

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第5部門第1区分

【発行日】平成19年12月6日(2007.12.6)

【公表番号】特表2005-502814(P2005-502814A)

【公表日】平成17年1月27日(2005.1.27)

【年通号数】公開・登録公報2005-004

【出願番号】特願2003-527266(P2003-527266)

【国際特許分類】

F 01 B 1/12 (2006.01)

F 01 B 31/14 (2006.01)

【F I】

F 01 B 1/12

F 01 B 31/14

【手続補正書】

【提出日】平成19年10月22日(2007.10.22)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸方向に対向する一対の燃焼シリンダと、

該各燃焼シリンダに装着されて、燃焼シリンダ内の連続する燃焼事象に応答して、その中で往復直線運動をする一対のフリーフロート式の燃焼ピストンと、

該一対の燃焼ピストンのそれぞれから延びるとともに、各燃焼ピストンに固定されたポンピングピストンと、

前記一対の燃焼シリンダ間に位置して、その中で往復直線運動をする前記ポンピングピストンをそれぞれ受容する軸方向に整列された一対の液圧シリンダと、

前記一対の燃焼ピストンを剛直に連結し、前記液圧シリンダ及びポンピングピストンを包囲することによって、前記一対の燃焼ピストン、ポンピングピストン、及びケージを備える単独ユニットとして往復運動する往復運動デュアルピストン組立体を形成するケージと、

前記各液圧シリンダにおいて、第1の圧力で流体を受け入れて、第1の圧力よりも大きい第2の圧力で流体を排出するポートとを備える少なくとも一つのエンジンユニットを有することを特徴とするフリーピストンエンジン。

【請求項2】

前記液圧シリンダは剛直に連結される請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項3】

前記燃焼シリンダは、前記剛直に連結された燃焼ピストンに対して、前記一対の燃焼ピストンの一方が上死点にあるときに、前記一対の燃焼ピストンの他方が下死点にあるように配置される請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項4】

前記燃焼ピストンを前記ポンピングピストンと連結するロッドを包囲し、かつ、該各ロッドを誘導するブシュを更に有するとともに、前記燃焼ピストンはリングレスである請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項5】

前記ケージ上の位置インジケータと、該位置インジケータを読み取るための位置センサ

と、前記ケージの位置を特定するための電子制御ユニットとを更に有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項6】

少なくとも二つの前記エンジンユニットと、少なくとも二つの前記デュアルピストン組立体のケージを連結して前記デュアルピストン組立体に反対方向の同期平行運動をさせるための同期手段とを有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項7】

前記同期手段は、前記二つのデュアルピストン組立体の各ケージ上に配設されたラックと、該ラック間に位置し、各ラックによって係合されたピニオンとを備える請求項6に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項8】

エンジンユニットが、その中にそれぞれフリーフロート式の燃焼ピストンを収容する軸方向に対向する一対の燃焼シリンダを備え、かつ、前記各燃焼ピストンが、該燃焼ピストンに固定されるとともに液圧シリンダ内に装着され、その中で往復直線運動をする少なくとも一つのポンピングピストンを備え、かつ、前記燃焼ピストンが、互いに固定されてデュアルピストン組立体として一列に並んで往復運動する少なくとも一つのエンジンユニットを有するフリーピストンエンジンの作動方法において、

前記ポンピングピストンが下死点から上死点に移動するときに、前記液圧シリンダ内に低圧流体吸入バルブを介して流体を低圧で吸い込むとともに、前記ポンピングピストンが上死点から下死点に移動するときに、前記低圧よりも高い高圧で流体を排出するステップと、

前記デュアルピストン組立体上の位置インジケータを読み取り、一方向への動力ストロークのための位置信号を生成するステップと、

前記高圧及び低圧を計測して計測圧力を表す圧力信号を生成するステップと、

前記位置信号及び前記圧力信号に基づいて、前記低圧流体吸入バルブを同ーストロークにおいて閉じるための位置を特定し、前記デュアルピストン組立体を指令された停止位置に停止させ、それによって液圧動力を引き出して、同ーストロークにおいて実時間で対向する燃焼ピストンの目標圧縮比を達成するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項9】

前記低圧流体吸入バルブを、該低圧流体吸入バルブを介して液圧シリンダの充填が完了するまで開放状態にし、かつ、前記低圧流体吸入バルブを、該低圧流体吸入バルブを介して低圧に戻す排出の間に液圧シリンダの充填容積の20%から100%の位置で閉じることによって、前記停止位置を達成する請求項8に記載の方法。

【請求項10】

エンジンユニットが、その中にそれぞれフリーフロート式の燃焼ピストンを収容する軸方向に対向する一対の燃焼シリンダを備え、かつ、前記各燃焼ピストンが、該燃焼ピストンに固定されるとともに液圧シリンダ内に装着され、その中で往復直線運動をする少なくとも一つのポンピングピストンを備え、かつ、燃焼ピストンが、互いに固定されてデュアルピストン組立体として一列に並んで往復運動する少なくとも一つのエンジンユニットを有するフリーピストンエンジンの作動方法において、

前記ポンピングピストンが下死点から上死点に移動するときに、液圧シリンダ内に低圧流体吸入バルブを介して流体を低圧で吸入するとともに、前記ポンピングピストンが上死点から下死点に移動するときに、前記低圧よりも高い高圧で流体を排出するステップと、

所定のサイクルの動力ストロークにおいて、前記デュアルピストン組立体の複数の位置において前記デュアルピストン組立体上に配設された位置インジケータを読み取り、位置信号を生成するステップと、

前記所定のサイクルにおいて、前記位置信号に基づいて、前記デュアルピストン組立体の速度及び加速度の関数として、1回の燃焼によって生成されるエネルギーを特定するステップと、

前記高圧及び低圧を計測して、計測圧力を表す圧力信号を生成するステップと、

前記特定されたエネルギー及び前記圧力信号に基づいて、前記所与のサイクルに続くサイクルにおける圧縮ストロークに対して、目標圧縮比を達成するために、前記低圧流体吸入バルブを閉じるための位置を特定するステップと、

前記所定のサイクルにおいて、低圧に戻す排出の間に前記流体吸入バルブを閉じて、前記デュアルピストン組立体を所望の停止位置に停止させ、それによって、実時間で目標圧縮比を達成するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 1 1】

各サイクルに対して目標圧縮比を指令し、該目標圧縮比を達成するために、低圧に戻す排出の間、低圧流体吸入バルブが閉じられる請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 2】

燃料供給速度及び前記高压を有するエンジン動作パラメータの少なくとも一つを特定するステップと、

前記特定されたエンジン動作パラメータに基づいて、前記低圧流体吸入バルブを閉じるための停止位置の範囲を設定するステップと、

検出された停止位置が、前記設定された停止位置の範囲外であるとき、エンジンを止めるステップとを更に有する請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記液圧シリンダの一つへの流体の受け入れを制御するための、少なくとも一つの流体吸入バルブを更に有するとともに、該流体吸入バルブは、

周辺にシール面を有するカップ形のヘッド、対向する凹型面及び凸型面、並びに前記凹型面から延びる一体型のガイドシステムを備えたバルブメンバと、

前記ガイドシステムを収容する軸穴を備え、該軸穴を基準として開位置と閉位置との間で、前記バルブメンバに軸方向往復運動をさせるガイドメンバと、

前記バルブメンバのヘッドのシール面がバルブシートを封止する前記閉位置の方向に、前記バルブメンバを付勢するスプリングと、

前記一つの液圧シリンダと連通する排出ポートと、

前記バルブシートによって包囲された吸入ポートと、

該吸入ポート内に同軸に装着されて、引き込み位置と延長位置との間で往復運動する往復運動可能なピンとを有するとともに、

前記ピンは、前記カップ形のヘッドの前記凹型面と接触して前記バルブメンバを前記開位置に保持する請求項 1 に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 1 4】

前記液圧シリンダの一つからの流体の排出を制御するための、少なくとも一つの高圧流体排出バルブを更に有するとともに、該流体排出バルブは、

周辺にシール面を有するカップ形のヘッド、対向する凹型面及び凸型面、並びに前記凹型面から延びる一体型のガイドシステムを備えたバルブメンバと、

前記ガイドシステムを収容する軸穴を備え、該軸穴を基準として開位置と閉位置との間で、前記バルブメンバに軸方向往復運動をさせるガイドメンバと、

前記バルブメンバのヘッドのシール面がバルブシートを封止する前記閉位置の方向に、前記バルブメンバを付勢するためのスプリングと、

前記一つの液圧シリンダと連通し、前記バルブシートによって包囲された排出口と、

流体接続路であって、液圧シリンダ内に装着されたポンピングピストンが下死点に接近するにつれて前記一つのシリンダ内の液圧が増大すると、増大した圧力が前記ガイドシステムに作用して前記バルブメンバを前記閉位置に押し込むように、前記一つのシリンダと前記軸穴とを接続する流体接続路とを有する請求項 1 に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 1 5】

前記排出口に接続された流体アキュムレータを更に有する請求項 1 4 に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 1 6】

前記流体アキュムレータ内にガス充填プラダーを更に有する請求項 1 5 に記載のフリ-

ピストンエンジン。

【請求項 17】

前記ポンピングピストンが下死点に接近するときに、前記排出口が、前記ポンピングピストンによって閉止され、それによってトラップされた流体溜りが形成されることにより、上昇する圧力によって前記ポンピングピストンにかかるブレーキ力が形成される請求項14に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 18】

前記ケージに装着され、前記デュアルピストン組立体の運動を前記燃焼シリンダ内に制限するインパクトパッドを更に有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 19】

前記デュアルピストン組立体の反対側に装着され、かつ、連結されて、前記デュアルピストン組立体の運動の方向と反対方向に往復運動をするバランスメンバを更に有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 20】

一直線に配設されるとともに、それぞれ第1～第4のデュアルピストン組立体、第1、第2のデュアルピストン組立体のケージを連結して前記第1、第2のデュアルピストン組立体を反対方向に同期平行運動させる第1の同期手段、前記第3、第4のデュアルピストン組立体のケージを連結して前記第3、第4のデュアルピストン組立体を反対方向に同期平行運動させる第2の同期手段、及び1列に並んで往復運動をするように、前記第2、第3のデュアルピストン組立体のケージを互いに剛直に連結するコネクタを備えた第1～第4のエンジンユニットを有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 21】

前記第1の同期手段は、前記第1、第2のデュアルピストン組立体のケージ上のラックと、前記第1、第2のデュアルピストン組立体上のラックとの間に位置し、かつ、該ラックに係合された第1のピニオンを備えるとともに、前記第2の同期手段は、前記第3、第4のデュアルピストン組立体のケージ上のラックと、前記第3、第4のデュアルピストン組立体上のラックとの間に位置し、かつ、該ラックに係合されている第2のピニオンを備える請求項20に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 22】

前記燃焼ピストンのうちの一つから延びる第1、第2のポンピングピストンと、他の燃焼ピストンから延びる第3のポンピングピストンを備え、第1～第3の液圧シリンダが、それぞれ、前記第1～第3のポンピングピストンを受容し、前記第1、第2のポンピングピストンが、前記一つの燃焼ピストンの円形断面の中心線上に中央揃えされ、かつ、前記第3のポンピングピストンの横断面積に等しい合計横断面積を有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 23】

平行に配設された一対の燃焼シリンダと、

該各燃焼シリンダに装着されて、燃焼シリンダ内で連続する燃焼事象に応答して直線往復運動をするフリーフロート式の燃焼ピストンと、

該各燃焼ピストンから延び、かつ、固定されている少なくとも一つのポンピングピストンと、

往復運動をする前記ポンピングピストンを受容する液圧シリンダと、

該各液圧シリンダと軸方向に整列され、かつ、連通するシャトルシリンダ、及び該各シャトルシリンダ内に装着され、該シャトルシリンダ内で往復運動をするシャトルピストンと、

該各シャトルピストンをポンピングピストンに剛直に、かつ、軸方向に連結するためのコネクタと、

前記シャトルシリンダ間を、それぞれ連通させる伝達チューブと、

該伝達チューブを通過してシャトルピストンを連結するフレキシブルリンクとを有することを特徴とするフリーピストンエンジン。

【請求項 2 4】

平行に配設された一対の燃焼シリンダと、

該各燃焼シリンダに装着されて、該燃焼シリンダ内で連続する燃焼事象に応答して、その中で直線往復運動をするフリーフロート式の燃焼ピストンと、

該燃焼ピストンから延び、かつ、固定されている少なくとも一つのポンピングピストンと、

往復運動をする前記ポンピングピストンのそれぞれを受容する液圧シリンダと、

該各液圧シリンダと軸方向に整列され、かつ、連通するシャトルシリンダ、及び該各シャトルシリンダ内に装着され、該シャトルシリンダ内で往復運動をするシャトルピストンと、

該各シャトルピストンを、ポンピングピストンに剛直に、かつ、軸方向に連結するためのコネクタと、

第1、第2のシャトルシリンダ間、及び第3、第4のシャトルシリンダ間をそれぞれ連通させる伝達チューブと、

該各伝達チューブを通過し、かつ、それぞれ、第1、第2のシャトルシリンダ内のシャトルピストン同士、並びに第3、第4のシャトルシリンダ内のシャトルピストン同士を、それぞれ連結するフレキシブルリンクと、

前記ポンピングピストン及び燃焼ピストンと共に一列で移動させるために前記第2、第3のシャトルシリンダ内の各シャトルピストンを接続するリンクとを有することを特徴とするフリーピストンエンジン。

【請求項 2 5】

前記各燃焼シリンダは一直線に配設される請求項2 4に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 2 6】

前記コネクタは中空チューブであり、前記コネクタ及び各シャトルピストン内の中央通路を介してシャトルシリンダと液圧シリンダとの間を流体が連通するとともに、各シャトルピストン内の中央通路内にチェックバルブを更に有し、該チェックバルブによって、流体が液圧シリンダからシャトルシリンダの方向にのみ流れることを可能にした請求項2 3に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 2 7】

前記コネクタは中空チューブであり、前記コネクタ及び各シャトルピストン内の中央通路を介してシャトルシリンダと液圧シリンダとの間を流体が連通するとともに、各シャトルピストン内の中央通路内にチェックバルブを更に有し、該チェックバルブによって、流体が液圧シリンダからシャトルシリンダの方向にのみ流れることを可能にした請求項2 4に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 2 8】

軸方向に整列された少なくとも一対のデュアルピストン組立体と、

該デュアルピストン組立体の一つのケージに剛直に固定され、かつ、同期手段を介して他のデュアルピストン組立体に連結されて、前記各デュアルピストン組立体同士に反対方向の同期軸方向運動をさせる外部ケージとを有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 2 9】

軸方向に整列された第1、第2のデュアルピストン組立体と、軸方向に整列された第3、第4のデュアルピストン組立体とを備え、前記第1、第2の組立体が、前記第3、第4の組立体と平行に配設されている四つの前記デュアルピストン組立体と、

それぞれの軸方向に整列された対のデュアルピストン組立体の一つのケージに剛直に固定され、かつ、第1の同期手段を介して前記整列された対のデュアルピストン組立体の他方に連結されて、前記デュアルピストン組立体同士に反対方向の同期軸方向運動をさせる外部ケージと、

反対方向に同期された平行運動をさせるために、前記外部ケージを連結する第2の同期

手段とを有する請求項 1 に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 3 0】

前記第 2 の同期手段は、前記各外部ケージ上のラックと、該ラック間に配設され、各ラックによって係合されるピニオンとを備える請求項 2 9 に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項 3 1】

周辺にシール面を有するカップ形のヘッド、対向する凹型面及び凸型面、並びに前記凹型面から延びる一体型のガイドシステムを備えたバルブメンバと、

前記ガイドシステムを受容する軸穴を有し、該軸穴を基準として開位置と閉位置との間で、前記バルブメンバに軸方向往復運動をさせるガイドメンバと、

前記バルブメンバのヘッドのシール面がバルブシートを封止する前記閉位置の方向に、前記バルブメンバを付勢するスプリングと、

前記バルブシートによって包囲された吸入ポートと、

排出ポートと、

前記吸入ポート内に同軸に装着されて、引き込み位置と延長位置との間で往復運動する往復運動可能なピンとを有するとともに、

該ピンは、前記カップ形のヘッドの前記凹型面と接触して、前記バルブメンバを前記開位置に保持することを特徴とする流体制御バルブ。

【請求項 3 2】

周辺にシール面を有するカップ形のヘッド、対向する凹型面及び凸型面、並びに前記凹型面から延びる一体型のガイドシステムを備えたバルブメンバと、

前記ガイドシステムを受容する軸穴を有し、該軸穴を基準として開位置と閉位置との間で、前記バルブメンバに軸方向往復運動をさせるガイドメンバと、

前記バルブメンバのヘッドのシール面がバルブシートを封止する前記閉位置の方向に、前記バルブメンバを付勢するスプリングと、

前記バルブシートによって包囲された吸入ポートと、

流体接続路であって、前記ポートと前記軸穴とを接続し、前記流体接続通内の流体圧力が上昇すると、増大した圧力を前記ガイドシステムに作用させ、前記バルブメンバを前記閉位置に押し込める流体連結通路とを有することを特徴とする流体制御バルブ。

【請求項 3 3】

前記ポートに接続された流体アキュムレータを更に有する請求項 3 2 に記載の流体制御バルブ。

【請求項 3 4】

前記アキュムレータ内にガス充填プラダーを更に有する請求項 3 3 に記載の流体制御バルブ。

【請求項 3 5】

少なくとも一つのエンジンユニットを有し、該エンジンユニットは、それぞれフリーフロー式の燃焼ピストンを収容し、軸方向に対向する一対の燃焼シリンダを備え、該各燃焼ピストンは、該燃焼ピストンに固定され、かつ、液圧シリンダ内に装着されてその中で往復直線運動する少なくとも一つのポンピングピストンを備え、かつ、燃焼ピストンが互いに固定されて、デュアルピストン組立体として 1 列に並んで往復運動するフリーピストンエンジンの作動方法において、

前記ポンピングピストンが下死点から上死点に移動するときに、液圧シリンダ内に低圧流体吸入バルブを介して流体を低圧で吸い込むとともに、前記ポンピングピストンが上死点から下死点に移動するときに、前記低圧よりも高い高圧で流体を排出するステップと、

一方への動力ストロークに対して指令された燃料エネルギーを特定するステップと、

前記高圧及び低圧を計測し、計測された圧力を表す圧力信号を生成するステップと、

エンジン温度を計測し、計測された温度を表す温度信号を生成するステップと、

前記温度信号及び前記特定された指令燃料エネルギーに基づいて、テーブル又はアルゴリズムに基づいて予測サイクル効率を特定するステップと、

前記指令燃料エネルギー、前記圧力信号及び前記予測サイクル効率に基づいて、同一のストローク内で低圧流体吸入バルブを閉じる位置を特定し、前記デュアルピストン組立体を、指令停止位置で停止させ、それによって液圧動力を引き出すとともに、同一直ストロークにおいて対向する燃焼ピストンの目標圧縮比を達成するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 3 6】

前記低圧流体吸入バルブを閉じる位置が、各動力ストロークの結果として得られる計測された利用可能エネルギーに基づいて調整される請求項 3 5 に記載の方法。

【請求項 3 7】

前記計測された利用可能エネルギーが、デュアルピストン組立体上の位置インジケータの読みに基づいて算出され、それによって前記動力ストロークのための位置信号を生成し、かつ、前記組立体の速度を計算する請求項 3 6 に記載の方法。

【請求項 3 8】

前記計測された利用可能エネルギーが、デュアルピストン組立体上の位置インジケータの読みに基づいて算出され、それによって前記動力ストロークのための位置信号及び前記組立体の計測停止位置を生成する請求項 3 6 に記載の方法。

【請求項 3 9】

前記計測された利用可能エネルギーが、デュアルピストン組立体の位置インジケータの読みに基づいて算出されて、それによって前記動力ストロークのための位置信号、及び前記組立体停止のとき、又はその付近であるが燃焼の開始前に計測された対向燃焼シリンダ圧を生成する請求項 3 6 に記載の方法。

【請求項 4 0】

少なくとも二つのエンジンユニットを有し、該各エンジンユニットは、それぞれフリーフロート式の燃焼ピストンを収容する軸方向に対向する二つの燃焼シリンダを備え、各燃焼ピストンは、該燃焼ピストンに固定され、かつ、液圧シリンダ内に装着されてその中で往復直線運動する少なくとも一つのポンピングピストンを有し、前記各燃焼ピストンは互いに固定されて、デュアルピストン組立体として 1 列に並んで往復運動し、第 1 のエンジンユニットの二つの燃焼ピストンが、反対方向への同期運動をするために、第 2 のエンジンユニットの二つの燃焼ピストンに連結されるフリーピストンエンジンの作動方法において、

前記第 1 のポンピングピストンに固定された第 1 の燃焼ピストンの排出ストロークの間に、低圧流体吸入バルブを介して、第 1 のポンピングピストンの液圧シリンダ内に流体を低圧で吸入するステップと、

前記低圧流体吸入バルブを開放して、流体を前記第 1 のポンピングピストンから低圧で排出しながら、前記第 1 の燃焼ピストンの吸入ストロークによって前記第 1 の燃焼ピストンの燃焼シリンダハウジング内に装填空気を吸入するステップと、

前記第 1 のポンピングピストンの液圧シリンダ内に流体を吸入して戻す間に、前記第 1 の燃焼ピストンの圧縮ストロークによって前記装填空気を圧縮するステップと、

前記第 1 の燃焼ピストンが動力ストロークをする間に、低圧流体吸入バルブを閉じて、流体を第 1 のポンピングピストンの液圧シリンダから前記低圧よりも高い高圧で排出するステップと、

前記第 1 の燃焼ピストンを備えたデュアルピストン組立体上の位置インジケータを読取り、前記ストロークのうちの一つに対して一方向への位置信号を生成するステップと、

位置信号に基づいて、同一サイクルにおいて低圧流体吸入バルブを閉じる位置を決定し、第 1 の燃焼ピストンと対を構成する第 2 の燃焼ピストンの圧縮ストロークにおいて、液圧動力を引出し、実時間で目標圧縮比を達成するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項 4 1】

少なくとも二つのエンジンユニットを有し、該各エンジンユニットは、それぞれフリーフロート式の燃焼ピストンを収容する軸方向に対向する二つの燃焼シリンダを備え、前記

各燃焼ピストンのうちの少なくとも二つは、該燃焼ピストンに固定され、かつ、液圧シリンダ内に装着されてその中で往復直線運動する少なくとも一つのポンピングピストンを有し、二つの燃焼ピストンが互いに固定されて、デュアルピストン組立体として1列に並んで往復運動し、第1のエンジンユニットの二つの燃焼ピストンが、反対方向への同期された運動をするために、第2のエンジンユニットの二つの燃焼エンジンに連結されるフリーピストンエンジンの作動方法において、

前記第1のエンジンユニットにおける前記第1のポンピングピストンに固定された第1の燃焼ピストンの上死点への第1のストロークの間に、流体を、低圧流体吸入バルブを介して第1のポンピングピストンの液圧シリンダ内に低圧で吸入するステップと、

前記第1の燃焼ピストンが動力ストロークをする間に、低圧流体吸入バルブを閉じて、第1のポンピングピストンの液圧シリンダから、前記低圧よりも高い高圧で排出するステップと、

前記第1の燃焼ピストンの上死点への第2のストロークの間に、低圧流体吸入バルブを介して、前記第1のポンピングピストンの液圧シリンダ内に流体を低圧で吸入するステップと、

前記第2のエンジンユニットにおける第2の燃焼ピストンが動力ストロークをする間に、前記低圧流体吸入バルブを閉じて、第1のポンピングピストンの液圧シリンダから前記低圧よりも高い高圧で流体を排出するステップと、

前記第1の燃焼ピストンを備えたデュアルピストン組立体上の位置インジケータを読み取り、前記ストロークのうちの一つに対して一方向への位置信号を生成するステップと、

前記位置信号に基づいて、同一サイクルにおいて前記低圧流体吸入バルブを閉じる位置を決定し、前記第1の燃焼ピストンの圧縮ストロークにおいて、液圧動力を引き出し、実時間で目標圧縮比を達成するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項42】

第1～第3のデュアルピストン組立体が一直線に配設された三つの前記エンジンユニットと、

前記第1、第3のデュアルピストン組立体を前記第2のデュアルピストン組立体の運動と反対方向に運動させる同期手段とを有するとともに、

前記第2のデュアルピストン組立体は、前記第1、第3のピストン組立体のそれぞれの2倍の重量を有し、

前記第2のデュアルピストン組立体の燃焼ピストンが、前記第1、第3のデュアルピストン組立体の2倍の横断面積を有する請求項1に記載のフリーピストンエンジン。

【請求項43】

前記第1、第3のデュアルピストン組立体はポンピングピストンを含まない請求項42に記載のフリーピストンエンジン。