

(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
2017年9月8日(08.09.2017)

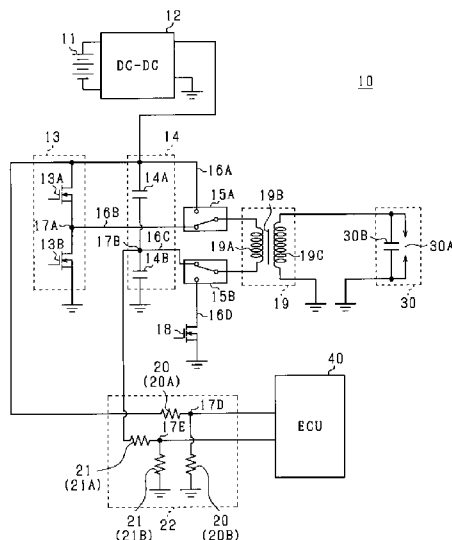


(10) 国際公開番号
WO 2017/150164 A1

- (51) 国際特許分類:
F02P 17/00 (2006.01) *F02P 3/01* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005188
- (22) 国際出願日: 2017年2月13日(13.02.2017)
- (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 2016-037546 2016年2月29日(29.02.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 森次 通泰(MORITSUGU, Michiyasu); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 竹田 俊一(TAKEDA, Shunichi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 山田 強(YAMADA, Tsuyoshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅三丁目13番24号 第一はせ川ビル6階 Aichi (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, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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))

(54) Title: MALFUNCTION DIAGNOSIS DEVICE FOR IGNITION CIRCUIT

(54) 発明の名称: 点火回路の故障診断装置



(57) Abstract: Provided is a malfunction diagnosis device for an ignition circuit, the malfunction diagnosis device being provided with a sparkplug (30), an ignition coil (19), a serial connection body (14) of a capacitor configured from a high-side capacitor (14A) and a low-side capacitor (14B), a serial connection body (13) of a switching element configured from a high-side switching element (13A) and a low-side switching element (13B), a both-end voltage detector (22) for detecting voltages at both ends of the serial connection body of the capacitor, a midpoint voltage detector (22) for detecting a midpoint voltage at a connection point between the high-side capacitor and the low-side capacitor, and a determination unit (40) for determining the location of a malfunction in the ignition circuit on the basis of at least one voltage among the both-end voltages and the midpoint voltage.

(57) 要約: 点火プラグ (30) と、点火コイル (19) と、ハイサイドコンデンサ (14A) 及びローサイドコンデンサ (14B) で構成されたコンデンサの直列接続体 (14) と、ハイサイドスイッチング (13A) 素子及びローサイドスイッチング素子 (13B) で構成されたスイッチング素子の直列接続体 (13) と、コンデンサの直列接続体の両端電圧を検出する両端電圧検出部 (22) と、ハイサイドコンデンサとローサイドコンデンサとの接続点の中間点電圧を検出する中間点電圧検出部 (22) と、両端電圧及び中間点電圧のうち少なくとも一方の電圧に基づいて、点火回路の故障箇所を判定する判定部 (40) と、を備える点火回路の故障診断装置。

明 細 書

発明の名称： 点火回路の故障診断装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2016年2月29日に出願された日本出願番号2016-037546号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、エンジンの点火回路における故障の診断装置に関する。

背景技術

[0003] 近年、自動車用内燃機関での燃費を向上させるため、希薄燃料の燃焼制御（リーンバーンエンジン）、又は、内燃機関のシリンダへ燃焼ガスを還流させるEGRに関する技術の検討が進められている。これらの技術にあっては、内燃機関の点火タイミングで点火プラグが複数回連続的に放電を行なう多重点火方式、又は、点火タイミング近傍の一定時間について点火プラグを持続的に放電させるDCO方式等、混合気に含まれる燃料を効果的に燃焼させる為の点火システムが種々検討されている。これらの点火装置において、例えば、点火コイルがショート故障又はオープン故障を生じると、点火プラグは火花放電を生じさせることが困難となる。

[0004] 特許文献1に記載の多重点火を行う点火装置では、コンデンサが備わっており、第二スイッチ手段と呼称されるスイッチ手段がオンされることで、コンデンサに貯蓄された電気エネルギーが点火コイルに供給される。この時の突入電流により、二次コイルに大きな二次電流が流れ、点火プラグで火花放電が行われる。続いて、スイッチ手段がオフされ、二次コイルに大きな二次電流が流れることで、点火プラグで火花放電が行われる。このような点火装置では、スイッチ手段を流れる電流を読み取ることで、点火装置における全ての故障をモニターすることができるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2003-28037号公報

発明の概要

[0006] 特許文献1に記載の技術は、上述のコンデンサを一つ備えた点火装置を対象としている。しかし、コンデンサを二個直列に接続し、且つ、各々のコンデンサに蓄積された電気エネルギーの放出タイミングを個別に制御するためにスイッチ手段を二つ設けた点火装置における故障を診断する場合については言及していない。この点火装置について、仮にスイッチ手段に流れる電流を検出することで点火装置における故障を診断する場合、点火装置にはスイッチ手段が二つ設けられているため、スイッチ手段に流れる電流をモニターする電流値モニター手段を二つ備える必要がある。このとき、ハイサイドに設けられたスイッチ手段の電流値モニター手段は、従来の電流値モニター手段と比較して複雑な構成を要する。

[0007] 本開示は、上記課題を解決するためになされたものであり、その主たる目的は、コンデンサを二個直列に接続した点火回路において、点火回路の故障箇所を判定可能とし、且つ点火回路の簡素化を可能とした点火回路の故障診断装置を提供することになる。

[0008] 本開示は、点火回路の故障診断装置であって、可燃混合気に点火するための放電を実行する点火プラグと、一次コイル及び二次コイルを具備し、前記一次コイルの電圧誘起により前記二次コイルに接続される前記点火プラグに前記放電を実行させる点火コイルと、電荷供給部に接続されたハイサイドコンデンサ、及び前記ハイサイドコンデンサに直列に接続されたローサイドコンデンサ、で構成されたコンデンサの直列接続体と、前記コンデンサの直列接続体と並列接続され、ハイサイドスイッチング素子及びローサイドスイッチング素子で構成されたスイッチング素子の直列接続体であって、前記ハイサイドスイッチング素子と前記ローサイドスイッチング素子との接続点が、前記ハイサイドコンデンサと前記ローサイドコンデンサとの接続点に前記一次コイルを介して接続され、前記ハイサイドスイッチング素子及び前記ローサイドスイッチング素子が相補的に開閉される前記スイッチング素子の直列

接続体と、前記コンデンサの直列接続体の両端電圧を検出する両端電圧検出部と、前記ハイサイドコンデンサと前記ローサイドコンデンサとの前記接続点の電圧である中間点電圧を検出する中間点電圧検出部と、前記両端電圧検出部により検出される前記両端電圧及び前記中間点電圧検出部により検出される前記中間点電圧のうち少なくとも一方の電圧に基づいて、点火回路の故障箇所を判定する判定部と、を備える。

[0009] 本点火回路では、ハイサイドスイッチング素子及びローサイドスイッチング素子が相補的に開閉動作を実施することで、ハイサイドコンデンサとローサイドコンデンサとから一次コイルへ一次電流が相補的に流れる。そして、それぞれのコンデンサから一次コイルへの一次電流が通電及び遮断されることで、二次コイルに誘起電圧が生じ、点火プラグに放電が複数回実行される。このとき、点火プラグに放電を実行させるために必要な構成のうちいずれかが故障すると、点火プラグに放電を実行させることが困難となるため、判定部により点火回路の故障箇所が判定される。

[0010] 本点火回路において、点火プラグに放電を生じさせる際に一次コイルに流される一次電流はハイサイドコンデンサ又はローサイドコンデンサ由来である。したがって、点火プラグに放電を実行させるために必要な構成のうちいずれかが故障した場合、ハイサイドコンデンサ及びローサイドコンデンサで構成されたコンデンサの直列接続体の両端電圧、又は、ハイサイドコンデンサとローサイドコンデンサとの接続点の電圧である中間点電圧は、点火回路が正常である場合と比較して異なる変動を生じさせることが想定される。このとき、故障箇所に応じて、両端電圧又は中間点電圧がどのような変動を生じるかは予め想定が可能である。よって、本判定部では、両端電圧及び中間点電圧のうち少なくとも一方の電圧に基づいて、点火回路の故障箇所を判定することが可能となる。また、ハイサイドスイッチング素子及びローサイドスイッチング素子に流れる電流に基づいて点火回路の故障判定を行う装置と比較して、点火回路の簡素化が可能となる。

図面の簡単な説明

- [0011] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、本実施形態に係る点火回路の概略構成図であり、
- [図2]図2は、本実施形態に係るECUが実施する故障判定及び対応処理のフローチャートであり、
- [図3]図3は、MOSFET13Aが故障した場合に想定される両端電圧の変動の様子を示したグラフであり、
- [図4]図4は、MOSFET13Bにオープン故障、あるいは一次コイルにショート故障が生じた場合に想定される両端電圧の変動の様子を示したグラフであり、
- [図5]図5は、コンデンサ14A、14Bの一方にオープン故障が生じた場合に想定される各電圧の変動の様子を示したグラフであり、
- [図6]図6は、MOSFET13A、13Bの一方にショート故障が生じた場合に想定される各電圧の変動の様子を示したグラフであり、
- [図7]図7は、コンデンサ14A、14Bの一方にショート故障が生じた場合に想定される各電圧の変動の様子を示したグラフである。

発明を実施するための形態

- [0012] 本実施形態を、図面を参照して説明する。図1に示す内燃機関用の点火回路10は、一つの点火コイル19と、二つのMOSFET13A、13Bが直列に接続されたMOSFETの直列接続体13と、二つのコンデンサ14A、14Bが直列に接続されたコンデンサの直列接続体14と、点火プラグ30と、DC-DCコンバータ12（電荷供給部に該当）と、電圧検出回路22と、二つのリレー15A、15Bと、MOSFET18（第三スイッチング素子に該当）が設けられている。
- [0013] バッテリ11とDC-DCコンバータ12とは直列で繋がっている。本実施形態において、バッテリ11は二次電池を複数直列に接続することで構成されている。このバッテリ11からDC-DCコンバータ12に所定の電圧が印加され、印加された電圧に基づいて、DC-DCコンバータ12は電圧

を昇圧させる。

[0014] DC-DCコンバータ12の出力側は分岐しており、それぞれMOSFETの直列接続体13と、コンデンサの直列接続体14と、電圧検出回路22と、リレー15A（第一経路切替部に該当）に接続される電流経路16Aと、接続されている。

[0015] コンデンサの直列接続体14のうち、ハイサイドに存在するコンデンサ14A（ハイサイドコンデンサに該当）の第一端はDC-DCコンバータ12の出力側と接続されており、コンデンサ14Aの第二端はコンデンサ14B（ローサイドコンデンサに該当）の第一端と接続されている。そして、コンデンサ14Bの第二端はグラウンドと接続されている。コンデンサ14Aとコンデンサ14Bとの接続点17Bからは、リレー15B（第二経路切替部に該当）に接続される電流経路16Cが分岐している。コンデンサ14Aとコンデンサ14Bとの接続点17Bからは、電圧検出回路22と接続された電流経路が分岐している。本実施形態において、コンデンサ14Aの容量と、コンデンサ14Bの容量とは等しく設計される。

[0016] MOSFETの直列接続体13は、コンデンサの直列接続体14と並列接続している。このMOSFETの直列接続体13のうち、ハイサイドに存在するMOSFET13A（ハイサイドスイッチング素子に該当）のドレイン端子はDC-DCコンバータ12の出力側と接続されており、MOSFET13Aのソース端子はMOSFET13B（ローサイドスイッチング素子に該当）のドレイン端子と接続されている。そして、MOSFET13Bのソース端子はグラウンドと接続されている。MOSFET13AとMOSFET13Bとの接続点17Aからは、リレー15Aに接続される電流経路16Bが分岐している。

[0017] リレー15Aは、一次コイル19Aの第一端と常時接続しており、電流経路16Aとの接続と、電流経路16Bとの接続と、を切替可能なように設けられている。リレー15Bは、一次コイル19Aの第二端と常時接続しており、電流経路16Cとの接続と、後述の電流経路16Dとの接続と、を切替

可能なように設けられている。電流経路 16D とは、MOSFET 18 を有する電流経路である。MOSFET 18 のドレイン端子はリレー 15B と接続され、MOSFET 18 のソース端子はグランドと接続されている。

[0018] 点火コイル 19 は、一次コイル 19A の他に二次コイル 19C 及び鉄心 19B を備えている。一次コイル 19A の第一端はリレー 15A と接続され、一次コイル 19A の第二端はリレー 15B と接続されている。一方で、二次コイル 19C の第一端は点火プラグ 30 を介してグランドに接続され、二次コイル 19C の第二端はグランドに接続されている。

[0019] 点火プラグ 30 は、対向電極 30A を備えており、また浮遊容量 30B について図示している。浮遊容量 30B は、対向電極 30A とその周囲を囲む絶縁物と接地とにより形成される容量成分である。これら対向電極 30A と浮遊容量 30B とは、並列接続の関係にある。

[0020] 電圧検出回路 22 は、二つの抵抗が直列に接続された抵抗直列接続体 20 を有する電流経路と、二つの抵抗が直列に接続された抵抗直列接続体 21 を有する電流経路と、を備える分圧回路からなる。

[0021] 抵抗直列接続体 20 のうち、ハイサイドに存在する抵抗 20A の第一端は DC-DC コンバータ 12 の出力側と接続されており、抵抗 20A の第二端は抵抗 20B の第一端と接続されている。抵抗 20B の第二端はグランドと接続されている。抵抗直列接続体 21 のうち、ハイサイドに存在する抵抗 21A の第一端は接続点 17B と接続され、抵抗 21A の第二端が抵抗 21B の第一端と接続されている。抵抗 21B の第二端はグランドと接続されている。抵抗 20A と抵抗 20B との接続点 17D、及び、抵抗 21A と抵抗 21B との接続点 17E は、それぞれ電子制御ユニット (ECU) 40 に接続されている。

[0022] このような構成の電圧検出回路 22 は、抵抗直列接続体 20 の接続点 17D の電圧 (分圧電圧) をコンデンサの直列接続体 14 の両端電圧 V_{in} として、電圧検出信号を ECU 40 (判定部に該当) に送信する。また、抵抗直列接続体 21 の接続点 17E の分圧電圧をコンデンサ 14A とコンデンサ 1

4 Bとの接続点 1 7 Bの電圧である中間点電圧 $V_{1/2}$ として、電圧検出信号を ECU 4 0 に送信する。したがって、電圧検出回路 2 2 は、両端電圧検出部と、中間点電圧検出部と、に該当する。

[0023] ECU 4 0 は、点火回路 1 0 が正常である場合（後述の点火プラグ 3 0 に放電を実行させるために必要な構成に故障が生じていないと判定した場合）に、制御信号をリレー 1 5 A, 1 5 B に送る。これにより、リレー 1 5 A は、電流経路 1 6 B と一次コイル 1 9 A の第一端とを接続し、電流経路 1 6 A と一次コイル 1 9 A の第一端との接続を遮断する。リレー 1 5 B は、一次コイル 1 9 A の第二端と電流経路 1 6 C とを接続し、一次コイル 1 9 A の第二端と電流経路 1 6 D との接続を遮断する。つまり、MOSFET 1 3 A と MOSFET 1 3 B との接続点 1 7 A は、リレー 1 5 A と一次コイル 1 9 A とリレー 1 5 B とを介して、コンデンサ 1 4 A とコンデンサ 1 4 B との接続点 1 7 B に接続される。

[0024] この状態において、MOSFET 1 3 A, 1 3 B が相補的に開閉駆動するように、ECU 4 0 は開閉信号を MOSFET 1 3 A, 1 3 B に対して送信する。このとき、MOSFET 1 3 A, 1 3 B に対して送信する開閉信号の周波数は、点火プラグ 3 0 が有する浮遊容量 3 0 B と二次コイル 1 9 C とで電圧共振を生じさせる周波数（共振周波数）に調整する。開閉信号を受信した MOSFET 1 3 A, 1 3 B は相補的に開閉動作を実施することで、コンデンサ 1 4 A, 1 4 B から一次コイル 1 9 A への一次電流が通電及び遮断されることで、二次コイル 1 9 C に誘起電圧が生じ、点火プラグ 3 0 に放電が複数回実行される。

[0025] このような点火回路 1 0 では、点火プラグ 3 0 に放電を実行させるために必要な構成、具体的には MOSFET 1 3 A, 1 3 B、コンデンサ 1 4 A, 1 4 B、一次コイル 1 9 A、の内いずれかが故障すると、点火プラグ 3 0 に放電を実行させることが困難となる。

[0026] 従来、点火回路の故障診断を行う場合、一次コイル 1 9 A に流れる一次電流の導通と遮断とを制御するスイッチング素子に流れる電流の大きさに基づ

いて、故障診断を実施していた。本点火回路について、従来と同様に、スイッチング素子に該当するMOSFET 13A, 13Bに流れる電流を検出することで点火回路10における故障を診断する場合を想定する。この場合、MOSFET 13AとMOSFET 13Bとに流れる電流をそれぞれ検出する必要があり、特にハイサイドに設けられるMOSFET 13Aの電流値測定部は、従来の電流値測定部と比較して複雑な構成を要する。

[0027] 本点火回路10では、点火プラグ30に放電を生じさせる際に一次コイル19Aに流される一次電流はコンデンサ14A又はコンデンサ14B由来である。よって、点火プラグ30に放電を実行させるために必要な上記構成のうちいずれかが故障した場合、電圧検出回路22が検出する両端電圧 V_{in} 又は中間点電圧 $V_{1/2}$ は、点火回路10が正常である場合と比較して異なる変動を生じさせることが想定される。このとき、故障箇所に応じて、両端電圧 V_{in} 又は中間点電圧 $V_{1/2}$ がどのような変動を生じるかは予め想定が可能である。したがって、本実施形態に係るECU40は、両端電圧 V_{in} 及び中間点電圧 $V_{1/2}$ のうち少なくとも一方の電圧に基づいて、点火回路10の故障箇所を判定する。このような構成とすることで、MOSFET 13A及びMOSFET 13Bに流れる電流に基づいて点火回路10の故障判定を行う装置と比較して、点火回路10の簡素化が可能となる。

[0028] 本実施形態では、故障箇所を判定した場合に、故障箇所に応じて点火制御を適宜変更する。

[0029] 一次コイル19Aに関する故障と判定した場合には、一次コイル19Aに電荷を蓄積することができず、二次コイル19Cに誘起電圧を生じさせることが困難である。この場合には該当する点火回路10を有する気筒の使用を停止し、正常な気筒のみを用いてエンジンの駆動を続行させる（以下、減筒運転と呼称）。

[0030] また、MOSFET 13A, 13Bの内、どちらか一方のMOSFETが開状態から閉状態に移行できない故障（以下、オープン故障と呼称）であると判定した場合には、一方の正常のMOSFETを使用して点火プラグ30

に放電を実行させる。例えば、M O S F E T 1 3 Bにオープン故障が生じている場合には、正常であるM O S F E T 1 3 Aのみを開閉駆動させることで、コンデンサ1 4 Aから一次コイル1 9 Aへの一次電流の導通と遮断を制御する。これにより、二次コイル1 9 Cに誘起電圧を生じさせ、点火プラグ3 0に放電を実行させる。この制御を、フルトランジスタイグニッション動作（フルトラ動作）と呼称する。

[0031] それ以外の故障、例えばM O S F E T 1 3 Aが閉状態から開状態に移行できない故障（以下、ショート故障と呼称）と判定した場合には、M O S F E T 1 8を用いてのフルトラ動作により点火プラグ3 0に放電を実行させる。具体的には、リレー1 5 A, 1 5 Bに制御信号を送ることにより、リレー1 5 Aは、電流経路1 6 Aと一次コイル1 9 Aの第一端とを接続し、電流経路1 6 Bと一次コイル1 9 Aの第一端との接続を遮断する。リレー1 5 Bは、一次コイル1 9 Aの第二端と電流経路1 6 Dとを接続し、一次コイル1 9 Aの第二端と電流経路1 6 Cとの接続を遮断する。（非常時回路の形成）。つまり、故障箇所が含まれる電流経路は利用せず、D C - D Cコンバータ1 2からリレー1 5 Aを介して直接一次コイル1 9 Aに流す電流経路を構築し、電流経路1 6 Dが有するM O S F E T 1 8が一次コイル1 9 Aへの一次電流の通電と遮断を制御する。非常時回路では、M O S F E T 1 8を開閉駆動させることで、一次コイル1 9 Aへの一次電流の導通と遮断を制御するフルトラ動作を実施することで、点火プラグ3 0に放電を実行させる。

[0032] 本実施形態では、E C U 4 0により後述する図2の点火回路1 0の故障判定及び対応処理を実行する。図2に示す点火回路1 0の故障判定及び対応処理は、E C U 4 0が電源オンしている期間中にE C U 4 0によって所定周期で繰り返し実行される。

[0033] 本処理が起動されると、まずステップS 1 0 0にて、電圧検出回路2 2に両端電圧 V_{in} を測定させ、その値を電圧 V_b として記憶する。そして、ステップS 1 1 0にて、現在、燃焼サイクルにおいて点火プラグ3 0に放電を実行させる期間（放電期間）内であるか否かを判定する。現在が放電期間内

であると判定した場合には（S 1 1 0 : Y E S）、ステップS 1 2 0に進む。

[0034] ステップS 1 2 0では、M O S F E T 1 3 Aを開状態（O F F状態）から閉状態（O N状態）に移行させる信号をM O S F E T 1 3 Aに送信したか否かを判定する。M O S F E T 1 3 Aを開状態から閉状態に移行させる信号をM O S F E T 1 3 Aに送信したと判定した場合には（S 1 2 0 : Y E S）、ステップS 1 3 0に進む。

[0035] ステップS 1 3 0では、M O S F E T 1 3 Aを開状態から閉状態に移行させる信号をM O S F E T 1 3 Aに送信してから所定時間の経過後に、電圧検出回路22に両端電圧V i nを測定させ、その値を電圧V aとして記憶する。所定時間は、次にM O S F E T 1 3 Aを閉状態から開状態に移行させる信号をM O S F E T 1 3 Aに送信するまでの時間よりも短く設定される。そして、ステップS 1 4 0にて、電圧検出回路22に中間点電圧V 1 / 2を測定させ、その値を電圧V cとして記憶する。

[0036] ステップS 1 5 0では、電圧V bを電圧V aで引いた差が第一所定値よりも小さいか否かを判定する。第一所定値は、両端電圧V i nに変化が生じていないことを判別するために設けられた値であり、より具体的には、M O S F E T 1 3 Aを開状態から閉状態に移行させることで生じると想定される両端電圧V i nの変化量よりも小さく設定される。電圧V bを電圧V aで引いた差が第一所定値よりも小さいと判定した場合に（S 1 5 0 : Y E S）、ステップS 1 8 0に進む。ステップS 1 8 0では、M O S F E T 1 3 Aにオープン故障が生じていると判定すると共に、フラグ1をO Nに設定し、ステップS 3 5 0に進む。

[0037] M O S F E T 1 3 Aにオープン故障が生じている場合、M O S F E T 1 3 Aが開状態から閉状態に切替わるよう信号を出力しても、M O S F E T 1 3 Aが閉状態となることはない。この場合、コンデンサ14Aは蓄積された電荷を放出することはないため、図3に記載されるように両端電圧V i nに変化はない。したがって、M O S F E T 1 3 Aに対しM O S F E T 1 3 Aが開

状態から閉状態に切替わるよう信号を出力した前後における両端電圧 V_{in} の差が第一所定値よりも小さい場合に、MOSFET 13 A にオープン故障が生じていると判定することが可能となる。これは、MOSFET 13 B にオープン故障が生じた場合でも同様の傾向が見られる（図 4 参照）。

[0038] 電圧 V_b を電圧 V_a で引いた差が第一所定値よりも大きいと判定した場合に（S 150 : NO）、ステップ S 160 に進む。ステップ S 160 では、電圧 V_c を電圧 V_a の半分の値で引いた差が第二所定値よりも大きいと判定するか否かを判定する。第二所定値は、MOSFET 13 A を開状態から閉状態に移行させることで生じると想定される両端電圧 V_{in} の変化量よりも大きく、且つ、中間点電圧 $V_1 / 2$ が両端電圧 V_{in} にまで上昇した場合に生じると想定される変化量よりも小さく設定される。電圧 V_c を電圧 V_a の半分の値で引いた差が第二所定値よりも大きいと判定した場合には（S 160 : YES）、ステップ S 190 に進む。ステップ S 190 では、コンデンサ 14 A にオープン故障が生じていると判定すると共に、フラグ 3 を ON に設定し、ステップ S 350 に進む。

[0039] コンデンサ 14 A にオープン故障が生じている場合、コンデンサ 14 A に電荷は蓄積されない。このため、MOSFET 13 A を開状態から閉状態に切替えた場合に、本来コンデンサ 14 A に印加されるはずの電圧が、リレー 15 A と一次コイル 19 A とリレー 15 B とを介して、コンデンサ 14 B に印加されることになる。つまり、MOSFET 13 A を開状態から閉状態に切替えることで、図 5 に記載されるように両端電圧 V_{in} と略等しい電圧値にまで中間点電圧 $V_1 / 2$ が高くなる。したがって、MOSFET 13 A を開状態から閉状態に切替えることで、電圧 V_c を電圧 V_a の半分の値で引いた差が第二所定値よりも大きくなった場合に、コンデンサ 14 A にオープン故障が生じていると判定することが可能となる。

[0040] 電圧 V_c を電圧 V_a の半分の値で引いた差が第二所定値よりも小さいと判定した場合には（S 160 : NO）、ステップ S 170 に進む。ステップ S 170 では、電圧 V_b を電圧 V_a で引いた差が、第三所定値よりも大きいと判

否かを判定する。第三所定値は、両端電圧 V_{in} が接地電圧にまで減少したことを判別するための値として設定される。電圧 V_b を電圧 V_a で引いた差が第一所定値よりも大きいと判定した場合には（S170：YES）、ステップS200に進む。ステップS200では、一次コイル19Aにショート故障が生じていると判定すると共に、フラグ4をONに設定し、ステップS350に進む。

[0041] 一次コイル19Aにショート故障が生じた場合、一次コイル19Aが有するインダクタンスによる電流制限が困難となる。このため、MOSFET13Aを開状態から閉状態に切替えた場合に、図4に記載されるように、両端電圧 V_{in} が第三所定値を超えて大きく減少する。これは、MOSFET13Bを開状態から閉状態に切替えた場合にも上記理由により同様の傾向がみられる。このような場合に、一次コイル19Aにショート故障が生じていると判定することが可能となる。

[0042] また、MOSFET13Aを開状態から閉状態に移行させる信号をMOSFET13Aに送信していないと判定した場合には（S120：NO）、ステップS210に進む。ステップS210では、MOSFET13Bを開状態から閉状態に移行させる信号をMOSFET13Bに送信したか否かを判定する。

[0043] MOSFET13Bを開状態から閉状態に移行させる信号をMOSFET13Bに送信したと判定した場合には（S210：YES）、ステップS220に進む。ステップS220は、ステップS130に準じる処理であり、具体的には、電圧検出回路22に両端電圧 V_{in} を測定させ、その値を電圧 V_d として記憶する。ステップS230は、ステップS140に準じる処理であり、具体的には、電圧検出回路22に中間点電圧 $V_{1/2}$ を測定させ、その値を電圧 V_e として記憶する。

[0044] ステップS240では、電圧 V_b を電圧 V_d で引いた差が第一所定値よりも小さいか否かを判定する。電圧 V_b を電圧 V_d で引いた差が第一所定値よりも小さいと判定した場合には（S240：YES）、ステップS270に

進む。ステップS 2 7 0では、M O S F E T 1 3 Bにオープン故障が生じていると判定すると共に、フラグ2をONに設定し、ステップS 3 5 0に進む。

[0045] 電圧V bを電圧V dで引いた差が第一所定値よりも大きいと判定した場合には（S 2 4 0 : N O）、ステップS 2 5 0に進む。ステップS 2 5 0では、電圧V dの半分の値を電圧V eで引いた差が第二所定値よりも大きいかなかを判定する。このときの第二所定値は、M O S F E T 1 3 Bを開状態から閉状態に移行させることで生じると想定される両端電圧V i nの変化量よりも大きく、且つ、中間点電圧V 1 / 2が接地電圧にまで減少した場合に生じると想定される変化量よりも小さく設定される。電圧V dの半分の値を電圧V eで引いた差が第二所定値よりも大きいと判定した場合には（S 2 5 0 : Y E S）、ステップS 2 8 0に進む。ステップS 2 8 0では、コンデンサ1 4 Bにオープン故障が生じていると判定すると共に、フラグ3をONに設定し、ステップS 3 5 0に進む。

[0046] コンデンサ1 4 Bにオープン故障が生じている場合、コンデンサ1 4 Bに電荷は蓄積されない。このため、M O S F E T 1 3 Bを開状態から閉状態に切替えた場合に、図5に記載されるように、中間点電圧V 1 / 2が接地電圧まで低下する。したがって、M O S F E T 1 3 Bを開状態から閉状態に切替えることで、電圧V dの半分の値を電圧V eで引いた差が第二所定値よりも大きくなった場合に、コンデンサ1 4 Bにオープン故障が生じていると判定することが可能となる。

[0047] 電圧V dの半分の値を電圧V eで引いた差が第二所定値よりも小さいと判定した場合には（S 2 5 0 : N O）、ステップS 2 6 0に進む。ステップS 2 6 0では、電圧V bを電圧V dで引いた差が第三所定値よりも大きいかなかを判定する。電圧V bを電圧V dで引いた差が第三所定値よりも大きいと判定した場合には（S 2 6 0 : Y E S）、ステップS 2 9 0に進む。ステップS 2 9 0では、一次コイル1 9 Aにショート故障が生じていると判定すると共に、フラグ4をONに設定し、ステップS 3 5 0に進む。

- [0048] また、現在が放電期間内ではないと判定した場合には（S 1 1 0 : N O）、ステップS 3 0 0に進む。ステップS 3 0 0では、電圧検出回路2 2に中間点電圧 $V_1 / 2$ を測定させ、その値を電圧 V_f として記憶する。
- [0049] ステップS 3 1 0では、電圧 V_f を電圧 V_b の半分の値で引いた差が第四所定値よりも大きいか否かを判定する。第四所定値は、第一所定値よりも大きく、第二所定値よりも小さく設定される。電圧 V_f を電圧 V_b の半分の値で引いた差が第四定値よりも大きいと判定した場合には（S 3 1 0 : Y E S）、ステップS 3 2 0に進む。ステップS 3 2 0では、M O S F E T 1 3 A及びコンデンサ1 4 Aのいずれか一方にショート故障が生じていると判定すると共に、フラグ3をONに設定する。
- [0050] M O S F E T 1 3 Aにショート故障が生じた場合、D C - D Cコンバータ1 2は、M O S F E T 1 3 Aとリレー1 5 Aと一次コイル1 9 Aとを介して、コンデンサ1 4 Bと接続されることになる。したがって、D C - D Cコンバータ1 2から供給される電荷は、コンデンサ1 4 Aに流れるほか、コンデンサ1 4 Bにも流れる。この場合、点火プラグ3 0が放電を実行しない期間において、図6に記載されるように、中間点電圧 $V_1 / 2$ が両端電圧 V_{in} の半分の電圧値よりも高くなる。ただし、両端電圧 V_{in} と一致するほどには高くない。
- [0051] あるいは、コンデンサ1 4 Aにショート故障が生じた場合、コンデンサ1 4 Aとコンデンサ1 4 Bとに印加されていた総電圧がコンデンサ1 4 Bに印加されることになる。このため、図7に記載されるように、中間点電圧 $V_1 / 2$ がコンデンサ1 4 Aとコンデンサ1 4 Bとに印加される総電圧と略同じとなる。
- [0052] ステップS 3 1 0では、M O S F E T 1 3 Aのショート故障及びコンデンサ1 4 Aのショート故障を区別することなく判定するものである。この為、コンデンサ1 4 Aのショート故障と比較して、中間点電圧 $V_1 / 2$ の変化量が小さいことが予想されるM O S F E T 1 3 Aのショート故障を基準に、第四所定値は設定される。

- [0053] したがって、点火プラグ30が放電を実行しない期間において、電圧 V_f を電圧 V_b の半分の値で引いた差が第四所定値よりも大きいと判定した場合に、MOSFET13A及びコンデンサ14Aのいずれか一方にショート故障が生じていると判定することが可能となる。
- [0054] 電圧 V_f を電圧 V_b の半分の値で引いた差が第四所定値よりも小さいと判定した場合には（S310：NO）、ステップS320に進む。ステップS320では、電圧 V_b の半分の値を電圧 V_f で引いた差が第四所定値よりも大きいかなかを判定する。電圧 V_b の半分の値を電圧 V_f で引いた差が第四所定値よりも大きいと判定した場合には（S320：YES）、ステップS340に進む。ステップS340では、MOSFET13B及びコンデンサ14Bのいずれか一方にショート故障が生じていると判定すると共に、フラグ3をONに設定し、ステップS350に進む。
- [0055] MOSFET13Bにショート故障が生じた場合、コンデンサ14Bが一次コイル19AとMOSFET13Bとを介して接地と接続されるため、図6に記載されるように、中間点電圧 $V_{1/2}$ が両端電圧 V_{in} の半分の電圧値よりも低くなる。
- [0056] あるいは、コンデンサ14Bにショート故障が生じた場合、コンデンサ14Aとコンデンサ14Bとの接続点17Bが、接地と接続された状態になる。したがって、図7に記載されるように、中間点電圧 $V_{1/2}$ が接地電圧と略同じとなる。
- [0057] ステップS320は、MOSFET13Bのショート故障及びコンデンサ14Bのショート故障を区別することなく判定するものである。この為、ステップS310に準じ、コンデンサ14Bのショート故障と比較して、中間点電圧 $V_{1/2}$ の変化量が小さいことが予想されるMOSFET13Bのショート故障を基準に、第四所定値は設定される。
- [0058] したがって、点火プラグ30が放電を実行しない期間において、電圧 V_b の半分の値を電圧 V_f で引いた差が第四所定値よりも大きいと判定した場合には、MOSFET13B及びコンデンサ14Bのいずれか一方にショート

故障が生じていると判定することが可能となる。

[0059] また、電圧 V_b を電圧 V_a で引いた差が第一所定値よりも小さいと判定した場合（S170：NO）、又は、MOSFET13Bを開状態から閉状態に移行させる信号をMOSFET13Bに送信していないと判定した場合（S210：NO）、又は、電圧 V_b を電圧 V_d で引いた差が第三所定値よりも小さいと判定した場合（S260：NO）、又は、電圧 V_b の半分の値を電圧 V_f で引いた差が第四所定値よりも小さいと判定した場合には（S320：NO）、ステップS350に進む。

[0060] ステップS350では、フラグ4をONに設定しているか否かを判定する。フラグ4をONに設定していないと判定した場合には（S350：NO）、ステップS360に進む。ステップS360では、フラグ1をONに設定しているか否かを判定する。フラグ1をONに設定していないと判定した場合には（S360：NO）、ステップS370に進む。ステップS370では、フラグ2をONに設定しているか否かを判定する。フラグ2をONに設定していない場合には（S370：NO）、ステップS380に進む。ステップS380では、フラグ3をONに設定しているか否かを判定する。フラグ3をONに設定していないと判定した場合には（S380：NO）、本制御を終了する。

[0061] フラグ3をONに設定していると判定した場合には（S380：YES）、ステップS390に進み、非常時回路に切替えフルトラ動作を実施し、本制御を終了する。

[0062] フラグ1をONに設定していると判定した場合には（S360：YES）、ステップS400に進む。ステップS400は、ステップS370に準じる処理であり、具体的にはフラグ2をONに設定しているか否かを判定する。フラグ2をONに設定していると判定した場合（S400：YES）、又は、フラグ4をONに設定していると判定した場合（S350：YES）には、ステップS420に進み、減筒運転を実施し、本制御を終了する。

[0063] フラグ1とフラグ2とが二つONに設定されている場合、MOSFET1

3 Aを開状態から閉状態に切替えても、MOSFET 13 Bを開状態から閉状態に切替えても、両端電圧 V_{in} に変化はなかったことになる。この場合には、MOSFET 13 A、13 Bが共にオープン故障を生じている可能性の他に、そもそも一次コイル19 Aにオープン故障が生じており、コンデンサ14 A、14 Bから一次コイル19 Aに一次電流が流れることのない状況となっている可能性がある。仮に一次コイル19 Aにオープン故障が生じている場合には、前述の通り、一次コイル19 Aに電荷を蓄積することができず、二次コイル19 Cに誘起電圧を生じさせることが困難であることが想定される。よって、フラグ1とフラグ2とが二つONに設定されている場合には、減筒運転を実施することが適切である。

[0064] フラグ1をONに設定していず、フラグ2をONに設定していると判定した場合（S370：YES）、又は、フラグ1をONに設定しており、フラグ2をONに設定していないと判定した場合には（S400：NO）、ステップS410に進み、正常なMOSFETを用いてフルトラ動作を実施し、本制御を終了する。

[0065] 上記構成により、本実施形態は、以下の効果を奏する。

[0066] ・両端電圧 V_{in} 及び中間点電圧 $V_{1/2}$ のうち少なくとも一方の電圧に基づいて、点火回路10の故障箇所を判定することが可能となる。また、MOSFET 13 A及びMOSFET 13 Bに流れる電流に基づいて点火回路10の故障判定を行う装置と比較して、点火回路10の簡素化が可能となる。

[0067] ・点火プラグ30の放電期間中は、MOSFET 13 A及びMOSFET 13 Bが相補的に開閉される。これにより、MOSFET 13 A及びMOSFET 13 Bから相補的に一次電流が流れることで、両端電圧 V_{in} 及び中間点電圧 $V_{1/2}$ が変動する。このとき、その変動が想定するものと異なっていた場合には、両端電圧 V_{in} 及び中間点電圧 $V_{1/2}$ のうち少なくとも一方の電圧に基づいて点火回路10の故障箇所を判定することができる。

[0068] ・点火回路10が正常である場合、MOSFET 13 A及びMOSFET

13Bが相補的に開閉されない点火プラグ30の非放電期間中は、中間点電圧 $V_{1/2}$ は両端電圧 V_{in} の半分の電圧値として一定となっている。このため、中間点電圧 $V_{1/2}$ が両端電圧 V_{in} の半分の電圧値として一定となっていない場合には、点火回路10の構成要素のいずれかに故障が生じていると判定することが可能となる。また、この故障判定では、点火プラグ30の放電期間中には判定が困難な故障を判定することが可能となる。

[0069] ・プラグ3がONとなる故障が生じた場合に、非常時回路に切替えフルトラ動作が実施される。これにより、故障判定した箇所を含め、MOSFETの直列接続体13とコンデンサの直列接続体14とを介さず、別経路を用いて一次コイル19Aに一次電流を流すことが可能となる。すなわち、MOSFET18の開閉動作により、直接DC-DCコンバータ12から一次コイル19Aへの電荷の供給と遮断を制御することができ、ひいては点火プラグ30に放電を実行させることが可能となる。

[0070] 上記実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

[0071] ・上記実施形態において、MOSFET13A、13Bに対して送信する開閉信号の周波数は、共振周波数に調整されていた。このことについて、必ずしも共振周波数に調整される必要はない。

[0072] ・上記各実施形態では、一次コイル19Aに供給される電圧はバッテリー11の電圧をDC-DCコンバータ12により昇圧されたものとしていた。このことについて、ハイブリッド車などで使用される高圧バッテリーに変更しても良い。この場合、高圧バッテリーが電荷供給部に該当する。こうすることで、DC-DCコンバータ12での昇圧は必要なくなり、構成を更に簡便化することが出来る。

[0073] ・一次コイル19Aに流れる一次電流の導通及び遮断の制御を行なうスイッチング素子として、上記実施形態では、MOSFET13A、13Bを使用していた。このことについて、パワートランジスタやサイリスタやトライアックなどに変更してもよい。

[0074] ・上記実施形態では、放電期間内において、MOSFET13Aを開状態

から閉状態に切替える前の両端電圧 V_{in} （電圧 V_b に該当）と、後の両端電圧 V_{in} （電圧 V_a に該当）と、を測定し、故障判定に用いていた。このことについて、電圧 V_b と電圧 V_a との測定は上記方法に限らない。図 3 に記載されるように、MOSFET 13A と MOSFET 13B とを相補的に開閉駆動させる場合に、両方の MOSFET が共に開状態となる期間が生じる（以下、OFF デッドタイムと呼称する）。本別例では、MOSFET 13B を閉状態から開状態に切替え、MOSFET 13A を開状態から閉状態に切り替えるまでの期間である OFF デッドタイムに測定される両端電圧 V_{in} を、電圧 V_b として記憶する。また、電圧 V_b を記憶した後、MOSFET 13A を閉状態から開状態に切替え、MOSFET 13B を開状態から閉状態に切り替えるまでの期間である OFF デッドタイムに測定される両端電圧 V_{in} を、電圧 V_a として記憶する。記憶した電圧 V_b と電圧 V_a とを用いることで、MOSFET 13A が閉状態である期間に両端電圧 V_{in} がどれだけ変化したかを正確に算出することができ、ひいては、より精度の高い故障判定を実施することが可能となる。

[0075] 中間点電圧 $V_{1/2}$ （電圧 V_c に該当）の測定も同様に、MOSFET 13A を開状態から閉状態に切替え、MOSFET 13B を開状態から閉状態に切り替えるまでの期間である OFF デッドタイムに測定される中間点電圧 $V_{1/2}$ を電圧 V_c として記憶する。

[0076] MOSFET 13B を開状態から閉状態に切替える場合の電圧 V_b と電圧 V_d との測定もまた、上記別例に準じ、以下に記載の測定方法を適用できる。MOSFET 13A を閉状態から開状態に切替え、MOSFET 13B を開状態から閉状態に切り替えるまでの期間である OFF デッドタイムに測定される両端電圧 V_{in} を、電圧 V_b として記憶する。また、電圧 V_b を記憶した後、MOSFET 13B を閉状態から開状態に切替え、MOSFET 13A を開状態から閉状態に切り替えるまでの期間である OFF デッドタイムに測定される両端電圧 V_{in} を、電圧 V_d として記憶する。中間点電圧 $V_{1/2}$ （電圧 V_e に該当）の測定も同様に、MOSFET 13B を開状態から

閉状態に切替え、MOSFET 13 Aを開状態から閉状態に切り替えるまでの期間であるOFFデッドタイムに測定される中間点電圧 $V_{1/2}$ を電圧 V_e として記憶する。

[0077] ・上記実施形態では、MOSFET 13 A, 13 Bの内、どちらか一方のMOSFETにショート故障が生じていると判定した場合には、非常時回路に切替えフルトラ動作を実施していた。このことについて、正常なMOSFETを用いてフルトラ動作を実施してもよい。

[0078] ・上記実施形態では、MOSFET 13 A, 13 Bの内、どちらか一方のMOSFETにオープン故障が生じていると判定した場合には、正常なMOSFETを用いてフルトラ動作を実施していた。このことについて、非常時回路に切替えフルトラ動作を実施してもよい。

[0079] ・上記実施形態では、一次コイル19 Aに関する故障であった場合に減筒運転を実施していた。このことについて、一次コイル19 Aに関する故障を含め、点火プラグ30に放電を実行させるために必要な構成のいずれかに故障が生じた場合に、減筒運転を実施してもよい。したがって、非常時回路を形成する上で必要なリレー15 Aと、リレー15 Bと、電流経路16 Aと、MOSFET 18を有する電流経路16 Dと、は点火回路10を構成する上で必ずしも必要ではない。

[0080] [別例1] 上記実施形態では、第二所定値を用いてコンデンサ14 Aのオープン故障判定を、あるいは、第四所定値を用いてコンデンサ14 Aのショート故障判定を実施していた。このことについて、上記判定に代えて、以下に記載される両端電圧 V_{in} と略等しい電圧値であることを判定するために設けられた第一閾値と中間点電圧 $V_{1/2}$ との比較判定を実施してもよい。

[0081] コンデンサ14 Aにオープン故障が生じている状態で、MOSFET 13 Aを開状態から閉状態に切替えた場合には、本来コンデンサ14 Aに印加されるはずの電圧が一次コイル19 Aを介してコンデンサ14 Bに印加されることになる。したがって、図5に記載されるように中間点電圧 $V_{1/2}$ が両端電圧 V_{in} と略等しくなる。このため、MOSFET 13 Aを開状態から閉

状態に切替えることで、第一閾値よりも中間点電圧 $V_{1/2}$ が高くなった場合に、コンデンサ 14 A にオープン故障が生じていると判定することが可能となる。

[0082] コンデンサ 14 A にショート故障が生じた場合、コンデンサ 14 A とコンデンサ 14 B とに印加されていた総電圧がコンデンサ 14 B に印加されることになる。このため、図 7 に記載されるように中間点電圧 $V_{1/2}$ がコンデンサ 14 A とコンデンサ 14 B とに印加される総電圧と略同じとなる。したがって、点火プラグ 30 が放電を実行しない期間において、第一閾値よりも中間点電圧 $V_{1/2}$ が高くなった場合に、コンデンサ 14 A にショート故障が生じていると判定することが可能となる。

[0083] ・上記実施形態では、MOSFET 13 A のショート故障とコンデンサ 14 A のショート故障とを区別せず、故障判定を実施していた（図 2 におけるステップ S 310）。このことについて、[別例 1] に記載の判定方法を用いることで、MOSFET 13 A のショート故障とコンデンサ 14 A のショート故障とを区別して、故障判定することが可能となる。

[0084] 具体的には、点火プラグ 30 が放電を実行しない期間において、中間点電圧 $V_{1/2}$ が第一閾値よりも高くなった場合には、コンデンサ 14 A にショート故障が生じていると判定する。一方で、点火プラグ 30 が放電を実行しない期間において、中間点電圧 $V_{1/2}$ が第一閾値よりも低く、且つ、中間点電圧 $V_{1/2}$ を両端電圧 V_{in} の半分の値で引いた差が第四所定値よりも大きい場合に、MOSFET 13 A にショート故障が生じていると判定する。

[0085] [別例 2] 上記実施形態では、第二所定値を用いてコンデンサ 14 B のオープン故障判定を、あるいは、第四所定値を用いてコンデンサ 14 B のショート故障判定を実施していた。このことについて、上記判定に代えて、以下に記載される接地電圧と略等しい電圧値であることを判定する為に設けられた第二閾値と中間点電圧 $V_{1/2}$ との比較判定を実施してもよい。

[0086] コンデンサ 14 B にオープン故障が生じている場合、コンデンサ 14 B に

電荷は蓄積されない。このため、MOSFET 13Bを開状態から閉状態に切替えた場合に、中間点電圧 $V_1/2$ が接地電圧まで低下する。したがって、MOSFET 13Bを開状態から閉状態に切替えることで、第二閾値よりも中間点電圧 $V_1/2$ が低くなった場合に、コンデンサ 14Bにオープン故障が生じていると判定することが可能となる。

[0087] コンデンサ 14Bにショート故障が生じた場合、コンデンサ 14Aとコンデンサ 14Bとの接続点 17Bが、接地と接続された状態になる。したがって、中間点電圧 $V_1/2$ が接地電圧と略同じとなる。このため、点火プラグ 30が放電を実行しない期間において、第二閾値よりも中間点電圧 $V_1/2$ が低くなった場合に、コンデンサ 14Bにショート故障が生じていると判定することが可能となる。

[0088] ・上記実施形態では、MOSFET 13Bのショート故障とコンデンサ 14Bのショート故障とを区別せず、故障判定を実施していた（図2におけるステップS320）。このことについて、[別例2]に記載の判定方法を用いることで、MOSFET 13Bのショート故障とコンデンサ 14Bのショート故障とを区別して、故障判定することが可能となる。

[0089] 具体的には、点火プラグ 30が放電を実行しない期間において、中間点電圧 $V_1/2$ が第二閾値よりも低くなった場合には、コンデンサ 14Bにショート故障が生じていると判定する。一方で、点火プラグ 30が放電を実行しない期間において、中間点電圧 $V_1/2$ が第二閾値よりも高く、且つ、両端電圧 V_{in} の半分の値を中間点電圧 $V_1/2$ で引いた差が第四所定値よりも大きい場合に、MOSFET 13Bにショート故障が生じていると判定する。

[0090] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1] 可燃混合気に点火するための放電を実行する点火プラグ（30）と、

一次コイル（19A）及び二次コイル（19C）を具備し、前記一次コイルの電圧誘起により前記二次コイルに接続される前記点火プラグに前記放電を実行させる点火コイル（19）と、

電荷供給部（12）に接続されたハイサイドコンデンサ（14A）、及び前記ハイサイドコンデンサに直列に接続されたローサイドコンデンサ（14B）、で構成されたコンデンサの直列接続体（14）と、

前記コンデンサの直列接続体と並列接続され、ハイサイドスイッチング素子（13A）及びローサイドスイッチング素子（13B）で構成されたスイッチング素子の直列接続体（13）であって、前記ハイサイドスイッチング素子と前記ローサイドスイッチング素子との接続点（17A）が、前記ハイサイドコンデンサと前記ローサイドコンデンサとの接続点（17B）に前記一次コイルを介して接続され、前記ハイサイドスイッチング素子及び前記ローサイドスイッチング素子が相補的に開閉される前記スイッチング素子の直列接続体と、

前記コンデンサの直列接続体の両端電圧を検出する両端電圧検出部（22）と、

前記ハイサイドコンデンサと前記ローサイドコンデンサとの前記接続点の電圧である中間点電圧を検出する中間点電圧検出部（22）と、

前記両端電圧検出部により検出される前記両端電圧及び前記中間点電圧検出部により検出される前記中間点電圧のうち少なくとも一方の電圧に基づいて、点火回路の故障箇所を判定する判定部（40）と、を備える点火回路の故障診断装置。

[請求項2] 前記判定部は、前記ハイサイドスイッチング素子及び前記ローサイ

ドスイッチング素子が相補的に開閉される前記点火プラグの放電期間中に、前記両端電圧及び前記中間点電圧のうち少なくとも一方の電圧に基づいて、前記点火回路の故障箇所を判定する請求項 1 に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項3] 前記判定部は、前記ハイサイドスイッチング素子に対し開状態から閉状態に切替わるように信号を出力したにも関わらず、前記信号を出力した前後における前記両端電圧の変化量が第一所定値よりも小さい場合には、前記ハイサイドスイッチング素子にオープン故障が生じていると判定する請求項 2 に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項4] 前記判定部は、前記ローサイドスイッチング素子に対し開状態から閉状態に切替わるように信号を出力したにも関わらず、前記信号を出力した前後における前記両端電圧の変化量が第一所定値よりも小さい場合には、前記ローサイドスイッチング素子にオープン故障が生じていると判定する請求項 2 又は 3 に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項5] 前記判定部は、前記ハイサイドスイッチング素子と前記ローサイドスイッチング素子とが相補的に開閉されたにも関わらず、それぞれの開閉の前後における前記両端電圧の変化量が第一所定値よりも小さい場合には、前記一次コイルにオープン故障が生じていると判定する請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項6] 前記判定部は、前記ハイサイドスイッチング素子又は前記ローサイドスイッチング素子を開状態から閉状態に切替えたことで、前記切替の前後における前記両端電圧の変化量が第三所定値よりも大きくなる場合には、前記一次コイルにショート故障が生じていると判定する請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項7] 前記判定部は、前記ハイサイドスイッチング素子を開状態から閉状態に切替えることで、前記切替の前後における前記中間点電圧の変化量が第二所定値よりも大きくなる場合には、前記ハイサイドコンデンサにオープン故障が生じていると判定する請求項 2 乃至 6 のいずれか

1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項8] 前記判定部は、前記ローサイドスイッチング素子を開状態から閉状態に切替えることで、前記切替の前後における前記中間点電圧の変化量が第二所定値よりも大きくなる場合には、前記ローサイドコンデンサにオープン故障が生じていると判定する請求項2乃至7のいずれか1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項9] 前記ハイサイドコンデンサの容量と前記ローサイドコンデンサの容量とが等しく、

前記判定部は、前記ハイサイドスイッチング素子及び前記ローサイドスイッチング素子が相補的に開閉されない前記点火プラグの非放電期間中に、前記中間点電圧に基づいて前記点火回路の故障箇所を判定する請求項1 乃至8のいずれか1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項10] 前記判定部は、前記中間点電圧が前記両端電圧の半分の電圧値に対して第四所定値よりも高くなった場合に、前記ハイサイドスイッチング素子にショート故障が生じていると判定する請求項9に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項11] 前記判定部は、前記中間点電圧が前記両端電圧の半分の電圧値に対して第四所定値よりも低くなった場合に、前記ローサイドスイッチング素子にショート故障が生じていることを判定する請求項9又は10に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項12] 前記判定部は、前記両端電圧と略等しい電圧値であることを判定するために設けられた第一閾値よりも前記中間点電圧が高くなった場合に、前記ハイサイドコンデンサにショート故障が生じていると判定する請求項9乃至11のいずれか1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

[請求項13] 前記判定部は、接地電圧と略等しい電圧値であることを判定する為に設けられた第二閾値よりも前記中間点電圧が低くなった場合に、前

記ローサイドコンデンサにショート故障が生じていると判定する請求項 9 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

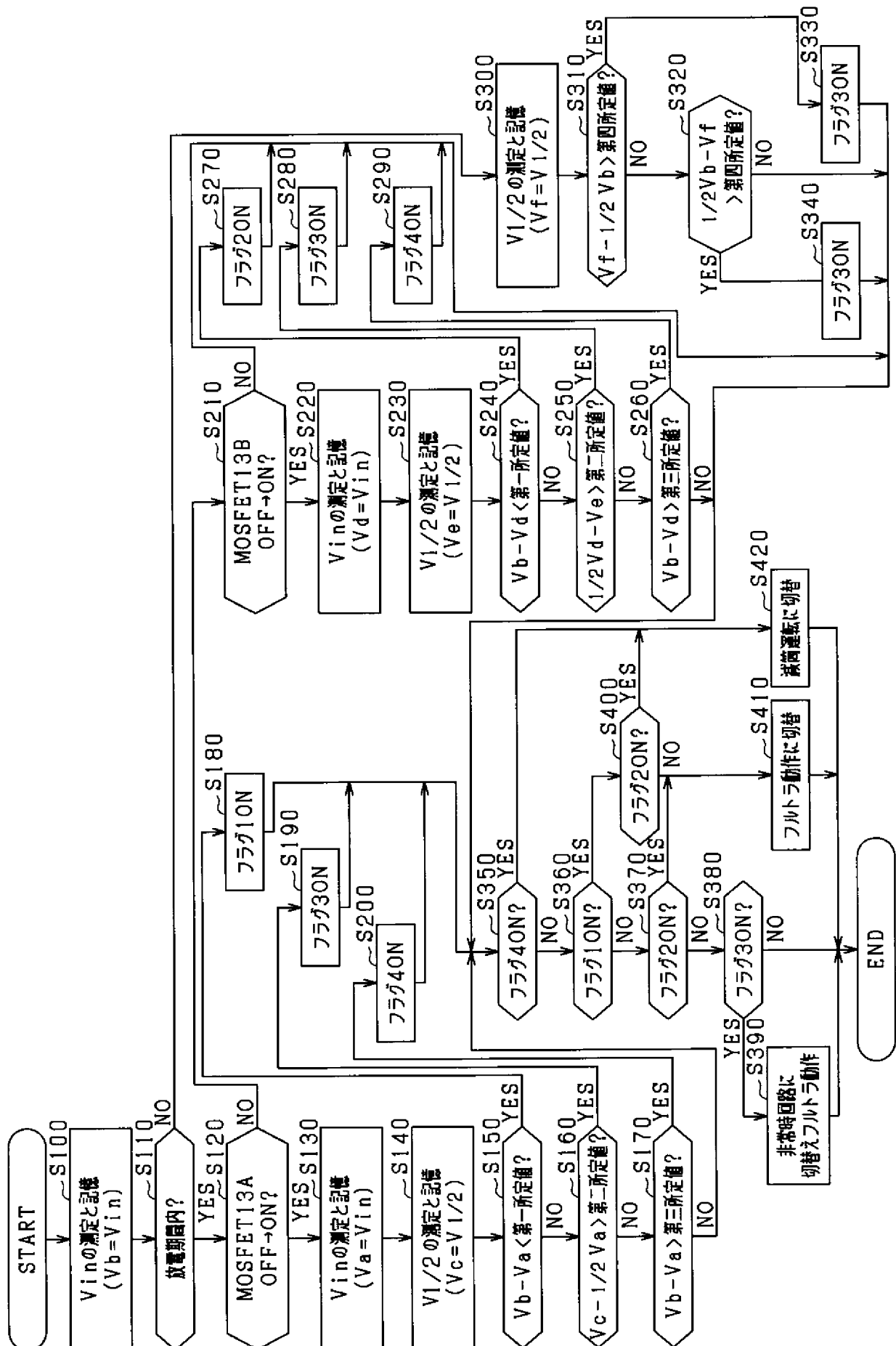
[請求項14]

前記ハイサイドスイッチング素子と前記ローサイドスイッチング素子との接続点が前記一次コイルの第一端と接続される第一状態と、前記電荷供給部と前記コンデンサの直列接続体との接続点が前記一次コイルの前記第一端と接続される第二状態と、を切替える第一経路切替部（15A）と、

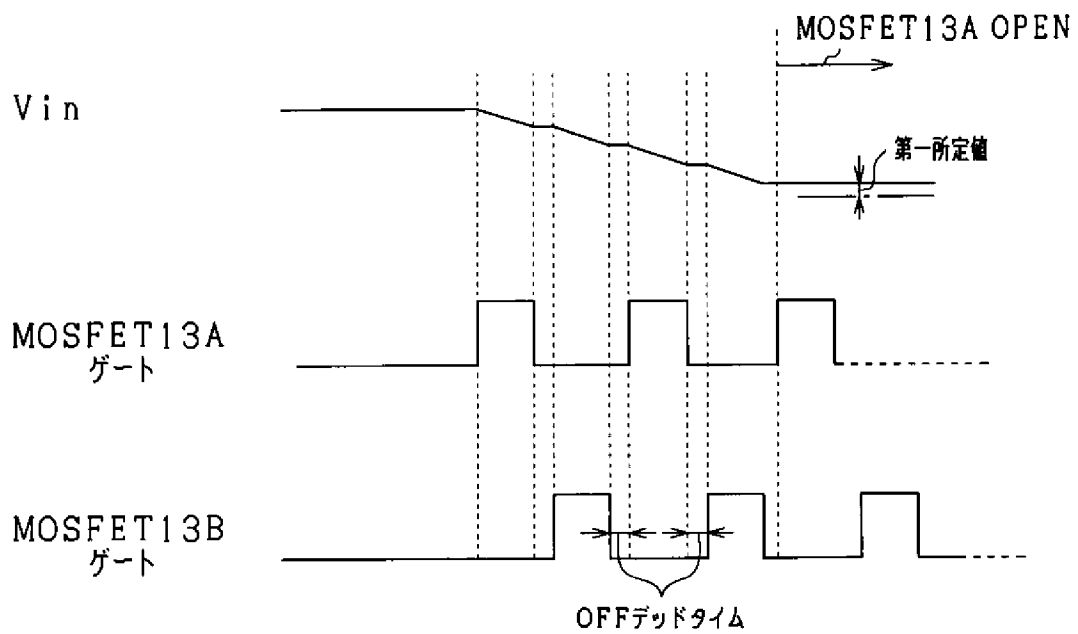
前記一次コイルの第二端が前記ハイサイドコンデンサと前記ローサイドコンデンサとの接続点に接続される第三状態と、前記一次コイルの前記第二端が第三スイッチング素子（18）を介して接地と接続される第四状態と、を切替える第二経路切替部（15B）と、を備え、

前記判定部は、前記点火回路に故障が生じていないと判定した場合に、前記第一経路切替部により前記第一状態に切替えさせ、且つ、前記第二経路切替部により前記第三状態に切替えさせ、一方で、前記一次コイルの故障を除き、前記点火回路の故障箇所を判定した場合に、前記第一経路切替部により前記第二状態に切替えさせ、且つ、前記第二経路切替部により前記第四状態に切替えさせる請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の点火回路の故障診断装置。

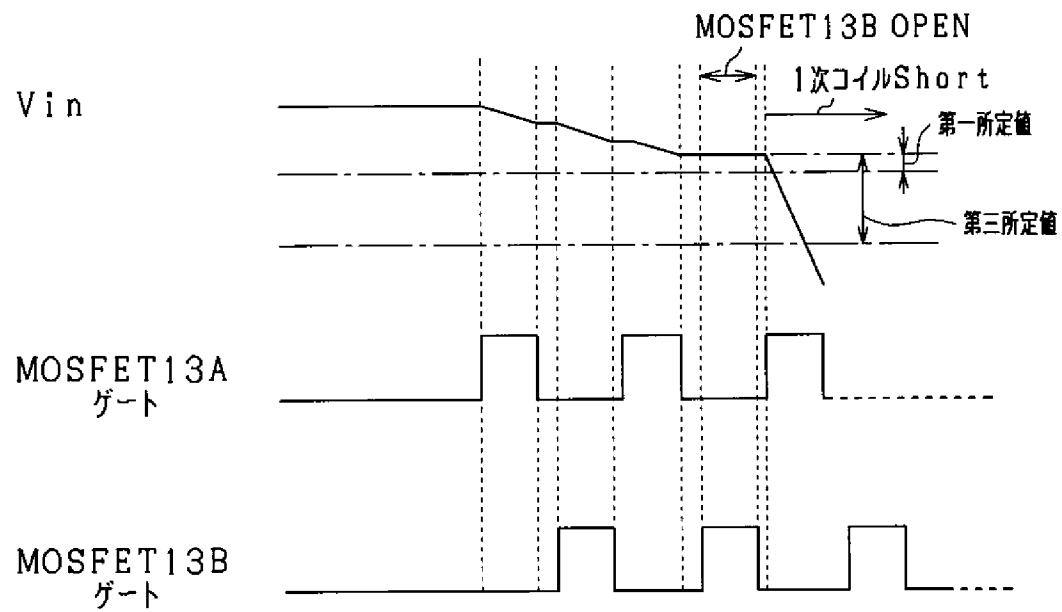
[図2]



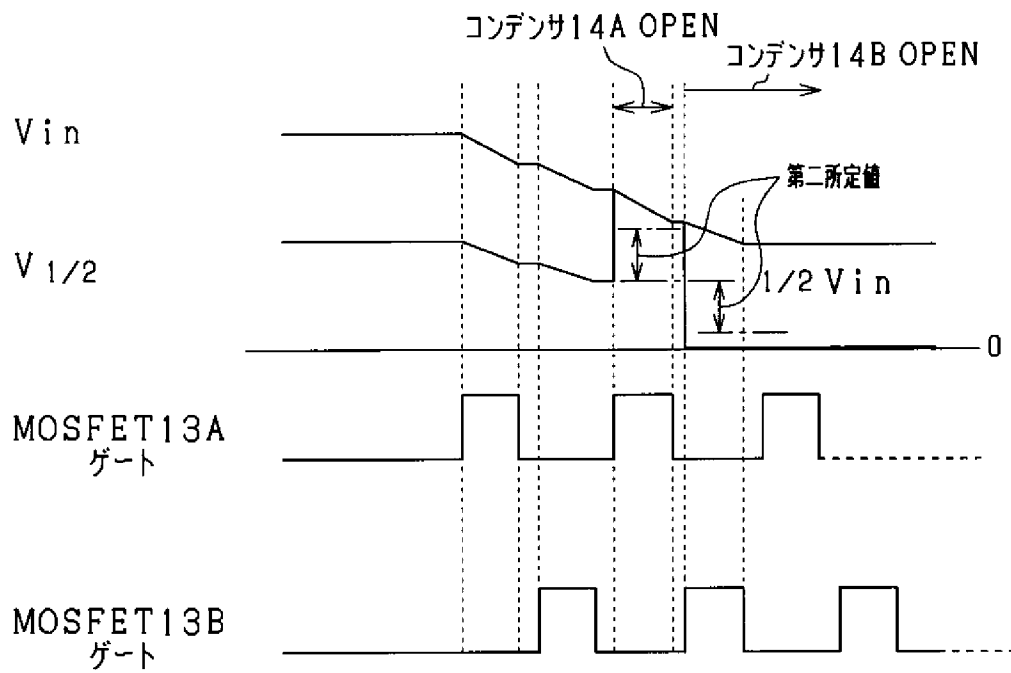
[図3]



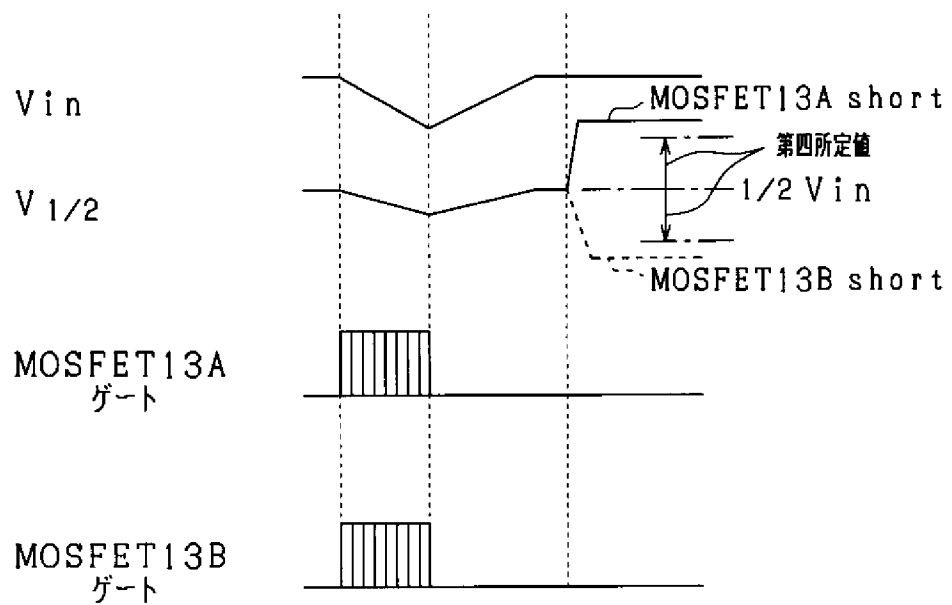
[図4]



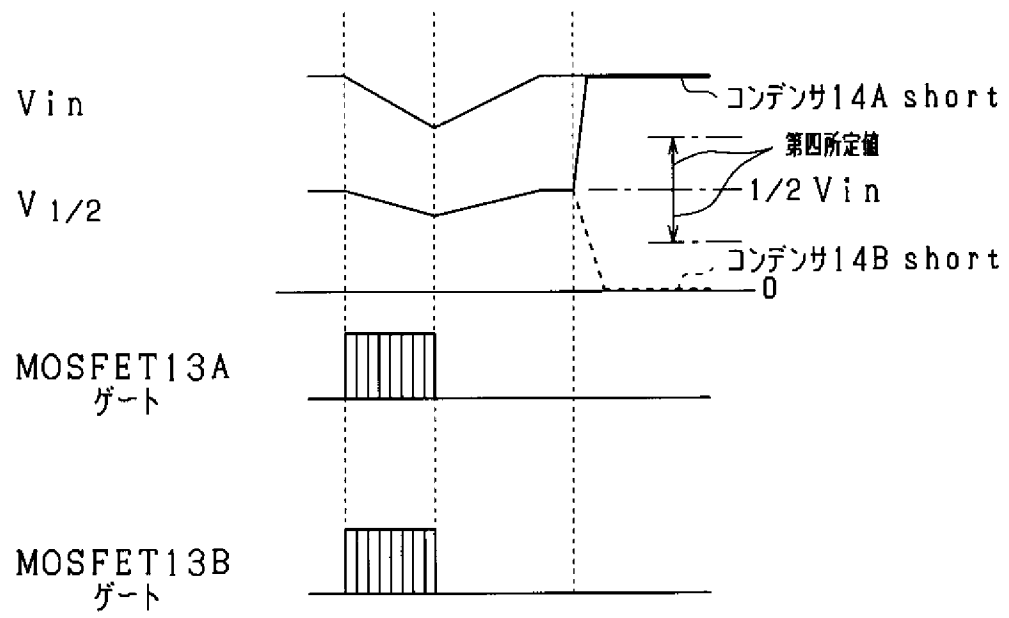
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005188

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02P17/00(2006.01)i, F02P3/01(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)

F02P1/00-3/12, 7/00-23/04, H02M7/42-7/98

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2002-524687 A (DaimlerChrysler AG.), 06 August 2002 (06.08.2002), paragraphs [0008], [0031] to [0035]; fig. 1 & DE 19840765 A1 & WO 2000/14404 A1 & US 6550463 B1 column 1, lines 55 to 67; column 3, lines 55 to 67; fig. 1	1-14
A	US 4998526 A (GOKHALE, Kalyan P.), 12 March 1991 (12.03.1991), column 3, lines 7 to 16; fig. 1 & EP 457383 A2 & DE 69108094 T2	1-14

☐ 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
20 April 2017 (20.04.17)

Date of mailing of the international search report
09 May 2017 (09.05.17)

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. F02P17/00(2006.01)i, F02P3/01(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. F02P1/00-3/12, 7/00-23/04, H02M7/42-7/98

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2002-524687 A (ダイムラークライスラー アクチエンゲゼルシャフト) 2002.08.06, [0008], [0031]-[0035], 図1 & DE 19840765 A1 & WO 2000/14404 A1 & US 6550463 B1, 1欄55-67行, 3欄55-67行, FIG.1	1-14
A	US 4998526 A (GOKHALE, Kalyan P.) 1991.03.12, 3欄7-16行, FIG.1 & EP 457383 A2 & DE 69108094 T2	1-14

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

20.04.2017

国際調査報告の発送日

09.05.2017

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

3 S

9061

電話番号 03-3581-1101 内線 3391