

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4533779号
(P4533779)

(45) 発行日 平成22年9月1日(2010.9.1)

(24) 登録日 平成22年6月18日(2010.6.18)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 3/08 (2006.01) GO 1 N 3/08
F 1 6 H 25/20 (2006.01) F 1 6 H 25/20 E
GO 1 N 3/34 (2006.01) GO 1 N 3/34 A

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-75787 (P2005-75787)	(73) 特許権者	000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(22) 出願日	平成17年3月16日(2005.3.16)	(73) 特許権者	591038185 第一電気株式会社 神奈川県藤沢市大鋸1031番地の18
(65) 公開番号	特開2006-258574 (P2006-258574A)	(74) 代理人	100097113 弁理士 堀 城之
(43) 公開日	平成18年9月28日(2006.9.28)	(72) 発明者	村本 勝己 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財 団法人鉄道総合技術研究所内
審査請求日	平成19年7月25日(2007.7.25)	(72) 発明者	佐藤 寛 神奈川県藤沢市大鋸1031-18 第一 電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 載荷装置および載荷方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータの回転力を液圧ポンプで油圧エネルギーに変換し、液圧シリンダを直接駆動する電動 - 油圧アクチュエータによって進退する載荷ロッドで対象物に荷重を加える載荷方法であって、

複数種類のばね定数を有する弾性体を用意しておき、

前記対象物への載荷荷重に応じて、最大載荷周波数が所定の周波数以上になると同時に、変位制御時の有効分解能が所定の分解能を満足するように、前記弾性体を選択して載荷ロッドに組み込むことを特徴とする載荷方法。

【請求項2】

モータの回転力を液圧ポンプで油圧エネルギーに変換し、液圧シリンダを直接駆動する電動 - 油圧アクチュエータによって進退する載荷ロッドで対象物に荷重を加える載荷方法であって、

複数種類のばね定数を有する弾性体を用意しておき、

前記対象物への載荷荷重に応じて、前記弾性体の変位制御時の有効分解能が所定の分解能を満足するのに十分な動作ストロークを確保することができる前記弾性体を選択して載荷ロッドに組み込むことを特徴とする載荷方法。

【請求項3】

モータの回転力を液圧ポンプで油圧エネルギーに変換し、液圧シリンダを直接駆動する電動 - 油圧アクチュエータによって載荷ロッドの進退を繰り返して対象物に動的荷重を加

える載荷方法であって、

複数種類のばね定数を有する弾性体を用意しておき、

前記対象物への載荷荷重に応じて、最大載荷周波数が所定の周波数以上になると同時に、前記モータをフィードバック制御するための有効分解能ができるだけ小さくなる前記弾性体を選択して前記載荷ロッドに組み込み、

該弾性体の変位量を計測し、

前記弾性体の変位量に基づいて前記モータをフィードバック制御することを特徴とする載荷方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の載荷方法によって選択された前記弾性体が組み込まれた前記載荷ロッドを備え、当該載荷ロッドで前記対象物に荷重を加えることを特徴とする載荷装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、各種の荷重試験を実施する際や、プレス機械の塑性変形加工などの加圧加工を行う際に適用される、載荷装置および載荷方法に関するものである。なお、本発明における「載荷」は、荷重試験を目的とする狭義の載荷のみならず、加圧や加力をも包含する広い概念である。

【背景技術】

【0002】

一般に、対象物（負荷）に載荷するためのアクチュエータとしては、モータ（電動機）に直結したボールねじを回転させ、ナットを直線運動させる方式が使用されており、これを電動アクチュエータと称している。また、図 5 に示すように、モータに直結した 2 方向回転 2 方向吐出液圧ポンプを正逆回転させ、油圧を 2 方向に吐出させ、油圧シリンダのロッドを直線運動させる方式も使用されており、これを電動・油圧アクチュエータ（略して、電・油アクチュエータ）と称している。これも、制御弁を使用せず、モータの回転力を液圧ポンプで油圧エネルギーに変換し、液圧シリンダを直接駆動するダイレクトドライブ方式の電動アクチュエータの一種である。

【0003】

ところが、ダイレクトドライブ方式のアクチュエータは、独立した油圧源を持つ一般的な油圧機器と異なり、サーボモータの出力特性がダイレクトにアクチュエータの特性に反映されてしまう。したがって、一般にこの装置は位置制御は得意だが、荷重制御には向かないとされる。これは、荷重一定で対象物がほとんど変位しないような場合、サーボモータは極めて低回転で制御せざるを得ないため、必要なトルクや制御の分解能を十分に発揮できないからである。

【0004】

例えば、図 6（b）に示すように、三角波の荷重変動を行う場合、対象物が弾性体でなく極めて硬い物質（例えば、金属、コンクリートなど）であると、アクチュエータには十分な動作ストロークが確保されないまま必要な荷重に達してしまう。そのため、モータは、図 6（a）に示すように、極めて低速回転の範囲内でしか仕事ができないため、トルク不足および分解能不足となり、図 6（b）に示すように、入力指令信号に対して出力荷重の波形が不安定となる。

【0005】

これは、サーボモータにおいては、定格回転数付近の高速回転の範囲内に限って優れた応答性を発現するが、極めて低速回転の領域ではトルク自体が不足してしまい、結果的にトルクの分解能が低下したように見えてしまうためである。

【0006】

また、三角波の周期を長くする、すなわち低周波数にした場合と、三角波の周期を短くして高い周波数で荷重変動を行った場合も、モータの特性が変化してしまい、指令信号に

10

20

30

40

50

対する出力荷重の波形が大幅に悪化してしまう。

【0007】

なお、載荷荷重の微小領域での測定精度を向上させるため、1つの載荷装置において、載荷荷重の微小領域では変位制御を行い、それを越える領域では荷重制御を行う方法（以下、変位・荷重制御併用方法という。）が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平9-250978号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、この変位・荷重制御併用方法は、微小領域での測定精度向上が目的であり、対象載荷装置も、油圧シリンダとサーボ弁から構成された油圧サーボコントロール方式しか想定していない。したがって、この変位・荷重制御併用方法は、対象物が要求するゼロから最大荷重までの一つの弾性体で変位を荷重に変換することを特徴とする本発明とは根本的に異なる発明である。

【0009】

本発明は、こうした事情に鑑み、トルク不足や分解能不足が発生する事態を回避し、荷重波形を安定化させることが可能な、載荷装置および載荷方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

まず、請求項1に係る載荷方法の発明は、モータの回転力を液圧ポンプで油圧エネルギーに変換し、液圧シリンダを直接駆動する電動・油圧アクチュエータによって進退する載荷ロッドで対象物に荷重を加える載荷方法であって、複数種類のばね定数を有する弾性体を用意しておき、前記対象物への載荷荷重に応じて、最大載荷周波数が所定の周波数以上になると同時に、変位制御時の有効分解能が所定の分解能を満足するように、前記弾性体を選択して載荷ロッドに組み込むことを特徴とする。

また、請求項2に係る載荷方法の発明は、モータの回転力を液圧ポンプで油圧エネルギーに変換し、液圧シリンダを直接駆動する電動・油圧アクチュエータによって進退する載荷ロッドで対象物に荷重を加える載荷方法であって、複数種類のばね定数を有する弾性体を用意しておき、前記対象物への載荷荷重に応じて、前記弾性体の変位制御時の有効分解能が所定の分解能を満足するのに十分な動作ストロークを確保することができる前記弾性体を選択して載荷ロッドに組み込むことを特徴とする。

また、請求項3に係る載荷方法の発明は、モータの回転力を液圧ポンプで油圧エネルギーに変換し、液圧シリンダを直接駆動する電動・油圧アクチュエータによって載荷ロッドの進退を繰り返して対象物に動的荷重を加える載荷方法であって、複数種類のばね定数を有する弾性体を用意しておき、前記対象物への載荷荷重に応じて、最大載荷周波数が所定の周波数以上になると同時に、前記モータをフィードバック制御するための有効分解能ができるだけ小さくなる前記弾性体を選択して前記載荷ロッドに組み込み、該弾性体の変位量を計測し、前記弾性体の変位量に基づいて前記モータをフィードバック制御することを特徴とする。

また、請求項4に係る載荷装置の発明は、請求項1乃至3のいずれかに記載の載荷方法によって選択された前記弾性体が組み込まれた前記載荷ロッドを備え、当該載荷ロッドで前記対象物に荷重を加えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、載荷ロッドに弾性体が組み込まれているため、静的荷重試験や静的加圧加工によって載荷する荷重領域が大きく異なっても、載荷においてモータが十分なトルクを発揮できる回転数を保証することが可能となる。したがって、静的荷重試験や静的加圧加工において、トルク不足や分解能不足が発生する事態を回避し、荷重波形を安定化させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

さらに、この弾性体は対象物への載荷荷重に応じた適切なばね定数を有しているので、動的荷重試験や動的加圧加工において、変位制御を基本とするアクチュエータでも安定した荷重制御を行うことができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 3 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【 0 0 1 4 】

図 1 は本発明に係る載荷装置の一実施形態を示す概念図である。

【 0 0 1 5 】

載荷装置は、図 1 に示すように、ダイレクトドライブ方式の電 - 油アクチュエータ 1 を有しており、電 - 油アクチュエータ 1 は、図 2 に示すように、シリンダ 2、ピストン 4、載荷ロッド 3、油圧ポンプ 5、配管 6、7、サーボモータ 9、油圧シリンダのキャップ側（図 2 上側）とヘッド側（図 2 下側）の体積差を補償する補償回路 1 2 から構成されている。すなわち、電 - 油アクチュエータ 1 はシリンダ 2 を有しており、シリンダ 2 内にはピストン 4 が摺動自在に支持されている。さらに、ピストン 4 には載荷ロッド 3 が、その先端をシリンダ 2 から外部へ突出させる形で取り付けられている。また、シリンダ 2 には、固定容量 2 方向吐出形の油圧ポンプ 5 が付設されている。この油圧ポンプ 5 には 2 本の配管 6、7 が、シリンダ 2 との間で作動油を往来させうように接続されており、これらの配管 6、7 間には補償回路 1 2 が連結されている。したがって、ピストン 4 がキャップ側（図 2 上側）に移動するときとヘッド側（図 2 下側）に移動するときとの体積差を補償回路 1 2 で補償することにより、ピストン 4 を円滑に進退させることができる。さらに、油圧ポンプ 5 には、2 方向（正逆方向）回転型のサーボモータ 9 が取り付けられている。このサーボモータ 9 は、回転方向、回転速度および回転トルクを自在に制御できるものである。

【 0 0 1 6 】

ところで、載荷ロッド 3 は、図 1 に示すように、前部 3 a と後部 3 b とに分離しており、載荷ロッド 3 には弾性体 1 1 が、前部 3 a と後部 3 b との間で弾性的に伸縮自在となる形で着脱自在に組み込まれている。また、載荷ロッド 3 には変位計 1 3 が、前部 3 a と後部 3 b との距離の増減量、つまり弾性体 1 1 の変位量を計測しうるように取り付けられている。さらに、電 - 油アクチュエータ 1 にはモータ制御回路 1 5 が、変位計 1 3 から出力された変位量に対応する制御信号を電 - 油アクチュエータ 1 に出力しうるように添設されている。

【 0 0 1 7 】

このような構成を有する載荷装置の具体例としては、図 3 に示すようなものが考えられる。ここでは、弾性体 1 1 として螺旋状のスプリングが採用され、変位計 1 3 として、レーザ発光部およびレーザ受光部を備えた本体 1 3 a と、レーザ反射板 1 3 b とから構成される非接触変位計が用いられ、さらに、載荷ロッド 3 の先端にはロードセルなどの荷重計 1 6 が荷重確認用として装着されている。

【 0 0 1 8 】

したがって、この載荷装置を用いて静的荷重試験や静的加圧加工を行う際には、載荷ロッド 3 の前方に対象物を設置した状態で、図 2 に示すように、サーボモータ 9 を正回転させて油圧ポンプ 5 を作動させることにより、油圧ポンプ 5 から配管 6 を経由してシリンダ 2 内へ作動油を供給するとともに、シリンダ 2 内から配管 7 を経由して油圧ポンプ 5 へ作動油を回収する。すると、ピストン 4 がヘッド側（図 2 下側）に摺動するため、載荷ロッド 3 が突出して対象物に当接し、対象物は載荷ロッド 3 に押圧されて静的荷重を受ける。

【 0 0 1 9 】

このとき、対象物が硬いと、弾性体 1 1 が圧縮力を受けて縮むため、対象物が硬くても電 - 油アクチュエータ 1 に十分な動作ストロークを確保することができる。その結果、荷重領域が大きく異なっても、サーボモータ 9 の回転が安定し、十分なトルクを発揮するこ

10

20

30

40

50

とが可能となる。したがって、静的荷重試験や静的加圧加工において、トルク不足や分解能不足が発生する事態を回避し、図4(a)(b)に示すように、荷重波形を安定化させることができる。

【0020】

また、変位計13は弾性体11の変位量を計測し、この変位量をモータ制御回路15に出力する。これを受けてモータ制御回路15は、弾性体11の変位量からフックの法則に則って出力荷重を算出し、この出力荷重に基づいてサーボモータ9の回転をフィードバック制御する。すなわち、モータ制御回路15が算出した出力荷重が規定の出力荷重より小さい場合は、サーボモータ9を正回転させて載荷ロッド3をさらに突出させる。逆に、モータ制御回路15が算出した出力荷重が規定の出力荷重より大きい場合は、サーボモータ9を駆動して載荷ロッド3を逆回転させて載荷ロッド3を後退させる。したがって、対象物に対して常に一定の荷重を加えることができる。

10

【0021】

一方、この載荷装置を用いて動的荷重試験や動的加圧加工を行う際には、まず、対象物への載荷荷重に応じた適切なばね定数を有する弾性体11を選んで載荷ロッド3に組み込む。ここで、対象物への載荷荷重に応じた適切なばね定数とは、対象物への載荷荷重に応じて、最大載荷周波数(つまり、ある載荷荷重で載荷できる最大の載荷周波数)が所定の周波数以上になると同時に、変位制御時の有効分解能が所定の分解能を満足するようばね定数を意味する。すなわち、対象物への載荷荷重が増大すると、図7に示すように、最大載荷周波数が減少すると同時に、有効分解能が小さくなる傾向にある。そして、弾性体11のばね定数が、例えば366N/mm、735N/mm、1225N/mmと大きくなるほど、同じ載荷荷重でも変位振幅が小さくなることから、結果として最大載荷周波数が大きくなるため、幅広い載荷周波数に対処可能となる長所がある反面、電-油アクチュエータ1を制御するための有効分解能が大きくなるため、制御が不安定になる欠点を伴う。そこで、載荷荷重に応じて弾性体11のばね定数を適宜設定することにより、必要な載荷周波数に対して、できるだけ有効分解能を小さくしようとするものである。

20

【0022】

このとき、電-油アクチュエータ1の進退速度は、最大荷重速度より余裕のある速度に設定しておく必要がある。なぜなら、対象物へ直接載荷する場合は進退変位量は少ないが、弾性体11が介在しているため、載荷ロッド3の速度は弾性体11のたわみ量の分だけ速くなる。その結果、載荷ロッド3の進退速度よりも電-油アクチュエータ1の進退速度を速くしておかないと、載荷荷重が不足するからである。

30

【0023】

こうして、対象物への載荷荷重に応じた適切なばね定数を有する弾性体11が載荷ロッド3に組み込まれた状態で、載荷ロッド3の前方に対象物を設置し、サーボモータ9を正逆方向に交互に回転させて油圧ポンプ5を作動させる。すると、ピストン4が両方向(図2上下方向)に交互に摺動するため、載荷ロッド3が突出と後退を繰り返して対象物に断続的に当接し、対象物は載荷ロッド3に押圧されて動的荷重を受ける。このとき、弾性体11は対象物への載荷荷重に応じた適切なばね定数を有しているため、動的荷重試験や動的加圧加工において、変位制御を基本とする電-油アクチュエータ1でも安定した荷重制御を行うことができる。

40

【0024】

このように、載荷荷重に応じた適切なばね定数を持つ弾性体に適宜交換することにより、常にモータの最適な回転領域を使い切ることができる。したがって、従来の信号処理によるゲイン調整のみに頼ったフィードバック制御よりも、物理的に安定した動的荷重試験や動的加圧加工を行うことが可能となる。

【0025】

また、弾性体11として、空気ばねや、アキュムレータとオイルダンパを組み合わせたような可変ばね定数を有するものを採用すれば、荷重制御中においてもリアルタイムにゲイン調整を行うことができる。

50

【 0 0 2 6 】

なお、上述の実施形態においては、サーボモータ 9 によって油圧ポンプ 5 を駆動することにより、間接的に载荷ロッド 3 を進退させる構造を備えた電 - 油アクチュエータ 1 について説明したが、ラックアンドピニオン機構（図示せず）やボールねじ（図示せず）などを介在させてサーボモータ 9 で载荷ロッド 3 を機械式に進退させるようにしても構わない。

【 0 0 2 7 】

また、油圧サーボバルブを用いた载荷装置に本発明を適用することもできる。この場合、载荷対象の载荷中のばね定数変動に起因する動作の不安定を効果的に改善することができる。

10

【 0 0 2 8 】

また、上述の実施形態においては、図 2 に示すように、固定容量 2 方向吐出形の油圧ポンプ 5 に 2 方向回転型のサーボモータ 9 を組み合わせた電 - 油アクチュエータ 1 について説明したが、図 8 に示すように、回転斜板を備えた可変容量 2 方向吐出形の油圧ポンプ 5 に 1 方向回転型のサーボモータ 9 を組み合わせて電 - 油アクチュエータ 1 を構成することも可能である。

【 0 0 2 9 】

また、上述の実施形態においては、電 - 油アクチュエータ 1 を用いた場合について説明したが、電動アクチュエータを代用することも可能である。また、駆動源であるサーボモータ 9 の回転力をシリンダ 2 の载荷ロッド 3 へ伝達する媒体は、油に限るわけではなく、非圧縮性の流体（液体または気体）であれば何でも構わない。例えば、水を媒体として用いることもできる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 0 】

【 図 1 】 本発明に係る载荷装置の一実施形態を示す概念図である。

【 図 2 】 図 1 に示す载荷装置の電 - 油アクチュエータの一例を示す概念図である。

【 図 3 】 本発明に係る载荷装置の具体例を示す断面図である。

【 図 4 】 図 1 に示す载荷装置の荷重フィードバック载荷波形を示すグラフである。

【 図 5 】 ダイレクトドライブ方式の電 - 油アクチュエータの一例を示す概念図である。

【 図 6 】 図 5 に示す電 - 油アクチュエータの荷重フィードバック载荷波形を示すグラフである。

30

【 図 7 】 ばね定数をパラメータとして载荷荷重と最大载荷周波数および有効分解能との関係を表すグラフである。

【 図 8 】 本発明に係る载荷装置の電 - 油アクチュエータの別の例を示す概念図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 1 】

1 …… 電 - 油アクチュエータ

2 …… シリンダ

3 …… 载荷ロッド

3 a …… 前部

3 b …… 後部

4 …… ピストン

5 …… 油圧ポンプ

6、7 …… 配管

9 …… サーボモータ（モータ）

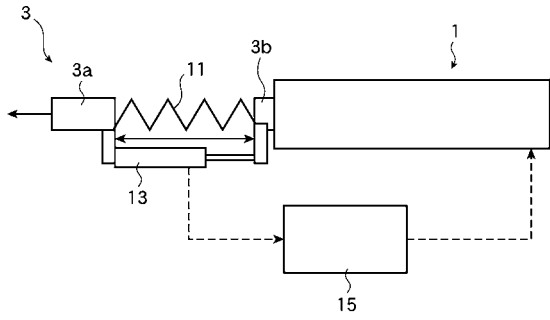
1 1 …… 弾性体

1 3 …… 変位計

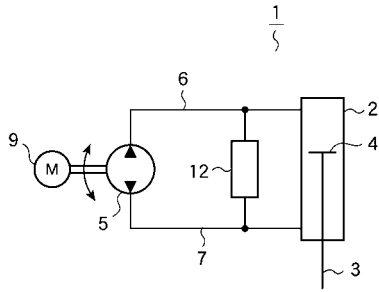
1 5 …… モータ制御回路

40

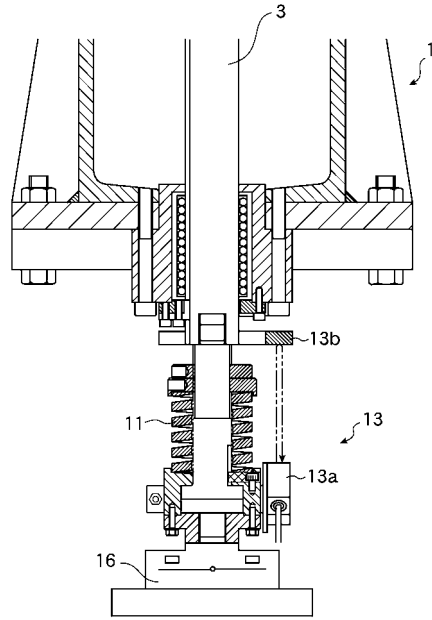
【図1】



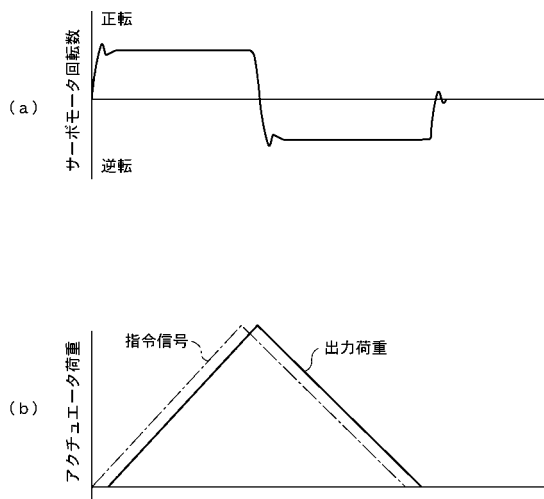
【図2】



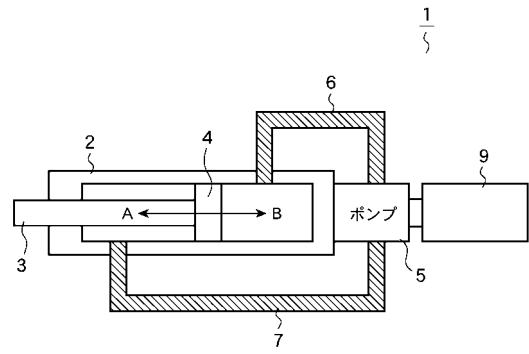
【図3】



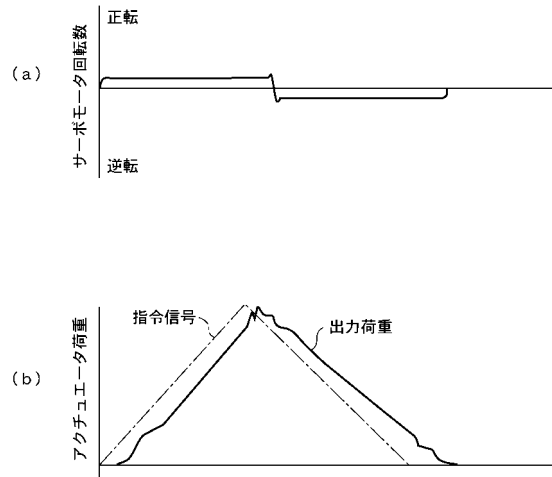
【図4】



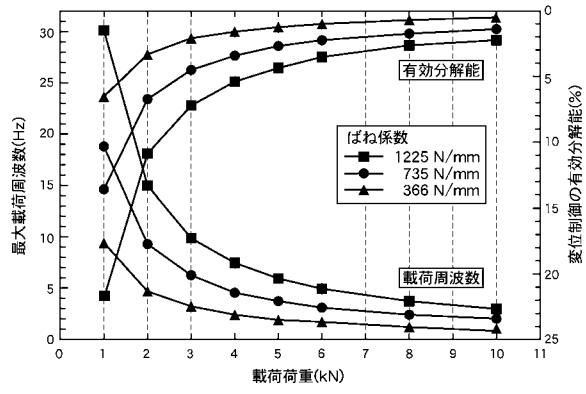
【図5】



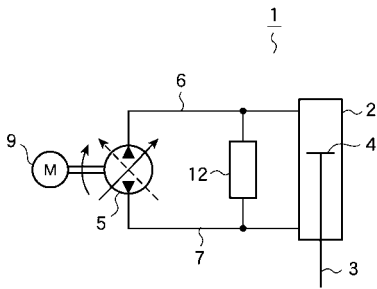
【図6】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

審査官 福田 裕司

- (56)参考文献 特開平04 - 114214 (JP, A)
特開2001 - 215182 (JP, A)
特表2001 - 519008 (JP, A)
特開平09 - 250978 (JP, A)
特開平03 - 048745 (JP, A)
特開2004 - 150985 (JP, A)
特開2004 - 096867 (JP, A)
特開平02 - 212036 (JP, A)
特開2004 - 219304 (JP, A)
特開昭61 - 108944 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N	3/08
F16H	25/20
G01N	3/34