(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 10 月 20 日(20.10.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/167175 A1

(51) 国際特許分類:
F02M 37/00 (2006.01) *F02M 59/08* (2006.01)
F02M 37/08 (2006.01) *F02M 59/44* (2006.01)
F02M 37/12 (2006.01) *F04B 49/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/061406

(22) 国際出願日: 2016 年 4 月 7 日(07.04.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-081622 2015 年 4 月 13 日(13.04.2015) JP

(71) 出願人: 三井造船株式会社(MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1048439 東京都中央区築地５丁目６番４号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 鴻巣 真(KOUNOSU, Makoto); 〒1048439 東京都中央区築地５丁目６番４号三井造船株式会社内 Tokyo (JP). 北村 誠一(KITAMURA, Seiichi); 〒7068651 岡山県玉野市玉３丁目１番１号三井造船株式会社玉野事業所内 Okayama (JP). 神田 聯蔵(KANDA, Renzo); 〒1048439 東京都中央区築地５丁目６番４号三井造船株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: グローバル・アイピー東京特許業務法人(GLOBAL IP TOKYO); 〒1600023 東京都新宿区西新宿８丁目３番３０号 カーメルＩＩ Tokyo (JP).

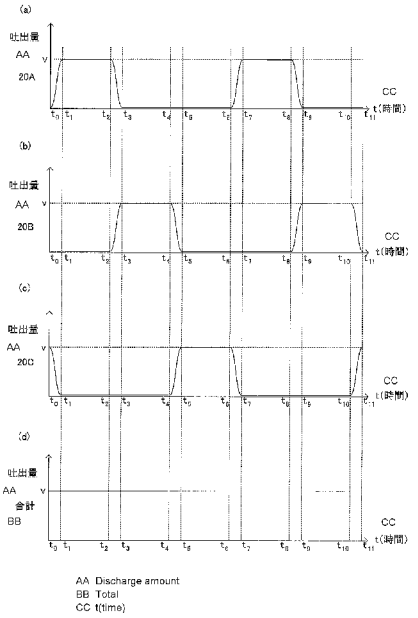
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: FUEL SUPPLY DEVICE AND FUEL SUPPLY METHOD

(54) 発明の名称 : 燃料供給装置および燃料供給方法



(57) **Abstract**: A fuel supply device for supplying fuel to within the combustion chamber of an internal combustion engine, and equipped with a low-pressure fuel supply pipe through which low-pressure fuel is supplied, a high-pressure fuel supply pipe through which high-pressure fuel to be supplied to within the internal combustion chamber is supplied, a plurality of fuel supply units provided between the low-pressure fuel supply pipe and the high-pressure fuel supply pipe and for pressurizing the fuel within the low-pressure fuel supply pipe and respectively supplying the fuel to the high-pressure fuel supply pipe, and a control unit for controlling the plurality of fuel supply units. The control unit controls the plurality of fuel supply units such that the sum of the discharge amounts per unit time of fuel discharged from each of the plurality of fuel supply units approaches a constant value.

(57) 要約: 内燃機関の燃焼室内へ燃料を供給する燃料供給装置であって、低圧の燃料が供給される低圧燃料供給管と、燃焼室内へ供給される高圧の燃料が供給される高圧燃料供給管と、低圧燃料供給管と前記高圧燃料供給管との間に設けられ、低圧燃料供給管内の燃料を昇圧してそれぞれ高圧燃料供給管に供給する複数の燃料供給部と、複数の燃料供給部を制御する制御部と、を備える。制御部は、複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値に近づくように、複数の燃料供給部を制御する。

WO 2016/167175 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 燃料供給装置および燃料供給方法

技術分野

[0001] 本発明は、ディーゼルエンジン等の内燃機関に燃料を供給する燃料供給装置および燃料供給方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の船舶においては、低速での出力が可能であり、プロペラに直結して駆動することができる、２ストロークサイクルの低速ディーゼルエンジンが用いられている。

近年、低速ディーゼルエンジンの燃料として、NO_x、SO_x排出量の少ない天然ガスが注目されている。低速ディーゼルエンジンの燃焼室に高圧の天然ガスを燃料として噴射して燃焼させることで、高熱効率で出力が得られる。

[0003] 例えばクランク軸を用いて回転運動を往復運動に変えることで、往復式ポンプを駆動することが行われている。クランク軸を用いて往復式ポンプのピストンを駆動する場合、ピストンストロークがクランク軸によって定まるため、ピストンストロークを自由に調整することができない。また、複数の往復式ポンプを同一のクランク軸によって駆動する場合、往復式ポンプのそれぞれを独立して制御することができなかった。

[0004] 一方、特許文献１には、液体の燃料を、往復式ポンプを用いて昇圧してエンジンに供給する装置が記載されている。特許文献１の装置では、往復式ポンプのピストンを左右方向に駆動しており、ピストンを駆動するリニアアクチュエータとして、「線形油圧モータ」（油圧シリンダユニット）が用いられている。特許文献１では、油圧シリンダユニットへ油圧ポンプから供給する作動油の方向を方向切替弁で切り替えることにより、往復式ポンプのピストンの移動方向を切り替えている。油圧シリンダユニットを用いる場合、クランク軸を用いる場合よりも、低速で往復式ポンプを駆動することができる

。また、ピストンが一定の速度で移動するようにピストン行程を制御することができるという利点がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表２００５－５０４９２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、往復式ポンプを用いて内燃機関に燃料を供給する燃料供給装置では、脈動の原因は種々あるが往復式ポンプから燃料が吐出されるタイミングにより脈動が生じるという問題があった。

図１１（ａ）、（ｂ）、（ｃ）はクランク軸を用いて３台の往復式ポンプを駆動する場合のそれぞれの往復式ポンプの吐出量の時間変化の例を示す図であり、図７（ｄ）は（ａ）、（ｂ）、（ｃ）の吐出量の合計の時間変化を示す図である。クランク軸の回転運動がピストンの直進運動に変換されるため、各ピストンは正弦波状に移動し、それぞれの往復式ポンプの吐出量の時間変化もまた正弦波状となる。３台の往復式ポンプによる吐出タイミングを１／３周期ずつずらすことで、図１１（ｄ）に示すように、吐出量の合計の時間変化は少なくなるものの、完全には時間変化が消失することはなく、脈動の原因となっていた。また回転数を低下させると、吐出量の波形の振幅は徐々に低くなるものの、吐出量の合計の時間変化が完全に消失することはない。

特許文献１には、ピストンが一定の速度で移動するようにピストン行程を制御することで、圧力パルスの発生を低減することが記載されている。しかし、特許文献１の装置では、往復式ポンプの下流側では燃料の吐出時に吸入時と比較して圧力が上昇するため、ピストンの往復サイクルに応じた脈動が生じるという問題がある。

[0007] そこで、本発明は、往復式ポンプに起因する燃料の圧力の脈動を低減する

ことができる燃料供給装置および燃料供給方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の第１の態様は、内燃機関の燃焼室内へ燃料を供給する燃料供給装置であって、

低圧の燃料が供給される低圧燃料供給管と、

前記燃焼室内へ供給される高圧の燃料が供給される高圧燃料供給管と、

前記低圧燃料供給管と前記高圧燃料供給管との間に設けられ、それぞれ前記低圧燃料供給管内の燃料を吸入し昇圧して前記高圧燃料供給管に供給する複数の燃料供給部と、

前記複数の燃料供給部を制御する制御部と、

を備え、

前記燃料供給部のそれぞれは、

リニアアクチュエータと、

前記リニアアクチュエータによって駆動され軸方向に往復する昇圧用ピストンを有し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第１の方向に移動したときに前記燃料を吸入し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第２の方向に移動したときに前記燃料を昇圧して吐出する往復式ポンプと、

前記制御部により制御され、前記リニアアクチュエータの駆動を制御するコントローラと、

を備え、

前記制御部は、前記それぞれの昇圧用ピストンが同一の周期で往復し、かつ、

少なくとも１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度が加速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が増加する間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度が減速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が減少することで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出

量の和が一定値となるように、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を開始し、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するとともに、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度が減速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が減少する間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度が加速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が増加することで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値となるように、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を開始し、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するように、前記複数の燃料供給部を制御する、ことを特徴とする。

[0009] 前記制御部は、燃料の吐出量が増加する燃料供給部における増加量の総和が、他の燃料供給部からの燃料の吐出量の減少量の総和と一致するように、前記複数の燃料供給部を制御する、ことが好ましい。

[0010] 前記リニアアクチュエータは、油圧シリンダユニットであって、

作動油を収容する作動油収容空間を有し、軸方向が前記昇圧用ピストンの軸方向と一致するように配置された油圧シリンダと、

前記油圧シリンダ内で軸方向に移動可能に設けられ、前記作動油収容空間を第１チャンバと第２チャンバとに区画する油圧ピストンと、

前記油圧ピストンと前記昇圧用ピストンとを連結するピストンロッドと、

前記第１チャンバに作動油を供給することで前記油圧ピストンを軸方向の第１の方向に移動させ、前記第２チャンバに作動油を供給することで前記油圧ピストンを軸方向の第２の方向に移動させる油圧ポンプと、

前記油圧ピストンが軸方向に往復するように前記油圧ポンプを駆動する電動モータとを備え、

前記コントローラは、前記電動モータを制御することで前記油圧ピストンの前記油圧シリンダ内での移動を制御する、ことが好ましい。

[0011] 前記油圧シリンダユニットは、

一端が前記油圧ポンプと接続され、他端が前記第１チャンバと接続され、前記油圧ポンプから吐出される全ての作動油を前記第１チャンバに供給し、前記第１チャンバから排出される全ての作動油を前記油圧ポンプに戻す密閉された第１の油圧配管と、

一端が前記油圧ポンプと接続され、他端が前記第２チャンバと接続され、前記第１チャンバから排出される作動油と同量の作動油を前記第２チャンバに供給し、前記第１チャンバに供給される作動油と同量の作動油を前記第２チャンバから排出する密閉された第２の油圧配管と、

をさらに備える、ことが好ましい。

[0012] 前記ピストンロッドは、前記油圧ピストンから前記第１の方向に延在して前記第１チャンバの外部へ突出するとともに、前記油圧ピストンから前記第２の方向に延在して前記第２チャンバの外部へ突出し、

前記ピストンロッドの前記第１チャンバにおける長さ方向と垂直な断面積は、前記ピストンロッドの前記第２チャンバにおける長さ方向と垂直な断面積と等しい、ことが好ましい。

[0013] 前記油圧ポンプは、前記往復式ポンプから吐出される燃料の圧力が５～１００ＭＰａとなるように前記第２チャンバに作動油を供給する、ことが好ましい。

[0014] あるいは、前記リニアアクチュエータは、電動シリンダユニットであって

もよい。

電動シリンダユニットは、電動モータと、

前記電動モータの動力により回転するボールナットと、

前記ボールナットが螺合し、軸方向が前記昇圧用ピストンの軸方向と一致した状態で前記昇圧用ピストンと連結され、前記ボールナットの回転により軸方向に移動するボールねじと、

を備え、

前記コントローラは、前記電動モータを制御することで前記ボールねじの軸方向の移動を制御する、ことが好ましい。

[0015] 本発明の第２の態様は、内燃機関の燃焼室内へ燃料を供給する燃料供給方法であって、

低圧の燃料が供給される低圧燃料供給管と、前記燃焼室内へ供給される高圧の燃料が供給される高圧燃料供給管と、の間に設けられた複数の燃料供給部により、前記低圧燃料供給管内の燃料を吸入し昇圧して前記高圧燃料供給管に供給し、

前記燃料供給部のそれぞれは、軸方向に往復する昇圧用ピストンを有し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第１の方向に移動したときに前記燃料を吸入し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第２の方向に移動したときに前記燃料を昇圧して吐出する往復式ポンプを有し、

前記それぞれの昇圧用ピストンを同一の周期で往復させ、かつ、

少なくとも１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度を加速させることで燃料の単位時間当たりの吐出量を増加させる間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度を減速させることで燃料の単位時間当たりの吐出量を減少させることで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値となるように、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第

２の方向への減速を開始し、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するとともに、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度が減速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が減少する間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度が加速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が増加することで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値となるように、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を開始し、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するように、前記複数の燃料供給部を制御する、ことを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、高圧燃料供給管内の燃料の圧力の脈動を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本実施形態の燃料ガス供給装置の概略の構成図である。

[図2]燃料吸引時のリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０の断面図である。

[図3]燃料吐出時のリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０の断面図である。

[図4]（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例、（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例、（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量

の時間変化の一例、（ｄ）は燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[図5]（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例、（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例、（ｃ）は（ａ）、（ｂ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[図6]（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例、（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例、（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の一例、（ｄ）は燃料供給部２０Ｄの吐出量の時間変化の一例、（ｅ）は（ａ）～（ｄ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃ、２０Ｄのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[図7]（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例、（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例、（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の一例、（ｄ）は（ａ）～（ｃ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[図8]（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の他の一例、（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の他の一例、（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の他の一例、（ｄ）は燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の他の一例を示す図である。

[図9]（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の他の一例、（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の他の一例、（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の他の一例、（ｄ）は燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の他の一例を示す図である。

[図10]電動シリンダユニットをリニアアクチュエータ３０として用いた燃料供給部を示す図である。

[図11]（ａ）、（ｂ）、（ｃ）はクランク軸を用いて３台の往復式ポンプを駆動する場合のそれぞれの往復式ポンプの吐出量の時間変化の例を示す図であり、（ｄ）は（ａ）、（ｂ）、（ｃ）の吐出量の合計の時間変化を示す図

である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態に係る燃料供給装置を図面に基づいて説明する。

図１に示すように、本実施形態の燃料供給装置１０は、液体燃料を昇圧・加熱し、内燃機関９０の燃焼室内へ高圧で噴射して供給する装置である。内燃機関９０はシリンダ内の燃焼室で燃料を燃焼させ、その熱エネルギーによって仕事をする原動機であり、例えばレシプロエンジン、ガスタービンである。特に、燃料を圧縮着火させるディーゼルエンジンを内燃機関９０として用いることが好ましい。以下の実施形態では、内燃機関９０として船舶に搭載されるディーゼルエンジンを用いる場合について説明するが、本発明は船舶以外のディーゼルエンジンへの燃料供給装置に適用することもできる。

[0019] 燃料供給装置１０は、図１に示すように、液体燃料タンク１１と、低圧燃料供給管１２と、複数の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃと、高圧燃料供給管１３と、熱交換器１４と、高温燃料供給管１５と、調圧弁１６と、圧力計１７と、制御部８０と、を備える。燃料供給装置１０のこれらの構成要素は全て船舶に搭載される。

[0020] 液体燃料タンク１１は、内燃機関９０に供給される燃料を液体の状態で貯留する。液体燃料タンク１１に貯留される液体燃料として、例えば、液化メタン、液化エタン、液化プロパン等を用いることができる。液体燃料タンク１１は、低圧燃料供給管１２と接続されており、低圧燃料供給管１２を介して液体燃料を燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃに供給する。

燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃとの接続部における低圧燃料供給管１２内の液体燃料の圧力は、液体燃料タンク１１内の液体燃料の液面の高さに応じた圧力となっている。この圧力を高め有効吸込みヘッド（NPSH：Net Positive Suction Head）を確保し、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ，２０Ｃに供給しやすくするために、液体燃料タンク１１は、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃよりも高い位置に配置されている。

なお、液体燃料タンク１１が高い位置に配置できない場合は、液体燃料タ

ンク１１に液体燃料を供給するブースターポンプにより液体燃料タンク１１内の液体燃料の圧力を高めることで、有効吸込ヘッドを確保してもよい。

[0021] 燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃは、低圧燃料供給管１２と高圧燃料供給管１３との間に並列に設けられている。燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃは、それぞれ、コントローラ２１と、リニアアクチュエータ３０と、往復式ポンプ５０とを備える。

往復式ポンプ５０は、低圧燃料供給管１２から供給される液体燃料を昇圧し、高圧燃料供給管１３を介して熱交換器１４に供給する。低圧燃料管１２および高圧燃料供給管１３は、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃから着脱可能である。

[0022] リニアアクチュエータ３０は往復式ポンプ５０のピストンを駆動するものである。リニアアクチュエータ３０を用いることで、クランク軸を用いる場合よりも往復式ポンプ５０のピストンを低速で駆動することや、ピストン行程において往復式ポンプの液流入始め、液昇圧始め、液昇圧終了時以外は、ピストンが一定の速度で移動するように駆動制御することができる。リニアアクチュエータ３０として、例えば、油圧シリンダユニット、電動シリンダユニット等を用いることができる。本実施形態では、リニアアクチュエータ３０として油圧シリンダユニットを用いる場合について説明する。

コントローラ２１は、制御部８０から入力される制御信号により制御され、リニアアクチュエータ３０を制御する。また、コントローラ２１には、後述するように、往復式ポンプ５０のピストンの位置を示す位置信号が入力される。コントローラ２１は、位置信号に応じて往復式ポンプ５０の吐出量が調節されるようにリニアアクチュエータ３０を位置制御する。

[0023] なお、図１においては、３つの燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃが低圧燃料供給管１２と高圧燃料供給管１３との間に並列に設けられているが、燃料供給部の数はこれに限られず、供給する燃料の量に応じて任意に変更することができる。

[0024] 熱交換器１４は、入口側が高圧燃料供給管１３と接続され、出口側が高温

燃料供給管１５と接続されている。熱交換器１４は、高圧燃料供給管１３を介して供給される昇圧後の液体燃料を加熱する。液体燃料を加熱する熱源として、例えば、液体燃料タンク１１で発生するボイルオフガスの燃焼熱を用いることができる。例えば、ボイルオフガスの燃焼熱で加熱した温水との熱交換により液体燃料を加熱してもよい。

[0025] 高温燃料供給管１５には、調圧弁１６が設けられており、高温燃料供給管１５の一端は熱交換器１４と、他端は内燃機関９０の燃焼室と接続されている。熱交換器１４で加熱後の液体燃料は、調圧弁１６により内燃機関９０が必要とする所定の範囲の圧力に調圧された後、高温燃料供給管１５を介して内燃機関９０の燃焼室に供給される。調圧弁１６は制御部８０により制御される。

ここで、内燃機関９０が必要とする所定の範囲の圧力は、内燃機関９０の種類や性能に応じて異なる。内燃機関９０が船舶用の２ストロークサイクルの低速ディーゼルエンジンであれば、所定の範囲の圧力は、例えば５～１００ＭＰａ、好ましくは２０～７０ＭＰａであるが、本発明はこれに限定されるものではない。

また、高温燃料供給管１５には、圧力計１７が設けられている。圧力計１７は高温燃料供給管１５内の圧力を計測し、計測信号を制御部８０に出力する。

[0026] 制御部８０には、内燃機関９０から内燃機関９０の負荷を示す信号が入力される。内燃機関９０の負荷を示す信号は、例えば、回転数を示す信号である。

制御部８０は、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃに制御信号を出力することで、往復式ポンプ５０の吐出量を調整する。往復式ポンプ５０の吐出量は、高温燃料供給管１５内の圧力が、必要とされる内燃機関９０の負荷に応じた圧力となるように調整される。

なお、内燃機関９０により駆動される推進用プロペラ（図示せず）の回転数を計測し、回転数に応じて高温燃料供給管１５内の圧力を調整してもよい

。

[0027] 液体燃料タンク１１、低圧燃料供給管１２、リニアアクチュエータ３０、往復式ポンプ５０、高圧燃料供給管１３、熱交換器１４、高温燃料供給管１５、調圧弁１６、圧力計１７は、危険区域に配置される。一方、コントローラ２１および制御部８０は、一般に非防爆対応品であるが、防爆対応が出来ていない場合には、危険区域から防爆隔壁により隔離された非危険区域に配置するか、危険区域から十分に距離を隔てた非防爆区域に配置しなければならない。

[0028] 次に、図２、図３を用いて、電動モータにサーボモータを使用したリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０の具体的な構成について詳細に説明する。なお、以下の説明では、リニアアクチュエータ３０として油圧シリンダユニットを用いる場合について説明するが、リニアアクチュエータ３０は油圧シリンダユニットに限られるものではない。

図２、図３において、上下方向は鉛直方向と一致し、左右方向は水平方向と一致する。以下の説明では、鉛直方向の上方向を「上方」、上方の部分を「上部」、鉛直方向の下方を「下方」、下方向の部分を「下部」という。なお、以下の説明では、軸方向が鉛直方向となるように配置されたリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０について説明するが、本発明はこれに限らず、軸方向が水平方向となる場合や角度を持たせた方向となるように配置されたリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０を用いてもよい。

[0029] 本実施形態においては、リニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０が軸方向を鉛直方向に向けて配置される。なお、図２、図３においては、リニアアクチュエータ３０の下方に往復式ポンプ５０が配置される例について説明するが、リニアアクチュエータ３０の上方に往復式ポンプ５０が配置されてもよい。

[0030] 〔油圧シリンダユニット〕

図２、図３に示すように、油圧シリンダユニット（リニアアクチュエータ

３０）は、電動モータ３１、油圧ポンプ３２、第１の油圧配管３３、第２の油圧配管３４、固定部４０、油圧シリンダ４１、油圧ピストン４２、等を備える。

油圧シリンダユニットは、架台１００の天板１０１に設けられている。天板１０１は脚１０２により支持されており、脚１０２は船体の甲板や内底板等の構造体に固定される。

[0031] 電動モータ３１は天板１０１の上部に設けられている。電動モータ３１はコントローラ２１によって制御され、油圧ポンプ２３を駆動する。電動モータ３１には、例えばインバータモータ又はサーボモータが用いられる。

[0032] 油圧ポンプ３２は天板１０１の上部に設けられている。油圧ポンプ３２は電動モータ３１により駆動され、油圧シリンダ４１内に作動油を供給することで油圧ピストン４２を鉛直方向に移動させる。作動油としては、石油系作動油、合成系作動油、水成形作動油等から任意の作動油を採用することができる。

[0033] 油圧ポンプ３２は第１の油圧配管３３および第２の油圧配管３４と接続されている。油圧ポンプ３２は電動モータ３１によって駆動される。

電動モータ３１がサーボモータである場合、電動モータ３１の正逆の回転方向に応じて油圧ポンプ３２から作動油が吐出される方向が切り替わる。例えば、電動モータ３１の正回転時には、油圧ポンプ３２は第１の油圧配管３３内の作動油を吸引し、吸引した作動油を第２の油圧配管３４側へ吐出する。また、電動モータ３１の逆回転時には、油圧ポンプ３２は第２の油圧配管３４内の作動油を吸引し、吸引した作動油を第１の油圧配管３３側へ吐出する。この場合、第１の油圧配管３３および第２の油圧配管３４に方向切替弁は不要である。

一方、電動モータ３１がインバータモータである場合、作動油が流れる方向は、第１の油圧配管３３および第２の油圧配管３４に設けられる方向切替弁（図示せず）によって変更する。

なお、第１の油圧配管３３および第２の油圧配管３４内の作動油の流量、

圧力は、油圧ポンプ３２の吐出量によって決定される。電動モータ３１がサーボモータである場合、電動モータ３１がインバータモータである場合のいずれの場合も、作動油の流量、圧力は電動モータ３１によって調整することができる。

[0034] 固定部４０は天板１０１に設けられた開口１０１ａ内に配置された状態で天板１０１に固定されている。固定部４０の上部には油圧シリンダ４１が固定され、固定部４０の下部には往復式ポンプ５０が固定されている。固定部４０は中空の筒状であり、内部に空洞部４８が設けられている。

[0035] 油圧シリンダ４１は、作動油を収容する作動油収容空間４３を有し、軸方向が鉛直方向となるように天板１０１の上面に載置される。また、油圧シリンダ４１の側壁には、作動油収容空間４３の上端部に通じる上側貫通孔４４、および、作動油収容空間４３の下端部に通じる下側貫通孔４５が設けられている。上側貫通孔４４の外側開口部は第１の油圧配管３３と接続されており、下側貫通孔４５の外側開口部は第２の油圧配管３４と接続されている。

[0036] 油圧ピストン４２には、ピストンリング４２ｂが設けられている。油圧ピストン４２は、ピストンリング４２ｂを油圧シリンダ４１の作動油収容空間４３の内壁面と接触させながら鉛直方向に移動可能に作動油収容空間４３内に収容されているライダーリング４２ａは油圧ピストン４２が鉛直方向に移動するときの水平方向の振れを補正する役割を果たす。ピストンリング４２ｂは油圧ピストン４２と作動油収容空間４３の内壁面との隙間を塞ぐ役割を果たす。

[0037] 油圧ピストン４２は作動油収容空間４３を油圧ピストン４２よりも上側の上側チャンバ４３ａと油圧ピストン４２よりも下側の下側チャンバ４３ｂとに区画する。

油圧ピストン４２はダブルロッド型であり、油圧シリンダ４１の上部および下部から外部へ突出するピストンロッド４７を有している。ピストンロッド４７は油圧ピストン４２とともに上下動する。油圧ピストン４２がダブルロッド型であるため、油圧ピストン４２が上昇したときの上側チャンバ４３

ａの容積の減少量と下側チャンバ４３ｂの容積の増加量とが等しい。油圧ピストン４２はシングルロッド型であっても良い。ただし、この場合は移動する作動油の量が変化することによる圧力変動が生じるので脈動防止タンクを設けるのが望ましい。

油圧シリンダ４１のピストンロッド４７が貫通する部分には、ブッシュ４６が設けられている。ブッシュ４６内にはオイルシールが組み込まれている。ブッシュ４６はピストンロッド４７を上下動可能に支持するとともに、作動油収容空間４３から作動油が漏出することを防いでいる。

[0038] 空洞部４８内には、ピストンロッド４７の下端部と、往復式ポンプ５０の昇圧用ピストン５２の上端部とを連結する連結部４９が設けられている。連結部４９はピストンロッド４７の上下動に伴い、空洞部４８内で上下動する。尚、連結部４９は、油圧シリンダのピストンロッド４７と往復式ポンプ５０のピストン５２の軸芯ズレ調整機能を持っている。

[0039] 空洞部４８には、往復式ポンプからのガス漏れ防止の観点から外部から室温の窒素ガスが供給されている。窒素ガスは往復式ポンプ５０のロッドパッキン部５７に供給してもよい。空洞部４８が設けられることで、往復式ポンプ５０内の低温熱源（液体燃料）への熱伝導が抑制され、ピストンロッド４７を介して作動油収容空間４３内の高温熱源（作動油）が冷却されるのを防ぐことができる。なお、防爆形ヒータや吸熱フィンを設けることで高温熱源が冷却されることを防いでもよい。

[0040] 〔往復式ポンプ〕

往復式ポンプ５０として、例えば特許第５５１９８５７号に記載されているのと同様の構造を有する往復式ポンプを用いることができる。

具体的には、往復式ポンプ５０は、昇圧用シリンダ５１と、昇圧用ピストン５２と、シリンダライナ５３と、カバー５４と、弁箱６０と、等を有する。

[0041] 昇圧用シリンダ５１の上端部は固定部４０の下端部に固定されている。昇圧用シリンダ５１の側壁は架台１００の脚１０２に固定されている。昇圧用

シリンダ５１の上側部分にはロッドパッキン部５７が設けられている。

昇圧用シリンダ５１は内部に昇圧用ピストン５２、シリンダライナ５３、および弁箱６０を収容する空間を有し、昇圧シリンダ５１の下端部にはカバー５４が固定されている。カバー５４によってシリンダライナ５３および弁箱６０は昇圧用シリンダ５１内で固定されている。

また、昇圧用シリンダ５１の側壁には、内部に弁箱６０が固定される高さの位置に、吸入口５５が設けられている。吸入口５５は低圧燃料供給管１２と接続されている。

カバー５４には、鉛直方向に貫通する吐出口５６が設けられている。吐出口５６は高圧燃料供給管１３と接続されている。

[0042] ここで、弁箱６０が昇圧用ピストン５２よりも下方に設けられており、昇圧用ピストン５２を鉛直上方に移動したときに昇圧用シリンダ５１の内部であって昇圧用ピストン５２の下部に燃料を吸入するため、往復式ポンプ５０の吸入口５５をより低い位置に配置することができる。吸入口５５との接続部における低圧燃料供給管１２内の液体燃料の圧力は、液体燃料タンク１１内の液体燃料の液面の高さと吸入口５５の高さとの差に比例する圧力となる。このため、吸入口５５をより低い位置に配置することで、吸入口５５との接続部における低圧燃料供給管１２内の液体燃料の圧力を高めることができる。これにより、吸入口５５から昇圧用シリンダ５１内への燃料の供給を容易にすることができる。

[0043] 昇圧用ピストン５２の上端部は、連結部４９によってピストンロッド４７の下端部と連結されており、昇圧用ピストン５２はピストンロッド４７と連動して上下動する。

また、昇圧用ピストン５２の上端部には、位置センサが設けられる。位置センサは、昇圧用ピストン５２の鉛直方向の位置を検出し、位置信号をコントローラ２１に出力する。なお、位置信号を用いて、昇圧用ピストン５２の変位を時間微分することにより、昇圧用ピストン５２の速度を求めることができる。すなわち、位置センサを速度センサとしても用いることができる。

なお、位置センサを油圧シリンダ４１に取り付けてもよい。

[0044] 位置センサとして、例えば、磁歪式位置センサ７０や超音波センサを用いることができる。ここでは磁歪式位置センサを使用した場合について説明する。

具体的には、磁歪式位置センサ７０は、センサプローブ７１（磁歪線）と、環状マグネット７２と、検出器７３とを有する。センサプローブ７１は空洞部４８内に鉛直方向に設けられる。環状マグネット７２は中央にセンサプローブ７１が挿入された状態で、センサプローブ７１に沿って昇圧用ピストン５２とともに上下動するように昇圧用ピストン５２の上端部に取り付けられる。センサプローブ７１の一端にはセンサプローブ７１に生じる歪みを検出する検出器７３が設けられている。センサプローブ７１に電流パルス信号を与えると、センサプローブ７１を中心とする円周方向の磁場が生じる。センサプローブ７１のマグネット７２と同じ高さの位置では、センサプローブ７１の軸方向に磁場が与えられるため、軸方向に対して斜め方向の合成磁場が生じる。これにより、センサプローブ７１に局部的なねじり歪みが生じる。検出器７３はこのねじり歪みを検出することで、マグネット７２の高さ方向の位置を検出し、昇圧用ピストン５２の高さ方向の位置を示す位置信号をコントローラ２１に出力する。

[0045] 昇圧用ピストン５２の下部にはライダーリング５２ａおよびピストンリング５２ｂが設けられている。昇圧用ピストン５２はライダーリング５２ａおよびピストンリング５２ｂをシリンダライナ５３の内壁面と接触させながら鉛直方向に移動可能にシリンダライナ５３内に収納されている。ロッドパッキン部５７にもライダーリング５１ａが装備されている。これらのライダーリング５１ａ、５２ａは、昇圧用ピストン５２が鉛直方向に移動するときの水平方向の振れを補正する役割を果たす。ピストンリング５２ｂは昇圧用ピストン５２とシリンダライナ５３の内壁面との隙間を塞ぎ、先端の昇圧された液体燃料の圧力を封止する役割を果たす。

[0046] 弁箱６０は昇圧用シリンダ５１内でシリンダライナ５３の下部に固定され

ている。弁箱６０には、吐出流路６１、吐出用弁体６２、吸入流路６４、吸入用弁体６５、等が設けられている。

吐出流路６１は弁箱６０を鉛直方向に貫通するように設けられている。吐出流路６１の内部には、吐出用弁体６２が鉛直方向に移動可能に収容されている。吐出流路６１の上端部側は内径が吐出用弁体６２の外径よりも小さい細径部となっている。細径部の下側開口は、吐出用弁体６２が配置される弁座６３となっている。吐出用弁体６２および弁座６３により吐出弁が構成される。

吐出流路６１の弁箱６０の下側の開口はカバー５４の吐出口５６と対向する位置に設けられている。

[0047] 吸入流路６４は弁箱６０の外側壁から弁箱６０の上面であって昇圧用ピストン５２の位置に連通する位置に設けられている。吸入流路６４の弁箱６０の外側壁側の開口は昇圧用シリンダ５１の吸入口５５と対向する位置に設けられている。

吸入流路６４の弁箱６０の上面側の開口の外周部は吸入用弁体６５用の弁座６６となっており、弁座６６の上部に吸入用弁体６５が鉛直方向に移動可能に設けられている。吸入用弁体６５および弁座６６により吸入弁が構成される。

[0048] ロッドパッキン部５７は、空洞部４８に接続されており、液体燃料が気化したガスを外気へ漏洩させないようシールリングを装備してシールしている。ピストンリング５２ｂによりシールできず漏洩した液体燃料は低圧下で気化し、このロッドパッキン部５７でシールされる。液体燃料が気化したガスの外部への漏洩を防止するため、空洞部４８に窒素ガスを供給する代わりにこのロッドパッキン部５７へ供給してもよい。

[0049] 〔リニアアクチュエータおよび往復式ポンプの動作〕

次に、電動モータにサーボモータを使用したリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０の動作について説明する。

まず、電動モータ３１により油圧ポンプ３２を駆動し、図２に示すように

、上側チャンバ４３ａ内の作動油を上側貫通孔４４から排出し、第１の油圧配管３３、第２の油圧配管３４を経て下側貫通孔４５から下側チャンバ４３ｂへ供給する。すると、下側チャンバ４３ｂの容積が大きくなり、上側チャンバ４３ａの容積が小さくなるように、油圧ピストン４２が作動油収容空間４３内で上昇する。なお、第１の油圧配管３３および第２の油圧配管は分岐等を有さないため、上側チャンバ４３ａから流出した作動油は全て下側チャンバ４３ｂへ供給される。

[0050] 油圧ピストン４２が上昇すると、連結部４９でピストンロッド４７の下端部と連結されている昇圧用ピストン５２がシリンダライナ５３内で上昇する（第１の方向へ移動する）。すると、吸入用弁体６５が弁座６６から離れて上昇し、吸入口５５から供給される液体燃料が吸入流路６４を通ってシリンダライナ５３の内部であって昇圧用ピストン５２の下部の空間に流入する。このとき、吐出用弁体６２は弁座６３を塞いだ状態である。

[0051] 次に、コントローラ２１により電動モータ３１の回転方向を切り替え、油圧ポンプ３２を図２とは反対方向に駆動し、図３に示すように、下側チャンバ４３ｂ内の作動油を下側貫通孔４５から排出し、第２の油圧配管３４、第１の油圧配管３３を経て上側貫通孔４４から上側チャンバ４３ａへ供給する。すると、下側チャンバ４３ｂの容積が小さくなり、上側チャンバ４３ａの容積が大きくなるように、油圧ピストン４２が作動油収容空間４３内で下降する。なお、第１の油圧配管３３および第２の油圧配管は分岐等を有さないため、下側チャンバ４３ｂから流出した作動油は全て上側チャンバ４３ａへ供給される。

[0052] 油圧ピストン４２が下降すると、連結部４９でピストンロッド４７の下端部と連結されている昇圧用ピストン５２がシリンダライナ５３内で下降する（第２の方向へ移動する）。すると、シリンダライナ５３の内部であって昇圧用ピストン５２の下部の空間に吸入された液体燃料が吐出用弁体６２を押し下げて弁座６３から離し、吐出口５６から排出される。このとき、吸入用弁体６５は弁座６６を塞いだ状態である。

[0053] このように、電動モータ３１の回転方向を切り替え、油圧ポンプ３２の駆動方向を切り替えることで、上側チャンバ４３ａと下側チャンバ４３ｂとの間で作動油を交互に行き来させ、油圧ピストン４２および昇圧用ピストン５２を鉛直方向に往復移動させ、吸入口５５から吸入した液体燃料を昇圧して吐出口５６から吐出することができる。

なお、電動モータにインバータモータを使用したリニアアクチュエータ３０の場合は、方向切替弁により作動油の流れ方向を切り替えることで上側チャンバ４３ａと下側チャンバ４３ｂとの間で作動油を交互に行き来させ、油圧ピストン４２および昇圧用ピストン５２を鉛直方向に往復移動させ、吸入口５５から吸入した液体燃料を昇圧して吐出口５６から吐出することができる。

[0054] 本実施形態においては、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの昇圧用シリンダ５１から吐出される燃料の吐出量の総和が一定となるように、制御部８０が燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれのコントローラ２１を制御することが好ましい。

[0055] 具体的には、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの少なくとも１つからの燃料の吐出量が増加するときに、他の燃料供給部からの燃料の吐出量が減少するように、制御部９０が複数の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃを制御すればよい。

[0056] 例えば、複数の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのうち、燃料の吐出量が増加する燃料供給部における増加量の総和が、他の燃料供給部からの燃料の吐出量の減少量の総和と一致するように、制御部９０が複数の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃを制御すればよい。

燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量は、昇圧用ピストン５２の断面積と速度の積となる。このため、コントローラ２１がリニアアクチュエータ３０を制御することにより、昇圧用ピストン５２の速度を調整すること、すなわち油圧シリンダ４１へ流入する油量を調整することにより油圧力を調整することで、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの

吐出量を調整することができる。

[0057] 図４（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図４（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図４（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図４（ｄ）は図４（ａ）～（ｃ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。なお、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの昇圧用ピストンは同一の周期で往復している。

[0058] 図４（ａ）に示すように、時刻ｔ０において、燃料供給部２０Ａにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への加速を開始すると同時に、燃料供給部２０Ｃにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への減速を開始する。

時間ｔ０からｔ１にかけて、図４（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの単位時間当たりの吐出量が増加すると同時に、図４（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの単位時間当たりの吐出量が減少する。図４（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量はゼロである。このとき、燃料供給部２０Ａの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｃの吐出量の減少量とが等しいため、図４（ｄ）に示すように、単位時間当たりの吐出量の合計は一定となる。

時刻ｔ１において、燃料供給部２０Ａにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への加速を終了すると同時に、燃料供給部２０Ｃにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への減速を終了する。

時間ｔ１からｔ２にかけては、燃料供給部２０Ａの単位時間当たりの吐出量が一定であり、他の燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの単位時間当たりの吐出量がゼロであるため、図４（ｄ）に示すように、単位時間当たりの吐出量の合計は一定となる。

[0059] 時刻ｔ２において、燃料供給部２０Ａにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への減速を開始すると同時に、燃料供給部２０Ｂにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への加速を開始する。

時間ｔ２からｔ３にかけて、図４（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂ

の単位時間当たりの吐出量が増加すると同時に、図４（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの単位時間当たりの吐出量が減少する。図４（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの単位時間当たりの吐出量はゼロである。このとき、燃料供給部２０Ｂの単位時間当たりの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ａの単位時間当たりの吐出量の減少量とが等しいため、図４（ｄ）に示すように、単位時間当たりの吐出量の合計は一定となる。

時刻ｔ３において、燃料供給部２０Ａにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への減速を終了すると同時に、燃料供給部２０Ｂにおいて昇圧用ピストン５２の第２の方向への加速を終了する。

時間ｔ３からｔ４にかけては、燃料供給部２０Ｂの単位時間当たりの吐出量が一定であり、他の燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの単位時間当たりの吐出量がゼロであるため、図４（ｄ）に示すように、単位時間当たりの吐出量の合計は一定となる。

[0060] 時間ｔ４からｔ５にかけて、図４（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの単位時間当たりの吐出量が増加すると同時に、図４（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの単位時間当たりの吐出量が減少する。図４（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの単位時間当たりの吐出量はゼロである。このとき、燃料供給部２０Ｃの単位時間当たりの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｂの単位時間当たりの吐出量の減少量とが等しいため、図４（ｄ）に示すように、単位時間当たりの吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ５からｔ６にかけては、燃料供給部２０Ｃの単位時間当たりの吐出量が一定であり、他の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂの単位時間当たりの吐出量がゼロであるため、図４（ｄ）に示すように、単位時間当たりの吐出量の合計は一定となる。

[0061] このように、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの昇圧用シリンダ５１から吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の総和が一定となるように、制御部８０が燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれのコントローラ２１を制御することで、高圧燃料供給管１３に脈動が生じることを

防ぐことができる。なお、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの吐出量の最大値をｖとすると、単位時間当たりの吐出量の合計はｖで一定となる。

[0062] ここで、ストロークは、昇圧用ピストン５２が上下方向に往復するときの最下点から最上点までの高さである。ストロークはシリンダライナ５３内における昇圧用ピストン５２の最下部の位置を基準として設定される。昇圧用ピストン５２の最下部の位置は、シリンダライナ５３の内部であって昇圧用ピストン５２の下部の空間の容積が最小となる位置である。この位置を基準としてストロークを調整することで、ストロークをどのように設定しても、往復式ポンプ５０内の液体燃料は各サイクルで全て吐出されることとなる。

[0063] なお、図４においては、ｔ（ｎ－１）とｔｎとの時間間隔（ｎは自然数）を等間隔として示しているが、時間間隔は適宜変更可能である。例えば、時間当たりの吐出量すなわち昇圧用ピストン５２の速度を下げてｔ１とｔ２の時間間隔を長くしてもよい。リニアアクチュエータ３０を用いて往復式ポンプ５０を駆動するため、昇圧用ピストン５２のストロークを自由に調節することができる。

[0064] なお、往復式ポンプ５０の吐出量が一定となるように、昇圧用ピストン５２が下降する速度（第２の方向に移動する速度）が一定となるようにコントローラ２１がリニアアクチュエータ３０の駆動を制御してもよい。

[0065] なお、複数の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃは独立して制御可能であるため、内燃機関９０の燃料需要に応じて運転稼動する燃料供給部の数を変更することもできる。例えば、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂのみを運転させ、燃料供給部２０Ｃを停止させてもよい。

図５は燃料供給部２０Ａ、２０Ｂのみにより燃料を供給する場合の吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図５（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図５（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図５（ｃ）は図５（ａ）、（ｂ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[0066] 時間ｔ０からｔ１にかけて、図５（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が増加すると同時に、図５（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量が減少する。このとき、燃料供給部２０Ａの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｂの吐出量の減少量とが等しいため、図５（ｃ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ１からｔ２にかけては、燃料供給部２０Ａの吐出量が一定であり、燃料供給部２０Ｂの吐出量がゼロであるため、図５（ｃ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0067] 時間ｔ２からｔ３にかけて、図５（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量が増加すると同時に、図５（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が減少する。このとき、燃料供給部２０Ｂの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ａの吐出量の減少量とが等しいため、図５（ｃ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ３からｔ４にかけては、燃料供給部２０Ｂの吐出量が一定であり、燃料供給部２０Ａの吐出量がゼロであるため、図５（ｃ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

このように、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂの吐出タイミングをずらして吐出量の合計を一定とすることができる。

[0068] また、３つの燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃに加えて、４つ目の燃料供給部（２０Ｄとする）を用いてもよい。

図６は４つの燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃ、２０Ｄにより燃料を供給する場合の吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図６（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図６（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図６（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図６（ｄ）は燃料供給部２０Ｄの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図６（ｅ）は図６（ａ）～（ｄ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃ、２０Ｄのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[0069] 時間ｔ０からｔ１にかけて、図６（ａ）、（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの吐出量が増加すると同時に、図６（ｂ）、（ｄ）に示すように、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｄの吐出量が減少する。このとき、燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの吐出量の増加量の和と燃料供給部２０Ｂ、２０Ｄの吐出量の減少量の和とが等しいため、図６（ｅ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ１からｔ２にかけては、燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの吐出量が一定であり、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｄの吐出量がゼロであるため、図６（ｅ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0070] 時間ｔ２からｔ３にかけて、図６（ｂ）、（ｄ）に示すように、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｄの吐出量が増加すると同時に、図６（ａ）、（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの吐出量が減少する。このとき、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｄの吐出量の増加量の和と燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの吐出量の減少量の和とが等しいため、図６（ｅ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ３からｔ４にかけては、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｄの吐出量が一定であり、燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの吐出量がゼロであるため、図６（ｅ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

このように、燃料供給部２０Ａ、２０Ｃと燃料供給部２０Ｂ、２０Ｄの吐出タイミングをずらして吐出量の合計を一定とすることができる。

[0071] なお、複数の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの最大吐出量は異なっていてもよい。

図７（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図７（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図７（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の一例を示す図であり、図７（ｄ）は図７（ａ）～（ｃ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。ここで、燃料供給部２０Ｂの最大吐出量をｖ１、燃料供給部２０Ｃの最大吐出量をｖ２とす

るとき、燃料供給部２０Ａの最大吐出量がｖ１＋ｖ２かつ燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計がｖ１＋ｖ２となるように昇圧用ピストン５２の速度が調整されている。ｖ１とｖ２は異なっていてもよいし、同一であってもよい。

[0072] 時間ｔ０からｔ１にかけて、図７（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が増加すると同時に、図７（ｂ）、（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの吐出量が減少する。このとき、燃料供給部２０Ａの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの吐出量の減少量の和とが等しいため、図７（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ１からｔ２にかけては、燃料供給部２０Ａの吐出量が一定（ｖ１＋ｖ２）であり、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの吐出量がゼロであるため、図７（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定（ｖ１＋ｖ２）となる。

[0073] 時間ｔ２からｔ３にかけて、図７（ｂ）、（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの吐出量が増加すると同時に、図７（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が減少する。このとき、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの吐出量の増加量の和と燃料供給部２０Ａの吐出量の減少量とが等しいため、図７（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ３からｔ４にかけては、燃料供給部２０Ｂの吐出量がｖ１、燃料供給部２０Ｃの吐出量がｖ２で一定であり、燃料供給部２０Ａの吐出量がゼロであるため、図７（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定（ｖ１＋ｖ２）となる。

このように、燃料供給部２０Ａと燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃとで異なるストローク長とするとともに、燃料供給部２０Ａと燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの吐出タイミングをずらすことで、吐出量の合計を一定とすることができる。

[0074] 図８（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の他の一例を示す図であり、図８（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の他の一例を示す図であり、図８（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の他の一例を

示す図であり、図８（ｄ）は図８（ａ）～（ｃ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[0075] 時間ｔ０からｔ１にかけて、図８（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が増加すると同時に、図８（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量が減少する。図８（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量は一定である。このとき、燃料供給部２０Ａの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｂの吐出量の減少量とが等しいため、図８（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ１からｔ２にかけては、燃料供給部２０Ａ、２０Ｃの吐出量が一定であり、燃料供給部２０Ｂの吐出量がゼロであるため、図８（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0076] 時間ｔ２からｔ３にかけて、図８（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量が増加すると同時に、図８（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量が減少する。図８（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量は一定である。このとき、燃料供給部２０Ｂの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｃの吐出量の減少量とが等しいため、図８（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ３からｔ４にかけては、燃料供給部２０Ａ，２０Ｂの吐出量が一定であり、燃料供給部２０Ｃの吐出量がゼロであるため、図８（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0077] 時間ｔ４からｔ５にかけて、図８（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量が増加すると同時に、図８（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量が減少する。図８（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量はゼロである。このとき、燃料供給部２０Ｃの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｂの吐出量の減少量とが等しいため、図８（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

時間ｔ５からｔ６にかけては、燃料供給部２０Ｂ、２０Ｃの吐出量が一定であり、燃料供給部２０Ａの吐出量がゼロであるため、図８（ｄ）に示すよ

うに、吐出量の合計は一定となる。

[0078] このように、図８（ａ）～（ｄ）に示す場合でも、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの昇圧用シリンダ５１から吐出される燃料の吐出量の総和が一定となるように、制御部８０が燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれのコントローラ２１を制御することで、高圧燃料供給管１３に脈動が生じることを防ぐことができる。なお、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの吐出量の最大値をｖとすると、吐出量の合計は２ｖで一定となる。

[0079] なお、図８においても、ｔ（ｎ－１）とｔｎとの時間間隔（ｎは自然数）は適宜変更可能である。例えば昇圧用ピストン５２のストロークを長くすることで、昇圧用ピストン５２の速度を一定に保ちながら（吐出量を一定に保ちながら）、ｔ（ｎ－１）とｔｎとの時間間隔を長くしてもよい。例えば、図４において、ｔ１からｔ２までの時間を、ｔ３からｔ４までの時間やｔ５からｔ６までの時間の２倍の長さとしてもよい。

[0080] なお、図４および図８では、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの吐出量の波形は同一で位相が異なっていたが、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの吐出量の波形は異なっていてもよいし、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの吐出量の最大値は異なっていてもよい。

[0081] 図９（ａ）は燃料供給部２０Ａの吐出量の時間変化の他の一例を示す図であり、図９（ｂ）は燃料供給部２０Ｂの吐出量の時間変化の他の一例を示す図であり、図９（ｃ）は燃料供給部２０Ｃの吐出量の時間変化の他の一例を示す図であり、図９（ｄ）は図９（ａ）～（ｃ）の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの吐出量の合計の時間変化の一例を示す図である。

[0082] 時間ｔ０からｔ１にかけて、図９（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が増加すると同時に、図９（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量が減少する。図９（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量はゼロである。このとき、燃料供給部２０Ａの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｃの吐出量の減少量とが等しいため、図９（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0083] 時間ｔ１からｔ２にかけては、図９（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量が増加すると同時に、図９（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量が減少する。図９（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量は一定である。このとき、燃料供給部２０Ｂの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｃの吐出量の減少量とが等しいため、図９（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0084] 時間ｔ２からｔ３にかけては、図９（ａ）、（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂの吐出量が一定であり、図９（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量がゼロであるため、図９（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0085] 時間ｔ３からｔ４にかけては、図９（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量が増加すると同時に、図９（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が減少する。図９（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量は一定である。このとき、燃料供給部２０Ｃの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ａの吐出量の減少量とが等しいため、図９（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0086] 時間ｔ４からｔ５にかけては、図９（ａ）に示すように、燃料供給部２０Ａの吐出量が増加すると同時に、図９（ｃ）に示すように、燃料供給部２０Ｃの吐出量が減少する。図９（ｂ）に示すように、燃料供給部２０Ｂの吐出量はゼロである。このとき、燃料供給部２０Ａの吐出量の増加量と燃料供給部２０Ｃの吐出量の減少量とが等しいため、図９（ｄ）に示すように、吐出量の合計は一定となる。

[0087] このように、図９（ａ）～（ｄ）に示す場合でも、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれの昇圧用シリンダ５１から吐出される燃料の吐出量の総和が一定となるように、制御部８０が燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃのそれぞれのコントローラ２１を制御することで、高圧燃料供給管１３に脈動が生じることを防ぐことができる。なお、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂの吐出量の最大値をｖ、燃料供給部２０Ｃの吐出量の最大値を２ｖとすると、

吐出量の合計は２ｖで一定となる。このように、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂと燃料供給部２０Ｃとでストローク長および昇圧用ピストン５２の速度を異ならせるとともに、燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃの吐出タイミングをずらすことで、吐出量の合計を一定とすることができる。

[0088] なお、サーボモータを用いる場合、油圧シリンダ４１内へ供給する作動油の流れ方向を油圧ポンプ３２の正逆回転方向によって切り替えることで油圧ピストン４２の移動方向を切り替えることができる。この場合は、作動油の流れ方向を方向切替弁で切り替えないため、油圧ポンプ３２を定格回転数で運転し続ける必要がなく、油圧ポンプ３２を定格回転数で運転し続ける場合と比較してエネルギー消費を低減することができる。

[0089] また、複数の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃが低圧燃料供給管１２と高圧燃料供給管１３との間に並列に設けられているため、燃料供給部の数を容易に変更することができる。また、複数の燃料供給部のうち、いずれかにトラブルが発生したときや、メンテナンスを行うときでも、その何れかの燃料供給部を取り外し、他の燃料供給部を駆動し続けることができる。

[0090] また、昇圧用ピストン５２の位置を検出する位置センサを設けることで、確実に昇圧用ピストン５２の速度や位置を調節することができる。

[0091] なお、上記説明においては、３台の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃを用いる場合について説明したが、本発明はこれに限らず、任意の数の燃料供給部を用いることができる。例えば、３台の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃに加えて補助的な燃料供給部をさらに設けてもよい。この場合、３台の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃを主に用いながら、何らかの理由により３台の燃料供給部２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃからの吐出量の合計が減少するときに、吐出量の減少量を補うように補助的な燃料供給部から燃料を吐出してもよい。

また、往復式ポンプ５０の形状は図２、図３に示される形状のものに限定されることなく、任意の形状の往復式ポンプを用いることができる。

また、上記説明においては、船舶に搭載する燃料供給装置について説明し

たが、本発明はこれに限られることはない。リニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０は任意の構造体上に設置することができる。例えば、自動車の車体上にリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０を搭載してもよいし、建物の躯体の床上にリニアアクチュエータ３０および往復式ポンプ５０を設置してもよい。

[0092] ＜変形例＞

図１０は、電動シリンダユニットをリニアアクチュエータ３０として用いた燃料供給部を示す図である。なお、図２、図３と同様の構成については、同符号を付して説明を割愛する。

電動シリンダユニットは、電動モータ３１、歯車３５ａ、３５ｂ、ボールナット３７、ボールねじ３８を備える。

歯車３５ａは電動モータ３１の動力で回転し、歯車３５ａの回転は歯車３５ｂに伝達される。

歯車３５ｂはボールナット３７と一体に設けられており、歯車３５ａの回転をボールナット３７に伝達する。

ボールナット３７はボールねじ３８と螺合しており、歯車３５ｂとともに回転する。

ボールねじ３８の下端は連結部４９により昇圧用ピストン５２の上端と連結されている。ボールナット３７が回転することでボールねじ３８は軸方向に移動する。ボールねじ３８が軸方向に移動することで、昇圧用ピストン５２もまた軸方向に移動する。

本変形例においても、リニアアクチュエータ３０として油圧シリンダユニットを用いた場合と同様の効果が得られる。

尚、ポンプ設置場所が非防爆箇所、あるいは第二種危険場所の場合には、歯車３５ａ、３５ｂの代わりに、プーリおよびタイミングベルトを用いて電動モータ３１の回転をボールナットに伝達してもよい。

符号の説明

[0093] １０　燃料供給装置

１１　液体燃料タンク

１２　低圧燃料供給管

１３　高圧燃料供給管

１４　熱交換器

１５　高温燃料供給管

１６　調圧弁

１７　圧力計

２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃ　燃料供給部

２１　コントローラ

３０　リニアアクチュエータ

３１　電動モータ

３２　油圧ポンプ

３３　第１の油圧配管

３４　第２の油圧配管

３５ａ、３５ｂ　歯車

３７　ボールナット

３８　ボールねじ

４１　油圧シリンダ

４２　油圧ピストン

４２ｂ、５２ｂ　ピストンリング

４３　作動油収容空間

４３ａ　上側チャンバ

４３ｂ　下側チャンバ

４７　ピストンロッド

４８　断熱空洞部

４９　連結部

５０　往復式ポンプ

５１　昇圧用シリンダ

５１ａ、５２ａ　ライダーリング

５２　　昇圧用ピストン

５３　　シリンダライナ

５４　　カバー

５５　　吸入口

５６　　吐出口

５７　　ロッドパッキン

６０　　弁箱

６１　　吐出流路

６２　　吐出用弁体

６３、６６　弁座

６４　　吸入流路

６５　　吸入用弁体

７０　　位置センサ

８０　　制御部

９０　　内燃機関

請求の範囲

[請求項1] 内燃機関の燃焼室内へ燃料を供給する燃料供給装置であって、

低圧の燃料が供給される低圧燃料供給管と、

前記燃焼室内へ供給される高圧の燃料が供給される高圧燃料供給管と、

前記低圧燃料供給管と前記高圧燃料供給管との間に設けられ、それぞれ前記低圧燃料供給管内の燃料を吸入し昇圧して前記高圧燃料供給管に供給する複数の燃料供給部と、

前記複数の燃料供給部を制御する制御部と、

を備え、

前記燃料供給部のそれぞれは、

リニアアクチュエータと、

前記リニアアクチュエータによって駆動され軸方向に往復する昇圧用ピストンを有し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第１の方向に移動したときに前記燃料を吸入し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第２の方向に移動したときに前記燃料を昇圧して吐出する往復式ポンプと、

前記制御部により制御され、前記リニアアクチュエータの駆動を制御するコントローラと、

を備え、

前記制御部は、前記それぞれの昇圧用ピストンが同一の周期で往復し、かつ、

少なくとも１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度が加速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が増加する間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度が減速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が減少することで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値となるように、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加

速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を開始し、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するとともに、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度が減速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が減少する間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度が加速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が増加することで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値となるように、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を開始し、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するように、前記複数の燃料供給部を制御する、燃料供給装置。

[請求項2] 前記制御部は、燃料の吐出量が増加する燃料供給部における増加量の総和が、他の燃料供給部からの燃料の吐出量の減少量の総和と一致するように、前記複数の燃料供給部を制御する、請求項１に記載の燃料供給装置。

[請求項3] 前記リニアアクチュエータは、油圧シリンダユニットであって、

作動油を収容する作動油収容空間を有し、軸方向が前記昇圧用ピストンの軸方向と一致するように配置された油圧シリンダと、

前記油圧シリンダ内で軸方向に移動可能に設けられ、前記作動油収容空間を第１チャンバと第２チャンバとに区画する油圧ピストンと、

前記油圧ピストンと前記昇圧用ピストンとを連結するピストンロッ

ドと、

前記第１チャンバに作動油を供給することで前記油圧ピストンを軸方向の第１の方向に移動させ、前記第２チャンバに作動油を供給することで前記油圧ピストンを軸方向の第２の方向に移動させる油圧ポンプと、

前記油圧ピストンが軸方向に往復するように前記油圧ポンプを駆動する電動モータとを備え、

前記コントローラは、前記電動モータを制御することで前記油圧ピストンの前記油圧シリンダ内での移動を制御する、請求項１に記載の燃料供給装置。

[請求項4] 前記油圧シリンダユニットは、

一端が前記油圧ポンプと接続され、他端が前記第１チャンバと接続され、前記油圧ポンプから吐出される全ての作動油を前記第１チャンバに供給し、前記第１チャンバから排出される全ての作動油を前記油圧ポンプに戻す密閉された第１の油圧配管と、

一端が前記油圧ポンプと接続され、他端が前記第２チャンバと接続され、前記第１チャンバから排出される作動油と同量の作動油を前記第２チャンバに供給し、前記第１チャンバに供給される作動油と同量の作動油を前記第２チャンバから排出する密閉された第２の油圧配管と、

をさらに備える、請求項３に記載の燃料供給装置。

[請求項5] 前記ピストンロッドは、前記油圧ピストンから前記第１の方向に延在して前記第１チャンバの外部へ突出するとともに、前記油圧ピストンから前記第２の方向に延在して前記第２チャンバの外部へ突出し、

前記ピストンロッドの前記第１チャンバにおける長さ方向と垂直な断面積は、前記ピストンロッドの前記第２チャンバにおける長さ方向と垂直な断面積と等しい、請求項３又は４に記載の燃料供給装置。

[請求項6] 前記油圧ポンプは、前記往復式ポンプから吐出される燃料の圧力が

５～１００ＭＰａとなるように前記第２チャンバに作動油を供給する、請求項３～５のいずれか一項に記載の燃料供給装置。

[請求項7] 前記リニアアクチュエータは、電動シリンダユニットであって、

電動モータと、

前記電動モータの動力により回転するボールナットと、

前記ボールナットが螺合し、軸方向が前記昇圧用ピストンの軸方向と一致した状態で前記昇圧用ピストンと連結され、前記ボールナットの回転により軸方向に移動するボールねじと、

を備え、

前記コントローラは、前記電動モータを制御することで前記ボールねじの軸方向の移動を制御する、請求項１又は２に記載の燃料供給装置。

[請求項8] 内燃機関の燃焼室内へ燃料を供給する燃料供給方法であって、

低圧の燃料が供給される低圧燃料供給管と、前記燃焼室内へ供給される高圧の燃料が供給される高圧燃料供給管と、の間に設けられた複数の燃料供給部により、前記低圧燃料供給管内の燃料を吸入し昇圧して前記高圧燃料供給管に供給し、

前記燃料供給部のそれぞれは、軸方向に往復する昇圧用ピストンを有し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第１の方向に移動したときに前記燃料を吸入し、前記昇圧用ピストンが軸方向の第２の方向に移動したときに前記燃料を昇圧して吐出する往復式ポンプを有し、

前記それぞれの昇圧用ピストンを同一の周期で往復させ、かつ、

少なくとも１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度を加速させることで燃料の単位時間当たりの吐出量を増加させる間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度を減速させることで燃料の単位時間当たりの吐出量を減少させることで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値となるよう

に、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を開始し、

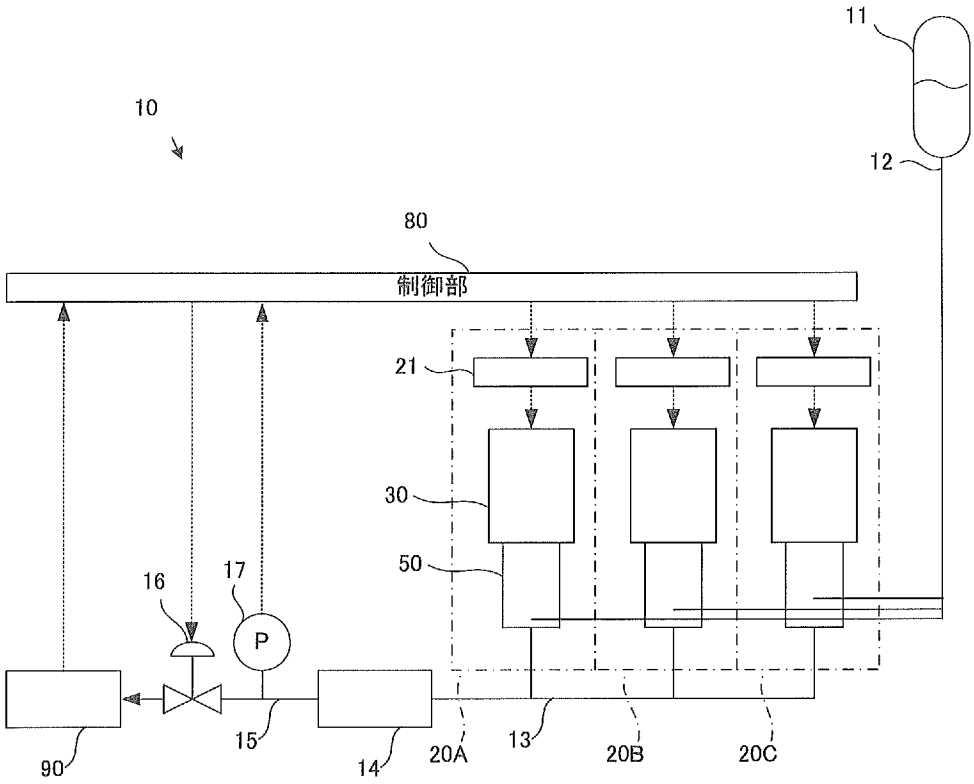
前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するとともに、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンが１往復する間に第２の方向への移動速度が減速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が減少する間に、他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への移動速度が加速することで燃料の単位時間当たりの吐出量が増加することで、前記複数の燃料供給部のそれぞれから吐出される燃料の単位時間当たりの吐出量の和が一定値となるように、

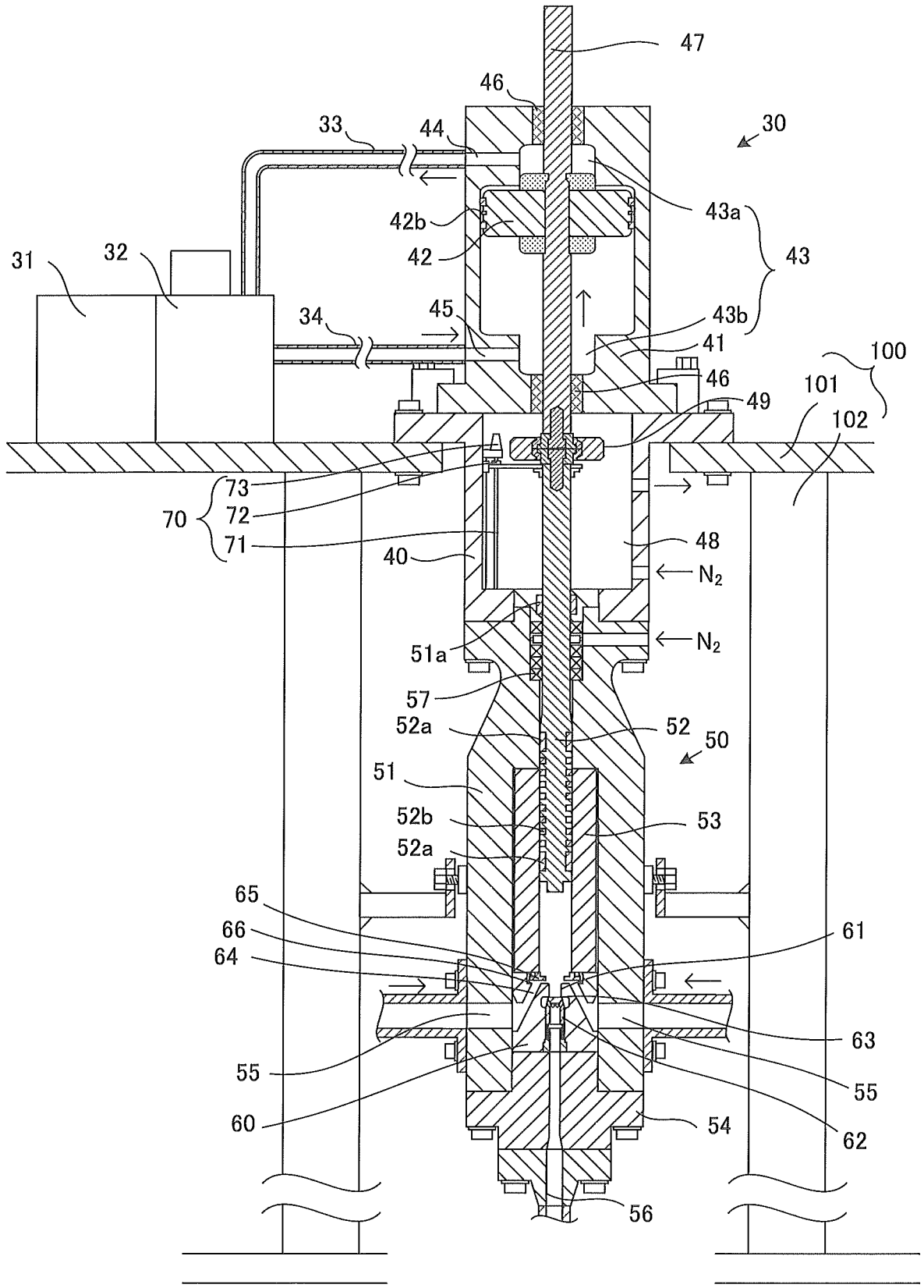
前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を開始するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を開始し、

前記１つの燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への減速を終了するときに少なくとも１つの他の燃料供給部において昇圧用ピストンの第２の方向への加速を終了するように、前記複数の燃料供給部を制御する、燃料供給方法。

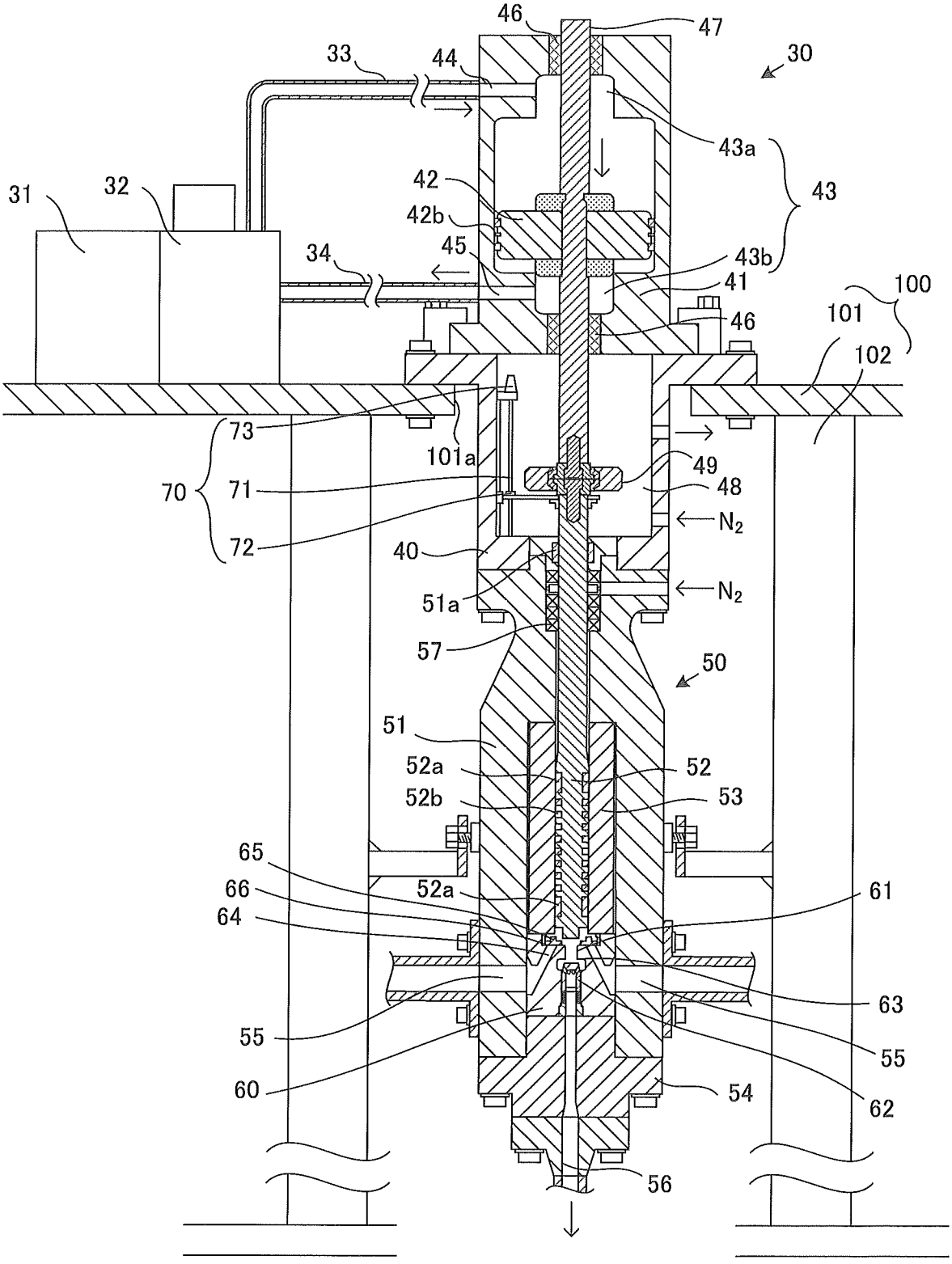
[図1]



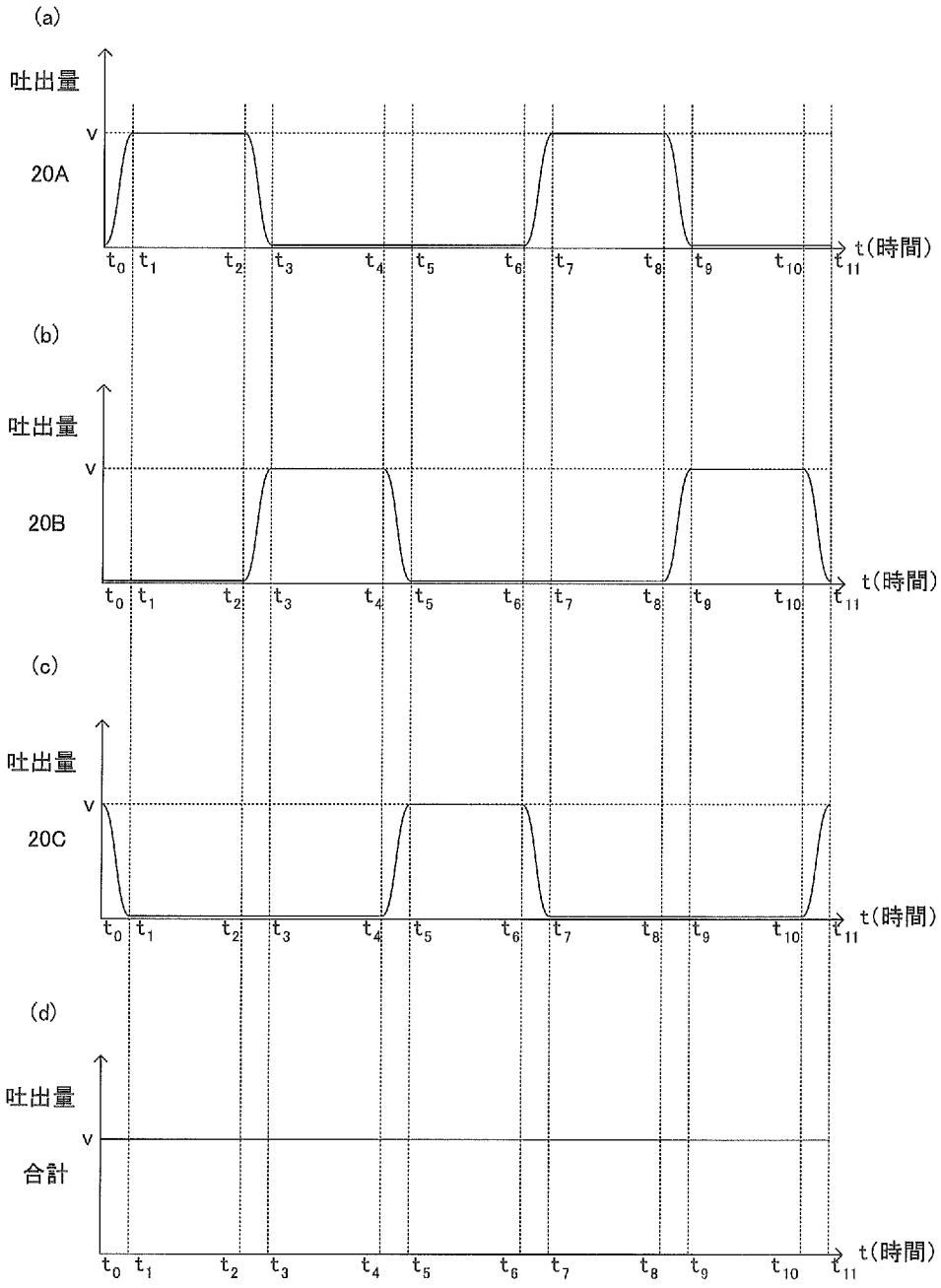
[図2]


47
46
33
44
30
43a
42b
43
42
31
32
34
45
43b
41
100
46
101
49
102
73
70
72
71
40
48
N2
N2
51a
57
52a
52
50
51
52b
53
52a
65
66
64
61
63
55
55
60
54
62
56

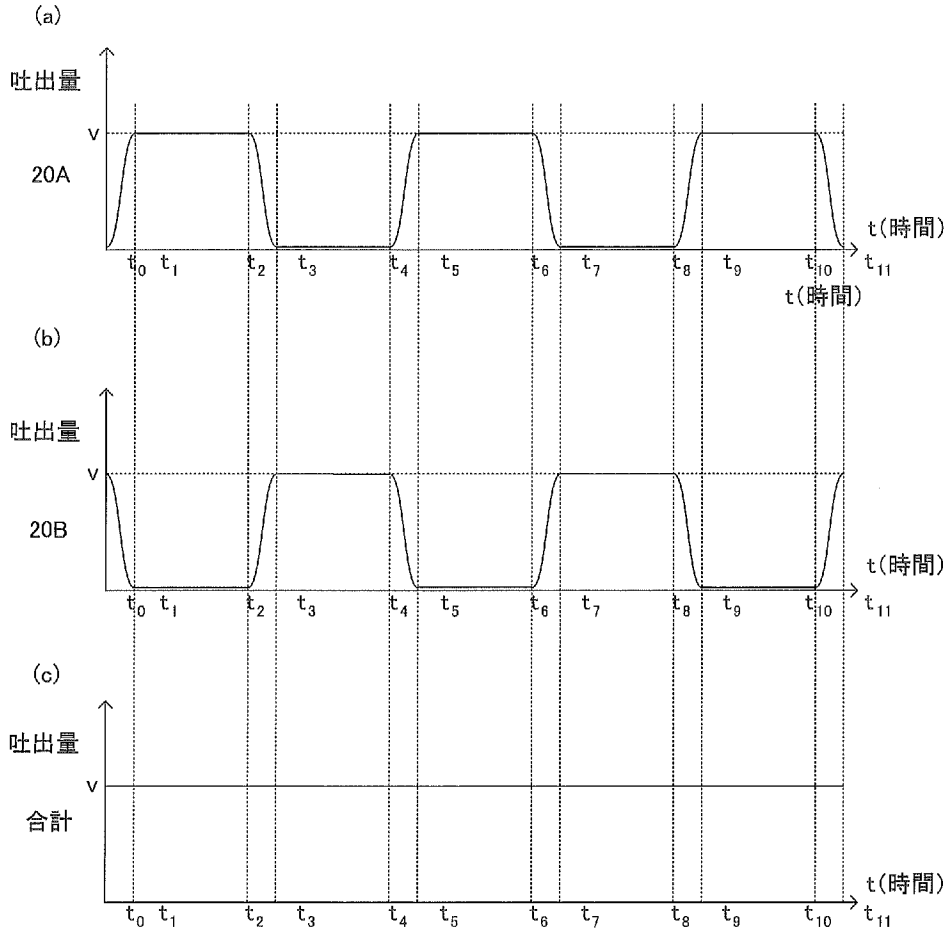
[図3]


46
47
30
33
44
43a
43
42
42b
45
43b
31
32
34
41
100
101
46
102
73
101a
49
70
71
48
N_2
72
40
N_2
51a
57
50
51
52a
52
52b
53
65
52a
61
66
64
63
55
55
60
54
62
56

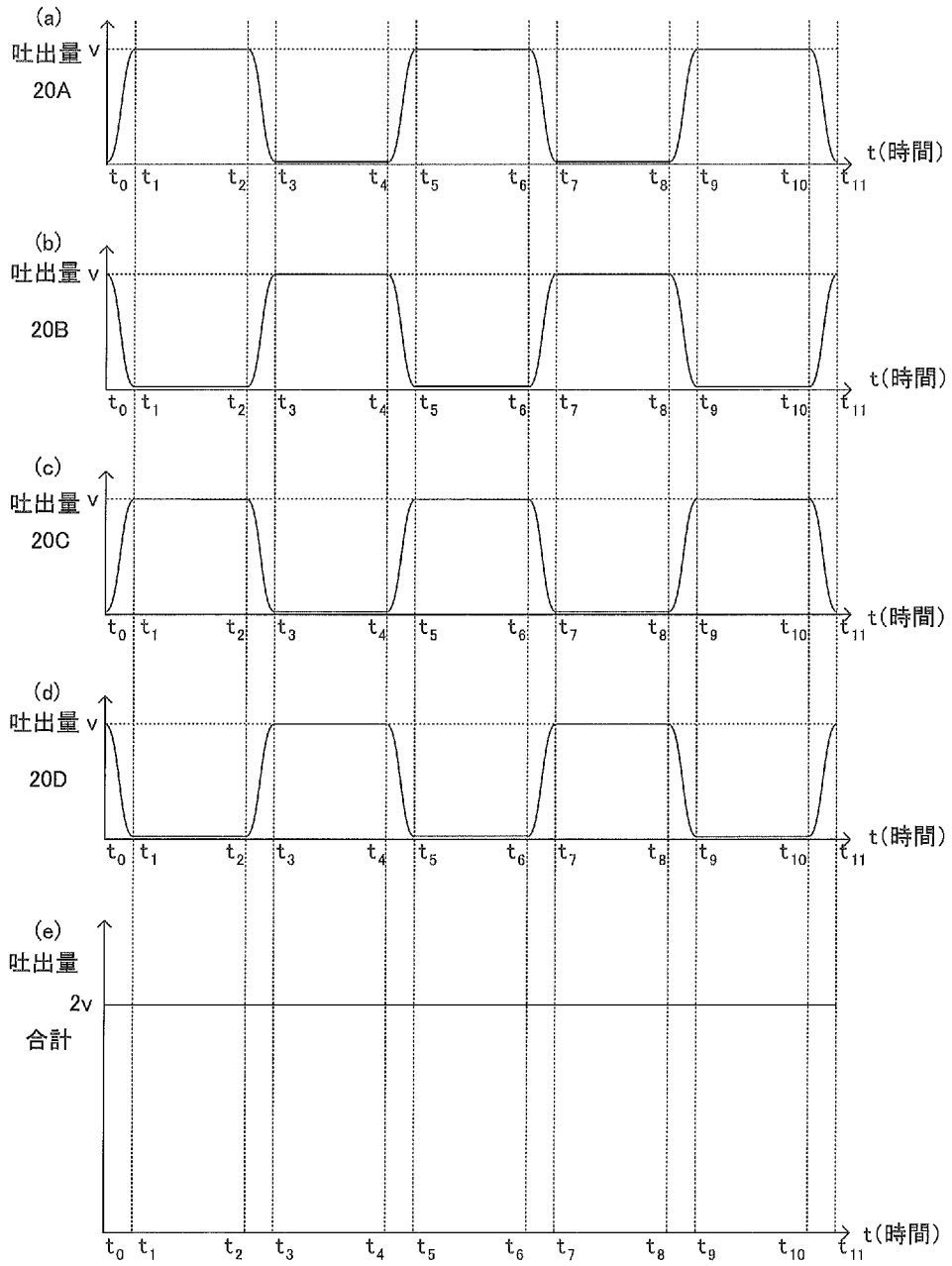
[図4]


(a)
吐出量
V
20A
t(時間)
(b)
吐出量
V
20B
t(時間)
(c)
吐出量
V
20C
t(時間)
(d)
吐出量
V
合計
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11

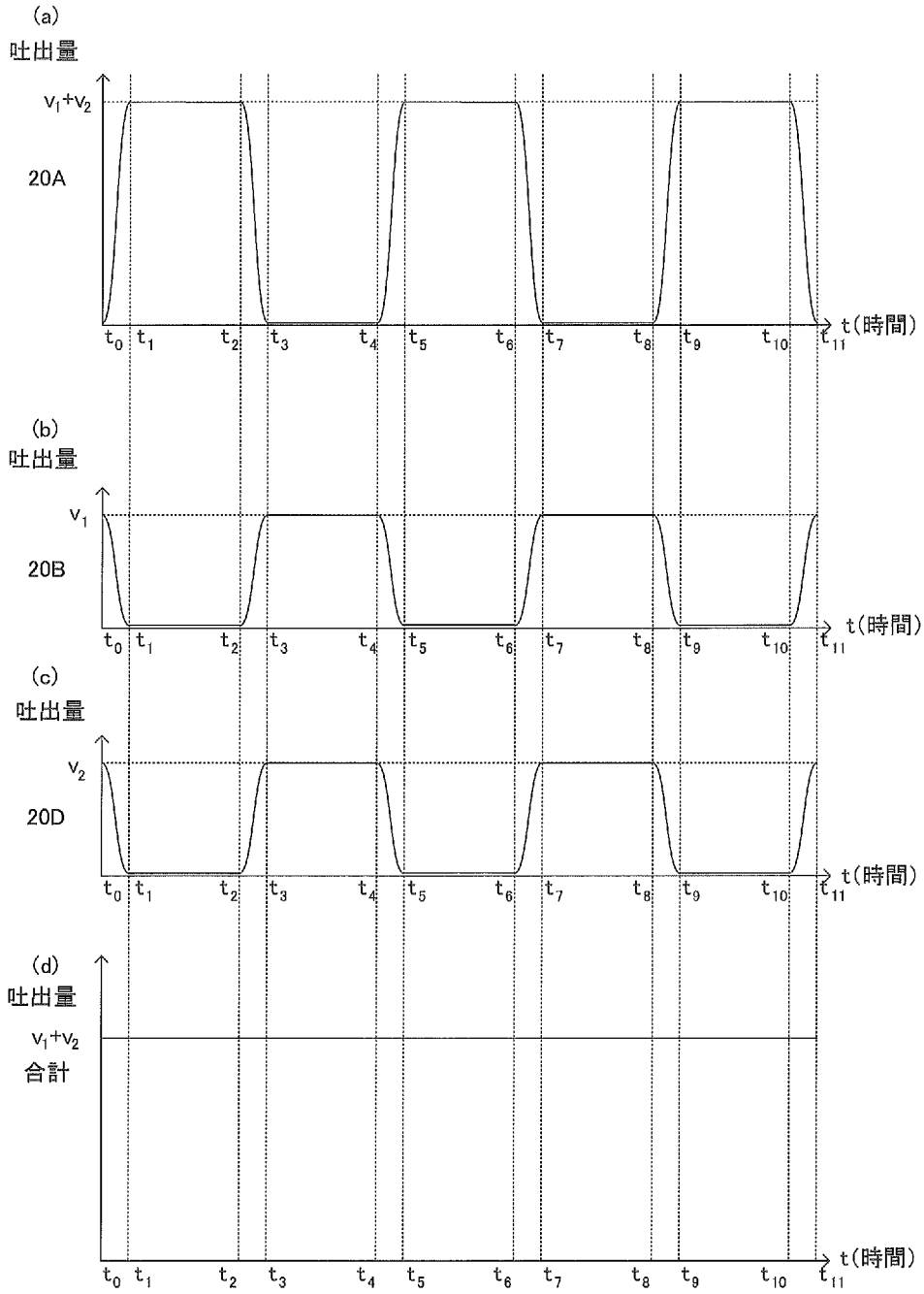
[図5]


(a)
吐出量
V
20A
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11
t(時間)
(b)
吐出量
V
20B
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11
(c)
吐出量
V
合計
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11

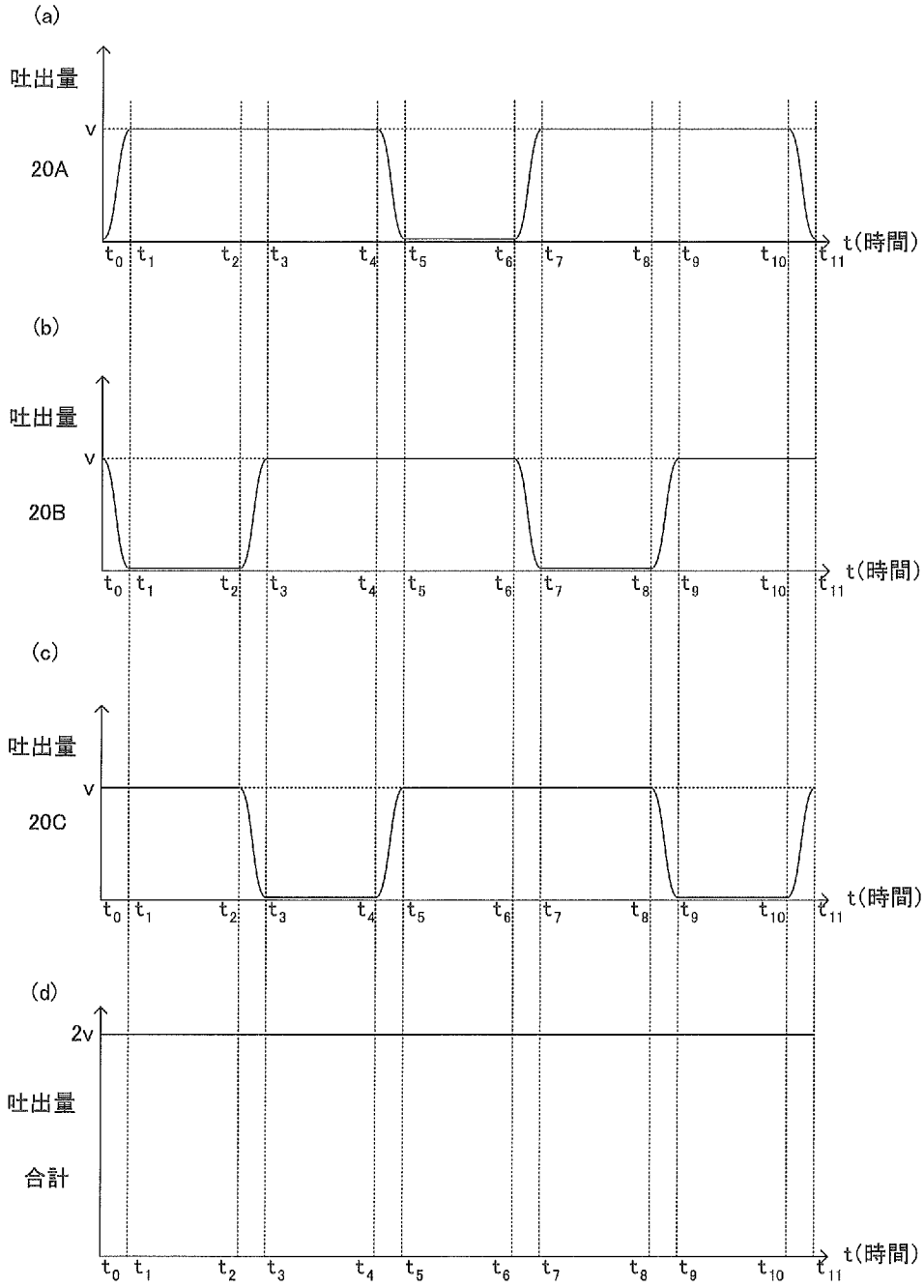
[図6]


(a)
吐出量 v
20A
t(時間)
(b)
吐出量 v
20B
t(時間)
(c)
吐出量 v
20C
t(時間)
(d)
吐出量 v
20D
t(時間)
(e)
吐出量
2v
合計
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11

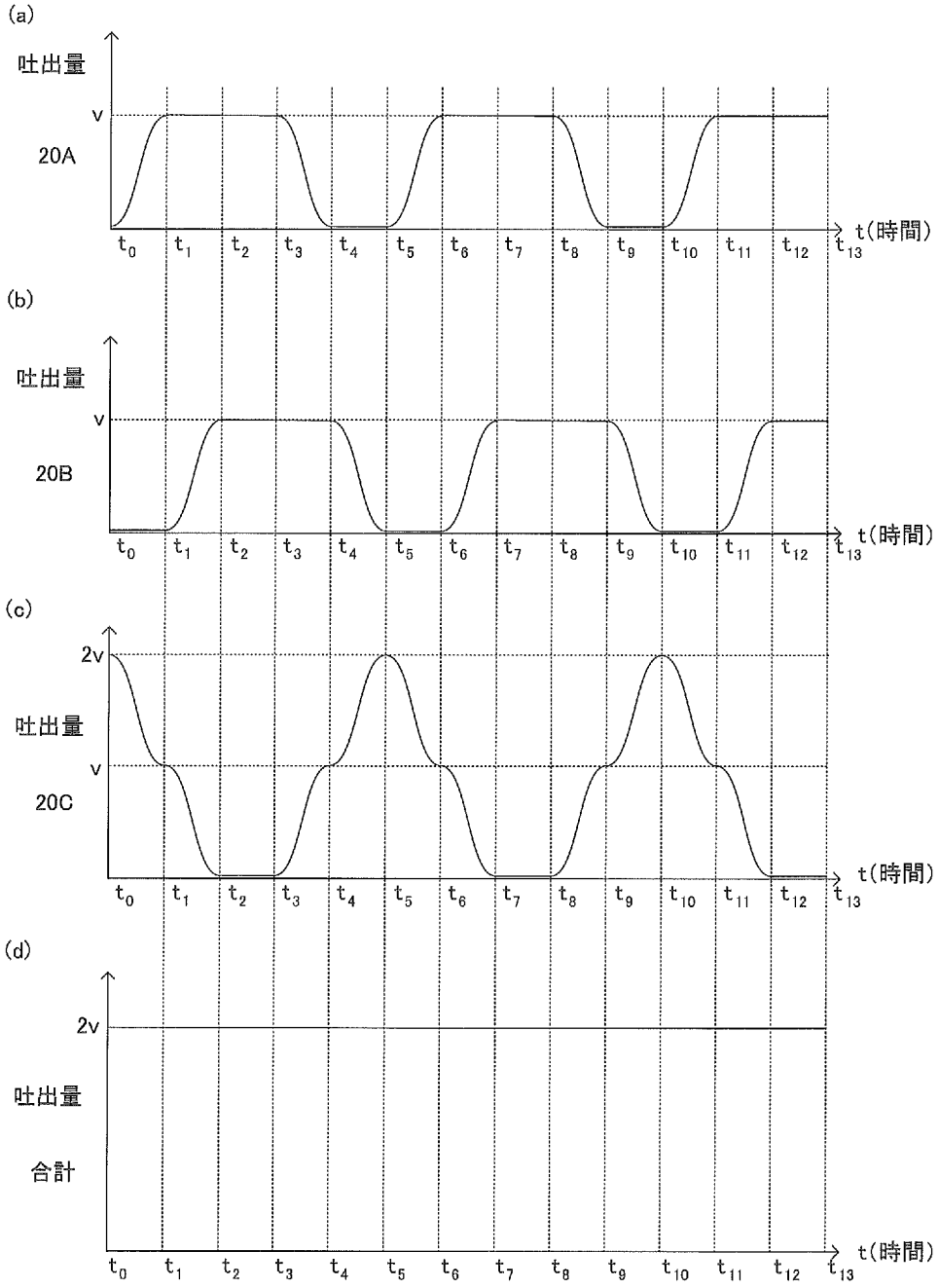
[図7]


(a)
吐出量
v_1+v_2
20A
(b)
吐出量
v_1
20B
(c)
吐出量
v_2
20D
(d)
吐出量
v_1+v_2
合計
t(時間)
t_0 t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 t_7 t_8 t_9 t_{10} t_{11}

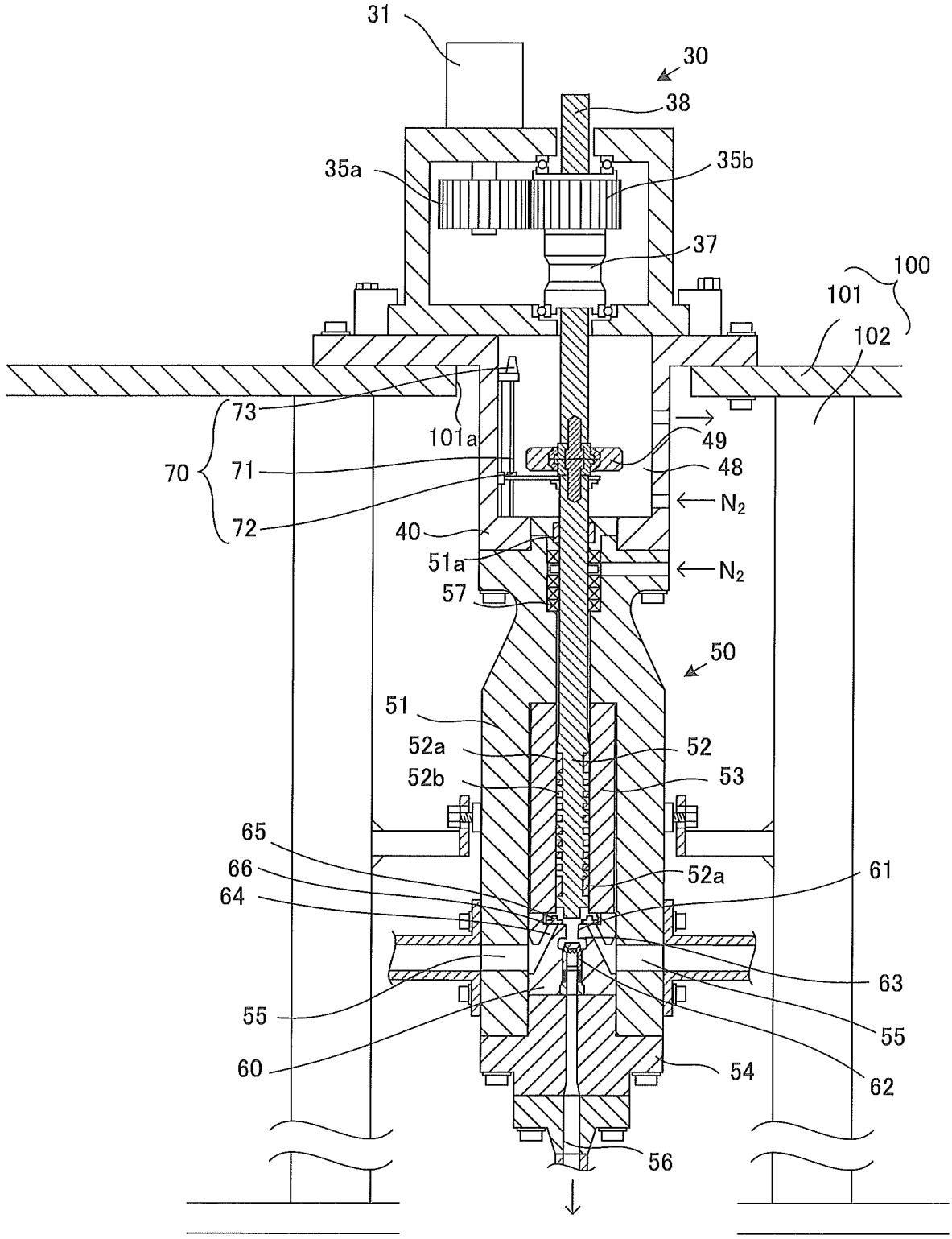
[図8]


(a)
吐出量
v
20A
t(時間)
(b)
吐出量
v
20B
t(時間)
(c)
吐出量
v
20C
t(時間)
(d)
2v
吐出量
合計
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11

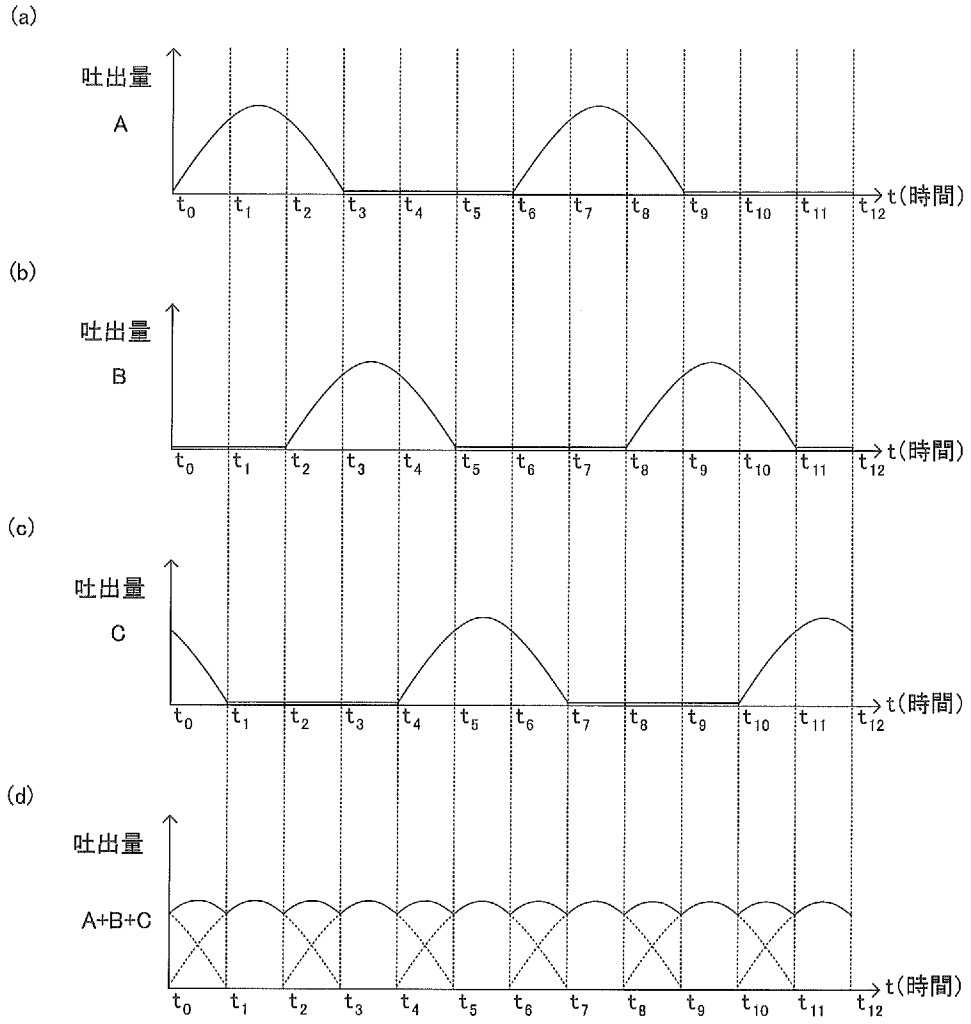
[図9]


(a)
吐出量
v
20A
t(時間)
(b)
吐出量
v
20B
t(時間)
(c)
2v
吐出量
v
20C
t(時間)
(d)
2v
吐出量
合計
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11 t12 t13

[図10]


31
30
38
35a
35b
37
100
101
102
73
101a
49
70
71
48
72
N_2
40
51a
N_2
57
50
51
52a
52
52b
53
65
66
64
52a
61
63
55
55
60
54
62
56

[図11]


(a)
吐出量
A
t(時間)
(b)
吐出量
B
t(時間)
(c)
吐出量
C
t(時間)
(d)
吐出量
A+B+C
t(時間)
t0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 t8 t9 t10 t11 t12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/061406

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02M37/00(2006.01)i, *F02M37/08*(2006.01)i, *F02M37/12*(2006.01)i, *F02M59/08*(2006.01)i, *F02M59/44*(2006.01)i, *F04B49/06*(2006.01)i

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)
F02M37/00, F02M37/08, F02M37/12, F02M59/08, F02M59/44, F04B49/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-510515 A (Robert Bosch GmbH), 18 March 2003 (18.03.2003), paragraphs [0016] to [0039] & WO 2001/023752 A1 pages 1 to 14; fig. 1/1 & DE 19946842 A	1-8
Y	JP 2007-113433 A (Ebara Corp.), 10 May 2007 (10.05.2007), paragraphs [0004], [0019] to [0030]; fig. 1, 2, 4, 7 (Family: none)	1-8

☒ 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
"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
27 April 2016 (27.04.16)	17 May 2016 (17.05.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/061406

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5519857 B1 (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 11 June 2014 (11.06.2014), paragraphs [0029] to [0049]; fig. 1, 3, 4 & US 2015/0369228 A1 pages 1 to 7; fig. 1, 3, 4 & WO 2015/099106 A1 & KR 10-2015-0088300 A & CN 104884799 A	3-6
Y	JP 4711328 B2 (Musashi Engineering, Inc.), 29 June 2011 (29.06.2011), paragraphs [0029] to [0038] & US 2009/0071974 A1 pages 1 to 5 & EP 1840373 A1 & KR 10-2007-0107686 A & CN 101107443 A	3-6
Y	JP 2005-042619 A (Asahi Sunac Corp.), 17 February 2005 (17.02.2005), paragraph [0020]; fig. 1 (Family: none)	3-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６１４０６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F02M37/00(2006.01)i, F02M37/08(2006.01)i, F02M37/12(2006.01)i, F02M59/08(2006.01)i, F02M59/44(2006.01)i, F04B49/06(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F02M37/00, F02M37/08, F02M37/12, F02M59/08, F02M59/44, F04B49/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2003-510515 A（ローベルト　ボツシユ　ゲゼルシヤフト　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング）2003.03.18, 段落［００１６］－［００３９］ & WO 2001/023752 A1, page1-14, Fig.1/1 & DE 19946842 A	1-8
Y	JP 2007-113433 A（株式会社荏原製作所）2007.05.10, 段落［０００４］、［００１９］－［００３０］、図１、２、４、７（ファミリーなし）	1-8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２７．０４．２０１６	１７．０５．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｇ　４０３０
木村　麻乃
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 5519857 B1（三井造船株式会社）2014.06.11, 段落［００２９］－［００４９］、図１、３、４ & US 2015/0369228 A1, page1-7, Fig.1,3,4 & WO 2015/099106 A1 & KR 10-2015-0088300 A & CN 104884799 A	3-6
Y	JP 4711328 B2（武蔵エンジニアリング株式会社）2011.06.29, 段落［００２９］－［００３８］ & US 2009/0071974 A1, page1-5 & EP 1840373 A1 & KR 10-2007-0107686 A & CN 101107443 A	3-6
Y	JP 2005-042619 A（旭サナック株式会社）2005.02.17, 段落［００２０］、図１（ファミリーなし）	3-6