

(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2015-533981

(P2015-533981A)

(43) 公表日 平成27年11月26日(2015. 11.26)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>F01D 15/10</b> (2006.01)	F01D 15/10	A 3G202
<b>F01D 5/04</b> (2006.01)	F01D 15/10	B 5H607
<b>F01D 5/06</b> (2006.01)	F01D 5/04	
<b>H02K 7/09</b> (2006.01)	F01D 5/06	
<b>H02K 7/18</b> (2006.01)	HO2K 7/09	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-531336 (P2015-531336)	(71) 出願人	503457910 コンセプツ・イーティーアイ・インコーポ レーテッド アメリカ合衆国ヴァーモント州05001 , ホワイト・リバー・ジャンクション, ビ リングス・ファーム・ロード 217
(86) (22) 出願日	平成25年9月11日 (2013. 9. 11)	(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(85) 翻訳文提出日	平成27年5月7日 (2015. 5. 7)	(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(86) 國際出願番号	PCT/US2013/059275	(74) 代理人	100117189 弁理士 江口 昭彦
(87) 國際公開番号	W02014/043242	(74) 代理人	100134120 弁理士 内藤 和彦
(87) 國際公開日	平成26年3月20日 (2014. 3. 20)		
(31) 優先権主張番号	61/699,649		
(32) 優先日	平成24年9月11日 (2012. 9. 11)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

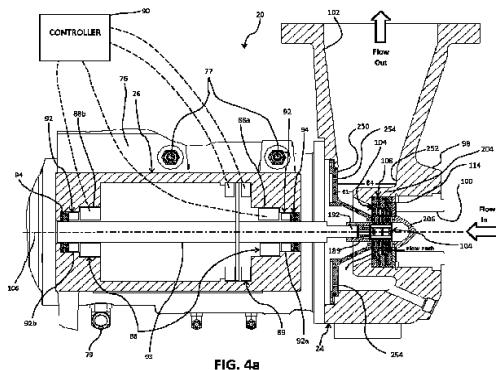
(54) 【発明の名称】タービン・カートリッジを備えるオーバーハング・タービン及び発電機システム

## (57) 【要約】

【課題】産業工程、再生可能熱源及び他のソースからの熱を使用し発電で使用するためのタービン発電機デバイスを提供する。

【解決手段】発電機は、導入前に気化 / 噴霧化された液体を回転子と固定子の間の隙間に導入して冷却可能で、液体はタービンからの排出気体から凝縮される。タービンはユニバーサルデザインを有し50KW ~ 5MWの範囲内の定格電力出力を有する発電機に関連して使用するために比較的容易に修正可能である。修正は、被支持発電機からの径方向回転子運動への対処のために選択されたタービンブラシシールを用いる所望の応用例に対してサイズ決定された個別の回転子板及び固定子板から構成されるモジュール型タービンカートリッジを使用して部分的に達成される。カートリッジはタービンに取付可能で、保守 / 再構成のために比較的容易に取り外せる。回転子ハウジングは所望の動作パラメータに合致する寸法まで比較的容易に切削されるように設計される。

【選択図】図 4 a



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

熱エネルギーを電気に変換するためのシステムであって、

5 M W以下の電力出力を有する発電機であって、前記発電機は、近位端、遠位端、発電機回転子、及び固定子を有し、前記発電機回転子は前記固定子内での回転軸を中心とする回転運動用に配設され、前記発電機は、前記近位端に隣接して配置された第1の磁気ラジアル軸受、及び前記遠位端に隣接して配置された第2の磁気ラジアル軸受も含み、前記第1及び第2の磁気ラジアル軸受は、前記発電機回転子を取り囲み、動作中に前記回転軸に對して実質上同軸に整合された状態で前記発電機回転子を保持する、発電機と、

タービンであって、少なくとも1つの固定子、及び前記少なくとも1つの固定子に対して前記回転軸を中心とする回転運動用に支持される少なくとも1つのタービン回転子を有し、前記少なくとも1つのタービン回転子は、前記発電機回転子を回転駆動させるように前記発電機回転子に結合され、前記タービンは前記発電機の前記近位端に取り付けられた第1の端部を有し、前記少なくとも1つのタービン回転子は、回転運動用の前記少なくとも1つのタービン回転子を径方向に支持するためのラジアル軸受が前記タービン内に含まれないようなオーバーハング構成を有し、前記タービンは、作動流体を第1の温度で受け取るための流入口、及び前記作動流体を前記第1の温度よりも低い第2の温度で排出するための流出口を更に含み、前記流出口は、前記発電機への伝熱を最小限にするように前記タービンの前記第1の端部に近接して配置される、タービンと、

を備える、システム。

## 【請求項 2】

前記発電機は、600 K W未満の電力出力を有する、請求項1に記載のシステム。

## 【請求項 3】

前記タービンは、多段タービンであり、前記少なくとも1つの固定子は、複数の固定子を含み、前記少なくとも1つのタービン回転子は、複数の回転子を含む、請求項1に記載のシステム。

## 【請求項 4】

前記複数の回転子は、背面構成で配置構成された少なくとも2つの回転子を含む、請求項3に記載のシステム。

## 【請求項 5】

前記タービンは、ハウジングを含み、前記少なくとも1つの固定子は、複数の固定子板を含み、前記少なくとも1つのタービン回転子は、複数のタービン回転子板を含み、更に前記複数の固定子板及び前記複数のタービン回転子板が共に、前記ハウジング内に解放可能に取り付けられる單一カートリッジを形成する、請求項1に記載のシステム。

## 【請求項 6】

前記発電機は、前記発電機回転子に向かって径方向内側に延在する少なくとも1つのブラシ・シールと、前記少なくとも1つのブラシ・シールがブラシ・シール台座に接触できるように選択された第1の距離だけ前記少なくとも1つのブラシ・シールの径方向内側に配置されたブラシ・シール台座と、を含み、前記少なくとも1つのブラシ・シールは、前記第1及び第2の磁気軸受のうちの前記1つが完全に活動化される前に、前記回転軸に對して実質上同軸に整合された状態で前記発電機回転子を維持するように、起動及び終了時に前記発電機回転子を支持するためにサイズ決定及び構成される、請求項1に記載のシステム。

## 【請求項 7】

前記発電機は、前記発電機回転子を回転支持するために、前記第1の磁気ラジアル軸受及び前記第2の磁気ラジアル軸受のうちの少なくとも1つに隣接する少なくとも1つの回転要素軸受を含む、請求項1に記載のシステム。

## 【請求項 8】

前記少なくとも1つのタービン回転子は、前記回転軸と前記少なくとも1つのタービン回転子の最外部との間で測定された場合、径方向寸法  $r$  を有し、前記軸流タービンは、

10

20

30

40

50

第1の厚みを備えるフロアを有するフードを含み、前記第1の厚みは、 $r$ と $1.4r$ との間で変化する径方向寸法を備える前記少なくとも1つのタービン回転子を収容するだけの十分な厚みまで、前記フロアを切削できるように選択される、請求項1に記載のシステム。

【請求項9】

表面を備える取り外し可能バックプレートを有するフード、前記バックプレートと向き合うフード壁、及び幅11を有するディフューザ通路出口を更に含み、前記バックプレート表面は、前記フード壁から距離14のスペースが空けられ、前記距離14は、距離11の半分から4倍の間である、請求項1に記載のシステム。

【請求項10】

前記バックプレートは、前記距離14が前記距離11の半分から4倍の間となるように前記バックプレートを切削できるように選択された厚みを有する、請求項9に記載のシステム。

【請求項11】

交換可能構成要素を備える軸流タービンであって、  
内部及び第1の回転軸を有するハウジングと、

複数の回転子板であって、それぞれが中心線、第1の接触面、及び前記第1の面に接触する第2の接触面を有し、前記第1及び第2の接触面は、実質上平行であり、前記第1及び第2の接触面のそれぞれは、0.00005"から0.020"の範囲内で平坦であり、前記複数の回転子板は、その前記中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置され、多段回転子アセンブリの回転子部分を画定するように前記第1の回転軸と同軸であり、前記複数の回転子板のそれぞれは、径方向最外部分を有する、複数の回転子板と、

複数の固定子板であって、それぞれが中心線、第1の接触面、及び前記第1の面に接触する第2の接触面を有し、前記第1及び第2の面は、実質上平行であり、前記第1及び第2の面のそれぞれは、0.00005"から0.020"の範囲内で平坦であり、前記複数の固定子板は、前記固定子板の前記中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置され、多段固定子アセンブリの固定子部分を画定するように前記第1の回転軸と同軸であり、前記複数の固定子板のそれぞれは、径方向最内部分を有する、複数の固定子板と、を備え、

前記複数の回転子板は、上流方向で多段回転子アセンブリを画定するように前記複数の固定子板のうちの対応するそれぞれ1つと交互の関係で配置され、更に、前記複数の回転子板のうちの少なくとも1つは、軸コードを備える第1の複数の翼を含み、前記複数の固定子板のうちの隣接する1つは、軸コードを備える第2の複数の翼を含み、前記第1の複数の翼は、前記スペースのすぐ上流の前記回転子板及び固定子板のうちの1つの軸コードに関して測定した場合、2軸コード以下から軸コードの1%の1/4までの軸寸法を有するスペースを画定するように、前記第2の複数の翼から軸方向にスペースが空けられる、軸流タービン。

【請求項12】

前記複数の固定子板は、複数の翼及び第1の翼ピッチ $S$ を有する第1の固定子板と、第2の固定子板と、を含み、前記第1の固定子板は、前記第2の固定子板に対して円周方向にクロックされる、請求項11に記載の軸流タービン。

【請求項13】

前記複数の回転子板は、複数の翼及び第1の回転子翼ピッチ $S$ を有する第1の回転子板と、第2の回転子板と、を含み、前記第1の回転子板は、前記第2の回転子板に対して円周方向にクロックされる、請求項11に記載の軸流タービン。

【請求項14】

前記回転子板の前記第1及び第2の接触面は、0.0001"から0.015"内で平行であり、前記固定子板の前記第1及び第2の接触面は、0.0001"から0.015"内で平行である、請求項13に記載の軸流タービン。

【請求項15】

10

20

30

40

50

前記回転子板の前記第1及び第2の接触面は、0.0005"から0.005"内で平行であり、前記固定子板の前記第1及び第2の接触面は、0.0005"から0.005"内で平行である、請求項14に記載の軸流タービン。

**【請求項16】**

前記複数の回転子板は、互いに固定され、前記複数の固定子板は、互いに固定され、単一のカートリッジ・システムを形成するように前記複数の固定子板に対して配置される、請求項11に記載の軸流タービン。

**【請求項17】**

前記單一カートリッジ・システムは、前記ハウジングに解放可能に結合される、請求項16に記載の軸流タービン。

10

**【請求項18】**

第1の複数のブラシ・シール及び第2の複数のブラシ・シールを更に備え、前記第1の複数のブラシ・シールのそれぞれが、前記複数の回転子のうちの対応するそれぞれ1つの前記最外部の近位に配置され、前記第2の複数のブラシ・シールのそれぞれが、前記複数の固定子のうちの対応するそれぞれ1つの前記最内部の近位に配置される、請求項11に記載の軸流タービン。

**【請求項19】**

熱エネルギーを電気に変換するためのシステムであって、  
流入口、流出口、固定子、及びタービン回転子を有するタービンであって、前記タービンは、前記流入口を介して第1の容量の作動流体を受け取るように、及び前記流出口を介して前記第1の容量の作動流体を排出するように構成され、前記タービン回転子は、回転軸を中心に回転する、タービンと、

20

前記タービンに結合された発電機であって、前記発電機は、固定子及び発電機回転子を有し、前記発電機回転子は、前記回転軸を中心に前記タービン回転子によって回転駆動されるように前記タービン回転子と結合され、前記発電機は、第2の容量の前記作動流体を受け取るために前記発電機回転子と前記固定子との間にギャップを含み、前記ギャップは、入口ポート及び出口ポートを有する、発電機と、  
を備え、

前記ギャップ内に導入される場合、前記第1の容量の前記作動流体は、前記第2の容量の作動流体よりも高い温度を有し、前記ギャップ内に存在する前記第2の容量の動作流体は、前記発電機回転子及び前記固定子を冷却する、  
システム。

30

**【請求項20】**

前記第2の容量の前記作動流体を受け入れるため、及び、前記第2の容量を前記ギャップの前記入口ポートに導入する前に気化するための、気化器を更に含む、請求項19に記載のシステム。

**【請求項21】**

前記第2の容量の前記作動流体を受け入れるため、及び、前記第2の容量を前記ギャップの前記入口ポートに導入する前に噴霧するための、噴霧器を更に含む、請求項19に記載のシステム。

40

**【請求項22】**

前記タービンは、バックプレートを備えるフードを含み、前記出口ポートは、前記バックプレート内に配置された複数のオリフィスを含む、請求項21に記載のシステム。

**【請求項23】**

前記タービンは、貫流レートを有し、前記第2の容量の前記作動流体は、ある流量で前記ギャップを介して移動し、更に前記第2の容量の前記作動流体は、前記貫流レートの50%以下の流量を有するように前記ギャップ内に導入される、請求項19に記載のシステム。

**【請求項24】**

コンデンサ及びポンプを更に含み、前記コンデンサは、前記第1の容量の作動流体を受

50

け取り、前記第2の容量の作動流体に凝縮するため、及び、前記第2の容量の作動流体を前記ポンプ内に排出するため、前記軸流タービンの前記流出口に流動的に結合され、前記ポンプは、前記第2の容量の作動流体を前記発電機内の前記ギャップに送達するように前記入口ポートに結合される、請求項19に記載のシステム。

【請求項25】

熱エネルギーを電気に変換するためのシステムであって、

近位端、遠位端、発電機回転子、及び固定子を有する発電機であって、前記発電機回転子は前記固定子内での回転軸を中心とする回転運動用に配設され、前記発電機は、前記近位端に隣接して配置された第1の磁気ラジアル軸受、及び前記遠位端に隣接して配置された第2の磁気ラジアル軸受も含み、前記第1及び第2の磁気ラジアル軸受は、前記発電機回転子を取り囲み、動作中に前記回転軸に対して実質上同軸に整合された状態で前記発電機回転子を保持する、発電機と、

タービンであって、少なくとも1つの固定子、及び前記少なくとも1つの固定子内で前記回転軸を中心とする回転運動用に支持される少なくとも1つのタービン回転子を有し、前記少なくとも1つのタービン回転子は、前記発電機回転子を回転駆動させるように前記少なくとも1つの発電機回転子に結合され、前記少なくとも1つのタービン回転子は、回転運動用の前記少なくとも1つのタービン回転子を径方向に支持するためのラジアル軸受が前記タービン内に含まれないようなオーバーハング構成において、前記発電機の前記近位端に取り付けられ、前記少なくとも1つのタービン回転子は、径方向最外表面を有し、前記少なくとも1つの固定子は、径方向最内表面を有し、前記タービンは、少なくとも1つの台座、前記少なくとも1つの回転子の前記径方向最外表面を係合する第1のブラシ・シール、及び前記少なくとも1つの台座を係合する第2のブラシ・シールを更に含む、タービンと、

を備える、システム。

【請求項26】

前記発電機回転子は、前記第1及び第2の磁気ラジアル軸受が前記発電機回転子を径方向に支持するために活動化されていない場合、前記回転軸との同軸整合を第1の径方向距離だけ外れて自由に移動可能であり、更に、前記第1のブラシ・シール及び前記第2のブラシ・シールは、前記タービン回転子、及び次に前記タービン回転子に結合された前記発電機回転子が、前記回転軸との同軸整合を第2の径方向距離を超えて偏位しないように、前記タービン回転子を支持するように選択された径方向長さ及び剛性を有し、前記第2の径方向距離は、前記第1の径方向距離の0.8倍未満である、請求項25に記載のシステム。

【請求項27】

前記第1のブラシ・シールは、前記径方向最外表面から0.0000"から0.010"のスペースが空けられ、前記第2のブラシ・シールは、前記台座から0.0000"から0.010"のスペースが空けられる、請求項26に記載のシステム。

【請求項28】

前記第2の径方向距離は、前記第1の径方向距離の0.3から0.6倍である、請求項26に記載のシステム。

【請求項29】

発電機を駆動するためのタービンを作成する方法であって、前記タービンは、50kWから5MWの範囲内で電力を生成するように前記発電機を駆動させるのに十分な電力出力を有し、前記方法は、

第1の厚みのフロアを有するユニバーサル・タービン・フードを提供すること、

径方向高さを有する回転子ステージを提供することであって、前記回転子ステージは前記タービン・フード内に配置されること、及び、

前記フロアの前記厚みを減らすために前記フードから材料を切削し、前記回転子ステージの前記径方向高さを減らすために材料を切削することであって、前記切削は、50kWから5MWの範囲内の目標値で最大電力出力を生成するように前記発電機を駆動させるの

10

20

30

40

50

に十分な電力出力を有するタービンを作成するように実行されること、  
を含む、方法。

【請求項 3 0】

前記ユニバーサル・タービン・フードを提供するステップは、バックプレートを含むタービン・フードを提供することを含み、前記目標値で前記最大電力出力を生成するように前記発電機を駆動させるのに十分な前記電力出力の達成を可能にする構成を有するために、前記バックプレートを選択するステップを更に含む、請求項 2 9 に記載の方法。

【請求項 3 1】

前記ユニバーサル・タービン・フードを提供するステップは、前記タービン・フードの前記フロアに近位のノーズ・ピースを提供することを含み、前記ノーズ・ピースは、前記目標値で前記最大電力出力を生成するように前記発電機を駆動させるのに十分な前記電力出力の達成を可能にする構成を有する、請求項 2 9 に記載の方法。

10

【請求項 3 2】

前記ユニバーサル・タービン・フードは、前記フロアと向き合うバックプレート、及び、前記バックプレートと前記フロアとの間のディフューザ出口通路を含み、前記ディフューザ出口通路は、幅 1 1 を有し、前記ユニバーサル・タービン・フードは、前記バックプレートから軸方向に距離 1 4 のスペースが空けられたフード壁を更に含み、前記距離 1 4 が幅 1 1 の半分から 4 倍であるようにバックプレートを形成するステップを更に含む、請求項 2 9 に記載の方法。

20

【請求項 3 3】

前記提供するステップで使用される前記バックプレートは、前記タービン・フードから分離され、前記タービン・フードに解放可能に取り付け可能である、請求項 3 0 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

(関連出願のデータ)

[0001] 本願は、全体として参照により本明細書に組み込まれた、2012年9月11月出願の「Axial Overhung Turbine and Generator System For Use In An Organic Rankine Cycle」という名称の米国仮特許出願第 6 1 / 6 9 9 , 6 4 9 号の非仮出願である。

30

【0 0 0 2】

[0002] 本発明は、一般に、産業廃熱回収及び他の応用例のためのタービン発電機電力システムの分野に関する。特に、本発明は、直接駆動の発電機に結合されたオーバーハング・タービンを対象とする。

【背景技術】

【0 0 0 3】

[0003] 気候の変動及び増加するエネルギー・コストに対する懸念は、様々な産業工程における費用を最小限にしたいという要望と共に、こうした工程において生じる廃熱の捕捉にますます注目することにつながる。産業廃熱回収において、有機ランキン・サイクル(「O R C」)タービン発電機電力システムが使用されてきた。残念なことに、廃熱を捕捉し、これを電気に変換するための既知のシステムは、しばしばある産業工程で使用可能なスペースには大き過ぎ、期待されるほど効率的ではなく、効率的に動作させるためには使用可能な熱よりも多くの熱を必要とし、ある応用例では製造費用が高額であり過ぎ、又は、望まれるよりも多くの保守を必要とする。地熱エネルギー回収及びある海洋熱エネルギー・プロジェクトなどの他の応用例では、豊富な熱が使用可能であり、効率的な O R C システムはこうした熱を電気に変換するための満足のいく手段である。しかしながら、たとえこうした他の応用例においても、既知の O R C システムはいくつかのこうした応用例にとっては高価すぎる傾向があり、期待されるほど効率的ではない、及び / 又は、望まれるよりも多くの保守を必要とする。

40

【発明の概要】

50

## 【0004】

[0004] 一実装において、本開示は熱エネルギーを電気に変換するためのシステムを対象とする。システムは、5 MW以下の電力出力を有する発電機であって、当該発電機は、近位端、遠位端、発電機回転子、及び固定子を有し、当該発電機回転子は当該固定子内の回転軸を中心とする回転運動用に配設され、当該発電機は、当該近位端に隣接して配置された第1の磁気ラジアル軸受、及び当該遠位端に隣接して配置された第2の磁気ラジアル軸受も含み、当該第1及び第2の磁気ラジアル軸受は、当該発電機回転子を取り囲み、動作中に当該回転軸に対して実質上同軸に整合された状態で当該発電機回転子を保持する、発電機と、タービンであって、少なくとも1つの固定子、及び当該少なくとも1つの固定子に対して当該回転軸を中心とする回転運動用に支持される少なくとも1つのタービン回転子を有し、当該少なくとも1つのタービン回転子は、当該発電機回転子を回転駆動させるように当該発電機回転子に結合され、当該タービンは当該発電機の当該近位端に取り付けられた第1の端部を有し、当該少なくとも1つのタービン回転子は、回転運動用の当該少なくとも1つのタービン回転子を径方向に支持するためのラジアル軸受が当該タービン内に含まれないようなオーバーハング構成を有し、当該タービンは、作動流体を第1の温度で受け取るための流入口、及び当該作動流体を当該第1の温度よりも低い第2の温度で排出するための流出口を更に含み、当該流出口は、当該発電機への伝熱を最小限にするように当該タービンの当該第1の端部に近接して配置される、タービンと、を含む。

10

## 【0005】

[0005] 他の実装において、本開示は熱エネルギーを電気に変換するためのシステムを対象とする。システムは、5 MW以下の電力出力を有する発電機であって、当該発電機は、近位端、遠位端、発電機回転子、及び固定子を有し、当該発電機回転子は当該固定子内の回転軸を中心とする回転運動用に配設され、当該発電機は、当該近位端に隣接して配置された第1の流体膜軸受、及び当該遠位端に隣接して配置された第2の流体膜軸受も含み、当該第1及び第2の流体膜軸受は、当該発電機回転子を取り囲み、動作中に当該回転軸に対して実質上同軸に整合された状態で当該発電機回転子を保持する、発電機と、タービンであって、少なくとも1つの固定子、及び当該少なくとも1つの固定子に対して当該回転軸を中心とする回転運動用に支持される少なくとも1つのタービン回転子を有し、当該少なくとも1つのタービン回転子は、当該発電機回転子を回転駆動させるように当該発電機回転子に結合され、当該タービンは当該発電機の当該近位端に取り付けられた第1の端部を有し、当該少なくとも1つのタービン回転子は、回転運動用の当該少なくとも1つのタービン回転子を径方向に支持するためのラジアル軸受が当該タービン内に含まれないようなオーバーハング構成を有し、当該タービンは、作動流体を第1の温度で受け取るための流入口、及び当該作動流体を当該第1の温度よりも低い第2の温度で排出するための流出口を更に含み、当該流出口は、当該発電機への伝熱を最小限にするように当該タービンの当該第1の端部に近接して配置される、タービンと、を含む。

20

## 【0006】

[0006] 更に別の実装において、本開示は交換可能構成要素を備える軸流タービンを対象とする。軸流タービンは、内部及び第1の回転軸を有するハウジングと、複数の回転子板であって、それぞれが中心線、第1の接触面、及び当該第1の面に接触する第2の接触面を有し、当該第1及び第2の接触面は実質上平行であり、当該第1及び第2の接触面のそれぞれは、0.00005"から0.020"の範囲内で平坦であり、当該複数の回転子板は、その当該中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置され、多段回転子アセンブリの回転子部分を画定するように当該第1の回転軸と同軸であり、当該複数の回転子板のそれぞれは径方向最外部分を有する、複数の回転子板と、複数の固定子板であって、それぞれが中心線、第1の接触面、及び当該第1の面に接触する第2の接触面を有し、当該第1及び第2の面は実質上平行であり、当該第1及び第2の面のそれぞれは、0.0005"から0.020"の範囲内で平坦であり、当該複数の固定子板は、当該固定子板の当該中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置され、多段固定子アセンブリの固定子部分を画定するように当該第1の回転軸と同軸であり、当該複数の固定子板の

30

40

50

それぞれは径方向最内部分を有する、複数の固定子板と、を含み、当該複数の回転子板は、上流方向で多段回転子アセンブリを画定するように当該複数の固定子板のうちの対応するそれぞれ1つと交互の関係で配置され、更に、当該複数の回転子板のうちの少なくとも1つは軸コードを備える第1の複数の翼を含み、当該複数の固定子板のうちの隣接する1つは軸コードを備える第2の複数の翼を含み、当該第1の複数の翼は、当該スペースのすぐ上流の当該回転子板及び固定子板のうちの1つの軸コードに関して測定した場合、2軸コード以下から軸コードの1%の1/4までの軸寸法を有するスペースを画定するように、当該第2の複数の翼から軸方向にスペースが空けられる。

## 【0007】

[0007] 更に別の実装において、本開示は熱エネルギーを電気に変換するためのシステムを対象とする。システムは、流入口、流出口、固定子、及びタービン回転子を有するタービンであって、当該タービンは、当該流入口を介して第1の容量の作動流体を受け取るように、及び当該流出口を介して当該第1の容量の作動流体を排出するように構成され、当該タービン回転子は回転軸を中心に回転する、タービンと、当該タービンに結合された発電機であって、当該発電機は固定子及び発電機回転子を有し、当該発電機回転子は、当該回転軸を中心に当該タービン回転子によって回転駆動されるように当該タービン回転子と結合され、当該発電機は、第2の容量の当該作動流体を受け取るために当該発電機回転子と当該固定子との間にギャップを含み、当該ギャップは入口ポート及び出口ポートを有する、発電機と、を含み、当該ギャップ内に導入される場合、当該第1の容量の当該作動流体は当該第2の容量の作動流体よりも高い温度を有し、当該ギャップ内に存在する当該第2の容量の動作流体は当該発電機回転子及び当該固定子を冷却する。

10

20

30

40

## 【0008】

[0008] 更に別の実装において、本開示は多段タービン・カートリッジを対象とする。タービン・カートリッジは、複数の回転子板であって、それぞれが中心線、第1の接触面、及び当該第1の接触面に接する第2の接触面を有し、当該第1及び第2の接触面は実質上平行であり、当該第1及び第2の接触面のそれぞれは、0.00005"から0.020"の範囲内で平坦であり、当該複数の回転子板は、当該回転子板の当該中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置される、複数の回転子板と、複数の固定子板であって、それぞれが中心線、第1の接触面、及び当該第1の面に接する第2の接触面を有し、当該第1及び第2の接触面は実質上平行であり、当該第1及び第2の接触面のそれぞれは、0.00005"から0.020"の範囲内で平坦であり、当該複数の固定子板は、当該固定子板の当該中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置される、複数の固定子板と、を含み、当該複数の回転子板は、上流方向で多段回転子アセンブリを画定するように当該複数の固定子板のうちの対応するそれぞれ1つと交互の関係で配置され、更に、当該複数の回転子板のうちの少なくとも1つは軸コードを備える第1の複数の翼を含み、当該複数の固定子板のうちの隣接する1つは軸コードを備える第2の複数の翼を含み、当該第1の複数の翼は、当該スペースのすぐ上流の当該回転子板及び固定子板のうちの1つの軸コードに関して測定した場合、2軸コード以下から軸コードの1%の1/4までの軸寸法を有するスペースを画定するように、当該第2の複数の翼から軸方向にスペースが空けられる。

## 【0009】

[0009] 更に別の実装において、本開示は、熱エネルギーを電気に変換するためのシステムを対象とする。システムは、近位端、遠位端、発電機回転子、及び固定子を有する発電機であって、当該発電機回転子は当該固定子内の回転軸を中心とする回転運動用に配設され、当該発電機は、当該近位端に隣接して配置された第1の磁気ラジアル軸受、及び当該遠位端に隣接して配置された第2の磁気ラジアル軸受も含み、当該第1及び第2の磁気ラジアル軸受は、当該発電機回転子を取り囲み、動作中に当該回転軸に対して実質上同軸に整合された状態で当該発電機回転子を保持する、発電機と、タービンであって、少なくとも1つの固定子、及び当該少なくとも1つの固定子内で当該回転軸を中心とする回転運動用に支持される少なくとも1つのタービン回転子を有し、当該少なくとも1つのタービ

50

ン回転子は、当該発電機回転子を回転駆動させるように当該少なくとも1つの発電機回転子に結合され、当該少なくとも1つのタービン回転子は、回転運動用の当該少なくとも1つのタービン回転子を径方向に支持するためのラジアル軸受が当該タービン内に含まれないようなオーバーハング構成において、当該発電機の当該近位端に取り付けられ、当該少なくとも1つのタービン回転子は径方向最外表面を有し、当該少なくとも1つの固定子は径方向最内表面を有し、当該タービンは、少なくとも1つの台座、当該少なくとも1つの回転子の当該径方向最外表面を係合する第1のブラシ・シール、及び当該少なくとも1つの台座を係合する第2のブラシ・シールを更に含む、タービンと、を含む。

## 【0010】

[0010] 更に別の実装において、本開示は、発電機を駆動するためのタービンを作成するための方法を対象とし、当該タービンは、50KWから5MWの範囲内で電力を生成するように発電機を駆動させるのに十分な電力出力を有する。方法は、第1の厚みのフロアを有するユニバーサル・タービン・フードを提供すること、径方向高さを有する回転子ステージを提供することであって、回転子ステージはタービン・フード内に配置される、提供すること、及び、フロアの厚みを減らすためにフードから材料を切削し、回転子ステージの径方向高さを減らすために材料を切削することであって、当該切削は、50KWから5MWの範囲内の目標値で最大電力出力を生成するように発電機を駆動させるのに十分な電力出力を有するタービンを作成するように実行される、切削すること、を含む。

## 【0011】

[0011] 本発明を例示するために、図面は本発明の1つ以上の実施形態の態様を示す。しかしながら本発明は、図面内に示された精密な配置構成及び手段に限定されるものではないことを理解されたい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0012】

【図1】ORCタービン発電機システムを示す概略図である。

【図2】発電機の内部細部が概略的に示された、図1に示されたシステムのタービン及び発電機を示す概略図である。

【図3】ORCタービン発電機システムの代替実施形態が示されていることを除き、図1と同様の図である。

【図4a】図1に示されたタービン・アセンブリの多段軸流タービン実施形態を示す断面図、及び、図が見やすいように発電機の回転子及び固定子が除去された、発電機の一実施形態に含まれるベアリングを概略的に示す、図1に示された発電機の部分切り離し図である。

【図4b】図1に示されたタービン・アセンブリの単段ラジアル・タービン実施形態が示されていることを除き、図4aと同様の図である。

【図4c】図4bに示されたタービン・アセンブリの多段ラジアル・タービン実施形態が示されていることを除き、図4bと同様の図である。

【図4d】図4cに示された多段ラジアル・タービン・アセンブリの回転子が背面構成で配列していることを除き、図4cと同様の図である。

【図5】図4aに示されたタービン内で使用可能なタービン・カートリッジの一実施形態を示す断面図である。

【図6】フード・バックプレートの一部及びタービン・カートリッジ全体を示す、図4aに示されたタービンの一部を示す拡大断面図である。

【図7】図4aに示されたタービンの多段実施形態で使用される、2つの固定子板と固定スペーサ板を備えた1つの回転子板との相対的な配置を示す斜視図である。

【図8】板の相対的な配置を示す、図4aに示されたタービンの多段実施形態で使用される3つの回転子板を示す斜視図である。

【図9】ブラシ・シール及びタービンの他の細部を示す、図6に示されたタービンの一部を示す垂直断面図である。

【図10】タービンの代替実施形態を示すことを除き、図9と同様の図である。

10

20

30

40

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0013】

[0012] 本開示は、有機ランキン・サイクル(ORC)、カリーナ・サイクル、又は他の同様のサイクルの、廃熱を生成する生産工程で、又は例えば太陽システム又は海洋温度差システムなどの他の熱源に関連して、使用するための、タービン出力発電機を対象とする。以下でより詳細に説明するように、熱源によって加熱されたボイラからの高圧高温ガスはタービン・ハウジングに入り、タービンを介して膨張して回転子を回転させ、これが発電機シャフトを回転させて電気を生成する。

## 【0014】

[0013] 図1を参照すると、タービン発電機アセンブリ20はORCシステム22で使用することが意図されている。考察しやすいように、システム22はORCシステム22を指し、ORCシステム22として記述されている。しかしながら、本発明には、カリーナ・サイクル・プロセスなどの他の熱力学的プロセス、及びボトミング・サイクル・プロセスも含まれることを理解されよう。タービン発電機アセンブリ20は、タービン24と、タービンに接続されこれによって駆動される発電機26と、を含む。タービン発電機アセンブリ20についてより詳細に考察する前に、ORCシステム22について考察する。

10

## 【0015】

[0014] ORCシステム22は、産業プロセスからの廃熱などの熱源30に接続されたボイラ28を含む。ボイラ28は、接続32を介して高圧高温蒸気をタービン24に提供する。以下でより詳細に考察するように、高温蒸気、別名作動流体は、タービン24内で膨張し、ここでその温度が低下した後、タービンから排出され、流体接続34を介してコンデンサ36に送達される。コンデンサ36において、タービン24内で冷却された蒸気が更に、典型的には液体状まで冷却された後、第1の容量のこうした液体が流体接続38を介してポンプ40に送達され、ここで液体は接続42を介してボイラ28に戻される。この液体はその後、熱交換機又はボイラ内の他の構造(図示せず)を介した熱源30からの熱によってボイラ28内で再加熱された後、サイクルを反復し、流体接続32を介して高圧高温蒸気としてタービン24に戻される。

20

## 【0016】

[0015] 次に図1及び図2を参照すると、コンデンサ36を出る第2の容量の冷却液は、一実施形態では、ポンプ50によって流体接続52を介して気化器54に送達され、気化器から流体接続58を介して発電機26に送達される。ポンプ50からの流体は、以下で更に考察するように、流体接続56を介して発電機26、特に冷却ジャケット76にも送達される。他の実施形態において、ポンプ50を省略し、代わりにポンプ40から出力された液体を、流体接続57を介して流体接続52及び56に送達することができる。気化器54は、コンデンサ36からの第2の容量の液体のうちの少なくとも一部を気化し、流体接続58を介して冷却蒸気を発電機26に送達する。図2に示されるように、発電機26は流体ギャップ70、固定子72、及び発電機回転子74を含み、固定子と回転子との間に流体ギャップ(例えばガス又は噴霧液)が配置される。発電機回転子74は、回転軸106を中心に固定子72に対して回転する。

30

## 【0017】

[0016] 冷却蒸気はギャップ70内に導入され、蒸気がギャップ70を通過する際に、固定子72及び発電機回転子74から熱を抽出した後、蒸気は流体接続34を介して、コンデンサ36による冷却のためにタービン24から排出される高温蒸気と共に排出される。オプションで、図1及び図3に示されるように、発電機26から排出される蒸気は、タービン24から排出される蒸気と組み合わされず、流体接続37を介してコンデンサ36に直接送達することができる。タービン24は貫流レートを有し、一実施形態において、ギャップ70内に導入される第2の容量の蒸気(作動流体)は、貫流レートの50%以下の流量でギャップを介して移動する。必須ではないが典型的には、発電機26が密封され、ギャップ70内に存在する作動流体が、流体接続34、又は提供されている場合は流体接続37を介する以外には漏れ出さないことを保証する。

40

50

## 【0018】

[0017] 次に図1～図4を参照すると、一実施形態において、発電機26は発電機を冷却するための冷却ジャケット76(図2及び図4)によって囲まれている。ポンプ50によって流体接続56を介して発電機26に送られる冷却液は、流入口77(図4)を介して冷却ジャケット76に送達される。冷却液は冷却ジャケット76を介して循環し、固定子72及び発電機26の他の構成要素から熱を抽出する。冷却ジャケット76の通過を完了すると、冷却液はここで幾分温かくなり、流体接続78を介して発電機26から除去され、冷却ジャケット内の流体流出口79を出た後で、コンデンサ36に戻される。

## 【0019】

[0018] 次に図2及び図3を参照すると、ORCシステム22の別の実施形態において、10  
気化された液体ではなく噴霧された冷却液が、発電機26内のギャップ70に提供される。以下で具体的に考察されている場合を除き、図3に示されたORCシステム22の実施形態は、本来、図1に示されたシステムの実施形態と同一であり、同一要素のこうした記述は、簡略にするために提供されない。図1に示されたORCシステム22の実施形態とは異なり、図3に示された実施形態では気化器が提供されていない。その代わりに、流体接続56を介して発電機26に送達される冷却液の一部が、流体接続80によって発電機の近位に配置された噴霧器82に提供される。噴霧器82は冷却液を噴霧した後、これが発電機26内のギャップ70に送達され、ここで比較的冷たい噴霧液は、固定子及び回転子内の熱によって気化される噴霧液の一部に関する気化の潜熱を介することを含み、ギャップを通過する際に固定子72及び発電機回転子74から熱を抽出する。その後噴霧液は、タービン24から排出される作動流体と共に、流体接続34を介して発電機26から抽出される。図2及び図3において、噴霧器82は、本発明の一実施形態に関連して使用されるオプション要素であることを示すために、点線で示されている。上記で考察されたように、一実施形態において、ギャップ70内に導入される第2の容量の噴霧液(作動流体)は、タービン24の貫流レートの50%以下の流量でギャップを通過する。

## 【0020】

[0019] いくつかの応用例では、冷却ジャケット76を介した固定子72の冷却のみを提供し、蒸気又は噴霧液をギャップ70に提供しないことが望ましい場合がある。他の応用例では、その逆が望ましい場合がある。

## 【0021】

[0020] 様々な高分子量有機流体を、単独で又は組み合わせて、システム20内の作動流体として使用することができる。これらの流体は、例えばR125、R134a、R152a、R245fa、及びR236faなどの冷媒を含む。他の応用例では、例えば水及びアンモニアなどの、高分子量有機流体以外の流体が使用可能である。

## 【0022】

[0021] システム22は、発電機26に接続されたパワー・エレクトロニクス・パッケージ86も含む。パッケージ86は、発電機26からの可変周波数出力電力を、例えば50Hz及び400V、60Hz及び480V、又は他の同様の値などの、グリッド87への接続に好適な周波数及び電圧に変換する。

## 【0023】

[0022] 発電機26をより詳細に考察すると、一実施形態において、発電機はダイレクトドライブ、永久磁石の発電機である。こうした構成は、ギアボックスが不要であり、結果としてより小型軽量のシステム20となるため、有利である。本明細書で説明される本発明の様々な態様は、もちろん、タービン24のタービン回転子104と発電機26の発電機回転子74との間に機械的に結合されたギアボックス、及び、永久磁石を含まない好適な巻線型回転子、例えば2重巻線型の誘導供給型回転子を有する発電機を使用して、効果的に実装可能である。加えて、ある応用例では、ダイレクトドライブ同期発電機を発電機26として使用することができる。発電機26の定格出力は、所期の応用例に応じて変化する。一実施形態において、発電機26は5MWの定格出力を有する。別の実施形態において、発電機26は50kWの定格出力を有し、更に他の実施形態において、発電機26

10

20

30

40

50

は、例えば 200 kW、475 kW、600 kW、又は 1 MW などの値間の何らかの定格出力を有する。上記の例で列挙した以外の発電機 26 の定格出力が本発明に包含される。

【0024】

[0023] 高速（例えば 20,000 ~ 25,000 rpm）運転を許可するため、及び保守を最小限にするため、発電機 26 のいくつかの実施形態において、磁気ラジアル軸受 88（図 4 を参照のこと）を使用して発電機回転子 74 の回転運動を支持することが望ましい場合がある。一実施形態において、磁気ラジアル軸受 88a がタービン 24 に近位の発電機回転子 74 の端部に隣接して配置され、磁気ラジアル軸受 88b が回転子の反対側に隣接して配置される。以下でより詳細に考察するように、この軸受 88 の配置によって、タービン 24 のオーバーハング構成の大部分が可能になる。同様に、発電機回転子 74 の軸方向運動は、磁気軸推力軸受 89 を使用することによって制御可能である。磁気ラジアル軸受 88 及び磁気軸推力軸受 89 は、コントローラに結合されたセンサ（図示せず）によって検出される、発電機回転子 74 の径方向及び軸方向位置の変化に応じて、軸受に送達されるパワーを調整するコントローラ 90 によって制御され、これらはすべて当業者にとって周知である。

10

【0025】

[0024] 本発明の別の実施形態において、磁気ラジアル軸受 88 及び推力軸受 89 の代わりに流体膜軸受を使用することができる。例示の目的で、図 4 の磁気軸受 88 及び 89 の概略描写は、代替において流体膜軸受を含むものとみなすべきである。知られているように、流体膜軸受は流体、すなわち気体又は液体の薄膜上で全回転子負荷を支持する。

20

【0026】

[0025] オプションで、磁気軸受 88 及び 89 に加えて、回転要素ラジアル軸受 92、例えばラジアル軸受 92a 及び 92b を、典型的には、それぞれ磁気軸受 88a 及び 88b に隣接する、回転子シャフトを囲む発電機回転子 74 の回転子シャフト 93 の両端に提供することができる。回転要素ラジアル軸受 92 は、磁気軸受 88 及び 89 に電圧が印加されていない場合、発電機回転子 74 及びそのシャフト 93 を回転軸 106 に対してほぼ同軸に支持する。より具体的に言えば、回転要素ラジアル軸受 92 は、磁気軸受 88 が活動化されていない場合、発電機回転子 74 に静止点を提供し、急激な電子又は電力障害時に発電機回転子を安全着陸させる。いくつかのケースでは、動作中、磁気軸受 88 及び 89 に電圧が印加された時に、磁気軸受 88 の動作における摂動により、たとえ発電機回転子 74 の最大径方向偏向の間であっても、いずれかの接触があれば回転子が回転要素ラジアル軸受 92 によって制限されるため、比較的余裕を持って発電機回転子 74 を支持するように回転要素ラジアル軸受 92 のサイズを決定することが望ましい場合がある。磁気ラジアル軸受 88 の代わりに流体膜軸受が使用される場合、回転要素ラジアル軸受 92 は、典型的には不要であるが、いくつかの応用例では、こうしたラジアル軸受を含むことが望ましい場合がある。

30

【0027】

[0026] 一実施形態において、例えば流体の動的不安定又は制御システム障害又は電力障害（バックアップなし）から、磁気ラジアル軸受の摂動によって発生する可能性のある主要径方向偏向時を含み、磁気ラジアル軸受 88 が完全に活動化された時に発生する可能性のあるシャフト 93 の回転軸 106 からの最大径方向偏位の 1.01 から 5 倍量、回転子シャフト 93 が回転軸 106 との完全な同軸整合から径方向に偏位できるように、回転要素ラジアル軸受 92 のサイズが決定される。別の実施形態において、ラジアル軸受 92 によって許容されるこの偏位は、ここでも経時的に発生する主要摂動時を含み、磁気軸受 88 が活動化された時に発生するシャフト 93 の回転軸 106 からの径方向偏位の約 2 から 3 倍である。回転要素ラジアル軸受 92 は、当分野ではしばしば「バンパー軸受」又は「バックアップ軸受」と呼ばれる。

40

【0028】

[0027] 回転要素ラジアル軸受 92 は、上記で考察した理由によって有益であるが、こうした軸受の径方向隙間がタービン 24 の従来のシール（詳細に図示せず）にとって望まし

50

い隙間よりもかなり大きいことから、問題点も提示している。典型的な回転要素ラジアル軸受 9 2 は、およそ 0.005 から 0.015 インチの径方向隙間を有する。これに対して、タービン 2 4 のシールにとって望ましい径方向隙間は、典型的にはおよそ 0.000 ~ 0.001 インチである。発電機 2 6 がアセンブルされ、出荷及び格納される場合、又は磁気軸受 8 8 の障害によって動作中に発電機回転子 7 4 の浮上が失われた場合、発電機回転子は回転要素ラジアル軸受 9 2 まで下がることになる。こうした発電機回転子 7 4 内での「活動」の結果、回転要素ラジアル軸受 9 2 の近位のシャフト 9 3 の一部が、タービン 2 4 内のシールと共に、経時的に破損される可能性がある。実際、ある応用例では、わずか 1 ~ 10 の「バンパー」イベントが、タービン発電機アセンブリ 2 0 の構成要素に、こうした構成要素の分解及び修理 / 交換が必要となるのに十分な損傷を発生させる可能性がある。

10

#### 【0029】

[0028] この問題の解決策は、磁気軸受 8 8 及び / 又は回転要素ラジアル軸受 9 2 のうちの 1 つ以上に隣接するラジアル・ブラシ・シール 9 4 (図 4) を追加すること、或いは、回転要素ラジアル軸受 (すなわちバンパー軸受) の代わりにブラシ・シールを使用することである。こうした状況下で使用される場合、ブラシ・シール 9 4 は、変形するまでかなりの径方向の力に耐えるように設計される。こうした変形は一時的なものであり、ブラシ・シール 9 4 は、以前の構成に即時に復活するように構成されている。言い換えれば、ブラシ・シール 9 4 は自己回復型である。各ブラシ・シール 9 4 の剛性は、発電機回転子 7 4 及び発電機回転子に結合されたタービン回転子 1 0 4 (以下で考察) の重み、並びに、発電機 2 6 及びタービン 2 4 のそれぞれの全体設計及び動作パラメータを前提として許容される回転子 7 4 及び 1 0 4 の径方向運動の範囲に基づいて選択される。一実施形態において、ブラシ・シール 9 4 の剛性は、回転子がブラシ・シールのみによって支持されている時に発生する、回転軸 1 0 6 との同軸整合からの発電機回転子 7 4 の径方向偏位の範囲が、磁気軸受 8 8 が完全に活動化され、通常の動作を通じて回転運動のために発電機回転子 7 4 を支持する時に発生する、回転軸 1 0 6 との同軸整合からの発電機回転子 7 4 の最大径方向偏位の範囲の 1 から 5 倍であるように、選択される。別の実施形態において、こうした径方向偏位の範囲は、磁気軸受 8 8 が完全に活動化され、通常の動作を通じて回転運動のために発電機回転子 7 4 を支持する時に発生する、回転軸 1 0 6 との同軸整合からの発電機回転子 7 4 の径方向偏位の範囲の、1.2 から 4 倍である。別の実装において、発電機回転子 7 4 は、磁気軸受 8 8 が活動化されていない場合、回転軸 1 0 6 との同軸整合を第 1 の径方向距離だけ外れて自由に移動可能であり、ブラシ・シール 9 4 によって支持されている場合、回転軸との同軸整合を第 2 の径方向距離を超えて径方向に移動しない。この実装において、第 2 の径方向距離は第 1 の径方向距離の 0.8 倍以下であり、いくつかの実装では、第 1 の径方向距離の 0.2 から 0.6 倍の範囲である。

20

30

#### 【0030】

[0029] 次に図 2 及び図 4 ~ 1 0 を参照すると、タービン 2 4 がより詳細に説明される。図 4 a に示された実施形態において、タービン 2 4 はオーバーハング軸流タービンであり、ラジアル流入口 1 0 0 及びラジアル流出口 1 0 2 を有するハウジング 9 8 を含む。タービン 2 4 は、一実施形態において、3 段を有する図 4 a に示された実施形態を備える多段タービンである。以下でより詳細に考察される他の実施形態において、タービン 2 4 は、図 4 b に示されるような単段オーバーハング・ラジアル・タービン、及び、図 4 c に示されるような多段オーバーハング・ラジアル・タービンとすることができます。このオーバーハング構成に従い、回転運動についてタービン内で回転子を径方向に支持するためのラジアル軸受はタービン 2 4 、3 2 4 、4 2 4 内に含まれない。前述のように、タービン 2 4 は、作動流体がタービンを介して移送される際に膨張するように構成されるため、結果としてタービンの低温端、すなわちラジアル流出口 1 0 2 の近位端は発電機 2 6 に近接して配置される。この配置構成により、タービン 2 4 から発電機 2 6 への熱伝達が低減される。

40

#### 【0031】

50

[0030] タービン 24 は、回転軸 106 を中心に回転するタービン回転子 104、及びハウジング 98 に関して固定される固定子 108 を含む。以下により詳細に考察するように、モジュール設計を特徴とするタービン 24 の一例において、図 5、図 6、及び図 9 で最もよくわかるように、タービン回転子 104 は複数の個別のブレード付き板 110 を含み、固定子 108 は、固定子板と交互に互いに係合関係で配置される複数の個別の板 112 を含む。回転子板 110 及び固定子板 112 は、流出口 100 と流出口 102 との間の領域に形成されるキャビティ 114 内のハウジング 98 内に配置される。図 9 及び図 10 で最もよく示されるように、固定子板 112 の径方向最内部は、固定子板のこうした径方向最内部上に提供されるシール 116 によって密封されたギャップ 115 を形成するように、回転子板 110 間に配置されたタービン回転子 104 の一部とスペースが空けられる。図 5 に示されたタービン 24 の一部では、それぞれが各回転子板 110 に対応する複数の固定子スペーサ・セグメント 117 が、固定子板 112 の径方向外部と交互に互いに係合関係で提供される。各スペーサ・セグメント 117 は、対応するそれぞれの回転子板 110 の径方向の外側に配置される。図 9 及び図 10 に示されたタービン 24 の代替実施形態において、スペーサ・セグメント 117 は固定子板 112 の一体部分として形成される(図 9 及び図 10 において、スペーサ・セグメントは別々にラベル表示されていない)。いずれのイベントにおいても、これらの各実施形態では、各スペーサ・セグメント 117 は、回転子板の径方向最外部とスペーサ・セグメントの径方向最内部との間にギャップ 118 が提供されるように、その対応するそれぞれの回転子板 110 に関してサイズが決定される。シール 119(図 9 を参照のこと)は、タービン 24 のある実施形態において、ギャップ 118 内に提供することができる。  
10 20 30

### 【0032】

[0031] 図 9 及び図 10 で最もよく示されるように、各回転子板 110 は、第 1 の接触面 130 及び第 1 の接触面と接触する第 2 の接触面 132 を含む。同様に、各固定子板 112 は、第 1 の接触面 134 及び第 1 の接触面と接触する第 2 の接触面 136 を含む。接触面 130、132、134、及び 136 は、実質上平坦であり、実質上平行である。更にそれらは、回転軸 106 に対して実質上垂直となるように配置構成される。接触面 130、132、134、及び 136 は、こうした表面の 2 乗平均平方根バージョンに関して測定された場合、一実施形態では 0.00005" から 0.020" の範囲で、ある実施形態では 0.0005" から 0.005" の範囲で、平坦である。更に一実施形態では、回転板 110 の接触面 130 及び 132、並びに固定子板 112 の接触面 134 及び 136 は、0.0001" から 0.015" の範囲だけ、ある実施形態では、0.0005" から 0.005" の範囲だけ、完全に平行な状態から偏位している。スペーサ・セグメント 117 が与えられた場合、前述のように、これらは好ましくは、同様に平坦であって接触面 130、132、134、及び 136 に対して平行な接触面を有する。  
30

### 【0033】

[0032] 次に図 7 及び図 8 を参照すると、タービン 24 のある実装において、1 つの回転子板 110 を隣接する回転子板に対して円周方向にクロックすること、例えば板 110b に対して回転子板 110a をクロックすることが望ましい場合がある。同様に、1 つの固定子板 112 を隣接する固定子板に対して円周方向にクロックすること、例えば板 112c に対して固定子板 112a をクロックすることが望ましい場合がある。当業者であれば理解されるように、タービン 24 に関する望ましい性能仕様は、与えられるクロッキングの程度に影響を与えることになる。クロックされる回転子板 110 のペアがどちらも同じ数の翼 140 を有する場合、一実施形態では、第 1 の回転子板 110、例えば板 110a は、第 2 の隣接する回転子板、例えば板 110b に対して、ゼロから 1 の翼ピッチで、すなわち(0)S から(1)S でクロックされる。同様に、クロックされる固定子板 112 のペアがどちらも同じ数の翼 142 を有する場合、一実施形態では、第 1 の固定子板 112、例えば板 112a は、隣接する回転子板、例えば板 112c に対して、ゼロから 1 の翼ピッチで、すなわち(0)S から(1)S でクロックされる。クロックされる回転子板 110 のペアがどちらも等しくない数の翼 140 を有する場合、一実施形態では、第 1 の  
40 50

回転子板 110、例えば板 110a は、第 2 の隣接する回転子板、例えば板 110b に対して、0 から 360 度の範囲内のいずれかでクロックされる。同様に、クロックされる固定子板 112 のペアがどちらも等しくない数の翼 142 を有する場合、一実施形態では、第 1 の固定子板 112、例えば板 112a は、隣接する回転子板、例えば板 112c に対して、0 から 360 度の範囲内のいずれかでクロックされる。既知のタービン・フローの分析及び実験的方法を使用して、この 0 から 360 度の範囲内で最適なクロッキング量を選択するように指導される。

#### 【0034】

[0033] 続けて図 7 及び図 8 を参照すると、一実施形態において、隣接する固定子板 112 は、固定子板 112、例えば固定子板 112c の周辺セクション 162 に沿って配置された、複数の円周方向にスペースが空けられたボア 160 を特徴とする位置合わせシステムを使用して、互いにクロックされるが、図 7 では例示の都合上、ボア 160 のうちの 5 つのみが示されている。一実装において、隣接するボア 160 は、円周方向に 1 翼ピッチ S のスペースが空けられる。位置合わせシステムは、スペーサ・セグメント 117 の周辺セクション 166 内にもボア 164 を含む。更に、ボア 160 が提供された固定子板、例えば固定子板 112c のすぐ近隣の固定子板 112、例えば固定子板 112a の周辺セクション 170 内に、ブラインド・ボア 168 を提供することも可能である（もちろん回転子板 110b 及びスペーサ板 117 が介在する）。一実施形態において、ボア 160、164、及び 168 は、回転軸 106 から実質上同一径方向距離のスペースが空けられ、実質上同一の直径を有する。位置合わせシステムは、典型的には軽度摩擦取り付けを使用して、ボア 160 のうちの選択された 1 つ内及びボア 164 内に受け取るようにサイズが決定された、ピン 172 を更に含む。このように位置決めされた場合、ピン 172 は、隣接するスペーサ・セグメント 117 との選択された円周方向の位置合わせで、固定子板 112c をロックする。隣接する固定子板、例えば板 112a と 112c との間の選択された円周方向のクロッキングは、次にボア 164 及び 168 内に挿入されるピン 174 を使用して、スペーサ・セグメント 117 を固定子板 112a にロックすることによって、達成される。図 9 及び図 10 に関連して以下により詳細に考察するように、隣接する回転子板 110 をクロックするための同様のシステムも採用可能である。前述のように、ピン 172 を受け取る複数のボア 160 のうちの 1 つの選択は、隣接する固定子板 112 間で望ましい円周方向のクロッキングの程度に基づいて決定される。本発明は、当業者であれば理解されるように、隣接する回転子板 110 及び固定子板 112 を円周方向にクロックするための他の手法を包含している。

#### 【0035】

[0034] 特に図 9 を参照すると、回転子板 110 及び固定子板 112 は、一実装では、回転子板 110 の翼 140 と隣接する固定子板 112 の翼 142 との間の軸方向距離 178 が、回転子板又は固定子板のうちの 1 つのすぐ上流のコードに関して測定した場合、2 軸コードから軸コードの 1 % の 1 / 4 までの範囲内であるようにスペースが空けられる。例えば、図 9 で R3 として識別される回転子板 110 の翼 140 は、S3 として識別される固定子板 112 のすぐ隣接する翼 142 から、2 軸コードから軸コードの 1 % の 1 / 4 までの範囲内であるコード距離 Cx, S3 の距離 178a のスペースが軸方向に空けられ、ある実施形態では、1 / 3 から 1 コードのスペースが空けられる。加えて、タービン 24 に関する段階反応は、任意の従来レベルとすることができます。しかしながら、軸推力レベルは、発電機 26 の使用可能推力能力に合致するように制御しなければならず、一例では、-0.1 から 0.3 の範囲内、及びしばしば -0.05 から +0.15 の範囲に入る一般的な値の、非常に低い段階反応が望ましい場合がある。例えば図 4c に示された多段ラジアル・インフロー・タービン 424 で、非常に低い段階反応が達成できない場合、第 2 の段を逆にして、2 つのラジアル・タービンが背面で動作し、最終段の放電が依然として発電機に向かうようにすることができます。

#### 【0036】

[0035] 本実施形態のアセンブリに関連して、図 4 ~ 図 6、図 9、及び図 10 を参照する

10

20

30

40

50

と、回転子板 110 及び固定子板 112 は、交互に互いに係合関係で配置される。一実施形態において、回転子板 110 は、板の径方向内側に複数のボア 186 (図 5 を参照のこと) を含み、これらのボアはボルト・スタッド 188 などの留め具を受け取るようにサイズが決定され、ボルト・スタッドは、板を介して延在し、スタブ・シャフト内のねじ込みボア 190 を介してスタブ・シャフト 189 に固定される。発電機回転子シャフト 93 は、スタブ・シャフト 189 内のねじ込みボア 194 内に受け取られるねじ込み式雄型端部 192 を含むことができる。

### 【0037】

[0036] 固定子板 112、及び提供された場合スペーサ・セグメント 117 は、單一カートリッジ 198 を形成するように、例えばまとめて交互に互いに係合関係で固定することができる。後者は、既知の留め具及び他のデバイスを使用して、ハウジング 98 のキャビティ 114 (図 6) 内に解放可能に固定することができる。一実施形態において、カートリッジ 198 は、キャビティ内の対応するサイズのくぼみ 201 にスナップ留めで係合されるロック・リング 200 によって、キャビティ 114 内に固定可能である。この構成を用いると、ロック・リング 200 が取り付けられた場合、固定子板 112、及び提供された場合セグメント 117 は、ハウジング 98 内のキャビティ 114 内に形成された肩部 202 に対して駆動され、それによって板及びセグメントを定位置にしっかりと保持する。タービン 24 のある実施形態では、回転子板間に相対的な回転運動が発生しないことを保証するために、回転子板 110 は、ボア 204 (図 8、図 9、及び図 10 を参照のこと) 内に受け取られるピン 203 (図 9 及び図 10 を参照のこと) を用いてまとめて固定することができる。同様に、タービン 24 の他の実施形態では、前述のように、相対的な回転運動が発生しないことを保証するために、固定子板 112 及びスペーサ 117 を、ピン 172 (図 9 及び図 10 を参照のこと) を用いてまとめて固定することができる。ピン 172 は、相対的に動かないように保証することが望ましい場合、最下流のスペーサ 117 又は固定子板 112 からハウジング 98 のフロア 204 を貫通することも可能である (こうした貫通は図示されていない)。最遠の上流固定子板 112 (図 9 及び図 10 では S1 と識別) 内でねじ込みボア 208 を用いてねじ込み式に係合される一実施形態では、ノーズ・コーン 206 を提供することが可能である。別の方法として、小ねじを使用して、ノーズ・コーン 206 を第 1 の固定子板 112 に固定することができる。図 5、図 6、図 9、及び図 10 を参照すると、いくつかの実装では、回転子板、固定子板、及びスペーサを介して延在する、1 つ以上のピン 210 及び / 又は 1 つ以上のボルト・スタッド 212 を使用して、回転子板 110、固定子板 112、及び提供される場合スペーサ 117 を、回転位置合わせし、まとめて固定することが望ましい場合がある。回転子板 110、固定子板 112、及びスペーサ 117 の精密な回転位置合わせのために、ピン 210 を使用することが可能であり、十分な圧力ばめでこれらの構成要素内に受け取られた場合、單一構造、すなわち單一カートリッジ 198 を形成するためにこれらの構成要素をまとめて保持することも可能である。回転位置合わせの何らかの手段を提供することに加えて、ボルト・スタッド 212 は、單一構造、すなわち單一カートリッジ 198 を形成するために、回転子板、固定子板、及びスペーサを更にまとめて引き付ける。

### 【0038】

[0037] 別々の回転子板 110 及び固定子板 112 を提供すること、並びに、こうした板を前述のように相対的に平坦にすることによって、これらの板をカートリッジ 198 (図 5 を参照のこと) としてアセンブルすることが可能であり、單一アセンブリとしてハウジング 98 内のキャビティ 114 内に配置し、キャビティ 114 から除去することが可能である。以下でより詳細に考察するように、カートリッジ 198 を提供することで、ユニバーサル・タービン 24 をその所期の応用例に容易に適合させること、及び保守又は新規の負荷要件のために交換することができる。

### 【0039】

[0038] いくつかの応用例では、発電機 26 をタービン 24 からより実質的に分離させることが望ましい。この目的を達成するために、図 6 で最もよく示されるように、バックプ

10

20

30

40

50

レート 250 の径方向最内部に近位のタービン 24 のスタブ・シャフト 189 を囲むシール 220 を含むことが望ましい場合がある。シール 220 は、ラビリング・シール、ブラシ・シール、精密許容差リング・シールとして、又は当分野で知られた他のシールを使用して、実装可能である。

【0040】

[0039] 図 4 ~ 図 6 に示されたタービン 24 の実施形態は、異なるサイズの回転子 104 及び固定子 108 を有するタービンのバージョンを容易に製造することができるよう設計される。タービン 24 に単一ハウジング 98 を提供する一方で、その単一ハウジングを使用して異なる動作パラメータでタービンを構成することを可能にすることによって、所与の応用例の仕様に対して高い費用効率でタービンを製造することができる。この柔軟な設計は、タービン用に企図された最大直径タービン回転子 104 が、前述のカートリッジ設計を使用することによってキャビティ 114 内に受け入れられるように、タービン 24 のハウジング 98 を設計及びサイズ決定することによって、部分的に達成される。特に、タービンが使用されることになる応用例に関してタービン 24 の望ましい動作パラメータが決定された後、タービン回転子 104 内で使用される板 110、並びに固定子 108 内で使用される板 112 及びスペーサ・セグメント 117 の、数及びサイズが決定される。

【0041】

[0040] 望ましい動作パラメータに合致するように容易に修正可能なタービン 24 を提供する目的に従い、ハウジング 98 がこうした修正を容易にするように設計される。ハウジング 98 のこうした設計の一様は、当該回転軸と当該少なくとも 1 つのタービン回転子の最外部との間で測定された場合、異なる径方向高さ  $r$  を有する、タービン回転子 104 及び固定子 108 を収容するだけの十分な厚みをフロア 204 に提供することを含み、当該軸流タービンは第 1 の厚みを備えるフロアを有し、当該第 1 の厚みは、 $r$  と 1.4

$r$  の間で変化する径方向寸法を備える当該少なくとも 1 つのタービン回転子を収容するだけの十分な厚みまで、当該フロアの内側を切削できるように選択される。更に、ハウジング 98 には、望ましい径方向高さを備えるタービン回転子 104 及び固定子 108 を受け入れるようにサイズが決定されたキャビティ 114 を作成するようにフロアを切削するために使用可能な、従来の工作機械、例えば 5 軸 C N C フライス盤又は C N C 旋盤によって、フロア 204 に容易にアクセスできるようにする構成が提供される。

【0042】

[0041] 修正可能ハウジング 98 を提供する別の態様は、幅 14、すなわちバックプレート 250 とハウジング壁 252 との間の距離 14 を、選択的に変更するように、及び、幅 11、すなわち出口幅を選択的に変更するように調整可能な、厚みを有するバックプレート 250 を含むことである。この点で、幅 14 は、ディフューザ出口の幅 11 の半分から 4 倍までの範囲で変更可能である。バックプレート 250 は、図 4 に示されるように、いくつかの実施形態ではハウジング 98 の全体部分、他の実施形態では別々の要素とすることができます。バックプレート 250 は、好ましくは、ギャップ 70 内の蒸気を排出し、タービン 24 の排出流路に送達し、最終的に流体接続 34 を介してコンデンサ 36 まで送達する際に介する、1 つ以上のポート 254 を含む。望ましい場合、タービン 24 の性能を調整する別の方法として、フロー・スプリッタ 256 をタービン回転子 104 及び固定子 108 のすぐ下流に提供することができる。別のオプション機能として、図 6 で最もよく示されるように、ハウジング 98 のフロア 204 のノーズ 260 に延長板 258 を追加することが可能である。

【0043】

[0042] ハウジング性能はいくつかの要因に依存するが、ハウジング流入口 100 での入口フローとハウジング・ベース寸法との整合は、本書で教示されるように重要である。非常に良好なフロー入口は、図 4 で構成されるようなハウジング・バックプレート 250 へと流れるディフューザ排出を提供する。実質的な設計変数は、 $L_4 = 14 / 11$  を設定するために 0.5 から 4 までの値に設定され、高性能を有する（良好なディフューザ C p を維持する）ためにはしばしば 2 から 3 の範囲内で設定される。これは、ディフューザ出口

10

20

30

40

50

幅（11）及びフード・フロア幅（14）を制御しなければならないことを意味する。出口幅11は、1次設計パラメータであるディフューザ全体の面積比を制御する際に、ディフューザの性能も制御するため、競合が生じる可能性がある。ディフューザに関する11が上昇すると、ハウジングを傷つけることになる。これは、広範囲の電力レベル（ある設計では最大5MW）をカバーするために豊富なハウジング設計から始めること、並びにその後、バックプレート250及びフロア204のノーズ260を修正することによって動作パラメータを調整することによって、制御される。別の設計変数は、11に独立制御を与えるディフューザ・スプリッタ256（図6）を導入することであり、それによってディフューザ出口値における選択変更を可能にする。更なる性能調整は、好適な高さ及び厚みの延長板258（図6）を選択することによって達成可能である。

10

## 【0044】

[0043] タービン24は、図4aでは多段軸流タービン24として示されているが、タービン発電機システム20はこれに限定されない。この点で、図4bを参照すると、代替実施形態において、タービン発電機システム20は、単段を有するラジアル・タービン324を含むことができる。図4a及び図4bでは同じ要素を識別するために同じ番号が使用され、簡潔にするために、ラジアル・タービン324の以下の説明に関して同じ要素の説明は省略される。後者は、單一回転子104及び單一固定子108を含む。図4aに示される軸流タービン24と同様に、軸流タービン324を、ボルト・スタッド188を用いて発電機シャフト93に解放可能に固定可能な單一カートリッジ198として実装することができる。タービン324は、流入口フランジ・リング333と、既知の留め具でハウジング98に取り付けられた外側フロー・ガイド334とを含むことができる。ノーズ・コーン206及び固定子108は、ボルト337などの既知の留め具でハウジング98に解放可能に固定することができる。

20

## 【0045】

[0044] 次に図4cを参照すると、代替実施形態において、タービン発電機システム20は多段ラジアル・タービン424を含むことができる。図4a及び図4bでは同じ要素を識別するために同じ番号が使用され、簡潔にするために、ラジアル・タービン424の以下の説明に関して同じ要素の説明は省略される。後者は、2つの回転子104及び2つの固定子108を含む。ラジアル・タービン424は、ボルト・スタッド188を用いて発電機シャフト93に解放可能に固定可能な單一カートリッジ198として実装することができる。タービン424は、流入口フランジ・リング333と、既知の留め具でハウジング98に取り付けられた外側フロー・ガイド334とを含むことができる。ノーズ・コーン206及び固定子108は、固定子の間に配置された中間フロー・ガイド441と共に、ボルト337などの既知の留め具でハウジング98に解放可能に固定することができる。タービン424及び中間フロー・ガイド441の2つの固定子108は、單一カートリッジ198を作成するように、ボルト339又は他の既知の留め具によってまとめて固定することが可能である。中間フロー・ガイド441は、図5及び図6に示されたタービン24のバージョンにおける固定子スペーサ117と機能的に同一である。

30

## 【0046】

[0045] タービン発電機システム20における推力の所望の均衡化に応じて、ラジアル・タービン524に関して図4dに示されるように、背面配置構成の多段ラジアル・タービンの回転子104を構成することが望ましい場合がある。この点で、回転子104aは回転子104bと背面を向き合うように配置され、回転子は一緒に回転するように結合される。固定子108は回転子104a/104bの間に配置され、固定子を介して延在する回転子104bの一部を回転可能に支持するための軸受526を含む。タービン524は、気体移送管552が貫通する前面板550を更に含み、気体移送管は内部プレナム554で終端している。タービン524内に入った気体は管552内を流れ、内部プレナム554へと送達され、プレナムを出て回転子104aを回転させ、固定子108を越えて流れた後、回転子104bを駆動させ、最終的にタービンを出る。

40

## 【0047】

50

[0046] 具体的に示されていないが、タービン発電機システム 20 は混合フロー・タービンを使用して実装することもできる。後者は設計の点でラジアル・タービン発電機 324 及び 424 と非常に類似しているため、別々に図示していない。

【0048】

[0047] 低圧低温の作動流体が、発電機 26 の近位にあるタービン 24 の最終回転子段から放出されるように、回転子 104 を逆向きに配置することによって、発電機への熱伝達が最小限になり、発電機の寿命が延びる。逆向きの結果としてのタービン 24 の低圧排出は、ポート 254 を介して第 2 の容量の作動流体を発電機 26 内のギャップ 70 の外へ、及びタービン 24 の放出ストリーム内に引き込む一方で、発電機推力軸受 89 がタービン 24 の残りの軸方向負荷を処理できるように、推力を十分に均衡化する。こうした設計は効率的であり、小型で、熱効率が良い。

10

【0049】

[0048] 本発明の一態様は、熱エネルギーを電気に変換するためのシステムである。システムは、5 MW 以下の電力出力を有する発電機であって、当該発電機は、近位端、遠位端、発電機回転子、及び固定子を有し、当該発電機回転子は当該固定子内での回転軸を中心とする回転運動用に配設され、当該発電機は、当該近位端に隣接して配置された第 1 の流体膜軸受、及び当該遠位端に隣接して配置された第 2 の流体膜軸受も含み、当該第 1 及び第 2 の流体膜軸受は、当該発電機回転子を取り囲み、動作中に当該回転軸に対して実質上同軸に整合された状態で当該発電機回転子を保持する、発電機と、タービンであって、少なくとも 1 つの固定子、及び当該少なくとも 1 つの固定子に対して当該回転軸を中心とする回転運動用に支持される少なくとも 1 つのタービン回転子を有し、当該少なくとも 1 つのタービン回転子は、当該発電機回転子を回転駆動させるように当該発電機回転子に結合され、当該タービンは当該発電機の当該近位端に取り付けられた第 1 の端部を有し、当該少なくとも 1 つのタービン回転子は、回転運動用の当該少なくとも 1 つのタービン回転子を径方向に支持するためのラジアル軸受が当該タービン内に含まれないようなオーバーハング構成を有し、当該タービンは、作動流体を第 1 の温度で受け取るための流入口、及び当該作動流体を当該第 1 の温度よりも低い第 2 の温度で排出するための出口を更に含み、当該出口は、当該発電機への伝熱を最小限にするように当該タービンの当該第 1 の端部に近接して配置される、タービンと、を含む。

20

【0050】

30

[0049] 代替実施形態において、段落 49 に記載されたシステムは電力出力が 600 kW 未満の発電機を有する。

【0051】

[0050] 段落 49 に記載されたシステムのタービンは、一実施形態において、ハウジングを含むことが可能であり、少なくとも 1 つの固定子は複数の固定子板を含むことが可能であり、少なくとも 1 つのタービン回転子は複数のタービン回転子板を含むことが可能であり、更に複数の固定子板及び複数のタービン回転子板が共に、当該ハウジング内に解放可能に取り付けられる單一カートリッジを形成する。

【0052】

40

[0051] 段落 49 に記載されたシステムのタービンは、軸流タービン、ラジアル・タービン、又は混合フロー・タービンとすることができます。

【0053】

[0052] 段落 49 に記載されたシステムは、表面を備える取り外し可能バックプレートを有するフード、バックプレートと向き合うフード壁、及び幅 11 を有するディフューザ通路出口を含むことが可能であり、バックプレート表面はフード壁から距離 14 のスペースが空けられ、距離 14 は距離 11 の半分から 4 倍の間である。

【0054】

50

[0053] 本発明の別の態様は、多段タービン・カートリッジである。カートリッジは複数の回転子板からなり、それぞれが中心線、第 1 の接触面、及び当該第 1 の接触面と接する第 2 の接触面を有し、当該第 1 及び第 2 の接触面は実質上平行であり、当該第 1 及び第 2

の接触面のそれぞれは、0.00005"から0.020"の範囲内で平坦であり、当該複数の回転子板は、当該回転子板の当該中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置される、複数の回転子板と、複数の固定子板であって、それぞれが中心線、第1の接触面、及び当該第1の面に接触する第2の接触面を有し、当該第1及び第2の接触面は実質上平行であり、当該第1及び第2の接触面のそれぞれは、0.00005"から0.020"の範囲内で平坦であり、当該複数の固定子板は、当該固定子板の当該中心線が相互に同軸であるように互いに近接して配置される、複数の固定子板と、を含み、当該複数の回転子板は、上流方向で多段回転子アセンブリを画定するように当該複数の固定子板のうちの対応するそれぞれ1つと交互の関係で配置され、更に、当該複数の回転子板のうちの少なくとも1つは軸コードを備える第1の複数の翼を含み、当該複数の固定子板のうちの隣接する1つは軸コードを備える第2の複数の翼を含み、当該第1の複数の翼は、当該スペースのすぐ上流の当該回転子板及び固定子板のうちの1つの軸コードに関して測定した場合、2軸コード以下から軸コードの1%の1/4までの軸寸法を有するスペースを画定するように、当該第2の複数の翼から軸方向にスペースが空けられる。

10

#### 【0055】

[0054] 一実装において、段落54に記載されたタービン・カートリッジ内のスペースは、当該回転子板及び当該スペースのすぐ上流の固定子板のうちの1つの当該軸コードの1/3から1の間の軸寸法を有する。段落54に記載されたタービン・カートリッジの別の実装において、当該複数の回転子板は互いに固定され、当該複数の固定子板は互いに固定され、單一カートリッジ・システムを形成するように当該複数の回転子板に対して配置される。段落54に記載されたタービン・カートリッジの更に別の実装において、当該單一カートリッジ・システムは、タービン・ハウジングに解放可能に結合されるように設計される。

20

#### 【0056】

[0055] 以上、例示の実施形態を上記で開示し、添付の図面に示した。当業者であれば、本明細書に具体的に開示された内容に対して、本発明の趣旨及び範囲を逸脱することなく様々な変更、省略、及び追加が可能であることを理解されよう。

【 図 5 】

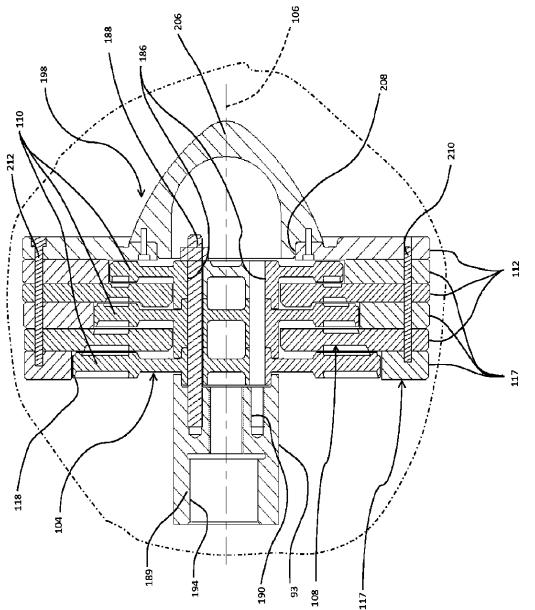


FIG. 5

【 図 6 】

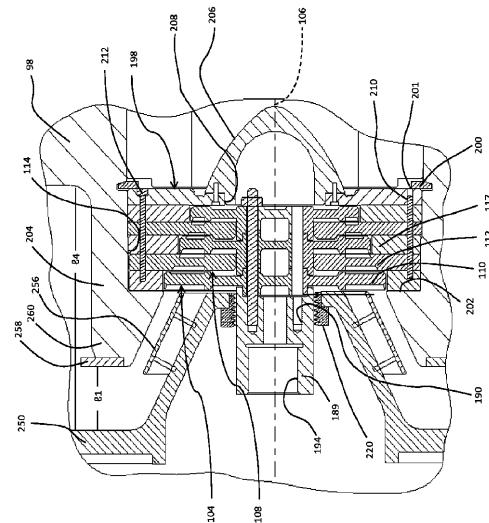


FIG. 6

【 図 8 】

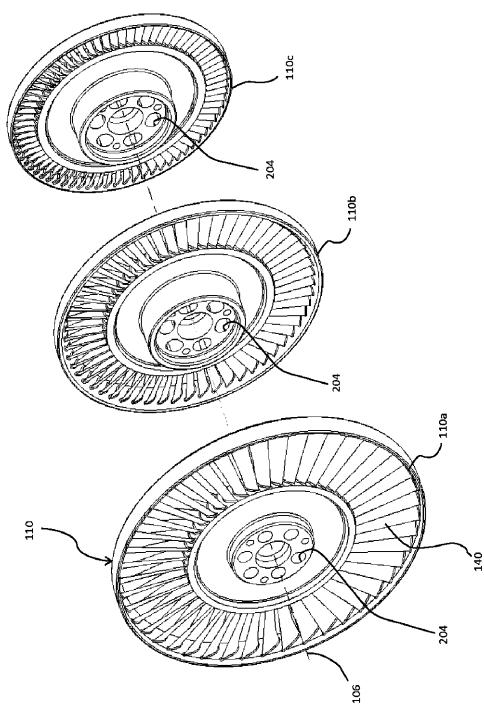


FIG. 8

【図9】

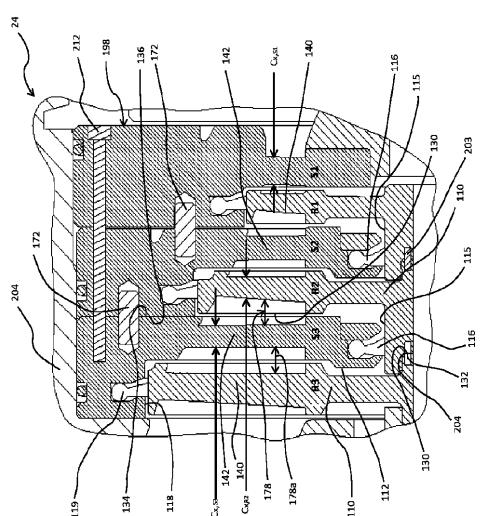


FIG. 9

【図 10】

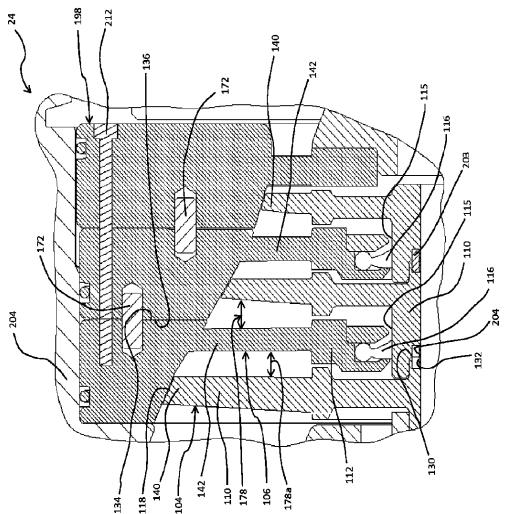
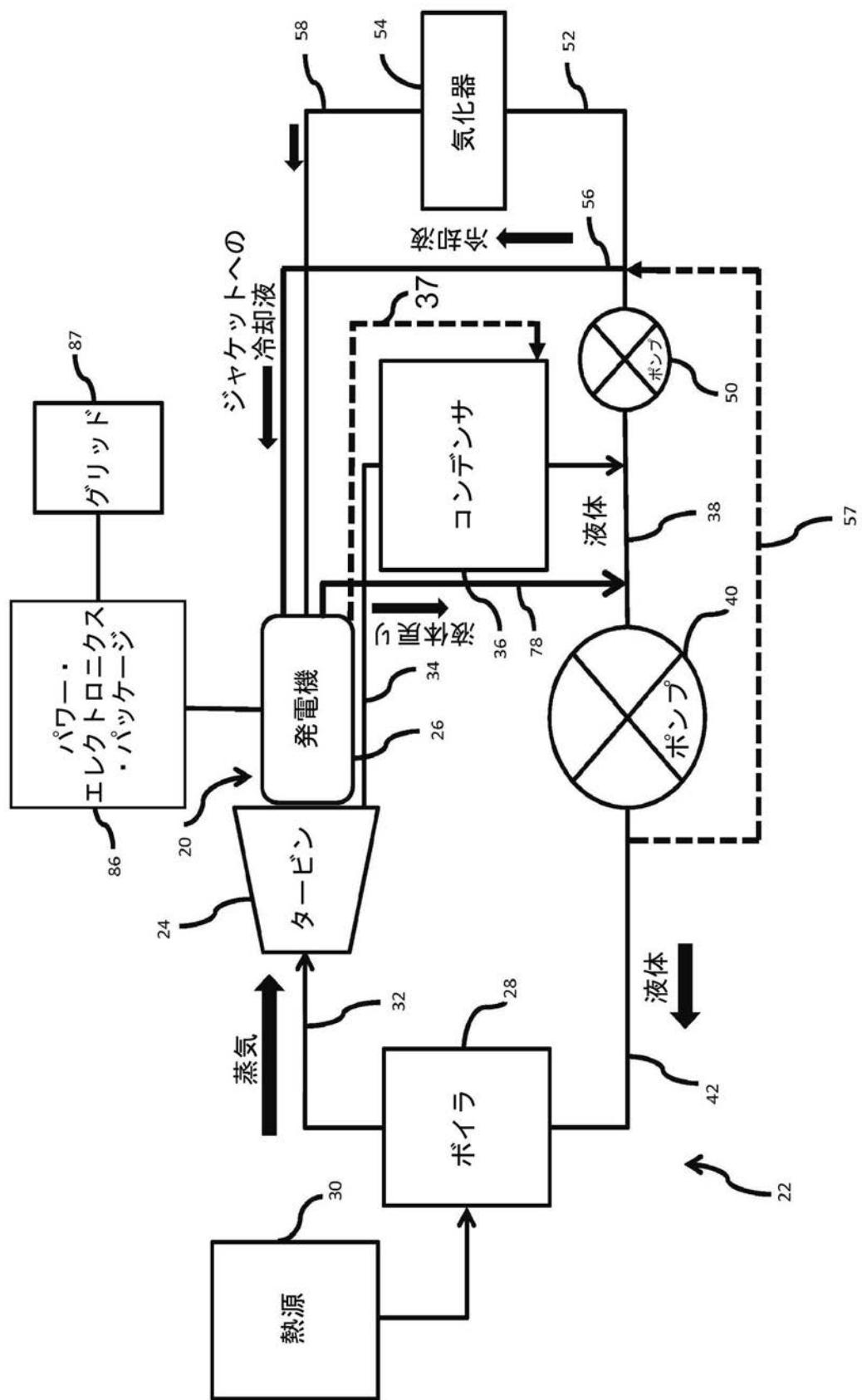
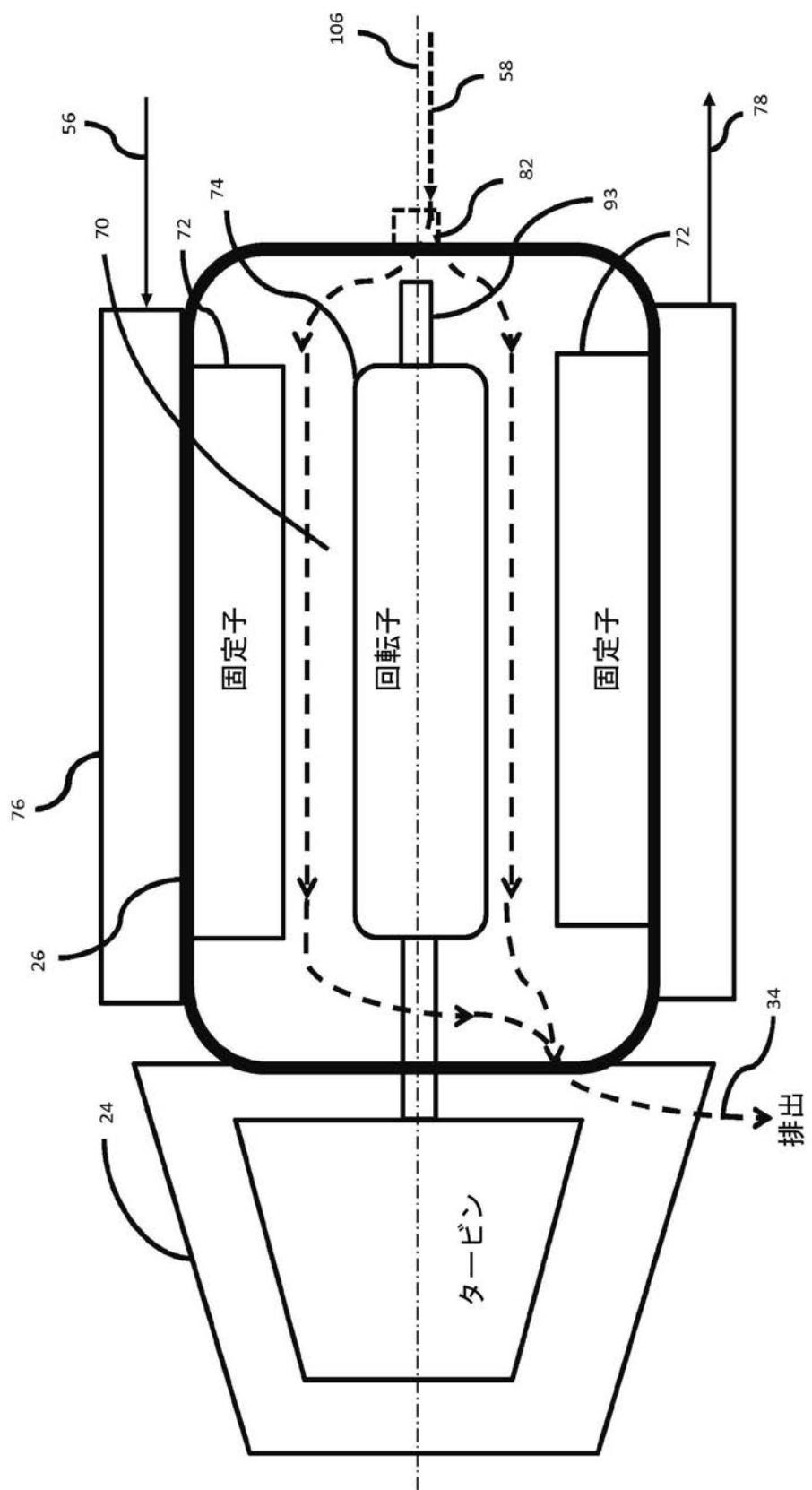


FIG. 10

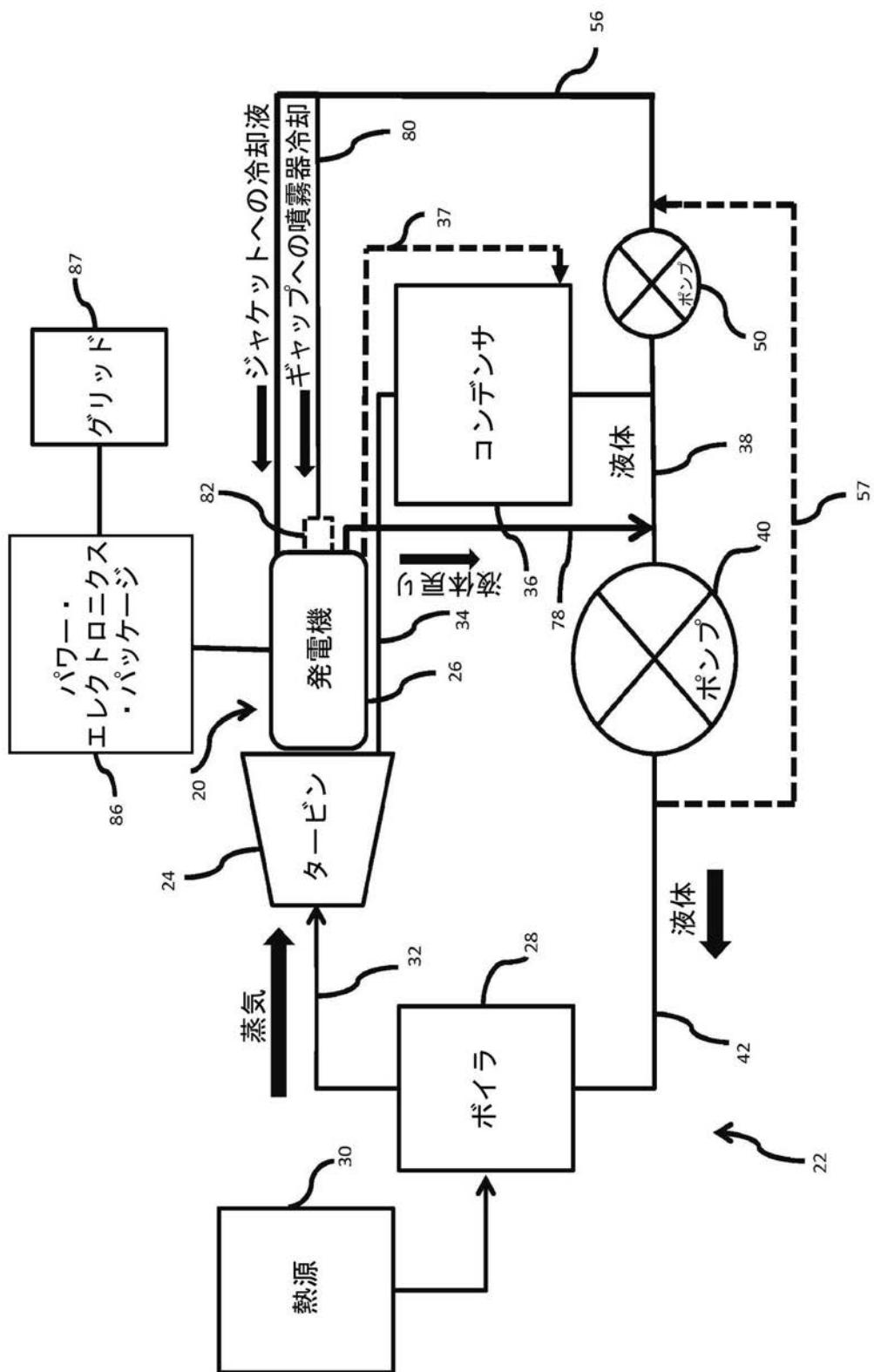
【図1】



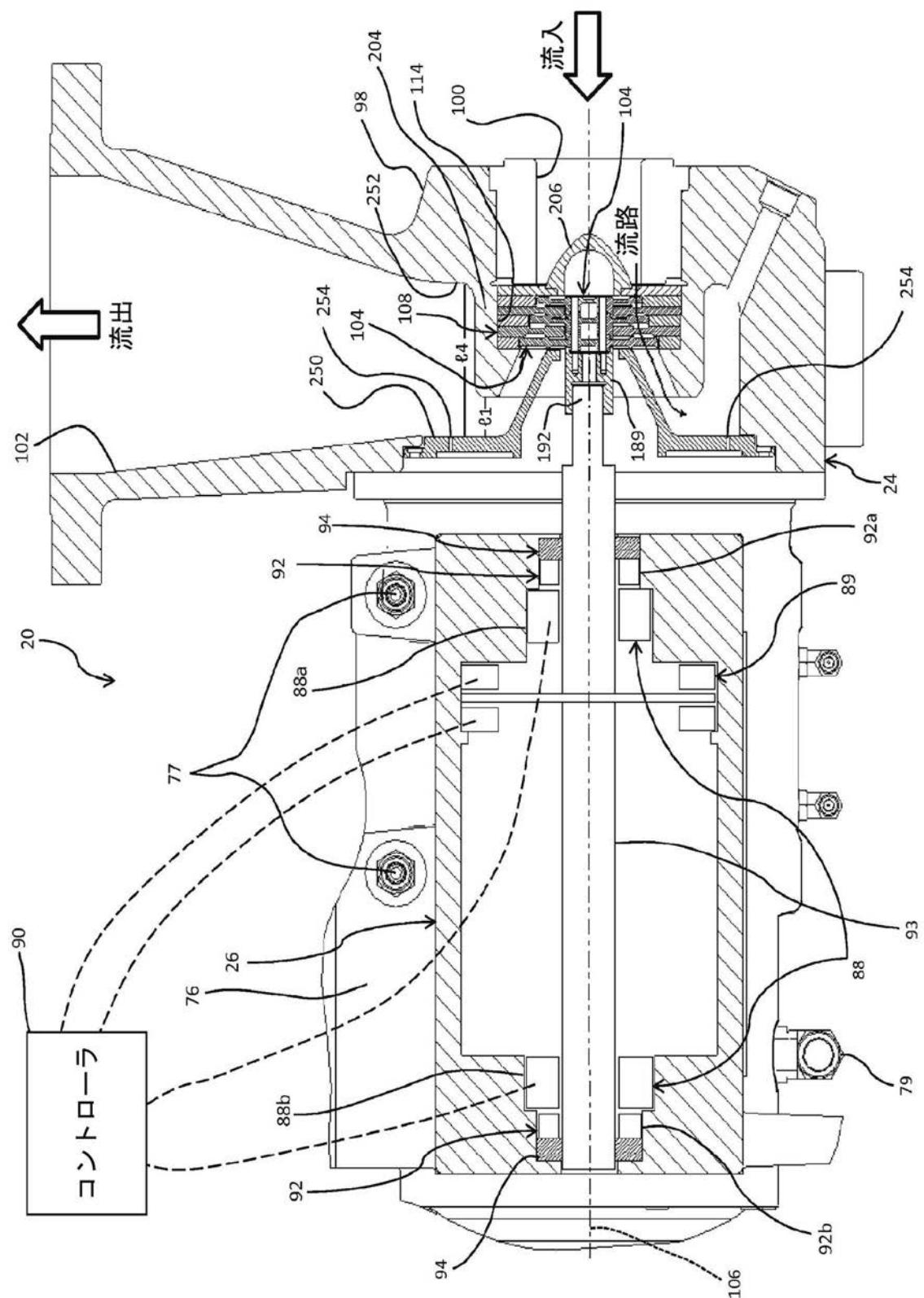
【図2】



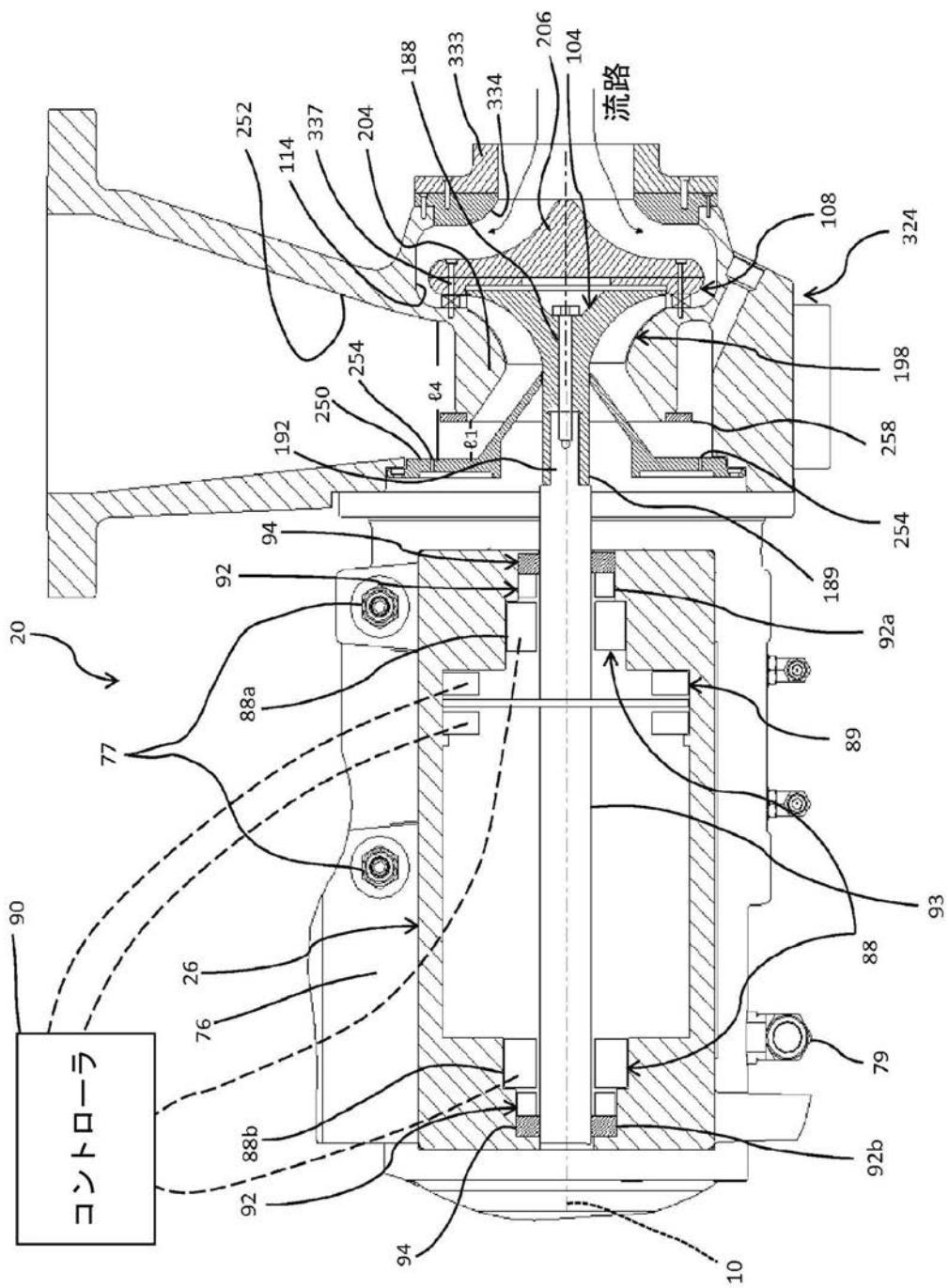
【 図 3 】



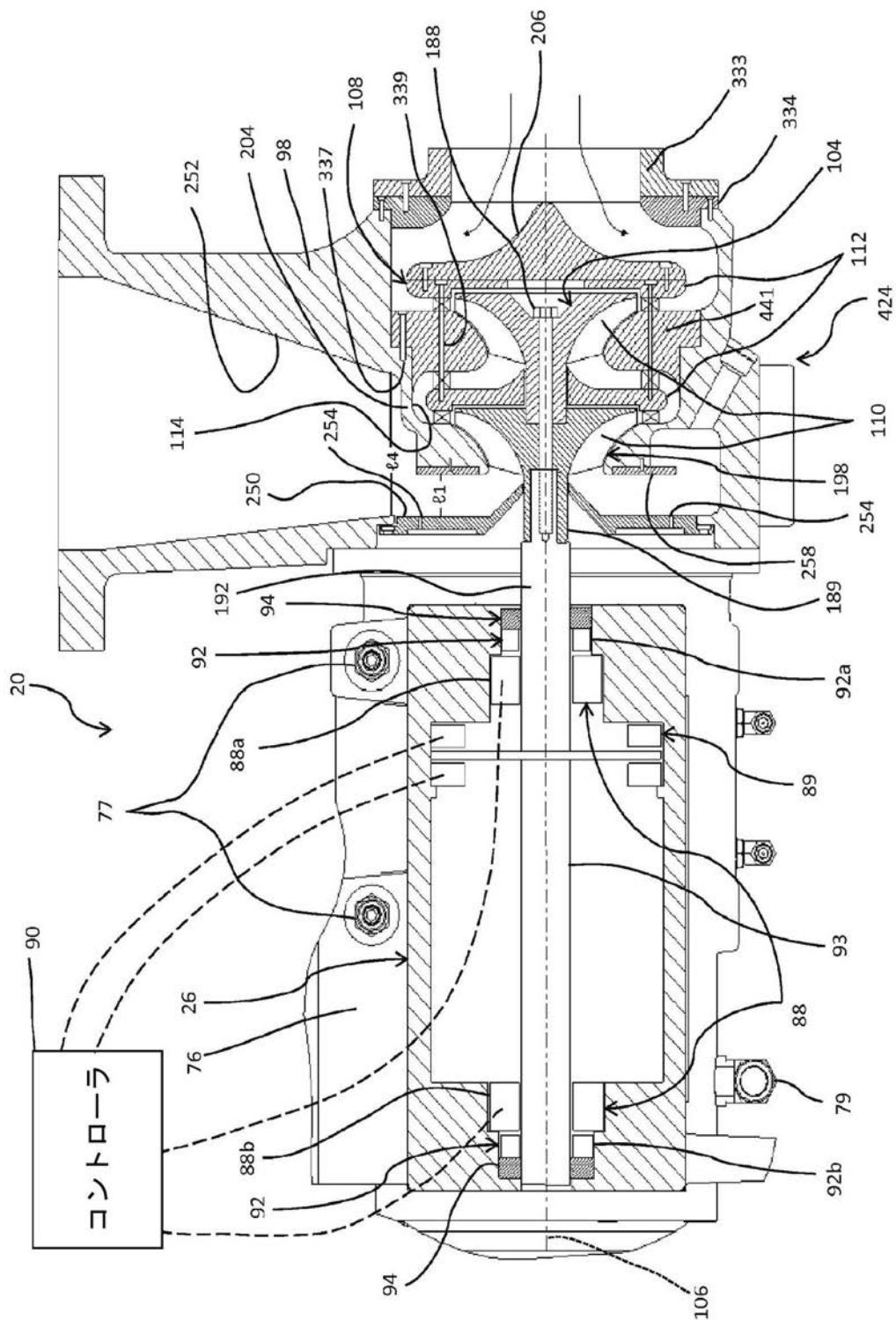
【図 4 a】



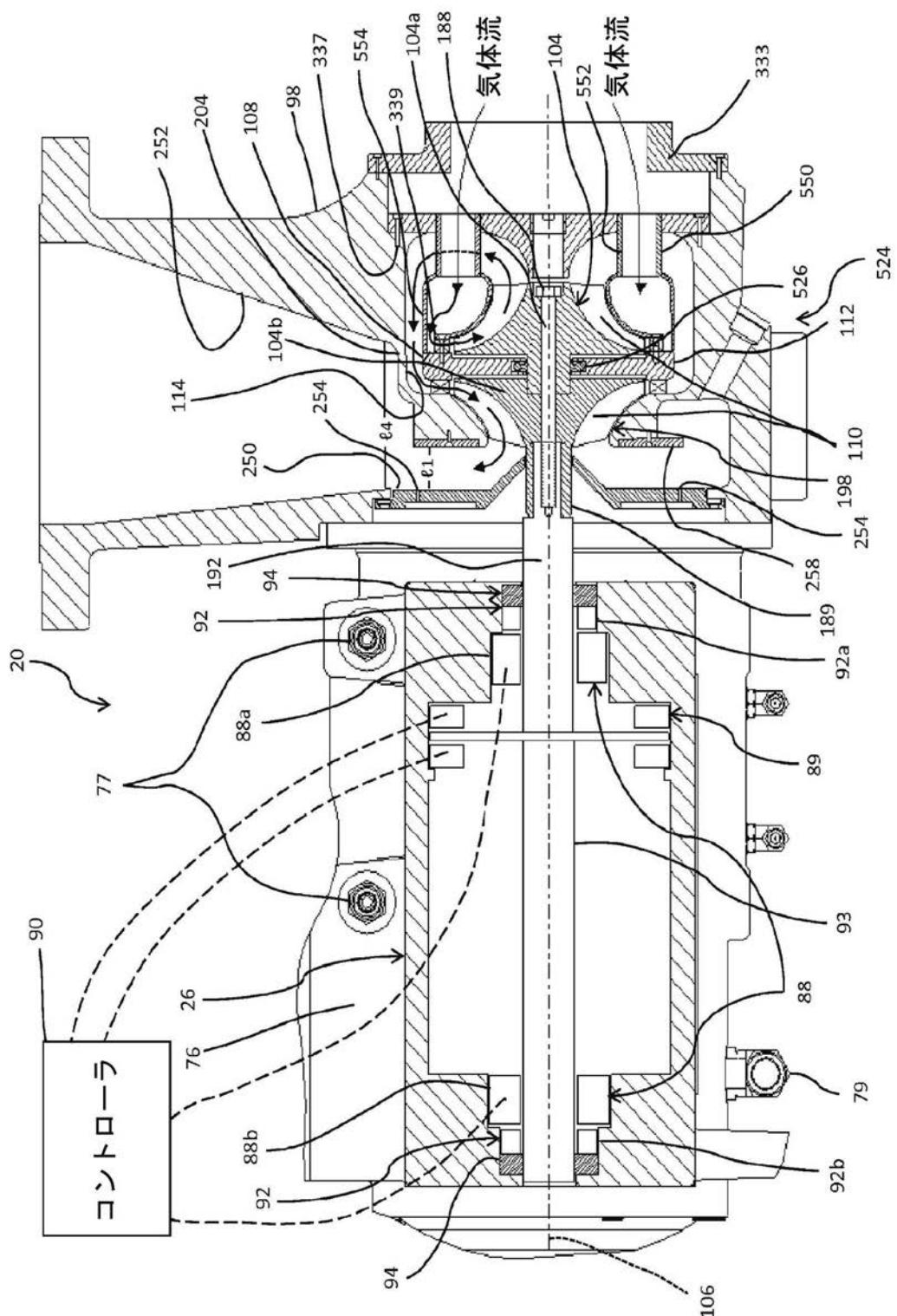
【 図 4 b 】



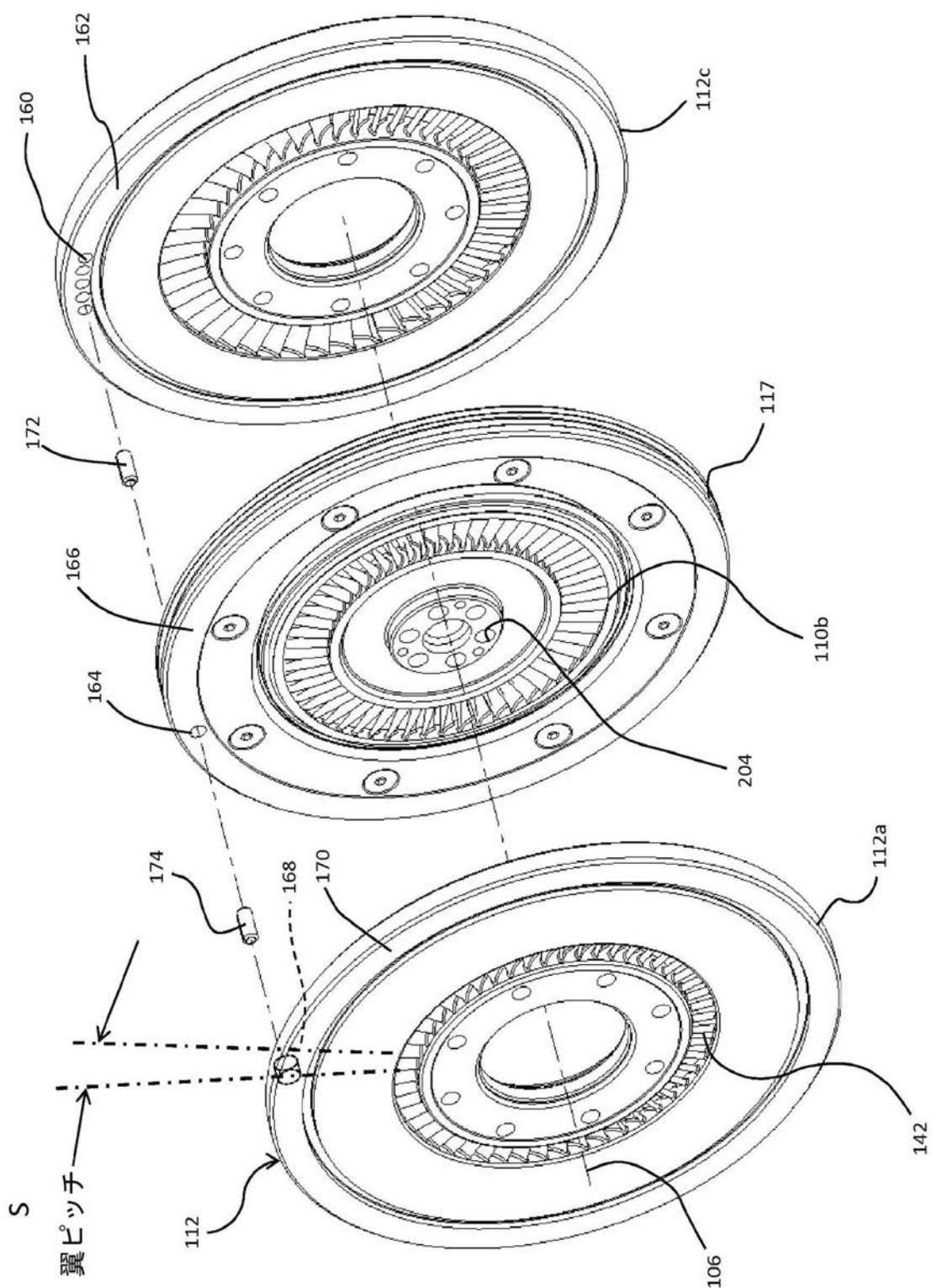
【 図 4 c 】



【図 4 d】



【図7】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2013/059275

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F01D15/10 F01D25/16 F01D25/24 F01K13/02  
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)  
F01D F01K F02C

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/149916 A1 (GEN ELECTRIC INTERNATIONAL INC [US]; MYERS SCOTT R [US]; HUBER DAVID J) 1 December 2011 (2011-12-01) page 6, paragraph 34; figure 1 page 8, paragraph 40 page 9, paragraph 43 -----	1-10, 25-28
X	US 5 628 191 A (KUECK ELMAR [DE] ET AL) 13 May 1997 (1997-05-13) page 2, column 4, line 17 - line 67; figure 2 -----	1,5-10, 25-28
X	US 2003/038553 A1 (ANDRES MIKE [US] ET AL) 27 February 2003 (2003-02-27) figures 1, 2 -----	1,5-10, 25-28



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of 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 added 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

20 February 2014

27/05/2014

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

Delaitre, Maxime

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/US2013/059275
--

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
  
  
  
  
2.  Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
  
  
  
  
3.  Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

"see additional sheet(s)"

## Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ US2013/ 059275

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-10, 25-28

System for conversion of heat energy into electricity with an electric generator having magnetic radial bearings and an overhung turbine coupled to the generator.

---

2. claims: 11-18

Axial turbine with interchangeable components with a plurality of rotor plates and a plurality of stator plates positioned in alternating relationship to define a multistage rotor assembly.

---

3. claims: 19-24

System for converting heat energy into electricity with a turbine and an electric generator coupled to the turbine said generator comprising a gap to cool the rotor of the generator.

---

4. claims: 29-33

Method of making a turbine for driving an electric generator by providing the turbine a hood and a rotor stage positioned in the hood and machining material away from the hood and the rotor stage.

---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2013/059275

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 2011149916	A1	01-12-2011	EP	2576986 A1		10-04-2013
			US	2011289922 A1		01-12-2011
			WO	2011149916 A1		01-12-2011
<hr/>						
US 5628191	A	13-05-1997	AT	140767 T		15-08-1996
			DE	9215695 U1		14-10-1993
			DK	0670957 T3		04-11-1996
			EP	0670957 A1		13-09-1995
			GR	3021224 T3		31-01-1997
			GR	3035782 T3		31-07-2001
			US	5628191 A		13-05-1997
			WO	9411626 A1		26-05-1994
<hr/>						
US 2003038553	A1	27-02-2003	AU	2002331719 A1		10-03-2003
			EP	1433258 A2		30-06-2004
			JP	2005501500 A		13-01-2005
			US	2003038553 A1		27-02-2003
			WO	03019785 A2		06-03-2003
<hr/>						

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I H 0 2 K      7/18	テーマコード(参考) Z
--------------	--------------------------	-----------------

(81) 指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,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,R\$,\$E,\$I,\$K,\$M,\$T,\$U,\$Z),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,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,H,R,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,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,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ

(72) 発明者 フェアマン, ケビン  
アメリカ合衆国, バーモント州 05088, ワイルダー, ビリングス ファーム ロード 21  
7, コンセプツ イーティーアイ インコーポレーテッド

(72) 発明者 ディ ベラ, フランシス, エー.  
アメリカ合衆国, バーモント州 05088, ワイルダー, ビリングス ファーム ロード 21  
7, コンセプツ イーティーアイ インコーポレーテッド

(72) 発明者 ジャピクス, デイヴィット  
アメリカ合衆国, バーモント州 05088, ワイルダー, ビリングス ファーム ロード 21  
7, コンセプツ イーティーアイ インコーポレーテッド

(72) 発明者 ベッカー, フレデリック, イー.  
アメリカ合衆国, バーモント州 05088, ワイルダー, ビリングス ファーム ロード 21  
7, コンセプツ イーティーアイ インコーポレーテッド

(72) 発明者 ゴファー, アレクサンダー  
アメリカ合衆国, バーモント州 05088, ワイルダー, ビリングス ファーム ロード 21  
7, コンセプツ イーティーアイ インコーポレーテッド

F ターム(参考) 3G202 AA02 AA07 AB00  
5H607 BB02 BB07 BB14 BB26 CC03 CC05 DD01 DD02 DD03 DD19  
FF29 GG17