

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5662033号  
(P5662033)

(45) 発行日 平成27年1月28日(2015. 1. 28)

(24) 登録日 平成26年12月12日(2014. 12. 12)

(51) Int.Cl.

F 1

**F 1 5 B 11/06 (2006.01)**

F 1 5 B 11/06 B

**F 1 5 B 11/08 (2006.01)**

F 1 5 B 11/08 C

**B 6 1 F 5/22 (2006.01)**

B 6 1 F 5/22 B

**B 6 1 F 5/24 (2006.01)**

B 6 1 F 5/24 F

**F 1 6 F 15/02 (2006.01)**

F 1 6 F 15/02 B

請求項の数 3 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-24374 (P2010-24374)  
 (22) 出願日 平成22年2月5日(2010. 2. 5)  
 (65) 公開番号 特開2011-163386 (P2011-163386A)  
 (43) 公開日 平成23年8月25日(2011. 8. 25)  
 審査請求日 平成24年12月28日(2012. 12. 28)

前置審査

(73) 特許権者 503094070  
 ビー・エス・シー株式会社  
 愛知県尾張旭市平子町東二四一番地一  
 (73) 特許権者 000173784  
 公益財団法人鉄道総合技術研究所  
 東京都国分寺市光町二丁目8番地38  
 (73) 特許権者 000006655  
 新日鐵住金株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号  
 (74) 代理人 110001210  
 特許業務法人Y K I 国際特許事務所  
 (72) 発明者 佐々木 隆  
 愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞22  
 66番地22 クリエイション・コア名古屋  
 屋205号 ビー・エス・シー株式会社内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気体圧アクチュエータシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ピストンの両側の2つの気体室のそれぞれに制御気体圧を供給する2つの供給ポートを有する気体圧シリンダと、

気体供給源からの供給気体圧から気体圧シリンダに供給する2つの制御気体圧を生成して2つの出力ポートから出力するサーボ弁と、

2つの入力ポートから入力される気体のそれぞれの気体圧の間の差圧に応じて流れを可变的に絞る可変絞り装置と、

2つの供給ポートと2つの出力ポートとの間に設けられる2つの導入弁と、

2つの供給ポートと2つの入力ポートとの間に設けられる2つの連通弁と、

切替指令に基づき、2つの導入弁の開閉と2つの連通弁の開閉とを制御し、気体圧シリンダがサーボ弁と接続され可変絞り装置とは遮断されるアクチュエータ機能作動状態と、気体圧シリンダが可変絞り装置と接続されサーボ弁とは遮断されるダンパ機能作動状態との間で作動状態を切り替える切替制御部と、

を備え、

可変絞り装置は、

ダンパ機能作動状態において、気体圧シリンダの2つの供給ポートにおける気体圧のいずれか一方を第1気体圧とし他方を第2気体圧として、

ステム上に左ランドと中央ランドと右ランドとが配置される揺動スプールと、

揺動スプールの各ランドの外周を支持して揺動スプールをステムの軸方向に揺動自在に

10

20

案内するスリーブと、

揺動スプールの左ランド及び右ランドに対し、それぞれステムの軸方向に沿った復元力を与える左側復元バネと右側復元バネと、

スリーブに設けられ第1気体圧を有する気体が揺動スプール側に供給されまたは揺動スプール側から排出される第1開口部と、

スリーブに設けられ第2気体圧を有する気体が揺動スプール側から排出されまたは揺動スプール側に供給される第2開口部と、

第1気体圧を有する気体を左側復元バネが収容される左側バネ室に導いて、左ランドの左側面に第1気体圧を与えるための第1接続流路と、

第2気体圧を有する気体を右側復元バネが収容される右側バネ室に導いて、右ランドの右側面に第2気体圧を与えるための第2接続流路と、

を含み、

第1開口部は、第2開口部の左側に設けられる左開口部と右側に設けられる右開口部とで構成され、左開口部と右開口部とは互いに連通し、

揺動スプールは、

左ランドの左側面に与えられる第1気体圧と右ランドの右側面に与えられる第2気体圧との差である軸方向差圧によって揺動駆動力を受け、

揺動スプールがスリーブに対し中立状態にあるときには、中央ランドが第2開口部に対応する位置にあり、左ランドが左開口部を完全に開く位置にあり、右ランドが右開口部を完全に開く位置にあり、

第1気体圧が第2気体圧に対し高圧であって第1気体圧から第2気体圧を減算した軸方向差圧  $P_{12}$  によって揺動スプールが軸方向に沿って右側に移動する揺動駆動力を受けるときは、 $P_{12}$  が大きいほど開口面積が大きくなるように中央ランドが自動的に右側に移動して第2開口部の左側を開いて第2開口部と左側開口部との間を連通させ、

第2気体圧が第1気体圧に対し高圧であって第2気体圧から第1気体圧を減算した軸方向差圧  $P_{21}$  によって揺動スプールが軸方向に沿って左側に移動する揺動駆動力を受けるときは、 $P_{21}$  が大きいほど開口面積が大きくなるように中央ランドが自動的に左側に移動して第2開口部の右側を開き、第2開口部と右側開口部との間を連通させ、

第1気体圧と第2気体圧との間に差圧があるときは、揺動スリーブの移動方向に関わらず第1開口部と第2開口部が連通し、軸方向差圧が大きいほど第1開口部と第2開口部の間の連通量を大きくすることを特徴とする気体圧アクチュエータシステム。

#### 【請求項2】

請求項1に記載の気体圧アクチュエータシステムにおいて、

揺動スプールがスリーブに対し中立状態にあるときの第1開口部と第2開口部に対する各ランドの相対位置関係は、第1開口部と第2開口部との間の連通量がゼロあるいは予め定めた所定量の連通状態となるように設定され、あるいは中立状態から予め定めたオーバーラップ量を超える移動によって初めて第1開口部と第2開口部との間が連通するように設定されることを特徴とする気体圧アクチュエータシステム。

#### 【請求項3】

請求項1に記載の気体圧アクチュエータシステムにおいて、

第1接続流路に設けられ、左ランド側に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞る第1固定絞り部と、

第2接続流路に設けられ、右ランド側に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞る第2固定絞り部と、

を含むことを特徴とする気体圧アクチュエータシステム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、気体圧アクチュエータシステムに係り、特に、気体圧シリンダを用いる気体圧アクチュエータシステムに関する。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

最近の都市交通あるいは高速大量輸送手段としての軌道車両においては、車体の軽量化ならびに振動の少ない良好な乗心地を確保するために、車体を空気ばねまたはコイルバネによって台車上に支持する構造が広く用いられている。このような車体支持装置においては、車体を支持する空気ばねまたはコイルばねに対して常時車体重量が加わるので、縦方向には常に最適剛性の支持力を発揮できる。

## 【0003】

一方で車両がカーブを通過する際等における横方向変位あるいは横方向動揺については、台車と車体との間に油圧アクチュエータまたは気体圧アクチュエータを横方向に配置し、横方向剛性を生じさせることが行われる。

10

## 【0004】

例えば、特許文献1には、車両がカーブを通過するときに車体を傾斜させる制御付き振子方式において、液圧シリンダにアクチュエータ機能とダンパ機能とを持たせることが開示されている。ここでは、液圧シリンダのボトム側とロッド側とを連通させる分流回路中に、この分流回路中を流れる作動液体の流量を絞りの開度によって可変可能な絞り弁を設けて、液圧シリンダへの作動液体の供給量と絞り弁への作動液体の供給量とを協調制御することが開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

20

## 【0005】

【特許文献1】特開2008-247335号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

特許文献1のように、液圧シリンダにアクチュエータ機能とダンパ機能とを持たせることで、通常時は液圧シリンダを振子制御のアクチュエータとして用い、振子制御ができない異常時には液圧シリンダをダンパとして用いることができるので、異常時においても適切な乗心地を確保することが期待できる。そのためには、液圧シリンダへの作動液体の供給量と絞り弁への作動液体の供給量とを協調制御することが必要で、新たな制御装置を要する。

30

## 【0007】

そこで、複雑な協調制御に代えて、アクチュエータである液圧シリンダに並列にダンパを別途設け、通常時はダンパを作用させず、異常時には液圧シリンダを作用させないようにすることが行われる。この場合には、通常時と異常時との間で切替を行うのみで済むが、液圧シリンダと同様な構成のダンパを別途設ける必要がある。

## 【0008】

本発明の目的は、複雑な制御を要せずに、アクチュエータ機能とダンパ機能とを有する気体圧アクチュエータシステムを提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

40

## 【0009】

本発明に係る気体圧アクチュエータシステムは、ピストンの両側の2つの気体室のそれぞれに制御気体圧を供給する2つの供給ポートを有する気体圧シリンダと、気体供給源からの供給気体圧から気体圧シリンダに供給する2つの制御気体圧を生成して2つの出力ポートから出力するサーボ弁と、2つの入力ポートから入力される気体のそれぞれの気体圧の間の差圧に応じて流れを可変的に絞る可変絞り装置と、2つの供給ポートと2つの出力ポートとの間に設けられる2つの導入弁と、2つの供給ポートと2つの入力ポートとの間に設けられる2つの連通弁と、切替指令に基づき、2つの導入弁の開閉と2つの連通弁の開閉とを制御し、気体圧シリンダがサーボ弁と接続され可変絞り装置とは遮断されるアクチュエータ機能作動状態と、気体圧シリンダが可変絞り装置と接続されサーボ弁とは遮断

50

されるダンパ機能作動状態との間で作動状態を切り替える切替制御部と、を備え、可変絞り装置は、ダンパ機能作動状態において、気体圧シリンダの2つの供給ポートにおける気体圧のいずれか一方を第1気体圧とし他方を第2気体圧として、ステム上に左ランドと中央ランドと右ランドとが配置される揺動スプールと、揺動スピールの各ランドの外周を支持して揺動スプールのステムの軸方向に揺動自在に案内するスリーブと、揺動スピールの左ランド及び右ランドに対し、それぞれステムの軸方向に沿った復元力を与える左側復元バネと右側復元バネと、スリーブに設けられ第1気体圧を有する気体が揺動スプール側に供給されまたは揺動スプール側から排出される第1開口部と、スリーブに設けられ第2気体圧を有する気体が揺動スプール側から排出されまたは揺動スプール側に供給される第2開口部と、第1気体圧を有する気体を左側復元バネが収容される左側バネ室に導いて、左ランドの左側面に第1気体圧を与えるための第1接続流路と、第2気体圧を有する気体を右側復元バネが収容される右側バネ室に導いて、右ランドの右側面に第2気体圧を与えるための第2接続流路と、を含み、第1開口部は、第2開口部の左側に設けられる左開口部と右側に設けられる右開口部とで構成され、左開口部と右開口部とは互いに連通し、揺動スプールは、左ランドの左側面に与えられる第1気体圧と右ランドの右側面に与えられる第2気体圧との差である軸方向差圧によって揺動駆動力を受け、揺動スプールがスリーブに対し中立状態にあるときには、中央ランドが第2開口部に対応する位置にあり、左ランドが左開口部を完全に開く位置にあり、右ランドが右開口部を完全に開く位置にあり、第1気体圧が第2気体圧に対し高圧であって第1気体圧から第2気体圧を減算した軸方向差圧  $P_{12}$  によって揺動スプールが軸方向に沿って右側に移動する揺動駆動力を受けるときは、 $P_{12}$  が大きいほど開口面積が大きくなるように中央ランドが自動的に右側に移動して第2開口部の左側を開いて第2開口部と左側開口部との間を連通させ、第2気体圧が第1気体圧に対し高圧であって第2気体圧から第1気体圧を減算した軸方向差圧  $P_{21}$  によって揺動スプールが軸方向に沿って左側に移動する揺動駆動力を受けるときは、 $P_{21}$  が大きいほど開口面積が大きくなるように中央ランドが自動的に左側に移動して第2開口部の右側を開き、第2開口部と右側開口部との間を連通させ、第1気体圧と第2気体圧との間に差圧があるときは、揺動スリーブの移動方向に関わらず第1開口部と第2開口部が連通し、軸方向差圧が大きいほど第1開口部と第2開口部の間の連通量を大きくすることを特徴とする。

#### 【0010】

また、本発明に係る気体圧アクチュエータシステムにおいて、揺動スプールがスリーブに対し中立状態にあるときの第1開口部と第2開口部に対する各ランドの相対位置関係は、第1開口部と第2開口部との間の連通量がゼロあるいは予め定めた所定量の連通状態となるように設定され、あるいは中立状態から予め定めたオーバーラップ量を超える移動によって初めて第1開口部と第2開口部との間が連通するように設定されることが好ましい。

#### 【0011】

また、本発明に係る気体圧アクチュエータシステムにおいて、第1接続流路に設けられ、左ランド側に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞る第1固定絞り部と、第2接続流路に設けられ、右ランド側に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞る第2固定絞り部と、を含むことが好ましい。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

上記構成により、気体圧アクチュエータシステムは、2つの供給ポートを有する気体圧シリンダと、2つの出力ポートから出力するサーボ弁と、2つの入力ポートから入力される気体のそれぞれの気体圧の間の差圧に応じて流れを可変的に絞る可変絞り装置と、2つの供給ポートと2つの出力ポートとの間に設けられる2つの導入弁と、2つの供給ポートと2つの入力ポートとの間に設けられる2つの連通弁とを備え、切替指令に基づき、2つの導入弁の開閉と2つの連通弁の開閉とを制御し、気体圧シリンダがサーボ弁と接続され可変絞り装置とは遮断されるアクチュエータ機能作動状態と、気体圧シリンダが可変絞り

装置と接続されサーボ弁とは遮断されるダンパ機能作動状態との間で作動状態を切り替える。

【0013】

ここで、可変絞り装置は、ダンパ機能作動状態においては、気体圧シリンダに接続され、気体圧シリンダの2つの供給ポートと可変絞り装置の2つの入力ポートがそれぞれ接続されるので、気体圧シリンダのピストンの両側の気体室の気体圧の間の差圧に応じて流れを可变的に絞る。このように、単に、気体圧シリンダの両気体室における気体圧の差圧のみに応じて絞り方が可変されるので、例えばサーボ弁との複雑な制御等を要せずに、ダンパ機能を発揮できる。

【0014】

また、気体圧アクチュエータシステムにおいて、可変絞り装置は、揺動スプールの両端にそれぞれ左側復元バネと右側復元バネとを有するスプール・スリーブ機構であって、揺動スプールは、左ランドの左側面に与えられる気体圧と右ランドの右側面に与えられる気体圧との差である軸方向差圧によって揺動駆動力を受け、それによって中央ランドと第1開口部との間の相対位置関係が可变的に変更されることで、第1開口部と第2開口部との間の気体の流れを可变的に絞る。このように、軸方向差圧によって揺動スプールが軸方向に移動するので、揺動スプールの駆動のための外部駆動装置を特別に要することなく、流れの方向あるいは流量等を可変とすることができる。

【0015】

また、気体圧アクチュエータシステムにおいて、可変絞り装置は、第1接続流路に設けられ、左ランド側に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞る第1固定絞り部と、第2接続流路に設けられ、右ランド側に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞る第2固定絞り部とを備える。これによって、揺動駆動力の急変を抑制し、揺動駆動力の変化を滑らかなものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムが適用される車両の様子を説明する図である。

【図2】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムの構成を説明する図である。

【図3】本発明に係る実施の形態において、可変絞り装置を示す図である。

【図4】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムにおいて、アクチュエータ機能作動状態のときの様子を説明する図である。

【図5】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムにおいて、ダンパ機能作動状態のときの様子を説明する図である。

【図6】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムにおいて、ダンパ機能作動状態のときの可変絞り装置の作用を説明する図である。

【図7】図6とともに、可変絞り装置の作用を説明する図である。

【図8】本発明に係る実施の形態において、可変絞り装置の作用を説明する図である。

【図9】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムにおいて、ダンパ機能作動状態のときの特性図である。

【図10】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムにおいて、ダンパ機能作動状態のときの特性図に対するチェック弁の作用を説明する図である。

【図11】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムにおいて、ダンパ機能作動状態のときの特性図に対する可変絞り装置の流路面積の効果を説明する図である。

【図12】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムにおいて、可変絞り装置に固定絞り装置を付加した構成を示す図である。

【図13】本発明に係る実施の形態の気体圧アクチュエータシステムが適用される他の車両の様子を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 7 】

以下に図面を用いて本発明に係る実施の形態につき、詳細に説明する。以下では、気体圧アクチュエータシステムが適用される対象として、鉄道車両を説明するが、流体圧シリンダによって車両の姿勢を制御するものであればよく、鉄道車両以外の車両であってもよい。また、流体圧シリンダは、振子制御に用いられる場合と、動揺防止制御に用いられる場合を説明するが、車両の姿勢を制御するものであればよい。

## 【 0 0 1 8 】

以下では、気体圧アクチュエータシステムに適用される流体として空気を説明するが、空気以外の乾燥窒素、不活性ガス等であってもよい。

## 【 0 0 1 9 】

また、以下では、可変絞り装置において、例えば、第1気体圧 $P_A$ が2つの開口部に供給され、第2気体圧 $P_B$ が1つの開口部に供給される等の説明を行うが、開口部の数はそれぞれ1つでも複数でも構わない。また、開口部とランドとの位置関係も、第1気体圧 $P_A$ に関する開口部と第2気体圧 $P_B$ に関する開口部とが、相互に連通しない遮断状態と、相互に連通し、その際に揺動駆動力に応じて流れの方向あるいは流量等を可変するものであれば、どのような配置関係であってもよい。

## 【 0 0 2 0 】

また、以下で説明するバネ定数、固有振動数等は、説明のために一例であって、気体圧アクチュエータシステムが適用される車両システム等の性能仕様に応じて適宜変更することができる。

## 【 0 0 2 1 】

以下では、全ての図面において同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、本文中の説明においては、必要に応じそれ以前に述べた符号を用いるものとする。

## 【 0 0 2 2 】

図1は、振子制御を行う鉄道車両200における気体圧アクチュエータシステム220の構成を説明する図である。この気体圧アクチュエータシステム220は、通常時は気体圧シリンダを振子制御のアクチュエータ機能として用い、振子制御ができない異常時には気体圧シリンダをダンパ機能として用いることができるものである。

## 【 0 0 2 3 】

図1に示される鉄道車両200は、車体202と、台車204と、台車204の上においてローラ210によって支持される振子梁206と、振子梁206と車体202との間に設けられた空気ばね208とを備える。また、鉄道車両200は、車輪214を支持する車軸と、車軸と台車204との間に設けられるコイルばね212を備え、車輪214はレール216の上を走行可能である。

## 【 0 0 2 4 】

鉄道車両200に搭載される気体圧アクチュエータシステム220は、台車204と振子梁206との間に設けられる気体圧シリンダ230と、後に詳述する可変絞り装置10と、サーボ弁250と、車体202の傾斜状態等を検出するセンサ装置300と、制御装置310とを含んで構成される。

## 【 0 0 2 5 】

制御装置310は、車両搭載に適したコンピュータで構成できる。制御装置310は、気体圧シリンダ230を振子制御のアクチュエータ機能として用いるときの制御を行うアクチュエータ制御処理部312と、気体圧シリンダ230と可変絞り装置10とサーボ弁250との間の接続関係を切り替えて、気体圧シリンダ230を可変絞り装置10と組み合わせることでダンパ機能を有するように切り替える切替制御処理部314を含む。これらの機能は、ソフトウェアで実現でき、具体的には、気体圧アクチュエータシステム制御プログラムを実行することで実現できる。これらの機能の一部をハードウェアで実現するものとしてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

図 2 は、気体圧アクチュエータシステム 220 の詳細構成を示す図である。上記のように、気体圧アクチュエータシステム 220 は、気体圧シリンダ 230 と、可変絞り装置 10 と、サーボ弁 250 を含んで構成されるが、図 2 には、これらを接続する気体流路が気体供給源 270 と共に示されている。

【0027】

この気体流路は、気体圧シリンダ 230 の 2 つの供給ポート 242, 244 と、可変絞り装置 10 の 2 つの入力ポート 28, 30 と、サーボ弁 250 の 1 つのサーボ弁供給ポート 262 と 2 つの出力ポート 264, 266 の合計 7 つのポートを相互に接続して配管される流路である。

【0028】

気体圧シリンダ 230 は、台車 204 に接続されるシリンダ筐体 232 と、振子梁 206 に接続されるシリンダロッド 234 と、シリンダロッド 234 の先端に設けられシリンダ筐体 232 の内壁を摺動するピストン 236 を含んで構成されるピストン・シリンダ機構である。

【0029】

気体圧シリンダ 230 は、シリンダ筐体 232 の内壁内に、ピストン 236 によって仕切られ、ピストン 236 の両側に形成される 2 つの気体室 238, 240 を有する。気体室 238 は、供給ポート 242 に接続され、気体室 240 は、供給ポート 244 に接続される。

【0030】

気体圧シリンダ 230 は、このようにピストン・シリンダ機構であるので、外部から 2 つの気体室 238, 240 にそれぞれ制御気体圧を有する気体を供給するときは、ピストン 236 をシリンダ筐体 232 に対して移動駆動し、これによって振子梁 206 を台車 204 に対して移動駆動するアクチュエータとして用いることができる。また、2 つの気体室 238, 240 に外部から気体を供給せず、2 つの気体室 238, 240 にある気体を利用して可変絞り装置 10 に接続することで、振子梁 206 と台車 204 との間の動揺等を吸収するダンパとして用いることができる。この 2 つの機能の切替の詳細については後述する。

【0031】

サーボ弁 250 は、サーボ弁スリーブ 252 と、サーボ弁スリーブ 252 の内部に収納されるサーボ弁スプール 254 と、サーボ弁スプール 254 をサーボ弁スリーブ 252 に対し相対的に移動駆動するフォースモータ 256 と、サーボ弁スプール 254 をサーボ弁スリーブ 252 に対し中立位置に引き戻す復元ばね 258 を含むフォースモータ駆動スリーブ・スプール機構である。

【0032】

サーボ弁 250 は、制御装置 310 からフォースモータ 256 に対する駆動指令信号を受け取る信号ポート 260 と、気体供給源 270 から供給気体圧  $P_S$  が供給されるサーボ弁供給ポート 262 とを有し、駆動指令信号に応じてフォースモータ 256 が作動することでサーボ弁スプール 254 がサーボ弁スリーブ 252 に対し相対的に移動することで供給気体圧  $P_S$  から 2 つの制御気体圧  $P_A, P_B$  を生成する機能を有する。サーボ弁 250 は、2 つの出力ポート 264, 266 を有し、これらには、それぞれ生成された制御気体圧  $P_A, P_B$  を有する気体出力される。

【0033】

可変絞り装置 10 は、2 つの入力ポート 28, 30 を有し、この 2 つの入力ポート 28, 30 から入力される気体のそれぞれの気体圧の間の差圧に応じて流れを可変的に絞る機能を有する装置である。

【0034】

可変絞り装置 10 は 2 つの入力ポート 28, 30 を有するが、その詳細な内容の説明の前に、気体流路関係の説明を行う。

【0035】

10

20

30

40

50

2つの導入弁280, 282は、サーボ弁の2つの出力ポート264, 266と、気体圧シリンダ230の2つの供給ポート242, 244との間に設けられ、制御装置310の制御の下で開閉制御が行われる開閉弁である。具体的には、気体圧シリンダ230をアクチュエータ機能を有するものとして利用するときには開状態とされ、気体圧シリンダ230を可変絞り装置10と共にダンパ機能を有するものとして利用するときには閉状態とされる。

#### 【0036】

2つの連通弁284, 286は、気体圧シリンダ230の2つの供給ポート242, 244と、可変絞り装置10の2つの入力ポート28, 30との間に設けられ、制御装置310の制御の下で開閉制御が行われる開閉弁である。具体的には、気体圧シリンダ230をアクチュエータ機能を有するものとして利用するときには閉状態とされ、気体圧シリンダ230を可変絞り装置10と共にダンパ機能を有するものとして利用するときには開状態とされる。このように、2つの導入弁280, 282と2つの連通弁284, 286とは、導入弁が開くときは連通弁が閉じ、導入弁が閉じるときは連通弁が開くというように、互いに逆の開閉状態となるように制御される。2種類の弁の開閉動作に時間差を設けるものとしてもよい。

#### 【0037】

2つのチェック弁290, 292は、可変絞り装置10の2つの入力ポート28, 30の間に可変絞り装置10と並列接続されるように配置される気体圧上限リミッタである。チェック弁290, 292は、開弁するときの圧力の方向が相互に逆向きである。すなわち、2つの入力ポート28, 30におけるそれぞれの気体圧の差である差圧が予め定めた上限差圧より高くなると、チェック弁290またはチェック弁292が開弁し、それ以上の差圧とならない。

#### 【0038】

2つの固定絞り294, 296は、気体供給源270から気体圧シリンダ230および可変絞り装置10に向かって少量の気体を供給するときに、その供給量を制限するための流量リミッタである。すなわち、気体圧シリンダ230を可変絞り装置10と組み合わせてダンパ機能として用いるときは、気体が圧縮性流体であるので、適当に気体を補う必要があるが、その補給気体流量を調整するために用いられる。

#### 【0039】

ここで、図1の制御装置310の内容について説明する。制御装置310は、気体圧アクチュエータシステム220における他の構成要素の作動を統一的に制御する装置で、車両搭載に適したコンピュータで構成できる。制御装置310は、気体圧シリンダ230を振子制御のアクチュエータ機能として用いるときの制御を行うアクチュエータ制御処理部312と、気体圧シリンダ230と可変絞り装置10とサーボ弁250との間の接続関係を切り替えて、気体圧シリンダ230を可変絞り装置10と組み合わせることでダンパ機能を有するように切り替える切替制御処理部314を含む。

#### 【0040】

切替制御処理部314は、切替指令に基づき、2つの導入弁280, 282の開閉と2つの連通弁284, 286の開閉とを制御し、気体圧シリンダ230がサーボ弁250と接続され可変絞り装置10とは遮断されるアクチュエータ機能作動状態と、気体圧シリンダ230が可変絞り装置10と接続されサーボ弁250とは遮断されるダンパ機能作動状態との間で作動状態を切り替える機能を有する。

#### 【0041】

具体的には、上記で述べたように、気体圧シリンダ230をアクチュエータ機能を有するものとして利用するときには、2つの導入弁280, 282が開状態、2つの連通弁284, 286が閉状態とされ、気体圧シリンダ230を可変絞り装置10と共にダンパ機能を有するものとして利用するときには、2つの導入弁280, 282が閉状態、2つの連通弁284, 286が開状態とされる。なお、切替指令は、気体圧シリンダ230の作動異常またはアクチュエータ制御処理部312における処理結果が異常となったことを制

10

20

30

40

50



御装置 310 が判断したときに発行される。

【0042】

制御装置 310 のこれらの機能は、ソフトウェアで実現でき、具体的には、気体圧アクチュエータシステム制御プログラムを実行することで実現できる。これらの機能の一部をハードウェアで実現するものとしてもよい。

【0043】

次に、可変絞り装置 10 について説明する。図 3 は、可変絞り装置 10 の構成を説明する図である。この可変絞り装置 10 は、筐体 20 と、スリーブ 40 と、揺動スプール 50 とを備えるスプール・スリーブ機構の一種である。筐体 20 には、気体圧シリンダ 230 の気体室 238 に接続され第 1 気体圧  $P_A$  を有する気体が供給または排出される第 1 接続口である入力ポート 28 と、気体圧シリンダ 230 の気体室 240 に接続され第 2 気体圧  $P_B$  を有する気体が供給または排出される第 2 接続口である入力ポート 30 とが設けられる。

10

【0044】

ここで、第 1 気体圧  $P_A$  と第 2 気体圧  $P_B$  は、可変絞り装置 10 が気体圧シリンダ 230 と共に用いられて全体としてダンパ機能を発揮するときは、気体圧シリンダ 230 の供給ポート 242, 244 における気体圧となるので、その気体圧  $P_A$ ,  $P_B$  と同じ記号を用いている。

【0045】

そして、この可変絞り装置 10 は、揺動スプール 50 の左右両端に第 1 気体圧  $P_A$  と第 2 気体圧  $P_B$  とが与えられて、その気体圧の差である軸方向差圧によって揺動スプール 50 が揺動駆動力を受けるのに適した構成を有するものである。なお、左右とは、揺動スプール 50 の軸方向に沿った位置についてのもので、図 3 に示すように、揺動スプール 50 の軸方向を X 軸方向として、+ X 側を右側とすれば - X 側が左側である。

20

【0046】

図 3 において、筐体 20 は、中心部にスリーブ 40 と揺動スプール 50 とが配置される配置空間を有する筒状部材である。この配置空間において、揺動スプール 50 の左右両端側にそれぞれ設けられる左側バネ室 22 と右側バネ室 24 は、それぞれに左側復元バネ 60 と右側復元バネ 62 が軸方向に圧縮・伸長可能に収納される空間である。

【0047】

また、筐体 20 において、入力ポート 28 からスリーブ 40 側に延びる第 1 導入流路 29 は、スリーブ 40 に設けられる左開口部 44 と右開口部 46 を介して、第 1 気体圧  $P_A$  を有する気体を揺動スプール 50 側に供給し、または、揺動スプール 50 側から第 1 気体圧  $P_A$  を有する気体を排出するための流路である。ここでは、左開口部 44 と右開口部 46 とが筐体 20 の内部を通る第 1 導入流路 29 に共に接続されることで、左開口部 44 と右開口部 46 とが連通して、気体を導く開口部としては同じ機能を有するものとなっている。その意味で、互いに連通するように構成された左開口部 44 と右開口部 46 とを合わせて、第 1 開口部と呼ぶことができる。このように、第 1 開口部とは、入力ポート 28 に関する流路の開口部のことである。

30

【0048】

第 1 導入流路 29 と左側バネ室 22 とを接続する第 1 接続流路 32 は、第 1 気体圧  $P_A$  を左側バネ室に供給することで、後述するように、左ランド 54 の左側面に第 1 気体圧  $P_A$  に対応する軸方向力を与える機能を有する流路である。

40

【0049】

同様に、筐体 20 において、入力ポート 30 からスリーブ 40 側に延びる第 2 導入流路 31 は、スリーブ 40 に設けられる中央開口部 42 を介して、第 2 気体圧  $P_B$  を有する気体を揺動スプール 50 側に供給し、または、揺動スプール 50 側から第 2 気体圧  $P_B$  を有する気体を排出するための流路である。中央開口部 42 は 1 つであるが、これを上記の第 1 開口部と対比するために、第 2 開口部と呼ぶことができる。すなわち、第 2 開口部とは、入力ポート 30 に関する流路の開口部のことである。

50

## 【 0 0 5 0 】

また、第 2 導入流路 3 1 と右側バネ室 2 4 とを接続する第 2 接続流路 3 4 は、第 2 気体圧  $P_B$  を右側バネ室に供給することで、後述するように、右ランド 5 6 の右側面に第 2 気体圧  $P_B$  に対応する力を与える機能を有する流路である。

## 【 0 0 5 1 】

左側バネ室 2 2 に収納される左側復元バネ 6 0 と、右側バネ室 2 4 に収納される右側復元バネ 6 2 とは、揺動スプール 5 0 の軸方向移動に対し、中立位置に戻す機能を有する弾性体である。図 3 では、左側復元バネ 6 0、右側復元バネ 6 2 はコイルバネとして示されているが、揺動スプール 5 0 の軸方向に圧縮・伸長して、揺動スプール 5 0 が軸方向に移動する場合に常に中立位置に引き戻す機能を有する弾性体であれば、プラスチックゴム、板バネ等であってもよい。

10

## 【 0 0 5 2 】

左側復元バネ 6 0 は、上記のように弾性体であるが、その軸方向の両端にはそれぞれ円板が設けられる。左側の円板は、左側復元バネ 6 0 の軸方向位置を定め、復元力を設定するためのものである。筐体 2 0 にねじ込まれる左側調整ネジ 7 0 は、その先端がこの左側の円板に接触し、ねじ込み量に応じてその軸方向位置を調整する機能を有する。このようにして、左側調整ネジ 7 0 のねじ込み量調整によって左側復元バネ 6 0 の復元力が設定される。なお左側調整ネジ 7 0 と後述する右側調整ネジ 7 2 は、いずれか一方あるいは双方とも省略することができる。

## 【 0 0 5 3 】

20

左側復元バネ 6 0 における右側の円板は、揺動スプール 5 0 の左端に復元力を伝達するものである。右側の円板と揺動スプール 5 0 の左端とは、摩擦が少なくなるように、ピボットと軸受の構成を取ることができる。すなわち、右側の円板の左端面にピボットを設け、揺動スプール 5 0 の左端にピボットを受ける軸受を配置して、線接触によって相互の支持を行うものとできる。ピボットを揺動スプール 5 0 に設け、軸受を右側円板に設けるものとしてもよい。なお、ピボット等は摩擦を少なくするためのものであるので、ピボット等がなくても、可変絞り装置 1 0 は絞りとして機能する。

## 【 0 0 5 4 】

また、左側バネ室 2 2 には第 1 気体圧  $P_A$  の気体が導かれる。そして、左側バネ室 2 2 における右側の円板の外周と、左側バネ室 2 2 の内壁との間を通して、第 1 気体圧  $P_A$  の気体が揺動スプール 5 0 の左ランド 5 4 の左側面に導かれる。これによって、第 1 気体圧  $P_A$  に応じた軸方向力が揺動スプール 5 0 の左ランド 5 4 の左側面に与えられる。

30

## 【 0 0 5 5 】

同様に、右側復元バネ 6 2 においても、その軸方向の両端にはそれぞれ円板が設けられる。そして、右側の円板は、右側復元バネ 6 2 の軸方向位置を定め、復元力を設定するためのものであり、左側の円板は、揺動スプール 5 0 に復元力を伝達するものである。また、右側バネ室 2 4 には第 2 気体圧  $P_B$  の気体が導かれる。そして、右側バネ室 2 4 における左側の円板の外周と、右側バネ室 2 4 の内壁との間を通して、第 2 気体圧  $P_B$  の気体が揺動スプール 5 0 の右ランド 5 6 の右側面に導かれる。これによって、第 2 気体圧  $P_B$  に応じた軸方向力が揺動スプール 5 0 の右ランド 5 6 の右側面に与えられることも同様である。また、筐体 2 0 にねじ込まれる右側調整ネジ 7 2 は、そのねじ込み量に応じて右側復元バネ 6 2 の軸方向位置を調整する機能を有することも同様である。その他、詳細な構成は、左側復元バネ 6 0 に関して説明したものと同様の内容である。

40

## 【 0 0 5 6 】

このようにして、揺動スプール 5 0 の両端には、左側復元バネ 6 0 と右側復元バネ 6 2 とが設けられ、基本的には、揺動スプール 5 0 の軸方向位置が中立位置とされる。そして、上記のように、左側バネ室 2 2 の側から第 1 気体圧  $P_A$  に応じた軸方向力が揺動スプール 5 0 の左端に与えられ、右側バネ室 2 4 の側から第 2 気体圧  $P_B$  に応じた軸方向力が揺動スプール 5 0 の右端に与えられるので、その差圧である ( $P_A - P_B$ ) に応じて、揺動スプール 5 0 は中立位置から移動する駆動力が与えられることになる。なお、第 1 気体圧  $P$

50

$P_A$  = 第2気体圧  $P_B$  のときには、揺動スプール50は正しく中立位置に位置する。なお、図3は、揺動スプール50が正しく中立位置にある状態を示す図である。

【0057】

図3におけるスリーブ40は、筐体20の中心部におけるスリーブ40と揺動スプール50とが配置される配置空間に取り付け固定される円筒状の部材で、外周部は筐体20に固定される固定面とされ、内周面は揺動スプール50を軸方向移動可能に支持する摺動面とされる。摺動面としては、スリーブ40と揺動スプール50との金属接触によるもののほか、揺動スプール50の外周に樹脂等を設け、金属と樹脂との接触によるものとしてもよい。

【0058】

筐体20の構成の説明で述べたように、スリーブ40には、軸方向に沿って相互に離間して3つの開口部が設けられる。配置順序は、図3に示すように、-X側である左側から+X側である右側に向かって、左開口部44、中央開口部42、右開口部46である。これらの開口部に対応して筐体20にも3つの開口部が設けられ、既に述べたように、左開口部44と右開口部46とは第1導入流路29に接続され、中央開口部42は第2導入流路31に接続される。

【0059】

揺動スプール50は、ステム上に左ランド54と中央ランド52と右ランド56とが配置される軸体である。各ランドの配置順序は、図3に示すように、-X側である左側から+X側である右側に向かって、左ランド54、中央ランド52、右ランド56である。各ランドの外周寸法は、スリーブ40の内周面の摺動面の内径寸法よりやや小さめに設定される。やや小さめとは、各ランドとスリーブ40とによって気密を保持しながら、揺動スプール50がスリーブ40に支持されて軸方向に滑らかに移動可能な隙間を保持する程度である。また、この隙間によってダンピング効果を積極的に働かせる場合には、この隙間量のある程度広くすることがよい。

【0060】

ステムは、各ランドの間を接続する細い軸部材であって、その外径は各ランドの外径に比べて十分小さい。したがって、各ランド間のステムと、スリーブ40との間には空間が形成され、この空間は気体を保持あるいは気体が行ける気体室となる。図3の例では、左ランド54と中央ランドとの間に左気体室、中央ランド52と右ランドとの間に右気体室が形成されている。

【0061】

揺動スプール50の各ランドの配置位置と、スリーブ40の各開口部の配置位置とは次のように設定される。すなわち、揺動スプール50が中立位置にあるとき、中央ランド52は、中央開口部42をちょうど閉じる位置である。そして、左ランド54は、左開口部44を完全に開くように、左開口部44の位置よりも-X方向にずれた位置とされる。また、右ランド56は、右開口部46を完全に開くように、右開口部46の位置よりも+X方向にずれた位置とされる。

【0062】

したがって、中立状態では、第1気体圧  $P_A$  は、左側パネ室22に供給される他に、左開口部44と右開口部46を介して、揺動スプール50の側に供給される。一方、第2気体圧  $P_B$  は、右側パネ室24に供給されるが、中央開口部42が中央ランド52で閉じられているので、そこで遮断されて揺動スプール50の側には供給されない。

【0063】

すなわち、図3に示されるように、揺動スプール50がスリーブ40に対し中立状態にあるときには、第1開口部と第2開口部に対する各ランドの相対位置関係について第1開口部と第2開口部との間の連通量がゼロとなるように設定される。具体的には、図3のようにスプールが3つのランドを有し、スリーブが3つの開口部を有する場合、上記のように、中立状態では、中央ランド52が第2開口部である中央開口部42を完全に塞ぐことができるように、中央ランド52と中央開口部42の位置関係が設定される。このとき、

10

20

30

40

50

左ランド５４と右ランド５６は、いずれも第２開口部である左開口部４４と右開口部４６を塞がないような位置関係とされる。このような位置関係にあるときの揺動スプール５０の位置が揺動スプール５０の中立位置である。

【００６４】

なお、場合によっては、中立状態であっても、第１開口部と第２開口部との間の連通量について予め定めた所定量の連通状態としてもよい。具体的には、中央ランド５２が第２開口部である中央開口部４２を完全に塞がずに、予め定めた余裕隙間でもって第２開口部を部分的に開くものとしてもよい。このように中央ランド５２が第２開口部を部分的に開くようにすることで、第１開口部と第２開口部との間に、適当量の気体の連通を行わせることができる。これによって、可変絞り装置１０の動作をより安定なものとできる。また、逆に、中央開口部４２の両側に揺動スプール５０のオーバーラップを設け、中立状態およびオーバーラップの範囲で揺動スプール５０が移動しても第１開口部と第２開口部とが連通しないようにすることもできる。以下では、中立状態のときに第１開口部と第２開口部との間の連通量がゼロである場合について説明を続ける。

10

【００６５】

また、軸方向差圧（ $P_A - P_B$ ）が発生すると、揺動スプール５０はその中立状態から移動する。この移動によって、第１開口部と第２開口部に対する各ランドの相対位置関係が可変的に変更される。これによって、気体の流れを可変的に絞るようにして、第１開口部と第２開口部との間の連通量が移動の方向に関わらず位置関係の変更量に応じて変更されることになる。移動の方向に関わらずとは、移動の方向が右側方向であっても、左側方向であっても、揺動スプール５０に対するスリーブ４０の相対的移動量の絶対値が同じであれば、第１開口部と第２開口部との間の連通量が同じとなる、という意味である。その具体的内容については後述する。

20

【００６６】

上記構成の作用を図４から図１１を用いて詳細に説明する。図４は、気体圧シリンダ２３０をアクチュエータとして利用するときの気体流路の状態を示す図で、図５は、気体圧シリンダ２３０を可変絞り装置１０と共にダンパとして利用するときの気体流路の状態を示す図である。

【００６７】

図４における状態は、振子制御を行う鉄道車両２００が通常に走行等を行っている状態である。この状態では、気体圧シリンダ２３０がアクチュエータ機能を有するものとして利用される。したがって、制御装置３１０によって、２つの導入弁２８０，２８２が開状態、２つの連通弁２８４，２８６が閉状態とされる。これにより、可変絞り装置１０は気体圧シリンダ２３０から切り離され、気体圧シリンダ２３０はサーボ弁２５０と接続状態とされる。

30

【００６８】

すなわち、センサ装置３００によって検出された車体２０２の傾斜状態等を判断して、制御装置３１０のアクチュエータ制御処理部３１２が適切な車体姿勢となるような駆動指令信号を発行し、これに基づいてサーボ弁２５０のフォースモータ２５６が作動し、サーボ弁スプール２５４をサーボ弁スリーブ２５２に対し相対的に移動させて、供給気体圧 $P_S$ から２つの制御気体圧 $P_A$ ， $P_B$ が生成され、出力ポート２６４，２６６に出力される。

40

【００６９】

出力ポート２６４からの制御気体圧 $P_A$ を有する気体は、気体圧シリンダ２３０の供給ポート２４２を経由して気体室２３８に供給される。同様に、出力ポート２６６からの制御気体圧 $P_B$ を有する気体は、気体圧シリンダ２３０の供給ポート２４４を経由して気体室２４０に供給される。このようにして気体圧シリンダ２３０の２つの気体室２３８，２４０にそれぞれ制御気体圧 $P_A$ ， $P_B$ を有する気体が供給されると、２つの制御気体圧 $P_A$ ， $P_B$ の差によって、ピストン２３６はシリンダ筐体２３２の内壁を摺動する。これによって、ピストンロッド２３４はシリンダ筐体２３２に対し相対的に移動し、したがって、台車２０４に対し振子梁２０６を相対的に移動することができる。これが気体圧シリンダ

50

230のアクチュエータとしての機能である。

【0070】

図5における状態は、振子制御を行う鉄道車両200が異常状態となったときである。このときには、気体圧シリンダ230がダンパ機能を有するものとして利用される。すなわち、制御装置310によってこの異常状態が生じていると判断されると、制御装置310の切替制御処理部314の機能によって、2つの導入弁280, 282が閉状態、2つの連通弁284, 286が開状態とされる。これにより、サーボ弁250は気体圧シリンダ230から切り離され、気体圧シリンダ230は可変絞り装置10と接続状態とされる。

【0071】

10

すなわち、気体圧シリンダ230の気体室238は供給ポート242を介して可変絞り装置10の入力ポート28と接続され、気体圧シリンダ230の気体室240供給ポート244を介して可変絞り装置10の入力ポート30と接続される。これによって、気体室238と気体室240が可変絞り装置10を介して循環する1つの閉鎖された気体流路が形成される。そして、この閉鎖された気体流路の中に、台車204と振子梁206の間の相対運動によってピストン236が移動するので、この閉鎖された気体流路は、全体として、台車204と振子梁206の間の相対運動に対するダンパとして働く。これが気体圧シリンダ230と可変絞り装置10のダンパ機能である。

【0072】

20

図6から図8は、可変絞り装置10の作用を説明する図である。可変絞り装置10は、2つの入力ポート28, 30から入力される気体のそれぞれの気体圧の間の差圧に応じて流れを可变的に絞る機能を有する装置であり、この流れを可変に絞ることについて、特別の駆動装置も特別の制御駆動信号も要しない。2つの入力ポート28, 30におけるそれぞれの気体圧の差圧によって自動的に作動して流れを絞る作用を有する。

【0073】

この作用は、気体圧アクチュエータシステム220についてみると、ダンパ機能作動状態において、気体圧シリンダ230の2つの供給ポート242, 244における気体圧 $P_A$ ,  $P_B$ のいずれか一方を第1気体圧とし他方を第2気体圧として、第1気体圧と第2気体圧との差である差圧に応じ、2つの入力ポート28, 30の間の連通量を差圧の符号に関わらず線形的にまたは非線形的に変更するものである。

30

【0074】

図6、図7は、上記構成の可変絞り装置10の作用を説明する図である。図6は、第1気体圧 $P_A$ が第2気体圧 $P_B$ よりも低圧である場合、図7は、第1気体圧 $P_A$ が第2気体圧 $P_B$ よりも高圧である場合である。

【0075】

図6においては、第1気体圧 $P_A$ が第2気体圧 $P_B$ よりも低圧である。すなわち、第2気体圧 $P_B$ が第1気体圧 $P_A$ よりも高圧であるので、右側バネ室24の側から揺動スプール50の右端に与えられる気体圧 $P_B$ による-X方向の駆動力が、左側バネ室22の側から揺動スプール50の左端に与えられる気体圧 $P_A$ による+X方向の駆動力よりも大きい。したがって、この軸方向差圧( $P_B - P_A$ )による揺動駆動力によって、揺動スプール50は、中立位置よりも-X側に移動する。

40

【0076】

この揺動スプール50の中立位置から-X側への移動によって、中央ランド52は中央開口部42の右側を開く。開く量は、軸方向差圧( $P_B - P_A$ )によって異なる。つまり、開く量である流路面積は、軸方向差圧( $P_B - P_A$ )が大きければ大きく、軸方向差圧( $P_B - P_A$ )が小さければ小さい。このように、流路面積は、軸方向差圧( $P_B - P_A$ )によって可变的に変更される。

【0077】

このようにして、気体圧シリンダ230の気体室240からの第2気体圧 $P_B$ を有する気体は、入力ポート30 - 第2導入流路31 - 中央開口部42 - 揺動スプール50の右気

50

体室 - 右開口部 46 - 第 1 導入流路 29 - 入力ポート 28 を通り、気体圧シリンダ 230 の気体室 238 に導かれる。

【0078】

一方、図 7 においては、第 1 気体圧  $P_A$  が第 2 気体圧  $P_B$  よりも高圧であるので、左側バネ室 22 の側から揺動スプール 50 の左端に与えられる気体圧  $P_A$  による + X 方向の駆動力が、右側バネ室 24 の側から揺動スプール 50 の右端に与えられる気体圧  $P_B$  による - X 方向の駆動力よりも大きい。したがって、この軸方向差圧 ( $P_A - P_B$ ) による揺動駆動力によって、揺動スプール 50 は、中立位置よりも + X 側に移動する。

【0079】

この揺動スプール 50 の中立位置から + X 側への移動によって、中央ランド 52 は中央開口部 42 の左側を開く。開く量は、軸方向差圧 ( $P_A - P_B$ ) によって異なる。揺動スプール 50 の中立位置から - X 側への移動の場合と同様に、開く量である流路面積は、軸方向差圧 ( $P_A - P_B$ ) によって可变的に変更される。

【0080】

したがって、気体圧シリンダ 230 の気体室 238 からの第 1 気体圧  $P_A$  を有する気体は、入力ポート 28 - 第 1 導入流路 29 - 左開口部 44 - 揺動スプール 50 の左気体室 - 中央開口部 42 - 第 2 導入流路 31 - 入力ポート 30 を通り、気体圧シリンダ 230 の気体室 240 に導かれる。

【0081】

このように、可変絞り装置 10 は、気体圧シリンダ 230 の気体室 238 の気体圧  $P_A$  が気体圧シリンダ 230 の気体室 240 の気体圧  $P_B$  よりも低圧のときは、高圧側の気体圧シリンダ 230 の気体室 240 の側から高圧気体の供給を受け、逆に、気体圧シリンダ 230 の気体室 240 の気体圧  $P_B$  が気体圧シリンダ 230 の気体室 238 の気体圧  $P_A$  よりも低圧のときは、高圧側の気体圧シリンダ 230 の気体室 238 の側から気体圧シリンダ 230 の気体室 240 に対し高圧気体の供給を行うものとしてできる。このような作用によって、可変絞り装置 10 を用いることで、気体圧シリンダ 230 の気体室 238 と気体室 240 との間の気圧差を抑制することができる。

【0082】

ここで、気体圧シリンダ 230 の気体室 238 と気体圧シリンダ 230 の気体室 240 との間の気圧差を抑制するための揺動スプール 50 の駆動は、第 1 気体圧  $P_A$  と第 2 気体圧  $P_B$  との間の差である軸方向差圧を利用しており、特別な駆動装置を用いることなく、軸方向差圧が生じれば自動的に揺動駆動が行われる。また、軸方向差圧の大きさに応じて流路面積が可変され、軸方向差圧が大きいほど、流路面積が大きくなるので、気体圧シリンダ 230 の気体室 238 と気体圧シリンダ 230 の気体室 240 との間に気圧差が生じても、迅速にその気圧差を解消して平衡圧に戻すことができる。このように、揺動スプール 50 の X 方向移動量と流路面積の変化量とが比例関係となるように開口部の形状を設定できる。そのほかに、X 方向移動量と流路面積との関係を非線形とすることもでき、また 2 段階変化とすることもできる。

【0083】

図 8 は、可変絞り装置 10 の作用として、揺動スプール 50 とスリーブ 40 との間の相対的位置関係が変更されたときの第 1 開口部 A と第 2 開口部 B との間の連通量の変化を説明する図である。図 8 には、横軸に時間を取り、揺動スプール 50 とスリーブ 40 との間の相対的位置の差である変位 X の変化と、これに対応する第 1 開口部 A と第 2 開口部 B との間の連通量の変化が示されている。図 8 に示されるように、X が中立状態からみてプラス側あるいはマイナス側に変化しても、第 1 開口部 A と第 2 開口部 B との間の連通量は、X の変化の方向に関わらず、X の絶対値が同じであれば、同じとなる。第 1 開口部 A と第 2 開口部 B との間の連通量の大きさは、X の絶対値の大きさの変更に応じて変更される。つまり、可変絞り装置 10 は、X の変化関数に対する一種の整流作用を有している。

【0084】

このように、可変絞り装置 10 は、入力ポート 28, 30 のそれぞれにおける気体圧の

10

20

30

40

50

差である差圧に応じて、揺動スプール50とスリーブ40との間の相対的位置関係が変化し、それによって第1開口部Aと第2開口部Bとの間の連通量が自動的に変化するので、絞り装置として用いることができる。

#### 【0085】

そして、この可変絞り装置10の入力ポート28, 30をそれぞれ気体圧シリンダ230の供給ポート242, 244に接続することで、全体としてダンパ機能として利用することができる。すなわち、図5で説明した構成において、振子制御が働かないとき、振子梁206と台車204との間に相対的運動が生じるとき、気体圧シリンダ230と可変絞り装置10は、全体としてダンパ機能を発揮し、振子梁206と台車204との間の相対的速度 $V = dX / dt$ に対応する反力 $F$ を生じる。

10

#### 【0086】

図9は、気体圧シリンダ230と可変絞り装置10とを組み合わせたときのダンパ作用の特性線322の様子を示す図である。ここで横軸は振子梁206と台車204との間の相対的速度 $V$ で、縦軸はピストンロッド234とシリンダ筐体232との間に生じる反力 $F$ である。

#### 【0087】

ここでは、参考のために、気体圧シリンダ230の特性に開口部の大きさを合わせこんだ固定絞りであるオリフィス絞りをを用い場合の特性線320も示されている。図9に示されるように、オリフィス絞りをを用いたときの特性線320はヒステリシス特性を有するのに対し、可変絞り装置10を用いる図5の場合は、線形性を有する特性線322となっている。

20

#### 【0088】

図10は、図5に関連して説明したチェック弁290, 292の作用を説明する図である。この図に示されるように、チェック弁290, 292によって入力ポート28, 30における気体圧の上限を適切に制限することで、可変絞り装置10のダンパ特性の特性線322において、反力 $F$ のばらつきを小さくし、全体の大きさを変更した特性線324とすることが可能となる。

#### 【0089】

可変絞り装置10は、上記のように、揺動スプール50の $X$ 方向移動量と流路面積の変化量とを比例関係とするほかに、開口部の形状を工夫することで、 $X$ 方向移動量と流路面積との関係を非線形とすることができる。したがって、開口部の形状を工夫することで、速度 $V = dX / dt$ に対する反力 $F$ の関係を比例関係のほかに非線形とすることができる。図11は模式的にその様子を説明する図で、比例関係の特性線322のほかに、速度 $V$ が大きくと反力 $F$ が急増する特性線326、速度 $V$ が大きくなると反力 $F$ が飽和する特性線328が可能となる。

30

#### 【0090】

このように、可変絞り装置10を気体圧シリンダ230と組み合わせたダンパ機能は、可変絞り装置10の特性を利用して、ダンパ特性の特性線を柔軟に設計することができる。これによって、鉄道車両200における制御の設計自由度を向上させることができる。

40

#### 【0091】

次に、可変絞り装置の変形例について説明する。図12は、図3の構成において、第1接続流路32と第2接続流路34とに、それぞれ固定絞り部80, 81を設ける可変絞り装置12の構成を説明する図である。第1接続流路32、第2接続流路34、固定絞り部80, 81以外の構成は図3と同じである。

#### 【0092】

固定絞り部80は、第1接続流路32に設けられ、左側バネ室22に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞るためのものである。同様に固定絞り部81は、第2接続流路34に設けられ、右側バネ室24に導かれる気体の流れを予め定めた絞り量で絞るためのものである。これによって、揺動駆動力の急変を抑制し、揺動駆動力の変化を滑らかなも

50

のとすることができる。

#### 【 0 0 9 3 】

これら 2 つの固定絞り部 8 0 , 8 1 は同じものを用いることができるが、特にこれらを区別したいときは、第 1 固定絞り部 8 0、第 2 固定絞り部 8 1 と呼ぶことができる。第 1 固定絞り部 8 0、第 2 固定絞り部 8 1 としては、オリフィス絞り、ラジアルスリット方式絞り、多孔質物質の中に気体を流す多孔質絞り等を用いることができる。

#### 【 0 0 9 4 】

固定絞り部 8 0 の絞りの流路抵抗は、左側バネ室 2 2 の気体容量に応じて、気体流れの脈動周波数を抑制するように設定することができる。すなわち、一般的に、絞りの流路抵抗を  $R$  とし、気体が流れ込む気体室の気体容量を  $C$  とすると、気体の流れの固有振動数  $f$  は、 $f = 1 / (2 \pi \sqrt{RC})$  で示される。これ以上速い周波数は応答しないので、ハイパスカットフィルタ、すなわちローパスフィルタとして用いることができる。

#### 【 0 0 9 5 】

上記では、スリーブ 4 0 に設けられる左開口部 4 4 と右開口部 4 6 において、第 1 気体圧  $P_A$  を有する気体が揺動スプール 5 0 の側に供給されまたは揺動スプール 5 0 の側から排出され、そして、中央開口部 4 2 において、第 2 気体圧  $P_B$  を有する気体が揺動スプール 5 0 の側に供給されまたは揺動スプール 5 0 の側から排出される。このような場合、上記のように、左開口部 4 4 と右開口部 4 6 とを第 1 開口部、中央開口部 4 2 を第 2 開口部と呼ぶことができる。このように、上記では、開口部は 3 つであったが、開口部を 3 つ以外とすることもできる。

#### 【 0 0 9 6 】

上記では、気体圧アクチュエータシステム 2 2 0 が振子制御を行う鉄道車両 2 0 0 に適用される場合を説明したが、図 1 3 は、動揺防止制御を行う鉄道車両 2 0 1 に適用される気体圧アクチュエータシステム 2 2 1 の例を示す図である。ここでは、車体 2 0 2 の梁と台車 2 0 4 との間に気体圧シリンダ 2 3 0 が設けられ、さらに可変絞り装置 1 0 とサーボ弁 2 5 0 を備える。

#### 【 0 0 9 7 】

気体圧アクチュエータシステム 2 2 1 における気体圧シリンダ 2 3 0 と可変絞り装置 1 0 とサーボ弁 2 5 0 の間の接続関係は、図 2 で説明した内容と同じである。この気体圧アクチュエータシステム 2 2 1 は、例えば、鉄道車両 2 0 1 が所定の速度以上となる通常走行条件のときには、車体 2 0 2 と台車 2 0 4 との間の相対的動揺を抑制するように、気体圧シリンダ 2 3 0 が動揺防止アクチュエータとして作用する。そして、動揺防止制御が働かない条件の下では、気体圧シリンダ 2 3 0 と可変絞り装置 1 0 とがダンパ機能として働く。

#### 【 0 0 9 8 】

前者のときの気体流れの様子は図 4 に関連して説明した内容と同様であり、後者のときの気体流れの様子は図 5 に関連して説明した内容と同様であるので、詳細な説明を省略する。

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0 0 9 9 】

本発明に係る気体圧アクチュエータシステムは、振子制御を行う鉄道車両、動揺防止制御を行う鉄道車両等に利用できる。

#### 【 符号の説明 】

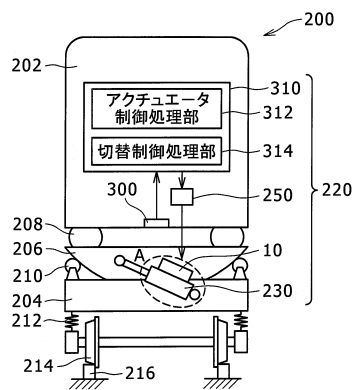
#### 【 0 1 0 0 】

1 0 , 1 2 可変絞り装置、2 0 , 1 0 0 筐体、2 2 左側バネ室、2 4 右側バネ室、2 8 , 3 0 入力ポート、2 9 , 3 1 導入流路、3 2 , 3 4 接続流路、4 0 , 1 0 2 スリーブ、4 2 , 4 4 , 4 6 開口部、5 0 揺動スプール、5 2 中央ランド、5 4 左ランド、5 6 右ランド、6 0 左側復元バネ、6 2 右側復元バネ、7 0 左側調整ネジ、7 2 右側調整ネジ、8 0 , 8 1 固定絞り部、2 0 0 , 2 0 1 鉄道車両、2 0 2 車体、2 0 4 台車、2 0 6 振子梁、2 1 0 ローラ、2 1 4 車輪、2 1

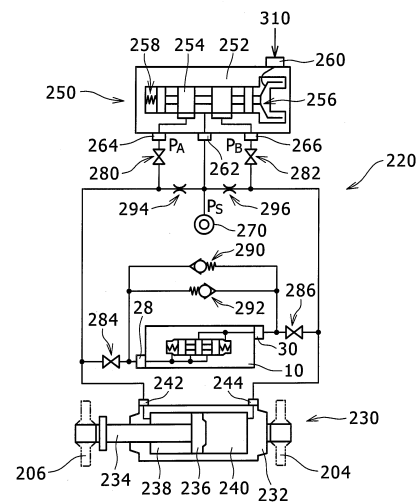


6 レール、220, 221 気体圧アクチュエータシステム、230 気体圧シリンダ、232 シリンダ筐体、234 シリンダロッド、234 ピストンロッド、236 ピストン、238, 240 気体室、242, 244 供給ポート、250 サーボ弁、252 サーボ弁スリーブ、254 サーボ弁スプール、256 フォースモータ、260 信号ポート、262 サーボ弁供給ポート、264, 266 出力ポート、270 気体供給源、280, 282 導入弁、284, 286 連通弁、290, 292 チェック弁、300 センサ装置、310 制御装置、312 アクチュエータ制御処理部、314 切替制御処理部、320, 322, 324, 326, 328 特性線。

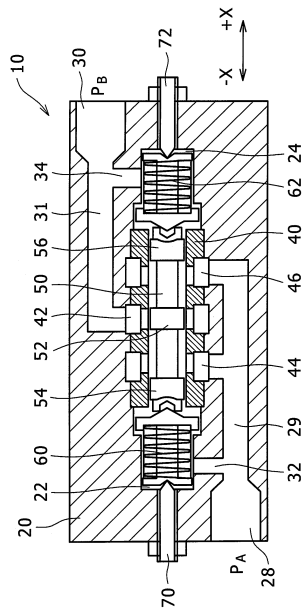
【図1】



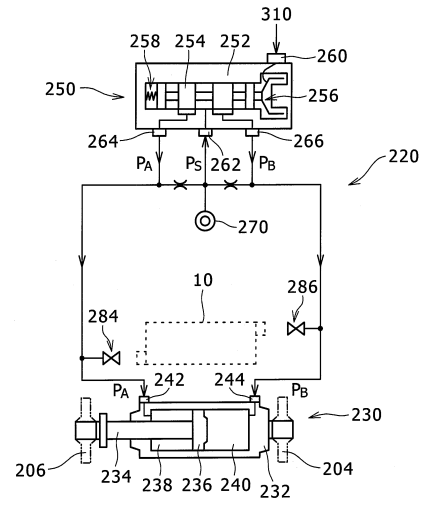
【図2】



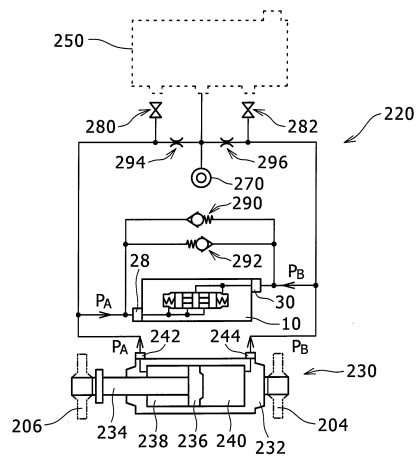
【図 3】



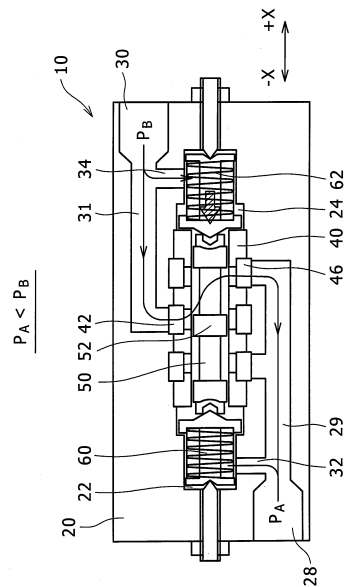
【図 4】



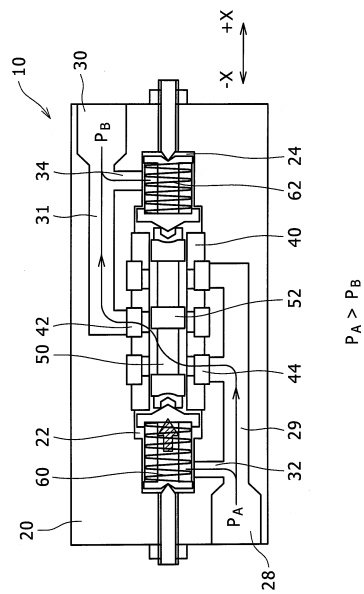
【図 5】



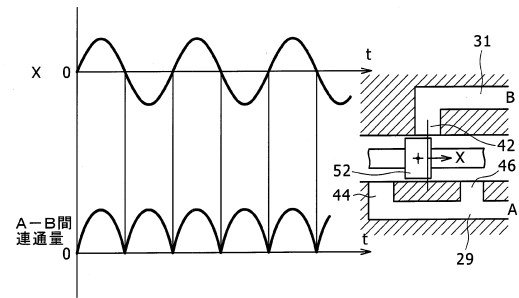
【図 6】



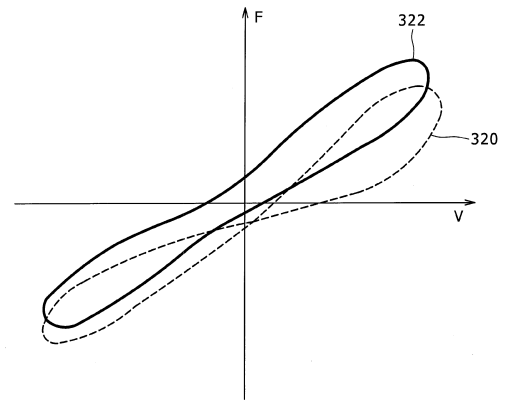
【図 7】



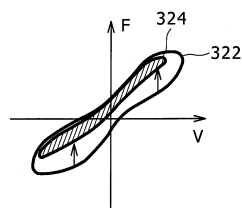
【図 8】



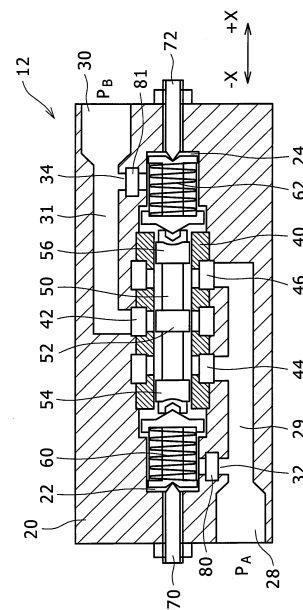
【図 9】



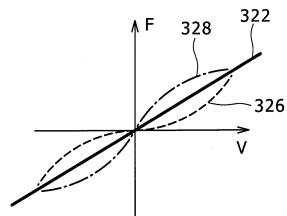
【図 10】



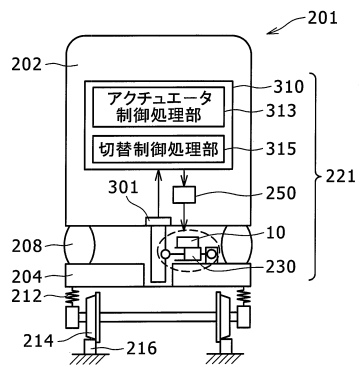
【図 12】



【図 11】



【図 13】



---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<i>F 1 6 F</i>	<i>15/023</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 1 6 F</i> 15/023 A
<i>F 1 6 F</i>	<i>9/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 1 6 F</i> 9/02
<i>F 1 6 F</i>	<i>9/50</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 1 6 F</i> 9/50

(72)発明者 風戸 昭人  
 東京都国分寺市光町2丁目8番地38 財団法人鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 後藤 修  
 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

審査官 北村 一

(56)参考文献 特開2008-247335(JP,A)  
 特開昭63-130468(JP,A)  
 特開2002-154432(JP,A)  
 実開昭51-085327(JP,U)  
 特開2003-106469(JP,A)  
 特開2005-145253(JP,A)  
 特開2003-137091(JP,A)  
 特開2011-047444(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
 F 1 5 B 1 1  
 F 1 6 F 9 ; 1 5