

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6394037号
(P6394037)

(45) 発行日 平成30年9月26日 (2018. 9. 26)

(24) 登録日 平成30年9月7日 (2018. 9. 7)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 P 3/00 (2006.01)

F O 2 P 3/00 B

F O 2 P 3/045 (2006.01)

F O 2 P 3/00 J

F O 2 P 15/10 (2006.01)

F O 2 P 3/045 3 O 3 F

F O 2 P 15/10 3 O 1 D

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2014-80671 (P2014-80671)
 (22) 出願日 平成26年4月10日 (2014. 4. 10)
 (65) 公開番号 特開2015-200268 (P2015-200268A)
 (43) 公開日 平成27年11月12日 (2015. 11. 12)
 審査請求日 平成29年3月8日 (2017. 3. 8)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
 (74) 代理人 100093779
 弁理士 服部 雅紀
 (72) 発明者 中山 覚
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 森田 尚治
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内
 審査官 小林 勝広

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 点火制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関（13）において混合気への点火を制御する点火制御システム（300）であ
 って、

直流電源（6）から供給される一次電流が流れる一次コイル（41）、及び、点火プラ
 グ（7）の電極に接続され、前記一次電流の通電及び遮断による二次電圧が発生し二次電
 流が流れる二次コイル（42）を有する点火コイル（40）と、

前記一次コイルの前記直流電源と反対側である接地側に接続され、点火信号（IGT）
 にしたがって前記一次電流の通電と遮断とを切り替える点火スイッチ（45）と、

前記点火スイッチにより前記一次電流を遮断し、前記遮断による二次電圧で前記点火プ
 ラグの放電が発生させた後の所定のエネルギー投入期間（IGW）において、前記一次コイ
 ル側から前記点火コイルにエネルギーを投入可能なエネルギー投入手段（50）と、

前記エネルギー投入手段による投入エネルギーを設定する投入エネルギー設定手段（33）と

、
 前記内燃機関に供給される燃料が収容される燃料供給流路（85）の燃料を加熱可能な
 燃料加熱装置（80）と、

を備え、

前記一次コイルの接地側には、接地に向かう電流を遮断し、接地から前記一次コイルの
 接地側に向かう電流を通流する整流素子（46）が接続されており、

前記投入エネルギー設定手段は、

10

20

前記燃料加熱装置の燃料温度に応じて、前記燃料加熱装置の燃料温度が低いほど、前記二次電流の目標値を高く設定するか、かつ／又は、前記エネルギー投入期間を長く設定するように前記投入エネルギーを設定し、

前記燃料加熱装置の燃料温度が所定の温度閾値を超えると、

前記二次電流の目標値又は前記エネルギー投入期間を、前記温度閾値において不連続に変化させつつゼロに設定することを特徴とする点火制御システム。

【請求項 2】

前記燃料加熱装置は、燃料を加熱可能な加熱手段（81）、及び、燃料温度を検出する温度検出手段（84）を有し、

前記投入エネルギー設定手段は、

前記温度検出手段が検出した燃料温度の検出値に応じて、前記投入エネルギーを設定することを特徴とする請求項 1 に記載の点火制御システム。

【請求項 3】

前記エネルギー投入手段は、前記一次コイルの接地側から前記二次電流と同じ極性で重畳的に前記点火コイルにエネルギーを投入可能であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の点火制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関において混合気への点火を制御する点火制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、燃料供給流路の燃料を加熱し、内燃機関の始動性を向上させる技術が知られている。例えば特許文献 1 に開示された燃料加熱装置は、高圧燃料ポンプから圧送された高圧燃料をインジェクタに供給する燃料レールの燃料を加熱する。

特にアルコール混合燃料を用いるフレキシブルフューエルベークル（以下、「FFV 車両」という）では、アルコールはガソリンに比べ同一温度での揮発性が低いため、着火性が悪い。そこで、燃料を加熱することで、低温時の始動性の向上を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特表 2008-542622 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の従来技術は単に燃料を加熱するのみで、点火プラグの放電の条件を変えることにより着火性を向上させるものではない。そのため、例えば -10℃ 以下の極低温でアルコール混合燃料を使用する場合、たとえ燃料供給流路の燃料を加熱したとしても、燃焼室での燃料の霧化及び着火性が悪く、内燃機関の始動が困難となるおそれがある。

本発明は、上述の点に鑑みてなされたものであり、その目的は、低温での内燃機関の始動性を向上させる点火制御システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、内燃機関において混合気への点火を制御する点火制御システムであって、点火コイル、点火スイッチ、エネルギー投入手段、投入エネルギー設定手段、及び燃料加熱装置を備える。

点火コイルは、直流電源から供給される一次電流が流れる一次コイル、及び、点火プラグの電極に接続され、一次電流の通電及び遮断による二次電圧が発生し二次電流が流れる二次コイルを有する。

点火スイッチは、一次コイルの直流電源と反対側である接地側に接続され、点火信号に

10

20

30

40

50

従って一次電流の通電と遮断とを切り替える。

【0006】

エネルギー投入手段は、点火スイッチにより一次電流を遮断し、遮断による二次電圧で点火プラグの放電を発生させた後の所定のエネルギー投入期間（IGW）において、一次コイル側から点火コイルにエネルギーを投入可能である。好ましくは、エネルギー投入手段は、一次コイルの接地側から点火コイルに二次電流と同じ極性で重畳的にエネルギーを投入可能である。

ここで、「点火スイッチにより一次電流を遮断して発生させた二次電流による点火」を「通常点火」という。すなわち、本発明のエネルギー投入手段は、通常点火後のエネルギー投入期間に、エネルギーを投入する。

また、一次コイルの接地側には、接地に向かう電流を遮断し、接地から一次コイルの接地側に向かう電流を流通する整流素子が接続されている。

【0007】

投入エネルギー設定手段は、エネルギー投入手段による投入エネルギーを設定する。

燃料加熱装置は、内燃機関に供給される燃料が収容される燃料供給流路の燃料を加熱可能である。ここで、「燃料が収容される燃料供給流路」には、燃料を貯留する燃料タンクや燃料が圧送される燃料ポンプ、及び、それらを接続する配管等、内燃機関に供給される燃料が収容される流路のどの部分も含まれる。一例としては、各気筒のインジェクタに燃料を分配する燃料レールが燃料供給流路に相当する。

そして、投入エネルギー設定手段は、燃料加熱装置の燃料温度に応じて、投入エネルギーを設定することを特徴とする。

【0008】

本発明の点火制御システムは、低温時に燃料加熱装置において燃料を加熱すると共に、点火プラグの放電時に燃焼室における着火性を向上させるように積極的にエネルギー投入を行うことを特徴とする。

これにより、燃料温度が低く霧化能力が低下した状態であっても着火性を確保し、内燃機関を良好に始動させることができる。また、投入エネルギーにより着火性を向上させるため、燃料加熱装置による加熱時間を短縮することができる。したがって、揮発性の低いアルコール混合燃料を極低温で使用する場合に特に効果がある。

【0009】

投入エネルギー設定手段は、具体的には、燃料加熱装置の燃料温度が低いほど、二次電流の目標値を高く設定するか、かつ／又は、エネルギー投入期間を長く設定する。

これにより、燃料温度に依存する混合燃料の霧化能力に応じて、適切な投入エネルギーを設定することができる。

【0010】

また、投入エネルギー設定手段は、燃料加熱装置の燃料温度が所定の温度閾値を超えると、二次電流の目標値又はエネルギー投入期間を、温度閾値において不連続に変化させつつゼロに設定し、エネルギー投入手段によるエネルギー投入を停止する。

燃料加熱装置の燃料温度が所定の温度閾値を超える領域では通常点火によって十分に良好な着火が可能であるため、エネルギー投入制御を停止することで消費電力を低減することができる。

【0011】

例えば、燃料加熱装置は、燃料を加熱可能な加熱手段、及び、燃料温度を検出する温度検出手段を有し、投入エネルギー設定手段は、温度検出手段が検出した燃料温度の検出値に応じて、投入エネルギーを設定するとよい。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の各実施形態による点火制御システムが適用されるエンジンシステムの概略構成図。

【図2】本発明の各実施形態による点火制御システムの構成図。

10

20

30

40

50

【図 3】図 2 の点火制御システムによるエネルギー投入制御の作動を説明するタイムチャート。

【図 4】第 1 実施形態の投入エネルギー制御による、(a) 燃料温度、(b) 燃料加熱時間と目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} との関係を示すマップ。

【図 5】図 2 の点火制御システムによる通常点火の作動を説明するタイムチャート。

【図 6】第 2 実施形態の投入エネルギー制御による、(a) 燃料温度、(b) 燃料加熱時間と目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} との関係を示すマップ。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態による点火制御システムを図面に基づいて説明する。

10

本発明の各実施形態による点火制御システムは、車両等に搭載されるエンジンシステムに適用される。以下の実施形態の説明では、特許請求の範囲に記載の「内燃機関」を「エンジン」という。

【0014】

〔エンジンシステムの構成〕

まず、エンジンシステムの概略構成について図 1 を参照して説明する。図 1 に示すように、エンジンシステム 10 は火花点火式のエンジン 13 を備えている。エンジン 13 は、例えば 4 気筒等の多気筒エンジンであり、図 1 では 1 気筒の断面のみを図示する。以下に説明する構成は、図示しない他の気筒にも同様に設けられている。

なお、図 1 のエンジンシステム 10 は、EGR（排気還流）システムを有していないものとする。或いは、EGR システムを有している場合でも、本実施形態の特徴とは関連性が低いため、図示を省略する。さらに、排気通路に設けられる触媒の図示も省略する。

20

【0015】

エンジン 13 は、スロットル弁 14 を通じて吸気マニホールド 15 から供給される空気とインジェクタ 16 から噴射される燃料との混合気を燃焼室 17 内で燃焼させ、その燃焼時の爆発力によりピストン 18 を往復運動させる。このピストン 18 の往復運動は、クランクシャフト 19 により回転運動に変換されて出力される。燃焼ガスは、排気マニホールド 20 等を通じて大気中に放出される。

【0016】

燃焼室 17 の入口であるシリンダヘッド 21 の吸気ポートには吸気弁 22 が設けられ、また燃焼室 17 の出口であるシリンダヘッド 21 の排気ポートには排気弁 23 が設けられている。吸気弁 22 及び排気弁 23 は、バルブ駆動機構 24 により開閉駆動される。吸気弁 22 のバルブタイミングは、可変バルブ機構 25 により調整される。

30

【0017】

燃焼室 17 の混合気の点火は、点火制御システム 300 によって点火プラグ 7 の電極間に放電を発生させることにより行われる。点火制御システム 300 は、電子制御ユニット 32 の指令に基づき点火回路ユニット 31 を動作させて点火コイル 40 から点火プラグ 7 に高電圧を印加することにより、燃焼室 17 で火花放電を発生させる。

点火プラグ 7 は、エンジン 13 の燃焼室 17 で所定のギャップを隔てて対向する一対の電極（図 2 参照）を有し、上記ギャップで絶縁破壊が生じるだけの高電圧が一対の電極間に印加されると放電を発生させる。以下の説明において、「高電圧」とは、点火プラグ 7 の一対の電極間で放電が発生し得るほどの電圧をいう。

40

【0018】

電子制御ユニット 32 は、CPU、ROM、RAM 及び入出力ポート等からなるマイクロコンピュータによって構成されており、図中、「ECU」と表す。

破線矢印で示すように、電子制御ユニット 32 は、クランク位置センサ 35、カム位置センサ 36、水温センサ 37、スロットル開度センサ 38、及び吸気圧センサ 39 等の各種センサからの検出信号が入力される。電子制御ユニット 32 は、これらの各種センサからの検出信号に基づき、実線矢印で示すように、スロットル弁 14、インジェクタ 16、及び点火回路ユニット 31 等を駆動してエンジン 13 の運転状態を制御する。

50

【0019】

燃料加熱装置80は、電子制御ユニット32と通信しつつ、燃料供給流路85の燃料を加熱する。燃料供給流路85には、例えば、各気筒のインジェクタ16に燃料を分配する燃料レールが相当する。その他、燃料を貯留する燃料タンクや燃料が圧送される燃料ポンプ、及び、それらを接続する配管等、エンジン13に供給される燃料が収容される流路のどの部分を加熱対象としてもよい。なお、図中、燃料供給流路85の上流側は具体的な構成を図示せず、破線で示している。

【0020】

[点火制御システムの構成]

次に、点火制御システム300の構成について図2を参照して説明する。

10

図2に示すように、点火制御システム300は、点火コイル40、点火回路ユニット31、及び、電子制御ユニット32、及び燃料加熱装置80を含む。

【0021】

点火コイル40は、一次コイル41と二次コイル42と整流素子43とを有し、公知の昇圧トランスを構成している。

一次コイル41は、一端が、一定の直流電圧を供給可能な「直流電源」としてのバッテリー6の正極に接続されており、他端が点火スイッチ45を介して接地されている。以下、一次コイル41のバッテリー6と反対側を「接地側」という。

二次コイル42は、一次コイル41と磁氣的に結合されており、一端が点火プラグ7の一对の電極を介して接地されており、他端が整流素子43及び二次電流検出抵抗47を介して接地されている。

20

【0022】

一次コイル41に流れる電流を一次電流I1といい、一次電流I1の通電及び遮断によって発生し、二次コイル42に流れる電流を二次電流I2という。図中に矢印で示すように、一次電流I1は、一次コイル41から点火スイッチ45に向かう方向の電流を正とし、二次電流I2は、二次コイル42から点火プラグ7に向かう方向の電流を正とする。また、二次コイル42の点火プラグ7側の電圧を二次電圧V2という。

整流素子43は、ダイオードで構成されており、二次電流I2を整流する。

点火コイル40は、一次コイル41を流れる電流の変化に応じて電磁誘導の相互誘導作用により二次コイル42に高電圧を発生させ、この高電圧を点火プラグ7に印加する。本実施形態では、1つの点火プラグ7に対し1つの点火コイル40が設けられている。

30

【0023】

点火回路ユニット31は、点火スイッチ（イグナイタ）45、エネルギー投入部50、二次電流検出抵抗47、二次電流検出回路48を有している。

点火スイッチ45は、例えばIGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）で構成されており、コレクタが点火コイル40の一次コイル41の接地側に接続され、エミッタが接地され、ゲートが電子制御ユニット32に接続されている。エミッタは、整流素子46を介してコレクタに接続されている。

点火スイッチ45は、ゲートに入力される点火信号IGTに応じてオンオフ動作する。詳しくは、点火スイッチ45は、点火信号IGTの立ち上がり時にオンとなり、点火信号IGTの立ち下がり時にオフとなる。一次コイル41における一次電流I1は、点火スイッチ45により点火信号IGTに従って通電及び遮断が切り替えられる。

40

【0024】

「エネルギー投入手段」としてのエネルギー投入部50は、エネルギー蓄積コイル52、充電スイッチ53、充電スイッチ用ドライバ回路54、及び整流素子55から構成されるDCDCコンバータ51、並びに、コンデンサ56、放電スイッチ57、放電スイッチ用ドライバ回路58及び整流素子59を有しており、エネルギーを一次コイル41の接地側に継続的に投入する。

【0025】

DCDCコンバータ51は、バッテリー6の電圧を昇圧し、コンデンサ56に供給する。

50

エネルギー蓄積コイル５２は、一端がバッテリー６に接続され、他端が充電スイッチ５３を介して接地されている。充電スイッチ５３は、例えばＭＯＳＦＥＴ（金属酸化物半導体電界効果トランジスタ）で構成されており、ドレインがエネルギー蓄積コイル５２に接続され、ソースが接地され、ゲートがドライバ回路５４に接続されている。ドライバ回路５４は、充電スイッチ５３をオンオフ駆動可能である。

整流素子５５は、ダイオードで構成されており、コンデンサ５６からエネルギー蓄積コイル５２及び充電スイッチ５３側への電流の逆流を防止する。

【００２６】

充電スイッチ５３がオンしたとき、エネルギー蓄積コイル５２に誘起電流が流れ、電気エネルギーが蓄積される。また、充電スイッチ５３がオフしたとき、エネルギー蓄積コイル５２に蓄積された電気エネルギーがバッテリー６の直流電圧に重畳してコンデンサ５６側へ放出される。充電スイッチ５３がオンオフ動作を繰り返すことで、エネルギー蓄積コイル５２にてエネルギーの蓄積と放出が繰り返され、バッテリー電圧が昇圧される。

コンデンサ５６は、一方の電極が整流素子５５を介してエネルギー蓄積コイル５２の接地側に接続され、他方の電極が接地されている。コンデンサ５６は、ＤＣＤＣコンバータ５１によって昇圧された電圧を蓄電する。

【００２７】

放電スイッチ５７は、例えばＭＯＳＦＥＴで構成されており、ドレインがコンデンサ５６に接続され、ソースが一次コイル４１の接地側に接続され、ゲートがドライバ回路５８に接続されている。ドライバ回路５８は、放電スイッチ５７をオンオフ駆動可能である。

整流素子５９は、ダイオードで構成されており、点火コイル４０からコンデンサ５６への電流の逆流を防止している。

なお、図２では１気筒に対する構成のみを示しているが、現実には、放電スイッチ５７以降の構成は気筒数分が並列して設けられており、放電スイッチ５７の手前で電流経路が気筒毎に分岐され、コンデンサ５６に蓄積されたエネルギーが各経路に分配される。

【００２８】

二次電流検出回路４８は、燃焼室１７に設けられる二次電流検出抵抗４７の両端電圧に基づいて二次電流Ｉ２を検出する。そして、二次電流Ｉ２を目標値（以下「目標二次電流Ｉ２＊」という。）に一致させようとするフィードバック制御により、放電スイッチ５７のオンデューティ比を演算し、ドライバ回路５８に指令する。

以上が点火回路ユニット３１の構成である。

【００２９】

次に、電子制御ユニット３２は、「投入エネルギー設定手段」としての点火制御部３３を含む。なお、本実施形態における点火制御部３３は、投入エネルギーの設定のみでなく点火信号ＩＧＴの生成等の制御機能全般を含むため、「点火制御部」という。

電子制御ユニット３２の点火制御部３３は、クランク位置センサ３５等の各種センサから取得したエンジン１３の運転情報に基づいて、点火信号ＩＧＴ及びエネルギー投入期間信号ＩＧＷを生成し、点火回路ユニット３１に出力する。また、点火制御部３３は、燃料加熱装置８０の燃料温度に応じて、投入エネルギーを設定することを特徴とする。

【００３０】

点火制御部３３が生成した点火信号ＩＧＴは、点火スイッチ４５のゲート、及び、充電スイッチ用ドライバ回路５４に入力される。点火スイッチ４５は、点火信号ＩＧＴが入力されている期間、オンとなる。ドライバ回路５４は、点火信号ＩＧＴが入力されている期間、充電スイッチ５３のゲートに対し、充電スイッチ５３をオンオフ制御する充電スイッチ信号ＳＷｃを繰り返し出力する。

【００３１】

エネルギー投入期間信号ＩＧＷは、放電スイッチ用ドライバ回路５８に入力される。ドライバ回路５８は、エネルギー投入期間信号ＩＧＷが入力されている期間、放電スイッチ５７のゲートに対し、放電スイッチ５７をオンオフ制御する放電スイッチ信号ＳＷｄを繰り返し出力する。

また、ドライバ回路 58 には、目標二次電流 I_2^* を指示するための目標二次電流信号 I_{GA} が入力される。

【0032】

燃料加熱装置 80 は、「加熱手段」としてのヒータ 81、ヒータスイッチ 82、制御回路 83、及び、「温度検出手段」としての温度センサ 84 を含む。

ヒータ 81 は、例えば電熱線等の電気ヒータである。ヒータスイッチ 82 は、例えば MOSFET 等の半導体スイッチング素子で構成されており、バッテリー 6 からヒータ 81 への通電を開閉する。制御回路 83 は、ヒータスイッチ 82 のスイッチ動作を制御するヒータスイッチ信号 SW_h を出力する。

【0033】

温度センサ 84 は、サーミスタ、熱電対等で構成され、検出した燃料温度を電圧信号等として電子制御ユニット 32 に出力する。

電子制御ユニット 32 は、例えば温度センサ 84 から取得した温度検出値に基づき、検出温度が目標温度に一致するように PI 演算等によるフィードバック制御によって制御回路 83 を介してヒータ 81 への通電を制御する。或いは、フィードフォワード制御により通電等を制御してもよい。

【0034】

[点火制御システムの作動]

次に、点火制御システム 300 によるエネルギー投入の作動について図 3 のタイムチャートを参照して説明する。図 3 のタイムチャートは、共通の時間軸を横軸とし、縦軸に上から順に、点火信号 I_{GT} 、エネルギー投入期間信号 I_{GW} 、コンデンサ電圧 V_{dc} 、一次電流 I_1 、二次電流 I_2 、投入エネルギー P 、充電スイッチ信号 SW_c 、放電スイッチ信号 SW_d の時間変化を示している。

ここで、「コンデンサ電圧 V_{dc} 」はコンデンサ 56 に蓄電された電圧を意味する。また、「投入エネルギー P 」は、コンデンサ 56 から放出され、一次コイル 41 の低電圧側端子側から点火コイル 40 に供給されるエネルギーを意味し、1 回の点火タイミング中における供給開始（最初の放電スイッチ信号 SW_d の立ち上がり）からの積算値を示す。

【0035】

図 3 中、「一次電流 I_1 」及び「二次電流 I_2 」は、図 2 に示す矢印方向の電流を正の値とし、矢印と反対方向の電流を負の値とする。以下の説明において、負の電流の大小に言及する場合、「電流の絶対値」を基準として大小を表す。すなわち、負領域において、電流値が 0 [A] から離れ絶対値が大きくなるほど「電流が増加又は上昇する」といい、0 [A] に近づき絶対値が小さくなるほど「電流が減少又は低下する」という。

【0036】

また、エネルギー投入期間信号 I_{GW} が出力されている時刻 $t_3 - t_4$ の期間における二次電流 I_2 の制御目標値を、「目標二次電流 I_2^* 」とする。目標二次電流 I_2^* は、点火放電を良好に維持可能な程度の電流に設定される。本実施形態では、波状の最大値と最小値との中間値を目標値とするが、他の実施形態では、波状の最大値又は最小値を目標値としてもよい。

【0037】

時刻 t_1 にて点火信号 I_{GT} が H（ハイ）レベルに立ち上がると、点火スイッチ 45 がオンされる。このとき、エネルギー投入期間信号 I_{GW} は L（ロー）レベルであるため放電スイッチ 57 はオフである。これにより、一次コイル 41 における一次電流 I_1 の通電が開始する。

【0038】

また、点火信号 I_{GT} が H レベルに立ち上がっている間、矩形波パルス状の充電スイッチ信号 SW_c が、充電スイッチ 53 のゲートに入力される。すると、充電スイッチ 53 のオン後のオフ期間に、コンデンサ電圧 V_{dc} がステップ状に上昇する。

このようにして、点火信号 I_{GT} が H レベルに立ち上がっている時刻 $t_1 - t_2$ 間に、点火コイル 40 が充電されるとともに、DCDC コンバータ 51 の出力によってコンデン

10

20

30

40

50

サ 5 6 にエネルギーが蓄積される。このエネルギーの蓄積は、時刻 t_2 までに終了する。

このとき、コンデンサ電圧 V_{dc} 、すなわちコンデンサ 5 6 のエネルギー蓄積量は、充電スイッチ信号 SW_c のオンデューティ比及びオンオフ回数によって制御可能である。

【0039】

その後、時刻 t_2 にて点火信号 IGT が L レベルに立ち下げられ点火スイッチ 4 5 がオフされると、それまで一次コイル 4 1 に通電していた一次電流 I_1 が急激に遮断される。すると、二次コイル 4 2 に高電圧が発生し、点火プラグ 7 の電極間にて放電が発生することにより、二次電流 I_2 (放電電流) が流れる。

時刻 t_2 で点火放電が発生させた後にエネルギー投入を行わない場合、二次電流 I_2 は、破線で示すように、時間経過とともに $0 [A]$ に近づき、放電を維持できない程度まで減衰すると放電は終了する。このような放電による点火方式を「通常点火」という。

10

【0040】

それに対し本実施形態では、時刻 t_2 の直後の時刻 t_3 にエネルギー投入期間信号 IGW が H レベルに立ち上げられ、充電スイッチ 5 3 がオフの状態では放電スイッチ 5 7 がオンされる。すると、コンデンサ 5 6 の蓄積エネルギーが放出され、一次コイル 4 1 の接地側に投入される。これにより、点火放電中に、「投入エネルギー P に起因する一次電流 I_1 」が通電する。なお、投入エネルギー P は、時刻 t_2 までに蓄積されたコンデンサ電圧 V_{dc} が高いほど大きくなる。

【0041】

このとき、二次コイル 4 2 には、時刻 $t_2 - t_3$ 間に通電していた二次電流 I_2 に対し、投入エネルギー P に起因する一次電流 I_1 の通電に伴う追加分が同じ極性で重畳される。この一次電流 I_1 の重畳は、時刻 $t_3 - t_4$ の間、放電スイッチ 5 7 がオンされる毎に行われる。

20

すなわち、放電スイッチ信号 SW_d がオンになる毎に、コンデンサ 5 6 の蓄積エネルギーにより一次電流 I_1 が順次追加され、これに対応して、二次電流 I_2 が順次追加される。二次電流 I_2 が所定値になると放電スイッチ 5 7 がオフされ一次電流 I_1 への重畳投入が停止し、 I_2 が低下していき所定値になると再度放電スイッチ 5 7 がオンされる。これにより、二次電流 I_2 は、目標二次電流 I_2^* に一致するように維持される。

時刻 t_4 でエネルギー投入期間信号 IGW が L レベルに立ち下げられると、放電スイッチ信号 SW_d のオンオフ動作が停止し、一次電流 I_1 、二次電流 I_2 ともにゼロとなる。以下、電流について「ゼロ」と記載する場合、厳密な $0 [A]$ に限らず、実質的に $0 [A]$ と同等の微小電流範囲を含むものとする。

30

【0042】

このように、時刻 t_2 における点火放電の後、「一次コイル 4 1 の接地側」から点火コイル 4 0 にエネルギーを投入する制御方式は、本出願人が開発したものである。以下、本明細書において、単に「エネルギー投入制御」という場合、この制御方式を意味する。

一方、周知の多重放電方式のように、一次コイル 4 1 のバッテリー 6 側、或いは二次コイル 4 2 の点火プラグ 7 と反対側から点火コイル 4 0 にエネルギーを投入する方式を包括して「従来のエネルギー投入制御」という。本出願人が開発したエネルギー投入制御では、従来の方式に比べ、低電圧側からエネルギーを投入することで最低限のエネルギーを効率良く投入しつつ、点火可能な状態を一定期間持続させることができる。

40

【0043】

ところで、エタノール等のアルコールを含む燃料を用いる F F V 車両では、アルコールの蒸発温度がガソリンの蒸発温度よりも高いことにより、揮発性が低下する。特に $-10^{\circ}C$ 以下の極低温でアルコール混合燃料を使用する場合、たとえ燃料加熱装置 8 0 によって燃料供給流路 8 5 の燃料を加熱したとしても、燃焼室 1 7 での燃料の霧化及び着火性が低く、エンジン 1 3 の始動が困難となるおそれがある。

【0044】

そこで本実施形態の点火制御システム 3 0 0 は、燃料加熱装置 8 0 によって燃料を加熱することに加え、点火回路ユニット 3 1 にてエネルギー投入制御を実施することで燃料の霧

50

化を促進し、放電による火花が着火しやすい状態を継続的に形成する。また、このとき、点火制御部 33 は、燃料加熱装置 80 の燃料温度に応じて、投入エネルギーを適切に設定する。

【0045】

次に、点火制御部 33 による投入エネルギーの具体的な設定に関して、実施形態毎に説明する。

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態による投入エネルギーの設定について、図 4 を参照して説明する。

ここで、エネルギー投入制御において目標二次電流 I_2^* を高くすることとエネルギー投入期間 I_{GW} を長くすることとは、放電を強くするか、放電の機会を増やすかという詳細な作用効果に違いはあるものの、「エネルギー投入をより増進させて火花着火性を高める」方向に変化させるという点で共通している。逆に、目標二次電流 I_2^* を低くすることとエネルギー投入期間 I_{GW} を短くすることとは、「エネルギー投入をより軽減する」方向に変化させるという点で共通している。

【0046】

したがって、説明が重複することを避けるため、図 4 (a)、(b) の縦軸において、目標二次電流 I_2^* とエネルギー投入期間 I_{GW} とを並列に記載する。ただし、当然ながら、電流及び期間の数値単位は全く別のものである。また、図 4 (a)、(b) は、目標二次電流 I_2^* 及びエネルギー投入期間 I_{GW} がいずれも右下がりの特性であるという傾向を示すに過ぎず、特性線の形状が厳密に一致していることを意味しない。

【0047】

図 4 (a) に示す例では、点火制御部 33 は、温度センサ 84 による燃料温度の検出値を常に取得する。そして、第 1 実施形態では、燃料温度の全範囲にわたって、燃料温度が低いほど目標二次電流 I_2^* を高く、又は、エネルギー投入期間 I_{GW} を長く設定する。

図 4 (b) に示す例では、点火制御部 33 は、加熱開始時点における燃料の初期温度を温度センサ 84 から取得する。或いは、エンジン水温等の情報に基づいて燃料の初期温度を推定してもよい。また、ヒータ 81 への通電時間、すなわち制御回路 83 がヒータスイッチ 82 をオンした時間から燃料加熱時間を算出し、燃料の初期温度及び燃料加熱時間に基づいて現在の燃料温度を推定する。そして、燃料加熱時間の全範囲にわたって、燃料加熱時間が短いほど目標二次電流 I_2^* を高く、又は、エネルギー投入期間 I_{GW} を長く設定する。

【0048】

この場合、燃料の初期温度が低くなると、一点鎖線で示す特性線は、同一の燃料加熱時間に対して目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} が大きくなる方向にオフセットする。一方、燃料の初期温度が高くなると、破線で示す特性線は、同一の燃料加熱時間に対して目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} が小さくなる方向にオフセットする。

【0049】

こうすることで、燃料温度が低く霧化能力が低下した状態ほど放電を強くし、或いは放電可能時間を長く確保することができる。したがって、燃料温度に依存する混合燃料の霧化能力に応じて、適切な投入エネルギーを設定することができる。なお、図 4 では、燃料温度又は燃料加熱時間に応じて目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} を直線状に変化させているが、これに限らず、ステップ状や曲線状に変化させてもよい。

【0050】

ここで、目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} のいずれを変化させるかは、例えばエンジン 13 の回転数及び負荷の条件によって、高回転、高負荷条件では燃料温度が低いほど目標二次電流 I_2^* を高くし、低回転、低負荷条件では燃料温度が低いほどエネルギー投入期間 I_{GW} を長くするようにしてもよい。また、重み付けを考慮しつつ、目標二次電流 I_2^* 及びエネルギー投入期間 I_{GW} の両方を変化させてもよい。

【0051】

(効果)

(1) 本実施形態の点火制御システム300は、低温時に燃料加熱装置80において燃料を加熱すると共に、点火プラグ7の放電時に燃焼室17における着火性を向上させるように積極的にエネルギー投入を行うことを特徴とする。

これにより、燃料温度が低く霧化能力が低下した状態であっても着火性を確保し、エンジン13を良好に始動させることができる。また、投入エネルギーにより着火性を向上させるため、燃料加熱装置80による加熱時間を短縮することができる。したがって、揮発性の低いアルコール混合燃料を極低温で使用する場合に特に効果がある。

【0052】

(2) 本実施形態の点火制御部33は、燃料加熱装置80の燃料温度に応じて、投入エネルギーの設定値として、目標二次電流 I_2^* 及びエネルギー投入期間IGWを設定する。具体的には、燃料温度が低いほど、目標二次電流 I_2^* を高く設定するか、かつ／又は、エネルギー投入期間IGWを長く設定する。

これにより、燃料温度に依存する混合燃料の霧化能力に応じて、適切な投入エネルギーを設定することができる。

【0053】

(3) 本実施形態の点火制御システム300は、エネルギー投入制御の方式として、DCDCコンバータ51で昇圧しコンデンサ56に蓄電した投入エネルギーを、一次コイル41の接地側から投入する方式を採用している。これにより、多重放電等のエネルギー投入方式に比べ、低電圧側からエネルギーを投入することで最低限のエネルギーを効率良く投入しつつ、点火可能な状態を一定期間持続させることができる。

また、エネルギー投入期間IGW中、二次電流 I_2 は、常に負の値となりゼロクロスしないため、火花が消えることを回避することができる。よって、着火性を向上させることができる。

【0054】

(4) 本実施形態の点火制御システム300は、二次電流検出抵抗47及び二次電流検出回路48を備え、二次電流 I_2 をフィードバック制御するため、フィードフォワード制御に対し二次電流 I_2 の実値を目標二次電流 I_2^* に精度良く一致させることができる。

したがって、点火制御部33による投入エネルギーの設定を適確に実行することができる。

【0055】

(5) 本実施形態の点火制御システム300の点火制御部33は、温度センサ84が検出した燃料温度の検出値、又は、燃料の初期温度及びヒータ81の通電時間である燃料加熱時間に基づいて推定した燃料温度の推定値に応じて、投入エネルギーを設定する。

温度センサ84から燃料温度の検出値を取得する場合、推定演算が不要なので処理が単純になる。一方、初期温度を含めて燃料温度の検出値を用いず推定する場合には温度センサ84を廃止することができる。また、温度センサ84を設ける場合であっても、実際の温度変化に対して温度センサ84の追従が遅れる場合、燃料温度を推定することで処理の応答性が向上する。

【0056】

(第2実施形態)

本発明の第2実施形態について、図5、図6を参照して説明する。図5、図6における各記号は、図3、図4で用いた記号を援用する。第2実施形態の点火制御システムの構成は、図2に示す第1実施形態の点火制御システム300と同一であり、点火制御部33による投入エネルギーの設定の仕方のみが異なる。

図5のタイムチャートは、図3のエネルギー投入制御を実行しない場合の点火制御システム300の作動を示す。

【0057】

点火制御部33は、点火信号IGTの出力期間中、充電スイッチ用ドライバ回路54による充電スイッチ53のオンオフ動作を停止する。また、エネルギー投入期間信号IGWの出力期間中、放電スイッチ用ドライバ回路58による放電スイッチ57のオンオフ動作を

10

20

30

40

50

停止する。これにより、コンデンサ電圧 V_{dc} は蓄積されず、点火コイル40へのエネルギー投入もされなくなる。したがって、一次電流 I_1 の遮断によって発生する二次電流 I_2 による「通常点火」のみが行われる。この状態は、目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} をゼロに設定した状態に相当する。

【0058】

図6(a)に示すように、第2実施形態では、燃料温度が所定の温度閾値 T_α を超える領域Iでは目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} をゼロで一定とし、通常点火を行う。一方、燃料温度が温度閾値 T_α 以下の領域IIでは、第1実施形態の図4(a)と同様に、燃料温度が低いほど目標二次電流 I_2^* を高く設定するか、又は、エネルギー投入期間 I_{GW} を長く設定する。

10

【0059】

或いは、図6(b)に示すように、燃料加熱時間が所定の時間閾値 X を超える領域Iでは目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} をゼロで一定とし、通常点火を行う。一方、燃料加熱時間が時間閾値 X 以下の領域IIでは、第1実施形態の図4(b)と同様に、燃料加熱時間が短いほど目標二次電流 I_2^* を高く設定するか、又は、エネルギー投入期間 I_{GW} を長く設定する。なお、時間閾値 X に相当する縦軸の値を Y とする。

【0060】

この場合、燃料の初期温度が低くなると、一点鎖線で示す特性線は、同一の燃料加熱時間に対して目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} が大きくなる方向にオフセットし、時間閾値 X は長くなる。一方、燃料の初期温度が高くなると、破線で示す特性線は、同一の燃料加熱時間に対して目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} が小さくなる方向にオフセットし、時間閾値 X は短くなる。

20

【0061】

燃料温度が温度閾値 T_α を超える、又は、燃料加熱時間が時間閾値 X を超える領域Iでは、通常点火によって十分に良好な着火及び始動が可能であるため、エネルギー投入制御を停止することで消費電力を低減することができる。

一方、燃料温度が温度閾値 T_α 以下、又は、燃料加熱時間が時間閾値 X 以下の領域IIでは、燃料温度又は燃料加熱時間に応じて目標二次電流 I_2^* 又はエネルギー投入期間 I_{GW} を変更することで、低温での始動時に良好な着火性を確保することができる。

ここで、温度閾値 T_α 、及び、ある初期温度に対応する時間閾値 X は、例えばエンジン回転数、エンジン負荷、又は燃料中のアルコール濃度等のパラメータにより、マップ等を用いて可変としてもよい。

30

【0062】

また、図5のタイムチャートでは、放電スイッチ57によるエネルギー投入を停止させると共に、充電スイッチ53によるエネルギーの蓄積を停止しているため、コンデンサ56が過充電になることを防止することができる。ただし、コンデンサ56の充電能力が十分に有る場合は、エネルギー投入の有無に関わらず、コンデンサ電圧 V_{dc} を蓄積してもよい。これにより、燃料温度が急激に低下した場合、蓄積したエネルギーを迅速に投入することができる。

【0063】

(その他の実施形態)

(ア)上記実施形態では、本出願人が開発した「一次コイルの接地側からエネルギー投入する方式」における設定値を燃料加熱装置80の燃料温度に応じて設定している。この他、従来の多重放電方式や特開2012-167665号公報に開示された「DCO方式」等のエネルギー投入制御方式に対して、本発明を適用し、燃料温度に基づいて投入エネルギーを設定するようにしてもよい。より、具体的には放電持続時間を延ばして放電時間を延ばせばよいし、電源電圧を上げて二次電流を増加させてもよい。

【0064】

また、図2の構成の点火制御システム300によるエネルギー投入制御は、図3に示すように、点火信号 I_{GT} のHレベル中に充電スイッチ信号 SW_c をオンオフしてコンデンサ

50

電圧 V_{dc} を蓄積した後、エネルギー投入期間 I_{GW} に、一次コイル 41 の接地側にエネルギーを投入する方法に限らない。例えば、エネルギー投入期間 I_{GW} に、充電スイッチ信号 SW_c と放電スイッチ信号 SW_d とを交互にオンオフ制御することで、充電スイッチ信号 SW_c がオンのときエネルギー蓄積コイル 52 が蓄積したエネルギーを、その都度、一次コイル 41 の接地側に投入するようにしてもよい。その場合、コンデンサ 56 を備えなくてもよい。

【0065】

(イ) 二次電流 I_2 の制御は、上記実施形態のように、二次電流検出抵抗 47 及び二次電流検出回路 48 を備え、二次電流 I_2 をフィードバック制御する形態に限らない。例えば、二次電流検出抵抗 47 及び二次電流検出回路 48 を備えず、二次電流 I_2 をフィード

10

【0066】

(ウ) 点火回路ユニット 31 は、電子制御ユニット 32 を収容するハウジング内に収容されるか、或いは点火コイル 40 を収容するハウジング内に収容されてもよい。

点火スイッチ 45 及びエネルギー投入部 50 は別々のハウジング内に収容されてもよい。例えば、点火コイル 40 を収容するハウジング内に点火スイッチ 45 が収容され、電子制御ユニット 32 を収容するハウジング内にエネルギー投入部 50 が収容されてもよい。

【0067】

(エ) 点火スイッチは、 $IGBT$ に限らず、比較的耐圧の高い他のスイッチング素子で構成されてもよい。また、充電スイッチ及び放電スイッチは、 $MOSFET$ に限らず、他

20

(オ) 直流電源は、バッテリーに限らず、例えば交流電源をスイッチングレギュレータ等によって安定化した直流安定化電源等で構成されてもよい。

【0068】

(カ) 上記実施形態では、エネルギー投入部 50 は、 $DCDC$ コンバータ 51 によって、バッテリー 6 の電圧を昇圧している。その他、点火装置がハイブリッド自動車や電気自動車に搭載される場合には、主機バッテリーの出力電圧をそのまま、或いは降圧して、投入エネルギーとして用いてもよい。

(キ) 電子制御ユニット 32 は、点火制御部 33 及びその他の機能部分が一つのユニットとして構成されてもよく、或いは、信号線等によって互いに通信される別体のユニット

30

【0069】

(ク) 上記実施形態の図 2 では、ヒータ 81 の電力源として、点火コイル 40 に一次電流を供給するバッテリー 6 を共通に用いているが、ヒータ専用の電力源を用いてもよい。

また、加熱手段は、電気ヒータに限らず、エンジン 13 の排熱を利用した排熱ヒータ等を用いてもよい。

(ケ) ヒータ 81 への通電を開閉するヒータスイッチ 82 は、 $MOSFET$ 等の半導体スイッチング素子に限らず、機械式スイッチ等を用いてもよい。

【0070】

(コ) 上記第 2 実施形態では、燃料の初期温度とヒータ 81 の通電時間である燃料加熱時間とから現在の燃料温度を推定する。この他、ヒータ 81 の通電時間に代えて、例えばヒータ 81 の消費電力等、ヒータ 81 の出力を反映する情報に基づいて、現在の燃料温度を推定してもよい。

40

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の形態で実施可能である。

【符号の説明】

【0071】

13 ……内燃機関、

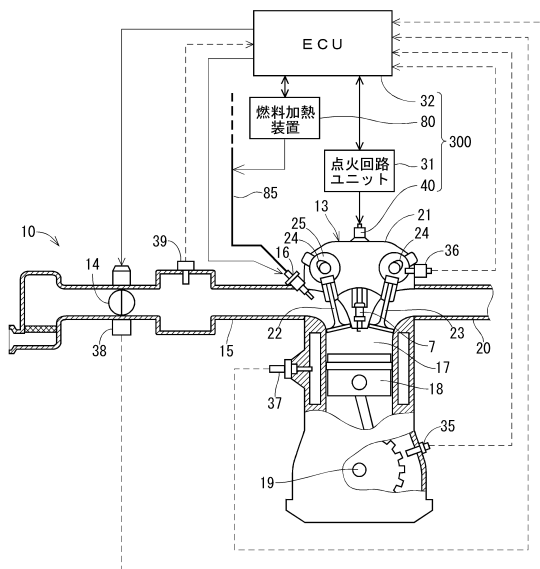
300 ……点火制御システム、

33 ……点火制御部（投入エネルギー設定手段）、

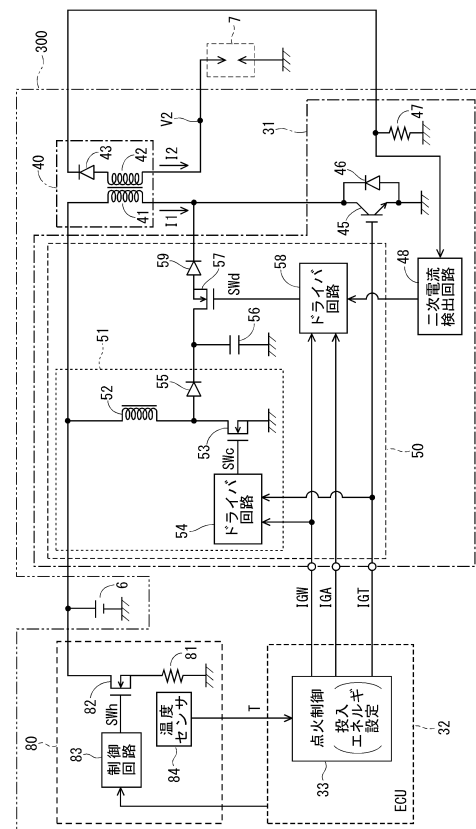
50

- 40 …… 点火コイル、
 41 …… 一次コイル、 42 …… 二次コイル、
 45 …… 点火スイッチ、
 50 …… エネルギー投入部（エネルギー投入手段）、
 6 …… バッテリ（直流電源）、
 7 …… 点火プラグ、
 80 …… 燃料加熱装置、
 85 …… 燃料供給流路。

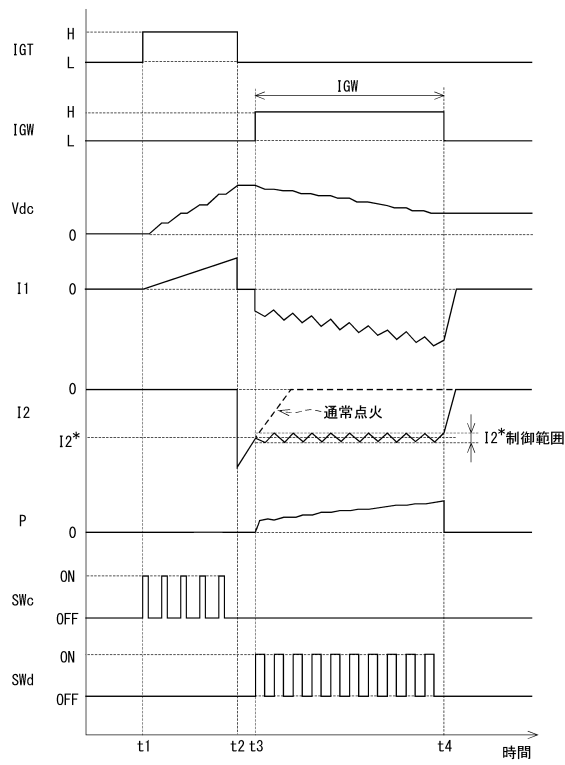
【図 1】



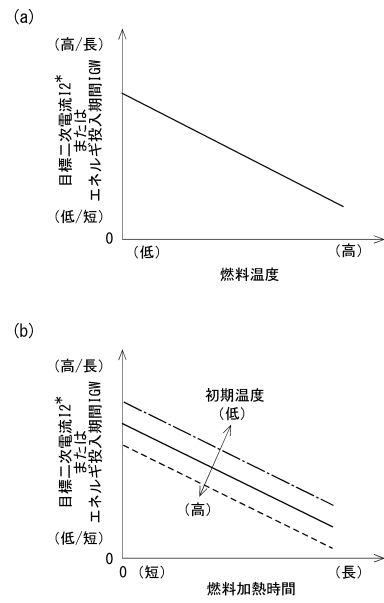
【図 2】



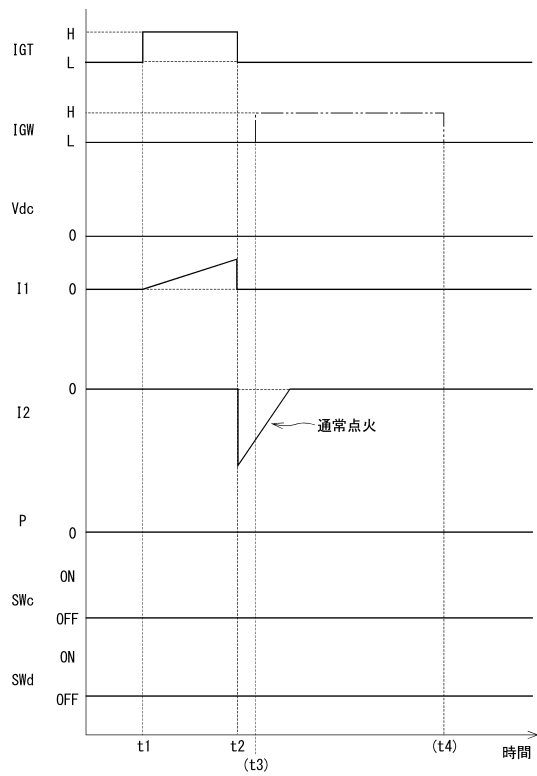
【図 3】



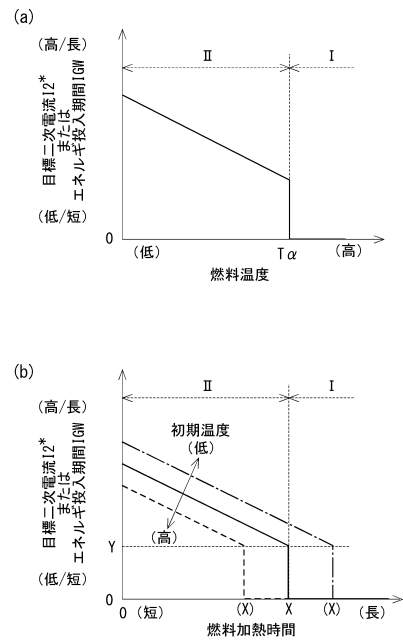
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-115094 (JP, A)
特開2009-221850 (JP, A)
特開平09-100772 (JP, A)
特開2001-032758 (JP, A)
特開昭60-132071 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 41/00-45/00

F02M 25/00、31/00-33/08、39/00-71/04

F02P 1/00- 3/12、 7/00-17/12