

(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2019-509419

(P2019-509419A)

(43) 公表日 平成31年4月4日(2019.4.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO4D 29/42 (2006.01)	FO4D 29/42 P	3H021
FO4D 29/46 (2006.01)	FO4D 29/46 D	3H130
FO4D 27/00 (2006.01)	FO4D 27/00 I O I F	
FO2C 3/073 (2006.01)	FO2C 3/073	
FO2C 7/275 (2006.01)	FO2C 7/275	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2018-538694 (P2018-538694)  
 (86) (22) 出願日 平成29年1月23日 (2017.1.23)  
 (85) 翻訳文提出日 平成30年9月12日 (2018.9.12)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2017/051319  
 (87) 国際公開番号 WO2017/129518  
 (87) 国際公開日 平成29年8月3日 (2017.8.3)

(71) 出願人 517029381  
 ヌオーヴォ・ピニオーネ・テクノロジー・  
 ソチエタ・レスポンサビリタ・リミタータ  
 Nuovo Pignone Tecno  
 logie S. R. L.  
 イタリア国 50127 フィレンツェ  
 ヴィア フェリーチェ マッテウッチ 2  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100113974  
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

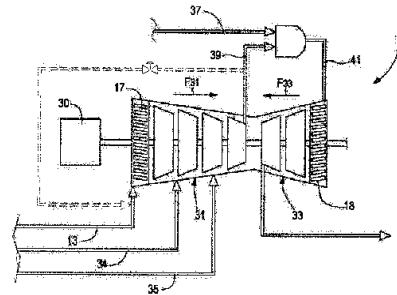
(54) 【発明の名称】 可変入口ガイドベーンを使用した圧縮機列の始動

(57) 【要約】

圧縮機列の始動を動作させる方法が開示される。列は、駆動機械(30)と、駆動機械に駆動連結された少なくとも1つの遠心圧縮機(1)と、を含む。遠心圧縮機(1)は、複数の圧縮機段(3, 5, 7, 9, 11)と、圧縮機段(3, 5, 7, 9, 11)のうちの1つの入口に少なくとも第1の組の可変入口ガイドベーン(17)と、を含む。本方法は、第1の組の可変入口ガイドベーンを少なくとも部分的に閉じるステップと、第1の組の可変入口ガイドベーンが少なくとも部分的に閉じているときに、遠心圧縮機の回転を開始し、遠心圧縮機を最小動作速度まで加速させるステップと、最小動作速度が達成されると遠心圧縮機を通るガス流を増加させるために、少なくとも一組の可変入口ガイドベーンを開くステップと、を含む。

【選択図】 図26

Fig.26



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

駆動機械（30）と、前記駆動機械（30）に駆動連結された少なくとも1つの遠心圧縮機（1）と、を含む圧縮機列（2）の始動を動作させるための方法であって、前記遠心圧縮機（1）は、複数の圧縮機段と、前記圧縮機段のうちの1つの入口に少なくとも第1の組の可変入口ガイドベーン（17）と、を含み、前記方法は、

前記第1の組の可変入口ガイドベーン（17）を少なくとも部分的に閉じるステップと

、  
前記第1の組の可変入口ガイドベーン（17）が少なくとも部分的に閉じている間に、前記遠心圧縮機（1）の回転を開始し、前記遠心圧縮機（1）を最小動作速度まで加速させるステップと、

前記最小動作速度が達成されると前記遠心圧縮機（1）を通るガス流を増加させるために、前記第1の組の可変入口ガイドベーン（17）を開くステップと、を含む方法。

## 【請求項 2】

前記第1の組の可変入口ガイドベーン（17）は、前記遠心圧縮機（1）の最も上流の圧縮機段の前記入口に配置される、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記駆動機械（30）は、単軸ガスタービンエンジン（43）とスタータとを含み、前記遠心圧縮機（1）の回転を開始して前記遠心圧縮機（1）を加速させる前記ステップの間に、前記スタータによって生成された電力が前記遠心圧縮機（1）に供給される、請求項1または2に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記スタータは、電動モータおよび蒸気タービンのうちの一方である、請求項3に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記スタータは、前記単軸ガスタービンエンジン（43）の第1の端部に駆動連結され、前記遠心圧縮機（1）は、前記単軸ガスタービンエンジン（43）の第2の端部に駆動連結される、請求項3または4に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記圧縮機段のうちの1つの吐出側からガスを抽気するステップと、前記遠心圧縮機（1）の回転を開始し、前記遠心圧縮機（1）を加速させるステップの少なくとも一部の間、前記抽気ガスを前記吐出側の上流の圧縮機段入口に戻すステップと、をさらに含む、請求項1乃至5の1つまたは複数に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記遠心圧縮機（1）の回転を開始し、前記遠心圧縮機（1）を加速させる前記ステップの少なくとも一部の間、前記複数の圧縮機段のうちの中間の1つまたは最も下流の1つの上流に配置された第2の組の可変入口ガイドベーン（18）を少なくとも部分的に閉じるステップをさらに含む、請求項1乃至6の1つまたは複数に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記第1の組の可変入口ガイドベーン（17）と前記第2の組の可変入口ガイドベーン（18）との間で、前記圧縮機段のうちの中間の1つにガス側流を供給するステップをさらに含む、請求項7に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記第1の組の可変入口ガイドベーン（17）と前記第2の組の可変入口ガイドベーン（18）は、背中合わせの構成で配置されたそれぞれの圧縮機段の前記入口に配置される、請求項7または8に記載の方法。

## 【請求項 10】

ガス圧縮機列（2）であって、

圧縮機入口と、圧縮機出口と、前記圧縮機入口と前記圧縮機出口との間に順次配置された複数の圧縮機段と、前記圧縮機段のうちの1つの入口に少なくとも第1の組の可変入口

10

20

30

40

50

ガイドベーン（１７）と、からなる遠心圧縮機（１）と、  
前記遠心圧縮機（１）に駆動連結された駆動機械（３０）と、  
前記遠心圧縮機（１）の始動および加速ステップ中に前記一組の可変入口ガイドベーンを少なくとも部分的に閉じるように構成および配置されたコントローラと、を含むガス圧縮機列（２）。

【請求項１１】

前記第１の組の可変入口ガイドベーン（１７）は、前記遠心圧縮機（１）の最も上流の圧縮機段の前記入口に配置される、請求項１０に記載のガス圧縮機列（２）。

【請求項１２】

前記駆動機械（３０）は、単軸ガスタービンエンジン（４３）とスタータとを含み、前記スタータは、前記単軸ガスタービンエンジン（４３）に駆動連結される、請求項１０または１１に記載のガス圧縮機列（２）。

10

【請求項１３】

前記スタータは、電動モータおよび蒸気タービンのうちの一方である、請求項１２に記載のガス圧縮機列（２）。

【請求項１４】

前記スタータは、前記単軸ガスタービンエンジン（４３）の第１の端部に駆動連結され、前記遠心圧縮機（１）は、前記単軸ガスタービンエンジン（４３）の第２の端部に駆動連結される、請求項１２または１３に記載のガス圧縮機列（２）。

【請求項１５】

前記圧縮機段のうちの１つの吐出側と前記圧縮機段のうちの１つの入口との間に配置された抽気ラインをさらに含む、請求項１０乃至１４の１つまたは複数に記載のガス圧縮機列（２）。

20

【請求項１６】

前記抽気ラインの出口は、前記圧縮機段の最も上流の段の入口に接続される、請求項１５に記載のガス圧縮機列（２）。

【請求項１７】

前記複数の圧縮機段のうちの中間の１つまたは最も下流の１つの上流に配置された第２の組の可変入口ガイドベーン（１８）をさらに含み、前記コントローラは、前記始動および加速ステップ中に前記第２の組の可変入口ガイドベーン（１８）を少なくとも部分的に閉じるように構成および配置される、請求項１０乃至１５の１つまたは複数に記載のガス圧縮機列（２）。

30

【請求項１８】

前記遠心圧縮機（１）は、第１の組の圧縮機段（３１）と、前記第１の組の圧縮機段（３１）の下流に配置された第２の組の圧縮機段（３３）と、を含み、前記第１の組の圧縮機段（３１）および前記第２の組の圧縮機段（３３）は、それぞれ少なくとも１つの圧縮機段を含み、前記第１の組の圧縮機段（３１）および前記第２の組の圧縮機段（３３）は背中合わせの構成で配置され、前記第２の組の可変入口ガイドベーン（１８）は、前記第２の組の圧縮機段（３３）の前記圧縮機段のうちの１つの入口に配置される、請求項１７に記載のガス圧縮機列（２）。

40

【請求項１９】

前記第１の組の可変入口ガイドベーン（１７）と前記第２の組の可変入口ガイドベーン（１８）との間に側流が供給される、請求項１７または１８に記載のガス圧縮機列（２）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、１つまたは複数の遠心圧縮機と駆動機械とを含む遠心圧縮機列に関する。本明細書で開示される実施形態は、遠心圧縮機列の始動を動作させるための方法およびシステムに関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

遠心圧縮機は、プロセスガスの圧力を高めるために、いくつかの工業的用途に使用されている。例えば、石油およびガスの分野では、天然ガスの液化プラント（LNGプラント）の冷媒流体を処理するために遠心圧縮機が使用されている。混合冷媒およびプロパンなどの冷媒流体は、ガス田から抽出された天然ガスの流れから熱を除去して輸送目的で天然ガスを冷却し液化するためにこのようなプラントで使用される。遠心圧縮機は、例えば電動モータまたはガスタービンエンジンを含むことができる駆動装置によって駆動される。

## 【0003】

準固定速度および固定速度の電動モータで動作する単軸ガスタービンエンジンは、始動時にトルク能力が低下し、加圧状態から停止した後遠心圧縮機列を始動させなければならない場合に問題が生じる。始動吸込密度は名目上の吸込密度よりもはるかに高い可能性があり、航空派生ガスタービンエンジン、蒸気タービン、可変速電動モータなどの可変速駆動装置を使用する場合にも始動問題を引き起こす可能性がある。このような状況では、たとえ駆動装置が低速から公称トルク能力を有していても、始動トルクは公称トルクより高くなり、始動シーケンスの失敗を引き起こす可能性がある。

10

## 【0004】

ターボ機械の始動に必要なトルクを制限するために、遠心圧縮機列の一部を形成している流体回路を空にするか、またはその中の流体の量を減らさなければならない。流体回路を空にし、続いて流体回路を補充することは、時間を浪費し、費用がかかる作業である。

20

## 【0005】

したがって、特に始動時に生じる、現行技術のシステムの欠点を緩和または解決することを目的とする遠心圧縮機を含むプラントおよびシステムの改善の必要性が存在する。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2014/000272号明細書

## 【発明の概要】

## 【0007】

第1の態様によれば、圧縮機列の始動を動作させるための方法が本明細書に開示される。圧縮機列は、駆動機械と、駆動機械に駆動連結された少なくとも1つの遠心圧縮機と、を含む。遠心圧縮機は、さらなる機械であり、駆動機械の一部ではない。遠心圧縮機は、複数の圧縮機段と、前記圧縮機段のうちの1つの入口に少なくとも第1の組の可変入口ガイドベーン（以下では、略してIGV）と、を含む。本方法は、

30

第1の組の可変入口ガイドベーンを少なくとも部分的に閉じるステップと、

可変入口ガイドベーンが少なくとも部分的に閉じている間に、遠心圧縮機の回転を開始し、遠心圧縮機を最小動作速度まで加速させるステップと、

最小動作速度が達成されると遠心圧縮機を通るガス流を増加させるために、少なくとも一組の可変入口ガイドベーンを開くステップと、を含む。

40

## 【0008】

いくつかの実施形態によれば、最小動作速度は、機械の最小許容速度とすることができる。最小許容速度は、API 617の「石油、化学およびガス産業サービスの軸圧縮機および遠心圧縮機および膨張機圧縮機」の規格に従って規定することができる。API 617規格は、最小許容速度を、製造者の設計が連続動作を許容する最低速度（rpm）として規定している。

## 【0009】

駆動機械が電動モータである場合、最小動作速度は、定格速度または同期速度（すなわち、送電網周波数に対する電動モータの同期の速度）であり得る。

## 【0010】

部分的に閉鎖された入口ガイドベーンは、圧縮機を通るガス流を減少させ、したがって

50

圧縮機を駆動するのに必要なトルクを減少させる。より大きなトルクマージンが、遠心圧縮機を加速するために利用可能である。

【0011】

可変入口ガイドベーンは、圧縮機段のうちの最も上流の1つの入口に配置することができる。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の追加の圧縮機段の入口側に追加の可変入口ガイドベーンを配置することができる。例えば、圧縮機は背中合わせの構成であり、圧縮機段の各1つのグループの第1の(すなわち、最も上流の)圧縮機段の入口に可変入口ガイドベーンが背中合わせで配置される。これにより、圧縮機の構成が特に簡単で手頃なものとなる。

【0012】

いくつかの現在の好ましい実施形態によれば、第1の組の可変入口ガイドベーンを少なくとも部分的に閉じるステップは、遠心圧縮機の回転を開始する前に行うことができるが、他の実施形態によれば、圧縮機の回転は、可変入口ガイドベーンを閉じる前に開始することができる。これらの後者は、一旦回転が始まって定常状態の回転速度に達する前に、例えばトルクマージンが許容できない値より低下しないように適時に閉じられる。

【0013】

いくつかの実施形態では、駆動機械は、単軸ガスタービンエンジンおよびスタータを含む。遠心圧縮機の回転を開始して遠心圧縮機を加速させるステップの間に、スタータによって生成された電力がガスタービンエンジンの単一のシャフトを介して遠心圧縮機に供給される。

【0014】

さらなる態様によれば、ガス圧縮機列が本明細書で開示され、ガス圧縮機列は、圧縮機入口と、圧縮機出口と、圧縮機入口と圧縮機出口との間に順次配置された複数の圧縮機段と、前記圧縮機段のうちの1つの入口に少なくとも第1の組の可変入口ガイドベーンと、からなる遠心圧縮機を含む。圧縮機列は、遠心圧縮機に駆動連結された駆動機械と、遠心圧縮機の始動および加速ステップ中に一組の可変入口ガイドベーンを少なくとも部分的に閉じるように構成および配置されたコントローラと、をさらに含む。

【0015】

特徴および実施形態が、本明細書で以下に開示されており、添付の特許請求の範囲においてさらに説明されている。添付の特許請求の範囲は、本明細書の必須の部分形成する。上記の簡単な説明は、以下の詳細な説明をより深く理解できることを目的とし、さらに当該技術分野に対する本発明の寄与をより評価できるようにするために、本発明の種々の実施形態の特徴を記載している。もちろん本発明には他にも特徴があり、他の特徴は以下に説明され、添付の特許請求の範囲に記載される。この点で、本発明のいくつかの実施形態を詳細に説明する前に、本発明の種々の実施形態が、それらの応用において、以下の説明に記載され、あるいは図面に示される構成の詳細および構成要素の配置に制限されないことを理解されたい。本発明は、他の実施形態も可能であり、様々な方法で実施および実行することができる。また、本明細書で用いられる表現および用語は説明を目的とするものであり、限定とみなすべきではないことを理解されたい。

【0016】

このように、当業者であれば、本開示が基づく構想が、本発明のいくつかの目的を実行するための他の構造体、方法、および/またはシステムを設計する基礎として容易に利用することができることを理解するであろう。したがって、本発明の趣旨および範囲から逸脱しない限り、特許請求の範囲はこのような等価な構成を含むとみなすことが重要である。

【0017】

本発明の開示された実施形態のより完全な評価および本発明の付随する利点の多くは、添付の図面と併せて以下の詳細な説明を参照することによってよりよく理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0018】

- 【図 1】本明細書に記載の実施形態による多段遠心圧縮機システムの概略図である。
- 【図 2】図 1 の圧縮機段のヘッド曲線を示す図であり、I G V が完全に開いた始動時におけるプロセスガス流に対する圧縮機段のヘッドの変化を示す。
- 【図 3】図 1 の圧縮機段のヘッド曲線を示す図であり、I G V が完全に開いた始動時におけるプロセスガス流に対する圧縮機段のヘッドの変化を示す。
- 【図 4】図 1 の圧縮機段のヘッド曲線を示す図であり、I G V が完全に開いた始動時におけるプロセスガス流に対する圧縮機段のヘッドの変化を示す。
- 【図 5】図 1 の圧縮機段のヘッド曲線を示す図であり、I G V が完全に開いた始動時におけるプロセスガス流に対する圧縮機段のヘッドの変化を示す。
- 【図 6】図 1 の圧縮機段のヘッド曲線を示す図であり、I G V が完全に開いた始動時におけるプロセスガス流に対する圧縮機段のヘッドの変化を示す。 10
- 【図 7】完全に開いた I G V で動作する図 1 の圧縮機システムの始動時における圧力対時間を示す図である。
- 【図 8】図 2 ~ 図 7 の条件下で動作する圧縮機システムのトルクマージンおよび流体トルクを示す図である。
- 【図 9】図 2 ~ 図 7 の条件下で動作する圧縮機システムのトルクマージンおよび流体トルクを示す図である。
- 【図 10】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。
- 【図 11】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。 20
- 【図 12】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。
- 【図 13】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。
- 【図 14】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。
- 【図 15】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。
- 【図 16】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。 30
- 【図 17】圧縮機システムが始動時に部分的に閉じた I G V で動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ曲線を示す図である。
- 【図 18】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。
- 【図 19】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。
- 【図 20】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。
- 【図 21】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。 40
- 【図 22】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。
- 【図 23】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。
- 【図 24】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。
- 【図 25】始動時に部分的に閉じた I G V で第 2 段から第 1 段へのガス抽気を伴って圧縮機システムが動作する場合の図 2 ~ 図 9 の同じ図を示す図である。
- 【図 26】本開示による多段遠心圧縮機システムのさらなる実施形態の概略図である。 50

【図27】一実施形態による駆動機械部を含む、LNGプラントの遠心圧縮機列の例示的な実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

例示的な実施形態についての以下の詳細な説明では、添付の図面を参照する。異なる図面における同じ符号は、同一または類似の要素を示す。さらに、図面は必ずしも縮尺通りに描かれていない。また、以下の詳細な説明は、本発明を限定するものではない。代わりに、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によって規定される。

【0020】

本明細書全体を通して「一実施形態」「実施形態」または「いくつかの実施形態」への言及は、ある実施形態と結び付けて説明される特定の特徵、構造、または特性が、開示される主題の少なくとも一つの実施形態に含まれることを意味する。したがって、本明細書全体にわたって様々な箇所に現れる「一実施形態では」または「ある実施形態では」、または「いくつかの実施形態では」というフレーズは、必ずしも同じ実施形態を指すとは限らない。さらに、特定の特徵、構造または特性は、一つまたは複数の実施形態において任意の適切な方法で組み合わせられてもよい。

10

【0021】

図1は、複数の段3、5、7、9、11を含む多段遠心圧縮機1を概略的に示す。わかり易くするために、圧縮機1の各段は別個のユニットとして示されている。しかしながら、圧縮機段3～11は、圧縮機吸込側（または圧縮機入口）13および圧縮機吐出側（または圧縮機出口）15を有する同一の圧縮機ケーシング内に配置することができることを理解されたい。多段遠心圧縮機1は、図1には示されていないが、駆動装置によって回転駆動することができる。駆動機械は、電動モータを含むことができる。いくつかの実施形態では、固定速度電動モータと圧縮機1との間に可変速度遊星ギヤなどの可変速度連結を配置することができる。

20

【0022】

他の実施形態では、駆動機械は、ガスタービンエンジンを含むことができる。いくつかの例示的な実施形態では、駆動機械は、単軸ガスタービンエンジンを含む。ガスタービンエンジンと組み合わせて、駆動機械は、圧縮機列を始動させるためのモータとして動作する、例えば電気機械などのスタータを含むことができる。

30

【0023】

多段遠心圧縮機1は、LNGプラントの複数の冷媒圧縮機のうちの一つであってもよい。例えば、多段遠心圧縮機1は、混合冷媒圧縮機であってもよいし、プロパン圧縮機であってもよい。多段遠心圧縮機1は、冷媒流体を吸込圧力から吐出圧力に圧縮して閉じた冷媒回路内を循環させる。圧縮された冷媒流体は、次に膨張器または膨張バルブ装置内で膨張され、温度が低下する。冷却された膨張冷媒流体は、天然ガス流から熱を除去するために冷却され液化される天然ガスの流れと熱交換関係に置かれ、その後、多段遠心圧縮機1によって再び処理される前にヒートシンクによる熱交換により冷却される。

【0024】

一つか、いくつか、またはすべての遠心圧縮機段3～9に可変入口ガイドベーンを設けることができる。図1の概略的な実施形態では、第1の遠心圧縮機段3の入口に可変入口ガイドベーン（IGV）が示され、模式的に符号17で示されている。

40

【0025】

一つの圧縮機段の吐出側を別の上流の圧縮機段の吸込側に流体接続する一つまたは複数の抽気ライン、すなわちバイパスラインを設けることができる。図1の例示的な実施形態では、圧縮機段5の吐出側を圧縮機の吸込側13、すなわち第1の圧縮機段3の吸込側に流体結合する抽気ライン19が示されている。抽気ライン19を流れる抽気プロセスガスの量を制御するために、抽気ライン19上に抽気バルブ20を配置することができる。

【0026】

可変入口ガイドベーン17に作用することにより、多段遠心圧縮機1の動作条件を制御

50

することができる。これらの後者は、例えば、多段遠心圧縮機 1 を通るガス流量を変更するように作用することができる。

【 0 0 2 7 】

図 2 ~ 図 6 は、多段遠心圧縮機 1 が完全に開いた I G V 1 7 で動作する場合の 5 つの段 3 ~ 1 1 の圧縮機曲線プロファイルを示す。図 2 ~ 図 6 の各図は、多段遠心圧縮機 1 の 5 つの段のそれぞれについてのヘッド対流量曲線を示す。図 7 は、多段遠心圧縮機 1 が流体回路の一部を形成している流体回路がプロセスガスで満たされている場合に、始動時の同じ動作条件の下での、多段遠心圧縮機 1 の吸込側圧力および吐出側圧力を時間の関数として示す。多段遠心圧縮機 1 は、時刻  $t = 0$  に始動する。

【 0 0 2 8 】

図 8 は、トルクマージン (%) を、ゼロ速度から始まる圧縮機速度の関数として示す。トルクマージンは、駆動機械からの利用可能なトルクのパーセンテージである。始動時における圧縮機列の適正な動作のために、駆動機械製造業者によって要求される駆動機械速度スケジュールに従って圧縮機列の加速を保証するために、前記トルクマージンはゼロより大きくなければならない。

【 0 0 2 9 】

図 9 は、5 つの圧縮機段 3 ~ 1 1 の流体トルク対圧縮機速度を示す。曲線 T 3、T 5、T 7、T 9、T 1 1 は、それぞれ段 3、5、7、9、1 1 によって吸収されたトルクを表す。

【 0 0 3 0 】

図 8 からわかるように、多段遠心圧縮機 1 が完全に開かれた I G V および完全に満たされた圧縮機回路で始動された場合には、所与の圧縮機速度でトルクマージンが 0 より下に低下する。したがって、多段遠心圧縮機 1 の始動は、始動前に圧縮機回路を少なくとも部分的に空にする必要がある。あるいは、始動時に十分なトルクを供給するために、寸法が超過した駆動機械を使用しなければならない。あるいは、入口スロットリングバルブ ( アンチサージループに配置されている ) などの他の装置を考慮して、圧縮機始動時の吸収されるトルクを低下させることができる。駆動機械が電動モータである場合には、起動時に大きなトルク要求に対処するために、定常状態の条件下で圧縮機列を駆動するのに必要な出力率を超える出力率を有するオーバーサイズの電動モータが必要である。

【 0 0 3 1 】

駆動機械が単軸ガスタービンエンジンを含む場合には、多段遠心圧縮機 1 を始動させるには、電動モータまたは蒸気タービンなどの別個のスタータが必要である。そのような場合、スタータの定格出力は、始動時に十分なトルクが得られるような寸法にしなければならない。スタータのコストと寸法は非常に高くなる。さらに、スタータによって供給される高い出力率は、ガスタービンエンジンのシャフトを介して伝達することができないので、スタータは、ガスタービンエンジンの反対側の圧縮機列のシャフトラインの端部に配置しなければならない。これは、ターボ機械へのアクセス可能性の点で欠点を生じ、圧縮機列の遠心圧縮機のメンテナンス中に問題を引き起こす。

【 0 0 3 2 】

本明細書に開示した主題のいくつかの実施形態によれば、トルクマージンの低下を低減し、したがって、より性能の低いスタータで始動時に必要なトルクおよび動力に対処するために、多段遠心圧縮機 1 の可変 I G V 1 7 は、始動時に少なくとも部分的に閉じられる。これにより、多段遠心圧縮機 1 を横切るプロセスガス流が減少し、その結果、多段遠心圧縮機 1 を回転させるのに必要なトルクが減少する。

【 0 0 3 3 】

図 1 0 ~ 図 1 7 は、多段遠心圧縮機 1 の始動を部分的に閉じた I G V 1 7 で動作させる場合の図 2 ~ 図 9 と同じ図を示す。I G V 1 7 が第 1 の圧縮機段 3 の入口に配置されているので、第 1 段 3 ( 図 1 0 ) のヘッド曲線は所与のプロセス流体流に対して最大となり、その後減少する。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50



トルクマージンに関しては、これは所定の圧縮機速度での最小トルクマージン（図 1 6 を参照）に反映され、その後トルクマージンが増加するので、この例ではトルクマージンが約 1 4 % より下に低下することはない。圧縮機段を横切る質量流量は実質的に減少する。

#### 【 0 0 3 5 】

図 1 7 は、多段遠心圧縮機 1 の 5 つの段 3 ~ 1 1 の各々によって吸収されるトルクを示す。可変 I G V 1 7 を閉じることによって、第 1 段 3 によって吸収されたトルクは、図 9 に示す動作条件で吸収されたトルクに対して減少し、所与の圧縮機速度で最大に達する。前記圧縮機速度値を超えると、トルクが低下し、トルクマージンが増加する（図 1 6 を参照）。第 1 段の下流のガスの密度低下のために、第 2 段以降の絶対トルクも減少することに留意されたい。

10

#### 【 0 0 3 6 】

トルクの低減に関するさらなる利点は、圧縮機段のうちの 1 つから上流の圧縮機段の吸込側に戻るプロセスガスの一部を抽気することによって達成することができる。図 1 の実施形態では、抽気ライン 1 9 は、第 2 の圧縮機段 5 の吐出側と第 1 の圧縮機段 3 の吸込側との間に配置されている。圧縮機段 5 の吐出側から第 1 の圧縮機段 3 の吸込側へのプロセスガス流のパーセンテージを抽気することによって、第 1 の圧縮機段 3 のヘッド曲線は、流量を増加させることによってさらに低下し、多段遠心圧縮機 1 によって吸収された総トルクが減少する。

#### 【 0 0 3 7 】

図 1 8 ~ 図 2 5 は、追加のプロセスガス抽気を伴う図 1 0 ~ 図 1 7 と同じ図を示す。特に図 2 4 および図 2 5 を図 1 6 および図 1 7 と比較することによって理解されるように、トルクマージンはこの場合には 2 0 % を下回らず、第 1 段 3 によって吸収されるトルクはゼロになり得る。

20

#### 【 0 0 3 8 】

始動時のトルク低下は、可変 I G V 1 7 に作用するプロセス流体流を減少させることによって達成される。現在好ましい実施形態では、可変 I G V 1 7 は、多段遠心圧縮機 1 の回転を開始する前に閉じられる。しかし、これは厳密には必要ではない。実際、図 2、図 1 0、図 1 8 および図 8、図 1 6、図 2 4 のヘッド曲線に示すように、多段遠心圧縮機 1 を始動するとヘッドが徐々に増加し、トルクマージンが徐々に低下する。したがって、完全に開いた I G V 1 7 で始動手順を開始し、I G V 1 7 を徐々に閉じて、ヘッドの増加およびトルクマージンの低下を制限することが可能である。

30

#### 【 0 0 3 9 】

可変 I G V 1 7 は、多段遠心圧縮機 1 が最小動作速度に達すると再び開くことができる。固定または準固定速度で動作するターボ機械列の場合、最小動作速度は、駆動機械の定格速度であってもよい。いくつかの実施形態では、最小動作速度は、A P I 6 1 7 規格（A P I 6 1 7 規格、2 0 0 2 年版、段落 1 . 5 . 2 2 を参照）の下での最小許容速度として設定することができる。

#### 【 0 0 4 0 】

図 2 6 は、多段遠心圧縮機 1 のさらなる例示的な実施形態を示す。図 2 6 の概略図には、電動モータおよび / またはガスタービンエンジン、好ましくは単軸ガスタービンエンジンから構成することができる駆動機械 3 0 が示されている。

40

#### 【 0 0 4 1 】

図示する実施形態では、多段遠心圧縮機 1 は、背中合わせの配置で、第 1 の組の圧縮機段 3 1 と第 2 の組の圧縮機段 3 3 とを含む。第 1 の組の圧縮機段 3 1 のガス流は概ね矢印 F 3 1 の方向であり、第 2 の組の圧縮機段 3 3 のガス流は概ね矢印 F 3 3 の方向である。第 1 の組の最も下流の圧縮機段 3 1 の吐出側は、第 2 の組の最も上流の圧縮機段 3 3 の吸込側に流体結合されている。

#### 【 0 0 4 2 】

いくつかの実施形態では、第 1 の組の可変入口ガイドベーン 1 7 が多段遠心圧縮機 1 の

50

吸込側に配置され、第2の組の可変入口ガイドベーン18が第2の組の圧縮機段33の最も上流の圧縮機段の吸込側に配置される。可変入口ガイドベーン17、18の一方または両方の組を制御して始動時のプロセスガス流を減少させることができ、多段遠心圧縮機1の始動回転に必要な総トルクを低減することができる。

#### 【0043】

いくつかの実施形態では、図26に示すように、中間の圧縮機段と流体連通する側流を提供することができる。側流の配置は、LNG用途の冷媒圧縮機で一般的である。図26の概略図では、主プロセス流体流は、多段遠心圧縮機1の吸込側13に入り、側流34、35、37が中間の圧縮機段と流体連通して設けられている。側流34、35は、第1の組の圧縮機段31の段に流体結合され、側流37は、第2の組の圧縮機段33の段の最も上流の段の吸込側に流体結合される。したがって、第3の側流37は、第1の組の圧縮機段31の出口39から第2の組の圧縮機段33の入口41に流れる部分的に圧縮されたプロセス流体と合流する。したがって、第2の組の可変入口ガイドベーン18を使用して、側流を通る流量を調整することができる。

10

#### 【0044】

多段遠心圧縮機1の始動時に得られる出力の低下は、多段遠心圧縮機1を駆動する電動モータの定格出力を低下させる可能性があり、あるいは、定格出力を低下させる可能性があるガスタービンエンジン、スタータおよび駆動機械の一部を形成するガスタービンエンジンなどの原動機と組み合わせて使用されるスタータの定格出力を低下させる可能性がある。

20

#### 【0045】

より低い出力率により、より小型でより安価な機械が得られるが、さらなる利点が得られ、それは遠心圧縮機配置および関連する駆動機械のさらなる実施形態を示す図27の構成を参照するとより明らかになる。

#### 【0046】

図27のシステムは、一例として、第1の多段遠心圧縮機1Aと第2の多段遠心圧縮機1Bとからなり、両方とも駆動機械30によって駆動される圧縮機列2を含む。2つの多段遠心圧縮機1A、1Bを使用して、同じまたは異なるプロセスガスを処理することができる。例えば、圧縮機列2は、LNG冷凍回路の一部とすることができる。いくつかの実施形態では、第1の多段遠心圧縮機1Aをプロパンを処理するように構成することができる。第2の多段遠心圧縮機1Bを混合冷媒を処理するように構成することができる。他の実施形態では、2つの多段遠心圧縮機1A、1Bは、例えば、メタン、エタン、プロパン、エチレン、窒素、アンモニア、ブタン、イソブテン、プロピレン、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される、いくつかの可能な冷媒流体のうちのいずれか1つを処理するように構成することができる。大まかに言えば、ASHRAE（米国暖房、冷凍、および空調技術者協会）の標準冷媒指定に属するガスを使用することができる。

30

#### 【0047】

多段遠心圧縮機1A、1Bは、垂直に分割された圧縮機であってもよいし、両方の水平に分割された圧縮機であってもよい。例えば、圧縮機1A、1BはどちらもMCLシリーズの圧縮機であってもよく、両方ともBCLシリーズの圧縮機であってもよい。2つの圧縮機のうちの一方が、例えばBCLシリーズの圧縮機のような、垂直に分割された圧縮機である場合には、いくつかの好ましい構成では、前記垂直に分割された圧縮機は、圧縮機列2の端部、すなわち駆動機械30の反対側に配置される。

40

#### 【0048】

駆動機械30は、ガスタービンエンジン43で構成することができる。例えば、ガスタービンエンジン43は、単軸ガスタービンエンジン43を含むことができる。ガスタービンエンジン43は、空気圧縮機部45、燃焼器部47、およびタービン部49から構成されてもよい。タービン部49により生成された動力は、空気圧縮機部45および圧縮機列2を駆動する。

#### 【0049】

50

符号 5 1 は、ガスタービンエンジン 4 3 の単一のシャフトを概略的に示す。シャフト 5 1 は、ガスタービンエンジン 4 3 の吸込側すなわち低温側に第 1 のシャフト端部 5 1 A を有し、ガスタービンエンジン 4 3 の圧力側すなわち高温側に第 2 のシャフト端部 5 1 B を有する。電気スタータがガスタービンエンジン 4 3 と反対側の圧縮機列 2 の端部に配置されている現在の技術の一般的に使用される構成とは対照的に、開示された構成では、スタータとして動作する電気機械 5 3 がシャフト 5 1 の第 1 の端部 5 1 A に駆動連結されている。電気機械 5 3 は、発電機モードまたはモータモードで選択的に動作可能な可逆的電気機械であってもよい。このように、電気機械 5 3 は、電動モータモードで動作するときにはスタータとして、ヘルパーとして、あるいは発電機として動作することができる。シャフト 5 1 の第 2 の端部 5 1 B は、圧縮機列 2 に駆動連結されている。

10

【0050】

同じ駆動機械 3 0 は、図 1 および図 2 6 の構成と組み合わせて使用することができる。

【0051】

始動時に 1 つまたは複数の多段遠心圧縮機 1 A、1 B の IGV 1 7 および / または 1 8 を操作することにより、始動時のガス圧縮機列 2 を通るガス流量が減少する。圧縮機列を始動させるためには、現在の技術の遠心圧縮機列と比較して、必要な電力量はより少なくてすむ。したがって、電気機械 5 3 の総出力率は、現在の技術のプラント構成におけるものよりも低くすることができる。

【0052】

したがって、電気機械 5 3 は、単一のシャフト 5 1 を介してガスタービンエンジン 4 3 を横切って伝達される必要がある機械的動力が減少したおかげで、圧縮機列 2 の反対側のガスタービンエンジン 4 3 の側に配置することができる。

20

【0053】

ガスタービンエンジン 4 3 の圧縮機列 2 の反対側にスタータを配置することにより、圧縮器列のメンテナンスが容易になる。特に、垂直方向に分割された多段遠心圧縮機 1 B の開放およびその内部へのアクセスは重要でなく、ラインシャフトを分解することなく得ることができる。

【0054】

上述の実施形態は LNG 用途に具体的に言及されているが、本明細書に開示した革新的な特徴は、圧縮機の始動時に同様の問題が発生する他のシステムにおいても実施することができる。

30

【0055】

さらに、上記の説明は、特に単軸ガスタービンを含む駆動機械を指しているが、始動時に可変 IGV を使用することにより、駆動機械が電動モータを含む場合にも利点が得られる。始動時の消費電力がより少なくてすむようになると、電動モータの定格出力、サイズ、したがってコストを低減することができる。

【0056】

本明細書で説明される主題の開示された実施形態が図面に示され、いくつかの例示的な実施形態と結び付けて具体的および詳細に上で十分に説明されてきたが、多くの修正、変更、および省略が、本明細書に記載された新たな教示、原理、および概念、ならびに添付の特許請求の範囲に述べられる主題の利点から著しく逸脱することなく可能であることが当業者には明らかであろう。したがって、開示される技術革新の適切な範囲は、すべてのそのような修正、変更、および省略を含むように、添付の特許請求の範囲を最も広く解釈することによってのみ定められるべきである。また、いかなる方法または方法ステップの順序または並びは、代替的な実施形態によって変更、または再度順序付けすることもできる。

40

【符号の説明】

【0057】

1 多段遠心圧縮機

1 A 第 1 の多段遠心圧縮機

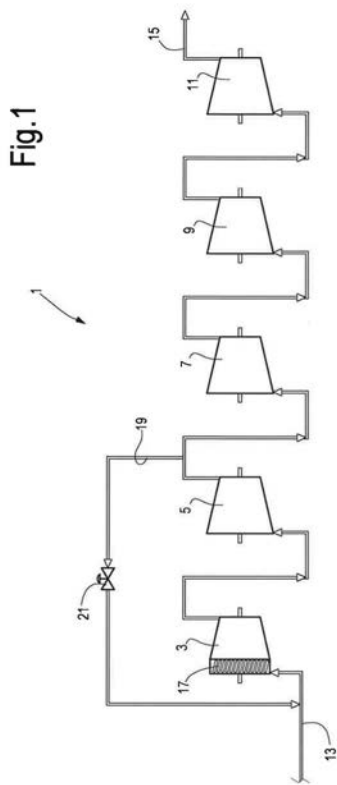
50

- 1 B 第2の多段遠心圧縮機
- 2 圧縮機列
- 3、5、9、7、11 圧縮器段
- 13 吸込側
- 17 可変入口ガイドベーン
- 18 可変入口ガイドベーン
- 19 抽気ライン
- 20 抽気バルブ
- 30 駆動機械
- 31 第1の組の圧縮機段
- 33 第2の組の圧縮機段
- 34、35、37 側流
- 39 出口
- 41 入口
- 43 ガスタービンエンジン
- 45 空気圧縮機部
- 47 燃焼器部
- 49 タービン部
- 51 シャフト
- 51 A 第1のシャフト端部
- 51 B 第2のシャフト端部
- 53 電気機械

10

20

【図1】



【図2】

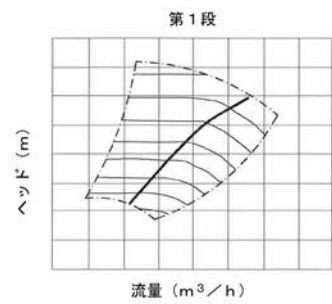


Fig.2

【図3】

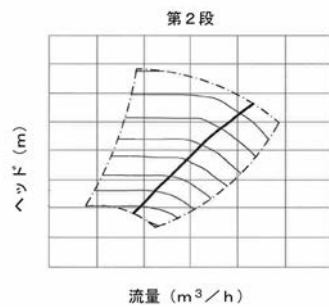


Fig.3

【 図 4 】

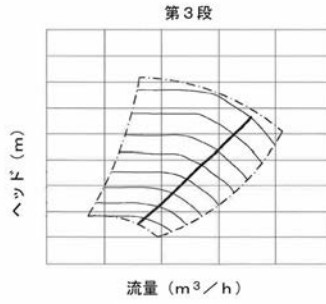


Fig.4

【 図 6 】

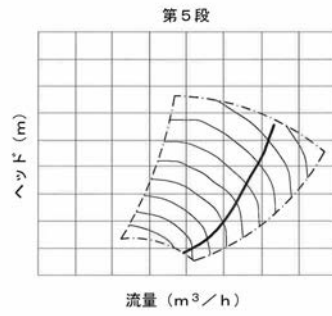


Fig.6

【 図 5 】

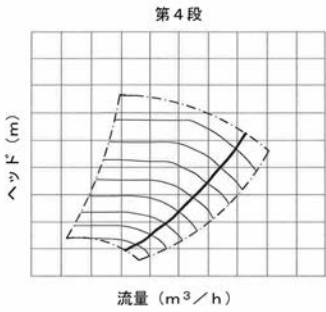


Fig.5

【 図 7 】

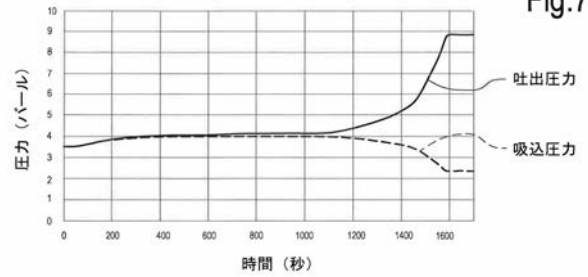


Fig.7

【 図 8 】

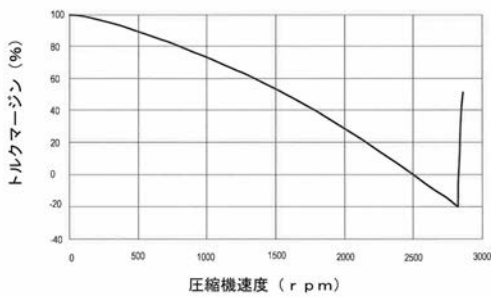


Fig.8

【 図 1 0 】

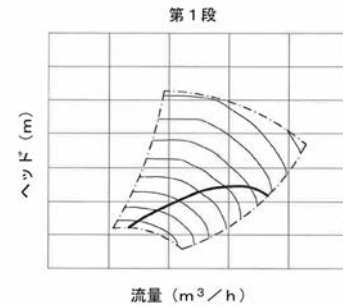


Fig.10

【 図 9 】

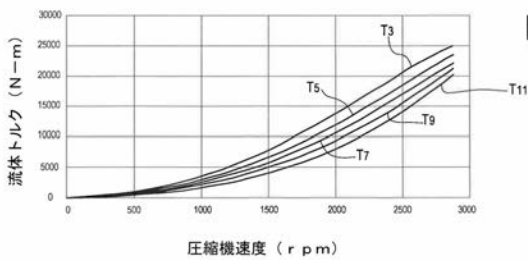


Fig.9

【 図 1 1 】

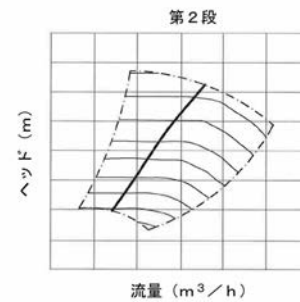


Fig.11

【 図 1 2 】

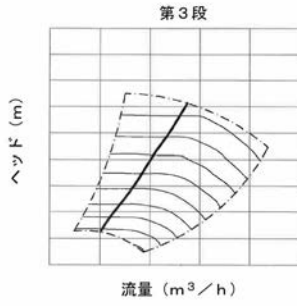


Fig.12

【 図 1 4 】

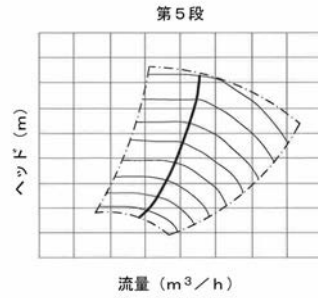


Fig.14

【 図 1 3 】

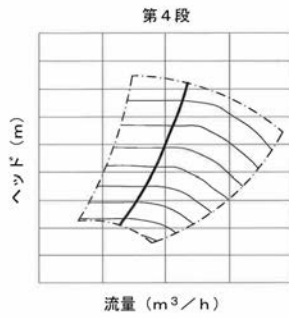
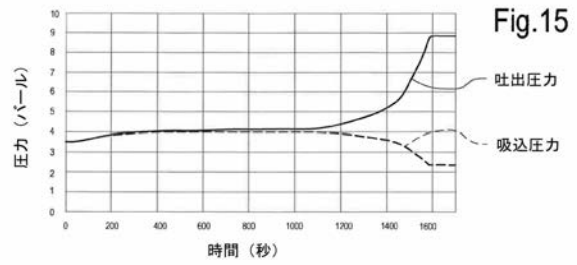


Fig.13

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

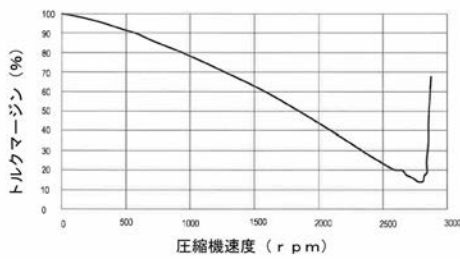


Fig.16

【 図 1 8 】

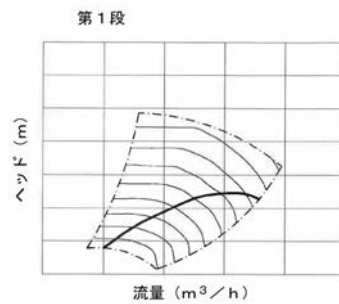


Fig.18

【 図 1 7 】

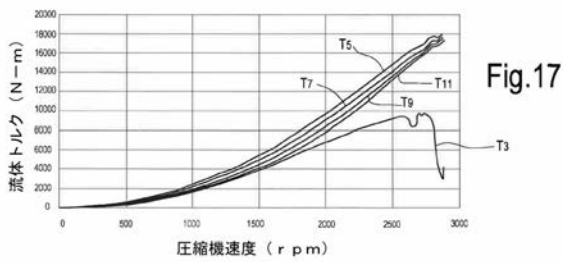


Fig.17

【 図 1 9 】

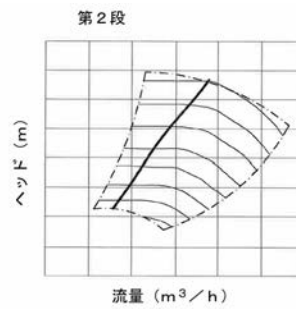


Fig.19

【 図 2 0 】

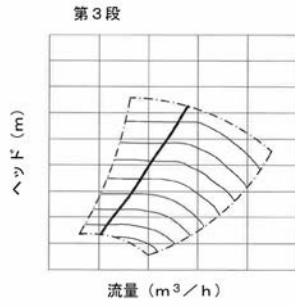


Fig.20

【 図 2 2 】

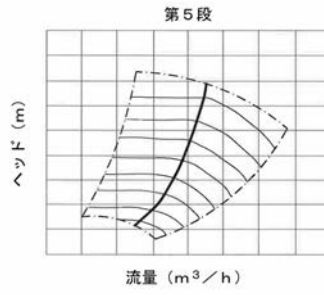


Fig.22

【 図 2 1 】

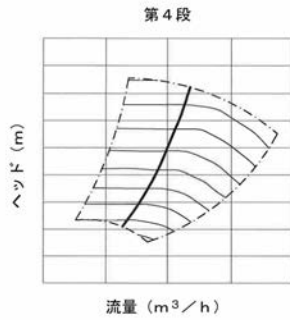


Fig.21

【 図 2 3 】

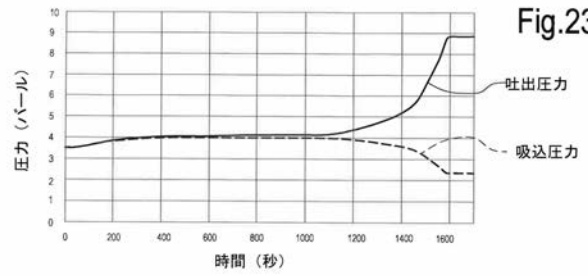


Fig.23

【 図 2 4 】

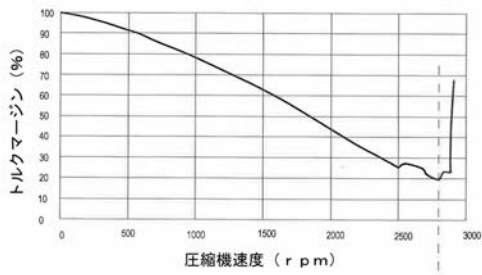


Fig.24

【 図 2 6 】

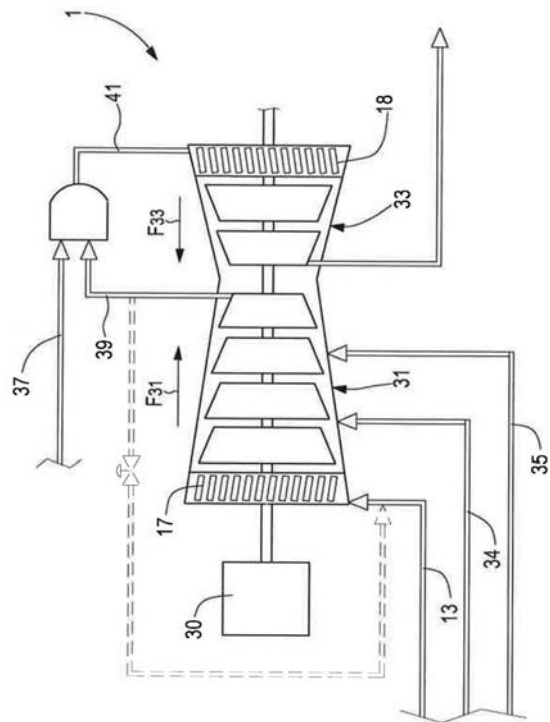


Fig.26

【 図 2 5 】

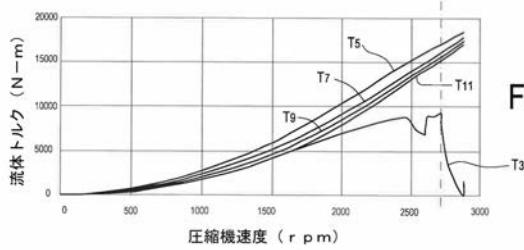
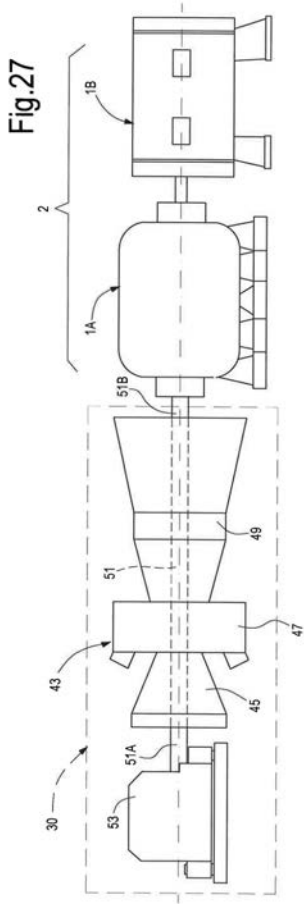


Fig.25

【 図 27 】





## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2017/051319
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. F04D27/02 F02C7/26 F02C9/20 F04D29/46 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F04D 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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 748 500 A (QUENTIN GEORGE HEINZ [US] ET AL) 5 May 1998 (1998-05-05) column 4, line 18 - line 32; figure 1 column 9, line 49 - column 10, line 20; figure 4 column 10, line 21 - line 33; figure 5 -----	1-9, 11, 15-19
A	GB 1 374 871 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 20 November 1974 (1974-11-20) page 4, line 128 - page 5, line 8; figure 1 page 5, line 70 - line 100; figure 3a page 5, line 123 - line 125 page 9, line 112 - page 10, line 18; figure 9 page 10, line 19 - line 25; figure 10a ----- -/--	1-19
<input checked="" 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 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 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
28 February 2017		10/03/2017
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  Di Giorgio, F

1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/051319

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014/000272 A1 (FICHTNER EDWARD C [US] ET AL) 2 January 2014 (2014-01-02) paragraph [0011] - paragraph [0012]; figure 1 paragraph [0014] paragraph [0016] - paragraph [0018] paragraph [0029]; figure 4 paragraph [0030]; figure 3 -----	1,2,10, 11
A	WO 88/05125 A1 (SUNDSTRAND CORP [US]) 14 July 1988 (1988-07-14) page 10, paragraph 2; figure 2 page 13, last paragraph -----	1,2,10, 11
A	US 4 916 893 A (RODGERS COLIN [US]) 17 April 1990 (1990-04-17) column 4, line 1 - line 21; figure 1 -----	1,2,10, 11

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/051319

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5748500	A	05-05-1998	NONE	
-----				
GB 1374871	A	20-11-1974	BE 790124 A1	16-04-1973
			CA 993506 A	20-07-1976
			GB 1374871 A	20-11-1974
			IT 968936 B	20-03-1974
-----				
US 2014000272	A1	02-01-2014	NONE	
-----				
WO 8805125	A1	14-07-1988	DE 3890007 T1	08-12-1988
			JP H01501809 A	22-06-1989
			US 4815277 A	28-03-1989
			WO 8805125 A1	14-07-1988
-----				
US 4916893	A	17-04-1990	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, RW, SD, SL, ST, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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

- (72)発明者 バルダッサーレ, レオナルド  
 イタリア国、5 0 1 2 7、フィレンツェ、ヴィア・マッテウッチ、2
- (72)発明者 ペラゴッティ, アントニオ  
 イタリア国、5 0 1 2 7、フィレンツェ、ヴィア・マッテウッチ、2
- (72)発明者 ペレーラ, マルコ  
 イタリア国、5 0 1 2 7、フィレンツェ、ヴィア・マッテウッチ、2
- (72)発明者 マルクーチ, ニコラ  
 イタリア国、5 0 1 2 7、フィレンツェ、ヴィア・マッテウッチ、2
- (72)発明者 バルダンジーニ, ファビオ  
 イタリア国、5 0 1 2 7、フィレンツェ、ヴィア・マッテウッチ、2

Fターム(参考) 3H021 AA02 BA03 BA13 DA11

3H130 AA06 AB27 AB42 AB62 AB65 AB69 AC01 BA66B BA76B BA97B  
 CA03 DD01Z DD09Z DF01Z DF04Z EA03B EA07B ED05B