

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6579944号
(P6579944)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int. Cl.	F I	
G05D 7/06 (2006.01)	G05D 7/06	Z
H02P 9/04 (2006.01)	H02P 9/04	E
F03D 9/25 (2016.01)	F03D 9/25	
F03B 13/10 (2006.01)	F03B 13/10	
F24F 11/74 (2018.01)	F24F 11/74	

請求項の数 5 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-249600 (P2015-249600)
 (22) 出願日 平成27年12月22日(2015.12.22)
 (65) 公開番号 特開2017-117062 (P2017-117062A)
 (43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)
 審査請求日 平成30年10月12日(2018.10.12)

(73) 特許権者 000006666
 アズビル株式会社
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
 (73) 特許権者 504182255
 国立大学法人横浜国立大学
 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号
 (74) 代理人 100064621
 弁理士 山川 政樹
 (74) 代理人 100098394
 弁理士 山川 茂樹
 (72) 発明者 成田 浩昭
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流量制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体を受けて回転するタービンを有し、前記タービンの回転によって発電する発電機と

、
 前記タービンと同軸に配置された基体と、前記基体上に前記基体の軸と直交する方向に延在するとともに前記流体を受ける主面を有する複数の羽根とを備えた静翼と、

前記タービンの角速度と、前記発電機のトルクと、前記羽根の前記主面と前記基体の軸に直交する平面とのなすピッチ角度とに基づいて、前記流体の流量を推定する流量推定部と、

前記流量推定部によって推定された前記流量が前記流体の設定流量に一致するように前記発電機のトルクを制御する制御部と、を備える

ことを特徴とする流量制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の流量制御装置において、

前記ピッチ角度の情報を記憶する記憶部を更に有し、

前記流量推定部は、前記記憶部に記憶された前記ピッチ角度の情報に基づいて前記流量を推定する

ことを特徴とする流量制御装置。

【請求項3】

請求項1に記載の流量制御装置において、

10

20

前記ピッチ角度を検出する角度検出部を更に有し、
前記流量推定部は、前記角度検出部によって検出された前記ピッチ角度に基づいて前記流量を推定する

ことを特徴とする流量制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の流量制御装置において、
前記流量推定部は、無次元トルクと、無次元流量と、前記ピッチ角度との関係を示す三次元曲面に基づいて、前記流量の推定値を算出する

ことを特徴とする流量制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の流量制御装置において、
前記制御部は、
前記流量の目標値と前記流量推定部によって算出した前記流量の推定値とに基づいて前記発電機のトルクの目標値を算出するトルク目標値算出部を含む

ことを特徴とする流量制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タービンを用いて流体の流量を制御するタービン式の流量制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ビル等の空調制御システムや化学プラント等では、各種流体の流量を制御する流量制御装置として、流量制御バルブが用いられている。例えば、空調制御システムでは、空調機の熱交換器への冷温水の供給通路に流量制御バルブが設けられており、この流量制御バルブの開度を空調制御装置によって制御することにより、空調機の熱交換器への冷温水の供給量が制御され、空調機からの制御対象空間への調和空気の温度が調節される。

【0003】

ところで、近年の地球環境に対する意識の高まりに伴い、空調制御システムにおける従来の流量制御バルブの置き換えとして、タービン式の流量制御装置の開発が進められている。例えば、特許文献 1 には、タービンの回転運動エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機を備え、上記タービンのトルクによって流路を流れる流体の流量を制御するとともに、上記発電機によって得られた電気エネルギーを流量制御装置内で使用するタービン式の流量制御装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2015 - 96791 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、従来のタービン式の流量制御装置では、タービンのトルク制御のみによって流体の流量を制御しているため、流量制御のレンジアビリティが従来の流量制御バルブと比較して低いという問題がある。例えば、上述した従来のタービン式の流量制御装置のレンジアビリティは、差圧 30 kPa において “4 : 1” 程度であり、タービン式の流量制御装置を流量制御バルブの置き換えとして用いる場合には、実用上、“100 : 1” 程度のレンジアビリティが必要となる。

【0006】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、タービン式の流量制御装置において流量制御のレンジアビリティの向上を可能にすることにある。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る流量制御装置(1)は、流体を受けて回転するタービン(160)を有し、前記タービンの回転によって発電する発電機(16)と、タービンと同軸に配置された基体(170)と、基体上に基体の軸(P)と直交する方向に延在するとともに流体を受ける主面(171b)を有する複数の羽根(171)とを備えた静翼(17)と、タービンの角速度()と、発電機のトルク(T)と、羽根の主面と基体の軸と直交する平面とのなすピッチ角度(Ag ν)とに基づいて流体の流量を推定する流量推定部(131)と、流量推定部によって推定された流量(Qz)が流体の設定流量(Q_{ref})に一致するように発電機のトルクを制御する制御部(132, 14, 15)とを備えることを特徴とする。

10

【0008】

上記流量制御装置において、上記ピッチ角度の情報(220)を記憶する記憶部(22)を更に有し、流量推定部は、記憶部に記憶された上記ピッチ角度の情報に基づいて流量を推定してもよい。

【0009】

上記流量制御装置において、上記ピッチ角度を検出する角度検出部(23)を更に有し、流量推定部は、角度検出部によって検出されたピッチ角度に基づいて流量を推定してもよい。

【0010】

なお、上記説明では、一例として、発明の構成要素に対応する図面上の参照符号を括弧を付して記載している。

20

【発明の効果】

【0011】

以上説明したことにより、本発明によれば、タービン式の流量制御装置において、流量制御のレンジアビリティの向上が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、実施の形態1に係るタービン式の流量制御装置を用いた空調制御システムの構成を示す図である。

30

【図2】図2は、実施の形態1に係る流量制御装置の内部構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、実施の形態1に係る流量制御装置の外観の一部を示す斜視図である。

【図4】図4は、実施の形態1に係る流量制御装置の外観の一部を示す分解斜視図である。

【図5】図5は、実施の形態1に係る流量制御装置における発電機の構成を示す図である。

【図6】図6は、実施の形態1に係る流量制御装置における静翼の構成を示す図である。

【図7】図7は、実施の形態1に係る流量制御装置における静翼のピッチ角度を説明するための図である。

【図8】図8は、実施の形態1に係る流量制御装置における静翼のピッチ角度(0度)の一例を示す図である。

40

【図9】図9は、実施の形態1に係る流量制御装置における静翼のピッチ角度(45度)の一例を示す図である。

【図10】図10は、実施の形態1に係る流量制御装置における静翼のピッチ角度(0度)の一例を示す図である。

【図11】図11は、実施の形態1に係る流量制御装置における静翼のピッチ角度(45度)の一例を示す図である。

【図12】図12は、無次元流量と無次元トルクとピッチ角度との関係を示す三次元曲面の一例を示す図である。

【図13】図13は、ピッチ角度が45度の場合の流量推定値と流量実測値との関係を示

50

す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、ピッチ角度が 3 2 . 5 度の場合の流量推定値と流量実測値との関係を示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、ピッチ角度が 8 . 5 度の場合の流量推定値と流量実測値との関係を示す図である。

【図 1 6】図 1 6 は、ピッチ角度が 4 5 度の場合の流量とトルクと角速度との関係を示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、ピッチ角度が 3 2 . 5 度の場合の流量とトルクと角速度との関係を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、ピッチ角度が 8 . 5 度の場合の流量とトルクと角速度との関係を示す図である。

10

【図 1 9】図 1 9 は、実施の形態 2 に係る流量制御装置の内部構成を示すブロック図である。

【図 2 0】図 2 0 は、実施の形態 3 に係る流量制御装置の内部構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 3】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。なお、以下の説明において、各実施の形態において共通する構成要素には同一の参照符号を付し、繰り返しの説明を省略する。

20

【0 0 1 4】

実施の形態 1

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係るタービン式の流量制御装置を用いた空調制御システムの構成を示す図である。

同図に示される空調制御システム 1 は、例えばビル等の建物内の制御対象空間 2 の温度を調節するシステムである。具体的に、空調制御システム 1 は、空調機 3、空調制御装置 4、外部電源 5、流量制御装置 1 0 0、および温度センサ 6 を含む。

【0 0 1 5】

空調機 (F C U) 3 は、制御対象空間 2 へ調和された空気を供給するための装置である。空調機 3 は熱交換器 (冷温水コイル) 3 1 とファン 3 2 とを備えている。

30

【0 0 1 6】

なお、空調機 3 の熱交換器 3 1 としては、1 つのコイルで冷房時は冷水として熱交換し、暖房時は温水として熱交換するシングルコイルタイプのもものと、2 つのコイルで冷房時は冷水コイルにて熱交換し、暖房時は温水コイルにて熱交換するダブルコイルのタイプのもものとがある。この例において、熱交換器 3 1 はシングルコイルタイプであるものとする。

【0 0 1 7】

流量制御装置 1 0 0 は、空調機 3 の熱交換器 3 1 に供給する冷温水の供給通路 (流路) に設けられ、上記冷温水の流量を制御するためのタービン式の流量制御装置である。図 1 には、流量制御装置 1 0 0 を空調機 3 の熱交換器 3 1 から戻される冷温水の還水管路 L R に設けた場合が例示されているが、熱交換器 3 1 に冷温水を供給する往水管路 L S に設けてもよい。

40

【0 0 1 8】

流量制御装置 1 0 0 は、流量制御装置 1 0 0 内部の発電機によって発電した電力により動作するが、発電した電力が不足するときには、外部電源 5 から電力が供給されて動作する。また、流量制御装置 1 0 0 内部の発電機によって発電した余剰電力は、商用電源に回生し、他のコントローラやセンサ等に供給される。流量制御装置 1 0 0 の具体的な構成については後述する。

【0 0 1 9】

制御対象空間 2 には、制御対象空間 2 内の温度を室内温度として計測する温度センサ 6

50

が設けられている。温度センサ 6 によって計測された室内温度の計測値 t_{pv} の情報は空調制御装置 4 に送信される。

【 0 0 2 0 】

空調制御装置 (コントローラ) 4 は、室内温度の計測値 t_{pv} と室内温度の設定値 t_{sp} との偏差がゼロとなるように、熱交換機 3 1 に供給される冷温水の設定流量 Q_{sp} を算出し、算出した設定流量 Q_{sp} の情報を流量制御装置 1 0 0 に与える。

【 0 0 2 1 】

空調制御システム 1 によれば、空調制御装置 4 によって流量制御装置 1 0 0 を流れる冷温水の流量を制御することにより、空調機 3 の熱交換器 3 1 への冷温水の供給量が制御され、空調機 3 から制御対象空間 2 への調和空気の温度が調節される。

10

【 0 0 2 2 】

次に、実施の形態 1 に係る流量制御装置 1 0 0 について具体的に説明する。

図 2 ~ 4 は、流量制御装置 1 0 0 の構成を示す図である。

図 2 には、流量制御装置 1 0 0 の内部構成を示すブロック図が示され、図 3 には、流量制御装置 1 0 0 の外観の一部を示す斜視図が示され、図 4 には、図 3 に示した流量制御装置 1 0 0 の分解斜視図が示されている。

【 0 0 2 3 】

図 2 に示されるように、流量制御装置 1 0 0 は、データ通信部 1 1、システム制御部 1 2、流量制御部 1 3、インバータ制御部 1 4、インバータ 1 5、発電機 1 6、静翼 1 7、蓄電部 1 8、電源部 1 9、商用電源回生部 2 0、位置センサ 2 1、および記憶部 2 2 を備

20

【 0 0 2 4 】

流量制御装置 1 0 0 は、管路 (図 1 の例の場合、還水管路 L R) から流れ込む冷温水を静翼 1 7 を介して発電機 1 6 を構成するタービン 1 6 0 に通水するとともにタービン 1 6 0 のトルクを制御することによって、冷温水の流量を制御する。

【 0 0 2 5 】

まず、流量制御装置 1 0 0 内部の流路に配置される静翼 1 7 および発電機 1 6 について説明する。

図 4 に示されるように、発電機 1 6 のタービン 1 6 0 と静翼 1 7 とは、流量制御装置 1 0 0 内部の冷温水が通水する流路内に、それらの軸心と上記流路の軸心とが一致するように配置されている。

30

【 0 0 2 6 】

発電機 1 6 は、冷温水の水流によって回転するタービンの回転によって発電する機能部である。図 5 に示されるように、発電機 1 6 は、タービン (回転子) 1 6 0 と固定子 1 6 1 とを含む。タービン 1 6 0 は、流量制御装置 1 0 0 内部の流路の軸 P と同軸に配置されている。具体的に、タービン 1 6 0 は、永久磁石を組み込んだリング 1 6 0 2 と、リング 1 6 0 2 の内側に一体的に設けられた羽根車 1 6 0 1 とから構成されている。タービン 1 6 0 は、管路を流れる冷温水の水流を受けて全体が回転する。すなわち、リング 1 6 0 2 と羽根車 1 6 0 1 とが一体となって回転する。

【 0 0 2 7 】

固定子 1 6 1 には、コイルが巻かれており、このコイルを固定子巻線として、タービン 1 6 0 の回転による電磁誘導により発電する。

40

【 0 0 2 8 】

位置センサ 2 1 は、リング 1 6 0 2 に組み込まれた永久磁石の磁極の位置をタービン 1 6 0 の磁極位置として検出する。位置センサ 2 1 としては、例えばホール IC、インクリメンタルエンコーダ、アブソリュートエンコーダ等を用いることができる。

【 0 0 2 9 】

なお、本実施の形態では、位置センサ 2 1 を設ける場合を一例として示しているが、位置センサ 2 1 以外の別の手段によって、タービン 1 6 0 の磁極位置の検出とタービン 1 6 0 の角速度の算出を実現することができるのであれば、位置センサ 2 1 を設けなくてもよ

50

い。また、上記別的手段と位置センサ 21 とを組み合わせた構成としてもよい。なお、この場合の位置センサ 21 としては、上記と同様に、例えばホール IC、インクリメンタルエンコーダ、アブソリュートエンコーダ等を用いることができる。

【0030】

静翼 17 は、冷温水の水流を受けても回転しないように上記流路内に固定され、流体（冷温水）を整流する。具体的に、静翼 17 は、図 6 に示されるように、タービンと同軸に配置された基体 170 と、基体 17 上に基体 17 の軸（軸 P）と直交する方向に延在する複数の羽根 171 とを有する。

【0031】

複数の羽根 171 は、基体 170 上に基体 170 の軸（軸 P）と直交する方向に延在するとともに、基体 170 の円周方向に例えば等間隔で並んで配置されている。図 7 に示されるように、夫々の羽根 171 は、流体を受ける主面 171b と基体 170 の軸（軸 P）に直交する平面（X-Z 面）とのなす角（以下、「ピッチ角度」と称する。） Agv が固定されている。なお、以下の説明では、各羽根 171 のピッチ角度 Agv を、「静翼 17 のピッチ角度 Agv 」と称することがある。

10

【0032】

本実施の形態では、一例として、図 7 に示されるように、静翼 17 を Z 方向からみたとき、羽根 171 を基体 170 の外周面に固定する固定軸 172 と羽根 171 の端部 171a とを結ぶ直線 B と、固定軸 172 を通り、軸 P に直交する平面（X-Z 面）と平行な直線 A とのなす角をピッチ角度 Agv としている。

20

【0033】

図 8 ~ 11 に静翼 17 のピッチ角度 Agv の調節例を示す。

図 8 には、ピッチ角度 $\text{Agv} = 0$ 度のときの Z 軸方向から見た静翼 17 の斜視図が示され、図 9 には、ピッチ角度 $\text{Agv} = 45$ 度のときの Z 軸方向から見た静翼 17 の斜視図が示されている。また、図 10 には、ピッチ角度 $\text{Agv} = 0$ 度のときの Y 軸方向から見た静翼 17 の平面図が示され、図 11 には、ピッチ角度 $\text{Agv} = 45$ 度のときの Y 軸方向から見た静翼 17 の平面図が示されている。

【0034】

図 8 ~ 11 から理解されるように、静翼 17 のピッチ角度 Agv が大きくなるほど、流量制御装置 100 内に流れ込む冷温水の流量が大きくなる。

30

【0035】

次に、流量制御装置 100 におけるタービン 160 を制御するための周辺の機能部について説明する。

【0036】

データ通信部 11 は、空調制御装置 4 との間で各種データの送受信を行う機能部である。データ通信部 11 は、例えば、冷温水の流量の設定値等のデータを空調制御装置 4 から受信するとともに、流量制御装置 100 の内部状態（動作状態等）に関するデータを空調制御装置 4 へ送信する。

【0037】

システム制御部 12 は、流量制御装置 100 のシステム全体を統括的に制御するための機能部である。システム制御部 12 は、例えば、データ通信部 11 によって受信した各種設定値等の受信データを入力し、流量制御装置 100 の内部状態等の送信データをデータ通信部 11 へ出力する。また、システム制御部 12 は、例えば、データ通信部 11 によって受信した受信データから冷温水の流量の目標値（以下、「流量目標値」と称する。） Q_{ref} を取り出し、この取り出した流量設定値 Q_{ref} を流量制御部 13 へ出力する。

40

【0038】

流量制御部 13 は、インバータ制御部 14 およびインバータ 15 を介して発電機 16 のタービン 160 を制御することにより、冷温水の流量を制御するための機能部である。具体的に、流量制御部 13 は、流量推定部 131 とトルク目標値算出部 132 とを含む。

【0039】

50

流量推定部 131 は、タービン 160 の角速度 と、タービン 160 のトルク T と、ピッチ角度 Agv とに基づいて流体の流量を推定する機能部である。

【0040】

トルク目標値算出部 132 は、流量推定部 131 によって推定された冷温水の流量（以下、「流量推定値」と称する。） Q_z が流量設定値 Q_{ref} に一致するようにタービン 160 のトルクの目標値（以下、「トルク目標値」と称する。） T_{ref} を算出する機能部である。

なお、流量推定部 131 およびトルク目標値算出部 132 による具体的な演算手法については後述する。

【0041】

記憶部 22 は、流量制御装置 100 における各種のデータ処理を実現するための各種のプログラムや各種パラメータ等の情報を記憶する記憶部である。例えば、記憶部 22 には、静翼 17 のピッチ角度 Agv の情報 220 や、流量推定部 131 による後述する流量の推定処理に用いられる関数の情報 221 等が格納されている。

【0042】

インバータ制御部 14 は、インバータ 15 を制御するための機能部である。具体的に、インバータ制御部 14 は、タービン 160 のトルクがトルク目標値 T_{ref} となるようにトルク制御則によりインバータ 15 への相電圧設定値を演算する。また、インバータ制御部 14 は、位置センサ 21 によって検出されたタービン 160 の磁極位置からタービン 160 の現在の角速度 を算出するとともに、インバータ 15 からの発電機 16 の固定子 161 の固定子巻線の現在の相電圧値および相電流値からタービン 160 の現在のトルク T を算出する。算出された角速度 およびトルク T は、流量推定部 131 による流量推定値 Q_z の算出に用いられる。

【0043】

インバータ 15 は、電源部 19 からの主電源を受けて動作する。インバータ制御部 14 によって算出された相電圧設定値に応じた相電圧を発電機 16 の固定子 161 の固定子巻線に印加するとともに、発電機 16 で発電された電力を蓄電部 18 に供給する。

【0044】

電源部 19 は、外部電源 5 からの電力と、蓄電部 18 に蓄積されている電力とを入力とし、流量制御装置 100 内の各機能部に電源を供給する。本実施の形態では、電源部 19 からインバータ 15 へ供給される電源を主電源とし、電源部 19 からデータ通信部 11、システム制御部 12、流量制御部 13、インバータ制御部 14、および記憶部 22 等へ供給される電源を制御電源と称する。

【0045】

電源部 19 は、外部電源 5 からの電力と蓄電部 18 に蓄積されている電力とを合わせた電力を各機能部に分配するが、蓄電部 18 に蓄積されている電力を優先的に分配する。例えば、蓄電部 18 に蓄積されている電力で不足が生じる場合には、外部電源 5 から供給される電力と合わせた電力を各機能部に分配し、蓄電部 18 に蓄積されている電力が余る場合には、その余った電力を余剰電力として商用電源回生部 20 を介して商用電源（この例では、外部電源 5）に回生し、他のコントローラおよびセンサ等に電力を供給する。

【0046】

上述したデータ通信部 11、システム制御部 12、流量制御部 13、記憶部 22、インバータ制御部 14、電源部 19、商用電源回生部 20 等の流量制御装置 100 を構成する各機能部は、例えば、プロセッサ、クロック回路、通信回路、記憶装置、デジタル入出力回路、アナログ入出力回路、パワーエレクトロニクス回路などからなるハードウェアと、これらのハードウェアと協働して各種機能を実現させるプログラムとによって実現される。

【0047】

次に、流量推定部 131 による流量推定値 Q_z の算出方法について具体的に説明する。

上述したように、流量推定部 131 は、インバータ制御部 14 によって算出されたター

10

20

30

40

50

ピン160の角速度 およびトルクTの情報と、記憶部22に記憶されたピッチ角度A_{gv}の情報とに基づいて無次元流量を推定し、この推定した無次元流量から流量推定値Q_zを算出する。

【0048】

ここで、無次元流量 q と無次元トルク t は、流量、トルク目標値、角速度に着目してバッキンガムの定理に基づいて次元解析を行うことにより、式(1)および式(2)によって定義できることが知られている。ここで、 $[\text{kg}/\text{m}^3]$ は流体の密度、 D [m] はタービン160の直径(流量制御装置100内部の流路の内径)、 Q は流体(冷温水)の流量、 ω はタービン160の角速度、 T_{ref} はタービン160のトルク目標値である。

10

【0049】

【数1】

$$\pi_q = \frac{Q}{D^3 \omega} \quad \dots(1)$$

【0050】

【数2】

$$\pi_t = \frac{T_{ref}}{\rho D^5 \omega^2} \quad \dots(2)$$

20

【0051】

また、タービン式の流量制御装置100において、無次元流量 q と、無次元トルク t と、ピッチ角度A_{gv}との関係は、図12に示されるように、一つの三次元曲面300によって表すことができる。三次元曲面300は、式(3)で表すことができる。

【0052】

【数3】

$$\pi_q = a + \frac{b}{\left(1 + \left(\frac{\pi_t}{c}\right)^{-d}\right)} + \frac{e}{\left(1 + \left(\frac{A_{gv}}{f}\right)^{-g}\right)} + h \left(\frac{b}{\left(1 + \left(\frac{\pi_t}{c}\right)^{-d}\right)} \right) \left(\frac{e}{\left(1 + \left(\frac{A_{gv}}{f}\right)^{-g}\right)} \right) \dots(3)$$

30

【0053】

式(3)において、 $a \sim h$ は係数である。係数 $a \sim h$ は、例えば、予め流量制御装置100を試作し、試作した流量制御装置100の測定結果に基づいて決められる。推定した各係数 $a \sim h$ の値は、例えば、式(3)に示される関係式とともに、関数の情報221として記憶部22に予め格納される。

【0054】

式(3)を用いることにより、無次元トルク t とピッチ角度A_{gv}とから無次元流量 q を推定することができる。また、無次元流量 q と流量Qとの間には、上述の式(1)に示した関係が成り立つことから、流量制御装置100を流れる冷温水の流量推定値Q_zは、式(4)によって算出することができる。

40

【0055】

【数4】

$$Q_z = D^3 \omega \pi_q \quad \dots(4)$$

【0056】

50

具体的に、流量推定部 131 は、まず、インバータ制御部 14 によって算出されたタービン 160 の角速度 の値およびトルク T の値を式 (2) に代入することにより、無次元トルク t を算出する。

【0057】

ここで、式 (2) に代入するトルク T の値としては、インバータ制御部 14 によって算出されたトルクの値であってもよいし、その時点で設定されているトルク目標値 T_{ref} の値であってもよく、特に限定されない。

【0058】

また、式 (2) の関係式の情報と、密度 およびタービン 160 の直径 D の情報は、関数の情報 221 として記憶部 22 に予め記憶されているものとする。すなわち、流量推定部 131 は、記憶部 22 から読み出した式 (2)、密度、および直径 D の情報と、インバータ制御部 14 によって算出されたタービン 160 の角速度 およびトルク T (トルク目標値 T_{ref}) とに基づいて、無次元トルク t を算出する。

10

【0059】

次に、流量推定部 131 は、算出した無次元トルク t の値と、記憶部 22 に記憶されたピッチ角度 Agv の値および係数 $a \sim h$ の値とを、式 (3) に代入することにより、無次元流量 q を算出する。その後、流量推定部 131 は、算出した無次元流量 q を記憶部 22 に記憶された式 (4) に代入することにより、流量推定値 Q_z を算出する。

以上の手法により、タービン 160 の角速度、タービン 160 のトルク T、およびピッチ角度 Agv に基づいて、流量推定値 Q_z を算出することができる。

20

【0060】

図 13 ~ 15 に、実施の形態 1 に係る流量制御装置 100 において、上述した手法によって算出した冷温水の流量推定値 Q_z と、実際に流量計を用いて測定した冷温水の流量との比較結果を示す。図 13 ~ 15 において、縦軸は流量 [m^3 / s] であり、横軸はトルク [Nm] である。

【0061】

図 13 には、静翼 17 のピッチ角度 Agv が 45 度のときの流量推定値 Q_z と流量とが示され、図 14 には、静翼 17 のピッチ角度 Agv が 32.5 度のときの流量推定値 Q_z と流量とが示され、図 15 には、静翼 17 のピッチ角度 Agv が 8.5 度のときの流量推定値 Q_z と流量とが示されている。

30

【0062】

図 13 ~ 15 に示されるように、ピッチ角度 Agv が 45 度および 32.5 度においては、一つの点を除いて、流量推定値 Q_z と流量との誤差は最大 ± 0.0006 [m^3 / s] であり、ピッチ角度 Agv が 12.5 度においては、上記誤差は最大 ± 0.0004 [m^3 / s] である。したがって、最大レンジを 0.016 [m^3 / s] とすれば、上記誤差は最大 $\pm 3.8\%$ FS となることから、上記推定方法によれば、流体の流量を高精度に推定できることが理解される。

【0063】

次に、トルク目標値算出部 132 によるトルク目標値 T_{ref} の算出方法について具体的に説明する。

40

トルク目標値 T_{ref} は、流量目標値 Q_{ref} と流量推定値 Q_z とに基づいて、記憶部 22 に記憶された定数 K_p 、 K_I 、および下記式 (5) で示される P I (P r o p o r t i o n a l - I n t e g r a l) 制御則によって算出することができる。

【0064】

【数 5】

$$T_{ref} = \left(K_p + \frac{K_I}{s} \right) (Q_{ref} - Q_z) \quad \dots (5)$$

【0065】

50

したがって、トルク目標値算出部 132 は、流量目標値 Q_{ref} と流量推定部 131 によって算出された流量推定値 Q_z とを式 (5) に代入することによって、トルク目標値 T_{ref} を算出する。

【0066】

次に、流量制御装置 100 の動作について説明する。

まず、流量制御装置 100 は、冷温水の供給先の負荷変動により、空調制御装置 4 から冷温水の新たな流量目標値 Q_{ref} をデータ通信部 11 によって受信する。データ通信部 11 によって受信した流量目標値 Q_{ref} は、システム制御部 12 へ送られる。

【0067】

システム制御部 12 は、流量目標値 Q_{ref} の情報を流量制御部 13 へ送る。流量制御部 13 では、まず、流量推定部 131 が、インバータ制御部 14 によって算出されたタービン 160 の角速度 およびトルク T の情報と、記憶部 22 に記憶されたピッチ角度 Agv の情報とに基づいて、上述した手法により無次元流量 q を推定し、この推定した無次元流量 q に基づいて、上述した手法により流量推定値 Q_z を算出する。

10

【0068】

そして、トルク目標値算出部 132 は、流量推定部 131 によって算出された流量推定値 Q_z が流量目標値 Q_{ref} に一致するようなトルク目標値 T_{ref} を上述した手法により算出し、インバータ制御部 14 に送る。

【0069】

インバータ制御部 14 は、流量制御部 13 からのトルク目標値 T_{ref} を受けて、発電機 16 のタービン 160 のトルク T がトルク目標値 T_{ref} と一致するような相電圧設定値を算出し、インバータ 15 へ送る。インバータ 15 は、インバータ制御部 14 からの相電圧設定値を受けて、発電機 16 の固定子 161 の固定子巻線に上記相電圧設定値に応じた相電圧を供給する。これにより、タービン 160 のトルクがトルク目標値 T_{ref} に合わせ込まれ、管路を流れる冷温水の流量が流量目標値 Q_{ref} に調整される。

20

【0070】

以上、本実施の形態に係る流量制御装置 100 によれば、流量制御におけるレンジアビリティを向上させることが可能となる。以下、図 16 ~ 18 を用いて具体的に説明する。

【0071】

図 16 ~ 18 は、流量制御装置 1 の各ピッチ角度 Agv における、流量とトルクと角速度との関係を示す図である。

30

図 16 ~ 18 において、縦軸は流量 $[m^3/s]$ であり、横軸はトルク $[Nm]$ である。図 16 には、静翼 17 のピッチ角度 Agv が 45 度である場合において、タービン 160 の角速度 を 100 $[rpm]$ 、500 $[rpm]$ 、1000 $[rpm]$ 、1500 $[rpm]$ 、2000 $[rpm]$ 、2500 $[rpm]$ 、3000 $[rpm]$ 、3500 $[rpm]$ 、4000 $[rpm]$ としたときのタービン 160 のトルク T に対する電磁流量計によって計測した流量の特性が、参照符号 400 ~ 408 によって夫々示されている。

【0072】

また、図 17 には、静翼 17 のピッチ角度 Agv が 32.5 度である場合において、タービン 160 の角速度 を 100 $[rpm]$ 、500 $[rpm]$ 、1000 $[rpm]$ 、1500 $[rpm]$ 、2000 $[rpm]$ 、2500 $[rpm]$ 、3000 $[rpm]$ 、3500 $[rpm]$ としたときのタービン 160 のトルク T に対する電磁流量計によって計測した流量の特性が参照符号 500 ~ 507 によって夫々示されている。

40

【0073】

また、図 18 には、静翼 17 のピッチ角度 Agv が 8.5 度である場合において、タービン 160 の角速度 を 100 $[rpm]$ 、500 $[rpm]$ 、1000 $[rpm]$ 、1500 $[rpm]$ としたときのタービン 160 のトルク T に対する電磁流量計によって計測した流量の特性が参照符号 600 ~ 603 によって夫々示されている。

【0074】

図 16 に示されるように、静翼 17 のピッチ角度 Agv が 45 度である場合において、

50

タービン 160 の角速度を変えたときの電磁流量計によって計測した流量の範囲は、約 0.0036 [m^3/s] (参照符号 400 の流量値の最小値) から約 0.016 [m^3/s] (参照符号 408 の流量値) となる。

【0075】

また、図 17 に示されるように、静翼 17 のピッチ角度 A_{gv} が 32.5 度である場合において、タービン 160 の角速度を変えたときの電磁流量計によって計測した流量の範囲は、約 0.003 [m^3/s] (参照符号 500 の流量値の最小値) から約 0.012 [m^3/s] (参照符号 407 の流量値) となる。

【0076】

また、図 18 に示されるように、静翼 17 のピッチ角度 A_{gv} が 8.5 度である場合において、タービン 160 の角速度を変えたときの電磁流量計によって計測した流量の範囲は、約 0.001 [m^3/s] (参照符号 600 の流量値の最小値) から約 0.0033 [m^3/s] (参照符号 603 の流量値) となる。

【0077】

以上のことから理解されるように、静翼 17 のピッチ角度 A_{gv} 毎に、流量の制御範囲が異なる。したがって、本実施の形態 1 に係る流量制御装置 100 のようにタービン 160 のトルク T 、角速度、およびピッチ角度 A_{gv} の 3 つのパラメータに基づいて冷温水の流量を推定した上で、更に静翼 17 のピッチ角度を調節すれば、流量制御のレンジアビリティを向上させることが可能となる。例えば、図 16 ~ 図 18 に示されるように、タービン 160 のトルクのみならず、ピッチ角度 A_{gv} を 8.5 度から 45 度まで変化させることにより、流量の制御範囲を約 0.001 [m^3/s] (参照符号 600 の流量推定値の最小値) から約 0.016 [m^3/s] (参照符号 408 の流量推定値) まで広げることが可能となる。

【0078】

以上のように、実施の形態 1 に係る流量制御装置 100 によれば、タービン 160 のトルクと角速度のみならずピッチ角度 A_{gv} をも考慮して流量を推定する構成を備えているので、例えば静翼 17 のピッチ角度 A_{gv} を調節できる機構を流量制御装置 100 に追加することにより、流量制御のレンジアビリティを向上させることが可能となる。例えば、ピッチ角度 A_{gv} の異なる静翼 17 を手動により切り替えられる機構を流量制御装置 100 に設けることにより、流量制御装置 100 を適用するアプリケーションに応じて流量の制御範囲を選択することができるようになるので、流量制御のレンジアビリティの向上が期待できる。

【0079】

実施の形態 2

図 19 は、実施の形態 2 に係る流量制御装置 101 の構成を示す図である。

図 19 に示される流量制御装置 101 は、角度検出部 23 を備える点において、実施の形態 1 に係る流量制御装置 100 と相違する一方、その他の点においては実施の形態 1 に係る流量制御装置 100 と同様である。

【0080】

角度検出部 23 は、各羽根 171 のピッチ角度 A_{gv} を検出する機能部である。角度検出部 23 としては、ポテンシオメータ、インクリメンタルエンコーダ、およびアブソリュートエンコーダ等を例示することができる。

【0081】

流量推定部 131 は、角度検出部 23 によって検出されたピッチ角度 A_{gv} の値に基づいて流量推定値 Q_z を算出する。なお、流量推定値 Q_z の算出方法については、実施の形態 1 に係る流量制御装置 100 と同様である。

【0082】

以上、実施の形態 2 に係る流量制御装置 101 によれば、実施の形態 1 に係る流量制御装置 100 と同様に、流量制御におけるレンジアビリティを向上させることが可能となる。

【 0 0 8 3 】

また、実施の形態 2 に係る流量制御装置 1 0 1 によれば、上述した例のように、ピッチ角度 $A g v$ の異なる静翼 1 7 に交換した場合であっても、静翼 1 7 の交換後のピッチ角度 $A g v$ を角度検出部 2 3 によって検出することができるので、ユーザ自らがピッチ角度 $A g v$ の情報を流量制御装置 1 0 1 内の記憶部に再設定する必要がなく、ユーザの手間を省くことができる。

【 0 0 8 4 】

実施の形態 3

図 2 0 は、実施の形態 3 に係る流量制御装置 1 0 2 の構成を示す図である。

図 2 0 に示される流量制御装置 1 0 2 は、空調制御装置 4 との間および外部電源 5 との間を無線で接続する点において、実施の形態 1 に係る流量制御装置 1 0 0 と相違する一方、その他の点においては実施の形態 1 に係る流量制御装置 1 0 0 と同様である。

【 0 0 8 5 】

流量制御装置 1 0 2 では、データ通信部 1 1 に代えてワイヤレスデータ通信部 2 4 を設け、アンテナ 2 5 を通して空調制御装置 4 との間のデータの送受信を無線で行う。また、流量制御装置 1 0 2 では、商用電源回生部 2 0 に代えてワイヤレス送受電部 2 6 を設け、外部電源 5 からの電力をアンテナ 2 5 を通して無線で受けて電源部 1 9 へ送るとともに、電源部 1 9 からの余剰電力をアンテナ 2 5 を通して無線で商用電源（この例では、外部電源 5）に回生し、他のコントローラおよびセンサ等に電力を供給する。

【 0 0 8 6 】

流量制御装置 1 0 2 によれば、空調制御装置 4 との間および外部電源 5 との間を無線で接続するようにしているので、流量制御装置 1 0 2 と外部機器との間の配線をなくすることが可能となる。これにより、配線材料の撤廃、施工性 / メンテナンス性向上への貢献、配線個工数の撤廃、劣悪な環境での作業工数の低減、既設建物の追加計装および置き換えでの作業工数の低減など、ワイヤレス化による環境負荷低減への貢献が期待できる。

【 0 0 8 7 】

以上、本発明者らによってなされた発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明はそれに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは言うまでもない。

【 0 0 8 8 】

例えば、上記実施の形態において、流量制御装置 1 0 0 ~ 1 0 2 を空調制御システム 1 に適用する場合を例示したが、これに限られず、各種の流量制御のアプリケーションに適用でき、更には一般産業機器までにも拡大して適用することが可能である。

【 0 0 8 9 】

また、上記実施の形態において、流量制御装置 1 0 0 ~ 1 0 2 による制御対象の流体が冷温水である場合を例示したが、これに限られず、冷温水以外の液体でもよいし、ガス等の気体であってもよい。

【 0 0 9 0 】

また、実施の形態 3 において、空調制御装置 4 との間および外部電源 5 との間を無線で接続する流量制御装置 1 0 2 を例示したが、これに限られず、流量制御装置 1 0 2 において、空調制御装置 4 との間および外部電源 5 との間の何れか一方を無線とし、他方を実施の形態 1 に係る流量制御装置 1 0 0 と同様に有線としてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 1 】

1 ... 空調制御システム、2 ... 制御対象空間、3 ... 空調機 (F C U)、4 ... 空調制御装置、5 ... 外部電源、L R ... 還水管路、L S ... 往水管路、3 1 ... 熱交換器、3 2 ... ファン、1 0 0 , 1 0 1 , 1 0 2 ... 流量制御装置、1 1 ... データ通信部、1 2 ... システム制御部、1 3 ... 流量制御部、1 3 1 ... 流量推定部、1 3 2 ... トルク目標値算出部、1 4 ... インバータ制御部、1 5 ... インバータ、1 6 ... 発電機、1 6 0 ... タービン、1 6 0 1 ... 羽根車、1 6 0 2 ... リング、1 6 1 ... 固定子、1 7 ... 静翼、1 7 0 ... 基体、1 7 1 ... 羽根、1 7 1 a ...

10

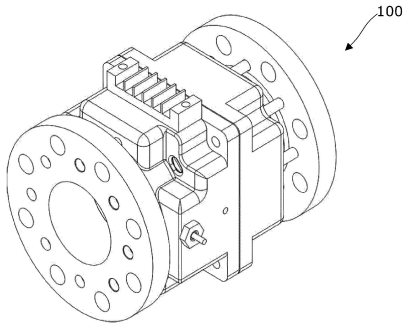
20

30

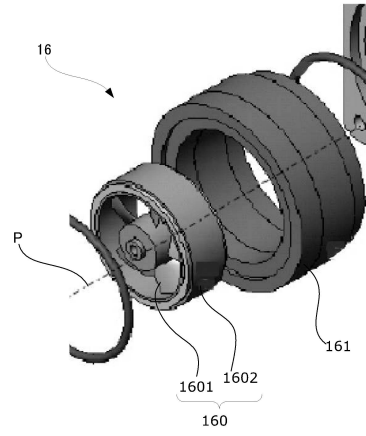
40

50

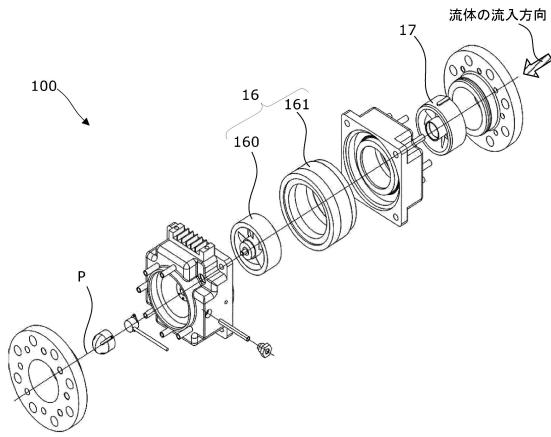
【 図 3 】



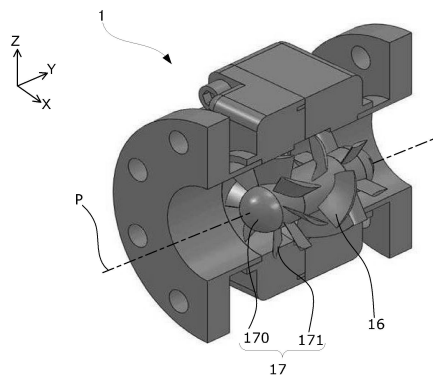
【 図 5 】



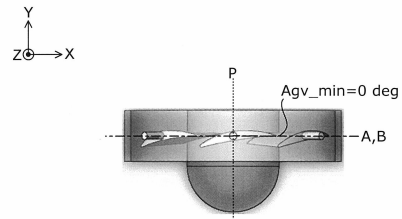
【 図 4 】



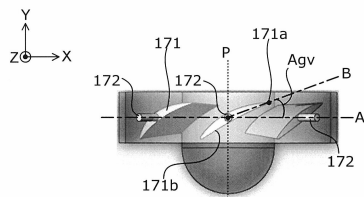
【 図 6 】



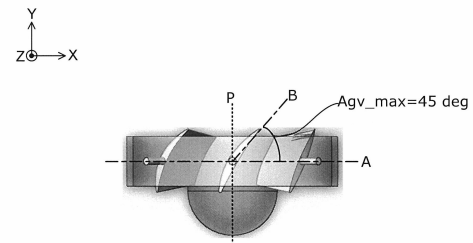
【 図 8 】



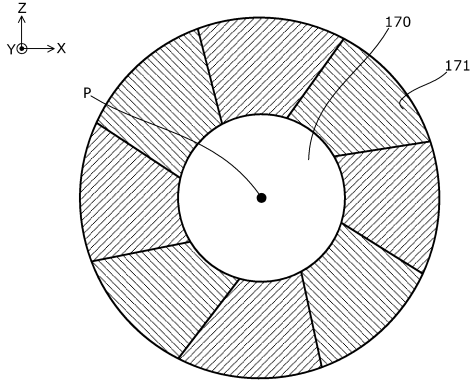
【 図 7 】



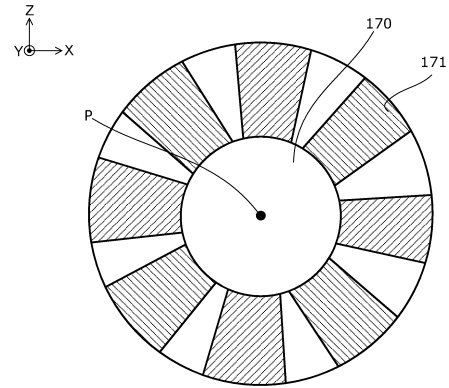
【 図 9 】



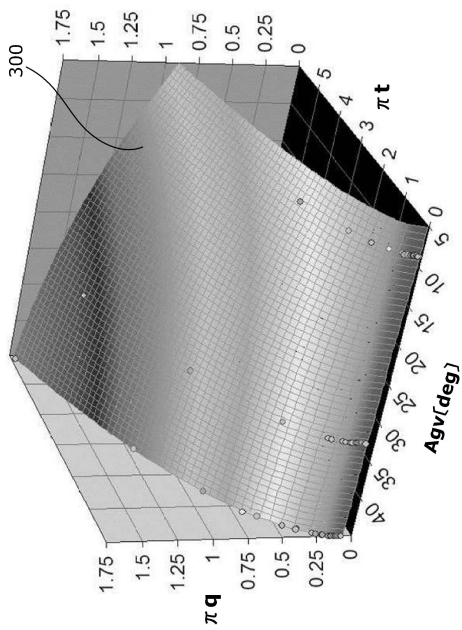
【図10】



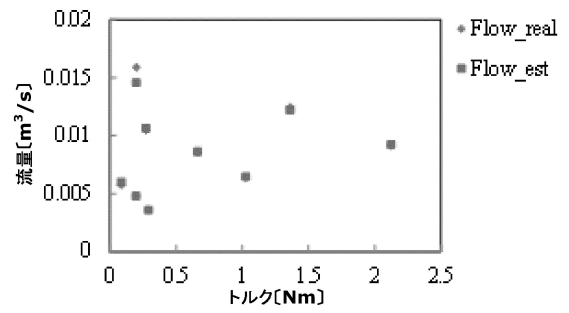
【図11】



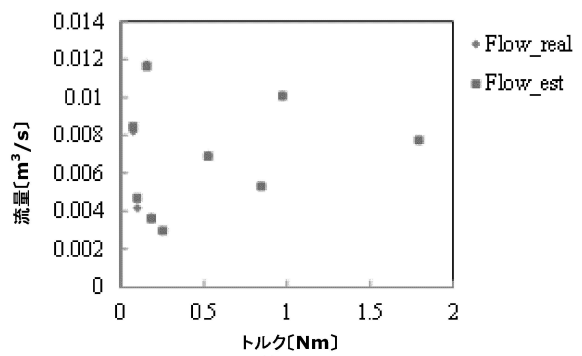
【図12】



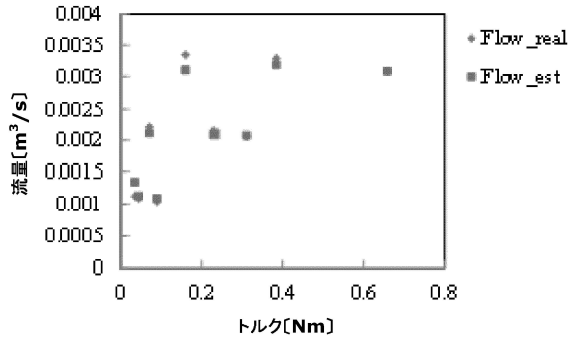
【図13】



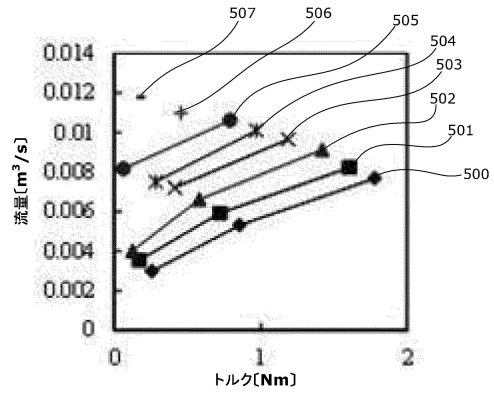
【図14】



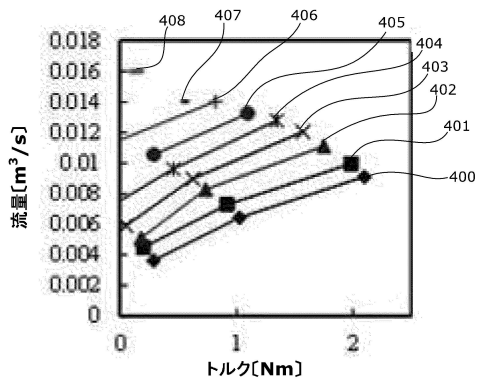
【図15】



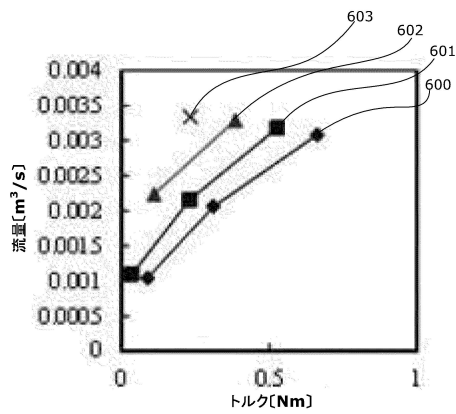
【図17】



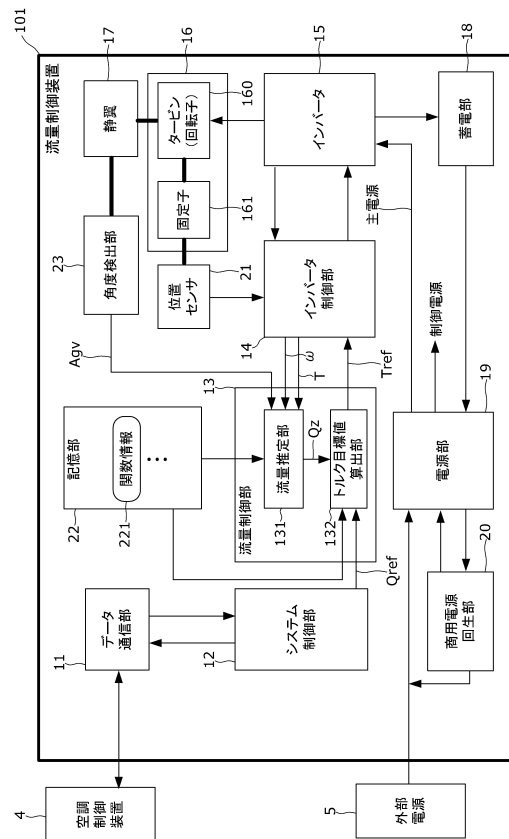
【図16】



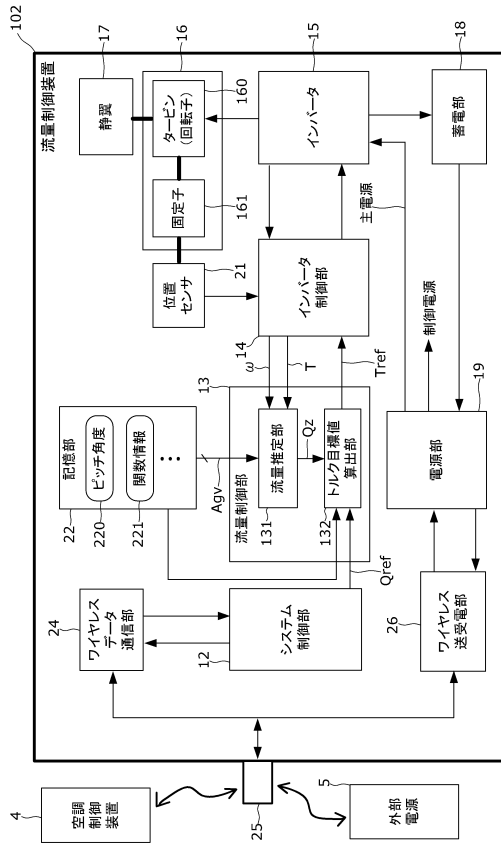
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 P 101/10 (2015.01) H 0 2 P 101:10

(72)発明者 猿渡 亮
東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内
(72)発明者 藤本 康孝
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内
(72)発明者 松井 純
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内

審査官 牧 初

(56)参考文献 特開2003-29847(JP,A)
特開平1-193097(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 5 D 7 / 0 0 - 7 / 0 6
G 0 1 F 1 / 0 0 - 1 / 3 0
G 0 1 F 1 / 3 4 - 9 / 0 0