

(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
2018年7月19日(19.07.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/131407 A1

(51) 国際特許分類:
F02P 3/045 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/045672

(22) 国際出願日: 2017年12月20日(20.12.2017)

(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 2017-004851 2017年1月16日(16.01.2017) 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 2 5 2 0 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 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 岩城 秀文(IWAKI Hidefumi); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

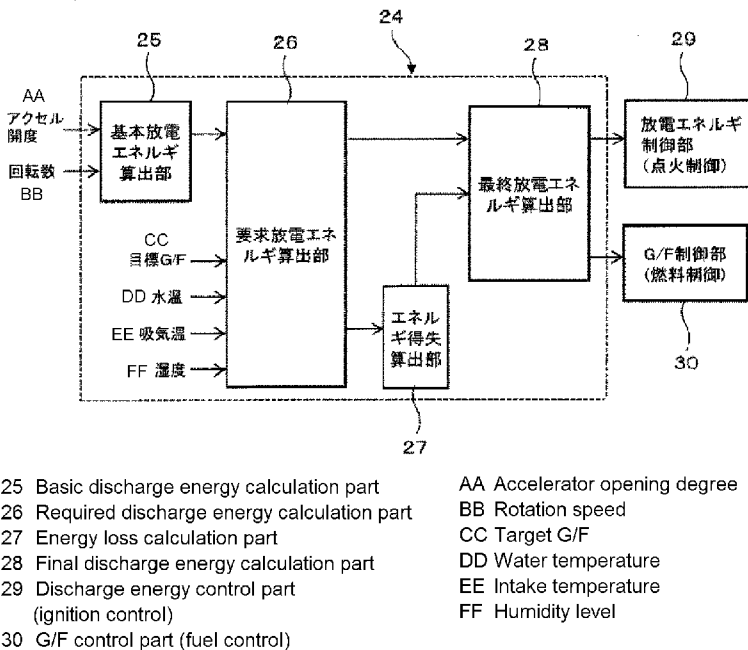
(74) 代理人: 戸田 裕二 (TODA Yuji); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置

図 3



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a control device for an internal combustion engine capable of accurately calculating a necessary discharge energy amount when performing control for achieving a target gas-fuel ratio given as a control target of the internal combustion engine. The present invention is provided with: an ignition coil 16 for inducing a discharge voltage for causing a spark plug to generate a discharge spark; a discharge voltage generation part 29 for causing the ignition coil 16 to generate the discharge voltage; and an ignition control means 24 for



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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

determining a basic discharge energy amount to be generated by the discharge voltage generation part 29 in accordance with an operating condition of the internal combustion engine. The ignition control means 24 is provided with a discharge energy correction means 26-28 for obtaining the final discharge energy amount required for controlling the mixed gases in the cylinder to a target gas fuel ratio G/F by correcting a basic discharge energy amount corresponding to an in-cylinder mixture state determined by external environmental factors.

(57) 要約: 内燃機関の制御目標として与えられた目標ガス燃料比に制御場合の必要となる放電エネルギー量を正確に求めることができる内燃機関の制御装置を提供することにある。点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイル16と、点火コイル16に放電電圧を発生させる放電電圧発生部29と、放電電圧発生部29で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める点火制御手段24を備え、点火制御手段24は、気筒内の混合気为目标ガス燃料比G/Fに制御するのに必要となる最終放電エネルギー量を、外的な環境要因によって定まる気筒内の混合気の状態に対応して基本補正エネルギー量を補正して求める放電エネルギー補正手段26~28を備える。

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の制御装置

技術分野

[0001] 本発明は内燃機関の制御装置に係り、特に点火コイルを利用して点火プラグに火花放電を発生して混合気に着火する火花点火式の内燃機関に使用される内燃機関の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するためには種々の方法があるが、内燃機関の燃料消費量を低減することが重要である。燃料消費量の低減には、内燃機関の運転中に発生するポンプ損失、冷却損失、排気損失、といった各種損失の低減が有効であり、ポンプ損失、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（理論混合比）に比べて希薄にして燃焼させる希薄燃焼や、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。以下では、希薄燃焼やEGRガスを活用した燃焼方式をまとめて「希釈燃焼」と記載する。

[0003] この希釈燃焼を用いると、希釈燃焼を用いない場合に比べて吸気管圧力を上げることができるので、内燃機関の負荷の低い条件でのポンプ損失の低減や、熱容量を増加させることで、混合気の燃焼温度を低下して冷却損失の低減を図ることができる。また、内燃機関の負荷の高い条件では、EGRガスを導入することによる自着火反応に至る反応進行が抑制されることで、異常燃焼の発生が抑制できる。これによって点火時期を最適時期に近づけるように進角することができるため、排気損失の低減ができるようになる。

[0004] さて、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（以下に示すガス燃料比）を設定する必要が有る。混合気の希釈度は、空気やEGRガスからなる混合ガスの質量和と燃料の質量の比（ガス燃料比 G/F ）、空気と燃料の質量比（空燃比 A/F ）、吸気ガス中のEGRの割合（EGR率）で評価することが多い。

[0005] 希釈度の大きな条件(希薄な混合気の状態)で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ーを増加させる必要が有る。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、内燃機関の気筒内の混合気の乱流強度や流速を、従来に比べて増加させる必要がある。

[0006] 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る失火発生の可能性が生じるため、併せて火花点火時に点火プラグから気筒内混合気に供給する放電エネルギーを増加させる必要がある。

[0007] 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ーを増加する手段として、例えば、特開2015-200284号公報(特許文献1)に記載されている内燃機関用点火装置がある。この特許文献1は、点火プラグによる火花放電開始後に、一次側コイルの一部に電氣的エネルギーを追加投入し、二次側コイルに発生させる放電エネルギーを増加させる点火装置を提案している。また、各種の外乱を考慮して放電エネルギーの増加補正を行なう手段として、例えば、特開2015-194124号公報(特許文献2)に記載されている点火装置がある。この特許文献2は、外乱によって要求点火エネルギーが変化すると放電エネルギーを増加させる点火装置を提案している。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2015-200284号公報

特許文献2：特開2015-194124号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] そして、特許文献1においては、一次側コイルの巻き線を工夫することで、点火コイルでの発熱を抑制し、一次側に投入できるエネルギーを増加して

放電エネルギーを増加させることを開示している。また、特許文献2においては、要求放電エネルギーに影響を与える現象が複数ある場合に、放電エネルギーをどのように与えるかについての方法を開示している。

[0010] しかしながら、これらの特許文献においては、外的な環境要因と実現すべき混合気の希釈度（目標ガス燃料比 G/F ）が与えられた場合の、放電エネルギーの要求値の決定方法について考慮されていないものである。また、点火プラグの放電を行なうために必要となる電力のために消費される燃料消費量（機械的エネルギー消費量）が、希釈燃焼を実現することで得られる燃料低減量（エネルギー低減量）を上回る現象が生じる場合の対応策についても考慮されていないものである。したがって、これらの課題に対応する制御方法の立案が強く望まれている。

[0011] 本発明の第1の目的は、内燃機関の制御目標として与えられた目標ガス燃料比に制御する場合に、外的な環境要因を考慮して放電エネルギー量を正確に求めることができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

[0012] 本発明の第2の目的は、希釈燃焼を実現することで得られる燃料低減量が点火プラグの放電を行なうために必要となる電力のために消費される燃料消費量を上回る時の放電エネルギー量を正確に求めることができる内燃機関の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

[0013] 本発明の第1の特徴は、点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイルと、点火コイルに放電電圧を発生させる放電電圧発生部と、放電電圧発生部で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める基本放電エネルギー算出手段を有する点火制御手段を備え、点火制御手段は、内燃機関の気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御するのに必要となる放電エネルギー量を、外的な環境要因によって定まる気筒内の混合気の状態に対応して、基本放電エネルギー算出手段で求められた基本放電エネルギー量を補正して求める放電エネルギー補正手段を備える、ところにある。

[0014] 本発明の第2の特徴は、点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイルと、点火コイルに放電電圧を発生させる放電電圧発生部と、放電電圧発生部で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める基本放電エネルギー算出手段を有する点火制御手段を備え、点火制御手段は、内燃機関の気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御することで得られる燃料低減量が、点火プラグでの放電を行なうために必要となる電力のために消費される燃料消費量を上回る場合は、基本放電エネルギー算出手段で求めた基本放電エネルギー量を増加補正する放電エネルギー補正手段を備える、ところにある。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、外的な環境要因（外乱）を考慮した上で、目標とするガス燃料比 G/F に制御するために必要となる放電エネルギー量を正確に求めることができる。

[0016] また、希釈燃焼による燃料低減量が点火プラグの放電を行なうために必要となる放電エネルギーを得るために増加する燃料消費量を上回る場合に、放電エネルギーを増加するので、希釈された混合気の燃焼を安定化させることができ、また、燃費性能を向上できるものである。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]内燃機関のシステム構成を示す構成図である。

[図2]本発明が適用される内燃機関の制御装置の構成を示す構成図である。

[図3]本発明の実施形態になる制御ブロック図である。

[図4]内燃機関のトルクと回転数に対応した放電エネルギーを示す特性図である。

[図5]空気やEGRガスからなる新規ガスの質量和と燃料の質量の比（ガス燃料比 G/F ）に対する電気エネルギー比の関係を示す特性図である。

[図6]有効ガス燃料比 G/F とエネルギー比の関係を示す特性図である。

[図7]空気の絶対湿度とエネルギー比の関係を示す特性図である。

[図8]冷却水温度とエネルギー比の関係を示す特性図である。

[図9]吸気温度とエネルギー比の関係を示す特性図である。

[図10]本発明の実施形態になる、図3に示す基本放電エネルギー算出部で実行する制御ステップを説明するための制御フローチャートである。

[図11]本発明の実施形態になる、図3に示す要求放電エネルギー算出部で実行する制御ステップを説明するための制御フローチャートである。

[図12]本発明の実施形態になる図3に示すエネルギー得失算出部で実行する制御ステップを説明するための制御フローチャートである。

[図13]本発明の実施形態になる図3に示す最終放電エネルギー算出部で実行する制御ステップを説明するための制御フローチャートである。

[図14]図13に示す放電エネルギーの決定を行なう制御ステップ(S41)を説明するための制御フローチャートである。

[図15]ガス燃料比 G/F と燃料低減量の関係を示す特性図である。

[図16]本発明の実施形態に使用される点火コイルの構成を示す構成図である。

[図17]本発明の他の実施形態になる図3に示す補正放電エネルギー算出部で実行する制御ステップを説明するための制御フローチャートである。

[図18]本発明の他の実施形態になる図3に示すエネルギー得失算出部で実行する制御ステップを説明するための制御フローチャートである。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて詳細に説明するが、本発明は以下の実施形態に限定されることなく、本発明の技術的な概念の中で種々の変形例や応用例をもその範囲に含むものである。

実施例 1

[0019] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明するが、以下に示す実施形態に共通の構成を図1乃至図4を用いて説明する。

[0020] 図1は、自動車に使用される火花点火式内燃機関のシステム構成を示しており、ガソリン燃料を気筒内に直接噴射する筒内燃料噴射弁を備えている。

[0021] 内燃機関ENGは、火花点火燃焼を実施する自動車用の筒内噴射式内燃機

関である。吸入空気量及び吸気温度を計測するエアフローセンサ１と、吸気湿度検出手段である湿度センサ３と、吸気を過給するための過給機のコンプレッサ４aと、吸気を冷却するためのインタークーラ７と、吸気管圧力を調整する電子制御スロットル２が吸気管の各々の適宜位置に備えられている。

[0022] ここで、湿度センサ３は相対湿度及び絶対湿度が検出可能なセンサである。また、内燃機関ＥＮＧには、各気筒のシリンダ１４の中に燃料を噴射する燃料噴射装置（以下、インジェクタと記載する）１３と、点火エネルギーを供給する点火装置（以下、点火コイル１６、点火プラグ１７）が気筒ごとに備えられている。また、気筒内に流入する混合気、または気筒内から排出する排気ガスを調整する可変バルブ５が、シリンダヘッドに備えられている。可変バルブ５を調整することにより、全気筒の吸気量および内部ＥＧＲ量を調整する。

[0023] また、図示していないが燃料噴射装置１３に高圧燃料を供給するための高圧燃料ポンプが燃料配管によって燃料噴射装置１３と接続されており、燃料配管中には、燃料噴射圧力を計測するための燃料圧力センサが備えられている。また、内燃機関のピストン位置を検知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。クランク角度センサ１９の出力情報はＥＣＵ２０に送られる。

[0024] 更に、排気エネルギーによって過給機のコンプレッサ４aに回転力を与えるためのタービン４bと、タービンに流れる排気流量を調整するための電子制御ウェイストゲート弁１１と、排気を浄化する三元触媒１０と、空燃比検出器の一態様であって、三元触媒１０の上流側にて排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサ９とが排気管１５の各々の適宜位置に備えられる。また、図示していないが内燃機関を巡る冷却水の温度を計測する温度センサ１８が備えられている。

[0025] エアフローセンサ１、湿度センサ３、温度センサ１８と空燃比センサ９から得られる出力情報は、内燃機関を制御するコントロールユニット（ＥＣＵ）２０に送られる。また、アクセル開度センサ１２から得られる出力情報が

ＥＣＵ２０に送られている。アクセル開度センサ１２は、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。

[0026] ＥＣＵ２０は、アクセル開度センサ１２の出力情報に基づいて、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、ＥＣＵ２０は、クランク角度センサの出力情報に基づいて、内燃機関の回転速度を演算する。ＥＣＵ２０は、上記各種センサの出力情報から得られる内燃機関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の主要な作動量を最適に演算する。

[0027] ＥＣＵ２０で演算され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に送られる。また、ＥＣＵ２０で演算された点火時期で点火されるように、点火信号が点火コイル１６に送られる。また、ＥＣＵ２０で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２に送られる。

[0028] 吸気管から吸気バルブを経てシリンダ１４内に流入した空気に対し、燃料が噴射され、混合気を形成する。混合気は所定の点火時期で点火プラグ１６から発生される火花により爆発し、その燃焼圧によりピストンを押し下げて内燃機関の駆動力となる。更に、爆発後の排気ガスは排気管１５を経て、三元触媒１０に送りこまれ、排気成分は三元触媒１０内で浄化され、外部へと排出される。

[0029] このような内燃機関システムにおいて、次に本実施形態の詳細について説明する。図２は、本発明が適用される内燃機関の制御装置の構成を示す制御ブロックを示している。エアフローセンサ１からの空気量情報、湿度センサ３からの湿度情報、アクセル開度センサ１２からのアクセル踏込情報、クランク角センサ１９からの角度情報等の入力信号は、制御手段であるＥＣＵ２０の入力回路２１に入力される。但し、入力信号はこれらだけに限られるものではないので、適宜に追加して説明する。

[0030] 入力された各センサの入力信号は、入出力ポート２２内の入力ポートに送

られる。入力ポート 22 に送られた入力情報は、RAM 23c に一時保管され、CPU 23a で、所定の制御プログラムにしたがって演算処理される。演算処理の内容を記述した制御プログラムは、ROM 23b に予め書き込まれている。

[0031] 制御プログラムにしたがって演算された内燃機関を制御する燃料噴射弁や点火コイルへの作動量を示す出力情報は、RAM 23c に一時保管された後、入出力ポート 22 内の出力ポートに送られ、夫々の駆動回路を経て燃料噴射弁や点火コイルへ送られる。尚、内燃機関にはこれら以外のアクチュエータも使用されているが、ここでは説明を省略する。

[0032] 本実施形態の場合は、駆動回路として点火制御部 24 を示しており、点火制御部 24 は、点火コイルへの通電時期や放電エネルギー量を制御する。本実施形態においては、ECU 20 内に点火コイルへの通電時間や放電エネルギー量を制御するための点火制御部 24 を備えているが、これに限るものではなく、点火制御部 24 の一部、または、点火制御部 24 の全てが ECU 20 とは別の装置に実装されていても差し支えないものである。

[0033] そして、ECU 20 は検出した空気量、クランク角、冷却水温、吸気温度、湿度等に応じて、点火プラグの放電エネルギーを演算して適切なタイミング(通流時間や点火時期)に点火コイルへ通電して、気筒内の混合気に着火するものである。

[0034] 図 3 は、本発明の実施形態になる内燃機関の制御装置である ECU 20 内の点火制御部 24 で実施される放電エネルギー制御の概要を示す制御ブロックである。

[0035] 基本放電エネルギー算出部 25 は、アクセル開度センサ 12 の出力情報から算出された要求トルクと、クランク角センサ 19 の出力情報から算出された内燃機関の回転速度に基いて、基本電流エネルギー量と基本放電期間を算出する機能を備えている。基本放電エネルギー算出部で算出された基本放電エネルギー量と基本放電期間は、次段の要求放電エネルギー算出部 26 に入力される。

[0036] 要求放電エネルギー算出部 26 は、基本放電エネルギー算出部で算出された基

本放電エネルギー量を、目標ガス燃料比 G/F 、冷却水温度、吸気温度、新気ガスの湿度等に基づいて補正して、要求放電エネルギー量を求める機能を備えている。ここで、目標ガス燃料比 G/F は、新規ガス（空気とEGRガス及び水蒸気等が混合された気体）の質量と燃料の質量の比である。要求放電エネルギー算出部26で算出された要求放電エネルギー量は、次段のエネルギー得失算出部27と、最終放電エネルギー算出部28に入力される。

[0037] エネルギー得失算出部27は、要求放電エネルギー算出部で算出した要求放電エネルギー量を得るための電力に必要な燃料消費量（＝機械エネルギー消費量）の増加量と、混合気の濃度を目標ガス燃料比 G/F に制御した時の燃料低減量とから、目標ガス燃料比 G/F に制御した時の燃費の得失を算出する機能を備えている。このエネルギー得失算出部27で得られる演算結果は、例えば、要求放電エネルギー量を補正する判断や、目標ガス燃料比 G/F を切り換える判断に使用されものであり、制御フラグとして設定される。

[0038] 最終放電エネルギー算出部28は、要求放電エネルギー算出部26で求められた要求放電エネルギー量を、エネルギー得失算出部27で演算された制御フラグにしたがって補正して、最終放電エネルギー量を求めるものである。最終放電エネルギー算出部28で算出された最終放電エネルギー量は、次段の放電エネルギー制御部29に入力される。尚、ガス燃料比 G/F 制御部30には、最終放電エネルギー算出部28から制御すべき目標ガス燃料比 G/F の情報が送られている。

[0039] 放電エネルギー制御部29は、最終放電エネルギー量から点火コイルへの通電電流値、点火時期、通流時間、放電パターン等を制御して点火制御する機能を備えており、放電エネルギー制御部29は点火コイルに一体化されている。尚、放電エネルギー制御部29は点火制御部24に含まれるように構成することもできる。

[0040] また、ガス燃料比 G/F 制御部30は、最終放電エネルギー算出部28から制御すべき目標ガス燃料比 G/F が送られてきており、この目標ガス燃料比 G/F にしたがってインジェクタ13から噴射される燃料量を補正制御する

機能を備えている。後述するように、エネルギー得失算出部 27 で演算された制御フラグによって、目標ガス燃料比 G/F が標準ガス燃料比 G/F （例えば、理論混合気）か、或いはこれよりも新気ガス量が多いガス燃料比 G/F （希薄混合気）に設定されるものである。

[0041] 本実施形態は図 3 に示す各制御ブロックを基本構成としており、以下、図 3 に示す各制御ブロックの詳細を説明する。ただ、その前に基本となる放電エネルギー量、及び外的な環境要因による影響を補正するための各種パラメータの補正值の求め方について説明する。

[0042] 図 4 は、内燃機関の運転状態に対応して作成したマップ上で基本放電エネルギー量を定める基本放電エネルギーマップを示している。そして、内燃機関の出力が小さい状態から内燃機関の出力が大きい状態にかけて、基本放電エネルギー量は増加する方向にある。ただし、負荷（トルク）が低く、回転数が小さい条件では、気筒内の混合気の燃焼が不安定化しやすいため、特定の領域で基本放電エネルギーが増加する特性とされている。ここで、基本放電エネルギー量のマップは基準温度 T_{ref} 、乾燥空気の外気条件下で、実験やシミュレーションで構築したものである。尚、構築した図 4 に示す基本放電エネルギーマップは、図 2 に示す ROM 23 b に予め保存されている。

[0043] 図 5 は、内燃機関の運転条件（機関出力、機関回転数）を固定した条件において、横軸をガス燃料比 G/F とし、縦軸を「基本放電エネルギー量」と「目標ガス燃料比 G/F に制御した時に必要となる放電エネルギー量」との比である「放電エネルギー比」にしたマップである。この放電エネルギー比は、「目標ガス燃料比 G/F に制御した時に必要となる放電エネルギー量」を「基本放電エネルギー量」で除した値である。

[0044] 尚、図 5 では、放電エネルギー比としているが、これは「目標ガス燃料比 G/F に制御した時に必要となる放電エネルギー量」と「基本放電エネルギー量」の差としても差し支えないものである。

[0045] そして、混合気の希釈度が大きい、つまりガス燃料比 G/F が大きくなるにつれて、要求される放電エネルギー量は増加するようになる。また、目標ガ

ス燃料比 G/F が大きくなって、気筒内の混合気の燃焼が不安定化する状態に近づくと要求放電エネルギー量は急激に増加するようになる。このように、混合気の目標希釈度（目標ガス燃料比 G/F ）と放電エネルギーの値は概ね正の相関性を有している。

[0046] 尚、目標ガス燃料比 G/F に対する要求放電エネルギーの特性は、新規ガスが空気だけの場合と、空気と EGR ガスが混合された混合ガスの場合で異なるものである。一般的に、同じガス燃料比 G/F の条件であっても、新気ガスが空気だけの場合は、混合ガスがストイキ条件の EGR ガスの場合に比べて、要求される要求放電エネルギー量が少ないものである。

[0047] これは、空気には酸素が含まれるため、酸素を含まないストイキ条件の EGR ガスよりも、燃料の燃焼反応性の低下が少ないことや、比熱が異なるため点火時期における温度が高くなるためである。尚、図 5 は特定の運転条件における特性であり、図 2 に示す ROM 23b には、複数の運転条件において同様の関係を定める放電エネルギー比マップを備えているものである。この放電エネルギー比マップも、実験やシミュレーションで求めたものである。

[0048] 図 6 は、内燃機関の運転条件（機関出力、機関回転数）を固定した条件において、図 5 と同様の「基本放電エネルギー量」と「目標有効ガス燃料比 G/F に制御した時に必要となる放電エネルギー量」との比である「放電エネルギー比」を示すマップである。この放電エネルギー比は、「目標ガス有効燃料比 G/F に制御した時に必要となる放電エネルギー量」を「基本放電エネルギー量」で除した値である。ここで、有効ガス燃料比 G/F とは、新気ガスの組成（酸素、窒素、二酸化炭素等）の違いを考慮して計算する指標値である。

[0049] 例えば、空気と EGR ガスの混合ガスを考えた場合、有効ガス燃料比 G/F を「 $G_b F_{eff}$ 」とし、目標空燃比 A/F を「 $A_b F_{tar}$ 」とし、目標 EGR 率を「 EGR_{tar} 」、EGR に関する補正係数を「 α 」とすると、有効ガス燃料比 G/F は次の (1) 式で計算できる。

$$G_b F_{eff} = A_b F_{tar} \{ 1 + \alpha EGR_{tar} / (1 - EGR_{tar}) \} \dots (1)$$

尚、図 6 では、放電エネルギー比としているが、図 5 でも説明した

ように「目標有効ガス燃料比 G/F に制御した時に必要となる放電エネルギー量」と「基本放電エネルギー量」の差としても差し支えないものである。

[0050] そして、混合気の目標有効ガス燃料比 G/F が大きいと、要求される放電エネルギー量は増加する。また、目標有効ガス燃料比 G/F が大きく、混合気の燃焼が不安定化する条件に近づくと、要求放電エネルギーは急激に増加する。このように(1)式からわかるように、空気、EGRガス等のパラメータの影響を一つの指標値で扱うことができる。このため、それぞれのパラメータに対する放電エネルギーの補正値をECU20に格納する場合に比べて、必要とするメモリ容量や、計算負荷を低減することができる。

[0051] 尚、図6は特定の運転条件における特性であり、図2に示すROM23bには、複数の運転条件において同様の関係を定める放電エネルギー比マップを備えているものである。この放電エネルギー比マップも、実験やシミュレーションで求めたものである。

[0052] 図7は、内燃機関の運転条件（機関出力、機関回転数）を固定した条件において、新気ガスの絶対湿度に対する放電エネルギー比の変化を示している。図7は、横軸を絶対湿度とし、縦軸を「絶対湿度0%での要求放電エネルギー量」を基準として「目標ガス燃料比 G/F の値が夫々「大」、「中」、「小」の場合の要求放電エネルギー量」との比である「放電エネルギー比」としたマップである。この放電エネルギー比は、「目標ガス有効燃料比 G/F を得るために必要となる放電エネルギー量」を「絶対湿度0%での要求放電エネルギー量」で除した値である。尚、図7においても、夫々の放電エネルギー量の差としても差し支えないものである。

[0053] このように、新気ガス中の水分は、希釈ガスとして働くため、絶対湿度が高いほど、放電エネルギー量は増加する関係にある。したがって、ガス燃料比 G/F の条件によって、同じ湿度条件であっても要求放電エネルギー量は異なるものであり、ガス燃料比 G/F が大きいほど要求放電エネルギー量が大きくなる。図7は特定の運転条件における特性であり、図2に示すROM23bには、複数の運転条件において同様の関係を定める放電エネルギー比マップを

備えているものである。この放電エネルギー比マップも、実験やシミュレーションで求めたものである。

[0054] 図8は、内燃機関の運転条件（機関出力、機関回転数）を固定した条件において、冷却水温に対する要求放電エネルギー量の変化を示している。図8は、横軸を冷却水温度とし、縦軸を「暖機状態での要求放電エネルギー量」を基準として、「目標ガス燃料比 G/F の値が夫々「大」、「中」、「小」の場合の要求放電エネルギー量」との比である「放電エネルギー比」としたマップである。この放電エネルギー比は、「目標ガス燃料比 G/F を得るために必要となる放電エネルギー量」を「暖機状態での要求放電エネルギー量」で除した値である。尚、図8においても、夫々の放電エネルギー量の差としても差し支えないものである。ここで、上述の暖機状態は、概ね冷却水温が 80°C 程度に達した状態を指すものである。

[0055] 冷却水温はシリンダ壁への冷却損失に影響を与え、冷却水温度が低いほど、放電中における火炎核から壁面への冷却損失が増加する。このため、冷却水温が低いほど要求放電エネルギー量は増加する関係にある。ガス燃料比 G/F の条件によって、同じ温度条件であっても要求放電エネルギー量は異なるものであり、ガス燃料比 G/F が大きいほど要求放電エネルギー量が大きくなる。図8は特定の運転条件における特性であり、図2に示すROM23bには、複数の運転条件において同様の関係を定める放電エネルギー比マップを備えているものである。この放電エネルギー比マップも、実験やシミュレーションで求めたものである。

[0056] 図9は、内燃機関の運転条件（機関出力、機関回転数）を固定した条件において、吸気温度に対する要求放電エネルギー量の変化を示している。図9では、横軸を吸気温度とし、縦軸を「標準大気条件での吸気温度の要求放電エネルギー量」を基準として、「目標ガス燃料比 G/F の値が夫々「大」、「中」、「小」の場合の要求放電エネルギー量」との比である「放電エネルギー比」としたマップである。この放電エネルギー比は、「目標ガス燃料比 G/F を得るために必要となる放電エネルギー量」を「標準大気条件での吸気温度の要求放

電エネルギー量」で除した値である。尚、図9においても、夫々の放電エネルギー量の差としても差し支えないものである。

[0057] 吸気温度は、周囲ガスへの冷却損失や、放電中の火炎核の成長、及び燃焼反応速度に影響を与える。具体的には、吸気温度が低いほど、冷却損失が増加し、また、火炎核の成長速度が低下するので発熱速度が低下する。このため、吸気温度が低いほど、要求放電エネルギー量は増加する傾向にある。ガス燃料比 G/F の条件によって、同じ吸気温度条件であっても要求放電エネルギー量は異なるものであり、ガス燃料比 G/F が大きいほど要求放電エネルギー量が大きくなる。図9は特定の運転条件における特性であり、図2に示すROM23bには、複数の運転条件において同様の関係を定める放電エネルギー比マップを備えているものである。この放電エネルギー比マップも、実験やシミュレーションで求めたものである。

[0058] 次に、図3に示す本実施形態の各制御ブロックの詳細を説明するが、基本的にはECU20に搭載された、マイクロコンピュータシステムの制御プログラムで実行される機能であるので、以下ではその制御フローチャートに基づき説明する。

[0059] ≪基本放電エネルギー算出部≫図10は、図3の基本放電エネルギー算出部25で実行される演算処理の制御フローを示している。

[0060] [ステップS10] ステップS10においては、アクセル踏込量から決まる要求トルク及び内燃機関の回転数から基本放電エネルギー量を演算する。この制御ステップでの演算においては、図4に示すような内燃機関の回転数と内燃機関のトルクとで、予め定められた基本放電エネルギーマップから求めることができる。基本放電エネルギー量が求まるとステップS11に移行する。

[0061] [ステップS11] ステップS11においては、要求トルク及び内燃機関の回転数から基本放電期間を決定する。この演算においても、基本放電エネルギー量を演算する方法と同様に、内燃機関の回転数と要求トルクとで、予め定められた基本放電期間マップから求めることができる。

[0062] この制御フローで求められた基本放電エネルギー量と基本放電期間は、次段

の要求放電エネルギー算出部に送られ、各種の外的な環境要因を表すパラメータ(外乱)に基づいて補正演算されて要求放電エネルギー量が算出される。

[0063] 《要求放電エネルギー算出部》図11は、図3の要求放電エネルギー算出部26で実行される演算処理の制御フローを示している。

[0064] [ステップS20] ステップS20においては、目標ガス燃料比 G/F に対応する放電エネルギー補正値を決定する。これは、図5に示したような放電エネルギー比マップから得られた放電エネルギー比を利用して求めることができる。つまり、運転状態に対応して定められた放電エネルギー比マップから、目標ガス燃料比 G/F に対応した放電エネルギー比を求めればよく、この放電エネルギー比で基本放電エネルギー量を補正して、要求放電エネルギー量を求めるものである。

[0065] 尚、目標ガス燃料比 G/F の代わりに、図6に示す目標有効ガス燃料比 G/F に対応する放電エネルギー比マップを使用することも可能である。これについては図17で説明する。また、図7～図9に示すような外的な環境要因である湿度、冷却水温度、吸気温度についても同様である。目標ガス燃料比 G/F に対応する放電エネルギー比が求まるとステップS21に移行する。

[0066] [ステップS21] ステップS21においては、湿度センサで検出した新気ガスの湿度に対応する放電エネルギー補正値を決定する。これは、図7に示したような放電エネルギー比マップから得られた放電エネルギー比を利用して求めることができる。ここでは、目標ガス燃料比 G/F 毎の湿度に対応する放電エネルギー比から補正値を求めている。尚、マップの記憶容量を低減する場合は、複数のガス燃料比 G/F 毎のデータ間を補間することで、目標ガス燃料比 G/F 毎の間の補正値を求めることができる。湿度に対応する放電エネルギー比が求まるとステップS22に移行する。

[0067] [ステップS22] ステップS22においては、冷却水温度に対応する放電エネルギー補正値を決定する。これは、図8に示したような放電エネルギー比マップから得られた放電エネルギー比を利用して求めることができる。ここでも、目標ガス燃料比 G/F 毎の冷却水温度に対応する放電エネルギー比から補

正值を求めている。また、ステップS 2 1の説明にあるように、マップの記憶容量を低減する場合は、複数のガス燃料比G/F毎のデータ間を補間することで、目標ガス燃料比G/F毎の間の補正值を求めることができる。冷却水温に対応する放電エネルギー比が求まるとステップS 2 3に移行する。

[0068] [ステップS 2 3] ステップS 2 3においては、吸気温度温に対応する放電エネルギー補正值を決定する。これは、図9に示したような放電エネルギー比マップから得られた放電エネルギー比を利用して求めることができる。ここでは、目標ガス燃料比G/F毎の吸気温度に対応する放電エネルギー比から補正值を求めている。同様に、ステップS 2 1の説明にあるように、マップの記憶容量を低減する場合は、複数のガス燃料比G/F毎のデータ間を補間することで、目標ガス燃料比G/F毎の間の補正值を求めることができる。冷却水温に対応する放電エネルギー比が求まるとステップS 2 4に移行する。

[0069] [ステップS 2 4] ステップS 2 4においては、ステップS 2 0～S 2 3で求めた夫々の補正值から要求放電エネルギー量(DCER)を決定する。ここで、ステップS 2 0～S 2 3では補正值が放電エネルギー比で与えられているので、基本放電エネルギー量と、これらの補正值を加算した総補正值の積で、要求放電エネルギー量(DCER)が求められている。尚、放電エネルギー比の代わりに、放電エネルギー比を求める夫々の放電エネルギー量の差分とした補正量の場合は、基本要求エネルギー量と、これらの補正量を加算した総補正量を加算して、要求放電エネルギー量(DCER)を求めることができる。

[0070] このように、放電後の火炎核の形成に影響を与える外乱を考慮して要求放電エネルギー量を求めることができる。したがって、様々な条件で変化する目標ガス燃料比G/Fの状態であっても、安定燃焼を実現できる要求放電エネルギーの設定ができるため、放電後の火炎核の形成の失敗による失火等の発生を抑制することができるようになる。

[0071] この制御フローで求められた要求放電エネルギー量は、次段のエネルギー得失算出部27、及び最終放電エネルギー算出部28に送られる。

[0072] ≪エネルギー得失算出部≫図12は、図3のエネルギー得失算出部27で実行

される演算処理の制御フローを示している。

[0073] [ステップS30] ステップS30においては、目標ガス燃料比 G/F に制御する場合の燃料低減量 $\Delta FC1$ を算出する。目標ガス燃料比 G/F に制御する場合の燃料低減量($\Delta FC1$)は、図15に示すような関係から決めることができる。燃料低減量 $\Delta FC1$ は運転条件や内燃機関の特性にも依存するが、目標ガス燃料比 G/F を増加(希薄方向)させることで燃料低減量は増加し、所定の目標ガス燃料比 G/F をこえると飽和する傾向にある。

[0074] 目標ガス燃料比 G/F に制御する時の1時間当たりの燃料低減量(FR) [g/kWh] から、単位時間(1秒)当りの削減可能な燃料低減量($\Delta FC1$) [g/s] は、内燃機関の出力(We) [W] とした時、以下の(2)式で与えられる。

$\Delta FC1 = FR \times We / 3600 \dots\dots (2)$ ここで、求められた燃料低減量 $\Delta FC1$ は、目標ガス燃料比 G/F から決まる燃料低減量となる。燃料低減量($\Delta FC1$)が求まると次のステップS31に移行する

[ステップS31] 次にステップS31においては、要求放電エネルギー量を得るために必要な燃料増加量($\Delta FC2$)を算出する。機械効率を例えば、投入エネルギー量に対する点火のための放電エネルギー量の転換効率(コイル効率) η_{co} 、内燃機関の熱効率 η_i 、ベルト伝達効率 η_t 、オルタネータ発電効率 η_a 、バッテリー充電効率 η_c 、バッテリーからの供給効率 η_s としたとき、要求放電エネルギー量 $DCER$ [J] を得るために一燃焼サイクル当りで必要とされるエネルギー消費量 Q_c [J] は、1回の放電当り以下の(3)式で与えられる。

$Q_c = DCER \times \eta_s \times \eta_c \times \eta_a \times \eta_t \times \eta_i \dots\dots (3)$ 今、ガソリンの発熱量 q_g [J/g] とすると、内燃機関の回転数 Ne [rpm] とした場合、一気筒の放電によって、1秒間に消費される燃料増加量 $\Delta FC2$ [g/s] は、以下の(4)式で与えられる。

$\Delta FC2 = \{Ne \times (Q_c / q_g)\} / 120 \dots\dots (4)$ ここで、求められた燃料増加量 $\Delta FC2$ は、上述した機械的効率から決まる機械的エネル

ギ消費量に対応する燃料増加量となる。燃料増加量 ($\Delta F C 2$) が求まると次のステップ S 3 2 に移行する。

[0075] [ステップ S 3 2] ステップ S 3 2 においては、ステップ S 3 0 求めた燃料低減量 ($\Delta F C 1$) と、ステップ S 3 1 求めた燃料増加量 ($\Delta F C 2$) の大小関係を比較する。そして、燃料低減量 ($\Delta F C 1$) が燃料増加量 ($\Delta F C 2$) に比べて大きい場合は、ステップ 3 3 に移行する。一方、燃料増加量 ($\Delta F C 2$) が燃料低減量 ($\Delta F C 1$) に比べて大きい場合は、ステップ S 3 4 に移行する。

[0076] このような判断を行なうのは、燃料低減量 ($\Delta F C 1$) が大きいと目標ガス燃料比 G/F を大きくして燃費を向上することができ、燃料増加量 ($\Delta F C 2$) が大きいと放電エネルギー量を小さくし、これに合せて目標ガス燃料比 G/F も小さくして混合気を濃くし、失火を避けるようにするためである。これについては後述する。

[0077] [ステップ S 3 3、S 3 4] そして、上述の判断結果にしたがって、ステップ S 3 3 においては、目標ガス燃料比 G/F 制御実施フラグ ($C F\_G b F$) を「ON」に設定し、ステップ S 3 4 では、目標ガス燃料比 G/F 制御実施フラグ ($C F\_G b F$) を「OFF」に設定する。

[0078] 以上の制御フローを実行することで、目標ガス燃料比 G/F に制御した場合の燃料低減量と、要求放電エネルギー量を得るために必要な燃料増加量を比較して、目標ガス燃料比 G/F で内燃機関を動作させた場合に、総合的な燃費低減が実現できるか否か判断することができる。

[0079] これによって、最終的に目標ガス燃料比 G/F で内燃機関を動作するように移行することができる。このように、総合的に燃費低減が実現できるときだけ、目標ガス燃料比 G/F を大きくした制御を実施することができ、燃費性能の向上を図ることができるようになる。この制御フローで求められた得失結果は、次段の最終放電エネルギー算出部 2 8 に送られる。

[0080] 《最終放電エネルギー算出部》図 1 3 は、図 3 の最終放電エネルギー算出部 2 8 で実行される演算処理の制御フローを示している。

- [0081] [ステップS 4 0] ステップS 4 0においては、新気ガスの吸気温度、湿度等に基づいて基本放電エネルギー算出部25で求められた基本放電エネルギー量を補正して補正基本放電エネルギー量(MFDE)を決定する。この補正基本放電エネルギー量(MFDE)は、目標ガス燃料比G/Fに切り替えない場合の放電エネルギー量である。したがってこの補正演算では目標ガス燃料比G/Fによる補正は行わないものである。この補正基本放電エネルギー量(MFDE)が求まると、ステップS 4 1に移行する。
- [0082] [ステップS 4 1] ステップS 4 1においては、ステップS 4 0で求めた補正基本放電エネルギー量(MFDE)と、図11のステップS 24で求めた要求放電エネルギー量(DCER)に基づき、点火コイルへのエネルギー投入量を決定する。この制御ステップS 4 1の詳細は、図14に示している制御フローで説明する。ステップS 4 1の演算が終了するとステップS 4 2に移行する。
- [0083] [ステップS 4 2] ステップS 4 2においては、エネルギー損失算出部27で求めた目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ(CF__GbF)が、「ON」か、或いは「OFF」かの判断を実行する。目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ(CF__GbF)が「ON」の場合は、ステップS 4 3に移行し、ガス燃料比G/F制御実施フラグ(CF__GbF)が「OFF」の場合は、ステップS 4 4に移行する。
- [0084] [ステップS 4 3] 目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ(CF__GbF)が「ON」の場合は、目標ガス燃料比G/Fへの変更を行なうように設定する。これによって、混合気が希薄状態に制御されて燃費が向上されるようになる。
- [0085] [ステップS 4 4] 一方、目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ(CF__GbF)が「OFF」の場合は、目標ガス燃料比G/Fへの変更を実行しないので、ステップS 4 4においては、目標ガス燃料比G/Fを標準ガス燃料比G/F、例えば、理論空燃比に設定する。したがって、放電エネルギー量を低減しても着火できる環境とすることができる。

[0086] 次に、ステップS 4 1で実行される点火コイルへの放電エネルギー量の決定方法について、図1 4を用いて詳細に説明する。

[0087] [ステップS 5 0] ステップS 5 0においては、目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ(CF__GbF)がONかOFFかを判断する。OFFの場合はステップS 5 5に移行し、ONの場合は、ステップS 5 1に移行する。

[0088] [ステップS 5 1] ステップS 5 1では、回転数に基づく放電期間(DC DR)の演算を実行する。定性的には回転数が高い場合は、ピストンの移動速度に合わせて気筒内の混合気の流動が強化されることで、放電中の再放電が生じて実質的な放電期間が短くなることや、点火に適切なピストン位置にピストンが存在する期間が回転数の増加と共に短くなることを考慮して、放電エネルギーを供給する期間を決めている。

[0089] 定性的には、放電期間を回転数に応じて短くするように設定すれば良く、例えば、内燃機関の回転数1 0 0 0 r p mにおける基準放電時間T r e f [s e c] をECU 2 0のROM 2 3 bに記憶し、これを基準にして演算の対象となる回転数N eから以下の(5)式ように演算して放電期間(DC DR)を求めることができる。

$$DC DR = (T r e f \times 1 0 0 0) / N e \cdots \cdots (5) \text{ 放電期間 (DC DR)}$$

が求まるとステップS 5 2に移行する。

[0090] [ステップS 5 2]

ステップS 5 2においては、搭載されている点火コイル1 6を用いて、放電期間(DC DR)と同じ期間内に、発生することができる最大放電エネルギー量(DC EM)を演算する。これは、搭載されている点火コイル1 6の設計仕様から求めることができる。最大放電エネルギー量(DC EM)が求まるとステップS 5 3に移行する。

[0091] [ステップS 5 3] ステップS 5 3においては、ステップS 5 2で求めた最大放電エネルギー量(DC EM)と、図1 1のステップS 2 4で求めた要求放電エネルギー量(DC ER)とを比較する。この制御ステップで、最大放電エネルギー量(DC EM)が大きいと判断されるとステップS 5 6に移行し、

要求放電エネルギー量（DCER）が大きいと判断されるとステップS54に移行する。

[0092] [ステップS54] ステップS53での判定で、要求放電エネルギー量（DCER）が大きい場合は、要求放電エネルギー量による放電が実現できないことを示している。したがって、ステップS54では、目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ（CF__GbF）をOFFに設定し直すようにしている。目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ（CF__GbF）をOFFにするとステップS55に移行する。

[0093] [ステップS55] ステップS55においては、ステップS50、及びステップS54で目標ガス燃料比G/F制御実施フラグ（CF__GbF）がOFFとされているので、図13のステップS40で求めた補正基本放電エネルギー量（MFDE）を、最終放電エネルギー量として設定する。

この最終放電エネルギー量（＝補正基本放電エネルギー量）は、図13のステップS43で説明したように標準ガス燃料比G/Fに対応したものである。したがって、混合気の濃度が標準ガス燃料比G/Fに設定されているので、最終放電エネルギー量が小さくても着火することが可能である。この結果、失火が発生する可能性がある過大なガス燃料比G/Fにおける動作を避けることができる。補正基本放電エネルギー量（MFDE）が設定されるとステップS57に移行する。

[0094] [ステップS56] ステップS53で、要求放電エネルギー量（DCER）より最大放電エネルギー量（DCEM）が大きいと判断されると、要求放電エネルギー量（DCER）で放電することが可能と見做して、判断ステップS56では、要求放電エネルギー量（DCER）を、最終放電エネルギー量として設定する。最終放電エネルギー量が設定されるステップS57に移行する。

[0095] [ステップS57] ステップS57においては、点火プラグでの放電後の放電エネルギーの追加供給が必要か否かの判断するための放電可能エネルギー量（DENO）を演算する。本制御テップでは、放電開始後の追加電流無しで、放電期間（DCDR）の間に放電可能な放電可能エネルギー量（DENO）

を演算する。放電可能エネルギー量（DENO）は、点火コイルの設計仕様と、放電前の1次コイルに流す電流量及び放電期間（DCDR）から求めることができる。

放電可能エネルギー量（DENO）の演算が完了するとステップS58に移行する。

[0096] 尚、このような放電エネルギーの追加ができる点火コイルの例を図16に示している。通常の点火コイルは、放電前に1次側コイルに通電して電気エネルギーを充填し、点火制御装置によって1次側コイルに流れる電流を遮断する。この結果、コイルを通過する磁束が変化し、2次側コイルに高い電圧が生じ、点火プラグ17のプラグギャップに放電が生じるものである。

[0097] 一方、図16に示す点火コイルは、1次側コイルが第1コイル16PAと、付加コイルである第2コイル16PBの2つのコイルで構成されており、例えば第1コイル16PAと第2コイル16PBの電流を遮断した後に、第2コイル16PBに形成される磁束を増加させるように追加電流を流すことで、2次側コイル16Sに流れる電流を第2コイル16PBに追加電流を流さない場合に比べて、増加させることができる。

[0098] [ステップS58] ステップS57で放電可能エネルギー量（DENO）が求まると、ステップS58では、追加電流無しで放電可能な放電可能エネルギー量（DENO）と、最終放電エネルギー量である要求放電エネルギー量（DCER）を比較する。要求放電エネルギー（DCER）の方が大きい場合は、ステップS59に移行し、放電エネルギー（DENO）の方が大きい場合は、ステップS61に移行する。

[0099] [ステップS59] ステップS59においては、点火コイルの2次側に発生させる目標電流値を決定する。ここでは、定常状態で想定される2次側の放電電圧 V_g と要求放電エネルギー量（DCER）、及び放電期間（DCDR）から、目標電流値（ I_{tar} ）を以下の（6）式の演算で決めることができる。

$$I_{tar} = DCER / (DCDR \times V_g) \dots\dots (6) \text{ 目標電流値 } (I_{tar})$$

）が求まるとステップS 6 0に移行する。

[0100] [ステップS 6 0] ステップS 6 0においては、ステップS 5 9で求めた目標電流値（ I_{tar} ）を放電期間（DCDR）、またはこれ以上の期間に流せるように、図1 6に示すような1次側コイル1 6の第2コイル1 6PBの通電時間と追加電流パターン（時間変化）を決定する。この第2コイル1 6PBの通電時間と追加電流パターン（時間変化）が決定されるとエンドに抜けてこの制御フローを終了するものである。このように、本制御ステップでは、放電エネルギーが回転数と正の相関を持つように追加電流の電流量を制御している。

[0101] [ステップS 6 1、S 6 2] ステップS 5 8で要求放電エネルギー（DCER）が追加電流無しで放電可能な放電エネルギー（DENO）よりも小さいと判断されているので、ステップS 6 1においては、追加電流無しで最終放電エネルギーを得るため、放電前の1次コイルへの通電時間を演算する。放電前の電流通電時間の増加に応じて放電エネルギーは増加する関係にあり、またこの関係はコイルの特性として実験的に決定ができ、かつ、これらの関係はECU20に予め保存することができる。その後、ステップS 6 2に進み、通電後に1次コイル側に通電する電流量を「0」とする。

[0102] 尚、ステップS 5 5で求めた最終放電エネルギーとしての補正基本放電エネルギー（MFDE）もステップS 6 1と同じ手法で通電時間を算出されるものである。

[0103] ≪放電エネルギー制御部、G/F制御部≫

図1 3に示す制御フロー（＝最終放電エネルギー算出部2 8）で求められた、目標ガス燃料比G/Fの情報はG/F制御部30に与えられ、インジェクタ1 3からの燃料噴射量を制御して目標ガス燃料比G/Fが得られるようにする。同様に、最終放電エネルギーの情報は放電エネルギー制御部に与えられ、点火コイルの一次側に流れる一次電流の通流時間や点火時期を制御する。

[0104] 以上のような制御プロセスを実行することで、内燃機関の回転数で変化する気筒内混合気の流動の影響を考慮して適切な放電期間を設定でき、また1

次側コイルの一部に放電後に追加電流を通電することで、２次側コイルに発生させる電流量を適切に制御することができる。これによって、無駄な通電状態が是正されて、点火コイルの昇温による悪影響や、大電流が流れることによる点火プラグの消耗を抑制することができる防ぐことが出来る。

実施例 2

[0105] 次に本発明の第２の実施形態を説明するが、第１の実施形態と異なっている点は、パラメータを目標ガス燃料比 G/F に対して、目標有効ガス燃料比 G/F に置き換えたことである。したがって、要求放電エネルギー算出部２６で実行される図１１に示す制御フロー、及びエネルギー得失算出部２７実行される図１２に示す制御フローが異なっているものであり、これ以外は第１の実施形態と同様である。以下、夫々の算出部の詳細について説明する。

[0106] 《要求放電エネルギー算出部２６》図１７には、図３の要求放電エネルギー算出部２６で実行される第２の制御フローを示している。

[0107] [ステップＳ７０] ステップＳ７０においては、目標ガス燃料比 G/F 、及び湿度から目標有効ガス燃料比 G/F を決定する。これは、湿度センサ３によって検出した湿度も含めてガス量として見做し、目標ガス燃料比 G/F を達成した場合に気筒内に形成されるガス燃料比 G/F を評価し直して目標有効ガス燃料比 G/F としたものである。

[0108] 目標有効ガス燃料比 G/F を「 G_{bFeff} 」とし、目標空燃比 A/F を「 A_{bFtar} 」とし、目標ＥＧＲ率を「 EGR_{tar} 」、ＥＧＲに関する補正係数を「 α 」、絶対湿度を「 AH 」、湿度に関する補正係数を「 β 」とすると、目標有効ガス燃料比 G/F は次の（７）式で計算できる。

$$G_{bFeff} = A_{bFtar} (1 + \alpha EGR_{tar} / (1 - EGR_{tar}) + \beta AH) \dots\dots (7)$$

そして、目標有効ガス燃料比 G/F が求まるとステップＳ７１に移行する。

[0109] [ステップＳ７１]

ステップＳ７１においては、目標有効ガス燃料比 G/F に対応する放電エネルギー補正值を決定する。これは、先に図６に示したような放電エネルギー比

マップから得られた放電エネルギー比を利用して求めることができる。つまり、運転状態に対応して定められた放電エネルギー比マップから、目標有効ガス燃料比 G/F に対応した放電エネルギー比を求めればよく、この放電エネルギー比で基本放電エネルギー量を補正して、要求放電エネルギー量を求めるものである。放電エネルギー補正值が求まると次のステップに移行する。

[0110] [ステップ S 7 2]、[ステップ S 7 3]、[ステップ S 7 4] ステップ S 7 2 は図 1 1 のステップ S 2 2 に対応し、ステップ S 7 3 は図 1 1 のステップ S 2 3 に対応し、ステップ S 7 4 は図 1 1 のステップ S 2 4 に対応しているので、説明は省略する。

[0111] このように目標有効ガス燃料比 G/F を設定し、これに対応した放電エネルギー比を求めることで、目標ガス燃料比 G/F と湿度とに分けて設定していた放電エネルギー比マップを一つの放電エネルギー比マップに統合することができるため、ECU 20 の ROM 26 d のメモリ容量を削減することができる。

[0112] ≪エネルギー得失算出部 2 7≫図 1 8 には、図 3 のエネルギー得失算出部 2 7 で実行される第 2 の制御フローを示している。

[0113] [ステップ S 8 0] ステップ S 8 0 においては、目標有効ガス燃料比 G/F に制御する場合の燃料低減量 $\Delta FC1$ を算出する。目標有効ガス燃料比 G/F に制御する場合の燃料低減量 ($\Delta FC1$) は、図 1 5 に示すような関係から決めることができる。燃料低減量 $\Delta FC1$ は運転条件や内燃機関の特性にも依存するが、目標有効ガス燃料比 G/F を増加(希薄方向)させることで燃料低減量は増加し、所定の目標有効ガス燃料比 G/F をこえると飽和する傾向にある。

[0114] 目標有効ガス燃料比 G/F に制御する時の 1 時間当たりの燃料低減量 (FRE) [g/kWh] から、単位時間(1 秒)当りに削減可能な燃料低減量 ($\Delta FC1$) [g/s] は、内燃機関の出力 (We) [W] とした時、以下の (8) 式で与えられる。

$$\Delta FC1 = FRE \times We / 3600 \dots\dots (8)$$
 燃料低減量 ($\Delta FC1$) が求

まると次のステップに移行する。

[0115] [ステップS 8 1]、[ステップS 8 2]、[ステップS 8 3]、[ステップS 8 4] ステップS 8 1は図1 2のステップS 3 1に対応し、ステップS 8 2は図1 2のステップS 3 2に対応し、ステップS 8 3は図1 2のステップS 3 3に対応し、ステップS 8 4は図1 2のステップS 3 4に対応しているので、説明は省略する。

[0116] このように、第1の実施形態の作用、効果に加えて、内燃機関の燃料低減量の演算に目標有効ガス燃料比 G/F を用いることで、第1の実施形態に比べてマップデータ等の低減を図ることができるようになる。

[0117] 以上の通り、本発明の第1の特徴によれば、点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイルと、点火コイルに放電電圧を発生させる放電電圧発生部と、放電電圧発生部で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める基本放電エネルギー算出手段を有する点火制御手段を備え、点火制御手段は、内燃機関の気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御するのに必要となる放電エネルギー量を、外的な環境要因によって定まる気筒内の混合気の状態に対応して、基本放電エネルギー算出手段で求められた基本放電エネルギー量を補正して求める放電エネルギー補正手段を備える、構成とした。

[0118] これによれば、外的な環境要因（外乱）を考慮した上で、目標とするガス燃料比 G/F に制御するために必要となる放電エネルギー量を正確に求めることができる。

[0119] また、本発明の第2の特徴によれば、点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイルと、点火コイルに放電電圧を発生させる放電電圧発生部と、放電電圧発生部で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める基本放電エネルギー算出手段を有する点火制御手段を備え、点火制御手段は、内燃機関の気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御することで得られる燃料低減量が、点火プラグでの放電を行なうために必要となる電力のために消費される燃料消費量を上回る場合は、

基本放電エネルギー算出手段で求めた基本放電エネルギー量を増加補正する放電エネルギー補正手段を備える、構成とした。

[0120] これによれば、希釈燃焼による燃料低減量が点火プラグの放電を行なうために必要となる放電エネルギーを得るために増加する燃料消費量を上回る場合に、放電エネルギーを増加するので、希釈された混合気の燃焼を安定化させることができ、また、燃費性能を向上できるものである。

[0121] 尚、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

符号の説明

[0122] 1…エアフローセンサ、2…電子制御スロットル、3…湿度センサ、4…過給機、4a…コンプレッサ、4b…タービン、5…可変バルブ、6…吸気マニホールド、7…インタークーラ、9…空燃比センサ、10…三元触媒、11…ウェイストゲート弁、12…アクセル開度センサ、13…インジェクタ、14…シリンダ、15…排気管、16…点火コイル、17…点火プラグ、18…冷却水温センサ、19…クランク角センサ、20…ECU、21…入力回路、22…入出力ポート、23a…CPU、23b…ROM、23c…RAM、24…点火制御部、25…基本放電エネルギー算出部、26…要求放電エネルギー算出部、27…エネルギー得失算出部、28…最終放電エネルギー算出部、29…放電エネルギー制御部、30…ガス燃料比G/F制御部。

請求の範囲

- [請求項1] 点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイルと、
- 前記点火コイルに放電電圧を発生させる放電電圧発生部と、
- 前記放電電圧発生部で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める基本放電エネルギー算出手段を有する点火制御手段を備え、
- 前記点火制御手段は、前記内燃機関の気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御した時に必要となる放電エネルギー量を、外的な環境要因によって定まる前記気筒内の混合気の状態に対応して、前記基本放電エネルギー算出手段で求められた前記基本放電エネルギー量を補正して求める放電エネルギー補正手段を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。
- [請求項2] 点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイルと、
- 前記点火コイルに放電電圧を発生させる放電電圧発生部と、
- 前記放電電圧発生部で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める基本放電エネルギー算出手段を有する点火制御手段を備え、
- 前記点火制御手段は、前記内燃機関の気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御することで得られる燃料低減量が、前記点火プラグでの放電を行なうために必要となる電力のために消費される燃料消費量を上回る場合は、前記基本放電エネルギー算出手段で求めた前記基本放電エネルギー量を増加補正する放電エネルギー補正手段を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。
- [請求項3] 点火プラグに放電火花を発生させるための放電電圧を誘起する点火コイルと、
- 前記点火コイルに放電電圧を発生させる放電電圧発生部と、

前記放電電圧発生部で発生させる基本放電エネルギー量を内燃機関の運転条件に応じて定める基本放電エネルギー算出手段を有する点火制御手段を備え、

前記点火制御手段は、前記内燃機関の気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御した時に必要となる最終放電エネルギー量を、外的な環境要因によって定まる前記気筒内の混合気の状態に対応して、前記基本放電エネルギー算出手段で求められた前記基本放電エネルギー量を補正して求めると共に、前記気筒内の混合気を目標ガス燃料比 G/F に制御することで得られる燃料低減量が、前記点火プラグでの放電を行なうために必要となる電力のために消費される燃料消費量を上回る場合は、補正された前記基本放電エネルギー量を増加補正して前記最終放電エネルギー量とする放電エネルギー補正手段を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項4] 請求項 1 或いは請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置において、
前記基本放電エネルギー算出手段は、前記内燃機関の回転数と要求トルクから前記基本放電エネルギー量を求めると共に、
前記放電エネルギー補正手段は少なくとも前記外的な環境要因として前記目標ガス燃料比 G/F に基づいて前記基本放電エネルギー量を補正することを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項5] 請求項 4 に記載の内燃機関の制御装置において、
前記放電エネルギー補正手段は、前記基本放電エネルギー量を、前記目標ガス燃料比 G/F に加えて、前記外的な環境要因として新気ガスの湿度、吸気温度、前記内燃機関の冷却水の少なくとも 1 つ以上に基づいて補正することを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項6] 請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置において、
前記放電エネルギー補正手段によって前記基本放電エネルギー量が増加補正された場合、前記気筒内の混合気を量論混合比よりも希薄側の前記目標ガス燃料比 G/F に制御するガス燃料比制御手段を備えている

ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項7]

請求項2 或いは請求項3 に記載の内燃機関の制御装置において、

前記放電エネルギー補正手段によって、補正された前記基本放電エネルギー量が増加補正されない場合、前記気筒内の混合気を量論混合比に制御するガス燃料比制御手段を備えている

ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項8]

請求項6 に記載の内燃機関の制御装置において、

前記点火コイルの1 次コイルには、2 次コイルに放電電圧が発生した後に、前記2 次コイルに発生する放電電流を増加させる追加電流が流される付加コイルが設けられており、

前記放電エネルギー補正手段は、前記内燃機関の回転数から定まる放電期間の間に追加電流を流さない場合の放電可能エネルギー量を求めると共に、前記最終放電エネルギー量が前記放電可能エネルギー量を超えない場合は、前記付加コイルに追加電流を流す制御を実行することを特徴とする内燃機関の制御装置。

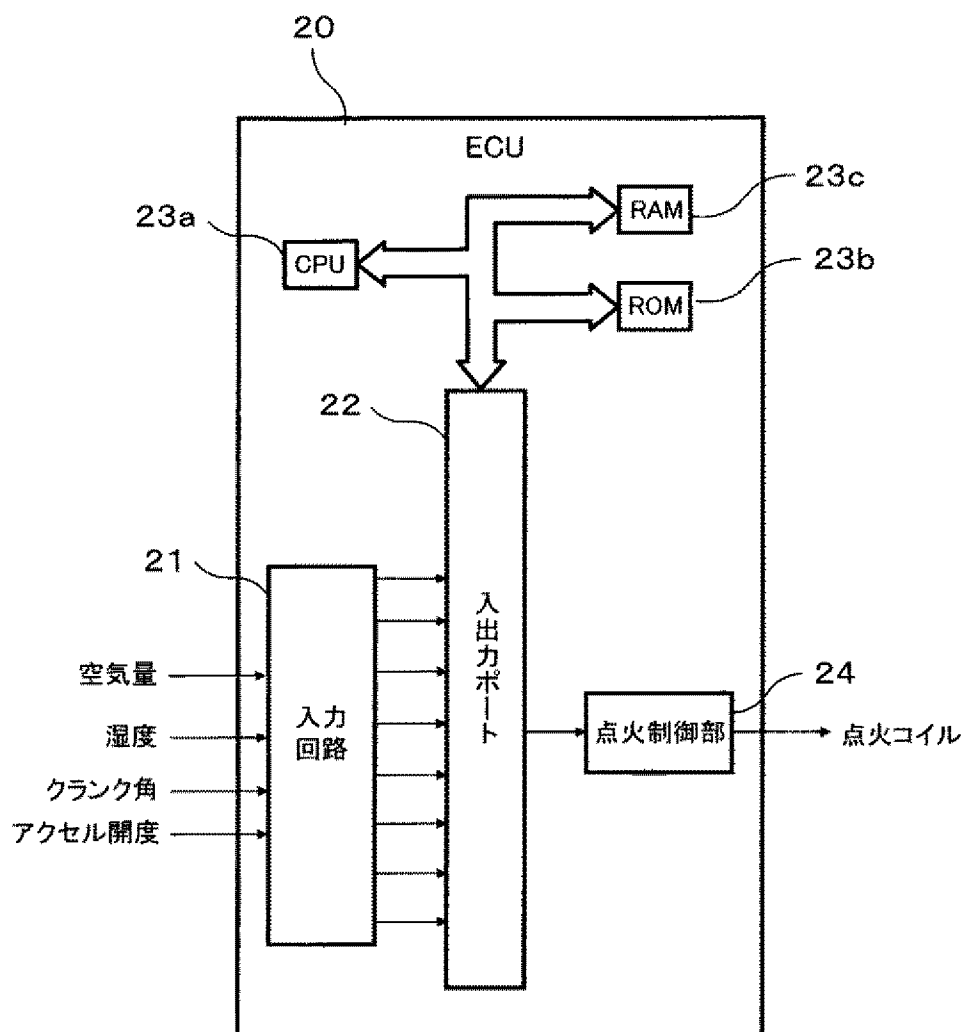
[請求項9]

請求項1 乃至請求項7 のいずれか1 つに記載の内燃機関の制御装置において、

前記目標ガス燃料比 G/F は、前記気筒内に吸入される空気及び排気ガス及び湿度を含む新気ガスと燃料から決められていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

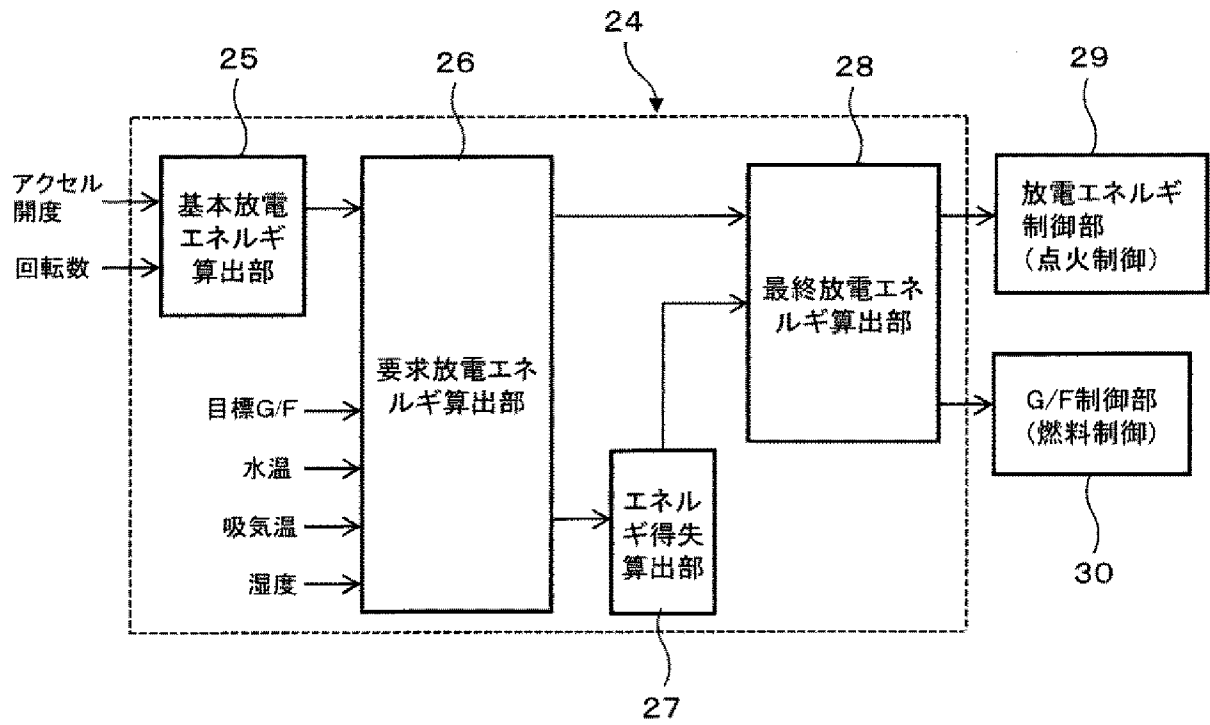
[図2]

図 2



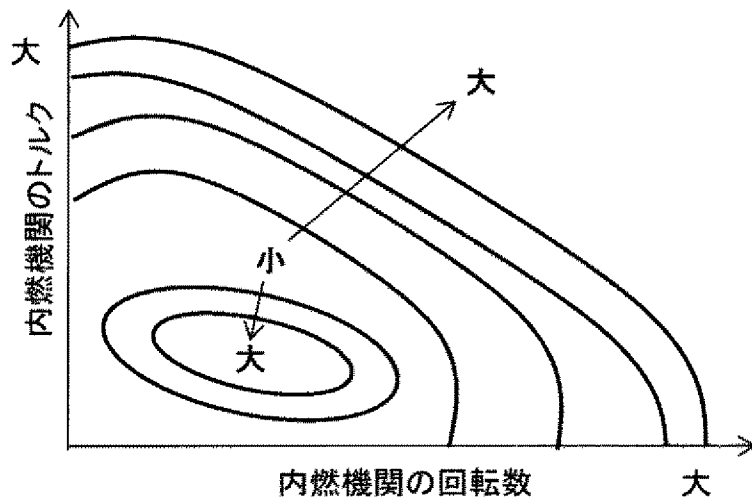
[図3]

図 3



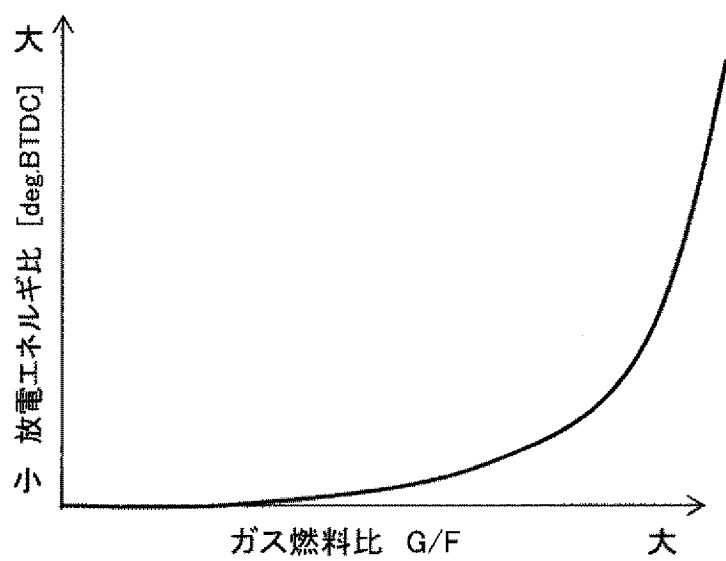
[図4]

図 4



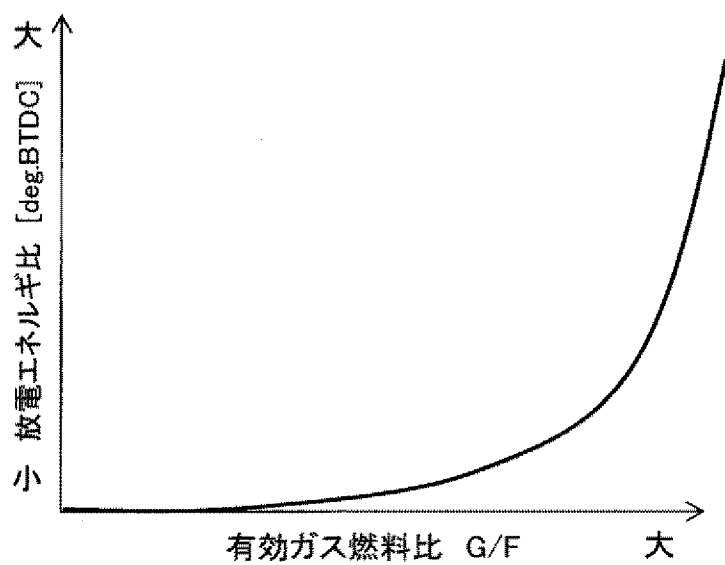
[図5]

図 5



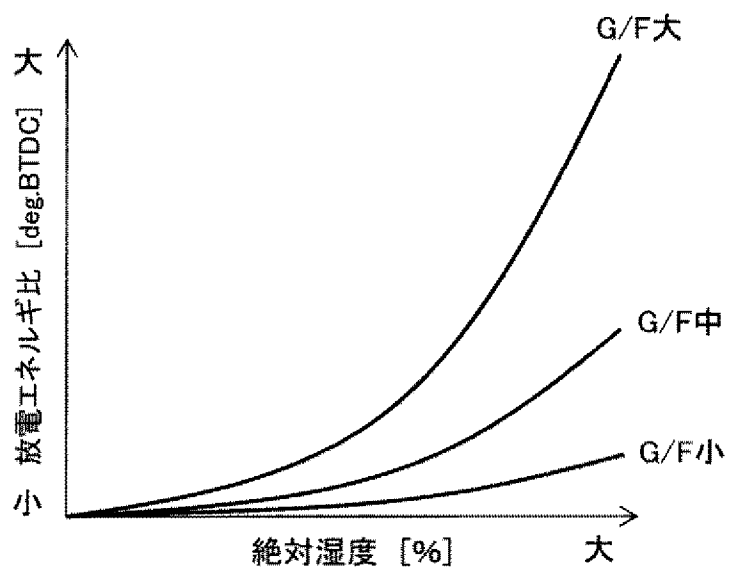
[図6]

図 6



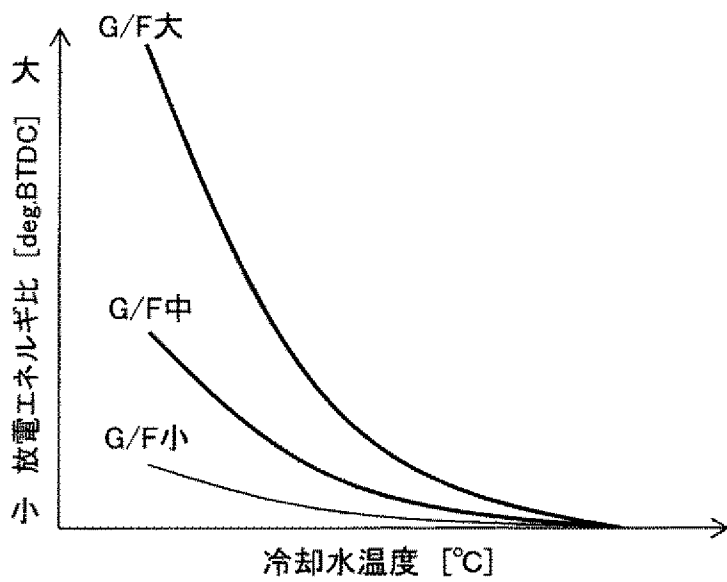
[図7]

図 7



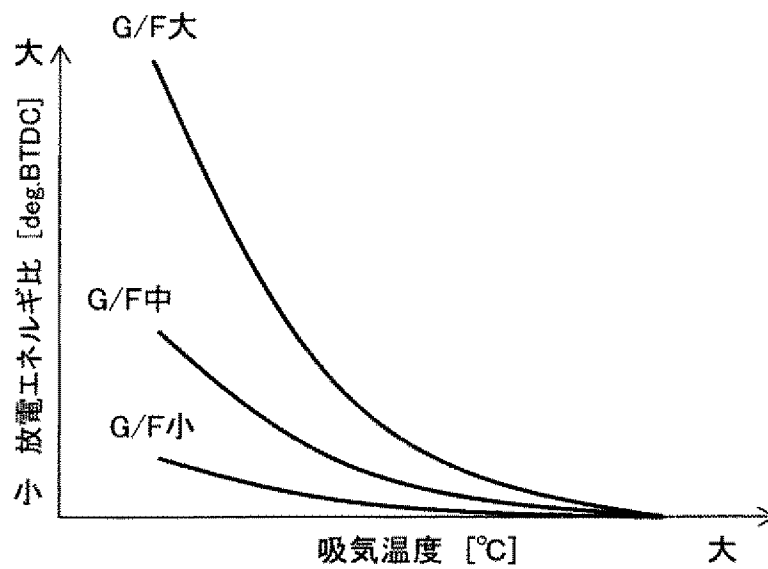
[図8]

図 8



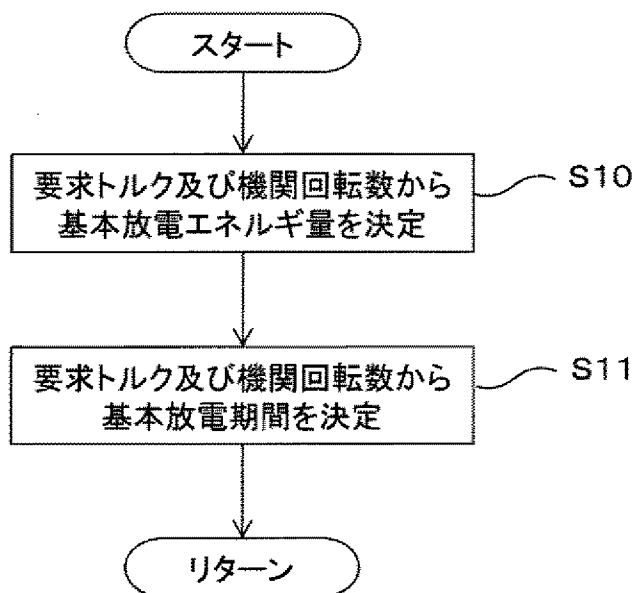
[図9]

図 9



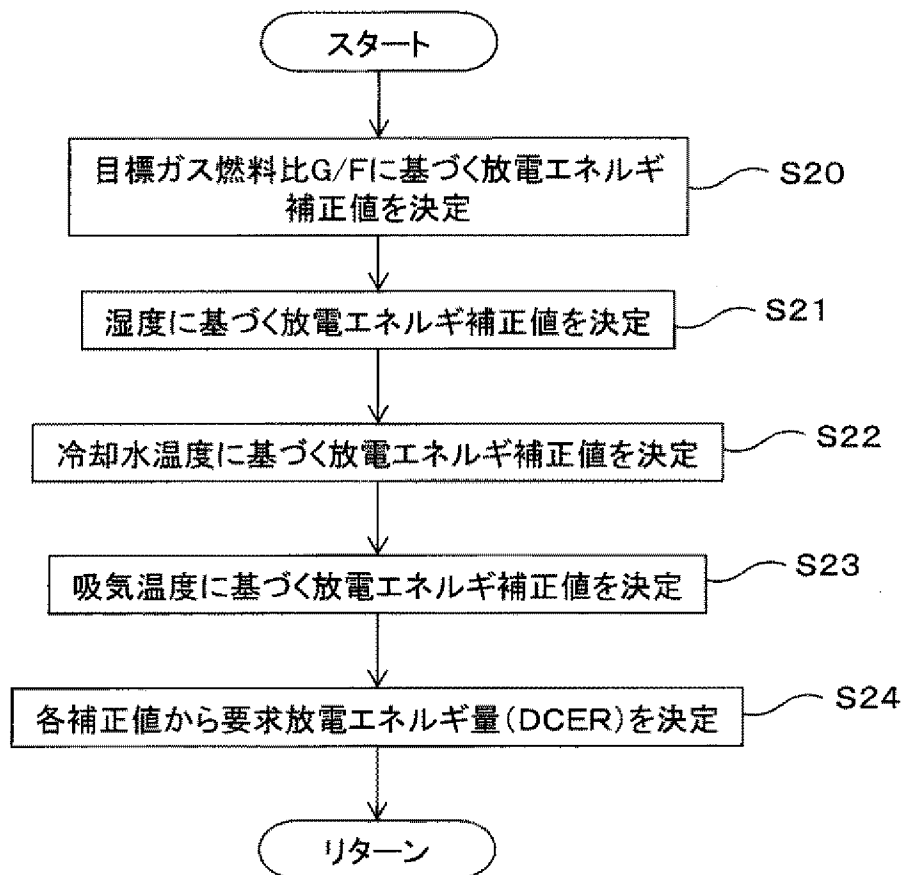
[図10]

図 10



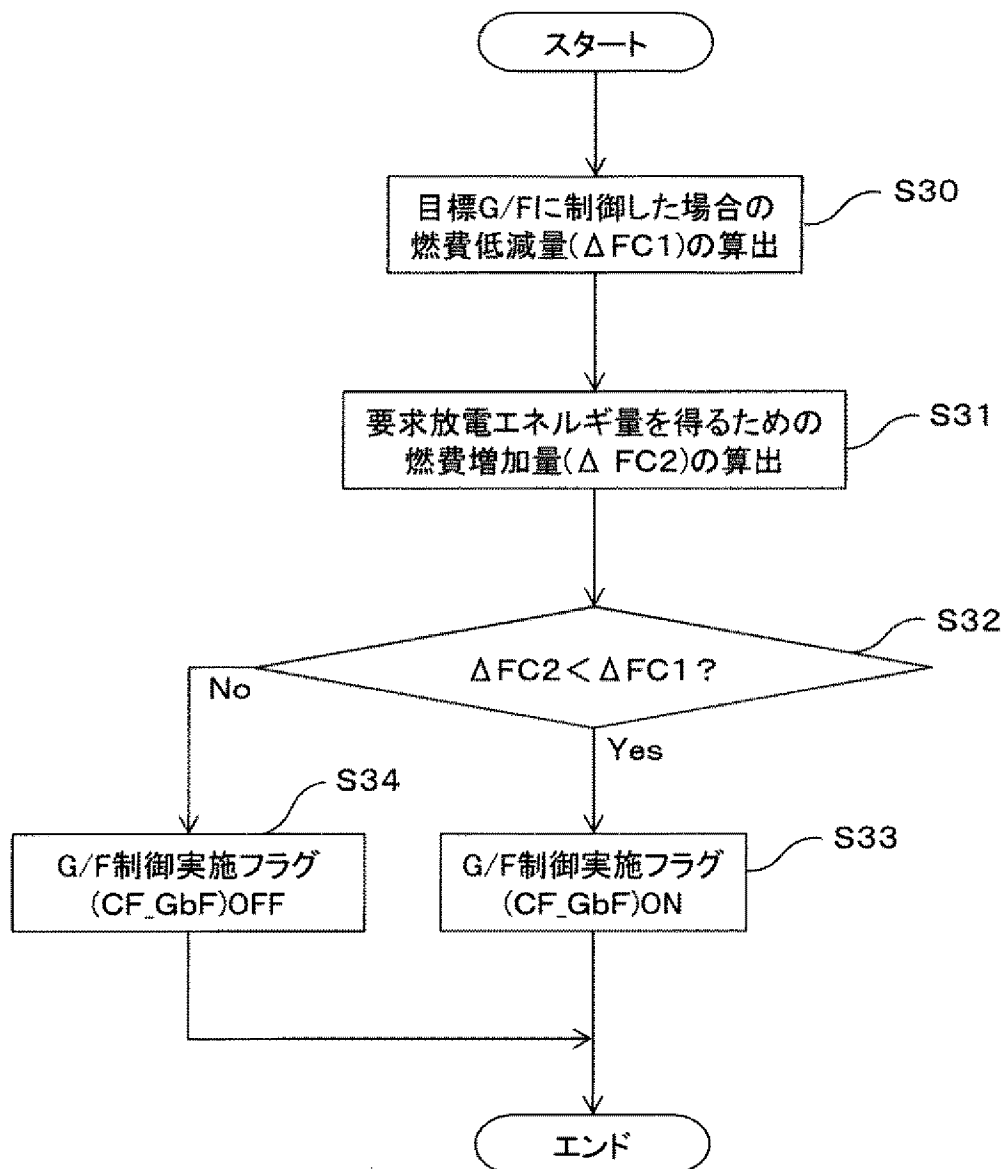
[図11]

図 11



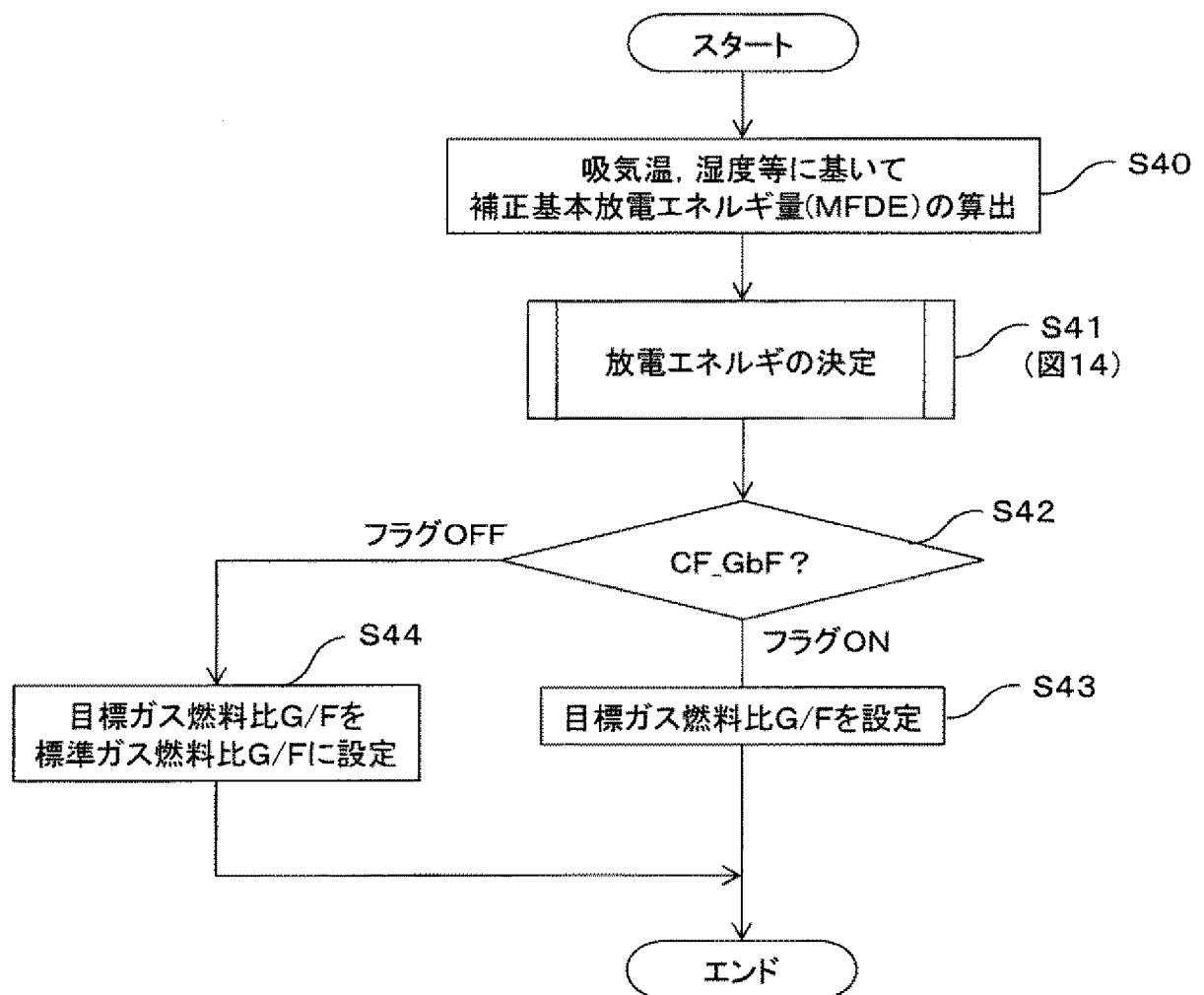
[図12]

図 12



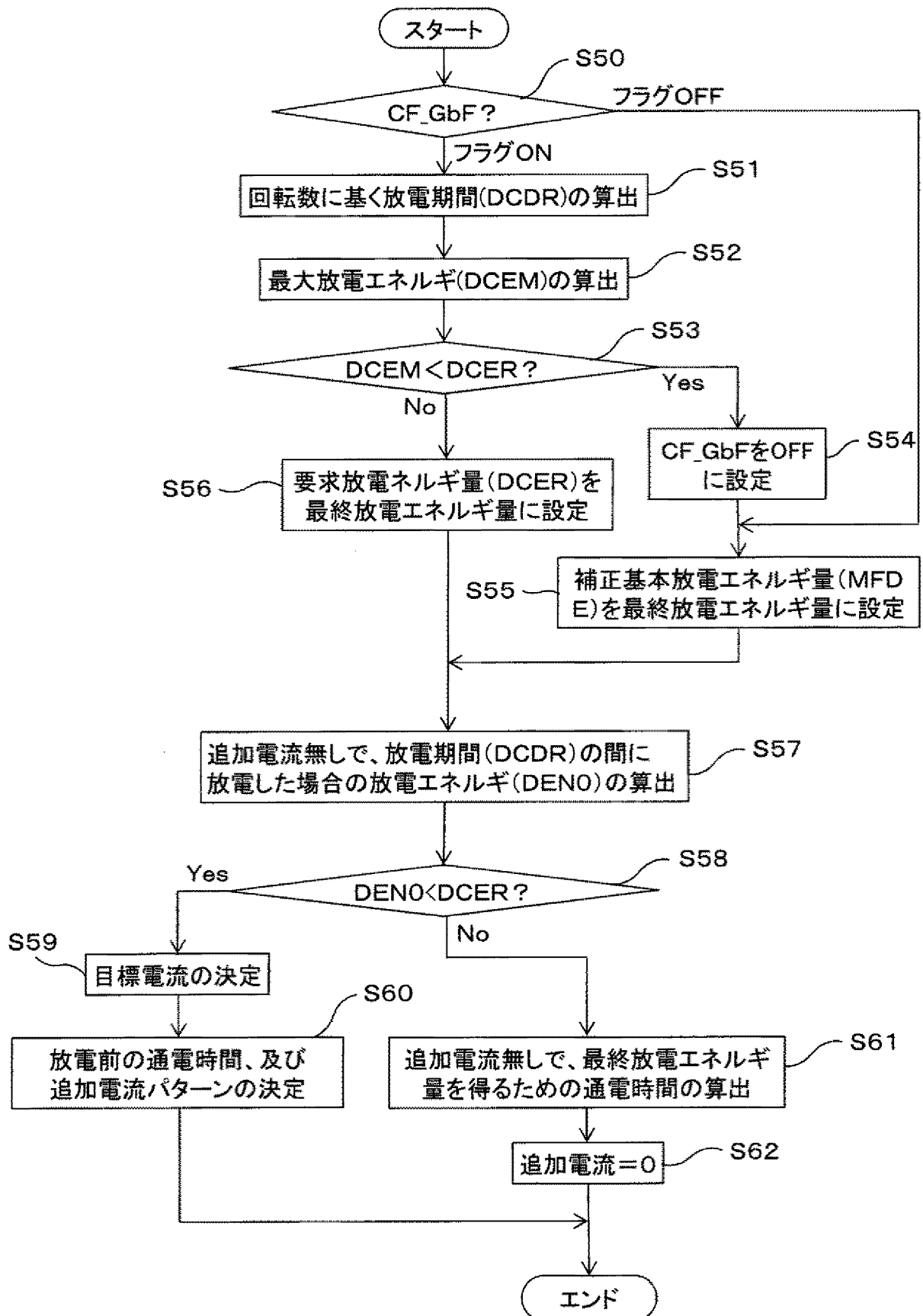
[図13]

図 13



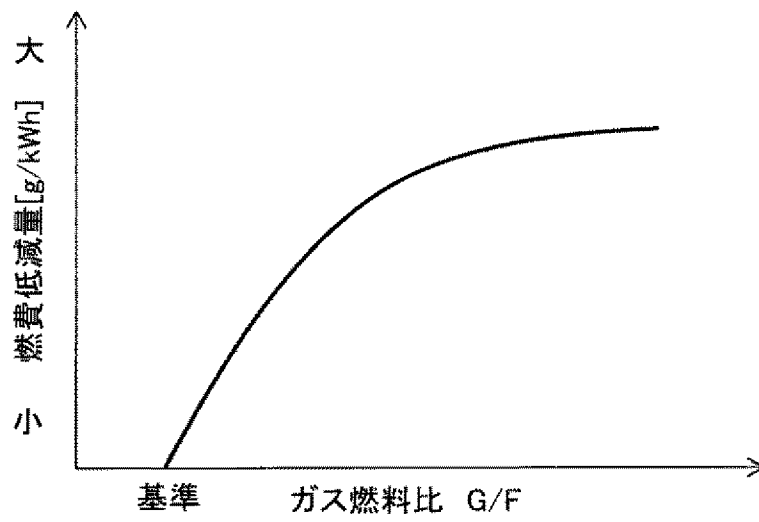
[図14]

図 14



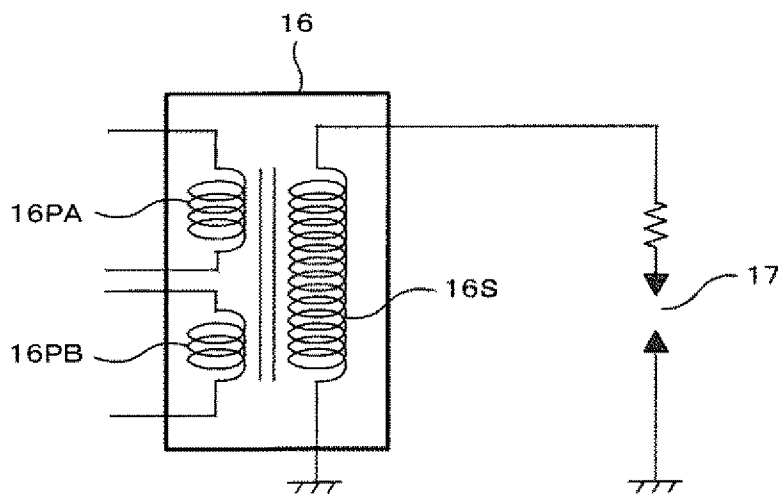
[図15]

図 15



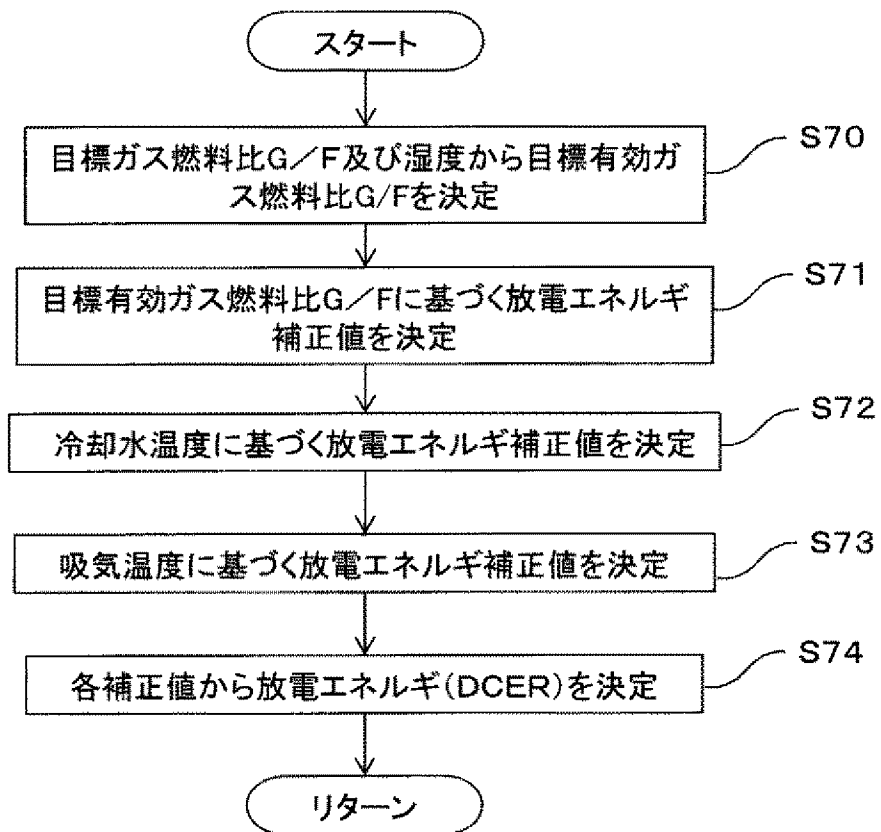
[図16]

図 16



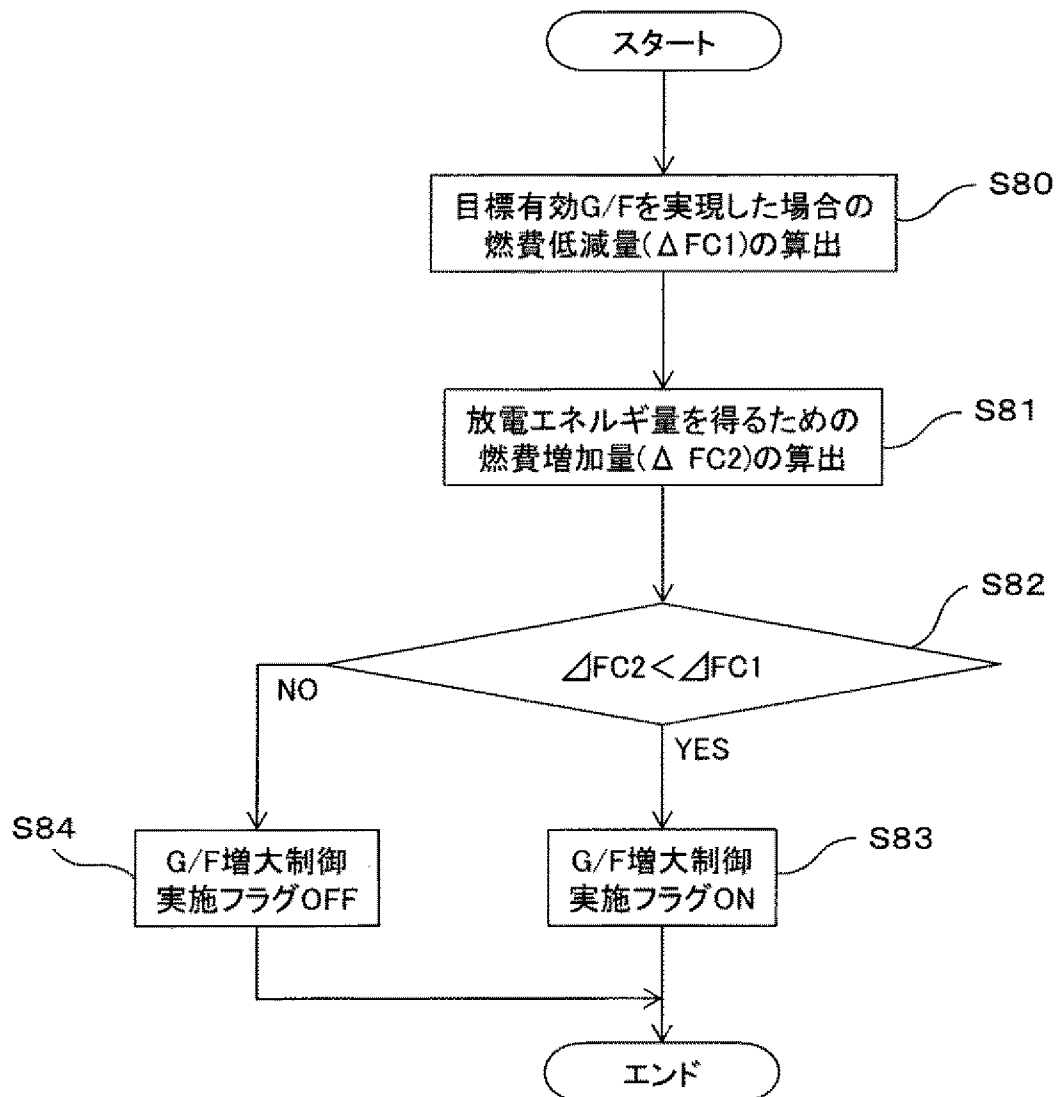
[図17]

図 17



[図18]

図 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/045672

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F02P3/045 (2006.01) i

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)

Int.Cl. F02D41/00-45/00, F02P1/00-3/12, 7/00-17/12

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
Y	JP 2000-291519 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 17 October 2000, paragraphs [0029]-[0030], [0032], [0034], [0041], [0043], fig. 2-3 (Family: none)	1-9
Y	JP 2016-11606 A (DAIHATSU MOTOR CO., LTD.) 21 January 2016, paragraphs [0005]-[0007], [0009], [0041], [0048] (Family: none)	1-9
Y	JP 2016-37880 A (SUZUKI MOTOR CORPORATION) 22 March 2016, paragraphs [0024]-[0025], [0031]-[0033], fig. 2 (Family: none)	1-9

☐ 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
02 March 2018 (02.03.2018)

Date of mailing of the international search report
13 March 2018 (13.03.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02P3/045(2006.01)i

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））

Int.Cl. F02D41/00-45/00, F02P1/00-3/12, 7/00-17/12

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y	JP 2000-291519 A（日産自動車株式会社）2000.10.17, [0029]-[0030], [0032], [0034], [0041], [0043], 図2-3（ファミリーなし）	1-9
Y	JP 2016-11606 A（ダイハツ工業株式会社）2016.01.21, [0005]-[0007], [0009], [0041], [0048]（ファミリーなし）	1-9
Y	JP 2016-37880 A（スズキ株式会社）2016.03.22, [0024]-[0025], [0031]-[0033], 図2（ファミリーなし）	5, 9

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矛盾するものではなく、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

02.03.2018

国際調査報告の発送日

13.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小林 勝広

3S

9061

電話番号 03-3581-1101 内線 3391