

(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
2017年8月17日(17.08.2017)



(10) 国際公開番号

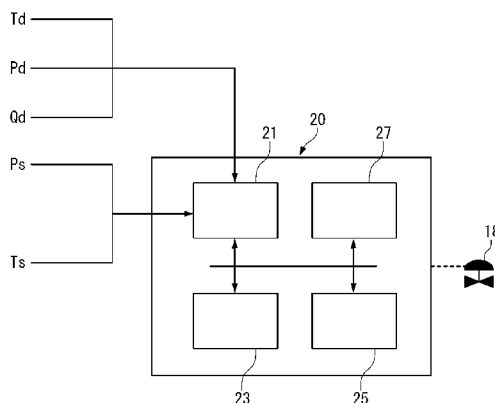
WO 2017/138481 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 27/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/004172
- (22) 国際出願日: 2017年2月6日(06.02.2017)
- (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 2016-022226 2016年2月8日(08.02.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業コンプレッサ株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES COMPRESSOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080014 東京都港区芝五丁目3番6号 Tokyo (JP). 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高木 博幸(TAKAKI, Hiroyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 中川 陽介(NAKAGAWA, Yosuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大場 充, 外(OBA, Mitsuru et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町1丁目4番3号 KMビル8階 大場国際特許事務所 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, 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, ST, 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,

[続葉有]

(54) Title: COMPRESSOR SURGE GENERATION PREVENTION DEVICE AND COMPRESSOR SYSTEM

(54) 発明の名称: 圧縮機のサージ発生防止装置および圧縮機システム



(57) Abstract: A surge generation prevention device 20 is provided with: a compression coefficient specification unit 21 which acquires information about an intake-side gas pressure P_s , an intake-side gas temperature T_s , a discharge-side gas pressure P_d , a discharge-side gas temperature T_d , and a discharge-side gas flow rate Q_d of a compressor that compresses gas G , and which specifies an intake-side compression coefficient Z_s of the gas G and a discharge-side compression coefficient Z_d of the gas G ; a flow rate calculation unit 23 which, when the intake-side compression coefficient Z_s and the discharge-side compression coefficient Z_d is specified, calculates an intake-side gas flow rate Q_s ·calc according to the following expression (2); and a control quantity specification unit (opening degree control unit) 25 which controls the opening degree of an anti-surge valve on the basis of the calculated Q_s ·calc. The compression coefficient specification unit 21 has the feature of specifying the intake-side compression coefficient Z_s and the discharge-side compression coefficient Z_d under the condition of enriched water concentration. Q_s ·calc = $Q_d \times P_d / P_s \times T_s / T_d \times Z_s / Z_d$ (2)

(57) 要約: サージ発生防止装置20は、ガスGを圧縮する圧縮機の吸込側ガス圧力 P_s と吸込側ガス温度 T_s と吐出側ガス圧力 P_d と吐出側ガス温度 T_d と吐出側ガス流量 Q_d の各情報を取得し、ガスGの吸込側圧縮係数 Z_s とガスGの吐出側圧縮係数 Z_d を特定する圧縮係数特定部21と、吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d が特定されると、吸込側ガス流量 Q_s ・calcを下記の式(2)に基づいて算出する流量算出部23と、算出された Q_s ・calcに基づいて、アンチサージ弁の開度を制御する制御量特定部(開度制御部)25と、を備える。圧縮係数特定部21は、水分濃度が富化された条件における吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を特定することを特徴とする。 Q_s ・calc = $Q_d \times P_d / P_s \times T_s / T_d \times Z_s / Z_d$ (2)

WO 2017/138481 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：圧縮機のサージ発生防止装置および圧縮機システム 技術分野

[0001] 本発明は、圧縮機、特に複数段の圧縮機を備える場合にサージの発生を防止する装置およびこれを備える圧縮機システムに関する。

背景技術

[0002] 上流に位置するプラントの負荷変化や圧縮機のトリップなどの現象が起きた際に、圧縮機への流量が少なくなると、周期的な強い圧力変動が生じる現象、すなわちサージ現象が発生して圧縮機が損傷する可能性がある。サージを防ぐために、緊急時にも圧縮機へと最低限の流量の流体を流すべく、圧縮機の吸込側と吐出側を接続したバイパス流路を設けるとともに、バイパス流路に流量を制御するアンチサージ弁を設ける。そして、サージの発生が予想されると、アンチサージ弁を開いて、吐出側のガスを吸込側へ戻して、吸込流量を増加させる。または、通常運転時から、圧縮機への流量が少なくなりすぎないように、アンチサージ弁の開度を制御するアンチサージ制御が行われる。

[0003] 圧縮機におけるサージ発生防止について、特許文献1は、圧縮機の吸込側流量 Q_s と吸込側圧力 P_s と吸込側温度 T_s と吐出側圧力 P_d と吐出側温度 T_d の各情報を取得し、ポリトロプヘッドを算出し、算出されたポリトロプヘッド値を基にガスの分子量を推定するなどして、サージが発生するかどうかを判定することを提案している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2014-43795号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ここで、ガスの流量は、特許文献1のように圧縮機の吸込側で測定できる

が、吐出側で測定することもできる。吐出側は吸込側に比べてガスが圧縮されているので、小さいサイズの流量計を用いることができるので、コスト的に有利である。コスト面から考えると、流量計はガスが圧縮され、小さいサイズを選択できる吐出側に設置することが好ましい。なお、吐出側で測定したガスの流量から吸込側のガスの流量($Q_{s \cdot calc}$)を求めるには、吐出側のガスの流量(Q_d)、圧力(P_d)、温度(T_d)、及び、吸込側の流体の圧力(P_s)、温度(T_s)を測定しておき、下記の式(1)を用いて計算する。

$$Q_{s \cdot calc} = Q_d \times P_d / P_s \times T_s / T_d \cdots (1)$$

[0006] しかし、式(1)により求められる $Q_{s \cdot calc}$ は、圧縮機を複数備える多段圧縮機構において、以下の問題がある。つまり、多段の圧縮機を順番に経る度に吐出側のガスに含まれる水分の量が減少するので、吐出側のガスの水分量は吸込側のガスの水分量に比べて少なくなる。また、多段の圧縮機を順番に経ることでガスが高圧になるにつれて、吐出側のガスの圧縮係数が吸込側のガスの圧縮係数からずれてしまう。これらの理由により、式(1)を用いて吐出側の流量から吸込側の流量($Q_{s \cdot calc}$)を計算すると、実際の流量からずれた値になってしまう。

[0007] 以上より、本発明は、吐出側の流量から吸込側の流量($Q_{s \cdot calc}$)を高い精度で求めることができる圧縮機のサージ発生防止装置を提供することを目的とする。また、本発明は、そのようなサージ発生防止装置を備えることで、サージの発生を高い精度で防止できる多段の圧縮機を備える圧縮機システム提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明のサージ発生防止装置は、ガスを圧縮する圧縮機の吸込側ガス圧力 P_s と吸込側ガス温度 T_s と吐出側ガス圧力 P_d と吐出側ガス温度 T_d と吐出側ガス流量 Q_d の各情報を取得し、ガスの吸込側圧縮係数 Z_s とガスの吐出側圧縮係数 Z_d を特定するように構成される圧縮係数特定部と、吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d が特定されると、吸込側ガス流量 $Q_{s \cdot calc}$ を下記の式(2)に基づいて算出するように構成される流量算出部

と、算出された吸込側流量 $Q_{s \cdot calc}$ に基づいて、アンチサージ弁の開度を制御するように構成される開度制御部と、を備え、圧縮係数特定部は、水分濃度が富化された条件における吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を特定する、ことを特徴とする。

$$Q_{s \cdot calc} = Q_d \times P_d / P_s \times T_s / T_d \times Z_s / Z_d \cdots (2)$$

[0009] 本発明のサージ発生防止装置において、吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を特定する形態を、少なくとも二つ含む。

一つ目の形態による圧縮係数特定部は、水分が飽和状態における吸込側ガス圧力 P_s 及び吸込側ガス温度 T_s に対応する吸込側圧縮係数 Z_s と、水分が飽和状態における吐出側ガス圧力 P_d 及び吐出側ガス温度 T_d に対応する吐出側圧縮係数 Z_d と、を特定するというものである。

一つ目の形態は、水分が飽和状態のガスにおける圧力と温度と圧縮係数とが対応付けられた情報である第一対応情報を記憶する記憶部を備え、圧縮係数特定部が、吸込側ガス圧力 P_s 、吸込側ガス温度 T_s 、吐出側ガス圧力 P_d 及び吐出側ガス温度 T_d を取得すると、第一対応情報と照合することで、ガスの吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を特定する、ことができる。

[0010] 二つ目の形態による圧縮係数特定部は、一定値の水分濃度に基づいてガスの吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を特定する、と言うものである。

二つ目の形態は、ガスにおける基準値との偏差が最も大きい圧縮係数である第二対応情報を記憶する記憶部を備え、圧縮係数特定部は、基準値との偏差が最も大きい圧縮係数を、吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d に特定する、ことができる。

[0011] 本発明のサージ発生防止装置は、ガスを圧縮する複数段の圧縮機を備える圧縮機構を備える圧縮機システムに好適に適用される。この圧縮機構は、最も上流側に位置する圧縮機にガスを供給する吸込管路と、最も下流側に位置

する圧縮機からのガスが吐出される吐出管路と、吸込管路と吐出管路との間に接続され、吐出管路を流れるガスの一部を吸込管路に戻すバイパス管路と、バイパス管路に設けられ、吸込管路に戻されるガスの流量を調整するアンチサージ弁と、を備える。そして、このアンチサージ弁は、本発明によるサージ発生防止装置によりその開度が制御されることを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明のサージ発生防止装置によれば、アンチサージ制御を安全サイドに機能させることを考慮し、吸込側ガスは水分が富化された状態と仮定して吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を特定する。これにより、アンチサージ制御における流量の計算値の精度は保ちつつ、実際の流量に近い吸込側ガス流量 $Q_{s \cdot calc}$ を算出できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態に係る多段の圧縮機を備える圧縮機システムの概略構成を示す図である。

[図2]図1のシステムが備えるサージ発生防止装置の構成を示す図である。

[図3]図2のサージ発生防止装置によるアンチサージ制御の手順を示すフローチャートである。

[図4]図2のサージ発生防止装置が備える、水分が飽和状態のガスの圧力及び温度と圧縮係数とが対応付けられた第一対応情報を示すグラフである。

[図5]図2のサージ発生防止装置によるアンチサージ弁の制御量を特定する手順を示す図である。

[図6]ガスの圧力及び温度と圧縮係数とが対応付けられたテーブル形式の情報を示す表である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施形態に係るサージ発生防止装置20を適用した圧縮機システム1について説明する。

圧縮機システム1は、図1に示すように、ガスGを圧縮する複数段の圧縮機を備える圧縮機構10と、圧縮機構10のサージの発生を抑制するサージ

発生防止装置 20 と、を備えている。なお、圧縮機システム 1 において、圧縮の対象となるガス G が流れる向きを基準にして、上流及び下流が定義される。

[0015] [圧縮機構 10]

圧縮機構 10 は、第一段圧縮機 11、第二段圧縮機 12、第三段圧縮機 13 及び第四段圧縮機 14 と、複数段の圧縮機を備える。それぞれの圧縮機は例えば遠心圧縮機からなり、ガス G は、最も上流側に配置される第一段圧縮機 11 から第二段圧縮機 12、第三段圧縮機 13 及び第四段圧縮機 14 の順に所望される圧力まで昇圧される。

第一段圧縮機 11、第二段圧縮機 12 及び第三段圧縮機 13 のそれぞれのガス G の上流側、つまり吸込側には、ガス G の吸込量を調整する吸込調整弁 15 が設けられている。

[0016] 最も上流側の第一段圧縮機 11 に付属する吸込調整弁 15 の吸込側には、ガス G を吸込むための吸込管路 L1 が接続されている。吸込管路 L1 には、ガス G の供給源である例えばプラント設備からガス G が送り込まれる。また、最も下流側の第四段圧縮機 14 には吐出管路 L2 が接続されている。吐出管路 L2 は、昇圧されたガス G を利用する例えばプラント設備に向けてガス G を送り出す。

[0017] 吸込管路 L1 には、吸込側圧力計 3 と吸込側温度計 4 が設置されている。吸込側圧力計 3 と吸込側温度計 4 とは、それぞれ吸込管路 L1 を流れるガス G の吸込側圧力 P_s と吸込側温度 T_s とを継続して測定する。

吐出管路 L2 には、吐出側圧力計 6、吐出側温度計 7 及び吐出側流量計 8 が設置されている。吐出側圧力計 6、吐出側温度計 7 及び吐出側流量計 8 は、それぞれ吐出管路 L2 を流れるガス G の吐出側ガス圧力 P_d 、吐出側ガス温度 T_d 及び吐出側ガス流量 Q_d を継続して測定する。

測定された吸込側の圧力 P_s 、温度 T_s に関する情報と、測定された吐出側の圧力 P_d 、温度 T_d 及び流量 Q_d に関する情報は、電気信号としてサージ発生防止装置 20 に送られる。

[0018] 第一段圧縮機 1 1 と第二段圧縮機 1 2 は第一接続管路 L 1 2 で接続され、第二段圧縮機 1 2 と第三段圧縮機 1 3 は第二接続管路 L 2 3 で接続され、第三段圧縮機 1 3 と第四段圧縮機 1 4 は、第三接続管路 L 3 4 で接続されている。第一段圧縮機 1 1 で圧縮されたガス G は、第一接続管路 L 1 2 を通って第二段圧縮機 1 2 に吸込まれ、第二段圧縮機 1 2 で圧縮されたガス G は、第二接続管路 L 2 3 を通って第三段圧縮機 1 3 に吸込まれ、第三段圧縮機 1 3 で圧縮されたガス G は、第三接続管路 L 3 4 を通って第四段圧縮機 1 4 に吸込まれる。

[0019] 第一接続管路 L 1 2、第二接続管路 L 2 3 及び第三接続管路 L 3 4 のそれぞれには、冷却機能及び除湿機能を備えるドレインセパレータ 1 7 が設けられている。第一段圧縮機 1 1、第二段圧縮機 1 2、第三段圧縮機 1 3 で圧縮されたガス G は、圧縮により生じた熱がこのドレインセパレータ 1 7 を通過することで冷却され、さらにこの冷却によって結露した水分がドレイン (drain) として外部に排出される。なお、ここでは冷却機能及び除湿機能を備えるドレインセパレータ 1 7 を用いているが、冷却機能を備える機器と除湿機能を備える機器を独立して設けることもできる。

[0020] 吸込管路 L 1 と吐出管路 L 2 との間には、サージの発生を予防または抑制するために、圧縮機構 1 0 から吐出されるガス G の一部を吸込側に戻すバイパス管路 L 3 が接続されている。バイパス管路 L 3 には、サージの発生を予防または抑制する際に開かれる制御弁であるアンチサージ弁 1 8 が設けられている。アンチサージ弁 1 8 は、常時は閉じられているが、サージの発生を予防する必要があるときに開かれるものとする。

[0021] [サージ発生防止装置 2 0]

サージ発生防止装置 2 0 は、吸込側圧力計 3、吸込側温度計 4、吐出側圧力計 6、吐出側温度計 7 及び吐出側流量計 8 で測定された吸込側ガス圧力 P_s 、吸込側ガス温度 T_s 、吐出側ガス圧力 P_d 、吐出側ガス温度 T_d 及び吐出側ガス流量 Q_d を用いて、吸込側のガス G の流量 $Q_{s \cdot calc}$ を算出により求める。次いで、サージ発生防止装置 2 0 は、流量 $Q_{s \cdot calc}$ に基

づいて、アンチサージ弁 18 の制御量を特定し、特定された制御量でアンチサージ弁 18 を動作させる。この手順を行うために、サージ発生防止装置 20 は以下の構成を備える。

なお、サージ発生防止装置 20 は、処理装置である CPU (Central Processing Unit) と ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) などのメモリ手段と、を含むコンピュータ装置によって実現される。

[0022] サージ発生防止装置 20 は、図 2 に示すように、圧縮係数特定部 21、流量算出部 23、制御量特定部 25 及びデータ記憶部 27 と、を備えている。これら圧縮係数特定部 21、流量算出部 23、制御量特定部 25 及びデータ記憶部 27 の各機能は、ソフトウェアによって具現化できる。

[0023] 圧縮係数特定部 21 は、圧縮機構 10 で圧縮されるガス G の吸込側の圧縮係数 Z_s と吐出側の圧縮係数 Z_d を特定する (図 3 S101)。

圧縮係数特定部 21 は、吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を求めるのに、吸込側圧力計 3、吸込側温度計 4、吐出側圧力計 6、吐出側温度計 7 及び吐出側流量計 8 で測定された吸込側ガス圧力 P_s 、吸込側ガス温度 T_s 、吐出側ガス圧力 P_d 及び吐出側ガス温度 T_d に関する情報を取得する。圧縮係数特定部 21 は、取得した吸込側ガス圧力 P_s 、吸込側ガス温度 T_s 、吐出側ガス圧力 P_d 及び吐出側ガス温度 T_d を、第一対応情報と照合することで、吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を求める。

[0024] 第一対応情報は、データ記憶部 27 に記憶されており、圧縮係数特定部 21 は吸込側圧縮係数 Z_s と吐出側圧縮係数 Z_d を求める際に、データ記憶部 27 から第一対応情報を読み出す。

ここで、本実施形態における第一対応情報は、飽和水蒸気量を含み水分が飽和状態のガス G における圧力と温度と圧縮係数とが対応付けられた情報である。一例を図 4 に示すが、この第一対応情報は、横軸が圧力 P で縦軸が圧縮係数 Z の二次元座標上に、温度をプロットした形態を有している。つまり、温度 T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 ごとに対応する圧力 P と圧縮係数 Z の関係が線図として表されている。なお、ここでは二次元座標上に第一対応情

報を表してしているが、テーブル形式の第一対応情報でもよい。また、第一対応情報は、関数式であってもよい。

[0025] 第一対応情報は、圧縮の対象となるガスGの種類ごとに用意され、図4の例では、ガス種別A、B、Cの三種類を含んでいる。圧縮係数特定部21は、圧縮の対象となっているガスGの種別に応じて、第一対応情報を読み出す。ガスGの種別は、コンピュータ装置の入力手段であるキーボードからあらかじめ圧縮係数特定部21に指示しておき、圧縮係数特定部21はこの指示に従って、ガスGの種別に応じた第一対応情報を読み出すことができる。

[0026] 圧縮係数特定部21は、読み出した第一対応情報と、取得した吸込側ガス圧力 P_s 、吸込側ガス温度 T_s 、吐出側ガス圧力 P_d 及び吐出側ガス温度 T_d を照合する。例えば、図4において、吸込側ガス圧力 P_s と吸込側ガス温度 T_s （= T ）に対応する線図上の吸込側圧縮係数 Z_s が特定される（図3 S103）。同様にして、吐出側ガス圧力 P_d 及び吐出側ガス温度 T_d に対応する線図上の吐出側圧縮係数 Z_d が特定される。

[0027] 吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d が特定されると、この情報は電気信号として、圧縮係数特定部21から流量算出部23に送られる。そうすると、流量算出部23は、式（2）を用いて流量 $Q_{s \cdot calc}$ を算出する（図3 S105）。

$$Q_{s \cdot calc} = Q_d \times P_d / P_s \times T_s / T_d \times Z_s / Z_d \cdots (2)$$

[0028] ここで、第一対応情報における圧縮係数 Z は、水分が飽和状態、つまり水分が富化されたガスの圧力・温度の関数で表されている。したがって、圧縮係数特定部21で特定された吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d を用いて算出された流量 $Q_{s \cdot calc}$ は、ガスGに含まれる水分量の最大値を考慮しているため、アンチサージ制御における流量の計算値の精度は保ちつつ、実際に近い流量 $Q_{s \cdot calc}$ が計算できる。

[0029] 流量 $Q_{s \cdot calc}$ が算出されると、この情報は電気信号として、流量算出部23から制御量特定部25に送られる。そうすると、制御量特定部25

は、例えば図5に示されるガスGの流量 Q と圧力比(P_d/P_s)で特定される性能曲線に流量 $Q_{s \cdot calc}$ を照合し、運転点OPを求める。この際に、コントロールラインCLを考慮する。つまり、閾値であるコントロールラインCLより左の領域ではサージが発生し、コントロールラインCLを含みそれよりも右の領域だとサージが発生しないものとする、コントロールラインCL、つまりサージが発生しない最小の吸込み側の流量にマージンMを設定して運転点OPを特定する。

[0030] 制御量特定部25は、特定された運転点OPが得られるアンチサージ弁18の制御量を算出し、算出された制御量に基づいて、アンチサージ弁18の開閉及び開く場合の開度を調整するように指令する。

[0031] [圧縮機システム1の動作]

次に、圧縮機システム1の動作について、図1～図3を用いて説明する。

上流に位置するプラントからガスGが吸込管路L1に供給されると、ガスGは第一段圧縮機11、第二段圧縮機12、第三段圧縮機13及び第四段圧縮機14の順に圧縮されてから吐出管路L2に吐出される。この過程において、第一接続管路L12、第二接続管路L23及び第三接続管路L34のそれぞれに設けられるドレインセパレータ17によって、ガスGから水分がドレインとして除去されるので、第四段圧縮機14から吐出されるガスGの水分は第一段圧縮機11に吸込まれるガスGに比べて少ない。

[0032] 以上のガスGの圧縮を継続している間に、吸込管路L1に設けられ吸込側圧力計3及び吸込側温度計4により、吸込管路L1を流れるガスGの吸込側ガス圧力 P_s 及び吸込側ガス温度 T_s が測定される。また、吐出管路L2に設けられている吐出側圧力計6、吐出側温度計7及び吐出側流量計8により、吐出管路L2を流れるガスGの吐出側ガス圧力 P_d 、吐出側ガス温度 T_d 及び吐出側ガス流量 Q_d が測定される。測定された吸込側ガス圧力 P_s 、吸込側ガス温度 T_s 、吐出側ガス圧力 P_d 、吐出側ガス温度 T_d 及び吐出側ガス流量 Q_d に関する情報（以下、プロセス値情報ということがある）は、サージ発生防止装置20の圧縮係数特定部21に継続的に送られる（図3 S

101)。

[0033] 圧縮係数特定部21は、プロセス値情報を取得すると、データ記憶部27に記憶されている第一対応情報を読み出し、プロセス値情報（吐出側ガス流量 Q_d を除く）を第一対応情報と照合する。これにより、圧縮係数特定部21は吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d を特定する（図3 S103）。

[0034] 吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d は流量算出部23に送られ、流量算出部23は、取得した吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d を式（2）に代入することで、流量を算出する（図3 S105）。流量 $Q_s \cdot calc$ は、制御量特定部25に送られる。

$$Q_s \cdot calc = Q_d \times P_d / P_s \times T_s / T_d \times Z_s / Z_d \cdots (2)$$

[0035] 制御量特定部25は、流量 $Q_s \cdot calc$ を性能曲線（図5）と照合することで、制御量を特定する（図3 S107）。制御量特定部（開度制御部）25は、制御量に応じてアンチサージ弁18の開度を制御するように指令を出す（図3 S109）。

サージ発生防止装置20は、以上の一連の手順を、圧縮機構10が運転されている間に、継続して行う。

[0036] [圧縮機システム1の効果]

次に、圧縮機システム1のサージ発生防止装置20による効果を説明する。

圧縮機システム1は、水分が飽和状態、水分が富化された条件として、水分が飽和状態における吸込側ガス圧力 P_s 及び吸込側ガス温度 T_s に対応する吸込側圧縮係数 Z_s と、水分が飽和状態における吐出側ガス圧力 P_d 及び吐出側ガス温度 T_d に対応する吐出側圧縮係数 Z_d を用いて吸込側ガス流量 $Q_s \cdot calc$ を求める。そして、このガスGに含まれる水分量の最大値を考慮した吸込側流量 $Q_s \cdot calc$ に基づいてアンチサージ弁18の開度を制御するので、アンチサージ制御における流量の計算値の精度は保ちつつ、

サージの発生を高い精度で防止できる。

また、圧縮機システム 1 によれば、計算した吸込側ガス流量 $Q_{s \cdot cal}$ のずれが小さくなるため、負荷が下がりアンチサージ制御が働く状況になっても、余分な動力を消費せずに、圧縮機を運転できる。

[0037] また、圧縮機システム 1 は、ガス G の吐出側に設けられた吐出側流量計 8 により流量 Q を測定するので、吸込側で測定するのに比べて、流量計のサイズを小さくできる。

[0038] 上記以外にも、本発明の主旨を逸脱しない限り、上記実施形態で挙げた構成を取捨選択したり、他の構成に適宜変更したりすることが可能である。

以上の形態は、第一段圧縮機 11 に吸込まれるガス G の水分が飽和水蒸気量に達しているものと仮定して吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d を特定した。しかし、本発明における水分が富化された条件とはこれに限らず、ガス G の水分濃度を一定値として吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d を特定することもできる。水分濃度が富化された条件においてこの一定と仮定する水分濃度は、圧縮機システム 1 の運転範囲内で圧縮係数が最もずれた値に設定される。例えば、図 6 のテーブル形式の圧力－温度－圧縮係数対応情報において、上段のテーブルにおいては、基準となる「1.0」から最もずれの大きい、つまり基準値との偏差が最も大きい圧縮係数 Z である「0.97」を吸込側圧縮係数 Z_s 又は吐出側圧縮係数 Z_d として採用する。同様に、中段のテーブルにおいて、基準値である「1.0」との偏差が最も大きい圧縮係数 Z である「0.95」を吸込側圧縮係数 Z_s 又は吐出側圧縮係数 Z_d として採用する。さらに、下段のテーブルにおいて、基準値である「1.0」との偏差が最も大きい圧縮係数 Z である「1.04」を吸込側圧縮係数 Z_s 又は吐出側圧縮係数 Z_d として採用する。

この吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d の特定手法は、水分の飽和状態を考慮せず、一定値を用いるために演算を簡略化できる。

[0039] ここで、ガス G の水分濃度を一定値として吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d を特定する手法の場合には、データ記憶部 27 に記憶される情

報は以下の通りである。つまり、図6に示すテーブル形式の圧力－温度－圧縮係数対応情報の中で、基準値との偏差が最も大きい圧縮係数 Z_d がガス種と対応付けた情報（第二対応情報）としてデータ記憶部27に記憶される。例えば、図6において、ガス種Aの場合、ガス種Aと圧縮係数 $Z「0.97」$ とが対応付けられてデータ記憶部27に記憶される。

この場合、ガス種Aが、上述した手順で圧縮係数特定部21に指示されると、圧縮係数特定部21はこの指示に従って圧縮係数 $Z「0.9」$ を読み出し、吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d として流量算出部23に送る。流量算出部23は、取得した吸込側圧縮係数 Z_s 及び吐出側圧縮係数 Z_d を前述した式（2）に代入することで流量を算出するとともに、制御量特定部25に送る。制御量特定部25は、上述した手順により、アンチサージ弁18の開閉及び開く場合の開度を調整する。

[0040] また、アンチサージ制御については、アンチサージ弁が常時開かれており、その開度を調整するという方式を採用することもできる。この方式を含めて、本発明はアンチサージ弁の開度を制御するという。

符号の説明

- [0041] 1 圧縮機システム
3 吸込側圧力計
4 吸込側温度計
6 吐出側圧力計
7 吐出側温度計
8 吐出側流量計
10 圧縮機構
11 第一段圧縮機
12 第二段圧縮機
13 第三段圧縮機
14 第四段圧縮機
15 吸込調整弁

- 1 7 ドレインセパレータ
- 1 8 アンチサージ弁
- 2 0 サージ発生防止装置
- 2 1 圧縮係数特定部
- 2 3 流量算出部
- 2 5 制御量特定部
- 2 7 データ記憶部
- G ガス

請求の範囲

[請求項1] ガスを圧縮する圧縮機の吸込側ガス圧力 P_s と吸込側ガス温度 T_s と吐出側ガス圧力 P_d と吐出側ガス温度 T_d と吐出側ガス流量 Q_d の各情報を取得し、前記ガスの吸込側圧縮係数 Z_s と前記ガスの吐出側圧縮係数 Z_d を特定するように構成される圧縮係数特定部と、

前記吸込側圧縮係数 Z_s 及び前記吐出側圧縮係数 Z_d が特定されると、吸込側ガス流量 $Q_{s \cdot calc}$ を下記の式(2)に基づいて算出するように構成される流量算出部と、

算出された前記吸込側ガス流量 $Q_{s \cdot calc}$ に基づいて、アンチサージ弁の開度を制御するように構成される開度制御部と、を備え、前記圧縮係数特定部は、

水分濃度が富化された条件における前記吸込側圧縮係数 Z_s と前記吐出側圧縮係数 Z_d を特定するように構成される、ことを特徴とするサージ発生防止装置。

$$Q_{s \cdot calc} = Q_d \times P_d / P_s \times T_s / T_d \times Z_s / Z_d$$

… (2)

[請求項2] 前記圧縮係数特定部は、
水分が飽和状態における前記吸込側圧力 P_s 及び前記吸込側温度 T_s に対応する前記吸込側圧縮係数 Z_s と、

水分が飽和状態における前記吐出側圧力 P_d 及び前記吐出側温度 T_d に対応する前記吐出側圧縮係数 Z_d と、を特定する、
請求項1に記載のサージ発生防止装置。

[請求項3] 水分が飽和状態の前記ガスにおける圧力と温度と圧縮係数とが対応付けられた情報である第一対応情報を記憶する記憶部を備え、

前記圧縮係数特定部は、

前記吸込側ガス圧力 P_s 、前記吸込側ガス温度 T_s 、前記吐出側ガス圧力 P_d 及び前記吐出側ガス温度 T_d を取得すると、前記第一対応情報と照合することで、前記吸込側圧縮係数 Z_s と前記吐出側圧縮係

数 Z_d を特定する、

請求項 2 に記載のサージ発生防止装置。

[請求項4]

前記圧縮係数特定部は、

一定値の水分濃度に基づいて前記吸込側圧縮係数 Z_s と前記吐出側圧縮係数 Z_d を特定する、

請求項 1 に記載のサージ発生防止装置。

[請求項5]

前記ガスにおける基準値との偏差が最も大きい圧縮係数である第二対応情報を記憶する記憶部を備え、

前記圧縮係数特定部は、

基準値との偏差が最も大きい前記圧縮係数を、前記吸込側圧縮係数 Z_s と前記吐出側圧縮係数 Z_d として特定する、

請求項 4 に記載のサージ発生防止装置。

[請求項6]

ガスを圧縮する複数段の圧縮機を備える圧縮機構と、

前記圧縮機構のサージの発生を抑制する、請求項 1 ～請求項 5 のいずれか一項に記載のサージ発生防止装置と、を備える圧縮機システムであって、

前記圧縮機構は、

最も上流側に位置する前記圧縮機に前記ガスを供給する吸込管路と、

最も下流側に位置する前記圧縮機からの前記ガスが吐出される吐出管路と、

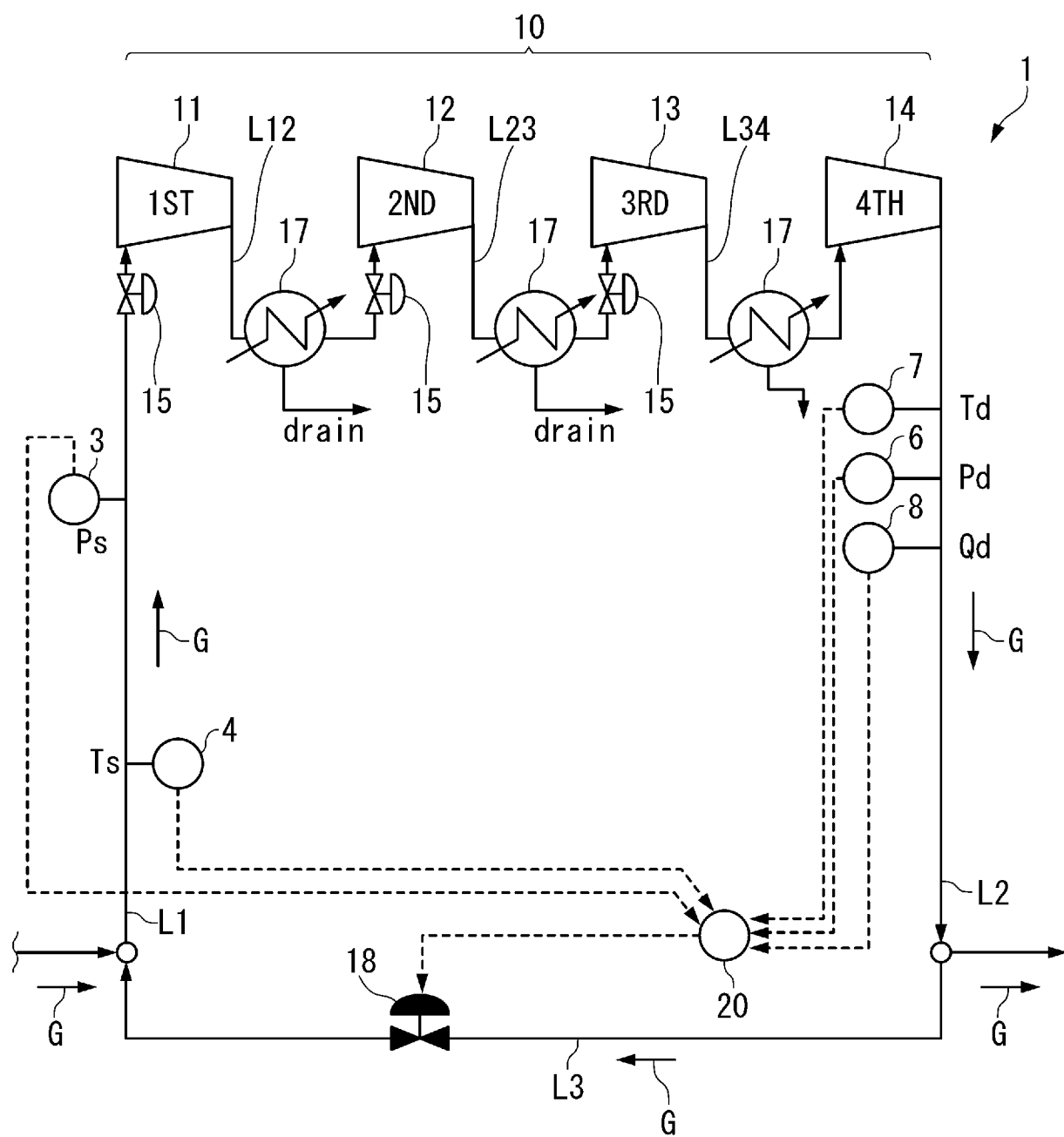
前記吸込管路と前記吐出管路との間に接続され、前記吐出管路を流れる前記ガスの一部を前記吸込管路に戻すバイパス管路と、

前記バイパス管路に設けられ、前記吸込管路に戻される前記ガスの流量を調整するアンチサージ弁と、を備え、

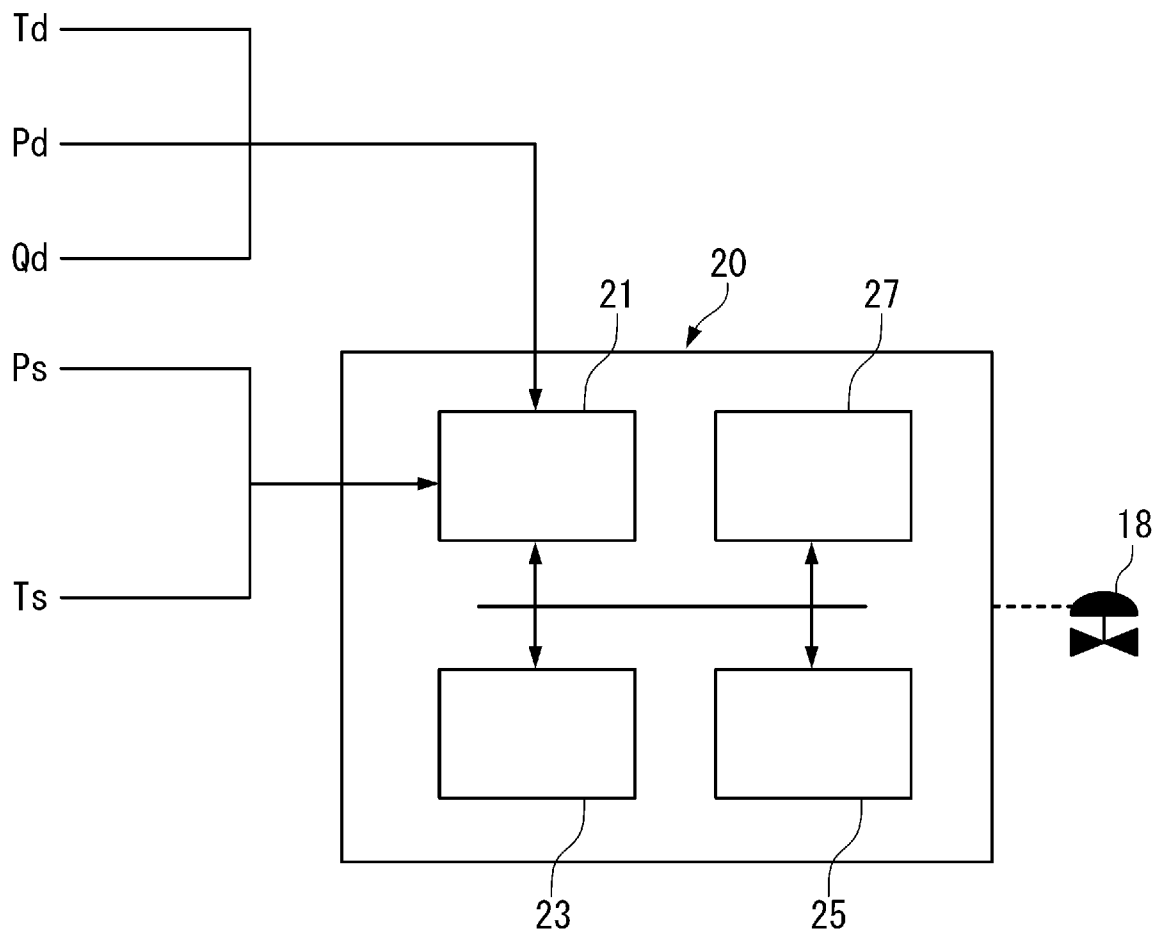
前記アンチサージ弁の開度が、前記サージ発生防止装置により制御される

ことを特徴とする圧縮機システム。

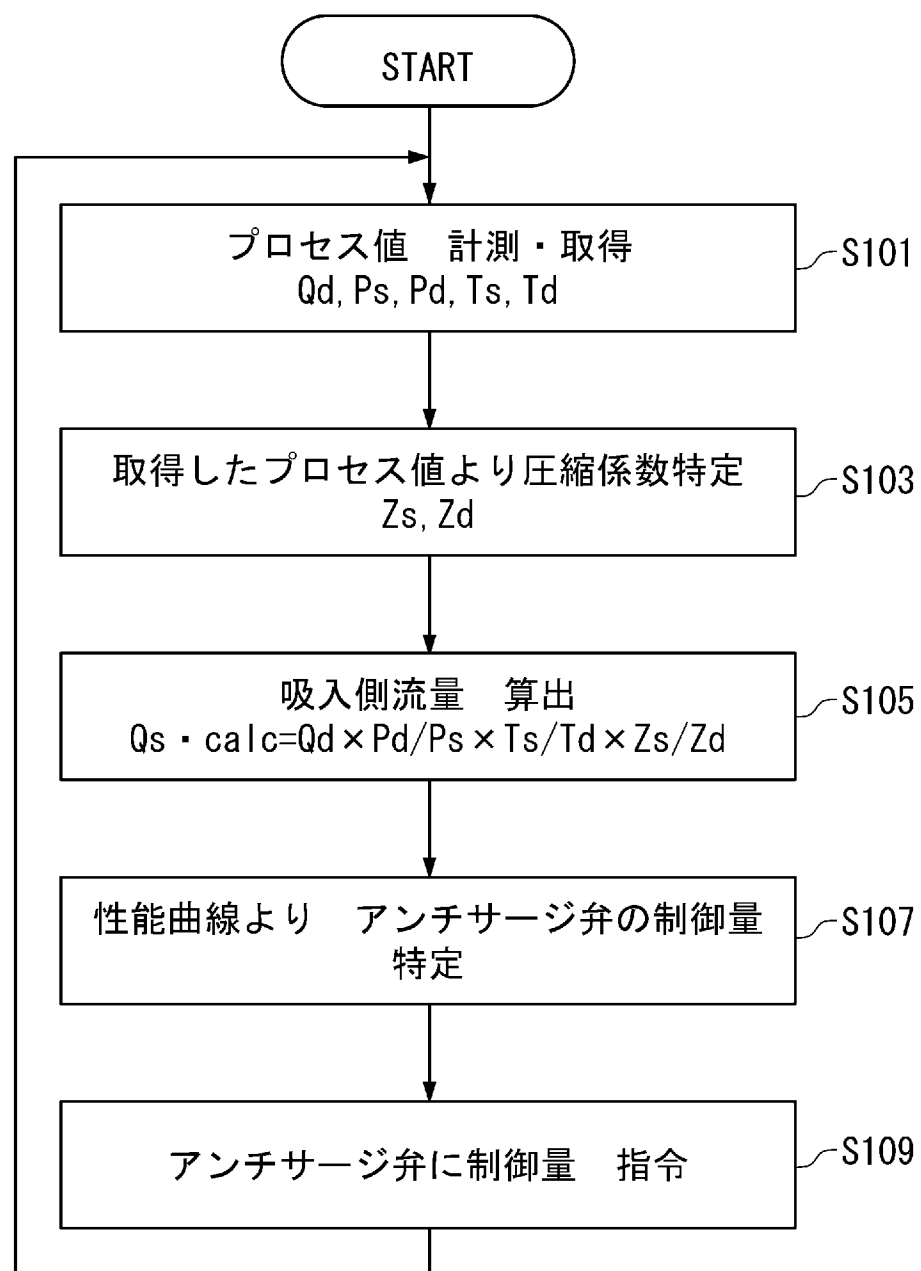
[図1]



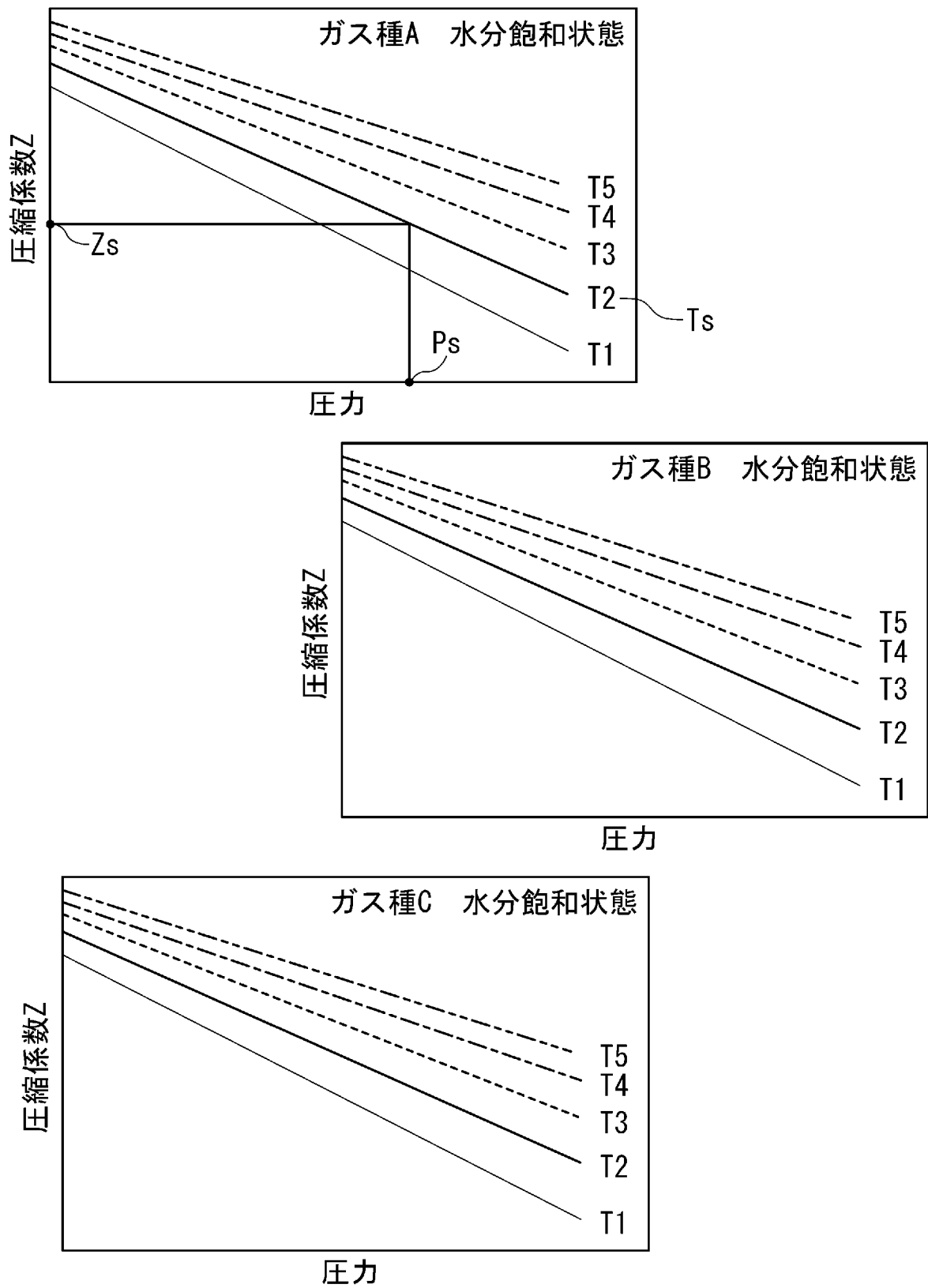
[図2]



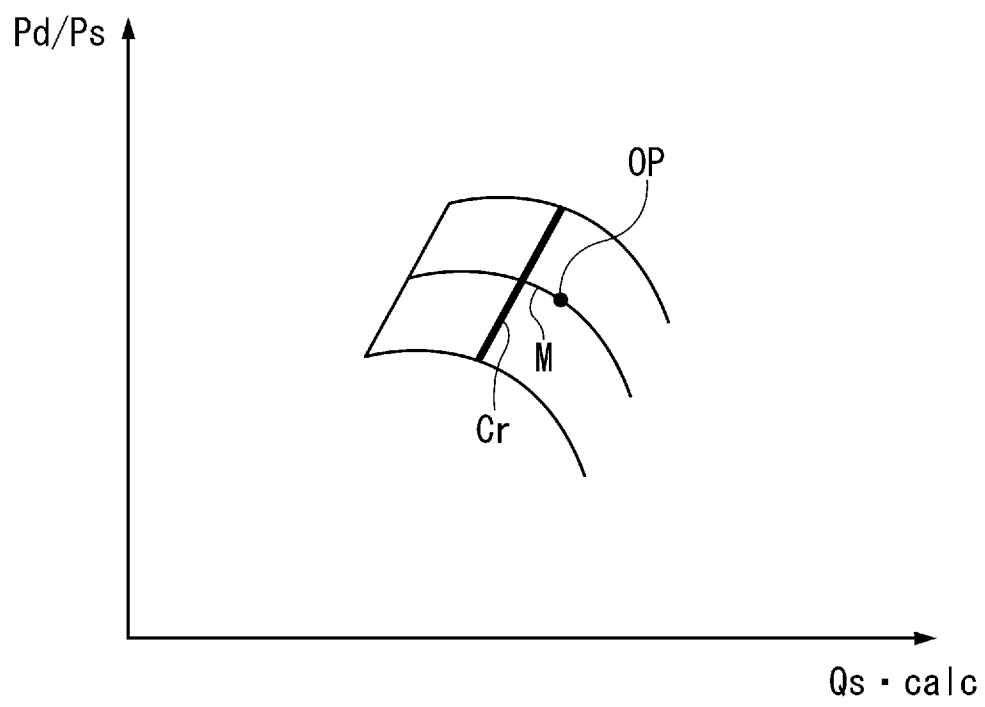
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

ガス種A		温度[°C]			
		30	40	50	60
圧力[psig]	50	1.01	—	—	—
	60	—	—	—	—
	70	—	1	—	—
	80	—	—	0.98	0.98
	90	—	—	0.98	0.975
	100	—	—	0.975	0.97

ガス種B		温度[°C]			
		30	40	50	60
圧力[psig]	50	—	—	—	—
	60	—	—	—	—
	70	—	1	—	—
	80	—	—	0.95	0.95
	90	—	—	0.95	0.955
	100	—	—	0.95	0.96

ガス種C		温度[°C]			
		30	40	50	60
圧力[psig]	50	1.04	1.02	—	—
	60	1.0	—	—	—
	70	—	—	—	—
	80	—	—	0.98	0.98
	90	—	—	0.98	0.97
	100	—	—	0.99	0.98

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/004172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D27/02(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)

F04D27/02

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 62-048999 A (Idemitsu Petrochemical Co., Ltd.), 03 March 1987 (03.03.1987), page 3, upper right column, line 17 to lower left column, line 11; lower right column, lines 6 to 16 (Family: none)	1-6
A	JP 2014-043795 A (Hitachi, Ltd.), 13 March 2014 (13.03.2014), paragraphs [0021], [0032] (Family: none)	1-6

☐ 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
16 March 2017 (16.03.17)

Date of mailing of the international search report
28 March 2017 (28.03.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F04D27/02(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. F04D27/02

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 62-048999 A（出光石油化学株式会社） 1987.03.03, 第3頁右上欄第17行-左下欄第11行, 右下欄第6-16行 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2014-043795 A（株式会社日立製作所） 2014.03.13, 段落[0021], [0032] (ファミリーなし)	1-6

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

16.03.2017

国際調査報告の発送日

28.03.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

松浦 久夫

30

6209

電話番号 03-3581-1101 内線 3358