(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
2020年12月24日(24.12.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/255789 A1

(51) 国際特許分類:
F02B 17/00 (2006.01)　*F02D 45/00* (2006.01)
F02B 23/00 (2006.01)　*F02P 5/15* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2020/022620

(22) 国際出願日：　2020年6月9日(09.06.2020)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-115843　2019年6月21日(21.06.2019)　JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

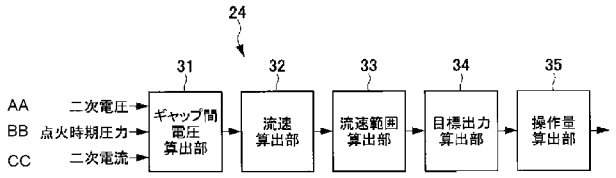
(72) 発明者: 押 領 司　一 浩 (**ORYOJI Kazuhiro**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 赤城 好彦(**AKAGI Yoshihiko**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 松下 貴和(**MATSUSHITA Takayasu**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 戸田 裕二(**TODA Yuji**); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称： 内燃機関制御装置



31 Gap voltage calculating unit
32 Flow rate calculating unit
33 Flow rate range calculating unit
34 Target output calculating unit
35 Operating amount calculating unit
AA Secondary voltage
BB Ignition timing pressure
CC Secondary current

(57) **Abstract:** Provided is an internal combustion engine control device with which it is possible to reduce a measuring load and to calculate a flow rate around an ignition plug. This internal combustion engine is provided with a gap voltage calculating unit 31, and a flow rate calculating unit 32. The gap voltage calculating unit 31 calculates a reference gap voltage under reference conditions on the basis of a secondary current and a cylinder pressure. The flow rate calculating unit calculates the flow rate of gas around the ignition plug on the basis of the reference gap voltage.

(57) 要約：計測負荷を低減し、かつ点火プラグ周りの流速を算出することができる内燃機関制御装置を提供する。 内燃機関制御装置は、ギャップ間電圧算出部３１と、流速算出部３２と、を備えている。ギャップ間電圧算出部３１は、二次電流及び筒内圧力に基づいて、基準条件での基準ギャップ間電圧を算出する。流速算出部は、基準ギャップ間電圧に基づいて、点火プラグの周囲のガスの流速を算出する。

WO 2020/255789 A1

［続葉有］

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 内燃機関制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関制御装置に関するものである。

背景技術

[0002] 自動車の燃費性能を向上させるためには、内燃機関の燃料消費量を低減することが重要である。燃料消費量を低減させる技術としては、ポンプ損失や冷却損失の低減手段として、燃料と空気の比率を量論混合比（理想混合比）に比べて希釈して燃焼させる希釈燃焼が知られている。また、他の技術としては、燃焼ガスの一部を吸気側に戻して燃料と空気の混合気を希釈するＥＧＲ（Ｅｘｈａｕｓｔ　Ｇａｓ　Ｒｅｃｉｒｃｕｌａｔｉｏｎ）ガスを活用した燃焼方式がある。

[0003] また、燃料消費量を低減するためには、運転条件に応じて適切な混合気の希釈度を設定する必要がある。さらに、希釈度の大きな条件、すなわち混合気が希薄な状態での失火を避けて燃焼を実現するためには、燃料の相対的な濃度が小さくなっているため、火花点火時に点火プラグから気筒内の混合気に供給する放電エネルギ量を増加させる必要がある。

[0004] また、希釈度の大きな条件で安定的な燃焼を実現するためには、内燃機関の気筒内の混合気の乱流強度や、流速を増加させる必要がある。しかしながら、乱流強度や流速が大きくなると、点火プラグでの放電の吹き消え等の現象により失火発生の可能性が生じる。そのため、火花点火時に点火プラグから気筒内の混合気に供給する放電エネルギ量も増加させる必要がある。

[0005] そして、流速の増加による放電の吹き消えを防ぐためには、点火プラグの周囲の流速を検出し、放電エネルギや放電電流を制御することが有効である。点火プラグの周囲の流速を検出する技術としては。例えば、特許文献１に記載されているようなものがある。

[0006] 特許文献１には、２次コイルにより生じた電圧である２次電圧を検出する

２次電圧検出部と、放電期間中の２次電圧の最小値を算出する２次電圧最小値算出部を備えた技術が記載されている。そして、特許文献１に記載された技術では、２次電圧、及び２次電圧の最小値に基づいて、放電プラズマの長さを算出し、放電プラズマの長さの時間変化とクーロン力に基づいて筒内流動速度を算出している。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２０１９－００７４３６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、特許文献１に記載された技術では、点火プラグの周囲の流速を算出するために、コイルの二次電圧を放電後に複数回計測していた。そのため、時々刻々と変化する流速を算出するためには、特許文献１に記載された技術では、多数の電圧計測処理が必要となり、計測負荷が増大する、という問題を有していた。

[0009] 本目的は、上記の問題点を考慮し、計測負荷を低減し、かつ点火プラグ周りの流速を算出することができる内燃機関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

[0010] 上記課題を解決し、目的を達成するため、内燃機関制御装置は、シリンダの筒内に配置された点火プラグと、点火プラグに電圧を印加する点火コイルとを備えた内燃機関を制御する内燃機関制御装置である。内燃機関制御装置は、ギャップ間電圧算出部と、流速算出部と、を備えている。ギャップ間電圧算出部は、点火コイルの二次側に発生する二次電流及びシリンダの筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出する。流速算出部は、基準ギャップ間電圧に基づいて、点火プラグの周囲のガスの流速を算出する。

発明の効果

[0011] 上記構成の内燃機関制御装置によれば、計測負荷を低減し、かつ点火プラグ周りの流速を算出することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態例にかかる内燃機関制御装置が搭載された内燃機関のシステム構成を示す概略構成図である。

[図2]実施の形態例にかかる内燃機関制御装置の構成を示すブロック図である。

[図3]第１の実施の形態例にかかる点火制御部の概要を示す制御ブロック図である。

[図4]図４Ａは放電路の状態を示す模式図、図４Ｂは放電路の伸長量と経過時間との関係を示すグラフである。

[図5]放電後の設定時間のマップデータを示す図である。

[図6]第１の実施の形態例にかかるギャップ間電圧算出部におけるギャップ間電圧の算出動作を示すフローチャートである。

[図7]筒内圧力のマップデータを示す図である。

[図8]一次側通電時間と放電後の設定時間における二次電流との関係を示す図である。

[図9]第１の実施の形態例にかかる流速算出部における流速の算出動作を示すフローチャートである。

[図10]第１の実施の形態例いかかる流速範囲算出の動作例を示すフローチャートである。

[図11]点火プラグの周囲の流速と目標出力との関係を示す図である。

[図12]第１の実施の形態例にかかる目標出力算出部の動作例を示すフローチャートである。

[図13]第１の実施の形態例にかかる点火制御部における各種情報の算出動作を示すフローチャートである。

[図14]第２の実施の形態例にかかる点火制御部の概要を示す制御ブロック図である。

[図15]第２の実施の形態例にかかる流速補正部の動作例を示すフローチャートである。

[図16]第２の実施の形態例にかかる流速算出部が算出した流速算出値と、補正後の流速算出値との関係を示すマップデータである。

[図17]放電路の先端部に作用する力の関係を示すもので、図１７Ａは放電路が伸びた状態を示す模式図、図１７Ａに示す放電路のＡ－Ａ’線断面から先端部分を抜き出した図である。

[図18]第３の実施の形態例にかかる点火制御部及びタンブル制御弁制御部の概要を示す制御ブロック図である。

[図19]第３の実施の形態例にかかるタンブル制御弁制御部の動作例を示すフローチャートである。

[図20]第３の実施の形態例にかかるタンブル制御弁状態判定部の動作例を示すフローチャートである。

[図21]第３の実施の形態例にかかる点火プラグ状態判定部の動作例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] １．実施の形態例

以下、実施の形態例（以下、「本例」という）にかかる内燃機関制御装置について、図１～図２１を参照して説明する。なお、各図において共通の部材には、同一の符号を付している。

[0014] １－１．内燃機関の構成例

まず、内燃機関の構成例について説明する。

図１は、本例の内燃機関のシステム構成を示す概略構成図である。

[0015] 図１に示す内燃機関１００は、ガソリンからなる燃料を筒内に直接噴射する筒内噴射型の内燃機関（直噴エンジン）である。内燃機関１００は、吸入行程、圧縮行程、燃焼（膨張）行程、排気行程の４行程を繰り返す４サイクルエンジンである。さらに、内燃機関１００は、例えば、４つの気筒（シリンダ）を備えた多気筒エンジンである。なお、内燃機関１００が有する気筒

の数は、４つに限定されるものではなく、６つ又は８つ以上の気筒を有していてもよい。また、内燃機関１００のサイクル数は、４サイクルに限定されるものではない、

[0016] 図１に示すように、内燃機関１００は、エアフローセンサ１と、電子制御スロットル弁２と、吸気圧センサ３と、コンプレッサ４ａと、インタークーラ７と、シリンダ１４とを備えている。エアフローセンサ１、電子制御スロットル弁２、吸気圧センサ３、コンプレッサ４ａ、インタークーラ７は、吸気管６におけるシリンダ１４までの位置に配置されている。

[0017] また、エアフローセンサ１は、吸入空気量と、吸気温度を計測する。電子制御スロットル弁２は、不図示の駆動モータにより開閉可能に駆動する。そして、運転者のアクセル操作に基づいて、電子制御スロットル弁２の開度が調整される。これにより、吸気される空気量を調整し、吸気管６の圧力を調整する。吸気圧センサ３は、吸気管６の圧力を計測する。

[0018] コンプレッサ４ａは、吸気を過給する過給機である。このコンプレッサ４ａは、後述するタービン４ｂにより回転力が伝達される。インタークーラ７は、シリンダ１４の上流側に配置され、吸気を冷却する。

[0019] 吸気管６には、シリンダ１４の筒内へ流入するガスの流速や流れを調整する隔壁８及びタンブル制御弁８ｂが設けられている。隔壁８は、吸気管６におけるシリンダ１４の近傍の流路を２つい分割している。タンブル制御弁８ｂは、隔壁８により２つに分割された流路の片側に配置されている。そして、タンブル制御弁８ｂを開けた状態では、隔壁８により分割された両側の流路を吸気された吸気ガスが流れる。また、タンブル制御弁８ｂを閉じた状態では、隔壁８により分割された片側の流路が閉塞し、残りの片側の流路を吸気ガスが流れる。これにより、シリンダ１４の筒内に流れ込む吸気ガスの流速が増加する。このタンブル制御弁８ｂの閉じ具合を制御することで、シリンダ１４の筒内を流れるガスの流速が制御される。

[0020] また、内燃機関１００は、シリンダ１４の筒内に燃料を噴射するインジェクタ１３と、点火エネルギを供給する点火コイル１６及び点火プラグ１７か

らなる点火装置がシリンダ１４ごとに設けられている。点火コイル１６は、内燃機関制御装置２０の制御の下、高電圧を生成し、点火プラグ１７に印加する。これにより、点火プラグ１７に火花が発生する。そして、点火プラグ１７に発生した火花により、筒内の混合気が燃焼し、爆発する。

[0021] また、点火コイル１６には、不図示の電圧センサが取り付けられている。電圧センサは、点火コイル１６の一次側電圧又は二次側電圧を計測する。そして、電圧センサが計測した電圧情報は、ＥＣＵ（Engine Control Unit）である内燃機関制御装置２０に送られる。

[0022] また、シリンダ１４のシリンダヘッドには、可変バルブ５が設けられている。可変バルブ５は、シリンダ１４の筒内に流入する混合気、または筒内から排出する排気ガスを調整する。可変バルブ５を調整することにより、全シリンダ１４の吸気量及び内部ＥＧＲ量が調整される。

[0023] さらに、シリンダ１４の筒内には、ピストン１４ａが摺動可能に配置されている。ピストン１４ａは、シリンダ１４の筒内に流入した燃料とガスの混合気を圧縮する。そして、ピストン１４ａは、筒内に生じた燃焼圧力によりシリンダ１４の筒内を往復運動する。また、ピストン１４ａの位置を検出するためのクランク角度センサ１９が取り付けられている。

[0024] インジェクタ１３は、後述する内燃機関制御装置（ＥＣＵ）２０に制御されて、シリンダ１４の筒内に燃料を噴射する。これにより、シリンダ１４の筒内には、空気の燃料が混合された混合気が生成される。また、インジェクタ１３には、不図示の高圧燃料ポンプが接続されている。高圧燃料ポンプにより圧力が高められた燃料がインジェクタ１３に供給される。さらに、インジェクタ１３と高圧燃料ポンプとを接続する燃料配管には、燃料噴射圧力を計測するための燃料圧力センサが設けられている。

[0025] また、シリンダ１４には、温度センサ１８が設けられている。温度センサ１８は、シリンダ１４を巡る冷却水の温度を計測する。

[0026] さらに、シリンダ１４の排気ポートには、排気管１５が接続されている。排気管１５には、タービン４ｂ、電子制御ウエイストゲート弁１１、三元触

媒１０、空燃比センサ９が設けられている。タービン４ｂは、排気管１５を通過する排気ガスにより回転し、コンプレッサ４ａに回転力を伝える。電子制御ウエイストゲート弁１１は、タービン４ｂに流れる排気流路を調整する。

[0027] 三元触媒１０は、酸化・還元反応により排気ガスに含まれる有害物質を浄化する。また、空燃比センサ９は、三元触媒１０の上流側に配置されている。そして、空燃比センサ９は、排気管１５を通る排気ガスの空燃比を検出する。

[0028] また、エアフローセンサ１、吸気圧センサ３、電圧センサ等の各センサが検出した信号は、内燃機関制御装置２０に送られる。また、アクセルペダルの踏み込み量、すなわち、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ１２が検出した信号も内燃機関制御装置２０に送られる。

[0029] 内燃機関制御装置２０は、アクセル開度センサ１２の主力信号に基づいて、要求トルクを演算する。すなわち、アクセル開度センサ１２は、内燃機関１００への要求トルクを検出する要求トルク検出センサとして用いられる。また、内燃機関制御装置２０は、不図示のクランク角度センサの出力信号に基づいて、内燃機関１００の回転速度を演算する。そして、内燃機関制御装置２０は、各種センサの出力から得られる内燃機関１００の運転状態に基づき、空気流量、燃料噴射量、点火時期、燃料圧力等の内燃機関１００の主要な作動量を最適に演算する。

[0030] 内燃機関制御装置２０により演算した燃料噴射量は、開弁パルス信号に変換され、インジェクタ１３に出力される。また、内燃機関制御装置２０により演算された点火時期は、点火信号として点火プラグ１７に出力される。さらに、内燃機関制御装置２０により演算されたスロットル開度は、スロットル駆動信号として電子制御スロットル弁２に出力される。

[0031] １－２．内燃機関制御装置２０の構成例

次に、図２を参照して内燃機関制御装置２０の構成例について説明する。

図２は、内燃機関制御装置２０の構成を示すブロック図である。

[0032] 図２に示すように、ＥＣＵ（Engine Control Unit）である内燃機関制御装置２０は、入力回路２１と、入出力ポート２２と、ＲＡＭ（Random Access Memory）２３ｃと、ＲＯＭ（Read Only Memory）２３ｂと、ＣＰＵ（Central Processing Unit）２３ａを有する。また、内燃機関制御装置２０は、点火制御部２４と、タンブル制御弁制御部２５を有している。

[0033] 入力回路２１には、エアフローセンサ１からの吸入流量、吸気圧センサ３からの吸気圧、電圧センサからのコイル一次電圧又は二次電圧が入力される。また、入力回路２１には、クランク角度、スロットル開度や排気空燃比等の各種センサが計測した情報が入力される。

[0034] 入力回路２１は、入力された信号に対してノイズ除去等の信号処理を行って、入出力ポート２２へ送る。入出力ポート２２の入力ポートに入力された値はＲＡＭ２３ｃに格納される。

[0035] ＲＯＭ２３ｂには、ＣＰＵ２３ａにより実行される各種演算処理の内容を記述した制御プログラムや、各処理に用いられるＭＡＰやデータテーブル等が記憶されている。ＲＡＭ２３ｃには、入出力ポート２２の入力ポートに入力された値や、制御プログラムに従って演算された各アクチュエータの操作量を表す値を格納する格納領域が設けられている。また、ＲＡＭ２３ｃに格納された各アクチュエータの操作量を表す値は、入出力ポート２２の出力ポートに送られる。

[0036] 入出力ポート２２の出力ポートにセットされた点火信号は、点火制御部２４を経て、点火コイル１６に送られる。点火制御部２４は、点火コイル１６への通電時期や通電時間を制御する。さらに、点火制御部２４は、点火プラグ１７での放電エネルギ制御を行う。また、入出力ポート２２の出力ポートにセットされたタンブル制御弁８ｂの開閉量を示す駆動信号は、タンブル制御弁制御部２５を経て、タンブル制御弁８ｂに送られる。

[0037] なお、本例では、内燃機関制御装置２０に点火制御部２４及びタンブル制御弁制御部２５を設けた例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、点火制御部２４やタンブル制御弁制御部２５の一部、あるいは点火

制御部２４やタンブル制御弁制御部２５の全てを内燃機関制御装置２０とは異なる制御装置に実装してもよい。

[0038] ２．点火制御部の構成例２－１．第１の実施の形態例

次に、点火制御部の第１の実施の形態例について図３から図１２を参照して説明する。

図３は、点火制御部における放電エネルギ制御の概要を示す制御ブロック図である。

[0039] 図３に示すように、点火制御部２４は、ギャップ間電圧算出部３１と、流速算出部３２と、流速範囲算出部３３と、目標出力算出部３４と、操作量算出部３５とを有している。

ギャップ間電圧算出部３１は、点火コイル１６に印加される二次電圧、二次電流及び点火時期のシリンダ４の筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、点火プラグ１７の中心電極１７ａと接地電極１７ｂ（図４参照）の間（以下、ギャップ間という）の電圧を求める。

[0040] ギャップ間電圧算出部３１は、点火プラグ１７で発生させた電圧によりギャップ間に形成される放電路の長さが異なる条件の電圧を求める。ギャップ間電圧算出部３１が算出するギャップ間電圧は、基準ギャップ間電圧と、放電後ギャップ間電圧である。基準ギャップ間電圧は、基準条件でのギャップ間電圧である。基準条件としては、例えば、放電直後の放電路の長さがギャップ間の距離と等しい条件、すなわち最短放電条件である。以下、基準条件として最短放電条件を用いて説明する。

[0041] 放電後ギャップ間電圧は、放電を開始した後に設定時間ｔｉが経過した後のギャップ間電圧である。ギャップ間電圧算出部３１は、算出した基準ギャップ間電圧と、放電後ギャップ間電圧を流速算出部３２に出力する。なお、ギャップ間電圧算出部３１におけるギャップ間電圧の算出方法については、後述する。

[0042] 流速算出部３２は、ギャップ間電圧算出部３１が算出した基準ギャップ間電圧と、放電後ギャップ間電圧に基づいて、点火プラグ１７の周囲のガスの

流速を算出する。そして、流速算出部３２は、算出した点火プラグ１７の周囲の流速算出値を流速範囲算出部３３に出力する。なお、流速算出部３２における流速算出値の算出方法については、後述する。

[0043] 流速範囲算出部３３は、所定のサイクル数Ｎの数だけ、流速算出部３２が算出した流速算出値（以下、流速という。）を保持する。また、流速範囲算出部３３は、流速最大値、流速平均値、流速範囲、及び最大値更新フラグを算出する。流速最大値は、流速範囲算出部３３が保持した所定サイクル数Ｎ分の流速のうちの最大値である。また、流速平均値は、流速範囲算出部３３が保持した所定サイクル数Ｎ分の流速の平均値である。

[0044] さらに、流速範囲は、流速範囲算出部３３が保持した所定サイクル数Ｎ分の流速値における最小値から最大値までの値である。また、最大値更新フラグは、流速最大値の更新の有無を示すフラグである。更新有りの場合には、最大値更新フラグは、正（Ｔｒｕｅ）に設定される。また、更新無しの場合には、最大値更新フラグは、誤（Ｆａｌｓｅ）に設定される。そして、流速範囲算出部３３が算出した、流速最大値、流速平均値、流速範囲。

最大値更新フラグは、目標出力算出部３４に入力される。

[0045] 目標出力算出部３４は、流速範囲算出部３３で算出された、流速最大値に基づいて点火コイル１６で発生する電流やエネルギの目標値（目標出力）を算出する。目標出力算出部３４は、算出した目標出力を操作量算出部３５に出力する。

[0046] 操作量算出部３５は、目標出力を実現するための点火コイル１６の操作量を算出する。

操作量算出部３５が算出する操作量としては、例えば、点火コイル１６の一次側への通電時間である。

[0047] ［放電路の状態の時間変化及び電極間距離］

次に、図４Ａ及び図４Ｂを参照して放電路の状態の時間変化及び電極間距離について説明する。

図４Ａは、放電路の状態を示す模式図、図４Ｂは放電路の伸長量と経過時

間との関係を示すグラフである。図４Ａには、（１）最短放電条件、（２）放電路が伸びた条件、（３）再放電間近の条件について示す。また、図４Ｂは、横軸に放電の経過時間、縦軸に放電路の伸長量を示している。

[0048] 図４Ａに示すように、（１）最短放電条件は、放電路の長さは、点火プラグ１７の中心電極１７ａと接地電極１７ｂの距離（いわゆるギャップ間距離）L_G［ｍ］と同じ長さとなる。

[0049] また、放電を開始した後、点火プラグ１７の周囲のガスの流れにより、放電路が移送される。ここで、中心電極１７ａと接地電極１７ｂが対向する対向方向と直交する直交方向にガスが流れていると想定し、直交方向への放電路の移送量を放電路伸長量ｘ［ｍ］と定義する。そして、放電後から有る程度の時間範囲では、放電路の変形は、直交方向のみに生じると近似することができる。そのため、図４Ａに示す（２）放電路が伸びた条件での放電路の長さL_{SP}［ｍ］は、下記数１により算出することができる。

［数１］

$$L_{sp} = 2x + L_G$$

[0050] また、図４Ｂに示すように、放電後から所定の時間範囲では、放電路伸長量ｘの変化の傾きが一定である。そして、さらに放電路が伸びると再放電（リストライク）が発生し、放電路が新たに形成される。その結果、放電路伸長量ｘが小さくなる。図４Ａにおける（３）再放電間近の条件に示すように、放電路は、直交方向とは異なる方向にも伸長する。

これは、ギャップ間を通過したガスの流れが対向方向に向きを変えることで、流速が対向方向の成分も含むためである。そのため、（３）再放電間近の条件では、放電路の長さを数１から推定することができない。

[0051] 以上を踏まえると、傾きが一定に変化する期間における放電路伸長量ｘ（または放電路長さ）が分かれば、算出した放電路伸長量（または放電路長さ）と、既知である（１）最短放電条件、すなわち放電直後の放電路長さ（ギャップ間距離と同じ値）から流速を算出することができる。

[0052] これにより、放電後の設定時間ｔｉ経過後の電圧計測値のみを用いて流速

を算出することができる。その結果、放電後に複数回の電圧の計測処理を行うことなく、１回の電圧の計測で流速を算出することができ、流速の算出処理を容易に行うことができる。

[0053] なお、図４Ａ及び図４Ｂに示す（３）再放電間近の条件では、数１を用いることが困難であるため、設定時間ｔｉは、（３）再放電間近の状態に至る前に設定することが好ましい。

[0054] ［設定時間ｔｉの設定方法］

次に、設定時間ｔｉの設定方法について説明する。

設定時間ｔｉの設定方法としては、例えば、予め実験やシミュレーションにより構築して放電後の設定時間ｔｉを示すマップを用いた設定方法や、検出した速度に基づいて設定時間ｔｉを設定する方法がある。

[0055] 図５は、放電後の設定時間ｔｉのマップデータを示す図である。図５では縦軸に内燃機関のトルク、横軸に内燃期間の回転数を示している。

[0056] ここで、（３）再放電間近の状態に至るまでの時間は、点火プラグ１７の周囲の流速や放電路の流れに対する追従性に影響を受ける。なお、放電路の流れに対する追従性とは、放電路の移動速度と点火プラグ１７の周囲の流速の間に生じる相対速度の大きさに相関をもつ指標である。例えば、点火プラグ１７の周囲の流速u_{air}と放電路速度u_Dの比Ｃ（$C = u_D / u_{air}$）として追従性を定義することができる。

[0057] 両者の比で追従性を定義する場合、追従性が１のときは、点火プラグ１７の周囲の流速u_{air}と、放電路の移動速度u_Dが一致していることを示している。また、追従性が１未満であれば、点火プラグ１７の周囲の流速u_{air}に対して放電路の移動速度u_Dが小さい（遅い）ことを示している。さらに、点火プラグ１７の周囲の流速u_{air}は、内燃機関１００の回転速度の増加に伴って速くなる。さらに、点火時期におけるシリンダ１４の筒内圧力が大きい場合、追従性が大きくなる。そのため、回転数が大きいほど、（３）再放電間近の状態に至る時間が短くなる。また、点火時期におけるシリンダ１４の筒内圧力が大きいほど、（３）再放電間近の状態に至る時間が短くなる。

[0058] なお、内燃機関１００のトルクが大きくなるほど、点火時期におけるシリンダ１４の筒内圧力が大きくなる傾向にある。そのため、内燃機関１００のトルクと回転数に基づいて、放電後の設定時間ｔｉを設定した場合、図５に示すように、回転数が大きいほど設定時間ｔｉは小さくなる。また、同一の回転数であれば、トルクが高いほど設定時間ｔｉは小さくなる。これにより、運転条件に応じて変化する（３）再放電間近の状態に至る時間を考慮し、設定時間ｔｉを設定することができる。さらに、この設定時間ｔｉにより点火プラグ１７の周囲の流速を算出することができ、流速の算出精度の向上を図ることができる。

[0059] 次に、検出した流速に基づいて設定時間ｔｉの設定方法について説明する。

まず、後述する流速の算出方法によって点火プラグ１７の周囲の流速を算出する。そして、所定サイクル数Ｎ分の流速値から平均流速値u_{ave}［ｍ／ｓ］を算出する。なお、平均流速値u_{ave}については、後述する。そして、算出した平均流速値u_{ave}と、放電路伸長量の参照値x_{ref}［ｍ］と、下記数２から設定時間ｔｉを算出する。放電路伸長量の参照値x_{ref}は、予め実験やシミュレーションに基づいて設定される。

［数２］

$$t_i = \frac{x_{ref}}{u_{ave}}$$

[0060] 数２に示すように、流速算出部３２で算出した平均流速値u_{ave}に基づいて設定時間ｔｉを設定することで、内燃機関１００の個体ばらつきや経年変化を反映して適切な設定時間ｔｉを設定することができる。また、最新の情報に基づいて設定時間ｔｉを更新することができる。その結果、個体のばらつきや経年変化により生じる流速算出の誤差を軽減することができる。

[0061] ［ギャップ間電圧の算出動作］

次に、ギャップ間電圧算出部３１におけるギャップ間電圧の算出動作について図６及び図７を参照して説明する。

図６は、ギャップ間電圧算出部３１におけるギャップ間電圧の算出動作を示すフローチャートである。

[0062] 図６に示すように、まずギャップ間電圧算出部３１は、最短放電路でのギャップ間電圧、すなわち基準ギャップ間電圧V_{g0}［Ｖ］を算出する（ステップＳ１１）。基準ギャップ間電圧V_{g0}は、下記数３で表されるキム・アンダーソンの式(Kim J. & Anderson R.W. (1995) Spark anemometry of bulk gas velocity at the plug gap of a firing engine (No.952459). SAE Technical Paper)を用いて算出できる。

［数３］

$$V_g = 4.0 \times 10^4 \left(\frac{p}{p_0}\right)^{0.51} I_s^{-0.32} L_{sp}$$

[0063] ここで、ｐは点火時期の筒内圧力［Ｐａ］、p_0は基準圧力（1×10^5）［Ｐａ］、I_sは二次電流［Ａ］である。筒内圧力ｐは、内燃機関１００の運転条件に応じて変化する。基準ギャップ間電圧V_{g0}は、数３における放電路長さL_{sp}を最短放電路条件の放電路の長さであるギャップ間距離L_Gを代入することで下記数４により算出される。

［数４］

$$V_{g0} = 4.0 \times 10^4 \left(\frac{p}{p_0}\right)^{0.51} I_s^{-0.32} L_G$$

[0064] また、数４を用いて基準ギャップ間電圧V_{g0}を算出するためには、点火時期の筒内圧力ｐと二次電流I_sが必要となる。筒内圧力ｐは、筒内圧力センサの計測値を用いることができる。また、筒内圧力ｐは、吸気圧センサ３で検出した吸気圧力と吸気弁閉じ時期の筒内容積、点火時期の筒内容積に基づいて下記数５から算出してもよい。

［数５］

$$p = p_{int} \left(\frac{V_{ivc}}{V_{adv}}\right)^{\gamma}$$

[0065] ここで、p_{int}は吸気圧［Ｐａ］であり、V_{ivc}は吸気弁閉じ時期の筒内容積［m^3］である。また、V_{adv}は点火時期の筒内容積［m^3］、γは比熱比である。なお、量論混合条件では、比熱比を１．３３程度とすることができる。

[0066] 筒内圧力ｐの算出方法は、上述した例に限定されるものではなく、内燃機関の回転数とトルクを軸とするマップとした点火時期の圧力のマップデータを予め作成し、このマップデータから筒内圧力ｐを設定してもよい。これにより、筒内圧力センサを用いることなく、流速の算出に必要な筒内圧力ｐを算出することができる。

[0067] 図７は、筒内圧力ｐのマップデータを示す図である。図７では縦軸に内燃機関のトルク、横軸に内燃期間の回転数を示している。

図７に示すように、定性的に、トルクが大きい条件や点火時期が上死点に近い条件では、点火時期の筒内圧力ｐが高くなる。また、トルクは、吸入空気量やスロットル開度に基づいて算出され、回転数は、クランク角度センサ１９の計測値により算出される。

[0068] 上記数３に含まれる二次電流I_sは、放電後の設定時間ｔｉにおける二次電流が用いられる。そして、二次電流は、例えば、点火コイル１６の二次側に設置された電流センサが計測した値を適用することができる。

[0069] また、二次電流I_sの設定方法は、電流センサを用いた例に限定されるものではない。

例えば、点火コイル１６の一次側に通電する期間（一次側通電時間）と、放電後の設定時間ｔｉにおける二次電流の関係を予め保持し、この関係から二次電流I_sを設定してもよい。

[0070] 図８は、一次側通電時間と放電後の設定時間ｔｉにおける二次電流の関係を示す図である。

図８に示すように、放電後の設定時間ｔｉが一定であれば、一次側通電時間が大きいほど、放電後の設定時間ｔｉにおける二次電流の値は大きくなる。また、放電後の設定時間ｔｉの時間がｔ１、ｔ２、ｔ３（ｔ１＜ｔ２＜ｔ

３）と変化する場合、放電後の設定時間ｔｉの時間が長いほど、放電後の設定時間ｔｉにおける二次電流の値は小さくなる。なお、一次側通電時間は、点火装置である点火コイル１６への操作量として、例えば、ＲＯＭ２３ｂ等のメモリに格納される。

[0071] このように、予めマップデータを作成することで、電流センサを設けることなく流速の算出に必要な二次電流I_sを設定することができ、部品点数の削減を図ることができる。

[0072] なお、基準ギャップ間電圧V_{g0}を算出するための数式は、数３及び数４に限定されるものでなく、設計者が構築したギャップ間電圧を算出する数式を用いてもよい。

[0073] このように、流速の算出に必要な基準ギャップ間電圧V_{g0}を算出により設定することで、基準条件での点火プラグ１７のギャップ間電圧を計測する必要がなくなる。その結果、流速を算出する際の計測負荷の低減を図ることができる。さらに、基準ギャップ間電圧V_{g0}を算出するために必要な二次電流I_sや筒内圧力ｐを予め作成したマップデータや吸気圧力に基づいて設定することで、新たにセンサを設けることなく流速を算出することができる。

[0074] 基準ギャップ間電圧V_{g0}を算出処理が完了すると、ギャップ間電圧算出部３１は、プラグ抵抗R_{int}［Ω］を算出する（ステップＳ１２）。プラグ抵抗R_{int}は、点火コイル１６の内部において二次側に接続された抵抗と点火プラグ１７の抵抗の和に相当する。また、点火コイル１６内部の抵抗に比べて点火プラグ１７の抵抗が大きいことから、プラグ抵抗R_{int}は、主に点火プラグ１７の抵抗で求めることができる。

[0075] なお、点火プラグ１７に通電する電流範囲によっては、抵抗の最大仕様電圧を超える場合がある。このような場合では、点火プラグ１７の内部抵抗の設定値や単体での計測値よりも、抵抗値が小さくなっている可能性がある。このような抵抗値が小さくなるような減少は、下記数６で表すことができる。

［数６］

$$R_{int} = \max\left(R_{\mathrm{int},0} - r_{\mathrm{int}}\left(I_{\mathrm{s}} - I_{\mathrm{s,ref}}\right), R_{\mathrm{int,lim}}\right) \quad (I_{\mathrm{s}} > I_{\mathrm{s,ref}})$$

[0076] ここで、$R_{int,0}$は、点火プラグ１７の内部抵抗の設置値または単体での計測値［Ω］である。また、r_{int}は、電流による内部抵抗の変化率［Ω／Ａ］であり、$I_{s,ref}$は、内部抵抗が設計値よりも小さくなる電流値の最小値であり、$R_{int,lim}$は、内部抵抗の下限値［Ω］である。そして、内部抵抗の変化率r_{int}、内部抵抗が設置値よりも小さくなる電流値の最小値$I_{s,ref}$及び内部抵抗の下限値$R_{int,lim}$は、予め実験により計測し、例えば、ＲＯＭ２３ｂ等に格納される。

[0077] 上述したように、電流値による内部抵抗の変化を予め考慮することで、後述する放電後の設定時間ｔｉ経過後のギャップ間電圧である放電後ギャップ間電圧を算出する際に、値が負になることを防ぐことができる。

[0078] また、放電路が大きく伸びた条件では、二次側の電圧に示す電極間電圧の割合が大きくなる。そのため、二次電圧と電極間電圧が等しいと近似することができる。これにより、プラグ抵抗R_{int}の値を０［Ω］と近似してもよい。このように、内部抵抗を０とすることで、電流による内部抵抗の変化を用いて放電後ギャップ間電圧を算出する際に、数６に示すような内部抵抗のモデルを構成することなく、流速を算出することが可能となる。
また、流速の値が負いなることを防ぐことができる。

[0079] プラグ抵抗R_{int}の算出処理が完了すると、ギャップ間電圧算出部３１は、放電後の設定時間ｔｉにおける計測値に基づいて、放電路が伸びた状態のギャップ間電圧、すなわち放電後ギャップ間電圧V_gを算出する（ステップＳ１３）。放電後ギャップ間電圧V_gは、下記数７により求められる。

［数７］

$$V_{\mathrm{g}} = V_{\mathrm{s}} - R_{\mathrm{int}} I_{\mathrm{s}}$$

[0080] ここで、V_sは二次電圧［Ｖ］である。二次電圧V_sは、点火コイル１６に接続された電圧センサが計測した値を用いてもよい。このように、放電後ギ

ャップ間電圧V_gを計測値に基づいて算出することで、放電路の伸びを加味した正確なギャップ間電圧の算出を行うことができ、後述する流速の算出処理における精度を向上させることができる。

[0081] なお、二次電圧V_sは、一次側で計測した電圧と、点火コイル１６における一次側と二次側の巻数比を用いて算出してもよい。例えば、点火コイル１６の一次側電圧Ｖｐ［Ｖ］を計測した場合、二次電圧V_sは下記数８から算出される。

［数８］

$$V_s = \frac{N_s}{N_p} V_p$$

[0082] ここで、一次側の巻線の巻数がＮｓ、二次側の巻線の巻数がＮｐである。これにより、高電圧となる箇所の計測を避けることができる。

[0083] そして、放電後ギャップ間電圧V_gの算出処理が完了すると、ギャップ間電圧算出部３１におけるギャップ間電圧の算出動作が完了する。そして、ギャップ間電圧算出部３１は、算出した基準ギャップ間電圧V_{g0}と放電後ギャップ間電圧V_gを流速算出部３２に出力する。また、ギャップ間電圧算出部３１は、１サイクルごとにギャップ間電圧の算出動作を行う。

[0084] ［流速の算出動作］

次に、流速算出部３２における流速の算出動作について図９を参照して説明する。

図９は、流速算出部３２における流速の算出動作を示すフローチャートである。

[0085] 図９に示すように、流速算出部３２は、ギャップ間電圧算出部３１から入力された基準ギャップ間電圧V_{g0}と放電後ギャップ間電圧V_gの比r_vを算出する（ステップＳ２１）。なお、以下、比r_vを電圧比という。電圧比r_v＝V_g／V_{g0}により求められる。

[0086] 次に、流速算出部３２は、算出した電圧比r_vを用いて以下の数９により、放電後の設定時間ｔｉにおける放電路長さ$L_{sp,\,t_i}$を算出する。

［数９］

$$L_{\mathrm{sp,ti}} = ar_{\mathrm{V}} + b$$

ここで、ａ、ｂは、実験から求められた係数である。

[0087] また、上述したキム・アンダーソンの式である数３を放電路長さＬ$_{sp}$として整理すると下記数１０となる。

［数１０］

$$L_{\mathrm{sp}} = 2.5 \times 10^{-5} V_{\mathrm{g}} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{-0.51} I_s^{0.32}$$

[0088] なお、数１０により算出された放電路長さＬ$_{sp}$は、放電路の計測値に誤差が生じている。この誤差は、センサスペックによる誤差、内部抵抗の変化、シース電圧やその他の把握できない減少により引き起こされるものと考えられる。さらに、数１０に示すように、放電路長さＬ$_{sp}$は、ギャップ間電圧Ｖ$_{g}$、点火時期の筒内圧力ｐ、二次電流Ｉ$_{s}$の関数である。これに対して、数９により算出される放電路長さＬ$_{sp,ti}$は、説明変数（電圧比）に対する一次式で表されている。さらに、数９では、係数ａ、ｂが複数の圧力や電流条件で適応できるように、説明変数に電圧比ｒ$_{v}$を用いている。

[0089] これにより、数９から放電路長さＬ$_{sp,ti}$を算出することで、説明変数（電圧比）からは二次電流や圧力の影響を取り除くことができる。その結果、複数の圧力条件、二次電流条件において単一の関係式で精度よく放電路長さを算出することができる。

[0090] なお、電圧比ｒ$_{v}$を用いることなく、数１０から放電路長さＬ$_{sp,ti}$を算出してもよい。この場合の算出式は、下記数１１となる。

［数１１］

$$L_{\mathrm{sp,ti}} = 2.5 \times 10^{-5} V_{\mathrm{g}} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{-0.51} I_s^{0.32}$$

[0091] 数１０及び数１１に示す既存の関係式から放電路長さＬ$_{sp,ti}$の算出式を構

成することで、数７や数９に示すような関係式を新たに定義することなく放電路長さＬ$_{sp,ti}$を算出することができる。

[0092] 次に、流速算出部３２は、算出した設定時間ｔｉ後の放電路長さＬ$_{sp,ti}$から点火プラグ１７の周囲の流速ｕ$_{p}$［ｍ／ｓ］を算出する（ステップＳ２３）。点火プラグの周囲の流速ｕ$_{p}$は、以下の数１２により算出される。

［数１２］

$$u_{\mathrm{p}} = \frac{L_{\mathrm{sp,ti}} - L_{\mathrm{G}}}{2t_{\mathrm{i}}}$$

[0093] これにより、流速算出部３２における流速ｕ$_{p}$の算出動作が完了する。また、流速算出部３２は、算出した流速ｕ$_{p}$を流速範囲算出部３３に出力する。なお、流速算出部３２は、１サイクルごとに流速ｕ$_{p}$の算出動作を行う。上述したように、１点のコイル電圧の計測値、または、その他の計測可能な信号と算出値により点火プラグ１７の周囲の流速ｕ$_{p}$を算出することができる。さらに、計測箇所を１点に限定することで、計算負荷や各センサの負荷の軽減を図ることができる。

[0094] ［流速範囲算出部の動作］

次に、流速範囲算出部３３の動作例について図１０を参照して説明する。

図１０は、流速範囲算出部３３の動作例を示すフローチャートである。

[0095] 図１０に示すように、まず流速範囲算出部３３は、ＲＡＭ２３ｃや流速範囲算出部３３自身に格納されている流速の更新前の最大値（ｕｍ＿ｈ）を算出する（ステップＳ３１）。次に、流速範囲算出部３３は、Ｎ回目のサイクルの流速算出値（流速）を更新する（ステップＳ３２）。ステップＳ３２の処理では、流速範囲算出部３３は、格納されている複数の流速算出値のうち最も古いサイクルのデータ（流速算出値）を削除し、今回のサイクルで流速算出部３２が算出した流速算出値を格納する。

[0096] 次に、流速範囲算出部３３は、ステップＳ３２の処理で新たに格納したＮ回目のサイクルの流速算出値を用いて、所定のサイクル数Ｎ分の流速算出値

の最大値、平均値、流速範囲を更新する（ステップＳ３４）。

[0097] 次に、流速範囲算出部３３は、更新前の流速算出値の最大値と、ステップＳ３４の処理で更新した最大値が等しいか否かを判断する（ステップＳ３４）。ステップＳ３４の処理において、流速範囲算出部３３は、更新前最大値と更新した最大値が等しいと判断した場合（ステップＳ３４のＴｒｕｅ判定）、後述するステップＳ３５の処理に移行する。

[0098] また、ステップＳ３４の処理において、流速範囲算出部３３は、更新前最大値と更新した最大値が等しくないと判断した場合（ステップＳ３４のＦａｌｓｅ判定）、後述するステップＳ３６の処理に移行する。

[0099] ステップＳ３５の処理に移行した場合、最大値が更新されていないため、流速範囲算出部３３は、最大値更新フラグをＦａｌｓｅに設定する。これに対して、ステップＳ３６の処理に移行した場合、最大値が新たな値に更新されているため、流速範囲算出部３３は、最大値更新フラグをＴｒｕｅに設定する。これにより、流速範囲算出部３３の動作が完了する。また、流速範囲算出部３３は、更新又は算出した最大値、平均値、流速範囲及び更新フラグ情報を目標出力算出部３４に出力する。

[0100] ［目標出力算出部の動作］

次に、目標出力算出部３４の動作例について図１１及び図１２を参照して説明する。

図１１は、点火プラグ１７の周囲の流速u_pと目標出力との関係を示す図である。

[0101] 放電路が伸長できる範囲には上限がある。そのため、流速が大きい条件では、短時間に放電路の伸長できる範囲の上限に達し、再び最短経路に放電路が形成される、いわゆる再放電、リストライクが発生する。そして、再放電が発生すると、再放電前までエネルギ供給により加熱されていた混合気の加熱が止まる。その結果、再放電前までのエネルギ供給が不十分の場合、火炎が形成されずに、いわゆる失火となる。

[0102] このような失火を防ぐためには、再放電前までの混合気へのエネルギ供給

を充分に行う必要がある。そのため、図１１に示すように、点火プラグ１７の周囲の流速が大きい条件（流速最大値）では、目標出力は大きく設定される。

[0103] 図１２は、目標出力算出部３４の動作例を示すフローチャートである。

図１２に示すように、目標出力算出部３４は、流速範囲算出部３３から入力された最大値更新フラグ情報の値を判定する（ステップＳ４１）。ステップＳ４１の処理において、最大値更新フラグがＴｒｕｅであると目標出力算出部３４が判定した場合、目標出力算出部３４は、図１１に示す流速と目標出力の関係に基づいて目標値を設定する（ステップＳ４２）。そして、目標出力算出部３４は、設定した目標値を操作量算出部３５に出力する。

[0104] また、ステップＳ４１の処理において、最大値更新フラグがＦａｌｓｅであると目標出力算出部３４が判定した場合、目標出力算出部３４は、現在設定している目標値を維持する（ステップＳ４３）。これにより、目標出力算出部３４の動作が完了する。

[0105] ［算出動作のタイムチャート］

次に、点火制御部２４における算出動作のタイムチャートについて図１３を参照して説明する。

図１３は、点火制御部２４における各種情報の算出動作を示すタイムチャートである。

[0106] 図１３に示すタイムチャートには、実際の流速、二次電圧、点火コイル１６への通電時間、放電後の設定時間ｔｉ後の二次電圧値、流速算出値、流速最大値、目標電流（目標値）、通電時間設定値の時間履歴を示している。時刻ｔ１、ｔ２、ｔ３において検出値の出力と、各種算出動作が実施される。

[0107] 時刻ｔ１の時点では、直前のサイクルの二次電圧Ｖｍ１が送信され、二次電圧Ｖｍ１に基づいて流速ｕｃ０が算出される。その後、Ｎサイクルの流速最大値ｕｍ、目標電流Ｉｔ１、通電時間設定値Ｔｄ１が算出される。時刻ｔ１では、二次電圧Ｖｍ１を用いて算出された流速ｕｃ１が更新前の最大値ｕｍに比べて小さいため、流速範囲算出部３３は、流速最大値の更新を行わな

い。そのため、目標電流Ｉｔ１及び通電時間設定値Ｔｄ１も更新されない。

[0108] また、時刻ｔ２の時点では、二次電圧Ｖｍ２に基づいて算出された流速ｕｃ２がこれまでの流速最大値ｕｍに比べて大きい。そのため、流速最大値は、流速ｕｍから流速ｕｃ２に更新される。その結果、目標電流がＩｔ１からＩｔ２に更新され、通電時間設定値がＴｄ１からＴｄ２に更新される。その結果、次のサイクルでの点火コイル１６への通電時間は、Ｔｄ２に設定される。

[0109] なお、時刻ｔ３においても、二次電圧Ｖｍ３に基づいて算出された流速ｕｃ３が、これまでの流速最大値ｕ２に比べて大きいため、流速最大値は、流速ｕｃ３に更新される。その結果、目標電流及び通電時間設定値を流速最大値に基づいて更新される。

[0110] このように、点火コイル１６の電圧の検出値に基づいて、点火時期の流速と点火コイル１６への出力の目標値を設定することができる。その結果、算出した流速に基づいて点火コイル１６への通電時間を制御でき、過大なエネルギの発生を抑制でき、供給エネルギの不足も抑制できる。また、過大なエネルギの発生を抑制できるため、点火プラグ１７の摩耗を防ぐことができる。

[0111] ２．第２の実施の形態例

次に、図１４から図１７を参照して第２の実施の形態例にかかる点火制御部について説明する。

図１４は、第２の実施の形態例にかかる点火制御部における放電エネルギ制御の概要を示す制御ブロック図である。

[0112] 図１４に示すように、点火制御部２４Ｂは、ギャップ間電圧算出部１３１と、流速算出部１３２と、流速補正部１３３と、流速範囲算出部１３４と、目標出力算出部１３５と、操作量算出部１３６と、を備えている。すなわち、第２の実施の形態例にかかる点火制御部２４Ｂは、第１の実施の形態例にかかる点火制御部２４に流速補正部１３３を設けたものである。そのため、ここでは流速補正部１３３について説明する。

[0113] 流速補正部１３３には、エアフローセンサ１が計測した空気流量が出力される。流速補正部１３３は、流速算出部１３２が算出した流速算出値の補正する。そして、流速補正部１３３で補正された流速算出値は、流速範囲算出部１３４に出力される。

[0114] 次に、図１５を参照して流速補正部１３３の動作例について説明する。

図１５は、流速補正部１３３の動作例を示すフローチャートである。

[0115] 図１５に示すように、流速補正部１３３は、シリンダ１４の筒内ガス密度を算出する（ステップＳ５１）。流速補正部１３３は、エアフローセンサ１から取得した吸入空気流量M_{air}［ｋｇ］と、空燃比センサ９が計測した排気空燃比ＡＦＲと、点火時期における筒内容積V_{ADV}［m^3］と、エンジン回転速度N_eに基づいて、下記数１３からシリンダ１４の筒内のガス密度である筒内ガス密度ρ［ｋｇ／m^3］を算出する。

［数１３］

$$\rho = \frac{\dot{M}_{\mathrm{air}}}{V_{\mathrm{ADV}}}\left(1+\frac{1}{AFR}\right)\frac{120}{N_{\mathrm{e}}}$$

[0116] 次に、流速補正部１３３は、ステップＳ５１で算出した筒内ガス密度ρや、入力された筒内圧力に基づいて、流速算出部１３２で算出した流速算出値を補正する（ステップＳ５２）。そして、流速補正部１３３は、補正した流速算出値を流速範囲算出部１３４に出力する。これにより、流速補正部１３３の動作が完了する。

[0117] ［補正動作例］

次に、ステップＳ５２の処理で行われる補正方法について説明する。

補正方法の一例としては、流速算出部１３２で算出した流速と補正後の流速算出値の関係を予め実施された実験により求めて、マップデータを作成し、ＲＯＭ２３ｂ等のメモリに格納する。この作成したマップデータと、取得した流速算出値に基づいて、流速補正値を算出する。そして、流速補正部１３３は、算出した流速補正値に基づいて、流速算出値を補正する。

[0118] 図１６は、流速算出部１３２が算出した流速算出値と、補正後の流速算出値との関係を示すマップデータである。

図１６に示すように、補正前の流速u_pに比べて、補正後の流速u_aが大きくなっていることが分かる。また、筒内圧力が大きいほど、補正前の流速u_pと補正後の流速u_aの差は小さくなっていることが分かる。図１６に示すようなマップデータを用いることで、新たにセンサを追加することなく、流速の補正を行うことができる。

[0119] 次に、他の補正方法について説明する。

他の補正方法では、流速算出部１３２で算出した流速u_pと、実際のガス流速の間の差はマクスウェルの応力により生じるとしている。そして、補正後の流速u_aは、マクスウェルの応力から導出された数１４により算出される。

［数１４］

$$u_a = u_p + \sqrt{\frac{\pi r_{\mathrm{ref}}}{\rho L_G}\frac{\varepsilon_0}{2}\left(\frac{V_{\mathrm{ref}}}{L_G}\right)^2\left(\frac{p_{\mathrm{ref}}}{p}\right)^n}$$

[0120] ここで、補正後の流速算出値u_a［ｍ／ｓ］、流速算出部１３２で算出した流速算出値u_p［ｍ／ｓ］、基準放電路半径r_{ref}［ｍ］、真空の誘電率ε_0［Ｆ／ｍ］、基準電極間電圧V_{ref}［Ｖ］、基準圧力基準圧力p_{ref}[Ｐａ]，係数ｎである。基準放電路半径、基準電極間電圧及び係数は。数１４に示す補正式が実験結果を再現するように決定される。係数ｎは、例えば０．５から１が推奨値であるが、その他の値にも設定してもよい。

[0121] 次に、上述した数１４による補正がマクスウェルの応力の効果を補正したものであることを図１７Ａ及び図１７Ｂを参照して説明する。

図１７Ａ及び図１７Ｂは、放電路の先端部に作用する力の関係を示す図である。図１７Ａには、放電路が伸びた状態を示し、図１７Ｂは、図１７Ａに示す放電路のＡ－Ａ’線断面から先端部分を抜き出した図である。

[0122] 図１７Ｂにおいて、ｑＭは、マクスウェルの応力を示し、ｒは放電路の半径である。マクスウェルの応力は、電場に置かれた導体表面と断面に対して

垂直方向に作用する応力である。そして、放電路の先端部全体を検査体積とし、この検査体積における運動量保存則を考慮すると、下記数１５及び数１６の等式が成立する。

[0123] ［数１５］

$$-\rho u_p(u_a-u_p)(2rL_{\mathrm{G}})+\rho u_a(u_a-u_p)(2rL_{\mathrm{G}})=-2q_{\mathrm{M}}(\pi r^2)$$

［数１６］

$$q_{\mathrm{M}}=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

[0124] 数１５の左辺第一項は、検査体積からの運動量の流出量を示し、左辺第二項は検査体積への運動量の流入量を示している。また、数１５における右辺の項は、検査体積に作用する力である。また、数１６は、マクスウェルの応力を与える式であり、Ｅは電界強度［Ｖ／ｍ］である。さらに、キム・アンダーソンの式が示すギャップ間電圧が圧力のおよそ０．５乗に比例する関係を考慮する。また、電界強度をギャップ間電圧とギャップ間距離で近似できると想定した場合、電界強度の近似式として、下記数１７が導出される。

［数１７］

$$E=\frac{V_{\mathrm{ref}}}{L_{\mathrm{G}}}\left(\frac{p_0}{p}\right)^{-0.5}$$

[0125] また、放電路が形成される圧力に応じて、放電路の半径が変化することが知られている。これは、圧力の上昇に伴い個の拡散が抑制されるためであると考えられる。この効果を考慮することで、放電路の半径は、以下の数１８から求められる。

［数１８］

$$r=r_0\left(\frac{p_0}{p}\right)^{n+1}$$

[0126] そして、数１５から数１８を用いて整理すると上述した数１４が得られる。以上のことから、数１４は、放電路の先端部に着目し、放電路の先端部に作用するマクスウェルの応力を考慮することで算出される補正式であることが示される。これにより、流速補正部１３３において数１４に基づく補正を行うことで、マクスウェルの応力により生じる流速算出部１３２で算出された流速u_pと、実施のガス流速の間の差を補正することができる。

その結果、点火制御部２４Ｂでの流速の測定精度を向上させることできる。

[0127] ３．第３の実施の形態例

次に、図１８から図２１を参照して第３の実施の形態例にかかる点火制御部及びタンブル制御弁制御部について説明する。

図１８は、第３の実施の形態例にかかる点火制御部及びタンブル制御弁制御部における放電エネルギ制御の概要を示す制御ブロック図である。

[0128] 図１８に示すように、点火制御部２４Ｃには、タンブル制御弁制御部１７７、タンブル制御弁状態判定部１７８及び点火プラグ状態判定部１７９が接続されている。また、点火制御部２４Ｃは、第２の実施の形態例にかかる点火制御部２４Ｂと同様に、ギャップ間電圧算出部１７１と、流速算出部１７２と、流速補正部１７３と、流速範囲算出部１７４と、目標出力算出部１７５と、操作量算出部１７６と、を備えている。流速範囲算出部１７４は、算出した流速平均値をタンブル制御弁制御部１７７、タンブル制御弁状態判定部１７８及び点火プラグ状態判定部１７９に出力する。

[0129] タンブル制御弁制御部１７７は、流速平均値に基づいてタンブル制御弁８ｂの開閉度を決定する。そして、タンブル制御弁制御部１７７は、決定した開閉度に基づいて、タンブル制御弁８ｂにタンブル制御弁操作量を出力する。

[0130] また、タンブル制御弁制御部１７７は、タンブル制御弁８ｂにおける開閉度の目標値の変化量が所定値よりも大きいか否かを示す開閉弁操作量変更フラグを出力する。ここで、開閉弁操作量変更フラグは、開閉度の目標値変化量が所定値よりも大きい場合、Ｔｒｕｅに設定される。そして、開閉度の目

標値変化量が所定値に達していない場合、開閉弁操作量変更フラグは、Ｆａｌｓｅに設定される。また、タンブル制御弁制御部１７７は、決定した開閉弁操作量変更フラグをタンブル制御弁状態判定部１７８に出力する。

[0131] タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁制御部１７７から出力された開閉弁操作量変更フラグと、流速範囲算出部１７４から出力された流速平均値に基づいて、タンブル制御弁８ｂの故障の有無を判定する。そして、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁８ｂの故障状態を示すタンブル制御弁故障フラグを決定する。

[0132] タンブル制御弁８ｂに故障の可能性が有る場合、タンブル制御弁故障フラグは、Ｔｒｕｅに決定される。また、タンブル制御弁８ｂが正常である場合、タンブル制御弁故障フラグは、Ｆａｌｓｅに決定される。そして、タンブル制御弁状態判定部１７８は、決定したタンブル制御弁故障フラグを点火プラグ状態判定部１７９に出力する。

[0133] 点火プラグ状態判定部１７９は、タンブル制御弁状態判定部１７８から出力されたタンブル制御弁故障フラグと、流速範囲算出部１７４から出力された流速平均値に基づいて、点火プラグ１７の故障の有無を判定する。また、点火プラグ状態判定部１７９は、点火プラグ１７の故障の状態を示す抵抗低下フラグと抵抗高化フラグを決定する。

[0134] 抵抗低下フラグは、抵抗値が設計値よりも低下する異常の可能性を示すフラグである。

抵抗低下フラグがＴｒｕｅに決定されると、点火プラグ１７の抵抗値が設計値よりも低下する異常の可能性が有ることが示される。

[0135] また、抵抗高化フラグは、抵抗値が設計値よりも増加する異常の可能性を示すフラグである。抵抗高化フラグがＴｒｕｅに決定されると、点火プラグ１７の抵抗値が設計値おりも増加する異常の可能性が有ることが示される。

[0136] また、点火プラグ状態判定部１７９は、数６における点火プラグ１７の内部抵抗の補正値$R_{int,mod}$を設計値$R_{int,0}$に設定する。

[0137] ［タンブル制御弁制御部の動作］

次に、図１９を参照してタンブル制御弁制御部１７７の動作例について説明する。

図１９は、タンブル制御弁制御部１７７の動作例を示すフローチャートである。

[0138] 図１９に示すように、タンブル制御弁制御部１７７は、流速範囲算出部１７４から取得した流速平均値が目標値（流速目標値）よりも小さいか否かを判断する（ステップＳ６１）。ステップＳ６１の処理で用いられる目標値は、クランク角度センサ１９の出力により決まる内燃機関１００の回転数と、流速目標値のマップに基づいて決定される。このマップデータは、例えば、ＲＯＭ２３ｂ等のメモリに格納される。

[0139] ステップＳ６１の処理において、タンブル制御弁制御部１７７は、流速平均値が目標値よりも小さいと判断した場合（ステップＳ６１のＹｅｓ判定）、タンブル制御弁制御部１７７は、タンブル制御弁８ｂをより閉じる方向に制御するように操作量を設定する。これにより、タンブル制御弁８ｂの閉じ量が増加する（ステップＳ６２）。閉じ量の増加量（変化量）は、例えば、目標値と流速平均値の差と、変化量の間で比例する関係式を予め定義することで、この関係式と目標値と流速平均値の差から設定することができる。

[0140] そして、ステップＳ６２の処理が完了すると、タンブル制御弁制御部１７７は、後述するステップＳ６５の処理に移行する。

[0141] このように算出した流速算出値の複数サイクルの平均値が流速下限値を下回る場合に、目標とする流速条件を実現するように、タンブル制御弁制御部１７７がタンブル制御弁８ｂを制御する。これにより、流速が過小な条件を検出した際に、流速を増加させて、より安定し、高速な燃料状態を実現することができる。その結果、経年劣化により、タンブル制御弁８ｂの動作が想定からずれた場合や、個体差によるばらつきを解消し、所望の性能を実現することができる。

[0142] また、ステップＳ６１の処理において、タンブル制御弁制御部１７７は、流速平均値が目標値よりも大きいと判断した場合（ステップＳ６１のＮｏ判

定）、流速平均値が上限値よりも大きいか否かを判定する（ステップＳ６３）。

[0143] ステップＳ６３の処理において、タンブル制御弁制御部１７７は、流速平均値が上限値よりも大きいと判断した場合（ステップＳ６３のＹｅｓ判定）、タンブル制御弁８ｂをより開ける方向に制御するように操作量を設定する。これにより、タンブル制御弁８ｂの閉じ量が減少する（ステップＳ６４）。閉じ量の減少量（変化量）は、例えば、上限値と流速平均値の差と、変化量の間で比例する関係式を予め定義することで、この関係式と上限値と流速平均値の差から設定することができる。

[0144] このように算出した流速算出値の複数サイクルの平均値が流速上限値を超える場合に、タンブル制御弁８ｂをより開ける方向に、タンブル制御弁制御部１７７がタンブル制御弁８ｂを制御する。これにより、流速が過大な条件を検出した際に、流速を低減させて、高流速条件下で過大なエネルギが要求されることを避けることができる。その結果、点火コイル１６の高温化による劣化や、高エネルギ化により点火プラグ１７の摩耗が進行することを抑制することができる。

[0145] ステップＳ６４の処理が完了すると、ステップＳ６５の処理に移行する。ステップＳ６５の処理では、タンブル制御弁制御部１７７は、ステップＳ６２の処理やステップＳ６４の処理で設定した開閉度変化量（閉じ量の減少量又は閉じ量の増加量）が、所定値よりも大きいか否かを判断する。ステップＳ６５で用いられる所定値は、流速平均値に充分に差がでると想定される値に設定される。

[0146] そして、ステップＳ６５の処理において、タンブル制御弁制御部１７７は、開閉度変化量が所定値よりも大きいと判断した場合（ステップＳ６５のＹｅｓ判定）、タンブル制御弁制御部１７７は、開閉弁操作量変更フラグをＴｒｕｅに設定する（ステップＳ６６）。

[0147] また、ステップＳ６３の処理において、タンブル制御弁制御部１７７は、流速平均値が上限値よりも小さいと判断した場合（ステップＳ６３のＮｏ判

定）、ステップＳ６７の処理に移行する。さらに、ステップＳ６５の処理において、開閉度変化量が所定値よりも小さいと判断した場合（ステップＳ６５のＮｏ判定）、タンブル制御弁制御部１７７は、ステップＳ６７の処理に移行する。

[0148] ステップＳ６７の処理では、タンブル制御弁制御部１７７は、開閉弁操作量変更フラグをＦａｌｓｅに設定する。そして、タンブル制御弁制御部１７７は、ステップＳ６６又はステップＳ６７の所定で設定した開閉弁操作量変更フラグをタンブル制御弁状態判定部１７８に出力する。これにより、タンブル制御弁制御部１７７の動作が完了する。

[0149] ［タンブル制御弁状態判定部の動作］

次に、図２０を参照してタンブル制御弁状態判定部１７８の動作例について説明する。

図２０は、タンブル制御弁状態判定部１７８の動作を示すフローチャートである。

[0150] 図２０に示すように、まず、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁制御部１７７から出力された開閉弁操作量変更フラグの状態を判定する（ステップＳ７１）。

ステップＳ７１の処理において、開閉弁操作量変更フラグがＴｒｕｅであるとタンブル制御弁状態判定部１７８が判断した場合、ステップＳ７２の処理に移行する。また、ステップＳ７１の処理において、開閉弁操作量変更フラグがＦａｌｓｅであるとタンブル制御弁状態判定部１７８が判断した場合、ステップＳ７５の処理に移行する。

[0151] ステップＳ７２の処理では、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁８ｂを操作する前の流速平均値を比較値として保持する。この比較値は、タンブル制御弁８ｂの操作前後での流速平均値に差が生じるか否かを判断するための比較用の値である。

[0152] 次に、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タカウンタＮｔｈの値を「０」に設定する（ステップＳ７３）。カウンタＮｔｈは、開閉弁操作量が大き

く変化、すなわち開閉弁操作量変更フラグがＴｒｕｅに決定した後に、タンブル制御弁状態判定部１７８での一連の動作の回数をカウントする。

[0153] 次に、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁故障フラグをＦａｌｓｅに設定する（ステップＳ７４）。そして、タンブル制御弁状態判定部１７８は、設定したタンブル制御弁故障フラグを点火プラグ状態判定部１７９に出力する。これにより、タンブル制御弁状態判定部１７８における１回の動作が完了する。

[0154] また、ステップＳ７５の処理では、カウンタＮｔｈに１をインクリメントする。これにより、タンブル制御弁８ｂの操作量を更新した後に、タンブル制御弁状態判定部１７８における一連の動作が行われた回数がカウントされる。

[0155] 次に、タンブル制御弁状態判定部１７８は、カウンタＮｔｈの値が流速範囲算出部１７４で保持されるデータ数Ｎ、すなわち所定のサイクル数Ｎの値と同じであるか否かを判断する（ステップＳ７６）。ステップＳ７６の処理において、カウンタＮｔｈの値と、データ数Ｎの値が、等しい場合、流速範囲算出部１７４に保持されている流速情報は、全てタンブル制御弁８ｂの開閉操作が実施された後の流速情報である。

[0156] ステップＳ７６の処理において、タンブル制御弁状態判定部１７８は、カウンタＮｔｈの値と、データ数Ｎの値が等しくないと判断した場合（ステップＳ７６のＦａｌｓｅ判定）、タンブル制御弁状態判定部１７８は、その動作を完了させる。

[0157] また、ステップＳ７６の処理において、タンブル制御弁状態判定部１７８は、カウンタＮｔｈの値と、データ数Ｎの値が等しいと判断した場合（ステップＳ７６のＴｒｕｅ判定）、流速比較値（ｕｈ）と、流速平均値（ｕａｖｅ）との差が基準値よりも小さいか否かを判定する（ステップＳ７７）。流速比較値は、今回の処理動作よりも前の処理動作においてステップＳ７２の処理で保持した値である。また、ステップＳ７７の処理では、流速に変化が生じたかを判定する。

[0158] ステップＳ７７の処理において、流速比較値と流速平均値の差が基準値よりも小さいと判定した場合（ステップＳ７７のＴｒｕｅ判定）、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁故障フラグをＴｒｕｅに設定する（ステップＳ７８）。すなわち、タンブル制御弁８ｂを動作させたにもかかわらず、流速が変化しないことから、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁８ｂが故障している可能性があると判定する。そして、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁故障フラグを点火プラグ状態判定部１７９に出力する。

[0159] また、ステップＳ７７の処理において、流速比較値と流速平均値の差が基準値よりも大きいと判定した場合（ステップＳ７７のＦａｌｓｅ判定）、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁故障フラグをＦａｌｓｅに設定する（ステップＳ７９）。すなわち、タンブル制御弁８ｂの動作に応じて、流速が変化していることを示しており、タンブル制御弁８ｂが所望の動作をしていると想定される。その結果、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁８ｂが正常であると判定する。また、タンブル制御弁状態判定部１７８は、タンブル制御弁故障フラグを点火プラグ状態判定部１７９に出力する。これにより、タンブル制御弁状態判定部１７８の動作が完了する。

[0160] 上述したように、タンブル制御弁状態判定部１７８では、タンブル制御弁８ｂの開閉度が所定値よりも大きく変化した前後での、流速の平均値を比較し、流速変化の有無を判定している。そして、この結果に基づいてタンブル制御弁８ｂが所望の動作を実施しているか否かを判定し、タンブル制御弁８ｂの故障を判定することができる。

[0161] ［点火プラグ状態判定部の動作］

次に、図２１を参照して点火プラグ状態判定部１７９の動作例について説明する。

図２１は、点火プラグ状態判定部１７９の動作を示すフローチャートである。

[0162] 図２１に示すように、まず、点火プラグ状態判定部１７９は、点火プラグ１７の交換の有無を判定する（ステップＳ８１）。ステップＳ８１の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、点火プラグ１７の交換ありと判定した場合（ステップＳ８１のＴｒｕｅ）、補正値$R_{int,mod}$を数６に示す点火プラグ１７の内部抵抗の設計値$R_{int,0}$に設定する（ステップＳ８２）。これにより、内部抵抗の補正値を設計値に設定しなおすことで、点火プラグ１７の交換による内部抵抗の変化を流速算出に反映でき、流速算出の向上を図ることができる。また、ステップＳ８２の処理が完了すると、点火プラグ状態判定部１７９は、後述するステップＳ８６の処理に移行する。

[0163] また、ステップＳ８１の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、点火プラグ１７の交換無し、と判定した場合（ステップＳ８１のＦａｌｓｅ）、タンブル制御弁故障フラグを判定する（ステップＳ８３）。ステップＳ８３の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、タンブル制御弁故障フラグがＦａｌｓｅであると判定した場合（ステップＳ８３のＦａｌｓｅ判定）、ステップＳ８４の処理に移行する。また、ステップＳ８３の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、タンブル制御弁故障フラグがＴｒｕｅであると判定した場合（ステップＳ８３のＴｒｕｅ判定）、ステップＳ８６の処理に移行する。

[0164] ステップＳ８４の処理では、点火プラグ状態判定部１７９は、流速範囲算出部１７４で算出された流速平均値が抵抗低下判定用基準値よりも小さいか否かを判定する。これにより、点火プラグ１７の内部抵抗の低下による異常が発生しているか否かを判断することができる。ここで、抵抗低下判定用基準値は、点火プラグ１７の内部抵抗の低下による異常を判定するための流速基準値である。

[0165] また、点火プラグ１７の内部抵抗が低下すると、算出または検出される二次電圧が低下する。そのため、数９における電圧比が小さくなり、流速算出部１３２及び流速補正部１３３で算出又は補正された流速算出値も小さくなる。このことから、点火プラグ１７の内部抵抗の低下を判定するためには、

算出される流速が想定よりも小さくなるか否かの判定を実施すればよいため、ステップＳ８４の処理において、抵抗低下判定用基準値が用いられる。また、抵抗低下判定用基準値は、例えば、予め実施した実験やシミュレーションによって求められる。

[0166] ステップＳ８４の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、流速平均値が抵抗低下判定用基準値以上であると判定した場合（ステップＳ８４のＦａｌｓｅ判定）、ステップＳ８５の処理に移行する。また、ステップＳ８４の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、流速平均値が抵抗低下判定用基準値よりも小さいと判定した場合（ステップＳ８４のＴｒｕｅ判定）、ステップＳ８８の処理に移行する。

[0167] 上述したように、流速算出部１７２で算出した流速算出値の所定サイクル数Ｎの平均値と、基準値（抵抗低下判定用基準値）との関係から流速の状態を判定することができる。

さらに、流速平均値の状態に基づいて、点火プラグ１７の内部抵抗の低下による異常が発生しているか否かまで判定することができる。

[0168] ステップＳ８５の処理では、点火プラグ状態判定部１７９は、流速範囲算出部１７４で算出された流速平均値が抵抗高化判定用基準値よりも大きいか否かを判定する。これにより、点火プラグ１７の内部抵抗の高化、すなわち内部抵抗が設計値よりも増加することによる異常が発生しているか否かを判断することができる。ここで、抵抗高化判定用基準値は、点火プラグ１７の内部抵抗の高化による異常を判定するための流速基準値である。

[0169] また、点火プラグ１７の内部抵抗が高化すると、算出または検出される二次電圧が増加する。そのため、数９における電圧比が大きくなり、流速算出部１３２及び流速補正部１３３で算出又は補正された流速算出値も大きくなる。このことから、点火プラグ１７の内部抵抗の高化を判定するためには、算出される流速が想定よりも大きくなるか否かの判定を実施すればよいため、ステップＳ８５の処理において、抵抗高化判定用基準値が用いられる。また、抵抗高化判定用基準値は、例えば、予め実施した実験やシミュレーショ

ンによって求められる。

[0170] ステップＳ８５の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、流速平均値が抵抗高化判定用基準値以下であると判定した場合（ステップＳ８５のＦａｌｓｅ判定）、ステップＳ８６の処理に移行する。また、ステップＳ８５の処理において、点火プラグ状態判定部１７９は、流速平均値が抵抗低下判定用基準値よりも大きいと判定した場合（ステップＳ８５のＴｒｕｅ判定）、ステップＳ８７の処理に移行する。

[0171] ステップＳ８６の処理では、点火プラグ状態判定部１７９は、抵抗低下フラグをＦａｌｓｅ、抵抗高化フラグをＦａｌｓｅに設定する。すなわち、点火プラグ状態判定部１７９は、点火プラグ１７には、異常が発生していないと判断する。そして、点火プラグ状態判定部１７９の動作が完了する。

[0172] ステップＳ８７の処理では、点火プラグ状態判定部１７９は、抵抗低下フラグをＦａｌｓｅに設定し、抵抗高化フラグをＴｒｕｅに設定する。そして、点火プラグ状態判定部１７９は、ステップＳ８９の処理に移行する。

[0173] また、ステップＳ８８の処理では、点火プラグ状態判定部１７９は、抵抗低下フラグをＴｒｕｅに設定し、抵抗高化フラグをＦａｌｓｅに設定する。そして、点火プラグ状態判定部１７９は、ステップＳ８９の処理に移行する。

[0174] ステップＳ８９の処理では、点火プラグ状態判定部１７９は、内部抵抗の算出計算式（数６）で用いられる点火プラグ１７の内部抵抗の設計値$R_{int,0}$を補正する補正値$R_{int,mod}$を算出する。補正値$R_{int,mod}$は、例えば、現在の運転条件やタンブル制御弁操作量の条件で想定される平均流速u_{ave_asm}、流速平均値u_{ave}、内部抵抗の設計値$R_{int,0}$、数９の係数ａを用いて下記数１９により算出される。

［数１９］

$$R_{\mathrm{int,mod}} = R_{\mathrm{int,0}} - \frac{V_{\mathrm{g,0}}}{aI_{\mathrm{s}}}\left(u_{\mathrm{ave_asm}} - u_{\mathrm{ave}}\right)$$

[0175] ここで、現在の運転条件やタンブル制御弁操作量の条件で想定される平均流速u_{ave_asm}は、予め実施した実験によって算出し、例えば、ＲＯＭ２３ｂ等のメモリに格納される。複数の運転条件や、複数のタンブル制御弁操作量ごとに平均流速u_{ave_asm}を算出し、予め格納することで、補正値$R_{int,mod}$の算出動作を容易に行うことができる。

[0176] ここで、抵抗低下フラグがＴｒｕｅに設定されて、内部抵抗の低下による異常が発生する場合は、流速平均値u_{ave}が想定される平均流速u_{ave_asm}に比べて小さくなる。そのため、数１９で算出される補正値$R_{int,mod}$は、設計値$R_{int,0}$よりも小さくなる。

[0177] 一方、抵抗高化フラグがＴｒｕｅに設定されて、内部抵抗の高化による異常が発生する場合は、流速平均値u_{ave}が想定される平均流速u_{ave_asm}に比べて大きくなる。そのため、数１９で算出される補正値$R_{int,mod}$は、設計値$R_{int,0}$よりも大きくなる。

[0178] そして、点火プラグ状態判定部１７９は、算出した補正値$R_{int,mod}$をギャップ間電圧算出部１７１に出力する。これにより、点火プラグ状態判定部１７９の動作が完了する。また、ギャップ間電圧算出部１７１は、点火プラグ１７の内部抵抗の設計値$R_{int,0}$の代わりに、点火プラグ状態判定部１７９により算出した補正値$R_{int,mod}$を用いて、プラグ抵抗R_{int}を算出する。これにより、点火プラグ１７の内部抵抗が損傷した場合でも、流速算出精度を担保することができる。

[0179] 点火プラグ状態判定部１７９によって点火プラグ１７の内部抵抗の状態を判定することで、点火プラグ１７の内部抵抗に異常が発生しているか否かを判定することができる。

[0180] なお、上述しかつ図面に示した実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変形実施が可能である。

符号の説明

[0181] １…エアフローセンサ、 ２…電子制御スロットル弁、 ３…吸気圧セン

サ、　４ａ…コンプレッサ、　４ｂ…タービン、　５…可変バルブ、　６…吸気管、　７…インタークーラ、　８…隔壁、　８ｂ…タンブル制御弁、９…空燃比センサ、　１０…三元触媒、　１２…アクセル開度センサ、　１３…インジェクタ、　１４…シリンダ、　１４ａ…ピストン、　１５…排気管、　１６…点火コイル、　１７…点火プラグ、　１７ａ…中心電極、　１７ｂ…接地電極、　１８…温度センサ、　１９…クランク角度センサ、　２０…内燃機関制御装置、　２１…入力回路、　２２…入出力ポート、　２３ａ…ＣＰＵ、　２３ｂ…ＲＯＭ、　２３ｃ…ＲＡＭ、　２４、２４Ｂ、２４Ｃ…点火制御部、　２５、１７７…タンブル制御弁制御部、　３１、１３１、１７１…ギャップ間電圧算出部、　３２、１３２，１７２…流速算出部、　３３、１３４、１７４…流速範囲算出部、　３４、１３５、１７５…目標出力算出部、　３５、１３６、１７６…操作量算出部、　１００…内燃機関、　１３３、１７３…流速補正部、　１７８…タンブル制御弁状態判定部、　１７９…点火プラグ状態判定部

請求の範囲

[請求項1] シリンダの筒内に配置された点火プラグと、前記点火プラグに電圧を印加する点火コイルとを備えた内燃機関を制御する内燃機関制御装置において、

前記点火コイルの二次側に発生する二次電流及び前記シリンダの前記筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での前記点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出するギャップ間電圧算出部と、

前記基準ギャップ間電圧に基づいて、前記点火プラグの周囲のガスの流速を算出する流速算出部と、

を備えた内燃機関制御装置。

[請求項2] 前記ギャップ間電圧算出部は、前記二次電流及び前記点火コイルに生じた二次電圧に基づいて、放電開始後の設定時間が経過した後の前記点火プラグのギャップ間電圧である放電後ギャップ間電圧を算出し、

前記流速算出部は、前記基準ギャップ間電圧と前記放電後ギャップ間電圧に基づいて前記流速を算出する

請求項１に記載の内燃機関制御装置。

[請求項3] 前記流速算出部は、

前記基準ギャップ間電圧と前記放電後ギャップ間電圧との電圧比を算出し、

算出した前記電圧比に基づいて前記流速を算出する

請求項２に記載の内燃機関制御装置。

[請求項4] 前記流速算出部は、

前記電圧比に基づいて、放電開始後の前記設定時間での放電路長さを算出し、

算出した前記放電路長さに基づいて前記流速を算出する

請求項３に記載の内燃機関制御装置。

[請求項5] 前記ギャップ間電圧算出部は、前記放電後ギャップ間電圧を、前記点火コイルの二次側に接続された抵抗と前記二次電流の積と、前記二次電圧との差から算出する

請求項２に記載の内燃機関制御装置。

[請求項6] 前記設定時間は、前記内燃機関のトルクと回転数から設定される

請求項２に記載の内燃機関制御装置。

[請求項7] 前記設定時間は、前記流速算出部が算出した前記流速の平均値と、予め設定された参照用の放電路長さに基づいて設定される

請求項２に記載の内燃機関制御装置。

[請求項8] 前記設定時間は、前記点火プラグが放電を開始してから再放電が発生するまでの間の時間に設定される

請求項２に記載の内燃機関制御装置。

[請求項9] 前記流速算出部が算出した前記流速を、所定サイクル数保持し、保持した複数の前記流速の最大値を算出する流速範囲算出部と、

前記流速範囲算出部が算出した前記流速の最大値に基づいて、前記点火コイルに出力する目標出力を設定する目標出力算出部と、を備えた

請求項１に記載の内燃機関制御装置。

[請求項10] 前記流速範囲算出部は、保持した数の前記流速の平均値を算出する

請求項９に記載の内燃機関制御装置。

[請求項11] 前記基準条件は、放電路の長さが前記点火プラグのギャップ間の距離と等しい最短放電条件である

請求項１に記載の内燃機関制御装置。

[請求項12] 前記流速算出部が算出した前記流速を、前記筒内圧力と、前記筒内のガス密度に基づいて補正する

請求項１に記載の内燃機関制御装置。

[請求項13] 前記シリンダの筒内を流れるガスの流速を調整するタンブル制御弁を制御するタンブル制御弁制御部を備え、

前記タンブル制御弁制御部は、前記流速範囲算出部が算出した所定サイクル数における前記流速の平均値に基づいて、前記タンブル制御弁の操作量を設定する

請求項１０に記載の内燃機関制御装置。

[請求項14] 前記タンブル制御弁における故障の有無を判定するタンブル制御弁状態判定部を備え、

前記タンブル制御弁状態判定部は、前記タンブル制御弁制御部が設定した操作量が所定値よりも大きい場合、前記タンブル制御弁の開閉度が変化した前後での、前記流速の平均値を比較し、前記タンブル制御弁の故障の有無を判定する

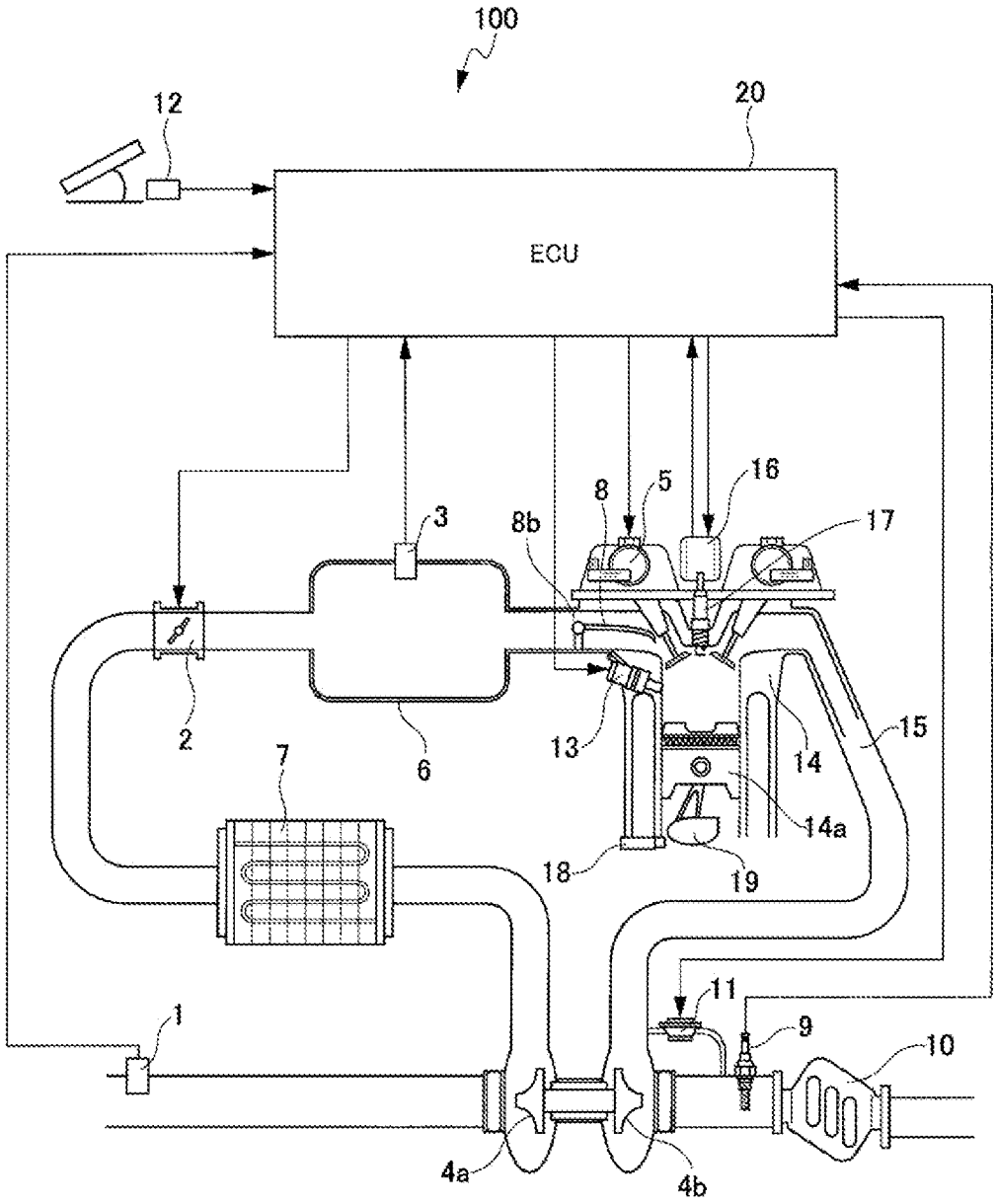
請求項１３に記載の内燃機関制御装置。

[請求項15] 前記点火プラグにける故障の有無を判定する点火プラグ状態判定部を備え、

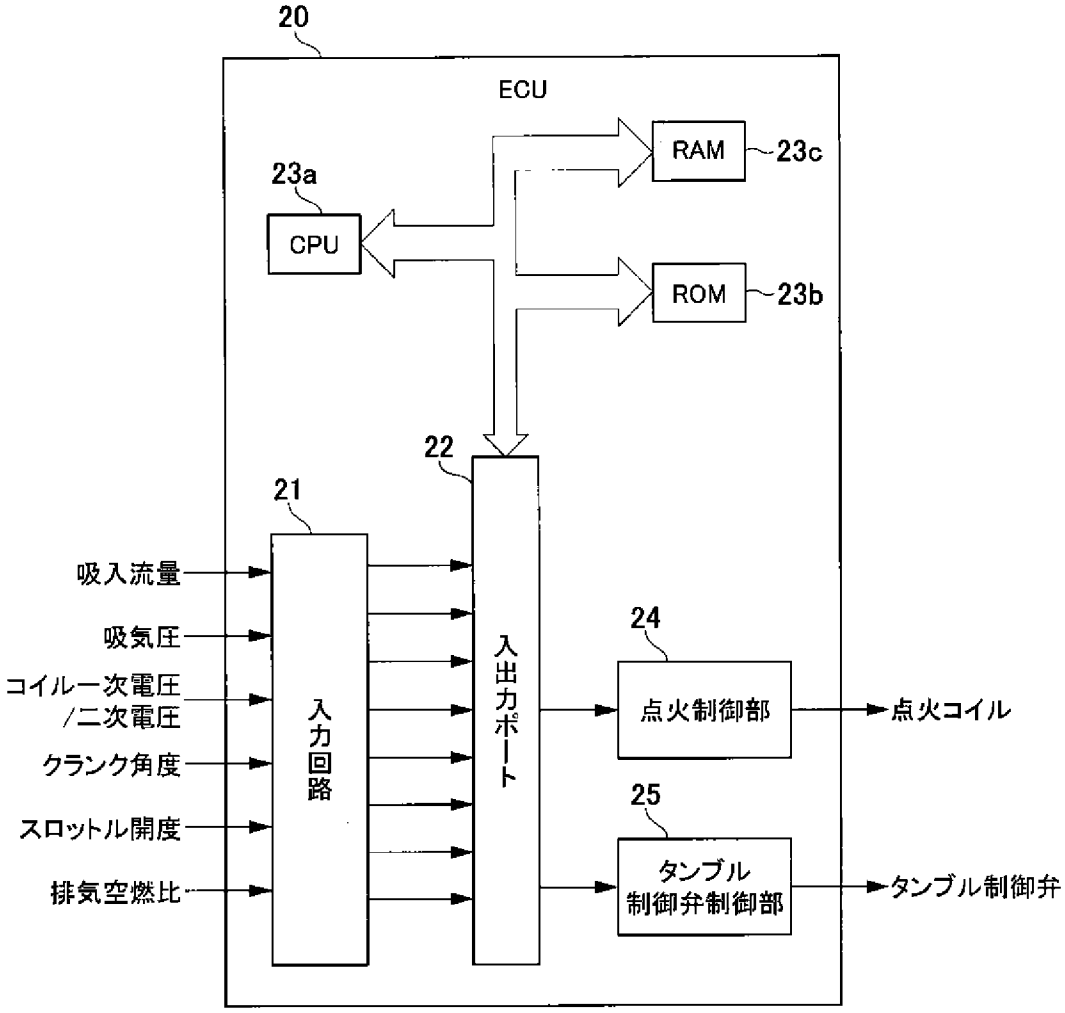
前記点火プラグ状態判定部は、前記タンブル制御弁状態判定部での判定結果と、前記流速の平均値に基づいて、前記点火プラグの故障の有無を判定する

請求項１４に記載の内燃機関制御装置。

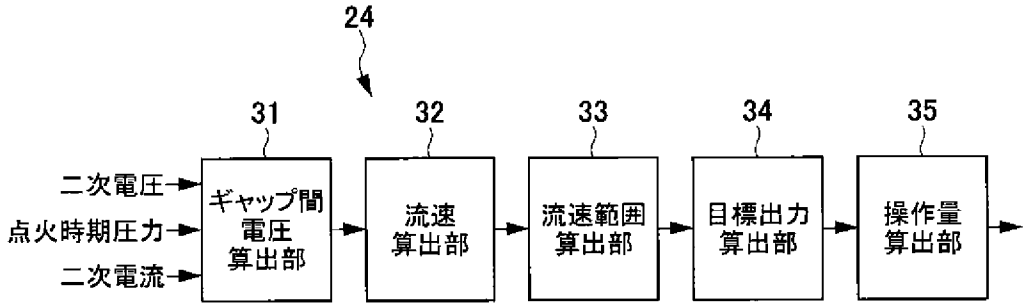
[図1]



[図2]

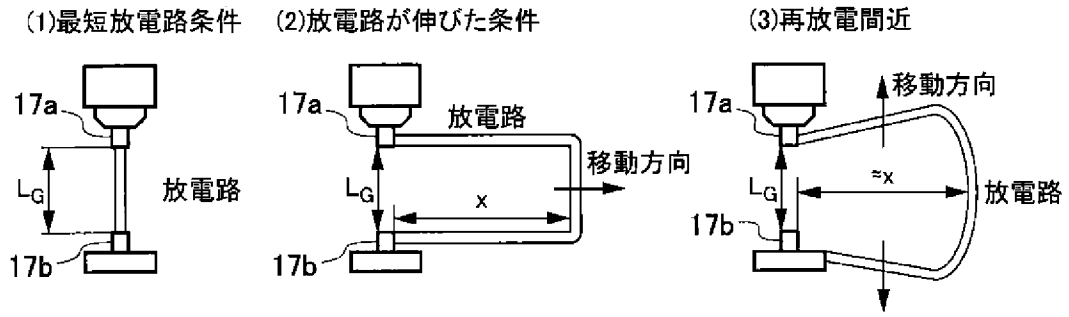

20
ECU
RAM
23c
23a
CPU
ROM
23b
22
21
吸入流量
吸気圧
コイル一次電圧
/二次電圧
クランク角度
スロットル開度
排気空燃比
入力回路
入出力ポート
24
点火制御部
点火コイル
25
タンブル
制御弁制御部
タンブル制御弁

[図3]

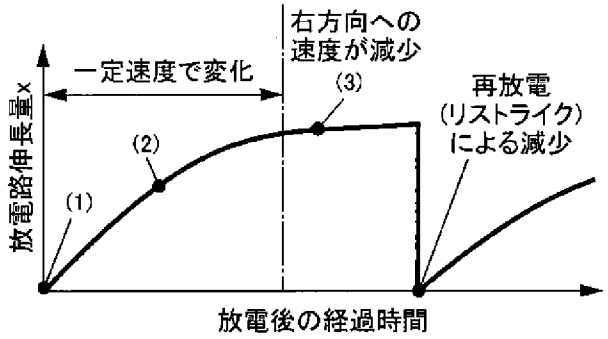

24
31
32
33
34
35
二次電圧
点火時期圧力
二次電流
ギャップ間電圧算出部
流速算出部
流速範囲算出部
目標出力算出部
操作量算出部

[図4]

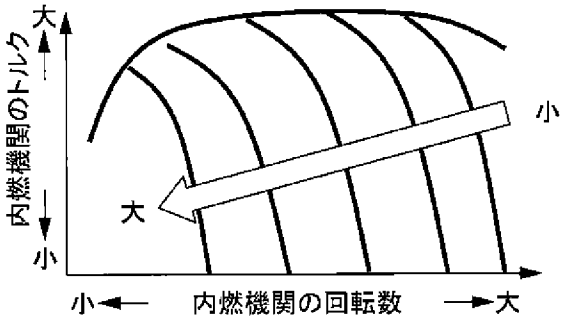
A


(1)最短放電路条件
(2)放電路が伸びた条件
(3)再放電間近
17a
17b
L_G
放電路
x
移動方向
≈x

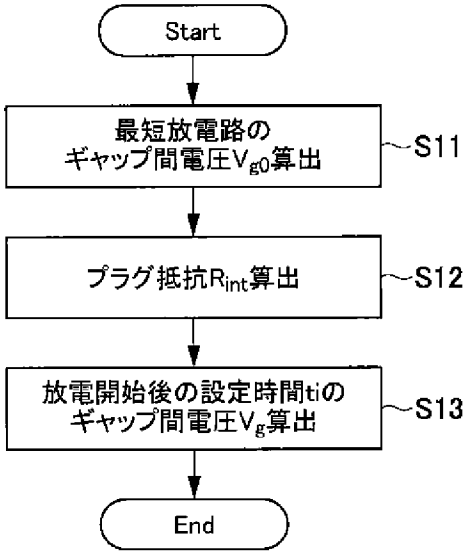
B


一定速度で変化
右方向への
速度が減少
(1)
(2)
(3)
再放電
(リストライク)
による減少
放電路伸長量x
放電後の経過時間

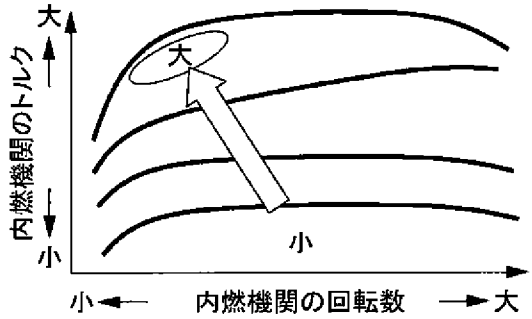
[図5]



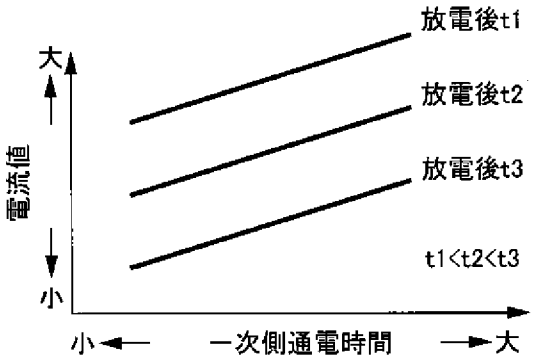
[図6]


Start
最短放電路の
ギャップ間電圧V_{g0}算出
S11
プラグ抵抗R_{int}算出
S12
放電開始後の設定時間tiの
ギャップ間電圧V_g算出
S13
End

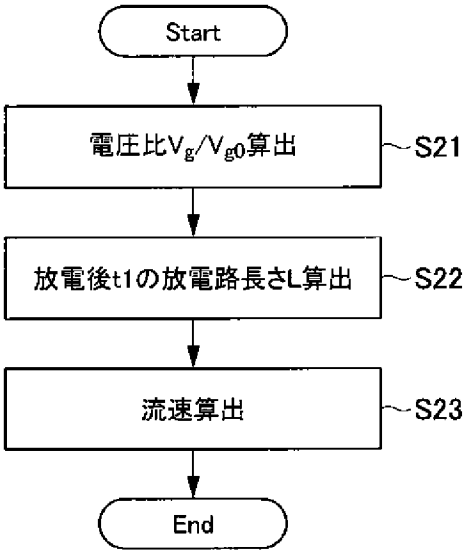
[図7]


大
内燃機関のトルク
小
大
小
小
内燃機関の回転数
大

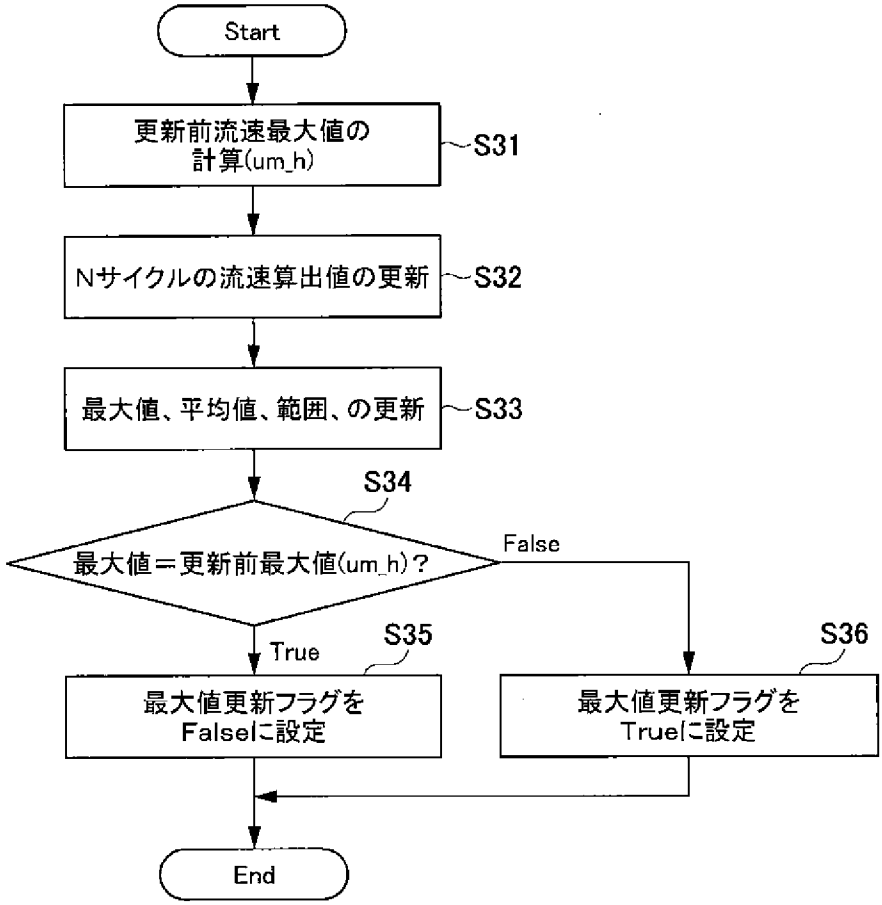
[図8]


放電後t1
放電後t2
放電後t3
t1<t2<t3
大
小
電流値
小
一次側通電時間
大

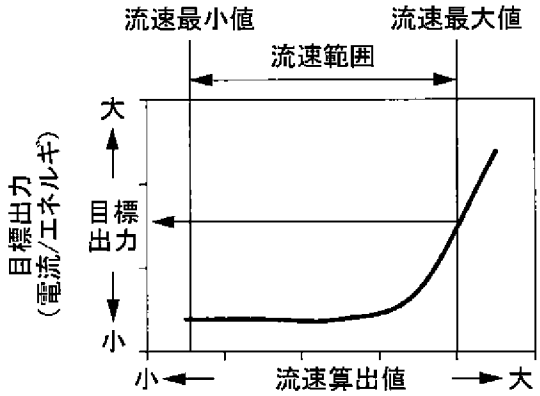
[図9]


Start
電圧比V_g/V_{g0}算出
S21
放電後t1の放電路長さL算出
S22
流速算出
S23
End

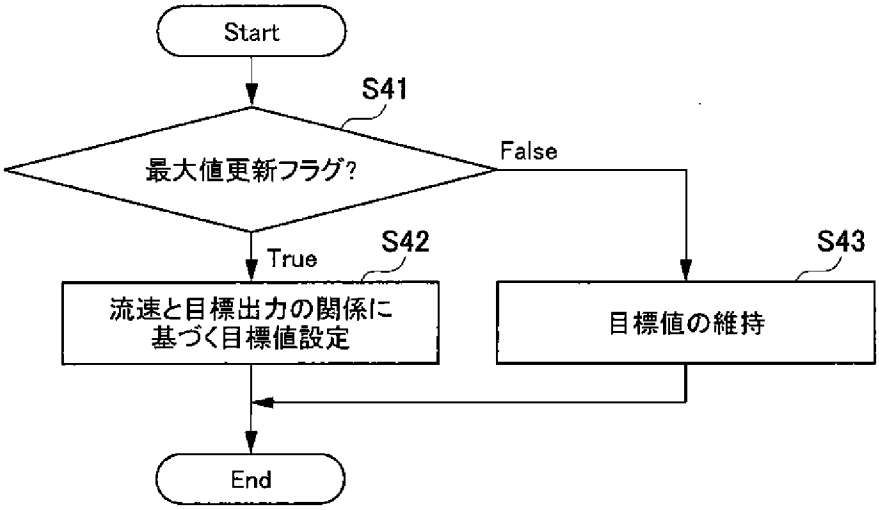
[図10]


Start
更新前流速最大値の
計算(um_h)
S31
Nサイクルの流速算出値の更新
S32
最大値、平均値、範囲、の更新
S33
S34
最大値＝更新前最大値(um_h)？
False
True
S35
S36
最大値更新フラグを
Falseに設定
最大値更新フラグを
Trueに設定
End

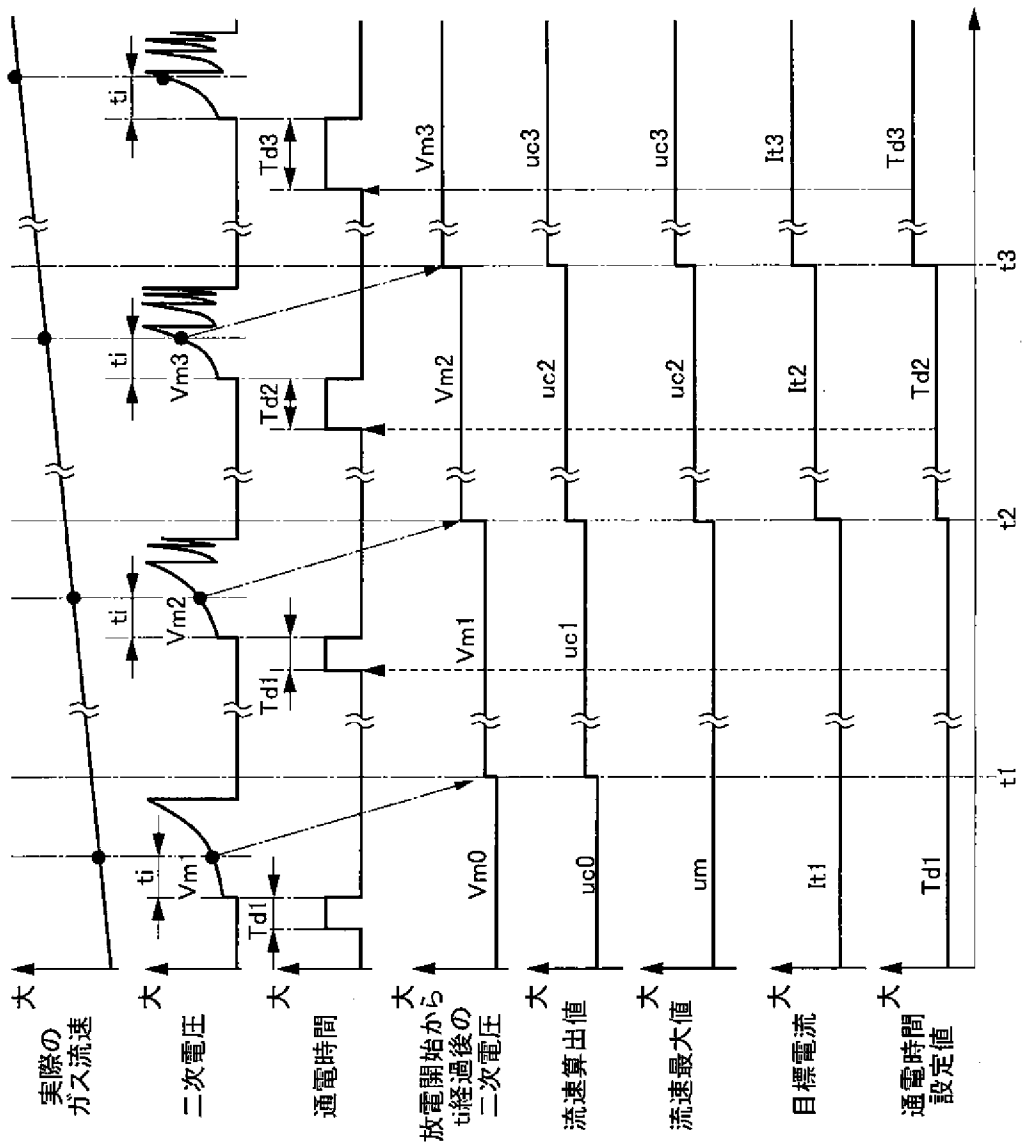
[図11]


流速最小値
流速最大値
流速範囲
大
目標出力
小
目標出力
(電流/エネルギ)
小
流速算出値
大

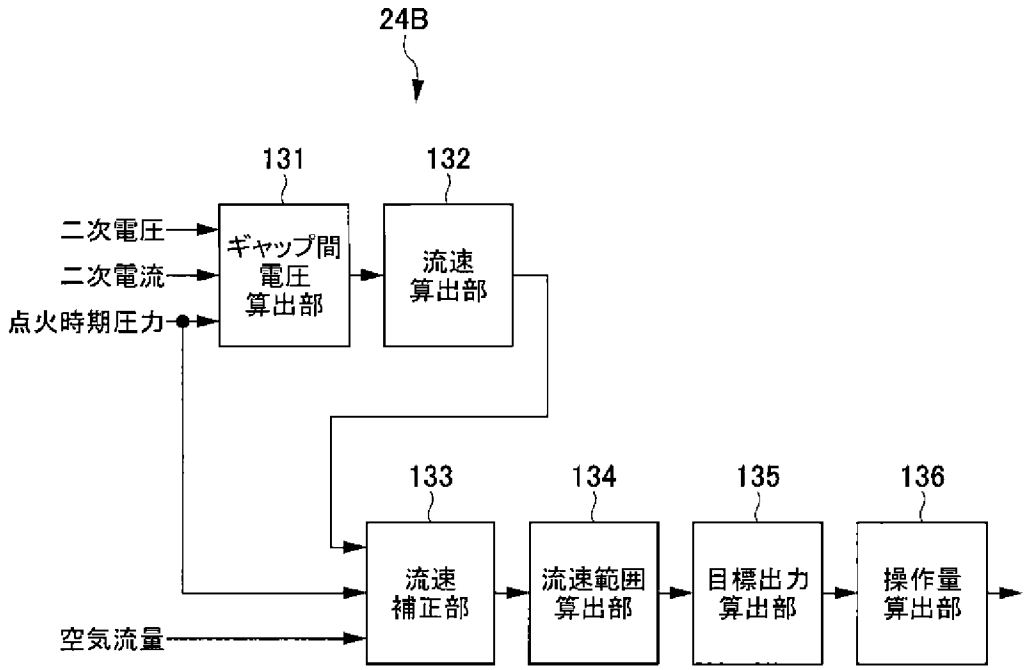
[図12]


Start
S41
最大値更新フラグ?
False
True
S42
S43
流速と目標出力の関係に
基づく目標値設定
目標値の維持
End

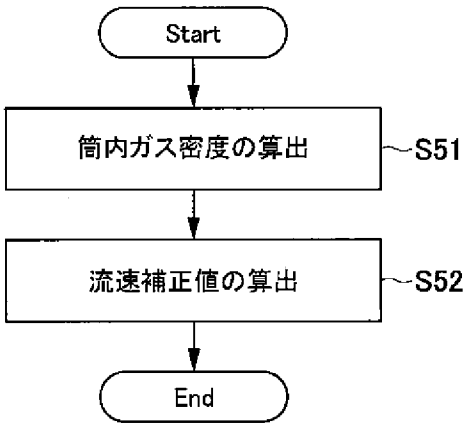
[図13]


実際のガス流速
二次電圧
通電時間
放電開始からti経過後の二次電圧
流速算出値
流速最大値
目標電流
通電時間設定値
大
ti
Vm1
Vm2
Vm3
Td1
Td2
Td3
Vm0
uc0
um
It1
It2
It3
uc1
uc2
uc3
t1
t2
t3

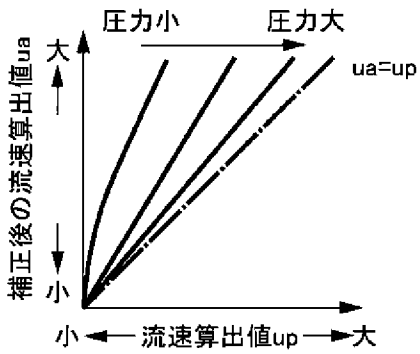
[図14]


24B
131
132
二次電圧
二次電流
点火時期圧力
ギャップ間
電圧
算出部
流速
算出部
133
134
135
136
流速
補正部
流速範囲
算出部
目標出力
算出部
操作量
算出部
空気流量

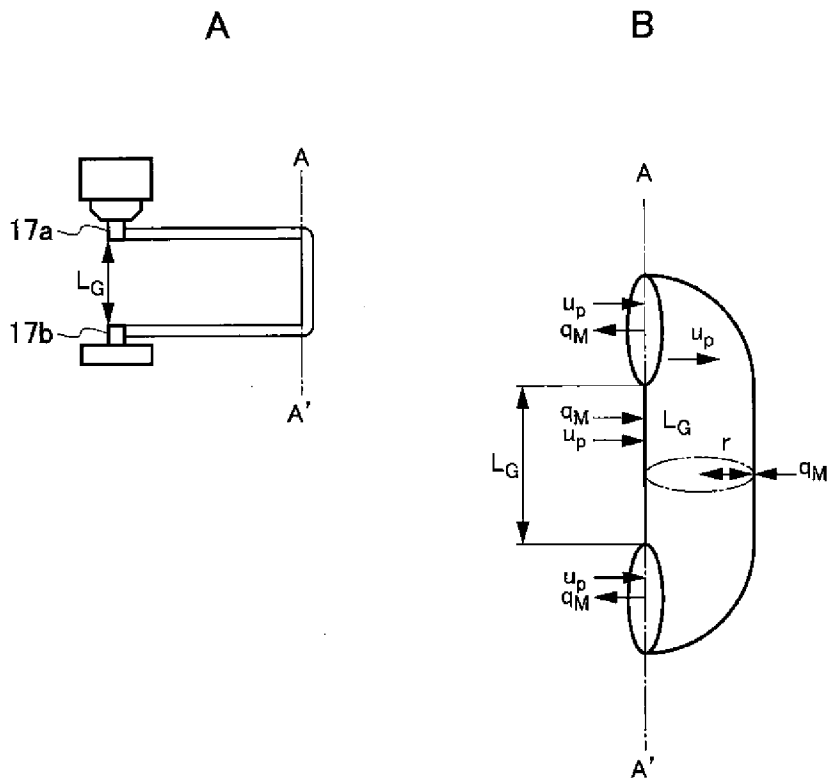
[図15]


Start
筒内ガス密度の算出
S51
流速補正値の算出
S52
End

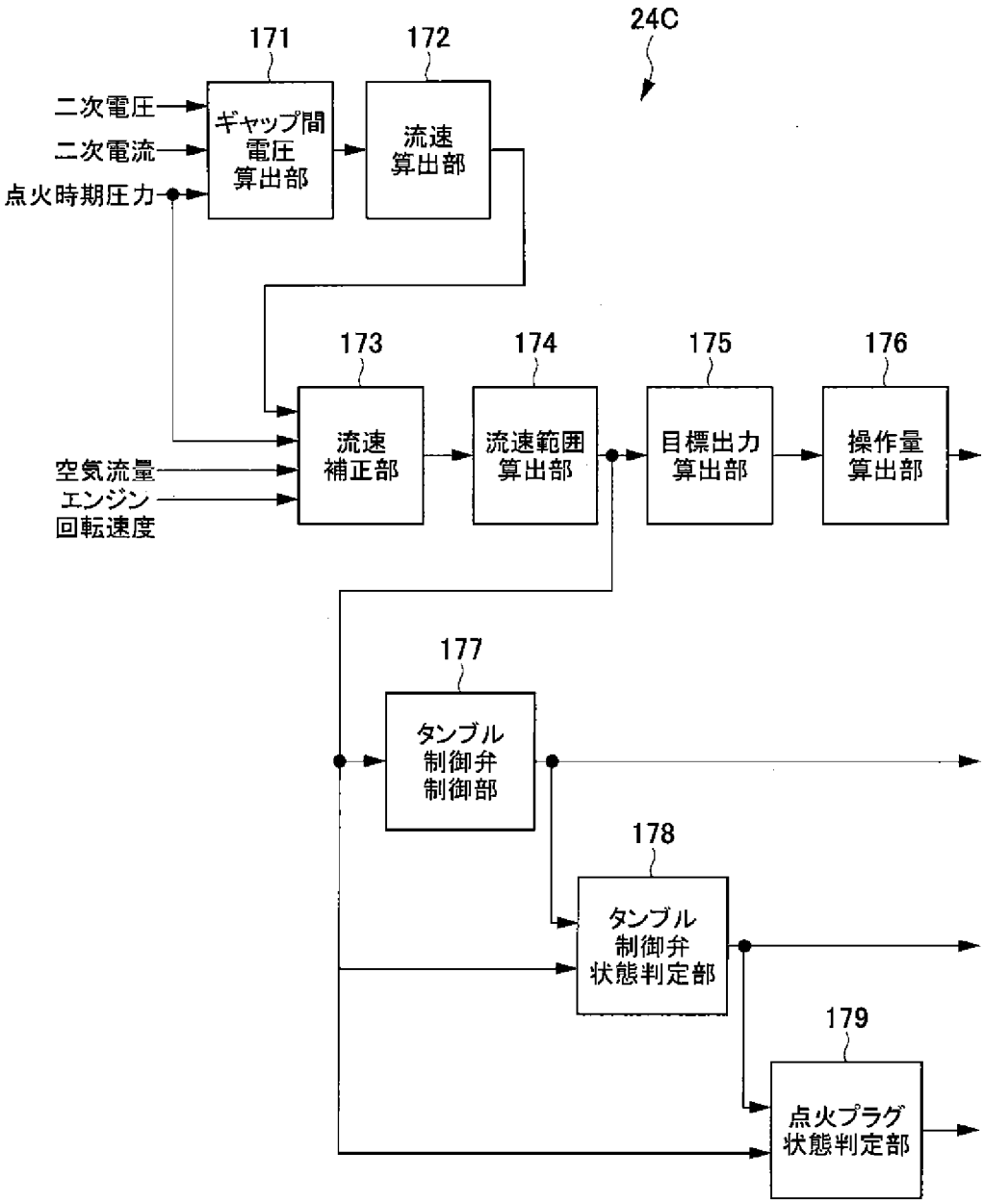
[図16]


圧力小
圧力大
ua=up
補正後の流速算出値ua
大
小
小
流速算出値up
大

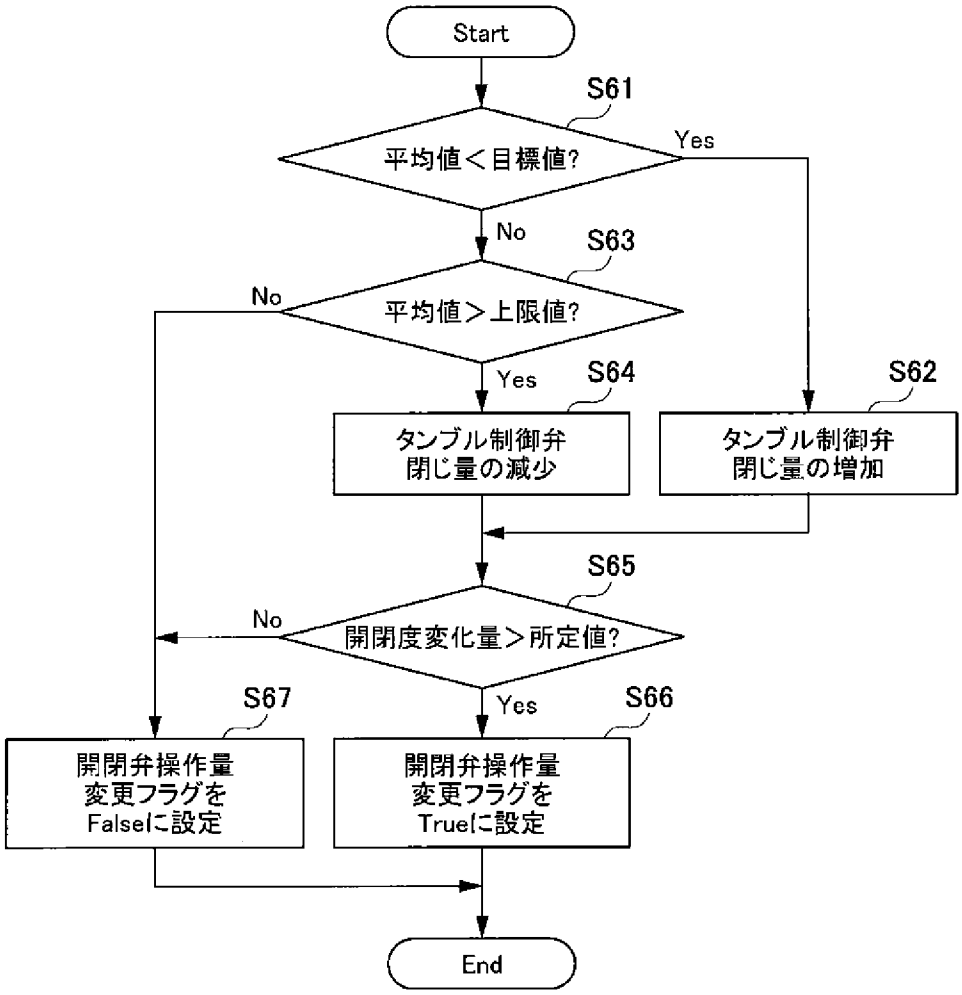
[図17]



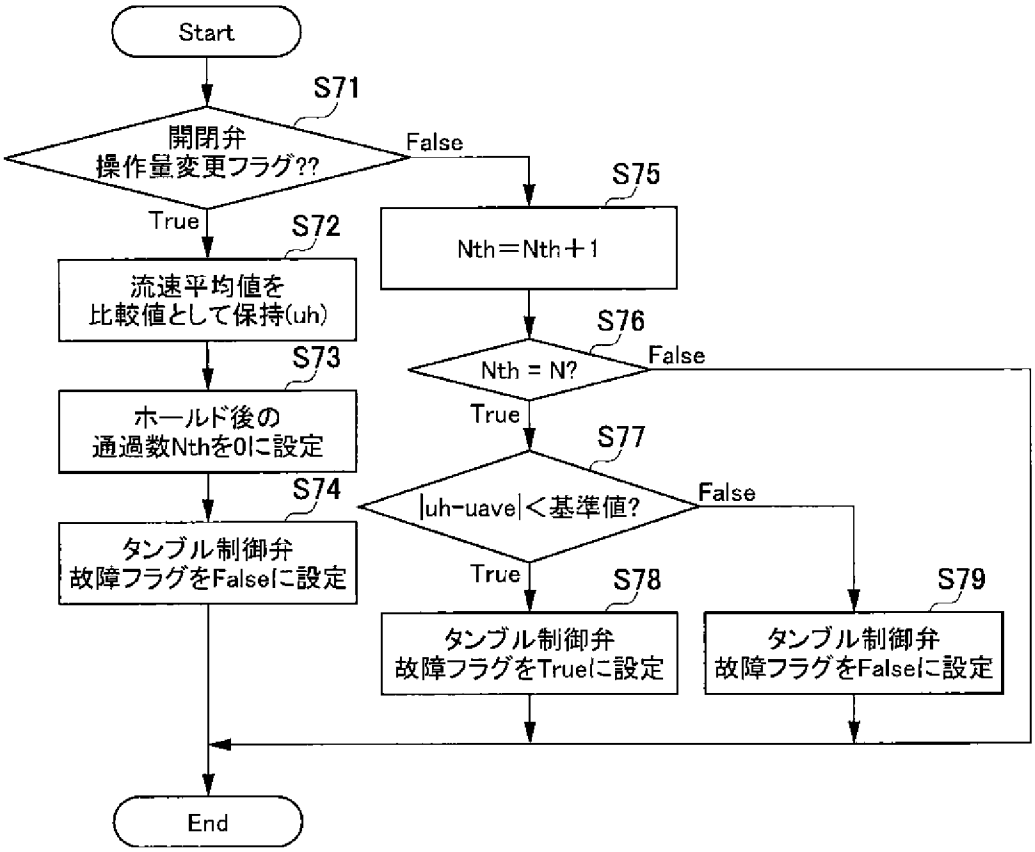
[図18]


24C
171
172
二次電圧
二次電流
点火時期圧力
ギャップ間電圧算出部
流速算出部
173
174
175
176
流速補正部
流速範囲算出部
目標出力算出部
操作量算出部
空気流量
エンジン回転速度
177
タンブル制御弁制御部
178
タンブル制御弁状態判定部
179
点火プラグ状態判定部

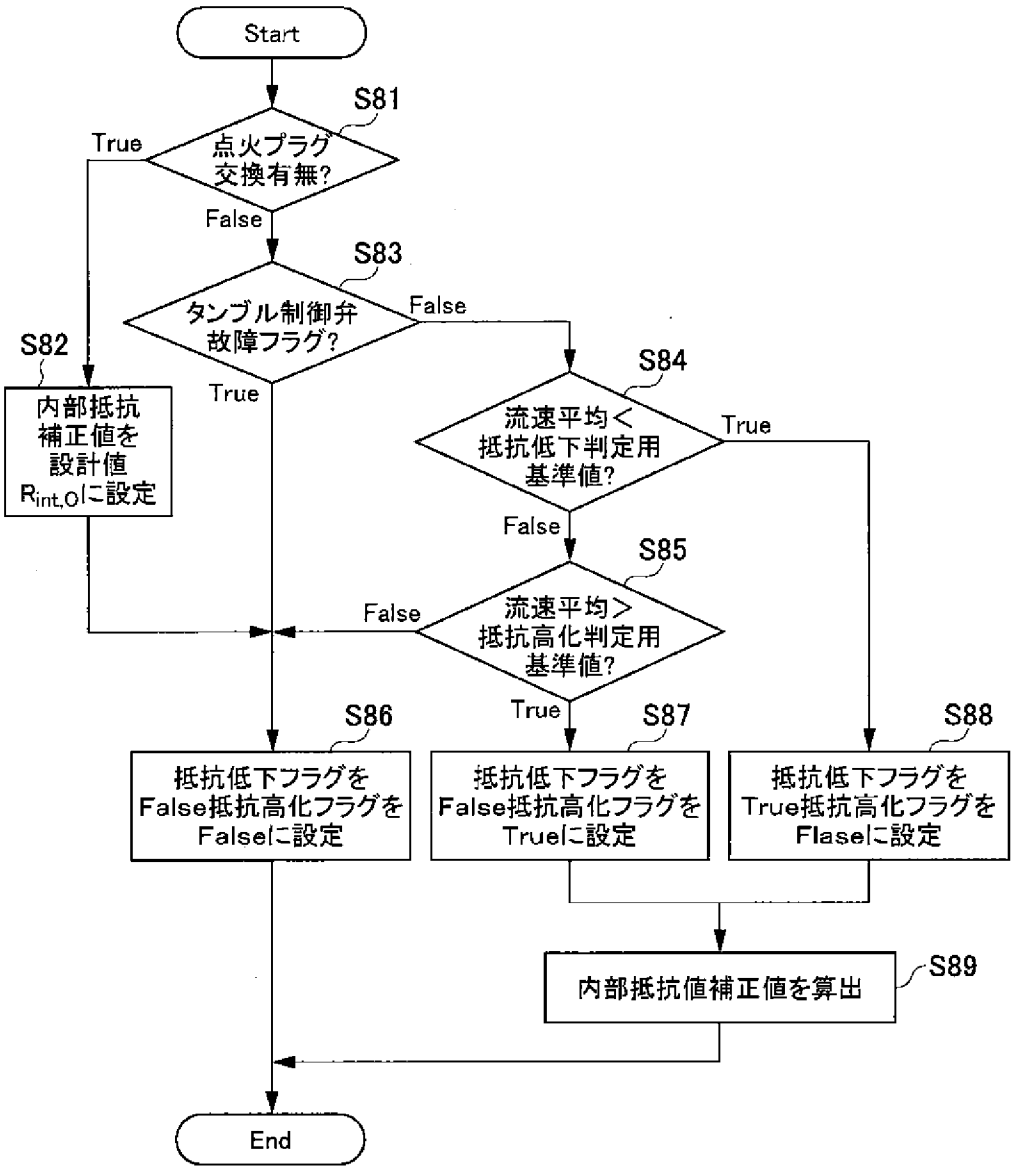
[図19]


Start
S61
平均値＜目標値?
Yes
No
S63
平均値＞上限値?
No
Yes
S64
タンブル制御弁
閉じ量の減少
S62
タンブル制御弁
閉じ量の増加
S65
開閉度変化量＞所定値?
No
Yes
S67
開閉弁操作量
変更フラグを
Falseに設定
S66
開閉弁操作量
変更フラグを
Trueに設定
End

[図20]


Start
S71
開閉弁
操作量変更フラグ??
False
True
S72
流速平均値を
比較値として保持(uh)
S73
ホールド後の
通過数Nthを0に設定
S74
タンブル制御弁
故障フラグをFalseに設定
S75
Nth＝Nth＋1
S76
Nth = N?
False
True
S77
|uh-uave|＜基準値?
False
True
S78
タンブル制御弁
故障フラグをTrueに設定
S79
タンブル制御弁
故障フラグをFalseに設定
End

[図21]


Start
S81
点火プラグ交換有無?
True
False
S83
タンブル制御弁故障フラグ?
False
True
S82
内部抵抗補正値を設計値$R_{int,0}$に設定
S84
流速平均＜抵抗低下判定用基準値?
True
False
S85
流速平均＞抵抗高化判定用基準値?
False
True
S86
抵抗低下フラグをFalse抵抗高化フラグをFalseに設定
S87
抵抗低下フラグをFalse抵抗高化フラグをTrueに設定
S88
抵抗低下フラグをTrue抵抗高化フラグをFlaseに設定
S89
内部抵抗値補正値を算出
End

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/022620

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02B 17/00(2006.01)i; F02B 23/00(2006.01)i; F02D 45/00(2006.01)i; F02P 5/15(2006.01)i
FI: F02D45/00 368Z; F02B17/00 F; F02B23/00 S; F02P5/15 L
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)
F02B17/00; F02B23/00; F02P5/15; F02D45/00

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2018-200008 A (SOKEN, INC. et al.) 20.12.2018 (2018-12-20) paragraphs [0017]-[0116], fig. 1-20, in particular, paragraphs [0028], [0037]-[0050], fig. 3, 8, 10, 18, etc.	1-12 13-15
X Y	JP 2018-135786 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.) 30.08.2018 (2018-08-30) paragraphs [0011]-[0053], fig. 1-11	1-12 13-15
Y	WO 2018/216153 A1 (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 29.11.2018 (2018-11-29) paragraphs [0008]-[0094], fig. 1-21	13-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08 September 2020 (08.09.2020)	29 September 2020 (29.09.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/022620

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/022620

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-200008 A	20 Dec. 2018	(Family: none)	
JP 2018-135786 A	30 Aug. 2018	US 2018/0238293 A1 paragraphs [0021]-[0065], fig. 1-11	
WO 2018/216153 A1	29 Nov. 2018	CN 110621871 A	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/022620

<Continuation of Box No. III>

(Invention 1) Claims 1-2, 3, and 4

Document 1 discloses or suggests an "internal-combustion engine control device for controlling an internal-combustion engine provided with an ignition plug arranged in a tube of a cylinder and an ignition coil for applying a voltage to the ignition plug, the internal-combustion engine control device being provided with: an inter-gap voltage calculation unit, which calculates a reference inter-gap voltage that is a voltage between gaps of the ignition plug under a reference condition on the basis of a secondary current generated on a secondary side of the ignition coil and an in-tube pressure that is a pressure in the tube of the cylinder; and a flow rate calculation unit, which calculates a flow rate of gas around the ignition plug on the basis of the reference inter-gap voltage", wherein "the inter-gap voltage calculation unit calculates, on the basis of the secondary current and a secondary voltage generated in the ignition coil, a post-discharge inter-gap voltage that is a voltage between gaps of the ignition plug after a set time has passed after initiation of discharging, and the flow rate calculation unit calculates the flow rate on the basis of the reference inter-gap voltage and the post-discharge inter-gap voltage". Thus, claims 1-2 lack novelty in light of document 1, and thus do not have a special technical feature. However, claim 3, which is dependent on claim 1, has the special technical feature in which "the flow rate calculation unit calculates a voltage ratio between the reference inter-gap voltage and the post-discharge inter-gap voltage, and calculates the flow rate on the basis of the calculated voltage ratio". Claim 4 has the same technical feature as claim 3. Therefore, claims 1-2, 3, and 4 are classified as invention 1.

Claims 11 and 12 are not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1. However, said claims are dependent on claim 1 classified as invention 1, and the technical features added with regard to claim 1, i.e., the features in which "the reference condition is a shortest discharge condition in which the length of a discharge path is equal to the distance between gaps of the ignition plug" and "the flow rate calculated by the flow rate calculation unit is corrected on the basis of the in-tube pressure and a gas density in the tube", are considered to have technical relevance to the technical features of claim 1, i.e., the "inter-gap voltage calculation unit, which calculates a reference inter-gap voltage that is a voltage between gaps of the ignition plug under a reference condition on the basis of a secondary current generated on a secondary side of the ignition coil and an in-tube pressure that is a pressure in the tube of the cylinder" and the "flow rate calculation unit, which calculates a flow rate of gas around the ignition plug on the basis of the reference inter-gap voltage". Therefore, claims 11 and 12 are considered to have an inventive relationship with claim 1.

Therefore, claims 11 and 12 are also classified as invention 1.

(Invention 2) Claim 5

Claim 5 is not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1.

Claim 5 is dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the technical feature added with regard to claim 1, i.e., the feature in which "the inter-gap voltage calculation unit calculates the post-discharge inter-gap voltage from the product of the secondary current and the resistance connected to the secondary side of the ignition coil and the difference between the secondary voltage and the resistance connected to the secondary side of the ignition coil", has low technical relevance to the technical feature of claim 1, i.e., the "inter-gap voltage calculation unit, which calculates a reference inter-gap voltage that is a voltage between gaps of the ignition plug under a reference condition on the basis of a secondary current generated on a secondary side of the ignition coil and an in-tube pressure that is a pressure in the tube of the cylinder". Therefore, claim 5 is not considered to have an inventive relationship with claim 1.
Furthermore, claim 5 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1.

Therefore, claim 5 cannot be classified as invention 1.

Claim 5 has the special technical feature in which "the inter-gap voltage calculation unit calculates the post-discharge inter-gap voltage from the product of the secondary current and the resistance connected to the secondary side of the ignition coil and the difference between the secondary voltage and the resistance connected to the secondary side of the ignition coil". Thus, claim 5 is classified as invention 2.

(Invention 3) Claim 6

Claim 6 is not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1 or claim 5 classified as invention 2.

Claim 6 is dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the technical feature added with regard to claim 1, i.e., the feature in which "the set time is set on the basis of the torque and rotation speed of the internal-combustion engine", has low technical relevance to the technical features of claim 1, i.e., the "inter-gap voltage calculation unit, which calculates a reference inter-gap voltage that is a voltage between gaps of the ignition plug under a reference condition on the basis of a secondary current generated on a secondary side of the ignition coil and an in-tube pressure that is a pressure in the tube of the cylinder" and the "flow rate calculation unit, which calculates a flow rate of gas around the ignition plug on the basis of the reference inter-gap voltage". Therefore, claim 6 is not considered to have an inventive relationship with claim 1.
Furthermore, claim 6 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-2.

Therefore, claim 6 cannot be classified as inventions 1-2.

Claim 6 has the special technical feature in which "the set time is set on the basis of the torque and rotation speed of the internal-combustion engine". Thus, claim 6 is classified as invention 3.

(Invention 4) Claim 7

Claim 7 is not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1, claim 5 classified as invention 2, or claim 6 classified as invention 3.

Claim 7 is dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the technical feature added with regard to claim 1, i.e., the feature in which "the set time is set on the basis of the average value of the flow rates calculated by the flow rate calculation units and a preset reference discharge path length", has low technical relevance to the technical features of claim 1, i.e., the "inter-gap voltage calculation unit, which calculates a reference inter-gap voltage that is a voltage between gaps of the ignition plug under a reference condition on the basis of a secondary current generated on a secondary side of the ignition coil and an in-tube pressure that is a pressure in the tube of the cylinder" and the "flow rate calculation unit, which calculates a flow rate of gas around the ignition plug on the basis of the reference inter-gap voltage". Therefore, claim 7 is not considered to have an inventive relationship with claim 1.

Furthermore, claim 7 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-3.

Therefore, claim 7 cannot be classified as inventions 1-3.

Claim 7 has the special technical feature in which "the set time is set on the basis of the average value of the flow rates calculated by the flow rate calculation units and a preset reference discharge path length". Thus, claim 7 is classified as invention 4.

(Invention 5) Claim 8

Claim 8 is not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1, claim 5 classified as invention 2, claim 6 classified as invention 3, or claim 7 classified as invention 4.

Claim 8 is dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the technical feature added with regard to claim 1, i.e., the feature in which "the set time is set to the time between the time at which the ignition plug initiates discharging and the time at which re-discharging occurs", has low technical relevance to the technical features of claim 1, i.e., the "inter-gap voltage calculation unit, which calculates a reference inter-gap voltage that is a voltage between gaps of the ignition plug under a reference condition on the basis of a secondary current generated on a secondary side of the ignition coil and an in-tube pressure that is a pressure in the tube of the cylinder" and the "flow rate calculation unit, which calculates a flow rate of gas around the ignition plug on the basis of the reference inter-gap voltage". Therefore, claim 8 is not considered to have an inventive relationship with claim 1.

Furthermore, claim 8 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-4.

Therefore, claim 8 cannot be classified as inventions 1-4.

Claim 8 has the special technical feature in which "the set time is set to the time between the time at which the ignition plug initiates discharging and the time at which re-discharging occurs". Thus, claim 8 is classified as invention 5.

(Invention 6) Claim 13

Claim 13 is not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1, claim 5 classified as invention 2, claim 6 classified as invention 3, claim 7 classified as invention 4, or claim 8 classified as invention 5.

Claim 13 is dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the specific problem to be solved by the invention, i.e., "setting an operation amount of a tumble control valve", which is recognized from the technical feature added with regard to claim 1, has low relevance to the problem to be solved by claim 1, i.e., "reducing a measurement load and calculating the rate of flow around an ignition plug". Therefore, claim 13 is not considered to have an inventive relationship with claim 1.

Furthermore, claim 13 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-5.

Therefore, claim 13 cannot be classified as any of inventions 1-5.

Claim 13 has the special technical feature of "having a tumble control valve control unit, which controls a tumble control valve for adjusting the flow rate of gas flowing in a tube of the cylinder, wherein the tumble control valve control unit sets an operation amount of the tumble control valve on the basis of the average value of the flow rates at a prescribed cycle number calculated by the flow rate range calculation unit". Thus, claim 13 is classified as invention 6.

(Invention 7) Claim 14

Claim 14 is not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1, claim 5 classified as invention 2, claim 6 classified as invention 3, claim 7 classified as invention 4, claim 8 classified as invention 5, or claim 13 classified as invention 6.

Claim 14 is dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the specific problem to be solved by the invention, i.e., "determining whether a tumble control valve fails", which is recognized from the technical feature added with regard to claim 1, has low relevance to the problem to be solved by claim 1, i.e., "reducing a measurement load and calculating the rate of flow around an ignition plug". Therefore, claim 14 is not considered to have an inventive relationship with claim 1.

Furthermore, claim 14 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-6.

Therefore, claim 14 cannot be classified as any of inventions 1-6.

Claim 14 has the special technical feature of "having a tumble control valve state determination unit for determining whether the tumble control valve fails, wherein the tumble control valve state determination unit determines whether the tumble control valve fails by comparing the average values of the flow rates before and after the degree of opening of the tumble control valve changes when the operation amount set by the tumble control valve control unit is larger than a prescribed value". Thus, claim 14 is classified as invention 7.

(Invention 8) Claim 15

Claim 15 is not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1, claim 5 classified as invention 2, claim 6 classified as invention 3, claim 7 classified as invention 4, claim 8 classified as invention 5, claim 13 classified as invention 6, or claim 14 classified as invention 7.

Claim 15 is dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the specific problem to be solved by the invention, i.e., "determining whether an ignition plug fails", which is recognized from the technical feature added with regard to claim 1, has low relevance to the problem to be solved by claim 1, i.e., "reducing a measurement load and calculating the rate of flow around an ignition plug". Therefore, claim 15 is not considered to have an inventive relationship with claim 1.

Furthermore, claim 15 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-7.

Therefore, claim 15 cannot be classified as any of inventions 1-7.

Claim 15 has the special technical feature of "having an ignition plug state determination unit for determining whether the ignition plug fails, wherein the ignition plug state determination unit determines whether the ignition plug fails on the basis of a determination result from the tumble control valve state determination unit and the average value of the flow rates". Thus, claim 15 is classified as invention 8.

(Invention 9) Claims 9-10

Claims 9-10 are not considered to share identical or corresponding technical features with claim 3 classified as invention 1, claim 5 classified as invention 2, claim 6 classified as invention 3, claim 7 classified as invention 4, claim 8 classified as invention 5, claim 13 classified as invention 6, claim 14 classified as invention 7, or claim 15 classified as invention 8.

Claims 9-10 are dependent on claim 1 classified as invention 1. However, the specific problem to be solved by the invention, i.e., "setting a target output to be output to an ignition coil", which is recognized from the technical feature added with regard to claim 1, has low relevance to the problem to be solved by claim 1, i.e., "reducing a measurement load and calculating the rate of flow around an ignition plug". Therefore, claims 9-10 are not considered to have an inventive relationship with claim 1.

Furthermore, claims 9-10 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-8.

Therefore, claims 9-10 cannot be classified as any of inventions 1-8.

Claims 9-10 have the special technical feature of "having an ignition plug state determination unit for determining whether the ignition plug fails, wherein the ignition plug state determination unit determines whether the ignition plug fails on the basis of a determination result from the tumble control valve state determination unit and the average value of the flow rates". Thus, claims 9-10 are classified as invention 9.

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/022620

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

F02B 17/00(2006.01)i; F02B 23/00(2006.01)i; F02D 45/00(2006.01)i; F02P 5/15(2006.01)i
FI: F02D45/00 368Z; F02B17/00 F; F02B23/00 S; F02P5/15 L

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

F02B17/00; F02B23/00; F02P5/15; F02D45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2018-200008 A (株式会社ＳＯＫＥＮ　外１名) 20.12.2018 (2018-12-20) 段落００１７－０１１６，図１－２０，なかでも特に段落００２８，００３７－００５０，図３，８，１０，１８等	１－１２
Y		１３－１５
X	JP 2018-135786 A (株式会社豊田中央研究所) 30.08.2018 (2018-08-30) 段落００１１－００５３，図１－１１	１－１２
Y		１３－１５
Y	WO 2018/216153 A1 (日産自動車株式会社) 29.11.2018 (2018-11-29) 段落０００８－００９４，図１－２１	１３－１５

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
08.09.2020	29.09.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
戸田　耕太郎 3G 9329
電話番号 03-3581-1101 内線 3355

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/022620

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

（発明１）請求項１－２、３、４
文献１には「シリンダの筒内に配置された点火プラグと、前記点火プラグに電圧を印加する点火コイルとを備えた内燃機関を制御する内燃機関制御装置において、前記点火コイルの二次側に発生する二次電流及び前記シリンダの前記筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での前記点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出するギャップ間電圧算出部と、前記基準ギャップ間電圧に基づいて、前記点火プラグの周囲のガスの流速を算出する流速算出部と、を備えた内燃機関制御装置」、「前記ギャップ間電圧算出部は、前記二次電流及び前記点火コイルに生じた二次電圧に基づいて、放電開始後の設定時間が経過した後の前記点火プラグのギャップ間電圧である放電後ギャップ間電圧を算出し、前記流速算出部は、前記基準ギャップ間電圧と前記放電後ギャップ間電圧に基づいて前記流速を算出する」ことが記載ないし示唆されており、請求項１－２は、文献１により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。しかしながら、請求項１の従属請求項である請求項３は、[前記流速算出部は、前記基準ギャップ間電圧と前記放電後ギャップ間電圧との電圧比を算出し、算出した前記電圧比に基づいて前記流速を算出する]という特別な技術的特徴を有しており、請求項４も、請求項３と同一の技術的特徴を有している。したがって、請求項１－２、３、４を発明１に区分する。

なお、請求項１１、１２は、発明１に区分された請求項３と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえないが、発明１に区分された請求項１の従属請求項であって、請求項１に対して追加された技術的特徴である[前記基準条件は、放電路の長さが前記点火プラグのギャップ間の距離と等しい最短放電条件である]、[前記流速算出部が算出した前記流速を、前記筒内圧力と、前記筒内のガス密度に基づいて補正する]は、請求項１の技術的特徴である[前記点火コイルの二次側に発生する二次電流及び前記シリンダの前記筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での前記点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出するギャップ間電圧算出部]、[前記基準ギャップ間電圧に基づいて、前記点火プラグの周囲のガスの流速を算出する流速算出部]と、技術的関連性が認められる。このため、請求項１１、１２は請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められる。
よって、請求項１１、１２も発明１に区分する。

（発明２）請求項５
請求項５は、発明１に区分された請求項３と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。
また、請求項５は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴である[前記ギャップ間電圧算出部は、前記放電後ギャップ間電圧を、前記点火コイルの二次側に接続された抵抗と前記二次電流の積と、前記二次電圧との差から算出する]は、請求項１の技術的特徴である[前記点火コイルの二次側に発生する二次電流及び前記シリンダの前記筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での前記点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出するギャップ間電圧算出部]と、技術的関連性が低い。このため、請求項５が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。
さらに、請求項５は、発明１に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。
したがって、請求項５は発明１に区分できない。
そして、請求項５は、[前記ギャップ間電圧算出部は、前記放電後ギャップ間電圧を、前記点火コイルの二次側に接続された抵抗と前記二次電流の積と、前記二次電圧との差から算出する]という特別な技術的特徴を有しているので、発明２に区分する。

（発明３）請求項６
請求項６は、発明１に区分された請求項３又は発明２に区分された請求項５と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。
また、請求項６は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴である[前記設定時間は、前記内燃機関のトルクと回転数から設定される]は、請求項１の技術的特徴である[前記点火コイルの二次側に発生する二次電流及び前記シリンダの前記筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での前記点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出するギャップ間電圧算出部]とも、[前記基準ギャップ間電圧に基づいて、前記点火プラグの周囲のガスの流速を算出する流速算出部]とも、技術的関連性が低い。このため、請求項６が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。
さらに、請求項６は、発明１－２に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

第Ⅲ欄　　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

したがって、請求項６は発明１－２に区分できない。
そして、請求項６は、[前記設定時間は、前記内燃機関のトルクと回転数から設定される]という特別な技術的特徴を有しているので、発明３に区分する。

（発明４）請求項７
請求項７は、発明１に区分された請求項３、発明２に区分された請求項５又は発明３に区分された請求項６と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。
また、請求項７は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴である[前記設定時間は、前記流速算出部が算出した前記流速の平均値と、予め設定された参照用の放電路長さに基づいて設定される]は、請求項１の技術的特徴である[前記点火コイルの二次側に発生する二次電流及び前記シリンダの前記筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での前記点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出するギャップ間電圧算出部]とも、[前記基準ギャップ間電圧に基づいて、前記点火プラグの周囲のガスの流速を算出する流速算出部]とも、技術的関連性が低い。このため、請求項７が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。
さらに、請求項７は、発明１－３に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。
したがって、請求項７は発明１－３に区分できない。
そして、請求項７は、[前記設定時間は、前記流速算出部が算出した前記流速の平均値と、予め設定された参照用の放電路長さに基づいて設定される]という特別な技術的特徴を有しているので、発明４に区分する。

（発明５）請求項８
請求項８は、発明１に区分された請求項３、発明２に区分された請求項５、発明３に区分された請求項６又は発明４に区分された請求項７と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。
また、請求項８は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴である[前記設定時間は、前記点火プラグが放電を開始してから再放電が発生するまでの間の時間に設定される]は、請求項１の技術的特徴である[前記点火コイルの二次側に発生する二次電流及び前記シリンダの前記筒内の圧力である筒内圧力に基づいて、基準条件での前記点火プラグのギャップ間の電圧である基準ギャップ間電圧を算出するギャップ間電圧算出部]とも、[前記基準ギャップ間電圧に基づいて、前記点火プラグの周囲のガスの流速を算出する流速算出部]とも、技術的関連性が低い。このため、請求項８が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。
さらに、請求項８は、発明１－４に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。
したがって、請求項８は発明１－４に区分できない。
そして、請求項８は、[前記設定時間は、前記点火プラグが放電を開始してから再放電が発生するまでの間の時間に設定される]という特別な技術的特徴を有しているので、発明５に区分する。

（発明６）請求項１３
請求項１３は、発明１に区分された請求項３、発明２に区分された請求項５、発明３に区分された請求項６、発明４に区分された請求項７又は発明５に区分された請求項８と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。
また、請求項１３は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴から把握される、発明が解決しようとする具体的課題である[タンブル制御弁の操作量を設定する]ことは、請求項１が解決しようとする課題である[計測負荷を低減し、かつ点火プラグ周りの流速を算出する]こととの関連性が低い。このため、請求項１３が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。
さらに、請求項１３は、発明１－５に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。
したがって、請求項１３は発明１－５のいずれにも区分できない。
そして、請求項１３は、[前記シリンダの筒内を流れるガスの流速を調整するタンブル制御弁を制御するタンブル制御弁制御部を備え、前記タンブル制御弁制御部は、前記流速範囲算出部が算出した所定サイクル数における前記流速の平均値に基づいて、前記タンブル制御弁の操作量を設定する]という特別な技術的特徴を有しているので、発明６に区分する。

（発明７）請求項１４

第Ⅲ欄　　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

請求項１４は、発明１に区分された請求項３、発明２に区分された請求項５、発明３に区分された請求項６、発明４に区分された請求項７、発明５に区分された請求項８又は発明６に区分された請求項１３と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項１４は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴から把握される、発明が解決しようとする具体的課題である[タンブル制御弁の故障の有無を判定する]ことは、請求項１が解決しようとする課題である[計測負荷を低減し、かつ点火プラグ周りの流速を算出する]こととの関連性が低い。このため、請求項１４が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。

さらに、請求項１４は、発明１－６に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項１４は発明１－６のいずれにも区分できない。

そして、請求項１４は、[前記タンブル制御弁における故障の有無を判定するタンブル制御弁状態判定部を備え、前記タンブル制御弁状態判定部は、前記タンブル制御弁制御部が設定した操作量が所定値よりも大きい場合、前記タンブル制御弁の開閉度が変化した前後での、前記流速の平均値を比較し、前記タンブル制御弁の故障の有無を判定する]という特別な技術的特徴を有しているので、発明７に区分する。

（発明８）請求項１５

請求項１５は、発明１に区分された請求項３、発明２に区分された請求項５、発明３に区分された請求項６、発明４に区分された請求項７、発明５に区分された請求項８、発明６に区分された請求項１３又は発明７に区分された請求項１４と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項１５は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴から把握される、発明が解決しようとする具体的課題である[点火プラグの故障の有無を判定する]ことは、請求項１が解決しようとする課題である[計測負荷を低減し、かつ点火プラグ周りの流速を算出する]こととの関連性が低い。このため、請求項１５が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。

さらに、請求項１５は、発明１－７に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項１５は発明１－７のいずれにも区分できない。

そして、請求項１５は、[前記点火プラグにける故障の有無を判定する点火プラグ状態判定部を備え、前記点火プラグ状態判定部は、前記タンブル制御弁状態判定部での判定結果と、前記流速の平均値に基づいて、前記点火プラグの故障の有無を判定する]という特別な技術的特徴を有しているので、発明８に区分する。

（発明９）請求項９－１０

請求項９－１０は、発明１に区分された請求項３、発明２に区分された請求項５、発明３に区分された請求項６、発明４に区分された請求項７、発明５に区分された請求項８、発明６に区分された請求項１３、発明７に区分された請求項１４又は発明８に区分された請求項１５と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項９－１０は、発明１に区分された請求項１の従属請求項であるが、請求項１に対して追加された技術的特徴から把握される、発明が解決しようとする具体的課題である[点火コイルに出力する目標出力を設定する]ことは、請求項１が解決しようとする課題である[計測負荷を低減し、かつ点火プラグ周りの流速を算出する]こととの関連性が低い。このため、請求項９－１０が請求項１に対して発明の連関性を有しているとは認められない。

さらに、請求項９－１０は、発明１－８に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項９－１０は発明１－８のいずれにも区分できない。

そして、請求項９－１０は、[前記点火プラグにける故障の有無を判定する点火プラグ状態判定部を備え、前記点火プラグ状態判定部は、前記タンブル制御弁状態判定部での判定結果と、前記流速の平均値に基づいて、前記点火プラグの故障の有無を判定する]という特別な技術的特徴を有しているので、発明９に区分する。

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/022620

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

2. ☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2020/022620

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-200008 A	20.12.2018	（ファミリーなし）	
JP 2018-135786 A	30.08.2018	US 2018/0238293 A1 段落００２１－００６５， 図１－１１	
WO 2018/216153 A1	29.11.2018	CN 110621871 A	