

(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2007-503546

(P2007-503546A)

(43) 公表日 平成19年2月22日(2007.2.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1K 25/10 (2006.01)	FO1K 25/10 D	3G002
FO1K 23/10 (2006.01)	FO1K 23/10 V	3G081
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00 L	
FO2G 5/04 (2006.01)	FO1K 25/10 H	
FO1D 5/14 (2006.01)	FO2G 5/04 H	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 43 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-524335 (P2006-524335)
 (86) (22) 出願日 平成16年8月27日 (2004.8.27)
 (85) 翻訳文提出日 平成18年4月3日 (2006.4.3)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2004/009580
 (87) 国際公開番号 W02005/021936
 (87) 国際公開日 平成17年3月10日 (2005.3.10)
 (31) 優先権主張番号 0320021.9
 (32) 優先日 平成15年8月27日 (2003.8.27)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)
 (31) 優先権主張番号 0320022.7
 (32) 優先日 平成15年8月27日 (2003.8.27)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)
 (31) 優先権主張番号 0320023.5
 (32) 優先日 平成15年8月27日 (2003.8.27)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

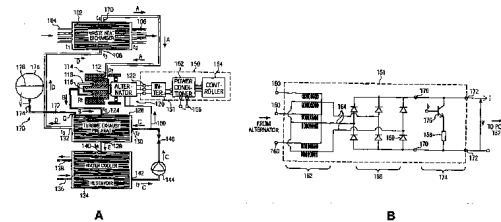
(71) 出願人 506065035
 ティーティーエル ダイナミクス リミッ
 テッド
 TTL DYNAMICS LTD
 英国 ウィルトシア SP2 OSE, ソ
 ールズベリー, PO Box 1642
 PO Box 1642, Salisb
 ury, Wiltshire SP2 O
 SE, Great Britain

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エネルギー回収システム

(57) 【要約】

廃熱源（例えば、小規模の産業施設からの高温廃液、自動車用内燃機関など）からエネルギーを取り出すためのエネルギー回収システムであって、このシステムは循環作動流体を有するクロードランキンサイクルである。このシステムは、第1の温度で熱源流体を受け取り、廃熱を取り入れて、第2の温度で前記廃液を排出し、第3の温度で前記作動流体を受け取り、第4の温度で作動流体を排出するための熱交換器であって、前記第4の温度は前記第3の温度よりも高くかつ作動流体の沸点よりも高い、第1の熱交換器と、第1の圧力で第1の熱交換器から排出された作動流体を受け取り、第2の圧力で作動流体を排出するように配置されたタービンユニットであって、前記第2の圧力は第1の圧力よりも低く、それによってタービンユニットがタービンユニット内に載置されたタービン軸に回転エネルギーを与える、タービンユニットと、タービン軸に接続され、前記回転エネルギーを電気エネルギーに変換する電気機械変換ユニット（交流発電機を含む）と、タービンユニットおよび第1の熱交換器に接続され、第5の温度でタービンユニットからの作動流体



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱源から電気エネルギーを取り出すエネルギー回収システムであって、前記システムは循環作動流体を有し、

前記熱源からの熱の少なくとも一部を取り入れる熱源流体を受け取ると共に、前記熱源流体から前記作動流体に熱が伝達されるように前記作動流体を受け取る第 1 の熱交換器と、前記第 1 の熱交換器から排出される前記作動流体を受け取るように配される膨張ユニットであって、それによって機械的エネルギーを該膨張ユニットに与える、膨張ユニットと、前記膨張ユニットに接続され、前記機械的エネルギーを電気エネルギーに変換する電気機械変換ユニットと、

10

前記膨張ユニットおよび前記第 1 の熱交換器に接続され、前記膨張ユニットからの前記作動流体を受け取り、前記流体を冷却し、前記第 1 の熱交換器に前記流体を供給する冷却システムと、

を備える、前記エネルギー回収システム。

【請求項 2】

前記システムが、循環作動流体を有するクローズドシステムであって、

前記第 1 の熱交換器が第 1 の温度で熱源流体を受け取り、その熱を取り入れて、第 2 の温度で前記廃液を排出し、第 3 の温度で前記作動流体を受け取り、第 4 の温度で前記作動流体を排出するように構成され、前記第 4 の温度は前記第 3 の温度よりも高くかつ前記作動流体の沸点よりも高く、

20

前記膨張ユニットは、第 1 の圧力で前記第 1 の熱交換器から排出された前記作動流体を受け取ると共に、前記第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力で前記作動流体を排出するように構成されるタービンユニットを備え、該タービンユニットは、それによって該タービンユニット内に載置されたタービン軸に回転エネルギーを与え、

前記電気機械変換ユニットは、前記タービン軸に接続され、前記回転エネルギーを電気エネルギーに変換する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記冷却システムが、前記タービンユニットおよび前記第 1 の熱交換器に接続され、前記第 5 の温度で前記タービンユニットからの第 1 の作動流体供給を受け、第 6 の温度で前記第 1 の供給からの作動流体を排出し、前記第 6 の温度が前記第 5 の温度よりも低い、第 2 の熱交換器を含み、

30

前記第 2 の熱交換器は、第 7 の温度で液状の第 2 の作動流体供給を受け取るように、および前記第 3 の温度で前記第 1 の熱交換器に液状の前記第 2 の供給からの作動流体を排出するように構成される、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記冷却システムが、前記第 2 の熱交換器に接続され、冷却液供給を受け取るように構成され、前記第 6 の温度で前記第 2 の熱交換器から排出された前記作動流体を受け取り、前記第 7 の温度で液状の作動流体を排出し、前記第 7 の温度が前記第 6 の温度よりも低くかつ前記作動流体の沸点よりも高い、凝縮ユニットをさらに含む、請求項 3 に記載のシステム。

40

【請求項 5】

前記冷却システムが、前記冷却ユニットに接続され、前記第 7 の温度で前記液状の作動流体を受け取り、前記液状の作動流体を前記第 2 の熱交換器に送り込み、それによって前記第 2 の作動流体供給を前記第 2 の熱交換器に提供するポンプを含む、請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記第 1 の温度が、約 110 乃至約 225 である、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 7】

前記第 2 の温度が、約 80 乃至約 140 である、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の

50

システム。

【請求項 8】

前記第 1 の温度が約 180 であり、前記第 2 の温度が約 123 である、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 9】

前記第 1 の圧力が絶対圧力約 10 乃至 30 bar である、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

【請求項 10】

前記第 2 の圧力が絶対圧力約 0.5 乃至 2 bar である、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

10

【請求項 11】

前記タービン軸が、前記タービンユニット内のベアリングに載置され、前記作動流体が前記タービンユニットに浸透し、それによって前記ベアリングを潤滑する、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

【請求項 12】

前記作動流体が、アルカン類から選択された単一成分の流体を含む、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

【請求項 13】

前記作動流体が、沸点約 30 乃至 110 の流体からなる、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

20

【請求項 14】

前記電気機械変換ユニットが、電流を出力するように構成される交流発電機を含む、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

【請求項 15】

前記電気機械変換ユニットが、前記交流発電機に接続され、前記交流発電機から受け取った電流の周波数を変更し、幹線周波数で出力する電気調整ユニットを含む、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

【請求項 16】

前記膨張ユニットが、軸およびその上に載置された少なくとも 1 つのタービンステージを有し、前記タービンステージの 1 つまたはそれぞれが一組の羽根を組み込んだタービンユニットを備える、上記いずれかの請求項に記載のシステム。

30

【請求項 17】

前記少なくとも 1 つのタービンステージが、アルミニウムまたはスチール製である、請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 18】

前記少なくとも 1 つのタービンステージが、プラスチック材料製である、請求項 16 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記プラスチック材料が、例えば 40% の炭素繊維を含むポリエーテルエーテルケトン (PEEK) などの、(a) 炭素繊維を含む PEEK、(b) Ultern 2400、または (c) Valox 865 である、請求項 18 に記載のシステム。

40

【請求項 20】

添付図面を参照して前項に実質的に説明される、エネルギー回収システム。

【請求項 21】

上記いずれかの請求項に記載のエネルギー変換システムにおける、作動流体および/または潤滑流体としての、HFE-7100、ヘキサン、または水の使用。

【請求項 22】

添付の請求項のいずれかに記載のエネルギー変換システムにおける、作動流体および/または潤滑流体としての、アルカン類のうちの 1 つの使用。

【請求項 23】

50

電気エネルギー発生システムであって、

燃料源に接続され、前記燃料を燃焼させて第1の排出流体を排出する燃焼ユニットと、

前記第1の排出流体を受け取り、それによって使用時に回転エネルギーがタービンのタービン軸に与えられ、前記タービンが第2の排出流体を排出するように構成される前記タービンと、

を備えるマイクロタービンシステムと、

前記第2の排出流体を受け取るように接続され、前記第2の排出流体から中間熱伝達流体へ熱を伝達するように、および前記熱の伝達後に前記中間熱伝達流体を排出するように構成される中間熱伝達ユニットと、

請求項1乃至20のいずれかに記載のエネルギー回収システムと、

を備え、前記エネルギー変換システムは前記中間熱伝達流体を受け取るように接続された前記第1の熱交換器を有し、前記中間熱伝達流体は前記熱源を取り入れる、電気エネルギー発生システム。

10

【請求項24】

前記マイクロタービンシステムが、前記タービンおよび前記燃焼ユニットに接続され、使用時に前記タービン軸によって駆動される圧縮機をさらに含み、前記圧縮機は、酸素含有流体の供給を受け、使用時に前記酸素含有流体を圧縮状態で前記燃焼ユニットに供給する、請求項23に記載の電気エネルギー発生システム。

【請求項25】

前記マイクロタービンシステムが、前記タービンに接続され、使用時に前記タービン軸によって駆動される発電機をさらに含み、前記発電機は電気エネルギーを出力するように構成される、請求項23または24に記載の電気エネルギー発生システム。

20

【請求項26】

前記タービンと前記中間熱伝達ユニットとの間に配置され、前記第2の排出流体を受け取り、第3の排出流体を前記中間熱伝達ユニットに排出するように接続されたリキュレータをさらに含み、前記リキュレータは、例えば前記圧縮機からの酸素含有流体の供給を受けるように、および前記第2の排出流体からの熱を伝達した後に前記酸素含有流体を前記燃焼器へ運搬するように構成される、請求項23乃至25のいずれかに記載の電気エネルギー発生システム。

【請求項27】

前記リキュレータが、熱交換器を備える、請求項26に記載の電気エネルギー発生システム。

30

【請求項28】

電気エネルギー発生システムであって、

燃料源に接続され、前記燃料を燃焼させてエンジン排出流体を排出し、内燃機関を配置することによって、使用時に回転エネルギーを駆動軸に与える、前記内燃機関を備えた内燃システムと、

前記エンジン排出流体を受け取るように接続され、前記エンジン排出流体から中間熱伝達流体へ熱を伝達するように、および前記熱の伝達後に前記中間熱伝達流体を排出するように構成される中間熱伝達ユニットと、

請求項1乃至20のいずれかに記載のエネルギー回収システムと、を備え、前記エネルギー変換システムは前記中間熱伝達流体を受け取るように接続された前記第1の熱交換器を有し、前記中間熱伝達流体は前記熱源を取り入れる、電気エネルギー発生システム。

40

【請求項29】

前記内燃システムが、前記内燃機関に接続され、使用時に駆動軸によって駆動される発電機をさらに含み、前記発電機が電気エネルギーを出力するように構成される、請求項28に記載の電気エネルギー発生システム。

【請求項30】

前記内燃機関が、燃料の供給および酸素含有流体の供給に接続される、請求項28または29に記載の電気エネルギー発生システム。

50

【請求項 3 1】

電気エネルギー発生システムであって、
酸素含有ガスを廃ガス処理筒に送るための送風機を含むベースステージと、
前記ベースステージに隣接し、廃ガス源に接続され、前記廃ガスが燃焼ガスであるかまたはこれを含み、使用時に前記酸素含有ガスの前記廃ガスを燃焼させるように構成される燃焼ステージと、
前記燃焼ステージに隣接し、前記燃焼ステージによって生じる燃焼器排気ガスと混合される空気を含むガスの混合気を発生させるように構成される混合ステージとを含む廃ガス処理筒と、
前記ガスの混合気を受け取るように接続され、前記ガスの混合気から中間熱伝達流体へ熱を伝達するように、および前記熱の伝達後に前記中間熱伝達流体を排出するように構成される中間熱伝達ユニットと、
請求項 1 乃至 2 0 のいずれかに記載のエネルギー回収システムと、を備え、前記エネルギー変換システムは前記中間熱伝達流体を受け取るように接続された前記第 1 の熱交換器を有し、前記中間熱伝達流体は前記熱源を取り入れる、電気エネルギー発生システム。

10

【請求項 3 2】

前記送風機が電気送風機を備え、前記送風機は前記電気機械変換ユニットに接続され、使用時に前記エネルギー変換システムが前記送風機に電力を供給することによって電気エネルギーの少なくとも一部を発生させる、請求項 3 1 に記載の電気エネルギー発生システム。

【請求項 3 3】

前記中間熱伝達ユニットが、熱交換器および/または熱伝達油を含む中間熱伝達流体を備える、請求項 2 3 乃至 3 2 のいずれかに記載の電気エネルギー発生システム。

20

【請求項 3 4】

放射流入タービンユニットであって、
第 1 の圧力で流体を受け取る吸気口を備えたハウジングと、
前記ハウジング内のベアリングに載置され、回転軸を有する軸と、
前記軸に配置されるタービンと、を備え、前記タービンは、
前記軸に載置される第 1 の一連の羽根を備え、前記吸気口が受け取る前記流体が前記第 1 の一連の羽根に放射状に入り、第 3 の圧力で第 1 の所定の方向に第 1 のタービンステージを抜ける、前記第 1 のタービンステージと、
前記軸に載置される第 2 の一連の羽根を備える第 2 のタービンステージと、
前記第 1 のタービンステージから前記第 2 のタービンステージに抜ける流体を運搬する管路とを備え、
前記第 2 のタービンステージが受け取る前記流体が、前記第 2 の一連の羽根に放射状に入り、第 2 の圧力で第 2 の所定の方向に前記第 2 のタービンステージを抜け、
前記流体は前記第 1 および第 2 のタービンステージの両方で前記軸に回転エネルギーを与える、放射流入タービンユニット。

30

【請求項 3 5】

前記第 1 の圧力が前記第 3 の圧力よりも高く、前記第 3 の圧力が前記第 2 の圧力よりも高い、請求項 3 4 に記載のタービンユニット。

40

【請求項 3 6】

前記第 1 の圧力が前記第 2 の圧力の 2 乃至 1 0 倍である、請求項 3 4 または 3 5 に記載のタービンユニット。

【請求項 3 7】

前記第 3 の圧力が前記第 2 の圧力の 3 乃至 4 倍である、請求項 3 4 または 3 5 に記載のタービンユニット。

【請求項 3 8】

前記第 2 のタービンステージの半径方向寸法が、前記第 1 のタービンステージの半径寸法よりも大きい、請求項 3 4 乃至 3 7 のいずれかに記載のタービンユニット。

【請求項 3 9】

50

前記第2のタービンステージの半径方向寸法が、前記第1のタービンステージの半径寸法の約1.25倍である、請求項38に記載のタービンユニット。

【請求項40】

前記第1のタービンステージの軸方向寸法が、前記第1のタービンステージの半径方向寸法の約0.3乃至0.375倍である、請求項34乃至39のいずれかに記載のタービンユニット。

【請求項41】

前記第2のタービンステージの軸方向寸法が、前記第2のタービンステージの半径方向寸法の約0.35乃至0.4倍である、請求項34乃至40のいずれかに記載のタービンユニット。

10

【請求項42】

前記軸に載置される第3の一連の羽根を備える第3のタービンステージと、前記第2のタービンステージから前記第3のタービンステージに抜ける流体を運搬する管路であって、前記第3のタービンステージが受け取る前記流体が、前記第3の一連の羽根に放射状に入り、第4の圧力で第3の所定の方向に前記第3のタービンステージを抜ける、管路と、

をさらに備え、前記流体は前記第1、第2、および第3のタービンステージで前記軸に回転エネルギーを与える、請求項34乃至41のいずれかに記載のタービンユニット。

【請求項43】

前記第3のタービンステージの軸方向寸法が、前記第3のタービンステージの半径方向寸法の約1/3倍である、請求項42に記載のタービンユニット。

20

【請求項44】

前記第1、第2および/または第3の所定の方向がおよそ軸方向である、請求項34乃至43のいずれかに記載のタービンユニット。

【請求項45】

前記流体がガスである、請求項34乃至44のいずれかに記載のタービンユニット。

【請求項46】

前記流体がHFE-7100またはヘキサンあるいは水である、請求項34乃至45のいずれかに記載のタービンユニット。

【請求項47】

前記流体がアルカン類のうちの一つである、請求項34乃至45のいずれかに記載のタービンユニット。

30

【請求項48】

前記流体が、前記ハウジングに浸透し、それによって前記ベアリングを潤滑する、請求項34乃至47のいずれかに記載のタービンユニット。

【請求項49】

添付図面を参照して前項に実質的に説明される、前記タービンユニット。

【請求項50】

廃熱源からエネルギーを取り出す廃エネルギー回収システムであって、循環作動流体を有するクローズドシステムであり、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムと、請求項34乃至49のいずれかに記載のタービンユニットとを備え、使用時に前記熱交換器が前記作動流体を前記タービンユニットに供給する、廃エネルギー回収システム。

40

【請求項51】

軸線の周囲を回転可能な軸を支持し、ハウジング内に少なくとも部分的に配置されるベアリングであって、

前記ハウジングに固定して取り付けられると共に、前記軸上で第2のベアリング面に対向する第1のベアリング面であって、前記第1および第2のベアリング面が前記軸に対しておよそ横方向に展開する第1のベアリング面と、前記軸に対しておよそ平行に展開し、前記軸上で第4のベアリング面に対向する、第3のベアリング面を画定する円筒状の内部溝を有する、ベアリング部材を備え、

50

前記ベアリング部材は、少なくとも第3および第4のベアリング面へ潤滑流体を運搬するように構成される管路を含む、前記ベアリング。

【請求項52】

前記ベアリング部材が、およそT字状の横断面を有する、請求項51に記載のベアリング。

【請求項53】

前記ベアリング部材が、前記第1のベアリング面に対向する端面に、前記軸に対しておよそ横方向に広がる第5のベアリング面を有する、請求項51または52に記載のベアリング。

【請求項54】

ベアリング要素上の前記第1の面が、前記ベアリング部材の内径境界と外径境界との間に部分的に延在するT字部の上の隆起した環状面によって画定される、請求項52に記載のベアリング。

【請求項55】

複数の細長い第1の凹部が前記第1の面に放射状に延在し、それによって前記第1の面に対向する空間への潤滑流体の流れを容易にする、請求項53に記載のベアリング。

【請求項56】

前記第1の凹部が、前記第1の面の前記内径境界と前記外径境界との間に部分的に延在する、請求項55に記載のベアリング。

【請求項57】

複数の細長い第2の凹部が第5の面に放射状に延在し、それによって第4の面に対向する空間への潤滑流体の流れを容易にする、請求項53乃至56のいずれかに記載のベアリング。

【請求項58】

前記第2の凹部が、前記第5の面の前記内径境界と前記外径境界との間に部分的に延在する、請求項57に記載のベアリング。

【請求項59】

T字状のベアリング部材の細長い部分の対向する端部の間のある点において、円周方向の凹部が、前記ベアリング部材の前記外径境界の面に画定される、請求項52乃至58のいずれかに記載のベアリング。

【請求項60】

複数の第1の潤滑溝が前記ベアリング部材の前記円周方向の凹部と前記ベアリング部材の前記内径境界との間に放射状に延在し、それによって前記ベアリング部材の外部と前記円筒状の内部溝との間に潤滑流体が流れる、請求項59に記載のベアリング。

【請求項61】

前記ベアリング部材が複数の第2の潤滑溝を含み、各溝が前記第1の面の第1の細長い凹部と前記第5の面の対向する第2の細長い凹部のそれぞれとの間に軸方向に延在する、請求項58乃至60のいずれかに記載のベアリング。

【請求項62】

前記第1および第2の細長い凹部の数が、2乃至8個であり、好ましくは6個である、請求項51乃至61のいずれかに記載のベアリング。

【請求項63】

前記第2の潤滑溝の数が、2乃至8本である、請求項51乃至62のいずれかに記載のベアリング。

【請求項64】

前記ベアリングが、ワッシャをさらに含み、使用時に前記ワッシャの一方の面が前記ベアリング部材の前記第5の面に当接し、前記ワッシャの他方の面がタービンなどの駆動部材の対応する面へ当接するように構成される、請求項51乃至63のいずれかに記載のベアリング。

【請求項65】

10

20

30

40

50

添付図面を参照して前項に実質的に説明される、前記ベアリング。

【請求項 6 6】

廃熱源からエネルギーを取り出すエネルギー回収システムであって、循環作動流体を有するクローズドシステムであり、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムと、タービンユニットと、を備え、使用時に前記熱交換器が前記作動流体をガスとして前記タービンユニットに供給し、前記タービンユニットは軸を介して前記電気機械変換ユニットに機械的に接続され、前記軸は請求項 5 1 乃至 6 5 のいずれかに記載のベアリングによって支持される、エネルギー回収システム。

【請求項 6 7】

前記システムが、前記冷却システムから前記ベアリングへの作動流体の二次的な供給ラインをさらに含み、それによって作動流体が前記ベアリング部材に供給され、それによって前記ベアリングに前記潤滑流体が提供される、請求項 6 6 に記載のシステム。

10

【請求項 6 8】

前記作動流体が、液体として前記ベアリングに供給される、請求項 6 7 に記載のシステム。

【請求項 6 9】

回転式磁気連結器であって、
第 1 の回転部材であって、その上に配置される第 1 の磁気部材を有する第 1 の軸を含み、使用時に前記第 1 の軸が回転エネルギーによって駆動される、第 1 の回転部材と、
第 2 の回転部材であって、その上に配置される第 2 の磁気部材を有する第 2 の軸を含み、
使用時に前記第 2 の回転部材が前記第 1 および第 2 の磁気部材の連結を介して前記第 1 の回転部材から回転エネルギーを受け取る、第 2 の回転部材と、
を備え、前記第 1 および第 2 の磁気部材のうちの 1 つまたは両方が、前記第 1 および第 2 の軸の軸線に対して異なる角度位置に配置される複数の磁石部を備える、回転式磁気連結器。

20

【請求項 7 0】

前記第 1 の回転部材が、密閉されたハウジング内に配置され、前記ハウジングの一部が前記第 1 の回転部材と前記第 2 の回転部材との間に配置され、非磁性材料製である、請求項 6 9 に記載の磁気連結器。

【請求項 7 1】

前記非磁性材料が、ステンレス鋼、ニモニック合金、またはプラスチック製である、請求項 7 0 に記載の磁気連結器。

30

【請求項 7 2】

前記第 1 の磁気部材が、前記第 1 の軸と一体的なおよそ円筒状の内部電機子部と、前記電機子部の外部に固定して取り付けられる複数の第 1 の磁石部とを備える、請求項 6 9 または 7 0 に記載の磁気連結器。

【請求項 7 3】

前記第 2 の磁気部材が、前記第 2 の軸と一体的なおよそ円筒状の外部支持部と、前記支持部の内部に固定して取り付けられる複数の第 2 の磁石部とを備える、請求項 6 9 乃至 7 2 のいずれかに記載の磁気連結器。

40

【請求項 7 4】

前記第 1 の磁気部材が、前記第 1 の磁石部の外部に配置され、前記第 1 の軸の高速回転中に前記第 1 の磁気部を一定の場所に保持する格納容器シェルをさらに備える、請求項 6 9 乃至 7 3 のいずれかに記載の磁気連結器。

【請求項 7 5】

前記格納容器シェルが、CFRP、ケブラー、またはGRPなどの複合材である、請求項 7 3 または 7 4 に記載の磁気連結器。

【請求項 7 6】

前記第 1 の磁気部材が、前記第 2 の磁気部材の内部に配置され、そこでハウジングの一部から分離される、請求項 7 0 乃至 7 5 のいずれかに記載の磁気連結器。

50

【請求項 77】

前記磁石部が、それぞれの N - S 極方向が放射状に延在する双極子磁石を備える、請求項 69 乃至 76 のいずれかに記載の磁気連結器。

【請求項 78】

前記第 1 の磁気部材が、およそ円板状であり、その中に複数の前記第 1 の磁石部が固定して載置され、それによって前記第 1 の磁石部が円板形状を形成する第 1 の載置部を備える、請求項 69 乃至 72 のいずれかに記載の磁気連結器。

【請求項 79】

前記第 2 の磁気部材が、およそ円板状であり、その中に複数の前記第 2 の磁石部が固定して載置され、それによって前記第 2 の磁石部が円板形状を形成する第 2 の載置部を備える、請求項 78 に記載の磁気連結器。

10

【請求項 80】

前記第 1 および第 2 の磁石部が、円板のセクタを形成する、請求項 69 乃至 79 のいずれかに記載の磁気連結器。

【請求項 81】

前記第 1 および第 2 の磁石部が、それぞれの N - S 極方向が軸方向に延在する双極子磁石を備える、請求項 78 乃至 80 のいずれかに記載の磁気連結器。

【請求項 82】

前記第 1 の円板状の磁気部材が、前記第 2 の円板状の磁気部材に隣接して軸方向に一列に配置され、そこで前記ハウジングの一部から分離する、請求項 78 乃至 81 のいずれかに記載の磁気連結器。

20

【請求項 83】

前記第 1 の磁気部材および / または前記第 2 の磁気部材の磁気部の数が、2 個以上の偶数個である、請求項 69 乃至 82 のいずれかに記載の磁気連結器。

【請求項 84】

前記第 1 の磁気部材および / または前記第 2 の磁気部材の磁気部の数が 4 個である、請求項 69 乃至 83 のいずれかに記載の磁気連結器。

【請求項 85】

前記磁石部が、フェライト材料、サマリウムコバルト、またはネオジウムアイアンボロン製である、請求項 69 乃至 84 のいずれかに記載の磁気連結器。

30

【請求項 86】

添付図面を参照して前項に実質的に説明される、前記磁気連結器。

【請求項 87】

廃熱源からエネルギーを取り出す廃エネルギー回収システムであって、循環作動流体を有するクローズドシステムであり、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムと、タービンユニットと、を備え、前記タービンは密閉され、請求項 69 乃至 86 のいずれかに記載の磁気連結器によって前記電気機械変換ユニットに接続される、廃エネルギー回収システム。

【請求項 88】

廃熱源からエネルギーを取り出すエネルギー回収システムにおいて実行される方法であって、前記システムは循環作動流体を有するクローズドシステムであり、熱交換器と、交流発電機を含む電気機械変換ユニットと、冷却システムと、タービンユニットと、前記電気機械変換ユニットに接続され、前記交流発電機に由来する電圧が変化するように構成される制御システムとを備え、

40

(a) 1 つの電圧ステップずつ電圧を増加させるステップと、

(b) 交流発電機の出力を測定するステップと、

(c) ステップ (b) で測定された出力が以前の出力以下である場合には、

(i) 1 つの電圧ステップずつ電圧を減少させることと、

(i i) ステップ (c) (i i) (2) で測定される出力が先に測定される出力以上である間、

50

- (1) 1つの電圧ステップずつ電圧を減少させることと、
 - (2) 交流発電機の出力を測定することと、
- を繰り返し、

ステップ (b) で測定される出力が以前の出力以上である場合には、ステップ (c) (i v) で測定される出力が先に測定された出力以上である間、

- (i i i) 1つの電圧ステップずつ電圧を増加させることと、
 - (i v) 交流発電機の出力を測定することと、
- を繰り返すステップと、

を含む方法。

【請求項 89】

前記 1つの電圧ステップずつ電圧を増加させる各ステップが、1つの電圧ステップずつ電圧を減少させるステップと置き換えられる、およびその逆も同様である、請求項 88 に記載の方法。

【請求項 90】

前記電圧ステップが平均電圧の約 1%乃至 2.5%である、請求項 88 または 89 に記載の方法。

【請求項 91】

ステップ (a) が毎秒行われる、請求項 88、89、または 89 に記載の方法。

【請求項 92】

前記交流発電機の出力を測定するステップが、前記交流発電機の出力に由来する出力電圧 V を測定するステップと、前記交流発電機の出力に由来する出力電流を測定するステップと、出力 = $V \times I$ を計算するステップとを含む、請求項 88 乃至 91 のいずれかに記載の方法。

【請求項 93】

前記交流発電機の出力を測定するステップが、独立した出力測定装置による出力を測定するステップを含む、請求項 88 乃至 91 のいずれかに記載の方法。

【請求項 94】

前記方法が、第 1 の周波数から第 2 の周波数へ交流電圧を変換するステップをさらに含む、請求項 88 乃至 93 のいずれかに記載の方法。

【請求項 95】

前記第 1 の周波数が前記第 2 の周波数よりも高く、前記第 2 の周波数がおよそ幹線給電の周波数である、請求項 94 に記載の方法。

【請求項 96】

前記電圧を変換するステップが、整流回路を使用して交流発電機が出力する電圧を整流し、それによって直流電圧を導くステップと、電力調整ユニットを使用して前記直流電圧から交流電圧を発生させるステップとを含む、請求項 94 または 95 に記載の方法。

【請求項 97】

前記方法が、最後に測定した出力の値を保存するステップをさらに含む、請求項 88 乃至 96 のいずれかに記載の方法。

【請求項 98】

添付図面を参照して前項に実質的に説明される、前記エネルギー回収システムの制御方法。

【請求項 99】

プロセッサと、メモリと、前記電気機械変換ユニットに接続されるインターフェースと、ユーザーインターフェースとを含む、請求項 88 乃至 98 のいずれかに記載の方法を実行するために最適にプログラムされたプログラム可能な制御システム。

【請求項 100】

交流電圧の周波数を変換する周波数変換装置を含む、請求項 99 に記載の制御システム

10

20

30

40

50

。

【請求項 101】

エネルギー変換システムの作動流体浄化システムであって、前記エネルギー変換システムは、その経路を通して循環する循環作動流体を有するクローズドシステムであり、タービンなどの膨張装置を含み、

膨張タンクと、

前記作動流体を受け取るために接続される可変容積を定める前記膨張タンク内のダイアフラムと、

前記経路と前記膨張タンクとの間に配置される制御バルブであって、前記可変容積を流れる流体を制御するように構成される制御バルブと、

を備え、前記制御バルブは管路を経て前記経路の接続地点に接続され、前記接続点は前記経路の最高地点にある、前記作動流体浄化システム。

10

【請求項 102】

前記制御バルブが、前記接続地点よりも高い地点に載置される、請求項 101 に記載のシステム。

【請求項 103】

前記膨張タンクが、前記制御バルブよりも高い地点に載置される、請求項 101 または 102 に記載のシステム。

【請求項 104】

制御器をさらに含み、前記制御器は前記制御バルブを開閉するように構成される、上記のいずれかの請求項に記載のシステム。

20

【請求項 105】

前記制御器が、浄化サイクルを行うように構成され、前記浄化サイクルは第 1 の所定の期間前記制御バルブを開き、第 2 の所定の期間前記制御バルブを閉じることを含む、請求項 104 に記載のシステム。

【請求項 106】

前記制御器が、前記システムの電源投入後の所定時間幅の起動シーケンスにおいて、複数の前記浄化サイクルを行うように構成される、請求項 105 に記載のシステム。

【請求項 107】

前記複数の浄化サイクルが、約 3 乃至 5 の浄化サイクルを含む、請求項 106 に記載のシステム。

30

【請求項 108】

前記第 1 の所定の期間が約 1 分であり、前記第 2 の所定の期間が約 10 分である、請求項 105 乃至 107 に記載のシステム。

【請求項 109】

前記制御器に接続される圧力センサをさらに備え、前記制御器は、前記センサによって示される圧力が所定のレベルを超える場合に、少なくとも 1 つの浄化サイクルを行うように構成される、請求項 101 乃至 108 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 110】

添付図面を参照して前項に実質的に説明される、前記作動流体浄化システム。

40

【請求項 111】

熱源から電機エネルギーを取り出すエネルギー回収システムであって、

請求項 101 乃至 110 のいずれかに記載の作動流体浄化システムと、タービンと、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムと、を備え、使用時に前記熱交換器が前記作動流体を前記タービンに供給する、エネルギー回収システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、様々な形態のエネルギーの使用に関し、特にエネルギー回収システムに関する。

【背景技術】

50

【0002】

(電気)エネルギーを発生させるための従来の技術が数多くあり、最も一般的には、最終的には供給に限りのあるいくつかの燃料(例えば、石炭、天然ガスなど)の燃焼に係る。

【0003】

さらに、数多くのエネルギー変換技術が開示されている。例えば、米国特許4,896,509号では、ランキンサイクルによる熱エネルギーの機械的エネルギーへの変換プロセスを開示している。このプロセスでは、サイクルは、熱源(概して水蒸気を発生させるために使用するボイラからの熱水など)によって作動流体を蒸発させるステップと、それによって発生した水蒸気を膨張装置(タービンなどの回転または往復移動装置)によって膨張させるステップと、それを低温加熱源(冷水など)によって(例えば、概して冷凍装置に用いられる凝縮器を使用して)凝縮させるステップと、ポンプを使用してそれを圧縮するステップとを繰り返す。しかし、このようなシステムでは、沸騰に燃焼を用いている。

10

【0004】

さらに、利用可能なランキンサイクルシステムは、概して数メガワットの範囲で稼動する大規模な設備であり、小規模な産業施設からの高温廃液、自動車用内燃機関などの比較的温度の低い熱源からの少量のエネルギーの取り出しには不向きであるという問題がある。

【特許文献1】米国特許第4,896,509号公報

【特許文献2】米国特許第5,119,635号公報

【特許文献3】米国特許第5,487,765号公報

20

【発明の開示】

【0005】

したがって、上述の問題を解決し、改良した回収システムを提供するエネルギー回収システムが必要である。

【0006】

エネルギーの回収

本発明は、熱源から電気エネルギーを取り出すエネルギー回収システムであって、前記システムは循環作動流体を有し、前記熱源からの熱の少なくとも一部を取り入れる熱源流体を受け取ると共に、前記熱源流体から前記作動流体に熱が伝達されるように前記作動流体を受け取る第1の熱交換器と、第1の熱交換器から排出される作動流体を受け取り、それによって機械的エネルギーを膨張ユニットに与える前記膨張ユニットと、膨張ユニットに接続され、前記機械的エネルギーを電気エネルギーに変換する電気機械変換ユニットと、前記膨張ユニットおよび前記第1の熱交換器に接続され、前記膨張ユニットからの作動流体を受け取り、前記流体を冷却して前記第1の熱交換器に前記流体を供給する冷却システムとを備える、前記エネルギー回収システムを提供する。熱交換器は、小型の熱交換器であることが好ましい。

30

【0007】

ある具体的態様においては、前記システムが、循環作動流体を有するクローズドシステムであって、前記第1の熱交換器が第1の温度で熱源流体を受け取り、その熱を取り入れて、第2の温度で前記廃液を排出し、第3の温度で前記作動流体を受け取り、第4の温度での前記作動流体を排出するように構成され、前記第4の温度は前記第3の温度よりも高くかつ前記作動流体の沸点よりも高く、前記膨張ユニットは、第1の圧力で前記第1の熱交換器から排出された前記作動流体を受け取ると共に、前記第1の圧力よりも低い第2の圧力で前記作動流体を排出するように構成されるタービンユニットを備え、該タービンユニットは、それによって該タービンユニット内に載置されたタービン軸に回転エネルギーを与え、前記電気機械変換ユニットは、前記タービン軸に接続され、前記回転エネルギーを電気エネルギーに変換する。タービンは、高速マイクロタービンであることが好ましい。

40

【0008】

前記冷却システムが、前記タービンユニットおよび前記第1の熱交換器に接続され、第

50

5の温度で前記タービンユニットからの第1の作動流体供給を受け、第6の温度で前記第1の供給からの作動流体を排出し、前記第6の温度が前記第5の温度よりも低い、第2の熱交換器を含み、前記第2の熱交換器は、第7の温度で液状の第2の作動流体供給を受け取るように、および前記第3の温度で前記第1の熱交換器に液状の前記第2の供給からの作動流体を排出するように構成されることが好ましい。前記冷却システムが、前記第2の熱交換器に接続され、冷却液供給を受け取るように構成され、前記第6の温度で前記第2の熱交換器から排出された前記作動流体を受け取り、第7の温度で液状の作動流体を排出し、前記第7の温度が前記第6の温度よりも低くかつ前記作動流体の沸点よりも高い、凝縮ユニットをさらに含むことが好ましい。前記冷却システムが、前記冷却ユニットに接続され、前記第7の温度で前記液状の作動流体を受け取り、前記液状の作動流体を前記第2の熱交換器に送り込み、それによって前記第2の作動流体供給を前記第2の熱交換器に提供するポンプを含むことが好ましい。 10

【0009】

一実施態様では、前記第1の温度が約110乃至約225である。一実施態様では、前記第2の温度が約80乃至約140である。一実施態様では、前記第1の温度が約180であり、第2の温度が約123である。一実施態様では、前記第1の圧力が絶対圧力10乃至30barである。一実施態様では、前記第2の圧力が絶対圧力0.5乃至2barである。

【0010】

前記タービン軸が、前記タービンユニット内のベアリングに載置され、前記作動流体が前記タービンユニットに浸透し、それによって前記ベアリングを潤滑することが好ましい。 20

【0011】

前記作動流体が、アルカンから選択された単一成分の流体を含むことが好ましい。前記作動流体が、沸点約30乃至110の流体からなることが好ましい。

【0012】

前記電気機械変換ユニットが、電流を出力するように構成される交流発電機を含むことが好ましい。前記電気機械変換ユニットが、前記交流発電機に接続され、前記交流発電機から受け取った電流の周波数を変更し、幹線周波数で出力する電気調整ユニットを含むことが好ましい。交流発電機は、高速交流発電機であることが好ましい。 30

【0013】

好適な実施態様では、前記膨張ユニットが、軸およびその上に載置された少なくとも1つのタービンステージを有し、前記1つのまたは各タービンステージが一組の羽根を組み込んだタービンユニットを備える。前記少なくとも1つのタービンステージが、アルミニウムまたはスチール製であってもよい。ある種の実施態様では、少なくとも1つのタービンステージは、プラスチック材料製である。前記プラスチック材料が、例えば40%の炭素繊維を含むポリエーテルエーテルケトン(PEEK)などの(a)PEEK、(b)Ultern 2400、または(c)Valox 865であってもよい。

【0014】

本発明の他の側面によれば、添付の請求の範囲のいずれかのシステムの作動流体および/または潤滑流体として、HFE-7100、ヘキサン、または水を使用する。 40

【0015】

本発明の他の側面によれば、添付の請求の範囲のいずれかのシステムの作動流体および/または潤滑流体として、アルカン類のうちの1つを使用する。

【0016】

本発明の他の側面によれば、電気エネルギー発生システムは、燃料源に接続され、前記燃料を燃焼させて第1の排出流体を排出する燃焼ユニットを備えるマイクロタービンシステムと、前記第1の排出流体を受け取り、それによって使用時に回転エネルギーがタービンのタービン軸に与えられ、前記タービンが第2の排出流体を排出するように構成される前記タービンと、前記第2の排出流体を受け取るように接続され、前記第2の排出流体から中 50

間熱伝達流体へ熱を伝達するように、および前記熱の伝達後に前記中間熱伝達流体を排出するように構成される中間熱伝達ユニットと、請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載のエネルギー回収システムとを備え、エネルギー変換システムは前記中間熱伝達流体を受け取るように接続された前記第 1 の熱交換器を有し、中間熱伝達流体は前記熱源を取り入れる。

【0017】

前記マイクロタービンシステムが、前記タービンおよび前記燃焼ユニットに接続され、使用時に前記タービン軸によって駆動され、圧縮機が酸素含有流体の供給を受け、使用時に前記酸素含有流体を圧縮状態で前記燃焼ユニットに供給する前記圧縮機をさらに含むことが好ましい。

【0018】

前記マイクロタービンシステムが、前記タービンに接続され、使用時にタービン軸によって駆動される発電機をさらに備え、前記発電機が電気エネルギーを出力するように構成されることが好ましい。

【0019】

前記電気エネルギー発生システムが、前記タービンと前記中間熱伝達ユニットとの間に配置され、前記第 2 の排出流体を受け取り、第 3 の排出流体を前記中間熱伝達ユニットに排出するように接続したリキュペレータをさらに含み、前記リキュペレータが例えば前記圧縮機からの酸素含有流体の供給を受けるように、および前記第 2 の排出流体からの熱を燃焼器に伝達した後に前記酸素含有流体を前記燃焼器へ運搬するように構成されることが好ましい。

【0020】

前記リキュペレータが、熱交換器を備えることが好ましい。

【0021】

本発明の他の側面によれば、電気エネルギー発生システムは、燃料源に接続され、前記燃料を燃焼させてエンジン排出流体を排出し、内燃機関を配置することによって、使用時に回転エネルギーを駆動軸に与える、前記内燃機関を備えた内燃システムと、前記エンジン排出流体を受け取るように接続され、前記エンジン排出流体から中間熱伝達流体へ熱を伝達するように、および前記熱の伝達後に前記中間熱伝達流体を排出するように構成される中間熱伝達ユニットと、請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載のエネルギー回収システムとを備え、エネルギー変換システムは前記中間熱伝達流体を受け取るように接続された前記第 1 の熱交換器を有し、中間熱伝達流体は前記熱源を取り入れる。

【0022】

前記内燃システムが、前記内燃機関に接続され、使用時に駆動軸によって駆動される発電機をさらに含み、前記発電機が電気エネルギーを出力するように構成されることが好ましい。前記内燃機関が、燃料の供給および酸素含有流体の供給に接続されることが好ましい。

【0023】

本発明の他の側面によれば、電気エネルギー発生システムは、酸素含有ガスを廃ガス処理筒に送るための送風機を含むベースステージと、前記ベースステージに隣接し、廃ガス源に接続され、前記廃ガスが燃焼ガスとなるかまたはこれを含み、燃焼ステージが使用時に前記酸素含有ガスの前記廃ガスを燃焼させるように構成される前記燃焼ステージと、前記燃焼ステージに隣接し、前記燃焼ステージによって生じる燃焼器排気ガスと混合される空気を含むガスの混合気を発生させるように構成される混合ステージとを含む廃ガス処理筒と、前記ガスの混合気を受け取るように接続され、前記ガスの混合気体から中間熱伝達流体へ熱を伝達するように、および前記熱の伝達後に前記中間熱伝達流体を排出するように構成される中間熱伝達ユニットと、請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載のエネルギー回収システムとを備え、エネルギー変換システムは前記中間熱伝達流体を受け取るように接続された前記第 1 の熱交換器を有し、中間熱伝達流体は前記熱源を取り入れる。

【0024】

前記送風機が電気送風機を備え、前記送風機は前記電気機械変換ユニットに接続され、

10

20

30

40

50

使用時に前記エネルギー変換システムが前記送風機に電力を供給することによって電気エネルギーの少なくとも一部を発生させることが好ましい。

【0025】

前記中間熱伝達ユニットが、熱交換器および/または熱伝達油を含む中間熱伝達流体を備えることが好ましい。

【0026】

本発明の利点は、小規模なエネルギー回収システムが提供されることである。本発明の別の利点は、比較的低温の熱源からエネルギーを取り出せることである。本発明の更なる利点は、利用しなければ無駄になる熱源から、または再生可能な熱源から適切な効率でエネルギーを回収できること、および/またはエネルギー発生システムで発生する電気エネルギーの量が非常に多くなることである。

10

【0027】

タービン設計

更なる問題は、1段式半径流タービンが既知であり、また2段式半径流タービンが既知であるが、これまで2段式半径流タービンの設計では一部の産業界が遭遇する高速およびきわめて高い圧力差での動作能力が不足していたことである。1段式半径流タービンでは、ある程度の圧力降下に対処できないという問題がしばしば生じる。

【0028】

したがって、本発明の別の側面によれば、半径流入タービンユニットは、第1の圧力で流体を受け取る吸気口を備えたハウジングと、前記ハウジング内のベアリングに載置され、回転軸を有する軸と、前記軸に配置されるタービンとを備え、前記タービンは、前記軸に載置される第1の一連の羽根を備え、前記吸気口が受け取る前記流体が前記第1の一連の羽根に放射状に入り、第3の圧力で第1の所定の方向に第1のタービンステージを抜ける、前記第1のタービンステージと、前記軸に載置される第2の一連の羽根を備える第2のタービンステージと、前記第1のタービンステージから前記第2のタービンステージに抜ける流体を運搬する管路とを備え、前記第2のタービンステージが受け取る前記流体が、前記第2の一連の羽根に放射状に入り、第2の圧力で第2の所定の方向に前記第2のタービンステージを抜け、前記流体は前記第1および第2のタービンステージの両方で前記軸に回転エネルギーを与える。

20

【0029】

前記第1の圧力が前記第2の圧力の2乃至10倍であることが好ましい。前記第3の圧力が前記第2の圧力の3乃至4倍であることが好ましい。

30

【0030】

前記第2のタービンステージの半径方向寸法が、前記第1のタービンステージの半径寸法よりも大きいことが好ましい。前記第2のタービンステージの半径方向寸法が、前記第1のタービンステージの半径寸法の約1.25倍であることが好ましい。前記第1のタービンステージの軸方向寸法が、前記第1のタービンステージの半径方向寸法の約0.3乃至0.375倍であることが好ましい。前記第2のタービンステージの軸方向寸法が、前記第2のタービンステージの半径方向寸法の約0.35乃至0.4倍であることが好ましい。

40

【0031】

特定の実施態様では、前記タービンユニットが、前記軸に載置される第3の一連の羽根を備える第3のタービンステージと、前記第2のタービンステージから前記第3のタービンステージに抜ける流体を運搬する管路とを備え、前記第3のタービンステージが受け取る前記流体が、前記第3の一連の羽根に放射状に入り、第4の圧力で第3の所定の方向に前記第3のタービンステージを抜け、前記流体は前記第1、第2、および第3のタービンステージで前記軸に回転エネルギーを与える。

【0032】

前記第3のタービンステージの軸方向寸法が、前記第3のタービンステージの半径方向寸法の約1/3倍であることが好ましい。

50

【0033】

前記第1、第2および/または第3の所定の方向が、一般に軸方向であることが好ましい。一実施態様では、前記流体がガスである。前記流体が、HFE-7100またはヘキサンあるいは水であることが好ましい。前記流体がアルカン類のうちの一つであってもよい。

【0034】

本発明は、さらに廃熱源からエネルギーを取り出すエネルギー回収システムを提供し、前記システムは循環作動流体を有するクローズドシステムであり、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムと、添付の請求の範囲のいずれかのタービンユニットとを備え、使用時に前記熱交換器が前記作動流体をガスとして前記タービンユニットに供給する。

10

【0035】

前記流体が、前記ハウジングに浸透し、それによって前記ベアリングを潤滑することが好ましい。

【0036】

本発明の利点は、高回転速度（例えば、25,000乃至50,000rpm）で使用できることである。本発明の別の利点は、2段式タービンの設計が各ステージで生じる圧力降下を伴うことによって、より高い入力圧力（例えば絶対圧力20bar）に対応できることである。

【0037】

本発明の更なる利点は、比較的小型のタービンが設計できることである。

20

【0038】

上述の特性は、効率の改善によって、非常に高い運転圧力において流体（ガス）からのエネルギーを変換するシステム（ランキンサイクルシステムなど）にタービンを好都合に用いられるようになる。

【0039】

ベアリング設計

更なる問題は、小型の回転機械用のベアリングシステムの有効性が不足することである。高速で回転する回転要素の軸を支持するような装置が必要である。さらに、小型の機械においてジャーナルベアリングとして、またスラストベアリングとしても機能するベアリングシステムを提供するという問題がある。この種のベアリングは、長期間にわたって休みなく稼動する（および5年以上のオーダーの寿命を有する）システムに用いることができるように、堅牢でありかつ信頼性がなければならない。

30

【0040】

本発明は、軸線の周囲を回転可能な軸を支持し、ハウジング内に少なくとも部分的に配置されるベアリングであって、前記ハウジングに固定して取り付けられると共に、前記軸上で第2のベアリング面に対向する第1のベアリング面であって、前記第1および第2のベアリング面が前記軸に対しておよそ横方向に展開する第1のベアリング面と、前記軸に対しておよそ平行に展開し、前記軸上で第4のベアリング面に対向する、第3のベアリング面を画定する円筒状の内部溝を有する、ベアリング部材を備え、前記ベアリング部材は、少なくとも第3および第4のベアリング面へ潤滑流体を運搬するように構成される管路を含む、前記ベアリングを提供する。

40

【0041】

前記ベアリング部材が、前記第1のベアリング面に対向する端面に、一般に前記軸に対して横方向に延在する第5のベアリング面を有することが好ましい。

【0042】

前記ベアリング部材が、一般にT字状の横断面を有することが好ましい。ベアリング要素上の前記第1の面が、前記ベアリング部材の内径境界と外径境界との間に部分的に延在するT字部の上の隆起した環状面によって画定されることが好ましい。複数の細長い第1の凹部が前記第1の面に放射状に延在し、それによって前記第1の面に対向する空間への潤滑流体の流れを容易にすることが好ましい。前記第1の凹部が、前記第1の面の前記内

50

径境界と前記外径境界との間に部分的に延在することが好ましい。

【0043】

複数の細長い第2の凹部が第5の面に放射状に延在し、それによって第4の面に対向する空間への潤滑流体の流れを容易にすることが好ましい。前記第2の凹部が、前記第5の面の前記内径境界と前記外径境界との間に部分的に延在することが好ましい。

【0044】

T字状のベアリング部材の細長い部分の対向する端部の間のある点において、円周方向の凹部が、前記ベアリング部材の前記外径境界の面に画定されることが好ましい。複数の第1の潤滑溝が前記ベアリング部材の前記円周方向の凹部と前記ベアリング部材の前記内径境界との間に放射状に延在し、それによって前記ベアリング部材の外部と前記円筒状の内部溝との間に潤滑流体が流れることが好ましい。

10

【0045】

前記ベアリング部材が複数の第2の潤滑溝を含み、各溝が前記第1の面の第1の細長い凹部と前記第5の面の対向する第2の細長い凹部のそれぞれとの間に軸方向に延在することが好ましい。

【0046】

前記第1および第2の細長い凹部の数が、2乃至8個であり、好ましくは6個であることが好ましい。

【0047】

前記第2の潤滑溝の数が、2乃至8本であることが好ましい。

20

【0048】

前記ベアリングが、ワッシャをさらに含み、使用時に前記ワッシャの一方の面が前記ベアリング部材の前記第5の面に当接し、前記ワッシャの他方の面がタービンなどの駆動部材の対応する面へ当接するように構成されることが好ましい。

【0049】

本発明は、廃熱源からエネルギーを取り出すエネルギー回収システムであって、前記システムは循環作動流体を有するクロードシステムであり、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムと、タービンユニットとを備え、使用時に前記熱交換器が前記作動流体をガスとして前記タービンユニットに供給し、前記タービンユニットは軸を介して前記電気機械変換ユニットに機械的に接続され、前記軸は添付の請求の範囲のいずれかに記載のベアリングによって支持される、前記エネルギー回収システムをさらに提供する。

30

【0050】

前記システムが、前記冷却システムから前記ベアリングへの作動流体の二次的な供給ラインをさらに含み、それによって作動流体が前記ベアリング部材に供給され、それによって前記ベアリングに前記潤滑流体が提供されることが好ましい。前記作動流体が、液体として前記ベアリングに供給されることが好ましい。

【0051】

本発明の利点は、小型のベアリングが提供されることである。本発明の別の利点は、このベアリングがジャーナルベアリングとしても、またスラストベアリングとしても機能できることである。ある種の実施態様では、本発明の利点は、潤滑が作動流体によって提供され、独立した潤滑剤供給が不要な点である。

40

【0052】

連結器

更なる問題は、磁気連結器は既知であるが、これまで連結器の設計では一部の産業界が遭遇する高速およびきわめて高い圧力差に対応する密封ユニットの動作能力が不足していたことである。このような小型の装置の提供が不可能であるという問題がしばしば生じる。

【0053】

したがって、本発明の別の側面によれば、回転式磁気連結器は、その上に配置される第1の磁気部材を有する第1の軸を含み、使用時に前記第1の軸が回転エネルギーによって

50

駆動される第1の回転部材と、その上に配置される第2の磁気部材を有する第2の軸を含み、使用時に前記第2の回転部材が前記第1および第2の磁気部材の連結を介して前記第1の回転部材から回転エネルギーを受け取る第2の回転部材とを備え、前記第1および第2の磁気部材のうちの1つまたは両方が、前記第1および第2の軸の軸線に対して異なる角度位置に配置される複数の磁石部を備える。

【0054】

前記第1の回転部材が、密閉されたハウジング内に配置され、前記ハウジングの一部が前記第1の回転部材と前記第2の回転部材との間に配置され、非磁性材料製であることが好ましい。前記非磁性材料が、ステンレス鋼、ニモニック合金、またはプラスチック製であることが好ましい。

10

【0055】

一実施態様では、前記第1の磁気部材が、前記第1の軸と一体的な一般に円筒状の内部電機子部と、前記電機子部の外部に固定して取り付けられる複数の第1の磁石部とを備え、前記第2の磁気部材が、前記第2の軸と一体的な一般に円筒状の外部支持部と、前記支持部の内部に固定して取り付けられる複数の第2の磁石部とを備えることが好ましい。前記第1の磁気部材が、前記第1の磁石部の外部に配置され、前記第1の軸の高速回転中に前記第1の磁気部を一定の場所に保持する格納容器シェルをさらに備えることが好ましい。前記格納容器シェルは、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、ケブラー、または、ガラス繊維強化プラスチック(GRP)などの複合材であってもよい。前記第1の磁気部材が、前記第2の磁気部材の内部に配置され、そこでハウジングの一部から分離されることが好ましい。前記磁石部が、それぞれのN-S極方向が放射状に延在する双極子磁石を備えることが好ましい。

20

【0056】

別の実施態様では、前記第1の磁気部材が、一般に円板状であり、その中に複数の前記第1の磁石部が固定して載置され、それによって前記第1の磁石部が円板形状を形成する第1の載置部を備え、前記第2の磁気部材が、一般に円板状であり、その中に複数の前記第2の磁石部が固定して載置され、それによって前記第2の磁石部が円板形状を形成する第2の載置部を備える。前記第1および第2の磁石部が、円板のセクタを形成することが好ましい。前記第1および第2の磁石部が、それぞれのN-S極方向が軸方向に延在する双極子磁石を備えることが好ましい。前記第1の円板状の磁気部材が、前記第2の円板状の磁気部材に隣接して軸方向に一直線に配置され、そこで前記ハウジングの一部から分離することが好ましい。

30

【0057】

前記第1の磁気部材および/または前記第2の磁気部材の磁気部の数が、2個以上の偶数個であることが好ましい。前記第1の磁気部材および/または前記第2の磁気部材の磁気部の数が、4個であることがより好ましい。

【0058】

前記磁石部が、フェライト材料、サマリウムコバルト、またはネオジウムアイアンボロン製であることが好ましい。

【0059】

本発明は、廃熱源からエネルギーを取り出す廃エネルギー回収システムであって、前記システムは循環作動流体を有するクローズドシステムであり、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムと、タービンユニットとを備え、前記タービンは密閉され、添付の請求の範囲のいずれかに記載の磁気連結器によって前記電気機械変換ユニットに接続される、前記廃エネルギー回収システムをさらに提供する。

40

【0060】

本発明の利点は、高回転速度(例えば、25,000乃至50,000rpm)で使用できることである。本発明の別の利点は、タービンを動かす(有害または危険な場合もある)作動流体の流出を防ぐ密封ユニットが提供されることである。本発明の更なる利点は、比較的小型のタービンが設計できることであり、機械的分離/磁気連結は、タービンの

50

出力によって自動車用アプリケーションなどに見られる既製の交流発電機を駆動できるようにすることにおいて特に有益である。

【0061】

上述の特性によって、非常に高い運転圧力において流体（ガス）からのエネルギーを変換するシステム（ランキンサイクルシステムなど）に磁気連結器を好都合に用いられるようになる。

【0062】

出力制御

さらに、利用可能なランキンサイクルシステムは、概して数メガワットの範囲で稼動する大規模な設備であり、小規模な産業施設からの高温廃液、自動車用内燃機関などの比較的低温の低い熱源からの少量のエネルギーの取り出しには不向きであるという欠点がある。

10

【0063】

その上、電気エネルギーを廃熱または太陽熱源から得ている状況では、最適な効率でエネルギーを取り出すように用いられるシステムが望ましい。

【0064】

大部分の既存のランキンサイクル機関は、グリッド供給と同じ周波数で運転される同期交流発電機を備えた低速ユニットである。タービンの速度および出力制御は、一般にタービンを迂回するバルブによるものである。例えば、米国特許4,537,032号では、各スロットバルブの動作を制御することによってタービンへの負荷を制御する並列ステージのモジュール式ランキンサイクルタービンを開示している。また、米国特許2002/0108372号では、一方のランキンサイクルタービンシステムが他方のランキンサイクルタービンシステムの発電機の出力に基づいて開閉する制御バルブを含む、2基の高温待機有機ランキンサイクルタービンシステムを含む発電システムを開示している。

20

【0065】

したがって、上述の問題を解決するエネルギー回収システムおよびその制御技術が必要であり、改良した回収システムを提供する。

【0066】

したがって、本発明の別の側面によれば、廃熱源からエネルギーを取り出すエネルギー回収システムにおいて実行される方法であって、前記システムは循環作動流体を有するクローズドシステムであり、熱交換器と、交流発電機を含む電気機械変換ユニットと、冷却システムと、タービンユニットと、前記電気機械変換ユニットに接続され、前記交流発電機に由来する電圧が変化するように構成される制御システムとを備え、

30

(a) 1つの電圧ステップずつ電圧を増加させるステップと、

(b) 交流発電機の出力を測定するステップと、

(c) ステップ(b)で測定された出力が以前の出力以下である場合には、(i) 1つの電圧ステップずつ電圧を減少させることと、(ii) ステップ(c)(ii)(2)で測定される出力が先に測定された出力以上である間、(1) 1つの電圧ステップずつ電圧を減少させることと、(2) 交流発電機の出力を測定することとを繰り返し、ステップ(b)で測定される出力が以前の出力以上である場合には、ステップ(c)(iv)で測定される出力が先に測定された出力以上である間、(iii) 1つの電圧ステップずつ電圧を増加させることと、(v) 交流発電機の出力を測定することとを繰り返すステップと、を含む方法を提供する。

40

【0067】

あるいは、前記1つの電圧ステップずつ電圧を増加させる各ステップを、1つの電圧ステップずつ電圧を減少させるステップと置き換える、およびその逆も同様である。

【0068】

前記電圧ステップが平均電圧の約1%乃至2.5%であってもよい。ステップ(a)が毎秒行われることが好ましい。

【0069】

50

前記交流発電機の出力を測定するステップが、前記交流発電機の出力に由来する出力電圧 V の測定と、前記交流発電機の出力に由来する出力電流の測定と、出力 = $V \times I$ の計算とを含む。あるいは、前記交流発電機の出力を測定するステップが、独立した出力測定装置による出力の測定を含む。

【0070】

前記方法が、第1の周波数から第2の周波数への交流電圧の変換をさらに含むことが好ましい。前記第1の周波数が前記第2の周波数よりも高く、前記第2の周波数がおよそ幹線給電の周波数であることが好ましい。前記電圧の変換ステップが、整流回路を使用して交流発電機が出力する電圧を整流し、それによって直流電圧を導くステップと、電力調整ユニットを使用して前記直流電圧から交流電圧を発生させるステップとを含むことが好ましい。

10

【0071】

前記方法が、最後に測定した出力の値を保存することをさらに含むことが好ましい。

【0072】

本発明は、プログラム可能な制御システムであって、プロセッサと、メモリと、前記電気機械変換ユニットに接続されるインターフェースと、ユーザーインターフェースとを含む、添付の請求の範囲のいずれかに記載の方法を実行するために最適にプログラムした前記制御システムをさらに提供する。

【0073】

本発明の利点は、効率を最大にし、小型で高速なシステムおよび特に低電力ユニットに適用可能であるシステムおよび技術を可能にすることである。

20

【0074】

作動流体の浄化

クローズドシステムとして機能し、例えばランキンサイクルシステムなどのタービンのような膨張装置を用いている多くの従来のエネルギー変換システムでは、システムの様々なステージを通過し、通常は一部の地点で液状である作動流体を用いる。

【0075】

概して、最初にシステムを充填する場合、作動流体は液体であり、したがってシステムの残りを窒素などのガスで充填しなければならない。

【0076】

このようなシステムにおける問題は、システムの運転中に非凝縮性ガスが存在する場合に、全体的な性能が実質的に低下されうることである。これは、例えば、タービンベースのシステムでは、タービンの圧力比（入口圧力：出口圧力）をできるだけ高くするように、タービンのガスが排出時に膨張する圧力をできるだけ低くしなければならない。

30

【0077】

この問題に対処しようと試みた技術が、米国特許 5,119,635 および 5,487,765 に開示されている。しかし、これらの技術では、凝縮器の外部にガスを送り出す別の装置や、ガスを冷却して作動流体を凝縮させて望ましくない非凝縮性ガスを残すこと、その後液状の作動流体をシステムに戻すことなどの要件を負うことになる。

【0078】

本発明は、作動流体から不純物を取り除くための非常にシンプルで簡単に導入されるシステムを提供しようと努めるものである。

40

【0079】

したがって、本発明の他の側面によれば、エネルギー変換システムの作動流体浄化システムであって、前記エネルギー変換システムは、その経路を通過して循環する循環作動流体を有するクローズドシステムであり、タービンなどの膨張装置を含み、膨張タンクと、それによって前記作動流体を受け取るために接続される可変容積を定める前記膨張タンク内のダイヤフラムと、前記経路と前記膨張タンクとの間に配置される制御バルブとを備え、前記制御バルブは前記可変容積を流れる流体を制御するように構成され、前記制御バルブは管路を経て前記経路の接続地点に接続され、前記接続点は前記経路の最高地点にある、前

50

記作動流体浄化システムを提供する。

【0080】

前記制御バルブが、前記接続地点よりも高い地点に載置されることが好ましい。前記膨張タンクが、前記制御バルブよりも高い地点に載置されることが好ましい。

【0081】

前記システムが、制御器をさらに含み、前記制御器は前記制御バルブを開閉するように構成されることが好ましい。前記制御器が、浄化サイクルを行うように構成され、前記浄化サイクルは第1の所定の期間前記制御バルブを開き、第2の所定の期間前記制御バルブを閉じることを含むことが好ましい。前記制御器が、前記システムの電源投入後の所定時間幅の起動シーケンスにおいて、複数の前記浄化サイクルを行うように構成されることが好ましい。前記複数の浄化サイクルが、約3乃至5の浄化サイクルを含むことが好ましい。前記第1の所定の期間が約1分であり、前記第2の所定の期間が約10分であることが好ましい。

10

【0082】

前記システムが、前記制御器に接続される圧力センサをさらに備え、前記制御器は、前記センサによって示される圧力が所定のレベルを超える場合に、少なくとも1つの浄化サイクルを行うように構成されることが好ましい。前記圧力センサが、タービン（膨張装置）の出口で圧力を検出するように配置されることが好ましい。

【0083】

本発明の別の側面では、熱源から電機エネルギーを取り出すエネルギー回収システムであって、添付の請求の範囲のいずれかに記載の作動流体浄化システムと、タービンと、熱交換器と、電気機械変換ユニットと、冷却システムとを備え、使用時に前記熱交換器が前記作動流体を前記タービンに供給する、前記エネルギー回収システムを提供する。

20

【実施例】

【0084】

以下、本発明を実施例を通じて添付図面を参照して以下に説明する。

【0085】

同じ要素には同じ符号が用いられる図面を参照して、図1(a)は、本発明の一側面によるエネルギー回収システム100の模式的な概要である。本願明細書の「エネルギー回収システム」という記述は、利用しなければ無駄になるエネルギー源（例えば熱）からエネルギー（例えば電気）を回収するエネルギー回収システム、および元の（熱）エネルギーが必ずしも無駄にならずに既存の形態（例えば、少なくとも建造物の暖房）に使用される環境において、ある形態（例えば熱）から別の形態（例えば電気）にエネルギーを変換するエネルギー変換システムを指すことを含む。

30

【0086】

主熱交換器102は、システムが回収しようとする熱エネルギーを取り入れて加熱された熱源流体を受け取る、少なくとも1つの熱源流体吸気口104を有する。主熱交換器102に入る時の熱源流体の温度を t_1 で表す。

【0087】

主熱交換器102は、熱源の例として熱風、蒸気、熱油、エンジンからの排気ガス、製造工程の廃棄熱流体、およびマイクロタービンベースの発電システム、ICエンジンベースの電力発生システム、廃ガスを燃焼させるフレアスタックなどからの排出流体などが挙げられる、いずれかの熱源で駆動することが可能である。この代わりに、熱源は、主熱交換器102のための熱源流体を形成する好適な流体（例えば熱伝達油）を加熱する太陽熱エネルギーであってもよい。

40

【0088】

一時的に図2を参照して、これは、本発明の一側面による1つの廃熱源の起源の概略図である。廃エネルギーの重要な例は、ガソリン、ディーゼルまたはガスを燃料とする往復動またはタービンの偏在する内燃機関である。最も単純なサイクルの化石燃料エンジン（超大型の発電所または船舶機関以外）は、35乃至40%の効率となる。これは、エンジン

50

を駆動するために使用する燃料からのエネルギーのうちの60乃至65%を廃熱として失っていることを意味する。

【0089】

図1(a)に戻って、熱源流体は、低下した温度 t_2 で少なくとも1つの熱源流体排気口106を経て主熱交換器102を抜ける。

【0090】

クロスカウンタ流れ型に最適な主熱交換器102は、システムの作動流体をそれぞれ(温度 t_3 で流体として)受け取り、(温度 t_4 で)送り出す、作動流体吸気口108および作動流体排気口110も有する。主熱交換器102内で加熱および蒸発される作動流体は、その熱力学および化学的特性がシステム設計に好適であり、使用可能な温度および圧力であるように慎重に選択する。一実施態様では、作動流体はHFE-7100である。

10

【0091】

ガス状の作動流体は、主熱交換器102の作動流体排気口110から抜けたあとタービンユニット114のタービン吸気口112へ矢印Aの方向に流れる。作動流体は、圧力 p_1 でタービンユニット114に到達し、タービンユニット114内のタービンシャフト116に載置されるタービン(図示せず)の駆動時に熱と圧力を失い、実質的に p_1 よりも低い、圧力 p_2 でタービン排気口118を経てタービンユニット114を抜ける。一実施態様では、圧力 p_1 は絶対圧力11.5 barであり、圧力 p_2 は絶対圧力1.0 barである。

20

【0092】

一実施態様では、タービン軸116はベアリング(図示せず)に載置され、交流発電機120に接続され、例えば、タービンおよび交流発電機の電機子(図示せず)は、共通軸116に載置される。このように、タービン軸116の高速回転によって交流発電機120に電気エネルギーが発生し、それに伴う電圧が交流発電機出力122に現れる。交流発電機120に対するタービン軸116の連結器は、さらに本願明細書において図3乃至5を参照して下記に述べる。

【0093】

作動流体は、タービン排出口118から抜けたあと矢印Bの方向で、タービンの排気を使用する作動流体の予熱器として機能する第2の熱交換器126の吸気口124へ進む。したがって、作動流体は、温度 t_5 で第2の熱交換器126へ入り、より低い温度 t_6 で排気口128を経て抜ける。同時に、第2の熱交換器は、その沸点よりも低くかつ液状で温度 t_7 で吸気口130を経て(矢印Cの方向に)流れる作動流体を受け取る。第2の熱交換器126では、熱的なエネルギーが吸気口130に到達している作動流体の流れに移動され、作動流体は温度 t_3 で排気口132を経て抜け、主熱交換器102の吸気口108へ(矢印Dの方向に)流れる。

30

【0094】

本システムは、冷水が吸気口136を経て到達し、排気口138を経て抜ける凝縮ユニット(または冷水器)も含む。作動時に、矢印Eの方向に流れ、吸気口140を経て凝縮ユニット134に到達する第2の熱交換器からの作動流体は、凝縮ユニット134内で冷却および液体に凝縮され、その後排気口142を経て抜ける。この液体の作動流体は(温度 t_7 で)、ポンプ144によってパルプ146を経て矢印Cの方向に移動され、このサイクルを最初からもう一度はじめるように第2の熱交換器に到達した作動流体の第2の供給を形成する。一実施態様では、独立流体管路160は、潤滑のために液体の作動流体をタービンユニット114および交流発電機120を接続するベアリングに供給する。

40

【0095】

したがって、システムはランキンサイクルで作動し、様々な段階を介して単純に循環する作動流体を流出または消費させないように密封される。

【0096】

一実施態様では、システムはシステムによって電力出力を制御する制御システム150

50

を含む。大部分の既存のランキンサイクル機関は、グリッド供給と同じ周波数で運転される同期交流発電機を備えた低速ユニットである。タービンの速度および出力制御は、一般にタービンを迂回するバルブによるものである。しかし、本発明の一側面によるシステムは高速交流発電機 120 および好ましくは高周波数の交流発電機の出力を幹線周波数に変換するために使用する電力調整ユニットを用いる。

【0097】

より詳しくは、制御システムは、中間電子機器 151、電力調整ユニット (PCU) 152、および制御器 154 を含む。出力 122 で交流発電機 122 が出力した電力は、タービン軸の高速回転により非常に高い周波数であり、図 1 (b) にさらに詳細に示す中間電子機器 151 によって変更される。

10

【0098】

図 1 (b) を参照して、交流発電機 120 の出力 122 は、概して 151 で示される中間電子機器の入力 160 (3つは3相交流発電機用である) に接続される。中間電子機器 151 の第 1 のステージは、各々のラインの電圧を高めるためのオプションの変圧器ステージ 162 である。必要に応じて、これによって PCU 152 の出力において完全な 240 V の正弦波を発生できる PCU 152 に最終的に現れる十分な直流電圧が確保される。しかし、ある種の実施態様では、交流発電機 120 が出力する電圧レベルは変圧器ステージ 162 を省略できるくらい十分に高い。

【0099】

次に、164 で変圧器ステージ 162 が出力する電圧は、周知のように 6 つで一組の整流ダイオード 168 を備える整流ステージ 166 に移動する。したがって、整流された近直流電圧は整流ステージ 166 の出力 170 で供給され、正常動作状態では、中間電子機器 151 の出力 172 に現れる。

20

【0100】

グリッド接続が突然失われると、全ての交流発電機の負荷が失われることになる。これによって交流発電機 120 の過回転が生じることがあり、したがってタービンを迂回させるダンパバルブ (図示せず) とともに、グリッド接続の喪失時に交流発電機 120 に負荷を与えるダンパ抵抗器 158 を含む安全ステージを含む中間電子機器で過回転を防止する。

【0101】

トランジスタ 176 は、ダンパ抵抗器 158 に直列で出力 172 と交差し、過回転検出ユニット (図示せず) によって作動されるトランジスタ 176 のベース b を有する。後者は、PWM 信号をトランジスタ 176 に供給し、過回転が高くなるほどダンパ抵抗器 158 がより大きな負荷を与えるように、その負荷サイクルは、過回転の程度に比例する。

30

【0102】

図 1 (b) から分かるように、出力 172 (本明細書で dc バスと称する) で供給される電力は、電圧 V および電流 I であり、これが PCU 152 に供給される。従来技術において周知である PCU 152 は、幹線周波数 (英国内で 50 Hz) および電圧 (英国内で 240 V) で電力を直流から交流に変換するように構成される。また、PCU はシステムの出力する電力を調整するために直流バス電圧を変化させることができる。

40

【0103】

電力調整ユニット 152 の直流バス電圧 (図 1 (b) の V) を変化させることによって、タービン軸 116 の速度を調整する。バス電圧を減じることによって、交流発電機 120 の負荷を増加させ、交流発電機から取り出す電流をより多くさせる。逆に、バス電圧を増加させることによって、交流発電機の電流を減少させる。バス電圧の変化の前後の電力を計算する (例えば、式 $P = VI$ または電力測定装置を用いる) ことによって、電力がバス電圧の変化によって増加したか減少したかを特定することができる。これによって、交流発電機 120 が出力する最大電力点を見出し、その後バス電圧を変化させることによって継続的に「調査」することが可能となる。

【0104】

50

一実施態様では、無負荷で交流発電機が供給する電圧は、交流発電機 120 の最大定格速度である 45,000 rpm での 3 つの相のそれぞれについて 290 Vac (全ての電圧はライン間で測定する) である。電力を発生させることができる最低速度は、無負荷での電圧が 180 Vac である点において 28,000 rpm である。負荷を増加させることによって、交流発電機の電圧が減少することになり、例えば、45,000 rpm での電圧は 6.3 kW で 210 Vac となる。

【0105】

バス電圧を変化させることによって出力した電力の制御は、好適なアナログまたはデジタル電子機器、マイクロコントローラなどによって行ってもよい。また、制御器 154 のようなパーソナルコンピュータ (PC) を使用して手動で制御してもよい。しかし、出力した電力は、制御器 154 のような最適にプログラムした PC または他の計算機を使用して自動的に制御することが好ましい。いずれにしても、この PC は、周知のように RS422 または RS485 アダプタを使用することも可能であるが、RS232 シリアル通信装置によって PCU152 と通信を行う。したがって、PC は常に V および I の測定値を有することが可能で、それによって瞬間的な電力を知ることができる。

10

【0106】

自動 PC 制御の場合、制御方法は、以下を実行する好適なソフトウェアによって行うことが可能である。

- ・システムが ON のときは、以下を行う
- ・・・・1 つの電圧ステップずつバス電圧を増加させる
- ・・・・新しい電力 (= VI) を測定する
- ・・・・新しい電力が以前の電力以下の場合には、電圧を 1 つのステップずつ減少させ、以下を行う
 - ・・・・1 つの電圧ステップずつ電圧を減少させる
 - ・・・・新しい電力が以前の電力以下のとき、新しい電力を測定する
 - ・・・・そうでなければ、以下を行う
 - ・・・・1 つの電圧ステップずつ電圧を増加させる
 - ・・・・新しい電力が以前の電力以下のとき、新しい電力を測定する。

20

【0107】

当業者は、電圧ステップのサイズが、作動条件によって決定され、最適に決定された平均バス電圧のごくわずか (例えば、1 乃至 2.5%) であることを理解されたい。一実施態様では、電圧ステップの変更が毎秒行われる。

30

【0108】

システムに組み込まれる他の 1 つの選択的特徴は、図 1 において一般に 170 で示される作動流体浄化システムである。上述のように、システムの運転中に非凝縮性ガスが存在する場合に、全体的な性能が実質的に低下すること、すなわちタービンの圧力比が実際よりも低くなることがある。例えば、本願明細書の例で説明されるタービンにおいて、入力圧力 p_1 は 20 bar になると予測され、出力圧力 p_2 が目的とする 1 bar ではなく 2 bar であり、圧力比は 20 ではなく 10 であり、性能を著しく低下させる。

40

【0109】

最初にシステムを充填する場合、作動流体は液体であり、したがってシステムの残りを窒素などのガスで充填しなければならないことが難点である。このステップを行う場合、システム内の窒素の量を減じるために、圧力を大気圧以下に下げることができる。しかし、圧力は大きく下げることができず、さもなければポンプにキャビテーションが生じることになる。したがって、システムから不要なガスを取り除くための最適な状態は、システムの運転中である。

【0110】

作動流体浄化システム 170 は、一端が第 2 の熱交換器 (予熱器) の地点 Q で接続され、他端が、一例としてセントラルヒーティングシステムに使用される膨張タンク型であってもよい、膨張タンク 176 のベース出入口ポート 176 にあることができる制御バルブ

50

174で接続される管路172を含む。膨張タンク176は、その下部に可変容量Vのガスおよび/または液体を含むことが可能になるように、可撓膜またはダイヤフラム178を有する。

【0111】

以下に述べられる例(6kWのシステム)は、次のような容量である。

【0112】

システム容量 70リットル

流体容量 18リットル

膨張タンク容量 50リットル

以上のように、システムを最初に充填する場合、52リットルの窒素があることになる。真空ポンプでこのガスの圧力を下げることによって、膨張タンクに保持すべきガスの量が減少するが、これをより少なくできることを意味する。このポンピングによって、ダイヤフラム178が膨張タンクで下方に膨張し、タンク全体が、またはほぼその全てを形成して、ガスの受け取りに利用できる。

10

【0113】

窒素ガスは、作動流体蒸気よりも密度が低く、システム内の最高地点に溜まる傾向がある。この地点(図1のQ)では、流体を膨張タンク176に取り出すことができ、ダイヤフラム178が膨張して容量Vを増大することができる。すなわち、制御バルブ174を開くことによって、ガスがゆっくりと膨張タンク176に移動することができる。窒素の密度が作動流体よりも低くなると、膨張タンク176の内容物の大部分がごくわずかの作動流体を有する窒素となる。

20

【0114】

バルブ174を閉じると、膨張タンク176およびその内容物が自然に冷却され、作動流体を凝縮する。次に制御バルブ176を開くと、(現在は液体の)作動流体が(制御バルブ174および管路172を経て)重力を受けてシステムの主回路に戻るが、一方で非凝縮性ガスはその低い密度により膨張タンク176に留まる傾向がある。(a)一定期間制御バルブを開き、続けて(b)一定期間制御バルブを閉じる、というサイクルが作動流体の浄化に使用され、膨張タンク176内の窒素をできるだけ多く集めるために、エネルギー回収システムの起動中にこのサイクルを数回(例えば、3乃至5回)繰り返すことが可能である。上述の(6kW)システムでは、制御バルブ174を1分間開き、10分間閉じる。制御バルブ174の開閉は手動で行うか、またはこの場合の制御器154である好適な制御器によって行うことが可能である。

30

【0115】

システムは制御器154に接続された圧力センサも含むことが好ましく、この圧力センサは膨張装置(タービン)の出口での圧力を検出するように配置される。また、浄化サイクルはシステムの通常運転中に圧力が増加し始めた場合に繰り返すことが可能であり、圧力は、所定の安全な閾値を超えたことを圧力センサで検出する。

【0116】

図3は、図1のタービンおよび交流発電機の連結器をより詳細に示すものである。ここで、タービンユニットは一般に114で示され、交流発電機は一般に120で示される。タービン軸は、軸線302の周囲を回転し、交流発電機120のローター306の一部を形成するセクション304と一体的である。一般に、部分的に円筒の永久磁石308は、軸116のセクション304に配置される。保持円筒309は、磁石308を軸116の一定に場所に保持し、この保持円筒(CFRPなどの非磁性材料製)は、軸116の高速回転中に磁石308が外れないようにする。ステータ311は、電流を発生させる複数の巻き線(図示せず)を組み込んでおり、ローター306の周りに載置され、周知のようにハウジング310内に封入される。軸116のセクション304は、ハウジング310の一端でジャーナルベアリング312によって支持され、他端を一般に314で示されるベアリングによって支持されるが、詳細は以下に述べる。

40

【0117】

50

図4は、図3のタービン・ベアリング連結器の拡大図である。図に示すように、タービンユニット114は、第1のタービンステージ402および第2のタービンステージ404を含む。タービンユニットハウジング408内の空間406に（圧力 p_1 で）存在する高温高圧の作動流体は、第1のタービンステージ402の吸気口410を経て入り、軸116に確実に固定される第1の一連の羽根412に入射するように、矢印Fの方向に流れる。作動流体が高速に流れることによって回転エネルギーを軸116に与える。作動流体は第1のタービンステージを（圧力 p_3 で）抜けると、矢印Gの方向に流れる。

【0118】

次に、作動流体は（中間）圧力 p_3 （実質的に p_1 よりも低いながらも依然として高い）で管路413を経て次のタービンステージ404に移動する。ここで、作動流体は第2のタービンステージ404を経て入り、軸116に確実に固定される第2の一連の羽根416に入射するように、矢印Hの方向に流れる。作動流体が高速に流れることによって更なる回転エネルギーを軸116に与える。作動流体は第2のタービンステージを（圧力 p_2 で）抜けると、矢印Jの方向に流れる。したがって、 $p_1 > p_3 > p_2$ となる。

【0119】

図に示すように、第2のタービンステージ404の羽根416の軸方向および半径方向の寸法は、第1のタービンステージ402の羽根412のそれらよりも大きい。一実施態様では、同じ直径の2つのタービンステージがあり、第1のタービンステージの軸方向寸法は直径の3/10であり、第2のタービンステージの軸方向寸法は直径の4/10である。別の実施態様では、3つのタービンステージがある。第1、第2、および第3のタービンステージの直径は、4:5:6の比率である。第1のタービンステージの軸方向寸法は、 $0.375 \times$ それぞれの直径である。第2のタービンステージの軸方向寸法は、 $0.35 \times$ それぞれの直径である。第1のタービンステージの軸方向寸法は、 $0.33 \times$ それぞれの直径である。

【0120】

タービンステージを製造する際の材料の選択が重要である。本システムの一実施態様ではアルミニウム（A1354：高強度鋳造合金）を使用し、より大きな（120kW）システムではステンレス鋼（E3N）を使用する。

【0121】

この材料の主な要件は、密度に対する高い比率の最大抗張力を有することである。高速回転する場合、物質密度が高くなれば、タービンの応力がより高くなり、したがってより高密度な材料が比例的に高い強度を有することが必要となる。

【0122】

一実施態様によれば、複数の羽根を組み込んでいるタービンステージ（タービンホイールとも称する）は、例えば40%の炭素繊維を含むポリエーテルエーテルケトン（PEEK）などのエンジニアリングプラスチック製である。このような材料は、タービンホイールを射出成形によって製造できるので、コストが非常に低いという利点を有する。プラスチック製のタービンホイールは、好適な固定技術を使用して、例えば鋼製の軸に載置される。様々なタービン材料の特性を表1に示す。

【表1】

材料	最大抗張力 (UTS) (MPa)	密度 (kg/cu. m)	UTS/密度
Al 354	331	2710	0.122140221
SS E3N	760	7800	0.097435897
PEEK 40% CF	241	1460	0.165068493
Ultern 2400	248	1608	0.154228856
Valox 865	179	1634	0.109547124

10

20

30

40

50

【 0 1 2 3 】

表 1 から明らかなように、最良の材料（最高の U T S / 密度比率）は、P E E K 4 0 % C F である。他の 2 つの高性能プラスチック（U l t e r n 2 4 0 0 および V a l o x 8 6 5）も表 1 に含み、タービンステージの製造に利用可能で最適なプラスチックの範囲を示す。プラスチック（表 1 の最後の 3 行）の使用において考慮することは、用いることができる動作温度（タービン吸気口の温度）への影響である。一方、アルミニウム製タービンを備えたシステムでは、この温度は最高 2 0 0 であり、ステンレス鋼製タービンを備えたものよりも高くなり、例えば P E E K 4 0 % C F 製タービンを備えたものでは最高 1 5 0 でしか使用できない。後者の場合、システム 1 0 0 全体のサイクルはこの動作温度を考慮して設計される。

10

【 0 1 2 4 】

図 4 に戻って、ワッシャ 4 1 8 はタービンステージ 4 0 4 の肩 4 2 0 に固定して取り付けられ、その別の面はベアリング部材 4 2 2 に当接するが、詳細は以下に述べる。動作時に、作動流体が潤滑を行うようにワッシャ 4 1 8 とベアリング部材 4 2 2 との間の空間に浸透する。

【 0 1 2 5 】

ベアリング部材 4 2 2 は、一般に T 字状の横断面を有する。それは、T 字状の上の隆起部に第 1 のベアリング面 4 2 4 を含み、使用時にこの面は第 2 のベアリング面 4 2 6 に対向して配置され、実質的に同じ環形状およびサイズであり、電機子セクション 3 0 4 の近くの軸 1 1 6 上にある。ベアリング部材 4 2 2 は、中央の円筒状の溝 4 2 8 を有し、それによって軸 1 1 6 の外側の第 4 のベアリング面 4 3 2 に対向して配置されるベアリング部材 4 2 2 上に円筒状の第 3 のベアリング面 4 3 0 を画定する。第 5 のベアリング面 4 3 4 は、ベアリング部材 4 2 2 の第 1 のベアリング面 4 2 4 に対向するその端面に提供され、ワッシャ 4 1 8 のそれぞれの面に対向して配置される。一実施態様では、作動流体はベアリング部材 4 2 2 の対向するベアリング面 4 2 4、4 3 0、および 4 3 4 によって画定される全ての空間に浸透し、それによってベアリングを潤滑する。一実施態様では、作動流体は流体パイプ 1 6 0 を経てポンプ 1 4 4（図 1（a）参照）から液体として提供され、主な流れから独立してベアリング部材 4 2 2 の外表面に伝わる。

20

【 0 1 2 6 】

この形態のベアリングが双方向性スラストベアリングを提供すると理解されたい。ベアリング部材 4 2 2 は、2 つベアリング面 4 2 4 および 4 3 4 を有し、スラスト力を 2 方向から受け取ることができる。

30

【 0 1 2 7 】

図 5 は、流体の流れを示す図 4 のベアリングに用いられるベアリング部材 4 2 2 をより詳細に示すものである。図（a）は、第 1 のベアリング面 4 2 4 を示す端面図である。T 字の上部を形成するフランジ 5 0 2 は、ベアリング部材 4 2 2 を交流発電機 1 2 0 のハウジング 3 1 0 にねじ込むかまたはボルトで固定できるように 2 つのネジ穴 5 0 4 を有する。等間隔に放射状に延在する 6 つの第 1 の細長い凹部（スロット）が第 1 のベアリング面 4 2 4 に配置され、第 1 のベアリング面 4 2 4 の半径方向の内側端から第 1 のベアリング面 4 2 4 の半径方向の外側端に向かって延在し、潤滑流体が通過できる。図 5（b）に示すように、各凹部 5 0 6 は第 1 のベアリング面 4 2 4 の外側端 5 0 8 には到達しない。図 5（a）の実施態様では、各凹部 5 0 6 は軸方向に延在している第 2 の潤滑溝 5 1 0 を有するが、以下に述べる円周の凹部（または溝）へ延在する。

40

【 0 1 2 8 】

他の実施態様では、各凹部 5 0 6 に第 2 の潤滑溝 5 1 0 がないものがあり、例えば、図 5（c）は、第 2 の潤滑溝 5 1 0 が凹部 5 0 6 のうちの 2 つだけに提供される場合を示す。

【 0 1 2 9 】

図 5（d）を参照して、環状に延在する凹部（溝）5 1 2 が、ベアリング部材 4 2 2 のベアリングの外表面 5 1 4 に提供される。第 1 の潤滑溝 5 1 6（そのうちの 4 つが環状に

50

等間隔に配置される)は、環状に延在する凹部 5 1 2 とベアリング部材 4 2 2 の内側との間に延在し、潤滑流体が通過できることがわかる。図 5 (e) に最良に示されるように、第 2 の潤滑溝 5 1 0 は第 1 のベアリング面 4 2 4 と円周の凹部 5 1 2 との間に延在する。第 2 の潤滑溝 5 1 0 の端部を図 5 (f) にも示す。後者の図は、第 5 のベアリング面 4 3 4 に配置される複数(ここでは 6 つ)の第 2 の細長い凹部(スロット) 5 1 6 も示す。第 2 の細長い凹部 5 1 6 のうちの 2 つは、そこから上述の円周の凹部 5 1 2 に延在する第 2 の潤滑溝を有する。図 5 (g) は、別の方法での凹部および溝を示す部分的な横断面である。

【 0 1 3 0 】

図 5 (e) に戻って、潤滑流体は、矢印 K の方向でベアリング部材 4 2 2 に入る。流体は、第 1 のベアリング面 4 2 4 の第 1 の細長い凹部 5 0 6 へ矢印 L の方向に流れ、第 5 のベアリング面 4 3 4 の第 2 の細長い凹部 5 1 6 へ矢印 M の方向に流れ、またベアリング部材の内部および第 3 のベアリング面 4 3 0 へ矢印 N の方向に(用紙に向かって)流れ、それによってベアリングを潤滑する。

【 0 1 3 1 】

例 1

本システムの一例(6 kWバージョン)の特有の値を以下に示す。圧力は全て bar (絶対圧力)である。温度は全て である。作動流体は、HFE-7100である。

t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
180.0	123.4	111.0	165.0	130.0	65.0	55.0
p1	p2	p3				
11.5	1.0	3.4				

【 0 1 3 2 】

例 2

本システムの一例(120 kWバージョン)の特有の値を以下に示す。圧力は全て bar (絶対圧力)である。温度は全て である。作動流体は、ヘキサンである。

t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
225.0	138.8	123.8	210.0	145.9	74.0	64.0
p1	p2	p3				
19.5	1.0	—				

本システムの結果は、熱回収および太陽熱産業に対する非常に有用な熱力学的効率(取り込んだ熱量に対して出力した利用可能な電力) - 110 での熱源流体の入力に対して 10%乃至 270 での熱源流体の入力に対して 22% - を示す。

【 0 1 3 3 】

図 6 を参照して、本発明の別の側面における図 1 (a) のタービンと交流発電機との別の(磁気)連結器を示す。図 6 (a) は、連結器の軸方向の横断面図であり、タービン軸 6 0 4 および第 1 の磁気部材 6 0 6 を形成する第 1 の回転部材 6 0 2 を示す。また、第 1 の磁気部材 6 0 6 は、鋼または鉄製であり、軸と一体的である電機子部 6 0 8 と、本願明細書で後述する複数の磁石部 6 1 0 とを備える。

【 0 1 3 4 】

第 1 の回転部材 6 0 2 は、タービン(図示せず)および作動流体を含有するハウジング 6 1 2 の内側に密封され、ハウジングは第 1 の磁気部材 6 0 6 を含む円筒状部 6 1 4 を含む。少なくとも円筒状部 6 1 4 は、ステンレス鋼、ニモニック合金、またはプラスチックなどの非磁性材料である。

【0135】

第2の回転部材616は、第2の軸618と、それと一体的な一般に円筒状の第2の磁気部材620とを備える。また、第2の磁気部材は、その内部に固定して取り付けられる複数の第2の磁石部624を有する外部支持部材622を備える。

【0136】

図6(b)に最良に示されるように、第1の回転部材602は、高速回転中に第1の磁石部610を適所に保持するように、その少なくとも円筒状部の周辺に複合材の格納容器シェル626を有することが可能である。格納容器シェルは、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、ケブラーまたはガラス繊維強化プラスチック(GRP)などの複合材製であってもよい。

【0137】

図6(c)は、図6(a)のA-Aでの横断面である。これは、第1の磁石部610および第2の磁石部624を詳細に示し、この場合それぞれ4つである。磁石部は、円板のセクタと同様の横断面を有して延びている。磁石部は、フェライト材料、サマリウムコバルト、またはネオジウムアイアンボロンなどの好適な材料で形成される永久磁石である。図6(d)に略図で示すように、磁石部のN極-S極の方向は半径方向である。

【0138】

図6(e)を参照して、これは別の実施態様を示し、第1の磁気部材606'および第2の磁気部材620'が実質的に円板状である。第1の磁気部材606'は、第1の載置部628と第1の磁石部610'とを備え、第2の磁気部材620'は、第2の載置部630'と第2の磁石部624'とを備える。上述と同様に、ハウジングの非磁性部614'(614に類似し、上述の非磁性材料製である)は、近接している円板状の磁気部材606'および620'の表面を分離する。

【0139】

図6(f)に第1および第2の磁気部材606'および620'のうちの1つまたは両方の磁石部の極の配置を概略的に示す。図6(g)にも示すように、磁石部610'(または624')の表面の極性は、磁石部から磁石部まで接線方向に進むと交互に替わる。

【0140】

これらの磁石の配置によって、連結およびタービン軸604から交流発電機の軸618への回転エネルギーとトルクの伝達が可能になり、例えば25,000乃至50,000rpmの比較的高速で伝達するように構成される。

【0141】

図7は、マイクロタービンベースのシステムの種々の図であり、(a)システム単体、(b)リキュペレータを備えたもの、また(c)および(d)は、それぞれ本発明の側面によるエネルギー回収システムを組み込んだ(a)および(b)と同じシステムを示す。

【0142】

図7(a)を参照して、これは一般に700で示されるマイクロタービンシステムを示す。このようなシステムは、概して定格が60kWのオーダーであり、中規模乃至大規模の建造物(住居用、商業用、行政機関用など)に使用され、施設内での燃料の燃焼によって電力を発生させる。

【0143】

マイクロタービンシステム700は、燃料供給ライン704によって供給される燃焼器702と、空気などの酸素含有ガスを供給する空気供給管路706とを含む。ライン704を経て供給される燃料は、例えば天然ガス、ディーゼル、または灯油であってもよい。燃焼器702からの排気高温ガスは、排気管路708を経て、それらがタービン軸712に回転エネルギーを与えるタービン710に運搬される。タービン軸712は、(例えば、周知のように、交流発電機を含み、それによって電気エネルギーを発生させる)発電機714および圧縮機716の両方を駆動する。圧縮機716は、吸気口718を経て空気を取り込み、それを圧縮して圧力を高めて空気供給管路706を経て燃焼器702に提供する。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 4 】

タービン 7 1 0 の排気出口 7 2 0 は、概して依然高温のガスを大気中に放出し、それによって熱を消費し、排気ガス内のある程度の熱エネルギーは、マイクロタービンで建造物内に熱を提供するために使用することが可能であるが、少なくとも熱の一部は高温ガスの放出時に失われる。例えば、あるシステムでは、発生する電力は 6 0 k W のオーダーとなり、発生する熱は 4 0 0 k W のオーダーとなりうる。システムの電気効率は、構成要素を追加することによって改善することができる。

【 0 1 4 5 】

図 7 (b) は、図 7 (a) のマイクロタービンシステム 7 0 0 の別の配置を示し、ここでは、リキュペレータ 7 2 2 がさらに用いられ、タービン 7 1 0 の排気口 7 2 0 で高温排気ガスが供給される。リキュペレータ 7 2 2 は、既製の熱交換器であってよいが、この目的に最適に専用設計された熱交換器である。ここで、空気供給管路 7 0 6 は燃焼器 7 0 2 に接続されず、リキュペレータ 7 2 2 に供給する。したがって、使用時にリキュペレータ 7 2 2 はタービン 7 1 0 の排気ガスから熱を取り出し、その熱を複熱空気供給管路 7 2 4 を経て燃焼器 7 0 2 に移動される空気の余熱に使用する。リキュペレータ 7 2 2 は、それでもなおリキュペレータ排気口 7 2 6 を経て依然暖かい排気ガスを放出する。

【 0 1 4 6 】

本システムのリキュペレータの効果は、表 2 の最初の 2 行に見出すことができる。

【表 2】

システム	電力出力(kW)			熱の出力 (100℃に 対して)	電気 効率
	マイクロ タービン	ERS	合計		
マイクロタービン	60.0	0.0	60.0	200.0	16.0
複熱マイクロタービン	60.0	0.0	60.0	100.0	26.0
ERSを備えた マイクロタービン	60.0	32.5	92.5	13.5	24.7
ERSを備えた 複熱マイクロタービン	60.0	14.5	74.5	13.0	34.8

【 0 1 4 7 】

2 番目の 2 行のデータを以下に考察する。リキュペレータによる給気源の加熱が熱利用の改善をもたらし、したがって図 7 (b) のシステムの電気効率が向上する (2 6 % 対 1 6 %) ことがわかる。しかし、多くのエネルギーが排気ガスの熱に依然として含まれており、電気効率が最最適化されないことが不利な点である。また、リキュペレータは、高価でありかつ信頼性が低く、動作中に故障した場合には、システム全体の運転が停止する。

【 0 1 4 8 】

図 7 (c) および (d) は、(a) および (b) とそれぞれ同じシステムを示し、本発明の側面による一般に 1 0 0 で示されるエネルギー回収システム (E R S) を組み込んでいる。エネルギー回収システム 1 0 0 は、図 1 (a) を参照して上述したシステムと同様に好適であり、したがってさらに詳細には述べないこととする。

【 0 1 4 9 】

図 7 (c) の配置では、タービン 7 1 0 のタービン排気 7 2 0 はライン 7 2 8 を経て中間熱交換器 7 3 0 に供給され、また使用時にタービン排気 7 2 0 での温度よりも低い温度で排気ガスを放出する中間熱交換器排出口 7 3 2 を有する。動作時に、熱伝達油 (例えば、B P T r a n s c a l N) は、ライン 7 3 4 および 7 3 6 を経てエネルギー回収システム 1 0 0 の中間熱交換器 7 3 0 と主熱交換器 (またはボイラ) との間を循環する。熱伝

達油の熱は、主熱交換器の作動流体に伝達され、それによって電気エネルギーが図 1 などを参照して上述したように導かれる熱源を供給する。

【 0 1 5 0 】

図 7 (d) の配置では、リキュベレータ排気口 7 2 6 は、中間熱交換器 7 3 0 において伝達可能な熱量が上述の配置における熱量よりも少なくなるように熱交換器 7 3 0 に供給する。しかし、動作は同じである。

【 0 1 5 1 】

中間熱交換器 7 3 0 を使用することの有益な効果には、(ランキンサイクル) エネルギー回収システムを潜在的に非常に高い排気温度から分離すること、システムのより良い制御の使用可能性、およびエネルギー回収システム 1 0 0 を用いずに(すなわち、依存せずに) マイクロタービン 7 0 0 の動作が可能になること、が挙げられる。

10

【 0 1 5 2 】

更なる利益は、特定の実施例(表 2 の 3 行目および 4 行目を参照)、この場合は 6 0 k W のマイクロタービンを考察する場合に明白である。

1 . システムの全体の電気効率が実質的に増加する。図 7 (c) のシステムでは、ほぼ図 7 (b) の複熱システムのレベルにまで増加する。複熱システム(図 7 (d))では、このサイズのユニットに対しては高いほぼ 3 5 % にまで増加する。

2 . 全体的な電気出力が増加する。非複熱マイクロタービン(図 7 (c))は現在 9 2 . 5 k W を提供し、複熱マイクロタービン(図 7 (d))は 7 4 . 5 k W を提供する。

【 0 1 5 3 】

20

図に示すように、図 7 (b) のシステムのリキュベレータ 7 2 2 とは異なり、エネルギー回収システム 1 0 0 を使用することの更なる利点は、動作中にシステムが故障または停止しなければならない場合、マイクロタービンシステム 7 0 0 は影響を受けず、エネルギー回収システム 1 0 0 の状態に関わらず運転を続けられることである。本システムの唯一の欠点は、排気内の利用可能な熱(表 2 の 5 列目)が現在非常に低いということである。現在約 5 0 で排気されるが、低すぎるために多くを利用できない。しかし、より有用な電力を取り出すことが目的である。

【 0 1 5 4 】

図 8 は (a) I C エンジンベースのエネルギー発生システム、および (b) 本発明の別の側面によるエネルギー回収システムを組み込んだ同じシステムを示す。図 8 (a) を参照して、一般に 8 0 0 で示されるエネルギー発生システムは、燃料供給ライン 8 0 4 と空気供給ライン 8 0 6 とを有する往復 I C エンジン 8 0 2 を含む。I C エンジン 8 0 2 の冷却は、動作中にエンジンの温度を下げる冷却水入口 8 0 8 および出口 8 1 0 によって容易になる。周知の技術を使用する I C エンジンは、歯車、連結器など、および必要に応じて例えば交流発電機などの発電機 8 1 4 への軸 8 1 2 を経て駆動力を提供する。周知のように本システムでは、高温の排気ガスは、I C エンジン 8 0 2 の排気工程中に排気出口 8 1 6 を経て送られる。これらの高温ガスは、熱および電力を組み合わせたアプリケーションに使用される排気ガス熱交換器またはボイラ 8 1 8 に供給される。

30

【 0 1 5 5 】

図 8 (b) は、図 1 (a) のエネルギー回収システム 1 0 0 を組み込んだ図 8 (a) のシステムを示す。ここでは、ボイラ 8 1 8 を、ライン 7 3 4 および 7 3 6 が提供する熱伝達油回路によって熱をエネルギー回収システム 1 0 0 に伝達する(図 7 (c) のような)中間熱交換器 7 3 0 と置き換えている。

40

【 0 1 5 6 】

図 8 (b) のシステムでは、出口 8 1 0 から排出されるエンジン冷却水は、熱にも利用可能であり、これは本システムのエネルギー回収システムの配置による影響を受けない。

【 0 1 5 7 】

図 7 (c) および (d) のシステムと同様に、エネルギー回収システム 1 0 0 が存在することによって電力出力が増加し、電気効率が高まる。表 3 は、代表的な 9 0 k W の往復運動天然ガスエンジンの結果を示す。

50

【表 3】

システム	電力出力(kW)			熱出力- 冷却水 (kW) (90℃)	熱出力- 排気ガス (kW)	電気効率 (%)
	往復 機関	ERS	合計			
往復機関	90.0	0.0	90.0	63.0	77.0	33.0
ERSを備えた 往復機関	90.0	7.0	97.0	63.0	0.0	35.6

10

【0158】

図9は、本発明の別の側面によるエネルギー回収システム100を組み込んだフレアスタックベースのエネルギー発生システムを示す。フレアスタックは、可燃性のガスを取り入れて過剰な、または廃棄物のガスを供給する埋立地、油田および他の場所に用いられるタワー状の構造物である。

【0159】

埋立地では、埋立地ガスが発生し、これを処理しなければならず、また非常に汚染することが多い。埋立地ガスは、主に多くの不純物を有するメタンである。1つの代表的な地域での組成を表4に示す。しかし、他の地域の報告ではメタンが50%を越えおり、成分の種類および量は、埋立地の廃棄物の種類によって著しく変化する。

20

【表 4】

成分	量
Ch ₄	35%
N ₂	20%
O ₂	5%
CO ₂	40%
H ₂ S	232ppmv
VOCs	743ppmv

30

【0160】

図9に戻って、そこに見られるように、フレアスタック900は、空気が送風機904を経て送られるベースステージ902を含む。ベースセクションの真上には燃焼器ステージ904があり、埋立地ガスが(ポンプを含めて)吸気口906を経て送られる。燃焼器ステージ904の上には混合器ステージ908があり、埋立地ガスを吸気口910を経て混合器ステージ908へ取り込まれる供給空気と混合する。

【0161】

図7および図8の実施態様と同様に、中間熱交換器730は、ここではスタック900の上部ステージとして提供される。また、ライン734および736を通じて循環する熱伝達油を使用することによって、中間熱交換器730は図1(a)に関連して上述したエネルギー回収システム100の主熱交換器102に熱源を供給する。

40

【0162】

フレアスタックの代表的な熱出力は、約5MWほどである。中間熱伝達油回路を経てエネルギー回収システム100を使用することによって、スタックの排気から熱を回収することができる。エネルギー回収システム100が発生する電力は、グリッドに伝えることができる。この代わりに、またはさらに、エネルギー回収システム100が送風機904に電氣的に接続され、システムを電氣的に駆動する。スタック900(ベースステージ902で)への空気を増した送風によって、燃焼温度を低くすることによってスタック自身からの

50

排出が減じられ、窒素酸化物の排出をこのように減じることができる。さらに、熱交換器 730 の追加によるスタック 900 内に存在する時間を長くすることによって、化学反応を生じさせるための時間がより長くなり、それによってスタックからの有害な排出物も削減される。

【0163】

これらの技術を用いることが可能なフレアスタックの数が、数百の国もあれば、数千の国があることをデータが示している。また、合計 1 MW を出力するスタックに対しては、上述のシステムを使用することによって 200 乃至 250 kW のオーダの電気エネルギーの回収が可能になることも予想される。これは、遠隔地、地方の地域（埋立地、油田）での多数のスタックとして特に有用であり、できる限り多くの電気エネルギーが現地で発電されることが特に望ましい。

10

【図面の簡単な説明】

【0164】

【図 1 a】本発明の一側面によるエネルギー回収システムの模式的な概要を示す。

【図 1 b】交流発電機の出力を改良した中間電子機器を示す。

【図 2】本発明の一側面による 1 つの廃熱源の起源の概略図である。

【図 3】図 1 のタービンユニットおよび交流発電機をより詳細に示す。

【図 4】図 3 のタービン - ベアリングの拡大図である。

【図 5】流体の流れを示す図 4 のベアリングに用いられるベアリング部材をより詳細に示す。

20

【図 6】本発明の別の側面における図 1 のタービンユニットの別の（磁気）連結器および交流発電機を示す。

【図 7 a】マイクロタービンベースのシステムについて、システム単体を示す。

【図 7 b】マイクロタービンベースのシステムについて、リキュペレータを備えたものを示す。

【図 7 c】図 7 a と同じシステムに本発明の側面によるエネルギー回収システムを組み込んだシステムを示す。

【図 7 d】図 7 b と同じシステムに本発明の側面によるエネルギー回収システムを組み込んだシステムを示す。

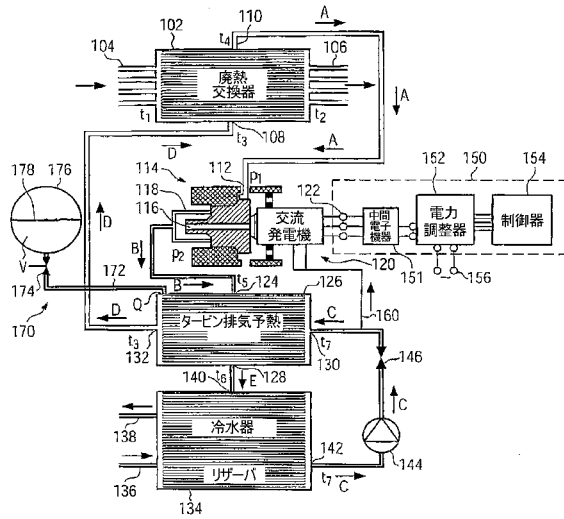
【図 8 a】IC エンジンベースのエネルギー発生システムを示す。

30

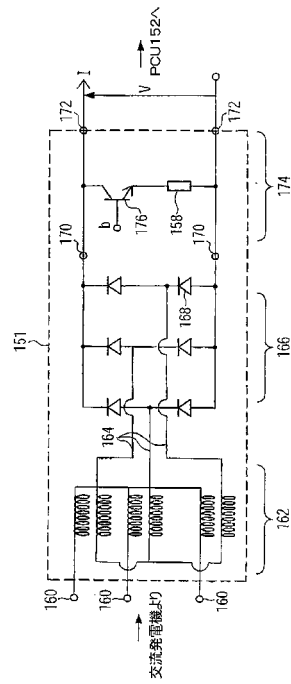
【図 8 b】本発明の別の側面によるエネルギー回収システムを組み込んだ同じシステムを示す。

【図 9】本発明の別の側面によるエネルギー回収システムを組み込んだフレアスタックベースのエネルギー発生システムを示す。

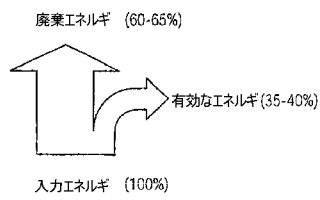
【図 1 a】



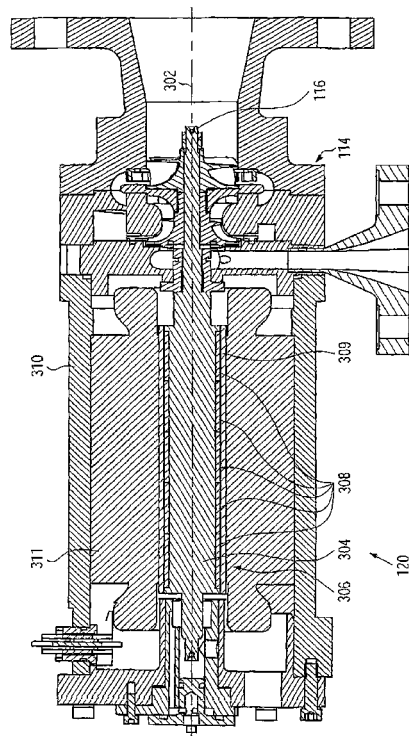
【図 1 b】



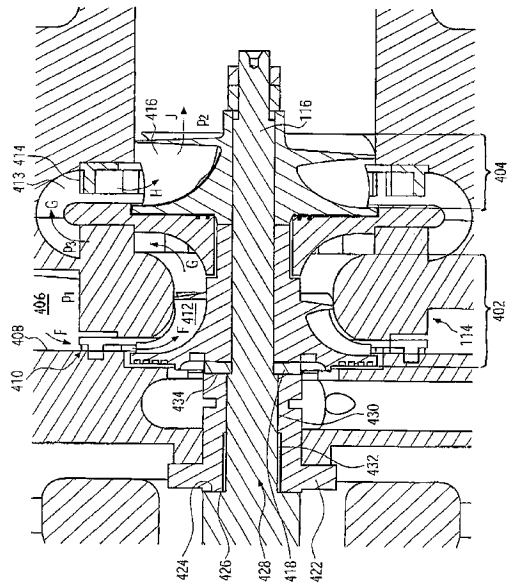
【図 2】



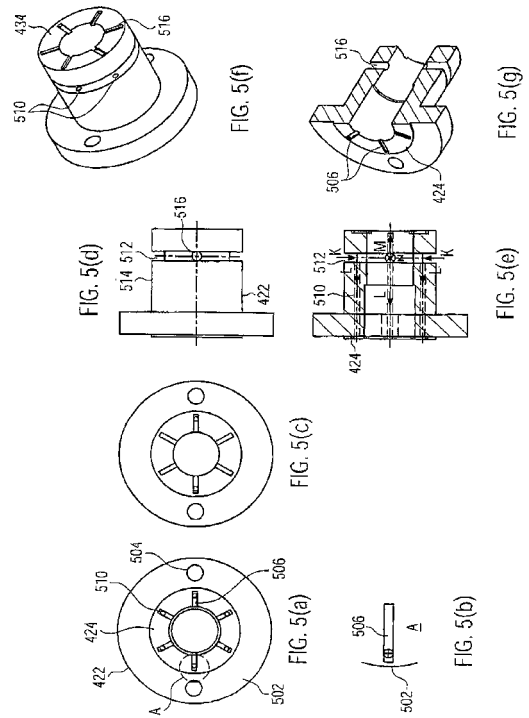
【図 3】



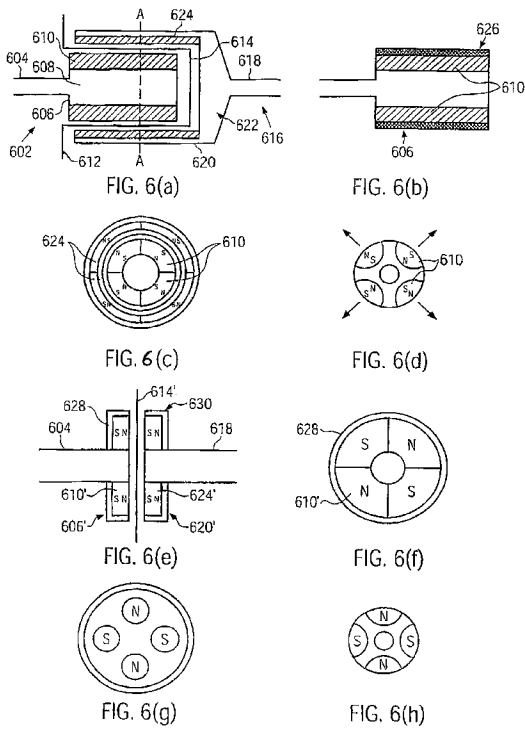
【 図 4 】



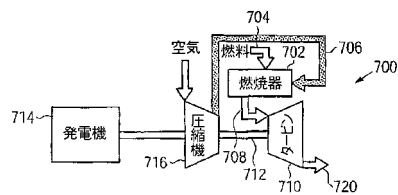
【 図 5 】



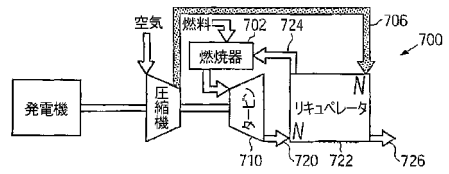
【 図 6 】



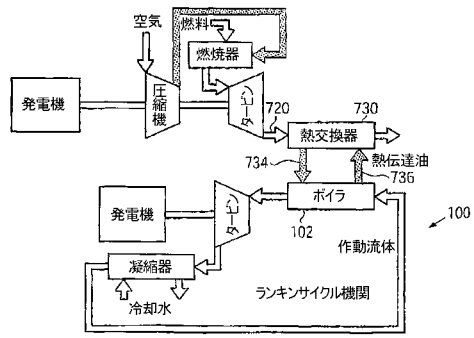
【 図 7 a 】



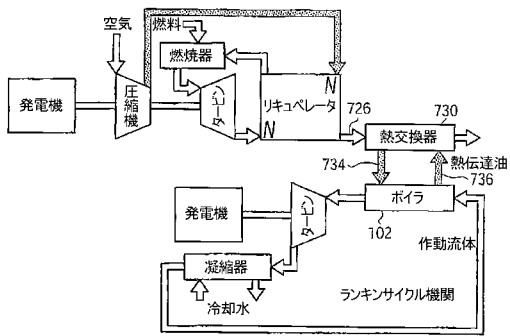
【 図 7 b 】



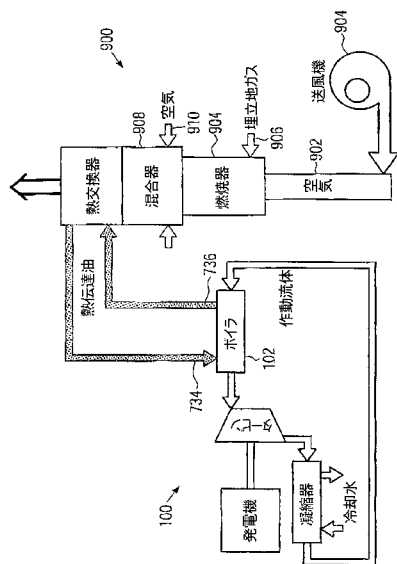
【図7c】



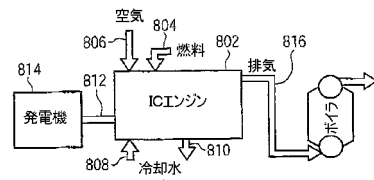
【図7d】



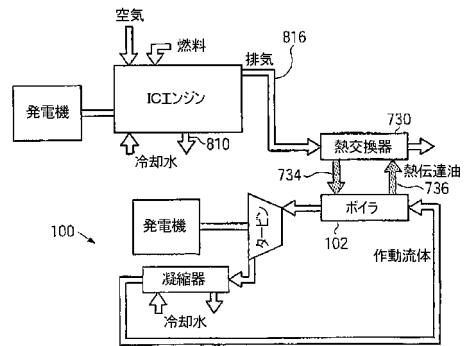
【図9】



【図8a】



【図8b】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Classification No PCT/EP2004/009580
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 F01K23/06 F02G5/02 F01K23/10 F02C6/18		
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) IPC 7 F01K F02G 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 practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category ^o	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/047267 A1 (BATSCHA DANNY ET AL) 25 April 2002 (2002-04-25) paragraphs [0022], [0023]; figure 6 -----	1,12,23, 25
X	EP 1 249 580 A (HONDA MOTOR CO LTD) 16 October 2002 (2002-10-16) paragraphs [0005], [0007], [0047], [0048]; figure 2 -----	1,2,11, 28,30
X	US 3 234 735 A (SAGE WARNIE L ET AL) 15 February 1966 (1966-02-15) column 2, line 53 - column 3, line 44; figure 1 -----	1-4,13, 14,16,21
X	EP 0 098 481 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 18 January 1984 (1984-01-18) page 2, line 30 - page 3, line 25; figure 1 -----	1-4
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
^o Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 November 2004		Date of mailing of the international search report 14.04.2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Pileri, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat

Application No

PCT/EP2004/009580

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98/25019 A (AUSTRIAN ENERGY & ENVIRONMENT ; FERCHER ERICH (AT); BRAENDLE BERND (AT) 11 June 1998 (1998-06-11) page 3, line 8 - page 4, line 22; figure 1 -----	1-4
X	EP 1 016 775 A (ORMAT IND LTD) 5 July 2000 (2000-07-05) paragraph [0007]; figure 1 -----	1
X	US 4 468 923 A (JORZYK SIGURD ET AL) 4 September 1984 (1984-09-04) column 1, line 31 - column 2, line 25; figure 1 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2004/009580**Box 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 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 fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

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.:

1-33, 88-100

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ EP2004/ 009580

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

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

1. claims: 1-33,88-100

An energy recovery system comprising a first heat exchanger, an expansion unit, an electromechanical conversion unit and a cooling system

2. claims: 34-50

A radial inflow turbine unit comprising a housing, a shaft, a turbine comprising a first and a second stage.

3. claims: 51-68

A bearing for supporting a shaft comprising a bearing member.

4. claims: 69-87

A rotary magnetic coupling comprising a first and a second rotary member.

5. claims: 101-111

A working fluid purification system comprising an expansion tank, a diaphragm and a control valve

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/009580

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002047267 A1	25-04-2002	BR 0102935 A CA 2353152 A1 CN 1335451 A EP 1174590 A2	05-03-2002 17-01-2002 13-02-2002 23-01-2002
EP 1249580 A	16-10-2002	JP 2001271609 A EP 1249580 A1 US 2003106316 A1 WO 0153661 A1	05-10-2001 16-10-2002 12-06-2003 26-07-2001
US 3234735 A	15-02-1966	NONE	
EP 0098481 A	18-01-1984	DE 3225140 A1 AT 29762 T EP 0098481 A2	12-01-1984 15-10-1987 18-01-1984
WO 9825019 A	11-06-1998	WO 9825019 A1 AU 5109998 A	11-06-1998 29-06-1998
EP 1016775 A	05-07-2000	US 6571548 B1 AU 760676 B2 AU 6547099 A CA 2292488 A1 EP 1016775 A2 RU 2215165 C2	03-06-2003 22-05-2003 06-07-2000 30-06-2000 05-07-2000 27-10-2003
US 4468923 A	04-09-1984	DE 2743830 A1 AU 520195 B2 AU 4030578 A BE 32 T1 BR 7806429 A CA 1120800 A1 EP 0001569 A1 FR 2455165 A1 GB 2041454 A ,B NL 7815034 A ,B ZA 7805504 A	19-04-1979 21-01-1982 03-04-1980 22-02-1980 08-05-1979 30-03-1982 02-05-1979 21-11-1980 10-09-1980 28-12-1979 26-09-1979

フロントページの続き

(51) Int. Cl.	F I		テーマコード(参考)
F 0 1 D 25/16 (2006.01)	F 0 1 D	5/14	
F 0 2 C 6/18 (2006.01)	F 0 1 D	25/16	A
F 0 2 C 6/00 (2006.01)	F 0 2 C	6/18	A
F 0 2 C 7/32 (2006.01)	F 0 2 C	6/00	B
	F 0 2 C	6/00	D
	F 0 2 C	7/32	

- (31)優先権主張番号 0320024.3
(32)優先日 平成15年8月27日(2003.8.27)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0320025.0
(32)優先日 平成15年8月27日(2003.8.27)
(33)優先権主張国 英国(GB)
(31)優先権主張番号 0320026.8
(32)優先日 平成15年8月27日(2003.8.27)
(33)優先権主張国 英国(GB)

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(71)出願人 506065046
フリーパワー リミテッド
FREEPOWER LTD
英国, ウィルトシア SP2 0EG, ソールズベリー, ウィルトン ロード, N1 オールド
ファーム ビルディングス
N1 Old Farm Buildings, Wilton Road, Salisbury
, Wiltshire SP2 0EG, Great Britain

(74)代理人 100127188

弁理士 川守田 光紀

(72)発明者 ビドル リチャード ジェイムス
英国, ウィルトシア SP8 5JL, ソールズベリー, エブスボーン ウェイク, タッパーキャ
リーズ

(72)発明者 スィムコック ミリアム
英国, ウィルトシア SP2 0EG, ソールズベリー, バーコム, オールド プリオリー

(72)発明者 マグアア ジョナサン
英国, ウェスト ヨークシャー HD7 1EW, マースデン, セラーズ クロー, ザ オールド
コーチ ハウス

Fターム(参考) 3G002 AA11 BA06 BA07 CA11 CA12 GA10
3G081 BA02 BA11 BB04 BC07 BD00 DA01 DA11

【要約の続き】

を受け取り、この流体を冷却して前記第3の温度で第1の熱交換器にこの流体を供給する冷却システムとを備える。交流発電機の出力を制御する技術も開示する。また、特殊タービン、ベアリング、トルク連結器、出力制御および作

動流体精製技術も開示する。

【選択図】【図1 a】