

(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2013-508609
(P2013-508609A)

(43) 公表日 平成25年3月7日(2013.3.7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO3D 9/00 (2006.01)	FO3D 9/00 G	3H078
FO3D 3/06 (2006.01)	FO3D 3/06 G	
FO3D 3/02 (2006.01)	FO3D 3/02 B	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2012-535260 (P2012-535260)
 (86) (22) 出願日 平成22年10月18日 (2010.10.18)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年6月19日 (2012.6.19)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/052998
 (87) 国際公開番号 W02011/049843
 (87) 国際公開日 平成23年4月28日 (2011.4.28)
 (31) 優先権主張番号 61/253,562
 (32) 優先日 平成21年10月21日 (2009.10.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

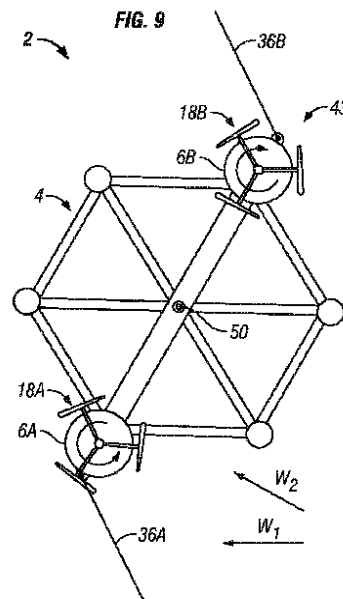
(71) 出願人 504191741
 テクニップ フランス
 フランス 92400 クールブボア
 ヲポー デ ラーク, アレー デ ラーク
 6-8 ゼドアーサー ダントン
 (74) 代理人 100078868
 弁理士 河野 登夫
 (74) 代理人 100114557
 弁理士 河野 英仁
 (72) 発明者 ハリス, ペーター グラハム
 フランス F-92400 クールブヴォ
 ア, ザック ダントン, アリー アルシェ
 フォーボルグ デ アルシェ 6-8

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 浮体式垂直軸形風力タービンモジュールシステム及び方法

(57) 【要約】

【解決手段】本開示は、少なくとも2つの垂直型風力タービンが取り付けられている一又は複数の浮体式モジュールを備えた風力エネルギーシステムを提供する。多点係留システムが浮体式モジュールを海底に連結し、少なくとも2つの係留体を有しており、少なくとも2本のラインが、垂直型風力タービンが設けられている浮体式モジュールの周りに配置されている。回転システムが浮体式モジュールに連結されており、多点係留システムが海底と浮体式モジュールとの間に連結されている間に浮体式モジュールを風向に対して回転させる。回転システムは、反対方向に回転する垂直型風力タービンから生じる回転力と、変化する風向から生じて自動調整される回転力の差とを有することが可能である。他の回転システムは、浮体式モジュールにカテナリのように連結された多点係留システムの係留ラインを緊張させるか又は弛緩させるべく駆動され得るウィンチ及び移動組立体を含むことが可能である。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

風力エネルギーシステムにおいて、
少なくとも部分的に水に浮かぶ浮体式モジュールと、
該浮体式モジュールに取り付けられた少なくとも2つの垂直型風力タービンと、
該垂直型風力タービンが取り付けられている浮体式モジュールの周りに配置された係留ライン及び少なくとも2つの係留体を有する前記浮体式モジュール並びに海底間に連結された多点係留システムと、
前記浮体式モジュールと連結されており、前記多点係留システムが前記浮体式モジュール及び海底間に連結されている間に前記浮体式モジュールを風向に対して回転させるための回転システムと
を備えていることを特徴とする風力エネルギーシステム。

10

【請求項 2】

前記多点係留システムは、前記浮体式モジュールと海底との間にカテナリのように連結されている係留ラインを夫々有する少なくとも2つの係留体を有しており、
少なくとも一対の前記垂直型風力タービンが設けられており、前記一対の垂直型風力タービンの内の第1の垂直型風力タービンは時計回りに回転し、前記一対の垂直型風力タービンの内の第2の垂直型風力タービンは前記第1の垂直型風力タービンに対して反回転するように反時計回りに回転し、
前記回転システムは、前記一対の垂直型風力タービンを反対方向に回転させるべく構成されていることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

20

【請求項 3】

複数対の前記垂直型風力タービンが前記浮体式モジュールに連結されており、
前記垂直型風力タービンは回転方向によって2つのグループに区分されており、該2つのグループは前記浮体式モジュールの反対側に配置されていることを特徴とする請求項2に記載の風力エネルギーシステム。

【請求項 4】

前記多点係留システムは、係留ラインを夫々有する複数の係留体を有しており、
前記回転システムは、前記複数の係留体に配置された少なくとも2本の係留ラインに連結された少なくとも1つの移動組立体を含んでおり、
該移動組立体は、前記少なくとも2本の係留ラインの張力を同時に変更すべく設けられていることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

30

【請求項 5】

前記多点係留システムは複数の係留体を有しており、該複数の係留体に係留ラインが夫々連結されており、
前記回転システムは、少なくとも1本の係留ラインに連結された少なくとも1つのウィンチを含んでおり、
該ウィンチは、前記係留体に連結された係留ラインを緊張させるか又は弛緩させるために設けられていることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

【請求項 6】

前記浮体式モジュールは、部材が共に連結されている開放された枠構造であることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

40

【請求項 7】

前記垂直型風力タービンは、前記浮体式モジュールに列を成して連結されており、少なくとも1列の垂直型風力タービンは、隣り合う列の垂直型風力タービンからオフセットされて並んでいることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

【請求項 8】

前記垂直型風力タービンは、前記浮体式モジュールに列を成して連結されており、少なくとも1列の垂直型風力タービンは、隣り合う列の垂直型風力タービンから異なる高さで階段状になっていることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

50

【請求項 9】

前記垂直型風力タービンは、前記浮体式モジュールに列を成して連結されており、少なくとも1列の垂直型風力タービンは、隣り合う列の垂直型風力タービンから異なる高さで階段状になっていることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

【請求項 10】

前記係留ラインの内の少なくとも数本が、前記浮体式モジュールより下で前記浮体式モジュール及び海底間にカテナリ吊架で連結されていることを特徴とする請求項1に記載の風力エネルギーシステム。

【請求項 11】

前記回転システムが前記浮体式モジュールを中立の方向の状態から回転させた後、前記カテナリ吊架により前記浮体式モジュールが前記中立の方向の状態に移動すべく構成されていることを特徴とする請求項10に記載の風力エネルギーシステム。

10

【請求項 12】

浮体式プラットフォームを海底に対する位置に固定する係留ラインを有する多点係留システムを用いて、少なくとも2つの垂直型風力タービンが取り付けられている浮体式プラットフォームからの風力エネルギーを最適化する方法であって、

前記多点係留システムの少なくとも1本の係留ラインを緊張させ、

前記多点係留システムが海底と前記浮体式プラットフォームとの間に連結されている間に、前記浮体式プラットフォームの方向を第1方向の状態から第2方向の状態に張力によって変化させることを特徴とする方法。

20

【請求項 13】

一方の係留ラインの少なくとも1部を緊張させながら、別の係留ラインの少なくとも1部を弛緩させることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項 14】

前記一方の係留ラインをウィンチで巻き上げることにより、前記一方の係留ラインの少なくとも1部を緊張させることを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項 15】

前記少なくとも1本の係留ラインの一部を緊張させながら、該係留ラインの別の部分を弛緩させることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項 16】

前記少なくとも1本の係留ラインを前記浮体式モジュールの異なる位置に移動させることにより、前記少なくとも1本の係留ラインの一部を緊張させることを特徴とする請求項15に記載の方法。

30

【請求項 17】

一对の前記垂直型風力タービンの内の一方が、前記一对の垂直型風力タービンの内の他方と比べて風向に基づきより速く回転するとき、回転の差速から回転力の差を生成すべく、前記1対の垂直型風力タービンを互いに反対方向に回転させ、

回転力の差により前記浮体式モジュールを回転させて新たな方向に方向付けることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項 18】

回転の差速が下がるまで前記浮体式モジュールを回転させることにより、回転力の差により前記浮体式モジュールを回転させることを特徴とする請求項17に記載の方法。

40

【請求項 19】

前記第1方向の状態は中立状態を含むことを特徴とする請求項12に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は一般的に、沖合の風力タービンのためのシステム及び方法に関する。より具体的には、本開示は、浮体式風力タービンモジュールのためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

沖合の風力タービンの使用が、発電の一層実現可能且つ望ましい形態になってきている。風力タービンを実施する際の現在の前提は「大きいほど、より優れている」であり、タービンモータが大きいほど、生成される電力がより多い。従って、大きな構造体が現在も、またこれまでも、費用をかけて建造されている。従来の水平型風力タービンは、高さが50乃至100メートル(m)であり重量が500メートルトン以上の構造体であり、今後更に大きい構造体が建造される可能性がある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 独国特許発明第10332383号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

一般的に、沖合に設置される風力タービンには、独国特許発明第10332383号明細書に記載されているように塔、タービン及びタービンブレードを所定の位置に引き上げるためのクレーンが使用されている。沖合用のクレーン船及び作業は費用がかかる。配置される複数のタービンユニット、複数のリフト及びクレーンの資産を考慮すると、地上での設置と比較して沖合の設備に相当なコストが追加される可能性があり、従って、沖合での風力タービンの設置の実用化全体に影響を及ぼす。

【 0 0 0 5 】

更に、従来の複数の水平軸型風力タービンは、回転ブレードから落ちる渦流が隣りの風下の風力タービンに干渉し、従って性能及び電力出力に影響を及ぼすので、間隔を大きく空けて設置される必要がある。沖合の環境では、風力タービンのこの間隔は、総合的な風力発電基地を構築すべく多数の相当離れた構造体が必要とされ、相当なコストを伴うことを意味する。このようにして多数のタービンには複数の構造体、複数の係留装置、複数の中間コード等が必要であり、これら全ては相当な費用を伴う。

【 0 0 0 6 】

間隔を置いて配置される個々の構造体には他の直接的ではない問題がある。タービン構造体への接近は困難であり、構造体が離れているので、風力発電基地を保守し修理するには長い時間がかかり得る。離れた構造体毎の何回もの発着により作業員への危険性が増す。更に、修理されていないままの欠陥のあるタービン又は他の設備があれば、収入が直接的に損なわれる。

【 0 0 0 7 】

風力タービンを離して固定するための1つの解決案が風力タービンを浮体式構造体上に統合することである。例えば、欧州特許第1366290号明細書は沖合の浮体式風力発電プラントを開示しており、浮体式風力発電プラントは、海底に固定される1点係留システム(10)と、少なくとも三角形(23a)の形状を有し、海面に浮かび、1点係留システム(10)に三角形の頂点で係留される浮体と、1点係留システム(10)上に設けられた風力発電ユニット(30)とを備えている。

【 0 0 0 8 】

別の例として、米国特許出願公開第2001/0002757号明細書が複数の風力発電設備を開示しており、風力発電設備は、ウィンドミルとウィンドミルによって駆動される発電機とを夫々備えており、水面に浮かぶ浮体に設置される。浮体は三角形のトラス構造として形成されている。浮体の三角形の各辺は、断面が矩形である中空の柱によって形成されている。各風力発電設備は、三角形の夫々の角で浮体上に配置されている。互いに隣り合うウィンドミルの中心間の距離が、ウィンドミルのロータの直径の4倍より小さい値、好ましくは2倍より小さい値に設定されている。ウィンドミルの中心間の距離をロータの直径の4倍より小さい値に設定することによって、浮体の建設費を、風力発電設備の発電効率を下げることなく低減することが可能になり、プラントの個々の発電コストを低減すること

10

20

30

40

50

が可能になる。

【0009】

問題の1つは、風向が変わった場合でも、風に対して最適な方向にウィンドミルを方向付けることである。上記に参照されているようなシステムの中には、単一の係留体の周りで風力発電プラントを回転させ得るか、又はウィンドミルのロータを自身の塔回りで最適な方向に回転させ得るものもある。単一の係留体は、風力タービンを備えた浮体部分はその周りを回転する軸のタイプとして（多くの場合複数のラインを用いて）係留される構造体であり得る。

【0010】

しかしながら、上述した公報の例は、風力エネルギーシステムの固定及び安定性の改善のために好ましい複数の係留体を備え、しかも風力エネルギーを最適化すべく変化する風向に風力エネルギーシステムを方向付けることができる風力エネルギーシステムを提案していない。

【0011】

従って、改善された多点係留システムを備えた風力エネルギーシステム及び方法の必要性が未だ存在する。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本開示は、少なくとも2つの垂直型風力タービンが取り付けられている一又は複数の浮体式モジュールを備えた風力エネルギーシステムを提供する。多点係留システムが浮体式モジュールを海底に連結し、少なくとも2つの係留体を有しており、少なくとも2本のラインが、垂直型風力タービンが設けられている浮体式モジュールの周りに配置されている。回転システムが浮体式モジュールに連結されており、多点係留システムが海底と浮体式モジュールとの間に連結されている間に浮体式モジュールを風向に対して回転させる。回転システムは、反対方向に回転する垂直型風力タービンから生じる回転力と、変化する風向から生じて自動調整される回転力の差とを有することが可能である。他の回転システムは、浮体式モジュールにカテナリのように連結された多点係留システムの係留ラインを緊張させるか又は弛緩させるべく駆動され得るウィンチ及び移動組立体を含むことが可能である。

【0013】

本開示は更に、風力エネルギーシステムにおいて、少なくとも部分的に水に浮かぶ浮体式モジュールと、該浮体式モジュールに取り付けられた少なくとも2つの垂直型風力タービンと、該垂直型風力タービンが取り付けられている浮体式モジュールの周りに配置された係留ライン及び少なくとも2つの係留体を有する前記浮体式モジュール並びに海底間に連結された多点係留システムと、前記浮体式モジュールと連結されており、前記多点係留システムが前記浮体式モジュール及び海底間に連結されている間に前記浮体式モジュールを風向に対して回転させるための回転システムとを備えていることを特徴とする風力エネルギーシステムを提供する。

【0014】

本開示は更に、浮体式プラットフォームを海底に対する位置に固定する係留ラインを有する多点係留システムを用いて、少なくとも2つの垂直型風力タービンが取付けられている浮体式プラットフォームからの風力エネルギーを最適化する方法であって、前記多点係留システムの少なくとも1本の係留ラインを緊張させ、前記多点係留システムが海底と前記浮体式プラットフォームとの間に連結されている間に、前記浮体式プラットフォームの方向を第1方向の状態から第2方向の状態に張力によって変化させることを特徴とする方法を提供する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本開示の風力エネルギーシステムの例示的な実施形態を示す概略上面斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 2】図 1 の風力エネルギーシステムの例示的な実施形態を反対の角度から示す概略上面斜視図である。

【図 3】風力エネルギーシステムの例示的な実施形態における複数の浮体式モジュールを示す概略上面斜視図である。

【図 4】風力エネルギーシステムの別の例示的な実施形態を示す概略上面斜視図である。

【図 5】風力エネルギーシステムの一部としての多点係留システムを示す概略平面図である。

【図 6】風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。

【図 7】風力エネルギーシステムの例示的な多点係留システムを示す概略側面図である。

【図 8】風力タービンから回転力を生じさせる回転システムの実施形態における中立の第 1 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 8 A】第 1 方向の状態の係留ラインを示す概略側面図である。

【図 9】風力タービンから回転力の差を生じさせる図 8 の回転システムを備え、第 2 方向の状態に回転した風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 9 A】第 2 方向の状態の係留ラインを示す概略側面図である。

【図 10】第 1 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 11】第 2 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 12】リセットされた第 1 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 13】第 3 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 14】風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。

【図 15】風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。

【図 16】風力エネルギーシステムの多点係留システムを示す概略平面図である。

【図 17】風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。

【図 18】1 又は複数のウィンチを有する回転システムを備えた風力エネルギーシステムの多点係留システムを示す概略側面図である。

【図 19】少なくとも 1 つのウィンチを有する回転システムを備えた、第 1 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 20】少なくとも 1 つのウィンチを有する図 19 の回転システムを備え、第 2 方向の状態に回転した風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 21】少なくとも 1 つのウィンチを有する回転システムの別の実施形態における第 1 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 22】少なくとも 1 つの移動組立体を第 1 の位置に有する回転システムの別の実施形態における第 1 方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 23】少なくとも 1 つの移動組立体を第 2 の位置に有する図 22 の回転システムを備え、第 2 方向の状態に回転した風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。

【図 24】第 1 の風向のための第 1 方向の状態の風力エネルギーシステムの複数の浮体式モジュールを示す概略上面斜視図である。

【図 25】第 2 の風向のための第 2 方向の状態の風力エネルギーシステムの複数の浮体式モジュールを示す概略上面斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

上述された図面、及び以下の具体的な構造及び機能に関する明細書は、出願人の発明の範囲又は添付の特許請求の範囲を制限するために示されたものではない。むしろ、図面及び明細書は、特許の保護が求められる本発明を行い使用する方法を当業者に教示すべく提供される。当業者は、明瞭化及び理解のために、本発明の商業上の実施形態の全ての特徴

10

20

30

40

50

が説明又は図示されているわけではないことを認識すべきである。本分野の当業者は、本発明の態様を組み込む実際の商業的な実施形態の開発が、開発者の商業的な実施形態の最終的な目的を達成すべく多くの実施に特有の決定を必要とすることを更に認識する。このような実施に特有の決定は、特定の実施、場所及び時によって変わる場合がある、システム関連の制約、ビジネス関連の制約、政府関連の制約及び他の制約の順守を含み得るが、これらに限定されるものではない。開発者の努力が絶対的な意味で複雑であり手間がかかるかもしれないが、このような努力は、本開示の利点を有する本分野の当業者にとっての通常の業務である。本明細書に開示され教示された本発明は、多くの様々な調整及び代替的な形態が可能であることを理解する必要がある。「1つの」(a)のような(これには限定されないが)単数形の使用は、要素の数の制限を意図していない。更に、「最上部」、

10
「底部」、「左」、「右」、「上部」、「下部」、「下」、「上」、「側部」等のような、しかしこれらに限定されない関係語の使用は、特に図面を参照する際に明瞭化のために明細書に用いられており、本発明の範囲又は添付の特許請求の範囲の制限を意図していない。必要に応じて、要素は、システム又は装置の様々な同様の様態を指定するためにアルファベットの添え字(「A」、「B」等)を用いて表される。このような要素を一般的に参照する場合、文字無しの参照番号が使用される。更にこのような指定は、その機能に使用され得る要素の数を制限しない。

【0017】

本開示は、複数の垂直型風力タービンが取り付けられている1又は複数の浮体式モジュールを備えた風力エネルギーシステムを提供する。多点係留システムが浮体式モジュールを海底に連結し、少なくとも2つの係留体を有しており、少なくとも2本のラインが、風力タービンが設けられている浮体式モジュールの周りに配置されている。回転システムが、浮体式モジュールに連結されており、多点係留システムが海底と浮体式モジュールとの間に連結されている間に浮体式モジュールを風向に対して回転させるべく設けられている。回転システムは、反対方向に回転する風力タービンから生じる回転力と、変化する風向から生じて自動調整される回転力の差とを含むことが可能である。他の回転システムは、浮体式モジュールにカテナリのように連結された多点係留システムの係留ラインを緊張させるか又は弛緩させるべく駆動され得るウィンチ及び移動組立体を含むことが可能である。

20

【0018】

図1は、本開示の風力エネルギーシステムの例示的な実施形態を示す概略上面斜視図である。図2は、図1の風力エネルギーシステムの例示的な実施形態を反対の方向から示す概略上面斜視図である。これらの図面を互いに関連付けて説明する。風力エネルギーシステム2は一般的に少なくとも1つの浮体式モジュール4を備えている。浮体式モジュール4は、枠要素によって連結されている一連の浮体式構造体を含んでいる。本明細書に示されている特定の実施形態では一般的に、波及び風が枠構造体を通過することができる開放された枠構造である。図示されていないが検討される他の実施形態では、1又は複数の部分が風又は波に対して閉じているか、又は略閉じている閉鎖浮体式モジュールが含まれる。少なくともいくつかの実施形態では、浮体式モジュール4は浮体式円材を有している。一般的に、浮体式円材は、断面の大きさが長手方向の大きさより小さい浮体式構造体であり、浮体式円材の上方で構造体を支持すべく海中に直立して置かれる。円材は、浮体式モジュールの浮揚能力の一部を構成し得る。本開示の1又は複数の実施形態では、(一般には「円材6」として参照される)円材6A,6B,6C,6Dのような円材は、風力タービンを支持すべく使用されることが可能であり、従って本明細書ではタービン円材と称される。1又は複数の枠部材8が隣り合うタービン円材間に連結され得る。少なくともいくつかの構成では、枠構造により複数のタービン円材が第1の列10に整列され得る。他のタービン円材14A,14B,14C(一般には「円材14」)が第2の列12を構成すべく同様の枠部材と共に連結され得る。1又は複数の交差形の枠部材16が、格子形構造体を形成すべく第1の列10と第2の列12とを共に連結し得る。列内のタービン円材は、隣り合う列のタービン円材からオフセットされて並ぶことが可能であり、そのためタービン円材に取り付けられた風力タ

30

40

50

ーピンは、風向が列に垂直であるとき最大量の風を受けることが可能になる。1又は複数の風力タービン18がタービン円材6,14に取り付けられ得る。一般に風力タービン18は、風力タービンの回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機20を含んでいる。風力タービン18は回転軸22を有しており、回転軸22を中心として中央軸24が配置され回転する。複数の支持部材26が、中央軸24から径方向の外側に延びており、複数のタービンブレード28に連結されている。タービンブレード28は、中央軸24の周りで風の力を回転エネルギーに変換すべく設計され形作られている。

【0019】

本開示は主として垂直型風力タービンを構想しており、従って垂直型風力タービンを用いて例示されている。垂直型風力タービンは一般的に、中央軸24と軸方向に並ぶ渦を生成し、回転軸22からの径方向の乱気流があまりない。従って、垂直型風力タービンは、一般的な水平型風力タービンより互いに更に近くに配置され得る。例えば、これに限るものではないが、水平型風力タービンでは、近くの風の乱れからの干渉なく風力エネルギーを最大限にすべく水平型風力タービン間の間隔を直径の約5倍にする必要があることが通常知られている。言い換えれば、横軸を中心として回転するブレードの直径を5倍にし、その結果が水平型風力タービンの隣り合う塔の間の一般的な間隔になる。工学技術により浮体式モジュール4のこのような間隔が達成され得る一方、商業的には、垂直型風力タービン18のより小さい許容間隔により浮体式モジュール4が更に効率的に構成されることが考えられる。例えば、これに限るものではないが、浮体式風力タービン18は、1D乃至5Dの間隔S離れて配置されることが可能であり、ここでDは、風力タービンのブレードの、回転軸22を中心とする回転の直径である。間隔Sは約2D乃至3Dであることが更に好ましい。本明細書におけるこのような間隔は、2D乃至3D間の2.1、2.2、2.3などのような増分を含んでおり、2.11、2.12などのような増分を更に含んでいる。例えば、これに限るものではないが、直径が20mである垂直型風力タービンは、40m乃至60m離れて別の風力タービンと隣り合って配置され得る。対照的に、回転直径が100mである一般的な水平型風力タービンは隣の風力タービンまで一般的に500mの間隔を置いて配置される。更に、タービン円材の水位より上の高さが異なってもよい。例えば、第1の列10のタービン円材6の高さは、第2の列12のタービン円材14の高さより低くてもよい。高さの差が図2に「H」で示されている。オフセットにより、先行する列の風力タービンの後ろに配置された列の風力タービンにより多くの風が容易に与えられ得る。

【0020】

更に、浮体式モジュール4は1又は複数のヒーププレート54を含むことが可能である。波動によるはしけの鉛直移動が「ヒープ(上下揺れ)」と呼ばれる。1又は複数のヒーププレート54は、浮体式モジュール4を更に安定させて上下揺れに耐えるために浮体式モジュールの動きの共振周期を波動の周期に対して変更すべく、一又は複数の円材に水面より下の位置で連結され得る。少なくとも1つの実施形態では、ヒーププレートは1若しくは複数の円材より下に又は複数の円材間に連結され得る。他の実施形態では、別個のヒーププレートが、1若しくは複数の円材の各々に連結され得るか、又は1若しくは複数の円材の複数の円材群の各々に連結され得るか、又は枠部材に連結され得る。本明細書の図面には、複数の非限定的な実施例が図示されている。

【0021】

風力エネルギーシステムの1つの態様は、より小型であり更に商業的に利用可能な複数の垂直型風力タービンが浮体式モジュール毎に更に大きな集合的な性能を作り出すべく組み合わせられ得ることである。例えば、0.6メガワット(「MW」)を生成する垂直型風力タービンは、浮体式モジュール上で他の風力タービンと組み合わせられ得る。そのため、7つの風力タービン18が設けられている図1に示されているような浮体式モジュールの性能は4.2メガワットになり得る。更に、本明細書に示されているように、風力タービンが夫々設けられている複数の浮体式モジュールは、(「風力発電基地」と呼ばれることもある)更に大型の風力エネルギーシステムを集合的に構成し得る。個々の風力タービンの記号及び性能が単に例示されているに過ぎず、非限定的であり、所与のあらゆる浮体式モジ

10

20

30

40

50

ジュール上の風力タービンの数と同様に変更され得ることが明瞭に理解される。従って、当業者に知られているように、上記の図面は単に例示に過ぎない。

【0022】

風力エネルギーシステムは更に多点係留システム39を備えている。多点係留システム39の詳細を以下に説明する。しかしながら、一般に多点係留システムは、浮体式モジュールの周りに配置される複数の係留体と安定性のために海底に連結されるライン及びアンカーを含んでいる。本開示の特有の特徴の内の1つは、従来浮体式構造体上で多点係留システムからの方向が固定されているにもかかわらず、風力エネルギーシステムが風向の変化に適応し得ることである。

【0023】

図3は、風力エネルギーシステムの例示的な実施形態における複数の浮体式モジュールを示す概略上面斜視図である。風力エネルギーシステム2は、複数の浮体式モジュール4A, 4B, 4Cと複数の浮体式モジュール4A, 4B, 4Cに夫々連結された風力タービン18とを備えることが可能である。浮体式モジュール4は多点係留システム39によって係留され得る。多点係留システム39は海底40と、タービン円材6, 14又は枠部材8, 16のような浮体式モジュール4の一又は複数の構造体との間に連結され得る。一般に多点係留システム39は、浮体式モジュール4の周部のような浮体式モジュール4の一部に係留体34を含んでおり、係留体34に連結され海底40に連結されたアンカー38まで下方に延びる係留ライン36を更に含んでいる。「係留体」という用語は広く使用されており、係留ラインを浮体式構造体に連結し得るあらゆる構造体又は固定システムを含むことが可能である。「ライン」という用語は広く使用されており、ワイヤケーブル、ワイヤライン、鎖、ストラップなどのようなあらゆる延びた連結手段を含むことが可能である。「アンカー」という用語は広く使用されており、ラインを固定位置に保持し、一般に海底又は海底に連結される中間構造体に連結されるあらゆる不動手段を含むことが可能である。アンカーは海底の上方に配置され得るか、又は少なくとも部分的に海底内に差し込まれ得る。多点係留システム39は、係留体、ライン及びアンカーを有する少なくとも2つのこのような組立体を含んでいる。例えば、浮体式モジュール4Aに関して示された実施形態では、4つの係留体、つまり、係留ライン36A, 36B, 36C, 36Dに夫々連結された係留体34A, 34B, 34C, 34Dが示されている。係留ライン34A, 34B, 34C, 34Dは、浮体式モジュールを海底の所定の位置に係留するためにアンカー38A, 38B, 38C, 38Dに夫々連結されている。他の実施形態に示されているように、係留体の数は変更されることが可能であり、2つの係留体が最小である。より多くの数が使用され得るが、本明細書に示された特定の実施形態では2つ、3つ及び4つの係留体が設けられている。上記の背景技術で参照されているような一点係留システムと比較して、多点係留システムは、浮体式モジュールの相対移動及び方向を制限し、浮体式モジュールに安定性を与えることが可能である。

【0024】

更に浮体式モジュール4Aは、タービン円材6に連結された浮体式モジュール4Aの下の突出した領域を包含する例示的なヒーププレート54を含んでいる。浮体式モジュール4Bは、浮体式モジュール4Bの下の突出した領域を包含するタービン円材より下に例示的なヒーププレート54を含んでおり、突出した領域は、ヒーププレート54を周囲の水中により深く設けるべく複数の中間支持体56を通じてヒーププレート54に連結されている。浮体式モジュール4Cは例示的なヒーププレート54を含んでおり、ヒーププレート54は浮体式モジュール4Cの下の突出した領域を包含する部分54A, 54Bに分割されている。

【0025】

浮体式モジュール4A, 4B, 4Cは、複数の浮体式モジュールから累積的に出力する風力エネルギーシステムを構成することができる。風力エネルギーシステムに使用され得る浮体式モジュールの数は、より多くても少なくともよい。更に、風力タービンの大きさ、形状及び数は、特定の状況に適切であるように単一の浮体式モジュール内でも浮体式モジュール間でも変更され得る。従って、上記の説明は限定的なものではなく、単なる例示に過ぎない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

図4は、風力エネルギーシステムの別の例示的な実施形態を示す概略上面斜視図である。風力エネルギーシステム2は、浮体式モジュール4と、一对のタービン円材6A,6Bに連結された一对の垂直型風力タービン18A,18Bとを備えている。浮体式モジュールの大きさ及び浮体式モジュールの支持能力に応じて、対の風力タービンの数は変更されることが可能であり、(おそらく、十分大きなタービン円材であれば複数の風力タービンを支持することができるが、風力タービンのためのタービン円材の数も変更され得る)。更に、風力タービンの数は、少なくともいくつかの実施形態では奇数になり得る。枠部材8,16が、間隔を置いて配置されたタービン円材6A,6B間の構造支持体の格子パターンを構成している。複数の安定化円材30が、浮体式モジュール4の周りの様々な位置に間隔を置いて配置されている。安定化円材30は、浮体式モジュール4に浮力を与え、浮体式モジュール4の重心50から間隔を置いて安定力を最大限にすべく一般的に浮体式モジュール4の周部に配置されている。作業デッキ32が浮体式モジュール4に設けられ得る。

10

【 0 0 2 7 】

浮体式モジュール4は例示的なヒーププレート54を含んでおり、ヒーププレート54は、浮体式モジュール4の下の突出した領域を包含する部分54A,54Bに分割されている。ヒーププレート54の分割された部分54A,54Bは中間支持体56に支持され得る。

【 0 0 2 8 】

上記に参照されているように、風力タービンが離れている一般的な構成では、保守のための船舶が夫々の風力タービンに別々に接近する。浮体式モジュールと有利な作業デッキとを用いて、保守要員及び他の作業員が単一の浮体式モジュールに設置された複数の風力タービンにより容易に接近することが可能である。更に特定の設置に望まれるように、作業デッキはヘリポートと作業員のための居所も含むことができる。

20

【 0 0 2 9 】

図4に示された実施形態は、少なくとも一对の風力タービンを反対方向に回転させるべく構成された回転システム43の一実施形態を更に例示している。具体的には、風力タービン18Aが反時計回り(「CCW」)のような一方向に回転可能である一方、風力タービン18Bが時計回り(「CW」)の方向に回転可能である。当業者は、ブレードの取付け、歯車設計等に応じて風力タービンを反対方向に回転させるべく設計し構築することが可能である。回転システムの効果及び動作を、回転システムの実施形態に関して反対方向に回転させる構成を示した図8及び9を参照して以下に説明する。

30

【 0 0 3 0 】

図5は、風力エネルギーシステムの一部としての多点係留システムを示す概略平面図である。例示的な風力エネルギーシステム2は浮体式モジュール4を備えており、浮体式モジュール4は、一又は複数のタービン円材6と、浮体式モジュール4の周部に設けられた複数の安定化円材30に連結された格子構造の枠部材8,16とを含んでいる。浮体式モジュールのための他のタイプの構成がなされ得る。特定の設置に適切のように、例えば、浮体式モジュールの開閉構造は変更可能であり、安定化円材の数と周部、中心又はその両方を含めた位置とは変更可能であり、タービン円材の大きさ及び数と、一若しくは複数の枠部材又は安定化円材のような浮体式モジュール上の風力タービンの位置とは変更可能である。係留体の数及び係留体の位置も変更可能であり、複数の更なる例示が本明細書の他の図面に示されている。少なくとも1つの実施形態では、多点係留システムがタービン円材6に連結され得る。例えば、第1の係留体34Aが第1のタービン円材6A上に配置され、係留ライン36Aに連結されることが可能であり、係留ライン36Aは海底上のアンカー(不図示)に取り付けられる。第2の係留体34Bが、第2のタービン円材6Bに連結され、係留ライン36Bに連結されることが可能であり、係留ライン36Bは更に海底のアンカ(不図示)に取り付けられる。

40

【 0 0 3 1 】

図6は、風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。風力エネルギーシステム2は、一对の風力タービン(不図示)がタービン円材6A

50

,6Bに取り付けられ得る浮体式モジュール4を備えている。図5に示されているように、風力タービンの大きさ、位置及び数は浮体式モジュールに応じて変更可能である。少なくとも1つの実施形態では、大きさが等しい風力タービンが、浮体式モジュールの末端側に重心50から等しく間隔を置いて配置されることが構想されている。一方の風力タービンを他方の風力タービンより重心50に更に近くに配置して、浮体式モジュールの均衡及び性能を調整することを含めて他の構成が可能である。浮体式モジュールは、安定化円材30A,30Dのような複数の安定化円材30を連結する枠部材8を更に含み、複数の安定化円材30間に他の円材が1列に沿って配置されることが可能である。交差形の枠部材16は、1列の円材を別の列の円材に連結することが可能である。別の列の安定化円材は、第1の列の安定化円材から離れて配置され得る。例えば、安定化円材30B,30Cは他の安定化円材と一列に連結され、タービン円材及び風力タービンが安定化円材間に配置されることが可能であり、そのため浮体式モジュール4が安定したプラットフォームを構成する。多点係留システム39は、本実施形態では4つの係留体を含むことができる。例えば、第1の係留体34Aが第1の安定化円材30Aに連結されることが可能であり、第2の係留体34Bが第2の安定化円材30Bに連結することが可能であり、第3の係留体34Cが第3の安定化円材30Cに連結されることが可能であり、第4の係留体34Dが第4の安定化円材30Dに連結されることが可能である。係留ライン36Aは、係留体に直接連結され得るか、又は係留体間で分割された中間ジャンパラインを介して係留体に連結され得る。例えば、第1のジャンパライン42Aが第1の係留体34Aと係留ライン36Aとの間に連結され得る。第2のジャンパライン42Bが「Y」のような構成を形成すべく第2の係留体34Bと係留ライン36Aとの間に連結され得る。同様に、第3及び第4の係留体34C,34Dは、ジャンパライン42C,42Dを介して係留ライン36Bに連結され得る。

10

20

【0032】

図7は、風力エネルギーシステムの例示的な多点係留システムを示す概略側面図である。風力エネルギーシステム2は、一般的にタービン円材6及び安定化円材30に連結された浮体式モジュール4を備えている。風力タービン18A,18Bを水からの干渉なしで十分に回転させるために、風力エネルギーシステム2は、少なくとも部分的に水位より下で水52に浮かぶように設計されている。浮体式モジュール4は、浮体式モジュール4のタービン円材6A,6Bに水面下で夫々連結された例示的な個々のヒーププレート54A,54Bを含んでいる。

30

【0033】

多点係留システム39は少なくとも2つの係留体34A,34Bを含んでおり、少なくとも2つの係留体34A,34Bは、係留ライン36A,36Bに連結されており、係留ライン36A,36Bはアンカー38A,38Bに連結されるべく海底40に向かって下向きに延びている。係留体から延びる係留ライン36はカテナリのように固定されている。当業者に知られているように、カテナリラインは、構造体から外側に延びており、カテナリラインが湾曲するように構造体に固定されている。このカテナリラインのカテナリ形態は、構造体の真下に取付けられることが多く、影響を受けない状態で湾曲しないように張って固定される引張ラインとは対照的である。

【0034】

図8は、風力タービンから回転力を生じさせる回転システムの実施形態における中立の第1方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図8Aは、第1方向の状態の係留ラインを示す概略側面図である。図9は、風力タービンから回転力の差を生じさせる図8の回転システムを備え、第2方向の状態に回転した風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図9Aは、第2方向の状態の係留ラインを示す概略側面図である。これらの図面を互いに関連付けて説明する。例示的な風力エネルギーシステム2は、一对の風力タービン18A,18Bに連結された一对のタービン円材6A,6Bを含む浮体式プラットフォーム4を備えている。回転システム43が、浮体式モジュール4と連結されており、少なくとも実施形態では、図4に示されているように風力タービンを反対方向に回転させるように構成されており、浮体式モジュール4上で風力タービンから作用を受ける。例えば、

40

50

風力タービン18A は反時計回りに回転することが可能であり、風力タービン18B は時計回りに回転することが可能である。係留ライン36A,36B は浮体式モジュール4 を海底40の相対的な固定位置に固定し、浮体式モジュール4 は、図8Aに示されているように係留ラインのカテナリ吊架によって自由度を有する。重心50が風力エネルギーシステム2 の質量中心である。

【0035】

作業中に、風向が風力タービン18A,18Bの回転軸間の線に垂直であるとき、各風力タービン18A,18B は利用可能な風の最大負荷を受ける。反対方向に回転する夫々の風力タービンの回転により平衡状態の回転力が生じる。回転力は、回転速度及び回転慣性モーメントにより決まり、それら自体は、ブレード上の負荷、ブレードの角度、形状及び重さ並びに回転軸からのブレードの距離のような要因により決定され得る。他の要因が更に適用され得る。一般に、風力タービンが対称的な形状及び大きさを有するとき、重心50からの等しい距離により、風力エネルギーシステムを第1方向の状態に維持する反対方向の回転の構成から平衡状態の回転力が生じる。第1方向の状態は、平衡状態のとき中立状態になり得る。

10

【0036】

風が方向W1から、風力タービンの回転中心間の線に垂直ではない方向W2のような方向に変わるとき、方向W2の風は、風力タービン18B に当たる前に風力タービン18A に当たる。風向に十分な角度があるために風力タービン18A が風力タービン18B への風速を妨げて低減する場合、風力タービン18B は、風力タービン18A より低い速度で作動することが多い。風向の差によって引き起こされる速度のより小さな差により、全速力で作動する風力タービン18A とより低い速度で作動する風力タービン18B との間に回転力の差が生じる。この回転力の差により、重心50の周りで風力エネルギーシステムの不均衡が生じる。

20

【0037】

不均衡は、主として係留ライン36A,36Bのカテナリ吊架によって抑制されて自動調整される。カテナリ吊架により、係留ラインは、自動調整される回転力の差のための自由度を有する。従って、図9に示されている風向W2では、より速く回転する風力タービン18A が反回転する風力タービン18B より高い回転力を生じさせる。回転力の不均衡により、風力エネルギーシステムの回転力の平衡を再度保つように、回転力が平衡している状態である第1方向の状態から第2方向の状態に浮体式プラットフォーム4 が回転させられる。カテナリ吊架中の緩みが低減し、浮体式プラットフォーム4 が第2方向の状態に回転させられるので、係留ライン36の内少なくとも1本が張る。少なくとも1つの実施形態では、図9及び9Aに示されているように、張った係留ライン36は第2方向の状態における回転量を制限する。風向が方向W1に戻ると、係留ライン36A,36B のカテナリ吊架により、図8及び8Aに示されているように風力エネルギーシステム2 が移動して第1方向の状態に容易に戻る。更に、風向が方向W1に変わると、風が図9に示されている方向で風力タービン18B とまず当たり、風力タービン18B をより速く回転させるので、風力タービン18B は、風力タービン18A に比べてより高い回転力を生じさせ得る。この回転力の差により、風力エネルギーシステムが風向W1で第1方向の状態に戻され再度平衡が保たれ得る。

30

【0038】

1対の風力タービンが図示されているが、他の数の風力タービンが使用され得ることを理解すべきである。一般に、一方向に作動する風力タービンが係留ラインに対して重心50の一側に配置され、反対方向に作動するタービンが重心50の反対側に配置されることが構想される。反対方向に回転する風力タービンから不均衡な状態によって引き起こされる回転力の差を使用した他の構成が構想され得る。更に、2本の係留ラインが示されているが、他の数の係留ラインが同一の概念又は同様の概念を用いて使用され得ることを理解すべきである。

40

【0039】

図10は、第1方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図11は、第2方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図12は、リセットさ

50

れた第1方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図13は、第3方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。これらの図面を互いに関連付けて説明する。上述されているように例えば図8乃至9Aでは、浮体式モジュールの第1方向の状態における係留ライン36のカテナリ吊架により、係留ラインが張るときの第2方向の状態への変化量が制限される。係留ラインが張っており、自身を異なる方向に適切に自動調整し得ないとき、風力エネルギーシステム2が風向の一連の変化に応じて特定の方向に「設定」されてもよい。少なくとも1つの実施形態では、回転システム43を備えた風力エネルギーシステム2は、方向の更なる自動調整を可能にすべく方向を「リセット」し得る。

【0040】

図10乃至13に示されている実施形態では、風力エネルギーシステム2は、少なくとも2つのタービン円材6A,6Bを含む浮体式モジュール4と少なくとも2つの風力タービン18A,18Bとを備えている。浮体式モジュール4は係留ライン36A,36Bによってアンカー38A,38Bのある海底40に係留され得る。示された実施形態では、回転システムは、上述されているように風力タービン18A,18Bを反対方向に回転させるべく構成されており、風力タービン18A,18Bは浮体式モジュールの方向に合わせて自動調整する。回転システム43は、浮体式モジュールに連結され係留ラインと共に作動する一又は複数のウィンチ44を更に含むことが可能である。ウィンチ44は回転し、ウィンチ44に連結された係留ライン36A,36Bの長さを変更し、浮体式モジュールの方向を能動的且つ強制的に変更させ得る。本明細書の本実施形態及び他の実施形態では、係留ライン36A,36Bは別個の係留ラインであるか、又は「係留ライン」36A,36Bが係留ラインの一部である同一の係留ラインである。ウィンチ44は、係留ライン36A,36Bを緊張させるか又は弛緩させるように回転すべく複数のエネルギー源の内の1つを用いて駆動され得る。様々な係留ラインを選択的に緊張させて弛緩させることによって、浮体式モジュール4の方向は、本明細書で更に説明されているように変更され「リセット」され得る。

【0041】

より具体的には、図10では浮体式モジュール4は、第1方向の状態にあり、浮体式モジュール4の1部分で係留ライン36Aを用いてアンカー38Aに係留されており、浮体式モジュールの別の部分で係留ライン36Bを用いてアンカー38Bに係留されている。一般に、しかし必ずしもそうではないが、係留ライン36A,36Bの長さは、浮体式モジュールが中立のリセット位置にあるとき同一であり得る。

【0042】

風が風向W1に吹くとき、上述したように、風力タービン18Aは、風力タービン18Bより速く回転し、風力タービン18Bがより速く回転し得るように浮体式モジュールの方向を自動調整してもよい。しかしながら、自動調整は、図11に示されているように、係留ライン36A,36Bが張るので係留ライン36A,36Bの長さ分に制限されている。風向が風向W2に変わった場合、より速く回転する風力タービン18Aの自動調整のための移動は、張った係留ライン36A,36Bによって既に制限されており、風力タービン18Bは、図11に示されている方向からの風向W2の風を効率的に利用することができない場合がある。従って、風力エネルギーシステム2はあまり有利ではない方向に設定されている。

【0043】

図12に示されているように、ウィンチ44は方向を例えば第1方向の状態にリセットすべく使用され得る。ウィンチ44が回転し、ウィンチ44の回転によって一方の係留ラインを緊張させながら他の係留ラインを弛緩させることが可能になる。ウィンチ44が一方向に回転するとき、ウィンチ44は、浮体式モジュールをアンカーの近くに引き寄せなるべく浮体式モジュールからアンカー38Aに向かって延びる係留ライン36Aの長さを短くする。ウィンチ44は同時に、浮体式モジュールからアンカー38Bに向かって延びる係留ライン36Bの長さを長くすることが可能である。係留ライン36A,36Bが単一の係留ラインである場合、ウィンチ44のリールに係留ラインを巻くことにより、同時に一方の係留ラインを引っ張り他の係留ラインを延ばすことが可能になる。係留ライン36A,36Bが別個の係留ラインである場

10

20

30

40

50

合、係留ライン36A,36B 毎の係留ラインの余分な長さ分が互いに対して反対方向にウィンチのリールに巻かれ得る。ウィンチの回転により、一方の係留ラインの長さが長くなり、他方の係留ラインの長さが短くなる。従って、ウィンチ44は、複数のアンカーの内の一方の近くに浮体式モジュールを引き寄せることにより浮体式モジュールの方向をリセットする。

【0044】

風向W2は、風力タービン18B の回転速度が増すように浮体式モジュールに対して角度をなしている。浮体式構造体が回転し始めると、浮体式モジュールがより有利な方向に自動調整しようとするので、ウィンチは、係留ライン36A の長さを長くし、係留ライン36B の長さを短くする反対方向に回転することが可能である。従って、図13に示されているように、風力エネルギーシステム2 は風向W2に自動調整され得る。係留ラインの相対的長さは、様々な方向を達成すべく調整され得る。

10

【0045】

他の実施形態が検討される。例えば、回転システムは、複数の係留ラインに夫々連結された複数のウィンチを使用して、夫々の係留ラインの長さを夫々のウィンチを用いて変更し得る。更に回転システムは、ウィンチの代わりに又はウィンチに加えて、図22を参照して以下に説明する一又は複数の移動組立体を備えることが可能である。

【0046】

図14は、風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。風力エネルギーシステム2 は一般に、複数の風力タービン18に連結された少なくとも2つのタービン円材6 を含む浮体式モジュールを備えている。浮体式モジュール4 は複数の安定化円材30を含むことが可能である。多点係留システム39は、少なくとも2つの係留体と、関連付けられた係留ラインとを含んでいる。例えば、第1の安定化円材30A が係留ライン36A に連結されることが可能であり、第2の安定化円材30B が第2の係留ライン36B に連結されることが可能であり、タービン円材6 が係留ライン36C に連結されることが可能である。回転システムが、浮体式モジュールを第1の方向から第2の方向に方向付けるために浮体式モジュールに連結され得る。例えば、他の図面に図示された様々な回転システムが、図14乃至17に示される実施形態及び浮体式モジュール上の風力エネルギーシステムの他の実施形態に適用され得る。

20

【0047】

図15は、風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。風力エネルギーシステム2 は、追加の安定化円材及び枠部材を備えた図14に示された風力エネルギーシステムの別の变形例である。図14と同様に、風力エネルギーシステム2 は、少なくとも2つの垂直型風力タービン18に取り付けられた少なくとも2つのタービン円材6 を含む浮体式モジュール4 を備えており、複数の安定化円材30及び枠部材がタービン円材6 間に配置されている。本実施形態では、他の枠部材と共に連結される一又は複数列の様々な部材が構成され得る。多点係留システム39は、浮体式モジュール4 に連結された少なくとも2本の係留ラインを同様に含むことが可能である。例えば、第1の安定化円材30A が第1の係留ライン36A に連結されることが可能であり、第2の安定化円材30B が第2の係留ライン36B に連結されることが可能であり、タービン円材6 が第3の係留ライン36C に連結されることが可能である。

30

40

【0048】

図16は、風力エネルギーシステムの多点係留システムを示す概略平面図である。風力エネルギーシステム2 は浮体式モジュール4 を備えており、浮体式モジュール4 は、少なくとも2つのタービン円材6 に連結された少なくとも2つのタービン18を支持するための少なくとも2つのタービン円材6 と複数の安定化円材30とを有する枠構造である。本実施形態では、例えば図5及び14に示された実施形態に対して追加の係留ラインが示されている。例えば、第1の係留ライン36A が第1の安定化円材30A に連結されることが可能であり、第2の係留ライン36B が第2の安定化円材30B に連結されることが可能である。第3の係留ライン36C が第3の安定化円材に30C に連結されることが可能である。第4の係留ラ

50

イン36D が第4の安定化円材30D に連結されることが可能である。複数の連結により多点係留システム39が構成される。更に、安定化円材30に連結された係留体が示されているが、係留ラインは、このような連結の代わりに又はこのような連結に加えて杵部材、タービン円材又はこれらの組み合わせに連結され得ることを理解すべきである。

【0049】

図17は、風力エネルギーシステムの多点係留システムの別の実施形態を示す概略平面図である。風力エネルギーシステム2は、少なくとも2つのタービン円材6を含む浮体式モジュール4と少なくとも2つのタービン円材6に連結された少なくとも2つの風力タービン18とを備えている。浮体式モジュール4は多点係留システム39を更に含んでおり、多点係留システム39は浮体式モジュール4に取り付けられた少なくとも2本の係留ライン36を含んでいる。例えば、係留ライン36は、安定化円材30が配置されている位置で浮体式モジュール4の角部に取り付けられ得る。

10

【0050】

図18は、1又は複数のウィンチを有する回転システムを備えた風力エネルギーシステムの多点係留システムを示す概略側面図である。風力エネルギーシステム2は浮体式モジュール4を備えており、浮体式モジュール4は、風力タービン18A,18Bのような少なくとも2つの風力タービン18が取り付けられているタービン円材6A,6Bのような少なくとも2つのタービン円材6と、円材30B,30Cのような複数の安定化円材とを含んでいる。多点係留システム39は、係留ライン36A,36Bのような一又は複数の係留ライン36に連結された係留体34A,34Bのような一又は複数の係留体34を含んでおり、係留ライン36は、アンカー38A,38Bのような一又は複数のアンカー38に取り付けられている。

20

【0051】

回転システム43の他の実施形態が図18に更に示されている。回転システム43は、浮体式モジュールの方向付けを行うために浮体式モジュール4と作動的に連結され得る。回転システム43は、係留ラインと共に作動する（一般に「ウィンチ44」として本明細書で参照される）ウィンチ44A,44Bのような一又は複数のウィンチ44を含むことが可能である。ウィンチ44は係留ライン36に連結され得る。様々な係留ラインを選択的に緊張させて弛緩させることによって、浮体式モジュール4の方向は、本明細書で更に述べられているように変更され得る。従って、浮体式モジュール4の方向は、浮体式モジュール4に連結された多点係留システムでも変更され得る。

30

【0052】

図19は、少なくとも1つのウィンチを有する回転システムの別の実施形態における第1方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図20は、少なくとも1つのウィンチを有する図19の回転システムを備え、第2方向の状態に回転した風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。これらの図面を互いに関連付けて説明する。風力エネルギーシステム2は、少なくとも2つの垂直型風力タービン（不図示）が連結されている浮体式モジュール4を備えている。浮体式モジュール4は、少なくとも2本の係留ライン36に連結された少なくとも2つの係留体34を含む多点係留システム39と連結され得る。回転システム43は、一又は複数の係留ライン36に連結され得る一又は複数のウィンチ44を含んでいる。ウィンチ44は、ウィンチに連結された係留ラインを緊張させるか又は弛緩させるために係留体34に便利な位置に連結され得る。例えば、これに限るものではないが、係留ライン36Aが係留体34A及びウィンチ44Aに連結され得る。係留ライン36Bが係留体34B及びウィンチ44Bに連結され得る。係留ライン36Cが係留体34C及びウィンチ44Cに連結され得る。係留ライン36Dが係留体34D及びウィンチ44Dに連結され得る。係留体は、係留ラインを係留体を通して連結させ、係留体に摺動可能に係合させ得る一方、係留ラインは、ウィンチにより緊張させられたり弛緩させられたりすべくウィンチに連結され得る。

40

【0053】

図19に示されているように、浮体式モジュール4は、その時の特定の風向のために第1方向の状態になり得る。しかしながら、風向が変化した場合、浮体式モジュール4に連結

50

された一又は複数の風力タービンは、他の隣り合う風力タービンからの風の乱れ又は他の要因によって最大出力効率を失う場合がある。浮体式モジュールの方向を調整するために、一又は複数のウィンチが係留ライン36を緊張させるか又は弛緩させるために作動され得る。所望の方向、特定のラインのカテナリ吊架及び他の要因に応じて、適切な係留ラインを緊張させるか又は弛緩させるために、どのウィンチが、また幾つのウィンチが駆動される必要があるかの決定がなされ得る。例えば、図20に示されている制限しない例では、ウィンチ44Aは、係留ライン36Aを引っ張り係留ライン36Aの一部をウィンチ44Aのリールに巻き取ることにより係留ライン36Aを緊張させることが可能である。逆にウィンチ44Bは、ウィンチ44Bのリールに巻き上げられた係留ライン36Bの一部を弛緩させることにより係留ライン36Bの更なる緩みを可能にする。同様にウィンチ44Cは、係留ライン36Cを引っ張り、従って係留ライン36Cを緊張させることが可能である一方、逆にウィンチ44Dは係留ライン36Dの一部を放すことにより係留ライン36Dを弛緩させることが可能である。一又は複数のウィンチ及び係留ラインの協調した作動により回転システム43が構成されており、図20の浮体式モジュール4の方向が図19の浮体式モジュールの方向に対して変更される。様々な角度が、様々な角度に作動又は駆動される様々な回転システムによって達成されることが構想されるが、一般に構造体は、所定の最適な中立状態から $\pm 45^\circ$ 移動することが可能であり、変化する風向からほとんどの利点を得ることが可能である。更に $\pm 20^\circ$ の変化が、浮体式モジュール4の方向を変更することにより十分な利点を得るのに十分であり得る。

10

20

【0054】

図21は、少なくとも1つのウィンチを有する回転システムの別の実施形態における第1方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図21は、図19及び図20に示されている実施形態からの回転システム43の変形例を示している。ウィンチ44Aが係留ライン36A及び係留ライン36Dの両方に連結され得る。或いは、係留ライン36A,36Dは、ウィンチ44Aに連結され浮体式モジュールから外側に両方向に延びる単一の係留ラインを構成することが可能である。同様に、ウィンチ44Bは、係留ライン36B及び係留ライン36Cの両方に又は係留ライン36B,36Cの両方を含む単一の係留ラインに連結され得る。浮体式モジュール4の方向は一又は複数のウィンチ44A,44Bを駆動することにより変更され得る。ウィンチが両方の係留ライン(又は単一の係留ライン)に連結されているので、ウィンチを回転させることにより、一方の係留ラインが緊張させられ、他方の係留ラインが弛緩させられる。係留ライン36A,36Dの一方を弛緩させながら、他方の係留ラインを緊張させるウィンチ44Aが回転され得る。同様にウィンチ44Bは、一方の係留ラインを弛緩させながら他方の係留ラインを緊張させるように係留ライン36B,36Cを張って締めるべく回転され得る。いくつかの動作モードでは、夫々の係留ラインの反対側を弛緩させ緊張させるようにウィンチ44A,44Dが回転され得る。例えば、ウィンチ44Aは、係留ライン36Aを緊張させて係留ライン36Dを弛緩させるために回転され得る。ウィンチ44Bは、係留ライン36Bを弛緩させて係留ライン36Cを緊張させるために回転され得る。まとめると、係留ラインを弛緩させて緊張させることにより、浮体式モジュール4を図20に示されている例示的な方向に再度方向付けることが可能になる。

30

40

【0055】

図22は、少なくとも1つの移動組立体を第1の位置に有する回転システムの別の実施形態における第1方向の状態の風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。図23は、少なくとも1つの移動組立体を第2の位置に有する図22の回転システムを備え、第2方向の状態に回転した風力エネルギーシステムを示す概略平面図である。これらの図面を互いに関連付けて説明する。風力エネルギーシステム2は浮体式プラットフォーム4を備えており、少なくとも2つの風力タービン(不図示)が浮体式プラットフォーム4に連結されている。浮体式モジュール4は係留システム39を用いて海底に係留されることが可能であり、係留システム39は、風力タービンが設けられている浮体式プラットフォーム4の周りに少なくとも2つの係留体34を含んでいる。例えば、少なくとも2つの係留体34A,34B,34C,34Dが少なくとも2本の係留ライン36A,36B,36C,36Dに夫々連結され得る。

50

【 0 0 5 6 】

回転システム43の例示的な実施形態では、少なくとも1つの移動組立体46が設けられることが可能であり、移動組立体46は少なくとも2つの係留体に連結された少なくとも2本の係留ラインに連結されている。例えば、係留体34Aに連結された係留ライン36Aは、第1の移動組立体46Aの連結点48Aで第1の移動組立体46Aに連結され得る。同様に、係留体34Dに連結された係留ライン36Dは、第1の移動組立体46Aの連結点48Dで第1の移動組立体46Aに連結され得る。係留体34Bに連結された係留ライン36Bは、連結点48Bで第2の移動組立体46Bに連結され得る。係留体34Cに連結された係留ライン36Cは、連結点48Cで第2の移動組立体46Bに連結され得る。第1の移動組立体46Aに連結された係留ライン36A,36Dが別個のラインとして説明されているが、係留ラインは係留体34A,34Dを介して連続したラインであり、第1の移動組立体46Aに連結されることを理解すべきである。同様に、係留ライン36B,36Cは、実際には係留体34B,34Cを通過する単一のラインであり、第2の移動組立体46Bに連結され得る。例えば、これに限るものではないが、移動組立体46は、移動組立体をレールに沿って前後に移動させるためのモータのような原動力及びレールに取り付けられたキャリアであり得る。別の例として、移動組立体46は、油圧シリンダ又はねじアクチュエータのようなリニアアクチュエータであり、移動組立体を前後に移動させるために原動力が移動組立体46に連結されている。移動組立体の他の実施例が検討される。

10

【 0 0 5 7 】

風力エネルギーシステム2が図22に第1方向の状態を示されている。このような第1方向の状態に、浮体式モジュール4に連結された風力タービンのためにほとんどの時間最大の効率を与える特定の風向が利用されてもよいし、又は第1方向の状態が特定の風向に適合されてもよい。移動組立体は、このような方向を維持するために不動であり得る。しかしながら、風向が変わった場合、浮体式モジュール4の様々な列又は他の位置の風力タービンからの乱気流、及び風の乱れに影響を及ぼす他の要因により、新しい風向が風力エネルギーシステム2からのエネルギー出力を小さくさせる可能性がある。効率を増加させるか、又は風力エネルギーシステム2の性能を変更するために、回転システム43は浮体式モジュール4の方向を変更することが可能である。例えば、図22の図示と図23の図示とを比較すると、第1の移動組立体46Aは、2つの係留体34A,34Dに連結された係留ラインの張力を変更すべく右に移動する。具体的には、係留ライン36Aの一部が張って、係留ライン36Dの一部が緩む。同様に、第2の移動組立体46Bが左に移動する。このような方向への移動により、係留ライン36Bを弛緩させることができると同時に、係留ライン36Cを緊張させることができる。上述されたカテナリ吊架を介した係留ラインの張力が異なることにより、図22の第1方向の状態と比較して浮体式モジュール4が図23の第2方向の状態に向きを変えられる。従って、移動組立体46を備えた回転システム43は浮体式モジュールを新しい方向に回転させる。

20

30

【 0 0 5 8 】

図24は、第1の風向のための第1方向の状態の風力エネルギーシステムの複数の浮体式モジュールを示す概略上面斜視図である。図25は、第2の風向のための第2方向の状態の風力エネルギーシステムの複数の浮体式モジュールを示す概略上面斜視図である。これらの図面を互いに関連付けて説明する。風力エネルギーシステム2は、複数の風力タービン（不図示）が連結されている複数の浮体式モジュール4A,4B,4C,4D,4E,4Fを備えている。上述されたような多点係留システムが、浮体式モジュールを固定位置に固定するために浮体式モジュールに連結され得る。多点係留システムは、浮体式モジュールの周りに配置された少なくとも2つの係留体を含んでおり、少なくとも2つの係留体に少なくとも2本の係留ラインが連結されている。少なくとも1つの風力エネルギーシステムでは、風力エネルギーシステムの風効率を容易に最大限にすべく、浮体式モジュールは風向W1に面して配置され並べられ得る。最適な風向が、コンピュータによるモデル化及び実証的研究を通じて決定され得る。風向が異なる方向W2に変わると、各浮体式モジュールの異なる風向への効率を容易に改善すべく、浮体式モジュールは異なる方向に回転させられ得る。多点係留

40

50

システムは、最大の移動を制限し、風力エネルギーシステムを単一の係留体と区別する。しかしながら、多点係留システムの利点は特に、著しい安定性及び移動に対する制御を提供することである。

【0059】

上述された本発明の一又は複数の態様を利用する他の実施形態及び更なる実施形態は、出願人の発明の趣旨から逸脱することなく考案され得る。例えば、様々な数の風力タービン及びタービン円材が使用されることが可能であり、反対方向に回転させる組立体を備えた様々な数の対の風力タービンが使用されることが可能であり、風力タービンは、図示されているようなタービン円材間又は安定化円材間に限らず様々な位置に取り付けることが可能であり、風力タービンの様々なサイズが所与の浮体式モジュールの様々な位置に使用され得る。他の変形例も可能である。

10

【0060】

更に、本明細書に開示された風力タービンの様々な方法及び実施形態は、開示された方法及び実施形態の変形例を構成すべく互いに組み合わせることで含まれ得る。単数の要素の説明は複数の要素を含むことが可能であり、逆もまた同様である。少なくとも1つの要素の参照の後の該要素の参照は、一又は複数の要素を含んでもよい。更に、実施形態の様々な態様は、本開示の理解された目的に達成するために互いに関連して利用され得る。文脈状別の意味が求められない限り、「備える」(comprise)という用語、又は「備える」(comprises)又は「備えている」(comprising)のような変形は、少なくとも述べられた要素若しくはステップ又は1群の要素若しくはステップ若しくはそれらの等価物の包含を暗示しており、より多くの数、他の要素若しくはステップ又は1群の要素、ステップ若しくはそれらの等価物の排除を暗示していないことを理解すべきである。装置又はシステムは、多くの方向及び向きに使用されてもよい。「連結された」(coupled)、「連結している」(coupling)、「連結器」(coupler)という用語及び同様の用語は、本明細書では広く使用されており、1又は複数個の部材を共に、例えば機械的に、磁氣的に、電氣的に、化学的に、作動的に、直接的に又は中間要素を介して間接的に固定する(securing)、結び付ける(binding)、接着する(bonding)、固定する(fastening)、取り付ける(attaching)、結合する(joining)、その中に挿入する(insertingtherein)、その上又はその中に形成する(forming thereon or therein)、連通する(communicating)又は関連付ける(associating)ためのいかなる方法又は装置を含んでもよく、1つの機能性部材を別の機能性部材と一体的に形成することを非限定的に更に含んでもよい。連結は、回転を含めていかなる方向で行われてもよい。

20

30

【0061】

ステップの順序は、特に制限されていない場合、様々な順番であってもよい。本明細書に述べられた様々なステップは、他のステップと組み合わせられることが可能であり、述べられたステップに挿入されることが可能であり、及び/又は複数のステップに分割されることが可能である。同様に、要素は機能に関して述べられており、別個の構成要素として具体化されることが可能であるか、又は、複数の機能を有する構成要素に組み合わせられることが可能である。

【0062】

本発明は、好ましい実施形態及びその他の実施形態に関して述べられており、本発明のあらゆる実施形態に関して述べられているわけではない。述べられた実施形態に関する自明な調整及び変更が当業者に利用可能である。開示された実施形態及び開示されていない実施形態は、出願人によって想到された本発明の範囲又は適用範囲を制限又は限定することを意図するものではなく、むしろ特許法に従って、出願人は、添付の特許請求の範囲内又はこれらの等価物の範囲内に含まれる全てのこのような調整及び改良を完全に保護することを意図している。

40

【0063】

本出願は、国際出願であり、2009年10月21日付で出願され、「浮体式垂直軸形風力タービンモジュールシステム及び方法」(Floating Vertical Axis Wind Turbine Module Sys

50

tem and Method) という名称の米国仮特許出願第61/253,562号明細書の権利を主張している。

【 図 1 】

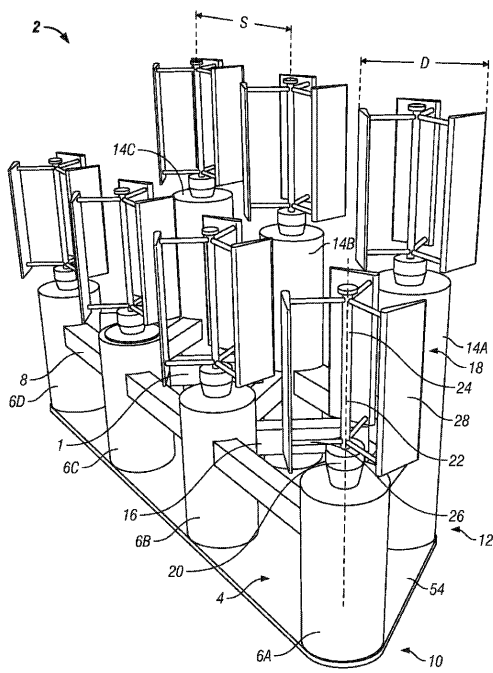


FIG. 1

【 図 2 】

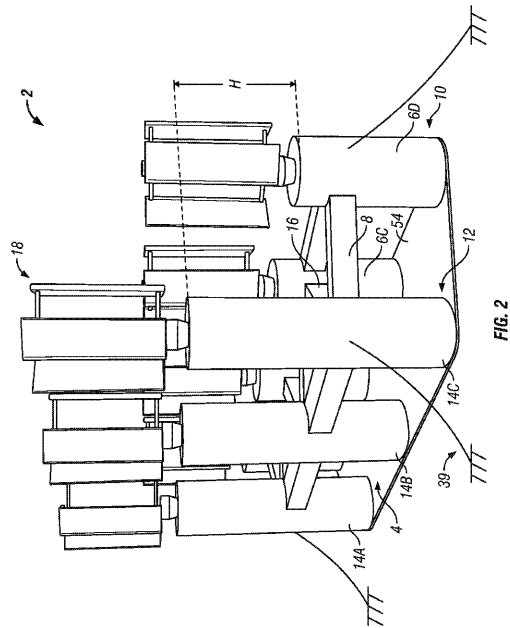


FIG. 2

【 図 7 】

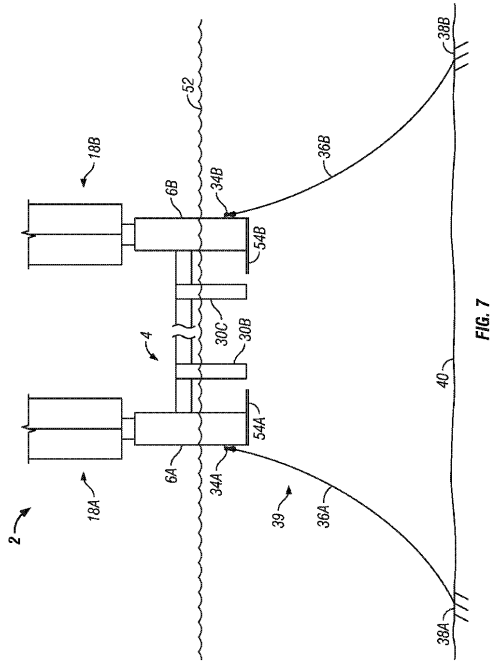


FIG. 7

【 図 8 】

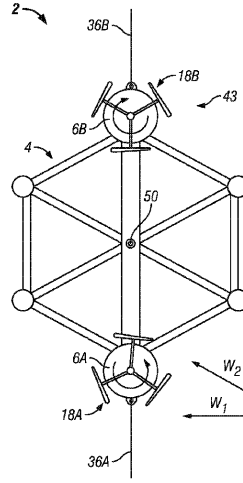


FIG. 8

【 図 8 A 】

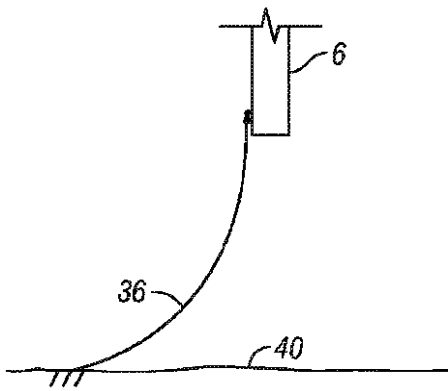


FIG. 8A

【 図 9 】

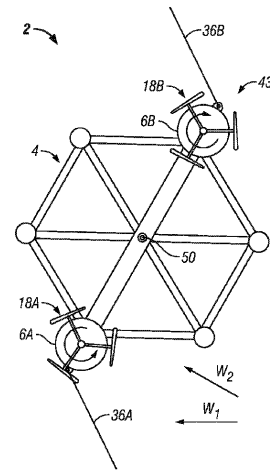


FIG. 9

【 図 9 A 】

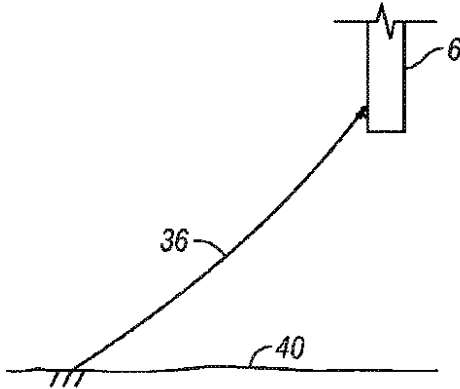


FIG. 9A

【 図 1 0 】

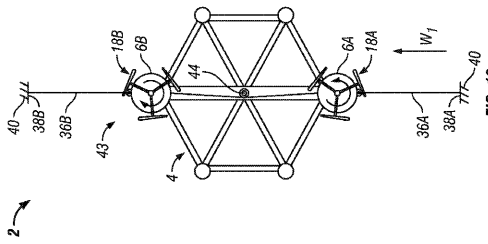


FIG. 10

【 図 1 3 】

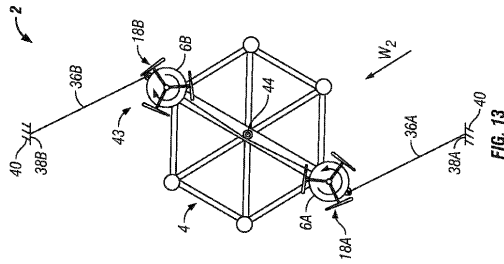


FIG. 13

【 図 1 4 】

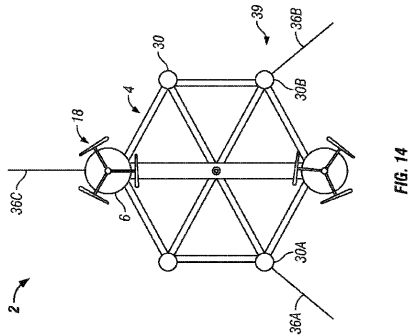


FIG. 14

【 図 1 1 】

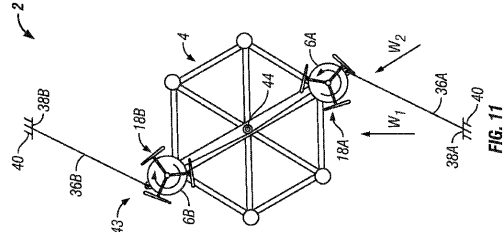


FIG. 11

【 図 1 2 】

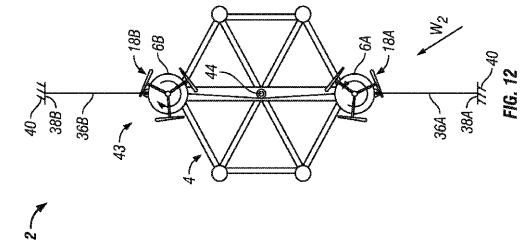


FIG. 12

【 図 1 5 】

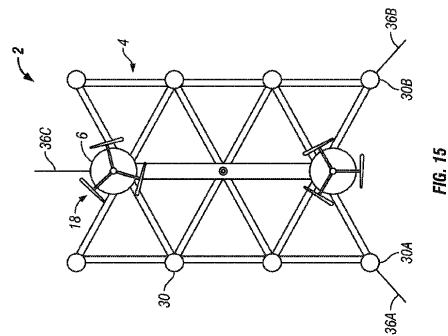


FIG. 15

【 図 1 6 】

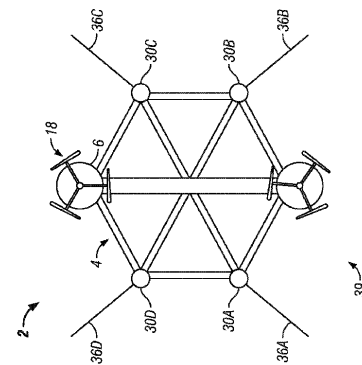


FIG. 16

【 図 17 】

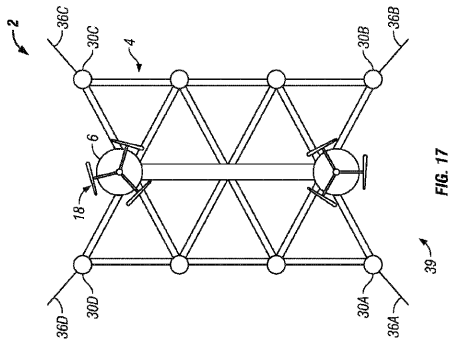


FIG. 17

【 図 18 】

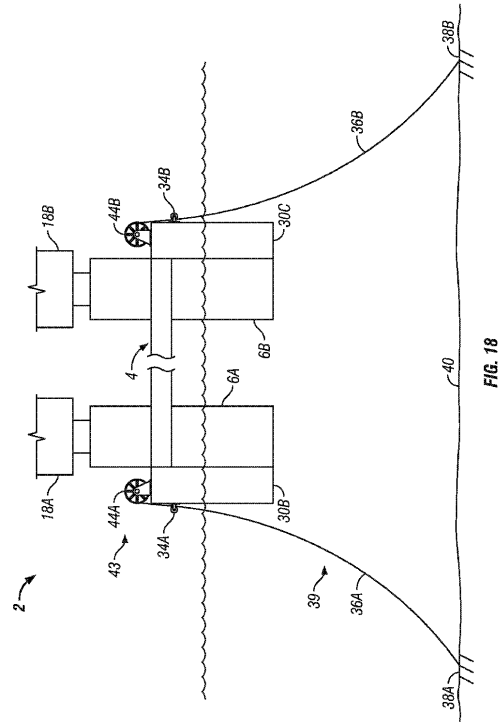


FIG. 18

【 図 19 】

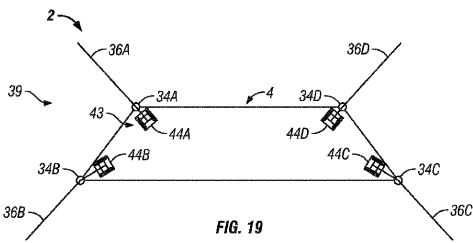


FIG. 19

【 図 21 】

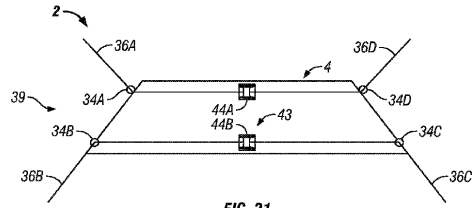


FIG. 21

【 図 20 】

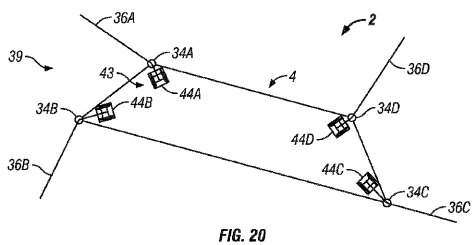


FIG. 20

【 図 22 】

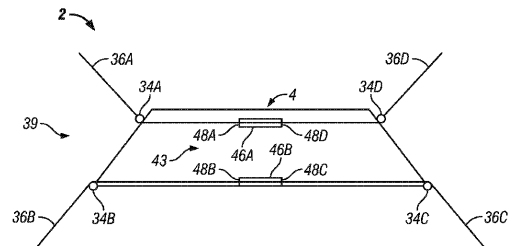


FIG. 22

【 図 2 3 】

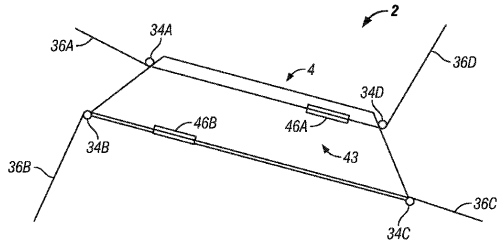


FIG. 23

【 図 2 4 】

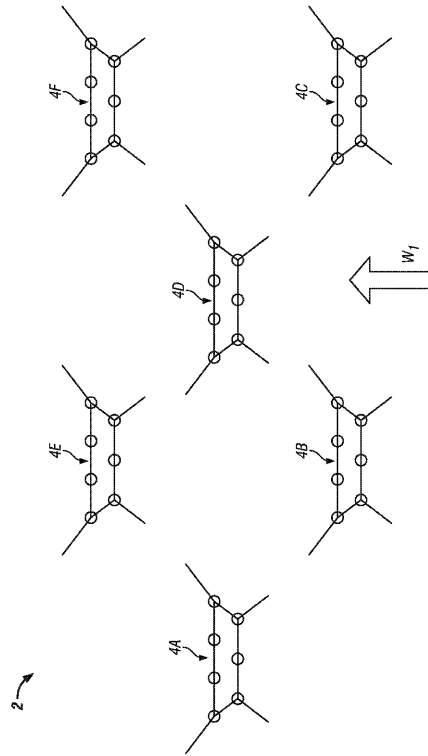


FIG. 24

【 図 2 5 】

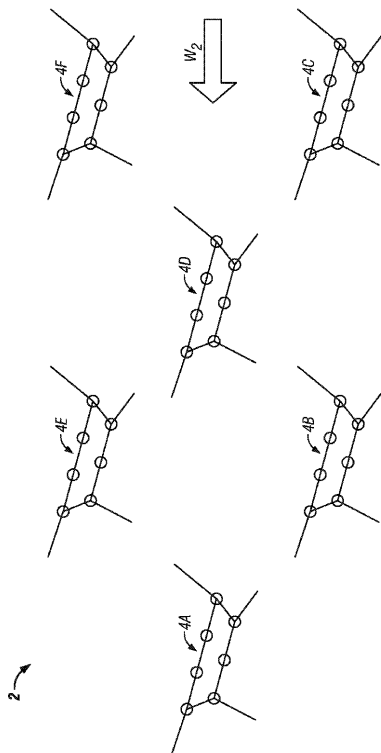


FIG. 25

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2010/052998

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F03D3/00 F03D3/02 F03D11/04 ADD.		
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) F03D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 32 24 976 A1 (ERNO RAUMFAHRTTECHNIK GMBH [DE]) 5 January 1984 (1984-01-05) page 6, line 3 - line 16 page 8, line 23 - line 25 page 10, line 16 - line 17 page 13, line 25 - line 30; figure 6 -----	1,6-10 2,3,17
X A	WO 2007/009464 A1 (PP ENERGY APS [DK]; TEICHERT PAUL [DK]) 25 January 2007 (2007-01-25) page 30, line 16 - page 31, line 27; figures 10,11 -----	1,4,5, 10-16,19 2,3,17, 18
<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 document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
31 August 2011		09/09/2011
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Areal Calama, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2010/052998

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3224976	A1	05-01-1984	NONE

WO 2007009464	A1	25-01-2007	NONE

フロントページの続き

(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, RS, 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

(72)発明者 オサリヴァン, ジェームス

フランス F - 9 2 4 0 0 クールブヴォア, ザック ダントン, アリー アルシェ フォーボール
グ デ アルシェ 6 - 8

Fターム(参考) 3H078 AA08 AA11 AA31 BB13 BB20 CC01 CC46 CC80