

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2007-515697  
(P2007-515697A)

(43) 公表日 平成19年6月14日(2007.6.14)

(51) Int.Cl.  
G05D 19/02 (2006.01)  
F16F 15/02 (2006.01)

F I  
G O 5 D 19/02 D  
F 1 6 F 15/02 A

テーマコード (参考)  
3 J O 4 8

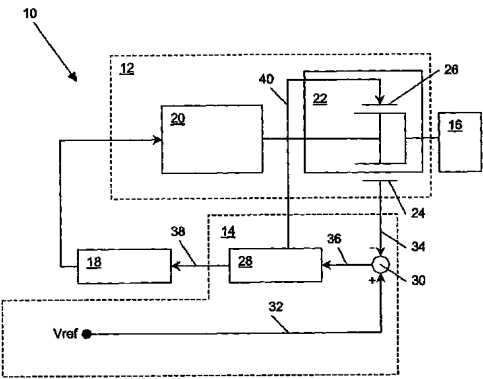
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)	
(21) 出願番号 (86) (22) 出願日 (85) 翻訳文提出日 (86) 国際出願番号 (87) 国際公開番号 (87) 国際公開日 (31) 優先権主張番号 (32) 優先日 (33) 優先権主張国	特願2006-532244 (P2006-532244) 平成16年5月12日 (2004. 5. 12) 平成18年1月10日 (2006. 1. 10) PCT/SG2004/000129 W02004/102298 平成16年11月25日 (2004. 11. 25) 60/469, 825 平成15年5月13日 (2003. 5. 13) 米国 (US)
(71) 出願人 (74) 代理人 (72) 発明者	501482592 ナショナル ユニバーシティ オブ シン ガポール シンガポール国、シンガポール 1 1 9 2 6 0 ケント リッジ クレセント 1 0 100078754 弁理士 大井 正彦 チェウ チー メン シンガポール国、シンガポール 6 4 1 6 6 6、# 0 3 - 2 0 1、ジュロング ウエ スト ストリート 6 5、ビーエルケー 6 6 6エー
最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 ダンパシステム

(57) 【要約】

【解決手段】 ダンパ(22)および駆動源(20)よりなるダンパシステム(10)からの出力フォースは、ダンパ(22)の出力からのフィードバックを用いることにより、ダンパ(22)の入力と相関的に制御される。変更可能な減衰係数を有するダンパ(22)を採用すると共に、この減衰係数を制御することにより、ダンパシステム(10)は、広い力範囲において力/トルク性能を、小さい出力インピーダンスと大きい帯域幅とで実現した。ダンパ(22)は、駆動源(20)を外部衝撃から保護する衝撃吸収装置としても機能する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

入力に基づいて出力フォースが得られるダンパと、  
ダンパの入力部とダンパの出力部との間における相対速度よりなり、ダンパ出力フォースを示すセンサ信号を発信するセンサと、  
センサ信号およびダンパの減衰係数に基づいてダンパの入力部における速度を制御することにより、所期のダンパ出力フォースを発生させるためのコントローラとよりなることを特徴とするダンパシステム。

## 【請求項 2】

ダンパが減衰係数を有してなり、  
コントローラが、更にダンパの減衰係数を制御可能に変更するダンパコントローラよりなるものであることを特徴とする請求項 1 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 3】

ダンパコントローラは、センサ信号に基づいてダンパの減衰係数を変更可能であることを特徴とする請求項 2 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 4】

ダンパコントローラは、ダンパに係る流体の粘度を制御可能であることを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 5】

流体が磁気粘性流体であり、ダンパコントローラは、磁場を変更することにより、当該流体の粘度を変更可能であることを特徴とする請求項 4 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 6】

流体が電気粘性流体であり、ダンパコントローラは、電場を変更することにより、当該流体の粘度を変更可能であることを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 7】

ダンパコントローラは、ダンパに係る孔径を制御することにより、減衰係数を制御可能であることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 6 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 8】

センサは、ダンパ入力とダンパ出力との間の差を判定可能であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 9】

センサは、ダンパに対する入力と、ダンパからの出力との間の速度差を判定可能であることを特徴とする請求項 8 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 10】

センサは、ダンパからの出力フォースを計測可能であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 11】

センサは、ダンパに対する入力フォースを計測可能であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 12】

出力フォースがトルクよりなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 13】

出力フォースは線形力よりなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 14】

ダンパは、出力フォースと、ダンパ入力およびダンパ出力の速度差との間に線形関係を有するものであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 13 のいずれかに記載のダンパシステム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 15】

ダンパは、出力フォースと、ダンパ入力およびダンパ出力の速度差との間に非線形関係を有するものであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 13 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 16】

出力フォースと、ダンパ入力およびダンパ出力の速度差との間の非線形関係は 3 次式であることを特徴とする請求項 15 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 17】

コントローラは、ダンパに対する入力速度を制御するシステムコントローラよりなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 16 のいずれかに記載のダンパシステム。

10

## 【請求項 18】

コントローラは、ダンパに対する入力フォースを制御するシステムコントローラよりなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 17 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 19】

センサ信号と基準信号とを比較するコンパレータを備えてなり、コントローラは、センサ信号と基準信号とを比較した結果に基づいてダンパに対する入力を制御可能であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 18 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 20】

更に、ダンパに対する入力フォースを発生する駆動源を備えてなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 19 のいずれかに記載のダンパシステム。

20

## 【請求項 21】

コントローラは、駆動源を制御することによりダンパに対する入力を制御するものであることを特徴とする請求項 20 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 22】

コントローラは、駆動源の速度を制御することによりダンパに対する入力を制御するものであることを特徴とする請求項 21 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 23】

コントローラは、駆動源に対する電流を制御することによってダンパに対する入力を制御するものであることを特徴とする請求項 21 または請求項 22 に記載のダンパシステム。

30

## 【請求項 24】

少なくとも請求項 19 に記載のダンパシステムにおいて、コントローラは、駆動源を制御するために、下記式に示すような制御信号  $u$  を発信するものであることを特徴とする請求項 21 乃至請求項 23 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【数 1】

$$u = k_p e + k_I \int_0^t e \cdot dt + k_D \frac{de}{dt}$$

〔式中、 $e$  は、センサ信号と基準信号とを比較した結果であり、  
 $k_p$ 、 $k_I$  および  $k_D$  は、コントローラのパラメータを示し、  
 $t$  は、経過時間を示す。〕

40

## 【請求項 25】

コントローラは、駆動源に対する電圧を制御することにより、ダンパに対する入力を制御するものであることを特徴とする請求項 21 または請求項 22 に記載のダンパシステム。

## 【請求項 26】

駆動源が、回転式駆動源よりなることを特徴とする請求項 20 乃至請求項 25 のいずれかに記載のダンパシステム。

## 【請求項 27】

50

駆動源が、線形駆動源であることを特徴とする請求項 20 乃至請求項 25 のいずれかに記載のダンパシステム。

【請求項 28】

請求項 20 乃至請求項 27 のいずれかに記載のダンパシステムを備えてなり、駆動源が、ダンパと直列に設けられていることを特徴とする直列式ダンパアクチュエータ。

【請求項 29】

更に負荷を備えてなり、ダンパは、駆動源を外部衝撃から保護するよう、当該駆動源を負荷から分離していることを特徴とする請求項 28 に記載の直列式ダンパアクチュエータ。

【請求項 30】

入力に基づいて出力フォースを発生させるダンパを備えたダンパシステムの出力制御方法であって、

ダンパの入力部とダンパの出力部との間における相対速度に基づいて、ダンパ出力フォースを示すセンサ信号を得、

ダンパの入力部における速度を、センサ信号およびダンパの減衰係数に基づいて制御し、所期のダンパ出力フォースを発生させることを特徴とするダンパシステムの出力制御方法。

【請求項 31】

ダンパは減衰係数を有してなり、更に、ダンパの減衰係数を制御可能に変更することを特徴とする請求項 30 に記載の出力制御方法。

【請求項 32】

ダンパの減衰係数をセンサ信号に基づいて変更することにより、減衰係数を制御可能に変更することを特徴とする請求項 31 に記載の出力制御方法。

【請求項 33】

ダンパに係る流体の粘度を変更することにより、ダンパの減衰係数を制御することを特徴とする請求項 31 または請求項 32 に記載の出力制御方法。

【請求項 34】

流体が磁気粘性流体であると共に、磁場を変更することにより当該流体の粘度を変更し、これにより、ダンパの減衰係数を制御することを特徴とする請求項 33 に記載の出力制御方法。

【請求項 35】

流体が電気粘性流体であると共に、電場を変更することにより当該流体の粘度を変更し、これにより、ダンパの減衰係数を制御することを特徴とする請求項 33 または請求項 34 に記載の出力制御方法。

【請求項 36】

ダンパに係る孔径を制御することにより、ダンパの減衰係数を制御することを特徴とする請求項 31 乃至請求項 35 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 37】

センサ信号を供給し、更に、ダンパ入力とダンパ出力との間の差を判定することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 36 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 38】

センサ信号を供給し、更に、ダンパに対する入力と、ダンパからの出力との間の速度差を判定することを特徴とする請求項 37 に記載の出力制御方法。

【請求項 39】

センサ信号を供給し、更に、ダンパからの出力フォースを計測することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 38 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 40】

センサ信号を供給し、更に、ダンパからの入力フォースを計測することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 39 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 41】

10

20

30

40

50

出力フォースがトルクよりなることを特徴とする請求項 30 乃至請求項 40 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 42】

出力フォースは線形力よりなることを特徴とする請求項 30 乃至請求項 40 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 43】

ダンパが、出力フォースと、ダンパ入力およびダンパ出力の速度の差との間に線形関係を有することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 42 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 44】

ダンパが、出力フォースと、ダンパ入力およびダンパ出力の速度の差との間に非線形関係を有することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 42 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 45】

出力フォースと、ダンパ入力およびダンパ出力の速度の差との間の非線形関係は 3 次式であることを特徴とする請求項 44 に記載の出力制御方法。

【請求項 46】

ダンパに対する入力速度を制御することにより、ダンパに対する入力を制御することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 45 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 47】

ダンパに対する力の入力を制御することにより、ダンパに対する入力を制御することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 46 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 48】

更に、センサ信号と基準信号とを比較し、ダンパに対する入力を、センサ信号と基準信号とを比較した結果に基づいて制御することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 47 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 49】

ダンパに対する駆動源からの出力を制御することにより、ダンパに対する入力を制御することを特徴とする請求項 30 乃至請求項 48 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 50】

駆動源の速度を制御することにより、ダンパに対する入力を制御することを特徴とする請求項 49 に記載の出力制御方法。

【請求項 51】

駆動源が回転式駆動源よりなることを特徴とする請求項 49 または請求項 50 に記載の出力制御方法。

【請求項 52】

更に、駆動源を負荷における外部衝撃から保護するよう、ダンパシステムを、当該駆動源と負荷との間に設けることを特徴とする請求項 30 乃至請求項 51 のいずれかに記載の出力制御方法。

【請求項 53】

モータと、  
負荷からモータを分離させるよう、前記モータと直列に接続されるダンパと、  
ダンパの入力部とダンパの出力部との間における、ダンパ出力フォースを示す相対速度を計測し、これによりセンサ信号を生成するセンサと、  
前記センサとモータとの間に接続される、センサ信号およびダンパの減衰係数に基づいてモータを制御し、入力部と出力部との間で所期の相対速度を実現し、これにより、所期のアクチュエータ出力フォースを発生させるカフィードバックコントローラと  
よりなることを特徴とする直列式ダンパアクチュエータ。

【請求項 54】

基本的に、図面を参照し、および図面に記載のとおり、構成並びに配設されていることを特徴とするダンパシステム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 5 5】

基本的に、図面を参照し、および図面に記載のとおり、構成並びに配設されていることを特徴とする直列式ダンパアクチュエータ。

## 【請求項 5 6】

基本的に、図面を参照し、および図面に記載のとおりであることを特徴とするダンパシステムの出力制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ダンパシステムに関し、特に出力フォースを制御するためのダンパシステムであって、例えば駆動源と直列的に用いられるダンパシステムに関する。 10

## 【背景技術】

## 【0002】

システムからの出力フォースを制御する方法としては複数の方法が挙げられ、例えば、ひずみゲージ装置を用いることにより力信号を得、この力信号をフィードバックすることにより出力フォースを制御することができる。しかしながら、このような手法においては、装置固有の S/N 比が低いために、実際に実施することは困難である。

更に、ひずみゲージ装置はその構造を変更することが困難であり、未知の環境に頻繁に適応させることが必要とされる種々のシステムには適していない。

## 【0003】

システムからの出力フォースを制御する他の方法が、米国特許公開第 5,650,704 号 1997 年 7 月 22 日発行プラット外に開示されている。米国特許第 5,650,704 号には、モータ駆動変速機がその出力部分に設けられたモータよりなる弾性アクチュエータが記載されている。このモータ駆動変速機には、例えばリニアスプリングまたはトーションスプリング（ねじりバネ）などの弾性部材が直列に接続されている。また、モータのマウントとアクチュエータの出力部との間には、一つの力変換器が配設されている。この力変換器は、アクチュエータの出力部に弾性部材によって作用された力を示す当該弾性部材のたわみに基づいて、力信号を生成する。モータにおける力制御は、力変換器とモータとの間に接続された、力信号をアクティブフィードバックする制御ループによって達成される。このモータ制御は、所期のアクチュエータ出力フォースを得るために必要とされるたわみ量で弾性部材をたわませるために必要とされる力に応じた力信号に基づいて実施される。 20 30

## 【0004】

しかしながら、弾性部材の利用はシステムオーダの増加をもたらすため、システムの帯域幅および安定余裕が低減してしまう。また、アクチュエータシステムに用いられる弾性部材としては、その種類を選びすぐってもシステム帯域幅、力範囲および耐衝撃性のすべてについて満足するものがない。更に、一度弾性部材の種類を選択してしまうと、弾性部材の弾性特性を変更することは困難または不可能であり、その結果、広い力範囲において優れた力忠実度を実現することは困難である。

## 【0005】

## 【特許文献 1】米国特許第 5,650,704 号明細書 40

## 【発明の開示】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明の一の態様によれば、ダンパシステムが提供される。ダンパシステムは、入力に基づいた出力フォースが得られるダンパと、ダンパ出力フォースを示すセンサ信号を発信するセンサと、システムコントローラとよりなる。当該システムコントローラはセンサ信号に基づいてダンパからの出力を制御することにより、所期のダンパ出力フォースを得るためのものである。

## 【0007】

本発明の他の態様によれば、入力に基づいて出力が得られるダンパを備えたダンパシステムの出力制御方法が提供される。当該方法は、ダンパ出力フォースを示すセンサ信号を得、検知された差に基づいてダンパからの出力を制御することにより、所定のダンパ出力フォースを得ることを特徴とする。

【0008】

本発明の更に他の態様によれば、モータと、ダンパと、センサと、カフィードバックコントローラとよりなる直列式ダンパアクチュエータが提供される。ダンパは、モータがその負荷から分離するよう、当該モータと直列に接続可能とされている。センサは、ダンパにおける相対速度を計測し、当該相対速度に基づいてセンサ信号を発信するものである。また、カフィードバックコントローラは、前記センサとモータとの間に接続可能とされており、センサ信号に基づいてモータを制御することにより、ダンパにおける所期の相対速度を実現し、これにより、所期のアクチュエータ出力フォースを得るためのものである。

10

【0009】

態様の一例においては、ダンパおよび駆動源よりなるシステムからの出力フォースは、ダンパの出力部からの力信号をフィードバックすることにより、ダンパに対する入力に対応して制御される。ダンパにおいて可変減衰係数を利用し、また、当該減衰係数を制御することによって、前記システムにおいては、幅広い出力値範囲において優れた線形の出力／トルク性能が、低出力インピーダンスと広い帯域幅で実現される。ダンパは、駆動源を外部衝撃から保護するための衝撃吸収機構としても機能する。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0010】

以下、本発明について、非限定的な実施例により、添付の特許請求の範囲を参照して説明する。

図1は、本発明の直列式ダンパアクチュエータシステム10の一実施態様を示す概略図であり、ロータリー直列式ダンパアクチュエータ12と、制御基板14との二つの主要部に分かれたシステムが図示されている。直列式ダンパアクチュエータ12にはロータリー負荷16が配設されており、直列式ダンパアクチュエータ12と制御基板14との間には増幅器18が配設されている。

【0011】

直列式ダンパアクチュエータ12は、ロータリー駆動源20と、ロータリーダンパ22と、ダンパセンサ24と、ダンパコントローラ26とよりなる。ここで、駆動源20は、ギア変速機を備えているものであってもよく、本実施態様においては、モータが用いられている。駆動源20の出力部は回転式でありダンパ22の入力部に接続されている。ダンパ22の出力部は回転式であり、負荷16に接続されている。ここで、ダンパとしては、例えば米国特許公報第6,095,295号2000年8月1日発行1997、パーク外(Park et al.)に記載の、いわゆる「ロータリーダンパ」が挙げられる。

30

【0012】

制御基板14は、事実上、カフィードバックコントローラとして機能するものであり、システムコントローラ28と、コンパレータ30と、コンパレータ30に対する入力としての基準信号(Vref)32とよりなる。基準信号(Vref)32は、一定であっても可変であってもよく、例えば正弦関数(正弦波)またはステップ関数であってもよい。コンパレータ30は、基準信号32と、直列式ダンパアクチュエータ12におけるダンパセンサ24から出力されるセンサ信号34とを比較する。コンパレータ30からの出力であるエラー信号36が、システムコントローラ28に対する入力とされる。システムコントローラ28からの一の出力は、入力されたエラー信号36に基づいた駆動源制御信号38である。この駆動源制御信号38は、増幅器18に入力されて、当該増幅器18において増幅され、これにより駆動源20が制御される。本実施態様においては、駆動源制御信号38は駆動源20における回転速度を制御する電源信号である。本実施態様における、システムコントローラ28からの他の出力は、ダンパコントローラ26に送信される、ダンパ22の減衰係数を調整するためのダンパ制御信号40である。

40

50

## 【 0 0 1 3 】

本実施態様のダンパ 2 2 は、ダンパ力と、ダンパ 2 2 の両端、すなわち入力部と出力部との相対速度との間に実質的に線形関係を有するものである。ダンパ 2 2 の減衰係数は、ダンパコントローラ 2 6 によって調整または制御可能とされている。ダンパ 2 2 は優れた衝撃吸収性を奏し、駆動源 2 0 および駆動源 2 0 が接続される他の構成部分に係る磨耗の進度を低減する。

## 【 0 0 1 4 】

ダンパセンサ 2 4 は、ダンパ 2 2 の入力部と出力部との相対速度に関する情報よりなるセンサ信号 3 4 を生成する。このセンサ信号 3 4 は、閉ループ系を構成するフィードバック制御を介して制御基板 1 4 に伝達される。このセンサ 2 4 は、例えば力変換器とすることができ、ダンパ 2 2 の両端にまたがって配設された位置センサによって実現されてもよい。位置センサからの位置情報は、ダンパ 2 2 の入力部と出力部との相対速度の判定に利用することができる。相対速度情報が用いられることによって、下記式 1 により、直列式ダンパアクチュエータ 2 2 の出力フォースが算出される（減衰係数  $b$  は既知であると仮定する）。

## 【 0 0 1 5 】

$$F = b \times v \quad (\text{式 1})$$

## 【 0 0 1 6 】

上記式 1 において、

$F$  はダンパ 2 2 からの出力フォース、

$v$  はダンパ 2 2 の入力部分および出力部分の間における相対速度、並びに

$b$  はダンパ 2 2 のある特定の瞬間における減衰係数である。

## 【 0 0 1 7 】

回転式ダンパに対しては、正しくは、

$$T = b \times \omega \quad \text{となる。}$$

## 【 0 0 1 8 】

ここで、 $T$  はダンパ 2 2 の出力トルク、

$\omega$  はダンパ 2 2 の入力部および出力部の間における相対回転速度、並びに

$b$  はダンパ 2 2 のある特定の瞬間の回転減衰係数である。しかしながら、下記の記載においては、線形系若しくは回転系の両方のシステムについて参照する場合には、一般形である式 1 を利用する。

## 【 0 0 1 9 】

従って、既知の減衰係数に対して、特定の速度差によって所期のシステム出力フォースが実現される。すなわち、所期の出力フォースを得るためには、目標速度差が設定される。

## 【 0 0 2 0 】

ダンパ 2 2 において目標相対速度（ $v$ ）が得られるよう、センサ信号 3 4 と基準信号 3 2 とを比較することにより得られるエラー信号 3 6 に基づいて、システムコントローラ 2 8 によってダンパ 2 2 に対する入力速度が増加または低減することができる。従って、システム全体において所期の出力フォースが得られる。エラー信号 3 6 を生起させる基準信号 3 2 は、ダンパ 2 2 からの所期の出力フォースまたはトルクに応じて変更することができる。

## 【 0 0 2 1 】

システムコントローラ 2 8 の一タイプ例としては、PID (proportional : 比例成分、integrate : 積分成分、derivative : 微分成分) コントローラを挙げることができる。エラー信号（ $e$ ）3 6 が得られることにより、エラー信号（ $e$ ）3 6 を最小化するよう、駆動信号（ $u$ ）3 8 を下記式に基づいて算出することができる。

## 【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50



【数 1】

$$u = k_p e + k_i \int_0^t e \cdot dt + k_d \frac{de}{dt}$$

【0023】

上記式において、 $k_p$ 、 $k_i$ および $k_d$ は、PIDコントローラのパラメータ（調整条件）を示し、 $t$ は、経過時間を示す。

【0024】

駆動源20の電流は、下記の関係に応じて、駆動信号（ $u$ ）38に基づいて制御される。

$$F = k_p d * u$$

【0025】

上記関係において $k_p d$ は、駆動源20（および図1に示す実施態様においては増幅器18）に係る定数である。

【0026】

更に具体的には、回転駆動の場合には、 $T$ （トルク）= $k_p d * u$ である。

【0027】

PIDコントローラは、エラー信号を最少化するための駆動信号を得るために利用し得る多数の制御法の一つである。このほかの制御法としては、例えば適応制御、ニューロ制御、ファジィ理論制御などを挙げることができる。一方、PIDコントローラによる信号を用いて、入力供給電流を制御することにより駆動源を制御すると共に、他の手法により得られた結果を駆動源20に対する入力供給電圧の制御に用いることもできる。

【0028】

この主実施態様におけるダンパ14は、可制御減衰係数を有する磁気粘性流体を有するものである。システムコントローラ28は、磁場を形成しまたは当該磁場の強度を変化させるための指令信号をダンパコントローラ26に発することにより、ダンパ22に係る減衰係数が所期の態様で増加または低減するよう、当該減衰係数を必要とされる出力の一般的な規模に応じて制御する（速度差を単独で制御することによっては実現することができない場合もあるため。）。ダンパ22は、ダンパトルクと相対速度との間に線形関係を有する粘性ダンパとして機能するものである。システムコントローラ28もまた、ダンパに大きなまたは小さな力が作用した時に、ダンパに係る減衰係数を増加または低減させることができる。従って、広い力範囲にわたって優れた力忠実性が発揮される。減衰係数が一定である場合には、ダンパは、システム全体のシステムオーダを増加させることがない。従って、当該システムの安定余裕に著しく影響することがない。

【0029】

図2は、本実施態様の直列式ダンパアクチュエータ12を示す。支持用外甲である本体50の一端に、ロータリー駆動源20が配設されている。この本体50内には、本体50における駆動源20が配設された一端に対する他端にロータリーダンパ22が配設されている。駆動源20は、カブラ52および例えばロータリエンコーダなどの角度位置センサ54よりなるセンサを介して、ダンパ22に接続されている。ダンパ22の出力部からは出力シャフト56が延伸している。この図2において、ダンパコントローラは図示されていない。ダンパ22に対する入力シャフト58および前記出力シャフト56は、それぞれ一組の軸受け60、62に支持されて配設されている。また、ダンパ22およびセンサ54は、二組のスラスト軸受け64、66の間に配設されている。

【0030】

角度位置センサ54は、ダンパ22の相対角度位置を得ることができるよう、ダンパ22の入力シャフト58および出力シャフト56の間に配設されている。ロータリーダンパ22の相対角度位置を微分した後、ロータリーダンパ22の相対角速度が得られる。そし

10

20

30

40

50

て、ダンパ 22 の減衰係数は既知であるため、直列式ダンパ駆動源 20 の出力部で発生したトルク 68 が算出可能とされている。

#### 【0031】

図 2 に示されるすべてのシステム構成部分は、ダンパ 22 と角度センサ 54 を固定、内蔵している本体 50 に接続されて支持されている。そして、ダンパ 22 の出力部に接続された負荷によって発生し、出力シャフト 56 を介して生起される応力が、駆動源 20 だけでなく、この本体 50 によっても支持されている。この応力は、二組のスラスト軸受け 64、66 を介して本体 50 に伝達される。更に、本体 50 が構成部分を内包し、環境から保護していることにより、前記システムは、信頼性および耐久性が向上したものとされている。

10

#### 【0032】

二つのエンコーダを、それぞれ、ダンパ 14 に係る入力速度および出力速度の測定に利用することができる。そして、ダンパに係る相対速度は、デコーダによるこれら二つの測定値の差から得ることができる。ダンパにおける入力速度と出力速度との間における相対速度の計測は、一つのエンコーダで十分可能であるが、二つのエンコーダを用いて相対速度を得ることにより、システムコントローラが力制御を好ましい態様で実行することができる。

#### 【0033】

図 3 は、図 1 に示すシステム 10 の動作例を示すフローチャートである。基準信号としての基準電圧 32 が入力される（ステップ S102）。ダンパ 22 の入力部と出力部との間における速度差がセンサ 24 によって判定され、センサ出力信号 34 が出力される（ステップ S104）。基準電圧 32 とセンサ出力信号 34 がコンパレータ 30 によって比較されて、エラー信号 36 が出力される（ステップ S106）。そして、その時点における駆動源制御信号 38 はエラー信号 36 によって変更が必要であるか否かの判定が行われる（ステップ S108）。駆動源制御信号 38 は、若しエラー信号が 0 でない場合、または著しい程度で 0 からずれてしまっている場合には、通常変更が必要となる（この「程度」は、システムの感度と許容誤差に応じて決定される。）。

20

#### 【0034】

駆動源制御信号 38 の変更が必要とされる場合には、基準信号 32 を基準として、その時点での減衰係数が、所期の出力を考慮した場合に適正であるかの判定が行われる（ステップ S110）。特定の力を得るために必要とされる速度差（ $v$ ）が過大であるために、システムにおいてそのような速度で駆動源を作動させることができない、または駆動源を好ましくないまたは非効率的な速度で作動させる結果となるような場合もある。力と速度差の間における、上記式 1 に示されるような線形関係またはその他の殆どの非線形関係においては、関数が正である場合には、減衰係数を増加することにより、所期の出力フォースに必要とされる速度差を低減することができるという効果が得られる。

30

#### 【0035】

減衰係数の変更が必要である場合には、駆動源の許容速度を基準として必要なダンパ制御信号 40 が判定され、これに応じてダンパ制御信号 40 が調整される（ステップ S112）。そして、ダンパ制御信号が出力される（ステップ S114）。出力されるダンパ制御信号は、ステップ S110 においてその時点における減衰係数が適正でないと判定された場合には、調整されたダンパ制御信号である。ステップ S110 においてその時点における減衰係数が適正であると判定された場合には、プロセスは、ダンパ制御信号を調整することなくステップ S110 からステップ S114 に進む。出力されたダンパ制御信号に基づいて、ダンパの減衰係数が、改変されるようまたは一定に維持されるよう、適宜制御される（ステップ S116）。

40

#### 【0036】

新たに出力された適正な駆動源制御信号 38 も、エラー信号 36 を基準として判定され、この判定に応じて、その時点での減衰係数（プロセスの繰り返しにおいて、既に調整されたものであってもよい。）および駆動源制御信号 38 が調整される（ステップ S118

50

）。

【0037】

この時点における制御信号38が出力される（ステップS120）。制御信号がステップS118において調整されている場合には、出力された制御信号38は調整された制御信号である。一方、ステップS108において制御信号の変更が不要であると判定された場合には、プロセスは、駆動源制御信号38を調整することなくステップS108からステップS120に進む。ステップS120において出力された制御信号に基づいて、駆動源の速度が、改変されるようまたは一定に維持されるよう、適宜制御される（ステップS122）。

【0038】

プロセスはステップS102に帰還して繰り返される。

【0039】

図1に示した実施態様におけるトルク制御性能の判定のために実施された実験の結果を図3および図4に示す。図4Aは、減衰係数が $b = 0.18 \text{ Nm/s}$ に設定された場合における、正弦波基準トルクに対する応答トルクを示す。図4Bは、減衰係数が $b = 0.18 \text{ Nm/s}$ に設定された場合における、方形波基準トルクに対する応答トルクを示す。両方の基準トルクの振幅は、 $4.5 \text{ in-lbs}$  ( $0.51 \text{ Nm}$ )に設定した。図5Aおよび図5Bは、それぞれ、ダンパの減衰係数が倍（すなわち、 $b = 0.36 \text{ Nm/s}$ に設定された）とされた場合における正弦波基準入力および方形波基準入力に対する応答トルクを示す。両方の基準トルクの振幅は、4倍の $18 \text{ in-lbs}$  ( $2.0 \text{ Nm}$ )とした。図3および図4に示された結果によれば、ダンパアクチュエータシステムは優れたトルク制御性能を実現することができることが示されている。更に、システムコントローラによって減衰係数を制御させることによって、広い入力フォースの範囲にわたって優れたトルク制御が実行可能である。

【0040】

上述した実施態様においては、アクチュエータシステム10によって回転出力が得られる。これは、モータ（例えば、電動式、油圧式、空気圧式など）、エンジン、アクチュエータまたはその他の駆動源のいずれかからの、ダンパ22に対する回転入力を利用する。駆動源自体は、直線運動を直接発生するものであってもよい。この場合、当該直線運動は回転運動に変換されてダンパに入力される。

【0041】

また、その他の実施態様において、アクチュエータシステムからの出力は直線運動とされる。これは、ダンパに対して直線運動を入力すると共に、当該ダンパを、直線運動を出力する線形のものとするにより、達成することが可能である。このようなシステムには、駆動源として一般に線形アクチュエータが用いられるが、駆動源は回転運動を発生するものであってもよい。この場合、当該回転運動は直線運動に変換されてダンパに入力される。上記式1において、力は線形力となり、減衰係数、直線運動の減衰係数および速度差は、直線速度上での差分となる。

【0042】

ダンパの減衰係数を制御可能に変更する機能が好ましい。この減衰係数の変更機能の存在は、いずれのダンパシステムにおいてもその使用用途範囲を拡大するために有用である。詳述した本実施態様においては、磁気粘性流体を用いることにより、減衰係数を磁場によって変更することが可能とされている。一般的に磁気粘性流体は、通常合成炭化水素であって、その他の炭化水素類、シリコンまたは水を公知の候補として含む、低揮発性の媒体液中に可磁極化性のマイクロサイズの粒子の安定的な懸濁液である。

【0043】

他の実施態様においては、その粘度が電場の強度に応じて変化する電気粘性流体、または電場および磁場によって極性化可能な電気・磁気粘性（EMR）流体を用いることもできる。このようなEMR流体の具体例としては、チタンにより被覆された鉄粒子がオイルに含有されてなるもの、または高温超電導体粒子が液体窒素に含有されてなるものを挙げ

10

20

30

40

50

ることができる。そのほか、粘性流体を加熱または冷却することにより減衰係数を変更する手法、またはダンパにおける孔径を変更することにより、ピストンまたはロータが、それぞれのチャンパーを通過する速度を変更する手法を利用することも可能である。減衰係数を変更する他の手法も、当業者に周知である。

#### 【 0 0 4 4 】

用いられる駆動源は、具体的な用途における種々の必要性に応じて決定される。駆動源の例としては、電動機、油圧モータ、空気圧モータ、ロータリーアクチュエータ、線形アクチュエータなどを挙げることができる。

#### 【 0 0 4 5 】

用いられるセンサとしては、ポテンショメータ、光学センサ、トランスデューサ、回転計、位置センサ、線形可変変移トランスデューサ（LVDT）などを用いることができる。本実施態様において、センサ類はダンパにおける速度差の測定に用いられている。また、代わりに、例えばひずみゲージまたは圧電部品、若しくはその他の好ましい手段によるセンサを用いて出力フォースを直接判定してもよい。実際の出力フォースが規定である場合には、目標出力フォースを達成するために必要とされる速度の変更が判定可能であり、駆動源がそのように制御される。システムは、入力フォースと出力フォースとが実質的に同じであることから、出力フォースの代わりに入力フォースを判定し、この判定した入力フォースを利用することにより目標出力を達成するために必要とされる速度の変更を判定することが可能である。例えば速度偏差および／または出力フォースおよび／または入力フォースなどの種々の測定値を組み合わせることによって高い精度を得ることができる。 10 20

#### 【 0 0 4 6 】

制御基板としては、特定のアナログ回路またはデジタル回路、若しくは演算処理装置とソフトウェアなどを用いることが可能である。

#### 【 0 0 4 7 】

本実施態様において減衰係数は調整可能である。その他の実施態様においては、当該減衰係数は調整不可能であって、実質的に一定であってもよい。このような実施態様においては、ダンパ制御信号 40 またはダンパコントローラ 26 は不必要である。

#### 【 0 0 4 8 】

上記実施態様において、ダンパの出力フォースと、ダンパにおける速度差と、ダンパ 22 の減衰係数との間における関係は線形関係である。この関係は、 30  

$$F = f(v)$$
 として一般化することができる。

ここで、減衰係数は、非線形関係をも含む関数  $f$  の勾配に対応する。この関係は公知であるが、ある特定の数値についてのみは、実験でのみ測定される。

#### 【 0 0 4 9 】

#### 【 数 2 】

$$b = \frac{df(\Delta v)}{d\Delta v} = f'(\Delta v)$$

40

#### 【 0 0 5 0 】

力と、ダンパにおける速度差との間の非線形関係について、当該関係は曲線で表すことができ、この曲線の傾き（グラジエント）が減衰係数を表している。減衰係数は、有用なことに力と共に増加するものである。好適なプロファイルの一つとして、速度差を X 軸にとり、出力フォースを Y 軸にとったときに、原点を通過し、当該原点について対称（すなわち数値はいずれの動作方向においても同じである。）である 3 次曲線が挙げられる。小さい力（すなわち減衰係数が小さい）に対して、このような曲線が概略平坦である場合には、システムは影響を受けやすいものであり、大きな速度差の変更に対して力の変化は比較的小さくなる。そして、曲線は高い速度差については急であってもよく、この場合には、小さい速度差の変更によって大きな出力の変化が得られる。これにより、出力フォース 50

とダンパにおける速度差との間における非線形関係を変更する必要がなく、相当地に大きい利用可能能力範囲が得られる。

【0051】

力および速度差の間における関係が線形である場合には、減衰係数は、特定の力を得るために必要とされる駆動速度が不適当に高いまたは低い、若しくは実現不可能となってしまう場合にのみ、変更すればよい。力および速度差の間における非線形関係については、減衰特性 ( $F \propto v^s$  または関数  $f$ ) を、関数  $f$  の勾配が高力範囲では急、および低力範囲では緩やかとなるよう設計することができる。これにより、システム全体において、高力範囲および低力範囲の両方において優れた力忠実性が実現される。逆に、必要に応じて、減衰係数を調整することにより特定の速度差範囲における特定の力範囲内の関数を一定とすることができる。

10

【0052】

上記システムは、力制御が求められる種々の用途において利用可能である。使用分野の例としては、マニピュレータ、作業用ロボット、力覚提示装置、シミュレータなどを挙げることができる。当該システムは、負荷とアクチュエータとの間に、種々の衝撃吸収手段の導入が望まれる場合に特に有用である。例えば、電動機のギア変速機は、負荷との間に衝撃吸収手段が設けられていない場合には、きわめて早期に故障してしまう。上記ダンパシステムは、特に未知の環境に対して頻繁に作用するものであって、出力フォースの振幅が広い範囲にわたって変化するシステムにおいて特に有用である。

【0053】

20

以上、限定された実施態様について詳述したが、構成要素が特に必須事項として明示されている場合を除き、本発明が前記特定の実施態様に限定される必要がないこと、および本発明の範囲から外れないよう、種々の変更を成すことが可能であることは当業者にとって明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明のダンパシステムの一実施態様を示す概略図である。

【図2】例えば図1に示す実施態様において用いられる直列式ダンパアクチュエータを示す断面図である。

【図3】図1に示すシステムの動作例を示すフローチャートである。

30

【図4A】第一の条件下における、出力トルクと入力基準トルクとの関係を示すグラフである。

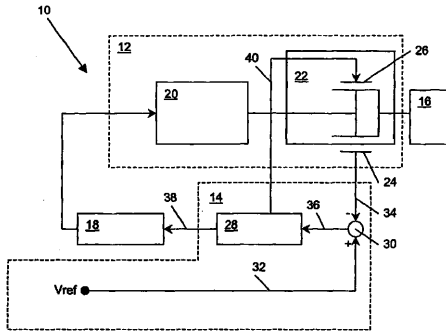
【図4B】第一の条件下における、出力トルクと入力基準トルクとの関係を示すグラフである。

【図5A】第二の条件下における、出力トルクと入力基準トルクとの関係を示すグラフである。

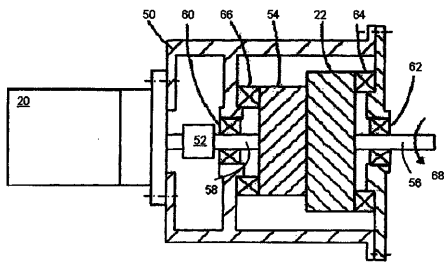
【図5B】第二の条件下における、出力トルクと入力基準トルクとの関係を示すグラフである。

【図6】代替システムの動作例を示すフローチャートである。

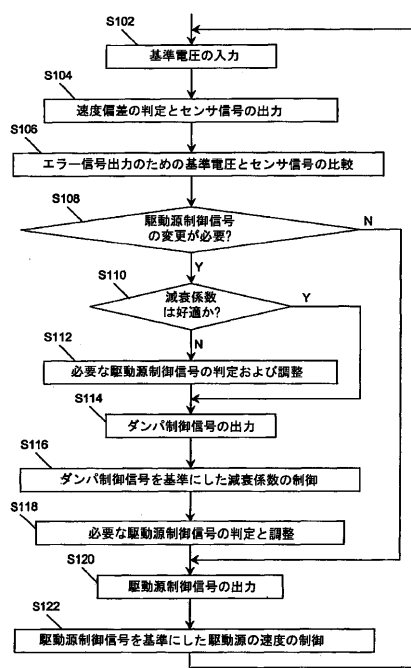
【図 1】



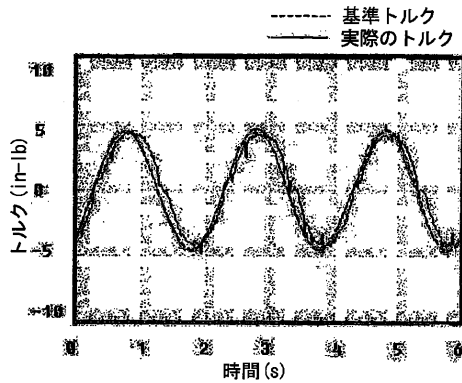
【図 2】



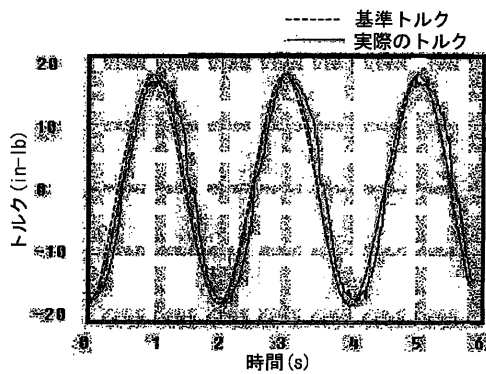
【図 3】



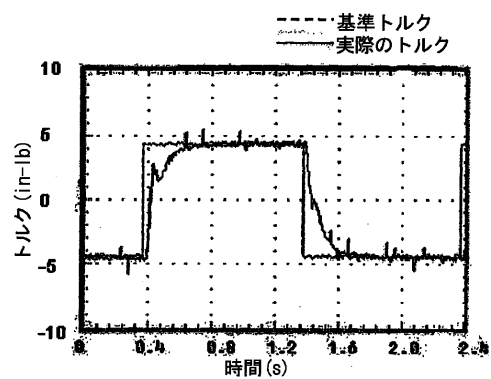
【図 4 A】



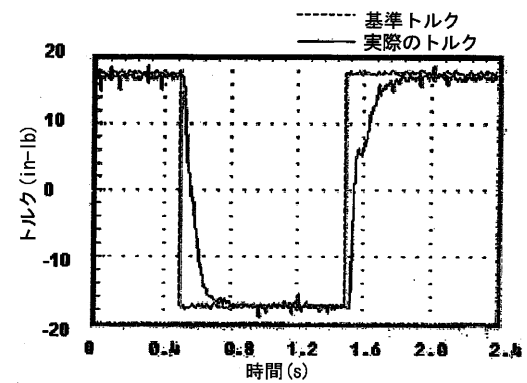
【図 5 A】



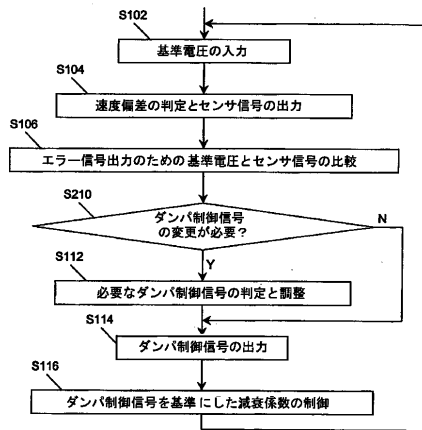
【図 4 B】



【図 5 B】



【図 6】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/SG2004/000129
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int. CL <sup>7</sup> : G05D 15/01 G05D 13/62 G05D 17/02 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) DWPI & keywords: Damper, Force, Sensor, Controller, Feedback and similar terms; Esp@ce & keywords: Damper, Sensor, Controller, Feedback and similar terms		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 651 272 A (EL-IBIARY ET AL) 17 March 1987 column 3, lines 14 - 55; figure 2	1-19, 30-48
Y	column 3, lines 14 - 55; figure 2	20-23, 25-29, 49-53, 55
Y	WO 2003/029842 A2 (THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION) 10 April 2003 abstract; page 6, line 29 - page 10, line 27	20-23, 25-29, 49-53, 55
A	US 4 581 699 A (DELMEGE ET AL) 8 April 1986 See the whole document	1-58
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance      "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date      "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)      "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means      "&" document member of the same patent family "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 7 July 2004		Date of mailing of the international search report 16 JUL 2004
Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA E-mail address: pct@ipaaustralia.gov.au Facsimile No. (02) 6285 3929		Authorized officer  SUNIL KAUL Telephone No : (02) 6283 2182



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/SG2004/000129

This Annex lists the known "A" publication level patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent Document Cited in Search Report		Patent Family Member			
US	4651272	CA	1239683	CN	86103672
		EP	0204277	EP	0274046
		JP	61282902	JP	63197202
				CN	87107341
				IN	163737
				US	4774651
WO	03029842	US	2003061767		
US	4581699	AU	15695/83	AU	51375/85
		EP	0111064	IN	159790
		JP	59066705	US	4502109
				CA	1206560
				IN	165024
Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001.					
END OF ANNEX					

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ホン ジョク スン

シンガポール国、シンガポール 670210、#05-479、ペティル ロード、ビーエルケー 210

(72)発明者 チョウ ウェイ

シンガポール国、シンガポール 119260、イーエー 04-06 コントロール ラボ 1、デパートメント オブ メカニカル エンジニアリング、ケント リッジ クレสเซント 10

Fターム(参考) 3J048 AB13 AD01 BE05 CB21 EA07