

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5000223号
(P5000223)

(45) 発行日 平成24年8月15日(2012.8.15)

(24) 登録日 平成24年5月25日(2012.5.25)

(51) Int.Cl.		F I		
F O 4 D	27/00	(2006.01)	F O 4 D	27/00 I O I F
F O 2 C	3/28	(2006.01)	F O 2 C	3/28
F O 2 C	7/22	(2006.01)	F O 2 C	7/22 D

請求項の数 3 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2006-200647 (P2006-200647)	(73) 特許権者	310010564 三菱重工コンプレッサ株式会社 東京都港区芝五丁目34番6号
(22) 出願日	平成18年7月24日(2006.7.24)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2008-25501 (P2008-25501A)	(72) 発明者	中川 陽介 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三 菱重工株式会社広島研究所内
(43) 公開日	平成20年2月7日(2008.2.7)	(72) 発明者	武多 一浩 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三 菱重工株式会社広島研究所内
審査請求日	平成21年5月28日(2009.5.28)	(72) 発明者	平野 謙吾 広島市西区観音新町四丁目6番22号 三 菱重工株式会社広島製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧縮機の制御装置及び石炭ガス化発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

化石燃料とガス化剤を接触させて可燃性ガスを生成するガス化炉と、
可燃性ガスの燃焼によりタービンを回転させて発電するガスタービンと、
前記ガスタービンにより駆動されるガスタービン空気圧縮機から一部抽気された空気を、
上記ガス化炉にガス化剤として供給する抽気空気ラインと、
大気を導入する原料用空気圧縮機と、
前記原料用空気圧縮機に接続された空気分離装置と、
前記空気分離装置において分離された窒素の一部を上記ガス化炉に導入し、残りの窒素を
上記ガス化炉と上記ガスタービンの間のシステム系内へ導入する窒素供給ラインと、
分離された酸素を上記抽気空気ラインに混合する酸素富化空気供給ラインとを有する石炭
ガス化発電システムにおいて、
圧縮機と、前記圧縮機の吸入側に配設されたIGVと、前記圧縮機の吐出側と吸入側とを
接続するリサイクルラインと、前記リサイクルラインに設けられたリサイクル弁とを有す
る圧縮機の制御装置を前記抽気空気ラインに備え、且つ、
前記圧縮機の制御装置は、
前記圧縮機への供給流量指令値、供給圧力設定値、前記圧縮機の下流側に接続されたヘッ
ダタンクの圧力を計測するヘッダタンク圧力計により計測された供給圧力計測値に基づき
弁操作補正值を演算する弁開度演算部と、
前記弁開度演算部から前記弁操作補正值を受信して、前記弁操作補正值が所定のスプリッ

10

20

ト点以上であるときに前記弁操作補正值の増大に伴って増加し、前記スプリット点以下のときに所定の流量調整開度下限値とする I G V 開度指令値を演算する調整流量関数発生器と、

前記調節流量関数発生器から前記 I G V 開度指令値を入力して、前記 I G V 開度指令値と前記圧縮機を実際に流れる流量が比例関係となるように、前記 I G V の開度を制御するための前記 I G V 開度指令補正值を演算する非線形弁開度関数発生器と、

前記弁開度演算部から前記弁操作補正值を受信し、前記弁操作補正值が所定のスプリット点未満のときに前記弁操作補正值の増大に伴って減少するリサイクル弁開度指令値を演算し、前記リサイクル弁の制御信号として出力するリサイクル弁開度関数発生器と、
を備えたことを特徴とする石炭ガス化発電システム。

10

【請求項 2】

圧縮機と、前記圧縮機の吸入側に配設された I G V と、前記圧縮機の吐出側と吸入側とを接続するリサイクルラインと、前記リサイクルラインに設けられたリサイクル弁とを有する圧縮機の制御装置において、

前記圧縮機への供給流量指令値、供給圧力設定値、前記圧縮機の下流側に接続されたヘッダタンクの圧力を計測するヘッダタンク圧力計により計測された供給圧力計測値に基づき弁操作補正值を演算する弁開度演算部と、

前記供給圧力設定値と前記圧縮機の下流側の圧力を計測する入口抽気空気圧力計により計測された入口圧力計測値との比である供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比を演算する比較器と、

20

前記比較器から供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比を受信して、供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比に応じて増加する開度指令下限値を演算する開度指令下限値演算器と、

前記比較器から供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比を受信して、供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比に応じて増加するスプリット点を演算するスプリット点演算器と、

前記弁開度演算部から前記弁操作補正值を受信し、前記開度指令下限値演算器から前記開度指令下限値を受信し、前記スプリット点演算器から前記スプリット点を受信すると共に、前記弁操作補正值が前記スプリット点以上であるときに弁操作補正值の増大に伴って増加し、前記スプリット点以下のときに前記開度指令下限値とする I G V 開度指令値を演算する調整流量関数発生器と、

前記調節流量関数発生器から前記 I G V 開度指令値を入力して、前記 I G V 開度指令値と前記圧縮機を実際に流れる流量が比例関係となるように、前記 I G V の開度を制御するための前記 I G V 開度指令補正值を演算する非線形弁開度関数発生器と、

30

前記弁開度演算部から前記弁操作補正值を受信し、前記スプリット点演算器から前記スプリット点を受信すると共に、前記弁操作補正值が前記スプリット点未満のときに前記弁操作補正值の増大に伴って減少するリサイクル弁開度指令値を演算し、前記リサイクル弁の制御信号として出力するリサイクル弁開度関数発生器と、

を備えたことを特徴とする圧縮機の制御装置。

【請求項 3】

化石燃料とガス化剤を接触させて可燃性ガスを生成するガス化炉と、

可燃性ガスの燃焼によりタービンを回転させて発電するガスタービンと、

40

前記ガスタービンにより駆動されるガスタービン空気圧縮機から一部抽気された空気を、上記ガス化炉にガス化剤として供給する抽気空気ラインと、

大気を導入する原料用空気圧縮機と、

前記原料用空気圧縮機に接続された空気分離装置と、

前記空気分離装置において分離された窒素の一部を上記ガス化炉に導入し、残りの窒素を上記ガス化炉と上記ガスタービンの間のシステム系内へ導入する窒素供給ラインと、

分離された酸素を上記抽気空気ラインに混合する酸素富化空気供給ラインとを有する石炭ガス化発電システムにおいて、

前記抽気空気ラインに請求項 2 に記載の圧縮機の制御装置を備えたことを特徴とする石炭ガス化発電システム。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば石炭ガス化発電システム等のエネルギー・石油化学プラントにおいて、空気、燃料ガス、不活性ガス等を圧送する圧縮機の制御装置及び石炭ガス化発電システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

ガスを圧縮する圧縮機の制御装置として、図16に図示のように、圧縮機1に対する燃料ガスの流入量を調整する流入量調整手段95と、圧縮機1から吐出される燃料ガスを圧縮機1の入口側に戻すためのリサイクル弁4と、圧縮機1を所定の運転点で運転させるための制御操作値を設定し、その制御操作値に基づいて流入量調整手段95およびリサイクル弁4を制御する制御手段と、を備え、制御手段は、制御操作値が所定値以上であるときに、その操作値の増大に伴って増加する信号を流入量調整手段95の制御信号として発生する第1の制御信号発生手段96と、制御操作値が所定値未満であるときに、その操作値の増大に伴って減少する信号をリサイクル弁4の制御信号として発生する第2の制御信号発生手段97と、を有するものを提案した。

なお、7はヘッドタンク、5は逆止弁、6は開閉弁（遮断弁）、PCは圧力調節器、FCは流量調節器、HSは高位選択器であり、設定圧力は、圧力調節器PCに入力される（例えば、特許文献1。）。

【0003】

しかしながら、特許文献1に記載のものでは、流入量調整手段95の開度と圧縮機1に対する燃料ガスの流入量の関係が線形性を持たない場合、圧力調節器PCの制御操作量変化に対する燃料ガスの流入量変化が流入量調整手段95の開度によって異なり、圧力の制御が難しくなる可能性があるという問題がある。

【0004】

また、化石燃料とガス化剤を接触させて可燃性ガスを生成するガス化炉と、可燃性ガスの燃焼によりタービンを回転させて発電するガスタービンと、ガスタービン空気圧縮機から一部抽気された空気を、抽気空気圧縮機により上記ガス化炉にガス化剤として供給する抽気空気系ラインとを備えたガス化発電システムが提案されている（例えば、特許文献2。）。

しかしながら、特許文献2には、ガスタービンの負荷が大きく変動する場合、抽気空気圧縮機への空気の流入量も変化するため、抽気空気圧縮機内の各弁類を制御する必要があるが、この弁類の開度と圧縮機に対する空気の流入量の関係が線形性を持たない場合の制御については開示されておらず、抽気空気圧縮機の制御が難しくなる可能性がある。

【0005】

【特許文献1】特開2005-76461号公報

【特許文献2】特開平10-251669号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、上述の構成が有していた問題を解決しようとするものであり、流入量調整手段の開度と圧縮機に対する燃料ガス等の気体の流入量の関係に線形性を持たせて、圧力の制御を容易に行なうことができる圧縮機の制御装置及び石炭ガス化発電システムを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の問題点に対し本発明は、以下の各手段を以って課題の解決を図る。

【0008】

(1) 第1の手段の石炭ガス化発電システムは、

10

20

30

40

50

化石燃料とガス化剤を接触させて可燃性ガスを生成するガス化炉と、可燃性ガスの燃焼によりタービンを回転させて発電するガスタービンと、前記ガスタービンにより駆動されるガスタービン空気圧縮機から一部抽気された空気を、上記ガス化炉にガス化剤として供給する抽気空気ラインと、大気を導入する原料用空気圧縮機と、前記原料用空気圧縮機に接続された空気分離装置と、前記空気分離装置において分離された窒素の一部を上記ガス化炉に導入し、残りの窒素を上記ガス化炉と上記ガスタービンの間のシステム系内へ導入する窒素供給ラインと、
 分離された酸素を上記抽気空気ラインに混合する酸素富化空気供給ラインとを有する石炭ガス化発電システムにおいて、
 圧縮機と、前記圧縮機の吸入側に配設されたIGVと、前記圧縮機の吐出側と吸入側とを接続するリサイクルラインと、前記リサイクルラインに設けられたリサイクル弁とを有する圧縮機の制御装置を前記抽気空気ラインに備え、且つ、
 前記圧縮機の制御装置は、
 前記圧縮機への供給流量指令値、供給圧力設定値、前記圧縮機の下流側に接続されたヘッダタンクの圧力を計測するヘッダタンク圧力計により計測された供給圧力計測値に基づき弁操作補正値を演算する弁開度演算部と、
 前記弁開度演算部から前記弁操作補正値を受信して、前記弁操作補正値が所定のスプリット点以上であるときに前記弁操作補正値の増大に伴って増加し、前記スプリット点以下のときに所定の流量調整開度下限値とするIGV開度指令値を演算する調整流量関数発生器と、
 前記調節流量関数発生器から前記IGV開度指令値を入力して、前記IGV開度指令値と前記圧縮機を実際に流れる流量が比例関係となるように、前記IGVの開度を制御するための前記IGV開度指令補正値を演算する非線形弁開度関数発生器と、
 前記弁開度演算部から前記弁操作補正値を受信し、前記弁操作補正値が所定のスプリット点未満のときに前記弁操作補正値の増大に伴って減少するリサイクル弁開度指令値を演算し、前記リサイクル弁の制御信号として出力するリサイクル弁開度関数発生器と、
 を備えたことを特徴とする。

10

20

【0009】

(2) 第2の手段の圧縮機の制御装置は、
 圧縮機と、前記圧縮機の吸入側に配設されたIGVと、前記圧縮機の吐出側と吸入側とを接続するリサイクルラインと、前記リサイクルラインに設けられたリサイクル弁とを有する圧縮機の制御装置において、
 前記圧縮機への供給流量指令値、供給圧力設定値、前記圧縮機の下流側に接続されたヘッダタンクの圧力を計測するヘッダタンク圧力計により計測された供給圧力計測値に基づき弁操作補正値を演算する弁開度演算部と、
 前記供給圧力設定値と前記圧縮機の下流側の圧力を計測する入口抽気空気圧力計により計測された入口圧力計測値との比である供給圧力設定値/入口圧力計測値比を演算する比較器と、
 前記比較器から供給圧力設定値/入口圧力計測値比を受信して、供給圧力設定値/入口圧力計測値比に応じて増加する開度指令下限値を演算する開度指令下限値演算器と、
 前記比較器から供給圧力設定値/入口圧力計測値比を受信して、供給圧力設定値/入口圧力計測値比に応じて増加するスプリット点を演算するスプリット点演算器と、
 前記弁開度演算部から前記弁操作補正値を受信し、前記開度指令下限値演算器から前記開度指令下限値を受信し、前記スプリット点演算器から前記スプリット点を受信すると共に、
 前記弁操作補正値が前記スプリット点以上であるときに弁操作補正値の増大に伴って増加し、前記スプリット点以下のときに前記開度指令下限値とするIGV開度指令値を演算する調整流量関数発生器と、
 前記調節流量関数発生器から前記IGV開度指令値を入力して、前記IGV開度指令値と前記圧縮機を実際に流れる流量が比例関係となるように、前記IGVの開度を制御するた

30

40

50

めの前記 I G V 開度指令補正値を演算する非線形弁開度関数発生器と、
前記弁開度演算部から前記弁操作補正値を受信し、前記スプリット点演算器から前記スプリット点を受信すると共に、前記弁操作補正値が前記スプリット点未満のときに前記弁操作補正値の増大に伴って減少するリサイクル弁開度指令値を演算し、前記リサイクル弁の制御信号として出力するリサイクル弁開度関数発生器と、
を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

(3) 第 3 の手段の石炭ガス化発電システムは、
化石燃料とガス化剤を接触させて可燃性ガスを生成するガス化炉と、
可燃性ガスの燃焼によりタービンを回転させて発電するガスタービンと、
前記ガスタービンにより駆動されるガスタービン空気圧縮機から一部抽気された空気を、
上記ガス化炉にガス化剤として供給する抽気空気ラインと、
大気を導入する原料用空気圧縮機と、
前記原料用空気圧縮機に接続された空気分離装置と、
前記空気分離装置において分離された窒素の一部を上記ガス化炉に導入し、残りの窒素を上記ガス化炉と上記ガスタービンの間のシステム系内へ導入する窒素供給ラインと、
分離された酸素を上記抽気空気ラインに混合する酸素富化空気供給ラインとを有する石炭ガス化発電システムにおいて、
前記抽気空気ラインに上記第 1 又は第 2 の手段の圧縮機の制御装置を備えたことを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

特許請求の範囲に記載の各請求項に係る発明は、上記の各手段を採用しており、圧縮機と I G V とが、配置上離れた場所に設置しなければならなくなり、I G V の開度と実際に流れる流量との非線形性が大きくなり圧縮機の制御に支障を来たす場合において、流量と I G V 開度の線形性を持たせることができ、制御性能を改善することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 2 】

(石炭ガス化複合発電システムの全体の構成)
以下、本発明の実施の形態に係る圧縮機の制御装置、及び石炭ガス化複合発電システムにつき説明する。

図 1 は、本発明の各実施の形態に係る圧縮機の制御装置を採用した石炭ガス化複合発電システムの全体の構成図である。

図 2 は、図 1 の石炭ガス化複合発電システムの制御装置の概略図である。

【 0 0 1 3 】

先ず、図 1 に基づき、本発明の各実施の形態に係る圧縮機の制御装置を採用した石炭ガス化複合発電システムの全体の構成につき説明する。

なお、図 1 に図示の石炭ガス化複合発電システムの全体の構成は、抽気空気圧縮機 6 4 以外は特開平 1 0 - 2 5 1 6 6 9 号公報 (特許文献 2) に開示されたものに類似している。
図 1 に図示のように、石炭ガス化複合システムは、上流側から順にアニユラス部 5 1 a に配設されるガス化炉 5 1、生成ガス冷却器 5 2、サイクロン 5 3 とポーラスフィルタ 5 4 からなる脱塵装置 5 5、脱硫装置 5 6 及びガスタービン 5 7 の順に配設されている。

【 0 0 1 4 】

ガス化炉 5 1 の上流側には、微粉炭供給装置 5 8 (ミル) が配設されている。
原料炭は、原料炭供給ライン 1 0 1 から微粉炭供給装置 5 8 (ミル) に導入されて、微粉炭供給装置 5 8 の下部の粉碎ローラにより粉碎される。
そして、粉碎された粉炭は圧送空気ライン 1 0 8 からの窒素ガス (不活性ガス) により搬送されて、微粉炭供給装置 5 8 の上部のロータリセパレータにより所定の粒径以下の微粉炭が選別され、選別された微粉炭は微粉炭搬送ライン 1 0 2 を通りガス化炉 5 1 に供給される。

ガス化炉 5 1 は、微粉炭供給装置 5 8 で微粉炭を、その内部で後述する抽気空気中の酸素等のガス化剤と接触させる。

そして、ガス化炉 5 1 は、微粉炭を 1 5 0 0 ~ 2 0 0 0 の高温で燃焼及びガス化し、可燃性ガスを発生させ、それを生成ガス冷却器 5 2 に排出する。

この際、ガス化炉 5 1 内で生じたスラグは、ガス化炉 5 1 の下部のスラグ排出ライン 1 0 9 から排出される。

【 0 0 1 5 】

生成ガス冷却器 5 2 では、導入された一酸化炭素、水素ガス、メタンガスなどを含む高温の可燃性ガスが冷却されて熱が回収され、冷却された可燃性ガスは下流側の脱塵装置 5 5 に排出される。

脱塵装置 5 5 では、可燃性ガスに含まれる固体成分の未反応チャーの粗粒子がサイクロン 5 3 で脱塵され、さらにサイクロン 5 3 で脱塵できなかった微粒子はポーラスフィルタ 5 4 で脱塵される。

ここで可燃性ガスから分離されたチャーは、チャー供給ライン 1 1 3 を経て、ガス化炉 5 1 に回収され再利用される。

他方、脱塵装置 5 5 により脱塵された可燃性ガスは、脱硫装置 5 6 に排出される。

脱硫装置 5 6 では、可燃性ガス中に含まれる硫黄が分離される。

【 0 0 1 6 】

そして、脱硫装置 5 6 から排出された可燃性ガスは、可燃性ガス供給ライン 1 0 3 を経て燃焼部 5 7 b に供給される。

燃焼部 5 7 b において、脱硫装置 5 6 から排出された可燃性ガスは、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a からの圧縮空気と混合されて燃焼する。

燃焼し膨張した燃焼ガスはガスタービン 5 7 に排出される。

ガスタービン 5 7 は、燃焼し膨張した燃焼ガスにより回転させられ、これに軸連結された発電機 5 7 c を駆動し、発電機 5 7 c により発電を行なう。

ガスタービン 5 7 の下流側に配設されている排熱回収ボイラ 6 1 は、ガスタービン 5 7 から導入された高温の燃焼ガスの熱により蒸気を発生させて、この蒸気を蒸気排出ライン 1 1 1 を経て蒸気タービン 6 2 に排出する。

そして、蒸気タービン 6 2 は、排熱回収ボイラ 6 1 から排出された蒸気及び、生成ガス冷却器 5 2 から復水蒸発ライン 1 1 2 を経て排出された蒸気により回転させられ、これに軸連結された発電機 6 2 a を駆動し、発電機 6 2 a により発電を行なう。

【 0 0 1 7 】

なお、蒸気タービン 6 2 から排出した蒸気は冷却器 6 2 b で冷却され、復水ポンプ 6 2 c により、生成ガス冷却器 5 2 に送られる。

また、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a で圧縮された圧縮空気の一部は、抽気空気ライン 1 0 4 a に導入される。

この抽気空気ライン 1 0 4 a、1 0 4 b には、上流側の再生熱交換器 5 9、抽気空気圧縮機 6 4、下流側の再生熱交換器 6 0、抽気空気制御弁 7 4 及び流量計 7 9 が介装されている。

そして、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a で圧縮された圧縮空気の一部は、上流側の再生熱交換器 5 9 を通り抽気空気圧縮機 6 4 で更に圧縮され、下流側の再生熱交換器 6 0 を通り、ガス化剤供給ライン 1 0 7 を経て、ガス化炉 5 1 に導入される。

なお、抽気空気圧縮機 6 4 は、圧縮機 1、原動機 2、I G V 3、ヘッドタンク 7 等により構成されているが、詳細は後述する。

【 0 0 1 8 】

石炭ガス化複合発電システムには、原料用空気圧縮機 6 5、空気分離装置 6 3 等も配設されている。

空気分離装置 6 3 は、空気に含まれている窒素と酸素を分離する装置である。

空気分離装置 6 3 には、空気を吸入するため発電システム系外の大気から空気を吸入する原料用空気圧縮機 6 5 が接続されている。

10

20

30

40

50

空気分離装置 6 3 により分離された空気のうち、窒素ガスは窒素供給ライン 1 0 6 に排出され、酸素は酸素富化空気供給ライン 1 0 5 に排出される。

【 0 0 1 9 】

なお、抽気空気圧縮機 6 4 へは、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a で圧縮された空気の一部が搬送されており、残りの空気は燃焼部 5 7 b に搬送される。

従って、抽気空気圧縮機 6 4 へ流入する抽気空気量、圧力は、燃焼部 5 7 b、ガスタービン 5 7 及び発電機 5 7 c の運転状況に応じて大きく変化する。

そこで、抽気空気圧縮機 6 4 に I G V 3、リサイクル弁 4 等を備えることにより、ガス化炉 5 1 へ搬送する圧力を調整するようにしている。

一方、原料用空気圧縮機 6 5、窒素圧縮機 6 6、酸素圧縮機 6 7、高圧窒素ガス圧縮機 6 8 については、大気からの空気を導入し、圧縮、搬送するものであるため、リサイクル弁 4 等は必要がなく、石炭ガス化複合発電システムにおける設置位置も自由度がある。

10

【 0 0 2 0 】

窒素供給ライン 1 0 6 では、窒素圧縮機 6 6 により窒素ガスは圧縮されて後流側に排出された後、2 方向に分岐する。

すなわち、一部の窒素ガスは、高圧窒素ガス圧縮機 6 8 により更に圧縮された後、窒素制御弁 7 0 が介装された圧送空気ライン 1 0 8 を通り微粉炭供給装置 5 8 に供給され、また、窒素制御弁 7 1 が介装された加圧ライン 1 1 0 を通りガス化炉 5 1 に供給される。

なお、微粉炭供給装置 5 8 に供給された窒素ガスは、微粉炭をガス化炉 5 1 に搬送する際の搬送媒体等として使用される。

20

残りの窒素ガスは、窒素制御弁 7 2 が介装された窒素ガス付加ライン 1 1 4 を通り、系内の生成ガス冷却器 5 2 の後流側に送られる。

このようにして、ガス化炉 5 1 への投入酸素濃度が最適となるような量の窒素ガスを系内に流す。

なお、圧送空気ライン 1 0 8、加圧ライン 1 1 0、窒素ガス付加ライン 1 1 4 には、各々流量計 7 5、7 6、7 7 が配設されている。

【 0 0 2 1 】

また、空気分離装置 6 3 にて分離された酸素富化空気は、酸素富化空気供給ライン 1 0 5 を通り、酸素圧縮機 6 7 により圧縮されて、後流側に排出された後、酸素制御弁 7 3、流量計 7 8 を介して、抽気空気ライン 1 0 4 b の抽気空気と混合される。

30

この場合、混合は抽気空気ライン 1 0 4 b の途中でもよいし、ガス化炉 5 1 のバーナ先端でもよい。

【 0 0 2 2 】

(石炭ガス化複合発電システムの制御)

次に、図 2 に基づき、本発明の各実施の形態に係る圧縮機の制御装置を採用した石炭ガス化複合発電システムの制御につき説明する。

なお、図 2 に図示の石炭ガス化複合発電システムの制御も、特開平 1 0 - 2 5 1 6 6 9 号公報 (特許文献 2) に開示されたものと類似している。

図 2 に示す空気供給制御盤 4 1 は、抽気空気ライン 1 0 4 a、1 0 4 b、窒素供給ライン 1 0 6、酸素富化空気供給ライン 1 0 5、圧送空気ライン 1 0 8、加圧ライン 1 1 0 及び窒素ガス付加ライン 1 1 4 の各ガスの流量を制御するためのもので、上述及び後述する制御弁 7 0 ~ 7 3 及び抽気空気ライン 1 0 4 b に設けた抽気空気制御弁 7 4 を流れる、各ガスの流量を制御する。

40

これらの制御弁が配設されている各ラインの管路には、管路を流れる各ガス或いは抽気空気の流量を検知する流量計 7 5 ~ 7 9 が設けられている。

【 0 0 2 3 】

また、空気供給制御盤 4 1 は、発電機 5 7 c、6 2 a を制御するタービン制御盤 4 2、微粉炭供給装置 5 8 を制御する原料炭粉砕機制御盤 4 6、抽気空気圧縮機 6 4 を制御する抽気空気圧縮機制御盤 4 5 a (4 5 b)、各圧縮機 6 5 ~ 6 8 を制御する圧縮機制御盤 4 3 a ~ 4 3 d、窒素制御弁 7 0、7 1、7 2、酸素制御弁 7 3、7 4 を制御する弁制御盤

50

44a～44dに接続されている。

なお、チャー供給ライン113にも、チャーの流量を検知する流量計80と制御弁81が配設され、これを制御する弁制御盤44eが空気供給制御盤41に接続され、チャーの流量を制御している。

なお、空気供給制御盤41等は、中央監視制御盤40に接続されている。

【0024】

このような構成により、石炭ガス化複合発電システムは、ガスタービン空気圧縮機57aで圧縮された空気を再生熱交換器59で冷却させて抽気空気圧縮機64で圧縮した後、再度、再生熱交換器60を経て、ガス化炉51側に排出する。

この際、空気分離装置63で分離された酸素が酸素富化空気供給ライン105を経て、抽気空気ライン104bの空気と混合する。

このとき、酸素富化空気供給ライン105に配設された流量計78は、酸素ガスの流量を、抽気空気ライン104bに配設された流量計79は、抽気空気流量を検知する。

そして、空気供給制御盤41は、酸素制御弁73、抽気空気制御弁74の絞り量を調整し、ガス化剤として好ましい混合比で、酸素と窒素を含んだガスを、ガス化炉51内に導入する。

これによって、効率良く可燃性ガスが生成する。

【0025】

他方、窒素供給ライン106では、同じく空気供給制御盤41が、流量計75、76、77により窒素ガスの流量を検知し、窒素制御弁70、71、72の絞り量を調整し、窒素制御弁70、71については、微粉炭及びチャーの圧送空気ライン108又は加圧ライン110に対して、適した絞り量に調整し、また窒素制御弁72についてはこれらの全ての窒素と酸素の混合比が好適となるように絞り量を調整し、窒素ガス付加ライン114に戻す。

【0026】

なお、上述の各計測機器、或いは各操作盤から送信される各計測値、或いは出力信号は、言うまでもなく一般に用いられている所定の電気信号に変換されたものである。

更に、上述の各制御盤等は、一体或いは別個のコンピュータの形態をなしており、各制御盤内の各関数発生器、演算器等は、それを実行するプログラム、シーケンスブロック、或いはメモリの形態をなしているが、これに限定されるものではなく、個々の電気回路により構成するようにしても良い。

【0027】

(第1の実施の形態の抽気空気圧縮機の構成及び制御)

次に、図3～図9に基づき、本発明の第1の実施の形態における抽気空気圧縮機の制御装置につき説明する。

図3は、本発明の第1の実施の形態に係る抽気空気圧縮機64の構成図である。

図4は、図3の指令値関数発生器22における供給流量指令値SV1と供給圧力設定値SV2との関係を弁操作値MV1をパラメータとして例示した特性図である。

図5は、図3の指令値関数発生器22における供給流量指令値SV1と弁操作値MV1との関係を例示したグラフである。

図6は、図3の調整流量関数発生器24における弁操作補正值MV3とIGV開度指令値MV4との関数を例示したグラフである。

図7は、非線形開度関数発生器25におけるIGV開度指令値MV4とIGV開度指令補正值MV6との関係を例示したグラフである。

図8は、図3のリサイクル弁開度関数発生器26における弁操作補正值MV3とリサイクル弁開度指令値MV5との関数を例示したグラフである。

図9は、本発明の第1の実施の形態における作動状態を示す図である。

【0028】

上述の図1に図示の石炭ガス化複合発電システムにおいて、原料用空気圧縮機65への空気供給源は大気であるため、原料用空気圧縮機65の入口側の圧力、流量等の運転条件

10

20

30

40

50

は殆ど変化しない。

窒素圧縮機 6 6、酸素圧縮機 6 7、高圧窒素ガス圧縮機 6 8 も、原料用空気圧縮機 6 5 の下流側に接続されており同様である。

しかしながら、抽気空気圧縮機 6 4 の供給源は、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a であり、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a に接続されたガスタービン 5 7 及び発電機 5 7 c の出力等により大きく変動する。

したがって、抽気空気圧縮機 6 4 については、ガスタービン 5 7 及び発電機 5 7 c の大きく変動する出力等に応じて制御する必要がある。

【 0 0 2 9 】

また、一般的に、I G V (入口ガイドベーン / inlet guide vane、又は入口案内翼 / 以下「 I G V 」と称する) により流量を制御する場合、I G V を閉める (開度を小さくする) と、圧力損失が大きくなり、開度と実際に流れる流量とは、比例せず、非線形性がなくなる。

但し、I G V と圧縮機が近接して配設されている場合、I G V 出口に旋回流 (うずまきのような流れ) が発生し、この効果によって I G V の開度と実際に流れる流量とは線形性が保たれる、或いは、非線形性が実用上殆ど問題とならない程度となる。

【 0 0 3 0 】

しかしながら、石炭ガス化複合発電システムにおける抽気空気圧縮機 6 4 の場合、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a、再生熱交換器 5 9、6 0、微粉炭供給装置 5 8 との間の抽気空気ライン 1 0 4 a、1 0 4 b に配設されているため、圧縮機 1 と I G V 3 とが、配置上離れた場所に設置しなければならなくなる場合がある。

この場合、I G V 3 の開度と実際に流れる流量との非線形性は大きくなり、I G V 3 の制御に支障を来す。

そこで、この非線形性を是正して制御する必要がある。

【 0 0 3 1 】

先ず、図 3 に基づき、抽気空気圧縮機 6 4 の構成につき説明する。

図 3 に図示のように、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a には、図 1 に図示の再生熱交換器 5 9 (図 3 では図示を省略) を介して、抽気空気ライン 1 0 4 a (配管) が接続されている。

この抽気空気ライン 1 0 4 a は圧縮機吸入ライン 9 (配管) に接続され、圧縮機吸入ライン 9 は、抽気空気の流入を調整する流入量調整手段としての I G V 3 を介して、圧縮機 1 の吸入口に接続されている。

この圧縮機 1 の回転軸は、図示略のクラッチ等を介して蒸気タービン、電動モータ等の原動機 (モータ) 2 に連結されている。

なお、本実施の形態においては、I G V 3 は圧縮機 1 の吸入口近傍には配設されておらず、I G V 3 と圧縮機 1 の吸入口とは離れた位置に配設され、或いは、I G V 3 と圧縮機 1 の吸入口との間の圧縮機吸入ライン 9 が屈曲したものとなっている。

なお、上述のごとく、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a から供給される抽気空気の諸条件 (入口流体圧力等) は、ガスタービン 5 7 及び発電機 5 7 c の出力等により大きく変動する。

【 0 0 3 2 】

圧縮機 1 の吐出口は、圧縮機吐出ライン 1 0 (配管)、逆止弁 5、遮断弁 6、ヘッダタンク供給ライン 1 2 (配管) を介して、ヘッダタンク 7 の入口に接続されている。

ヘッダタンク 7 の出口は、抽気空気ライン 1 0 4 b により、図 1 に図示の再生熱交換器 6 0 (図 3 では図示を省略) を介して、ガス化炉 5 1 に接続されている。

そして、圧縮機吐出ライン 1 0 とヘッダタンク供給ライン 1 2 との合流部と、圧縮機吸入ライン 9 と抽気空気ライン 1 0 4 a との合流部とは、リサイクル弁 4 [或いは、戻り弁、又は R C V (R e c y c l e V a l v e) という] が介在されたりサイクルライン 1 1 (或いは、戻り配管、バイパス配管ともいう) により接続されている。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

なお、リサイクル弁 4 は、アンチサージ制御機能も持っており、圧縮機 1 がサージング状態に入ったときに、速やかにその状態から抜け出すために開いて吐出圧力を低下させる機能を有している。

このために、リサイクル弁 4 は、IGV 3 に比べて応答性、制御精度に優れたものが使用される。

【0034】

上述の構成において、ガスタービン空気圧縮機 57a から供給された抽気空気は、抽気空気ライン 104a、IGV 3 及び圧縮機吸入ライン 9 を通り、圧縮機 1 により吸引され圧縮される。

圧縮機 1 によって圧縮された抽気空気は、圧縮機吐出ライン 10、逆止弁 5、遮断弁 6 及びヘッダタンク供給ライン 12 を通りヘッダタンク 7 に貯蔵される。

このヘッダタンク 7 は、抽気空気の急激な圧力、流量等の変動を緩和する機能を有する。そして、ヘッダタンク 7 内の抽気空気は、抽気空気ライン 104b 等を介してガス化炉 51 に供給される。

なお、ヘッダタンク 7、或いはヘッダタンク供給ライン 12 のヘッダタンク 7 近傍には、ヘッダタンク 7 内の抽気空気の圧力を計測しガス化炉 51 の需要先への供給圧力計測値 PV1 を出力するヘッダタンク圧力計 8 が取り付けられている。

【0035】

抽気空気圧縮機 64 の運転時には、上述のヘッダタンク圧力計 8 での計測値は、信号電線を介して抽気空気圧縮機制御盤 45a に送信される。

一方、抽気空気圧縮機制御盤 45a の指令値関数発生器 22 には、空気供給制御盤 41 (或いは、中央監視制御盤 40) から、ガス化炉 51 に必要な抽気空気の吐出流量である供給流量指令値 SV1 が送信される。

【0036】

次に、図 4、図 5 に基づき抽気空気圧縮機制御盤 45a の指令値関数発生器 22 における演算内容につき説明する。

指令値関数発生器 22 では、空気供給制御盤 41 (或いは、中央監視制御盤 40) から送信された供給流量指令値 SV1 と、抽気空気圧縮機制御盤 45a 内の圧力設定器 21 から送信された供給圧力設定値 SV2 とに基づき、図 4 に図示の関数にて弁操作値 MV1 が演算される。

即ち、図 4 において、圧力流量特性曲線 a、b 及び c は、それぞれ IGV 3 の開度が 20%、50% 及び 100% の場合における圧縮機 1 の吐出流量と吐出圧力の関係を例示したものである。

この関係によれば、空気供給制御盤 41 から圧力設定器 21 に送信、記憶された供給圧力設定値 SV2 が P1、供給流量指令値 SV1 が F1 である場合、IGV 3 の弁操作値 MV1 を 50% に設定することにより、圧縮機 1 が運転点 A1 で運転される。

【0037】

そして、供給流量指令値 SV1 が低下した場合には、IGV 3 の開度を減少させて、抽気空気の吐出流量を上記供給流量指令値 SV1 に見合った量まで低下させる。

しかし、IGV 3 は、その構造に起因して、ある開度以下での制御精度が低くなる。

このため、この第 1 の実施の形態においては、後述するように、IGV 3 による精度の良い流量制御が可能な IGV 3 の最小開度指令値 (この例では、開度 20% となるような最小開度指令値) を設定して、IGV 3 の開度がこの最小開度よりも小さくならないようにしている。

【0038】

上記最小開度指令値を設定すると、IGV 3 がこの最小開度まで到達した後は、吐出流量を減少させることができない。

そこで、後述するように、IGV 3 が最小開度まで到達した場合には、その開度を保持させるとともに、圧縮機 1 から吐出される抽気空気の一部を、リサイクル弁 4 を介して抽気空気ライン 104a 側に戻すようにしている。

【 0 0 3 9 】

即ち、要求された抽気空気の吐出流量が例えば図 4 に示す F 2 であるとする、I G V 3 によっては開度 2 0 % に基づく吐出流量 F 3 (> F 2) までしか吐出流量を減少させることができないので、リサイクル弁 4 を開いて F 3 - F 2 に対応する量の抽気空気を抽気空気ライン 1 0 4 a 側に戻すように、つまり、リサイクルするようにしている。

これによって、上記要求流量 F 2 の抽気空気がガス化炉 5 1 側に供給されることになる。

この場合、圧縮機 1 の運転点は、A 2 ではなく A 3 となる。

上述の図 4 に基づく、供給流量指令値 S V 1 と弁操作値 M V 1 との関係は、図 5 に図示のような関数となる。

このようにして、指令値関数発生器 2 2 にて演算された弁操作値 M V 1 は、開度指令加算器 2 3 に送信される。

10

【 0 0 4 0 】

開度指令加算器 2 3 では、指令値関数発生器 2 2 から送信された弁操作値 M V 1 と、後述する圧力調節器 2 7 から送信された補正操作値 M V 2 とを加算して弁操作補正值 M V 3 を求め、弁操作補正值 M V 3 を調整流量関数発生器 2 4 及びリサイクル弁開度関数発生器 2 6 に送信する。

なお、開度指令加算器 2 3 によって得られる弁操作補正值 M V 3 は、圧縮機 1 の定常運転中においては、ほぼフィードバック制御用の弁操作値 M V 1 と同一となる。

即ち、定常運転中においては、ヘッダタンク 7 内の圧力である供給圧力計測値 P V 1 は、空気供給制御盤 4 1 から圧力設定器 2 1 に送信され、記憶された供給圧力設定値 S V 2 に保たれており、且つ、ヘッダタンク 7 へ流入する抽気空気の量と流出する抽気空気の量は一定であるため、補正操作値 M V 2 はほぼゼロとなるためである。

20

【 0 0 4 1 】

次に、開度指令加算器 2 3 に入力されるフィードフォワード制御用の補正操作値 M V 2 につき説明する。

抽気空気圧縮機制御盤 4 5 a の弁開度演算部 2 0 a には、圧力設定器 2 1 が配設されている。

この圧力設定器 2 1 には、ガス化炉 5 1 へ供給される抽気空気の供給圧力設定値 S V 2 が、空気供給制御盤 4 1 から送信されて記憶される。

この供給圧力設定値 S V 2 は、圧力調節器 2 7 に入力される。

30

【 0 0 4 2 】

一方、圧力調節器 2 7 には、ヘッダタンク圧力計 8 によって計測された供給圧力計測値 P V 1 も入力される。

圧力調節器 2 7 では、供給圧力設定値 S V 2 と供給圧力計測値 P V 1 との偏差に基づき P I (比例、積分) 演算処理が行われて次式により補正操作値 M V 2 が演算され、この補正操作値 M V 2 はフィードバック制御用の操作信号として開度指令加算器 2 3 に出力される。

$$\text{補正操作値 } M V 2 = K 1 \cdot (S V 2 - P V 1) + K 2 \cdot (S V 2 - P V 1) d t$$

なお、K 1、K 2 は係数である。

【 0 0 4 3 】

40

以上、指令値関数発生器 2 2、開度指令加算器 2 3、圧力設定器 2 1、圧力調節器 2 7 により、空気供給制御盤 4 1 からの供給流量指令値 S V 1、供給圧力設定値 S V 2 及び、ヘッダタンク圧力計 8 からの供給圧力計測値 P V 1 に基づき弁操作補正值 M V 3 を演算する弁開度演算部 2 0 a が構成されている。

【 0 0 4 4 】

そして、調整流量関数発生器 2 4 では、図 6 に例示する関数に基づいて、弁操作補正值 M V 3 が所定のスプリット点 (例えば、5 0 %) 以下では I G V 開度指令値 M V 4 を所定の下限值に保持し、弁操作補正值 M V 3 が 5 0 % 以上では弁操作補正值 M V 3 が増大するに伴って直線的に増加する I G V 開度指令値 M V 4 が算出される。

算出された I G V 開度指令値 M V 4 は、非線形弁開度関数発生器 2 5 に送信される。

50

【 0 0 4 5 】

非線形弁開度関数発生器 2 5 では、図 7 に図示のような補正関数が予め設定（或いは記憶）されている。

この非線形弁開度関数発生器 2 5 に設定（或いは記憶）された補正関数は、各々の石炭ガス化複合発電システムに特有の関数であり、石炭ガス化複合発電システムにおける、ガス化炉 5 1、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a、再生熱交換器 5 9、6 0、圧縮機 1 と I G V 3 との位置関係、抽気空気ライン 1 0 4 a、1 0 4 b の形状等により予め設定されている。

【 0 0 4 6 】

なお、この補正関数を、例えば、圧縮機吸入ライン 9 或いは圧縮機吐出ライン 1 0 に流量計を設置し、この流量計からの流量計測値と、I G V 3 の開度実測値とを比較して算出する、或いはフィードバック制御することも考えられる。

しかしながら、このように流量計測値と I G V 3 の開度実測値とに基づき補正するものでは、構造が複雑になるのみならず、必要以上に線形性を保つような制御となり、逆に制御が不安定になる可能性がある。

また、元々 I G V 3 の開度と流量とはある程度の非線形性を有しており、制御において、厳密に線形性のある制御を行う必要はない。

【 0 0 4 7 】

次に、この図 7 に図示の補正関数につき詳細に説明する。

I G V 3 の開度が 5 %、3 0 %、1 0 0 % における、流量 Q ($A m^3 / h$) と出入口圧力比 ($P d / P s$) との関係は、図 7 (a) に図示のようになる。

これの、I G V 3 の開度と、I G V 3 の開度 1 0 0 % における流量 Q を 1 0 0 % として、規格化した流量の関係は、図 7 (b) に図示のように、ほぼ比例の特性曲線 $L s$ に比べて大幅に離れた非線形性の強い特性曲線 $L n$ となる。

I G V 開度指令値 $M V 4$ と、規格化された流量は等価なものであり、I G V 開度指令値 $M V 4$ と、I G V 開度指令補正值 $M V 6$ の関係は図 7 (c) に図示のように、図 7 (b) のグラフの横軸、縦軸を入れ替えたグラフになる。

【 0 0 4 8 】

図 7 (c) のグラフの場合は、I G V 開度指令値 $M V 4$ が 4 0 %、9 0 %、1 0 0 % のとき、I G V 開度指令補正值 $M V 6$ が、各々 5 %、3 0 %、1 0 0 % となるように補正して、I G V 3 の開度を制御するものである。

なお、この予め設定（或いは記憶）された補正関数は、図 7 (c) に図示のような折れ線状のものでも、(0、0)、(4 0 %、5 % ± 1 %)、(9 0 %、3 0 % ± 6 %)、(1 0 0 %、1 0 0 %) の 4 点を結ぶ近似曲線でも良い。

また、上述のごとく、この 4 個の点の値において、各々 2 0 % 程度の増減は許容の範囲内である。

【 0 0 4 9 】

即ち、非線形弁開度関数発生器 2 5 では、前記調節流量関数発生器 2 4 から前記 I G V 開度指令値 $M V 4$ を入力して、前記 I G V 開度指令値 $M V 4$ と前記圧縮機 1 を実際に流れる流量が比例関係となるように、前記 I G V 3 の開度を制御するための前記 I G V 開度指令補正值 $M V 6$ が演算される。

この場合、非線形弁開度関数発生器 2 5 には、図 7 (c) に図示の I G V 3 開度指令値 ($M V 4$) と I G V 開度指令補正值 ($M V 6$) との関係を示す関係式（或いはグラフ）が、予め設定、記憶されている（言い換えれば、予め処理プログラム或いはシーケンスに組み込まれている）。

このようにして、非線形弁開度関数発生器 2 5 にて演算された I G V 開度指令補正值 $M V 6$ により I G V 3 が制御される。

【 0 0 5 0 】

一方、リサイクル弁開度関数発生器 2 6 には、弁開度演算部 2 0 a の開度指令加算器 2 3 から弁操作補正值 $M V 3$ が入力される。

10

20

30

40

50

そして、リサイクル弁開度関数発生器 2 6 では、図 8 に例示する関数に基づいて、弁操作補正值 M V 3 が、0 % から 5 0 % になるまではリサイクル弁 4 開度を 1 0 0 % から 0 % まで直線的に減少し、弁操作補正值 M V 3 が 5 0 % 以上の時にリサイクル弁 4 開度を 0 % に保持するリサイクル弁開度指令値 M V 5 が算出される。

算出されたりサイクル弁開度指令値 M V 5 により、リサイクル弁 4 が制御される。

【 0 0 5 1 】

(抽気空気圧縮機制御盤 4 5 a の動作)

以下、この本発明の第 1 の実施の形態に係る抽気空気圧縮機制御盤 4 5 a の動作を説明する。

空気供給制御盤 4 1 (或いは、中央監視制御盤 4 0) から送信された供給流量指令値 S V 1 は、指令値関数発生器 2 2 に入力される。

指令値関数発生器 2 2 では、供給流量指令値 S V 1 が F 1、供給圧力設定値 S V 2 が P 1 の場合、図 4 に図示のように弁操作値 M V 1 = 5 0 % が算出される。

【 0 0 5 2 】

そして、補正操作値 M V 2 = 0 % の場合は、弁操作補正值 M V 3 は 5 0 % となる。

この弁操作補正值 M V 3 に基づき、調整流量関数発生器 2 4 から出力される I G V 開度指令値 M V 4 によって、I G V 3 の開度は 2 0 % に設定される。

更に、弁操作補正值 M V 3 に基づきリサイクル弁開度関数発生器 2 6 から出力されるリサイクル弁開度指令値 M V 5 によってリサイクル弁 4 の開度は 0 % に設定される。

【 0 0 5 3 】

上記 I G V 3 及びリサイクル弁 4 の開度設定は、フィードバック制御によって実行されるので、圧縮機 1 の吐出圧力が速やかに設定値 P 1 に近付けられる。

そして、最終的には、弁操作補正值 M V 3 に基づくフィードバック制御によって上記吐出圧力が設定値 P 1 に精度良く制定され、その結果、圧縮機 1 の運転点が図 4 に示す A 1 点になる。

【 0 0 5 4 】

次に、例えば、図 4 に図示の吐出流量 F 2 を要求する出力指令が空気供給制御盤 4 1 (或いは、中央監視制御盤 4 0) から抽気空気圧縮機制御盤 4 5 a に入力された場合、I G V 3 の開度は、前記最小開度である 2 0 % に設定される。

従って、圧縮機 1 の流量は F 3 になる。

一方、吐出流量 F 3 - F 2 の抽気空気が抽気空気ライン 1 0 4 a 側にリサイクルされるように、リサイクル弁 4 の開度が設定される。

つまり、リサイクル弁 4 が開かれて、I G V 3 を通る過剰な抽気空気が前記リサイクル弁 4 を介して抽気空気ライン 1 0 4 a 側に戻される。

この結果、ヘッドタンク供給ライン 1 2 に流れる抽気空気の流量は、要求された吐出流量 F 2 となる。

【 0 0 5 5 】

次に、石炭ガス化複合発電システムがトリップし、抽気空気遮断信号が空気供給制御盤 4 1 (或いは、中央監視制御盤 4 0) から入力された場合について説明する。

なお、この場合、圧力設定器 2 1 において、供給圧力設定値 S V 2 は図 4 に図示のようにサージコントロールライン上の P 2 に設定される。

抽気空気遮断時には、たとえば、図 4 に図示の吐出流量 F 4 (ガス化炉 5 1 における最小流量から、酸素富化空気供給ライン 1 0 5 からの流量を引いたもの) を要求する出力指令が、空気供給制御盤 4 1 (或いは、中央監視制御盤 4 0) から抽気空気圧縮機制御盤 4 5 a に入力される。

【 0 0 5 6 】

この場合、I G V 3 の開度が前記最小開度である 2 0 % に設定されると、圧縮機 1 が前記サージライン d を越えたサージ域で運転されることになる。

この場合、図 6 に図示のように、リサイクル弁 4 によって抽気空気がリサイクルされるので、サージコントロールライン e での運転が実行される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

なお、空気供給制御盤 4 1 (或いは、中央監視制御盤 4 0) からの供給流量指令値 S V 1 が変化する場合も、上述と同様に演算、処理することにより、設定値 P 1 ~ P 2 間でサージコントロールライン e を越えないように、弁操作値 M V 1 が演算される。

【 0 0 5 8 】

また、I G V 3 だけでなく、リサイクル弁 4 も吐出圧力の制御に活用されるので、全ての運転状態 (石炭ガス化複合発電システムのトリップ時、通常運転時等) において圧縮機 1 の吐出圧力の変動を抑制すること、つまり、吐出圧力の制御性を向上することができる。

【 0 0 5 9 】

しかも、弁操作補正值 M V 3 が 5 0 % 以上のときに、リサイクル弁 4 の吐出圧力に対する指令信号をゼロにして I G V 3 のみによって吐出圧力を制御し、弁操作補正值 M V 3 が 5 0 % 未満のときに、I G V 3 を最小開度 (2 0 %) に維持して、リサイクル弁 4 のみによって吐出圧力を制御するので、つまり、I G V 3 とリサイクル弁 4 がスプリットレンジで作動されるので、この I G V 3 とリサイクル弁 4 による吐出圧力制御の干渉が回避される。

【 0 0 6 0 】

これに加えて、非線形弁開度関数発生器 2 5 により線形性のある I G V 3 の制御が可能となるので、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a からの抽気空気の状態が変化しても、適正に抽気空気量を制御できる。

図 9 に、本発明の第 1 の実施の形態に係る作動状態を示す。

図 9 に図示のものは、I G V 開度指令値 M V 4 と規格化された流量との関係のグラフである。

図 9 にかから明らかなように、従来のものに比べて非線形性が改善されている。

【 0 0 6 1 】

(第 2 の実施の形態の抽気空気圧縮機の構成及び制御)

次に、図 1 0 ~ 図 1 5 に基づき、本発明の第 2 の実施の形態に係る抽気空気圧縮機の制御装置につき説明する。

図 1 0 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る作動状態を示す図である。

図 1 1 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る抽気空気圧縮機 6 4 の構成図である。

図 1 2 は、図 1 1 の開度指令下限値演算器 3 2 における供給圧力設定値 S V 2 / 入口圧力計測値 P V 2 比と開度指令下限値 R 2 との関係を示したグラフである。

図 1 3 は、図 1 1 のスプリット演算器 3 3 における供給圧力設定値 S V 2 / 入口圧力計測値 P V 2 比とスプリット点の弁操作開度補正值 R 3 との関係を示したグラフである。

図 1 4 は、図 1 1 の調整流量関数発生器 2 4 における弁操作補正值 M V 3 と I G V 開度指令値 M V 4 との関数を例示したグラフである。

図 1 5 は、図 1 1 のリサイクル弁開度関数発生器 2 6 における弁操作補正值 M V 3 とリサイクル弁開度指令値 M V 5 との関数を例示したグラフである。

【 0 0 6 2 】

図 3 ~ 図 9 に図示の本発明の第 1 の実施の形態に係る抽気空気圧縮機の制御装置と異なる点は、抽気空気圧縮機制御盤 4 5 b において、図 3 に図示の弁開度演算部 2 0 a をフィードフォワード制御とフィードバック制御を行なう弁開度演算部 2 0 b にすると共に、弁下限値演算部 3 0 を設けた点にある。

その他の構成は、第 1 の実施の形態に係る抽気空気圧縮機の制御装置と同じである。

【 0 0 6 3 】

即ち、図 1 1 に図示のように、本発明の第 2 の実施の形態における抽気空気圧縮機 6 4 は、本発明の第 1 の実施の形態と同様に、圧縮機 1、原動機 2、I G V 3、リサイクル弁 4、逆止弁 5、遮断弁 6、ヘッダタンク 7、ヘッダタンク圧力計 8 等を備えている。これに加えて、圧縮機吸入ライン 9 には、入口抽気空気圧力計 1 4 が取り付けられている。

10

20

30

40

50

また、ヘッダタンク供給ライン 12 には、ヘッダタンク 7 に供給される抽気空気の供給量を計測しタンク供給流量計測値 P V 4 を出力するヘッダタンク供給ライン流量計 13 が取り付けられている。

抽気空気ライン 104b には、ガス化炉 51 へ供給される抽気空気の流量を計測しタンク出口側流量計測値 P V 3 を出力するタンク出口側ライン流量計 15 が取り付けられている。

【0064】

一方、抽気空気圧縮機制御盤 45b は、弁開度演算部 20b、弁下限値演算部 30、調整流量関数発生器 24、非線形弁開度関数発生器 25、リサイクル弁開度関数発生器 26、弁下限値演算部 30 を備えている。

10

【0065】

まず、弁開度演算部 20b につき説明する。

弁開度演算部 20b には、本発明の第 1 の実施の形態における圧力設定器 21、指令値関数発生器 22、開度指令加算器 23 に加えて、加算器 28、流量調節器 29 が設けられている。

なお、圧力設定器 21 には、供給圧力設定値 S V 2 が空気供給制御盤 41 から入力され記憶されている。

【0066】

圧力調節器 27 には、圧力設定器 21 から供給圧力設定値 S V 2 が入力され、ヘッダタンク圧力計 8 から計測された供給圧力計測値 P V 1 が入力される。

20

圧力調節器 27 では、供給圧力設定値 S V 2 と供給圧力計測値 P V 1 との偏差に基づき P I (比例、積分) 演算処理が行われて次式により圧力操作値 M V 7 が演算され、この圧力操作値 M V 7 はフィードバック制御用の操作信号として加算器 28 に出力される。

$$\text{圧力操作値 } M V 7 = K 1 \cdot (S V 2 - P V 1) + K 2 \cdot (S V 2 - P V 1) d t$$

【0067】

加算器 28 では、この圧力操作値 M V 7 とタンク出口側ライン流量計 15 から入力されたタンク出口側流量計測値 P V 3 (フィードフォワード制御用) とが次式のごとく加算されて、圧力操作補正值 M V 8 として流量調節器 29 に出力される。

$$\text{圧力操作補正值 } M V 8 = M V 7 + K 3 \cdot P V 3$$

流量調節器 29 には、ヘッダタンク供給ライン流量計 13 からタンク供給流量計測値 P V 4 (フィードフォワード制御用) も入力される。

30

【0068】

流量調節器 29 では、圧力操作補正值 M V 8 とタンク供給流量計測値 P V 4 との偏差に基づき P I (比例、積分) 演算処理が行われて操作増減値 (フィードフォワード信号用) が演算される。

即ち、最終的に、圧力調節器 27 加算器 28 及び流量調節器 29 においては、次式により補正操作値 M V 2 が演算値される。

$$\text{補正操作値 } M V 2 = K 3 \cdot (M V 8 - P V 4) + K 4 \cdot (M V 8 - P V 4) d t$$

なお、K 1 ~ K 4 は定数である。

このように、フィードフォワード制御とフィードバック制御の組合せによって即応性の高い圧力制御が可能となる。

40

流量調節器 29 で演算された補正操作値 M V 2 は、開度指令加算器 23 に出力される。

そして、指令値関数発生器 22、開度指令加算器 23 では、本発明の第 1 の実施の形態のものと同様の演算、処理が行なわれる。

【0069】

以上、指令値関数発生器 22、開度指令加算器 23、圧力設定器 21、圧力調節器 27、加算器 28、流量調節器 29 により、空気供給制御盤 41 からの供給流量指令値 S V 1、供給圧力設定値 S V 2、及びヘッダタンク圧力計 8 からの供給圧力計測値 P V 1 に基づき弁操作補正值 M V 3 を演算する弁開度演算部 20b が構成されている。

【0070】

50

次に、図 1 2、図 1 3 に基づき、供給圧力設定値 $SV2$ を変更した場合の、後述する調整流量関数発生器 2 4 及びリサイクル弁開度関数発生器 2 6 における開度指令下限値及びスプリット点の変更（補正）につき説明する。

即ち、空気供給制御盤 4 1 からの供給圧力設定値 $SV2$ の変更指令に応じて、比較器 3 1、開度指令下限値演算器 3 2 及びスプリット点演算器 3 3 により、流量調整開度下限値及びスプリット点を变化させるようになっている。

【 0 0 7 1 】

まず、比較器 3 1 には、入口抽気空気圧力計 1 4 から入口圧力計測値 $PV2$ が送信され、圧力設定器 2 1 から供給圧力設定値 $SV2$ が送信される。

そして、比較器 3 1 では、供給圧力設定値 $SV2$ と入口圧力計測値 $PV2$ とが比較（除算）される。

10

この演算結果である供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比 $R1$ ($R1 = SV2 / PV2$) は、開度指令下限値演算器 3 2 及びスプリット点演算器 3 3 に出力される。

【 0 0 7 2 】

開度指令下限値演算器 3 2 では、図 1 2 に例示する関数に基づいて、供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比 $R1$ に応じて増加する開度指令下限値 $R2$ が演算される。

この関数は、例えば、供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比 $R1$ が 2 . 4、3 . 6、3 . 8 のときに、開度指令下限値 $R2$ が各々 4 0 % (= $y1$)、9 0 % (= $y2$)、1 0 0 % (= $y3$) となるような関数である。

なお、この関数は、変曲点 $y2$ にて折れ曲がる折れ線或いは、点 $y1$ 、 $y2$ 、 $y3$ を通る多項式近似曲線の関数である。

20

演算された開度指令下限値 $R2$ ($y1 \sim y2 \sim y3$) は、調整流量関数発生器 2 4 に送信される。

【 0 0 7 3 】

スプリット点演算器 3 3 では、図 1 3 に例示する関数に基づいて、供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比 $R1$ に応じて増加するスプリット点 $R3$ が演算される。

この関数は、例えば、供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比 $R1$ が 2 . 4、3 . 6、3 . 8 のときに、スプリット点 $R3$ が各々 5 0 % (= $x1$)、7 5 % (= $x2$)、9 5 % (= $x3$) となるような関数である。

なお、この関数は、変曲点 $x2$ にて折れ曲がる折れ線或いは、点 $x1$ 、 $x2$ 、 $x3$ を通る多項式近似曲線の関数である。

30

演算されたスプリット点 $R3$ ($x1 \sim x2 \sim x3$) は、調整流量関数発生器 2 4 及びリサイクル弁開度関数発生器 2 6 に送信される。

【 0 0 7 4 】

上述のごとく、調整流量関数発生器 2 4 には、弁開度演算部 2 0 b の開度指令加算器 2 3 から弁操作補正值 $MV3$ が送信され、開度指令下限値演算器 3 2 から開度指令下限値 $R2$ が送信され、スプリット点演算器 3 3 からスプリット点 $R3$ が送信される。

そして、調整流量関数発生器 2 4 では、図 1 4 に例示する関数に基づいて、弁操作補正值 $MV3$ 、開度指令下限値 $R2$ 、スプリット点 $R3$ により IGV 開度指令値 $MV4$ が演算されて、 IGV 開度指令値 $MV4$ は非線形弁開度関数発生器 2 5 に出力される。

40

【 0 0 7 5 】

図 1 4 に例示する関数では、スプリット点が $S1$ ($x1 = 50\%$ 、 $y1 = 40\%$) の場合には、弁操作補正值 $MV3$ が 0 % から 5 0 % (= $x1$) になるまでは、 IGV 開度指令値 $MV4$ は 5 0 % (= $y1$) を保持し、弁操作補正值 $MV3$ が 5 0 % (= $x1$) から増大するに伴って、 IGV 開度指令値 $MV4$ は 5 0 % (= $y1$) から 1 0 0 % (スプリット点 $S3$) まで直線的に増加する。

また、スプリット点が $S2$ ($x2 = 75\%$ 、 $y2 = 90\%$) の場合には、弁操作補正值 $MV3$ が 0 % から 7 5 % (= $x2$) になるまでは、 IGV 開度指令値 $MV4$ は 9 0 % (= $y2$) を保持し、弁操作補正值 $MV3$ が 7 5 % (= $x2$) から増大するに伴って、 IGV 開度指令値 $MV4$ は 9 0 % (= $y2$) から 1 0 0 % (スプリット点 $S3$) まで直線的に増加

50

する。

なお、スプリット点 (S 1 ~ S 2 ~ S 3) は、点 S 2 ($x_2 = 70\%$ 、 $y_2 = 50\%$) にて折れ曲がる折れ線上或いは、点 S 1 ($x_1 = 50\%$ 、 $y_1 = 40\%$)、S 2 ($x_2 = 75\%$ 、 $y_2 = 90\%$)、S 3 ($x_3 = 95\%$ 、 $y_3 = 100\%$) を通る多項式近似曲線上を移動する。

【 0 0 7 6 】

非線形弁開度関数発生器 2 5 では、本発明の第 2 の実施の形態のものと同様に、図 7 に図示のような予め設定、或いは記憶された補正関数により、I G V 開度指令補正值 M V 6 が演算される。

そして、非線形弁開度関数発生器 2 5 にて演算された I G V 開度指令補正值 M V 6 により I G V 3 が制御される。

【 0 0 7 7 】

開度指令下限値 R 2 が I G V 開度指令値 M V 4 として出力されると、非線形弁開度関数発生器 2 5 にて演算されることで、流量調整開度下限値となり、供給圧力設定値 (S V 2) / 入口圧力計測値 (P V 2) 比 R 1 との関係は、図 1 0 に例示したようになる。

【 0 0 7 8 】

一方、リサイクル弁開度関数発生器 2 6 には、弁開度演算部 2 0 b の開度指令加算器 2 3 から弁操作補正值 M V 3 が入力され、スプリット点演算器 3 3 からスプリット点 R 3 が入力される。

そして、リサイクル弁開度関数発生器 2 6 では図 1 5 に例示する関数に基づいて、弁操作補正值 M V 3 が、0 % からスプリット点 R 3 ($x_1 = 50\% \sim x_2 = 75\% \sim x_3 = 95\%$) になるまではリサイクル弁 4 開度を 1 0 0 % から 0 % まで直線的に減少し、弁操作補正值 M V 3 がスプリット点 R 3 以上の時にリサイクル弁 4 開度を 0 % に保持するリサイクル弁開度指令値 M V 5 が算出される。

算出されたりサイクル弁開度指令値 M V 5 により、リサイクル弁 4 が制御される。

【 0 0 7 9 】

このようにして、供給圧力設定値 S V 2 が大きくなるに従い (入口圧力計測値 P V 2 が一定の場合) 或いは、入口圧力計測値 P V 2 が小さくなるに従い (供給圧力設定値 S V 2 が一定の場合)、更には供給圧力設定値 S V 2 と入口圧力計測値 P V 2 との比である供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比 R 1 が大きくなるに従い (供給圧力設定値 S V 2 及び入口圧力計測値 P V 2 共に変化)、スプリット点を 5 0 % よりも大きくする (変化させる) ことにより、スプリット点は、リサイクル弁 4 の動特性等を勘案して、それらの制御性が向上するように適宜設定されるため、圧縮機 1 の I G V 3 (流入量調整手段) 及びリサイクル弁 4 の開度を、サージングを起こすことなく精度の高い、エネルギー・石油化学プラントプラント等の状況に応じた圧力制御が可能になる。

【 0 0 8 0 】

これに加えて、第 1 の実施の形態の抽気空気圧縮機のものと同様に、非線形弁開度関数発生器 2 5 により線形性のある I G V 3 の制御が可能となるので、ガスタービン空気圧縮機 5 7 a からの抽気空気に変化しても、適正に抽気空気量を制御できる。

【 0 0 8 1 】

なお、上述の抽気空気圧縮機 6 4 の制御装置は、石炭ガス化発電システムの抽気空気の圧縮、圧送に限定されるものではなく、その他の圧縮性の各種の気体に適用可能である。また、本発明の第 1 の実施の形態における抽気空気圧縮機制御盤 4 5 a に、第 2 の実施の形態における弁下限値演算部 3 0 を組み込んでも良い。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 2 】

【 図 1 】本発明の各実施の形態に係る圧縮機の制御装置を採用した石炭ガス化複合発電システムの全体の構成図である。

【 図 2 】図 1 の石炭ガス化複合発電システムの制御装置の概略図である。

【 図 3 】本発明の第 1 の実施の形態に係る抽気空気圧縮機 6 4 の構成図である。

10

20

30

40

50

【図4】図3の指令値関数発生器22における供給流量指令値SV1と供給圧力設定値SV2との関係を弁操作値MV1をパラメータとして例示した特性図である。

【図5】図3の指令値関数発生器22における供給流量指令値SV1と弁操作値MV1との関係を例示したグラフである。

【図6】図3の調整流量関数発生器24における弁操作補正值MV3とIGV開度指令値MV4との関数を例示したグラフである。

【図7】非線形開度関数発生器25におけるIGV開度指令値MV4とIGV開度指令補正值MV6との関係を例示したグラフである。

【図8】図3のリサイクル弁開度関数発生器26における弁操作補正值MV3とリサイクル弁開度指令値MV5との関数を例示したグラフである。

10

【図9】本発明の第1の実施の形態における作動状態を示す図である。

【図10】本発明の第2の実施の形態に係る作動状態を示す図である。

【図11】本発明の第2の実施の形態に係る抽気空気圧縮機64の構成図である。

【図12】図11の開度指令下限値演算器32における供給圧力設定値SV2/入口圧力計測値PV2比と開度指令下限値R2との関係を例示したグラフである。

【図13】図11のスプリット演算器33における供給圧力設定値SV2/入口圧力計測値PV2比とスプリット点の弁操作開度補正值R3との関係を例示したグラフである。

【図14】図11の調整流量関数発生器24における弁操作補正值MV3とIGV開度指令値MV4との関数を例示したグラフである。

【図15】図11のリサイクル弁開度関数発生器26における弁操作補正值MV3とリサイクル弁開度指令値MV5との関数を例示したグラフである。

20

【図16】従来の圧縮機の制御装置の概略図である。

【符号の説明】

【0083】

- | | | |
|-----------|----------------|--|
| 1 | 圧縮機 | |
| 2 | 原動機 | |
| 3 | IGV | |
| 4 | リサイクル弁 | |
| 5 | 逆止弁 | |
| 6 | 遮断弁 | |
| 7 | ヘッドタンク | |
| 8 | ヘッドタンク圧力計 | |
| 9 | 圧縮機吸入ライン | |
| 10 | 圧縮機吐出ライン | |
| 11 | リサイクルライン | |
| 12 | ヘッドタンク供給ライン | |
| 13 | ヘッドタンク供給ライン流量計 | |
| 14 | 入口抽気空気圧力計 | |
| 15 | タンク出口側ライン流量計 | |
| 20 a、20 b | 弁開度演算部 | |
| 21 | 圧力設定器 | |
| 22 | 指令値関数発生器 | |
| 23 | 開度指令加算器 | |
| 24 | 調整流量関数発生器 | |
| 25 | 非線形弁開度関数発生器 | |
| 26 | リサイクル弁開度関数発生器 | |
| 27 | 圧力調節器 | |
| 28 | 加算器 | |
| 29 | 流量調節器 | |
| 30 | 弁下限値演算部 | |

30

40

50

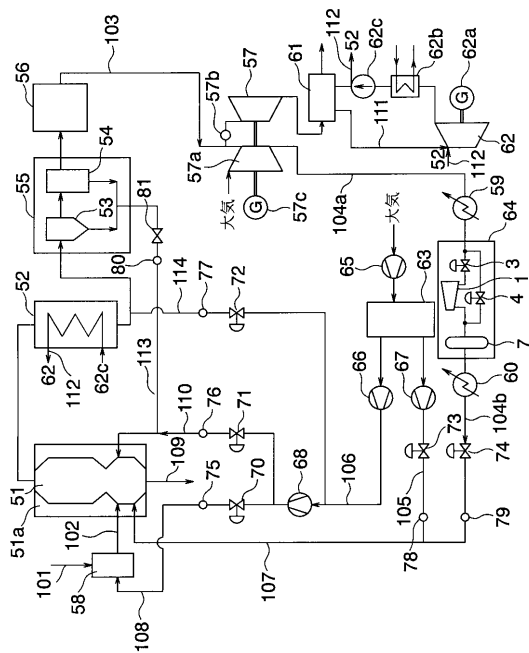
3 1	比較器	
3 2	開度指令下限値演算器	
3 3	スプリット点演算器	
4 0	中央監視制御盤	
4 1	空気供給制御盤	
4 2	タービン制御盤	
4 3 a ~ 4 3 d	圧縮機制御盤	
4 4 a ~ 4 4 d	弁制御盤	
4 5 a、4 5 b	抽気空気圧縮機制御盤	
4 6	原料炭粉碎機制御盤	10
5 1	ガス化炉	
5 1 a	アニュラス部	
5 2	生成ガス冷却器	
5 3	サイクロン	
5 4	ポーラスフィルタ	
5 5	脱塵装置	
5 6	脱硫装置	
5 7	ガスタービン	
5 7 a	ガスタービン空気圧縮機	
5 7 b	燃焼部	20
5 7 c	発電機	
5 8	微粉炭供給装置	
5 9、6 0	再生熱交換器	
6 1	排熱回収ボイラ	
6 2	蒸気タービン	
6 2 a	発電機	
6 2 b	冷却器	
6 2 c	復水ポンプ	
6 3	空気分離装置	
6 4	抽気空気圧縮機	30
6 5	原料用空気圧縮機	
6 6	窒素圧縮機	
6 7	酸素圧縮機	
6 8	高圧窒素ガス圧縮機	
7 0 ~ 7 2	窒素制御弁	
7 3	酸素制御弁	
7 4	抽気空気制御弁	
7 5 ~ 8 0	流量計	
8 1	制御弁	
1 0 1	原料炭供給ライン	40
1 0 2	微粉炭搬送ライン	
1 0 3	可燃性ガス供給ライン	
1 0 4 a、1 0 4 b	抽気空気ライン	
1 0 5	酸素富化空気供給ライン	
1 0 6	窒素供給ライン	
1 0 7	ガス化剤供給ライン	
1 0 8	圧送空気ライン	
1 0 9	スラグ排出ライン	
1 1 0	加圧ライン	
1 1 1	蒸気排出ライン	50

- 1 1 2 復水蒸発ライン
- 1 1 3 チャー供給ライン
- 1 1 4 窒素ガス付加ライン
- R 1 供給圧力設定値 / 入口圧力計測値比
- R 2 開度指令下限値
- R 3 スプリット点
- S V 1 供給流量指令値
- S V 2 供給圧力設定値
- M V 1 弁操作値
- M V 2 補正操作値
- M V 3 弁操作補正值
- M V 4 I G V 開度指令値
- M V 5 リサイクル弁開度指令値
- M V 6 I G V 開度指令補正值
- M V 7 圧力操作値
- M V 8 圧力操作補正值
- P V 1 供給圧力計測値
- P V 2 入口圧力計測値
- P V 3 タンク出口側流量計測値
- P V 4 タンク供給流量計測値

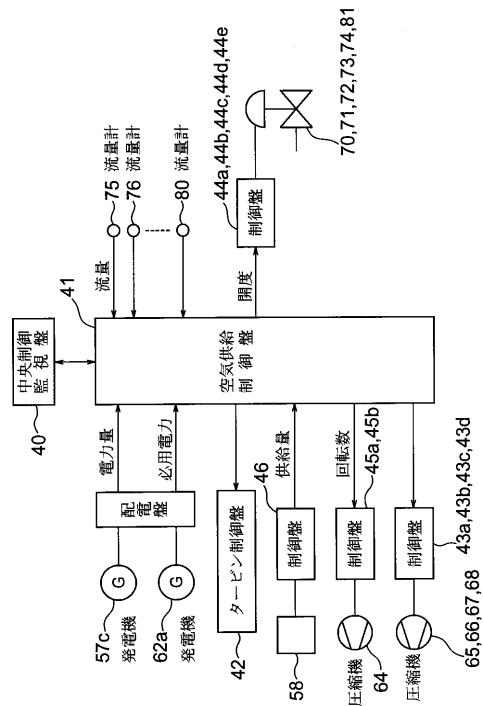
10

20

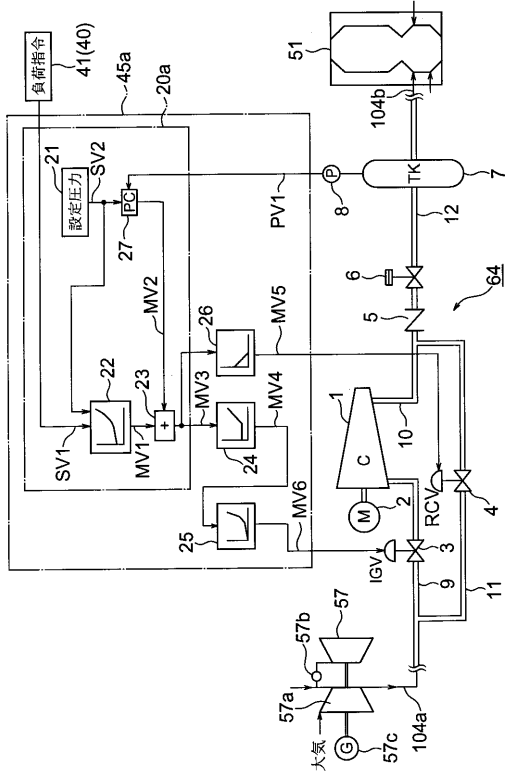
【 図 1 】



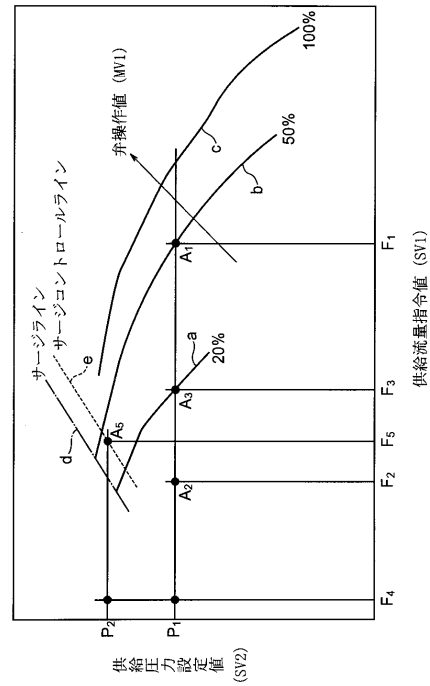
【 図 2 】



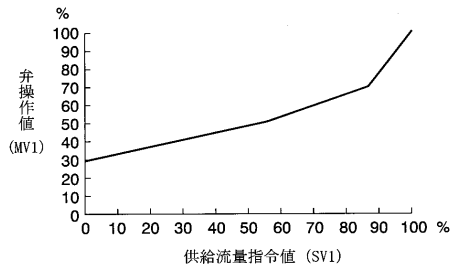
【図3】



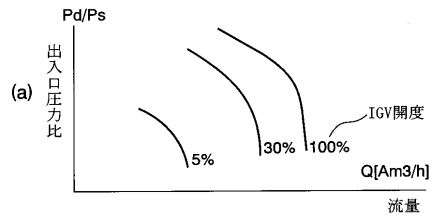
【図4】



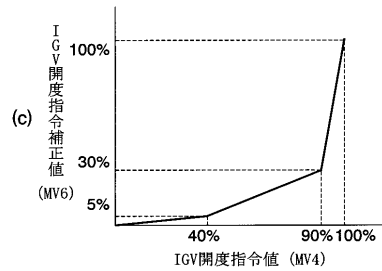
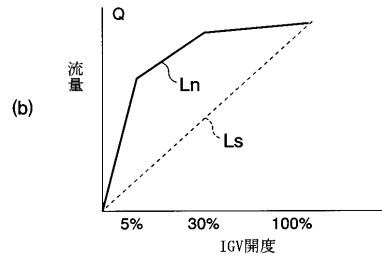
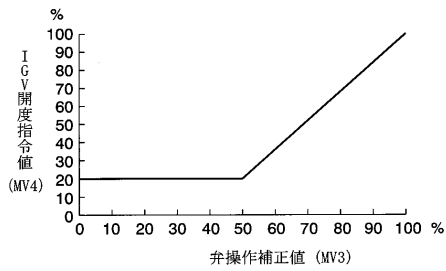
【図5】



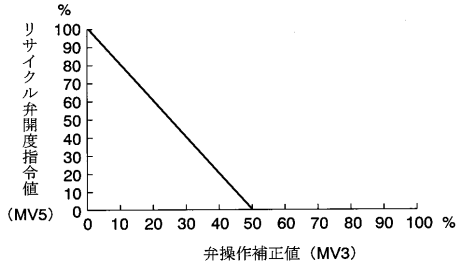
【図7】



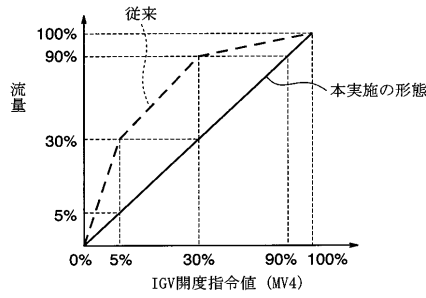
【図6】



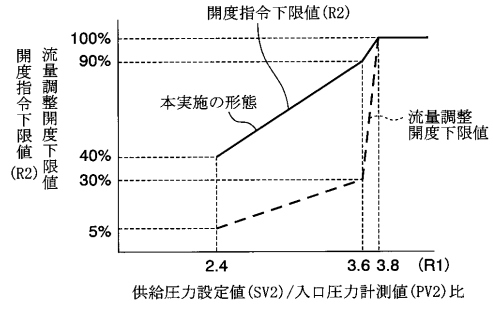
【図 8】



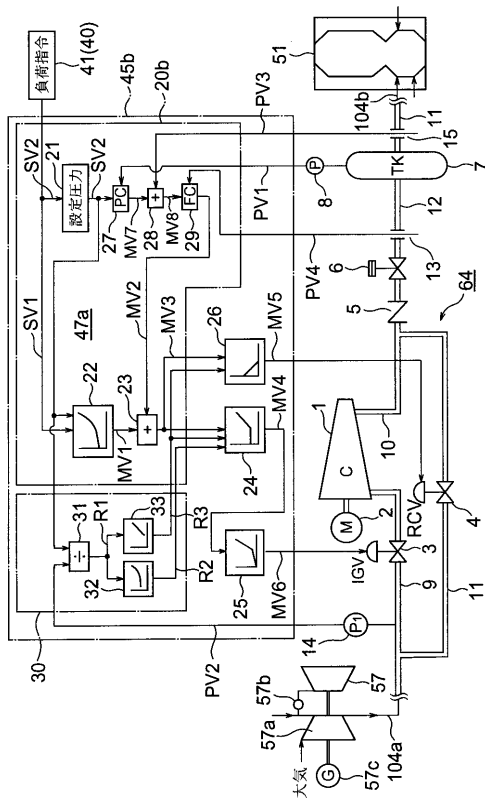
【図 9】



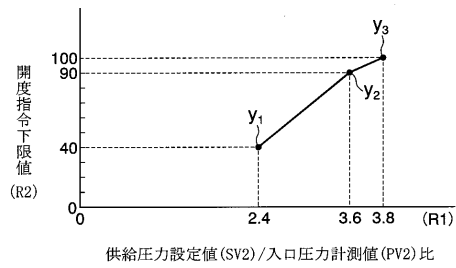
【図 10】



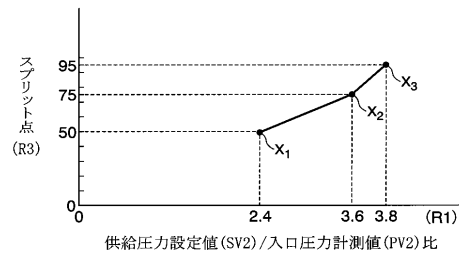
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

審査官 柏原 郁昭

(56)参考文献 特開2005-076461(JP,A)
特開昭56-104196(JP,A)
特開平10-251669(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D	27/00
F04B	49/06
C10J	3/46
F02C	3/28
F02C	7/22