

(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))

for a drive current being supplied to the coil 303 to change to a target current value after the start of application of a drive voltage to the coil 303, performs a process to detect an initial position return timing at which the movable part 306 reaches an initial position after the valve body 301 has closed.

(57) 要約: 先の噴射終了から次の噴射開始までの間に、燃料噴射弁の可動子の状態を把握する。そのため、燃料制御弁を制御するための制御装置101は、弁体301が弁座302に当接して閉弁した後、可動部306が固定部310から離れる方向へ変位した状態においてコイル303をスイッチング動作により通電し、コイル303に駆動電圧が印加されてからコイル303に供給される駆動電流が目標電流値へ変化するまでにかかる時間の長さの変化に基づいて、弁体301が閉弁した後に可動部306が初期位置に到達する初期位置復帰タイミングを検出する処理を行う制御部102を備える。

明 細 書

発明の名称：燃料噴射弁を制御する制御装置及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、燃料噴射弁を制御する制御装置及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 一般的に内燃機関の制御装置は、燃料噴射弁の多段噴射（「分割噴射」とも呼ばれる）を制御するとき、燃料噴射を実施後に、燃料噴射弁が次の燃料噴射を実施することが可能となるまで噴射間隔（時間間隔）を設けている。

これは、燃料噴射弁が有する可動子と弁体を燃料噴射前の状態に戻すためである。しかし、環境性能向上のため多段噴射の噴射段数の増加が要求されており、噴射間隔が長いと噴射段数の増加要求を満足できない。

[0003] このため、先の噴射終了から次の噴射開始までの間に、可動子を早期に噴射前の状態に戻すため、開弁力を発生するコイルに駆動電流を投入する制御が行われている。例えば、特許文献１には「弁体と弁座とが接触した閉弁状態から、コイルに通電することにより可動子に吸引力を作用させ、弁体を開弁方向に駆動して開弁状態に至らしめる燃料噴射弁にあっては、開弁状態から閉弁状態への閉弁動作時に、弁体が弁座に衝突した後にコイルへの通電を行い、可動子に対して閉弁動作の向きとは反対向きの力（すなわち吸引力）を作用させる。」ことが記載されている。

[0004] また、特許文献２には「先の燃料噴射（第１の燃料噴射）と後の燃料噴射（第２の燃料噴射）との間に、開弁しない程度の電圧印加を行って中間電流を流す。この中間電流を流すための電圧印加は、先の燃料噴射で弁体が閉弁する前に開始し、先の燃料噴射で弁体が閉弁した第１の時点から後の燃料噴射で電流供給を開始する第２の時点までの間の時間の半分の時間が第１の時点から経過する前に打ち切る。」ことが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2008-280876号公報

特許文献2：特開2014-129817号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1及び特許文献2に記載の技術では、先の燃料噴射に対する噴射パルスをOFFした後、コイルに駆動電流を投入して中間通電することにより、可動子の状態によっては可動子を噴射前の状態に戻す効果とは逆の効果を発生させる恐れがある。その理由は、可動子の状態を把握せずに、コイルへの駆動電流の投入を実施してしまうからである。

[0007] 本発明は、上記の状況に鑑み、先の噴射終了から次の噴射開始までの間に、燃料噴射弁の可動子の状態を把握することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、本発明の一態様の燃料噴射弁を制御する制御装置は、弁座と当接することによって燃料通路を閉じて閉弁し、弁座から離れることによって燃料通路を開けて開弁する弁体と、この弁体を駆動する可動部と、電流が流れることで磁気吸引力を生じさせるコイルと、磁気吸引力により可動部を吸引する固定部と、を有し、弁体が弁座に当接して閉弁した後、可動部がコイルに通電していないときの初期位置に戻るよう構成された燃料噴射弁を制御する制御装置である。そして、制御装置は、弁体が弁座に当接して閉弁した状態において、コイルをスイッチング動作により通電する中間通電を行うよう構成された制御部、を備える。この制御部は、弁体が弁座に当接して閉弁した後、可動部が固定部から離れる方向へ変位した状態においてコイルをスイッチング動作により通電し、コイルに駆動電圧が印加されてからコイルに供給される駆動電流が目標電流値へ変化するまでにかかる時間の長さの変化に基づいて、弁体が閉弁した後に可動部が初期位置に到達する初期位置復帰タイミングを検出する処理を行う。

発明の効果

[0009] 本発明の少なくとも一態様によれば、先の噴射終了から次の噴射開始までの間に、燃料噴射弁の可動子の状態（初期位置復帰タイミング）を検出することができる。例えば、検出結果を元にコイルに駆動電流を供給することで、早期に可動子を噴射前の状態に戻し、燃料噴射弁の噴射間隔を短縮することができる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の第1の実施形態に係る内燃機関システムが備える燃料噴射制御装置の構成例を示すブロック図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係る燃料噴射弁駆動回路及びその周辺回路を示す回路図である。

[図3]本発明の第1の実施形態に係る燃料噴射弁の構造例を示す断面図である。

[図4]従来の燃料噴射弁の駆動電流と可動子変位及び弁変位とを示すタイミングチャートの例である。

[図5]本発明の第1の実施形態に係る初期位置復帰タイミング検出処理のタイミングチャートの例である。

[図6]本発明の第1の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミングチャートの例である。

[図7]本発明の第1の実施形態に係る燃料噴射制御装置による燃料噴射制御処理の手順例を示すフローチャートである。

[図8]本発明の第2の実施形態に係る初期位置復帰タイミング検出処理とアンダーシュート低減制御を並行して実施する際のタイミングチャートの一例である。

[図9]本発明の第3の実施形態に係る初期位置復帰タイミング検出処理のタイミングチャートの一例である。

[図10]本発明の第4の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミン

グチャートの一例である。

[図11]本発明の第5の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミンググチャートの一例である。

[図12]本発明の第6の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミンググチャートの一例である。

[図13]本発明の第7の実施形態に係る中間ストローク機構を備えた燃料噴射弁の構造例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明を実施するための形態（以下、「実施形態」と記述する）の例について、添付図面を参照して説明する。本明細書及び添付図面において実質的に同一の機能又は構成を有する構成要素については、同一の符号を付して重複する説明を省略する。

[0012] <1. 第1の実施形態>

本発明は、燃料噴射弁を制御するマイクロコンピュータが燃料噴射弁の動作状態を監視して、少なくとも弁体を駆動する可動子の位置を検出し、早期に次の噴射が可能となるよう可動子の動作を制御する。まず、本発明の第1の実施形態に係る内燃機関システムに搭載される燃料噴射制御装置について説明する。燃料噴射制御装置は、燃料噴射弁を制御する制御装置である。

[0013] 図1は、第1の実施形態に係る内燃機関システムが備える燃料噴射制御装置の構成例を示すブロック図である。図1に示す燃料噴射制御装置101は、後述する図3に示すようにECU（Engine Control Unit）320に内蔵されている。本実施形態は、燃料噴射弁100を筒内直接噴射式エンジンに適用した例であるが、燃料噴射弁100の利用形態はこの例に限らない。

[0014] 図1に示す内燃機関システムでは、不図示のバッテリーの電源が、ヒューズ108とリレー109を介して、ECU320内に備わる燃料噴射制御装置101へ供給される。

[0015] 燃料噴射制御装置101は、エンジンの運転状態に応じて適切な通電時間及び噴射開始タイミングの演算を行い、バッテリーの電源を元に、燃料噴射弁

１００のコイル（開弁駆動の電磁ソレノイド）３０３へ駆動電流（励磁電流）を供給するものである。燃料噴射制御装置１０１は、基本的に、エンジン状態検知部１０３、駆動制御部１０２（制御部の一例）、駆動ＩＣ１０４、高電圧生成回路１０５、燃料噴射弁駆動回路（Ｈｉ）１０６ａ、及び燃料噴射弁駆動回路（Ｌｏ）１０６ｂを備えている。

[0016] エンジン状態検知部１０３は、図示しない内燃機関（エンジン）の回転数、吸入空気量、冷却水温度、燃料圧力や内燃機関の故障状態などの各種情報を集約して、駆動制御部１０２へ提供する。

[0017] 駆動制御部１０２は、燃料噴射弁パルス幅演算部１０２ａと燃料噴射弁駆動波形指令部１０２ｂを備える。燃料噴射弁パルス幅演算部１０２ａは、エンジン状態検知部１０３から得られる各種情報（内燃機関の運転状態）に基づき、燃料噴射弁１００の燃料噴射期間を規定する燃料噴射パルスのパルス幅（以下「噴射パルス幅」と称することがある。）を演算し、駆動ＩＣ１０４へ出力する。

[0018] 燃料噴射弁駆動波形指令部１０２ｂは、燃料噴射弁１００の開弁を行うために又は開弁状態を維持するために供給する駆動電流の指令値（駆動電流波形）を算出し、駆動ＩＣ１０４へ出力する。燃料噴射弁駆動波形指令部１０２ｂは、燃料噴射弁パルス幅演算部１０２ａの演算結果と、内燃機関の運転状態に基づいて、燃料噴射弁１００のコイル３０３に供給する駆動電流の波形（電流プロファイル）を選択する。

[0019] 高電圧生成回路１０５は、バッテリーから供給されるバッテリー電圧ＶＢ（図２参照）を元に、電磁ソレノイド式の燃料噴射弁１００が開弁する際に必要となる高い電源電圧（以下「高電圧」と称す）ＶＨを生成する。高電圧生成回路１０５は、駆動ＩＣ１０４からの指令に基づき、所望の目標高電圧に至るようにバッテリー電圧ＶＢを昇圧する。これにより、燃料噴射弁１００の電源として、弁体３０１（図３参照）の開弁力の確保を目的とした高電圧ＶＨと、開弁した後に弁体３０１が閉弁しないように開弁状態を保持させるバッテリー電圧ＶＢの２系統が備わることになる。

[0020] 燃料噴射弁 100 の上流側と下流側には、2つの燃料噴射弁駆動回路 106 a, 106 b が備えられており、2つの燃料噴射弁駆動回路 106 a, 106 b によって燃料噴射弁 100 に対して駆動電流の供給を行う。燃料噴射弁駆動回路 106 a, 106 b の構成の詳細は後述するため、ここでの説明は省略する。

[0021] 駆動 IC 104 は、燃料噴射弁パルス幅演算部 102 a で演算された噴射パルス幅と、燃料噴射弁駆動波形指令部 102 b で演算された駆動電流波形（電流プロファイル）とに基づき、燃料噴射弁駆動回路 106 a 及び燃料噴射弁駆動回路 106 b に駆動信号を出力する。駆動 IC 104 は、燃料噴射弁駆動回路 106 a 及び燃料噴射弁駆動回路 106 b を制御することにより、燃料噴射弁 100 のコイル 303 に印加される高電圧 V_H もしくはバッテリー電圧 V_B を制御する。このようにして、駆動 IC 104 は、燃料噴射弁 100 のコイル 303 に所望の駆動電流を供給し、燃料噴射弁 100 の燃料噴射の駆動及び制御を行い、内燃機関の燃焼に必要な燃料噴射量を最適に制御する。

[0022] 次に、図 1 で示した燃料噴射弁 100 の燃料噴射弁駆動回路 106 a, 106 b の説明を行う。

[0023] 図 2 は、燃料噴射弁駆動回路 106 a, 106 b 及びその周辺回路を示す回路図である。燃料噴射弁駆動回路 106 a は、スイッチング素子を含み、高電圧生成回路 105 とコイル 303 との間、かつ、リレー 109 とコイル 303 との間に接続されている。燃料噴射弁駆動回路 106 a は、燃料噴射弁 100 に対し、高電圧生成回路 105 で生成された高電源電圧（高電圧 V_H）と、バッテリー電源である低電源電圧（バッテリー電圧 V_B）の何れかを選択し、燃料噴射弁 100 のコイル 303 に、選択した電源電圧を供給する。燃料噴射弁 100 が閉弁から開弁する際には、高電圧 V_H（高電圧電源）を選択して供給することで、開弁に必要な電流（駆動電流）を燃料噴射弁 100 のコイル 303 に通電する。

燃料噴射弁 100 の開弁状態を維持する場合には、電源電圧をバッテリー電圧

V B（低電源電圧）に切り替えて、燃料噴射弁 1 0 0 のコイル 3 0 3 に保持電流（駆動電流）を流す。

[0024] 燃料噴射弁駆動回路 1 0 6 a は、燃料噴射弁 1 0 0 を開弁させるために必要となる電流を供給するため、高電圧 V H を図中の高電圧生成回路 1 0 5 から、電流逆流防止のために備わるダイオード 2 0 1 を介し、図中の第 1 のトランジスタ 2 0 3 を含む回路を用いて、燃料噴射弁 1 0 0 に供給する。トランジスタはスイッチング素子の一例であり、バイポーラトランジスタや M O S トランジスタなどが用いられる。

[0025] 一方、燃料噴射弁 1 0 0 を開弁させた後は、燃料噴射弁 1 0 0 の開弁状態を保持するために必要となるバッテリー電圧 V B を高電圧 V H と同様に、電流逆流防止のためのダイオード 2 0 2 を介し、図中の第 2 のトランジスタ 2 0 4 を含む回路を用いて、燃料噴射弁 1 0 0 に供給する。

[0026] 燃料噴射弁駆動回路 1 0 6 b は、燃料噴射弁駆動回路 1 0 6 a と同様に、燃料噴射弁 1 0 0 に駆動電流を流す（供給する）ための燃料噴射弁 1 0 0 の下流に設けた駆動回路である。燃料噴射弁駆動回路 1 0 6 b には、第 3 のトランジスタ 2 0 5 が備わっており、この第 3 のトランジスタ 2 0 5 を O N にすることで、上流側の燃料噴射弁駆動回路 1 0 6 a から供給される電源を燃料噴射弁 1 0 0 に印加することができる。また、駆動制御部 1 0 2 は、シャント抵抗 2 0 6 によって、燃料噴射弁 1 0 0 にて消費した電流を検知することで、後述する所望の燃料噴射弁 1 0 0 の電流制御を行う。以降の説明で、燃料噴射弁駆動回路 1 0 6 a と燃料噴射弁駆動回路 1 0 6 b を特に区別しない場合又は総称する場合には、「燃料噴射弁駆動回路 1 0 6」と記す。

[0027] また、コイル 3 0 3 の下流側と高電圧生成回路 1 0 5 との間にダイオード 2 0 9 が順方向に接続され、シャント抵抗 2 0 6 とコイル 3 0 3 の上流側との間にダイオード 2 0 8 が順方向に接続されている。第 1 のトランジスタ 2 0 3、第 2 のトランジスタ 2 0 4、及び第 3 のトランジスタ 2 0 5 を O F F にすると、燃料噴射弁 1 0 0 のコイル 3 0 3 に生じる逆起電力によって、ダイオード 2 0 8 とダイオード 2 0 9 が通電する。それにより、電流が高電圧

生成回路 105 側へ帰還され、コイル 303 に供給されていた駆動電流は急速に低下する。このとき、コイル 303 の端子間には、逆起電力として、高電圧 V_H に相当する大きさを逆極性の電圧 ($-V_H$) が生じる。

[0028] なお、本実施形態は、燃料噴射弁 100 の駆動方法について一例を示したものであり、例えば、燃料圧力が比較的低い場合などにおいて、燃料噴射弁 100 の開弁動作時に高電圧 V_H ではなくバッテリー電圧 V_B を用いてもよい。

[0029] [燃料噴射弁の構造]

次に、燃料噴射弁 100 の構造について説明する。図 3 は、燃料噴射弁 100 の構造例を示す断面図である。燃料噴射弁 100 は、通常時閉弁型の電磁弁を備える電磁式燃料噴射装置である。図 3 に示す燃料噴射弁 100 の構造は一例であって、この例に限らないことは勿論である。

[0030] 燃料噴射弁 100 は、内部に略棒状の弁体 301 を有し、弁体 301 の下端部と対向する位置には、弁座 302 が形成されたオリフィスカップが設けられている。弁座 302 には、燃料を噴射する噴孔 302h が形成されている。弁体 301 の上方には、弁体 301 を閉弁方向（下方向）に付勢するスプリング 309 が設けられている。

[0031] また、燃料噴射弁 100 は、内部に弁体 301 が配置された中空のハウジング 311 を備える。ハウジング 311 の内面には固定コア 310（固定部の一例）が固定されており、さらに燃料噴射弁 100 の内部には、ソレノイド状のコイル 303 が燃料噴射弁 100 の中心軸を一周するように配置されている。

[0032] 燃料噴射弁 100 の中心軸には、上下に動く弁体 301 が配置されている。弁体 301 の周りを一周するように、可動コアである可動子 306（可動部の一例）が配置されている。コイル 303 を囲むようにして、固定コア 310、可動子 306、及びハウジング 311 に、環状の磁気通路が形成される。

[0033] ハウジング 311 の内部の空間（燃料通路）は燃料で満たされており、コ

イル３０３に電流が流れると、可動子３０６がコイル３０３に引き寄せられる。そして、弁体３０１の下端部が弁座３０２から離れると、それまで弁体３０１によって閉じられていた、ハウジング３１１に開けられた噴孔３０２ｈ（燃料通路出口）から燃料が噴射される。

[0034] 弁体３０１の上方には、弁体３０１を弁座３０２の方向に押さえつける（付勢する）セットスプリング３０９が配置される。また、可動子３０６の下方において、可動子３０６とハウジング３１１との間には、可動子３０６を開弁方向に付勢するゼロスプリング３０４が配置される。燃料噴射後の非通電状態における可動子３０６は、各スプリングの荷重の釣り合いによって初期位置 P_i （変位ゼロ）に戻る。可動子３０６が初期位置 P_i にあるとき、可動子３０６と固定コア３１０との間には間隙 G_1 が生じている。

[0035] コイル３０３の巻始め端部及び巻終わり端部には剛性のある導体３１５が固定されている。導体３１５を介して、コイル３０３とＥＣＵ３２０とが電氣的に接続されている。ＥＣＵ３２０はマイクロコンピュータの一例であり、燃料噴射制御装置１０１を内包する。また、燃料噴射制御装置１０１は、一例としてＣＰＵ１０１ａ及びメモリ１０１ｂを備える。

[0036] ＣＰＵ１０１ａは、演算処理を行うプロセッサである。メモリ１０１ｂは、揮発性又は不揮発性の半導体メモリ等よりなる記憶部である。メモリ１０１ｂには、燃料噴射弁１００を制御するためのコンピュータープログラムが格納されていてもよい。この場合、ＣＰＵ１０１ａが、メモリ１０１ｂに記録されたコンピュータープログラムを読み出して実行することにより、燃料噴射制御装置１０１の機能の全部又は一部が実現される。ＥＣＵ３２０には、内燃機関の始動（点火）を指令するためのイグニッションスイッチ信号が入力される。ＣＰＵ１０１ａは、イグニッションスイッチ信号がオンであることを検知すると、燃料噴射制御のコンピュータープログラムの処理を開始する。なお、ＣＰＵ１０１ａに代えてＭＰＵ（Micro Processing Unit）等の他の演算処理装置を用いてもよい。

[0037] 以上のとおり、燃料噴射弁１００を制御する制御装置（燃料噴射制御装置

101) は、弁座302と当接することによって燃料通路を閉じて閉弁し、弁座302から離れることによって燃料通路を開けて開弁する弁体301と、弁体301を駆動する可動部（可動子306）と、電流が流れることで磁気吸引力を生じさせるコイル303と、磁気吸引力により可動部を吸引する固定部（固定コア310）と、を有する。また、制御装置（燃料噴射制御装置101）は、弁体301が弁座302に当接して閉弁した状態において、コイル303をスイッチング動作により通電する中間通電を行うように構成された制御部（駆動制御部102）を備えている。

[0038] そして、燃料噴射弁100は、弁座302から離れた弁体301が弁座302と再び当接して弁体301の閉弁方向への運動が止められた後において、可動部（可動子306）が弁体301との間で相対運動可能であるとともに、可動部がコイル303に通電していないときの初期位置に戻るよう構成されている。

[0039] [従来の燃料噴射弁（可動子）の電流制御]

ここで、従来技術における燃料噴射弁（可動子）の電流制御と弁体挙動について図4を用いて説明する。制御対象の燃料噴射弁は、図3に示した燃料噴射弁100とする。

[0040] 図4は、従来の燃料噴射弁100の駆動電流と可動子変位及び弁変位とを示すタイミングチャートの例である。一般的に、直噴式内燃機関の燃料噴射弁100を駆動する場合、燃料噴射弁100の特性に基づいて、駆動電流プロフィール403（駆動電流波形）を予め設定し、この駆動電流プロフィール403による燃料噴射弁100の噴射量特性をECU320（図3参照）内のメモリ101bに記録する。

[0041] 燃料噴射制御装置101（燃料噴射弁パルス幅演算部102a）は、内燃機関（図示せず）の運転状態（吸入空気量）と燃料噴射弁100の噴射量特性とから、燃料噴射弁100の駆動指令時間（噴射パルス信号401）を算出する。噴射パルス信号401は、ECU320で演算された所望の噴射開始タイミングT404からONとなり、予めECU320内に記憶している

駆動電流プロフィール４０３に基づき、燃料噴射弁１００の電流制御が行われる。

[0042] 図４の例における駆動電流プロフィール４０３は、燃料噴射弁１００の開弁を行う開弁ピーク電流４０３ａ、開弁保持を行う第１保持電流４０３ｂなどの複数の目標とする電流値（目標電流値）から構成される。燃料噴射制御装置１０１は、予め設定された制御シーケンスに基づき、コイル３０３に供給する目標電流値（開弁ピーク電流４０３ａ、第１保持電流４０３ｂ）を切り替えることで燃料噴射弁１００の動作を制御する。このように、燃料噴射制御装置１０１は、噴射パルス信号４０１がＯＦＦとなるタイミング（Ｔ４０８）まで燃料噴射弁１００に対し、駆動電流を印加し続ける。

[0043] 次に、従来の燃料噴射弁１００の弁体３０１の挙動について図３及び図４を参照して説明する。噴射パルス信号４０１がＯＮになってから（Ｔ４０４）、コイル３０３に供給する駆動電流が開弁ピーク電流４０３ａに至るまで、駆動電圧４０２として高電圧ＶＨが燃料噴射弁１００のコイル３０３に印加される。燃料噴射弁１００固有の電気的特性に基づく残留磁場が所定量となった時点（図４ではＴ４０５）で、コイル３０３の磁気吸引力がセットスプリング３０９のばね力よりも大きくなる。その結果、可動子３０６が開弁方向に移動を開始し、これに引き上げられる形で弁体３０１が弁座３０２から離れて開弁を開始する。

[0044] その後も、コイル３０３の駆動電流が開弁ピーク電流４０３ａに至るまでの電流挙動による開弁力が持続することで、弁体３０１は、開弁動作を継続し、可動子３０６が固定コア３１０の位置Ｓｔに到達する（Ｔ４０６）。その際、余剰な開弁力により、弁体３０１はバウンス動作を暫く行った後、安定した開弁状態へ以降する（Ｔ４０７）。時刻Ｔ４０６以降は、弁体３０１が開弁しないように開弁状態を保持させるバッテリー電圧ＶＢが、コイル３０３に印加される。

[0045] その後、噴射パルス信号４０１がＯＦＦとなる時点（Ｔ４０８）まで完全に弁体３０１が開いた状態を持続し、その後、燃料噴射弁１００の残留磁場

が低下する。その結果、磁気吸引力を失った可動子 306 は、セットスプリング 309 の荷重（ばね力）と燃料圧力による力によって弁体 301 と共に、弁体 301 が弁座 302 に接触する閉弁位置まで押し戻され、完全に弁体 301 が閉弁する（T409）。

[0046] 弁体 301 に働くセットスプリング 309 の力は、弁体 301 の衝突面及び可動子 306 の衝突面を介して可動子 306 に伝達される。しかし、弁体 301 が弁座 302 と接触した時（T409）、可動子 306 の衝突面は弁体 301 の衝突面から離脱し、閉弁方向（固定コア 310 から離れる方向）に運動を継続する。その後、可動子 306 にはゼロスプリング 304 によって開弁方向に押し戻す力が加わり、時刻 T410 で可動子 306 の衝突面が弁体 301 の衝突面に接触する。衝突後、可動子 306 は変位ゼロ、すなわち初期位置 P_i に維持される。

[0047] 上記のように閉弁動作時、可動子 306 が弁体 301 を離れ、再び弁体 301 の衝突面に接触するまでの動作を「アンダーシュート」と呼ぶ。可動子 306 にアンダーシュート US が発生している間、燃料噴射弁 100 は燃料を噴射することができない。これは、可動子 306 の衝突面が弁体 301 の衝突面に接触していないために、可動子 306 の位置によっては弁体 301 を開弁方向に移動させる力が安定しなくなり、その結果、燃料の噴射量がばらついてしまうからである。このため、可動子 306 を素早く初期位置 P_i に停止（復帰）させることで、アンダーシュート US が発生している時間を短くする必要がある。

[0048] 一方で、アンダーシュート US を小さくする場合、可動子 306 が弁体 301 と接触する際の運動エネルギーを小さくする必要がある。余分な運動エネルギーにより可動子 306 が、弁体 301 に働く閉弁方向の力より大きい開弁方向の力を伝えてしまうと、再び弁体 301 が開弁してしまい、無駄な噴射を実施してしまう。したがって、可動子 306 の余分な運動エネルギーを抑えて無駄な噴射の実施を防止することが肝要である。

[0049] [第 1 の実施形態に係る燃料噴射弁（可動子）の電流制御]

次に、本実施形態に係る燃料噴射弁１００の電流制御と弁体３０１の挙動について図５～図８を参照して説明する。本実施形態は、初期位置復帰タイミング検出処理とアンダーシュート低減制御の二つの行程から成り立つ。

[0050] (初期位置復帰タイミング検出処理)

図５は、第１の実施形態に係る初期位置復帰タイミング検出処理のタイミングチャートの例である。図５では、噴射パルス信号、燃料噴射弁１００に供給する駆動電圧と駆動電流、弁体３０１と可動子３０６の挙動の関係が示されている。以下では、噴射パルス信号がＯＦＦとなる時点以降の可動子３０６の挙動について説明する。

[0051] 図５において、噴射パルス信号がＯＦＦとなった時（Ｔ５０１：図４のＴ４０８に相当）、燃料噴射弁駆動回路１０６は、コイル３０３に印加する駆動電圧を０Ｖ以下とし、駆動電流を低下させる。閉弁方向の力であるセットスプリング３０９による荷重と燃料圧力による力との和が、磁気吸引力よりも大きくなったとき、可動子３０６は弁体３０１と共に閉弁方向に移動を開始する。

[0052] その後、弁体３０１が弁座３０２に衝突するタイミング（Ｔ５０２）において再び噴射パルス信号をＯＮとし、燃料噴射弁駆動回路１０６ａは、コイル３０３にバッテリー電圧ＶＢを印加する（Ｔ５０２からＴ５０６の期間）。そして、燃料噴射弁駆動回路１０６ａ（第２のトランジスタ２０３）は、予め定めた目標電流値５０７となるようにスイッチング動作を行う。Ｔ５０１～Ｔ５０６の期間Ｔｃ０は、従来の噴射インターバル期間に相当する。

[0053] 弁体３０１が弁座３０２に衝突すると（Ｔ５０２）、可動子３０６の衝突面は弁座３０２の衝突面から離れる。そして、可動子３０６は、ゼロスプリング３０４の荷重を受けながら固定コア３１０から離れる方向に移動する。その後、ゼロスプリング３０４の荷重を受けて可動子３０６の移動方向が開弁方向に変化する（Ｔ５０３）。可動子３０６は、タイミング（Ｔ５０３）で弁体３０１の衝突面から最も離れた後、弁体３０１の衝突面に向かって移動する。

[0054] このとき、開弁方向に移動する可動子 306 が弁体 301 の衝突面に近づくほど磁場が強くなることで、コイル 303 の駆動電流の立ち上がりが緩やかになる。このため、スイッチング動作の ON 時間が長くなる (T504 から T506 の期間)。この結果、可動子 306 が弁体 301 の衝突面に到達したとき、スイッチングの ON 時間の長さが最も長くなる。したがって、このときを可動子 306 が弁体 301 の衝突面に到達したタイミング (T505)、すなわち、可動子 306 が初期位置 P_i に復帰したタイミングであると判断できる。

[0055] 上記スイッチング動作の ON 時間は、スイッチング動作時に測定されるコイル 303 に対する駆動電流 509 又は駆動電圧 508 の波形より検出可能である。閉弁タイミング (T502) から上記可動子 306 が弁体 301 の衝突面に到達するタイミング (T505) までの期間をアンダーシュート時間 T_u とする。燃料噴射弁パルス幅演算部 102a は、上記の行程 (初期位置復帰タイミング検出処理) を一つの燃料噴射弁 100 に対して少なくとも一回以上実施し、アンダーシュート時間 T_u を決定する。

[0056] 上述のとおり、制御部 (駆動制御部 102) は、弁体 301 が弁座 302 に当接して閉弁した後、可動部 (可動子 306) が固定部 (固定コア 310) から離れる方向へ変位した状態においてコイル 303 をスイッチング動作により通電する。そして、制御部 (駆動制御部 102) は、コイル 303 に駆動電圧 508 が印加されてからコイル 303 に供給される駆動電流 509 が目標電流値 507 へ変化するまでにかかる時間の長さの変化に基づいて、弁体 301 が閉弁した後に可動部 (固定コア 310) が初期位置に到達する初期位置復帰タイミング (T505) を検出する処理を行う。

[0057] 例えば、駆動制御部 102 (燃料噴射弁パルス幅演算部 102a) は、コイル 303 に駆動電圧が印加されてから駆動電流が目標電流値 (目標電流値 507) になるまでの時間の長さが閾値を超えた時点、初期位置復帰タイミング (T505) であると判断する。

[0058] または、駆動制御部 102 (燃料噴射弁パルス幅演算部 102a) は、コ

イル303に駆動電圧が印加されてから駆動電流が目標電流値（目標電流値507）になるまでに、コイル303に駆動電圧が印加された時間が閾値を超えた時点をも、初期位置復帰タイミング（T505）であると判断する。

[0059] さらに、駆動制御部102（燃料噴射弁パルス幅演算部102a）は、コイル303への通電時に、弁体301が弁座302に当接した後、コイル303を開弁するときに用いる駆動電圧よりも低い駆動電圧（バッテリー電圧VB）を用いて、コイル303に供給する駆動電流が目標電流値（目標電流値507）となるようにコイル303を通電する。これにより、初期位置復帰タイミング検出処理時の電力消費が抑えられる。

[0060] （アンダーシュート低減制御）

次に、アンダーシュート低減制御について説明する。

図6は、第1の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミングチャートの例である。本実施形態では、制御部（駆動制御部102）は、検出した初期位置復帰タイミング（図5のT605）に基づいて、次の噴射間隔内でコイル303に対する中間通電を制御する。以下では、噴射パルス信号がOFFとなる時点以降の可動子306の挙動について説明する。時刻T601～T605（図5のT501～T506に対応）の期間Tc1は、本実施形態の噴射間隔（噴射インターバル期間）である。

[0061] 図6に示すように、噴射パルス信号がOFFになった後（T601）、燃料噴射弁駆動回路106は、閉弁タイミング（T602）までコイル303への印加電圧を0V以下とする。閉弁タイミングに到達後（T602）、再び噴射パルス信号をONとする（T602）。噴射パルス信号がONのとき、燃料噴射弁駆動回路106a、106bは、コイル303にバッテリー電圧VB以上の駆動電圧を印加する。

[0062] 上記噴射パルス信号のON時間（図6では噴射パルス幅Tp）は、図5で得られたアンダーシュート時間Tuに基づいて算出する。

[0063] これにより、可動子306は磁気吸引力によって開弁方向に力が働くため、閉弁方向の力が減衰する。この結果、アンダーシュート低減制御を実施後

の可動子 306 のアンダーシュート 608 (変位) は、アンダーシュート低減制御を実施前のアンダーシュート 609 と比べて小さくなる。このように、低減制御実施後は、アンダーシュート時間 (T 602 ~ T 604 の期間) が、低減制御実施前のアンダーシュート時間 T_u よりも短くなるため、次の噴射が早期に可能となる。

[0064] このように本実施形態は、内燃機関の少なくとも燃料噴射弁 100 を制御する燃料噴射制御装置 101 (駆動制御部 102) が、燃料噴射弁 100 の可動子 306 の駆動状態を検出する処理を行う。すなわち、駆動制御部 102 は、燃料噴射弁 100 の弁体 301 が閉弁後、可動子 306 がアンダーシュートして可動子 306 が再び初期位置に到達するまでの時間を検出する。そして、駆動制御部 102 は、検出した時間を元に可動子 306 のアンダーシュートを抑制するため、弁体 301 が開弁しない程度にコイル 303 に駆動電流を供給 (駆動電圧を印加) する。

[0065] 本実施形態では、図 5 及び図 6 に示したように、駆動制御部 102 は、弁体 301 が開弁後に弁体 301 が弁座 302 に当接したタイミング (T 502、T 602) で、上記の検出処理又は低減制御のためのコイル 303 への通電を開始する。このようにすることで、燃料噴射弁 100 の状態が噴射間隔に入る同時に、検出処理又は低減制御が実行される。それにより、噴射間隔を有効に利用して、且つ噴射間隔の範囲内で、検出処理又は低減制御を完了することができる。特に低減制御においては、上記のように通電を開始することで中間通電の早期完了にも繋がる。

[0066] 上述したように、本実施形態における駆動制御部 102 は、弁体 301 が閉弁した後に可動部 (可動子 306) が初期位置 P_i に到達する初期位置復帰タイミング T 505 を検出する処理 (初期位置復帰タイミング検出処理) と、初期位置復帰タイミング T 505 に基づいてコイル 303 に中間通電を行う制御 (アンダーシュート低減制御) とをそれぞれ、独立して実施している。ただし、後述する図 8 に示すように、検出処理と低減制御を並行して実施する構成としてもよい。

[0067] [燃料噴射制御処理の手順例]

図 7 は、第 1 の実施形態に係る燃料噴射制御装置 101 による燃料噴射制御処理の手順例を示すフローチャートである。ECU 320 の CPU 101 a が、メモリ 101 b に格納されたプログラムを実行することにより、図 8 に示す各ステップの処理が実現される。

[0068] まず、駆動制御部 102 は、イグニッションスイッチ信号（図 3 参照）が ON であるかどうかを監視し（S1）、イグニッションスイッチ信号が OFF である場合には（S1 の NO）、イグニッションスイッチ信号が ON になるまで本ステップの処理を繰り返す。

[0069] 次に、駆動制御部 102 は、イグニッションスイッチ信号が ON である場合には（S1 の YES）、噴射インターバル時間内において可動子 306 の挙動検出処理（初期位置復帰タイミング検出処理）を実施したかどうかを判定する（S2）。駆動制御部 102 は、可動子 306 の挙動検出処理を実施していない場合には（S2 の NO）、可動子 306 の挙動検出処理を実施するまで本ステップの処理を繰り返す。

[0070] 次に、燃料噴射弁パルス幅演算部 102 a は、可動子 306 の挙動検出処理を実施した場合には（S2 の YES）、可動子 306 の挙動検出処理の結果に基づいて、燃料噴射弁 100 の動作安定時間（噴射パルス信号のパルス幅）を決定する（S3）。

[0071] 例えば、駆動制御部 102 は、初期位置復帰タイミング T505 を検出する処理の結果に基づいて、初期位置復帰タイミング T505 を検出する処理を実施した後の中間通電を行うための燃料噴射弁駆動パルス信号のパルス幅 Tp を、初期位置復帰タイミング T505 を検出する処理を実施する前の、弁体 301 が閉弁した後に可動部（可動子 306）が初期位置 Pi に到達するまでの時間以下に設定する。

[0072] このように、弁体 301 が閉弁した後の可動部（可動子 306）の初期位置復帰タイミング T505 がわかることで、噴射パルス幅を、アンダーシュート低減制御を実施前のアンダーシュート時間以下に設定することができる

。コイル303に通電する時間を、可動部が初期位置に復帰するまでの時間に限定することで、可動部の挙動が安定することが期待できる。

[0073] また、駆動制御部102は、初期位置復帰タイミングT505を検出する処理を実施した後の中間通電を行うための燃料噴射弁駆動パルス信号のパルス幅を、弁体301が閉弁した後に可動部（可動子306）が初期位置に到達した初期位置復帰タイミングまでの時間の半分の長さに設定する。例えば図6において、噴射パルス幅Tpを、アンダーシュート時間Tuの半分（ $T_u/2$ ）の時間に設定する。

[0074] このように、中間通電において、噴射パルス幅Tpをアンダーシュート時間Tuの半分に設定することにより、可動部（可動子306）が固定部（固定コア310）から離れる方向へ移動中に確実に、コイル303に駆動電流を供給することができる。これにより、可動部の挙動をより安定させることが可能となる。

[0075] 次に、駆動制御部102は、多段噴射を実施するか否かを判定する（S4）。多段噴射を実施する場合（S4のYES）、駆動制御部102は、上記動作安定時間に基づいて、本実施形態に係る閉弁後の可動子306の挙動制御（アンダーシュート低減制御）を伴う燃料噴射制御を実施する（S5）。

[0076] 一方、多段噴射を実施しない場合（S4のNO）、駆動制御部102は、本実施形態に係る閉弁後の可動子306の挙動制御を実施せずに、通常の燃料噴射制御を実施する（S6）。

[0077] 次に、駆動制御部102は、イグニッションスイッチ信号がOFFであるかどうかを監視し（S7）、イグニッションスイッチ信号がONである場合には（S7のNO）、ステップS4の判定処理に進んで多段噴射の実施有無を判定する。また、イグニッションスイッチ信号がOFFである場合には（S7のYES）、駆動制御部102は、本フローチャートの処理を終了する。

[0078] 上述した第1の実施形態によれば、先の噴射終了から次の噴射開始までの間に、図5に示す可動子306の初期位置復帰タイミングの検出処理を実施

することにより、可動子 306 の状態（初期位置復帰タイミング）を検出することができる。そして、中間通電時に、検出結果を元にコイル 303 に駆動電流を投入することで、早期に可動子 306 を噴射前の状態（初期位置 P i）に戻し、燃料噴射弁 100 の噴射間隔を短縮することができる。

[0079] また、燃料噴射弁 100 ごとに、アンダーシュート低減制御における噴射パルス幅を調整することができるので、燃料噴射弁 100 の個体差を考慮することなく、燃料噴射弁 100 ごとに噴射間隔を設定することができる。従来、多気筒の内燃機関では、噴射間隔が一番長い燃料噴射弁に合わせて多段噴射の噴射間隔を余裕のある値に設定していたが、本実施形態により多段噴射の噴射間隔を、可動子の挙動検出処理の結果を元に、実際の燃料噴射弁 100 の挙動を元に設定できる。

[0080] <2. 第2の実施形態>

第2の実施形態は、初期位置復帰タイミング検出処理とアンダーシュート低減制御を並行して実施する例である。

[0081] 図8は、第2の実施形態に係る初期位置復帰タイミング検出処理とアンダーシュート低減制御を並行して実施する際のタイミングチャートの一例である。

[0082] 本実施形態において第1の実施形態と異なる点は、アンダーシュート時間検出制御とアンダーシュート低減制御を独立して実施するものではなく、同時に実施する点である。駆動制御部 102 は、閉弁後（T502）に、バッテリー電圧 V B 以上の駆動電圧をコイル 303 に印加する。図8では、駆動電圧としてバッテリー電圧 V B を用いている。このとき、燃料噴射弁駆動回路 106 a は、予め定めた目標電流値 707 となるようにスイッチング動作を行う。噴射パルス信号の ON 時間（噴射パルス幅）の長さは決まっていない。

[0083] 図8の例において、T703 から駆動電圧の ON 時間が長くなり、T704 で駆動電圧を印加する時間の長さが閾値を超えたものとする。駆動制御部 102 は、T704 の時点で、可動子 306 が弁体 301 の衝突面に到達するタイミングであると判断し、駆動電圧の印加を停止する。このとき、逆起

電力による電荷引き抜き（後述する図 12 参照）の実施の有無は問わない。これによって、可動子 306 の挙動を監視した状態で、アンダーシュート低減制御を実行することが可能となる。

[0084] 以上のとおり、第 2 の実施形態における駆動制御部 102 は、中間通電を実施中、弁体 301 が閉弁した後に可動部（可動子 306）が初期位置 P_i に到達する初期位置復帰タイミングを検出した時に、コイル 303 への通電を停止する制御を行う。これにより、1 回の噴射インターバル期間内で、初期位置復帰タイミング検出処理とアンダーシュート低減制御を実施することが可能となり、第 1 の実施形態の場合と比較して、一定時間内の多段噴射の回数を増加させることができる。

[0085] なお、第 2 の実施形態の変形例として、図 5 の検出処理により予めアンダーシュート時間 T_u の情報を得て、噴射パルス信号のオン時間である噴射パルス幅（T₅₀₂～T₇₀₅ の期間）を決定しておいてもよい。そして、初期位置復帰タイミングを検出したら（T₇₀₄）、噴射パルス信号を OFF にする（T₇₀₅）。

[0086] <3. 第 3 の実施形態>

図 9 は、第 3 の実施形態に係る初期位置復帰タイミング検出処理のタイミングチャートの一例である。

[0087] 第 3 の実施形態において第 1 の実施形態と異なる点は、アンダーシュート時間を検出する手段として、駆動電圧または駆動電流ではなく直接スイッチング動作を監視する点である。まず、弁体 301 が弁座 302 に衝突するタイミング（T₅₀₂）で再び噴射パルスを ON とする。燃料噴射弁駆動回路 106a は、コイル 303 にバッテリー電圧 V_B を印加し、予め定めた目標電流値 807 となるようにスイッチング動作を行う。駆動制御部 102 は、スイッチング動作の ON 時間を監視し、可動子 306 が弁体 301 の衝突面に到達した時に相当するスイッチングの間隔が長くなる点を監視する。

[0088] 以上のとおり、第 3 の実施形態に係る駆動制御部 102（燃料噴射弁パルス幅演算部 102a）は、コイル 303 に駆動電圧が印加されてから駆動電

流が目標電流値 807 になるまでに、コイル 303 に駆動電圧を印加するためのスイッチング動作のオン時間 (T803 から T804 の期間) が閾値を超えた時点を、初期位置復帰タイミング (T804) と判断する。

[0089] これにより、駆動電流又は駆動電圧を測定することなく、燃料噴射弁駆動回路 106a のトランジスタのスイッチング動作に基づいて、初期位置復帰タイミング (T804) を検出することができる。

[0090] <4. 第4の実施形態>

図10は、第4の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミングチャートの一例である。

[0091] 第4の実施形態において第1の実施形態と異なる点は、アンダーシュート低減制御のために予め2種類以上の目標電流値を設定する点にある。弁体 301 が弁座 302 に衝突するタイミング (T602) において再び噴射パルス信号を ON とする。それにより、燃料噴射弁駆動回路 106a は、コイル 303 にバッテリー電圧 VB 以上 (図中、高電圧 VH) の大きさの駆動電圧を印加する。図10には、昇圧した高電圧 VH をコイル 303 に印加した例が示されているが、バッテリー電圧 VB でもよい。バッテリー電圧 VB を用いる場合には、バッテリー電圧 VB の印加時間は高電圧 VH の印加時間よりも長い時間に設定する。

[0092] そして、燃料噴射弁駆動回路 106a は、コイル 303 の駆動電流が予め定めた第1の目標電流値 906 に達するまで高電圧 VH を印加し、第1の目標電流値 906 に達したとき (T903)、駆動電圧の印加を一旦停止する。その後、燃料噴射弁駆動回路 106a は、コイル 303 の駆動電流が予め定めた第2の目標電流値 907 となるように、再度コイル 303 にバッテリー電圧 VB を印加して (T904 ~ T905)、スイッチング動作を行う。

[0093] 以上のとおり、第4の実施形態に係る制御部 (駆動制御部 102) は、中間通電時における駆動電流の目標電流値として、第1の目標電流値 (第1の目標電流値 906) と、第1の目標電流値よりも小さい第2の目標電流値 (第2の目標電流値 907) が、メモリ 101b に設定される。そして、制御

部は、弁体 301 が閉弁した時にコイル 303 に供給される駆動電流が第 1 の目標電流値になるまで駆動電圧を印加して、駆動電流が第 1 の目標電流値に達したら駆動電圧の印加を一旦停止し、その後、コイル 303 に供給される駆動電流が第 2 の目標電流値で維持されるように駆動電圧を印加する制御を行う。

[0094] このように、弁体 301 が閉弁した直後により高い第 1 の目標電流値 906 を設定してコイル 303 に駆動電流を供給することで、弁体 301 の閉弁直後、可動子 306 が弁座 302 の方向へ向かう移動力を、開弁方向の吸引磁気力によって抑えることが可能となる。それゆえ、可動子 306 のアンダーシュートを低減させることができる。

[0095] <5. 第 5 の実施形態>

第 5 の実施形態は、2 種類以上の駆動電流を設定し、駆動電流の切り替え時に逆電圧の駆動電圧を印加する例である。

[0096] 図 11 は、第 5 の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミングチャートの一例である。本実施形態において第 4 の実施形態と異なる点は、予め設定する 2 種類以上の目標電流値において駆動電流の切り替え時（例えば T1003）に逆起電力を用いて、コイル 303 から電荷を引き抜く点である。

[0097] 本実施形態に係る制御部（駆動制御部 102）は、中間通電時における駆動電流の目標電流値として、第 1 の目標電流値（第 1 の目標電流値 1007）と、第 1 の目標電流値よりも小さい第 2 の目標電流値（第 2 の目標電流値 1008）がメモリ 101b に設定される。そして、制御部は、弁体 301 が閉弁した時にコイル 303 に供給される駆動電流が第 1 の目標電流値 1007 になるまで駆動電圧を印加し、駆動電流が第 1 の目標電流値 1007 に達したら（T1003）、駆動電流が第 1 の目標電流値 1007 に達する前までに印加していた駆動電圧の極性とは逆極性の駆動電圧（逆電圧 1006）を、コイル 303 に印加する。その後（T1004）、制御部は、噴射パルス信号が OFF するまで（T1005）、コイル 303 に供給される駆動

電流が第2の目標電流値1008となるように駆動電圧を印加する。

[0098] 本実施形態では、図11から理解されるように、逆電圧1006を印加後に再度コイル303に印加する駆動電圧（第2の目標電流値1008）の極性は、駆動電圧が逆極性となる前の電圧の極性と同じ（図12では正極性）である。

[0099] このように、逆電圧1006による逆起電力を用いてコイル303から一担電荷を引き抜いた後、再びコイル303に電荷を供給する。このように構成することで、逆起電力を用いて可動子306のアンダーシュートを抑制後、電荷の再供給により生じた残留磁気力によって、可動子306への弁体301の衝突面へ衝突する可動子306の移動力の増加を低減することができる。

[0100] <6. 第6の実施形態>

図12は、第6の実施形態に係るアンダーシュート低減制御のタイミングチャートの一例である。

[0101] 図12に示すアンダーシュート低減制御では、中間通電時に駆動電流が目標電流値607になった時点（T603）で、第1～第3のトランジスタ203、204、205（図2参照）をOFFにして、コイル303に0V以下（逆極性）の駆動電圧を印加する。そして、設定時間が経過後（T1301）、第3のトランジスタ205のみをオンして、コイル303の駆動電圧を0Vとする。これにより、初期位置復帰タイミングがT1302となるアンダーシュート609Aを伴う可動子306の変位が得られる。

[0102] 上記のとおり、第6の実施形態では、駆動制御部102（燃料噴射弁パルス幅演算部102a）は、中間通電の終了時（T603）、中間通電が終了する前までに印加していた駆動電圧の極性とは逆極性の駆動電圧（逆電圧1303）を、コイル303に印加する。

[0103] このように、中間通電の終了時に、コイル303に逆極性の駆動電圧を印加することで、コイル303に逆起電力を発生させて、コイル303から短時間で電荷を引き抜いて残留磁気力を低減することができる。それにより、

コイル 303 の磁気吸引力が低下し、可動子 306 の開弁方向への移動速度が下がることから、可動子 306 が初期位置へ復帰（弁体 301 へ衝突する）ときの衝撃を弱めることができる。

[0104] 図 12 に示す駆動電圧及び駆動電流の制御は、第 1 ～第 5 の実施形態におけるアンダーシュート低減制御に適用することができる。

[0105] < 7. 第 7 の実施形態 >

上述した第 1 ～第 6 の実施形態において、燃料噴射弁 100 の内部構造を、磁気吸引力により開弁方向に引き上げられた可動子 306 が弁体 301 の衝突面に当接する構成としたが、この構成に限らない。例えば、燃料噴射弁が、可動子が弁体に衝突する前に可動子が助走する空間を確保した予備ストローク機構を備えていてもよい。

[0106] 図 13 は、第 7 の実施形態に係る中間ストローク機構を備えた燃料噴射弁の構造例を示す図である。図 13 に示す燃料噴射弁 100A が図 3 に示した燃料噴射弁 100 と大きく異なる点は、中間部材 1201 を含む予備ストローク機構の存在である。なお、図 13 は、予備ストローク機構の原理を説明するために、内部構造や部品形状等を誇張又は省略して表現している。

[0107] 燃料噴射弁 100A において、燃料噴射弁 100 に対して、中間部材 1201 とスプリング 1202 を有している。弁体 301A は、弁体 301 に対応している。弁体 301A は、第 1 のつば部 1210 と第 2 のつば部 1211 を有するように形成されており、第 1 のつば部 1210 は、セットスプリング 309 と当接する。また、可動子 306A は、可動子 306 に対応している。

[0108] 予備ストローク機構の構成要素である中間部材 1201 は、一つの底面を有する円柱状である。その底面の中央部には、弁体 301A が挿通される開口部が形成されている。中間部材 1201 の断面形状は、おおよそ鉤状である。中間部材 1201 の下端面 1201b が可動子 306A の上面（衝突面）と接離し、上端面 1201a がスプリング 1202 と当接する。このような構成では、中間部材 1201 は可動部として機能する。

- [0109] 可動子 306A が初期位置 P i にあるとき、可動子 306A と弁体 301A の第 2 のつば部 1211 とは、間隙 G 2 だけ離れている。初期位置 P i は、燃料噴射前のコイル 303 が非通電状態における可動子 306A の位置である。
- [0110] コイル 303 が通電すると、可動子 306A が、固定コア 310 により初期位置 P i から開弁方向へ向かって引き上げられる。そして、可動子 306A が助走して勢いをつけた状態で、可動子 306A の衝突面が中間部材 1201 の下端面 1201b に衝突する。そして、中間部材 1201 が可動子 306A とともに開弁方向に移動し、中間部材 1201 の上端面 1201a がスプリング 1202 に衝突する。これにより、可動子 306A の力が、中間部材 1201 を介して（図 13 ではスプリング 1202 も介して）弁体 301A に伝達される。なお、中間部材 1201 の上端面 1201a が直接、弁体 301A の第 1 のつば部 1210 に衝突するような構成でもよい。
- [0111] このような予備ストローク機構を備えた燃料噴射弁に対して本発明の燃料噴射制御を適用した場合でも、上述した第 1 ～第 6 の実施形態の構成と同様の効果が得られる。
- [0112] なお、磁気吸引力により開弁方向に引き上げられた可動部（例えば可動子 306、306A 又は弁体 301、301A、又は中間部材 1201 など）が、燃料噴射弁 100 の内部に配置若しくは形成された任意の固定部（固定コア 310 又は他の固定部分）に、衝突（接触）する構成でもよい。
- [0113] < 8. その他 >
- さらに、本発明は上述した各実施形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、その他種々の応用例、変形例を取り得ることは勿論である。
- [0114] 例えば、上述した各実施形態は本発明を分かりやすく説明するために燃料噴射制御装置 101 の構成及び動作を詳細かつ具体的に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成要素を備えるものに限定されない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成要素に置き換えることは可能

である。また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成要素を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成要素の追加、削除、置換をすることも可能である。

[0115] また、上記の各構成、機能、処理部等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計するなどによりハードウェアで実現してもよい。

符号の説明

[0116] 100, 100A…燃料噴射弁（燃料噴射装置）、 101…燃料噴射制御装置（ECU）、 102…駆動制御部（制御部）、 102a…燃料噴射弁パルス幅演算部、 102b…燃料噴射弁駆動波形指令部、 103…エンジン状態検知部、 104…駆動IC、 105…高電圧生成回路、 106a…燃料噴射弁駆動回路（上流側）、 106b…燃料噴射弁駆動回路（下流側）、 203…第1のトランジスタ、 204…第2のトランジスタ、 205…第3のトランジスタ、 301, 301A…弁体、 302…弁座、 303…コイル、 306, 306A…可動子（可動コア）、 310…固定コア（固定部）、 VB…バッテリー電圧（低電圧）、 VH…高電圧

請求の範囲

[請求項1] 弁座と当接することによって燃料通路を閉じて閉弁し、弁座から離れることによって燃料通路を開けて開弁する弁体と、前記弁体を駆動する可動部と、電流が流れることで磁気吸引力を生じさせるコイルと、前記磁気吸引力により前記可動部を吸引する固定部と、を有し、前記弁体が前記弁座に当接して閉弁した後、前記可動部が前記コイルに通電していないときの初期位置に戻るよう構成された燃料噴射弁を制御する制御装置において、

前記弁体が前記弁座に当接して閉弁した状態において、前記コイルをスイッチング動作により通電する中間通電を行うよう構成された制御部、を備え、

前記制御部は、前記弁体が前記弁座に当接して閉弁した後、前記可動部が前記固定部から離れる方向へ変位した状態において前記コイルをスイッチング動作により通電し、前記コイルに駆動電圧が印加されてから前記コイルに供給される駆動電流が目標電流値へ変化するまでにかかる時間の長さの変化に基づいて、前記弁体が閉弁した後に前記可動部が前記初期位置に到達する初期位置復帰タイミングを検出する処理を行う

燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項2] 前記制御部は、検出した前記初期位置復帰タイミングに基づいて前記コイルに対する前記中間通電を制御する

請求項1に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項3] 前記初期位置復帰タイミングは、前記コイルに前記駆動電圧が印加されてから前記駆動電流が前記目標電流値になるまでの時間の長さが閾値を超えたときである

請求項1に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項4] 前記初期位置復帰タイミングは、前記コイルに前記駆動電圧が印加されてから前記駆動電流が前記目標電流値になるまでに、前記コイル

に前記駆動電圧が印加された時間が閾値を超えたときである

請求項 1 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項5] 前記初期位置復帰タイミングは、前記コイルに前記駆動電圧が印加されてから前記駆動電流が前記目標電流値になるまでに、前記コイルに前記駆動電圧を印加するための前記スイッチング動作のオン時間が閾値を超えたときである

請求項 1 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記弁体が開弁後に前記弁体が前記弁座に当接したタイミングで前記コイルへの通電を開始する

請求項 1 又は 2 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項7] 前記制御部は、前記通電時に、前記弁体が開弁後に前記弁座に当接した後、前記コイルを開弁するときに用いる駆動電圧よりも低い駆動電圧を用いて、前記コイルに供給する前記駆動電流が前記目標電流値となるように前記コイルを通電する

請求項 1 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記中間通電の終了時、前記中間通電が終了する前までに印加していた前記駆動電圧の極性とは逆極性の駆動電圧を、前記コイルに印加する

請求項 2 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項9] 前記制御部は、前記弁体が開弁した後に前記可動部が前記初期位置に到達する前記初期位置復帰タイミングを検出する処理と、前記初期位置復帰タイミングに基づいて前記コイルに前記中間通電を行う制御とをそれぞれ、独立して実施する

請求項 2 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項10] 前記制御部は、前記初期位置復帰タイミングを検出する処理の結果に基づいて、前記初期位置復帰タイミングを検出する処理を実施した後の前記中間通電を行うための燃料噴射弁駆動パルス信号のパルス幅を、前記初期位置復帰タイミングを検出する処理を実施する前の、前

記弁体が閉弁した後に前記可動部が前記初期位置に到達するまでの時間以下に設定する

請求項 9 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項11] 前記制御部は、前記初期位置復帰タイミングを検出する処理を実施した後の前記中間通電を行うための前記燃料噴射弁駆動パルス信号のパルス幅を、前記弁体が閉弁した後に前記可動部が前記初期位置に到達した前記初期位置復帰タイミングまでの時間の半分の長さに設定する

請求項 10 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項12] 前記制御部は、前記中間通電を実施中、前記弁体が閉弁した後に前記可動部が前記初期位置に到達する前記初期位置復帰タイミングを検出した時に、前記コイルへの通電を停止する

請求項 2 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項13] 前記中間通電時における前記駆動電流の目標電流値として、第 1 の目標電流値と、前記第 1 の目標電流値よりも小さい第 2 の目標電流値が設定され、

前記制御部は、前記弁体が閉弁した時に前記コイルに供給される前記駆動電流が前記第 1 の目標電流値になるまで前記駆動電圧を印加して、前記駆動電流が前記第 1 の目標電流値に達したら前記駆動電圧の印加を一旦停止し、その後、前記コイルに供給される前記駆動電流が前記第 2 の目標電流値で維持されるように前記駆動電圧を印加する

請求項 2 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項14] 前記制御部は、前記中間通電時における前記駆動電流の目標電流値として、第 1 の目標電流値と、前記第 1 の目標電流値よりも小さい第 2 の目標電流値が設定され、

前記制御部は、前記弁体が閉弁した時に前記コイルに供給される前記駆動電流が前記第 1 の目標電流値になるまで前記駆動電圧を印加し、前記駆動電流が前記第 1 の目標電流値に達したら、前記駆動電流が

前記第 1 の目標電流値に達する前までに印加していた前記駆動電圧の極性とは逆極性の駆動電圧を、前記コイルに印加し、その後、前記コイルに供給される前記駆動電流が前記第 2 の目標電流値となるように前記駆動電圧を印加する

請求項 2 に記載の燃料噴射弁を制御する制御装置。

[請求項 15]

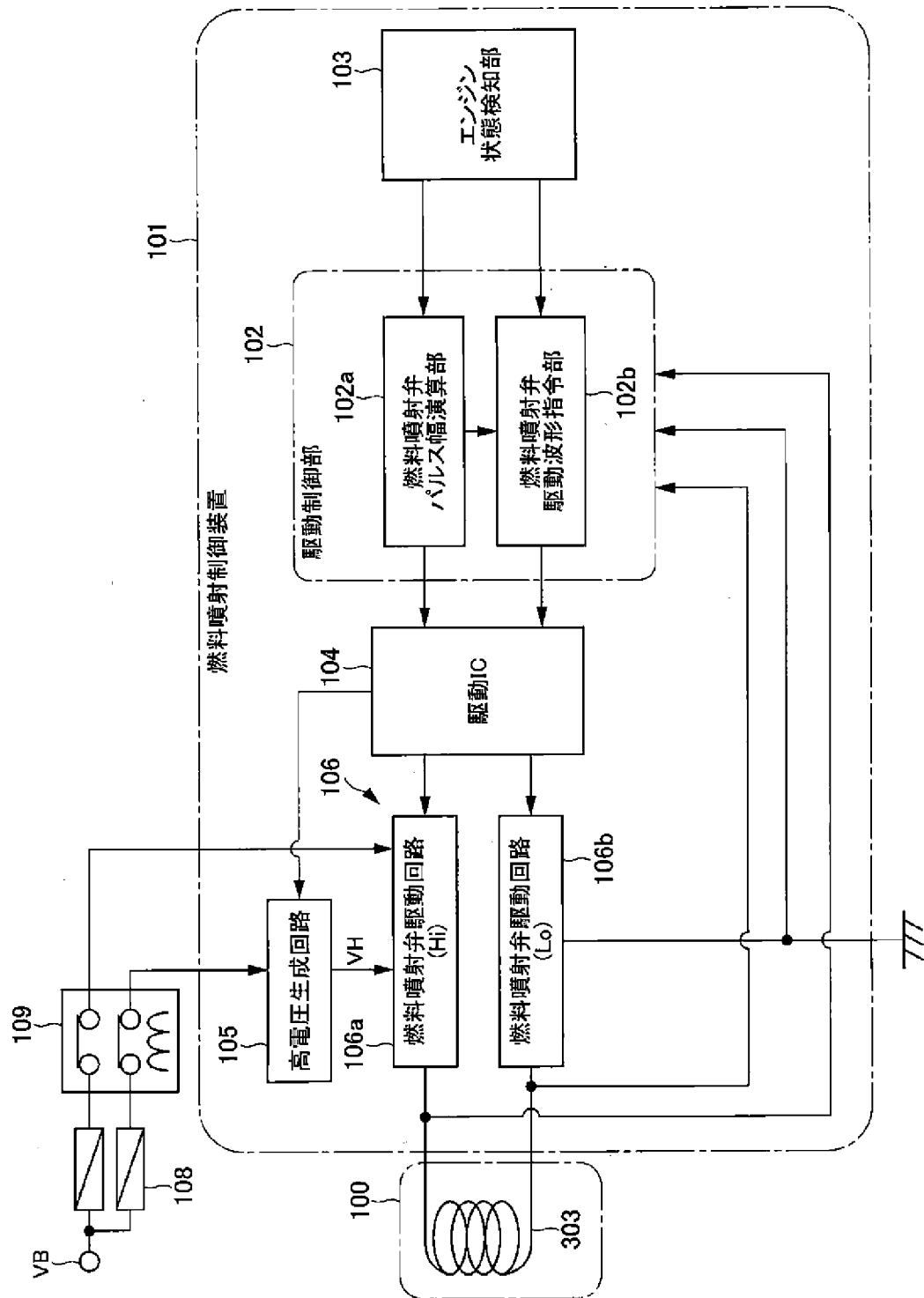
弁座と当接することによって燃料通路を閉じて閉弁し、弁座から離れることによって燃料通路を開けて開弁する弁体と、前記弁体を駆動する可動部と、電流が流れることで磁気吸引力を生じさせるコイルと、前記磁気吸引力により前記可動部を吸引する固定部と、を有し、前記弁体が前記弁座に当接して閉弁した後、前記可動部が前記コイルに通電していないときの初期位置に戻るよう構成された燃料噴射弁を制御する制御装置が備えるコンピューターに、

前記弁体が前記弁座に当接して閉弁した後、前記可動部が前記固定部から離れる方向へ変位した状態において前記コイルをスイッチング動作により通電する手順と、

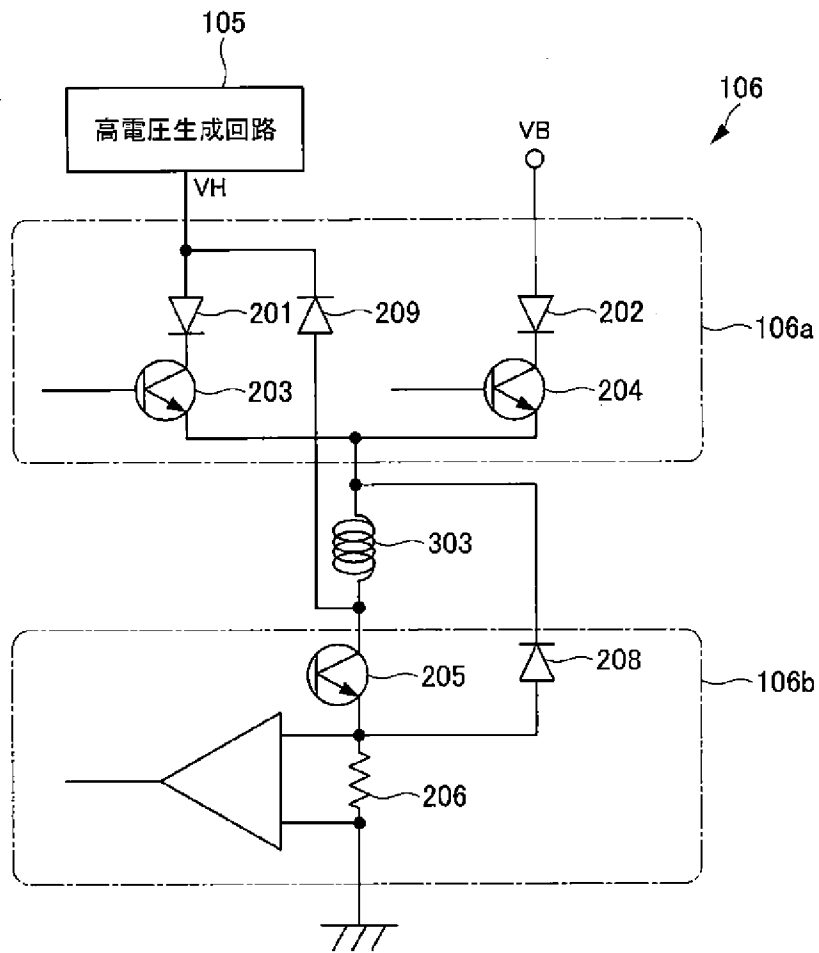
前記コイルに駆動電圧が印加されてから前記コイルに供給される駆動電流が目標電流値へ変化するまでにかかる時間の長さの変化に基づいて、前記弁体が閉弁した後に前記可動部が前記初期位置に到達する初期位置復帰タイミングを検出する手順を、

実行させるためのプログラム。

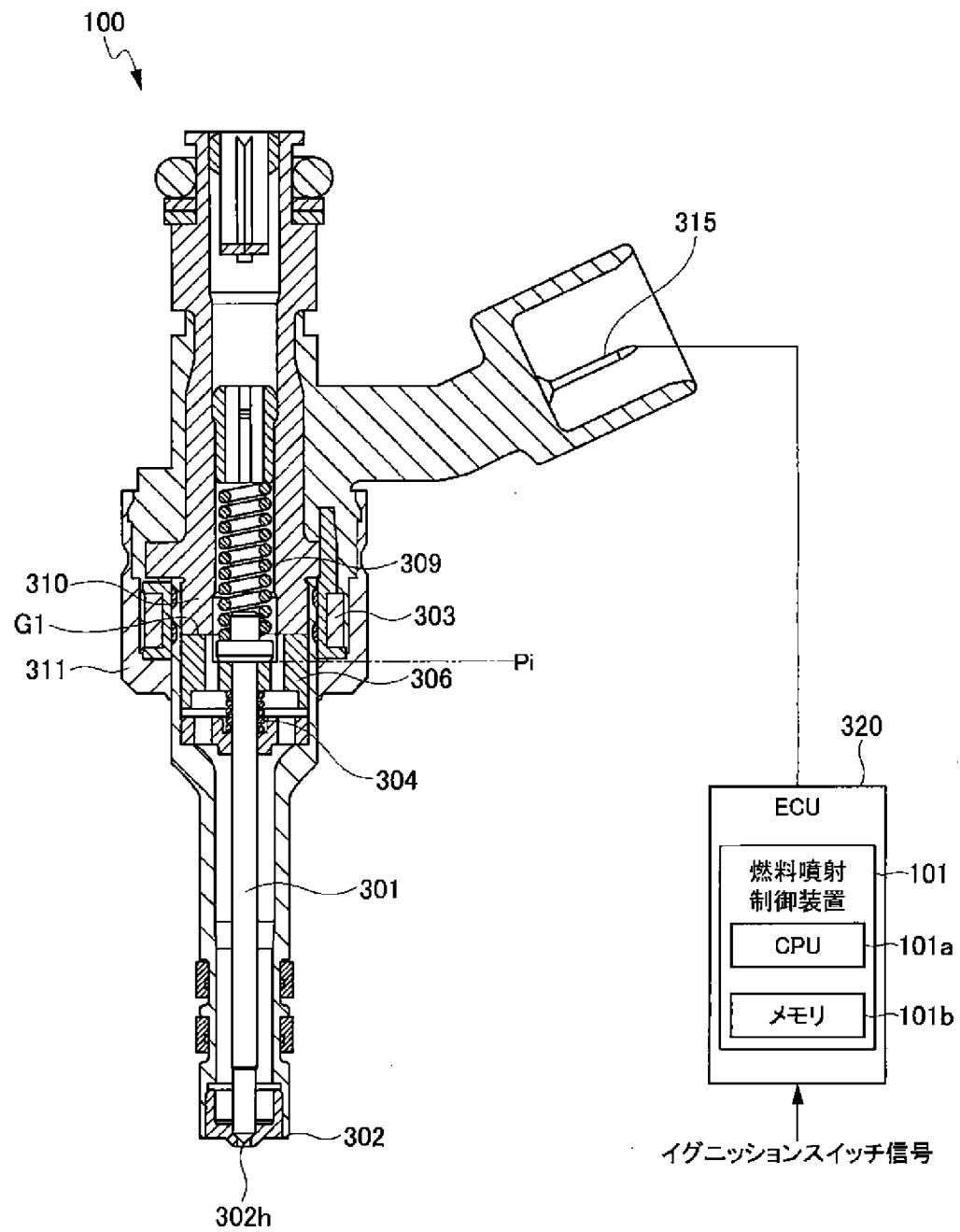
[図1]



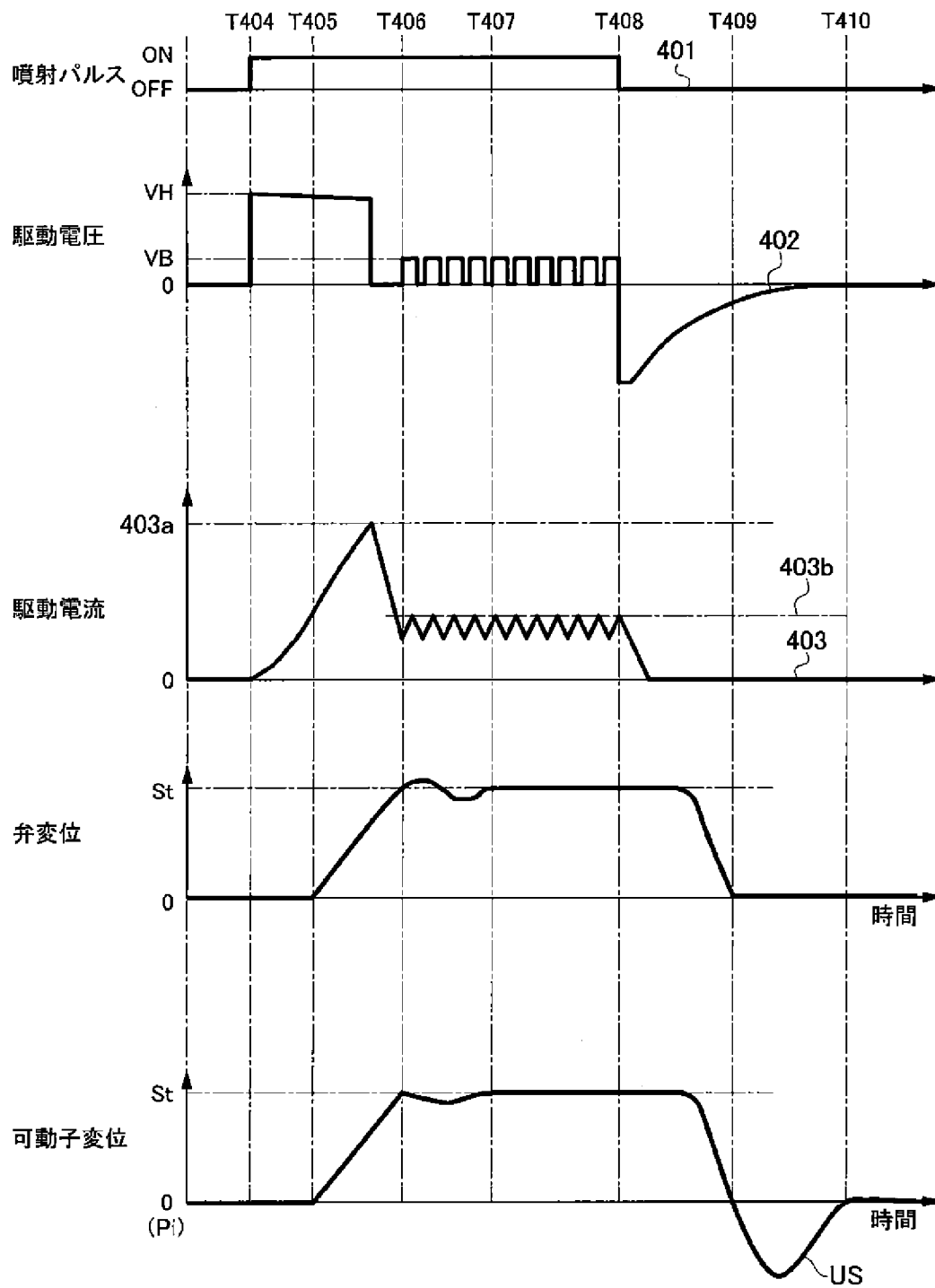
[図2]



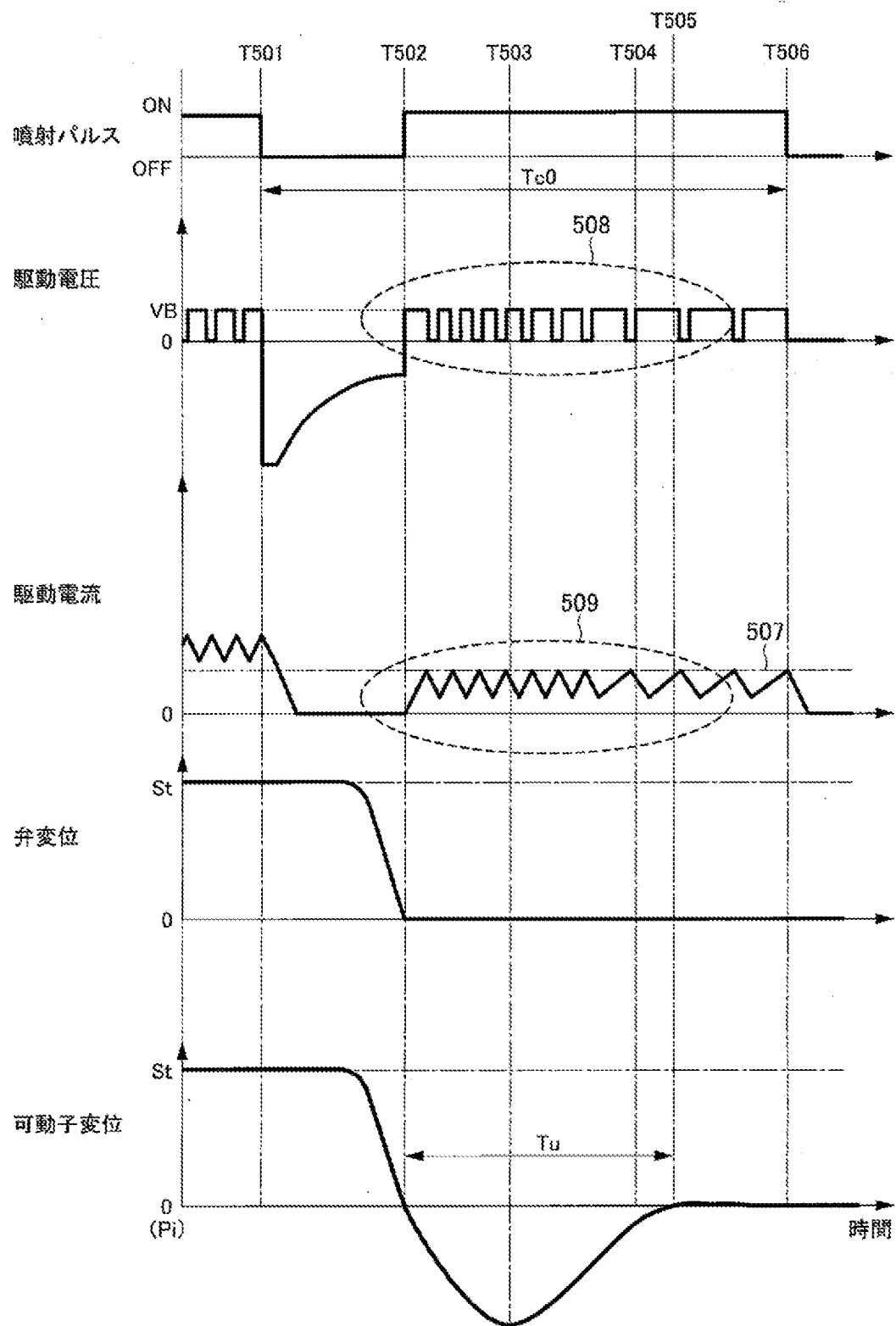
[図3]



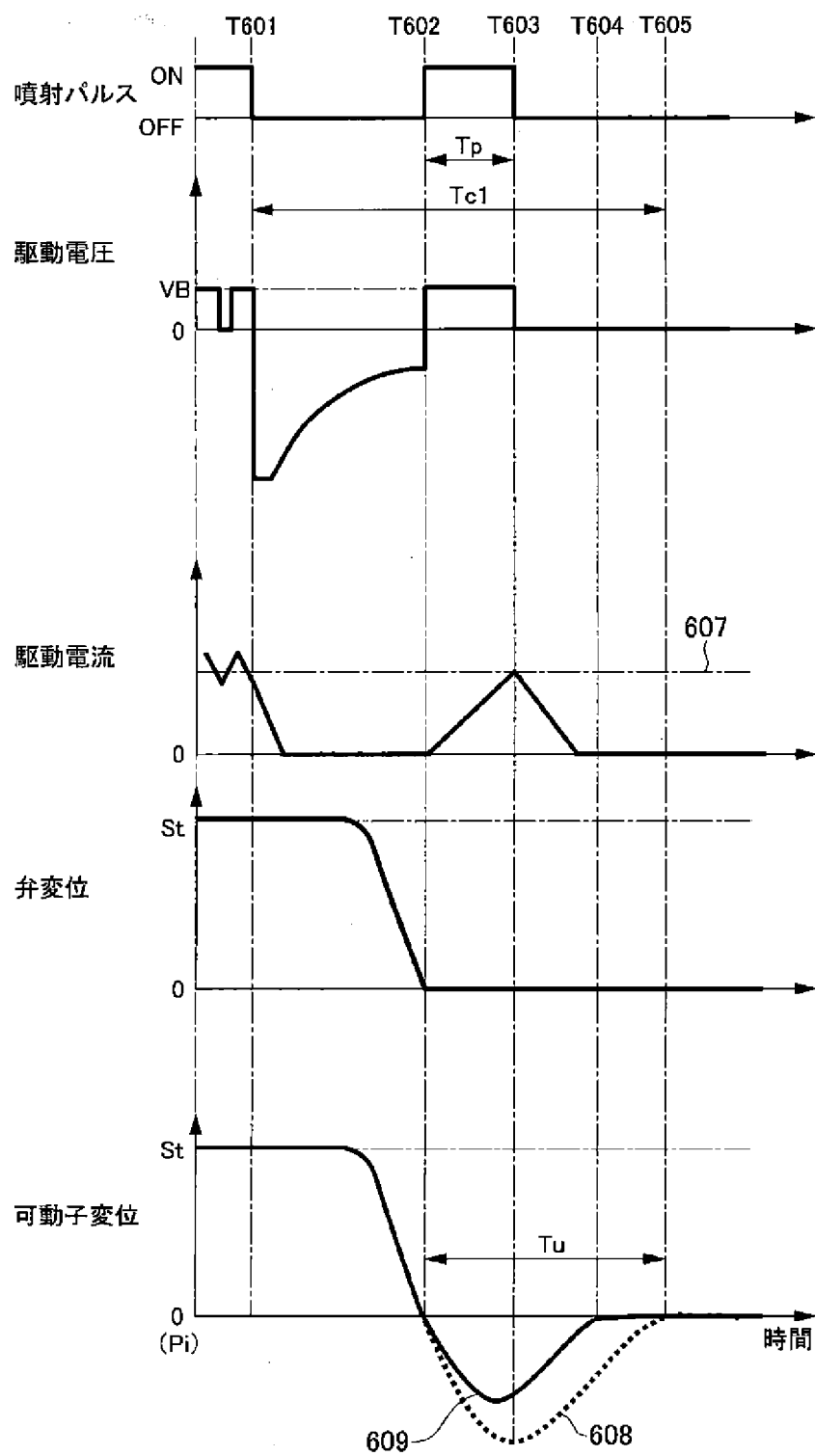
[図4]



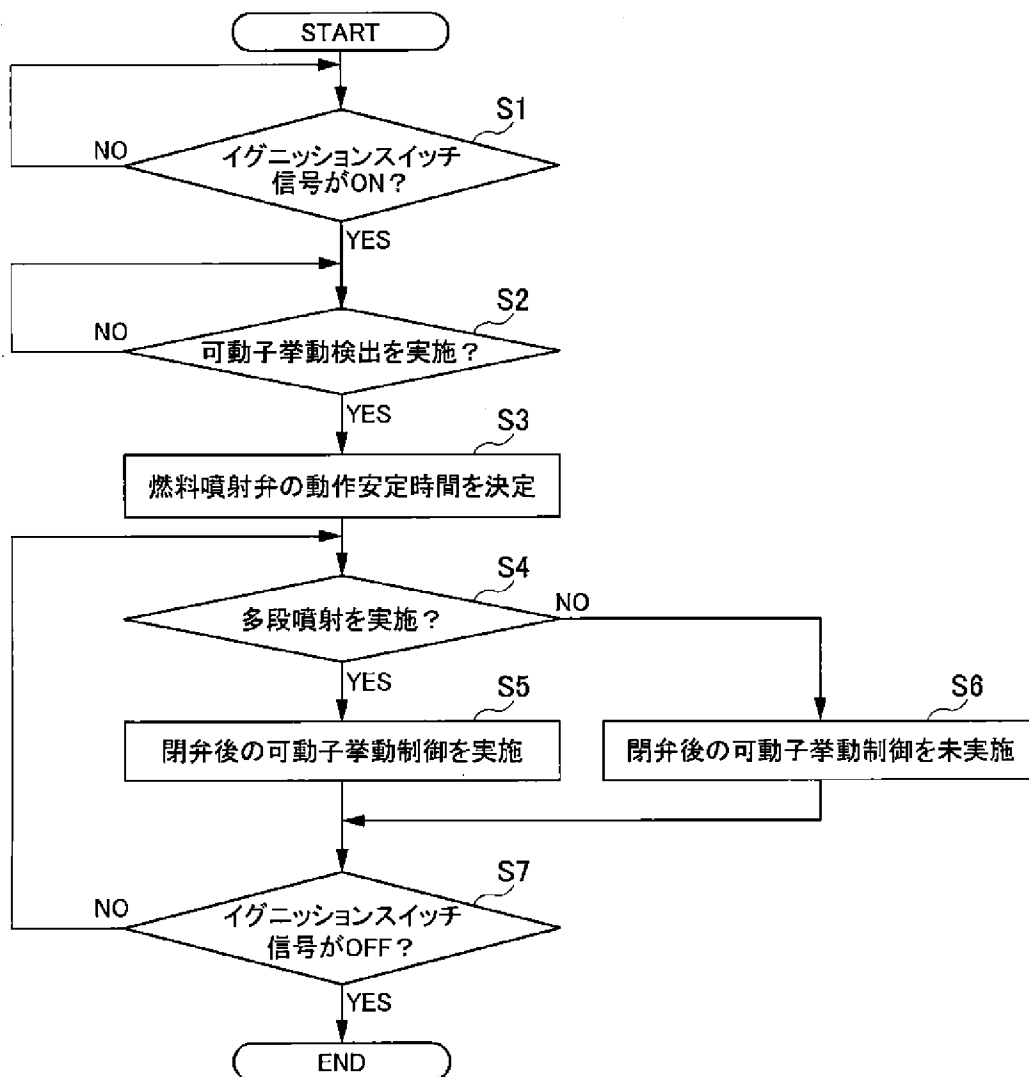
[図5]



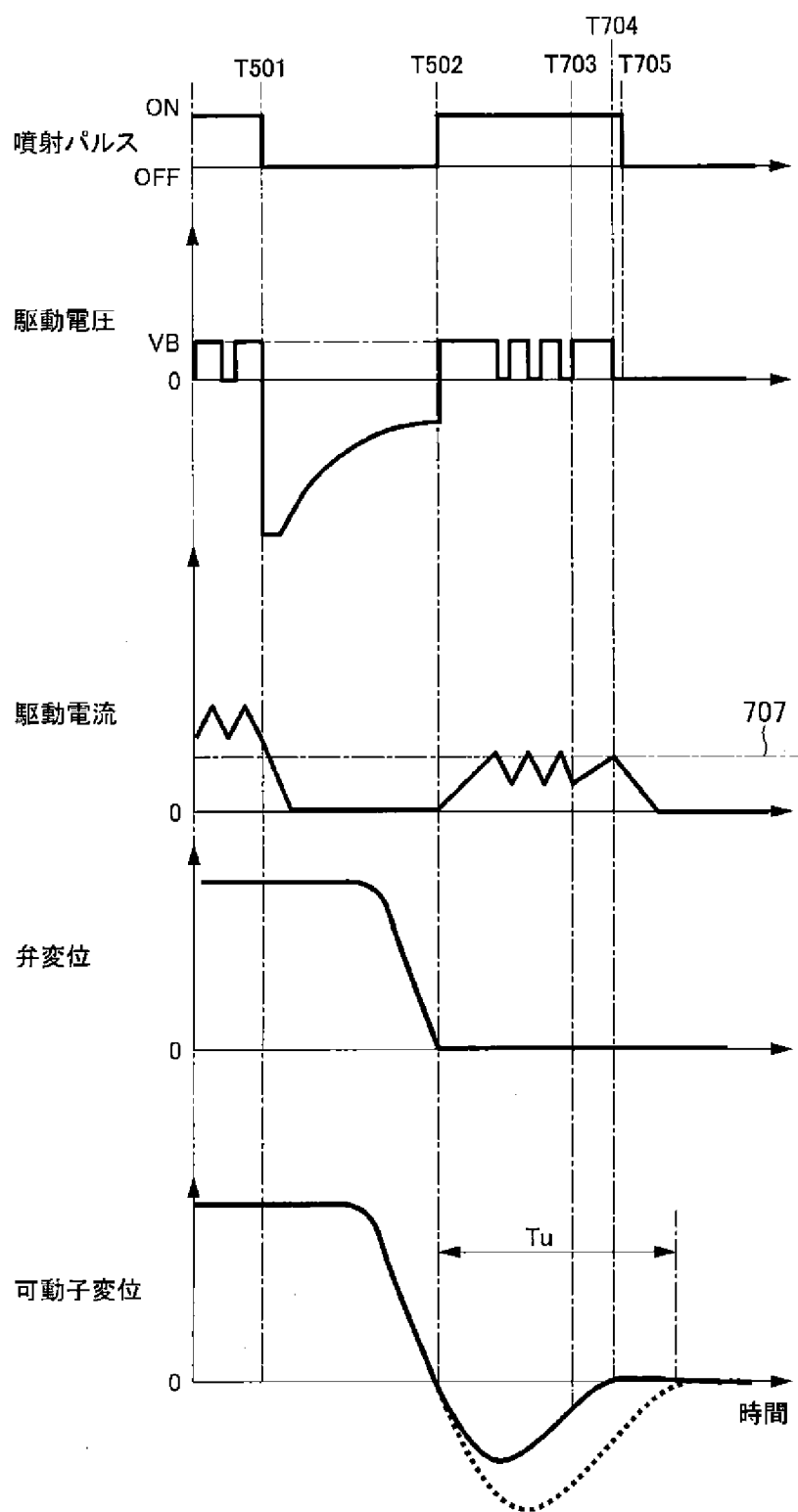
[図6]



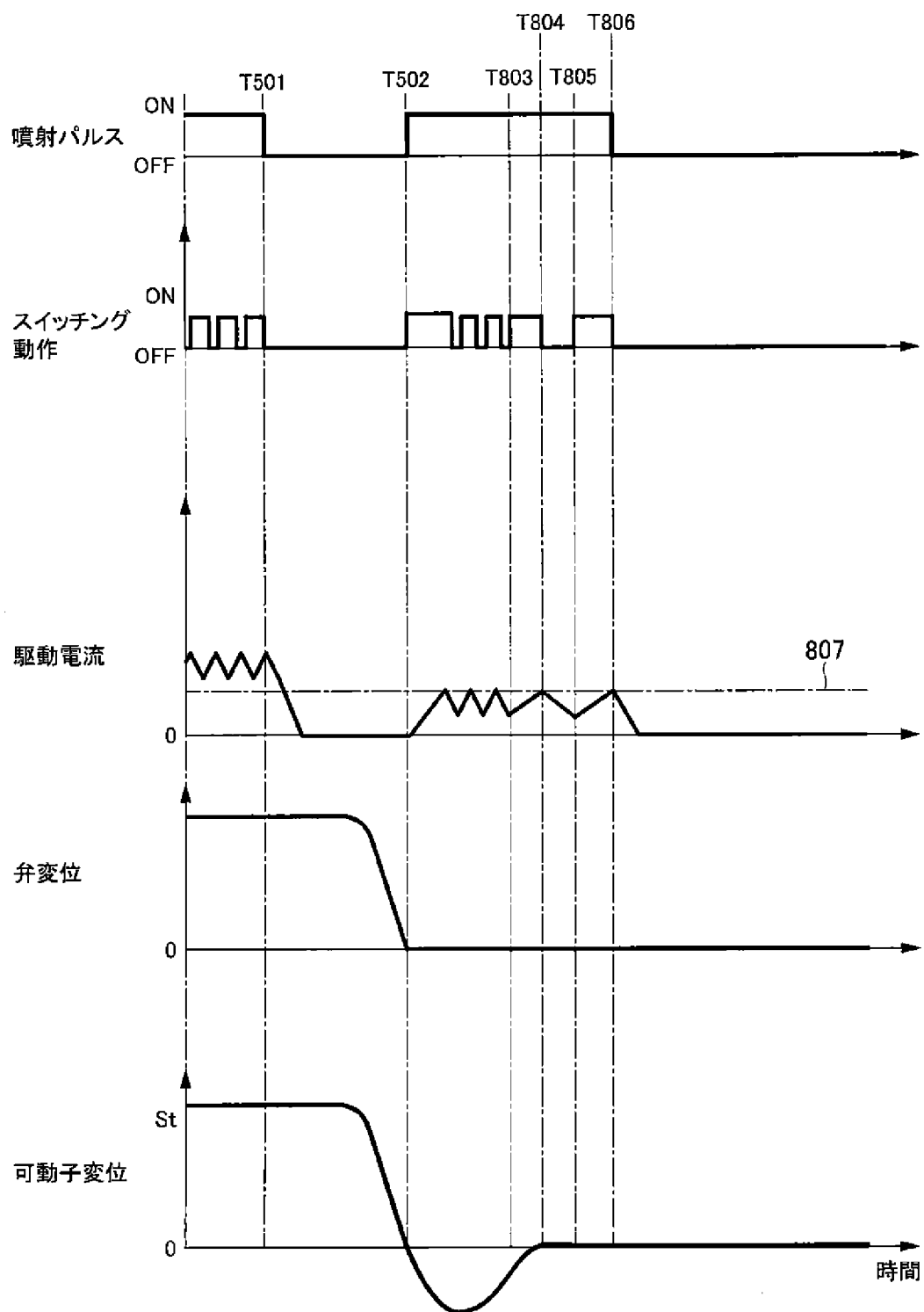
[図7]



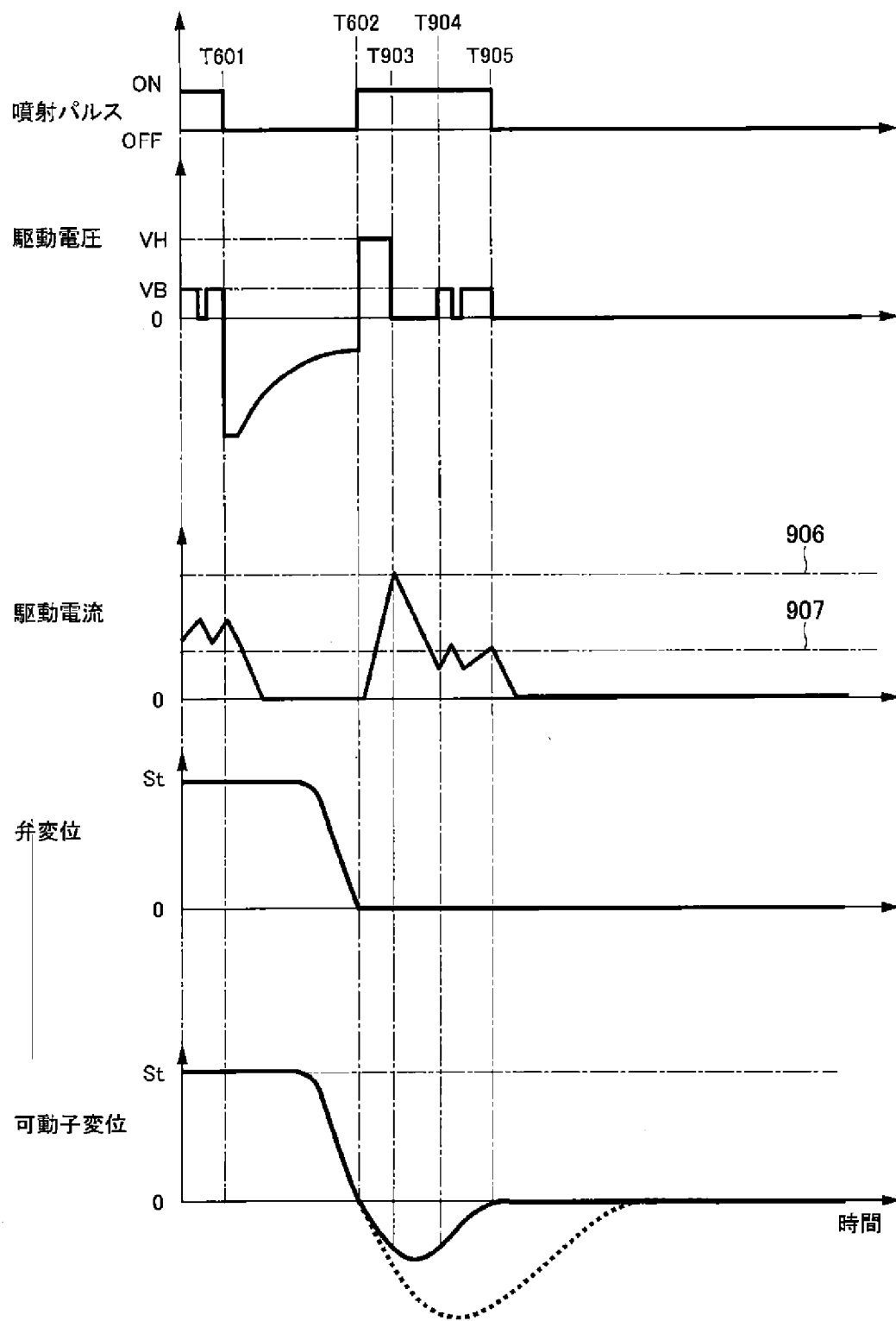
[図8]



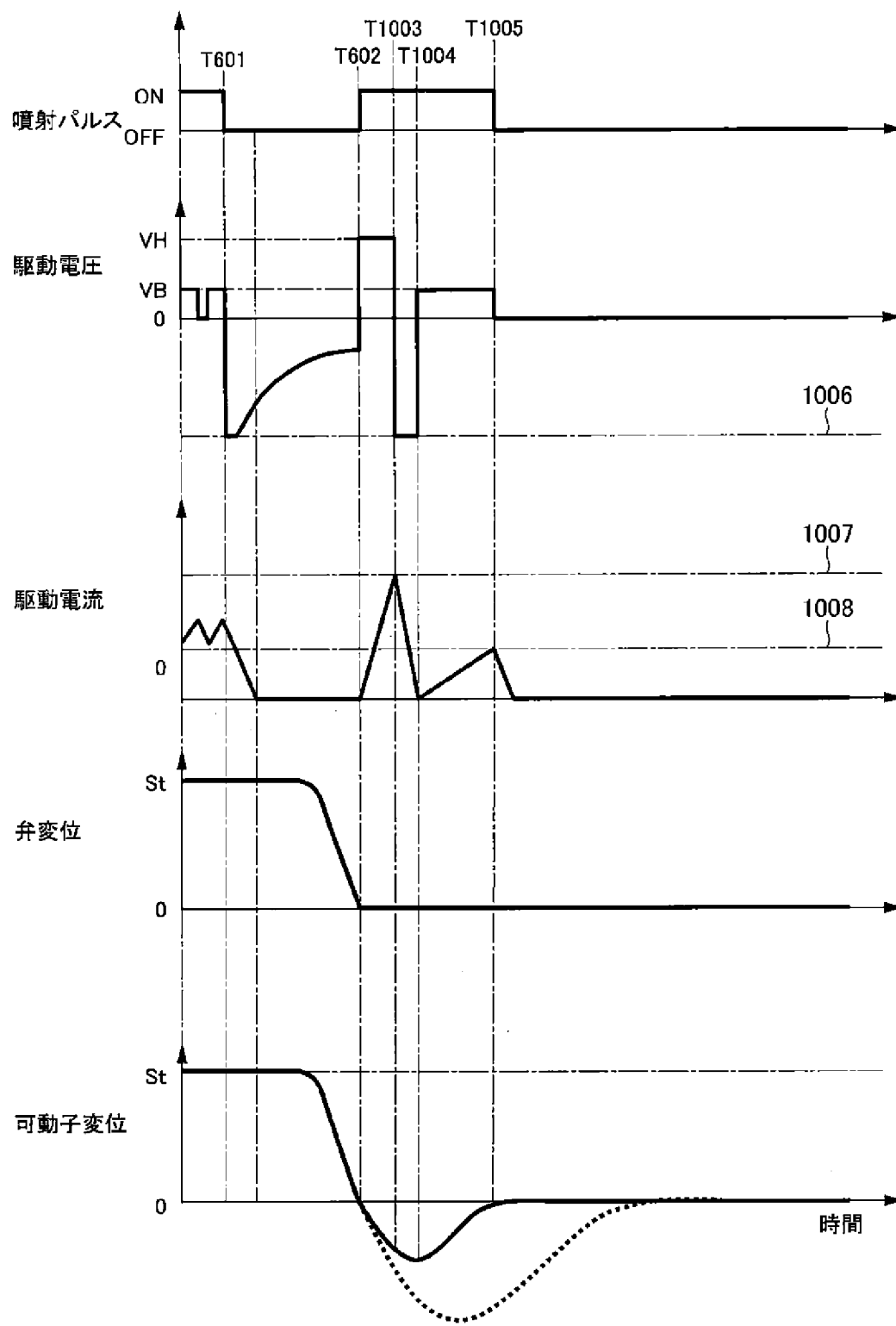
[図9]



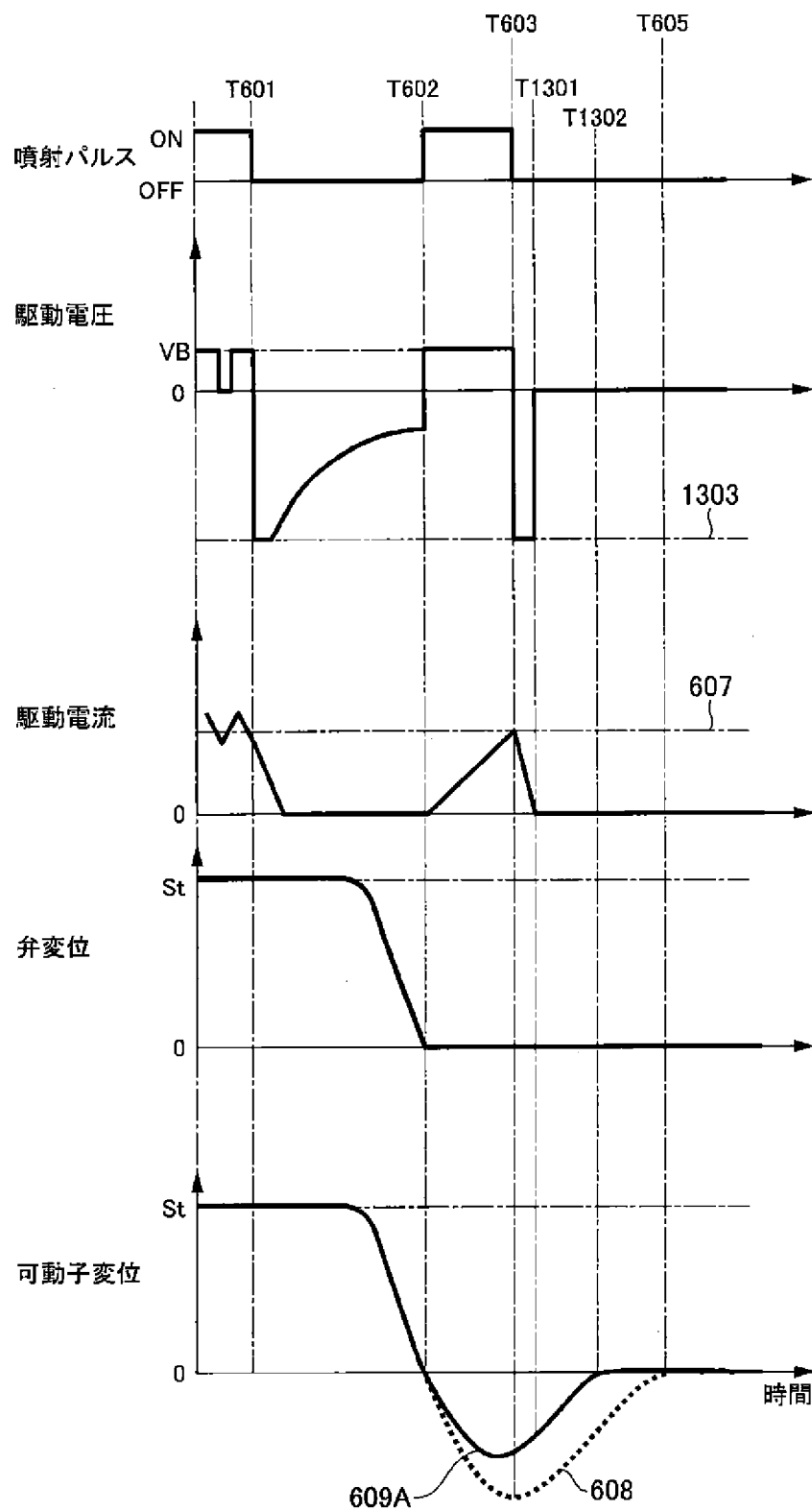
[図10]



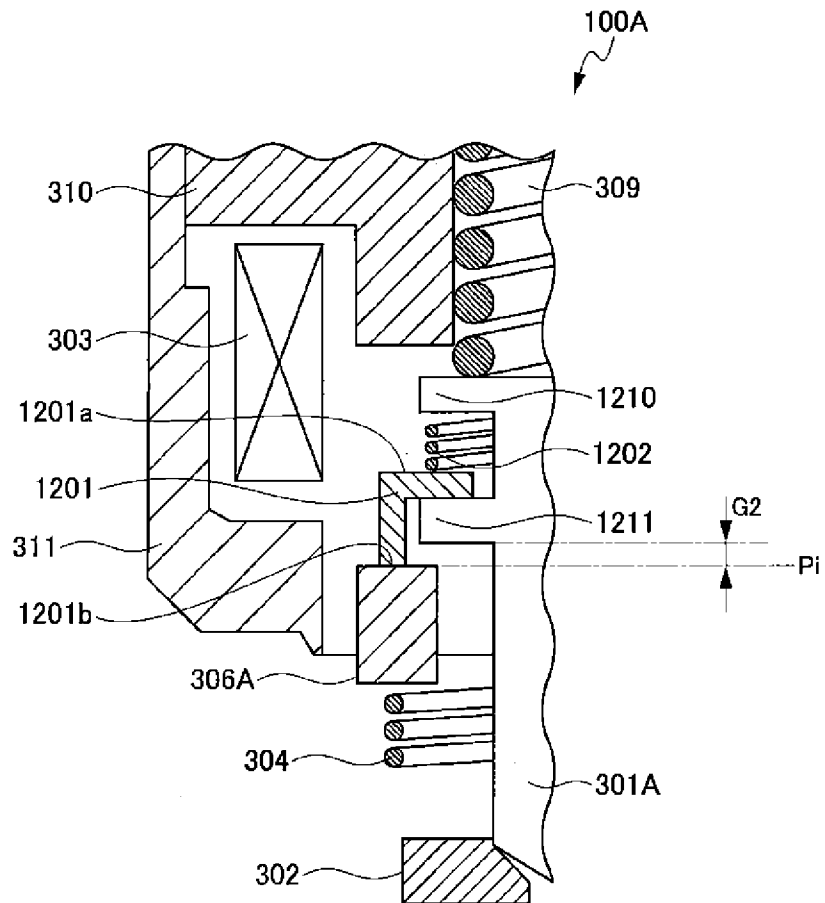
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/046279

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D 41/20 (2006.01)i; F02D 41/34 (2006.01)i; F02M 51/00 (2006.01)i; F02M 51/06 (2006.01)i

FI: F02D41/20; F02D41/34; F02M51/00 A; F02M51/06 F; F02M51/08 L; F02M61/10 L; F02M61/10 M

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)

F02D41/00-45/00; F02M51/00-61/20; F16K31/06-31/11

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
A	JP 2008-280876 A (HITACHI, LTD.) 20.11.2008 (2008-11-20)	1-15
A	JP 2014-129817 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 10.07.2014 (2014-07-10)	1-15
A	JP 2016-196893 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 24.11.2016 (2016-11-24) fig. 33	1-15
A	JP 2017-106354 A (DENSO CORP.) 15.06.2017 (2017-06-15) fig. 2	1-15
A	JP 2017-014944 A (DENSO CORP.) 19.01.2017 (2017-01-19) fig. 5	1-15



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
11 March 2020 (11.03.2020)

Date of mailing of the international search report
24 March 2020 (24.03.2020)

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/046279

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2008-280876 A	20 Nov. 2008	US 2008/0276907 A1 EP 1990526 A2 (Family: none)	
JP 2014-129817 A	10 Jul. 2014	WO 2013/191267 A1	
JP 2016-196893 A	24 Nov. 2016	fig. 33	
JP 2017-106354 A	15 Jun. 2017	US 2018/0328305 A1 fig. 2	
		WO 2017/098965 A1	
JP 2017-014944 A	19 Jan. 2017	DE 112016005612 T5 (Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F02D 41/20(2006.01)i; F02D 41/34(2006.01)i; F02M 51/00(2006.01)i; F02M 51/06(2006.01)i; F02M 51/08(2006.01)i; F02M 61/10(2006.01)i FI: F02D41/20; F02D41/34; F02M51/00 A; F02M51/06 F; F02M51/08 L; F02M61/10 L; F02M61/10 M		
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）） F02D41/00-45/00; F02M51/00-61/20; F16K31/06-31/11 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
A	JP 2008-280876 A（株式会社日立製作所）20.11.2008（2008-11-20）	1-15
A	JP 2014-129817 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）10.07.2014（2014-07-10）	1-15
A	JP 2016-196893 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）24.11.2016（2016-11-24） 図33	1-15
A	JP 2017-106354 A（株式会社デンソー）15.06.2017（2017-06-15） 図2	1-15
A	JP 2017-014944 A（株式会社デンソー）19.01.2017（2017-01-19） 図5	1-15
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 11.03.2020		国際調査報告の発送日 24.03.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 三宅 龍平 3Z 4020 電話番号 03-3581-1101 内線 3395

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/046279

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2008-280876	A	20.11.2008	US	2008/0276907	A1	
				EP	1990526	A2	
JP	2014-129817	A	10.07.2014	(ファミリーなし)			
JP	2016-196893	A	24.11.2016	WO	2013/191267	A1	
				図33			
JP	2017-106354	A	15.06.2017	US	2018/0328305	A1	
				図2			
				WO	2017/098965	A1	
				DE	112016005612	T5	
JP	2017-014944	A	19.01.2017	(ファミリーなし)			