(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9月22日(22.09.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/196002 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 29/02 (2016.01)　*H02P 29/60* (2016.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2021/047105

(22) 国際出願日：　2021年12月20日(20.12.2021)

(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 2021-041879　2021年3月15日(15.03.2021)　JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 内田 尊(**UCHIDA, Takashi**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 桐淵 岳(**KIRIBUCHI, Takeshi**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 福原 仁(**FUKUHARA, Hitoshi**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 藤澤 隆志(**FUJISAWA, Takashi**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

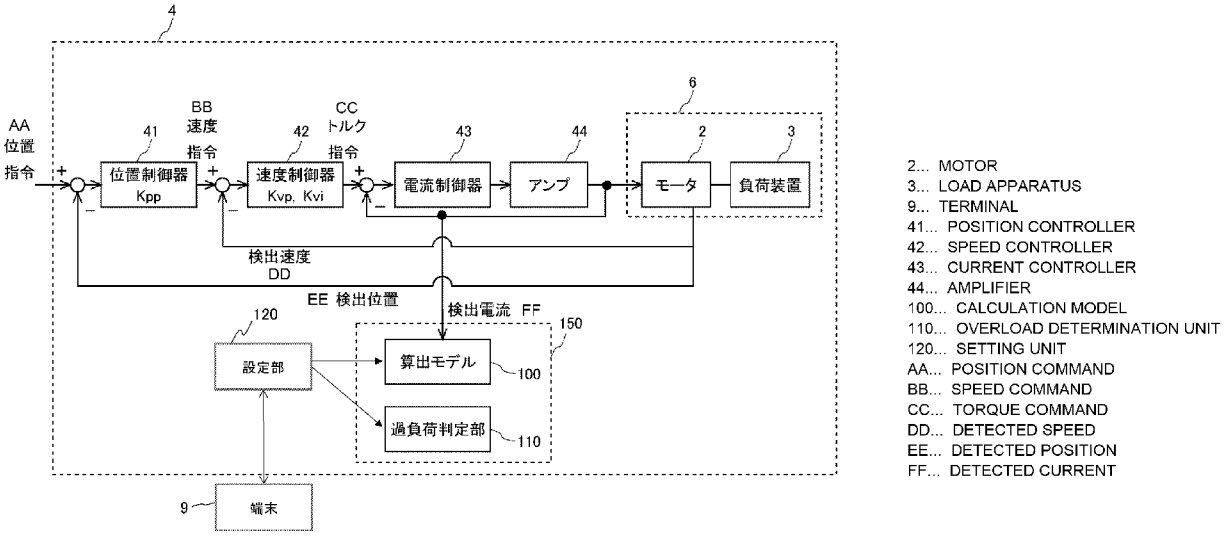
(74) 代理人: 特許業務法人秀和特許事務所 (**IP FIRM SHUWA**); 〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目４番１０号 アクロポリス２１ビル８階 Tokyo (JP).

(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, KE, KG, KH,

(54) **Title:** LOAD MONITORING DEVICE AND LOAD MONITORING METHOD

(54) 発明の名称： 負荷監視装置及び負荷監視方法

[図2]



(57) **Abstract:** This load monitoring device is provided with: a load determination unit having a first control structure with a first load characteristic indicating an application available time relating to a motor relative to a predetermined value of current supplied to the motor and a second control structure with a second load characteristic indicating an application available time relating to a driver relative to a predetermined value of current; and a modification unit that modifies the first load characteristic in the first control structure and the second load characteristic in the second control structure on the basis of a first ambient temperature as the temperature around the motor and a second ambient temperature as the temperature around the driver.

WO 2022/196002 A1

[続葉有]

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)）

(57) 要約：負荷監視装置は、モータに関して該モータに供給される所定の電流値に対する印加可能時間を示す第１負荷特性を有する第１制御構造と、ドライバに関して所定の電流値に対する印加可能時間を示す第２負荷特性を有する第２制御構造とを有する負荷判定部と、モータの周囲温度である第１の周囲温度と、ドライバの周囲の温度である第２の周囲の温度とに基づいて、第１制御構造における第１負荷特性及び第２制御構造における第２負荷特性を補正する補正部と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 負荷監視装置及び負荷監視方法

技術分野

[0001]　本開示は、モータと、モータの動作制御を行うドライバの負荷を監視する負荷監視装置及び負荷監視方法に関する。

背景技術

[0002]　従来から、工作機械等で使用されるモータと、モータの動作制御を行うドライバに対する過熱保護のため、種々の方法が考えられてきた。例えば、特許文献１には、制御指示情報と温度センサが検出したモータの使用環境温度とを用いて制御テーブルを参照し、対応する制御量（モータトルク）を読み出してモータを制御する方法が記載されている。また、特許文献２には、モータに流した電流とモータからの放熱分とに基づいてモータの温度上昇分を求め、温度上昇分に基づいてモータの制御パラメータ（モータのトルク定数や抵抗値など）を補正する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平７－１６３１８２号公報

特許文献2：特開２００４－３１８７０９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかし、特許文献１の方法では、制御テーブルによって必要以上のモータトルクを発生させないようにしており、モータの本来の性能を発揮できていない。また、特許文献２の方法では、制御パラメータの補正によって正確なモータのトルクを出力するようにしており、モータの本来の性能を発揮できていない。

[0005]　本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、モータやドライバの本来の性能を可能な限り引き出すことができる負荷監視装

置及び負荷監視方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明においては、上記課題を解決するために、モータと、モータの動作制御を行うドライバとの負荷を監視する負荷監視装置が、以下の構成を採用する。すなわち、負荷監視装置は、モータに供給される電流値を取得する電流値取得部と、電流値と前記モータの発熱量との関係を示す第１の熱モデルによってモータの温度を第１の温度として推定する第１の温度推定部と、電流値とドライバの発熱量との関係を示す第２の熱モデルによってドライバの温度を第２の温度として推定する第２の温度推定部と、第１の温度とモータ用の第１の閾値とを比較して該モータの過負荷状態の有無を判定するように構成され、該モータに関して所定の電流値に対する印加可能時間を示す第１負荷特性を有する第１制御構造と、第２の温度とドライバ用の第２の閾値とを比較して該ドライバの過負荷状態の有無を判定するように構成され、該ドライバに関して所定の電流値に対する印加可能時間を示す第２負荷特性を有する第２制御構造とを有する負荷判定部と、負荷判定部が、モータ又は前記ドライバの少なくとも一方が過負荷状態にあると判定した場合、過負荷状態に関する異常情報を出力する出力部と、モータの周囲温度である第１の周囲温度と、ドライバの周囲の温度である第２の周囲の温度とに基づいて、第１制御構造における第１負荷特性及び第２制御構造における第２負荷特性を補正する補正部と、を備えている。

[0007] 本発明は、上記の負荷監視装置と同様の特徴を有する、負荷監視方法、負荷監視用のプログラム、そのようなプログラムを記録した記録媒体なども含む。

[0008] 上記の構成によれば、モータの周囲温度及びドライバの周囲温度の夫々に基づいて、第１負荷特性及び第２負荷特性の夫々を補正する。これにより、補正後の負荷特性に対応する閾値に基づいて、モータ及びドライバに対して定格電流よりも大きい電流が印加可能時間を超過して印加されたかを判定するようになる。このようにして、モータ及びドライバに印加可能な時間を調

整する、すなわちモータ及びドライバに掛かる負荷を調整することで、モータの周囲温度及びドライバの周囲温度に応じて、モータ及びドライバの本来の性能を可能な限り引き出すことができる。

[0009] 上記の負荷監視装置では、補正部は、モータの定格電流を維持したまま第１の周囲温度が低くなるほど第１負荷特性における印加可能時間が長くなるように該第１負荷特性を補正し、ドライバの定格電流を維持したまま第２の周囲温度が低くなるほど第２負荷特性における印加可能時間が長くなるように該第２負荷特性を補正してもよい。

[0010] 上記の構成によれば、第１負荷特性及び第２負荷特性の補正により、モータ及びドライバの夫々の定格電流を維持したまま、第１の周囲温度及び第２の周囲温度の夫々が低くなるほど第１負荷特性及び第２負荷特性の夫々における印加可能時間を長くすることができる。

[0011] 上記の負荷監視装置では、補正部は、第１の周囲温度が低くなるほど、モータの定格電流を増加させるとともに第１負荷特性における印加可能時間が長くなるように該第１負荷特性を補正し、第２の周囲温度が低くなるほど、ドライバの定格電流を増加させるとともに第２負荷特性における印加可能時間が長くなるように該第２負荷特性を補正してもよい。

[0012] 上記の構成によれば、第１負荷特性及び第２負荷特性の補正により、第１の周囲温度及び第２の周囲温度の夫々が低くなるほど、モータ及びドライバの夫々の定格電流を増加させるとともに、第１負荷特性及び第２負荷特性の夫々における印加可能時間を長くすることができる。

[0013] 上記の負荷監視装置では、負荷判定部は、補正部によって補正された第１負荷特性及び第２負荷特性から、モータ及びドライバの許容電流値としての第１の電流値と、当該第１の電流値に対応する第１の印加可能時間とを算出し、第１の印加可能時間と、モータとドライバとを接続する動力ケーブルの構成に関する情報とから、当該動力ケーブルの許容電流値としての第２の電流値を算出し、第２の電流値と第１の電流値とを比較して、第２の電流値が第１の電流値以下であるときに動力ケーブルの過負荷状態を示す情報を出力

してもよい。

[0014] 上記の構成によれば、第１負荷特性及び第２負荷特性グラフを補正した後に、負荷判定部によって、補正後の第１負荷特性及び第２負荷特性に基づいて、動力ケーブルの許容電流値（第２の電流値）がモータ及びドライバの許容電流値（第１の電流値）以下であるかを判定し、第２の電流値が第１の電流値以下であるときには過負荷状態を示す情報を出力する。これにより、第２の電流値が第１の電流値を下回ることで、動力ケーブルの温度が過度に上昇して、焼損する可能性を回避することができる。このため、モータ及びドライバだけでなく動力ケーブルも保護しながら、モータ及びドライバの本来の性能を可能な限り引き出すことができる。

[0015] 上記の負荷監視装置では、動力ケーブルの構成に関する情報の入力を受け付ける受付部、を更に備えてもよい。

[0016] 上記の構成によれば、動力ケーブルの構成に関する情報を入力することができるようにすることで、動力ケーブルの種類や敷設条件に応じた好適な動力ケーブルの保護を図ることができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、モータやドライバの本来の性能を可能な限り引き出すことができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図１は、モータ制御システムの概略構成を示す図である。

[図2]図２は、モータが組み込まれて構成される制御システムの概略構成を示す図である。

[図3]図３は、実施形態のドライバで形成される制御構造を示す図である。

[図4]図４は、モータ用の算出モデルの構成例を示す図である。

[図5]図５は、ドライバ用の算出モデルの構成例を示す図である。

[図6]図６は、電子サーマル部の第１の処理例を示すフローチャートである。

[図7]図７Ａは、モータ及びドライバの夫々の過負荷特性グラフの説明図であり、図７Ｂは、系全体の過負荷特性グラフの説明図である。

[図8]図８は、設定部の処理例を示すフローチャートである。

[図9]図９は、第１の補正方法で補正した場合の系全体の過負荷特性グラフである。

[図10]図１０は、第２の補正方法で補正した場合の系全体の過負荷特性グラフである。

[図11]図１１は、電子サーマル部の第２の処理例を示すフローチャートである。

[図12]図１２は、電子サーマル部の第３の処理例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面に基づいて本願の実施形態に係る負荷監視装置について説明する。実施形態の構成は例示であり、実施形態の構成に限定されない。

[0020] ＜実施形態＞

図１は、本実施形態の負荷監視装置としても作動するドライバ４を含む制御システムの概略構成図である。当該制御システムは、ネットワーク１と、モータ２と、負荷装置３と、ドライバ４と、ＰＬＣ(Programmable Logic Controller)５と、動力ケーブル８と、端末９とを備える。

[0021] 当該制御システムは、モータ２とともに負荷装置３を駆動制御するためのシステムである。そして、モータ２及び負荷装置３が、当該制御システムによって制御される制御対象６とされる。ここで、負荷装置３としては、各種の機械装置（例えば、産業用ロボットのアームや搬送装置）が例示できる。また、モータ２はその負荷装置３を駆動するアクチュエータとして負荷装置３内に組み込まれている。例えば、モータ２は、巻線が巻かれた固定子（ステータ）と回転子を有するＡＣサーボモータである。モータ２は、その固定子に巻線が巻かれるとともに回転子を有する構成であればよく、その具体的な構成はＡＣサーボモータに限定されない。

[0022] なお、モータ２には図示しないエンコーダが取り付けられており、当該エンコーダによりモータ２の動作に関するパラメータ信号がドライバ４にフィ

ードバック送信されている。このフィードバック送信されるパラメータ信号（以下、フィードバック信号という）は、たとえばモータ２の回転軸の回転位置（角度）についての位置情報、その回転軸の回転速度の情報等を含む。

[0023] ドライバ４は、ネットワーク１を介してＰＬＣ５からモータ２の動作（モーション）に関する動作指令信号を受けるとともに、モータ２に接続されているエンコーダから出力されたフィードバック信号を受ける。ドライバ４は、ＰＬＣ５からの動作指令信号およびエンコーダからのフィードバック信号に基づいて、モータ２の駆動に関するサーボ制御、すなわち、モータ２の動作に関する指令値を算出するとともに、モータ２の動作がその指令値に追従するように、モータ２に動力ケーブル８を介してｕ，ｖ，ｗの３相の駆動電流を供給する。なお、モータ２に供給される駆動電流は、交流電源７からドライバ４に対して送られる交流電力が利用される。

[0024] 本実施形態では、ドライバ４は三相交流を受けるタイプのものであるが、単相交流を受けるタイプのものでもよい。なお、ドライバ４によるサーボ制御については、ドライバ４が有する位置制御器４１、速度制御器４２、電流制御器４３を利用したフィードバック制御である。

[0025] ここで、図１に示すように、ドライバ４は、位置制御器４１、速度制御器４２、電流制御器４３を備え、これらの処理により上記サーボ制御が実行される。また、ドライバ４は、モータ２及びドライバ４を過熱による損傷から保護するために電子サーマル部１５０（図２を参照）を有している。

[0026] 電子サーマル部１５０は、モータ２の巻線温度及びドライバ４の温度の夫々の温度を推定し、その推定温度に基づいてモータ２の過熱状態を判断する。

[0027] そこで、図２に示す、ドライバ４に形成される制御構造に基づいて、ドライバ４による上記サーボ制御及び電子サーマル部１５０によるモータ２の保護制御の説明を行う。当該制御構造は、所定の演算装置及びメモリ等を有するドライバ４において所定の制御プログラムが実行されることで形成される。

[0028] 位置制御器４１は、例えば、比例制御（Ｐ制御）を行う。具体的には、ＰＬＣ５から通知された位置指令と検出位置との偏差である位置偏差に、位置比例ゲインＫｐｐを乗ずることにより速度指令を算出する。なお、位置制御器４１は、予め制御パラメータとして、位置比例ゲインＫｐｐを有している。次に、速度制御器４２は、例えば、比例積分制御（ＰＩ制御）を行う。具体的には、位置制御器４１により算出された速度指令と検出速度との偏差である速度偏差の積分量に速度積分ゲインＫｖｉを乗じ、その算出結果と当該速度偏差の和に速度比例ゲインＫｖｐを乗ずることにより、トルク指令を算出する。なお、速度制御器４２は、予め制御パラメータとして、速度積分ゲインＫｖｉと速度比例ゲインＫｖｐを有している。また、速度制御器４２はＰＩ制御に代えてＰ制御を行ってもよい。この場合には、速度制御器４２は、予め制御パラメータとして、速度比例ゲインＫｖｐを有することになる。次に、電流制御器４３は、速度制御器４２により算出されたトルク指令に基づいてアンプ４４を駆動するための指令電圧を生成する。生成された指令電圧に応じてアンプ４４がモータ２を駆動するための駆動電流を出力し、それによりモータ２が駆動制御される。電流制御器４３は、トルク指令に関するフィルタ（１次のローパスフィルタ）や一又は複数のノッチフィルタを含み、制御パラメータとして、これらのフィルタの性能に関するカットオフ周波数等を有している。また、電流制御器４３は、アンプ４４からモータ２に供給される電流指令を検出する電流検出器を含み、電流検出器によって検出された電流指令が減算器にフィードバックされる。

[0029] そして、ドライバ４の制御構造は、速度制御器４２、電流制御器４３、制御対象６を前向き要素とする速度フィードバック系を含み、更に、当該速度フィードバック系と位置制御器４１を前向き要素とする位置フィードバック系を含んでいる。このように構成される制御構造によって、ドライバ４はＰＬＣ５から供給される位置指令に追従するようにモータ２をサーボ制御することが可能となる。

[0030] このようにモータ２がサーボ制御される際に、モータ２に対して過大な負

荷（例えば、モータ２の定格負荷を超える負荷）が比較的長時間掛けられると、モータ２の巻線に対して過大な電流が長時間流れることになる。これによって、巻線温度が過度に上昇し、その焼損を招く虞がある。また、ドライバ４からモータ２へ定格以上の電流が長時間供給されることで、ドライバ４又は動力ケーブル８の温度が過度に上昇し、焼損する虞もある。このような、モータ２、ドライバ４、及び動力ケーブル８の焼損などの損傷からこれらを保護するために、ドライバ４は電子サーマル部１５０を有している。

[0031] 具体的には、電子サーマル部１５０は、算出モデル１００と、過負荷判定部１１０とを有している。図３に示すように、算出モデル１００は、モータ２用の算出モデル１００ａと、ドライバ４用の算出モデル１００ｂとを含む。また、過負荷判定部１１０は、算出モデル１００ａに対応する、モータ２用の過負荷判定部１１０ａと、算出モデル１００ｂに対応する、ドライバ４用の過負荷判定部１１０ｂとを備える。

[0032] 図４は、モータ２の算出モデル１００ａの概略構造を示している。算出モデル１００ａは、電子サーマル部１５０においてモータ２の巻線温度を算出するプログラムであり、その入力としてモータ２における熱流が与えられると、モータ２の巻線温度を出力する。なお、当該熱流は、モータ２の巻線コイルの電気抵抗に起因して生じる、いわゆる銅損とみなすことができ、巻線コイルを流れる電流の二乗に比例する。算出モデル１００ａは、モータ２に供給される電流値とモータ２の発熱量との関係を示す熱モデルであり、熱流は、例えば、算出モデル１００が電力制御部４３の指令電圧によりモータ２に供給される電流（電流指令）を検出することでその電流値を取得し、この電流値から単位時間当たりの熱量を求めることによって算出される。算出モデル１００は、モータ２に供給される電流値を取得する電流値取得部として動作する。

[0033] 図４に示すように、算出モデル１００ａは、算出モデル１００ａ自身を構成するサブのモデルとして、巻線温度特性モデル１０１と固定子温度特性モデル１０２とを含む。巻線温度特性モデル１０１は、モータ２において仮想

的に固定子の熱的影響を除いたときの、巻線の温度特性を算出するためのモデルである。

[0034] 固定子温度特性モデル１０２は、基準モデル１０２’と、モータ２の回転子の回転速度（ｒｐｍ）を引数とする鉄損係数Ｋｒとを含む。基準モデル１０２’は、モータ２において仮想的に巻線の熱的影響を除いたときの、固定子の温度特性を算出するためのモデルである。鉄損係数Ｋｒは、回転子の回転速度に応じてその数値が変動し得る。

[0035] 固定子温度特性モデル１０２では、入力の熱流に（１＋Ｋｒ）が乗じられたものが基準モデル１０２’に入力されて、固定子温度特性モデル１０２の出力が算出されることになる。算出モデル１００ａがこのような固定子温度特性モデル１０２を有することで、固定子の温度特性に回転子の回転に起因する鉄損を反映させることができ、過負荷保護のためのモータ２の巻線温度の推定をより好適に実現することができる。

[0036] このように、算出モデル１００ａが巻線温度特性モデル１０１と固定子温度特性モデル１０２とを含み、図４に示すように、各モデルの出力の和がモータ２の巻線温度として算出される。これによって、固定子と巻線との相関が考慮された上でモータの巻線温度が算出される。

[0037] ここで、巻線温度特性モデル１０１について説明する。巻線温度特性モデル１０１は、巻線の温度特性に関連するパラメータ（巻線関連パラメータ）である巻線に関する熱抵抗Ｒａや熱時定数Ｔａを含んで、下記の式１で表される。なお、熱抵抗Ｒａは、熱の伝えにくさを表す値で、単位時間で発生する熱量あたりの温度上昇量を意味するパラメータである。本実施形態では、モータ２の巻線を熱的に均質な物体として捉えたときの熱抵抗が採用される。また、熱時定数Ｔａは、巻線の温度変化に対する応答性の度合いを表すパラメータであり、巻線が初期の熱平衡状態から別の熱平衡状態に遷移する際に、その温度差の６３．２％変化するのに要する時間として定義される。

巻線温度特性モデル　＝　Ｒａ／（Ｔａ・ｓ＋１）　・・・（式１）

[0038] 次に、固定子温度特性モデル１０２について説明する。固定子温度特性モ

デル１０２の基準モデル１０２’は、固定子の温度特性に関連するパラメータ（固定子関連パラメータ）である固定子に関する熱抵抗Ｒｂや熱時定数Ｔｂを含んで、下記の式２で表される。なお、熱抵抗Ｒｂの定義は上記の熱抵抗Ｒａの定義と同じであり、本実施形態では、モータの固定子を熱的に均質な物体として捉えたときの熱抵抗が採用される。また、熱時定数Ｔｂは、固定子の温度変化に対する応答性の度合いを表すパラメータであり、上記の熱時定数Ｔａの定義と同じである。

固定子温度特性モデル　＝　Ｒｂ／（Ｔｂ・ｓ＋１）　・・・（式２）

[0039] そして、算出モデル１００ａにおいては、入力（モータ２における熱流）が、巻線温度特性モデル１０１及び固定子温度特性モデル１０２に引き渡される。そして、各モデルの出力が加算されて、算出モデルの出力、すなわちモータ巻線の推定温度とされる。なお、各モデル１０１、１０２の出力の加算の際に、各モデル１０１、１０２の出力に対して所定のゲインを乗じた値を加算するようにしてもよい。このように算出モデル１００ａが構成されることで、モータの巻線温度が固定子と巻線との相関を考慮して推定される。

[0040] 図５は、ドライバ用の算出モデル１００ｂの構成例を示す。算出モデル１００ｂは、電子サーマル部１５０においてドライバ４の所定位置の温度特性を算出するためのモデルである。所定位置は、モータ２への電流の供給に応じて発熱する位置であればどこでもよく、例えば、ドライバ４が備えるＩＧＢＴや電流検出器などの所定の回路が実装された位置である。

[0041] 図５に示すように、算出モデル１００ｂは、算出モデル１００ｂ自身を構成するサブのモデルとして、検出抵抗部温度特性モデル１０３と基板部温度特性モデル１０４とを含む。検出抵抗部温度特性モデル１０３は、ドライバ４において仮想的にドライバ４の基板全体の熱的影響を除いたときの、電流検出器（電流検出抵抗）の温度特性を算出するためのモデルである。また、基板部温度特性モデル１０４は、ドライバ４において仮想的に電流検出抵抗の熱的影響を除いたときの、電流検出抵抗の周辺基板を含むドライバ４の基板全体の温度特性を算出するためのモデルである。

[0042] ここで、検出抵抗部温度特性モデル１０３について説明する。検出抵抗部温度特性モデル１０３は、検出抵抗部の温度特性に関連するパラメータ（検出抵抗部関連パラメータ）である電流検出抵抗に関する熱抵抗Ｒｃや熱時定数Ｔｃを含んで、下記の式３で表される。なお、熱抵抗Ｒｃの定義は上記の熱抵抗Ｒａの定義と同じであり、本実施形態では、電流検出抵抗を熱的に均質な物体として捉えたときの熱抵抗が採用される。また、熱時定数Ｔｃは、電流検出抵抗の温度変化に対する応答性の度合いを表すパラメータであり、上記の熱時定数Ｔａの定義と同じである。

検出抵抗部温度特性モデル ＝ Ｒｃ／（Ｔｃ・ｓ＋１） ・・・（式３）

[0043] 次に、基板部温度特性モデル１０４について説明する。基板部温度特性モデル１０４は、基板部の温度特性に関連するパラメータ（基板部関連パラメータ）であるドライバ４の基板に関する熱抵抗Ｒｄや熱時定数Ｔｄを含んで、下記の式４で表される。なお、熱抵抗Ｒｄの定義は上記の熱抵抗Ｒａの定義と同じであり、本実施形態では、ドライバ４の基板全体を熱的に均質な物体として捉えたときの熱抵抗が採用される。また、熱時定数Ｔｄは、ドライバ４の基板の温度変化に対する応答性の度合いを表すパラメータであり、上記の熱時定数Ｔａの定義と同じである。

基板部温度特性モデル ＝ Ｒｄ／（Ｔｄ・ｓ＋１） ・・・（式４）

[0044] そして、算出モデル１００ｂは、モータ２に供給される電流の値とドライバ４の発熱量との関係を示す熱モデルであり、アンプ４４の出力として検出された電流（検出電流）に依存する熱流が入力として検出抵抗部温度特性モデル１０３及び基板部温度特性モデル１０４に引き渡される。そして、各モデルの出力が加算されて、算出モデルの出力、すなわちドライバ４の温度（「ドライバ温度」と称する）とされる。なお、各モデル１０３、１０４の出力の加算の際に、各モデル１０３、１０４の出力に対して所定のゲインを乗じた値を加算するようにしてもよい。このように算出モデル１００ｂが構成されることで、ドライバ温度が電流検出抵抗と基板との相関を考慮して推定

される。

[0045] 上記の通り、算出モデル１００ａ及び１００ｂの夫々は、モータ２の温度及びドライバ温度の夫々を出力する。過負荷判定部１１０の過負荷判定部１１０ａは、算出モデル１００ａの出力であるモータ２の温度（「モータ温度」と称する）に基づいて、モータ２が過負荷状態に至る可能性があるか、換言するとモータ２の巻線が過度に昇温するおそれがあるかについて判定を行う。

[0046] 過負荷判定部１１０の過負荷判定部１１０ｂは、算出モデル１００ｂの出力であるドライバ温度に基づいて、ドライバ４が過負荷状態に至る可能性があるか、換言するとドライバ４が全体的に又は局所的に過度に昇温するおそれがあるかについて判定を行う。

[0047] 過負荷判定部１１０ａ及び１１０ｂによって、モータ２及びドライバ４のいずれか一つが過負荷状態に置かれていると判定された場合には、ドライバ４は、モータ２及びドライバ４を含む系を保護するためにその駆動を停止することができる。なお、算出モデル１００は発熱量推定部に相当し、過負荷判定部１１０は負荷判定部及び出力部に相当する。

[0048] 図６は、電子サーマル部１５０の第１の処理例を示すフローチャートである。ステップＳ１０１では、電子サーマル部１５０の算出モデル１００ａ及び１００ｂは、モータ温度及びドライバ温度を算出する。すなわち、算出モデル１００ａは、モータ２の熱負荷演算として熱流に応じたモータ温度（推定値）を演算する。算出モデル１００ｂは、ドライバ４の熱負荷演算として熱流に応じたドライバ温度（推定値）を演算する。各温度の演算の順序は任意であり、並列に実行されてもよい。

[0049] ステップＳ１０２では、過負荷判定部１１０が、モータ温度及びドライバ温度のどちらかが閾値を超過するかを判定する。すなわち、過負荷判定部１１０ａが、モータ温度がモータ２用の閾値を超過するかを判定し、過負荷判定部１１０ｂが、ドライバ温度がドライバ４用の閾値を超過するかを判定する。これらの判定の順序は任意であり、これらの判定は並列に実行されても

よい。どちらかの閾値の超過が判定された時点で、残りの判定が中止または停止されてもよい。モータ温度及びドライバ温度のどちらかが閾値を超過すると判定される場合、処理がステップＳ１０３に進み、そうでない場合には、処理がステップＳ１０１に進む。ここで、モータ２用の閾値とは、例えば、モータ２の絶縁階級から規定される許容最高温度である。例えば、モータ２の絶縁階級がＦ種である場合には、許容最高温度は１５５℃である。また、ドライバ４用の閾値とは、例えば、ドライバ４内のＩＧＢＴの保護のために設定される許容最高温度である。

[0050] ステップＳ１０３では、電子サーマル部１５０は、モータ２及びドライバ４の異常な温度上昇が検出されたものとして、モータ２及びドライバ４の過熱状態（異常や警告）を示す情報を出力する。情報は、ＬＥＤの発光または点滅、警告音の出力、ディスプレイへの情報の表示などによって出力される。出力を行う構成はドライバ４に設けられていてもよく、端末９が備えるディスプレイやスピーカを用いて情報が報知（表示等）されてもよい。また、電子サーマル部１５０は、異常・警告を示す情報の出力とともに、ドライバ４の動作を自動的に停止させる構成を有していてもよい。もっとも、ドライバ４の動作停止は、情報を受けたユーザがマニュアルで行ってもよい。

[0051] 端末９は、ドライバ４が備える設定部１２０を通じて、ユーザが電子サーマル部１５０に各種の設定を行うために使用される。また、端末９は、上述した異常・警告を示す情報などの表示等によって、様々な情報をユーザに報知するために使用される。設定部１２０は、電子サーマル部１５０と同様に、ドライバ４が備えるプロセッサ（ＣＰＵ）のプログラム実行によって実現されても、ドライバ４に実装された専用の回路（ハードウェア）によって実現されてもよい。

[0052] 端末９は、プロセッサ、メモリ、入力装置、ディスプレイ、通信インタフェースなどを有している。プロセッサは、メモリに記憶されたプログラムの実行によって、メモリに対する情報の読み書き、ユーザが入力装置を用いて入力した情報の受け付け、或いはディスプレイへの表示、通信インタフェー

スの制御による設定部１２０との情報の送受信などを行う。

[0053] 例えば、ユーザは、モータ２及びドライバ４の夫々に関する熱負荷演算のオンオフを操作することができる。すなわち、ユーザは、算出モデル１００ａ及び１００ｂの夫々のオン又はオフを示す情報を入力装置から端末９に入力することができる。

[0054] オン又はオフを示す情報は、ネットワーク１を介して設定部１２０に送られる。設定部１２０は、オン又はオフを示す情報に基づいて、対応する算出モデル１００ａ及び１００ｂのオンオフを行う。これによって、モータ２及びドライバ４の夫々に関する熱負荷演算のオンオフ（有効／無効の設定）を行うことができる。熱負荷演算のオフにより、プロセッサ（ＣＰＵ）の演算負荷を下げることができる。

[0055] また、ドライバ４が有するメモリ（端末９が有するメモリでもよい）には、モータ２及びドライバ４の算出モデル１００ａ及び１００ｂに設定するパラメータ（熱抵抗Ｒａ～Ｒｄ、時定数Ｔａ～Ｔｄなど）のセットが１又は２以上記憶されている。ユーザは、端末９で、モータ２及びドライバ４の夫々に関する熱負荷演算をオンにして、モータ２及びドライバ４の夫々の種別を入力することで、設定部１２０は、モータ２及びドライバ４の夫々の種別に対応するパラメータを算出モデル１００ａ及び１００ｂに設定し、モータ２及びドライバ４の夫々の種別に対応する閾値を過負荷判定部１１０ａ及び１００ｂに設定する。

[0056] また、設定部１２０は、モータ２の稼働時間（通電時間）、或いはモータ２及びドライバ４の周囲温度に応じて、熱負荷演算のパラメータ（熱時定数など）及び閾値を自動的に変化させることができる。ドライバ４は、モータ２の稼働時間（通電時間）を計測しており、その計測値をパラメータ及び閾値の変化に使用することができる。また、周囲温度は、モータ２のエンコーダ内の温度センサの値やドライバ４内の放熱器の温度センサの値から予測してもよく、或いは、外気温を計測する温度センサの値を周囲温度として使用してもよい。

[0057] パラメータの変化の例として、稼働時間が所定時間を超える場合、設定部１２０は、熱時定数の値を基準値よりも小さくする。また、周囲温度が基準温度又は基準温度の範囲より高い場合には、設定部１２０は閾値を低下させる。逆に、周囲温度が基準温度の範囲より低い場合には、設定部１２０は閾値を上げる。このようにして、モータ２の使用状況に応じて、モータ２及びドライバ４を保護しつつモータ２を好適に使用することができる。

[0058] また、設定部１２０は、「制御部」として動作し、モータ２及びドライバ４用の熱負荷演算のパラメータ及び閾値を用いて、モータ２及びドライバ４の夫々に係るサーマル曲線（過負荷特性グラフ）を示す情報を生成及び出力することができる。更に、設定部１２０は、モータ２の過負荷特性グラフを示す情報とドライバ４の過負荷特性グラフを示す情報とを合成した情報を生成及び出力することができる。過負荷特性グラフは、定格電流より大きい電流が通電された場合における、過熱状態が検出されるまでの時間（検出時間）の変化を示すグラフである。過負荷特性は、通常、横軸に定格以上の電流をとり、縦軸に過負荷（過熱状態）が検出されるまでの時間（検出時間）をとったグラフで表される。なお、過負荷が検出されるまでの時間（検出時間）とは、定格電流より大きい所定の電流をモータ２及びドライバ４に継続して印加することが許可される時間（印加可能時間）であると言える。このことから、以下の過負荷特性グラフでは縦軸に検出時間の代わりに印加可能時間をとっている。

[0059] 図７Ａは、モータ２の過負荷特性を示すグラフＭと、ドライバ４の過負荷特性を示すグラフＤとを示す。過負荷特性グラフは、電流が大きくなる程、印加可能時間が短くなる。グラフＭ及びＤの元になる数値は、ドライバ４において生成されてもよく、端末９において生成されてもよい。端末９のプロセッサは、グラフＭ及びＤを端末９のディスプレイに表示する。これによって、ユーザは、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性を把握することができる。また、図７Ｂは、モータ２の過負荷特性を示すグラフＭとドライバ４の過負荷特性を示すグラフＤとを合成したグラフＳを示す。端末９のプ

ロセッサは、グラフＳを端末９のディスプレイに表示する。これによって、ユーザは、モータ２及びドライバ４の両方の過負荷特性を満たす、モータ２及びドライバ４を含む系全体の過負荷特性を把握することができる。

[0060] また、設定部１２０は、モータ２の周囲温度としてエンコーダ内の温度センサの値と、ドライバ４の周囲温度としてドライバ４の放熱器の温度センサの値とを用いて、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフを補正することができる。

[0061] 図８は、設定部１２０の処理例を示すフローチャートである。この処理例では、初期状態として、図７に示すようなモータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフＭ及びＤ、及び系全体の過負荷特性グラフＳが生成されているものとする。ステップＳ２０１では、設定部１２０は、エンコーダ内の温度センサ及び放熱器の温度センサからモータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度を取得する。

[0062] ステップＳ２０２では、設定部１２０は、ステップＳ２０１で取得したモータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度の夫々に基づいて、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフを補正する。そして、ステップＳ２０３では、設定部１２０は、ステップＳ２０３で補正したモータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフに対応するパラメータを算出モデル１００ａ及び１００ｂの夫々に設定し、閾値を過負荷判定部１１０ａ及び１００ｂの夫々に設定する。

[0063] ここで、ステップＳ２０２で行う過負荷特性グラフの補正について説明する。

[0064] まず、過負荷特性グラフの生成方法について説明する。ここでは、モータ２の過負荷特性グラフＭの生成方法を例にして説明する。まず、設定部１２０は、過負荷特性グラフＭを生成するための第１の電圧印加を行うための指令を電流制御器４３に出力する。第１の電圧印加では、モータ２の定格電流の２００％の電流をモータ２に供給する電圧印加を行う。そして、設定部１２０は、第１の電圧印加（通電）を行ってから３秒後、１０秒後及び２０秒

後の夫々のモータ２の周囲温度を算出する。通電後のモータ２の周囲温度は、下記の式５で表される銅の抵抗温度係数を用いた抵抗法によって算出される。

ｔ２　＝　（Ｒ２／Ｒ１－１）（２３４．５＋ｔ１）±Δｔ　・・・（式５）

式５において、Ｒ１は通電開始時のモータ２の巻線抵抗値であり、Ｒ２は通電後のモータ２の巻線抵抗値である。これらの巻線抵抗値は、電流検出器で検出された電流値から算出される。また、ｔ１は通電開始時のモータ２の周囲温度であり、ｔ２は通電後のモータ２の周囲温度である。ここでは、ｔ１には、エンコーダ内の温度センサの値が使用される。そして、Δｔは、通電開始時と通電後のモータ２の周囲温度の変化分である。Δｔには、エンコーダ内の温度センサの値が使用される。通電後に周囲温度が上がったときにはΔｔだけ減算され、周囲温度が下がったときにはΔｔだけ加算される。

[0065] 次に、設定部１２０は、通電してから３秒後、１０秒後及び２０秒後の３点のモータ２の周囲温度ｔ２の結果から、この３点を通る第１の電圧印加時の過負荷率の曲線を生成する。そして、設定部１２０は、この過負荷率の曲線から、モータ２の巻線に関する熱時定数Ｔａと、固定子に関する熱時定数Ｔｂと、熱時定数Ｔａと熱時定数Ｔｂとの比である熱抵抗比時定数とを算出する。

[0066] 次に、設定部１２０は、第２の電圧印加を行うための指令を電流制御器４３に出力する。第２の電圧印加では、モータ２の定格電流の３００％の電流をモータ２に供給する電圧印加を行う。そして、設定部１２０は、第２の電圧印加（通電）を行ってから３秒後のモータ２の周囲温度ｔ２を算出する。通電後のモータ２の周囲温度ｔ２は、前述した式５で表される抵抗法によって算出される。

[0067] 次に、設定部１２０は、第１の電圧印加の結果から算出した熱時定数Ｔａ、熱時定数Ｔｂ及び熱抵抗比時定数Ｔｒから、第２の電圧印加時の過負荷率の曲線を生成する。なお、設定部１２０は、第２の電圧印加から３秒後のモ

ータ２の周囲温度ｔ２とモータ２用の閾値とに基づいて、生成した第２の電圧印加時の過負荷率の曲線が適正であるかどうかを確認してもよい。

[0068] そして、設定部１２０は、第１の電圧印加時の過負荷率の曲線と第２の電圧印加時の過負荷率の曲線とを合成して、モータ２の過負荷特性グラフＭを得る。

[0069] また、ドライバ４の過負荷特性グラフＤの生成は、モータ２の過負荷特性グラフＭの生成と同様に式５を用いて行う。但し、式５において、Ｒ１は通電開始時のドライバ４の電流検出抵抗値であり、Ｒ２は通電後のドライバ４の電流検出抵抗値である。これらの電流検出抵抗値は、電流検出器で検出された電流値から算出される。ｔ１は通電開始時のドライバ４の周囲温度であり、ｔ２は通電後のドライバ４の周囲温度である。ここでは、ｔ１には、ドライバ４内の放熱器の温度センサの値が使用される。そして、Δｔは、通電開始時と通電後とのドライバ４の周囲温度の変化分である。Δｔには、放熱器の温度センサの値が使用される。また、設定部１２０は、第１の電圧印加時の過負荷率の曲線から、ドライバ４の検出抵抗部に関する熱時定数Ｔｃと、基板部に関する熱時定数Ｔｄと、熱時定数Ｔｃと熱時定数Ｔｄとの比である熱抵抗比時定数とを算出する。なお、設定部１２０は、設定部１２０は、第２の電圧印加から３秒後のモータ２の周囲温度ｔ２とドライバ４用の閾値とに基づいて、生成した第２の電圧印加時の過負荷率の曲線が適正であるかどうかを確認してもよい。

[0070] 続いて、過負荷特性グラフの補正方法について説明する。第１の補正方法では、設定部１２０は、ステップＳ２０１で取得したモータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度を用いて、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフを再生成する。この再生成では、設定部１２０は、モータ２の定格電流を維持したままモータ２の周囲温度が低くなるほどモータ２の過負荷特性グラフにおける印加可能時間が長くなるように、モータ２の過負荷特性グラフを補正する。また、設定部１２０は、ドライバ４の定格電流を維持したままドライバ４の周囲温度が低くなるほどドライバ４の過負荷特性グラフ

における印加可能時間が長くなるように、ドライバ４の過負荷特性グラフを補正する。そして、設定部１２０は、再生成したモータ２の過負荷特性グラフとドライバ４の過負荷特性グラフとを合成して、系全体の過負荷特性グラフを再生成する。

[0071] 図９は、第１の補正方法で補正した場合の系全体の過負荷特性グラフを示す。図９では、補正後の系全体の過負荷特性グラフに加えて、補正前の系全体の過負荷特性グラフ、例えば、図８Ｂに示す過負荷特性グラフＳを併せて示す。図９に示すように、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ１は、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳと比べると、定格電流より大きい所定の電流値（Ｒ１）で比較したときに印加可能時間（補正前ではＤ１、補正後ではＤ２）が長くなっている。例えば、定格電流の２５０％の電流が通電された場合には、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳでは印加可能時間が約０・９秒であるのに対し、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ１では印加可能時間が約１０秒となる。また、定格電流の３５０％の電流が通電された場合には、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳでは印加可能時間が約０．２秒であるのに対し、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ１では印加可能時間が約２秒となる。

[0072] また、第２の補正方法では、設定部１２０は、補正前のモータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフの形状を基本的に変えずに、ステップＳ２０１で取得したモータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度を用いて、過負荷特性グラフの漸近線を移動させる。この移動では、設定部１２０は、モータ２の定格電流を増加させるとともに、モータ２の周囲温度が低くなるほどモータ２の過負荷特性グラフにおける印加可能時間が長くなるように、漸近線を移動させる。また、設定部１２０は、ドライバ４の定格電流を増加させるとともに、ドライバ４の周囲温度が低くなるほどドライバ４の過負荷特性グラフにおける印加可能時間が長くなるように、漸近線を移動させる。そして、設定部１２０は、漸近線を移動させたモータ２の過負荷特性グラフとドライバ４の過負荷特性グラフとを合成して、系全体の過負荷特性グラフを

再生成する。

[0073] 図１０は、第２の補正方法で補正した場合の系全体の過負荷特性グラフを示す。図１０では、補正後の系全体の過負荷特性グラフに加えて、補正前の系全体の過負荷特性グラフ、例えば、図８Ｂに示す過負荷特性グラフＳを併せて示す。図１０に示すように、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ２は、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳと比べると、所定の印加可能時間（Ｄ１）で比較したときに電流値（補正前ではＲ１、補正後ではＲ２）が大きくなっている。例えば、印加可能時間が１００秒となる電流値は、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳでは定格電流の約１３０％の電流値であるのに対し、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ２では定格電流の約１７０％の電流値となる。また、印加可能時間が１０秒となる電流値は、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳでは定格電流の約１６０％の電流値であるのに対し、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ２では定格電流の約２３０％の電流値となる。

[0074] 第２の補正方法において、設定部１２０は、モータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度に基づいて漸近線の移動量（増加量）を決定する。例えば、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳの漸近線Ａは、検出時間を示す軸と平行な直線のうちの定格電流の１１５％の電流値を通る直線である。例えば、モータ２の絶縁階級がＦ種である場合には、モータ２の周囲温度が４０℃（モータ２の仕様から規定される使用環境温度の範囲の上限値）であるときにモータ２に定格電流の１１５％の電流を通電し続けても、モータ２の温度は、Ｆ種の許容最高温度である１５５℃以内に収まるように設定されている。漸近線Ａの電流値である定格電流の１１５％の電流値とは、このような電流値である。従って、モータ２の絶縁階級がＦ種以外の種別（例えば、Ｂ種やＨ種など）である場合には、漸近線の電流値は定格電流の１１５％以外の電流値となる。ここで、モータ２の絶縁階級がＦ種である場合に、モータ２の周囲温度が０℃（モータ２の仕様から規定される使用環境温度の範囲の下限値）であるときには、モータ２には４０℃の温度の余裕があることになる

。４０℃の温度の余裕とは、漸近線Ａの場合には１℃の温度が定格電流の０．７４％の電流値に相当するので、定格電流の２９．６８％の電流値の余裕に相当することになる。つまり、設定部１２０は、漸近線Ａを、最大で定格電流の２９．６８％の電流値の分だけ、電流が増える方向（図１０では、右方向）に移動させて、漸近線Ａ２とすることができる。この漸近線Ａの移動に伴い、設定部１２０は、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳを、電流が増える方向に移動させて、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ２とすることができる。但し、モータ２の仕様から、モータ２の瞬時許容電流値が規定されている。このため、設定部１２０は、補正前の系全体の過負荷特性グラフＳを、電流が増える方向に移動させたとしても、過負荷特性グラフの最大電流値がモータ２の瞬時許容電流値を超過しないように、補正後の系全体の過負荷特性グラフＳ２における電流を示す軸方向の長さを調整（短く）する。

[0075] 図１１は、電子サーマル部１５０の第２の処理例を示すフローチャートである。ステップＳ３０１では、過負荷判定部１１０ａ及び１００ｂは、設定部１２０から補正後のモータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフに対応する閾値（定格電流よりも大きい所定の電流値に対する印加可能時間）を取得する。ステップＳ３０２では、過負荷判定部１１０ａ及び１００ｂは、モータ２及びドライバ４の夫々に対して定格電流よりも大きい電流が印加可能時間を超過して印加されたかを判定する。すなわち、過負荷判定部１１０ａが、定格電流よりも大きい電流がモータ２用の印加可能時間を超過してモータ２に印加されたかを判定し、過負荷判定部１１０ｂが、定格電流よりも大きい電流がドライバ４用の印加可能時間を超過してドライバ４に印加されたかを判定する。モータ２及びドライバ４の少なくとも一方に、定格電流よりも大きい電流が印加可能時間を超過して印加されたと判定される場合、処理がステップＳ３０３に進み、そうではない場合には、処理がステップＳ３０１に進む。ステップ３０３では、過負荷判定部１１０は、モータ２及びドライバ４に過負荷が発生したものとして、過負荷（異常や警告）を示す情

報を出力する。情報は、ＬＥＤの発光または点滅、警告音の出力、ディスプレイへの情報の表示などによって出力される。

[0076] 本実施形態によれば、設定部１２０によって、モータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度の夫々に基づいて、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフを補正する。これにより、過負荷判定部１１０は、補正後の過負荷特性グラフに対応する閾値に基づいて、モータ２及びドライバ４に対して定格電流よりも大きい電流が印加可能時間を超過して印加されたかを判定するようになる。このようにして、モータ２及びドライバ４に印加可能な時間を調整する、すなわちモータ２及びドライバ４に掛かる負荷を調整することで、モータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度に応じて、モータ２及びドライバ４のＩＧＢＴの本来の性能を可能な限り引き出すことができる。このため、モータ２及びドライバ４を保護しながら、モータ２及びドライバ４を効率良く使用することができる。

[0077] ＜変形例＞

次に、変形例について説明する。本変形例は実施形態と同様の構成を有するため、主として相違点について説明する。

[0078] 前述した実施形態では、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフを補正することで、モータ２及びドライバ４の夫々に対して、定格電流よりも大きい電流を、モータ２の周囲温度及びドライバ４の周囲温度に応じた印加可能時間まで印加することができる。しかし、定格電流よりも大きい電流を印加可能時間まで印加することで、モータ２の瞬時許容電流値が動力ケーブル８の瞬時許容電流値よりも上回ってしまう可能性がある。

[0079] ここで、動力ケーブル８の瞬時許容電流値Ｉは、下記の式６で表される。

[数1]

$$I = K \frac{A_c}{\sqrt{T_s}}$$

・・・（式６）

式６において、Ｋはケーブル被覆材種に応じた定数であり、Ａｃは導体断面積（ｍｍ^2）であり、Ｔｓは短絡電流持続時間（ｓ）である。例えば、動力ケーブル８がビニルケーブル（Ｋ＝９６）であり、導体断面積が０．５ｍｍ^{2}であるときに、補正前のモータ２及びドライバ４の過負荷特性グラフにおいて許容電流（例えば、定格電流の３００％の電流）の印加可能時間の閾値が０．３秒である場合には、動力ケーブル８の瞬時許容電流値Ｉは７０．１１Ａとなり、モータ２の瞬時許容電流値（例えば、４１．０Ａ）よりも上回っているものとする。この場合には、仮に動力ケーブル８にモータ２の瞬時許容電流を通電させたとしても、動力ケーブル８には問題は生じない。しかし、モータ２及びドライバ４の過負荷特性グラフの補正により、許容電流の印加可能時間の閾値が１秒と長くなった場合には、動力ケーブル８の瞬時許容電流値Ｉは３８．４Ａとなり、モータ２の瞬時許容電流値を下回ってしまう。この場合には、動力ケーブル８にモータ２の瞬時許容電流を通電させたときには、動力ケーブル８の温度が過度に上昇して、焼損する虞がある。

[0080] そこで、本変形例に係る負荷監視装置では、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷の監視に加えて、更に動力ケーブル８の過負荷も監視する。

[0081] 本変形例では、ユーザは、端末９に、動力ケーブルの種別と、動力ケーブルの敷設条件を入力することで、動力ケーブル８の保護レベルを設定することができる。例えば、下記要件を幾つか入力すると、端末９のプロセッサ、又はドライバ４の設定部１２０が、入力された情報に対応する動力ケーブル８の保護レベルを算出する。

・ケーブル被覆材種，被覆材の熱抵抗，或いはケーブル最高使用温度
・ケーブル電線の外径と線長
・ケーブル電線の導体材質,或いは電気抵抗率（抵抗率、比抵抗）[Ω・m]
・ケーブル電線の導体径（AWG，sq.)或いは断面積
・ケーブル敷設時の周囲温度
・多条布設の場合は多条敷設条件
・配線ダクトに配線する場合は配線ダクトの材質、或いは配線ダクト材の最

高使用温度

[0082] 例えば、端末９はディスプレイに上記のメニューを表示して、ユーザが選択肢の選択又は数値の入力をすることを可能に構成する。

・ケーブル被覆材種 （選択肢：ＣＶケーブル、ＯＦケーブル、ソリッドケーブル、ビニルケーブル）

或いはケーブル最高使用温度 （選択肢：80℃，85℃，105℃）

・ケーブル電線の導体径 （値を入力：AWG/SQ）

・ケーブル敷設時の周囲温度 （選択肢：0℃ 25℃ 40℃ 55℃ 70℃ 85℃）

・多条敷設 （あり なし）

・多条敷設ありの場合の配線ダクト材の最高使用温度 （選択肢：65℃，80℃，85℃，105℃）

[0083] ドライバ４が有するメモリ（端末９が有するメモリでもよい）には、保護レベルに対応するモータ２及びドライバ４の算出モデル１００ａ及び１００ｂの夫々に設定するパラメータ（熱抵抗Ｒａ～Ｒｄ、時定数Ｔａ～Ｔｄなど）のセットが１又は２以上記憶されており、設定部１２０は、自身による算出によって取得、又は「受付部」として動作して端末９から取得した保護レベルに対応するパラメータを算出モデル１００ａ及び１００ｂの夫々に設定する。例えば、熱抵抗Ｒａ～Ｒｄの値は、ケーブル電線の導体径が太くなるほど小さくなるように設定される。また、例えば、時定数Ｔａ～Ｔｄの値は、多条数が増えるにつれて小さくなるように設定される。パラメータのセットは入力された情報に基づいて、パラメータ算出用のアルゴリズムを用いて計算されてもよい。また、予めメモリに記憶された、保護レベルに対応する閾値を設定部１２０は取得し、過負荷判定部１１０ａ及び１１０ｂの夫々に設定する。これによって、動力ケーブル８を考慮したモータ２及びドライバ４の熱負荷演算及び過負荷判定が可能となり、モータ２及びドライバ４に加えて動力ケーブル８を保護しながら、モータ２及びドライバ４を効率良く使用することができる。

[0084] 図１２は、電子サーマル部１５０の第３の処理例を示すフローチャートである。ステップＳ４０１では、過負荷判定部１００ａ及び１００ｂは、設定部１２０から補正後のモータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフを取得する。ステップＳ４０２では、過負荷判定部１００ａ及び１００ｂは、補正後のモータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフから、モータ２及びドライバ４の許容電流値と、当該許容電流値に対応する印加可能時間とを算出する。ステップＳ４０３では、過負荷判定部１００ａ及び１００ｂは、設定部１２０から動力ケーブル８の構成に関する情報としてケーブルの被覆材種及び導体径を取得する。ステップ４０４では、過負荷判定部１００ａ及び１００ｂは、式６を用いて、算出した印加可能時間と、取得した動力ケーブル８の構成に関する情報とから、動力ケーブル８の許容電流値を算出する。ステップＳ４０５では、過負荷判定部１００ａ及び１００ｂは、動力ケーブル８の許容電流値がモータ２及びドライバ４の許容電流値以下であるかを判定する。動力ケーブル８の許容電流値がモータ２及びドライバ４の許容電流値以下である場合、処理はステップＳ４０６に進み、そうではない場合には、処理がステップＳ４０１に進む。ステップＳ４０６では、過負荷判定部１００ａ及び１００ｂは、動力ケーブル８に過負荷が発生するものとして、過負荷（異常や警告）を示す情報を出力する。情報は、ＬＥＤの発光または点滅、警告音の出力、ディスプレイへの情報の表示などによって出力される。

[0085] 本変形例によれば、モータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフを補正した後に、過負荷判定部１１０によって、補正後のモータ２及びドライバ４の夫々の過負荷特性グラフに基づいて、動力ケーブル８の許容電流値がモータ２及びドライバ４の許容電流値以下であるかを判定し、動力ケーブル８の許容電流値がモータ２及びドライバ４の許容電流値以下であると判定した場合には過負荷を示す情報を出力する。これにより、動力ケーブル８の許容電流値がモータ２及びドライバ４の許容電流値を下回ることで、動力ケーブル８の温度が過度に上昇して、焼損する可能性を回避することができる。

このため、モータ２及びドライバ４だけでなく動力ケーブル８も保護しながら、モータ２及びドライバ４を効率良く使用することができる。

[0086] ＜付記＞

モータ（２）と、前記モータ（２）の動作制御を行うドライバ（４）との負荷を監視する負荷監視装置（４）であって、

前記モータ（２）に供給される電流値を取得する電流値取得部（１５０）と、

前記電流値と前記モータ（２）の発熱量との関係を示す第１の熱モデル（１００ａ）によって前記モータ（２）の温度を第１の温度として推定する第１の温度推定部（１００）と、

前記電流値と前記ドライバ（４）の発熱量との関係を示す第２の熱モデル（１００ｂ）によって前記ドライバ（４）の温度を第２の温度として推定する第２の温度推定部（１００）と、

前記第１の温度と前記モータ（２）用の第１の閾値とを比較して該モータ（２）の過負荷状態の有無を判定するように構成され、該モータ（２）に関して所定の前記電流値に対する印加可能時間を示す第１負荷特性（Ｍ）を有する第１制御構造と、前記第２の温度と前記ドライバ（４）用の第２の閾値とを比較して該ドライバ（４）の過負荷状態の有無を判定するように構成され、該ドライバ（４）に関して所定の前記電流値に対する印加可能時間を示す第２負荷特性（Ｄ）を有する第２制御構造とを有する負荷判定部（１１０）と、

前記負荷判定部が、前記モータ（２）又は前記ドライバ（４）の少なくとも一方が過負荷状態にあると判定した場合、過負荷状態に関する異常情報を出力する出力部（１００）と、

前記モータ（２）の周囲温度である第１の周囲温度と、前記ドライバ（４）の周囲の温度である第２の周囲の温度とに基づいて、前記第１制御構造における前記第１負荷特性（Ｍ）及び前記第２制御構造における前記第２負荷特性（Ｄ）を補正する補正部（１２０）と、

を備える、負荷監視装置（４）。

符号の説明

[0087] １・・・ネットワーク

２・・・モータ

３・・・負荷装置

４・・・ドライバ

５・・・ＰＬＣ

６・・・制御対象

７・・・交流電源

８・・・動力ケーブル

９・・・端末

４１・・・位置制御器

４２・・・速度制御器

４３・・・電流制御器

４４・・・アンプ

１００・・・算出モデル

１１０・・・過負荷判定部

１２０・・・設定部

１５０・・・電子サーマル部

請求の範囲

[請求項1] モータと、前記モータの動作制御を行うドライバとの負荷を監視する負荷監視装置であって、

前記モータに供給される電流値を取得する電流値取得部と、

前記電流値と前記モータの発熱量との関係を示す第１の熱モデルによって前記モータの温度を第１の温度として推定する第１の温度推定部と、

前記電流値と前記ドライバの発熱量との関係を示す第２の熱モデルによって前記ドライバの温度を第２の温度として推定する第２の温度推定部と、

前記第１の温度と前記モータ用の第１の閾値とを比較して該モータの過負荷状態の有無を判定するように構成され、該モータに関して所定の前記電流値に対する印加可能時間を示す第１負荷特性を有する第１制御構造と、前記第２の温度と前記ドライバ用の第２の閾値とを比較して該ドライバの過負荷状態の有無を判定するように構成され、該ドライバに関して所定の前記電流値に対する印加可能時間を示す第２負荷特性を有する第２制御構造とを有する負荷判定部と、

前記負荷判定部が、前記モータ又は前記ドライバの少なくとも一方が過負荷状態にあると判定した場合、過負荷状態に関する異常情報を出力する出力部と、

前記モータの周囲温度である第１の周囲温度と、前記ドライバの周囲の温度である第２の周囲の温度とに基づいて、前記第１制御構造における前記第１負荷特性及び前記第２制御構造における前記第２負荷特性を補正する補正部と、

を備える、負荷監視装置。

[請求項2] 前記補正部は、前記モータの定格電流を維持したまま前記第１の周囲温度が低くなるほど前記第１負荷特性における前記印加可能時間が長くなるように該第１負荷特性を補正し、前記ドライバの定格電流を

維持したまま前記第２の周囲温度が低くなるほど前記第２負荷特性における前記印加可能時間が長くなるように該第２負荷特性を補正する、

請求項１に記載の負荷監視装置。

[請求項3] 前記補正部は、前記第１の周囲温度が低くなるほど、前記モータの定格電流を増加させるとともに前記第１負荷特性における前記印加可能時間が長くなるように該第１負荷特性を補正し、前記第２の周囲温度が低くなるほど、前記ドライバの定格電流を増加させるとともに前記第２負荷特性における前記印加可能時間が長くなるように該第２負荷特性を補正する、

請求項１に記載の負荷監視装置。

[請求項4] 前記負荷判定部は、前記補正部によって補正された前記第１負荷特性及び前記第２負荷特性から、前記モータ及び前記ドライバの許容電流値としての第１の電流値と、当該第１の電流値に対応する第１の印加可能時間とを算出し、前記第１の印加可能時間と、前記モータと前記ドライバとを接続する動力ケーブルの構成に関する情報とから、当該動力ケーブルの許容電流値としての第２の電流値を算出し、前記第２の電流値と前記第１の電流値とを比較して、前記第２の電流値が前記第１の電流値以下であるときに前記動力ケーブルの過負荷状態を示す情報を出力する、

請求項１から請求項３の何れか１項に記載の負荷監視装置。

[請求項5] 前記動力ケーブルの構成に関する情報の入力を受け付ける受付部、を更に備えた、

請求項４に記載の負荷監視装置。

[請求項6] モータと、前記モータの動作制御を行うドライバとの負荷を監視する負荷監視方法であって、

前記モータに供給される電流値を取得し、

前記電流値と前記モータの発熱量との関係を示す第１の熱モデルに

よって前記モータの温度を第１の温度として推定し、

前記電流値と前記ドライバの発熱量との関係を示す第２の熱モデルによって前記ドライバの温度を第２の温度として推定し、

前記モータに関して所定の前記電流値に対する印加可能時間を示す第１負荷特性を生成し、

前記第1の温度から前記モータ用の第1の閾値を補正し、

前記モータ用の補正した第１の閾値と現在の出力電流値を比較して該モータの過負荷状態の有無を判定し、

前記ドライバに関して所定の前記電流値に対する印加可能時間を示す第２負荷特性を生成し、

前記第２の温度から前記ドライバ用の第２の閾値を補正し、

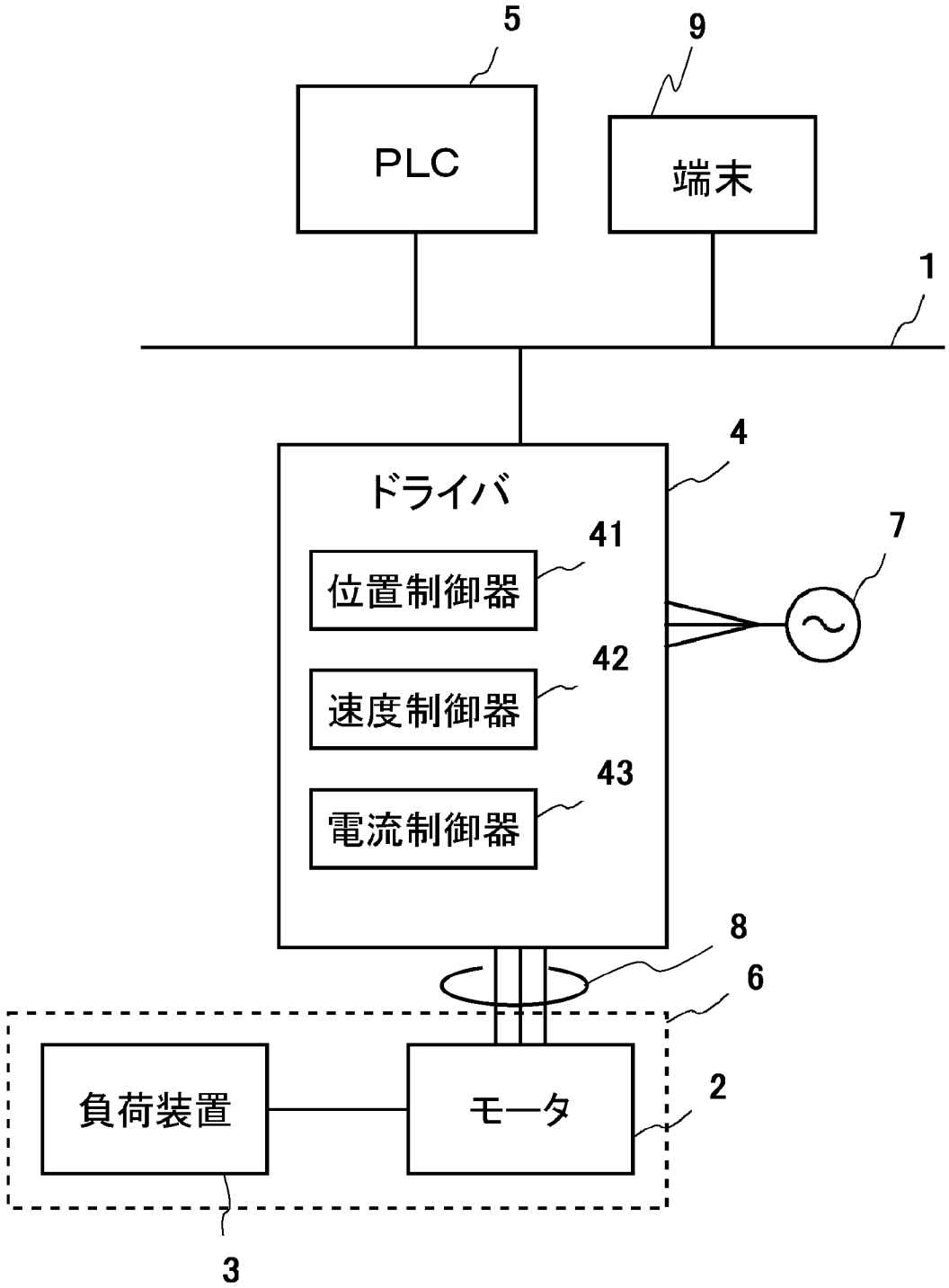
前記ドライバ用の補正した第２の閾値と現在の出力電流値を比較して該ドライバの過負荷状態の有無を判定し、

前記モータ又は前記ドライバの少なくとも一方が過負荷状態にあると判定した場合、過負荷状態に関する異常情報を出力し、

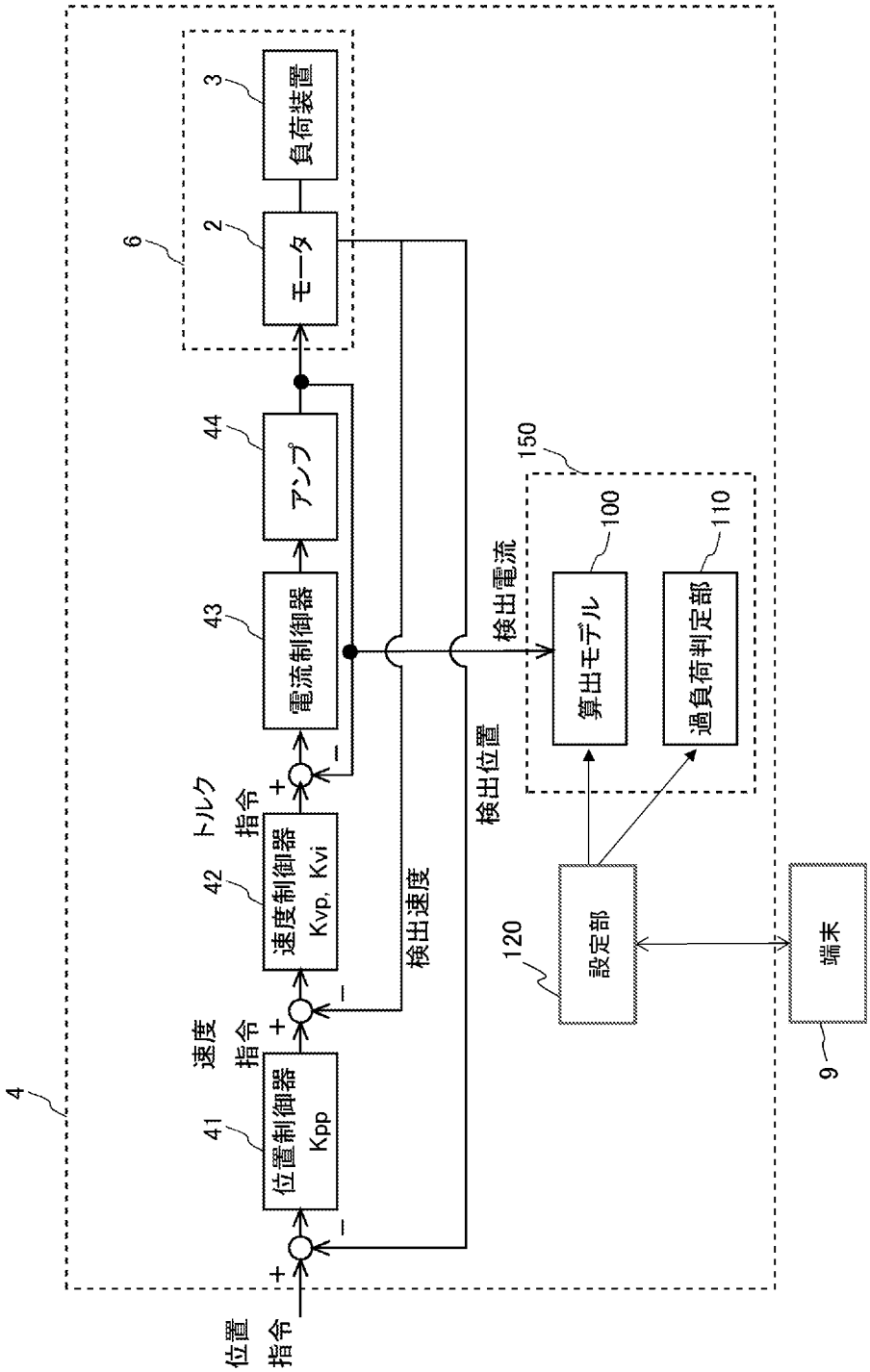
前記モータの周囲温度である第１の周囲温度と、前記ドライバの周囲の温度である第２の周囲の温度とに基づいて、前記第１制御構造における前記第１負荷特性及び前記第２制御構造における前記第２負荷特性を補正する、

負荷監視方法。

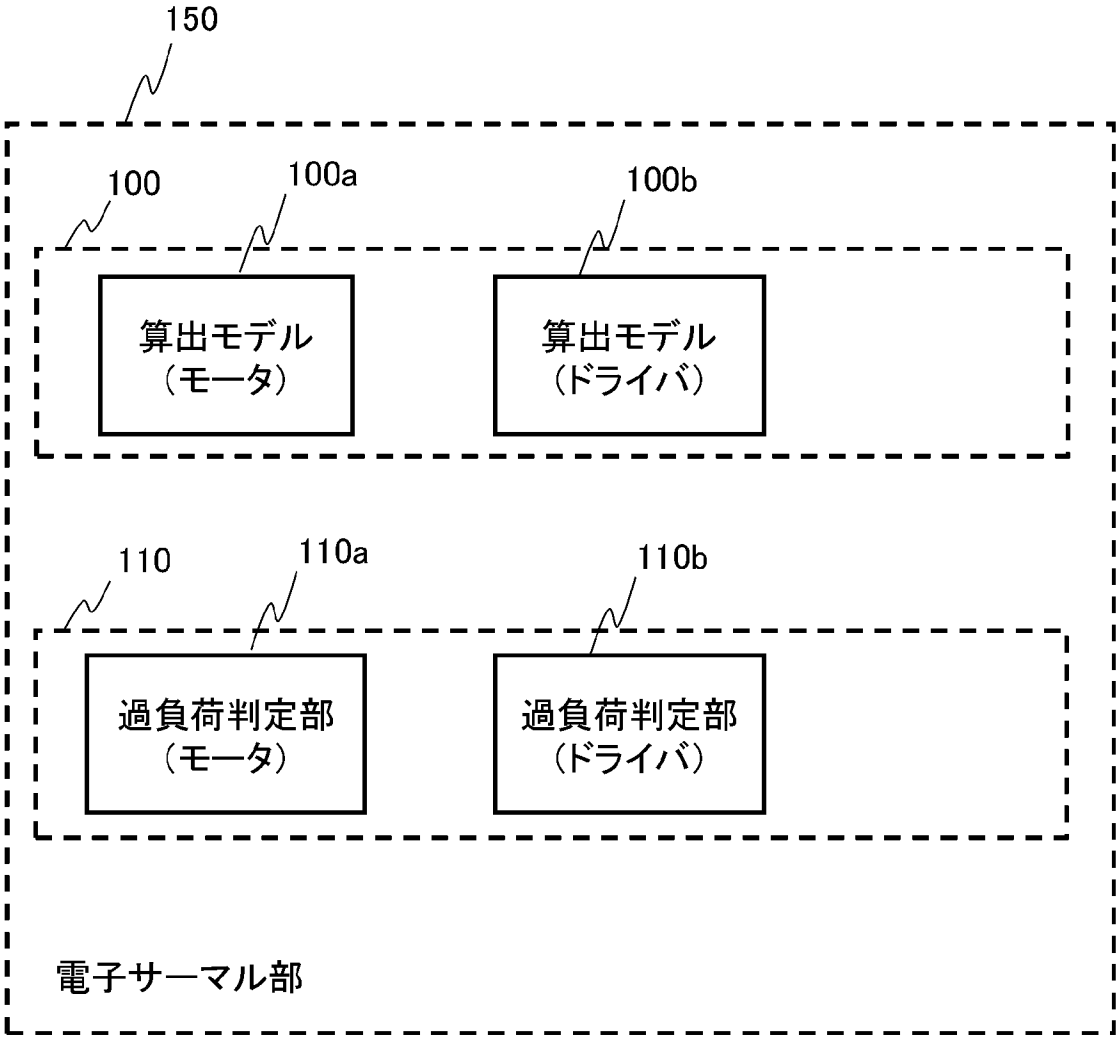
[図1]



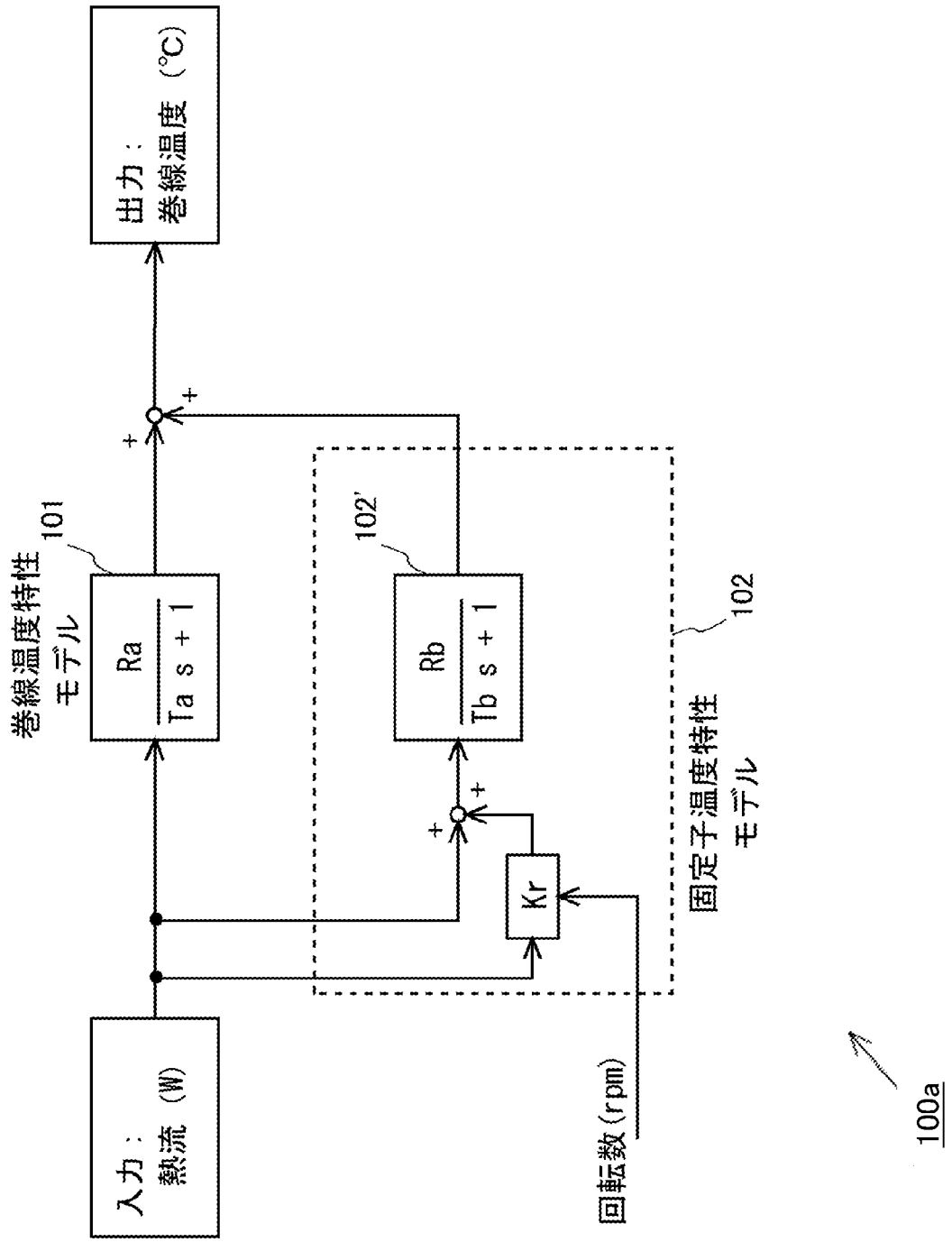
[図2]


4
6
位置指令
速度指令
トルク指令
位置制御器
Kpp
速度制御器
Kvp, Kvi
電流制御器
アンプ
モータ
負荷装置
検出速度
検出位置
検出電流
算出モデル
過負荷判定部
設定部
端末
41
42
43
44
2
3
100
110
120
150
9

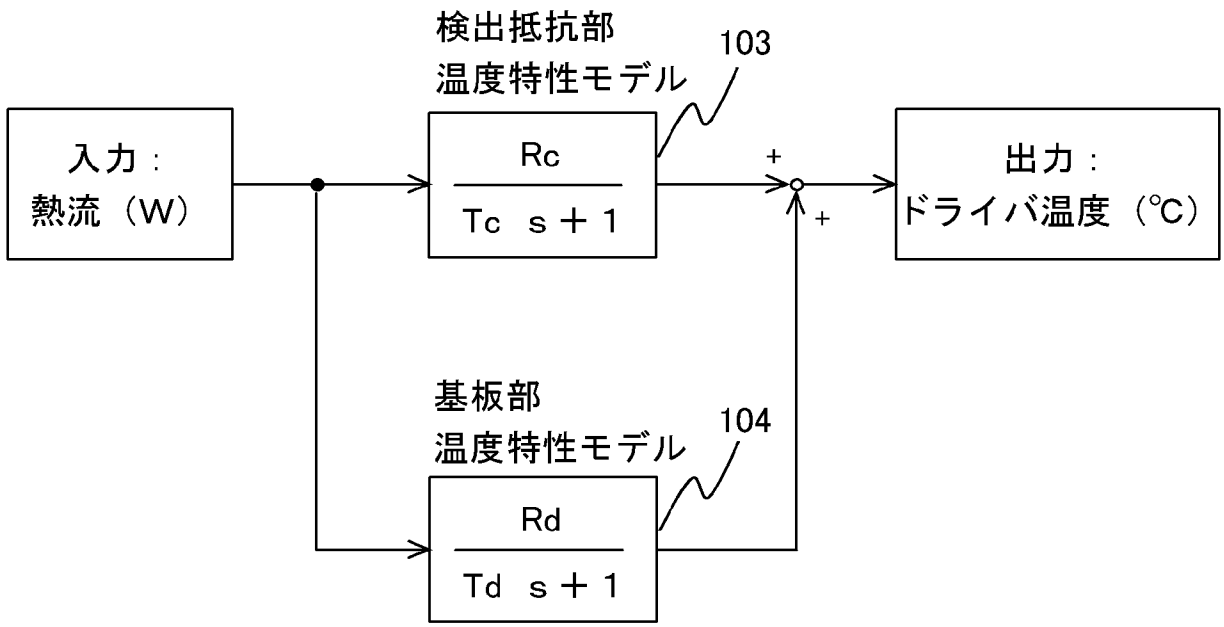
[図3]


150
100
100a
100b
算出モデル
（モータ）
算出モデル
（ドライバ）
110
110a
110b
過負荷判定部
（モータ）
過負荷判定部
（ドライバ）
電子サーマル部

[図4]

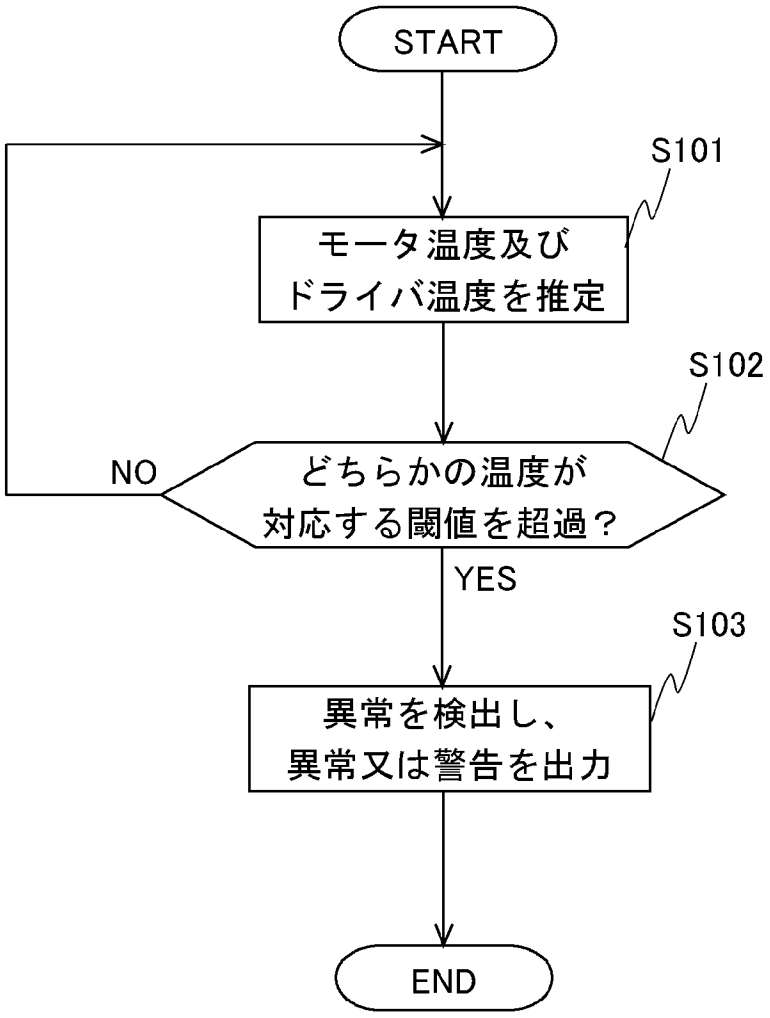

出力：
巻線温度（℃）
+
+
巻線温度特性
モデル
101
Ra
Ta s + 1
102'
Rb
Tb s + 1
102
固定子温度特性
モデル
+
+
Kr
入力：
熱流（W）
回転数（rpm）
100a

[図5]

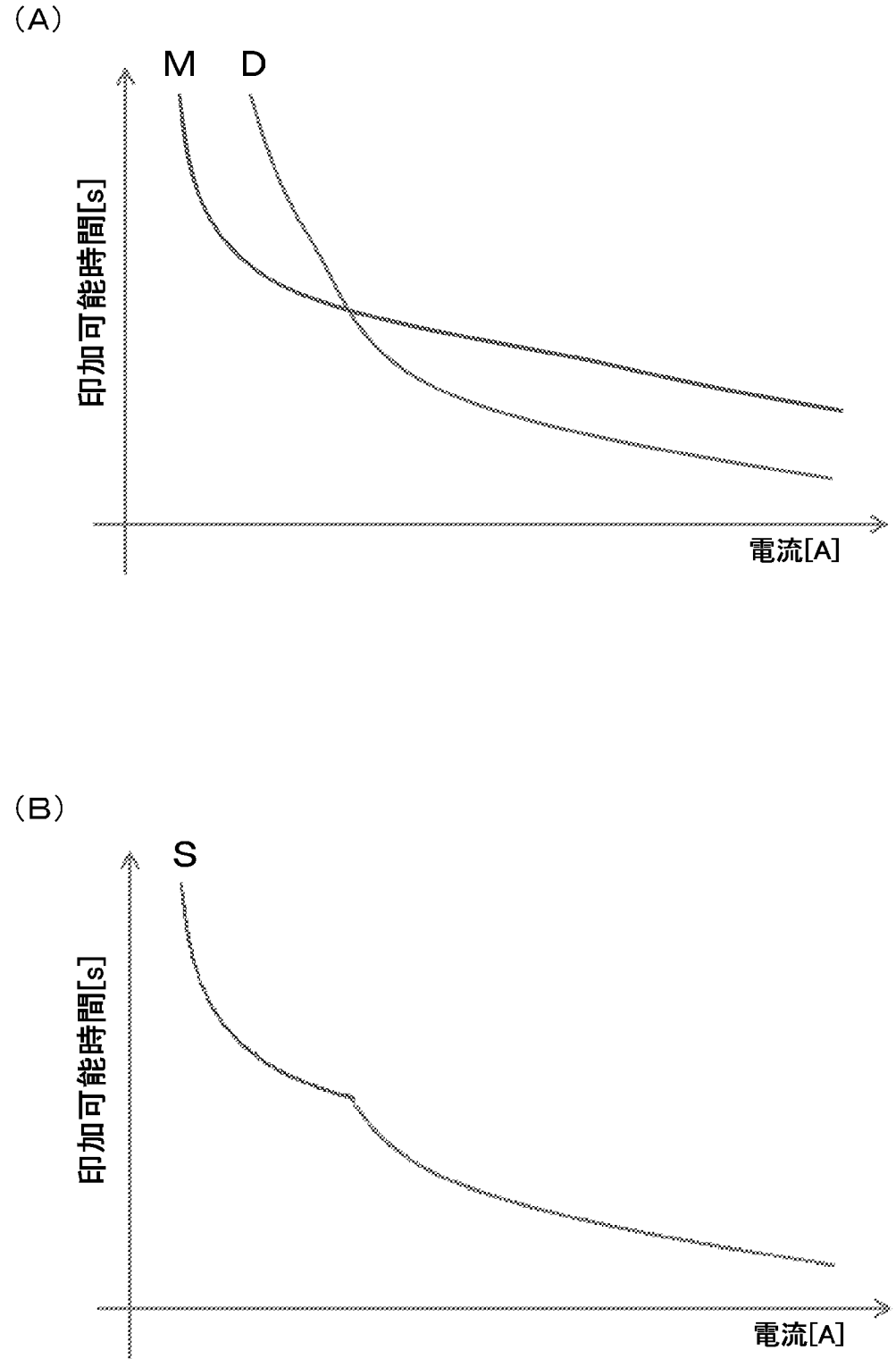

検出抵抗部
温度特性モデル
103
入力：
熱流（W）
Rc
Tc s＋1
+
+
出力：
ドライバ温度（℃）
基板部
温度特性モデル
104
Rd
Td s＋1

100b

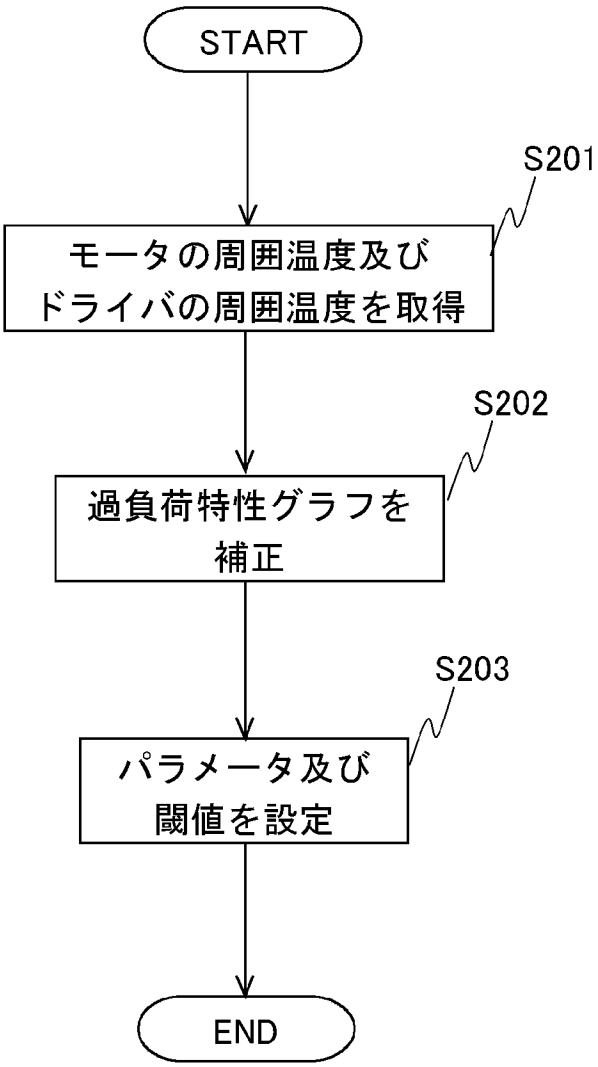
[図6]


START
S101
モータ温度及び
ドライバ温度を推定
S102
NO
どちらかの温度が
対応する閾値を超過？
YES
S103
異常を検出し、
異常又は警告を出力
END

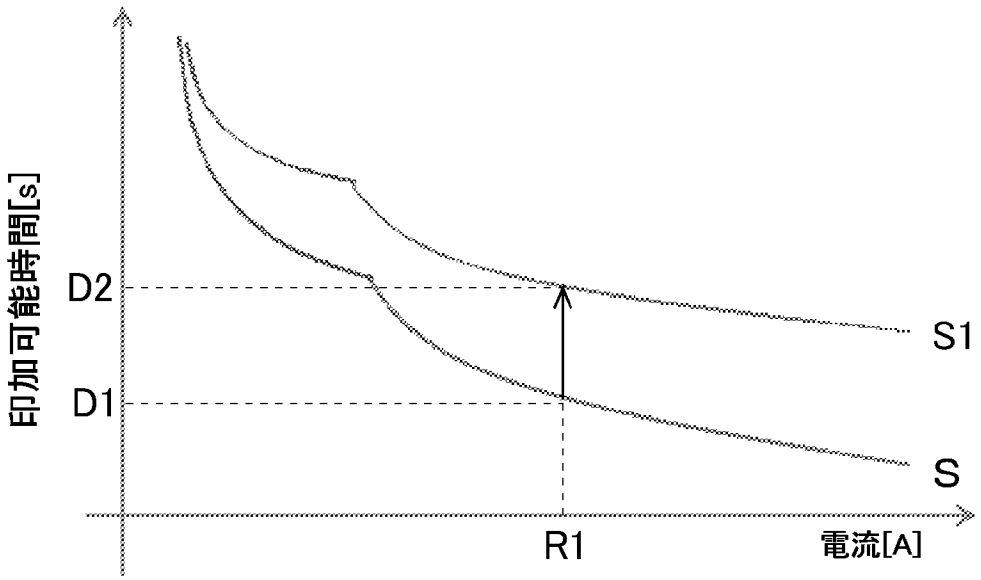
[図7]



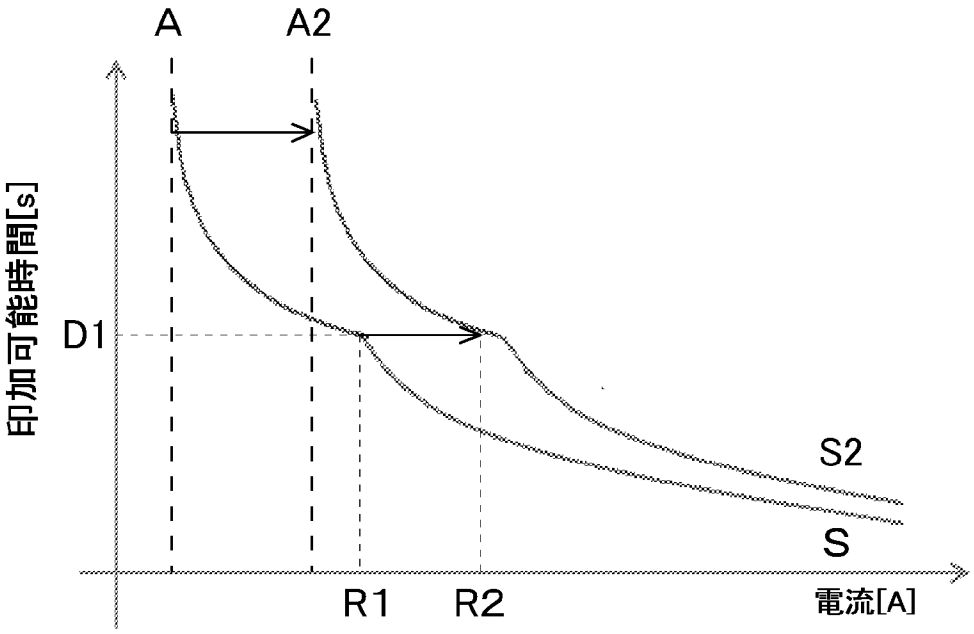
[図8]


START
S201
モータの周囲温度及び
ドライバの周囲温度を取得
S202
過負荷特性グラフを
補正
S203
パラメータ及び
閾値を設定
END

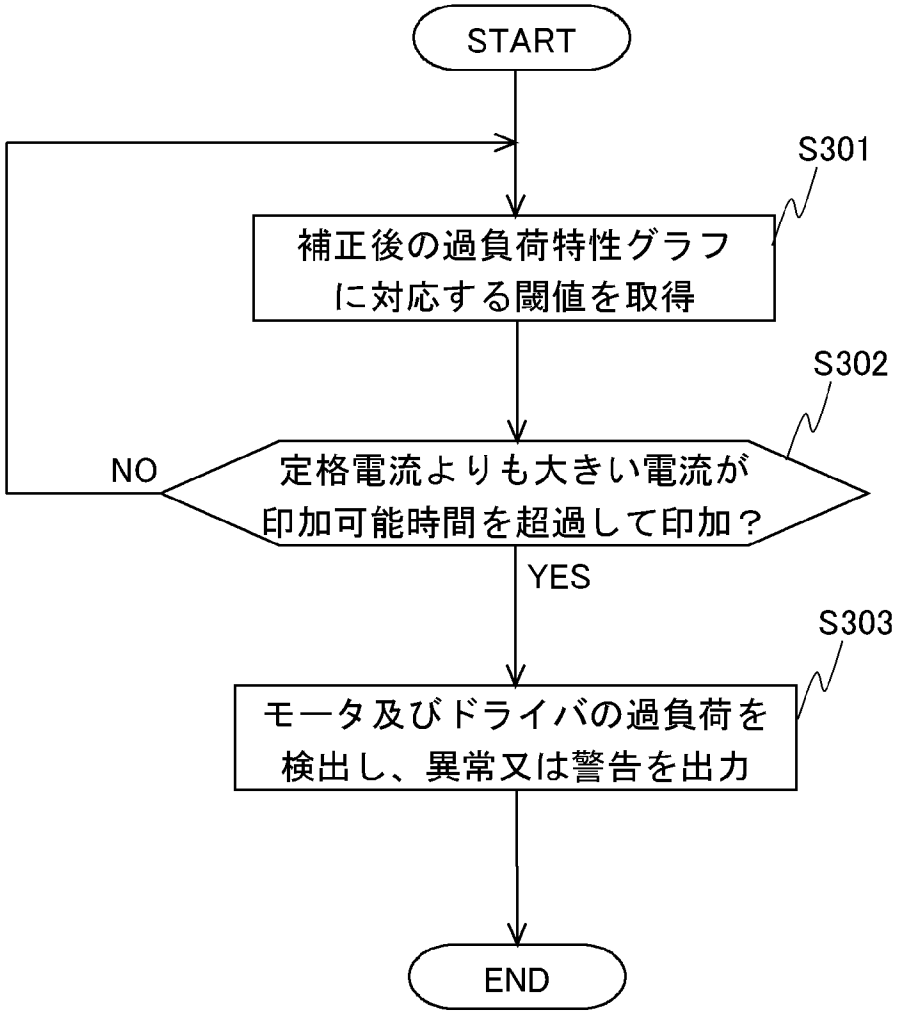
[図9]


印加可能時間[s]
D2
D1
S1
S
R1
電流[A]

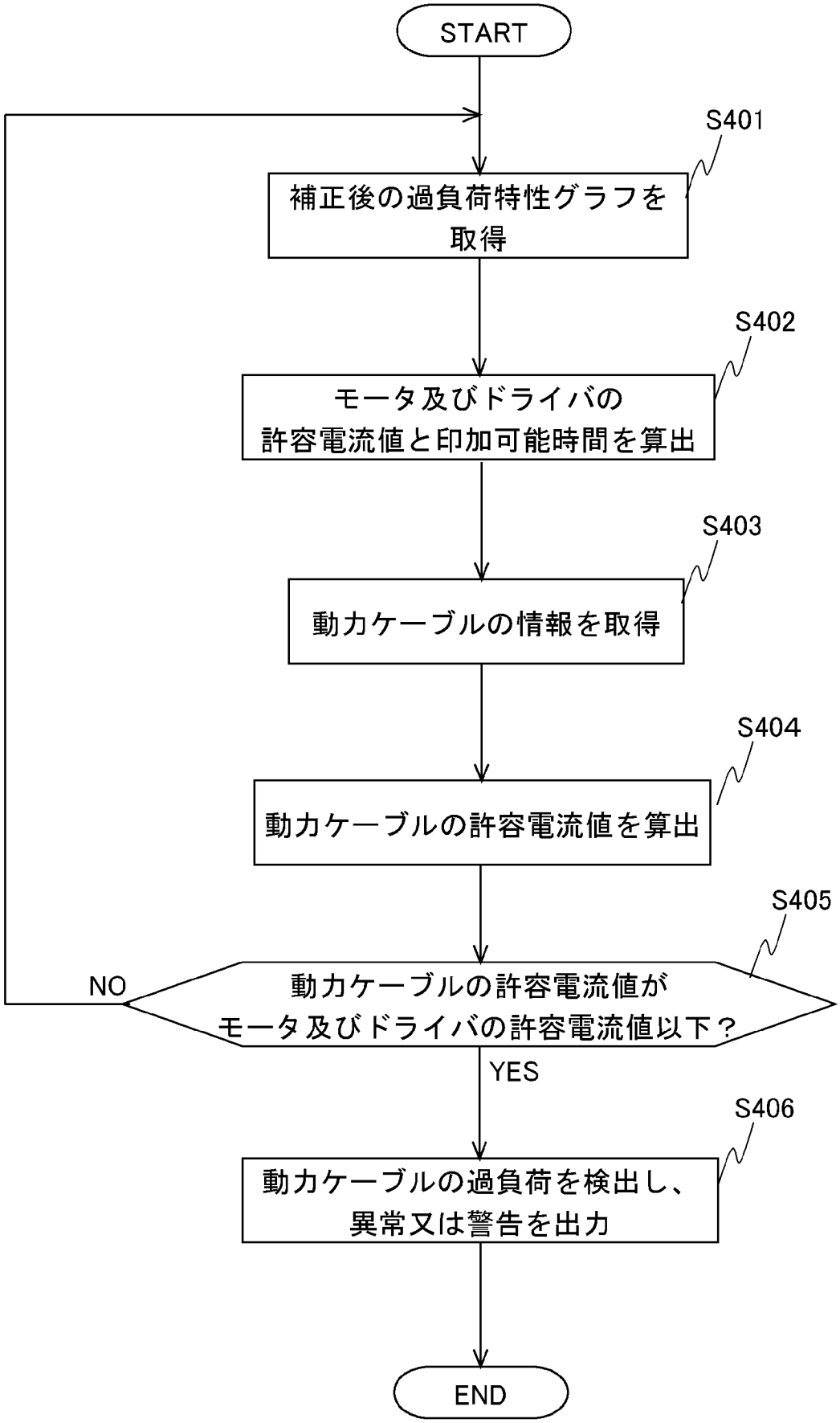
[図10]


A
A2
印加可能時間[s]
D1
S2
S
R1
R2
電流[A]

[図11]


START
S301
補正後の過負荷特性グラフ
に対応する閾値を取得
S302
NO
定格電流よりも大きい電流が
印加可能時間を超過して印加？
YES
S303
モータ及びドライバの過負荷を
検出し、異常又は警告を出力
END

[図12]


START
S401
補正後の過負荷特性グラフを取得
S402
モータ及びドライバの許容電流値と印加可能時間を算出
S403
動力ケーブルの情報を取得
S404
動力ケーブルの許容電流値を算出
S405
動力ケーブルの許容電流値がモータ及びドライバの許容電流値以下？
NO
YES
S406
動力ケーブルの過負荷を検出し、異常又は警告を出力
END

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/047105

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 29/02(2016.01)i; ***H02P 29/60***(2016.01)i
FI: H02P29/02; H02P29/60

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)

H02P29/02; H02P29/60

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2018-27611 A (MAKITA CORP.) 22 February 2018 (2018-02-22) paragraphs [0001]-[0173], fig. 1-22	1-6
A	WO 2016/174867 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 03 November 2016 (2016-11-03) paragraphs [0001]-[0047], fig. 1-9	1-6
A	JP 2003-82409 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 19 March 2003 (2003-03-19) paragraphs [0001]-[0039], fig. 1-4	1-6
A	JP 2002-345147 A (HITACHI, LTD.) 29 November 2002 (2002-11-29) paragraphs [0001]-[0034], fig. 1-3	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 February 2022	**22 February 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/047105

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-27611 A	22 February 2018	US 2018/0048252 A1 paragraphs [0001]-[0257], fig. 1-22	
WO 2016/174867 A1	03 November 2016	(Family: none)	
JP 2003-82409 A	19 March 2003	(Family: none)	
JP 2002-345147 A	29 November 2002	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/047105

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H02P 29/02(2016.01)i; H02P 29/60(2016.01)i
FI: H02P29/02; H02P29/60

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））

H02P29/02; H02P29/60

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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 2018-27611 A (株式会社マキタ) 22.02.2018 (2018-02-22) 段落[0001]-[0173],図1-22	1-6
A	WO 2016/174867 A1 (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 03.11.2016 (2016-11-03) 段落[0001]-[0047],図1-9	1-6
A	JP 2003-82409 A (川崎製鉄株式会社) 19.03.2003 (2003-03-19) 段落[0001]-[0039],図1-4	1-6
A	JP 2002-345147 A (株式会社日立製作所) 29.11.2002 (2002-11-29) 段落[0001]-[0034],図1-3	1-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10.02.2022	22.02.2022

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）

池田　貴俊 3V 9256

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/047105

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-27611 A	22.02.2018	US 2018/0048252 A1 段落[0001]-[0257],FIG.1-22	
WO 2016/174867 A1	03.11.2016	（ファミリーなし）	
JP 2003-82409 A	19.03.2003	（ファミリーなし）	
JP 2002-345147 A	29.11.2002	（ファミリーなし）	