

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6521725号
(P6521725)

(45) 発行日 令和1年5月29日(2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int. Cl.	F 1
FO2M 65/00 (2006.01)	FO2M 65/00 306B
FO2M 51/00 (2006.01)	FO2M 51/00 F
FO2M 51/06 (2006.01)	FO2M 51/06 M
FO2D 41/20 (2006.01)	FO2D 41/20 330
F16K 31/06 (2006.01)	FO2D 41/20 335
請求項の数 5 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2015-96479 (P2015-96479)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成27年5月11日(2015.5.11)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2016-211452 (P2016-211452A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成28年12月15日(2016.12.15)	(74) 代理人	100106002
審査請求日	平成29年11月29日(2017.11.29)		弁理士 正林 真之
		(74) 代理人	100120891
			弁理士 林 一好
		(74) 代理人	100160794
			弁理士 星野 寛明
		(72) 発明者	倉内 淳史
			埼玉県和光市中央1-4-1 株式会社本
			田技術研究所内
		(72) 発明者	山中 竜夫
			埼玉県和光市中央1-4-1 株式会社本
			田技術研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料噴射弁の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通電すると電磁力を発生し弁体を開弁側へ付勢する電磁アクチュエータ及び前記弁体を閉弁側へ付勢するスプリングを備える燃料噴射弁の制御装置であって、

前記電磁アクチュエータの駆動電流を制御する駆動電流制御手段と、

前記駆動電流制御手段による前記電磁アクチュエータへの通電を停止した後、前記電磁アクチュエータで発生する逆起電圧の値を複数回取得するサンプリング手段と、

前記逆起電圧の複数のサンプリング値のうち所定の推定着座期間の外の期間に属するものを用いて当該推定着座期間内を通過する補間線を生成する補間線生成手段と、

前記推定着座期間に属する複数のサンプリング値と前記補間線との比較に基づいて前記弁体の着座の有無を判定する着座判定手段と、を備えることを特徴とする燃料噴射弁の制御装置。

【請求項2】

前記補間線生成手段は、前記推定着座期間の前の期間に属する少なくとも1つのサンプリング値、及び前記推定着座期間の後の期間に属する少なくとも1つサンプリング値の両方の近傍を通過する近似直線を前記補間線とすることを特徴とする請求項1に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項3】

前記推定着座期間は、前記電磁アクチュエータへの通電を停止した後に前記弁体が着座したと推定される時刻を含む所定幅の期間であり、

前記補間線生成手段は、前記推定着座期間の外の期間に属しかつ当該推定着座期間の始期又は終期の近傍における複数のサンプリング値を用いて前記補間線を生成することを特徴とする請求項 2 に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項 4】

前記着座判定手段は、前記推定着座期間内における前記複数のサンプリング値と前記補間線との間の面積値が正の着座判定値以上であった場合には着座したと判定し、

前記面積値は、前記逆起電圧の発生方向を正として、前記補間線より前記サンプリング値の方が大きい領域では正とし、前記補間線より前記サンプリング値の方が小さい領域では負とすることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れかに記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項 5】

前記着座判定手段によって着座したと判定された場合に、前記推定着座期間に属する複数のサンプリング値と前記補間線との差分値が最大となる時刻を前記弁体の着座時刻とする着座時刻推定手段をさらに備えることを特徴とする請求項 4 に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料噴射弁の制御装置に関する。より詳しくは、内燃機関に用いられる燃料噴射弁の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関に用いられる燃料噴射弁の制御装置として、近年では、1 サイクルの間に燃料を複数回に分けて噴射する所謂多段噴射制御を行うものが主流となっている。多段噴射制御を行うことにより、高効率かつ低排出の燃焼を実現できる。この多段噴射制御の下では、短時間で弁体の開閉を繰り返すことから、弁体を開閉する時期を正確に制御することが要求される。また弁体の開閉時期を正確に制御するためには、弁体が適切なタイミングで着座したか否か、より好ましくは弁体が着座した時期を推定することが好ましい。

【0003】

特許文献 1 には、電磁弁のソレノイドの端子電圧の検出信号を用いて弁体が弁座に着座した時期を推定する技術が示されている。特許文献 1 の発明では、駆動電流を遮断した直後のソレノイドの電圧変化特性には、特徴的な変曲点が発生することを利用して電磁弁の着座の着座時期を推定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 234922 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで特許文献 1 の発明では、電磁弁の着座時には弁体の加速度の変化率が最大となることに起因して上記変曲点が発生することを前提とし、加速度の変化率のピークが発生になるタイミングを検出すべく、端子電圧の検出信号に 2 階微分演算に相当するバンドパスフィルタ処理を施している。しかしながら、上記変曲点においてソレノイドの端子電圧に発生する変化は実際には微小であり、また 2 階微分の演算を経ることからノイズの影響を受けやすくなっているため、特許文献 1 の発明では正確に電磁弁の着座を判定することが困難である。

【0006】

本発明は、燃料噴射弁が備える弁体の着座の有無を正確に判定できる燃料噴射弁の制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0007】

(1) 本発明は、通電すると電磁力を発生し弁体（例えば、後述の弁体41a）を開弁側へ付勢する電磁アクチュエータ（例えば、後述の電磁アクチュエータ45）及び前記弁体を閉弁側へ付勢するスプリング（例えば、後述のスプリング43）を備える燃料噴射弁（例えば、後述の燃料噴射弁4）の制御装置（例えば、後述のECU6）であって、前記電磁アクチュエータの駆動電流を制御する駆動電流制御手段（例えば、後述のソレノイド駆動回路61及びCPU65等）と、前記駆動電流制御手段による前記電磁アクチュエータへの通電を停止した後、前記電磁アクチュエータで発生する逆起電圧の値を複数回取得するサンプリング手段（例えば、後述の電圧監視回路63及びCPU65等）と、前記逆起電圧の複数のサンプリング値のうち所定の推定着座期間の外の期間に属するものを用いて当該推定着座期間内を通過する補間線を生成する補間線生成手段（例えば、後述のCPU65等）と、前記推定着座期間に属する複数のサンプリング値と前記補間線との比較に基づいて前記弁体の着座の有無を判定する着座判定手段（例えば、後述のCPU65等）と、を備えることを特徴とする。

10

【0008】

(2) この場合、前記補間線生成手段は、前記推定着座期間の前の期間に属する少なくとも1つのサンプリング値、及び前記推定着座期間の後の期間に属する少なくとも1つのサンプリング値の両方の近傍を通過する近似直線を前記補間線とすることが好ましい。

【0009】

(3) この場合、前記推定着座期間は、前記電磁アクチュエータへの通電を停止した後前記弁体が着座したと推定される時刻を含む所定幅の期間であり、前記補間線生成手段は、前記推定着座期間の外の期間に属しかつ当該推定着座期間の始期（例えば、後述の始期 t_{ns} ）又は終期（例えば、後述の終期 t_{ne} ）の近傍における複数のサンプリング値を用いて前記補間線を生成することが好ましい。

20

【0010】

(4) この場合、前記着座判定手段は、前記逆起電圧の発生方向を正として、前記推定着座期間内における前記複数のサンプリング値と前記補間線との間の面積値（例えば、後述の面積値 S ）が正の着座判定値以上であった場合には着座したと判定することが好ましい。

【0011】

(5) この場合、前記着座判定手段によって着座したと判定された場合に、前記推定着座期間に属する複数のサンプリング値と前記補間線との差分値が最大となる時刻を前記弁体の着座時刻（例えば、後述の着座時刻 t_{off} ）とする着座時刻推定手段（例えば、後述のCPU65等）をさらに備えることが好ましい。

30

【発明の効果】

【0012】

(1) 電磁アクチュエータへの通電を停止すると、弁体はスプリングの弾性力によって付勢され閉弁側へ移動する。この際、電磁アクチュエータには通電時における印加電圧とは逆極性の誘導電圧（以下、「逆起電圧」という）が発生する。この逆起電圧は、弁体が閉弁側へ移動するに伴って通電停止直後におけるピークから速やかに低下した後0へ向けて漸近的に減少するが、その低下速度は単調ではない。より具体的には、逆起電圧の低下速度は、弁体が弁座に着座しその移動が停止する近傍では、磁束密度の変化によって一旦僅かに緩やかになった後、再び急になる。換言すれば、実際の弁体が着座する近傍において、逆起電圧はその発生方向へ向けて僅かに凸の振る舞いを示す。本発明では、電磁アクチュエータへの通電を停止した後に発生する逆起電圧のサンプリング値を複数取得し、これらのうち、弁体が着座したと推定される推定着座期間の外の期間に属するものを用いて、この推定着座期間内を通過する補間線を生成する。そしてこの補間線と推定着座期間内のサンプリング値とを比較することによって、弁体の着座の有無を判定する。特に本発明では、弁体が着座したと推定される期間（推定着座期間）の外の期間に属するサンプリング値、すなわち上記凸状の振る舞いを示す期間の外であって概ね単調に減少していると思

40

50

われる期間のサンプリング値を用いて補間線を生成し、このような補間線と推定着座期間内のサンプリング値とを比較することにより、逆起電圧における上述のような凸状の振る舞いの有無を適切に推定できるので、弁体の着座の有無も正確に判定できる。

【0013】

(2) 本発明では、推定着座期間の前と後の両方の期間に属するサンプリング値を用いて補間線を生成することにより、凸状の振る舞いの有無、ひいては弁体の着座の有無を高い精度で判定できる。また、上記前後の期間における複数のサンプリング値の近傍を通過する近似直線を補間線とすることにより、補間線の生成にかかる負担を軽減できる。

【0014】

(3) 本発明では、推定着座期間の外の期間に属しかつその始期又は終期の近傍における複数のサンプリング値を用いて上述のような近似直線としての補間線を生成する。これにより、逆起電圧の凸状の振る舞いの有無をより高い精度で判定し、同時に補間線の生成にかかる負担を軽減できる。

10

【0015】

(4) 上述のように、弁体が着座する近傍では、逆起電圧の低下速度は一旦僅かに緩やかになった後、再び急になる。このような逆起電圧の小さな凸状の振る舞いは、逆起電圧のサンプリング値の微分値を演算することによって検出することができるものの、上述のようにノイズが大きく不正確である。本発明では、補間線と、正常に着座すれば凸状に振る舞うと推定される推定着座期間内の複数のサンプリング値との間の面積値を算出し、この面積値が正の着座判定値以上であった場合には着座したと判定する。このように本発明では、各時刻における情報のみから得られる傾きではなく、所定期間全体における情報から得られる面積を用いることにより、高い精度で弁体の着座の有無を判定できる。

20

【0016】

(5) 本発明では、推定着座期間に属する複数のサンプリング値と補間線との差分値が最大となる時刻を弁体の着座時刻とする。これにより、容易に着座時刻を推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に係る燃料噴射システムとその制御装置との構成を示す図である。

30

【図2】燃料噴射弁の構成を示す図である。

【図3】ECUのうちソレノイドに駆動電流を供給する回路の構成を示す図である。

【図4】燃料噴射弁の開弁動作時及び閉弁動作時におけるソレノイド電流及び監視電圧の波形の一例を示す図である。

【図5】燃料噴射制御の手順を示すフローチャートである。

【図6】燃料噴射制御の手順を示すフローチャートである(図5の続き)。

【図7】燃料噴射制御によって実現される電圧及び電流波形の一例を模式的に示す図である。

【図8】補間線を生成する処理を説明するための図である。

【図9】差分値及び面積値を算出する処理を説明するための図である。

40

【図10】上記実施形態の変形例における電圧及び電流波形の一例を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の一実施形態を、図面を参照しながら説明する。

図1は、本実施形態に係る燃料噴射システムSとその制御装置としてのECU6との構成を示す図である。燃料噴射システムSは、燃料タンク2と、高圧燃料ポンプ5と、デリバリーパイプ3と、複数の燃料噴射弁4と、を備える。

【0019】

燃料タンク2は、外部から給油された燃料を貯留する。燃料タンク2には、燃料を高圧

50

燃料ポンプ5へ圧送する燃料ポンプユニット21が設けられている。高圧燃料ポンプ5は、燃料ポンプユニット21から圧送された燃料をエンジン1で発生した動力を利用してさらに圧縮し、デリバリーパイプ3に供給する。

【0020】

デリバリーパイプ3は、高圧燃料ポンプ5から吐出された高圧燃料を貯留する。燃料噴射弁4は、エンジン1の複数の気筒毎に設けられている。これら燃料噴射弁4は、デリバリーパイプ3と燃料供給管31を介して接続されている。ECU6は、後述の燃料噴射制御を実行することによって、クランク角センサ91や燃料圧センサ92等の各種センサの出力に基づいて取得したエンジン1の運転状態に応じた適切なタイミングで燃料噴射弁4を開閉し、デリバリーパイプ3内の高圧燃料をエンジン1の各気筒内へ直接噴射する。

10

【0021】

図2は、燃料噴射弁4の構成を示す図である。なお図2は、燃料噴射弁4の閉弁時における状態を示す。

【0022】

燃料噴射弁4は、その先端側に弁体41aが設けられ基端側に可動コア41bが設けられた棒状のロッド41と、弁体41aが着座する弁座42と、ロッド41の基端側に設けられ弾性力によってロッド41を閉弁側(弁体41aが弁座42に着座する方向)へ付勢するスプリング43と、ロッド41の基端側に設けられ電磁力によってロッド41を開弁側(弁体41aが弁座42から離座する方向)へ付勢する電磁アクチュエータ45と、を備える。

20

【0023】

電磁アクチュエータ45は、ロッド41と同軸に設けられた円筒状のソレノイドLと、ソレノイドLに挿着されたコアスリーブ46と、を備える。コアスリーブ46は可動コア41bの基端側に設けられる。コアスリーブ46は円筒状であり、弁体41aが弁座42から離座すると、その中心を基端側から先端側へ向かって燃料が流れる。また電磁アクチュエータ45を収容する本体(図示せず)には、ロッド41に設けられた非規制部材41cと当接することによってロッド41の開弁側への移動を規制し、弁体41aを所定の開弁状態に維持する規制部材47が設けられている。

【0024】

燃料噴射弁4を駆動する手順について説明する。

30

始めに、ソレノイドLへの通電を停止した状態では、ロッド41はスプリング43の弾性力によって閉弁側へ付勢されるので、弁体41aは弁座42に着座した閉弁状態が維持される。閉弁状態では燃料の噴射が停止される。

閉弁状態からソレノイドLに駆動電流を供給すると、可動コア41bはソレノイドLで発生する電磁力によってコアスリーブ46側へ引き寄せられる。これによりロッド41は開弁側へ移動し、弁体41aが弁座42から離座する。そしてロッド41に設けられた非規制部材41cが規制部材47に当接すると、ロッド41の移動が停止し、これにより開弁状態となる。開弁状態では燃料が噴射される。

また、開弁状態からソレノイドLへの通電を停止すると、ロッド41はスプリング43の弾性力によって閉弁側へ付勢され、閉弁状態に復帰する。

40

【0025】

図3は、ECU6のうちソレノイドLに駆動電流を供給する回路の構成を示す図である。図3には、気筒毎に設けられた複数の燃料噴射弁のうちの1つの燃料噴射弁に関する回路の構成のみを示し、他の燃料噴射弁に関する回路の構成は省略する。ECU6は、ソレノイド駆動回路61と、昇圧回路62と、電圧監視回路63と、CPU65と、を備える。

【0026】

昇圧回路62は、昇圧コイル621と、スイッチング素子622と、逆流防止ダイオード623と、コンデンサ624、625と、論理回路626と、を組み合わせて構成される。昇圧回路62は、これら素子の機能を組み合わせることによって、図示しないバッテ

50

りの出力電圧 V_{BAT} （例えば、 $13V$ ）を昇圧し、昇圧電圧 V_{BST} を出力する。昇圧回路62では、CPU65からの制御信号に基づいて論理回路626から出力される信号によって、所定のスイッチング周波数の下でスイッチング素子622のドレイン-ソース間が通電/遮断されると、バッテリーの出力電圧 V_{BAT} が昇圧コイル621を介して昇圧される。昇圧電圧 V_{BST} はコンデンサ625に印加され、これによりコンデンサ625が充電される。CPU65は、昇圧電圧 V_{BST} が予め定められた大きさ（例えば、 $40V$ ）に維持されるようにスイッチング素子622をオン/オフする。

【0027】

ソレノイド駆動回路61は、ソレノイドLの一端側（より具体的には、バッテリー及び昇圧回路62に近い高電位側）に設けられた2つのHi側スイッチング素子611、612と、ソレノイドLの他端側（より具体的には、グラウンドに近い低電位側）に設けられたLo側スイッチング素子613と、ソレノイドLへの通電を停止した時に発生するサージ電流を流すための還流用ダイオード614と、ソレノイドLへの駆動電流を監視するための電流監視抵抗615と、サージ電圧を吸収するためのツェナーダイオード616と、CPU65からの制御信号に基づいて各スイッチング素子611~613をオン又はオフにする論理回路617と、を備える。

【0028】

Hi側スイッチング素子611は、バッテリーからソレノイドLの一端側に至る通電経路に設けられる。Hi側スイッチング素子611は、論理回路617からゲートへの出力信号がオンになると、バッテリーとソレノイドLとを接続し、バッテリーの出力電圧 V_{BAT} をソレノイドLに印加する。Hi側スイッチング素子612は、昇圧回路62からソレノイドLの一端側に至る通電経路に設けられる。Hi側スイッチング素子612は、論理回路617からゲートへの出力信号がオンになると、昇圧回路62とソレノイドLとを接続し、昇圧回路62の昇圧電圧 V_{BST} をソレノイドLに印加する。またLo側スイッチング素子613は、ソレノイドLの他端側からグラウンドに至る通電経路に設けられる。Lo側スイッチング素子613は、論理回路617からの出力信号がオンになると、ソレノイドLとグラウンドとを接続し、ソレノイド553への通電を開始する。またLo側スイッチング素子613は、論理回路617からの出力信号がオフになると、ソレノイドLとグラウンドとを遮断し、ソレノイドLへの通電を停止する。

【0029】

電流監視抵抗615は、ソレノイドLの通電経路のうちLo側スイッチング素子613とグラウンドとの間に設けられる。CPU65は、電流監視抵抗615の両端の電圧を用いることによって電流監視抵抗615を流れる電流を検出する。ここで、Lo側スイッチング素子613をオンにしている間にソレノイドLを流れる電流の大きさは、電流監視抵抗615を流れる電流の大きさと等しい。以下では、CPU65によって検出される電流であって、電流監視抵抗615を流れる電流を、ソレノイド電流 I_{INJ} ともいう。

【0030】

電圧監視回路63は、ダイオード631と、電圧監視抵抗632、633と、RCフィルタ回路634と、を組み合わせて構成される。RCフィルタ回路634は、抵抗素子635とコンデンサ636とを組み合わせて構成され、電圧監視抵抗632の両端の電圧に含まれる高周波数のノイズを除去する。CPU65は、RCフィルタ回路634を介して電圧監視抵抗632の両端の電圧を検出する。この電圧監視抵抗632の両端の電圧は、ソレノイドLの両端電圧と定性的に同じ変化を示す。以下では、CPU65によって検出される電圧であってこの電圧監視抵抗632の両端の電圧を、ソレノイドLの監視電圧 V_{MON} ともいう。

【0031】

CPU65は、上述のようにして検出したソレノイド電流 I_{INJ} 及び監視電圧 V_{MON} を用いて後述の燃料噴射制御（図5及び図6参照）の手順に従ってスイッチング素子611~613をオン又はオフにすることにより、燃料噴射弁からの燃料噴射量を制御する。

【 0 0 3 2 】

次に図 4 を参照して、燃料噴射弁の具体的な動作例について説明する。

図 4 は、燃料噴射弁の開弁動作時及び閉弁動作時におけるソレノイド電流 I_{INJ} (破線) 及び監視電圧 V_{MON} (太線) の波形の一例を示す図である。図 4 の例では、時刻 t_0 において燃料噴射弁を閉弁状態から開弁状態にする開弁指令が発生し、その後時刻 t_2 において燃料噴射弁を開弁状態から閉弁状態にする閉弁指令が発生した場合を示す。

【 0 0 3 3 】

始めに時刻 t_0 では、CPU は、燃料噴射弁の開弁指令が発生したことに応じて、Lo 側スイッチング素子及びHi 側スイッチング素子をオンにし、ソレノイドへの駆動電流の供給を開始する(後述の過励磁制御)。ここでCPU は、駆動電流の供給を開始した直後は、スプリングの弾性力や燃料の圧力に反して速やかに弁体を離座させるため、図 3 のHi 側スイッチング素子 612 をオンにし、ソレノイドには昇圧回路の昇圧電圧 V_{BST} を印加する。これにより監視電圧 V_{MON} は $0 [V]$ から負側へ低下するとともに、ソレノイド電流 I_{INJ} は速やかに上昇し、開弁状態に移行する。

【 0 0 3 4 】

時刻 t_1 では、CPU は、燃料噴射弁が開弁状態に移行したことに応じて、できるだけ少ないエネルギーで閉弁状態を維持すべく、図 3 のHi 側スイッチング素子 612 をオフにするとともにHi 側スイッチング素子 611 をオンにし、ソレノイドにはバッテリーの出力電圧 V_{BAT} を印加する(後述のホールド制御)。これにより、監視電圧 V_{MON} は $0 [V]$ 近傍まで上昇するとともにソレノイド電流 I_{INJ} も低下し始める。この際、CPU は、Hi 側スイッチング素子 611 を所定のデューティ比でオン/オフすることにより、ソレノイドとバッテリーとの接続を断続し、ソレノイド電流 I_{INJ} を閉弁状態が維持されるように定められた所定のホールド電流に維持する。これにより、時刻 t_1 以降も開弁状態が維持される。

【 0 0 3 5 】

次に時刻 t_2 では、CPU は、燃料噴射弁の閉弁指令が発生したことに応じて、Lo 側スイッチング素子及びHi 側スイッチング素子をオフにし、ソレノイドへの駆動電流の供給を停止する。そうすると弁体は、スプリングの弾性力によって閉弁側に付勢され、図 4 中、時刻 t_3 の近傍において弁座に着座すると推定される。これにより燃料噴射弁は、閉弁状態に移行する。この際、ソレノイドには通電時における印加電圧とは逆極性の逆起電圧が発生する。このため、ソレノイドへの駆動電流の供給を停止すると、図 4 に示すようにソレノイドの監視電圧 V_{MON} は、一旦駆動電流の供給時とは逆方向へ大きく振れた後、弁体が閉弁側へ移動するのに合わせて徐々に低下し、時刻 t_4 において概ね $0 [V]$ になる。

【 0 0 3 6 】

図 4 に示すように監視電圧 V_{MON} は、時刻 t_2 において駆動電流の供給を停止した直後に最大となり、その後は概ね漸近的に $0 [V]$ まで低下する。すなわち、監視電圧 V_{MON} の低下速度は、時刻 t_2 において最大となり、その後は概ね所定の割合で徐々に低下するが、その変化は単調でない。図 4 において四角の破線で示すように、弁体が弁座に着座すると推定される時刻 t_3 の近傍では、監視電圧 V_{MON} の低下速度は、磁束密度の変化によって一旦僅かに緩やかになった後、再び急になる。これにより監視電圧 V_{MON} は、時刻 t_3 の近傍において逆起電圧の発生方向へ向けて僅かに凸の振る舞いを示す。以下では、監視電圧 V_{MON} の凸状の振る舞いと弁体の着座との間の相関関係を用いた燃料噴射制御の具体的な手順について説明する。

【 0 0 3 7 】

図 5 及び図 6 は、CPU による燃料噴射制御の手順を示すフローチャートである。図 5 及び図 6 の処理は、燃料噴射弁から燃料を噴射する所定の周期毎にCPU において実行される。

図 7 は、燃料噴射制御によって実現される電圧及び電流波形の一例を模式的に示す図である。図 7 の上段の電圧波形はソレノイドの両端電圧の波形を示し、下段の電流波形はソ

10

20

30

40

50

レノイドの駆動電流の波形を示す。なお図7では、スイッチング素子のオン/オフによるソレノイドの両端電圧の変動の図示を省略する。

【0038】

始めにS1では、CPUは、今回の燃料噴射における開弁指令期間及び噴射開始指令時刻を設定し、S2に移る。開弁指令期間とは、燃料噴射弁の開弁指令を発生してから閉弁指令を発生するまでの時間、換言すればソレノイドへの駆動電流の供給を指令し続ける時間に相当する。噴射開始指令時刻とは、開弁指令を発生する時刻に相当する。なお、燃料噴射弁のソレノイドへの駆動電流の供給の停止を指令する噴射停止指令時刻は、噴射開始指令時刻に開弁指令期間を合わせることによって得られる。

【0039】

S2では、CPUは、後述のホールド制御(S6)及び再過励磁制御(S8)の開始を指令する時刻に相当するホールド開始時刻及び再過励磁開始時刻を設定し、S3に移る。ここで、ホールド開始時刻は噴射開始指令時刻から噴射停止指令時刻までの間であって、より具体的には、噴射開始指令時刻から後述の過励磁制御(S4)を実行した場合に閉弁状態から開弁状態へ確実に移行したと判断できる時刻に設定される。また再過励磁開始時刻はホールド開始時刻から噴射停止指令時刻までの間であって、噴射停止指令時刻の直前に設定される。

【0040】

S3では、CPUは、噴射開始指令時刻に達したか否かを判定する。S3の判定がNOである場合には噴射開始指令時刻に達するまで待機し、S3の判定がYESである場合には、S4に移り過励磁制御を実行する。この過励磁制御では、CPUは、昇圧回路とソレノイドとを接続し、昇圧電圧VBSTをソレノイドに印加する。これにより、図7に示すようにソレノイドの駆動電流が速やかに上昇し、燃料噴射弁が速やかに開弁状態に移行する。

【0041】

S5では、CPUは、ホールド開始時刻に達したか否か、すなわち燃料噴射弁が確実に開弁状態に移行したか否かを判定する。S5の判定がNOである場合にはホールド開始時刻に達するまで過励磁制御(S4)を実行し、S4の判定がYESである場合には、S6に移りホールド制御を実行する。このホールド制御では、CPUは、バッテリーとソレノイドとを接続し、上記昇圧電圧VBSTよりも低いバッテリー電圧VBATをソレノイドに印加する。これにより、図7に示すようにソレノイドの駆動電流が速やかに低下する。またこのホールド制御では、CPUは、ソレノイドの駆動電流が、開弁状態を維持するように予め設定されたホールド電流になるように、所定のデューティ比(オン/オフ比)の下でバッテリーとソレノイドとの間を接続するHi側スイッチング素子611(図3参照)を断続する。

【0042】

S7では、CPUは、再過励磁開始時刻に達したか否か、すなわち開弁指令期間が終了する直前に達したか否かを判定する。S7の判定がNOである場合には再過励磁開始時刻に達するまでホールド制御(S6)を実行し、S7の判定がYESである場合には、S8に移り再過励磁制御を実行する。この再過励磁制御では、CPUは、Hi側スイッチング素子611のデューティ比をホールド制御時よりも上昇させる。これにより、図7に示すようにソレノイドの駆動電流は、S6のホールド電流よりも上昇する。

【0043】

S9では、CPUは、噴射停止指令時刻に達したか否かを判定する。S9の判定がNOである場合には噴射停止指令時刻に達するまで再過励磁制御(S8)を実行し、S9の判定がYESである場合にはソレノイドへの駆動電流の供給を停止し(S10)、S11に移る。

【0044】

ここで、開弁指令期間が終了する直前に再過励磁制御(S9)を実行することの効果について説明する。図7に示すように、ソレノイドへの駆動電流の供給を停止すると、ソレ

10

20

30

40

50

ノイドには、駆動電流の供給時とは逆の極性の起電圧が発生する。図7には、再過励磁制御を行わなかった場合における電圧及び電流の波形を破線で示す。この逆起電圧は、駆動電流の減少を妨げるように発生することから、供給を停止する直前における駆動電流を大きくするほど、駆動電流の停止直後に発生する逆起電圧も大きくなる。このため、逆起電圧の変化が大きくなるので、監視電圧の凸状の振る舞いが強調されたものとなり、ひいては弁体の着座の有無を判定する精度を向上できる。

【0045】

図6の説明に戻り、S11及びS12では、CPUは、駆動電流の供給を停止した後、ソレノイドで発生する逆起電圧と相関のある監視電圧VMONの値を、所定のサンプリング周期Ts毎に、所定の最大サンプリング回数Nmax分取得し、取得したNmax個のサンプリング値を所定のバッファに格納する。なお以下では、監視電圧VMONのn回目（以下では、“n”は、1～Nmaxの整数とする）のサンプリング値、換言すれば噴射停止指令時刻から(Ts×n)時間後のサンプリング値を“VMON(n)”と表記する。以下では、噴射停止指令時刻を0とし、n回目のサンプリング値VMON(n)を取得したサンプリング時刻を“t_n”(t_n=n×Ts)と表記する。また、ここで取得したサンプリング値を用いた以下の演算では、時間の次元を有する物理量は、周期Tsの下で離散化したものを扱う。ここで、最大サンプリング回数Nmaxは2以上の整数である。また監視電圧VMONの値をサンプリングする期間(Ts×Nmax)は、噴射停止指令時刻から監視電圧VMONの値がほぼ0になったと判断できる時刻までの期間を十分に含むように設定される。

【0046】

S13では、CPUは、駆動電流の供給を停止した後に弁体が弁座に着座したと推定される時刻を含む所定幅の推定着座期間を設定し、S14に移る。より具体的には、S13では、推定着座期間の開始時刻を特定する始期t_ns及び終了時刻を特定する終期t_neを設定する。図8に示すように、この推定着座期間は、ソレノイドへの通電を停止した後、監視電圧VMONの低下速度が一旦緩やかになりその後急になる期間を含むように設定することが好ましい。燃料噴射弁が正常な状態であれば、このような期間が発生する時刻は概ね一定であることから、上述のような推定着座期間の始期t_ns及び終期t_neは、予め実験を行うことによって特定することができる。

【0047】

この他、S13では、例えばS11及びS12において取得した複数のサンプリング値VMON(n)に以下のような処理を施すことによって、上記監視電圧の期間が確実に含まれるように推定着座期間の始期t_ns及び終期t_neを設定してもよい。この場合、推定着座期間の始期t_nsは、サンプリング開始時刻側(図8において左側)から順にサンプリング値の微分値(V'(n)=VMON(n+1)-VMON(n))、すなわち監視電圧の低下速度に相当する値を算出し、この微分値V'(n)が初めて所定の負の閾値より大きくなる時刻となる。また推定着座期間の終期t_neは、サンプリング終了時刻側(図8において右側)から順にサンプリング値の微分値を算出し、この微分値が初めて所定の負の閾値より小さくなる時刻となる。

【0048】

S14では、CPUは、複数のサンプリング値VMON(n)のうち、上述の推定着座期間の外の期間に属するものを用いて、推定着座期間内を通過する補間線を生成し、S15に移る。以下、補間線を生成する具体的な手順について、図8を参照しながら説明する。

【0049】

始めに、複数のサンプリング値VMON(n)のうち推定着座期間より前の期間に属しかつ推定着座期間の始期t_nsに最も近いものを少なくとも1つと、複数のサンプリング値VMON(n)のうち推定着座期間より後の期間に属しかつ推定着座期間の終期t_neに最も近いものを少なくとも1つと、を抽出する。以下では、図8において黒丸で示すように、推定着座期間の前後から1つずつサンプリング値VMON(na)及びVMO

10

20

30

40

50

N (n b) を抽出した場合について説明する。

【 0 0 5 0 】

次に、推定着座期間の前後から抽出したサンプリング値 (V M O N (n a) , V M O N (n b)) 並びにその時刻 (t _ n a , t _ n b) を用いることによって、図 8 において太実線で示すような推定着座期間内を通過する補間線を生成する。より具体的には、これら抽出したサンプリング値の両方を通過する一次の近似直線を特定し、これを補間線とする。なお、推定着座期間の前後からそれぞれ 2 つ以上のサンプリング値を抽出した場合には、これら複数のサンプリング値の近傍を通過するような一次の近似直線を最小二乗法等の方法によって特定し、これを補間線とする。

【 0 0 5 1 】

図 4 を参照して説明したように、燃料噴射弁が正常である場合には、推定着座期間の内側において監視電圧の低下速度は一旦緩やかになった後、再び急になる。このため、図 8 に示すように、逆起電圧の発生する方向を正とすれば、推定着座期間内におけるサンプリング値は、推定着座期間の外の監視電圧を用いて生成した補間線よりもほぼ全て大きくなる。

【 0 0 5 2 】

図 6 の説明に戻り、S 1 5 では、C P U は、推定着座期間内に属する複数のサンプリング値 V M O N (i) (以下では、“ i ” は、n a ~ n b の整数とする) から、各々の時刻における補間線の値を減算することにより、図 9 に示すような複数の差分値 (i) を算出する。この差分値 (i) は、図 9 に示すように補間線を基準とした監視電圧の変動を示す。S 1 6 では、C P U は、差分値 (i) とサンプリング周期 T s との積の推定着座期間内にわたる総和、すなわち推定着座期間内における監視電圧のサンプリング値と補間線との間の面積値 S を算出する。

【 0 0 5 3 】

S 1 7 では、C P U は、算出した面積値 S が、着座の有無を判定するために定められた正の着座判定値以上であるか否かを判定する。S 1 7 の判定が N O である場合、すなわち監視電圧に有意な凸状の振る舞いが検出されなかった場合には、燃料噴射弁の弁体は推定着座期間の間に正常に着座しておらず、したがって燃料噴射弁は異常な状態であると判定し (S 1 8) 、この処理を終了する。

【 0 0 5 4 】

S 1 7 の判定が Y E S である場合、すなわち、面積値 S が着座判定値を超える程度に有意な凸状の振る舞いが監視電圧に検出された場合には、C P U は、推定着座期間の間に弁体は正常に着座しており、燃料噴射弁は正常な状態であると判定し (S 1 9) 、S 2 0 に移る。S 2 0 では、C P U は、S 1 5 で算出した複数の差分値 (i) のうちその値が最も大きくなる時刻を特定し、これを着座時刻 t _ o f f とし、この処理を終了する (図 9 参照) 。

【 0 0 5 5 】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明はこれに限らない。

例えば上記実施形態では、S 8 の再過励磁制御において、H i 側スイッチング素子 6 1 1 のデューティ比をホールド制御時よりも上昇させることによってソレノイドの駆動電流をホールド電流よりも上昇させたが (図 7 参照) 、本発明はこれに限らない。例えば、図 1 0 に示すように再過励磁制御では、H i 側スイッチング素子 6 1 1 をオフにするとともに H i 側スイッチング素子 6 1 2 をオンにし、ソレノイドに接続する電源をバッテリーから昇圧回路に切り替えることによってソレノイドの駆動電流をホールド電流よりも上昇させるようにしてもよい。

【 0 0 5 6 】

また上記実施形態では、複数のサンプリング値の近傍を通過する近似直線を補間線とした場合について説明したが (図 8 参照) 、本発明はこれに限らない。補間線は、直線に限らず曲線であってもよい。

【 符号の説明 】

10

20

30

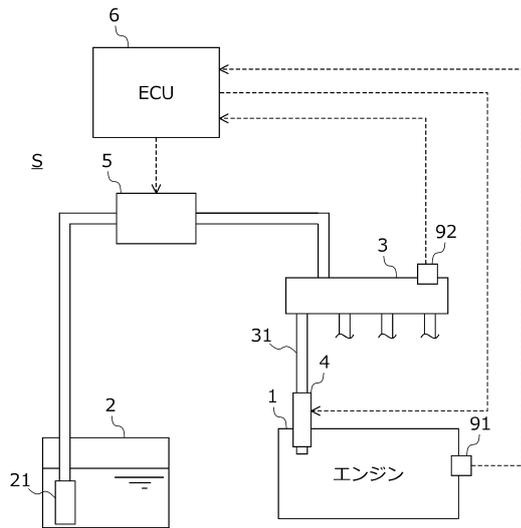
40

50

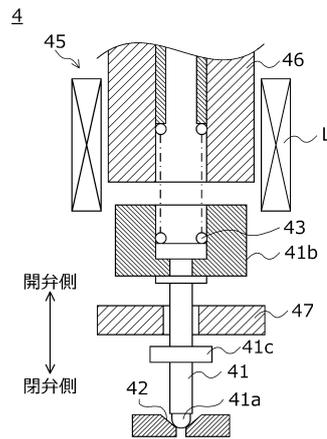
【 0 0 5 7 】

- 4 ... 燃料噴射弁
- 4 1 a ... 弁体
- 4 3 ... スプリング
- 4 5 ... 電磁アクチュエータ
- 6 ... ECU (制御装置)
- 6 1 ... ソレノイド駆動回路 (駆動電流制御手段)
- 6 3 ... 電圧監視回路 (サンプリング手段)
- 6 5 ... CPU (駆動電流制御手段、サンプリング手段、補間線生成手段、着座判定手段、着座時刻推定手段)

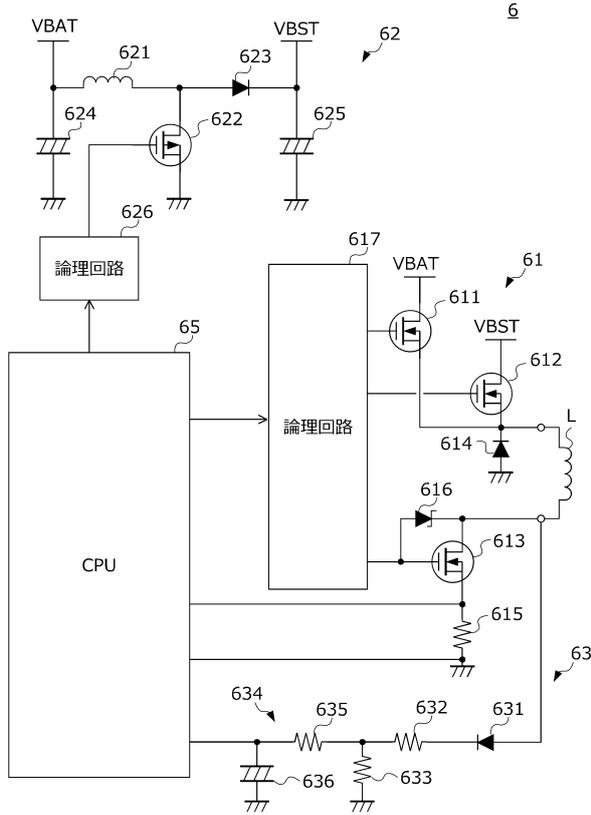
【 図 1 】



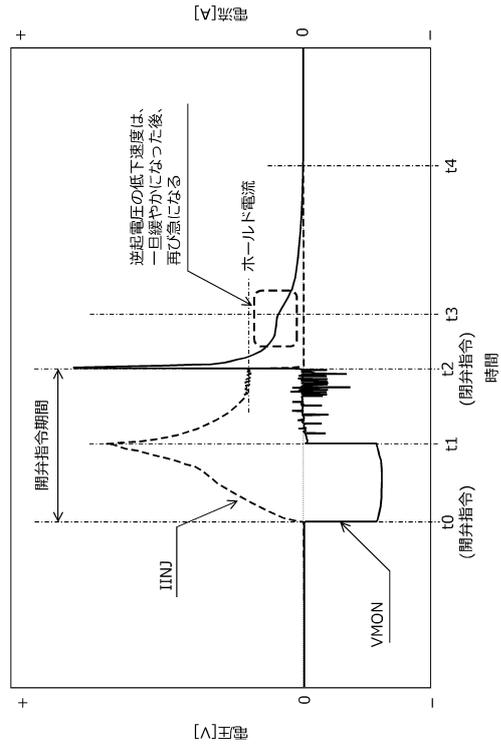
【 図 2 】



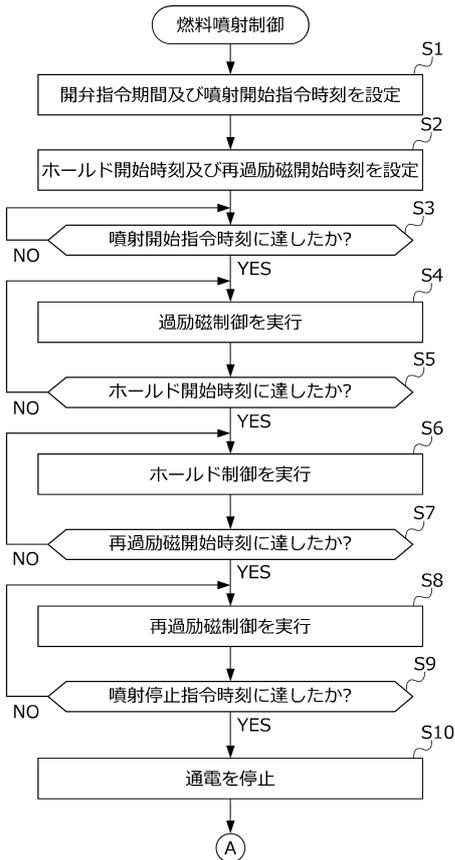
【図3】



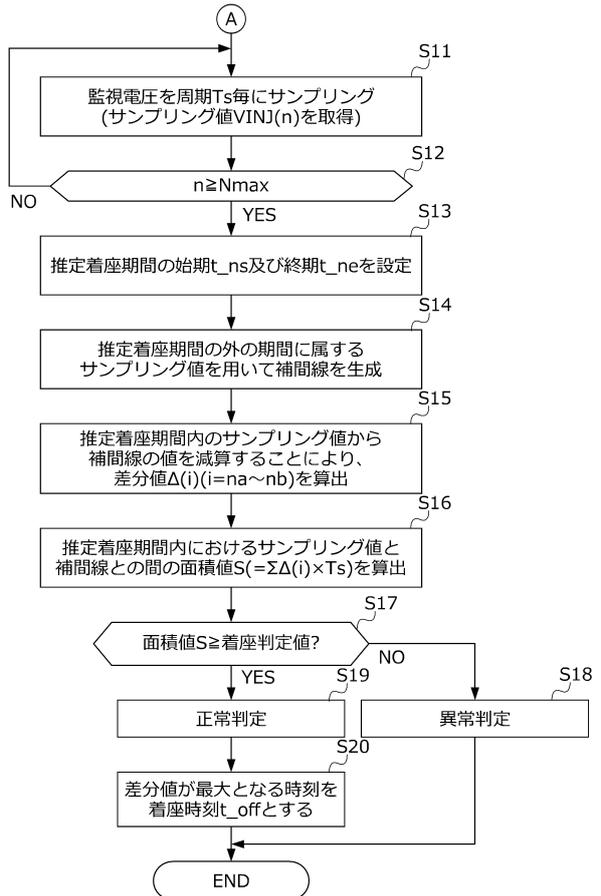
【図4】



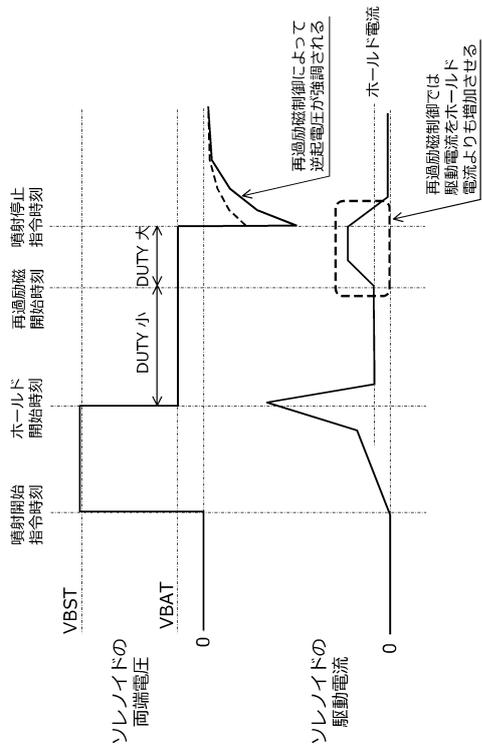
【図5】



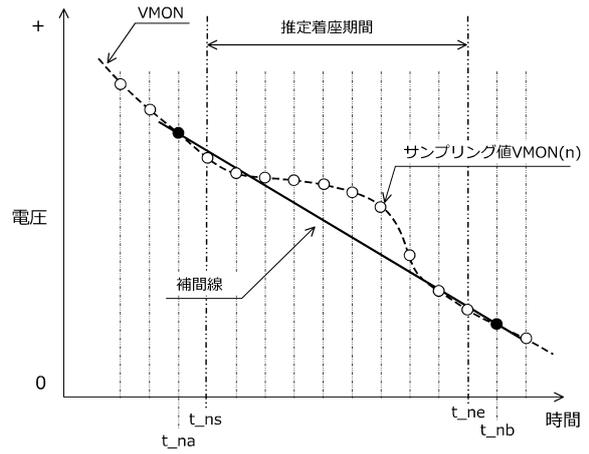
【図6】



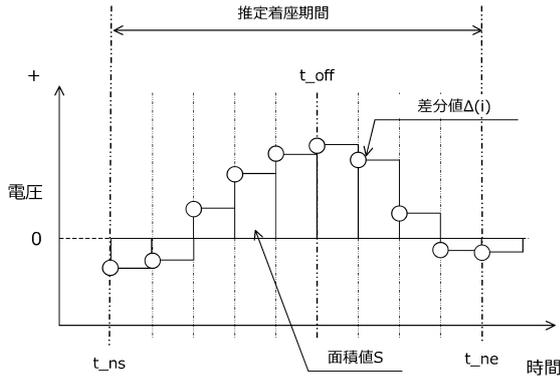
【 図 7 】



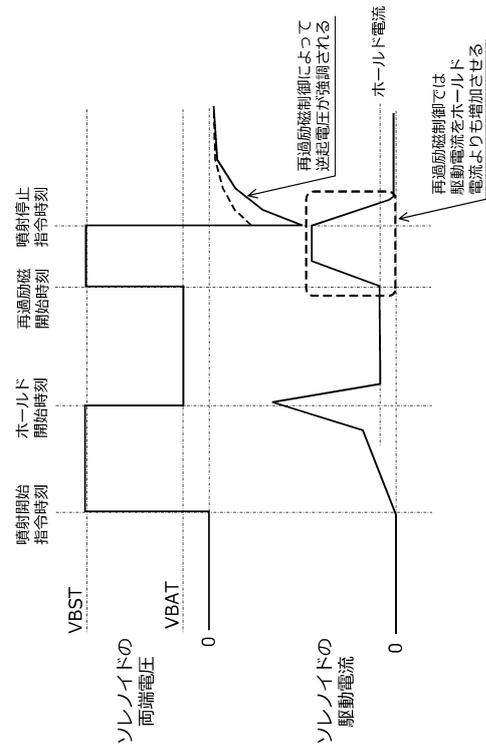
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 1 6 K 31/06 3 2 0 A
F 1 6 K 31/06 3 1 0 A
F 1 6 K 31/06 3 8 5 A

(72)発明者 井上 昌人
埼玉県和光市中央1 - 4 - 1 株式会社本田技術研究所内

審査官 櫻田 正紀

(56)参考文献 特開2014 - 234922 (JP, A)
特開2014 - 055571 (JP, A)
特開2014 - 231863 (JP, A)
特開2014 - 031790 (JP, A)
国際公開第2012 / 104918 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 M 6 5 / 0 0
F 0 2 M 5 1 / 0 0
F 0 2 M 5 1 / 0 6
F 0 2 D 4 1 / 2 0
F 1 6 K 3 1 / 0 6