

(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
2022年1月13日(13.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/009601 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 29/64 (2016.01) H02P 29/02 (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/022190

(22) 国際出願日: 2021年6月10日(10.06.2021)

(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 2020-116690 2020年7月6日(06.07.2020) JP

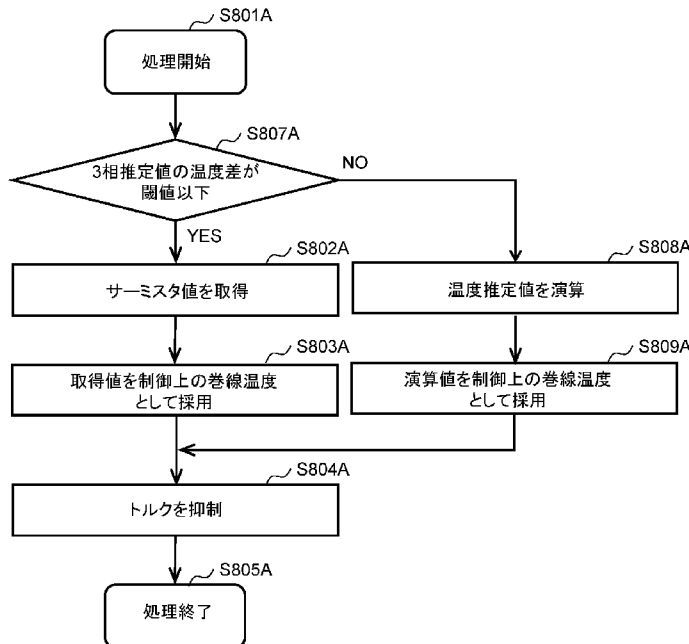
(71) 出願人: 日立 A s t e m o 株式会社(HITACHI
ASTEMO, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひ
たちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 小 林 祐 二 (KOBAYASHI, Yuji);
〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番
地 日立 A s t e m o 株式会社内 Ibaraki (JP). 齋
藤 泰行(SAITO, Yasuyuki); 〒3128503 茨城県ひ
たちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 A s t e m o
株式会社内 Ibaraki (JP). 新田 懐之(NITTA,
Takayuki); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場
2 5 2 0 番地 日立 A s t e m o 株式会社内
Ibaraki (JP). 青嶋 芳成(AOSHIMA, Yoshinori);
〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番
地 日立 A s t e m o 株式会社内 Ibaraki (JP).
竹本 寛之(TAKEMOTO, Hiroyuki); 〒3128503
茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立
A s t e m o 株式会社内 Ibaraki (JP).

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE AND MOTOR CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: モータ制御装置およびモータ制御方法

[図6]



S801A Process start
S802A Acquire thermistor value
S803A Employ acquired value as winding temperature for control
S804A Reduce torque
S805A Process end
S807A Temperature difference between three-phase estimated values is less than or equal to predetermined value
S808A Calculate estimated temperature value
S809A Employ calculated value as winding temperature for control

(57) Abstract: This motor control device is provided with three-phase motor windings and a thermistor that measures the temperature of the coil of any one or two of the three-phase motor windings, wherein the motor control device comprises a coil temperature estimation unit that calculates an estimated temperature of each of the three-phase coils on the basis of the values of the currents flowing through the three-phase motor windings. When the difference between the estimated temperatures of the three-phase motor windings is greater than a predetermined value, the motor is controlled on the

(74) 代理人: 特許業務法人サンネクスト国際特許事務所(SUNNEXT INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目 3 番 1 2 号 シーフォートスクエア センタービルディング 1 6 階 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

basis of the estimated temperatures of the three-phase motor windings, and when the difference between the estimated temperatures of the three-phase motor windings is less than or equal to the predetermined value, the motor is controlled on the basis of a value measured by the thermistor.

(57) 要約: モータ制御装置は、3相モータ巻線と、そのうちいずれか1つ又は2つのコイルの温度を測定するサーミスタと、を備えるモータ制御装置であって、前記3相モータ巻線に流れる電流値に基づき、3相のコイルの推定温度をそれぞれ算出するコイル温度推定部を備え、前記3相モータ巻線の推定温度間の差が所定値より大きい場合、前記3相モータ巻線の推定温度に基づいて前記モータを制御し、前記3相モータ巻線の推定温度間の差が前記所定値以下の場合、前記サーミスタの測定値に基づいて前記モータを制御する。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置およびモータ制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置およびモータ制御方法に関する。

背景技術

[0002] 本願発明の背景技術として、モータ制御においてのモータの温度推定に関して下記の特許文献1が知られている。特許文献1では、励磁コイルにおける複数の領域の温度分布または局所的な最大温度を推定する推定誤差補正器を有し、励磁コイルの温度分布を考慮した温度推定を精度良く行うことができる構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-058131号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の構成では、たとえば、モータのレイアウトによって三相すべてにセンサを取り付けられないときには、モータの回転が0rpm(r/min)の時には、三相電流の偏りによってU相、V相、W相それぞれの発熱量が異なることで温度差が生じるため、従来のサーミスタによる保護方法だけでは、モータの保護が困難である。

[0005] これを鑑みて本発明は、モータのU相、V相、W相のすべてにセンサを設けなくても、三相の過熱保護を可能にするモータ制御装置を提供することが課題であった。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明におけるモータ制御装置は、U相コイルとV相コイルとW相コイルとからなる3相モータ巻線と、前記3相モータ巻線のうちいずれか1つ又は2つのコイルの温度を測定するサーミスタと、を備えるモータを制御するモ

ータ制御装置であって、前記３相モータ巻線に流れる電流値に基づき、前記Ｕ相コイル、前記Ｖ相コイル及び前記Ｗ相コイルの推定温度をそれぞれ算出するコイル温度推定部を備え、前記３相モータ巻線の推定温度間の差が所定値より大きい場合、前記３相モータ巻線の推定温度に基づいて前記モータを制御し、前記３相モータ巻線の推定温度間の差が前記所定値以下の場合、前記サーミスタの測定値に基づいて前記モータを制御する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、モータのＵ相、Ｖ相、Ｗ相のすべてにセンサを設けなくても、三相の過熱保護を可能にするモータ制御装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本実施形態のモータを搭載したハイブリッド型電気自動車の概略構成図。

[図2]インバータ装置600の回路図。

[図3]本実施形態のモータの断面図。

[図4]温度推定演算に用いる熱回路の概略図。

[図5]サーミスタによる保護のみの場合のフローチャート。

[図6]サーミスタによる保護と温度推定演算を組み合わせ、その切り替わりの判定に３相推定値の温度差を用いた場合のフローチャート。

[図7]サーミスタによる保護と温度推定演算を組み合わせ、その切り替わりの判定に回転数と３相推定値の温度差を用いた場合のフローチャート。

[図8]サーミスタによる保護のみの場合の動作概略図。

[図9]サーミスタによる保護と温度推定演算による保護を組み合わせた場合の動作概略図。

[図10]モータのトルク回転数特性。

発明を実施するための形態

[0009] (第１の実施形態およびモータ制御装置の構成)

以下、図を参照して本発明を実施するための形態について説明する。図１は、本発明の一実施形態のモータを搭載したハイブリッド型電気自動車の概

略構成を示す図である。

- [0010] 車両１００には、エンジン１２０と第１のモータ２００と第２のモータ２０２とバッテリー１８０とが搭載されている。バッテリー１８０とモータ２００、２０２との間の直流電力の授受は、インバータ装置６００を介して行われ、バッテリー１８０は、モータ２００、２０２による駆動力が必要な場合には、モータ２００、２０２に直流電力を供給する。回生走行時には、バッテリー１８０は、逆にモータ２００、２０２から直流電力を取得する。
- [0011] 図示していないが、車両１００には低電圧電力（例えば、１４ボルト系電力）を供給するためのバッテリーが別に搭載されており、以下に説明する制御回路に直流電力を供給している。
- [0012] エンジン１２０およびモータ２００、２０２によって発生する回転トルクは、変速機１３０とデファレンシャルギア１６０を介して、前輪タイヤ１１０に伝達される。変速機１３０は、変速機制御装置１３４により制御される。エンジン１２０は、エンジン制御装置１２４により制御される。バッテリー１８０は、バッテリー制御装置１８４により制御される。変速機制御装置１３４、エンジン制御装置１２４、バッテリー制御装置１８４、インバータ装置６００および統合制御装置１７０は、通信回線１７４を介して接続されている。
- [0013] 高電圧であるバッテリー１８０は、リチウムイオン電池あるいはニッケル水素電池などの２次電池で構成され、２５０ボルトから６００ボルト、あるいはそれ以上の高電圧の直流電力を出力する。バッテリー制御装置１８４は、バッテリー１８０の充放電状況やバッテリー１８０を構成する各単位セル電池の状態を、通信回線１７４を介して統合制御装置１７０に出力している。
- [0014] 統合制御装置１７０は、変速機制御装置１３４、エンジン制御装置１２４、インバータ装置６００およびバッテリー制御装置１８４よりも上位の制御装置である。統合制御装置１７０は、変速機制御装置１３４、エンジン制御装置１２４、インバータ装置６００およびバッテリー制御装置１８４の各状態を表す情報を、通信回線１７４を介して受け取る。統合制御装置１７０は、取

得したそれらの情報に基づき制御指令を演算する。演算された制御指令は、通信回線 174 を介してそれぞれの装置 134, 124, 600, 184 へ送信される。

[0015] 統合制御装置 170 の制御指令演算について説明する。統合制御装置 170 は、バッテリー制御装置 184 からの情報に基づいてバッテリー 180 の充電が必要であると判断すると、インバータ装置 600 に発電運転の指示を出す。これにより、回生走行時にバッテリー 180 が、インバータ装置 600 から直流電力を取得できるようになる。また、統合制御装置 170 は、主に、エンジン 120 およびモータ 200, 202 の出力トルクの管理や、エンジン 120 の出力トルクとモータ 200, 202 の出力トルクとの総合トルク及びトルク分配比の演算処理を行う。この演算処理結果に基づく制御指令は、変速機制御装置 134, エンジン制御装置 124 およびインバータ装置 600 へ送信される。

[0016] インバータ装置 600 には、モータ 200, 202 を運転するためのインバータを構成するパワー半導体が設けられている。インバータ装置 600 は、統合制御装置 170 から受信したトルク指令に基づき、指令通りのトルク出力あるいは発電電力が発生するように、内部に備えている制御部により、パワー半導体のスイッチング動作を制御する。このパワー半導体のスイッチング動作により、モータ 200, 202 は電動機としてあるいは発電機として運転制御されている。

[0017] モータ 200, 202 を電動機として稼働させる場合は、高電圧のバッテリー 180 からの直流電力が、インバータ装置 600 のインバータの直流端子に供給される。インバータ装置 600 は、パワー半導体のスイッチング動作を制御することで、供給された直流電力を 3 相交流電力に変換し、モータ 200, 202 に供給する。これにより、モータ 200, 202 が電動機として機能する。

[0018] 一方、モータ 200, 202 を発電機として稼働させる場合は、回生走行時に前輪タイヤ 110 から加えられる回転トルクによって、モータ 200,

２０２に備えられている回転子が回転駆動される。これにより、モータ２００、２０２の固定子巻線に３相交流電力が発生する。発生した３相交流電力は、インバータ装置６００で直流電力に変換され、その直流電力が高電圧のバッテリー１８０に供給されることにより、バッテリー１８０が充電される。

[0019] 図２は、図１のインバータ装置６００の回路図である。

[0020] インバータ装置６００には、モータ２００を動作させるための第１のインバータ装置のパワーモジュール６１０と、モータ２０２を動作させるための第２のインバータ装置のパワーモジュール６２０とが回路接続されている。

[0021] パワーモジュール６１０、６２０は、それぞれバッテリー１８０から供給された直流電力を三相交流電力に変換し、その交流電力を対応するモータ２００、２０２の電機子巻線である固定子巻線に供給している。また、回生走行時には、パワーモジュール６１０、６２０は、モータ２００、２０２の固定子巻線に誘起された交流電力を直流電力に変換し、バッテリー１８０に供給している。

[0022] 第１のインバータ装置は、パワーモジュール６１０と、パワーモジュール６１０の各パワー半導体２１のスイッチング動作を制御する第１の駆動回路６５２と、モータ２００の電流を検知する電流センサ６６０とを備えている。駆動回路６５２はパワーモジュール６１０のスイッチング動作の駆動に関わる駆動回路基板６５０に設けられている。パワーモジュール６１０からモータ２００へ出力される三相交流電力を検知する電流センサ６６０は、３相それぞれに設けられてもよいし、制御可能な限り１相のみに設けてもよい。

[0023] 一方、第２のインバータ装置は、パワーモジュール６２０と、パワーモジュール６２０における各パワー半導体２１のスイッチング動作を制御する第２の駆動回路６５６と、モータ２０２の電流を検知する電流センサ６６２とを備えている。駆動回路６５６はパワーモジュール６２０のスイッチング動作の駆動に関わる駆動回路基板６５４に設けられている。パワーモジュール６２０からモータ２０２へ出力される三相交流電力を検知する電流センサ６６２は、３相それぞれに設けられてもよいし、制御可能な限り１相のみ設け

てもよい。

- [0024] パワーモジュール610、620は、3相ブリッジ回路を備えており、3相に対応した直列回路が、バッテリー180の正極側と負極側との間に、電氣的に並列に接続されている。各直列回路は、上アームを構成するパワー半導体21と下アームを構成するパワー半導体22とを備えている。
- [0025] 本実施形態では、スイッチング用パワー半導体素子として、パワー半導体21、22にIGBT（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）を用いている。IGBTは、コレクタ電極、エミッタ電極及びゲート電極の3つの電極を備えている。IGBTのコレクタ電極とエミッタ電極との間にはダイオード38が電氣的に接続されている。ダイオード38は、カソード電極及びアノード電極の2つの電極を備えており、IGBTのエミッタ電極からコレクタ電極に向かう方向が順方向となるように、カソード電極がIGBTのコレクタ電極に、アノード電極がIGBTのエミッタ電極に、それぞれ電氣的に接続されている。
- [0026] また、スイッチング用パワー半導体素子として、パワー半導体21、22にMOSFET（金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ）を用いてもよい。MOSFETは、ドレイン電極、ソース電極及びゲート電極の3つの電極を備えている。MOSFETの場合には、ソース電極とドレイン電極との間に、ドレイン電極からソース電極に向かう方向が順方向となる寄生ダイオードを備えている。そのため、ダイオード38を設ける必要がない。
- [0027] 各相のアームは、IGBTのエミッタ電極とIGBTのコレクタ電極とが電氣的に直列に接続されて構成されている。なお、本実施形態では、説明を簡単にするため、各相の各上下アームのIGBTを1つ図示して1個のパワー半導体としているが、制御する電流容量が大きいので、実際には複数のIGBTが電氣的に並列に接続されている構成である。
- [0028] 図2に示す例では、各相の各上下アームはそれぞれ3個のIGBTによって構成されている。各相の各上アームのIGBT21のコレクタ電極はバッテリー180の正極側に、各相の各下アームのIGBT22のソース電極はバ

ッテリ 180 の負極側にそれぞれ電氣的に接続されている。各相の各アームの midpoint（上アーム側 IGBT 21 のエミッタ電極と下アーム側 IGBT 22 のコレクタ電極との接続部分）は、対応するモータ 200, 202 の対応する相の電機子巻線（固定子巻線）に電氣的に接続されている。

[0029] 制御回路基板 646 に設けられた制御回路 648、コンデンサモジュール 630 およびコネクタ基板 642 に実装された送受信回路 644 は、第 1 のインバータ装置と第 2 のインバータ装置とで共通に使用される回路である。前述したスイッチング用パワー半導体素子 21, 22 は、それぞれに対応する駆動回路 652, 656 から出力された駆動信号によってパワーモジュール 610, 620 への入力を介して、動作する。

[0030] 駆動回路 652, 656 は、対応するインバータ装置 610, 620 を制御するための駆動部を構成しており、制御回路 648 から出力された制御信号に基づいて、IGBT 21 を駆動させるための駆動信号を発生する。駆動回路 652, 656 で発生した駆動信号は、それぞれに対応するパワーモジュール 610, 620 の各パワー半導体素子のゲートにそれぞれ出力される。駆動回路 652, 656 には、各相の各上下アームのゲートに供給する駆動信号を発生させる集積回路（IGBT）がそれぞれ 6 個設けられており、6 個の集積回路を 1 ブロックとして構成されている。

[0031] 制御回路 648 は、各インバータ装置 610, 620 の制御部であり、複数のスイッチング用パワー半導体素子を動作（オン・オフ）させるための制御信号（制御値）を演算するマイクロコンピュータによって構成されている。つまり、制御回路 648 を備えたインバータ装置 600 はモータ制御装置の役割を持つ。制御回路 648 には、上位制御装置からのトルク指令信号（トルク指令値）、電流センサ 660, 662 のセンサ出力、モータ 200, 202 に搭載された回転センサ（図示せず）のセンサ出力が入力される。制御回路 648 は、それらの入力信号に基づいて制御値を演算し、駆動回路 652, 656 にパワーモジュール 610 および 620 のスイッチングタイミングを制御するための制御信号を出力する。駆動回路 652, 656 は、そ

の制御信号に基づく駆動信号をパワーモジュール 610 および 620 に出力する。

[0032] コネクタ基板 642 に実装された送受信回路 644 は、インバータ装置 600 と外部の制御装置との間を電氣的に接続するためのもので、通信回線 174 を介して他の装置と情報の送受信を行う。コンデンサモジュール 630 は、IGBT 21 のスイッチング動作によって生じる直流電圧の変動を抑制するための平滑回路を構成するもので、第 1 のパワーモジュール 610 や第 2 のパワーモジュール 620 における直流側の端子に電氣的に並列に接続されている。

[0033] 図 3 は、図 1 のモータ 200 の r-z 断面図である。

[0034] モータ 200 とモータ 202 とはほぼ同じ構造を有しているが、以下に示す構造はモータ 200、202 の双方に採用されている必要はなく、一方だけに採用されていても良い。なお、以下ではモータ 200 の構造を代表例として説明する。

[0035] ハウジング 212 の内部には固定子 230 が保持されており、固定子 230 は固定子コア 232 と固定子巻線 238 とを備えている。固定子巻線 238 は、U 相コイルと V 相コイルと W 相コイルとからなる 3 相モータ巻線である。

[0036] シャフト 218 を基準にして径方向において、固定子コア 232 の内周側には、空隙 222 を介して回転子 280 が回転可能に保持されている。回転子 280 は、シャフト 218 に固定された回転子コア 282 と、永久磁石 284 と、非磁性体のあて板 226 とを備えている。

[0037] ハウジング 212 は、軸受 216 が設けられた一対のエンドブラケット 214 を有しており、シャフト 218 はこれらの軸受 216 により回転自在に保持されている。シャフト 218 には、回転子 280 の極の位置や回転速度を検出するレゾルバ 224 が設けられている。このレゾルバ 224 からの出力は、図 2 に示した制御回路 648 に取り込まれる。

[0038] 図 2 で前述したようにパワーモジュール 610 は、制御回路 648 から入

力された制御信号に基づきスイッチング動作を行い、バッテリー１８０から供給される直流電力を３相交流電力に変換する。この３相交流電力は図３に示した固定子巻線２３８に供給され、回転磁界が固定子２３０に発生する。３相交流電流の周波数はレゾルバ２２４の出力値に基づいて制御され、３相交流電流の回転子２８０に対する位相も同じくレゾルバ２２４の出力値に基づいて制御される。

[0039] モータ２００は、各部品が耐熱温度を超えないように保護機能が設けられている。その保護方法は、主に温度センサであるサーミスタ２４４により実温度を監視して保護する方法と、後述の熱回路等を組み込んだ温度推定演算による推定温度を監視して保護する方法と、があげられる。

[0040] サーミスタ２４４による保護方法は、保護したい部品に直接サーミスタ２４４を取り付けて実温度を監視する。サーミスタ２４４は、発熱量の大きい固定子巻線２３８の各Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相の３相に１つずつ取り付けてコイルの温度を測定しても良いし、２相に１つずつ取り付けて測定しても良い。また、コストやレイアウト面で制御の簡易化を考えた場合、最高温度部位となりやすい固定子巻線２３８の１相だけにサーミスタ２４４を取り付けてコイルの温度を測定しても良いし、１相に対して複数取り付けて測定しても良い。また、その中でも固定子巻線２３８の結線方法にスター結線を用いた場合は中性点に取り付けてコイルの温度を測定しても良いし、各部品の温度保護が可能であれば固定子巻線２３８以外の部品に複数取り付けて測定しても問題ない。なお、本発明の説明では、Ｖ相に１つだけサーミスタ２４４を取り付けた場合のモータ保護方法とする。

[0041] また、固定子巻線２３８は部品内において温度勾配ができるため、モータ２００の内部のレイアウトが許容される限り、温度が高くなる部位にサーミスタ２４４を取り付けた方がより精度の良い保護が可能となる。熱回路等を組み込んだ温度推定演算による推定温度を監視して保護する方法は後述する。

[0042] 図４は、温度推定演算による推定温度を監視して保護する方法で用いられ

る熱回路の概略図である。

[0043] 制御回路648の温度推定値の演算は、インバータ装置600の電流センサ660、662で読み取った電流値で発熱量を算出している。つまり、制御回路648は、3相モータ巻線238に流れる電流値に基づき、熱回路700の各ノードに発熱量を入力し、各熱抵抗706、707、708および各ノード701、702、703、704に設定する熱容量に基づいて、U相、V相、W相の固定子巻線238、固定子コア232の温度を推定演算するコイル温度推定部である。

[0044] 熱回路700の構成を説明する。熱回路700は、U相巻線ノード701、V相巻線ノード702、W相巻線ノード703、固定子コアノード704、冷却源ノード705と、U相巻線ノード701とV相巻線ノード702とW相巻線ノード703との巻線間をつなぐ巻線間熱抵抗706、各相巻線ノード701、702、703と固定子コアノード704とつなぐ巻線-固定子コア間熱抵抗707、固定子コアノード704と冷却源ノード705をつなぐ固定子コア-冷却源間熱抵抗708から構成された熱回路となっている。

[0045] 本実施形態では、ハウジング内に水路を設けた水冷方式の場合の熱回路700となっている。そのため、熱回路700は、冷却源ノード705が固定子コアノード704とつながるように回路が組まれている。固定子巻線を直接冷却する油冷方式を用いる場合は、冷却源ノード705を各相の巻線ノード701～703や固定子コアノード704につながるように設定すればよい。水冷と油冷以外の冷却源を用いる場合は、熱回路700にそれに応じた冷却源ノード705を設定することで、同様の演算が可能となる。

[0046] 本実施形態では、制御上の負荷を極力抑えるため、演算するノードの数を極力抑えているが、制御上の容量余力があるならば、より精度を良くするために、巻線ノード701～703や固定子コアノード704を更に分割したり、巻線ノード701～703や固定子コアノード704以外の部品ノードを追加したりしても良いし、他に保護したい部品があればその都度ノード追

加して拡張しても良い。ただ、演算する項目が増えるほど制御上の容量が大きくなるため、保護したい必要最低限のノードにする方が望ましい。

[0047] 熱回路700を用いた温度推定演算について説明する。なお、ここでは、モータ200を代表例にして説明する。モータ200の発熱量は、モータ200の入力からモータ200の出力を差し引いた値である損失と同じ意味（モータ200の発熱量＝モータ200の損失）である。熱回路700に設定する損失は、トルクと回転数からなる損失マップを用いる。これにより、上位の制御装置からくるトルク指令やレゾルバ224で読み取った回転数からマップを呼び出してくる方法や、インバータ装置600につけている電流センサ660から読み取った電流値を用いて算出する方法を利用できる。

[0048] 損失マップを用いる場合は、磁場解析等の計算から求めた損失の値を用いても良いし、実測した損失を設定しても良い。損失マップは、磁場解析等の計算を用いる場合は各部損失を分離できる利点はあるが、実測との差異が生まれる可能性がある欠点がある。また、実測を用いる場合は実際に発生している損失を用いることができる利点はあるが、各種センサから読み取れる値からは固定子巻線238に発生する銅損とそれ以外の損失とにしか分離できない欠点がある。

[0049] そのため、両者の利点を持ち寄って各部の損失を算出すると良い。例えば、計算の損失比率を実測にあてはめて損失分離をしても良いし、実測結果をもとに計算の合わせこみをして計算のみで算出しても良い。実測を用いた前者の方が実測値を用いているため、より高い精度を望むことができる。

[0050] インバータ装置600につけている電流センサ660から読み取った電流値を用いる場合は、電流センサ660から読み取った値をそのまま適用しても良いし、集積した電流値を二乗平均した値や二乗平均平方根を用いても良い。また、電流センサ660を1相または2相だけにつけた場合においては、固定子巻線の3相の電氣的な位相差は120°であることから、レゾルバ224の角度情報により電流センサ660をつけていないその他の相の電流値を推定して演算することが可能となる。

[0051] また、電流センサ 660 の値をそのまま使わず、モータ 200, 202 の制御上で使用する 2 相－3 相変換された d 軸電流と q 軸電流の指令値または実値と、レゾルバ 224 の角度情報を基に 3 相に振り分けても良い。このように取得した電流値と固定子巻線 238 の抵抗値から銅損の値が算出される。

[0052] その他の鉄損等の損失については、前述した損失マップのその他鉄損等の損失のみにしたマップを持っても良いし、その他鉄損等の損失を考えて熱抵抗を大き目に設定しても良い。また、簡易的に電流に対する数式を組み込んでも良いし、温度推定演算を入れる領域がその他鉄損等の損失が小さい低回転領域のみであるならば銅損だけ加味しても良い。その他鉄損等の損失を加味した方が精度良く推定演算はできるが、制御上の負荷を考えて取捨選択する方が望ましい。

[0053] 各熱抵抗 706、707、708 および各ノード 701、702、703、704 に設定する熱容量は、部品の密度、熱伝導率、比熱等の物性値から計算して設定しても良いし、実測した熱抵抗・熱容量を用いても良いし、実測の温度に基づいて合わせ込みをした値を設定しても良い。ただし、実際の浸透度合いが把握しにくい固定子巻線 238 と固定子コア 232 とを固定するワニスの量を、計算で熱容量をすべて算出することは困難である。そのため、実測に基づいて計算と合わせ込みをした値を設定した方がより高い精度を望める。実測と計算の合わせ込みの場合は、温度保護や同一動作点においてトルク制限がかかるまでの動作したい時間次第でどのような値でも問題ない。例えば、サーミスタ 244 と同じ温度になるように演算値を調整すると、サーミスタ 244 による保護と温度推定演算による保護を組み合わせた際に、その切り替わりで温度段差ができないことで、満足のいく結果になりやすい利点がある。

[0054] 各ノードの温度演算について、巻線ノード 701、702、703、固定子コアノード 704 の温度は演算をするが、冷却源ノード 705 の温度は、例えばハウジング内に水路を設けた水冷方式の場合、冷却水である LLC (Lo

ng Life Coolant)を循環させるポンプで測った温度でも、モータやインバータ装置に取り付けた水温センサの温度でも良いし、パワーモジュールの温度保護用に取り付けた温度センサから推定した水温でも良いし、保護できる限り任意の値で固定としても良い。ただし、この場合も前述の方法と同様に、過保護にならないために可能な限り実水温となる温度を使用した方が望ましい。A T F (Automatic Transmission Fluid)による油冷方式の場合も同様に、循環装置があればそこに温度センサをつけたり、モータ 2 0 0 の内部に温度センサをつけたりしてもよいし、固定値としても良い。他冷却方式も同様に温度センサを用いたり、固定値として熱回路に組み込んだりしても良い。

[0055] 各ノードの温度演算は、直接温度を測った値を用いる方がより良い精度を得られるが、レイアウトやコストとトレードオフとなるため、過熱保護機能として余力があるのであれば固定値や別の温度センサから推定する方が望ましい。

[0056] 温度推定演算の周期は、制御上の負荷が問題無い限り極力短くした方が精度が良いが、モータ 2 0 0 の回転の周波数（周期）と演算周期が同期した場合、疑似的に回転していない状態に等しくなり、これにより誤作動する可能性がある。そのため、モータ 2 0 0 の固定子巻線 2 3 8 に流れる正弦波電流の形状を構成できるように、温度推定演算を行う範囲の最高回転数における電氣的な 1 周期中で 5 回演算以上できるような周期とすることが望ましい。

[0057] その他に温度推定する方法として、熱回路 7 0 0 を組まず、水冷の場合は L L C 温度を監視し、A T F を用いた油冷の場合は A T F 温度を監視して巻線温度を推定する方法も採用できる。ただし、直接温度を推定するわけではないので、過保護よりに設定する必要がある。

[0058] 図 5 は、従来技術である、温度保護にサーミスタのみを用いた場合のフローチャートとなる。

[0059] ステップ S 8 0 1 において、インバータ装置 6 0 0 の電源が O N となったときに処理は開始される。ステップ S 8 0 2 でインバータ装置 6 0 0 の制御回路 6 4 8 に設定した時間間隔で、サーミスタ値を取得する。

- [0060] ステップS 8 0 3で取得されたサーミスタ値は、インバータ装置6 0 0に組み込まれた制御上の保護機能に使う、巻線温度に採用される。ステップS 8 0 4で、この巻線温度の値がトルク制限閾値を超えた場合、トルクを保護可能な範囲まで抑制して固定子巻線2 3 8の耐熱温度を超えないように、制御回路6 4 8が電力変換装置6 0 0を制御する。ステップS 8 0 5で処理を終了するが、インバータ装置6 0 0の電源がONである限り、この処理は行われ続ける。
- [0061] 固定子巻線2 3 8の発熱は、3相交流電流の二乗に比例し、3相交流電流とトルクは比例関係にあるため、トルク制限閾値を超えた場合、トルク指令を連続で運転可能なトルクまで下げることによって固定子巻線2 3 8の温度を下げ、保護することが多い。トルク指令変化レートは、耐熱温度や車両の挙動を考慮して設定した方がよい。
- [0062] 従来技術は、サーミスタ2 4 4だけを用いる場合、実温度を使って保護をかけられることが利点ではあるが、課題として、レイアウトの制約でサーミスタ2 4 4が1つしかつけられず、かつ3相のうち1相しか付けられない場合は、保護が困難となる。
- [0063] 図5で示したフローチャートは、温度推定による保護のみの場合においても適用できる。この場合、図5のフローチャートはサーミスタ値の取得が温度推定演算となる点が異なるだけで処理のフローチャートは同様のものとなる。温度推定演算でのトルク指令を抑制する判断は、サーミスタ2 4 4による保護と同様であり、3相のいずれかの温度推定値がトルク制限閾値を超えた場合にトルク指令を抑制して耐熱温度を超えないように制御する。
- [0064] 温度推定による保護方法は、3相それぞれを演算できることからサーミスタ2 4 4を1相にしかつけられず、回転していないとき(3相巻線の温度偏りがでるとき)に有効となる。しかし、電流センサ等の誤差が含まれるため、その誤差分を考慮してモータ2 0 0、2 0 2の出力を落とすような過保護な措置を取らないと、保護できない可能性がある。そうすることで、モータ2 0 0、2 0 2の出力にも悪影響がある。

- [0065] ここで、サーミスタ244による保護、温度推定演算による保護はいずれも利点があるため、どちらかに限定せず2つの保護方法を適用することで課題を解決することが本発明の主旨である。これにより、従来よりも広い出力範囲で過保護になりすぎないような動作が可能となる。
- [0066] 図6は、サーミスタによる保護と温度推定演算による保護とを組み合わせ、その切り替わりの判定に3相推定値の温度差を用いた場合のフローチャートである。
- [0067] S801Aで、インバータ装置600の電源がONになったときに処理は開始される。まず、ステップS807Aで、相巻線の推定値を取得し、その温度差が所定の温度以内、つまり所定の閾値以下かどうかを確認する。この取得した相巻線の推定値は、この時点でサーミスタ244で検知した温度を初期値としている。推定値が、閾値以下であれば、サーミスタ244による保護として、ステップS802Aでサーミスタ244の値を改めて取得し、ステップS803Aでその値を制御上の巻線温度に採用する。
- [0068] 本実施形態では温度推定演算がONとなったときの推定値の初期値をサーミスタ244の温度としているが、サーミスタ244による保護期間中もバックグラウンドで推定演算をして、保護方法が切り替わった際に、トルク制限をかける温度の判定を検知した値から推定値に切り替える方法でも良い。この場合、温度推定演算はセンサ誤差が集積する可能性があるため、精度が良くするために一定期間でサーミスタ温度760に戻るようリセットすることが望ましい。
- [0069] 一方でステップS807Aで、閾値以上である場合は、温度推定演算による保護として、ステップS808Aで温度推定値を演算し、ステップS809Aでその演算値を制御上の巻線温度に採用する。制御回路648は、採用した巻線温度の値により保護要否を判断し、トルク制限閾値を超えた場合、ステップS804Aでトルクを抑制して温度保護をする。インバータ装置600の電源がONである限り、この一連の処理は行われ続ける。
- [0070] このように2つの保護方法を所定の閾値で切り替えて用いることで、それ

ぞれの保護方法の利点を活用することができ、サーミスタ 244 を 3 相のうち 1 相または 2 相にしか取り付けられない場合において、固定子巻線 238 の 3 相に温度差がある場合においても保護が可能となる。

[0071] また、サーミスタ 244 を 3 相とも付けた場合においても、モータ 200 が停止している時 (0 r/min) の発熱量は、最大で回転時の 2 倍の損失 (電流ピークは実効値の $\sqrt{2}$ 倍、銅損は $R I^2$ のため) が発生するため、時定数のあるサーミスタ 244 のみで保護する場合は回転時よりも余力を持たせる必要があるが、温度推定演算では時定数を持たせても持たせなくても良い。つまり、温度推定演算において時定数を任意に設定できるため、サーミスタ 244 を 3 つ取り付けたとしても、極低速時に温度推定演算を用いることで余力を削ることができ、従来サーミスタ 244 だけによる温度保護よりも高い性能を持たせることが可能となる。

[0072] 図 7 は、サーミスタによる保護と温度推定演算による保護を組み合わせた場合において、回転数の閾値を追加した場合のフローチャートとなる。

[0073] ステップ S801B でインバータ装置 600 の電源が ON になったときに処理は開始される。ステップ S806B で、まずレゾルバ 224 からモータ 200、202 の回転数を読み取り、読み取った回転数が所定の閾値以上であるかどうかを判断する。ステップ S806B で、回転数が閾値以下であれば、コイル温度推定値による保護に移る。つまり、ステップ S808B に進み、温度推定値を取得し、その値を制御上の巻線温度に採用し、温度推定演算をする。ステップ S804B で採用した巻線温度の値により保護要否を判断し、トルク制限閾値を超えた場合、トルクを抑制して温度保護をする。ステップ S805B で処理を完了するが、インバータ装置 600 の電源が ON である限り、この処理は行われ続ける。このフローチャートは、ステップ S806B で回転数が閾値以上であった場合は、ステップ S807B 以下のフローは図 7 のフローチャートと同様である。

[0074] このように、回転数の閾値を設けることで、サーミスタ 244 による保護と温度推定演算による保護との領域分けを容易にすることができる。例えば

、温度推定演算に切り替わったときに初期値をサーミスタ温度とすることで温度推定演算の誤差要因（電流センサ誤差等）を最小限に抑えることができ、より良い精度で過熱保護が可能となる。

[0075] 図8は、温度保護機能としてサーミスタのみを用いて、V相巻線に取り付けた場合の動作の概略図である。

[0076] サーミスタ244を1相にしか付けられない場合でも温度保護可能かを検証する。サーミスタ244はオープン側のコイルエンドのV相のコイルに取り付けられるが、前述したようにモータ200、202の回転が0rpmであるときに三相電流の偏りにより、三相に温度差が生じて、保護できない可能性がある。

[0077] 例えばこの場合、三相の温度が不平衡状態になるが、保護できるようにトルク制限ONの閾値を回転時よりも下げることで一応の対応ができる。回転数が0rpmになったときに、トルクはトルク制限ON閾値をこえているためこれによりトルクは制限されていく。しかし、再び回転が始まった時に三相温度はそのまま変わらず不平衡状態であるため、トルク制限がかかる温度では保護できる管理温度を超える可能性がある。

[0078] より具体的に温度保護機能としてサーミスタのみを用いた制御を、図8(a)～(d)を用いて説明する。なお、図8(a)～(d)は同時間で稼働している様子を表している。

[0079] 図8(a)では、トルク750と回転数751の挙動を示している。ここでは、トルク指令は一定(後述する図8(d)で巻線温度がトルク制限ON閾値761を超え、トルク制限OFF閾値762を下回るまでの範囲を除く)となっている。時刻t1は、モータ200、202が回転から停止へ移行する境目の時刻、時刻t2は、モータ200、202が停止から回転へ移行する境目の時刻である。モータ200、202の回転は、領域Aにおいて回転状態から徐々に回転数を下げることで、領域Bでは回転が停止している状態となる。そして、領域Cにおいて、停止状態から再度回転させ元の回転数まで回転状態が戻るという動作を表している。

[0080] 図8(b)は、図8(a)の動作中の3相巻線の電流を示している。回転している状態の領域A、Cにおいては、電氣的に120°位相差をもってU相電流752、V相電流753、W相電流754が正弦波状に流れ、領域Bではサーミスタ244をとりつけているV相電流753が0Aになったときに回転が停止し、領域Cで再度回転し始めて正弦波状の電流が流れている状態に戻る。なお、電流の周波数は回転数751に応じて変化するが図8(b)では回転しているときと停止しているときの状態がわかるように回転数751に応じた詳細な周波数変化は省略した。

[0081] 図8(c)は発熱量(銅損)を示している。図8(c)には回転時の巻線の銅損755、停止時のU相、W相の巻線の銅損756、停止時のV相の巻線の銅損757が示されている。このグラフにおいて、電流ピーク時の発熱量は100Wと仮定している。

[0082] 銅損は巻線抵抗と電流の二乗で値が決まるため、例えば、正弦波のピーク時の発熱量が100Wとすると、回転しているときの領域A、Cの電流は正弦波の実効値で考えて50Wとなる。

[0083] 停止時の領域Bは停止した瞬間に、電流位相に応じて電流値が固定となるため、巻線ごとに発熱量が異なる。図8(c)の場合、V相の電流値が0Aの時に、U相、W相の電流値が同一となり、このときの位相ではU、W相巻線756は75W(過熱保護時は仮に45Wとなるようにトルクを制限)となる。なお、V相巻線757は0Wではあるが、U相、V相、W相巻線は機械的に近い位置関係にあるため、各相間の伝熱による温度上昇はある。

[0084] 図8(d)は、モータの回転停止によって、U相、V相、W相巻線の温度上昇の様子およびトルク制限ON閾値761、トルク制限OFF閾値762を示している。なお、図8(d)では、U、W相巻線の温度759とV相巻線の温度760発熱量に差が出てしまう停止時の領域Bでは、3相温度が不平衡状態でも保護できるように、トルク制限ON閾値761とトルク制限OFF閾値762が、領域A、Cに比べて下げられている。

[0085] 図8(d)に示すように、領域Bにおいてモータ200、202の回転が

停止した状態での発熱量の違いから、U相W相の温度がトルク制限ON閾値761、トルク制限OFF閾値762を跨がない状態になっている。このため、U相W相の温度とV相の温度との差が生じている。

[0086] 監視しているV相巻線に取り付けたサーミスタ244の温度760が、トルク制限ON閾値761を超えるとトルク制限がかかり、トルク制限OFF閾値762を下回るとトルク制限が解除されて元のトルク指令に戻る。

[0087] 領域Aでの各相の温度上昇を見ると、U相、V相、W相の発熱量は同一のため、巻線の温度(回転時)758は3相ともに同一となる。しかし、領域Bに入ると、回転数が0/minになることに対応してトルク制限ON閾値761が変わるため、領域Bに入ると同時にトルク制限がかかる。これにより領域Bの間では、トルク制限ONとOFFが繰り返される。

[0088] 領域Cに入り再びモータ200、202が回転し始めると、トルク制限ON閾値761とトルク制限OFF閾762は領域Aの回転時の閾値に戻るため、3相巻線の温度差を保ったまま、トルク制限がOFFとなる。

[0089] しかし、このようにすると、領域Cの回転時においてV相巻線の温度760が低く、U相W相巻線の温度759が高い温度差がある状態のまま、トルク制限がOFFとなる。そのため、サーミスタが取り付けられているV相巻線の温度がトルク制限ON閾値761に到達する温度の時には、U相、W相巻線の温度759は耐熱温度を超えてしまう可能性がある。つまり、再び回転が始まったとき、3相の温度が不平衡状態になる。

[0090] よって、領域CではU相W相の温度とV相の温度との差が解消できないまま、モータの回転を始めることになり、その後のトルク制限のかかる温度では、管理温度を超える可能性があるため、1相だけにサーミスタ244を付けた場合は保護できない可能性がある。

[0091] このように、回転時と停止時でトルク制限ON閾値とトルク制限OFF閾値を分けた場合、それぞれの動作のみでは保護できるが、回転と停止を繰り返すような複雑なプロファイルで動作したときに保護が困難となる。また、このような閾値の切り替わりは切り替わった瞬間にトルク制限がOFFとな

ることでトルク変動が起こるため、不安定な動作となることから好ましくない。

[0092] 別の方法として、停止時はトルク制限ON閾値やトルク制限OFF閾値を設けず、停止したときからタイマーを使って任意の秒数を超えた場合トルク制限をかけ、任意の秒数を制限したらトルク制限をOFFにする方法がある。しかしこの場合では、指令されるトルク次第で温度変化は異なることから、いつでも保護可能にするためにはタイマーの時間を長くしなければいけないため過保護な設計にしなければならない。

[0093] その他の方法として、保護が容易になるようにサーミスタ244を各相少なくとも1つずつ取り付ける方法や、サーミスタ244を3相が電氣的につながっている中性線コイルに取り付ける方法が考えられる。しかし、前述したようにサーミスタ244を複数設けるとコスト・レイアウトに大きくなる懸念がある。

[0094] また、中性線へのサーミスタ244の取り付けは、中性線が電氣的に3相がつながっている箇所でありサーミスタ244取付のレイアウト時の負担は前述した方法に比べて軽減されるが、機械的にはある程度の距離があり部品の熱伝導を考えると、温度が高くなる相の温度は正確には把握できないことがあるため、過保護になるようなトルク制限閾値が設定される課題が残る。

[0095] 図9は、本発明の一実施形態であるサーミスタによる保護と温度推定演算による保護を組み合わせた場合の動作概略図である。

[0096] 図9(a)では、トルク750と回転数751の推移を表している。なお、図9(a)は図6のフローチャートだけを意図したものではなく、図7のステップS806Bの判定で回転数による保護方法の選択も意図しているため、温度推定ON閾値(回転数)767、温度推定OFF閾値(回転数)768も示されている。

[0097] 図9(b)では、図9(a)のトルク750と回転数751の推移に伴い、U、W相巻線温度推定値764、V相巻線温度推定値765の推移が表されており、トルク制限ON閾値761、トルク制限OFF閾値762が示さ

れている。

[0098] 図9(c)では、図9(b)を踏まえた3相推定値温度差766と、温度推定OFF閾値(3相推定値温度差)769が示されている。なお、本実施形態では、温度推定演算の各熱抵抗および熱容量は、サーミスタ温度752と3相推定値が同等になるように調整した場合の動作となる。

[0099] 図9(a)～(c)について、図7のフローチャートを交えながら説明をする。図9(a)の領域Dでは、温度推定演算ON閾値(回転数)767より上の回転数751の状態となっており、この状態でサーミスタ244から読み取った温度により後述の保護の判定を行う。この読み取った温度は、この範囲では、図9(b)に示す通り、サーミスタ温度760がトルク制限ON閾値761まで到達していないため、トルク制限はかかっていない。

[0100] 図9(a)の温度推定演算を開始する制御回路648は、温度推定演算ON閾値(回転数)767を用いて、レゾルバ224から読み取ったモータ回転数がこの閾値以下であるかどうかにより保護方法を判定する。時刻t3で所定のモータ回転数以下となったときに、図7のステップS806Bに示すように、サーミスタ244を使った保護から温度推定演算による保護へ切り替わる。

[0101] 領域Eでは、温度推定演算が始まり、回転している間は3相の温度推定値は同じ温度の推移となる。回転が0r/minになると3相の電流値に差が出るため(発熱量の差が出る)、図9(a)のV相が時刻t4で0Aとなる回転角度で、回転数751が0r/minになった場合の動作では、図9(b)に示すようにV相巻線の温度は上がりにくく、U相とW相巻線は回転時よりも温度上昇の傾きが大きくなる。温度推定演算では3相巻線いずれかの温度推定値でもトルク制限ON閾値761を超えればトルク制限をかけるため、U相、W相巻線温度推定値764でトルク制限をかける動作となっている。また、この時のV相とU、W相の温度差を示す図9(c)では発熱量の差に従って、3相推定値温度差766の値も大きく推移する。

[0102] 時刻t5において再び回転し始め、領域Fでは回転数751は温度推定ON

F F 閾値（回転数）768を超えているが、図9（c）でわかるように、3相推定値温度差766が温度推定値OFF閾値（3相温度推定値温度差）769より大きい。そのため、保護の切り替えを行わずに温度推定演算による保護が継続される。

[0103] 時刻t6において3相推定値温度差766が、温度推定値OFF閾値（3相温度推定値温度差）769以下となる。これにより、回転数と3相温度推定値温度差の2つの温度推定OFF閾値を満たし、3相の推定値の温度差が所定の温度以内になったため、時刻t6で、温度推定による保護からサーミスタ244による保護に切り替わる。図9（b）に示すように、このあとは領域Gの挙動となる。なお、この後、再び回転数751が温度推定ON閾値（回転数）767を再び下回る、つまり、所定の回転数を下回ることになれば、保護方法がサーミスタ244から温度推定に切り替わり、再度、温度推定制御による温度推定演算の保護方法を実施する。

[0104] 本発明は、温度上昇の違いがあった場合においても過熱保護可能であることである。サーミスタ244はV相温度のみを監視しているため、ストール（失速）時の保護は困難である。サーミスタ244に代わって、熱回路700によるU相、V相、W相の3相分の温度推定行うことで温度保護を実施する。本発明は、温度推定の熱回路700によって各部品の温度を推定し、熱容量及び熱抵抗は実温度に合うように調整する。そして、3相の推定値の温度差が所定の温度以内になると温度推定からサーミスタ244の温度計測に切り替わる構成になっている。

[0105] つまり、所定の回転数以上の領域ではサーミスタ244による保護となり、かつ三相の推定値の温度差が所定の温度差以内であれば、その温度推定制御を継続し、回転を再び始めてからも保護することが可能になっている。温度推定は3相の温度を演算するため、図8（c）のようにトルク制限ON閾値を変更することなく、モータ200、202の保護が可能である。

[0106] 温度推定ON、OFFの閾値を温度推定値温度差のみにする方法でも可能である、常にサーミスタ温度と温度推定値を監視し続け、温度推定値の3相

温度差がなければサーミスタ温度でトルク制限ON・OFFを判定し、温度推定値の3相温度差が出始めた時点で温度推定値でトルク制限ON・OFFを判定するように切り替えても良い。この場合、前述したように回転時はサーミスタ温度と同じ温度推移となることや、温度推定演算の誤差を考慮して、温度推定値はある周期でサーミスタ温度の値にリセットするとより良い精度を保つことが可能となる。

[0107] 図10は、モータのトルク回転数特性を示した図となる。

[0108] 一般的に、車両が進行方向に回転力を出したい場合はバッテリー電圧>モータの電圧となるように制御し、モータに電流が流れるように調整する。モータの電圧は回転数に比例するため、バッテリー電圧を超えないように弱め界磁制御を行う。

[0109] サーミスタ244による保護と温度推定演算による保護の切り替わりの閾値について、図9(a)に示した、温度推定ON閾値(回転数)767と温度推定OFF閾値(回転数)768は、レゾルバ224の回転数読み取り誤差より大きい値にした方が、閾値付近で動作したときに保護方法の切り替わりが頻繁に行われなくなるので望ましい。図4の温度推定演算に用いる熱回路700の構成次第で精度は変わるが、モータの発熱量の中でも銅損が支配的な低回転領域では、簡易的な熱回路でも良い精度を保ちやすいため、制御上負荷を減らす場合には回転数閾値は低めが望ましい。

[0110] 例えば、最大トルクが出る中で一番回転数の高い基底回転数770を設定したとき、トルクが大きいほど銅損が高くなり、回転数が大きいほど鉄損が大きくなることを考慮して、車両において渋滞時の時速10~20kmでも温度推定演算から抜け出せるような判定閾値を、モータの回転数以下またはトルク値以下に設定しても良い。

[0111] また、3相推定値温度差の閾値の設定は、演算に用いられる電流センサの誤差や温度推定演算の誤差を踏まえて極力小さくした方が、切り替わった際のサーミスタとの誤差が減るため望ましい。

[0112] このように、切り替わり方法として回転数および3相推定値の温度差を設

けることで、サーミスタ 244 を取り付け箇所が 1 相のみであっても保護可能となる。また 3 相に 1 つずつサーミスタ 244 を取り付けただけの場合でも、停止時により高い精度で温度保護が可能となる。

[0113] 以上、本実施形態では、磁石を回転子内に埋め込んだ埋込磁石型のモータ 200、202 の例となるが、これに限らず回転子の表面に張り付けた表面磁石型や、永久磁石を用いない回転子の構造によりリタクタンストルクのみを活用したモータや、誘導機等、温度保護が必要となるモータであれば適用可能な保護機能となる。

[0114] 以上説明した本発明の一実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

[0115] (1) モータ制御装置 600 は、U 相コイルと V 相コイルと W 相コイルとからなる 3 相モータ巻線 238 と、3 相モータ巻線 238 のうちいずれか 1 つ又は 2 つのコイルの温度を測定するサーミスタ 244 と、を備えるモータ 200 (202) を制御するモータ制御装置であって、3 相モータ巻線 238 に流れる電流値に基づき、U 相コイル、V 相コイル及び W 相コイルの推定温度をそれぞれ算出するコイル温度推定部 (制御回路 648) を備え、3 相モータ巻線 238 の推定温度間の差が所定値より大きい場合、3 相モータ巻線 238 の推定温度に基づいてモータ 200 (202) を制御し、3 相モータ巻線 238 の推定温度間の差が所定値以下の場合、サーミスタ 244 の測定値に基づいてモータ 200 (202) を制御する。このようにしたので、モータの U 相、V 相、W 相すべてにセンサを設けなくても、三相の過熱保護を可能にするモータ制御装置を提供できる。

[0116] (2) モータ制御装置 600 の 3 相モータ巻線 238 の推定温度間の差が所定値以下、かつ、モータ 200 (202) の回転数が所定回転数以上の場合、サーミスタ 244 の測定値に基づいてモータ 200 (202) を制御する。このようにしたので、サーミスタ 244 による保護と温度推定演算による保護との領域分けを容易にすることができる。

[0117] (3) モータ制御装置 600 は、モータ 200 (202) の回転数が所定回転数未満の場合、3 相モータ巻線 238 の推定温度間の差が所定値以下であ

っても、３相モータ巻線２３８の推定温度に基づいてモータ２００（２０２）を制御する。このようにしたので、サーミスタ２４４による保護と温度推定演算による保護との領域分けを容易にすることができる。

[0118] （４）Ｕ相コイルとＶ相コイルとＷ相コイルとからなる３相モータ巻線２３８と、３相モータ巻線２３８のうちいずれか１つ又は２つのコイルの温度を測定するサーミスタ２４４と、を備えるモータの制御方法であって、３相モータ巻線２３８に流れる電流値に基づき、Ｕ相コイル、前記Ｖ相コイル及び前記Ｗ相コイルの推定温度をそれぞれ算出し、３相モータ巻線２３８の推定温度間の差が所定値より大きい場合、３相モータ巻線２３８の推定温度に基づいてモータ２００（２０２）を制御し、３相モータ巻線２３８の推定温度間の差が所定値以下の場合、サーミスタ２４４の測定値に基づいてモータ２００（２０２）を制御する。このようにしたので、モータ制御装置は、モータ２００（２０２）のＵ相、Ｖ相、Ｗ相すべてにセンサを設けなくても、三相の過熱保護を実現できる。

[0119] 以上、発明の技術的思想を逸脱しない範囲で、削除・他の構成に置換・他の構成の追加をすることが可能であり、その態様も本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

[0120] ２１…パワー半導体（上アーム）
２２…パワー半導体（下アーム）
３８…ダイオード
１００…車両
１１０…前輪タイヤ
１２０…エンジン
１２４…エンジン制御装置
１３０…変速機
１３４…変速機制御装置
１６０…デファレンシャルギア

170…総合制御装置
174…通信回線
180…バッテリー
184…バッテリー制御装置
200…第一モータ
202…第二モータ
600…インバータ装置
212…ハウジング
214…エンドブラケット
216…軸受
218…シャフト
222…空隙
224…レゾルバ
226…あて板
230…固定子
232…固定子コア
236…ティース
237…スロット
238…固定子巻線
244…サーミスタ
280…回転子
282…回転子コア
284…永久磁石
600…インバータ装置
610…第1インバータ装置のパワーモジュール
620…第2インバータ装置のパワーモジュール
630…コンデンサモジュール
642…コネクタ基板

6 4 4 …送受信回路
6 4 6 …制御回路基板
6 4 8 …制御回路
6 5 0 …駆動回路基板
6 5 2 …第 1 の駆動回路
6 5 4 …駆動回路基板
6 5 6 …第 2 の駆動回路
6 6 0 …第一モータの電流センサ
6 6 2 …第二モータの電流センサ
7 0 0 …熱回路
7 0 1 …U 相巻線ノード
7 0 2 …V 相巻線ノード
7 0 3 …W 相巻線ノード
7 0 4 …固定子コアノード
7 0 5 …冷却源ノード
7 0 6 …巻線間熱抵抗
7 0 7 …巻線－固定子コア間熱抵抗
7 0 8 …固定子コア－冷却源間熱抵抗
7 5 0 …トルク
7 5 1 …回転数
7 5 2 …U 相電流
7 5 3 …V 相電流
7 5 4 …W 相電流
7 5 5 …巻線の銅損(回転時)
7 5 6 …U、W 相巻線の銅損(停止時)
7 5 7 …V 相巻線の銅損(停止時)
7 5 8 …巻線の温度(回転時)
7 5 9 …U、W 相巻線の温度(回転時)

- 7 6 0 … V相巻線の温度(回転時)
- 7 6 1 … トルク制限 O N 閾値
- 7 6 2 … トルク制限 O F F 閾値
- 7 6 3 … サーミスタ温度
- 7 6 4 … U、W相巻線温度推定値
- 7 6 5 … V相巻線温度推定値
- 7 6 6 … 3相推定値温度差
- 7 6 7 … 温度推定 O N 閾値(回転数)
- 7 6 8 … 温度推定 O F F 閾値(回転数)
- 7 6 9 … 温度推定 O F F 閾値(3相推定値温度差)
- 7 7 0 … 基底回転数

請求の範囲

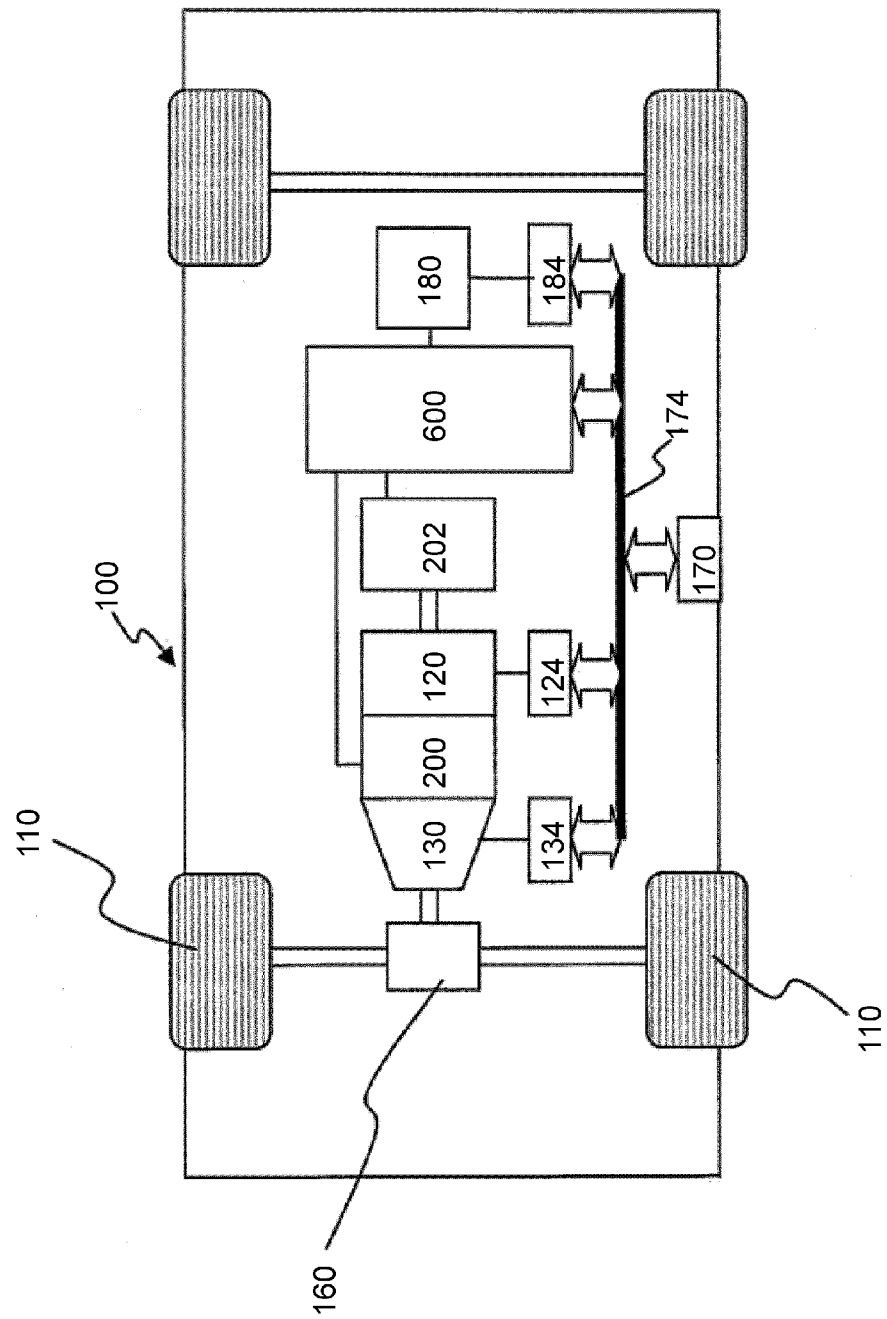
- [請求項1] U相コイルとV相コイルとW相コイルとからなる3相モータ巻線と、前記3相モータ巻線のうちいずれか1つ又は2つのコイルの温度を測定するサーミスタと、を備えるモータを制御するモータ制御装置であって、
- 前記3相モータ巻線に流れる電流値に基づき、前記U相コイル、前記V相コイル及び前記W相コイルの推定温度をそれぞれ算出するコイル温度推定部を備え、
- 前記3相モータ巻線の推定温度間の差が所定値より大きい場合、前記3相モータ巻線の推定温度に基づいて前記モータを制御し、
- 前記3相モータ巻線の推定温度間の差が前記所定値以下の場合、前記サーミスタの測定値に基づいて前記モータを制御する
- モータ制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のモータ制御装置であって、
- 前記3相モータ巻線の推定温度間の差が前記所定値以下、かつ、前記モータの回転数が所定回転数以上の場合、前記サーミスタの測定値に基づいて前記モータを制御する
- モータ制御装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のモータ制御装置であって、
- 前記モータの回転数が前記所定回転数未満の場合、前記3相モータ巻線の推定温度間の差が前記所定値以下であっても、前記3相モータ巻線の推定温度に基づいて前記モータを制御する
- モータ制御装置。
- [請求項4] U相コイルとV相コイルとW相コイルとからなる3相モータ巻線と、前記3相モータ巻線のうちいずれか1つ又は2つのコイルの温度を測定するサーミスタと、を備えるモータの制御方法であって、
- 前記3相モータ巻線に流れる電流値に基づき、前記U相コイル、前記V相コイル及び前記W相コイルの推定温度をそれぞれ算出し、

前記 3 相モータ巻線の推定温度間の差が所定値より大きい場合、前記 3 相モータ巻線の推定温度に基づいて前記モータを制御し、

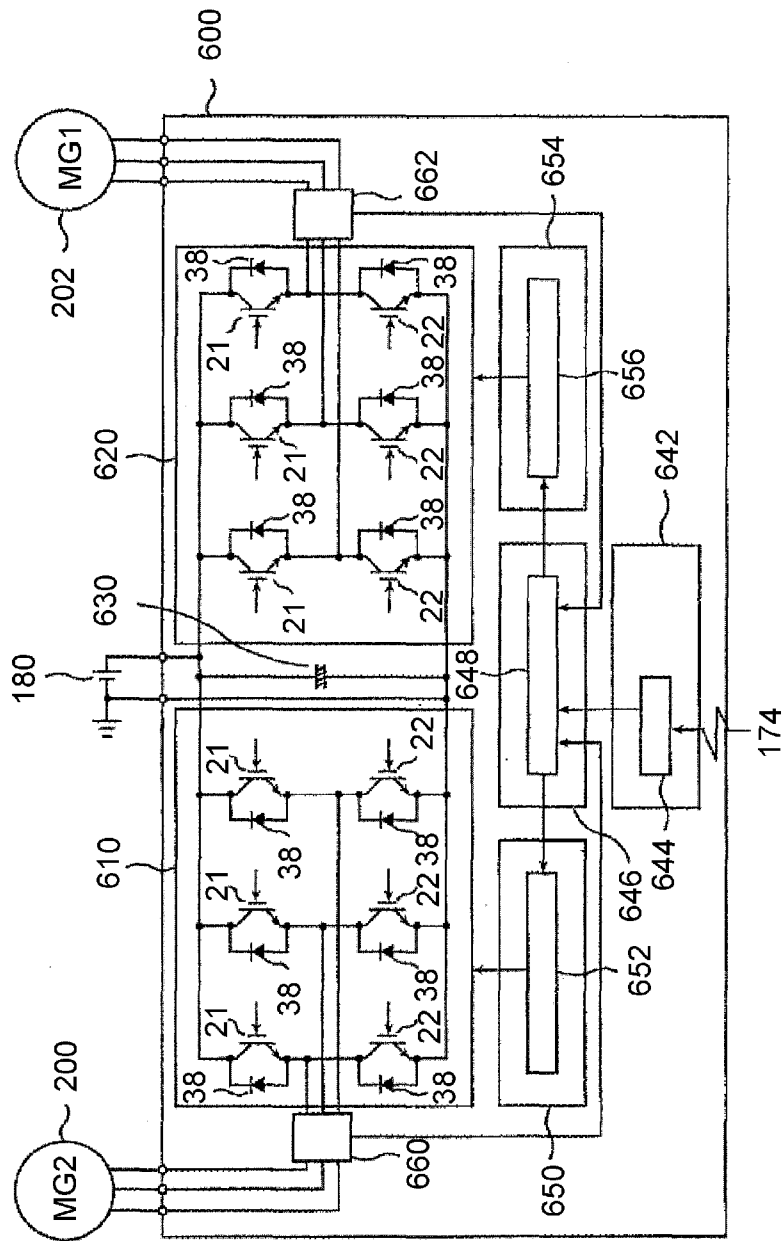
前記 3 相モータ巻線の推定温度間の差が前記所定値以下の場合、前記サーミスタの測定値に基づいて前記モータを制御する
モータ制御方法。

[図1]

図 1

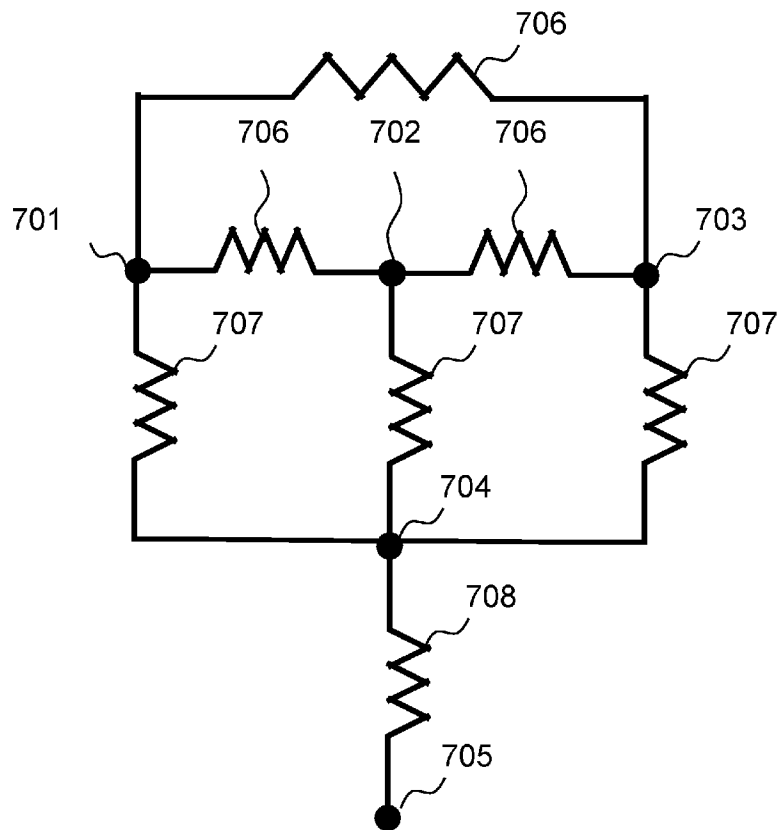


[圖2]



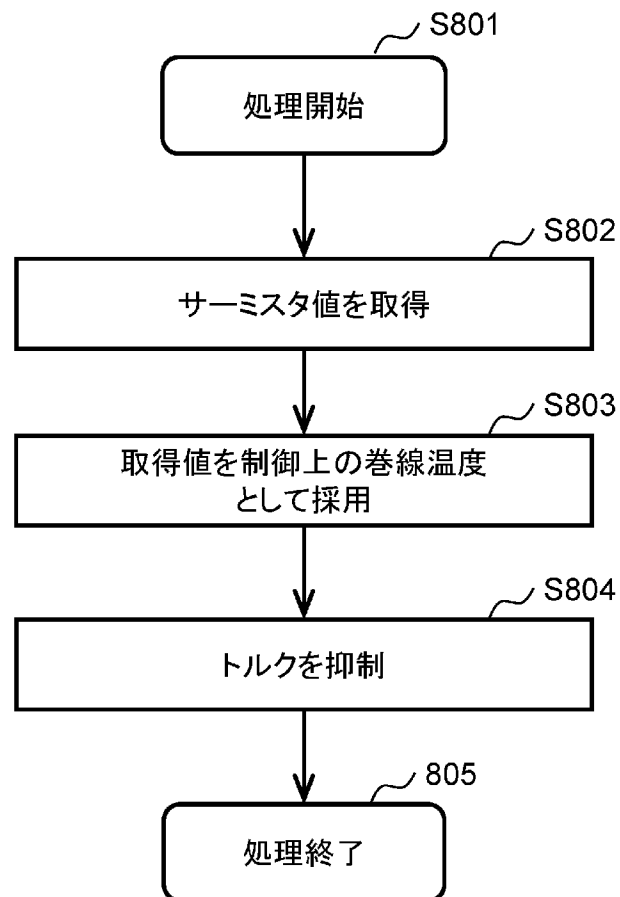
[図4]

図 4

700

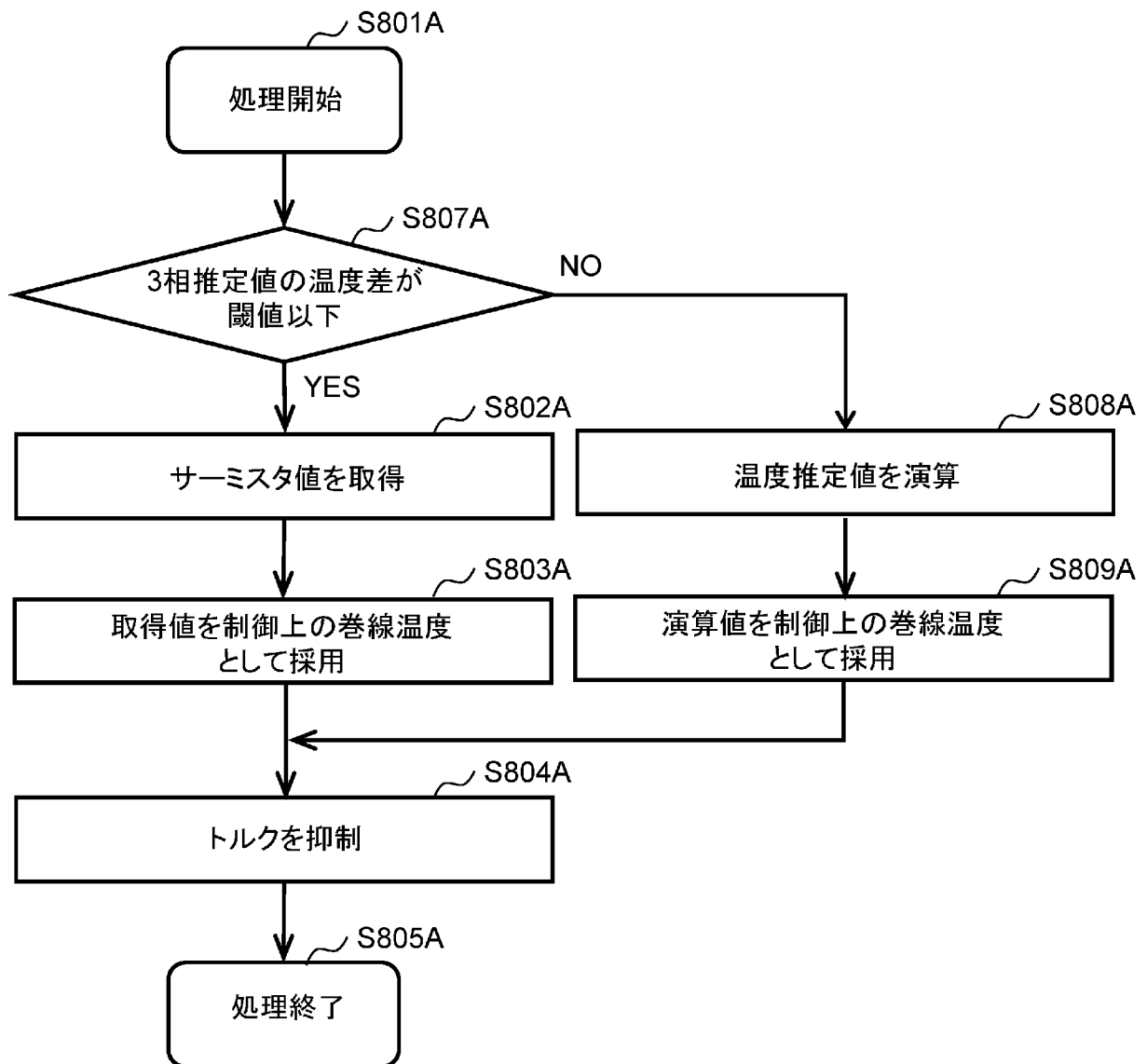
[図5]

図 5



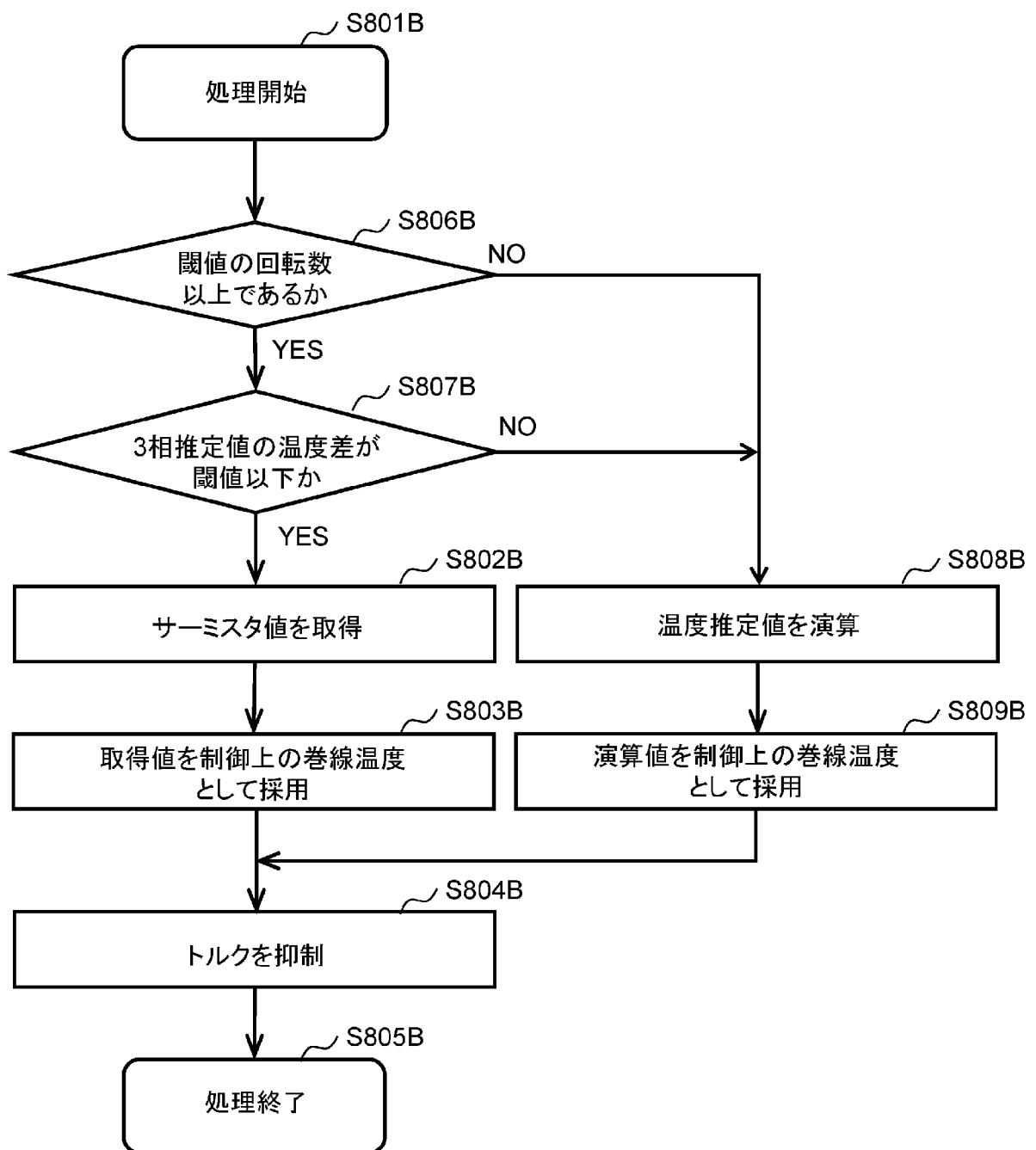
[図6]

図 6



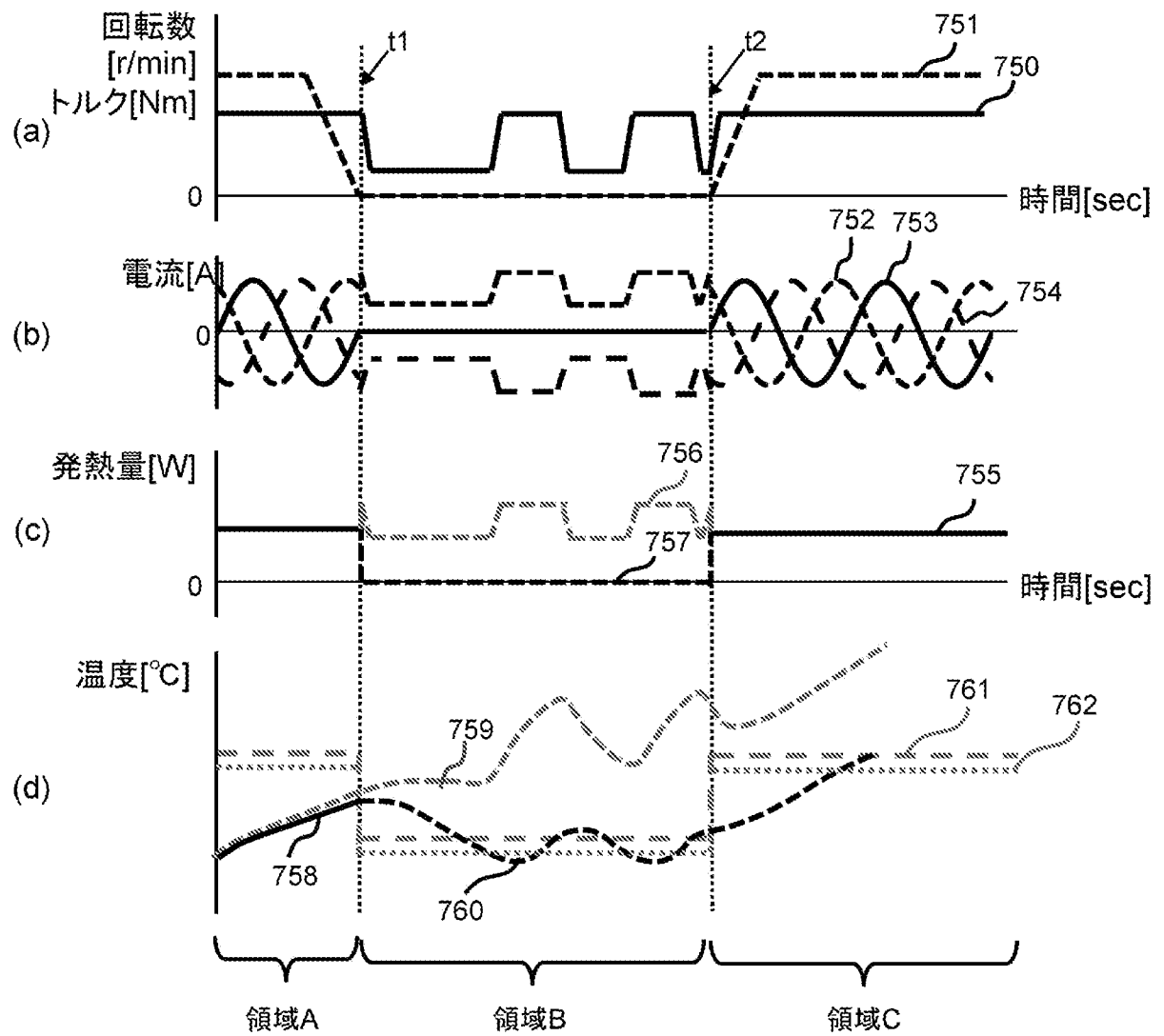
[図7]

図 7



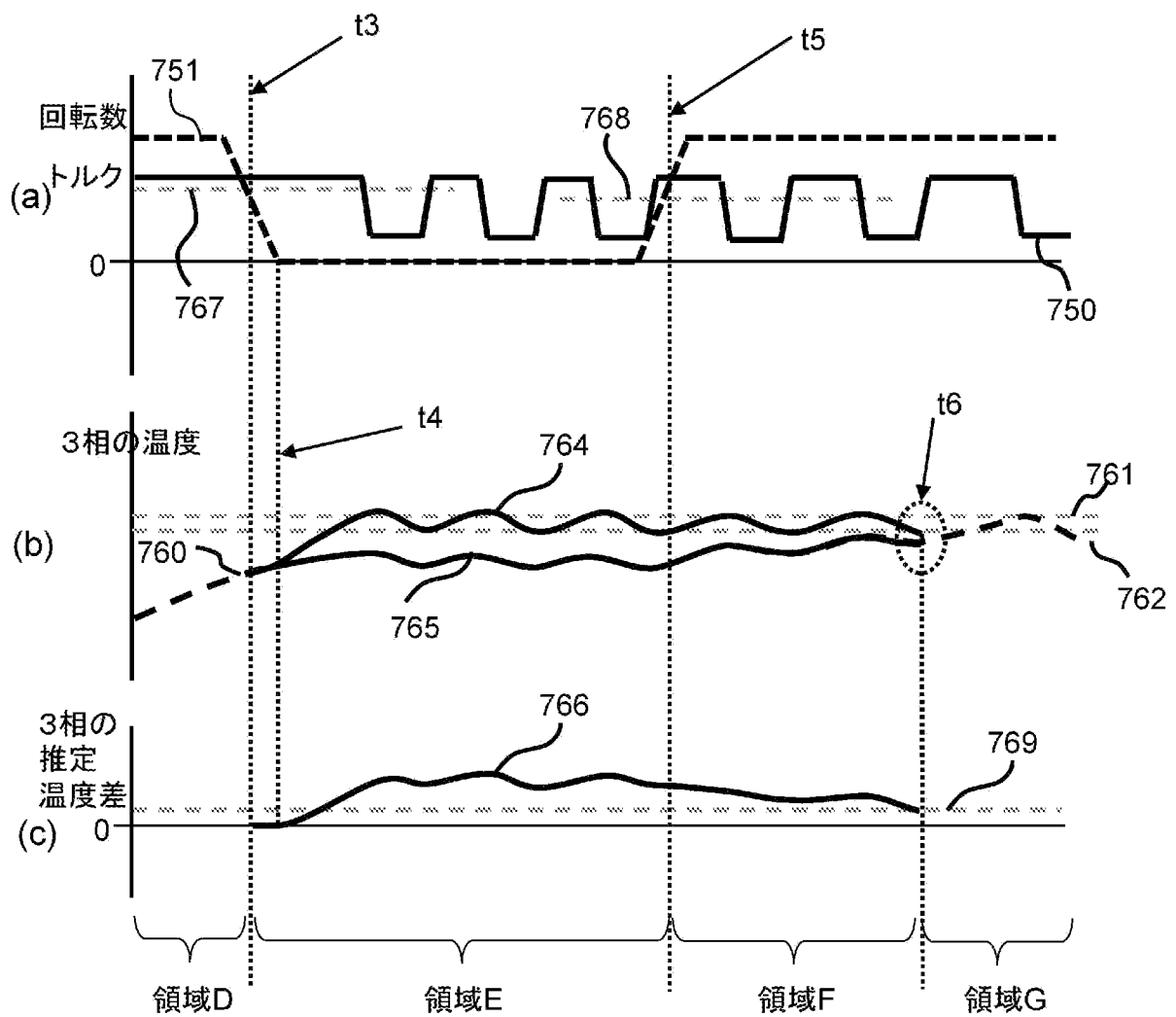
[図8]

図 8



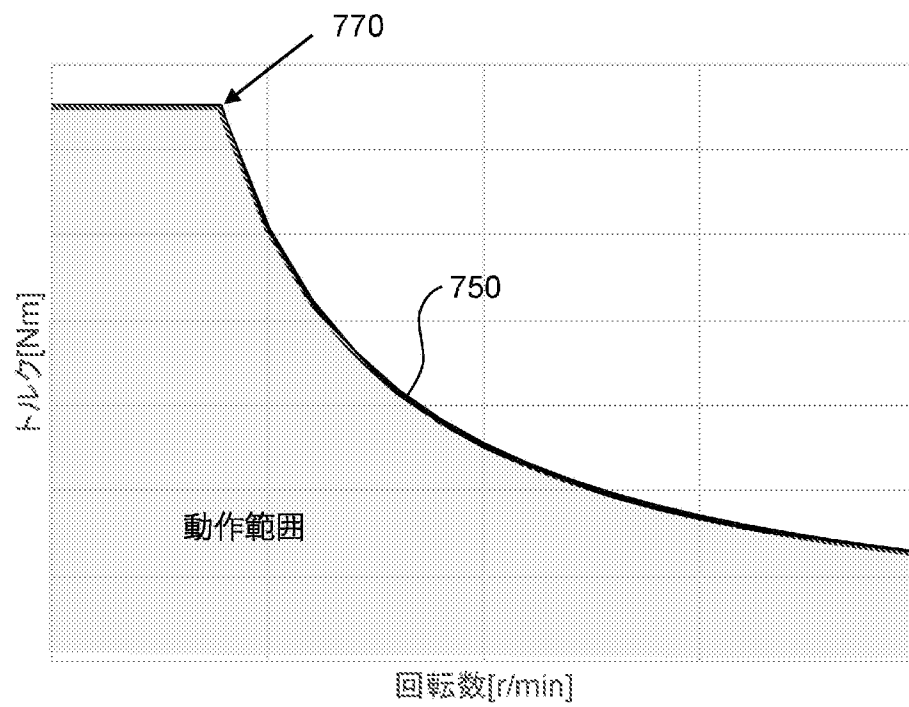
[図9]

図 9



[図10]

図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/022190

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02P29/64 (2016.01) i, H02P29/02 (2016.01) i
FI: H02P29/64, H02P29/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H02P29/64, H02P29/02

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 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 2016-195515 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 17 November 2016 (2016-11-17), paragraphs [0034]- [0072], fig. 1-6	1-4

☐ 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
30.07.2021

Date of mailing of the international search report
10.08.2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2021/022190

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2016-195515 A	17.11.2016	US 2018/0079311 A1 paragraphs [0044]- [0082], fig. 1-6 WO 2016/158486 A1 CN 107406003 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 29/64(2016.01)i; H02P 29/02(2016.01)i FI: H02P29/64; H02P29/02														
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）） H02P29/64; H02P29/02 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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 2016-195515 A（アイシン精機株式会社）17.11.2016（2016 - 11 - 17） 段落0034-0072, 図1-6	1-4												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 30.07.2021		国際調査報告の発送日 10.08.2021												
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） 岸 智章 3V 9327 電話番号 03-3581-1101 内線 3358												

国際出願番号
PCT/JP2021/022190

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-195515	A	17.11.2016	US 2018/0079311 A1 段落0044-0082, 図1-6 WO 2016/158486 A1 CN 107406003 A	