(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
2016 年 6 月 30 日(30.06.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/103942 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 3/28 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/081676

(22) 国際出願日: 2015 年 11 月 11 日(11.11.2015)

(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 2014-261544 2014 年 12 月 25 日(25.12.2014) 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: 田中 信太朗 (TANAKA Shintaro); 〒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). 千田 忠彦 (CHIDA Tadahiko); 〒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). 嶋田 尊衛 (SHIMADA Takae); 〒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).

(74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒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).

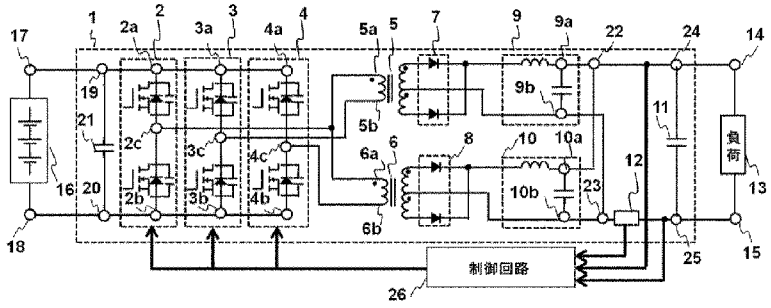
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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).

[続葉有]

(54) **Title**: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称 : 電力変換装置



13 Load
26 Control circuit

(57) **Abstract**: The purpose of the present invention is to provide a circuit configuration capable of reducing cost and size of a power conversion device configured from a plurality of switching power supply devices connected in parallel. In this power conversion device that is provided with at least a first switching power supply device and a second switching power supply device, which are connected in parallel, some switching elements of the first switching power supply device and the second switching power supply device are shared, said switching elements being applicable to high voltages, and in the cases where a load current is at a first current value or lower, a phase difference of a drive gate signal of a switching element of the first switching power supply device or the second switching power supply device, said switching element being applicable to high voltages, and a phase difference of a drive gate signal of the shared switching power supply device are set equal to each other.

(57) 要約: 本発明は、並列接続された複数のスイッチング電源装置からなる電力変換装置において、電力変換装置のコストおよびサイズを削減できる回路構成を提供することを目的とする。 本発明は、並列接続された第一のスイッチング電源装置及び第二のスイッチング電源装置を少なくとも備える電力変換装置であり、第一のスイッチング電源装置及び第二のスイッチング電源装置の高電圧対応スイッチング素子の一部を共通化し、負荷電流が第一の電流値以下である場合においては、第一のスイッチング電源装置および第二のスイッチング電源装置の一方の高電圧対応のスイッチング素子の駆動ゲート信号と、共通化されたスイッチング電源装置の駆動ゲート信号の位相差とを等しくする。

WO 2016/103942 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明はスイッチング電源装置と、スイッチング電源装置を制御する制御回路を有した電力変換装置に関し、特に自動車に搭載される電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、化石燃料の枯渇や地球環境問題の悪化を背景として、ハイブリッド自動車や電気自動車のような、電気エネルギーを利用した自動車への関心が高まっており、実用化が進んでいる。このような電気エネルギーを用いた自動車は、車輪を駆動するためのモータに電力を供給するための高圧バッテリから電圧を降圧して、必要な電力を低圧の電気機器へ供給する電力変換装置が備えられることが多い。エアコンやオーディオ、自動車のコントローラー等の電気機器に電力を供給する電力変換装置には、一般にスイッチング電源装置が用いられる。

[0003] ここで、電力変換装置は電力を変換する際に、銅損や固定損といった損失が発生する。スイッチング電源装置において発生する銅損は、出力電流の２乗に比例する。電力変換装置の変換効率を向上ために２つのスイッチング電源装置を並列に設けられることがある。並列接続された電力変換装置を構成することで、各スイッチング電源の出力電流を半分にすることができるため、銅損が低減され、これにより電力変換装置の変換効率を大幅に向上することが可能となる。

[0004] また、一般にスイッチング電源装置において発生する損失は、出力電流の２乗に比例する銅損の他に、負荷電流の大小に依存しない固有の固定損（例えばトランスに電圧が印加されることで発生する鉄損）が存在する。固定損失は出力電流値によらず発生することから、出力電流値が小さい状態においては、全体損失のうち固定損失が占める割合が相対的に大きくなってしまう

。特に自動車においては、エアコンのように負荷が大きい電気機器が使用されている際には、その負荷電流は当該電力変換装置の最大出力電流値付近となる一方で、前記のような負荷が大きい電気機器が使用されていない際には、出力電流値は非常に小さくなる。すなわち、負荷が大きい状態と、負荷が小さい状態のいずれかで電力変換装置が運転されることが多い。したがって、出力電流値が小さい場合には電力変換装置の変換効率が低く、このため高圧バッテリの消費が増大してしまう。

[0005] そこで、出力電流値が小さい場合に、複数の並列接続されたスイッチング電源装置の一方を停止させる手法がある。出力電流値が任意の値以下となった場合に、並列接続されたスイッチング電源装置の一方を停止させる制御を行う。この制御方法により、負荷が小さい場合に一方のスイッチング電源装置の動作が停止するので、スイッチング電源装置の固定損失が減少するため、負荷が小さいときの電力変換装置の変換効率が改善される。このような制御が行われる電力変換装置として例えば特開２００２－２９１２４７号公報（特許文献１）が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００２－２９１２４７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、前記電力変換装置は、車輪を駆動するモータに必要な電圧がおよそ４００Ｖと比較的高いため、並列接続されるスイッチング電源装置において、高電圧対応のスイッチング素子が存在する。一般的に高電圧対応のスイッチング素子はコストが高く、占有面積も大きくなる。

[0008] 前記電力変換装置は、各出力電流値が小さい場合に、複数の並列接続されたスイッチング電源装置の一方を停止させ、並列接続されたスイッチング電源装置の一方を停止させる構成となっている。しかしながら、特許文献１に

おいては、前記構成をとっているため、次のような問題がある。つまり、並列接続されたスイッチング電源装置の一方を停止させるため、並列数増加により、搭載される素子が増加してしまうため、特に高電圧対応のスイッチング素子も増加し、電力変換装置のコストおよびサイズが大きくなってしまう。

[0009] 本発明の目的は、このような問題を解決するために、並列接続された複数のスイッチング電源装置からなる電力変換装置において、電力変換装置のコストおよびサイズを削減できる回路構成と、前記回路構成において、負荷が小さい時の変換効率を改善された新規な電力変換装置およびこれを備えた自動車を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の電力変換装置は、第一のトランスの一次側の一端に接続されるとともに第二のトランスの一端に接続される共通スイッチングレッグと、前記第一のトランスの一次側の他端に接続される第一のスイッチングレッグと、前記第二のトランスの一次側の他端に接続される第二のスイッチングレッグと、前記第一のトランスの二次側に接続される第一の二次回路と、前記第二のトランスの二次側に接続される第二の二次回路と、を備え、前記共通スイッチングレッグと前記第一のスイッチングレッグと第二のスイッチングレッグとは、入力端子で電気的に並列に接続され、前記第一の二次回路と第二の二次回路とは、出力端子で電気的に並列に接続される。好ましくは、前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第一のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差をＴ１とし、前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第二のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差をＴ２とすると、前記出力端子を流れる電流が所定の電流値より小さい場合に、前記位相差Ｔ１または前記位相差Ｔ２のいずれか一方は、零となるように制御される

発明の効果

[0011] 本発明によれば、第一のスイッチング電源装置及び第二のスイッチング電

源装置の高電圧対応スイッチング素子の一部を共通化されることで、電力変換装置のコストとサイズが削減でき、かつ軽負荷状態において、一方の高電圧対応のスイッチング素子の駆動ゲート信号と共通化されたスイッチング電源装置の駆動ゲート信号が等しくするため、並列接続されたスイッチング電源装置の一方のトランスへの印加電圧が零となるため、一方のトランス鉄損が零となり、軽負荷時の変換効率が改善される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例１の電力変換装置の構成を示す図である。

[図2]実施例１の重負荷モードでのゲート信号波形及びトランス印加電圧波形である。

[図3(a)]図２のＡにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図3(b)]図２のＢにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図3(c)]図２のＣにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図3(d)]図２のＤにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図4]実施例１の軽負荷モードでのゲート信号波形及びトランス印加電圧波形である。

[図5(a)]図４のＡにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図5(b)]図４のＢにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図5(c)]図４のＣにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図5(d)]図４のＤにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図6]実施例１の電力変換装置の出力電流Ｉｏと変換効率の関係図である

[図7]実施例２の電力変換装置の構成を示す図である。

[図8]実施例２の重負荷モードと軽負荷モードにおけるゲート信号波形図である。

[図9]実施例３の電力変換装置の構成を示す図である。

[図10]実施例４の電力変換装置の構成を示す図である。

[図11]実施例４の共通スイッチングレッグ２が開放故障した場合におけるゲート信号波形及びトランス印加電圧波形である。

[図12(a)]図１１のＡにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図12(b)]図１１のＢにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図12(c)]図１１のＣにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図12(d)]図１１のＤにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図13]実施例４の第一のスイッチングレッグ３が開放故障した場合におけるゲート信号波形及びトランス印加電圧波形である。

[図14(a)]図１３のＡにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図14(b)]図１３のＢにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図14(c)]図１３のＣにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図14(d)]図１３のＤにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図15]実施例５の電力変換装置の構成を示す図である。

[図16]実施例５の重負荷モードでのゲート信号波形及びトランス印加電圧波

形である。

[図17(a)]図１６のＡにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図17(b)]図１６のＢにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図17(c)]図１６のＣにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図17(d)]図１６のＤにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図18]実施例５の軽負荷モードでのゲート信号波形及びトランス印加電圧波形である。

[図19(a)]図１８のＡにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図19(b)]図１８のＢにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図19(c)]図１８のＣにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

[図19(d)]図１８のＤにおけるスイッチング電源装置の高圧バッテリ側の回路図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に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

[0014] 図１は、第１の実施形態における電力変換装置の構成図である。本実施形態における電力変換装置はスイッチング電源装置１で構成される。スイッチング電源装置１の入力端子１９は、高圧バッテリ１６の正極１７に接続される。スイッチング電源装置１の入力端子２０は、高圧バッテリ１６の負極１

８に接続される。

[0015] 入力コンデンサ２１は、入力端子１９、２０に接続される。

[0016] スイッチング電源装置１の入力端子１９には、共通スイッチングレッグ２の一方の端子２ａと、第一のスイッチングレッグ３の一方の端子３ａと、第二のスイッチングレッグ４の一方の端子４ａとが並列に接続される。スイッチング電源装置１の入力端子２０には、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂと、第一のスイッチングレッグ３の他方の端子３ｂと、第二のスイッチングレッグ４の他方の端子４ｂとが並列に接続されている。

[0017] 共通スイッチングレッグ２、第一のスイッチングレッグ３、および第二のスイッチングレッグ４はそれぞれ、直列に接続されたＭＯＳＦＥＴを有する。なお、本実施例ではＭＯＳＦＥＴを使用しているが、ＩＧＢＴなどのスイッチング素子を用いても良い。

[0018] 共通スイッチングレッグ２の中点２ｃは、第一のトランス５の一次巻線の一方の端子５ａと、第二のトランス６の一次巻線の一方の端子６ａに接続される。第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃは、第一のトランス５の一次巻線の他方の端子５ｂに接続される。第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃは、第二のトランス６の一次巻線の他方の端子６ｂに接続される。

[0019] 第一のトランス５は、ダイオードからなる整流回路７に接続される。整流回路７は、チョークコイルと平滑コンデンサからなる平滑回路９に接続される。平滑回路９の一方の端子９ａは、接続端子２２に接続される。平滑回路９の他方の端子９ｂは、接続端子２３に接続される。第二のトランス６は、ダイオードからなる整流回路８に接続される。整流回路８は、チョークコイルと平滑コンデンサからなる平滑回路１０に接続される。平滑回路１０の一方の端子１０ａは、接続端子２２に接続される。平滑回路１０の他方の端子１０ｂは、接続端子２３に接続される。

[0020] 出力コンデンサ１１は、出力端子２４、２５に接続される。スイッチング電源装置１は、接続端子２２と出力端子２４が接続される。接続端子２３と出力端子２５の間には、出力電流を検値する電流検出器１２が接続される。

負荷１３の一方の端子１４は、出力端子２４に接続される。負荷１３の他方の端子１５は、出力端子２５に接続される。

[0021] スイッチング電源装置１は、制御回路２６とを備える。制御回路２６は、共通スイッチングレッグ２と、第一のスイッチングレッグ３と、第二のスイッチングレッグ４の動作を制御する。

[0022] 図１で説明した本実施形態では、第一のトランス５および第二のトランス６はセンタータップ方式を採用しているが、カレントダブラ方式やその他方式を使用しても良い。また、整流回路７、８はダイオード整流を用いているが、ＭＯＳＦＥＴを使用した同期整流方式などのその他整流方式を用いても良い。また、スイッチング電源装置１は、接続端子２２と出力端子２４が接続され、出力電流を検値する電流検出器１２が接続端子２３と出力端子２５の間に接続されているが、接続端子２３と出力端子２５が接続され、出力電流を検値する電流検出器１２が接続端子２２と出力端子２４の間に接続されても良い。また、第一のトランス５と第二のトランス６の巻き数比は互いに等しければ、巻数が異なっていても良い。

[0023] 制御回路２６は、出力コンデンサ１１の出力電圧および電流検出器１２で検出した出力電流を監視している。制御回路２６は、検出した出力電流に基づいて、出力電圧が所定の値となるように、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２と、第一のスイッチングレッグ３と、第二のスイッチングレッグ４の動作を制御する。ここで、スイッチング電源装置１の入力端子１９、２０との間の（入力）電圧をＶｉｎ、出力端子２４、２５との間の（出力）電圧をＶｏとし、電流検出器１２で検出した出力電流をＩｏとし、出力電流の最大値をＩｏｍａｘと定義する。

[0024] スイッチング電源装置１には、２つのモードが存在する。一つ目は、負荷が大きい重負荷モードである。もう一方は、負荷が小さい軽負荷モードである。ここで、制御の動作モードを変更する電流値をＩｃとする。Ｉｃの条件は、Ｉｃの値がＩｏｍａｘよりも小さいことである（Ｉｃ＜Ｉｏｍａｘ）。Ｉｃの値の決定方法は、重負荷モードと軽負荷モードにおけるスイッチング

電源装置１の変換効率が等しくなる出力電流値とするなどが可能であり、任意に定めることができる。以下では、重負荷モードと軽負荷モードの詳細を説明する。なお、以下では入力端子２０の電位が零である場合を記載しているが、入力端子２０の電位が零でない場合は、上記の各電位に入力端子２０の電位が加算される。

[0025] Ｉｏが Ｉｃよりも大きく、かつＩｏがＩｏｍａｘよりも小さい状態（Ｉｃ＜Ｉｏ＜Ｉｏｍａｘ）においては、以下で説明する重負荷モードで制御を実行する。

[0026] 図２は、重負荷モードにおけるゲート信号波形とトランス印加電圧を示す図である。図２のゲート信号波形は、各スイッチングレッグを構成するスイッチング素子のうち、スイッチング電源装置１の入力端子１９側に接続されるスイッチング素子に印加されるゲート電圧を示している。なお、入力端子２０側に接続されるスイッチング素子に印加されるゲート信号波形は、図２に示されるゲート信号を反転した波形となる。以下特に断らない限り、他の実施形態においても同様とする。

[0027] 制御回路２６は、出力コンデンサ１１の出力電圧および電流検出器１２で検出した出力電流を監視している。重負荷モードでは、出力電圧が所定の値となるように、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３及び第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ４を制御する。時間Ｔφ３を制御することで、第一のトランス５への入力電圧の印加時間を制御する。また、Ｔφ４を制御することで、第二のトランス６への入力電圧の印加時間を制御する。このとき、共通スイッチングレッグ２と、第一のスイッチングレッグ３と、第二のスイッチングレッグ４のスイッチング周期をＴとすると、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は下記の（１）式で表され、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は（２）式で表される。

[0028]

[数1]

$$V_{T5} = V_{in} \times \frac{2T_{\phi 3}}{T} \quad \cdots (1)$$

[0029] [数2]

$$V_{T6} = V_{in} \times \frac{2T_{\phi 4}}{T} \quad \cdots (2)$$

[0030] 図３（ａ）乃至図３（ｄ）を用いて重負荷モードにおける動作を記載する。図３（ａ）乃至図３（ｄ）はそれぞれ、図２中の期間Ａ乃至Ｄにおける動作パターンに対応して、高圧バッテリ側の回路を流れる電流を図示したものである。

[0031] 図３（ａ）は、図２のＡの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図２の期間Ａにおいては、共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンであり、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオフであり、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオフである。そのため、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃの電位はＶｉｎであり、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃの電位は零であり、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃの電位は零である。したがって、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５はＶｉｎとなり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎとなる。

[0032] このとき、入力端子１９から共通スイッチングレッグ２に流れる電流は、共通スイッチングレッグの中点２ｃから第一のトランス５及び第二のトランス６へ流れる。第一のトランス５に流れた電流は、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃから入力端子２０へと流れる。第一のトランス６に流れた電流は、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃから入力端子２０へと流れる。

[0033] 図３（ｂ）は、図２のＢの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図２の期間Ｂにおいては、第一のトランス５への

印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0034] まず、共通スイッチングレッグの中点２ｃから第一のトランス５及び第二のトランス６へと流れる。第一のトランス５に流れた電流は、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃから共通スイッチングレッグ２の一方の端子２ａへと流れる。第二のトランス６に流れた電流は、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃから共通スイッチングレッグ２の一方の端子２ａへと流れる。その後、第一のトランス５の漏れインダクタンスと、第二のトランス６の漏れインダクタンスにより、図３（ｂ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0035] 図３（ｃ）は、図２のＣの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図２の期間Ｃにおいては、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５はＶｉｎとなり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎとなる。

[0036] このとき、入力端子１９から流れる電流は、第一のスイッチングレッグ３及び第二のスイッチングレッグ４に流れる。電流は、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃから、第一のトランス５を経由して、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃへと流れる。また、電流は、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃから、第二のトランス６を経由して、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃへと流れる。

[0037] 図３（ｄ）は、図２のＤの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図２の期間Ｄにおいては、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0038] まず、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂから、第一のスイッチングレッグ３及び第二のスイッチングレッグ４へと電流が流れる。第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃからの電流は、第一のトランス５へと流れる。第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃからの電流は、第二のトランス６

へと流れる。第一のトランス５及び第二のトランス６を流れた電流は、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃへと流れる。その後、図３（ｄ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0039] Ｉｏが Ｉｃよりも小さく、かつＩｏが零よりも大きい状態（０＜Ｉｏ＜Ｉｃ）においては、以下で説明する軽負荷モードで制御を実行する。

[0040] 図４は、軽負荷モードにおけるゲート信号波形とトランス印加電圧を示す図である。図２と同様、図４のゲート信号波形は、各スイッチングレッグを構成するスイッチング素子のうち、スイッチング電源装置１の入力端子１９側に接続されるスイッチング素子に印加されるゲート電圧を示している。

[0041] 制御回路２６は、軽負荷モードでは、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３を零とする。また、出力電圧が所定の値となるように、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ４を制御する。Ｔφ３が零であるため、第一のトランス５への入力電圧の印加時間は零である。また、Ｔφ４を制御することで、第二のトランス６への入力電圧の印加時間が制御される。このとき、共通スイッチングレッグ２と、第一のスイッチングレッグ３と、第二のスイッチングレッグ４のスイッチング周期をＴとすると、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は下記の（３）式で表され、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は（４）式で表される。

[0042] [数3]

$$V_{T5} = 0 \qquad \cdots (3)$$

[0043] [数4]

$$V_{T6} = V_{in} \times \frac{2T_{\phi 4}}{T} \qquad \cdots (4)$$

[0044] 図５（ａ）乃至図５（ｄ）を用いて軽負荷モードにおける動作を記載する

。図５（ａ）乃至図５（ｄ）はそれぞれ、図４中の期間Ａ乃至Ｄにおける動作パターンに対応して、高圧バッテリ側の回路を流れる電流を図示したものである。

[0045] 図５（ａ）は、図４のＡの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図４の期間Ａにおいては、共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンであり、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンであり、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオフである。そのため、共通スイッチングレッグ２の中点２Ｃの電位はＶｉｎであり、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃの電位はＶｉｎであり、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ電位は零となる。したがって、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎとなる。

[0046] このとき、電流は、入力端子１９から共通スイッチングレッグ２及び第一のスイッチングレッグ３に流れる。共通スイッチングレッグ２を流れた電流は、共通スイッチング電流２の中点２ｃから第二のトランス６へと流れる。第一のスイッチングレッグ３を流れた電流は、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃから、第一のトランス５を経由して、第二のトランス６へと流れる。第二のトランスを流れた電流は、第二のスイッチングレッグの入力端子２０側のスイッチング素子を通って、入力端子２０へと流れる。

[0047] 図５（ｂ）は、図４のＢの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図２の期間Ｂにおいては、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0048] まず、電流は、第二のスイッチングレッグの一方の端子４ａから共通スイッチングレッグ２及び第一のスイッチングレッグ３に流れる。共通スイッチングレッグ２を流れた電流は、共通スイッチング電流２の中点２ｃから第二のトランス６へと流れる。第一のスイッチングレッグ３を流れた電流は、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃから、第一のトランス５を経由して、

第二のトランス６へと流れる。第二のトランスを流れた電流は、第二のスイッチングレッグの入力端子１９側のスイッチング素子を通って、共通スイッチングレッグ２の一方の端子２ａおよび第一のスイッチングレッグの一方の端子３ａへと流れる。その後、図５（ｂ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0049] 図５（ｃ）は、図４のＣの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図４の期間Ｃにおいては、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎとなる。

[0050] このとき、第二のスイッチングレッグ４から第二のトランス６に流れた電流は、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃへと流れる。また、第二のスイッチングレッグ４から第二のトランス６に流れた電流は、第一のトランス５を経由して第一のスイッチングレッグの中点３ｃへと流れる。そして電流は、共通スイッチングレッグ２および第一のスイッチングレッグ３の入力端子２０側のスイッチング素子を経由して入力端子２０へと流れる。

[0051] 図５（ｄ）は、図４のＤの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図４の期間Ｄにおいては、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0052] まず、共通スイッチングレッグ２および第一のスイッチングレッグ３の入力端子２０側のスイッチング素子を流れる電流は、第二のスイッチングレッグ４の他方の端子４ｂへと流れる。電流は、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃから第二のトランス６を流れる。第二のトランス６を流れた電流は、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃへと流れるとともに、第一のトランス５を経由して第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃへと流れる。その後、図５（ｄ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0053] なお、上述した本実施形態では、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第一のスイッチング

レッグ３のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３を零としたが、零とするスイッチングレッグはどちらでも良く、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ４を零としてもよい。また、位相差を零とする順番も不定で良い。例えば、位相差を零とするスイッチングレッグを常に第一のスイッチングレッグ３としても良いし、位相差を零とするスイッチングレッグを交互にしても良い。

[0054] 本実施形態に係る電力変換装置によれば、共通スイッチングレッグ１を設け、共通スイッチングレッグ２のゲート信号と第一のスイッチングレッグ３のゲート信号の位相差および共通スイッチングレッグ２のゲート信号と第二のスイッチングレッグ４のゲート信号の位相差を制御することにより、重負荷モード（Ｉｃ＜Ｉｏ＜Ｉｏｍａｘ）では、第一のトランス５と第二のトランス６に入力電圧が印加され、並列動作により、スイッチング電源装置１の銅損が低減することができる。また、軽負荷モード（０＜Ｉｏ＜Ｉｃ）では、第一のトランス５の印加電圧が零となり、スイッチング電源装置１の固定損を低減することが可能である。つまり、スイッチング電源装置１の全負荷領域において、変換効率を向上することが可能となる。さらに、共通スイッチングレッグ１を設けることで、スイッチング素子の個数を削減することが可能であり、スイッチング電源装置のサイズおよびコストを削減することが可能となる。

[0055] 図６は、入力電圧Ｖｉｎが４００Ｖ、出力電圧Ｖｏが１４Ｖ、Ｉｏｍａｘが１５０Ａとした場合における、本実施形態の電力変換装置の出力電流Ｉｏと変換効率の関係図である。図中で、軽負荷モードにおける変換効率は破線で表わされ、重負荷モードにおける変換効率は実線で表わされる。ここでは、重負荷モードにおける変換効率と低負荷モードにおける変換効率とが等しくなる出力電流値として、Ｉｃを７５Ａとしている。出力電流値Ｉｏが７５Ａ＜Ｉｏ＜１５０Ａとなる領域では重負荷モードとすることで、並列接続されたスイッチング電源装置１が駆動するため、高効率を維持している。また、出力電流値Ｉｏが０Ａ＜Ｉｏ＜７５Ａとなる領域では軽負荷モードとして

、一方のトランスへの印加電圧を零とすることで、当該トランスの鉄損が零となり、重負荷モードより高効率となる。

実施例 2

[0056] 図７は、第２の実施形態に係る電力変換装置の構成図である。本実施例の電力変換装置は、追加する素子を除き、実施例１と同様である。追加される素子は、第一のトランス５の温度を検出する温度検出器２７および第二のトランス６の温度を検出する温度検出器２８である。制御回路２６は温度検出器２７、２８の値を監視している。その他の構成については、説明を省略する。

[0057] 本実施形態においては、重負荷モードから軽負荷モードに移行する際に、共通スイッチングレッグ２との位相差を零とするスイッチングレッグを、温度検出器２７、２８の検出温度により決定する。温度検出器２７で検出した温度をＴ１、温度検出器２８で検出した温度をＴ２とする。

[0058] 図８は、重負荷モードから軽負荷モードへ移行する際の温度条件と、軽負荷モードにおける共通スイッチングレッグ２、第一のスイッチングレッグ３、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号波形を表す図である。

[0059] 温度検出器２７で検出した温度Ｔ１が温度検出器２８で検出した温度Ｔ２より大きい場合（Ｔ１＞Ｔ２）、第一のトランス５への印加電圧を零とする軽負荷モード１とする。つまり、共通スイッチングレッグ２のゲート信号と、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号との位相差を零とする。

[0060] 一方、温度検出器２７で検出した温度Ｔ１が温度検出器２８で検出した温度Ｔ２より小さい場合（Ｔ１＜Ｔ２）、第二のトランス６への印加電圧を零とする軽負荷モード２とする。つまり、共通スイッチングレッグ２のゲート信号と第二のスイッチングレッグ４のゲート信号の位相差を零とする。

[0061] なお、温度条件は逆でも良い。温度検出器２７で検出した温度Ｔ１が温度検出器２８で検出した温度Ｔ２より小さい場合（Ｔ１＜Ｔ２）に、軽負荷モード１とし、温度検出器２７で検出した温度Ｔ１が温度検出器２８で検出した温度Ｔ２より大きい場合（Ｔ１＞Ｔ２）に、軽負荷モード２としてもよい

。

[0062] なお、上述した本実施形態では、第一のトランス５と第二のトランス６の温度検出を行い、動作モード切り替えスイッチングレッグの選択を行ったが、温度検出を行う素子はトランス以外でも良い。例えば、第一のスイッチングレッグ３と第二のスイッチングレッグ４でも良い。また、整流回路７、８でも良い。また、平滑回路９、１０でも良い。

[0063] 本実施形態に係る電力変換装置によれば、温度検出器２７、２８より第一のトランス５の温度Ｔ１および第二のトランス６の温度Ｔ２を検出し、その検出した温度の大小により、共通スイッチングレッグ２のゲート信号との位相差を零とするスイッチングレッグを選択することが可能となる。つまり、軽負荷モード時に温度環境の厳しいトランスや整流回路、平滑回路を停止させることが可能となるため、素子の温度環境を緩和することが可能となり、スイッチング電源装置１の素子の長寿命化が可能となる。つまり、スイッチング電源装置１の信頼性を高めることが可能となる。

実施例 3

[0064] 図９は、第３の実施形態に係る電力変換装置の構成図である。本実施例の電力変換装置は、追加する素子を除き、実施例１と同様である。追加される素子は、平滑回路９に流れる電流を検出する電流検出器２９および平滑回路１０に流れる電流を検出する電流検出器３０である。制御回路２６は、電流検出器２９、３０の値を監視している。その他の構成については、説明を省略する。

[0065] ここで、平滑回路９に流れる電流量をＩ１、平滑回路１０に流れる電流量をＩ２とする。Ｉ１とＩ２の合計は、出力電流Ｉｏとなる（Ｉ１＋Ｉ２＝Ｉｏ）。本実施形態に係る制御回路２６は、共通スイッチングレッグ２のゲート信号と第一のスイッチングレッグ３のゲート信号の位相差をＩ１の値に基づいて制御する。また、共通スイッチングレッグ２のゲート信号と第二のスイッチングレッグ４のゲート信号の位相差をＩ２の値に基づいて制御する。平滑回路９に流れる電流量Ｉ１と、平滑回路１０に流れる電流量Ｉ２を等し

くしても良く、平滑回路９に流れる電流量Ｉ１と、平滑回路１０に流れる電流量Ｉ２を等しくしなくても良い。

[0066] 電流検出器２９、３０を用いる場合、電流検出器１２の省略が可能である。その場合、実施例１および実施例２における出力電流値Ｉｏを、平滑回路９に流れる電流量Ｉ１と平滑回路１０に流れる電流量Ｉ２の合計電流として制御を行えば良い。

[0067] スイッチング電源装置１の出力電流のアンバランスは主に、第一のスイッチングレッグ３と第二のスイッチングレッグ４の素子ばらつき、整流回路７、８の素子ばらつき、平滑回路９、１０の素子ばらつきや、スイッチング電源装置１の配線ばらつきにより生じる。特に重負荷モードでは、出力電流量も大きく、電流アンバランスが大きくなると、素子破壊などが生じてしまい、スイッチング電源装置の信頼性を低下させてしまう恐れがある。

[0068] 本実施形態に係る電力変換装置によれば、重負荷モードにおいて、共通スイッチングレッグ２のゲート信号との位相差をＩ１の値に基づいて制御し、共通スイッチングレッグ２のゲート信号と第二のスイッチングレッグ４のゲート信号の位相差をＩ２の値に基づいて制御することが可能である。つまり、平滑回路９に流れる電流量Ｉ１と、平滑回路１０に流れる電流量Ｉ２を等しくする制御を行った場合、第一のスイッチングレッグ３と第二のスイッチングレッグ４の素子ばらつき、整流回路７、８の素子ばらつき、平滑回路９、１０の素子ばらつきや、スイッチング電源装置１の配線ばらつきにより生じる電流アンバランスを抑制することが可能となる。従って、スイッチング電源装置１の素子の電流集中を抑制することが可能となり、スイッチング電源装置１の素子の長寿命化が可能となる。つまり、スイッチング電源装置１の信頼性を高めることが可能となる。

実施例 ４

[0069] 図１０は、第４の実施形態に係る電力変換装置の構成図である。本実施例の電力変換装置は、追加する素子を除き、実施例１乃至実施例３と同様である。追加される素子は、共通スイッチング素子２の中点２ｃに接続する電流

検出器３１と、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃに接続する電流検出器３２と、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃに接続する電流検出器３３である。制御回路２６は、電流検出器３１、３２、３３の値を監視している。なお、電流検出器３１、３２、３３は、共通スイッチング素子２と、第一のスイッチングレッグ３と、第二のスイッチングレッグ４の開放故障を検出できる検出装置としても良い。その他の構成については、説明を省略する。

[0070] 本実施例の構成においては、開放故障時においてもスイッチング電源装置１を動作させることが可能である。以下にその動作を説明する。まず、共通スイッチングレッグ２が開放故障した場合について説明する。

[0071] 図１１は、共通スイッチングレッグ２が開放故障した場合におけるゲート信号波形及びトランス印加電圧波形である。共通スイッチングレッグ２が開放故障した場合、電流検出器３１が異常を検出し、制御回路２６へ異常検出信号を送る。異常検出信号を受け取った場合、制御回路２６は、直ちに共通スイッチングレッグ２の動作を停止させる。共通スイッチングレッグ２の停止後は、第一のスイッチングレッグ３と第二のスイッチングレッグ４でスイッチング電源装置１を動作させる。共通スイッチングレッグ２が開放故障しているため、ゲート信号は常にオフとする。

[0072] 制御回路２６は、出力電圧が所定の値となるように、スイッチング電源装置１の第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ４を制御する。時間Ｔφ４を制御することで、第一のトランス５および第二のトランス６への入力電圧の印加時間が制御される。このとき、第一のスイッチングレッグ３及び第二のスイッチングレッグ４のスイッチング周期をＴとすると、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５および第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は、下記の（５）式で表される。

[0073]

[数5]

$$V_{T5}=V_{T6}=\frac{V_{in}}{2}\times\frac{2T_{\phi 4}}{T} \quad \cdots (5)$$

[0074] 図１２（ａ）及至図１２（ｄ）を用いて、共通スイッチングレッグ２が開放故障時における動作を記載する。図１２（ａ）乃至図１２（ｄ）はそれぞれ、図１１中の期間Ａ乃至Ｄにおける動作パターンに対応して、高圧バッテリ側の回路を流れる電流を図示したものである。

[0075] 図１２（ａ）は、図１１のＡの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図１１の期間Ａにおいては、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンであり、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオフである。そのため、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃの電位はＶｉｎであり、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃの電位は零である。第一のトランス５と第二のトランス６が直列に接続されているため、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５はＶｉｎ／２となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎ／２となる。

[0076] このとき、スイッチング電源装置１の電流経路は、入力端子１９から、第一のスイッチングレッグ３の一方の端子３ａ、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃ、第一のトランス５、第二のトランス６、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ、第二のスイッチングレッグ４の他方の端子４ｂ、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂ、入力端子２０へと順に流れる。

[0077] 図１２（ｂ）は、図１１のＢの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図１１の期間Ｂにおいては、第一のスイッチングレッグ３及び第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンである。そのため、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0078] まず、スイッチング電源装置１の電流経路は、第一のスイッチングレッグ３の一方の端子３ａから、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃ、第一のトランス５、第二のトランス６、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ、

第二のスイッチングレッグ４の一方の端子４ａ、第一のスイッチングレッグ３の一方の端子３ａへと順に流れる。その後、図１２（ｂ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0079] 図１２（ｃ）は、図１１のＣの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図１１の期間Ｃにおいては、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃの電位は零であり、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃの電位はＶｉｎとなる。そのため、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５はＶｉｎ／２となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎ／２となる。

[0080] このとき、スイッチング電源装置１の電流経路は、入力端子１９から、第二のスイッチングレッグ４の一方の端子４ａ、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ、第二のトランス６、第一のトランス５、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃ、第一のスイッチングレッグ３の他方の端子３ｂ、入力端子２０へと順に流れる。

[0081] 図１２（ｄ）は、図１１のＤの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図１１の期間Ｄにおいては、第一のスイッチングレッグ３及び第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオフである。そのため、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0082] まず、スイッチング電源装置１の電流経路は、第一のスイッチングレッグ３の他方の端子３ｂから、第二のスイッチングレッグ４の他方の端子４ｂ、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃへ流れ、第二のトランス６、第一のトランス６、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃ、第一のスイッチングレッグ３の他方の端子３ｂへと順に流れる。その後、図１２（ｄ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0083] なお、上述した本実施形態では、スイッチング電源装置１の第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ４を制御する回路動作を説明

したが、スイッチング電源装置１の第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３を制御するとしても良い。

[0084] 続いて、第一のスイッチングレッグ３が開放故障した場合について説明する。図１３は、第一のスイッチングレッグ３が開放故障した場合におけるゲート信号波形及びトランス印加電圧波形である。第一のスイッチングレッグ３が開放故障した場合、電流検出器３２が異常を検出し、制御回路２６へ異常検出信号を送る。異常検出信号を受け取った場合、制御回路２６は、直ちに第一のスイッチングレッグ３の動作を停止させる。第一のスイッチングレッグ３の停止後は、共通スイッチングレッグ２と第二のスイッチングレッグ４でスイッチング電源装置１を動作させる。第一のスイッチングレッグ３が開放故障しているため、ゲート信号は常にオフとする。なお以下では、第一のスイッチングレッグ３が開放故障した場合を記載するが、第二のスイッチングレッグ４が開放故障した場合でも同様の動作となる。

[0085] 制御回路２６は、出力電圧が所定の値となるように、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ４を制御する。時間Ｔφ４を制御することで、第二のトランス６への入力電圧の印加時間が制御される。このとき、共通スイッチングレッグ２と、第二のスイッチングレッグ４のスイッチング周期をＴとすると、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５および第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は、下記の（６）、（７）式で表される。

[0086] [数6]

$$V_{T5} = 0 \qquad \cdots (6)$$

[0087] [数7]

$$V_{T6} = V_{in} \times \frac{2T_{\phi 4}}{T} \qquad \cdots (7)$$

[0088] 図１４（ａ）及至図１４（ｄ）を用いて、第一のスイッチングレッグ３が開放故障時における動作を記載する。図１４（ａ）乃至図１２（ｄ）はそれぞれ、図１３中の期間Ａ乃至Ｄにおける動作パターンに対応して、高圧バッテリ側の回路を流れる電流を図示したものである。

[0089] 図１４（ａ）は、図１３のＡの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図１３の期間Ａにおいては、共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンであり、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオフである。そのため、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃの電位はＶｉｎであり、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃの電位は零である。よって、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎとなる。

[0090] このとき、スイッチング電源装置１の電流経路は、入力端子１９から、共通スイッチングレッグ２の一方の端子２ａ、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃ、第二のトランス６、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ、第二のスイッチングレッグ４の他方の端子４ｂ、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂ、入力端子２０へと順に流れる。

[0091] 図１４（ｂ）は、図１３のＢの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図１３の期間Ｂにおいては、共通スイッチングレッグ２及び第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンである。そのため、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0092] まず、スイッチング電源装置１の電流経路は、共通スイッチングレッグ２の一方の端子２ａから、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃ、第二のトランス６、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ、第二のスイッチングレッグ４の一方の端子４ａ、第一のスイッチングレッグ３の一方の端子３ａへと順に流れる。その後、図１４（ｂ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0093] 図１４（ｃ）は、図１３のＣの状態におけるスイッチング電源装置１の高

圧バッテリ側の回路図を示す。図１３の期間Ｃにおいては、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃの電位は零であり、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃの電位はＶｉｎとなる。そのため、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６はＶｉｎとなる。

[0094] このとき、スイッチング電源装置１の電流経路は入力端子１９から、第二のスイッチングレッグ４の一方の端子４ａ、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ、第二のトランス６、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃ、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂ、入力端子２０へと順に流れる。

[0095] 図１４（ｄ）は、図１３のＤの状態におけるスイッチング電源装置１の高圧バッテリ側の回路図を示す。図１３の期間Ｄにおいては、共通スイッチングレッグ２及び第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオフである。そのため、第一のトランス５への印加電圧ＶＴ５は零となり、第二のトランス６への印加電圧ＶＴ６は零となる。

[0096] まず、スイッチング電源装置１の電流経路は、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂ、第二のスイッチングレッグ４の他方の端子４ｂ、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃ、第二のトランス６、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃ、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂへと順に流れる。その後、図１４（ｄ）に示すように、電流経路の向きが逆となる。

[0097] なお、上述した本実施形態では、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンとなる時間を基準に、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ４を制御する回路動作を説明したが、スイッチング電源装置１の第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオンとなる時間を基準に、共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオンとなる時間を制御するとしても良い。

[0098] スイッチング電源装置１は、素子への熱集中や、過電流、過電圧および振動や応力などの外的要因により、素子故障を生じる場合がある。特に、共通スイッチング素子２や、第一のスイッチングレッグ３、第二のスイッチングレッグ４が開放故障した場合、各スイッチングレッグを用いてトランスへ入

力電圧を印加することができなくなり、スイッチング電源装置１を停止しなければならない。しかし、特に自動車においてスイッチング電源装置１は、エアコンやオーディオ、自動車のコントローラー等へ電力を供給する装置であるため、走行中にスイッチングレッグが故障した場合、自動車のコントローラーが動作しなくなり、重大な自動車事故を引き起こす可能性がある。そのため、スイッチング電源装置１は、開放故障時でも動作可能な状態を保つことが重要であり要求されている。

[0099] 本実施形態の電力変換装置によれば、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃに接続する電流検出器３１と、第一のスイッチングレッグ３の中点３ｃに接続する電流検出器３２と、第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃに接続する電流検出器３３により、各スイッチングレッグが開放故障した場合に、制御回路２６に異常検出信号を送ることで、共通スイッチングレッグ２もしくは第一のスイッチングレッグ３もしくは第二のスイッチングレッグ４が開放故障した場合でも、スイッチング電源装置１の動作を続けることが可能となる。従って、スイッチング電源装置１は、スイッチングレッグの開放故障時でも動作可能な状態を保つことが可能となり、スイッチング電源装置１の信頼性を高めることができる。また、本実施形態のスイッチング電源装置１を採用した自動車において、故障時でも自動車のコントローラーを動作することが可能であるため、自動車事故を抑制することが可能となる。

実施例 5

[0100] 図１５は、第５の実施形態に係る電力変換装置の構成図である。本実施例の電力変換装置は、変更および追加する素子を除き、実施例１乃至実施例４と同様である。変更される素子は、平滑回路７をスイッチング素子で構成される低圧側回路３５と、平滑回路８をスイッチング素子で構成される低圧側回路３６である。追加される素子は、共通スイッチングレッグ２の他方の端子２ｂと入力端子２０の間に接続する電流検出器３４である。その他の構成については、説明を省略する。

[0101] 本実施例の構成においては、昇圧動作時においてもスイッチング電源装置

１を動作させることが可能である。以下にその動作を説明する。

[0102] 制御回路２６は、入力コンデンサ２１の電圧および電流検出器３４で検出した電流を監視している。制御回路２６は、検出した電流に基づいて、高圧バッテリ側のコンデンサ電圧が所定の値となるように、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５と、スイッチング素子で構成される低圧側回路３６と、スイッチング電源装置１の共通スイッチングレッグ２と、第一のスイッチングレッグ３と、第二のスイッチングレッグ４の動作を制御する。ここで、スイッチング電源装置１の入力端子１９、２０との間の（入力）電圧をＶＨＶ、出力端子２４、２５との間の（出力）電圧をＶＬＶとし、電流検出器３４で検出した電流をＩｉとし、その電流の最大値をＩｉｍａｘと定義する。

[0103] スイッチング電源装置１には、負荷が大きい重負荷モードと、負荷が小さい軽負荷モードの２つのモードが存在する。制御の動作モードを変更する電流値をＩｃ２とすると、Ｉｃ２の条件は、Ｉｃの値がＩｉｍａｘよりも小さいことである（Ｉｃ２＜Ｉｉｍａｘ）。

Ｉｃ２の値の決定方法は、重負荷モードと軽負荷モードにおけるスイッチング電源装置１の変換効率が等しくなる電流値とするなどが可能であり、任意に定めることができる。以下では、重負荷モードと軽負荷モードの詳細を説明する。なお、以下では入力端子２０の電位が零である場合を記載しているが、入力端子２０の電位が零でない場合は、上記の各電位に入力端子２０の電位が加算される。

[0104] ＩｉがＩｃ２よりも大きく、かつＩｉがＩｉｍａｘよりも小さい状態（Ｉｃ２＜Ｉｉ＜Ｉｉｍａｘ）においては、以下で説明する重負荷モードで制御を実行する。また、実施例１乃至実施例４に記載される低圧側の電流センサ１２を用いて、負荷モードを選択しても良い。

[0105] 図１６は、重負荷モードにおけるゲート信号波形とトランス印加電圧を示す図である。図１６のゲート信号波形は、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子と、スイッチング素子で構成される

低圧側回路３６の一方のスイッチング素子を示しており、各スイッチングレッグを構成するスイッチング素子のうち、スイッチング電源装置１の入力端子１９側に接続されるスイッチング素子に印加されるゲート電圧を示している。なお、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子と、スイッチング素子で構成される低圧側回路３６の一方のスイッチング素子および入力端子２０側に接続されるスイッチング素子に印加されるゲート信号波形は、図１６に示されるゲート信号を１／２周期ずらした波形となる。

[0106] 重負荷モードでは、スイッチング電源装置１の入力端子１９、２０との間の（入力）電圧をＶＨＶが所定の値となるように、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３５及びスイッチング素子で構成される低圧側回路３６の一方のスイッチング素子のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３６を制御する。時間Ｔφ３５を制御することで、第一のトランス５への電圧の印加時間を制御する。また、Ｔφ３６を制御することで、第二のトランス６への電圧の印加時間を制御する。また、高圧側の共通スイッチングレッグ２と、第一のスイッチングレッグ３と、第二のスイッチングレッグ４を用いて、第一のトランス５および第二のトランスにより整流動作を行う。

[0107] 図１７（ａ）乃至図１７（ｄ）を用いて重負荷モードにおける動作を記載する。図１７（ａ）乃至図１７（ｄ）はそれぞれ、図１６中の期間Ａ乃至Ｄにおける動作パターンに対応して、回路を流れる電流を図示したものである。

[0108] 図１７（ａ）は、図１６のＡの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。図１６の期間Ａにおいては、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子のゲート信号がオフであり、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子のゲート信号がオフである。また、共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオフであり、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンであり、第二のスイ

ッチングレッグ４のゲート信号がオンである。そのため、トランス５の低圧側の一方の端子５ｃからトランス５の低圧側の中点５ｅに電圧が印加される。印加された電圧は、トランスの巻き数比に応じて昇圧され、トランス５の高圧側の一方の端子５ａからトランス５の高圧側の一方の端子５ｂに電圧が印加される。高圧側の電圧は、共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第一のスイッチングレッグ３の上側のスイッチング素子により、整流されて高圧バッテリ１６に電力を供給する。

[0109] このとき、出力端子２４からスイッチング素子で構成される低圧側回路３５に流れる電流は、低圧回路３５におけるトランス端子５ｃ側のスイッチング素子を通り、トランス５の低圧側の一方の端子５ｃからトランス５の中点５ｅへ流れ、出力端子２３へと流れる。また、トランス５を用いて高圧側に印加された電圧により、トランス５には高圧側の一方の端子５ａから高圧側の他方の端子５ｂへと電流が流れ、共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第一のスイッチングレッグ３の上側のスイッチング素子および第二のスイッチングレッグ４の上側のスイッチング素子により、整流されて高圧バッテリ１８に電力を供給する。共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第一のスイッチングレッグ３の上側のスイッチング素子により、高圧バッテリ１６に電力を供給する。

[0110] また、トランス６に接続されるスイッチング素子で構成される低圧側回路３６と、共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第二のスイッチングレッグ４の上側のスイッチング素子も前記トランス５に接続されるスイッチング素子で構成される低圧側回路３５と、共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第一のスイッチングレッグ３の上側のスイッチング素子の動作と同様である。

[0111] 図１７（ｂ）は、図１６のＢの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。図１６の期間Ｂにおいては、第一のトランス５への印加電圧は、トランス５の低圧側の一方の端子５ｃからトランス５の低圧側の中点５ｅに電圧と、トランス５の低圧側の他方の端子５ｄからトランス５の低圧側の

中点５ｅに電圧が印加される。この二つの電圧は互いに向きが逆であるため、電圧は打ち消しあう。そのため、トランス５の高圧側の一方の端子５ａとトランス５の高圧側の一方の端子５ｂの間に電圧が印加されない状態となる。トランス６においても同様である。電流経路は出力端子２４から低圧回路３５のトランス端子５ｃ側のスイッチング素子を通り、トランス５の一方の端子５ｃからトランス５の中点５ｅへ電流が流れ、出力端子２５へと電流が流れる。また、出力端子２４から低圧回路３５のトランス端子５ｄ側のスイッチング素子を通り、トランス５の他方の端子５ｄからトランス５の中点５ｅへ電流が流れ、出力端子２５へと電流が流れる。低圧回路３６に関しても同様であるので省略する。

[0112] 図１７（ｃ）は、図１６のＣの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。この期間は前記図１６のＡの状態における電圧・電流経路が反転した動作である。詳細は省略する。

[0113] 図１７（ｄ）は、図１６のＤの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。この期間は前記図１６のＢの状態と同様であるので省略する。

[0114] Ｉｉが Ｉｃ２よりも小さく、かつＩｉが零よりも大きい状態（０＜Ｉｉ＜Ｉｃ２）においては、以下で説明する軽負荷モードで制御を実行する。また、実施例１乃至実施例４に記載される低圧側の電流センサ１２を用いて、負荷モードを選択しても良い。

[0115] 図１８は、軽負荷モードにおけるゲート信号波形とトランス印加電圧を示す図である。図１８のゲート信号波形は、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子と、スイッチング素子で構成される低圧側回路３６の一方のスイッチング素子を示しており、各スイッチングレッグを構成するスイッチング素子のうち、スイッチング電源装置１の入力端子１９側に接続されるスイッチング素子に印加されるゲート電圧を示している。なお、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子と、スイッチング素子で構成される低圧側回路３６の一方のスイッチング素子および入力端子２０側に接続されるスイッチング素子に印加され

るゲート信号波形は、図１８に示されるゲート信号を１／２周期ずらした波形となる。

制御回路２６は、軽負荷モードでは、スイッチング電源装置１の入力端子１９、２０との間の（入力）電圧をＶＨＶが所定の値となるように、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３５を制御し、スイッチング素子で構成される低圧側回路３６の一方のスイッチング素子のゲート信号がオンとなる時間Ｔφ３６は零とする。時間Ｔφ３５を制御することで、第一のトランス５への電圧の印加時間を制御する。また、Ｔφ３６は零であるので、トランス６に電圧が印加されない。また、高圧側の共通スイッチングレッグ２と、第一のスイッチングレッグ３を用いて、第一のトランス５および第二のトランスにより整流動作を行う。第二のスイッチングレッグ４のゲート信号は、共通スイッチングレッグ２のゲート信号との位相差を零とする。

[0116] 図１９（ａ）乃至図１９（ｄ）を用いて軽負荷モードにおける動作を記載する。図１９（ａ）乃至図１９（ｄ）はそれぞれ、図１８中の期間Ａ乃至Ｄにおける動作パターンに対応して、回路を流れる電流を図示したものである。

[0117] 図１９（ａ）は、図１８のＡの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。図１８の期間Ａにおいては、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子のゲート信号がオフであり、スイッチング素子で構成される低圧側回路３５の一方のスイッチング素子のゲート信号がオフである。また、共通スイッチングレッグ２のゲート信号がオフであり、第一のスイッチングレッグ３のゲート信号がオンであり、第二のスイッチングレッグ４のゲート信号がオフである。そのため、トランス５の低圧側の一方の端子５ｃからトランス５の低圧側の中点５ｅに電圧が印加される。印加された電圧は、トランスの巻き数比に応じて昇圧され、トランス５の高圧側の一方の端子５ａからトランス５の高圧側の一方の端子５ｂに電圧が印加される。高圧側の電圧は、共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチ

ング素子と、第一のスイッチングレッグ３の上側のスイッチング素子により、整流されて高圧バッテリ１６に電力を供給する。

[0118] このとき、出力端子２４からスイッチング素子で構成される低圧側回路３５に流れる電流は、低圧回路３５におけるトランス端子５ｃ側のスイッチング素子を通り、トランス５の低圧側の一方の端子５ｃからトランス５の中点５ｅへ流れ、出力端子２３へと流れる。また、トランス５を用いて高圧側に印加された電圧により、トランス５には高圧側の一方の端子５ａから高圧側の他方の端子５ｂへと電流が流れ、共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第一のスイッチングレッグ３の上側のスイッチング素子および第二のスイッチングレッグ４の上側のスイッチング素子により、整流されて高圧バッテリ１８に電力を供給する。共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第一のスイッチングレッグ３の上側のスイッチング素子により、高圧バッテリ１６に電力を供給する。

[0119] 一方、トランス６に接続されるスイッチング素子で構成される低圧側回路３６は低圧側回路３６の一方のスイッチング素子のゲート信号がオフであり、低圧側回路３６の他方のスイッチング素子のゲート信号もオフであるため、トランス６に電圧が印加されない。また、共通スイッチングレッグ２の下側のスイッチング素子と、第二のスイッチングレッグ４の下側のスイッチング素子が互いにオンになっているため、共通スイッチングレッグ２の中点２ｃと第二のスイッチングレッグ４の中点４ｃの電位が等しいため、トランス６に電圧が印加されない。

[0120] 図１９（ｂ）は、図１８のＢの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。図１８の期間Ｂにおいては、第一のトランス５への印加電圧は、トランス５の低圧側の一方の端子５ｃからトランス５の低圧側の中点５ｅに電圧と、トランス５の低圧側の他方の端子５ｄからトランス５の低圧側の中点５ｅに電圧が印加される。この二つの電圧は互いに向きが逆であるため、電圧は打ち消しあう。そのため、トランス５の高圧側の一方の端子５ａとトランス５の高圧側の一方の端子５ｂの間に電圧が印加されない状態となる

。トランス６においても同様である。電流経路は出力端子２４から低圧回路３５の一方のスイッチング素子を通り、トランス５の一方の端子５ｃからトランス５の中点５ｅへ電流が流れ、出力端子２５へと電流が流れる。また、出力端子２４から低圧回路３５の他方のスイッチング素子を通り、トランス５の他方の端子５ｄからトランス５の中点５ｅへ電流が流れ、出力端子２５へと電流が流れる。低圧回路３６に関しては図１８のＡの状態と同様であるので省略する。

[0121] 図１９（ｃ）は、図１８のＣの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。この期間は前記図１８のＡの状態における電圧・電流経路が反転した動作である。詳細は省略する。

[0122] 図１８（ｄ）は、図１９のＤの状態におけるスイッチング電源装置１の回路図を示す。この期間は前記図１８のＢの状態と同様であるので省略する。

[0123] なお、上述した本実施形態では、低圧側回路３６のスイッチング素子のゲート信号を零とし、共通スイッチングレッグ１と第二のスイッチングレッグ４のゲート信号の位相差を零としたが、零とする低圧側回路およびスイッチングレッグはどちらでも良く、低圧側回路３５でも良く、第一のスイッチングレッグ３と共通スイッチングレッグ１のゲート信号の位相差を零としても良い。また、位相差を零とする順番も不定で良い。例えば、位相差を零とするスイッチングレッグを常に第一のスイッチングレッグ３としても良いし、位相差を零とするスイッチングレッグを交互にしても良い。

[0124] 本実施形態に係る電力変換装置によれば、重負荷モード（Ｉｃ＜Ｉｉ＜Ｉｉｍａｘ）では、第一のトランス５と第二のトランス６に入力電圧が印加され、並列動作により、スイッチング電源装置１の銅損が低減することができる。また、軽負荷モード（０＜Ｉｉ＜Ｉｃ）では、第二のトランス６の印加電圧が零となり、スイッチング電源装置１の固定損を低減することが可能である。つまり、スイッチング電源装置１の全負荷領域において、昇圧動作時においても変換効率を向上することが可能となる。さらに、共通スイッチングレッグ１を設けることで、スイッチング素子の個数を削減することが可能

であり、スイッチング電源装置のサイズおよびコストを削減することが可能となる。

符号の説明

[0125] １：スイッチング電源装置

２：共通スイッチングレッグ

３：第一のスイッチングレッグ

４：第二のスイッチングレッグ

５：第一のトランス

６：第二のトランス

７、８：整流回路

９、１０：平滑回路

１１：出力コンデンサ

１２、２９、３０、３１、３２、３３、３４：電流検出器

１３：負荷

１４：負荷の一方の端子

１５：負荷の他方の端子

１６：高圧バッテリ

１７：高圧バッテリの正極

１８：高圧バッテリの負極

１９、２０：入力端子

２１：入力コンデンサ

２２、２３：接続端子

２４、２５：出力端子

２６：制御回路

２７、２８：温度検出器

３５、３６：低圧側回路

請求の範囲

[請求項1] 第一のトランスの一次側の一端に接続されるとともに第二のトランスの一端に接続される共通スイッチングレッグと、

前記第一のトランスの一次側の他端に接続される第一のスイッチングレッグと、

前記第二のトランスの一次側の他端に接続される第二のスイッチングレッグと、

前記第一のトランスの二次側に接続される第一の二次回路と、

前記第二のトランスの二次側に接続される第二の二次回路と、を備え、

前記共通スイッチングレッグと前記第一のスイッチングレッグと第二のスイッチングレッグとは、入力端子で電気的に並列に接続され、

前記第一の二次回路と第二の二次回路とは、出力端子で電気的に並列に接続される電力変換装置。

[請求項2] 請求項１に記載の電力変換装置であって、

前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第一のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差をＴ１とし、前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第二のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差をＴ２とすると、

前記出力端子を流れる電流が所定の電流値より小さい場合に、前記位相差Ｔ１または前記位相差Ｔ２のいずれか一方は、零となるように制御される電力変換装置。

[請求項3] 請求項２に記載の電力変換装置であって、

前記出力端子を流れる電流が前記所定の電流値より大きい場合に、前記位相差Ｔ１及び前記位相差Ｔ２は、いずれも非零となるように制御される電力変換装置。

[請求項4] 請求項３に記載の電力変換装置であって、

前記出力端子を流れる電流が前記所定の電流値より大きい場合に、前記位相差Ｔ１及び前記位相差Ｔ２は、前記第一の二次回路を流れる電流と前記第二の二次回路を流れる電流とが等しくなるように、制御される電力変換装置。

[請求項5] 請求項１乃至４のいずれかに記載の電力変換装置であって、

前記第一のトランスの巻き数比は、前記第二のトランスの巻き数比と等しい電力変換装置。

[請求項6] 請求項２乃至５のいずれかに記載の電力変換装置であって、 前記第一のトランスと前記第二のトランスの温度を検出する温度検出器を備え、

前記出力端子を流れる電流が前記所定の電流値より小さい場合であって、前記第一のトランスの温度が前記第二のトランスの温度より高い場合には、前記位相差Ｔ１が零となるように制御され、

前記出力端子を流れる電流が前記所定の電流値より小さい場合であって、前記第二のトランスの温度が前記第一のトランスの温度より高い場合には、前記位相差Ｔ２が零となるように制御される電力変換装置。

[請求項7] 請求項２乃至６のいずれかに記載の電力変換装置であって、

前記第一の二次回路を流れる電流と前記第二の二次回路を流れる電流の合計が前記所定の電流値より大きい場合に、

前記位相差Ｔ１は、前記第一の二次回路を流れる電流に基づいて制御され、

前記位相差Ｔ２は、前記第二の二次回路を流れる電流に基づいて制御される電力変換装置。

[請求項8] 請求項１乃至７のいずれかに記載の電力変換装置であって、

前記共通スイッチングレッグが開放故障した場合には、前記第一のスイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第二のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差は、前記第一の二次回路

及び前記第二の二次回路を流れる電流に基づいて制御される電力変換装置。

[請求項9] 請求項１乃至７のいずれかに記載の電力変換装置であって、

前記第一のスイッチングレッグが開放故障した場合には、前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第二のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差Ｔ２は、前記第二の二次回路を流れる電流に基づいて制御される電力変換装置。

[請求項10] 請求項１乃至７のいずれかに記載の電力変換装置であって、

前記第二のスイッチングレッグが開放故障した場合には、前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第一のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差Ｔ１は、前記第一の二次回路を流れる電流に基づいて制御される電力変換装置。

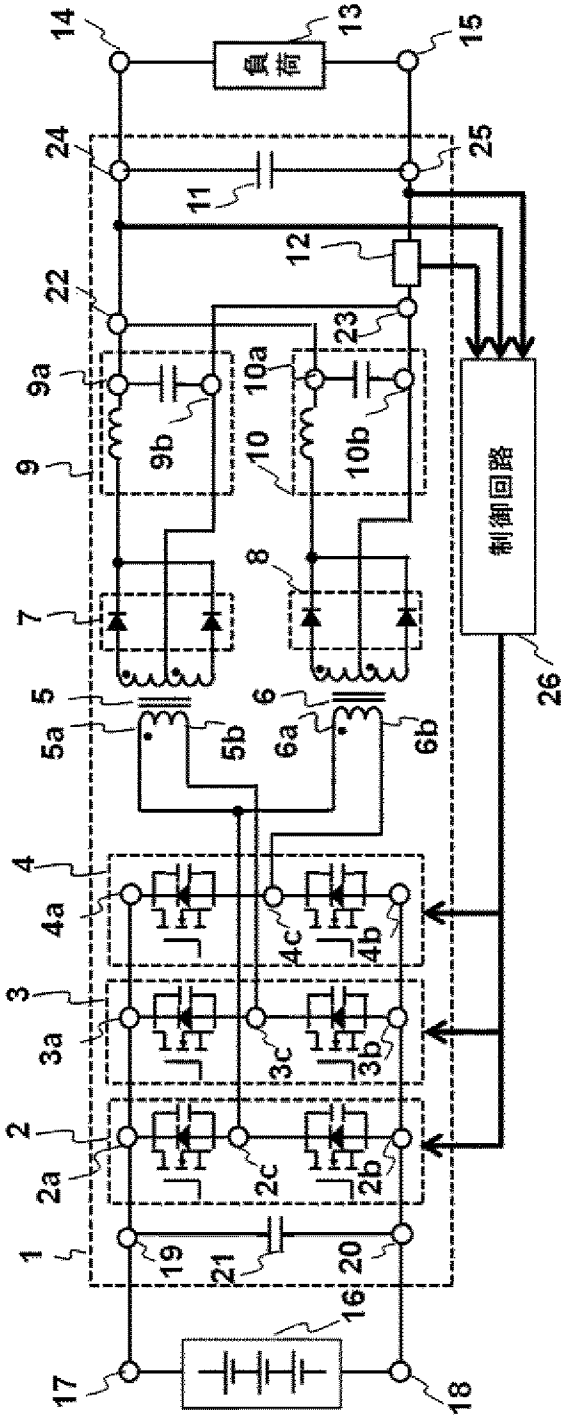
[請求項11] 請求項１乃至１０のいずれかに記載の電力変換装置であって、

前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第一のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差をＴ１とし、前記共通スイッチングレッグのスイッチング制御信号と前記第二のスイッチングレッグのスイッチング制御信号との位相差をＴ２とすると、

前記入力端子を流れる電流が所定の電流値より小さい場合に、前記第一の二次回路または前記第二の二次回路のいずれか一方を停止させるとともに、前記位相差Ｔ１または前記位相差Ｔ２のいずれか一方は、零となるように制御される電力変換装置。

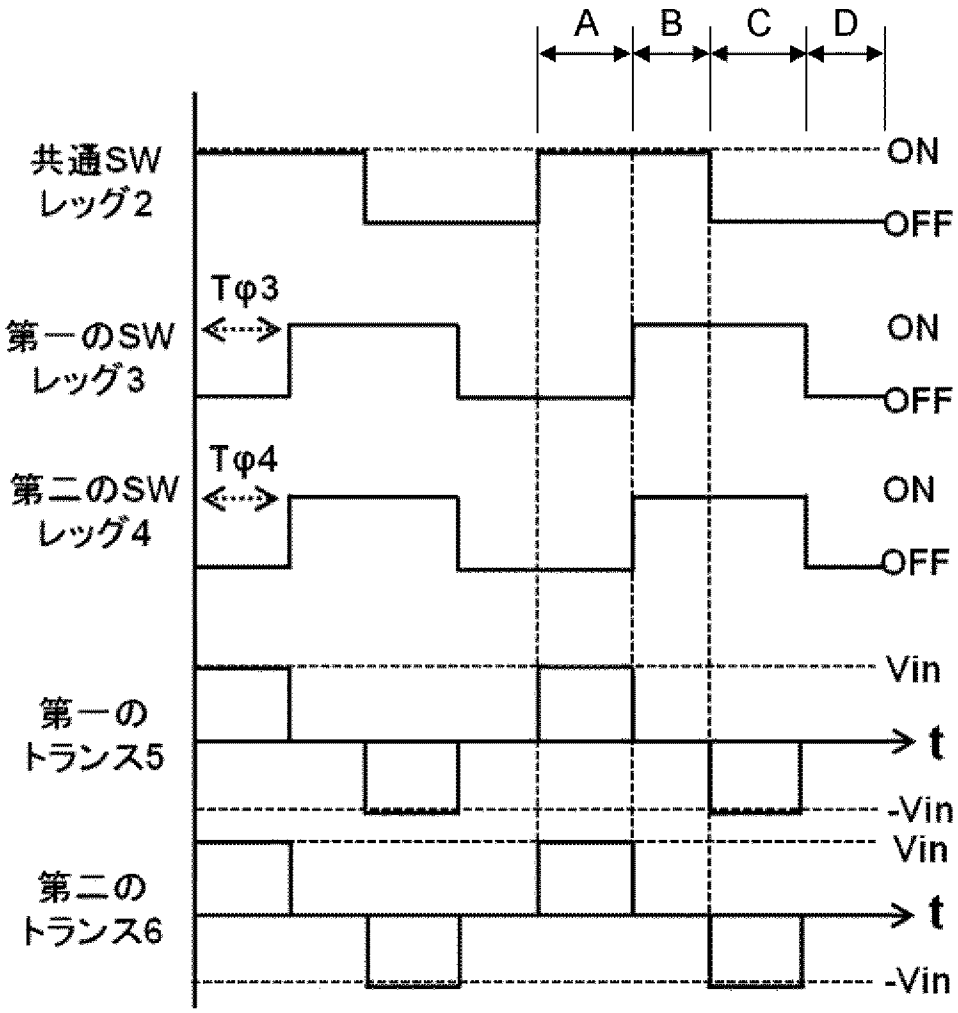
[図1]

【図1】


負荷
制御回路
1
2
2a
2b
2c
3
3a
3b
3c
4
4a
4b
4c
5
5a
5b
6
6a
6b
7
8
9
9a
9b
10
10a
10b
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

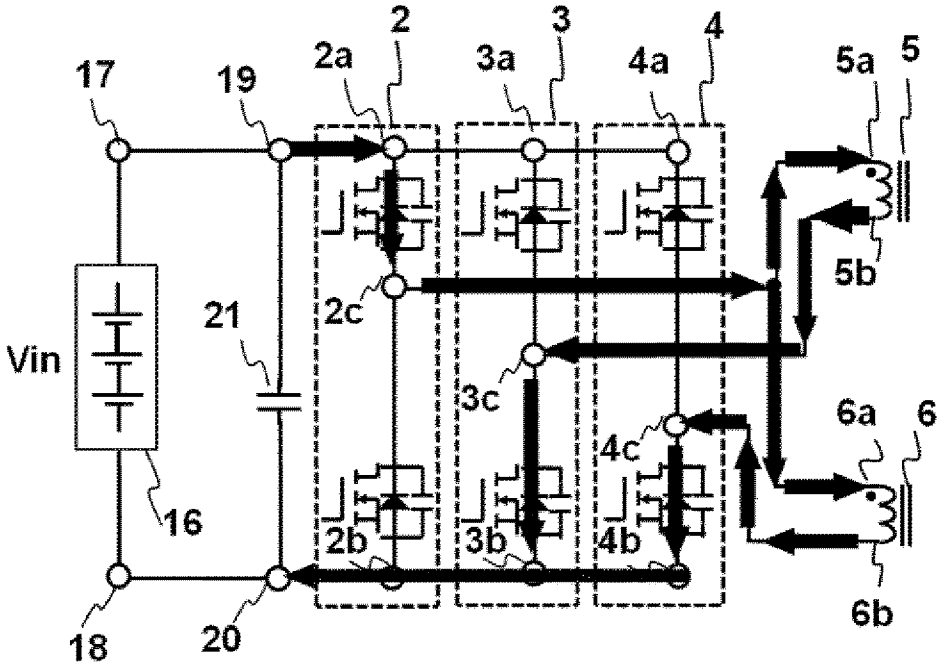
[図2]

【図2】


A
B
C
D
共通SW
レッグ2
ON
OFF
Tφ3
第一のSW
レッグ3
ON
OFF
Tφ4
第二のSW
レッグ4
ON
OFF
Vin
第一の
トランス5
t
-Vin
Vin
第二の
トランス6
t
-Vin

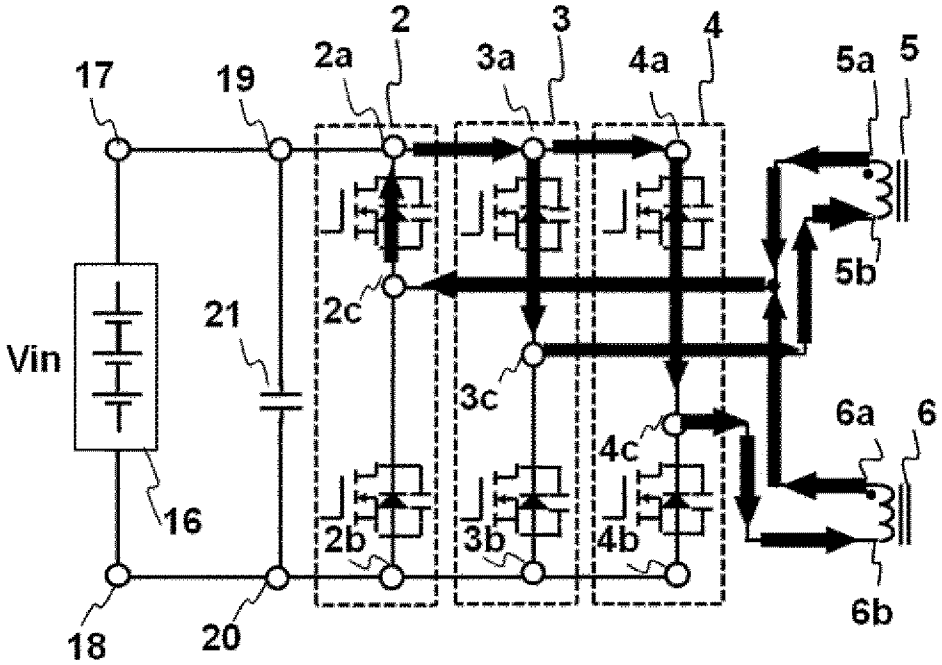
[図3(a)]

【図3(a)】



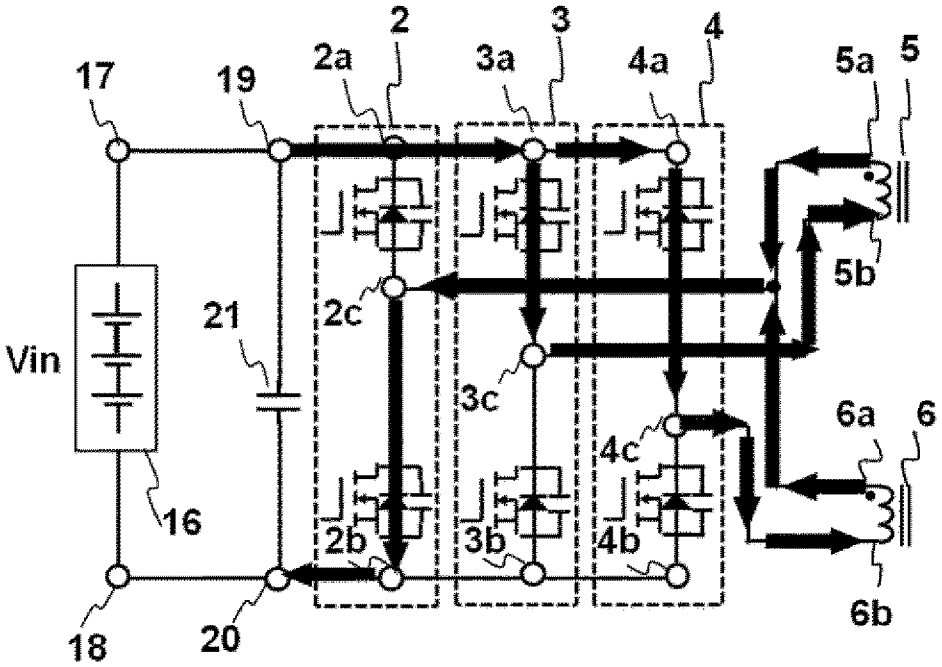
[図3(b)]

【図3(b)】



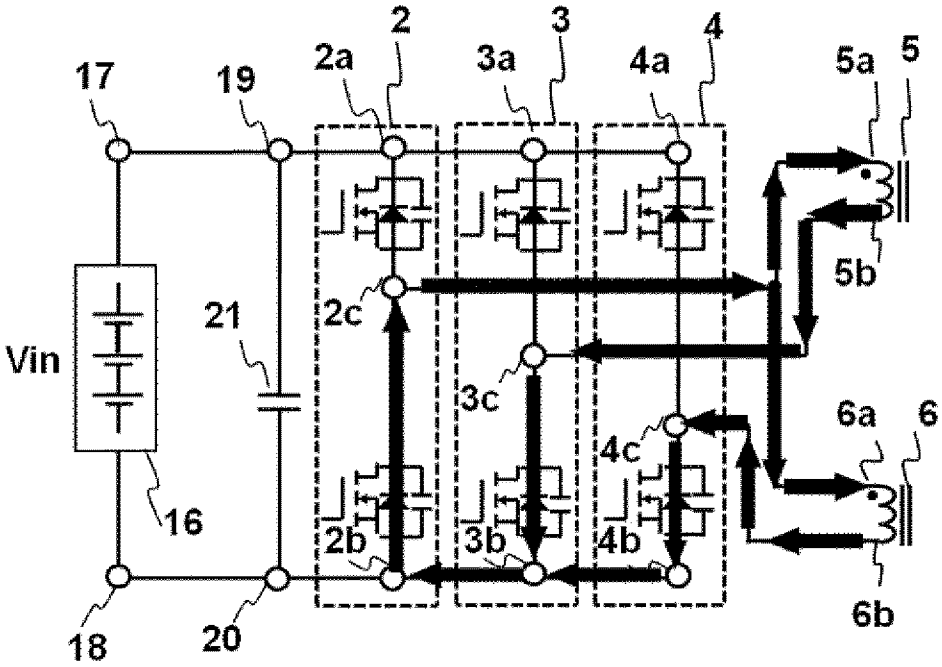
[図3(c)]

【図３(ｃ)】



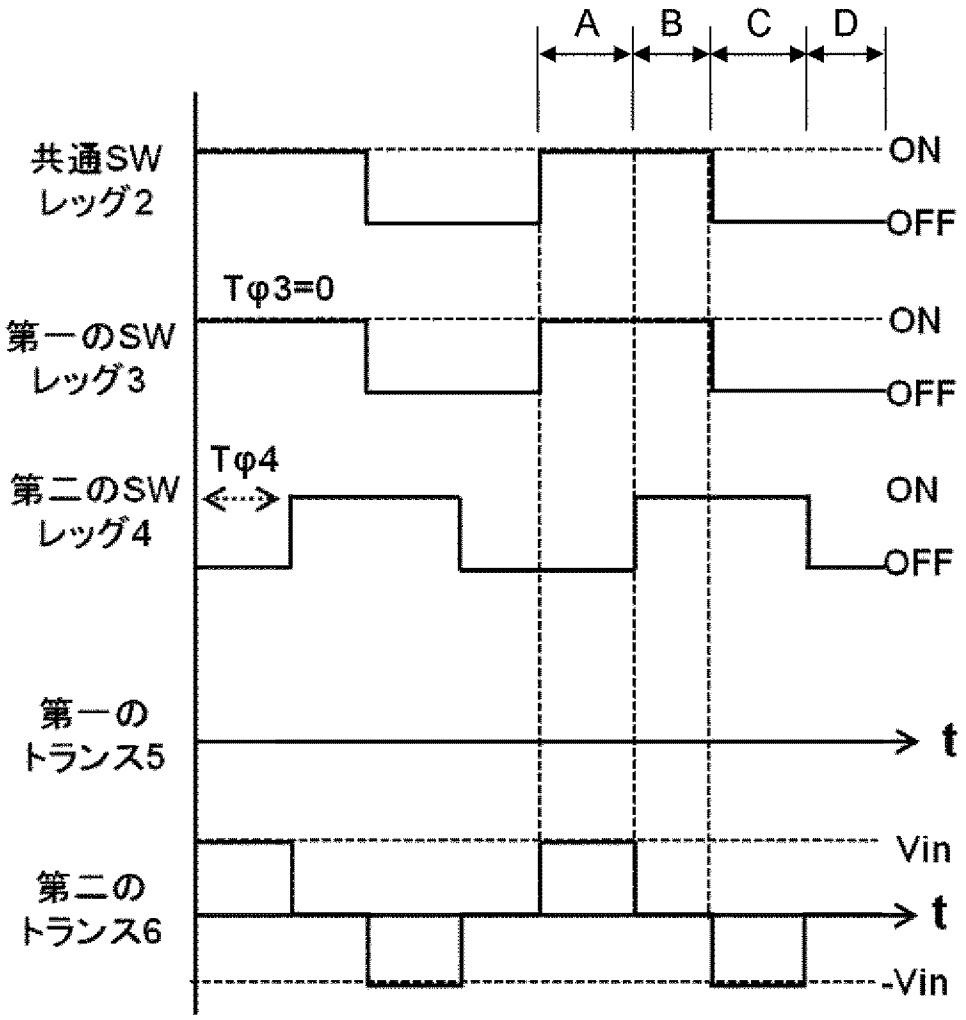
[図3(d)]

【図３(ｄ)】



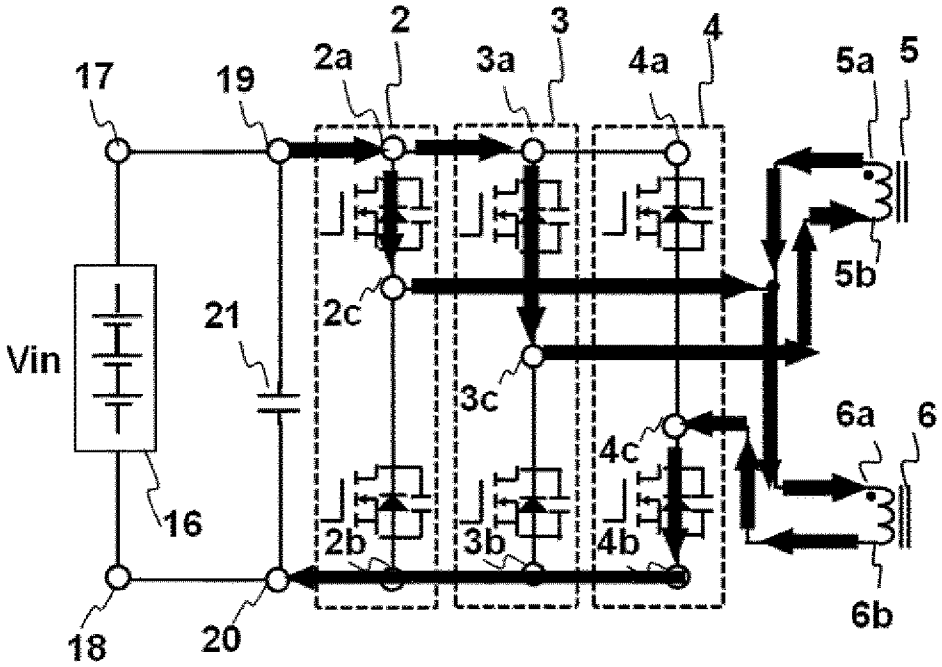
[図4]

【図4】


A
B
C
D
共通SW
レッグ2
ON
OFF
Tφ3=0
第一のSW
レッグ3
ON
OFF
Tφ4
第二のSW
レッグ4
ON
OFF
第一の
トランス5
t
Vin
第二の
トランス6
t
-Vin

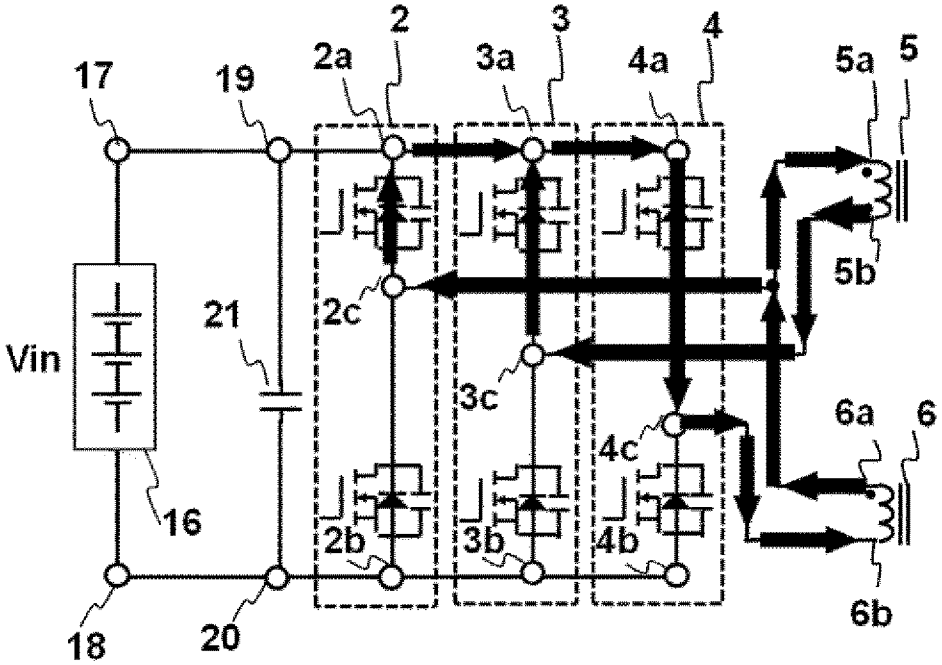
[図5(a)]

【図5(a)】



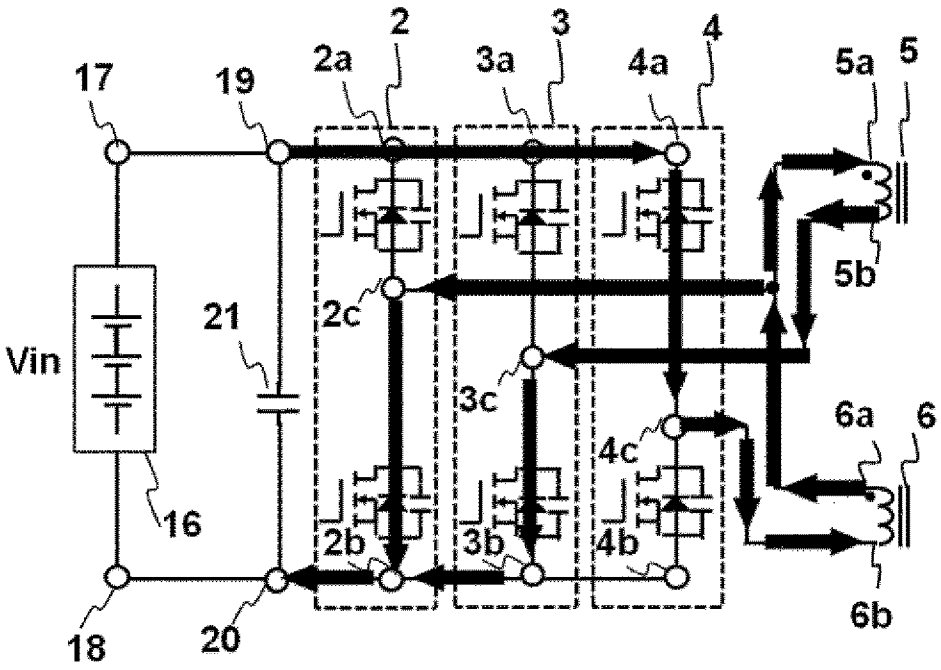
[図5(b)]

【図5(b)】



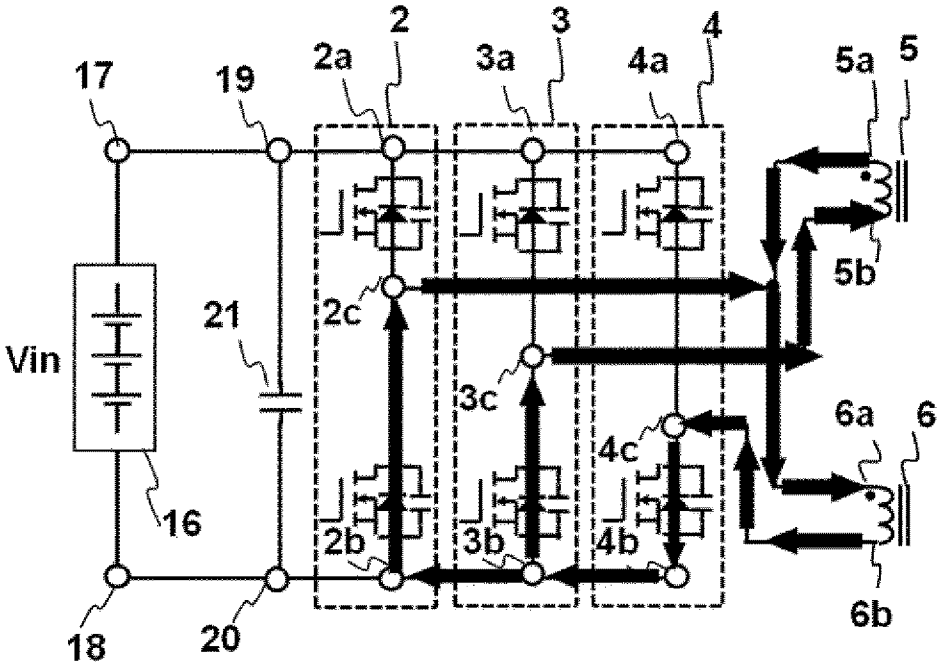
[図5(c)]

【図5(c)】



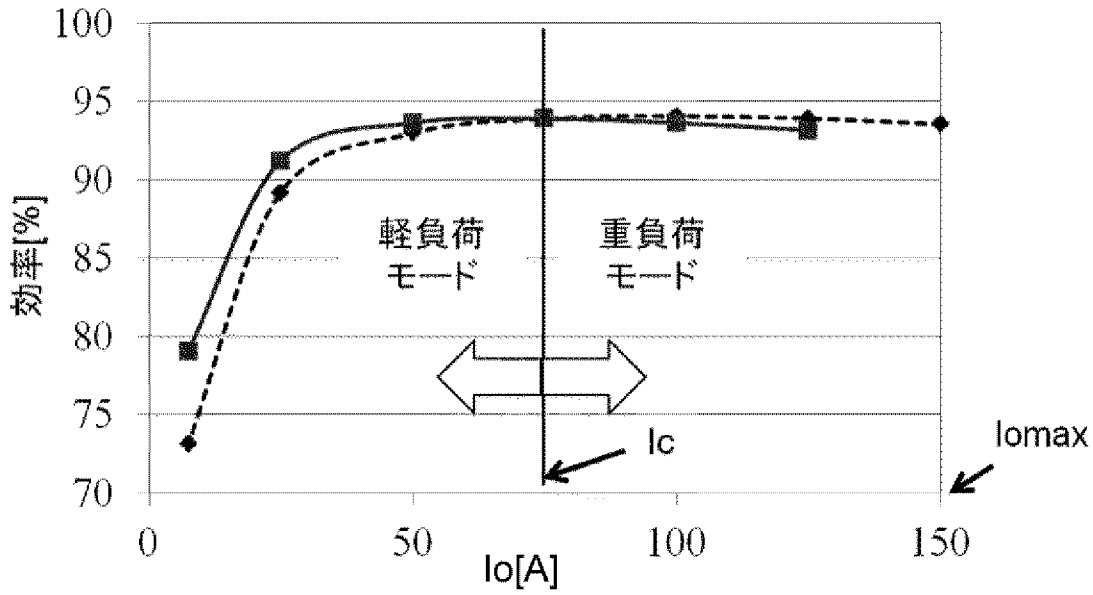
[図5(d)]

【図5(d)】



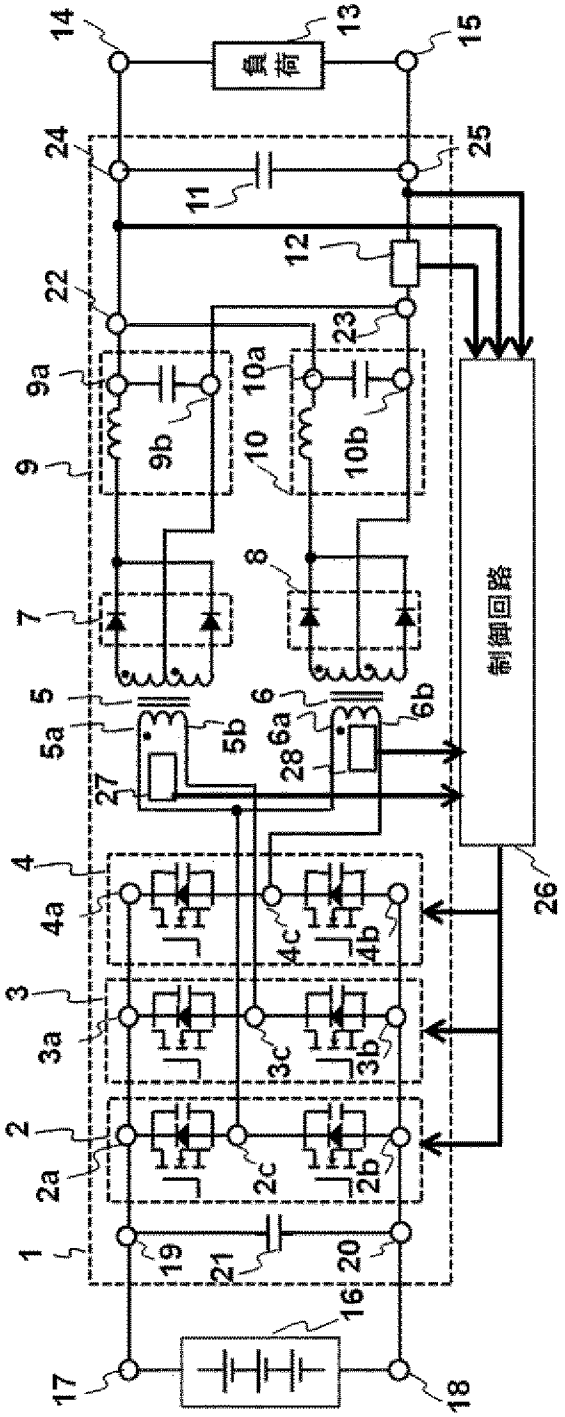
[図6]

【図6】



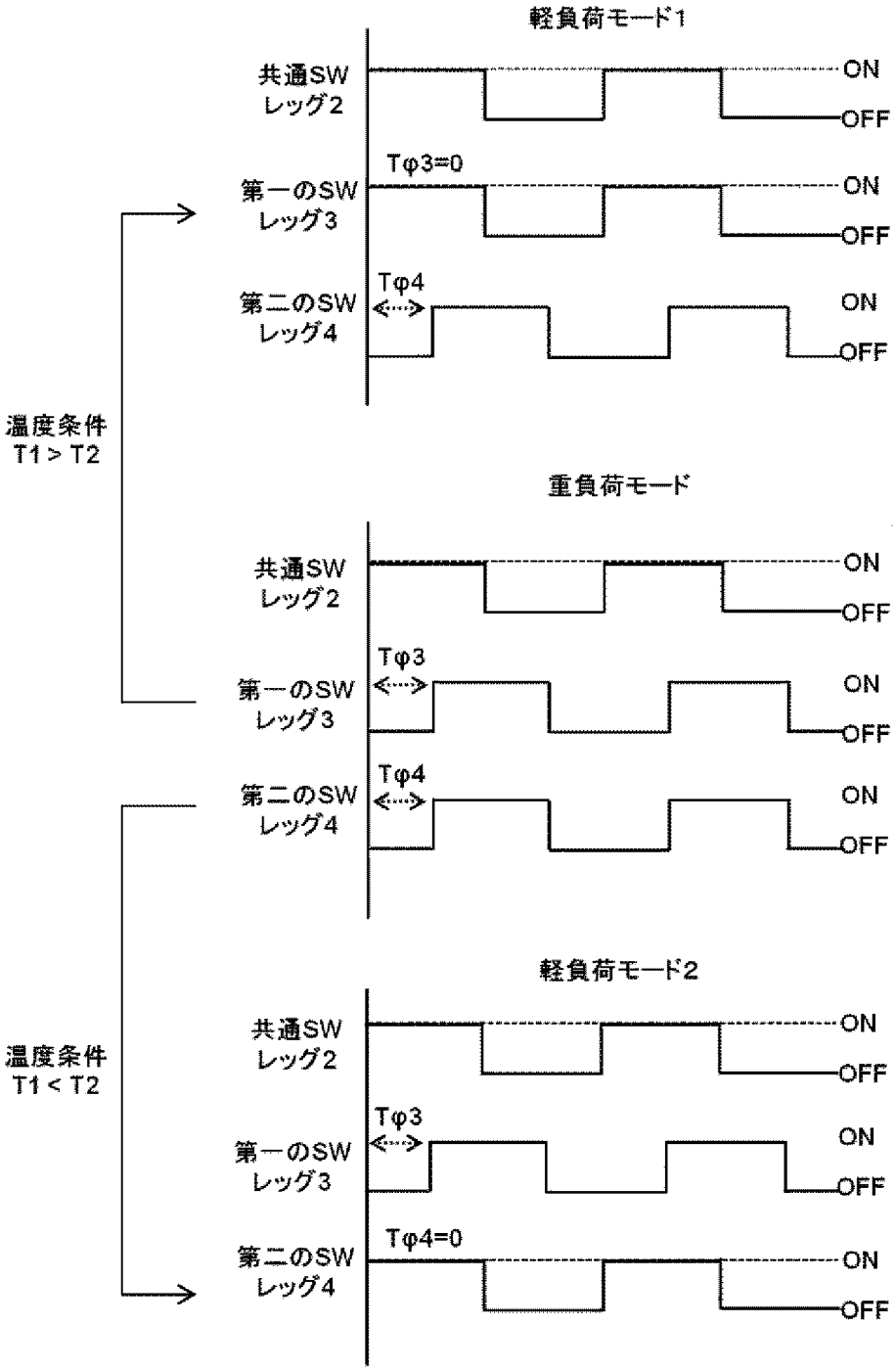
[図7]

【図7】


負荷
制御回路
1
2
2a
2b
2c
3
3a
3b
3c
4
4a
4b
4c
5
5a
5b
6
6a
6b
7
8
9
9a
9b
10
10a
10b
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28

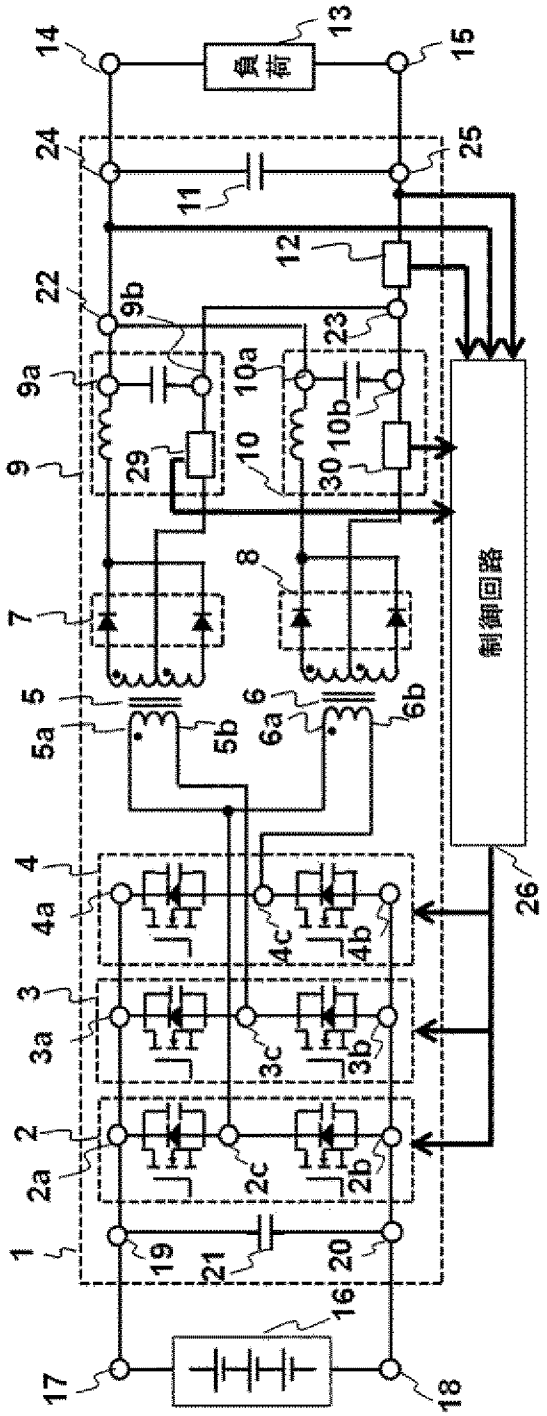
[図8]

【図8】


軽負荷モード1
共通SW
レッグ2
ON
OFF
Tφ3=0
第一のSW
レッグ3
ON
OFF
Tφ4
第二のSW
レッグ4
ON
OFF
温度条件
T1 > T2
重負荷モード
共通SW
レッグ2
ON
OFF
Tφ3
第一のSW
レッグ3
ON
OFF
Tφ4
第二のSW
レッグ4
ON
OFF
軽負荷モード2
温度条件
T1 < T2
共通SW
レッグ2
ON
OFF
Tφ3
第一のSW
レッグ3
ON
OFF
Tφ4=0
第二のSW
レッグ4
ON
OFF

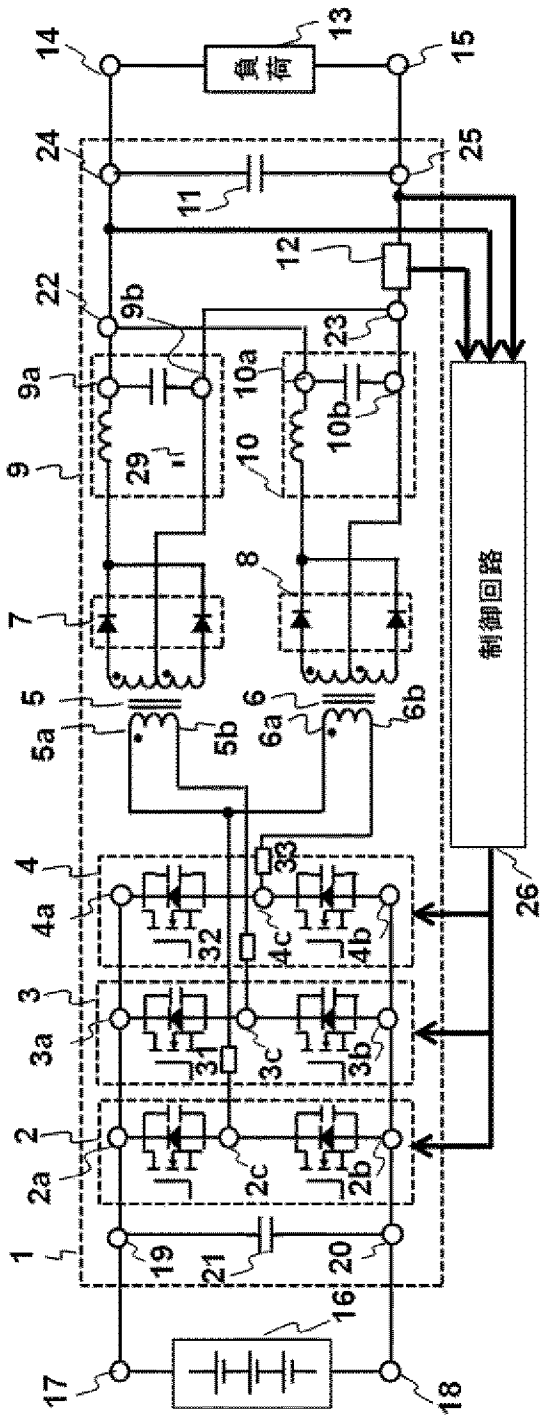
[図9]

【図9】



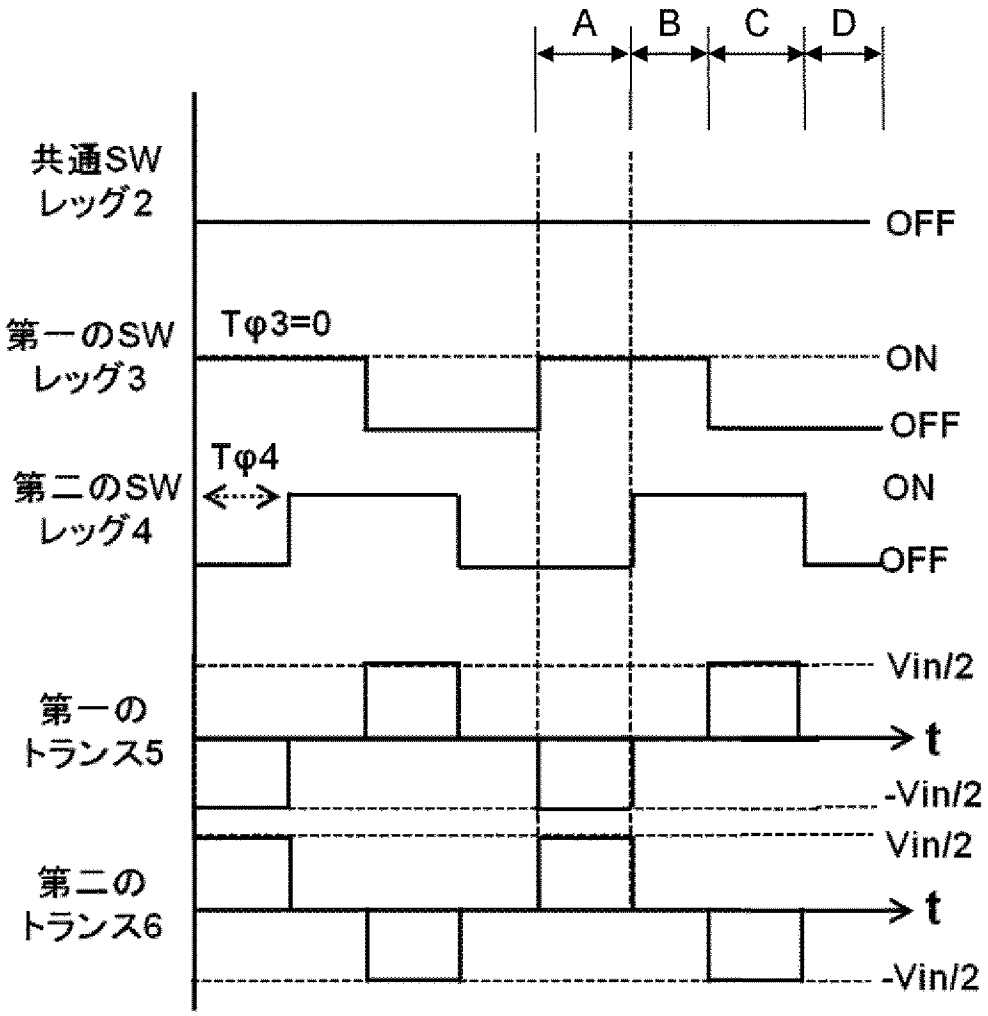
[図10]

【図10】



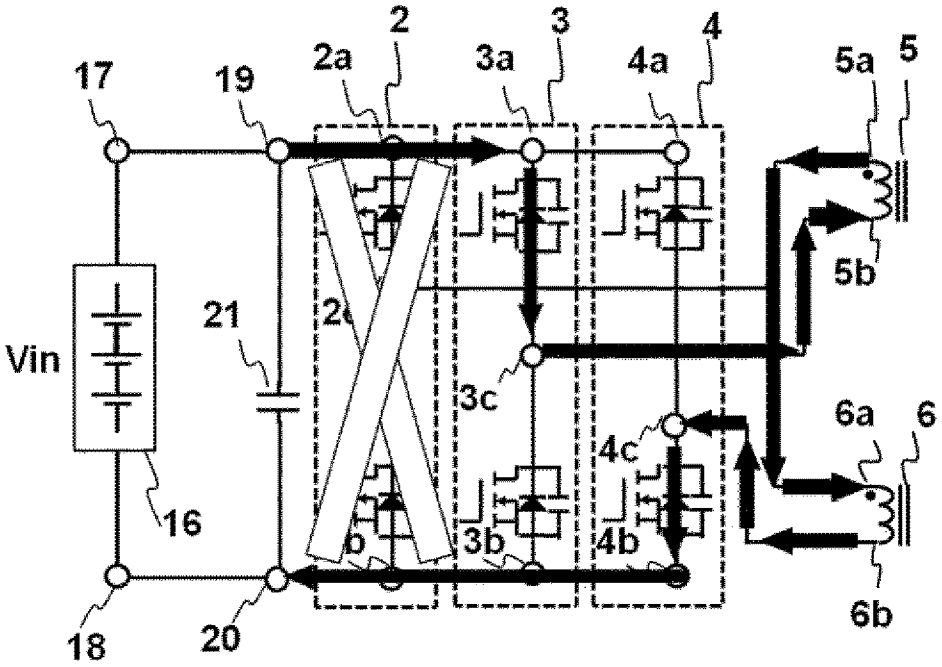
[図11]

【図11】


A
B
C
D
共通SW
レッグ2
OFF
第一のSW
レッグ3
Tφ3=0
ON
OFF
第二のSW
レッグ4
Tφ4
ON
OFF
第一の
トランス5
Vin/2
t
-Vin/2
第二の
トランス6
Vin/2
t
-Vin/2

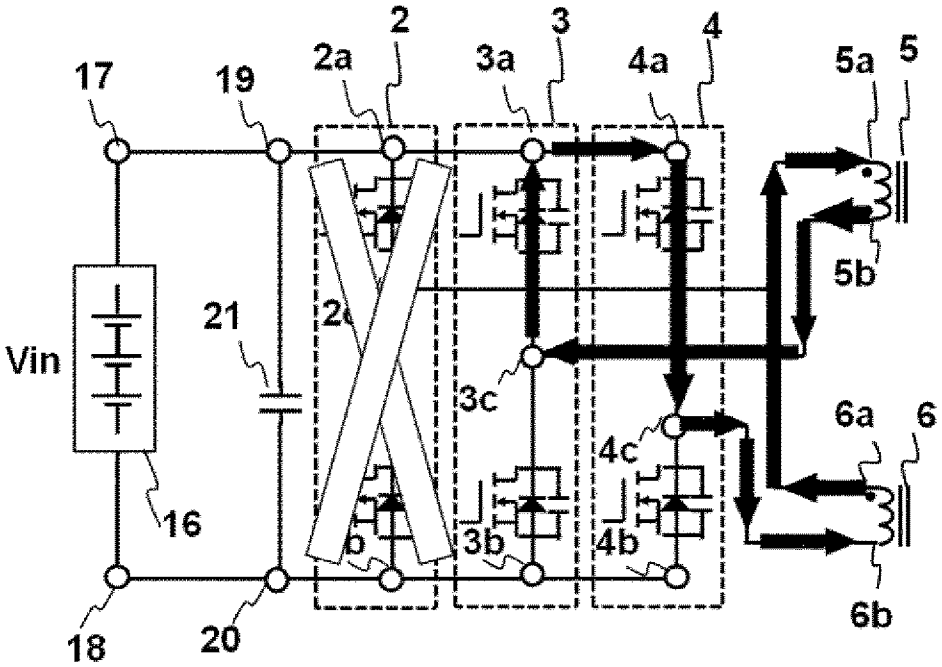
[図12(a)]

【図12(a)】



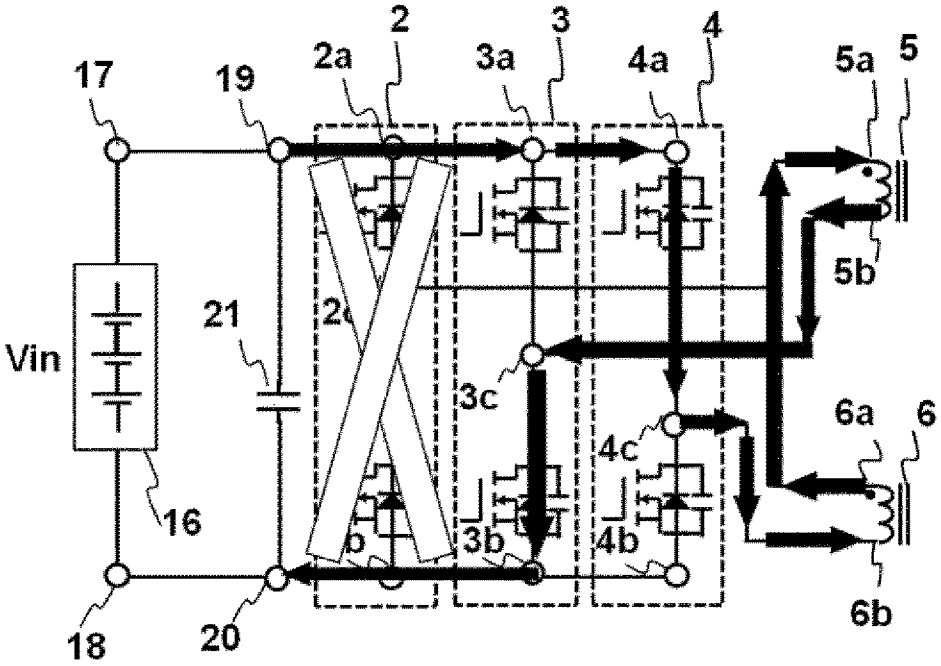
[図12(b)]

【図12(b)】



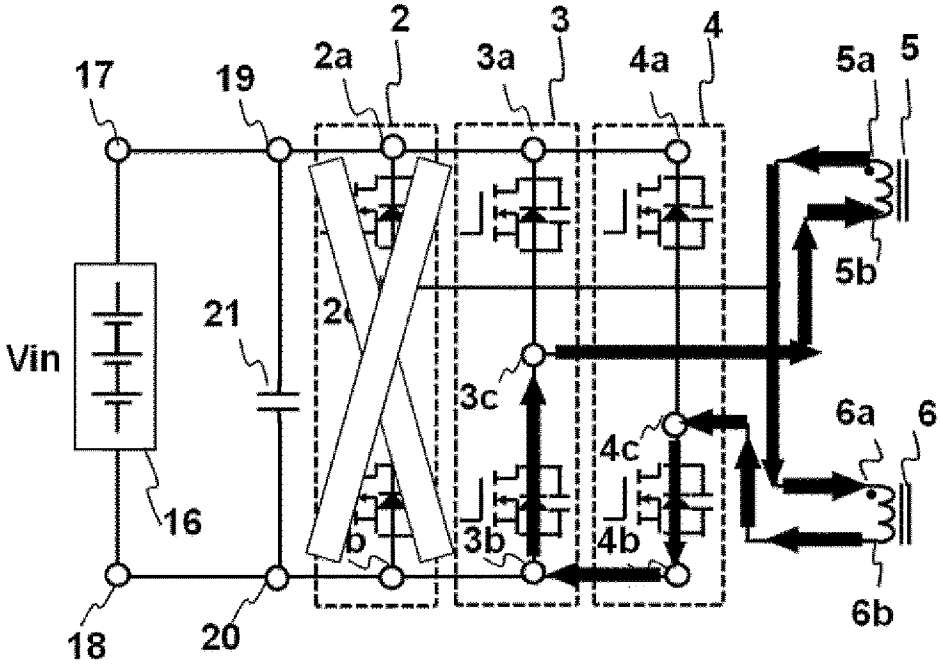
[図12(c)]

【図12(c)】



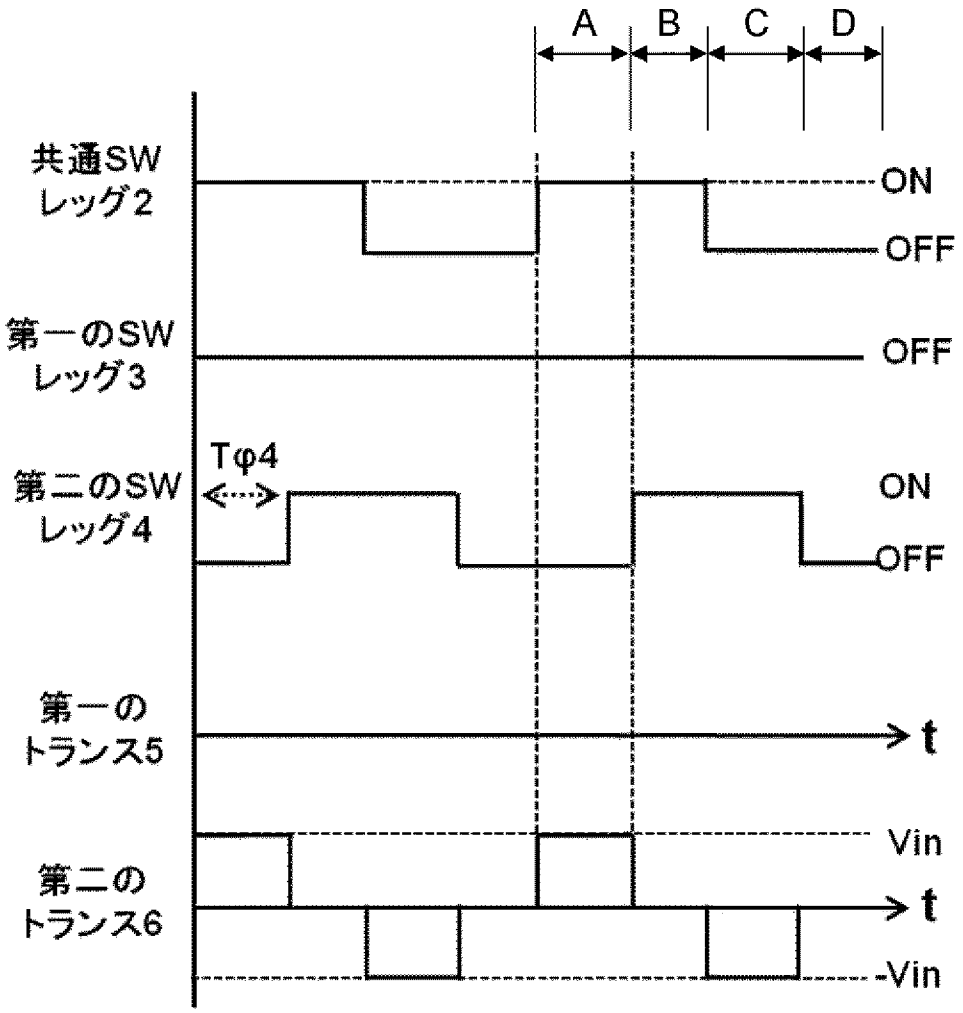
[図12(d)]

【図12(d)】



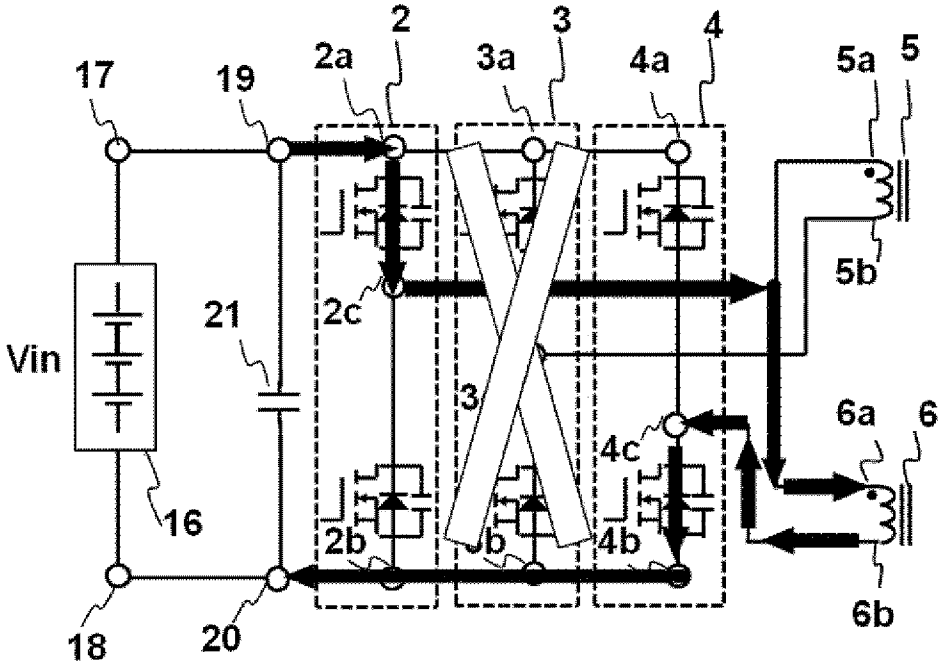
[図13]

【図13】


A
B
C
D
共通SW
レッグ2
ON
OFF
第一のSW
レッグ3
OFF
Tφ4
第二のSW
レッグ4
ON
OFF
第一の
トランス5
t
Vin
第二の
トランス6
t
-Vin

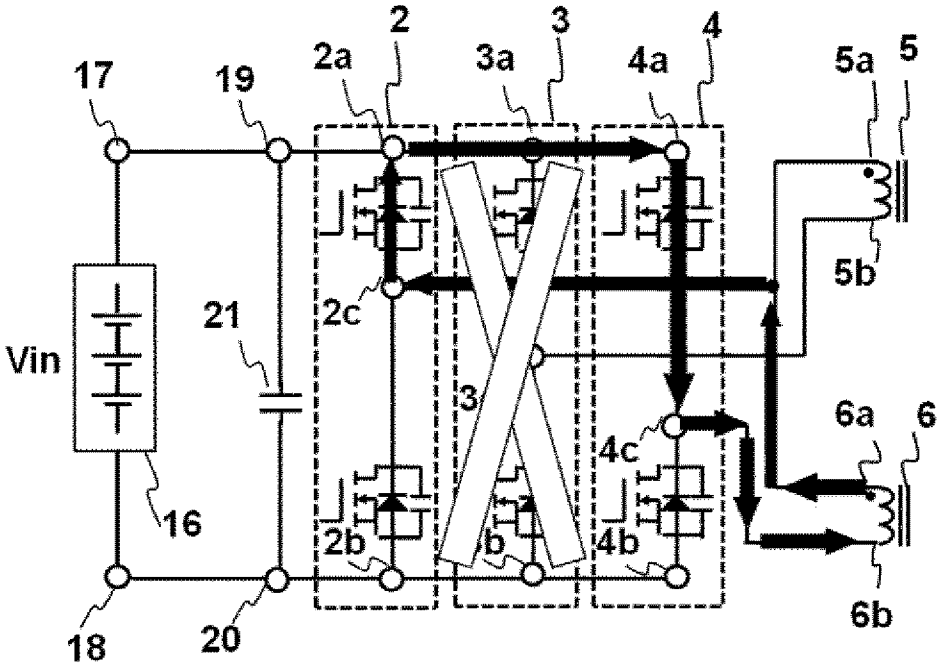
[図14(a)]

【図14(a)】



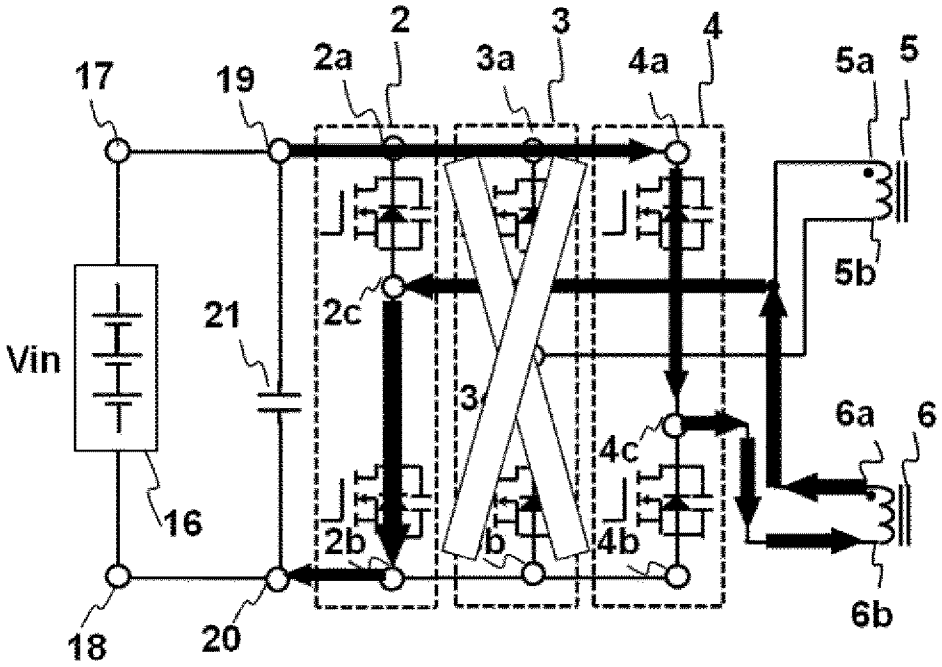
[図14(b)]

【図14(b)】



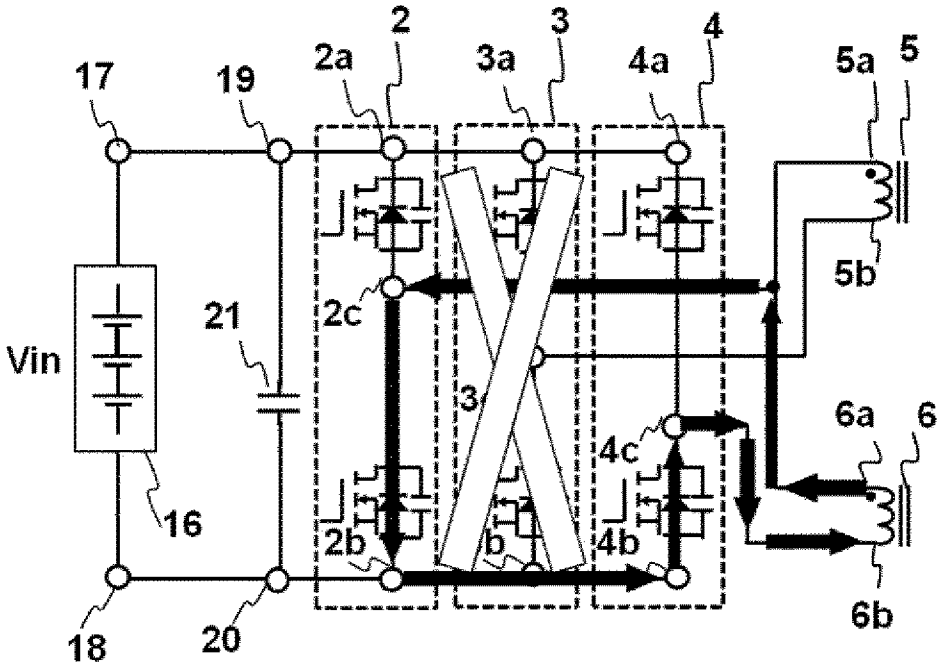
[図14(c)]

【図14(c)】



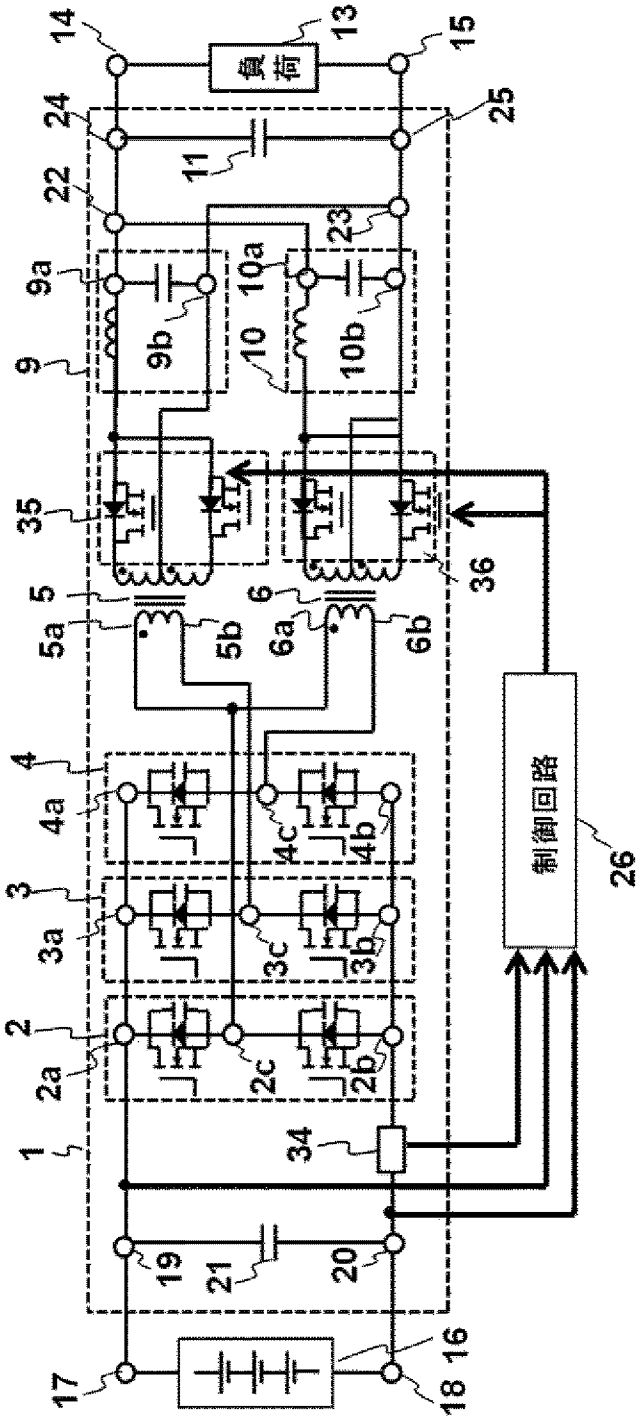
[図14(d)]

【図14(d)】



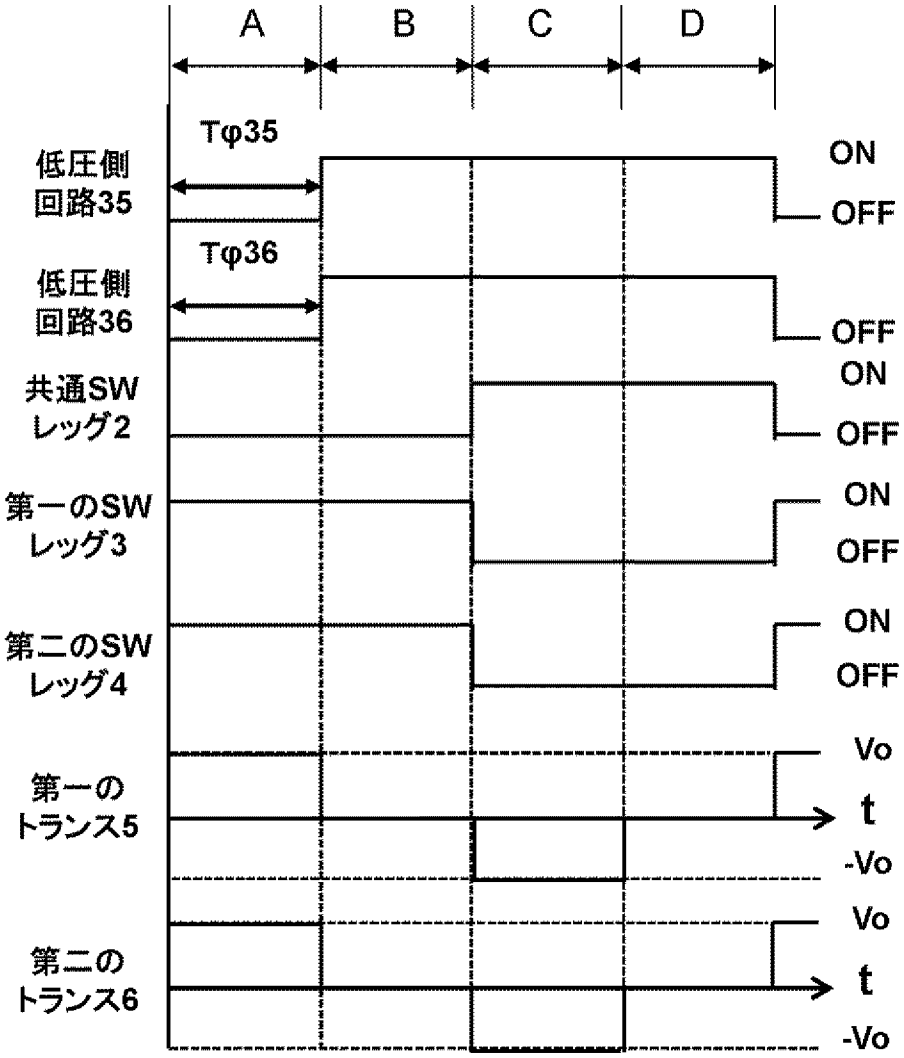
[図15]

【図15】


負荷
制御回路
1
2
2a
2b
2c
3
3a
3b
3c
4
4a
4b
4c
5
5a
5b
6
6a
6b
9
9a
9b
10
10a
10b
11
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
34
35
36

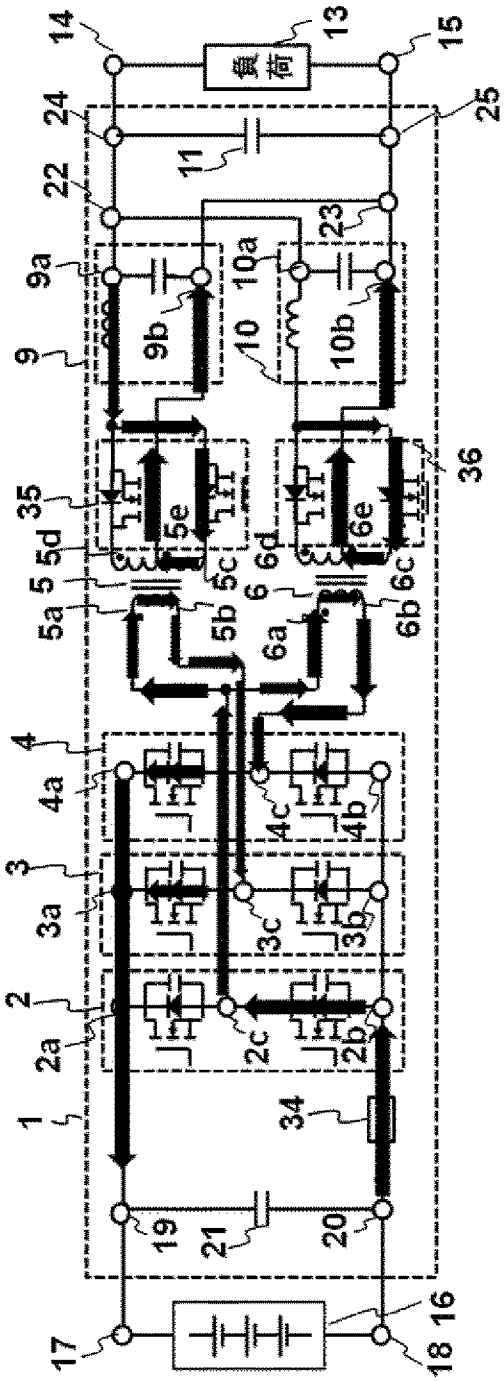
[図16]

【図16】


A
B
C
D
Tφ35
低圧側
回路35
ON
OFF
Tφ36
低圧側
回路36
OFF
共通SW
レッグ2
ON
OFF
第一のSW
レッグ3
ON
OFF
第二のSW
レッグ4
ON
OFF
第一の
トランス5
Vo
t
-Vo
第二の
トランス6
Vo
t
-Vo

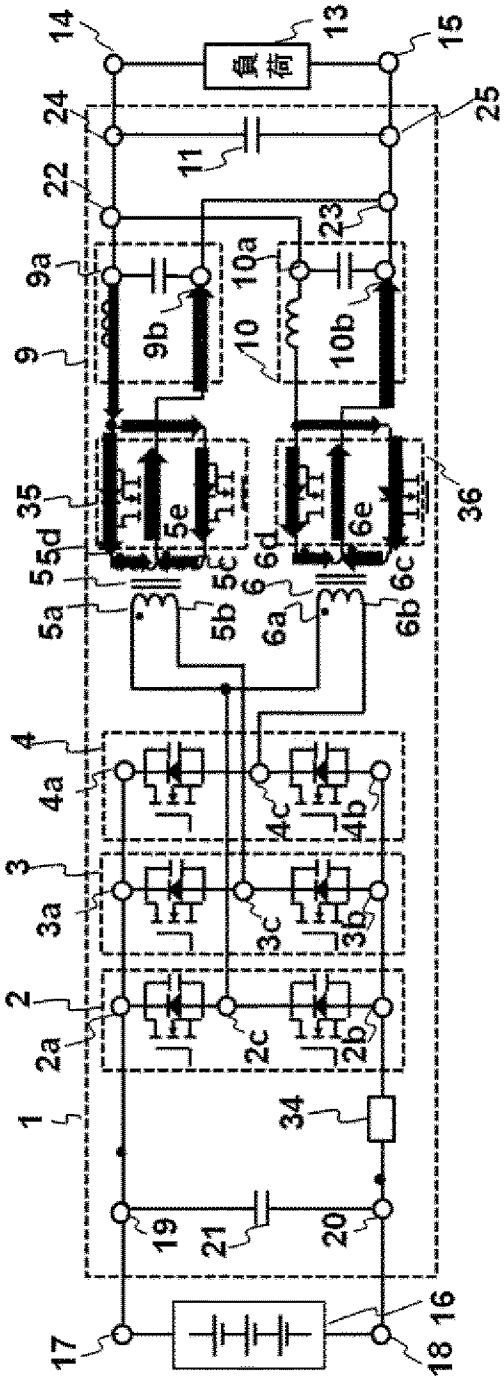
[図17(a)]

【図17(a)】


負荷
1
2
2a
2b
2c
3
3a
3b
3c
4
4a
4b
4c
5
5a
5b
5c
5d
5e
6
6a
6b
6c
6d
6e
9
9a
9b
10
10a
10b
11
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
34
35
36

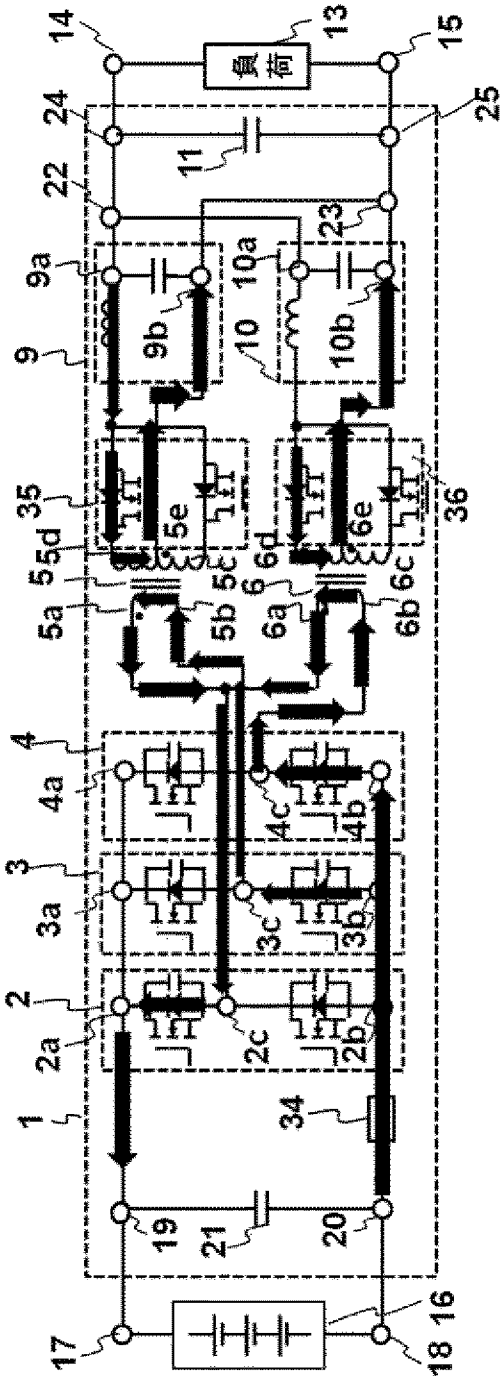
[図17(b)]

【図17(b)】


負荷
14
13
15
24
25
11
22
23
9a
10a
9
9b
10
10b
35
36
5d
5e
5c
6d
6e
6c
5
6
5a
5b
6a
6b
4
4a
4c
4b
3
3a
3c
3b
2
2a
2c
2b
1
34
19
21
20
17
16
18

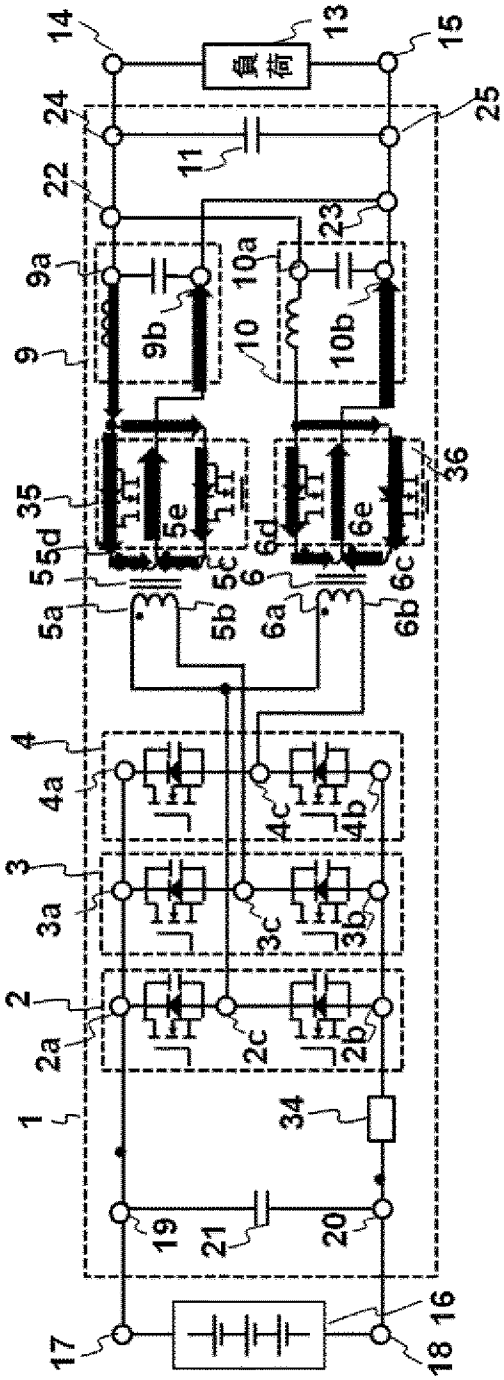
[図17(c)]

【図17(c)】


負荷
13
14
15
24
25
11
22
23
9a
10a
9
9b
10
10b
35
36
5d
5e
6d
6e
5c
6c
5
6
5a
5b
6a
6b
4
4a
4c
4b
3
3a
3c
3b
2
2a
2c
2b
1
34
19
21
20
17
16
18

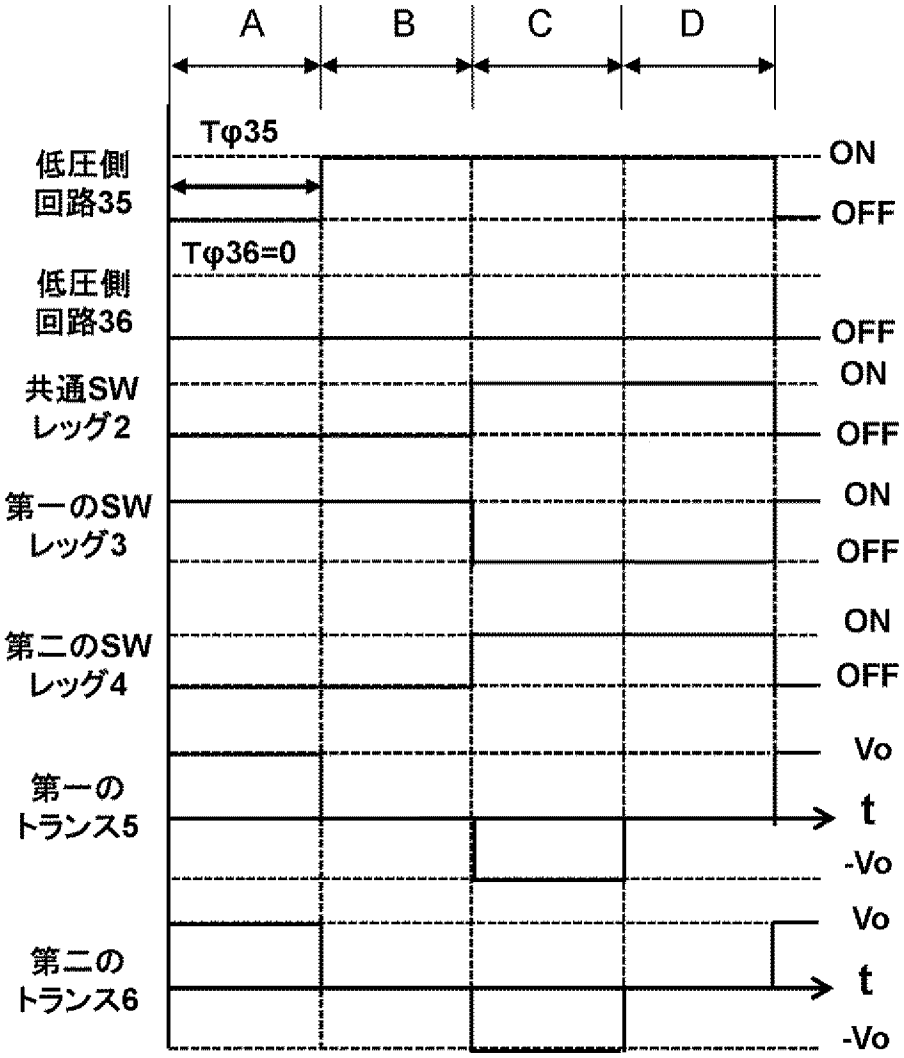
[図17(d)]

【図17(d)】


負荷
13
14
15
24
25
11
22
23
9a
10a
9
9b
10
10b
35
36
5d
5e
5c
6d
6e
6c
5
6
5a
5b
6a
6b
4
4a
4c
4b
3
3a
3c
3b
2
2a
2c
2b
1
34
19
21
20
17
16
18

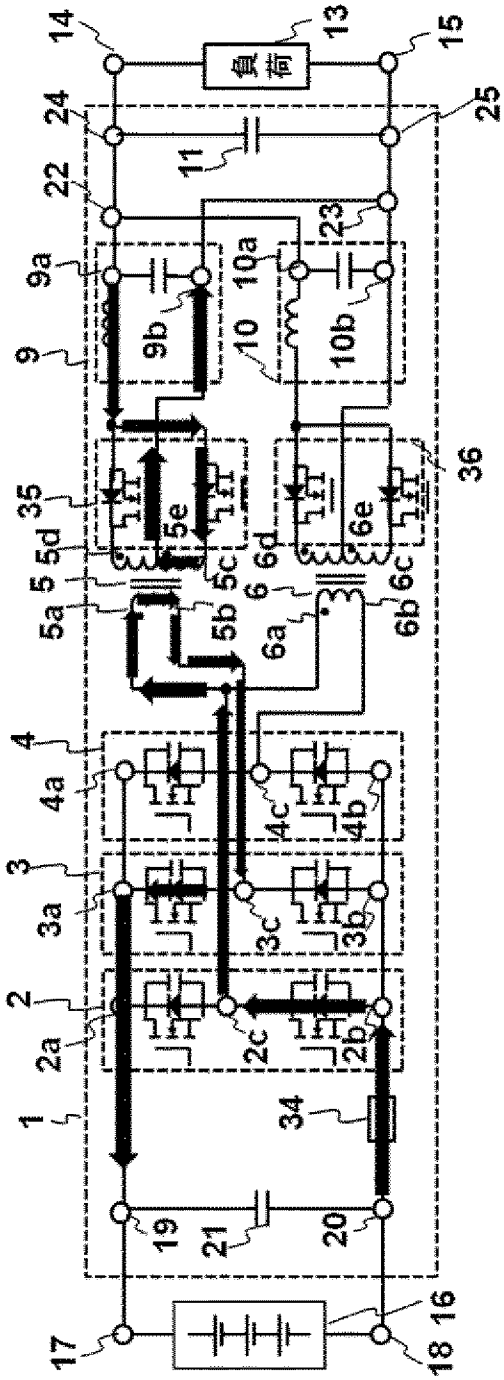
[図18]

【図18】


A
B
C
D
Tφ35
低圧側
回路35
ON
OFF
Tφ36=0
低圧側
回路36
OFF
共通SW
レッグ2
ON
OFF
第一のSW
レッグ3
ON
OFF
第二のSW
レッグ4
ON
OFF
Vo
第一の
トランス5
t
-Vo
Vo
第二の
トランス6
t
-Vo

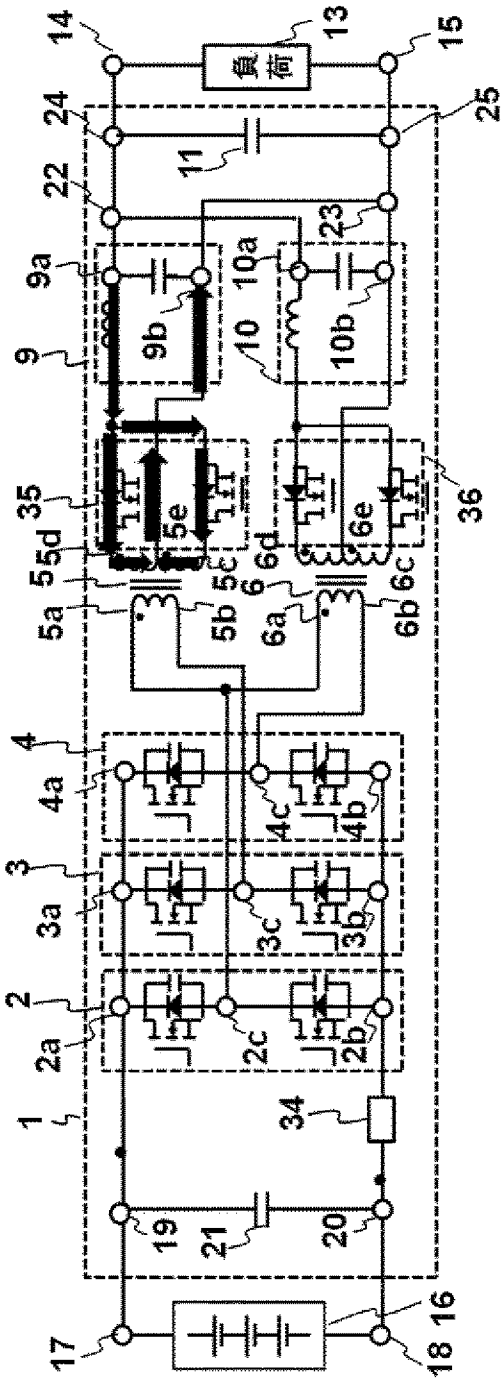
[図19(a)]

【図19(a)】


負荷
1
2
2a
2b
2c
3
3a
3b
3c
4
4a
4b
4c
5
5a
5b
5c
5d
5e
6
6a
6b
6c
6d
6e
9
9a
9b
10
10a
10b
11
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
34
35
36

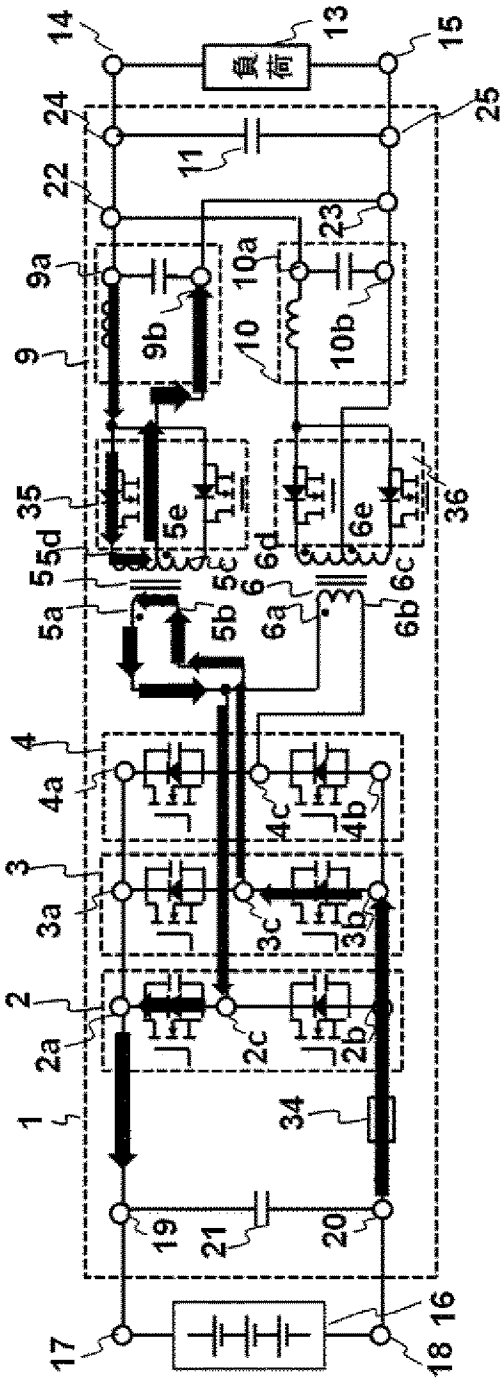
[図19(b)]

【図19(b)】


負荷
1
2
2a
2b
2c
3
3a
3b
3c
4
4a
4b
4c
5
5a
5b
5c
5d
5e
6
6a
6b
6c
6d
6e
9
9a
9b
10
10a
10b
11
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
34
35
36

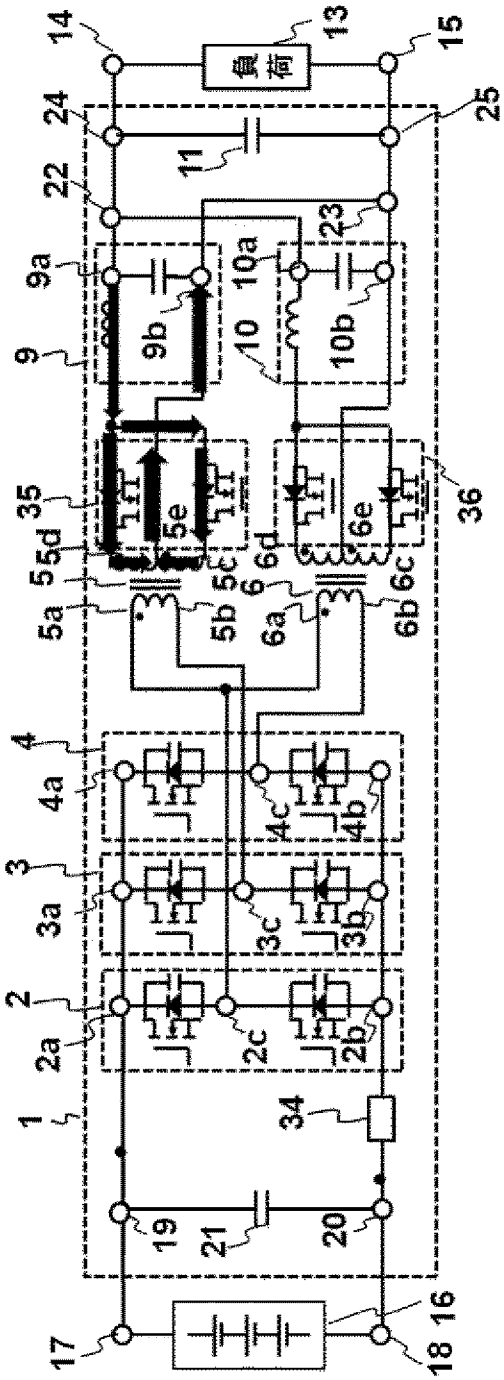
[図19(c)]

【図19(c)】


負荷
13
14
15
24
25
11
22
23
9a
10a
9b
10
10b
9
35
36
5d
5e
6d
6e
5c
6c
5
6
5a
5b
6a
6b
4
4a
4c
4b
3
3a
3c
3b
2
2a
2c
2b
1
34
19
21
20
17
16
18

[図19(d)]

【図19(d)】


負荷
13
14
15
24
25
11
22
23
9a
10a
9b
10
10b
9
35
36
5e
6e
5d
5c
6d
6c
5
6
5a
5b
6a
6b
4
4a
4c
4b
3
3a
3c
3b
2
2a
2c
2b
1
34
19
21
20
17
16
18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/081676

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02M3/28(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)
H02M3/28

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	JP 2010-124671 A (Shindengen Electric Mfg. Co., Ltd.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraphs [0013] to [0018]; fig. 1 (Family: none)	1,5 2-4,6-11
X A	WO 2009/001854 A1 (Shindengen Electric Mfg. Co., Ltd.), 31 December 2008 (31.12.2008), paragraphs [0016] to [0031]; fig. 1 & US 2010/0182814 A1 paragraphs [0041] to [0082]; fig. 1 & WO 2009/001854 A1 & EP 2161823 A1 & CN 101689808 A & KR 10-2010-0012880 A	1,5 2-4,6-11

☒ 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
18 February 2016 (18.02.16)	01 March 2016 (01.03.16)

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/JP2015/081676

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2006-333667 A (TDK Corp.), 07 December 2006 (07.12.2006), paragraphs [0024] to [0039]; fig. 1 & US 2006/0268589 A1 paragraphs [0056] to [0071]; fig. 1 & EP 1727266 A2	1,5 2-4,6-11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０８１６７６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02M3/28(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.　H02M3/28

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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 A	JP 2010－124671 A（新電元工業株式会社）2010.06.03, 段落[0013]－[0018]、図1（ファミリーなし）	1, 5 2－4, 6－11
X A	WO 2009／001854 A1（新電元工業株式会社）2008.12.31, 段落[0016]－[0031]、図1 & US 2010／0182814 A1 段落[0041]－[0082]、FIG. 1 & WO 2009／001854 A1 & EP 2161823 A1 & CN 101689808 A & KR 10－2010－0012880 A	1, 5 2－4, 6－11

☑　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	国際調査報告の発送日
１８．０２．２０１６	０１．０３．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　９３３５
尾家　英樹
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７

Ｃ（続き）．　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 A	JP 2006－333667 A（TDK株式会社） 2006.12.07, 段落[0024]－[0039]、図1 ＆ US 2006／0268589 A1 段落[0056]－[0071]、FIG. 1 ＆ EP 1727266 A2	1, 5 2－4, 6－11