) 登録日 平成24年2月10日(2012.2.10)

(51) Int. Cl.	F I
B 6 3 B 35/00 (2006.01)	B 6 3 B 35/00 T
F 0 3 B 3/04 (2006.01)	F 0 3 B 3/04
F 0 3 B 13/26 (2006.01)	F 0 3 B 13/26
F 0 3 B 15/06 (2006.01)	F 0 3 B 15/06

請求項の数 4 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-593861 (P2000-593861)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成12年1月12日(2000.1.12)</p> <p>(65) 公表番号 特表2002-535188 (P2002-535188A)</p> <p>(43) 公表日 平成14年10月22日(2002.10.22)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2000/000912</p> <p>(87) 国際公開番号 W02000/042318</p> <p>(87) 国際公開日 平成12年7月20日(2000.7.20)</p> <p>審査請求日 平成19年1月10日(2007.1.10)</p> <p>(31) 優先権主張番号 09/229,010</p> <p>(32) 優先日 平成11年1月12日(1999.1.12)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 501276832 デールセン アソシエイツ, アイエヌシー . DEHLSSEN ASSOCIATES, INC. アメリカ合衆国, 93103 カリフォル ニア州, サンタ バーバラ, ボンド エイ ヴィーイー, 714 714 Bond Ave., Sant a Barbara, CA 93103 , United States of America</p> <p>(74) 代理人 100083839 弁理士 石川 泰男</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デバイスの動作深度を制御する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

係留された水中水流駆動タービンの発電デバイスを制御する方法であって、

(A) 所定の最大深度及び所定の最小深度を設定するステップと；

(B) 前記発電デバイスの深度を感知するステップと；

(C) 前記発電デバイスの前記深度の感知に反応して、上昇プロトコル又は下降プロトコルを選択的に発動して、動作深度を前記所定の最大深度と前記所定の最小深度との間に維持するステップと；

を含む方法において、

前記水中水流駆動タービンが調整可能ピッチロータブレードで駆動され、前記方法が：

(D) シャットダウン指令を復号化するステップと；

(E) 前記シャットダウン指令の復号化に反応して、前記調整可能ピッチロータブレードのピッチを、前記調整可能ピッチロータブレードが発生する揚力と前記調整可能ピッチロータブレードの回転速度とがほとんどゼロにまで減少するように調整するステップと；

を更に含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

発電デバイスであって、

水中係留されている水流駆動タービンと；

発電デバイスの深度を感知するための手段と；そして、

前記発電デバイスの深度を感知するための前記手段に反応して、プロトコルを選択的に

10

20

発動するように動作して、前記発電デバイスの動作深度を所定の最大深度と所定の最小深度との間に維持する手段と

を備える発電デバイスにおいて、

前記水流駆動タービンが調整可能ピッチロータブレードで駆動され、前記発電デバイスが：

シャットダウン指令を復号化する手段と；そして、

シャットダウン指令の前記復号化に反応して、前記調整可能ピッチロータブレードの回転速度及び抗力負荷、並びに、前記発電デバイスの電力出力が安全レベルまで減少するように前記調整可能ピッチロータブレードのピッチを調整するように動作する手段と
を更に備えることを特徴とする発電デバイス。

10

【請求項 3】

発電デバイスであって、

水中に係留されている水流駆動タービンと；

前記発電デバイスの所定の最大深度及び所定の最小深度を設定している制御プロセッサと；

前記制御プロセッサに接続された深度圧力ゲージと；そして、

前記深度圧力ゲージに反応する前記制御プロセッサ中に設けられ、上昇プロトコル又は下降プロトコルを選択的に発動して、前記発電デバイスの動作深度を前記所定の最大深度と前記所定の最小深度との間に維持する手段と

を備える発電デバイスにおいて、

前記水流駆動タービンが調整可能ピッチロータブレードによって駆動され、前記発電デバイスが：

前記制御プロセッサ中に設けられ、前記制御プロセッサに入力されるシャットダウン指令が復号化されるとそれに反応して、前記調整可能ピッチロータブレードのピッチを、前記発電デバイスの出力電力、ロータ回転数及び抗力負荷が安全レベルまで減少するように調整するように動作する手段と

を更に含むことを特徴とする発電デバイス。

20

【請求項 4】

発電デバイスであって、

水中に係留されている水流駆動タービンと；

前記発電デバイスの所定の最大深度及び所定の最小深度を設定している制御プロセッサと；

前記制御プロセッサに接続された深度圧力ゲージと；そして、

前記深度圧力ゲージに反応する前記制御プロセッサ中に設けられ、上昇プロトコル又は下降プロトコルを選択的に発動して、前記発電デバイスの動作深度を前記所定の最大深度と前記所定の最小深度との間に維持する手段と；

中心セクションと前記中心セクションから外側に延長する 2 つのウィングとを有する揚力発生水中翼と；

前記発電デバイスがヨーイングしないように拘束する第 1 及び第 2 の係留と；

前記中心セクション上に置かれたウィンチと；

アンカー部材と；そして、

前記ウィンチと前記アンカー部材との間に連結された第 3 の係留であって、前記ウィンチが前記発電デバイスを、隆起したり、前記揚力発生水中翼及びパラスト室が発生した揚力及び浮力に対向したりしないように拘束する第 3 の係留とを備える発電デバイスにおいて、

前記発電デバイスがヨーイングするのを抑制する前記第 1 及び前記第 2 の係留の長さがヨーイング調整メカニズムによって調整可能であり、

前記ヨーイング調整メカニズムは、

ヨーイングセンサと；

前記制御プロセッサ中に設けられ、前記ヨーイングセンサに反応して、プロトコルを発

40

50

動して、前記第1の係留を伸張して前記第2の係留を短縮するか又は前記第1の係留を短縮して前記第2の係留を伸張する手段とを備えることを特徴とする発電デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

関連出願へのクロスリファレンス

本出願は、1999年1月12日に提出され参照してここに組み込まれる米国特許出願第09/229,010号の継続出願である。本出願及び米国出願第09/229,010号は、参照してここに組み込まれる米国特許出願第60/107,263号(1998年11月3日提出)に関連する。

【0002】

(技術分野)

本発明は、発電タービンを駆動するために水中流を用いる水力発電デバイスに関する。

【0003】

(背景技術)

川や大洋などの水流の流れから電気を発生する水中発電機の使用は技術上周知である。先行技術によるデバイスには次の2つのタイプ：静止タービンと係留タービンとがある。静止タイプのタービンは、大洋底に据え付けられた静止塔を含んでいる。発電タービンは、一定の深度のところでこの塔に搭載されていて、タービンロータブレードが大洋流の流れに直面している。このタイプの設計の不利点は、水中建設の経費と、タービンを水上で整備できないことと、一定の深度で年中一定ではない大洋流を調整するためにタービンの深度を変更できないと言う事実と、などがある。このタイプのデバイスの例として、直径20メートルのロータブレードを有する英国で開発中の300kW水流タービンがある。このようなタービンは、英国の島々の周りで水流中に展開される塔にある一定の深さのところで搭載される。

【0004】

係留デバイスは、水中で動作するように設計されており、大洋底に固定されている係留によって本来の位置に保持される。場合によっては、ウィング(水中翼)が揚力を提供する及び/又はバラストタンクが浮力を提供して、デバイスが降下しないようにする。浮力室を用いて、その総合浮力を調節し、これによって、水流中での自身の動作深度を調整するデバイスもある。また、スタビライザとして働く可動ウィングを加えて、デバイスの深度を調整するデバイスもある。このウィングは、川の浮遊廃棄物などの緊急事態に反応してデバイスが潜水したり浮上したりするように調整される。

【0005】

このタイプのタービンの例には、コリオプロジェクトと呼ばれる水中発電所がある。この設計には、83MWの電気を発生することが可能な直径171メートルのダクト付きカテナリタービンが必要であった。このタービンは、ある一定の深度に固定される予定であった。

【0006】

必要なのは、係留された水中の水流駆動式タービンの発電デバイスを制御する方法である。このようなデバイスの設置コストと保守コストを下げるためには、水中での構造体と建設物を最小にするのが望ましい。これは、単一の又は複数のタービンを複数のタービンモジュールから成る配列を変更することなく保守したり、交換するためには、デバイスを水上に安全に持ってくるのが可能でなければならないことを意味する。

【0007】

最近の研究の結果、水中大洋流の速度は、所与の深度で非常に季節によって変化するので、動作深度を正確に調整するにはプログラム可能制御装置が好ましいことが分かっている。タービンモジュールの揚力と浮力は、年のさまざまな時節に周期的に調整して、予測可能な季節的水流速度変化を補償すべきである。深度もまた、必要に応じて調整して、予測不可能な短期の水中水流変化を補償すべきである。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

また、保守や修理のためにデバイスを即座に浮上させるにせよさせないにせよ、デバイスを完全にシャットダウンさせる必要がある緊急事態に備えるのが好ましい。

【 0 0 0 9 】

(発明の開示)

上記の目的を、本発明のある態様によって達成するために、デバイスの深度を感知して、上昇プロトコルを発動し、もって、水流中での所定の最大深度を維持し、また、下降プロトコルを発動し、もって、水流中での所定の最小深度を維持する。

【 0 0 1 0 】

本発明の別の態様によれば、タービンは、可変ピッチロータブレードを含んでいる。可変ピッチロータブレードのピッチは、デバイスに対する抗力の負荷が制御されるように調整される。

10

【 0 0 1 1 】

本発明の別の態様によれば、上昇プロトコルと下降プロトコルは、デバイスが発生した揚力、抗力及び浮力の組合せを変化させることによって正と負の垂直力を平衡化させるステップを含んでいる。抗力が水流床に向かう遷移は、デバイスの可変浮力を主水中翼が発生した揚力を合成することによって相殺される。移動式スタビライザのピッチを調整することによって、バラスト室内に保持されている水を再配置して浮力の中心の位置を変化させることによって、水中翼上にあるスポイラの影響を増減させることによって、又は、別の方法によって、水流中における所定の範囲の動作深度内にデバイスが留まるように、主水中翼によって生じた揚力は変更される。この範囲は、選択された最大深度と最小深度によって定められるが、所定の深度はこれら両者の制限の間にあるのが望ましい。

20

【 0 0 1 2 】

本発明のある態様によれば、緊急シャットダウン指令によって、デバイスのロータ回転速度と出力電力を実質的にゼロに減少するように可変ピッチロータブレードのピッチを調整させる。揚力、抗力の垂直方向変換力、および浮力は、平衡状態に留まるように調整して、デバイスが保守や修理のために浮上するまでデバイスを前記の深度限界内に維持するようにしてもよい。

【 0 0 1 3 】

(発明を実施するための最良の形態)

30

図1は水中発電デバイスを表す。水中発電デバイスは、水中翼構造体によって互いに接続された液密のナセル100と102内に格納された1対の発電機を備える。水中翼構造体は、中心セクション104と、ナセルの外側の1対のウィング(「ウィング端」)108と110から成る。水中翼の先端は上向きに傾斜することによってローリング安定性を得る。

【 0 0 1 4 】

中心セクション104とウィング106は、ナセル間の距離に架かる1つ以上の円筒形バラストタンクを含む。それらのバラストタンクを用いて様々な浮力を与えまたバラストタンク間の前後方重量移動を可能にし、更にナセルを接続する構造部材として機能させる。水中翼構造体はナセル100と102をウィング106の上面に位置付けて支持し、各ナセルは中心の水中翼構造体の端部に位置付けられる。

40

【 0 0 1 5 】

各発電機は可変ピッチのブレード118と120を有するロータ114と116を備えており、それらは逆方向に回転することによってそのトルクの作用は構造体のバランスを保つ。発電デバイスは1対の係留ロープ122と124によって水流経路内の水中に繋がれる。水流はまずウィング106を通りすぎてそれから係合し、ロータ114と116の回転を引き起こすように、ロータ114と116は水中翼106に対して位置付けられる。係留ロープは、各ナセル100と102のノーズ内の係留ロープ接続部材126、128から大洋底に置かれたアンカー部材130、132まで延長する。係留ロープ接続部材126、128の各々は係留ロープ調整キャプスタンを備えており、それらは起動されると

50

係留ロープの各々を短縮又は伸張してヨーイングを取り除く。

【0016】

ピッチ調整スタビライザ134が水中翼構造体の中心セクション104に接続される。水流はウイングに当たる前にまずピッチ調整スタビライザを通り過ぎるように、ピッチ調整スタビライザはウイング106から上流のある方向に延長する。代わりにピッチ調整スタビライザ134を下流に位置付けて水流がピッチ調整スタビライザを通過する前にまず水中翼を通り過ぎるようにすることもできる、又は飛行機のウイングのフラップに類似した水中翼の後縁の可動部として組み込むこともできる。

【0017】

ウイング106を上反りにされて、その上の水流によって与えられる揚力の大きさを増大させる。本発明の好ましい実施形態では、ウイングは複数の分離したバラストタンク室を備えており、それらには流体を満たすことができまたその流体を加えたり取り除いたりすることによって、水中発電デバイスの浮力を漸進的に制御することができる。タンク室の各々は完全に空にしたり満たしたりすることができ、またバッフルを備えることによって、デバイスを不安定にするタンク内の流体の運動を最小にすることができる。それぞれのタンクを満たしたり空にしたりすることによって、浮力の漸進的变化と浮力中心の位置の変化を達成することができる。更に各ナセルは、別々に満たしたり空にしたりしてデバイスのローリングを補正することができる浮力タンクを有している。

10

【0018】

水中発電デバイスは、中心セクション104の底部に位置するウィンチを含んでも良い。第3の係留ロープ136をウィンチと大洋底に置かれたアンカー部材138間にカップリングし、それによってウィンチが、デバイスが隆起したり、水中翼とバラスト室によってそれぞれ引き起こされたデバイスの揚力と浮力に対向するのを抑制することが可能となるようにしてもよい。3本の係留ロープによって増大した安定性は水中発電デバイスにとって有益である。

20

【0019】

ナセル100、102内の発電機は、釣り合い浮力送電ケーブルに接続される(図2を参照)。釣り合い浮力送電ケーブルは、ロータブレードとのもつれを防止するための円錐形のかごの中のデバイスから下流に延長する。代わりに送電ケーブルは、他の装置又は海岸設置電力グリッドと相互接続する前に係留ロープのラインに沿って上流方向に延長してもよい。

30

【0020】

水中発電デバイスは、大洋底に対してある選択された角度で配置された係留ロープ122、124で流れに対抗して保持される。矢印で表される可変の下流方向の抗力が水中発電デバイスの周りの水流によって引き起こされ、またそれは水流の速度の2乗に比例して変化する。この抗力の最大部分は、流れが2つのロータの平面を通過する際に発生する。更にロータが回転していないときよりも水流によって回転して発電機を駆動しているときのほうがより大きな抗力を発生し、またブレードがフェザリングしている(流れに平行である)とき又はゼロピッチである(流れに垂直である)ときに抗力の発生は最小になる。ブレードがゼロピッチ又は完全にフェザリングしているとき、ロータに対する水流によって引き起こされる抗力は小さく、またロータブレードに対する水流によって引き起こされる揚力は最小又はゼロであり、その結果回転しない。ブレードの抗力が減少すると、水中翼を横切る流れの速度は増大し、その結果水中翼上の揚力が増大する。図2は、図1に表される1つの発電デバイスの側面図である。水中発電デバイスに作用する抗力は、係留ロープの角度と相まって、流速の2乗に比例する可変の下向きの力を引き起こす。これは、浮力と水中翼上の揚力を組み合わせることによって補償される。

40

【0021】

デバイスは垂直方向に作用する基本的に4つの主要な力：重力、浮力、揚力、及び係留ロープの張力の垂直成分を受ける。係留ロープ張力の垂直成分は、下向きの抗力に比例し、その抗力は流速の2乗に比例する。この下向き抗力への変換は、流れの方向に対する係留

50

ロープの角度によって生じる。矢印によって表される浮力は、バラストタンクによって調整される正味の正の浮力によって生じる。揚力は、ウィングを通過する流れによって生じる揚力である。上記の1つ以上の力の変化を調整又は補正することによって、水中発電デバイスの深度は受動的に安定化され、またそれは制御機構によって制御することもできる。例えばその深度は、浮力とスタビライザの調整を組み合わせることによって制御することができる。

【0022】

図4～10のフロー図及び図11～16の図とともに図3のブロック図は、図1に表されるデバイスの動作を制御する制御システムとソフトウェアを示している。図11～16では、水中発電デバイスの深度位置が2つのロータのディスクによって表されている。例え

10

【0023】

垂直の揚力、浮力、重力及び抗力は、所与の速度においてそれらのバランスが保たれる。デバイスはこの所与の流速を受動的に見出して、その中で所与の電気出力を発生する。この受動的安定性は、多くの水中システムの場合と同様に深さが増すにつれて速度が低下する流れによって生じる特性である。流速が増大すると下向きの抗力は増大し、デバイスはより遅い流水の中に降下してついに所与の流速に達する。逆に流速が低下するとデバイスはより速い流水の中に隆起してついに所与の流速を見出す。ブレードが表面状態に露出する

20

【0024】

デバイスの位置は、既知の方向及び流速で流れている水流内の最大深度と最小深度の間で制御される。水中発電デバイスの最大及び最小動作深度と動作速度は、指令制御センター301から、制御システム300の1部である制御プロセッサ内にプログラムされる。指令制御センター301は、海岸上の指令センター、衛星又は他の遠隔指令発生源であってもよい。例えば30メートルの選択最小深度、70メートルの選択最大深度及び1.70m/秒の選択最大速度でデバイスをプログラムしてもよい。

【0025】

図3に表されるように21個のセンサが制御プロセッサ300に入力される。それらはピッチングとローリング301、ヨーイング302、深度303、ケーブル張力304、浮力タンクの内容物305、スタビライザの位置306、ロータのブレードピッチ307、ナセルのビルジ水308、変速機ベアリング、発電機ベアリング及びシャフトベアリングの振動検出309、310、312、グリッドの状態313、水圧314、圧縮空気315、ナセル、冷却剤、変速機及び発電機の温度316、317、318、319、海岸制御指令320、及びローカル制御指令321のセンサである。これらのセンサは制御プロセッサ300に情報を送り、またシャットダウンが必要な状態を識別する。シャットダウン状態には、(1)グリッドの損失、(2)係留ロープ故障、故障したギヤボックス、故障した発電機、亀裂の入ったロータブレード、波及び乱流の作用等、から生じた過度の振動、(3)発電機、ギヤボックス、ナセル空気等の過度の温度、(4)過度のウィングピ

30

40

【0026】

制御プロセッサ300の出力は、ブイを表面に隆起させてデバイスの回収を容易にするためのゼロブイ解放クランプ330、ヨーイングを調整するためのケーブルクランプアクチュエータ331とケーブル調整アクチュエータ332、バラストタンクの内容物を調整するためのマニフォールドバルブ333、水ポンプ334、スタビライザピッチアクチュエータ335、各ロータブレード上のブレードピッチアクチュエータ336、バラスト室から水を排出する圧縮空気解放アクチュエータ337、海岸制御状態コネクション338、及びローカル制御状態コネクション339にカップリングされる。

【0027】

50

制御プロセッサ300はスタビライザアクチュエータ及びピッチセンサと信号を送受信し、その迎え角を、従ってまたピッチ調整スタビライザ134によって生じた揚力を制御することができる。スタビライザの揚力を変化させることによって、主水中翼のピッチを、従ってまたその揚力を変化させることができる。また水中翼の上部表面上のスポイラを起動して揚力を減少させることもできる。更にバラストマニフォールドバルブを制御してバラストを主水中翼内で前後に移動させて、水中翼のピッチと揚力を変化させることもできる。

【0028】

制御プロセッサ300は、マニフォールドバルブコントローラ333と圧縮空気解放アクチュエータを経由してバラストタンクにカップリングされる。制御プロセッサ300は制御バルブと制御信号を送受信してバラストタンクに水を加えたりそれから水を排出したりすることによって、バラストタンクの浮力を制御することができる。

10

【0029】

制御プロセッサ300はロータブレードピッチコントローラ336を経由してロータのブレードにカップリングされる。制御プロセッサ300はロータブレードのピッチを変化させてロータ上の水流により引き起こされる抗力を変え、それによってデバイスの深度を変えることができる。

【0030】

制御プロセッサは、上昇プロトコル又は下降プロトコルを発動することによってデバイスの深度を上昇又は降下させる。これらのプロトコルはロータブレードの可変ピッチ、バラストタンクの可変浮力又は水中翼の可変揚力の調整を開始する。制御プロセッサ300は水中発電デバイスを、選択最大深度と最小深度間の所望の動作深度で維持する。制御プロセッサ300は、前記の機能を実行するようにプログラムされたマイクロプロセッサであってもよい。

20

【0031】

動作中、制御プロセッサ300には、システムが動作可能な上下限の深度が設定される。水中発電デバイスは深度範囲の中心まで降下され、浮力と揚力が設定されて水中発電デバイスを既存の流速以下で安定させる。浮力と揚力の合成力は抗力を相殺する特定の流速に対応するので、制御プロセッサ300によって動作中にデバイスは特定の流速が存在する深度において受動的に維持される。一般的に流速がわずかに増大すると、水中発電デバイスはより深く降下する。流速がわずかに減少すると、水中発電デバイスは大洋底からはなれてその深度はより浅くなる。これは、一般的に深度が深くなるにつれて流速が減少し、最大の流速は表面により近い場所で見出されるからである。例えばある海流レジームの上部100メートルにおいては、毎秒約0.1メートルの流速の増大又は減少は、動作深度の10メートルの減少又は増大にそれぞれ帰結する。ピッチ調整スタビライザ及び/又はスポイラ、調整可能バラストタンク及び可変ピッチロータブレードを用いて、水中発電デバイスを前記の中心線深度に戻すように制御プロセッサ300をプログラムすることができる。

30

【0032】

例えば海流内の動作の中心線深度は、表面下約45～55メートルであってもよい。通常動作において水中発電デバイスを選択最大深度と選択最小深度間の所望の動作深度に維持することが目的である。一般的に電力の発生は流速と一致する発電機のピークの動作効率まで最大化され、そのようにロータは設計される。

40

【0033】

図4は図1のデバイスのための制御ソフトウェアのフロー図である。制御プロセッサ300はいくつかの状況に反応してデバイスを制御するようにプログラムされている。(1)システム故障402に反応して、プロセッサはプロトコルを発動してデバイスをシャットダウンする；(2)指令制御センター301からそれに送出された指令406に応答するために、プロセッサは指令プロトコル408を発動する；(3)水中発電デバイスを最大深度410と最小深度414間で動作させるために、又は保守のためにデバイスを表面に

50

上昇させるために、又は浮上イベントを回避するためにデバイスを降下させるために、プロセッサは上昇プロトコル 4 1 2 又は下降プロトコル 4 1 6 を発動する；(4) ローリングが限界 4 1 8 を超えた場合、プロセッサはローリング調整プロトコル 4 2 0 を発動する；及び(5) ヨーイングが限界を超えた場合(4 2 2)、プロセッサはヨーイング調整プロトコル 4 2 4 を発動する。

【0034】

図5を参照すると、図4のシャットダウンプロトコルのフロー図が表されている。シャットダウンの状況では、ロータブレードがフェザリングし又はゼロピッチまで回転し(501)、それによって抗力が急速に減少しロータブレーキがかかる。同時にシステムは海岸制御システムに状態の信号を送出する(502)。抗力が減少するように調整されていない場合は、浮力と揚力によって水中発電デバイスは表面に向かって上昇する。これを回避するために、ピッチ調整スタビライザを急速に調整して(505)、又は水中翼上のスポイラを展開し揚力を減少させて、デバイスを所望の動作深度に保持するのに要する力の均衡を維持する。最小深度を通過した場合(508)、緊急パラシュートを展開して(510)、ロータの抗力を元に戻し、それによって降下を引き起こす。

【0035】

アクチュエータを制御するための電力と水圧が利用できない場合(503)、スタビライザは自動的に「ゼロ」移動止めの位置まで下方にピッチ調整し、その結果ピッチ角は下向きに最大となり主水中翼上の揚力は減少する。水中発電デバイスは、その浮力、揚力及び下向き抗力が均衡する深度まで降下する。それから電力の無い装置を容易に確認できるように、ケーブルによってスタビライザに取り付けられたブイが表面に解放される。それからケーブルに十分な張力を与えて水中翼を流れの中で上向きにピッチ調整させデバイスをそれ自身の揚力で上昇させることによって、デバイスを表面に回収する。

【0036】

スタビライザの下向きピッチが通常の動作範囲を超えた場合(512)、バラスタタンクを満たすことによって(526)、浮力を徐々に減少させ、それによってスタビライザはその通常動作範囲内に戻り、デバイスは所望の動作深度範囲内で維持される。前記の制御プロトコルを用いれば、抗力、浮力及び揚力はシャットダウン前の状態に比べて減少する。バラスタタンクが満たされているけれども、設計によって正味の浮力は正に維持されて、デバイスが破壊深度より下に沈むのを防止する。この安全要因は最小浮力と均衡する下向きの抗力から生じ；この抗力は、決して最大設計深度より下に超えられることのない対応する流速に関連している。一旦スタビライザが通常動作範囲内に戻れば、上昇プロトコル 5 1 6 又は下降プロトコル 5 2 0 を発動することによって深度が調整される。

【0037】

図6は、図4と図13に表される指令プロトコルのフロー図であり、それは水中発電デバイスが指令にตอบสนองして表面に浮上する場合(601)を表している。ロータブレードは徐々にフェザリングし又はゼロピッチまで回転して(602)、生じた抗力を減少させて徐々に上昇させる。デバイスが上昇する際、スタビライザのピッチ、従って水中翼の揚力を調整することによって、その上昇速度を制御する(604、606)。ロータブレードはフェザリングして又はゼロピッチまで回転して(612)、電力の発生はゼロになり(610)、パーキングブレーキがかけられて(614)、ロータを所定位置にロックする。ケーブルによってスタビライザに取り付けられたブイを表面に解放することによって(616)、デバイスそれ自身が表面に浮上する前にそれを表面から確認するのを助ける。必要な場合はスタビライザを用いて(618、620)、揚力を増加させてデバイスを表面に浮上させる。表面付近では、アクセスハッチを海表面より上で持ち上げるために浮力を増大させて安定性を高める。これはバラスタタンクから流体を排出することによって行われる(622)。水中発電デバイスが表面に達したときの主要な作用力は、排出された浮上バラスタタンクによって補強された浮力である。表面では揚力と抗力はかなり減少している。

【0038】

水中発電デバイスが通常の動作深度範囲より下に降下するよう指令された場合(630)、新たな深度範囲が指定され、下降プロトコルが設定されて(632)、デバイスは新たな指令深度に達する(634)。更にデバイスへのその指令によって動作パラメータが変更され、システムチェックが実行され、又は通常の操作手順に替わって手動によるオーバーライドが実行される(638)。

【0039】

図7は、図4に表される上昇プロトコルのフロー図である。図12において流速の増大は抗力の増大をもたらす、それによって水中発電デバイスは所望の深度から最大動作深度を超えたより深い深度まで降下する。ピッチ調整スタビライザを調整してウイング上の揚力を増大させることによって、デバイスを所望の深度まで上昇させて戻す。この調整の結果、揚力と抗力が増大し、また深度の減少で見出されたより速い流れによってデバイスはより高い出力で動作する。

10

【0040】

流速の増大によってデバイスが最大深度限界まで達したときにデバイスの出力が最大になった場合(702)、ロータブレードのピッチが減少し(703)、それによって抗力及び発電量が減少する。発電量が最大ではなくまたスタビライザピッチが最大でない場合(704)、深度が動作深度範囲の中心にくるまで(710)、ピッチスタビライザを増大させ(705)、それによってより速い水流内に上昇させて発電量を増大させる。スタビライザのピッチが上向きに最大ではなくまた浮力が最大でない場合(706)、バラストタンクの中味が排出され(707)、デバイスをより速い流速内に上昇させてより大きな出力を発生させる。浮力が最大である場合(706)は、ロータブレードのピッチを減少させ(708)、スタビライザピッチをその動作範囲の中間に減少させる(709)。

20

【0041】

図8は、図4に表される下降プロトコルのフロー図である。図11では流速の減少が抗力の減少をもたらす。浮力と揚力によって水中発電デバイスは、最小深度を超えて又は出てより浅い深度に上昇しようとする。ピッチ調整スタビライザを下向きに調整してウイング上の揚力を減少させて、水中発電デバイスを流速がより遅い所望の深度に降下させ、それによってデバイスをより低い出力で動作させる。

【0042】

ロータブレードが発電量に対して最適にピッチ調整されていない場合(802)、ロータブレードを調整して(803)、抗力を増大させ、深度を安定化させる(814)。ロータブレードピッチが発電量に対して最適化されておりスタビライザピッチが下向きに最大ではない場合(804)、深度が安定化するまで(814)、スタビライザのピッチを更に減少させる(804)。スタビライザのピッチが下向きに最大で(804)また浮力が最小ではない場合(806)、バラストタンクが満たされる(807)。浮力が最小の場合(806)、深度が安定化するまで(810)、スタビライザを通常の動作範囲を超えて更に下向きにピッチ調整して(808)、またスタビライザピッチが下向きに最大になるようにコントローラが信号を送る(810)。

30

【0043】

図9は、図4に表されるローリング調整プロトコルのフロー図である。ローリングはローリングセンサによって感知される。ローリングが臨界量を超えた場合は(902)、シャットダウンプロトコル903が発動される。ローリングが臨界量を超えないが(902)左から右にわたってローリングしている場合は、ある量の水が左のナセルのバラストタンクから右のナセルのバラストタンクへとポンピングされる(906)。ローリングが臨界量を超えないが(902)、右から左にわたってローリングしている場合は、ある量の水が右のナセルのバラストタンクから左のナセルのバラストタンクへとポンピングされる(908)。各々の場合、水は徐々にポンピングされてローリングが限界内に収まると(910)、プロセスは終了する(912)。

40

【0044】

図10は、図4に表されるヨーイング調整プロトコルのフロー図である。ヨーイングはヨ

50

ーイングセンサによって感知され、それは例えば中心位置からのヨーイングの角度に比例した出力を与える風向計のような形状を有する。ヨーイングが臨界量を超えた場合（1001）は、係留ロープ調整キャプスタンを起動してヨーイングが無くなるまで1本の係留ロープを短くし他方の係留ロープを長くする、又は緊急シャットダウンプロトコル1005を発動する。ヨーイングが臨界量の外側にはなく（1002）かつ非臨界量の外側にある（1004）場合は、次回に予定される浮上保守においてヨーイングを調整する必要があるという制御メッセージ1006を、応答ラインを通じて指令制御センター301に送出して、プロセスを終了する（1012）。

【0045】

図14では、大波等の浮上イベントのために水中発電デバイスが設計深度を超えて潜水しなければならない。図6では、潜水指令630が指令深度（例えば、80メートル）を指示する。下降プロトコル632が発動される。ピッチ調整スタビライザを調整して揚力を減少させ、デバイスをより低い80メートルの深度におけるより減少した平衡流速まで降下させる。更にバラストタンクを満たすことによって浮力もまた減少させる。より大きな深度でのこの調整の後、デバイスは安定し、抗力、浮力及び揚力が減少して発電量が減少する。

【0046】

図15では、水中発電デバイスは異常に低い流速に置かれる。流速の減少によって抗力及び対応する下向きの力が減少し、その結果浮力と揚力によりデバイスはより浅い深度に上昇して最小深度レベルを超えて出る（図4のブロック414）。下降プロトコルが発動される（416）。浮力と揚力の合計を減少させることにより水中発電デバイスをより深く降下させて、動作深度範囲内に見出される低い速度において抗力減少と調和させ、それによってデバイスを動作深度範囲の中心に戻す。浮力と揚力の合計と同様に抗力は減少して、所望の深度における低い速度での動作が可能になる。

【0047】

図16は、水中発電デバイスが異常に高い流速に置かれる場合を表す。流速の増大は抗力を増大させて水中発電デバイスを所望の深度からより深い深度まで降下させ、その深度はそのデバイスに対して設定された最大の通常動作深度を超える。ロータブレードは一般的に徐々にフェザリングし又はゼロピッチまで回転し、又はデバイスはより深い平衡深度に移動することが可能になり、それによってデバイスに作用する最大の下流方向抗力が制限される。デバイスが最大通常動作深度を超えることができれば、デバイスは高い流速に応じて降下する際に抗力、浮力及び揚力は事実上一定のままである。

【0048】

例えば所望の深度範囲は30～70メートルでその中心線は50メートルであってもよい。しかしながら流速が低いときにこの深度帯域内に留まることによって、水中発電デバイスはその定格出力以下で動作する。逆にその深度帯域内の流速が設計上限を超える場合は、デバイスが遭遇する流速がその上限速度に達するまでデバイスはより深く水中に降下することができる。

【0049】

ロータが発電に対して最適にピッチ調整されて作動する場合のウィング上の流速は実質的に自由流の速度よりも小さく、それは水中翼の揚力をかなり減少させる。

エピローグ

説明されたのは、水中で係留された水流駆動タービンの発電デバイスを制御する装置と方法である。事前決定された最大深度と事前決定された最小深度が設定される。デバイスの感知深度にตอบสนองして、上昇プロトコル又は下降プロトコルが選択的に発動される。これらのプロトコルはデバイスの動作深度を維持するが、それは事前決定された最大深度と事前決定された最小深度の間にあるのが望ましい。タービンは、揚力のための水中翼と可変ピッチのロータブレードを備える。タービンのロータに対する可能な最大の抗力の負荷が選択される。デバイスの抗力の負荷が最大設計レベルを超えないように、タービン上の可変ピッチロータブレードのピッチが調整される。

10

20

30

40

50

【0050】

各ブレードの全て又は1部をブレードの縦軸の周りに回転させることによってブレードのピッチを変更できることが当業者に理解されよう。

【0051】

更に、可動スタビライザのピッチの調整又はウィングのフラップ又はスポイラの位置の調整のような全ての適切な揚力調整メカニズムによって、デバイスの水中翼により生じた揚力を調整できることが理解されよう。

【0052】

デバイスの制御は、次のパラメータの少なくとも1つを調整することによってデバイスに作用する力を釣り合わせることで構成される：

- i . スタビライザのピッチ又はウィングのフラップ又はスポイラの位置調整によって生じるような、揚力調整メカニズムを持つ水中翼の揚力、
- ii . タンク内に収納されるバラストの量を調整することによって生じるバラストタンクの浮力、及び
- iii . 選択され事前決定された深度範囲内にあり、またデバイスに作用する力がそれを通過する水流がそれをその深度範囲内に保持するのに十分であるようにバランスを保っているような水流の初期平衡速度をデバイスが受動的に求めるように、ロータブレードのピッチを調整することによって生じるロータに負荷される抗力。

【0053】

適切な抗力生成メカニズムを用いてデバイスの抗力を更に制御できることは当業者に理解されよう。例えば水流内に展開又は排出可能なパラシュートをデバイス内に格納することもできる。

【0054】

デバイスのヨーイングを抑制する係留ロープの長さはヨーイング調整メカニズムによって調整することができ、その場合第1の係留ロープを伸張し第2の係留ロープを短縮するか、又は第1の係留ロープを短縮し第2の係留ロープを伸張する。適切な全てのヨーイング調整メカニズムを用いることが可能であると理解されたい。例えば係留ロープの各々を可動キャプスタンの回りに巻いてもよいし、又は第1の係留ロープと第2の係留ロープをカップリングして単一の係留ロープを形成し、その単一の係留ロープを可動キャプスタンの周りに巻いてもよい。チェーン、ギヤ又は歯の部分とそれに対応するキャプスタン上の嵌め合い構造体を用いて、単一の係留ロープの滑りを防止することができる。

【0055】

本発明はその好ましい実施形態を参照して具体的に示し説明したが、本発明の範囲から逸脱しなければ形態及び詳細における前記の及び他の変更がその中で可能であることが当業者には理解されよう。

【図面の簡単な説明】

本発明は、以下の図面を参照して詳細に説明する。

【図1】 本発明が具体化されている水中発電デバイスの図である。

【図2】 図1に示す発電ナセルのうちの1つを示す側部立面図である。

【図3】 図1に示すデバイスの動作を制御する制御システムのブロック図である。

【図4】 図1に示すデバイスの制御ソフトウェアのフロー図である。

【図5】 図4に示す緊急シャットダウンプロトコルのフロー図である。

【図6】 図4に示す指令プロトコルのフロー図である。

【図7】 図4に示す上昇プロトコルのフロー図である。

【図8】 図4に示す下降プロトコルのフロー図である。

【図9】 図4に示すローリング調整プロトコルのフロー図である。

【図10】 図4に示すヨーイング調整プロトコルのフロー図である。

【図11】 流速が減少すると抗力が減少する場合を示す図である。

【図12】 流速が増加すると抗力が増加する場合を示す図である。

【図13】 水中発電デバイスが指令に応じて浮上する場合を示す図である。

10

20

30

40

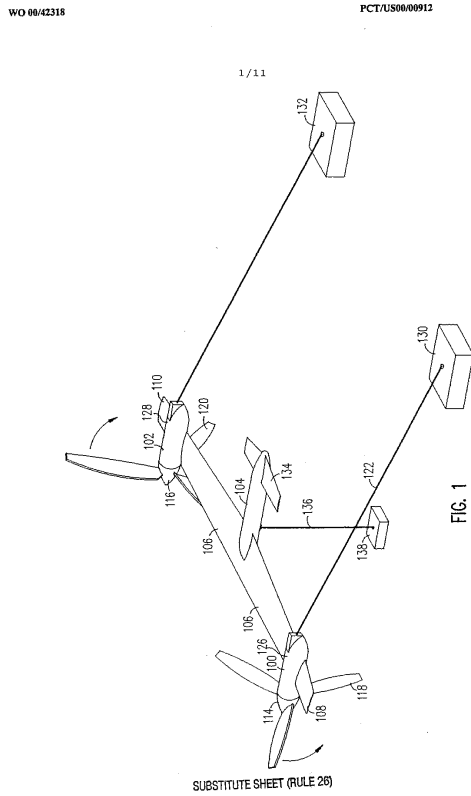
50

【図14】 大波などの浮上イベントのため、水中発電デバイスを50メートルの深度より以上に潜水させる必要がある場合を示す図である。

【図15】 水中発電デバイスが異常に低い流速に直面した場合を示す図である。

【図16】 水中発電デバイスが異常に高い流速に直面した場合を示す図である。

【図1】



【図2】

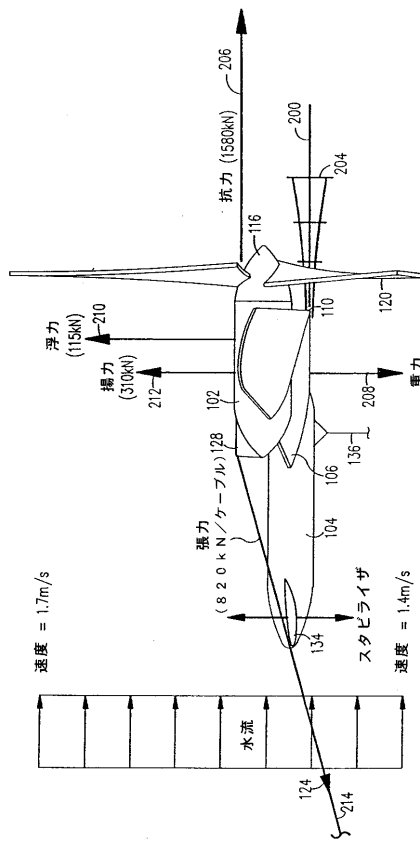


図 2

【図3】

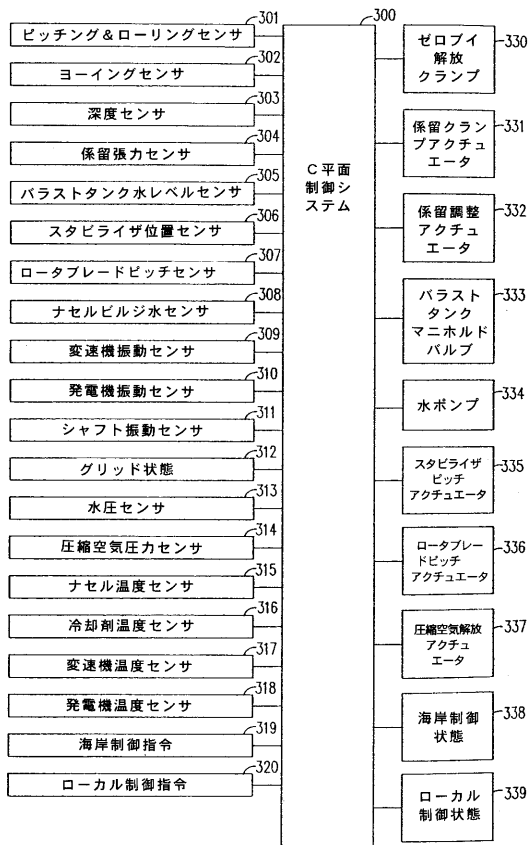


図3

【図4】

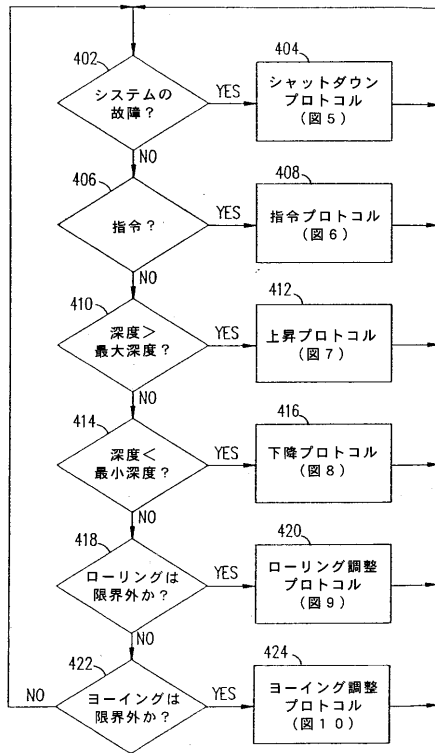


図4

【図5】

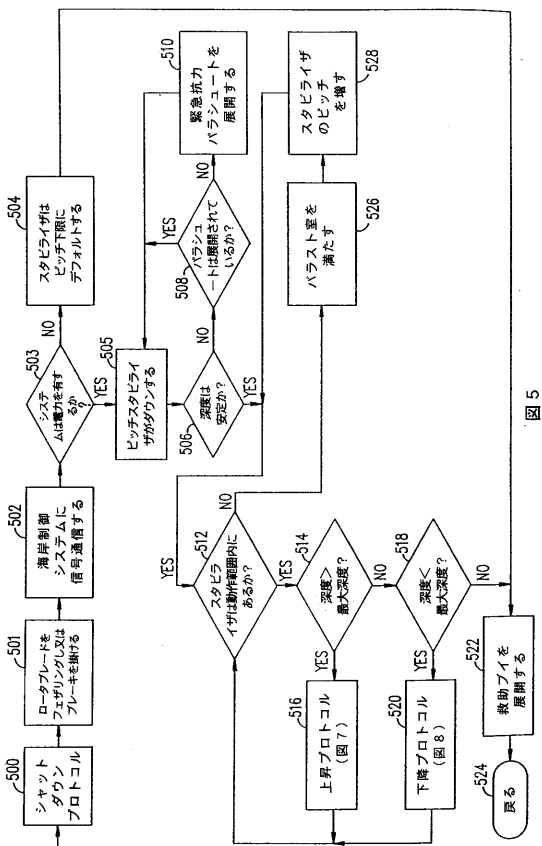


図5

【図6】

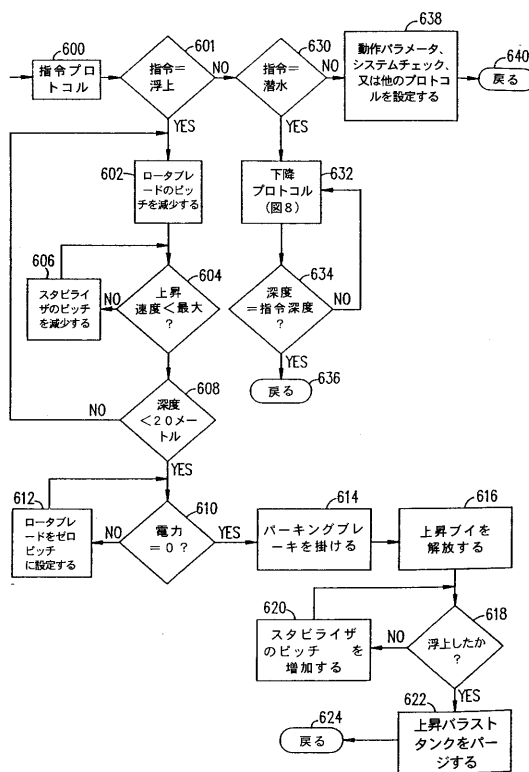


図6

【図7】

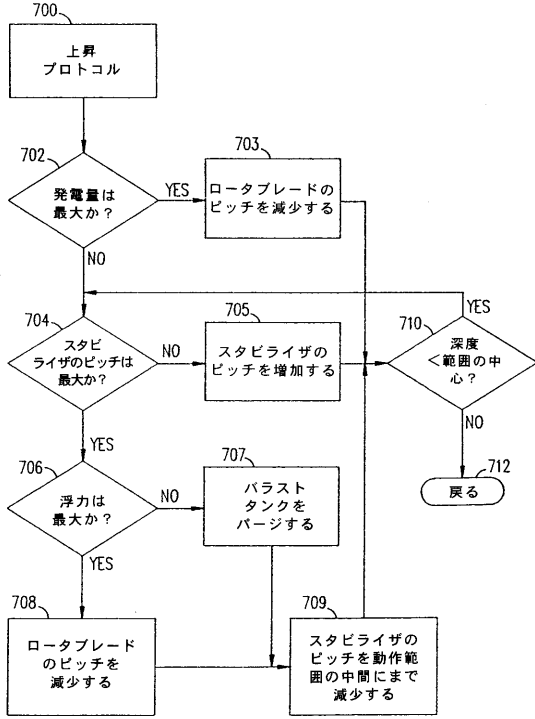


図 7

【図8】

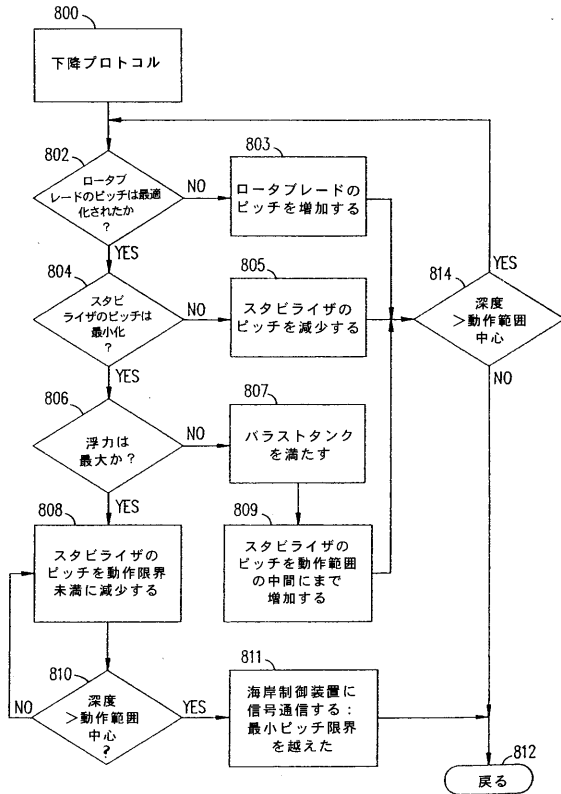


図 8

【図9】

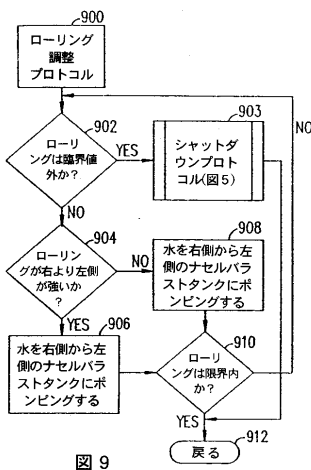


図 9

【図10】

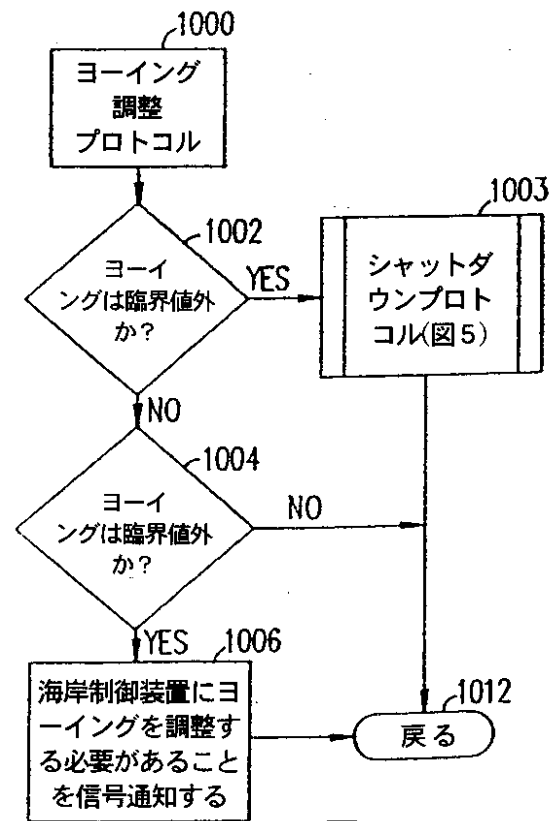


図 10

【図 1 1】

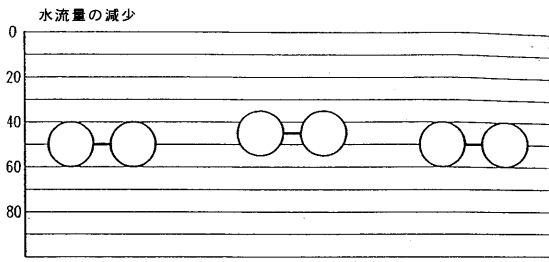


図 1 1

【図 1 3】

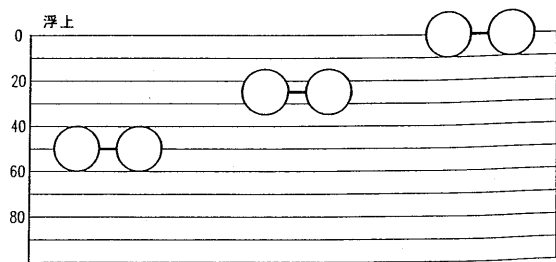


図 1 3

【図 1 2】

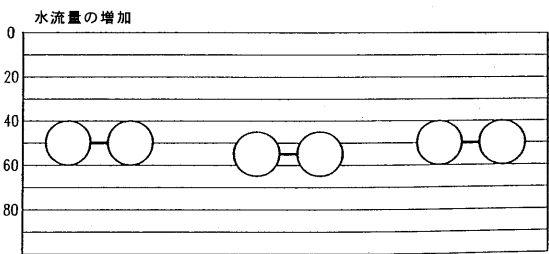


図 1 2

【図 1 4】

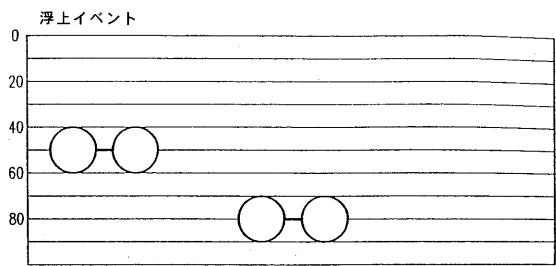


図 1 4

【図 1 5】

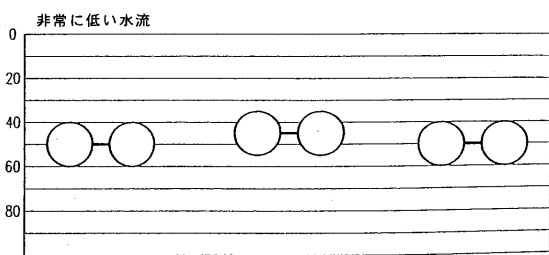


図 1 5

【図 1 6】

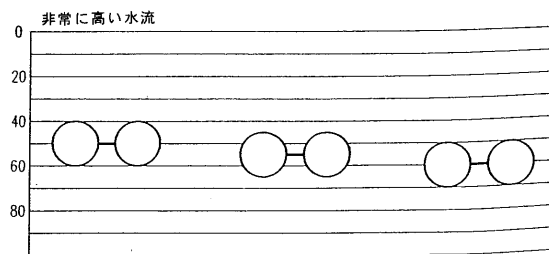


図 1 6

フロントページの続き

(74)復代理人 100120237

弁理士 石橋 良規

(72)発明者 デールセン, ジェイムズ, ジー., ピー.

アメリカ合衆国, 93108 カリフォルニア州, サンタ バーバラ, サン イシドロ ロード
200

(72)発明者 デールセン, ジェイムズ, ビー.

アメリカ合衆国, 93103 カリフォルニア州, サンタ バーバラ, アラメダ パドレ セラ
1151

(72)発明者 ディーン, ジェフリー, エフ.

アメリカ合衆国, 93101 カリフォルニア州, サンタ バーバラ, イースト アナパム スト
リート 330

審査官 志水 裕司

(56)参考文献 特開昭54-074043(JP, A)

米国特許第02501696(US, A)

米国特許第04383182(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B63B 35/00

F03B 3/04

F03B 13/26

F03B 15/06