

(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12月8日(08.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/194299 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/12 (2006.01) H02M 7/21 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/002254
- (22) 国際出願日: 2016年5月7日(07.05.2016)
- (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 2015-112150 2015年6月2日(02.06.2015) 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: 村上 達也(MURAKAMI, Tatsuya); 〒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). 吉川 寛(YOSHIKAWA, Satoru); 〒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). 深田 雅一(FUKADA, Masakazu); 〒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).

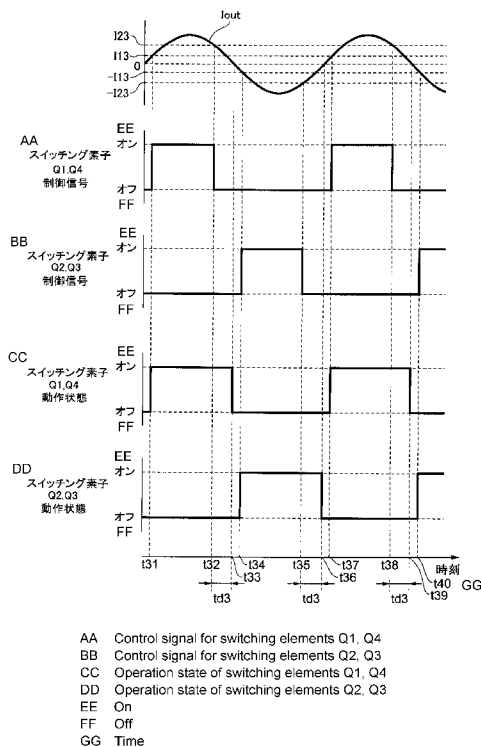
- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置

[図8]



(57) Abstract: A power conversion device is provided with: a rectifier circuit (10) having a plurality of switching elements (Q1, Q2, Q3, Q4) and converting AC power to DC power; a current detection unit (20) for detecting an AC current value (Iout); and a control unit (30) for transmitting an ON signal to the rectifier circuit on the basis of the relationship between the AC current value and a current threshold value. The control unit sets at least a first current threshold value and a second current threshold value. Whereas the control unit transmits the ON signal to the rectifier circuit on the basis of the fact that the absolute value of the AC current value has exceeded the absolute value of the first current threshold value in order to bring a part of the switching elements into an on state, the control unit stops transmitting the ON signal to the rectifier circuit on the basis of the fact that the absolute value of the AC current value has become less than the absolute value of the second current threshold value in order to bring a part of the switching elements into an off state.

(57) 要約: 電力変換装置は、複数のスイッチング素子 (Q1, Q2, Q3, Q4) を有し、交流電力を直流電力に変換する整流回路 (10) と、交流電流の値 (Iout) を検出する電流検出部 (20) と、前記交流電流の値と電流閾値の関係に基づいて前記整流回路にオン信号を送信する制御部 (30) とを備える。前記制御部は、第1電流閾値と2電流閾値を少なくとも設定し、前記交流電流の値の絶対値が前記第1電流閾値の絶対値を上回ったことに基づいて、前記スイッチング素子の一部をオン状態にするために前記整流回路にオン信号を送信する一方で、前記交流電流の値の絶対値が前記第2電流閾値の絶対値を下回ったことに基づいて、前記スイッチング素子の一部をオフ状態にするために前記整流回路へのオン信号の送信を停止する。



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 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

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2015年6月2日に出願された日本特許出願番号2015-112150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、電力変換装置に関するものである。

背景技術

[0003] 整流回路を用いて電力変換を行う装置として、下記特許文献1に記載のものが知られている。当該装置は、整流回路（スイッチング整流回路）が複数のスイッチング素子（スイッチ）を有しており、これらのスイッチング素子のオン状態とオフ状態とを切り替えることによって、交流電力を直流電力に変換する。

[0004] 当該装置の整流回路は、制御装置（タイミング制御装置）からオン信号（ゲート信号）を受信することで、一部のスイッチング素子をオン状態にする一方で、他のスイッチング素子をオフ状態にするように動作する。詳細には、下記特許文献1の装置では、制御装置は、交流電力の電圧と閾値との関係に基づいてオン信号を送信し、スイッチング素子のオン状態とオフ状態との切り替えを周期的に行う。つまり、制御装置は、交流電力の電圧が閾値を上回ったことに基づいて、一部のスイッチング素子をオン状態にするために整流回路にオン信号を送信する。一方、交流電力の電圧が閾値を下回ると、制御装置は、それに基づいて当該一部のスイッチング素子をオフ状態にするために、整流回路へのオン信号の送信を停止する。

[0005] 下記特許文献1に記載の装置では、更に、整流回路へのオン信号の送信を停止する際に用いる閾値を、当該オン信号を送信する際に用いる閾値よりも小さいものとしている。これにより、当該装置は、スイッチング素子を確実にオフ状態に切り替えることが可能となり、この結果、整流回路における電

流の逆流防止や電力の変換効率の低下を抑制することができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開 2 0 1 2 - 2 3 5 6 6 9 号公報

発明の概要

[0007] 上記特許文献 1 記載の装置等では、高い周波数で動作している状態で、交流電力の電圧検出や、当該検出に基づくオン信号の送信停止に遅れ時間が生じると、本来スイッチング素子をオフ状態に切り替えるべきタイミングであっても、オン状態になったままになってしまう。

[0008] このように、スイッチング素子が不適切なタイミングでオン状態になってしまうと、整流回路において電流の逆流が生じてしまうおそれがある。このため、電力の変換効率の低下や、スイッチング素子の損傷を招くという課題があった。

[0009] 本開示は、整流回路のスイッチング素子を適切なタイミングでオフ状態にして、交流電力から直流電力への変換効率を向上させることが可能な電力変換装置を提供することを目的とする。

[0010] 本開示の態様において、電力変換装置は、複数のスイッチング素子を有し、該複数のスイッチング素子のオン状態とオフ状態とを切り替えることで交流電力を直流電力に変換する整流回路と、前記整流回路に供給される交流電流の値を検出する電流検出部と、前記電流検出部で検出された前記交流電流の値と、電流閾値と、の関係に基づいて前記整流回路にオン信号を送信する制御部とを備える。前記制御部は、前記電流閾値として、第 1 電流閾値と、前記第 1 電流閾値よりも絶対値が大きい第 2 電流閾値と、を少なくとも設定し、前記交流電流の値の絶対値が前記第 1 電流閾値の絶対値を上回ったことに基づいて、前記複数のスイッチング素子の一部をオン状態にするために前記整流回路にオン信号を送信する一方で、前記交流電流の値の絶対値が前記第 2 電流閾値の絶対値を下回ったことに基づいて、前記複数のスイッチング素子の一部をオフ状態にするために前記整流回路へのオン信号の送信を停止

する。

[0011] 上記の電力変換装置では、制御部がオン信号を送信する際に用いる第1電流閾値の絶対値よりも、制御部がオン信号の送信を停止する際に用いる第2電流閾値の絶対値の方が大きい。したがって、上記の電力変換装置によれば、電流検出部による交流電流の値の検出や、当該検出に基づくオン信号の送信停止に遅れ時間が生じる場合であっても、それを考慮して早めのタイミングでオン信号の送信を停止することが可能となる。この結果、上記の電力変換装置によれば、整流回路のスイッチング素子を適切なタイミングでオフ状態にして、交流電力から直流電力への変換効率を向上させることが可能となる。

[0012] 上記の電力変換装置によれば、整流回路のスイッチング素子を適切なタイミングでオフ状態にして、交流電力から直流電力への変換効率を向上させることが可能な電力変換装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] 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、本開示の第1実施形態に係る電力変換装置を示す回路図であり、

[図2]図2は、第1実施形態に係る制御部による制御の例を示すタイムチャートであり、

[図3]図3は、第1実施形態に係る制御部による処理の流れを示すフローチャートであり、

[図4]図4は、第1実施形態に係る制御部による処理の流れを示すフローチャートであり、

[図5]図5は、第2実施形態に係る制御部による制御の例を示すタイムチャートであり、

[図6]図6は、第2実施形態に係る制御部による処理の流れを示すフローチャートであり、

[図7]図7は、第2実施形態に係る制御部による処理の流れを示すフローチャートであり、

[図8]図8は、第3実施形態に係る制御部による制御の例を示すタイムチャートであり、

[図9]図9は、第3実施形態に係る制御部による処理の流れを示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、添付図面を参照しながら本開示の実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

[0015] まず、図1を参照しながら、本開示の第1実施形態に係る電力変換装置100の構成の概略を説明する。電力変換装置100は、交流電源ACから供給される交流電力を直流電力に変換する装置として設けられる。電力変換装置100によって変換された直流電力は、平滑化を行うキャパシタ51及び抵抗52を有する負荷50に供給される。

[0016] 電力変換装置100は、整流回路10と、電流検出部20と、制御部30と、比較回路40と、を備えている。

[0017] 整流回路10は、その入力側が交流電源ACと電氣的に接続され、その出力側が負荷50と電氣的に接続される。整流回路10は、スイッチング素子Q1、Q2、Q3、Q4を有している。本第1実施形態では、スイッチング素子Q1、Q2、Q3、Q4としてMOSFETを採用しているが、本開示はこれに限定されるものではなく、オン状態とオフ状態との切り替えが可能なスイッチング素子であれば、任意のものを採用することができる。例えば、JFET、MESFETや、IGBT、GTO、パワートランジスタ等を採用することができる。

[0018] スwitchング素子Q1とスイッチング素子Q2とは直列に接続されている。また、スイッチング素子Q1とスイッチング素子Q2との間には、交流電源ACの一方の端子AC1が接続されている。また、スイッチング素子Q1

と並列にダイオードD 1 が接続されているとともに、スイッチング素子Q 2 と並列にダイオードD 2 が接続されている。

[0019] スwitching素子Q 3 とスイッチング素子Q 4 とは直列に接続されている。また、スイッチング素子Q 3 とスイッチング素子Q 4 との間には、交流電源A C の他方の端子A C 2 が接続されている。また、スイッチング素子Q 3 と並列にダイオードD 3 が接続されているとともに、スイッチング素子Q 4 と並列にダイオードD 4 が接続されている。

[0020] 電流検出部2 0 は、交流電源A C と、前述した交流電源A C の他方の端子A C 2 との間に配置されている。電流検出部2 0 は、交流電源A C から整流回路1 0 に供給される交流電流を検出する。また、電流検出部2 0 は、検出した交流電流の値（以下、これを「交流電流値」と称する）に対応する検出信号を生成し、外部に送信する。

[0021] 制御部3 0 は、信号線L 1, L 2, L 3, L 4 を介してスイッチング素子Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 とそれぞれ電氣的に接続されており、スイッチング素子Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 に制御信号を送信する機器である。詳細には、制御部3 0 は、後述する比較回路4 0 からの入力等に基づいて、PWM (Pulse Width Modulation) 制御に従ってオン信号を生成し、スイッチング素子Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 に送信することで、それらのオン状態とオフ状態とを切り替える。この制御部3 0 は、C P U (Central Processing Unit) を中心にプログラムの実行で動作する構成となっているが、回路素子からなるハードウェアロジックによって動作する構成としてもよい。

[0022] 比較回路4 0 は、電流検出部2 0 及び制御部3 0 と電氣的に接続されている回路である。比較回路4 0 は、電流検出部2 0 が検出した交流電流の値と、後述する電流閾値I r e f とを比較するとともに、その比較結果に対応する信号を生成し、制御部3 0 に送信する。すなわち、制御部3 0 は、電流検出部2 0 による交流電流の検出に基づいてオン信号を送信することになる。

[0023] 以上のように構成された電力変換装置1 0 0 は、スイッチング素子Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 のオン状態とオフ状態とを切り替えることによって、交流

電源 A C から供給される交流電力の全波整流を行う。

[0024] 詳細には、交流電源 A C から矢印 C 1 で示される方向に交流電流が流れる場合（電流検出部 2 0 が検出する交流電流の値が正となる場合）は、制御部 3 0 は、スイッチング素子 Q 1, Q 4 のみにオン信号を送信する。このオン信号を受信することでスイッチング素子 Q 1, Q 4 はオン状態となるが、スイッチング素子 Q 2, Q 3 はオフ状態のままとなる。

[0025] 一方、交流電源 A C から矢印 C 2 で示される方向に交流電流が流れる場合（電流検出部 2 0 が検出する交流電流の値が負となる場合）は、制御部 3 0 は、スイッチング素子 Q 2, Q 3 のみにオン信号を送信する。このオン信号を受信することでスイッチング素子 Q 2, Q 3 はオン状態となるが、スイッチング素子 Q 1, Q 4 がオフ状態のままとなる。

[0026] ところで、電流検出部 2 0 による交流電流の検出や、当該検出に基づく制御部 3 0 からのオン信号の送信停止等には、遅れ時間が生じ得る。このような要因のため、本来スイッチング素子 Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 がオフ状態に切り替わるべきタイミングでもオン状態のままになってしまうと、整流回路 1 0 において電流の逆流が生じてしまうおそれがある。このため、電力変換装置 1 0 0 の変換効率の低下や、スイッチング素子 Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 の損傷を招くおそれがある。

[0027] そこで、第 1 実施形態に係る電力変換装置 1 0 0 では、制御部 3 0 がオン信号を送信するタイミングと、当該オン信号の送信を停止するタイミングとに工夫がなされている。以下、図 2 乃至図 3 を参照しながら、この工夫について説明する。

[0028] まず、図 2 を参照しながら、制御部 3 0 による制御の例について説明する。図 2 では、電流検出部 2 0 によって検出された交流電流の値 i_{out} の時間変化を最上段に示している。また、図 2 の中段には、制御部 3 0 がスイッチング素子 Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 に送信する制御信号を示している。すなわち、「オン」は、制御部 3 0 が各スイッチング素子にオン信号を送信している状態を示しており、「オフ」は、制御部 3 0 が各スイッチング素子にオ

ン信号を送信していない状態を示している。さらに、図2の下段には、スイッチング素子Q1, Q2, Q3, Q4のオン状態又はオフ状態を示している。

[0029] 制御部30は、時間とともに変化する電流閾値I_{ref}を決定するとともに、この電流閾値I_{ref}を比較回路40に出力する。前述したように、比較回路40では、電流検出部20が検出した交流電流値I_{out}と、電流閾値I_{ref}とを比較するとともに、その比較結果に対応する信号を生成して制御部30に送信する。制御部30は、比較回路40から受信する信号に基づいて、スイッチング素子Q1, Q4又はスイッチング素子Q2, Q3にオン信号を送信する。

[0030] 図2に基づいて説明すると、時刻t₁₁では、電流閾値I_{ref}はゼロである。交流電流値I_{out}が、時刻t₁₁でこの電流閾値I_{ref}（ゼロ）を上回ると、比較回路40がこの大小関係に対応する信号を生成し、制御部30に送信する。当該信号を受信した制御部30は、スイッチング素子Q1, Q4のみにオン信号を送信する。これにより、スイッチング素子Q1, Q4がオフ状態からオン状態に切り替えられる。

[0031] 時刻t₁₁後、制御部30は、電流閾値I_{ref}を漸次増加させる。比較回路40は、この電流閾値I_{ref}の増加中も、交流電流値I_{out}と電流閾値I_{ref}との比較を行う。

[0032] 時刻t₁₂で、交流電流値I_{out}が、I₂₁まで増加した電流閾値I_{ref}を下回ると、制御部30は、スイッチング素子Q1, Q4へのオン信号の送信を停止する。しかしながら、前述した要因のため、制御部30が当該オン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子Q1, Q4が実際にオフ状態になるまでに、遅れ時間が生じる。

[0033] 時刻t₁₂から時間t_{d1}が経過した時刻t₁₃で、スイッチング素子Q1, Q4がオン状態からオフ状態に切り替わる。すなわち、この時間t_{d1}が、制御部30がスイッチング素子Q1, Q4へのオン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子Q1, Q4が実際にオフ状態になるま

での遅れ時間に相当する。

[0034] また、時刻 t_{13} では、交流電流値 I_{out} が正の値から負の値に変化する。このように、交流電流値 I_{out} が正の値から負の値に変化すること、及び、交流電流値 I_{out} が負の値から正の値に変化することを、「ゼロクロス」と称する。時刻 t_{13} では、交流電流値 I_{out} が正の値から負の値に変化するゼロクロスが検出されたことに基づいて、制御部 30 は、それまで漸次増加させていた電流閾値 I_{ref} をゼロとする。

[0035] また、時刻 t_{13} で、交流電流値 I_{out} が正の値から負の値に変化し、且つ、電流閾値 I_{ref} (ゼロ) を下回ったことに基づいて、制御部 30 は、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 のみにオン信号を送信する。これにより、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻 t_{13} で、スイッチング素子 Q_1 、 Q_4 のオン状態からオフ状態への切り替えと、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 のオフ状態からオン状態への切り替えが略同時に行われることから、交流電力の損失を抑制することができる。

[0036] 時刻 t_{13} 後、制御部 30 は、電流閾値 I_{ref} を漸次減少させる。比較回路 40 は、この電流閾値 I_{ref} の減少中も、交流電流値 I_{out} と電流閾値 I_{ref} との比較を行う。

[0037] 時刻 t_{14} で、交流電流値 I_{out} が、 $-I_{21}$ まで減少した電流閾値 I_{ref} を上回ると、制御部 30 は、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 へのオン信号の送信を停止する。しかしながら、ここでも、制御部 30 が当該オン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 が実際にオフ状態になるまでに、遅れ時間が生じる。

[0038] 時刻 t_{14} から時間 t_{d1} が経過した時刻 t_{15} で、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 がオン状態からオフ状態に切り替わる。すなわち、この時間 t_{d1} が、制御部 30 がスイッチング素子 Q_2 、 Q_3 へのオン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 が実際にオフ状態になるまでの遅れ時間に相当する。

[0039] また、時刻 t_{15} では、交流電流値 I_{out} が負の値から正の値に変化する

るゼロクロスが検出されたことに基づいて、制御部30は、それまで漸次増加させていた電流閾値 I_{ref} をゼロとする。

[0040] また、時刻 t_{15} で、交流電流値 I_{out} が負の値から正の値に変化し、且つ、電流閾値 I_{ref} (ゼロ) を上回ったことに基づいて、制御部30は、スイッチング素子 Q_1 、 Q_4 のみにオン信号を送信する。これにより、スイッチング素子 Q_1 、 Q_4 がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻 t_{15} で、スイッチング素子 Q_2 、 Q_3 のオン状態からオフ状態への切り替えと、スイッチング素子 Q_1 、 Q_4 のオフ状態からオン状態への切り替えが略同時に行われることから、交流電力の損失を抑制することができる。

[0041] 時刻 t_{15} 以降、制御部30は、交流電源ACの周波数に対応して、これまで説明した制御を繰り返す。すなわち、時刻 t_{16} 、 t_{17} では、それぞれ交流電流値 I_{out} と電流閾値 I_{ref} との関係が等しい時刻 t_{12} 、 t_{13} と同様の制御を行う。

[0042] 続いて、図3を参照しながら、以上のような制御を行う制御部30が、電流閾値 I_{ref} を決定する際の処理について説明する。

[0043] まず、制御部30は、ステップS101で、電流閾値 I_{ref} の初期値としてゼロをセットする。

[0044] 次に、制御部30は、ステップS102で、交流電流値 I_{out} が正の値であるか否かを判定する。すなわち、制御部30は、交流電源ACから矢印C1 (図1参照) で示される方向に電流が流れているか否かを判定する。交流電流値 I_{out} が正の値であると判定した場合 (S102: YES)、制御部30は、ステップS103の処理に進む。

[0045] 次に、制御部30は、ステップS103で、電流閾値 I_{ref} を定数Aだけ増加させる。ここで、定数Aは正の値である。

[0046] 次に、制御部30は、ステップS104で、前述したゼロクロスが検出されたか否かを判定する。ここでのゼロクロスは、交流電流値 I_{out} が正の値から負の値に変化するものである。ゼロクロスが検出されていないと判定した場合 (S104: NO)、制御部30は、前述したステップS103の

処理に戻る。すなわち、制御部30は、ゼロクロスが検出されたと判定する（S104：YES）まで、電流閾値 I_{ref} を定数Aだけ増加させていく。

[0047] ゼロクロスが検出されたと判定した場合（S104：YES）、制御部30は、前述したステップS101の処理に戻る。これにより、それまで増加していた電流閾値 I_{ref} がゼロにリセットされる。

[0048] これに対し、ステップS102で、交流電流値 I_{out} が正の値ではないと判定した場合（S102：NO）、すなわち、交流電源ACから矢印C2（図1参照）で示される方向に電流が流れていると判定した場合、制御部30は、ステップS105の処理に進む。

[0049] 次に、制御部30は、ステップS105で、電流閾値 I_{ref} を定数Aだけ減少させる。前述したように、定数Aは正の値である。

[0050] 次に、制御部30は、ステップS106で、前述したゼロクロスが検出されたか否かを判定する。ここでのゼロクロスは、交流電流値 I_{out} が負の値から正の値に変化するものである。ゼロクロスが検出されていないと判定した場合（S106：NO）、制御部30は、前述したステップS105の処理に戻る。すなわち、制御部30は、ゼロクロスが検出されたと判定する（S106：YES）まで、電流閾値 I_{ref} を定数Aだけ減少させていく。

[0051] ゼロクロスが検出されたと判定した場合（S106：YES）、制御部30は、前述したステップS101の処理に戻る。これにより、それまで減少していた電流閾値 I_{ref} がゼロにリセットされる。

[0052] 続いて、図4を参照しながら、制御部30が整流回路10に送信する制御信号を決定する際の処理について説明する。

[0053] まず、制御部30は、ステップS201で、交流電流値 I_{out} が正の値であるか否かを判定する。すなわち、制御部30は、交流電源ACから矢印C1（図1参照）で示される方向に電流が流れているか否かを判定する。交流電流値 I_{out} が正の値であると判定した場合（S201：YES）、制

制御部30は、ステップS202の処理に進む。

[0054] 次に、制御部30は、ステップS202で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref} よりも大きいか否かを判定する。制御部30は、比較回路40から受信する信号に基づいて当該判定を行う。交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref} よりも大きいと判定した場合（S202：YES）、制御部30は、ステップS203の処理に進む。

[0055] 次に、制御部30は、ステップS203で、スイッチング素子Q1、Q4をオン状態にするとともに、スイッチング素子Q2、Q3をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部30は、スイッチング素子Q1、Q4のみにオン信号を送信することを決定する。

[0056] 一方、ステップS202で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref} よりも大きくないと判定した場合（S202：NO）、制御部30は、ステップS204の処理に進む。

[0057] 次に、制御部30は、ステップS204で、スイッチング素子Q1、Q4及びスイッチング素子Q2、Q3をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部30は、オン信号の送信を行わないことを決定する。

[0058] これに対し、ステップS201で、交流電流値 I_{out} が正の値ではないと判定した場合（S201：NO）、すなわち、交流電源ACから矢印C2（図1参照）で示される方向に電流が流れていると判定した場合、制御部30は、ステップS205の処理に進む。

[0059] 次に、制御部30は、ステップS205で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref} よりも小さいか否かを判定する。制御部30は、比較回路40から受信する信号に基づいて当該判定を行う。交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref} よりも小さいと判定した場合（S205：YES）、制御部30は、ステップS206の処理に進む。

[0060] 次に、制御部30は、ステップS206で、スイッチング素子Q1、Q4をオフ状態にするとともに、スイッチング素子Q2、Q3をオン状態にすることを決定する。すなわち、制御部30は、スイッチング素子Q2、Q3の

みにオン信号を送信することを決定する。

[0061] 一方、ステップS205で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref} よりも小さくないと判定した場合（S205：NO）、制御部30は、ステップS207の処理に進む。

[0062] 次に、制御部30は、ステップS207で、スイッチング素子Q1、Q4及びスイッチング素子Q2、Q3をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部30は、オン信号の送信を行わないことを決定する。

[0063] 以上のように、電力変換装置100では、制御部30がオン信号を送信する際に用いる電流閾値 I_{ref} （ゼロ）の絶対値よりも、制御部がオン信号の送信を停止する際に用いる電流閾値 I_{ref} （ I_{12} ， $-I_{12}$ ）の絶対値が大きい。

[0064] したがって、電力変換装置100によれば、電流検出部20による交流電流の検出や、当該検出に基づくオン信号の送信停止に遅れ時間 t_{d1} が生じる場合であっても、それを考慮して早めのタイミングでオン信号の送信を停止することが可能となる。この結果、電力変換装置100によれば、整流回路10のスイッチング素子Q1、Q2、Q3、Q4を適切なタイミングでオフ状態にして、交流電力から直流電力への変換効率を向上させることが可能となる。

[0065] また、電力変換装置100では、制御部30は、電流閾値 I_{ref} をゼロから時間とともに I_{12} ， $-I_{12}$ に漸次変化させ、交流電流値 I_{out} がゼロとなるタイミングにおいて、電流閾値 I_{ref} をゼロとする。

[0066] このように電流閾値 I_{ref} を変化させることで、制御部30がオン信号を送信する際に用いる電流閾値 I_{ref} （ゼロ）の絶対値よりも、制御部30がオン信号の送信を停止する際に用いる電流閾値 I_{ref} （ I_{12} ， $-I_{12}$ ）の絶対値を大きくすることができる。また、交流電流値 I_{out} がゼロとなるタイミングにおいて、電流閾値 I_{ref} をゼロとすることで、交流電源ACから供給される交流電力の周波数に応じて、電流閾値 I_{ref} を周期的に変化させることが可能となる。

- [0067] また、本第1実施形態では、電流閾値 I_{ref} をゼロとするタイミングを、交流電流値 I_{out} がゼロとなるタイミングとしているが、これに代えて、オン信号の送信の停止から予め定められた所定時間（第1所定時間）後のタイミングとしてもよい。この場合も、同様の効果を得ることができる。
- [0068] 続いて図5乃至図7を参照しながら、本開示の第2実施形態に係る電力変換装置100A（図1参照）について説明する。この電力変換装置100Aは、その制御部30Aによる制御が、前述した第1実施形態に係る制御部30のものと異なっている。第1実施形態と同一の構成については同一の符号を用いて、重複する説明は適宜省略する。
- [0069] まず、図5を参照しながら、制御部30Aによる制御の例について説明する。図5に示されるように、制御部30Aは、時間とともに変化する電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} を有している。また、制御部30Aは、この電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} を比較回路40に出力する。
- [0070] 比較回路40では、電流検出部20が検出した交流電流値 I_{out} と、電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} とを比較するとともに、その比較結果に基づく信号を生成して制御部30Aに送信する。制御部30Aは、比較回路40から受信する信号に基づいて、スイッチング素子Q1、Q4又はスイッチング素子Q2、Q3にオン信号を送信する。
- [0071] 図5に基づいて説明すると、時刻 t_{21} では、電流閾値 I_{ref1} は I_{12} であり、電流閾値 I_{ref2} は $-I_{12}$ である。交流電流値 I_{out} が、時刻 t_{21} で電流閾値 I_{ref1} (I_{12}) を上回ると、比較回路40がこの大小関係に対応する信号を生成し、制御部30Aに送信する。当該信号を受信した制御部30Aは、スイッチング素子Q1、Q4のみにオン信号を送信する。これにより、スイッチング素子Q1、Q4がオフ状態からオン状態に切り替えられる。
- [0072] 時刻 t_{21} 後、制御部30Aは、電流閾値 I_{ref1} を I_{12} のまま維持するとともに、電流閾値 I_{ref2} を $-I_{12}$ のまま維持する。そして、時刻 t_{21} から時間 t_0 経過後に、制御部30Aは、電流閾値 I_{ref1} を I

12よりも大きい122に変更するとともに、電流閾値 I_{ref2} を -112 よりも小さい（絶対値は大きい） -122 に変更する。比較回路40は、この電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} の変更の前後に亘って、交流電流値 I_{out} と電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} との比較を行う。

[0073] 時刻 t_{22} で、交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref1} （122）を下回ると、制御部30Aは、スイッチング素子Q1、Q4へのオン信号の送信を停止する。しかしながら、前述した要因のため、制御部30Aが当該オン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子Q1、Q4が実際にオフ状態になるまでに、遅れ時間が生じる。

[0074] 時刻 t_{22} から時間 t_{d2} が経過した時刻 t_{23} で、スイッチング素子Q1、Q4がオン状態からオフ状態に切り替わる。すなわち、この時間 t_{d2} が、制御部30Aがスイッチング素子Q1、Q4へのオン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子Q1、Q4が実際にオフ状態になるまでの遅れ時間に相当する。時刻 t_{23} では、交流電流値 I_{out} が正の値から負の値に変化するゼロクロスが検出される。

[0075] また、時刻 t_{22} 後、制御部30Aは、電流閾値 I_{ref1} を122のまま維持するとともに、電流閾値 I_{ref2} を -122 のまま維持する。そして、時刻 t_{22} から時間 t_0 経過後に、制御部30Aは、電流閾値 I_{ref1} を122よりも小さい112に変更するとともに、電流閾値 I_{ref2} を -122 よりも大きい（絶対値は小さい） -112 に変更する。

[0076] また、時刻 t_{24} で、交流電流値 I_{out} が負の値となり、且つ、電流閾値 I_{ref2} （ -112 ）を下回ったことに基づいて、制御部30Aは、スイッチング素子Q2、Q3のみにオン信号を送信する。これにより、スイッチング素子Q2、Q3がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻 t_{23} におけるスイッチング素子Q1、Q4のオン状態からオフ状態への切り替えから、時刻 t_{24} におけるスイッチング素子Q2、Q3のオフ状態からオン状態への切り替えまでが短時間になることから、交流電力の損失を抑制することができる。

- [0077] 時刻 t_{24} 後、制御部 30A は、電流閾値 I_{ref1} を I_{12} のまま維持するとともに、電流閾値 I_{ref2} を $-I_{12}$ のまま維持する。そして、時刻 t_{24} から時間 t_0 経過後に、制御部 30A は、電流閾値 I_{ref1} を I_{12} よりも大きい I_{22} に変更するとともに、電流閾値 I_{ref2} を $-I_{12}$ よりも小さい（絶対値は大きい） $-I_{22}$ に変更する。比較回路 40 は、この電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} の変更の前後に亘って、交流電流値 I_{out} と電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} との比較を行う。
- [0078] 時刻 t_{25} で、交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref2} ($-I_{22}$) を上回ると、制御部 30A は、スイッチング素子 Q2、Q3 へのオン信号の送信を停止する。しかしながら、ここでも、制御部 30A が当該オン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子 Q2、Q3 が実際にオフ状態になるまでには遅れ時間が生じる。
- [0079] 時刻 t_{25} 後、制御部 30A は、電流閾値 I_{ref1} を I_{22} のまま維持するとともに、電流閾値 I_{ref2} を $-I_{22}$ のまま維持する。そして、時刻 t_{25} から所定時間 t_0 経過後、制御部 30A は、電流閾値 I_{ref1} を I_{22} よりも小さい I_{12} に変更するとともに、電流閾値 I_{ref2} を $-I_{22}$ よりも大きい（絶対値は小さい） $-I_{12}$ に変更する。比較回路 40 は、この電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} の変更の前後に亘って、交流電流値 I_{out} と電流閾値 I_{ref1} 、 I_{ref2} との比較を行う。
- [0080] 時刻 t_{25} から時間 t_{d2} が経過した時刻 t_{26} で、スイッチング素子 Q2、Q3 がオン状態からオフ状態に切り替わる。すなわち、この時間 t_{d2} が、制御部 30A がスイッチング素子 Q2、Q3 へのオン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子 Q2、Q3 が実際にオフ状態になるまでの遅れ時間に相当する。時刻 t_{26} では、交流電流値 I_{out} が負の値から正の値に変化するゼロクロスが検出される。
- [0081] また、時刻 t_{27} で、交流電流値 I_{out} が正の値となり、且つ、電流閾値 I_{ref1} (I_{12}) を上回ったことに基づいて、制御部 30A は、スイッチング素子 Q1、Q4 のみにオン信号を送信する。これにより、スイッ

ング素子Q1, Q4がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻t25で、スイッチング素子Q2, Q3のオン状態からオフ状態への切り替えと、スイッチング素子Q1, Q4のオフ状態からオン状態への切り替えが略同時に行われることから、交流電力の損失を抑制することができる。

[0082] 時刻t27以降、制御部30Aは、交流電源ACの周波数に対応して、これまで説明した制御を繰り返す。すなわち、時刻t28, t29, t30では、それぞれ交流電流値 I_{out} と電流閾値 I_{ref1} , I_{ref2} との関係が等しい時刻t22, t23, t24と同様の制御を行う。

[0083] 続いて、図6を参照しながら、以上のような制御を行う制御部30Aが、電流閾値 I_{ref1} , I_{ref2} を決定する際の処理について説明する。

[0084] まず、制御部30Aは、ステップS301で、電流閾値 I_{ref1} の初期値として I_{12} をセットし、電流閾値 I_{ref2} の初期値として $-I_{12}$ をセットする。

[0085] 次に、制御部30Aは、ステップS302で、交流電流値 I_{out} が正の値であるか否かを判定する。すなわち、制御部30Aは、交流電源ACから矢印C1(図1参照)で示される方向に電流が流れているか否かを判定する。交流電流値 I_{out} が正の値であると判定した場合(S302: YES)、制御部30Aは、ステップS303の処理に進む。

[0086] 次に、制御部30Aは、ステップS303で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref1} (I_{12})よりも大きいか否かを判定する。交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref1} (I_{12})よりも大きくないと判定した場合(S303: NO)、制御部30Aは待機する。そして、交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref1} (I_{12})よりも大きいと判定した場合(S303: YES)、制御部30Aは、ステップS304の処理に進む。

[0087] 一方、ステップS302で、交流電流値 I_{out} が正の値ではないと判定した場合(S302: NO)、制御部30Aは、ステップS308の処理に進む。

[0088] 次に、制御部30Aは、ステップS308で、交流電流値 I_{out} が、電

流閾値 I_{ref2} ($-I_{12}$) よりも小さい (絶対値は大きい) か否かを判定する。交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref2} ($-I_{12}$) よりも小さくないと判定した場合 (S308: NO)、制御部 30A は待機する。そして、交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref2} ($-I_{12}$) よりも小さいと判定した場合 (S308: YES)、制御部 30A は、ステップ S304 の処理に進む。

[0089] 次に、制御部 30A は、ステップ S304 で、時間 t に定数 e を加算する。この定数 e は、正の値である。

[0090] 次に、制御部 30A は、ステップ S305 で、時間 t が時間 t_0 よりも大きいか否かを判定する。この時間 t_0 は、予め定められた定数であり、図 5 を参照しながら説明した時間 t_0 と同一のものである。時間 t が時間 t_0 よりも大きくないと判定した場合 (S305: NO)、制御部 30A は、ステップ S304 の処理に戻る。すなわち、制御部 30A は、時間 t が時間 t_0 よりも大きいと判定する (S305: YES) まで、時間 t を定数 e だけ増加させていく。時間 t が時間 t_0 よりも大きい判定する (S305: YES) と、制御部 30A は、ステップ S306 の処理に進む。

[0091] 次に、制御部 30A は、ステップ S306 で、電流閾値 I_{ref1} を I_{22} に変更し、電流閾値 I_{ref2} を $-I_{22}$ に変更する。

[0092] 次に、制御部 30A は、ステップ S307 で、前述したゼロクロスが検出されたか否かを判定する。ゼロクロスが検出されていないと判定した場合 (S307: NO)、制御部 30A は待機する。

[0093] ステップ S307 で、ゼロクロスが検出されたと判定した場合 (S307: YES)、制御部 30A は、前述したステップ S301 の処理に戻る。これにより、再び電流閾値 I_{ref1} に I_{12} がセットされ、電流閾値 I_{ref2} に $-I_{12}$ がセットされる。

[0094] 続いて、図 7 を参照しながら、制御部 30A が整流回路 10 に送信する制御信号を決定する際の処理について説明する。

[0095] まず、制御部 30A は、ステップ S401 で、交流電流値 I_{out} が電流

閾値 I_{ref1} よりも大きいかな否かを判定する。交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref1} よりも大きくないと判定した場合（S401：NO）、制御部30Aは、ステップS402の処理に進む。

[0096] 次に、制御部30Aは、ステップS402で、交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref2} よりも大きく、且つ、電流閾値 I_{ref1} よりも小さいかな否かを判定する。交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref2} よりも大きく、且つ、電流閾値 I_{ref1} よりも小さいと判定した場合（S402：YES）、制御部30Aは、ステップS403の処理に進む。

[0097] 次に、制御部30Aは、ステップS403で、スイッチング素子Q1、Q4及びスイッチング素子Q2、Q3をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部30Aは、オン信号の送信を行わないことを決定する。

[0098] 一方、ステップS402で、交流電流値 I_{out} が、電流閾値 I_{ref2} よりも大きく、且つ、電流閾値 I_{ref1} よりも小さい値ではないと判定した場合（S402：NO）、制御部30Aは、ステップS404の処理に進む。

[0099] 次に、制御部30Aは、ステップS404で、スイッチング素子Q1、Q4をオフ状態にするとともに、スイッチング素子Q2、Q3をオン状態にすることを決定する。すなわち、制御部30Aは、スイッチング素子Q2、Q3のみにオン信号を送信することを決定する。

[0100] これに対し、ステップS401で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{ref1} よりも大きいと判定した場合（S401：YES）、制御部30Aは、ステップS405の処理に進む。

[0101] 次に、制御部30Aは、ステップS405で、スイッチング素子Q1、Q4をオン状態にするとともに、スイッチング素子Q2、Q3をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部30Aは、スイッチング素子Q1、Q4のみにオン信号を送信することを決定する。

[0102] 以上のように、電力変換装置100Aでは、制御部30Aは、交流電流値 I_{out} の絶対値が電流閾値 I_{ref1} (I_{12})、 I_{ref2} ($-I_{12}$)

）の絶対値を上回ったタイミングから予め定められた時間 t_0 （第2所定時間）経過後に、電流閾値 I_{ref1} , I_{ref2} を I_{12} , $-I_{12}$ から I_{22} , $-I_{22}$ に変更する。また、制御部 30A は、電流検出部 20 が検出する交流電流値 I_{out} の絶対値が電流閾値 I_{ref1} (I_{22}), I_{ref2} ($-I_{22}$) の絶対値を下回ったタイミングから予め定められた時間 t_0 （第3所定時間）経過後に、電流閾値 I_{ref1} , I_{ref2} を I_{22} , $-I_{22}$ から I_{12} , $-I_{12}$ に変更する。

[0103] このように電流閾値 I_{ref1} , I_{ref2} を変化させることで、制御部 30A がオン信号を送信する際に用いる電流閾値 I_{ref1} (I_{12}), I_{ref2} ($-I_{12}$) の絶対値よりも、制御部 30A がオン信号の送信を停止する際に用いる電流閾値 I_{ref1} (I_{22}), I_{ref2} ($-I_{22}$) の絶対値を大きくすることができる。また、交流電源 AC から供給される交流電力の周波数に応じて、電流閾値 I_{ref1} , I_{ref2} を周期的に変化させることが可能となる。

[0104] 尚、本第2実施形態では、前述した第2所定時間及び第3所定時間をいずれも同一の時間 t_0 としているが、本開示はこれに限られるものではない。すなわち、第2所定時間と第3所定時間とが互いに異なるものであってもよい。

[0105] 続いて図8及び図9を参照しながら、本開示の第3実施形態に係る電力変換装置 100B（図1参照）について説明する。この電力変換装置 100B は、その制御部 30B による制御が、前述した実施形態に係る制御部 30, 30A のものと異なっている。前述した実施形態と同一の構成については同一の符号を用いて、重複する説明は適宜省略する。

[0106] まず、図8を参照しながら、制御部 30B による制御の例について説明する。図8に示されるように、制御部 30B は、時間によらず一定な電流閾値 $-I_{23}$, $-I_{13}$, I_{13} , I_{23} を有している。また、制御部 30B は、この電流閾値 $-I_{23}$, $-I_{13}$, I_{13} , I_{23} を比較回路 40 に出力する。比較回路 40 では、電流検出部 20 が検出した交流電流値 I_{out} と

、電流閾値 $-I_{23}$ 、 $-I_{13}$ 、 I_{13} 、 I_{23} とを比較するとともに、その比較結果に基づく信号を生成して制御部30Bに送信する。制御部30Bは、比較回路40から受信する信号に基づいて、スイッチング素子Q1、Q4又はスイッチング素子Q2、Q3にオン信号を送信する。

[0107] 図8に基づいて説明すると、時刻 t_{31} で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{13} を上回ると、比較回路40がこの大小関係に対応する信号を生成し、制御部30Bに送信する。当該信号を受信した制御部30Bは、スイッチング素子Q1、Q4のみにオン信号を送信する。これにより、スイッチング素子Q1、Q4がオフ状態からオン状態に切り替えられる。

[0108] 時刻 t_{32} で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{23} を下回ると、制御部30Bは、スイッチング素子Q1、Q4へのオン信号の送信を停止する。しかしながら、前述した要因のため、制御部30Bが当該オン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子Q1、Q4が実際にオフ状態になるまでに、遅れ時間が生じる。

[0109] 時刻 t_{32} から時間 t_{d3} が経過した時刻 t_{33} で、スイッチング素子Q1、Q4がオン状態からオフ状態に切り替わる。すなわち、この時間 t_{d3} が、制御部30Bがスイッチング素子Q1、Q4へのオン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子Q1、Q4が実際にオフ状態になるまでの遅れ時間に相当する。時刻 t_{33} では、交流電流値 I_{out} が正の値から負の値に変化するゼロクロスが検出される。

[0110] また、時刻 t_{34} で、交流電流値 I_{out} が負の値となり、且つ、電流閾値 $-I_{13}$ を下回った（絶対値は上回った）ことに基づいて、制御部30Bは、スイッチング素子Q2、Q3のみにオン信号を送信する。これにより、スイッチング素子Q2、Q3がオフ状態からオン状態に切り替えられる。時刻 t_{33} におけるスイッチング素子Q1、Q4のオン状態からオフ状態への切り替えから、時刻 t_{34} におけるスイッチング素子Q2、Q3のオフ状態からオン状態への切り替えまでが短時間になることから、交流電力の損失を抑制することができる。

- [0111] 時刻 t_{35} で、交流電流値 I_{out} が、電流閾値 $-I_{23}$ を上回る（絶対値は下回る）と、制御部 30B は、スイッチング素子 Q2, Q3 へのオン信号の送信を停止する。しかしながら、ここでも、当該オン信号の送信停止から、スイッチング素子 Q2, Q3 が実際にオフ状態になるまでには遅れ時間が生じる。
- [0112] 時刻 t_{35} から時間 t_{d3} が経過した時刻 t_{36} で、スイッチング素子 Q2, Q3 がオン状態からオフ状態に切り替わる。すなわち、この時間 t_{d3} が、制御部 30A がスイッチング素子 Q2, Q3 へのオン信号の送信を停止したタイミングから、スイッチング素子 Q2, Q3 が実際にオフ状態になるまでの遅れ時間に相当する。時刻 t_{36} では、交流電流値 I_{out} が負の値から正の値に変化するゼロクロスが検出される。
- [0113] 時刻 t_{36} 以降、制御部 30 は、交流電源 AC の周波数に対応して、これまで説明した制御を繰り返す。すなわち、時刻 t_{37} , t_{38} , t_{39} , t_{40} では、それぞれ交流電流値 I_{out} と電流閾値 I_{23} , $-I_{13}$ との関係が等しい時刻 t_{31} , t_{32} , t_{33} , t_{34} と同様の制御を行う。
- [0114] 続いて、図 9 を参照しながら、制御部 30B が整流回路 10 に送信する制御信号を決定する際の処理について説明する。
- [0115] まず、制御部 30 は、ステップ S501 で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 $-I_{13}$ よりも大きく、且つ、電流閾値 I_{13} よりも小さいか否かを判定する。交流電流値 I_{out} が電流閾値 $-I_{13}$ よりも大きく、且つ、電流閾値 I_{13} よりも小さい値ではないと判定した場合（S501：NO）、制御部 30 は、ステップ S502 の処理に進む。
- [0116] 次に、制御部 30B は、ステップ S502 で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{13} よりも大きいと判定するか否かを判定する。交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{13} よりも大きいと判定した場合（S502：YES）、制御部 30B は、ステップ S503 の処理に進む。
- [0117] 次に、制御部 30B は、ステップ S503 で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I_{23} よりも大きい状態から小さい状態へと変化したか（交流電流値 I_{out}

out が電流閾値 I₂₃ を下回ったか) 否かを判定する。交流電流値 I_{out} がこのように変化したと判定した場合 (S503: YES)、制御部 30B は、ステップ S504 の処理に進む。

[0118] 次に、制御部 30B は、ステップ S504 で、スイッチング素子 Q₁, Q₄ 及びスイッチング素子 Q₂, Q₃ をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部 30B は、オン信号の送信を行わないことを決定する。

[0119] 一方、ステップ S503 で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I₂₃ よりも大きい状態から小さい状態へと変化していないと判定した場合 (S503: NO)、制御部 30B は、ステップ S505 の処理に進む。

[0120] 次に、制御部 30B は、ステップ S505 で、スイッチング素子 Q₁, Q₄ をオン状態にするとともに、スイッチング素子 Q₂, Q₃ をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部 30B は、スイッチング素子 Q₁, Q₄ のみにオン信号を送信することを決定する。

[0121] これに対し、ステップ S502 で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I₁₃ よりも大きくないと判定した場合 (S502: NO)、制御部 30B は、ステップ S506 の処理に進む。

[0122] 次に、制御部 30B は、ステップ S506 で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I₁₃ よりも小さいか否かを判定する。交流電流値 I_{out} が電流閾値 I₁₃ よりも小さいと判定した場合 (S506: YES)、制御部 30B は、ステップ S507 の処理に進む。

[0123] 次に、制御部 30B は、ステップ S507 で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 I₂₃ よりも小さい状態から大きい状態へと変化したか (交流電流値 I_{out} が電流閾値 I₂₃ を上回ったか) 否かを判定する。交流電流値 I_{out} がこのように変化したと判定した場合 (S507: YES)、制御部 30B は、ステップ S508 の処理に進む。

[0124] 次に、制御部 30B は、ステップ S508 で、スイッチング素子 Q₁, Q₄ 及びスイッチング素子 Q₂, Q₃ をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部 30B は、オン信号の送信を行わないことを決定する。

- [0125] 一方、ステップS507で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 $-I_{23}$ よりも小さい状態から大きい状態へと変化していないと判定した場合（S506：NO）、制御部30Bは、ステップS509の処理に進む。
- [0126] 次に、制御部30Bは、ステップS509で、スイッチング素子Q1、Q4をオフ状態にするとともに、スイッチング素子Q2、Q3をオン状態にすることを決定する。すなわち、制御部30Bは、スイッチング素子Q2、Q3のみにオン信号を送信することを決定する。
- [0127] また、ステップS501で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 $-I_{13}$ よりも大きく、且つ、電流閾値 I_{13} よりも小さい値であると判定した場合（S501：YES）、制御部30Bは、ステップS510の処理に進む。さらに、ステップS506で、交流電流値 I_{out} が電流閾値 $-I_{13}$ よりも小さくないと判定した場合（S506：NO）も、制御部30Bは、ステップS510の処理に進む。
- [0128] 次に、制御部30Bは、ステップS510で、スイッチング素子Q1、Q4及びスイッチング素子Q2、Q3をオフ状態にすることを決定する。すなわち、制御部30Bは、オン信号の送信を行わないことを決定する。
- [0129] 以上のように、電力変換装置100Bでは、制御部30Bがオン信号を送信する際に用いる電流閾値 I_{13} 、 $-I_{13}$ の絶対値よりも、制御部30Bがオン信号の送信を停止する際に用いる電流閾値 I_{23} 、 $-I_{23}$ の絶対値の方が大きい。したがって、電力変換装置100Bによれば、電流検出部20による交流電流の検出や、当該検出に基づくオン信号の送信停止に遅れ時間 t_{d3} が生じる場合であっても、それを考慮して早めのタイミングでオン信号の送信を停止することが可能となる。この結果、整流回路のスイッチング素子を適切なタイミングでオフ状態にして、交流電力から直流電力への変換効率を向上させることが可能となる。
- [0130] 以上、具体例を参照しつつ本開示の実施の形態について説明した。しかし、本開示はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている

限り、本開示の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

[0131] ここで、この出願に記載されるフローチャート、あるいは、フローチャートの処理は、複数のセクション（あるいはステップと言及される）から構成され、各セクションは、たとえば、S 1 0 1と表現される。さらに、各セクションは、複数のサブセクションに分割されることができる、一方、複数のセクションが合わさって一つのセクションにすることも可能である。さらに、このように構成される各セクションは、デバイス、モジュール、ミーンズとして言及されることができる。

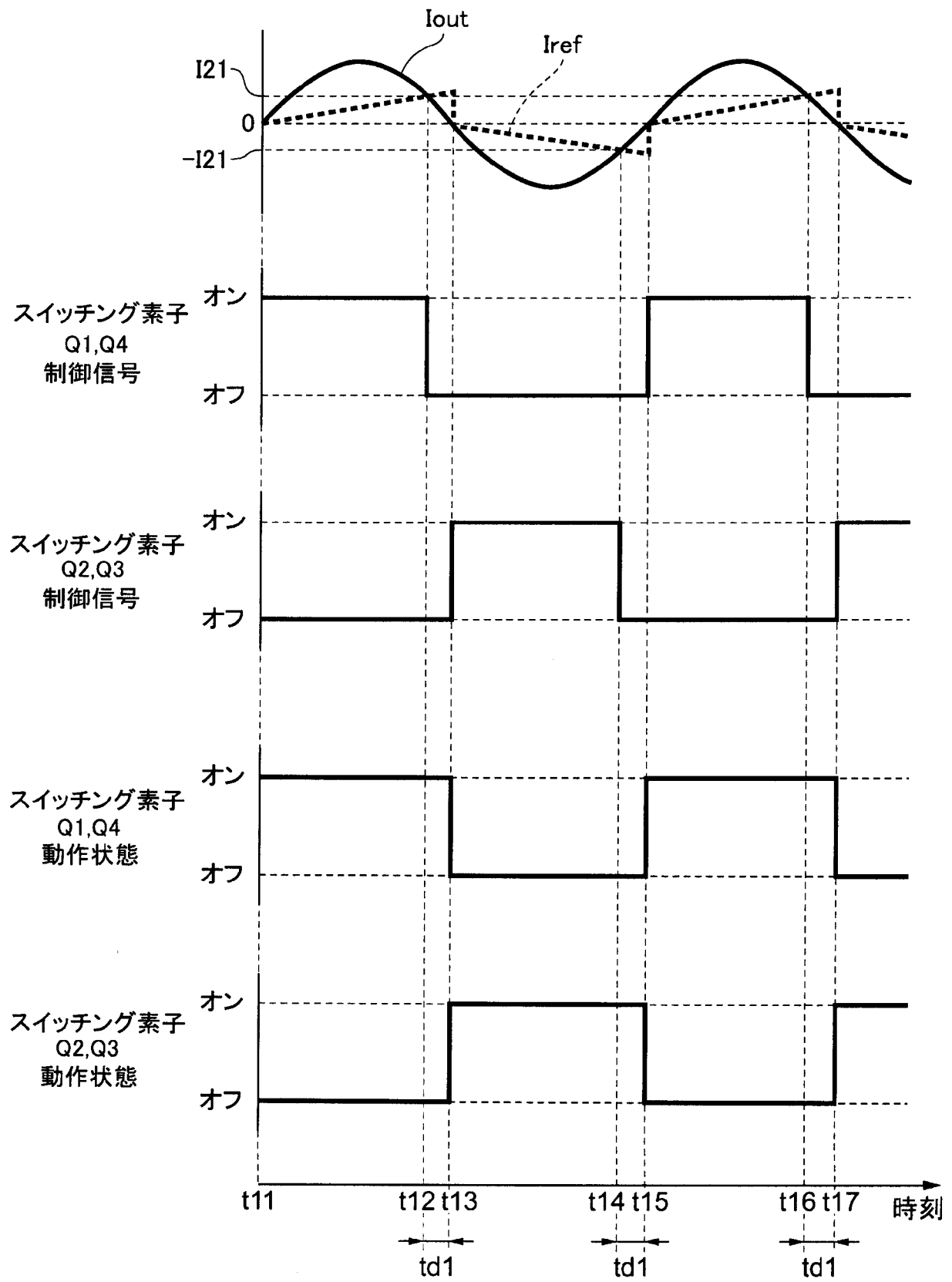
[0132] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

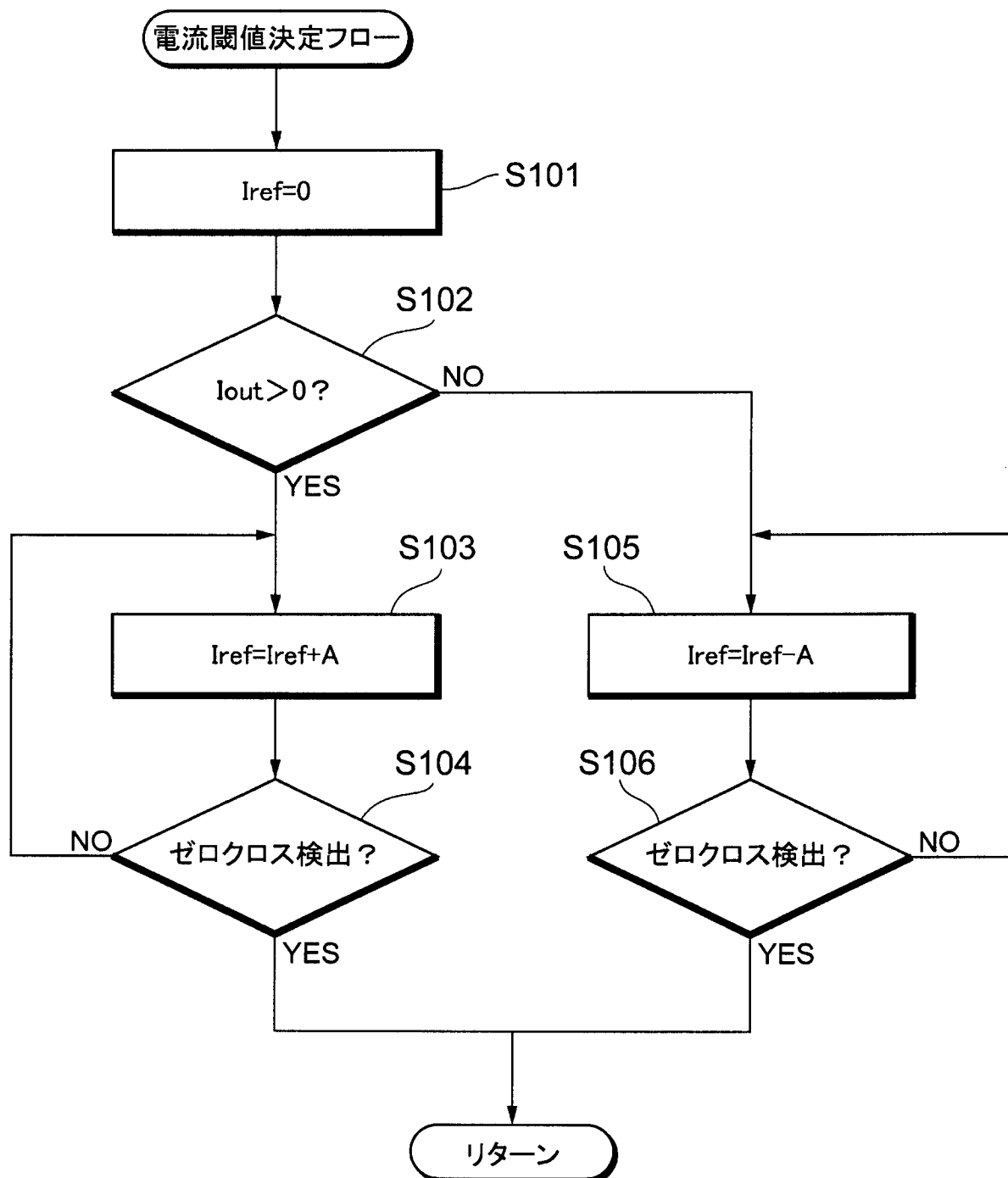
- [請求項1] 複数のスイッチング素子（Q 1， Q 2， Q 3， Q 4）を有し、該複数のスイッチング素子のオン状態とオフ状態とを切り替えることで交流電力を直流電力に変換する整流回路（1 0）と、
- 前記整流回路に供給される交流電流の値（I o u t）を検出する電流検出部（2 0）と、
- 前記電流検出部で検出された前記交流電流の値と、電流閾値と、の関係に基づいて前記整流回路にオン信号を送信する制御部（3 0）と、を備え、
- 前記制御部は、
- 前記電流閾値として、第1 電流閾値と、前記第1 電流閾値よりも絶対値が大きい第2 電流閾値と、を少なくとも設定し、
- 前記交流電流の値の絶対値が前記第1 電流閾値の絶対値を上回ったことに基づいて、前記複数のスイッチング素子の一部をオン状態にするために前記整流回路にオン信号を送信する一方で、
- 前記交流電流の値の絶対値が前記第2 電流閾値の絶対値を下回ったことに基づいて、前記複数のスイッチング素子の一部をオフ状態にするために前記整流回路へのオン信号の送信を停止する電力変換装置。
- [請求項2] 前記制御部は、
- 前記電流閾値を時間とともに前記第1 電流閾値から前記第2 電流閾値に漸次変化させ、
- 前記交流電流の値がゼロとなるタイミング、又は、前記オン信号の送信の停止から予め定められた第1 所定時間後のタイミングにおいて、前記電流閾値をゼロとする請求項1 に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記制御部は、
- 前記交流電流の値の絶対値が前記第1 電流閾値の絶対値を上回ったタイミングから予め定められた第2 所定時間（t 0）経過後に、前記電流閾値を前記第1 電流閾値から前記第2 電流閾値に変更し、

前記交流電流の値の絶対値が前記第 2 電流閾値の絶対値を下回ったタイミングから予め定められた第 3 所定時間（ t_0 ）経過後に、前記電流閾値を前記第 2 電流閾値から前記第 1 電流閾値に変更する請求項 1 に記載の電力変換装置。

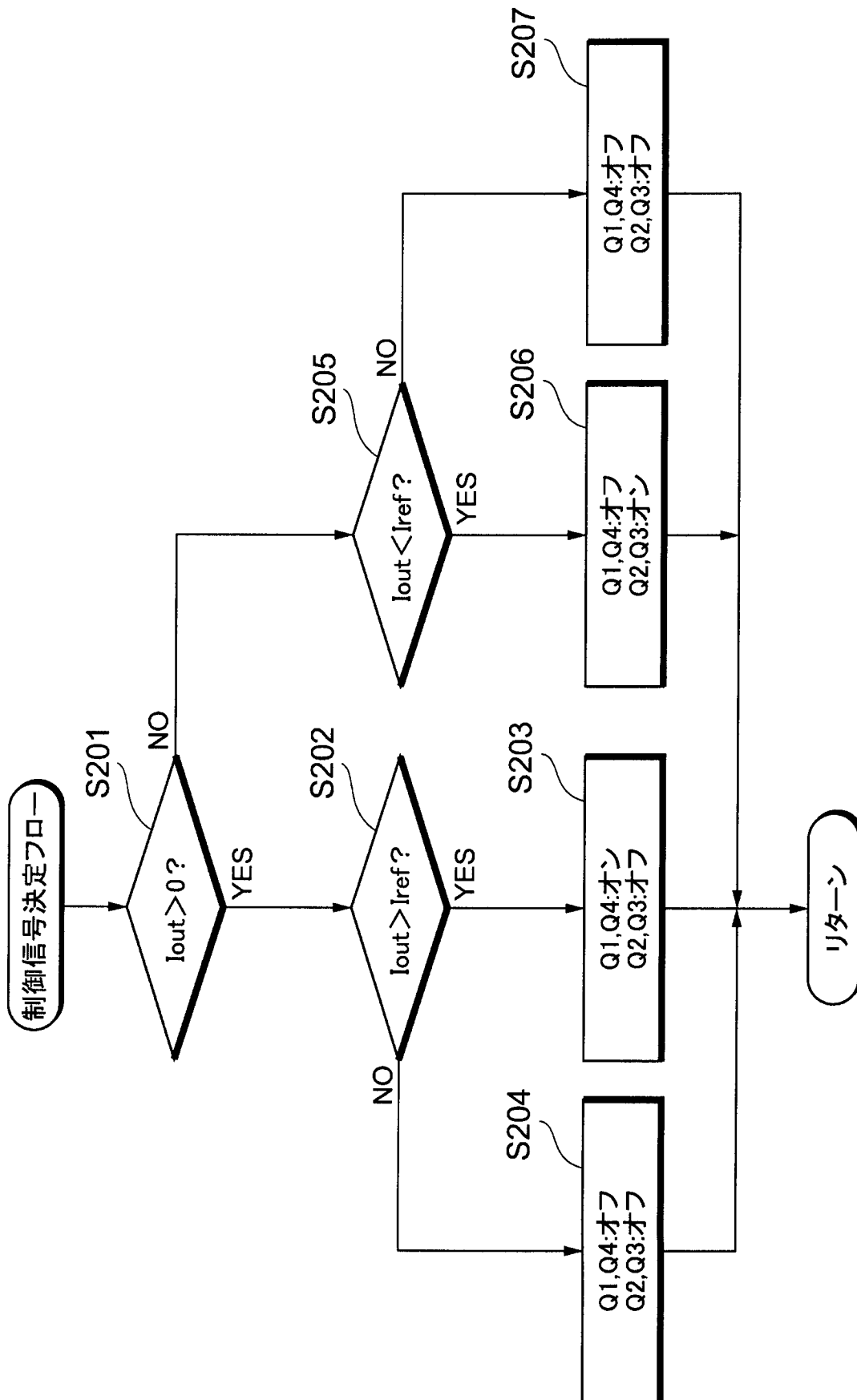
[図2]



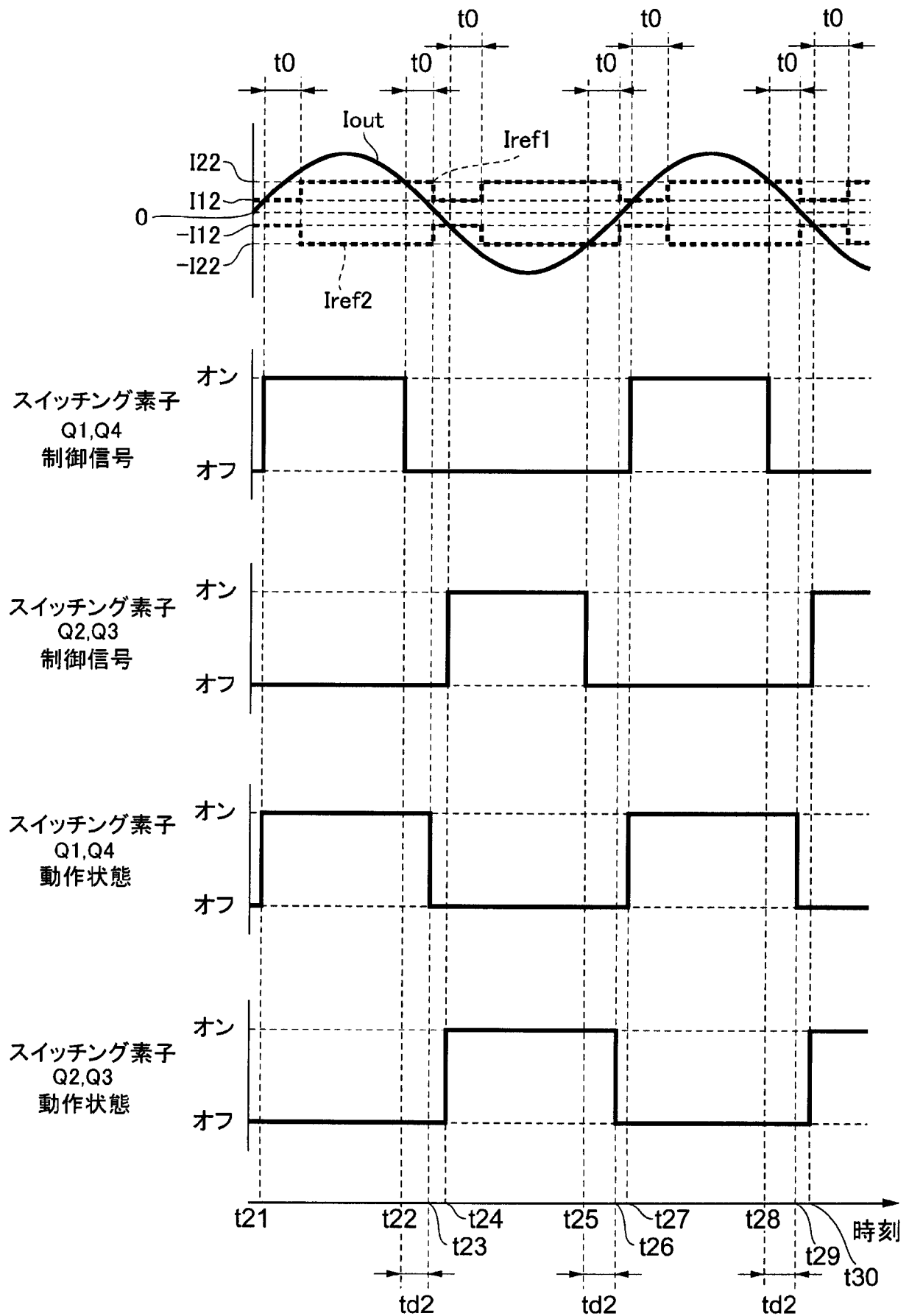
[図3]



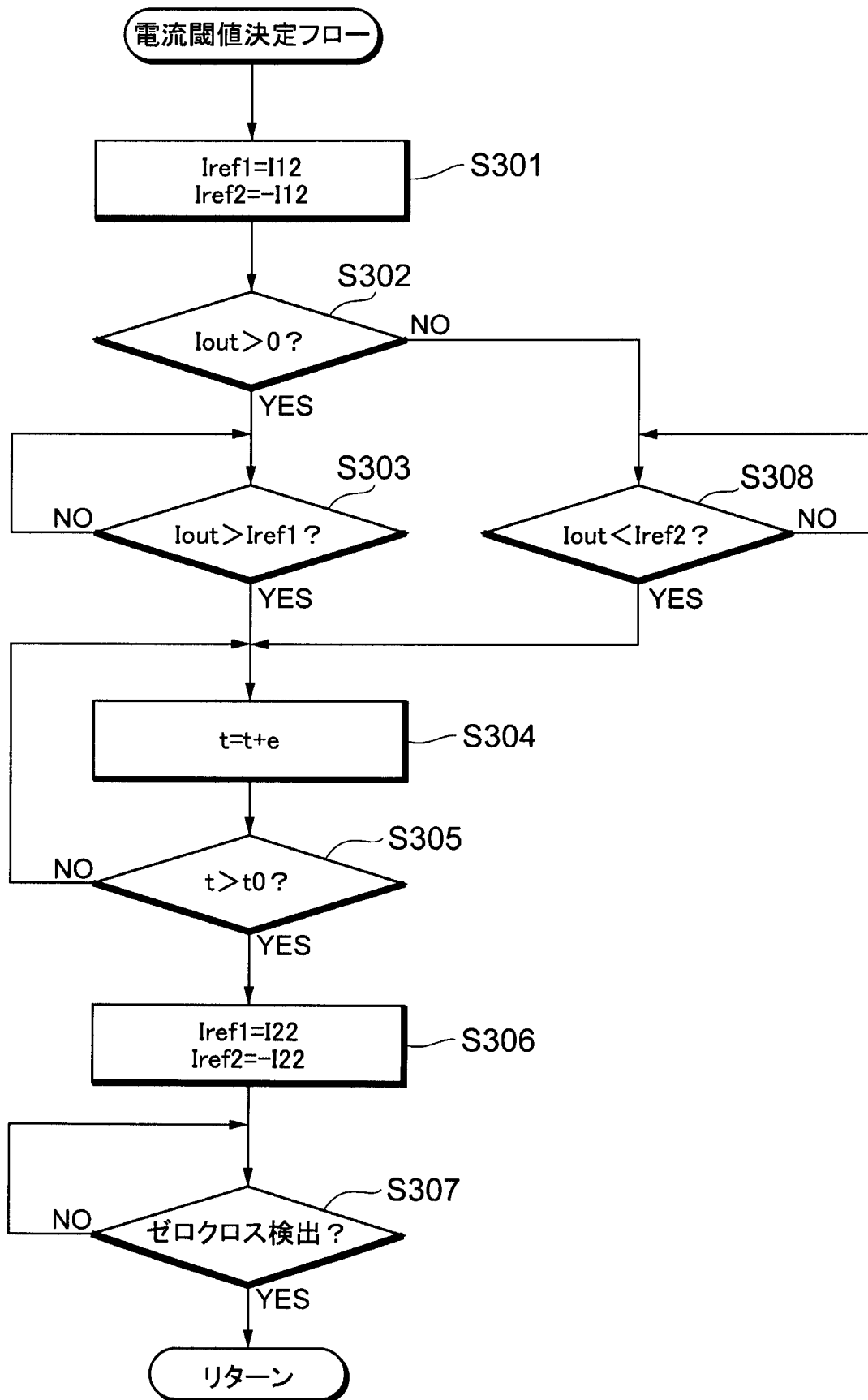
[図4]



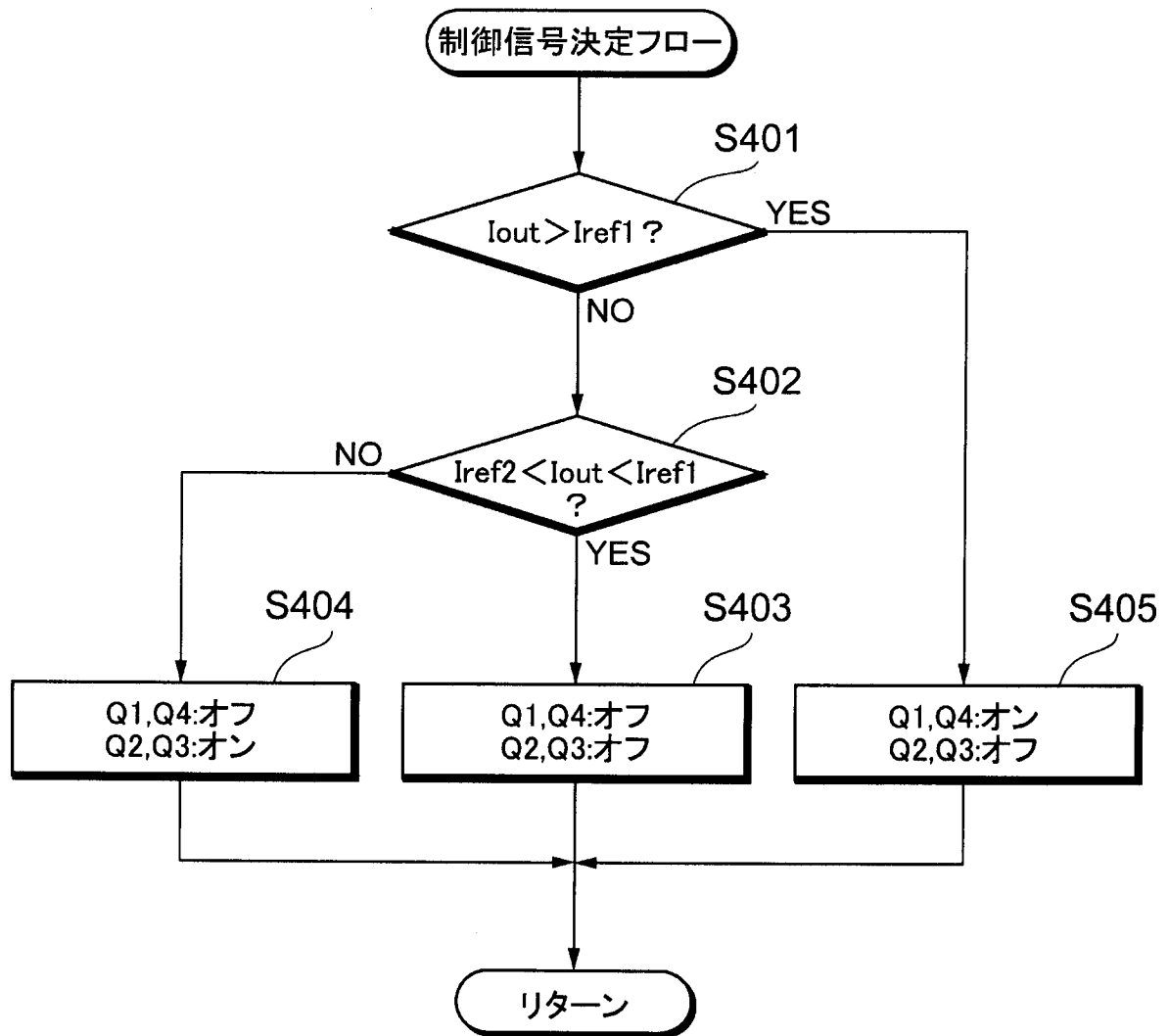
[図5]



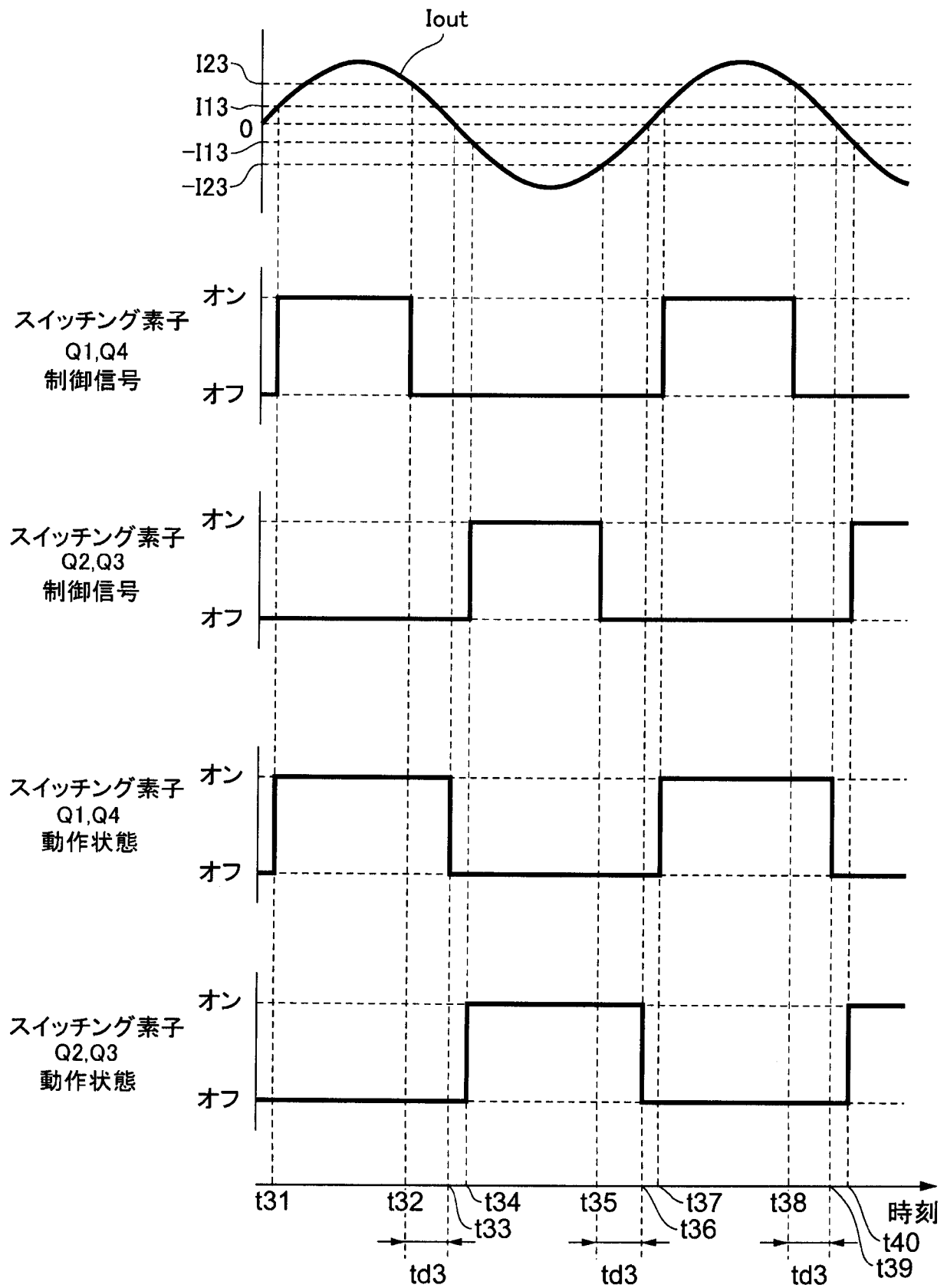
[図6]



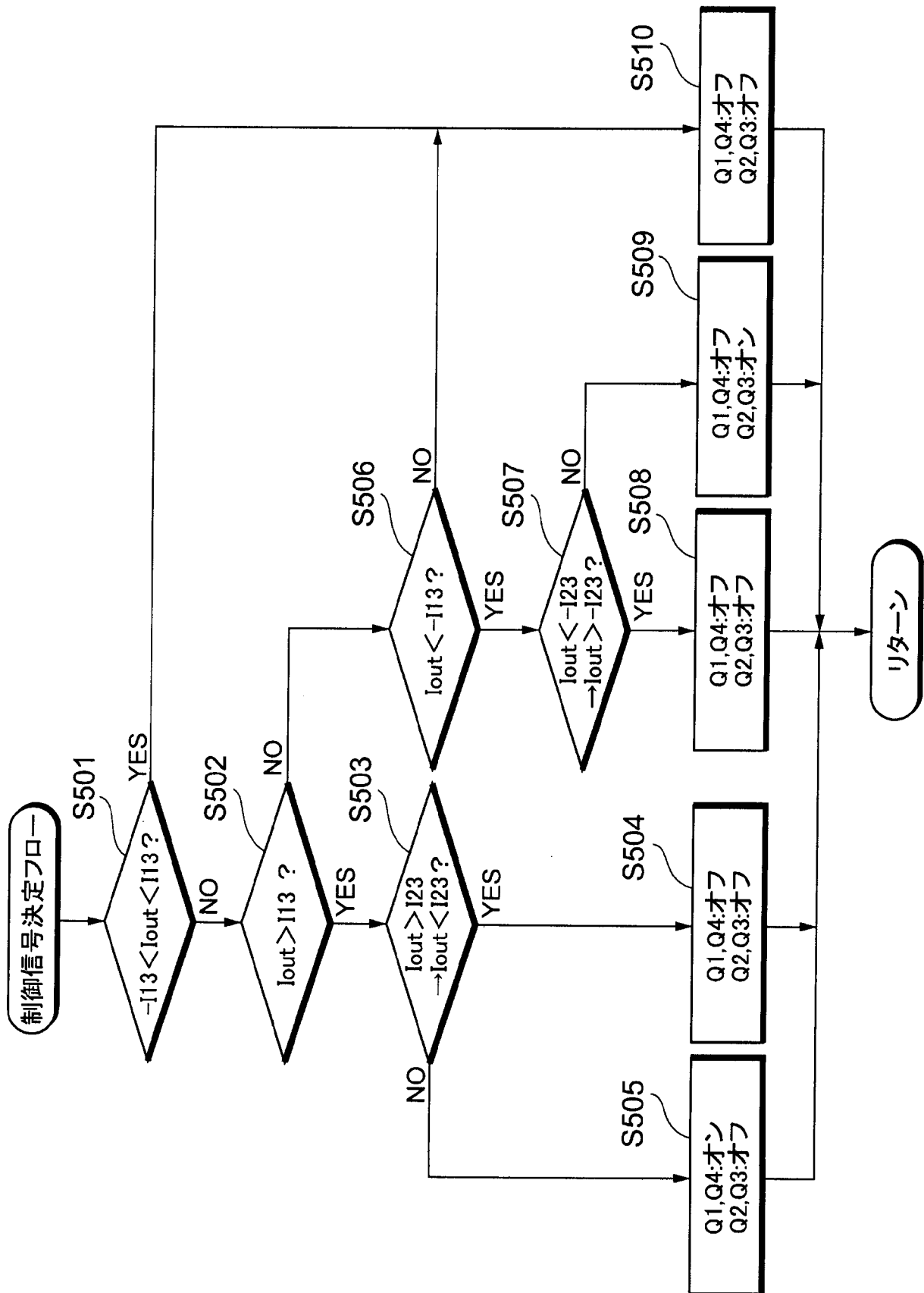
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/002254

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M7/12(2006.01)i, H02M7/21(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)

H02M7/00-7/40

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.
A	JP 2014-90544 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 May 2014 (15.05.2014), (Family: none)	1-3
A	JP 2003-309978 A (Seiko Epson Corp.), 31 October 2003 (31.10.2003), & US 6324084 B1 & WO 00/33454 A1 & EP 1067667 A1 & CN 1289476 A	1-3
A	JP 2013-115928 A (Sanken Electric Co., Ltd.), 10 June 2013 (10.06.2013), (Family: none)	1-3
A	WO 2008/149530 A1 (Panasonic Corp.), 11 December 2008 (11.12.2008), & JP 5368979 B2 & EP 2157684 A1 & CN 101682267 A	1-3

☐ 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
06 July 2016 (06.07.16)

Date of mailing of the international search report
19 July 2016 (19.07.16)

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. H02M7/12(2006.01)i, H02M7/21(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. H02M7/00-7/40

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
A	JP 2014-90544 A（三菱電機株式会社）2014.05.15,（ファミリーなし）	1-3
A	JP 2003-309978 A（セイコーエプソン株式会社）2003.10.31, & US 6324084 B1 & WO 00/33454 A1 & EP 1067667 A1 & CN 1289476 A	1-3
A	JP 2013-115928 A（サンケン電気株式会社）2013.06.10,（ファミリーなし）	1-3
A	WO 2008/149530 A1（パナソニック株式会社）2008.12.11, & JP 5368979 B2 & EP 2157684 A1 & CN 101682267 A	1-3

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

06.07.2016

国際調査報告の発送日

19.07.2016

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）

栗栖 正和

5G

3987

電話番号 03-3581-1101 内線 3526