

(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3月1日(01.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/037734 A1

(51) 国際特許分類:

F02M 61/10 (2006.01) F02M 51/00 (2006.01)
F02D 41/20 (2006.01) F02M 51/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/024914

(22) 国際出願日: 2017年7月7日(07.07.2017)

(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 2016-165280 2016年8月26日(26.08.2016) JP

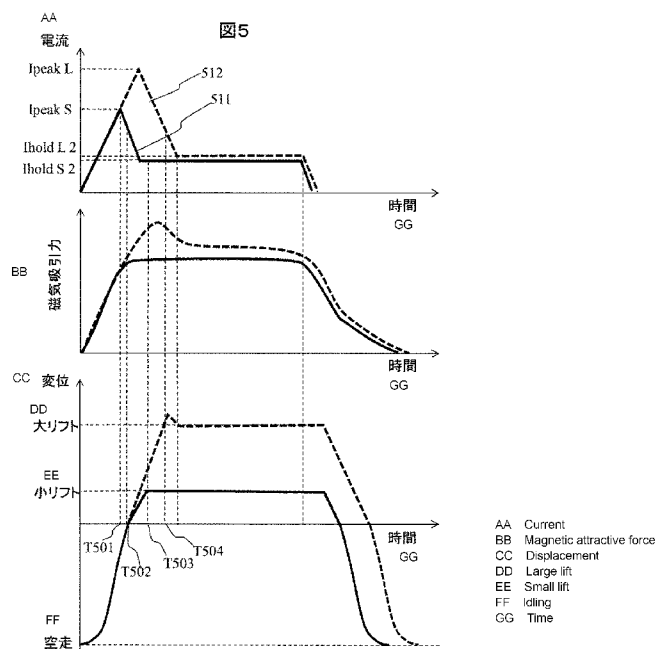
(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS,

LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 三宅 威生(MIYAKE Takao); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 宮本 明靖(MIYAMOTO Akiyasu); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 飯塚 貴敏(HIZUKA Takatoshi); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 小倉 清隆(OGURA Kiyotaka); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR FUEL INJECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 燃料噴射装置の制御装置



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to improve the accuracy in controlling the injection amount of a fuel injection device through gradient control of a waveform indicating an injection amount corresponding to an injection pulse, especially when a lift amount of a valve body is small and the width of the injection pulse is short. To this end, the invention provides a control device for controlling a fuel injection device having a valve body, a solenoid, and a movable body for opening the valve body, characterized by comprising a control unit for controlling a drive voltage or a drive



(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).

(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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

current to be applied to the solenoid, wherein the control unit controls the drive current in such a manner that after a maximum drive current is supplied to the solenoid, the drive current to be supplied to the solenoid is reduced from the maximum drive current before the valve body begins to open.

(57) 要約: 特に弁体のリフト量が小さく噴射パルス幅が短い場合において、噴射パルスに対する噴射量を示す波形の傾きを抑制し、燃料噴射装置の噴射量の制御精度を向上させることを目的とする。そのため、弁体とソレノイドと前記弁体を開弁させる可動子と、を有する燃料噴射装置を制御する制御装置において、前記ソレノイドに印加する駆動電圧、又は駆動電流を制御する制御部を備え、前記制御部は、前記ソレノイドに最大駆動電流を流した後、前記弁体が開弁を開始する前に、前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させるように駆動電流を制御することを特徴としたものである。

明 細 書

発明の名称：燃料噴射装置の制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関に使用される燃料噴射装置の制御装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、排気量を減らして小型化するとともに、過給器によって出力を得るようにしたダウンサイジングエンジンが注目されている。ダウンサイジングエンジンでは、排気量を減らすことで、ポンピングロスやフリクションを低減することができるため、燃費を向上することができる。一方で、過給器を用いることで十分な出力を得ると共に、筒内直接噴射を行うことによる吸気冷却効果により、過給に伴う圧縮比の低下を抑制して、燃費を向上することができる。特に、このダウンサイジングエンジンに用いる燃料噴射装置では、低排気量化によって得る最低出力に対応した最小噴射量から、過給によって得る最高出力に対応した最大噴射量までの広範囲に亘って燃料を噴射する必要があり、噴射量の制御範囲の拡大が求められる。また、排気規制の強化に伴い、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）の抑制が可能な燃料噴射装置が求められている。

[0003] 本技術分野の燃料噴射装置の駆動装置の背景技術として、特許文献1がある。この公報には、「ECU（燃料噴射制御装置）は、以下の選択手段、およびポンプ制御手段を備える。選択手段は、弁体がフルリフト位置に達した後に閉弁作動を開始するフルリフト噴射、および弁体がフルリフト位置に達することなく閉弁作動を開始するパーシャル噴射のいずれで燃料を噴射させるかを選択する。ポンプ制御手段は、インジェクタへ供給される燃料の圧力が目標圧力となるよう、高圧ポンプの作動を制御する。そして、燃料噴射システムがとりうる目標圧力の最大値 P_{max} でパーシャル噴射したときの最大噴射量をパーシャル最大噴射量 Q_{plmax} と呼ぶ場合において、選択手

段は、要求噴射量 Q_{req} がパーシャル最大噴射量 Q_{plmax} 以下である場合にパーシャル噴射を選択する。」という内容が開示されており、燃料噴射装置の駆動電流としては「電流値が設定された I_p に達したときに V_{boost} を遮断する。」という内容が開示されている（要約参照）。

[0004] また、本技術分野の燃料噴射装置の背景技術として、特許文献2がある。この公報には、「燃料噴射装置の磁気コアに吸引されて弁の開閉を行う可動子として閉弁方向に付勢する第一ばねによって付勢された第一の可動子と、開弁方向に付勢する第二ばねによって磁気コアの方向に付勢される第二の可動子とを備えるように構成する。」（要約参照）という内容が開示されている。

[0005] また、本技術分野の燃料噴射装置の背景技術として、特許文献3がある。この公報には、「弁体が開弁開始するより前に、バッテリー電圧源から一定電圧が供給されるタイミングとなるようにピーク電流 I_{peak} もしくは、昇圧電圧印加時間 T_p と、電圧遮断期間 T_2 を調整するとよい。」（要約参照）という内容が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2014-218977号公報

特許文献2：特開2014-25419号公報

特許文献3：WO2015/015541A1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 一般に、燃料噴射装置の噴射量は、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。噴射パルス幅を長くすると噴射量が大きく、噴射パルス幅を短くすると噴射量が小さくなり、その関係は略線形的である。しかしながら、従来技術における燃料噴射装置の駆動波形では、開弁を開始した後も最大の駆動電流 I_{peak} を流し続けるため、開弁方向への力が強く

なりすぎることから、パルス幅に対する弁体の変位量の増加量が多くなりすぎる虞があるため、特に低噴射量領域における噴射量制御が難しくなる。また、噴射パルス幅が短い領域では、可動子が固定鉄心等に衝突した際に弁体がバウンド挙動を起こし、噴射パルスを停止してから弁体が閉弁位置に到達するまでの時間が変動してしまう。そのため、噴射パルス幅に対して噴射量が直線的に変化せず、このために燃料噴射装置の制御可能な最小噴射量が増加してしまうという問題がある。

[0008] この問題は最小噴射量の低減を狙って従来よりも弁体のリフト量を小さくした燃料噴射弁とその制御装置においては特に顕著となる。

[0009] ここで、特許文献 1 に開示されている燃料噴射装置の駆動電流で駆動を行った場合、噴射パルスに対する噴射量を示す波形の傾きが大きくなる虞がある。たとえば、特許文献 2 に記載されている予備ストローク機構を有する燃料噴射装置を使用した場合には、可動子の予備動作により、予備ストローク機構を有さない燃料噴射装置に比べて、可動子による弁体の開弁力は大きくなる。そのため、噴射パルスに対する噴射量を示す波形の傾きが大きくなると、燃料噴射装置の制御分解能の制約から、結果として燃料噴射装置の噴射量の制御精度が低下する虞がある。

[0010] そこで本発明は、特に噴射パルス幅が短い場合において、噴射パルスに対する噴射量を示す波形の傾きを抑制し、燃料噴射装置の噴射量の制御精度を向上させることを目的とする。さらに最小噴射量の低減を狙って従来よりも弁体のリフト量を小さくした燃料噴射弁とその制御装置に適用することも目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するため、本発明は、「弁体とソレノイドと前記弁体を開弁させる可動子と、を有する燃料噴射装置を制御する制御装置において、

前記ソレノイドに印加する駆動電圧、又は駆動電流を制御する制御部を備え、

前記制御部は、前記ソレノイドに最大駆動電流を流した後、前記弁体が開

弁を開始する前に、前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させ、弁体が完全に開弁する前に最大駆動電流よりも小さな保持電流に移行させるように駆動電流を制御すること」を特徴としたものである。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、特に噴射パルス幅が短い場合において、噴射パルスに対する噴射量を示す波形の傾きを抑制し、燃料噴射装置の噴射量の制御精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施例における燃料噴射装置の縦断面図と、この燃料噴射装置に接続される駆動回路及びエンジンコントロールユニット（ECU）の構成図を示す図である。

[図2]本発明の実施例における燃料噴射装置の閉弁状態における駆動部構造の拡大図を示した図である。

[図3]本発明の実施例における燃料噴射装置の可動子が弁体に衝突をする状態における駆動部構造の拡大図を示した図である。

[図4]本発明の実施例における燃料噴射装置を駆動する場合の燃料噴射装置のソレノイド108に印加される駆動電流、弁体101及び可動子の変位と時間の関係を示した図である。

[図5]本発明の実施例における燃料噴射装置を駆動する場合の燃料噴射装置のソレノイド108に印加される駆動電流、可動子に発生する磁気吸引力、弁体101及び可動子の変位と時間の関係を示した図である。

[図6]本発明の実施例における燃料噴射装置を駆動する場合の燃料噴射装置のソレノイド108に印加される駆動電流、可動子に発生する磁気吸引力、弁体101及び可動子の変位と時間の関係を示した図である。

[図7]本発明の実施例における燃料噴射装置を駆動する場合の燃料噴射装置のソレノイド108に印加される駆動電流、可動子に発生する磁気吸引力、弁体101及び可動子の変位と時間の関係を示した図である。

[図8]本発明の実施例における、図1のECUから出力される噴射パルス幅T

i とその際の燃料噴射量の関係を示した図である。

[図9]本発明の実施例における、図1のECUから出力される噴射パルス幅T_iとその際の燃料噴射量の関係を中間リフト領域のT_iを拡大して示した図である。

[図10]本発明の実施例における燃料噴射装置の駆動装置およびECU（エンジンコントロールユニット）の詳細を示した図である。

[図11]本発明の実施例における燃料噴射装置を駆動する場合の噴射パルスと駆動電圧、燃料噴射装置のソレノイド108に印加される駆動電流、弁体101及び可動子の変位と時間の関係を示した図である。

[図12]本発明の実施例における燃料噴射装置を駆動する場合の噴射パルスと駆動電圧、燃料噴射装置のソレノイド108に印加される駆動電流、弁体101及び可動子の変位と時間の関係を示した図である。

[図13]本発明の実施例における燃料噴射装置を駆動する場合の燃料噴射装置のソレノイド108に印加される駆動電流、可動子に発生する磁気吸引力、弁体101及び可動子の変位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] 以下に本発明の実施例について図1～図13を用いて説明する。

実施例

[0015] 一般に、燃料噴射装置の噴射量は、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。噴射パルス幅を長くすると噴射量が大きく、噴射パルス幅を短くすると噴射量が小さくなり、その関係は略線形的である。しかしながら、燃料噴射装置の駆動波形において、開弁を開始した後も最大の駆動電流I_{peak}を流し続けると、開弁方向への力が強くなりすぎることから、可動子の跳ね返り現象のために噴射量が燃料噴射装置の個体ごとに安定しない場合があった。また、噴射量が最も大きくなる個体を制御可能な最小噴射量として設定せざるを得ないため、最小噴射量を増大させる要因となることがあった。

[0016] さらに、噴射パルスと噴射量の関係が直線とならない非線形領域での噴射

パルスからさらに噴射パルス幅を短くすると、可動子と固定鉄心が衝突しない、すなわち弁体がフルリフトしない中間リフトの領域となる。この中間リフトの領域では、各気筒の燃料噴射装置に同じ噴射パルスを供給しても、燃料噴射装置の寸法公差の影響によって生じる個体差によって、燃料噴射装置のリフト量や開弁開始、閉弁終了のタイミングが異なる。そのため、噴射量の個体ばらつきが大きくなり、燃焼の安定性の観点からこの中間リフト領域を使用することは困難であった。

[0017] 燃費を向上するためには、燃料噴射装置の噴射量ばらつき低減と制御可能な最小噴射量を低減する必要がある、最小噴射量の大幅な低減のためには、噴射パルスが短い領域や噴射パルスが小さく、弁体が目標リフトに到達しない中間リフトの領域での噴射量を制御することが求められる。あるいは、ひとつの燃料噴射弁で異なるリフト量を選択できる機構を搭載し、小さいリフト量を駆動し噴射量を制御することが求められている。この要求を満たすための燃料噴射装置の制御装置について、以下、図1から図13を用いて説明する。なお全ての図は模式的に示したものであり、理解を助けるために相対的な大小関係が実際と異なっていたり、細かな部位は省略されている。

[0018] 図1は本実施例の燃料噴射装置及びその駆動装置の基本的な構成の一例を示したものである。燃料噴射装置の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151、ECU（エンジンコントロールユニット）150の構成の一例を示している。本実施例ではECU150と駆動回路151とは別体の装置として構成されているが、ECU150と駆動回路151は一体の装置として構成されてもよい。なお、ECU150と駆動回路151とで構成される装置を駆動装置と称する。ECU150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。

[0019] ECU150より出力された噴射パルスは、信号線153を通して燃料噴射装置の駆動回路151に入力される。駆動回路151は、ソレノイド10

8に印加する電圧を制御し、ターミナル111を介して電流を供給する。ECU150は、通信ライン152を通して、駆動回路151と通信を行っており、燃料噴射装置に供給する燃料の圧力や運転条件によって駆動回路151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。駆動回路151は、ECU150との通信によって制御定数を変化できるようになっており、制御定数に応じて電流波形の設定値を変化させることができる。

図2は本実施例に係る固定鉄心部の拡大断面図である。図3は本発明の実施形態に係る、駆動時の動作を説明した図である。図4はそれぞれ、本発明の実施形態に係る、大ストロークおよび小ストロークをするときの弁体の変位と駆動電流波形を示した図である。

[0020] 図1を用いて燃料噴射弁における全体構成と燃料の流れについて説明する。燃料噴射弁に供給される燃料は燃料供給口112から供給され、燃料噴射弁100の内部に供給される。なお燃料供給口112には一般に燃料中の異物を除去するフィルタが取り付けられているが図示は省略している。燃料噴射弁100は、内部に弁体101を有し、弁体101の対向する位置には、弁座部材102が設けられている。弁座部材102には、燃料噴射孔116を有している。また弁体101は、上流側に外径側に凸となる凸部（つば部113）が取り付けられている。本実施例ではつば部113と弁体101とが別体で構成されているが、一体で構成しても良い。つば部113の上面に接するようにスプリング110が設けられ、弁体101はつば部113を介して、スプリング110により閉弁方向（図1の下方向）に付勢されている。

[0021] 弁体101は、弁座部材102と接触してシール座を形成するシート部115を有しており、ソレノイド108に通電がないときには、弁体101はスプリング110によって弁座部材102に押し付けられ、弁体先端側の弁体シート部がシート部115に接触することで燃料をシールする構造となっている。ノズルホルダ210は弁体101の外径側に配置され、下流側先端

に弁座部材 102 が圧入される。外径側可動子 201 および内径側可動子 202 は、ノズルホルダ 210 に内包されている。

[0022] 図 2 を用いて本実施例の燃料噴射弁における構成の詳細を説明する。内径側可動子 202 と弁体 101 のつば部 113 の間には、中間スプリング 203 が設けられる。中間スプリング 203 は弁体 101 のつば部 113 の下面に接触するように設けられ、内径側可動子 202 の上面を付勢する。これにより中間スプリング 203 は、内径側可動子 202 を弁体 101 のつば部 113 から引き離す方向（下流方向）に付勢するように作用している。

[0023] ここでノズルホルダ 201 の大径部には、外径側可動子 201 よりも下流側に弁体 101 をガイドするロッドガイド 210 が圧入される。また外径側可動子 201 とロッドガイド 210 の間には、ゼロスプリング 204 が設けられる。ゼロスプリング 204 は外径側可動子 201 をロッドガイド 210 から引き離す方向（上流方向）に付勢するように作用している。ゼロスプリング 204 による付勢力 F_z と中間スプリング 203 の付勢力 F_m の絶対値は、中間スプリング 203 の方が大きくなるように設定されている。

[0024] そのため、ソレノイド 108 に通電がされていない状態、すなわち弁体 101 と弁座部材 102 が接触している閉弁状態において、内径側可動子 202 は、中間スプリング 203 によって下流側に付勢される。そして、内径側可動子 202 の下流面と外径側可動子 201 の上流面との間に設けられた接触面 206 を介して、静止している。このとき外径側可動子 201 は、ゼロスプリング 204 によって、上流側に付勢されており、同様に上記した接触面 206 を介して、静止状態が維持される。

[0025] この静止状態において、内径側可動子 202 の上流面と弁体のつば部 113 の下流面との間には、空隙 g_1 が設けられている。内径側可動子 202 の外径 D_i は、固定鉄心 107 の内径 D_c よりも大きく設定されている。その結果、ソレノイド 108 へ通電されると、外径側可動子 201 と固定鉄心 107 および内径側可動子 202 と固定鉄心 107 の空隙に磁束が発生し、磁気吸引力が生ずる構成となっている。

[0026] 次に図3を用いて、燃料噴射弁100の動作について説明する。図3は理解し易くするために模式的な図面を示している。図3(a)はソレノイド108への通電がなく、弁体101と弁座部材102が接触している状態（以降、閉弁状態）を示している。図3(a)の状態から、図4(a)の上図に示す小ストローク時の電流をソレノイド108に通電する。具体的には、図4(a)の上図の最大駆動電流 I_{peak} Sをソレノイド108に流すことで、電磁弁の磁気回路を構成する固定鉄心107、ハウジング109、内径側可動子202と外径側可動子201に磁束が生じ、固定鉄心107と外径側可動子201および固定鉄心107と内径側可動子202間に磁気吸引力が発生する。

[0027] 式(1)に示すように、内径側可動子202と固定鉄心107の間に作用する磁気吸引力 F_i と外径側可動子201と固定鉄心107の間に作用する磁気吸引力 F_o の和が、中間スプリング203の付勢力 F_m とゼロスプリング204の付勢力 F_z の差よりも大きくなると、内径側可動子201と外径側可動子202は、固定鉄心107側に吸引され、運動を開始する。

$$F_o + F_i > F_m - F_z \quad \text{式(1)}$$

[0028] 図3(b)に示すように、弁体のつば部113と内径側可動子202との間に予め設けられた空隙 g_1 分だけ、内径側可動子202が変位すると、内径側可動子202は、弁体のつば部113に衝突する。

[0029] この時、内径側可動子202ならびに外径側可動子201に蓄えられた運動エネルギーが、弁体101の開弁動作に使用されるため、運動エネルギーを利用した分、開弁動作の応答性を向上するもしくは、高い燃料圧力下でも開弁することが可能となる。空隙 g_1 のことを予備ストロークと呼び、この空隙 g_1 により弁体101が動き出す前のいわば助走期間を得ることができる。

[0030] 図3(b)の状態からソレノイド108への通電を継続すると、外径側可動子201及び内径側可動子202とは更に上流側への移動を継続する。そして、外径側可動子201と固定鉄心117の間に予め設けられた空隙 g_2 だけ外径側可動子201が変位すると、外径側可動子201が固定鉄心10

7の下流面に衝突することで、外径側可動子201の運動が規制される。

[0031] このときの状態を図3(c)に示す。図3(c)のように、ソレノイド108への通電する電流が以下の式(2)および式(3)の力の関係を満たすことで、弁体101はショートストロークとなるように制御される。このショートストロークは図4(a)の下図のリフト量 $Lift_S$ の最大となるリフト量で示されている。その後、ソレノイド108に対しては、最大駆動電流 I_{peak} よりも小さい保持電流 I_{hold} が流れるように制御されることで、外径側可動子201が固定鉄心107の下流面と接触した状態が維持されるので、図3(c)の状態が維持される。

[0032] 式(2)は外径側可動子201の磁気吸引力 F_o と内径側可動子202の磁気吸引力 F_i の和が、弁体101に作用する流体による差圧力 F_p とスプリング110による付勢力 F_s との和よりも大きくなる条件である。式(3)は内径側可動子202の磁気吸引力 F_i が、弁体101に作用する流体による差圧力 F_p とスプリング110による付勢力 F_s との和よりも小さくなる条件である。

$$F_s + F_p < F_i + F_o \quad \text{式(2)} \quad F_s +$$

$$F_p > F_i \quad \text{式(3)}$$

つまり、式(2)を満たすことにより外径側可動子201及び内径側可動子202は移動を開始するものの、式(3)を満たすことにより外径側可動子201の移動が規制された後は、内径側可動子202のみで弁体101を移動させることができず、図3(c)の状態では外径側可動子201及び内径側可動子202の移動が終了する。このストロークのことを本実施例では、ショートストロークと呼び、また図3(c)の状態をショートストローク状態と呼ぶ。

[0033] ショートストローク状態では弁体101のストローク量は隙間 $g_2 - g_1$ となる。ショートストローク状態より、ソレノイド108への電流が遮断されると、内径側可動子201と外径側可動子202の間に生じている磁束が消失していく。そして、磁気吸引力がスプリングの付勢力 F_s と弁体101

に作用する流体力 F_p よりも小さくなると、内径側可動子202ならびに外径側可動子201は下流方向への変位を開始する。これに伴って弁体101は閉弁動作を開始し、やがて弁座部材102と衝突し、閉弁が完了する。一連のショートストロークにおける弁体101の挙動は図4(a)下に模式的に示される。

[0034] 一方、図3(d)に示すように、ソレノイド108への通電する電流値を図4(b)の上図に示す大ストローク時の電流とすることで、式(4)の条件を満たすように制御される。具体的には、図4(b)の上図の最大駆動電流 I_{peak_L} をソレノイド108に流すことで、図3(c)の状態から、さらに内径側可動子202が上流方向に移動することで、弁体101を上流方向(開弁方向)に移動させる、ロングストロークとなるように制御される。なお、ロングストロークの場合の最大駆動電流 I_{peak_L} はショートストロークの場合の最大駆動電流 I_{peak_S} よりも大きくなるように設定されている。

[0035] 式(4)は内径側可動子202の磁気吸引力 F_i が、弁体101に作用する流体による差圧力 F_p とスプリング110による付勢力 F_s との和よりも大きくなるような条件を示す。この式(4)の条件を満たすことにより、弁体101は、ロングストロークとなるように制御される。

$$F_s + F_p > F_i \quad \text{式(4)}$$

[0036] 図3(d)の状態をロングストローク状態と呼ぶ。図4(b)の上図の最大駆動電流 I_{peak_L} をソレノイド108に流した後に、最大駆動電流 I_{peak_L} よりも低い保持電流 I_{hold_L} をソレノイド108に流すことで、図3(d)のロングストローク状態が維持される。なお、このロングストロークは、図4(b)下図のリフト量 L_{lift_L} の最大リフト量に対応している。

[0037] ロングストロークでは弁体101のストローク量(リフト量 L_{lift_L} の最大リフト量)は隙間 $g_2 - g_1 + g_3$ となる。図3(d)のロングストローク状態より、図4(b)上図に示すように、ソレノイド108への電流

が遮断されると、内径側可動子 202 に生じている磁束が消失する。そして、磁気吸引力 F_i がスプリング 110 の付勢力 F_s と弁体 101 に作用する流体力 F_p よりも小さくなると、内径側可動子 202 は下流方向（閉弁方向）へ変位する。磁束は内径側より消失を開始するのに加え、流体力とスプリング 110 による付勢力により、内径側可動子 202 の方が外径側可動子 201 に比べて早く閉弁動作に移行する。その結果、内径側可動子 202 は、外径側可動子 201 との空隙 g_3 だけ、下流側へ運動すると、外径側可動子 201 と衝突する。この衝突により内径側可動子 202 は外径側可動子 201 を勢いよく下流方向（閉弁方向）に変位させる。

この運動に伴って、弁体 101 は閉弁動作を開始し、やがて弁座部材 102 と衝突し、閉弁が完了する。一連のロングストローク状態における弁体 101 の挙動は図 4（b）下に模式的に示される。以上が、燃料噴射弁 100 の開弁と閉弁動作についての説明である。

[0038] 次に、図 10 を用いて、本実施例における燃料噴射装置の駆動装置の構成について説明する。図 10 は、燃料噴射装置の駆動回路 151 および ECU 150 の詳細を示した図である。

[0039] CPU 501 は例えば ECU 150 に内蔵され、燃料噴射装置の上流の燃料配管に取り付けられた圧力センサや、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、前述で説明した各種センサから取り込む。

CPU 501 はこれらの信号に応じて、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、CPU 501 は、内燃機関の運転条件に応じて適切な噴射パルス幅 T_i のパルス幅や噴射タイミングの演算を行い、信号線 153 を通して燃料噴射装置の駆動 IC 502 に噴射パルス幅 T_i を出力する。なお、噴射パルス幅 T_i のパルス幅の大小によって、噴射量の大小が決まる。その後、駆動 IC 502 によって、スイッチング素子 505、506、5

07の通電、非通電を切替えて燃料噴射装置540へ駆動電流を供給する。

[0040] スイッチング素子505は駆動回路に入力された電圧源VBよりも高い高電圧源と燃料噴射装置540の高電圧側の端子間に接続されている。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540への通電・非通電を切り替えることができる。高電圧源の初期電圧値である昇圧電圧Vboostは例えば65Vであり、バッテリー電圧を昇圧回路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とトランジスタ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、バッテリー電圧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を通して静流されコンデンサ533に電荷が蓄積される。昇圧電圧Vboost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VboostはIC502もしくはCPU501で検出するよう構成する。

[0041] また、スイッチング素子507は、低電圧源と燃料噴射装置の高圧端子間に接続されている。低電圧源VBは例えばバッテリー電圧であり、その電圧値は12から14V程度である。スイッチング素子506は、燃料噴射装置540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540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、燃料噴射装置のソレノイド540に逆電圧を印加し、ソレノイド540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152を通して、通信を行っており、燃料噴射装置540に供給する燃料

の圧力や運転条件によって駆動 IC 502 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、IC 502 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 IC 502 で検出できるように構成されている。

[0042] 次に図 11、12 を用いて、本実施例における、電磁式燃料噴射装置を駆動する駆動装置から出力される噴射パルスと燃料噴射装置のソレノイド 108 の端子両端にかかる駆動電圧、駆動電流（励磁電流）と燃料噴射装置の弁体 101 の変位量（弁体移動量）との関係について説明する。ここでは、図 4（a）のショートストローク（小ストローク）における電流制御について説明する。したがって、本実施例では、図 4（a）上図に対応する電流制御について説明するものである。

[0043] 駆動回路 151 に噴射パルスが入力されると、駆動回路 151 はバッテリー電圧よりも高い電圧に昇圧された高電圧源からソレノイド 108 に高電圧を印加し、ソレノイド 108 に電流の供給が開始される。電流値がある値 I_{peak} S に到達すると、高電圧 301 の印加を停止する。その後、印加する電圧値を 0 V、あるいは 0 V 未満（逆電圧）にし、電流 302 のように電流値を低下させる。電流値が設定された第一の保持電流 I_{hold}

S1 より小さくなると、駆動回路 151 はバッテリー電圧 VB の印加をスイッチング素子のスイッチングによって行い、第一の保持電流 I_{hold} S1 が保たれるように制御する。なお、この第一の保持電流 I_{hold} S1 は、最大駆動電流 I_{peak} S より小さく、かつ 0 より大きい電流値であり、可動子を固定鉄心 107 に吸引したまま保持可能な程度の大きさとなるように設定される。

[0044] その後、予め ECU に設定されていた時間が経過すると、バッテリー電圧 VB の印加を 0 V、あるいは 0 V 未満（逆電圧）にし、電流 303 のように電流値を低下させる。電流値が設定された第二の保持電流 305 より小さくなると、駆動回路 151 はバッテリー電圧 VB の印加をスイッチング素子のスイッチングにより行い、第二の保持電流 305 が保たれるように制御する。な

お、この第二の保持電流 I_{hold_S2} は、第一の保持電流 I_{hold_S1} より小さく、かつ 0 より大きい電流値であり、可動子を固定鉄心 107 に吸引したまま保持可能な程度の大きさとなるように設定される。

[0045] このとき燃料噴射装置の弁体 101 の変位量は図 11 の $Lift\_S$ のような挙動を示す。高電圧の印加から可動子がタイミング $T600$ で変位を開始し、弁体 101 が開弁開始するタイミング $T602$ よりも前のタイミング $T601$ で駆動電流は最大電流値 I_{peak_S} から第一保持電流 I_{hold_S1} に下がるように、あるいは遮断するように制御される。

[0046] そして外径側可動子 201 及び内径側可動子 202 の変位量が空隙 $g1$ に達し、その衝撃力を利用してタイミング $T602$ で弁体 101 は変位を開始する。その後の弁体 101 は、第一の保持電流区間 $T603$ においてタイミング $T604$ で目標リフト位置に達する。本実施例において弁体 101 の目標リフト位置は、外径側可動子 201 が固定鉄心 107 と衝突した時点における弁体 101 のリフト量と定義される。

[0047] 弁体 101 が目標リフト位置に到達した後は外径側可動子 201 と固定鉄心 107 との衝突の影響で内径側可動子 202 及び弁体 101 はさらに上流方向にバウンドする。このバウンド現象が起こったのちに第一の保持電流 I_{hold_S1} が生成する磁気吸引力と戻しばねの開弁方向の力により目標リフト位置で静止し、安定した開弁状態となる。そして、保持電流が第二保持電流 I_{hold_S2} となって第二の保持電流区間 $T605$ へと移行し、任意のタイミング Ti で駆動電流は遮断され、外径側可動子 201 及び内径側可動子 202 に作用している磁気吸引力が低下していく。そして、磁気吸引力よりもスプリング 110 の閉弁方向への力が上回った段階で弁体 101 は閉弁運動を開始し、シート部 115 に衝突した段階で弁体 101 の変位は終了し、燃料の噴射も終了する。

[0048] なお、図 11 に示すように、本実施例の ECU 150 の制御部は、第 1 駆動電流 (I_{peak_S}) をソレノイド 108 に流すことで弁体 101 が最大高さ位置 ($Lift\_L$ の最大高さ位置) よりも低い高さ位置 ($Lift$

Sの最大高さ位置)まで移動するように駆動電流を制御するものである。
あるいは、第1駆動電流(I_{peak} S)をソレノイド108に流すことで内径側可動子202が固定鉄心107に衝突する高さ位置(Lift Lの最大高さ位置)よりも低い高さ位置(Lift Sの最大高さ位置)まで移動するように駆動電流を制御する。

[0049] すなわち、ECU150の制御部は、最大駆動電流I_{peak} Sを流した後のI_{hold} S1のの第一の保持電流区間T603の噴射パルス幅、I_{hold} S2の第二の保持電流区間T605の噴射パルス幅を制御することにより弁体101を中間リフト領域において噴射量を精度良く制御することが可能である。

[0050] また本実施例のECU150の制御部は、後で説明する第2駆動電流(I_{peak} L)をソレノイド108に流すことで弁体101が最大高さ位置(Lift Lの最大高さ位置)まで移動するように駆動電流を制御するものである。あるいは、第2駆動電流(I_{peak} L)をソレノイド108に流すことで内径側可動子202が固定鉄心107に衝突する高さ位置(Lift Lの最大高さ位置)まで移動するように駆動電流を制御する。

[0051] すなわち、ECU150の制御部は、第2駆動電流(I_{peak} L)を流した後の保持電流I_{hold} Lを流す区間(第二の保持電流区間T606)の噴射パルス幅を制御することにより弁体101をフルリフト領域において噴射量を精度良く制御することが可能である。

[0052] 次に図5を用いて本実施例の特徴である電流波形の切り替えと弁体のリフト量について説明する。リフト量を切り替える燃料噴射弁において、特に小リフト時は弁体101のリフト開始前に最大駆動電流(I_{peak} S)から保持電流(I_{hold} S2)に移行させることを特徴とする。以下、小リフト時の電流波形と弁体101の動作の詳細について説明する。

[0053] 高電圧(V_{boost}、図11の301)の印加を停止し、最大駆動電流(I_{peak} S)とするタイミングT501は弁体101が開弁を開始するタイミングT502よりも前とする。すなわち、ソレノイド108に印加

する駆動電圧、又は駆動電流を制御するECU150の制御部は、ソレノイド108に最大駆動電流（ I_{peak} S）を流した後、弁体101が開弁を開始するタイミングT502よりも前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流（ I_{peak} S）から低下させるように駆動電流を制御するものである。

[0054] その後の弁体101が固定鉄心107に衝突する時刻T503よりも前にパルス幅に対する電流変化の少ない第二の保持電流（ I_{hold} S2）により開弁を保持される。すなわち、本実施例のECU150の制御部はソレノイド108に最大駆動電流（ I_{peak} ）を流し、弁体101が開弁を開始する前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流（ I_{peak} S）を打ち切り、弁体101が固定鉄心107に衝突するよりも前に保持電流 I_{hold} S2に低下させるように駆動電流を制御する。

[0055] これにより、上記したように外径側可動子201及び内径側可動子202を図3（c）に示す状態とすることができ、弁体101をショートストロークにて変位させることが可能となる。

[0056] 換言すると本実施例の燃料噴射装置は、弁体101とソレノイド108と弁体101を開弁させる内径側可動子202と外径側可動子201を有する。そして本実施例の燃料噴射システムは、この燃料噴射装置と、燃料噴射装置を制御する制御装置（ECU150）と、を備え、制御装置（ECU150）の制御部が、ソレノイド108に最大駆動電流（ I_{peak} S）を流した後、内径側可動子202が、弁体101が開弁を開始する前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流（ I_{peak} S）から低下させるように制御する。

[0057] 燃料噴射装置（弁体101）が開弁を開始した後も最大の駆動電流 I_{peak} Sを流し続けると、開弁方向への磁気吸引力が強くなりすぎることから、パルス幅に対する弁体101の変位量や弁体101移動速度が大きくなりすぎる虞がある。この結果、図8の本実施例未適用の例に示すように噴射パルス幅に対する噴射量の増加量が多くなるため、低噴射量領域における噴

射量制御が難しくなる。

[0058] これに対して本実施例によれば前述したような燃料噴射装置の制御方法を採用しており、弁体 101 が開弁を開始するよりも前に駆動電流を最大駆動電流 I_{peak} S を低下させる。したがって、磁気吸引力を抑制し、噴射パルス幅に対する噴射量の増大を抑えられるので、低噴射量領域における噴射量制御を容易に行うことが可能となる。つまり、ショートストロークにて弁体 101 を制御する場合において、噴射量制御を容易に行うことが可能となる。

また、本実施例では小リフト（ショートストローク）をする場合において、フルリフト前に閉弁に必要な磁気吸引力が発生するような電磁気特性を採用したものである。つまり、外径側可動子 201 が固定鉄心 107 に衝突する前に、上述した式（2）を満たすように外径側可動子 201 の磁気吸引力 F_o と内径側可動子 202 の磁気吸引力 F_i が生じる。

また小リフト（ショートストローク）のフルリフト前に保持電流に移行できる電磁気特性を採用した。つまり、外径側可動子 201 が固定鉄心 107 に衝突する前にソレノイド 108 に対して、駆動電流が最大駆動電流 I_{peak} S から低下するように電流が流れる。

[0059] 弁体 101、あるいは外径側可動子 201 がフルリフトした後、保持電流 I_{hold} S2 を印加中は磁気吸引力が過渡に増加しない。したがって、小リフトのフルリフト中はいつ電流を遮断しても、磁気吸引力一定のため、閉弁遅れも一定になる。これにより、駆動パルス終了時に余分な磁気吸引力の発生を抑制し閉弁遅れを短縮することが可能となる。

[0060] 小リフト（ショートストローク）で弁体 101 を開弁する際に噴射される少量の噴射量を電流変化の少ない第二の保持電流 I_{hold} S2 の電流領域で制御することにより、噴射パルス幅 T_i に対する電流値の変化が少ない。この場合、ほぼ第二の保持電流 I_{hold} S2 の長さを増加させていく。そのため噴射パルス幅 T_i の増加量に対する弁体の変位の増加量が多くなりすぎる現象を抑制する効果がある。すなわち、噴射パルス幅に対する噴射

量の増大を抑えられるので、低噴射量領域における噴射量制御を容易に行うことが可能となる。

[0061] 以上より磁気吸引力の過渡な成長を抑制でき、低リフトでも弁体のオーバーシュートを抑制できる。よって低リフト、低パルスでの噴射量を低減できる。

[0062] 一方、大リフト（ロングストローク）をする場合には開弁開始以降にピーク電流（ I_{peak} ）を印加する。つまり、本実施例では上記したように外径側可動子 201 が固定鉄心 107 と衝突して図 3（c）の状態となった後、さらに内径側可動子 202 が上流側に移動し、固定鉄心 107 と衝突させるものである。

[0063] この場合、外径側可動子 201 及び内径側可動子 202 に作用する磁気吸引力を増加させることが可能であるため、燃料圧力の増加に対しても燃料噴射装置が動作可能となる。

このことは燃料噴射装置の動作可能な最大の燃料圧力、すなわち最高作動燃圧を向上させる効果がある。例えば、燃料圧力が 30 MPa 以上の高圧環境下においてもスムーズに開弁して燃料噴射を可能とする効果がある。

[0064] なお、上記においては、図 2、3 で示したように外径側可動子 201 及び内径側可動子 202 とすることで、大リフト（ロングストローク）と小リフト（ショートストローク）とを実現可能としたが、本実施例はこれに限らない。すなわち、単一の可動子で構成された場合において、可動子が固定鉄心 107 に衝突する場合を大リフト（ロングストローク）とし、一方で、可動子が固定鉄心 107 に衝突しないように制御する場合を小リフト（ショートストローク）とした場合においても適用が可能である。この小リフト（ショートストローク）のことを中間ストロークと呼んでも良い。

[0065] この場合、本実施例において ECU 150 の制御部は、弁体 101 を最大ストローク $Lift_L$ より小さい中間ストローク $Lift_S$ で駆動させる場合に、弁体 101 が開弁を開始する前に、ソレノイド 108 に流す駆動電流を最大駆動電流 I_{peak} から低下させるように駆動電流を制御す

る。一方で、ECU150の制御部は、弁体101を最大ストロークLift Lで駆動させる場合に、弁体101が開弁を開始した後までソレノイドに最大駆動電流Ipeak Lを流し、その後にソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流Ipeak Lから低下させるように駆動電流を制御する。

[0066] 図2、3の構造で説明すると、本実施例においてECU150の制御部は、大リフト（ロングストローク）で弁体101を駆動する場合に、ソレノイド108に最大駆動電流（Ipeak）を流した後、内径側可動子202が固定鉄心107に衝突する前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流（Ipeak L）から保持電流（Ihold L2）に低下させるように駆動電流を制御するようにしても良い。

[0067] ここで本実施例において、可動子は、固定鉄心107（磁気コア）に対向する第1対向面を有し当該第1対向面が固定鉄心107に吸引される第1可動コア（内径側可動子202）と、第1可動コア（内径側可動子202）と別体で構成され、磁気コアに対向する第2対向面を有し当該第2対向面が前記磁気コアに吸引される第2可動コア（外径側可動子201）と、で構成される。

[0068] そしてソレノイド108に印加する駆動電圧、又は駆動電流を制御する制御部は、第2可動コア（外径側可動子201）のみを固定鉄心107に接触させる場合に、弁体101が開弁を開始する前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流Ipeak Sから低下させるように駆動電流を制御する。

[0069] 一方で、第2可動コア（外径側可動子201）及び第1可動コア（内径側可動子202）を固定鉄心107に接触させる場合に、弁体101が開弁を開始した後までソレノイド108に最大駆動電流Ipeak Lを流し、その後にソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流Ipeak Lから低下させるように駆動電流を制御する。

[0070] また、上記において図3を用いて説明したように燃料噴射装置は閉弁状態

(図3(a))において、第1可動コア(内径側可動子202)の第1対向面と固定鉄心107との第1隙間($g_2 + g_3$)に対して、第2可動コア(外径側可動子201)の第2対向面と固定鉄心107との第2隙間 g_2 が小さくなるように構成された。また本実施例の燃料噴射装置(燃料噴射弁100)は、閉弁状態において第2可動コア(外径側可動子201)と弁体(つば部113)との間には隙間 g_1 が形成され、第2可動コア(外径側可動子201)は閉弁状態から移動を開始した場合に隙間 g_1 の分だけ移動したときに弁体(つば部113)と係合するように構成されている。

[0071] また燃料噴射弁100は閉弁状態(図3(a))において、第1可動コア(内径側可動子202)の第1対向面と固定鉄心107との第1隙間($g_2 + g_3$)に対して、第2可動コア(外径側可動子201)の第2対向面と固定鉄心107との第2隙間 g_2 が小さくなるように構成されるとともに、第2可動コア(外径側可動子201)の凹み部の上面と弁体(つば部113)との間に形成される隙間に対して、第2隙間 g_2 が小さくなるように構成されている。また燃料噴射弁100は、第2可動コア(外径側可動子201)の凹み部の上面と弁体(つば部113)との間に形成される隙間に対して、第2隙間 g_2 が半分以下となるように構成されている。

[0072] 本実施例においてECU150の制御部は、第2可動コア(外径側可動子201)のみが固定鉄心107に接触したタイミングにおける(図3(c))、弁体101が移動するリフト量 g_2 に対して、第2可動コア(外径側可動子201)及び第1可動コア(内径側可動子202)が固定鉄心107に接触したタイミングにおける弁体101が移動するリフト量 $g_2 - g_1 + g_3$ が大きくなるようにソレノイド108に流す駆動電流を制御する。

[0073] 本実施例においてECU150の制御部は、第2可動コア(外径側可動子201)のみを固定鉄心107に接触させる場合に、弁体108が開弁を開始する前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流 I_{peak} Sから低下させ、さらにその後に弁体101が最大ストローク $Lift$ Sに至る前に駆動電流を最大駆動電流 I_{peak} Sよりも小さい保持電流 I

hold Sに下げるように制御する。

[0074] また、本実施例においてECU150の制御部は、第2可動コア（外径側可動子201）のみを固定鉄心107に接触させる場合に、弁体101が開弁を開始する前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流Ipeak Sから低下させ、さらにその後に弁体101が開弁を開始する前に駆動電流を最大駆動電流Ipeak Sよりも小さい保持電流Ihold Sに下げるように制御する。

[0075] また、本実施例においてECU150の制御部は、第2可動コア（外径側可動子201）のみを固定鉄心107に接触させる場合に、弁体101が開弁を開始する前に、ソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流Ipeak Sから低下させ、さらにその後に弁体101が開弁を開始する前に駆動電流を最大駆動電流Ipeak Sよりも小さい第一の保持電流Ihold S1に下げるように制御する。そして、さらにその後に弁体101が最大ストロークLift Sに至る前に駆動電流を第1の保持電流Ihold S1よりも小さい第2の保持電流Ihold S2に下げるように制御する。

[0076] 図7を用いて本実施例の特徴である小リフト（ショートストローク）、かつ燃料噴射弁への駆動パルスが小さい場合の弁体の挙動について説明する。電流波形511は図5と同様の波形であり、弁体101のリフトが開始する時刻T702より前の時刻T701でピーク電流（Ipeak S）を遮断し、弁体101が小リフトに到達する時刻T703よりも前に第1の保持電流（Ipeak S2）に移行させる。時刻T704で通電パルスを遮断すると磁気吸引力が遅れて低下し、時刻T705で弁体101に作用する閉弁方向のスプリング力と流体力を下回ると、弁体101は閉弁を開始し、時刻T706に弁体101の弁体シート部がシート部115に着座し、燃料の噴射が遮断される。

[0077] 次に本実施例を適用しない場合の電流波形712を印加した時の可動子に

発生する磁気吸引力と弁体101の挙動を破線で示す。弁体101が開弁を開始する時刻T702以降にピーク電流（ I_{peak} S2）を印加するため、磁気吸引力が過大に発生し、内径側可動子201が固定鉄心107に衝突する小リフトのフルリフト完了時に、弁体101は慣性力で振動を繰り返し、噴射量が安定しない。時刻T704で通電パルスを遮断すると磁気吸引力が遅れて低下し、時刻T705よりも大きい時刻T707で弁体101に作用する閉弁方向のスプリング力と流体力を下回ると、弁体101は閉弁を開始し、時刻T708に弁体101の弁体シート部がシート部115に着座し、燃料の噴射が遮断される。

[0078] 弁体101の動きを、本実施例を適用した実線713と本実施例を適用した破線714で比較すると、同じ駆動パルス時間T704を与えた場合でも、実際に弁体101の弁体シート部がシート部115に着座し、燃料の噴射が遮断されるタイミングはT706、T708のように大きく差がある。つまり本実施例の電流波形を511を適用することで、小リフトのフルリフト前に開弁に必要な磁気吸引力が発生させる。そして、小リフトのフルリフト前に第2の保持電流 I_{hold} S2に移行させるので、フルリフト後、第2の保持電流 I_{hold} S2の印加中は磁気吸引力が過渡に増加しない。したがって、小リフトのフルリフト中はいつ電流を遮断しても、磁気吸引力一定のため、閉弁遅れも一定になる。小パルス時には本実施例を適用しない場合に比べて閉弁遅れを短縮できるため、燃料噴射量を低減することができる。

[0079] 図6を用いて別の実施例として、燃料噴射弁のコイル抵抗、インダクタンスが小さく電流の応答性が高い場合の電流波形の切り替えについて説明する。

[0080] リフト量を切り替える燃料噴射弁において、小リフト時、最大駆動電流 I_{peak} Sと第二の保持電流 I_{hold} S2の電流領域との間に、第二の保持電流値よりも高い値に設定された第一の保持電流 I_{hold} S1の電流領域を設けている。すなわち、本実施例のECU150の制御部は、ソ

レノイド108に最大駆動電流 (I_{peak} S) を流し、弁体101が開弁を開始する時刻T602より前にソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流 (I_{peak} S) から低下させる。そして、弁体101が開弁を開始する時刻T602より前の時刻T601に最大駆動電流 (I_{peak} S) よりも低い第1保持電流 I_{hold} S1をソレノイド108に流すように制御される。さらにその後、弁体101が固定鉄心107に衝突する時刻T603よりも前に第1駆動電流 I_{hold} S1よりも低い第2保持電流 I_{hold} S2をソレノイド108に流すように駆動電流が制御される。

[0081] 以上のようにリフト開始前に最大駆動電流 I_{peak} Sから第1の保持電流 I_{hold} S1に移行させる。また、小リフトのフルリフト前に開弁に必要な磁気吸引力が発生する電磁気特性とする。つまり、外径側可動子201が固定鉄心107に衝突する前に、上述した式(2)を満たすように外径側可動子201の磁気吸引力 F_o と内径側可動子202の磁気吸引力 F_i が生じるように駆動電流が制御される。

[0082] また上記したように小リフトのフルリフト前に第1の保持電流 I_{hold} S1より小さい第2の保持電流 I_{hold} S2に移行できる電磁気特性とする。フルリフト後、保持電流印加中は磁気吸引力が過渡に増加しないため、小リフトのフルリフト中はいつ電流を遮断しても、磁気吸引力一定のため、閉弁遅れも一定になる。以上より駆動パルス終了時に余分な磁気吸引力の発生を抑制し閉弁遅れを短縮できる。

[0083] 一方、大リフト時には開弁開始以降もピーク電流 (I_{peak} L) を保持し、ソレノイド108に供給し続けるように駆動電流が制御される。そして、外径側可動子201が固定鉄心107に衝突して(図3(c))、さらにその後、内径側可動子202が固定鉄心107が固定鉄心107に衝突する時刻604(図3(d))より前にソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流 (I_{peak} L) から保持電流 I_{hold} L2低下させる。これにより外径側可動子201及び内径側可動子202に作用する磁気吸引

力を増加させることが可能であるため、燃料圧力の増加に対しても燃料噴射装置が動作可能となる。このことは燃料噴射装置の動作可能な最大の燃料圧力、すなわち最高作動燃圧を向上させる効果がある。例えば、燃料圧力が30MPa以上の高圧環境下においてもスムーズに開弁して燃料噴射を可能とする効果がある。

[0084] 図13を用いて上記とは別の電流波形の切り替えについて説明する。リフト量を切り替える燃料噴射弁において、小リフト時、最大駆動電流 I_{peak} を印加せず、第2保持電流 I_{hold2} をソレノイド108に流すように駆動電流を制御する。すなわち、本実施例のECUの制御部は、第2可動コア（外径側可動子201）のみを固定鉄心107に接触させる場合に、保持電流のみを印加する。

[0085] 以上のようにリフト開始前に最大駆動電流 I_{peak} を印加しないことで、磁気吸引力が過渡に増加しないため、小リフトのフルリフト中はいつ電流を遮断しても、磁気吸引力一定のため、閉弁遅れも一定になる。以上より駆動パルス終了時に余分な磁気吸引力の発生を抑制し閉弁遅れを短縮できる。

[0086] 一方、大リフト時には開弁開始以降もピーク電流（ I_{peak} ）を保持し、ソレノイド108に供給し続ける。そして外径側可動子201が固定鉄心107に衝突して（図3（c））、さらにその後、内径側可動子202が固定鉄心107に衝突する時刻604より前にソレノイド108に流す駆動電流を最大駆動電流（ I_{peak} ）から保持電流 I_{hold2} に低下させる。外径側可動子201及び内径側可動子202に作用する磁気吸引力を増加させることが可能であるため、燃料圧力の増加に対しても燃料噴射装置が動作可能となる。このことは燃料噴射装置の動作可能な最大の燃料圧力、すなわち最高作動燃圧を向上させる効果がある。例えば、燃料圧力が30MPa以上の高圧環境下においてもスムーズに開弁して燃料噴射を可能とする効果がある。

[0087] 図8において、本実施例における供給電流のプロファイルで駆動させた場

合の噴射パルス幅と燃料噴射量の関係と本実施例未適用の電流波形で駆動させた場合とを比較したものを示す。図8のように噴射パルス幅に対する燃料噴射量の傾きは噴射パルス幅の全域でほぼ一定となる。したがって、本実施例未適用の電流波形と比較すると、燃料噴射量の傾きを小さくすることができる。すなわち、磁気吸引力を抑制し、噴射パルス幅に対する噴射量の増大を抑えられるので、例えば外径側可動子201が固定鉄心107に衝突する前後の小パルス幅の領域における噴射量制御を容易に行うことが可能となる。結果、最小噴射量の低減が容易に可能である。

[0088] 以上の実施例によれば、特に最小噴射量の低減を狙って従来よりも弁体のリフト量を小さくした燃料噴射弁とその制御装置において噴射量の制御精度を向上させることができる。

符号の説明

- [0089] 101・・・弁体
102・・・弁座部材
107・・・固定鉄心
108・・・ソレノイド
109・・・ハウジング
110・・・スプリング
111・・・ターミナル
112・・・燃料供給口
113・・・つば部
115・・・シート部
150・・・ECU（エンジンコントロールユニット）
151・・・駆動回路
152・・・通信ライン
153・・・信号線
201・・・外径側可動子
202・・・内径側可動子

210・・・ノズルホルダ
203・・・中間スプリング
204・・・ゼロスプリング
301・・・高電圧
302、303・・・電流
304・・・第一の保持電流
305・・・第二の保持電流
501・・・CPU
502・・・駆動IC
505、506、507・・・スイッチング素子
508、512、513・・・抵抗
514・・・昇圧回路
530・・・コイル
531・・・トランジスタ
532・・・ダイオード
533・・・コンデンサ

請求の範囲

[請求項1] 弁体とソレノイドと前記弁体を開弁させる可動コアと、を備えた燃料噴射装置を制御する制御装置において、

前記ソレノイドに印加する駆動電圧、又は駆動電流を制御する制御部を備え、

前記制御部は、

前記弁体を最大ストロークより小さい中間ストロークで駆動させる場合に、前記弁体が開弁を開始する前に、前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させるように駆動電流を制御し、

前記弁体を前記最大ストロークで駆動させる場合に、前記弁体が開弁を開始した後まで前記ソレノイドに最大駆動電流を流し、その後に前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させるように駆動電流を制御する燃料噴射装置の制御装置。

[請求項2] 弁体とソレノイドと前記弁体を開弁させる可動コアと前記可動コアを吸引する固定鉄心と、を備えた燃料噴射装置を制御する制御装置において、

前記可動コアは、前記固定鉄心に対向する第1対向面を有し当該第1対向面が前記固定鉄心に吸引される第1可動コアと、前記第1可動コアと別体で構成され、前記固定鉄心に対向する第2対向面を有し当該第2対向面が前記固定鉄心に吸引される第2可動コアと、で構成され、

前記ソレノイドに印加する駆動電圧、又は駆動電流を制御する制御部は、

前記第2可動コアのみを前記固定鉄心に接触させる場合に、前記弁体が開弁を開始する前に、前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させるように駆動電流を制御し、

第2可動コア及び第1可動コアを前記固定鉄心に接触させる場合に、前記弁体が開弁を開始した後まで前記ソレノイドに最大駆動電流を

流し、その後に前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させるように駆動電流を制御する燃料噴射装置の制御装置。

[請求項3] 請求項2に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記燃料噴射装置は閉弁状態において、前記第1可動コアの前記第1対向面と前記固定鉄心との第1隙間に対して、前記第2可動コアの前記第2対向面と前記固定鉄心との第2隙間が小さくなるように構成された燃料噴射装置の制御装置。

[請求項4] 請求項2に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記燃料噴射装置は、閉弁状態において前記第2可動コアと前記弁体との間には隙間が形成され、前記第2可動コアは閉弁状態から移動を開始した場合に前記隙間の分だけ移動したときに前記弁体と係合するように構成された燃料噴射装置の制御装置。

[請求項5] 請求項2に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記燃料噴射装置は閉弁状態において、前記第1可動コアの前記第1対向面と前記固定鉄心との第1隙間に対して、前記第2可動コアの前記第2対向面と前記固定鉄心との第2隙間が小さくなるように構成されるとともに、前記第2可動コアの凹み部の上面と前記弁体との間に形成される隙間に対して、前記第2隙間が小さくなるように構成された燃料噴射装置の制御装置。

[請求項6] 請求項5に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記燃料噴射装置は、前記第2可動コアの凹み部の上面と前記弁体との間に形成される隙間に対して、前記第2隙間が半分以上となるように構成された燃料噴射装置の制御装置。

[請求項7] 請求項2に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記制御部は、
前記第2可動コアのみが前記固定鉄心に接触したタイミングにおける前記弁体が移動するリフト量に対して、第2可動コア及び第1可動コアが前記固定鉄心に接触したタイミングにおける前記弁体が移動す

るリフト量が大きくなるように前記ソレノイドに流す駆動電流を制御する燃料噴射装置の制御装置。

[請求項8] 請求項2に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記制御部は、

前記第2可動コアのみを前記固定鉄心に接触させる場合に、前記弁体が開弁を開始する前に、前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させ、さらにその後に前記弁体が最大ストロークに至る前に駆動電流を前記最大駆動電流よりも小さい保持電流に下げる燃料噴射装置の制御装置。

[請求項9] 請求項2に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記制御部は、

前記第2可動コアのみを前記固定鉄心に接触させる場合に、前記弁体が開弁を開始する前に、前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させ、さらにその後に前記弁体が開弁を開始する前に駆動電流を前記最大駆動電流よりも小さい保持電流に下げる燃料噴射装置の制御装置。

[請求項10] 請求項2に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記制御部は、

前記第2可動コアのみを前記固定鉄心に接触させる場合に、前記弁体が開弁を開始する前に、前記ソレノイドに流す駆動電流を前記最大駆動電流から低下させ、さらにその後に前記弁体が開弁を開始する前に駆動電流を前記最大駆動電流よりも小さい第1の保持電流に下げ、さらにその後に前記弁体が最大ストロークに至る前に駆動電流を前記第1の保持電流よりも小さい第2の保持電流に下げる燃料噴射装置の制御装置。

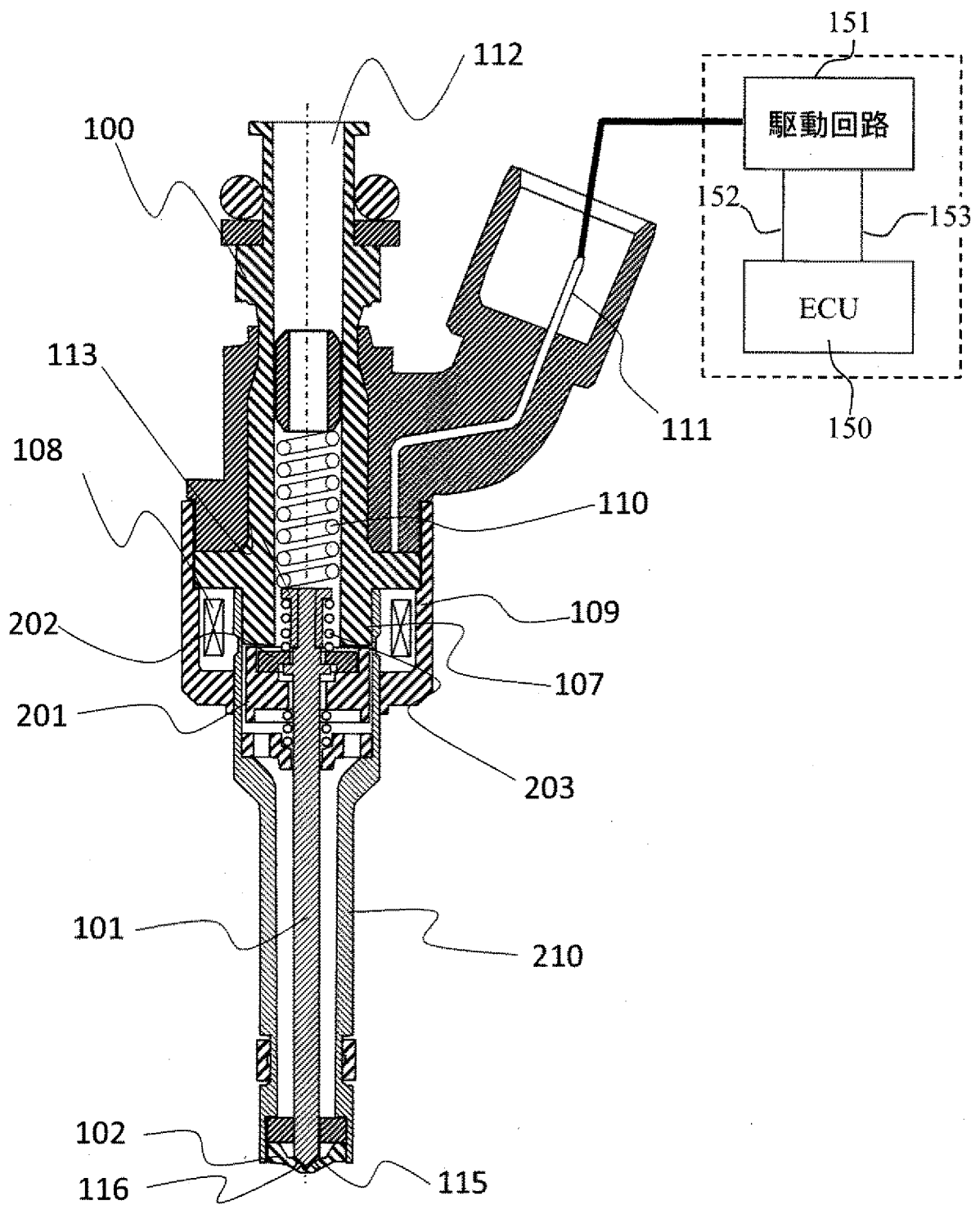
[請求項11] 請求項7に記載の燃料噴射装置の制御装置において、
前記制御部は、

前記第2可動コアのみを前記固定鉄心に接触させる場合に、保持電

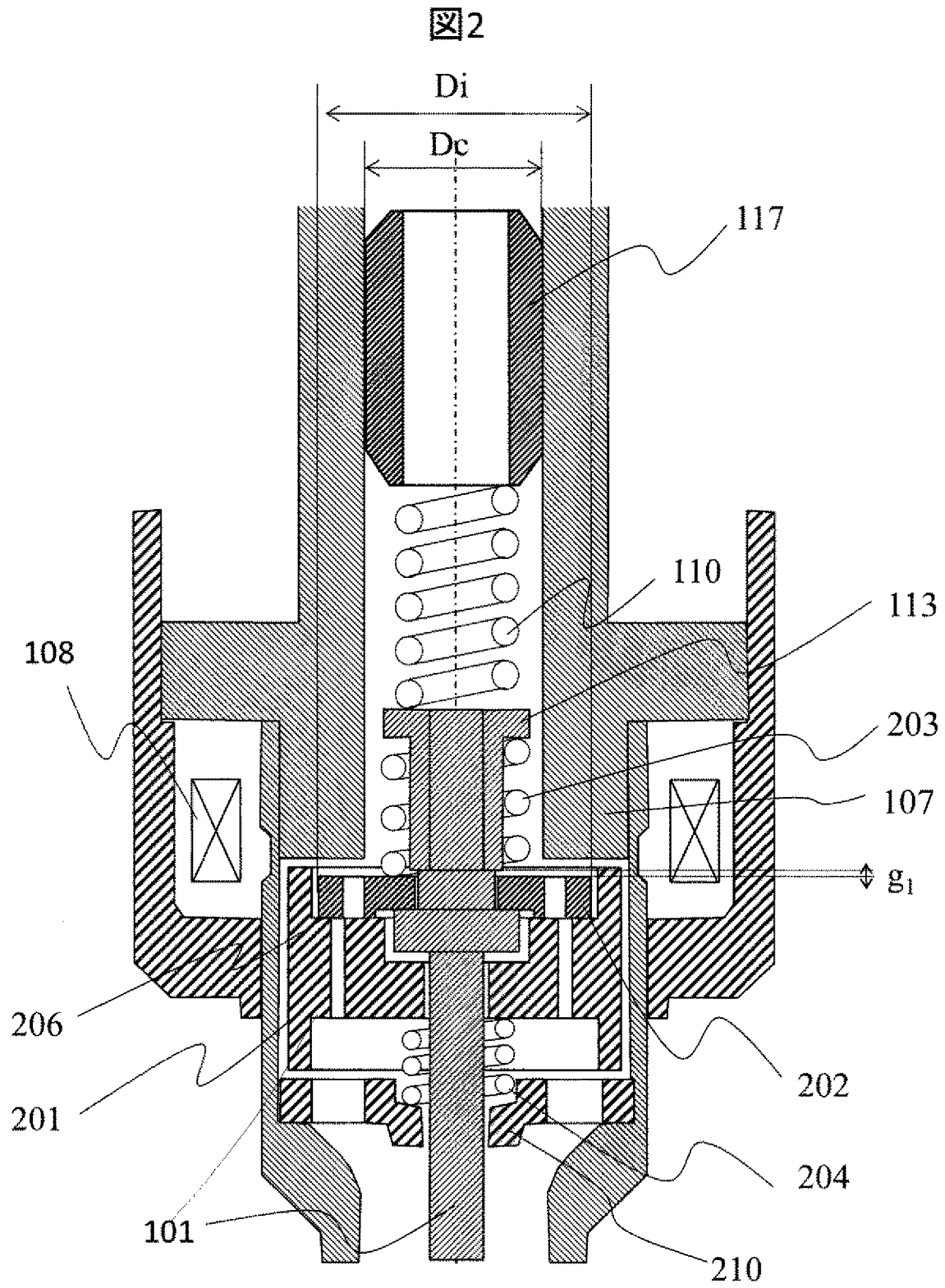
流のみを印加する燃料噴射装置の制御装置。

[図1]

図1

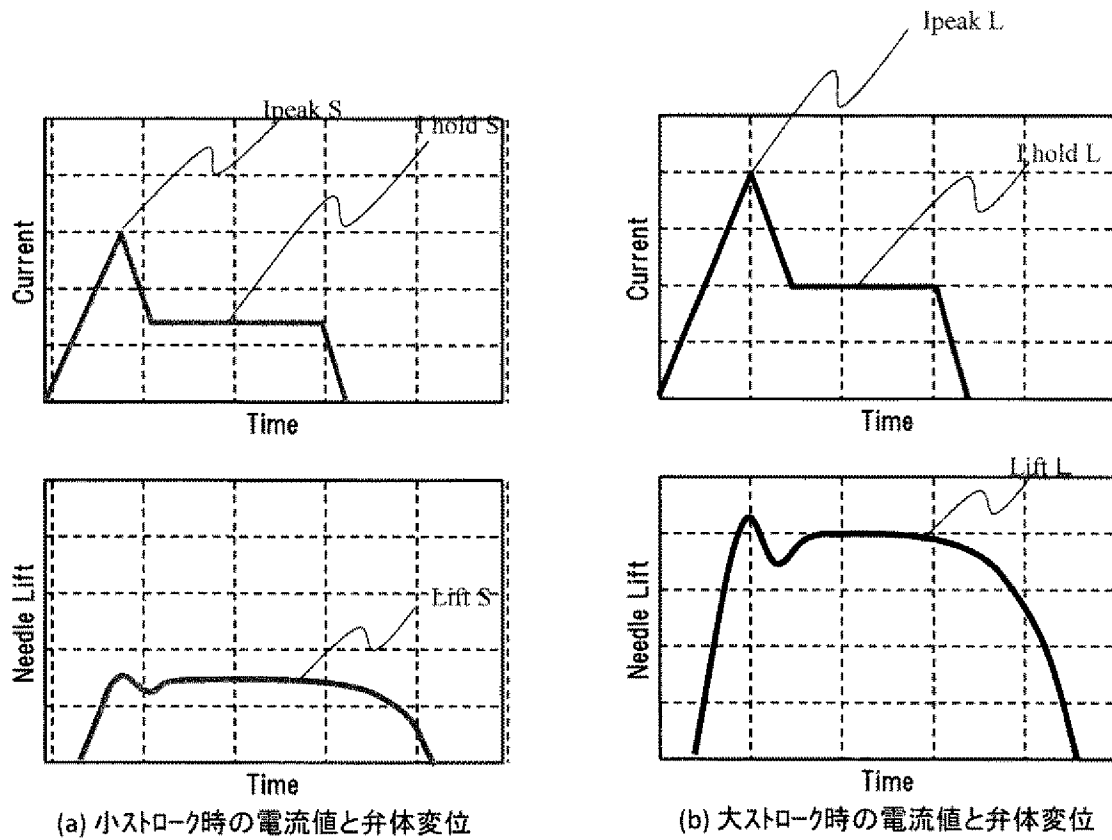


[図2]

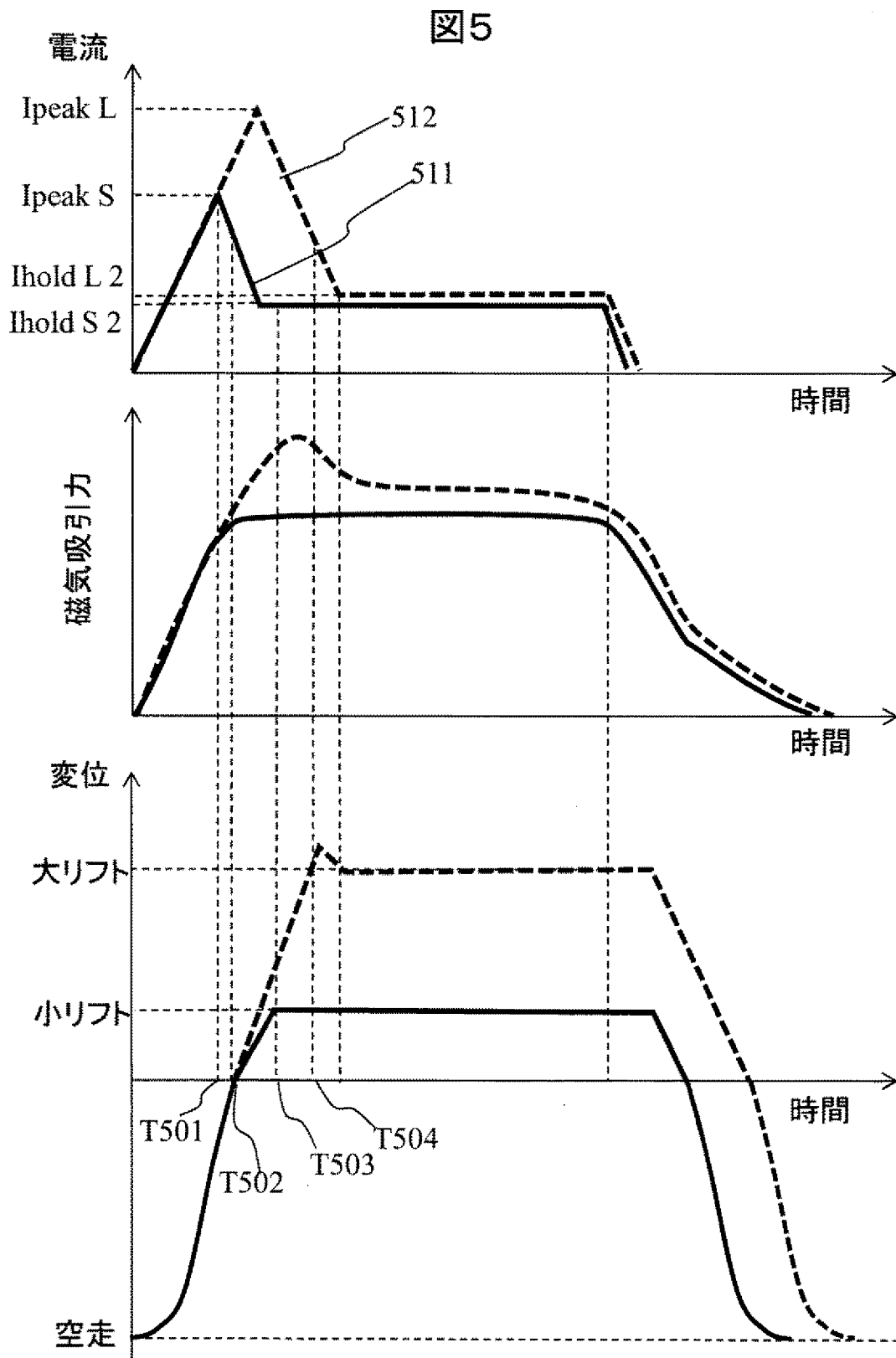


[図4]

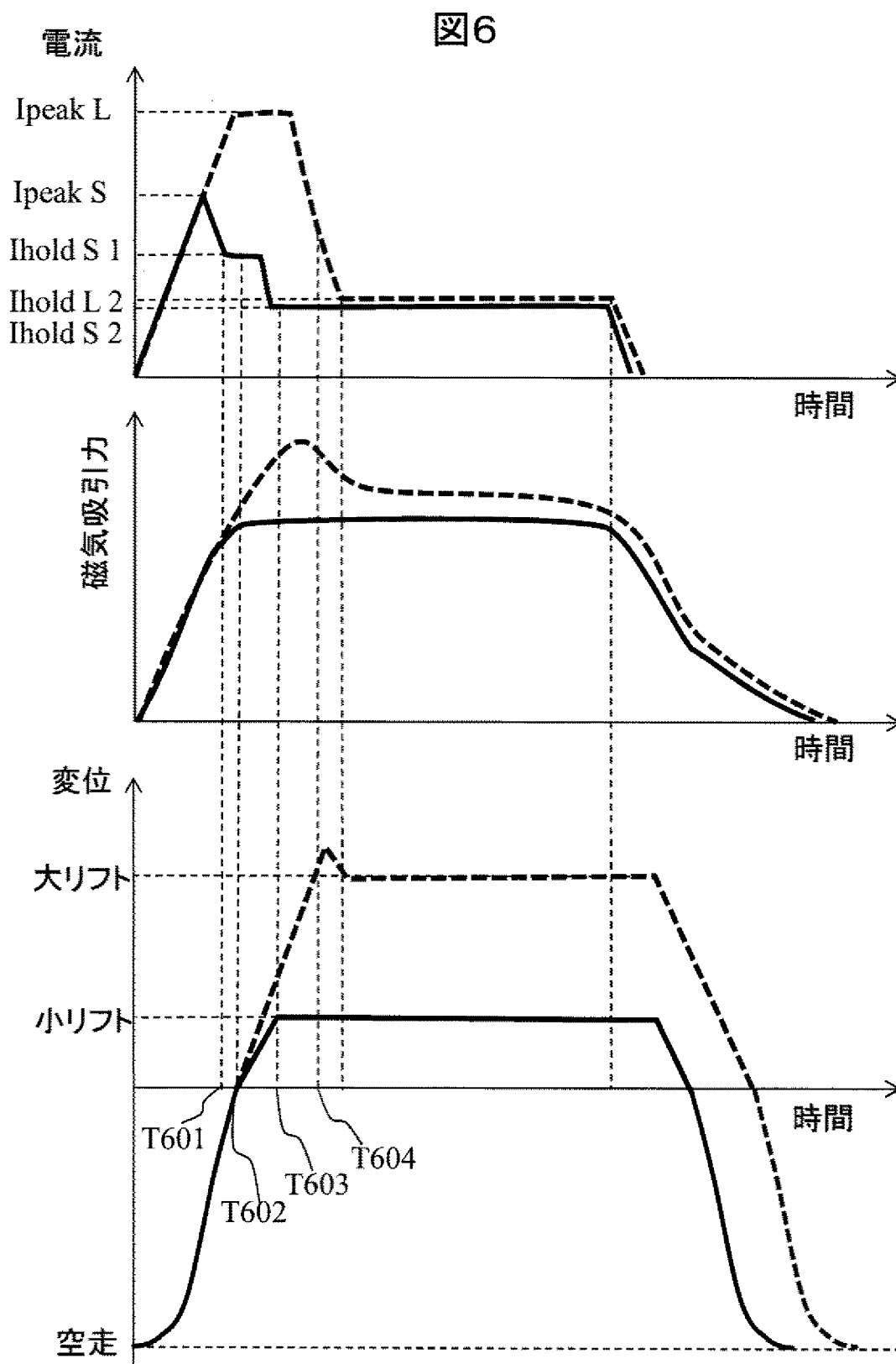
図4



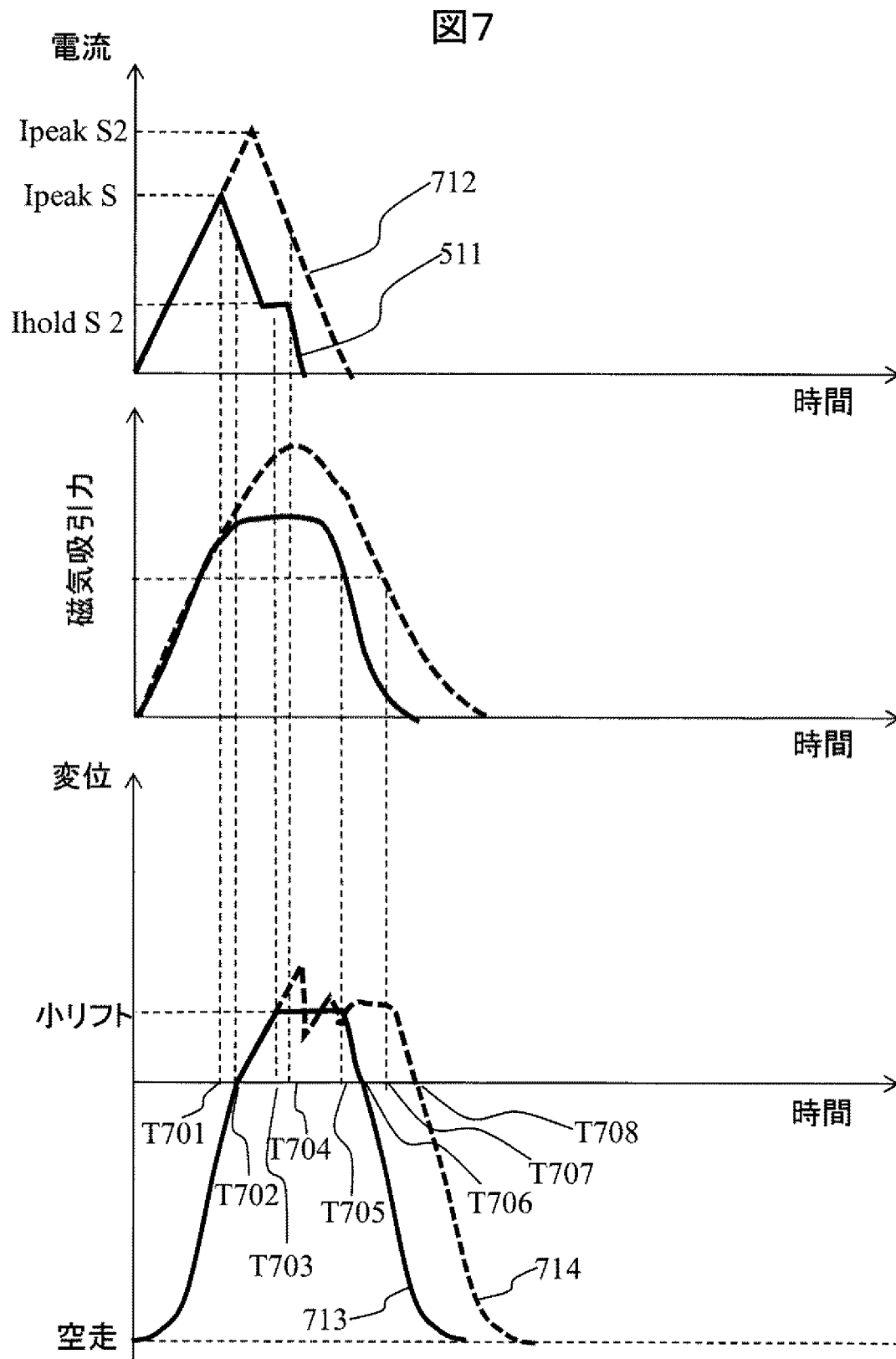
[図5]



[図6]

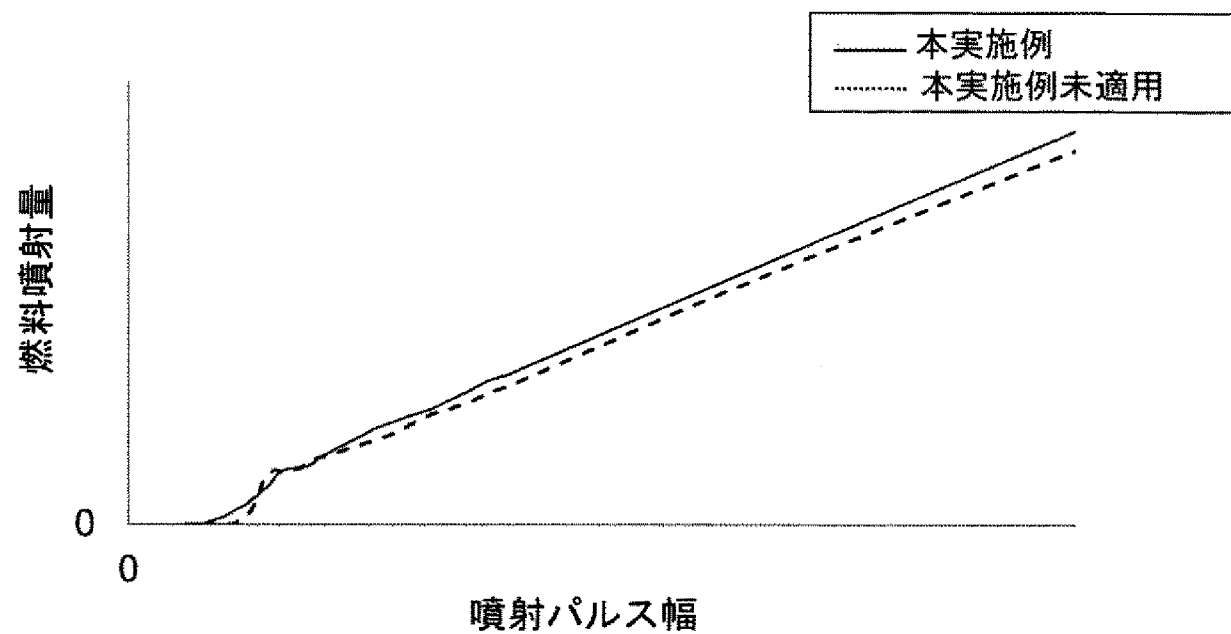


[図7]



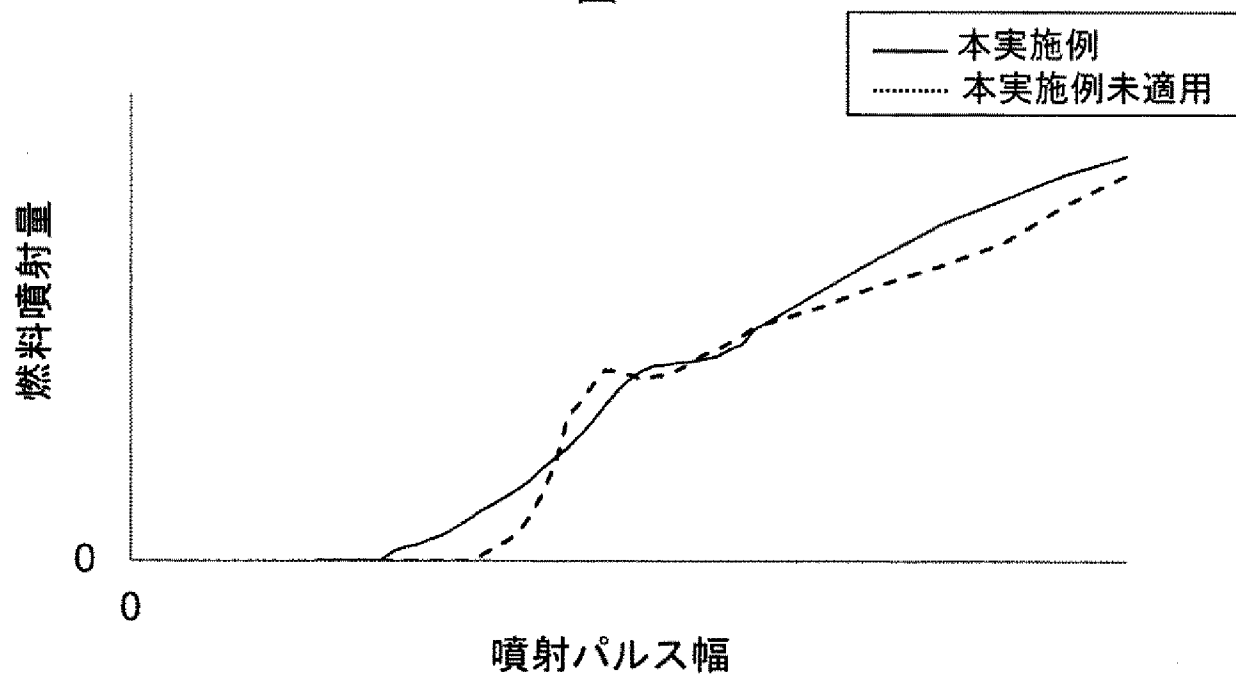
[図8]

図 8



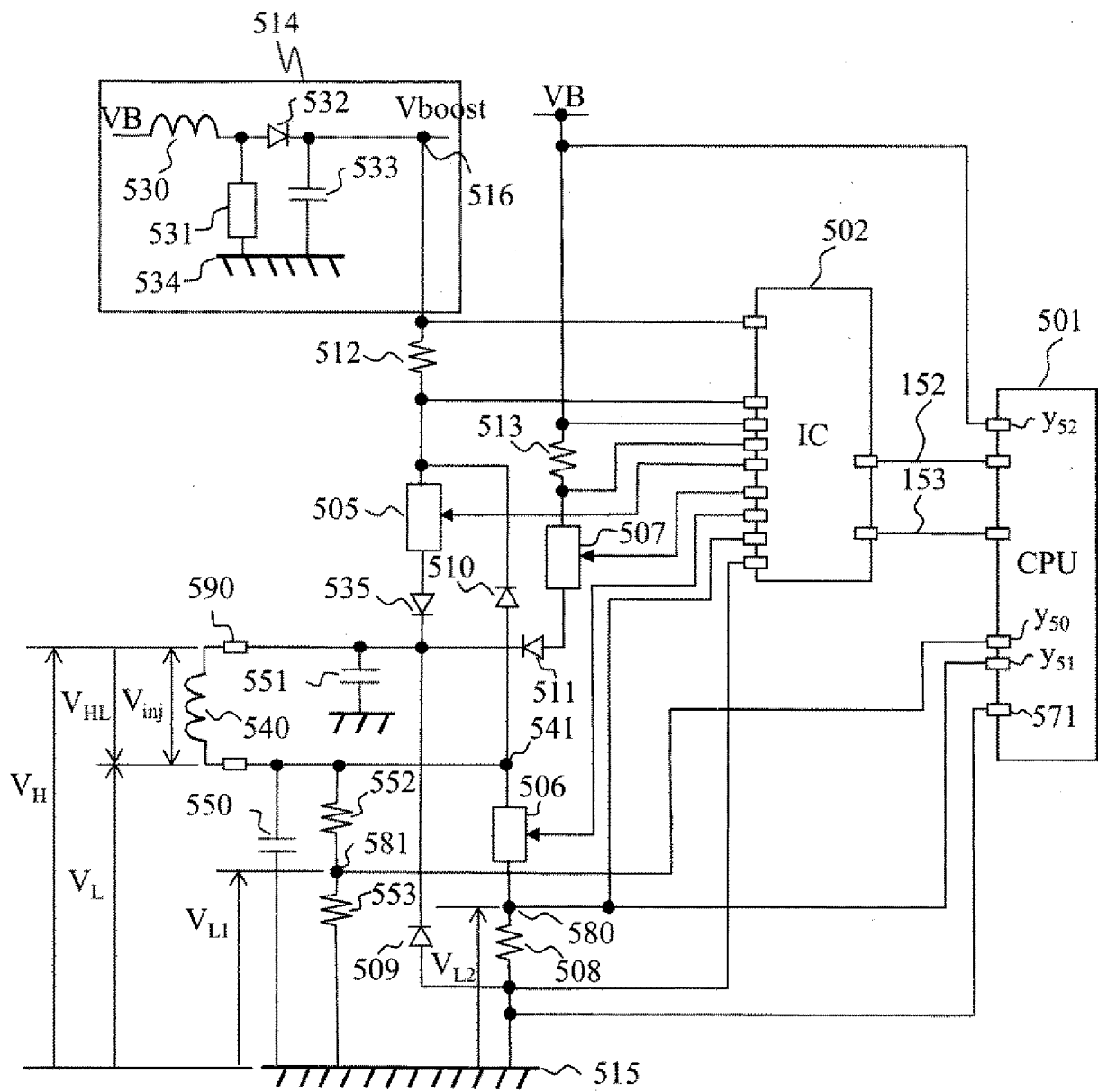
[図9]

図9



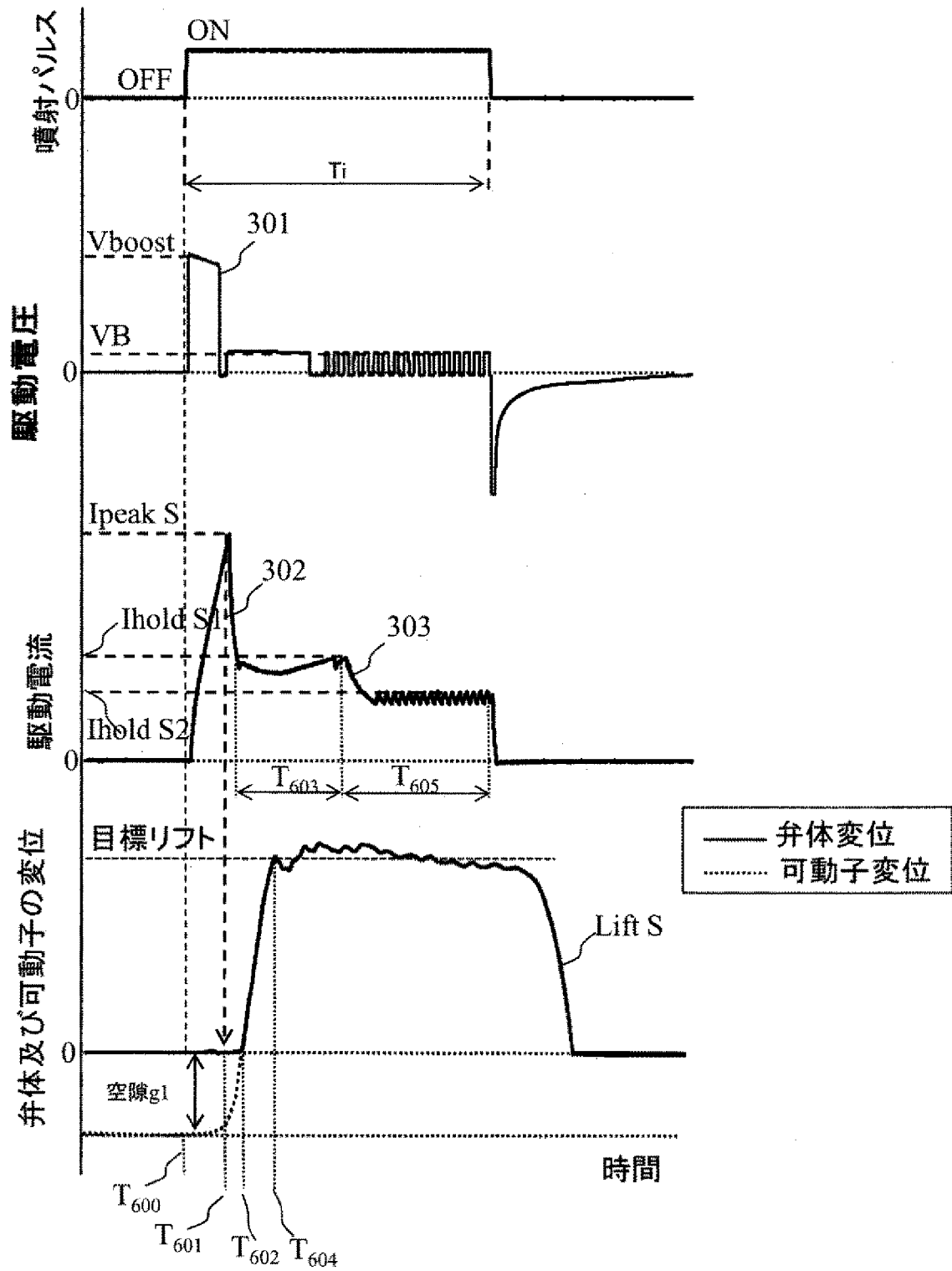
[図10]

図10



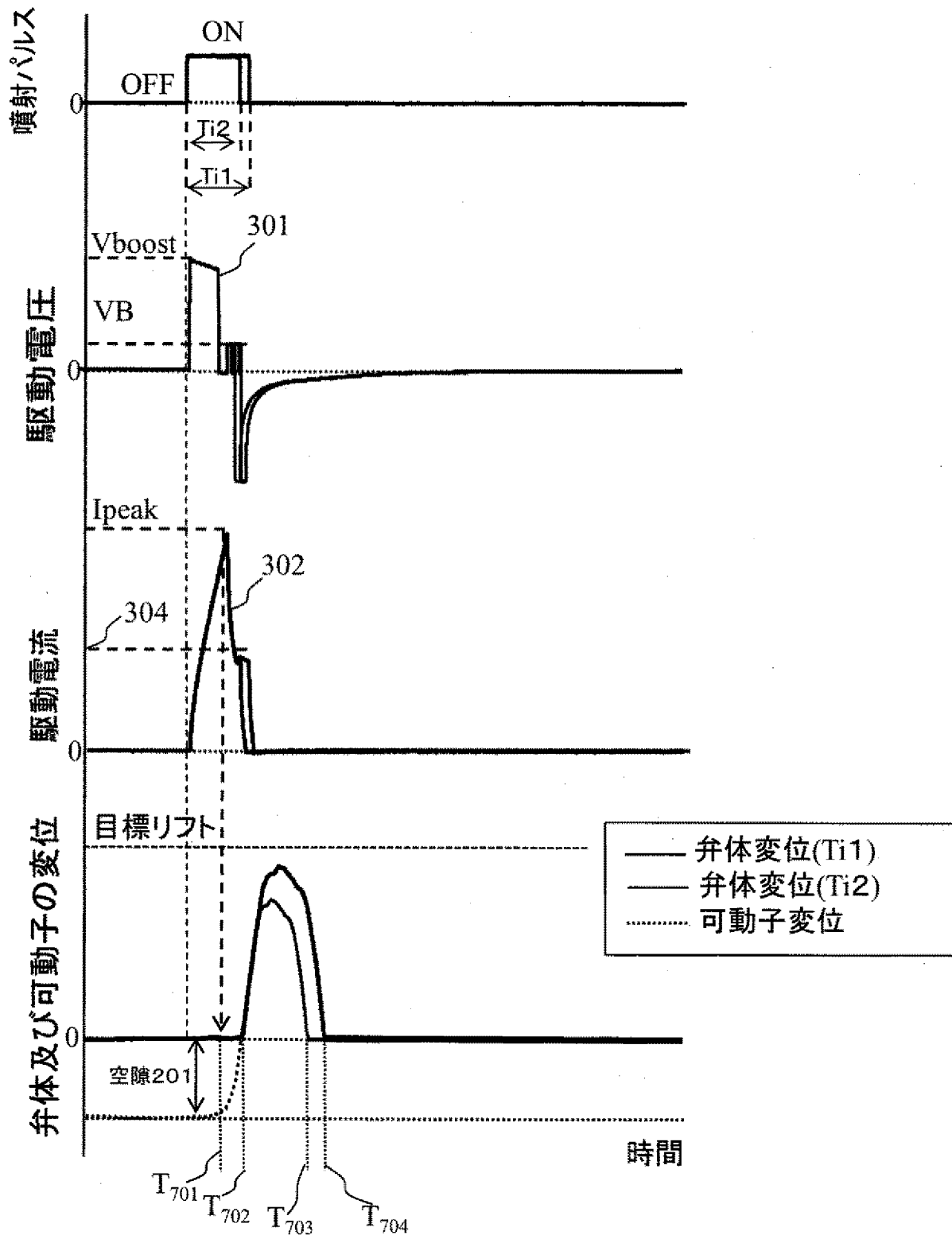
[図11]

図11

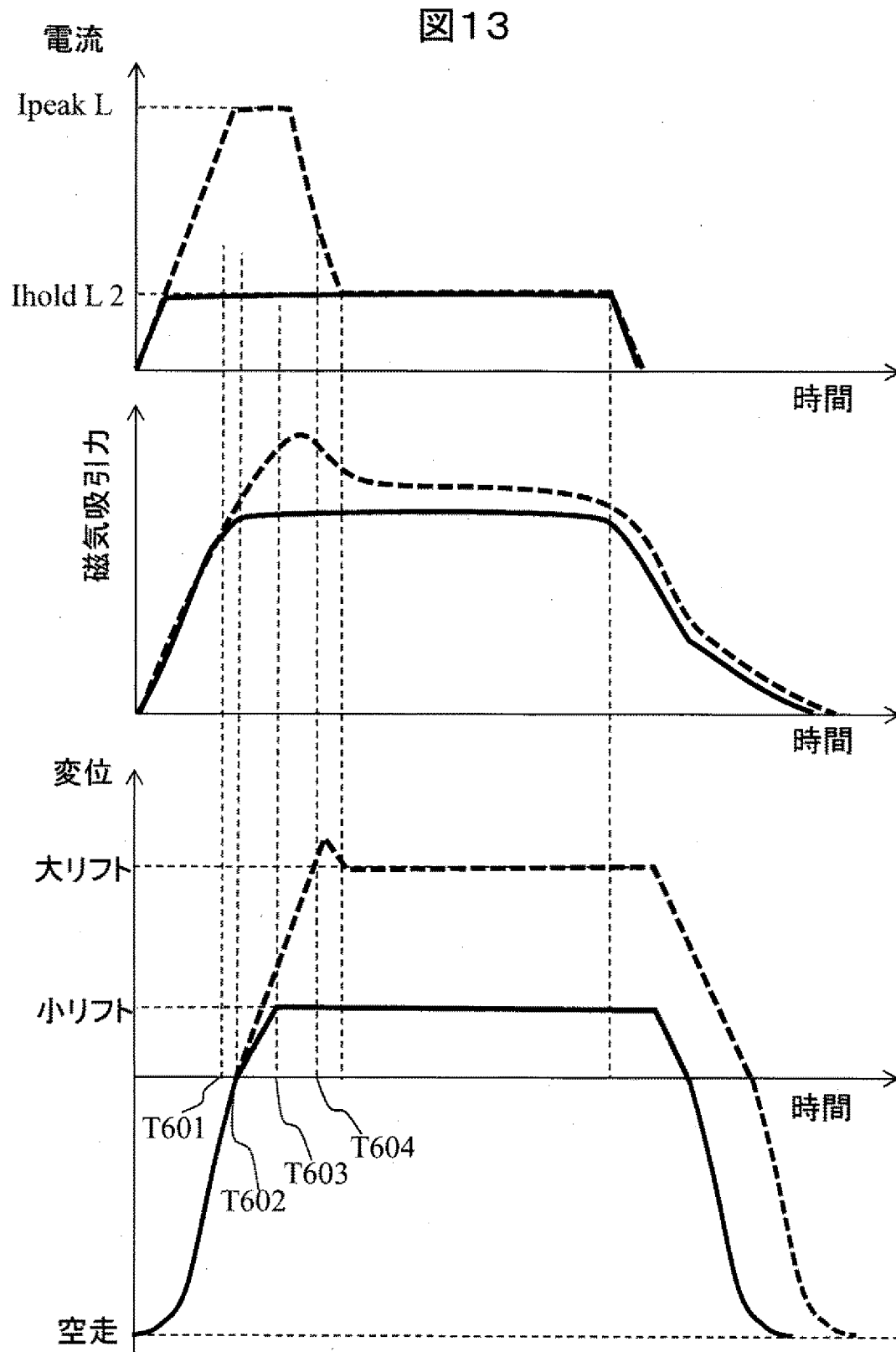


[図12]

図 12



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/024914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02M61/10(2006.01)i, F02D41/20(2006.01)i, F02M51/00(2006.01)i, F02M51/06(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)

F02M61/10, F02D41/20, F02M51/00, F02M51/06

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X A	JP 2015-200197 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.), 12 November 2015 (12.11.2015), paragraphs [0013] to [0132]; fig. 2, 3 & WO 2015/151945 A1	1 2-11
A	JP 2013-167194 A (Toyota Motor Corp.), 29 August 2013 (29.08.2013), paragraphs [0047] to [0049]; fig. 2 (Family: none)	1-11
A	WO 2015/015541 A1 (Hitachi Automotive Systems, Ltd.), 05 February 2015 (05.02.2015), & US 2016/0177855 A1 & EP 3029309 A1 & CN 105378265 A	1-11

☒ 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
13 October 2017 (13.10.17)

Date of mailing of the international search report
24 October 2017 (24.10.17)

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/JP2017/024914

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-141924 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.), 07 August 2014 (07.08.2014), & US 2015/0354515 A1 & WO 2014/115587 A1 & CN 104937256 A	1-11
A	JP 2014-025419 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.), 06 February 2014 (06.02.2014), & US 2015/0267665 A1 & WO 2014/017227 A1 & CN 104508291 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

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

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X A	JP 2015-200197 A（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2015.11.12, 段落[0013]-[0132], 図2, 3 & WO 2015/151945 A1	1 2-11
A	JP 2013-167194 A（トヨタ自動車株式会社）2013.08.29, 段落[0047]-[0049], 図2（ファミリーなし）	1-11
A	WO 2015/015541 A1（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2015.02.05, & US 2016/0177855 A1 & EP 3029309 A1 & CN 105378265 A	1-11

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

13.10.2017

国際調査報告の発送日

24.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

木村 麻乃

3G

4030

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
A	JP 2014-141924 A (日立オートモティブシステムズ株式会社) 2014.08.07, & US 2015/0354515 A1 & WO 2014/115587 A1 & CN 104937256 A	1-11
A	JP 2014-025419 A (日立オートモティブシステムズ株式会社) 2014.02.06, & US 2015/0267665 A1 & WO 2014/017227 A1 & CN 104508291 A	1-11