

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6739037号
(P6739037)

(45) 発行日 令和2年8月12日(2020.8.12)

(24) 登録日 令和2年7月27日(2020.7.27)

(51) Int. Cl. F I
F O 3 B 13/14 (2006.01) F O 3 B 13/14

請求項の数 17 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-172637 (P2015-172637)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成27年9月2日(2015.9.2)		国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
(65) 公開番号	特開2017-48721 (P2017-48721A)		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(43) 公開日	平成29年3月9日(2017.3.9)	(74) 代理人	100098545
審査請求日	平成30年7月26日(2018.7.26)		弁理士 阿部 伸一
特許法第30条第2項適用 1. [開催日] 平成27年3月2日, [開催場所] 国立研究開発法人海上技術安全研究所6号館1階会議室, [公開内容] LNG船の球形タンクの強制動揺実験 2. [開催日] 平成27年6月26日, [集会名] 平成27年度(第15回)国立研究開発法人海上技術安全研究所 研究発表会, [公開内容] LNG船の安全評価のためのタンク強制動揺実験		(74) 代理人	100087745
			弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611
			弁理士 辻田 幸史
		(74) 代理人	100116241
	弁理士 金子 一郎	(72) 発明者	岡 正義
			東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スワリング発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

水面に浮遊する浮体と、前記浮体に搭載した上部に空間を残して所定量の液体を収納する液体収納手段と、前記浮体の波による浮体揺動に伴い前記液体収納手段内に発生する前記液体の水平回転運動であるスワリング運動の流体力を取り出し発電を行う発電手段とを備え、前記スワリング運動を起こす前記液体が前記液体収納手段に収納された所定量の前記液体であることを特徴とするスワリング発電装置。

【請求項2】

前記液体収納手段の少なくとも前記液体の前記スワリング運動をする範囲の水平断面が、略円形を成していることを特徴とする請求項1に記載のスワリング発電装置。

【請求項3】

前記液体収納手段の少なくとも前記液体の前記スワリング運動をする範囲の内表面が、球形の一部を成していることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のスワリング発電装置。

【請求項4】

前記液体の前記所定量を調節し液位を変更する液位変更手段を備えたことを特徴とする請求項1から請求項3のうちの1項に記載のスワリング発電装置。

【請求項5】

前記液位変更手段が、前記浮体揺動の周期に応じて前記液体の前記液位を変更することを特徴とする請求項4に記載のスワリング発電装置。

【請求項 6】

前記発電手段が、前記スワリング運動の前記流体力が作用することにより回転軸のまわりに回転する回転翼を有したことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のうちの 1 項に記載のスワリング発電装置。

【請求項 7】

前記浮体の静止時に、前記回転翼が前記液体の液中と前記空間に臨むものであることを特徴とする請求項 6 に記載のスワリング発電装置。

【請求項 8】

前記回転翼が、前記液体収納手段の下部に空間を残して前記液体の液中に臨むものであることを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載のスワリング発電装置。

10

【請求項 9】

前記発電手段の前記回転翼が、前記回転軸に対して 180 度反対側に位置する 2 翼から構成されたことを特徴とする請求項 6 から請求項 8 のうちの 1 項に記載のスワリング発電装置。

【請求項 10】

前記液体の前記所定量に応じて、前記回転翼の高さ方向の寸法を変更したことを特徴とする請求項 6 から請求項 9 のうちの 1 項に記載のスワリング発電装置。

【請求項 11】

前記回転翼の前記回転軸に対する取り付け位置を変更可能に構成し、前記液体の前記所定量に応じて、前記回転翼の取り付け位置を変更することを特徴とする請求項 6 から請求項 10 のうちの 1 項に記載のスワリング発電装置。

20

【請求項 12】

前記液体収納手段を、前記浮体との間に備えた平面方向へ移動可能な移動可能手段の上に搭載したことを特徴とする請求項 1 から請求項 11 のうちの 1 項に記載のスワリング発電装置。

【請求項 13】

前記液体収納手段を移動しないように固定する固定手段を備えたことを特徴とする請求項 12 に記載のスワリング発電装置。

【請求項 14】

前記スワリング運動のスワリング検出手段を備え、前記スワリング検出手段が前記スワリング運動の発生を検出して前記固定手段を作動させることを特徴とする請求項 13 に記載のスワリング発電装置。

30

【請求項 15】

前記発電手段を電動機として使用し、前記電動機により前記回転翼に回転力を付与することを特徴とする請求項 6 から請求項 11、及び請求項 6 を引用する請求項 12 から請求項 14 のうちの 1 項に記載のスワリング発電装置。

【請求項 16】

前記浮体に前記液体収納手段と前記発電手段を複数セット設けたことを特徴とする請求項 1 から請求項 15 のうちの 1 項に記載のスワリング発電装置。

【請求項 17】

移動物又は振動物のように揺動を生ずる揺動体と、前記揺動体に搭載した上部に空間を残して所定量の液体を収納する液体収納手段と、前記揺動体による揺動に伴い前記液体収納手段内に発生する前記液体の水平回転運動であるスワリング運動の流体力を取り出し発電を行う発電手段とを備え、前記スワリング運動を起こす前記液体が前記液体収納手段に収納された所定量の前記液体であることを特徴とするスワリング発電装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スワリング流れを利用して発電を行うスワリング発電装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

スワリングとは、タンク等の液体収納手段に収納した液体の水平回転流れであり、特に LNG 船の球形タンクで現象が確認されている。

本発明者らはこれまでの研究で、スワリング流れ（運動）に関し、以下の特徴を確認している。

1. スロッシング同調から分岐して起こる同調現象である。
2. 浮体等の揺動が入力となって、液体収納手段に収納された液体の水平回転運動に変わる。
3. 不規則波中でも、スワリング流れは起こり、かつ、持続する傾向にある。
4. 液体収納手段が円筒や球形以外の形状でもスワリング流れは起こりうる。

ところで、特許文献 1 には、船体において、離隔して配設された一对の気液用タンクを備え、両タンクのそれぞれの下部を接続する液体連通管、又は両タンクのそれぞれの上を接続する気体連通管に、船体の揺動に伴って流通する流体により作動するエネルギー回収用サボニウス型羽根車を設けた船体動揺エネルギー回収装置が開示されている。

また、特許文献 2 には、流水中の浮体台船に縦型曲面板翼の水車を個々に自由回転状態で装着した自動全方位型の自然流水翼独立型発電水車が開示されている。

また、特許文献 3 には、流体を内部に収容した一对の中空のタンクを備え、それぞれのタンク上部のダクトに発電を行うタービンを備え、タンクの揺動による気体の移動を利用して発電を行う波浪エネルギー変換装置が開示されている。

また、特許文献 4 には、海底面に固定された設置台に回転体を回転自在に取付け、潮流や水流を利用して回転体を回転させ発電機を回動させる水流エネルギーを利用した発電装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開昭 5 9 - 1 4 5 9 9 号公報

【特許文献 2】特開平 8 - 1 5 9 0 0 8 号公報

【特許文献 3】国際公開第 9 8 / 3 2 9 6 7 号

【特許文献 4】特開 2 0 1 4 - 1 6 8 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

これまでにスワリング流れ（運動）の上記特徴を利用した発電装置は提案されていない。特許文献 1 から特許文献 4 は、いずれもスワリング流れを利用して発電を行うものではない。

【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、スワリング流れを利用して、発電を行い電力を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

請求項 1 記載に対応したスワリング発電装置においては、水面に浮遊する浮体と、浮体に搭載した上部に空間を残して所定量の液体を収納する液体収納手段と、浮体の波による浮体揺動に伴い液体収納手段内に発生する液体の水平回転運動であるスワリング運動の流体力を取り出し発電を行う発電手段とを備え、スワリング運動を起こす液体が液体収納手段に収納された所定量の液体であることを特徴とする。

請求項 1 に記載の本発明によれば、液体収納手段内の液体に発生するスワリング流れを利用して発電することができる。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 記載の本発明は、液体収納手段の少なくとも液体のスワリング運動をする範囲の水平断面が、略円形を成していることを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、スワリング運動は水平回転運動なので、液体収納手段のスワリング運動をする液体周辺の水平断面形状を円形にすることで、スワリング運動を発生、継続しやすくできる。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 に記載の本発明は、液体収納手段の少なくとも液体のスワリング運動をする範囲の内表面が、球形の一部を成していることを特徴とする。

請求項 3 に記載の本発明によれば、スワリング運動は水平回転運動なので、液体収納手段のスワリング運動をする液体周辺の内表面を球形の一部とすることで、スワリング運動を更に発生、継続しやすくできる。また、内表面が球形の一部を成すことで、発生したスワリング流れを、より上方にまで到達させることが可能となる。

10

【 0 0 0 9 】

請求項 4 に記載の本発明は、液体の所定量を調節し液位を変更する液位変更手段を備えたことを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、液体収納手段を搭載した浮体の揺動周期等に応じて液位を変更できるので、スワリング運動を状況に応じて更に発生、継続しやすくできる。

【 0 0 1 0 】

請求項 5 に記載の本発明は、液位変更手段が、浮体揺動の周期に応じて液体の液位を変更することを特徴とする。

請求項 5 に記載の本発明によれば、液体収納手段を搭載した浮体が設置された水域の平均又はピーク波周期に、液体収納手段の同調周期が一致するように液位を変更できるので、スワリング運動をより安定して継続しやすくできる。

20

【 0 0 1 1 】

請求項 6 に記載の本発明は、発電手段が、スワリング運動の流体力が作用することにより回転軸のまわりに回転する回転翼を有したことを特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、水平回転流れとしてのスワリング流れを利用して液体収納手段内の回転翼を回し、効率よく発電することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 7 に記載の本発明は、浮体の静止時に、回転翼が液体の液中と空間に臨むものであることを特徴とする。

請求項 7 に記載の本発明によれば、回転翼を液中に配置した場合と比べて回転しやすくなり、また静止時の液面よりも上方に達するスワリング流れを利用して発電効率を向上させることができる。

30

【 0 0 1 3 】

請求項 8 に記載の本発明は、回転翼が、液体収納手段の下部に空間を残して液体の液中に臨むものであることを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、液体収納手段の下部には回転翼が設けられていないので、スワリング運動を阻害することなく発生、継続しやすくできる。

【 0 0 1 4 】

請求項 9 に記載の本発明は、発電手段の回転翼が、回転軸に対して 180 度反対側に位置する 2 翼から構成されたことを特徴とする。

40

請求項 9 に記載の本発明によれば、スワリング運動の発生を阻害することなく、スワリング流れを有効に利用して液体収納手段内の回転翼を回し、発電することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 10 に記載の本発明は、液体の所定量に応じて、回転翼の高さ方向の寸法を変更したことを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、液位に応じて回転翼を回転しやすい高さに設計変更する、又は変更することにより発電効率を向上させることができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 11 に記載の本発明は、回転翼の回転軸に対する取り付け位置を変更可能に構成し、液体の所定量に応じて、回転翼の取り付け位置を変更することを特徴とする。

50

請求項 1 1 に記載の本発明によれば、液位に応じて回転翼を回転しやすい位置に設計変更する、又は変更することにより発電効率を向上させることができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 2 に記載の本発明は、液体収納手段を、浮体との間に備えた平面方向へ移動可能な移動可能手段の上に搭載したことを特徴とする。

請求項 1 2 に記載の本発明によれば、液体収納手段には波による浮体揺動に移動可能手段の移動による揺動が加わるので、スワリング運動を助力し更に発生しやすくできる。また、移動可能手段を他の駆動手段で駆動してスワリング運動を更に発生しやすくすることも可能となる。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 3 に記載の本発明は、液体収納手段を移動しないように固定する固定手段を備えたことを特徴とする。

請求項 1 3 に記載の本発明によれば、スワリング運動の発生後は、液体収納手段を移動しないように固定し、浮体揺動を液体収納手段にそのまま伝え、発電の可能なスワリング運動とすることができる。なお、移動可能手段と液体収納手段間が固定的に止められている場合は、移動可能手段を固定手段により固定し間接に液体収納手段が移動しないようにすることもこの概念の中に含まれるものとする。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 4 に記載の本発明は、スワリング運動のスワリング検出手段を備え、スワリング検出手段がスワリング運動の発生を検出して固定手段を作動させることを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、スワリング運動の発生後は移動可能手段を固定することによって、発生したスワリング運動の継続が移動可能手段による揺動によって妨げられることを防止できる。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 5 に記載の本発明は、発電手段を電動機として使用し、電動機により回転翼に回転力を付与することを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、回転翼に回転力を付与することによって、スワリング運動の発生、継続を助力することができる。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 6 に記載の本発明は、浮体に液体収納手段と発電手段を複数セット設けたことを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、大容量の発電を行うことが可能となる。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 7 に記載に対応したスワリング発電装置においては、移動物又は振動物のように揺動を生ずる揺動体と、揺動体に搭載した上部に空間を残して所定量の液体を収納する液体収納手段と、揺動体による揺動に伴い液体収納手段内に発生する液体の水平回転運動であるスワリング運動の流体力を取り出し発電を行う発電手段とを備え、スワリング運動を起こす液体が液体収納手段に収納された所定量の液体であることを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の本発明によれば、揺動体の揺動による液体収納手段内の液体に発生するスワリング流れを利用して発電することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 3 】

本発明のスワリング発電装置によれば、液体収納手段内の液体に発生するスワリング流れを利用して発電することができる。

【 0 0 2 4 】

また、液体収納手段の少なくとも液体のスワリング運動をする範囲の水平断面が、略円形を成している場合には、スワリング運動は水平回転運動なので、液体収納手段のスワリング運動をする液体周辺の水平断面形状を円形にすることで、スワリング運動を発生、継続しやすくできる。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

また、液体収納手段の少なくとも液体のスワリング運動をする範囲の内表面が、球形の一部を成している場合には、スワリング運動は水平回転運動なので、液体収納手段のスワリング運動をする液体周辺の内表面を球形の一部とすることで、スワリング運動を更に発生、継続しやすくできる。また、内表面が球形の一部を成すことで、発生したスワリング流れを、より上方にまで到達させることが可能となる。

【0026】

また、液体の所定量を調節し液位を変更する液位変更手段を備えた場合には、液体収納手段を搭載した浮体の揺動周期等に応じて液位を変更できるので、スワリング運動を状況に応じて更に発生、継続しやすくできる。

【0027】

また、液位変更手段が、浮体揺動の周期に応じて液体の液位を変更する場合には、液体収納手段を搭載した浮体が設置された水域の平均又はピーク波周期に、液体収納手段の同調周期が一致するように液位を変更できるので、スワリング運動をより安定して継続しやすくできる。

【0028】

また、発電手段が、スワリング運動の流体力が作用することにより回転軸のまわりに回転する回転翼を有した場合には、水平回転流れとしてのスワリング流れを利用して液体収納手段内の回転翼を回し、効率よく発電することができる。

【0029】

また、浮体の静止時に、回転翼が液体の液中と空間に臨むものである場合には、回転翼を液中に配置した場合と比べて回転しやすくなり、また静止時の液面よりも上方に達するスワリング流れを利用して発電効率を向上させることができる。

【0030】

また、回転翼が、液体収納手段の下部に空間を残して液体の液中に臨むものである場合には、液体収納手段の下部には回転翼が設けられていないので、スワリング運動を阻害することなく発生、継続しやすくできる。

【0031】

また、発電手段の回転翼が、回転軸に対して180度反対側に位置する2翼から構成された場合には、スワリング運動の発生を阻害することなく、スワリング流れを有効に利用して液体収納手段内の回転翼を回し、発電することができる。

【0032】

また、液体の所定量に応じて、回転翼の高さ方向の寸法を変更した場合には、液位に応じて回転翼を回転しやすい高さに設計変更する、又は変更することにより発電効率を向上させることができる。

【0033】

また、回転翼の回転軸に対する取り付け位置を変更可能に構成し、液体の所定量に応じて、回転翼の取り付け位置を変更する場合には、液位に応じて回転翼を回転しやすい位置に設計変更する、又は変更することにより発電効率を向上させることができる。

【0034】

また、液体収納手段を、浮体との間に備えた平面方向へ移動可能な移動可能手段の上に搭載した場合には、スワリング運動を助力し更に発生しやすくできる。また、移動可能手段を他の駆動手段で駆動してスワリング運動を更に発生しやすくすることも可能となる。

【0035】

また、液体収納手段を移動しないように固定する固定手段を備えた場合には、スワリング運動の発生後は、液体収納手段を移動しないように固定し、浮体揺動を液体収納手段にそのまま伝え、発電の可能なスワリング運動とすることができる。

【0036】

また、スワリング運動のスワリング検出手段を備え、スワリング検出手段がスワリング運動の発生を検出して固定手段を作動させる場合には、スワリング運動の発生後は移動可能手段を固定することによって、発生したスワリング運動の継続が移動可能手段による揺

10

20

30

40

50

動によって妨げられることを防止できる。

【0037】

また、発電手段を電動機として使用し、電動機により回転翼の回転を助力する場合には、回転翼に回転力を付与することによって、スワリング運動の発生、継続を助力することができる。

【0038】

また、浮体に液体収納手段と発電手段を複数セット設けた場合には、大容量の発電を行うことが可能となる。

【0039】

また、移動物又は振動物のように揺動を生ずる揺動体と、揺動体に搭載した上部に空間を残して所定量の液体を収納する液体収納手段と、揺動体による揺動に伴い液体収納手段内に発生する液体の水平回転運動であるスワリング運動の流体力を取り出し発電を行う発電手段とを備え、スワリング運動を起こす液体が液体収納手段に収納された所定量の液体である場合には、揺動体の揺動による液体収納手段内の液体に発生するスワリング流れを利用して発電することができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の一実施形態によるスワリング発電装置の基本構成を示す概略構成図

【図2】同スワリング発電装置の移動可能手段を説明する概念図

【図3】本発明の他の実施形態によるスワリング発電装置の側面断面図及び水平断面図

【図4】本発明の更に他の実施形態によるスワリング発電装置の様々な形状の例を示す側面断面図及び平面図

【図5】本発明の更に他の実施形態によるスワリング発電装置の斜視図

【発明を実施するための形態】

【0041】

以下に、本発明の実施形態によるスワリング発電装置について説明する。

【0042】

図1は本発明の一実施形態によるスワリング発電装置の基本構成を示す概略構成図、図2は同スワリング発電装置の移動可能手段を説明する概念図である。

本実施形態によるスワリング発電装置1は、海洋や湖沼等の液面に浮遊する浮体10と、浮体10に搭載した液体収納手段20と、液体収納手段20の上部に設けられた発電手段30を備える。浮体10は例えばブイ、船舶又は海洋構造物等である。

浮体10は波によって、矢印Aで示すように、スウェイ運動やロール運動（軸対称浮体の場合は、サージ運動やピッチ運動）などにより揺動（浮体揺動）する。

浮体10の揺動により、液体収納手段20内の液体40に発生したスロッシングは、矢印Cで示すスワリング運動（水平回転運動）に変わる。発電手段30は、このスワリング運動を利用して発電して電力を得る。

【0043】

液体収納手段20は、上部に空間Xを残して所定量の液体40を収納する。このように、液体収納手段20内を液体40で満たすのではなく上部に空間Xを設けることで、スロッシング及びスワリングを発生させることができる。

液体収納手段20は、例えば円筒形のタンクを用いることができる。液体収納手段20に円筒形のタンクを用いる場合は、液体収納手段20内の液体40がスワリング運動をする範囲の水平断面が略円形を成しているため、液体40のスワリング運動が発生、促進されやすい。

【0044】

液体収納手段20には、液位変更手段50が設けられている。液位変更手段50は、液体収納手段20の下部に液体収納手段20の周壁を貫通して設けられた出入口51と、液体収納手段20に出し入れする液体40を収容する貯留タンク53と、出入口51と貯留タンク53とを接続する配管54と、配管54に設けられた開閉弁52及びポンプ55と

を備える。例えば、液体収納手段 20 に収納する液体 40 が水（海水を含む）の場合は、貯留タンク 53 を無くし、浮体 10 の周辺の水（海水を含む）との間で水（海水を含む）を出し入れすることもできる。

液位変更手段 50 は、液体収納手段 20 に収納される液体 40 の所定量を調節し、液体収納手段 20 内の液体 40 の液位を変更する。液体収納手段 20 内の液体 40 の所定量を調節して液位を変更することで、液体収納手段 20 の同調周期を調整することができる。したがって、液位変更手段 50 が、浮体 10 の浮体揺動の周期に応じて液体 40 の液位を変更するように設定することで、液体収納手段 20 を搭載した浮体 10 が設置された、又は航行する水域の平均又はピーク波周期に、液体収納手段 20 の同調周期が一致するように調整してスワリング運動をより安定して継続しやすくできる。同じ水域であっても、短時間内、時間帯、日、月、また季節で平均又はピーク波周期が変わる場合にも、液体収納手段 20 の同調周期が一致するよう液位変更手段 50 により、液位を変更することが可能である。

【0045】

液体収納手段 20 の底面と浮体 10 の上面との間には、平面方向（浮体 10 の上面と平行方向）へ移動可能な移動可能手段 60 が設けられている。すなわち液体収納手段 20 は、移動可能手段 60 に搭載されている。移動可能手段 60 は、図 2 に示すように、例えば複数のころ 61 を備える台車である。液体収納手段 20 は移動可能手段 60 に鋼材等の接続部材によって固定されている。

移動可能手段 60 は、例えば図 2 (a) の側面図に示すように、上板 62 と下板 63 との間複数のころ 61 が設けられたものである。浮体 10 が揺動（ロール運動等）により傾くと、点線で示すように液体収納手段 20 及び移動可能手段 60 も傾くので、液体収納手段 20 が乗った上板 62 が矢印 B で示す方向にスライドする。すなわち浮体 10 の上面を液体収納手段 20 が往復動する。

または移動可能手段 60 は、例えば図 2 (b) の側面図及び図 2 (c) の上面図に示すように、上板 62 の一方の端部の下面にころ 61 と案内板 64 が設けられ、他方の端部の下面に回動支点 65 が設けられたものとすることもできる。浮体 10 が揺動（ロール運動等）すると図 2 (c) に点線で示すように液体収納手段 20 が乗った上板 62 が浮体 10 上を水平方向にスライド回転する（矢印 E）。

このように、移動可能手段 60 に液体収納手段 20 を搭載することで、液体収納手段 20 には、波による揺動と移動可能手段 60 の移動による揺動が加わるので、液体 40 のスワリング運動を助力し更に発生しやすくできる。なお、液体収納手段 20 の設置高さは最適な揺れを得られる高さとする。

【0046】

さらにスワリング発電装置 1 は、移動可能手段 60 を移動しないように固定する固定手段（図示無し）と、液体 40 のスワリング運動を検出するスワリング検出手段（図示無し）を備える。固定手段は、例えば車輪の転がりを規制するストッパーである。スワリング検出手段は、例えば、発電手段 30 の発電の有無を検知することによって液体 40 のスワリング運動を検出する。なお、スワリング検出手段は、スワリング流れを検知するセンサを設ける構成としてもよいが、発電手段 30 の発電の有無により液体 40 のスワリング運動を検出する場合には、別途センサを設ける必要がない。

スワリングの発生後は、液体収納手段 20 が乗った移動可能手段 60 が移動することによってスワリングの継続が妨げられる場合があるため、スワリング検出手段がスワリング運動の発生を検出した場合には、固定手段を作動させて移動可能手段 60 が移動しないように固定する。スワリング運動の発生後は移動可能手段 60 を固定することによって、発生したスワリング運動の継続が移動可能手段 60 による揺動によって妨げられることを防止できる。

なお、固定手段は、スワリング運動発生前においても、波による浮体 10 の揺動が十分大きいときなど、移動可能手段 60 の移動による揺動が不要な場合に作動させて移動可能手段 60 を固定することができる。

10

20

30

40

50

また、移動可能手段60は、上記の構成に代えて、浮体10の上に水槽を構築し、液体収納手段20が乗った上板62に浮力を持たせて水槽に浮かせた構成とすることも可能であり、また水槽内に液体収納手段20を直接浮かせて構成することも可能である。更に、浮体10の上面や液体収納手段20の下面を摩擦抵抗の少ない材料で構成し、移動可能手段60とすることも可能である。これらの場合、固定手段としては、液体収納手段20を直接固定するものであってもよい。

また、スワリング運動を発生させるに当っては、波による浮体揺動と移動可能手段60の移動による揺動以外に、積極的に移動可能手段60や液体収納手段20に外力を加え、揺動をさせてもよい。外力を加える手段としては、モータ、油圧、空圧等の各種の方式が利用できる。また、これらの外力を加える手段で固定手段を兼ねることも可能である。

【0047】

発電手段30は、回転軸31と回転翼32とを有する。回転翼32は、液体収納手段20の周壁の内面に沿って120度間隔で3箇所に設けられている。スワリング流れの流速は液体収納手段20の周壁に近いほど速くなるので、回転翼32を液体収納手段20の周壁の内面に沿って設けることで、発電効率が向上する。また、回転翼32を縦長に形成して周壁の近くに設け、回転軸31に近い部分が大きく空くように構成することにより、スワリング流れの発生、継続を妨げないものとなる。液体収納手段20の高さと回転翼32の高さ方向の寸法は略同一である。回転翼32は、液体40のスワリング運動の流体力が作用することにより回転軸31のまわりに回転する。回転翼32は、支柱33を介して回転軸31と接続し回転軸31を中心とする水車(タービン)を形成する。

液体40のスワリング運動によってスワリング流れと同一方向に水車が回転する(矢印D)。水車が回転することで、発電して電力を得ることができる。このように発電手段30は、浮体10の波による浮体揺動に伴い液体収納手段20内に発生する液体40のスワリング運動の流体力を取り出し発電を行う。

なお、発電手段30を電動機と使用し、貯えていた電力により回転翼32に回転力を付与してもよい。この場合には、回転翼32で液体を回すことによってスワリング運動の発生、継続を助力することができる。また、スワリング流れ方向は、回転翼32での液体40を回す初動の与え方、移動可能手段60の動き、浮体10の運動条件によって、左右どちらの方向にも発生し継続し得る。発電手段30は回転方向が変わっても発電ができるように、機構的、電気回路的に構成されている。

【0048】

回転翼32は、浮体10の静止時に、液体40の液中と上部に残された空間Xに臨む。すなわち、回転翼32は、浮体10の静止時において、一部が液体40に浸かった状態となるように配置されている。回転翼32をこのような配置とすることで、回転翼32の全体を液中に配置した場合と比べて、スワリング運動時に静止時の液面よりも上方に達するスワリング流れを受けて回転しやすくなり、発電効率を向上させることができる。

なお、液体収納手段20内の液体40の所定量に応じて、回転翼32の高さ方向の寸法を設計変更したり、変更してもよい。浮体10の浮体揺動の周期があまり変化しない場所に設置する場合や、発電効率を多少落としても回転翼32のコストを低減したい場合は、設計的に高さ方向の寸法を変えることができる。また、浮体10の浮体揺動の周期に対応し、発電効率を上げたい場合は、回転翼32の高さ方向の寸法を可変に構成して変えることができる。例えば、回転翼32を2枚の板で構成し高さ方向にスライドさせることで、寸法を可変に構成することができる。

液体40の液位に応じて回転翼32を回転しやすい高さに変更することによって、スワリング運動を有効に活用して、発電効率を更に向上させることができる。

なお、発電手段30としては、回転翼32を使用しないスワリング運動の水平回転運動に伴う水流を利用するもの、スワリング運動の静止時の液面よりも上方に達するスワリング流れの落差を利用するもの等、他の発電手段を採用してもよい。

【0049】

次に図3を用いて本発明の他の実施形態によるスワリング発電装置を説明する。

図3はスワリング発電装置の側面断面図及び水平断面図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

本実施形態において発電手段30の回転翼32は、回転軸31に対して180度反対側に位置する2翼から構成されている。2翼で構成される回転翼32の水平方向の長さは液体収納手段20の直径と略同一であり、高さ方向の寸法は液体収納手段20の高さに比べて十分に短い。このように液体収納手段20の側壁に近い部分だけでなく中央側にも回転翼32を設けることで、スワリング流れを有効に利用して発電することができる。

この場合、浮体10の静止時には、回転翼32が液体の液中と上部の空間Xに臨むことにより、回転翼32を液中のみに配置した場合と比べて回転しやすくなり、また静止時の液面よりも上方に達するスワリング流れを利用して発電効率を向上させることができる。

また、回転翼32は液体収納手段20の下部に空間Yを残して液体40の液中に臨んでいる。すなわち、回転翼32の高さ方向の寸法は液体収納手段20の高さに比べて十分に短いため、液体収納手段20の下部には回転翼32が配置されていない領域が存在する。回転翼32が、液体収納手段20の下部に空間Yを残して液体の液中に臨むことにより、スワリング運動の発生、継続を阻害しないものとなる。

なお、回転翼32を中央配置とする場合には、本実施形態のように回転軸31に対して180度反対側に位置する2翼で構成される一枚翼の回転翼32のほうが、回転翼32を複数備える場合よりもスワリング運動の初期におけるスロッシングの発生を阻害することが抑制でき、スワリング運動を発生しやすいものとなる。

【0050】

また、回転翼32は、回転軸31に対する取り付け位置を変更可能に構成されており、液体40の所定量に応じて、回転翼32の取り付け位置を設計変更する、又は変更することができる。

設計的に変更する場合は、液体収納手段20への収納する液体40の所定量の範囲、浮体10の考慮すべき周期、回転翼32の形状等を考慮して最適になるように取り付け位置を設計変更する。また、任意に取り付け位置を変更する場合は、回転軸31に対し回転翼32をスライドさせて固定する構成、回転軸31に設けたねじ機構で回転翼32を回転させ固定する構成等、各種の構成が採用できる。

液体40の所定量を調節して液位を変更した場合には、回転翼32が液体40に液没する量が変わるので、液位に応じて回転翼32の取り付け位置を変更して回転しやすい位置を保つことで、発電効率を維持、向上させることができる。

【0051】

次に図4を用いて本発明の更に他の実施形態によるスワリング発電装置を説明する。図4は液体収納手段の様々な形状の例を示す側面断面図及び平面図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

液体収納手段20は、図1から図3で示したような円筒形その他、図4に示すように、卵型、電球形などを含む球形を用いることができる。図4(a)は真球形である液体収納手段20を示している。図4(b)は内部の水平断面形状が円形であるとともに、この円形の水平断面の半径が一定の中間内周面、円形の水平断面の半径が上方に向かって漸次小さくなる上部内周面、及び円形の水平断面の半径が下方に向かって漸次小さくなる下部内周面から構成される液体収納手段20を示している。図4(c)は内部の水平断面形状が円形であるとともに、この円形の水平断面の半径が上方に向かって漸次小さくなる上部内周面、及び上部内周面よりも高さ方向の寸法が大きく、かつ円形の水平断面の半径が下方に向かって漸次小さくなる下部内周面から構成される液体収納手段20を示している。図4(d)は内部の水平断面形状が円形であるとともに、この円形の水平断面の半径が上方に向かって漸次小さくなる上部内周面、及び円形の水平断面の半径が下方に向かって漸次小さくなる下部内周面を有し、側方視した場合に液体収納手段20の半円を左右両側にずらした上部及び下部の中央に平行部を有する形状の液体収納手段20を示している。

液体収納手段20に球形のタンクを用いる場合は、液体収納手段20内の液体40がスワリング運動をする範囲の内表面が球形の一部を成しているため、液体40のスワリング

運動が発生、促進されやすい。特に、内表面が球形の一部を成すことで、発生したスワリング流れをより液体収納手段20上方にまで到達させ、回転翼32を回転しやすくすることが可能となる。

【0052】

図4(a)から(d)における、液体収納手段20の様々な形状の例においても、図3と同様に、浮体10の静止時に、回転翼32が液体の液中の空間Yと上部の空間Xの双方に臨んでいる。

回転翼32が液体の液中と上部の空間Xに臨むことにより、回転翼32の全体を液中に配置した場合と比べて、スワリング運動時に静止時の液面よりも上方に達するスワリング流れを受けて回転しやすくなり、発電効率を向上させることができる。また、回転翼32が液体収納手段20の下部に空間Yを残して液体40の液中に臨むことにより、スワリング運動が阻害されることなくスワリング流れが発生、継続しやすい。

回転翼32は、液体収納手段20の周壁の内面に沿って90度間隔で4箇所には設けられている。スワリングの流速は液体収納手段20の周壁に近いほど速くなるので、回転翼32を液体収納手段20の周壁の内面に沿って設けることで、発電効率が向上する。図4(b)の発電手段30においては、回転軸31に対して180度反対側に位置する2翼から構成される回転翼32をさらに備えている。2翼で構成される回転翼32の長さは、液体収納手段20の最大直径と略同一である。すなわち、図4(a)、(c)及び(d)の回転翼32は側面に配置され、図4(b)の回転翼32は、側面及び中央に配置されている。このように、液体収納手段20の形状に応じて回転翼32の枚数や設置箇所を変更することで、スワリング流れを最大限に利用して発電を行うための最適化を図ることができる。

また、回転翼32を縦長に形成して周壁の近くに設け、回転軸31に近い部分が大きく空くように構成することによっても、スワリング流れの発生、継続を妨げないものとなる。

なお、スワリング運動は液体収納手段20の形状が円筒形や球形以外であっても起こり得るので、液体収納手段20は例えば角柱形状であってもよい。

【0053】

次に図5を用いて本発明の更に他の実施形態によるスワリング発電装置を説明する。

図5は本発明の他の実施形態によるスワリング発電装置の斜視図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

本実施形態では、浮体10に液体収納手段20と発電手段30を複数セット設けている。浮体10は、四方を係留索70で係留されている。浮体10の外枠11の内側には複数の丸棒12が並行に設けられている。それぞれの丸棒12には、丸棒12を回転軸とする板部材13が回動自在に取り付けられており、1つの板部材13に複数の液体収納手段20及び発電手段30が搭載されている。板部材13の回動角度は左右にそれぞれ最大80度程度である。

液体収納手段20内の液体40には、浮体10の揺動及び板部材13の回動によってスワリング運動が発生する。発電手段30は、このスワリング運動を利用して発電して電力を得る。

このように、浮体10に液体収納手段20と発電手段30を複数セット設けることで、大容量の発電に供することが可能となる。

なお、浮体10に液体収納手段20と発電手段30を複数セット設ける構成は、図5を用いて説明した構成以外にも多くのバリエーションがあり得る。例えば、一つの浮体10の上に液体収納手段20と発電手段30を複数セット設けてもよい。また、複数の浮体10にそれぞれ数個の液体収納手段20と発電手段30のセットを設けてもよい。更に、液体収納手段20及び/又は発電手段30に浮力を持たせ、浮体10を兼ねることも可能である。

【0054】

なお、上記各実施形態においては、液体収納手段を浮体に搭載した場合を説明したが、

本発明のスワリング発電装置は陸上でも利用することができる。すなわち、スワリング発電装置は、自動車、自転車若しくは電車などの車輛のように揺動を生ずる移動物、又はエンジンや空調装置の室外機のように揺動を生じる振動物である揺動体に、また波以外の例えば風等の自然エネルギーにより揺動を生じる揺動体に、上部に空間を残して所定量の液体を収納する液体収納手段と、揺動体の振動に伴い液体収納手段内に発生する液体のスワリング運動の流体力を取り出し発電を行う発電手段とを備えたものとすることができる。この場合において、液体収納手段や回転翼等の形状又は配置等は、上記各実施形態と同様のものを適用することができる。また、課題を解決するための手段及び発明の効果に述べられている、構成、作用、および効果については、準用して適用が可能である。

【産業上の利用可能性】

10

【0055】

本発明のスワリング発電装置は、ブイ、船舶又は海洋構造物等の浮体に搭載した独立分散型の発電装置に適している。

また、移動物又は振動物のように揺動を生ずる揺動体にも広く利用可能である。

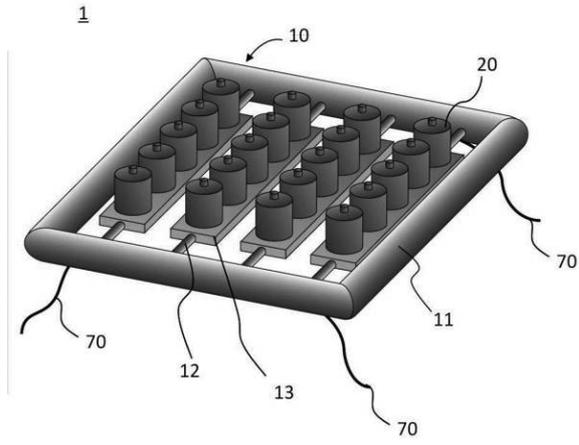
【符号の説明】

【0056】

- 10 浮体
- 20 液体収納手段
- 30 発電手段
- 31 回転軸
- 32 回転翼
- 40 液体
- 50 液位変更手段
- 60 移動可能手段
- X 空間（上部）
- Y 空間（下部）

20

【 5】



フロントページの続き

(72)発明者 安藤 孝弘

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内

審査官 井古田 裕昭

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0167649(US, A1)

国際公開第98/032967(WO, A1)

特開平03-103578(JP, A)

特表2010-507753(JP, A)

特開平02-271133(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03B 13/14

F03G 7/00