

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5624115号  
(P5624115)

(45) 発行日 平成26年11月12日(2014.11.12)

(24) 登録日 平成26年10月3日(2014.10.3)

(51) Int.Cl.

GO 1 N 7/00 (2006.01)

F 1

GO 1 N 7/00

B

請求項の数 9 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2012-501392 (P2012-501392)  
 (86) (22) 出願日 平成23年2月23日 (2011.2.23)  
 (65) 公表番号 特表2012-523546 (P2012-523546A)  
 (43) 公表日 平成24年10月4日 (2012.10.4)  
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2011/050356  
 (87) 國際公開番号 WO2011/104545  
 (87) 國際公開日 平成23年9月1日 (2011.9.1)  
 審査請求日 平成23年9月26日 (2011.9.26)  
 (31) 優先権主張番号 1003006.2  
 (32) 優先日 平成22年2月23日 (2010.2.23)  
 (33) 優先権主張國 英国(GB)  
 (31) 優先権主張番号 1003007.0  
 (32) 優先日 平成22年2月23日 (2010.2.23)  
 (33) 優先権主張國 英国(GB)

(73) 特許権者 509066031  
 アルテミス インテリジェント パワー  
 リミテッド  
 ARTEMIS INTELLIGENT  
 POWER LIMITED  
 イギリス、イー・エイチ・20 9・ティ  
 ー・ビー ミッドロージアン、ローンヘッ  
 ド、エッジフィールド・ロード、エッジフ  
 ィールド・インダストリアル・エステート  
 、ユニット・3  
 (74) 代理人 110001195  
 特許業務法人深見特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】液圧作動液中の混入気体の特性を計測する方法及び流体作動機械

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

流体作動モータの作動チャンバに受け入れられた液圧作動液中の混入気体の特性を計測する方法であつて、前記特性が、前記作動チャンバを隔離する第1のバルブの閉鎖と、前記作動チャンバをマニホールドと流体連通させる第2のバルブのパッシブな開放との間に経過する時間から決定される、方法。

## 【請求項 2】

前記第2のバルブは、前記第2のバルブにわたる液圧作動液の圧力差に逆らって開放するように動作する、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記第2のバルブは、前記第2のバルブにわたる前記圧力差が所定の圧力差より小さくなるとパッシブに開放するように動作する、請求項2に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記第2のバルブは、前記第2のバルブを開放するかどうかを決定するためにアクティブに制御されるが、前記第2のバルブは、前記第2のバルブにわたる前記圧力差が所定の圧力差より小さくなるまでは開放しないように動作する、請求項1又は2に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記特性は、前記受け入れられた液圧作動液中の混入気体の濃度であるか、又は前記濃度に関連する、請求項1～4のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 6】

10

20

前記特性は、前記受け入れられた液圧作動流体の圧縮率又は体積弾性率に関連する、請求項1～5のいずれか一項に記載の方法。

【請求項7】

容積が周期的に変化する作動チャンバと、低圧マニホールド及び高圧マニホールドと、前記低圧マニホールドと前記作動チャンバとの間の連通を調整するための低圧バルブと、前記高圧マニホールドと前記作動チャンバとの間の連通を調整するための電子制御式高圧バルブと、前記低圧バルブ及び前記高圧バルブの少なくとも一方をアクティブに制御して前記作動チャンバによる正味の流体吐出量をサイクルベースで決定するように動作する制御器とを含む流体作動機械であって、

前記作動チャンバに受け入れられた作動流体内の混入気体を計測する混入気体計測手段を備え、

前記制御器は、前記低圧バルブ及び前記高圧バルブの少なくとも一方のアクティブな開放又は閉鎖のタイミングを決定するとき、計測された混入気体を考慮するように動作し、

前記混入気体計測手段は、前記作動チャンバを隔離する第1のバルブの閉鎖と、前記作動チャンバをマニホールドと流体連通させる第2のバルブのパッシブな開放との間に経過する時間から、前記作動流体内の混入気体に関連するパラメータを決定する、ことを特徴とする、流体作動機械。

【請求項8】

前記第2のバルブは、前記第2のバルブにわたる前記作動流体の所定の圧力差に逆らって開放するように動作する、請求項7に記載の流体作動機械。

【請求項9】

流体作動機械の制御器に、請求項1～6のいずれか1項に記載の方法を実行させるためのプログラムコードを含むコンピュータソフトウェア。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、容積が周期的に変化する少なくとも1つの作動チャンバを含む流体作動機械であって、当該又は各作動チャンバを通じた正味の流体吐出量が少なくとも1つの電子制御式バルブによりサイクルベースで調整される流体作動機械に関する。本発明は、このタイプの流体作動機械の正確且つ効率的な動作を促進することを目的とする。

【背景技術】

【0002】

流体作動機械は、流体により駆動される及び/又は流体を駆動する機械、例えば、ポンプ、モータ、及び異なる操作モードでポンプ又はモータのいずれかとして機能することのできる機械を含む。

【0003】

流体作動機械がポンプとして動作するときは、概して低圧マニホールドが流体の正味のソースとして働き、概して高圧マニホールドが流体用の正味のシンクとして働く。流体作動機械がモータとして動作するときは、概して高圧マニホールドが流体の正味のソースとして働き、概して低圧マニホールドが流体用の正味のシンクとして働く。本説明及び添付の特許請求の範囲のなかで、用語「高圧マニホールド」及び「低圧マニホールド」は相対的なものであり、相対圧力は用途によって決定される。流体作動機械は、2つ以上の低圧マニホールドと、2つ以上の高圧マニホールドとを有し得る。第1及び第2のマニホールドが、選択的な操作モードでそれぞれ低圧及び高圧マニホールドとして、又は高圧及び低圧マニホールドとして動作し得る。

【0004】

本発明は、流体が液体、概して非圧縮性液圧作動液などである用途を参照して説明するが、流体は、或いは気体又は圧縮性液体であってもよい。

【0005】

容積が周期的に変化する複数の作動チャンバを含む流体作動機械であって、作動チャン

10

20

30

40

50

バを通じた流体吐出量を電子制御式バルブによりサイクルベースで、且つ作動チャンバ容積のサイクルと位相が整合する関係で調整し、それにより機械を通じた正味の流体処理量を決定する流体作動機械は公知である。例えば、欧洲特許第0 361 927号明細書は、電子制御式ポンプバルブを作動チャンバ容積のサイクルと位相が整合する関係で開放及び／又は閉鎖し、それによりポンプの個々の作動チャンバと低圧マニホールドとの間の流体連通を調整することによってマルチチャンバポンプを通じた正味の流体処理量を制御する方法を開示した。低圧マニホールドと作動チャンバとの間の流体の流量を調整するバルブは、本明細書では低圧バルブと称される。結果として個々のチャンバは、アクティブサイクルを実行して所定の定容積の流体を置換するか、又は正味の流体吐出量がないアイドルサイクルを経ることを制御器によってサイクルベースで選択することが可能であり、ひいてはポンプの正味の処理量を要求量と動的に合致させることが可能となる。 10

#### 【0006】

欧洲特許第0 494 236号明細書はこの原理を発展させたもので、電子制御式ポンプバルブを備え、これらのバルブが個々の作動チャンバと高圧マニホールドとの間の流体連通を調整することによって、選択的な操作モードでポンプ又はモータのいずれかとして機能する流体作動機械の提供が促進された。高圧マニホールドと作動チャンバとの間の流体の流量を調整するバルブは、本明細書では高圧バルブと称される。欧洲特許第1 537 333号明細書は、要求量にさらに良好に合致するよう個々の作動チャンバの個々のサイクルが複数の異なる流体容積のいずれかを置換することができる部分サイクルの可能性を提供する。英国特許第2430246号明細書は、個々の作動チャンバと高圧マニホールドとの間の流体連通を調整するためのあるタイプのバルブ、及びかかるバルブを備えた機械の動作方法であって、静止しているときに欧洲特許第0 494 236号明細書の流体作動機械がトルクを発生することを可能にする方法を提供する。 20

#### 【0007】

これらの機械は、バルブ閉鎖のタイミングが高圧マニホールドの流体圧力に対して適切でない場合、動作不能となる可能性がある。例えば、モータ運転サイクルの間、ポンプバルブなどの低圧バルブの吐出行程における閉鎖が、捕捉された作動流体を少なくとも高圧マニホールドの圧力まで圧縮するのに遅過ぎる場合、続く膨張行程での高圧マニホールドからの流体の吸入を前に、それぞれの作動チャンバの高圧バルブが開かない。ひいてはモータ運転サイクルが不可能となり、機械は正常に機能しない。第2の例では、モータ運転サイクルの膨張行程において高圧バルブの閉鎖が遅過ぎる場合、それによって作動チャンバの十分な減圧が妨げられ、ひいてはそれぞれの低圧バルブを再開放することによる作動チャンバからの流体の吐出が妨げられ、従って圧縮行程において流体が高圧マニホールドに逆流する。 30

#### 【0008】

本発明者らは、このタイプの機械では、例えば、空気、水及び他の異物の侵入又は吸収、広範囲にわたる温度での動作、並びに時間の経過に伴う劣化に起因して、作動流体の特性が使用中に大幅に変化することを発見した。特に関連性があつて変化し易い特性は、流体の圧縮率又は体積弾性率である。また、流体粘度の変化も作動チャンバからの流体のリーキ率に影響する。加えて、バルブ及び他の可動部品は、時間とともに摩耗したり、嵌まり込んだり、若しくは変形したりすることに伴い、又は異なる温度下において性能が変化し、そのためその時々でそれぞれの動作が速くなったり、又は遅くなったりし得る。さらに、動作中における流体特性及びバルブ性能の計測は極めて困難又は高価であることから別の問題が生じる。実際には、流体作動機械の動作流体はその寿命の間に何度も変えられるため、状況によって異なる特性を有する流体が選択される場合は特に、流体の特性は変化し得る。最後に、個々の作動チャンバの特性（リーキ量及びバルブ閉鎖時間など）を製造中に計測するには費用がかかり得るため、使用時まで流体作動機械の較正は行わないことが望ましい可能性もある。 40

#### 【0009】

これらの要因が作動機械に対する流出入量の精度の低下を招き、その精度はこうした要 50

因がなければ極めて正確に分かるものである。例えば、作動チャンバ容積のサイクルに対して特定の位相で低圧ボベットバルブを閉鎖することにより送り込まれる容積は、流体圧縮率又はリーク量が予想より大きかった場合には、予想より少なくなる。

#### 【0010】

流体特性の変化により、流体作動機械は動作不能となることさえあり得る。例えば、流体圧縮率又はリーク量の増加が補償されなければ、低圧ボベットバルブの閉鎖は、作動チャンバを十分に加圧して、次にモータ運転サイクルに備えて高圧バルブを開放するのに、遅過ぎるであろうことを意味し得る。ひいてはモータ運転サイクルが不可能となり、機械は正常に機能しない。第2の例は、予想外の圧縮率の増加又はリーク量の低下により、モータ運転サイクルの吸入行程の終わりに高圧バルブが閉鎖された後の作動チャンバの十分な減圧が妨げられ、ひいては低圧バルブの再開放が妨げられるときである。

10

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0011】

本発明は、流体作動機械を、使用中に生じ得る作動流体の特性の変動にもかかわらず高い信頼性で効率的に機能可能とする問題に対処し、また関連する計測を行う方法にも関する。

#### 【0012】

先行技術に係る機械では、高圧及び低圧バルブを閉鎖するタイミングは、あらゆる流体特性に関する適切な動作の実現を確実にするため、常に慎重（すなわち早め）でなければならない。しかしながら、タイミングがそれほど慎重ではない場合と比べて置換する流体が少ないため、それによって機械の効率及び性能は低下する。また、流量がより高いときに高圧及び低圧バルブを閉鎖するためさらに大きい雑音が生じ、バルブの寿命が短くなる可能性があり、流体作動機械のフロー出力に望ましくないトルク及び圧力リップルが生じ得る。従って、本発明のいくつかの態様は、広範な流体条件にわたって、又は部品性能が時間とともに変化して動作する、電子制御式バルブを用いる流体作動機械の性能を向上させること、又はある特定の性能特性を有する流体作動機械を実現するための仕様が他の場合と比べて低減された電子制御式バルブの利用を可能にすることを目的とする。

20

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

本発明の第1の態様によれば、流体作動モータの作動チャンバに受け入れられた液圧作動液中の混入気体の特性を計測する方法であって、上記特性が、作動チャンバを隔離する第1のバルブの閉鎖と、作動チャンバをマニホールドと流体連通させる第2のバルブのパッシブな開放との間に経過する時間から決定される方法が提供される。典型的には、第2のバルブは圧力差（これは所定の圧力差であり得る）に逆らって開放するように動作する。

30

#### 【0014】

上記特性は、受け入れられた液圧作動流体の圧縮率又は体積弾性率に関し得る。上記特性は、混入気体の濃度又は存在（例えば、混入気体が存在するかどうか、又は閾値を上回る影響を有する量で存在するかどうか）に関し得る。

#### 【0015】

上記特性は、典型的には、受け入れられた液圧作動液中の混入気体の濃度であるか、又はそれに関する。しかしながら、特性は、例えば作動チャンバ内に封じ込められた混入気体の濃度（及びまた組成）に関連する密閉された作動チャンバ内の圧力変化率に関する特性であってもよい。

40

#### 【0016】

第2のバルブは、第2のバルブにわたる圧力差が所定の圧力差より小さくなるとパッシブに開放するように動作し得る。第2のバルブは、第2のバルブを開放するかどうかを決定するためにアクティブに制御され得るが、第2のバルブにわたる圧力差が所定の圧力差より小さくなるまでは開放しないように動作する。例えば、第2のバルブは、圧力差が所定の大きさより小さくなると、主バルブの開放を促進するよう実質的な圧力差に逆らって

50

開放可能なパイロットバルブを含む電子的に作動可能なパイロット操作式バルブであってもよい。所定の圧力差は、典型的には付勢手段（典型的には1つ又は複数のばね又は他の弾性部材）によりバルブ部材に及ぼされる力に依存する。

#### 【0017】

第2の態様において、本発明は、容積が周期的に変化する作動チャンバと、低圧マニホールド及び高圧マニホールドと、低圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための低圧バルブと、高圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための電子制御式高圧バルブと、低圧バルブ及び高圧バルブの少なくとも一方をアクティブに制御して作動チャンバによる正味の流体吐出量をサイクルベースで決定するように動作する制御器とを含む流体作動機械であって、作動チャンバに受け入れられた作動流体内の混入気体を計測する混入気体計測手段と、制御器が、低圧バルブ及び高圧バルブの少なくとも一方のアクティブな開放又は閉鎖のタイミングを決定するとき、計測された混入気体を考慮するように動作することを特徴とする流体作動機械に関する。 10

#### 【0018】

混入気体計測手段は、作動チャンバを隔離する第1のバルブの閉鎖と、作動チャンバをマニホールドと流体連通させる第2のバルブのパッシブな開放との間に経過する時間から、作動流体内の混入気体に関連するパラメータを決定し、ここで第2のバルブは所定の圧力差に逆らって開放するように動作する。

#### 【0019】

本発明はまた、流体作動機械の制御器上で実行されると、1つ又は複数のアクティブに制御されるバルブをアクティブに開放又は閉鎖するタイミングについての、混入気体の受け取った計測値を考慮した流体作動機械による決定をもたらすプログラムコード（典型的にはコンピュータ可読記憶媒体上又は媒体内にある）を含むコンピュータソフトウェアにも関する。 20

#### 【0020】

本発明の第3の態様によれば、容積が周期的に変化する作動チャンバと、低圧マニホールド及び高圧マニホールドと、低圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための低圧バルブと、高圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための電子制御式高圧バルブと、少なくとも高圧バルブの閉鎖及び低圧バルブの閉鎖をアクティブに制御して作動チャンバによる正味の流体吐出量をサイクルベースで決定するように動作する制御器とを含む流体作動機械の機能のモデリング方法であって、方法が、高圧マニホールドから作動チャンバに受け入れられた流体中の混入気体の特性を考慮するステップを含むことを特徴とする方法が提供される。 30

#### 【0021】

本発明はまた、第4の態様において、流体作動機械を設計し、シミュレートし、較正し、又は動作させる方法であって、本発明の第3の態様に係る方法により流体作動機械の機能をモデリングするステップを含む方法にも関する。

#### 【0022】

本発明はまた、第5の態様において、流体作動機械の作動チャンバに受け入れられた流体中の混入気体の1つ又は複数の特性を計測するステップと、本発明の第3の態様に係る方法により流体作動機械の機能をモデリングするステップとを含む、流体作動機械を較正する又は動作させる方法であって、考慮される混入気体の特性が、混入気体の計測された1つ又は複数の特性を含む方法にも関する。 40

#### 【0023】

本発明の第6の態様によれば、流体作動機械の制御方法であって、流体作動機械が、容積が周期的に変化する作動チャンバと、低圧マニホールド及び高圧マニホールドと、低圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための低圧バルブと、高圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための高圧バルブと、1つ又は複数の上記バルブをアクティブに制御して作動チャンバによる正味の流体吐出量をサイクルベースで決定する制御器とを含み、低圧バルブ及び高圧バルブの少なくとも一方が、作動チャンバ容積のサイ 50

クルに対する開放又は閉鎖のタイミングを変えることができる可変タイミングバルブである、方法において、方法が、作動チャンバ容積の初期サイクルの間に流体作動機械の性能のうちの1つ又は複数の特性を計測するステップと、初期サイクルの間に計測された1つ又は複数の特性を考慮して、作動チャンバ容積の後期サイクルの間に上記可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを制御するステップとを含むことを特徴とする方法が提供される。

【0024】

本発明はまた、第7の態様において、容積が周期的に変化する作動チャンバと、低圧マニホールド及び高圧マニホールドと、低圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための低圧バルブと、高圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための高圧バルブと、低圧バルブ及び高圧バルブの一方又は双方をアクティブに制御して作動チャンバによる正味の流体吐出量をサイクルベースで決定するように動作する制御器とを含み、低圧バルブ及び高圧バルブの少なくとも一方が、作動チャンバ容積のサイクルに対する開放又は閉鎖のタイミングを変えることができる可変タイミングバルブである、流体作動機械であって、流体作動機械の性能のうちの1つ又は複数の特性を計測するための1つ又は複数の計測装置と、作動チャンバ容積の初期サイクルの間に1つ又は複数の計測装置により計測された特性を考慮して、可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを決定するように動作するタイミング調整器とを特徴とする流体作動機械にも関する。当該又は各計測装置は、典型的には、圧力センサ、温度センサ、振動センサ、ノイズセンサ、流量センサ、電流センサ、電圧センサ、又はバルブ動作若しくは位置センサから選択されるセンサである。タイミング調整器は、典型的には流体作動機械の制御器（例えば流体作動機械の制御器により実行されるソフトウェアモジュール）である。流体作動機械の制御器は、典型的には、可変タイミングバルブを、及びいくつかの実施形態では低圧バルブ及び高圧バルブの双方を、アクティブに開放し、アクティブに閉鎖し、開放したまま保ち、又は閉鎖したまま保つようにバルブ制御信号を送る。

【0025】

作動チャンバ容積の初期サイクルの間ににおける流体作動機械の性能のうちの1つ又は複数の特性を考慮して低圧又は高圧バルブ（上記可変タイミングバルブ）の開放又は閉鎖のタイミングを制御することにより、機械は、作動流体及び流体作動機械の構成部品それ自体の様々な特性に対する適合性が高まり、且つ他の場合と比べて、可変タイミングバルブの適切な開放又は閉鎖が不能となる点に、より近付いて運転することができる。この方法はまた、可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミング（例えば作動チャンバ容積のサイクルに対する位相）を動作不能が起こるまでサイクルごとに遅延させ、次にその動作不能点より前に開放又は閉鎖が起こるように早める方法と比べて好ましい。本発明の方法は、修復不可能であり得るバルブの開放又は閉鎖不能を回避し、且つ可変タイミングバルブの開放又は閉鎖と開放又は閉鎖不能が起こる時期との間の時間（例えば位相）の許容誤差を小さくし得るため好ましい。従って、本方法は、可変タイミングバルブの適切な開放又は閉鎖が不能となる時期（作動チャンバ容積のサイクル内における位相など）を予測するステップと、その時期より前に可変タイミングバルブが開放又は閉鎖の命令を受けることを確実にするステップとを含み得る。

【0026】

典型的には、第1の作動チャンバに関連する可変タイミングバルブのタイミングを制御するときに考慮される1つ又は複数の計測特性は、第1の作動チャンバの機能に関連する特性、例えば、第1の作動チャンバに関連する高圧又は低圧バルブを開閉するタイミングの特性、又は第1の作動チャンバ内の、又は第1の作動チャンバに入る、若しくはそこから吐出される流体の圧力若しくは他の物理的特性を含み、又はそれからなる。しかしながら、1つ又は複数の計測特性が、流体作動機械の第2の作動チャンバの機能のうちの少なくとも1つの計測特性、例えば、第2の作動チャンバ内にある、そこに入る、又はそこから吐出される作動流体の特性（混入気体濃度など）を含むこともあり得る。

【0027】

10

20

30

40

50

典型的には、作動チャンバ容積の後期サイクルは、作動チャンバ容積の初期サイクルと同じ作動チャンバの容積の後続サイクルである。しかしながら、いくつかの実施形態において作動チャンバ容積の後期サイクルは、作動チャンバ容積の初期サイクルと異なる作動チャンバの容積の後期サイクルである。初期サイクルが完了する前に後期サイクルが始まる事もあり得る。

【0028】

典型的には、流体作動機械は制御器を含み、この制御器は、1つ又は複数のアクティブに制御されるバルブ（少なくとも可変タイミングバルブを含む）をアクティブに制御して作動チャンバによる正味の流体吐出量をサイクルベースで決定する。制御器は、典型的には可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを制御するが、しかしながら原則的にこのタイミングは第1の制御器により制御され、一方で第2の制御器が、作動チャンバ容積が特定のサイクルにある間にバルブを開放するか、又は閉鎖するかを決定し得る。

【0029】

典型的には、本方法は、作動チャンバ容積の各サイクルについて、1つ又は複数のアクティブに制御されるバルブ（少なくとも可変タイミングバルブを含む）を開放するか、閉鎖するか、開放したまま保つか、又は閉鎖したまま保つかを決定するステップであって、それにより作動チャンバが、正味の作動流体吐出量が実質的に生じないアイドルサイクルを実行するか、又は正味の作動流体吐出量が生じるアクティブサイクルを実行するかが選択され、アクティブサイクルが選択される場合、初期サイクルの間に計測された1つ又は複数の特性を考慮して決定されるのが可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングである、ステップを含む。各サイクル中の正味の作動流体吐出量は、制御器により、どの作動チャンバにアクティブサイクルの命令を送り、どの作動チャンバにアイドルサイクルの命令を送るかを選択することにより決定されても、又は例えば本明細書によって参照により援用される欧州特許第0361927号明細書、欧州特許第0494236号明細書又は欧州特許第1537333号明細書に記載されるとおりの、先行技術に記載される方法に係る要求圧力との比較における計測圧力を使用した閉ループフィードバックにより決定されてもよい。従って、制御器は、閉ループフィードバックを使用して出力が要求信号に一致するようアイドルサイクル及びアクティブサイクルを選択してもよく、また、異なる閉ループフィードバックを用いてアクティブサイクル中のバルブ開放又は閉鎖イベントの正確なタイミングを制御してもよい。

【0030】

「アクティブに制御する」とは、制御器が、少なくともある状況下において、パワーを消費し、且つパッシブ応答、例えばバルブにわたる圧力差のみに応答したバルブの開放又は閉鎖に限られない制御機構により、電子制御式バルブの状態に影響を及ぼすことが可能であることを指す。「アクティブ制御」などの関連する用語は、これに対応して解釈されるべきである。しかしながら、主低圧バルブ、及び存在する場合に1つ又は複数の他の電子制御式バルブは、好ましくはパッシブな手段によっても開放又は閉鎖するように動作する。主低圧バルブは、典型的には、吸入行程中などの作動チャンバ内の圧力降下によってパッシブに開放する。例えば、主低圧バルブ、又は存在する場合に1つ又は複数の他の電子制御式バルブは、少なくとも一部のサイクル中は、圧力差によってパッシブに開放し、且つサイクルの一部分において制御器のアクティブな制御下に選択的に閉鎖可能であり得る。

【0031】

好ましくはバルブはまた、付勢手段によって付勢開放又は付勢閉鎖される。好ましくはバルブは、アクティブ制御下に第1の位置から第2の位置に動くことが可能であり、付勢手段によって第2の位置から第1の位置に動くことが可能である。好ましくは第1の位置又は第2の位置の一方が閉鎖位置であり、他方が開放位置である。

【0032】

「作動チャンバ容積のサイクルと位相が整合する関係」とは、主低圧バルブ、及び存在する場合に1つ又は複数の他の電子制御式バルブの制御器によるアクティブ制御のタイミ

10

20

30

40

50

ングが、作動チャンバの容積サイクルの位相を参照して決定されることを指す。従って、流体作動機械は、典型的には位置センサなどの作動チャンバ位相決定手段を含む。例えば、作動チャンバ容積のサイクルがシャフトの回転と機械的に連係される場合、流体作動機械は好ましくはシャフト位置センサ、場合によりシャフト速度センサを含み、制御器がシャフト位置センサからシャフト位置信号を受け取り、場合により上記シャフト速度センサからシャフト速度信号を受け取るように動作する。異なる作動チャンバの容積サイクル間に位相差を有する複数の作動チャンバを含む実施形態において、制御器は、典型的には個々の作動チャンバの位相を決定するように動作し得る。

【0033】

「アクティブに制御する」（及び「アクティブ制御」などの関連する用語）とは、制御器が、電子制御式バルブの開放の実行、閉鎖の実行、開放の維持及び／又は閉鎖の維持のうちの1つ又は複数を選択的にもたらすように動作する可能性を含む。制御器は、作動サイクルの一部分における電子制御式バルブの状態にのみ影響を及ぼすことが可能であり得る。例えば、制御器は、作動チャンバ内の圧力が相当に大きいときは、作動サイクルの大部分において圧力差に逆らって主低圧バルブを開放することができなくともよい。上記可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングは正確に制御されてもよいが、典型的には、バルブがいつそれ開放又は閉鎖するかに関するいくらかの予測不可能性、又はさらにある状況下では（例えば計測値がまだ多くとられていない始動直後）、バルブがそれぞれ開放又は閉鎖するかどうかに関する予測不可能性が存在し得る。

【0034】

典型的には、制御器は電子制御式主低圧バルブ、及び存在する場合に1つ又は複数の他の電子制御式バルブを、電子制御式バルブに直接か、或いは半導体スイッチなどの電子制御式バルブ駆動器に対して制御信号を送ることによってアクティブに制御する。制御信号を送るとは、電子制御式バルブの意図した状態（例えば開放又は閉鎖）を表す信号、又は電子制御式バルブの状態が変更されるべきである（例えばバルブが開放又は閉鎖されるべきである）ことを表すパルス、又は電子制御式バルブの状態が維持されるべきであることを表すパルスを送ることを含む。制御器は、連続して信号を送り、その信号を止めたり、又は変更したりすることによって電子制御式バルブ、例えば電子制御式主低圧バルブ、又は存在する場合に1つ又は複数の他の電子制御式バルブの状態を変更してもよく、電子制御式バルブは、電流を供給することにより開放に保たれ、且つ電流がオフに切り換わることによりアクティブに閉鎖される常時閉電磁開放バルブを含み得る。

【0035】

制御器が必要に応じていつ信号を送り、送るのを止め、又は変更し、それにより上記可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを制御するかを決定するとき、上記可変タイミングバルブ（例えば低圧バルブ又は高圧バルブ）が開放又は閉鎖するのに必要な（推定された、計算された、又は既知の）時間が考慮されることもあり得る。

【0036】

典型的には、可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングは、シャフトの位置に対する可変タイミングバルブに向けた、又はそれに対する命令信号のタイミングを変えることにより制御される。いくつかの実施形態において、制御されるのは、可変タイミングバルブに向けた、又はそれに対する命令信号のタイミングである。他の実施形態において、制御されるのは、可変タイミングバルブに向けた、又はそれに対する第2の命令信号のタイミングに対する可変タイミングバルブに向けた、又はそれに対する第1の命令信号のタイミングである。従って、制御されるのは、可変タイミングバルブに向けた、又はそれに対する命令信号の長さ、又は命令信号のデューティサイクルであってもよい。いくつかの実施形態において可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングは、可変タイミングバルブに向けた、又はそれに対する命令信号の特性を変えることにより制御される。命令信号の特性としては、電流若しくは電圧パルスの長さ若しくはレベル、又は電流若しくは電圧信号の経時的なプロファイル、又はパルス幅が変調された電流若しくは電圧パルスのデューティサイクルを挙げることができる。従って、命令信号はパルス信号（例え

10

20

30

40

50

ばパルス幅変調信号)であってもよく、可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングは、パルスの振幅、周波数又はデューティサイクルのうちの1つ又は複数を変化させることにより制御されてもよい。

#### 【0037】

いくつかの実施形態において、可変タイミングバルブをそれぞれ開放又は閉鎖に付勢するためバルブ部材に加えられる開放力又は閉鎖力の大きさ(例えば可変タイミングバルブが、電磁石、バルブシート及びバルブ部材を含み、バルブ部材が、電磁石と電磁的に連通している電機子に結合されたポペットを含む場合)もまた、初期サイクルの間に計測された1つ又は複数の特性を考慮して制御される。開放力又は閉鎖力とは、上記可変タイミングバルブが開放又は閉鎖に向けてアクティブに付勢される間の、又はアクティブに開放又は閉鎖されたまま保たれている間の平均の力を指す。作動流体の温度又は粘度、バルブなどの流体作動機械の構成部品の温度又は経過年数、可変タイミングバルブにわたる圧力差、及び作動流体中の混入気体の量及び種類などのパラメータが、可変タイミングバルブの開放又は閉鎖を成功させるために、又は許容される時間内に開放若しくは閉鎖するために必要な力に影響を及ぼし得るため、この力は重要である。従って、計測された1つ又は複数の特性に応じて、後期サイクルの間ににおける開放力又は閉鎖力を増加又は低下させることができる。いくつかの実施形態において、伝送される制御信号は、開放力又は閉鎖力の大きさを伝える。例えば、伝送される制御信号はパルス幅変調信号であってもよく、ここでは信号の電流又は電圧を2つの値の間で切り換え、デューティサイクルを変化させることによってバルブ部材に加えられる開放力又は閉鎖力が調整される。この場合、信号は、例えば電磁石に加えられてもよく(直接的に、又は増幅器、スイッチ等を介して間接的に)、可変タイミングバルブは、電磁石と電磁的に連通したバルブ部材(例えば電機子と結合されたポペット)を含んでもよい。

10

#### 【0038】

典型的には、制御されるのは、作動チャンバの後期サイクル内において可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングである。制御器は、典型的には、各サイクル中に必要に応じて可変タイミングバルブを開放すべきか、又は閉鎖すべきかをさらに決定する。タイミングは、制御器が可変タイミングバルブに対して開放又は閉鎖するよう命令を送る時期であってもよく、可変タイミングバルブが開放又は閉鎖を開始する時期とは異なり得る。

20

#### 【0039】

当該又は各可変タイミングバルブのタイミングは、初期サイクルの間に計測された1つ又は複数の特性を考慮して決定されてもよい。しかしながら、個々の作動チャンバにつき関連する複数のアクティブに制御されるバルブのうち1つのみのタイミングが、初期サイクルの間に計測された1つ又は複数の特性を考慮して決定されることもあり得る。アクティブに制御されるバルブのタイミングは、各々が後期サイクルより早い複数の初期サイクルの間ににおける流体作動機械の性能のうちの1つ又は複数の特性を考慮してもよい。計測特性の一部又は全てが、可変タイミングバルブが関連する作動チャンバの直前10回の容積サイクル内で計測されることが好ましい。好ましくは、計測特性の一部又は全ては、作動チャンバ容積の第2のサイクルの直前の、可変タイミングバルブが関連する作動チャンバの容積サイクルの間に計測される。方法が、作動チャンバ容積の各サイクルについて、1つ又は複数のアクティブに制御されるバルブを開放するか、閉鎖するか、開放したまま保つか、又は閉鎖したまま保つかを決定するステップを含む実施形態において、好ましくは計測特性は、作動チャンバ容積の第2のサイクルの直前の、可変タイミングバルブが関連する作動チャンバのアクティブ容積サイクルの間に計測される。

30

#### 【0040】

本方法は、流体作動機械のモータ運転サイクルをアクティブに制御する方法であり得る。この場合、典型的には高圧バルブが上記可変タイミングバルブである。モータ運転サイクルの(典型的には膨張行程の終わりに向かう)間に高圧バルブを閉鎖する正確な時期の制御は、次に作動チャンバ内の圧力が低圧バルブの開放を可能とするのに十分な低さに下

40

50

がらなければならないため、重要である。本発明者らは、驚くことにモータ運転サイクル中の圧力降下速度が変化し得るとともに非線形的であることを発見しており、これは、受け入れられた作動流体内の混入気体の影響から作動流体が起泡し、混入気体種、混入気体の濃度、温度及び圧力に対して極めて敏感な形で減圧速度に影響が及ぶことに起因している。驚くことに、本発明者らは、高圧バルブの閉鎖速度もまた、例えば、残留磁気、渦電流／渦フラックス、スクイーズ膜及びリーク量に起因して変化することを発見している。高圧バルブが閉鎖され得る最も遅い時期を、あらゆる条件に対して単に一定として仮定するのではなく、計測特性に基づき推定することができるとき、より小さい許容誤差を用い得る。従って、本発明は、公知の方法によって確実に達成し得るものと比べて、各サイクル中に高圧マニホールドからより多くの作動流体を受け入れることが可能である。

10

#### 【0041】

しかしながら、いくつかの実施形態では可変タイミングバルブは低圧バルブである。作動チャンバに関連する低圧バルブ及び高圧バルブの双方が可変タイミングバルブであってもよく、その各々の開放又は閉鎖のタイミングは、作動チャンバ容積の第2のサイクルの間に、第1のサイクル中に計測された1つ又は複数の特性を考慮して制御される。

#### 【0042】

本方法は、低圧バルブ及び高圧バルブの少なくとも一方の開放又は閉鎖に関するパラメータを監視するステップを含んでもよく、少なくとも1つの計測特性は、監視されるバルブの開放又は閉鎖に関係し得る。

#### 【0043】

可変タイミングバルブが上記低圧バルブ及び上記高圧バルブのうちの一方であり、及び監視されるバルブが上記低圧バルブ及び上記高圧バルブのうちの他方であることもあり得る。しかしながら、監視されるバルブが可変タイミングバルブであってもよい。

20

#### 【0044】

監視されるバルブの開放又は閉鎖に関する1つ又は複数のパラメータは、以下の1つ又は複数を含み得る：監視されるバルブが作動チャンバ容積の初期サイクルの間に開放するかどうか、監視されるバルブが作動チャンバ容積の初期サイクルの間に閉鎖するかどうか、監視されるバルブが作動チャンバ容積の初期サイクルの間にいつ開放するか、監視されるバルブが作動チャンバ容積の初期サイクルの間にいつ閉鎖するか、監視されるバルブが作動チャンバ容積の初期サイクルの間にいつ閉鎖を開始するか、監視されるバルブが作動チャンバ容積の初期サイクルの間にいつ開放を開始するか、作動チャンバ容積の初期サイクルの間の監視されるバルブの開放速度、又は作動チャンバ容積の初期サイクルの間の監視されるバルブの閉鎖速度。

30

#### 【0045】

本方法は、必要に応じて、バルブが開放又は閉鎖すべきであるという制御器の信号送出とバルブの開放又は閉鎖の開始及び／又は終了との間に経過する時間、作動チャンバ容積の変化量又はシャフト回転の大きさのうちの1つ又は複数を計測するステップを含み得る。これらは、バルブ及び作動流体の特性に応じて大幅に変化し得る重要なパラメータである。このように、制御器は、作動チャンバ容積の後期サイクルの間にいつ可変タイミングバルブの開放又は閉鎖の信号を送るべきかを決定するときに、上記時間を考慮し得る。

40

#### 【0046】

監視されるバルブの開放又は閉鎖に関する1つ又は複数のパラメータは、低圧マニホールドの圧力、高圧マニホールドの圧力、作動チャンバの圧力、作動チャンバ容積のサイクルと機械的に連係したシャフトのトルク、又はそれらの変化量のうちの1つ又は複数から決定されてもよい。

#### 【0047】

典型的には、流体作動機械の性能の1つ又は複数の特性の計測値は選択的に考慮される。例えば、一部の計測値は間違っている又は誤っている可能性があると判断され、それにより無視され得る。従って、作動チャンバ容積の後期サイクルの間における上記可変タイミングバルブの開放又は閉鎖の制御及びタイミングにおいて、考慮されない流体作動機械

50

の性能の 1 つ又は複数の特性の計測値があり得る。作動チャンバ容積の後期サイクルの間に上記可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを制御するとき、いくつかの実施形態では、流体作動機械の 1 つ又は複数の特性から構成される計測値の全てが考慮されるが、いくつかの実施形態では、流体作動機械の性能の 1 つ又は複数の特性から構成される計測値の一部のみが考慮されることもあり得る。従って本方法は、作動チャンバ容積の少なくとも一部のサイクルについて、作動チャンバ容積の初期サイクルの間に流体作動機械の性能のうちの 1 つ又は複数の特性を計測するステップと、作動チャンバ容積の後期サイクルの間に上記可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを制御するときに、上記計測された 1 つ又は複数の特性を考慮しないことを決定するステップとをさらに含み得る。いくつかの実施形態において、上記可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを、作動チャンバの初期サイクルの間ににおける流体作動機械の性能のうちの 1 つ又は複数の特性の計測値に応じて制御することが、例えば 1 つ又は複数の特性の測定量のうちの少なくとも 1 つが無効条件を満たすとの判断に応答して、選択的に一時抑制され得る。無効条件としては、上記 1 つ又は複数の特性の計測値が許容範囲外であること、上記 1 つ又は複数の特性を計測できないこと、予定外の時点における 1 つ又は複数の特性の計測、又は上記 1 つ又は複数の特性の適切且つ正確な計測を妨げることが分かっている他のイベントと同時に行われる 1 つ又は複数の特性の計測を挙げることができる。10

#### 【 0 0 4 8 】

可変タイミングバルブが低圧バルブ及び高圧バルブの一方であり、本方法が、作動チャンバ容積の初期サイクルの間に、制御器によって低圧バルブ及び高圧バルブの他方の閉鎖が生じた後、且つ可変タイミングバルブの開放が完了する前に起こる 1 つ又は複数のイベントを監視するステップを含むこともあり得る。例えば、本方法は、上記他方のバルブの閉鎖後、且つ続く可変タイミングバルブの開放前の 1 つ又は複数の時点において、作動チャンバ内の圧力の変化率を計測するステップを含み得る。20

#### 【 0 0 4 9 】

典型的には、計測が関係する監視されるバルブの開放又は閉鎖はアクティブに制御される。しかしながら、監視されるバルブの開放又は閉鎖は、作動流体圧力が変化する結果としてパッシブに起こってもよい。典型的には本方法は、監視されるバルブのパッシブな開放又は閉鎖に関連又は応答するパラメータを監視するステップを含む。

#### 【 0 0 5 0 】

計測されるバルブ（低圧バルブ又は高圧バルブである）は、ソレノイドを含む電磁操作式バルブであってもよい。この場合、本方法は、上記ソレノイドの少なくとも 1 つの電気特性を計測することにより 1 つ又は複数の計測特性の少なくとも 1 つを得るステップを含み得る。典型的にはソレノイドではバルブの動きに応答して電位差又は電流が誘導され得るため、計測されるバルブの開放又は閉鎖速度などのパラメータは、ソレノイドの計測される電気特性から典型的には決定することができる。計測されるバルブの開放又は閉鎖は、音響センサ（衝撃によって生じる音響又は振動を検出するため）、光学センサ、電気センサ（スイッチなど）又は磁気センサにより検出され得る。バルブの開放又は閉鎖はまた、入口若しくは出口マニホールドの、又は作動チャンバ内の圧力パルスからも検出され得る。バルブが開放又は閉鎖するか否かはまた、バルブが開放位置又は閉鎖位置のいずれにラッピングされているものとして検出されるかによっても決定され得る。これはまた、インダクタンスなどの、ソレノイドとソレノイドが作用するバルブヘッドに結合された電機子との間の相対的な距離に応じて変化するソレノイドの電気特性からも決定され得る。40

#### 【 0 0 5 1 】

本方法は、1 つ又は複数の計測特性のうちの少なくとも 1 つを考慮して、低圧バルブ又は高圧バルブの少なくとも一方が開放又は閉鎖の一方又は双方を行うために必要な時間を推定するステップと、推定された時間を考慮して可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを決定するステップとを含み得る。

#### 【 0 0 5 2 】

先読みアルゴリズムを用いて、複数の初期サイクルの間に計測された値から後期サイク50

ルの間における計測特性の予想値を決定してもよい。これは、1つ又は複数の計測特性が急速に変化するとき、例えば流体作動機械が始動又は停止する間、又は流体作動機械の動作圧が変動しているときに、特に有用である。

#### 【0053】

可変タイミングバルブが低圧バルブ及び高圧バルブの一方であり、可変タイミングバルブを閉鎖するタイミングが、作動チャンバ容積の同じサイクルにおいて後に低圧バルブ及び高圧バルブの他方が開放不能となることを回避しながら、流体作動機械の効率及び円滑さの一方又は双方を最大化するように最適化されることもあり得る。可変タイミングバルブは、必要に応じて、適切に開放又は閉鎖するため指示され得た直前に決定された時期より所定の時間だけ早く開放又は閉鎖するよう指示を受けることがあってもよく、この所定の時間は、初めに機械の動作開始が行われるときは作動チャンバ容積のサイクル時間に対して比較的長く、次に動作が続くに従い作動チャンバ容積のサイクル時間に対して減少し、これは、特性の追加的な計測が行われ、又は計測特性のトレンドが計算され、又は機械の特性（例えば温度）が安定するに従い、作動チャンバ容積の特定のサイクルの間に可変タイミングバルブが開放又は閉鎖不能となることを回避するのに必要な安全マージンを低減し得ることに伴うものである。

10

#### 【0054】

流体作動機械は複数の作動チャンバを含むことがあってもよく、ここで、第1の作動チャンバに関連する上記可変タイミングバルブのタイミングを制御するときに考慮される1つ又は複数の計測特性は、流体作動機械の第2の作動チャンバの機能のうちの少なくとも1つの計測特性を含む。例えば、受け入れられた作動流体の特性と関係付けられるいずれか一つの作動チャンバの機能の計測特性（例えば受け入れられた作動流体の温度、圧力又は混入気体濃度と関係付けられるもの）は、同様に同じ特性を有する作動流体を受け入れた別の作動チャンバに関連する可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングの決定に有用であり得る。

20

#### 【0055】

可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングは、計算された最適時期から外れて、後続のサイクルの間における可変タイミングバルブを開放又は閉鎖する最適時期に関する続く計算を促進する計測値をとることが可能となるように変更されてもよい。従って、本方法は、作動チャンバ容積のサイクルに対して、上記低圧又は高圧バルブのアクティブに制御される開放又は閉鎖のタイミングを変化させるステップと、作動チャンバ容積の少なくとも1つの初期サイクルの間における上記アクティブに制御された開放又は閉鎖の各々に続いて流体作動機械の性能の1つ又は複数の特性を計測するステップと、アクティブに制御された開放又は閉鎖の上記タイミングに応じた上記1つ又は複数の特性の応答に関するデータを格納するステップと、作動チャンバ容積の後期サイクルの間における可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを決定するとき格納されたデータを考慮するステップとを含み得る。

30

#### 【0056】

好ましくは、作動チャンバと、補助低圧ポートが加圧流体を放出する低圧マニホールドとの圧力差は、主低圧バルブが逆らって開放することのできる圧力差を少なくとも10倍、典型的には少なくとも100倍又は少なくとも1,000倍上回る。

40

#### 【0057】

流体作動機械はモータであってもよく、その場合、モータ運転サイクルのみを実行するように動作し得る。しかしながら、流体作動機械は、異なる操作モードでモータ又はポンプのいずれとしても機能するように動作してもよく、その場合、モータとして動作している状況下でのみモータ運転サイクルを実行し得る。

#### 【0058】

作動チャンバが、概して固定端と移動端とを有するピストン・シリンダである場合（例えば、ラジアル又はアキシャルピストン機械の場合）、主低圧バルブは好ましくはシリンダの固定端に提供され、主低圧バルブの動きが最小限に抑えられる。主低圧バルブは、シ

50

リンダの固定端でシリンドラと同軸上にあっても、又はシリンドラから半径方向に延在してもよい。高圧バルブもまた典型的にはシリンドラの固定端に、典型的には低圧バルブと同軸上に、或いはそれから半径方向に延在して提供される。これらの構成では、好ましくは、補助低圧ポートはシリンドラの反対端に提供される。これは、各サイクルにおいてシリンドラのあらゆる部分で流体の交換が生じ、シリンドラの基部周辺における流体のホットスポットが低減されるという利点を有する。例えば、補助低圧ポートは、シリンドラの移動端でシリンドラと同軸上にあっても、又はシリンドラから半径方向に延在してもよい。

#### 【 0 0 5 9 】

制御器は、主低圧バルブの開放及び／又は閉鎖を制御するように動作する。高圧バルブが電子制御式バルブを含む場合、制御器は、好ましくは上記電子制御式バルブの開放及び／又は閉鎖を制御するように動作する。 10

#### 【 0 0 6 0 】

制御器は、好ましくは、特定のサイクルの間に特定の電子制御式バルブを開放及び／又は閉鎖するか否かの決定と、作動チャンバの容積のサイクルに対する特定の電子制御式バルブの開放及び／又は閉鎖の位相の決定との一方、又は好ましくは双方を行うことにより、少なくとも1つの電子制御式バルブ（少なくとも主低圧バルブを含む）の開放及び／又は閉鎖をサイクルベースで制御するように動作する。少なくとも1つの電子制御式バルブの開放及び／又は閉鎖の制御とは、バルブを開放又は閉鎖されたままに保つ可能性を含む。 20

#### 【 0 0 6 1 】

典型的には、少なくとも1つの電子制御式バルブ（少なくとも主低圧バルブを含む）の開放及び／又は閉鎖位相をサイクルベースで制御することにより、制御器は、作動チャンバが複数の異なる選択可能な容積から選択される流体の容積を置換することをサイクルベースでもたらすように動作する。典型的には、複数の異なる選択可能な容積は、個々の作動チャンバによる可能な最大吐出容積と、正味の吐出量なし、とを含む。正味の吐出量なしは、作動チャンバ容積のサイクル全体を通じて電子制御式低圧バルブが開放されたままであるアイドルサイクルによるか、又は例えば国際公開第2007/088380号パンフレットに記載されるとおり、作動チャンバ容積のサイクル全体を通じて作動チャンバを密閉することにより実現され得る。吐出量とは、当該又は各低圧マニホールドから当該（又は各）高圧マニホールドへの、又はその逆の流体の正味の移動を指し、低圧マニホールド間、又は高圧マニホールド間での流体のいかなる正味の移動にも（それは起こり得るが）言及するものではない。複数の異なる選択可能な容積はまた、好ましくは正味の吐出量なしと作動チャンバによる可能な最大吐出容積との間の少なくとも1つの容積、好ましくは複数の容積（例えば、連続的な容積範囲）を含む。しかしながら、複数の作動チャンバが提供される場合、制御器はまた、作動チャンバ群もこの方法で制御し得る。制御器は、典型的には、1つ又は複数の作動チャンバの時間平均正味流体処理量を、一定であっても、又は可変であってもよい受け取る要求信号に対して均衡させる。流体作動機械は、高圧及び／又は低圧マニホールドとそれと連通する高圧及び／又は低圧アクチュエータと組み合わせて使用することにより、入力及び／又は出力流体の圧力又は流量を補整し得る。 30

#### 【 0 0 6 2 】

典型的には、要求信号が一定のままである場合にも、制御器は流量の動作範囲の下端に向かって、正味の流体吐出量がないアイドルサイクルと、作動チャンバの最大行程容積の一部を置換する部分サイクルとを散在させて組み込むように動作する。典型的には、要求信号が一定のままである場合にも、制御器は流量の動作範囲の一部分のなかで、正味の流体吐出量がないアイドルサイクルと、作動チャンバの最大行程容積の一部を置換する部分サイクルと、作動チャンバの最大行程容積を置換する完全サイクルとを散在させて組み込むように動作する。 40

#### 【 0 0 6 3 】

1つ又は複数の電子制御式バルブ（電子制御式主低圧バルブ、及び提供される場合には高圧バルブ及び／又は補助電子制御式バルブを含む）は、典型的には端面シール型バルブ 50

である。1つ又は複数の電子制御式バルブ（電子制御式主低圧バルブ、及び提供される場合には高圧バルブ及び／又は補助電子制御式バルブを含む）は、典型的にはポペットバルブである。1つ又は複数の電子制御式バルブ（電子制御式主低圧バルブ、及び提供される場合には電子制御式高圧バルブ及び／又は補助電子制御式バルブを含む）は、電磁作動式ポペットバルブであってもよい。1つ又は複数の電子制御式バルブ（電子制御式主低圧バルブ、及び提供される場合には電子制御式高圧バルブ及び／又は補助電子制御式バルブを含む）は、電磁操作式ポペットバルブであってもよい。

【0064】

低圧バルブは、典型的には作動チャンバに向かう内開きである。高圧バルブは、典型的には作動チャンバから外方に向かう外開きである。

10

【0065】

流体作動機械が複数の上記作動チャンバを含む実施形態では、必要に応じて、本明細書で考察される任意の好ましい特徴が、典型的には各上記作動チャンバ及び主低圧バルブに、及び関連する場合には各上記作動チャンバに関連する高圧バルブに適用される。典型的には、当該又は各低圧及び高圧マニホールドが複数の上記作動チャンバの2つ以上（例えば、各々）と連通している。

【0066】

本方法は、作動チャンバのモータ運転サイクルの間に、作動チャンバ容積のサイクルと位相が整合する関係で電子制御式主低圧バルブを開放するステップであって、それにより制御器のサイクルベースでのアクティブ制御下に作動チャンバを低圧マニホールドと流体連通させるステップを含み得るとともに、上記モータ運転サイクルの膨張行程の間に、主低圧バルブを開放する前に作動チャンバ内の圧力を放出するステップをさらに含む。圧力は補助低圧ポートを通じて放出され得る。補助低圧ポートは、作動チャンバ容積のサイクルと動作可能に連係する機械的装置によって開放される。典型的には、流体作動機械は回転自在シャフトを含み、補助低圧ポートの開口がその回転自在シャフトに機械的に連係される。

20

【0067】

本発明は、第8の態様において、流体作動機械の制御器上で実行されると、制御器による第1の態様の方法の実行をもたらすプログラムコードを含むコンピュータソフトウェアに関する。本発明はまた、コンピュータ上で実行されると、請求項1～6のいずれか一項に記載の方法により開放又は閉鎖がアクティブに制御される低圧又は高圧バルブを有する流体作動機械の動作の、コンピュータによるシミュレートをもたらすプログラムコードを含むコンピュータソフトウェアにもに関する。コンピュータソフトウェアは、典型的にはコンピュータ可読データ記憶媒体内又は媒体上に格納される

30

【0068】

本発明の第9の態様によれば、流体作動機械の制御方法であって、流体作動機械が、容積が周期的に変化する作動チャンバと、低圧マニホールド及び高圧マニホールドと、低圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための低圧バルブと、高圧マニホールドと作動チャンバとの間の連通を調整するための高圧バルブと、高圧マニホールド中の流体の検知圧力を計測するための圧力センサと、1つ又は複数の上記バルブをアクティブに制御して作動チャンバによる正味の作動流体吐出量をサイクルベースで決定し、且つ検知圧力を受け取るように動作する制御器とを含み、低圧バルブ及び高圧バルブの少なくとも一方は、作動チャンバ容積のサイクルに対する開放又は閉鎖のタイミングを検知圧力と関係付ける較正関数に従い作動チャンバ容積のサイクルに対する開放又は閉鎖のタイミングが変化する可変タイミングバルブである、方法において、制御器が、使用中に変化する追加のパラメータに応答して較正関数を修正することを特徴とする方法が提供される。

40

【0069】

従って、較正関数（これが作動チャンバ容積のサイクルに対する開放又は閉鎖のタイミングを検知圧力と関連付ける）は、追加のパラメータ、又は2つ以上の追加のパラメータに応答して修正され得る。追加のパラメータとは、検知圧力以外のパラメータを指す。

50

## 【0070】

従って可変タイミングバルブを開放又は閉鎖するタイミングは、瞬間の検知圧力のみならず、使用中に変化する少なくとも1つの追加のパラメータも考慮して制御することができる。これにより、可変タイミングバルブの開放又は閉鎖を、開放又は閉鎖不能となり得る、又は別のバルブを開放又は閉鎖不能と（典型的にはパッシブに）し得る点のより近くで作動させることが可能となる。例えば、高圧バルブの開放を可能にするには間に合う低圧バルブの閉鎖はなお確実にしながら、ポンプ運転サイクルの間ににおける低圧バルブの閉鎖を他の場合と比べてさらに遅延させることが可能となり得る。他の場合では、高圧バルブの開放、従って動作不能の回避を確実にするため、より早い時期に低圧バルブを閉鎖することが必要となり得る。さらに、使用中に変化する追加のパラメータに起因して可変タイミングバルブを開放又は閉鎖する正確なタイミングに変動があった場合に、各サイクル中の流体の吐出容積を他の場合と比べてより正確に特定することが可能となり得る。

10

## 【0071】

較正関数は、新規の較正関数を計算することにより修正され得る。較正関数は、メモリから代替の較正関数をロードすることにより修正され得る。較正関数は、2つ以上の較正関数を選択的な方法で組み合わせることによるか、又は較正関数のスケールを変更する（関数の入力又は出力のスケールの変更を含み、及び非線形的スケーリングを含む）ことにより修正され得る。

## 【0072】

検知圧力は、流体作動機械上若しくはその近傍で計測されてもよく、又は流体作動機械から遠隔で、例えばそれと流体接続している流体作動システムにおいて計測されてもよい。

20

## 【0073】

正味の流体吐出量は高圧マニホールドと低圧マニホールドとの間で、ポンプ運転サイクルの場合には低圧マニホールドから高圧マニホールドに、或いはモータ運転サイクルの場合にはそれと逆に生じる。

## 【0074】

可変タイミングバルブが低圧バルブであり、及び作動チャンバが作動流体の目標正味容積を（作動チャンバを介して低圧マニホールドから高圧マニホールドに）置換するのに適切な時期に低圧バルブが閉鎖するように、較正関数が検知圧力を流体作動機械のポンプ運転又はモータ運転サイクルの間ににおける低圧バルブの閉鎖のタイミングと関係付けることもあり得る。これは、ポンプ運転又はモータ運転サイクルが、それぞれの作動チャンバの最大行程容積の一部のみを置換する部分行程サイクルである場合に特に有用であり得る。

30

## 【0075】

可変タイミングバルブが高圧バルブであり、及び作動チャンバが作動流体の目標正味容積を置換するのに適切な時期に高圧バルブが閉鎖するように、較正関数が検知圧力を流体作動機械のモータ運転サイクルの間ににおける高圧バルブの閉鎖のタイミングと関連付けることもあり得る。

## 【0076】

可変タイミングバルブが低圧バルブであり、及び較正関数が、作動チャンバと高圧マニホールドとの間の圧力を等しくするには（従って続く作動チャンバの吸入行程において作動流体を高圧マニホールドから作動チャンバに入れるため高圧バルブが開放され得るには）十分に上死点（TDC）より手前であるが、作動チャンバが相当量の作動流体を（TDCより前に）高圧マニホールドに放出するほどTDCから手前に離れ過ぎてはおらず、例えば、作動チャンバが0.5cc若しくは1cc；又は作動チャンバの行程容積の3%、5%若しくは10%を放出するほどTDCから手前に離れ過ぎることはないものであり得る低圧バルブの閉鎖を確実にするため、検知圧力を流体作動機械のモータ運転サイクルの間ににおける低圧バルブの閉鎖のタイミングと関係付けることもあり得る。

40

## 【0077】

可変タイミングバルブが高圧バルブであり、及び較正関数が、作動チャンバと低圧マニ

50

ホルドとの間の圧力を等しくするには（従って続く作動チャンバの吐出行程において作動流体を作動チャンバから低圧マニホールドに入れるため低圧バルブが開放され得るには）十分に下死点（BDC）より手前であるが、作動チャンバが相当量の作動流体を（BDCより前に）高圧マニホールドから受け入れることができないほどBDCから手前に離れ過ぎてはおらず、例えば、作動チャンバが1cc若しくは2cc；又は作動チャンバの行程容積の5%、10%若しくは15%を受け入れることができないほどBDCから手前に離れ過ぎることはないものであり得る高圧バルブの閉鎖を確実にするため、検知圧力を流体作動機械のモータ運転サイクルの間における高圧バルブの閉鎖のタイミングと関係付けることあり得る。

## 【0078】

10

追加のパラメータは、作動流体の1つ又は複数の特性の計測値であってもよい。作動流体の当該の又はある上記特性は、作動流体の温度であり得る。作動流体の当該の又はある上記特性は、作動流体の圧縮率に関する計測値であり得る。作動流体の圧縮率に関する計測値は、作動流体中の混入気体を考慮して決定され得る。典型的には、追加のパラメータは、作動チャンバ容積のサイクル頻度以外のパラメータである。

## 【0079】

概して、作動流体の圧縮率を直接計測することは、困難又は高価である。作動流体の圧縮率は、流体作動機械又はシステムの動作の特性の計測値から求められることもあり得る。

## 【0080】

20

従って、追加のパラメータは流体作動機械の動作の特性の計測値から求められることもあり得る。

## 【0081】

較正関数は、作動チャンバによる実際の時間平均正味流体吐出量が、作動チャンバ容積のサイクルに対して可変タイミングバルブを作動させることにより生じる作動チャンバによる目標時間平均正味流体吐出量と実質的に同じであるかどうかに応じて変化し得る。時間平均正味流体吐出量の実際値と目標値とが実質的に同じであるかどうかは、検知圧力に応じて（及び典型的にはまた、制御器による1つ又は複数の上記バルブのアクティブ制御、及び高圧マニホールドと接続された流体システムのモデルに応じて）決定されることもあり得る。

30

## 【0082】

流体作動機械の動作の特性の計測値は、1つ又は複数のバルブのパッシブな（すなわち制御器の直接の制御下にアクティブでない）開放の1つ又は複数の特性の計測値、例えば、作動チャンバに関連する第1のバルブの閉鎖と作動チャンバに関連する第2のバルブの開放との間の時間であり得る。特性としては、速度、加速度及び1つ又は複数のバルブが開放するタイミング（例えば作動チャンバ容積のサイクルに対する位相）が挙げられる。

## 【0083】

流体作動機械の動作の特性の計測値は、作動チャンバによる正味の流体吐出量に応じた検知圧力の変化率の計測値であることもあり得る。

## 【0084】

40

検知圧力の変化率は、作動チャンバによる一回の正味の流体吐出量に関して計測されても、又は1つ又は複数の作動チャンバによる複数の吐出量に関して計測されてもよい。検知圧力の変化率は作動流体の特性、特に圧縮率の関数であり、そのため特性、従って較正関数は変化率から計算することができる。

## 【0085】

典型的には、流体作動機械は、作動チャンバ容積のサイクルと動作可能に連係する回転自在シャフトの角度位置を決定するためのシャフトセンサを含み、制御器は、シャフトセンサからシャフト角度の計測値を受け取るように動作する。較正関数は、回転自在シャフトの回転に対して計測されるタイミングの角度成分及び時間オフセット成分のうちの1つ又は複数を（追加のパラメータが、可変タイミングバルブの開放角度又は閉鎖角度を変化

50

させるように) 決定し得る。

【0086】

典型的には、流体作動機械は、制御器と通信するメモリであって、制御器により、例えば較正関数を定義又は計算するために使用されるデータを格納するメモリを含む。

【0087】

制御器が、格納データと流体作動機械の現在の動作条件とを参照して1つ又は複数のさらなるパラメータを計算し、さらなるパラメータを較正関数と組み合わせることにより、作動チャンバ容積のサイクルに対する可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを決定することもあり得る。

【0088】

さらなるパラメータとしては、作動チャンバ容積のサイクルと動作可能に連係する回転自在シャフトの回転速度に伴い変化するパラメータと; 選択可能な操作モードに伴い変化するパラメータと; 可変タイミングバルブの特性(使用中に変化する特性を含む)に応じたパラメータと; 使用中に変化しないパラメータとが挙げられる。

【0089】

可変タイミングバルブの開放又は閉鎖は、可変タイミングバルブに対する(作動又は作動停止)信号の一定遅延時間後に起こり、ここで制御器は、さらなるパラメータから遅延時間を計算し、遅延時間を考慮した(作動又は作動停止)信号のタイミングにより可変タイミングバルブの開放又は閉鎖のタイミングを制御することもあり得る。

【0090】

較正関数は、1つ又は複数の追加のパラメータ及び格納データの双方に応じて修正され得る。上記格納データは複数の格納された較正関数を含んでもよく、制御器が使用中に追加のパラメータに応じて1つ又は複数の格納された較正関数を選択することもあり得る。

【0091】

格納データは1つ又は複数の較正関数パラメータを含んでもよく、制御器が、較正関数パラメータ及び追加のパラメータから較正関数を決定することもあり得る。

【0092】

本発明は、第10の態様において、本発明の第9の態様の方法により動作可能な流体作動機械の製造方法であって、流体作動機械を組み立てるステップと、流体作動機械を試験するステップと、流体作動機械の性能を最適化するステップと、上記最適化から得られた値を格納データに格納するステップとを含む方法に関する。

【0093】

本発明は、第11の態様において、本発明の第9の態様の方法により動作可能な流体作動機械の製造方法であって、流体作動機械を組み立てるステップと、流体作動機械の動作のコンピュータシミュレーションを(いずれかの順序で)実行するステップと、コンピュータシミュレーションから得られた値を格納データに格納するステップとを含む方法に関する。

【0094】

実験的最適化及びコンピュータシミュレーション方法は、追加のパラメータを変化させるように作動流体の特性を変化させるステップと、可変タイミングバルブの開放及び閉鎖のタイミングを調節するステップと、流体作動機械の動作を計測するステップと、流体作動機械の動作が最適化されたときに、タイミング値及び追加のパラメータを格納データに記録するステップとを含んでもよい。実験的最適化は、流体作動機械ごとに実行されても、又は流体作動機械の実質的に異なる設計ごとに実行されてもよい。典型的には、上記追加のパラメータは2つ以上ある。典型的には、最適化は、追加のパラメータによっては計測されない予想されるあらゆる動作条件に対して、低圧マニホールドから高圧マニホールドへの、又はその逆の正味の流体吐出量を最大化するものである。

【0095】

本発明の第12の態様によれば、計算装置上で実行されると、計算装置による本発明の第6、第7、第8又は第9の態様に係る方法に従う流体作動機械の機能のモデリング、流

10

20

30

40

50

体作動機械の機能のシミュレーション、流体作動機械の較正、又は流体作動機械の機能の制御をもたらすプログラム命令を含むコンピュータソフトウェアが提供される。

【0096】

上記で考察されるコンピュータソフトウェアは、典型的には、コンピュータ可読媒体などのキャリア上又はキャリア内に格納される。プログラムコードは、ソースコード、オブジェクトコード、部分的にコンパイルされた形態などのコード中間ソースの形態、又は本発明の方法の実施における使用に好適な任意の他の形態をとり得る。プログラムコードはキャリア上又はキャリア内に格納されてもよく、キャリアは、典型的には、ROM、例えばCD-ROM若しくは半導体ROM、又は磁気記録媒体、例えばフロッピー（登録商標）ディスク若しくはハードディスクなどのコンピュータ可読キャリアである。さらに、キャリアは、電気若しくは光ケーブルを介して、又は無線若しくは他の手段により搬送され得る電気信号又は光信号などの伝送可能キャリアであってもよい。プログラムがケーブルによって直接搬送され得る信号に埋め込まれる場合、キャリアはかかるケーブル又は他の装置若しくは手段により構成され得る。

10

【0097】

本願の任意の態様に関して上述した任意の特徴は、本願の各態様の任意の特徴である。

ここで、以下の図を参照して本発明の例示的実施形態を説明する。

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図1】流体作動機械の個別の作動チャンバの概略図である。

20

【図2】バルブ監視電気回路の概略図である。

【図3】一連のモータ運転サイクルの間の低圧バルブ（LPV）、高圧バルブ（HPV）の状態、並びに作動チャンバ内の圧力を示すタイミング図である。

【図4】本発明を使用したハイブリッド液圧トランスマッショングの略図である。

【図5】本発明に係る2つの可能な較正関数の図である。

【発明を実施するための形態】

【0099】

第1の例では、液圧ポンプの形態の流体作動機械が複数の作動チャンバを含む。図1はシリンダ4の内表面により画定される容積を有する個別の作動チャンバ2と、クランク機構9によりクランクシャフト8によって駆動され、且つシリンダ内で往復運動して作動チャンバの容積を周期的に変化させるピストン6とを示す。シャフトの位置及び速度センサ10がシャフトの瞬間の角度位置及び回転速度を決定し、電気的接続11を介して制御器12に伝えることで、制御器が個々の作動チャンバごとのサイクルの瞬間の位相を決定することが可能となる。制御器は、典型的には使用中に格納されたプログラムを実行するマイクロプロセッサ又はマイクロコントローラである。

30

【0100】

作動チャンバは、作動チャンバに対して内側に向き、且つ作動チャンバから低圧マニホールド16まで延在するチャネルを選択的に遮断するように動作する電子的に作動可能な端面シール型ポベットバルブ14の形態の低圧バルブ（LPV）であって、概して使用中に流体の正味のソース又はシンクとして機能するLPVを含む。LPVは、常時開電磁閉鎖バルブであり、これは、吸入行程中に作動チャンバ内の圧力が低圧マニホールド内の圧力未満のときはパッシブに開放して作動チャンバを第1の低圧マニホールドと流体連通させるが、制御器のアクティブ制御下では、作動チャンバが低圧マニホールドと流体連通しなくなるようにLPV制御ライン18を介して選択的に閉鎖可能である。常時閉電磁開放バルブなどの代替的な電子制御式バルブが用いられてもよい。

40

【0101】

作動チャンバは、圧力作動式送出バルブの形態の高圧バルブ（HPV）20をさらに含む。HPVは作動チャンバから外側に向き、且つ作動チャンバから高圧マニホールド22まで延在するチャネルを遮断するように動作し、このHPVは使用中に流体の正味のソース又はシンクとして機能する。HPVは、作動チャンバ内の圧力が高圧マニホールド内の圧力

50

を上回るときにパッシブに開放する常時閉圧力開放チェックバルブとして機能する。H P Vはまた、常時閉電磁開放チェックバルブとして機能してもよく、これはH P Vが作動チャンバ内の圧力によって開放された後、制御器がH P V制御ライン24を介して選択的に開放状態に保ち得る。或いは、H P Vは、高圧マニホールドに圧力が存在し、しかし作動チャンバには存在しない場合に制御器の制御下に開放可能であってもよく、又は部分的に開放可能であってもよく、例えばH P Vの一部分のみが圧力差に逆らって開放可能であって、残りの部分は圧力差が小さくなつたときに開放可能であり得る。

#### 【0102】

L P V及びH P Vは、L P V及びH P Vの開放、閉鎖又は動作速度を検出し、その情報を制御器に伝達することのできるそれぞれL P V26及びH P V28バルブ監視装置を有する。この例では、バルブ監視装置はバルブそれ自体に組み込まれる。低圧及び高圧マニホールドは、そのそれぞれのマニホールドの検知圧力を制御器に伝達する低圧30及び高圧32圧力トランスデューサを有する。制御器は、タイミングに対するこれらの信号の全ての性質及びタイミング及びL P V及び/又はH P Vに対するその命令の性質並びにまたシャフト位置及び速度（ひいては作動チャンバ容積及び容積の変化率）を観察するように動作する。

#### 【0103】

重要なことには、例えば、欧州特許第0 361 927号明細書、欧州特許第0 494 236号明細書、及び欧州特許第1 537 333号明細書などの公知の方法において主低圧バルブを閉鎖する、又は開放されたまま保つか否かをサイクルベースで決定することに加えて、制御器は、L P V及びH P Vを閉鎖すべきであると決定されたサイクル中に変化する作動チャンバ容積に関してL P V及びH P Vを閉鎖する正確な位相を変化させるように動作する。

#### 【0104】

図2は、作動されたバルブを監視するためのバルブ監視装置の回路図であり、これは電磁コイルを含み、またこの例では、他の場合に制御器が供給可能であるものと比べてコイル中により大きい電流を駆動するための増幅器も組み込む。12V電源50が、コイル52にわたりPチャネルFET54（増幅器として働く）を介して接続され、FETは、56で接続され、且つ検知分岐点58にも接続されるインターフェース回路（図示せず）を介して制御器12（図1）の制御下にある。直列のフライホイールダイオード60及び任意の電流減衰ツエナーダイオード62が、コイルの周りに並列電流路を提供する。バルブ監視回路は概して64として示され、コイル及びFETノードに接続されたレベルシフトツエナー68により駆動され、且つ保護抵抗器70により保護されたバイアス抵抗器72によりバイアスが加えられる反転シュミットトリガバッファ66を含む。シュミットトリガ出力信号が参照されることで制御器との接続に好適なレールが提供され、及びダイオード74、76（これらはシュミットトリガ装置の内部にあり得る）がシュミットトリガを保護する。シュミットトリガ入力と保護抵抗器との間の任意のコンデンサ78が低域通過フィルタとして（保護抵抗器と併せて）働き、ノイズ（例えばPWMノイズ）が予想されるイベントに有用である。

#### 【0105】

動作中、検知分岐点は0Vにあり、バイアス抵抗器がシュミットトリガの入力をレベルシフトツエナーダイオードの値3Vまで引き上げ、シュミットトリガの出力をローに駆動する。制御器がFETを作動させて関連するバルブを開放又は閉鎖するとき、検知分岐点は12Vであるが、保護抵抗器がシュミットトリガを損傷から保護し、その出力はなおローである。制御器が作動信号を取り除くと、検知分岐点の電圧はフライホイールダイオード及び電流固定ツエナーダイオード並びにコイルの誘導特性に起因して約-21Vまで下がる。保護抵抗器がシュミットトリガをレベルシフトツエナーの後に見られる-18V信号から保護するが、シュミットトリガはここでハイ信号を出力する。誘導エネルギーが消失した後、シュミットトリガ出力はロー値に戻る。しかしながら、例えばバルブがもはや圧力によって閉鎖状態に保たれないとバルブが動き始めると、その動きによる誘導作

10

20

30

40

50

用によってコイルにわたり電圧が生じ、ひいては検知分岐点に負電圧が生じる。シュミットトリガはハイ出力を生じ、それを制御器が検出及び／又は計測することでバルブ動作の時間、速度又は存在が検出され得る。コイルにより生成される誘導電圧は、バルブ材料の何らかの永久磁性又はバイアス抵抗器 7 2 によってコイル中を流れる何らかの残留電流に起因し得る。

#### 【0106】

バルブ監視装置は数多くの方法で実現することができ、この例ではバルブ監視装置はバルブと一体化されるが、バルブと物理的に分離され、バルブソレノイドと有線通信してもよいことは理解されるであろう。当業者には、例えば励磁 A C 信号若しくはパルスをコイルに加えて、バルブが動くときのコイル 5 2 のインダクタンスの変化を検出したり、又は直列若しくは並列コンデンサを組み込んで、共振周波数及び Q 値がバルブ位置と共に変化する L C 回路を設けたりするなど、バルブの動作を検出する他の機構が想起されるであろう。

10

#### 【0107】

制御器は、センサから受け取る（又は予想される場合、受け取ることができない）いくらかのハイ又はロー信号を無視する必要があり得る。例えば、コイル 5 2 の両側での電圧変化により、何も起こっていないときにバルブ動作を検出したり、バルブ動作が起こったのにそれを検出できなかったりすることを含め、誤った読み取りが引き起こされ得る。従って制御器は、好ましくは予期されていた以外の時点で受け取る信号、又はバルブ動作の適切且つ正確な計測を妨げることが分かっている他のイベントと関連付けられる信号を選択的に無視するように動作する。例えば、共通の 0 V ラインをコイル 5 2 と共有する流体作動機械の他のコイルの作動により、検知分岐点 5 8 の電圧は上昇し得る。従って、他のコイルがコイル 5 2 の動作と同時に作動された場合、検知分岐点 5 8 の電圧が十分に低くならないであろうため、センサはコイル 5 2 の動作を検出できない可能性がある。

20

#### 【0108】

図 3 は、図 1 に示される流体作動機械の作動チャンバの一連のサイクルの間における、作動チャンバ容積に相当するシリンドラ 4 に対するピストン 6 の位置 V W C 、 L P V 1 4 及び H P V 2 0 のそれぞれの状態 S L P V 及び S H P V ( 開放又は閉鎖 ) 、並びに作動チャンバ内の圧力 ( P W C ) を示すタイミング図である。 L P V 及び H P V の検知分岐点 5 8 におけるそれぞれの電圧 V L P V 及び V H P V もまた示され、一方トレース P H P は高圧マニホールドの圧力トランステューサ 3 2 によって計測される圧力を示す。

30

#### 【0109】

作動チャンバの吐出行程の後期である（すなわちピストン 6 が上死点 ( T D C ) に近接して近付いている）初期サイクル C 1 における時刻 t 1 において、制御器が L P V コイル（トレース V L P V を参照）を作動させることによりモータ運転サイクルが始まり、その作動の決定は、本明細書によって参照により援用される任意の先行技術文献に開示されるアルゴリズムのいずれかに従い行われる。その後すぐに L P V が閉鎖して（トレース S L P V を参照）、作動チャンバの圧力 P W C が上昇し、一方で制御器は H P V を開放したまま保つためそれを作動させる（トレース V H P V ）。しかしながら、 P W C が高圧マニホールドの圧力 P H P に達しないため H P V バルブは開放することができず（トレース S H P V を参照）、 P W C は T D C 後に下がる。

40

#### 【0110】

制御器は、領域 1 0 0 にイベントがないことを知ることによって H P V が開放されていないことを検出してもよく、又は t 3 で作動チャンバ圧力により閉鎖されたまま保たれなかったことによる L P V の再開放 1 0 2 を検出してもよく、又は 1 0 4 において P H P に圧力パルス（初期サイクルの間における流体作動機械の性能の特性として働く）が存在しないことを検出してもよい。第 2 の流体作動機械 2 0 1 が圧力補償される場合、制御器は、流体作動機械 2 0 1 の吐出量又は流量の低下により動作不能を検出してもよく、又は第 2 の流体作動機械 2 0 1 が流量制御される場合、圧力 P H P が時刻 t 1 0 において上昇することから、動作不能の検出に至り得る。制御器は、いずれかの流体作動機械のシャフト

50

トルク計測値により H P V が開放されていないことを検出してもよい。従って  $t_3$  において、制御器は H P V をオフにしてパワーを節約し、後期サイクルでの L P V の閉鎖に好ましいそのタイミングを調節する。トレース V L P V の破線は、例えば L P V を閉鎖されたまま保つことで圧力が上昇する時間を与えるため、又は L P V を開放するばねが、使用中に作動チャンバの圧力にもかかわらず L P V を開放するのに十分に強力である場合に、制御器が（例えばパルス幅変調 P W M により） L P V を部分的にのみ作動し得る可能性を表す。この技法はサイクルのいずれにおいても用いられ得る。

#### 【 0 1 1 1 】

後期サイクル C 2 における時刻  $t_5$  において、制御器は、初期サイクル C 1 の場合より僅かに早い位相で L P V を作動させる。このとき P W C は上昇に成功し、 $t_7$  で H P V が開放する。制御器はこれを、例えば、106 における H P V 開放イベント、108 に L P V 開放イベントがないこと、又は 110 における圧力パルス（流体が高圧マニホールドに急激に流出してそこに既にある流体の慣性と相互作用することにより引き起こされる）を検出することによって確認することができる。制御器は、図示されるとおり、バルブをその開放位置に維持しながらパワーを節約するため、ここで H P V を（例えば P W M により）部分的に作動させることを選択し得る。吸入行程の終わりに近い  $t_9$  において、制御器は H P V の作動を停止させて、その後すぐに H P V が閉鎖し、このようにして P W C の降下を開始させる。しかしながら、下死点（B D C）で作動チャンバ容積が最大となる時点までの P W C の降下は不十分であり、そのため L P V は作動チャンバ圧力によって閉鎖されたままである。制御器はこの開放不能を、開放信号 112 が存在しないことにより、又は H P V 再開放 114 が存在することにより、又は流体が作動チャンバから高圧マニホールドに戻ることにより引き起こされる P H P パルス 116 により検出し得る。第 2 の流体作動機械 201 が圧力補償される場合、制御器は、流体作動機械 201 の吐出量又は流量の低下により動作不能を検出してもよく、又は第 2 の流体作動機械 201 が流量制御される場合、圧力 P H P が時刻  $t_{10}$  において上昇することから、動作不能の検出に至り得る。制御器は、いずれかの流体作動機械のシャフトトルク計測値により L P V が開放されていないことを検出してもよい。従って制御器は、後期サイクルにおいて、H P V の閉鎖に好ましいそのタイミングを、その初期サイクルにおける場合より位相が早まるように調節する。

#### 【 0 1 1 2 】

サイクル C 3 における時刻  $t_{11}$  において、制御器は、別のモータ運転サイクルを開始するため L P V（破線）を作動させてもよい - しかしながら、L P V は既に閉鎖されているため、これは任意である。その後すぐに、制御器は前述のとおり H P V を作動させてモータ運転サイクルを開始することができる。H P V は既に開放されているであろうため、図示されるとおり、H P V は部分的にのみ作動させることで十分であり得る。 $t_{13}$  において、制御器は、初期サイクル C 2 における場合より少し早めに H P V の作動を停止させ、 $t_{15}$  で P W C が L P V を再開放するのに十分なまでに降下する。

#### 【 0 1 1 3 】

制御器は、領域 118 にイベントがないことを知ることによって L P V が開放されていることを検出してもよく、又は作動チャンバ圧力により閉鎖されたまま保たれなかったことによる L P V の再開放 120 を検出してもよく、又は 122 において P H P に圧力パルスが存在しないことを検出してもよい。

#### 【 0 1 1 4 】

上記の例は、流体作動機械がパラメータによって適切に動作できない状況から適切な動作を実現するため、そのバルブタイミングを調節できるようにする本発明による方法を示す。しかしながら、本発明は、制御器が、初期サイクルにおいてシャフト位置センサ 10 により報告される作動チャンバ容積と比較したイベントの位相（作動チャンバ容積のサイクルに対する時期を表す一つの方法である）を計測するか、又はそれに関連する電気信号の長さ若しくは変化率を計測することにより後期サイクルにおけるバルブ変更のタイミング又は位相をどのように調節すべきかを決定するとき、特に有利である。このようにして

10

20

30

40

50

、制御器は、その制御下に流体作動機械を通じた最適な流体フローを確実にするように、しかし所望の動作サイクルの完了にはいかなるときにも失敗することなく、バルブイベントのタイミングを連続的に調節し、改良することができる。

#### 【0115】

具体例によれば、制御器は、L P V開放と、初期サイクルに相当するサイクルC 3におけるB D Cとの間の経過時間124を計測し、それが所定の目標期間より長い期間であることを知る。異なる実施形態では、制御器は、L P V開放パルス120の強度を使用してバルブの閉鎖速度を計測し、それがシャフト回転速度に依存し得る所定の目標速度より速い速度であることを知る。より速い速度は、作動チャンバが膨張しているときにバルブが開放し、従って開放が早過ぎることを示す。さらに別の実施形態において、制御器は、t 13におけるH P Vの作動停止（又はH P V閉鎖時期）とL P V再開放パルス120との間の遅延を計測してもよく、それがシャフト回転速度及び作動圧力に依存し得る所定の目標遅延より短い遅延であることを知る。より短い遅延は、作動チャンバが膨張しているときにH P V閉鎖及びL P V開放が起こり、従って閉鎖が早過ぎることを示す。いずれの場合にも、後期サイクルに相当する最後に示されるモータ運転サイクルC 4において、H P Vは時刻t 17において作動が停止され、t 17は、より長い期間と目標期間との（又はより速い速度と目標速度との、又はより短い遅延と目標遅延との）差の好適な関数だけt 13と比べてB D Cに対する位相が遅く、例えば制御器は差を計算し、この差の0.6倍に等しい補正值を適用し得る。従って後期サイクルにおける経過時間126が目標期間に近付き、機械がより静かに、より円滑に、又はより長い寿命で動作する。制御器は、いかなるサイクルの動作不能も回避しながら、安全で、さらには最適である動作不能の近傍点にタイミングを調節することができる。従って、サイクルC 1～C 3によって示される例とは対照的に、制御器は、バルブ作動又は作動停止について極めて慎重な（従って最適以下の）タイミングでその動作を開始し、次に1つ又は複数の初期サイクルから計測された性能データを使用して後期サイクルのためのタイミングの調節を伝えることが有利であり得る。加圧不能（サイクルC 1）又は減圧不能（サイクルC 2）の場合、制御器は、例えば補正值に大きい値を加えることによってタイミングをいくらかさらに大きい量だけ調節し、後続のサイクルの成功を確実なものとし得る。制御器はタイミングをこのように連続して調節することで、最適なタイミングを連続的に特定し得る。

#### 【0116】

制御器はまた、H P V開放とT D Cとの間の経過時間128又は圧力パルス130の特性（例えば）を計測し、後のL P V作動132のタイミングを調節してもよい。これは、本発明の方法をポンプ運転サイクルにも使用可能であることを示している。

#### 【0117】

流体作動機械の高圧側で圧力を計測することに関連して例を記載したが、圧力を低圧側で計測することもまた可能である。低圧側での計測は、動作圧と比較した圧力パルスの相対的な大きさが、低圧側において高圧側より大きいはずであるため有利であり得る；しかしながら、流体作動システムは低圧センサを備えていないことが多い。

#### 【0118】

このように、本発明は、電子制御式整流バルブを用いた、且つ広範な条件にわたって、又は時間とともに部品性能が変化するなかで動作する流体作動機械が、高い信頼性で効率的に動作することを可能にする。

#### 【0119】

いくつかの実施形態において、制御器は、不揮発性メモリを含むメモリにバルブの作動又は作動停止の最適なタイミングを格納し得る。制御器は、このように格納されたタイミングデータを特定の条件、例えば特定の温度又は圧力のみと関連付けてもよく、及び他の同様に得られたタイミングデータを他の条件と関連付けてもよく、例えばそれにより、センサ、例えば温度及び圧力センサにより決定されるとおりの異なる動作条件下で使用される異なる最適タイミングデータのマップを作成する。制御器は、時間の経過に伴い本発明を使用してそのマップを更新してもよい。制御器は、異なる作動チャンバに関連する個々

10

20

30

40

50

のマップを有し得る。制御器は、例えば、広範な種々の温度、圧力及び／又は混入気体濃度についての、例えばモータ運転サイクル中にH P Vが閉鎖する位相と続いてL P Vが開放する位相との間の関係を示す、ルックアップテーブルを参照又は作成し得る。

#### 【0120】

驚くことに、本発明者らは、流体作動機械の性能が変動する実質的な原因が、作動流体中に溶解した混入気体（典型的には空気）によってもたらされることを見出した。混入気体の存在は、作動チャンバが高圧マニホールド及び低圧マニホールドの双方から遮断されているときの作動チャンバ容積に伴う圧力の変化率に影響を及ぼす。本発明者らは、これが膨張行程の間、例えばH P Vの閉鎖後に密閉された作動チャンバ内の圧力が降下するモータ運転サイクルの間に特に重要であることを見出した。実質的な圧力差に逆らって開放し得るL P Vを提供することは可能であるが、かかるバルブは相当量のエネルギーを消費するため、パッシブに、すなわち最小限のエネルギー消費で開放するL P Vを用いることが好み。従って、L P Vの開放を促進するため密閉された作動チャンバ内の圧力は急速に降下することが重要である。混入気体は膨張中に蒸発し、L P V（又はいくつかの実施形態では、圧力をさらに低下させてL P V開放を促進するための、L P Vより前に開放する補助ポート）が開放するまでの作動チャンバ内の圧力低下を実質的に減速させる。この影響は、混入気体の組成並びに濃度、温度及び圧力に応じて大きく異なる。

#### 【0121】

従って、いくつかの実施形態において、混入気体の影響が、L P Vの開放時間を計測することによるか、或いは作動チャンバの圧力センサを使用して作動チャンバ内の圧力の経時的な変動を計測することにより推定される。この時間から、又は作動チャンバ内の圧力の経時的な変動から、及び場合によってはまた温度センサなどのさらなるセンサによる入力からも、混入気体濃度及び組成の推定値、又は圧力降下速度に対する混入気体の影響に関するパラメータの推定値が推定され、それを使用して後期サイクルの間ににおけるH P Vの閉鎖タイミングの制御を、H P Vがジャストインタイムで閉鎖して、L P Vを開放するのに十分な低さまで圧力を降下させることができるように行うことができる。混入気体濃度及び混入気体の特性の計測値はまた、流体作動機械を設計、シミュレート及び較正するときにも用いることができる。混入気体の影響を間接的に計測する代わりに、混入気体は、受け入れられた作動流体中の1つ又は複数の分析ガス種を計測するように動作する気体センサを使用して計測されてもよい。

#### 【0122】

図4は、本発明を用いるハイブリッド液圧トランスマッショングの略図を示す。図1に示されるタイプの第1の液圧ポンプ／モータ201は、内燃機関202により減速ギヤセット及び／又はクラッチ214を介して駆動される。第1のポンプ／モータは、同様に本明細書に先述したタイプの、少なくとも1つの車輪206を駆動する第2の液圧ポンプ／モータ205に送給を行う高圧ライン203に流体を提供する。流体は低圧ライン204を介して第2の液圧モータから戻り（モードによっては、そこに向かって流れ）、低圧ライン204は、チャージポンプ209により大気圧を僅かに上回るまで上昇する。液圧アキュムレータ207が高圧流体の形態でエネルギーを蓄積し、制御可能な遮断バルブ208により高圧ラインに選択的に接続可能である。低圧リリーフバルブ211がアキュムレータから吐出された流体をリザーバ210に戻し、一方でチェックバルブ212が、使用中にアキュムレータに対する正味の流量がチャージポンプ209の容量を超えた場合に、リザーバから低圧ラインに流体を受け入れる。制御器213が2つの液圧ポンプ／モータ、遮断バルブ208を調整し、例えば駆動器（図示せず）からのものなど他の入力の中でも特に、圧力センサ218を読み取る。

#### 【0123】

当該技術分野において公知の、上記のハイブリッド液圧トランスマッショングを使用するモードはいくつかある。それらのモードの多くは、モータ運転モードで動作するポンプ／モータのいずれか一方を含み、ここでは低圧バルブ214が開放するのに高圧バルブ20の閉鎖が遅過ぎ、トルク変動及び他の望ましくない影響を引き起こし得ることが知られてい

10

20

30

40

50

る。従って、制御器 213 は本発明の方法を用いて各ポンプ／モータから予想される流量を計算又は明確に制御し、その予想流量を用いて、アクチュエータ（遮断バルブ 208 が開放されている場合）及び高圧ライン 203 のコンプライアンスに依存する高圧ライン 203 の予想圧力を決定する。次に制御器は、圧力センサ 218 からの計測圧力（作動チャンバ容積の初期サイクルの間ににおける流体作動機械の性能の特性に相当する）を予想圧力と比較し、計測圧力が予想圧力より大幅に高い場合、作動チャンバ容積の後続のサイクルにおける高圧バルブ 20 の閉鎖時期を早め得る。このようにしてハイブリッド液圧トランスマッショングは、作動流体の予測できない特性に適合する方法で連続して高圧バルブ 20 の閉鎖のタイミングを最適化することができる。制御器はまた、代わりにモータ運転機械の低圧バルブ 20 が作動チャンバを加圧するのに十分には早くないと判断し、低圧バルブの閉鎖時期を早め得る。

【0124】

本発明の第 9、第 10、第 11 の態様に係る実施形態において、可変タイミングバルブを開閉するタイミングは、作動チャンバ容積の初期サイクルの間に計測されたデータを必ずしも参照することなしに決定される。図 5 は一連の較正関数 80a、80b を示し、これらは低圧バルブ 82 を閉鎖するタイミング（作動チャンバ容積のサイクルに対する上死点前の角度による位相として計測される。作動チャンバ容積の各サイクルの間ににおけるシャフトの回転角は、例えば各作動チャンバがマルチローブカムにより駆動される場合、作動チャンバの対応する位相変化の整数の分数であってもよい）を、各々異なる作動流体温度に対する（80a は 100 に対する、及び 80b は 10 に対する）高圧マニホールド 83 の瞬間の計測圧力と関係付ける。作動チャンバ容積の各サイクルの間、高圧マニホールド 22 における圧力の現在の計測値を使用して選択された較正関数が評価され、それにより制御器によって低圧バルブ 14 が閉鎖される正確な時期（すなわち、作動チャンバ容積のサイクルに対する位相）が全体的又は部分的に決定される。（制御器は、バルブ応答時間及び他の遅延に対して他の調節を行う必要があり得る）。制御器は好都合な場所で作動流体の温度を検知し（作動流体は典型的にはほぼ均一な温度であり、均一でない場合には、例えば流体作動機械内で、最も適切な温度が検知されなければならない）、最も適切な（例えば最も近い）較正関数を選択する。好ましい実施形態において、制御器は較正関数 80a と 80b との間を補間して、現在の温度に対するより正確な較正関数を得る。

【0125】

制御器はまた、どの較正関数を使用するかを決定し、使用中、流体作動機械の計測された性能に基づきその較正関数を調節する。従って、図 4 のハイブリッドトランスマッショングにおいて、高圧又は低圧バルブを開閉する最適タイミングを見出した制御器は、ポンプ／モータの選択又は補間された較正関数を、それが現在の圧力において見出された最適タイミングに合致するようスケーリング（例えば、一様にスケーリング）し得る。これにより、例えば空気がオイルに混入するなど、流体特性の予測できない変化が補償される。単にタイミング変更による現在の動作圧での性能の最適化と比較して、較正関数の調節は、後に直面し得る異なる動作圧において現在の流体特性でポンプ／モータが最適に動作することを可能にする。制御器は、選択又は補間された較正関数に適用する倍率及びオフセット値を決定し、温度が後に変わった場合にはその倍率及びオフセット値を使用して第 2 の選択又は補間された較正関数を調節する。

【0126】

上記の方法は当然ながらハイブリッド車両に限定されず、例えば、圧力トランスデューサを備えた任意のシステムにおいて電子的に可変のタイミングを有する記載されたタイプの任意の液圧モータ（又はさらにはポンプ）のバルブを制御するためにも使用することができる。或いは、流量トランスデューサが使用されてもよい。

【0127】

上記の適切なタイミングの予想は、計測誤差及び使用中の機械の摩耗がバルブの正しいタイミングに誤差帯をもたらすため、完全なものとすることはできない。不十分な加圧又

10

20

30

40

50

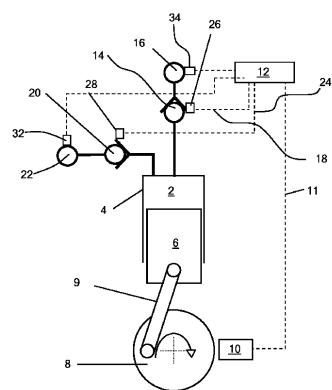
は不十分な減圧のいずれかによって引き起こされるモータ運転サイクルの動作不能からは、重大又はセーフティクリティカルな結果が予想され得る一方、過剰な加圧又は過剰な減圧に起因するモータ運転サイクルの吐出容積の減少から予想され得る結果は、通常それほど重大なものではない。従って、誤差帯の中心を、LPVの場合には過剰な加圧に向かって、及びHPVの場合には過剰な減圧に向かってバイアスをかけることが有利である。これは単に、予想されたエラーを所与としてもモータ運転サイクルの動作不能が生じる可能性が低いように予想許容誤差を考慮して、バルブイベントが適切な時期より少し前に起こるよう計算された適切なタイミングにオフセット値を加えることにより実現することができる。

【0128】

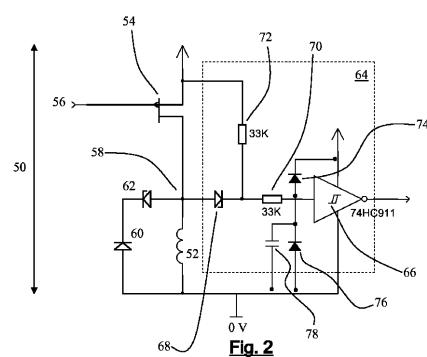
10

さらなる変形例及び修正例が、本明細書に開示される本発明の範囲内で行われ得る。

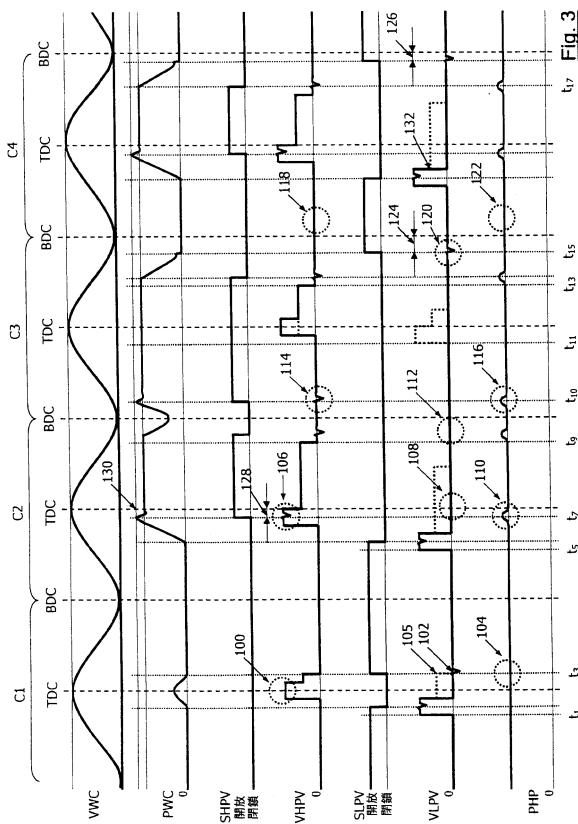
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

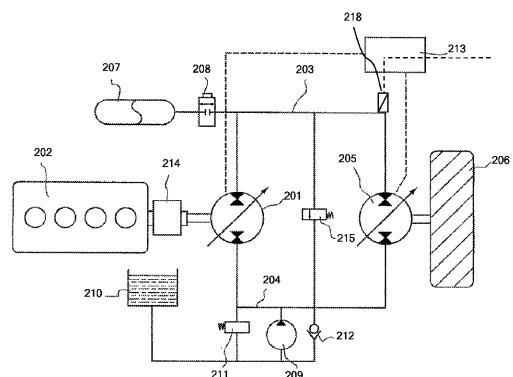


Fig.4

【図5】

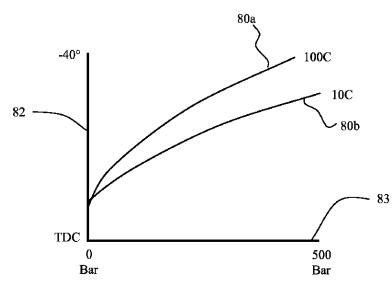


Fig.5

---

フロントページの続き

(72)発明者 コールドウェル, ナイアル・ジェイムズ  
イギリス、イー・エイチ・15 2・エヌ・エイチ エジンバラ、ブランステイン・ロード・サウス、21

(72)発明者 レアード, スティーブン・マイケル  
イギリス、イー・エイチ・10 4・エル・ワイ エジンバラ、モントピーリア、25、4・エフ・2

審査官 黒田 浩一

(56)参考文献 特開平05-249018 (JP, A)  
特開昭56-021036 (JP, A)  
特開2008-127993 (JP, A)  
特開2007-198272 (JP, A)  
特開2001-132646 (JP, A)  
特表平05-503335 (JP, A)  
特表2012-524195 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 N 5 / 00 - 9 / 32  
F 04 B 1 / 00 - 7 / 06  
F 04 B 49 / 00 - 51 / 00