

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5244383号
(P5244383)

(45) 発行日 平成25年7月24日(2013.7.24)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int.Cl.	F I
F 1 5 B 11/00 (2006.01)	F 1 5 B 11/00 Y
F 1 5 B 11/02 (2006.01)	F 1 5 B 11/02 F
F 1 5 B 11/06 (2006.01)	F 1 5 B 11/06 C

請求項の数 12 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-511215 (P2007-511215)
(86) (22) 出願日	平成18年3月31日 (2006.3.31)
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/306968
(87) 国際公開番号	W02006/106985
(87) 国際公開日	平成18年10月12日 (2006.10.12)
審査請求日	平成21年2月24日 (2009.2.24)
(31) 優先権主張番号	特願2005-105110 (P2005-105110)
(32) 優先日	平成17年3月31日 (2005.3.31)
(33) 優先権主張国	日本国(JP)

(73) 特許権者	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(73) 特許権者	501401113 川淵 一郎 東京都大田区新蒲田3-1-9 グリーン コーポ203
(74) 代理人	100091443 弁理士 西浦 ▲嗣▼晴
(72) 発明者	星野 聖 茨城県つくば市竹園3-102-103
(72) 発明者	川淵 一郎 東京都大田区新蒲田3-1-9 グリーン コーポ203

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体シリンダを用いたアクチュエータ及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

二つのチャンバを持つエアシリンダから構成される流体シリンダを用いたアクチュエータにおいて、

前記流体シリンダは、シリンダ室と、前記シリンダ室を第1のチャンバと第2のチャンバとに仕切るように前記シリンダ室内にスライド自在に配置されたピストンとを有しており、

流体圧源と前記第1のチャンバとの間に配置されて前記第1のチャンバ内の流体圧を調整する第1のチョークバルブ装置と、

前記流体圧源と前記第2のチャンバとの間に配置されて前記第2のチャンバ内の流体圧を調整する第2のチョークバルブ装置とを備え、

前記第1のチョークバルブ装置及び前記第2のチョークバルブ装置は、それぞれ前記流体圧源側から対応する前記チャンバ側に向かう入方向に流体が流れるのを許容する遠隔操作可能な供給バルブ機構と、前記チャンバ側から大気または低圧源側に向かう出方向に前記流体を流すことを許容する遠隔操作可能な排出バルブ機構と、前記供給バルブ機構及び前記排出バルブ機構の開閉を制御し、及び前記遠隔操作可能な排出バルブ機構のバルブの開度を設定するバルブ機構制御装置とを備え、

前記遠隔操作可能な排出バルブ機構が、前記排出バルブ機構であり、

前記バルブ機構制御装置は、前記第1及び第2のチョークバルブ装置により圧力を調整する前記第1及び第2のチャンバ内の目標圧力と前記排出バルブ機構の前記バルブの開度

10

20

とが逆比例の関係になるように前記バルブの開度を設定するように構成されていることを特徴とする流体シリンダを用いたアクチュエータ。

【請求項 2】

前記排出バルブ機構が、並列接続された、排出流路の断面積が異なる複数種類の開閉バルブを有し、

前記目標圧力に応じて一つまたは複数の前記開閉バルブを選択して排出開度の総和を最適に調節するように構成されている請求項 1 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

【請求項 3】

前記排出バルブ機構は、並列接続された、排出流路の断面積が異なる複数種類の開閉バルブを有しており、一つの前記開閉バルブは排出流路の断面積が最小断面積を有しており、残りの前記開閉バルブは、1 より大きい値の基数のべき乗を前記最小断面積に掛けた断面積をそれぞれ有している請求項 1 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

10

【請求項 4】

前記複数種類の開閉バルブのうち、一つの前記開閉バルブは排出流路の断面積が最小断面積を有しており、残りの前記開閉バルブは、1 より大きい値の基数のべき乗を前記最小断面積に掛けた断面積をそれぞれ有している請求項 2 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

【請求項 5】

前記 1 より大きい値が 2 であることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

20

【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 のチャンバ内の実際圧力を測定する圧力測定手段をさらに備え、

前記バルブ機構制御装置は、前記供給バルブ機構及び前記排出バルブ機構の開閉を制御するための制御指令及び前記排出バルブ機構のバルブの開度を設定する開度設定指令を出力するように構成されており、

前記バルブ機構制御装置は、前記第 1 及び第 2 のチョークバルブ装置により圧力を調整する前記第 1 及び第 2 のチャンバ内の目標圧力と前記排出バルブ機構の前記バルブの開度とが逆比例の関係になるように前記バルブの開度を設定する前記開度設定指令を出力し、前記目標圧力が前記実際圧力よりも小さいときには、前記排出バルブ機構の前記バルブを開く前記制御指令を出力し、前記目標圧力が前記実際圧力に達すると前記排出バルブ機構の前記バルブを閉じる前記制御指令を出力するように構成されている請求項 1 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

30

【請求項 7】

前記排出バルブ機構は、並列接続された、排出流路の断面積が異なる複数種類の開閉バルブと、

前記開度設定指令に応じて排出時に前記複数種類の開閉バルブから前記排出流路の断面積の総和が目標の断面積に最も近くなる組み合わせとなる前記開閉バルブを選択し、前記制御指令が入力されると選択した前記開閉バルブを開状態にするバルブ選択制御手段とから構成されている請求項 6 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

40

【請求項 8】

前記排出バルブ機構は、連続的に開度が調整可能な開度調整機構付きバルブと、前記開度調整機構付きバルブに対して直列に配置されて開閉制御される開閉バルブと、前記開度設定指令により前記開度調整機構付きバルブの開度を設定し、前記制御指令により前記開閉バルブを制御するバルブ制御手段とから構成されている請求項 6 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

【請求項 9】

前記排出バルブ機構は、排出流路の最小断面積を持つ開閉バルブが一つと、それに加えて、1 より大きい値の基数のべき乗を前記最小断面積に掛けた断面積を有する、排出流路の断面積が異なる複数種類の開閉バルブが並列接続された構造を有しており、

50

前記開度設定指令に応じて、排出時に前記複数種類の開閉バルブから前記排出流路の断面積の総和が目標の断面積に最も近くなる組み合わせとなる前記開閉バルブを選択し、前記制御指令が入力されると選択した前記開閉バルブを制御するバルブ選択制御手段とから構成されている請求項 6 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

【請求項 10】

前記 1 より大きい値の基数が 2 である請求項 9 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータ。

【請求項 11】

シリンダ室と、

前記シリンダ室を第 1 のチャンバと第 2 のチャンバとに仕切るように前記シリンダ室内にスライド自在に配置されたピストンとを有するエアシリンダから構成される流体シリンダと、

流体圧源と前記第 1 のチャンバとの間に配置されて前記第 1 のチャンバ内の流体圧を調整する第 1 のチョークバルブ装置と、

前記流体圧源と前記第 2 のチャンバとの間に配置されて前記第 2 のチャンバ内の流体圧を調整する第 2 のチョークバルブ装置とを備え、

前記第 1 のチョークバルブ装置及び前記第 2 のチョークバルブ装置は、それぞれ前記流体圧源側から対応する前記チャンバ側に向かう入方向に流体が流れるのを許容する遠隔制御可能な供給バルブ機構と、前記チャンバ側から大気または低圧源に向かう出方向に前記流体を流すことを許容する遠隔制御可能な排出バルブ機構と、前記供給バルブ機構及び前記排出バルブ機構の開閉を遠隔制御するための制御指令及び前記排出バルブ機構のバルブの開度を設定する開度設定指令を出力するバルブ機構制御装置と、

前記第 1 及び第 2 のチャンバ内の実際圧力を測定する圧力測定手段とを備え

前記排出バルブ機構として、前記開度設定指令に応じて前記バルブの開度が設定されるように構成されているものを用いる流体シリンダを用いたアクチュエータの制御方法であって

前記バルブ機構制御装置が、

前記第 1 及び第 2 のチョークバルブ装置により圧力を調整する前記第 1 及び第 2 のチャンバ内の目標圧力と前記実際圧力とを対比し、

前記第 1 及び第 2 のチョークバルブ装置により圧力を調整する前記第 1 及び第 2 のチャンバ内の目標圧力と前記排出バルブ機構の前記バルブの開度とが逆比例の関係になるように前記バルブの開度を設定することを特徴とする流体シリンダを用いたアクチュエータの制御方法。

【請求項 12】

前記排出バルブ機構は、複数種類の開閉バルブから構成され、

前記バルブ機構制御装置が、排出時に前記複数種類の開閉バルブから前記排出流路の断面積の総和が目標の断面積に最も近くなる組み合わせとなる前記開閉バルブを選択することを特徴とする請求項 11 に記載の流体シリンダを用いたアクチュエータの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体シリンダを用いたアクチュエータ及びその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特開 2003 - 311667 公報に示されるように、ロボットの関節を動かすためのアクチュエータとしては、従来からサーボモータ等の電動モータが用いられている。これはモータであれば、比較的手軽に入手できるためである。しかしながらモータを用いることは、ロボット全体が大型化・重量化し易い問題がある。エアシリンダ等の流体シリンダは、モータと比較して、小形軽量であり、また構造が単純でメンテナンスも容易である等の

10

20

30

40

50

利点があるため、ロボット用のアクチュエータとして有用なものと考えられている。

【特許文献1】特開2003-311667公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながらエアシリンダのような流体シリンダの適用を阻む最も大きな欠点としては、任意の位置においてピストンを動かすにくくする性能すなわち剛性を発揮させることが難しいという欠点がある。これはモータと異なり力発生への応答性が低いためであり、ピストンの位置を保つために外力へ抗する力をすばやく発生できないことが主な原因であると考えられている。これを解消するために、摩擦ブレーキやラッチなどを付加する方法が存在するが、それらを付加するのであれば、モータのみを使う方が合理的である。したがって、極力単純な機構でこの剛性を与える方法が必要である。しかしながら、従来はこの要求に応えることができる技術は提案されていない。

【0004】

本発明の目的は、簡単な構成でエアシリンダ等の流体シリンダに剛性を与えることができる流体シリンダを用いたアクチュエータ及びその制御方法を提供することにある。

【0005】

本発明の他の目的は、剛性の調整が容易な流体シリンダを用いたアクチュエータを提供することにある。

【0006】

本発明の他の目的は、単純な構造と部品構成により剛性の調整が可能な流体シリンダを用いたアクチュエータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、二つのチャンバを持つ流体シリンダを用いたアクチュエータを対象とする。そして本発明においては、チャンバ内の目標圧力と逆比例の関係になるようにチャンバの排出バルブ機構のバルブの開度を設定する。このように排出バルブ機構の開度を設定すると、目標圧力と所望の剛性とのあいだに対応関係が見出されるため、少ない制御パラメータでの剛性調整が可能となる。

【0008】

そしてより具体的な本発明の流体シリンダを用いたアクチュエータは、シリンダ室と、このシリンダ室を第1のチャンバと第2のチャンバとに仕切るようにシリンダ室内にスライド自在に配置されたピストンとを有する流体シリンダとを備えている。ここで流体シリンダとは、エアシリンダやオイルシリンダ等のように流体の圧力を駆動源として動作するシリンダを意味する。また本発明の流体シリンダを用いたアクチュエータは、流体圧源と第1のチャンバとの間に配置されて第1のチャンバ内の流体圧を調整する第1のチョークバルブ装置と、流体圧源と第2のチャンバとの間に配置されて第2のチャンバ内の流体圧を調整する第2のチョークバルブ装置とを備えている。ここで流体圧源は、第1及び第2のチョークバルブ装置に対してそれぞれ別個に設けてもよいが、第1及び第2のチョークバルブ装置に対して共通の1つの流体圧源を用いてもよいのは勿論である。第1のチョークバルブ装置及び第2のチョークバルブ装置は、それぞれ流体圧源側から対応するチャンバ側に向かう入方向に流体が流れるのを許容する遠隔制御可能な供給バルブ機構と、チャンバ側から大気または低圧源側に向かう出方向に流体を流すことを許容する遠隔制御可能な排出バルブ機構と、供給バルブ機構及び排出バルブ機構の開閉を遠隔制御するための制御指令及び排出バルブ機構のバルブの開度（すなわち流体の排出し易さ）を設定する開度設定指令を出力するバルブ機構制御装置とを備えて構成されている。前述の低圧源としては、条件により流体圧源が含まれてもよいのは勿論である。なお、具体的なバルブ機構制御装置は、供給バルブ機構及び排出バルブ機構の開閉を遠隔制御するための制御指令及び排出バルブ機構のバルブの開度（すなわち流体の排出し易さ）を設定する開度設定指令を出力するように構成されている。

10

20

30

40

50

【0009】

さらに本発明の流体シリンダを用いたアクチュエータは、チャンバ内の実際圧力を測定する圧力測定手段を備えている。

【0010】

なおチョークバルブ装置に設ける供給バルブ機構及び排出バルブ機構は、それぞれ別個の構造物として構成されたものを用いてもよいが、供給バルブ機構及び排出バルブ機構が一つの構造物の中に併存した複合形バルブ機構を用いることもできる。

【0011】

本発明においては、排出バルブ機構として、開度設定指令に応じてバルブの開度が設定されるように構成されたものを用いる。そして、バルブ機構制御装置は、チョークバルブ装置により圧力を調整するチャンバ内の目標圧力と排出バルブ機構のバルブの開度とが逆比例の関係になるようにバルブの開度を設定するように構成されている。すなわち目標圧力が実際圧力よりも大きいときには供給バルブ機構のバルブを開く。その際、排出バルブ機構のバルブを閉じてよい。そして目標圧力が実際圧力よりも小さいときには、供給バルブ機構のバルブを閉じ且つ目標圧力の大きさに逆比例の関係になるように排出バルブ機構のバルブの開度を設定するようにバルブ機構制御装置は構成されている。そして実際圧力が目標圧力に達すると、排出バルブ機構のバルブを閉じる。

10

【0012】

またバルブ機構制御装置は、次のように開度設定指令と制御指令とを出力するように構成されている。バルブ機構制御装置は、チョークバルブ装置により圧力を調整するチャンバ内の目標圧力と排出バルブ機構のバルブの開度とが逆比例の関係になるようにバルブの開度を設定する開度設定指令を出力する。この開度設定指令を受けて、排出バルブ機構のバルブの開度は、目標圧力に応じて最初に定められる。そして目標圧力が実際圧力よりも大きいときには供給バルブ機構のバルブを開く制御指令を出力し、かつ実際圧力が目標圧力に達したら排出バルブ機構のバルブを閉じる制御指令を出力する。また目標圧力が実際圧力よりも小さいときには供給バルブ機構のバルブを閉じかつ排出バルブ機構のバルブを開く制御指令を出力する。そして実際圧力が目標圧力に達すると、排気バルブ機構のバルブを閉じる制御指令を出力する。

20

【0013】

流体シリンダへの流体の入出を止めたり、また流体シリンダに接続された流体の流路を細めたりすれば、圧縮される流体の反発力（スプリング効果）や、入出する流体の流量抵抗（ダンパ効果）によって、ピストンの運動の抵抗となる受動的な抗力が生じる。本発明はこの受動的な効力の発生に着目し、この抗力を流体シリンダの剛性として利用する。すなわち、流体シリンダにおける第1のチャンバと第2のチャンバから排出される流体が流れる流路において、流体の流れを適切に絞る（チョーク）ことにより、ピストンの運動に対する抗力を有効に発生し、この抗力を利用して流体シリンダに剛性を付与する（所定の位置でピストンが停止してピストンが外力によって動きにくくなる状態にする）。

30

【0014】

例えば、ピストンがある運動方向に移動させた後に所定の位置で剛性を付与するためには、次のようにする。まずピストンを移動させる際に内部圧力を上昇させる必要のある側のチャンバに対して設けられた一方のチョークバルブ側の流体圧源からの流体の供給量（流体圧）を高める。次に、ピストンが移動して来る側のチャンバから流出する流体が流れるチョークバルブ装置により流体の流れを適宜に絞ることにより流体シリンダに剛性を付与する。この流体の流れを絞ることは、対応するチョークバルブ装置に設けられた排出バルブ機構のバルブの開度を変えることにより実現できる。

40

【0015】

本発明では、対象とするチャンバ内の目標圧力に基づいて、排出バルブ機構のバルブ開度を決定する。具体的には、バルブ機構制御装置は、チョークバルブ装置により圧力を調整するチャンバ内の目標圧力と排出バルブ機構のバルブの開度とが逆比例の関係になるようにバルブの開度を設定する開度設定指令を出力する。すなわち目標圧力が高ければ排出

50

バルブ機構の開度が小さく設定され、目標圧力が低ければ排出バルブ機構の開度が大きく設定される関係になるように排出バルブ機構のバルブの開度を定める。これは目標圧力が高いということが、高い剛性を得ようとしている現れであり、目標圧力が低いということが、低剛性を得ようとしている現れであると推定できることを根拠にしている。排出バルブ機構の開度が小さくなるほど、チャンパ内の実際圧力の低下は遅くなり、高い剛性を維持しながら実際圧力を目標圧力に到達させることが可能になる。逆に、排出バルブ機構の開度を大きくしておく、チャンパ内の実際圧力は早期に低下して、チャンパ内の実際圧力を低剛性を得るために必要な目標圧力まで早期に低下させることが可能になる。

【 0 0 1 6 】

なお排出バルブ機構の開度を小さくするまたは大きくするとは、相対的なものであり、使用する排出バルブ機構の開度が大と小の2段階しか選択できない場合であれば、開度を小さくするとは小の開度を選ぶことであり、開度を大きくするとは大の開度を選ぶことを意味する。また排出バルブ機構の開度が複数段階選択できる機構であれば、目標圧力をその段階の数の区画に分割し、それぞれの目標圧力の区画に一对一で対応するバルブの開度の段階を予め設定することができる。こうすることにより、排出バルブ機構の開度の選択が極めて単純となる。

【 0 0 1 7 】

段階的に開度を選択でできる排出バルブ機構としては、並列接続された、排出流路の断面積が異なる複数種類の開閉バルブと、開度設定指令に応じて複数種類の開閉バルブから排出流路の断面積の総和が目標の断面積に最も近くなる組み合わせとなる開閉バルブを選択し、制御指令が入力されると選択した開閉バルブを開状態にすることを制御するバルブ選択制御手段とから構成されたものを用いることができる。このような排出バルブ機構を用いると、複数種類の開閉バルブの選択の仕方のみによって多段階の開度を実現することが可能になる。なお使用する複数種類の開閉バルブとして、排出流路の断面積が、基数 a (ただし $a > 1$) の n 乗 ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) に最小断面積を乗算した断面積が一つずつ割り振られた複数種類の開閉バルブを用意する。すなわち複数種類の開閉バルブは排出流路の断面積が異なるものを用意する。そして、一つの開閉バルブは排出流路の断面積が最小断面積 S を有しているものとする。そして残りの他の開閉バルブは、1より大きい値の基数 a の n 乗 ($n = 1, 2, 3, \dots$) に最小断面積 S を掛けた断面積 ($a^n \times S$) をそれぞれ有しているものとする。このようにすると、配置する開閉バルブの数に対して最多の開度段階を得ることができる。

【 0 0 1 8 】

その際、基数 a を1に近い値に取ると開度の刻みは全範囲にわたってほぼ等間隔となる。反対に、基数 a を大きな値にするほど局所的な範囲での細かい開度の刻みと、他の局所的な範囲での大きな刻み変化を得ることができる。基数の大きさは、アクチュエータに所望する制御特性に合わせて適宜定めることができる。例えば、最小断面積が極めて小さい場合は1に近く、反対に、十分に大きい場合は2や3のように大きな値を用いると良い。なぜなら最小断面積が極めて小さい場合は、断面積のわずかな変化が流体の流路抵抗の大きな変化をもたらすからである。反対に、最小断面積が十分に大きい場合には、断面積の変化が流体の流路抵抗の変化をもたらす難いので、流体の流路抵抗の違いを効率的に生むために個々の断面積が大きく異なるバルブを用意するのが得策である。

【 0 0 1 9 】

また排出バルブ機構としては、連続的に開度が調整可能な開度調整機構付きバルブと、開度調整機構付きバルブに対して直列に配置されて開閉制御される開閉バルブと、開度設定指令により開度調整機構付きバルブの開度を設定し、制御指令により開閉バルブを制御するバルブ制御手段とから構成されたものを用いてもよい。

【 0 0 2 0 】

より具体的なバルブ機構制御装置は、次のように排出バルブ機構のバルブの開度を設定するための開度設定指令を出力するように構成することもできる。まず、目標圧力について基準圧力を特定し、排出バルブ機構の開度について基準開度を特定する。そして、目標

10

20

30

40

50

圧力が実際圧力より高いときには、排出バルブ機構の前記バルブの開度を0とする。そして目標圧力が実際圧力より低く基準圧力より高いときには排出バルブ機構のバルブの開度を基準開度よりも小さくする。また目標圧力が実際圧力よりも低く且つ基準圧力よりも低いときには、排出バルブ機構のバルブの開度を基準開度よりも大きくする。さらに、目標圧力が0のときには排出バルブ機構のバルブの開度を最大にする。このようにすると予め用意する開度の段階が少ない場合でも、実用的なアクチュエータの制御を行うことができる。

【0021】

なお制御の確実性のためには、バルブ機構制御装置は、バルブの開閉を指示する制御指令を排出バルブ機構に出力する前に、開度設定指令を排出バルブ機構に出力するように構成するのが好ましい。

10

【0022】

本発明のアクチュエータの制御方法においては、供給バルブ機構を通して流体を供給するチャンバ内の目標圧力と前記実際圧力とを対比する。そして目標圧力が実際圧力より高いとき、等しいとき、あるいは低いときの何れの場合にも、圧力を調整するチャンバ内の目標圧力と排出バルブ機構のバルブの開度とが逆比例の関係になるようにバルブの開度を設定する。そして目標圧力が実際圧力より高いときには、排出バルブ機構のバルブの開度を0とした後に供給バルブ機構にバルブを開く制御指令を出力する。目標圧力が実際圧力より低く基準圧力より高いときには排出バルブ機構のバルブの開度を基準開度よりも小さくした後に、排出バルブ機構にバルブを開く制御指令を出力する。また目標圧力が実際圧力よりも低く且つ基準圧力よりも低いときには、排出バルブ機構のバルブの開度を基準開度よりも大きくした後に、排出バルブ機構にバルブを開く制御指令を出力し且つ前記供給バルブ機構にバルブを閉じる前記制御指令を出力する。さらに目標圧力が0のときには排出バルブ機構のバルブの開度を最大にする開度設定指令を出力した後に、排出バルブ機構を開く制御指令を出力し且つ前記供給バルブ機構にバルブを閉じる前記制御指令を出力する。そして実際圧力が目標圧力に達したときに供給バルブ機構および排気バルブ機構のバルブを閉じる制御指令を出力する。このようにすると流体シリンダに所望の高剛性または低剛性を、簡単な構成で確実に付与することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の流体シリンダを用いたアクチュエータの第1の実施の形態の概念図である。

30

【図2】図1の流体シリンダを用いたアクチュエータを制御する方法のアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図3】図1の流体シリンダを用いたアクチュエータを制御する別の方法のアルゴリズムの一例を示すフローチャートである。

【図4】本発明の流体シリンダを用いたアクチュエータの第2の実施の形態の概念図である。

【図5】(A)乃至(C)は、1以上の基数のべき乗倍を最小の排出流路の断面積に乗算した断面積を持つ開閉バルブを複数種類用意した場合の排気開度の概念を説明するために用いるべき乗数と排出流路の断面積との関係を示す図である。

40

【図6】図4の流体シリンダを用いたアクチュエータを制御する方法のアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図7】図4の流体シリンダを用いたアクチュエータを制御する別の方法のアルゴリズムの一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の流体シリンダを用いたアクチュエータの第1の実施の形態の構成を概念的に示す概念図である。第1の実施の形態の流体シリンダを用いたアクチュエータは、流体シリンダ1、第1のチョーク

50

バルブ装置 3 及び第 2 のチョークバルブ装置 5 を備えている。流体シリンダ 1 は、シリンダ室 7 と、シリンダ室 7 を第 1 のチャンバ 9 と第 2 のチャンバ 11 とに仕切るようにシリンダ室 7 内にスライド自在に配置されたピストン 12 とを有する。この例では、流体シリンダ 1 としてエアシリンダを用いるものとして説明する。しかし流体シリンダ 1 としては流体の圧力を駆動源として動作するシリンダであればオイルシリンダ等を用いることができるのは当然である。

【 0 0 2 5 】

第 1 のチョークバルブ装置 3 は、図示しない流体圧源と第 1 のチャンバ 9 との間に配置されて第 1 のチャンバ 9 内へ入出する流体の流量を調整する。ここで流体圧源は、第 1 のチャンバ 9 内の圧力が流体圧源から供給する流体の圧力よりも大きくなったときには、第 1 のチャンバ 9 側から流出した流体を受け入れるように構成されている。また第 2 のチョークバルブ装置 5 は、図示しない流体圧源と第 2 のチャンバ 11 との間に配置されて第 2 のチャンバ 11 内へ入出する流体の流量を調整する。なお、第 2 のチョークバルブ装置 5 は、第 1 のチョークバルブ装置 3 と同じ構造を有し同一の機能を発揮するため、詳細を省略した単なるブロック図として示してある。そこで以下の説明では、第 1 のチョークバルブ装置 3 の構成を説明することによって、第 2 のチョークバルブ装置 5 の説明は省略する。

【 0 0 2 6 】

本発明の実施の形態では、流体圧源は、第 1 及び第 2 のチョークバルブ装置 3 及び 5 に対してそれぞれ別個に設けられている。しかしながら、第 1 及び第 2 のチョークバルブ装置 3 及び 5 に対して共通の 1 つの流体圧源を用いることもできる。

【 0 0 2 7 】

図 1 に示すように第 1 のチョークバルブ装置 3 は、それぞれ図示しない流体圧源側から対応する第 1 のチャンバ 9 側に向かう入方向に流体が流れるのを許容する供給バルブ機構 13 と、第 1 のチャンバ 9 側から大気または低圧源側に向かう出方向に流体を流すことを許容する排出バルブ機構 15 とを備えている。供給バルブ機構 13 および排出バルブ機構 15 は、流体の入出を行う供給口 17 および排出口 19 をそれぞれ有する。供給バルブ機構 13 および排出バルブ機構 15 のバルブは、バルブ機構制御装置 21 からの指令により開閉する。バルブ機構制御装置 21 には上位のコントローラ 23 から目標圧力等の制御条件が入力される。

【 0 0 2 8 】

バルブ機構制御装置 21 は、排出バルブ機構 15 に対しては、バルブの開度を設定する開度設定指令も出力する。供給バルブ機構 13 は、バルブ機構制御装置 21 からの制御指令を受けて動作状態となるアクチュエータ 20 によってバルブを開閉する。排出バルブ機構 15 は、連続的に開度が調整可能な開度調整機構付きバルブ 25 と、開度調整機構付きバルブ 25 に対して直列に配置されて開閉制御される開閉バルブ 27 と、開度設定指令により開度調整機構付きバルブ 25 の開度を設定するための連続可変式アクチュエータ 29 と、バルブの位置を検出するバルブ位置検出手段 31 と、開閉バルブ 27 のバルブの開閉を制御するアクチュエータ 33 とを備えている。連続可変式アクチュエータ 29 と、バルブ位置検出手段 31 と、アクチュエータ 33 とにより、バルブ制御手段が構成されている。開度調整機構付きバルブ 25 の開度を可変にするために、バルブ機構制御装置 21 は、バルブ位置検出手段 31 の出力に基づいて連続可変式アクチュエータ 29 をフィードバック制御する。符号 35 で示した部材は第 1 のチャンバ 9 内の実際圧力を測定する圧力測定手段である。

【 0 0 2 9 】

後に説明するように、コントローラ 23 から与えられる目標圧力に逆比例の関係で、排出バルブ機構 15 の開度調整機構付きバルブ 25 の開度を設定することにより、流体シリンダ 1 に接続された流体の流路を細めたり広げたり（開度を小さくしたり大きくしたり）することにより、圧縮される流体の反発力（スプリング効果）や、入出する流体の流量抵抗（ダンパ効果）を生じさせて、ピストン 12 の運動の抵抗となる受動的な抗力を生じさ

10

20

30

40

50

せることができる。本発明の実施の形態は、この抗力を流体シリンダの剛性として利用している。すなわち、流体シリンダ 1 における第 1 のチャンバ 9 と第 2 のチャンバ 11 から排出される流体が流れる流路において、排出される流体の流れを適切に絞る（チョーク）ことにより、ピストン 12 の運動に対する抗力が有効に発生し、この抗力を利用して流体シリンダ 1 に高い剛性（所定の位置でピストン 12 が停止してピストン 12 が外力によって動きにくくなる状態）と低い剛性（所定の位置でピストン 12 が停止するが、ピストン 12 が弱い外力によって動き得る状態）とを付与することができる。

【0030】

例えば、第 2 のチョークバルブ装置 5 を動作させて、ピストン 12 を第 2 のチャンバ 11 側から第 1 のチャンバ 9 側方向に移動させた後に所定の位置で剛性を付与するためには、コントローラ 23 は、バルブ機構制御装置 21 に第 1 のチャンバ 9 側の目標圧力 P_D を指示する。次に第 2 のチョークバルブ装置 5 側の流体圧源からの流体の供給量（流体圧）を高めて、第 2 のチャンバ 11 の内部圧力を上昇させる。ピストン 12 の移動方向にある第 1 のチャンバ 9 から流出する流体が流れる第 1 のチョークバルブ装置 3 の排出バルブ機構 15 のバルブ 25 の開度は、目標圧力 P_D に逆比例の関係になるように設定される。この設定は、バルブ機構制御装置 21 から連続可変式アクチュエータ 29 に開度設定指令を出力することにより実施される。この実施の形態では、開閉バルブ 27 のバルブの開閉を制御するアクチュエータ 33 にバルブを開く制御指令がバルブ機構制御装置 21 から出力される前に連続可変式アクチュエータ 29 には、バルブ機構制御装置 21 から開度設定指令が入力されている。したがってアクチュエータ 33 に開閉バルブ 27 を開く制御指令が入力されて開閉バルブ 27 が開いたときには、すでに開度調整機構付きバルブ 25 の開度は、目標圧力 P_D に対して逆比例の関係になる開度に設定されている。

【0031】

具体的に、第 1 のチャンバ 9 内の目標圧力 P_D に基づいて、排出バルブ機構 15 のバルブ開度を決定する方法について図 2 のフローチャートを参照して説明する。バルブ機構制御装置 21 は、供給バルブ機構 13 を通して流体を供給するチャンバ 9 の目標圧力 P_D と排出バルブ機構 15 のバルブの開度とが相対的に逆比例の関係になるように排出バルブ機構 15 のバルブの開度を設定する開度設定指令を出力する。すなわち目標圧力 P_D が高ければ排出バルブ機構 15 のバルブ 25 の開度を小さくし、目標圧力 P_D が低ければ排出バルブ機構 15 のバルブ 25 の開度を大きくする関係になるように排出バルブ機構 15 のバルブ 25 の開度を定める。排出バルブ機構 15 の開度を小さくするまたは大きくするとは、相対的なものであり、使用する排出バルブ機構 15 のバルブの開度が大と小の 2 段階しか選択できない場合であれば、開度を小さくするとは小の開度を選ぶことであり、開度を大きくするとは大の開度を選ぶことを意味する。

【0032】

本実施の形態のように、排出バルブ機構 15 が連続的にバルブの開度を調整することが可能な開度調整機構付きバルブ 25 と、開度調整機構付きバルブ 25 に対して直列に配置されて開閉制御される開閉バルブ 27 とを備えている場合でも、例えばバルブの開度を 2 段階に設定することも可能である。例えば、開度を小さくする必要があるときには開度調整機構付きバルブの開度が最小の開度となるようにし、開度を大きくする必要があるときには、開度調整機構付きバルブ 2 の開度が最大の開度となるようにすればよい。また目標圧力 P_D の大きさを基準圧力 P_r と比較して、その大小の程度により開度を設定するようにしてもよい。

【0033】

図 2 は、図 1 のアクチュエータを制御する方法の一例のアルゴリズムを示すフローチャートである。この例では、まず目標圧力 P_D がコントローラ 23 からバルブ機構制御装置 21 に入力される。バルブ機構制御装置 21 は、目標圧力 P_D の大きさに逆比例の関係になるように排出バルブ機構 15 のバルブ 25 の開度を決定する。すなわち逆比例の関係にすることは、目標圧力 P_D が大きければ排出バルブ機構 15 のバルブ 25 の開度を小さくし、目標圧力 P_D が小さければ排出バルブ機構 15 のバルブ 25 の開度を大きくするこ

とを意味する。そしてチャンバ9内の実際圧力 P_R を圧力測定手段35により測定し、目標圧力 P_D が実際圧力 P_R よりも大きいときには、供給バルブ機構13のバルブを開く制御指令をバルブ機構制御装置21からアクチュエータ20に出力する。事前に開度調整機構付きバルブ25の開度が、目標圧力 P_D の大きさに応じて設定されているので、その開度により定まった絞り状態で、チャンバ9から排出バルブ機構15を通して流体が排出される。そしてチャンバ9内の実際圧力 P_R が目標圧力 P_D になるとバルブ機構制御装置21からはアクチュエータ20に供給バルブ機構13のバルブを閉じる制御指令が出力される。このときバルブ機構制御装置21からは、排出バルブ機構15に対しても開閉バルブ27のバルブを閉じる制御指令を出力してもよいが、連続的に目標圧力 P_D を変化させる場合を想定して、この制御方法では開閉バルブ27のバルブは特に閉じていない。これによってチャンバ9内の実際圧力は速やかに目標圧力 P_D となり、高い剛性または低い剛性を確実に得ることができる。

【0034】

なお、上記の制御を行うときには、第2のチョークバルブ装置5においても、第2のチャンバ11に対して同様の制御が行われている。コントローラ23は、第1のチョークバルブ装置3及び第2のチョークバルブ装置5に対して設けるようにしてもよい。

【0035】

図3は図1のアクチュエータの制御方法の別の方法のアルゴリズムを示すフローチャートである。この例では、まず目標圧力 P_D がコントローラ23からバルブ機構制御装置21に入力される。バルブ機構制御装置21は、目標圧力 P_D の大きさを基準圧力 P_r と比較して、目標圧力 P_D の大きさが基準圧力 P_r 以上あるときには、排出バルブ機構15のバルブ25の開度を小さくする。逆にバルブ機構制御装置21は、目標圧力 P_D の大きさが基準圧力 P_r より小さければ、排出バルブ機構15のバルブ25の開度を大きくする。基準圧力 P_r の定め方は任意である。例えば、目標圧力 P_D として取り得る圧力の中間値を基準圧力 P_r として、目標圧力 P_D が基準圧力 P_r より高いか否かにより判断することができる。目標圧力 P_D が基準圧力 P_r より高いときには、排出バルブ機構15のバルブの開度を目標圧力 P_D と逆比例の関係になるように小さくすればよい。制御を簡単にするために、この例では、予め設定可能な範囲内において小さい開度と大きい開度を2段階で定めているものとして説明する。チャンバ9内の実際圧力 P_R を圧力測定手段35により測定し、目標圧力 P_D が実際圧力 P_R よりも大きいときには、供給バルブ機構13のバルブを開く制御指令をバルブ機構制御装置21からアクチュエータ20に出力する。このとき排出バルブ機構15のバルブを閉じる制御指令も出力され、排出バルブ機構15のバルブは閉じている。アクチュエータ20が供給バルブ機構13のバルブを開き、チャンバ9内の実際圧力 P_R が目標圧力 P_D になると、バルブ機構制御装置21は、アクチュエータ20に供給バルブ機構13のバルブを閉じる制御指令を出力する。この工程で、排出バルブ機構15が開かれることはない。

【0036】

目標圧力 P_D が実際圧力 P_R より小さいときには、排出バルブ機構15の開閉バルブ27を開く制御指令がバルブ機構制御装置21からアクチュエータ33に出力され、開閉バルブ27が開かれる。このときバルブ機構制御装置21からはアクチュエータ20に供給バルブ機構13のバルブを閉じる制御指令が出力されており、供給バルブ機構13のバルブは閉じられている。事前に開度調整機構付きバルブ25の開度が、目標圧力 P_D の大きさに応じて設定されているので、その開度により定まった絞り状態で、チャンバ9から排出バルブ機構15を通して流体が排出される。

【0037】

すなわち目標圧力 P_D が基準圧力 P_r より大きければ（高い剛性を得ようとしている場合には）必要とする予め定めた小さい開度が事前に開度調整機構付きバルブ25の開度として設定されており、目標圧力 P_D が基準圧力 P_r より小さければ（低い剛性を得ようとしている場合には）予め定めた大きい開度が事前に開度調整機構付きバルブ25の開度として設定されている。そしてチャンバ9内の実際圧力 P_R が目標圧力 P_D になるとバルブ

10

20

30

40

50

機構制御装置 21 は、アクチュエータ 33 に開閉バルブ 27 のバルブを閉じる制御指令を出力する。これによってチャンバ 9 内の実際圧力は速やかに目標圧力 P_D となり、高い剛性または低い剛性を確実に得ることができる。

【0038】

なお目標圧力 P_D の大きさに応じて、開度調整機構付きバルブ 25 の開度を更に細かく設定するようにすれば、より精密な剛性をシリンダ 1 に付与することが可能になる。

【0039】

なお、上記の制御を行うときには、第 2 のチョークバルブ装置 5 においても、第 2 のチャンバ 11 に対して同様の制御が行われている。コントローラ 23 は、第 1 のチョークバルブ装置 3 及び第 2 のチョークバルブ装置 5 に対して設けるようにしてもよい。

10

【0040】

図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態の構成を概念的に示す概念図である。図 4 に示した実施の形態の構成で、図 1 に示した実施の形態と同様の構成部分には、図 1 に示した符号の数に 100 の数を加えた数の符号を付して詳細な説明を省略する。この実施の形態では、排出バルブ機構 115 として、その開度を複数段階選択できる構成のものを用いている。この段階的に開度を選択できる排出バルブ機構 115 は、並列接続された、排出流路の断面積が異なる 3 種類の開閉バルブ 115a ~ 115c と、3 種類の開閉バルブ 115a ~ 115c の開閉を制御するアクチュエータ 133a ~ 133c と、開度設定指令に応じて排出時に 3 種類の開閉バルブ 115a ~ 115c から少なくとも 1 以上の開閉バルブを選択し、制御指令が入力されると選択した開閉バルブを開状態にすることを制御する

20

【0041】

このような排出バルブ機構 115 を用いると、複数種類の開閉バルブの選択の仕方によって多段階の開度を実現することが可能になる。なお使用する排出流路の断面積の異なる複数種類の開閉バルブのうち、一つの開閉バルブは排出流路の断面積が最小断面積 S を有している。そして残りの他の開閉バルブは、1 より大きい値の基数 a のべき乗 [a の n 乗 ($n = 1, 2, 3, \dots$)] に最小断面積 S を掛けた断面積 ($a^n \times S$) をそれぞれ有している。なお $n = 0$ の場合が、最小断面積となる。このようにすると、配置する開閉バルブの数に対して最多の開度段階を得ることができる。

30

【0042】

図 5 (A) 乃至 (C) は、1 以上の基数 a のべき乗倍 (すなわち a^n) を最小の排出流路の断面積に乗算した断面積を持つ開閉バルブを複数種類用意した場合の、基数 a の大小による排出流路の断面積の変化即ち開度変化の概念図である。図 5 (A) 乃至 (C) において横軸はべき (n) を示し、縦軸は相対的な断面積 (すなわち排気開度) 示している。基数 a を 1 に近い値に取ると開度の刻みは全範囲にわたってほぼ等間隔となり、反対に、基数 a を大きな値にするほど局所的な範囲での細かい開度の刻みを得ることができる。基数の大きさは、アクチュエータに所望する制御特性に合わせて適宜定める。例えば、最小断面積が極めて小さい場合は、断面積のわずかな変化が流体の流路抵抗の大きな変化をもたらすため、1 に近い値に設定する。反対に、十分に大きい場合は流体の流路抵抗の違いを効率的に生むために、2 や 3 のような大きな値を用いる。

40

【0043】

図 6 は、図 4 のアクチュエータを制御する方法の一例のアルゴリズムを示すフローチャートである。この例では、まず目標圧力 P_D がコントローラ 123 からバルブ機構制御装置 121 に入力される。バルブ機構制御装置 121 は、目標圧力 P_D の大きさに逆比例するように排出開度の総和を算出し、排出バルブ機構 115 内で開くべき開閉バルブを開閉バルブ 115a ~ 115c の中から選択して決定する。目標圧力 P_D が大きければ排出バルブ機構 115 内の比較的断面積の小さい開閉バルブを 0 個以上開放する。すなわち場合によっては開閉バルブ 115a ~ 115c のすべてを閉じることもある。そして目標圧力 P_D が小さければ排出バルブ機構 115 内の比較的断面積の大きい開閉バルブを一つまた

50

は複数種類開放する。そしてチャンバ9内の実際圧力 P_R を圧力測定手段135により測定し、目標圧力 P_D が実際圧力 P_R よりも大きいときには、供給バルブ機構113のバルブを開く制御指令をバルブ機構制御装置121からアクチュエータ120に出力する。事前に排出バルブ機構115の排出開度の総和が、目標圧力 P_D の大きさに応じて設定されているので、その開度により定まった絞り状態で、チャンバ9から排出バルブ機構115を通して流体が排出される。そしてチャンバ9内の実際圧力 P_R が目標圧力 P_D になるとバルブ機構制御装置121からはアクチュエータ120に供給バルブ機構113のバルブを閉じる制御指令が出力される。このときバルブ機構制御装置121からは、排出バルブ機構115に対しても開閉バルブ115a~115cを閉じる制御指令を出力してもよいが、この制御方法においては、図2と同じように開閉バルブ115a~115cを閉じる制御指令は出していない。これによってチャンバ9内の実際圧力は速やかに目標圧力 P_D となり、高い剛性または低い剛性を確実に得ることができる。

10

【0044】

なお、上記の制御を行うときには、第2のチョークバルブ装置105においても、第2のチャンバ11に対して同様の制御が行われている。コントローラ123は、第1のチョークバルブ装置103及び第2のチョークバルブ装置105に対して設けるようにしてもよい。

【0045】

図7には、図4に示したアクチュエータの別の制御方法のアルゴリズムの例を示してある。この例では、設定可能な目標圧力 P_D の例えば1/2の圧力を基準圧力 P_r とする。図3のアルゴリズムとを比べて図7のアルゴリズムは、バルブの開度の選択が段階的になっている点で図3のアルゴリズムとは相違し、その他の点は、図3のアルゴリズムと実質的に同じである。排出バルブ機構115の実質的な開度は、開くことを選択したバルブ個々の開度の総和であり、総合開度とよぶことにする。このアルゴリズムでは、目標圧力 P_D が実際圧力より高いときには、排出バルブ機構の総合開度を小さな値とする。なおここで小さな値には総合開度を0にする場合を含んでいる。そして目標圧力 P_D が実際圧力 P_R より低いときには排出バルブ機構115のバルブの総合開度を目標圧力 P_D と逆比例の関係になるように設定する。例えば開閉バルブ115a~115cの開度がそれぞれ1, 2, 4の比例とすると、それらの一つ以上を開くことで、排出バルブ機構の総合開度は、1, 2, 3, 4, 5, 6, 7の7種類を選択することができる。例えば総合開度2の場合は、開閉バルブ115bを開く。例えば総合開度5の場合は、開閉バルブ115aと115cを開く。さらに、目標圧力 P_D が0のときには排出バルブ機構115のバルブの開度を最大にする。すなわち開閉バルブ115a~115cをすべて開くことを選択するものとする。このようにすると予め用意する開閉バルブの個数(開度の段階)が少ない場合でも、実用的なアクチュエータの制御を行うことができる。なお開閉バルブの個数を増やせば、目標圧力 P_D に逆比例の関係で排出バルブ機構115のバルブの開度を細かく設定することが可能である。

20

30

【0046】

上記各実施の形態によれば、チョークバルブ装置の排出バルブ機構のバルブの開度を目標圧力 P_D と逆比例の関係で設定することにより、簡単に且つ早期に流体シリンダに所望の剛性を付与することができる。そのため本実施の形態のアクチュエータを用いれば、流体シリンダをロボット等の制御機器の駆動用アクチュエータとして現実的に利用することが可能になる。

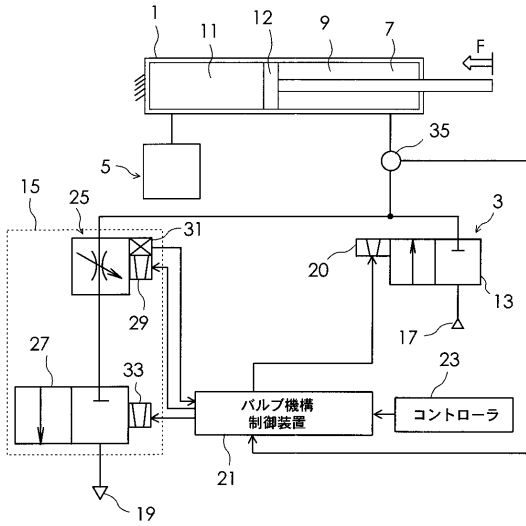
40

【産業上の利用可能性】

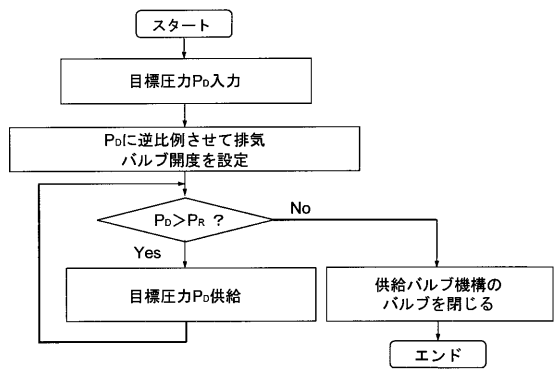
【0047】

本発明によれば、流体シリンダに所望の高剛性または低剛性を、簡単な構成で確実に付与することができる。

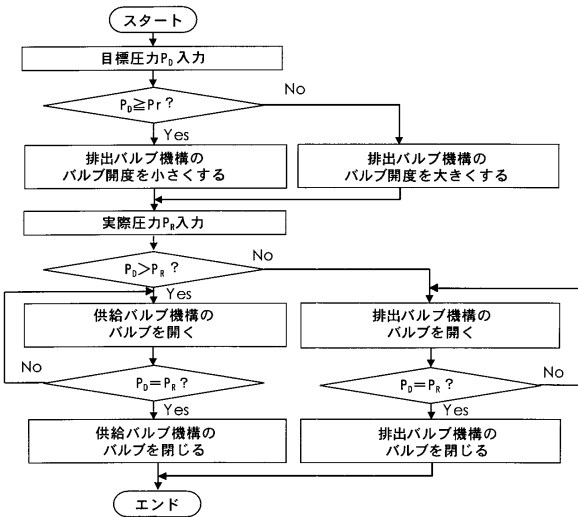
【図1】



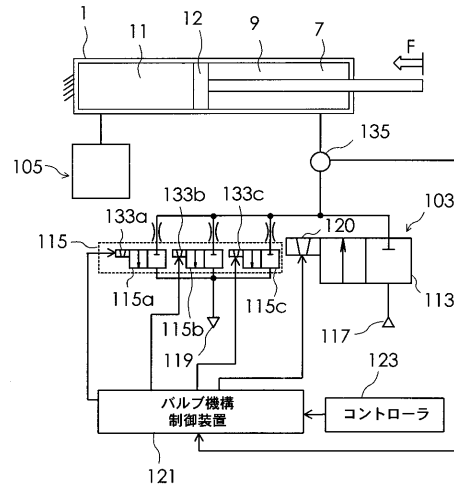
【図2】



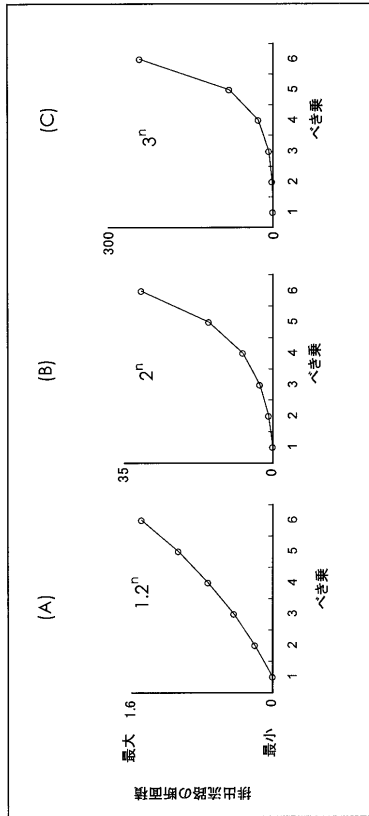
【図3】



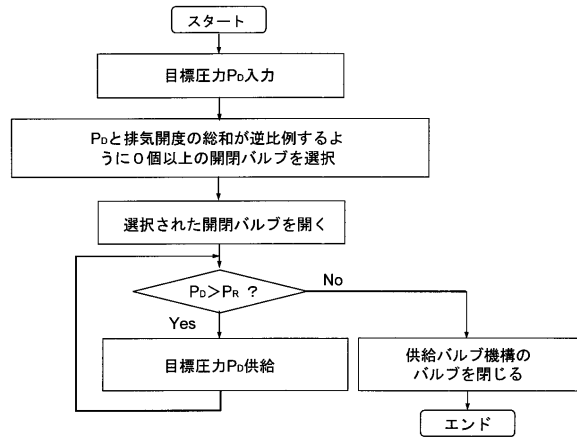
【図4】



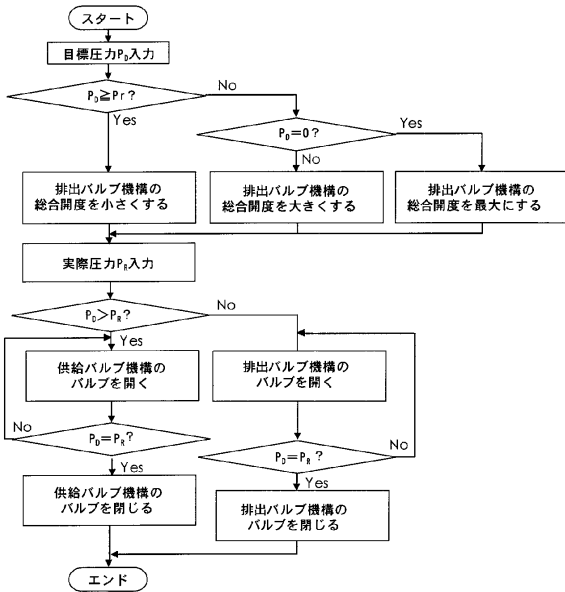
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

審査官 関 義彦

- (56)参考文献 実開平1 - 143797 (JP, U)
特開2004 - 286122 (JP, A)
特開平9 - 303307 (JP, A)
特開昭61 - 62604 (JP, A)
特開昭59 - 170503 (JP, A)
特開平5 - 178595 (JP, A)
実開昭62 - 143803 (JP, U)
実開昭63 - 61006 (JP, U)
特開平8 - 268692 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F15B 11, 15