(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
2014 年 2 月 13 日(13.02.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/024635 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 27/06 (2006.01) *B60L 3/00* (2006.01)
B60K 6/48 (2007.10) *B60W 10/08* (2006.01)
B60K 6/54 (2007.10) *B60W 20/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/069087

(22) 国際出願日: 2013 年 7 月 12 日(12.07.2013)

(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 2012-175619 2012 年 8 月 8 日(08.08.2012) JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 岡田 隆(OKADA Takashi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 宮崎 英樹(MIYAZAKI Hideki); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 大山 和人(OYAMA Kazuto); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 星野 勝洋(HOSHINO Katsuhiro); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

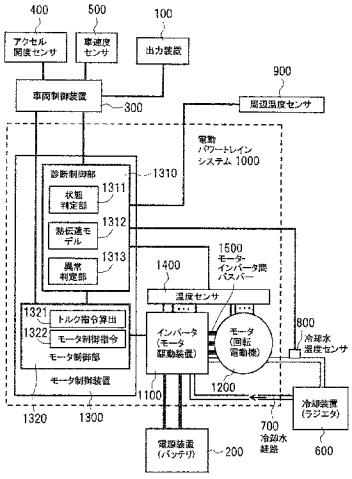
(74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社 日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

[続葉有]

(54) **Title**: ELECTRIC POWERTRAIN SYSTEM

(54) 発明の名称 : 電動パワートレインシステム



100 Output device
200 Power source device (battery)
300 Vehicle control device
400 Accelerator opening degree sensor
500 Vehicle speed sensor
600 Cooling device (radiator)
700 Cooling water passage
800 Temperature sensor for cooling water
900 Ambient temperature sensor
1000 Electric powertrain system
1100 Inverter (motor drive device)
1200 Motor (rotary electric motor)
1300 Motor control unit
1310 Diagnosis control unit
1311 State determination unit
1312 Heat transfer model
1313 Abnormality determination unit
1320 Motor control unit
1321 Torque command calculation
1322 Motor control command
1400 Temperature sensor
1500 Bus bar between motor and inverter

(57) Abstract: In order to provide an electric powertrain system having a plurality of heat generation sources and a plurality of heat transfer pathways, which diagnoses the abnormality of the heat transfer pathways and the joints in the powertrain system, the electric powertrain system, which is a drive system for an electric vehicle wherein a plurality of components having heat generation sources such as a motor (1200) and an inverter (1100) are integrally structured with an interface therebetween, includes a plurality of temperature sensors (1400) and a diagnosis control unit (1310) provided with a heat transfer model (1312) for the electric powertrain that is simulated on the basis of the temperature of the temperature sensors. The diagnosis control unit estimates the temperature of the plurality of components using the heat transfer model and determines the presence or absence of the abnormality in heat transfer in a plurality of operation diagnosis modes. The electric powertrain is provided with an output device (100) which outputs the determination results from the diagnosis control unit.

(57) 要約: 複数の発熱源と複数の熱伝達経路を有する電動パワートレインシステムにおける熱伝達経路の異常、接合部の異常を診断する電動パワートレインシステムを提供するために、電動パワートレインシステムは、発熱源を有する複数の部品、例えばモータ１２００及びインバータ１１００が、接触面を有して一体構造となった電動車両の駆動システムであって、複数の温度センサ１４００と、該温度センサの温度に基づいて模擬した電動パワートレインの熱伝達モデル１３１２を備える診断制御部１３１０とを有し、診断制御部は、熱伝達モデルを用いて複数の部品の温度を推定し、複数の運転診断モードで熱伝達の異常の有無を判定する。電動パワートレインは、診断制御部の判定結果を出力する出力装置１００を備える。

WO 2014/024635 A1

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, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 電動パワートレインシステム

技術分野

[0001]　本発明は、モータ制御装置によってインバータとモータを制御して、電気自動車やハイブリッド電気自動車のような電動車両を駆動する電動パワートレインシステムに関するものである。

背景技術

[0002]　従来から、例えば、電気自動車やハイブリッド電気自動車の駆動源として、回転電動機であるモータを搭載し、モータを駆動するモータ駆動装置として、モータと電源装置との間に、モータ駆動装置であるインバータとモータのトルク等を制御するモータ制御装置を設け、インバータによってモータの駆動信号であるモータ電流を送り、モータを駆動することが知られている。インバータは、電源装置からの直流の電力をトルク指令値に応じて決定される交流電流に変換し、交流電流によってモータが駆動される。モータ制御装置は、モータを駆動するための交流電流を生成するために制御信号をインバータへ送信し、インバータを制御する。

[0003]　このようなモータ駆動装置のインバータは、ＩＧＢＴ等の多数のパワー半導体が集積されているパワーモジュール、電源装置とパワーモジュール間に設けられる平滑コンデンサ（キャパシタ）、キャパシタとパワーモジュールを接合するバスバーなどから構成されている。モータ駆動する際、特に、モータに高出力を要求する場合、モータへ送る電流は、大電流となり、ＩＧＢＴ等のパワー半導体が集積されるパワーモジュール、キャパシタ、バスバーは、スイッチング損失、抵抗損失などによって発熱する。このような発熱によって、各部の温度が上昇すると、パワー半導体の破壊、絶縁材の劣化などが発生し、本来の機能を実現できないことになるため、発熱箇所から熱伝達経路を設けて、冷却水や外気などへ放熱する冷却装置が設けられている。

[0004]　また、モータに関しても、モータを駆動するための電流は、モータ内部の

コイルへ送られ、コイルのもつ電気抵抗による発熱、電流波形のひずみによる渦電流損失など、モータ内部のコイルや磁石などは発熱する。このような発熱によって、コイルの温度が上昇するとコイルの絶縁材が劣化・溶解する場合や、磁石の温度が上昇すると磁石の減磁等の劣化が生じるため、インバータと同様にモータにおいても発熱箇所から熱伝達経路を設けて冷却水や外気へ放熱する冷却装置が設けられている。

[0005] 一方、インバータからモータへ送る電流のための配線を削減することで小型化すると共にコストを削減できるので、モータとインバータを一体構造にしたモータ・インバータが知られている。この場合、インバータとモータは、接合されたような一体構造となっているため、モータからの発熱はインバータへ、インバータの発熱はモータへ熱伝達される構造となる。また、モータとインバータが別々の場合は、インバータからモータへの電流は、ケーブル（電線）によって送られていたが、交流電流用のバスバーによってインバータからモータへ電流が送られる構造となり、これがインバータとモータの一体構造内に設けられることになる。このように一体構造内に設けられたバスバーでは、要求される駆動力に応じて電流が流れ、高出力を要求される場合には大電流が流れることになり、バスバーからの発熱も一体構造となったモータ・インバータの新たな発熱源として作用する。

[0006] 上記に述べたモータとインバータ間の電流を送るバスバーも発熱源となることから、バスバーを冷却するために、絶縁体を介してバスバーをモータやインバータのケースと接合して、絶縁体を介した熱伝達経路を構築し、バスバーの熱をモータやインバータのケースへ伝達させてバスバーを冷却するような方法が用いられる。ケースとバスバーを接合するために介在する絶縁体は、熱伝導と電気的絶縁を両立するものであり、シート状のもの（絶縁シート）が用いられる。バスバーが高温状態になると、絶縁シートが劣化・融解し、電気的絶縁状態が破壊される可能性もあり、バスバーの温度を高温にさせないことが必要となる。

[0007] 以上のように回転電動機であるモータ、モータ駆動装置であるインバータ

、モータとインバータ間の電流を送るバスバーから構成される電動パワートレインは、複数の発熱源、複数の発熱源からの熱を伝達する複数の熱伝達経路、複数の発熱源による高温化を抑制する冷却装置から構成されることになる。

[0008] そして、上記に述べたように、電動パワートレインを構成するモータ、インバータ、モータ・インバータ間バスバーが高温化するとそれぞれ所望の機能を実現することができなくなり、場合によっては、モータ、インバータなどが壊れることになるため、電動パワートレインにおいて、モータ、インバータなどを高温化しないような冷却が重要な機能となり、冷却機能の異常を診断することは電動パワートレインシステムにおいて重要な役割となる。

[0009] 電動パワートレインにおける発熱源からの熱は、構成要素の部品間の接触面を通して、冷却装置による冷却部へ放熱される。従って、発熱源と冷却部の間の熱伝達経路である接合面によって設計とおりの熱伝達が行われていれば、電動パワートレインのモータ、インバータ、バスバーは、十分に冷却され、所望の機能を実現することができる。そこで、熱伝達経路の異常を検出して、冷却機能の異常を診断することが重要となる。

[0010] このような例としては、特許文献１には、電動パワートレインの要素であるインバータにおける主要な発熱源であるパワー半導体に関する接合異常を判定する方法が開示されている。具体的には、パワー半導体部の発熱は、はんだ接合した基板を介して冷却部へ放熱している場合に、はんだ接合においてクラックが発生するとパワー半導体部の放熱が不十分になることから、パワー半導体部へ印加する電力の積分とパワー半導体部に設けられた温度センサの上昇変化量に基いて、はんだ接合異常を診断することが記載されている。

[0011] また、特許文献２には、同様にパワー半導体部が絶縁基板を介して放熱装置へ接合されている構成において、各接合部に温度センサを設け、温度センサにて計測した温度からインバータやコンバータに組込まれた各スイッチング素子の構成部材間の熱抵抗を求めることで、当該構成部材の繰り返し熱応

力履歴に起因する劣化度、ひいてはこの構成部材が組込まれたスイッチング素子の劣化度を、高い精度で評価できる内容が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特開２０１０－１３６４７２号公報

特許文献2：特開２００９－２２５５４１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 特許文献１および特許文献２に記載された技術は、発熱源であるパワー半導体から冷却部までの一つの熱伝達経路を対象として、熱伝達経路の異常を判定する内容となっている。つまり、一つの発熱源と一つの熱伝達経路における熱伝達経路の異常について記載している。一つの発熱源と一つの熱伝達経路の場合は、一つの発熱源の発熱量と一つの熱伝達経路の一部の温度を計測し、発熱源の発熱量と温度の上昇の大小から概ね熱伝達経路の異常を判定できる。しかし、特許文献１および特許文献２に記載された技術では、複数の発熱源が存在し、これらの発熱が複数の伝達経路にて伝達され、冷却されるような複雑なシステムに対しては、単純に発熱量と温度上昇のみから熱伝達経路の異常を判定すること難しい。

[0014] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、複数の発熱源と複数の熱伝達経路を有する電動パワートレインシステムにおける熱伝達経路の異常、つまり、接合部の異常を診断する電動パワートレインシステムを提供することにある。すなわち、本発明は、モータとインバータなどから構成され、複数の発熱源と複数の接合部によって形成される熱伝達経路を有する電動パワートレインシステムにおいて、複数の接合部の接合異常などの異常劣化を精度よく判定する電動パワートレインシステムの提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 前記目的を達成すべく、本発明に係る電動パワートレインシステムは、発熱源を有する複数の部品が、接触面を有して一体構造となった電動車両の駆動システムである電動パワートレインであって、複数の温度センサと、該温度センサの温度に基づいて模擬した前記電動パワートレインの熱伝達モデルを備える診断制御部とを有し、前記診断制御部は、前記熱伝達モデルを用いて前記複数の部品の温度を推定し、複数の運転診断モードで熱伝達の異常の有無を判定することを特徴とする。そして、前記電動パワートレインは、前記診断制御部の判定結果を出力する出力装置を備え、前記診断制御部は、推定した前記複数の部品の温度と、前記複数の温度センサの計測温度とを比較し推定値と実測値の偏差が大きい部位近傍の熱伝達経路となる接合部が異常であるとの判定を行う。

発明の効果

[0016] 本発明に係る電動パワートレインは、複数の運転診断モードを有するため、複数の熱源と複数の熱伝達経路が存在する場合においても、熱容量が比較的小さい部品の熱伝達経路の接合異常と、熱容量が比較的大きい部品の熱伝達経路の接合異常の両方を診断することができるという効果がある。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明に係る電動パワートレインシステムの一実施形態の全体構成を示した説明図である。（実施例１）

[図2]図１の電動パワートレインシステムにおける動作領域に関する説明図である。（実施例１）

[図3]本発明に係る電動パワートレインシステムの一実施例であるモータとインバータが一体構造を概略的に示す断面図である。

[図4]図３のモータとインバータが一体構造となった電動パワートレインシステムにおいて、各部の温度を推定するために用いる複数の発熱源と熱伝達経路の一例を表現した熱回路網モデル（熱伝達モデル）を示した説明図である。

[図5]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断に用いる

熱回路網モデル（熱伝達モデル）の基本的な関係を示した説明図である。

[図6]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断を行うフローチャートを示した説明図である。

[図7]本発明に係る電動パワートレインシステムのある条件における熱伝達の様子を熱伝達モデルにて模式的に示した説明図である。

[図8]本発明に係る電動パワートレインシステムの別の異なる条件における熱伝達の様子を熱伝達モデルにて模式的に示した説明図である。

[図9]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断を行う別のフローチャートを示した説明図である。

[図10]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断を行う更に別のフローチャートを示した説明図である。

[図11]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断を行うにあたり、電動パワートレインの状態判定を行うフローチャートを示した説明図である。

[図12]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断を行うにあたり、電動パワートレインの別の状態判定を行うフローチャートを示した説明図である。

[図13]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断を行う詳細なフローチャートを示した説明図である。

[図14]本発明に係る電動パワートレインシステムの接合部異常の診断を行う別の詳細なフローチャートを示した説明図である。

[図15]本発明に係る電動パワートレインシステムにおいて、ある特定の接合部に異常が発生した場合の熱伝達モデルにおける熱伝達の様子の一例について示した説明図である。

[図16]本発明に係る電動パワートレインシステムのある特定の接合部に異常がある場合における、熱伝達モデルを用いた温度推定誤差とそれを用いた診断の一例について示した説明図である。

[図17]本発明に係る電動パワートレインシステムのある特定の接合部に異常

がない場合における、熱伝達モデルを用いた温度推定誤差とそれを用いた診断の一例について示した説明図である。

[図18]本発明に係る電動パワートレインシステムの別のある特定の接合部に異常が発生した場合における熱伝達モデルを用いた場合の温度推定誤差とそれを用いた診断の一例について示した説明図である。

[図19]本発明に係る電動パワートレインシステムにおいて、別のある特定の接合部に異常がある場合の熱伝達モデルにおける熱伝達の様子の一例について示した説明図である。

[図20]本発明に係る電動パワートレインシステムの別のある特定の接合部に異常がある場合における熱伝達モデルを用いた場合の別の温度推定誤差とそれを用いた診断の一例について示した説明図である。

[図21]本発明に係る電動パワートレインシステムの別のある特定の接合部に異常がない場合における熱伝達モデルを用いた場合の別の温度推定誤差とそれを用いた診断の一例について示した説明図である。

[図22]本発明に係る電動パワートレインシステムが別の条件で、ある特定の接合部に異常がない場合における熱伝達モデルを用いた場合の温度推定誤差とそれを用いた診断の一例について示した説明図である。

[図23]本発明に係る電動パワートレインシステムの別の一実施例の全体構成を示した説明図である。

[図24]本発明に係る電動パワートレインシステムの異常診断タイミングに関して示した説明図である。

[図25]本発明に係る電動パワートレインシステムの異常判定結果に基づいて、モータ・インバータの出力制限のフローに関して示した説明図である。

[図26]本発明に係る電動パワートレインシステムの異常判定結果に基づいて、モータ・インバータの出力制限のフローに関して示した別の説明図である。

[図27]本発明に係る電動パワートレインシステムの図１とは異なる一実施例の全体構成を示した説明図である。（実施例２）

[図28]本発明に係る電動パワートレインシステムにおけるＤＣ／ＤＣコンバータの概要を示した説明図である。

[図29]本発明に係る別の実施例であり、ハイブリッド電気自動車の電動パワートレインの例である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明に係る電動パワートレインシステムの一実施形態を図面に基づき詳細に説明する。図１は、本実施形態に係る電動パワートレインシステム１０００の一実施例であり、システム全体の概要を示している。

[0019] 図１において、電動パワートレインシステム１０００は、回転電動機であるモータ１２００、モータ駆動装置であるインバータ１１００、インバータの制御指令を出力するモータ制御装置１３００、モータ１２００とインバータ１１００を構成する部品の温度を計測する温度センサ１４００、インバータからモータへ電流を送るモータ・インバータ間バスバー１５００、モータ１２００とインバータ１１００などの発熱部品を冷却するための冷却水を流す冷却水経路７００、冷却水温度を計測する冷却水温度センサ８００から構成される。冷却水経路７００にて流れる冷却水は、冷却装置６００によって冷却される。

[0020] なお、発熱部品を冷却するものとして、以下では冷却水を用いることで詳細を述べるが、冷却水以外の冷却媒体を用いることも可能である。また、冷却装置６００は、ラジエータとファンから構成される場合のみならず、ヒートポンプサイクルを利用して冷却する装置であるなどの構成であってもよい。ラジエータとファンから構成される場合は、ファンの風量によって冷却装置の冷却能力を制御することも可能である。また、冷却水などの冷却媒体は、図示していないポンプによって冷却水路内を循環させる構成となっており、循環する流量によって電動パワートレイン１０００を冷却する能力を変更することも可能である。

[0021] モータ制御装置１３００は、少なくともインバータを制御する制御指令を演算するモータ制御部１３２０と本発明にて説明する診断制御部１３１０か

ら構成される。

[0022] モータ制御部１３２０は、例えば、図１に示すように外部からの信号に基づき、モータにて発生するトルク指令を演算するトルク指令算出１３２１とトルク指令に基づき、インバータへの制御指令を演算するモータ制御指令１３２２から構成される。トルク指令算出１３２１では、図１に示すように車両全体を制御する車両制御装置３００から出力されるモータトルク指令や後で述べる診断制御部にて診断された異常状態に応じてモータトルク指令の制限値に基づいてモータ１２００のトルク指令を決定する。モータ制御指令１３２２は、トルク指令算出１３２１にて決定されたトルク指令に基づいてインバータ１１００への制御指令を決定する。

[0023] ここで、車両制御装置３００は、ドライバが操作するアクセルの開度を検出するアクセル開度センサ４００と車両の速度を検出する車速度センサ５００の信号を取り込み、電動パワートレインシステム１０００が発生すべき駆動力もしくはトルクを決定する。車速度センサ５００は、図示しない、例えば車両のタイヤ回転数から車両の速度を演算するなどによって検出する方法がある。

[0024] また、車両制御装置３００は、後述するモータ制御装置１３００の診断制御部にて診断した結果を、出力装置１００へ出力する。出力装置１００は、診断制御部１３１０で異常判定されたとき警告を表示するか、警報を発して運転者等に知らせる。この警告や警報は、後述する複数の運転診断モードにより、異なるものであることが好ましい。

[0025] 次に、モータ制御装置１３００を構成する要素である診断制御部１３１０について述べる。診断制御部１３１０は、状態判定部１３１１と熱伝達モデル１３１２と異常判定部１３１３から構成される。

[0026] 状態判定部１３１１は、車両制御装置３００から送られてくる車両状態、周辺温度センサ９００から送られる電動パワートレインシステム１０００の周辺温度の計測値、冷却水温度センサ８００から送られる電動パワートレインシステム１０００の冷却を行う冷却水温度の計測値、温度センサ１４００

から送られる一体構造となったモータ１２００の部品およびケース温度、インバータ１１００の部品およびケース温度、モータ・インバータ間バスバー１５００の温度などの各部の温度計測値と、モータ制御部１３２０にて決定したモータ制御指令あるいはトルク指令値に基づき、電動パワートレインシステム１０００の状態を判定する。

[0027] ここで判定する状態としては、例えば、温度センサ１４００と冷却水温度センサ８００の計測値から電動パワートレインの温度が全体として高い温度状態にある状態もしくは低い温度状態、更には、温度変化が少なく平衡温度状態であるなど、電動パワートレイン１０００の温度状態がある。あるいは、モータ制御部１３２０にて決定したモータ１２００への電流指令が、モータ１２００・インバータ１１００によって予め定められたモータ１２００への最大電流値に対する比率で大きい状態や小さい状態がある。

[0028] さらに、図２に示すようなモータ１２００の回転数ートルク特性の場合、電動パワートレインシステム１０００のモータ１２００とインバータ１１００が動作する動作点（回転数とトルク）が電動パワートレインシステム１０００が有する最大出力と比較して、例えば、図２に示すような（Ａ）高出力領域の状態、（Ｂ）中出力領域の状態、（Ｃ）低出力領域の状態がある。また、モータ１２００の発生トルクが最大トルクに対して、例えば、図２に示すような（１）高トルク領域の状態、（２）中トルク領域の状態、（３）低トルク領域の状態がある。

[0029] 状態判定部１３１１は、モータ制御部１３２０から送られる電流指令、トルク指令、モータ回転数およびモータ電流などの信号と、温度センサ１４００から送られるモータ１２００を構成する部品およびケース、インバータ１１００を構成する部品およびケースおよびモータ・インバータ間バスバー１５００などの検出温度信号と、周辺温度センサ９００から送られる検出温度信号に基づいて電動パワートレイン１０００の状態を判定し、その状態が予め設定した診断を行う条件に対応した状態であると判定すると、診断制御部１３１０にて異常診断を行う。

[0030] 状態判定部１３１０にて診断を行う状態であると判定すると、熱伝達モデル１３１２では、モータ制御部１３２０にて決定したモータ１２００とインバータ１１００への指令信号、および温度センサ１４００と周辺温度センサ９００と冷却水温度センサ８００にて検出した温度を用いて、電動パワートレインシステム１０００における一体構造であるモータ１２００の部品およびケース、インバータ１１００の部品およびケース、モータ・インバータ間バスバー１５００などの温度を各部品間の接合を考慮した熱伝達モデルにて推定する。

[0031] 異常判定部１３１３では、温度センサ１４００、周辺温度センサ９００、冷却水温度センサ８００にて検出した温度と、熱伝達モデル１３１２にて推定した（センサにて検出した温度に相当する部分の）推定温度と比較を行う。そして、このセンサにて検出した実際の温度と、熱伝達モデルにて推定した温度との比較結果から、接合部異常による熱伝達経路の異常判定を行う。例えば、推定値と実測値の偏差が大きい部位近傍の、熱伝達経路となる接合部が異常であるなどの判定を行う。

[0032] 診断制御部１３１０にて異常の判定が行われると、診断結果は、車両制御装置３００へ送られ、車両制御装置３００から出力装置１００へ診断結果を送る。なお、図１の実施例では、診断制御部１３１０にて診断した結果は、車両制御装置３００を介して、出力装置１００へ送っているが、診断制御部１３１０の診断結果を、出力装置１００へ直接送るようにしてもよい。

[0033] なお、温度センサ１４００は、インバータ１１００、モータ１２００、電源装置（バッテリ）２００などの部品温度を計測するセンサ群を総称している。具体的には、インバータ１１００を構成する部品であるパワーモジュールの温度、インバータ内の配線であるバスバーの温度、インバータ内のキャパシタの温度、インバータ１１００のケース温度、モータコイル温度、モータのケース温度、バッテリ２００のモジュール温度などを計測する温度センサを示す。

[0034] 図３は、インバータ１１００とモータ１２００が一体構造となっている電

動パワートレインを概略的に示す断面図である。図３は、モータ１２００の外周面の一部にインバータ１１００を連結固定して接合した場合の一体構造であるが、本発明は、本構造によらず、一体構造となった構造に対しても同様に作用する。

[0035] 図３に示すように、インバータ１１００は、主な構成部品であるパワーモジュール１１３０、三相交流用のＡＣバスバー１１１０、直流電流用のＤＣバスバー１１２０、モータへの電流を平滑化するキャパシタ１１４０から構成され、本実施例では、モータ制御装置１３００をインバータ１１００の上部に搭載し、これらをインバータケースにて覆われる構造となっている。

[0036] インバータ１１００の主要構成部品であるパワーモジュール１１３０、ＡＣバスバー１１１０、ＤＣバスバー１１２０およびキャパシタ１１４０は、モータ１２００を駆動する上で電流が流れ、それに伴う損失が発生するため、発熱源となる。これらの発熱によって、各部品の温度が上昇するため、各部品の耐熱温度以下に保つために、各部品は、冷却水経路７００内に流れる冷却水によって冷却される構造となっている。

[0037] 具体的にはパワーモジュール１１３０、バスバー１１１０、１１２０、キャパシタ１１４０を各種電気絶縁体や電気絶縁膜などを介して冷却水経路７００へ直接的に、あるいは間接的に接触させることで熱伝達経路を設けて、冷却をおこなう。この際、冷却経路は、部品間の接触面になるため、必ずしも一つの熱伝達経路となることはなく、複数の熱伝達経路が構成される。また、冷却水経路７００以外にもインバータケース１１５０を介して外気へ冷却される経路も有しており、インバータ１１００内の構成部品をインバータケース１１００へ直接的もしくは間接的に接触させる経路を設けて冷却することが可能である。

[0038] 一方、図３の実施例においてモータ１２００は、主要な部品であるロータ１２１０、軸受１２２０、ロータ１２１０内に埋め込まれた磁石１２３０、コイル１２４０、モータステータ１２５０、回転軸１２７０、およびこれらを覆うモータケース１２６０から構成される。

[0039] 駆動時には、モータ１２００は、インバータ１１００から送られてくる電流がコイル１２４０へ送られ、コイル１２４０の有する抵抗によって損失（銅損）が発生し、コイル１２４０が発熱源となる。また、ロータ１２１０やステータ１２５０のコアの磁性材料特性によって鉄損が発生し、ロータ１２１０やステータ１２５０が発熱源となる。さらに、磁石１２３０では、渦電流による損失が発生し、同様に磁石１２３０も発熱源となりえる。

[0040] モータ１２００とインバータ１１００は、モータ・インバータ間で電流バスバー１５００によって電流が送られ、インバータ１１００は、モータ１２００を駆動する。さらに、モータ１２００とインバータ１１００は、各ケース（モータケース１２６０とインバータケース１１５０）が接合された形で一体化構造となっている。ここでは、モータ１２００、インバータ１１００は、冷却水経路７００に流れる冷却水と各ケースによって接触しており、冷却水によって冷却される。また、モータ１２００内部の発熱は、モータケース１２６０へ伝達され、インバータ内部の発熱は、インバータケース１１５０へ伝達されており、モータケース１２６０とインバータケース１１５０が接合されることで、モータ１２００の熱はインバータ１１００へ、あるいは、インバータ１１００の熱はモータ１２００へ伝達される構造となっている。

[0041] モータ１２００とインバータ１１００の各部品の温度を計測するために、例えば、図３に示すように温度センサ１４１０、１４２０、１４３０、１４４０が設置される。温度センサ１４１０はインバータケース１１５０の温度、温度センサ１４２０はモータケース１２６０の温度、温度センサ１４３０はモータステータ１２５０の温度、温度センサ１４４０はキャパシタ１１４０の温度をそれぞれ計測する。ここで計測された温度センサからの信号は、モータ制御装置１３００へ送信される。

[0042] 図４は、図３に示したモータ１２００とインバータ１１００が一体構造となった電動パワートレインシステム１０００に関する熱伝達を模式的に示した熱伝達モデルの概要である。図４にて四角で囲まれた部分が、図３に示し

たモータ１２００とインバータ１１００の各部品の代表点を示しており、両者が接触している接触面を有して連結固定され、接触している各部品の代表点は、熱抵抗で連結される。各部品の代表点は、熱容量と温度で表現され、部品に応じては、発熱量を表現する。また、熱抵抗で連結された各部品代表点は、各部品代表点の温度差と熱抵抗によって熱伝達量が決定される。

[0043] 図４では、例えば、バスバー１１２０を一つの代表点で記述し、バスバー１１２０は、キャパシタ１１４０とインバータケース１１５０、モータ・インバータ間バスバーと接触された構造であることを示している。また、パワーモジュール１１３０は、冷却水経路と接触した構造であり、キャパシタ１１４０は、バスバー１１２０以外にインバータケース１１５０と接触した構造であり、インバータケース１１５０は、キャパシタ１１４０とバスバー１１２０と冷却水経路とモータケース１２６０と接触しており、熱抵抗でつながったように表現される。ここで、代表的な部品であるバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０、モータケース１２６０、ステータ１２５０の温度を計測するために、温度センサ１４５０、１４４０、１４１０、１４２０、１４３０が設けられているとする。

[0044] 図５は、熱伝達モデルの基本モデルの概要を示している。図５は、２つの部品間の熱伝達を示した図である。部品Ａ２０１０と部品Ｂ２０２０が、接合面２０３０を介して接触しており、部品Ａ２０１０では、発熱源を有しており、発熱量Ｑ１（Ｗ）を出力しているとする。この際、部品Ａ２０１０にて発生した熱は、接合面２０３０を介して、部品Ｂ２０２０へ伝達される。ここで、部品Ａ２010の温度をＴ１、熱容量をＣ１とし、部品Ｂ２０２０の温度をＴ２、熱容量をＣ２、部品Ａ２０１０から部品Ｂ２０２０への伝達熱量をＱ１２、接合面２０３０における熱抵抗をＲ１２とすると、下記の式にて熱伝達をモデル化することができる。ただし、ｔは時間を表わすものとする。

ｄＴ１／ｄｔ＝（Ｑ１－Ｑ１２）／Ｃ１・・・（数１）

ｄＴ２／ｄｔ＝Ｑ１２／Ｃ２・・・（数２）

Ｑ１２＝（Ｔ１－Ｔ２）／Ｒ１２・・・（数３）

上記（数１）、（数２）、（数３）を回路モデルで表現すると図５のようになる。

[0045] 以下では、本発明のフローについて説明を行う。図６は、本発明の診断フローの一実施例を示している。本発明の診断は、定期的にまたは外部からの要求応じて診断を実施する。例えば、電動パワートレインシステム１０００の検査が行われた後に、診断実行を外部から入力することで、本発明の診断を実施する場合などがある。図６では、開始（ＳＡ００）から診断要求の有無を判定する（ＳＡ１０）。ここで、診断要求がない場合は、ＳＡ７０へ進み、診断要求があるまで待つことになる。

[0046] 診断要求があると、ＳＡ２０へ進み、電動パワートレインシステム１０００の状態を判定する。電動パワートレインシステム１０００の状態判定としては、例えば、電動パワートレイン全体の平均温度が所定値よりも小さい冷機状態であるか、あるいは、所定値よりも大きい暖機状態であるかという温度状態を判定する場合がある。または、電動パワートレインシステム１０００の動作領域が図２に示したように高トルク領域での動作であるか、低トルク領域での動作であるか、あるいは高出力領域での動作であるか、低出力領域での動作であるかなどを判定する。

[0047] ここで、前記冷機状態及び暖機状態について説明する。冷機状態とは、前記電動パワートレインの温度がほぼ一様であり、該電動パワートレイン温度と前記電動パワートレインの周辺温度との差が小さい状態であり、例えば、モータとインバータが一体構造となった例では、前記モータと前記インバータの温度がほぼ一様であり、前記モータと前記インバータの温度と前記モータと前記インバータの周辺温度との差が小さい状態であることをいう。また、暖機状態とは、前記電動パワートレインの温度がほぼ一様であり、該電動パワートレイン温度が前記電動パワートレインの周辺温度よりも高い状態であり、例えば、モータとインバータが一体構造となった例では、前記モータと前記インバータの温度がほぼ一様であり、前記モータと前記インバータの

温度が前記モータと前記インバータの周辺温度よりも高い状態であることをいう。

[0048] 電動パワートレインの状態判定ＳＡ２０にて、予め設定した電動パワートレイン状態であるか否かを判定する。ここで、電動パワートレインの状態が予め設定した状態１に相当する場合であると、ＳＡ３０へ進む。また、電動パワートレインの状態が予め設定した異なる状態である状態２であると、ＳＡ５０へ進む。電動パワートレインの状態が予め設定した状態１、状態２以外の場合は、ＳＡ７０へ進む。

[0049] 電動パワートレインの状態が予め設定した状態１の場合、ＳＡ３０にて、予め定められた第一運転診断モードを実施する。ＳＡ３０にて第一運転診断モードにて診断を実施する、次のＳＡ４０へ進み、ＳＡ３０にて行った第一運転診断モードの結果を出力する。第一運転診断モードの結果を出力するとＳＡ７０へ進み、診断を終了する。

[0050] 一方、電動パワートレインの状態が予め設定した状態２の場合、ＳＡ５０にて、予め定められた第二運転診断モードを実施する。ＳＡ５０にて第二運転診断モードにて診断を実施する、次のＳＡ６０へ進み、ＳＡ５０にて行った第二運転診断モードの結果を出力する。第二運転診断モードの結果を出力するとＳＡ７０へ進み、診断を終了する。

[0051] 図６では、本発明の診断フローの一実施例であり、電動パワートレインシステム１０００の状態に応じて、異なる運転診断モードにて電動パワートレインシステム１０００の異常を診断する。電動パワートレインシステム１０００の状態としては、既に述べたように、冷機状態・暖機状態という温度状態にて規定することと、電動パワートレインシステム１０００の動作点が、高出力・低出力／高トルク・低トルク／高回転・低回転といった動作状態にて規定することの２つがある。ここで、２つの状態で規定した電動パワートレインシステム１０００の状態について説明する。

[0052] 図７は、図４にて示したモータ１２００とインバータ１１００が一体構造となった電動パワートレインシステム１０００に関する熱伝達を模式的に示

した熱伝達モデルを用いた電動パワートレインシステム１０００の状態を示した図である。

[0053] 図７は、電動パワートレインシステム１０００が、温度状態が冷機状態であり、動作状態が低回転・中トルクである場合である。電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態である具体的な判定方法は、図１１にて説明するが、電動パワートレインシステム１０００が冷機状態である場合は、電動パワートレイン１０００を構成する部品群であるモータ１２００の各部品、インバータ１１００の各部品、冷却水経路７００の冷却水、モータ・インバータ間バスバー１５００の温度が、外気温度である２５℃から３５℃程度とほぼ同じ温度であり、いわゆる冷えた状態である。具体的には、モータ１２００の構成部品であるロータ１２１０、磁石１２３０、コイル１２４０、ステータ１２５０、モータケース１２６０の温度と冷却水経路７００の冷却水の温度と外気温度がほぼ同じ温度になっており、インバータ１１００の構成部品であるＤＣバスバー１１２０、パワーモジュール１１３０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０の温度と冷却水経路７００の冷却水の温度と外気温度がほぼ同じ温度になっている状態である。

[0054] このような冷機状態の電動パワートレインシステム１０００を動作させて、動作状態である低回転／中トルクの動作状態とすると、トルク指令に基づいて、バスバー１１２０、パワーモジュール１１３０、キャパシタ１１４０へ電流が流れ、さらに、モータ・インバータ間バスバー１５００を介して、モータ１２００のコイル１２４０へ電流が流れ、ロータ１２１０が回転する。電動パワートレイン１０００の駆動指令は、中トルク領域であり、比較的大きい電流が流れることになり、インバータ１１００のＤＣバスバー１１２０、パワーモジュール１１３０、キャパシタ１１４０の各部品にて、損失が発生し、比較的大きな発熱源となる。また、モータ１２００のコイル１２４０へも比較的大きい電流が流れることで、コイル１２４０の有する電気抵抗に応じて損失が発生し、比較的大きな発熱源となる。以上のように、インバータ１１００、モータ１２００を構成する部品が比較的大きな発熱源となる

ことから、ＤＣバスバー１１２０、パワーモジュール１１３０、キャパシタ１１４０、コイル１２４０の温度が上昇し、それに伴い、発熱している部品に接触しているその他の部品が、接触面に応じた熱抵抗と温度差によって熱伝達が行われ、温度が上昇する。ここで、各部品の温度（Ｔａ）は、下記の数式にて表現される。

ｄＴａ／ｄｔ＝（Ｑin－Ｑout）／Ｃａ・・・（数４）

Ｔａ：部品Ａの温度、ｔ：時間、Ｑin：部品Ａへの入る熱量、Ｑout：部品Ｂから出る熱量、Ｃａ：熱容量

[0055] また、部品間の熱伝達は、下記の数式にて表現される。

Ｑab ＝（Ｔａ－Ｔｂ）／Ｒab・・・（数５）

Ｑab：部品Ａ－Ｂ間の熱伝達量、Ｔａ：部品Ａの温度、Ｔｂ：部品Ｂの温度ｍ、

Ｒab：部品Ａ－Ｂ間の熱抵抗

[0056] 数４からわかるように、各部品の温度は、各部品への入熱、出熱と各部品の熱容量によって決定される。これは、同じ熱量の授受があっても、熱容量の大きさに応じて、温度上昇の応答が異なることを意味している。一般的には、同様な材質である場合は、体積や質量が大きいものの方が、熱容量が大きくなる。電動パワートレインシステム１０００の場合では、インバータ１１００の各部品の熱容量は、相対的に小さく、モータ１２００の各部品の熱容量は、相対的に大きい。特に、パワーモジュール１１３０の熱容量が非常に小さく、バスバー１１２０やキャパシタ１１４０の熱容量は、パワーモジュール１１３０よりも大きいが、インバータケース１１５０や冷却水などに比べると相対的に小さい。また、モータ１２００では、コイル１２４０の熱容量は、ステータ１２５０、モータケース１２６０、冷却水などに比べると小さい。

[0057] また、数５から分かるように、部品間の熱伝達量は、部品間の温度差と部品間の熱抵抗によって決定される。つまり、温度差が大きいほど熱伝達量は増加し、熱抵抗が小さいほど、熱伝達量が増加する。

[0058] このように温度上昇は、部品の熱容量に応じて異なることから、温度上昇に基づいて接続異常を判定するには、異なる各部品の熱容量の大きさを考慮する必要がある。例えば、図７のような冷機状態において、比較的大きい発熱を発生させて、熱容量の小さい部品を短い時間でその温度を上昇させる。これによって、熱容量の小さい部品の温度上昇は、短い時間で温度が上昇して、接触している他の部品との温度差が大きくなり、接触している部品への熱伝達量を増加する。

[0059] ここで、接触している他の部品との接合面が不良となって、熱抵抗が所定の設計値よりも、非常に大きくなっている場合、温度差が大きくなっても熱抵抗が大きいことから熱伝達量は小さくなり、発熱源の温度上昇は設計値よりも大きくなったり、接触している他の部品の温度上昇が設計値よりも小さくなったりするなどの現象が発生する。そこで、冷機状態において、熱容量の小さい部品に関する接合不良を判定することが可能となる。具体的な接合不良の判定に関しては、後述する図１３にて説明するが、接合不良がない場合、つまり設計とおりの特性による温度を熱伝達モデルにて推定し、温度センサ１４００によって計測される実際の温度との差から接合異常を判定する。熱伝達モデルを用いることで、複数の熱源と複数の熱伝達経路を考慮した温度上昇を推定することが可能となり、接合異常が存在する場合の温度上昇との比較によって、接合異常を精度良く判定できるという効果がある。

[0060] 以上のことをまとめると、電動パワートレイン１０００を構成する部品のうち、熱容量が小さい部品に関する接合不良による異常の判定は、電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が中トルク状態で短時間にて行うことで、より高い精度の診断が可能となる。特に、熱容量の大きい部品は、温度上昇が遅いことから短時間にて診断を行うことで、熱容量の大きい部品の影響を小さくすることが可能となる。一般的には、インバータ１１００の構成部品の熱容量が小さいことから、電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が中トルク状態で短時間にて、インバータ１１００に

関連する部品の接合不良による異常を判定することが好ましい。

[0061] 図８は、図４にて示したモータ１２００とインバータ１１００が一体構造となった電動パワートレインシステム１０００に関する熱伝達を模式的に示した熱伝達モデルを用いた電動パワートレインシステム１０００の図７とは別の状態を示した図である。

[0062] 図８は、電動パワートレインシステム１０００が、温度状態が暖機状態であり、動作状態が低・中出力である場合である。電動パワートレイン１０００の温度状態が暖機状態である具体的な判定方法は、図１２にて説明するが、電動パワートレインシステム１０００が暖機状態である場合は、電動パワートレイン１０００を構成する部品群であるモータ１２００の各部品、インバータ１１００の各部品、冷却水経路７００の冷却水、モータ・インバータ間バスバー１５００の温度が、外気温度である２５℃から３５℃程度に対して高い温度であり、いわゆる電動パワートレイン１０００全体が暖まった状態である。具体的には、モータ１２００の構成部品であるロータ１２１０、磁石１２３０、コイル１２４０、ステータ１２５０、モータケース１２６０の温度と冷却水経路７００の冷却水の温度が、外気温度よりも高く、ほぼ同じ温度になっており、インバータ１１００の構成部品であるＤＣバスバー１１２０、パワーモジュール１１３０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０の温度と冷却水経路７００の冷却水の温度が、外気温度より高く、ほぼ同じ温度になっている状態である。

[0063] このような暖機状態の電動パワートレインシステム１０００を動作させて、動作状態である低・中出力の動作状態とすると、トルク指令に基づいて、バスバー１１２０、パワーモジュール１１３０、キャパシタ１１４０へ電流が流れ、さらに、モータ・インバータ間バスバー１５００を介して、モータ１２００のコイル１２４０へ電流が流れ、ロータ１２１０が回転する。電動パワートレインシステム１０００の駆動指令は、低・中出力領域であり、比較的小さい電流から大きい電流まで流れることになり、インバータ１１００のＤＣバスバー１１２０、パワーモジュール１１３０、キャパシタ１１４０

の各部品にて、損失が発生し、比較的小さい発熱源となる。

[0064] また、モータ１２００のコイル１２４０へも比較的小さい電流から大きい電流が流れることで、コイル１２４０の有する電気抵抗に応じて損失が発生し、比較的小さい発熱源となる。以上のように、インバータ１１００、モータ１２００を構成する部品が比較的小さい発熱源となるが、外気温に対して全体的に高い温度状態となっているため、周辺への熱伝達が発生して外気温による冷却や冷却水も外気温度によって冷却されることによる温度低下が発生するので、電動パワートレインシステム１０００全体は温度が低下する方向に変化する。

[0065] 既に述べたように、各部品の温度は、各部品への入熱、出熱と各部品の熱容量によって決定され、部品間の熱伝達量は、部品間の温度差と部品間の熱抵抗によって決定される。従って、温度上昇は、部品の熱容量に応じて異なることから、温度上昇に基づいて接続異常を判定するには、異なる各部品の熱容量の大きさを考慮する必要がある。そこで、図７にて説明したように、電動パワートレインシステム１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレインシステム１０００の動作状態が中トルク状態で短時間にて、熱容量が小さい部品に関する接合不良の診断を行うことができるので、比較的熱容量の大きい部品に関する接合不良の診断を行うことができれば、熱容量の小さい部品から熱容量の大きい部品までの診断を行うことができる。熱容量が大きい部品の場合は、温度変化が遅いことから、図７のように短時間の変化では診断が困難であるため、比較的長い時間の温度変化から診断することが必要である。

[0066] 図８の状態では、暖機状態で全体的に温度が高いため、逆に外部から冷却されることになるが、冷却水やモータケース１２６０、インバータケース１１５０など比較的熱容量がある部分の温度は、緩やかに変化する。この結果、全体としての熱伝達は緩やかに行われるが、熱容量の大きい部品に係る接合部の異常による熱抵抗の増大化がある場合、その接合部からの熱伝達が少ない影響が蓄積して、長い時間経過後に大きく差が発生する可能性がある。

[0067] これに対して、冷機状態では、冷却水温度は低い状態であるため、冷却水への熱伝達が支配的となり、冷却水への直接の熱伝達がある熱容量の大きい部品に関する接合不良が判定しにくい可能性がある。具体的な接合不良の判定に関しては、後述する図１４にて説明するが、接合不良がない場合、つまり設計とおりの特性による温度を熱伝達モデルにて推定し、温度センサ１４００によって計測される実際の温度との差から接合異常を判定する。熱伝達モデルを用いることで、複数の熱源と複数の熱伝達経路を考慮した温度変化を推定することが可能となり、接合異常が存在する場合の温度変化との比較によって、接合異常を精度良く判定できるという効果がある。以上のことをまとめると、電動パワートレイン１０００を構成する部品のうち、熱容量が大きい部品に関する接合不良による異常の判定は、電動パワートレイン１０００の温度状態が暖機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が小・中トルク状態の長い期間の信号から、より高い精度の診断が可能となる。

[0068] 図９は、電動パワートレインシステム１０００における診断フローの一実施例を示す図である。本発明の診断は、定期的に実行されたり、外部からの要求応じて診断を実施する。例えば、電動パワートレインシステム１０００の検査が行われた後に、診断実行を外部から入力することで、本発明の診断を実施する場合などがある。図９では、開始（ＳＢ００）から診断要求の有無を判定する（ＳＢ１０）。ここで、診断要求がない場合は、ＳＢ１００へ進み、診断要求があるまで待つことになる。

[0069] 診断要求があると、ＳＢ２０へ進み、電動パワートレインシステム１０００の状態を判定する。電動パワートレインシステム１０００の状態が冷機状態であるか否かを判定する。冷機状態の判定は、後述の図１１で説明する。電動パワートレインシステム１０００が冷機状態であると判定されると、ＳＢ３０へ進む。ＳＢ３０では、電動パワートレインシステム１０００への指令が図２に示したように高出力領域であるか否かを判定する。ここでは、高出力領域であるか否かを判定する例を示しているが、トルク指令が所定値よりも大きいか否かなどの異なる判定でもよい。

[0070] ＳＢ３０にてモータ指令が高出力でいないと判定されると、ＳＢ１００へ進む。ＳＢ３０にてモータ指令が高出力であると判定されると、ＳＢ４０へ進む。ＳＢ４０では、予め定められた第一運転診断モードを実施する。ＳＢ４０にて第一運転診断モードが実施されると、ＳＢ５０へ進み、ＳＢ４０にて行った第一運転診断モードの結果を出力する。第一運転診断モードの結果を出力するとＳＢ１００へ進み、診断を終了する。

[0071] 一方、ＳＢ２０にて電動パワートレインシステム１０００が冷機状態でないと判定されると、ＳＢ６０へ進む。ＳＢ６０では、電動パワートレインシステム１０００が暖機状態であるか否かを判定する。暖機状態であるか否かの判定は、後述の図１２で説明する。ＳＢ６０にて電動パワートレインシステム１０００が暖機状態でないと判定すると、ＳＢ１００へ進む。

[0072] ＳＢ６０にて電動パワートレインシステム１０００が暖機状態であると判定すると、ＳＢ７０へ進む。ＳＢ７０では、電動パワートレインシステム１０００のモータ指令が連続走行指令であるか否かを判定する。連続走行指令としては、モータ指令は低出力から高出力までの領域であり、長時間動作する指令などが該当する。ＳＢ７０にて連続走行指令でないと判定されると、ＳＢ１００へ進む。

[0073] 一方、ＳＢ７０にて連続走行指令であると判定されると、ＳＢ８０へ進み、予め定められた第二運転診断モードを実施する。ＳＢ８０にて第二運転診断モードで診断が実施されると、ＳＢ９０へ進み、ＳＢ８０にて行った第二運転診断モードの結果を出力する。第二運転診断モードの結果を出力するとＳＢ１００へ進み、診断を終了する。

[0074] ここで、ＳＢ２０、ＳＢ６０は、電動パワートレインシステム１０００の診断を行う初期条件として、温度状態を判定しており、診断前に実施される。一方、ＳＢ３０、ＳＢ７０は、診断を行うデータを取得するための運転状態を判定している。つまり、ＳＢ３０は、冷機状態が初期温度状態の場合で、短期間の高出力モータ指令があった場合に、第一運転診断モードが実施可能なデータを取得することができることを判定している。同様に、ＳＢ７０

は、暖機状態が初期温度状態の場合で、長時間のモータ指令があった場合に、第二運転診断モードが実施可能なデータを取得することができることを判定している。

[0075] 図１０は、電動パワートレインシステム１０００における診断フローの別の一実施例を示す図である。本発明の診断は、定期的に実行されたり、外部からの要求応じて診断を実施する。例えば、電動パワートレインシステム１０００の検査が行われた後に、診断実行を外部から入力することで、本発明の診断を実施する場合などがある。図１０では、開始（ＳＣ００）から診断要求の有無を判定する（ＳＣ１０）。ここで、診断要求がない場合は、ＳＣ１２０へ進み、診断要求があるまで待つことになる。

[0076] 診断要求があると、ＳＣ２０へ進み、電動パワートレインシステム１０００の状態を判定する。電動パワートレインシステム１０００の状態が冷機状態であるか否かを判定する。冷機状態の判定は、後述の図１１で説明する。電動パワートレインシステム１０００が冷機状態であると判定されると、ＳＣ３０へ進む。ＳＣ３０では、電動パワートレインシステム１０００への指令が図２に示したように高出力領域であるか否かを判定する。ここでは、高出力領域であるか否かを判定する例を示しているが、トルク指令が所定値よりも大きいか否かなどの異なる判定でもよい。

[0077] ＳＣ３０にてモータ指令が高出力でいないと判定されると、ＳＣ１２０へ進む。ＳＣ３０にてモータ指令が高出力であると判定されると、ＳＣ４０へ進む。ＳＣ４０では、予め定められた第一運転診断モードを実施する。ＳＣ４０にて第一運転診断モードが実施されると、ＳＣ５０へ進み、ＳＣ４０にて行った第一運転診断モードの結果を出力する。第一運転診断モードの結果を出力するとＳＣ１２０へ進み、診断を終了する。

[0078] 一方、ＳＣ２０にて電動パワートレインシステム１０００が冷機状態でないと判定されると、ＳＣ６０へ進む。ＳＣ６０では、電動パワートレインシステム１０００が暖機状態であるか否かを判定する。暖機状態であるか否かの判定は、後述の図１２で説明する。ＳＣ６０にて電動パワートレインシス

テム１０００が暖機状態でないと判定すると、ＳＣ１２０へ進む。ＳＣ６０にて電動パワートレインシステム１０００が暖機状態であると判定すると、ＳＣ７０へ進む。ＳＣ７０では、電動パワートレインシステム１０００のモータ指令が連続走行指令であるか否かを判定する。連続走行指令としては、モータ指令は低出力から高出力までの領域であり、長時間動作する指令などが該当する。ＳＣ７０にて連続走行指令でないと判定されると、ＳＣ１２０へ進む。

[0079] 一方、ＳＣ７０にて連続走行指令であると判定されると、ＳＣ８０へ進む。ＳＣ８０では、第一の運転診断モードを実施済みであるか否かを判定する。ＳＣ８０にて第一の運転診断モードが実施されていない（未実施）と判定すると、第二の運転診断モードを行わず、ＳＣ１２０へ進む。ＳＣ８０にて第一の運転診断モードを実施済みであると判定すると、ＳＣ９０へ進む。ＳＣ９０では、第一の運転診断モードにて異常があったか否かを判定する。第一の運転診断モードにて既に、異常が発生している場合は、既に判定した異常が、第二の運転診断モードでの診断に影響を及ぼすことから、第二の運転診断モードの実施を行わず、ＳＣ１２０へ進む。

[0080] ＳＣ９０にて、第一の運転診断モードにて異常がなかったと判定すると、ＳＣ１００へ進み、予め定められた第二運転診断モードを実施する。ＳＣ１０００にて第二運転診断モードで診断が実施されると、ＳＣ１１０へ進み、ＳＣ１００にて行った第二運転診断モードの結果を出力する。第二運転診断モードの結果を出力するとＳＣ１２０へ進み、診断を終了する。

[0081] ここで、ＳＣ２０、ＳＣ６０は、電動パワートレインシステム１０００の診断を行う初期条件として、温度状態を判定しており、診断前に実施される。一方、ＳＣ３０、ＳＣ７０は、診断を行うデータを取得するための運転状態を判定している。つまり、ＳＣ３０は、冷機状態が初期温度状態の場合で、短期間の高出力モータ指令があった場合に、第一運転診断モードが実施可能なデータを取得することができることを判定している。同様に、ＳＣ７０は、暖機状態が初期温度状態の場合で、長時間のモータ指令があった場合に

、第二運転診断モードが実施可能なデータを取得することができることを判定している。

[0082] また、ＳＣ８０にて第一運転診断モードの実施の有無を判定しているが、第一運転診断モードで判定される異常の有無が、第二運転診断モードの診断に影響を及ぼす場合は、このように、第一運転診断モードの実施済みを確認した場合のみに、第二運転診断モードを実施することで、より精度の高い診断を行うことができるという効果がある。

[0083] 図１１は、電動パワートレインシステム１０００の診断フローにおける電動パワートレインの温度状態を判定するフローの一実施例を示す図であり、図９、図１０における電動パワートレインは冷機状態であるか否かの判定を行う処理（ＳＢ２０、ＳＣ２０）に相当する。

[0084] 図１１の冷機状態の判定では、先ず、Ｓ２０１において、温度センサ８００にて検出した冷却水温度から冷却水の平均温度を演算する。平均温度の計算としては、検出した冷却水温度の所定時間における時間平均などによって求めることができる。演算した冷却水平均温度がある定められたしきい値温度ＴｗＣと比較して、しきい値温度ＴｗＣ以下である場合は、Ｓ２０２へ進む。しきい値温度ＴｗＣよりも大きい場合は、Ｓ２０４へ進み、冷機状態ではないと判定し、処理を終了する。なお、冷却水温度のしきい値ＴｗＣは、周辺温度に対応して、複数の値をもつように、周辺温度のテーブルとして記憶しておき、周辺温度センサ９００によって検出された周辺温度の平均値（例えば、所定時間における時間平均値）に対応して、テーブルからしきい値を演算するなどが行われる。

[0085] Ｓ２０２では、例えば、インバータ１１００内の構成部品であるバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０など温度センサ１４００によって検出した温度から、温度センサ１４００が設置された各部の平均温度を演算する。具体的には、ＤＣバスバー１１２０の温度を検出する温度センサ１４５０の計測値を時間平均したり、キャパシタ１１４０の温度を検出する温度センサ１４４０の計測値を時間平均したり、インバータケ

ース１１５０の温度を検出する温度センサ１４１０の計測値を時間平均するなどを行う。

[0086] 次に、インバータ１１００を構成する各部品の平均温度間の偏差を演算し、その平均温度間の偏差が所定のしきい値（ΔＴｗｉＣ）以下であるかを判定し、更に、インバータ１１００を構成する各部品の平均温度の平均値と冷却水温度の平均値が所定のしきい値（ΔＴｗｉＣ）以下であるかを判定する。なお、これらのしきい値は、周辺温度に応じて変化する値であってもよい。上記の２つの条件が満足されると次のＳ２０３へ進む。一方、いずれかの条件が満足しない場合は、Ｓ２０４へ進み、冷機状態でないと判定し、処理を終了する。

[0087] Ｓ２０３では、例えば、モータ１２００内の構成部品であるコイル１２４０、ステータ１２６０、モータケース１２６０など温度センサ１４００によって検出した温度から、温度センサ１４００が設置された各部の平均温度を演算する。具体的には、コイル１２４０の温度を検出する温度センサ１４６０の計測値を時間平均したり、ステータ１２５０の温度を検出する温度センサ１４３０の計測値を時間平均したり、モータケース１２６０の温度を検出する温度センサ１４２０の計測値を時間平均するなどを行う。

[0088] 次に、モータ１２００を構成する各部品の平均温度間の偏差を演算し、その平均温度間の偏差が所定のしきい値（ΔＴｍＣ）以下であるかを判定し、更に、モータ１２００を構成する各部品の平均温度の平均値と冷却水温度の平均値が所定のしきい値（ΔＴｗｍＣ）以下であるかを判定する。なお、これらのしきい値は、周辺温度に応じて変化する値であってもよい。上記の２つの条件が満足されると次のＳ２０５へ進み、冷機状態であると判定し、処理を終了する。一方、いずれかの条件が満足しない場合は、Ｓ２０４へ進み、冷機状態でないと判定し、処理を終了する。

[0089] 図１２は、電動パワートレインシステム１０００の診断フローにおける電動パワートレインの温度状態を判定するフローの別の一実施例を示す図であり、図９、図１０における電動パワートレインは暖機状態であるか否かの判

定を行う処理（ＳＢ６０、ＳＣ６０）に相当する。

[0090] 図１２の暖機状態の判定では、先ず、Ｓ６０１において、温度センサ８００にて検出した冷却水温度から冷却水の平均温度を演算する。平均温度の計算としては、検出した冷却水温度の所定時間における時間平均などによって求めることができる。演算した冷却水平均温度がある定められたしきい値温度ＴｗＨと比較して、しきい値温度ＴｗＨ以上である場合は、Ｓ６０２へ進む。しきい値温度ＴｗＨよりも小さい場合は、Ｓ６０４へ進み、暖機状態ではないと判定し、処理を終了する。なお、冷却水温度のしきい値ＴｗＨは、周辺温度に対応して、複数の値をもつように、周辺温度のテーブルとして記憶しておき、周辺温度センサ９００によって検出された周辺温度の平均値（例えば、所定時間における時間平均値）に対応して、テーブルからしきい値を演算するなどが行われる。

[0091] Ｓ６０２では、例えば、インバータ１１００内の構成部品であるバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０など温度センサ１４００によって検出した温度から、温度センサ１４００が設置された各部の平均温度を演算する。具体的には、ＤＣバスバー１１２０の温度を検出する温度センサ１４５０の計測値を時間平均したり、キャパシタ１１４０の温度を検出する温度センサ１４４０の計測値を時間平均したり、インバータケース１１５０の温度を検出する温度センサ１４１０の計測値を時間平均するなどを行う。

[0092] 次に、インバータ１１００を構成する各部品の平均温度間の偏差を演算し、その平均温度間の偏差が所定のしきい値（ΔＴｗｉＨ）以下であるかを判定し、更に、インバータ１１００を構成する各部品の平均温度の平均値と冷却水温度の平均値が所定のしきい値（ΔＴｗｉＨ）以下であるかを判定する。なお、これらのしきい値は、周辺温度に応じて変化する値であってもよい。上記の２つの条件が満足されると次のＳ６０３へ進む。一方、いずれかの条件が満足しない場合は、Ｓ６０４へ進み、暖機状態でないと判定し、処理を終了する。

[0093] Ｓ６０３では、例えば、モータ１２００内の構成部品であるコイル１２４０、ステータ１２５０、モータケース１２６０など温度センサ１４００によって検出した温度から、温度センサ１４００が設置された各部の平均温度を演算する。具体的には、コイル１２４０の温度を検出する温度センサ１４６０の計測値を時間平均したり、ステータ１２５０の温度を検出する温度センサ１４３０の計測値を時間平均したり、モータケース１２６０の温度を検出する温度センサ１４２０の計測値を時間平均するなどを行う。

[0094] 次に、モータ１２００を構成する各部品の平均温度間の偏差を演算し、その平均温度間の偏差が所定のしきい値（ΔＴｍＨ）以下であるかを判定し、更に、モータ１２００を構成する各部品の平均温度の平均値と冷却水温度の平均値が所定のしきい値（ΔＴｗｍＨ）以下であるかを判定する。なお、これらのしきい値は、周辺温度に応じて変化する値であってもよい。上記の２つの条件が満足されると次のＳ６０５へ進み、暖機状態であると判定し、処理を終了する。一方、いずれかの条件が満足しない場合は、Ｓ６０４へ進み、暖機状態でないと判定し、処理を終了する。

[0095] なお、処理Ｓ２０、Ｓ６０にて行う冷機状態および暖機状態の判定は、電動パワートレイン１０００が駆動していない状態で行うことが好ましい。電動パワートレイン１０００が駆動している場合は、モータ１２００、インバータ１１００に電流が流れ、損失に伴う発熱が生じるため、熱容量の小さい部品は急速に温度が上昇する可能せいがあるからである。よって、冷機状態及び暖機状態は、電動パワートレイン１０００が駆動していない状態あるいは、動作領域が低出力状態で行うことが状態判定しやすく、条件としては好ましい。

[0096] 図１３は、電動パワートレイン１０００の熱伝達モデルによる各部の温度推定を演算して、診断を行う一実施例のフローを示している。特に、図１３は、図９、図１０に示したフローのＳＢ４０、ＳＣ４０の冷機判定に基づいて行う第一運転診断モードの処理の一実施例である。

[0097] 図１３では、第一運転診断モード実施の判定が行われると、Ｓ４０１の処

理にて、診断に必要なデータである電動パワートレイン１０００の指令信号、冷却水温度センサ８００の検出信号、電動パワートレイン１０００の各部品の温度を検出する温度センサ１４００の検出信号を取り込む（Ｓ４０１）。ここで、上記信号は、電動パワートレインシステム１０００のモータ制御装置１３００の診断制御部１３１０の記憶装置（図示していない）に記憶しておくなどで、第一運転診断モードを行う電動パワートレイン１０００の状態を保持しておいた結果を取り込むなどがある。あるいは、電動パワートレイン１０００の指令信号と温度センサ１４００の検出信号を直接取り込むなどがある。

[0098] 指令信号と温度センサの検出信号が取り込まれると、図４、図５にて説明した電動パワートレイン１０００の熱伝達モデルを用いて、電動パワートレイン１０００を構成する部品の各部の温度推定を演算する（Ｓ４０２）。熱伝達モデルを用いて温度を演算する場合は、各部の初期温度が必要となるが、各部の初期温度は、温度センサ１４００にて検出した初期温度を利用することが可能である。

[0099] また、温度センサ１４００が設置されていない部品の温度に関しては、本処理の前段階で、既に、電動パワートレイン１０００は、冷機状態であると判定されているため、温度センサ１４００が設置された部品に接触している部品やその近傍部品は、温度センサにて検出された温度を初期値として設定することも可能である。あるいは、冷機状態であると判定されているため、インバータ１１００の部品全ての初期温度は同じ、モータ１２００の部品全ての初期温度は同じとして設定することも可能である。

[0100] なお、電動パワートレイン１０００の指令は、モータ１２００、インバータ１１００などの構成部品に流れる電流に対応し、この指令から電動パワートレイン１０００を構成する各部品の損失・発熱量を演算して、温度予測を行う。

[0101] 次に、Ｓ４０３では、電動パワートレインシステム１０００の構成部品で温度センサ１４００が設置された部品の温度センサ計測値と、温度センサ１

４００が設置された部品に相当するＳ４０２の熱伝達モデルにて演算した温度推定値との誤差を演算する。具体的には、インバータ１１００の構成部品であるＤＣバスバー１１２０に設置された温度センサ１４５０の温度計測値と、熱伝達モデルにて演算したＤＣバスバー１１２０に相当する温度推定値の偏差を演算する。

[0102] Ｓ４０４では、温度計測値と温度推定値の偏差の絶対値が判定値ΔＴjudge１より大きいか否かを判定する。熱伝達モデルは、電動パワートレインシステム１０００の接合部に異常がない状態での熱伝達を模擬したモデルであるため、電動パワートレイン１０００の構成部品に接合不良などの異常がない場合は、熱伝達モデルによる温度推定値と実際の温度センサ１４００の温度計測値はほぼ同じ値となる。

[0103] 逆に、電動パワートレイン１０００の構成部品に接合不良などの異常がある場合は、熱伝達モデルによる温度推定値と実際の温度センサ１４００の温度計測値は、異なる値となる。ただし、実際には、熱伝達モデルのパラメータである熱抵抗などには、誤差が存在するため、接合不良がない場合でも、温度推定値と温度計測値が全く同じになることは困難である。従って、温度推定値と温度計測値の偏差がある所定の判定値を超えた場合は異常で、超えない場合は正常であると判定する。従って、Ｓ４０４にて、温度推定値と温度計測値の偏差が判定値ΔＴjudge１以下である場合は、Ｓ４０５へ進み、第一運転診断モードでは異常無しと判定し、終了する。

[0104] なお、電動パワートレインシステム１０００の構成部品に設置された温度センサ１４００は、複数あるため、各部品に設置された温度センサ１４００の温度計測値とそれに対応した熱伝達モデルの温度推定値も複数存在する。そこで、温度センサ１４００が設置された各部について、温度推定値と温度計測値の偏差を演算し、その偏差から異常判定を行う。例えば、インバータ１１００のキャパシタ１１４０の温度センサ１４４０の温度計測値と温度推定値の偏差、ＤＣバスバー１１２０の温度センサ１４５０の温度計測値と温度推定値の偏差、インバータケース１１５０の温度センサ１４１０の温度計

測値と温度推定値の偏差などを判定値と比較して診断を行う。また、判定値ΔＴjudge１は、各部品毎に設けることが好ましい。

[0105] 一方、Ｓ４０４にて、温度推定値と温度計測値の偏差が判定値ΔＴjudge１より大きい場合は、Ｓ４０６へ進み、第一運転診断モードでは異常有りと判定する。Ｓ４０６にて異常有りと判定されると、Ｓ４０７にて、温度推定値と温度計測値の偏差が判定値ΔＴjudge1より大きいと判定された温度センサ１４００の設置部品に関する接合部が異常であると判定し、異常個所の判定を行う。以上が、冷機状態にて行われる第一運転診断モードの実施フローの例である。本フローでは、後述するが、冷機状態で診断しやすい異常を判定する。

[0106] 次に、図１４は、電動パワートレイン１０００の熱伝達モデルによる各部の温度推定を演算して、診断を行う別の一実施例のフローを示している。特に、図１４は、図９、図１０に示したフローのＳＢ８０、ＳＣ１００の暖機判定に基づいて行う第二運転診断モードの処理の一実施例である。

[0107] 図１４では、第二運転診断モード実施の判定が行われると、Ｓ１００１の処理にて、診断に必要なデータである電動パワートレイン１０００の指令信号、冷却水温度センサ８００の検出信号、電動パワートレイン１０００の各部品の温度を検出する温度センサ１４００の検出信号を取り込む。ここで、上記信号は、電動パワートレインシステム１０００のモータ制御装置１３００の診断制御部１３１０の記憶装置（図示していない）に記憶しておくなどで、第二運転診断モードを行う電動パワートレイン１０００の状態を保持しておいた結果を取り込むなどがある。あるいは、電動パワートレイン１０００の指令信号と温度センサ１４００の検出信号を直接取り込むなどがある。

[0108] 指令信号と温度センサの検出信号が取り込まれると、図４、図５にて説明した電動パワートレイン１０００の熱伝達モデルを用いて、電動パワートレイン１０００を構成する部品の各部の温度推定を演算する（Ｓ１１０２）。熱伝達モデルを用いて温度を演算する場合は、各部の初期温度が必要となるが、各部の初期温度は、温度センサ１４００にて検出した初期温度を利用す

ることが可能である。

[0109] また、温度センサ１４００が設置されていない部品の温度に関しては、本処理の前段階で、既に、電動パワートレイン１０００は、暖機状態であると判定されているため、温度センサ１４００が設置された部品に接触している部品やその近傍部品は、温度センサにて検出された温度を初期値として設定することも可能である。あるいは、暖機状態であると判定されているため、インバータ１１００の部品全ての初期温度は同じ、モータ１２００の部品全ての初期温度は同じとして設定することも可能である。なお、電動パワートレイン１０００の指令は、モータ１２００、インバータ１１００などの構成部品に流れる電流に対応し、この指令から電動パワートレイン１０００を構成する各部品の損失・発熱量を演算して、温度予測を行う。

[0110] 次に、Ｓ１００３では、電動パワートレインシステム１０００の構成部品で温度センサ１４００が設置された部品の温度センサ計測値と、温度センサ１４００が設置された部品に相当するＳ１００２の熱伝達モデルにて演算した温度推定値との誤差を演算する。具体的には、インバータ１１００の構成部品であるＤＣバスバー１１２０に設置された温度センサ１４５０の温度計測値と、熱伝達モデルにて演算したＤＣバスバー１１２０に相当する温度推定値の偏差を演算する。

[0111] Ｓ１００４では、温度計測値と温度推定値の偏差の絶対値が判定値ΔＴjudge２より大きいか否かを判定する。熱伝達モデルは、電動パワートレインシステム１０００の接合部に異常がない状態での熱伝達を模擬したモデルであるため、電動パワートレイン１０００の構成部品に接合不良などの異常がない場合は、熱伝達モデルによる温度推定値と実際の温度センサ１４００の温度計測値はほぼ同じ値となる。

[0112] 逆に、電動パワートレイン１０００の構成部品に接合不良などの異常がある場合は、熱伝達モデルによる温度推定値と実際の温度センサ１４００の温度計測値は、異なる値となる。ただし、実際には、熱伝達モデルのパラメータである熱抵抗などには、誤差が存在するため、接合不良がない場合でも、

温度推定値と温度計測値が全く同じになることは困難である。従って、温度推定値と温度計測値の偏差がある所定の判定値を超えた場合は異常で、超えない場合は正常であると判定する。従って、Ｓ１００４にて、温度推定値と温度計測値の偏差が判定値ΔＴjudge２以下である場合は、Ｓ１００５へ進み、第二運転診断モードでは異常無しと判定し、終了する。

[0113] なお、電動パワートレインシステム１０００の構成部品に設置された温度センサ１４００は、複数あるため、各部品に設置された温度センサ１４００の温度計測値とそれに対応した熱伝達モデルの温度推定値も複数存在する。そこで、温度センサ１４００が設置された各部について、温度推定値と温度計測値の偏差を演算し、その偏差から異常判定を行う。例えば、インバータ１１００のキャパシタ１１４０の温度センサ１４４０の温度計測値と温度推定値の偏差、ＤＣバスバー１１２０の温度センサ１４５０の温度計測値と温度推定値の偏差、インバータケース１１５０の温度センサ１４１０の温度計測値と温度推定値の偏差などを判定値と比較して診断を行う。また、判定値ΔＴjudge２は、各部品毎に設けることが好ましい。

[0114] 一方、Ｓ１００４にて、温度推定値と温度計測値の偏差が判定値ΔＴjudge２より大きい場合は、Ｓ１００６へ進み、第二運転診断モードでは異常有りと判定する。Ｓ１００６にて異常有りと判定されると、Ｓ１００７にて、温度推定値と温度計測値の偏差が判定値ΔＴjudge２より大きいと判定された温度センサ１４００の設置部品に関する接合部が異常であると判定し、異常個所の判定を行う。以上が、暖機状態にて行われる第二運転診断モードの実施フローの例である。本フローでは、後述するが、暖機状態で診断しやすい異常を判定する。

[0115] 図１５は、電動パワートレイン１０００において異常が発生した場合の熱伝達の様子を模式的に示した図である。図１５は、インバータ１１００の構成部品であるＤＣ（直流）バスバー１１２０とキャパシタ１１４０間のモールド接合に異常がある場合の一例である。この例では、異常のあるモールド接合部分はインバータ１１００の構成部品であり、熱容量が比較的小さいこ

とから、本発明では、電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が低回転／高トルクの状態において異常を診断することが可能である。

[0116] インバータ１１００の構成部品であるＤＣ（直流）バスバー１１２０とキャパシタ１１４０間のモールド接合に異常があるため、その間を熱的なつながりであるバスバー／キャパシタ間モールド熱抵抗１７００が異常となっており、正常時の熱抵抗と比べて非常に大きくなっている場合である。電動パワートレイン１０００は、冷機状態であることから全体の温度は低い状態になっており、この状態で、高トルク指令が電動パワートレインシステム１０００へ与えられる。その結果、パワーモジュール１１３０にて大きな損失に伴う発熱が生じる。

[0117] また、ＤＣバスバー１１２０、キャパシタ１１４０にも大電流が流れることから同様に損失に伴う発熱が生じる。ここで、バスバー／キャパシタ間モールド熱抵抗１７００が異常であるため、ＤＣバスバー１１２０とキャパシタ１１４０間の熱伝達は小さくなり、この熱伝達によって生じるＤＣバスバー１１２０とキャパシタ１１４０の温度上昇は、正常時の温度上昇と異なる。

[0118] 図１６は、図１５に説明した電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が低回転／高トルクの状態において、インバータ１１００の構成部品であるＤＣ（直流）バスバー１１２０とキャパシタ１１４０間のモールド接合の異常を判定した一例である。条件としては、冷機条件（冷却水温度が３５℃）、電動パワートレイン１０００への指令が短時間・低回転／高トルク（１０００ｒｐｍ、１００Ｎｍ、３０秒）である。図１６のグラフは、上から、電動パワートレイン１０００のモータ１２００の回転数、モータ１２００のトルク指令、インバータ１１００の構成部品であるＤＣバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、ケース１１５０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度センサ１４５０、１４４０、１４１０との偏差を示している。

[0119] 図１６の結果は、図１５にて説明したように、ＤＣバスバー１１２０、キャパシタ１１４０に流れる電流による損失に伴う発熱が生じ、ＤＣバスバー１１２０、キャパシタ１１４０の温度が上昇するが、バスバー／キャパシタ間モールド熱抵抗１７００が異常であるため、バスバー１１２０とキャパシタ１１４０間の熱伝達は小さくなり、この熱伝達によって生じるバスバー１１２０とキャパシタ１１４０の温度上昇は、正常時の温度上場と異なる。

[0120] その結果、図１６に示すように、キャパシタ１１４０に関する熱伝達モデルの温度推定値と温度計測値の偏差が、他の偏差と比較して大きく増加している。ここで、例えば、－０．５℃を異常判定しきい値と設定した場合、約２５秒程度の信号から異常の有無を判定することができる。この例では、キャパシタ１１４０の温度推定値と温度計測値の偏差が拡大していることから、キャパシタ１１４０に係る接合部の異常であると判定できる。

[0121] 図１７は、電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が低回転／高トルクの状態において、異常が存在しない場合における温度推定値と温度計測値の偏差の例を示している。条件としては、冷機条件（冷却水温度が３５℃）、電動パワートレイン１０００への指令が短時間・低回転／高トルク（１０００ｒｐｍ、１００Ｎｍ、３０秒）である。

[0122] 図１７のグラフは、図１６と同じように、電動パワートレイン１０００のモータ１２００の回転数、モータ１２００のトルク指令、インバータ１１００の構成部品であるバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、ケース１１５０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度センサ１４５０、１４４０、１４１０との偏差を示している。この結果から分かるように、電動パワートレイン１０００に異常が存在しない場合は、熱伝達モデルの温度推定値と温度計測値の偏差は、大幅に増加することなく、異常判定しきい値を用いることで、異常の有無を判定できる。ここで、診断するための信号は、短時間の信号にて行うことが望ましい。短時間の信号（温度、指令）を用いることで、早急に判定でき、更に、熱容量が小さい部品に関連する接合異常を判定可能と

なる。

[0123] 図１８は、電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が低回転／高トルクの状態において、モータ１２００とインバータ１１００間の接合異常が存在する場合に、前記の冷機状態の短時間で異常判定が困難である一例を示している。条件としては、冷機条件（冷却水温度が３５℃）、電動パワートレイン１０００への指令が短時間・低回転／高トルク（１０００ｒｐｍ、１００Ｎｍ、３０秒）である。また、モータ１２００とインバータ１１００は、それぞれ、インバータケース１１５０とモータケース１２６０にて接合されており、本例では、この接合部に異常が存在する場合である。

[0124] 図１８のグラフは、図１６、図１７と同じように、電動パワートレイン１０００のモータ１２００の回転数、モータ１２００のトルク指令、インバータ１１００の構成部品であるバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、ケース１１５０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度センサ１４５０、１４４０、１４１０との偏差を示している。

[0125] この結果から分かるように、電動パワートレイン１０００のモータケース１２６０とインバータケース１１５０間に接合異常が存在しても、インバータケース１１５０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度計測値の偏差は、大幅に増加することなく、異常判定しきい値にて判定すると、異常がない状態と判定してしまい、異常判定困難となる。モータケース１２６０とインバータケース１１５０は、それぞれ発熱源ではないため、インバータ１１００を構成する発熱源である各部品と比較して、温度変化が緩やかであり、短時間では診断が困難である。

[0126] 以上の図１６、図１８の結果から、発熱源、あるいは、熱容量が小さい部品に係る接合異常に関しては、電動パワートレインシステム１０００が冷機状態で、短時間の高トルク指令時の温度推定値と温度計測値の偏差から判定可能である。一方、直接の発熱源ではなく、比較的熱容量が大きい部品に係る接合異常に関しては、電動パワートレインシステム１０００が冷機状態で

、短時間の高トルク指令時の温度推定値と温度計測値の偏差から判定は困難である。

[0127] 図１９は、電動パワートレイン１０００において、図１５とは異なる異常が発生した場合の熱伝達の様子を模式的に示した図である。図１９は、インバータ１１００のインバータケース１１５０とモータ１２００のモータケース１２６０間の接合部に異常がある場合の一例である。この例では、インバータケース１１５０とモータケース１２６０は、熱容量が比較的大きく、直接熱源ではないので、本発明では、電動パワートレイン１０００の温度状態が暖機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が長期的な中出力の指令状態において異常を診断することが可能である。

[0128] インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部に異常があるため、その間を熱的なつながりであるモータ／インバータ間接合熱抵抗１７５０が異常となっており、正常時の熱抵抗と比べて非常に大きくなっている場合である。電動パワートレイン１０００が、暖機状態であることから全体の温度は外気温度に比べて高い状態になっており、この状態で、長期的に中出力の指令が電動パワートレインシステム１０００へ与えられる。この際の中出力指令は、長時間にわたり、駆動指令と非駆動の指令の繰り返しなどが電動パワートレインシステム１０００に加えられるが、指令の出力が比較的小さいことから、電動パワートレインシステム１０００内部の損失による発熱は比較的小さく、外気温による冷却や冷却水が冷却されることによる冷却によって、電動パワートレインシステム１０００全体は温度が低下する方向に変化する。

[0129] ここで、図１９では、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部に異常があり、モータ／インバータ間接合熱抵抗１７５０が正常時の熱抵抗と比べて非常に大きくなっている。このため、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の熱伝達が正常時とは異なり、インバータケース１１５０の温度変化も異なる。更に、例えば、熱容量の比較的小さいバスバー１１２０やキャパシタ１１４０は、インバータケース１１５０に

接合されていることから、バスバー１１２０やキャパシタ１１４０の温度変化も正常時の温度変化と異なる。

[0130] 図２０は、図１９に説明した電動パワートレイン１０００の温度状態が暖機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が比較的負荷の小さい低・中出力の運転状態において、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部の異常を判定した一例である。条件としては、暖機条件（冷却水温度が６５℃）、電動パワートレイン１０００への指令は、長時間の低・中出力指令として、ＪＣ０８と呼ばれるモード走行パターンの指令の場合である。

[0131] 図２０のグラフは、上から、電動パワートレイン１０００のモータ１２００の回転数、モータ１２００のトルク指令、インバータ１１００の構成部品であるＤＣバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０、モータケース１２６０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度センサ１４５０、１４４０、１４１０、１４２０との偏差を示している。

[0132] 図２０の結果は、図１９にて説明したように、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部に異常があるため、モータ・インバータ間の接合熱抵抗１７５０が大きく、インバータケース１１５０の温度は、正常時の場合と異なる変化を示す。また、インバータケース１１５０に接触して熱伝達が行われるバスバー１１２０とキャパシタ１１４０の温度も、インバータケース１１５０の温度変化に応じて変化していくため、やはり、正常時の場合と異なる変化を示す。その結果、図２０に示すように、インバータケース１１５０に関する熱伝達モデルの温度推定値と温度計測値の偏差が、他の偏差と比較して早く増加している。

[0133] ここで、例えば、－０．５℃を異常判定しきい値と設定した場合、約６００秒程度の信号から異常の有無を判定することができる。この例では、インバータケース１１５０の温度推定値と温度計測値の偏差が最初に拡大して、異常判定しきい値を超えることから、インバータケースに係る接合部の異常であると判定できる。また、モータケース１２６０に関しても、温度推定値

と温度計測値の偏差が最初に拡大していくことから、モータケース１２６０に係る接合部の異常であると判断することも可能である。

[0134] 図２１は、電動パワートレイン１０００の温度状態が暖機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が比較的負荷の小さい低・中出力の運転状態において、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部に異常がない場合における温度推定値と温度計測値の偏差の例を示している。条件としては、暖機条件（冷却水温度が６５℃）、電動パワートレイン１０００への指令は、長時間の低・中出力指令として、ＪＣ０８と呼ばれるモード走行パターンの指令の場合である。

[0135] 図２１のグラフは、図２０と同じように、電動パワートレイン１０００のモータ１２００の回転数、モータ１２００のトルク指令、インバータ１１００の構成部品であるＤＣバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度センサ１４５０、１４４０、１４１０との偏差を示している。

[0136] 図２１の結果から分かるように、電動パワートレイン１０００に異常が存在しない場合は、熱伝達モデルの温度推定値と温度計測値の偏差は、大幅に増加することなく、異常判定しきい値を用いることで、異常の有無を判定できる。ここで、診断するための信号は、比較的長い時間の信号にて行うことが望ましい。長時間の信号（温度、指令）を用いることで、熱容量が比較的大きい部品に関連する接合異常を判定可能となる。

[0137] 図２２は、電動パワートレイン１０００の温度状態が冷機状態、電動パワートレイン１０００の動作状態が比較的負荷の小さい低・中出力の運転状態において、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部の異常がある場合の一例である。条件としては、冷機条件（冷却水温度が３５℃）、電動パワートレイン１０００への指令は、長時間の低・中出力指令として、ＪＣ０８と呼ばれるモード走行パターンの指令の場合である。

[0138] 図２２のグラフは、電動パワートレイン１０００のモータ１２００の回転数、モータ１２００のトルク指令、インバータ１１００の構成部品であるＤ

Ｃバスバー１１２０、キャパシタ１１４０、インバータケース１１５０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度センサ１４５０、１４４０、１４１０との偏差を示している。

[0139] 図２２の結果は、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部に異常があるが、インバータケース１１５０の熱伝達モデルによる温度推定値と温度計測値の偏差は、大幅に増加することなく、異常判定しきい値にて判定すると、異常がない状態と判定してしまい、異常判定困難となる。同様に、キャパシタ１１４０、ＤＣバスバー１１２０の温度推定値と温度計測値の偏差に関しても大きく変化することなく、異常の判定は困難である。

[0140] これは、インバータケース１１５０とモータケース１２６０間の接合部の異常によるモータ／インバータ間接合熱抵抗１７５０が正常時の熱抵抗と比べて非常に大きくなっているが、電動パワートレイン１０００が、冷機状態であることから全体の温度は外気温度とほぼ同じ温度の状態である。この状態は、暖機状態とは異なり、冷却水は外気温度と近いことから冷却水から外部への熱伝達は小さく、冷却水による冷却の効果が暖機状態の場合と比較して小さい。

[0141] また、長期的に中出力の指令が電動パワートレインシステム１０００へ与えられるが、指令の出力が比較的小さいことから、電動パワートレインシステム１０００内部の損失による発熱は比較的小さく、温度差は小さく、熱伝達される量も小さい。このため、インバータケース１１５０やモータケース１２６０のように比較的熱容量が大きい部品では、その間の熱伝達が正常時とは異なる場合でも、インバータケース１１５０の温度変化は正常時と比べて大きく変化しない。更に、インバータケース１１５０に接合されているため、バスバー１１２０やキャパシタ１１４０の温度変化も正常時の温度変化と比べ大きな変化はしない。

[0142] 以上の図２０、２１、２２の結果から、発熱源でなく、あるいは、熱容量が大きい部品に係る接合異常に関しては、電動パワートレインシステム１０

００が暖機状態で、比較的長い時間の低・中出力指令時の温度推定値と温度計測値の偏差から判定可能である。一方、同じような異常に関して、電動パワートレインシステム１０００が冷機状態では、温度推定値と温度計測値の偏差から判定は困難である。

[0143] 図２３は、本発明の第二の実施例の概要を説明する図である。図２３は、図１に示す第一の実施例に、表示装置１８００、記憶装置１８５０、通信装置１９００を追加した実施例である。図２３にて追加した表示装置１８００、記憶装置１８５０、通信装置１９００以外は、図１に説明したものと同様であり、電動パワートレインシステム１０００の診断のフローは、今まで説明してきた実施例と同じであってよい。

[0144] 電動パワートレインシステム１０００におけるモータ制御装置１３００内の診断制御部１３１０にて診断した結果は、出力装置１００へ送られる。出力装置１００は、診断制御部１３１０にて診断した結果を出力する。ここで、診断結果の出力は、図２３の表示装置１８００によって、診断結果を表示する。表示装置は、例えば、電動パワートレインシステム１０００を搭載する車両において、異常時に点灯する表示にてドライバなどへ通知する方法がある。

[0145] 具体的には、何らかの異常時に点灯する表示ランプが、車両には設けられており、表示ランプの点灯によって、異常を通知する。例えば、診断制御部１３１０にて、第一運転診断モードで診断した結果、異常と診断された場合の表示ランプは、常時点灯するようにし、第二運転診断モードで診断した結果、異常と診断された場合の表示ランプは、点滅によって表示する。このように、複数の運転診断モードで診断した結果を異なる表示方法で、ドライバや点検者に通知することで、異なる異常であること、異常度合いなどをドライバや点検者へ通知することができ、異常の緊急度なども同時に通知できるという効果がある。

[0146] また、出力装置１００に送られた診断結果は、記憶装置１８５０に過去の診断結果として記憶することができる。記憶装置１８５０には、診断制御部

１３１０にて実施した診断結果と診断に用いた電動パワートレインシステム１０００への指令、温度センサ１４００や冷却水温度センサ８００、外気温度センサ９００などの検出温度信号、診断制御部１３１０にて有する熱伝達モデルによる温度推定値信号などを記憶することが可能である。

[0147] 記憶装置１８５０には、電動パワートレインシステム１０００を搭載した車両が、通常の走行時に判定した異常のデータを蓄積し、点検時に記憶装置１８５０のデータを読み込むことで、過去の異常の経緯を点検者へ提供でき、車両に必要な点検などの情報を提供することができる。

[0148] また、記憶装置１８５０に記憶されたデータは、通信装置１９００にて、外部データサーバなどにデータを送信し、過去のデータを外部データサーバに蓄積することで、異常データベースを構築することができる。異常データベースは、データセンタで他の車両の異常データと同様に管理され、同じような車両に対する異常データベースとして点検に役立てることができる。

[0149] 図２４は、本発明の診断を行うタイミングに関して説明する図である。図２３は、横軸は時間を示しており、縦軸は冷却水温度を示している。図２３において、時刻ｔ０にて車両がキーオンされ、始動状態となった場合である。この場合、車両が長い間放置されていた場合、冷却水温度は、外気温とほぼ同じ状態であり、電動パワートレインシステム１０００全体が冷却水温度とほぼ同じ温度状態である。この段階では、電動パワートレインシステム１０００の状態判定では、冷機状態であると判断され、電動パワートレインシステム１０００が駆動されると、第一運転診断モードが実施される。このように、通常は、始動時の段階で、第一運転診断モードが実施される。

[0150] 次に、電動パワートレインシステム１０００が駆動していると、モータ１２００、インバータ１１００は、損失に応じた発熱が生じて、温度が上昇する。これに伴い、冷却水によってモータ１２００、インバータ１１００は冷却されるが、高出力動作領域で、電動パワートレインシステム１０００が動作すると発熱量が増加し、全体的に温度が上昇する。

[0151] 図２４では、例えば、時刻ｔ２において、冷却水温度が所定温度以上にな

り、電動パワートレインシステム１０００を構成する部品温度も冷却水温度に近い温度状態になると、電動パワートレインシステム１０００の状態判定では、暖機状態であると判定する。暖機状態と判定されると、第二運転診断モードが実施される。

[0152] このように、車両が動作中に、暖機状態であると判定されると、電動パワートレインシステム１０００の動作状態に応じて第二運転診断モードを実施する。なお、第二運転診断モードを行うタイミングは複数存在するが、前回の第二運転診断モード実施から所定の走行距離、所定の時間が経過するまでは、次の第二運転診断モードを実施しないようにすることも可能である。これにより、頻繁に診断を行うことなく、制御装置の計算負荷を低減できるという効果がある。図２３では、時刻ｔ３にて車両は停止し、その後、車両が放置されることで、温度が低下していく。

[0153] 図２５は、本発明の電動パワートレインシステムの異常判定結果に基づいて、電動パワートレインシステム１０００の出力制限を行う処理に関して示した図である。図２５の前半の処理、ＳＡＫ１０、ＳＡＫ２０、ＳＡＫ３０、ＳＡＫ４０、ＳＡＫ５０、ＳＡＫ６０は、図６に示した異常判定処理のフローと同じである。図２５では、ＳＡＫ４０にて第一運転診断モードの結果を出力するが、その結果に基づいて異常が判定されると、ＳＡＫ８０にて、電動パワートレインシステム１０００の出力制限を行う。ここで行う出力制限を第一出力制限とする。

[0154] ただし、異常が判定されないと、出力制限は行わない。また、ＳＡＫ６０にて第二運転診断モードの結果を出力するが、その結果に基づいて異常が判定されると、ＳＡＫ９０にて、電動パワートレインシステム１０００の出力制限を行う。ここで行う出力制限を第二出力制限とする。ただし、異常が判定されないと、出力制限は行わない。ここで、第一出力制限と第二出力制限は、電動パワートレインシステム１０００の出力を制限するものであり、第一運転診断モードの診断結果に基づく制限と第二運転診断モードの診断結果に基づく制限は、異なるように設定する。好ましくは、第一出力制限の指令

許容出力は、第二出力制限の指令許容出力よりも小さく設定する。

[0155] 図２６は、本発明の電動パワートレインシステムの異常判定結果に基づいて、電動パワートレインシステム１０００の出力制限を行う別の処理に関して示した図である。図２６の前半の処理、ＳＢＫ１０、ＳＢＫ２０、ＳＢＫ３０、ＳＢＫ４０、ＳＢＫ５０、ＳＢＫ６０、ＳＢＫ７０、ＳＢＫ８０、ＳＢＫ９０は、図９に示した異常判定処理のフローと同じである。図２６では、ＳＢＫ５０にて第一運転診断モードの結果を出力するが、その結果に基づいて異常が判定されると、ＳＢＫ１１０にて、電動パワートレインシステム１０００の出力制限を行う。ここで行う出力制限を第一出力制限とする。ただし、異常が判定されないと、出力制限は行わない。

[0156] また、ＳＢＫ９０にて第二運転診断モードの結果を出力するが、その結果に基づいて異常が判定されると、ＳＢＫ１２０にて、電動パワートレインシステム１０００の出力制限を行う。ここで行う出力制限を第二出力制限とする。ただし、異常が判定されないと、出力制限は行わない。ここで、第一出力制限と第二出力制限は、電動パワートレインシステム１０００の出力を制限するものであり、第一運転診断モードの診断結果に基づく制限と第二運転診断モードの診断結果に基づく制限は、異なるように設定する。

[0157] 特に、第一運転診断モードでは、熱容量の小さい部品の接合異常、つまり熱伝達異常を判定するが、熱容量の小さい部品で、発熱源の場合は、接合異常による冷却が不十分である可能性が高い、そのため、電動パワートレインシステム１０００の許容出力領域を狭く制限することが好ましい。例えば、中・高出力動作領域で動作できないように、出力制限を設けるなどがある。一方、第二運転診断モードでは、比較的熱容量の大きい部品の接合異常による冷却不足の可能性はあるが、熱容量の小さい部品と比較して、余裕があるため、電動パワートレインシステム１０００の許容出力領域は、第一出力制限よりも大きくし、例えば、高出力動作領域のみ動作できないように出力制限を設けなるなどがある。

[0158] 以上のように、第一運転診断モードと第二運転診断モードの異なる接合部

の異常判定結果に基づき、異なる出力制限を変更することで、緊急性の高い異常には、出力制限を厳しくし、比較的余裕のある異常には、出力制限を緩やかにすることで、安全性と運転性の両立を図ることが可能となる。つまり、急激に出力制限をかけることで、運転性を急激に低下することを避けることが可能となる。

[0159] 本発明の別の実施例としては、インバータとＤＣ／ＤＣコンバータを一体化構造とした電動パワートレインへの適用もある。図２７は、本発明の別の実施例であり、インバータ１１００とＤＣ／ＤＣコンバータ１６００が一体構造となった場合の電動パワートレインの構成図である。図２７において、ＤＣ／ＤＣコンバータ１６００と補助バッテリ１６５０以外は、図１の構成と同じである。ＤＣ／ＤＣコンバータは、車両に搭載された小型モータなど補機付加に電力を供給するとともに補助バッテリ１６５０を充電する電力変換装置である。

[0160] 図２８は、図２７のＤＣ／ＤＣコンバータ１６００関連部分の詳細を示す図である。ＤＣ／ＤＣコンバータ１６００は、制御回路部１６１０とパワー回路部１６２０から構成され、制御回路１６１０の指令に基づき、パワー回路部１６２０は、電源装置２００の高圧側の電圧を入力して、補助バッテリ１６５０へ低電圧として出力する。また、パワー回路部１６２０は、高圧側モジュール１６２１、トランス１６２２、低圧側モジュール１６２３、平滑回路１６２４を有しており、ＤＣ／ＤＣコンバータ１６００にて電圧変換する際に動作し、それぞれにて損失による発熱が生じる。このように、ＤＣ／ＤＣコンバータ１６００は、インバータ１１００と同じように複数の発熱源を有している。また、それぞれは、複数の接触面によって実現される複数の熱伝達経路を介し、ＤＣ／ＤＣコンバータ１６００のケースや冷却水経路へ熱伝達するようになっている。

[0161] 以上のように、ＤＣ／ＤＣコンバータ１６００をインバータ１１００と一体構造の構成とした場合も、モータ１２００とインバータ１１００を一体構造とした構成の場合と同じように、複数の発熱源、接合面による複数の熱伝

達経路、熱容量の異なる複数の部品を有しており、同様の考え方によって、接合部の異常を判定することが可能となる。

[0162] 本発明の別の実施例としては、ハイブリッド電気自動車におけるモータと変速機を一体構造とした電動パワートレインに関しても、複数の発熱源と複数の熱伝達経路を構成しており、同様な考え方で熱異常診断を行うことが可能である。

[0163] 図２９は、本発明の別の実施例であり、ハイブリッド電気自動車の電動パワートレインの例である。図２９のハイブリッド電気自動車の電動パワートレインは、従来の内燃機関２０００、内燃機関２０００を制御するエンジン制御装置２０５０と、モータ１２００、モータ１２００を駆動するインバータ１１００、モータ１２００・インバータ１１００の制御を行うモータ制御装置１３００が内燃機関２０００とモータ１２００の動力を伝達する変速装置２１００が一体構造となっており、変速機ケース２１５０に接合されて搭載した例である。図２９の構成図は、内燃機関２０００、エンジン制御装置２０５０、変速機２１００、変速機ケース２１５０以外は、図１と同じ構成で、同じような機能・動作を行う。

[0164] 図２９にて分かるように、変速機ケース２１５０は、内燃機関２０００、変速装置２１００、モータ１２００、インバータ１１００と互いに接合された形態となり、互いに熱伝達されるようになっている。また、内燃機関２０００、変速装置２１００、モータ１２００、インバータ１１００は、それぞれ発熱源ともなっている。そして、それぞれは、複数の接触面によって実現される複数の熱伝達経路を介し、冷却水経路７００や変速機の冷却媒体（図示していない）へ熱を逃がすようになっている。

[0165] 以上のように、変速装置２１００、インバータ１１００などを一体構造の構成とした場合も、モータ１２００とインバータ１１００を一体構造とした構成の場合と同じように、複数の発熱源、接合面による複数の熱伝達経路、熱容量の異なる複数の部品を有しており、同様の考え方によって、接合部の異常を判定することが可能となる。

[0166] 以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の設計変更を行うことができるものである。例えば、例えば、前記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0167] また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。複数の診断モードとして、第一運転診断モードと、第二運転診断モードの二つの例について述べたが、三つ以上の運転診断モードを有するように構成してもよい。

[0168] さらに、本発明の電動パワートレインシステムによれば、前記第一の運転診断モードでは、熱容量が比較的小さい部品の接合部の異常が診断でき、前記第二の運転診断モードでは、第一の運転診断モードとは異なる熱抵抗が比較的大きい部品の接合部の異常を診断でき、それぞれ異なる接合部の異常を診断することができるとともに、第一の運転診断モードで診断する熱容量が小さい部品の接合部は、第二の運転診断モードで診断する比較的熱容量の大きい部品の接合部と比較すると冷却機能の観点では重要な熱伝達経路であり、冷却機能の観点で重要な異常を第一の運転診断モードで診断し、それ以外を第二の運転診断モードで診断するため、重要度に応じて診断結果の表示を変更することができるという効果がある。

[0169] さらに、本発明の電動パワートレインシステムによれば、前記第一の運転診断モードと前記第二の運転診断モードのそれぞれの診断結果に基づき、前記電動パワートレインの出力制限を行うことで、接合部異常による温度上昇を抑制し、部品の破壊を防ぐことができる。つまり、冷却機能の観点で、重

要な接合部は、第一の運転診断モードで診断され、それ以外は第二の運転診断モードで診断することから、第一の運転診断モードで異常と診断した場合は、第二の運転診断モードで異常と診断した場合と比較して、冷却機能の観点で重要であり、発熱を抑えるために、より厳しい出力制限をかけることで、安全性を重視することができ、第二の運転診断モードで異常と診断した場合は、運転性を重視するように電動パワートレインの出力制限を比較的緩やかに設定するなど、異常の状態に応じた出力制限を変更して、安全性と運転性の両者を考慮することができるという効果がある。

産業上の利用可能性

[0170] 本発明の活用例として、この電動パワートレインシステムを用いてハイブリッド車両を構成することができ、内燃機関としてガソリンエンジンやディーゼルエンジンを用いることができ、ハイブリッド鉄道車両の用途にも適用できる。

符号の説明

[0171] １００　出力装置、２００　電源装置（バッテリ）、３００　車両制御装置、４００　アクセル開度センサ、５００　車速度センサ、６００　冷却装置、７００　冷却水経路、８００　冷却水温度センサ、９００　周辺温度センサ、

１０００　電動パワートレインシステム、

１１００　インバータ、１１１０　インバータ内ＡＣバスバー、１１２０　ＤＣバスバー、１１３０　パワーモジュール、１１４０　キャパシタ、１１５０　インバータケース、１２００　モータ、１２１０　ロータ、１２２０　軸受、１２３０　磁石、１２４０　コイル、１２５０　モータステータ、１２６０　モータケース、１２７０　回転軸、

１３００　モータ制御装置、１３１０　診断制御部、１３２０　モータ制御部、

１４００　温度センサ、

１５００　モータ・インバータ間バスバー、

１６００　ＤＣ／ＤＣコンバータ、１６５０　補助バッテリ、

１７００　バスバー／キャパシタ間モールド熱抵抗、１７５０　モータ／インバータ間接合熱抵抗、

１８００　表示装置、１８５０　記憶装置、

１９００　通信装置、

２０００　内燃機関、２０５０　エンジン制御装置、

２１００　変速装置、２１５０　変速機ケース

請求の範囲

［請求項1］ 発熱源を有する複数の部品が、接触面を有して一体構造となった電動車両の駆動システムである電動パワートレインであって、

複数の温度センサと、該温度センサの温度に基づいて前記複数の部品の熱伝達経路を模擬した前記電動パワートレインの熱伝達モデルを備える診断制御部とを有し、

前記診断制御部は、前記熱伝達モデルを用いて前記複数の部品の温度を推定し、複数の運転診断モードで熱伝達の異常の有無を判定することを特徴とする電動パワートレインシステム。

［請求項2］ 前記電動パワートレインは、前記診断制御部の判定結果を出力する出力装置を備えることを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレイン。

［請求項3］ 前記診断制御部は、推定した前記複数の部品の温度と、前記複数の温度センサの計測温度とを比較し推定値と実測値の偏差が大きい部位近傍の熱伝達経路となる接合部が異常であるとの判定を行うことを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレイン。

［請求項4］ 前記複数の運転診断モードの一つは、前記電動パワートレインが冷機状態の第一運転診断モードであることを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項5］ 前記複数の運転診断モードの一つは、前記第一運転診断モードであり、前記電動パワートレインへの駆動指令が前記電動パワートレインの連続運転可能な駆動指令よりも大きい出力を含むことを特徴とする請求項４に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項6］ 前記複数の運転診断モードの他の一つは、前記電動パワートレインが暖機状態の第二運転診断モードであるであることを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項7］ 前記複数の運転診断モードの他の一つは、前記第二運転診断モードであり、前記電動パワートレインへの駆動指令が前記電動パワートレ

インの連続運転可能な駆動指令以下の出力であることを特徴とする請求項６に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項8］　前記複数の部品の一つは、モータとインバータが少なくとも一つ以上の接触面を有して連結固定され一体構造となったことを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレイン。

［請求項9］　前記複数の温度センサは、少なくとも前記電動パワートレインの周辺温度と、前記電動パワートレインを冷却する冷媒温度と、前記電動パワートレインを構成する前記複数の部品の温度を検出することを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項10］　前記複数の温度センサは、前記電動パワートレインを構成する前記インバータの構成部品であるキャパシタ温度、バスバー温度、インバータケース温度、前記モータの構成部品であるコイル温度、ステータ温度、モータケース温度を測定することを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項11］　前記冷機状態の第一運転診断モードは、前記暖機状態の第二運転診断モードよりも短時間で診断を行うことを特徴とする請求項４に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項12］　前記診断制御部による異常判定結果に基づき、前記電動パワートレインへの指令を制限することを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレインシステム。

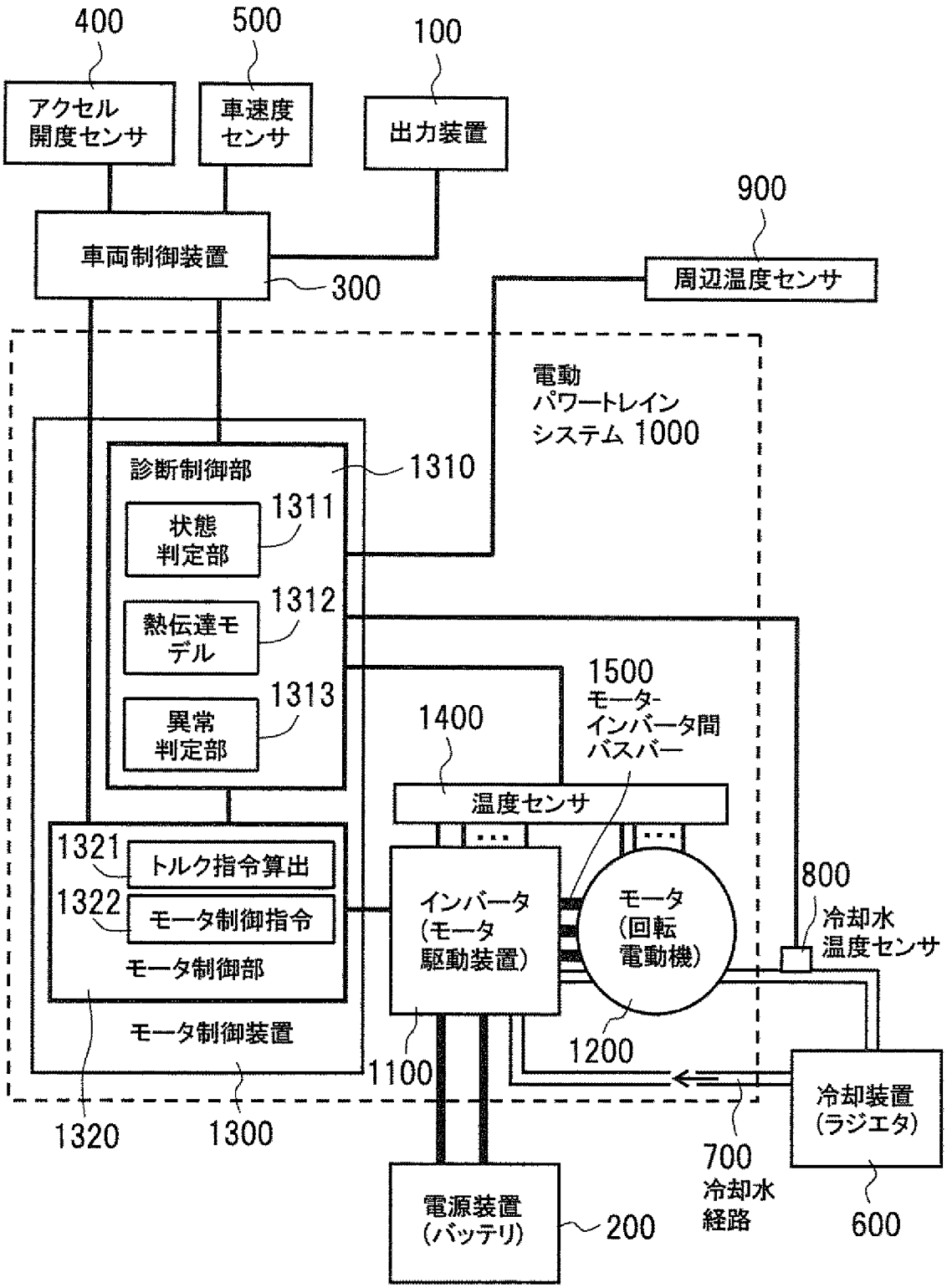
［請求項13］　前記出力装置は、前記診断制御部による異常判定結果に基づき、警告を表示する、あるいは警報を発することを特徴とする請求項２に記載の電動パワートレインシステム。

［請求項14］　前記熱伝達モデルは、前記電動パワートレインへの駆動指令を入力とし、前記電動パワートレインの各部分の温度を推定することを特徴とする請求項１に記載の電動パワートレインシステム。

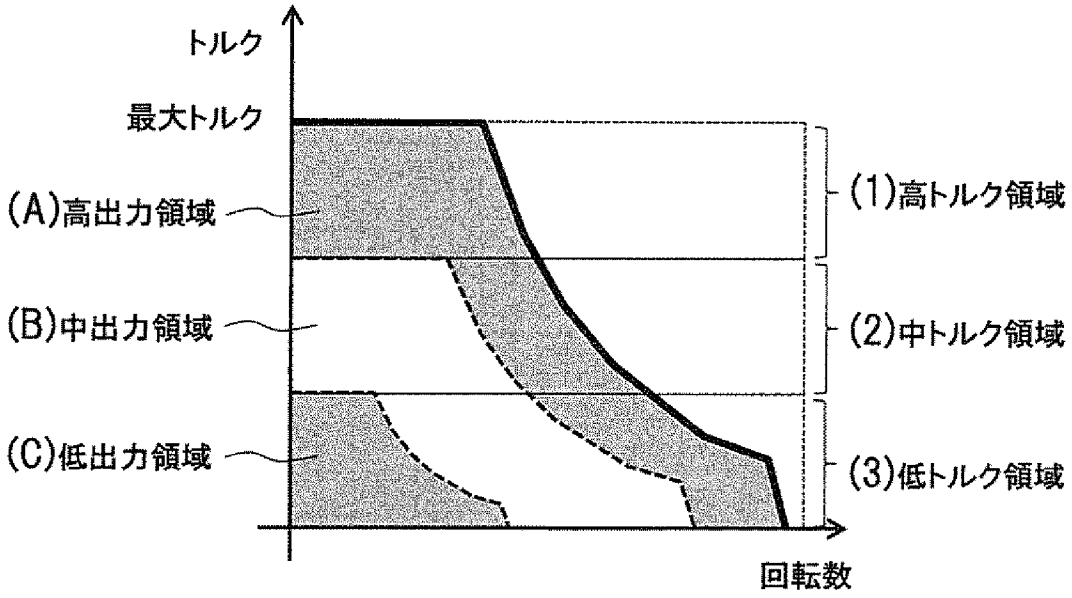
［請求項15］　前記複数の運転診断モードによる異常判定結果に基づき、前記電動パワートレインへの指令を制限することを特徴とする請求項１に記載

の電動パワートレインシステム。

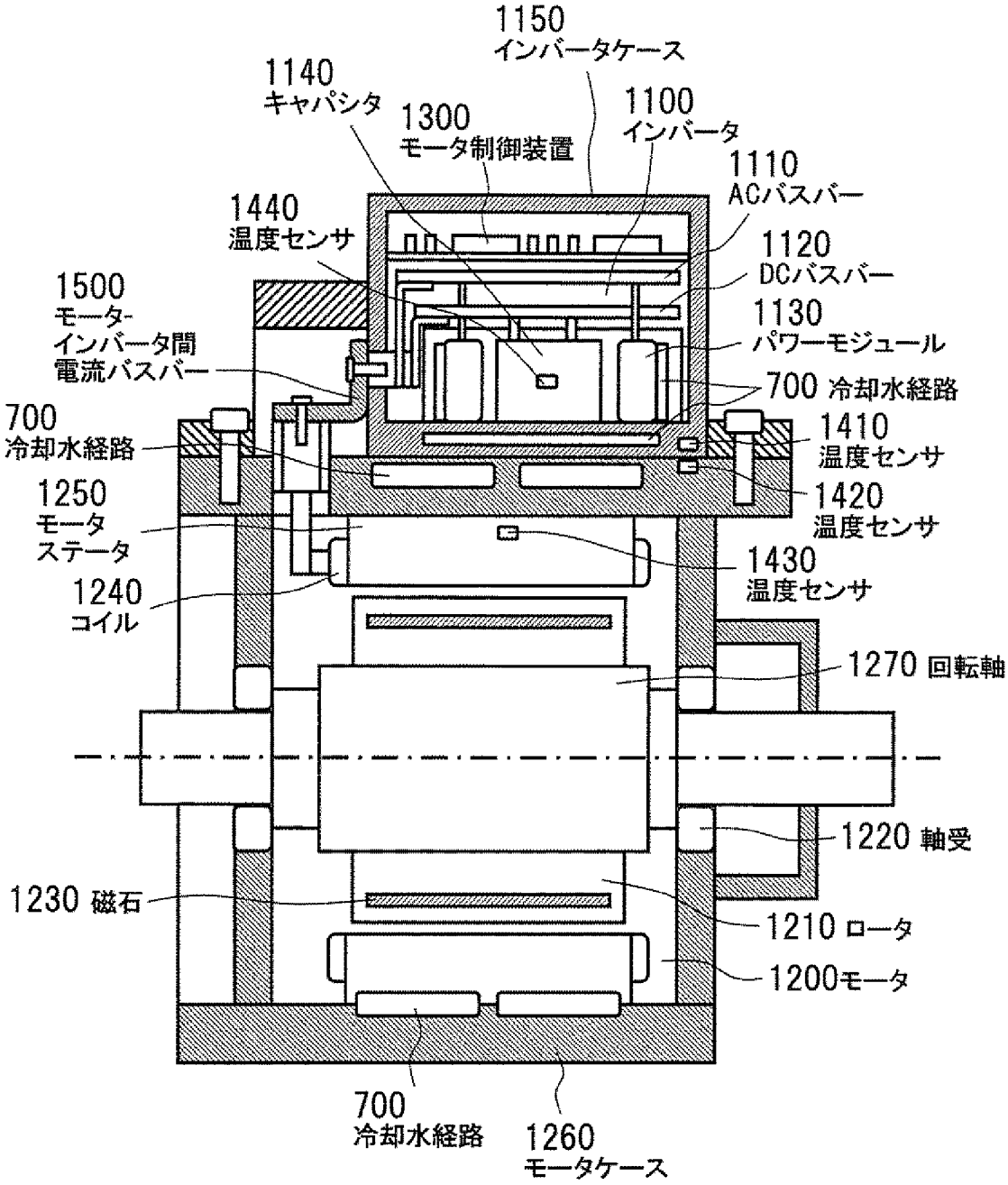
[図1]


400
アクセル
開度センサ
500
車速度
センサ
100
出力装置
900
周辺温度センサ
車両制御装置
300
電動
パワートレイン
システム 1000
診断制御部
1310
状態
判定部
1311
熱伝達モ
デル
1312
異常
判定部
1313
1500
モータ-
インバータ間
バスバー
1400
温度センサ
1321
トルク指令算出
1322
モータ制御指令
モータ制御部
モータ制御装置
インバータ
(モータ
駆動装置)
モータ
(回転
電動機)
800
冷却水
温度センサ
1100
1200
1320
1300
冷却装置
(ラジエタ)
700
冷却水
経路
600
電源装置
(バッテリ)
200

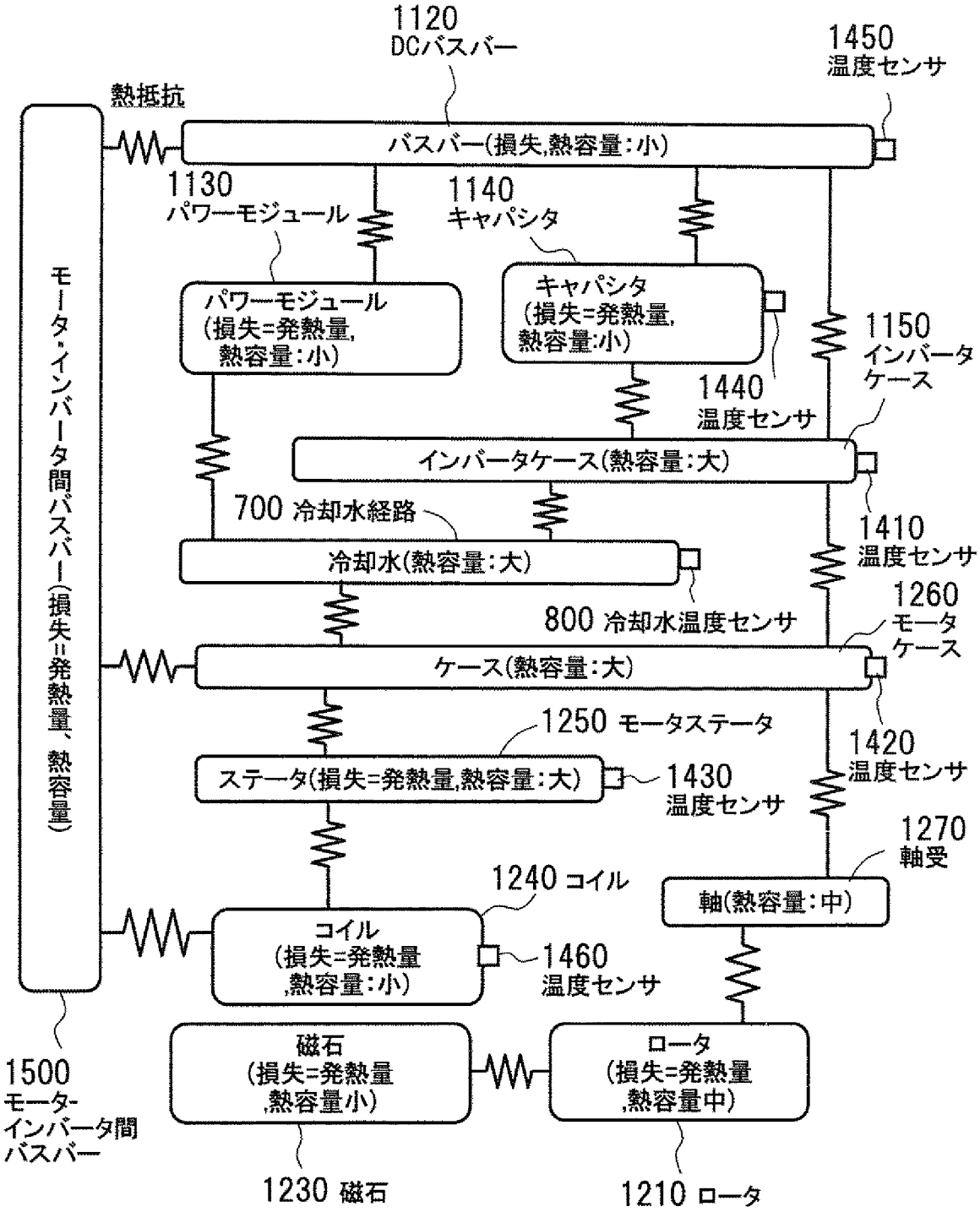
[図2]


トルク
最大トルク
(A)高出力領域
(B)中出力領域
(C)低出力領域
(1)高トルク領域
(2)中トルク領域
(3)低トルク領域
回転数

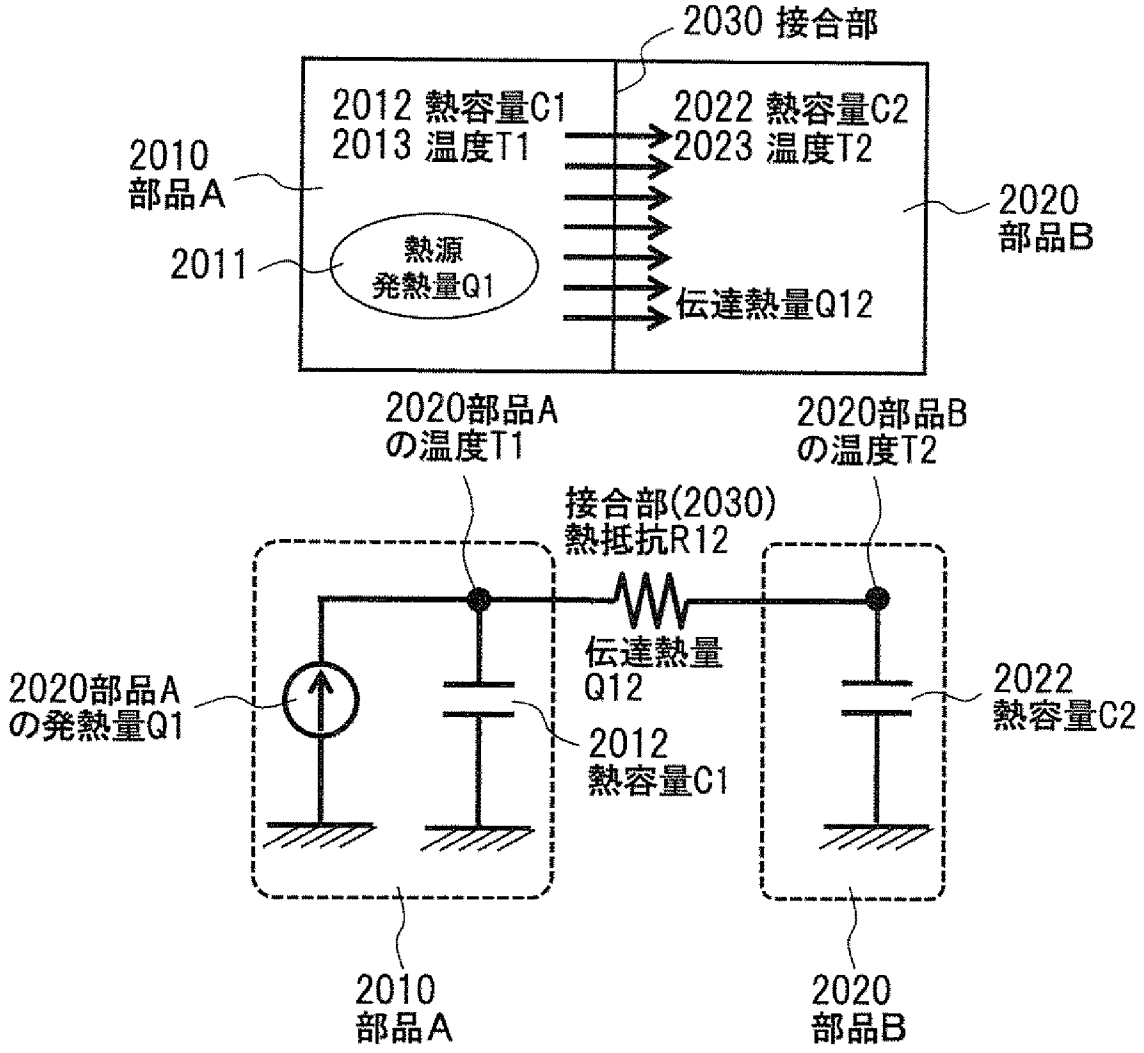
[図3]


1150
インバータケース
1140
キャパシタ
1300
モータ制御装置
1100
インバータ
1110
ACバスバー
1440
温度センサ
1120
DCバスバー
1500
モータ-
インバータ間
電流バスバー
1130
パワーモジュール
700 冷却水経路
700
冷却水経路
1410
温度センサ
1250
モータ
ステータ
1420
温度センサ
1430
温度センサ
1240
コイル
1270 回転軸
1220 軸受
1230 磁石
1210 ロータ
1200モータ
700
冷却水経路
1260
モータケース

[図4]


1120
DCバスバー
1450
温度センサ
熱抵抗
バスバー(損失,熱容量:小)
1130
パワーモジュール
1140
キャパシタ
パワーモジュール
(損失=発熱量,
熱容量:小)
キャパシタ
(損失=発熱量,
熱容量:小)
1150
インバータ
ケース
1440
温度センサ
インバータケース(熱容量:大)
700 冷却水経路
1410
温度センサ
冷却水(熱容量:大)
1260
モータ
ケース
800 冷却水温度センサ
ケース(熱容量:大)
1250 モータステータ
1420
温度センサ
ステータ(損失=発熱量,熱容量:大)
1430
温度センサ
1270
軸受
1240 コイル
軸(熱容量:中)
コイル
(損失=発熱量
,熱容量:小)
1460
温度センサ
モータ・インバータ間バスバー(損失=発熱量、熱容量)
1500
モータ-
インバータ間
バスバー
磁石
(損失=発熱量
,熱容量小)
ロータ
(損失=発熱量
,熱容量中)
1230 磁石
1210 ロータ

[図5]

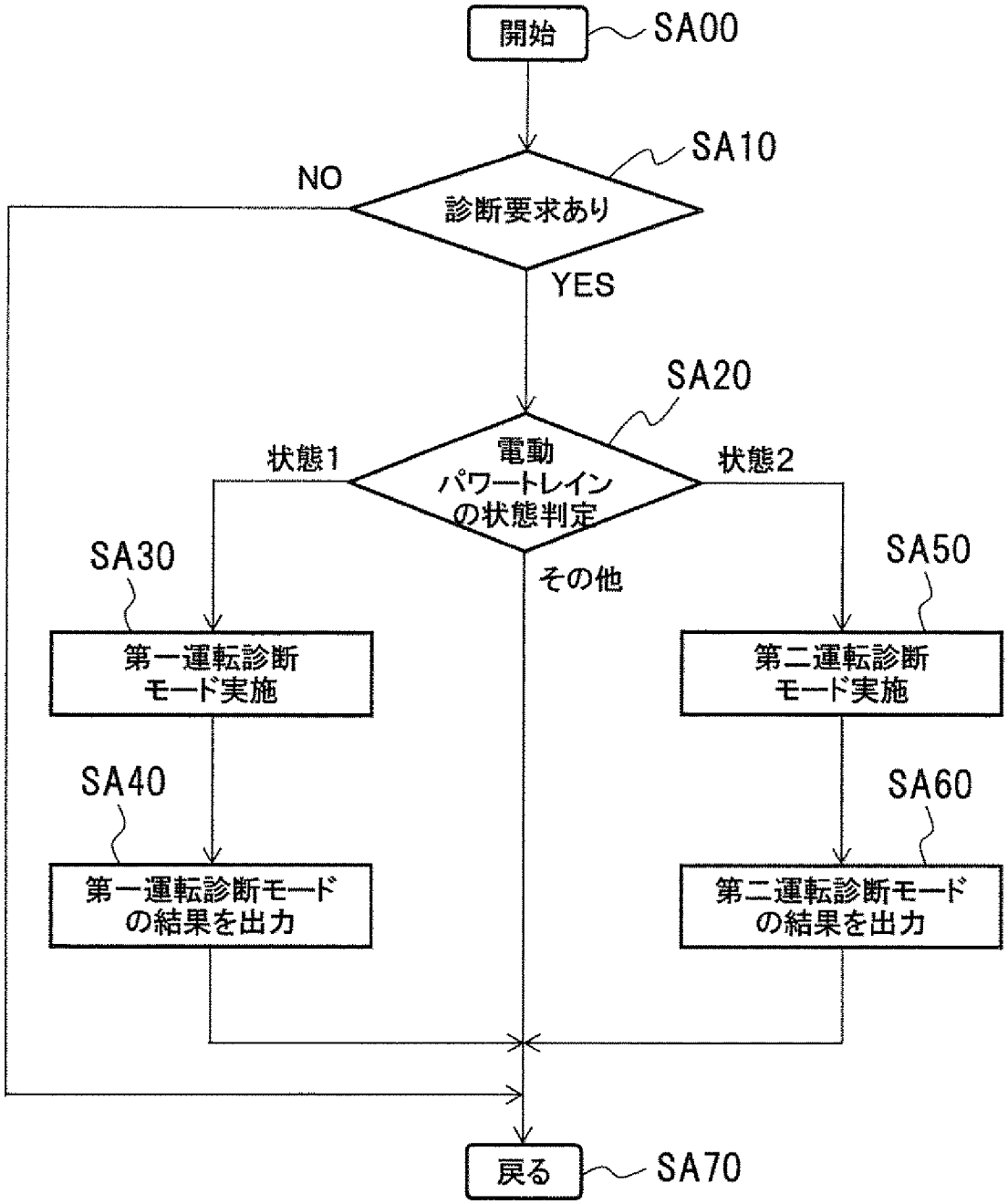


$$\frac{dT1}{dt}=\frac{1}{C1}(Q1-Q12) \qquad \cdots\cdots(数\ 1)$$

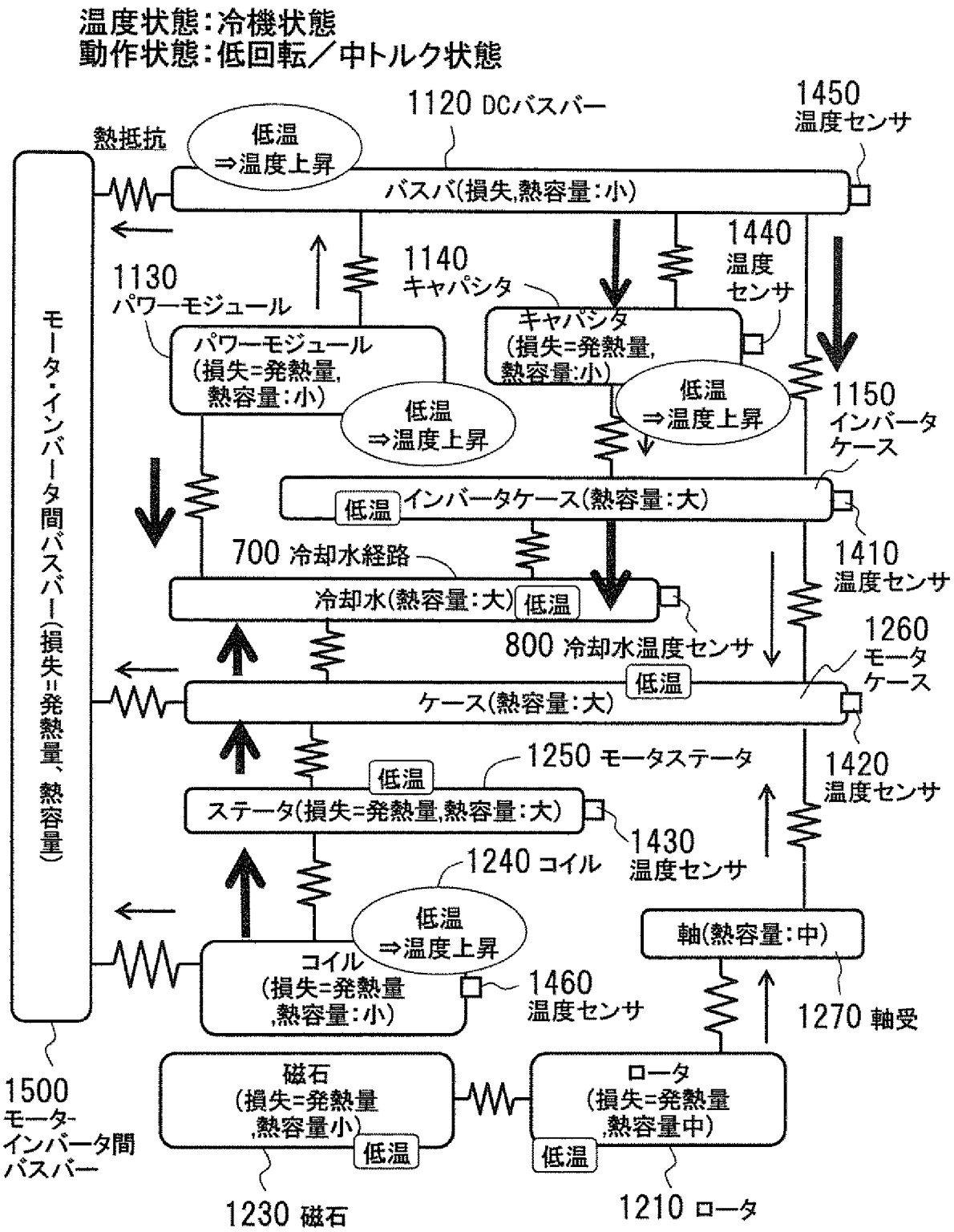
$$\frac{dT2}{dt}=\frac{1}{C2}Q12 \qquad \cdots\cdots(数\ 2)$$

$$Q12=\frac{1}{R12}(T1-T2) \qquad \cdots\cdots(数\ 3)$$

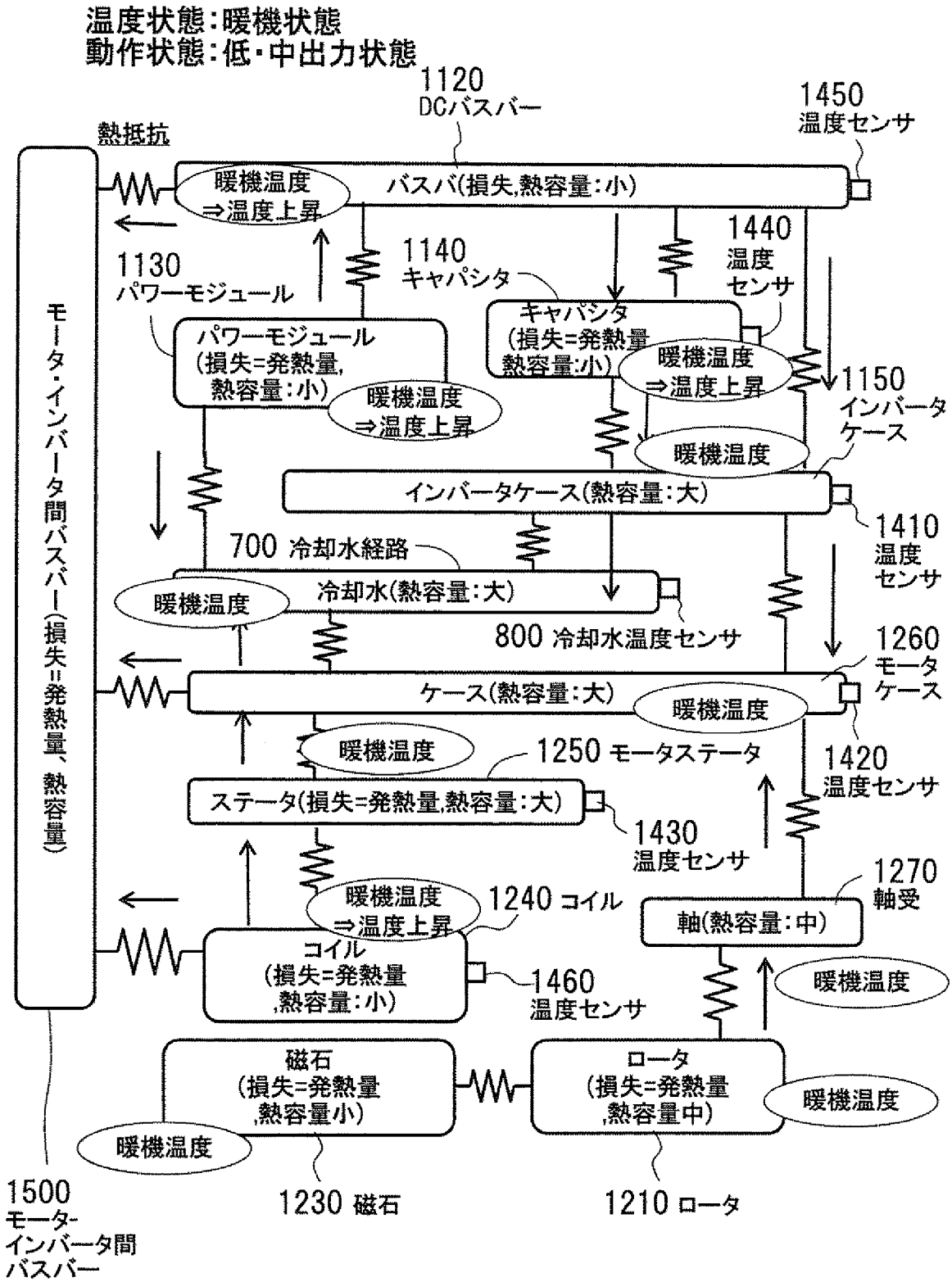
[図6]


開始
SA00
SA10
NO
診断要求あり
YES
SA20
状態1
電動
パワートレイン
の状態判定
状態2
SA30
その他
SA50
第一運転診断
モード実施
第二運転診断
モード実施
SA40
SA60
第一運転診断モード
の結果を出力
第二運転診断モード
の結果を出力
戻る
SA70

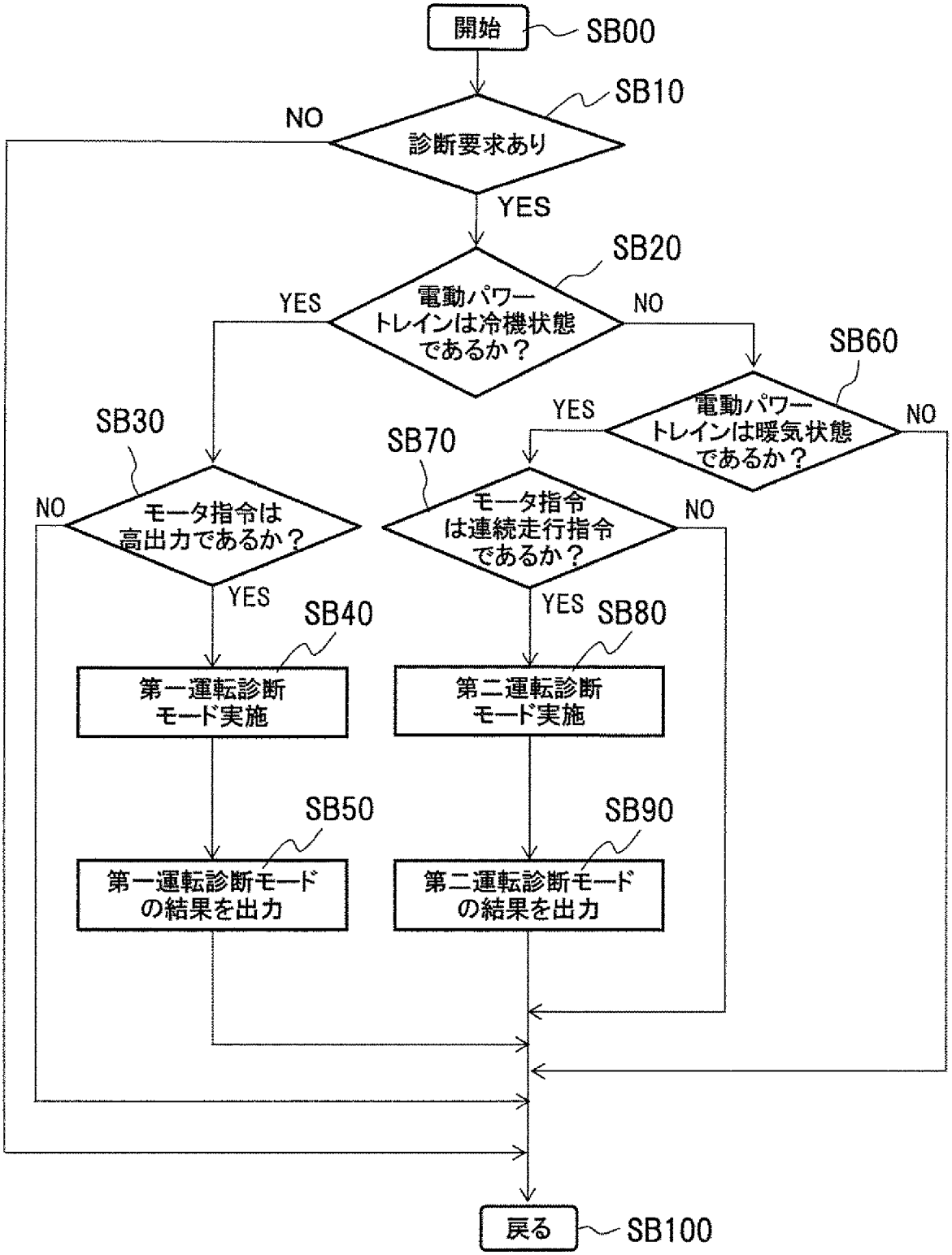
[図7]


温度状態:冷機状態
動作状態:低回転／中トルク状態
1120 DCバスバー
1450
温度センサ
熱抵抗
低温
⇒温度上昇
バスバ(損失,熱容量:小)
1440
温度
センサ
1140
キャパシタ
1130
パワーモジュール
キャパシタ
(損失=発熱量,
熱容量:小)
パワーモジュール
(損失=発熱量,
熱容量:小)
低温
⇒温度上昇
低温
⇒温度上昇
1150
インバータ
ケース
モータ・インバータ間バスバー(損失=発熱量、熱容量)
低温
インバータケース(熱容量:大)
1410
温度センサ
700 冷却水経路
冷却水(熱容量:大)
低温
800 冷却水温度センサ
1260
モータ
ケース
低温
ケース(熱容量:大)
1250 モータステータ
1420
温度センサ
低温
ステータ(損失=発熱量,熱容量:大)
1430
温度センサ
1240 コイル
低温
⇒温度上昇
軸(熱容量:中)
コイル
(損失=発熱量
,熱容量:小)
1460
温度センサ
1270 軸受
1500
モータ-
インバータ間
バスバー
磁石
(損失=発熱量
,熱容量小)
低温
ロータ
(損失=発熱量
,熱容量中)
低温
1230 磁石
1210 ロータ

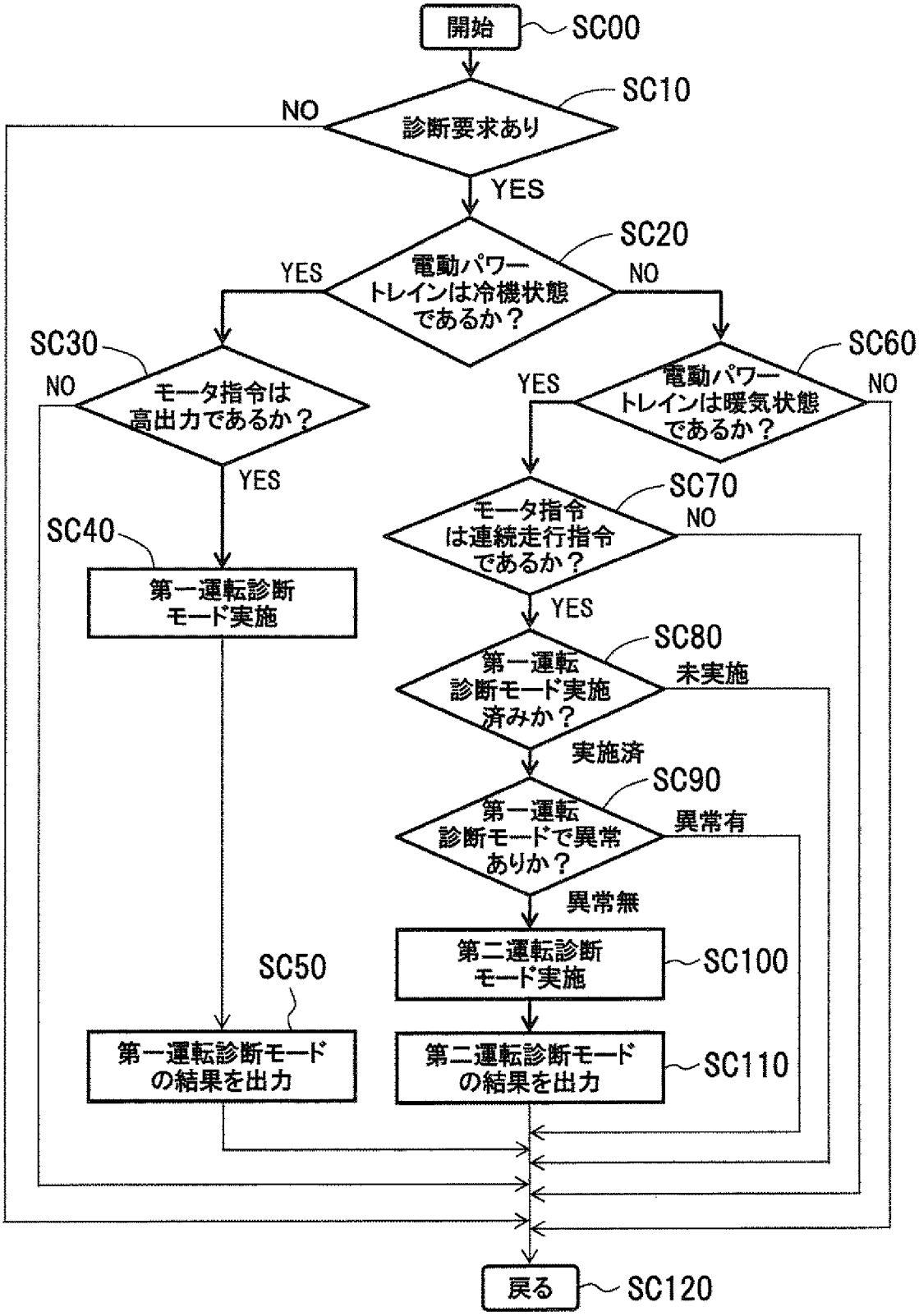
[図8]


温度状態:暖機状態
動作状態:低・中出力状態
1120
DCバスバー
1450
温度センサ
熱抵抗
暖機温度
⇒温度上昇
バスバ(損失,熱容量:小)
1440
温度
センサ
1140
キャパシタ
1130
パワーモジュール
キャパシタ
(損失=発熱量
熱容量:小)
パワーモジュール
(損失=発熱量,
熱容量:小)
暖機温度
⇒温度上昇
1150
インバータ
ケース
暖機温度
⇒温度上昇
暖機温度
インバータケース(熱容量:大)
1410
温度
センサ
700 冷却水経路
冷却水(熱容量:大)
暖機温度
800 冷却水温度センサ
1260
モータ
ケース
ケース(熱容量:大)
暖機温度
暖機温度
1250 モータステータ
1420
温度センサ
ステータ(損失=発熱量,熱容量:大)
1430
温度センサ
1270
軸受
暖機温度
⇒温度上昇
1240 コイル
軸(熱容量:中)
コイル
(損失=発熱量
,熱容量:小)
1460
温度センサ
暖機温度
モータ・インバータ間バスバー(損失=発熱量、熱容量)
磁石
(損失=発熱量
,熱容量小)
ロータ
(損失=発熱量
,熱容量中)
暖機温度
暖機温度
1500
モータ-
インバータ間
バスバー
1230 磁石
1210 ロータ

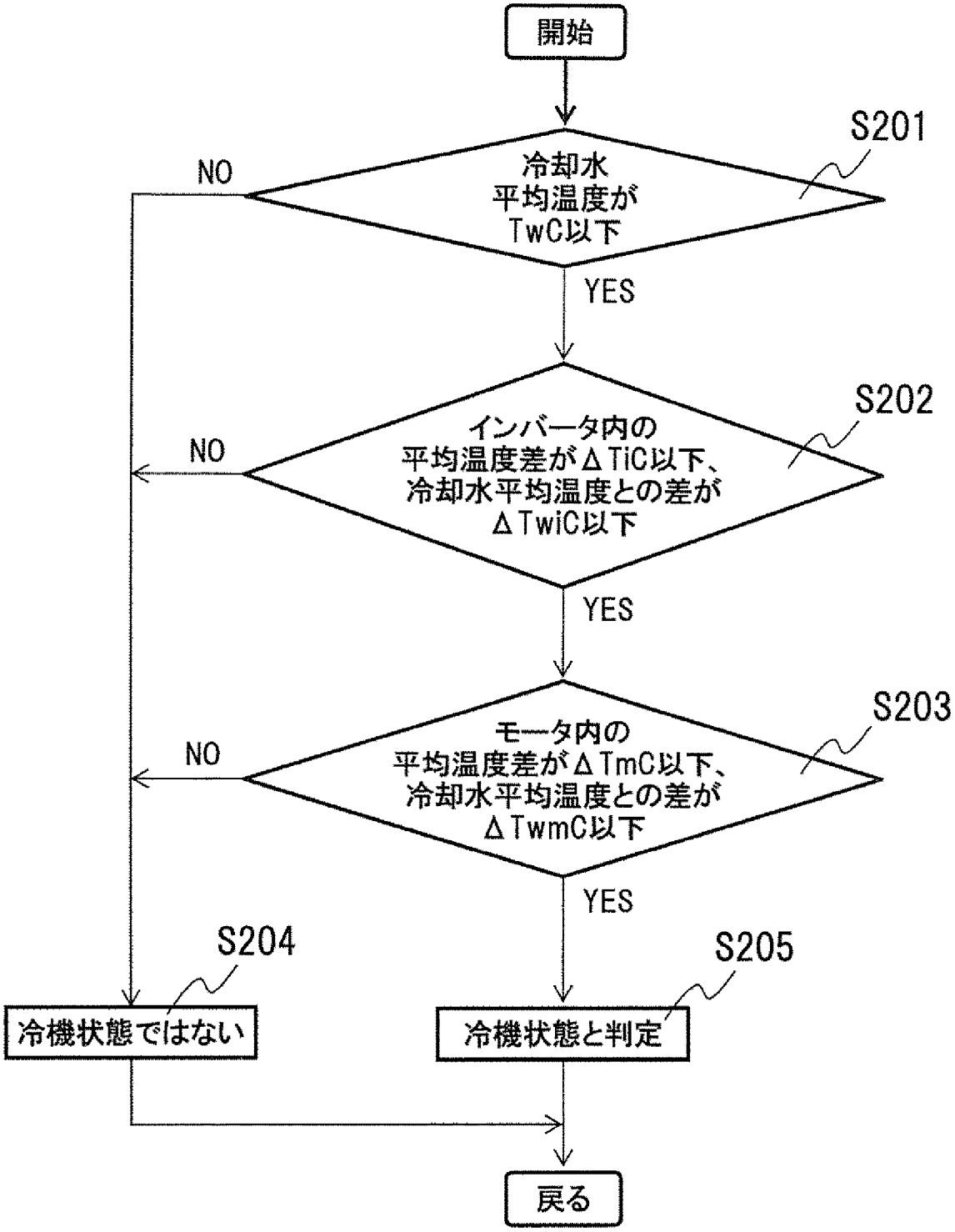
[図9]


開始
SB00
SB10
NO
診断要求あり
YES
SB20
YES
電動パワートレインは冷機状態であるか？
NO
SB60
YES
電動パワートレインは暖気状態であるか？
NO
SB30
SB70
NO
モータ指令は高出力であるか？
モータ指令は連続走行指令であるか？
NO
YES
YES
SB40
SB80
第一運転診断モード実施
第二運転診断モード実施
SB50
SB90
第一運転診断モードの結果を出力
第二運転診断モードの結果を出力
戻る
SB100

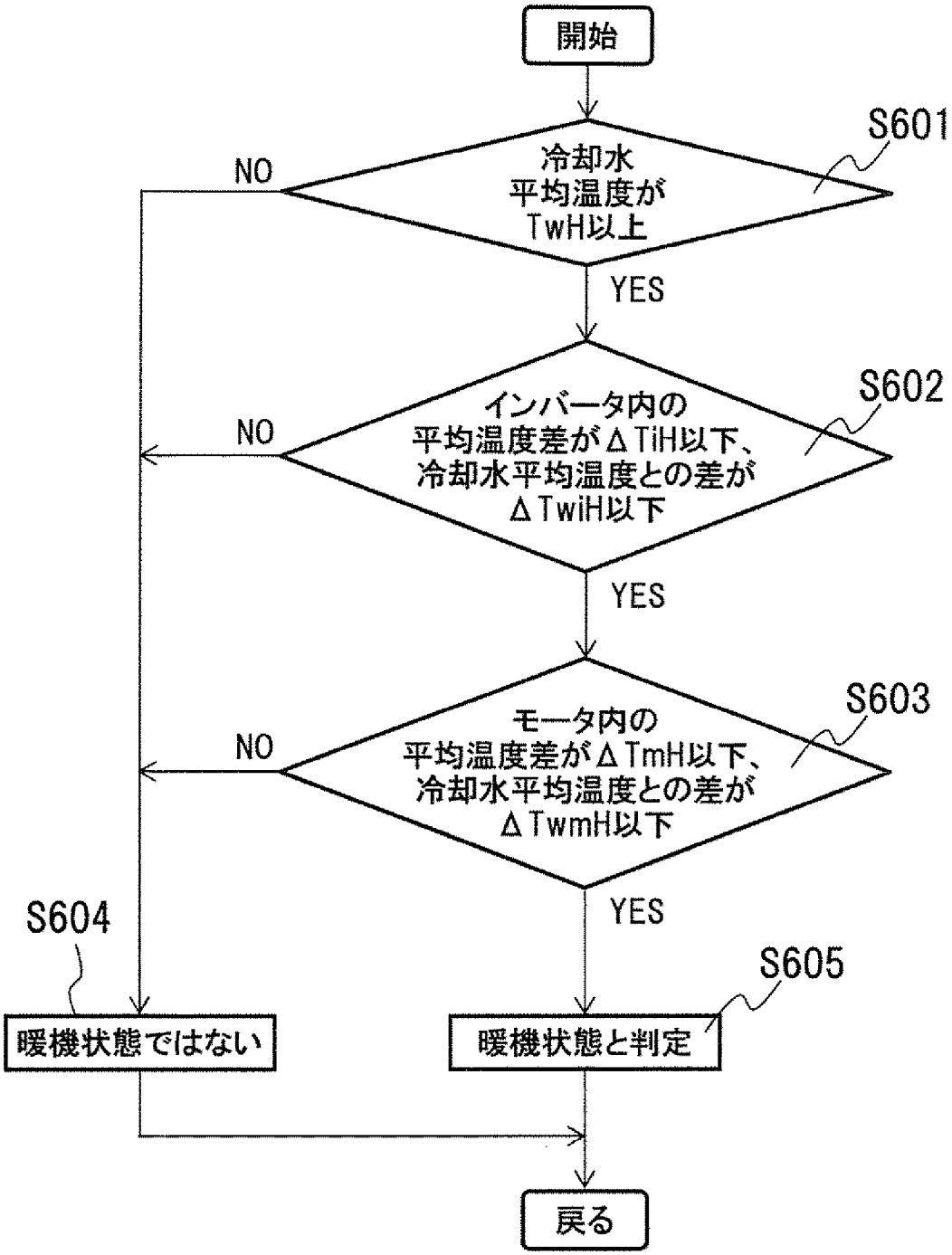
[図10]


開始
SC00
SC10
診断要求あり
NO
YES
SC20
電動パワートレインは冷機状態であるか？
YES
NO
SC30
モータ指令は高出力であるか？
NO
YES
SC40
第一運転診断モード実施
SC50
第一運転診断モードの結果を出力
SC60
電動パワートレインは暖気状態であるか？
YES
NO
SC70
モータ指令は連続走行指令であるか？
NO
YES
SC80
第一運転診断モード実施済みか？
未実施
実施済
SC90
第一運転診断モードで異常ありか？
異常有
異常無
第二運転診断モード実施
SC100
第二運転診断モードの結果を出力
SC110
戻る
SC120

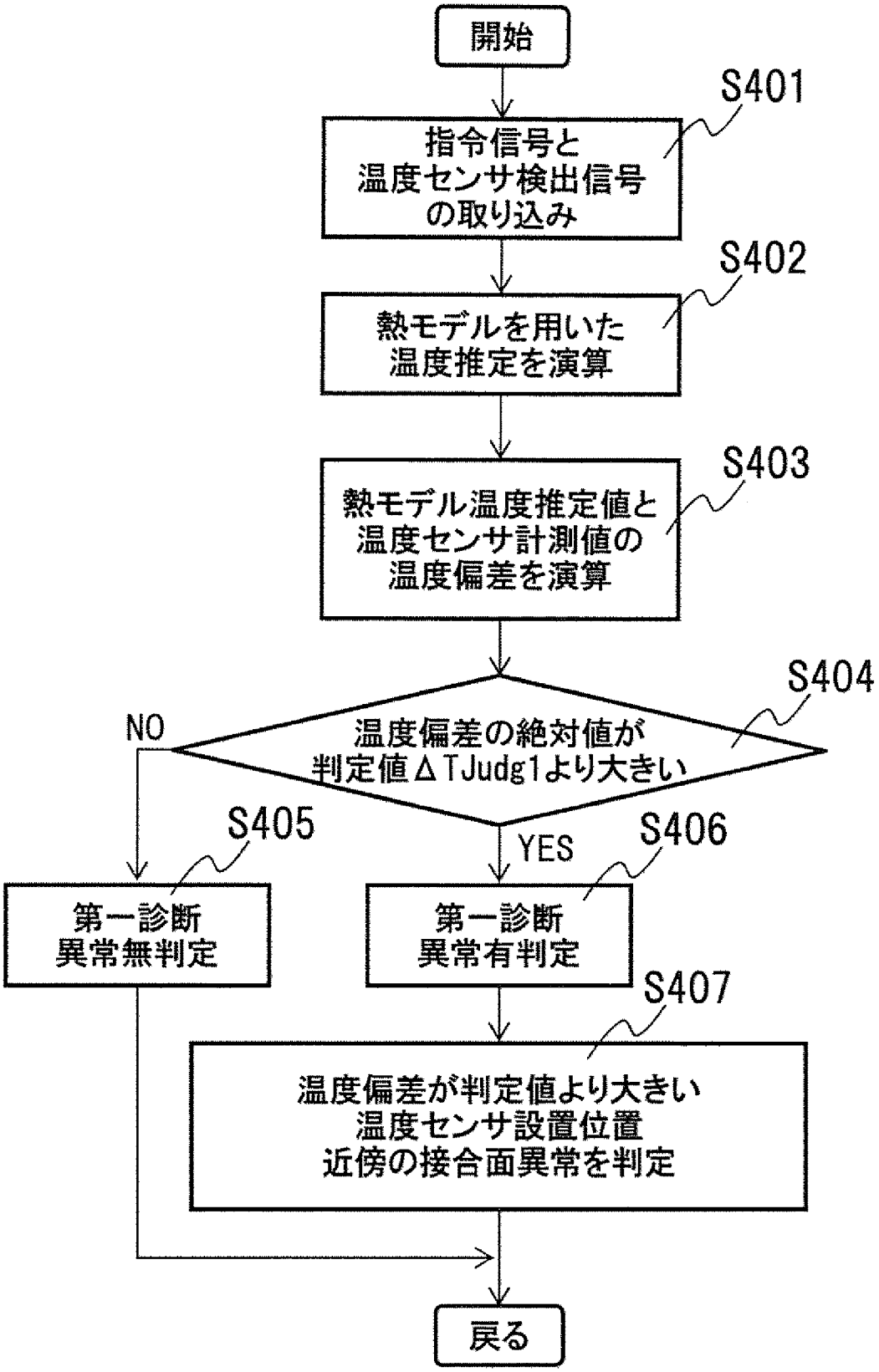
[図11]


開始
S201
冷却水
平均温度が
TwC以下
NO
YES
S202
インバータ内の
平均温度差がΔTiC以下、
冷却水平均温度との差が
ΔTwiC以下
NO
YES
S203
モータ内の
平均温度差がΔTmC以下、
冷却水平均温度との差が
ΔTwmC以下
NO
YES
S204
冷機状態ではない
S205
冷機状態と判定
戻る

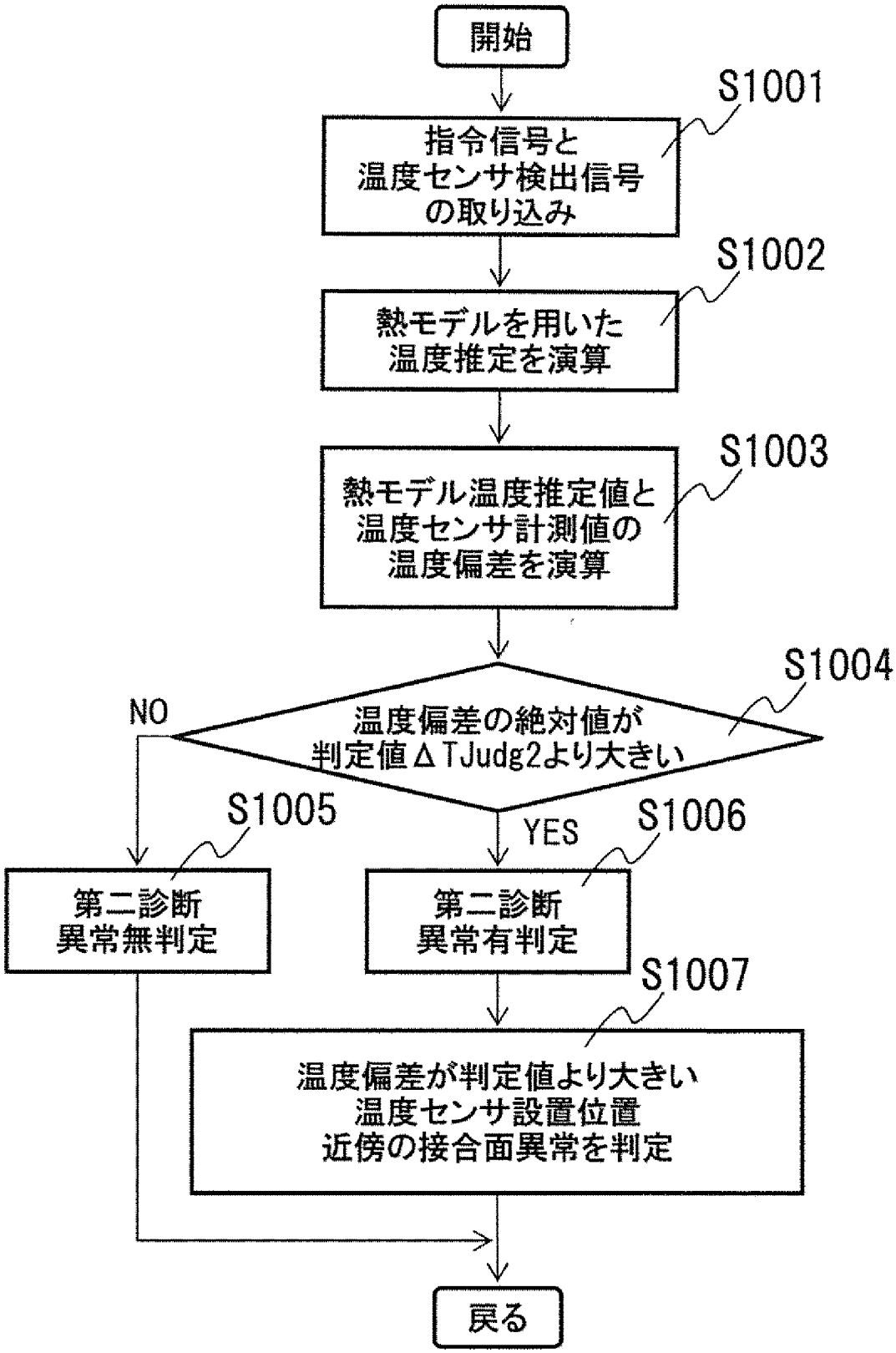
[図12]


開始
S601
冷却水
平均温度が
TwH以上
NO
YES
S602
インバータ内の
平均温度差がΔTiH以下、
冷却水平均温度との差が
ΔTwiH以下
NO
YES
S603
モータ内の
平均温度差がΔTmH以下、
冷却水平均温度との差が
ΔTwmH以下
NO
YES
S604
暖機状態ではない
S605
暖機状態と判定
戻る

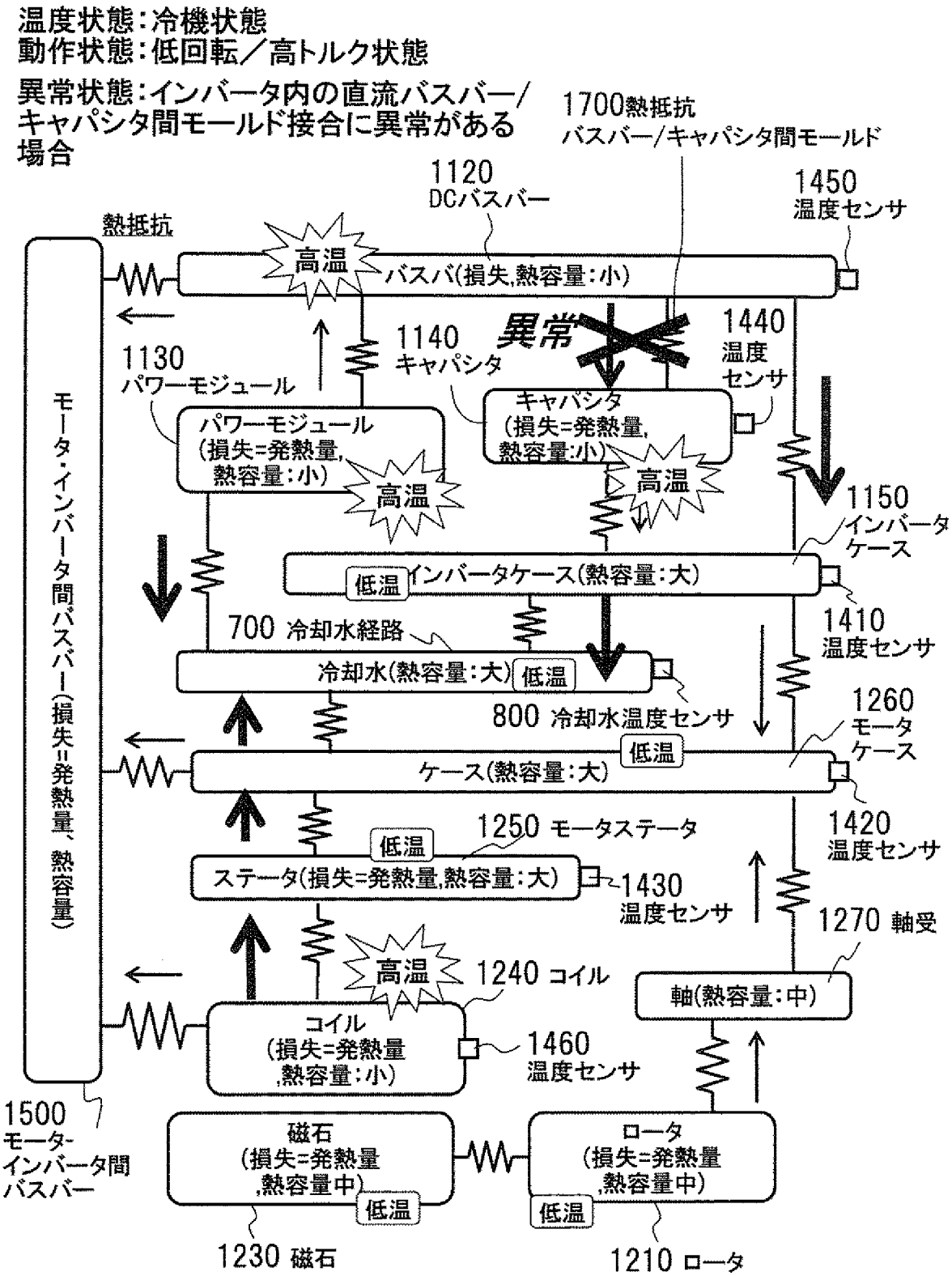
[図13]


開始
S401
指令信号と
温度センサ検出信号
の取り込み
S402
熱モデルを用いた
温度推定を演算
S403
熱モデル温度推定値と
温度センサ計測値の
温度偏差を演算
S404
温度偏差の絶対値が
判定値ΔTJudg1より大きい
NO
YES
S405
第一診断
異常無判定
S406
第一診断
異常有判定
S407
温度偏差が判定値より大きい
温度センサ設置位置
近傍の接合面異常を判定
戻る

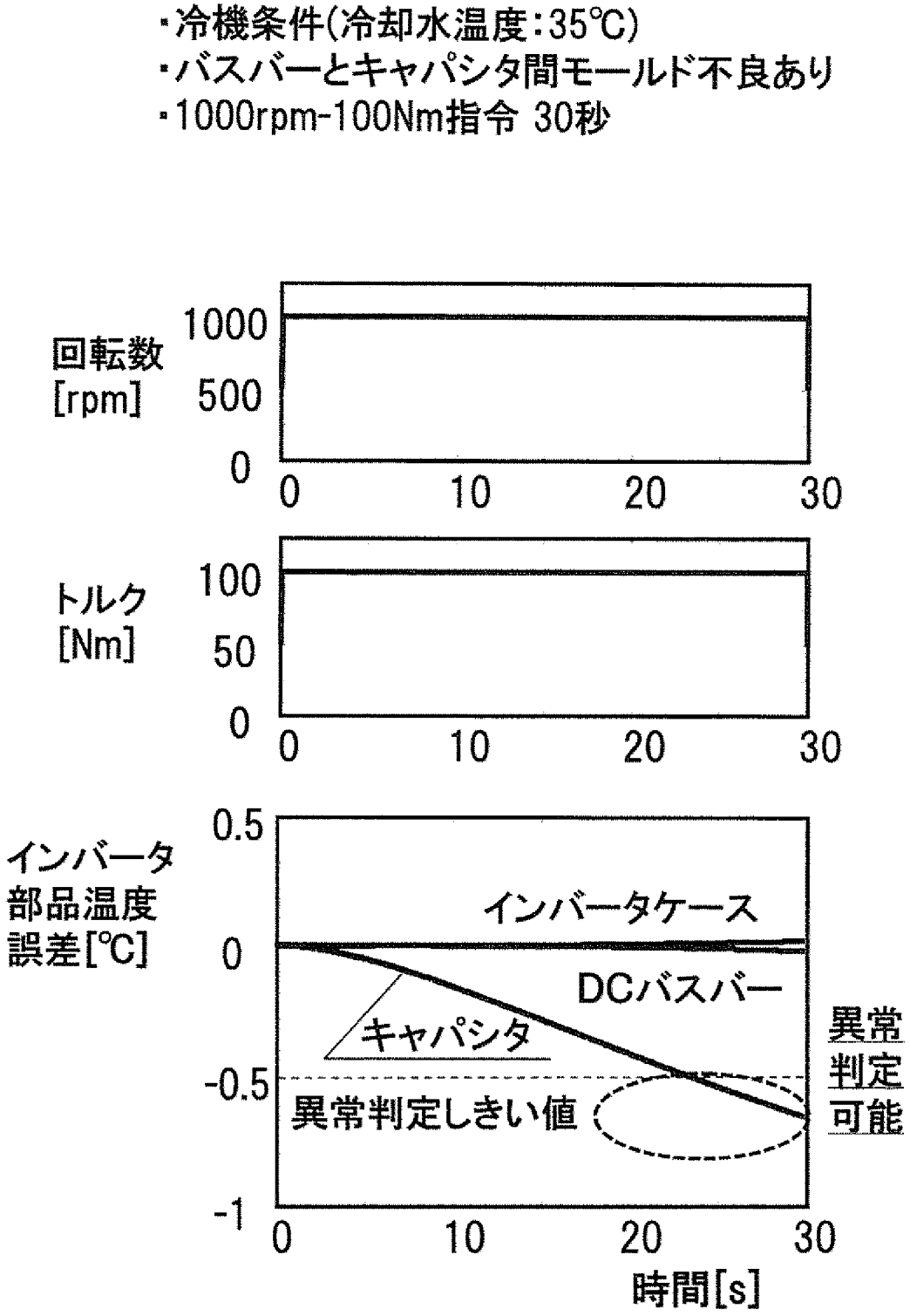
[図14]


開始
S1001
指令信号と
温度センサ検出信号
の取り込み
S1002
熱モデルを用いた
温度推定を演算
S1003
熱モデル温度推定値と
温度センサ計測値の
温度偏差を演算
S1004
温度偏差の絶対値が
判定値ΔTJudg2より大きい
NO
YES
S1005
第二診断
異常無判定
S1006
第二診断
異常有判定
S1007
温度偏差が判定値より大きい
温度センサ設置位置
近傍の接合面異常を判定
戻る

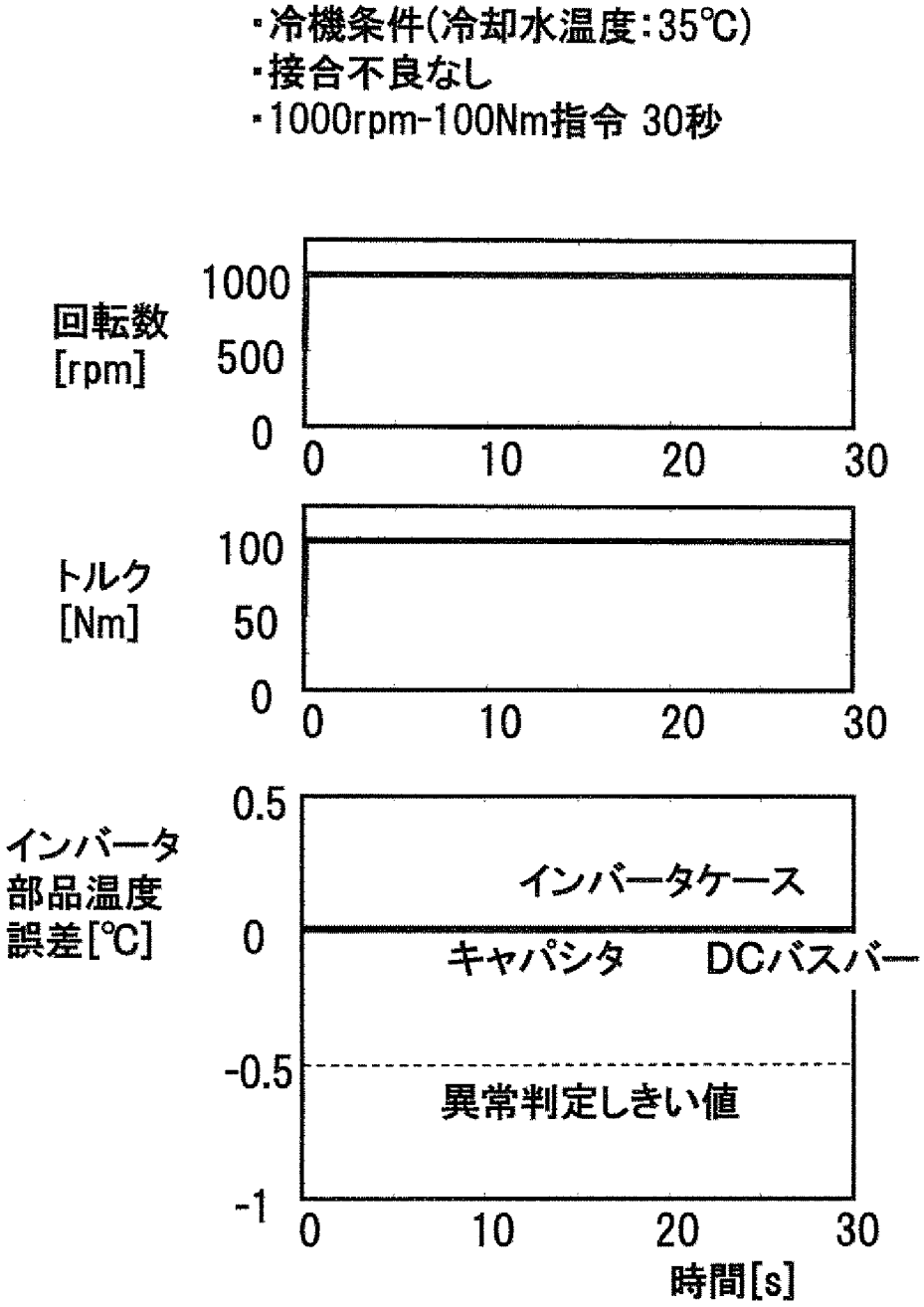
[図15]


温度状態：冷機状態
動作状態：低回転／高トルク状態
異常状態：インバータ内の直流バスバー/キャパシタ間モールド接合に異常がある場合
1700熱抵抗
バスバー/キャパシタ間モールド
1120
DCバスバー
1450
温度センサ
熱抵抗
高温
バスバ(損失,熱容量：小)
異常
1140
キャパシタ
1440
温度センサ
1130
パワーモジュール
キャパシタ(損失=発熱量,熱容量:小)
パワーモジュール(損失=発熱量,熱容量：小)
高温
高温
1150
インバータケース
モータ・インバータ間バスバー(損失=発熱量、熱容量)
低温
インバータケース(熱容量：大)
1410
温度センサ
700 冷却水経路
冷却水(熱容量：大)
低温
800 冷却水温度センサ
1260
モータケース
低温
ケース(熱容量：大)
1420
温度センサ
1250 モータステータ
低温
ステータ(損失=発熱量,熱容量：大)
1430
温度センサ
1270 軸受
高温
1240 コイル
軸(熱容量：中)
コイル(損失=発熱量,熱容量：小)
1460
温度センサ
1500
モータ-インバータ間バスバー
磁石(損失=発熱量,熱容量中)
低温
ロータ(損失=発熱量,熱容量中)
低温
1230 磁石
1210 ロータ

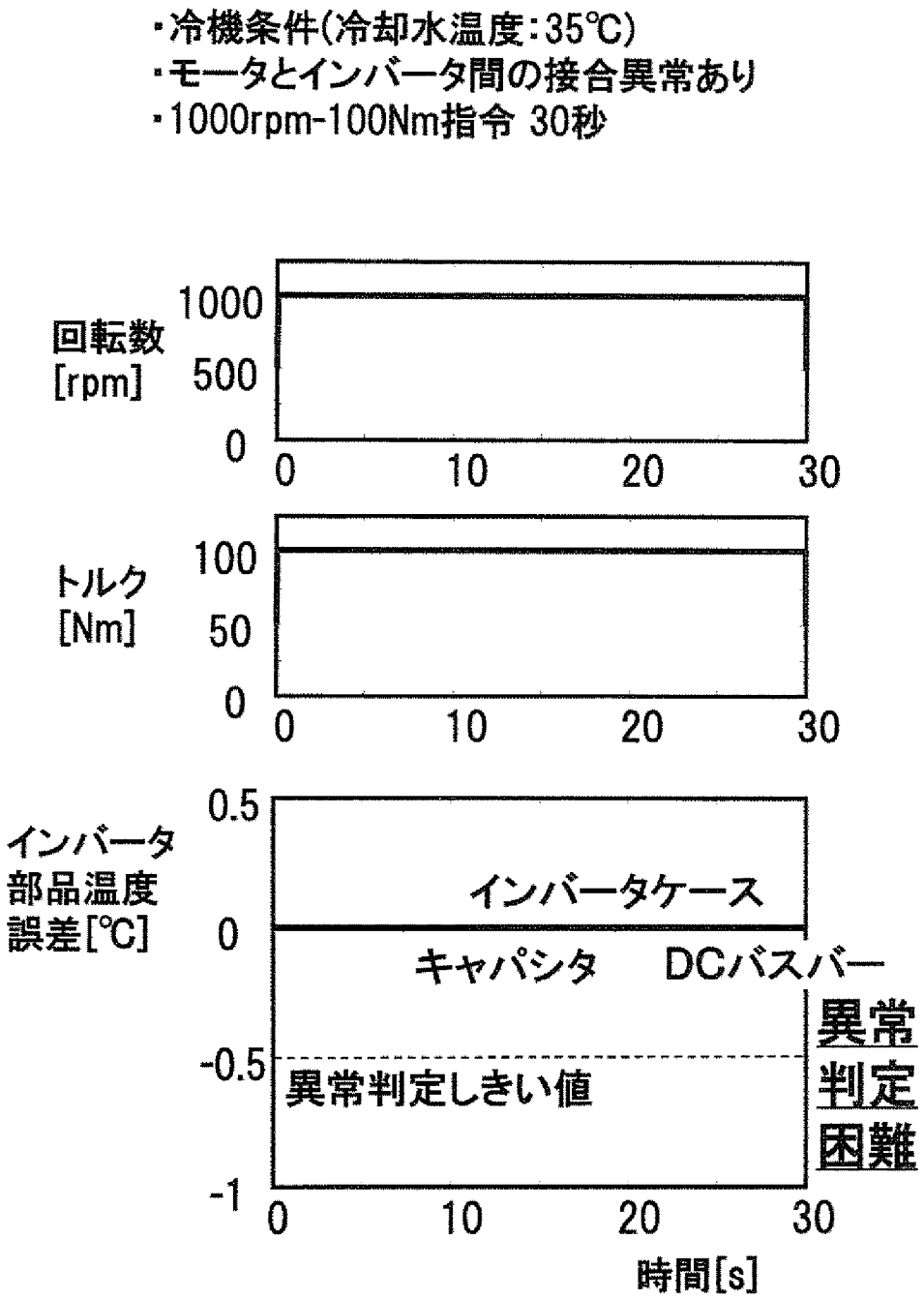
[図16]


・冷機条件(冷却水温度:35℃)
・バスバーとキャパシタ間モールド不良あり
・1000rpm-100Nm指令 30秒
回転数
[rpm]
1000
500
0
0
10
20
30
トルク
[Nm]
100
50
0
0
10
20
30
インバータ
部品温度
誤差[℃]
0.5
0
-0.5
-1
インバータケース
DCバスバー
キャパシタ
異常判定しきい値
異常
判定
可能
0
10
20
30
時間[s]

[図17]


・冷機条件(冷却水温度:35℃)
・接合不良なし
・1000rpm-100Nm指令 30秒
回転数
[rpm]
1000
500
0
0
10
20
30
トルク
[Nm]
100
50
0
0
10
20
30
インバータ
部品温度
誤差[℃]
0.5
0
-0.5
-1
インバータケース
キャパシタ
DCバスバー
異常判定しきい値
0
10
20
30
時間[s]

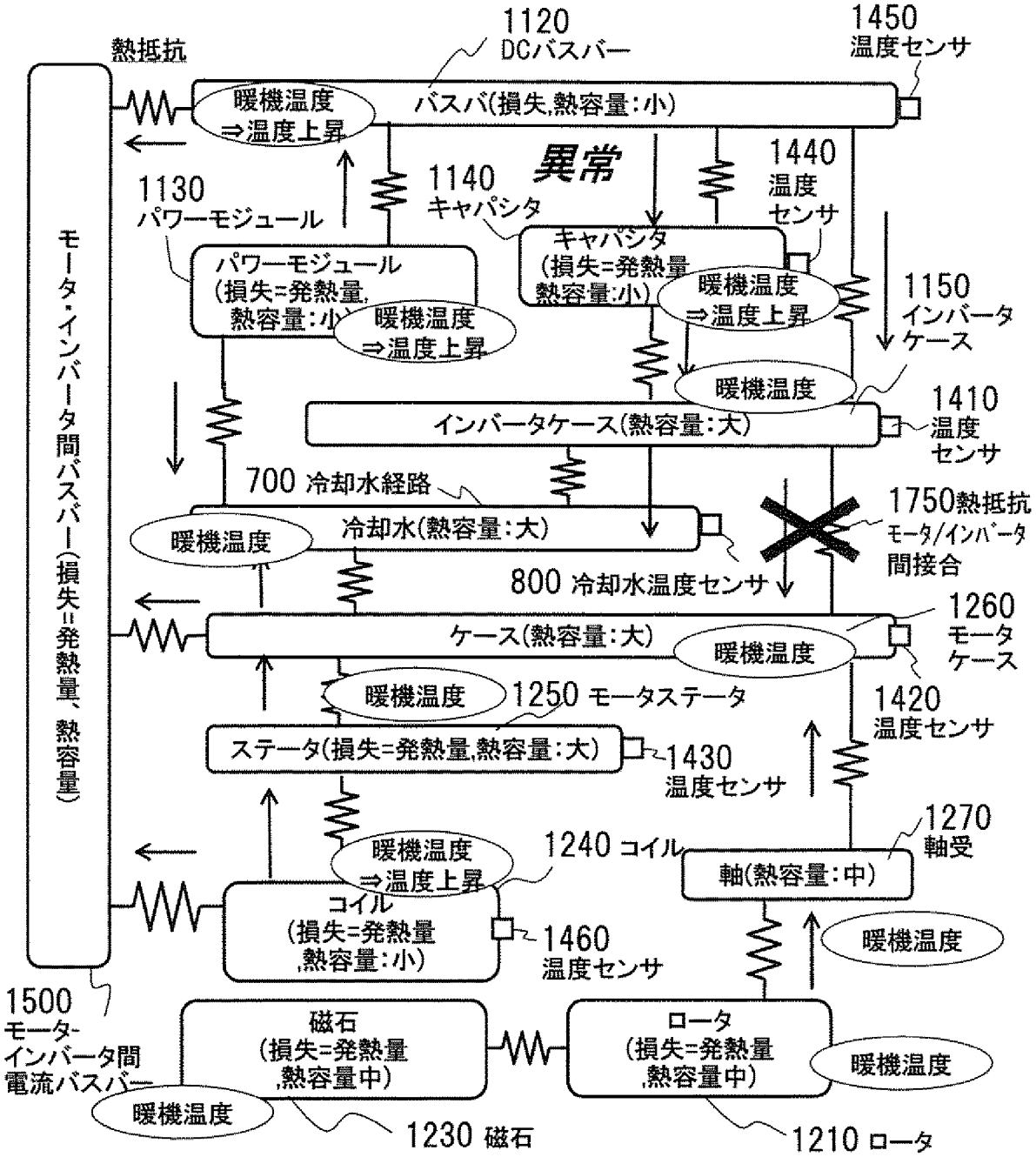
[図18]


・冷機条件(冷却水温度:35℃)
・モータとインバータ間の接合異常あり
・1000rpm-100Nm指令 30秒
回転数
[rpm]
1000
500
0
0
10
20
30
トルク
[Nm]
100
50
0
0
10
20
30
インバータ
部品温度
誤差[℃]
0.5
0
-0.5
-1
インバータケース
キャパシタ
DCバスバー
異常判定しきい値
異常
判定
困難
0
10
20
30
時間[s]

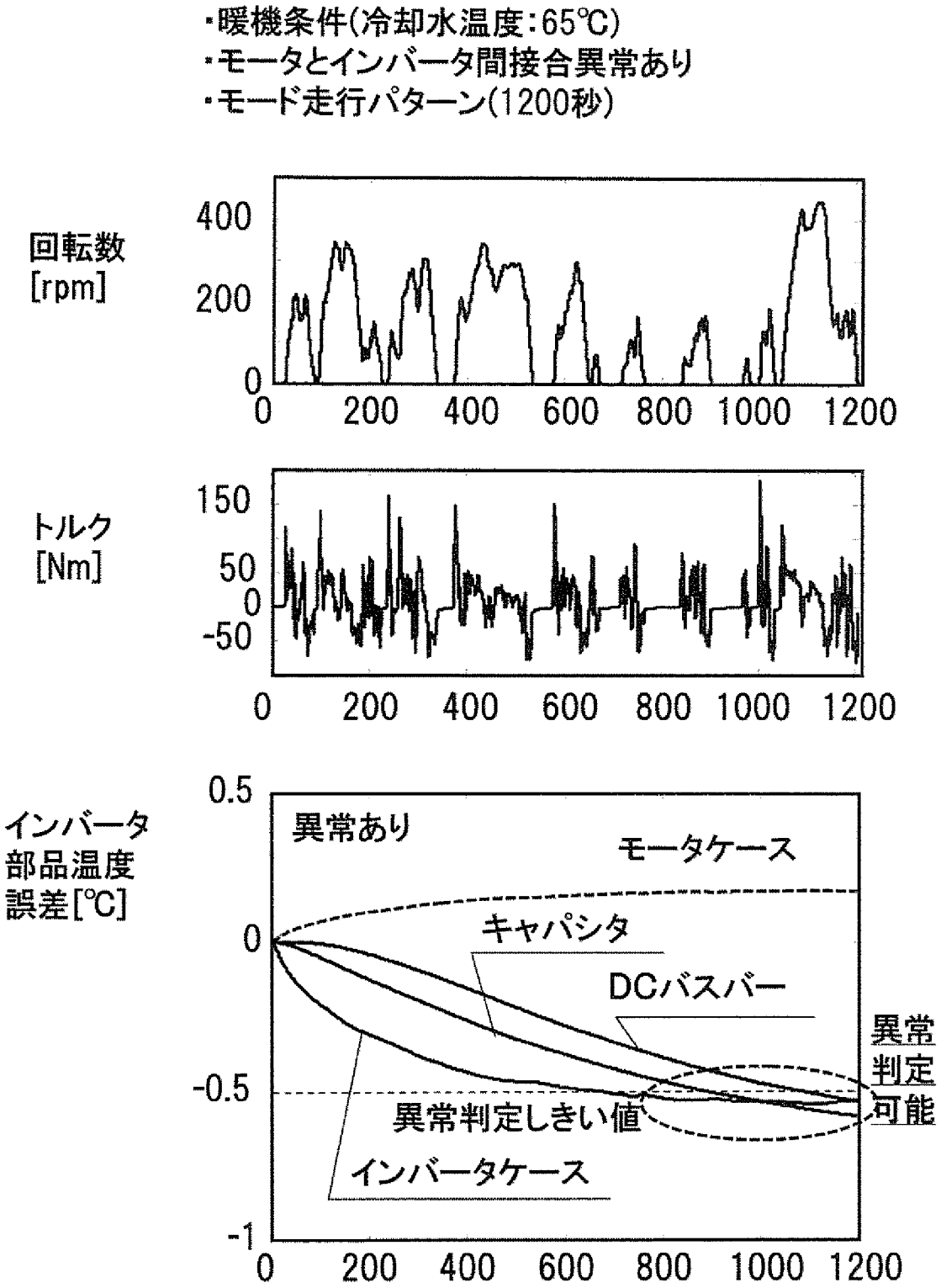
[図19]

温度状態:暖機状態
動作状態:中出力状態

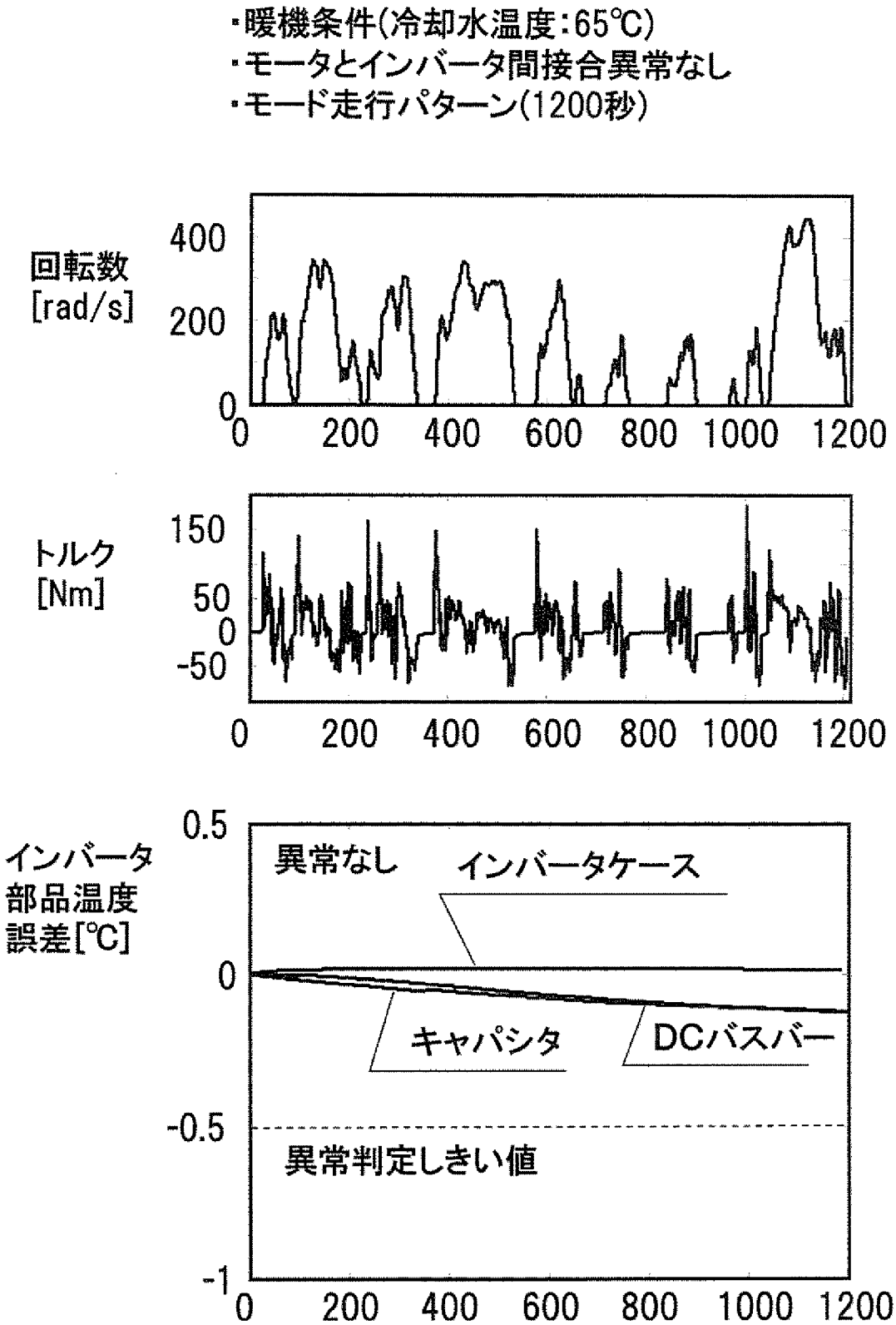
異常状態:モータ・インバータ間の接合に
異常がある場合



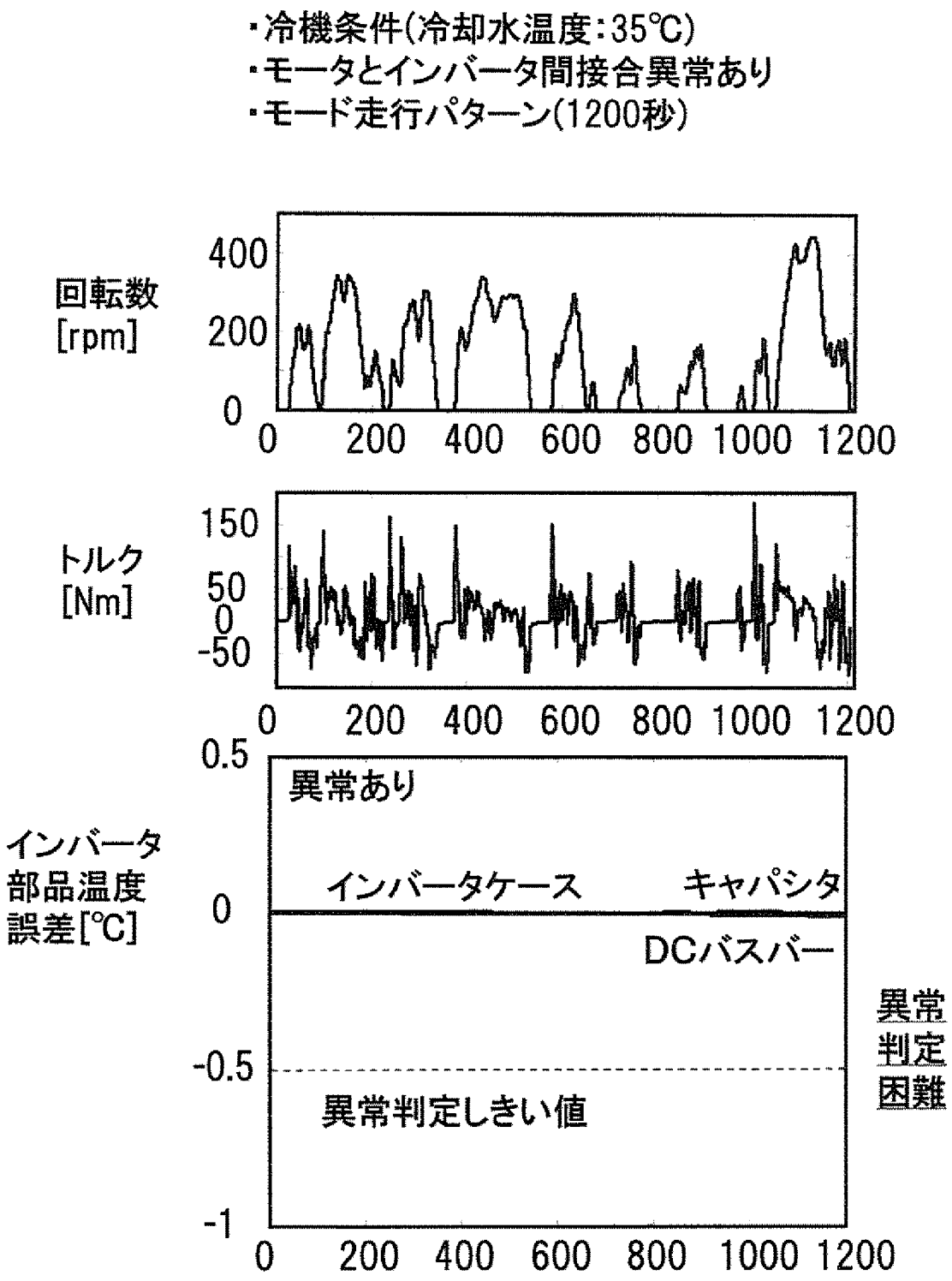
[図20]


・暖機条件(冷却水温度:65℃)
・モータとインバータ間接合異常あり
・モード走行パターン(1200秒)
回転数
[rpm]
400
200
0
0
200
400
600
800
1000
1200
トルク
[Nm]
150
50
0
-50
0
200
400
600
800
1000
1200
インバータ
部品温度
誤差[℃]
0.5
0
-0.5
-1
異常あり
モータケース
キャパシタ
DCバスバー
異常
判定
可能
異常判定しきい値
インバータケース
0
200
400
600
800
1000
1200

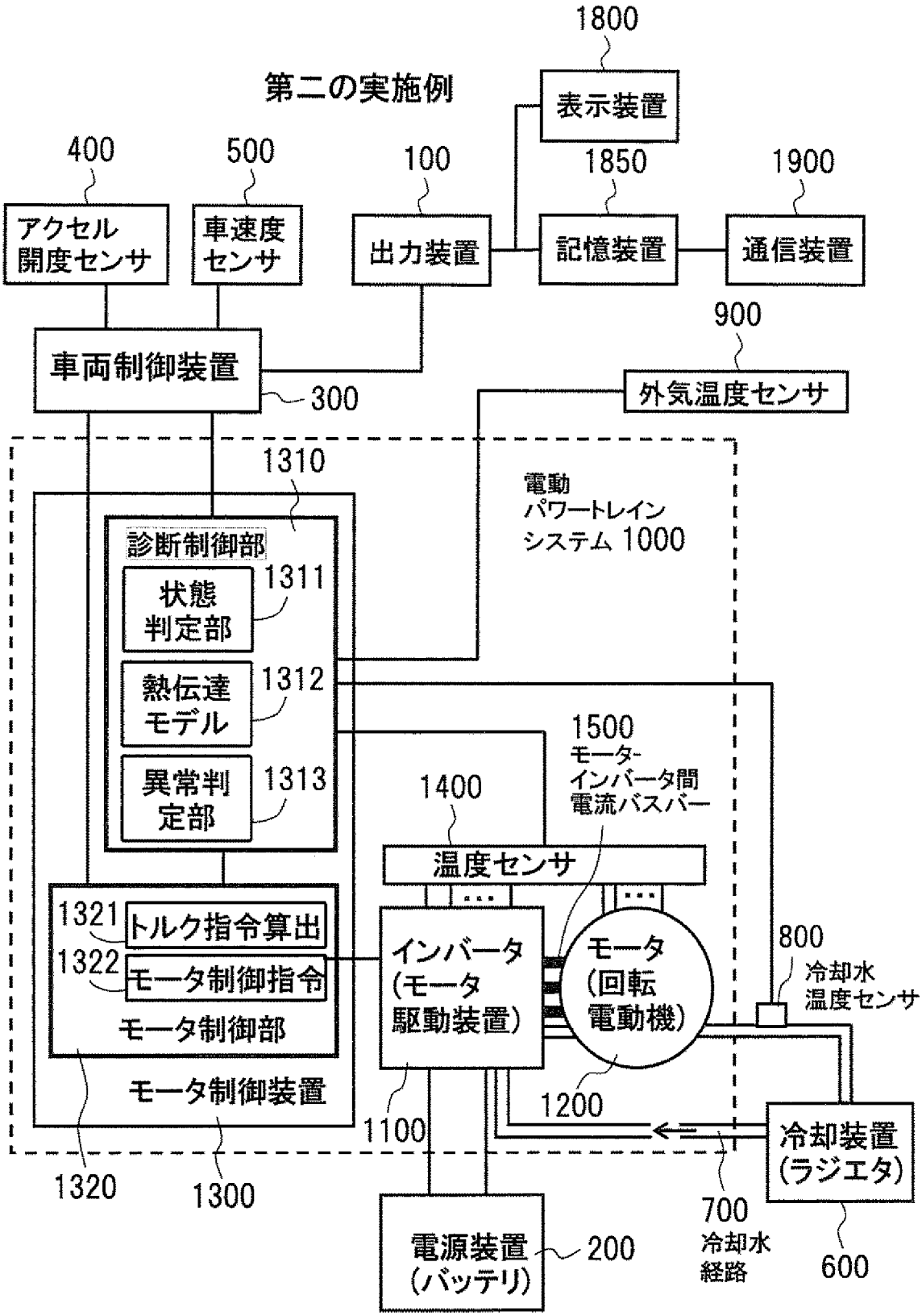
[図21]


・暖機条件(冷却水温度:65℃)
・モータとインバータ間接合異常なし
・モード走行パターン(1200秒)
回転数
[rad/s]
400
200
0
0
200
400
600
800
1000
1200
トルク
[Nm]
150
50
0
-50
0
200
400
600
800
1000
1200
インバータ
部品温度
誤差[℃]
0.5
0
-0.5
-1
異常なし
インバータケース
キャパシタ
DCバスバー
異常判定しきい値
0
200
400
600
800
1000
1200

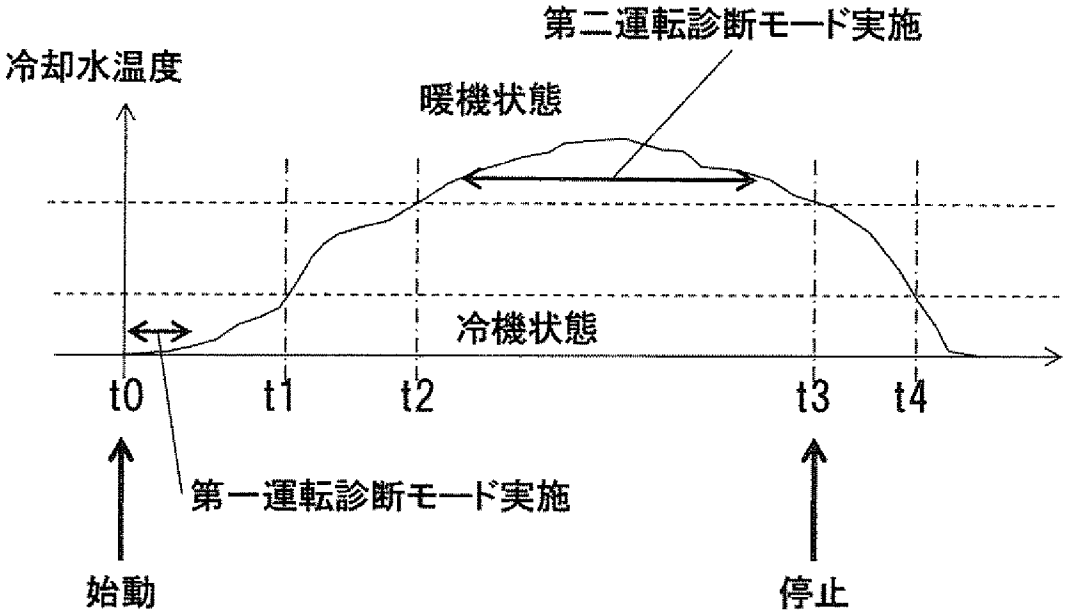
[図22]


・冷機条件(冷却水温度:35℃)
・モータとインバータ間接合異常あり
・モード走行パターン(1200秒)
回転数
[rpm]
400
200
0
0 200 400 600 800 1000 1200
トルク
[Nm]
150
50
0
-50
0 200 400 600 800 1000 1200
インバータ
部品温度
誤差[℃]
0.5
異常あり
インバータケース
キャパシタ
0
DCバスバー
-0.5
異常判定しきい値
-1
0 200 400 600 800 1000 1200
異常
判定
困難

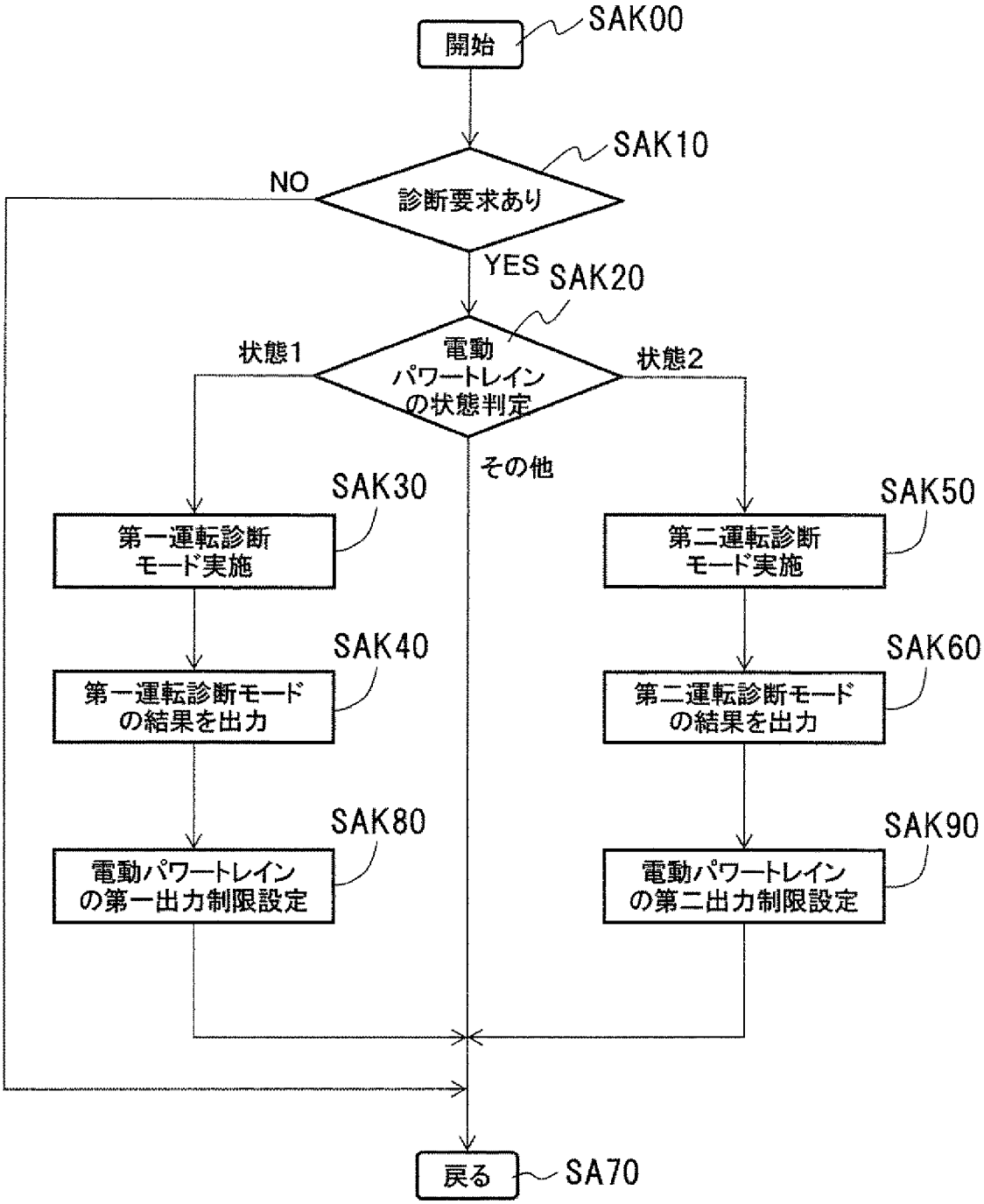
[図23]


第二の実施例
1800
表示装置
400
500
100
1850
1900
アクセル開度センサ
車速度センサ
出力装置
記憶装置
通信装置
900
車両制御装置
300
外気温度センサ
1310
電動パワートレインシステム 1000
診断制御部
状態判定部
1311
熱伝達モデル
1312
異常判定部
1313
1500
モータ-インバータ間電流バスバー
1400
温度センサ
1321
トルク指令算出
1322
モータ制御指令
モータ制御部
インバータ(モータ駆動装置)
モータ(回転電動機)
800
冷却水温度センサ
モータ制御装置
1200
1100
冷却装置(ラジエタ)
1320
1300
700
冷却水経路
600
電源装置(バッテリ)
200

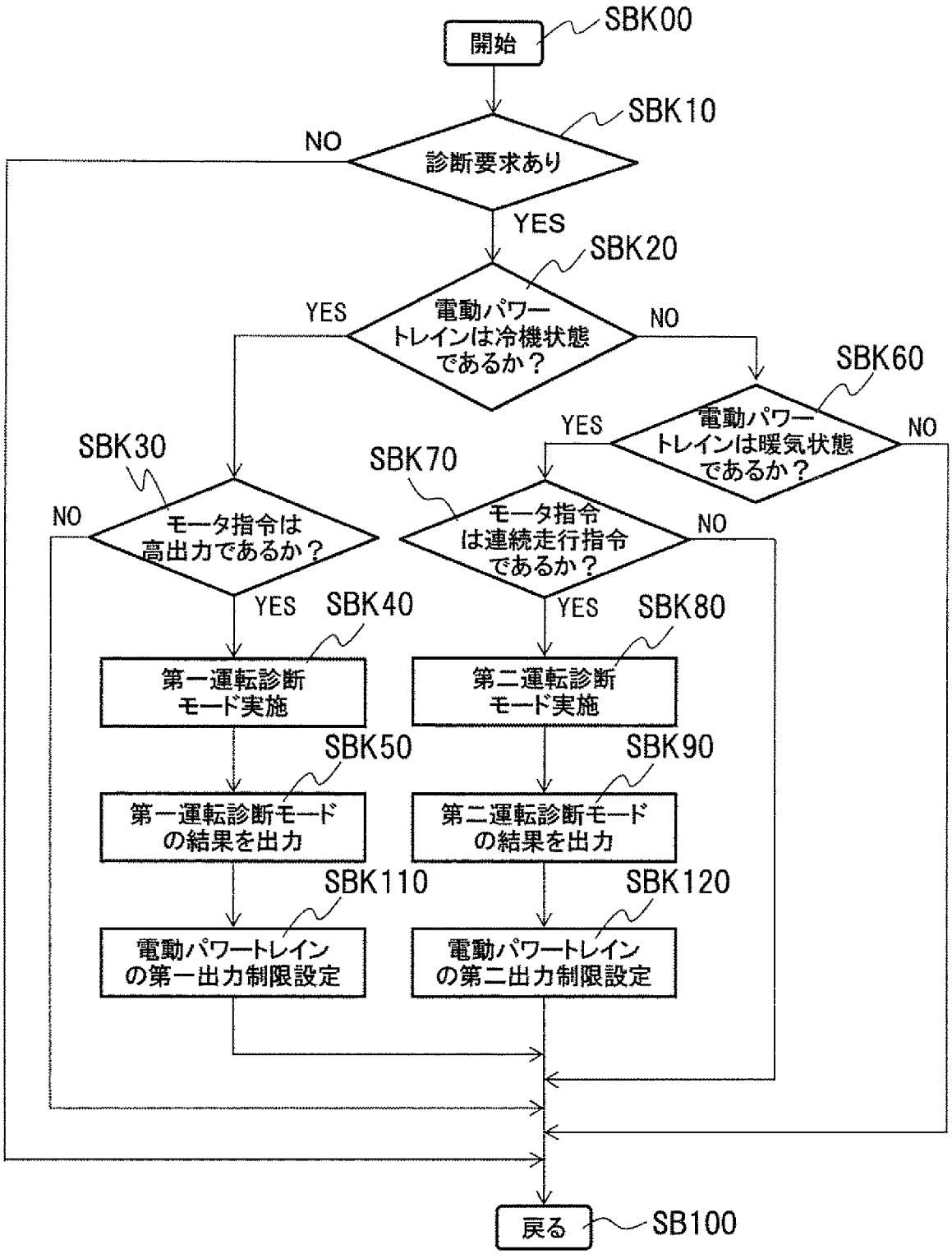
[図24]



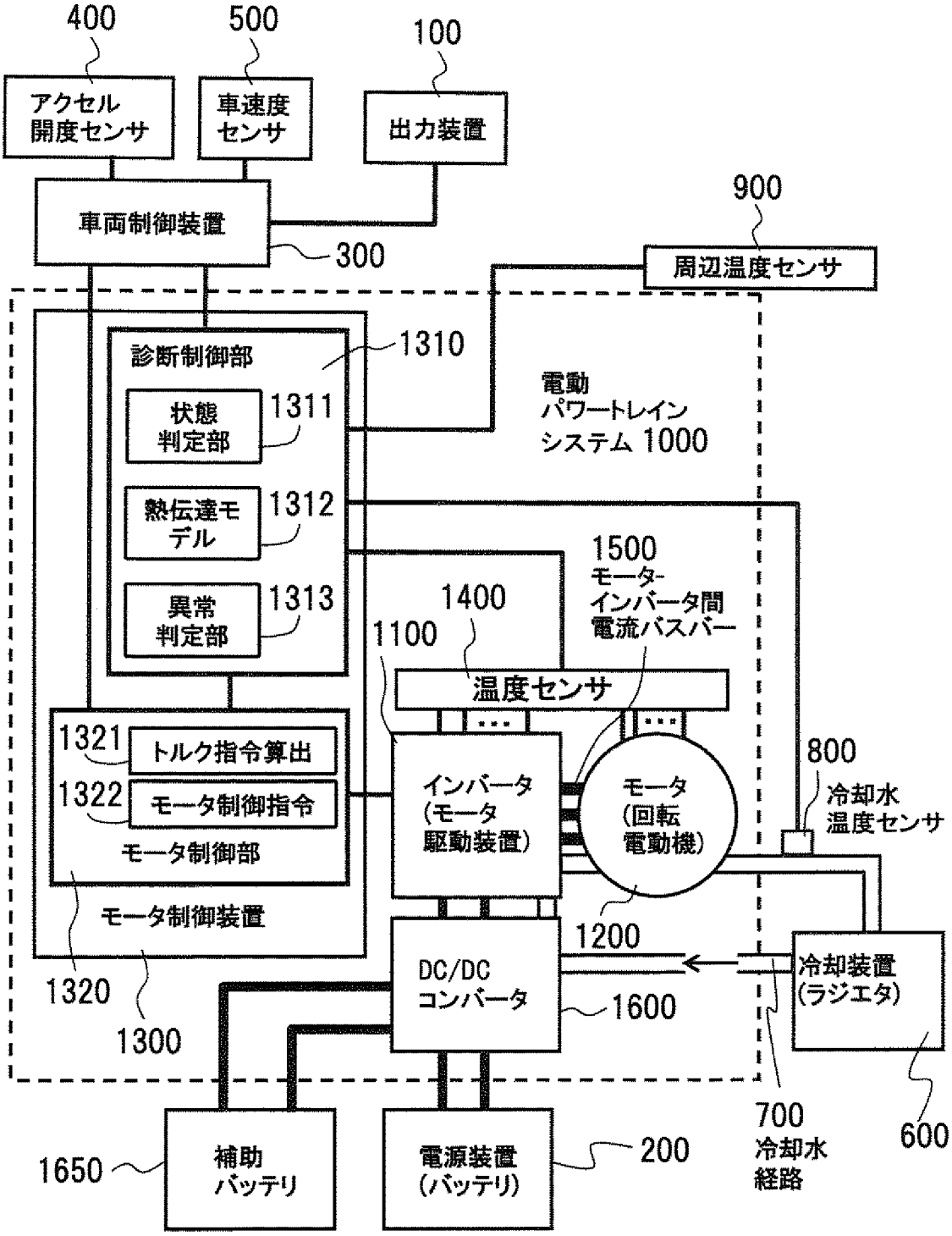
[図25]


開始
SAK00
SAK10
NO
診断要求あり
YES
SAK20
状態1
電動
パワートレイン
の状態判定
状態2
その他
SAK30
第一運転診断
モード実施
SAK50
第二運転診断
モード実施
SAK40
第一運転診断モード
の結果を出力
SAK60
第二運転診断モード
の結果を出力
SAK80
電動パワートレイン
の第一出力制限設定
SAK90
電動パワートレイン
の第二出力制限設定
戻る
SA70

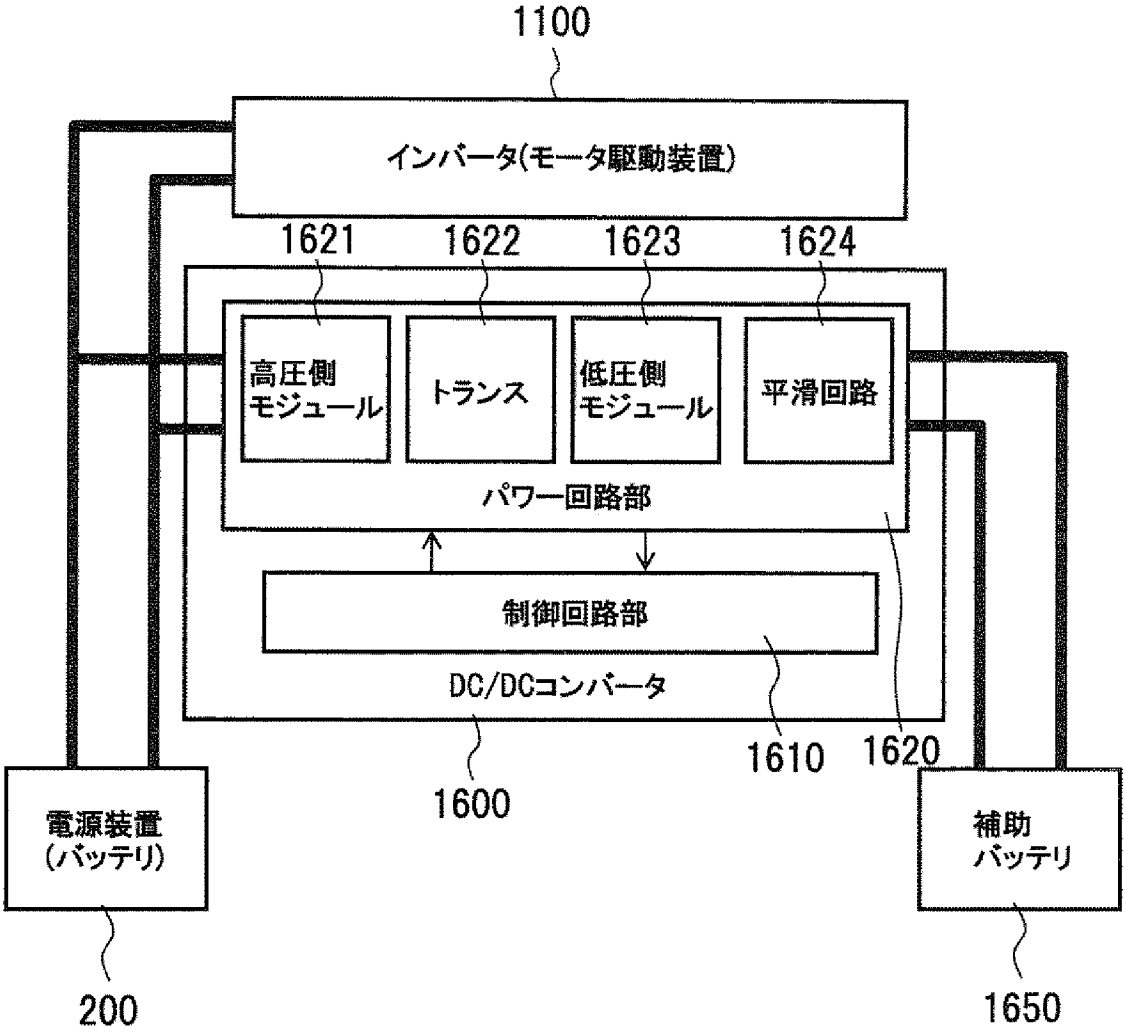
[図26]


開始
SBK00
SBK10
診断要求あり
NO
YES
SBK20
電動パワートレインは冷機状態であるか？
YES
NO
SBK60
電動パワートレインは暖気状態であるか？
YES
NO
SBK30
モータ指令は高出力であるか？
NO
YES
SBK70
モータ指令は連続走行指令であるか？
NO
YES
SBK40
第一運転診断モード実施
SBK80
第二運転診断モード実施
SBK50
第一運転診断モードの結果を出力
SBK90
第二運転診断モードの結果を出力
SBK110
電動パワートレインの第一出力制限設定
SBK120
電動パワートレインの第二出力制限設定
戻る
SB100

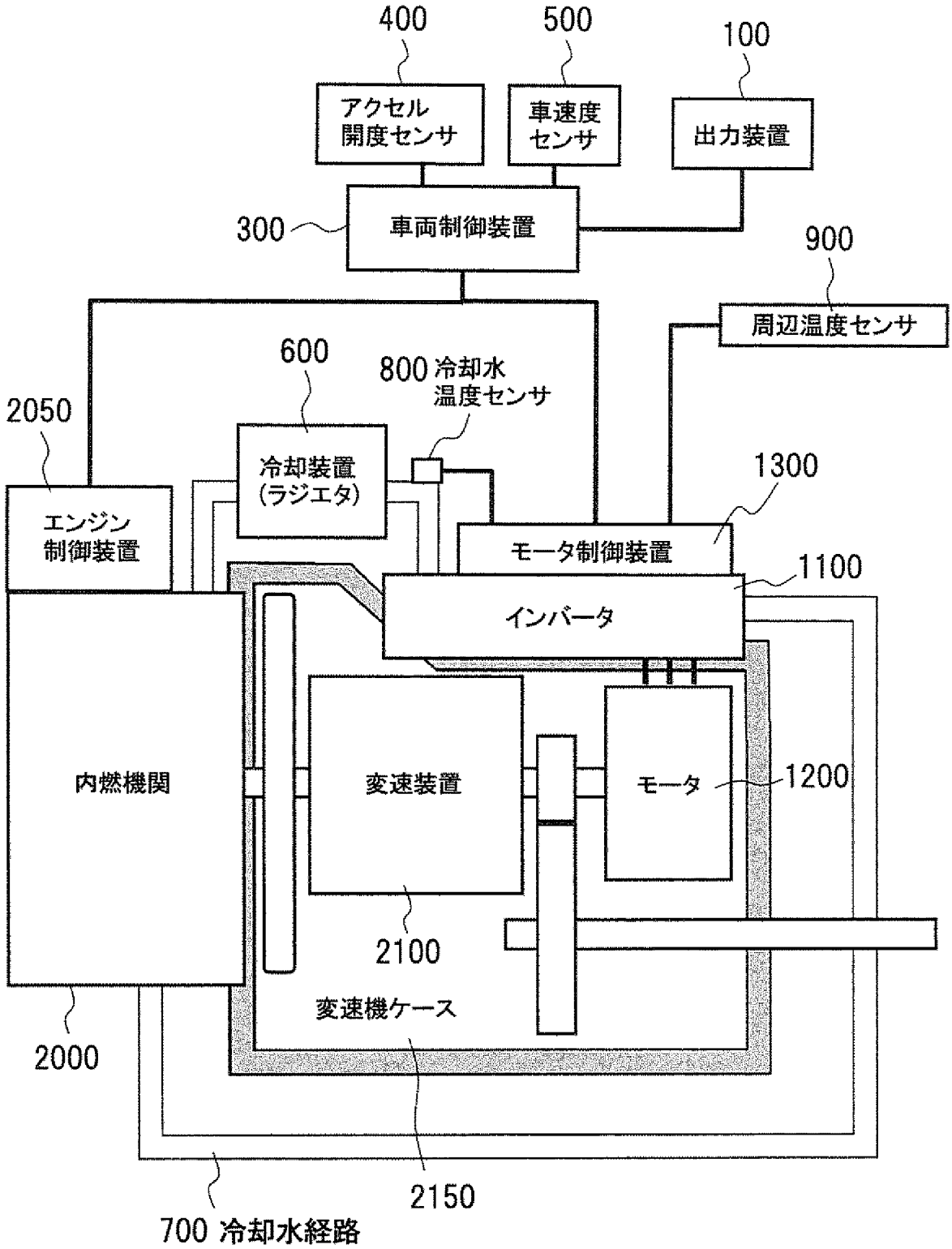
[図27]


400
アクセル
開度センサ
500
車速度
センサ
100
出力装置
車両制御装置
300
900
周辺温度センサ
診断制御部
1310
状態
判定部
1311
熱伝達モ
デル
1312
異常
判定部
1313
電動
パワートレイン
システム 1000
1500
モータ-
インバータ間
電流バスバー
1400
1100
温度センサ
1321
トルク指令算出
1322
モータ制御指令
モータ制御部
モータ制御装置
インバータ
(モータ
駆動装置)
モータ
(回転
電動機)
800
冷却水
温度センサ
1200
DC/DC
コンバータ
1600
冷却装置
(ラジエタ)
1320
1300
700
冷却水
経路
600
1650
補助
バッテリ
電源装置
(バッテリ)
200

[図28]


1100
インバータ(モータ駆動装置)
1621
1622
1623
1624
高圧側
モジュール
トランス
低圧側
モジュール
平滑回路
パワー回路部
制御回路部
DC/DCコンバータ
1610
1620
1600
電源装置
(バッテリ)
補助
バッテリ
200
1650

[図29]


400
500
100
アクセル
開度センサ
車速度
センサ
出力装置
300
車両制御装置
900
周辺温度センサ
600
800 冷却水
温度センサ
2050
冷却装置
(ラジエタ)
1300
エンジン
制御装置
モータ制御装置
1100
インバータ
内燃機関
変速装置
モータ
1200
2100
変速機ケース
2000
2150
700 冷却水経路

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/069087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02P27/06(2006.01)i, *B60K6/48*(2007.10)i, *B60K6/54*(2007.10)i, *B60L3/00*(2006.01)i, *B60W10/08*(2006.01)i, *B60W20/00*(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)
H02P27/06, B60K6/48, B60K6/54, B60L3/00, B60W10/08, B60W20/00

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 6-54572 A (Omron Corp.), 25 February 1994 (25.02.1994), claims; paragraphs [0021], [0039], [0048] to [0053]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-15
A	JP 2010-74988 A (Toyota Motor Corp.), 02 April 2010 (02.04.2010), claims; paragraphs [0020] to [0040]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-15
A	JP 2005-269832 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 29 September 2005 (29.09.2005), claims; paragraphs [0050] to [0053]; fig. 1 to 14 & US 2005/0204761 A1 & CN 1670497 A	1-15

☒ 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 29 August, 2013 (29.08.13)	Date of mailing of the international search report 10 September, 2013 (10.09.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/069087

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-225541 A (Toshiba Elevator and Building Systems Corp.), 01 October 2009 (01.10.2009), entire text; all drawings & CN 101533064 A	1-15
A	JP 2011-216718 A (Toshiba Corp.), 27 October 2011 (27.10.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2008-5615 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 January 2008 (10.01.2008), claims (Family: none)	1-15
A	JP 2007-112188 A (Mitsubishi Electric Corp.), 10 May 2007 (10.05.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2011-97812 A (Toshiba Corp.), 12 May 2011 (12.05.2011), entire text; all drawings & US 2012/0217795 A1 & EP 2498391 A1 & WO 2011/052623 A1 & CN 102474198 A	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０６９０８７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P27/06(2006.01)i, B60K6/48(2007.10)i, B60K6/54(2007.10)i, B60L3/00(2006.01)i, B60W10/08(2006.01)i, B60W20/00(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.　H02P27/06, B60K6/48, B60K6/54, B60L3/00, B60W10/08, B60W20/00

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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 6-54572 A（オムロン株式会社）1994.02.25, 特許請求の範囲,段落【0021】,【0039】,【0048】-【0053】,第1-4図（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2010-74988 A（トヨタ自動車株式会社）2010.04.02, 特許請求の範囲,段落【0020】-【0040】,第1-4図（ファミリーなし）	1-15

☑　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 ２９．０８．２０１３	国際調査報告の発送日 １０．０９．２０１３
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｖ　９６１８ 田村　耕作 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2005-269832 A（日産自動車株式会社）2005.09.29, 特許請求の範囲,段落【0050】-【0053】,第1-14図 & US 2005/0204761 A1 & CN 1670497 A	1-15
A	JP 2009-225541 A（東芝エレベータ株式会社）2009.10.01, 全文,全図 & CN 101533064 A	1-15
A	JP 2011-216718 A（株式会社東芝）2011.10.27, 全文,全図（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2008-5615 A（日産自動車株式会社）2008.01.10, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2007-112188 A（三菱電機株式会社）2007.05.10, 全文,全図（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2011-97812 A（株式会社東芝）2011.05.12, 全文,全図 & US 2012/0217795 A1 & EP 2498391 A1 & WO 2011/052623 A1 & CN 102474198 A	1-15