

(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  
2025年1月9日(09.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/009028 A1

- (51) 国際特許分類:  
*F02M 51/06* (2006.01) *F02D 1/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/024664
- (22) 国際出願日: 2023年7月3日(03.07.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日立 Astemo 株式会社(HITACHI ASTEMO, 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: 青野 俊宏(AONO Toshihiro); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 Astemo 株式会社内 Ibaraki (JP). 中居 裕貴(NAKAI Hirotaka); 〒3128503 茨城県

ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 Astemo 株式会社内 Ibaraki (JP). 根本 雅史(NEMOTO Masashi); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 Astemo 株式会社内 Ibaraki (JP).

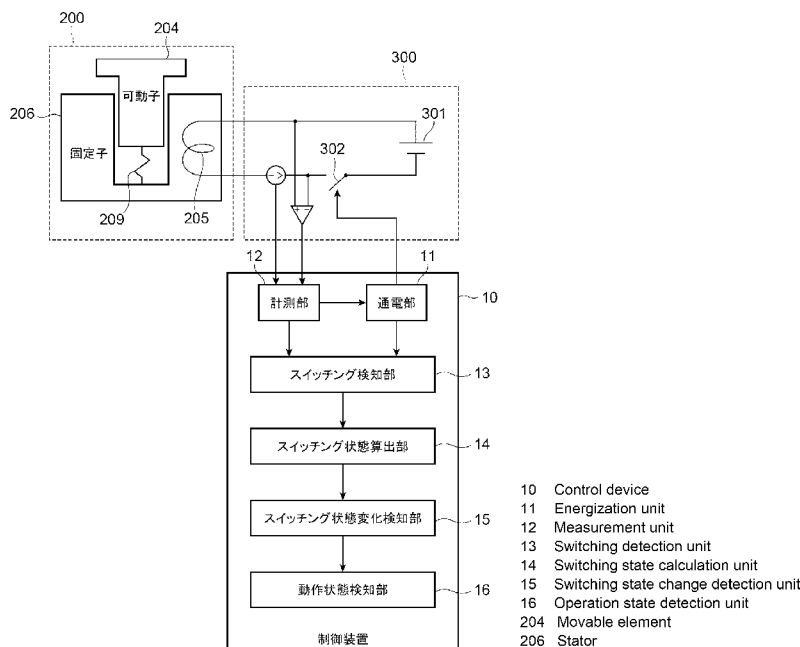
(74) 代理人: 弁理士法人平木国際特許事務所 (HIRAKI & ASSOCIATES); 〒1056232 東京都港区愛宕二丁目 5 - 1 愛宕グリーンヒルズ MORI タワー 3 2 階 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR ELECTROMAGNETIC ACTUATOR

(54) 発明の名称: 電磁アクチュエータの制御装置

図8



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to accurately detect the operation state of a movable element of an electromagnetic actuator. A control device 10 controls an electromagnetic actuator 200 having a stator 206, a coil 205, and a movable element 204 that operates on the basis of current supplied to the coil 205. The control device 10 comprises: an energization unit 11 that switches energization to the coil 205 and thereby supplies switching current to the coil 205; a switching detection unit 13 for detecting rises and falls in the switching current; a switching state calculation unit 14

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

for calculating the ratio (T1/T2) between a rise time T1 and a fall time T2; a switching state change detection unit 15 for detecting change in the calculated ratio; and an operation state detection unit 16 that detects the operation state of the movable element 204 on the basis of detected change in the ratio.

(57) 要約: 電磁アクチュエータの可動子の動作状態を正確に検知することを目的とする。制御装置 10 は、固定子 206 と、コイル 205 と、コイル 205 に供給された電流に基づき動作する可動子 204 とを有する電磁アクチュエータ 200 を制御する装置である。制御装置 10 は、コイル 205 への通電をスイッチングしてコイル 205 にスイッチング電流を供給する通電部 11 と、当該スイッチング電流の立ち上がり及び立ち下がりを検知するスイッチング検知部 13 と、立ち上がり時間 T1 と立ち下がり時間 T2 との比率 (T1 / T2) を算出するスイッチング状態算出部 14 と、算出された比率の変化を検知するスイッチング状態変化検知部 15 と、検知された比率の変化に基づいて可動子 204 の動作状態を検知する動作状態検知部 16 と、を備える。

## 明 細 書

発明の名称：電磁アクチュエータの制御装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、電磁アクチュエータの制御装置に関する。

### 背景技術

[0002] 車両の内燃機関には、高効率、高出力及び低排気が求められる。これらをバランスよく解決する手段として、直噴内燃機関が普及して久しい。直噴内燃機関の重要な課題として、燃料を加圧する高圧燃料ポンプの静音化、又は、燃料を気筒内に噴射するインジェクタの噴射量の高精度化がある。

[0003] 高圧燃料ポンプは、燃料の吸入量を制御する電磁アクチュエータを備えている。高圧燃料ポンプの静音化には、吸入弁を構成する弁体の閉弁時の衝突速度を低減することが必要であるが、これは閉弁のための駆動電流を低減することによって実現可能である。しかし、駆動電流を低減し過ぎると、閉弁に失敗する。閉弁に失敗しない限界の駆動電流である最小駆動電流は、弁体の開閉動作を制御する電磁アクチュエータの個体差によって高圧燃料ポンプ毎に異なる。閉弁のための最小駆動電力は、弁体を押さえつけるスプリングの力に依存する。スプリング力が強いほど、これに打ち勝って閉弁するには大きな電力を要する。一方、スプリング力が強いほど、閉弁は遅くなる。したがって、閉弁完了が遅い電磁アクチュエータは、最小駆動電力を大きく設定する必要がある。

[0004] インジェクタは、燃料の噴射量を制御する電磁アクチュエータを備えている。インジェクタの噴射量は、同じ駆動電流で駆動されても、電磁アクチュエータの個体差によってインジェクタ毎に異なる。弁体の閉弁完了タイミングと噴射量との間には相関があるので、閉弁完了タイミングを揃えるように駆動電流を制御することによって、噴射量のばらつきを低減することができる。

[0005] これらの例のように、高圧燃料ポンプの静音化、又は、インジェクタの噴

射量の高精度化を実現するためには、弁体の閉弁完了タイミングを正確に検知することが必要である。閉弁完了タイミングを検知する技術として、特許文献 1 に開示された技術が知られている。

[0006] 特許文献 1 には、加圧室へ燃料が流入する流入口を先端側で開閉する弁体と、前記弁体の基端側に設けられた可動子と、コイルが通電されることで前記可動子を吸引する固定子と、を備えた高圧燃料ポンプにおいて、一定の範囲で変化するとともに周波数が設定値以上、変化するタイミングが設定範囲に入る電流が前記コイルに流れる電磁アクチュエータを備えたことを特徴とする高圧燃料ポンプが開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0007] 特許文献1：特開 2 0 2 1 － 3 2 1 7 8 号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0008] 高圧燃料ポンプ又はインジェクタに備えられた電磁アクチュエータの駆動電流は、開弁位置に静止している弁体と可動子とが動き出すエネルギーを与えるピーク電流と、弁体を閉弁位置で維持するべく可動子の動作状態を維持する保持電流とに大別される。保持電流は、振幅が一定範囲で周期的に変化するスイッチング電流として電磁アクチュエータのコイルに供給される。閉弁完了タイミングは、可動子の動作状態によって規定され、保持電流が供給される期間中に到来するように制御することが、駆動電力の低減及び静音化の観点から望ましい。

[0009] 特許文献 1 に開示された技術では、保持電流の周波数の変化を検知することによって閉弁完了タイミングを検知している。しかしながら、発明者は、保持電流の周波数が閉弁によって高くなるか低くなるかは、コイルに供給される電流の供給源であるバッテリーの電圧（電源電圧）に依存することを見出した。保持電流の周波数が変化するタイミングが電源電圧によって変化して

しまうので、特許文献1に開示された技術は、電源電圧に対するロバスト性を確保する点において改善の余地がある。可動子の動作状態を電源電圧に依存することなく正確に検知できることは、高圧燃料ポンプ又はインジェクタの電磁アクチュエータ以外の他の電磁アクチュエータを高精度に制御するためにも重要な課題である。

[0010] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、電磁アクチュエータの可動子の動作状態を正確に検知することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために、本発明に係る電磁アクチュエータの制御装置は、固定子と、前記固定子に固定されたコイルと、前記コイルに供給された電流に基づき動作する可動子とを有する電磁アクチュエータを制御する制御装置であって、前記コイルへの通電をスイッチングして前記コイルにスイッチング電流を供給する通電部と、前記コイルに供給された前記スイッチング電流の立ち上がり及び立ち下がりを検知するスイッチング検知部と、前記立ち上がりが検知された時間と前記立ち下がり検知された時間との比率を算出するスイッチング状態算出部と、算出された前記比率の変化を検知するスイッチング状態変化検知部と、検知された前記比率の前記変化に基づいて前記可動子の動作状態を検知する動作状態検知部と、を備えることを特徴とする。

### 発明の効果

[0012] 本発明によれば、電磁アクチュエータの可動子の動作状態を正確に検知することができる。

上記以外の課題、構成および効果は、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

[0013] [図1]直噴内燃機関の概略構成を説明する図。

[図2]高圧燃料ポンプの構成を説明する図。

[図3]高圧燃料ポンプの動作を説明するタイムチャート。

[図4]図4（a）は閉弁成功時の弁体及び可動子の変位を説明する図であり、図4（b）は閉弁失敗時の弁体及び可動子の変位を説明する図。

[図5]プランジャの変位と高圧配管の燃圧との関係を説明する図。

[図6]ピーク電流供給量と可動子の閉弁完了直前の速度との関係を説明する図。

[図7]閉弁完了タイミングと騒音レベルとの関係を説明する図。

[図8]電磁アクチュエータの制御装置の構成を説明する図。

[図9]コイルに供給される電流の詳細を説明する図。

[図10]図8に示すスイッチング検知部、スイッチング状態算出部及びスイッチング状態変化検知部の具体的構成を説明する図。

[図11]図10に示す微分回路、正負判定回路、平滑回路及び変曲点抽出回路の出力を説明する図。

[図12]実施形態2のスイッチング検知部、スイッチング状態算出部及びスイッチング状態変化検知部の具体的構成を説明する図。

[図13]図12に示す通電検知回路、平滑回路及び変曲点抽出回路の出力を説明する図。

### 発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。なお、各実施形態において同一の符号を付された構成又は機能については、特に言及しない限り、各実施形態において同様の構成又は機能を有し、その説明を省略する。

[0015] [実施形態1]

図1～図11を用いて、実施形態1に係る電磁アクチュエータ200の制御装置10について説明する。

[0016] 図1は、直噴内燃機関100の概略構成を説明する図である。

[0017] 直噴内燃機関100（以下「内燃機関100」とも称する）では、燃料タンク101に蓄えられた燃料はフィードポンプ102において0.4MPa程度に加圧され、更に高圧燃料ポンプ103において数十MPaに加圧され

る。加圧された燃料は、高圧配管１０４を経由し、インジェクタ１０５から内燃機関１００の気筒１０６に噴射される。

[0018] 噴射された燃料は、ピストン１０７の動作により気筒１０６に吸入された空気と混合される。この混合気は、点火プラグ１０８が生成する火花によって点火され、爆発する。爆発により生成される熱により気筒１０６内の混合気は膨張し、ピストン１０７を押し下げる。ピストン１０７を押し下げる力はリンク機構１０９を経由し、クランク軸１１０を回転させる。クランク軸１１０の回転はミッションを通して車輪に伝えられ、車両を動かす力となる。

[0019] 内燃機関１００には、高効率、高出力及び低排気が主に求められるが、更なる付加価値として騒音及び振動の低減が求められる。高圧燃料ポンプ１０３においては、吸入弁を構成する弁体２０３の開閉の際に、弁体２０３とストッパ２０８との衝突、又は、可動子（アンカ）２０４と固定子２０６との衝突、及び、弁体２０３とシート部２０７との衝突によって騒音が発生する。自動車メーカ及びサプライヤは、この騒音の低減にしのぎを削っている。

[0020] 図２は、高圧燃料ポンプ１０３の構成を説明する図である。

[0021] 高圧燃料ポンプ１０３は、内燃機関１００のカム軸に取り付けられたカム２０１の回転によって上下運動するプランジャ２０２と、プランジャ２０２の上下運動に同期して開閉動作する吸入弁を構成する弁体２０３と、弁体２０３の開閉動作を制御する電磁アクチュエータ２００と、を備える。

[0022] 高圧燃料ポンプ１０３は、ケーシング２２３を有し、ケーシング２２３の内部に加圧室２１１が設けられる。燃料は、低圧配管１１１側から、流入口２２５及び連通口２２１を通して加圧室２１１へ流入する。加圧室２１１に流入された燃料は、流出口２２２を通して高圧配管１０４側へ吐出される。流出口２２２は、吐出弁２１０によって開閉される。吐出弁２１０は、スプリング２２６によって流出口２２２を閉弁する方向に常時付勢されている。加圧室２１１の圧力（燃圧）がスプリング２２６の反発力に打ち勝つと、流出口２２２は開いて燃料を吐出する。

- [0023] 加圧室 2 1 1 への燃料の流入は、流入口 2 2 5 を開閉する弁体 2 0 3 によって規制される。弁体 2 0 3 の開閉動作は、電磁アクチュエータ 2 0 0 によって制御される。電磁アクチュエータ 2 0 0 は、電気エネルギーを、磁気エネルギーを介して機械エネルギーに変換する装置である。電磁アクチュエータ 2 0 0 は、磁気コアである固定子 2 0 6 と、固定子 2 0 6 に固定されたコイル 2 0 5 と、コイル 2 0 5 に供給された電流に基づき動作する可動子 2 0 4 と、を有する。
- [0024] 可動子 2 0 4 は、スプリング 2 1 5 によって付勢された弁体 2 0 3 に当接して弁体 2 0 3 の動きを規制しており、可動子 2 0 4 の動作に連動して弁体 2 0 3 を動かすことによって弁体 2 0 3 の開閉動作を制御する。可動子 2 0 4 は、コイル 2 0 5 に供給された電流により生成された磁気力によって固定子 2 0 6 に吸引されて、弁体 2 0 3 を動かす。すなわち、コイル 2 0 5 の通電が制御されることによって可動子 2 0 4 の軸方向（図 2 の左右方向）の動作が制御される。
- [0025] 可動子 2 0 4 は、スプリング 2 0 9 によって固定子 2 0 6 に接続されている。可動子 2 0 4 は、スプリング 2 0 9 によって、開弁方向（図 2 の右方向）に常時付勢されている。これによって、可動子 2 0 4 は、コイル 2 0 5 の通電がオフの状態において、弁体 2 0 3 を開弁位置に保つ。このような高圧燃料ポンプ 1 0 3 は、ノーマルオープン型の高圧燃料ポンプと呼ばれ、本実施形態ではノーマルオープン型について説明するが、開弁と閉弁を置き換えればノーマルクローズ型にも適用できる。
- [0026] コイル 2 0 5 の通電がオンになると、固定子 2 0 6 と可動子 2 0 4 との間に電磁吸引力が発生する。この電磁吸引力がスプリング 2 0 9 の反発力に打ち勝つと、弁体 2 0 3 の基端側に設けられる可動子 2 0 4 は、閉弁方向（図 2 の左方向）へ吸引される。可動子 2 0 4 が固定子 2 0 6 に吸引された状態において、弁体 2 0 3 は、弁体 2 0 3 の上流側及び下流側の差圧、並びに、スプリング 2 1 5 の反発力に基づいて開閉するチェック弁となる。したがって、可動子 2 0 4 が磁気力によって閉弁方向に吸引されることによって、弁

体203は、スプリング215に押されて閉弁方向へ移動する。弁体203が閉弁方向へ設定されたリフト量だけ移動すると、弁体203は、シート部207に着座し、閉弁状態となる。弁体203が閉弁状態になると、加圧室211の燃料が低圧配管111側に逆流できなくなる。

[0027] 図3は、高圧燃料ポンプ103の動作を説明するタイムチャートである。

[0028] 弁体203がプランジャ202の上下運動に同期して開閉動作するように、カム201の回転角が検出され、例えば上死点(TDC: Top Dead Center)から決められた角度(P\_ONタイミング)をカム201が回転したのちに、コイル205の両端に電圧Vが印加され始める(タイミングt1)。この電圧Vにより、コイル205に流れる電流Iは、式1に従って増加する。

$$L \frac{dI}{dt} = V - RI \cdots (\text{式1})$$

[0029] ここで、式1のLはコイル205及び配線のインダクタンスであり、式1のRはコイル205及び配線の抵抗である。電流Iの増加に伴い固定子206が可動子204を吸引する電磁吸引力Fmagも増加する。

[0030] 電磁吸引力Fmagがスプリング209の反発力Fspよりも大きくなると、反発力Fspにより押さえ付けられていた可動子204が固定子206に向かって移動し始める(タイミングt2)。可動子204が移動すると、スプリング215に押されて、弁体203も可動子204に追従して固定子206に向かい移動する。

[0031] やがて弁体203は、シート部207に衝突して着座する。この衝突により、燃料の流路(図2の点線)は塞がれ、プランジャ202の上昇により加圧された燃料は低圧配管111側に戻れなくなり、加圧室211の圧力は上昇する。(タイミングt4)

[0032] 加圧室211の圧力が、吐出弁210を押さ付けるスプリング226の反発力Fsp\_outよりも大きくなると、吐出弁210が開き、プランジャ202の上昇により加圧された燃料が高圧配管104に吐出される。その後、タイミングt5において、駆動パルスがOFFとなるとコイル205には逆電圧が印加され、これによりコイル205に供給されていた保持電流が遮

断される。

[0033] カム角が上死点を過ぎてプランジャ202が下降し始めると（タイミングt6）、加圧室211の圧力は下がり、これがスプリング226の反発力Fsp\_\_outよりも小さくなると、吐出弁210は閉じて、燃料の吐出は終了する。

[0034] また、加圧室211の圧力低下により、弁体203と共に可動子204が閉弁位置から開弁位置へ移動する（タイミングt7～t8）。

[0035] このような動作により、高圧燃料ポンプ103は低圧配管111から高圧配管104に燃料を送る。この過程において、可動子204が固定子206に衝突すると共に弁体203がシート部207に衝突して閉弁が完了するタイミング（図3のタイミングt4）と、弁体203がストッパ208に衝突して開弁が完了するタイミング（図3のタイミングt8）とに騒音が発生する。この騒音は、特に内燃機関100がアイドル状態の時に、車両の乗員が不快に感じることもある。自動車メーカ及びサプライヤは、この騒音の低減にしのぎを削っている。本実施形態では、閉弁完了タイミングでの騒音低減を狙っている。

[0036] 電磁アクチュエータ200を駆動する駆動電流は、ピーク電流（図3の電流波形の斜線部）と、保持電流（図3の電流波形の横線部）とに大別される。ピーク電流は、スプリング209に押さえ付けられて開弁位置に静止している可動子204に対して、閉弁のために可動子204が動き出すエネルギーを与える電流である。一方、保持電流は、固定子206に近付いた可動子204を、固定子206に衝突するまで引き付けて、弁体203を閉弁位置で維持するべく、可動子204の動作状態を固定子206との接触状態に維持する電流である。閉弁が完了するタイミング（以下「閉弁完了タイミングTb」とも称する）は、保持電流が供給される期間中に到来するように制御される。ピーク電流供給量を低減すれば、閉弁の勢いは弱くなり、閉弁時の弁体203及び可動子204の速度は低減され、騒音は低減できる。しかし、ピーク電流供給量を低減し過ぎると閉弁に失敗する。したがって、閉弁に成

功する範囲で可能な限りピーク電流供給量を低減することが重要である。なお、図3に示すようにピーク電流の最大電流値を  $I_m$ 、保持電流の最大電流値を  $I_k$  とする。

[0037] 図4(a)は、閉弁成功時の弁体203及び可動子204の変位を説明する図である。図4(b)は、閉弁失敗時の弁体203及び可動子204の変位を説明する図である。図5は、プランジャ202の変位と高圧配管104の燃圧との関係を説明する図である。図6は、ピーク電流供給量と可動子204の閉弁完了直前の速度との関係を説明する図である。図7は、閉弁完了タイミングと騒音レベルとの関係を説明する図である。

[0038] 高圧燃料ポンプ103の役割は、高圧配管104の燃圧を目標値に保つように、低圧配管111の燃料を圧縮して高圧配管104に吐出することである。このために、高圧配管104には、高圧配管104の燃圧を計測する燃圧センサ250が設けられている。電磁アクチュエータ200の制御装置10(図8を参照)は、燃圧センサ250の計測値が目標値に追従するよう、コイル205への電流供給開始タイミング(P\_ONタイミング)を制御している。燃圧センサ250の計測値が目標値より低ければ、吐出量を増やすために、コイル205への電流供給開始タイミングは早くされる。燃圧センサ250の計測値が目標値より高ければ、燃料の吐出量を減らすために、コイル205への電流供給開始タイミングは遅くされる。この制御には、一般的にはPID制御が適用され得る。

[0039] 前述のように、ピーク電流供給量を低減すれば、弁体203の閉弁時の速度が低減され、騒音は低減できる。しかし、ピーク電流供給量を低減し過ぎると閉弁に失敗する。すなわち、閉弁に十分なピーク電流供給量がコイル205に供給される場合には、弁体203及び可動子204は、図4(a)に示すような動作を行う(閉弁成功)。閉弁に十分なピーク電流供給量がコイル205に供給されない場合には、弁体203及び可動子204は、スプリング209の反発力に打ち勝てず、図4(b)に示すような動作を行う(閉弁失敗)。

[0040] 閉弁成功の場合、弁体203は、低压配管111から加压室211に至る流入口225を塞ぎ、プランジャ202の上昇によって加压室211で上昇した燃圧は、高压配管104に伝搬する。これにより、図5の右上がり斜線部Aに示すように、プランジャ202の上昇に同期して、高压配管104の燃圧は上昇する。一方、閉弁失敗の場合、プランジャ202が上昇しても、加压室211の燃料は、低压配管111側に逃げてしまう。これにより、図5の右下がり斜線部Bに示すように、プランジャ202が上昇しても、高压配管104の燃圧は上昇しない。

[0041] 電磁アクチュエータ200の制御装置10は、高压配管104に設けられた燃圧センサ250の計測値に基づいて、閉弁成功と閉弁失敗との違いを判別することができる。制御装置10は、閉弁失敗の場合にはコイル205への電流供給量を増加させ、閉弁成功の場合にはコイル205への電流供給量を減少させる。このように、プランジャ202の上下運動に同期した高压配管104の燃圧変動に基づいて閉弁成功及び閉弁失敗を判別し、当該電流供給量を増減させることによって、制御装置10は、電磁アクチュエータ200の駆動電流を、閉弁に成功する最小電流供給量の近傍で制御することができる。これによって、制御装置10は、電磁アクチュエータ200の閉弁に伴って発生する騒音を低減することができる。

[0042] 但し、図5を用いて説明したような電磁アクチュエータ200の駆動電流を最小電流供給量の近傍で制御する場合、ある頻度で閉弁失敗が起こってしまう。発明者は、このような閉弁失敗を避けるべく、電磁アクチュエータ200の特性を調査した。その結果、発明者は、ピーク電流供給量（ピーク電流積分値 $I_1$ ）と可動子204の閉弁完了直前の速度 $v_{e1\_Tb}$ の関係には、図6に示すような、ピーク電流供給量が減少しても、閉弁完了直前の速度 $v_{e1\_Tb}$ が低下しない不感帯Dが存在することを見出した。なお、図6に示すピーク電流供給量は、図3のピーク電流の供給開始のタイミング $t_1$ からピーク電流の低減が開始するタイミング $t_3$ までの駆動電流の積分値である。

[0043] ピーク電流の最大電流値  $I_m$  が十分長い時間与えられる場合は、可動子 204 は常に加速されているが、ピーク電流幅を短くしていくと、ピーク電流の最大電流値  $I_m$  を打ち切ったタイミングから可動子 204 は減速する。そして、低い速度で固定子 206 に向けて惰行する。そして、可動子 204 が固定子 206 に近付くと、保持電流によって生成される電磁吸引力によって再び加速される。速度が略ゼロの状態から保持電流による電磁吸引力によって再加速されると、可動子 204 は、それまでの運動の仕方に関係なく、略一定の速度で移動する。これが、ピーク電流供給量と可動子 204 の閉弁完了直前の速度  $v_{el\_Tb}$  との関係に不感帯  $D$  が存在する理由である。

[0044] この不感帯  $D$  が存在することによって、閉弁に伴って発生する騒音のレベルと、閉弁完了タイミング  $T_b$ （可動子 204 が固定子 206 に衝突するタイミング）との関係には、図 7 に示すように、閉弁完了タイミング  $T_b$  が変化しても騒音レベルが減少しない飽和領域  $T_r$  が存在する。この飽和領域  $T_r$  は、電磁アクチュエータ 200 の電源電圧が異なっても有意差が無く、様々な電源電圧において共通する領域となっている。

[0045] ピーク電流供給量を不感帯  $D$  より更に低減しても、可動子 204 の閉弁完了直前の速度  $v_{el\_Tb}$  を不感帯  $D$  の速度以上に低くすることはできず、むしろ閉弁に失敗する。したがって、閉弁完了タイミング  $T_b$  が飽和領域  $T_r$  に存在すると、閉弁失敗を抑制しつつ、閉弁に伴う騒音レベルを最小とすることができる。

[0046] このようなことから、電磁アクチュエータ 200 の制御装置 10 は、閉弁完了タイミング  $T_b$  を飽和領域  $T_r$  に保つよう電流を制御することによって、閉弁失敗を抑制しつつ、閉弁に伴う騒音を低減することができる。すなわち、制御装置 10 は、閉弁完了タイミング  $T_b$  が飽和領域  $T_r$  に存在する目標タイミングより早い場合には、コイル 205 に供給される電流の供給量を減少させ、閉弁完了タイミング  $T_b$  が飽和領域  $T_r$  に存在する目標タイミングより遅い場合には、コイル 205 に供給される電流の供給量を増加させる。これによって、制御装置 10 は、閉弁完了タイミング  $T_b$  を飽和領域  $T_r$

に保つよう駆動電流を制御することができるので、閉弁失敗を抑制しつつ、閉弁に伴う騒音を低減することができる。

[0047] 閉弁完了タイミングT<sub>b</sub>を飽和領域T<sub>r</sub>に保つ制御を実現するには、閉弁完了タイミングT<sub>b</sub>を正確に検知することが必要である。そこで、以下では、図8～図11を用いて、閉弁完了タイミングT<sub>b</sub>を正確に検知可能な電磁アクチュエータ200の制御装置10について説明する。

[0048] 図8は、電磁アクチュエータ200の制御装置10の構成を説明する図である。図9は、コイル205に供給される電流の詳細を説明する図である。図10は、図8に示すスイッチング検知部13、スイッチング状態算出部14及びスイッチング状態変化検知部15の具体的構成を説明する図である。図11は、図10に示す微分回路17、正負判定回路18、平滑回路19及び変曲点抽出回路20の出力を説明する図である。

[0049] 電磁アクチュエータ200のコイル205の両端は、電磁アクチュエータ200を駆動する駆動電流を供給する駆動回路300に接続されている。駆動回路300は、当該電流の供給源であるバッテリー301と、コイル205に対してバッテリー301の電圧（電源電圧）を印加するか否かを切り替えるスイッチ302と、を有する。すなわち、スイッチ302は、コイル205への通電をオン又はオフに切り替える。

[0050] 電磁アクチュエータ200の制御装置10は、駆動回路300のスイッチ302を制御することによって、電磁アクチュエータ200の駆動電流、すなわちコイル205に供給される電流を制御する。具体的には、制御装置10は、通電部11と、計測部12と、スイッチング検知部13と、スイッチング状態算出部14と、スイッチング状態変化検知部15と、動作状態検知部16と、を備える。

[0051] 通電部11は、コイル205に流れる電流が一定範囲を維持するように、コイル205への通電をスイッチングしてコイル205にスイッチング電流を供給する。前述のように、電磁アクチュエータ200の駆動電流は、ピーク電流と、保持電流とに大別される。保持電流は、通電部11がコイル20

5への通電をスイッチングすることによって、図9に示すように、振幅が一定範囲で周期的に変化するスイッチング電流としてコイル205に供給される。

[0052] 計測部12は、コイル205に供給されたスイッチング電流を計測し、通電部11及びスイッチング検知部13へ出力する。通電部11は、計測部12によって計測されたスイッチング電流と、予め設定されたスイッチング電流の上下限值とに基づいて、コイル205への通電をオンオフするタイミングを制御する。

[0053] スwitching検知部13は、コイル205に供給されたスイッチング電流の立ち上がり及び立ち下がりを検知する。スイッチング電流の立ち上がりとは、コイル205への通電がオンにされることによって、図9のT1の区間のように、スイッチング電流の値が増加することである。スイッチング電流の立ち下がりとは、コイル205への通電がオフにされることによって、図9のT2区間のように、スイッチング電流の値が減少することである。

[0054] 実施形態1のスイッチング検知部13は、スイッチング電流が増加したことをスイッチング電流の立ち上がりとして検知し、スイッチング電流が減少したことをスイッチング電流の立ち下がりとして検知する。

[0055] 具体的には、実施形態1のスイッチング検知部13は、図10に示すように、計測部12から出力されたスイッチング電流を微分する微分回路17と、微分回路17の出力の正負を判定する正負判定回路18とによって構成されていてもよい。微分回路17は、オペアンプ、抵抗器及びコンデンサを回路構成要素とする公知のアナログ回路によって構成され得る。正負判定回路18は、オペアンプ及び抵抗器を回路構成要素とするコンパレータ回路等の公知のアナログ回路によって構成され得る。微分回路17及び正負判定回路18の各出力は、図11に示すような出力となる。

[0056] スwitching状態算出部14は、スイッチング検知部13によってスイッチング電流の立ち上がりが検知された時間（以下「立ち上がり時間T1」とも称する）と、スイッチング電流の立ち下がり検知された時間（以下「立

ち下がり時間 $T_2$ 」とも称する)との比率( $T_1 / T_2$ )を算出する。

[0057] 実施形態1のスイッチング状態算出部14は、スイッチング電流の増加が検知された時間を立ち上がり時間 $T_1$ として検知し、スイッチング電流の減少が検知された時間を立ち下がり時間 $T_2$ として検知する。実施形態1のスイッチング状態算出部14は、スイッチング電流の増加が検知された時間と、スイッチング電流の減少が検知された時間との比率( $T_1 / T_2$ )を算出する。

[0058] 具体的には、実施形態1のスイッチング状態算出部14は、図10に示すように、正負判定回路18の出力を平滑化する平滑回路19によって構成されてもよい。平滑回路19は、抵抗器及びコンデンサを回路構成要素とするフィルタ回路等の公知のアナログ回路によって構成され得る。平滑回路19の出力は、図11に示すような出力となる。図11に示す平滑回路19の出力の縦軸は、比率( $T_1 / T_2$ )を示している。

[0059] スwitchング状態変化検知部15は、スイッチング状態算出部14によって算出された比率( $T_1 / T_2$ )の変化を検知する。具体的には、スイッチング状態変化検知部15は、図10に示すように、平滑回路19の出力の変曲点を抽出する変曲点抽出回路20によって構成されてもよい。変曲点抽出回路20は、2つの微分回路を直列に接続した公知のアナログ回路によって構成され得る。変曲点抽出回路20は、入力を2階微分した結果を出力する。変曲点抽出回路20の出力は、図11に示すような出力となる。

[0060] 動作状態検知部16は、スイッチング状態変化検知部15によって検知された比率( $T_1 / T_2$ )の変化に基づいて、可動子204の動作状態を検知する。具体的には、動作状態検知部16は、検知された比率( $T_1 / T_2$ )の変化が生じたタイミングを、可動子204の動作が行われたタイミング、すなわち、閉弁完了タイミング $T_b$ として検知する。より具体的には、実施形態1の動作状態検知部16は、変曲点抽出回路20が出力する比率( $T_1 / T_2$ )の2階微分のピークを探索し、探索されたピークが生じたタイミングを、閉弁完了タイミング $T_b$ として検知する。探索されたピークが生じた

タイミングは、変曲点抽出回路20によって抽出された変曲点が生じたタイミングを示しており、比率( $T1/T2$ )の変化が生じたタイミングを示している。

[0061] なお、入力信号の2階微分は、当該信号のノイズを強調する特性があるが、ノイズを強調しない2階微分の方法は、

- ・ I F A C - P a p e r s O n L i n e 51 ( 31 ) : 35 - 40, D O I : 10. 1016 / j. i f a c o l. 2018. 10. 007、又は

、

- ・ “ D e c r e a s e o f M i n i m u m I n j e c t i o n F u e l M a s s o n T h e B a s i s o f T h e M i c r o - s e c - l e v e l P r o d u c t i o n E r r o r D e t e c t i o n ”

等の文献に記載されている。

[0062] 発明者は、閉弁完了タイミング $Tb$ を正確に検知するために、様々な電源電圧を用いてコイル205に供給されるスイッチング電流の特性を調査した。その結果は、発明者は、図9に示すように、電源電圧の違いに関わらず、閉弁完了タイミング $Tb$ の前のスイッチング電流の立ち上がり時間 $T1$ と立ち下がり時間 $T2$ との比率( $T1/T2$ )が、閉弁完了タイミング $Tb$ 後のスイッチング電流の立ち上がり時間 $T1$ と立ち下がり時間 $T2$ との比率( $T1/T2$ )よりも大きいことを見出した。これは、閉弁完了タイミング $Tb$ の前においては、コイル205に発生する逆起電力によってスイッチング電流の立ち上がりが遅くなり、閉弁完了タイミング $Tb$ の後においては、当該逆起電力が消滅するからである。これは、電源電圧の違いに関わらず発生する事象である。これは、閉弁完了タイミング $Tb$ の前後において、スイッチング電流の立ち上がり時間 $T1$ と立ち下がり時間 $T2$ との比率( $T1/T2$ )が変化することを意味する。したがって、制御装置10は、比率( $T1/T2$ )の変化タイミングを検知することによって、電源電圧に依存することなく閉弁完了タイミング $Tb$ を正確に検知することができる。

[0063] 以上のように、実施形態１の制御装置１０は、固定子２０６と、固定子２０６に固定されたコイル２０５と、コイル２０５に供給された電流に基づき動作する可動子２０４とを有する電磁アクチュエータ２００を制御する装置である。制御装置１０は、コイル２０５への通電をスイッチングしてコイル２０５にスイッチング電流を供給する通電部１１と、コイル２０５に供給されたスイッチング電流の立ち上がり及び立ち下がりを検知するスイッチング検知部１３と、立ち上がりが検知された時間（ $T_1$ ）と立ち下がりが検知された時間（ $T_2$ ）との比率（ $T_1 / T_2$ ）を算出するスイッチング状態算出部１４と、算出された比率（ $T_1 / T_2$ ）の変化を検知するスイッチング状態変化検知部１５と、検知された比率（ $T_1 / T_2$ ）の変化に基づいて可動子２０４の動作状態を検知する動作状態検知部１６と、を備える。

[0064] これにより、制御装置１０は、スイッチング電流の周波数が電源電圧によって変化する場合であっても、電源電圧に依存することなく、可動子２０４の動作状態を正確に検知することができる。したがって、制御装置１０は、電磁アクチュエータ２００の可動子２０４の動作状態を正確に検知することができる。

[0065] 更に、実施形態１の制御装置１０において、スイッチング検知部１３は、スイッチング電流が増加したことをスイッチング電流の立ち上がりとして検知し、スイッチング電流が減少したことをスイッチング電流の立ち下がりとして検知する。動作状態検知部１６は、検知された比率（ $T_1 / T_2$ ）の変化が生じたタイミングを、可動子２０４の動作が行われたタイミングとして検知する。

[0066] これにより、制御装置１０は、スイッチング電流の立ち上がり時間 $T_1$ 及び立ち下がり時間 $T_2$ を確実に検知することができるので、比率（ $T_1 / T_2$ ）の変化が生じたタイミングを確実に検知することができる。したがって、制御装置１０は、可動子２０４の動作が行われたタイミング（閉弁完了タイミング $T_b$ ）を、電源電圧に依存することなく正確且つ確実に検知することができる。よって、制御装置１０は、電磁アクチュエータ２００の可動子

204の動作状態を正確且つ確実に検知することができる。

[0067] 更に、実施形態1の制御装置10において、スイッチング検知部13は、スイッチング電流を微分する微分回路17と、微分回路17の出力の正負を判定する正負判定回路18とによって構成される。スイッチング状態算出部14は、正負判定回路18の出力を平滑化する平滑回路19によって構成される。スイッチング状態変化検知部15は、平滑回路19の出力の変曲点を抽出する変曲点抽出回路20によって構成される。動作状態検知部16は、抽出された変曲点が生じたタイミングを、可動子204の動作が行われたタイミングとして検知する。

[0068] これにより、制御装置10は、回路構成が簡単な既存の回路を組み合わせるだけで、可動子204の動作が行われたタイミング（閉弁完了タイミングTb）を正確に検知することができる。したがって、制御装置10は、可動子204の動作が行われたタイミング（閉弁完了タイミングTb）を、電源電圧に依存することなく正確且つ容易に検知することができる。よって、制御装置10は、電磁アクチュエータ200の可動子204の動作状態を正確且つ容易に検知することができる。

[0069] なお、計測部12は、コイル205に供給されたスイッチング電流をサンプリングして当該スイッチング電流の計測値を取得してもよい。具体的には、計測部12は、通電部11のスイッチング周期よりも短いサンプリング周期で当該スイッチング電流をサンプリングしてもよい。計測部12は、スイッチング電流をサンプリング毎にAD変換して、スイッチング電流の計測値を取得してもよい。

[0070] スwitchング検知部13は、計測部12によって今回取得されたスイッチング電流の計測値 $I_{\text{sw}}(t)$ を、前回取得された計測値 $I_{\text{sw}}(t-1)$ と比較して、計測部12のサンプリング毎にスイッチング電流の増減判定を行い、当該増減判定の結果を示す判定値を出力してもよい。例えば、スイッチング検知部13は、今回取得されたスイッチング電流の計測値 $I_{\text{sw}}(t)$ が、前回取得された計測値 $I_{\text{sw}}(t-1)$ よりも大きい場合、スイッチング電流

が増加したと判定して判定値  $a(t) = 1$  を出力し、これ以外の場合、スイッチング電流が減少したと判定して判定値  $a(t) = -1$  を出力してもよい。

[0071] スイッチング状態算出部 14 は、スイッチング検知部 13 から出力された判定値  $a(t)$  を通電部 11 のスイッチング周期より長い所定時間に亘って平均化した平均値  $b(t)$  を算出し、算出された平均値  $b(t)$  に基づいて比率  $(T1 / T2)$  を算出してもよい。平均値  $b(t)$  は、例えば、今回のサンプリングから  $(N - 1)$  回遡ったサンプリングまでの各サンプリングにおいて出力された判定値  $a(t)$ ,  $a(t - 1)$ ,  $\dots$ ,  $a(t - (N - 1))$  を平均化した値であってもよい。

[0072] スイッチング状態変化検知部 15 は、スイッチング状態算出部 14 によって算出された平均値  $b(t)$  を 2 階微分することによって、比率  $(T1 / T2)$  の変化を検知してもよい。

[0073] これにより、制御装置 10 は、可動子 204 の動作が行われたタイミング（閉弁完了タイミング  $Tb$ ）を、電源電圧に依存することなくソフトウェアを用いて正確且つ容易に検知することができる。したがって、制御装置 10 は、電磁アクチュエータ 200 の可動子 204 の動作状態を正確且つ容易に検知することができる。

[0074] [実施形態 2]

実施形態 1 では、スイッチング検知部 13 が、スイッチング電流の増減によって電流の立ち上がりと立ち下がりとを検知していたが、実施形態 2 では、スイッチング検知部 13 が、コイル 205 の端子間電圧から電流の立ち上がりと立ち下がりとを検知する。

[0075] 図 12 及び図 13 を用いて、実施形態 2 に係る電磁アクチュエータ 200 の制御装置 10 について説明する。実施形態 2 の制御装置 10 において、実施形態 1 と同様の構成及び動作については、説明を省略する。

[0076] 図 12 は、実施形態 2 のスイッチング検知部 13、スイッチング状態算出部 14 及びスイッチング状態変化検知部 15 の具体的構成を説明する図であ

る。図 1 3 は、図 1 2 に示す通電検知回路 2 1、平滑回路 1 9 及び変曲点抽出回路 2 0 の出力を説明する図である。

[0077] 実施形態 2 のスイッチング検知部 1 3 は、コイル 2 0 5 の端子間に電圧が印加されたことをスイッチング電流の立ち上がりとして検知し、コイル 2 0 5 の端子間に電圧が印加されなかったことをスイッチング電流の立ち下がりとして検知する。実施形態 2 の動作状態検知部 1 6 は、実施形態 1 と同様に、スイッチング状態変化検知部 1 5 によって検知された比率 ( $T 1 / T 2$ ) の変化が生じたタイミングを、可動子 2 0 4 の動作が行われたタイミング、すなわち、閉弁完了タイミング  $T b$  として検知する。

[0078] これにより、実施形態 2 の制御装置 1 0 は、通電部 1 1 の動作からスイッチング電流の立ち上がり時間  $T 1$  及び立ち下がり時間  $T 2$  を容易に検知することができるので、比率 ( $T 1 / T 2$ ) の変化が生じたタイミングを、実施形態 1 よりも容易に検知することができる。したがって、実施形態 2 の制御装置 1 0 は、可動子 2 0 4 の動作が行われたタイミング（閉弁完了タイミング  $T b$ ）を、実施形態 1 よりも容易に検知することができる。よって、実施形態 2 の制御装置 1 0 は、電磁アクチュエータ 2 0 0 の可動子 2 0 4 の動作状態を正確且つ容易に検知することができる。

[0079] 具体的には、実施形態 2 のスイッチング検知部 1 3 は、図 1 2 に示すように、通電部 1 1 がコイル 2 0 5 の端子間に電圧を印加したオン時間と、通電部 1 1 がコイル 2 0 5 の端子間に電圧を印加しなかったオフ時間とを判別する通電検知回路 2 1 によって構成されていてもよい。通電検知回路 2 1 の出力は、図 1 3 に示すような出力となる。

[0080] 実施形態 2 のスイッチング状態算出部 1 4 は、図 1 2 に示すように、通電検知回路 2 1 の出力を平滑化する平滑回路 1 9 によって構成されていてもよい。実施形態 2 のスイッチング状態変化検知部 1 5 は、実施形態 1 と同様に、平滑回路 1 9 の出力の変曲点を抽出する変曲点抽出回路 2 0 によって構成されていてもよい。実施形態 2 の平滑回路 1 9 及び変曲点抽出回路 2 0 の各出力は、実施形態 1 と同様に、図 1 3 に示すような出力となる。

[0081] 実施形態2の動作状態検知部16は、実施形態1と同様に、スイッチング状態変化検知部15によって検知された比率( $T1/T2$ )の変化が生じたタイミングを、可動子204の動作が行われたタイミング、すなわち、閉弁完了タイミング $Tb$ として検知する。具体的には、実施形態2の動作状態検知部16は、実施形態1と同様に、変曲点抽出回路20によって抽出された変曲点が生じたタイミングを、閉弁完了タイミング $Tb$ として検知する。

[0082] これにより、実施形態2の制御装置10は、実施形態1と同様に、回路構成が簡単な既存の回路を組み合わせるだけで、可動子204の動作が行われたタイミング（閉弁完了タイミング $Tb$ ）を正確に検知することができる。したがって、実施形態2の制御装置10は、実施形態1と同様に、可動子204の動作が行われたタイミング（閉弁完了タイミング $Tb$ ）を、電源電圧に依存することなく正確且つ容易に検知することができる。よって、制御装置10は、実施形態1と同様に、電磁アクチュエータ200の可動子204の動作状態を正確且つ容易に検知することができる。

[0083] なお、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記の実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、或る実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、或る実施形態の構成に他の実施形態の構成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、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0084] また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路にて設計する等によりハードウェアによって実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアによって実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テープ、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (solid state drive) 等の記録装置、又は、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

[0085] また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

### 符号の説明

[0086] 10…制御装置、11…通電部、12…計測部、13…スイッチング検知部、14…スイッチング状態算出部、15…スイッチング状態変化検知部、16…動作状態検知部、17…微分回路、18…正負判定回路、19…平滑回路、20…変曲点抽出回路、21…通電検知回路、200…電磁アクチュエータ、204…可動子、205…コイル、206…固定子

## 請求の範囲

- [請求項1]       固定子と、前記固定子に固定されたコイルと、前記コイルに供給された電流に基づき動作する可動子とを有する電磁アクチュエータを制御する制御装置であって、
- 前記コイルへの通電をスイッチングして前記コイルにスイッチング電流を供給する通電部と、
- 前記コイルに供給された前記スイッチング電流の立ち上がり及び立ち下がりを検知するスイッチング検知部と、
- 前記立ち上がりが検知された時間と前記立ち下がりが検知された時間との比率を算出するスイッチング状態算出部と、
- 算出された前記比率の変化を検知するスイッチング状態変化検知部と、
- 検知された前記比率の前記変化に基づいて前記可動子の動作状態を検知する動作状態検知部と、を備える
- ことを特徴とする電磁アクチュエータの制御装置。
- [請求項2]       前記スイッチング検知部は、前記スイッチング電流が増加したことを前記立ち上がりとして検知し、前記スイッチング電流が減少したことを前記立ち下がりとして検知し、
- 前記動作状態検知部は、検知された前記比率の前記変化が生じたタイミングを、前記可動子の動作が行われたタイミングとして検知することを特徴とする請求項1に記載の電磁アクチュエータの制御装置。
- [請求項3]       前記スイッチング検知部は、前記コイルの端子間に電圧が印加されたことを前記立ち上がりとして検知し、前記コイルの端子間に電圧が印加されなかったことを前記立ち下がりとして検知し、
- 前記動作状態検知部は、検知された前記比率の前記変化が生じたタイミングを、前記可動子の動作が行われたタイミングとして検知することを特徴とする請求項1に記載の電磁アクチュエータの制御装置。

。

[請求項4] 前記スイッチング検知部は、前記スイッチング電流を微分する微分回路と、前記微分回路の出力の正負を判定する正負判定回路とによって構成され、

前記スイッチング状態算出部は、前記正負判定回路の出力を平滑化する平滑回路によって構成され、

前記スイッチング状態変化検知部は、前記平滑回路の出力の変曲点を抽出する変曲点抽出回路によって構成され、

前記動作状態検知部は、抽出された前記変曲点が生じたタイミングを、前記可動子の動作が行われたタイミングとして検知する

ことを特徴とする請求項2に記載の電磁アクチュエータの制御装置

。

[請求項5] 前記スイッチング検知部は、前記通電部が前記コイルの端子間に電圧を印加したオン時間と、前記通電部が前記コイルの端子間に前記電圧を印加しなかったオフ時間とを判別する通電検知回路によって構成され、

前記スイッチング状態算出部は、前記通電検知回路の出力を平滑化する平滑回路によって構成され、

前記スイッチング状態変化検知部は、前記平滑回路の出力の変曲点を抽出する変曲点抽出回路によって構成され、

前記動作状態検知部は、抽出された前記変曲点が生じたタイミングを、前記可動子の動作が行われたタイミングとして検知する

ことを特徴とする請求項3に記載の電磁アクチュエータの制御装置

。

[請求項6] 前記通電部のスイッチング周期よりも短いサンプリング周期で前記スイッチング電流をサンプリングして前記スイッチング電流の計測値を取得する計測部を更に備え、

前記スイッチング検知部は、今回取得された前記計測値を前回取得

された前記計測値と比較して前記計測部のサンプリング毎に前記スイッチング電流の増減判定を行い、当該増減判定の結果を示す判定値を出力し、

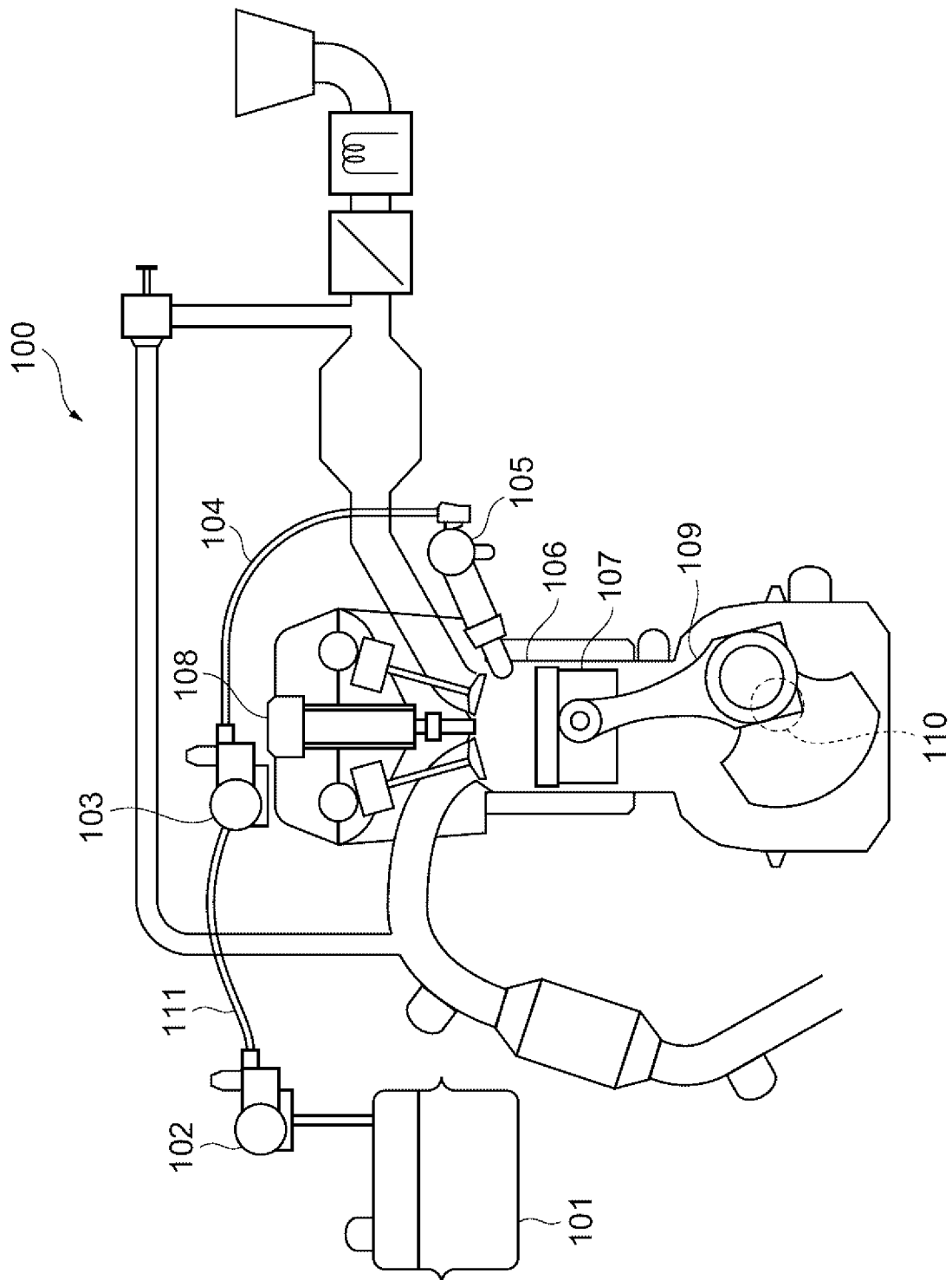
前記スイッチング状態算出部は、出力された前記判定値を前記通電部のスイッチング周期より長い所定時間に亘って平均化した平均値を算出し、算出された平均値に基づいて前記比率を算出する

ことを特徴とする請求項 2 に記載の電磁アクチュエータの制御装置

。

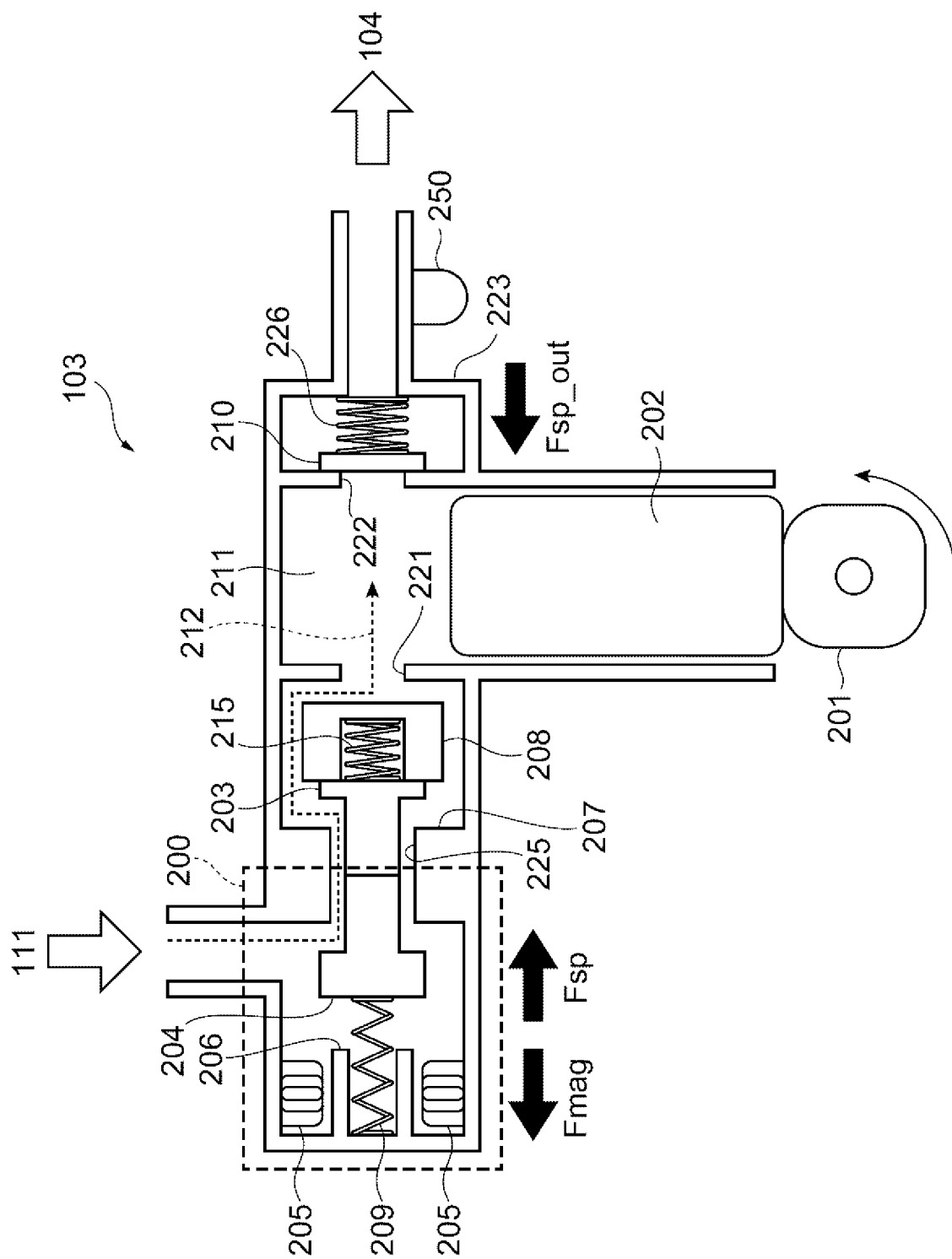
[図1]

図1



[図2]

図2



[図3]

図3

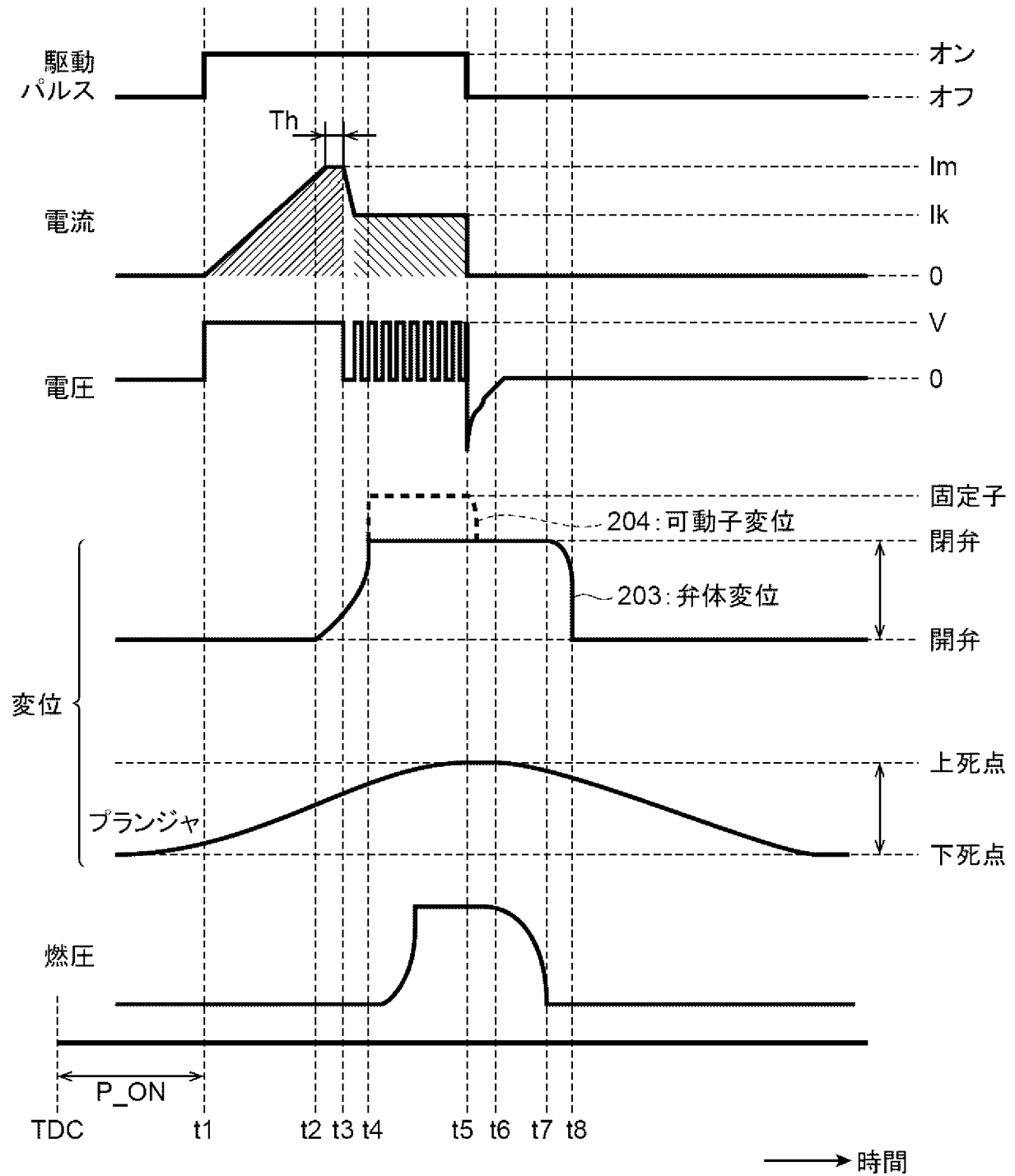
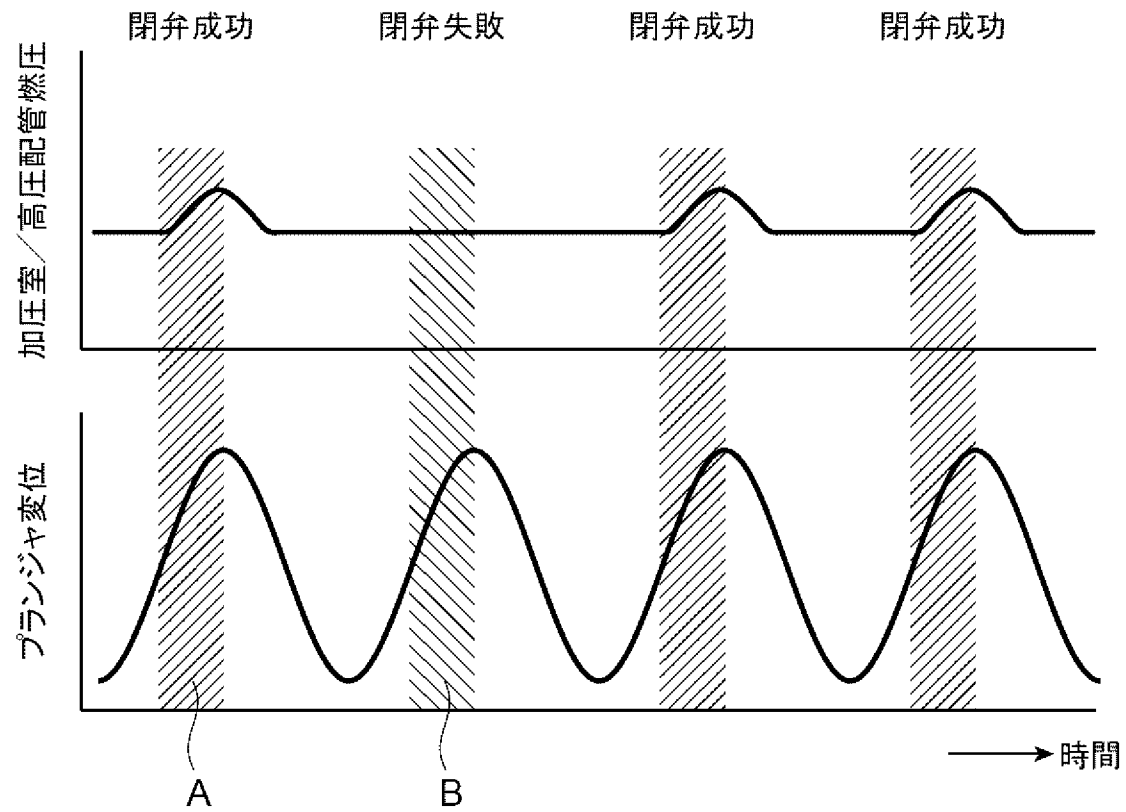


图4

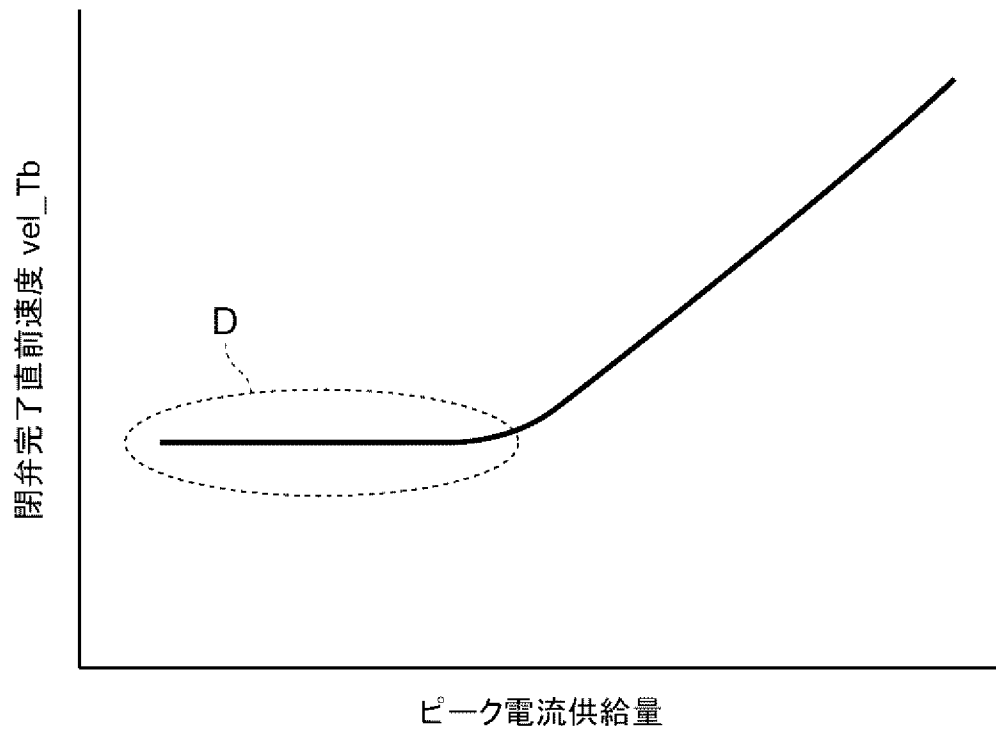
[図5]

図5



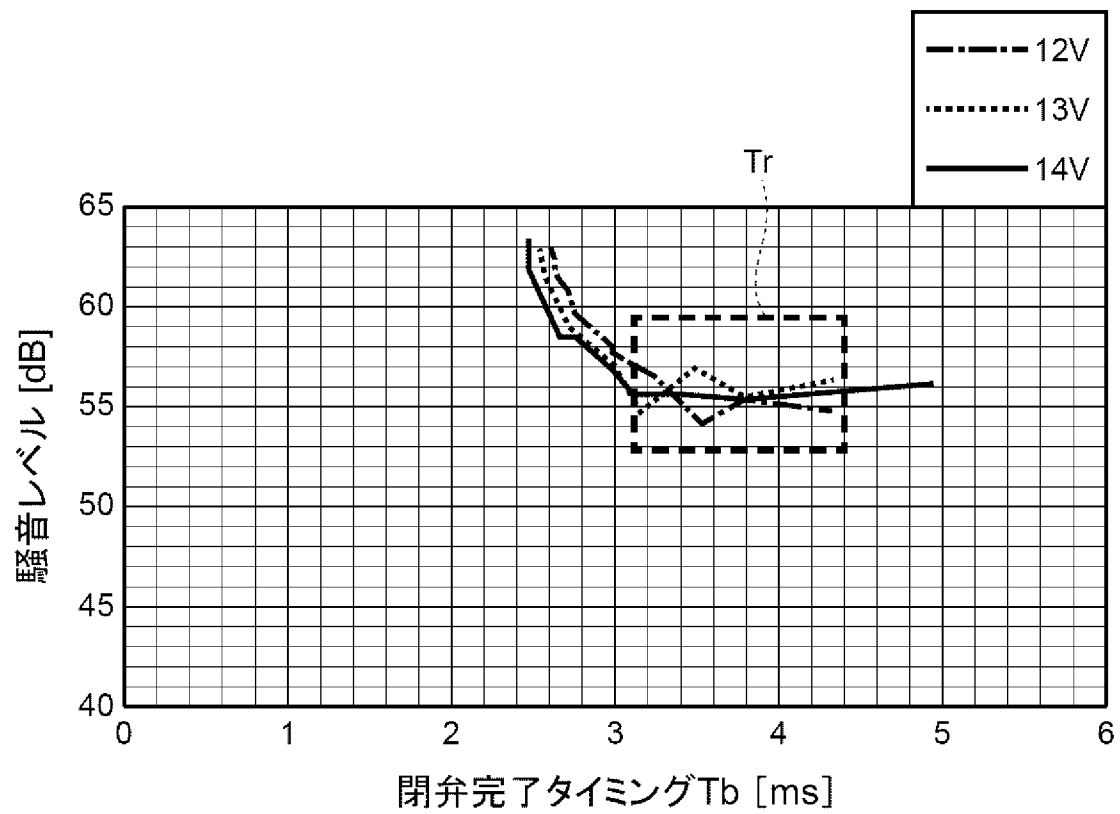
[図6]

図6



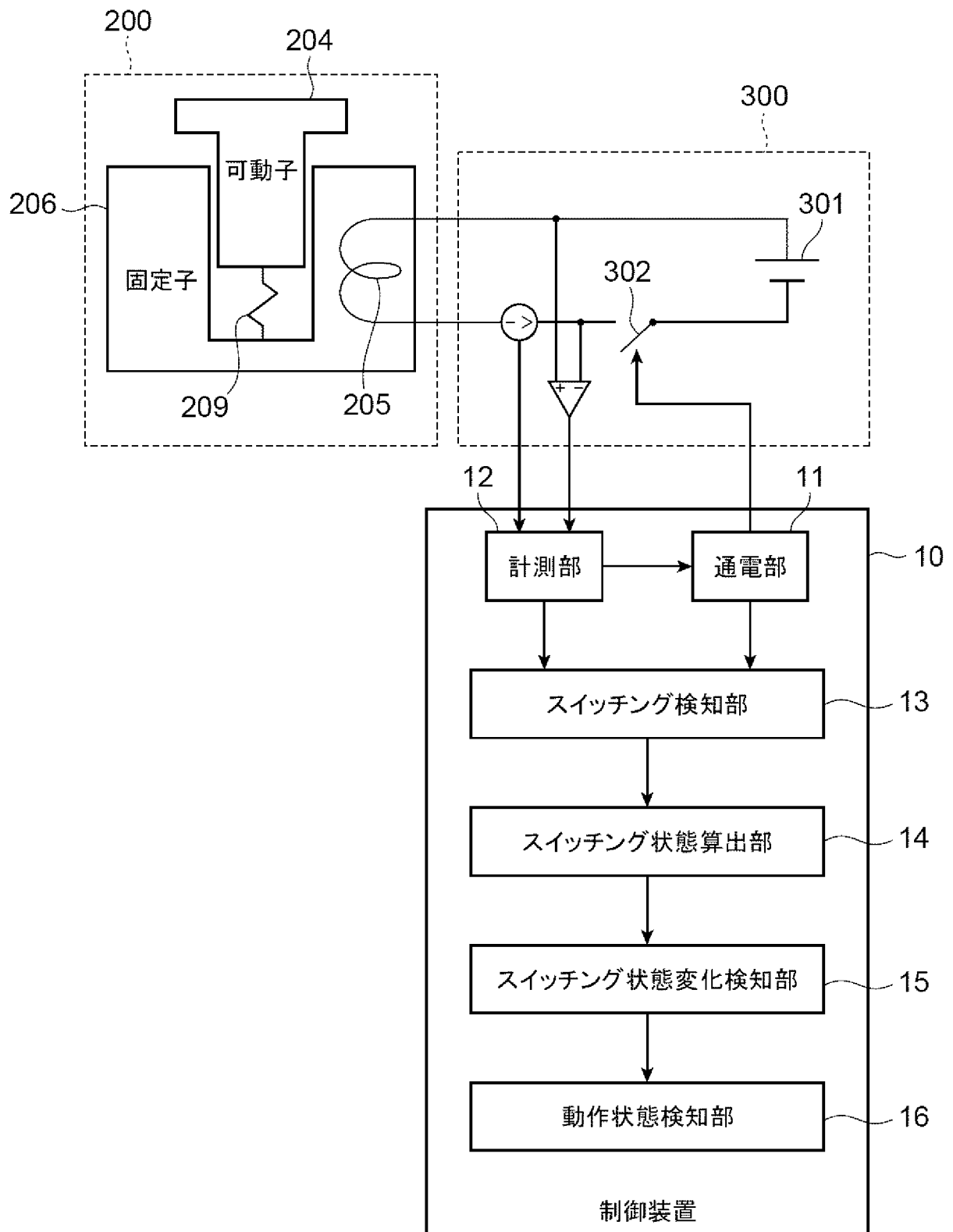
[図7]

図7



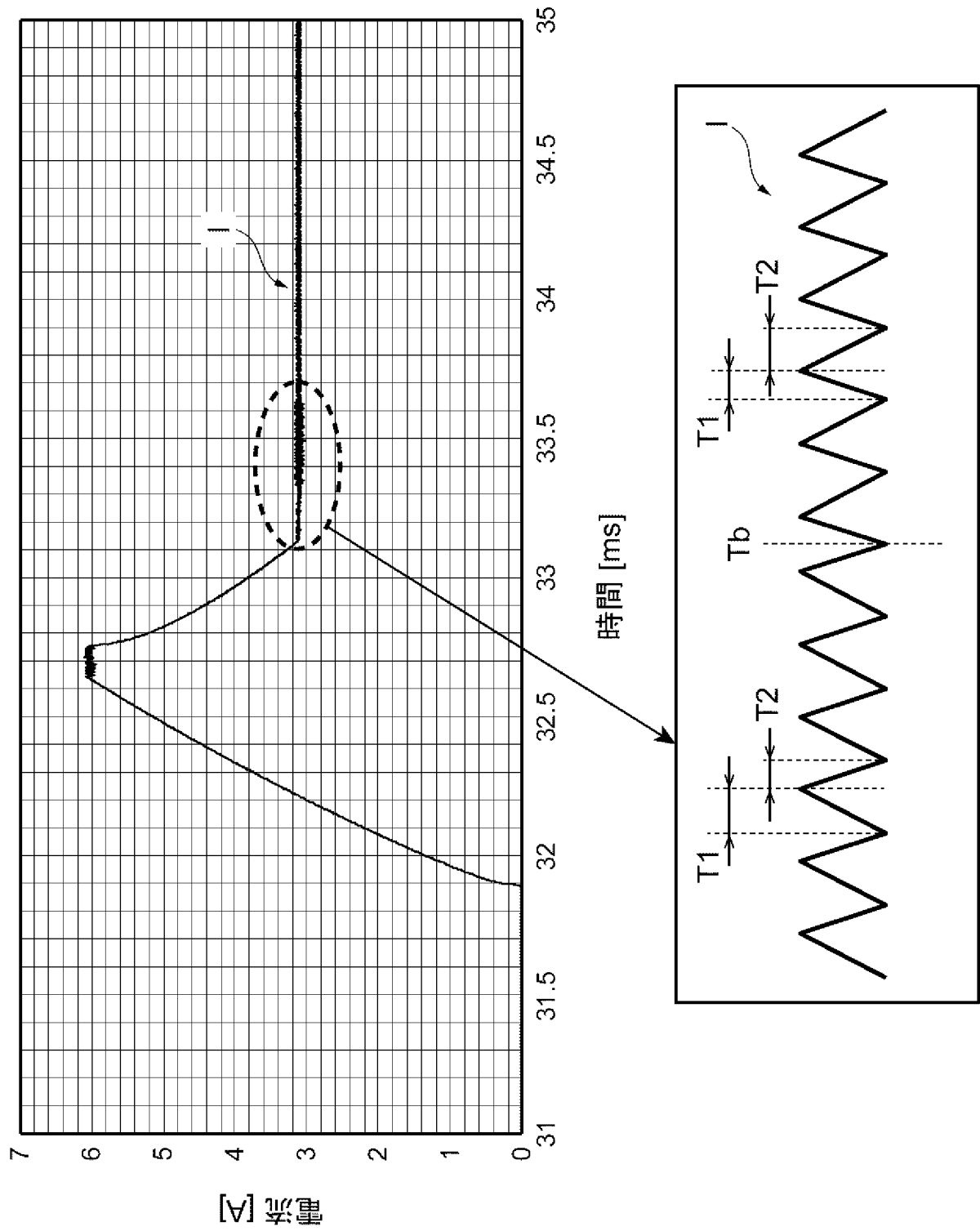
[図8]

図8



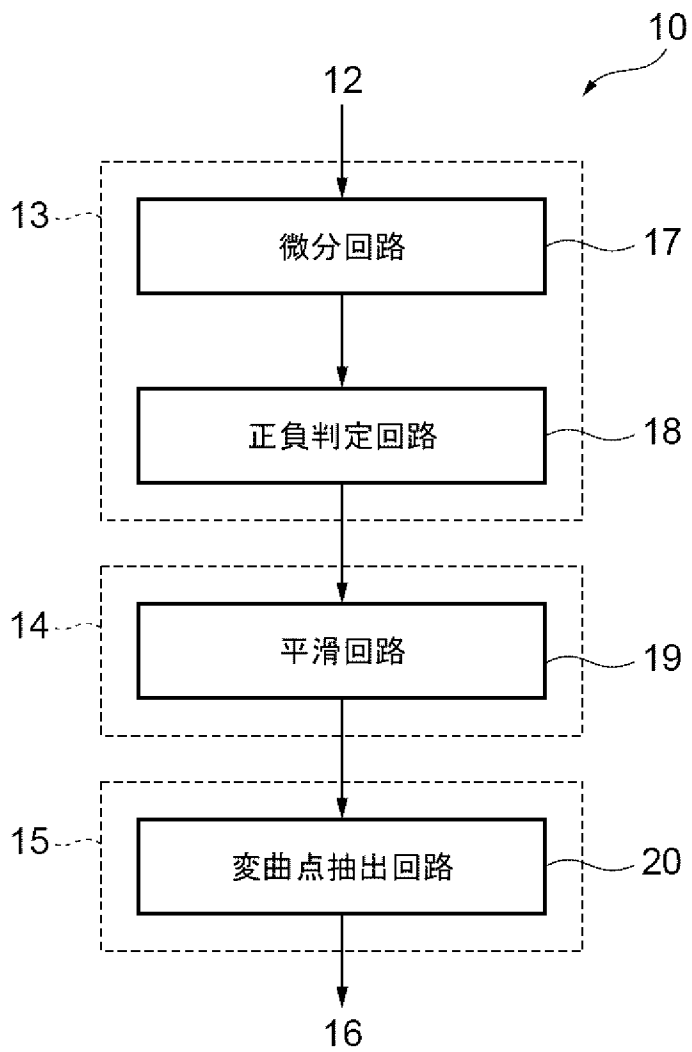
[図9]

図9



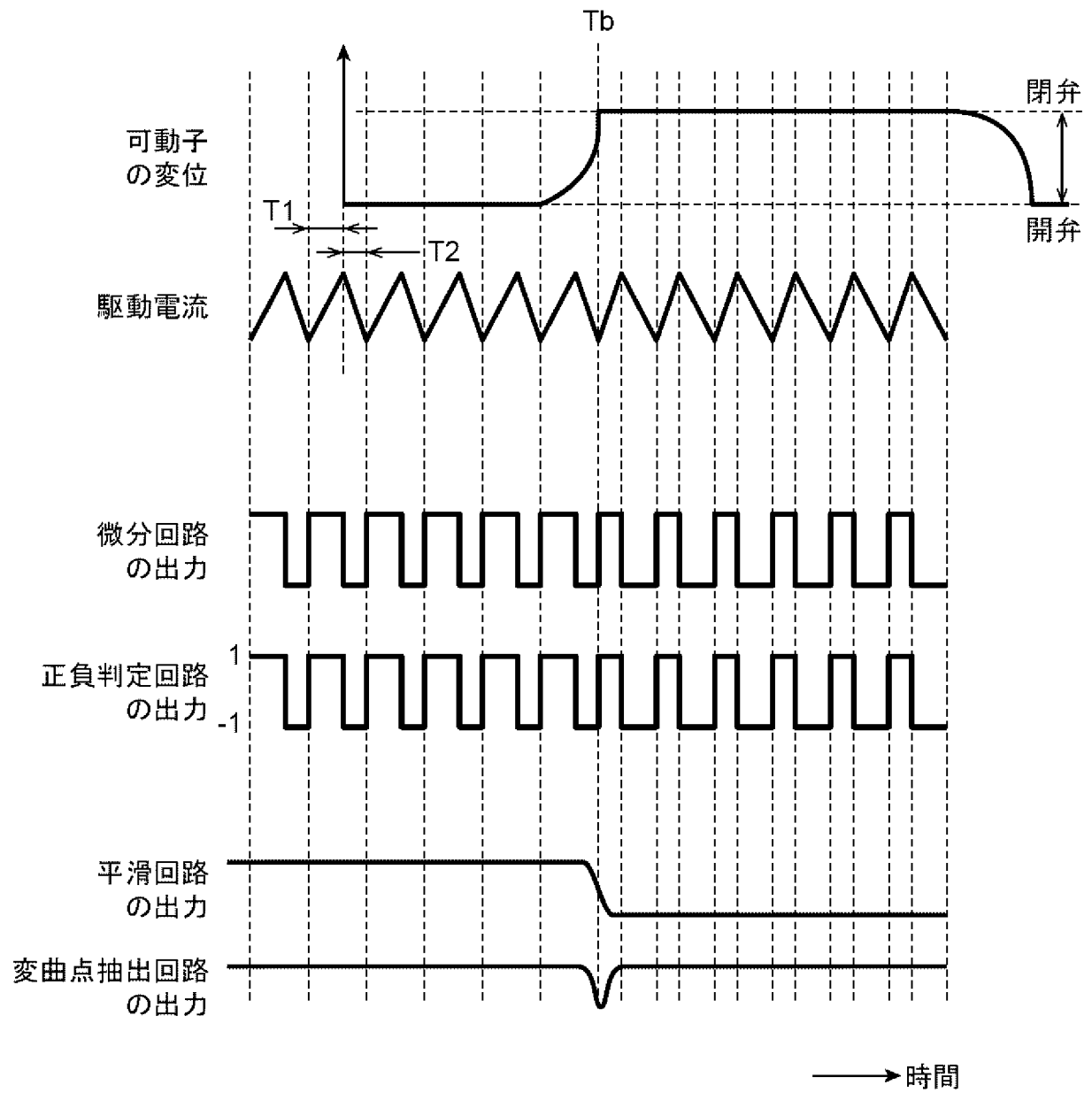
[図10]

図10



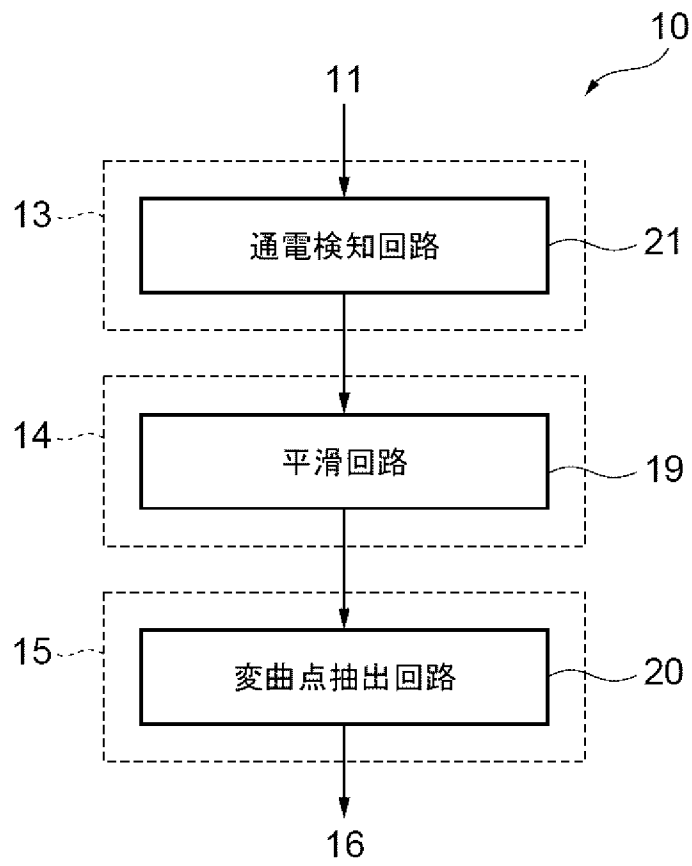
[図11]

図11



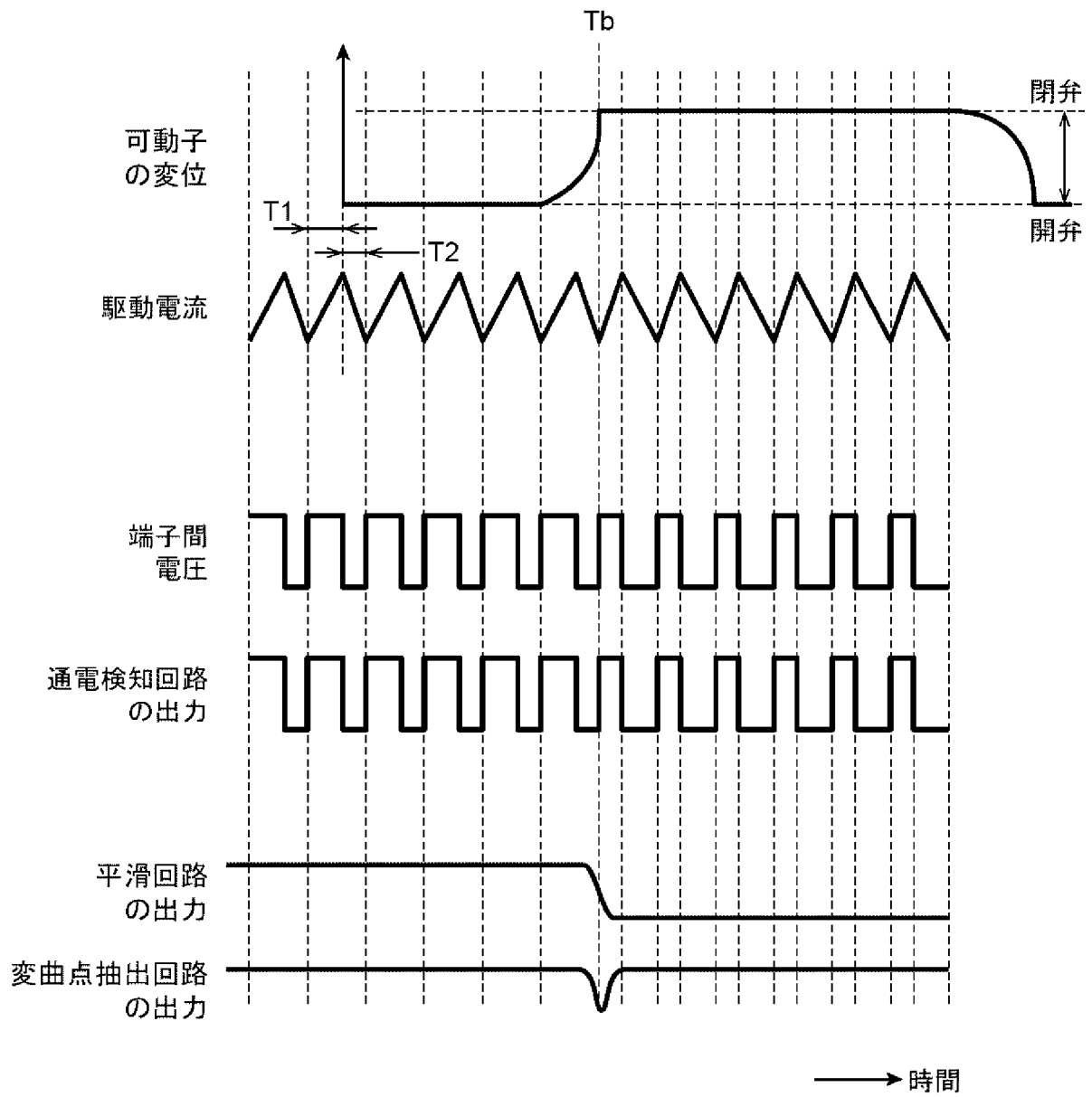
[図12]

図12



[図13]

図13



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/024664

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F02M 51/06**(2006.01)i; **F02D 1/00**(2006.01)i

FI: F02M51/06 F; F02D1/00 A

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)

F02M51/06; F02D1/00

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 1971-2023  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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         | JP 2013-194579 A (DENSO CORPORATION) 30 September 2013 (2013-09-30)<br>paragraphs [0013]-[0027], fig. 1-8 | 1-3                   |
| A         | paragraphs [0013]-[0027], fig. 1-8                                                                        | 4-6                   |
| A         | JP 2007-113462 A (HITACHI, LTD.) 10 May 2007 (2007-05-10)<br>paragraphs [0011]-[0039], fig. 1-5           | 1-6                   |
| A         | JP 2006-250086 A (HITACHI, LTD.) 21 September 2006 (2006-09-21)<br>paragraphs [0070]-[0078], fig. 1, 10   | 1-6                   |
| A         | JP 2009-293460 A (DENSO CORPORATION) 17 December 2009 (2009-12-17)<br>paragraphs [0014]-[0037], fig. 1-5  | 1-6                   |



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

**01 August 2023**

Date of mailing of the international search report

**15 August 2023**

Name and mailing address of the ISA/JP

**Japan Patent Office (ISA/JP)**  
**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/JP2023/024664**

| Patent document<br>cited in search report |             |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                                                                                                                | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|---|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2013-194579 | A | 30 September 2013                    | US 2013/0243608 A1<br>paragraphs [0050]-[0069], fig.<br>1-8                                                                            |                                      |
| JP                                        | 2007-113462 | A | 10 May 2007                          | US 2007/0089711 A1<br>paragraphs [0014]-[0051], fig.<br>1-5<br>EP 1777402 A2<br>CN 1952381 A                                           |                                      |
| JP                                        | 2006-250086 | A | 21 September 2006                    | US 2006/0201485 A1<br>paragraphs [0085]-[0093], fig.<br>1, 10<br>US 2008/0302333 A1<br>EP 1701031 A1<br>EP 1898085 A2<br>EP 2282044 A1 |                                      |
| JP                                        | 2009-293460 | A | 17 December 2009                     | (Family: none)                                                                                                                         |                                      |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>F02M 51/06(2006.01)i; F02D 1/00(2006.01)i<br>FI: F02M51/06 F; F02D1/00 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                  |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>F02M51/06; F02D1/00<br>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<br><table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）                                                                                                             |                                                                                  |                                                                      | 日本国実用新案公報 | 1922 - 1996年 | 日本国公開実用新案公報 | 1971 - 2023年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996 - 2023年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994 - 2023年 |
| 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1922 - 1996年                                                                     |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
| 日本国公開実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1971 - 2023年                                                                     |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1996 - 2023年                                                                     |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1994 - 2023年                                                                     |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                  |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号                                                       |           |              |             |              |             |              |             |              |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2013-194579 A（株式会社デンソー） 30.09.2013（2013 - 09 - 30）<br>段落[0013]-[0027], 図1-8   | 1-3                                                                  |           |              |             |              |             |              |             |              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 段落[0013]-[0027], 図1-8                                                            | 4-6                                                                  |           |              |             |              |             |              |             |              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2007-113462 A（株式会社日立製作所） 10.05.2007（2007 - 05 - 10）<br>段落[0011]-[0039], 図1-5  | 1-6                                                                  |           |              |             |              |             |              |             |              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2006-250086 A（株式会社日立製作所） 21.09.2006（2006 - 09 - 21）<br>段落[0070]-[0078], 図1,10 | 1-6                                                                  |           |              |             |              |             |              |             |              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2009-293460 A（株式会社デンソー） 17.12.2009（2009 - 12 - 17）<br>段落[0014]-[0037], 図1-5   | 1-6                                                                  |           |              |             |              |             |              |             |              |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                  |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
| <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</p> |                                                                                  |                                                                      |           |              |             |              |             |              |             |              |
| 国際調査を完了した日<br>01.08.2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                  | 国際調査報告の発送日<br>15.08.2023                                             |           |              |             |              |             |              |             |              |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>平井 功 3G 1177<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3355 |           |              |             |              |             |              |             |              |

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/JP2023/024664

| 引用文献 |             |   | 公表日        | パテントファミリー文献                                                                                                            | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| JP   | 2013-194579 | A | 30.09.2013 | US 2013/0243608 A1<br>段落[0050]-[0069], 図1-8                                                                            |     |
| JP   | 2007-113462 | A | 10.05.2007 | US 2007/0089711 A1<br>段落[0014]-[0051], 図1-5<br>EP 1777402 A2<br>CN 1952381 A                                           |     |
| JP   | 2006-250086 | A | 21.09.2006 | US 2006/0201485 A1<br>段落[0085]-[0093], 図1, 10<br>US 2008/0302333 A1<br>EP 1701031 A1<br>EP 1898085 A2<br>EP 2282044 A1 |     |
| JP   | 2009-293460 | A | 17.12.2009 | (ファミリーなし)                                                                                                              |     |