

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6962816号
(P6962816)

(45) 発行日 令和3年11月5日(2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月18日(2021.10.18)

(51) Int.Cl.

F03B 13/10 (2006.01)
F03B 13/26 (2006.01)

F 1

F O 3 B 13/10
F O 3 B 13/26

請求項の数 11 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2017-542866 (P2017-542866)
 (86) (22) 出願日 平成28年2月12日 (2016.2.12)
 (65) 公表番号 特表2018-509554 (P2018-509554A)
 (43) 公表日 平成30年4月5日 (2018.4.5)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2016/017857
 (87) 國際公開番号 WO2016/130984
 (87) 國際公開日 平成28年8月18日 (2016.8.18)
 審査請求日 平成31年2月8日 (2019.2.8)
 (31) 優先権主張番号 62/115,540
 (32) 優先日 平成27年2月12日 (2015.2.12)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 517280959
ハイドロキネティック エナジー コーポ
アメリカ合衆国、フロリダ州 33040
, キー ウエスト, 6811 シュリンプ
ロード
(74) 代理人 100114775
弁理士 高岡 亮一
(74) 代理人 100121511
弁理士 小田 直
(74) 代理人 100202751
弁理士 岩堀 明代
(74) 代理人 100191086
弁理士 高橋 香元

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】水力発電／流体動力タービンならびにその製作および使用方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンであって、前記水入口端および前記水出口端は、前記タービンを通る水流の方向を定め、前記タービンは、

一体化された流体動力発生部材を備える構造をその中に包含する水流領域をその円筒状断面の中に画成する半径方向壁断面を形成する、半径方向内壁、および前記半径方向内壁から離れている半径方向外壁を備える円筒状のアクセラレータシュラウドであって、前記流体動力発生部材は、前記アクセラレータシュラウド内での動力発生の最中に、単一の方向の水流に応答して前記单一の方向に1つのユニットとして回転し、前記流体動力発生部材は、半径方向外壁、および半径方向内壁によって囲まれる開いた中央部を有するセンターハブを備え、前記センターハブは水中翼プロフィールを有する、アクセラレータシュラウドと、

複数のブレードであって、各ブレードは、2つの端を有しあつその半径方向内側基端から半径方向外向きに伸び、各ブレードは、前記センターハブとの回転のために前記半径方向内側基端で前記センターハブの半径方向外壁上に載置され、前記ブレードは、半径方向外側ブレード先端で終端し、前記センターハブおよび前記複数のブレードは、一体型でかつ回転するローターアセンブリを形成し、前記一体化された流体動力発生部材は、前記アクセラレータシュラウドの壁断面内で、その支持のためかつ回転のために前記半径方向外側ブレード先端で取付けられ、前記アクセラレータシュラウド、前記センターハブ、および前記ブレードのうち少なくとも1つは、非対称の水中翼プロフィールを有する、ブレー

10

20

ドと、
を備え、

前記流体動力発生部材のローターアセンブリは、ローター外側リングを更に備え、前記ブレード先端は、前記ローター外側リングに取り付けられ、前記ローター外側リングは、前記アクセラレータシュラウドの壁断面内での回転のために構成される外周を有し、

前記ローターアセンブリのセンターハブは、前記水流の方向を横断する平面内の円形のプロフィールを有し、前記センターハブの半径方向外壁、および前記センターハブの開いた中央部を囲む半径方向内壁は、前記半径方向外壁のプロフィール長（外輪）が前記半径方向内壁のプロフィール長（内輪）より大きい、前記水流の方向に平行な断面内の非対称の水中翼プロフィールを共に形成する、一方向性流体動力タービン。

10

【請求項 2】

前記ブレードは、非対称の水中翼形の断面構成を有する、請求項 1 に記載の一方向性流体動力タービン。

【請求項 3】

前記ブレードは、それらの半径方向内端での弦長より大きい、それらの半径方向外端での弦長を有する、請求項 2 に記載の一方向性流体動力タービン。

【請求項 4】

前記ブレードは、それらの半径方向内端でのプロフィール厚より大きい、それらの半径方向外端でのプロフィール厚を有する、請求項 3 に記載の一方向性流体動力タービン。

20

【請求項 5】

前記センターハブは、前記ブレードの縁を越えて相当な距離を前後両方に伸びる長さを有する、請求項 1 に記載の一方向性流体動力タービン。

【請求項 6】

前記センターハブは、前記ブレードから前方へ前記アクセラレータシュラウドの水入口端の後方にある第 1 の地点まで伸び、かつ少なくとも前記アクセラレータシュラウドの水出口端ほど遠い第 2 の地点まで後方に伸びる、請求項 5 に記載の一方向性流体動力タービン。

【請求項 7】

前記センターハブは、前記アクセラレータシュラウドの長さの 2 / 3 の総距離を伸ばす、請求項 6 に記載の一方向性流体動力タービン。

30

【請求項 8】

前記流体動力発生部材は、前記ローターアセンブリとの回転のために、少なくとも 1 つの磁石、または、前記ローター外側リング上または少なくとも 1 つのブレード先端上に載置される 1 つのステーター巻線を更に備える、請求項 1 に記載の一方向性流体動力タービン。

【請求項 9】

前記タービンは、非対称の水中翼形状を備える壁断面を有する円筒状のリング部材を備える環状拡散器を更に備え、前記環状拡散器は、前記アクセラレータシュラウドの外径より大きい内径を有し、かつ前記アクセラレータシュラウドから半径方向に離れており、かつ、前記タービンを通る水流の方向に、前記アクセラレータシュラウドと軸方向に重なり合う関係にあって、前記アクセラレータシュラウドの後ろに伸びるように配置される、請求項 1 に記載の一方向性流体動力タービン。

40

【請求項 10】

前記アクセラレータシュラウドは、その水入口端での直径より大きい、その水出口端での直径を有し、前記環状拡散器は、その下流端での内径より小さい、その上流端での内径を有する、請求項 9 に記載の一方向性流体動力タービン。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の一方向性流体動力タービンを設計するための方法であって、前記方法は、

最初の非対称の水中翼形状を備え、かつ流れ領域をその円筒状断面の中に画成する壁断

50

面を有する円筒状のアクセラレータシュラウドを選択することであって、前記水中翼形状は、前記アクセラレータシュラウドを通る水の流れを加速し、かつ、水流の方向に、前記アクセラレータシュラウドの後ろに負圧領域を生じるのに役立つように流体力学の原理に基づいて選択されることと、

前記タービンを通る水流の方向に平行である軸の周りにおける前記アクセラレータシュラウド内での回転のために載置されるローターアセンブリを設計することであって、前記ローターアセンブリは、

(i) 流体力学の原理に基づいて選択される最初の水中翼形状を備える壁断面を有する細長い円筒状のセンターハブと、

(ii) 前記センターハブの壁に固定され、かつ前記センターハブとの回転のために前記センターハブの壁から半径方向外向きに伸び、かつローター先端で終端する複数のローターブレードであって、前記ローターブレードは、流体力学の原理に基づいて選択される最初の非対称の水中翼形の断面構成を有する、ローターブレードと、

(iii) ローター外部リングであって、ローターブレード先端が前記ローター外部リングに取り付けられ、前記ローター外部リングは、前記アクセラレータシュラウド内の回転のために構成される外周を有する、ローター外部リングと、

を備えることと、

流体力学の原理に基づいて選択される最初の非対称の水中翼形状を備える壁断面を有する円筒状のリング部材を備える環状拡散器を設計することであって、前記環状拡散器は、前記アクセラレータシュラウドの直径より大きい直径を有し、かつ、前記タービンを通る水流の方向に、主アクセラレータシュラウドの後ろに配置されるように構成されることと、

(a) 前記環状拡散器を通る水の流れを加速し、かつ前記環状拡散器の後ろに負圧領域を生じる能力を少なくとも強化し、(b) 前記ローターアセンブリの位置で前記アクセラレータシュラウドを通る水流の加速を少なくとも強化するために、前記アクセラレータシュラウド、センターハブ、および前記ローターブレードの最終的な水中翼形状の間の協働を提供するこれらの構成要素の全てに最終的な水中翼形状を提供するような方法で、そのような構成要素を備えるタービン設計の CFD テストに応答して、前記アクセラレータシュラウド、前記センターハブ、前記ローターブレード、および前記環状拡散器の最初の水中翼形状を変更することと、

を備える、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気を発生させるために設計される流体動力タービンに関し、この種のタービンの設計および使用方法に関する。それは更に、流体動力タービンで使用される特定の要素に関する。

【背景技術】

【0002】

本発明によるタービンは、有効な水流が好ましくは約 0.25 m/s の最小速度で流れるあらゆる位置において、固定されるか、浮動するか、錨で止められるか、または曳行される構成で、水面下に配置されることを目的とする。水流または流れは、いかなるタイプまたはソースでもあり得る。但し、概して、以下のタイプの水流または流れの一つ以上から成る。

a) 例えば、海流、川、または小川で見られるように、連続する水流または流れにおいて、固定されるか、浮動するか、または錨で止められる。

b) 例えば、潮の流れまたは季節的な流れで見られるように、周期的にまたは不規則に方向を変えることがあり得る、変動する、交互に起こる、および / または周期的な水流または流れにおいて、固定されるか、浮動するか、または錨で止められる。

c) 例えば、貯水池、湖、ダム、または閘門の充満および排出によって引き起こされる

10

20

30

40

50

、機械的または自然に誘発されて起きる流れにおいて、固定されるか、浮動するか、または錨で止められる。

d) 装置は、装置によって流れを人工的または効果的に引き起こすために、船あるいは他の装置または方法によって水中を曳行することができる。

【0003】

流水の力は、多くのいろいろな目的のために様々な種類のエネルギーを発生させるために、数千年間人類によって用いられてきた。それは、穀物を粉にするために工場で機械を動かして、多くの種類の装置を機械的に駆動するベルト駆動適用のために用いられてきた。この150年間、水流は、無数のいろいろな設計および適用における発電に対して非常に効率的であると判明した。

10

【0004】

電気を発生させるために永久磁石および銅コイルを使用することの基本原理は、発電機および交流発電機を駆動するために流水および水タービンを使用することを含み、今日でも多くのいろいろな形で使われている。

【0005】

大部分の海流は、地球の回転によってもたらされるコリオリの力によって次々に生じる風によって生じる。これらの流れは、流れを変え、場合によっては流れを加速できる大陸の位置によってしばしば影響される。海流は、水塊の密度差、温度差、または水の塩分濃度における変化によって生じることもあり得る。この惑星の海流は、おそらく、存在する最大の未開発のエネルギー源である。川の流れは、非常に良好で効率的なエネルギー源としてもしばしば使われる。

20

【0006】

技術開発の開始以来、成功および効率性の程度に違いはあるが、多くのいろいろな試みがこのエネルギーを得るために行われた。エネルギー発生のために最もアクセス可能で最も使いやすい流れは、海および川の沿岸表層流である。水流は、要求に応じて利用できる大量の水を蓄積するために、ダムを構築して貯水池をつくることによって人工的に引き起こすこともできる。

【0007】

1882年に、世界初の水力発電所が、ウィスコンシン州アップルトンのフォックス川にあった。1889年までに、200の電気プラントが米国に建設されて、1920年までに、水力が米国の発電の25%に使われた。その使用は、1940年までに40%まで上がった。今日、米国で生じる電気のわずか6~8%が水力に由来する。従来の石炭火力発電所を水力発電施設に置き換えることによって得られる大きな機会および重要な環境とコスト面での利点がある。水力発電所の以前の施設は、発電機を駆動する水タービンを作動するためにダムの底での圧力を使用して、ダムの中またはダムの下に大部分は位置している。

30

【0008】

第一次世界大戦以後、今日流体力学と呼ばれる、科学の分野は大いに発達して、最新の水中翼の設計で今日使われる非常に精密な有限科学になった。水中翼（流体力学の一部でもある、エアフォイルだけでなく）は、航空学、自動車、水上技術、および流体動力タービンにおいて使用される分離された要素における大部分の設計を含む、多種多様な目的のために用いられる。

40

【0009】

流体動力タービンは、いろいろなカテゴリまたはタイプに分割できる。例えば、タービンは、双方向性であるかまたは一方向性であり得る。前者の場合、タービンは、それが、例えば、入って来る潮汐流によって、ならびに後退する潮汐流によっても発電するように作動するために、タービンを通って両軸方向に流れる流れによって作動できるように定義される。他方では、一方向性タービンは、単一軸方向の水の流れだけにより駆動される。流体力学観点から、双方向性タービンを製作する設計基準は、一方向性タービンの場合、すなわち、流体の流れ方向の反転に対する悪影響を発生するすべての設計基準より著しく

50

制限される。

【0010】

流体動力タービンを分類する別 の方法は、それらのハブ設計、すなわち、センターハブが閉または開であるかどうかにある。通常、大部分の流体動力タービンは、閉であるか中実であり、且つその周りをローターブレードが回転する非回転（タービン外側シユラウドに関して固定される）センターハブを備えている。例えば、実施例として以下の文書を参照。すなわち、Moutonらに付与された米国特許第3,986,787号明細書、Weissに付与された米国特許第4,221,538号明細書、Leeに付与された米国特許第4,313,711号明細書、Heussに付与された米国特許第4,421,990号明細書、Vauthierに付与された米国特許第6,168,373号明細書、Vauthierに付与された米国特許第6,406,251号明細書、およびSussmanに付与された英国特許第2,408,294号明細書。いくつかの設計は、中実のセンターハブを有するが、例えば、Skendrovicに付与された米国特許第4,163,904号明細書に開示されるように、半径方向外側ローターリングとタービンシユラウドの間の軸受の周りを回転する。10

【0011】

つい最近、ある会社は、環境上の理由のために、すなわち、安全な通路を海の生物に提供するために、開放センターハブが設けられている流体力学タービン設計を実行した。例えば、実施例として以下の文書を参照。すなわち、米国特許第6,957,947号明細書、米国特許第7,378,750号明細書、米国特許第8,308,422号明細書、および米国特許第8,466,595号明細書。これらの基本的にハブ無し設計において、ローターブレードは、内側リング部材の半径方向内側に、且つ外側リング部材の半径方向外側に通常は取り付けられ、そしていくつかの設計では、内部リング部材は全く存在しない。これらの基本的にハブ無しのタービン設計は、すべて双方向性であり、そして設計において軸方向に対称である。20

【0012】

開放センター概念の適合において、上記の固定センターハブ設計であるが、センターハブの通路または開口部も含む流体動力タービンのタイプが開示される。例えば、Sirelliに付与された米国特許出願第2013/0044368号明細書、Davisに付与された米国特許第7,471,009号明細書を参照。その両方とも一方向性タービン設計に関する。また、Stothersに付与された米国特許第7,874,788号明細書およびDavisに付与された米国特許出願第2010/0007148号明細書を参照。それらは、開いたセンターハブまたは、後者において、上記の関連したDavisの009号明細書のようなハブのバイパス開口部の任意の使用を含む（両方について図7を参照）特別に構成された双方向性流体力学タービンに関する。30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

流体動力発電は引き続き大きく注目されており、そして太陽エネルギーおよび風力とともに重要性を増しつつある。非常に高性能で効率性の高い流体動力発電タービンを設計して構築するために、大きな努力を実行する必要がある。しかしながら、タービン設計を改良する方法が多くの点で予測不可能であり、したがって時間がかかるので、残念なことに、より大きいエネルギー出力を得るために、既存のタービン設計のより大きなバージョンを単に構築する傾向があった。新しい非常に効率的なタービンは、実際に少しも環境に影響を与えることなく、再生可能なソースから増加した量のエネルギーを引き出すことを可能にする。これらの理由により、この種のタービンの更なる改良が極めて望ましい。40

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の一態様によれば、非対称の水中翼形状を有するセンターハブ部材から成る一体化された流体動力発生部材から基本的に成るそこに設置された構造を含む水流領域をその50

円筒状断面の中に画成する壁断面を有する大体円筒状のアクセラレータシュラウドと、ハブ部材に載置する複数のブレード部材とを備えた、タービンを通る水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンが提供されて、動力発生部材は、アクセラレータシュラウドの内面に回転するように載置される。好ましくは、流体動力発生部材は、ブレード先端が取り付けられて、アクセラレータシュラウド内で回転するよう構成される外周を有するローター外部リングを更に含むローターアセンブリを備える。好ましくは、ハブ部材は、開いた中央部を有する大体丸いプロフィール部材を備え、開いた中央部を囲む壁部材は、非対称の水中翼形状を形成し、外輪はタービンの外側の近くにあり、そして内輪はハブの中心を向いている。また、ブレードは、好ましくは、非対称の水中翼形の断面構成を有し、ブレードは、最も好ましくは、それらの半径方向内端でコード長より大きいそれらの半径方向外端のコード長、およびそれらの半径方向内端でプロフィール厚より大きいそれらの半径方向外端のプロフィール／コード厚を有する。アクセラレータシュラウドが非対称の形状でもある壁断面を有することは、最も好ましい。

【0015】

他の好ましい実施形態によれば、一方向性流体動力タービンは、ブレードの端を過ぎて相当な距離を前後両方に伸びる長さを有するセンターハブを有し、そして好ましくは、ブレードから前方へアクセラレータシュラウドの水入口端の後方である第1の位置まで伸びて、少なくともアクセラレータシュラウドの水出口端までの位置まで後方に伸びる。センターハブは、好ましくは約50から80%まで、好ましくは約60から70%まで、そして最も好ましくはアクセラレータシュラウドの長さの約2/3だけ総距離を伸ばす。

【0016】

他の好ましい実施形態によれば、一方向性流体動力タービンは、壁断面を有する大体円筒状のリング部材を備え、また好ましくは非対称の水中翼形状も備える環状拡散器を更に備える。環状拡散器は、アクセラレータシュラウドの直径より大きい直径を有して、タービンを通る水流の方向に、好ましくは重なり合って、主アクセラレータシュラウドの後ろに配置される。

【0017】

本発明の別の態様によれば、非対称の水中翼形状から成る壁断面を有する大体円筒状のアクセラレータシュラウドであって、水中翼形状は大体S字形のプロフィールから成り、そこでは外面は、前部凸面部分、および前部凸面部分に移行する後部凹面部分から成り、そして内面は、後部凸面部分、およびまっすぐであるかまたは凹面であって後部凸面部分に移行する形状を有する前部分から成るアクセラレータシュラウドと、タービンを通る水流の方向と大体平行である軸の周りにアクセラレータシュラウド内に回転のために載置されるローターアセンブリであって、タービンの中心から半径方向外向きに伸びる複数のローターブレードを備えて、アクセラレータシュラウド内に回転のために載置されるローターアセンブリとを備えた、タービンを通る水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンが提供される。好ましくは、ローターアセンブリは、好ましくは水中翼プロフィールを有する大体丸いプロフィール部材を備えたセンターハブ部材を更に備えて、ローターブレードはハブ部材に取り付けられる。より好ましくは、ハブ部材は、開いた中央部を有する大体丸いプロフィール部材を備え、開いた中央部を囲む壁部材は非対称の水中翼プロフィールを形成し、外輪はタービンの外側の近くにあり、そして内輪はハブの中心を向いている。

【0018】

いくつかの好ましい実施形態において、ローター部材は、ブレード先端が取り付けられ、且つアクセラレータシュラウド内の回転のために構成される外周を有するローター外部リングを更に備える。他の好ましい実施形態では、一方向性流体動力タービンは、非対称の水中翼形状でもある壁断面を有する大体円筒状のリング部材を備えた環状拡散器を更に備え、環状拡散器は、アクセラレータシュラウドの直径より大きい直径を有して、タービンを通る水流の方向に、好ましくは重なり合って、主アクセラレータシュラウドの後ろに配置される。

10

20

30

40

50

【0019】

本発明の別の態様によれば、非対称の水中翼形状を備えてその円筒状断面の中に流域を画成する壁断面を有する大体円筒状のアクセラレータシュラウドであって、水中翼形状は、アクセラレータシュラウドを通る水流を加速して、水流の方向に、アクセラレータシュラウドの後で負圧領域を生成するのに役立つアクセラレータシュラウドと、タービンを通る水流の方向と大体平行である軸の周りにアクセラレータシュラウド内に回転のために載置されるローターアセンブリであって、水中翼形状を備えた壁断面を有する大体細長い円筒状のセンターハブを備えるローターアセンブリと、センターハブに固定されて、それとともに回転するためにそれから半径方向外向きに伸びて、ローターブレード先端で終端する複数のローターブレードであって、非対称の水中翼形の断面構成を有するローターブレードと、ブレード先端が取り付けられて、アクセラレータシュラウド内に回転のために構成される外周を有するローター外部リングと、非対称の水中翼形状から成る壁断面を有する大体円筒状のリング部材を備える環状拡散器とを備えた、タービンを通る水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンが提供される。環状拡散器は、アクセラレータシュラウドの直径より大きい直径を有して、タービンを通る水流の方向に、好ましくは重なり合って、主アクセラレータシュラウドの後ろに配置される。それによって、環状拡散器の水中翼形状は、環状拡散器を通る水流を加速して、環状拡散器の後で負圧領域を生成し、そしてアクセラレータシュラウドの水中翼形状、水中翼形ローターハブ、およびブレードと協同して、ローターアセンブリの位置でアクセラレータシュラウドを通る水流の加速を増大させるのに役立つ。

10

20

【0020】

一方向性流体動力タービンのいくつかの好ましい実施形態において、ブレードは、それらの半径方向内端の弦長より大きいそれらの半径方向外端の弦長を有し、そして／またはブレードは、それらの半径方向内端のプロフィール／コード厚より大きいそれらの半径方向外端のプロフィール／コード厚を有する。他の好ましい実施形態では、センターハブは、開いた中央部を有する大体丸いプロフィール部材を備え、開いた中央部を囲む壁部材は、非対称の水中翼プロフィールを形成し、外輪はタービンの外側の近くにあり、そして内輪はハブの中心を向いている。好ましくは、センターハブは、ブレードの端を過ぎて相当な距離を前後両方に伸びる長さを有し、好ましくは、センターハブは、ブレードから前方へアクセラレータシュラウドの水入口端の後方である第1の位置まで伸びて、少なくともアクセラレータシュラウドの水出口端までの位置まで後方に伸びる。センターハブは、好ましくは約50から80%まで、好ましくは約60から70%まで、そして最も好ましくはアクセラレータシュラウドの長さの約2/3だけ総距離を伸ばす。それは、アクセラレータシュラウドの後端を越えて後方に伸びることもできる。

30

【0021】

本発明の更に別の態様によれば、その円筒状断面の中に水流域を画成する大体円筒状のアクセラレータシュラウド部分と、タービンを通る水流の方向と大体平行である軸の周りにアクセラレータシュラウド内に回転のために載置されるローターアセンブリであって、ローターアセンブリは、タービンの中心から半径方向外向きに伸びる複数のローターブレードならびにアクセラレータシュラウドの水入口端に載置される野生生物および／または破片デフレクター部材を備え、デフレクターは、その前方／狭端部の方へ先細になり、且つ互いに平行であって、互いに関してそれらの全長をこえる所定の間隔で基本的に均一に配置されるデフレクターロッドのアレイを備える大体円錐形の構造を備え、それによって、所定の間隔は、デフレクターを通過できる野生生物または物体の最大サイズを定めるローターアセンブリとを備えた、タービンを通る水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンが提供される。好ましくは、野生生物および／または破片デフレクター部材は、その前方／狭端部にデフレクターロッドが取り付けられるリング部材を含み、リングは、デフレクターロッドの所定距離以下の直径を有する。他の好ましい実施形態では、リング部材および／またはデフレクターロッドの少なくとも一部、好ましくは全部は、リングおよび／またはデフレクターロッドを横切って流れる水の乱流

40

50

を減らすために、水中翼形の断面を有する。

【0022】

本発明の別の態様によれば、主アクセラレータシュラウドを通る水流を加速して、水流の方向に、アクセラレータシュラウドの後で負圧領域を生成するのに役立つ大体非対称の水中翼形状を備えた壁断面を有し、非対称の水中翼プロフィールを有するセンターハブ部材から成る一体化された流体動力発生部材を含む水流域をその円筒状断面の中に画成する大体円筒状のアクセラレータシュラウドと、ハブ部材に載置される複数のブレード部材であって、動力発生部材がアクセラレータシュラウドの内面に回転のために載置されるブレード部材とを備えた、タービンを通る水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンが提供される。タービンは、タービンに入る水の周囲流速を、周囲流速の少なくとも約2倍、好ましくは少なくとも約2.5倍、そして最も好ましくは少なくとも約3倍であるブレード部材における流速に加速するその能力によって特徴づけられる。更にまた、タービンは、少なくとも約25%だけ、好ましくは少なくとも約50%だけ、そして最も好ましくは少なくとも約80%だけ、等しい直径の従来の流体動力タービンと比較して、動力出力の増加を提供するその能力によって特徴づけられる。10

【0023】

本発明の更に別の態様によれば、タービン中の水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンで用いるために設計されるシュラウドが提供される。アクセラレータシュラウドは、大体非対称の水中翼形状を備えた壁断面を有する大体円筒状のアクセラレータシュラウドから成り、水中翼形状は大体S字形プロフィールから成り、そこでは外面は、前部凸面部分および後部凹面部分から成り、そして内面は、後部凸面部分およびまっすぐであるかまたは凹面である形状を有する前方部分から成る。このユニークな構成は、主アクセラレータシュラウド中の水流を最適方法で加速して、水流の方向に、アクセラレータシュラウドの後に負圧領域を生成するのに役立つ。20

【0024】

本発明の更に別の態様によれば、非対称の水中翼形状から成る壁断面を有する大体円筒状のアクセラレータシュラウドと、タービンを通る水流の方向と大体平行である軸の周りでアクセラレータシュラウド内で回転のために載置されるローターアセンブリであって、タービンの中心から半径方向外向きに伸びる複数のローターブレードおよびブレード先端がアクセラレーシュラウド内で回転のために取り付けられるローター外部リングを備えるローターアセンブリとを備えた、タービンを通る水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンが提供されて、ブレードは非対称の水中翼形の断面構成を有し、ブレードは、最も多く、それらの半径方向内端のコード長より大きいこれらの半径方向外端のコード長および/またはこれらの半径方向内端のプロフィール厚より大きいこれらの半径方向外端のプロフィール/コード厚を有する。30

【0025】

好ましくは、ローターアセンブリは、好ましくは非対称の水中翼プロフィールを有する大体丸いプロフィール部材を備えた、センターハブ部材を更に備え、そしてローターブレードはハブ部材に取り付けられる。より好ましくは、ハブ部材は、開いた中央部を有する大体丸いプロフィール部材を備え、開いた中央部を囲む壁部材は、非対称の水中翼プロフィールを形成し、外輪はタービンの外側の近くにあり、そして内輪はハブの中心を向いている。40

【0026】

本発明の更に別の態様によれば、流体動力タービン用に設計される野生生物および/または破片デフレクター部材が提供される。野生生物および/または破片デフレクター部材は、タービンのいずれかの端または両端に載置されるように設計される。デフレクターは、一端に向けて先細りになる大体円錐形の構造を備え、そして互いに平行するデフレクターロッドのアレイを備え、そして互いに關してこれらの全長をこえる所定の間隔で基本的に均一に配置され、それによって所定の間隔は、デフレクターを通過できる野生生物または物体の最大サイズを定める。好ましくは、野生生物および/または破片デフレクター部50

材は、デフレクターロッドが取り付けられる第1のリング部材をそのより狭い端部に含み、第1のリングは所定距離以下の直径を有する。同様に、デフレクターは、好ましくは、デフレクターロッドが取り付けられる第2のリング部材をそのより広い端で、またはその近くに有する。他の好ましい実施形態では、デフレクターロッドおよび／またはリングの少なくとも一部、好ましくは全部は、水中翼形の断面を有する。

【0027】

本発明の別の態様によれば、最初の非対称の水中翼形状を備えて、流域をその円筒状断面の中に画成する壁断面を有する大体円筒状のアクセラレータシュラウドを設計することであって、水中翼形状は、アクセラレータシュラウドを通る水流を加速して、水流の方向に、アクセラレータシュラウドの後で負圧領域を生成するのに役立つように、流体力学の原理に基づいて選択されることと、タービンを通る水流の方向と大体平行である軸の周りでアクセラレータシュラウド内で回転のために載置されるローターアセンブリを設計することであって、ローターアセンブリは、(i) 流体力学の原理に基づいて選択される最初の水中翼形状を備える壁断面を有する大体細長い円筒状のセンターハブ、(ii) それとともに回転するためにセンターハブ壁に固定されてそれから半径方向外向きに伸びてローター先端で終端する複数のローターブレードであって、流体力学の原理に基づいて選択される最初の非対称の水中翼形の断面構成を有するローターブレード、および(iii) ブレード先端が取り付けられて、アクセラレータシュラウド内での回転のために構成される外周を有するローター外部リングを備えることと、流体力学の原理に基づいて選択される最初の非対称の水中翼形状から成る壁断面を有する大体円筒状のリング部材を備える環状拡散器を設計することであって、環状拡散器は、アクセラレータシュラウドの直径より大きい直径を有して、タービンを通る水流の方向に、好ましくは重なり合って、主アクセラレータシュラウドの後ろに配置されることと、(a) 環状拡散器を通る水流を加速して、環状拡散器の後で負圧領域を生成する能力を少なくとも強化して、好ましくは最適化し、そして(b) ローターアセンブリの位置でアクセラレータシュラウド内の水流の加速を少なくとも強化して、好ましくは最適化するために、アクセラレータシュラウドの最終的水中翼形状、ローター哈ブ、およびブレードと協働する、これらの構成要素の全てに最終的な水中翼形状を提供するような方法で、この種の構成要素から成るタービン設計のCFDテスト／分析に応答して、環状アクセラレータの最初の水中翼形状、センターハブ、ローターブレード、および環状拡散器を変更することとを含む、タービンを通る水流の方向を定める水入口端および水出口端を有する一方向性流体動力タービンを設計する方法が提供される。

【0028】

本発明の更なる特徴および利点は、図面の添付図と共に考慮されるときに、続く好ましい実施形態の詳細な説明から明らかになる。

【0029】

以下は図面の簡単な説明であり、本明細書に記載される本発明の特定の好ましい実施形態の開示を例示するために提示され、制限する目的はない。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】支持／取付構造を備えた流体動力タービンの一実施形態の3次元正面図である。

【図2】支持／取付構造を備えた、図1の流体動力タービンの3次元背面図である。

【図3】支持／取付構造を備えた、図1の流体動力タービンの断面側面図である。

【図4】環状拡散器を備えたアクセラレータシュラウドの一実施形態の3次元図である。

【図5A】環状拡散器を備えた、図4に示す構成における、S字形／複曲水中翼アクセラレータシュラウドの部分断面図である。

【図5B】環状拡散器を備えた、図4に示す構成における、非S字形水中翼アクセラレータシュラウドの部分断面図である。

【図6】同程度の直径の複数の環状拡散器を備えた、アクセラレータシュラウドの別の実施形態の部分断面図である。

10

20

30

40

50

【図 7】異なる直径を有する複数の環状拡散器を備えた、アクセラレータシュラウドの別の実施形態の部分断面図である。

【図 8】センターローター部を備えた全タービンの一実施形態の3次元図である。

【図 9】センターローター部を定位置に備えた、図 8 の全タービンの断面図である。

【図 9 A】コイルの配置を図式的に示す、アクセラレータシュラウドの分離された斜視図である。

【図 10】図 8 の実施形態のローター部だけの3次元図である。

【図 11】水中翼形ローターブレード、ローターブレードシュラウド、および水中翼形センターハブの一つを示す、図 8 のローター部の略側面図である。

【図 12】図 8 の実施形態における4つのローターブレードだけの斜視図である。 10

【図 12 A】一つの典型的なローターブレードの分離された斜視図である。

【図 13】様々な迎え角、様々なコード長、およびプロフィールとねじりの様々な厚さを含む、特定の好ましい特徴を例示する、ローターブレードの一実施形態の断面図である。

【図 14】ブレードの水中翼形状の断面を備えた4つのローターブレードの実施形態の分離された斜視図である。

【図 15】水中翼形状の断面を備えた単一のローターブレードだけの斜視図である。

【図 16】前後の野生生物および破片排除装置を備えたタービンの一実施形態の斜視図である。

【図 17】前後の野生生物および破片排除装置を備えた、図 16 のタービンの断面図である。 20

【図 18】前後の野生生物および破片排除装置を備えた、そして排除装置を形成するために水中翼 / 液滴型をしたデフレクタバーを利用する、図 16 のタービンの斜視図である。

【図 19】本発明の一実施形態によるすべての構成要素を部分断面で図式的に示す分解斜視図である。

【図 20】すべての構成要素を略側面図として部分的に断面で示す、図 19 のタービンの分解図である。

【図 21】旋回台に載置する杭に載置された流体動力タービンの一実施形態の斜視図である。

【図 22】旋回台に取付けられる、図 21 の杭に載置された流体動力タービンの断面側面図である。 30

【図 23】両方のタービンが作動する、海洋バージに取り付けられるいかだ搭載の流体動力タービンの略斜視図である。

【図 24】左舷側タービンが作動して、右舷側タービンが保守位置にある海洋バージに取り付けられるいかだ搭載の流体動力タービンの略斜視図である。

【図 25】右舷側タービンが作動して、左舷側タービンが保守位置にある、海洋バージに取り付けられるいかだ搭載の流体動力タービンの斜視図である。

【図 26】2つの海洋バージの間に取り付けられるいかだ搭載の單一流体動力タービンの斜視図である。

【図 27】水中型いかだに取り付けられる流体動力タービンの取付けにおける浮揚体の斜視図である。 40

【図 28】川を横切る橋に取り付けられる構造搭載の流体動力タービンの略斜視図である。

【図 29 A】海底または河床に取り付けられる水中型いかだに載置する流体動力タービンの揚力のある装置の略斜視図である。

【図 29 B】海底または河床に取り付けられる綱に直接取り付けられる浮揚可能な流体動力の揚力のある装置の略斜視図である。

【図 30】船の後で曳行されている流体動力タービンの曳行される装置の一実施形態の斜視図である。

【図 31】水中翼形中実センターハブおよびハブを適所に保持するための水中翼形羽根を備えた流体動力タービンの斜視図である。 50

【図32】水中翼形中実センターハブおよびハブを適所に保持するための水中翼形羽根を備えた流体動力タービンの略側面図である。

【図33A-B】それぞれ、6 kN流のために最初に選択されるアクセラレータシュラウド、拡散器、およびセンターハブの略側面図、および3 kN流のために最適化されたアクセラレータシュラウド、拡散器、およびセンターハブの対応する図である。

【図34】3 kN流において用いられる1.5mのローター部直径タービンのために最適化されるローターブレードの略側面図および正面図である。

【図35】図34のローターブレードを用いる、3 kN流において用いられる1.5mのローター部直径タービンのために最適化されるアクセラレータシュラウド、拡散器、およびセンターハブのより詳細な略側面図である。

10

【図36】様々な水速度で、水中翼シュラウドを有しない類似の機械と比較して本発明による水力タービンから出力される動力を比較するグラフである。

【図37A-B】本発明による実施形態の速度および圧力それぞれにおける流れ加速のCFD分析の二次元試験結果を示す。

【図38A-B】本発明による実施形態の速度流線および圧力領域それぞれにおけるCFD測定値を示す。

【図39】CFD試験における、ブレードの前部の圧力差を示す。

【図40】CFD試験における、ブレードの後部の圧力差を示す。

【発明を実施するための形態】

【0031】

20

本発明による装置は、中心軸またはギアなしの固有の流れ加速システムおよび他の固有の構成要素によって特徴づけられて、これらおよび他の特徴の結果として、他の同等のタービンより高い効率レベルで作動できる。

【0032】

本発明の流体動力タービンの設計は、サイズにおいて容易にスケーラブルであり、それは、設計がいかなる特定の地理的領域およびいろいろな流速および流量に対して容易に適合されて、最適化されることができる意味する。

【0033】

本発明は、装置をあらゆるナビゲート可能な水深を伴う多くのいろいろなタイプの位置および状態における使用に適するよう、いくつかのいろいろな取付け方法を含む。

30

【0034】

本発明のタービンは、非常に環境配慮型であり、海洋生物、海底または河床、およびその環境に実際に影響を及ぼさないように設計される。それらは、好ましくは、野生生物および破片排除装置、小さい海洋生物を通す安全な通路または道、ならびに電磁放射(EMF)遮蔽を備えている。外部は、好ましくは、非中毒性の汚れ止めのコーティングを塗られる。

【0035】

固有の設計、構造に使用する材料、および塗布されるコーティングのため、これらの装置は最小の保守を必要とする。

【0036】

40

本発明は、一様において、好ましくは、約0.25m/sの最小流速を有する水流において、固定であるか、浮動的であるか、錨で止められるか、または曳行される構成で、水面下に配置することを目的とする流体動力タービンに関する。本発明は、特定のタービン構成要素に関し、この種のタービンを設計/製作する方法に、ならびにそれを使用する方法にも関する。もちろん、この装置は、より大きな流速を有するより多くのエネルギーを発生する。

【0037】

これらのタービンは、あらゆる数で取り付けることができる。それらは、単一ユニットとして使うことができるか、または複数のタービンから成ることができ何百ものユニットまであり得る「タービンアレイ」または「タービンファーム」として設置できる。タ-

50

ビンは、一緒にまたは別々に電気を発生させることができる。

【0038】

これらのタービンの設計はスケーラブルであり、そしてあらゆるサイズの小さいユニットであるが、事実上、少なくとも約30cmのローター部直径として製作することができて、特定位置における特定の適用に対して実際的で適切であるあらゆるサイズのローター部直径でもあり得る。装置は、少なくとも最大約30m以上のローター部直径のあらゆるサイズの大きなユニットであり得る。

【0039】

本発明は、出願人により開発された改良型の流れ加速システムを提供する。システムは、タービンの主要構成要素の多くで、そして最も好ましくは、水がその上をまたはそれを通って流れる構成要素のほとんどまたは全てで水中翼形状を使用する。水中翼形であり得るこれらの構成要素は、ローターブレード(34)、センターハブ(36)、ローターブレードシュラウド(38)、アクセラレータシュラウド(20)、環状拡散器(40)、野生生物および破片排除装置(10、18)、尾部舵(60)、支持構造(50、52)、支持杭(54)と呼ばれる。これらの構成要素のいくつか、例えば、ローターブレードまたはアクセラレータシュラウドは、有利には、エネルギーの抽出を最適化するために水中翼形であり得る。その一方で、他の構成要素、例えば、野生生物および破片排除装置は、別の構成要素または複数の構成要素に悪影響を与える可能性のある乱流を減らすまたは除去するために水中翼形であり得る。

【0040】

この設計に適用される流体力学の原理は、この流体動力タービンが拡大・縮小されるいかなるサイズにも、そしていかなる水の流速にも有効である。これらの水中翼形構成要素の形状の適切な変更によって、この流体動力タービンは、特定のサイトの流動条件および必要とされるタービンのサイズに適合されて、最適化されることができる。水中翼形状に対する変更は、ローターブレード、アクセラレータシュラウド、センターハブ、および/または環状拡散器の一つ以上に有利になされる。場合によっては比較的小さくなることもあり、いくつかの水中翼のコード長および/またはコード厚を増減し、そして/または水流の速度およびタービンの必要なサイズによって水中翼の迎え角/入射角を変えることから構成される。これは、互いに関連する構成要素のサイズと位置の比率および個々の部品間の位置が維持されて不变であるかまたは非常に類似している限り、本発明による特定実施形態の設計が、外観上は相対的にまたはほとんど変わり得ないが、タービンのサイズまたは水流の速度に關係なく、全く同じように機能することを意味する。

【0041】

タービンの出力は、ローターブレードの表面積に比例して増加する。これは、タービンがどれくらいのキロワットまたはメガワットを生じるか決定する駆動力がその直径に比例しないが、水流にさらされるローターブレードの表面積に比例することを意味する。タービンの出力は直径の二乗に比例して増大する。換言すれば、直径の大きさが2倍であるタービンは4倍の電力を出力する。設計のこの特性によって、タービンは、しばしば比較的軽微な変更である水中翼形状に対する変更によって水中で実用的で使用可能であるほとんどのいかなるサイズにもスケーラブルになる。

【0042】

水中翼部品のこれらの特定形状の設計および使用は、ローターブレードの先端渦動を排除するだけでなく、アクセラレータシュラウドが、環状拡散器と協働して、水中翼形センターハブによって好ましくは更に增幅されるタービンの出口で、またはその後ろで低圧の領域を生成するという事実によってタービンのローター部を通る水流も加速する。これらの構成要素は、水流を更に増加させるために相乗効果を一緒に引き起こす。入口ダクトのトンネリング効果によってタービンの入口すでにわずかに加速された水流は、更により大きな速度で後ろからローター部を通して水を引き寄せるために吸引を生成するタービンの後でこの低圧領域によって更に加速される。部品の水中翼形状の好ましい使用の場合、本発明による設計は、水中翼形のブレードが配置されるタービンのローター部による流

10

20

30

40

50

速の非常に大きい増加を達成する。他のいかなる周知の流体動力タービン設計も、この程度の流れ加速を達成しなかった。

【0043】

固有の形状およびすべての流体力学要素の組合せによって引き起こされる流れ加速は、いかなるサイズのタービンでも同一のままである。本発明による流体動力タービンの設計の計算流体力学分析により、それらがローター部中の流速をタービンの外側を囲む周囲流速の約3倍もの速度に加速するということがわかった。これは、例えば、この装置が3km/h流れに置かれる場合、この装置のローター部中の流速は最高9ノットに達することを意味する。水力発電の生成に対するこの増加した流れの非常に重要な利点は、疑いなく明らかである。

10

【0044】

各個別部品の効果ならびに互いに対する部品の相互作用／協働および関連の効果は、図面の添付図を参照して、本発明のいくつかの例示的実施形態に関連して、以下に詳細に説明される。

【0045】

本発明は、好ましくは、4つの主要構成要素、a)流れアクセラレータシュラウド、b)流れアクセラレータシュラウドに続く任意の環状拡散器、c)アクセラレータシュラウドに組み込まれるが、別の部品である主ローター、およびd)一つ以上の任意の野生生物／デブリ排除装置から成る。これらの構成要素は、通常、タービンの一つの部品であるよう組み立てられるいくつかの異なる下位部品から成る。更なる特徴および利点を次に説明する。これらの部品および特徴は、本発明によるタービンの改良された動作を生じるために、更に後述される方法で協働して、互いに影響を及ぼす。

20

【0046】

環状拡散器を備えた流れアクセラレータシュラウド

ここで図1～5、8、および19を参照すると、流れアクセラレータシュラウド(20)は、最も複雑な水中翼形状を実現する重要な部品である。本発明の設計において用いるように、それは、タービンのローター部(30)を通る水流を加速するためにシュラウドの後ろに負圧領域を生成するために、好ましくは、非対称の水中翼形状、そして最も好ましくは、S字形／複曲水中翼形状(図5a、21)、または言い換えると大体S字形複曲形状(図9)を有する。アクセラレータシュラウドの壁の断面は、S字形複曲でないが、非常に従来の水中翼形状(図5b、24)に似ている水中翼形状でもあり得る。アクセラレータシュラウドは、アクセラレータシュラウドの外側周辺の周囲流速と比較してタービンの内部の水の流れを加速する。アクセラレータシュラウドは、好ましくは、4つの部分、すなわち、入口ダクト(22)、ステーターハウジング(24)、ローターブレードシュラウド(38)(図10)、および後部整形板(28)から成る。これらの4つの構成要素は、好ましくは、単一の形状を一緒に形成し、それは、好ましくは、アクセラレータシュラウドの非対称の水中翼であり、それは、特定の好ましい実施形態において、S字形／複曲水中翼形状を有する。4つの全ての部分は、好ましくは、内側と外側の両方で完全に滑らかな表面を形成するために一緒に平らにされて、それらの上を、水はいかなる重大な乱流も引き起こさずに流れる。

30

【0047】

入口ダクト(22)は、水流をローター部(30)に送って、水流をアクセラレータシュラウドの外側のステーターハウジング(24)を越えて、そして内側のローターブレードシュラウド(38)を越えて導くのに役立つ。このステーターハウジング外面およびローターブレードシュラウド内面は、アクセラレータシュラウドの全体形状の一部である。入口ダクトは、動作の間にローター部を導く前方スラスト軸受も含む。

40

【0048】

ステーターハウジング(24)は、環状発生器のステーターを備えるすべての金属、好ましくは銅コイル(25)ならびにタービンから発生する電気エネルギーを伝達する従来の電気的配線(図示せず)を含む。ステーターハウジングは、ローター部が回転する回転

50

ローラー / 玉軸受（あるいは他の軸受または低摩擦ポリマーブッシング）（26）も含む。

【0049】

ローターブレードシュラウド（38）の外面は、アクセラレータシュラウドの一部をなすが、ローターブレード先端（33）に取り付けられる別の部品であり、アクセラレータシュラウド内部で主ローターによって回転する。以下に更に詳細に説明される。

【0050】

ステーターハウジング（24）およびローターブレードシュラウド（38）の後ろに位置する後部整形板（28）は、水流をアクセラレータシュラウド（20）の出口に導いて、好ましくは、いかなる乱流またはドラッグも生成することを回避するために後端にそぎ端（29）を有する。後部整形板は、回転する間にローター部が押し付けられる後方 / 後部スラスト軸受（26）（図9）も含む。10

【0051】

環状拡散器（40）は、好ましくは、非対称の水中翼形リングでもあって、好ましくは、アクセラレータシュラウド（20）より大きな直径を有する。環状拡散器（40）は、アクセラレータシュラウドの後ろに位置して、好ましくは、アクセラレータシュラウド（20）の後端といくぶん重なる。それはアクセラレータシュラウドと非常に類似の方法で動作して、タービンの後で負圧領域を更に増加させる。アクセラレータシュラウドおよび環状拡散器の協働および結果として生じる相乗効果のため、ローター部中の流速のより大きな増大がある。通常、好ましくはそぎ端である、（最終的な）環状拡散器の後縁部の後の比較的密接した（例えば、約4～6インチ）位置に、後部野生生物および破片排除装置は取り付けられる。例えば、一方が他方の後ろに配置される、第2の環状拡散器（42）およびあるいは更に第3の環状拡散器（44）のような、一つ以上の環状拡散器を使用するために、特定の水流条件が有利であり得るいくつかの例があり得る。（図6～7）20

【0052】

ローターアセンブリ

ここで図10～15を参照すると、本発明の流体動力タービンは、好ましくは、開いた中央部（37）を有する。一つには、ブレードがローター部の中心の近くの水中を移動して、したがって抽出する価値がある充分なリフトまたは十分なエネルギーを生成しない低速のため、これは本発明の設計において有利である。実際に、中心部は、一般に、それがより大きい濡れた表面および水中を移動するのに必要な付加的なウェイトによって生じる余分の抵抗によってローターに悪影響を及ぼす。ローターブレード（34）の先端は、より高い速度で水中を進み、したがって実質的により多くのリフトを生じて、実質的により大きなエネルギー抽出を可能にする。タービンのサイズ、装置の位置の流速、および他の部位特異的ニーズに応じて、開いた中央部とブレードおよびハブサイズ間の比率は、どこでも約40%のブレード、60%のオープンスペース～約80%のブレード、20%のオープンスペースであり得る。本発明によるタービンは、リフトを生じるためにローター部の周辺に沿って全径の大部分、通常は約60%以上、好ましくは直径の約2/3を有利に使用する。これは、残りの小さい部分を、例えば、好ましい実施形態でセンターオープン（37）の全径の約1/3を残す。ローターの中心部を除去することは、ローターの全体の重量を減らして、中実のプロフィール部が生じさせる濡れた表面積および抵抗も減らす。したがって、本発明の設計は、より小さい重量を有する、そしてより小さい濡れた領域およびより小さい抵抗を有する、より小さいブレード領域を使用するより有効なローター部を作製する。それはより高い回転速度で回転することができて、より多くのエネルギーが抽出されることを可能にする。後述する野生生物および破片排除装置に更なる利益になる二次的な効果もある。30

【0053】

好ましくは環状であり、且つ好ましくは開いた中央部（37）を囲むセンターハブ（36、80）は、ローターブレードの付け根（39）を取り付けるためにも使われる。（図11～12および31）中実であるセンターハブ（80）は、好ましくは、対称の水中翼40

形状を有するが、開いた中央部を備えたセンターハブ36は、好ましくは、非対称の水中翼形状を有し、外輪はタービンの外側の近くにあり、そして内輪はハブの中心を向いている。センターハブによって生じるリフトは、アクセラレータシュラウド(20)および環状拡散器(40)により作製されるタービンの後で負圧領域を更に増加させるのを助ける。この効果は、ローターブレード部を通る水流の加速を増大させて、相乗効果および結果として生じるより高い発電に寄与する。

【0054】

ローターブレードシュラウド(38)(主ローターの外部リングとも呼ばれる)は、ブレード(34)の末端/先端(33)が取り付けられるところである。(図10)このローターブレードシュラウド(38)は、アクセラレータシュラウド(20)の水中翼形状の一部をなす。それは、それがローターブレード(34)とともに回転することを可能にするアクセラレータシュラウドから分離する要素であるが、ローターブレードシュラウドの表面は、好ましくは、アクセラレータシュラウド、およびローターブレードシュラウドの両方の内面、一つの滑らかな曲線を生じるために、アクセラレータシュラウド(20)の内面に完全に合致している。ステーターハウジング(24)内面に面する、ローターブレードシュラウドの外面は、好ましくは、アクセラレータシュラウドにはめ込まれて、平坦面を有し、そこでは電気エネルギーを発生するためにステーターの銅コイル(25)を通過して回転する永久磁石(32)が設置される。ローターブレードシュラウド(38)も先端渦動を排除して、抵抗および乱流を減らして、より高い効率およびより大きなエネルギー抽出に結果としてなる。

10

20

【0055】

ここで図11~15を参照すると、ローターブレード(34)の効率は、後述するように、やはり好ましくは最適化される、好ましくは非対称の水中翼形状を用いて上昇する。水中翼のコードまたは断面(35)とも呼ばれる、この形状は、各ブレードの効率の上昇に結果としてなって、サイズが小さくなつて、他の設計と比較してブレードの数を減少させる。より小さいローターブレード(34)は、より小さい濡れた領域を有し、従つてより小さい抵抗を発生する。水中翼形状が生成するリフトの量は、コード/断面(35)(図15)の形状、コード(74)の長さ、および水中翼のコード(76)の厚みにより決定される。(図13)本発明による設計において、コード(74)の長さおよび/またはコード(76)の厚みの一方または両方とも、好ましくは、ブレード付け根(39)とブレード先端(33)の間で変化する。これは、水中翼形状が水中を進む速度に関連してそれによって生じるリフトを最適化する。本発明による設計のローター部に配置されるブレードの数は、特定の用途におけるタービンのサイズおよび水の流速に応じて変化し得る。

30

【0056】

ローターブレードが取り付けられる角度/入射角(72)(図13)は、水中を進むブレードの迎え角または入射角を最適化するために調整できる変数でもある。ブレード表面をこえる水の層流または少なくともほぼ層流を生じるために、ローターの回転数により決定される最適角度を使用することが好ましい。この流れが乱流または著しく非薄流である場合、水中翼はより小さいリフトを生じ、したがつてより少ないエネルギーを抽出できる。ブレードの先端は、一回転数を完了するためにより長い距離を進むという事実によつて、ブレードの付け根より速く水中を進む。したがつて、ブレードの入射角は、最適角度であるために、ブレードの付け根(39)からブレードの先端(33)に有利に段階的に減少する。角度のこの変化は、ブレードのねじり(78)と呼ばれている。ねじりは、好ましくは、あらゆる断面でローターブレード最大リフトを生じて、したがつて効率および動力の抽出を増加させるように設計される。

40

【0057】

本発明による水中翼形状が、それらがいろいろな速度で水中を進むときに最適であるために、それらは、好ましくは、コード(74)のいろいろな長さおよびプロフィール/コード(76)のいろいろな厚みを有する。好ましくは、ブレードがより高い速度で水中を行進して、最も大きな量のリフトを生じる表面積を増加させるために、ブレードの厚み(

50

76)は増加し、そして／またはコード長(74)はブレードの付け根からブレードの先端の方へ増加する。このように、ブレードは、最も好ましくは、それらがハブから放射状に伸びるにつれて、サイズおよび厚みの両方とも増加する。コード長および厚みのこれらの増大は、より高い効率およびより大きな力の抽出に結果としてなる。

【0058】

ローターブレード水中翼形状(35)、コード(74)の長さ、プロフィール／コード(76)の厚み、入射角の程度(72)、および各ローターブレードのねじり(78)、およびブレードの数は、水の特定地域向けの流れ条件および他の位置的ニーズに適応するために、用途ごとに有利に変更できる。

【0059】

野生生物および破片排除装置

ここで主に図16～18を参照すると、炭素排出ゼロで再生可能資源からエネルギーを発生する流体動力タービンは、天然資源および大気に対してだけでなく、海洋および野生生物に対しても環境配慮型でなければならない。本発明は、指定されたサイズを超えるいかなる海洋生物および浮いているかまたは水中の破片も本発明の流体動力タービンのローターからそらせて、保つ。タービンのノズル部に入ることができない海洋生物または破片のサイズは、前部および後部排除装置のデフレクターロッド(14)の間隔／距離(15)によって定められる。本発明において、デフレクターロッドは、計画的に、各々と平行して走り、そしてロッド(15)間の距離が等しいことを確実にするためにそれらの全長にわたって均一に離間する。間隔(15)の距離は、海洋野生生物のサイズおよび種、ならびに除外される、且つ動作の特定のサイトの位置的な必要に適応することになる破片のサイズにより決定される。それは、後部排除装置も使用されるときに、デフレクターロッド(14)間の隙間(15)より大きい、あらゆる海洋生物、例えば、魚、亀、海洋哺乳類、およびダイバーが、前方だけでなく後方からも流体動力タービンのローター部に入るのを防止する。

【0060】

本設計は、他の以前から知られている設計と対照をなす(例えば、米国特許第3986787号明細書、米国特許出願公開第2010/0007148(A1)号明細書、および米国特許第D614,560号明細書参照)。それらは、非平行であるデフレクターロッドによって特徴づけられる。ゆえに、ロッド間の開口部は、排除装置の一端に向ってより大きく／より広くなり、したがって海洋生物または破片の有限サイズへの侵入を制限しない。いくつかの他の従来の装置は、開口部の有限サイズを定める同心の円形デフレクターロッド(例えば、米国特許第D304,322号明細書および米国特許第5,411,224号明細書参照)として設計されるが、この種の構成は、本発明によるデフレクターロッドのようにすべての野生生物および破片を効果的に排除せず、それは流れ方向に関して斜めに整列配置される。同心の設計において、野生生物または破片は、リングの間に容易に引っかかることができる。本発明の設計において、排除される海洋生物または破片の正確なサイズは、デフレクターロッド(14)の間で選択される距離(15)によって有利に選択的に予め定めることができる。

【0061】

海流および川流は、多くの種類の浮いている破片を含む。この破片は、表面に浮いているかまたはいろいろな深さで水中にあり得る。したがって、タービンへの損傷を防止し、そして連続して途切れず電気出力を確実にするために、この種の破片を流体動力タービンのローター部の外に可能な限り保つことが好ましい。本発明による設計は、デフレクターロッドの間隔の指定されたサイズ(15)を超えるいかなる破片も効果的にそらせて、中に入れないと。

【0062】

本発明による流体動力タービンは、好ましくは、2つの野生生物および破片排除装置、タービンの入口(22)の前に1つ(10)およびタービンの出口の後に1つ(18)を有する。前方の野生生物および破片排除装置(10)は、タービンの前に設置され

10

20

30

40

50

て、アクセラレータシュラウド(20)の入口(22)を保護し、そして好ましくはタービンの支持構造(50、52)だけでなくアクセラレータシュラウドの前部にも取り付けられる。排除装置のデフレクターロッド(14)は、小型タービンの1/4インチから非常に大きなユニットの約2インチまで、タービンのサイズに応じていろいろな直径を有する金属、ガラス繊維、または合成材料で作られる。デフレクターロッドは、好ましくは、断面が水中翼/涙滴型(14)であり(図18)、鈍端は水流に向いて、尖っている先端は後縁部である。この構成は、一つ以上の他の構成要素、例えばアクセラレータシュラウド(20)、環状拡散器(40)、および/またはローターブレード(34)の効率を妨げることがあり得る水流の乱流を回避するのに役立つ。

【0063】

10

前部排除装置(14)の前端のデフレクターロッドが大体円錐状の形状を形成するように、第1/前部の野生生物および破片排除装置(10)は好ましくは組み込まれる。前端のデフレクターロッドは、好ましくはデフレクターロッドの内部間の指定された距離(15)と同じ内径を有する小さいリング(12)に取り付けられる。後端に、デフレクターロッドは、好ましくは、環状拡散器(40)より好ましくは大きな直径である大きいリング(16)に取り付けられる。前方リング(12)とデフレクターロッド(14)が取り付けられる後方リング(16)との差によって生じる円錐状の形状の傾斜は、いろいろな環境ニーズに適応するために変えることができる。前部排除装置は、好ましくは、有限サイズの野生生物および破片が入ることができるように維持するために、デフレクターロッド間の距離(15)とほぼ同一サイズである隙間を有して環状拡散器にわずかに重なるように配置される。それは、あらゆる野生生物、破片、海草、または水の流れに浮いておりタービンに入ることがあり得るあらゆる他のものをはじいてそらすために、円錐状の形状で設計される。

【0064】

20

第2/後部の野生生物および破片排除装置18(図16および18)は、タービン出口の後ろに設置されて、(最終的な)環状拡散器の後縁部に取り付けられる。後部排除装置は、好ましくは、前部排除装置のロッド(14)と同じ予め定められた距離だけ互いから離れている平行したロッド部材のグリルまたはメッシュからも成り、後部排除装置の場合、最も好ましい構成は大体平らなものである。後部排除装置は、水流の方向に逆らっても、または例えば上げ潮から引き潮への変化の間のような流れが無い場合でも、より大きな海洋生物が後ろからローター部に入るのを防止する。排除装置のデフレクターロッドは、指定された距離より大きなあらゆる野生生物または破片がローター部に入ることを防止するために、前部の野生生物および破片排除装置と同じ指定された距離(15)まで離間する。排除装置の両方のすべてのデフレクターロッド(14)は、好ましくは、他の構成要素、例えば、ローターブレード、アクセラレータシュラウド、環状拡散器、および/またはセンターハブの一つ以上にあり得る水中翼形状に悪影響を及ぼす乱流および渦の生成を最小化するために、水中翼形の断面を有する。

30

【0065】

デフレクターロッドの間隔(15)を通過できるより小さい海洋生物は、記載されたタービン実施形態の大部分に開いた中央部(37)を有する円筒状センターハブ(36)を安全に通過するための第2の経路を有利に提供される。ローター部の開いた中央部は上に記載されている。センターハブの水流速がブレードがある外側より速いので、より小さい海洋生物は、その開口部に吸引されて、無傷で出ることができる。開いた中央部の直径は、タービンの性能に著しい影響を及ぼすことなく広く変更できる。最適直径は、用途ごとに算出することができて、特定の好ましい実施形態において、通常は、ローター部の全径のほぼ1/3である。開いた中央部(37)を通る加速した水の流れは、タービンの内部を通る小さい野生生物および小さい破片を安全に搬送するのに役立つ。

40

【0066】

どの取付け方法が選択されても、本発明によるタービンは、好ましくは、それらが水流が来ている方向に常に正確に向くことを意味する、自動的に自己整列する。これは、好ま

50

しくは、固定尾部舵（60）のタービンの後の取付けにより達成される。固定尾部舵は、好みしくは水中翼形状であり、そしてユニットを水流の流れの方向にまっすぐに向ける。この特徴によって、装置は、流れが来ている方向に正確に向くことができて、その結果、タービンの水中翼形の構成要素を通過する水は、すべての水中翼形の表面を最適角度で流れる。これは、2つの側の間の圧力差を最適化して、水中翼形状の相乗効果を増加させて、水の層流を確実にするのを助ける。

【0067】

発明の流体動力タービンの設計は、水の流れが常に同じ側から、すなわち一方向性である。これによって、タービンは、多くの非対称の水中翼形状および流体力学効果を大きく利用できる。それらは、一緒に組み合わされるときに、非常に効率的なタービンに結果としてなる。双方向性タービンは、非対称の水中翼形状を使用することができず、したがってより非効率である。10

【0068】

発明によるタービンは、それらの一方向性流れによってヴェントゥーリ／ベルヌーイ効果を一層利用するだけでなく、それらは、好適な非対称の水中翼形のアクセラレータシュラウドおよび／または環状拡散器、ならびに／あるいは好みしくは水中翼形のセンターハブを用いて更に流速を上げる。

【0069】

環状発生器の設計は、好みしくは、ローターブレードシュラウド（38）に載置する磁石（32）と好みしくはアクセラレータシュラウド（20）に設置されるステーターハウジング（24）の銅または他の金属のコイル（25）とを有する。この設計は、エネルギーを機械的に抽出して、タービンの外に伝えるギアボックスまたはトランスミッションまたは油圧装置の必要をなくす。ギアボックス、トランスミッション、および油圧装置は、タービンが発生するエネルギーの一部を消費する摩擦を生じる。環状発生器の使用によって、本発明は、これらの摩擦／伝送損失を最小化して、より効率的なタービンまたは発生器を生じる。タービン内部で直接発生する電気エネルギーは、摩擦／伝送および電力損失を削減する電線（図示せず）を通して伝えられる。発生されたエネルギーは、それから、実際的であると考えられる場合はいつでも、タービンの外側に通常は設置されるインバータ／トランスに調整のために伝送される。本発明による好適な設計は、中心軸受を有する必要もなくす。それは、それによってタービンを通る流通領域内に設置されるいかなる固定構造（例えば、軸またはハブ）の必要も全くなくす。いかなる固定構造の欠如も、支柱または他の要素がその固定構造を支持するために必要でないことを更に意味する。20

【0070】

このタービンのアクセラレータシュラウド（20）、環状拡散器（40）、水中翼形のセンターハブ（36、80）、およびローターブレード（34）は、好みしくは、例えば、炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維のような複合建材、あるいは固体繊維および樹脂またはオーバー・ストラクチュラル・フォーム・コア材料またはハネコムコア材料の類似物から構成される。ステーターハウジングのようないくつかの部品は、好みしくは、ステーターの銅コイル（25）を収容するために中空である。入口ダクト（22）、アクセラレータシュラウド（20）の後部整形板（28）、および環状拡散器（40）のような他の部品は、いくつかの好みしい実施形態において、中実またはサンドイッチ構造であり、そして内側で中空のままであり、水中に入れられるときに、水で選択的に満たされるオプションを有する。中空部品の内部の適切な（水深のための）構造支柱については、それらは、水浸しの水圧に耐えることが可能である。サンドイッチ構造の場合、利用されるこれらの複合材料は、自然に浮揚可能であって、タービンを浮かせ続ける。複合材料が、この流体動力タービンの構成に理想的に適しているけれども、装置は、特定の用途に適していると考えられる鋼、アルミニウム、チタン、または他の金属合金から造ることもできる。このタービンの全浮力は大抵正であって、バラストを使用して、それを水中に保つことができる。タービンは、中空の区画を水で満たすことができることによって、水中に沈めることもできる。適切な量のバラストの設置または特定の区画の水充填によって、いろいろ304050

な用途に対して、タービンの全浮力は、選択的にタービンを正に浮揚可能であるか、中立的に浮揚可能であるか、負に浮揚可能であるよう制御できる。

【0071】

装置の好適な自己整列機能によって、このタービンは一方向性流れタービンであり得る。一方向性タービンにおいて、タービンの前方から常に来ている水流の存在は、設計における非対称または一方向性水中翼形状の使用を可能にする。したがって、基本構成要素、すなわち、ローターブレード、アクセラレータシュラウド、環状拡散器、中空センターハブ、尾部舵、および／または野生生物および破片排除装置のいずれかまたは全部は、少なくともある程度まで、非対称の水中翼形状から有利に成ることができる。非対称または一方向性の水中翼形状は、対称水中翼および双方向性水中翼より非常に効率的である。

10

【0072】

非対称の水中翼形状、すなわち、アクセラレータシュラウド、ローターブレード、環状拡散器、中空センターハブ、および／または野生生物と破片排除装置を含むそれらの要素の関係および協働は、相互に有益な相乗効果を生じ、それは、これらの要素のより多くが非対称の水中翼プロフィールを備えるにつれて強化される。最も好ましい実施形態において、これらの要素の全5つは、互いの存在から利益を得て、一緒に組み合わされるときに、それらの効果は、それらが個々にまたは別々に生じるより非常に大きな負圧領域をタービンの後ろに生じるように増幅される。換言すれば、複数の要素の効果は、全体として、個々の複数の要素の合計より大きい。この相乗効果は、ローター部を通る流れのより大きな加速を生じ、そこでは非対称の水中翼形ブレードは、より大きな利点を得て、より大きな速度または回転数で回転することが可能である。これらの複合効果は、相互に有益であり、且つ本発明者により開発された「フローアクセラレーション技術」のおかげでより大きなエネルギー抽出を可能にする非常により高い効率をもたらす相乗効果につながる。

20

【0073】

図36を参照すると、表は、一つの好ましい実施形態に対して、水中翼形のアクセラレータシュラウドの存在が、どのようにして、周囲流速と比較して、ノズル部中の流速の指數関数的な加速をもたらすかを示す。

【0074】

図36に示すデータは、1.5メートルの直径のローターを備えた流体動力タービンの2つの異なる設計間の増加した周囲流速による出力電力の差を示す。正方形付きの線は、シュラウドを備えず、ハブおよび3つのブレードを単に備える流体動力タービンを表す（それは、世界中滴に流体動力タービンに使用される最も一般的に用いられる設計である）。三角形付きの線は、水中翼形アクセラレータシュラウド、環状拡散器、および開いたセンターハブを利用する本発明の出力を示す。これは、図35に表される水中翼形状と類似の水中翼形状を有するアクセラレータシュラウド内に含まれる同じローターアセンブリに対して同じ関係である。電力の増加が、3の次数の指數関数的電力によるということが分かる。流速の低い範囲で、（例えば、このタイプの水力タービンの適用の大多数を表す約 3 kN ）、比較関係が流速の変化にそれほど影響されないということも分かる。したがって、この一般的な動作範囲で、出力電力の相対的増加を最大にするために、シュラウド部材（および他の構成要素および関係）の設計を最適化することは、特に重要である。

30

【0075】

本発明のタービンの上昇した効率を示す別の方法は、他の極めて効率的な市販のタービンとの比較にある。世界の最も成功した流体動力タービンメーカーおよび設置者の一つは、それが最も効率的なものであると主張する流体動力タービンの新規な設計を最近開発した。それは、外部シュラウドおよび開いたセンターハブを備えた16mの直径のローター部を有し、且つ2.2MWを発生することが可能であると主張する双方向性タービンである。本発明の設計方法を利用して、同じ16mの直径のローター部を有するタービンは、我々の「理論的な計算」によれば、3.88MWを発生する。これは、同一サイズのタービンに対して電気出力の76%の増加を表す。

40

【0076】

50

下記は、本発明による流体動力タービン設計の出力予測のために使用する計算である。

【0077】

【表1】

| 水流速度と関連するタービン出力の理論的な計算 | | | | |
|------------------------|-----------|-------------------|----------|-----|
| 入って来る流速 | 3 | ノット | | |
| タービン内径 | 16.000 | メートル | | |
| 予測タービン電力 | 3,882,476 | W | 3.88 | MW |
| ノズル直径比 | 1.473 | : 1 | | |
| ノズル作用、速度 | 2.948 | : 1 | | |
| 利用できる流管 | 23.573 | M | | |
| ノズルの流速 | 8.844 | ノット | 4.549746 | M/S |
| タービン面積 | 201.062 | M ² | | |
| 出力係数およびベツツの法則 | | | | |
| 密度 | 1025.15 | Kg/M ³ | | |
| 速度 | 4.550 | M/S | | |
| 直径 | 16.000 | M | | |
| 最大可能% (ベツツ) | 0.59 | C P | | |
| ベツツ制限出力P = | 5,751,816 | W | | |
| 予測タービンC _P | 0.4 | C P | | |

【0078】

取付け方法

本発明による流体動力タービンは、使用可能な出力を発生させるために、実際にいかなる水の運動体にも取り付けることができるか、または水中を移動できる。これらの流体動力タービンのための取付けおよび配備方法について5つの主要な方法がある。

【0079】

杭装備(図21、22)：タービンのユニットまたは複数のユニットは、杭装備の装置となり得、それは、一組の回転スラスト軸受および上部(53)の圧縮回動軸受を有する海底または河床に打ち込まれる杭(52)から成る。タービンが位置する取付構造(50)に取り付けられるより大きなパイプは、その固定杭(52)および軸受(53)にスリーブでつなぐ。取付構造(50)は、パイプ(52)からかんぬきをはずすことができて、パイプ内部に保守およびタービン取り外しのために抜くことができる電気用プラグ(53)を備えている。この装置によって、タービンユニットが枢動することができて、タービンは水流の方向に正確に向くように360度自由に回転できる。この種の装置は、非常に小さい海底足跡および環境への最小の影響も有する。この取付けにおいて、電力は、ケーブルのねじりおよび旋回動作に関するいかなる制約も回避するために、スリーブ内部の一組の銅リングおよび炭ブラシ(53)により伝送される。

【0080】

浮体構造装備(図23、24、25、26、27)：タービンのユニットまたは複数のユニットは、あらゆる種類の浮体構造、例えば、水面を浮遊する海洋はしけ、いかだ(54)、船、または船舶に取り付けることができる。これらの装置は、海底または河床(5

10

20

30

40

50

9)に錨で固定されるか、あるいは油田掘削装置と類似のGPS位置装置に連結するかまたは海の中の、または川の中の、または岸に沿ったいかなる構造にも結ばれるスラスターによって、適当な状態に保つことができる。2種類のいかだ装備の装置があり、一方は縦枢軸(図23、24、25)にあり、そして他方は横枢軸(図26、27)にある。好ましくは、いかだ装備の装置は、タービンをデッキ上で回転させるために、デッキまたははすば歯車駆動装置に取り付けられる巻き上げ装置またはクレーンを使用する。1種類の取付けは、一つのいかだまたははしけだけを利用するが、横に装備されたシステムは、2隻のいかだまたははしけを使用し、タービンユニットはそれらの間に載置される。タービンのサイズ、場所、またはオペレータ好みに応じて、一方の種類の取付けは他方より優れることがあり得る。より大きいシステムの場合は、通常、2つのいかだまたはプラットフォームを使用して、タービンを中心横軸上の2つの間に載置する(図26、27)ことはが有利であり、そこでは、タービンは保守または修理のために水上で180度枢動できる。より小さいユニットの場合は、タービンまたは複数のタービンは、浮体構造の側部に載置されて、保守または修理のために構造のデッキに配置されるように、縦軸で枢動できる(図23、24、25)。

【0081】

地上構造装備(図28)：タービンユニットまたは複数のタービンユニットは、堤防、海岸線のような地上構造に載置されるか、あるいは海流の流れにおいて、または川の流れにおいて設置される橋柱または他の構造に取り付けることもできる。装置は、好ましくは、少なくとも2つの異なる方法によってこれらの固定構造のいずれかに載置できる。タービンが取り付けられる支持構造は、固定構造に取り付けられる1つまたは2つのレールに載置することができて、固定構造上のユニットは水中に降ろされて、保守または修理のために水から上げられるか、またはそれは、装置が水の流れの中で枢動して、保守または修理のために水から戻ることも可能にする枢軸に載置できる。いずれの方法でも、ユニットは、ラッチング機構によって上昇位置に適当な状態に保たれるが、下降位置でそれはいくつかの端止め子に載置することができる。ケーブル接続は、好ましくは、ベース構造に、そしてそこから調整のためにトランスに進む。

【0082】

浮揚可能な取付け(図29)：タービンユニットまたは複数のタービンユニットは、いずれかまたはすべての部品の構成のために使用できる複合構造材料によって自然に浮揚可能になることができる。これによって、装置は、基礎/海底係留装置(59)またはスクリュー式アンカー、あるいは海底または河床のその他の固定装置に取り付けられる綱(64および66)の長さで決定されるあらゆる所与の深さでも浮くことができる。2本から成る綱は2つの目的にかなう。固定綱(64)および回転綱(66)は、装置を所望の深さで水中に沈んだ状態に保持して、電気を発電ユニットからベースに、それから岸に送ることになっている。この綱(64および66)は、2つの構成要素、すなわち、タービンからの固定長である一次固定綱(64)、およびベースに取り付けられる回転機構であって、水面とタービンが保持される所望の深さの間の距離に長さが等しい二次回転綱(66)を有する。二次綱が広げられるときに、タービンは、保守または修理のために水上に浮くことができる。装置は、流れの中に懸架されるタービンを保持するために、水中型いかだ(58)または水中の浮揚装置(58)に取り付けることもできる。同じ綱機構をこの場合に利用できる。

【0083】

曳行取付け(図30)：タービンユニットまたは複数のタービンユニットは、装置を通る水流を人工的につくるために、移動していない水中の装置を推進する他の装置によって船の後で曳行されるかまたは水中を引きずられることもできる。牽引ケーブルは、通常、野生生物および破片排除装置の前部に取り付けられて、それによってユニットを通って前から後ろへ流れを最適に生じるようにタービンを方向付ける。タービンの出口の後ろに通常位置する单一舵の代わりに、環状拡散器の外側に取り付けられる2つまたは4つの小翼(62)と代わりになり得、各側に1つの小翼および上下に1つの小翼を備える。これら

10

20

30

40

50

の小翼（62）は、タービンユニット自体がそれが水中を曳行されるときに回転することを防止し、それによってローター部だけが回転することを確実にする。

【0084】

保守手順：

構成要素の設計により、且つ好適な複合構成材料が実質的に腐食しないので、本発明の流体動力タービンは最小の保守だけを必要とする。しかしながら、特定の期間にわたる海中に沈んでいるすべてのもののように、汚れおよび海洋生物の成長が発生する。これらの流体動力タービンは、無毒の汚れ止めの塗料を塗布されているが、最適な機能および出力を確実にするために、表面の定期的な清掃を更に必要とする。これらのユニットは、それらが水中にある間に、それらを水中に維持できるダイバーによって圧力洗浄できるか、またはそれらは陸上に持ってきて、陸上要員によって圧力洗浄できる。定期的な清掃以外に、これらのユニットはごくわずかな保守しか必要としない。取付けのタイプに応じて、好適な保守手順は、後述するように変更できる。

10

【0085】

杭装備の取付け（図21、図22）の場合、2つの船体の間に着脱可能なデッキ、およびその着脱可能なデッキの上に取り付けられるホイストを備えた構台を有する双胴船である特別な保守船（同じく出願人により設計された）を利用することが好ましい。船は、保守を必要とするタービンより上に配置することができて、タービンユニットは、2つの船体の間のデッキの開口部を通して達して、タービンをボート上に揚げることによって持ち上げることができる。タービンを岸に接続する電線は、銅リングにつながり、そして枢動のための支持杭（52）に位置するブラシ（53）は、タービンが上に位置する保守船によって持ち上げられるときに抜くことができる防水プラグ（53）を備えている。船上で、ちょうど杭から取り外されたタービンは、片側に、船体の一方に置くことができて、他方の船体に予め位置する予備タービンは、開口部を通して降ろされて、コンセントにつながれて、第1のユニットが取り外された杭にまたボルト締めすることができる。

20

【0086】

いかだ装備の取付けの場合、タービンの支持構造（50）をいかだの横に長手方向に、または2つのいかだの間に横方向に取り付けることが好ましい（図23、24、25、26、27）。いずれの場合においても、軸受（55）を備えた枢着点に載置する支持構造（55）が用いられて、軸受（55）によって、ユニットは、長手方向に装備されたユニット（図23、24、25）の場合に270度、または横方向に装備されたユニット（図26、27）の場合に180度中央軸線の周りを枢動できる。ロック機構は、発電のために水中に入れられるときに、ならびに保守または修理のために浮上するときに、ユニットを適所に保持するために用いる。ユニットを浮上させるために、タービンの支持構造に取り付けることができる、いかだに取り付けられるクレーンまたはホイスト（56）が用いられる。一旦水中の位置においてラッチを外されると、クレーンは、ユニットをラッチ係合することによって所定の位置に固定できる保守位置にユニットを枢動させることによってユニットを水から引き抜くことができる。

30

【0087】

固定構造装備の取付け（図28）の場合、タービンユニットは、少なくとも2つの方法によって維持するかまたは修理できる。1つの方法は、支持構造に取付けられたタービンを固定構造のレール上で上方へ摺動させることによって、タービンが水から上げられたあとに適所に置かれる浮動的なプラットフォームまたはいかだを有するか、あるいは支持構造に取付けられたユニットを水から上方へ上昇させることである。他の手順は、タービンユニットを水から上げるための方法を変えて、それから修理のために移動できる固定構造に取り付けられるプラットフォームを有することである。

40

【0088】

浮揚可能な取付けの場合、タービンユニットを修理する少なくとも2つの方法がある。牽引機構（上の装置説明に記載される）を広げて、タービンを水上に持ってくることによって長くされる回転綱（66）に取り付けられる固定綱（64）によって海底または河床

50

に綱でつながれる浮揚可能なタービンの場合。そうすると水上で、タービンユニットは、保守または修理のために船のデッキに上げることができる。タービンユニットが水中のいかだ(58)または浮揚装置に取り付けられる場合には、回転綱(66)は、機構を引いて、浮揚可能なタービンと同様に広がって、そうすると水上で、タービンユニットは修理のためにプラットフォーム上に枢動できる。

【0089】

曳行される取付けの場合、タービンユニットに取り付けられる曳行線は、船と一緒に、またはその後にタービンユニットを持ってくるために引っ張られて、それは、通常は、船に載置するホイストまたはクレーンによって持ち上げられる。タービンは、それから、好みしくは、保守または修理のために船のデッキに置かれる。

10

【0090】

設計の方法論

本発明のタービンユニットが設計される方法は、新規且つユニークであると思われる。流体力学の分野で働いている設計者として30年以上経験した後に、そしてプロ生活において多くのいろいろなタイプの水中翼を作製して、組み込んだ後に、出願人は、本発明によるタービンの設計の基礎をなしている基本的概念に到達した。これらの基本的な設計概念については、本発明によるタービン設計が、現在存在する他のいかなる設計も凌いで性能が優れている流体動力タービンを提供すると信じられている。

【0091】

今日、反転流の流れによって特徴づけられる流体動力タービンが用いられる多くの環境があり、そしてその結果、現在の設計作業の多くは、この種の環境、主に潮流において効果的に使用できる双方向性タービンを提供することに集中している。結果的に、これらの双方向性タービンの多くは、水中翼を組み入れる構成要素を殆どまたは全く組み入れていないか、あるいはそれらが組み入れられたとしても、水中翼設計は必然的に対称形である。しかしながら、非対称または上反りの水中翼の断面リフト係数は、対称形の水中翼のそれより大きい。本発明による一方向性流体動力タービンのこの設計は、その現象を利用する。

20

【0092】

約3ノットの流れが、海流において、ならびに潮流において、更に多くの川の流れにおいて、最も一般的に発生する流れであるので、3ノットの流れに対して本発明による流体動力タービンを主に最適化することが最も道理にかなっていると決定された(例えば、図34および35に示す実施形態を参照)。例えば、急速に流れる潮流または川の流れ、あるいはまれな例では海流のような、特別な地理的特徴が存在する領域において、そしてウォータークラフト、典型的に帆船の後で水力タービンの1つを曳行する場合にも、約5ノット~7ノットのより高い流速が一般的に見つかる位置および/または環境の例もある。これらのより高い流速状況を考慮するために、本願は、これらより高い流れ速度を呈する環境での使用を意図するタービンを表わす、更に例証するとして、6ノットの流れのために設計された実施形態を意図する設計変更形態も記載する。したがって、本願は、これらの2つの最も多くの(すなわち、ほとんどすべて)一般的に遭遇する流速で使用するための設計を表わす実施形態を記載する。もちろん、本願の教示に基づいて、本発明によるタービンは、実際的な観点から、約1/2ノット~約12ノットの流速の流れを含む、いかなる流速に対しても最適化できる。

30

【0093】

水中翼の形状を算出するために流体力学において使用する多くの標準アルゴリズムがあり、そして標準テキストおよびデータベースは、この種の算出および周知の設計に関連する完全な情報およびテーブルを含む。これらは当業者に周知であるので、これらはここで説明する必要はない。しかしながら、後述のように、実施形態によっては、本発明は、水力タービン設計プロセスの第1段階のいわゆる「最初の」設計として役立つ新規な水中翼形状を設計する出発点として、新規な設計法においてこれらのアルゴリズム/データベースを利用する。

40

50

【0094】

1つのモードによれば、設計プロセスは、通常、従来の流体力学的な考慮点に基づいて手描きスケッチ（通常、しかし必ずしも新規でなく）によって始める。スケッチは本発明による新しい原理に基づいて選択される。選択されたスケッチは、続いて、3次元モデリングプログラムと呼ばれているタイプのコンピュータプログラム（その一例は「R h i n o 3 - D」または「S o l i d W o r k s」と呼ばれている）に入力される。これは、「最初の」設計の第1のバージョンに結果としてなる。

【0095】

あるいは、「最初の」設計の第1のバージョンは、手描きスケッチを形作る際に使用される同じ従来の流体力学的な考慮点に再び基づいて、全米航空諮問委員会（N A C A）の公文書のような、データベースの1つから各種のいろいろな水中翼形状を選択することによって作成できるが、また形状は、本願で教示される新しい設計上の考慮点に基づいて（膨大な数の中から）選択される。これらの第1のバージョンの形状、「最初の」直観的な水中翼形状（どのように達するかに関係なく）は、三次元モデリングソフトウェア、例えばR h i n o 3 DまたはS o l i d W o r k sで変更されて、「J a v a F o i l」等の二次元の流れ分析プログラム、およびこのための他の同じように市販のソフトウェア製品で分析される。この変更は、最大流速を維持すると共に、層流を維持して乱流を回避するように、選択された「最初の」プロフィールを三次元で見て、流体力学的な考慮点に基づいて有利であると考えられる変更を行うことによって進む。この第1段階の結果、本発明の原理による水中翼の新しい（新規な）且つユニークな形状を表す変更された「最初の」設計が作成されて、それは、それから、水力タービンの環境でそれらを使用するために環状またはノズルの形状にされる。10

【0096】

通常、単一の選択された流速、例えば3ノットのための設計を考慮すると、本発明による水力タービンのサイズは、全体構成において概して軽微な変更によって拡大または縮小できる。「最初の」水中翼形状の選択の主要な影響因子、そしてそのプロフィールの更なる変更は、タービンが配置されることになっている水流の流速である。例えば、6ノットのようなより高い流速において、水中翼形状の断面は、通常、より細長くてより平らであり（水中翼の両面のより少ない反り）、次にそれらは3ノットの流れのためのプロフィール設計にあり、そこにおいて水中翼の断面は、より湾曲してより厚い（水中翼の両面のより多くの反り）。これは図33に概して示されて、そこにおいてそれぞれの断面またはプロフィールの違いは明らかに分かる。より高い流速において、水中翼形状のコードもしばしば増加する。これは図33においても分かる。図33aで、センターハブおよびアクセラレータシュラウドのための変更された「最初の」設計は、図33bに示すように、3ノットの流れで使用するために設計される同様な構成の場合より、6ノットの流れで使用するために設計されるときにより細長い（それは、しかしながら、「最初の」設計でなく、むしろ、後述するように、設計プロセスの第2段階から生じる最終的な設計である）。これらの変更（三次元モデリングソフトウェアで実行される）は、最適リフトおよび最大の流速加速を生じるために常に行われる。上記に述べたように、プロセスの第1段階において、いくらか直観的に設計される、図33aの変更された「最初の」設計の場合は、変更された「最初の」設計がC F D分析を用いてより定量的最適化を受ける設計プロセス（後述する）の第2段階へ移動することがすぐに可能である。30

【0097】

ローターブレード形状は、センターハブおよびアクセラレータシュラウドと同じ方法で設計される。このように、適切な「最初の」水中翼形状は、本発明の原理に従って、ローターブレードの断面に対して、スケッチされるかまたはライブラリから選択されて、それから、それが水中で移動する速度（その速度はブレードの付け根よりブレードの先端で大きい）に基づいて（流体力学の原理を利用して）変更される。したがって、ローターブレードの水中翼断面、コードの長さ、コード／プロフィールの厚み、および断面の入射角は、各々好ましくは、ブレードの付け根からブレードの先端まで好ましくは連続的に変化す4050

る。設計プロセスの第1段階の間に、できるだけ多くの変更は、変更された「最初の」設計に到達するために、流体力学的な考慮点を直観的に適用することによってなされる。当業者により理解されるように、これは、通常、例えば「Java Prop」、「QB1ade」などと呼ばれているプログラムのような、この種の設計作業を支援するように設計されたソフト製品を用いて行われる。（ここに記載されているバリエーションは、通常、図34に示される「最適化された」実施形態に注目することによって視覚化することができて、それは、3ノットの流れで使用するために、ローターブレード部の1.5mの直径に対して「最適化される」（第2段階で）ローターブレード・プロフィールを表す。ブレードの水中翼形状およびその付随事象を定めるすべてのパラメータがどのようにブレードの付け根と先端の間で変化するかは明らかに分かる。）

10

【0098】

図面の図37Aおよび37Bを参照すると、前者は、ソフトウェア分析から生じる2次元速度の流れ加速を示すが、後者は、2次元圧力の流れ加速を示す関連表示である。両方の図は、本発明によって設計特徴から生じる強化された加速の領域を明らかに示す。

【0099】

ここで開発プロセスの第2段階に戻ると、設計の第1段階において作成されるそれらの変更された「最初の」形状は、それから、最も大きな圧力差を生じる際にタービン環境において協働し且つノズルによる最大水流加速を達成するために最少の乱流を有するそれらの効率に対して分析される。これは、「最適化」ステップであり、そこにおいて最終的な最適化された形状は、水中翼構成要素ごとに決定される。この分析のために、いわゆる計算流体力学（CFD）が利用される。周知のように、このテストは、常に3次元フレームワークにおいて行われる。これらのシミュレーションは、この分野で最も先進のソフトウェアの1つである「STAR CCM+」と呼ばれるような、あらゆる周知のCFDコンピュータプログラムでも行われ得る。このソフトウェアによって、直観的に作成された水中翼形状の設計者は、実生活テストのための試作モデルを造る前に仮想環境の流れ特徴を分析して、最適化できる。

20

【0100】

以下は、アクセラレータシュラウドおよびセンターハブの初期の設計に対して三次元で行われるCFD分析のソルバープログラムによる結果の例である。図38Aを参照すると、流線型を示すことによって、流れ加速の結果としてのタービン内部の圧力差が示される。これは、効率を低下させることがあり得る水流の乱流があるかどうか決定するためにも用いる。図38Bを参照すると、図38Aに示される流れ流線型から生じる圧力領域が示される。

30

【0101】

環状拡散器が追加された、すでに部分的に最適化されたアクセラレータシュラウドおよびセンターハブからのCFD分析のこれらの例は、非常に大きな圧力差を一緒に引き起こす要素の相乗効果を示す。

【0102】

CFDにおいて、プログラムは、液量およびタービンの非常に正確な形状を何百万もの三角形から成るメッシュの形でシミュレーションするために、多面形状の精巧なメッシュを作成する。その後、この新しく作成されたモデルは、プログラムのソルバーにより実行されて、それはタービン形状（三角形メッシュ）をこえる流体／水流（多面本体）を分析して、それにより生成される流路を示す。このようにして、構成要素の最終的な最適化された形状および構成は、形状の最終的な最適な組み合わせが達成されるまで、CFD分析により提供されるテストフィードバックに基づいて変化を行って、それらの変化の結果を評価することによって達せられる。

40

【0103】

一旦すべての水中翼形状が最適化されて、互いに調和して動作することが示されると、潜在的なエネルギー抽出または電気出力が算出される。（ブレードの最適な形状および数を決定するために）それらが水中で回転するときローターブレードの両側（内輪および外

50

輪)の間の圧力差を分析するために CFD を用いて、設計の初期段階の間に開発される特定のブレード形状の分析の典型的な結果がここにある。ここで図 3 9 および 4 0 を参照すると、それらは、ローターブレードの 2 つの側のそれぞれの高圧ゾーンおよび低圧ゾーンを示す。

【0104】

プロセスの第 1 段階においてだけでなく第 2 段階においてもある程度関係する試行錯誤の要素があることが理解される。第 1 段階において、試行錯誤は、本願で教示される原理を適用する熟練工の技術によってだけでなく、流体力学の一般原理の直観的な適用によつても、更に重要なことに、個別構成要素の設計になされる各変更の効果を確認するために適用される様々なタイプのソフトウェアにより提供される定量的試験結果によっても知らされる。第 2 段階において、テストは 3 次元で、そして構成要素の組合せのために行われて、なすことができる変化の多くの機会が明らかにあるが、最適化はこの点で比較的分かりやすい。CFD 分析から、層流および / または乱流の欠如を表す領域が検出されて、それから、これらの不必要的流れ作用を除去するために変更できる。通常、目標は、結果において最大の可能性がある改良、例えば、入って来る周囲の流速の約 3 倍のタービンを通る流速の増大であると理論的に考えられていることであると思われる。あるいは、タービン出力電力の特定の改良の目標は、周知の同等のサイズのタービンと比較して選択できる。これらの目標のどちらかまたは両方ともに近づいたかまたは達するときに、最適化は達成したと考えられる。例えば、図 3 4 および 3 5 で、基本的寸法は、本発明によるタービンの一つの好ましい実施形態、すなわち、以下の説明文に示すように約 3 ノットの速度を有する流れで使用するために最適化された 1.5 メートルの直径のタービンに対して示される。

10

【0105】

【表 2】

図 1 3 および 3 4 の説明文

| | | |
|-----|-----------------------|---------------------------|
| 7 2 | 度で測定される入射角 | 流れ方向の軸とプロフィール／コード長の軸の間の角度 |
| 7 4 | メートルで測定されるプロフィール／コード長 | 前縁と後縁の間の距離 |
| 7 5 | ローターブレードの長さ | 付け根とブレードの先端の間の距離 |
| 7 6 | メートルで測定されるプロフィール／コード厚 | 内輪と外輪の間の最大距離 |
| 7 8 | 度で測定されるブレードのねじり | ブレードの付け根の入射とブレードの先端の入射の差 |

20

【0106】

30

40

【表3】

図3-4の説明文

| | | |
|-----|----------------------|----------|
| 7 2 | ブレードの付け根の入射角度 | 35° |
| 7 2 | ブレードの先端の入射角度 | 58° |
| 7 4 | ブレードの付け根のプロフィール／コード長 | 0. 181 m |
| 7 4 | ブレードの先端のプロフィール／コード長 | 0. 588 m |
| 7 5 | ローターブレードの長さ | 0. 498 m |
| 7 6 | ブレードの先端のプロフィール／コード厚 | 0. 035 m |
| 7 6 | ブレードの付け根のプロフィール／コード厚 | 0. 107 m |
| 7 8 | 度で測定されるブレードのねじり | 23° |
| 9 5 | 流れの方向 | ----- |

10

【0107】

【表4】

図3-5の説明文

| | | |
|-----|--------------------------|----------|
| 8 3 | 拡散器入口の直径 | 2. 430 m |
| 8 4 | アクセラレータシュラウド入口の直径 | 2. 217 m |
| 8 5 | センターハブの全径 | 0. 665 m |
| 8 6 | センターハブのプロフィール／コード厚 | 0. 084 m |
| 8 7 | アクセラレータシュラウドの長さ | 1. 651 m |
| 8 8 | 拡散器の長さ | 1. 188 m |
| 8 9 | センターハブの長さ | 1. 131 m |
| 9 0 | アクセラレータシュラウドのプロフィール／コード厚 | 0. 260 m |
| 9 1 | 拡散器のプロフィール／コード厚 | 0. 158 m |
| 9 2 | センターハブ出口の直径 | 0. 500 m |
| 9 3 | アクセラレータシュラウド出口の直径 | 1. 917 m |
| 9 4 | 拡散器出口の直径 | 2. 694 m |

20

30

【0108】

その後、設計の形状の構造態様は、C D - A d a p c o F E A、S c a n a n d S o l v eなどの有限要素分析プログラムで分析される。この構造工学は、決定されたプロフィールの形状が、例えば複合材料で、必要な強さを備えて実際に造ることができるなどを確認することである。機械的イベントシミュレーションを備えた、S o l i d W o r k s、A u t o C A Dのような、この先利用することもできるいくつかの他のソフトウェアプログラムもあるが、それらは設計にあまり寄与しない。

40

【0109】

一旦タービンの形状が、直観的な設計／スケッチ、3次元モデリングにおける形状の最適化、およびC F D分析により決定されると、開発の第3段階が始まる。この段階は、設計のすべてのパラメータをモニターして、文書化すると共に、完全に機能する試作品の物理的構築および現実の条件での試験である。これは、ローター部の回転数、タービンユニ

50

ットの電気出力、（風洞の飛行機翼と類似の）全表面のタフティングによる流れ特性のビデオ録画の記録を含む。これらの試験は、アクセラレータシュラウド形状の環状拡散器およびローター部形状の様々な構成を利用して、1ノット～6ノットの様々な異なる流速で行われる。最後に、この試験は、所与の流速および特定のタービンサイズのための設計の機能および効率の最終的な確認になる。

【0110】

特定地域向けの設計

更にまた、この固有の設計の方法論は、特定地域向けの設計によっていかなる所与の自然に生じる水流からも最大電力を抽出するように改善するために利用できる。特定地域向けの設計の第1段階は、指定位置または地域における特徴の流れデータ収集から成る。流速、流れ方向、流れ質量特徴（何か特定時間で流れる水量）、および所与の期間にわたる流れの変動は、音響ドップラー装置を用いて正確に測定されて、記録される。第2段階は、海洋生物のすべての種およびサイズの長期にわたるビデオ録画、潜水、およびロギングによって、設置地域のために選択される領域において海洋生物および野生生物の種類および数量を評価し、ログを取って、記録することである。水に浮いている破片の種類および量を記録することも必要である。その後、上記の設計方法論を始めることが可能で、特定地域向けに最適化されたタービンは、アクセラレータシュラウド、拡散器、センターハブ、およびローターブレードの水中翼形状を最初にわずかに調整し、それから局所ニーズに合わせて野生生物および破片排除装置のバーの間隔を調整することによって開発できる。これは、野生生物がタービンによって傷つけられず、タービンが浮いている破片によって損なわれず、そして最大量のエネルギー／電気を的確な場所で抽出できることを確実にする。

【0111】

本発明の方法論の前の説明において言及されたコンピュータプログラムの全ては、市販であり、そしてそれらの使用モードは、当業者にとって同じく周知である。

【0112】

このように、出願人は、著しくより高い効率を呈する一方向性流体動力タービンを設計するために、流体動力タービンの特定の新しい設計を思いつき、多くのいろいろな分野から概念、ツール、および情報を更に得て、そして新規な方法でそれらを使用し、そして／または組み合わせた。これは、新規の非対称の水中翼特徴が使用されることになっている特定の環境のために新規な方法で微調整された、それらを実現する複数の新規なタービン構成要素の相乗的相互作用に主としてよる。「設計プロセスの新規性」は明白であり、その理由は、これまで技術者および設計者は、本発明による流体動力タービンに関連して示される非常に効果的な結果をこれまで達成することが可能でなかったことにある。これらの有効性によって、本発明のタービンが、流速が従来技術のタービンの使用ができるようにはあまりに低い多くの状況において有用に使用できる。

【0113】

今まで他のいかなる設計も、あらゆる可能な流体力学利点を組み合わせたことはないという事実のため、これらの流体動力タービンおよび／または構成要素の設計はユニークであり、新規な組み合わせで（構成要素選択、構成要素設計、およびこれらの構成要素の相互作用において一緒に）タービンの出力を最適化して、本発明のタービンで可能であるようにより多くのエネルギーを抽出するために水の流れを加速させる。流体力学原理は周知であるが、これらの原理の使用および新規な設計の組み合わせおよびこの設計で使用するすべてのいろいろな要素の効果、特に一緒に組み合わされるこれらの要素の相互に有益な相乗効果は、新規で創意に富んでいる。この設計において示されるように、どの要素もまず最初に設計されて、それからタービンの流速およびサイズに対して最適化される。したがって、最終結果は、今まで立証された他の設計より非常に大きな出力および効率を有する流体動力タービンである。

【符号の説明】

【0114】

10

20

30

40

50

| | | |
|-----|---|----|
| 1 0 | 前部野生生物および破片排除装置 | |
| 1 2 | デフレクターロッドの取付けのための排除装置の前部リング | |
| 1 4 | 水中翼形デフレクターロッド | |
| 1 5 | デフレクターロッド間の距離 | |
| 1 6 | デフレクターロッドの取付けのための排除装置の後部 / 後方のリング | |
| 1 8 | 後部 / 後方の野生生物および破片排除装置 | |
| 2 0 | 完全なアクセラレータシュラウド | |
| 2 1 | 水中翼形状アクセラレータシュラウド断面の S 字形 / 複湾曲 | |
| 2 2 | アクセラレータシュラウドの入口ダクト / 前部フェアリング | |
| 2 3 | アクセラレータシュラウドのステーターハウジング / 中心部 | 10 |
| 2 4 | 非 S 字形水中翼形状アクセラレータシュラウド断面 | |
| 2 5 | ステーターの金属巻線 | |
| 2 6 | 9 つのローラー / 玉軸受 (前方に 3 つのスラスト軸受、後方に 3 つのスラスト軸受、3 つの調芯軸受) | |
| 2 8 | アクセラレータシュラウドの後方フェアリング / 後方部分 | |
| 2 9 | アクセラレータシュラウドのそぎ端 | |
| 3 0 | 水中翼形ブレード、永久磁石取付けのための凹部を備えたローターブレードシユラウド、水中翼形センター哈ブを備えた完全な主ローター部 | |
| 3 2 | ローター部の凹部に取り付けた永久磁石のリング | |
| 3 3 | ローターブレードの先端 | 20 |
| 3 4 | 水中翼形のローターブレード | |
| 3 5 | ローターブレードの水中翼形状の断面 | |
| 3 6 | 水中翼形のセンター哈ブ | |
| 3 7 | 主ローター部の開いた中央部 | |
| 3 8 | 永久磁石取付けのための凹部を備えたローターブレードシユラウド | |
| 3 9 | ローターブレードの付け根 | |
| 4 0 | 水中翼形断面を備えた環状拡散器 | |
| 4 2 | 第 2 の環状拡散器 | |
| 4 4 | 第 3 の環状拡散器 | |
| 5 0 | 様々な取付け目的のための管状支持構造 | 30 |
| 5 1 | タービン構成要素と支持構造間の水中翼形取付けロッド | |
| 5 2 | 枢動するための支持杭 | |
| 5 3 | 杭内部で枢動するための除去、リング、およびブラシのための防水プラグ | |
| 5 4 | 浮動するいかだまたは海洋はしけ | |
| 5 5 | いかだ / はしけ取付け上で回転するための支持構造 | |
| 5 6 | いかだ / はしけ取付け上のタービン回転のためのクレーン | |
| 5 8 | 浮揚可能な装置用の水中型いかだ | |
| 5 9 | 海底係留取付けまたはスクリュー式アンカー | |
| 6 0 | 水流の方向にタービンを向けるタービン尾部舵 | |
| 6 2 | 取付けを曳行するためのタービンに取り付けた小翼 | 40 |
| 6 4 | はしけ / いかだ装備の取付けまたは浮揚可能な取付け用の固定綱および係留装置 | |
| 6 6 | 浮上するために短くするかまたは長くすることによってタービンを水中に入れ る回転綱 | |
| 7 2 | 水中翼ブレードの入射角 / 迎え角 | |
| 7 4 | 水中翼のコード / コードの長さ | |
| 7 5 | ローターブレードの長さ | |
| 7 6 | 水中翼断面 / 形状の厚さ | |
| 7 8 | ローターブレードのねじり / 入射角の変化 | |
| 8 0 | 中実 / ふくらんだセンター哈ブ | 50 |

- 8 2 その位置中実センターハブを支持する水中翼形の羽根
 8 3 拡散器入口の直径
 8 4 アクセラレータシュラウド入口の直径
 8 5 センターハブの全径
 8 6 センターハブのプロフィール／コード厚み
 8 7 アクセラレータシュラウドの長さ
 8 8 拡散器の長さ
 8 9 センターハブの長さ
 9 0 アクセラレータシュラウドのプロフィール／コード厚み
 9 1 拡散器のプロフィール／コード厚み 10
 9 2 センターハブ出口の直径
 9 3 アクセラレータシュラウド出口の直径
 9 4 拡散器出口の直径
 9 5 流れ方向

【図1】

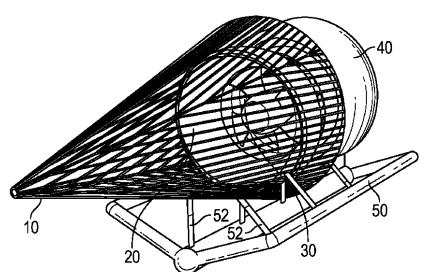


FIG. 1

【図3】

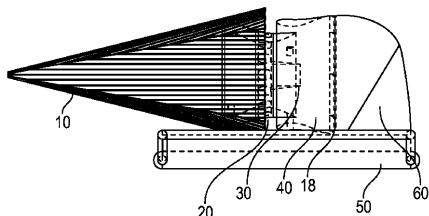


FIG. 3

【図2】

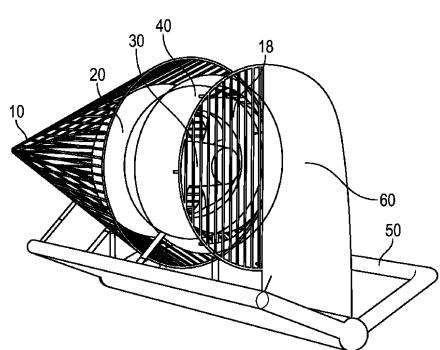


FIG. 2

【図4】

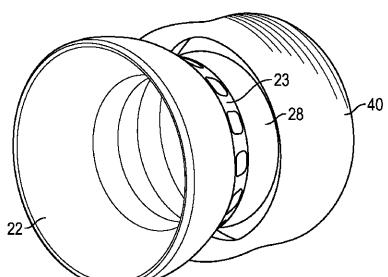


FIG. 4

【図 5 A】

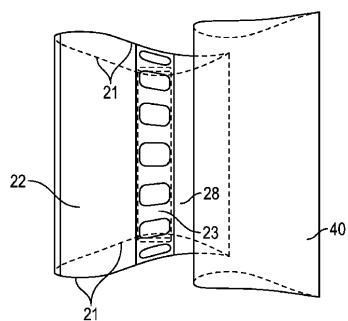


FIG. 5A

【図 6】

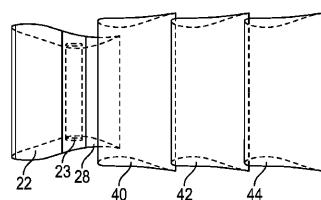


FIG. 6

【図 5 B】

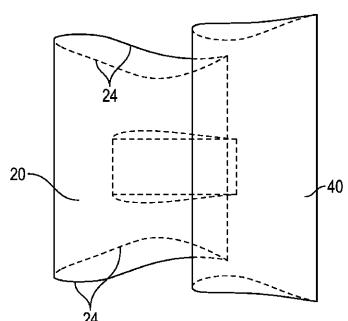


FIG. 5B

【図 7】

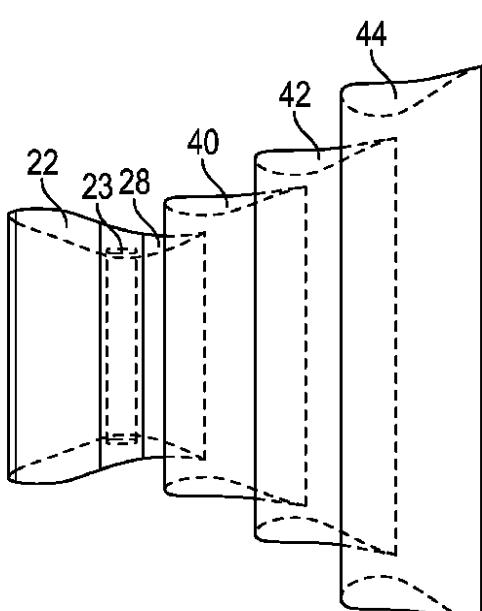


FIG. 7

【図 8】

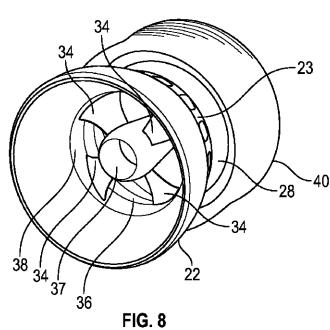


FIG. 8

【図 9】

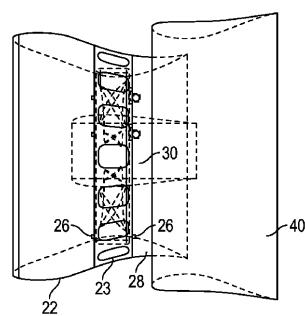


FIG. 9

【図 9 A】

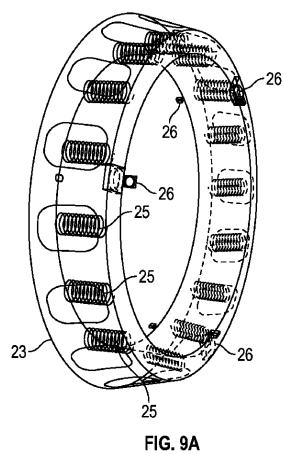


FIG. 9A

【図 11】

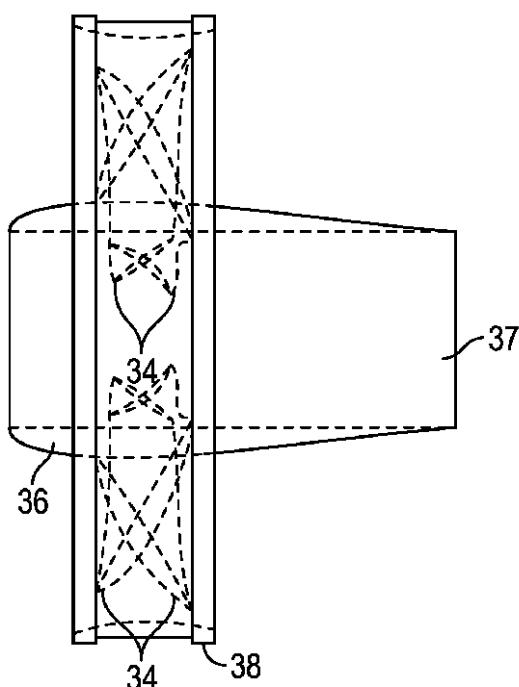


FIG. 11

【図 10】

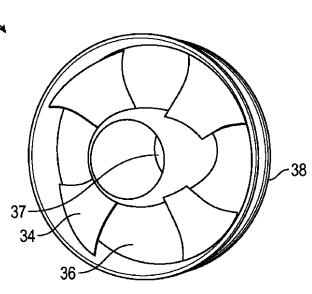


FIG. 10

【図 12】

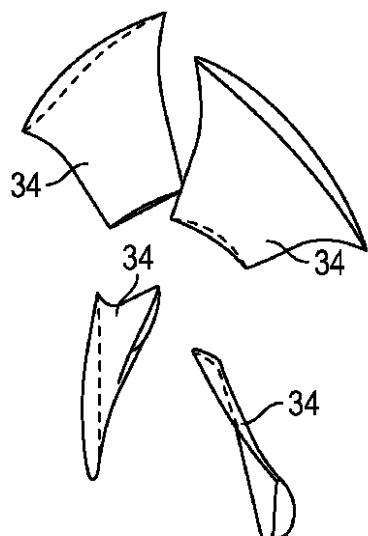


FIG. 12

【図 12 A】

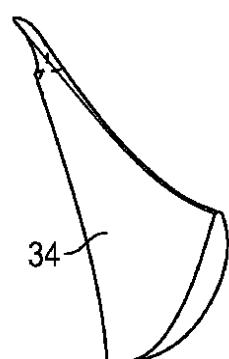
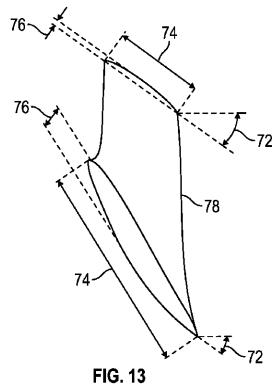


FIG. 12A

【図 1 3】



【図 1 4】

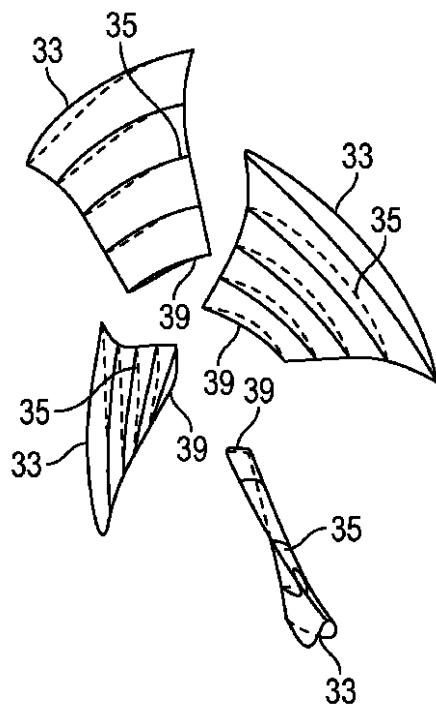
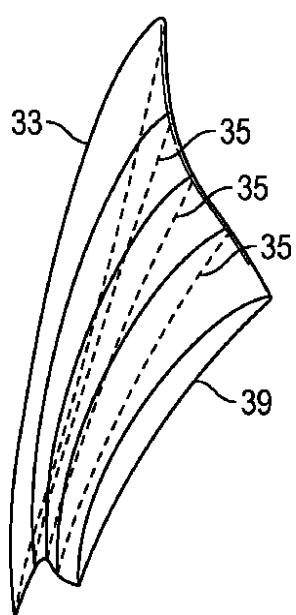


FIG. 14

【図 1 5】



【図 1 6】

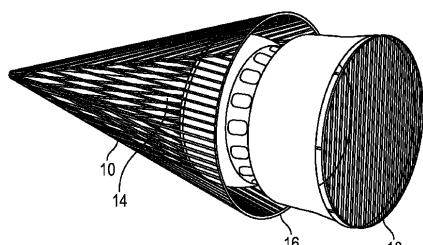


FIG. 16

【図 1 7】

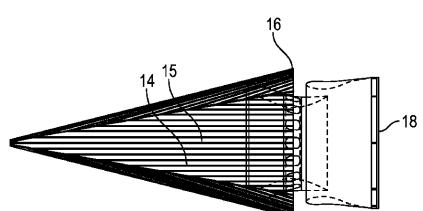


FIG. 17

FIG. 15

【図 18】

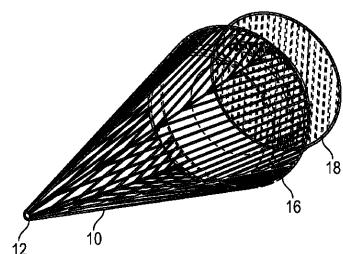


FIG. 18

【図 19】

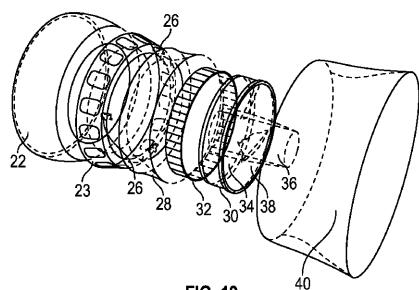


FIG. 19

【図 18A】

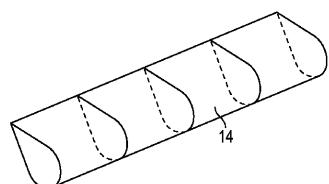


FIG. 18A

【図 20】

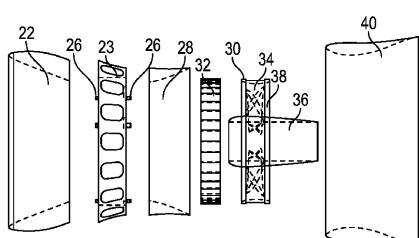


FIG. 20

【図 21】

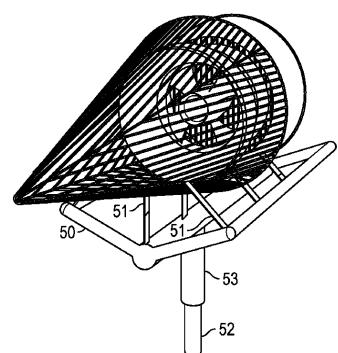


FIG. 21

【図 23】

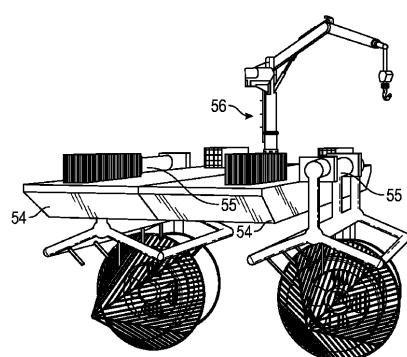


FIG. 23

【図 22】

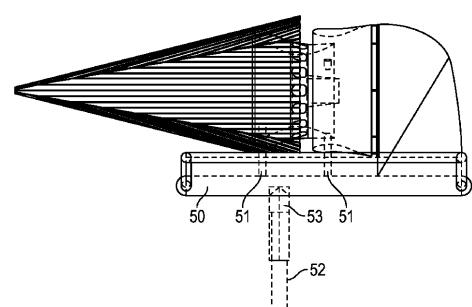


FIG. 22

【図 24】

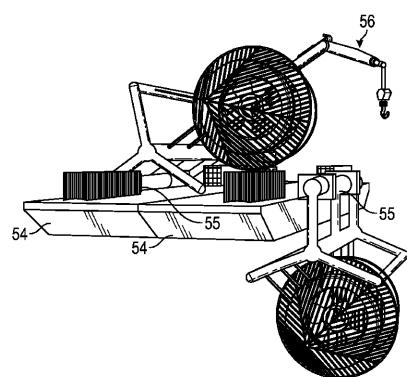


FIG. 24

【図25】

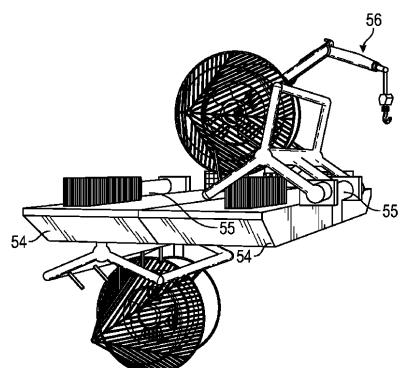


FIG. 25

【図27】

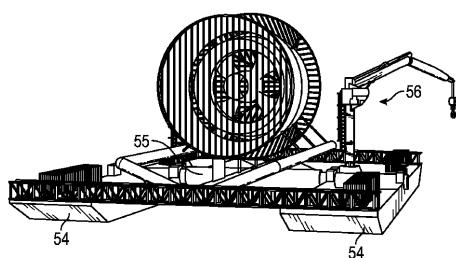


FIG. 27

【図26】

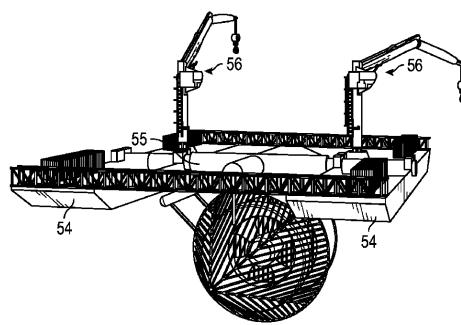


FIG. 26

【図28】

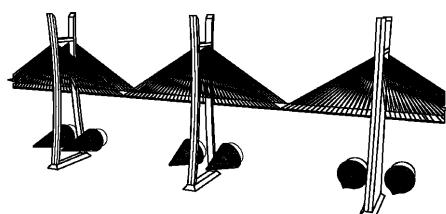


FIG. 28

【図29a】

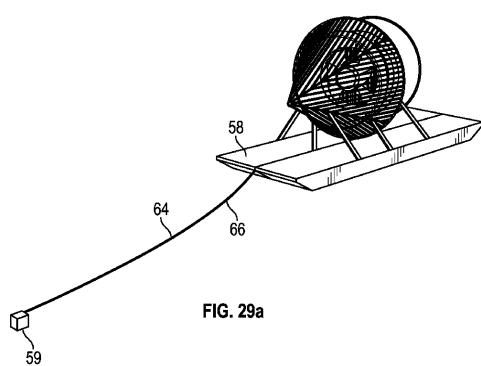


FIG. 29a

【図30】

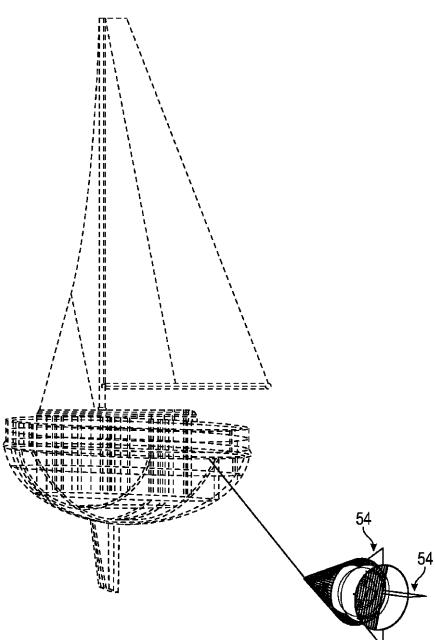


FIG. 30

【図29b】

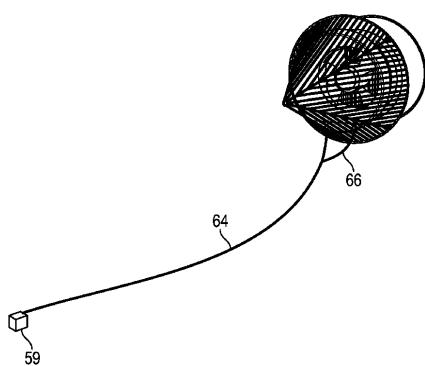


FIG. 29b

【図31】

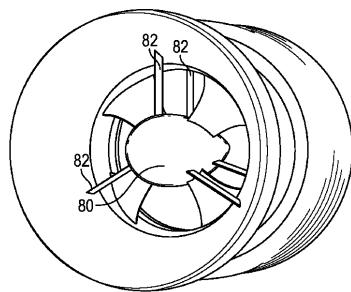


FIG. 31

【図32】

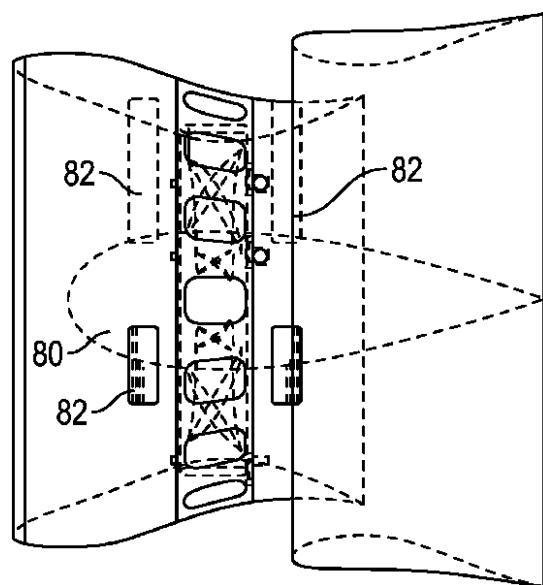
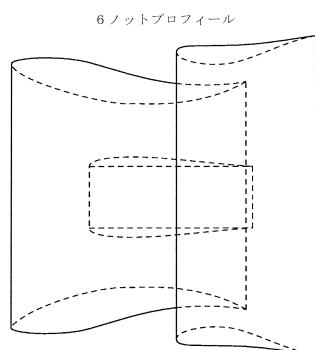
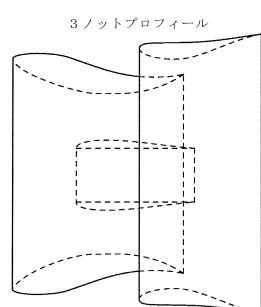


FIG. 32

【図33A】



【図33B】



【図34】

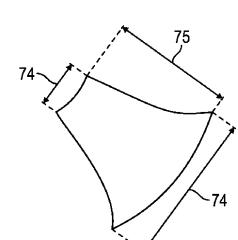
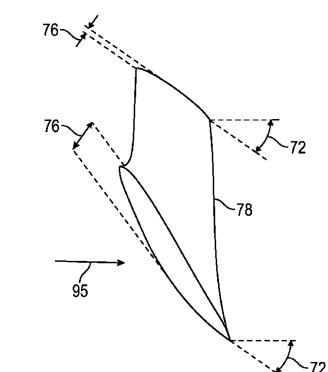


FIG. 34

【図 3 5】

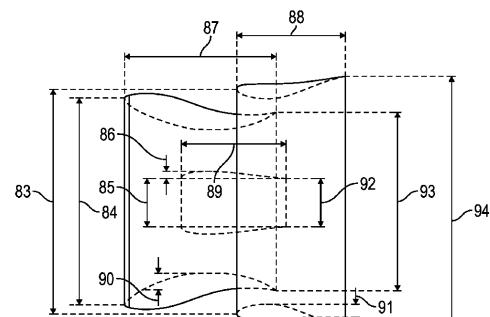
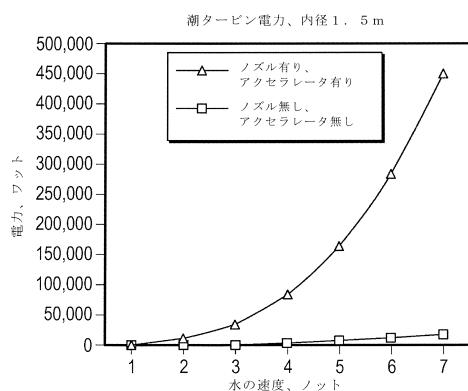
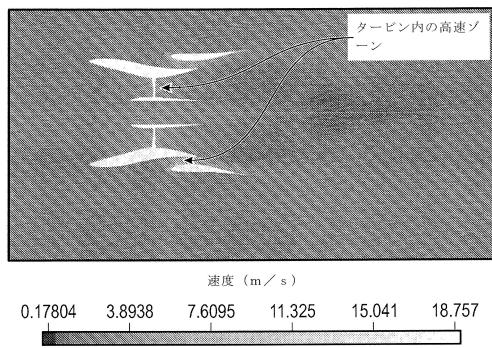


FIG. 35

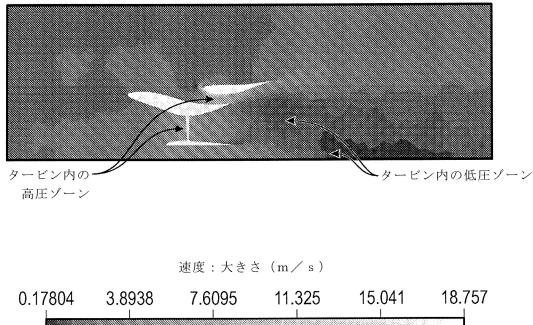
【図 3 6】



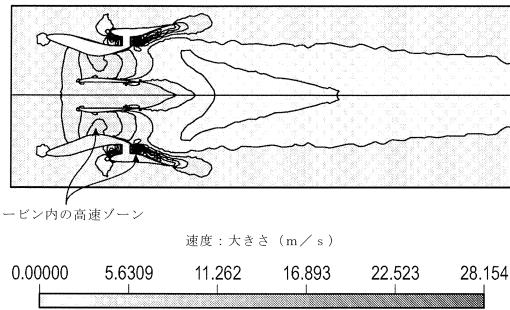
【図 3 8 A】



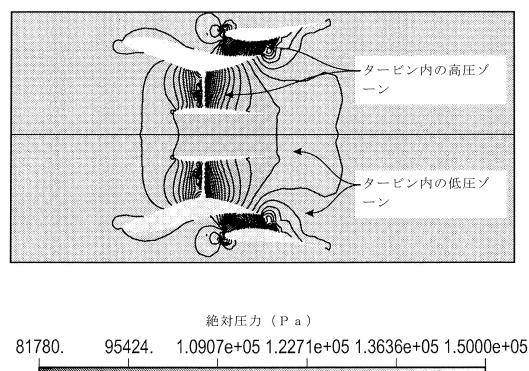
【図 3 8 B】



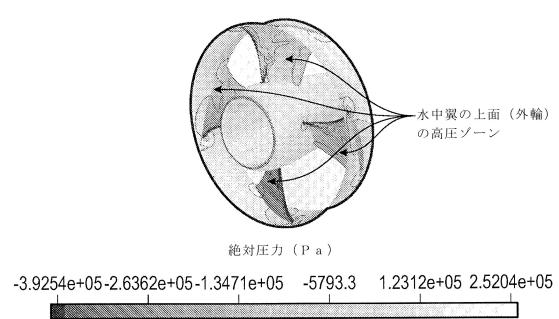
【図 3 7 A】



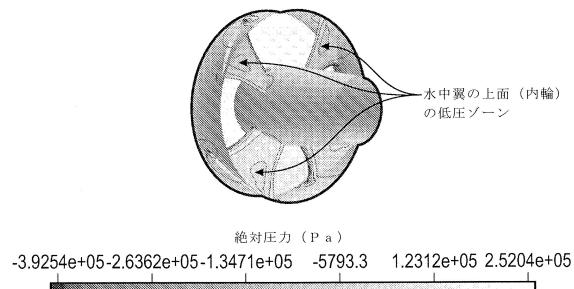
【図 3 7 B】



【図 3 9】



【図 4 0】



フロントページの続き

(72)発明者 シュルテンベルガー , ヴァルター
アメリカ合衆国 , フロリダ州 33040 , キー ウエスト , 2 キングフィッシャー レーン

審査官 井古田 裕昭

(56)参考文献 特表2009-543970 (JP, A)
特表2011-518976 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

F 03 B 13 / 10
F 03 B 13 / 26