(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
2024年10月3日(03.10.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/201638 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01) *H02M 1/00* (2007.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/012105

(22) 国際出願日： 2023年3月27日(27.03.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(**TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 Tokyo (JP).

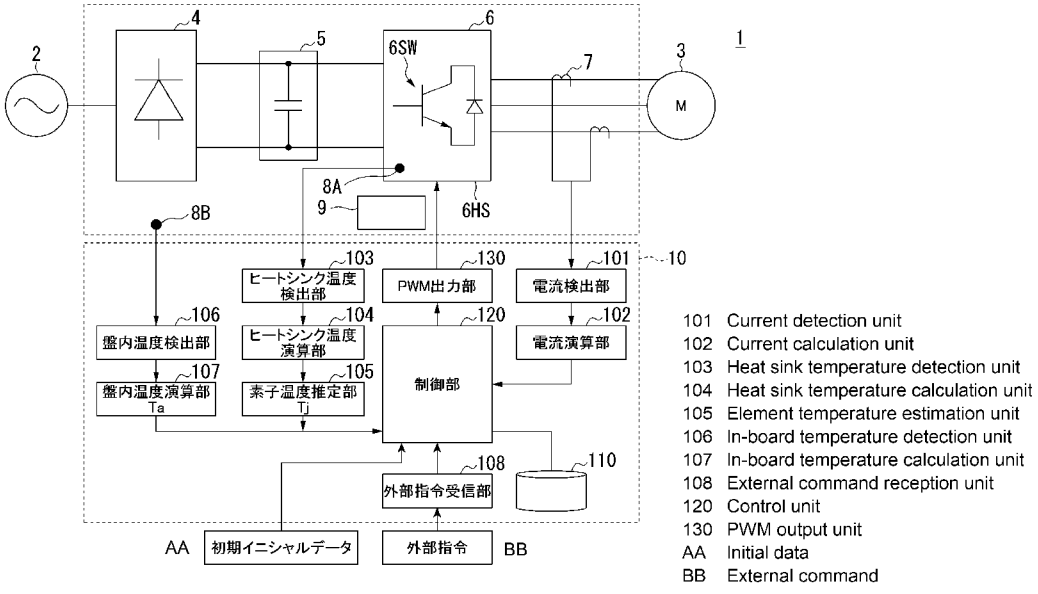
(72) 発明者: 松本 圭(**MATSUMOTO Kei**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 西澤 和純, 外(**NISHIZAWA Kazuyoshi** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) **Title:** CONTROLLER AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称： 制御装置及び制御方法



(57) **Abstract:** A controller according to one embodiment of the present invention is for a power conversion device comprising: a semiconductor switching element that generates heat by power conversion; a heat sink of the semiconductor switching element; and a cooling mechanism that cools the heat sink. The controller includes an element temperature estimation unit and a control unit. The element temperature estimation unit derives an estimated value of the temperature of the semiconductor switching element by using either the drive amount of the semiconductor switching element or

WO 2024/201638 A1

[続葉有]

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告(条約第21条(3))

the temperature at a predetermined position within a prescribed range from the position of the semiconductor switching element. The control unit identifies an abnormal state of the cooling mechanism when the temperature difference between the estimated value of the temperature of the semiconductor switching element and the temperature at the prescribed position in the power conversion device has exceeded a predetermined threshold temperature. The threshold temperature is set to be lower than the upper limit temperature of an allowable range for the temperature difference and higher than a reference temperature predetermined in association with the calorific value of the semiconductor switching element.

(57) 要約:実施形態の一態様の制御装置は、電力変換によって発熱する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子のヒートシンクと前記ヒートシンクを冷却する冷却機構とを備える電力変換装置の制御装置である。前記制御装置は、素子温度推定部と、制御部と、を備える。前記素子温度推定部は、前記半導体スイッチング素子の駆動量と、前記半導体スイッチング素子の位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度とのうちの何れかを用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の推定値を導出する。前記制御部は、前記半導体スイッチング素子の温度の推定値と前記電力変換装置内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより前記冷却機構の異常状態を識別する。前記閾値温度が、前記温度差に許容される範囲の上限温度よりも低く、かつ前記半導体スイッチング素子の発熱量に対応付けて予め定められた基準温度よりも高く決定されている。

明　細　書

発明の名称 ： 制御装置及び制御方法

技術分野

[0001]　本発明の実施形態は、制御装置及び制御方法に関する。

背景技術

[0002]　電力変換用の半導体スイッチング素子をスイッチングさせると損失が生じて、その半導体スイッチング素子が発熱する。ヒートシンク、冷却装置などを設けて半導体スイッチング素子を冷却することで、半導体スイッチング素子の温度が過度に上昇しないように構成することがある。電力変換用の半導体スイッチング素子の温度管理において、その温度管理の信頼度をより高めることが望まれていた。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０２０－１４３２９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　本発明の目的は、電力変換用の半導体スイッチング素子の温度管理において、その温度管理の信頼度をより高めることができる制御装置及び制御方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0005]　実施形態の一態様の制御装置は、電力変換によって発熱する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子のヒートシンクと前記ヒートシンクを冷却する冷却機構とを備える電力変換装置の制御装置である。前記制御装置は、素子温度推定部と、制御部と、を備える。前記素子温度推定部は、前記半導体スイッチング素子の駆動量と、前記半導体スイッチング素子の位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度とのうちの何れかを用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の推定値を導出する。前記制御部は、

前記半導体スイッチング素子の温度の推定値と前記電力変換装置内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより前記冷却機構の異常状態を識別する。前記閾値温度が、前記温度差に許容される範囲の上限温度よりも低く、かつ前記半導体スイッチング素子の発熱量に対応付けて予め定められた基準温度よりも高く決定されている。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]実施形態の制御装置を含む電力変換装置の構成図。

[図2]実施形態の電力変換装置の状態の識別の手順を示すフローチャート。

[図3A]実施形態の温度センサの配置を説明するための図である。

[図3B]実施形態の盤内温度Taに基づいた出力容量制限を説明するための図。

[図3C]実施形態の素子温度Tjに基づいた出力容量制限を説明するための図。

[図4A]実施形態の出力容量制限値を調整する処理のフローチャート。

[図4B]実施形態の出力容量制限値を調整する処理のフローチャート。

[図5]実施形態の温度センサの配置の第１例を説明するための立面図。

[図6A]実施形態の温度センサの配置の第２例を説明するための平面図。

[図6B]実施形態の温度センサの配置の第２例を説明するための立面図。

[図7]実施形態の出力容量と温度との関係について説明するための図。

[図8]実施形態の平均発熱について説明するための図。

[図9]実施形態のヒートシンクに係る過渡熱インピーダンスについて説明するための図。

[図10]実施形態の素子温度推定処理のフローチャート。

[図11]実施形態の冷却装置９の能力を診断について説明するための図。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、実施形態の制御装置及び制御方法を、図面を参照して説明する。なお、以下の説明では、同一又は類似の機能を有する構成に同一の符号を付す。そして、それらの構成の重複する説明は省略する場合がある。なお、電気的に接続されることを、単に「接続される」ということがある。以下の説明に示す「大きさが等しい」場合には、略等しい場合も含む。

[0008] 図１は、実施形態の制御装置１０を含む電力変換装置１の構成図である。

この図１には、電力変換装置１と、電力変換装置１に接続される三相交流電源２と、交流電動機３とが記載されている。

三相交流電源２は、例えば三相交流電力を供給する。例えば、三相交流電源２は、電力会社の電力網、発電機等を含む。三相交流電源２は、三相交流電力を電力変換装置１の直流変換部４に供給する。

交流電動機３は、例えば三相交流用の電動機である。交流電動機３には電力変換装置１から交流電力が供給される。

[0009] 図１において、電力変換装置１は、直流変換部４と、平滑コンデンサ５と、交流変換部６と、電流検出器７と、温度センサ８Ａ、８Ｂと、冷却装置９と、制御装置１０とを備える。

[0010] 直流変換部４は、例えばダイオード等で構成された整流器、又は半導体スイッチング素子を含む直流変換回路である。半導体スイッチング素子には、ＩＧＢＴ、ＭＯＳＦＥＴなどを適用できる。この半導体スイッチング素子にはフライホイールダイオードが設けられていてもよい。直流変換部４は、三相交流電源２から入力された交流電力を、直流電力に変換して出力する。図１では、一例としてダイオードで構成された直流変換部４を示している。直流変換部４には、そのダイオードなどの損失により生じた熱を放熱させるためのヒートシンクが設けられていてもよい。

[0011] 平滑コンデンサ５は、直流変換部４から供給される電力を蓄えて、直流変換部４が出力する電圧を平滑化する。

[0012] 交流変換部６は、半導体スイッチング素子６ＳＷを含む交流変換回路である。半導体スイッチング素子６ＳＷには、ＩＧＢＴ、ＭＯＳＦＥＴなどを適用できる。この半導体スイッチング素子６ＳＷにはフライホイールダイオードが設けられていてもよい。交流変換部６は、直流電力を、三相交流電力に変換して出力する。図１では、ＩＧＢＴとフライホイールダイオードとを組み合わせた構成の一例を示している。交流変換部６内の半導体スイッチング素子６ＳＷ等の個数は、図に示すものに制限されず、複数個であってもよい

。交流変換部６には、その半導体スイッチング素子６ＳＷの損失により生じた熱を放熱させるためのヒートシンク６ＨＳが設けられている。ヒートシンク６ＨＳは、半導体スイッチング素子６ＳＷの損失による熱を排出する。

[0013] 電流検出器７は、ホールＣＴ又はシャント抵抗を含む電流変成器の一例である。電流検出器７は、交流電動機３に出力される電流を検出し、検出結果の電流値を電流検出部１０１に出力する。また、電流検出器７を設ける位置は、３相のうちの２つ以上の相の交流バスに限定されることはなく、交流変換部６に流れる電流の電流波形を再現可能な場所、例えば交流変換部６の内部、或いは、直流変換部４と交流変換部６の間であってもよい。

[0014] 温度センサ８Ａ、８Ｂは、例えばサーミスタ、測温抵抗体等を含む。温度センサ８Ａ、８Ｂは、配置された位置の温度を検出して、温度に応じて変化する信号を生成する。例えば、温度センサ８Ａは、交流変換部６などの電力変換装置１の中で比較的温度が高くなる地点に配置される。温度センサ８Ｂは、電力変換装置１の盤内で比較的外気温に近い地点に配置される。なお、温度センサ８Ａ、８Ｂの位置は、図１の位置に限定されることはない。例えば温度センサ８Ａの位置は、電力変換装置１の出力電力による温度上昇が検出できる場所であればよい。

[0015] 冷却装置９は、交流変換部６のヒートシンク６ＨＳ等を冷却する。例えば、冷却装置９は、ヒートシンク６ＨＳの空冷用のファン、ヒートシンク６ＨＳの水冷用の熱交換システムなどを含む。

[0016] 制御装置１０は、ＭＣＵやＦＰＧＡなどの演算器と、その周辺回路とを含む。制御装置１０の演算器は、ソフトウェア（プログラム）による処理を実行するプロセッサ、又はハードウェアの演算回路などを含む。

[0017] 例えば、制御装置１０は、電流検出部１０１と、電流演算部１０２と、ヒートシンク温度検出部１０３と、ヒートシンク温度演算部１０４と、素子温度推定部１０５と、盤内温度検出部１０６と、盤内温度演算部１０７と、外部指令受信部１０８と、記憶部１１０と、制御部１２０と、ＰＷＭ出力部１３０と、を備える。

[0018] 電流検出部１０１は、ＡＤ変換器などの変換部を含み、電流検出器７が出力した信号を入力とし、その信号を演算用の電流データに変換して、電流演算部１０２に出力する。

[0019] 電流演算部１０２は、電流検出部１０１の出力した電流データを入力とし、電流データに基づいて例えば電流の実効値を計算し、制御部１２０に出力する。

[0020] ヒートシンク温度検出部１０３は、ＡＤ変換器などの変換部であって、温度センサ８が出力した信号を入力とし、演算用の温度データに変換して、ヒートシンク温度演算部１０４に出力する。

[0021] ヒートシンク温度演算部１０４は、ヒートシンク温度検出部１０３の出力した温度データを入力とし、温度データに基づいて例えば摂氏温度を計算し、素子温度推定部１０５に出力する。

[0022] 素子温度推定部１０５は、ヒートシンク温度演算部１０４の温度データを入力とし、温度データなどに基づいて半導体スイッチング素子６ＳＷのジャンクション温度を演算し、半導体スイッチング素子６ＳＷのジャンクション温度の推定値を制御部１２０に出力する。

例えば、素子温度推定部１０５は、半導体スイッチング素子６ＳＷの位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度の検出値を用いて、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度の推定値（第１推定値）を導出する。

[0023] 盤内温度検出部１０６は、ＡＤ変換器などの変換部であって、温度センサ８Ｂが出力した信号を入力とし、演算用の温度データに変換して、盤内温度演算部１０７に出力する。

[0024] 盤内温度演算部１０７は、盤内温度検出部１０６の出力した温度データを入力とし、温度データに基づいて例えば摂氏温度を計算し、盤内温度の検出値（盤内温度Taという。）を制御部１２０に出力する。

[0025] 外部指令受信部１０８は、例えば上位装置から交流電動機３の制御に用いる外部指令値を受信して、制御部１２０に出力する。

[0026] 記憶部１１０は、例えば、半導体メモリ、磁気記憶装置などの記憶媒体を

含む。記憶部１１０は、制御部１２０からの書き込み処理により新たなデータが書き込まれ、このデータを保持する。記憶部１１０は、制御部１２０の読み出し処理により保持しているデータを出力する。記憶部１１０に対する各データの書き込みは、制御部１２０からの書き込みに変えて、専用のコントローラによって書き込まれてもよい。

[0027] 制御部１２０は、各種データの収集と管理、交流変換部６の制御、電力変換装置１の状態の識別などに係る各種処理を夫々実施する。

[0028] 制御部１２０は、各種データの収集と管理に係り、以下の処理を実施する。制御部１２０は、素子温度推定部１０５が演算した素子温度データや、盤内温度演算部１０７が演算した盤内温度データ、及び電流演算部１０２が演算した電流データを取得する。制御部１２０は、取得した種々のデータをモニタリングする。制御部１２０は、そのモニタリングの結果と、上記の各種のデータを、時刻歴データとして記憶部１１０に書き込んで記憶させる。

[0029] 制御部１２０は、交流変換部６の制御に係り、以下の処理を実施する。制御部１２０は、記憶部１１０に記憶されている各種のデータ又は収集したデータを用いて、交流電動機３をＰＷＭ制御するための制御量（例えば、電圧基準）を、制御周期ごとに演算して、ＰＷＭ出力部１３０に出力する。

[0030] また、制御部１２０は、電力変換装置１の状態の識別に係る処理を実施する。この詳細については後述する。

[0031] ＰＷＭ出力部１３０は、制御部１２０から供給された制御量（電圧基準）に基づいてＰＷＭ信号を生成して、交流変換部６に出力する。

[0032] 図２は、実施形態の電力変換装置１の状態の識別の手順を示すフローチャートである。

[0033] 制御装置１０は、素子温度推定部１０５等によって、素子温度Tjの推定処理（素子温度推定）を実施する（ＳＡ１１）。例えば、素子温度推定部１０５は、ヒートシンク温度検出部１０３の出力した温度データに基づいて半導体スイッチング素子６ＳＷのジャンクション温度を推定する。この素子温度Tjの推定処理の詳細について後述する。

[0034] なお、盤内温度演算部１０７は、これに合わせて、盤内温度Taの推定処理（盤内温度推定）を実施して盤内温度（盤内温度データ）を生成して、盤内温度Taを最新の推定値として更新してもよい。説明を簡単にするため、盤内温度Taを一定とみなして説明する場合がある。実際に、盤内温度Taを一定とみなせるような環境が提供されている場合には、この盤内温度Taの推定処理を省略してもよい。

[0035] 制御部１２０は、素子温度Tjと盤内温度Taとの温度差に基づいて、素子温度上昇（Tj－Ta）の推定値を演算する（ＳＡ１２）。上記の素子温度上昇（Tj－Ta）を、例えば、基準にする盤内温度Taからの素子温度Tjの温度の上昇分とする。

[0036] 制御部１２０は、素子温度上昇（Tj－Ta）が所定の判定値よりも小さいか否かを識別する（ＳＡ１３）。

[0037] 素子温度上昇（Tj－Ta）が所定の判定値以上の場合、制御部１２０は、冷却能力が低下したことを示す温度異常アラーム（温度異常アラーム）を発報して（ＳＡ１４）、装置を保護動作のモードに制御して（ＳＡ１５）、そののち一連の処理を終える。

[0038] 素子温度上昇（Tj－Ta）が所定の判定値よりも小さい場合、制御部１２０は、素子温度上昇（Tj－Ta）が、その初期データの値に所定値αを加算した値の判定値よりも小さいか否かを識別する（ＳＡ１６）。素子温度上昇（Tj－Ta）が初期データの値に所定値αを加算した値の判定値よりも小さい場合、制御部１２０は、一連の処理を終える。

[0039] 素子温度上昇（Tj－Ta）が初期データの値に所定値αを加算した値の判定値よりも小さくない場合、制御部１２０は、冷却能力が低下したことを示すアラーム（冷却能力低下アラーム）を発報して（ＳＡ１７）、一連の処理を終える。

[0040] 上記の処理により、電力変換装置１の状態を識別することができる。

なお、上記の識別に利用する閾値温度は、電力変換装置１において半導体スイッチング素子６ＳＷを稼働して得られた初期データに関連付けられてい

てもよい。この場合、制御部１２０は、その初期データと半導体スイッチング素子６ＳＷの温度の推定値とに基づいて、冷却装置９の状態に異常が生じていることを識別するとよい。

[0041] 図３Ａは、実施形態の温度センサ８Ａの配置を説明するための図である。図３Ｂは、実施形態の盤内温度Taに基づいた出力容量制限を説明するための図である。図３Ｃは、実施形態の素子温度Tjに基づいた出力容量制限を説明するための図である。

[0042] 図３Ａに示す電力変換装置１の盤（筐体）には、直流変換部４と、平滑コンデンサ５と、交流変換部６と、冷却装置９などが配置されている。さらに、電力変換装置１の盤内（筐体内）には、温度センサ８Ｂなどが配置されている。

[0043] 図３Ａに示す冷却装置９は、空冷用のファンユニットを含む。この場合の冷却装置９を下記のように構成してよい。

冷却装置９が排気型のファンユニットを含む場合について説明する。この場合の冷却装置９は、電力変換装置１の盤（筐体）の上面の開口部にあわせて配置されている（図３Ａ）。電力変換装置１の盤（筐体）の扉などに吸気口が設けられていて、その吸気口には除塵と防虫のためのフィルタが設けられている。吸気口から取り込まれた冷気が、盤内（筐体内）を通過する間に吸熱して、冷却装置９のファンユニットを介して盤の外に排気される。

[0044] これに代えて、冷却装置９が送風型のファンユニットを冷却装置９が含む場合がある。この場合には、冷却装置９は、ヒートシンクの周囲に冷気を流すように、ヒートシンクよりも上流に配置されるとよい。

また、冷却装置９として、水冷用の熱交換器を含む場合がある。この場合の冷却装置９は、その熱交換器が熱交換機６のヒートシンクに熱結合させて配置されるとよい。

上記のように、冷却装置９は、様々な形態をとることができる。

なお、上記の各場合によらず、温度センサ８Ａは、電力変換装置１の盤（筐体）内でその吸気口近傍又は吸気口から取り込まれた冷気が通る経路に配

置するとよい。

[0045] 図３Ｂに示すように、盤内温度Taの上限値（TaMAX）以下の範囲内で許容される半導体スイッチング素子６ＳＷの出力容量を電流値で規定する。盤内温度Taが上限値（TaMAX）を超えると、制御部１２０は、半導体スイッチング素子６ＳＷの出力を制限する。

例えば、盤内温度Taが第１温度（Ta1）以下の範囲では、半導体スイッチング素子６ＳＷの定格出力容量（100%）の駆動が許容される。盤内温度Taが第１温度（Ta1）を超え、盤内温度Taの上限値（TaMAX）以下の範囲では、半導体スイッチング素子６ＳＷの出力容量を定格出力容量（100%）よりも制限して駆動することが許容される。例えば、盤内温度Taが盤内温度Taの上限値（TaMAX）であるときに、制御部１２０は、半導体スイッチング素子６ＳＷの出力容量を80%にディレーティングする。

なお、盤内温度Taが第１温度（Ta1）以下の範囲では、所定の条件が満たされる場合に、半導体スイッチング素子６ＳＷの定格出力容量（100%）を超えて１２０％までの範囲内であれば、その駆動が許容される。

例えば、盤内温度Taが下限値（TaMIN）から上限値（TaMAX）までの範囲内であれば、同様の低減率で出力容量の制限値をディレーティングするとよい。

この場合の半導体スイッチング素子６ＳＷの出力容量（駆動量）を制限するための所定の上限値は、半導体スイッチング素子の定格出力容量（100%）を超えた値に決定されていてよい。

[0046] 図３Ｃに示すように、半導体スイッチング素子６ＳＷのジャンクション温度（素子温度Tjと呼ぶ。）が上限値（TjMAX）以下の範囲内であるときに許容される半導体スイッチング素子６ＳＷの出力容量を電流値で規定する。素子温度Tjが素子温度Tjの上限値（TjMAX）を超えると、制御部１２０は、半導体スイッチング素子６ＳＷの出力を制限する。

例えば、素子温度Tjが第１温度（Tj1）以下の範囲で、半導体スイッチング素子６ＳＷの定格出力容量（100%）の駆動が許容される。素子温度Tjが第１

温度（Tj1）を超え、素子温度Tjの上限値（TjMAX）以下の範囲で、半導体スイッチング素子６ＳＷの出力容量を制限して駆動することが許容される。例えば、素子温度Tjが素子温度Tjの上限値（TjMAX）であるときに、半導体スイッチング素子６ＳＷの出力容量をディレーティング（80%）する。

なお、素子温度Tjが第１温度（Tj1）以下の範囲では、所定の条件が満たされる場合に、半導体スイッチング素子６ＳＷの定格出力容量（100%）を超えて１２０％までの範囲で、制御部１２０は、その駆動を許容する。

例えば、素子温度Tjが下限値（TjMIN）から上限値（TjMAX）までの範囲で、制御部１２０は、同様の低減率で出力容量の制限値をディレーティングするとよい。

[0047] 図４Ａと図４Ｂを参照して、実施形態の出力容量制限値を調整する処理について説明する。

図４Ａと図４Ｂは、実施形態の出力容量制限値を調整する処理のフローチャートである。

図４Ａと図４Ｂに示す処理は、夫々独立して実施してよい。

[0048] 例えば、図４Ａに示すように、制御装置１０は、素子温度推定部１０５等によって、素子温度Tjの推定処理（素子温度推定）を実施する（ＳＢ１１）。このＳＢ１１の処理は、前述のＳＡ１１の処理と同一であってよく、共通の処理として実施してもよい。

[0049] 制御部１２０は、素子温度Tjが閾値Tj１よりも小さいか否かを識別する（ＳＢ１２）。

[0050] 素子温度Tjが閾値Tj１以上である場合、制御部１２０は、素子温度Tjが、上限素子温度TjMAXよりも小さいか否かを識別する（ＳＢ１３）。

[0051] 素子温度Tjが上限素子温度TjMAX以上である場合、制御部１２０は、温度異常アラームを発報し（ＳＢ１４）、装置を保護する「装置保護動作」に移して（ＳＢ１５）、そののち一連の処理を終える。

[0052] 素子温度Tjが上限素子温度TjMAXよりも小さい場合、制御部１２０は、出力容量制限F_Tjを、定格１００％から８０％の範囲に決定して（ＳＢ１６）、

処理をＳＢ３０に進める。

[0053] 素子温度Tjが閾値Tj１よりも小さい場合、制御部１２０は、出力容量制限を開放するか否かを識別する（ＳＢ１７）。出力容量制限を開放しない場合、制御部１２０は、出力容量制限F_Tjを、定格１００％に決定して（ＳＢ１７）、処理をＳＢ３０に進める。

[0054] 出力容量制限を開放する場合、制御部１２０は、出力容量制限F_Tjを、定格１２０から１００％の範囲に決定して（ＳＢ１８）、処理をＳＢ３０に進める。

[0055] 上記の処理により、制御装置１０は、電力変換装置１の素子ジャンクション温度の状態を識別することで、素子ジャンクション温度に基づいた出力容量制限を調整できる。

[0056] なお、制御装置１０は、図４Ａに示した「素子ジャンクション温度の状態」の識別処理に関連させて、図４Ｂに示す「盤内温度の状態」の識別処理を実施してもよい。

例えば、図４Ｂに示すように、制御装置１０は、盤内温度演算部１０７等によって、盤内温度Taの推定処理（盤内温度推定）を実施する（ＳＢ２１）。

[0057] 制御部１２０は、盤内温度Taが閾値Ta１よりも小さいか否かを識別する（ＳＢ２２）。

[0058] 盤内温度Taが閾値Ta１以上である場合、制御部１２０は、盤内温度Taが、上限盤内温度Ta２よりも小さいか否かを識別する（ＳＢ２３）。

[0059] 盤内温度Taが上限盤内温度Ta２以上である場合、制御部１２０は、処理を前述の図４ＡのＳＢ１４に進めて、温度異常アラームを発報し、装置を保護する「装置保護動作」に移して、そののち一連の処理を終える。

[0060] 盤内温度Taが上限盤内温度Ta２よりも小さい場合、制御部１２０は、出力容量制限F_Taを、定格１００％から８０％の範囲に決定して（ＳＢ２６）、処理を前述の図４ＡのＳＢ３０に進める。

[0061] 盤内温度Taが閾値Ta１よりも小さい場合、制御部１２０は、出力容量制限

を開放するか否かを識別する（ＳＢ２７）。出力容量制限を開放しない場合、制御部１２０は、出力容量制限F_Taを、定格１００％に決定して（ＳＢ２７）、処理を前述の図４ＡのＳＢ３０に進める。

[0062] 出力容量制限を開放する場合、制御部１２０は、出力容量制限F_Taを、１２０％から定格１００％の範囲に決定して（ＳＢ２８）、処理を前述の図４ＡのＳＢ３０に進める。

[0063] 上記の処理により、電力変換装置１の盤内温度の状態を識別することで、盤内温度に基づいた出力容量制限を調整できる。

[0064] 例えば、制御部１２０は、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度の推定値が許容される範囲の上限温度に達しているか否かにより、電力変換装置１の駆動量を制限するための所定の上限値を変更する。このとき、上限温度に達していれば、その駆動量を制限するために所定の上限値を維持していて、上限温度に達していなければ、その駆動量を制限するための所定の上限値による制限を緩和するとよい。

[0065] 図５を参照して、実施形態の温度センサの配置の第１例を説明する。

図５は、実施形態の温度センサの配置の第１例を説明するための立面図である。

[0066] ヒートシンク６ＨＳには、モジュール６Ｍが配置されている。

[0067] このモジュール６Ｍは、例えば、基板６ＢＳと、半導体スイッチング素子６ＳＷと、温度センサ８Ａとを含む。基板６ＢＳは、例えばセラミック、ガラス繊維樹脂などの絶縁体のコア材を含む。モジュール６Ｍの半導体スイッチング素子６ＳＷは、基板６ＢＳの第１面６Ｆ１上に配置されている。温度センサ８Ａは、モジュール６Ｍに配置されている。例えば、温度センサ８Ａは、モジュール６Ｍ内に配置されているとよい。そのモジュール６Ｍの内部は、空気又は樹脂などで満たされている。

[0068] モジュール６Ｍの基板６ＢＳの第２面６Ｆ２が、ヒートシンク６ＨＳに熱結合するように配置されている。例えば、モジュール６Ｍの基板６ＢＳの第２面６Ｆ２とヒートシンク６ＨＳの間に、熱の伝導性を高める幕体（例えば

、シリコン、マイラなどの幕体。）を設けたり、オイルが塗布したりするとよい。この熱結合の方法は、一般的な手法を選択してよい。

[0069] この図５に示すように、モジュール６Ｍ自体に温度センサ８Ａを設置する。

この場合には、温度センサ８Ａの設置箇所と半導体スイッチング素子６ＳＷの代表位置との間の熱抵抗Rthが予め設定されている。例えば、制御部１２０は、熱抵抗Rthを利用して、温度センサ８Ａの測定温度（センサ測定温度という。）から半導体スイッチング素子６ＳＷの素子温度Tjを演算する。この演算は、次の式（１）を用いてよい。

[0070] 素子温度Tj＝センサ測定温度+ Rth×平均発熱[W] （１）

[0071] なお、式（１）中の「平均発熱[W]」には、モジュール６Ｍの出力電流の平均から推定したモジュール６Ｍの発熱量の平均値を適用してよい。

[0072] 図６Ａと図６Ｂとを参照して、実施形態の温度センサ８Ａの配置の第２例を説明する。

図６Ａは、実施形態の温度センサ８Ａの配置の第２例を説明するための平面図である。

図６Ｂは、実施形態の温度センサ８Ａの配置の第２例を説明するための立面図である。

[0073] 図５の事例との相違点を中心に説明する。

このモジュール６ＭＡは、そのケースの内部に温度センサ８Ａを含まない。これに代えて、温度センサ８Ａは、ヒートシンク６ＨＳ上に配置されている。そのため、温度センサ８Ａの設置箇所と半導体スイッチング素子６ＳＷとの間の熱伝導特性が代わる。

[0074] この図６Ａと図６Ｂに示す事例の熱抵抗を、次の式（２）に示す。

[0075] 熱抵抗Rth＝Rth（ｈ）＋Rth（ｊ－ｃ） （２）

[0076] 式（２）における「Rth（ｈ）」は、温度センサ８Ａの設置箇所とモジュール６Ｍの代表位置との間の熱抵抗である。「Rth（ｊ－ｃ）」は、モジュール６Ｍの代表位置と半導体スイッチング素子６ＳＷの代表位置との間の熱抵抗

である。このモジュール６Ｍの代表位置とは、例えば、半導体スイッチング素子６ＳＷをヒートシンク６ＨＳの面に射影した像の範囲内に定めるとよい。モジュール６Ｍの代表位置にドットを設ける。

このように、温度センサ８Ａの位置の違いにより、発熱箇所からの熱抵抗の定義が変わる。これにより、上記の式（１）を、次の式（３）に置き換える。

[0077] 素子温度Tj＝センサ測定温度+（Rth（ｈ）＋Rth（ｊ－ｃ））×平均発熱[W]
（３）

[0078] 上記の図５から図６Ｂに示したように、温度センサ８Ａは、半導体スイッチング素子６ＳＷの位置から所定の範囲内に設けられている。この所定の範囲内は、半導体スイッチング素子６ＳＷを含むモジュール６Ｍ内、又はヒートシンク６ＨＳの表面を基準に予め定められた範囲内（表面上又は表面近傍）であってよい。

前者の場合の予め定められた位置は、図５に示すように、半導体スイッチング素子６ＳＷを含むモジュール６Ｍに配置された温度センサ８Ａ（第１センサ）の位置（第１位置という。）である。

後者の場合の予め定められた位置は、図６Ａ，図６Ｂに示すように、ヒートシンク６ＨＳの表面を基準に予め定められた範囲内（表面上又はその表面近傍）に配置された温度センサ８Ａ（第２センサ）の位置（第２位置という。）である。

このように、利用するモジュール６Ｍとモジュール６ＭＡの違いにより、上記の何れかを選択するとよい。

[0079] 図７を参照して、実施形態の出力容量に対する推定温度の関係について説明する。

図７は、実施形態の出力容量と温度との関係について説明するための図である。図７に示すグラフは、出力容量（横軸）に対する温度センサ８Ａによる測定温度（縦軸）と、同じく半導体スイッチング素子６ＳＷの推定温度（縦軸）の関係を示す。

このグラフに示す出力容量の範囲は、定格出力を１００％としたときの、０から１５０％の範囲を示す。図７に示す出力容量の全範囲にわたって、温度センサ８Ａによる測定温度（縦軸）と、半導体スイッチング素子６ＳＷの推定温度は、右肩上がりで単調に増加する。温度センサ８Ａによる測定温度（縦軸）と、半導体スイッチング素子６ＳＷの推定温度とを比べると、前述の式（１）、式（３）に示したように、半導体スイッチング素子６ＳＷの推定温度のほうが高くなる。

[0080] 図８と図９とを参照して、実施形態の平均発熱について説明する。

図８は、実施形態の平均発熱について説明するための図である。

図８に発熱を模擬した結果を示す。図８の上段に、交流変換部６の交流出力電流（１相分）を示し、その中段に半導体スイッチング素子６ＳＷの瞬時発熱を示し、その下段に交流の周期の範囲で半導体スイッチング素子６ＳＷの瞬時発熱を移動平均した結果の平均発熱を示す。なお、中段に示す半導体スイッチング素子６ＳＷの瞬時発熱は、半導体スイッチング素子６ＳＷの導通損失とスイッチング損失との和に基づいて発生するものと仮定して解析した。

交流の各周期の中で、半導体スイッチング素子６ＳＷを夫々複数回スイッチングさせる。そのスイッチングのタイミングで瞬時発熱が生じることが中段の結果から読み取れる。さらに、交流の周期と出力電流の大きさを一定にした条件で、この瞬時発熱の移動平均を算出すると、その結果の平均発熱も一定になることがわかる（下段）。

[0081] 用途により、交流の周期と出力電流の大きさを逐次変化させることもある。このような用途の場合には、リアルタイムで、より正確な素子温度Tjを逐次推定することが要求される。

[0082] 直近の半導体スイッチング素子６ＳＷの制御を特徴づける制御信号の情報を利用すると、素子温度Tjの解析をリアルタイムで実施することが比較的容易になる。本実施形態では、直近の半導体スイッチング素子６ＳＷの制御を特徴づける制御信号をパターン化して扱うことを推奨する。例えば、制御信

号のパターンには、交流変換部６の動作モードを規定してもよい。その動作モードには、力行モードと回生モードなどが含まれる。また、ＰＷＭ制御の変調率を用いて区分してもよい。

[0083] また、上記のように、発熱量の平均値（平均発熱）を解析に利用する。この発熱量の平均値をより安定な値にするためには、交流の出力周波数の１周期以上の期間のデータを利用して、その期間内の発熱量のデータの平均を求めるとよい。

[0084] 仮に交流の出力周波数の１周期よりも短い期間のデータを利用して発熱量の平均を求めると、半導体スイッチング素子６ＳＷのスイッチングのタイミングにより、その平均を求める期間に１回分のスイッチングが含まれるか否かで、平均演算対象の期間内の発熱量の合計が変動する。そのため、比較的短い期間を選択すると、実際のスイッチングの有無に応じて、得られる発熱量の平均値が変動することになる。このように、比較的短い期間を設定する解析処理は、正確な素子温度Tjを推定する場合よりも、応答性を優先にする場合で利用するとよい。

[0085] また、比較的短い期間で素子温度Tjの平均値を算出する場合には、下記の条件も考慮する必要がある。以下に示す「比較的短い期間」とは、例えば１秒よりも短い期間である。

[0086] まず、過渡熱インピーダンスについて説明する。

図９は、実施形態のヒートシンクに係る過渡熱インピーダンスについて説明するための図である。この図９に示すヒートシンクに係る過渡熱インピーダンスの特性は、説明を容易にするため、モデル化している。

この図９に示すグラフは、平均時間（ＬＯＧスケール）と、過渡熱インピーダンス（ＬＯＧスケール）との関係の一例を示すものである。この平均時間とは、平均化処理を適用する対象期間を規定する時間窓の幅のことである。

この平均時間が１秒以上の範囲であれば、過渡熱インピーダンスは、一定の値（例えば１）になる。仮に、平均時間が１秒よりも短くなると、その時

間が短くなるほど過渡熱インピーダンスの値が小さくなる。平均時間は固定値であって良い。

なお、平均時間を変化させる場合には、この過渡熱インピーダンスによる影響を算定条件に含めるとよい。これを含めないと推定値の誤差が大きくなることがある。

さらに、実際の装置と検出系は、受け取った熱を放出しきるまでに時間が係る。このため、時間が１秒以上の範囲を正確に再現することが難しいことがある。

[0087] このように、実施形態の平均発熱を検討する場合には、例えば１秒よりも長い平均時間にするとよい。

[0088] 図１０を参照して、実施形態の素子温度推定処理について説明する。

図１０は、実施形態の素子温度推定処理のフローチャートである。

[0089] ヒートシンク温度検出部１０３とヒートシンク温度演算部１０４は、温度センサ８Ａによって温度を検出させて、ヒートシンク６ＨＳの温度を検出する（ＳＣ１１）。

[0090] 素子温度推定部１０５は、測定結果に対応する温度Thの温度データを取得する。素子温度推定部１０５は、温度Thと、前述の図７に示すグラフの特性を示すテーブルの情報を用いて、温度Thに対する出力容量と、その出力容量に対する温度Tjとを推定する（ＳＣ１２）。

[0091] また、制御部１２０は、交流電動機３に対して供給する交流の出力容量（電流容量）と、交流の周波数とに基づいて、半導体スイッチング素子６ＳＷに生じる損失Ｐｌｏｓｓを推定する（ＳＣ１３）。損失Ｐｌｏｓｓの推定演算方法には、一般的な手法を適用してよい。

[0092] 制御部１２０は、温度Thと、予め定められた熱抵抗と、半導体スイッチング素子６ＳＷの平均発熱とを変数に含む前述の式（３）を用いて、温度Tjを推定する（ＳＣ１４）。なお、半導体スイッチング素子６ＳＷの平均発熱は、半導体スイッチング素子６ＳＷにおける損失Ｐｌｏｓｓの大きさに応じて変化する。

[0093] 制御部１２０は、ステップＳＣ１２において得られた温度Tjと、ステップＳＣ１４において得られた温度Tjとを取得する。制御部１２０は、この２つの温度Tjのうちから、より大きな値を選択して、素子温度Tjの推定値として決定する。

制御部１２０は、上記の処理により素子温度Tjの推定値を得る。

[0094] このように、素子温度推定部１０５は、半導体スイッチング素子６ＳＷの位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度の検出値を用いて、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度の推定値（第１推定値）を導出する。

また、制御部１２０は、半導体スイッチング素子６ＳＷの駆動量を用いて、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度の推定値（第２推定値）である素子温度Tjを導出する。

制御部１２０は、その第１推定値と第２推定値のうちの何れかの推定値を、冷却装置９（冷却機構）の異常状態を識別することに利用するとよい。

[0095]（冷却装置の診断処理）

次に、冷却装置９の診断処理について説明する。

[0096] 冷却装置９に係る冷却ファンの故障、フィルタの目詰まりなどが生じると、その要因により、冷却装置９の能力が標準状態の能力よりも低下することがある。比較例の場合には、これに伴って、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度上昇を招き、その結果、電力変換装置１の稼働を継続できなくなることがある。

[0097] そこで、本実施形態では、半導体スイッチング素子６ＳＷの素子温度Tjの推定結果を利用して冷却装置９の能力を診断する。例えば、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度上昇の傾向が平時の傾向とは異なることを検出することで、上記の要因の発生を早期に検出する。

この事例について、前述の図３Ａと、次の図１１を参照して説明する。図１１は、実施形態の冷却装置９の能力を診断について説明するための図である。図１１に示すグラフは、出力（横軸）に対する平時の温度を示す。ここに示す温度は、温度センサ８Ａの検出結果と、半導体スイッチング素子６Ｓ

Wの素子温度Tjと、ジャンクション温度（素子温度Tj）の最大値の関係を示す。温度センサ８Ａの検出結果と、半導体スイッチング素子６ＳＷの素子温度Tjは、出力の増加に応じて増加する傾向がある。なお、ジャンクション温度（素子温度Tj）の最大値は、出力によらずに一定である。

[0098] 前述の図３Ａに示すように冷却装置９は、冷却ファンをその構成に含む。

例えば、冷却ファンは、半導体スイッチング素子６ＳＷのヒートシンク６ＨＳの周囲に冷気を通風させる。この通風があることにより、ヒートシンク６ＨＳの放熱効率が高まる。

[0099] 温度センサ８Ａと通風方向について：

冷却ファンによる通風方向に対して、半導体スイッチング素子６ＳＷよりも上流側に温度センサ８Ａが位置する場合、温度センサ８Ａによって検出される温度が半導体スイッチング素子６ＳＷの温度よりも低くなる。

この逆に、半導体スイッチング素子６ＳＷよりも下流側に温度センサ８Ａが位置する場合には、温度センサ８Ａによって検出される温度が「半導体スイッチング素子６ＳＷよりも上流側に温度センサ８Ａが位置する場合」の温度よりも高くなる。

盤内温度Taを盤外の気温相当にするには、前者であることが要求される。

ただし、本実施形態では、温度センサ８Ａの検出結果に基づく初期化データを利用できる。この初期化データは、このような通風方向の条件も盛り込んだ試験結果に基づくものであり、また、同様に演算式の熱抵抗もそれぞれ通風方向の条件を盛り込んで決定されていることから、温度センサ８Aの配置を後者の位置にしても適用できる。

[0100] 例えば、冷却ファンの故障、フィルタの目詰まりなどがなければ、通風方向と風量は、基本的に変化しないとみなしてよい。仮に、温度センサ８Ａの検出結果である盤内温度Taも運転中に変化しなくても、冷却ファンの故障、フィルタの目詰まりなどが生じると、風量が減少する場合がある。これに伴い、ヒートシンク６ＨＳの放熱効率が低下して、温度センサ８Ｂの検出結果の値、及びこれに基づく素子温度Tjの推定値が増加する。このような冷却フ

ァンを含む冷却装置９及びフィルタは、冷却機構の一例である。

[0101] このような温度の変化（温度上昇）を検出することにより、冷却装置９の状態などを診断できる。

[0102] 例えば、図１１に示すように、素子温度Tjの推定値のラインよりも高い温度に設定された冷却装置９不具合検出用の閾値と、フィルタ、風洞の目詰まり検出用の閾値を設定して、これを基準にして、素子温度Tjの推定値の異常な温度上昇を検出するとよい。

[0103] 上記の実施形態によれば、制御装置１０は、電力変換装置１の制御装置である。は、電力変換装置１は、電力変換によって発熱する半導体スイッチング素子６ＳＷと半導体スイッチング素子６ＳＷのヒートシンク６ＨＳとヒートシンク６ＨＳを冷却する冷却機構とを備える。制御装置１０は、素子温度推定部１０５と、制御部１２０とを備える。素子温度推定部１０５は、半導体スイッチング素子６ＳＷの駆動量と、半導体スイッチング素子６ＳＷの位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度とのうちの何れかを用いて、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度（素子ジャンクション温度）の推定値を導出する。制御部１２０は、素子温度Tj（素子ジャンクション温度）の推定値と、電力変換装置１内の所定の位置の温度（盤内温度Ta）との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより冷却装置９の異常状態を識別して、その識別結果を出力する。上記の閾値温度が、上記の温度差に許容される範囲の上限温度よりも低く、かつ半導体スイッチング素子６ＳＷの発熱量に対応付けて予め定められた基準温度よりも高く決定されている。これにより、電力変換用の半導体スイッチング素子の温度管理において、その温度管理の信頼度をより高めることができる。

[0104] 例えば、稼働した電力変換装置１の出力パターンと、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度上昇の関係を記憶部１１０に保持しておく。制御部１２０は、記憶部１１０に保持されている電力変換装置１の出力パターンに一致又は類似する出力パターンを検出する。検出の結果によりこれが発生した場合に、制御部１２０は、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度上昇と過去のデ

ータに基づく温度上昇とを比較することで、過去のデータに基づく温度上昇と同様の現象が生じているか否かの判定が容易になる。

[0105] 例えば、上記の制御装置１０は、ヒートシンク６ＨＳの表面を基準に予め定められた範囲内（表面上又は前記表面近傍）に配置された温度センサ８Ａ（第２センサ）と、電力変換装置１の盤内の所定の位置に配置された温度センサ８Ｂ（第３センサ）とを備える。

素子温度推定部１０５は、温度センサ８Ａによる検出値を用いて、半導体スイッチング素子６ＳＷの温度の第１推定値を導出する。

制御部１２０は、温度センサ８Ａによる検出値に基づく半導体スイッチング素子６ＳＷの温度の推定値と、温度センサ８Ｂによる検出結果に基づく電力変換装置１の盤内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより、冷却装置９などの冷却機構の異常状態を識別するとよい。

[0106] （第２の実施形態）

第２の実施形態について説明する。

前述の第１の実施形態の説明の中では、説明を簡略化するため、ヒートシンク６ＨＳ上の１つの半導体スイッチング素子６ＳＷを稼働させた場合を例示して説明した。実際に利用される構成では、図６Ａと図６Ｂに示すように、ヒートシンク６ＨＳ上に複数の半導体スイッチング素子６ＳＷと１つの温度センサ８Ａが配置されることがある。図６Ａと図６Ｂに示す半導体スイッチング素子６ＳＷの個数、モジュール６ＭＡの個数は一例である。本実施形態では、複数の半導体スイッチング素子６ＳＷがヒートシンク６ＨＳ上に配置されていて、それぞれを適当なタイミングにスイッチングさせる場合の解析方法について説明する。

[0107] 複数の半導体スイッチング素子６ＳＷの素子温度Tjの推定方法には、下記のようにいくつかの方法がある。これらの中から適宜選択して実施してよい。

[0108] 推定方法１：

事前にヒートシンク６ＨＳ上の複数の半導体スイッチング素子６ＳＷを所定のパターンで稼働させたときの温度の変化を記録した履歴データをイニシャルデータとして利用する。例えば、イニシャルデータに基づいて複数の半導体スイッチング素子６ＳＷの中から最大温度となっていた半導体スイッチング素子６ＳＷを１つ抽出する。抽出した１つの半導体スイッチング素子６ＳＷの素子温度Tjを推定し、それ以外の素子温度については推定しない。これは、最大温度となる半導体スイッチング素子６ＳＷの素子温度Tjについて推定でれば十分であり、最大温度となる半導体スイッチング素子６ＳＷ以外の半導体スイッチング素子６ＳＷの素子温度は、上記の素子温度Tj以下になるとみなすことができる。このように、最大温度となる半導体スイッチング素子６ＳＷを解析対象にしたことで、解析対象を絞ることが可能になり、それぞれの温度の推定及び判定を省略することができる。この推定方法１によれば、実質的に必要な情報を簡潔な方法で得ることができる。

[0109] 推定方法２：

例えば、前述の図７のグラフに示されているように、「盤（筐体）の外、つまり外気温（Ta0）を25度」と仮定すれば、出力０％時の盤内温度Ta、ヒートシンク温度Thがともに25度になる。

例えば、各半導体スイッチング素子６ＳＷをそれぞれ個別に稼働したときの盤内温度Taとヒートシンク温度Thについて、外気温（Ta0）との温度差ΔTをそれぞれ算出する。

（外気温Ta0－Ta）の温度差ΔTをそれぞれ加算して、複数の半導体スイッチング素子６ＳＷを動作させたときのΣTaを得る。

また、（外気温Ta0－Th）の温度差ΔTをそれぞれ加算することで、複数の半導体スイッチング素子６ＳＷを動作させたときのΣThを得る。

[0110] ある出力時の盤内温度Taからの温度差（Tj－Ta）又はヒートシンク温度Thからの温度差（Tj－Th）は、予め規定されたものを利用する。例えば、図７のグラフにおいて、上記の出力時の値を利用してもよい。この場合の盤内温度Taを25度とみなしてよい。

[0111] 複数素子動作時の素子温度Tjの推定値は下記の演算式による。

複数素子動作時の素子温度Tj＝（Tj－Ta）＋ΣTa 、又は

複数素子動作時の素子温度Tj＝（Tj－Th）＋ΣTh

[0112] 推定方法３：

上記の「推定方法２」と同様に、前述の図７のグラフから、「筐体の外気温（Ta0）を25度のとき、出力０％時の盤内温度Ta、ヒートシンク温度Thが25度になる」と仮定する。

複数の半導体スイッチング素子６ＳＷを所定のパターンのもとで稼働したときのイニシャルデータの盤内温度TaをΣTaとΣThと呼び、同じくイニシャルデータのヒートシンク温度ThをΣThと呼ぶ。

ある所定のパターンの出力時の盤内温度Taからの温度差（Tj－Ta）又はヒートシンク温度Thからの温度差（Tj－Th）は、予め規定されたものを利用する。例えば、図７のグラフを参照して個別に得られたものを利用する。

[0113] 複数素子動作時の素子温度Tjの推定値は下記の演算式による。

複数素子動作時の素子温度Tj＝（Tj－Ta）＋ΣTa 、又は

複数素子動作時の素子温度Tj＝（Tj－Th）＋ΣTh

[0114] 上記の何れかの推定方法を利用することで、複数の半導体スイッチング素子６ＳＷがヒートシンク６ＨＳ上に配置されていて、それぞれを適当なタイミングにスイッチングさせる場合の解析が可能になる。

[0115] 以上説明した少なくとも一つの実施形態によれば、制御装置は、電力変換によって発熱する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子のヒートシンクと前記ヒートシンクを冷却する冷却機構とを備える電力変換装置の制御装置である。前記制御装置は、素子温度推定部と、制御部と、を備える。前記素子温度推定部は、前記半導体スイッチング素子の駆動量と、前記半導体スイッチング素子の位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度とのうちの何れかを用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の推定値を導出する。前記制御部は、前記半導体スイッチング素子の温度の推定値と前記電力変換装置内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値

温度を超えたことにより前記冷却機構の異常状態を識別する。前記閾値温度が、前記温度差に許容される範囲の上限温度よりも低く、かつ前記半導体スイッチング素子の発熱量に対応付けて予め定められた基準温度よりも高く決定されているとよい。

[0116] 以上説明した実施形態の電力変換装置１における制御装置１０の各機能部の一部又は全部は、例えば、コンピュータの記憶部（メモリなど）に記憶されたプログラム（コンピュータプログラム、ソフトウェアコンポーネント）がコンピュータのプロセッサ（ハードウェアプロセッサ）によって実行されることで実現されるソフトウェア機能部を有していてもよい。なお、制御装置１０の各機能部の一部又は全部は、例えば、ＬＳＩ（Large Scale Integration)、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit)、又はＦＰＧＡ（Field-Programmable Gate Array）のようなハードウェアによって実現されてもよく、或いはソフトウェア機能部とハードウェアとの組み合わせによって実現されてもよい。

[0117] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。例えば、各実施形態の構成は、互いに組み合わせて実施されてもよく、説明を省略した構成部分に適用することができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

符号の説明

[0118] １…電力変換装置、
３…交流電動機、
６…インバータ、
６ＨＳ…ヒートシンク
６ＳＷ…半導体スイッチング素子

８Ａ、８Ｂ…温度センサ、

１０…制御装置、

１０５…素子温度推定部、

１１０…記憶部、

１２０…制御部

請求の範囲

[請求項1] 電力変換によって発熱する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子のヒートシンクと前記ヒートシンクを冷却する冷却機構とを備える電力変換装置の制御装置であって、

前記半導体スイッチング素子の温度の推定値と前記電力変換装置内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより前記冷却機構の異常状態を識別する制御部

を備え、

前記閾値温度が、前記温度差に許容される範囲の上限温度よりも低く、かつ前記半導体スイッチング素子の発熱量に対応付けて予め定められた基準温度よりも高く決定されている、

制御装置。

[請求項2] 前記半導体スイッチング素子の位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度の検出値を用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の第１推定値を導出する素子温度推定部

を備える請求項１に記載の制御装置。

[請求項3] 前記所定の範囲内は、前記半導体スイッチング素子を含むモジュール内、又は前記ヒートシンクの表面を基準に予め定められた範囲内である、

請求項２に記載の制御装置。

[請求項4] 前記予め定められた位置には、前記半導体スイッチング素子を含むモジュールに配置された第１センサの第１位置と、前記ヒートシンクの表面を基準に予め定められた範囲内に配置された第２センサの第２位置とのうちの何れかが含まれる、

請求項３に記載の制御装置。

[請求項5] 前記制御部は、

前記半導体スイッチング素子の駆動量を用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の第２推定値を導出し、

前記第１推定値と前記第２推定値のうちの何れかの前記推定値を、前記冷却機構の異常状態を識別することに利用する、

請求項２から請求項４の何れか１項に記載の制御装置。

[請求項6] 前記制御部は、

前記半導体スイッチング素子の温度の前記推定値が許容される範囲の上限温度に達しているか否かにより、前記駆動量を制限するための前記所定の上限値を変更する、

請求項５に記載の制御装置。

[請求項7] 稼働した前記電力変換装置の出力パターンと、前記半導体スイッチング素子の温度上昇の関係を記憶部に保持しておいて、

前記制御部は、

前記記憶部に保持されている前記電力変換装置の出力パターンに一致又は類似する出力パターンが発生した場合に、その場合の前記半導体スイッチング素子の温度上昇と過去のデータに基づく温度上昇とを比較する、

請求項６に記載の制御装置。

[請求項8] 前記閾値温度は、前記電力変換装置において前記半導体スイッチング素子を稼働して得られた初期データに関連付けられていて、

前記制御部は、

前記初期データと前記半導体スイッチング素子の温度の推定値とに基づいて、前記冷却機構の状態に異常が生じていることを識別する、

請求項６に記載の制御装置。

[請求項9] 前記ヒートシンクの表面を基準に予め定められた範囲内に配置された第２センサと、

前記電力変換装置内の所定の位置に配置された第３センサと、

を備え、

前記素子温度推定部は、

前記第２センサによる前記検出値を用いて、前記半導体スイッチン

グ素子の温度の第１推定値を導出し、

前記制御部は、

前記第２センサによる前記検出値に基づく前記半導体スイッチング素子の温度の推定値と、前記第３センサによる検出結果に基づく前記電力変換装置内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより前記冷却機構の異常状態を識別する、

請求項６に記載の制御装置。

[請求項10] 前記駆動量を制限するための前記所定の上限値は、前記半導体スイッチング素子の定格出力を超えた値に決定されている、

請求項５に記載の制御装置。

[請求項11] 電力変換によって発熱する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子のヒートシンクと前記ヒートシンクを冷却する冷却機構とを備える電力変換装置の制御方法であって、

前記半導体スイッチング素子の温度の推定値と前記電力変換装置内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより前記冷却機構の異常状態を識別する過程

を含み、

前記閾値温度が、前記温度差に許容される範囲の上限温度よりも低く、かつ前記半導体スイッチング素子の発熱量に対応付けて予め定められた基準温度よりも高く決定されている、

制御方法。

[請求項12] 前記半導体スイッチング素子の位置から所定の範囲内に予め定められた位置の温度の検出値を用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の第１推定値を導出する過程

をさらに含む請求項１１に記載の制御方法。

[請求項13] 前記所定の範囲内は、前記半導体スイッチング素子を含むモジュール内、又は前記ヒートシンクの表面を基準に予め定められた範囲内である、

請求項１２に記載の制御方法。

[請求項14] 前記予め定められた位置には、前記半導体スイッチング素子を含むモジュールに配置された第１センサの第１位置と、前記ヒートシンクの表面を基準に予め定められた範囲内に配置された第２センサの第２位置とのうちの何れかが含まれる、

請求項１３に記載の制御方法。

[請求項15] 前記半導体スイッチング素子の駆動量を用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の第２推定値を導出し、

前記第１推定値と前記第２推定値のうちの何れかの前記推定値を、前記冷却機構の異常状態を識別することに利用する、

請求項１２から請求項１４の何れか１項に記載の制御方法。

[請求項16] 前記半導体スイッチング素子の温度の前記推定値が許容される範囲の上限温度に達しているか否かにより、前記駆動量の前記所定の上限値を変更する、

請求項１５に記載の制御方法。

[請求項17] 稼働した前記電力変換装置の出力パターンと、前記半導体スイッチング素子の温度上昇の関係を記憶部に保持しておいて、

前記記憶部に保持されている前記電力変換装置の出力パターンに一致又は類似する出力パターンが発生した場合に、その場合の前記半導体スイッチング素子の温度上昇と過去のデータに基づく温度上昇とを比較する、

請求項１６に記載の制御方法。

[請求項18] 前記閾値温度は、前記電力変換装置において前記半導体スイッチング素子を稼働して得られた初期データに関連付けられていて、

前記初期データと前記半導体スイッチング素子の温度の推定値とに基づいて、前記冷却機構の状態に異常が生じていることを識別する、

請求項１６に記載の制御方法。

[請求項19] 前記電力変換装置は、

前記ヒートシンクの表面を基準に予め定められた範囲内に配置された第２センサと、

前記電力変換装置内の所定の位置に配置された第３センサと、

を備えていて、

前記第２センサによる前記検出値を用いて、前記半導体スイッチング素子の温度の第１推定値を導出し、

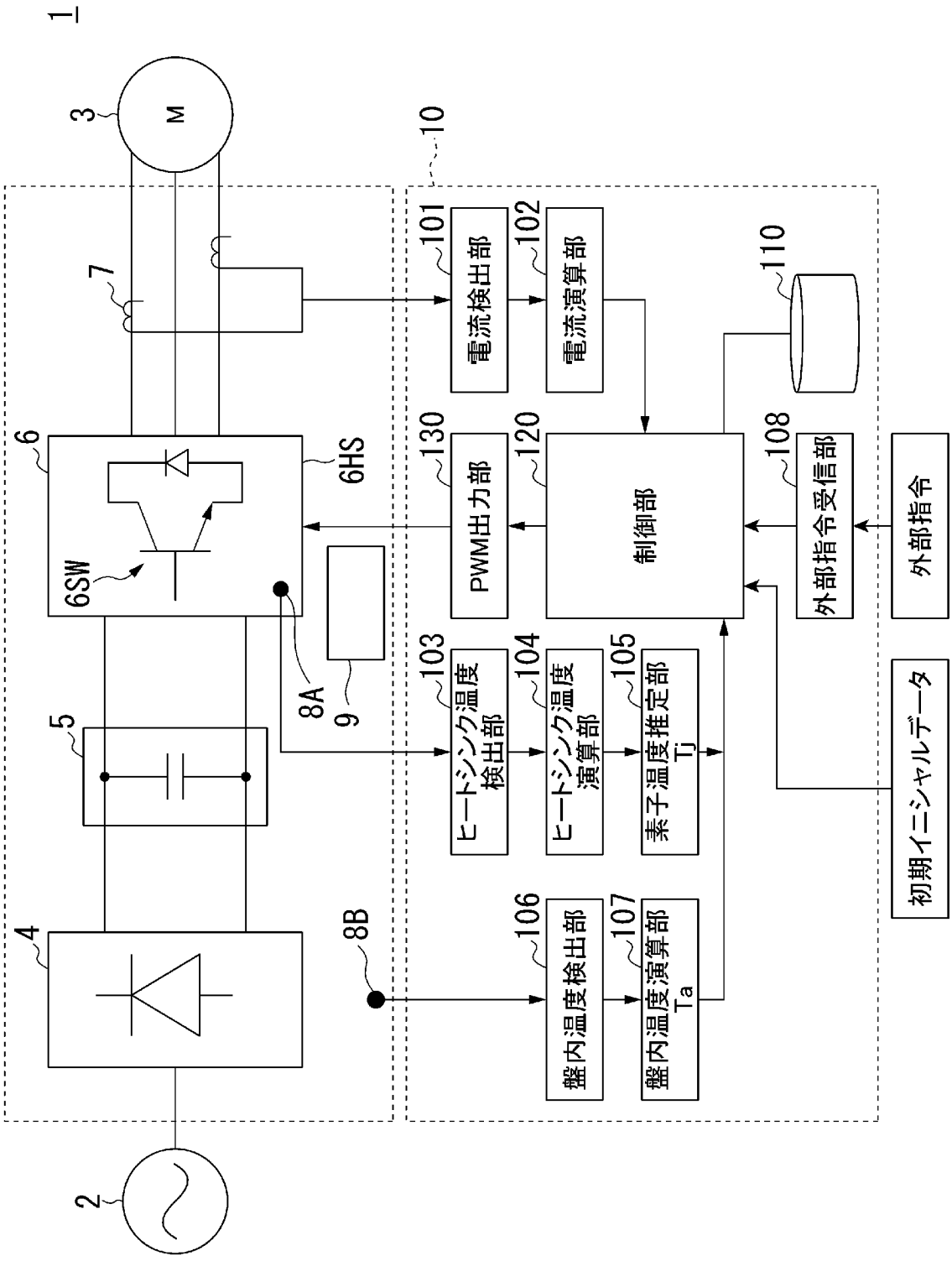
前記第２センサによる前記検出値に基づく前記半導体スイッチング素子の温度の推定値と、前記第３センサによる検出結果に基づく前記電力変換装置内の所定の位置の温度との温度差が予め定められた閾値温度を超えたことにより前記冷却機構の異常状態を識別する、

請求項１６に記載の制御方法。

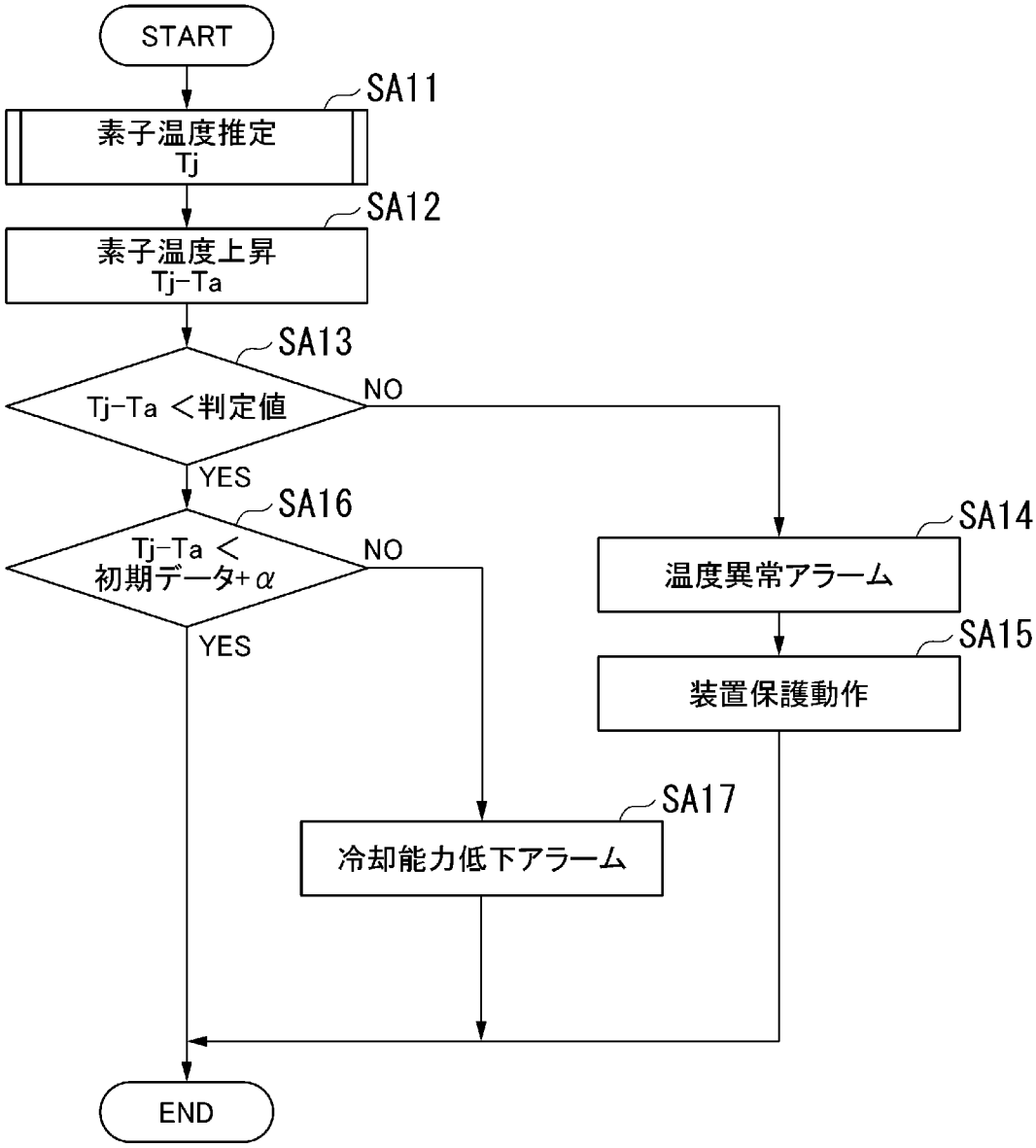
[請求項20] 前記駆動量を制限するための前記所定の上限値は、前記半導体スイッチング素子の定格出力を超えた値に決定されている、

請求項１５に記載の制御方法。

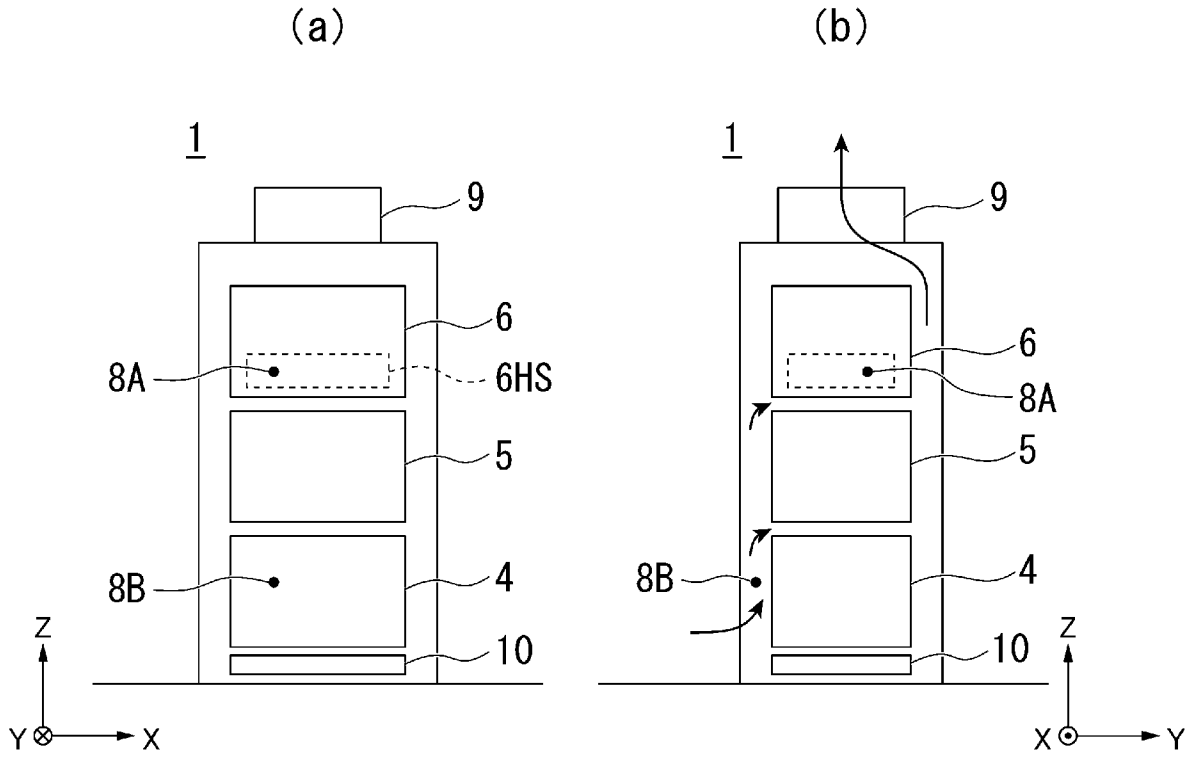
[図1]


1
2
3
M
4
5
6
6SW
6HS
7
8A
8B
9
10
101
電流検出部
102
電流演算部
103
ヒートシンク温度検出部
104
ヒートシンク温度演算部
105
素子温度推定部 Tj
106
盤内温度検出部
107
盤内温度演算部 Ta
108
外部指令受信部
110
120
制御部
130
PWM出力部
外部指令
初期イニシャルデータ

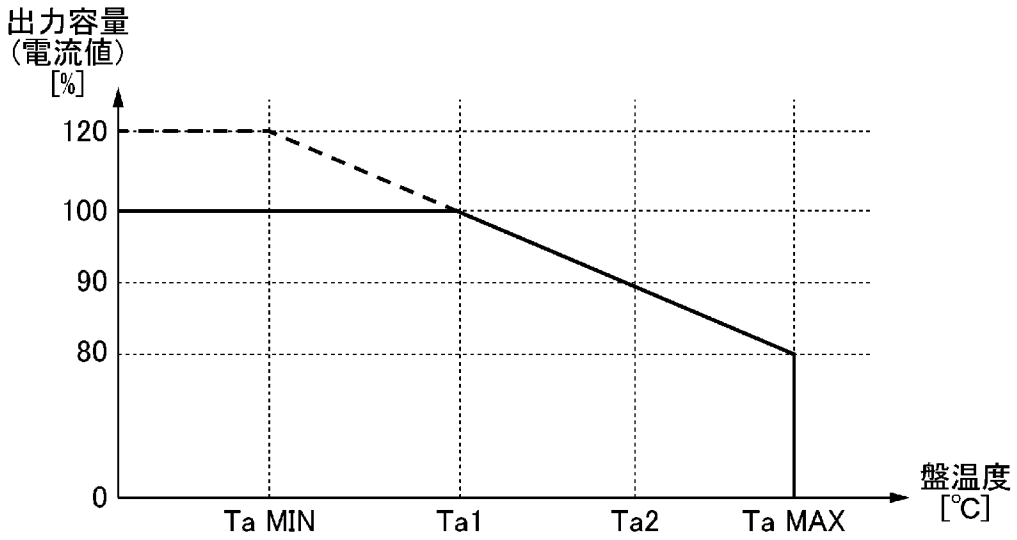
[図2]


START
SA11
素子温度推定
Tj
SA12
素子温度上昇
Tj-Ta
SA13
Tj-Ta ＜判定値
NO
YES
SA16
Tj-Ta ＜
初期データ+α
NO
YES
SA14
温度異常アラーム
SA15
装置保護動作
SA17
冷却能力低下アラーム
END

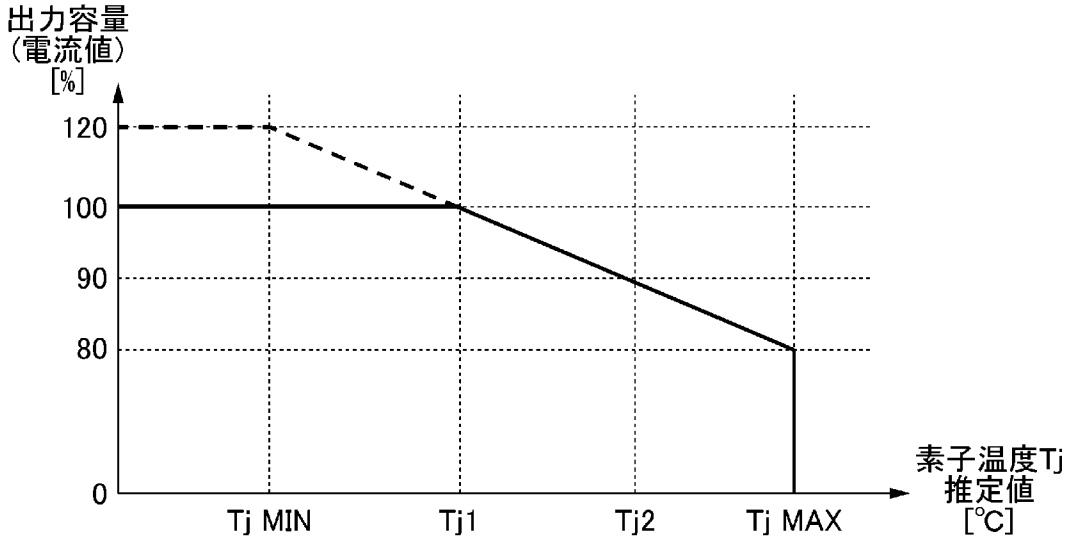
[図3A]


(a)
(b)
1
9
6
8A
6HS
5
8B
4
10
Z
Y
X

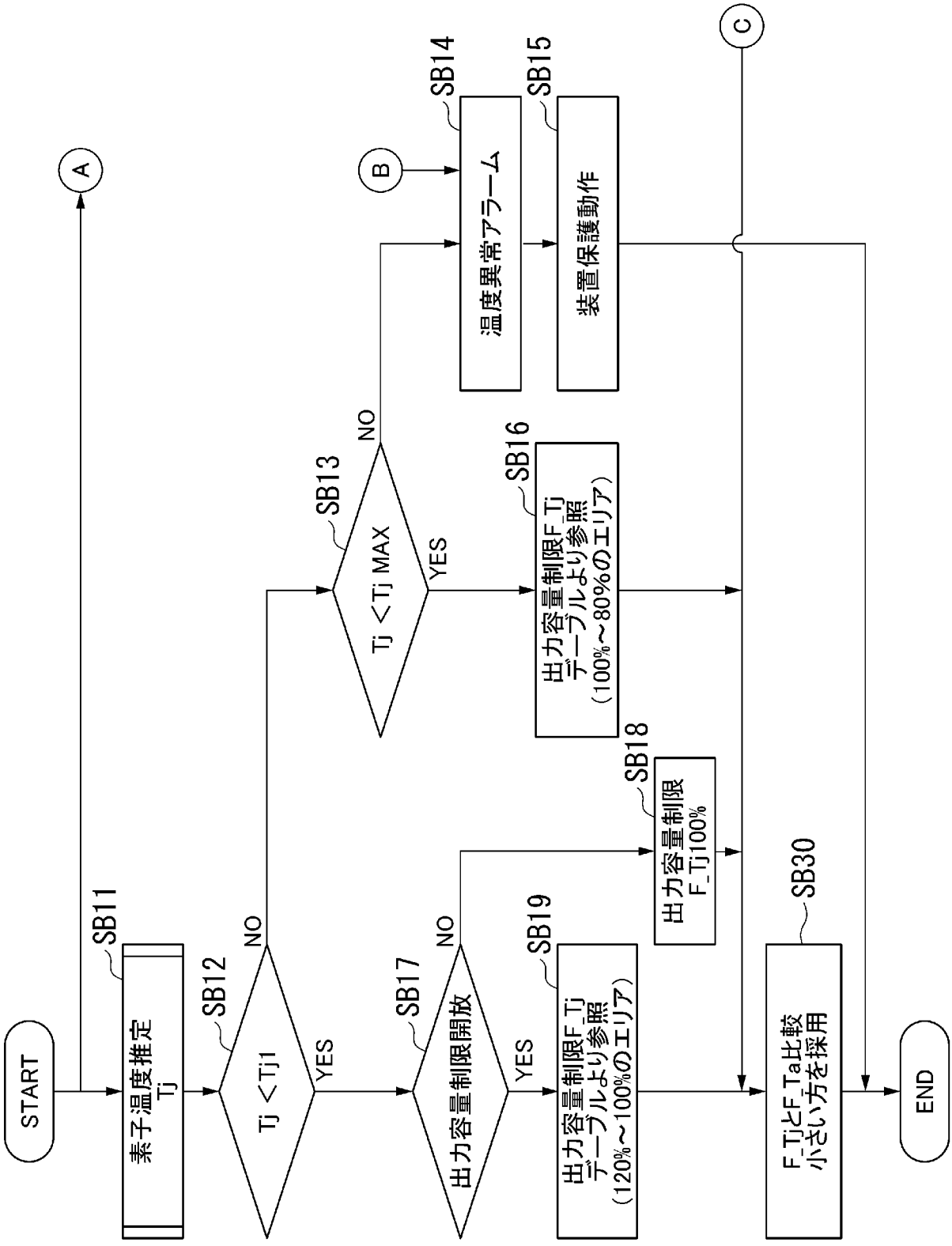
[図3B]


出力容量
(電流値)
[%]
120
100
90
80
0
Ta MIN
Ta1
Ta2
Ta MAX
盤温度
[℃]

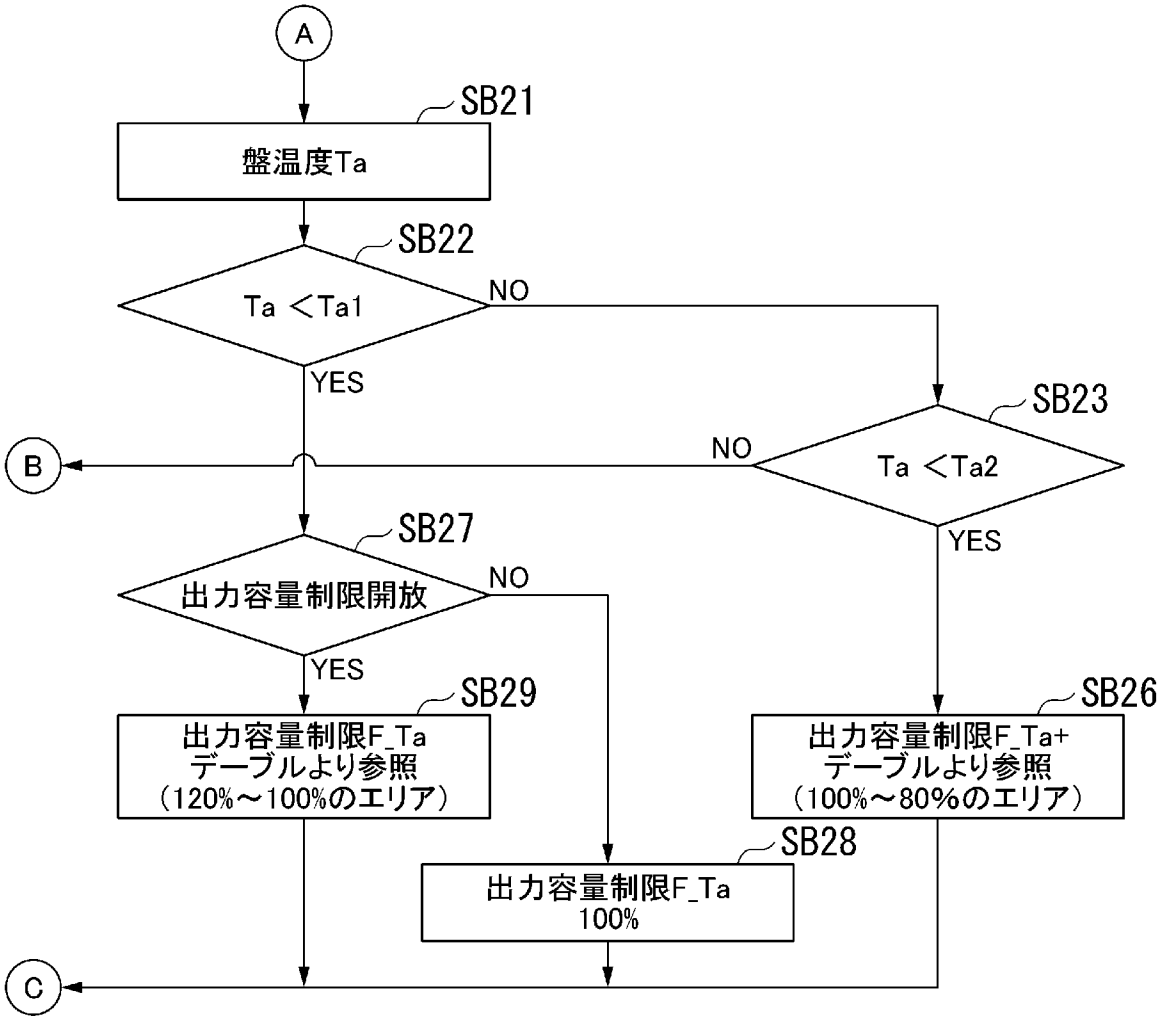
[図3C]



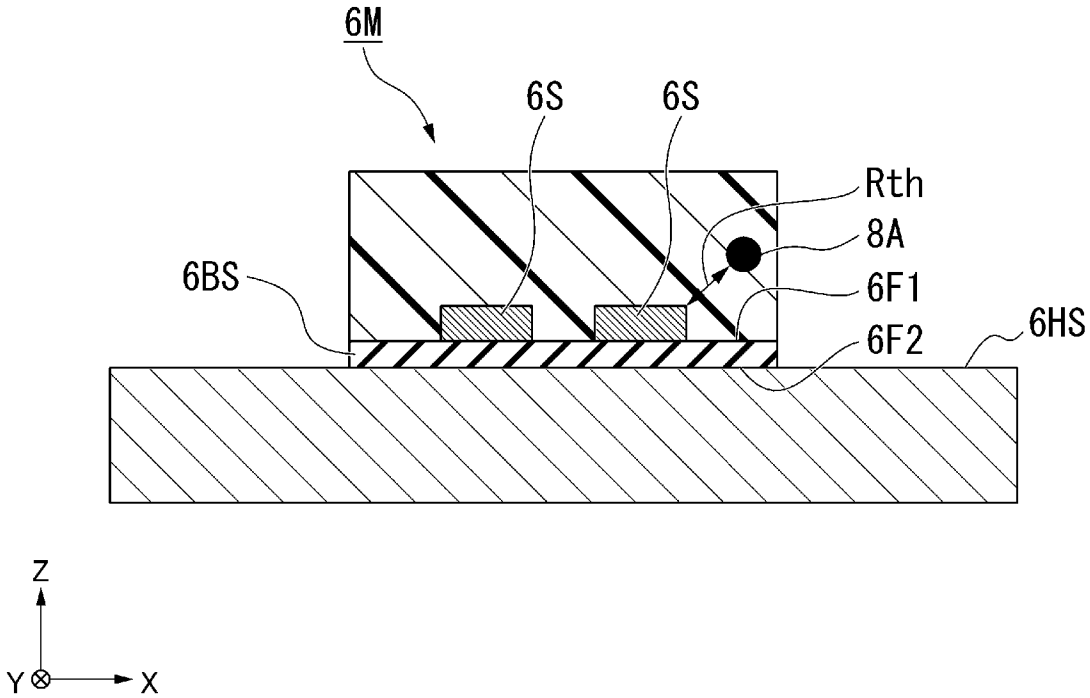
[図4A]


START
素子温度推定
Tj
SB11
Tj <Tj1
SB12
NO
YES
Tj <Tj MAX
SB13
NO
YES
温度異常アラーム
SB14
装置保護動作
SB15
出力容量制限F_Tj
テーブルより参照
（100%～80%のエリア）
SB16
出力容量制限
F_Tj100%
SB18
出力容量制限開放
SB17
NO
YES
出力容量制限F_Tj
テーブルより参照
（120%～100%のエリア）
SB19
F_TjとF_Ta比較
小さい方を採用
SB30
END
A
B
C

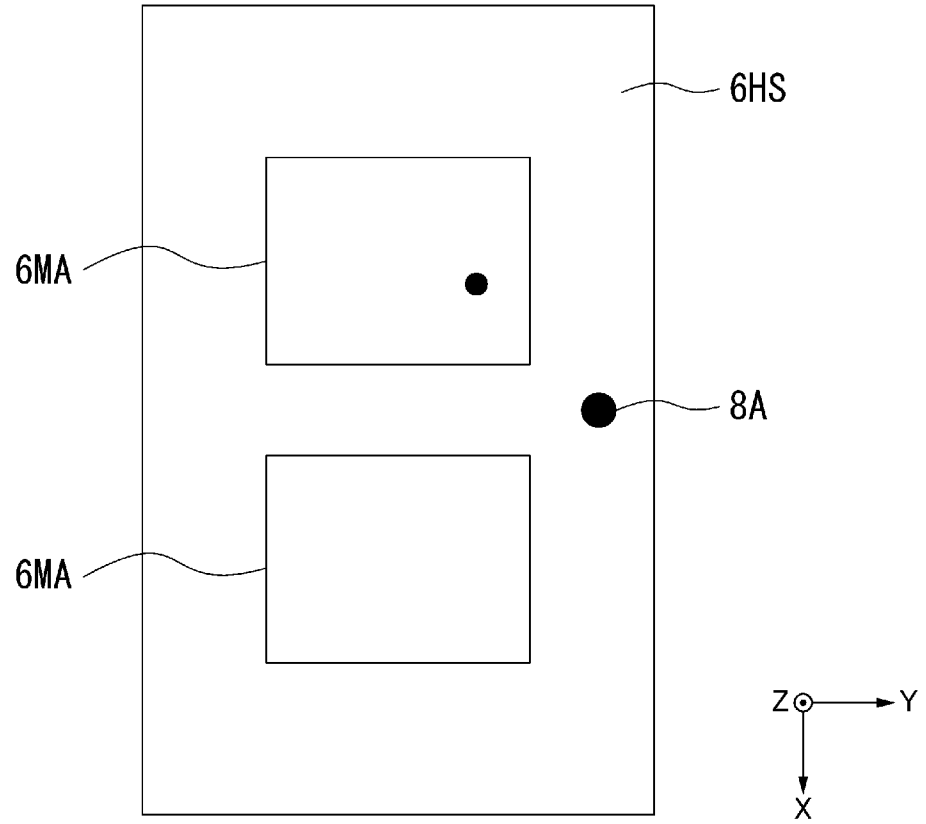
[図4B]


A
SB21
盤温度Ta
SB22
Ta ＜Ta1
NO
YES
SB23
NO
Ta ＜Ta2
YES
B
SB27
出力容量制限開放
NO
YES
SB29
出力容量制限F_Ta
デーブルより参照
（120%～100%のエリア）
SB26
出力容量制限F_Ta+
デーブルより参照
（100%～80%のエリア）
SB28
出力容量制限F_Ta
100%
C

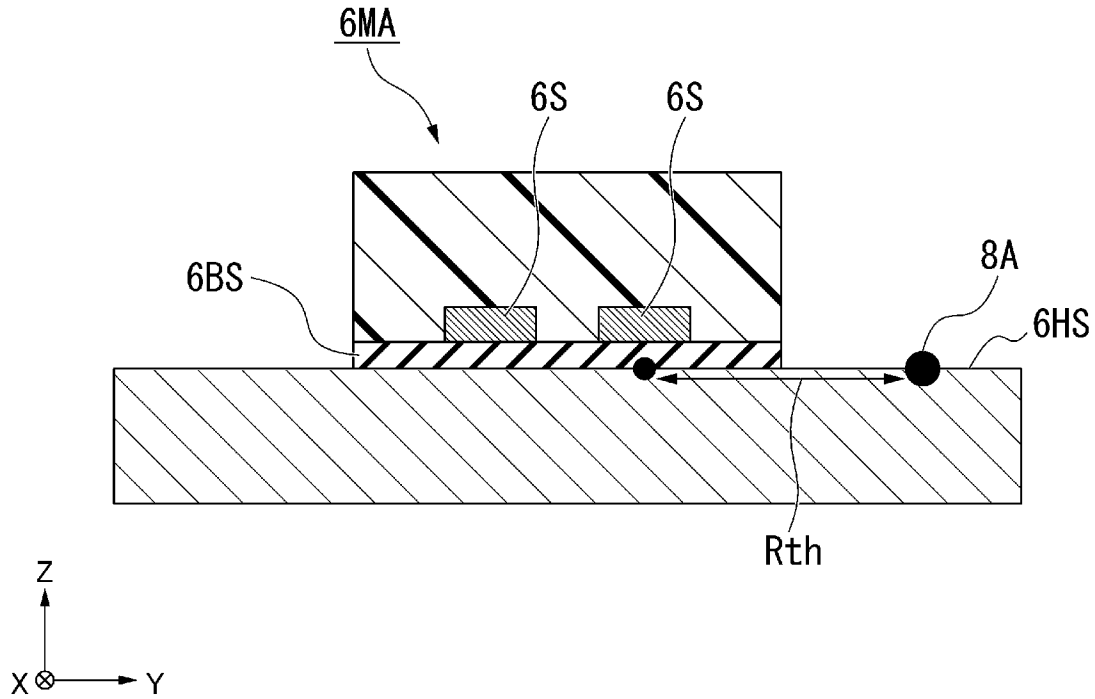
[図5]


6M
6S
6S
Rth
8A
6BS
6F1
6F2
6HS
Z
Y
X

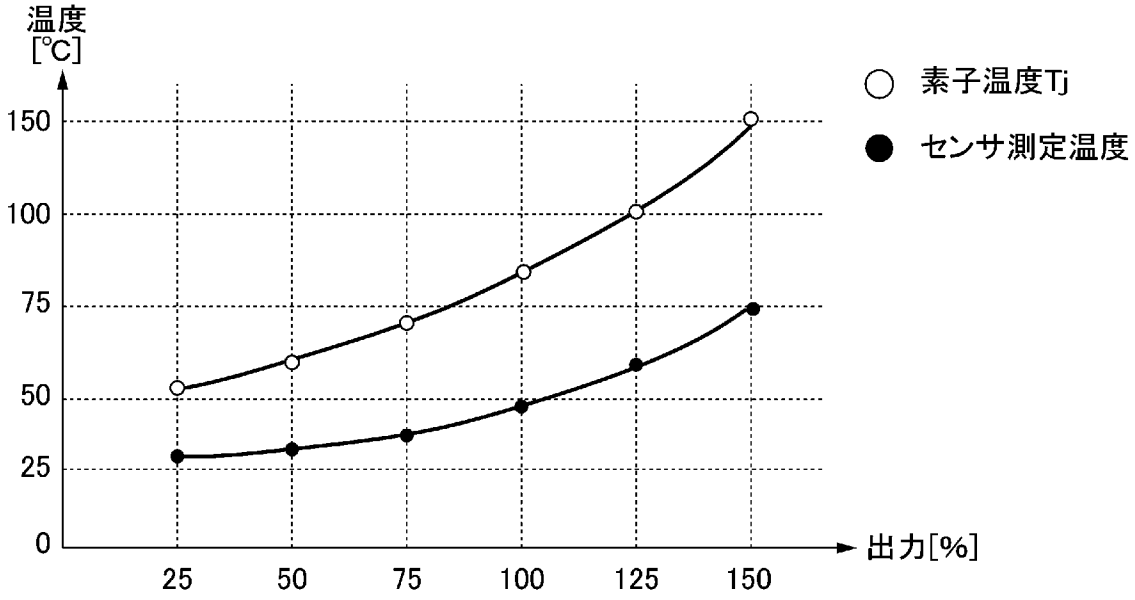
[図6A]



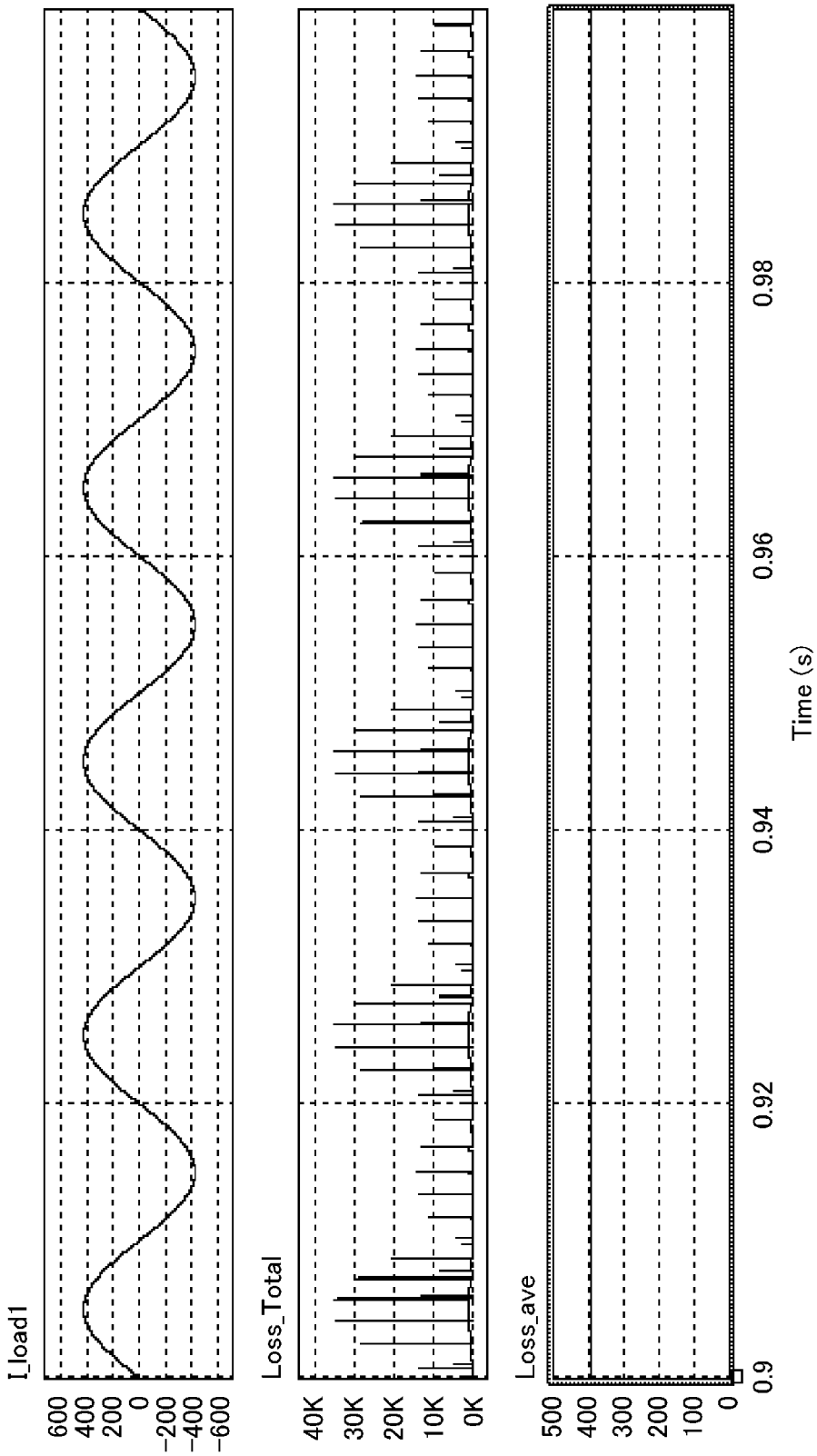
[図6B]



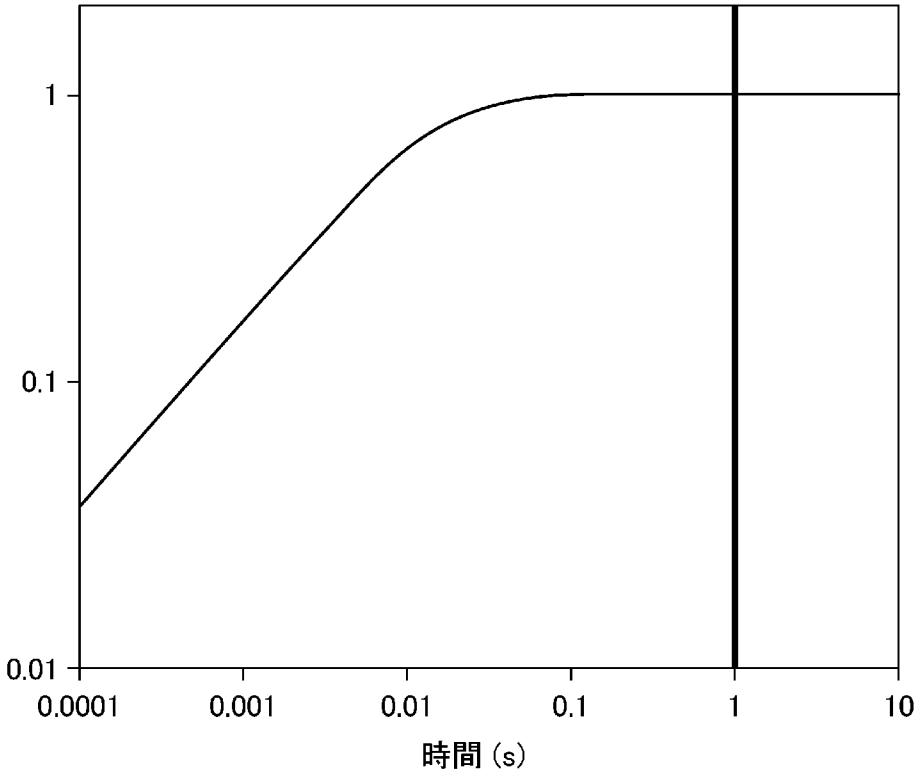
[図7]



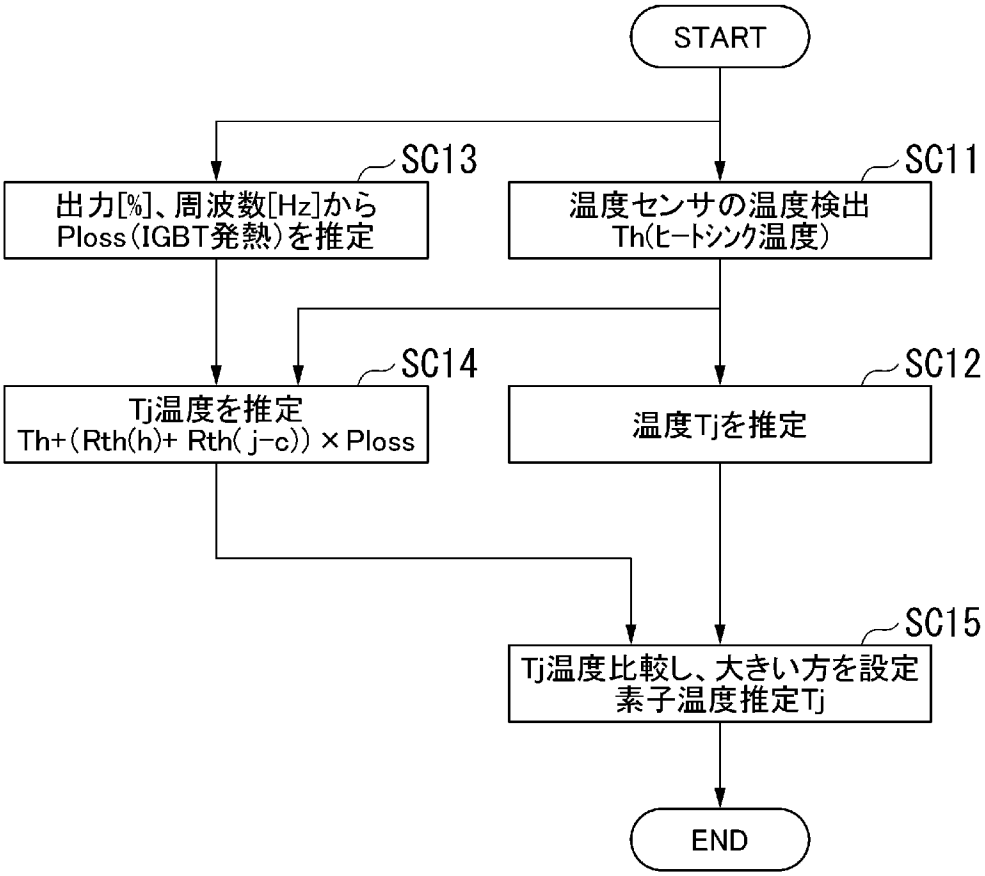
[図8]


I_load1
600
400
200
0
-200
-400
-600
Loss_Total
40K
30K
20K
10K
0K
Loss_ave
500
400
300
200
100
0
0.9
0.92
0.94
0.96
0.98
Time (s)

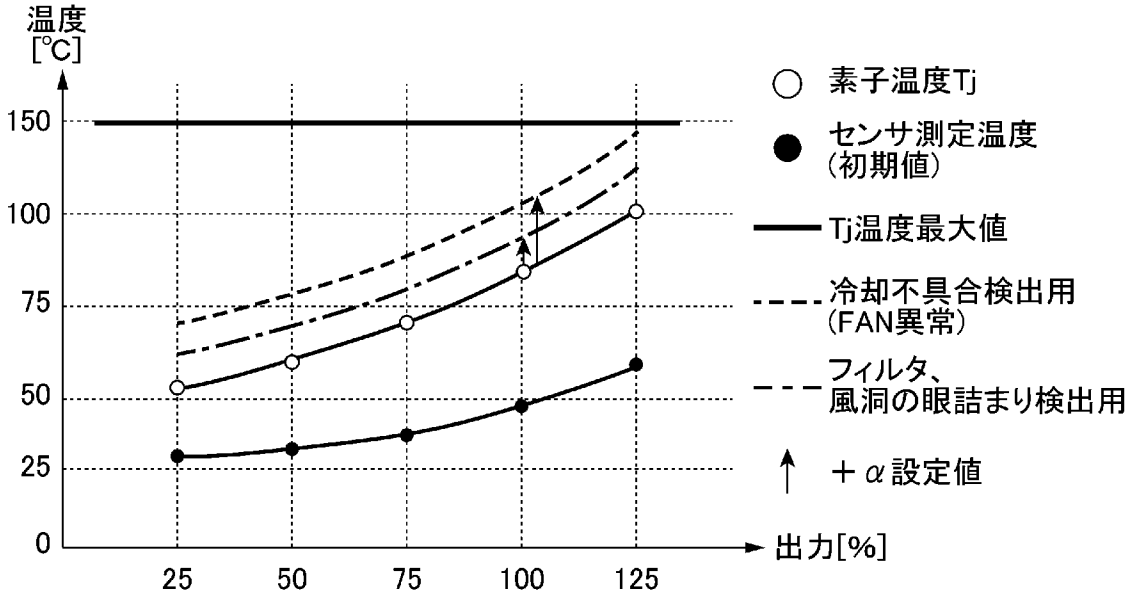
[図9]


1
0.1
0.01
0.0001
0.001
0.01
0.1
1
10
時間 (s)

[図10]


START
SC13
出力[%]、周波数[Hz]から
Ploss(IGBT発熱)を推定
SC11
温度センサの温度検出
Th(ヒートシンク温度)
SC14
Tj温度を推定
Th+(Rth(h)+ Rth(j-c)) × Ploss
SC12
温度Tjを推定
SC15
Tj温度比較し、大きい方を設定
素子温度推定Tj
END

[図11]


温度
[℃]
150
100
75
50
25
0
25
50
75
100
125
出力[%]
素子温度Tj
センサ測定温度
(初期値)
Tj温度最大値
冷却不具合検出用
(FAN異常)
フィルタ、
風洞の眼詰まり検出用
＋α設定値

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/012105

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/48(2007.01)i; ***H02M 1/00***(2007.01)i
FI: H02M7/48 M; H02M1/00

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)

H02M7/48; H02M1/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	WO 2019/198184 A1 (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 17 October 2019 (2019-10-17) paragraphs [0008]-[0033], [0069], [0073]-[0082], fig. 1-2, 13	1-2, 11-12
Y		3-10, 13-20
Y	JP 2005-124387 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO., LTD.) 12 May 2005 (2005-05-12) paragraphs [0021]-[0025], fig. 1	3-10, 13-20
Y	WO 2014/091852 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 19 June 2014 (2014-06-19) paragraphs [0025]-[0030], fig. 6	5-10, 15-20
Y	WO 2016/035187 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 10 March 2016 (2016-03-10) paragraphs [0025]-[0030], fig. 6	7, 17

☐ 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
10 May 2023	**23 May 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/012105

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2019/198184 A1	17 October 2019	US 2021/0044247 A1 paragraphs [0027]-[0049], [0085], [0089]-[0098], fig. 1-2, 13 EP 3780374 A1 CN 112042099 A	
JP 2005-124387 A	12 May 2005	(Family: none)	
WO 2014/091852 A1	19 June 2014	US 2015/0211938 A1 paragraphs [0042]-[0048], fig. 6 EP 2933618 A1 CN 104736981 A	
WO 2016/035187 A1	10 March 2016	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/012105

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H02M 7/48(2007.01)i; H02M 1/00(2007.01)i
FI: H02M7/48 M; H02M1/00

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））

H02M7/48; H02M1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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	WO 2019/198184 A1 (日産自動車株式会社) 17.10.2019 (2019-10-17) [0008]-[0033],[0069],[0073]-[0082],図1-2,13	1-2,11-12
Y		3-10,13-20
Y	JP 2005-124387 A (富士電機システムズ株式会社) 12.05.2005 (2005-05-12) [0021]-[0025],図1	3-10,13-20
Y	WO 2014/091852 A1 (富士電機株式会社) 19.06.2014 (2014-06-19) [0025]-[0030],図6	5-10,15-20
Y	WO 2016/035187 A1 (三菱電機株式会社) 10.03.2016 (2016-03-10) [0025]-[0030],図6	7,17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.05.2023	23.05.2023

名称及びあて先

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

権限のある職員（特許庁審査官）

佐藤　匡 5G 2573

電話番号 03-3581-1101 内線 3526

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/012105

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/198184 A1	17.10.2019	US 2021/0044247 A1 [0027]-[0049],[0085], [0089]-[0098],図1-2,13 EP 3780374 A1 CN 112042099 A	
JP 2005-124387 A	12.05.2005	（ファミリーなし）	
WO 2014/091852 A1	19.06.2014	US 2015/0211938 A1 [0042]-[0048],図6 EP 2933618 A1 CN 104736981 A	
WO 2016/035187 A1	10.03.2016	（ファミリーなし）	