(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-537315
(P2024-537315A)
(43)公表日　令和6年10月10日(2024.10.10)

| (51)国際特許分類 | FI | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|
| *F15B 11/02 (2006.01)* | F15B | 11/02 F | 3H089 |

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全25頁）

(21)出願番号　特願2024-521904(P2024-521904)
(86)(22)出願日　令和4年10月19日(2022.10.19)
(85)翻訳文提出日　令和6年5月29日(2024.5.29)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/047178
(87)国際公開番号　WO2023/069552
(87)国際公開日　令和5年4月27日(2023.4.27)
(31)優先権主張番号　63/257,537
(32)優先日　令和3年10月19日(2021.10.19)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　63/257,540
(32)優先日　令和3年10月19日(2021.10.19)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　63/257,545
最終頁に続く

(71)出願人　598063203
パーデュー・リサーチ・ファウンデーション
PURDUE RESEARCH FOUNDATION
アメリカ合衆国 ４７９０６ インディアナ州， ウェスト ラファイエット，スィート ２５００，ファウンドリー ドライブ １０１
(71)出願人　524135484
ウィプロ エンタープライシス ピーブイティー リミテッド
WIPRO ENTERPRISES PVT LTD.
インド カラマンガラ，７番 メイン ８０
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　フローアイソレート弁装置のための方法及びシステム、ならびに３チャンバシリンダ油圧構造

(57)【要約】
１つ又は複数のｉ）リニア、又はｉｉ）ロータリー油圧アクチュエータであって、シリンダチャンバの総数がＮのアクチュエータと、Ｍ個の圧力レールと、圧力レールにそれぞれ結合されたＭ個の油圧レールポートと、１つ又は複数のアクチュエータのチャンバにそれぞれ結合されたＮ個の油圧チャンバポートと、Ｎ個の油圧チャンバポートのうちの１つにそれぞれ対応するＮ個の比例弁と、２つ以上の油圧レールポートをＮ個の比例弁のそれぞれの供給側のそれぞれに結合するＸ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、Ｎ個の比例弁のそれぞれの戻り側のそれぞれに２以上の油圧レールポートを結合するＹ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、１つ又は複数の所望の機能パラメータを達成するためにＮ個の比例弁及び関連するオン／オフ弁をリアルタイムで動作させるように構成されたコントローラとを含む油圧回路が開示される。
【選択図】　図２

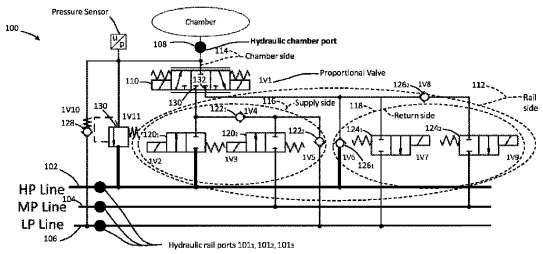


FIG. 2

【特許請求の範囲】
【請求項１】
各々が圧力レールに結合されるように構成されたＭ個の油圧レールポートと、
各々が１つ又は複数のアクチュエータのチャンバに結合されるように構成されたＮ個の油圧チャンバポートと、
各々が前記Ｎ個の油圧チャンバポートのうちの１つに対応するＮ個の比例弁であって、各比例弁は前記Ｍ個の油圧レールポートに結合されたレール側と、対応する油圧チャンバポートに結合されたチャンバ側とを含み、前記Ｎ個の比例弁の各レール側は、対応する油圧チャンバポートに作動油を供給するように構成された供給側と、前記対応する油圧チャンバポートから作動油を受け取るように構成された戻り側とに分割される、該Ｎ個の比例弁と、
２つ以上の油圧レールポートを前記Ｎ個の比例弁の各々の前記供給側の各々に結合するＸ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、
２つ以上の油圧レールポートを前記Ｎ個の比例弁の各々の前記戻り側の各々に結合するＹ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、を備え、
前記オン／オフ弁及び前記比例弁の各々を選択的に動作させることにより、前記Ｎ個の油圧チャンバポートの各々一つに選択的な圧力又は流れを提供する、弁装置。
【請求項２】
Ｘは、最大数Ｍ－１を有する、請求項１に記載の弁装置。
【請求項３】
Ｘは、最小数１を有する、請求項１に記載の弁装置。
【請求項４】
Ｙは、最大数Ｍ－１を有する、請求項１に記載の弁装置。
【請求項５】
Ｙは、最小数１を有する、請求項１に記載の弁装置。
【請求項６】
前記Ｎ個の比例弁の各々の前記供給側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、前記比例弁の前記供給側の圧力を選択的に画定する、請求項１に記載の弁装置。
【請求項７】
前記Ｎ個の比例弁の各々の前記供給側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、前記第一圧力は前記第二圧力よりも高い、請求項１に記載の弁装置。
【請求項８】
前記Ｎ個の比例弁の各々の前記戻り側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、前記比例弁の前記戻り側の圧力を選択的に画定する、請求項１に記載の弁装置。
【請求項９】
前記Ｎ個の比例弁の各々の前記戻り側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと、第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、前記第一圧力は前記第二圧力よりも高い、請求項１に記載の弁装置。
【請求項１０】
各々が１つ又は複数のシリンダチャンバを内部に配置するｉ）リニア、又はｉｉ）ロータリー油圧型の１つ又は複数のアクチュエータであって、シリンダチャンバの総数がＮである、該アクチュエータと、
各々が対応する圧力であるＭ個の圧力レールと、
弁装置であって、
各々が圧力レールに結合されるように構成されたＭ個の油圧レールポートと、
各々が１つ又は複数のアクチュエータのチャンバに結合されるように構成されたＮ個の油圧チャンバポートと、
各々が前記Ｎ個の油圧チャンバポートのうちの１つに対応するＮ個の比例弁であって、各比例弁は前記Ｍ個の油圧レールポートに結合されたレール側と、対応する油圧チャン

バポートに結合されたチャンバ側とを含み、前記Ｎ個の比例弁の各レール側は、対応する油圧チャンバポートに作動油を供給するように構成された供給側と、前記対応する油圧チャンバポートから作動油を受け取るように構成された戻り側とに分割される、該Ｎ個の比例弁と、

２つ以上の油圧レールポートを前記Ｎ個の比例弁の各々の前記供給側の各々に結合するＸ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、

２つ以上の油圧レールポートを前記Ｎ個の比例弁の各々の前記戻り側の各々に結合するＹ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、を備え、

前記オン／オフ弁及び前記比例弁の各々を選択的に動作させることにより、前記Ｎ個の油圧チャンバポートの各々一つに選択的な圧力又は流れを提供する、該弁装置と、

前記１つ又は複数のシリンダチャンバのための１つ又は複数の所望の機能パラメータを受信し、リアルタイムにｉ）前記１つ又は複数のシリンダチャンバに関連する複数のセンサーからデータを受信し、ｉｉ）前記Ｎ個の比例弁及び前記関連するオン／オフ弁を作動及び非作動にして、前記１つ又は複数の所望の機能パラメータを達成するように構成されたコントローラと、を含む、油圧回路。

【請求項１１】

Ｘは、最大数Ｍ－１を有する、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１２】

Ｘは、最小数１を有する、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１３】

Ｙは、最大数Ｍ－１を有する、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１４】

Ｙは、最小数１を有する、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１５】

前記Ｎ個の比例弁の各々の前記供給側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、前記比例弁の前記供給側の圧力を選択的に画定する、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１６】

前記Ｎ個の比例弁の各々の前記供給側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、前記第一圧力は前記第二圧力よりも高い、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１７】

前記Ｎ個の比例弁の各々の前記戻り側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、前記比例弁の前記戻り側の圧力を選択的に画定する、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１８】

前記Ｎ個の比例弁の各々の前記戻り側の前記オン／オフ弁及び前記逆止弁が協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、前記第一圧力は前記第二圧力よりも高い、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項１９】

前記Ｍ個の圧力レールの各々は、１つ又は複数の動力源から供給される、請求項１０に記載の油圧回路。

【請求項２０】

前記動力源が内燃機関である、請求項１９に記載の油圧回路。

【請求項２１】

前記動力源は、１つ又は複数の電気モータである、請求項１９に記載の油圧回路。

【請求項２２】

前記圧力レール内の圧力は、固定又は可変容量のいずれかの１つ又は複数の静圧ポンプによって所望のレベルに維持される、請求項１９に記載の油圧回路。

【請求項２３】

圧力、力、トルク、位置、及び速度を含むリアルタイムに測定した状態を用いて、前記圧力レール内の所望の圧力レベル及び関連する変動範囲を調整する、請求項２２に記載の

油圧回路。
【請求項２４】
前記１つ又は複数の機能パラメータが力を含む、請求項１０に記載の油圧回路。
【請求項２５】
前記１つ又は複数の機能パラメータが速度を含む、請求項１０に記載の油圧回路。
【請求項２６】
前記１つ又は複数の機能パラメータが位置を含む、請求項１０に記載の油圧回路。
【請求項２７】
前記コントローラは、前記Ｎ個の比例弁の各々の前記供給側と前記戻り側との間のエネルギー損失を最小化することに基づいて、前記Ｎ個の比例弁及び前記関連するオン／オフ弁を制御する、請求項１０に記載の油圧回路。
【請求項２８】
前記コントローラは、１つ又は複数のフィードバックループにおいて、前記１つ又は複数のシリンダチャンバに関連する前記複数のセンサーからの前記データを利用する、請求項１０に記載の油圧回路。
【請求項２９】
３つのチャンバが内部に配置された油圧アクチュエータと、
ｉ）高圧レール、ｉｉ）中圧レール、及びｉｉｉ）低圧レールからなる３つの油圧レールと、
前記油圧リニアアクチュエータに結合された少なくとも３・Ｎ－Ｍ個の比例制御油圧弁であって、各チャンバは比例弁を介してＮ個の油圧レールに結合され、連続的な力制御が各弁の開口面積を比例制御することによって達成され、Ｍは任意に取り外し可能な弁の数であり、$0 \leqq M \leqq 2^{N-2}$である、該比例制御油圧弁と、からなる、重機械とともに使用するための油圧力発生器。
【請求項３０】
前記Ｎ個の油圧レールは、単一の動力源から供給される、請求項２９に記載の油圧力発生器。
【請求項３１】
前記単一の動力源が内燃機関である、請求項３０に記載の油圧力発生器。
【請求項３２】
前記単一の動力源は、バッテリパックによって電力供給される１つ又は２つの電気モータである、請求項３０に記載の油圧力発生器。
【請求項３３】
前記Ｎ個の油圧レールの各々は、方向弁を介して前記Ｎ個の油圧レールの各々に供給する出口を有する、単一の静圧ポンプによって供給される油圧動力を表す、請求項３０に記載の油圧発生器。
【請求項３４】
２つ以上の静圧ポンプを使用して、前記Ｎ個の油圧レールに油圧動力を供給する、請求項３０に記載の油圧力発生器。
【請求項３５】
前記静圧ポンプは、固定又は可変容量のうちの１つに基づく、請求項３４に記載の油圧力発生器。
【請求項３６】
Ｎが３である、請求項２９に記載の油圧力発生器。
【請求項３７】
Ｎが２である、請求項２９に記載の油圧力発生器。
【請求項３８】
圧力、力、位置、及び速度を含むリアルタイムに測定した状態を用いて、前記圧力レール内の所望の圧力レベル及び関連する変動範囲を調整する、請求項２９に記載の油圧力発生器。

【請求項３９】
３つのチャンバが内部に配置された油圧アクチュエータと、
ｉ）高圧レール、ｉｉ）中圧レール、及びｉｉｉ）低圧レールからなる３つの油圧レールと、
前記油圧アクチュエータに結合された少なくとも３・Ｎ－Ｍ個の比例制御油圧弁であって、各チャンバは比例弁を介してＮ個の油圧レールに結合され、連続的な力制御が各弁の開口面積を比例制御することによって達成され、Ｍは任意に取り外し可能な弁の数であり、$0 \leqq M \leqq 2^{N-2}$である、該比例制御油圧弁と、を含み、
マルチチャンバシリンダチャンバの各々一つにおいて、流体絞りによる圧力閉ループ－圧力制御が達成され得るように、前記比例弁の開度を調整する役割を果たす制御ユニットであって、このような圧力コントローラは、閉ループ速度又は位置制御のインナーループとしても使用し得る、該制御ユニットと、を備える、重機械で使用するための油圧制御システム。
【請求項４０】
前記マルチチャンバシリンダは、各比例弁の上方及び下流の油圧ラインに圧力センサーを含む、請求項３９に記載の油圧制御システム。
【請求項４１】
閉ループ位置／速度制御が達成され得るように、位置又は速度センサーが含まれる、請求項３９に記載の油圧制御システム。
【請求項４２】
前記Ｎ個の油圧レールが単一の動力源から供給される、請求項３９に記載の油圧制御システム。
【請求項４３】
前記動力源が内燃機関である、請求項４２に記載の油圧制御システム。
【請求項４４】
前記動力源は、単一のバッテリパックによって電力供給される１つ又は２つの電気モータである、請求項４２に記載の油圧制御システム。
【請求項４５】
前記Ｎ個の油圧レールの各々は、方向弁を介して前記Ｎ個の油圧レールの各々に供給する出口を有する、単一の静圧ポンプによって供給される油圧動力を表す、請求項４２に記載の油圧制御システム。
【請求項４６】
２つ以上の静圧ポンプを使用して、前記Ｎ個の油圧レールに油圧動力を供給する、請求項４２に記載の油圧制御システム。
【請求項４７】
前記静圧ポンプは、固定又は可変容量のうちの１つに基づく、請求項４６に記載の油圧制御システム。
【請求項４８】
Ｎが３である、請求項３９に記載の油圧力発生器。
【請求項４９】
Ｎが２である、請求項３９に記載の油圧力発生器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
＜関連出願の相互参照＞
本特許出願は「３チャンバシリンダ油圧構造（A THREECHAMBER CYLINDER HYDRAULIC ARCHITECTURE）」と題された２０２１年１０月１９日に出願の米国特許仮出願第６３／２５７，５３７号、「フローアイソレート弁装置（FLOW-ISOLATED VALVE ARRANGEMENT）」と題された２０２１年１０月１９日に出願の米国特許仮出願第６３／２５７，５４０号、及び「フローアイソレート弁装置のための方法及びシステ

ム（METHOD AND SYSTEM FOR A FLOW-ISOLATED VALVE ARRANGEMENT）」と題された２０２１年１０月１９日に出願の米国特許仮出願第６３／２５７，５４５号に関連し、その優先権の利益を主張し、その各々の内容は、参照によりその全体が本開示に組み込まれる。

【０００２】

＜政府資金に関する声明＞

なし。

【０００３】

＜技術分野＞

本開示は概して、油圧構造に関し、特に、建設機械ならびにフローアイソレートバルブ装置（又は、フローアイソレートバルブ構成、又は流れを隔離した弁装置／flow-isolated valve arrangement）において特に有用な３チャンバシリンダ油圧構造（three-chamber cylinder hydraulic architecture）に関する。

【背景技術】

【０００４】

＜背景＞

このセクションは、本開示のより良い理解を容易にするのに役立ち得る態様を紹介する。したがって、これらの記述はこの観点から読まれるべきであり、何が先行技術であるか、又は先行技術でないかについての承認として理解されるべきではない。

【０００５】

重機に利用される油圧システムは、非常によく知られている。初期には、単純な油圧シリンダを用いて、シリンダ内の油圧と、シリンダ内を移動するピストンの有効面積とに基づいて物体を移動させる力を発生させ、負荷力（load force）を生じさせた。典型的なシリンダでは２つのチャンバが使用され、各チャンバはそれぞれの有効面積を有し、そのような構成は各方向に力を生成する。シリンダの両方の面積で作用する加圧流体の合力の正味の力は、典型的にはシリンダ負荷と呼ばれる。従来の用途は通常、システム損失を低減するために、残りのチャンバを可能な限り低い圧力に保った状態で、一方のチャンバに入る／出る流量に作用する。

【０００６】

最初の概念は非常に単純であったが、特に機械当たりの油圧アクチュエータの数が増加することにつれて、異なる油圧制御構造が長年にわたって開発されてきた。一般に、これらの構造は、静圧ポンプなどの共有の油圧動力源と、各アクチュエータ専用の制御弁とを使用する。これらの構造に関連する課題は２つの部分から成り、第一に、単一の共有の油圧源を有する複数のアクチュエータの制御性、及び第二に、エネルギー効率である。従来技術における異なるアプローチは第一課題に関して成功しているが、市場で現在利用可能なほとんどの回路は一度に２つ以上のアクチュエータに動力を供給するとき、依然として低効率に悩まされている。

【０００７】

複数の油圧アクチュエータが同じ油圧供給を共有する場合、供給される圧力は、システムの最大圧力要件よりもわずかに高くなければならない。したがって、所望の負荷を達成するためにより低い圧力を必要とする任意の他の油圧アクチュエータは、供給圧力を所望のレベルまで低下させるためにスロットル制御（又は、絞りコントロール／throttle control）を必要とし、これは動力損失（power loss）をもたらす。本開示では、「油圧アクチュエータ」という用語がロータリーアクチュエータ又はリニアアクチュエータのいずれかを指す。したがって、エネルギー効率を目的とする任意のシステムは、供給システムと、同じ供給を共有する複数のアクチュエータのそれぞれの圧力要件との間の圧力差を最小限にする必要がある。

【０００８】

このような条件を達成するために、１）２つ以上の供給圧力が利用可能であるように供給圧力レールの数を増加させること、及び２）チャンバと供給レールとの間の接続の異な

る組み合わせを使用して絞り要件を最小限に抑え、したがってシステム損失を低減し得るようにシリンダチャンバの数を増加させることが可能である。要するに、異なるチャンバ面積及び圧力を組み合わせるためのより多くの選択肢を用いて、供給圧力とチャンバ圧力との差がより小さくして絞り損失（throttling loss）を減少させて、同じ負荷（有効シリンダ力）を達成することができる。結果として、利用可能な組合せの数（シリンダモード）が多いほど、理論上、シリンダはより効率的になるはずである。

【０００９】

異なる用途のための圧力レールとシリンダチャンバ（モード）との間の、離散化された数の可能な接続を達成する、圧力レールとチャンバの数との間の関係は、次式によって支配される：

離散的なモード（又は、ディスクリートモード／Discrete Mode）の数＝（チャンバの数）$^{圧力レールの数}$。供給圧力とシリンダチャンバとの間の接続のこれらの異なる組み合わせは、アクチュエータに利用可能な離散的な力レベル（discrete force level）とも呼ばれることがある。

【００１０】

このようなマルチチャンバ構成の一例は、Ｓｉｐｏｌａらの米国特許第１０，７０４，５６９号に提供されており、高圧（ＨＰ）及び低圧（ＬＰ）として識別される２つの圧力レールを利用して、少なくとも４チャンバアクチュエータを導入した。図１ａに示されるように、各チャンバは、並行した弁のシステムを利用して、圧力レールの各々に結合される。すなわち、各チャンバは、各圧力レールとチャンバとの間に１つずつ、２つの別個の弁を利用して、高圧レールと低圧レールとの両方に結合される。この場合、弁の開閉を同期させるために比例弁（proportional valve）が利用されたが、最終的に、非スロットル制御（non-throttle control）が使用された。したがって、弁の任意の部分的な開放はスロットル制御を特徴付ける流体スロットルを導入することになるため、比例弁は（過渡期中を除いて）全開又は全閉のいずれかに維持される。

【００１１】

上記の公式に基づいて、図１ａに示される例では、離散化された力の数が$4^2$であり１６に等しく、図１ｂに、１から１６に及ぶ指数（index）当たりの離散化された力のグラフを示す。これは、’５６９号特許に記載されているように、非スロットル制御が使用される場合、１６の負荷力のみが達成可能であり、特に低速での速度追跡の精度を制限することを意味する。これは、負荷力と実際のアクチュエータ力要件との間のいかなる不一致も、シリンダ加速度をもたらすからである。したがって、正確な動作制御（又は、運動制御／motion control）が達成される場合、チャンバのうちの少なくとも１つにおける連続的な絞りが必要とされ、したがって、制御精度と効率との間のトレードオフを生み出す。

【００１２】

’５６９特許に示されているアプローチは従来技術において典型的である（例えば、ＷＯ　２０１４０８１３５３　Ａ１を参照されたい）。しかしながら、これらのアプローチには欠点がある。例えば、シリンダ内のチャンバの数及び圧力レールの数（’５６９特許では２つ）は、離散化された力の数を減少させ、一方、チャンバの数が多くなると、複雑なシリンダ設計を必要とする。上述のように、’５６９特許では、４つのチャンバと２つの圧力レールとの組み合わせは１６の離散化された力をもたらした。ＷＯ　２０１４０８１３５３　Ａ１公報では、５チャンバアクチュエータを２つの圧力レールとともに使用して、２５の離散化された力をもたらすことができた。しかしながら、これらの全てのイテレーション（又は、反復／iteration）において、２つの圧力レールのみが使用され、その結果、離散化された力の数が低減された、高価で複雑なシリンダ構成をもたらした。また、上述の構造に追加の圧力レールを含めることは、多数の弁が必要とされるので、費用効率が高くなくなる。

【００１３】

さらに、両方の参考文献は非スロットル制御の使用、又はオン／オフ（又は、開閉／o

n/off）及び比例弁の混合について言及しており、そのようなシステムの達成可能な効率及び性能を制限する。

【００１４】

考慮されるべき別の態様は、これらのタイプの構造において、シリンダコントローラが各チャンバに接続された供給ラインを絶えず変化させることである。これは、短い過渡期の間、一方の弁（すなわち、チャンバを高圧ラインに接続する）が閉じつつあり、他方の弁（すなわち、同じチャンバを低圧ラインに接続する）が開きつつあることを意味する。これらの弁は無限に高速ではないので、両方の弁が短い時間開かれ、高圧供給ラインと低圧供給ラインとの間に短絡（short circuit）を生じさせる。これは、最終的に、著しい漏れを引き起こし、システム効率を低下させる。

【００１５】

上述の短絡現象は、オン／オフ又は比例弁の使用にかかわらず存在する。上述の従来技術における比例弁を使用するための理論的根拠は、異なるレールを所与のチャンバに接続する弁の開閉を同期させ、遅らせる必要性に基づく。このようなアプローチは、システム効率におけるこの短絡の影響を低減し得る。それにもかかわらず、そのような解決策は、問題を解消することができない。加えて、そのような解決策は非常に短い閉鎖時間を有する比例弁を必要とし、スロットル制御が使用されなかったので、シリンダは、依然として有限数の利用可能な力に制限される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１６】

したがって、スロットル制御によるシステム損失の著しい増加なしに、及びシリンダ設計の複雑さの増加なしに、より正確な動作制御を達成し得るような、油圧構造及びその制御方法における新規なアプローチ、ならびに、任意の２つの圧力レールの間で、一方の圧力レールが他方の圧力レールに切り換えられるときの短絡のない圧力レールから隔離された流れ（isolated flow）を提供し得る新規な方法及びシステムアプローチに対するまだ対処されていない必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【００１７】

＜要約＞

一実施形態によれば、各々が圧力レールに結合されるように構成されたＭ個の油圧レールポートと、各々が１つ又は複数のアクチュエータのチャンバに結合されるように構成されたＮ個の油圧チャンバポートと、各々がＮ個の油圧チャンバポートのうちの１つに対応するＮ個の比例弁とを含む弁装置が開示される。各比例弁は、Ｍ個の油圧レールポートに結合されたレール側（又は、レールサイド）と、対応する油圧チャンバポートに結合されたチャンバ側（又は、チャンバサイド）とを含む。Ｎ個の比例弁の各レール側は、対応する油圧チャンバポートに作動油（又は、油圧流体／hydraulic fluid）を供給するように構成された供給側と、対応する油圧チャンバポートから作動油を受け取るように構成された戻り側とに分割される。弁装置は、Ｎ個の比例弁の各々の供給側の各々に２つ以上の油圧レールポートを結合するＸ組のオン／オフ弁（又は、開閉弁／on/off valve）及び逆止弁（check valve）と、Ｎ個の比例弁の各々の戻り側の各々に２つ以上の油圧レールポートを結合するＹ組のオン／オフ弁及び逆止弁とをさらに含む。オン／オフ弁及び比例弁の各々を選択的に動作させることにより、Ｎ個の油圧チャンバポートの各々一つに選択的な圧力又は流れが提供される。

【００１８】

一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｘは、最大数Ｍ－１を有する。

【００１９】

一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｘは、最小数１を有する。

【００２０】

一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｙは、最大数Ｍ－１を有する。

【００２１】
一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｙは、最小数１を有する。
【００２２】
一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｎ個の比例弁の各々の供給側のオン／オフ弁及び逆止弁が協働して、比例弁の供給側の圧力を選択的に画定する（又は、定義する／ｄｅｆｉｎｅ）。
【００２３】
一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｎ個の比例弁の各々の供給側のオン／オフ弁及び逆止弁は協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、第一圧力は、第二圧力よりも高い。
【００２４】
一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｎ個の比例弁の各々の戻り側のオン／オフ弁及び逆止弁は協働して、比例弁の戻り側の圧力を選択的に画定する。
【００２５】
一実施形態によれば、上記弁装置において、Ｎ個の比例弁の各々の戻り側のオン／オフ弁及び逆止弁は協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと、第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、第一圧力は、第二圧力よりも高い。
【００２６】
別の実施形態によれば、各々が１つ又は複数のシリンダチャンバを内部に配置し、シリンダチャンバの総数がＮの、ｉ）リニア、又はｉｉ）ロータリー油圧アクチュエータを１つ又は複数と、それぞれが対応する圧力であるＭ個の圧力レールと、弁装置と、を含む油圧回路も開示される。弁装置は、各々が圧力レールに結合されるように構成されたＭ個の油圧レールポートと、各々が１つ又は複数のアクチュエータのチャンバに結合されるように構成されたＮ個の油圧チャンバポートと、各々がＮ個の油圧チャンバポートのうちの１つに対応するＮ個の比例弁であって、各比例弁はＭ個の油圧レールポートに結合されたレール側と、対応する油圧チャンバポートに結合されたチャンバ側とを含み、Ｎ個の比例弁の各レール側は対応する油圧チャンバポートに作動油を供給するように構成された供給側と、対応する油圧チャンバポートから作動油を受け取るように構成された戻り側とに分割される該Ｎ個の比例弁と、Ｎ個の比例弁の各々の供給側の各々に２つ以上の油圧レールポートを結合するＸ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、Ｎ個の比例弁の各々の戻り側の各々に２つ以上の油圧レールポートを結合するＹ組のオン／オフ弁及び逆止弁と、を含む。オン／オフ弁及び比例弁の各々を選択的に動作させることにより、Ｎ個の油圧チャンバポートの各々一つに選択的な圧力又は流れを提供する。油圧回路はまた、１つ又は複数のシリンダチャンバのための１つ又は複数の所望の機能パラメータ（ｆｕｎｃｔｉｏｎａｌ ｐａｒａｍｅｔｅｒ）を受信し、リアルタイムに、ｉ）１つ又は複数のシリンダチャンバに関連する複数のセンサーからデータを受信し、かつ、ｉｉ）Ｎ個の比例弁及び関連するオン／オフ弁を作動及び非作動にして、１つ又は複数の所望の機能パラメータを達成するように構成されたコントローラを含む。
【００２７】
一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｘは、最大数Ｍ－１を有する。
【００２８】
一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｘは、最小数１を有する。
【００２９】
一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｙは、最大数Ｍ－１を有する。
【００３０】
一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｙは、最小数１を有する。
【００３１】
一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｎ個の比例弁の各々の供給側のオン／オフ弁及び逆止弁は協働して、比例弁の供給側の圧力を選択的に画定する。
【００３２】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｎ個の比例弁の各々の供給側のオン／オフ弁及び逆止弁は協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと、第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、第一圧力は、第二圧力よりも高い。

【００３３】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｎ個の比例弁のそれぞれの戻り側のオン／オフ弁及び逆止弁は協働して、比例弁の戻り側の圧力を選択的に画定する。

【００３４】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、Ｎ個の比例弁のそれぞれの戻り側のオン／オフ弁及び逆止弁は協働して、第一圧力を有する油圧レールポートと、第二圧力を有する油圧レールポートとの間の流体の流れを防止し、第一圧力は、第二圧力よりも高い。

【００３５】

一実施形態によれば、上記の油圧回路において、Ｍ個の圧力レールの各々は、１つ又は複数の動力源から供給される。

【００３６】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、動力源は内燃機関である。

【００３７】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、動力源は、１つ又は複数の電気モータである。

【００３８】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、圧力レール内の圧力は、固定（fixed）又は可変容量（variable displacement）のいずれかの、１つ又は複数の静圧ポンプによって所望のレベルに維持される。

【００３９】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、圧力、力、トルク、位置、及び速度を含むリアルタイムに測定された状態が、圧力レール内の所望の圧力レベル及び関連する変動範囲を調整するために使用される。

【００４０】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、１つ又は複数の機能パラメータは力を含む。

【００４１】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、１つ又は複数の機能パラメータは速度を含む。

【００４２】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、１つ又は複数の機能パラメータは位置を含む。

【００４３】

一実施形態によれば、上記の油圧回路において、コントローラは、Ｎ個の比例弁の各々の供給側と戻り側との間のエネルギー損失を最小化することに基づいて、Ｎ個の比例弁及び関連するオン／オフ弁を制御する。

【００４４】

一実施形態によれば、上記油圧回路において、コントローラは、１つ又は複数のフィードバックループにおいて、１つ又は複数のシリンダチャンバに関連付けられた複数のセンサーからのデータを利用する。

【００４５】

３つのチャンバが内部に配置された油圧アクチュエータと、ｉ）高圧レールと、ｉｉ）中圧レールと、ｉｉｉ）低圧レールからなる３つの油圧レールと、油圧リニアアクチュエータに結合された少なくとも３・Ｎ－Ｍ個の比例制御油圧弁とからなり、各チャンバは比例弁を介してＮ個の油圧レールに結合され、連続的な力制御が各弁の開口面積を比例制御することによって達成される、重機械と使用するための油圧力発生器（hydraulic force generator）も開示される。Ｍは任意に取り外し可能な弁の個数であり、０≦Ｍ≦２

$N-2$である。

【００４６】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、Ｎ個の油圧レールは、単一の動力源から供給される。

【００４７】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、単一の動力源は内燃機関である。

【００４８】

一実施形態によれば、上記油圧力発生装置において、単一の動力源は、バッテリパックによって電力供給される１つ又は２つの電気モータである。

【００４９】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、Ｎ個の油圧レールの各々は、方向弁を介してＮ個の油圧レールの各々に供給する（又は、提供する／役立つ／serving）出口を有する、単一の静圧ポンプによって供給される油圧動力を表す。

【００５０】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、２つ以上の静圧ポンプを使用して、Ｎ個の油圧レールに油圧動力を供給する。

【００５１】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、静圧ポンプは、固定又は可変容量のうちの１つに基づく。

【００５２】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、Ｎは３である。

【００５３】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、Ｎは２である。

【００５４】

一実施形態によれば、上記油圧力発生器において、圧力、力、位置、及び速度を含む、リアルタイムに測定された状態を用いて、圧力レール内の所望の圧力レベル及び関連する変動範囲を調整する。

【００５５】

３つのチャンバが中部に配置された油圧アクチュエータと、ｉ）高圧レールと、ｉｉ）中圧レールと、ｉｉｉ）低圧レールからなる３つの油圧レールと、油圧アクチュエータに結合された少なくとも３・Ｎ－Ｍ個の比例制御された油圧弁とを含み、各チャンバは比例弁を介してＮ個の油圧レールに結合され、連続的な力制御が各弁の開口面積を比例制御することによって達成される、重機械と使用するための油圧制御システムも開示される。Ｍは任意に取り外し可能な弁の個数であり、$0 \leqq M \leqq 2^{N-2}$である。油圧制御装置はまた、流体絞りによる圧力閉ループ－圧力制御がマルチチャンバシリンダチャンバの各々一つにおいて達成され得るように、比例弁の開度（又は、開口／opening）を調整する役割を果たす制御ユニットを含む。このような圧力コントローラ（又は、圧力制御器）は、閉ループ速度又は位置制御のインナーループ（又は、内部ループ／inner-loop）としても使用し得る。

【００５６】

一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、マルチチャンバシリンダは、上記油圧制御システムにおいて、マルチチャンバシリンダは、各比例弁の上方及び下流の油圧ラインに圧力センサーを含む。

【００５７】

一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、閉ループ位置／速度制御が達成され得るように、位置センサー又は速度センサーが含まれる。

【００５８】

一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、Ｎ個の油圧レールは、単一の動力源から供給される。

【００５９】

一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、動力源は内燃機関である。
【００６０】
一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、動力源は、単一のバッテリパックによって電力供給される１つ又は２つの電気モータである。
【００６１】
一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、Ｎ個の油圧レールの各々は、方向弁を介してＮ個の油圧レールの各々に供給する（又は、提供する／役立つ／serving）出口を有する、単一の静圧ポンプによって供給される油圧動力を表す。
【００６２】
一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、２つ以上の静圧ポンプを使用して、Ｎ個の油圧レールに油圧動力を供給する。
【００６３】
一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、静圧ポンプは、固定又は可変容量のうちの１つに基づく。
【００６４】
一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、Ｎは３である。
【００６５】
一実施形態によれば、上記油圧制御システムにおいて、Ｎは２である。
【図面の簡単な説明】
【００６６】
＜図面の簡単な説明＞
【図１ａ】図１ａは、従来技術による油圧回路の概略図である。
【００６７】
【図１ｂ】図１ｂは、図１ａの油圧回路による離散化された力の数を示すグラフである。
【００６８】
【図２】図２は、本開示による、弁装置の概略図である。
【００６９】
【図３ａ－ｃ】図３ａ、図３ｂ及び図３ｃは、本開示による油圧回路である。
【００７０】
【図４】図４は、反対方向の流れを有する２つのチャンバを備えた、本開示による弁装置の実施形態の概略図である。
【００７１】
【図５】図５は、３つのチャンバを備えたシステムにおける、本開示による弁装置の実施形態の概略図である。
【００７２】
【図６】図６は、一実施形態による、本開示の弁装置のための制御スキームの概略図である。
【００７３】
【図７】図７は、図６に示されるアウターループ制御（又は、外部ループ制御／outer loop control）を表すブロック図の概略図である。
【００７４】
【図８ａ－ｂ】図８ａ及び８ｂは、本開示による、制御スキームを示す２ページにわたって広がる単一のフローチャートを表す。
【００７５】
【図９】図９は、本開示による、圧力制御のブロック図である。
【００７６】
【図１０】図１０は、２７の離散化された力モードをもたらす、３つのチャンバと３つの圧力レールとを有するリニアアクチュエータを含む、重機システムのための油圧装置の概略図である。
【００７７】

【図１１】図１１は、一実施形態による、図１０に示される油圧回路のための制御スキームの概略図である。
【００７８】
【図１２】図１２は、本開示の一実施形態による、圧力制御のブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００７９】
＜詳細な説明＞
本開示の原理の理解を促進する目的で、ここで、図面に示される実施形態を参照し、特定の言語を使用して、本開示の原理を説明する。それにもかかわらず、本開示の範囲の限定はそれによって意図されないことが理解されるであろう。
【００８０】
本開示において、用語「約」は、値又は範囲の変動の程度を、例えば、記載された値の、又は記載された範囲の限界の１０％以内、５％以内、又は１％以内にし得る。
【００８１】
本開示において、用語「実質的に」は、値又は範囲の変動の程度を、例えば、記載された値の、又は記載された範囲の限界の９０％以内、９５％以内、又は９９％以内にし得る。
【００８２】
本明細書では、任意の２つの圧力レール間で、１つの圧力レールが他の圧力レールに切り換えられるときの短絡のない、圧力レールから隔離された流れを有する独立したチャンバ圧力制御を提供し得る、油圧構造における新規な弁装置が提供される。加えて、本明細書では、前述の新規な弁装置を利用する、油圧構造における新規な方法及びシステムアプローチが提供される。この目的のために、本開示による弁装置１００の概略図が示されている図２を参照する。図２に示される実施形態及び本開示の他のすべての実施形態では、弁装置は、それぞれが圧力レール（図２では、高圧（ＨＰ）１０２、中圧（ＭＰ）１０４、及び低圧（ＬＰ）１０６を含むＭ＝３）に結合されるように構成されたＭ個の油圧レールポート$101_1$、$101_2$、$101_3$と、それぞれがアクチュエータのチャンバに結合されるように構成されたＮ個の油圧チャンバポートと、Ｎ個又は２Ｎ個の比例弁１１０（図２ではＮ＝１）とを含む。各比例弁は、Ｍ個までの油圧レールポートに結合し得るレール側１１２と、対応する油圧チャンバポート１０８に結合されるチャンバ側とを含む。Ｎ個の比例弁が使用される場合、Ｎ個の比例弁の各レール側は、対応する油圧チャンバポートに作動油を供給するように構成された供給側と、対応する油圧チャンバポートから作動油を受け取るように構成された戻り側とに分割される。２Ｎ個の２方向弁を使用することも可能であり、一方はチャンバを供給側に接続し、他方はチャンバを戻り側に接続する。加えて、本開示の弁装置はＮ個の比例弁１１０の各々の供給側１１６の各々に２つ以上の油圧レールポート$101_1$、$101_2$、$101_3$を結合するＸ組のオン／オフ弁（on-off valve）$120_1$、$120_2$及び逆止弁（check valve）$122_1$、$122_2$を含む（図２ではＸ＝２）。Ｘは最大数Ｍ－１を有する（この場合、Ｍ＝３及びＸ＝２）。Ｘの最小値は１である。さらに、本開示の弁装置は２つ以上の油圧レールポート$101_1$、$101_2$、$101_3$をＮ個の比例弁１１０（図２では、Ｙ＝２）の各々の戻り側１１８の各々に結合するＹ組のオン／オフ弁$124_1$、$124_2$及び逆止弁$126_1$、$126_2$を含み、最大数Ｍ－１を有する。Ｙの最小数は１である。以下に述べるように、オン／オフ弁及び比例弁のそれぞれの選択的動作は、Ｎ個の油圧チャンバポートの各々一つに正確かつ効率的な圧力制御を提供する。
【００８３】
さらに、Ｎ個の比例弁１１０の各々の供給側１１６のオン／オフ弁$120_1$、$120_2$及び逆止弁$122_1$、$122_2$は協働して、比例弁１１０の供給側１１６の圧力を選択的に画定する。さらに、Ｎ個の比例弁１１０の各々の供給側１１６のオン／オフ弁$120_1$、$120_2$及び逆止弁$122_1$、$122_2$は協働して、第一圧力を有する油圧レールポート$101_1$、$101_2$、$101_3$と第二圧力を有する油圧レールポート$101_1$、１０１

$_2$、１０１$_3$との間の流体の流れを防止し、第一圧力は、第二圧力よりも高い。さらに、Ｎ個の比例弁１１０の各々の戻り側１１８のオン／オフ弁１２４$_1$、１２４$_2$及び逆止弁１２６$_1$、１２６$_2$は協働して、比例弁１１０の戻り側１１８の圧力を選択的に画定する。さらに、Ｎ個の比例弁１１０の各々の戻り側１１８のオン／オフ弁１２４$_1$、１２４$_2$及び逆止弁１２６$_1$、１２６$_2$は協働して、第一圧力を有する油圧レールポート１０１$_1$、１０１$_2$、１０１$_3$と第二圧力を有する油圧レールポート１０１$_1$、１０１$_2$、１０１$_3$との間の流体の流れを防止し、第一圧力は、第二圧力よりも高い。

【００８４】

上述のように、図２に示される弁装置１００は３つの圧力レール、すなわち、高圧レール１０２、中圧レール１０４、及び低圧レール１０６に結合される。これらの３つの圧力レールは、オン／オフ弁１２０$_1$、１２０$_2$、１２４$_1$、１２４$_2$（１Ｖ２、１Ｖ３、１Ｖ７、及び１Ｖ９として示される）及び逆止弁１２２$_1$、１２２$_2$、１２２$_1$、１２２$_2$（１Ｖ４、１Ｖ５、１Ｖ６、及び１Ｖ８として示される）ならびに比例弁１１０（１Ｖ１として示される）の組み合わせを介してアクチュエータのチャンバに結合される。図示の実施形態では、３／３比例弁１１０（１Ｖ１）の入口ポート１３０がオン／オフ弁１２０$_1$（１Ｖ２）を介して高圧レール１０２に結合される。同じポートはまた、オン／オフ弁１２０$_2$（１Ｖ３）及び逆止弁１２２$_1$（１Ｖ４）を介して中圧レール１０４に結合される。入口ポート１３０はまた、逆止弁１２２$_1$（１Ｖ５）を介して低圧レール１０６に結合される。同様に、比例弁１１０（１Ｖ１）の出口ポート１３２は、逆止弁１２６$_1$（１Ｖ６）を介して高圧レール１０２に結合され、オン／オフ弁１２４$_2$（１Ｖ９）及び逆止弁１２６$_2$（１Ｖ８）を介して中圧レール１０４に結合され、オン／オフ弁１２４$_1$（１Ｖ７）を介して低圧レール１０６に結合される。１Ｖ１０として識別されるプレロードされた（又は、予荷重された／pre-loaded）逆止弁１２８を追加してチャンバ内のキャビテーションを回避することができる。さらに、１Ｖ１１として識別されるリリーフ弁１３０が、チャンバ内の最大圧力を制限する安全装置として使用される。

【００８５】

図２に示される弁装置１００の動作をよりよく説明するために、一例として以下のシナリオが提供される。最初に高圧レール１０２から比例弁１１０（１Ｖ１）に高圧を提供するために、オン／オフ弁１２０$_2$（１Ｖ２）がオンにされると仮定する。供給側１１６が、比例弁１１０（１Ｖ１）を中圧レール１０４に結合することによって中圧に圧力を変更することを望む場合、オン／オフ弁１２０$_1$（１Ｖ２）は非作動にされ（又は、作動停止され／deactivated）、同時に、オン／オフ弁１２０$_2$（１Ｖ３）が作動される。従来技術に関して上述した短絡の問題は逆止弁１２２$_1$（１Ｖ４）及び１２２$_2$（１Ｖ５）によって軽減され、比例弁１１０（１Ｖ１）からの高圧流体は逆止弁１２２$_1$（１Ｖ４）及び１２２$_2$（１Ｖ５）によってそれぞれ中圧レール１０４（ＭＰライン）及び低圧レール１０６（ＬＰライン）から遮断される。

【００８６】

図２に示される装置１００は、例示に過ぎないことを理解されたい。本開示の弁装置は、より多くの又はより少ない数の圧力レールを含み得る。同じ概念を使用しながら、異なる弁アセンブリが可能であり得ることにも留意されたい。例えば、用途に応じて、比例弁１１０（１Ｖ１）の入口／出口ポート１３０／１３２の両方を３つ全ての圧力レールに結合する必要がない場合がある。このシナリオでは、オン／オフ弁の数を減らすことができる。そのような回路の例を図３ａ、３ｂ、３ｃに示し、それぞれ油圧回路の一例を示す。

【００８７】

図３ａは、比例弁２１０（２Ｖ１）が２つのオン／オフ弁２２０（２Ｖ２）及び２２４（２Ｖ４）に結合されている点で図２と同様である。図３ｂは、比例弁３１０（３Ｖ１）が３つのオン／オフ弁３２０（３Ｖ２）、３２４（３Ｖ４）、及び３２６（３Ｖ７）に結合されている点で図２と同様である。図３ｃは、比例弁４１０（４Ｖ１）が３つのオン／オフ弁４２０（４Ｖ２）、４２４（４Ｖ４）、及び４２６（４Ｖ６）に結合されている点で、図２と同様である。

【００８８】
同様に、反対方向の流れを有する２つのチャンバ（すなわち、２つの対向するチャンバを有するシリンダ）の場合、図４に示されるように、各チャンバに結合された２つの関連する比例弁が同じセットのオン／オフ及び逆止弁を共有することが可能であり、これは、反対方向の流れを有する２つのチャンバを有する本開示による弁装置の実施形態の概略図を提供する。
【００８９】
本開示では、リニアアクチュエータチャンバ内の圧力を制御するために、図２の弁装置１００、又は当業者の技術セット内でのその可能な変形例が使用される。図２及び／又は図４に示される構成を、使用の必要に応じて複製することによって、２つを超えるチャンバを有する構造に概念を拡張することも可能であることが強調されるべきである。複数のチャンバを有するシステムの一例が図５に示されており、これは、３つのチャンバを有するシステムにおける本開示による弁装置の実施形態の概略図を提供する。
【００９０】
図５を参照して、チャンバＡ及びＣが拡張し（expanding）、チャンバＢが後退している（retracting）、マルチチャンバシリンダが延在していると仮定する。弁を動作させることに関与する制御機構は、比例弁６Ｖ１０を移動させて、比例弁のチャンバ側を供給側に接続し、レールからチャンバへの流れでそれぞれのチャンバ圧力を所望のように制御し得るように、中心位置と最も左側の位置との間に留まるように命令される。同様に、比例弁６Ｖ１５は中央位置と最も右側の位置との間に維持され、それぞれのチャンバ側を戻り側に接続し、チャンバからレールへの流れでそれぞれのチャンバ内の圧力を制御する。
【００９１】
弁６Ｖ１０での（又は、を横切る／across）絞り損失を最小にするために、監視コントローラは比例弁の供給側における利用可能な圧力レベルの間で選択し、オン／オフ弁６Ｖ１１及び６Ｖ１２の状態を指令する。同様に、弁６Ｖ１５での絞り損失を最小限に抑えるために、コントローラは戻り側で利用可能な圧力レベルの間で選択し、オン／オフ弁６Ｖ１７及び６Ｖ１９の状態を決定する。チャンバＣに接続された弁のセットは、チャンバＡのものと同様に制御され、残りのオン／オフ６Ｖ７及び６Ｖ９は閉じたままである。
【００９２】
シリンダの後退中、動作は同様である。しかし、この場合、比例弁６Ｖ１０は中心位置と最も右側の位置との間にあり、チャンバＡを戻り側に接続し、一方、比例弁６Ｖ１５は、中心位置と最も左側の位置との間にあり、チャンバＢを供給側に接続する。チャンバＣ内の圧力は、それ自体の専用の弁セットを用いて、チャンバＡの圧力と同様に制御される。第四チャンバが、チャンバＢとは反対方向にシリンダに追加される場合、比例弁６Ｖ１を供給するために使用されるオン／オフ弁及び逆止弁のセットを共有することもできる。
【００９３】
マルチチャンバシリンダ内の圧力を制御するための本開示の弁装置は、上述の従来技術の装置を超えるいくつかの利点を提供する。第一に、本開示の弁装置は弁が１つの圧力レールから別の圧力レールに切り換えられるとき、圧力レール間のいかなる短絡も回避する。同時に、上述したようにバルブを適切に遅延させるための複雑な制御機構は不要である。この単純で洗練された構造は、比例弁が下流の圧力制御の度合い（又は、圧力制御の程度／a degree of pressure control）を提供するので、レール間のクロストーク又は短絡なしに、圧力レール間（高圧レールから中圧レール、中圧レールから低圧レール、高圧レールから低圧レール、中圧レールから高圧レール、及び中圧レールから低圧レール）を即座に切り替えることを可能にする一方で、依然として、マルチチャンバシリンダのチャンバの各々一つにおいて独立した圧力制御を与える。したがって、弁の開度の比例性を調整することによって、供給レール及び戻りレールの選択が与えられると、微調整制御（fine-tune control）を達成し得る。第二に、従来技術のように２つ又は時には３つでなく、チャンバごとに単一の比例弁のみが必要とされる。このアプローチは、コスト及び

制御の複雑さを低減するというさらなる利点をもたらす。

【００９４】

一実施形態によれば、これらの３つの弁装置のための制御スキーム５００が図６に示されている。直接的な力制御も可能であるが、この例は使用し得る追加のアウターループコントローラ（又は、外部ループコントローラ／outer-loop controller）５０２を用いて示されている。アウターループは、制御されるべき状態に対する基準信号とその実際の測定値との間の差を評価する。位置（ｘ）又は速度（ｘ′）制御は図７に示されるように、基準力コマンド（又は、指令／command）を調整するＰＩＤコントローラによって達成される。ゲイン$K_p$は、制御される状態（図示の例では速度）の誤差に比例する制御入力を生成するように誤差に合わせて調整し（又は、スケーリングし／scale）、一方、ゲイン$K_I$及び$K_D$は、トラッキングエラー積分及び微分にそれぞれ作用する。３つのコントローラ構成要素はすべて、力モード選択アルゴリズム（force mode selection algorithm）に送信される力コマンドを生成するために合計される。

【００９５】

力モード選択アルゴリズムは、所望のシリンダ力、ならびにレール圧力及びシリンダ速度を受け取る。次に、エネルギー損失を最小限に抑えるように、それぞれのオン／オフ弁の状態（$u_{on}$／$u_{off}$）を選択する。アルゴリズムの図を、図８ａ及び図８ｂに示す。これらは、アルゴリズムを２ページに分割する２つの図である。この図及び本明細書に提供される他の図に関して、本明細書に提供される変数は、以下の表－１に定義される。

表１－本開示の図で使用される変数の定義

表１－本開示の図で使用される変数の定義

| | |
|---|---|
| $A_A$, $A_B$ 及び $A_C$ | チャンバA，B，Cそれぞれの有効面積<br>チャンバA及びCは正方向に作用し、<br>チャンバBは負方向に作用する |
| $p_{ch,A}$，$p_{ch,B}$ 及び $p_{ch,C}$ | チャンバA，B，Cに要求される圧力 |
| $p_{s,A}$，$p_{s,B}$ 及び $p_{s,C}$ | チャンバA，B，Cに接続された比例弁の供給側圧力 |
| $p_{r,A}$，$p_{r,B}$ 及び $p_{r,C}$ | チャンバA，B，Cに接続された比例弁の戻り側圧力 |
| $F_{ref}$ | 基準力コマンド |
| $p_{max}$ | チャンバ内で許容される最大圧力 |
| $p_{min}$ | チャンバ内で許容される最小圧力 |
| $\dot{x}$ | アクチュエータ |
| $\Delta p_A$、$\Delta p_B$ 及び $\Delta p_C$ | チャンバA，B，Cにそれぞれ接続された比例弁での圧力降下 |
| $F_{mode}$ | 比例弁での圧力降下がゼロのとき、<br>所与のモードで得られるであろう力 |
| $i$ | 異なるチャンバへの一般的な参照。A、B、Cのいずれかが可能 |
| $Mode$ | モード数、この場合 $1 \leq Mode \leq 27$ |
| $Mode_{last}$ | 前回のタイムステップでの最適シリンダモード |
| $J_I$ | 実効不可能なモードに適用される罰則 |
| $J_{CE}$ | 大きなコントロールエフォートを必要としたモード移行に<br>適用される罰則 |
| $t_{sw}$ | 前回の切替からの経過時間 |
| $t_{target}$ | 切替間隔の目標時間 |
| $t_s$ | コントローラサンプリング時間 |
| $J_{EL}$ | エネルギー損失への罰則 |
| $J_{mode}$ | 所与のモードと関連する総コスト |
| $J_{min}$ | 最小コストのモードと関連する総コスト |
| $p_{ref,A}$，$p_{ref,B}$ 及び $p_{ref,C}$ | チャンバA，B，Cそれぞれへの基準圧力コマンド |

【００９６】

使用可能なモードごとに、コードは以下の式を評価する：

$J_{mode} = J_{EL} + J_{CE} + J_I$

ここで、$J_{EL}$はエネルギー損失に対する罰則（又は、ペナルティ／penalty）であり、一方、$J_{CE}$は、切替（又は、スイッチ／switch）のために必要とされるコントロールエフォート（又は、制御努力／control effort）を頻繁な切替を回避することによって罰則し（又は、ペナルティを与え／penalize）、$J_I$は、現在の動作状態では実現可能でないモードを罰則する。アルゴリズムは、使用可能なモードごとに$J_{mode}$を評価した。図８ｂでは、最適解の選択がセクション４（「４」として識別されるブロック）で実

行される。さらに、それぞれのモードにおいて、圧力$p_{s,A}$、$p_{s,B}$、$p_{s,C}$、及び$p_{r,A}$、$p_{r,B}$、$p_{r,C}$が定義されるので、実施形態のセクション２で強調されるように、比例弁での必要とされ達成可能な圧力差を評価することによって、モード実現可能性を検証し得る。セクション３では、前回の切替後の経過時間（$t_{sw}$）が次回の切替の目標時間間隔（$t_{target}$）よりも短い場合に、モード切替を罰則する。制約又は目標が満たされない場合、大きな値（ＬＶ１）及び（ＬＶ２）によって表される罰則が、罰則付き禁止モード（penalized prohibited mode）に使用され、したがって、それらの選択を回避する。

【００９７】

上記ブロックは、各モードにおける絞り損失の必要量を評価するために利用されるアクチュエータ速度測定値を受信する。これは、以下の式を評価することによって実施される：

$$J_{EL}=abs(x'\cdot t_s\cdot[F_{ref}-F_{mode}])$$

ここで、$t_s$はコントローラのサンプリング時間であり、$F_{mode}$は比例弁が使用されなかった場合に利用可能な、結果として生じるシリンダ出力の力（cylinder output force）である。

【００９８】

さらに、アルゴリズムはまた、セクション１で強調されるように、$F_{ref}$が達成されるように、各シリンダチャンバ内の必要な圧力を評価する。これにより、それぞれのシリンダチャンバへの基準圧（$p_{ref,i}$）が得られる。

【００９９】

それぞれのシリンダチャンバは図９に示すように、フィードバック制御によってそれぞれの圧力が制御される、独自のローカルコントローラを有する。また、これらのコントローラは、コントローラが前もって比例弁の供給側と戻り側の圧力を知るように、オン／オフ弁に命令された状態（$u_{on/off}$）についての情報を受信する。したがって、高圧レール（$p_{hp}$）、中圧レール（$p_{mp}$）、低圧レール（$p_{lp}$）で受け取った圧力レベルと、弁の状態に基づいて、圧力評価ロジックブロック（pressure evaluation logic block）は、比例弁の供給側（$p_{s,i}$）、戻り側（$p_{r,i}$）の圧力に対する値を設定する（define）。このようにして、各比例弁の開度は、所与の圧力差で所望の流量が達成されるように、必要な弁コマンドを評価する非線形弁マップを用いて、比例弁の供給側又は戻り側のいずれかの圧力に変化があるときに、電子的に補償し得る。そのような圧力差（$\Delta p$）は、測定されたチャンバ圧力（$p_{ch,i,meas}$）と給気側又は戻り側の圧力との間の差を評価することによって得られる。これは、オン／オフ弁の状態によって供給側圧力と戻り側圧力の両方が変化するために必要である。本実施形態はまた、基準圧が追跡されるように、コントローラゲイン（又は、制御器利得／controller gain）$K_{P,i}$、$K_{I,i}$及び$K_{D,i}$の数値に基づいて、ＰＩＤコントローラがそれぞれのチャンバへの流れコマンド（$Q_{cmd}$）を調整することを示す。この流れコマンドは弁非線形マップへの入力として使用され、これはそれぞれの比例弁（$u_{pv,i}$）にコマンドを出力する。

【０１００】

さらに、複雑なアクチュエータ設計を必要とすることなく、多数の離散化された力を提供し得る、重機械のための油圧構造における新規なアプローチが提示される。これにより、システム損失を大幅に増加させることなく、また、シリンダ設計の複雑さを大幅に増加させ、その信頼性に影響を与え得る、多数のチャンバを有するシリンダを必要とすることなく、比例弁を介して細かな制御調整のための小さなスロットル制御を導入することができる。この目的のために、２７個の離散化された力レベルをもたらす、３つのチャンバと３つの圧力レール６０２、６０４、及び６０６とを有するアクチュエータ６０１を含む、重機システムのための油圧装置６００の概略図である図１０を参照する。図１０の油圧装置６００は１つのアクチュエータ６０１と共に示されているが、より多くのリニア又はロータリーアクチュエータを同じ圧力レールに結合し得る。リニアアクチュエータ６０１は

、比例弁のネットワークによって独立して制御される３つのチャンバを含む（簡略化のために個々には識別しない）。比例弁のネットワークの各弁は、アクチュエータの１つを有するチャンバを供給レールに結合する役割を果たす。３つのレール６０２、６０４、及び６０６が設けられ、各々一つが異なる圧力レベルにある。これらの異なる圧力レールは図１０に示されるもの（内燃機関（ＩＣＥ））などの動力源によって、又は当業者に知られている他の動力発生スキーム（例えば、電気モータなど）によって生成される。各レール内の圧力は、特定の用途に従って規定された所定の制限内にとどまるように制御され、油圧アキュムレータがこれらのラインで使用され得る。実施形態は圧力レールに流れを供給する２つの可変容量ポンプを有するシステムを表すが、レールへの流れ供給のための異なる構成を開発することも可能である。これらは、固定容量ポンプの使用、又は当業者に知られている他の変形を含み得る。レール内の圧力制御に関して、複数のアクチュエータの位置、速度、加速度、及び／又は力のうちの１つからのフィードバック信号を用いて、レール圧力範囲を調整し、ならびに油圧流供給源、例えば、油圧ポンプからの流れを変化させることができる。したがって、図示の構造では、９つの比例弁があり、これらはパイロット式又はダイレクト式のいずれかであってよい。それらは、各チャンバを３つの供給レール６０２、６０４、及び６０６すべてのうちの少なくとも２つに接続するマルチチャンバアクチュエータ６０１に結合される。すべてのチャンバがすべての３つのレールに結合されると、２７個の離散的な力のレベル（$3^3$）が達成され、２７個の離散化されたレベルのそれぞれのレベル内で、比例弁によって与えられる多数の微調整が可能となる。この構成は、例えば５つのチャンバから３つのチャンバへとシリンダ設計の複雑さを大幅に低減する一方で、より多くの数の離散的な力の利用可能性をもたらし、したがって、アクチュエータ効率を増大させることによって、従来技術よりも優れた離散化レベルを提供する。加えて、利用可能なより高い数の力レベルによってもたらされるより高いシステム効率は、高い全体的なシステム効率を維持しながら、正確な動作制御のために３つのチャンバのいずれかに小さいスロットル制御を導入することを可能にする。制御アプローチに関して、この構造は、図６、図７、及び図８ａ及び図８ｂで既に説明したものと同様の構造を有し、唯一の相違点は、ローカル圧力コントローラである。最上位の制御ブロック図が図１１に示されており、圧力コントローラの詳細が図１２に示されている。この場合、可能な限り低い圧力降下で所望の流量（$Q_{cmd}$）を提供し得る弁を選択する、異なる弁選択ロジックが実装される。このブロックは、どの弁がアクティブで、どの弁がそうでないか（$u_{off}$）を非線形弁マップに通知する。マップは、次に、チャンバｉに接続された比例弁のそれぞれの一つに弁コマンドを出力する。その結果、このケースでは、コントローラが同じチャンバに接続された３つの比例弁、つまり、ＨＰ圧力レールに接続されたもの（$u_{pv,i,hp}$）、中圧レールに接続されたもの（$u_{pv,i,mp}$）、及び低圧レールに接続されたもの（$u_{pv,i,lp}$）にコマンドを出力する。

【０１０１】

当業者であれば、上述の特定の実装形態に対して多数の修正を行うことができることを認識するであろう。実装は、記載された特定の限定に限定されるべきではない。他の実装も可能であり得る。

【０１０２】

本明細書（翻訳文）内で使用される「ｘ′」の記号は、

$\dot{x}$

を表す。

【図面】

【図１ａ】

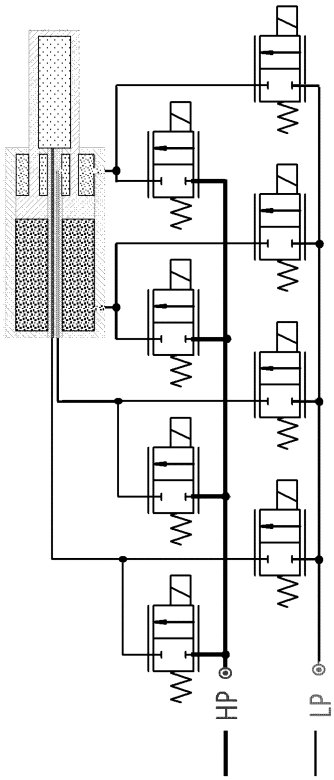



図1a（従来技術）

【図１ｂ】

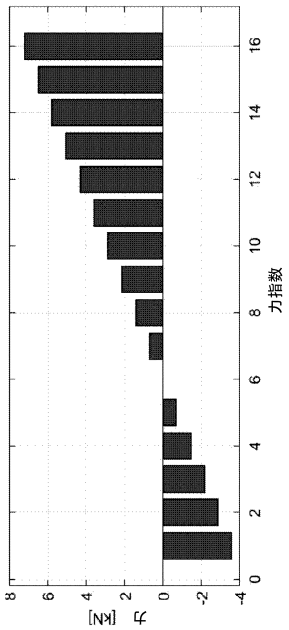



図1b（従来技術）

【図２】

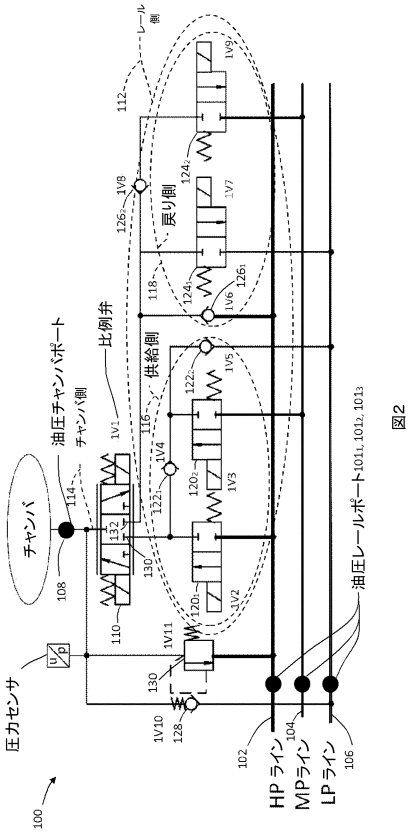



図2

【図３ａ】

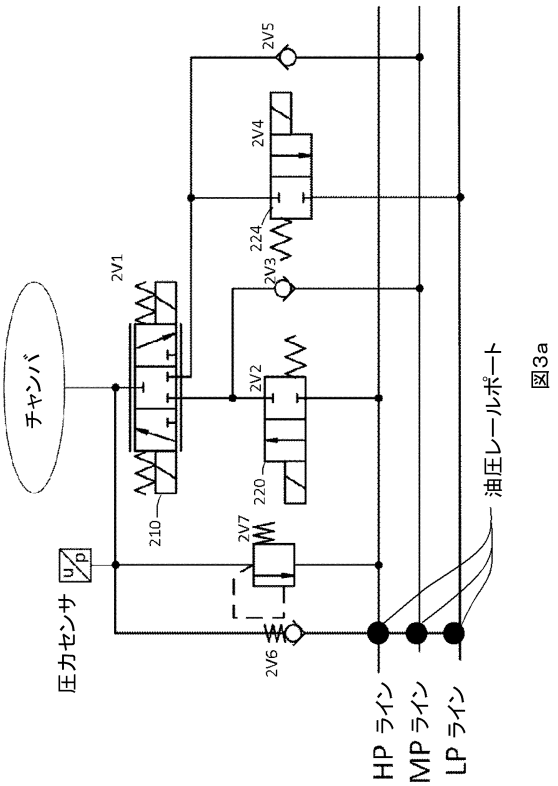



図3a

【図３ｂ】

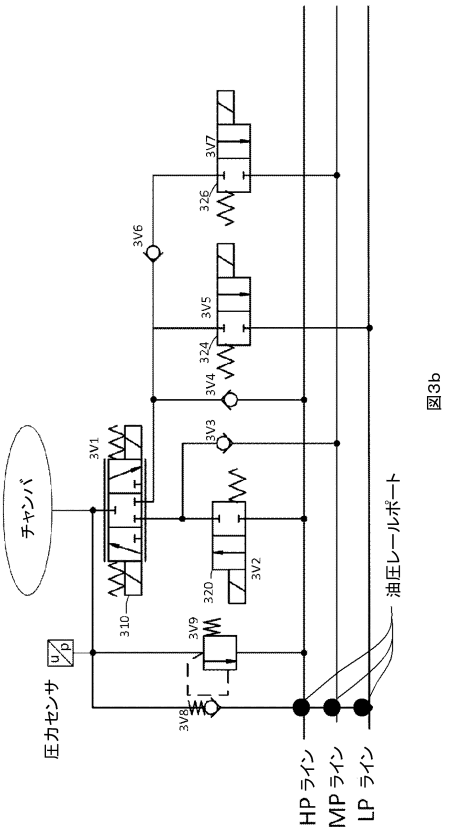



図3b

【図３ｃ】

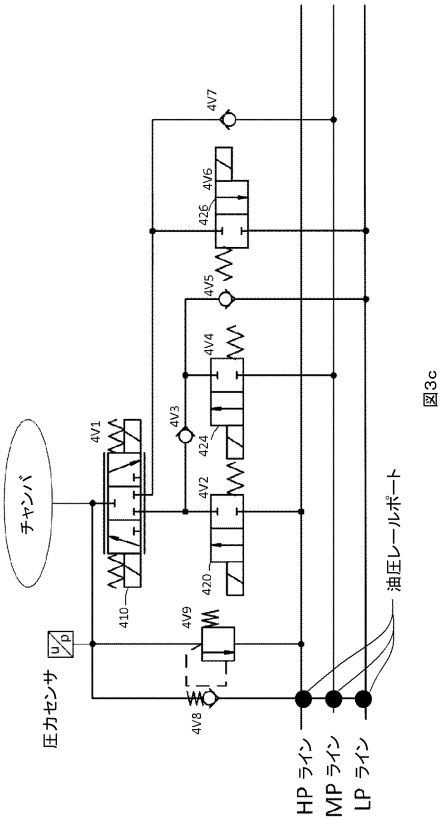



図3c

【図４】

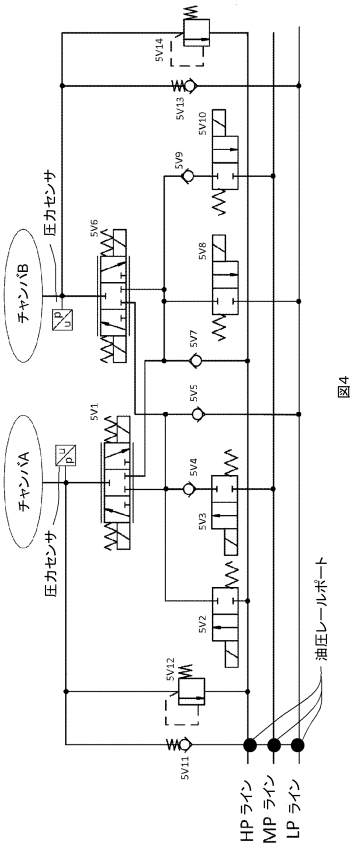



図4

【図５】

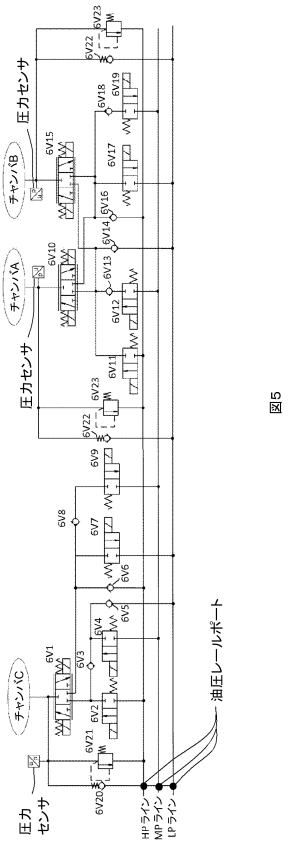



図5

【図６】

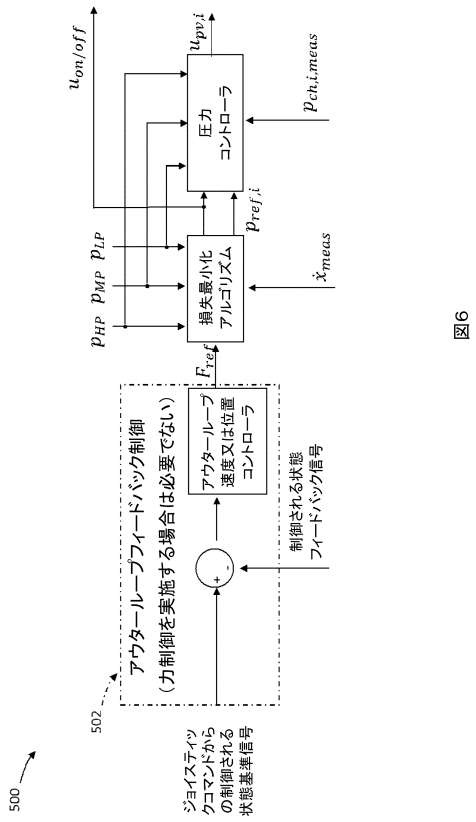



図6

【図７】

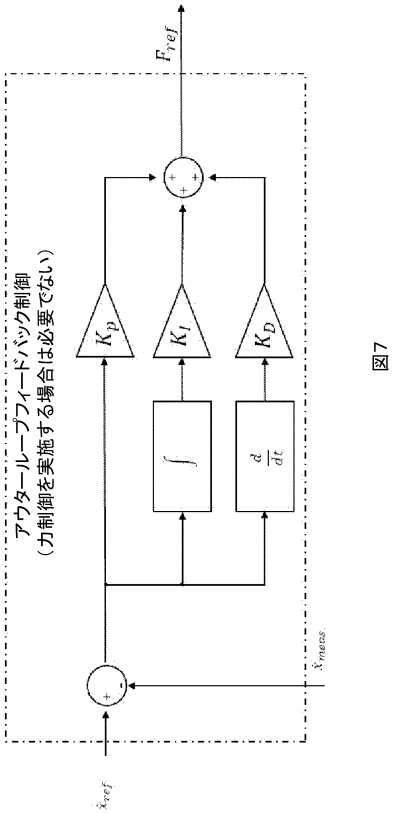



図7

【図８ａ】

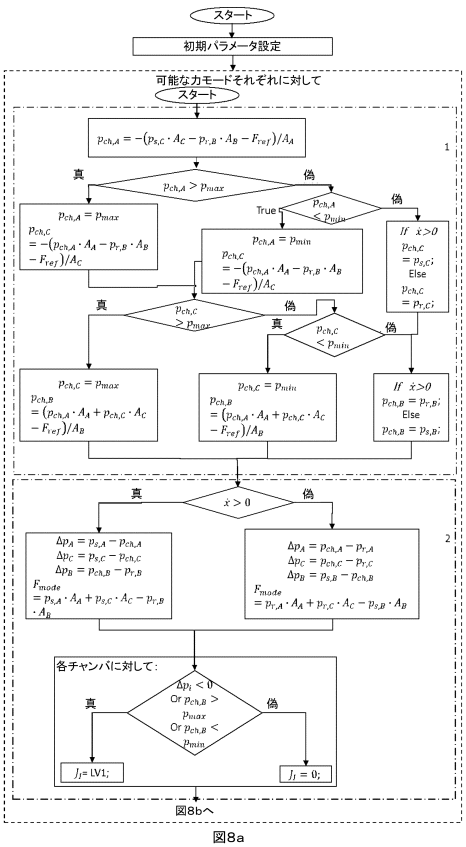



図8a

【図８ｂ】

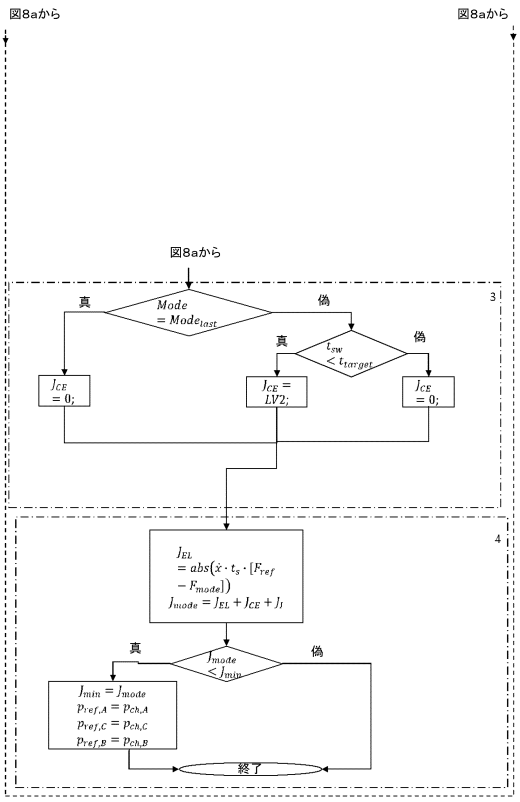



図8b

【図９】

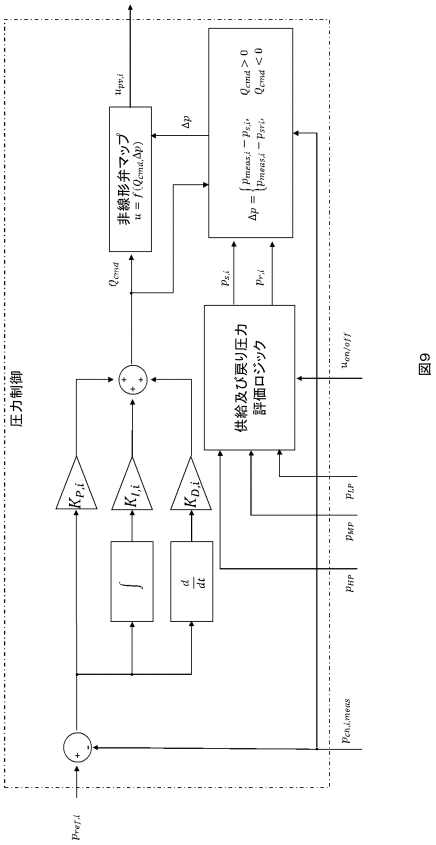



図9

【図１０】

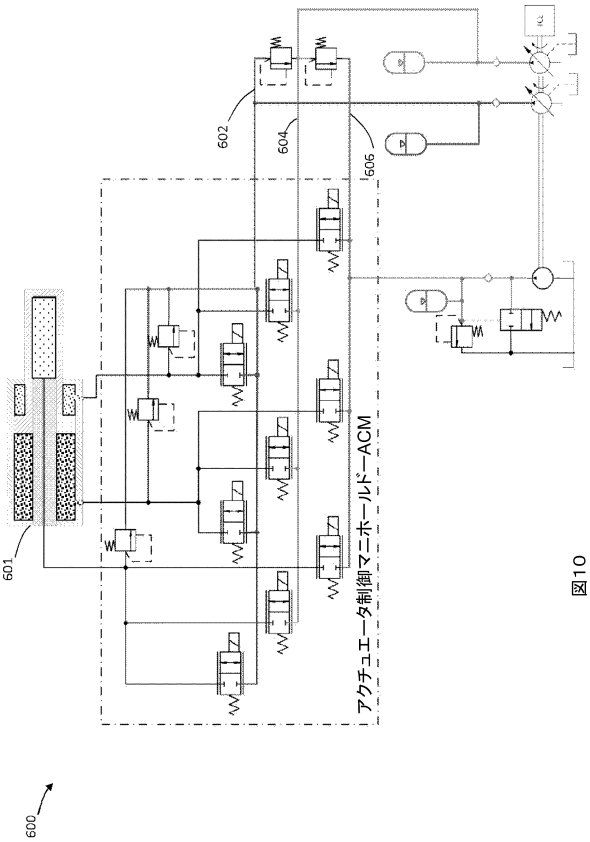



図10

【図１１】

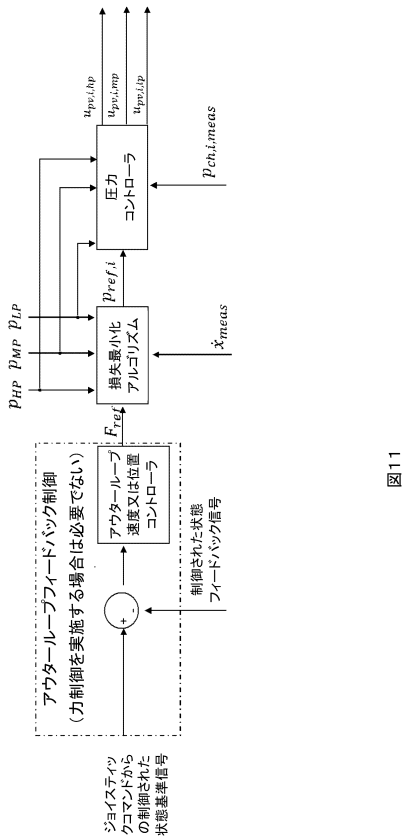



図11

【図１２】

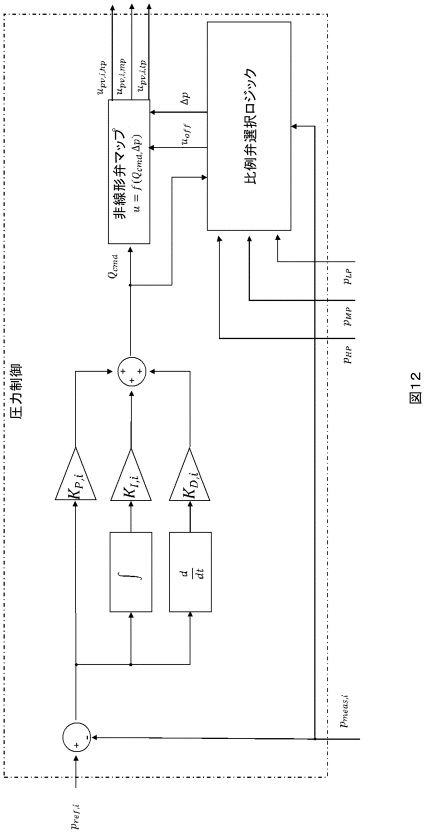



図12

【国際調査報告】

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/US2022/047178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - INV. - F15B 11/036; E02F 9/22 (2023.01)
ADD. - F15B 3/00 (2023.01)

CPC - INV. - F15B 11/036; E02F 9/2296 (2023.01)
ADD. - F15B 3/00; F15B 2211/20569; F15B 2211/20592; F15B 2211/212 (2023.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
See Search History document

Electronic database consulted during the international search (name of database and, where practicable, search terms used)
See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | US 2018/0031006 A1 (KYB CORPORATION) 01 February 2018 (01.02.2018) entire document | 1-49 |
| A | US 2011/0259187 A1 (SIPOLA et al) 27 October 2011 (27.10.2011) entire document | 1-49 |
| A | US 2018/0306211 A1 (NORRHYDRO OY) 25 October 2018 (25.10.2018) entire document | 1-49 |
| A | US 2021/0199140 A1 (SMC CORPORATION) 01 July 2021 (01.07.2021) entire document | 1-49 |
| A | US 2005/0175485 A1 (UDAGAWA et al) 11 August 2005 (11.08.2005) entire document | 1-49 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 08 February 2023 | APR 05 2023 |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450<br>Facsimile No. 571-273-8300 | Authorized officer<br>Taina Matos<br>Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

フロントページの続き

(32)優先日　令和3年10月19日(2021.10.19)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW
フィート ロード，ウィプロ ハウス ナンバー８
Ｗｉｐｒｏ Ｈｏｕｓｅ Ｎｏ．８， ７ｔｈ Ｍａｉｎ ８０ Ｆｅｅｔ Ｒｏａｄ Ｋｏｒａｍａｎｇａｌａ （ＩＮ）
(74)代理人　100105131
弁理士　井上 満
(74)代理人　100105795
弁理士　名塚 聡
(72)発明者　ベルトリン，マテウス
アメリカ合衆国 ４７９０６ インディアナ州，ウェスト ラファイエット，スィート ２５００，ファウンドリー ドライブ １０１，オフィス オブ テクノロジー コマーシャリゼーション内
(72)発明者　グオ，シャオファン
アメリカ合衆国 ４７９０６ インディアナ州，ウェスト ラファイエット，スィート ２５００，ファウンドリー ドライブ １０１，オフィス オブ テクノロジー コマーシャリゼーション内
(72)発明者　バッカ，アンドレア
アメリカ合衆国 ４７９０６ インディアナ州，ウェスト ラファイエット，スィート ２５００，ファウンドリー ドライブ １０１，オフィス オブ テクノロジー コマーシャリゼーション内
(72)発明者　ニルソン，ジャン
スウェーデン シェルレフテオー ９３１４４ ニルスガタン ７
Ｆターム（参考）　3H089　AA72 BB14 BB15 BB17 CC01 DB33 DB43 DB65