

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6470561号  
(P6470561)

(45) 発行日 平成31年2月13日(2019.2.13)

(24) 登録日 平成31年1月25日(2019.1.25)

(51) Int.Cl. F I  
**B 6 4 D 13/00 (2006.01)** B 6 4 D 13/00  
**F 0 4 D 25/04 (2006.01)** F 0 4 D 25/04

請求項の数 9 外国語出願 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2014-254894 (P2014-254894)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成26年12月17日(2014.12.17)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2015-168424 (P2015-168424A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成27年9月28日(2015.9.28)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	平成29年12月5日(2017.12.5)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	14/203,533	(74) 代理人	100108453
(32) 優先日	平成26年3月10日(2014.3.10)		弁理士 村山 靖彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100133400
			弁理士 阿部 達彦
		(74) 代理人	100163522
			弁理士 黒田 晋平
		(74) 代理人	100154922
			弁理士 崔 允辰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エネルギーを航空機エンジンから取り出すターボコンプレッサシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エネルギーを航空機エンジンから取り出すターボコンプレッサ(TC)システムであって、前記ターボコンプレッサシステムは、

少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリと、

前記航空機エンジンの抽気システムと流体連通し、かつ抽気を前記抽気システムから取り込んで前記ターボコンプレッサアセンブリに流入させるように構成されるターボコンプレッサ入口と、

航空機空調システムの空調パックと流体連通し、かつ温度低下パック入口空気を前記ターボコンプレッサアセンブリから取り出して前記空調パックに流入させるように構成されるターボコンプレッサ出口と、

前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成されるラム空気取入口と、

両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブと、を備え、

前記ターボコンプレッサシステムは、エネルギーを前記抽気から取り出し、

前記温度低下パック入口空気は、タービン出口空気及びコンプレッサ出口空気の混合気を含む、又はタービン出口空気、コンプレッサ出口空気、及び前記空調パックのパック流

10

20

量制御バルブ内を流れる抽気の混合気を含む、ターボコンプレッサシステム。

【請求項2】

更に、前記タービンと前記少なくとも1つのコンプレッサとの間に機械的に接続される電動モーターを備え、前記電動モーターは、前記少なくとも1つのコンプレッサに供給される動力を増大させる、請求項1に記載のターボコンプレッサシステム。

【請求項3】

更に、前記少なくとも1つのコンプレッサのコンプレッサ出口に配置される1つ以上の温度センサを備え、前記1つ以上の温度センサは、コンプレッサ出口空気が過熱されないように前記出口空気を保護する、請求項1又は2に記載のターボコンプレッサシステム。

【請求項4】

前記ターボコンプレッサアセンブリは、第1コンプレッサ及び第2コンプレッサを備え、前記ターボコンプレッサシステムは更に、前記第1コンプレッサと前記第2コンプレッサとの間に接続される中間冷却熱交換器を備え、前記中間冷却熱交換器は、前記ラム空気のラム空気温度を燃料の自然発火限界温度以下に維持する、請求項1から3のいずれか一項に記載のターボコンプレッサシステム。

【請求項5】

前記ターボコンプレッサシステムは、前記航空機空調システムのエアサイクルマシン(ACM)に一体化され、かつ1つ以上の更に別のバルブを含む、請求項1から4のいずれか一項に記載のターボコンプレッサシステム。

【請求項6】

少なくとも1つの翼と、

前記少なくとも1つの翼に接続される1つ以上の航空機エンジンであって、各航空機エンジンが、抽気を生成する抽気システムを有する、前記1つ以上の航空機エンジンと、

航空機キャビン、及び前記航空機キャビンは別のパック収納室を有する機内室を形成する胴体と、

前記パック収納室に配置され、かつ前記航空機キャビンと流体連通する航空機空調システムと、を備え、前記航空機空調システムは、

空調パックと、

ターボコンプレッサ(TC)システムと、を備え、前記ターボコンプレッサ(TC)システムは、

少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリと、

前記抽気システムと流体連通し、かつ抽気を前記抽気システムから取り込んで前記ターボコンプレッサアセンブリに流入させるように構成されるターボコンプレッサ入口と、

、

前記空調パックと流体連通し、かつ温度低下パック入口空気を前記ターボコンプレッサアセンブリから取り出して前記空調パックに流入させるように構成されるターボコンプレッサ出口と、

前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成されるラム空気取入口と、

両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブと、を備え、

前記ターボコンプレッサシステムは、エネルギーを前記抽気から取り出し、

前記温度低下パック入口空気は、タービン出口空気及びコンプレッサ出口空気の混合気を含む、又はタービン出口空気、コンプレッサ出口空気、及び前記空調パックのパック流量制御バルブ内を流れる抽気の混合気を含む、航空機。

【請求項7】

前記ターボコンプレッサシステムは更に、前記タービンと前記少なくとも1つのコンプレッサとの間に機械的に接続される電動モーター、前記少なくとも1つのコンプレッサの

10

20

30

40

50

コンプレッサ出口に配置される1つ以上の温度センサ、及び前記少なくとも1つのコンプレッサに接続される中間冷却熱交換器のうちの1つ以上を備える、請求項6に記載の航空機。

【請求項8】

エネルギーを航空機エンジンから取り出す方法であって、前記方法は、

ターボコンプレッサ(TC)システムを、航空機の航空機空調システムに設置するステップであって、前記ターボコンプレッサシステムが、

ターボコンプレッサ入口とターボコンプレッサ出口との間に配置され、かつ少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリと、

前記少なくとも1つのコンプレッサに接続されるラム空気取入口と、

両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブと、を備える、前記設置するステップと、

前記ターボコンプレッサシステムの前記タービンを使用して、エネルギーを抽気から取り出すことによりタービン出口空気及び取出エネルギーを実現するステップと、

前記少なくとも1つのコンプレッサを前記取出エネルギーで駆動して、ラム空気を前記ラム空気取入口から取り込んで圧縮することによりコンプレッサ出口空気を実現するステップと、

前記ターボコンプレッサシステムを使用して、前記航空機空調システムの空調パックに必要なとされる抽気流量を低減することにより、前記航空機空調システムの必要動力を低減するステップと、

前記タービン出口空気及び前記コンプレッサ出口空気を前記ターボコンプレッサシステム内で混合させて、温度低下パック入口空気、及び低減された空調パックラム空気使用量をもたらすステップと、を含み、

前記温度低下パック入口空気は、タービン出口空気及びコンプレッサ出口空気の混合気を含む、又はタービン出口空気、コンプレッサ出口空気、及び前記空調パックのパック流量制御バルブ内を流れる抽気の混合気を含む、方法。

【請求項9】

更に、電動モーターを前記タービンと前記少なくとも1つのコンプレッサとの間に機械的に接続して、前記少なくとも1つのコンプレッサに供給される動力を増大させるステップを含む、請求項8に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は概して、航空機空調システム及び方法に関し、特にエネルギーを航空機エンジンから、抽気を取り込む航空機空調システムにおいて取り出す航空機空調システム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

民間航空機のような輸送ピークルに使用される公知の空調システムは通常、空気を作動流体とする熱力学サイクルを利用して加圧冷気を、客室、貨物室のような航空機の種々の機内室、及び他の機内室に供給する。通常、「bleed air (ブリードエア: 抽気)」と表記される航空機主エンジンの圧縮段からの空気は、抽気システムにより、このような航空機ガスタービンエンジンのうちの2つ以上のガスタービンエンジンから抽気されて、空圧動力を種々の航空機エンジンシステムに供給することができる。例えば、抽気を利用して空圧動力を、航空機空調システムに、航空機防氷システムに、航空機油圧システムに、又は他の航空機システム又は航空機構造部材に供給することができる。

【0003】

抽気は通常、高温かつ高圧で、航空機エンジンの抽気システムから出力することができる。次に、このような抽気は、航空機空調システムの空調パックを介して冷却し、そして

10

20

30

40

50

調整することができる。一旦、抽気がこれらの空調パックで調整されると、抽気を航空機機内に供給して、航空機機内温度の制御を行い、換気を行い、そして与圧を行うことができる。次に、航空機機内の調整後の空気は、外部の外気に機外排出バルブ、オーバーフローバルブ、及びキャビンリークバルブを介して放出することができる。

【0004】

しかしながら、抽気を取り込む公知の航空機空調システムでは、航空機エンジンの抽気システムから航空機空調システムに供給される抽気から取り出される空圧エネルギー又は空圧動力は、航空機空調システムに必要とされる動力又はエネルギーから切り離され、かつ動力又はエネルギーに一致しないことにより、空調システムの流量需要及び冷却需要を満たす必要がある。航空機エンジンは、航空機空調システムが必要とする必要動力よりも大きい動力を供給する必要がある。動力がこのように過剰になることによって、エネルギーが非効率になり、かつ無駄になる。航空機空調システムは通常、航空機自体の推力以外の航空機の最大のエネルギー消費体であるので、このような無駄なエネルギーは、燃料燃焼による大きな悪影響を航空機に与える。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

更に、抽気を取り込む公知の航空機空調システムでは、このような公知の航空機空調システムの空調(AC)パックは、パックラム空気使用量を増やして、ACパックに流入する抽気を十分冷却する必要がある。パックラム空気使用量が増え、そして今度は、ラム空気流量が増大することにより、航空機が受けるラム空気抵抗が大きくなってしまう。

20

【0006】

従って、エネルギーを航空機エンジンから取り出す航空機システム、及び方法を改善して、航空機エンジンから供給される抽気から取り出される空圧動力又は空圧エネルギーを、航空機空調システムの動力需要又はエネルギー需要に一致させて、航空機空調システムによって無駄になるエネルギーを低減し、又は最小限に抑え、かつラム空気抵抗を低減する必要がある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

航空機システム及び方法を改善するというこの必要性を満たす。以下に詳細に説明するように、改善されたこのような航空機システム及び方法の種々実施形態は、既存のシステム及び方法よりも大幅に優れた利点をもたらすことができる。

30

【0008】

1つの実施形態では、エネルギーを航空機エンジンから取り出すターボコンプレッサ(TC)システムが提供される。前記ターボコンプレッサシステムは、少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリを備える。前記ターボコンプレッサアセンブリは更に、前記航空機エンジンの抽気システムと流体連通し、かつ抽気を前記抽気システムから取り込んで前記ターボコンプレッサアセンブリに流入させるように構成されるターボコンプレッサ入口を備える。前記ターボコンプレッサアセンブリは更に、航空機空調システムの空調パックと流体連通し、かつ温度低下パック入口空気を前記ターボコンプレッサアセンブリから取り出して前記空調パックに流入させるように構成されるターボコンプレッサ出口を備える。

40

【0009】

前記ターボコンプレッサアセンブリは更に、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成されるラム空気取入口を備える。前記ターボコンプレッサアセンブリは更に、両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブを備える。前記ターボコンプレッサシステムはエネルギーを前記抽気から取り出す。

50

## 【 0 0 1 0 】

別の実施形態では、少なくとも1つの翼と、前記少なくとも1つの翼に接続される1つ以上の航空機エンジンと、を備える航空機が提供される。各航空機エンジンは、抽気を生成する抽気システムを有する。前記航空機は更に、航空機キャビン、及び前記航空機キャビンとは別のバック収納室を有する機内室を形成する胴体を備える。前記航空機は更に、前記バック収納室に配置され、かつ前記航空機キャビンと流体連通する航空機空調システムを備える。

## 【 0 0 1 1 】

前記航空機空調システムは、空調パックと、ターボコンプレッサ (TC) システムと、を備える。前記ターボコンプレッサシステムは、少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリを備える。前記ターボコンプレッサシステムは更に、前記抽気システムと流体連通し、かつ抽気を前記抽気システムから取り込んで前記ターボコンプレッサアセンブリに流入させるように構成されるターボコンプレッサ入口を備える。前記ターボコンプレッサシステムは更に、前記空調パックと流体連通し、かつ温度低下パック入口空気を前記ターボコンプレッサアセンブリから取り出して前記空調パックに流入させるように構成されるターボコンプレッサ出口を備える。

10

## 【 0 0 1 2 】

前記ターボコンプレッサシステムは更に、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成されるラム空気取入口を備える。前記ターボコンプレッサシステムは更に、両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブを備える。前記ターボコンプレッサシステムはエネルギーを前記抽気から取り出す。

20

## 【 0 0 1 3 】

別の実施形態では、エネルギーを航空機エンジンから取り出す方法が提供される。前記方法は、ターボコンプレッサ (TC) システムを、航空機の航空機空調システムに設置するステップを含む。前記ターボコンプレッサシステムは、ターボコンプレッサ入口とターボコンプレッサ出口との間に配置され、かつ少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリを備える。前記ターボコンプレッサシステムは更に、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続されるラム空気取入口を備える。前記ターボコンプレッサシステムは更に、両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブを備える。

30

## 【 0 0 1 4 】

前記方法は更に、前記ターボコンプレッサシステムの前記タービンを使用して、エネルギーを抽気から取り出すことによりタービン出口空気及び取出エネルギーを実現するステップを含む。前記方法は更に、前記少なくとも1つのコンプレッサを前記取出エネルギーで駆動して、ラム空気を前記ラム空気取入口から取り込んで圧縮することによりコンプレッサ出口空気を実現するステップを含む。前記方法は更に、前記ターボコンプレッサシステムを使用して、前記航空機空調システムの空調パックに必要とされる抽気流量を低減することにより、前記航空機空調システムの必要動力を低減するステップを含む。前記方法は更に、前記タービン出口空気及び前記コンプレッサ出口空気を前記ターボコンプレッサシステム内で混合させて、バック入口空気の温度低下、及び空調パックラム空気使用量の低減を実現するステップを含む。

40

## 【 0 0 1 5 】

説明してきた特徴、機能、及び利点は、本開示の種々の実施形態において個別に実現することができる、又は更に他の実施形態において組み合わせることができ、これらの実施形態に関する更なる詳細は、次の説明、及び以下の図面を参照することにより理解するこ

50

とができる。

【0016】

本開示は、次の詳細な説明を、好適かつ例示的な実施形態を示し、かつ必ずしも寸法通りには描かれていない添付の図面と併せて参照することにより一層深く理解することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1A】ラム空気取入口の1つの実施形態を備える本開示のターボコンプレッサ（TC）システムの1つの実施形態を有する航空機の模式図を図示している。

【図1B】ラム空気取入口の別の実施形態を備える本開示のターボコンプレッサシステムの1つの実施形態を有する航空機の模式図を図示している。

【図2】タービン、コンプレッサ、及びラム空気取入口を備える本開示のターボコンプレッサ（TC）システムの1つの実施形態の模式図を図示しており、TCシステムは、航空機空調システム内にあり、かつ抽気システムに接続されるものとして図示されている。

【図3】タービン、2つのコンプレッサ、及びラム空気取入口を備える本開示のターボコンプレッサ（TC）システムの別の実施形態の模式図を図示しており、TCシステムは、航空機空調システム内にあり、かつ抽気システムに接続されるものとして図示されている。

【図4】タービン、電動モーター、2つのコンプレッサ、及びラム空気取入口を備える本開示のターボコンプレッサ（TC）システムの別の実施形態の模式図を図示しており、TCシステムは、航空機空調システム内にあり、かつ抽気システムに接続されるものとして図示されている。

【図5】タービン、中間冷却熱交換器、2つのコンプレッサ、及びラム空気取入口を備える本開示のターボコンプレッサ（TC）システムの別の実施形態の模式図を図示しており、TCシステムは、航空機空調システム内にあり、かつ抽気システムに接続されるものとして図示されている。

【図6】タービン、2つのコンプレッサ、及びラム空気取入口に代わる循環キャビン空調ダクトを備える本開示のターボコンプレッサ（TC）システムの別の実施形態の模式図を図示しており、TCシステムは、航空機空調システム内にあり、かつ抽気システムに接続されるものとして図示されている。

【図7A】一体型ターボコンプレッサエアサイクルマシン（ACM）システム及びラム空気取入口の形態の本開示のターボコンプレッサ（TC）システムの別の実施形態の模式図を図示しており、TCシステムは、航空機空調システム内にあり、かつ抽気システムに接続され、パック流量制御バルブ（FCV）は開き位置にあるものとして図示されている。

【図7B】図7Aのターボコンプレッサ（TC）システムの模式図を図示しており、TCシステムは、航空機空調システム内にあり、かつ抽気システムに接続され、パック流量制御バルブ（FCV）は閉じ位置にあるものとして図示されている。

【図8】航空機の模式図を図示しており、本開示のターボコンプレッサシステムの種々実施形態を備える航空機空調システムを示している。

【図9】本開示の方法の1つの実施形態を示すフロー図を図示している。

【図10】航空機製造及び整備方法のフロー図を図示している。

【図11】航空機のブロック図を図示している。

【発明を実施するための形態】

【0018】

次に、開示する実施形態について、開示の実施形態のうち全てではないが、幾つかの実施形態が図示されている添付の図面を参照しながら以下に更に完全に説明することとする。実際、幾つかの異なる実施形態を提供することができ、そしてこれらの実施形態は、本明細書において説明される実施形態に限定されるものとして捉えられてはならない。限定されるのではなく、これらの実施形態は、本開示が網羅的になり、かつ本開示の範囲を、当分野の当業者に全て伝えることができるように提供される。

【0019】

10

20

30

40

50

次に、これらの図面を参照するに、図1Aは、ラム空気取入口58の1つの実施形態を備える本開示のターボコンプレッサ（TC）システム10の1つの実施形態を有する航空機12の模式図を図示している。図1Bは、ラム空気取入口58の別の実施形態を備える本開示のターボコンプレッサシステム10の1つの実施形態を有する航空機12の模式図を図示している。以下に詳細に説明されるターボコンプレッサシステム10（図1A～図8参照）は、エネルギーを、航空機エンジン32（図1A～図8参照）の抽気システム34（図1A～図8参照）から航空機空調システム40（図1A～図8参照）に供給される抽気50（図1A～図8参照）から取り出すように設計される。更に、エネルギーを、航空機エンジン32（図1A～図8参照）の抽気システム34（図1A～図8参照）から航空機空調システム40（図1A～図8参照）に供給される抽気50（図1A～図8参照）から、ターボコンプレッサシステム10（図1A～図8参照）を使用して取り出す方法250（図9参照）が開示される。

10

【0020】

図1A～図1Bに示すように、航空機12は、機内室15を形成する胴体13を有する。機内室15は、好適には乗客用又は貨物用の航空機キャビン14と、好適にはパイロット又は他の運航乗務員の操縦室16と、前方電子機器及び備品収納室18と、前方貨物室20と、後方貨物室22と、大型貨物室24と、を含むことができる。航空機12の機内室15は更に、更に別の貨物室又は貨物領域を含むことができる。航空機キャビン14及び操縦室16は、加圧空気により与圧された与圧領域であり、そして前方電子機器／備品収納室18、前方貨物室20、後方貨物室22、及び大型貨物室24は任意であるが、加圧空気により与圧された与圧領域とすることができる。

20

【0021】

航空機12は更に、ウイングボックス28（図1A～図1B参照）を備え、ウイングボックス28から1つ以上の翼30（図1A～図1B参照）が延伸している。図1A～図1Bは、ウイングボックス28から延伸する1つの翼30、及びウイングボックス28の反対側から外側に延伸する別の翼30（図示せず）を示している。図1A～図1Bに示すように、翼30は、ガスタービンエンジンの形態のような1つ以上のエンジン32を有する。各エンジン32は、エンジン32内に接続される1つ以上の抽気システム34（図1A～図1B参照）を有することができる。各抽気システム34は、以下に詳細に説明する抽気システム構造34a（図2～図7B参照）を有する。

【0022】

図1A～図1Bに示すように、航空機12の機内室15は更に、少なくとも1つのパック収納室36を含む。好適には、航空機12は、2つのパック収納室36を、1つのパック収納室36が各翼30の下に位置するようにして含む。しかしながら、航空機12は、更に別のパック収納室36を有することができ、そしてこれらのパック収納室36は、航空機12の別の適切な領域に配置することができる。パック収納室36は、加圧空気により与圧されない非与圧領域とすることができる。パック収納室36の内部は、航空機翼胴フェアリングのような航空機フェアリング38（図1A～図1B参照）の内部に延伸することができ、この翼胴フェアリングは、胴体13の下方に、かつこれらの翼30の間に配置される航空機12の構造物である。

30

【0023】

パック収納室36及び航空機フェアリング38が航空機空調システム40（図1A～図1B参照）を収容する。図1A～図1Bに示すように、航空機空調システム40は、以下に詳細に説明され、かつ空調（AC）パック42に接続されるターボコンプレッサシステム10の1つの実施形態を備え、空調パック42は、1つ以上の熱交換器（図示せず）を備えるパック熱交換器（HX）44を有する。空調パック42は、関連するバルブを備え、ダクティングを施し、センサ及び熱交換器を備えるエアサイクルシステム182（図7A参照）の形態とすることが好ましい。

40

【0024】

図1A～図1Bに更に示すように、抽気50は、航空機エンジン32の抽気システム34（すなわち、空圧システム）から抽気ダクト52を介して航空機空調システム40に、特にターボコンプレッサ（TC）システム10に、そして航空機空調システム40の空調パック42に送られる。

50

## 【 0 0 2 5 】

一旦、抽気50（図1A～図1B参照）が航空機空調システム40内で調整されると、抽気は、調整後の給気46（図1A～図1B参照）として、空調ダクト53（図1A～図1B参照）を介して供給されて、航空機12の航空機キャビン14及び他の機内室15に流入することにより、航空機機内温度及び湿度制御、換気、及び与圧を行うことができる。調整後の給気46は、外部大気に放出することができる、又は循環させて航空機空調システム40に戻すことができる。図1A～図1Bに示すように、航空機12は更に、流出空気48a、48bを航空機12から流出させることができる1つ以上の流出タイプのアバルブ47a、47bを備える。流出空気48a、48b（図1A～図1B参照）は、航空機12の他の領域からのキャビン流出空気及び/又は他の流出空気を含むことができる。

10

## 【 0 0 2 6 】

図1A～図1Bに更に示すように、ラム空気60は、航空機空調システム40に、航空機12の外部から引き込むことにより、空気を作動流体とする熱力学サイクルに使用することができる。本出願を説明するために、「ram air（ラム空気）」とは、航空機自体の飛行時に航空機にラム空気取入口を介して引き込まれて、空気を作動流体とする熱力学サイクルに使用される航空機の外部の大気を指す。

## 【 0 0 2 7 】

本明細書において開示されるターボコンプレッサ（TC）システム10の1つの例は、図1Aに示す1つの実施形態において、ラム空気取入口スクープ62の形態のラム空気取入口58を備えることができる。図1Aに示すように、ラム空気取入口スクープ62の形態のラム空気取入口58は、取入口ラム空気60aのようなラム空気60をTCシステム10が取り込むように構成される。ラム空気取入口スクープ62（図1A参照）は、航空機12（図1A参照）の外部に付加することができ、かつ好ましくは、航空機フェアリング38（図1A参照）の外部から航空機フェアリング38の内部に至るように形成される構造物である。しかしながら、ラム空気取入口スクープ62（図1A参照）は、TCシステム10が航空機12に設置される箇所によって異なるが、航空機12の他の適切な箇所に付加してもよい。

20

## 【 0 0 2 8 】

航空機フェアリング38（図1A参照）の内部では、ラム空気取入口スクープ62（図1A参照）は、ラム空気取入口スクープダクト63（図1A、図2参照）に接続されることが好ましく、ラム空気取入口スクープダクト63が今度は、TCシステム10（図2、図3参照）の第1コンプレッサ（C1）144a（図2、図3参照）の形態のようなコンプレッサ144（図2参照）に接続される。取入口ラム空気60a（図1A参照）の形態のようなラム空気60は、ラム空気取入口スクープ62に、かつラム空気取入口スクープダクト63（図1A、図2参照）を介して、第1コンプレッサ（C1）144a（図2、図3参照）の形態であることが好ましいコンプレッサ144（図2参照）により吸い込まれる、又は引き込まれることが好ましく、これについては以下に更に詳細に説明される。

30

## 【 0 0 2 9 】

航空機12（図1A参照）にTCシステム10（図1A参照）の一部として付加されるラム空気取入口スクープ62（図1A参照）は、既存の航空機空調パックに使用される既存のラム空気取入口と比較して、サイズがずっと小さいことが好ましい。ラム空気取入口スクープ62（図1A参照）は、高耐久性複合材料、金属、又は他の適切な材料により構成されることが好ましい。

40

## 【 0 0 3 0 】

航空機12（図1A参照）にTCシステム10（図1A参照）の一部として付加されるラム空気取入口スクープ62（図1A参照）は、調整ドア又は調整ベーンのような調整構造を付加する必要がなく、かつラム空気取入口58（図1A参照）を自動的に調整する調整コントローラーを使用する必要がない。例えば、既存のラム空気取入口は通常、ラム空気取入口の調整ドアを使用して、1次ラム空気熱交換器及び2次ラム空気熱交換器内を流れる冷却空気の流量を制御し、かつ/又は通常、ラム空気排出管の調整ベーンを使用して、ラム空気取り出し量を増やす。更に、既存のラム空気取入口は、ラム空気取入口を、航空機が飛行している

50

状態で自動的に調整する調整コントローラーを使用することができる。ラム空気取入口スクープ62(図1A参照)は、このような調整機能を持たないTCシステム10(図1A参照)に付加することができる。

【0031】

本明細書において開示されるターボコンプレッサ(TC)システム10は、図1Bに示すような別の実施形態において、TCシステム10に接続されるラム空気取入口バイパスダクト68の形態のラム空気取入口58を備えることができる。図1Bに示すこの実施形態では、TCシステム10のラム空気取入口58を開けて、ラム空気60を、航空機12に設置されるラム空気取り入れシステム64から取り出し、このラム空気取り入れシステム64は、ACパック42のパック熱交換器(HX)44に接続される既存のラム空気取入口ダクト66を有する。ラム空気取入口バイパスダクト68(図1B参照)は、既存のラム空気取入口ダクト66から分岐させて、ラム空気取入口バイパスダクト68が、航空機12(図1B参照)に設置されるラム空気取り入れシステム64に一体化されるようにすることができる。ラム空気取入口バイパスダクト68(図1B参照)は、TCシステム10(図1B参照)に接続され、かつ好ましくは、TCシステム10(図2、図3参照)の第1コンプレッサ(C1)144a(図2、図3参照)の形態のようなコンプレッサ144(図2参照)に接続される。

【0032】

図1Bに示すように、取入口ラム空気60bの形態のようなラム空気60は、航空機12の外部から流入して、既存のラム空気取り入れシステム64の既存のラム空気取入口ダクト66を通過してパック熱交換器(HX)44に流れ込む。図1Bに更に示すように、取入口ラム空気60bの形態のラム空気60のかなりの部分は、ラム空気取入口バイパスダクト68を介して、パイプラム空気60cとして取り出され、そしてTCシステム10に流れ込む。取り出されない取入口ラム空気60b(図1B参照)は、パック熱交換器44(図1B参照)に流れ込み、そして次に、パック熱交換器44(図1B参照)から取出口ラム空気60dとして流出する。図1Bに示すように、取出口ラム空気60dは、航空機12から、航空機12に設置されるラム空気取り入れシステム64に共に設けられるラム空気取出口70及びラム空気取出口ダクト72を介して流出する。

【0033】

図1A~図1Bに更に示すように、航空機12は更に、1つ以上の制御システム54(図1A~図1B参照)を備え、これらの制御システム54は、TCシステム10に動作可能に連結されるか、又は接続されて、TCシステム10を制御し、そして動作させる。1つ以上の制御システム54(図1A~図1B参照)は更に、ACパック42(図1A~図1B参照)及び抽気システム34(図1A~図1B参照)に動作可能に連結されるか、又は接続されて、ACパック42及び抽気システム34を制御し、そして動作させることができる。1つ以上の制御システム54(図1A~図1B参照)は、パック収納室36(図1A~図1B参照)に配置するか、又は航空機12(図1A~図1B参照)の別の適切な箇所に配置することができる。1つ以上の制御システム54(図1A~図1B参照)を使用して、例えばバルブ、スイッチ、ファン、及び他の種々の構成要素を作動状態及び非作動状態にすることにより、例えば空気流量、空気流の温度及び圧力、湿度、換気、及び他の適用可能な機能を制御かつ調整することができる。例えば、1つ以上の制御システム54は、給気制御システムを内蔵した環境制御システム、及びキャビン空調温度制御システム、機械制御システム、空圧制御システム、油圧制御システム、電気制御システム、又は別の適切な制御システムのうちの1つ以上の制御システムを備えることができる。

【0034】

制御システム54は、1つ以上のコントローラー56(図1A~図1B参照)を備えることが好ましい。コントローラー56(図1A~図1B参照)は、パック収納室36(図1A~図1B参照)に配置するか、又は航空機12(図1A~図1B参照)の別の適切な箇所に配置してもよい。制御システム54及びコントローラー56は、TCシステム10、ACパック42、及び/又は抽気システム34に、1つ以上の有線制御線(図示せず)を介して、又は無線結合又は無線接続(図示せず)により動作可能に連結するか、又は接続することができる。コントローラー56は、関連ソフトウェアを備えるコンピュータ処理装置、関連ソフトウェアを備える一体型空気

10

20

30

40

50

システムコントローラー、デジタルコンピュータ及び関連ソフトウェアを備えるデジタル電子コントローラー、アナログコンピュータ及び関連ソフトウェアを備えるアナログ電子コントローラー、リレーロジック回路及びプログラマブルロジックコントローラー又はコンピュータを備える空圧コントローラー、エア圧用ロジックコントローラー及びプログラマブルロジックコントローラー又はコンピュータを備える空圧コントローラー、配線接続リレーロジック及びプログラマブルロジックコントローラー又はコンピュータを備える油圧コントローラー、又は別の適切なコントローラーのうちの1つ以上のコントローラーを備えることができる。

【 0 0 3 5 】

航空機12（図1A～図1B参照）は更に、1つ以上の動力システム57（図8参照）を備え、これらの動力システム57は、動力をTCシステム10（図1A～図1B参照）、ACパック42（図1A～図1B参照）、及び抽気システム34（図1A～図1B参照）のうちの1つ以上の構成要素に供給することができる。TCシステム10（図1A～図1B参照）、ACパック42（図1A～図1B参照）、及び抽気システム34のうちの1つ以上の構成要素を駆動する1つ以上の動力システム57は、電動応用システム、油圧動力伝達システム、空圧動力伝達システム、シャフト動力伝達システム、又は別の適切な動力伝達システムのうちの1つ以上の動力伝達システムを備えることができる。

【 0 0 3 6 】

図2～図7Bは、ターボコンプレッサ（TC）システム10の種々実施形態を示しており、ターボコンプレッサシステム10は、航空機12のパック収納室36（図1A～図7B参照）の航空機空調（AC）システム40に設置されることが好ましく、かつ航空機エンジン32の1つ以上の抽気システム34（すなわち、空圧システム）に接続される。TCシステム10は、流量を増大させることができるターボコンプレッサであることが好ましい。

【 0 0 3 7 】

TCシステム10（図1A～図8参照）は、抽気を取り込む空調システムを使用する新型航空機に設置することができる、又は抽気を取り込む空調システムを使用する既存の航空機に改造して設置することができる。TCシステム10（図1A～図8参照）は、既存の航空機の航空機空調システムに改造して設置することができ、この既存の航空機は、抽気を取り込む空調システムを、既存の航空機システムが受ける影響を最小限に抑えて、又は既存の航空機構造が受ける変更をほんの最小限に抑えて使用する。例えば、ハードウェア変更は、既存の抽気システム34（図1A～図8参照）又は既存のACパック42（図1A～図8参照）に加える必要がない。別の実施形態よりも優れたターボコンプレッサシステム10（図1A～図8参照）の1つの実施形態の特定の応用形態は、航空機が、航空機の新設計、又は既存の設計に基づいているか、或いは航空機の設計における優先事項に基づいているかどうかに関係なく、航空機の構造及び規模によって異なり得る。

【 0 0 3 8 】

図2～図7Bは、パック熱交換器（HX）44を備える空調（AC）パック42の1つの実施形態を示している。本明細書において使用されるように、「air conditioning（AC）pack（空調（AC）パック）」という用語は、航空機に供給されるために用いられる加圧空気を調整する装置又はシステムを指し、この場合、加圧空気は温度について、冷却サイクルシステムを介して調整される。ACパック42は更に、バルブ、ダクト、コントローラー、及び当分野で公知の他の構成要素のような構成要素を備えることができる。本明細書において開示される航空機空調システム40（図1A～図1B参照）の種々実施形態に使用されるACパック42（図1A～図1B参照）は、航空機12（図1A～図1B参照）に対して与圧、換気、及び温度制御を、海上水平飛行時及び巡航水平飛行時を含む航空機の全運航過程を通じて行う。本明細書において開示されるTCシステム10の種々実施形態は、当分野で公知の機械的構成要素を含む他の公知のACパックに使用することもできる。

【 0 0 3 9 】

図2～図7Bは、公知であり、かつ抽気50（図2参照）をTCシステム10（図2参照）に供給する抽気システム34（すなわち、空圧システム）の抽気システム構造34aの1つの実施形態

10

20

30

40

50

を示している。図2～図7Bに示す抽気システム34の抽気システム構造34aは、本明細書において開示されるTCシステム10に使用することができる抽気システム構造の例示的な実施形態であり、限定するために用いられるのではなく、かつ本実施形態に限定されるものとして捉えられてはならない。限定されるのではなく、当分野で公知の抽気システムの他の適切な抽気システム構造を使用して抽気50を、本明細書において開示されるTCシステム10に供給することができる。

【0040】

図2～図7Bに示すように、抽気システム構造34aは、圧縮機段に設けられる抽気口76を備えるエンジンファン74を含む。航空機エンジン32に取り込まれる空気は、圧縮機段に設けられる抽気口76を備える航空機エンジン32の圧縮機段から抽気されることが好ましい。圧縮機段に設けられる抽気口76を図2～図7Bに2つしか示していないが、圧縮機段に設けられる更に別の抽気口76を用いてもよい。本出願を行うために、「bleed air」とは、航空機ガスタービンエンジンのような航空機エンジンに取り込まれる外気を指し、この外気は、航空機エンジンの圧縮機段で圧縮され、かつ航空機空調システムへのエネルギー供給源又は動力供給源として使用され、更には、航空機の他のシステム又は構造部材に使用することもできる。図2～図7Bに示すようなターボコンプレッサシステム10及び航空機空調システム40は、抽気を取り込むシステム(bleed air based systems)と表記することができる。

10

【0041】

抽気システム34(図2～図7B参照)では、航空機エンジン32(図2参照)の推力が低下しているときに、高圧抽気口76b(図2～図7B参照)を使用して空気を取り込み、そして圧縮することができる。推力が上昇するにつれて、高圧抽気口76b(図2～図7B参照)の圧力が上昇し、そして高圧シャットオフバルブ(HPSOV)90(図2～図7B参照)が閉じる。次に、抽気を低圧抽気口76a(図2～図7B参照)から中圧チェックバルブ80(図2～図7B参照)を介して取り込む。

20

【0042】

抽気システム34(図2～図7B参照)は、抽気圧234(図8参照)を設定値に制御することが好ましい。低圧抽気口76a(図2～図7B参照)では、空気が、航空機12(図2～図7B参照)の巡航飛行時に抽気されるのに対し、高圧抽気口76b(図2～図7B参照)は、エンジン32(図2～図7B参照)がアイドリング状態になっているときに閉じることができ、そして通常、エンジン32(図2～図7B参照)がアイドリング状態で駐機しているときにのみ、又は降下しているときにのみ使用することができる。

30

【0043】

抽気システム34(図2～図7B参照)では、圧縮された抽気は、抽気システム34(図2～図7B参照)全体に引き回した抽気ダクト78(図2～図7B参照)を介して取り込むことができる。カウル先端部取入口抽気86(図2～図7B参照)は、エンジン防氷バルブ82(図2～図7B参照)内を流れて、カウル先端部取入口84(図2～図7B参照)に達することにより、防氷保護をカウル先端部取入口84(図2～図7B参照)に対して行うことができる。

【0044】

図2～図7Bに示すように、抽気システム34の抽気システム構造34aは更に、中圧センサ88、シャットオフ兼圧力調整バルブ(PRSOV)92、予冷器94、スターター96、スターターバルブ98、抽気マニホールド圧力センサ100、デルタ圧力センサ102、ファンエア調整バルブ(FAMV)104、機外ストラット側マニホールド温度センサ106a、機内ストラット側マニホールド温度センサ106b、及び過圧調整バルブ(OPV)110を含むことができる。

40

【0045】

抽気圧234(図8参照)は、シャットオフ兼圧力調整バルブ(PRSOV)92(図2～図7B参照)及び過圧調整バルブ(OPV)110(図2～図7B参照)で制御することができる。抽気温度235(図8参照)は、FAMV104で制御することができる。所望の抽気温度を実現するために、抽気50(図2～図7B参照)は、熱交換器の形態とすることができる予冷器94(図2～図7B参照)内を流れるようにすることが好ましい。エンジンファン74(図2～図7B参照)からの

50

エンジンファン空気103（図2～図7B参照）は、予冷器94（図2～図7B参照）内を流れるように吸入することができ、そしてファンエア調整バルブ（FAMV）104（図2～図7B参照）で調整して、抽気50（図2～図7参照）の抽気温度235（図8参照）を制御することができる。

【0046】

図2～図7Bに更に示すように、ストラット/翼前縁部114は、翼30の航空機エンジン32に配置される抽気システム34を、航空機12のバック収納室36に配置される航空機空調システム40から分離することができる。抽気50（図2～図7B参照）は、航空機エンジン32（図2～図7B参照）に配置される抽気システム34（図2～図7B参照）から、抽気システム出口110（図2～図7B参照）を介して流出する。航空機エンジン32（図2～図7B参照）に配置される抽気システム34（図2～図7B参照）から流出しない抽気50（図2～図7B参照）は、翼/加熱防氷システム112（図2～図7B参照）に送給して使用することができる。航空機12（図2～図7参照）のバック収納室36（図2～図7B参照）及び他の領域に流入する抽気50（図2～図7B参照）は、バック収納室/胴体抽気ダクト116（図2～図7B参照）を介して送給することにより、航空機12（図2～図7参照）全体の種々のシステム及び構造部材が使用することができる。図2～図7Bに示すように、本明細書において開示されるTCシステム10に送給されてTCシステム10が使用する他に、抽気50は、例えば空圧駆動ポンプ（ADP）118、全大気温度プローブ120、携帯用水槽122、油圧容器124、航空機12の反対側の抽気部126、又は航空機12の別の適切なシステム又は構造部材に送給されて、これらの構造部材が使用することもできる。

【0047】

抽気50（図2～図7B参照）は、抽気ダクト52（図2～図7参照）を介して航空機空調システム40（図2～図7B参照）に送給されることが好ましい。図2～図7Bに示すように、パイパス交差部128では、抽気50は、TCシステム10（図2～図7B参照）に1つの方向に送給され、そして抽気50は、空調（AC）バック42（図2～図7B参照）に、バック流量制御バルブ（FCV）130を介して別の方向に送給される。ACバック42（図2～図7B参照）に流れ込む抽気50（図2～図7B参照）の流量は、バックFCV130（図2～図7B参照）で調整される。好適には、1つのバックFCV130（図2～図7B参照）を各ACバック42（図2～図7B参照）に対応して設置することができるが、更に別のバックFCV130を必要に応じて設置することができる。図2～図7Bに示すように、TCシステム10は、ACバック42に対応するバックFCV130と同時に作動するように配置されることが好ましい。

【0048】

図2～図7Bに示すように、TCシステム10、10a～10fの種々実施形態の各実施形態は、航空機エンジン32の抽気システム34と流体連通し、かつ抽気50を抽気システム34から取り込んで、TCシステム10のターボコンプレッサ（TC）アセンブリ11に流入させるように構成されるターボコンプレッサ（TC）入口132を備える。図2～図7Bに示すTC入口132は、抽気システム34と、抽気ダクト52を介して、かつTCシステム10の複数の接続ダクト131を介して流体連通する。

【0049】

図2～図7Bに更に示すように、TCシステム10、10a～10fの種々実施形態の各実施形態は、航空機空調システム40のACバック42と流体連通し、かつ温度低下バック入口空気156をTCアセンブリ11から取り出してACバック42に流入させるように構成されるターボコンプレッサ（TC）出口150を備える。図2～図7Bに示すTC出口150は、ACバック42と、複数の接続ダクト131を介して流体連通する。

【0050】

図2～図7Bに更に示すように、TCシステム10、10a～10fの種々実施形態の各実施形態は、TCアセンブリ11に複数の接続ダクト131を介して接続されるターボコンプレッサ制御バルブ（TCCV）134を備え、そしてTCアセンブリ11に複数の接続ダクト131を介して接続されるターボコンプレッサ（TC）バルブ142を備える。TCバルブ142（図8参照）は、TCチェックバルブ142a（図8参照）、TCシャットオフバルブ142b（図8参照）、又は別の適切なTCバルブを備えることができる。TCCV134（図2～図7B参照）及びTCバルブ142（図2～図7B参照）

10

20

30

40

50

をTCシステム（図2～図7B参照）に付加して、TCアセンブリ11（図2～図7B参照）及びTCシステム10（図2～図7B参照）を、ACパック42（図2～図7B参照）から、抽気システム34（図2～図7B参照）から、そして航空機12の他のシステムから絶縁することができる。

【0051】

図2～図6に更に示すように、TCシステム10、10a～10eの種々実施形態は任意であるが、TCアセンブリ11に接続される1つ以上の温度センサ148を備えることができる。好適には、1つ以上の温度センサ148（図2～図6参照）を使用して、コンプレッサ144（図2～図6参照）のコンプレッサ出口空気154（図2～図6参照）が極めて高温になっているかどうかを検出し、かつコンプレッサ出口空気154（図2～図6参照）が過熱されないように出口空気を保護することができる。更に、TCシステム10、10a～10f（図2～図7B参照）は任意であるが、更に別の圧力センサ及び温度センサ（図示せず）をTC入口132（図2～図7B参照）に、TC出口150（図2～図7B参照）に、タービン138（図2～図7B参照）入口及び出口に、TCCV134（図1～図7B参照）に、TCバルブ142（図2～図7B参照）に、又はTCシステム10、10a～10f（図2～図7B参照）内の他の箇所に備えることができる。任意であるが、TCシステム10、10a～10f（図2～図7B参照）は更に、冷却部材（図示せず）を備えることにより、TCアセンブリ11、11a～11f（図2～図7B参照）の1つ以上の構成要素の冷却を行うことができる。

10

【0052】

図2～図7Bに更に示すように、TCシステム10、10a～10fの種々実施形態の各実施形態は、少なくとも1つのコンプレッサ144に機械的に接続されるタービン138を含むターボコンプレッサアセンブリ11を備える。TCシステム10（図2～図7B参照）のタービン138（図2～図7B参照）は、取出エネルギー238（図8参照）を抽気50（図8参照）から取り出して、ACパック42（図2～図6参照）（又は、図7Aのエアサイクルシステム182）に必要とされる抽気流量236（図8参照）及び抽気圧234（図8参照）を低減することにより、航空機空調システム40（図2～図7B参照）の必要動力232（図8参照）を低減し、かつ空調パックラム空気使用量157（図8参照）を低減することができる。上に説明したように、TCアセンブリ11（図8参照）は更に、少なくとも1つのコンプレッサ144（図8参照）に接続され、かつラム空気60（図8参照）を少なくとも1つのコンプレッサ144（図8参照）に取り込むに構成されるラム空気取入口58（図8参照）を備える。

20

【0053】

図2は、TCアセンブリ11aの形態のようなTCアセンブリ11の1つの実施形態を有するTCシステム10aの形態のようなターボコンプレッサ（TC）システム10の1つの実施形態の模式図を図示している。本実施形態では、図2に示すように、TCアセンブリ11aの形態のようTCアセンブリ11は、少なくとも1つのコンプレッサ144にシャフト146を介して機械的に接続されるタービン138を備える。好適には、本実施形態では、TCアセンブリ11a（図2参照）の形態のようなTCアセンブリ11（図2参照）は、第1コンプレッサ（C1）144a（図2参照）のような1つのコンプレッサ144（図2参照）を有する。

30

【0054】

タービン138（図2参照）は、TCシステム10（図2参照）の複数の接続ダクト131（図2参照）、及び抽気システム34（図2参照）の抽気ダクト52（図2参照）を介して送給される抽気50を流入させるタービン入口136（図2参照）を有する。タービン138（図2参照）は、タービン138（図2参照）内を流れる抽気50（図2参照）を膨張させ、そして取出エネルギー238（図8参照）を、タービン138（図2参照）内を流れる抽気50（図2参照）から取り出して、空圧動力242（図8参照）のような動力240（図8参照）を発生させてコンプレッサ144を駆動する。図2から分かるように、タービン138は、タービン流出空気152を発生させ、このタービン流出空気152は、タービン138から出口ダクト140（図2参照）を介して流出する。

40

【0055】

TCアセンブリ11（図2～図7B参照）及びTCシステム10（図2～図7B参照）は、タービン138（図2～図7B参照）を使用して、エネルギーを抽気50（図2～図7B参照）から引き出すことにより、ACパック42（図2～図7B参照）に必要とされる抽気流量236（図8参照）及び抽

50

気圧234（図8参照）を低減することができ、そして取出エネルギー238（図8参照）を、ラム空気60（図2～図5、図7B参照）を引き込むタービン138（図2～図7B参照）で取り出し、そしてラム空気をタービン出口空気152（図2～図5、図7B参照）と混合させて、ACパック42（図2～図3参照）に流入する温度低下パック入口空気156（図2～図3参照）を発生させる。

【0056】

図2に示すように、コンプレッサ144はラム空気60を、コンプレッサ144に接続されるラム空気取入口58を介して取り込む。コンプレッサ144（図2参照）に接続されるラム空気取入口58（図2参照）は、ラム空気60（図2参照）を、少なくとも1つのコンプレッサ144（図2参照）に取り込むように構成されることが好ましい。

10

【0057】

図2は、上に説明され、かつ図1Aにも図示されているように、ラム空気取入口スクープダクト63を備えるラム空気取入口スクープ62の形態のラム空気取入口58の実施形態を示している。しかしながら、上に説明され、かつ図1Bに図示されているように、ラム空気取入口バイパスダクト68（図1B参照）の形態のラム空気取入口58をTCアセンブリ11aの形態のようなTCアセンブリ11の実施形態に使用することもできる。

【0058】

コンプレッサ144（図2参照）はラム空気60を圧縮し、そしてコンプレッサ出口162（図2参照）を通過する第1コンプレッサ出口空気154a（図2参照）のようなコンプレッサ出口空気154（図2参照）を発生させる。図2に示すように、温度センサ148は、コンプレッサ144のコンプレッサ出口162に、又はコンプレッサ出口162の近傍に配置され、好ましくは、コンプレッサ出口空気154が過熱されないように出口空気を保護する。

20

【0059】

タービン出口空気152（図2参照）をコンプレッサ出口空気154（図2参照）と混合させて、又は混ぜ合わせて、ターボコンプレッサ（TC）出口空気155（図2参照）を形成する。TC出口空気155（図2参照）は、出口ダクト140a（図2参照）の形態のような複数の接続ダクト131（図2参照）を介して、かつTC出口150（図2参照）を介して送給することができる。タービン出口空気152（図2参照）は、エネルギーが出口空気からタービン138（図2参照）で取り出されてしまっているため、タービン出口空気152が、TCシステム10（図2参照）に抽気システム34（図2参照）から流入する抽気50（図2参照）の抽気温度235（図8参照）よりも低い温度を有するようになる。

30

【0060】

コンプレッサ出口空気154（図2参照）は、コンプレッサ144（図2参照）で圧縮され、そしてACパック42（図2参照）に必要とされる圧力まで昇圧されているラム空気60（図2参照）により構成される。従って、タービン出口空気152をコンプレッサ出口空気154（図2参照）と混合させるか、又は混ぜ合わせてTC出口空気155（図2参照）を形成すると、ACパック42（図2参照）に流入する入口空気のパック入口空気温度が低下するようになり、かつACパック42（図2参照）にTCシステム10から流入する温度低下パック入口空気156（図2参照）が発生するようになる。ACパック42（図2参照）に流入するパック入口空気の温度は、例えば空気を冷却するためにACパック42（図2参照）に必要とされる作用量に影響を与えることができるので、温度低下パック入口空気156（図2参照）は、ACパック42（図2参照）に流入するパック入口空気を冷却するためにACパック42（図2参照）に必要とされる作用量を小さくするという効果を発揮する。

40

【0061】

TCシステム10（図2～図5参照）は、パック入口空気温度を低下させて、パック熱交換器（HX）44（図2～図5参照）ラム空気流量を低減させるように機能し、これにより今度は、ACパック42（図2～図5参照）ラム空気使用量が低減することにより、ACパックラム空気使用量157（図8参照）が低減し、かつラム空気抵抗が低減する。従って、TCシステム10（図2～図5参照）は、ACパック42（図2～図5参照）ラム空気抵抗を低減することができ、かつエンジンファン74（図2～図5参照）を少なくすることができる。

50

## 【 0 0 6 2 】

好適には、1つの実施形態では、TCシステム10（図2～図3参照）が、航空機12が巡航飛行している、上昇飛行している、又は下降飛行している（又は、上昇飛行又は下降飛行の一部を行っている）場合のように動作状態になっている場合、パックFCV130（図2～図3参照）は閉じ、そして抽気50（図2～図3参照）を流用して抽気がTCシステム10（図2～図3参照）内を流れるようにする。従って、ACパック42（図2～図3参照）に流入する温度低下パック入口空気156（図2～図3参照）の全ては、TCシステム10（図2～図3参照）から流れてくる。本実施形態では、温度低下パック入口空気156（図2～図3参照）は、タービン出口空気152（図2～図3参照）とコンプレッサ出口空気154（図2～図3参照）を混合したTC出口空気155（図2～図3参照）を含む。

10

## 【 0 0 6 3 】

TCシステム10（図2～図7B参照）のTCCV134（図2～図7B参照）は、TCCV134（図2～図7B参照）が開き、かつパックFCV130（図2～図7B参照）が閉じる場合に、パックFCV130（図2～図7B参照）のパック流量制御機能を果たす。TCCV（ターボコンプレッサ制御バルブ）134（図2～図7B参照）調整によって、リアルタイム空圧動力242（図8参照）取り出し最適化を行うことができ、そして正味の抽気50（図2～図7B参照）を低減し、かつリアルタイム最適%SFC（燃料消費率）を低減することができる。好適には、TCシステム10（図2～図3参照）が動作状態になっている場合、抽気システム34（図2～図7B参照）のシャットオフ兼圧力調整バルブ（PRSOV）92（図2～図7B参照）及び過圧調整バルブ（OPV）108（図2～図7B参照）の両方のバルブの開度をできる限り大きくして、PRSOV92及びOPV108が抽気50（図2～図7B参照）の圧力を調整して低下させるのを最小限に抑える、又は防止することにより、TCシステム10に達する抽気50の抽気圧234（図8参照）を最大にし、かつ無駄なエネルギーを必ず最小限に抑える。

20

## 【 0 0 6 4 】

別の実施形態では、図4に示すように、TCシステム10が、航空機12が巡航飛行している、上昇飛行している、又は下降飛行している場合のように動作状態になっている場合、パックFCV130は開き、そして抽気50は、TCシステム10及びパックFCV130の双方の内部を流れる。図4に示すように、パックFCV130内を流れる抽気50aは、TCシステム10から流出するTC出口空気155と混合され、そしてこの混合気が、ACパック42に流入する温度低下パック入口空気156aを形成する。本実施形態では、温度低下パック入口空気156a（図4参照）は、タービン出口空気152（図4参照）とコンプレッサ出口空気154（図4参照）を混合したTC出口空気155（図4参照）、及びパックFCV130（図4参照）内を流れる抽気50a（図4参照）を含む。別の構成として、図4に示すTCシステム10は、図2～図3に示すように、TC出口空気155のみからなる温度低下パック入口空気156を使用することができる。

30

## 【 0 0 6 5 】

更に、図2～図3及び図5に示すTCシステム10の種々実施形態は、TC出口空気155のみからなる温度低下パック入口空気156を示しているが、図2～図3及び図5に示すTCシステム10のこのような実施形態は、タービン出口空気152（図4参照）とコンプレッサ出口空気154（図4参照）を混合したTC出口空気155（図4参照）、及びパックFCV130（図4参照）内を流れる抽気50a（図4参照）を含む温度低下パック入口空気156a（図4参照）を使用することもできる。

40

## 【 0 0 6 6 】

図3は、TCアセンブリ11bの形態のようなTCアセンブリ11の1つの実施形態を有するTCシステム10bの形態のようなターボコンプレッサ（TC）システム10の別の実施形態の模式図を図示している。TCシステム10bの形態のようなTCシステム10は、図2のTCシステム10aと、1つのコンプレッサ144ではなく、TCアセンブリ11bの形態のようなTCアセンブリ11が、2つのコンプレッサ144を有していることを除き、同様である。本実施形態では、図3に示すように、TCアセンブリ11bの形態のようなTCアセンブリ11は、第1コンプレッサ（C1）144a及び第2コンプレッサ（C2）144bの形態のような2つのコンプレッサ144に機械的に接続されるタービン138を備える。図3に更に示すように、タービン138は第1コンプレッサ（C1）

50

144aにシャフト146を介して機械的に接続され、そして第1コンプレッサ(C1)144aは、第2コンプレッサ(C2)144bにシャフト158を介して機械的に接続される。コンプレッサダクト160(図3参照)は、第1コンプレッサ(C1)144a(図3参照)と第2コンプレッサ(C2)144b(図3参照)との間に接続することができる。本実施形態は、TCアセンブリ11b及びTCシステム10bの合計高さを低減するという利点を有することができるので、TCアセンブリ11b及びTCシステム10bを、航空機12(図1A参照)内の所定の設置空間内又は設置領域内に一層容易に適合させることができる。

【0067】

図3に示すように、タービン138は、TCシステム10bの複数の接続ダクト131、及び抽気ダクト52を介して送給される抽気50を抽気システム34から流入させるタービン入口136を有する。タービン138(図3参照)は、タービン138(図3参照)内を流れる抽気50(図3参照)を膨張させ、そして取出エネルギー238(図8参照)をタービン138(図3参照)内を流れる抽気50(図3参照)から取り出して、空圧動力242(図8参照)のような動力240(図8参照)を発生させて、第1コンプレッサ(C1)144aを駆動する。図3から分かるように、タービン138は、タービン流出空気152を発生させ、このタービン流出空気152は、タービン138から出口ダクト140(図3参照)を通過して流出する。

【0068】

図3に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、ラム空気60を、第1コンプレッサ(C1)144aに接続されるラム空気取入口58を介して取り込むことができる。図3は、上に説明され、かつ図1Aにも図示されるように、ラム空気取入口スクープダクト63を備えるラム空気取入口スクープ62の形態のラム空気取入口58の実施形態を示している。しかしながら、上に説明され、かつ図1Bに図示されるように、ラム空気取入口バイパスダクト68(図1B参照)の形態のラム空気取入口58をTCアセンブリ11bの形態のようなTCアセンブリ11の実施形態に使用することもできる。

【0069】

図3に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、ラム空気60を圧縮し、そして第1コンプレッサ出口空気154a(図3参照)のようなコンプレッサ出口空気154(図3参照)を発生させ、このコンプレッサ出口空気154は、第2コンプレッサ(C2)144bにコンプレッサダクト160を介して送給することができる。図3に更に示すように、第2コンプレッサ(C2)144bは、第1コンプレッサ出口空気154a(すなわち、圧縮ラム空気60)を圧縮し、そして第2コンプレッサ出口空気154b(図3参照)を発生させる。図3に示すように、温度センサ148は、第2コンプレッサ(C2)144bのコンプレッサ出口162に配置する、又はコンプレッサ出口162の近傍に配置することができ、そして好ましくは、第2コンプレッサ出口空気154bが過熱されないように出口空気を保護することができる。

【0070】

タービン出口空気152(図3参照)を第2コンプレッサ出口空気154b(図3参照)と混合させるか、又は混ぜ合わせて、ターボコンプレッサ(TC)出口空気155(図3参照)を形成する。TC出口空気155(図3参照)は、出口ダクト140a(図3参照)の形態のような複数の接続ダクト131(図3参照)を介して、かつTC出口150(図3参照)を介して送給することができる。タービン出口空気152(図3参照)を第2コンプレッサ出口空気154b(図3参照)と混合させるか、又は混ぜ合わせて、TC出口空気155(図3参照)を形成すると、ACパック42(図3参照)に流入する入口空気のパック入口空気温度が低下するようになり、かつACパック42(図3参照)にTCシステム10b(図3参照)から流入する温度低下パック入口空気156(図3参照)が発生するようになる。

【0071】

図4は、TCアセンブリ11cの形態のようなTCアセンブリ11の1つの実施形態を有するTCシステム10cの形態のようなターボコンプレッサ(TC)システム10の別の実施形態の模式図を図示している。TCシステム10cの形態のようなTCシステム10は、図3のTCシステム10bと、電動モーター164が、タービン138と、第1コンプレッサ(C1)144aの形態のような少なくとも1つのコンプレッサ144との間に機械的に接続されていることを除き、同様である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 2 】

本実施形態では、図4に示すように、TCアセンブリ11cの形態のようなTCアセンブリ11は、第1コンプレッサ(C1)144aにシャフト146を介して機械的に接続されるタービン138を備え、そしてTCアセンブリ11では、電動モーター164をタービン138と第1コンプレッサ(C1)144aとの間のシャフト146に接続している。電動モーター164(図4参照)は、第1コンプレッサ(C1)144a(図4参照)に供給される動力を増大させることが好ましい。TCシステム10c(図4参照)の実施形態は、ハイブリッド電動システムであることが好ましい、すなわちTCシステム10cは抽気50(図4参照)を利用しつつ、抽気50を電動モーター164(図4参照)のかなり大きな電動力で増加させて、燃料消費量を一層低減する。本実施形態は、抽気圧234(図8参照)が、航空機空調システム40(図8参照)の需要を補うためには不十分であり、抽気量の増加が必要となる状況が発生する場合に有利となり得る。

10

## 【 0 0 7 3 】

図4に更に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、第2コンプレッサ(C2)144bにシャフト158を介して接続される。コンプレッサダクト160(図4参照)は、第1コンプレッサ(C1)144a(図4参照)と第2コンプレッサ(C2)144b(図4参照)との間に接続することができる。

## 【 0 0 7 4 】

図4に更に示すように、タービン138は、TCシステム10cの複数の接続ダクト131、及び抽気ダクト52を介して送給される抽気50を抽気システム34から流入させるタービン入口136を有する。タービン138(図4参照)は、タービン138(図4参照)内を流れる抽気50(図4参照)を膨張させ、そして取出エネルギー238(図8参照)をタービン138(図4参照)内を流れる抽気50(図4参照)から取り出して、空圧動力242(図8参照)のような動力240(図8参照)を発生させる。電動モーター164(図4参照)は、動力又はエネルギーを発生させ、そして電動モーター164を使用して、タービン138(図4参照)で生成される空圧動力242(図8参照)を増大させることにより、第1コンプレッサ(C1)144a(図4参照)のようなコンプレッサ144(図4参照)を駆動する。図4から分かるように、タービン138は、タービン流出空気152を発生させ、このタービン流出空気152は、タービン138から出口ダクト140(図4参照)を介して流出する。

20

## 【 0 0 7 5 】

図4に更に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、ラム空気60を、第1コンプレッサ(C1)144aに接続されるラム空気取入口58を介して取り込むことができる。図4は、上に説明され、かつ図1Aにも図示されるように、ラム空気取入口スクープダクト63を備えるラム空気取入口スクープ62の形態のラム空気取入口58の実施形態を示している。しかしながら、上に説明され、かつ図1Bに図示されるように、ラム空気取入口バイパスダクト68(図1B参照)の形態のラム空気取入口58をTCアセンブリ11bの形態のようなTCアセンブリ11の実施形態に使用することもできる。

30

## 【 0 0 7 6 】

図4に更に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、ラム空気60を圧縮し、そして第1コンプレッサ出口空気154aのようなコンプレッサ出口空気154を発生させ、このコンプレッサ出口空気154は、第2コンプレッサ(C2)144bにコンプレッサダクト160を介して送給することができる。図4に更に示すように、第2コンプレッサ(C2)144bは、第1コンプレッサ出口空気154a(すなわち、圧縮ラム空気60)を圧縮し、そして第2コンプレッサ出口空気154b(図4参照)を発生させる。図4に示すように、温度センサ148は、第2コンプレッサ(C2)144bのコンプレッサ出口162に配置する、又はコンプレッサ出口162の近傍に配置することができる、好ましくは、第2コンプレッサ出口空気154bが過熱されないように出口空気を保護することができる。

40

## 【 0 0 7 7 】

タービン出口空気152(図4参照)を第2コンプレッサ出口空気154b(図4参照)と混合させるか、又は混ぜ合わせて、ターボコンプレッサ(TC)出口空気155(図4参照)を形成する。TC出口空気155(図4参照)は、出口ダクト140a(図4参照)の形態のような複数の接

50

続ダクト131（図4参照）を介して、かつTC出口150（図4参照）を介して送給することができる。

【0078】

本実施形態では、上に説明したように、TCシステム10c（図4参照）が、航空機12（図4参照）が巡航飛行している、上昇飛行している、又は下降飛行している場合のように、動作状態になっている場合、パックFCV130（図4参照）は開き、そして抽気50（図4参照）は、TCシステム10c（図4参照）及びパックFCV130（図4参照）の双方の内部を流れる。図4に示すように、パックFCV130内を流れる抽気50aは、TCシステム10cからのTC出口空気155と混合され、そしてこの混合気が、ACパック42に流入する温度低下パック入口空気156aを形成する。本実施形態では、温度低下パック入口空気156a（図4参照）は、タービン出口空気152（図4参照）とコンプレッサ出口空気154（図4参照）を混合したTC出口空気155（図4参照）、及びパックFCV130（図4参照）内を流れる抽気50a（図4参照）を含む。別の構成として、図4に示すTCシステム10cは、図2～図3に示すように、TC出口空気155のみからなる温度低下パック入口空気156を使用することができる。

10

【0079】

図5は、TCアセンブリ11dの形態のようなTCアセンブリ11の1つの実施形態を有するTCシステム10dの形態のようなターボコンプレッサ（TC）システム10の別の実施形態の模式図を図示している。TCシステム10dの形態のようなTCシステム10は、図3のTCシステム10bと、中間冷却熱交換器166が、第1コンプレッサ（C1）144aと第2コンプレッサ（C2）144bとの間に接続され、かつラム空気取入口スクープダクト63にも接続されていることを除き、同様である。

20

【0080】

TCシステム10の第1コンプレッサ（C1）144a及び第2コンプレッサ（C2）144bの効率によって異なるが、TCシステム10dが、航空機12（図5参照）の可燃性流体漏れ領域に設置されるとした場合に、中間冷却熱交換器166を追加して、ラム空気60（図5、図8参照）のラム空気温度61（図8参照）を、燃料の自然発火限界温度以下に維持することが好ましい。図5に示すように、ラム空気取入口スクープ62を介して流れてラム空気取入口スクープダクト63に達するラム空気60は、ダクト168を介して中間冷却熱交換器166に送給されることにより冷却を行うことができる。図5に更に示すように、第1コンプレッサ出口空気154aは、コンプレッサダクト160を介して中間冷却熱交換器166に送給されることにより冷却を行うことができる。図5に示すように、中間冷却熱交換器166は、熱170を、中間冷却熱交換器166を介して冷却されるラム空気60又は第1コンプレッサ出口空気154aから放出させることができる。

30

【0081】

図5に示す実施形態では、中間冷却熱交換器166を追加する構成に代わる別の構成として、第2コンプレッサ（C2）144b及びコンプレッサ出口162からの排気を代わりに、タービン出口空気152と混合させる手前の所望の箇所から放出することができる。このような排気手段は、当分野で公知の1つ以上の排気装置153（図2～図6参照）の形態で追加することにより、第1コンプレッサ出口空気154a（図2、図7A、図7B参照）、第2コンプレッサ出口空気154b（図3～図5参照）、及び第2コンプレッサ出口空気176b（図6参照）の空気温度を、燃料の自然発火限界温度以下に維持することができることが好ましい。1つ以上の排気装置153（図2～図6参照）は、周囲空気を排気するように設計されるダクト又は他の適切な排気装置の形態とすることができる。

40

【0082】

本実施形態では、図5に更に示すように、TCアセンブリ11dの形態のようなTCアセンブリ11は、第1コンプレッサ（C1）144aにシャフト146を介して機械的に接続されるタービン138を備え、そして第1コンプレッサ（C1）144aは、第2コンプレッサ（C2）144bにシャフト158を介して機械的に接続される。コンプレッサダクト160（図3参照）は、第1コンプレッサ（C1）144a（図3参照）と第2コンプレッサ（C2）144b（図3参照）との間に接続することができる。

50

## 【 0 0 8 3 】

図5に示すように、タービン138は、TCシステム10dの複数の接続ダクト131、及び抽気ダクト52を介して送給される抽気50を抽気システム34から流入させるタービン入口136を有する。タービン138（図5参照）は、タービン138（図3参照）内を流れる抽気50（図5参照）を膨張させ、そして取出エネルギー238（図8参照）をタービン138（図5参照）内を流れる抽気50（図5参照）から取り出して、空圧動力242（図8参照）のような動力240（図8参照）を発生させて、第1コンプレッサ（C1）144aを駆動する。図5から分かるように、タービン138は、タービン流出空気152を発生させ、このタービン流出空気152は、タービン138から出口ダクト140（図5参照）を介して流出する。

## 【 0 0 8 4 】

図5に更に示すように、第1コンプレッサ（C1）144aは、ラム空気60を、第1コンプレッサ（C1）144aに接続されるラム空気取入口58を介して取り込むことができる。上に説明したように、ラム空気60（図5参照）は、中間冷却熱交換器166（図5参照）にダクト168（図5参照）を介して送給することができる。図5は、上に説明され、かつ図1Aにも図示されるように、ラム空気取入口スクープダクト63を備えるラム空気取入口スクープ62の形態のラム空気取入口58の実施形態を示している。しかしながら、上に説明され、かつ図1Bに図示されるラム空気取入口バイパスダクト68（図1B参照）の形態のラム空気取入口58は、TCアセンブリ11bの形態のようなTCアセンブリ11の実施形態に使用することもできる。

## 【 0 0 8 5 】

図5に更に示すように、第1コンプレッサ（C1）144aは、ラム空気60を圧縮し、そして第1コンプレッサ出口空気154a（図3参照）のようなコンプレッサ出口空気154（図3参照）を発生させ、このコンプレッサ出口空気154は、コンプレッサダクト160を介して中間冷却熱交換器166に送給することができ、次にコンプレッサダクト160を介して第2コンプレッサ（C2）144bに送給することができる。図5に更に示すように、第2コンプレッサ（C2）144bは、第1コンプレッサ出口空気154a（すなわち、圧縮ラム空気60）を圧縮するか、又は中間冷却熱交換器166で冷却されているラム空気60を圧縮し、そして第2コンプレッサ出口空気154b（図5参照）を発生させる。図5に示すように、温度センサ148は、第2コンプレッサ（C2）144bのコンプレッサ出口162に配置する、又はコンプレッサ出口162の近傍に配置することができる、好ましくは、第2コンプレッサ出口空気154bが過熱されないように出口空気を保護することができる。

## 【 0 0 8 6 】

タービン出口空気152（図5参照）を第2コンプレッサ出口空気154b（図5参照）と混合させるか、又は混ぜ合わせて、ターボコンプレッサ（TC）出口空気155（図5参照）を形成する。TC出口空気155（図5参照）は、出口ダクト140a（図5参照）の形態のような複数の接続ダクト131（図5参照）を介して、かつTC出口150（図5参照）を介して送給することができる。タービン出口空気152（図5参照）を第2コンプレッサ出口空気154b（図5参照）と混合させるか、又は混ぜ合わせてTC出口空気155（図5参照）を形成すると、ACパック42（図5参照）に流入する入口空気のパック入口空気温度が低下するようになり、かつACパック42（図5参照）にTCシステム10d（図5参照）から流入する温度低下パック入口空気156（図5参照）が発生するようになる。

## 【 0 0 8 7 】

図6は、TCアセンブリ11eの形態のようなTCアセンブリ11の1つの実施形態を有するTCシステム10eの形態のようなターボコンプレッサ（TC）システム10の別の実施形態の模式図を図示している。TCシステム10eの形態のようなTCシステム10は、図3のTCシステム10bと、ラム空気60（図3参照）及びラム空気取入口スクープ62及びラム空気取入口スクープダクト63ではなく、循環キャビン空気172及び循環キャビン空調ダクト174が使用され、かつ第1コンプレッサ（C1）144aに接続されていることを除き、同様である。

## 【 0 0 8 8 】

本実施形態では、図6に示すように、TCアセンブリ11eの形態のようなTCアセンブリ11は、第1コンプレッサ（C1）144a及び第2コンプレッサ（C2）144bの形態のような2つのコン

10

20

30

40

50

プレスサ144に機械的に接続されるタービン138を備える。図6に示すように、タービン138は、第1コンプレッサ(C1)144aにシャフト146を介して機械的に接続され、そして第1コンプレッサ(C1)144aは、第2コンプレッサ(C2)144bにシャフト158を介して機械的に接続される。コンプレッサダクト160(図6参照)は、第1コンプレッサ(C1)144a(図6参照)と第2コンプレッサ(C2)144b(図6参照)との間に接続することができる。

【0089】

本実施形態では、図5に示すように、ラム空気60(図3参照)を少なくとも1つのコンプレッサ144に取り込むように構成されるラム空気取入口58(図3参照)に代えて、少なくとも1つのコンプレッサ(C1)144aに接続され、かつ循環キャビン空気172を航空機キャビン14から第1コンプレッサ(C1)144aに取り込むように構成される循環キャビン空調ダクト174を用いる。従って、第1コンプレッサ(C1)144aに取り込まれるラム空気60(図3~図5参照)ではなく、循環キャビン空気172が第1コンプレッサ(C1)144aに吸い込まれる。循環キャビン空調ダクト174は、ラム空気取入口58(図3~図5参照)に代えて使用される。

【0090】

図6に示すように、タービン138は、TCシステム10eの複数の接続ダクト131、及び抽気ダクト52を介して送給される抽気50を抽気システム34から流入させるタービン入口136を有する。タービン138(図6参照)は、タービン138(図6参照)内を流れる抽気50(図6参照)を膨張させ、そして取出エネルギー238(図8参照)をタービン138(図6参照)内を流れる抽気50(図6参照)から取り出して、空圧動力242(図8参照)のような動力240(図8参照)を発生させることにより第1コンプレッサ(C1)144aを駆動する。図6から分かるように、タービン138は、タービン流出空気152を発生させ、このタービン流出空気152は、タービン138から出口ダクト140(図6参照)を介して流出する。

【0091】

図6に更に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、循環キャビン空気172を、第1コンプレッサ(C1)144aに接続される循環キャビン空調ダクト174を介して取り込むことができる。図6に更に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、循環キャビン空気172を圧縮し、そして第1コンプレッサ出口空気176a(図6参照)のようなコンプレッサ出口空気176(図6参照)を発生させ、このコンプレッサ出口空気176は、コンプレッサダクト160を介して第2コンプレッサ(C2)144bに送給することができる。図6に更に示すように、第2コンプレッサ(C2)144bは、第1コンプレッサ出口空気176a(すなわち、圧縮循環キャビン空気172)を圧縮し、そして第2コンプレッサ出口空気176b(図6参照)を発生させる。図6に示すように、温度センサ148は、第2コンプレッサ(C2)144bのコンプレッサ出口162に配置する、又はコンプレッサ出口162の近傍に配置することができ、好ましくは、第2コンプレッサ出口空気176bが過熱されないように出口空気を保護することができる。

【0092】

図6に更に示すように、温度センサ148に代えて、又は温度センサ148の他に、排気手段を、当分野で公知の1つ以上の排気装置153の形態で追加することにより、第2コンプレッサ出口空気176bの空気温度を、燃料の自然発火限界温度以下に維持することができることが好ましい。1つ以上の排気装置153(図6参照)は、周囲空気を排気するように設計されるダクト又は他の適切な排気装置の形態とすることができる。

【0093】

タービン出口空気152(図6参照)を第2コンプレッサ出口空気176b(図6参照)と混合させるか、又は混ぜ合わせて、ターボコンプレッサ(TC)出口空気155a(図6参照)を形成する。TC出口空気155a(図6参照)は、出口ダクト140a(図6参照)の形態のような複数の接続ダクト131(図6参照)を介して、かつTC出口150(図6参照)を介して送給することができる。タービン出口空気152(図6参照)を第2コンプレッサ出口空気176b(図6参照)と混合させる、又は混ぜ合わせてTC出口空気155a(図6参照)を形成すると、ACパック42(図6参照)に流入する入口空気のパック入口空気温度が低下するようになり、かつACパック42(図6参照)にTCシステム10e(図6参照)から流入する温度低下パック入口空気156b(図6参照)が発生するようになる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 4 】

図6に示すTCシステム10eの実施形態は、TC出口空気155aのみからなる温度低下パック入口空気156aを示しているが、図6に示すTCシステム10eのこのような実施形態は、タービン出口空気152（図4参照）及びコンプレッサ出口空気154（図4参照）を混合したTC出口空気155（図4参照）、及びパックFCV130（図4参照）内を流れる抽気50a（図4参照）を含む温度低下パック入口空気156a（図4参照）を使用することもできる。

## 【 0 0 9 5 】

図7A～7Bは、TCアセンブリ11fの形態のようなTCアセンブリ11の1つの実施形態を有するTCシステム10fの形態のようなターボコンプレッサ（TC）システム10の別の実施形態の模式図を図示している。図7Aは、開位置にあるパック流量制御バルブ（FCV）130を示している。パック流量制御バルブ（FCV）130（図7A参照）が開位置にあるこの動作状態は、燃料を低減するという利点を提供するために利用されるのではない。図7Bは、閉位置にあるパック流量制御バルブ（FCV）130を示している。パック流量制御バルブ（FCV）130（図7B参照）が閉位置にあるこの動作状態は、燃料を低減するという利点を提供することができる。

10

## 【 0 0 9 6 】

本実施形態では、図7A～図7Bに示すように、TCシステム10fの形態のようなTCシステム10は、航空機空調システム40のエアサイクルシステム182に一体化されて一体型ターボコンプレッサエアサイクルマシン（ACM）システム180を形成するターボコンプレッサ（TC）システム10を備え、かつターボコンプレッサバルブ142（図8参照）のような1つ以上の更に別のバルブ181（図8参照）を含む。例えば、一体型ターボコンプレッサエアサイクルマシンシステム180は、更に別のターボコンプレッサチェックバルブ202（図7A～図7B参照）を備えることができる、更に別のターボコンプレッサ制御バルブ（TCCV）214（図7A～図7B参照）を備えることができる、又は他の更に別のバルブを備えることができる。

20

## 【 0 0 9 7 】

図7A～図7Bに更に示すように、TCシステム10fの形態のようなターボコンプレッサ（TC）システム10は、航空機空調システム40内にあり、かつ抽気システム34に接続される。図7A～図7Bに更に示す実施形態では、ACパック42（図2～図6参照）は、エアサイクルシステム182の形態とすることができる。図7A～図7Bに示すように、エアサイクルシステム182は、1次熱交換器188、2次熱交換器190、水回収装置192、凝縮熱交換器194、水回収装置/凝縮器バイパスバルブ196、及び種々の接続ダクトを備えることができる。図7A～図7Bに示す一体型ターボコンプレッサエアサイクルマシンシステム180のエアサイクルシステム182は、本明細書において開示されるTCシステム10f（図7A～図7B参照）に使用することができるACMシステム構造の例示的な実施形態であり、かつ限定的に解釈されてはならず、本実施形態に限定されるものとして捉えられてはならない。そうではなく、当分野で公知の他の適切なACMシステム構造を、本明細書において開示されるTCシステム10fに使用することができる。

30

## 【 0 0 9 8 】

本実施形態では、図7A～図7Bに示すように、TCシステム10fの形態のようなTCシステム10は、第1コンプレッサ（C1）144aのようなコンプレッサ144にシャフト146を介して機械的に接続される第1タービン（T1）138aのようなタービン138を備える。図7A～図7Bに更に示すように、第1コンプレッサ（C1）144aは、第2コンプレッサ（C2）144bのような別のコンプレッサ144にシャフト158を介して機械的に接続され、そして第2コンプレッサ（C2）144bは、第2タービン（T2）138bのような別のタービン138にシャフト220を介して機械的に接続される。第1タービン（T1）138a（図7A～図7B参照）、第2タービン（T2）138b（図7A～図7B参照）、及び第2コンプレッサ（C2）144b（図7A～図7B参照）は、航空機空調システム40の既存のターボコンプレッサシステムの構成要素とすることができ、そして第1コンプレッサ（C1）144a（図7A～図7B参照）は、TCシステム10f（図7A～図7B参照）の形態のようなTCシステム10（図7A～図7B参照）の新規構成要素として追加されることが好ましい。

40

50

## 【 0 0 9 9 】

図7Aは、開位置にあるバック流量制御バルブ（FCV）130を示しており、そして抽気50は、バックFCV130内を温度低下入口空気216として流れて、第1タービン（T1）138aのようなタービン138に直ぐに達するのではなく、1次熱交換器188に達する。図7Aは、抽気50が、バイパス交差点128を通過し、バックFCV130内を流れ、1次熱交換器188内を流れ、ダクト218内を流れて第2コンプレッサ（C2）144bのようなコンプレッサ144に達する様子を示している。第2コンプレッサ（C2）144b（図7A参照）は、第2コンプレッサ出口空気154b（図7A参照）を発生させるか、又は出力し、この第2コンプレッサ出口空気154bはダクト222（図7A参照）内を流れて2次熱交換器190（図7A参照）に達する。

## 【 0 1 0 0 】

温度低下出口空気226（図7A参照）は、2次熱交換器190（図7A参照）から流出し、ダクト208（図7A参照）内を流れ、凝縮熱交換器194（図7A参照）内を流れ、ダクト206（図7A参照）内を流れ、水回収装置192（図7A参照）内を流れ、ダクト204（図7A参照）内を流れ、ターボコンプレッサチェックバルブ202（図7A参照）内を流れ、タービン入口136を通過して、第1タービン（T1）138aのようなタービン138に達する。第1タービン（T1）138a（図7A参照）は、タービン出口空気152（図7A参照）を発生させるか、又は出力し、このタービン出口空気152はダクト212（図7A参照）内を流れ、凝縮熱交換器194（図7A参照）に逆流し、ダクト210（図7A参照）内を流れて、第2タービン（T2）138b（図7A参照）のようなタービン138（図7A参照）に達する。

## 【 0 1 0 1 】

第2タービン（T2）138b（図7A参照）は、調整後のタービン出口空気198（図7A参照）を発生させる。次に、調整後のタービン出口空気198（図7A参照）は、ダクト53（図7A参照）を介して、調整後の給気46（図7参照）として、航空機キャビン14（図7A参照）に供給される。

## 【 0 1 0 2 】

図7Bは、閉位置にあるバック流量制御バルブ（FCV）130を示しており、そして抽気50は、バックFCV130内を流れるのではなく、第1タービン（T1）138aのようなタービン138に流れ込む。図7Bは、抽気50が、バイパス交差点128を通り過ぎ、ターボコンプレッサ入口132を通過し、ターボコンプレッサ制御バルブ（TCCV）134内を流れ、タービン入口136を通過して第1タービン（T1）138aに流れ込む様子を示している。図7Bに示すように、抽気50は、TCシステム10fの複数の接続ダクト131を介し、かつ抽気ダクト52を介して抽気システム34から送給されることが好ましい。

## 【 0 1 0 3 】

第1タービン（T1）138a（図7B参照）のようなタービン138（図7B参照）は、抽気50（図7B参照）を膨張させ、そして取出エネルギー238（図8参照）を、第1タービン（T1）138a（図7B参照）内を流れる抽気50（図7B参照）から取り出して、空圧動力242（図8参照）のような動力240（図8参照）を発生させて、第1コンプレッサ（C1）144a（図7B参照）のようなコンプレッサ144（図7B参照）を駆動する。図7Bに示すように、第1タービン（T1）138aは、タービン流出空気152を発生させ、このタービン流出空気152は、第1タービン（T1）138aから、タービン出口ダクト212を介して、かつバイパスバルブ214を介して流出する。

## 【 0 1 0 4 】

取出エネルギー238（図8参照）で駆動される第1コンプレッサ（C1）144a（図7B参照）のようなコンプレッサ144（図7B参照）は、ラム空気60（図7B参照）を、航空機12（図7B参照）の外部から、第1コンプレッサ（C1）144aに接続されるラム空気取入口スクープ62（図7B参照）及びラム空気取入口スクープダクト63（図7B参照）を介して取り込むか、又は吸引することができる。第1コンプレッサ（C1）144aはラム空気60を圧縮する。別の構成として、図6に示すように、第1コンプレッサ（C1）144aは、ラム空気60ではなく、循環キャビン空気172を取り込むことができる。

## 【 0 1 0 5 】

10

20

30

40

50

図7Bに更に示すように、第1コンプレッサ(C1)144aは、コンプレッサ出口ダクト224内を流れる第1コンプレッサ出口空気154aのようなコンプレッサ出口空気154(すなわち、圧縮ラム空気)を発生させるか、又は出力する。コンプレッサ出口空気154(図7B参照)は、タービン出口空気152(図7B参照)と混合され、そして次に、混合気は順次、ターボコンプレッサバルブ142(図7B参照)内を流れ、ターボコンプレッサ出口150(図7B参照)を通過し、1次熱交換器188(図7B参照)内を流れ、ダクト218内を流れて、第2コンプレッサ(C2)144bのようなコンプレッサ144内を流れる。第2コンプレッサ(C2)144b(図7B参照)は、コンプレッサ出口空気154(図7B参照)及びタービン流出空気152(図7B参照)の混合気を圧縮し、かつ加熱する。第2コンプレッサ(C2)144b(図7B参照)は、第2コンプレッサ出口空気154b(図7B参照)のようなコンプレッサ出口空気154(図7B参照)を発生させるか、又は出力し、このコンプレッサ出口空気154は、ダクト222(図7B参照)内を流れ、2次熱交換器190(図7B参照)内を流れる。温度低下出口空気226(図7B参照)は、2次熱交換器190(図7B参照)で発生し、水回収装置/凝縮器バイパスバルブ196(図7B参照)内を流れ、ダクト184(図7B参照)内を流れて、第2タービン(T2)138b(図7B参照)のようなタービン138(図7B参照)に達する。次に、調整後のタービン出口空気198(図7B参照)は、第2タービン(T2)138bから流出し、そして次に、ダクト53(図7B参照)を介して、調整後の給気46(図7B参照)として、航空機キャビン14(図7B参照)に供給される。

#### 【0106】

図8は、航空機12の種々実施形態のうちの1つの実施形態の機能ブロック図を図示しており、本開示のターボコンプレッサ(TC)システム10の種々実施形態を含むことができる航空機空調システム40を示している。図8に示すように、本実施形態では、少なくとも1つの翼30と、少なくとも1つの翼30に接続される1つ以上の航空機エンジン32と、を備える航空機12が提供される。各航空機エンジン32(図8参照)は、抽気50(図8参照)を生成する抽気システム34(図8参照)を有する。航空機12(図8参照)は更に、機内室15(図1A~図1B参照)を形成する胴体13(図8参照)を備え、機内室15は、航空機キャビン14(図8参照)、及び航空機キャビン14(図8参照)とは別のバック収納室36(図8参照)を有する。航空機12(図8参照)は更に、バック収納室36(図8参照)に配置され、かつ航空機キャビン14(図8参照)と流体連通する航空機空調システム40(図8参照)を備える。

#### 【0107】

図8に更に示すように、航空機12は、上に詳細に説明したように、1つ以上のコントローラ56を有する1つ以上の制御システム54を備える。図8に更に示すように、航空機12は、動力をTCシステム10(図2~図7B参照)に供給する1つ以上の動力システム57を備える。航空機キャビン14(図8参照)は、調整後の給気46(図8参照)を、航空機空調システム40(図8参照)から空調ダクト53(図8参照)を介して流入させる。航空機12(図8参照)は更に、流出空気48a、48b(図8参照)を航空機12(図8参照)から流出させることができる1つ以上の流出タイプのアパルブ47a、47b(図1A~図1B参照)を備える。流出空気48a、48b(図8参照)は、キャビン流出空気及び/又は航空機12(図8参照)の他の領域からの他の流出空気を含むことができる。

#### 【0108】

図8に更に示すように、航空機空調システム40(図8参照)は、空調(AC)パック42に接続されるターボコンプレッサ(TC)システム10を備える。ACパック42(図8参照)は、パック熱交換器44(図8参照)を備えることができ、かつエアサイクルシステム182(図7A参照)の形態とすることができる。ACパック42(図8参照)は、必要パック空気流量230(図8参照)及び必要動力232(図8参照)を有する。パック流量制御バルブ(FCV)130(図8参照)は、ACパック42(図8参照)に流入するパック空気流量228(図8参照)を制御する。

#### 【0109】

図8に示すように、かつ上に詳細に説明したように、TCシステム10はターボコンプレッサ(TC)アセンブリ11を備える。TCシステム10(図8参照)は、抽気システム34(図8参照)と流体連通し、かつ抽気50(図8参照)を抽気システム34(図8参照)から取り込んで、TCアセンブリ11(図8参照)に流入させるように構成されるTC入口132(図8参照)を備え

10

20

30

40

50

る。TCシステム10（図8参照）は更に、ACパック42（図8参照）と流体連通し、かつ温度低下パック入口空気156（図8参照）をTCアセンブリ11（図8参照）から取り出して、ACパック42（図8参照）に流入させるように構成されるTC出口150（図8参照）を備える。

【0110】

図8に示すように、TCアセンブリ11は、少なくとも1つのコンプレッサ144に機械的に接続されるタービン138を備える。タービン138（図8参照）はタービン出口空気152（図8参照）を排気する。コンプレッサ144（図8参照）はコンプレッサ出口空気154（図8参照）を排気する。コンプレッサ144（図8参照）は、第1コンプレッサ出口空気154a（図8参照）を排気する第1コンプレッサ（C1）144a（図8参照）と、第2コンプレッサ出口空気154b（図8参照）を排気する第2コンプレッサ（C2）144b（図8参照）と、を備えることができる。

10

【0111】

図8に示すように、TCシステム10は更に、少なくとも1つのコンプレッサ144に接続され、かつラム空気温度61を有するラム空気60を少なくとも1つのコンプレッサ144に取り込むように構成されるラム空気取入口58を備える。ラム空気取入口58（図8参照）は、1つの実施形態では、ラム空気取入口スクープ62（図8参照）を備えることができ、かつ別の実施形態では、ラム空気取入口パイプダクト68（図8参照）を備えることができる。

【0112】

図8に示すように、TCシステム10は更に、TC制御バルブ134及びTCバルブ142を備え、これらのバルブは共に、TCアセンブリ11に複数の接続ダクト131を介して接続される。TCバルブ142（図8参照）は、TCチェックバルブ142a（図8参照）、TCシャットオフバルブ142b（図8参照）、又は別の適切なTCバルブを備えることができる。タービン出口空気152（図8参照）は、コンプレッサ出口空気154（図8参照）と混合されて、TC出口空気155（図8参照）を形成する。TCシステム10は更に、少なくとも1つのコンプレッサ144（図2参照）のコンプレッサ出口162（図2参照）に配置される1つ以上の温度センサ（図2参照）を備えることができる。

20

【0113】

TCシステム10の種々実施形態では、図8に図示され、かつ上に詳細に説明されるように、TCシステム10のTCアセンブリ11は任意であるが、タービン138と少なくとも1つのコンプレッサ144との間に機械的に接続される電動モーター164（図4参照）、少なくとも1つのコンプレッサ144に接続される中間冷却熱交換器166（図5参照）、ラム空気取入口58（図8参照）の代わりに設けられ、少なくとも1つのコンプレッサ144に接続され、かつ循環キャビン空気172を航空機キャビン14から少なくとも1つのコンプレッサ144に取り込むように構成される循環キャビン空調ダクト174（図6参照）、又は1つ以上の更に別のバルブ181を含む一体型ターボコンプレッサエアサイクルマシンシステム180（図7A参照）を備えることができる。

30

【0114】

TCシステム10（図8参照）のタービン138（図8参照）は、取出エネルギー238（図8参照）を抽気50（図8参照）から取り出す。これにより空圧動力242（図8参照）のような動力240（図8参照）が発生して、ACパック42（図8参照）に必要とされる抽気流量236（図8参照）及び抽気圧234（図8参照）を低減することにより、空調システム40（図8参照）に必要とされる合計空圧動力244（図8参照）を低減することができるように、必要動力232（図8参照）を低減し、かつ空調パックラム空気使用量157（図8参照）を低減することができる。

40

【0115】

いずれかの動作状態になっている場合、空調パック入口43（図2参照）で必要とされる最小圧力を設定して、航空機12（図1A参照）に必要とされる冷却空気流量を供給することができる。特定の状況では、抽気システム34（図2参照）から供給される圧力は、空調パック入口43（図2参照）で必要とされるこの最小圧力を上回ることができる。ターボコンプレッサ（TC）システム10（図2～図8参照）は好適には、この余剰圧力を使用して、ラム空気60（図2、図8参照）又は外気を圧縮し、そしてターボコンプレッサ（TC）システム10

50

(図2～図8参照)に流入する抽気50(図2～図8参照)を増大させる。別の構成として、図6に示す実施形態では、循環キャビン空気172をラム空気60(図2参照)の代わりに使用することができる。抽気システム34(図2～図8参照)から流出する抽気50(図2～図8参照)が減少すると、航空機エンジン32(図2～図7B参照)から取り出される合計取出エネルギー238(図8参照)又は動力が低減するので好ましい。ターボコンプレッサ(TC)システム10(図2～図8参照)は、空調パック42(図2参照)が必要とする圧力及び流量を供給するように制御されることが好ましい。そのようにするために、空調パック入口43(図2参照)における空気流温度を低くすることにより、温度低下パック入口空気156(図2、図8参照)が得られる。正味の効果は、航空機空調システム40(図2、図8参照)の必要動力232(図8参照)が低減することであり、かつ空調パックラム空気使用量157(図8参照)が低減することである。

10

## 【0116】

別の実施形態では、エネルギーを航空機エンジン32(図1A参照)から取り出して、取出エネルギー238(図8参照)を実現する、又は生成する方法250(図9参照)が提供される。図9は、本開示の方法250の1つの実施形態を示すフロー図を図示している。

## 【0117】

方法250は、航空機12(図8参照)の航空機空調システム40(図8参照)のターボコンプレッサ(TC)システム10(図8参照)を設置するステップ252を含む。上に詳細に説明したように、TCシステム10(図2～図8参照)は、TC入口132(図2～図8参照)とTC出口150(図2～図8参照)との間に配置され、かつ第1コンプレッサ(C1)144a(図2～図8参照)の形態のような少なくとも1つのコンプレッサ144(図2～図8参照)に機械的に接続されるタービン138(図2～図8参照)を含むターボコンプレッサ(TC)アセンブリ11(図2～図8参照)を備える。

20

## 【0118】

TCシステム10(図8参照)は更に、少なくとも1つのコンプレッサ144(図2参照)に接続されるラム空気取入口58(図8参照)を備える。TCシステム10(図8参照)は更に、ターボコンプレッサ(TC)制御バルブ134(図8参照)及びターボコンプレッサ(TC)バルブ142(図8参照)を備える。TCバルブ142(図8参照)は、ターボコンプレッサ(TC)チェックバルブ142a、ターボコンプレッサ(TC)シャットオフバルブ142b(図8参照)、又は別の適切なTCバルブの形態とすることができる。TC制御バルブ134(図8参照)及びTCバルブ142(図8参照)(例えば、TCチェックバルブ142a又はTCシャットオフバルブ142b)は共に、TCアセンブリ11(図8参照)に複数の接続ダクト131(図8参照)を介して接続されることが好ましい。

30

## 【0119】

図9に示すように、方法250は更に、TCシステム10(図8参照)のタービン138(図8参照)を使用してエネルギーを、航空機エンジン32(図8参照)の抽気システム34(図8参照)から流出する抽気50(図8参照)から取り出して、タービン出口空気152(図8参照)及び取出エネルギー238(図8参照)を実現するステップ254を含む。

## 【0120】

図9に示すように、方法250は更に、少なくとも1つのコンプレッサ144(図2参照)を取出エネルギー238(図8参照)で駆動して、ラム空気60(図8参照)をラム空気取入口58(図8参照)から取り込み、そして圧縮することにより、コンプレッサ出口空気154(図2参照)を実現するステップ256を含む。別の構成として、少なくとも1つのコンプレッサ144(図2参照)を取出エネルギー238(図8参照)で駆動して、ラム空気60(図8参照)をラム空気取入口58(図8参照)から取り込み、そして圧縮するステップ256に代えて、少なくとも1つのコンプレッサ144(図8参照)を取出エネルギー238(図8参照)で駆動して、循環キャビン空気172(図6参照)を航空機キャビン14(図6参照)から循環キャビン空調ダクト174(図6参照)を介して取り込み、そして圧縮することにより、コンプレッサ出口空気155a(図6参照)を実現するステップを用いることができる。

40

## 【0121】

50

図9に示すように、方法250は更に、TCシステム10（図8参照）を使用して、航空機空調システム40（図8参照）のACパック42（図8参照）に必要なとされる抽気流量236（図8参照）（及び抽気圧234（図8参照））を低減することにより、航空機空調システム40（図8参照）の必要動力232（図8参照）を低減するステップ258を含む。TCシステム10（図8参照）を使用して、抽気流量236（図8参照）及び抽気圧234（図8参照）を低減するステップ258では更に、抽気システム34（図2、図8参照）のシャットオフ兼圧力調整バルブ（PRSOV）92（図2参照）及び過圧調整バルブ（OPV）108（図2参照）を共に同時に開くことができる。

【0122】

図9に示すように、方法250は更に、タービン出口空気152（図8参照）及びコンプレッサ出口空気154（図8参照）（又は、コンプレッサ出口空気176b（図6参照））をTCシステム10（図8参照）内で混合して、パック入口空気156（図8参照）の温度低下、及び空調パックラム空気使用量157（図8参照）の低減を実現するステップ260を含む。

【0123】

図9に示すように、方法250は更に、電動モーター164（図4参照）をタービン138（図4参照）と少なくとも1つのコンプレッサ144（図4参照）との間に機械的に接続して、少なくとも1つのコンプレッサ144（図4参照）に供給される動力を増大させる、特に第1コンプレッサ（C1）144a（図4参照）に供給される動力を増大させる任意ステップ262を含むことができる。

【0124】

図9に示すように、方法250は更に、1つ以上の温度センサ148（図2参照）を少なくとも1つのコンプレッサ144（図2参照）のコンプレッサで出口162（図2参照）に配置して、コンプレッサ出口空気154（図4参照）又はコンプレッサ出口空気176b（図6参照）が過熱されないように出口空気を保護する任意ステップ264を含むことができる。

【0125】

図9に示すように、方法250は更に、中間冷却熱交換器166（図5参照）をTCアセンブリ11に接続して、ラム空気60（図8参照）のラム空気温度61（図8参照）を燃料の自然発火限界温度以下に維持する任意ステップ266を含むことができる。

【0126】

図9に示すように、方法250は更に、TCシステム10を、航空機空調システム40（図7A、図8参照）のエアサイクルマシン（ACM）45（図7A、図8参照）に一体化し、そしてTCチェックバルブ202（図7A参照）及びTC制御バルブ（TCCV）214（図7A参照）のような1つ以上の更に別のバルブ181（図8参照）を一体型ターボコンプレッサACMシステム180（図7A参照）に取り付ける任意ステップ268を含むことができる。

【0127】

方法250は更に、TCシステム10（図8参照）から航空機空調パック42（図8参照）に流入する温度低下パック入口空気156（図8参照）の流量を、TC制御バルブ（TCCV）134（図8参照）を開き、かつACパック42（図2参照）のパック流量制御バルブ130（図2参照）を閉じることにより制御する任意ステップを含むことができる。

【0128】

図10は、航空機製造及び保守点検方法300のフロー図を図示している。図11は、航空機316のブロック図を図示している。図10～図11を参照するに、本開示の種々実施形態は、図10に示す航空機製造及び保守点検方法300、及び図11に示す航空機316に関連して説明することができる。製造前段階では、例示的な航空機製造及び保守点検方法300において、航空機316の仕様及び設計302、及び材料調達304を行うことができる。製造段階では、航空機316の構成要素及び部品組立品の製造306、及びシステム統合308が行われる。その後、航空機316は、認証及び搬送310を経て就航312されることになる。顧客が就航中312、航空機316は、日常的な整備及び保守点検314が行われるようにスケジューリングされ、この整備及び保守点検314は、改修、再構成、改装、及び他の適切な整備を含むこともできる。

【0129】

航空機製造及び保守点検方法300のプロセスの各プロセスは、システムインテグレータ

10

20

30

40

50

、サードパーティ、及び/又はオペレータ（例えば、顧客）によって行うことができるか、又は実行することができる。この説明を進めるために、システムインテグレータとして、これらには限定されないが、任意の数の航空機製造業者、及び大手システムサブコントラクターを挙げることができ、サードパーティとして、これらには限定されないが、任意の数のベンダー、サブコントラクター、及びサプライヤーを挙げることができ、そしてオペレータは、航空会社、リース会社、軍隊、整備機関、及び他の適切な運航会社とすることができる。

#### 【0130】

図11に示すように、例示的な航空機製造及び保守点検方法300により製造される航空機316は、複数の高位システム320を有する機体318と、機内322と、を含むことができる。複数の高位システム320の例として、推進システム324、電気システム326、油圧システム328、及び環境システム330のうちの1つ以上を挙げることができる。任意の数の他のシステムを含めてもよい。航空宇宙用の例を示しているが、本発明の原理は、自動車産業のような他の産業に適用することができる。

#### 【0131】

本明細書において具体化される装置及び方法は、製造及び保守点検方法300の種々の段階のうちの任意の1つ以上の段階において用いることができる。例えば、構成要素及び部品組立品の製造306に対応する構成要素又は部品組立品は、航空機316が供用312されている間に製造される構成要素又は部品組立品と同様の方法で組み立てるか、又は製造することができる。また、1つ以上の装置実施形態、方法実施形態、又は装置実施形態及び方法実施形態の組み合わせは、構成要素及び部品組立品の製造306及びシステム統合308において、例えば航空機316の組み立てを大幅に促進することにより、又は航空機316のコストを大幅に低減することにより利用することができる。同様に、装置実施形態、方法実施形態、又は装置実施形態及び方法実施形態の組み合わせのうちの1つ以上の実施形態は、航空機316を就航中312の状態、例えばこれに限定されないが、航空機に対して日常的な整備及び保守点検314を行っている間に利用することができる。

#### 【0132】

ターボコンプレッサ（TC）システム10、10a～10f（図2～図7B参照）及び方法250（図9参照）について開示される種々実施形態は、ACパック42（図2～図8参照）に流入する抽気流量236（図8参照）を、エンジン%SFC（燃料消費率）を大幅に低減し、かつラム空気抵抗を低減しながら制御する手段を提供する。TCアセンブリ11（図2～図7B参照）を備えるTCシステム10（図2～図7B参照）は、タービン138（図2～図7B参照）を使用して、エネルギーを抽気50（図2～図7B参照）から引き出して、ACパック42（図2～図7B参照）に必要とされる抽気流量236（図8参照）及び抽気圧234（図8参照）を低減し、かつ取出エネルギー238（図8参照）をタービン138（図2～図7B参照）から取り出してラム空気60（図2～図5、図7B参照）を吸引し、タービン出口空気152（図2～図5、図7B参照）と混合させることにより、ACパック42（図2～図3参照）に流入する温度低下パック入口空気156（図2～図3参照）を発生させる。

#### 【0133】

TCシステム10（図2～図8参照）によって、必要パック空気流量230（図8参照）を満たすために必要な抽気流量236（図8参照）の低減が可能となる。抽気流量236（図8参照）の低減は、エンジン%SFC（燃料消費率）を低減することに直接つながる。例えば、航空機の胴体の幅が広い場合、TCシステム10は、0.3%～0.4%の%SFC（燃料消費率）低減を達成することができる。

#### 【0134】

TCCV134（図2～図7B参照）調整によって、リアルタイムの空圧動力242（図8参照）取出し最適化、及び正味の抽気50（図2～図7B参照）低減、及びリアルタイムの%SFC（燃料消費率）低減最適化が可能になる。好適には、TCシステム10（図2～図3参照）が動作状態になっている場合、抽気システム34（図2～図7B参照）のシャットオフ兼圧力調整バルブ（PRSOV）92（図2～図7B参照）、及び過圧調整バルブ（OPV）108（図2～図7参照）を共に更

10

20

30

40

50

にできる限り開いて、PRSOV92及びOPV108が、抽気50（図2～図7B参照）の圧力を調整して低下させるのを最小限に抑えるか、又は防止することにより、TCシステム10に流入する抽気50の抽気圧234（図8参照）を最大にして、無駄なエネルギーを必ず最小限に抑えることが望ましい。

【0135】

更に、ターボコンプレッサ（TC）システム10、10a～10f（図2～図7B参照）、及び方法250（図9参照）について開示される種々実施形態は、航空機エンジン32（図1A～図8参照）から供給される空圧動力242（図8参照）を、航空機空調システム40（図1A～図8参照）の必要動力232（図8参照）に一致させて、無駄なエネルギーを必ず低減する手段を提供する。好適には、TCシステム10（図2～図7B参照）は、取出エネルギー238（図8参照）を必要動力232（図8参照）まで、又は航空機空調システム40（図2～図8参照）が必要とするエネルギー量まで正確に低減する。

10

【0136】

更に、ターボコンプレッサ（TC）システム10、10a～10f（図2～図7B参照）、及び方法250（図9参照）について開示される種々実施形態は、パック入口空気温度を低下させることにより、パック熱交換器（HX）44（図2～図5参照）ラム空気流量を低減し、これによって今度は、ACパック42（図2～図5参照）ラム空気使用量が低減することにより、ACパックラム空気使用量157（図8参照）が低減し、かつラム空気抵抗が低減する。従って、TCシステム10（図2～図5参照）は、ACパック42（図2～図5参照）ラム空気抵抗を低減し、かつエンジンファン空気103（図2～図5参照）を減らすことができる。

20

【0137】

更に、本開示は、以下の条項に記載の種々実施形態を備える：

条項1.

エネルギーを航空機エンジンから取り出すターボコンプレッサ（TC）システムであって、前記ターボコンプレッサシステムは、少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリと、前記航空機エンジンの抽気システムと流体連通し、かつ抽気を前記抽気システムから取り込んで前記ターボコンプレッサアセンブリに流入させるように構成されるターボコンプレッサ入口と、航空機空調システムの空調パックと流体連通し、かつ温度低下パック入口空気を前記ターボコンプレッサアセンブリから取り出して前記空調パックに流入させるように構成されるターボコンプレッサ出口と、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成されるラム空気取入口と、両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブと、を備え、前記ターボコンプレッサシステムはエネルギーを前記抽気から取り出す、ターボコンプレッサ（TC）システム。

30

条項2.

更に、前記タービンと前記少なくとも1つのコンプレッサとの間に機械的に接続される電動モーターを備え、前記電動モーターは、前記少なくとも1つのコンプレッサに供給される動力を増大させる、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

40

条項3.

更に、前記少なくとも1つのコンプレッサのコンプレッサ出口に配置される1つ以上の温度センサを備え、前記1つ以上の温度センサは、コンプレッサ出口空気が過熱されないように前記出口空気を保護する、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項4.

前記ターボコンプレッサアセンブリは、第1コンプレッサ及び第2コンプレッサを備える、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項5.

更に、前記第1コンプレッサと前記第2コンプレッサとの間に接続される中間冷却熱交換器を備え、前記中間冷却熱交換器は、前記ラム空気のラム空気温度を燃料の自然発火限界

50

温度以下に維持する、条項4に記載のターボコンプレッサシステム。

条項6.

ラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成される前記ラム空気取入口に代えて、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつ循環キャビン空気を航空機キャビンから前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成される循環キャビン空調ダクトを用いる、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項7.

前記ターボコンプレッサシステムは、前記空調パックのパック流量制御バルブと同時に動作する、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項8.

前記温度低下パック入口空気は、タービン出口空気及びコンプレッサ出口空気の混合気を含む、又はタービン出口空気、コンプレッサ出口空気、及び前記空調パックのパック流量制御バルブ内を流れる抽気の混合気を含む、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項9.

前記ターボコンプレッサシステムは、前記航空機空調システムのエアサイクルマシン（ACM）に一体化され、かつ1つ以上の更に別のバルブを含む、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項10.

前記ラム空気取入口は、航空機のラム空気取り入れシステムに一体化されるラム空気取入口スクープ又はラム空気取入口バイパスダクトを備える、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項11.

前記ターボコンプレッサシステムは、エネルギーを前記抽気から取り出して、前記空調パックに必要とされる抽気流量を低減することにより、前記航空機空調システムの必要動力を低減し、かつ空調パックラム空気使用量を低減する、条項1に記載のターボコンプレッサシステム。

条項12.

少なくとも1つの翼と、前記少なくとも1つの翼に接続される1つ以上の航空機エンジンであって、各航空機エンジンが、抽気を生成する抽気システムを有する、前記1つ以上の航空機エンジンと、航空機キャビン、及び前記航空機キャビンとは別のパック収納室を有する機内室を形成する胴体と、前記パック収納室に配置され、かつ前記航空機キャビンと流体連通する航空機空調システムと、を備え、前記航空機空調システムは、空調パックと、ターボコンプレッサ（TC）システムと、を備え、前記ターボコンプレッサ（TC）システムは、少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリと、前記抽気システムと流体連通し、かつ抽気を前記抽気システムから取り込んで前記ターボコンプレッサアセンブリに流入させるように構成されるターボコンプレッサ入口と、前記空調パックと流体連通し、かつ温度低下パック入口空気を前記ターボコンプレッサアセンブリから取り出して前記空調パックに流入させるように構成されるターボコンプレッサ出口と、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成されるラム空気取入口と、両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブと、を備え、前記ターボコンプレッサシステムはエネルギーを前記抽気から取り出す、航空機。

条項13.

前記ターボコンプレッサシステムは更に、前記タービンと前記少なくとも1つのコンプレッサとの間に機械的に接続される電動モーター、前記少なくとも1つのコンプレッサのコンプレッサ出口に配置される1つ以上の温度センサ、及び前記少なくとも1つのコンプレッサに接続される中間冷却熱交換器のうちの1つ以上を備える、条項12に記載の航空機。

10

20

30

40

50

条項14.

ラム空気を前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成される前記ラム空気取入口に代えて、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続され、かつ循環キャビン空気を前記航空機キャビンから前記少なくとも1つのコンプレッサに取り込むように構成される循環キャビン空調ダクトを用いる、条項12に記載の航空機。

条項15.

前記ターボコンプレッサシステムは、前記航空機空調システムのエアサイクルマシン（ACM）に一体化され、かつ1つ以上の更に別のバルブを含む、条項12に記載の航空機。

条項16.

前記ターボコンプレッサシステムは、エネルギーを前記抽気から取り出して、前記空調パックに必要とされる抽気流量を低減することにより、前記航空機空調システムの必要動力を低減し、かつ空調パックラム空気使用量を低減する、条項12に記載の航空機。

条項17.

エネルギーを航空機エンジンから取り出す方法であって、前記方法は、ターボコンプレッサ（TC）システムを、航空機の航空機空調システムに設置するステップであって、前記ターボコンプレッサシステムが、ターボコンプレッサ入口とターボコンプレッサ出口との間に配置され、かつ少なくとも1つのコンプレッサに機械的に接続されるタービンを備えるターボコンプレッサアセンブリと、前記少なくとも1つのコンプレッサに接続されるラム空気取入口と、両方のバルブが前記ターボコンプレッサアセンブリに複数の接続ダクトを介して接続される構成のターボコンプレッサ制御バルブ及びターボコンプレッサチェックバルブ又はターボコンプレッサシャットオフバルブと、を備える、前記設置するステップと、前記ターボコンプレッサシステムの前記タービンを使用して、エネルギーを抽気から取り出すことによりタービン出口空気及び取出エネルギーを実現するステップと、前記少なくとも1つのコンプレッサを前記取出エネルギーで駆動して、ラム空気を前記ラム空気取入口から取り込んで圧縮することによりコンプレッサ出口空気を実現するステップと、前記ターボコンプレッサシステムを使用して、前記航空機空調システムの空調パックに必要とされる抽気流量を低減することにより、前記航空機空調システムの必要動力を低減するステップと、前記タービン出口空気及び前記コンプレッサ出口空気を前記ターボコンプレッサシステム内で混合させて、パック入口空気の温度低下、及び空調パックラム空気使用量の低減を実現するステップと、を含む、方法。

条項18.

更に、電動モーターを前記タービンと前記少なくとも1つのコンプレッサとの間に機械的に接続して、前記少なくとも1つのコンプレッサに供給される動力を増大させるステップを含む、条項17に記載の方法。

条項19.

更に、1つ以上の温度センサを前記少なくとも1つのコンプレッサのコンプレッサ出口に配置して、前記コンプレッサ出口空気が過熱されないように前記出口空気を保護するステップを含む、条項17に記載の方法。

条項20.

更に、中間冷却熱交換器を前記ターボコンプレッサアセンブリに接続して、前記ラム空気のラム空気温度を燃料の自然発火限界温度以下に維持するステップを含む、条項17に記載の方法。

条項21.

更に、前記ターボコンプレッサシステムを前記航空機空調システムのエアサイクルマシン（ACM）に一体化して、1つ以上の更に別のバルブを前記一体型ターボコンプレッサACMシステムに取り付けるステップを含む、条項17に記載の方法。

条項22.

前記少なくとも1つのコンプレッサを前記取出エネルギーで駆動して、ラム空気を前記ラム空気取入口から取り込んで圧縮する前記ステップに代えて、前記少なくとも1つのコンプレッサを前記取出エネルギーで駆動して、循環キャビン空気を航空機キャビンから循

10

20

30

40

50

環キャビン空調ダクトを介して取り込んで圧縮することにより、コンプレッサ出口空気を実現するステップを用いる、条項17に記載の方法。

条項23.

更に、前記ターボコンプレッサシステムから前記空調パックに流入する前記温度低下パック入口空気の流量を、前記ターボコンプレッサ制御バルブを開き、かつ前記空調パックの1つ以上のパック流量制御バルブを閉じることにより制御するステップを含む、条項17に記載の方法。

条項24.

前記ターボコンプレッサシステムを使用して抽気流量を低減する前記ステップは更に、前記抽気システムのシャットオフ兼圧力調整バルブ及び過圧調整バルブの両方のバルブを同時に開くことを含む、条項17に記載の方法。

10

【 0 1 3 8 】

本開示の多くの変形、及び他の実施形態は、本開示に関連し、かつこれまでの説明及び関連する図面に提示される教示の恩恵を享受する当分野の当業者であれば想到することができるであろう。本明細書において記載されるこれらの実施形態は、例示であり、限定的にならないようにしている、又は網羅的にはなっていない。特定の用語を本明細書において用いているが、これらの用語は、単に一般的かつ記述的な意味でのみ使用され、限定するために使用されるのではない。

【符号の説明】

【 0 1 3 9 】

20

10、10a、10b、10c、10d、10e、10f ターボコンプレッサ (TC) システム

11、11a、11b、11c、11d、11e、11f ターボコンプレッサ (TC) アセンブリ

12、316 航空機

13 胴体

14 航空機キャビン

15 機内室

16 操縦室

18 備品収納室、前方電子機器 / 備品収納室

20 前方貨物室

22 後方貨物室

30

24 大型貨物室

28 ウイングボックス

30 翼

32 エンジン、航空機エンジン

34 抽気システム

34a 抽気システム構造

36 パック収納室

38 航空機フェアリング

40 航空機空調 (AC) システム、空調システム

42 航空機空調 (AC) パック、空調 (AC) パック

40

43 空調パック入口

44 パック熱交換器 (HX)

46 調整後の給気

47a、47b 流出タイプのアバルブ

48a、48b 流出空気

50、50a 抽気

52 抽気ダクト

53 空調ダクト

54 制御システム

56 コントローラー

50

57	動力システム	
58	ラム空気取入口	
60	ラム空気	
60a、60b	取入口ラム空気	
60c	バイパスラム空気	
60d	取出口ラム空気	
61	ラム空気温度	
62	ラム空気取入口スクープ	
63	ラム空気取入口スクープダクト	
64	ラム空気取り入れシステム	10
66	ラム空気取入口ダクト	
68	ラム空気取入口バイパスダクト	
70	ラム空気取出口	
72	ラム空気取出口ダクト	
74	エンジンファン	
76	抽気口	
76a	低圧抽気口	
76b	高圧抽気口	
78	抽気ダクト	
80	中圧チェックバルブ	20
82	エンジン防氷バルブ	
84	カウル先端部取入口	
86	カウル先端部取入口抽気	
88	中圧センサ	
90	高圧シャットオフバルブ (HPSOV)	
92	シャットオフ兼圧力調整バルブ (PRSOV)	
94	予冷器	
96	スターター	
98	スターターバルブ	
100	抽気マニホールド圧力センサ	30
102	デルタ圧力センサ	
103	エンジンファン空気	
104	ファンエア調整バルブ (FAMV)	
106a、106b	機内ストラット側マニホールド温度センサ	
110	過圧調整バルブ (OPV)、抽気システム出口	
112	翼 / 加熱防氷システム	
114	ストラット / 翼前縁部	
116	バック収納室 / 胴体抽気ダクト	
118	空圧駆動ポンプ (ADP)	
120	全大気温度プローブ	40
122	携帯用水槽	
124	油圧容器	
126	抽気部	
128	バイパス交差部	
130	バック流量制御バルブ (FCV)	
131	接続ダクト	
132	ターボコンプレッサ (TC) 入口	
134	ターボコンプレッサ制御バルブ (TCCV)	
136	タービン入口	
138	タービン	50

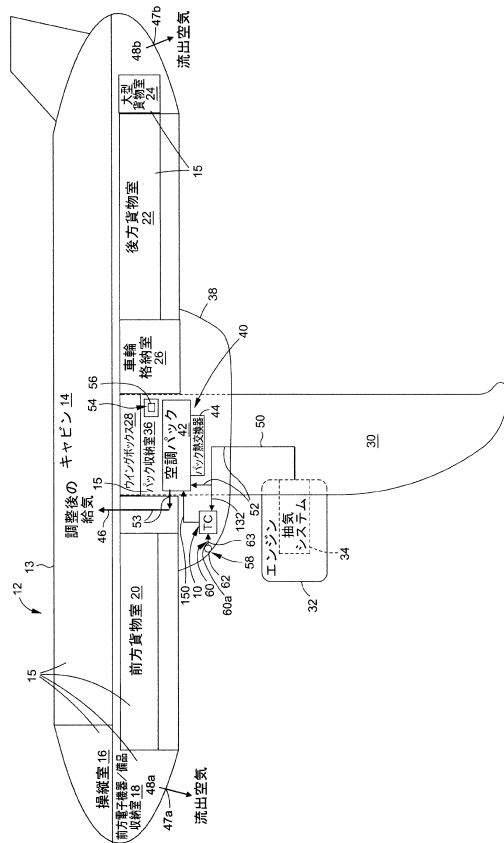
138a	第1タービン (T1)	
138b	第2タービン (T2)	
140、140a	出口ダクト	
142	ターボコンプレッサ (TC) バルブ	
142a	TCチェックバルブ	
142b	TCシャットオフバルブ	
144	コンプレッサ	
144a	第1コンプレッサ (C1)	
144b	第2コンプレッサ (C2)	
146、158、220	シャフト	10
148	温度センサ	
150	ターボコンプレッサ (TC) 出口	
152	タービン流出空気、タービン出口空気	
153	排気装置	
154	コンプレッサ出口空気	
154a	第1コンプレッサ出口空気	
154b、176b	第2コンプレッサ出口空気	
155	ターボコンプレッサ (TC) 出口空気	
155a	ターボコンプレッサ (TC) 出口空気	
156、156a、156b	温度低下パック入口空気、パック入口空気	20
157	空調 (AC) パックラム空気使用量	
160	コンプレッサダクト	
162	コンプレッサ出口	
164	電動モーター	
166	中間冷却熱交換器	
168、184、204、206、208、210、212、218、222	ダクト	
170	熱	
172	循環キャビン空気	
174	循環キャビン空調ダクト	
176	コンプレッサ出口空気	30
176a	第1コンプレッサ出口空気	
176b	第2コンプレッサ出口空気	
180	一体型ターボコンプレッサエアサイクルマシン (ACM) システム	
181	別のバルブ	
182	エアサイクルシステム	
188	1次熱交換器	
190	2次熱交換器	
192	水回収装置	
194	凝縮熱交換器	
196	水回収装置 / 凝縮器バイパスバルブ	40
198	タービン出口空気	
202	ターボコンプレッサチェックバルブ	
212	タービン出口ダクト	
214	ターボコンプレッサ制御バルブ (TCCV)、バイパスバルブ	
216	温度低下入口空気	
224	コンプレッサ出口ダクト	
226	温度低下出口空気	
228	パック空気流量	
230	必要パック空気流量	
232	必要動力	50

- 234 抽気圧
- 235 抽気温度
- 236 抽気流量
- 238 取出エネルギー
- 240 動力
- 242 空圧動力
- 244 合計空圧動力
- 250 方法
- 252、254、256、258、260、262、264、266、268 ステップ
- 300 航空機製造及び保守点検方法
- 302 仕様及び設計
- 304 材料調達
- 306 構成要素及び部品組立品の製造
- 308 システム統合
- 310 認証及び搬送
- 312 就航、就航中
- 314 整備及び保守点検
- 318 機体
- 320 高位システム
- 322 機内
- 324 推進システム
- 326 電気システム
- 328 油圧システム
- 330 環境システム

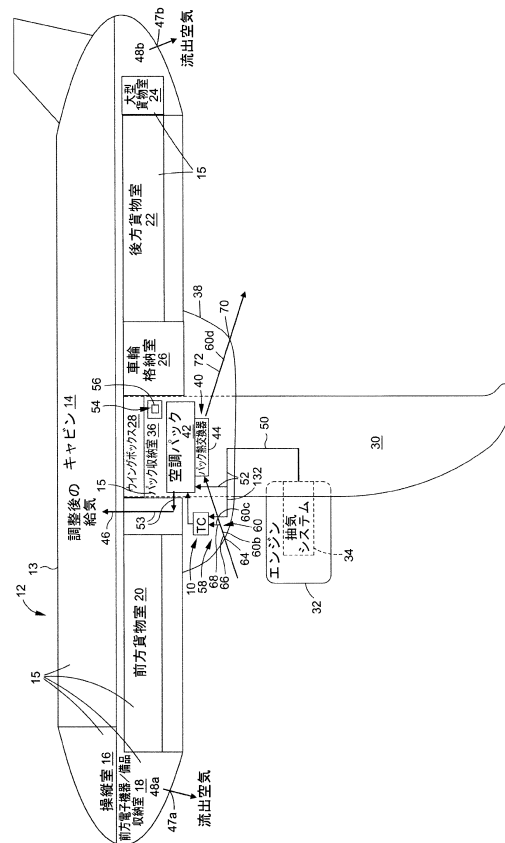
10

20

【図 1 A】



【図 1 B】



【 図 2 】

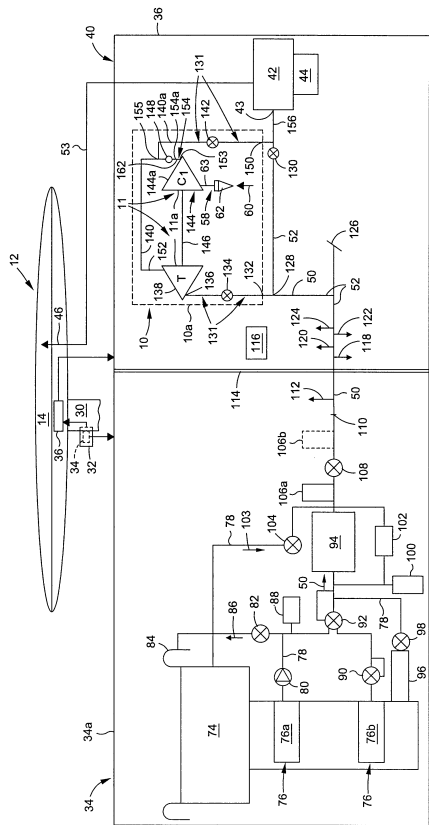


FIG. 2

【 図 3 】

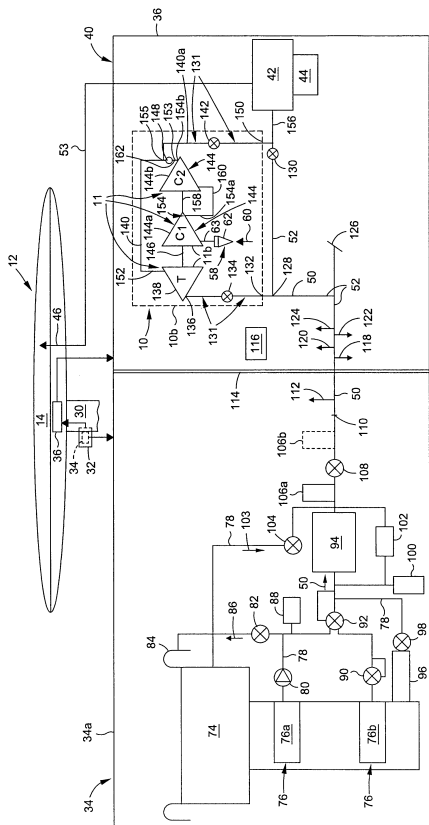


FIG. 3

【 図 4 】

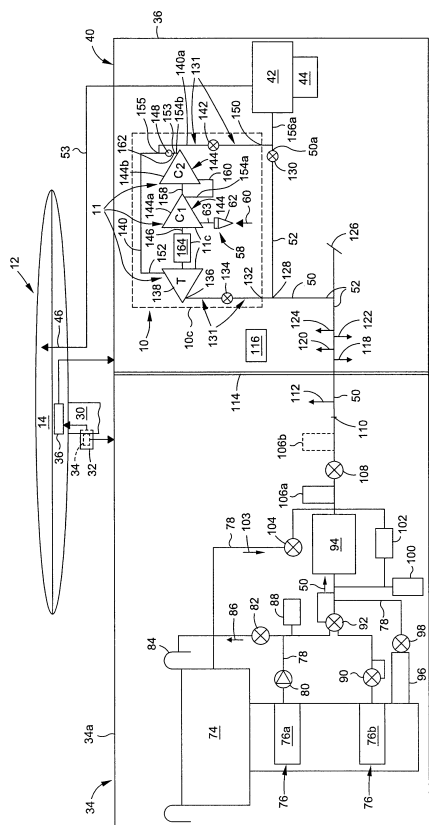


FIG. 4

【 図 5 】

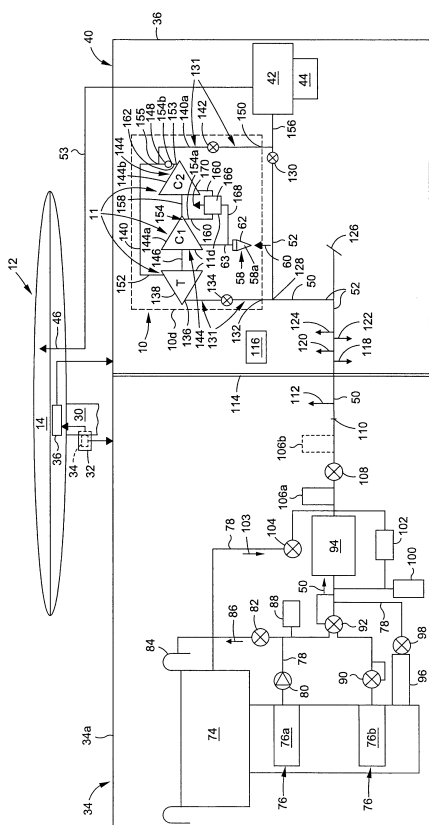


FIG. 5

【図6】

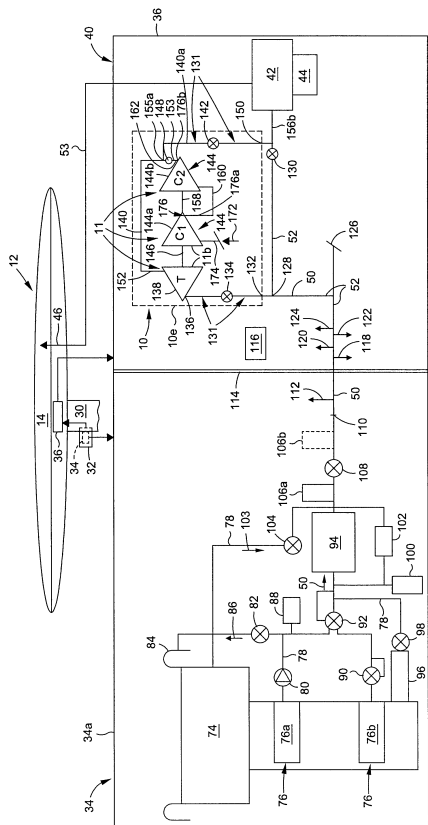


FIG. 6

【図7A】

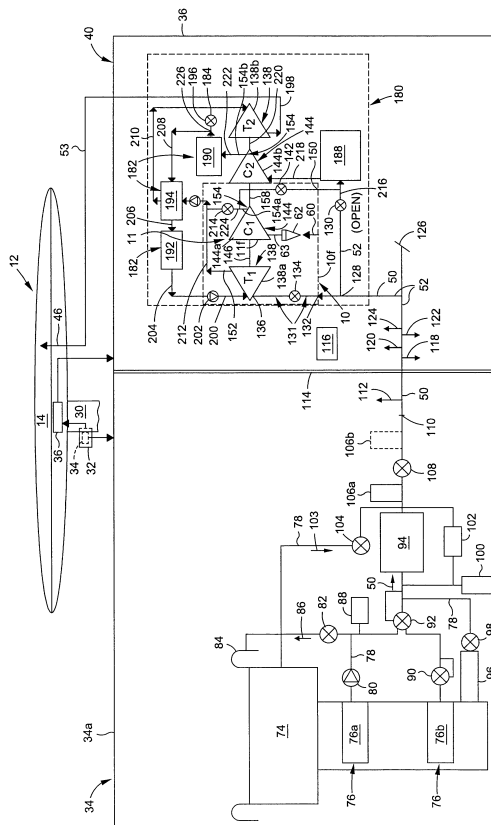


FIG. 7A

【図7B】

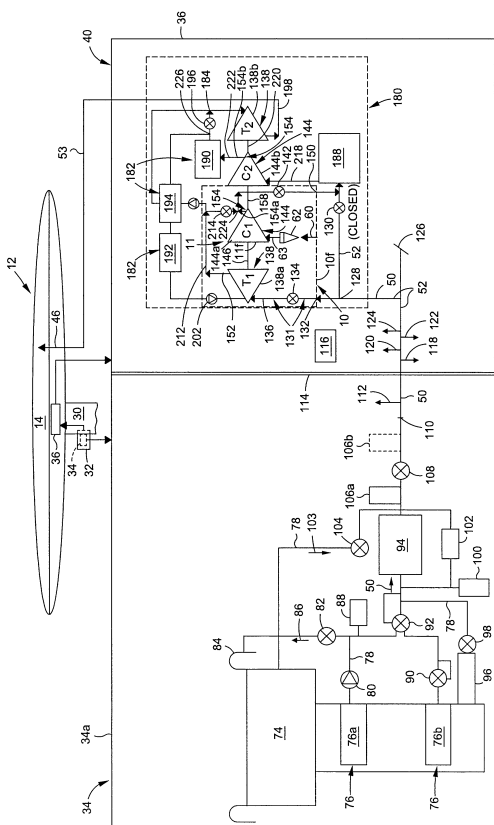
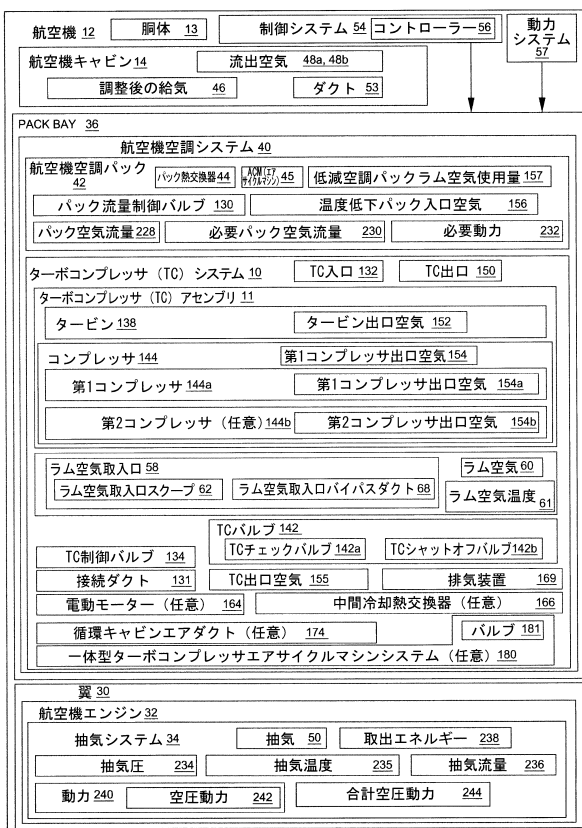
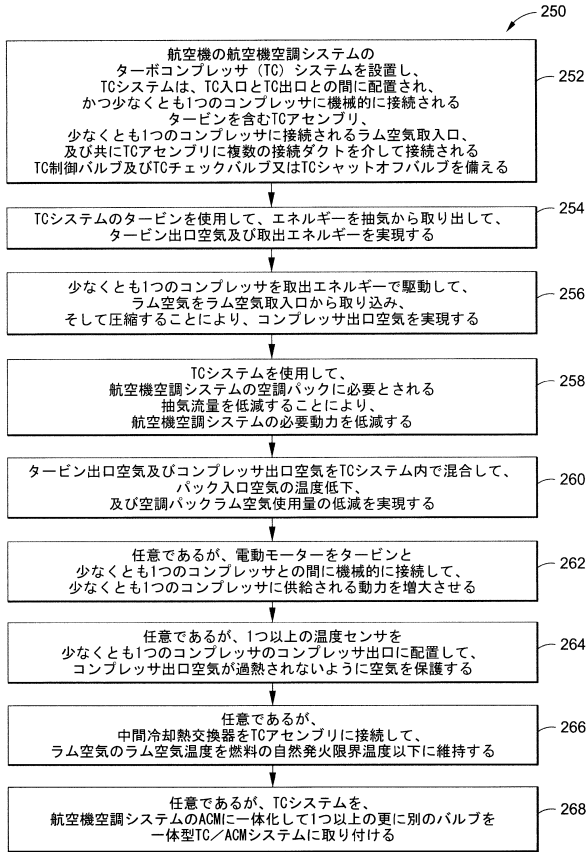


FIG. 7B

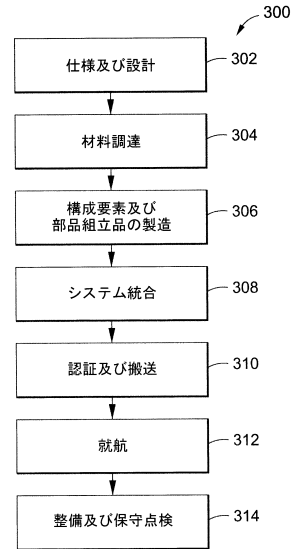
【図8】



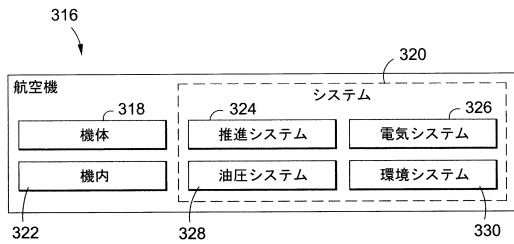
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ウォーレン・エー・アトキー

アメリカ合衆国・イリノイ・60606-2016・シカゴ・ノース・リバーサイド・プラザ・100

審査官 長谷井 雅昭

(56)参考文献 欧州特許出願公開第01386837(E P, A1)

米国特許出願公開第2013/0187007(US, A1)

米国特許出願公開第2013/0133348(US, A1)

米国特許出願公開第2009/0084896(US, A1)

特表2007-521183(JP, A)

特開2003-148823(JP, A)

特表2012-507424(JP, A)

特開2012-218531(JP, A)

特開昭61-286598(JP, A)

米国特許出願公開第2011/0283713(US, A1)

米国特許出願公開第2005/0061012(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64D 13/00

F04D 25/04