(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
2018年7月26日(26.07.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/135219 A1

(51) 国際特許分類:
F02D 41/20 (2006.01)　*F02M 51/06* (2006.01)
F02D 41/38 (2006.01)　*F02M 61/10* (2006.01)
F02M 51/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2017/045671

(22) 国際出願日：　2017年12月20日(20.12.2017)

(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 2017-008020　2017年1月20日(20.01.2017)　JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

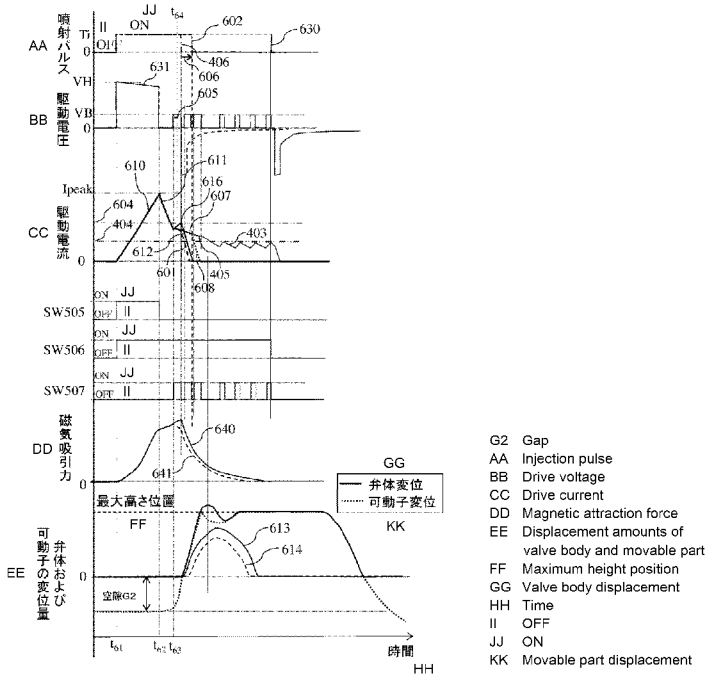
(72) 発明者: 草壁 亮(**KUSAKABE Ryo**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 猿渡 匡行(**SARUWATARI Masayuki**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 前川 典幸(**MAEKAWA Noriyuki**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 戸田 裕二(**TODA Yuji**); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(54) **Title:** DRIVE DEVICE FOR FUEL INJECTION DEVICE

(54) 発明の名称： 燃料噴射装置の駆動装置

[図6]



(57) **Abstract:** Provided is a control device for a fuel injection device capable of stabilizing the behavior of a valve body even when the voltage of a voltage source fluctuates, thereby reducing a variation in the injection amount. The control device 150 for the fuel injection device 101 is provided with a valve body 214, a coil 205 for generating a magnetic attraction force for attracting a movable part 202 driving the valve body 214, and a battery voltage VB, whereby fuel is injected by driving the valve body 214 by attracting the movable part 202 by applying a voltage to the coil 205 on the

WO 2018/135219 A1

[続葉有]

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

basis of a injection pulse until the drive current applied to the coil 205 reaches a maximum current. Before the injection pulse is stopped, the drive current flowing in the coil 205 or the voltage of the battery voltage VB is detected, and the width of the injection pulse or that of an injection pulse different from the injection pulse is corrected to become longer when the detected drive current or the voltage is less than or equal to a preset value thereof.

(57) 要約:電圧源の電圧が変動したとしても弁体の挙動を安定化させ、噴射量ばらつきを低減することが可能な燃料噴射装置の制御装置を提供する。弁体２１４と、前記弁体２１４を駆動する可動部２０２を吸引する磁気吸引力を生じさせるコイル２０５と、バッテリ電圧ＶＢとを備え、噴射パルスに基づき、コイル２０５に電圧を印加し最大電流になるまでコイル２０５に駆動電流を流して、可動部２０２を吸引し弁体２１４を駆動させ燃料を噴射させる燃料噴射装置１０１の制御装置１５０において、噴射パルスを停止する前において、コイル２０５に流れる駆動電流またはバッテリ電圧ＶＢの電圧を検出し、検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、噴射パルスまたは噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する。

明　細　書

発明の名称 ： 燃料噴射装置の駆動装置

技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関の燃料噴射装置を駆動する駆動装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、排気規制の強化に伴い、エンジンでは、モード走行時の未燃焼粒子（ＰＭ：Particulate Matter）の総量とその個数である未燃焼粒子数（ＰＮ：Particulate Number）の抑制が求められており、微小量の噴射量を制御できる燃料噴射装置が求められる。未燃焼粒子発生を抑制するための手段として、１燃焼行程中の噴霧を複数回に分割して噴射する（以降、分割噴射と称する）ことが有効である。分割噴射を行うことで、燃料のピストンおよびシリンダ壁面への付着を抑制できるため、噴射した燃料が気化し易くなり、未燃焼粒子の総量とその個数である未燃焼粒子数を抑制することが可能となる。分割噴射を行うエンジンでは、これまで1回で噴射していた燃料を複数回に分割して噴射する必要があるため、燃料噴射装置では、従来に比べて微小な噴射量を制御できる必要がある。

[0003] 一般に、燃料噴射装置の噴射量は、エンジンコントロールユニット(ＥＣＵ)より出力される噴射パルスのパルス幅によって制御する。通常閉弁型の電磁式燃料噴射装置では、閉弁方向に力を発生される付勢手段を有し、駆動部はコイルと固定コアと可動子で構成され、コイルに電流を供給することによって、固定コアと可動子との間に磁気吸引力が発生し、磁気吸引力が閉弁方向の力を超えた時点で可動子が開弁方向に移動して、可動子が弁体に衝突したタイミングで、弁体が弁座から離脱し開弁を開始する。続いてコイルへの電流供給を停止することによって、固定コアと可動子間に発生していた吸引力が下がり、閉弁方向の力よりも小さくなった時点で閉弁を開始する。

[0004] 一般的に、電磁式燃料噴射装置の駆動回路は、閉弁状態から素早く開弁状態へ移行させるために、噴射パルスが出力されると最初に高電圧源から高電

圧をコイルに印加して、コイルの電流を急速に立ち上げる制御を行う。その後、可動子が弁座と離間し、固定コアの方向へ移動した後、電圧の印加を低電圧に切替えてコイルに一定の電流が供給されるようにスイッチング制御する。可動子がコアと衝突してからコイルへの電流供給を停止する場合、可動子の開弁遅れが生じるために、制御できる噴射量に制約が生じる。したがって、可動子が固定コアと衝突する前にコイルへの電流供給を停止し、可動子および弁体が放物運動するいわゆるハーフリフトの条件で弁体を制御することが求められる。

[0005] また、ハーフリフトの条件では、固定コアに可動子の変位が制約されない不安定な動作であることから、コイルの印加電圧等の環境条件の変化に対する影響を受け易い課題があった。

[0006] たとえば、環境条件の変化に対する制御方法として、特許文献１に開示されている方法がある。特許文献１では、燃料噴射装置の駆動コイルに流れる駆動電流の最大電流の値を運転条件に応じて変えることで、可動子の安定性を確保し、噴射量ばらつきを低減する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２０１４-０９２０８０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、燃料噴射装置のコイルへ印加する電圧源は、電圧源に接続される機器の通電・非通電によって電圧値が変動するため、コイルに供給される電流がばらつく場合がある。

[0009] 本発明の目的は、電圧源の電圧が変動したとしても弁体の挙動を安定化させ、噴射量ばらつきを低減することが可能な燃料噴射装置の制御装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するため本発明の一形態に係る燃料噴射装置の制御装置は、弁体と、前記弁体を駆動する可動部を吸引する磁気吸引力を生じさせるコイルと、電圧源とを備え、噴射パルスに基づき、前記コイルに電圧を印加し最大電流になるまで前記コイルに駆動電流を流して、前記可動部を吸引し前記弁体を駆動させ燃料を噴射させる燃料噴射装置の制御装置において、前記噴射パルスを停止する前において、前記コイルに流れる駆動電流または前記電圧源の電圧を検出し、検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、前記噴射パルスまたは前記噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する、または、前記電圧源よりも電圧値が高い別の電圧源により前記コイルに電圧を印加する。

[0011] また、本発明の一形態に係る燃料噴射装置の制御装置は、弁体と、前記弁体を駆動する可動部を吸引する磁気吸引力を生じさせるコイルと、電圧源とを備え、噴射パルスに基づき、前記コイルに電圧を印加し最大電流になるまで前記コイルに駆動電流を流して、前記可動部を吸引し前記弁体を駆動させ燃料を噴射させる燃料噴射装置の制御装置において、噴射パルス信号を送信する制御部と、前記制御部とは別のハードウェアで構成され、スイッチング素子と、前記制御部からの前記噴射パルス信号に応じて前記スイッチング素子を制御して駆動電流を生成する駆動電流制御部と、前記コイルに流れる駆動電流または前記電圧源の電圧を検出する検出部と、を有する駆動回路と、を備え、記駆動回路の前記駆動電流制御部は、前記検出部により検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、前記噴射パルスまたは前記噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する、または、前記電圧源よりも電圧値が高い別の電圧源により前記コイルに電圧を印加する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、電圧源の電圧が変動したとしても弁体の挙動を安定化させ、噴射量ばらつきを低減することが可能な燃料噴射装置の制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]燃料噴射装置と圧力センサと制御装置とで構成される燃料噴射システムの概略図を示す。

[図2]燃料噴射装置縦断面図とその燃料噴射装置を駆動するための駆動回路、エンジンコントロールユニット（ＥＣＵ）の構成の一例を示す図である。

[図3]燃料噴射装置の一部拡大断面図を示す。

[図4]燃料噴射装置を駆動する一般的な噴射パルス、燃料噴射装置に供給する駆動電圧と駆動電流、弁体変位量と時間の関係を示した図である。

[図5]燃料噴射装置の駆動回路およびＥＣＵの構成図を示す。

[図6]第１の実施形態における噴射パルス、コイルの端子間電圧、燃料噴射装置に供給する駆動電流、燃料噴射装置のスイッチング素子、可動子に作用する磁気吸引力、弁体および可動子の挙動と時間の関係を示した図である。

[図7]噴射パルスと噴射量の関係を示した図である。

[図8]噴射パルスを停止する前の電流値と噴射量の関係を示した図である。

[図9]噴射パルス幅と噴射量の関係を示した図である。

[図10]第１の実施形態における噴射量とバッテリ電圧の関係を示した図である。

[図11]１燃焼サイクル中に燃料噴射を２回行う場合の噴射パルスと弁体の変位量の関係を示した図である。

[図12]第２の実施形態における噴射パルス、コイルの端子間電圧、燃料噴射装置に供給する駆動電流、可動子に作用する磁気吸引力、弁体の変位量と時間の関係を示した図である。

[図13]噴射パルスを停止する前のバッテリ電圧および昇圧電圧値と噴射量の関係を示した図である。

[図14]第３の実施形態における噴射パルス、コイルの端子間電圧、燃料噴射装置に供給する駆動電流、可動子に作用する磁気吸引力、弁体の変位量と時間の関係を示した図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の第１の実施形態に係る燃料噴射装置１０１の制御装置１５０について図面を参照して説明する。

[0015] はじめに、本実施形態に係る燃料噴射装置１０１と圧力センサ１０２と制御装置１５０とで構成される燃料噴射システムについて図１を参照して説明する。

[0016] 燃料噴射装置１０１は、その噴射孔からの燃料噴霧が燃焼室１０７に直接噴射されるように各気筒１０８に設置されている。燃料は燃料ポンプ１０６によって昇圧されて燃料配管１０５に送出され、燃料噴射装置１０１に配送される。燃料圧力は、燃料ポンプ１０６によって吐出された燃料の流量と、エンジンの各気筒１０８に対して設けられた燃料噴射装置によって各燃焼室１０７内に噴射された燃料の噴射量のバランスによって変動する。

しかし、圧力センサ１０２による情報に基づいて、燃料配管１０５内の圧力が所定の圧力となるように、燃料ポンプ１０６からの燃料の吐出量が制御されるようになっている。

[0017] 燃料噴射装置１０１の燃料の噴射はエンジンコントロールユニット（ＥＣＵ）１０４から送出される噴射パルス幅によって制御される。この噴射パルスは、ＥＣＵ１０４からの駆動回路１０３に入力され、駆動回路１０３はＥＣＵ１０４からの噴射パルスに基づいて駆動電流波形を決定し、入力された噴射パルスに基づく時間だけ各燃料噴射装置１０１に駆動電流波形を供給する。なお、駆動回路１０３は、ＥＣＵ１０４と一体の部品や基板として実装されてもよい。駆動回路１０３とＥＣＵ１０４が一体となった装置を制御装置１５０と称する。

[0018] 次に、燃料噴射装置１０１及びその制御装置１０５の構成と基本的な動作を説明する。

[0019] 図２は、燃料噴射装置１０１の縦断面図とその燃料噴射装置１０１を駆動するための駆動回路１０３、ＥＣＵ１０４の構成の一例を示す図である。図２において、図１と同等の部品には同じ参照番号を用いる。

[0020] 図３は、燃料噴射装置１０１の一部拡大断面図を示している。

[0021] ＥＣＵ１０４では、エンジンの状態を示す信号を各種センサから取り込み、内燃機関の運転条件に応じて燃料噴射装置１０１から噴射する燃料の噴射量を制御するための噴射パルスの幅や噴射タイミングの演算を行う。また、ＥＣＵ１０４には、各種センサからの信号を取り込むためのＡ／Ｄ変換器とＩ／Ｏポートが備えられている。ＥＣＵ１０４より出力された噴射パルスは、信号線１１０を通して駆動回路１０３に入力される。駆動回路１０３は、コイル２０５に印加する電圧を制御し、電流を供給する。ＥＣＵ１０４は、通信ライン１１１を通して、駆動回路１０３と通信を行っており、燃料噴射装置１０１に供給する燃料の圧力や運転条件によって駆動回路１０３によって生成する駆動電流を切替えることや、電流および時間の設定値を変更することが可能である。

[0022] 図２および図３に示した燃料噴射装置１０１は、通常時閉型の電磁弁（電磁式燃料噴射装置）であり、コイル２０５に通電されていない状態では、第１のばね２１０によって弁体２１４が閉弁方向に付勢され、弁体２１４は弁座２１８と接触して閉弁している。

[0023] 燃料噴射装置１０１は、ノズル部１０１Ａと、電磁駆動部１０１Ｂとを備える。

[0024] ノズル部１０１Ａは、ノズルホルダ２０１と、弁体２１４と、ガイド部材２１５と、オリフィスカップ２１６と、を備える。

[0025] ノズルホルダ２０１は、円筒状をなし、その下端を塞ぐように、円環状のガイド部材２１５と、オリフィスカップ２１６とが設けられている。弁体２１４は、棒状をなしており、その下端がオリフィスカップ２１６の弁座２１８に当接・離間して、燃料噴射装置１０１を開状態、閉状態にする。弁体２１４の上端部２１４Ａには、径方向の外方に突出して鍔状をなす段付き部２１４Ｂが設けられている。

[0026] 電磁駆動部１０１Ｂは、ハウジング２０３と、コネクタ２０６と、固定コア２０７と、コイル２０５と、可動子２０２と、中間部材２２０と、キャップ２３２と、第１のばね２１０と、第２のばね２１２と、第３のばね２３４

とを備える。

[0027] ハウジング２０３は、筒状をなし、ノズルホルダ２０１の大径筒状部２４０の外周に固定されている。ハウジング２０３は、電磁駆動部１０１Ｂの外周ヨーク部を構成している。

[0028] コネクタ２０６は、ハウジング２０３の内周に固定され、ノズルホルダ２０１の大径筒状部２４０の外周を覆っている。コネクタ２０６には、剛性を有する導体２０９が設けられている。

[0029] コイル２０５は、環状若しくは筒状をなし、ハウジング２０３の内周と大径筒状部２４０の外周とにより形成される筒状空間に配置されている。コイル２０５は、環状の溝を有する筒状のボビンと、当該溝に巻回された銅線とにより構成される。コイル２０５の巻始め、巻終わり端部には導体２０９が固定されている。導体２０９、固定コア２０７、ノズルホルダ２０１の大径筒部２４０の外周は、ハウジング２０３の上端から絶縁樹脂を注入して、モールド成形され、樹脂成形体で覆われる。コイル２０５を囲むようにして、固定コア２０７、可動子２０２、ノズルホルダ２０１の大径筒状部２４０及びハウジング２０３に環状の磁気通路が形成される。

[0030] 固定コア２０７は、筒状をなし、ノズルホルダ２０１の大径筒部２４０内に圧入され、圧入接触位置で溶接接合されている。固定コア２０７の溶接接合により、ノズルホルダ２０１の大径筒状部２４０の内部と外気との間に形成される隙間が密閉される。固定コア２０７は、その中心に中間部材２３２の直径よりわずかに大きい直径の貫通孔が燃料通路として設けられている。固定コア２０７の貫通孔は、燃料通路孔２３１に連通している。なお、固定コア２０７は、可動子２０２に対して磁気吸引力を作用させて、可動子２０２を開弁方向に吸引する部品である。

[0031] 可動子２０２は、固定コア２０７の下側に配置され、上端面２０２Ａおよび下端面２０２Ｂを有し、上端面２０２Ａには下端面２０２Ｂ側に向かって窪む凹部２０２Ｃが形成されている。また、可動子２０２は、凹部２０２Ｃの底面２０２Ｄを有する。可動子２０２には貫通孔２０２Ｅが形成されてい

る。

[0032] 中間部材２２０は、可動子２０２の凹部２０２Ｃ内に配置されている。中間部材２２０の下面側には上方に向かって窪む凹部２２０Ａが形成されている。凹部２２０Ａは上端部２１４Ａの段付き部２１４Ｂが収まる直径（内径）と深さを有している。すなわち、凹部２２０Ａの直径（内径）は段付き部２１４Ｂの直径（外径）よりも大きく、凹部２２０Ａの深さ寸法は段付き部２１４Ｂの上端面と下端面との間の寸法よりも大きい。凹部２２０Ａの底部には上端部２１４Ａが貫通する貫通孔２２０Ｂが形成されている。中間部材２２０の上端面２２０Ｃは、第３のばね２３４の一端部が当接するばね座を構成する。

[0033] キャップ２３２は、固定コア２０７内であって中間部材２２０の上方に位置し、鍔部２３２Ａと、筒状部２３２Ｃとを有する。筒状部２３２Ｃには、弁体２１４の上端部２１４Ａが圧入されている。鍔部２３２Ａは、筒状部２３２Ｃの上端から径方向外方に張り出すように形成されている。鍔部２３２Ａの下面は、第３のばね２３４の他端部が当接するばね座を構成する。キャップ２３２の鍔部２３２Ａが、固定コア２０７の貫通孔の内周に隙間を有した状態で、キャップ２３２は固定コア２０７の貫通孔に挿入されている。

[0034] キャップ２３２と中間部材２２０とがそれぞれ第３のばね２３４のばね座を構成するため、中間部材２２０の貫通孔２２０Ｂの直径（内径）はキャップ２３２の鍔部２３２Ａの直径（外径）よりも小さく構成されている。

[0035] 第１のばね２１０は、初期荷重設定用のばねであり、固定コア２０７内であってキャップ２３２の上方に配置されている。第１のばね２１０の下端は、キャップ２３２に当接してキャップ２３２を下側に向かって付勢する。第１のばね２１０の上側には、固定コア２０７の貫通孔に圧入される調整ピン２２４が設けられている。よって、第１のばね２１０は、キャップ２３２と調整ピン２２４との間に配置されている。第１のばね２１０の上端は、調整ピン２２４に当接する。調整ピン２２４の固定位置を調整することにより、第１のばね２１０による弁体２１４を弁座２１８に押し付ける初期荷重を調

整することができる。

[0036] 第２のばね２１２は、可動子２０２の下側に設けられ、可動子２０２を固定コア２０７側に向けて付勢する。

[0037] 第３のばね２３４は、中間部材２２０とキャップ２３２との間に配置されている。第３のばね２３４は、可動子２０２を固定コア２０７側から閉弁方向（下方）に付勢する。

[0038] また、第１のばね２１０と第２のばね２１２と第３のばね２３４とのうち、第１のばね２１０のスプリング力（付勢力）が最も大きく、次に第３のばね２３４のスプリング力（付勢力）が大きく、第２のばね２１２のスプリング力（付勢力）が最も小さく構成されている。

[0039] キャップ２３２は、上方から第１のばね２１０の付勢力を受け、下方から第３のばね２３４の付勢力（セット荷重）を受ける。第１のばね２１０の付勢力は、第３のばね２３４の付勢力よりも大きいので、キャップ２３２は第１のばね２１０の付勢力と第３のばね２３４の付勢力との差分の付勢力によって、弁体２１４の上端部２１４Ａに押し付けられている。キャップ２３２には、上端部２１４Ａから抜ける方向の力が加わらないので、キャップ２３２は上端部２１４Ａに圧入固定するだけで十分であり、溶接する必要はない。

[0040] また、第３のばね２３４を配置するために、キャップ２３２の下端面と中間部材２２０の上端面３２０Ｃとの間には、ある程度の間隔を設ける必要がある。このため、キャップ２３２の筒状部２３２Ｃの長さを確保することが容易である。

[0041] 図２、３に示した燃料噴射装置１０１の状態は、弁体２１４が第１のばね２１０による付勢力を受け、且つ可動子２０２に磁気吸引力は作用していない状態であり、弁体２１４が弁座２１８に当接して燃料噴射装置１０１が閉弁して安定した状態にある。

[0042] この状態では、中間部材２２０は、第３のばね２３４の付勢力を受けて、凹部２２０Ａの底面２２０Ｅが弁体２１４の段付き部２１４Ｂの上端面に当

接している。すなわち、凹部２２０Ａの底面２２０Ｅと段付き部２１４Ｂの上端面との間隙Ｇ３の大きさ（寸法）がゼロである。中間部材２２０の底面２２０Ｅと段付き部２１４Ｂの上端面とはそれぞれ中間部材２２０と弁体２１４の段付き部２１４Ｂとが当接する当接面を構成する。

[0043] また、可動子２０２は、第２のばね２１２により固定コア２０７側に向かって付勢されているので、底面２０２Ｄが中間部材２２０の下端面に当接する。第２のばね２１２の付勢力は第３のばね２３４の付勢力より小さいため、可動子２０２は、第３のばね２３４により付勢された中間部材２２０を押し返すことはできず、中間部材２２０と第３のばね２３４とにより上方（開弁方向）への動きを止められる。

[0044] 中間部材２２０の凹部２２０Ａの深さ寸法は、段付き部２１４Ｂの上端面と下端面との間の寸法よりも大きいため、図３に示す状態では、可動子２０２の底面２０２Ｄと弁体２１４の段付き部２１４Ｂの下端面とは当接しておらず、可動子２０２の底面２０２Ｄと弁体２１４の段付き部の下端面との間隙Ｇ２はＤ２の大きさ（寸法）を有している。この隙間Ｇ２は、可動子２０２の上端面（固定コア１０７との対向面）２０２Ａと固定コア１０７の下端面（可動子２０２との対向面）２０７Ｂとの隙間Ｇ１の大きさ（寸法）Ｄ１よりも小さい（Ｄ２＜Ｄ１）。ここで説明したように、中間部材２２０は、可動子２０２と段付き部２１４Ｂの下端面との間に、Ｄ２の大きさの間隙Ｇ２を形成する部材であり、間隙形成部材と呼んでもよい。

[0045] 中間部材２２０は、弁体２１４の段付き部２１４Ｂの上端面（基準位置）に位置づけられた状態で、中間部材２２０下端面が可動子２０２の底面２０２Ｄと当接することにより、弁体２１４の段付き部２１４Ｂの下端面と可動子２０２の底面２０２Ｄとの間に間隙Ｄ２を形成する。第３のばね２３４は、中間部材２２０を段付き部２１４Ｂの上端面（基準位置）に位置づけるように閉弁方向に付勢している。中間部材２２０は、凹部２２０Ａの底面２２０Ｅが段付き部２１４Ｂの上端面（基準位置）と当接することにより、段付き部２１４Ｂの上端面（基準位置）に位置づけられる。

[0046] また、弁体２１４では、段付き部２１４Ｂの直径より可動子２０２に形成された貫通孔２０２Ｅの直径の方が小さいので、閉弁状態から開弁状態に移行する開弁動作時或いは開弁状態から閉弁状態に移行する閉弁動作時においては、弁体２１４の段付き部２１４Ｂの下端面が可動子２０２と係合し、可動子２０２と弁体１１４とが協働して動く。しかし、弁体１１４を上方へ動かす力、あるいは可動子２０２を下方へ動かす力が独立して作用した場合、弁体１１４と可動子２０２とは別々の方向に動くことができる。可動子２０２および弁体２１４の動作については、後で詳細に説明する。

[0047] また、可動子２０２は、その外周面がノズルホルダ２０１の内周面と接することによって、上下方向（開閉弁方向）の動きを案内される。さらに、弁体２１４は、その外周面が可動子２０２の貫通孔２０２Ｅの内周面に接することによって、上下方向（開閉弁方向）の動きを案内される。つまり、ノズルホルダ２０１の内周面は可動子２０２が軸方向に移動するときのガイドとして機能し、可動子２０２の貫通孔の内周面は弁体２１４が軸方向に移動するときのガイドとして機能している。弁体２１４の先端部はガイド部材２１５のガイド孔によってガイドされており、ガイド部材２１５とノズルホルダ２０１及び可動子２０２の貫通孔とによってまっすぐに往復動するようガイドされている。

[0048] また、可動子２０２の上端面２０２Ａと固定コア２０７の下端面２０７Ｂとが当接するものとして説明しているが、可動子２０２の上端面２０２Ａ又は固定コア２０７の下端面２０７Ｂのいずれか一方、或いは可動子２０２の上端面２０２Ａ又は固定コア２０７の下端面２０７Ｂの両方に突起部が設けられ、突起部と端面とが、或いは突起部同士が当接するように構成される場合もある。この場合、上述した隙間Ｇ１は、可動子２０２側の当接部と固定コア２０７側の当接部との間の間隙になる。

[0049] また、可動子２０２のストローク調整は、可動子２０２をノズルホルダ２０１の大径筒状部２４０内にセットし、ノズルホルダ２０１の大径筒状部２４０外周にボビン２０４に巻回されたコイル２０５及びハウジング２０３を

装着した後、キャップ２３２、中間部材２２０及び第３のばね２３４を組み付けた弁体２１４を固定コア２０７の貫通孔を通して可動子２０２に挿通する。この状態で、治具により弁体２１４を閉弁位置に押下し、コイル２０５へ通電したときの弁体２１４のストロークを検出しながら、オリフィスカップ２１６の圧入位置を決定することで弁体２１４のストロークを任意の位置に調整する。

[0050] スプリング２１０の初期荷重が調整された状態で、固定コア２０７の下端面２０７Ｂが可動子２０２の上端面２０２Ａに対して約４０乃至１００ミクロン程度の磁気吸引ギャップＧ１を隔てて対面するように構成されている。なお図中では寸法の比率を無視して拡大して表示している。

[0051] また、燃料噴射装置１０１に供給される燃料は、燃料噴射装置１０１の上流に設けられた燃料配管１０５から供給され、燃料通路孔２３１を通って弁体２１４の先端まで流れ、弁体２１４の弁座２１８側の端部に形成されたシート部と弁座２１８とで燃料をシールしている。閉弁時には，燃料圧力によって弁体２１４の上部と下部の差圧が生じ，燃料圧力と弁座位置におけるシート内径の受圧面の乗じた力で弁体２１４が閉弁方向に押されている。閉弁状態においては，弁体２１４の可動子２０２に対する当接面と可動子２０２との間には、中間部材２２０を介して隙間Ｇ２を有している。隙間Ｇ２を有することで、弁体２１４が弁座２１８に着座している状態において、可動子２０２が弁体２１４と軸方向に隙間を介して配置されることになる。

[0052] コイル２０５に電流が供給されると、磁気回路によって発生する磁界により、固定コア２０７と可動子２０２との間に磁束が通過し、可動子２０２に磁気吸引力が作用する。可動子２０２に作用する磁気吸引力が、第３のばね２３４による荷重を越えるタイミングで、可動子２０２は、固定コア２０７の方向に変位を開始する。このとき、弁体２１４と弁座２１８が接触しているため、可動子２０２の運動は、燃料の流れが無い状態で行われ、燃料圧力による差圧力を受けている弁体２１４とは分離して行われる空走運動であるため、燃料の圧力などの影響を受けることがなく、高速に移動することが可

能である。

[0053] また、第１のばね２１０の荷重は、エンジン筒内の燃焼圧が増加した場合であっても燃料の噴射を抑制するため、ばね荷重を強く設定する必要がある。すなわち閉弁状態において、第１のばね２１０の荷重が弁体２１４に作用しないことで、弁体２１４は高速に移動することが可能となる。

[0054] 可動子２０２の変位量が、隙間Ｇ２の大きさに達すると、可動子２０２が弁体２１４に底面２０２Ｄを介して力を伝達し、弁体２１４を開弁方向に引き上げる。このとき、可動子２０２は、空走運動を行って、運動エネルギーを有した状態で弁体２１４と衝突するため、弁体２１４は、可動子２０２の運動エネルギーを受取り、高速に開弁方向に変位を開始する。弁体２１４には燃料の圧力に伴って生じる差圧力が作用しており、弁体２１４に作用する差圧力は、弁体２１４のシート部近傍の流路断面積が小さい範囲において、シート部の燃料の流速が増加し、ベルヌーイ効果による静圧低下に伴って生じる圧力降下によって弁体２１４先端部の圧力が低下することで生じる。この差圧力は、シート部の流路断面積の影響を大きく受けるため、弁体２１４の変位量が小さい条件では、差圧力が大きくなり、変位量が大きい条件では、差圧力が小さくなる。したって、弁体２１４が閉弁状態から開弁開始されて変位が小さく、差圧力が大きくなる開弁動作がし難くなるタイミングで、弁体２１４の開弁が可動子２０２の空走運動によって衝撃的に行われるため、より高い燃料圧力が作用している状態でも開弁動作を行うことができる。あるいは、動作できることが必要な燃料圧力範囲に対して、より強い力に第１のばね２１０を設定することができる。第１のばね２１０をより強い力に設定することで、後述する閉弁動作に要する時間を短縮することができ、微小噴射量の制御に有効である。

[0055] 弁体２１４が開弁動作を開始した後、可動子２０２は固定コア２０７に衝突する。この可動子２０２が固定コア２０７に衝突する時には、可動子２０２は跳ね返る動作をするが、可動子２０２に作用する磁気吸引力によって可動子２０２は固定コア２０７に吸引され、やがて停止する。このとき、可動

子２０２には第２のばね２１２によって固定コア２０７の方向に力が作用しているため、跳ね返りの変位量を小さくでき、跳ね返りが収束するまでの時間を短縮することができる。跳ね返り動作が小さいことで、可動子２０２と固定コア２０７の間のギャップが大きくなってしまう時間が短くなり、より小さい噴射パルス幅に対しても安定した動作が行えるようになる。

[0056] このようにして開弁動作を終えた可動子２０２および弁体２１４は、開弁状態で静止する。開弁状態では、弁体２１４と弁座２１８との間には隙間が生じており、燃料が噴射されている。燃料は固定コア２０７に設けられた中心孔と、可動子２０２に設けられた燃料通路孔と、ガイド２１５に設けられた燃料通路孔を通過して下流方向へ流れてゆくようになっている。コイル２０５への通電が断たれると，磁気回路中に生じていた磁束が消滅し，磁気吸引力も消滅する。可動子２０２に作用する磁気吸引力が消滅することによって、弁体２１４は第１のばね２１０の付勢力と、燃料圧力による力によって、弁座２１８に接触する閉位置に押し戻される。

[0057] 次に、図５を用いて、本実施形態における燃料噴射装置１０１の制御装置１５０の構成について説明する。

[0058] 図５は、燃料噴射装置１０１の駆動回路１０３およびＥＣＵ１０４の構成図を示している。

[0059] ＣＰＵ５０１は、例えばＥＣＵ１０４に内蔵され、燃料噴射装置１０１の上流の燃料配管に取り付けられた圧力センサ１０２や、エンジンシリンダへの流入空気量を測定するＡ／Ｆセンサ、エンジンシリンダから排出された排気ガスの酸素濃度を検出するための酸素センサ、クランク角センサ等のエンジンの状態を示す信号を、各種センサから取り込み、内燃機関の運転条件に応じて燃料噴射装置から噴射する噴射量を制御するための噴射パルスの幅や噴射タイミングの演算を行う。また、ＣＰＵ５０１は、内燃機関の運転条件に応じて適切な噴射パルス幅Ｔｉのパルス幅（すなわち噴射量）や噴射タイミングの演算を行い、通信ライン５０４を通して燃料噴射装置の駆動ＩＣ５０２に噴射パルス幅Ｔｉを出力する。その後、駆動ＩＣ５０２によって、ス

イッチング素子５０５、５０６、５０７の通電、非通電を切替えて燃料噴射装置１０１へ駆動電流を供給する。駆動ＩＣ５０２は、駆動電流制御部および検出部に相当する。

[0060] また、ＥＣＵ１０４には、噴射パルス幅の演算等のエンジンの制御に必要な数値データを記憶させるために、レジスタおよびメモリが搭載されている。レジスタおよびメモリは制御装置１５０もしくは制御装置１５０内のＣＰＵ５０１に内包されている。

[0061] スイッチング素子５０５、５０６、５０７は、例えばＦＥＴやトランジスタ等によって構成され、燃料噴射装置１０１への通電・非通電を切り替えることができる。

[0062] スイッチング素子５０５は、駆動回路に入力された電圧源ＶＢ（低電圧源と称する）よりも高い高電圧源と燃料噴射装置１０１の高電圧側の端子間に接続されている。高電圧源の初期電圧値である昇圧電圧ＶＨは例えば６０Ｖであり、バッテリ電圧を昇圧回路５１４によって昇圧することで生成する。昇圧回路５１４は例えばＤＣ／ＤＣコンバータ等により構成されるかコイル５３０、トランジスタ５３１、ダイオード５３２およびコンデンサ５３３で構成する方法がある。後者の昇圧回路５１４の場合、トランジスタ５３１をＯＮにすると、バッテリ電圧ＶＢは接地電位５３４側へ流れるが、トランジスタ５３１をＯＦＦにすると、コイル５３０に発生する高い電圧がダイオード５３２を通して整流されコンデンサ５３３に電荷が蓄積される。昇圧電圧ＶＨとなるまで、このトランジスタのＯＮ・ＯＦＦを繰り返し、コンデンサ５３３の電圧を増加させる。トランジスタ５３１は、ＩＣ５０２もしくはＣＰＵ５０１と接続され、昇圧回路５１４から出力される昇圧電圧ＶＨはＩＣ５０２もしくはＣＰＵ５０１で検出するよう構成する。

[0063] コイル２０５の電源側端子５９０とスイッチング素子５０５との間には、第二の電圧源

（高電圧源）から、コイル２０５、接地電位５１５の方向に電流が流れるようにダイオード５３５が設けられている。さらに、コイル２０５の電源側端

子５９０とスイッチング素子５０７との間にも、バッテリ電圧源から、コイル２０５、接地電位５１５の方向に電流が流れるようにダイオード５１１が設けられており、スイッチ素子５０５、５０７を通電している間は、接地電位５１５から、コイル２０５、バッテリ電圧源および第二の電圧源（高電圧源）へ向けては電流が流れられない構成となっている。

[0064] また、スイッチング素子５０７は、低電圧源（電圧源ＶＢ）と燃料噴射装置１０１の電源側端子５９０間に接続されている。低電圧源は例えばバッテリ電圧であり、その電圧値は１２～１４Ｖ程度である。スイッチング素子５０６は、燃料噴射装置１０１の低電圧側の端子と接地電位５１５の間に接続されている。駆動ＩＣ５０２は、電流検出用の抵抗５０８、５１２、５１３により、燃料噴射装置１０１に流れている電流値を検出し、検出した電流値によって、スイッチング素子５０５、５０６、５０７の通電・非通電を切替え、所望の駆動電流を生成している。ダイオード５０９と５１０は、燃料噴射装置１０１のコイル２０５に逆電圧を印加し、コイル２０５に供給されている電流を急速に低減するために備え付けられている。ＣＰＵ５０１は駆動ＩＣ５０２と通信ライン５０３を通して、通信を行っており、燃料噴射装置１０１に供給する燃料の圧力や運転条件によって駆動ＩＣ５０２によって生成する駆動電流を切替えることが可能である。また、抵抗５０８、５１２、５１３の両端は、駆動ＩＣ５０２のＡ／Ｄ変換ポートに接続されており、抵抗５０８、５１２、５１３の両端にかかる電圧を駆動ＩＣ５０２で検出できるように構成されている。

[0065] 次に、本実施形態におけるＥＣＵ１０４から出力される噴射パルスと燃料噴射装置１０１のコイル２０５の端子両端の駆動電圧と、駆動電流（励磁電流）と、燃料噴射装置１０１の弁体２１４の変位量（弁体挙動）との関係、及び、噴射パルスと燃料噴射量との関係について、図４、７を参照して説明する。

[0066] 図４は、燃料噴射装置１０１を駆動する一般的な噴射パルス、燃料噴射装置１０１に供給する駆動電圧と駆動電流、弁体変位量と時間の関係を示した

図である。

[0067] 図７は、噴射パルスと噴射量の関係を示した図である。

[0068] 駆動回路１０３に噴射パルスが入力されると、駆動回路１０３はスイッチング素子５０５、５０６を通電してバッテリ電圧よりも高い電圧に昇圧された高電圧源（昇圧回路５１４）からコイル２０５に高電圧４０１を印加し、コイル２０５に電流の供給を開始する。

電流値が予めＥＣＵ１０４に定められた最大駆動電流I_{peak}（以降、最大電流と称する。）に到達すると、高電圧４０１の印加を停止する。

[0069] 最大電流I_{peak}から電流４０３への移行期間にスイッチング素子５０６をＯＮにし、スイッチング素子５０５、５０７を非通電にすると、コイル２０５には電圧０Ｖが印加され、電流が燃料噴射装置１０１、スイッチング素子５０６、抵抗５０８、接地電位５１５、燃料噴射装置１０１の経路を流れて、電流は緩やかに減少する。電流を緩やかに減少ずることで、コイル２０５へ供給する電流を確保し、燃料噴射装置１０１に供給される燃料圧力が増加した場合であっても、可動子２０２および弁体２１４が安定的に開弁動作できる。

[0070] また、最大電流I_{peak}から電流４０３への移行期間にスイッチング素子５０５、５０６、５０７をＯＦＦにすると、燃料噴射装置１０１のインダクタンスによる逆起電力によって、ダイオード５０９とダイオード５１０が通電し、電流が電圧源ＶＨ側へ帰還され、燃料噴射装置１０１に供給されていた電流は、電流４０２のように最大電流I_{peak}から急速に低下する。結果、電流４０３に到達するまでの時間が早くなり、電流４０３に到達してから一定の遅れ時間の後、磁気吸引力が一定となるまでの時間を早める効果がある。図４には、駆動電流が、最大電流Ｉｐｅａｋに到達した後に、電流が緩やかに減少する場合のプロファイルを示している。

[0071] 電流値が所定の電流値４０４より小さくなると、駆動回路１０３はスイッチング素子５０６を通電し、バッテリ電圧ＶＢの印加をスイッチング素子５０７の通電・非通電によって行い、駆動電流が所定範囲に保つ電流４０３が

所定範囲に保たれるように制御するスイッチング期間を設ける。これにより、弁体２１４を最大高さ位置に保持している。また、可動子２０２が動き出した時点（タイミングt_{41}直後）では、可動子２０２と固定コア２０７との間のギャップ（空気層）が大きく、磁束ができにくい。そこで、電流４１０で示すように、駆動電流を電流４１１を上限とする所定の範囲に保つようにして、電流４０３よりも大きい電流を流して、可動子２０２に大きな磁気吸引力を与えるようにしている。

[0072] また、燃料噴射装置１０１に供給される燃料圧力が大きくなると、弁体２１４に作用する流体力が増加し、弁体２１４が目標開度に到達するまでの時間が長くなる。この結果、最大電流I_{peak}の到達時間に対して目標開度への到達タイミングが遅れる場合があるが、電流を急速に低減すると、可動子２０２に働く磁気吸引力も急速に低下するため、弁体２１４の挙動が不安定となり場合によっては通電中にも関わらず閉弁を開始してしまう場合がある。最大電流I_{peak}から電流４０３の移行中にスイッチング素子５０６を通電にして電流を緩やかに減少させる場合、磁気吸引力の低下を抑制でき高燃料圧力での弁体２１４の安定性を確保でき、噴射量のばらつきを抑制できる。

[0073] このような駆動電流のプロファイルにより、燃料噴射装置１０１は駆動される。高電圧４０１の印加から最大電流I_{peak}に達するまでの間に、可動子２０２がタイミングt_{41}で変位を開始し、弁体２１４がタイミングt_{42}で変位を開始する。その後、可動子２０２および弁体２１４が最大高さ位置（最大リフト位置）に到達する。なお、可動子２０２が固定コア２０７と接触する変位量を最大高さ位置とする。

[0074] 可動子２０２が、最大高さ位置に到達したタイミングt_{43}で、可動子２０２が固定コア２０７に衝突し、可動子２０２が固定コア２０７との間でバウンド動作を行う。弁体２１４は可動子２０２に対して相対変位が可能に構成されているため、弁体２１４は可動子２０２から離間し、弁体２１４の変位は、最大高さ位置を越えてオーバーシュートする。

その後、保持電流４０３によって生成される磁気吸引力と第２のばね２１２

の開弁方向の力によって、可動子２０２は、最大高さ位置の位置に静止し、また、弁体２１４は可動子２０２に着座して最大高さ位置の位置で静止し、開弁状態となる。

[0075] 弁体２１４と可動子２０２が一体となっている可動弁を持つ燃料噴射装置の場合、弁体２１４の変位量は、最大高さ位置よりも大きくならず、最大高さ位置に到達後の可動子２０２と弁体２１４の変位量は同等となる。

[0076] 次に、図７を用いて図４に示す従来の電流波形を用いた場合の噴射パルス幅と噴射量の関係について説明する。図７では、図４の駆動電流波形で燃料噴射装置１０１を制御した場合の噴射パルス幅と噴射量の関係（噴射量特性Ｑ７１１、Ｑ７１２）を示している。図７において、図４の噴射パルスが短い４０６の条件での噴射パルス幅を噴射パルス幅７５１とする。また、コイル２０５に印加する低電圧源の電圧値が高い場合の噴射量特性をＱ７１１とし、低電圧源の電圧が低い場合の噴射量特性をＱ７１２とする。

[0077] 最初に噴射量特性Ｑ７１１を用いて噴射パルスと噴射量の関係について説明する。噴射パルス幅Ｔｉが一定の時間に達しない時、すなわち噴射パルス幅が噴射パルス幅７６０よりも小さい条件では、可動子２０２に作用する磁気吸引力および第２のばね２１４の合力の開弁方向の力が、第３のばね２３４の荷重である閉弁方向の力を上回らないか、または可動子２０２が変位を開始したとしても隙間Ｇ２を滑走するのに必要な磁気吸引力が確保できず、可動子２０２が弁体２１４に接触しない条件では、弁体２１４は開弁せず、燃料は噴射されない。

[0078] また、噴射パルス幅Ｔｉが短い、例えば点７０１のような条件では、可動子２０２が弁体２１４に衝突して、弁体２１４は弁座２１８から離間し、リフトを開始するが、弁体２１４が目標リフト位置に達する前に閉弁を開始するため、噴射パルス幅と噴射量の関係が直線となる直線領域７３０から外挿される一点鎖線７２０に対して噴射量は少なくなる。

[0079] また、点７０２のパルス幅では、弁体２１４が最大高さ位置に達する直後で閉弁を開始し、弁体２１４の軌跡が放物運動となる。この条件においては

、弁体２１４が有する開弁方向の運動エネルギーが大きく、また、可動子２０２に作用する磁気吸引力が大きいため、閉弁に要する時間の割合が大きくなり、一点鎖線７２０に対して噴射量が多くなる。可動子２０２が固定コア２０７と接触せず、弁体２１４の軌跡が放物運動となる領域７４０をハーフリフト領域と称し、可動子２０２が固定コア２０７と接触する領域７４１をフルリフト領域と称する。

[0080] 点７０３の噴射パルス幅では、可動子２０２が固定コア２０７に衝突することで生じる弁体２１４のバウンド量が最大となるタイミングにおいて閉弁を開始する。このため、可動子２０２と固定コア２０７が衝突する際の反発力が可動子２０２に働き、噴射パルスをＯＦＦにしてから弁体２１４が閉弁するまでの閉弁遅れ時間が小さくなり、その結果噴射量は一点鎖線７２０に対して少なくなる。

[0081] 点７０４は、弁体のバウンドが収束した直後のタイミングt_{45}に閉弁を開始するような状態である。点７０４より大きい噴射パルス幅Ｔｉでは、噴射パルス幅Ｔｉの増加に応じて燃料の噴射量が略線形的に増加する。燃料の噴射が開始されてから、点７０４で示すパルス幅Ｔｉまでの領域では，弁体２１４が最大高さ位置に到達しないかもしくは、弁体２１４が最大高さ位置に到達したとしても弁体２１４のバウンドが安定しないため、噴射量が変動する。制御可能な最小噴射量を小さくするためには、噴射パルス幅Ｔｉの増加に応じて燃料の噴射量が線形的に増加する領域を増やすか、もしくは、噴射パルス幅Ｔｉが７０４より小さい噴射パルス幅Ｔｉと噴射量の関係が線形とならない非線形領域の噴射量ばらつきを抑制する必要がある。

[0082] 一方で、弁体２１４が最大高さ位置よりも低い高さ位置まで到達する駆動を行うハーフリフト領域７４０では、弁体２１４がストッパである固定コア２０７に接触しない不安定な挙動であることから、噴射量を正確に制御するためには、可動子２０２が弁体２１４に衝突する際の速度を決める可動子２０２に作用する磁気吸引力と、弁体２１４が開弁開始した後に、可動子２０２に作用する磁気吸引力を正確に制御する必要がある。

[0083] 可動子２０２に作用する磁気吸引力は、可動子２０２の動きによって生じる逆起電圧や、コイルに印加する電圧値の影響を受ける。コイル２０５に印加する電圧Ｖとコイル２０５の抵抗値Ｒおよびコイル２０５に流れる電流Ｉおよび逆起電圧Ｌ・ｄｉ／ｄｔの関係を（１）に示す。なお逆起電圧の項のＬは燃料噴射装置のインダクタンス、ｄｉ／ｄｔはコイル２０５に流れる電流の時間微分値である。

Ｖ＝Ｒ・Ｉ－Ｌ＊ｄｉ／ｄｔ・・・（１）弁体２１４が最大リフトよりも小さい中間開度の条件では、可動子２０２の移動に伴うインダクタンスＬおよび電流の時間変化が大きいため、逆起電圧が大きくなり、コイル２０５に電流が流れにくい。

[0084] 中間開度の条件において、コイル２０５に印加する低電圧源の電圧値が低い場合は、電流がタイミングｔ４６に到達した後、コイル２０５に流れられる電流が小さくなることで、結果、オームの法則の電圧Ｒ・Ｉよりも逆起電圧Ｌ・ｄｉ／ｄｔの方が大きくなり、電流を増加させることができず、電流４０５のように低下する場合がある。この場合、噴射パルス４０６すなわち図７の噴射パルス幅７５１のように噴射パルスが短い条件では、噴射パルス４０６を停止したタイミングでの電流値４０９がコイル２０５に印加する低電圧源の電圧値が高い場合の電流値４１０に比べて小さくなる。電流値が低いことで、可動子２０２に作用する磁気吸引力が低下するため、弁体２１４の変位４０８が変位４０７に比べて小さくなり、結果として弁体２１４が開弁を開始してから閉弁するまでの時間（以降、開弁期間と称する）が小さくなる。開弁期間の積分値で噴射量が決まるため、開弁期間が小さくなることで噴射量が噴射量７５２から噴射量７５３まで小さくなる。

[0085] 低電圧源を例えばバッテリ電圧ＶＢで構成する場合、バッテリ電圧ＶＢに接続する車載機器の電源を通電した瞬間には、スパイクノイズが発生し、瞬間的に燃料噴射装置に印加される電圧値が低下する。車載機器とは、例えば、ヘッドライト等の光源や、スターターである。また、コイル２０５の発熱によって抵抗値が大きくなった場合についても、式（１）より、コイル２０

５に流れられる電流が小さくなり、電流４０５のように電流が減少する場合がある。

[0086] 次に、図６、８～１１を用いて第１の実施形態における燃料噴射装置１０１の制御装置１５０について説明する。第１の実施形態では、コイル２０５に流す駆動電流が最大電流に達した後であって噴射パルスを停止する前におけるコイル２０５に流れる駆動電流またはバッテリ電圧ＶＢが、それぞれの所定値以下であった場合、当該噴射パルスの幅または当該噴射パルスとは別の噴射パルスの幅を長く補正する制御を行う。以下においてその詳細について説明する。

[0087] 図６は、第１の実施形態における噴射パルス、コイル２０５の端子間電圧Ｖｉｎｊ、燃料噴射装置１０１に供給する駆動電流、燃料噴射装置１０１のスイッチング素子５０５、５０６、５０７、可動子２０２に作用する磁気吸引力、弁体２１４および可動子２０２の挙動と時間の関係を示した図である。なお、図６において図４と同等の構成については同じ記号を用いる。

[0088] 図６では、噴射パルスを噴射パルス４０６で停止しかつ噴射パルスを停止する前の電流値が減少していない場合の、電流を電流６１２、磁気吸引力を磁気吸引力６４０、弁体２１４の変位量を変位６１３でそれぞれ実線で記載し、噴射パルスを噴射パルス４０６で停止しかつ噴射パルスを停止する前の電流値が減少している場合の、電流を電流６０１、磁気吸引力を磁気吸引力６４１、弁体２１４の変位量を変位６１４でそれぞれ破線で記載している。なお、駆動電圧には、噴射パルス６３０を供給する条件でバッテリ電圧ＶＢが低下しない場合の駆動電圧を電圧６３１に実線で記載し、噴射パルス４０６を供給する条件でバッテリ電圧ＶＢが低下する場合の駆動電圧を電圧６０５に破線で記載する。

[0089] 図８は、噴射パルスを停止する前の電流値と噴射量の関係を示した図である。

[0090] 図９は、噴射パルス幅と噴射量の関係を示した図である。

[0091] 図１０は、第１の実施形態における噴射量とバッテリ電圧ＶＢの関係を示

した図である。

[0092] 図１１は、１燃焼サイクル中に燃料噴射を２回行う場合の噴射パルスと弁体２１４の変位量の関係を示した図である。

[0093] 図６において、最初に、タイミングt_{61}において、ＣＰＵ５０１より噴射パルス幅Ｔｉが通信ライン５０４を通して駆動ＩＣ５０２に入力されると、スイッチング素子５０５とスイッチング素子５０６がＯＮとなり、バッテリ電圧ＶＢよりも高い昇圧電圧ＶＨをコイル２０５に印加し、駆動電流が燃料噴射装置１０１に供給されて、電流が電流６１０のように急速に立ち上がる。コイル２０５に電流が供給されると可動子２０２と固定コア２０７との間に磁束が形成され、可動子２０２に磁気吸引力が作用する。開弁方向の力である磁気吸引力と第２のばね２１２の荷重との合力が閉弁方向の力である第３のばね２３４の荷重を超えたタイミングで可動子２０２が変位を開始する。その後、可動子２０２が隙間Ｇ２を滑走した後、可動子２０２が弁体２１４に衝突することで、弁体２１４が開弁を開始し、燃料噴射装置１０１から燃料が噴射される。

[0094] 電流がタイミングt_{62}で最大電流I_{peak}に達すると、スイッチング素子５０６は通電し、スイッチング素子５０５とスイッチング素子５０７が非通電となり、接地電位５１５、スイッチング素子５０６、燃料噴射装置１０１、接地電位５２０の間で電流が回生するいわゆるフリーホイールによって、燃料噴射装置１０１の両端には、ほぼ0Vの電圧が印加され、電流が電流６１１のように緩やかに減少する。その後、タイミングt_{63}に到達すると、スイッチング素子５０７を通電させて、コイル２０５にバッテリ電圧ＶＢを印加する。ただし、駆動電圧６０５のようにバッテリ電圧ＶＢが低下している場合には、電流値が電流値６０４もしくはその近傍となる第１の駆動電流６１６となるように駆動電流を保持できず、駆動電流が電流６０７のように低下する。すなわち、駆動電流がＥＣＵ１０４に予め設定した電流値（設定値）以下となる。なお、第１の駆動電流６１６に到達するように駆動電流を制御する期間を電流制御期間（図示しない）と称する。

[0095] 短い噴射パルス４０６で噴射パルスを停止し、噴射パルスを停止するタイミングでの電流値が高い条件の電流６１２では、弁体２１４の変位６１３となる。一方で、短い噴射パルス４０６で噴射パルスを停止し、噴射パルスを停止するタイミングでの電流値が低い条件の電流６０１では、弁体２１４の変位は変位６１４となり、変位６１３と比べて、開弁期間および変位量が小さくなる。結果、変位６１３と比べて変位６１４の噴射量が小さくなり、混合気の均質度が変わることでＰＮが増加する場合がある。

[0096] 図８の線８０１に示すとおり、噴射パルスＴｉを停止する直前の電流値と噴射量には相関関係がある。噴射量が弁体２１４の変位量の面積、すなわち開弁期間と変位量で決まり、弁体２１４の開弁期間は、可動子２０２に働く磁気吸引力で決まり、可動子２０２に作用する磁気吸引力はコイル２０５に供給する駆動電流で決まる。すなわち、噴射パルスＴｉを停止する直前のタイミングt_{64}の電流値を検出し、検出した駆動電流が電流値６０４よりも低下している場合には、噴射量の減少を防止するために、噴射パルスＴｉを噴射パルス４０６から噴射パルス６０２のように矢印６０６の分だけ長く補正するとよい。このように、電流６１２の噴射パルス４０６の幅よりも噴射パルスを噴射パルス６０２のように長くすることで、電流６１２よりも噴射パルスが停止する前の電流値が低下しても、コイル２０５への通電時間を長くして開弁期間を長くすることにより、電流値が高い条件の電流６１２の変位６１３と同等の噴射量が得られる。図６に、この時の駆動電流を電流６０８として、点線で示している。結果、噴射量ばらつきを低減し、ＰＮを抑制できる。

コイル２０５に流れる電流を検出して噴射パルスを補正することで、式（１）の関係より、バッテリ電圧ＶＢが低下した場合やコイル２０５の発熱等によってコイル２０５のコイル抵抗が大きくなった場合であっても噴射量のばらつきを抑制でき、ロバストな噴射量補正が可能となる。

[0097] 図８に示したような噴射量と電流値および図９に示したような噴射パルス幅と噴射量の関係は、あらかじめＥＣＵ１０４に設定しておくとよい。ＥＣ

Ｕ１０４に予め噴射量と電流値の関係を設定しておくことで、噴射パルス停止前の電流値を駆動ＩＣ５０２またはＣＰＵ５０１で検出し、噴射パルス幅と噴射量の関係から噴射パルスの補正量をＣＰＵ５０１または駆動ＩＣ５０２で計算して、噴射量を補正することができる。結果、噴射量ばらつきが抑制でき、噴射量の補正精度を高めることができる。

[0098] また、電流を検出したその噴射サイクル中に噴射量を補正する場合は、駆動ＩＣ５０２で噴射パルス停止前の電流値を検出し、駆動ＩＣ５０２で噴射パルスの補正量を演算して噴射パルスを補正する機能を持ってもよい。駆動ＩＣ５０２に噴射パルスの補正量を演算する機能を設けることで、検出した電流値を駆動ＩＣ５０２からＣＰＵ５０１へ通信ライン５０３または通信ライン５０４を通じて送付する必要がないため、駆動ＩＣ５０２とＣＰＵ５０１間の通信に必要な時間を低減できる。結果、噴射パルスを停止する前の電流を検出してから噴射パルスを補正するまでの時間を低減でき、よりバッテリ電圧ＶＢや電流値の急激な変化に対しても噴射量の精度を高めることができる。

[0099] また、電流を検出したその噴射サイクル中に噴射量を補正する場合の別の方法として、ＣＰＵ５０１で噴射パルス停止前の電流値を検出する抵抗５０８とＡ／Ｄ変換ポート５７１、５７２とで構成される電流の検出部５２１を備え、検出した電流値に応じてＣＰＵ５０１で噴射パルスの補正量を演算して噴射パルスを補正する機能を持ってもよい。ＣＰＵ５０１で噴射パルスの補正量を計算する場合には、駆動ＩＣ５０２に演算機能を持たせる必要がないため、駆動ＩＣ５０２のコストを抑制するメリットが得られる。

[0100] また、駆動ＩＣ５０２とＣＰＵ５０１の通信速度が確保できる場合には、駆動ＩＣ５０２とＣＰＵ５０１との間に通信ライン５２０を設けて、駆動ＩＣ５０２で電流値を検出して、通信ライン５２０を通じてＣＰＵ５０１に送付し、ＣＰＵ５０１で噴射パルス幅の演算を行ってもよい。この方法では、駆動ＩＣ５０２の噴射パルス幅の演算機能ならびに電流検出部５２１が必要ないため、ＥＣＵ１０４のコストを低減できるメリットがある。

[0101] また、噴射量と噴射パルス停止前の電流値の関係は、燃料噴射装置１０１の個体ごとに特性が異なる場合がある。図８では、弁体２１４に作用する閉弁方向の力が線８０１の場合よりも強い場合の電流値と噴射量の関係を線８０２、弁体２１４に作用する閉弁方向の力が線８０１の場合よりも弱い強い場合の電流値と噴射量の関係を線８０３に示す。

[0102] 次に、バッテリ電圧ＶＢを検出して噴射量を補正する方法について説明する。

[0103] 噴射パルスＴｉを停止する直前のタイミングt_{64}のバッテリ電圧ＶＢと噴射量の関係を図１０の線１００１に示す。式（１）の関係より、バッテリ電圧ＶＢが低いと、コイル２０５に流れられる電流が小さくなるため、可動子２０２に働く磁気吸引力が小さくなり、噴射パルスを停止してから弁体２１４が閉弁するまでの閉弁遅れ時間が短くなる。結果、弁体２１４の変位量の面積が小さくなり、噴射量も小さくなる。

[0104] バッテリ電圧ＶＢはある電圧１００２よりも大きいと、電流を、駆動ＩＣ５０２で設定する目標の電流６１６で維持するこが可能となる。このため、電圧１００２よりバッテリ電圧ＶＢの電圧が大きいと、可動子２０２に作用する磁気吸引力が低下せず、噴射量も変化しない。バッテリ電圧ＶＢを検出するために、図５に示すように、ＣＰＵ５０１にはＡ／Ｄ変換ポート５７３を設けて、バッテリ電圧ＶＢを検出するバッテリ電圧の検出部５２２を構成するとよい。バッテリ電圧の検出部５２２で検出したバッテリ電圧ＶＢの電圧値がＥＣＵ１０４に予め設定した設定値である電圧１００２を下回った場合には、噴射パルス幅を長く補正することで、磁気吸引力の低下に伴う噴射量のばらつきを抑制でき、ＰＮ低減効果を高められる。

[0105] また、電圧１００２よりも電圧が低い範囲では、バッテリ電圧と噴射量には正の相関関係がある。これは前述で説明した通り、バッテリ電圧ＶＢが低下すると、コイル２０５に流れられる電流値が低下し、可動子２０２に作用する磁気吸引力が低下して弁体２１４の開口面積すなわち弁体２１４の変位量と閉弁遅れ時間が短くなるためである。したがって、ＣＰＵ５０１では、

バッテリ電圧の検出部５２２で検出した電圧値から噴射量を演算し、図９の噴射量と噴射パルス幅の関係を用いて、噴射パルス幅の補正量または噴射パルス幅を計算して、噴射パルス幅をバッテリ電圧ＶＢが低下していない場合に比べて長くなるように補正するとよい。結果、噴射量ばらつきを抑制でき、ＰＮを低減できる。

[0106] 図１０に示したような噴射量とバッテリ電圧ＶＢとの関係、および、図９に示したような噴射パルス幅と噴射量の関係は、あらかじめＥＣＵ１０４に設定しておいてもよい。ＥＣＵ１０４に予め噴射量とバッテリ電圧の関係をＭＡＰないし近似式で与えておくことで、噴射パルス停止前のバッテリ電圧ＶＢをバッテリ電圧の検出部５２２で検出し、噴射パルス幅と噴射量の関係から噴射パルスの補正量をＣＰＵ５０１で計算して、噴射量を補正することができる。結果、噴射量ばらつきが抑制でき、噴射量の補正精度が高まる。

[0107] また、コイル２０５の抵抗値が変化した場合において、電流値を用いて噴射量を補正する場合に比べて、バッテリ電圧ＶＢの電圧値を用いて噴射量を補正する場合には、コイル２０５の抵抗の変化分は噴射量のばらつきが生じる可能性がある。しかしながら電流検出部５２１や通信ライン５２０を必要とせず、噴射量の補正ができることから、ＥＣＵ１０４の部品点数を抑制でき、コストが下がるメリットがある。

[0108] 次に、図１１を用いて、１燃焼サイクル中の噴射量を補正する方法について説明する。

図１１は、１燃焼サイクル中に燃料噴射を２回行う場合の噴射パルスと弁体２１４の変位量の関係を示した図である。図中には、コイル２０５に印加するバッテリ電圧ＶＢもしくは電流が低下しない場合の噴射パルスおよび弁体変位を一点鎖線で噴射パルス１１０１および弁体変位１１０４として示し、コイル２０５に印加するバッテリ電圧ＶＢもしくは電流が低下しかつ２回目の噴射パルス幅を補正する場合の噴射パルスおよび弁体変位を実線で噴射パルス１１０２および弁体変位１１０５として示し、コイル２０５に印加するバッテリ電圧ＶＢもしくは電流が低下しかつ２回目の噴射パルスをＯＮする

タイミングを補正する場合の噴射パルスおよび弁体変位を噴射パルス１１０３および弁体変位１１０６として示している。

[0109] ＰＮ低減を狙って１燃焼サイクル中の噴射量を複数に分割し、混合気の均質度を向上させる場合には、１燃焼サイクル中の噴射量のその気筒のショットばらつきもしくは気筒間の個体ばらつきを抑制することで、混合気の均質度や分布のばらつきを抑制でき、ＰＮ低減が可能となる。

[0110] コイル２０５に印加するバッテリ電圧ＶＢもしくは電流が低下しない場合には、１回目の噴射の噴射パルスをタイミングｔ１１でＯＮにし、２回目の噴射のための噴射パルスをタイミングｔ１４でＯＮにすると、1回目の噴射の噴射パルス幅１１０８と２回目の噴射の噴射パルス幅１１０９が同じ場合には、弁体の開弁期間１１１３、１１１４および最大高さ位置よりも低い高さ位置領域における弁体変位の最大値１１１０は同等となる。

[0111] コイル２０５に印加するバッテリ電圧ＶＢもしくは電流が低下する場合には、可動子２０２に作用する磁気吸引力が低下することで、弁体２１４の開弁開始タイミングがタイミングt_{18}からタイミングt_{19}まで時間１１１１分遅くなる。結果、可動子２０２が弁体２１４に衝突する速度が小さくなって弁体２１４が可動子２０２から受け取る運動エネルギーが低下し、かつ噴射パルスをＯＦＦにするタイミングt_{12}で可動子２０２に作用する磁気吸引力が低下することで、弁体２１４の閉弁完了タイミングはタイミングt_{21}からタイミングt_{20}まで早くなる。このため、開弁期間は、開弁期間１１１３よりも短い開弁期間１１１２となる。

[0112] ２回目の噴射のための噴射パルスがタイミングt_{14}でＯＮとなると、通常の開弁期間１１１４の開弁開始タイミングから時間１１１１分だけ遅れて弁体２１４が開弁を開始する。本実施形態の構成では、１回目の噴射パルス幅を停止する直前のバッテリ電圧ＶＢもしくは電流値を検出し、バッテリ電圧ＶＢもしくは電流が低下している場合には、噴射パルス１１０２の２回目の噴射パルス幅を差分１１０７分だけタイミングt_{17}まで長くなるように補正するとよい。すなわち、１回目の噴射の開弁期間１１１２が、電圧および電

流が低下しない場合の開弁期間１１１３に比べて短くなった分、２回目の噴射の噴射パルス幅を長く補正し、電圧および電流が低下しない場合の開弁期間１１１４に比べて開弁期間１１１５のように開弁期間が長くなるように補正するとよい。結果、電流および電圧が低下しない場合の弁体変位１００４と比較して、弁体変位１１０５の開弁期間の積分値を一致させることができ、１回目と２回目の噴射の噴射量の合計値のばらつきを抑制できる。すなわち、１燃焼サイクル中の噴射量のばらつきを抑制できるため、混合気の均質度のばらつきを抑制し、ＰＮを低減できる。

[0113] また、バッテリ電圧ＶＢ、電流が低下する条件では、噴射パルス１１０３のように、噴射パルス１１０３の２回目の噴射の噴射パルスをＯＮとするタイミングをタイミングt_{14}からt_{13}まで早めかつＯＦＦとするタイミングをタイミングt_{15}からt_{16}まで遅くするように制御してもよい。２回目の噴射をピストンの圧縮行程に噴射する場合には、燃料噴射装置１０１とピストン冠面との距離が短いため、燃料の噴射が終了するタイミングが遅いと噴射した燃料がピストン冠面に付着し、ＰＮが増加する場合がある。噴射パルス１１０３の２回目の噴射の噴射タイミングを噴射パルス１１０２の２回目の噴射パルスよりも早くするため、弁体２１４が閉弁完了するタイミングが早くなるため、ＰＮ低減効果を高められる。

[0114] 図１１で説明した発明の構成によれば、１回目の噴射パルスを停止するまでのバッテリ電圧ＶＢもしくは電流値を検出してから、２回目の噴射パルスの開始タイミング、噴射パルス幅を補正するまの時間が確保できるため、駆動ＩＣ５０２とＣＰＵ６０１を通信する時間を確保でき、噴射量をロバストに補正する効果が得られ、ＰＮ低減効果が高まる。なお、本実施形態の構成は、弁体２１４を中間開度で駆動する油圧制御の電磁弁、高圧燃料ポンプの電磁弁、その他の電磁弁に用いてもよい。

[0115] 次に、第２の実施形態に係る燃料噴射装置１０１の制御装置１５０について、図５、１２、１３を参照して説明する。第２の実施形態では、噴射パルスを停止する前におけるコイル２０５に流れる駆動電流または昇圧電圧ＶＨ

が、それぞれの所定値以下であった場合、当該噴射パルスまたは当該噴射パルスとは別の噴射パルスの幅を長くする制御を行う。

以下においてその詳細について説明する。

[0116] 図１２は、第２の実施形態における噴射パルス、コイル２０５の端子間電圧V_{inj}、燃料噴射装置１０１に供給する駆動電流、可動子２０２に作用する磁気吸引力、弁体２１４の変位量と時間の関係を示した図である。なお、図１２において、図６と同等の構成については同じ記号を用いる。

[0117] 図中の駆動電流に第１の実施形態の図６の実線の駆動電流６０７を点線で記載し、コイル２０５に印加する昇圧電圧ＶＨが初期値から低下せずに電流が最大電流I_{peak}に到達するまでに噴射パルスを停止する場合の電流、磁気吸引力、弁変位６１３を一点鎖線で記載し、コイル２０５に印加する昇圧電圧ＶＨがＥＣＵ１０４に予め設定した初期値（設定値）よりも低下し、かつ電流が最大電流I_{peak}に到達するまでに噴射パルスを停止する場合の電流１２０３、磁気吸引力１２０５、弁変位６１４を破線で記載し、電流が最大電流I_{peak}に到達するまでに噴射パルスを停止かつコイル２０５に印加する昇圧電圧ＶＨが初期値よりも低下して噴射パルス幅を長く補正する場合の電流１２１０、磁気吸引力１２１１、弁変位６１５を実線で記載する。

[0118] 図１３は、噴射パルスを停止する前のバッテリ電圧ＶＢおよび昇圧電圧値と噴射量の関係を示した図である。図１３において、図９と同様の構成については同じ記号を用いる。

[0119] 第２の実施形態における第１の実施形態の燃料噴射装置１０１の制御装置１５０との差異は、噴射パルスを停止する前の高電圧源の昇圧電圧ＶＨの電圧値または電流値を検出し、噴射量を補正する点である。

[0120] 最大電流I_{peak}までは高電圧源から昇圧電圧ＶＨを印加して電流を供給する。噴射パルスが最大電流I_{peak}に到達する前に噴射パルスの印加が停止される噴射パルス１２０２において、電圧１２０９のように電圧１２０７から昇圧電圧ＶＨが低下している場合には、コイル２０５に印加する電圧値が小さくなる。このため、電流１２０３のように、電流の立ち上がりが遅くなり

、噴射パルス１２０２をＯＦＦにするタイミングt_{111}の電流値が電流１２０４のように小さくなる。この結果、可動子２０２に作用する磁気吸引力１２０５の立ち上がりも遅くなり、タイミングt_{111}での磁気吸引力も昇圧電圧ＶＨが低下していないときの磁気吸引力よりも磁気吸引力１２０６のように小さくなる。結果、弁体２１４の開弁開始のタイミングがタイミングt_{112}からt_{113}まで遅くなり、閉弁完了タイミングは、タイミングt_{115}からt_{114}まで早くなって開弁期間が小さくなることで、弁体２１４の変位が変位６１４のようになり、噴射量が減少する。

[0121] 第２の実施形態の燃料噴射装置１０１の制御装置１５０は、ＣＰＵ５０１により、噴射パルスを停止するタイミングt_{111}よりも前の昇圧電圧ＶＨを検出する昇圧電圧ＶＨの電圧検出機能を備えている。昇圧電圧が初期値である電圧１２０７から電圧１２０９に低下している場合には、噴射パルス１２０８の噴射パルス幅のように、噴射パルス幅を電圧が低下していない場合の噴射パルス１２０２の噴射パルス幅に比べて長くなるように補正するとよい。これにより、電流１２１０の最大値１２０１を電流１２０３と比較して増加させることができ、磁気吸引力を可動子２０２に作用する磁気吸引力１２１１を増加させることができる。これにより、弁体２１４の変位量の面積を、変位６１５に示すように、昇圧電圧ＶＨが初期値から低下しない場合の弁体２１４の変位６１３の変位量の面積と同等にすることができる。よって、噴射量ばらつきを低減し、ＰＮを抑制できる。

[0122] 図１３により、噴射パルスを停止する前の昇圧電圧値ＶＨと噴射量の関係について説明する。線１３０１は、昇圧電圧値ＶＨと噴射量の関係を示し、線１００１は、図１０の線１００１と同様であり、バッテリ電圧ＶＢと噴射量の関係を示している。

[0123] 可動子２０２が弁体２１４に衝突する速度は、昇圧電圧ＶＨの印加による電流により可動子２０２に作用する磁気吸引力で決まる。したがって、昇圧電圧ＶＨが低下すると、磁気吸引力も低下するため、可動子２０２が弁体２１４に衝突する際の衝突速度が低下し、弁体２１４が可動子２０２から受け

取る運動エネルギーが小さくなって、弁体２１４の開弁期間が短くなる。昇圧電圧ＶＨは弁体２１４が受け取る運動エネルギーに大きく寄与することから、バッテリ電圧ＶＢと噴射量の傾きに比べて、昇圧電圧ＶＨを噴射量の傾きの方が大きくなる。また、線１００１では、電流を保持する関係から電圧が電圧１００２を超えたタイミングで電圧が増加しても噴射量は同等となるが、線１３０１では、昇圧電圧ＶＨが大きくなったとしても噴射量は同等にならず、昇圧電圧ＶＨの増加に応じて噴射量が増加する。また、図９に示したような、噴射パルス幅と噴射量の関係から噴射パルスの補正量をＣＰＵ５０１または駆動ＩＣ５０２で計算して、噴射量を補正してもよい。

[0124] バッテリ電圧ＶＢを検出して噴射パルスを補正する第１の実施形態の構成に比べて、昇圧電圧ＶＨを検出して噴射パルス幅を補正する場合には、電圧値に対する噴射パルス幅の補正量を変えるとよい。第２の実施形態における制御装置１５０では、図５の昇圧電圧ＶＨの端子５１６とＣＰＵ５０１がＡ／Ｄ変換ポートを通じて接続されており、ＣＰＵ５０１で端子５１６と接地電位５３４との間の電位差すなわち昇圧回路５１４の電圧を検出できるよう構成されている。

[0125] このように構成することで、スイッチング素子５０５がＯＦＦとなっているタイミングでも昇圧電圧ＶＨを検出できるため、噴射パルスがＯＮになるタイミングより前の昇圧電圧ＶＨをＣＰＵ５０１で検出することで、噴射パルス幅を補正するまでの時間を確保することができる。なお、昇圧電圧ＶＨはコンデンサ５３３に蓄電した電圧によって構成されているため、バッテリ電圧ＶＢに比べて時間的な変化（時定数）が遅い。したがって、バッテリ電圧ＶＢを用いて噴射パルス幅を補正する場合よりも、昇圧電圧ＶＨを用いたことにより、電圧を検出するタイミングが早くなったとしても噴射量の補正精度を確保できる。噴射量の補正に昇圧電圧ＶＨかバッテリ電圧ＶＢを用いるかによって、噴射パルスをＯＦＦにするタイミングに対して電圧を検出するタイミングを変えるように制御するとよい。

[0126] また、噴射量と昇圧電圧ＶＨの関係および噴射パルス幅と噴射量の関係は

、予めＥＣＵ１０４のＣＰＵ５０１にＭＡＰもしくは線形式や２次曲線などの関係式で与えておき、昇圧電圧ＶＨの低下に応じて噴射パルス幅を長く補正するように制御するとよい。この構成によれば、昇圧電圧ＶＨを検出してから噴射パルス幅を計算して噴射量を補正できるため、噴射量ばらつきを抑制してＰＮが低減できる。

[0127] 次に、電流を検出して昇圧電圧ＶＨが低下することによる噴射量変化を補正する方法について説明する。

[0128] コイル２０５に電流を供給してから噴射パルス１２０２を停止する前の電流を駆動ＩＣ５０２により検出し、コイル２０５に印加する昇圧電圧ＶＨがＥＣＵ１０４に予め設定した初期値（設定値）から低下しない場合の電流（図１３で一点鎖線で示した電流）よりも電流が低下していた場合は、噴射パルスが長くなるように補正する。電流値と噴射量の関係は、第１の実施形態の図８に示した通り、電流の低下に応じて噴射量が小さくなる相関を持つ。電流を検出してからの噴射パルス幅の補正方法は、前述した昇圧電圧ＶＨを検出する方法と同様であるが、電流を用いて噴射量を補正する方法では、コイル２０５が発熱することでコイル２０５の抵抗が小さくなって電流が減少する変化に対する噴射量ばらつきを補正することができ、よりロバストな噴射量制御が可能となる。結果、広い運転条件の範囲で噴射量が安定的に補正でき、ＰＮ低減効果が高まる。

[0129] 本実施形態の構成は、弁体２１４を中間開度で駆動する油圧制御の電磁弁、高圧燃料ポンプの電磁弁、その他の電磁弁に用いてもよい。

[0130] 次に、第３の実施形態に係る燃料噴射装置１０１の制御装置１５０について、図１３、１４を参照して説明する。第３の実施形態では、コイル２０５に流す駆動電流が最大電流に達した後であって、噴射パルスを停止する前におけるコイル２０５に流れる駆動電流またはバッテリ電圧ＶＢが、それぞれの設定値以下であった場合、コイル２０５に昇圧電圧ＶＨを印加する。以下においてその詳細について説明する。

[0131] 図１４は、第３の実施形態における噴射パルス、コイル２０５の端子間電

圧V_{inj}、燃料噴射装置１０１に供給する駆動電流、可動子２０２に作用する磁気吸引力、弁体２１４の変位量と時間の関係を示した図である。なお、図１４において、図６と同等の構成については同じ記号を用いる。

[0132] 図中には、コイル２０５に印加するバッテリ電圧ＶＢが低下しない場合の駆動電圧１４０１、駆動電流６１０、磁気吸引力６４０、弁変位６１３を実線、コイル２０５に印加するバッテリ電圧ＶＢが低下した場合の駆動電圧６０５、駆動電流６０１、磁気吸引力６４１、弁変位６１４を破線で記載し、第３の実施形態の構成によるバッテリ電圧ＶＢが低下しかつの電流制御期間に昇圧電圧ＶＨを印加する場合の駆動電圧１４０２、駆動電流１４０３、磁気吸引力１４０４、弁変位量１４０５を点線で記載する。

[0133] 第３の実施形態における第２の実施形態の燃料噴射装置１０１の制御装置１５０との差異は、電流制御期間に到達する前の電流またはバッテリ電圧を検出し、検出した電流またはバッテリ電圧が閾値（設定値）よりも小さい場合に、電流制御期間の電圧印加に昇圧電圧ＶＨを用いる点である。

[0134] 第３の実施形態の構成では、電流制御期間に到達する直前のタイミングt_{1401}におけるバッテリ電圧ＶＢを検出し、バッテリ電圧ＶＨが予めＥＣＵ１０４で設定する初期値

（設定値）に比べて低下している場合には、コイル２０５に昇圧電圧ＶＨを印加し、駆動電流を電流値６０４で保持できるようにする。コイル２０５にバッテリ電圧ＶＢを印加すると、駆動電流が電流６０１のようになり、磁気吸引力６１４のように磁気吸引力が低下する。しかし、コイル２０５に昇圧電圧ＶＨを印加することで、バッテリ電圧ＶＢが低下していても駆動電流を電流値６０４で維持できるため、バッテリ電圧ＶＢが低下しない場合の磁気吸引力６４０相当となる磁気吸引力１４０４を確保し、弁変位１４０５のように弁変位６１３と同等の開弁期間を維持して、バッテリ電圧ＶＢが低下することによる噴射量ばらつきを抑制する効果を得られる。

[0135] また、駆動ＩＣ５０２により駆動電流を検出して第１の駆動電流保持期間における昇圧電圧ＶＨの印加を行う方法について説明する。タイミングt_{140}

$_1$に到達した後の駆動電流を検出し、駆動電流がＥＣＵ１０４に予め設定した電流値（設定値）よりも低い場合には、バッテリ電圧ＶＢの印加から昇圧電圧ＶＨの印加に切り替えるよう制御する。駆動電流を検出する方法では、コイルの発熱によってコイル２０５の抵抗が増加し、駆動電流が低下した場合であっても安定的に駆動電流を電流値６０４で維持することができ、噴射量補正のロバスト性を高められる。

[0136] なお、本発明は、上述した実施例に限定されない。当業者であれば、本発明の範囲内で、種々の追加や変更等を行うことができる。

[0137] 例えば、上記の実施形態では、ＣＰＵ５０１によりバッテリ電圧ＶＢおよび昇圧電圧ＶＨを検出し、噴射パルスの補正量を演算するように構成していたが、駆動ＩＣ５０２にＡ／Ｄ変換ポートを設けて駆動ＩＣ５０２によりバッテリ電圧ＶＢおよび昇圧電圧ＶＨを検出するように構成し、駆動ＩＣ５０２で噴射パルスの補正量を演算して噴射パルスを補正する機能を持ってもよい。これにより、検出した電圧値を駆動ＩＣ５０２からＣＰＵ５０１へ通信ライン５０３または通信ライン５０４を通じて送付する必要がないため、駆動ＩＣ５０２とＣＰＵ５０１間の通信に必要な時間を低減できる。

符号の説明

[0138] １０１：燃料噴射装置、１０４：ＥＣＵ、１５０：制御装置、２０２：可動子、２０５：コイル、２１４：弁体、５０１：ＣＰＵ、５０２：駆動ＩＣ、５０５：スイッチング素子、５０６：スイッチング素子、５０７：スイッチング素子、５１４：昇圧回路、ＶＢ：バッテリ電圧、ＶＨ：昇圧電圧

請求の範囲

[請求項1] 弁体と、前記弁体を駆動する可動部を吸引する磁気吸引力を生じさせるコイルと、電圧源とを備え、噴射パルスに基づき、前記コイルに電圧を印加し最大電流になるまで前記コイルに駆動電流を流して、前記可動部を吸引し前記弁体を駆動させ燃料を噴射させる燃料噴射装置の制御装置において、

前記噴射パルスを停止する前において、前記コイルに流れる駆動電流または前記電圧源の電圧を検出し、検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、前記噴射パルスまたは前記噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する、または、前記電圧源よりも電圧値が高い別の電圧源により前記コイルに電圧を印加する、燃料噴射装置の制御装置。

[請求項2] 前記電圧源である低電圧源と、前記低電圧源よりも電圧値が高い高電圧源とを備え、

前記コイルに流す駆動電流が最大電流に達した後であって、前記噴射パルスを停止する前において、前記コイルに流れる駆動電流または前記低電圧源の電圧を検出し、検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、前記噴射パルスまたは前記噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する、請求項１に記載の燃料噴射装置の制御装置。

[請求項3] 低電圧源と、前記電圧源であり前記低電圧源よりも電圧値が高い高電圧源とを備え、

前記噴射パルスを停止する前において、前記コイルに流れる駆動電流または前記高電圧源の電圧を検出し、検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、前記噴射パルスまたは前記噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する、請求項１に記載の燃料噴射装置の制御装置。

[請求項4] 前記電圧源である低電圧源と、前記別の電圧源である高電圧源とを

備え、

前記コイルに流す駆動電流が最大電流に達した後であって、前記噴射パルスを停止する前において、前記コイルに流れる駆動電流または前記低電圧源の電圧を検出し、検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、前記高電圧源から前記コイルに電圧を印加する、請求項１に記載の燃料噴射装置の制御装置。

[請求項5] 前記コイルに流す電流を制御する駆動ＩＣを備え、

前記駆動ＩＣにより、前記コイルに流れる駆動電流または前記電圧源の電圧を検出し、前記噴射パルスまたは前記噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する、請求項１に記載の燃料噴射装置の制御装置。

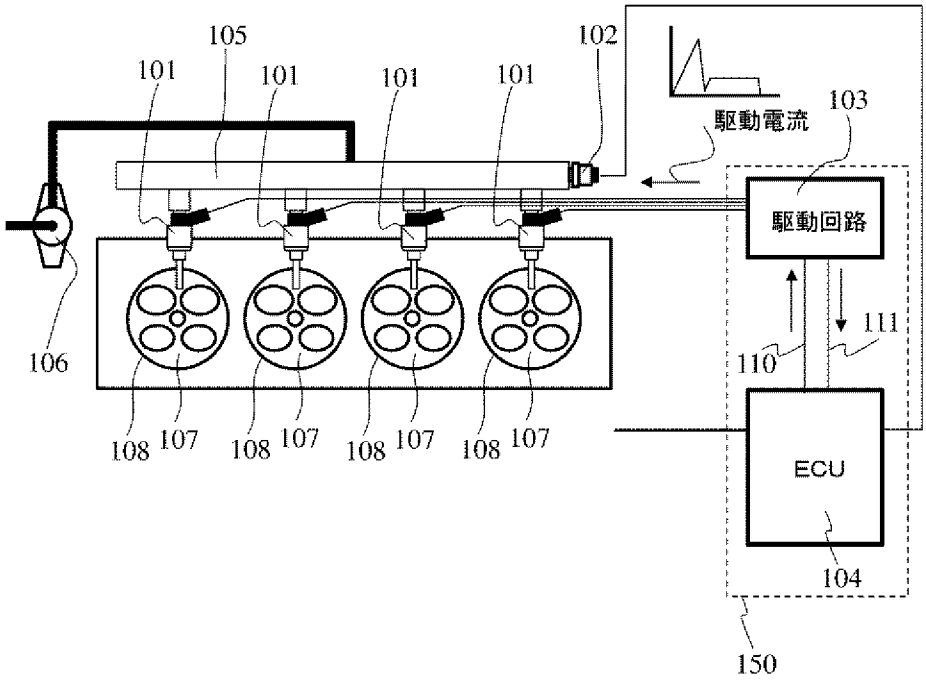
[請求項6] 弁体と、前記弁体を駆動する可動部を吸引する磁気吸引力を生じさせるコイルと、電圧源とを備え、噴射パルスに基づき、前記コイルに電圧を印加し最大電流になるまで前記コイルに駆動電流を流して、前記可動部を吸引し前記弁体を駆動させ燃料を噴射させる燃料噴射装置の制御装置において、

噴射パルス信号を送信する制御部と、

前記制御部とは別のハードウェアで構成され、スイッチング素子と、前記制御部からの前記噴射パルス信号に応じて前記スイッチング素子を制御して駆動電流を生成する駆動電流制御部と、前記コイルに流れる駆動電流または前記電圧源の電圧を検出する検出部と、を有する駆動回路と、を備え、前記駆動回路の前記駆動電流制御部は、前記検出部により検出した駆動電流または電圧が、それぞれの設定値以下である場合に、前記噴射パルスまたは前記噴射パルスとは別の噴射パルスの幅が長くなるように補正する、または、前記電圧源よりも電圧値が高い別の電圧源により前記コイルに電圧を印加する、燃料噴射装置の制御装置。

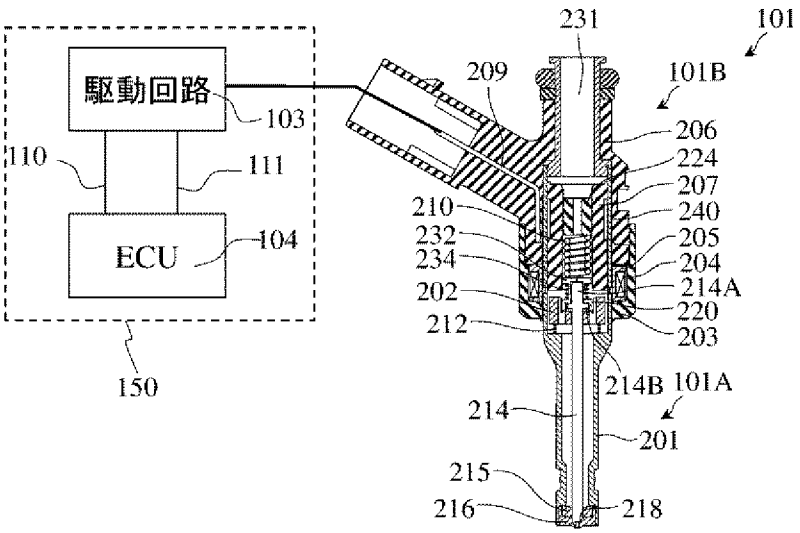
[図1]

図1


105
101
101
101
101
102
駆動電流
103
駆動回路
111
110
106
108
107
108
107
108
107
108
107
ECU
104
150

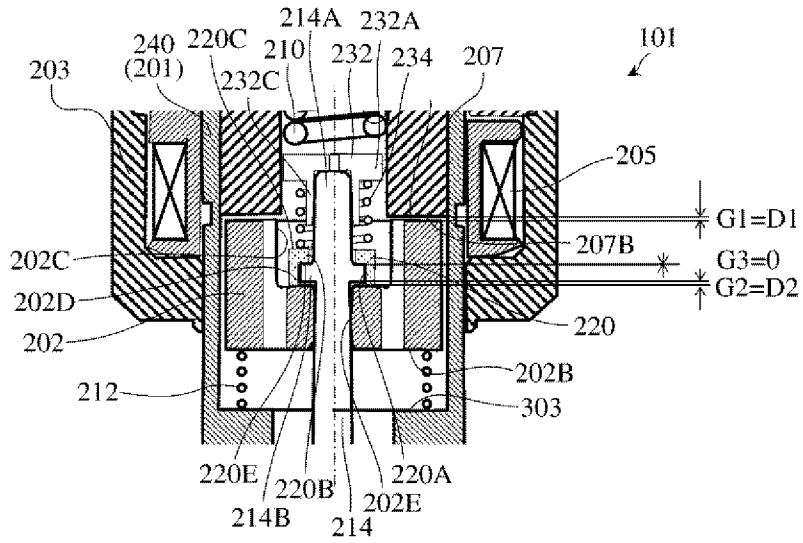
[図2]

図2


231
101
209
101B
206
224
207
240
205
204
214A
220
203
210
232
234
202
212
214B
101A
214
201
215
216
218
駆動回路
103
110
111
ECU
104
150

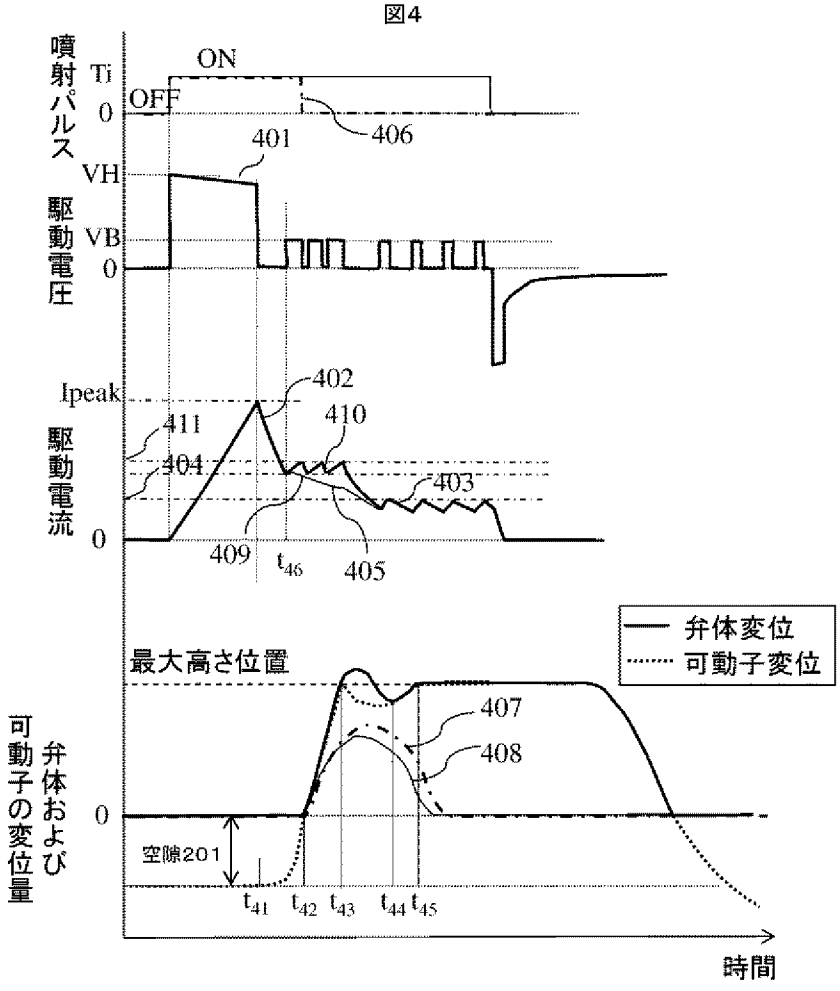
[図3]

図3


214A
232A
240
(201)
220C
210
232
234
207
101
203
232C
205
G1=D1
207B
G3=0
G2=D2
202C
202D
202
220
212
202B
303
220E
220B
220A
214B
202E
214

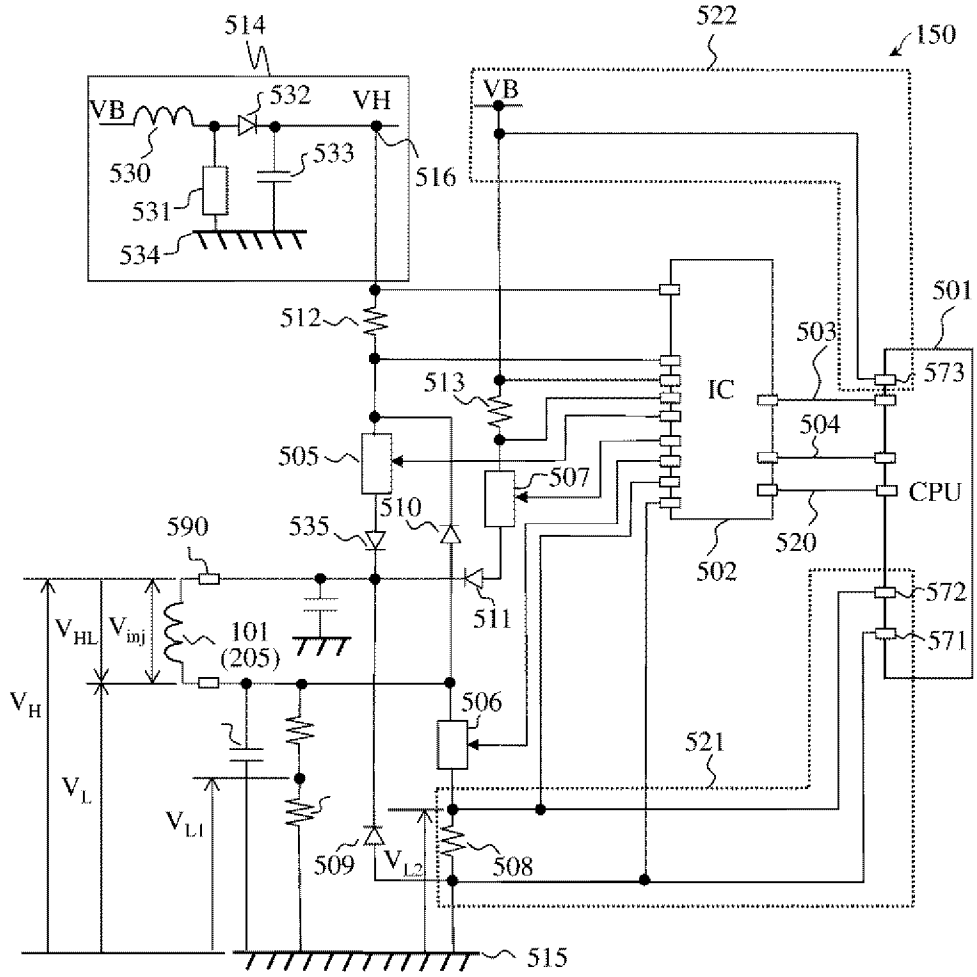
[図4]

図4


噴射パルス
Ti
ON
OFF
0
401
406
VH
駆動電圧
VB
0
Ipeak
402
411
410
404
403
駆動電流
0
409
t46
405
弁体変位
可動子変位
最大高さ位置
407
408
弁体および可動子の変位量
0
空隙201
t41
t42
t43
t44
t45
時間

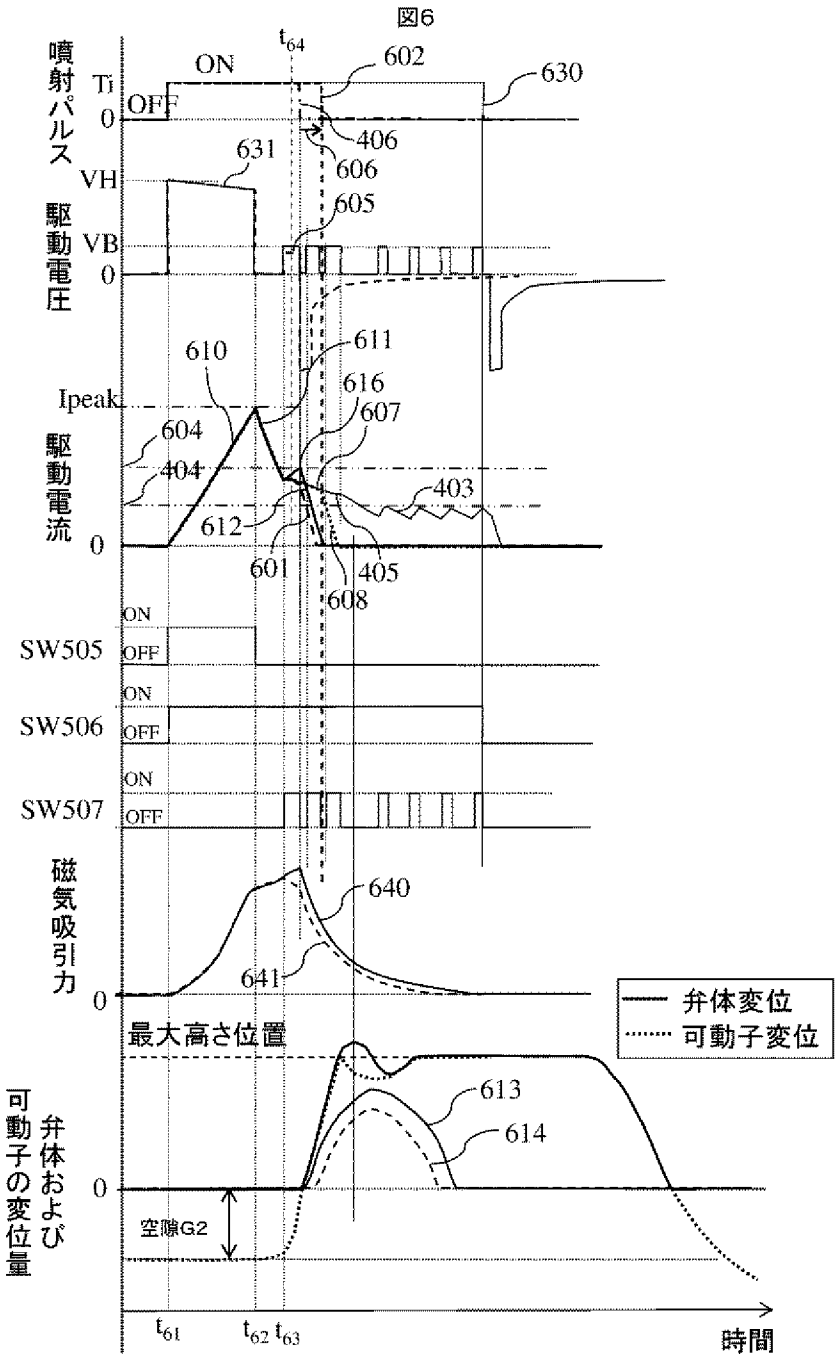
[図5]

図5


514
522
150
VB
532
VH
VB
530
533
516
531
534
512
501
503
513
IC
573
504
505
507
CPU
510
590
535
520
502
572
511
V_{HL}
V_{inj}
101
(205)
571
V_H
506
521
V_L
V_{L1}
509
V_{L2}
508
515

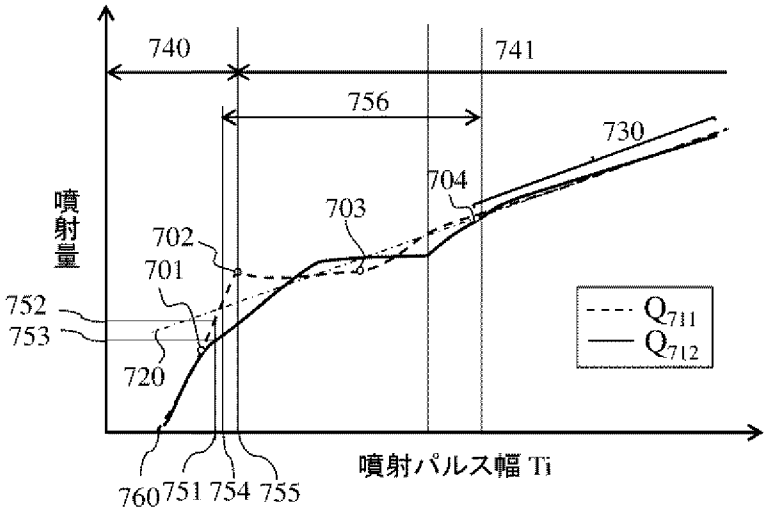
[図6]

図6


噴射パルス
Ti
ON
OFF
0
t_{64}
602
630
406
606
631
605
駆動電圧
VH
VB
0
610
611
616
607
Ipeak
604
404
403
駆動電流
612
601
405
608
0
SW505
SW506
SW507
ON
OFF
磁気吸引力
640
641
0
弁体変位
可動子変位
最大高さ位置
613
614
弁体および可動子の変位量
0
空隙G2
t_{61}
t_{62} t_{63}
時間

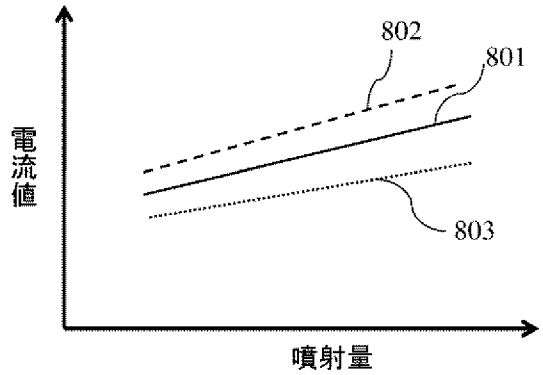
[図7]

図7



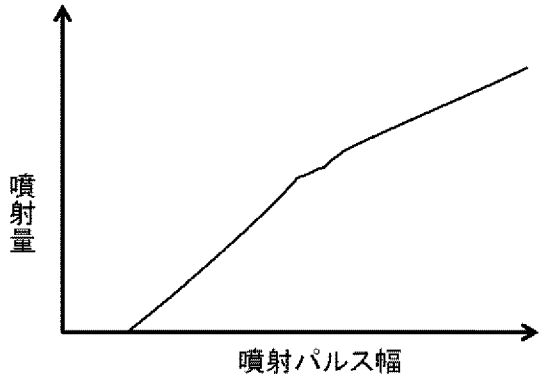
[図8]

図8



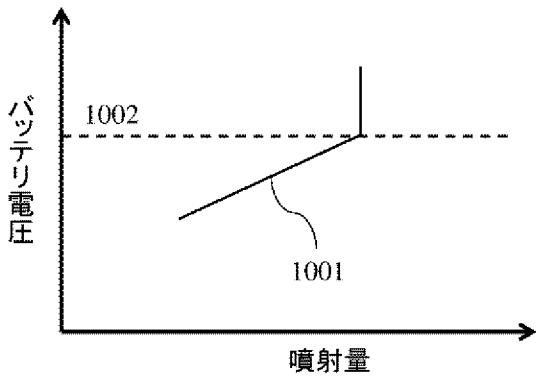
[図9]

図9



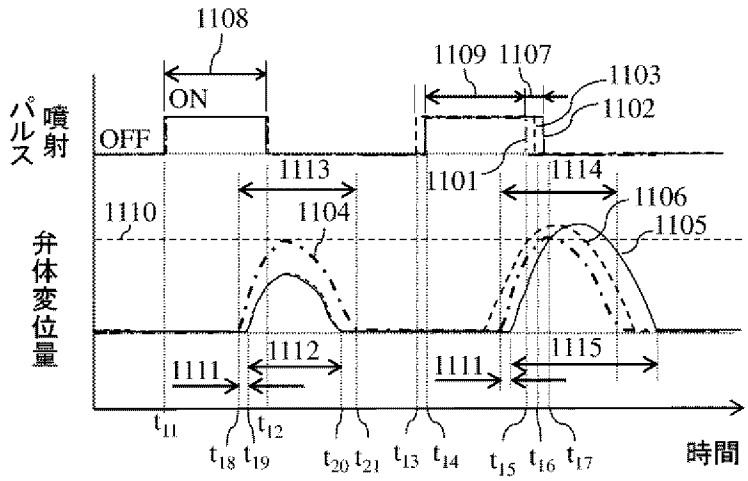
[図10]

図10



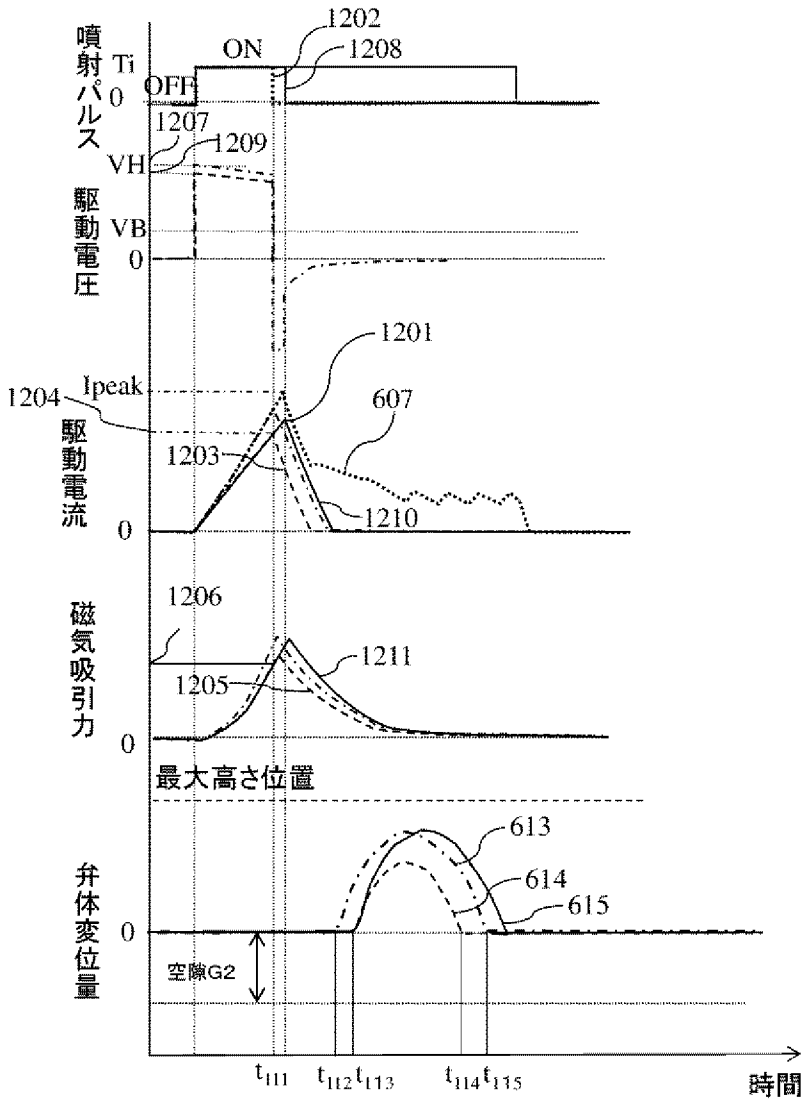
[図11]

図11



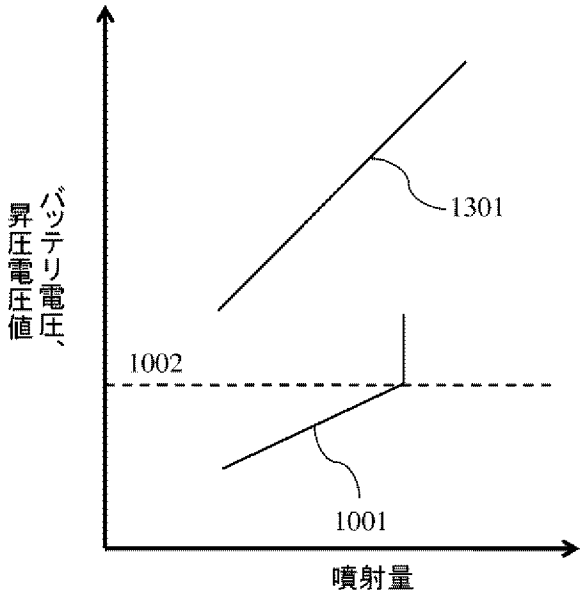
[図12]

図12



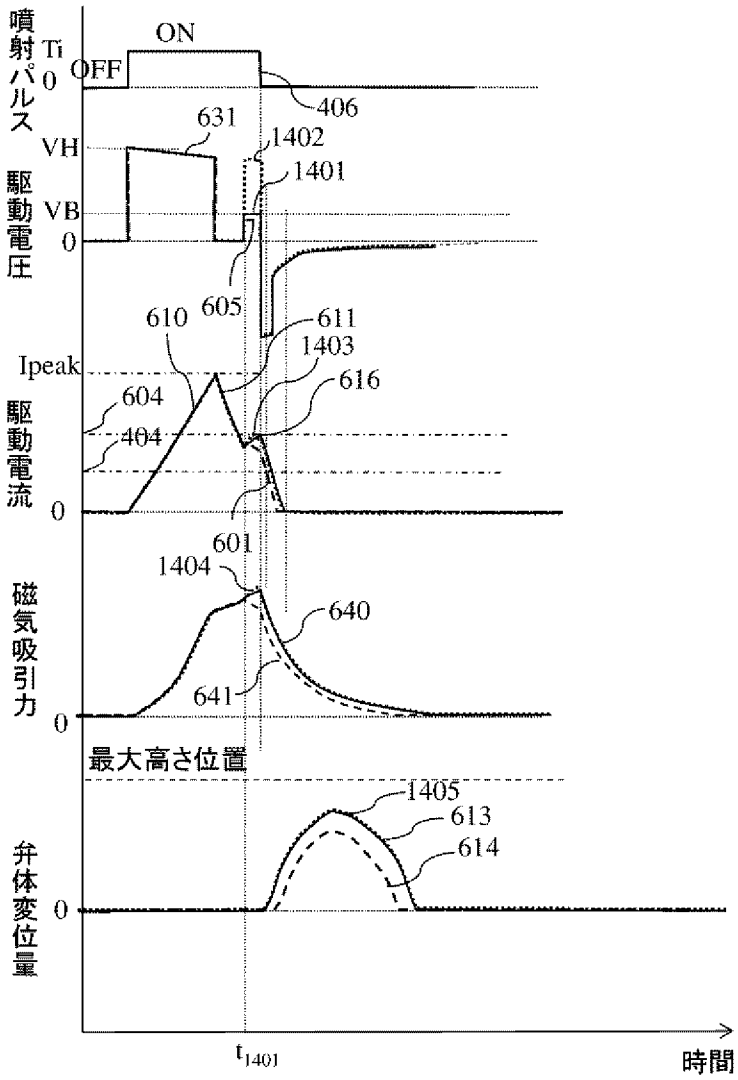
[図13]

図13



[図14]

図14


噴射パルス
Ti
0
OFF
ON
406
631
1402
1401
VH
駆動電圧
VB
0
605
610
611
1403
Ipeak
616
604
駆動電流
404
0
601
1404
磁気吸引力
640
641
0
最大高さ位置
1405
613
614
弁体変位量
0
t_{1401}
時間

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/045671

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. F02D41/20(2006.01)i, F02D41/38(2006.01)i, F02M51/00(2006.01)i, F02M51/06(2006.01)i, F02M61/10(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)
Int.Cl. F02D41/20, F02D41/38, F02M51/00, F02M51/06, F02M61/10

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 A	JP 2017-8945 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 12 January 2017, paragraphs [0016], [0042]-[0043], [0053], [0055], fig. 1-3, 8 (Family: none)	1, 3, 5-6 2, 4
Y	JP 2008-128058 A (DENSO CORP.) 05 June 2008, paragraphs [0002]-[0003] (Family: none)	1, 3, 5-6

☐ 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 09 April 2018 (09.04.2018)	Date of mailing of the international search report 17 April 2018 (17.04.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０４５６７１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F02D41/20(2006.01)i, F02D41/38(2006.01)i, F02M51/00(2006.01)i, F02M51/06(2006.01)i, F02M61/10(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.　F02D41/20, F02D41/38, F02M51/00, F02M51/06, F02M61/10

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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 A	JP 2017-8945 A（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2017.01.12, 段落［００１６］、［００４２］－［００４３］、［００５３］、［００５５］、［図１］－［図３］、［図８］（ファミリーなし）	1, 3, 5-6 2, 4
Y	JP 2008-128058 A（株式会社デンソー）2008.06.05, 段落［０００２］－［０００３］（ファミリーなし）	1, 3, 5-6

☐　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
０９．０４．２０１８	１７．０４．２０１８

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）　３Ｚ　５５６２
比嘉　貴大
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３９５