

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2016-205276
(P2016-205276A)

(43) 公開日 平成28年12月8日 (2016. 12. 8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 41/20 (2006.01)	FO2D 41/20 330	3G301
FO2D 41/34 (2006.01)	FO2D 41/34 W	3G384
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 376H	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2015-89305 (P2015-89305)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成27年4月24日 (2015. 4. 24)		株式会社デンソー
		(74) 代理人	100140486
			弁理士 鎌田 徹
		(74) 代理人	100170058
			弁理士 津田 拓真
		(74) 代理人	100139066
			弁理士 伊藤 健太郎
		(72) 発明者	矢野東 敬介
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		Fターム (参考)	3G301 HA01 HA04 JA17 NC01 PA01Z PA07Z PA11Z PC06Z PD02Z PE03Z PE08Z PF03Z

最終頁に続く

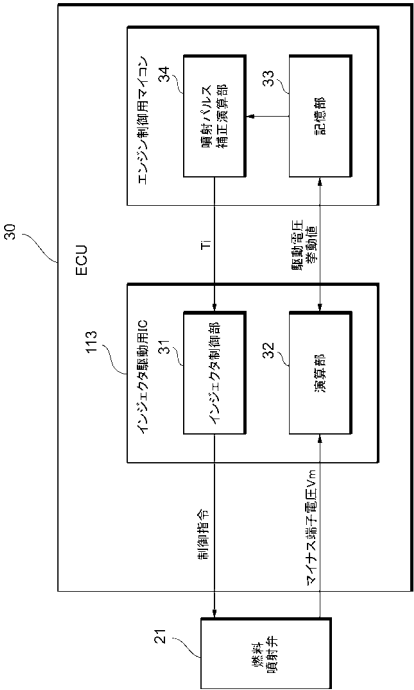
(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃料噴射制御装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料噴射弁の磁気回路の個体差の影響による駆動電圧挙動のばらつき度を精度よく検出できる内燃機関の燃料噴射制御装置を提供する。

【解決手段】 燃料噴射制御装置としてのECU30は、燃料噴射弁21の磁気回路56に所定の噴射パルスP1で通電を行うことで燃料噴射弁21を開弁駆動させると共に、燃料噴射弁21のニードル弁53が駆動しない範囲の所定の通電パルスP2で磁気回路56に通電を行うインジェクタ制御部31と、インジェクタ制御部31により磁気回路56に通電パルスP2で通電が行われるときの燃料噴射弁21の駆動電圧（マイナス端子電圧Vm）の挙動に係る情報を記憶する記憶部33と、を備える。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁駆動式の燃料噴射弁（21）を備えた内燃機関（11）の燃料噴射制御装置（30）において、

前記燃料噴射弁の磁気回路（56）に所定の噴射パルス（P1）で通電を行うことで前記燃料噴射弁を開弁駆動させると共に、前記燃料噴射弁の弁体（53）が駆動しない範囲の所定の通電パルス（P2）で前記磁気回路に通電を行う制御部（31）と、

前記制御部により前記磁気回路に前記通電パルスで通電が行われるときの前記燃料噴射弁の駆動電圧の挙動に係る情報を記憶する記憶部（33）と、
を備えることを特徴とする内燃機関の燃料噴射制御装置。

10

【請求項 2】

前記制御部により前記磁気回路に前記通電パルスで通電が行われるときの前記燃料噴射弁の駆動電圧の挙動を計測し、前記計測した駆動電圧の挙動に基づいて、前記磁気回路の影響による前記挙動のばらつき度を示す磁気回路ばらつき値を算出する演算部（32）を備え、

前記記憶部は、演算部により算出された前記磁気回路ばらつき値を前記駆動電圧の挙動に係る前記情報として記憶し、

前記制御部は、前記燃料噴射弁を開弁駆動させる際に、前記記憶部に記憶される前記磁気回路ばらつき値に基づいて補正された前記噴射パルスを用いる、
請求項 1 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

20

【請求項 3】

前記駆動電圧の挙動に係る前記情報は、前記計測した駆動電圧の前記挙動から算出される駆動電圧挙動値（ V_{fb} ）と、前記内燃機関に備えられる複数の前記燃料噴射弁の個々の前記駆動電圧挙動値の平均値（ V_{fb_ave} ）との差異を含む、
請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 4】

前記駆動電圧の挙動に係る前記情報は、前記計測した駆動電圧の前記挙動から算出される駆動電圧挙動値と、前記駆動電圧の挙動に係る基準値（ V_{fb_base} ）との差異を含む、

請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

30

【請求項 5】

前記基準値は、予め設定される

請求項 4 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 6】

前記基準値は、前記計測した前記駆動電圧の前記挙動をフィルタによって加工したものを用いて算出される

請求項 4 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 7】

前記差異とは両者間の割合である、

請求項 3～6 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

40

【請求項 8】

前記差異とは両者間の差分である、

請求項 3～6 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 9】

前記駆動電圧は、前記燃料噴射弁のマイナス端子電圧（ V_m ）である、

請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 10】

前記駆動電圧挙動値は、時間を単位とする指標である。

請求項 3～8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 11】

50

前記駆動電圧挙動値は、電圧を単位とする指標である。

請求項 3～8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 1 2】

前記通電パルスは、目標電流値（C o r __ I P）または通電パルス幅（C o r __ t i m e）を調整して前記燃料噴射弁の前記弁体が駆動しない範囲に設定される、

請求項 1～1 1 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 1 3】

前記通電パルスの前記目標電流値及び前記通電パルス幅の少なくとも一方は、前記内燃機関の運転状態に応じて変更される、

請求項 1 2 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

10

【請求項 1 4】

前記通電パルスの前記目標電流値は、前記内燃機関の制御燃圧が高いほど高く設定され、前記制御燃圧が低いほど低く設定される、

請求項 1 3 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 1 5】

前記制御部は、前記燃料噴射弁が燃料噴射を実施しない運転領域のとき、前記通電パルスで前記磁気回路に通電を行う、

請求項 1～1 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 1 6】

前記制御部は、前記内燃機関の始動前に、前記通電パルスで前記磁気回路に通電を行う、

請求項 1 5 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

20

【請求項 1 7】

前記制御部は、前記内燃機関の作動中の燃料カット運転中に、前記通電パルスで前記磁気回路に通電を行う、

請求項 1 5 に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 1 8】

前記駆動電圧の挙動に係る前記情報は、前記制御部により前記磁気回路に前記通電パルスで通電が行われるときの前記駆動電圧がフィルタによってなまされたものから算出される

30

請求項 1～1 7 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 1 9】

前記制御部は、前記燃料噴射弁を開弁駆動させる際に、前記記憶部に記憶される前記駆動電圧の挙動に係る前記情報に基づいて、前記燃料噴射弁への通電時間を補正する、

請求項 1～1 8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 2 0】

前記制御部は、前記燃料噴射弁を開弁駆動させる際に、前記記憶部に記憶される前記駆動電圧の挙動に係る前記情報に基づいて、前記駆動電圧の検出値を補正し、前記補正された検出値に基づき前記噴射パルスを設定する

請求項 1～1 8 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、内燃機関の燃料噴射制御装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

一般に、内燃機関の燃料噴射制御システムでは、電磁駆動式の燃料噴射弁を備え、内燃機関の運転状態に応じて要求噴射量を算出し、この要求噴射量に相当するパルス幅の噴射パルスで燃料噴射弁を開弁駆動して要求噴射量分の燃料を噴射するようにしている。

【0 0 0 3】

50

しかし、高圧の燃料を筒内に噴射する筒内噴射式の内燃機関の燃料噴射弁は、噴射パルス幅に対する実噴射量の変化特性のリニアリティ（直線性）がパーシャルリフト領域（噴射パルス幅が短くて弁体のリフト量がフルリフト位置に到達しないパーシャルリフト状態となる領域）で悪化する傾向がある。このパーシャルリフト領域では、弁体（例えばニードル弁、アーマチャ）のリフト量のばらつきが大きくなって噴射量ばらつきが大きくなる傾向があり、噴射量ばらつきが大きくなると、排気エミッションやドライバビリティが悪化する可能性がある。

【0004】

燃料噴射弁の噴射量ばらつきの補正に関連する技術としては、例えば、特許文献1に記載されているように、ソレノイドの駆動電圧と、この駆動電圧をローパスフィルタでフィルタ処理したリファレンス電圧とを比較し、両者の交点に基づいてソレノイドのアーマチャ位置を検出するようにしたものなど、燃料噴射弁の駆動電圧（例えばマイナス端子電圧）の挙動に基づいてソレノイドのアーマチャ挙動を検出する技術がある。このような技術では、検出したアーマチャ挙動に基づいて燃料噴射弁の弁体のリフト量のばらつきを推定し、噴射量ばらつきの補正を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許出願公開第2003/0071613号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、燃料噴射弁の駆動電圧の挙動は燃料噴射弁の磁気回路の個体差の影響を受け、個体間で駆動電圧挙動にばらつきが発生するのが一般的である。駆動電圧の挙動に基づいてソレノイドのアーマチャ挙動（すなわち燃料噴射弁の弁体の挙動）の検出精度を向上させるために、燃料噴射弁の磁気回路の個体差の影響による駆動電圧挙動のばらつき度を精度良く検出できることが望ましい。

【0007】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、燃料噴射弁の磁気回路の個体差の影響による駆動電圧挙動のばらつき度を精度よく検出できる内燃機関の燃料噴射制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明に係る燃料噴射制御装置は、電磁駆動式の燃料噴射弁（21）を備えた内燃機関（11）の燃料噴射制御装置（30）において、前記燃料噴射弁の磁気回路（56）に所定の噴射パルス（P1）で通電を行うことで前記燃料噴射弁を開弁駆動させると共に、前記燃料噴射弁の弁体（53）が駆動しない範囲の所定の通電パルス（P2）で前記磁気回路に通電を行う制御部（31）と、前記制御部により前記磁気回路に前記通電パルスで通電が行われるときの前記燃料噴射弁の駆動電圧の挙動に係る情報を記憶する記憶部（33）と、を備えることを特徴とする。

【0009】

この構成により、燃料噴射弁が非駆動状態のときの駆動電圧の挙動に係る情報を記憶することができるので、燃料噴射弁の弁体の挙動による誘導起電力の影響が低減され、かつ、磁気回路の個体差によるばらつき度の影響が強い情報を保持することができる。したがって、この情報を利用すれば、燃料噴射弁の磁気回路の個体差の影響による駆動電圧挙動のばらつき度を精度よく検出できる。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、燃料噴射弁の磁気回路の個体差の影響による駆動電圧挙動のばらつき度を精度よく検出できる内燃機関の燃料噴射制御装置を提供することができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係るECU（燃料噴射制御装置）を適用したエンジン制御システムの概略構成を示す図である。

【図2】図2は、図1中の燃料噴射弁の概略構成を示す模式図である。

【図3】図3は、燃料噴射弁の駆動回路の構成の一例を示す図である。

【図4】図4は、図1中のECUの機能ブロック図である。

【図5】図5は、燃料噴射弁のフルリフト噴射時の開弁状態を示す模式図である。

【図6】図6は、燃料噴射弁のパーシャルリフト噴射時の開弁状態を示す模式図である。

【図7】図7は、燃料噴射弁のフルリフト噴射時及びパーシャルリフト噴射時の噴射パルス及びリフト量を示すタイムチャートである。

10

【図8】図8は、燃料噴射弁の噴射パルス幅と実噴射量との関係を示す図である。

【図9】図9は、燃料噴射弁の磁気回路の影響による駆動電圧の挙動のばらつきを説明するためのタイムチャートである。

【図10】図10は、図9に示すマイナス端子電圧の挙動から算出された駆動電圧挙動値のばらつきの一例を示す図である。

【図11】図11は、本実施形態に係るECUにより実施される磁気回路ばらつき値の算出処理を示すフローチャートである。

【図12】図12は、駆動電圧挙動値の一例である電圧変曲点時間の算出処理の流れを示すフローチャートである。

20

【図13】図13は、電圧変曲点時間算出の実行例を示すタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

【0013】

図1～4を参照しながら、本発明の一実施形態に係るECU（燃料噴射制御装置）を適用したエンジン制御システム10について説明する。

【0014】

30

エンジン制御システム10は、図1に示すように、筒内噴射式の内燃機関である筒内噴射式エンジン11（以下では単に「エンジン11」とも表記する）と、電子制御ユニット（以下「ECU」と表記する）30を備え、エンジン11の挙動をECU30が制御するように構成されている。エンジン11は、例えば4つの気筒40を有する直列4気筒エンジンなどのように複数の気筒40を有するが、図1では単一の気筒40及びそれに繋がる管系のみが図示されている。

【0015】

エンジン11の吸気管12の最上流部には、エアクリーナ13が設けられ、このエアクリーナ13の下流側に、吸入空気量を検出するエアフローメータ14が設けられている。このエアフローメータ14の下流側には、モータ15によって開度調節されるスロットルバルブ16と、このスロットルバルブ16の開度（スロットル開度）を検出するスロットル開度センサ17とが設けられている。

40

【0016】

更に、スロットルバルブ16の下流側には、サージタンク18が設けられ、このサージタンク18に、吸気管圧力を検出する吸気管圧力センサ19が設けられている。また、サージタンク18には、エンジン11の各気筒40に空気を導入する吸気マニホールド20が設けられている。

【0017】

気筒40は、ピストン40a及びシリンダ40bによって構成されている。エンジン11の各気筒40には、それぞれ筒内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁21が取り付けられ

50

ている。また、シリンダ４０ｂの上方のシリンダヘッド４０ｃには、各気筒４０毎に点火プラグ２２が取り付けられ、各気筒４０の点火プラグ２２の火花放電によって筒内の混合気に着火される。

【００１８】

燃料噴射弁２１は、図２に示すように、駆動コイル５１と、プランジャ５２と、ニードル弁５３（弁体）と、ストッパ５４と、固定コア５５とを有する。燃料噴射弁２１は、周知の電磁駆動式（ソレノイド式）のインジェクタである。燃料噴射弁２１は、内蔵されたソレノイドの駆動コイル５１に通電されると、駆動コイル５１によって生じる電磁力によってプランジャ５２（可動コア）と一体的にニードル弁５３を開弁方向に駆動して開弁状態となり燃料噴射が行われる構成となっている。燃料噴射弁２１は、駆動コイル５１への通電が停止されると、ニードル弁５３が閉弁位置に戻って閉弁状態となり、燃料噴射が停止される。なお、燃料噴射弁２１による燃料噴射制御の詳細については後述する。

10

【００１９】

エンジン１１の各気筒４０には排気管２３が繋がれている。排気管２３には、排出ガスの空燃比又はリッチ／リーン等を検出する排出ガスセンサ２４（空燃比センサ、酸素センサ等）が設けられ、この排出ガスセンサ２４の下流側に、排出ガスを浄化する三元触媒等の触媒２５が設けられている。

【００２０】

また、エンジン１１のシリンダ４０ｂには、冷却水温を検出する冷却水温センサ２６や、ノッキングを検出するノックセンサ２７が取り付けられている。図１では図示を省略しているが、各ピストン４０ａには、ピストン４０ａの往復運動を円運動に変換するクランク軸２８が連結されている。クランク軸２８の外周側には、クランク軸２８が所定クランク角回転する毎にパルス信号を出力するクランク角センサ２９が取り付けられ、このクランク角センサ２９の出力信号に基づいてクランク角やエンジン回転速度が検出される。エンジン制御システム１０には、アクセル操作（アクセルペダルの踏込量）を検出するアクセルセンサ４１が設けられている。

20

【００２１】

これら各種センサからの出力信号は、ＥＣＵ３０に入力される。このＥＣＵ３０は、マイクロコンピュータを主体として構成され、内蔵されたＲＯＭ（記憶媒体）に記憶された各種のエンジン制御用のプログラムを実行することで、エンジン運転状態に応じて、燃料噴射量、点火時期、スロットル開度（吸入空気量）等を制御する。

30

【００２２】

図３、４に示すように、ＥＣＵ３０には、エンジン制御用マイコン１１２（エンジン１１の制御用のマイクロコンピュータ）、インジェクタ駆動用ＩＣ１１３（燃料噴射弁２１の駆動用ＩＣ）等が設けられている。ＥＣＵ３０は、図４に示すように、エンジン制御用マイコン１１２により、エンジン運転状態（例えばエンジン回転速度やエンジン負荷等）に応じて要求噴射量を算出して、この要求噴射量に応じて要求噴射パルス幅Ｔｉ（噴射時間）を算出する。そして、インジェクタ駆動用ＩＣ１１３により、要求噴射量に応じた要求噴射パルス幅Ｔｉで燃料噴射弁２１を開弁駆動して要求噴射量分の燃料を噴射する。また、ＥＣＵ３０には、図３に示すように、マイコン１１２に定電圧電源を供給する電源ＩＣ１１１も設けられている。

40

【００２３】

電磁駆動式（ソレノイド式）の燃料噴射弁２１は、例えば図３に示すように、ＥＣＵ３０を含む駆動回路１００によって駆動コイル５１への通電が制御されることで、その駆動が制御されている。より詳細には、駆動回路１００が駆動コイル５１への通電開始タイミングおよび通電時間（換言すれば通電終了タイミング）を制御することにより、燃料噴射弁２１による各気筒への燃料噴射量及び燃料噴射時期が制御されている。

【００２４】

図３に示されるように、燃料噴射弁２１の駆動回路１００は、バッテリー１１０と、電源ＩＣ１１１と、エンジン制御用マイコン１１２と、インジェクタ駆動用ＩＣ１１３と、を

50

備えている。バッテリー 110 は、駆動コイル 51 に通電するための電力及びエンジン制御用マイコン 112 を駆動するための電力を供給するバッテリー電源部である。

【0025】

電源 IC 111 は、エンジン制御用マイコン 112 に定電圧電源を供給する定電圧電源部である。電源 IC 111 は、エンジン制御用マイコン 112 に定電圧を供給できなくなると、エンジン制御用マイコン 112 をリセットするためのリセット信号を出力する。

【0026】

エンジン制御用マイコン 112 は、インジェクタ駆動用 IC 113 へインジェクタ駆動信号を出力する制御部である。エンジン制御用マイコン 112 は、電源 IC 111 からリセット信号が入力されると、リセット動作を行うように構成されている。

10

【0027】

インジェクタ駆動用 IC 113 は、エンジン制御用マイコン 112 から入力されるインジェクタ駆動信号に基づいて、燃料噴射弁 21 の駆動コイル 51 への通電制御を行う制御部である。インジェクタ駆動用 IC 113 は、いずれも MOS トランジスタで構成される放電用スイッチ 114、定電流スイッチ 115、充電用スイッチ 119、及び気筒選択スイッチ 126 へ通電制御を行うことで、各スイッチのオン／オフを切り替えている。

【0028】

気筒選択スイッチ 126 には、駆動コイル 51 の他端（駆動コイル 51 の通電経路における下流側）に一方の出力端子（ドレイン）が接続されている。気筒選択スイッチ 126 の他方の出力端子（ソース）とグラウンドラインとの間には、電流検出抵抗 127 が設けられている。電流検出抵抗 127 は、気筒選択スイッチ 126 を介して駆動コイル 51 に流れる電流（駆動電流）を検出するものであり、電流検出抵抗 127 に生じる電圧が、検出電流を示す電流検出信号 IN1 としてインジェクタ駆動用 IC 113 へ入力される。

20

【0029】

インジェクタ駆動用 IC 113 が制御する駆動回路 100 には更に、ダイオード 121、123、124、125 と、コンデンサ 117、122 と、インダクタ 118 と、抵抗 120 と、が設けられている。充電用スイッチ 119、インダクタ 118、抵抗 120、及びダイオード 121 は、コンデンサ 122 を規定充電電圧に充電する昇圧回路を形成している。

【0030】

インダクタ 118 は、一端がバッテリー電圧 VB の供給される電源に接続され、他端が充電用スイッチ 119 の一方の出力端子（ドレイン）に接続されている。充電用スイッチ 119 の他方の出力端子（ソース）は抵抗 120 を介して接地されている。充電用スイッチ 119 のゲート端子はインジェクタ駆動用 IC 113 に接続されており、このインジェクタ駆動用 IC 113 の出力に応じて充電用スイッチ 119 がオン／オフされる。

30

【0031】

更に、インダクタ 118 と充電用スイッチ 119 との接続点に、逆流防止用のダイオード 121 を介してコンデンサ 122 の一端（正極側端子）が接続されている。そして、コンデンサ 122 の他端（負極側端子）は接地されている。

【0032】

この昇圧回路においては、充電用スイッチ 119 がオン／オフされると、インダクタ 118 と充電用スイッチ 119 との接続点に、バッテリー電圧 VB よりも高いフライバック電圧（逆起電圧）が発生し、そのフライバック電圧により、ダイオード 121 を通じてコンデンサ 122 が充電される。これにより、コンデンサ 122 がバッテリー電圧 VB よりも高い電圧に充電される。コンデンサ 122 は、インジェクタ駆動用 IC 113 によって、充電電圧が予め設定された規定充電電圧になるように制御される。

40

【0033】

放電用スイッチ 114 は、コンデンサ 122 から駆動コイル 51 へ開弁のための大電流を供給するためのものである。放電用スイッチ 114 は、コンデンサ 122 に充電された電気エネルギーを駆動コイル 51 へ放電させるために設けられている。この放電用スイッ

50

チ 1 1 4 がオンされると、コンデンサ 1 2 2 の正極側端子（高電圧側の端子）が駆動コイル 5 1 の一端側に電氣的に接続され、これによりコンデンサ 1 2 2 から駆動コイル 5 1 への放電が開始される。上述した昇圧回路に加えて、放電用スイッチ 1 1 4 及びコンデンサ 1 2 2 は、ピーク電流駆動回路を構成している。

【0034】

定電流スイッチ 1 1 5 は、駆動コイル 5 1 へ、開弁後にその開弁状態を保持させるための一定の電流（保持電流）を流すためのものである。気筒選択スイッチ 1 2 6 がオンされている状態で定電流スイッチ 1 1 5 がオンされると、駆動コイル 5 1 に、電源ラインから逆流防止用のダイオード 1 2 3 を介して電流が流れる。尚、ダイオード 1 2 5 は、駆動コイル 5 1 に対する定電流制御のための帰還ダイオードであり、気筒選択スイッチ 1 2 6 がオンされている状態で定電流スイッチ 1 1 5 がオンからオフされた時に、駆動コイル 5 1 に電流を還流させるものである。定電流スイッチ 1 1 5、ダイオード 1 2 3、及びダイオード 1 2 5 は、定電流駆動回路を構成している。

【0035】

エンジン制御用マイコン 1 1 2 は、エンジン 1 1 を動作させるための各種制御を行う。その制御の 1 つとしてインジェクタ駆動信号の生成・出力がある。エンジン制御用マイコン 1 1 2 は、エンジン回転数、アクセル開度、エンジン水温、コモンレール内の燃料圧力など、上述の各種センサにて検出されるエンジン 1 1 の運転情報に基づいて、各気筒 4 0 毎のインジェクタ駆動信号を生成し、インジェクタ駆動用 IC 1 1 3 へ出力する。

【0036】

インジェクタ駆動用 IC 1 1 3 は、定電圧電源部である電源 IC 1 1 からエンジン制御用マイコン 1 1 2 に至る電力線の電圧を判定用電圧 IN 2 として検知するように構成されている。インジェクタ駆動用 IC 1 1 3 は、判定用電圧 IN 2 がリセット電圧よりよりも所定電圧分高い閾値電圧を下回った場合に、定電流スイッチ 1 1 5 をオフする駆動信号を出力する。また、インジェクタ駆動用 IC 1 1 3 は、定電流スイッチ 1 1 5 をオフする駆動信号の出力後、駆動コイル 5 1 に流れる電流を示す電流検出信号 IN 1 が閾値電流を下回り、且つ判定用電圧 IN 2 が閾値電圧を下回っている場合には、定電流スイッチ 1 1 5 のオフ状態を維持する。

【0037】

本実施形態では、インジェクタ駆動用 IC 1 1 3 は、燃料噴射弁 2 1 の駆動コイル 5 1 のマイナス端子 1 1 6 における電圧値（マイナス端子電圧 Vm）を検知するよう構成されている。駆動コイル 5 1 のマイナス端子 1 1 6 は、図 3 に示すように、駆動回路 1 0 0 において、気筒選択スイッチ 1 2 6 の一方の出力端子（ドレイン）と、ダイオード 1 2 4 との接続点より、駆動コイル 5 1 側（駆動コイル 5 1 の通電経路における下流側）に配置される。

【0038】

ここで、図 2、5～7 を参照して、電磁駆動式の燃料噴射弁 2 1 の開弁動作について説明する。燃料噴射弁 2 1 は、噴射パルスをオンして駆動コイル 5 1 に通電したときに、図 5、6 に示すように、駆動コイル 5 1 への通電により固定コア 5 5 及びプランジャ 5 2（可動コア）を通る磁気回路 5 6 が形成される。この磁気回路 5 6 によって固定コア 5 5 とプランジャ 5 2 との間で軸方向に電磁吸引力が作用し、電磁吸引力によりプランジャ 5 2 と一体的にニードル弁 5 3（弁体）が開弁方向（図 5、6 の紙面上方向）に駆動することで、燃料噴射弁 2 1 が開弁状態となる。

【0039】

燃料噴射弁 2 1 の開弁状態は、噴射パルスの噴射パルス幅に応じて、図 5 に示すフルリフト領域と、図 6 に示すパーシャルリフト領域とに区分される。図 7 には、燃料噴射弁 2 1 の開弁駆動時の特性として、（a）噴射パルス、及び（b）リフト量が示される。図 7 に示すように、燃料噴射弁 2 1 では、所定の電流値及び噴射パルス幅の噴射パルスによって通電されると、噴射パルス幅に応じたリフト量でニードル弁 5 3 が開弁される。

【0040】

図 7 に実線で示すように噴射パルス幅が比較的長くなるフルリフト領域では、図 5 に示すように、ニードル弁 5 3 のリフト量がフルリフト位置（プランジャ 5 2 がストッパ 5 4 に突き当たる位置）に到達する。一方、図 7 に点線で示すように、噴射パルス幅が比較的短くなるパーシャルリフト領域では、図 6 に示すように、ニードル弁 5 3 のリフト量がフルリフト位置に到達しないパーシャルリフト状態（プランジャ 5 2 がストッパ 5 4 に突き当たる手前の状態）となる。

【0041】

ECU 30 は、フルリフト領域ではニードル弁 5 3 のリフト量がフルリフト位置に到達する噴射パルスで燃料噴射弁 2 1 を開弁駆動するフルリフト噴射を実行し、パーシャルリフト領域ではニードル弁 5 3 のリフト量がフルリフト位置に到達しないパーシャルリフト状態となる噴射パルスで燃料噴射弁 2 1 を開弁駆動するパーシャルリフト噴射を実行する。

10

【0042】

高圧の燃料を筒内に噴射する筒内噴射式エンジン 1 1 の燃料噴射弁 2 1 は、図 8 に示すように、噴射パルス幅に対する実噴射量の変化特性のリニアリティ（直線性）がパーシャルリフト領域（噴射パルス幅が短くてニードル弁 5 3 のリフト量がフルリフト位置に到達しないパーシャルリフト状態となる領域）で悪化する傾向がある。このパーシャルリフト領域では、燃料噴射弁 2 1 の個体間でニードル弁 5 3 のリフト量のばらつきが大きくなって噴射量ばらつきが大きくなる傾向があり、噴射量ばらつきが大きくなると、排気エミッションやドライバビリティが悪化する可能性がある。

20

【0043】

ところで、燃料噴射弁 2 1 は、噴射パルスのオフ後に誘導起電力によってマイナス端子電圧 V_m が変化する（図 13 参照）。その際、燃料噴射弁 2 1 が閉弁するとき、ニードル弁 5 3 の変化速度（プランジャ 5 2 の変化速度）が比較的大きく変化して、マイナス端子電圧 V_m の変化特性が変化するため、閉弁タイミング付近でマイナス端子電圧 V_m の変化特性が変化する電圧変曲点となる。つまり、燃料噴射弁 2 1 の閉弁タイミング付近のマイナス端子電圧 V_m の変化特性は、燃料噴射弁 2 1 の閉弁タイミングと相関があると考えられる。また、燃料噴射弁 2 1 の閉弁タイミングと実際の燃料噴射量にも相関がある。したがって、マイナス端子電圧 V_m （駆動電圧）の挙動を観測することで、燃料噴射弁 2 1 のアーマチャ挙動（すなわち、ニードル弁 5 3 のリフト量の挙動）や、閉弁タイミング、燃料噴射量を精度良く推定できると考えられる。

30

【0044】

燃料噴射弁 2 1 の駆動電圧の挙動は、燃料噴射弁 2 1 の磁気回路 5 6 のばらつきの影響を受け、個体間でばらつきが発生するのが一般的である。ここで「磁気回路 5 6 のばらつき」とは、個々の燃料噴射弁 2 1 に形成される磁気回路 5 6 の個体差であり、例えば、磁気回路 5 6 が形成される固定コア 5 5 とプランジャ 5 2（可動コア）との組み付け状態の差異などに起因するものである。このため、マイナス端子電圧 V_m （駆動電圧）を用いた燃料噴射弁の挙動の検出精度を向上するために、燃料噴射弁 2 1 の個体間の磁気回路 5 6 のばらつきを精度良く検出することが望ましい。

【0045】

しかし、燃料噴射弁 2 1 の開弁駆動中における駆動電圧の挙動には、燃料噴射弁 2 1 のアーマチャ挙動（ニードル弁 5 3 の挙動）による誘導起電力が重畳する。このため、燃料噴射弁が駆動している状態では、磁気回路のばらつきとソレノイドのアーマチャ挙動による誘導起電力量の切り分けができず、駆動電圧の挙動から磁気回路ばらつきを精度良く検出することが難しい場合がある。

40

【0046】

そこで本実施形態では、通常の開弁駆動時に用いる噴射パルスの代わりに、燃料噴射弁 2 1 のニードル弁 5 3 が駆動しない範囲の所定の通電パルスで磁気回路 5 6 に通電を行い、このときのマイナス端子電圧（駆動電圧）の挙動を用いて磁気回路 5 6 のばらつきを検出している。

50

【0047】

ここで、図9、10を参照して、本実施形態における磁気回路のばらつきの検出手法についてさらに説明する。図9には、通電パルス印加時の（A）駆動電流、（B）アーマチャ（ニードル弁53）の挙動、（C）マイナス端子電圧の時間変化が示されている。図9、10では、3つの燃料噴射弁の挙動が例示されており、各個体に対応するものを符号a、b、cで表している。図10の横軸は閉弁タイミング、縦軸は駆動電圧挙動値であり、図10は閉弁タイミングと駆動電圧挙動値との間の特性を示している。図10に直線のグラフで示すように、閉弁タイミングと駆動電圧挙動値との標準的な関係は比例関係となる。ここで、「駆動電圧挙動値」は、マイナス端子電圧 V_m などの駆動電圧の挙動（例えば時間推移）から導出される値である。

10

【0048】

「駆動電圧挙動値」としては、時間を単位とする指標（例えばマイナス端子電圧の微分値など）や、電圧を単位とする指標（例えば時点における基準との電圧差）などの任意の指標を選択することができる。駆動電圧挙動値の一例として、閉弁タイミング付近でマイナス端子電圧 V_m の変化特性が変化する上記の電圧変曲点に関して、所定の基準タイミングからのこの電圧変曲点が発生するタイミングまでの時間（電圧変曲点時間 T_{diff} ）が挙げられる。ここでは、まず一般的な概念として「駆動電圧挙動値」という用語を用いて説明し、電圧変曲点時間 T_{diff} の詳細な説明については、図12、13を参照して後述する。

【0049】

20

図9（A）に点線で示すように、所定の噴射パルス P_1 によって通電されると、図9（B）に点線で示すように、アーマチャ（ニードル弁53）が開弁方向に駆動する。このときのマイナス端子電圧の挙動は、磁気回路のばらつきを含むが、アーマチャ挙動による誘導起電力が重畳する。このため、燃料噴射弁21を駆動している状態では、磁気回路56のばらつきと誘導起電力量の切り分けができず、磁気回路のばらつきの検出精度が低くなる虞がある。

【0050】

これに対して、本実施形態では、燃料噴射弁21のニードル弁53（弁体）が駆動しない範囲の所定の「通電パルス」で磁気回路56に通電を行う。通電パルス P_2 は、例えば図9（A）に実線で示すように、パルス幅は噴射パルス P_1 と同様であるが、目標電流値が噴射パルス P_1 より小さく設定されている。この通電パルス P_2 は、燃料噴射弁21の弁体が駆動しない程度の駆動エネルギー（電流）を投入する。これにより、図9（B）に実線で示すように、通電中にもアーマチャ（ニードル弁53）は駆動しないので、図9（C）に3つの燃料噴射弁におけるマイナス端子電圧の挙動a、b、cの差異は、アーマチャの挙動の影響が無い状態で検出される。このため、個々の燃料噴射弁21における磁気回路56のばらつきの影響が強い挙動を検出できる。このように検出されたマイナス端子電圧の挙動a、b、cを用いて導出される駆動電圧挙動値も磁気回路56の個体間のばらつきを強く反映させた値となり、図10に示すように、3つの燃料噴射弁の駆動電圧から導出された駆動電圧挙動値a、b、cの間の差分が、各燃料噴射弁の磁気回路56のばらつき度を示す磁気回路ばらつき値（詳細は後述）に相当する。

30

40

【0051】

このような特性に着目して、本実施形態では、ECU30は、燃料噴射弁21のニードル弁53（弁体）が駆動しない範囲の所定の通電パルスで磁気回路56に通電を行うときのマイナス端子電圧 V_m （駆動電圧）を計測し、計測したマイナス端子電圧の挙動を用いて、マイナス端子電圧 V_m （駆動電圧）に係る情報として磁気回路ばらつき値を算出して、閉弁タイミングに関連する情報として記憶する。そして、この磁気回路ばらつき値に基づいてパーシャルリフト噴射の噴射パルスを補正することで、燃料噴射弁21の個体間の噴射量ばらつきを抑制するよう構成されている。

【0052】

ECU30は、図4に示すように、上記の各機能に関するインジェクタ制御部31と、

50

演算部 3 2 と、記憶部 3 3 と、噴射パルス補正演算部 3 4 とを備える。インジェクタ制御部 3 1 と演算部 3 2 とは、インジェクタ駆動用 I C 1 1 3 に含まれ、記憶部 3 3 と噴射パルス補正演算部 3 4 とはエンジン制御用マイコン 1 1 2 に含まれる。

【0053】

インジェクタ制御部 3 1 は、燃料噴射弁 2 1 の磁気回路 5 6 に所定の噴射パルスで通電を行うことで燃料噴射弁 2 1 を開弁駆動する。また、インジェクタ制御部 3 1 は、演算部 3 2 による駆動電圧挙動値の算出に用いるマイナス端子電圧 V_m の時系列データを取得する際に、所定の通電パルスで磁気回路 5 6 に通電を行う。

【0054】

演算部 3 2 は、インジェクタ制御部 3 1 により通電パルスが通電された際の燃料噴射弁 2 1 から検出されるマイナス端子電圧 V_m に基づいて駆動電圧挙動値を算出し、算出した駆動電圧挙動値を用いて磁気回路ばらつき値を算出する。

【0055】

記憶部 3 3 は、演算部 3 2 により算出された磁気回路ばらつき値を記憶する。

【0056】

噴射パルス補正演算部 3 4 は、記憶部 3 3 に記憶されている磁気回路ばらつき値を用いて、燃料噴射弁 2 1 に印加する噴射パルスの補正演算を行う。具体的には、燃料噴射弁 2 1 ごとに算出された磁気回路ばらつき値に応じて、噴射パルスの目標パルス幅 T_i (すなわち燃料噴射弁 2 1 の通電時間) を補正する。インジェクタ制御部 3 1 は、これらの補正された目標パルス幅にしたがって各燃料噴射弁に通電を行う。

【0057】

磁気回路ばらつき値の算出処理の詳細について、図 1 1 のフローチャートを参照して説明する。図 1 1 に示す制御フローは、E C U 3 0 により例えば所定周期ごとに実行される。

【0058】

ステップ S 0 1 では、インジェクタ制御部 3 1 により、現在のエンジンの運転状態が燃料カット中か否かが確認される。インジェクタ制御部 3 1 は、例えばエンジン制御用マイコン 1 1 2 からエンジンの運転状態の情報を取得し、判定に利用することができる。ステップ S 0 1 の判定の結果、燃料カット中である場合 (ステップ S 0 1 の Y e s) には、車両の現在の運転状態が燃料噴射弁 2 1 を駆動しない運転状態であるため、磁気回路ばらつき値の算出処理を開始すべくステップ S 0 2 に進む。一方、運転状態が燃料カット中でない場合 (ステップ S 0 2 の N o) には本制御フローを終了する。

【0059】

ステップ S 0 2 では、インジェクタ制御部 3 1 により、現在のエンジン 1 1 の運転状態に基づき、燃料噴射弁 2 1 のニードル弁 5 3 が駆動しない目標電流値 (例えば図 9 (A) の $C o r_I P$) 及び通電パルス幅 (例えば図 9 (A) の $C o r_t i m e$) が設定される。なお、目標電流値 $C o r_I P$ 及び通電パルス幅 $C o r_t i m e$ の一方のみを運転状態に応じて設定してもよい。目標電流値 $C o r_I P$ は、例えば、エンジン 1 1 の制御燃圧が高いほど高く設定され、前記制御燃圧が低いほど低く設定される。ステップ S 0 2 の処理が完了するとステップ S 0 3 へ移行する。

【0060】

ステップ S 0 3 では、インジェクタ制御部 3 1 により、ステップ S 0 2 で設定した目標電流値 $C o r_I P$ 及び通電パルス幅 $C o r_t i m e$ からなる通電パルス P 2 で磁気回路 5 6 に通電させる通電制御が実行され、演算部 3 2 により、通電制御中の各燃料噴射弁 2 1 のマイナス端子電圧 V_m の時系列データが取得される。演算部 3 2 は、例えば、通電パルス P 2 のカット時 (オフ状態に切り替わったとき) 以降のマイナス端子電圧 V_m の挙動を取得する。ステップ S 0 3 の処理が完了するとステップ S 0 4 へ移行する。

【0061】

ステップ S 0 4 では、演算部 3 2 により、ステップ S 0 3 で取得したマイナス端子電圧 V_m の時系列データがフィルタ処理される。ステップ S 0 4 の処理が完了するとステップ

10

20

30

40

50

S 0 5 へ移行する。

【0062】

ステップ S 0 5 では、演算部 3 2 により、ステップ S 0 4 にてフィルタ処理されたマイナス端子電圧 V_m の時系列データを用いて、各燃料噴射弁 2 1 の駆動電圧挙動値 V_fb が算出される。ステップ S 0 5 の処理が完了するとステップ S 0 6 へ移行する。

【0063】

ステップ S 0 6 では、ステップ S 0 5 で算出された各燃料噴射弁 2 1 の駆動電圧挙動値 V_fb の平均値 V_fb_Ave が算出される。ステップ S 0 6 の処理が完了するとステップ S 0 7 へ移行する。

【0064】

ステップ S 0 7 では、演算部 3 2 により、ステップ S 0 6 で算出された各燃料噴射弁 2 1 の駆動電圧挙動値 V_fb と、ステップ S 0 7 で算出されたこれらの平均値 V_fb_Ave との割合が算出され、この算出値が磁気回路ばらつき値として記憶部 3 3 に記憶される。ステップ S 0 7 の処理が完了すると本制御フローを終了する。

【0065】

図 1 2 及び図 1 3 を参照して、上述した駆動電圧挙動値の一例である電圧変曲点時間について説明する。

【0066】

ECU 3 0 は、インジェクタ駆動用 IC 1 1 3 の演算部 3 2 で、通電パルスのオフ後に、燃料噴射弁 2 1 のマイナス端子電圧 V_m をノイズ成分の周波数よりも低い第 1 の周波数 f_1 をカットオフ周波数とする第 1 のローパスフィルタでフィルタ処理（なまし処理）した第 1 のフィルタ電圧 V_{sm1} を算出すると共に、燃料噴射弁 2 1 のマイナス端子電圧 V_m を第 1 の周波数 f_1 よりも低い第 2 の周波数 f_2 をカットオフ周波数とする第 2 のローパスフィルタでフィルタ処理（なまし処理）した第 2 のフィルタ電圧 V_{sm2} を算出する処理をエンジン 1 1 の各気筒毎に行う。これにより、マイナス端子電圧 V_m からノイズ成分を除去した第 1 のフィルタ電圧 V_{sm1} と電圧変曲点検出用の第 2 のフィルタ電圧 V_{sm2} を算出することができる。

【0067】

更に、インジェクタ駆動用 IC 1 1 3 の演算部 3 2 で、第 1 のフィルタ電圧 V_{sm1} と第 2 のフィルタ電圧 V_{sm2} との差分 V_{diff} ($= V_{sm1} - V_{sm2}$) を算出し、所定の基準タイミングから差分 V_{diff} が変曲点となるタイミングまでの時間を電圧変曲点時間 T_{diff} として算出する処理をエンジン 1 1 の各気筒毎に行う。この際、本実施形態では、差分 V_{diff} が所定の閾値 V_t を越えるタイミングを、差分 V_{diff} が変曲点となるタイミングとして電圧変曲点時間 T_{diff} を算出する。つまり、所定の基準タイミングから差分 V_{diff} が所定の閾値 V_t を越えるタイミングまでの時間を電圧変曲点時間 T_{diff} として算出する。これにより、燃料噴射弁 2 1 の閉弁タイミングに応じて変化する電圧変曲点時間 T_{diff} を精度良く算出することができる。本実施形態では、通電パルスがオフからオンに切り換わるタイミングを基準タイミングとして電圧変曲点時間 T_{diff} を算出する。

【0068】

電圧変曲点時間 T_{diff} は、例えば図 1 2 のフローチャートに示す電圧変曲点時間算出ルーチンにより算出することができる。このルーチンは、駆動電圧挙動値として電圧変曲点時間 T_{diff} を用いる場合に、図 1 1 のフローチャートのステップ S 0 5 において実施することができる。つまり、図 1 2 の電圧変曲点時間算出ルーチンは、ECU 3 0 の演算部 3 2 により実行される。

【0069】

まず、ステップ S 1 0 1 で、燃料噴射弁 2 1 のマイナス端子電圧 V_m を取得する。この場合、本ルーチンの演算周期 T_s がマイナス端子電圧 V_m のサンプリング周期 T_s となる。

【0070】

この後、ステップ S 1 0 2 に進み、燃料噴射弁 2 1 のマイナス端子電圧 V_m をノイズ成分の周波数よりも低い第 1 の周波数 f_1 をカットオフ周波数とする第 1 のローパスフィルタ（つまりカットオフ周波数 f_1 よりも低い周波数帯域を通過域とするローパスフィルタ）でフィルタ処理した第 1 のフィルタ電圧 V_{sm1} を算出する。

【0071】

第 1 のローパスフィルタは、第 1 のフィルタ電圧の前回値 $V_{sm1}(k-1)$ とマイナス端子電圧の今回値 $V_m(k)$ とを用いて第 1 のフィルタ電圧の今回値 $V_{sm1}(k)$ を求める下記 (1) 式で実装されるデジタルフィルタである。

$$V_{sm1}(k) = \{ (n_1 - 1) / n_1 \} \times V_{sm1}(k-1) + (1 / n_1) \times V_m(k) \quad \dots (1) \quad 10$$

【0072】

この第 1 のローパスフィルタの時定数 n_1 は、マイナス端子電圧 V_m のサンプリング周波数 $f_s (= 1 / T_s)$ と第 1 のローパスフィルタのカットオフ周波数 f_1 とを用いた下記 (2) 式の関係を満たすように設定されている。

$$1 / f_s : 1 / f_1 = 1 : (n_1 - 1) \quad \dots (2)$$

【0073】

これにより、ノイズ成分の周波数よりも低い第 1 の周波数 f_1 をカットオフ周波数とする第 1 のローパスフィルタでフィルタ処理した第 1 のフィルタ電圧 V_{sm1} を容易に算出することができる。

20

【0074】

この後、ステップ S 1 0 3 に進み、燃料噴射弁 2 1 のマイナス端子電圧 V_m を第 1 の周波数 f_1 よりも低い第 2 の周波数 f_2 をカットオフ周波数とする第 2 のローパスフィルタ（つまりカットオフ周波数 f_2 よりも低い周波数帯域を通過域とするローパスフィルタ）でフィルタ処理した第 2 のフィルタ電圧 V_{sm2} を算出する。

【0075】

第 2 のローパスフィルタは、第 2 のフィルタ電圧の前回値 $V_{sm2}(k-1)$ とマイナス端子電圧の今回値 $V_m(k)$ とを用いて第 2 のフィルタ電圧の今回値 $V_{sm2}(k)$ を求める下記 (3) 式で実装されるデジタルフィルタである。

$$V_{sm2}(k) = \{ (n_2 - 1) / n_2 \} \times V_{sm2}(k-1) + (1 / n_2) \times V_m(k) \quad \dots (3) \quad 30$$

【0076】

この第 2 のローパスフィルタの時定数 n_2 は、マイナス端子電圧 V_m のサンプリング周波数 $f_s (= 1 / T_s)$ と第 2 のローパスフィルタのカットオフ周波数 f_2 とを用いた下記 (4) 式の関係を満たすように設定されている。

$$1 / f_s : 1 / f_2 = 1 : (n_2 - 1) \quad \dots (4)$$

【0077】

これにより、第 1 の周波数 f_1 よりも低い第 2 の周波数 f_2 をカットオフ周波数とする第 2 のローパスフィルタでフィルタ処理した第 2 のフィルタ電圧 V_{sm2} を容易に算出することができる。

40

【0078】

この後、ステップ S 1 0 4 に進み、第 1 のフィルタ電圧 V_{sm1} と第 2 のフィルタ電圧 V_{sm2} との差分 $V_{diff} (= V_{sm1} - V_{sm2})$ を算出する。尚、この差分 V_{diff} が 0 以上にならないようにガード処理して、マイナス成分だけを抽出するようにしても良い。

【0079】

この後、ステップ S 1 0 5 に進み、閾値 V_t を取得すると共に、電圧変曲点時間の前回値 $T_{diff}(k-1)$ を取得する。閾値 V_t は、例えばエンジン制御用マイコン 1 1 2 により燃圧や燃温等に応じて算出される。あるいは、閾値 V_t を予め設定した固定値とし

50

ても良い。

【0080】

この後、ステップS106に進み、通電パルスがオフからオンに切り換わるタイミングであるか否かを判定する。このステップS106で、通電パルスがオフからオンに切り換わるタイミングであると判定された場合には、ステップS109に進み、電圧変曲点時間の今回値Tdiff(k)を「0」にリセットする。

$$Tdiff(k) = 0$$

【0081】

一方、上記ステップS106で、通電パルスがオフからオンに切り換わるタイミングではないと判定された場合には、ステップS107に進み、通電パルスがオンであるか否かを判定する。このステップS107で、通電パルスがオンであると判定された場合には、ステップS110に進み、電圧変曲点時間の前回値Tdiff(k-1)に所定値Ts(本ルーチンの演算周期)を加算して電圧変曲点時間の今回値Tdiff(k)を求めることで、電圧変曲点時間Tdiffをカウントアップする。

$$Tdiff(k) = Tdiff(k-1) + Ts$$

【0082】

その後、上記ステップS107で、通電パルスがオンではない(つまり通電パルスがオフである)と判定された場合には、ステップS108に進み、第1のフィルタ電圧Vsm1と第2のフィルタ電圧Vsm2との差分Vdiffが閾値Vtを越えたか否か(閾値Vtよりも小から大になったか否か)を判定する。

【0083】

このステップS108で、第1のフィルタ電圧Vsm1と第2のフィルタ電圧Vsm2との差分Vdiffがまだ閾値Vtを越えていないと判定された場合には、ステップS110に進み、電圧変曲点時間Tdiffをカウントアップする処理を継続する。

【0084】

その後、上記ステップS108で、第1のフィルタ電圧Vsm1と第2のフィルタ電圧Vsm2との差分Vdiffが閾値Vtを越えたと判定された場合には、電圧変曲点時間Tdiffの算出が完了したと判断して、ステップS111に進み、電圧変曲点時間の今回値Tdiff(k)を前回値Tdiff(k-1)に保持する。

$$Tdiff(k) = Tdiff(k-1)$$

【0085】

これにより、通電パルスがオフからオンに切り換わるタイミング(基準タイミング)から差分Vdiffが閾値Vtを越えるタイミングまでの時間を電圧変曲点時間Tdiffとして算出し、この電圧変曲点時間Tdiffの算出値を次の基準タイミングまで保持する。このようにして電圧変曲点時間Tdiffを算出する処理をエンジン11の各気筒毎に行う。

【0086】

図13のタイムチャートを用いて本実施形態の電圧変曲点時間算出の実行例を説明する。

通電パルスのオフ後に、燃料噴射弁21のマイナス端子電圧Vmを第1のローパスフィルタでフィルタ処理した第1のフィルタ電圧Vsm1を算出すると共に、燃料噴射弁21のマイナス端子電圧Vmを第2のローパスフィルタでフィルタ処理した第2のフィルタ電圧Vsm2を算出する。更に、第1のフィルタ電圧Vsm1と第2のフィルタ電圧Vsm2との差分Vdiff(=Vsm1-Vsm2)を算出する。

【0087】

そして、通電パルスがオフからオンに切り換わるタイミング(基準タイミング)t1で、電圧変曲点時間Tdiffを「0」にリセットした後、電圧変曲点時間Tdiffの算出を開始して、所定の演算周期Tsで電圧変曲点時間Tdiffをカウントアップする処理を繰り返す。

【0088】

10

20

30

40

50

その後、通電パルスのオフ後に第1のフィルタ電圧 V_{sm1} と第2のフィルタ電圧 V_{sm2} との差分 V_{diff} が閾値 V_t を越えるタイミング t_2 で、電圧変曲点時間 T_{diff} の算出を完了する。これにより、通電パルスがオフからオンに切り換わるタイミング（基準タイミング） t_1 から差分 V_{diff} が閾値 V_t を越えるタイミング t_2 までの時間を電圧変曲点時間 T_{diff} として算出する。

【0089】

この電圧変曲点時間 T_{diff} の算出値を次の基準タイミング t_3 まで保持し、この間（電圧変曲点時間 T_{diff} の算出完了タイミング t_2 から次の基準タイミング t_3 までの期間）に、エンジン制御用マイコン112が電圧変曲点時間 T_{diff} をインジェクタ駆動用IC113から取得する。

10

【0090】

本実施形態に係るECU30（燃料噴射制御装置）は、インジェクタ制御部31により、燃料噴射弁21のニードル弁53が駆動しない範囲の所定の通電パルスP2で磁気回路56に通電を行い、このときの燃料噴射弁21の駆動電圧（マイナス端子電圧 V_m ）の挙動に係る情報（本実施形態では磁気回路ばらつき値）を記憶部33に記憶する。燃料噴射弁21の駆動時の駆動電圧には、燃料噴射弁21のアーマチャ挙動（ニードル弁53の挙動）による誘導起電力と、磁気回路56の個体差によるばらつきとが重畳されている。上記構成により、燃料噴射弁21が非駆動状態のときの駆動電圧の挙動に係る情報を記憶することができるので、燃料噴射弁21のアーマチャ挙動による誘導起電力の影響が低減され、かつ、磁気回路56の個体差によるばらつき度の影響が強い情報を保持することができる。したがって、この情報を利用すれば、燃料噴射弁21の磁気回路56の個体差の影響による駆動電圧挙動のばらつき度を精度よく検出できる。

20

【0091】

また、ECU30は、演算部32により、通電パルスの通電時のマイナス端子電圧 V_m の挙動を計測し、計測したマイナス端子電圧 V_m の挙動に基づいて、磁気回路56の影響による駆動電圧の挙動のばらつき度を示す磁気回路ばらつき値を算出し、この磁気回路ばらつき値を駆動電圧の挙動に係る情報として記憶部33に記憶する。インジェクタ制御部31は、燃料噴射弁21を開弁駆動させる際に、記憶部33に記憶される磁気回路ばらつき値に基づいて補正された噴射パルスP1を用いる。この構成により、燃料噴射弁21の磁気回路56の個体差によるばらつきに基づき噴射パルスP1を補正し、補正した噴射パルスによって各燃料噴射弁21の開弁駆動を行うので、各燃料噴射弁21の磁気回路56の個体差によるばらつきの影響を良好に低減でき、各燃料噴射弁21の開弁駆動の制御精度を向上できる。

30

【0092】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、前述した各具体例が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、前述した各実施の形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

40

【0093】

上記実施形態では、「マイナス端子電圧 V_m （駆動電圧）の挙動に係る情報」として磁気回路ばらつき値を記憶部に記憶する構成を例示したが、マイナス端子電圧 V_m の挙動を反映する情報を記憶部に記憶すればよく、例えば、マイナス端子電圧 V_m の時系列データをそのまま記憶してもよいし、上記の駆動電圧挙動値（例えば電圧変曲点時間 T_{diff} ）など時マイナス端子電圧の時系列データから導出される情報を記憶する構成としてもよい。

【0094】

上記実施形態では、図11のフローチャートに示す磁気回路ばらつき値の算出処理を実

50

施する条件として、車両の運転状態が燃料カット中であることを例示したが（図 11 のステップ S01 参照）、車両の現在の運転状態が燃料噴射弁 21 を駆動しない運転状態であればよく、例えばイグニッションオン後のエンジン始動前に実施する構成としてもよい。また、燃料噴射弁 21 が駆動される運転状態のときに磁気回路ばらつき値の算出処理を実施する構成とすることもできる。

【0095】

また、上記実施形態では、図 11 のフローチャートに示す磁気回路ばらつき値の算出処理において、各燃料噴射弁 21 の駆動電圧挙動値 V_fb と、これらの挙動値の平均値 V_fb_Ave との割合を磁気回路ばらつき値として算出する構成を例示したが（図 11 のステップ S07 参照）、各燃料噴射弁 21 の駆動電圧挙動値 V_fb とその平均値 V_fb_Ave との差異を反映させる値であればよく、例えば各駆動電圧挙動値 V_fb と平均値 V_fb_Ave との差分を磁気回路ばらつき値として算出する構成でもよい。

10

【0096】

同様に、駆動電圧の挙動に係る基準値 V_fb_base を設定し、各燃料噴射弁 21 の駆動電圧挙動値 V_fb と、この基準値 V_fb_base との差異（割合や差分）を磁気回路ばらつき値として算出する構成としてもよい。この場合、基準値 V_fb_base は、予め設定される所定値でもよいし、計測した駆動電圧の挙動をフィルタによって加工したものをを用いて算出する構成としてもよい。

【0097】

また、上記実施形態では、燃料噴射弁 21 の駆動電圧としてマイナス端子電圧 V_m を計測する構成を例示したが、例えば駆動コイル 51 のプラス端子電圧など他の箇所で計測される電圧値を用いることもできる。

20

【0098】

また、上記実施形態では、図 11 のフローチャートに示す磁気回路ばらつき値の算出処理において、現在のエンジン 11 の運転状態に基づいて通電パルス P2 の目標電流値 Cor_IP 及び通電パルス幅 Cor_time を設定する構成を例示したが、これらを所定値とする構成でもよい。

【0099】

また、上記実施形態では、ECU 30 において、エンジン制御用マイコン 112 の噴射パルス補正演算部 34 が、記憶部 33 に記憶されている各燃料噴射弁ごとの磁気回路ばらつき値に応じて、噴射パルスの目標パルス幅 Ti （すなわち各燃料噴射弁 21 の通電時間）を補正し、インジェクタ駆動用 IC 113 のインジェクタ制御部 31 が、これらの補正された目標パルス幅にしたがって各燃料噴射弁 21 に通電を行う（すなわち磁気回路ばらつき値に基づいて燃料噴射弁への通電時間を補正する）構成を例示したが、噴射パルスの補正は他の手法でもよい。例えば、燃料噴射弁 21 の駆動時に計測されるマイナス端子電圧 V_m などの駆動電圧の検出値を、記憶部 33 に記憶されている各燃料噴射弁ごとの磁気回路ばらつき値を用いて補正し、補正された駆動電圧の検出値に基づいて噴射パルスを設定する構成としてもよい。

30

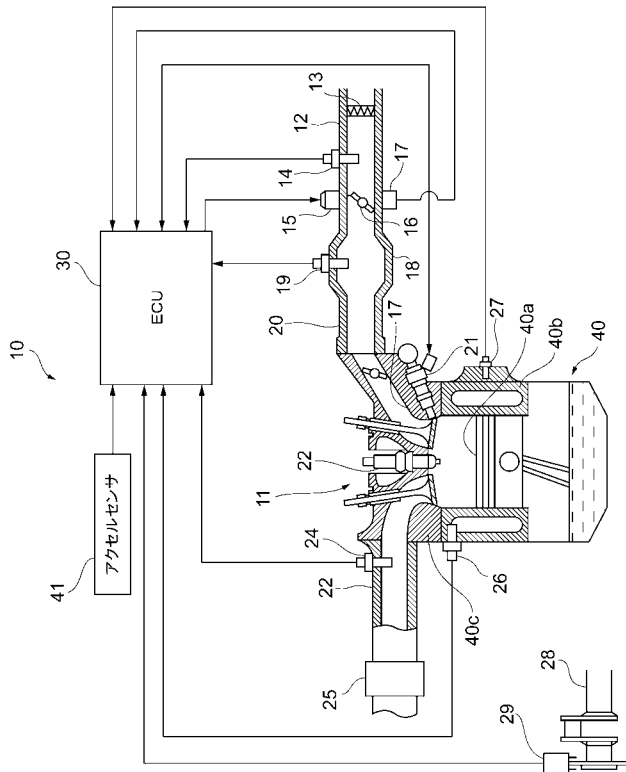
【符号の説明】

【0100】

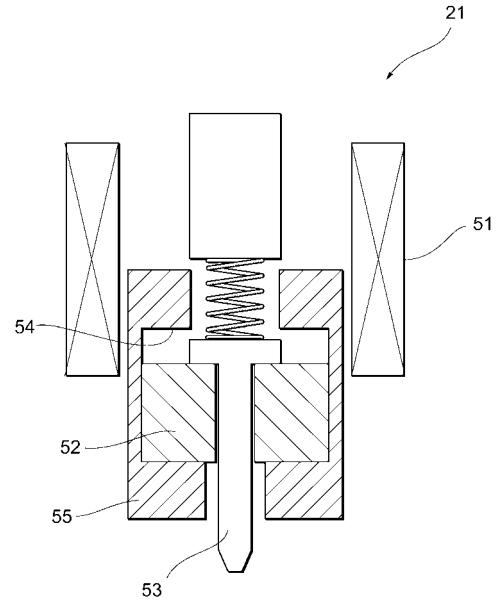
40

- 11：エンジン（内燃機関）
- 21：燃料噴射弁
- 30：ECU（燃料噴射制御装置）
- 31：インジェクタ制御部（制御部）
- 33：記憶部
- 53：ニードル弁（弁体）
- 56：磁気回路
- P1：噴射パルス
- P2：通電パルス

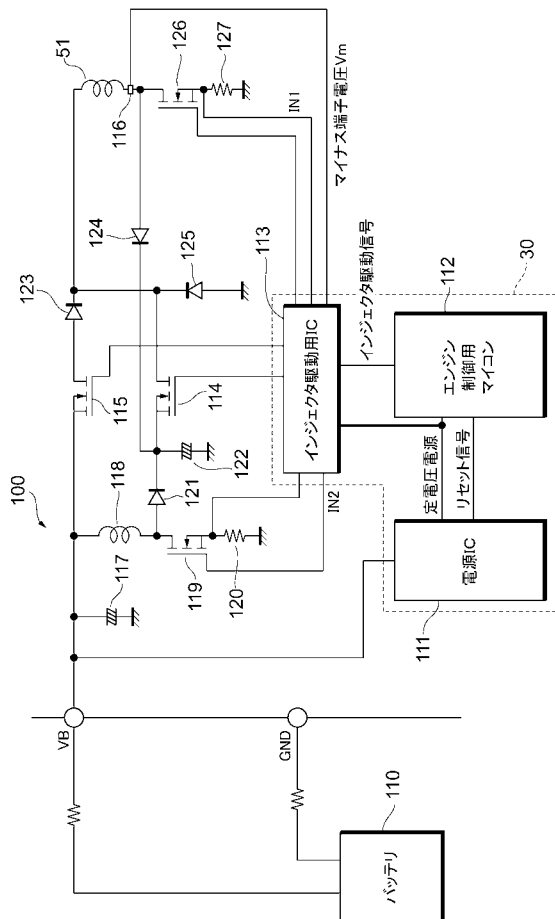
【図 1】



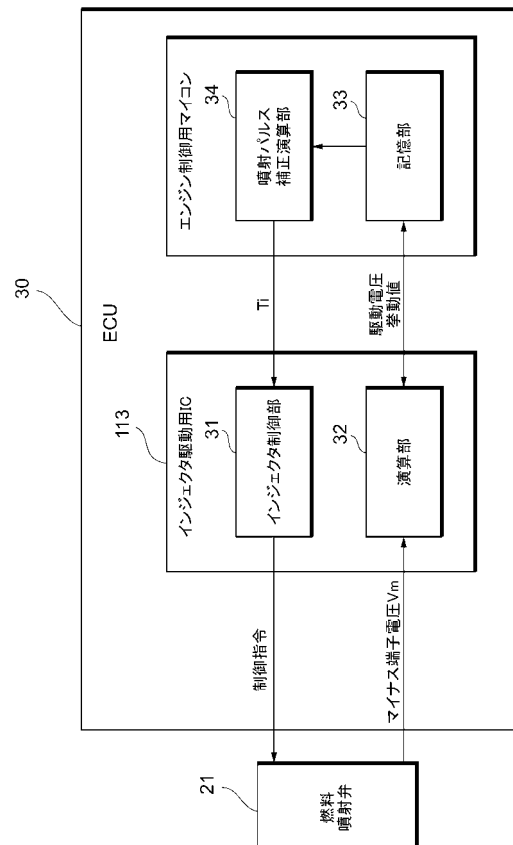
【図 2】



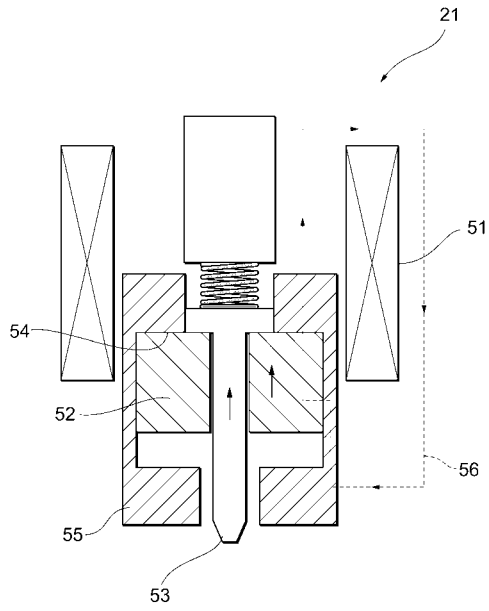
【図 3】



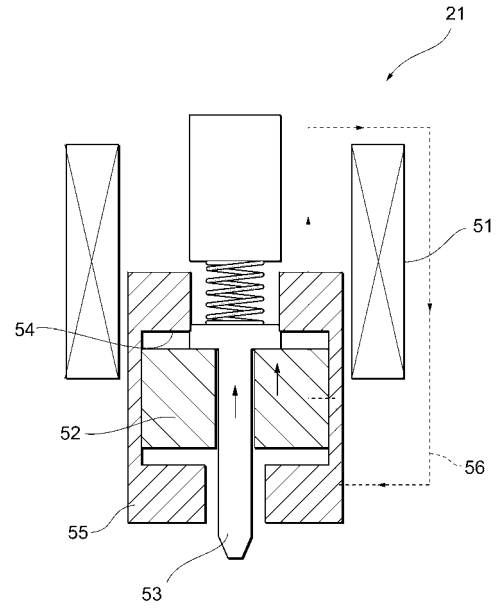
【図 4】



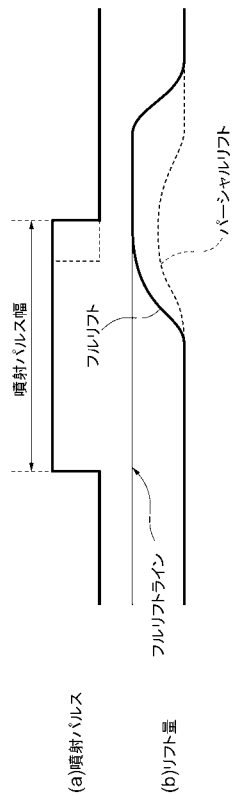
【図 5】



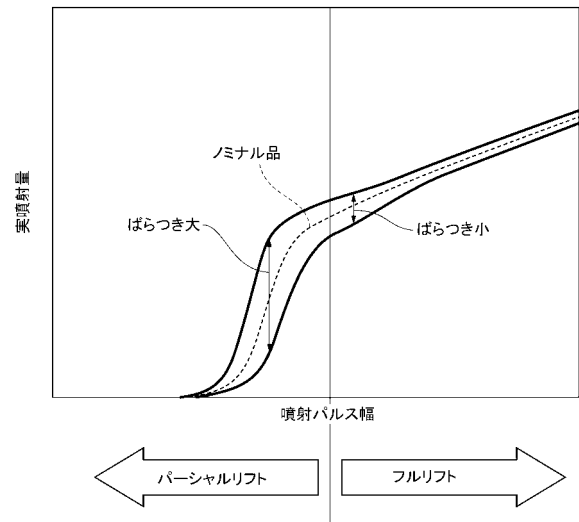
【図 6】



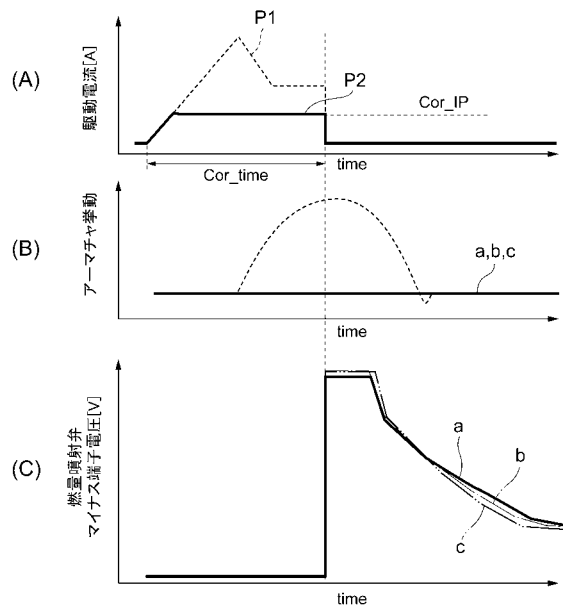
【図 7】



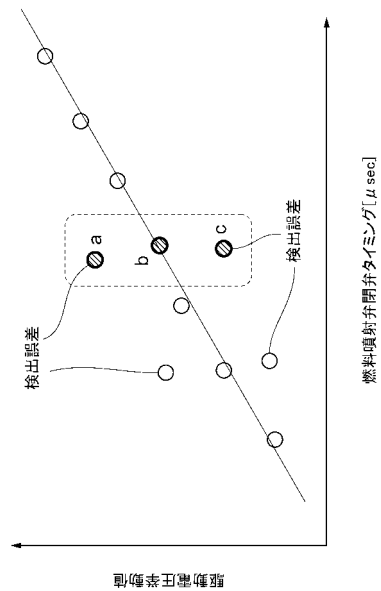
【図 8】



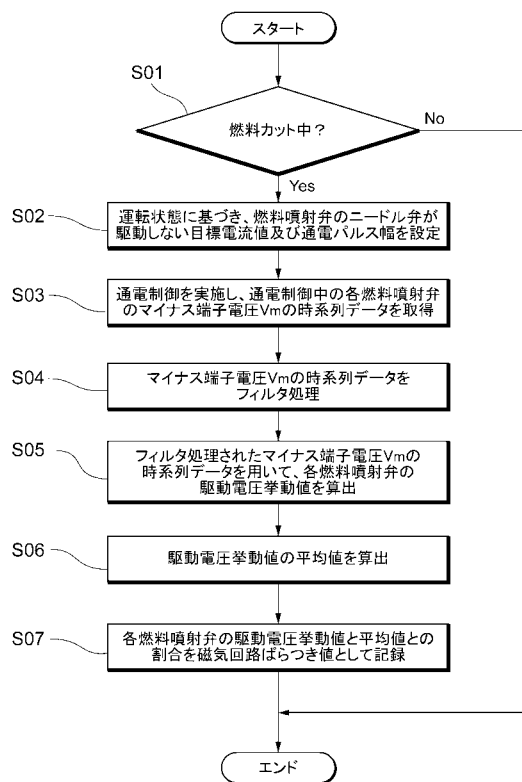
【図 9】



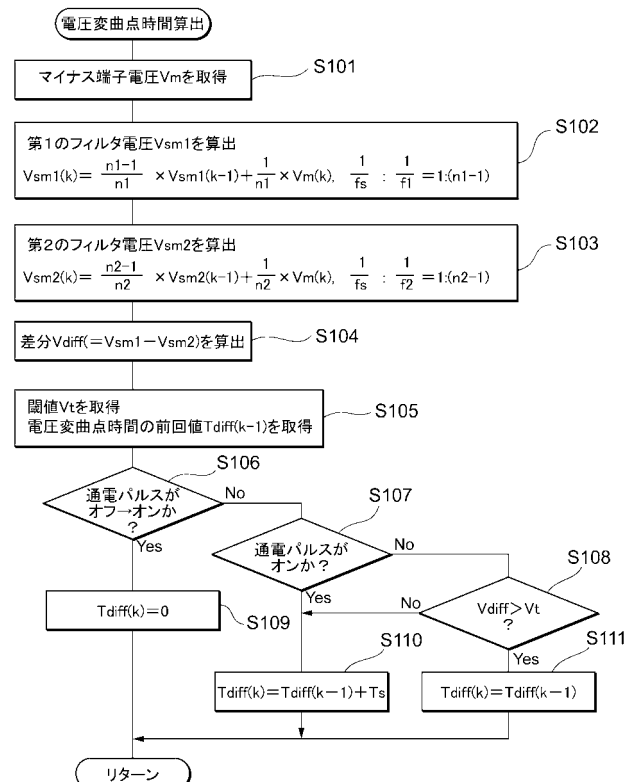
【図 10】



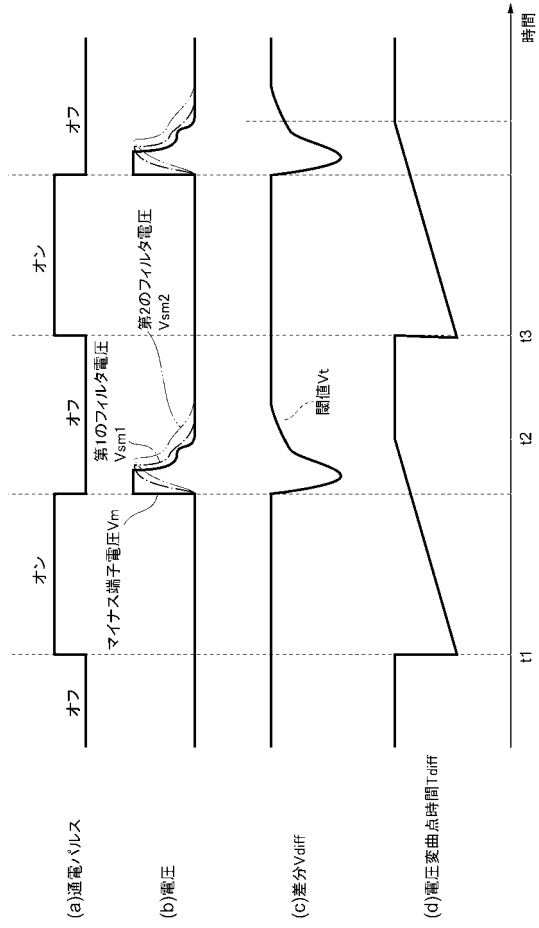
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3G384 AA01 AA06 BA13 DA29 EE35 FA01Z FA04Z FA06Z FA08Z FA40Z
FA56Z FA58Z FA68Z