

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6285880号
(P6285880)

(45) 発行日 平成30年2月28日 (2018. 2. 28)

(24) 登録日 平成30年2月9日 (2018. 2. 9)

(51) Int. Cl. F I
F O 4 B 49/06 (2006. 01) F O 4 B 49/06 3 2 1 A
B O 5 B 1/16 (2006. 01) B O 5 B 1/16

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-19841 (P2015-19841)	(73) 特許権者	000132161 株式会社スギノマシン 富山県魚津市本江2 4 1 0番地
(22) 出願日	平成27年2月4日 (2015. 2. 4)	(74) 代理人	110001807 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(65) 公開番号	特開2016-142216 (P2016-142216A)	(72) 発明者	川森 巧曜 富山県魚津市本江2 4 1 0番地 株式会社 スギノマシン内
(43) 公開日	平成28年8月8日 (2016. 8. 8)	(72) 発明者	高田 幸宣 富山県魚津市本江2 4 1 0番地 株式会社 スギノマシン内
審査請求日	平成29年3月8日 (2017. 3. 8)	(72) 発明者	柴田 晃徳 富山県魚津市本江2 4 1 0番地 株式会社 スギノマシン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポンプ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体を加圧し、複数のノズルの中から選択された前記ノズルから噴出するポンプ装置であって、

前記流体を吐き出す吐出し口を有する容積式ポンプと、
 前記容積式ポンプを駆動する回転速度可変の駆動装置と、
 前記流体の入口と複数の出口とを有し前記入口と複数の前記出口のうちのいずれか一つとを連通させる選択装置と、
 前記吐出し口と前記入口とを連通する吐出し配管と、
 前記出口に連通する前記ノズルと、
 前記駆動装置の前記回転速度を制御する制御部と、
 前記回転速度の制御に用いられる制御パラメータ、及び前記容積式ポンプの吐出し圧力又は吐出し流量である吐出し特性の目標値を、複数の前記ノズルの各々に対応して記憶する記憶装置と、

前記吐出し配管に備えられ、前記容積式ポンプの前記吐出し特性を計測するセンサと、
 を備え、

前記制御部は、前記選択装置によって選択された前記ノズルに対応する前記制御パラメータを用いて、前記吐出し特性が前記目標値に一致するように前記吐出し特性をフィードバックして前記駆動装置の前記回転速度を制御することを特徴とするポンプ装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のポンプ装置であって、
前記吐出し配管から分岐する配管に設けられる排出弁を備え、
前記制御部は、前記排出弁が開弁するとき、又は前記選択装置による前記ノズルの選択がないときに、前記駆動装置の前記回転速度を予め設定されたアイドル回転速度に保つことを特徴とするポンプ装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のポンプ装置であって、
前記駆動装置へ供給する交流電力の周波数を変換する周波数変換装置を備え、
前記駆動装置は交流電動機であり、
前記制御部は、前記吐出し特性と前記目標値との偏差に基づき、前記周波数変換装置が供給する前記交流電力の前記周波数を P I D 制御することを特徴とするポンプ装置。 10

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載のポンプ装置であって、
前記容積式ポンプは歯車ポンプ又はピストンポンプであり、
前記駆動装置は永久磁石型同期電動機であることを特徴とするポンプ装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載のポンプ装置であって、
前記ノズルに関する警告を発する警告装置を備え、
前記駆動装置の前記回転速度が、前記選択装置によって選択された前記ノズルに対して予め設定された上限回転速度を超えるか又は前記上限回転速度以上のときに、前記警告装置は、前記選択装置によって選択された前記ノズルに関する前記警告を発することを特徴とするポンプ装置。 20

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載のポンプ装置であって、
情報を表示する表示装置を備え、
前記記憶装置は、前記駆動装置の前記回転速度と前記ノズルの孔径とを関係付ける関係情報を前記ノズル毎に記憶し、
前記制御部は、前記駆動装置の前記回転速度を取得し、取得した回転速度に相当する前記ノズルの前記孔径を前記関係情報に基づいて推定し、前記表示装置に表示させることを特徴とするポンプ装置。 30

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のポンプ装置であって、
前記制御部は、前記吐出し特性が前記目標値に一致するように前記吐出し特性をフィードバックして前記駆動装置の前記回転速度を制御するフィードバック制御とともに、前記目標値に応じて前記駆動装置の前記回転速度を制御するフィードフォワード制御を行うことを特徴とするポンプ装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載のポンプ装置であって、
前記目標値は、予め設定された洗浄の順序に応じて変化することを特徴とするポンプ装置。 40

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載のポンプ装置であって、
前記制御パラメータは、前記ノズルの種別、前記ノズルの基準孔径、及び前記目標値に基づいて取得されて、前記記憶装置に記憶されることを特徴とするポンプ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ポンプ装置に関し、特に、流体を加圧し、複数のノズルの中から選択されたノズルから噴出するポンプ装置の制御に関する。

【背景技術】

【0002】

複数のノズルが選択装置を介してポンプと接続され、上記ポンプが吐き出した流体を選択装置が選択したノズルから噴出するポンプ装置がある。このようなポンプ装置は、例えば特許文献1に示す洗浄装置に用いられている。特許文献1の洗浄装置には、選択装置であるタレット装置に複数のノズルが配設されている。そして、ポンプが吐き出した流体を、選択装置が選択した一つのノズルから噴出する。

【0003】

容積式ポンプの吐出し圧力は、容積式ポンプの回転速度（単位時間当たりの回転数）、ノズルの噴出形状及びノズルの孔径により定まる。そして、選択するノズルを切り替えた場合には、そのポンプの吐出し圧力と吐出し流量との関係を示す曲線に従い、ノズルに応じた圧力で噴射する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平8-90365号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ポンプ装置を用いて、洗浄、はつり、バリ取りその他の作業を行う場合には、ポンプの吐出し流量又は吐出し圧力と得られる効果とが密接に関係する。したがって、複数のノズルを用いて複数の作業を行う場合には、その作業毎に最適な吐出し圧力又は吐出し流量を選択することが望ましい。

20

第一には、本発明は、複数のノズルの中から選択されたノズルから噴射するポンプ装置の吐出し圧力又は吐出し流量を、選択されたノズル毎に設定した値に保つことを課題とする。

【0006】

ノズルは噴出する流体によって徐々に摩耗し、孔径の拡大、噴射形状の悪化を招く。洗浄能力、バリ取り能力は、吐出し圧力、噴射形状、吐出し流量の影響を受けるため、摩耗したノズルは交換される。従来のポンプ装置は、ポンプの吐出し口にリリーフ弁を設け、このリリーフ弁により吐出し圧力を一定に保つように構成されていた。そして、吐出し圧力が低下した場合には、このリリーフ弁のリリーフ圧を調整し、リリーフ弁の締め切りによっても所定の吐出し圧力を保持できない場合、ノズルを交換していた。しかし、その交換時期が予想できなかった。

30

第二には、本発明は、ノズルの摩耗状況を確認し、ノズル交換の適期を報知することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題に鑑みて、本発明は、流体を加圧し、複数のノズルの中から選択された前記ノズルから噴出するポンプ装置であって、前記流体を吐き出す吐出し口を有する容積式ポンプと、前記容積式ポンプを駆動する回転速度可変の駆動装置と、前記流体の入口と複数の出口とを有し前記入口と複数の前記出口のうちのいずれか一つとを連通させる選択装置と、前記吐出し口と前記入口とを連通する吐出し配管と、前記出口に連通する前記ノズルと、前記駆動装置の前記回転速度を制御する制御部と、前記回転速度の制御に用いられる制御パラメータ、及び前記容積式ポンプの吐出し圧力又は吐出し流量である吐出し特性の目標値を、複数の前記ノズルの各々に対応して記憶する記憶装置と、前記吐出し配管に備えられ、前記容積式ポンプの前記吐出し特性を計測するセンサと、を備え、前記制御部は、前記選択装置によって選択された前記ノズルに対応する前記制御パラメータを用いて、前記吐出し特性が前記目標値に一致するように前記吐出し特性をフィードバックして前記駆動装置の前記回転速度を制御する。

40

上記構成によれば、吐出し特性をフィードバックしてポンプの回転速度を制御し、ポン

50

プの吐出し圧力又は吐出し流量をノズル毎に設定された目標値に一致させることができる。

【 0 0 0 8 】

本発明は、好ましくは、前記吐出し配管から分岐する配管に設けられる排出弁を備え、前記制御部は、前記排出弁が開弁するとき、又は前記選択装置による前記ノズルの選択がないときに、前記駆動装置の前記回転速度を予め設定されたアイドル回転速度に保つ

。上記構成によれば、排出弁が開弁するとき、又は選択装置によるノズルの選択がないときに、容積式ポンプが揚圧した流体を排出弁から排出し、その間における容積式ポンプの回転速度をアイドル回転速度にする。このアイドル回転速度として、ノズルを選択したときの回転速度より低い回転速度を選択しておけば、ノズルから流体を噴出しな

10

【 0 0 0 9 】

本発明は、好ましくは、前記駆動装置へ供給する交流電力の周波数を変換する周波数変換装置を備え、前記駆動装置は交流電動機であり、前記制御部は、前記吐出し特性と前記目標値との偏差に基づき、前記周波数変換装置が供給する前記交流電力の前記周波数をPID制御する。ここで、制御パラメータは、ノズルの種別及びノズルの孔径（基準孔径）に対応する比例係数、積分係数、及び微分係数を含む。

上記構成によれば、簡便な構成で応答性の良いフィードバック制御を実現できる。

【 0 0 1 0 】

本発明において、好ましくは、容積式ポンプは歯車ポンプ又はピストンポンプであり、駆動装置は永久磁石型同期電動機である。

上記構成によれば、永久磁石型同期電動機は、電源の周波数に対して回転速度の追従性が良いため、より応答性の高いポンプ装置を得ることができる。また、永久磁石型同期電動機は、エネルギー効率が高いため、より機械効率の高いポンプ装置を得ることができる。

20

【 0 0 1 1 】

本発明は、好ましくは、前記ノズルに関する警告を発する警告装置を備え、前記駆動装置の前記回転速度が、前記選択装置によって選択された前記ノズルに対して予め設定された上限回転速度を超えるか又は前記上限回転速度以上のときに、前記警告装置は、前記選択装置によって選択された前記ノズルに関する前記警告を発する。

30

上記構成によれば、ノズルの摩耗量に応じて適宜警告を発し、又はノズルの交換を促すことができる。すなわち、ノズルの摩耗状況を確認し、ノズル交換の適期を報知することができる。ここで、警告装置は、警報発生器、警報表示装置、外部への警報信号発振器その他の警告手段を備える装置をいう。

【 0 0 1 2 】

本発明は、好ましくは、情報を表示する表示装置を備え、前記記憶装置は、前記駆動装置の前記回転速度と前記ノズルの孔径とを関係付ける関係情報を前記ノズル毎に記憶し、前記制御部は、前記駆動装置の前記回転速度を取得し、取得した回転速度に相当する前記ノズルの前記孔径を前記関係情報に基づいて推定し、前記表示装置に表示させる。

上記構成によれば、流体の噴出に伴ってノズルが摩耗し、徐々にノズルの孔径が拡大するところ、ユーザは現在のノズルの孔径の推定値を確認することができる。すなわち、ノズルの摩耗状況を確認し、ノズル交換の適期を報知することができる。そのため、ユーザは、ノズルを交換する計画を予め策定し、洗浄等の作業品質の低下を予防することができる。

40

【 0 0 1 3 】

本発明において、好ましくは、前記制御部は、前記吐出し特性が前記目標値に一致するように前記吐出し特性をフィードバックして前記駆動装置の前記回転速度を制御するフィードバック制御とともに、前記目標値に応じて前記駆動装置の前記回転速度を制御するフィードフォワード制御を行う。

上記構成によれば、フィードフォワード制御は、操作初期での吐出し特性の応答遅れの

50

解消を行う。また、フィードフォワード制御は、例えば容積式ポンプの起動時や使用するノズルの切替え時における過渡状態において、吐出し特性を目標値に一致させるように補償する。

【0014】

本発明において、好ましくは、前記目標値は、予め設定された洗浄の順序に応じて変化する。

上記構成によれば、例えば数値制御プログラムにプログラムされた洗浄の順序に応じて、目標値を適宜変更した場合においても、追従性の良い吐出し特性の調整が可能である。

【0015】

本発明において、好ましくは、前記制御パラメータは、前記ノズルの種別、前記ノズルの基準孔径、及び前記目標値に基づいて取得されて、前記記憶装置に記憶される。

上記構成によれば、選択装置の各出口に接続するノズルの種別や孔径を変更した場合であっても、ノズルの種別、ノズルの基準孔径、目標値を設定するだけで制御可能なポンプ装置を提供することができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、複数のノズルの中から選択されたノズルから噴射するポンプ装置の吐出し圧力又は吐出し流量を、選択されたノズル毎に設定した値に保つことができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施形態のポンプ装置を示す概略図である。

【図2】実施形態のポンプ装置の制御装置を示す概略図である。

【図3】実施形態のポンプ装置の制御方法を示すブロック線図である。

【図4】実施形態のポンプ装置の制御パラメータを示す。

【図5】実施形態のポンプ装置の制御方法を示すフローチャートである。

【図6】実施形態の第1変形例のポンプ装置の制御パラメータを示す。(a)はツール番号に対する目標圧力を、(b)は目標圧力に対する上限周波数及び下限周波数を、(c)はPID制御の制御パラメータを示す。

【図7】実施形態の第2変形例のポンプ装置の制御パラメータを示す。(a)はツール番号に対する設定値を、(b)はノズルの種別に対する制御パラメータの関数を、(c)はツール番号に対するPID制御の制御パラメータを示す。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図1ないし図5に従って、発明を実施する形態について詳細に説明する。

【0019】

[実施形態]

(構成)

図1は、本発明の実施形態のポンプ装置10を示す。

図1に示すように、ポンプ装置10は、流体Fを加圧し、複数のノズル27の中から選択されたノズル27から噴出する。流体Fはタンク装置11に貯留されている。ここで、流体Fは水又は洗浄剤、防腐剤、防錆剤その他の添加物を含む水溶液である。タンク装置11は2槽式のろ過装置を備えたタンク装置である。タンク装置11は洗浄機、切削装置に慣用されているため、その詳細な説明を省略する。

【0020】

ポンプ装置10は容積式ポンプを備えている。本実施形態では、容積式ポンプは、複数のプランジャを備え、プランジャが往復することで、流体Fを吸入口14から吸い込み、吐出し口15から吐き出すピストンポンプ13である。ピストンポンプ13を使用することで、吐出し圧力(吐出し特性)を高く設定することができる。このため、ポンプ装置10は、機械部品の洗浄もしくはバリ取り加工、重合缶もしくはコンテナの洗浄、塗装の剥離、又はコンクリートのはつりに好適に利用できる。

【 0 0 2 1 】

容積式ポンプを使用することにより、流体Fを噴出するノズル27の孔径と容積式ポンプの回転速度 $N [\text{min}^{-1}]$ とに応じて、吐出し圧力 $P [\text{MPa}]$ が定まる。そして、回転速度 N が上昇するにつれて吐出し圧力 P が上昇し、ノズル27の孔径が拡大するにつれて吐出し圧力 P が低下する作用が生ずる。

【 0 0 2 2 】

なお、ピストンポンプ13に替えて、歯車ポンプその他の容積式ポンプを使用することができる。本実施形態のポンプ装置10は、ピストンポンプ13を1台備えているが、複数台の容積式ポンプを備えても良い。

【 0 0 2 3 】

ポンプ装置10は、容積式ポンプを駆動する回転速度可変の駆動装置と、駆動装置へ供給する交流電力の周波数を変換する周波数変換装置とを備えている。本実施形態では、容積式ポンプとしてのピストンポンプ13の駆動装置は、永久磁石型同期電動機16である。また、本実施形態では、周波数変換装置はインバータ17である。インバータ17は、交流電源から任意の周波数をもつ交流電力を発生させる装置である。ポンプ装置10がインバータ17と永久磁石型同期電動機16とを備えているため、ピストンポンプ13の回転速度の応答が速くなる。そして、ピストンポンプ13の回転速度を制御するための構成を安価かつ簡便に得られる。

【 0 0 2 4 】

なお、永久磁石型同期電動機16に替えて、電磁石同期電動機その他の交流同期電動機、若しくは直流同期電動機又は誘導電動機を用いることができる。インバータ17及び永久磁石型同期電動機16に替えて、ステッピングモータ又はサーボモータを利用することができる。ステッピングモータ又はサーボモータを用いた場合には、インバータ17を使用しないため、インバータ17の制御遅れが解消され、より速い応答が可能になる。

【 0 0 2 5 】

ポンプ装置10は、流体Fの入口26と複数の出口18とを有する選択装置を備えている。この選択装置は、入口26と複数の出口18のうちのいずれか一つとを連通させる。本実施形態では、選択装置は、タレット装置25である。タレット装置25はサーボモータ30により、ノズル27が取り付けられる複数のタレット面の中から一つのタレット面を割り出す。タレット装置25はXYZ軸を含む直交軸移動装置32で数値制御される。タレット装置25には各タレット面に対応してレバー操作型のバルブ28がそれぞれ設けられている。割り出されたタレット面に対応して設けられたバルブ28のレバーは、固定されたカムフォロア29により、押される。すると、タレット装置25の入口26から供給された流体Fが、出口18を経て、割り出されたタレット面に取り付けられたノズル27から噴射される。

【 0 0 2 6 】

なお、選択装置としてのタレット装置25におけるタレット面の割り出しには、サーボモータ30に替えて、ローラギヤカム、パラレルカムその他のインデックスカム装置を利用できる。選択装置は、ノズル27の数と同数のバルブ28を有し、それぞれのバルブ28の流入口が選択装置の入口26と結合されている様々な形態を取ることができる。例えば、選択装置は、制御装置43の指令に応じてそれぞれのバルブ28を開閉しても良いし、バルブ28を直列に配し、回転するカムシャフトで開弁するバルブ28を選択しても良い。後者の選択装置としては、例えば特許第3812879号公報に記載の装置が利用できる。

【 0 0 2 7 】

吐出し配管19は、ピストンポンプ13の吐出し口15とタレット装置25の入口26とを連通する。

【 0 0 2 8 】

圧力センサ21は、吐出し配管19に設けられ、ピストンポンプ13の吐出し圧力 P を計測し、制御装置43へ出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

安全弁 2 3 は、吐出し配管 1 9 から分岐する配管に設けられ、吐出し圧力 P が所定の圧力 P_s を超過するとタンク装置 1 1 へ流体 F を逃がし、吐出し圧力 P を圧力 P_s 以下に保持する。圧力 P_s は、常時使用する吐出し圧力 P よりも若干高く、かつ、ピストンポンプ 1 3、吐出し配管 1 9、圧力センサ 2 1、タレット装置 2 5 の耐圧強度（圧力値）よりも低く設定される。

【 0 0 3 0 】

排出弁 2 2 は、吐出し配管 1 9 から分岐する配管に設けられる。排出弁 2 2 の流路の有効断面積はノズル 2 7 と比較して非常に大きい。排出弁 2 2 の流路の有効断面積が大きい
10
ため、排出弁 2 2 が開弁したときに、吐出し配管 1 9 内の圧力は急激に低下する。ピストンポンプ 1 3 が吐き出した流体 F は、排出弁 2 2 が開弁するときに、その全量が排出弁 2 2 を通ってタンク装置 1 1 に戻る。

【 0 0 3 1 】

洗浄弁 2 4 は、吐出し配管 1 9 の排出弁 2 2 との分岐点の下流側に設けられる。洗浄弁 2 4 は、排出弁 2 2 を閉弁するときに開弁し、排出弁 2 2 を開弁するときに閉弁する。そして、この流体 F は、洗浄弁 2 4 が開弁するときに、その全量がタレット装置 2 5 へ供給される。

なお、洗浄弁 2 4 は、設置されることが望ましいが、必ずしも必須ではない。

【 0 0 3 2 】

また、ポンプ装置 1 0 は制御装置 4 3 を備えている。制御装置 4 3 は、圧力センサ 2 1
20
が検知した吐出し圧力 P に応じてインバータ 1 7 を介して、ピストンポンプ 1 3 の吐出し圧力 P を目標値（以下、「目標圧力 P_0 」ともいう。）に一致させるように制御する。

【 0 0 3 3 】

図 2 は、制御装置 4 3 の構成を示す。図 2 に示すように、制御装置 4 3 は、CPU 4 5、入力装置 4 6、警告装置 4 7、表示装置 4 8、入力ポート 4 9、出力ポート 5 0、記憶装置 5 1 を備え、これらをバスで接続している。制御装置 4 3 は、数値制御装置を含む。CPU 4 5 は、駆動装置としての永久磁石型同期電動機 1 6 の回転速度を制御する制御部としての機能を有する。入力装置 4 6 はキーボード、テンキー、マウス等、直接データを入力する装置である。警告装置 4 7 は、アラームを音声で報知するスピーカもしくは警報を表示する装置である。表示装置 4 8 は、圧力、制御パラメータ、設定値等の情報を表示
30
する装置であり、液晶パネルが利用できる。入力装置 4 6、警告装置 4 7、表示装置 4 8 を一つのタッチパネルとして構成しても良い。入力ポート 4 9 はサーボモータ 3 0、圧力センサ 2 1 その他の付属装置から発信された信号を受信する。出力ポート 5 0 は、インバータ 1 7、サーボモータ 3 0、直交軸移動装置 3 2 その他の構成要素へ信号を発信する。記憶装置 5 1 はストレージであり、各ノズル 2 7 に対する制御パラメータ、伝達関数、数値制御プログラムその他のデータを記憶する。制御パラメータの詳細は後述する。制御パラメータ、伝達関数は入力装置 4 6 又は入力ポート 4 9 を介して入力され、記憶装置 5 1 に収納される。制御装置 4 3 は、記憶装置 5 1 に記憶されている制御パラメータ、伝達関数を利用して、吐出し圧力 P をフィードバックしてピストンポンプ 1 3 へ供給する交流電力の周波数を制御する。後述するように、本実施形態では、フィードバック制御に PID
40
制御を用いる。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、制御系のブロック線図を示す。永久磁石型同期電動機 1 6 の回転速度 N 、すなわちピストンポンプ 1 3 の回転速度 N は、ピストンポンプ 1 3 の負荷と周波数 f とにより定められる。従って、制御装置 4 3 は、吐出し圧力 P をフィードバックしてピストンポンプ 1 3 の回転速度 N を制御する。CPU 4 5 は、選択したツール番号 n に対応する目標圧力 P_0 を記憶装置 5 1 に記憶されている情報から決定する。CPU 4 5 は、出力ポート 5 0 を介してインバータ 1 7 へ、圧力 P_{OUT} を指令する。

【 0 0 3 5 】

ノズル 2 7 から流体 F を噴射するときに、ノズル 2 7 の孔径とピストンポンプ 1 3 の回
50

転速度に応じて吐出し配管 19 内の圧力 P (ピストンポンプ 13 の吐出し圧力 P) が上昇する。この圧力 P は圧力センサ 21 により検知され、入力ポート 49 を介して制御装置 43 の CPU 45 へ送信される。CPU 45 は、この現在の圧力 P と目標圧力 P_0 との差分 P_{DEF} を演算する。PID 補償は、この差分 P_{DEF} を 0 にするよう演算を行う。フィードバック補償はノズル毎に定められた比例係数 K_P 、積分時間 T_I 、微分時間 T_D に基づいて PID 補償を行う。

【0036】

制御対象は、インバータ 17、ピストンポンプ 13 を駆動する永久磁石型同期電動機 16、及びタレット装置 25 が選択するツール番号 n のノズル 27 である。インバータ 17 は、圧力 P_{OUT} を周波数 $f [s^{-1}]$ に変換する。インバータ 17 が圧力 P_{OUT} を受けて、周波数 f に変換する伝達関数は、定数 C_1 で表される。

10

【0037】

周波数 f の交流電力により、ピストンポンプ 13 が駆動する。ピストンポンプ 13 の回転速度 N は周波数 f で定まる。すなわち、本実施形態のポンプ装置 10 においては、周波数 f を制御することによって、ピストンポンプ 13 の回転速度 N を制御している。ピストンポンプ 13 の回転速度 N とノズル 27 の孔径で表される開口度合いとにより、吐出し圧力 P が定まる。ピストンポンプ 13 がインバータ 17 の生成する周波数 f の交流電力で回転し、ピストンポンプ 13 が流体 F を加圧し、その流体 F が選択されたノズル 27 から噴出する。交流電力の周波数 f と発生する吐出し圧力 P との関係を表す伝達関数は、ピストンポンプ 13 の回転速度 N に対する配管抵抗を示す定数 C_2 で表すことができる。

20

【0038】

ここで、 C_1 、 C_2 は、ノズルの種別、ノズルの基準孔径 d_0 、目標圧力 P_0 によって定められる。PID 補償及びフィードフォワード補償の伝達関数をそれぞれ G_1 、 G_F とすると、制御系の伝達関数は式 1 で表される。ノズルの基準孔径 d_0 は、設計値である初期孔径である。

【0039】

【数 1】

$$G = \frac{C_1 C_2 (G_1 + G_F)}{1 + G_1 C_1 C_2} \quad (\text{式 1})$$

30

【0040】

ここで、 G_1 は式 2 で表される。

【0041】

【数 2】

$$G_1 = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) \quad (\text{式 2})$$

【0042】

フィードフォワード制御は、目標圧力 P_0 に対して行われ、制御対象の圧力不感帯領域の補償、すなわち、操作初期での圧力の応答遅れの解消を行う。また、フィードフォワード制御は、例えばピストンポンプ 13 の起動時や使用するノズル 27 の切替え時における過渡状態において、目標値に一致させるように補償する。

40

【0043】

図 4 を参照して、表 60 は、記憶装置 51 に記憶される制御パラメータ等のデータの構成例を示す。本実施形態では、ツール番号 n はタレット装置 25 のタレット面毎に付けられたタレット番号に対応する。そして、ツール番号 n には、取り付けられるノズル 27 の種別、基準孔径 d_0 が決まっており、取り付けられるノズル 27 に対応する目標圧力 P_0 も予め定められている構成を想定している。

【0044】

表 60 は、列 62 のツール番号 n に対する、制御パラメータ等のデータの値を示す。列

50

64は、ツール番号 n に対応する目標圧力 P_0 [MPa]を示す。列64に数字が入力されていれば、その数字を目標圧力 P_0 とする。列64に特定の文字(例えば x)が入力されていれば、そのツール番号 n にノズル27が設けられていないことを示す。列65は、ツール番号 n に対応するPID制御のパラメータである比例係数 K_p を示す。列66は、ツール番号 n に対応する積分時間 T_I を示す。列67はツール番号 n に対応する微分時間 T_D を示す。列68は伝達関数である定数 C_1 を示す。列69は、ツール番号 n に対応する上限周波数 f_{MAX} [s^{-1}]を、列61は、ツール番号 n に対応する下限周波数 f_{MIN} [s^{-1}]を示す。列63は、現在の周波数 f を引数とする、現在のノズルの孔径の推定値である換算孔径 d を演算する関数 $Fd1(f)$, $Fd2(f)$, \dots を示す。CPU45は、周波数 f をインバータ17から受け取り、その周波数 f と列63の関数とに基づいて換算孔径 d を推定演算する。周波数 f はある程度の幅をもって細かく振動するため、換算孔径 d の算出値も振動する。そこで、推定値である換算孔径 d は、移動平均を取って振動分を吸収することが望ましい。

10

【0045】

なお、永久磁石型同期電動機16及びインバータ17に替えてステッピングモータ又はサーボモータを使用する場合には、周波数に関するデータに替えて、回転速度に関するデータを用いることは言うまでもない。勿論、制御装置43は、ポンプ装置10全体を制御する第1の制御装置(例えば数値制御装置)と、PID制御及びインバータ17への指令を行う第2の制御装置(例えばシーケンサ)とに分割して構成することができる。

また、インバータ17が圧力 P_{OUT} の入力に応じて周波数 f を出力することに替えて、制御装置43のCPU45は、圧力 P_{OUT} を一旦電流値 i に変換し、インバータ17は電流値 i の入力に応じて周波数 f を出力できる。

20

列64の特定の文字(例えば x)の入力に替えて、ツール番号 n に対してノズル27が取り付けられているかどうかを示す列を別途設けても良い。このとき、その列には、例えば、ノズル27が取り付けられている場合には1が、ノズル27が取り付けられていない場合には0が入力される。

更に、列69、列61、又は列63を適宜省いても良い。列63が設けられている場合、警告装置47は、換算孔径 d に基づいて警告を発することができるため、周波数 f の正常範囲を規定する列61、69は不要である。また、ノズル27の孔は使用に従って拡大するため、周波数 f はそれに伴い上昇する。このため、列61は通常の場合省いても良い。また、周波数 f に対して警告を発しない構成とする場合、列61、列69は設けることを要しない。

30

【0046】

図5は、上述のように構成されたポンプ装置10の制御方法を示す。図5に示すフローチャートの内容は、プログラムとして記憶装置51に記憶される。制御装置43のCPU45は、直交軸移動装置32の数値制御プログラムに従って、タレット装置25を用いて複数のノズル27の中から噴射するノズル27をツール番号 n で選択する(S1)。ノズル27から流体 F を噴射するときは、制御装置43のCPU45は、排出弁22を閉弁し、洗浄弁24を開弁する。CPU45は、排出弁22が閉弁しているか否かを判断する(S2)。排出弁22が開弁している場合(S2でNo)、後述のステップS12へ進む。

40

なお、ポンプ装置10が洗浄弁24を備えている場合、ステップS2は、洗浄弁24が開弁しているか否かの判断に置換えても良い。

【0047】

排出弁22が閉弁している場合(S2でYes)、CPU45は、サーボモータ30の出力信号から、選択されたノズル27に対応する番号である、ツール番号 n を認識する(S3)。CPU45は、表60(図4参照)に基づいて、選択したツール番号 n にノズルが設けられているかを判断する(S4)。選択したツール番号 n にノズルが設けられている場合(S4でYes)、CPU45は、認識したツール番号 n に適合する制御パラメータを表60から取得する(S5)。CPU45は、表60に基づいて、ピストンポンプ13の吐出し圧力 P の目標値である目標圧力 P_0 を決定する(S6)。CPU45は、出力

50

ポート50からインバータ17に圧力 P_{OUT} を指令する(S7)。インバータ17は圧力 P_{OUT} に基づいてピストンポンプ13に周波数 f の交流電力を送る(S8)。ピストンポンプ13は、永久磁石型同期電動機16によって駆動されて所定の回転速度 N で回転する(S9)。ピストンポンプ13は流体 F を吸入口14から吸い込み、加圧して吐出口15から吐出す。加圧された流体 F は吐出し配管19、タレット装置25を介してツール番号 n のノズル27から噴出する。圧力センサ21は、吐出し配管19内の流体 F の圧力 P を計測する。この圧力 P は、ピストンポンプ13の吐出し圧力 P に相当する。圧力 P の計測値は、圧力センサ21から入力ポート49を介して制御装置43へ入力される(S10)。ステップS11では、ポンプ装置10の停止指示があったか否かが判断される。ポンプ装置10の停止指示がない場合(S11でNo)、CPU45は、計測された圧力 P と目標圧力 P_0 との差分 P_{DEF} を演算し、差分 P_{DEF} に応じて修正された値である圧力 P_{OUT} を表60(図4参照)から得られた各係数と伝達関数に応じて算出する。CPU45は、その修正値である圧力 P_{OUT} をインバータ17に指令する(S7)。

10

【0048】

制御装置43のCPU45は、計測された吐出し圧力 P をフィードバックして、ピストンポンプ13の回転速度 N を制御することにより、ノズル27の摩耗度合いにかかわらず、ピストンポンプ13の吐出し圧力 P を目標圧力 P_0 に一致させることができる。

【0049】

ステップS2において排出弁22が開弁しているときは(S2でNo)、制御装置43のCPU45は、予め設定されて入力された周波数であるアイドル周波数 f_{IDL} の交流電力の出力をインバータ17に指令し、アイドル周波数 f_{IDL} に対応したアイドル回転速度 N_{IDL} でピストンポンプ13が回転する(S12)。このとき、制御装置43のCPU45は、計測された吐出し圧力 P に応じた周波数 f のフィードバック制御を行わない。

20

ここで、ポンプ装置10が洗浄弁24を備えている場合、制御装置43のCPU45は、洗浄弁24の閉弁に先立って、排出弁22を開弁する。

ステップS4において、選択したツール番号 n にノズルが設けられていないと判断された場合も(S4でNo)、CPU45は、同様にステップS12を実行する。

【0050】

警告装置47は、インバータ17から出力する交流電力の周波数 f が下限周波数 f_{MIN} (表60の列61、図4参照)を下回るか若しくは下限周波数 f_{MIN} 以下の場合、又は上限周波数 f_{MAX} (列69参照)を超過するか若しくは上限周波数 f_{MAX} 以上の場合に、警告を発する。

30

【0051】

なお、以上の実施形態によれば、ピストンポンプ13の駆動用に、インバータ17及び永久磁石型同期電動機16を用いたため、制御量が、供給する交流電力の周波数 f であり、制御パラメータとして周波数 f に対する値を用いた。しかしながら、ピストンポンプ13の駆動用にサーボモータ、ステッピングモータを使用する場合には、制御量が回転速度であり、制御パラメータが回転速度に対する値に置き換えられる。この場合、定数である伝達関数 C_1 は、圧力を受けて回転速度に相当する電源パルス列を発生するサーボアンプを表現する。

40

【0052】

以上の構成による、本実施形態のポンプ装置10は、流体 F を加圧し、複数のノズル27の中から選択されたノズル27から噴出する。ポンプ装置10は、流体を吐出す吐出し口15を有する容積式ポンプとしてのピストンポンプ13と、ピストンポンプ13を駆動する回転速度可変の駆動装置としての永久磁石型同期電動機16と、を備える。また、ポンプ装置10は、流体 F の入口26と複数の出口18とを有し入口26と複数の出口18のうちのいずれか一つとを連通させる選択装置としてのタレット装置25と、吐出し口15と入口26とを連通する吐出し配管19と、出口18に連通する前記ノズル27と、を備える。また、ポンプ装置10は、駆動装置としての永久磁石型同期電動機16の回転

50

速度 N を制御する制御部としてのCPU45と、永久磁石型同期電動機16の回転速度 N の制御に用いられる制御パラメータ(K_P 、 T_I 、 T_D 等)、及びピストンポンプ13の吐出し圧力 P の目標値である目標圧力 P_0 を、複数のノズル27の各々に対応して記憶する記憶装置51と、吐出し配管19に備えられ、ピストンポンプ13の吐出し圧力 P を計測する圧力センサ21と、を備える。制御装置43のCPU45は、タレット装置25によって選択されたノズル27に対応する制御パラメータを用いて、吐出し圧力 P が目標圧力 P_0 に一致するように、吐出し圧力 P をフィードバックして永久磁石型同期電動機16の回転速度 N を制御する。

【0053】

また、ポンプ装置10は、吐出し配管19から分岐する配管に設けられる排出弁22を備え、制御装置43のCPU45は、排出弁22が開弁するとき、又はタレット装置25によるノズル27の選択がないときに、永久磁石型同期電動機16の回転速度 N を予め設定されたアイドル回転速度 N_{IDL} に対応するアイドル周波数 f_{IDL} に保つ。

10

【0054】

また、ポンプ装置10は、永久磁石型同期電動機16へ供給する交流電力の周波数 f を変換するインバータ17(周波数変換装置)を備え、ピストンポンプ13を駆動する駆動装置は永久磁石型同期電動機16(交流電動機)であり、制御装置43のCPU45は、吐出し圧力 P と目標圧力 P_0 との偏差 P_{DEF} に基づき、インバータ17が永久磁石型同期電動機16へ供給する交流電力の周波数 f をPID制御する。

また、ポンプ装置10に備えられる容積式ポンプはピストンポンプ13であり、ピストンポンプ13を駆動する駆動装置は永久磁石型同期電動機16である。

20

【0055】

また、ポンプ装置10は、ノズル27に関する警告を発する警告装置47を備え、永久磁石型同期電動機16の回転速度 N に対応する周波数 f が、タレット装置25によって選択されたノズル27に対して予め設定され永久磁石型同期電動機16の上限回転速度に対応する上限周波数 f_{MAX} を超えるか又は上限周波数 f_{MAX} 以上のときに、警告装置47は、タレット装置25によって選択されたノズル27に関する警告を発する。

【0056】

また、ポンプ装置10は、情報を表示する表示装置48を備え、記憶装置51は、永久磁石型同期電動機16の回転速度 N に対応する周波数 f とノズル27の孔径とを関係付ける関係情報である関数 $Fd1(f)$ 、 $Fd2(f)$ 、 \dots をノズル27毎に記憶する。そして、制御装置43のCPU45は、永久磁石型同期電動機16の回転速度 N に対応する周波数 f を取得し、取得した周波数 f に相当するノズル27の孔径を関数 $Fd1(f)$ 、 $Fd2(f)$ 、 \dots に基づいて推定し、換算孔径 d として、表示装置48に表示させる。

30

【0057】

また、制御装置43のCPU45は、吐出し圧力 P が目標圧力 P_0 に一致するように吐出し圧力 P をフィードバックして永久磁石型同期電動機16の回転速度 N に対応する周波数 f を制御するフィードバック制御とともに、目標圧力 P_0 に応じて永久磁石型同期電動機16の回転速度 N に対応する周波数 f を制御するフィードフォワード制御を行う。

40

【0058】

(効果)

本実施形態のポンプ装置10は、ノズル27が使用に伴い摩耗した場合にも、ノズル27の摩耗量に関わらず、吐出し圧力 P を一定に保つことができる。フィードバック制御にPID制御を利用するため、ピストンポンプ13の吐出し圧力 P が目標圧力 P_0 に収束する時間が短くなる効果を有する。そして、PID制御を使用するため、複雑系であり関数化が困難なポンプ装置10の圧力応答に対して、簡便で収束性の高いフィードバック制御が可能となる。

【0059】

ツール番号 n に応じて異なる目標圧力 P_0 を設定し、ノズル毎に適切な吐出し圧力 P で

50

流体 F を噴出するため、ノズル 27 毎の作業を最適化できる。例えば、ツール番号 1 のノズル 27 を使用するとき、その設定圧力をポンプ最高圧力付近として被洗浄物のバリ取りを行い、ツール番号 3 のノズル 27 を用いて被洗浄物の水中洗浄を行うときに、ポンプ装置 10 は、吐出し圧力 P を、その作業で最大の洗浄効果が期待できる圧力とすることができる。

【 0060 】

ポンプ装置 10 は、従来技術の圧力調整弁（リリーフ弁）に替えて安全弁 23 を備え、吐出し圧力 P をピストンポンプ 13 の回転速度 N で調整する。このため、ピストンポンプ 13 が吐き出した流体 F の全量をノズル 27 から吐出する。従来技術のような圧力調整弁からの排出がなくなるため、使用するエネルギーが小さくなる。

10

【 0061 】

ノズル 27 は使用により摩耗するところ、ポンプ装置 10 は、ピストンポンプ 13 の回転速度 N に対応する供給電源（交流電力）の周波数 f を常時監視するため、周波数 f と上限周波数 f_{MAX} とを比較してノズル 27 の摩耗警報を発することができる。このため、ノズル 27 の摩耗量に応じて適宜警告を発し、又はノズル 27 の交換を促すことができる。すなわち、ノズル 27 の摩耗状況を確認し、ノズル交換の適期を報知することができる。

【 0062 】

ポンプ装置 10 は、フィードフォワード制御を行うことで、排出弁 22 を閉弁し、洗浄弁 24 を開弁し、ノズル開閉弁であるバルブ 28 が開弁したときから、ピストンポンプ 13 が吐き出した流体 F の圧力（吐出し圧力）P が上昇を始める。圧力 P が上昇し、目標圧力 P_0 に達するまでの時間を短縮できる。過渡状態、例えばノズル 27 を切り替えた後、吐出し圧力 P が安定するまでの時間は、洗浄、バリ取り、剥離その他の作業に利用できない。しかし、上述の作用により、ポンプ装置 10 を用いた洗浄装置では、作業以外の時間（作業に利用できない時間）を短縮できる。

20

【 0063 】

ポンプ装置 10 はフィードフォワード補償を行うため、操作初期での吐出し圧力 P の応答遅れを解消することができる。また、例えばピストンポンプ 13 の起動時や使用するノズル 27 の切替え時における過渡状態において目標値に一致させることができる。

【 0064 】

ポンプ装置 10 は、ノズル 27 の摩耗量を予測し、表示装置 48 に表示させることができる。すなわち、ノズル 27 の摩耗状況を確認し、ノズル交換の適期を報知することができる。ポンプ装置 10 の管理者は、ノズル 27 の摩耗量に応じてノズル 27 を交換する計画を立案することができる。ノズル 27 の摩耗量を予測し、提示することは、本実施形態によって初めて可能になった。ノズル 27 の摩耗は、ノズル孔をいびつに変形させる。したがって、摩耗が進むと噴流が乱れ、洗浄効果が低下する。ポンプ装置 10 は、換算孔径 d を表示するため、管理者は、換算孔径 d の増加傾向に伴って、適切にノズル 27 を交換できる。管理者は、ノズル交換時期を調整することにより、洗浄効果を高く保持することができる。

30

【 0065 】

（第 1 変形例）

本変形例は、ツール番号 n に取付けられるノズルの種類、ノズルの基準孔径 d_0 が決まっている点で前記した実施形態と同様であるが、その圧力を洗浄プログラム中で自由に変更できる場合の制御パラメータの構成を提供する点で前記した実施形態と相違する。

40

【 0066 】

図 6 (a) を参照して、表 55 は、ツール番号 n のノズル 27 に対する目標圧力 P_0 を示す。列 71 はツール番号 n を示す。列 72 は、ツール番号 n に対するノズル 27 の目標圧力 P_0 を示す。ツール番号 n にノズル 27 が付されていない場合、列 72 には特定の文字列（例えば x ）を入力する。CPU 45 は、列 72 の記載内容により、選択されているツール番号 n にノズル 27 が付されているか否か、及びそのノズル 27 における目標圧力

50

P_0 を読み込む。

【 0 0 6 7 】

図 6 (b) を参照して、表 5 6 は、ツール番号 n 毎に設けられる。表 5 6 は、各ノズル 2 7 の目標圧力 P_0 (列 7 3 参照) に対する下限周波数 f_{MIN} 、上限周波数 f_{MAX} をそれぞれ列 7 5、列 7 6 に示す。ノズル 2 7 の種別及び基準孔径 d_0 によって、目標圧力 P_0 毎の周波数 f の正常範囲が異なる。表 5 6 に、ツール番号 n に対する、目標圧力 P_0 毎の正常範囲が入力されることで、目標圧力 P_0 が例えばプログラムによって洗浄作業に応じて変更された場合にも、柔軟に圧力制御を行うことができる。

【 0 0 6 8 】

図 6 (c) を参照して、表 5 7 は、ツール番号 n 毎に設けられる。列 7 7 はデータの種 10
類を表し、列 7 8 はデータの値を表す。表 5 7 は、それぞれのツール番号 n に対する比例
係数 K_p 、積分時間 T_I 、微分時間 T_D 、伝達関数 C_1 を示す。PID パラメータ、周波
数変換に係る伝達関数 C_1 は、ノズル 2 7 毎に異なる値を取ることが精度向上の観点から
望ましい。表 5 7 は、ノズル 2 7 毎にそれぞれのパラメータ (データ) を保持することで
、ツール番号 n に対応する適切な制御パラメータを利用できる。

【 0 0 6 9 】

第 1 変形例では、目標圧力 P_0 は、予め設定された洗浄の順序に応じて変化する。

このように構成すれば、ノズル毎の目標圧力 P_0 は、入力装置 4 6 又は入力ポート 4 9
からの入りに替えて、数値制御装置の数値制御プログラムからの入りが利用できる。ノズ
ル 2 7 毎の制御パラメータ、及び正常周波数範囲を備えているため、ツール番号 n に対し 20
て適切なパラメータが採択できる。ツール番号 n に設けられているノズル 2 7 が定められ
ている場合には、そのノズル 2 7 毎に、目標圧力 P_0 に応じた制御パラメータを選択でき
るため、応答性の高い圧力制御を得ることができる。したがって、数値制御プログラムに
プログラムされた洗浄の順序に応じて、目標圧力 P_0 を適宜変更した場合においても、追
従性の良い圧力調整が可能である。制御方法等は前述の実施形態と同じであるため、その
詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 0 】

(第 2 変形例)

第 2 変形例では、制御パラメータは、ノズル 2 7 の種別、ノズル 2 7 の基準孔径 d_0 、
及び目標圧力 P_0 に基づいて取得されて、記憶装置 5 1 に記憶される。 30

第 2 変形例は、ツール番号 n に対して、ノズル 2 7 の種別や孔径を変更した場合にも、
ノズル 2 7 の種別、ノズル 2 7 の基準孔径 d_0 、目標圧力 P_0 を設定するだけで制御可能
なポンプ装置 1 0 を提供する。なお、上記の実施形態と同一の構成については、同一の符
号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 1 】

図 7 は、本変形例に係る制御パラメータを示す。図 7 (a) を参照して、記憶装置 5 1
は、各種設定値を表 9 6 内に記憶する。表 9 6 は、列 8 1 のツール番号 n に対するノズル
2 7 の種別を列 8 2 に、基準孔径 d_0 [mm] を列 8 3 に、目標圧力 P_0 [MPa] を列
8 4 に収めている。ユーザは、この表 9 6 を、タレット装置 2 5 に取り付けられたノズル 2 7
のデータとして入力する。 40

【 0 0 7 2 】

図 7 (b) を参照して、記憶装置 5 1 は、予め使用が想定される種々のノズル 2 7 に対
応する制御パラメータを取得するための関数を表 9 7 に準備している。列 8 5 は、ノズル
2 7 の種別である。ノズル 2 7 の種別は、下向きノズル、回転ノズル、横向きノズル、ス
プレーランスノズル等の、ノズルの形状及び噴射方向によって分類される。列 8 7 は、ノ
ズル 2 7 の種別毎の基準孔径 d_0 、目標圧力 P_0 を引数とする比例係数 K_p の関数 F_{1K_p} 、
 F_{2K_p} 、 \dots を納めている。列 8 8 は、基準孔径 d_0 、目標圧力 P_0 を引数とす
る積分時間 T_I の関数 F_{1T_I} 、 F_{2T_I} 、 \dots を納めている。列 8 9 は、基準孔径 d_0 、
目標圧力 P_0 を引数とする微分時間 T_D の関数 F_{1T_D} 、 F_{2T_D} 、 \dots を納めて
いる。列 8 6 は、基準孔径 d_0 、目標圧力 P_0 を引数とする伝達関数 C_1 の関数 F_{1C_1} 50

、 F_{2c1} 、・・・を納めている。列91は、周波数 f 、吐出し圧力 P を引数とする換算孔径 d の関数 F_{dn1} 、 F_{dn2} 、・・・を納めている。

【0073】

CPU45は、表96内に入力されたノズル27の種別に基づいて表97の行を選択する。次いでCPU45は、表96に入力された基準孔径 d_0 、目標圧力 P_0 を、選択した行に収められているそれぞれの関数に入力して、制御パラメータである比例係数 K_p 、積分時間 T_I 、微分時間 T_D 、伝達関数 C_1 を算出して取得する。

【0074】

図7(c)を参照して、表98は、ツール番号 n に対する各種制御パラメータの一覧表である。列90はツール番号 n を、列92は比例係数 K_p を、列93は積分時間 T_I を、列94は微分時間 T_D を、列99は伝達関数 C_1 をそれぞれ示している。CPU45は、ツール番号 n に対して算出された比例係数 K_p 、積分時間 T_I 、微分時間 T_D 、伝達関数 C_1 のそれぞれの値を表98に入力する。

【0075】

制御装置43のCPU45は、表98に入力された数値に基づいてポンプ装置10を制御する。制御方法は上述の実施形態と同様であるため、その詳細な記載を省略する。

【0076】

CPU45は、指令周波数 f に対応する換算孔径 d を列91(図7(b)の表97参照)の関数に基づいて演算する。ここで演算した換算孔径 d を表示装置48に表示する。換算孔径 d が基準孔径 d_0 の例えば110%に達した場合に、CPU45は、警告装置47から警告を発する。当然、この倍率は適宜変更できる。

【0077】

なお、上述の実施形態のパラメータ構成、演算工程を变形してポンプ装置10を構成することができる。例えば、上限周波数 f_{MAX} 、下限周波数 f_{MIN} は、換算孔径 d の演算を可能とするシステムにおいては、省いても良い。そもそもノズル摩耗の警告を不要とする場合には、これらの機能を全て省くことができる。逆に、より追従性を高く追及する場合には、表57(図6(c)参照)において、列78に、目標圧力 P_0 と、ノズル27の現在の孔径の推定値である換算孔径 d とを引数とする関数を与えることができる。このようなシステムにおいては、ノズル27の現在の孔径の推定値である換算孔径 d と目標圧力 P_0 とに対して、より適切なパラメータを利用して制御できる。

【0078】

また、前記した実施形態では、CPU45は、吐出し特性としての吐出し圧力 P が目標圧力 P_0 に一致するように、吐出し圧力 P をフィードバックして永久磁石型同期電動機16の回転速度 N を制御するように構成されているが、本発明はこれに限定されるものではない。容積式ポンプの吐出し圧力と吐出し流量とは所定の関係にあることから、吐出し特性として、吐出し流量が用いられてもよい。すなわち、CPU45は、選択されたノズル27に対応する制御パラメータを用いて、吐出し流量が目標値に一致するように、吐出し流量をフィードバックして永久磁石型同期電動機16の回転速度 N を制御するように構成されてもよい。

【符号の説明】

【0079】

- 10 ポンプ装置
- 13 ピストンポンプ(容積式ポンプ)
- 15 吐出し口
- 16 永久磁石型同期電動機(駆動装置)
- 17 インバータ(周波数変換装置)
- 18 出口
- 19 吐出し配管
- 21 圧力センサ
- 22 排出弁

10

20

30

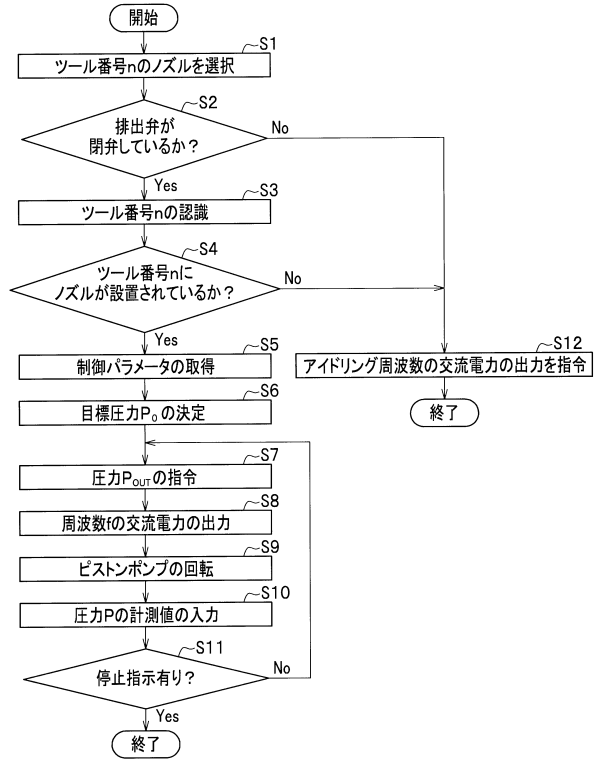
40

50

【図4】

60	62	n	64	65	66	67	68	69	61	63							
		1									P_o	K_p	T_i	T_D	C_1	f_{MAX}	F_d
		2									x	230	650	30	3.7	57	$F_{a1}(f)$
		3									10	...	...	...	...	...	...
		4									...	...	...	...	...	...	...
		5									...	...	...	...	...	...	...
		6									...	...	...	...	...	...	...

【図5】



【図6】

(a)

71	72
n	P_o
1	10
2	x
3	...
4	...
5	...
6	...

(b)

73	75	76
P_o	f_{MIN}	f_{MAX}
10	27	32
15	29	36
20	...	...
25	...	...
30	...	...
35	...	...
40	...	...
45	...	...
50	...	...
55	...	...
60	...	...

(c)

77	78
K_p	300
T_i	700
T_D	50
C_1	...

【図7】

(a)

81	82	83	84
n	種別	d_o	P_o
1	N1	3.6	10
2	N2	0.6	50
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...

(b)

85	87	88	89	86	91
種別	K_p	T_i	T_D	C_1	d
N1	$F_{1KP}(d_o, P_o)$	$F_{1TI}(d_o, P_o)$	$F_{1TD}(d_o, P_o)$	$F_{1C1}(d_o, P_o)$	$F_{a1}(f, P)$
N2	$F_{2KP}(d_o, P_o)$	$F_{2TI}(d_o, P_o)$	$F_{2TD}(d_o, P_o)$	$F_{2C1}(d_o, P_o)$	$F_{a2}(f, P)$
...
...
...

(c)

90	92	93	94	99
n	K_p	T_i	T_D	C_1
1	230	650	30	3.7
2	520	720	25	2.4
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...
6	...	...	...	...

フロントページの続き

審査官 岸 智章

- (56)参考文献 特開2010-014094(JP,A)
実開平07-021145(JP,U)
特開2001-082346(JP,A)
特開平08-090365(JP,A)
特開2002-122254(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F04B 49/06
B05B 1/16