(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 1 月 3 日(03.01.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/002018 A1

(51) 国際特許分類:
F02G 5/04 (2006.01) *F01K 23/10* (2006.01)
F01D 17/08 (2006.01) *F01N 5/02* (2006.01)
F01K 23/06 (2006.01) *F02G 5/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/064992

(22) 国際出願日: 2012 年 6 月 12 日(12.06.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2011-146026 2011 年 6 月 30 日(30.06.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社豊田自動織機(KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町２丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 榎島 史修(ENOKIJIMA, Fuminobu) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町２丁目１番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 井口 雅夫(IGUCHI, Masao) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町２丁目１番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 森 英文(MORI, Hidefumi) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町２丁目１番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 曾我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目１番１号 国際ビルディング ８階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

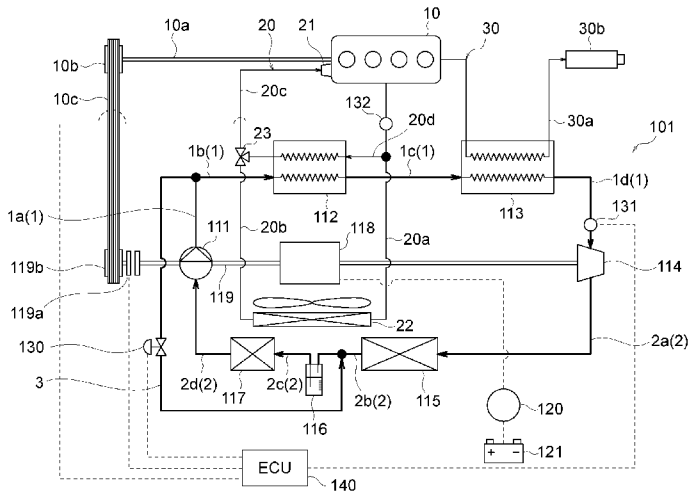
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) **Title**: RANKINE CYCLE

(54) 発明の名称 : ランキンサイクル

[図1]



(57) **Abstract**: A Rankine cycle (101) in which a cooling-water boiler (112), a waste-gas boiler (113), an expander (114), a condenser (115), and a pump (111) are provided sequentially along a refrigerant circulation path. Said Rankine cycle (101) is also provided with the following: a pressure sensor (131) that measures the pressure of the refrigerant at the entrance to the expander (114); a cooling-water temperature sensor (132) that measures the temperature of cooling water flowing into the cooling-water boiler (112); a bypass channel (3) and flow control valve (130) that regulate the pressure of the refrigerant at the entrance to the expander (114); and an ECU (140) that controls said flow control valve (130). Said ECU (140) computes a target pressure that is less than or equal to the saturated vapor pressure of the refrigerant at the cooling-water temperature measured by the cooling-water temperature sensor (132) and controls the flow control valve (130) so as to bring the pressure measured by the abovementioned pressure sensor (131) to the aforementioned target pressure.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/002018 A1

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

ランキンサイクル１０１は、冷媒の循環路に、冷却水ボイラ１１２、廃ガスボイラ１１３、膨張機１１４、コンデンサ１１５、及びポンプ１１１が順次設けられている。ランキンサイクル１０１は、膨張機１１４の入口の冷媒の圧力を検出する圧力センサ１３１と、冷却水ボイラ１１２に流入する冷却水の温度を検出する冷却水温度センサ１３２と、膨張機１１４の入口の冷媒の圧力を調節するバイパス流路３及び流量調整弁１３０と、流量調整弁１３０を制御するＥＣＵ１４０とを備える。ＥＣＵ１４０は、冷却水温度センサ１３２が検出する冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧以下となる目標圧力を算出し、圧力センサ１３１が検出する圧力が目標圧力となるように流量調整弁１３０を制御する。

明　細　書

発明の名称 ： ランキンサイクル

技術分野

[0001] この発明は、ランキンサイクルに関する。

背景技術

[0002] 車両の内燃機関から排出される熱を発電機等の動力に変換するランキンサイクルを利用した技術が開発されている。

ランキンサイクルは、内燃機関から排出される熱を含む熱媒体と作動流体とを熱交換させることによって作動流体を過熱蒸気化する熱交換器、過熱蒸気状態の作動流体を膨張させることによって動力を得る膨張機、膨張した作動流体を冷却して液化するコンデンサ、及び液化した作動流体を熱交換器に圧送するポンプ等から構成される。そして、膨張機は、作動流体を膨張させることによってタービン等の回転体を回転させ、それにより作動流体の膨張時のエネルギーを回転駆動力に変換し、この変換された回転駆動力が発電機等に動力として伝達される。

[0003] 例えば、特許文献１には、冷媒ポンプが冷媒（作動流体）を膨張機に送る流路の途中に、冷媒及び内燃機関の冷却水（熱媒体）を熱交換させる第１熱交換器と、冷媒及び内燃機関の排気ガス（熱媒体）を熱交換させる第２熱交換器とをこの順で配置したランキンサイクルが記載されている。特許文献１のランキンサイクルでは、冷却水温度が９０℃以上になると冷媒ポンプが稼動され、それによりランキンサイクルを循環する冷媒は、第１熱交換器で９０～１００℃程度の冷却水と熱交換を行って約９０℃の高温の蒸気となった後、第２熱交換器で３００～４００℃の排気ガスと熱交換を行って１２０～１３０℃程度の過熱蒸気となり、膨張機に流入する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１１－１２６２５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、冷却水又は排気ガスからなる熱媒体との熱交換で冷媒が吸収する熱量は、熱媒体の温度が一定であっても冷媒の圧力に応じて大きく変動する。さらに、熱交換で冷媒が吸収する熱量は、冷媒の圧力が一定であっても熱媒体の温度によって変動する。よって、熱媒体との熱交換で冷媒が吸収する熱量は、冷媒の圧力及び熱媒体の温度によって影響を受ける。排気ガス温度は、過熱蒸気状態の冷媒の温度に対して遙かに高いため、排気ガス温度の変動が排気ガスから冷媒が吸収する熱量に与える影響は、少ないが、比較的低い冷却水温度の変動は、冷却水から冷媒が吸収する熱量に大きい影響を与える。このため、冷却水温度と冷媒の圧力とを関連付けて制御されていない特許文献１のランキンサイクルでは、第１熱交換器における冷媒の吸熱量が大きく低下する可能性があるという問題がある。

[0006] この発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、熱媒体の温度と冷媒の圧力とを関連付けて制御することによって、熱交換器における冷媒の吸熱量の増大を図るランキンサイクルを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記の課題を解決するために、この発明に係るランキンサイクルは、作動流体の循環路に、作動流体と低温側熱媒体とを熱交換する第一熱交換器、作動流体と高温側熱媒体とを熱交換する第二熱交換器、作動流体を膨張させることによって駆動力を発生する流体膨張器、作動流体を凝縮させる凝縮器、及び、作動流体を第一熱交換器に移送する流体圧送装置が順次設けられたランキンサイクルにおいて、流体膨張器の入口の作動流体の圧力を検出する圧力検出器と、第一熱交換器に流入する低温側熱媒体の温度を検出する温度検出器と、流体膨張器の入口の作動流体の圧力を調節する圧力調整手段と、圧力調整手段を制御する制御装置とを備え、制御装置は、温度検出器によって検出される低温側熱媒体の温度に対応する作動流体の飽和蒸気圧以下となる

目標圧力を算出し、圧力検出器によって検出される圧力が目標圧力となるように、圧力調整手段を制御する。

発明の効果

[0008] この発明に係るランキンサイクルによれば、熱媒体の温度と作動流体の圧力とを関連付けて制御することによって、第一熱交換器における作動流体の吸熱量を増大することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]この発明の実施の形態に係るランキンサイクル及びその周辺の構成を示す模式図である。

[図2]ランキンサイクルにおける冷媒の状態変化をｐ－ｈ線図上に示す図である。

[図3]冷却水温度と目標冷媒圧力との関係を示す図である。

[図4]冷却水温度と目標冷媒圧力との関係の変形例を示す図である。

[図5]冷却水温度と目標冷媒圧力との関係のさらなる変形例を示す図である。

[図6]実施の形態に係るランキンサイクルの変形例を示す図である。

[図7]実施の形態に係るランキンサイクルの別の変形例を示す図である。

[図8]実施の形態に係るランキンサイクルのさらなる別の変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、この発明の実施の形態について添付図面に基づいて説明する。

実施の形態

まず、この発明の実施の形態に係るランキンサイクル１０１及びその周辺の構成を説明する。なお、以下の実施形態において、内燃機関すなわちエンジン１０を搭載する車両にランキンサイクルを使用した場合の例について説明する。

図１を参照すると、エンジン１０を備える図示しない車両は、ランキンサイクル１０１を備えている。

[0011] ランキンサイクル１０１は、ポンプ１１１、冷却水ボイラ１１２、廃ガス

ボイラ１１３、膨張機１１４、コンデンサ１１５、レシーバ１１６及びサブクーラ１１７を順次環状に接続する循環路を形成しており、作動流体である冷媒が流通するようになっている。

[0012] ポンプ１１１は、稼動して流体を圧送するものであり、本実施の形態では、液体を圧送するものとする。ポンプ１１１は、その駆動軸１１９を膨張機１１４と共有している。さらに、駆動軸１１９には、電磁クラッチ１１９ａを介してプーリ１１９ｂが連結されている。プーリ１１９ｂは、エンジン１０から延びるエンジン駆動軸１０ａに連結されたエンジンプーリ１０ｂと、駆動ベルト１０ｃによって連結されている。電磁クラッチ１１９ａは、駆動軸１１９とプーリ１１９ｂとを接続又は切断することができ、車両の制御装置であるＥＣＵ１４０に電気的に接続されてその断接動作が制御される。このため、ポンプ１１１の回転数は、エンジン１０又は膨張機１１４の回転数に依存する。

ここで、ポンプ１１１は流体圧送装置を構成し、エンジン駆動軸１０ａ、エンジンプーリ１０ｂ、駆動ベルト１０ｃ、プーリ１１９ｂ、電磁クラッチ１１９ａ及び駆動軸１１９は、動力伝達機構を構成している。

[0013] また、ポンプ１１１の下流側の吐出口は、流路部１ａ及び１ｂを介して冷却水ボイラ１１２の冷媒入口に連通している。冷却水ボイラ１１２の内部では、エンジン１０の冷却水回路２０を流通するエンジン冷却用の冷却水と冷媒とが流通して互いに熱交換し、それにより冷媒が加熱されることができる。

ここで、冷却水は低温側熱媒体を構成し、冷却水ボイラ１１２は第一熱交換器を構成している。

[0014] なお、冷却水回路２０は、エンジン１０から延びてエンジン１０と一体のウォーターポンプ２１に接続し循環流路を形成する送り側水流路２０ａ並びに戻り側水流路２０ｂ及び２０ｃと、送り側水流路２０ａ及び戻り側水流路２０ｂの間に設けられたラジエータ２２と、送り側水流路２０ａの途中から分岐して戻り側水流路２０ｂ及び２０ｃの連結部に接続する分岐水流路２０

ｄとを有している。そして、冷却水ボイラ１１２は、分岐水流路２０ｄの途中に設けられている。また、ウォーターポンプ２１は、冷却水を戻り側水流路２０ｃから吸入してエンジン１０の内部を循環させた後、送り側水流路２０ａに流出させて冷却水回路２０を循環させる。ラジエータ２２は、内部を流通する冷却水及び周囲の空気を熱交換させることによって冷却水を冷却する。また、分岐水流路２０ｄと戻り側水流路２０ｂ及び２０ｃとの接続部には、サーモスタット２３が設けられている。

[0015] サーモスタット２３は、冷却水の温度に対応して動作し、冷却水が第一動作温度（本実施の形態では９０℃）未満では、低温の冷却水を昇温させるために、戻り側水流路２０ｂ及び２０ｃの間の連通を遮断すると共に、分岐水流路２０ｄを戻り側水流路２０ｃに連通させ、冷却水をラジエータ２２に流通させない。また、サーモスタット２３は、冷却水が第一動作温度以上に昇温すると、冷却水を冷却するために、戻り側水流路２０ｂ及び２０ｃの間も連通させて冷却水をラジエータ２２に流通させる。そして、第一動作温度よりも高く設定された第二動作温度まで冷却水が昇温すると、サーモスタット２３は、冷却水の冷却を優先するために、分岐水流路２０ｄ及び戻り側水流路２０ｃの間の連通を遮断して、全ての冷却水にラジエータ２２を流通させる。

[0016] 冷却水ボイラ１１２の冷媒出口は、流路部１ｃを介して廃ガスボイラ１１３の冷媒入口に連通している。廃ガスボイラ１１３の内部では、冷却水ボイラ１１２から流出した冷媒と、エンジン１０の排気系統３０の排気ガスとが流通して互いに熱交換し、それにより冷媒が加熱されることができる。なお、廃ガスボイラ１１３は、排気系統３０におけるエンジン１０をマフラー３０ｂに連通する排気流路３０ａの途中に介在して設けられている。

ここで、排気ガスは高温側熱媒体を構成し、廃ガスボイラ１１３は第二熱交換器を構成している。

[0017] 廃ガスボイラ１１３の冷媒出口は、流路部１ｄを介して流体膨張器である膨張機１１４の入口に連通している。膨張機１１４は、その内部で、冷却水

ボイラ１１２及び廃ガスボイラ１１３で加熱された後の高温高圧の冷媒を膨張させることによってタービン等の回転体と共に駆動軸１１９を回転させ、それにより回転駆動力による仕事を得る流体機器である。また、膨張機１１４とポンプ１１１との間には、発電機能を有するオルタネータ１１８が設けられ、オルタネータ１１８は駆動軸１１９を共有している。よって、膨張機１１４が発生する回転駆動力は、駆動軸１１９を介してオルタネータ１１８及びポンプ１１１を一体に駆動することができ、また、エンジン１０によって付与されるポンプ１１１の駆動力は、駆動軸１１９を介してオルタネータ１１８及び膨張機１１４を一体に駆動することができる。

なお、流路部１ａ、１ｂ、１ｃ及び１ｄは、冷媒の高圧側流路である第一流路１を構成している。

[0018] また、オルタネータ１１８は、コンバータ１２０と電気的に接続され、さらに、コンバータ１２０は、バッテリ１２１と電気的に接続されている。そして、膨張機１１４が駆動軸１１９を回転駆動すると、オルタネータ１１８が交流電流を発生してコンバータ１２０に送り、コンバータ１２０は、送られた交流電流を直流電流に変換してバッテリ１２１に供給し充電させる。

[0019] また、膨張機１１４の出口は、流路部２ａを介してコンデンサ１１５の入口に連通している。コンデンサ１１５の内部では、冷媒が流通してコンデンサ１１５の周囲の空気と熱交換し、それにより冷媒が冷却・凝縮されることができる。

ここで、コンデンサ１１５は、凝縮器を構成している。

[0020] コンデンサ１１５の出口は、流路部２ｂを介してレシーバ１１６の入口に連通し、さらに、レシーバ１１６の出口は、流路部２ｃを介してサブクーラ１１７の入口に連通している。

レシーバ１１６は、内部に液体の冷媒を含む気液分離器であり、冷媒に含まれる冷媒の蒸気成分、水分、異物等を除去するものである。

サブクーラ１１７の内部では、レシーバ１１６から送られる液体の冷媒が流通してサブクーラ１１７の周囲の空気と熱交換し、それにより冷媒が過冷

却されることができる。

[0021] また、サブクーラ１１７の出口は、流路部２ｄを介してポンプ１１１の吸入口に連通し、サブクーラ１１７から流出した冷媒が、ポンプ１１１によって吸入されて再び圧送され、ランキンサイクル１０１を循環する。

なお、流路部２ａ、２ｂ、２ｃ及び２ｄは、冷媒の低圧側流路である第二流路２を構成している。

[0022] また、ランキンサイクル１０１は、第一流路１の流路部１ａを第二流路２に連通するバイパス流路３を有している。なお、本実施の形態では、バイパス流路３の一方の端部は、第一流路１の流路部１ａ及び流路部１ｂの連結部に接続され、バイパス流路３の他方の端部は、第二流路２の流路部２ｂに接続されている。さらに、ランキンサイクル１０１は、バイパス流路３の途中に、バイパス流路３の開放又は閉鎖が可能であり且つバイパス流路３の流路断面積の調節が可能な流量調整弁１３０を有している。なお、流量調整弁１３０は、ＥＣＵ１４０に電気的に接続されてその動作が制御される。

ここで、バイパス流路３及び流量調整弁１３０は、圧力調整手段を構成している。

[0023] また、ランキンサイクル１０１は、第一流路１の流路部１ｄにおける膨張機１１４の入口の近傍に、流路部１ｄを流通する冷媒の圧力を検出する圧力センサ１３１を有している。圧力センサ１３１は、膨張機１１４の入口の冷媒つまり膨張機１１４に流入する冷媒の圧力を検出し、電気的に接続されたＥＣＵ１４０に、検出した冷媒の圧力情報を送る。なお、第一流路１の流路部１ａ～１ｄでは、流量調整弁１３０の開放及び閉鎖に関係なく、各流路部間で冷媒の圧力は同等であるため、圧力センサ１３１は、流路部１ａ～１ｃのいずれかに設けられてもよい。

ここで、圧力センサ１３１は圧力検出器を構成している。

[0024] また、ランキンサイクル１０１は、冷却水回路２０の送り側水流路２０ａにおけるエンジン１０から分岐水流路２０ｄまでの間に、流通する冷却水の温度を検出する冷却水温度センサ１３２を有している。冷却水温度センサ１

３２は、エンジン１０から送り出され、冷却水ボイラ１１２又はラジエータ２２で熱交換作用を受ける前の冷却水の温度を検出し、電気的に接続されたＥＣＵ１４０に検出した冷却水の温度情報を送る。

ここで、冷却水温度センサ１３２は温度検出器を構成している。

[0025] 次に、この発明の実施の形態に係るランキンサイクル１０１の動作を説明する。

図１を参照すると、エンジン１０が始動されるとウォーターポンプ２１も稼動して冷却水を圧送する。エンジン１０から外部に圧送された冷却水は、冷却水回路２０を循環し再びエンジン１０に戻る。なお、エンジン１０の始動直後のような低温の冷却水は、エンジン１０の効率を低下させるため、早急に昇温させる必要がある。このため、サーモスタット２３は、冷却水が第一動作温度（９０℃）以上になるまで、ラジエータ２２で冷却水が冷却されないように、戻り側水流路２０ｂ及び２０ｃの間の連通を遮断すると共に、分岐水流路２０ｄを戻り側水流路２０ｃに連通させる。そして、冷却水は、冷却水ボイラ１１２において冷媒と熱交換を行う。

[0026] また、始動したエンジン１０からは、排気ガスが、排気系統３０に排出される。排出された排気ガスは、その流通過程で廃ガスボイラ１１３の内部を流通した後、マフラー３０ｂから車両の外部に排出される。そして、排気ガスは、廃ガスボイラ１１３において冷媒と熱交換を行う。

さらに、エンジン１０が稼動すると、ＥＣＵ１４０は、電磁クラッチ１１９ａを接続させる。これにより、エンジン１０の回転駆動力が、エンジン駆動軸１０ａ、エンジンプーリ１０ｂ、駆動ベルト１０ｃ、プーリ１１９ｂ及び電磁クラッチ１１９ａを介して、駆動軸１１９に伝達し、それによって、駆動軸１１９が、ポンプ１１１、オルタネータ１１８及び膨張機１１４を一体に駆動する。

[0027] 駆動されたポンプ１１１は、液体状態の冷媒を冷却水ボイラ１１２に向かって圧送し、また、駆動された膨張機１１４は、タービン等の回転体を回転させることによって、第一流路１の流路部１ｄの冷媒を降圧して第二流路２

の流路部２ａに送る。なお、冷媒は、ポンプ１１１によって圧送されることで、断熱加圧作用を受ける。

[0028] さらに、流量調整弁１３０がバイパス流路３を閉鎖している場合と、流量調整弁１３０がバイパス流路３を開放している場合とについて、ランキンサイクル１０１の動作及び冷媒の状態変化の推移を、図１及び図２をあわせて参照して説明する。なお、冷却水の温度は、温度Ｔｗ１（本実施の形態では、８０℃とする）とする。

ここで、図２では、ランキンサイクル１０１の循環過程での冷媒の状態変化が、冷媒のｐ－ｈ線図上に示されている。ｐ－ｈ線図は、縦軸を冷媒の圧力（単位をＭＰａとする）とし、横軸を冷媒のエンタルピ（単位をｋＪ／ｋｇとする）とする直交座標系を有している。さらに、冷媒が過冷却液状態となる領域が過冷却液領域ＳＬで示され、冷媒が湿り蒸気状態となる領域が湿り蒸気領域ＷＳで示され、冷媒が過熱蒸気状態となる領域が過熱蒸気領域ＳＳで示されている。そして、過冷却液領域ＳＬ及び湿り蒸気領域ＷＳの境界には飽和液線αが示され、湿り蒸気領域ＷＳ及び過熱蒸気領域ＳＳの境界には乾き飽和蒸気線βが示されている。

[0029] ｉ）流量調整弁１３０がバイパス流路３を閉鎖している場合について

このとき、冷媒の状態変化が、点Ａ１、Ｂ１、Ｃ１及びＤ１を頂点とする台形状をした第一サイクルＳ１に沿って進行する。

第一サイクルＳ１において、ポンプ１１１の圧送による断熱加圧工程では、冷媒は、その圧力を圧力P_1から圧力P_2へ上昇させると共に温度を上昇させ、点Ａ１から点Ｂ１の状態に変化する。このとき、冷媒は、そのエンタルピをｈａからｈｂに増加させる。なお、点Ａ１から点Ｂ１の間の冷媒の状態は、過冷却液領域ＳＬ内で液体状態（過冷却液状態）を維持する。

[0030] そして、ポンプ１１１によって圧送された液体状態の冷媒は、その全てが流路部１ａ及び１ｂを通過して冷却水ボイラ１１２に流入し、その内部を流通する冷却水と熱交換を行うことによって等圧加熱されて昇温し、液体状態（過冷却液状態）のまま流出する。

この冷却水ボイラ１１２による等圧加熱工程では、冷媒は、温度Ｔｗ１の冷却水と熱交換を行って温度を温度Ｔｅ（Ｔｅ＜Ｔｗ１）まで上昇させ、圧力を圧力$Ｐ_2$に維持する。なお、温度Ｔｗ１と温度Ｔｅとの差ΔＴｅ（ΔＴｅ＝Ｔｗ１－Ｔｅ）は、冷却水ボイラ１１２の熱交換容量、材料の熱伝導性等に起因する熱損失によるものであり、場合によっては差ΔＴｅを０（零）としてもよい。また、冷媒は、点Ｂ１から点$Ｐ_2$Ｔｅ（第一サイクルＳ１における点Ｂ１と点Ｃ１との間の点）の状態に変化し、そのエンタルピをｈｅに増加させる。ちなみに、点$Ｐ_2$Ｔｅは、圧力$Ｐ_2$の等圧線と温度Ｔｅの等温線との交点である。そして、点Ｂ１から点$Ｐ_2$Ｔｅの間の冷媒の状態は、過冷却液領域ＳＬ内で液体状態（過冷却液状態）を維持する。

[0031] 次に、冷却水ボイラ１１２から流出した冷媒は、流路部１ｃを通過して廃ガスボイラ１１３に流入し、その内部を流通する排気ガスと熱交換を行うことによって等圧加熱されて昇温し、高温高圧の過熱蒸気となって流出する。

この廃ガスボイラ１１３による等圧加熱工程では、冷媒は、その温度をさらに上昇させ、圧力を圧力$Ｐ_2$に維持する。このとき、冷媒は、点$Ｐ_2$Ｔｅから点Ｃ１の状態に変化し、そのエンタルピをｈｃに増加させる。なお、点$Ｐ_2$Ｔｅから点Ｃ１の間の冷媒の状態は、過冷却液領域ＳＬ内の液体状態から過熱蒸気領域ＳＳ内の過熱蒸気状態に変化する。

[0032] さらに、廃ガスボイラ１１３から流出した高温高圧の過熱蒸気状態の冷媒は、流路部１ｄを通過して膨張機１１４に流入する。冷媒は、膨張機１１４において、上流側の流路部１ｄと下流側の流路部２ａとの間の冷媒の圧力差を利用して断熱膨張した後、高温低圧の過熱蒸気状態で流出する。そして、膨張機１１４では、冷媒の膨張エネルギーが回生エネルギーとして回転エネルギーに変換され、駆動軸１１９に伝達する。

この膨張機１１４による断熱膨張工程では、冷媒は、膨張することによって圧力を圧力$Ｐ_2$から圧力$Ｐ_1$に低下させると共に温度を低下させる。このとき、冷媒は、点Ｃ１から点Ｄ１の状態に変化し、そのエンタルピをｈｄに減少させる。なお、点Ｃ１から点Ｄ１の間の冷媒の状態は、過熱蒸気領域ＳＳ内

で過熱蒸気状態を維持する。

[0033] ここで、駆動軸１１９に伝達した回生エネルギーは、オルタネータ１１８及びポンプ１１１に回転駆動力として付与されるだけでなく、エンジン１０に伝達してその回転駆動を補助する。オルタネータ１１８は、加えられる回転駆動力によって稼動して交流電流を生成し、生成された交流電流は、コンバータ１２０で直流電流に変換された後、バッテリ１２１に充電される。

[0034] また、膨張機１１４から流出した過熱蒸気状態の冷媒は、流路部２ａを通過してコンデンサ１１５に流入し、コンデンサ１１５において周囲の空気すなわち外気と熱交換を行うことによって等圧冷却されて凝縮し、液体状態となって流出する。

このコンデンサ１１５による等圧冷却工程では、冷媒は、その温度を低下させ、圧力を圧力P_1に維持する。このとき、冷媒は、点Ｄ１から点Ｆ１（第一サイクルＳ１における点Ｄ１と点Ａ１との間の点）の状態に変化し、そのエンタルピをｈｆに減少させる。なお、点Ｄ１から点Ｆ１の間の冷媒の状態は、過熱蒸気領域ＳＳ内の過熱蒸気状態から飽和液状態に変化する。

[0035] さらに、コンデンサ１１５から流出した液体状態の冷媒は、流路部２ｂを通過してレシーバ１１６に流入し、レシーバ１１６の内部に貯められた液体冷媒中を通過して流路部２ｃに流出する。冷媒は、レシーバ１１６内を通過する際、含有する冷媒の蒸気成分、水分及び異物等が除去される。

[0036] そして、レシーバ１１６から流出した冷媒は、流路部２ｃを通過してサブクーラ１１７に流入し、サブクーラ１１７において外気と熱交換を行うことによってさらに等圧冷却（過冷却）され、過冷却液状態となって流路部２ｄに流出する。さらに、流路部２ｄの冷媒は、ポンプ１１１に吸入されて再度圧送され、ランキンサイクル１０１を循環する。

このサブクーラ１１７による等圧冷却工程では、冷媒は、その温度をさらに低下させ、圧力を圧力P_1に維持する。このとき、冷媒は、点Ｆ１から点Ａ１の状態に変化し、そのエンタルピをｈａに減少させる。なお、点Ｆ１から点Ａ１の間の冷媒の状態は、飽和液状態から過冷却液領域ＳＬ内の過冷却液

状態に変化する。

[0037] ｉｉ）流量調整弁１３０がバイパス流路３を開放している場合について

このとき、冷媒の状態変化が、点Ａ１、Ｂ２、Ｃ２及びＤ２を頂点とする台形状をした第二サイクルＳ２に沿って進行する。

ポンプ１１１によって圧送された液体状態の冷媒は、その一部が流路部１ａから流路部１ｂを通過して冷却水ボイラ１１２に流入して冷却水と熱交換を行い、その他が流路部１ａからバイパス流路３を通過してコンデンサ１１５の下流の流路部２ｂに流入する。このため、流路部１ｂつまり冷却水ボイラ１１２を流通する冷媒の圧力は、圧力P_2よりも低い圧力P_3となる。また、バイパス流路３の冷媒が流路部２ａに流入するとコンデンサ１１５の圧損が増加するが、バイパス流路３の冷媒が流路部２ｂに流入するため、膨張機１１４の下流側の流路部２ａにおける冷媒の圧力の上昇が抑えられる。

[0038] よって、第二サイクルＳ２において、ポンプ１１１による断熱加圧工程では、冷媒は、圧力P_1から圧力P_3に圧力を上昇させると共に温度を上昇させ、さらに、そのエンタルピをｈａからｈｂ２に増加させ、点Ａ１から点Ｂ２の状態に変化する。なお、点Ａ１から点Ｂ２の間の冷媒の状態は、液体状態（過冷却液状態）を維持する。

[0039] 冷却水ボイラ１１２による等圧加熱工程では、冷媒は、温度Ｔｗ１の冷却水との熱交換によって温度を温度Ｔｅまで上昇させ、圧力を圧力P_3に維持する。このとき、冷媒は、点Ｂ２から、圧力P_3及び温度Ｔｅとする点P_3Ｔｅ（第二サイクルＳ２における点Ｂ２と点Ｃ２との間の点）の状態に変化し、そのエンタルピをｈｅ２に増加させる。また、圧力P_3が温度Ｔｅでの冷媒の飽和蒸気圧Ｐｓｅ未満となっており、それにより、点P_3Ｔｅ、は、過熱蒸気領域ＳＳ内に位置する。このため、点Ｂ２から点P_3Ｔｅの間の冷媒の状態は、液体状態から湿り蒸気状態を経て過熱蒸気状態に変化し、冷媒は、蒸発潜熱を含むようになる。

[0040] なお、点Ｂ２から点P_3Ｔｅの間において冷却水から冷媒が吸収するエンタルピは、エンタルピΔｈｅ２（Δｈｅ２＝ｈｅ２－ｈｂ２）であり冷媒の蒸

発潜熱を含む大きいものとなっている。そして、エンタルピΔｈｅ２は、第一サイクルＳ１の点Ｂ１から点P_2Ｔｅの間において冷却水から冷媒が吸収するエンタルピであり冷媒の蒸発潜熱を含まないエンタルピΔｈｅ（Δｈｅ＝ｈｅ－ｈｂ）と比較すると、大幅に増大している。さらに、冷却水ボイラ１１２において冷却水から冷媒が吸収する熱量は、冷却水ボイラ１１２での冷媒の流量に熱交換前後での冷媒のエンタルピの変化量を乗じたものであり、それにより、冷却水ボイラ１１２での冷媒の圧力に熱交換前後での冷媒のエンタルピの変化量を乗じたものに比例する。このため、冷却水ボイラ１１２での冷媒の吸熱量も、第一サイクルＳ１と比較して第二サイクルＳ２で大きく増大する。

[0041] 次に、冷却水ボイラ１１２から流出した冷媒が廃ガスボイラ１１３で排気ガスと熱交換を行う等圧加熱工程では、冷媒は、その温度をさらに上昇させると共に圧力を圧力P_3に維持して点P_3Ｔｅから点Ｃ２の状態に変化し、そのエンタルピをｈｃ２に増加させる。なお、点P_3Ｔｅから点Ｃ２の間の冷媒の状態は、過熱蒸気状態を維持する。

さらに、廃ガスボイラ１１３から流出した冷媒が膨張機１１４で膨張される断熱膨張工程では、冷媒は、圧力を圧力P_3から圧力P_1に低下させると共に温度を低下させて点Ｃ２から点Ｄ２の状態に変化し、そのエンタルピをｈｄ２に減少させる。なお、点Ｃ２から点Ｄ２の間の冷媒の状態は、過熱蒸気状態を維持する。

[0042] また、膨張機１１４から流出した冷媒がコンデンサ１１５で外気と熱交換を行う等圧冷却工程では、冷媒は、その温度を低下させると共に圧力を圧力P_1に維持して点Ｄ２から点Ｆ１（第二サイクルＳ２における点Ｄ２と点Ａ１との間の点）の状態に変化し、そのエンタルピをｈｆに減少させる。なお、点Ｄ２から点Ｆ１の間の冷媒の状態は、過熱蒸気状態から飽和液状態に変化する。

さらに、コンデンサ１１５から流出した冷媒がレシーバ１１６を経由した後にサブクーラ１１７で外気と熱交換を行う等圧冷却工程では、冷媒は、そ

の温度をさらに低下させると共に圧力を圧力P_1に維持して点Ｆ１から点Ａ１の状態に変化し、そのエンタルピをｈａに減少させる。なお、点Ｆ１から点Ａ１の間の冷媒の状態は、飽和液状態から過冷却液状態に変化する。

[0043] 上述のように、第二サイクルＳ２において冷却水ボイラ１１２で冷却水から冷媒が得るエンタルピΔｈｅ２は、第一サイクルＳ１において冷却水ボイラ１１２で冷却水から冷媒が得るエンタルピΔｈｅに対して大幅に増加しており、それにより、冷却水ボイラ１１２で冷媒が吸収する熱量も、第一サイクルＳ１よりも第二サイクルＳ２で大きく増大する。この冷却水ボイラ１１２での吸熱量の増大は、冷却水ボイラ１１２での冷媒の圧力（つまり、第一流路１の流路部１ａ～１ｄでの冷媒の圧力）を、温度Ｔｅでの冷媒の飽和蒸気圧Ｐｓｅ以下に制御することによって達成することができる。さらに、冷却水ボイラ１１２での冷媒の圧力を、飽和蒸気圧Ｐｓｅにできるだけ近くなるように高い圧力に制御することによって、膨張機１１４の上流側の流路部１ｄと下流側の流路部２ａとの間における冷媒の差圧を高く確保することができ、それにより、膨張機１１４において得られる回生エネルギー量を高く確保することができる。

[0044] よって、冷却水ボイラ１１２で冷却水から冷媒が吸収する熱量を増大させると共に膨張機１１４で得られる回生エネルギー量を十分に確保するために、ＥＣＵ１４０は、冷却水ボイラ１１２での冷媒の圧力つまり第一流路１の流路部１ａ～１ｄでの冷媒の圧力の目標圧力を、温度Ｔｅの冷媒の飽和蒸気圧Ｐｓｅに基づき設定し、流量調整弁１３０を制御することによって上記冷媒の圧力が目標圧力となるように調節する。具体的には、ＥＣＵ１４０は、熱交換前の冷却水の温度Ｔｗと、冷却水と熱交換することで温度Ｔｅとなった冷媒が示す飽和蒸気圧Ｐｓｅとに基づき、冷媒の目標圧力を設定する。

[0045] 図１を参照すると、ＥＣＵ１４０は、冷却水温度センサ１３２が検出する冷却水温度と、予め記憶している冷媒温度及び飽和蒸気圧の関係とから、検出された冷却水温度を冷媒温度とする冷媒の飽和蒸気圧、つまり冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧を算出する。さらに、ＥＣＵ１４０は、算出し

た飽和蒸気圧から所定量の圧力Δｐを低下させた圧力を第一流路１の流路部１ａ～１ｄにおける冷媒の目標圧力と設定する。この圧力Δｐは、冷却水ボイラ１１２の熱交換容量、材料の熱伝導性等に起因する熱損失によって生じる、冷却水ボイラ１１２での熱交換前の冷却水温度Ｔｗと熱交換後の冷媒温度Ｔｅ（図２参照）との間の温度差ΔＴｅに対応して予め設定されているものであり、ＥＣＵ１４０に記憶されている。

[0046] そして、本実施の形態ではエンジン１０と連結されたポンプ１１１の回転数を自在に制御することができないため、目標圧力の算出後、ＥＣＵ１４０は、流量調整弁１３０の開度を制御することによって、冷却水ボイラ１１２に流入する冷媒の流量を変更し、流路部１ｄの圧力センサ１３１の検出圧力が目標圧力となるように制御する。すなわち、ＥＣＵ１４０は、圧力センサ１３１の検出圧力が目標圧力よりも低い場合には、流量調整弁１３０の開度を減少させて流路部１ｄの冷媒流量を増加させることによって、流路部１ｄの冷媒圧力を上昇させる。また、ＥＣＵ１４０は、圧力センサ１３１の検出圧力が目標圧力よりも高い場合には、流量調整弁１３０の開度を増大させて流路部１ｄの冷媒流量を減少させることによって、流路部１ｄの冷媒圧力を低下させる。

[0047] また、本実施の形態では、冷却水の温度領域によって目標圧力の算出方法を変更しており、この場合の目標圧力と冷却水温度センサ１３２が検出する冷却水温度との関係が図３のグラフに図示されている。図３のグラフは、縦軸を冷媒圧力（単位をＭＰａとする）とし、横軸を冷却水温度（単位を℃とする）とする直交座標系を有している。そして、目標圧力と冷却水温度との関係が、実線の折れ線グラフである目標圧力グラフＰｔで示され、冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧と冷却水温度との関係が、一点鎖線の目標飽和蒸気圧グラフＰｓｔで示されている。

[0048] 図１及び図３をあわせて参照すると、目標圧力グラフＰｔにおいて、冷却水温度ＴｗＬ１以上ＴｗＨ以下の範囲に対応する部位Ｐｔａは、目標飽和蒸気圧グラフＰｓｔを冷媒圧力の負方向（縦軸負方向）に圧力Δｐだけ平行移

動させたものであり、さらに、本実施の形態では、目標飽和蒸気圧グラフＰｓｔを冷却水温度の正方向（横軸正方向）に温度ΔＴｅだけ平行移動させたものとも同一としている。よって、部位Ｐｔａの目標圧力は、上述の算出方法により設定されるものとなる。すなわち、部位Ｐｔａでの目標圧力は、冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧よりも所定圧力Δｐだけ低くしたものであり、冷却水温度の上昇に伴って上昇し且つ冷却水温度の低下に伴って低下し、冷却水温度と比例関係にある。

そして、ＥＣＵ１４０は、冷却水温度センサ１３２が検出する冷却水温度が温度ＴｗＬ１以上ＴｗＨ以下の範囲にある場合、圧力センサ１３１の検出圧力が、目標圧力グラフＰｔ上の目標圧力となるように流量調整弁１３０を制御する。

ここで、温度ＴｗＬ１は第一所定温度を構成し、温度ＴｗＨは第二所定温度を構成している。

[0049] また、目標圧力グラフＰｔにおいて、冷却水温度ＴｗＬ１未満の範囲に対応する部位Ｐｔｂは、温度ＴｗＬでの冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬを目標圧力とするもので、目標圧力を一定とする水平な直線である。温度ＴｗＬは、温度ＴｗＬ未満の場合にエンジン１０の効率を低下させる低い冷却水温度として予め設定された温度であり、本実施の形態では６０℃としている。そして、温度ＴｗＬ１は、部位Ｐｔｂと部位Ｐｔａとの交点にあたる冷却水温度である。なお、温度ＴｗＬ１は、温度ＴｗＬに温度ΔＴｅを加えた温度ともなっている。

[0050] そして、部位Ｐｔｂの温度領域では、ＥＣＵ１４０は、圧力センサ１３１の検出圧力が温度ＴｗＬでの冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬ未満とならないように、流量調整弁１３０を制御する。これにより、温度ＴｗＬ（６０℃）での冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬ以上の圧力を有することになる冷媒は常に、温度ＴｗＬ未満の冷却水と熱交換を行っても蒸発潜熱を含まず、冷却水から吸収する熱量を低く抑えることができる。よって、冷却水は、温度ＴｗＬ未満とならないように制御されることが可能である。

[0051] 具体的には、例えば、ＥＣＵ１４０が、圧力センサ１３１の検出圧力を温度ＴｗＬでの冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬとなるように一定に保持する制御を行う場合、冷却水温度は以下のように変動する。冷却水温度が低下して冷媒の飽和温度ＴｗＬを下回ると、下回った瞬間に冷媒が冷却水から吸収できる熱量が大幅に減少し、それにより、冷却水は、冷媒への放熱量が減少するため温度低下が止まり、温度上昇に転じる。温度上昇によって冷却水温度が冷媒の飽和温度ＴｗＬを上回ると、冷媒が吸収する熱量が増加し、再び冷却水温度が低下する。上述のような作用によって、冷却水は、冷媒の飽和温度ＴｗＬ以下に低下していかないように制御される。

[0052] また、目標圧力グラフＰｔにおいて、冷却水温度ＴｗＨを超える範囲に対応する部位Ｐｔｃは、冷却水温度ＴｗＨに対応する冷媒の目標圧力ＰＨで、目標圧力を一定とする水平な直線である。冷却水温度ＴｗＨは、第一流路１の配管及び膨張機１１４に対して設定された上限圧力ＰＨに飽和蒸気圧が対応する冷却水の温度であり、本実施の形態では、サーモスタット２３が開き始める第一動作温度（９０℃）と同一になっている。

そして、部位Ｐｔｃの温度領域では、ＥＣＵ１４０は、圧力センサ１３１の検出圧力が目標圧力ＰＨとなるように、流量調整弁１３０を制御する。これにより、第一流路１や膨張機１１４が異常高圧にさらされることを防止できる。

[0053] また、上述では、ＥＣＵ１４０は、目標圧力を計算によって算出するように記載していたが、図３のグラフをマップとして記憶し、記憶したマップに基づき目標圧力を算出してもよい。

[0054] 上述のように、この発明の実施の形態に係るランキンサイクル１０１では、冷媒の循環路に、冷媒と冷却水とを熱交換する冷却水ボイラ１１２、冷媒と排気ガスとを熱交換する廃ガスボイラ１１３、冷媒を膨張させることによって駆動力を発生する膨張機１１４、冷媒を凝縮させるコンデンサ１１５、及び、冷媒を冷却水ボイラ１１２に移送するポンプ１１１が順次設けられている。ランキンサイクル１０１は、膨張機１１４の入口の冷媒の圧力を検出

する圧力センサ１３１と、冷却水ボイラ１１２に流入する冷却水の温度を検出する冷却水温度センサ１３２と、膨張機１１４の入口の冷媒の圧力を調節するバイパス流路３及び流量調整弁１３０と、流量調整弁１３０を制御するＥＣＵ１４０とを備える。ＥＣＵ１４０は、冷却水温度センサ１３２によって検出される冷却水の温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧以下となる目標圧力を算出し、圧力センサ１３１によって検出される圧力が目標圧力となるように、流量調整弁１３０を制御する。なお、バイパス流路３及び流量調整弁１３０は、冷却水ボイラ１１２への冷媒の流入量を調節することによって、膨張機１１４の入口の冷媒の圧力を調節する。

[0055] このとき、ランキンサイクル１０１では、冷却水ボイラ１１２で冷却水と熱交換を行う冷媒の圧力は、冷却水の温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧以下の目標圧力になるように制御されるため、冷却水との熱交換後の冷媒の熱量は、その蒸発潜熱を含んだ大きい熱量となる。一方、冷媒の圧力を冷却水の温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧よりも大きくなるように制御すると、冷却水との熱交換後の冷媒の熱量は、その蒸発潜熱を含まない小さい熱量となる。よって、ランキンサイクル１０１は、上述のように冷却水の温度と冷媒の圧力とを関連付けて制御することで、冷却水ボイラ１１２における冷却水から冷媒が吸収する熱量を増大することを可能にする。

[0056] さらに、ランキンサイクル１０１における上述の冷媒圧力の制御では、冷却水温度の上昇に伴って上昇する、冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧に合わせて、冷媒の目標圧力を上昇させるように設定することができるため、冷却水温度の上昇に伴って冷却水ボイラ１１２の冷媒流量を増加させることができる。よって、冷却水ボイラ１１２では、冷却水温度の上昇に合わせて冷却水からの冷媒の吸熱量を増大させ、冷却水の温度上昇を抑えることができる。

[0057] また、ランキンサイクル１０１において、バイパス流路３は、ポンプ１１１から冷却水ボイラ１１２に向かう冷媒の流路部１ａを、膨張機１１４からポンプ１１１に向かう冷媒の第二流路２に連通する。これによって、冷却水

ボイラ１１２及び廃ガスボイラ１１３で加熱された冷媒は全て、膨張機１１４に流入するため、冷却水ボイラ１１２及び廃ガスボイラ１１３で取得した冷媒の熱エネルギーは、途中で廃棄されることなく膨張機１１４で膨張エネルギーに変換されて利用されることができる。従って、ランキンサイクル１０１は、冷却水ボイラ１１２及び廃ガスボイラ１１３で取得した熱エネルギーを効率的に利用することを可能にする。さらに、加熱される前の密度が高い冷媒が流通するバイパス流路３では、その直径及び流量調整弁１３０が小さくても必要な冷媒の流量を確保することができるため、バイパス流路３及び流量調整弁１３０の小型化を図ることが可能になる。

[0058] さらに、ランキンサイクル１０１において、バイパス流路３は、流路部１ａを、膨張機１１４からポンプ１１１に向かう冷媒の第二流路２におけるコンデンサ１１５とポンプ１１１との間の流路部２ｂに接続する。これにより、バイパス流路３を流通する冷媒は、コンデンサ１１５の下流に流入するため、コンデンサ１１５での圧損を増加させず、膨張機１１４とコンデンサ１１５との間の流路部２ａにおける冷媒の圧力の上昇を抑えることができる。よって、膨張機１１４の上流側の流路部１ｄと下流側の流路部２ａとの間における冷媒の差圧を高く確保することができるため、膨張機１１４で得られる回生エネルギーを十分に確保することが可能になる。また、コンデンサ１１５とサブクーラ１１７との間に接続するバイパス流路３は、流路部１ａをサブクーラ１１７及びポンプ１１１の間の流路部２ｄにバイパスさせた場合に発生するポンプキャビテーション（冷媒の泡立ち）を防ぐことができる。また、コンデンサ１１５とポンプ１１１との間に接続するバイパス流路３は、流路部１ａを膨張機１１４及びコンデンサ１１５の間の流路部２ａにバイパスさせた場合に起こるコンデンサ１１５への流入冷媒の温度低下を防ぐことができ、流入冷媒の温度低下によるコンデンサ１１５での放熱量の低下を抑えることが可能になる。このコンデンサ１１５での放熱量の低下は、第二流路２の圧力を上昇させ、膨張機１１４の上流側の流路部１ｄと下流側の流路部２ａとの間における冷媒の差圧を低下させることとなり、膨張機１１４

で得られる回生エネルギーを低下させる。

[0059] また、ランキンサイクル１０１において、ＥＣＵ１４０は、冷却水温度センサ１３２によって検出される冷却水温度が第一所定温度ＴｗＬ１（ＴｗＬ１＝ＴｗＬ［６０℃］＋ΔＴｅ）未満の場合、圧力センサ１３１によって検出される圧力が第一所定温度ＴｗＬ１に対応する目標圧力ＰｓＬ（温度ＴｗＬでの冷媒の飽和蒸気圧）以上となるように、流量調整弁１３０を制御する。これによって、冷却水の温度が温度ＴｗＬ未満とならないように制御することが可能になる。

[0060] また、実施の形態では、冷却水温度が第一所定温度ＴｗＬ１（ＴｗＬ１＝ＴｗＬ［エンジン１０の効率が低下する冷却水温度で６０℃］＋ΔＴｅ）未満の場合、ＥＣＵ１４０は、目標圧力を温度ＴｗＬ（６０℃）での冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬとし、圧力センサ１３１の検出圧力が飽和蒸気圧ＰｓＬ以上或いは飽和蒸気圧ＰｓＬとなるように、流量調整弁１３０を制御していたが、これに限定されるものでない。

冷却水温度が第一所定温度ＴｗＬ１未満の場合、ＥＣＵ１４０は、目標圧力を、冷却水温度の低下に伴って温度ＴｗＬでの冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬから上昇させるように設定し、圧力センサ１３１の検出圧力が目標圧力となるように、流量調整弁１３０を制御してもよい。このような制御をしても、冷媒は、冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧よりも大きい圧力を有するため、冷却水ボイラ１１２での熱交換で冷却水から吸収する熱量に蒸発潜熱を含ないものとすることができる。

[0061] また、図４に示すように、ＥＣＵ１４０は、第一所定温度ＴｗＬ１を境界として冷却水温度に関する目標圧力の設定を変更する制御を備えず、目標圧力グラフＰｔの部位ＰｔｂのＰｔａと同様にして冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧に基づく目標圧力としてもよい。

また、ＥＣＵ１４０は、冷却水の温度ＴｗＬに対応する冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬを目標圧力の下限値として備え、圧力センサ１３１によって検出される圧力が、飽和蒸気圧ＰｓＬを下回らないように、流量調整弁１３０を制御

してもよい。このような制御をしても、冷媒は、冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧よりも大きい圧力を有するため、冷却水ボイラ１１２での熱交換で冷却水から吸収する熱量を、蒸発潜熱を含まずに低く抑えることができる。

[0062] また、図５に示すように、冷却水温度が第一所定温度ＴｗＬ１（ＴｗＬ１＝ＴｗＬ［６０℃］＋ΔＴｅ）未満の場合、ＥＣＵ１４０は、温度ＴｗＬ（６０℃）での冷媒の飽和蒸気圧ＰｓＬよりも大きい一定の圧力を目標圧力とし、圧力センサ１３１の検出圧力が目標圧力となるように、流量調整弁１３０を制御してもよい。このような制御をしても、冷媒は、冷却水ボイラ１１２での熱交換で冷却水から吸収する熱量を、蒸発潜熱を含まずに低く抑えることができる。

[0063] また、図４に示すように、ＥＣＵ１４０は、第二所定温度ＴｗＨ（９０℃）を境界として冷却水温度に関する目標圧力の設定を変更する制御を備えず、目標圧力グラフＰｔの部位Ｐｔｃの目標圧力を、部位Ｐｔａと同様にして冷却水温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧に基づく目標圧力としてもよい。

[0064] また、実施の形態では、ＥＣＵ１４０は、流量調整弁１３０を使用してバイパス流路３の流路断面積を調節することによって、圧力センサ１３１の検出圧力（冷却水ボイラ１１２に流入する冷媒の圧力）を調節していたが、これに限定されるものでない。

図６に示すように、ランキンサイクル２０１のポンプ１１１の駆動軸１１９がエンジン１０と連結されない場合、実施の形態のオルタネータ１１８をモータ及び発電機の機能を有するモータジェネレータ２１８としてもよい。このとき、ＥＣＵ１４０は、モータジェネレータ２１８が駆動する駆動軸１１９の回転数を制御することによって、ポンプ１１１及び膨張機１１４の回転数を調節し、圧力センサ１３１の検出圧力を調節してもよい。

また、図６において、ポンプ１１１とモータジェネレータ２１８との間の駆動軸１１９にクラッチを介在させる等して、ポンプ１１１と膨張機１１４とが個別に動作する場合は、ポンプ１１１を電動としてポンプ１１１への電

力を制御することによってその回転数を調節する、又は、モータジェネレータ２１８の回転を制御して膨張機１１４の回転数を調節し、それにより圧力センサ１３１の検出圧力が調節されてもよい。

[0065] また、図７に示すランキンサイクル３０１のように、ポンプ１１１はエンジン１０と連結されず、モータ３２２によって駆動されてもよい。ＥＣＵ１４０は、モータ３２２の回転数を制御することによって、ポンプ１１１の回転数を調節し、圧力センサ１３１の検出圧力を調節できる。このとき、膨張機１１４は、その駆動軸１１４ａと、エンジン１０によって回転駆動されるプーリ１１９ｂとを電磁クラッチ１１９ａを介して連結させ、さらに、オルタネータ１１８が駆動軸１１４ａを共有している。

[0066] また、図８に示すランキンサイクル４０１のように、ポンプ１１１がオルタネータ１１８及び膨張機１１４と連結されずにプーリ１１９ｂとのみ連結され、膨張機１１４とオルタネータ１１８とが駆動軸１１４ａによって連結されるようにしてもよい。このとき、ＥＣＵ１４０は、オルタネータ１１８の負荷を変更することによって、膨張機１１４の回転数を調節し、圧力センサ１３１の検出圧力を調節できる。

また、膨張機１１４を、その吸入容積を任意に変更可能なものとしてもよい。吸入容積を変更することで、膨張機１１４が移送する冷媒の流量（体積流量）が変更され、それによって、膨張機１１４の上流側流路の冷媒圧力が変更されるため、圧力センサ１３１の検出圧力を調節できる。

[0067] また、実施の形態のランキンサイクル１０１において、バイパス流路３は、第一流路１の流路部１ａを第二流路２の流路部２ｂに連通していたが、これに限定されるものでない。バイパス流路３は、第二流路２に対して、流路部２ａ、２ｃ及び２ｄのいずれと接続されてもよい。

また、実施の形態のランキンサイクル１０１において、バイパス流路３は、複数あってもよい。

[0068] また、実施の形態のランキンサイクル１０１は、冷却水ボイラ１１２及び廃ガスボイラ１１３の２つの熱交換器を備えていたが、これに限定されるも

のでなく、３つ以上備えていてもよい。ランキンサイクル１０１は、エアコンディショナの冷媒とランキンサイクル１０１の冷媒との熱交換器を備えていてもよく、ハイブリッドカーにおいて使用されるモータの冷却水とランキンサイクル１０１の冷媒との熱交換器を備えていてもよい。このとき、これらの熱交換器及び冷却水ボイラ１１２のうちから選択した熱交換器の熱媒体の温度に対応する冷媒の飽和蒸気圧以下となる目標圧力を設定し、目標圧力に基づき第一流路１の冷媒の圧力を制御することによって、選択された熱交換器における冷媒の吸熱量を大きくすることができる。

符号の説明

[0069] ３　バイパス流路（圧力調整手段）、１０ａ　エンジン駆動軸（動力伝達機構）、１０ｂ　エンジンプーリ（動力伝達機構）、１０ｃ　駆動ベルト（動力伝達機構）、１０１，２０１，３０１，４０１　ランキンサイクル、１１１　ポンプ（流体圧送装置）、１１２　冷却水ボイラ（第一熱交換器）、１１３　廃ガスボイラ（第二熱交換器）、１１４　膨張機（流体膨張器）、１１５　コンデンサ（凝縮器）、１１９　駆動軸（動力伝達機構）、１１９ａ　電磁クラッチ（動力伝達機構）、１１９ｂ　プーリ（動力伝達機構）、１３０　流量調整弁（圧力調整手段）、１３１　圧力センサ（圧力検出器）、１３２　冷却水温度センサ（温度検出器）、１４０　ＥＣＵ（制御装置）。

請求の範囲

［請求項1］ 作動流体の循環路に、作動流体と低温側熱媒体とを熱交換する第一熱交換器、作動流体と高温側熱媒体とを熱交換する第二熱交換器、作動流体を膨張させることによって駆動力を発生する流体膨張器、作動流体を凝縮させる凝縮器、及び、作動流体を前記第一熱交換器に移送する流体圧送装置が順次設けられたランキンサイクルにおいて、

前記流体膨張器の入口の作動流体の圧力を検出する圧力検出器と、

前記第一熱交換器に流入する低温側熱媒体の温度を検出する温度検出器と、

前記流体膨張器の入口の作動流体の圧力を調節する圧力調整手段と、

前記圧力調整手段を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、前記温度検出器によって検出される低温側熱媒体の温度に対応する作動流体の飽和蒸気圧以下となる目標圧力を算出し、前記圧力検出器によって検出される圧力が前記目標圧力となるように、前記圧力調整手段を制御するランキンサイクル。

［請求項2］ 前記圧力調整手段は、前記第一熱交換器への作動流体の流入量を調節することによって、作動流体の圧力を調節する請求項１に記載のランキンサイクル。

［請求項3］ 前記圧力調整手段は、

前記流体圧送装置から前記第一熱交換器に向かう作動流体の流路を、前記流体膨張器から前記流体圧送装置に向かう作動流体の流路に連通するバイパスと、

前記バイパスにおける作動流体の流量を調節可能な流量調整弁とである請求項２に記載のランキンサイクル。

［請求項4］ 前記バイパスは、前記流体膨張器から前記流体圧送装置に向かう作動流体の流路における、前記凝縮器と前記流体圧送装置との間に接続する請求項３に記載のランキンサイクル。

[請求項5] 前記制御装置は、前記温度検出器によって検出される低温側熱媒体の温度が第一所定温度未満の場合、前記圧力検出器によって検出される圧力が前記目標圧力よりも高くなるように、前記圧力調整手段を制御する請求項１～４のいずれか一項に記載のランキンサイクル。

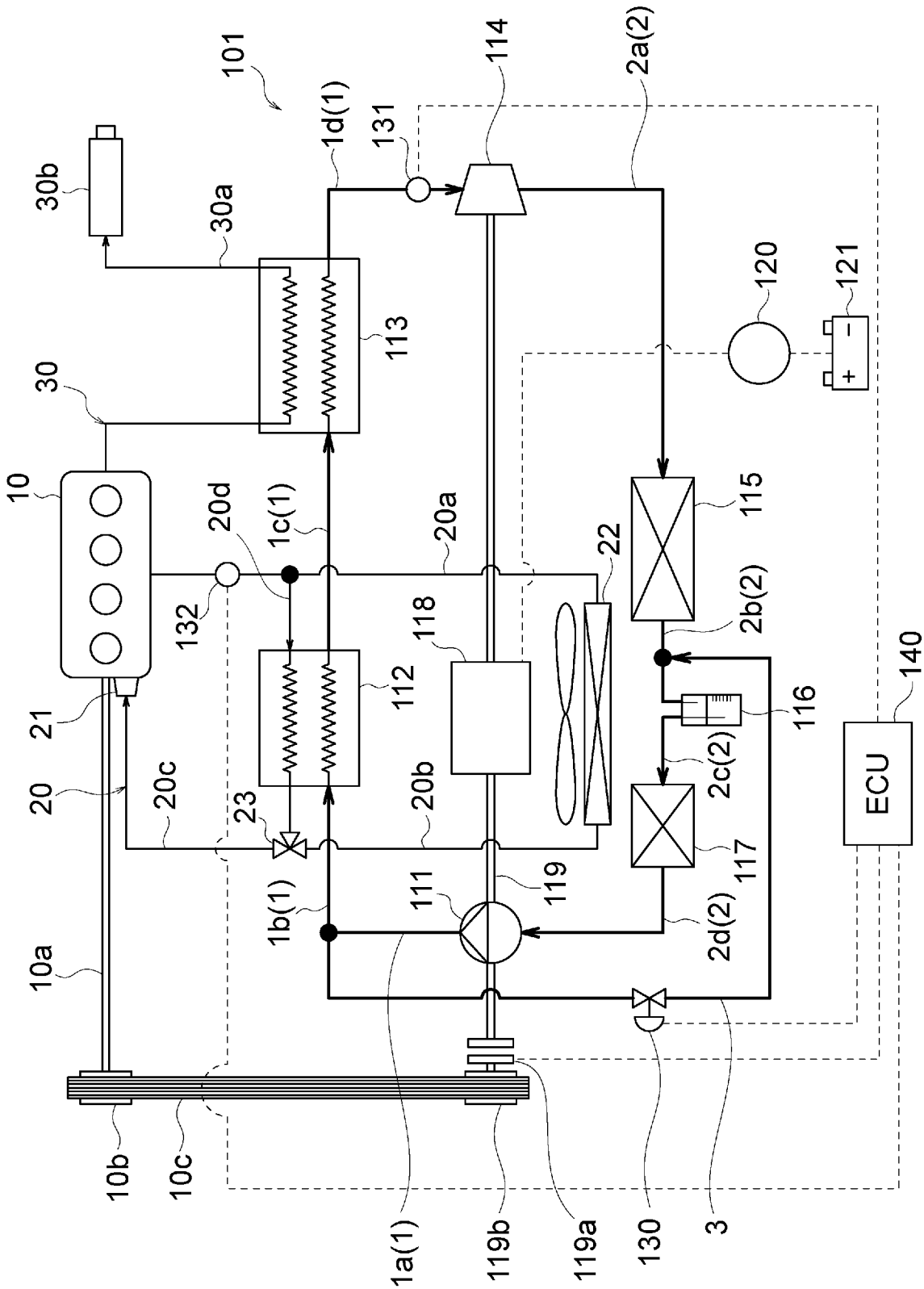
[請求項6] 前記制御装置は、前記温度検出器によって検出される低温側熱媒体の温度が第一所定温度未満の場合、前記圧力検出器によって検出される圧力が前記第一所定温度に対応する前記目標圧力以上となるように、前記圧力調整手段を制御する請求項１～４のいずれか一項に記載のランキンサイクル。

[請求項7] 車両に搭載される請求項１～６のいずれか一項に記載のランキンサイクルにおいて、

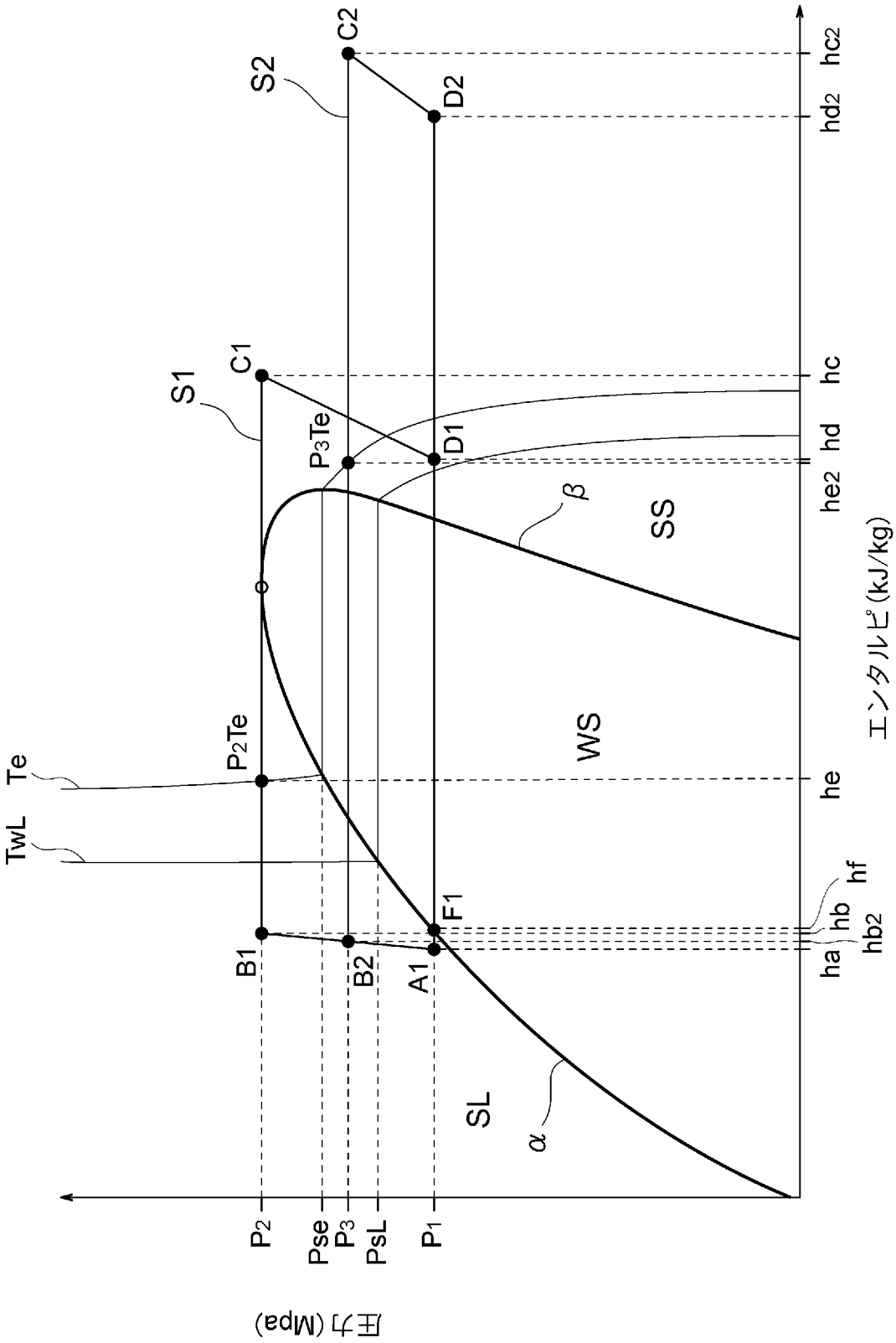
前記流体圧送装置は、動力伝達機構を介して互いの駆動力を伝達可能に車両のエンジンに連結されるランキンサイクル。

[請求項8] 前記流体圧送装置と前記流体膨張器とは、駆動軸を共有する請求項１～７のいずれか一項に記載のランキンサイクル。

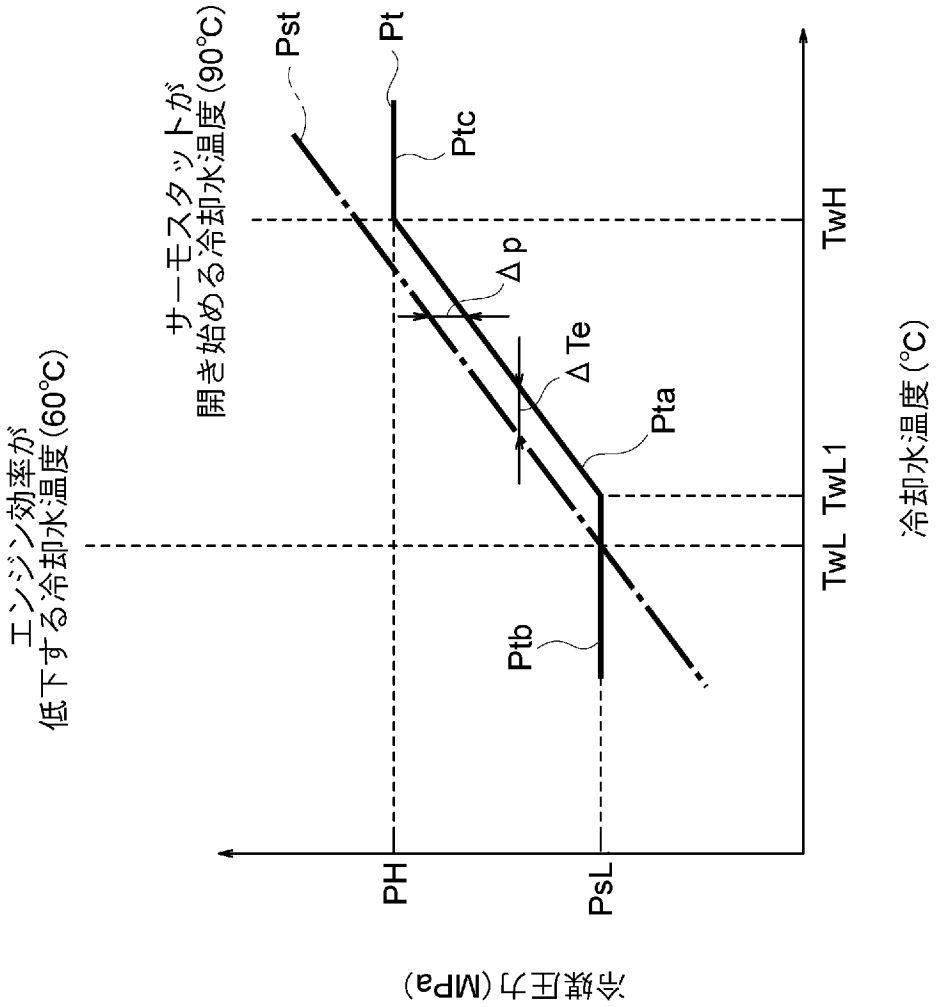
[図1]


101
1d(1)
131
114
2a(2)
30b
30a
120
121
113
30
10
20d
1c(1)
20a
22
115
132
118
2b(2)
112
116
140
21
20
20c
23
20b
2c(2)
ECU
1b(1)
111
119
117
2d(2)
10a
10b
10c
1a(1)
119b
119a
130
3

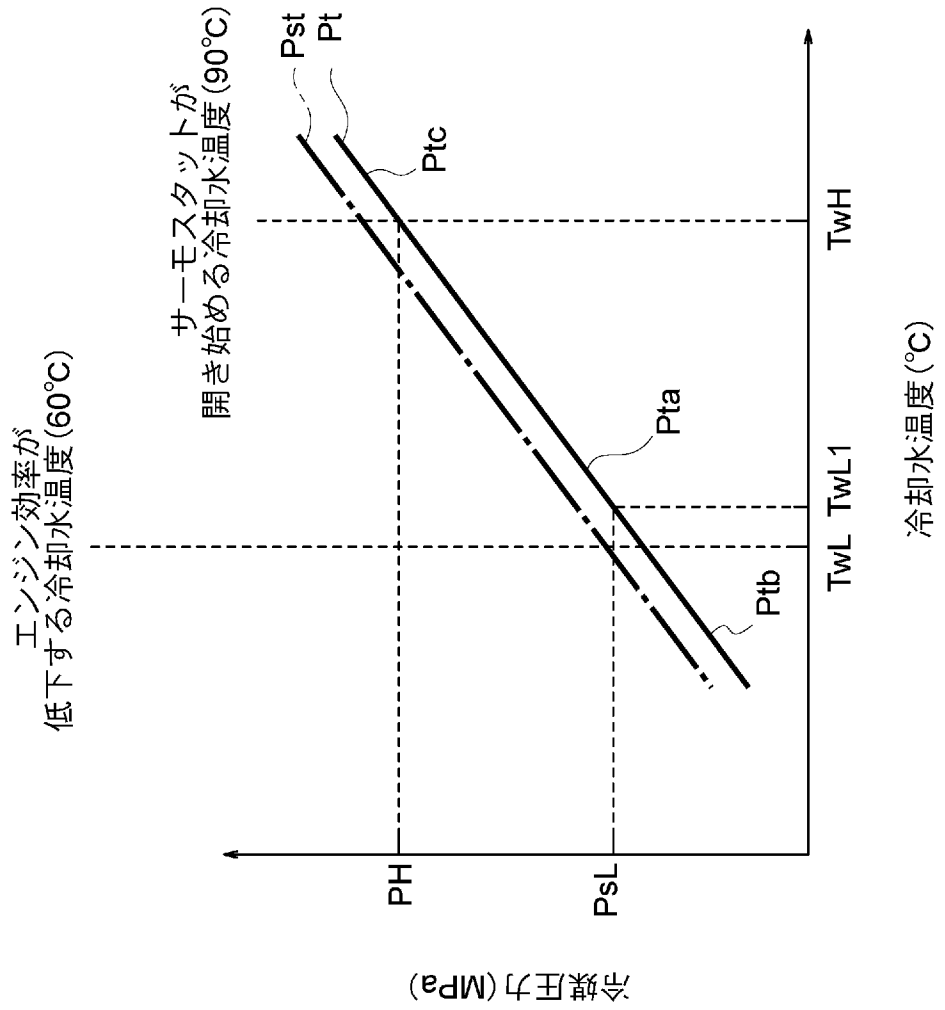
[図2]


C2
S2
D2
hc2
hd2
C1
S1
hc
P3Te
D1
hd
he2
β
SS
WS
P2Te
Te
TwL
he
F1
hf
hb
hb2
ha
B1
B2
A1
SL
α
P2
Pse
P3
PsL
P1
圧力(Mpa)
エンタルピ(kJ/kg)

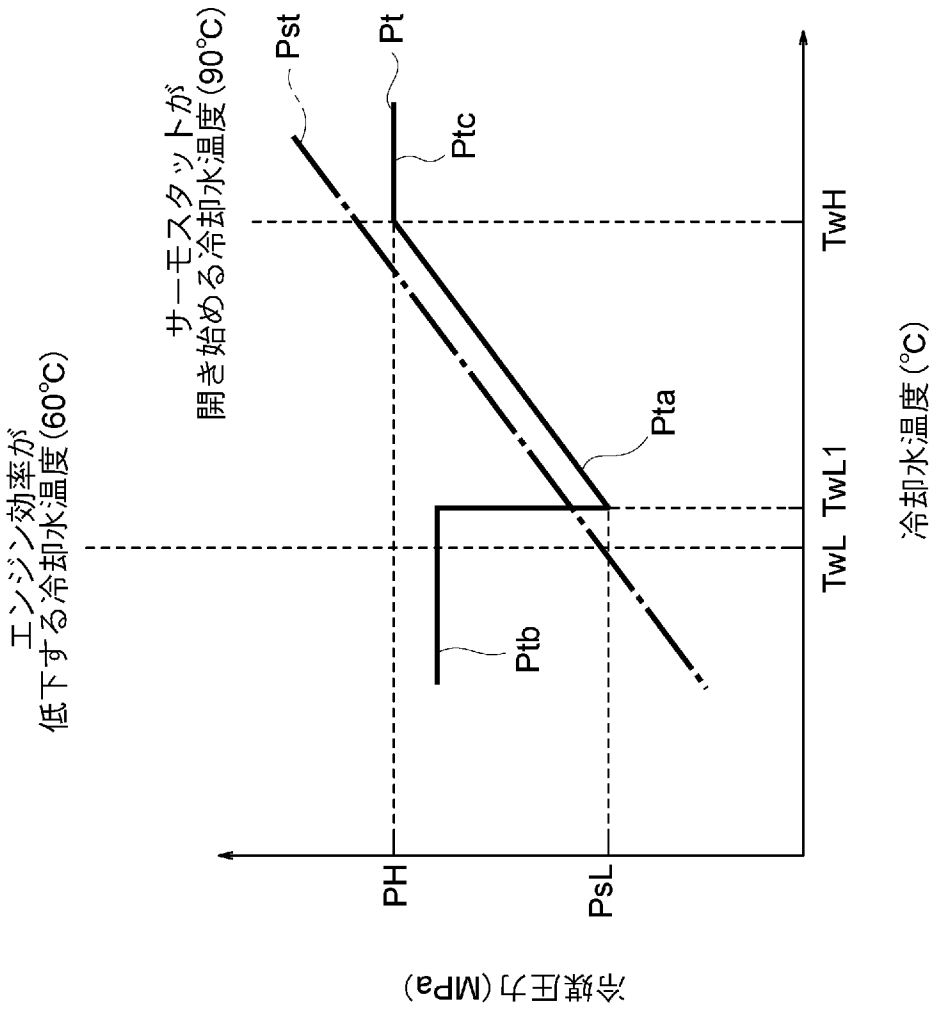
[図3]


Pst
Pt
Ptc
Δp
ΔTe
Pta
Ptb
PH
PsL
TwH
TwL
TwL1
冷媒圧力(MPa)
冷却水温度(℃)
サーモスタットが
開き始める冷却水温度(90℃)
エンジン効率が
低下する冷却水温度(60℃)

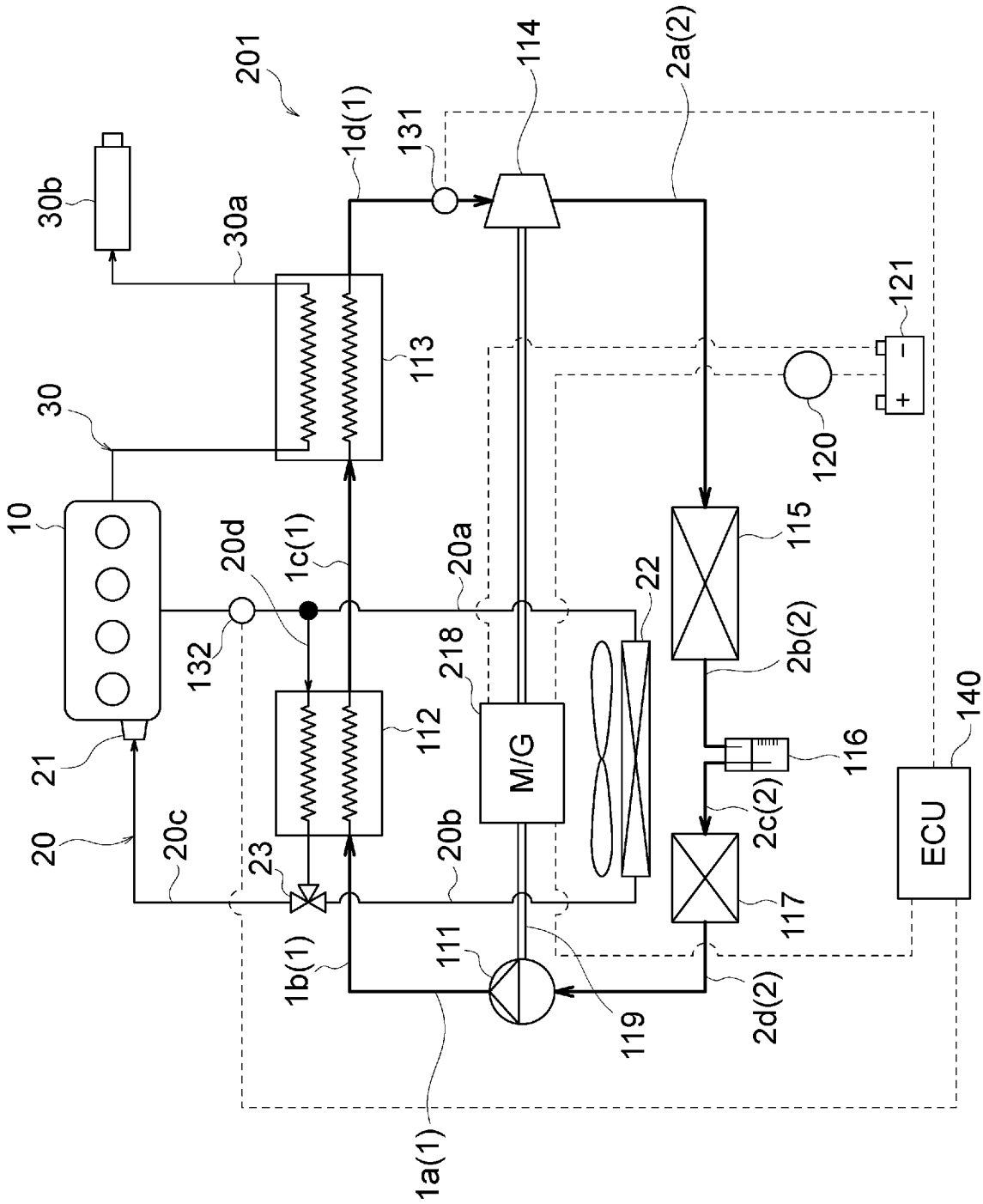
[図4]


Pst
Pt
Ptc
Pta
Ptb
TwH
TwL1
TwL
PH
PsL
冷媒圧力(MPa)
冷却水温度(℃)
サーモスタットが
開き始める冷却水温度(90℃)
エンジン効率が
低下する冷却水温度(60℃)

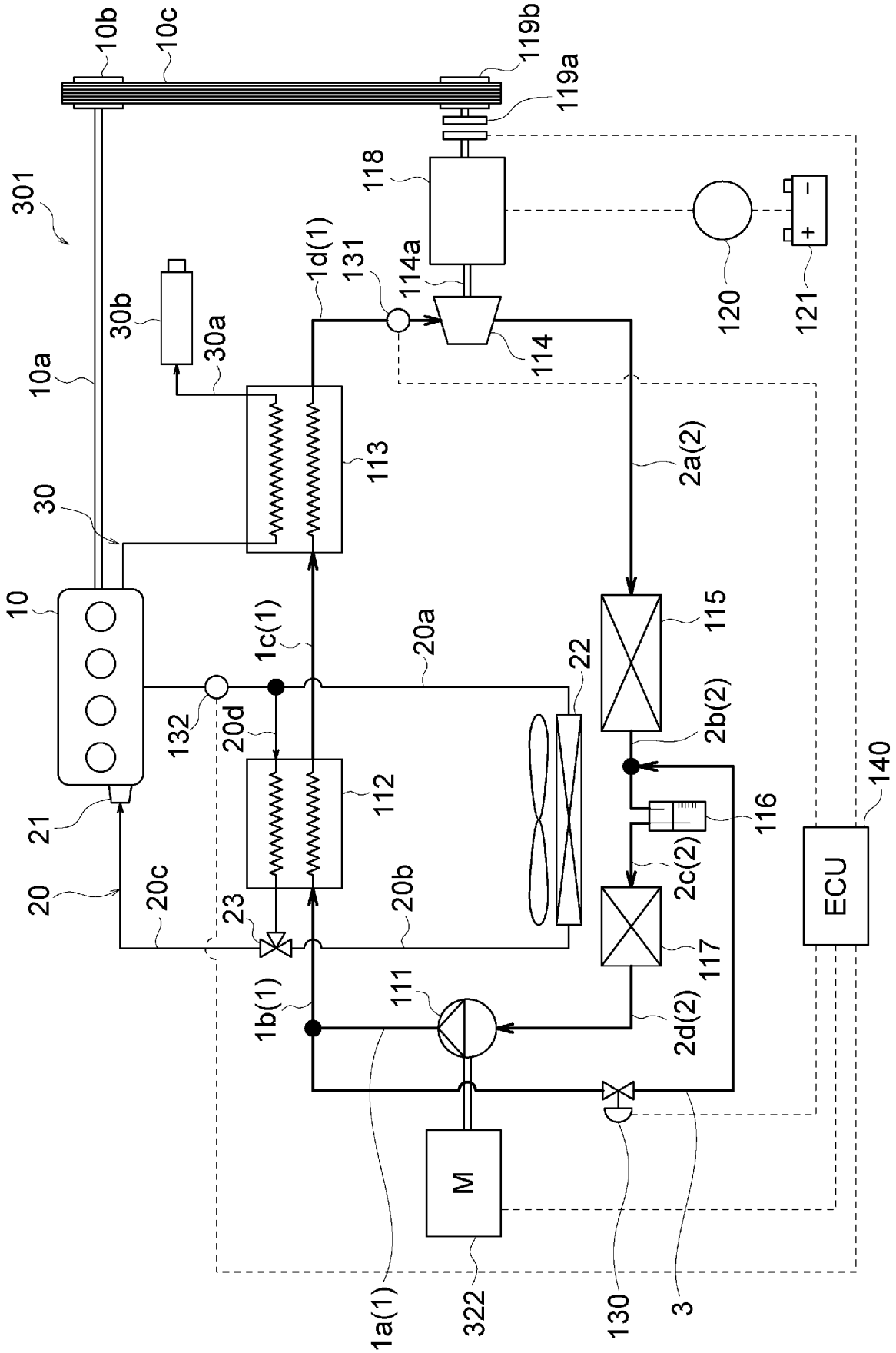
[図5]


Pst
Pt
Ptc
Pta
Ptb
PH
PsL
TwH
TwL
TwL1
冷媒圧力(MPa)
冷却水温度(℃)
サーモスタットが
開き始める冷却水温度(90℃)
エンジン効率が
低下する冷却水温度(60℃)

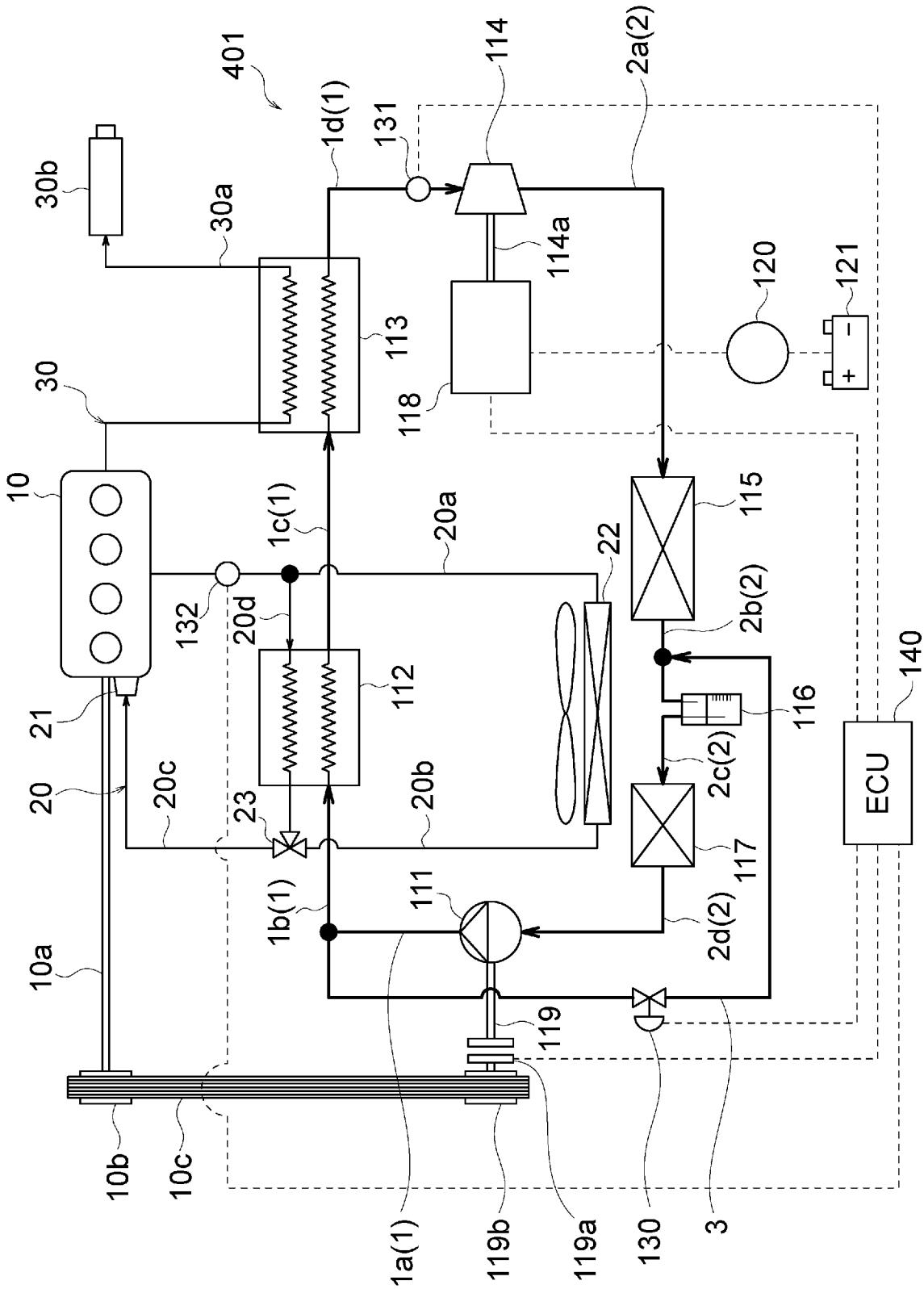
[図6]


201
1d(1)
131
114
2a(2)
30b
30a
113
121
30
120
10
20d
1c(1)
20a
115
22
132
218
2b(2)
112
M/G
116
140
21
2c(2)
20
20c
23
20b
117
ECU
1b(1)
111
119
2d(2)
1a(1)

[図7]


10b
10c
119b
119a
301
118
1d(1)
131
114a
120
121
30b
30a
114
10a
113
2a(2)
30
10
1c(1)
20a
115
22
132
20d
2b(2)
140
112
116
21
2c(2)
20
20c
23
20b
117
ECU
111
1b(1)
2d(2)
M
1a(1)
322
130
3

[図8]


401
30b
30a
1d(1)
131
114
2a(2)
114a
120
121
113
30
118
10
1c(1)
20a
22
115
132
20d
2b(2)
112
116
140
21
20
20c
23
20b
2c(2)
ECU
117
1b(1)
111
2d(2)
10a
119
10b
10c
1a(1)
119b
119a
130
3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/064992

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02G5/04(2006.01)i, *F01D17/08*(2006.01)i, *F01K23/06*(2006.01)i, *F01K23/10*(2006.01)i, *F01N5/02*(2006.01)i, *F02G5/00*(2006.01)i

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)
F02G5/04, F01D17/08, F01K23/06, F01K23/10, F01N5/02, F02G5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2010-048129 A (Sanden Corp.), 04 March 2010 (04.03.2010), paragraphs [0021] to [0040], [0043] to [0048]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-4,7,8 5,6
Y	JP 2011-058502 A (Denso Corp.), 24 March 2011 (24.03.2011), paragraphs [0060] to [0099], [0130] to [0172]; fig. 17, 20, 21 & JP 2007-100687 A & DE 102005058202 A1	1-4,7,8
Y	JP 2008-267341 A (Toshiba Corp.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0031] to [0034] (Family: none)	1-4,7,8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 August, 2012 (07.08.12)	21 August, 2012 (21.08.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/064992

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-068459 A (Denso Corp.), 02 April 2009 (02.04.2009), paragraph [0039]; fig. 1 & US 2009/0071156 A1 & DE 102008046853 A & CN 101387241 A	3,4,7,8
Y	JP 2010-174848 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraph [0017]; fig. 1 (Family: none)	3,4,7,8
Y	JP 2007-322023 A (Denso Corp.), 13 December 2007 (13.12.2007), paragraph [0042]; fig. 1 & US 2007/0289326 A1 & DE 102007024894 A1 & CN 101086399 A	7,8
A	WO 2009/101977 A1 (Sanden Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), paragraphs [0013] to [0019]; fig. 1 & JP 2007-100687 A & DE 102005058202 A & DE 102005058202 A1	1-8
A	JP 2006-177266 A (Denso Corp.), 06 July 2006 (06.07.2006), entire text; all drawings & US 2006/0225421 A1 & DE 102005061214 A	1-8
A	JP 2007-218456 A (Denso Corp.), 30 August 2007 (30.08.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2009-097391 A (Toyota Motor Corp.), 07 May 2009 (07.05.2009), paragraph [0024] (Family: none)	1-8

国際調査報告

国際出願番号 PCT／JP2012／064992

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02G5/04(2006.01)i, F01D17/08(2006.01)i, F01K23/06(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i, F01N5/02(2006.01)i, F02G5/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02G5/04, F01D17/08, F01K23/06, F01K23/10, F01N5/02, F02G5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922－1996年
日本国公開実用新案公報	1971－2012年
日本国実用新案登録公報	1996－2012年
日本国登録実用新案公報	1994－2012年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2010-048129 A (サンデン株式会社) 2010.03.04, 段落［0021］－［0040］,［0043］－［0048］,図1－3（ファミリーなし）	1－4，7，8
A		5，6
Y	JP 2011-058502 A (株式会社デンソー) 2011.03.24, 段落［0060］－［0099］,［0130］－［0172］,図17，20，21 & JP 2007-100687 A & DE 102005058202 A1	1－4，7，8

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 07．08．2012	国際調査報告の発送日 21．08．2012
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA／JP） 郵便番号100－8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 藤原 弘 電話番号 03－3581－1101 内線 3395

3T	3928

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2008-267341 A（株式会社東芝）2008.11.06，段落［００３１］－［００３４］（ファミリーなし）	１－４，７，８
Y	JP 2009-068459 A（株式会社デンソー）2009.04.02，段落［００３９］，図１ & US 2009/0071156 A1 & DE 102008046853 A & CN 101387241 A	３，４，７，８
Y	JP 2010-174848 A（三菱電機株式会社）2010.08.12，段落［００１７］，図１（ファミリーなし）	３，４，７，８
Y	JP 2007-322023 A（株式会社デンソー）2007.12.13，段落［００４２］，図１ & US 2007/0289326 A1 & DE 102007024894 A1 & CN 101086399 A	７，８
A	WO 2009/101977 A1（サンデン株式会社）2009.08.20，段落［００１３］－［００１９］，図１ & JP 2007-100687 A & DE 102005058202 A & DE 102005058202 A1	１－８
A	JP 2006-177266 A（株式会社デンソー）2006.07.06，全文，全図 & US 2006/0225421 A1 & DE 102005061214 A	１－８
A	JP 2007-218456 A（株式会社デンソー）2007.08.30，全文，全図（ファミリーなし）	１－８
A	JP 2009-097391 A（トヨタ自動車株式会社）2009.05.07，段落［００２４］（ファミリーなし）	１－８