

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-220366

(P2016-220366A)

(43) 公開日 平成28年12月22日 (2016. 12. 22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02K 9/19 (2006.01)	H02K 9/19	Z 3D235
B60K 1/00 (2006.01)	B60K 1/00	5H609

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2015-101670 (P2015-101670)	(71) 出願人	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22) 出願日	平成27年5月19日 (2015. 5. 19)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100146835 弁理士 佐伯 義文
		(74) 代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
		(74) 代理人	100094400 弁理士 鈴木 三義
		(74) 代理人	100126664 弁理士 鈴木 慎吾

最終頁に続く

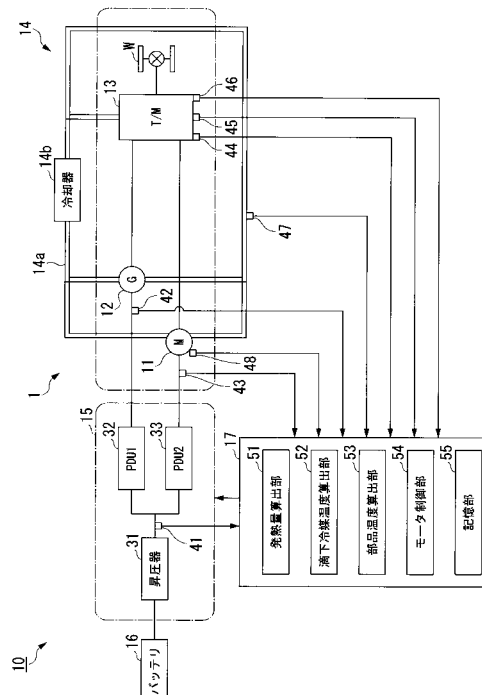
(54) 【発明の名称】 回転電機の温度推定装置

(57) 【要約】

【課題】装置構成が複雑化することを防ぎつつ、冷媒によって冷却される回転電機の所定部品の温度推定精度を向上させる。

【解決手段】回転電機の温度推定装置10は、冷却器14bと、放熱量取得部と、冷媒温度算出部と、部品温度算出部53とを備える。放熱量取得部は、冷却風の風速に相関する物理量と、冷媒の流量に相関する物理量と、に基づいて、冷却器14bにおける冷媒の放熱量を取得する。冷媒温度算出部は、放熱量取得部によって取得された冷媒の放熱量に基づいて、冷却器14bを通過した冷媒の温度(冷却器通過後の冷媒温度)を取得する。部品温度算出部53は、冷媒温度算出部によって取得された冷媒温度を用いて、冷媒と熱交換する回転電機の所定部品の温度を推定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転電機を冷却する冷媒を、前記回転電機の外部で冷却風との熱交換によって冷却する冷媒放熱器と、

前記冷却風の風速に相関する物理量と、前記冷媒の流量に相関する物理量と、に基づいて、前記冷媒放熱器における前記冷媒の放熱量を取得する放熱量取得部と、

前記放熱量取得部によって取得された前記冷媒の放熱量に基づいて、前記冷媒放熱器を通過した前記冷媒の温度を取得する冷媒温度取得部と、

前記冷媒温度取得部によって取得された前記冷媒の温度を用いて、前記冷媒と熱交換する前記回転電機の所定部品の温度を推定する温度推定部と、

を備える、

ことを特徴とする回転電機の温度推定装置。

10

【請求項 2】

前記回転電機は車両に搭載され、

前記冷却風の風速に相関する物理量は、前記車両の車速である、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の回転電機の温度推定装置。

【請求項 3】

前記回転電機は、車両の駆動軸に連結されており、

前記冷却風の風速に相関する物理量は、前記回転電機又は前記駆動軸の回転数である、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の回転電機の温度推定装置。

20

【請求項 4】

前記冷媒の流量に相関する物理量は、前記冷媒を前記冷媒放熱器および前記回転電機を含む循環経路内で循環させるポンプの回転数である、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れか 1 つに記載の回転電機の温度推定装置。

【請求項 5】

前記冷媒の流量に相関する物理量は、前記冷媒を前記冷媒放熱器および前記回転電機を含む循環経路内で循環させるポンプに駆動連結された軸の回転数である、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れか 1 つに記載の回転電機の温度推定装置。

【請求項 6】

前記温度推定部は、

前記冷媒温度取得部によって取得された前記冷媒の温度に基づいて、前記冷媒と接触する前記回転電機の所定部品の温度を推定する、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 つに記載の回転電機の温度推定装置。

30

【請求項 7】

前記冷媒の流通方向での前記冷媒放熱器の手前における前記冷媒の温度を検出する冷媒温度検出部を備え、

前記冷媒温度取得部は、前記冷媒温度検出部によって検出された前記冷媒の温度と、前記放熱量取得部によって取得された前記冷媒の放熱量と、に基づいて、前記冷媒放熱器を通過した前記冷媒の温度を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 の何れか 1 つに記載の回転電機の温度推定装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、回転電機の温度推定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、モータ運転時のステータコイル温度および冷却液の液温度を入力として、冷却液とステータコイルおよびロータ磁石との熱モデルを用いて、磁石温度を算出するモータ制御装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。このモータ制御装置において冷却液の液温度を検出する温度センサは、モータの外部に設けられ、モータの内部から外部に流

50

出した冷却液の液温度を検出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第4572907号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記従来技術に係るモータ制御装置によれば、モータを冷却することに伴って昇温する冷却液は、放熱器などを有する循環経路を循環することで放熱により温度を低下させた後に、再びモータに供給される場合がある。しかしながら、上記従来技術に係るモータ制御装置によれば、温度センサは、モータの内部から外部に流出する冷却液の液温度をモータの外部で検出するだけである。これにより磁石温度を精度良く算出するために必要となるモータの内部における冷却液の液温度の誤差が増大し、磁石温度の算出精度が低下する虞がある。このような問題に対して、例えばモータの内部における冷却液の液温度を精度良く把握するために、循環経路内に新たな温度センサを設ける場合には、装置構成が複雑化し、構成に要する費用が高むとともに、循環経路における冷媒の圧損が増大する虞がある。

10

【0005】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、装置構成が複雑化することを防ぎつつ、冷媒によって冷却される回転電機の所定部品の温度推定精度を向上させることが可能な回転電機の温度推定装置を提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決して係る目的を達成するために、本発明は以下の態様を採用した。

(1) 本発明の一態様に係る回転電機の温度推定装置は、回転電機(例えば、実施形態での駆動用モータ11および発電用モータ12)を冷却する冷媒を、前記回転電機の外部で冷却風との熱交換によって冷却する冷媒放熱器(例えば、実施形態での冷却器14b)と、前記冷却風の風速に相関する物理量と、前記冷媒の流量に相関する物理量と、に基づいて、前記冷媒放熱器における前記冷媒の放熱量を取得する放熱量取得部(例えば、実施形態での放熱量取得部52c)と、前記放熱量取得部によって取得された前記冷媒の放熱量に基づいて、前記冷媒放熱器を通過した前記冷媒の温度(例えば、実施形態での冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$)を取得する冷媒温度取得部(例えば、実施形態での冷媒温度算出部52e)と、前記冷媒温度取得部によって取得された前記冷媒の温度を用いて、前記冷媒と熱交換する前記回転電機の所定部品の温度を推定する温度推定部(例えば、実施形態での部品温度算出部53)と、を備える。

30

【0007】

(2) 上記(1)に記載の回転電機の温度推定装置では、前記回転電機は車両に搭載され、前記冷却風の風速に相関する物理量は、前記車両の車速であってもよい。

【0008】

(3) 上記(1)に記載の回転電機の温度推定装置では、前記回転電機は、車両の駆動軸に連結されており、前記冷却風の風速に相関する物理量は、前記回転電機又は前記駆動軸の回転数であってもよい。

40

【0009】

(4) 上記(1)から(3)の何れか1つに記載の回転電機の温度推定装置では、前記冷媒の流量に相関する物理量は、前記冷媒を前記冷媒放熱器および前記回転電機を含む循環経路(例えば、実施形態での冷媒流路14a)内で循環させるポンプ(例えば、実施形態での機械式ポンプ14c)の回転数であってもよい。

【0010】

(5) 上記(1)から(3)の何れか1つに記載の回転電機の温度推定装置では、前記冷

50

媒の流量に相関する物理量は、前記冷媒を前記冷媒放熱器および前記回転電機を含む循環経路（例えば、実施形態での冷媒流路14a）内で循環させるポンプ（例えば、実施形態での機械式ポンプ14c）に駆動連結された軸（例えば、実施形態での発電用モータ12の回転軸）の回転数であってもよい。

【0011】

（6）上記（1）から（5）の何れか1つに記載の回転電機の温度推定装置では、前記温度推定部は、前記冷媒温度取得部によって取得された前記冷媒の温度に基づいて、前記冷媒と接触する前記回転電機の所定部品の温度を推定してもよい。

【0012】

（7）上記（1）から（6）の何れか1つに記載の回転電機の温度推定装置は、前記冷媒の流通方向での前記冷媒放熱器の手前における前記冷媒の温度を検出する冷媒温度検出部（例えば、実施形態での冷媒温度センサ47）を備え、前記冷媒温度取得部は、前記冷媒温度検出部によって検出された前記冷媒の温度と、前記放熱量取得部によって取得された前記冷媒の放熱量と、に基づいて、前記冷媒放熱器を通過した前記冷媒の温度を取得してもよい。

10

【発明の効果】

【0013】

上記（1）に記載の態様に係る回転電機の温度推定装置によれば、冷媒放熱器を通過した冷媒の温度を用いて、冷媒と熱交換する回転電機の所定部品の温度を推定するので、他の位置での冷媒の温度を用いる場合に比べて、温度推定の精度を向上させることができる。例えば、回転電機を収容するハウジングの底部に貯留される冷媒の検出温度などのように、冷媒放熱器を通過前に検出される冷媒の温度を用いる場合に比べて、回転電機の所定部品と熱交換する際の冷媒の温度を精度良く取得することができる。これにより冷媒と熱交換する回転電機の所定部品の温度を精度良く推定することができる。また、冷媒放熱器において冷媒を冷却する冷却風の風速に相関する物理量と、冷媒の流量に相関する物理量とに基づいて、冷媒の放熱量を精度良く取得することができるので、冷媒放熱器を通過した冷媒の温度の精度を向上させることができる。

20

【0014】

さらに、上記（2）の場合、回転電機を搭載する車両の車速センサなどによって検出される車速を用いることによって、簡便かつ精度良く冷却風の風速に相関する物理量を取得することができる。これにより装置構成が複雑化することを抑制しつつ、冷媒の放熱量を精度良く取得することができる。

30

【0015】

さらに、上記（3）の場合、車両の駆動軸に連結された回転電機の回転数又は駆動軸の回転数を用いることによって、簡便かつ精度良く冷却風の風速に相関する物理量を取得することができる。これにより装置構成が複雑化することを抑制しつつ、冷媒の放熱量を精度良く取得することができる。

【0016】

さらに、上記（4）の場合、冷媒を循環経路内で循環させるポンプの回転数を用いることによって、装置構成が複雑化することを抑制しつつ、冷媒の放熱量を精度良く取得することができる。

40

【0017】

さらに、上記（5）の場合、回転電機の駆動軸などのように冷媒を循環経路内で循環させるポンプに駆動連結された軸の回転数を用いることによって、装置構成が複雑化することを抑制しつつ、冷媒の放熱量を精度良く取得することができる。

【0018】

さらに、上記（6）の場合、冷媒放熱器での冷媒の放熱量を考慮して、実際に回転電機の所定部品と熱交換する際の冷媒の温度との差異が小さい冷媒放熱器を通過した冷媒の温度を用いて、回転電機の所定部品の温度推定精度を向上させることができる。

【0019】

50

さらに、上記(7)の場合、例えば回転電機を収容するハウジングの底部に貯留される冷媒の温度を検出する温度センサなどのように、予め装置内の冷媒放熱器の手前に配置されている温度検出部を用いることにより、装置構成が複雑化することを防ぐことができる。冷媒放熱器の手前での冷媒の温度に冷媒放熱器での冷媒の放熱量を考慮することによって、冷媒放熱器を通過した冷媒の温度を精度良く取得することができ、冷媒放熱器を通過した冷媒によって冷却される回転電機の所定部品の温度を精度良く推定することができる。また、冷媒放熱器を通過した冷媒の温度を検出するための温度センサを、新たに冷媒放熱器の下流に設ける場合に比べて、冷媒の圧損の増大を防止することができ、冷媒の循環に要する消費エネルギーの増大を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の構成図である。

【図2】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の駆動用モータの一部の構成を示す断面図である。

【図3】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の冷媒流路を模式的に示す図である。

【図4】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の熱モデルを模式的に示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の駆動用モータにおいて、印加電圧、回転数、トルク、およびロータヨークの鉄損の相互関係を示す図である。

【図6】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の駆動用モータにおいて、印加電圧、回転数、トルク、および磁石の渦電流損の相互関係を示す図である。

【図7】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の滴下冷媒温度算出部の一部の機能構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の発電用モータの回転数および冷媒の流量の相互関係を示す図である。

【図9】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の駆動用モータにおいて、滴下冷媒と3相のコイルとの間の熱抵抗および冷媒の流量の相互関係を示す図である。

【図10】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の駆動用モータにおいて、滴下冷媒と端面板との間の熱抵抗、冷媒の流量、および回転数の相互関係を示す図である。

【図11】本発明の実施形態に係る回転電機の温度推定装置の動作を示すフローチャートである。

【図12】図11に示す発熱量算出処理の1つを示すフローチャートである。

【図13】図11に示す発熱量算出処理の他の1つを示すフローチャートである。

【図14】図11に示す滴下冷媒温度算出処理を示すフローチャートである。

【図15】図11に示す熱抵抗算出処理を示すフローチャートである。

【図16】図11に示す磁石温度算出処理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】

【0021】

以下、本発明の一実施形態に係る回転電機の温度推定装置について添付図面を参照しながら説明する。

【0022】

本実施形態による回転電機の温度推定装置10は、例えばハイブリッド車両または電動車両などの車両1に搭載されている。車両1は、図1に示すように、駆動用モータ(M)11、発電用モータ(G)12、トランスミッション(T/M)13、冷媒循環部14、電力変換部15、バッテリー16、および制御装置17を備えている。

【0023】

駆動用モータ11および発電用モータ12の各々は、例えば3相交流のブラシレスDCモータなどである。駆動用モータ11および発電用モータ12の各々は、トランスミッション13に接続された回転軸を備えている。発電用モータ12の回転軸は、後述する冷媒

10

20

30

40

50

循環部 14 の機械式ポンプ 14 c に連結されている。

駆動用モータ 11 は、図 2 に示すように、コイル 21 を有するステータ 22 と、磁石 23 を有するロータ 24 とを備えている。駆動用モータ 11 は、インナーロータ型であり、円筒状のステータ 22 の内部にロータ 24 を備えている。駆動用モータ 11 の回転軸（後述する回転軸 24 c）は、車両 1 の駆動軸に連結されている。

コイル 21 は、例えば SC（セグメントコンダクタ）巻線などである。コイル 21 は、ステータコア 22 a の隣り合うティース間に形成されるスロットに装着されている。コイル 21 は、後述する電力変換部 15 に接続されている。

【0024】

ステータコア 22 a の外形は、円筒形状に形成されている。ステータコア 22 a は、径方向の内周部に複数のティースを備えている。複数のティースの各々は、ステータコア 22 a の内周部において、周方向に所定間隔をおいて内周側に突出している。ステータコア 22 a の内周部にはステータコア 22 a を回転軸方向に貫通する複数のスロットが設けられている。各スロットは、周方向で隣り合うティースの間に形成されている。各スロットは、ステータコア 22 a の径方向に内周側から外周側に向かって放射状に延びるように形成されている。

10

【0025】

コイル 21 は、U 相、V 相、W 相からなる 3 相コイルである。コイル 21 は、複数のセグメントコイルを備えている。各セグメントコイルは、断面形状が長方形の複数の導線を備えている。複数の導線は、例えば平角線である。複数の導線は、各導線の表面を対向させるように 1 列に整列して、1 つの束を形成している。各セグメントコイルの外形は、各スロットの形状に応じて各スロットを隙間無く埋めるように、U 字形状に形成されている。

20

【0026】

各セグメントコイルの両端部は、周方向に所定間隔を置いた 2 つのスロット内にステータコア 22 a の軸方向から挿入されている。各セグメントコイルの端部は、各スロット内から軸方向の外部に突出して、周方向に折り曲げられている。複数のスロット内から外部に突出する複数の端部のうちで所定の組み合わせの端部同士は、TIG 溶接などによって接合されている。複数のスロットに挿入される複数のセグメントコイルの端部は、周方向に順次、U 相、U 相、V 相、V 相、W 相、W 相、U 相、U 相、... の順に配列されている。

30

【0027】

磁石 23 は、例えば永久磁石などである。磁石 23 は、ロータヨーク 24 a を回転軸 24 c の軸方向の両側から挟み込む一対の端面 24 b とは直接に接触しないように、ロータヨーク 24 a の内部に保持されている。

発電用モータ 12 は、例えば、駆動用モータ 11 と同一の構成を備えている。

【0028】

トランスミッション 13 は、例えば AT（オートマチックトランスミッション）などである。トランスミッション 13 は、図 1 に示すように、駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 の各々と駆動輪 W とに接続されている。トランスミッション 13 は、後述する制御装置 17 から出力される制御信号に応じて、駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 の各々と駆動輪 W との間の動力伝達を制御する。

40

【0029】

冷媒循環部 14 は、図 3 に示すように、冷媒が循環する冷媒流路 14 a、冷媒を冷却する冷却器 14 b、冷媒を循環させる機械式ポンプ 14 c、および制御バルブ 14 d を備えている。冷媒循環部 14 は、例えば AT（オートマチックトランスミッション）のトランスミッション 13 において潤滑および動力伝達などを行なう作動油を冷媒として用いている。

冷媒流路 14 a は、トランスミッション 13 の内部における作動油の流路、並びに駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 の各々の内部に接続されている。冷媒流路 14 a は、駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 の各々に冷媒を吐出する吐出口 14 e と、駆

50

動用モータ 1 1 および発電用モータ 1 2 の各々の内部を流通してハウジング 2 5 の底部に貯留される冷媒を吸入する吸入口 1 4 f とを備えている。冷媒流路 1 4 a の吐出口 1 4 e は、駆動用モータ 1 1 および発電用モータ 1 2 の各々の鉛直方向上方に配置されている。冷媒流路 1 4 a の吸入口 1 4 f は、駆動用モータ 1 1 および発電用モータ 1 2 の各々の鉛直方向下方に設けられるハウジング 2 5 の底部に配置されている。

【 0 0 3 0 】

冷却器 1 4 b は、駆動用モータ 1 1 および発電用モータ 1 2、並びにトランスミッション 1 3 の外部において、冷媒流路 1 4 a に設けられている。冷却器 1 4 b は、例えばラジエータなどであって、車両走行時の走行風などの冷却風との熱交換によって冷媒流路 1 4 a 内の冷媒を冷却する。

機械式ポンプ 1 4 c は、冷媒流路 1 4 a における吸入口 1 4 f の近傍に配置されている。機械式ポンプ 1 4 c は、例えばトロコイド型のポンプである。機械式ポンプ 1 4 c は、発電用モータ 1 2 の回転軸に連結され、発電用モータ 1 2 の駆動力を受けて作動する。機械式ポンプ 1 4 c は、発電用モータ 1 2 の駆動によって吸引力を発生し、冷媒流路 1 4 a の吸入口 1 4 f から冷媒を吸引するとともに冷媒流路 1 4 a 内の冷媒を吐出口 1 4 e に向かい流動させる。

制御バルブ 1 4 d は、冷媒流路 1 4 a において冷却器 1 4 b と機械式ポンプ 1 4 c との間に配置されている。制御バルブ 1 4 d は、後述する制御装置 1 7 から出力される制御信号に応じて、冷媒流路 1 4 a 内の冷媒の流量および圧力などを制御する。

【 0 0 3 1 】

冷媒循環部 1 4 は、駆動用モータ 1 1 および発電用モータ 1 2 の各々に対して、機械式ポンプ 1 4 c の作動に伴い、冷媒流路 1 4 a の吐出口 1 4 e からコイル 2 1 のコイルエンド（ステータコア 2 2 a のスロットから軸方向外方に突出する部位）に向かって冷媒を吐出する。冷媒は、重力の作用によってコイル 2 1 のコイルエンドおよびステータコア 2 2 a の表面上を鉛直方向下方に流動する。冷媒は、重力の作用によって、コイル 2 1 のコイルエンドまたはステータコア 2 2 a から、ステータ 2 2 とロータ 2 4 との間の空隙を介して、端面板 2 4 b に滴下されるように鉛直方向下方に流動する。ステータ 2 2 から端面板 2 4 b の表面に滴下された冷媒（滴下冷媒）は、ロータ 2 4 の回転による遠心力および重力の作用によって端面板 2 4 b の表面上を端面板 2 4 b の外部に向かって流動する。端面板 2 4 b から外部に流出した滴下冷媒は、重力の作用によってハウジング 2 5 の底部の冷媒貯留部に流動する。

冷媒循環部 1 4 は、冷媒貯留部に貯留している冷媒を、機械式ポンプ 1 4 c の吸引によって吸入口 1 4 f から冷媒流路 1 4 a に吸入し、冷却器 1 4 b によって冷却する。これにより冷媒循環部 1 4 は、冷却器 1 4 b において冷却風との熱交換によって冷却された冷媒によって、駆動用モータ 1 1 および発電用モータ 1 2 の各々のステータ 2 2 およびロータ 2 4 を冷却する。冷媒循環部 1 4 は、図 4 に示すように、吐出口 1 4 e から排出される冷媒によってコイル 2 1 のコイルエンドおよびステータコア 2 2 a を直接的に冷却する。冷媒循環部 1 4 は、ステータ 2 2 から端面板 2 4 b に滴下される滴下冷媒によって端面板 2 4 b を直接的に冷却するとともに、滴下冷媒によって端面板 2 4 b を介して間接的に、順次、ロータヨーク 2 4 a と、磁石 2 3 とを冷却する。

【 0 0 3 2 】

電力変換部 1 5 は、図 1 に示すように、バッテリー 1 6 の出力電圧を昇圧する昇圧器 3 1 と、発電用モータ 1 2 の通電を制御する第 1 パワードライブユニット（PDU 1）3 2 と、駆動用モータ 1 1 の通電を制御する第 2 パワードライブユニット（PDU 2）3 3 とを備えている。

昇圧器 3 1 は、例えば DC - DC コンバータなどを備えている。昇圧器 3 1 は、バッテリー 1 6 と、第 1 および第 2 パワードライブユニット 3 2、3 3 との間に接続されている。昇圧器 3 1 は、後述する制御装置 1 7 から出力される制御信号に応じて、バッテリー 1 6 の出力電圧を昇圧することによって、第 1 および第 2 パワードライブユニット 3 2、3 3 への印加電圧を生成する。昇圧器 3 1 は、バッテリー 1 6 の出力電圧の昇圧によって生成した

10

20

30

40

50

印加電圧を、第1および第2パワードライブユニット32, 33に出力する。

第1および第2パワードライブユニット32, 33は、例えばインバータ装置などを備えている。第1および第2パワードライブユニット32, 33は、インバータ装置として、例えば、スイッチング素子（例えば、MOSFETなど）を複数用いてブリッジ接続して成るブリッジ回路と平滑コンデンサとを備えている。第1および第2パワードライブユニット32, 33は、後述する制御装置17から出力される制御信号に応じて、昇圧器31の直流出力電力を3相交流電力に変換する。第1および第2パワードライブユニット32, 33は、発電用モータ12および駆動用モータ11の各々への通電を順次転流させるように、3相の交流電流を3相のコイル21の各々に通電する。

【0033】

制御装置17は、CPU (Central Processing Unit) と、RAM (Random Access Memory) などの各種の記憶媒体と、タイマーとなどの電子回路により構成されている。制御装置17は、トランスミッション13および電力変換部15を制御するための制御信号を出力する。制御装置17は、冷媒循環部14の制御バルブ14dを制御するための制御信号を出力する。制御装置17は、電圧センサ41、第1電流センサ42、第2電流センサ43、第1回転数センサ44、第2回転数センサ45、トルクセンサ46、冷媒温度センサ47、およびコイル温度センサ48に接続されている。

【0034】

電圧センサ41は、昇圧器31から第1および第2パワードライブユニット32, 33の各々に印加される印加電圧を検出する。第1電流センサ42は、第1パワードライブユニット32と発電用モータ12の各コイル21との間に流れる交流電流（相電流）を検出する。第2電流センサ43は、第2パワードライブユニット33と駆動用モータ11の各コイル21との間に流れる交流電流（相電流）を検出する。第1回転数センサ44は、駆動用モータ11の回転軸の回転角度を逐次検出することによって、駆動用モータ11の回転数を検知する。第2回転数センサ45は、発電用モータ12の回転軸の回転角度を逐次検出することによって、発電用モータ12の回転数を検知する。トルクセンサ46は、駆動用モータ11のトルクを検出する。冷媒温度センサ47は、図3に示すように、ハウジング25の底部の冷媒貯留部に配置されている。冷媒温度センサ47は、駆動用モータ11および発電用モータ12の各々から下方に流出して、冷媒貯留部に貯留された冷媒の温度を検出する。コイル温度センサ48は、例えばサーミスタなどであって、駆動用モータ11のコイル21の温度（コイル温度）を検出する。

【0035】

制御装置17は、図1に示すように、発熱量算出部51と、滴下冷媒温度算出部52と、部品温度算出部53と、モータ制御部54と、記憶部55とを備えている。

発熱量算出部51は、駆動用モータ11および発電用モータ12の各々において、各部の損失による発熱量を算出する。発熱量算出部51は、例えば、駆動用モータ11において、3相のコイル21の銅損、ロータヨーク24aの鉄損、および磁石23の渦電流損の各々の発熱量を算出する。

発熱量算出部51は、第2電流センサ43により検出される駆動用モータ11の3相の相電流と、予め記憶部55に記憶している3相のコイル21の抵抗値とに応じて、3相のコイル21の銅損を算出する。

【0036】

発熱量算出部51は、電圧センサ41により検出される印加電圧と、第1回転数センサ44により検出される駆動用モータ11の回転数と、トルクセンサ46により検出される駆動用モータ11のトルクとに応じて、ロータヨーク24aの鉄損 $W_{Y O K E}$ を算出する。発熱量算出部51は、図5に示すように、印加電圧、回転数、トルク、およびロータヨーク24aの鉄損 $W_{Y O K E}$ の相互関係を示すマップなどのデータを、予め記憶部55に記憶している。発熱量算出部51は、各センサ41, 44, 46により検出される印加電圧、回転数、およびトルクを用いて、予め記憶部55に記憶しているデータを参照して、ロータヨーク24aの鉄損 $W_{Y O K E}$ を算出する。発熱量算出部51は、例えば、複数の

10

20

30

40

50

異なる印加電圧 ($V_a < V_b$) および回転数 ($N_1 < N_2 < N_3$) の組み合わせに対してトルクおよび鉄損 $W_{Y O K E}$ の相互関係を示すマップを用いて、印加電圧および回転数に対する線形補間などを行ないつつ、鉄損 $W_{Y O K E}$ を算出する。

【0037】

発熱量算出部 51 は、電圧センサ 41 により検出される印加電圧と、第 1 回転数センサ 44 により検出される駆動用モータ 11 の回転数と、トルクセンサ 46 により検出される駆動用モータ 11 のトルクとに応じて、磁石 23 の渦電流損 $W_{M A G}$ を算出する。発熱量算出部 51 は、図 6 に示すように、印加電圧、回転数、トルク、および磁石 23 の渦電流損 $W_{M A G}$ の相互関係を示すマップなどのデータを、予め記憶部 55 に記憶している。発熱量算出部 51 は、各センサ 41, 44, 46 により検出される印加電圧、回転数、およびトルクを用いて、予め記憶部 55 に記憶しているデータを参照して、磁石 23 の渦電流損 $W_{M A G}$ を算出する。発熱量算出部 51 は、例えば、複数の異なる印加電圧 ($V_a < V_b$) および回転数 ($N_1 < N_2 < N_3$) の組み合わせに対してトルクおよび渦電流損 $W_{M A G}$ の相互関係を示すマップを用いて、印加電圧および回転数に対する線形補間などを行ないつつ、渦電流損 $W_{M A G}$ を算出する。

10

【0038】

滴下冷媒温度算出部 52 は、冷媒温度センサ 47 により検出される冷媒貯留部に貯留される冷媒の温度と、第 1 回転数センサ 44 により検出される駆動用モータ 11 の回転数と、第 2 回転数センサ 45 により検出される発電用モータ 12 の回転数とに基づいて、冷却器 14b を通過後の冷媒温度を算出する。滴下冷媒温度算出部 52 は、冷却器 14b を通過後の冷媒温度と、第 2 回転数センサ 45 により検出される発電用モータ 12 の回転数と、コイル温度センサ 48 により検出されるコイル温度とに応じて、滴下冷媒の温度 $T_{D A T F}$ を算出する。

20

【0039】

滴下冷媒温度算出部 52 は、図 7 に示すように、風速取得部 52a と、流量取得部 52b と、放熱量取得部 52c と、放熱温度算出部 52d と、冷媒温度算出部 52e と、を備えている。

風速取得部 52a は、冷却器 14b において冷媒を冷却する冷却風の風速に相関する物理量に基づいて、冷却風の風速を取得する。風速取得部 52a は、冷却風の風速に相関する物理量として、例えば、車両 1 の速度に基づいて、冷却風の風速を取得する。風速取得部 52a は、第 1 回転数センサ 44 により検出される駆動用モータ 11 の回転数と、トランスミッション 13 の減速比などの各種のパラメータとに基づいて、車両 1 の速度を取得する。なお、各種のパラメータは、予め記憶している駆動輪 W のタイヤのサイズ、制御装置 17 から出力される制御信号に含まれるトランスミッション 13 の減速比に関する情報などである。風速取得部 52a は、例えば、車両 1 の速度と冷却風の風速との対応関係を示すマップなどのデータなどを、予め記憶している。風速取得部 52a は、車両 1 の速度を用いて、予め記憶しているデータを参照して、冷却器 14b における冷却風の風速を取得する。

30

【0040】

流量取得部 52b は、冷却器 14b における冷媒の流量に相関する物理量に基づいて、冷媒の流量を取得する。流量取得部 52b は、冷媒の流量に相関する物理量として、例えば、機械式ポンプ 14c の回転数に基づいて、冷媒の流量を取得する。流量取得部 52b は、第 2 回転数センサ 45 により検出される発電用モータ 12 の回転数に基づいて、発電用モータ 12 の回転軸に駆動連結される機械式ポンプ 14c の回転数を取得する。流量取得部 52b は、図 8 に示すように、機械式ポンプ 14c の回転数および冷媒の流量の対応関係を示すマップなどのデータを、予め記憶している。流量取得部 52b は、第 2 回転数センサ 45 により検出される発電用モータ 12 の回転数に基づく機械式ポンプ 14c の回転数を用いて、予め記憶しているデータを参照して、冷却器 14b における冷媒の流量を取得する。

40

【0041】

50

放熱量取得部 5 2 c は、図 7 に示すように、冷却器 1 4 b における冷却風の風速と、冷却器 1 4 b における冷媒の流量と、冷却器 1 4 b における冷媒の放熱量との対応関係を示すマップなどのデータを、予め記憶している。放熱量取得部 5 2 c は、風速取得部 5 2 a によって取得される冷却器 1 4 b における冷却風の風速と、流量取得部 5 2 b によって取得される冷却器 1 4 b における冷媒の流量とを用いて、予め記憶しているデータを参照して、冷却器 1 4 b における冷媒の放熱量を取得する。

【 0 0 4 2 】

放熱温度算出部 5 2 d は、放熱量取得部 5 2 c によって取得された冷却器 1 4 b における冷媒の放熱量と、冷媒の熱容量 C_{atf} とを用いて、冷媒の放熱量の対応する温度（放熱温度）を算出する。放熱温度算出部 5 2 d は、例えば、流量取得部 5 2 b によって取得される冷却器 1 4 b における冷媒の流量と、予め記憶している冷媒の比熱 c とに基づいて、冷媒の熱容量 C_{atf} を算出する。放熱温度算出部 5 2 d は、例えば、放熱量取得部 5 2 c によって取得された冷却器 1 4 b における冷媒の放熱量を、冷媒の熱容量 C_{atf} によって割り算することによって、放熱温度を算出する。

10

【 0 0 4 3 】

冷媒温度算出部 5 2 e は、冷媒温度センサ 4 7 により検出された冷媒貯留部の冷媒の温度と、放熱温度算出部 5 2 d によって算出された放熱温度とに基づいて、冷却器 1 4 b を通過後の冷媒温度を算出する。冷媒温度算出部 5 2 e は、例えば、冷媒温度センサ 4 7 により検出された冷媒貯留部の冷媒の温度から放熱温度を引き算することによって、冷却器 1 4 b を通過後の冷媒温度（冷却器通過後の冷媒温度 T_{atf} ）を算出する。

20

【 0 0 4 4 】

滴下冷媒温度算出部 5 2 は、冷媒温度算出部 5 2 e により算出された冷却器通過後の冷媒温度 T_{atf} と、コイル温度センサ 4 8 により検出されるコイル温度と、流量取得部 5 2 b により取得される冷媒の流量とに応じて、滴下冷媒の 3 相のコイル 2 1 からの受熱量 Q_{co-atf} を算出する。滴下冷媒温度算出部 5 2 は、図 9 に示すように、滴下冷媒と 3 相のコイル 2 1 との間の熱抵抗 R_{co-atf} および冷媒の流量の相互関係を示すマップなどのデータを、予め記憶部 5 5 に記憶している。滴下冷媒温度算出部 5 2 は、取得した冷媒の流量を用いて、予め記憶部 5 5 に記憶しているデータを参照して、滴下冷媒と 3 相のコイル 2 1 との間の熱抵抗 R_{co-atf} を取得する。滴下冷媒温度算出部 5 2 は、下記数式（1）に示すように、取得した熱抵抗 R_{co-atf} 、冷却器通過後の冷媒温度 T_{atf} 、およびコイル温度 T_{co} を用いて、受熱量 Q_{co-atf} を算出する。

30

【 0 0 4 5 】

【 数 1 】

$$Q_{co-atf} = \frac{T_{co} - T_{atf}}{R_{co-atf}} \quad \dots (1)$$

【 0 0 4 6 】

滴下冷媒温度算出部 5 2 は、算出した受熱量 Q_{co-atf} と、冷媒の熱容量 C_{atf} と、冷却器通過後の冷媒温度 T_{atf} とに応じて、滴下冷媒の温度 T_{DATF} を算出する。滴下冷媒温度算出部 5 2 は、下記数式（2）に示すように、算出した受熱量 Q_{co-atf} および冷媒の熱容量 C_{atf} を用いて、冷媒の温度変化 T_{atf} を算出する。滴下冷媒温度算出部 5 2 は、下記数式（3）に示すように、算出した冷媒の温度変化 T_{atf} および冷却器通過後の冷媒温度 T_{atf} を用いて、滴下冷媒の温度 T_{DATF} を算出する。

40

【 0 0 4 7 】

【数 2】

$$\Delta T_{atf} = \frac{Q_{co-atf}}{C_{atf}} = \frac{Q_{co-atf}}{F_{atf} \times C \times A} \quad \dots (2)$$

【0048】

【数 3】

$$T_{DATF} = T_{atf} + \Delta T_{atf} \quad \dots (3)$$

10

【0049】

部品温度算出部 53 は、駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 の各々において、冷媒と熱交換する所定部品の温度を推定する。部品温度算出部 53 は、例えば、駆動用モータ 11 の磁石 23 の温度 T_{MAG} を算出する。

【0050】

部品温度算出部 53 は、第 1 回転数センサ 44 により検出される駆動用モータ 11 の回転数と、流量取得部 52b によって取得される冷媒の流量 F_{atf} とに応じて、滴下冷媒と端面板 24b との間の熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ を算出する。部品温度算出部 53 は、図 10 に示すように、滴下冷媒と端面板 24b との間の熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ 、冷媒の流量 F_{atf} 、および駆動用モータ 11 の回転数の相互関係を示すマップなどのデータを、予め記憶部 55 に記憶している。部品温度算出部 53 は、冷媒の流量 F_{atf} および駆動用モータ 11 の回転数を用いて、予め記憶部 55 に記憶しているデータを参照して、滴下冷媒と端面板 24b との間の熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ を算出する。部品温度算出部 53 は、例えば、複数の異なる冷媒の流量 F_{atf} ($F1 < F2 < F3 < F4$) に対して回転数および熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ の相互関係を示すマップを用いて、流量 F_{atf} に対する線形補間などを行ないつつ、熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ を算出する。

20

【0051】

部品温度算出部 53 は、算出した熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ と、滴下冷媒温度算出部 52 により算出される滴下冷媒の温度 T_{DATF} と、発熱量算出部 51 により算出されるロータヨーク 24a の鉄損 W_{YOK} および磁石 23 の渦電流損 W_{MAG} とに応じて、磁石 23 の温度 T_{MAG} を算出する。部品温度算出部 53 は、下記数式 (4) に示すように、記憶部 55 に記憶している端面板 24b の温度の前回値 $T_{EP}(pre)$ と、端面板 24b の温度変化 T_{EP} とを用いて、端面板 24b の温度 T_{EP} を算出する。部品温度算出部 53 は、端面板 24b の温度変化 T_{EP} を、例えば適宜の演算などによって推定する。

30

【0052】

【数 4】

$$T_{EP} = T_{EP}(pre) + \Delta T_{EP} \quad \dots (4)$$

40

【0053】

部品温度算出部 53 は、下記数式 (5) に示すように、算出した滴下冷媒と端面板 24b との間の熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ および端面板 24b の温度 T_{EP} と、滴下冷媒の温度 T_{DATF} とを用いて、滴下冷媒の端面板 24b からの受熱量 $Q_{EP-DATF}$ を算出する。

部品温度算出部 53 は、下記数式 (6) に示すように、端面板 24b のロータヨーク 24a からの受熱量 Q_{YOK-EP} を、滴下冷媒の端面板 24b からの受熱量 Q_{EP-D}

50

A T F に等しいとする。

【 0 0 5 4 】

【 数 5 】

$$Q_{EP-DATF} = \frac{T_{EP} - T_{DATF}}{R_{EP-DATF}} \quad \dots (5)$$

【 0 0 5 5 】

【 数 6 】

10

$$Q_{YOKE-EP} = Q_{EP-DATF} \quad \dots (6)$$

【 0 0 5 6 】

部品温度算出部 5 3 は、記憶部 5 5 に記憶している磁石 2 3 の温度の前回値 $T_{MAG(pre)}$ およびロータヨーク 2 4 a と磁石 2 3 との間の熱抵抗 $R_{MAG-YOKE}$ と、ロータヨーク 2 4 a の温度の推定値 $T_{YOKE(est)}$ とを用いて、ロータヨーク 2 4 a の磁石 2 3 からの受熱量 $Q_{MAG-YOKE}$ を算出する。部品温度算出部 5 3 は、推定値 $T_{YOKE(est)}$ と前回値 $T_{MAG(pre)}$ との差分を熱抵抗 $R_{MAG-YOKE}$ で割ることによって、受熱量 $Q_{MAG-YOKE}$ を算出する。部品温度算出部 5 3 は、ロータヨーク 2 4 a と磁石 2 3 との間の熱抵抗 $R_{MAG-YOKE}$ として、例えば、所定の一定値を記憶部 5 5 に記憶している。部品温度算出部 5 3 は、ロータヨーク 2 4 a の温度の推定値 $T_{YOKE(est)}$ を、例えば適宜の演算などによって推定する。

20

部品温度算出部 5 3 は、下記数式 (7) に示すように、算出した端面 2 4 b のロータヨーク 2 4 a からの受熱量 $Q_{YOKE-EP}$ およびロータヨーク 2 4 a の磁石 2 3 からの受熱量 $Q_{MAG-YOKE}$ と、ロータヨーク 2 4 a の鉄損 W_{YOKE} とを用いて、ロータヨーク 2 4 a の受熱量 Q_{YOKE} を算出する。

【 0 0 5 7 】

【 数 7 】

30

$$Q_{YOKE} = W_{YOKE} + Q_{MAG-YOKE} - Q_{YOKE-EP} \quad \dots (7)$$

【 0 0 5 8 】

部品温度算出部 5 3 は、下記数式 (8) に示すように、記憶部 5 5 に記憶しているロータヨーク 2 4 a の熱容量 C_{YOKE} と、算出したロータヨーク 2 4 a の受熱量 Q_{YOKE} とを用いて、ロータヨーク 2 4 a の温度変化 ΔT_{YOKE} を算出する。

部品温度算出部 5 3 は、下記数式 (9) に示すように、記憶部 5 5 に記憶しているロータヨーク 2 4 a の温度の前回値 $T_{YOKE(pre)}$ と、算出したロータヨーク 2 4 a の温度変化 ΔT_{YOKE} とを用いて、ロータヨーク 2 4 a の温度 T_{YOKE} を算出する。

40

【 0 0 5 9 】

【 数 8 】

$$\Delta T_{YOKE} = \frac{Q_{YOKE}}{C_{YOKE}} \quad \dots (8)$$

【 0 0 6 0 】

【数 9】

$$T_{YOKE} = T_{YOKE}(pre) + \Delta T_{YOKE} \quad \dots (9)$$

【0061】

部品温度算出部 53 は、下記数式 (10) に示すように、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の温度の前回値 $T_{MAG}(pre)$ およびロータヨーク 24a と磁石 23 との間の熱抵抗 $R_{MAG-YOKE}$ と、算出したロータヨーク 24a の温度 T_{YOKE} とを用いて、磁石 23 からの抜熱量 (つまり放熱量) Q_{MAG} を算出する。 10

部品温度算出部 53 は、下記数式 (11) に示すように、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の熱容量 C_{MAG} と、算出した抜熱量 Q_{MAG} と、磁石 23 の渦電流損 W_{MAG} とを用いて、磁石 23 の温度変化 ΔT_{MAG} を算出する。

部品温度算出部 53 は、下記数式 (12) に示すように、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の温度の前回値 $T_{MAG}(pre)$ と、算出した磁石 23 の温度変化 ΔT_{MAG} とを用いて、磁石 23 の温度 T_{MAG} を算出する。

【0062】

【数 10】

$$Q_{MAG} = \frac{T_{MAG}(pre) - T_{YOKE}}{R_{MAG-YOKE}} \quad \dots (10)$$

20

【0063】

【数 11】

$$\Delta T_{MAG} = \frac{(W_{MAG} - Q_{MAG})}{C_{MAG}} \quad \dots (11)$$

30

【0064】

【数 12】

$$T_{MAG} = T_{MAG}(pre) + \Delta T_{MAG} \quad \dots (12)$$

【0065】

モータ制御部 54 は、部品温度算出部 53 により算出された所定部品の温度に基づいて、トランスミッション 13 および電力変換部 15 を制御するための制御信号を出力することによって、駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 を制御する。モータ制御部 54 は、例えば、駆動用モータ 11 の磁石 23 の温度 T_{MAG} に基づいて、トランスミッション 13 および電力変換部 15 を制御するための制御信号を出力する。 40

【0066】

本実施の形態による回転電機の温度推定装置 10 は上記構成を備えており、次に、この回転電機の温度推定装置 10 の動作について説明する。

以下に、制御装置 17 が、駆動用モータ 11 の磁石 23 の温度 T_{MAG} を算出して、駆動用モータ 11 を制御する処理について説明する。

【0067】

先ず、制御装置 17 は、図 11 に示すように、駆動用モータ 11 の各部の損失による発 50

熱量を算出する（ステップS01）。

次に、制御装置17は、滴下冷媒の温度 T_{DATF} を算出する（ステップS02）。

次に、制御装置17は、滴下冷媒と端面板24bとの間の熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ を算出する（ステップS03）。

次に、制御装置17は、磁石23の温度 T_{MAG} を算出する（ステップS04）。

次に、制御装置17は、算出した磁石23の温度 T_{MAG} が所定の出力制限温度未滿か否かを判定する（ステップS05）。

この判定結果が「YES」の場合（ステップS05のYES側）、制御装置17は、駆動用モータ11の出力制限を行わずに、処理を終了させる。

一方、この判定結果が「NO」の場合（ステップS05のNO側）、制御装置17は、処理をステップS06に進める。

【0068】

そして、制御装置17は、駆動用モータ11の許容トルク上限を算出する（ステップS06）。

次に、制御装置17は、駆動用モータ11のトルクを許容トルク上限以下にすることを指示する制御信号を電力変換部15に出力する（ステップS07）。そして、制御装置17は、処理を終了させる。

【0069】

以下に、上述したステップS01の発熱量算出処理について説明する。

まず、制御装置17は、図12に示すように、第2電流センサ43により検出される駆動用モータ11の3相の相電流（つまり、3相のコイル21の交流電流）を取得する（ステップS11）。

次に、制御装置17は、取得した3相のコイル21の相電流と、予め記憶部55に記憶している3相のコイル21の抵抗値とに応じて、3相のコイル21の銅損を算出する（ステップS12）。そして、制御装置17は、処理を終了させる。

【0070】

また、制御装置17は、図13に示すように、トルクセンサ46により検出される駆動用モータ11のトルクを取得する（ステップS21）。

次に、制御装置17は、第1回転数センサ44により検出される駆動用モータ11の回転数を取得する（ステップS22）。

次に、制御装置17は、電圧センサ41により検出される印加電圧を取得する（ステップS23）。

次に、制御装置17は、取得したトルク、回転数、および印加電圧を用いて、予め記憶部55に記憶しているデータを参照して、ロータヨーク24aの鉄損 W_{YOKE} を算出する。そして、制御装置17は、算出したロータヨーク24aの鉄損 W_{YOKE} を記憶部55に記憶する（ステップS24）。

次に、制御装置17は、取得したトルク、回転数、および印加電圧を用いて、予め記憶部55に記憶しているデータを参照して、磁石23の渦電流損 W_{MAG} を算出する。そして、制御装置17は、算出した磁石23の渦電流損 W_{MAG} を記憶部55に記憶する（ステップS25）。そして、制御装置17は、処理を終了させる。

【0071】

以下に、上述したステップS02の滴下冷媒温度算出処理について説明する。

まず、制御装置17は、図14に示すように、冷媒温度センサ47により検出される冷媒貯留部の冷媒の温度を取得する（ステップS31）。

次に、制御装置17は、第1回転数センサ44により検出される駆動用モータ11の回転数を取得する（ステップS32）。

次に、制御装置17は、駆動用モータ11の回転数と、トランスミッション13の減速比などの各種のパラメータとに基づいて、車両1の速度を取得する。そして、制御装置17は、車両1の速度に基づいて、冷却器14bにおける冷却風の風速を取得する（ステップS33）。

10

20

30

40

50

次に、制御装置 17 は、第 2 回転数センサ 45 により検出される発電用モータ 12 の回転数を取得する（ステップ S 34）。

次に、制御装置 17 は、発電用モータ 12 の回転数に基づいて、発電用モータ 12 の回転軸に駆動連結される機械式ポンプ 14c の回転数を取得する。そして、制御装置 17 は、機械式ポンプ 14c の回転数に基づいて、冷却器 14b における冷媒の流量を取得する（ステップ S 35）。

【0072】

次に、制御装置 17 は、冷却器 14b における冷却風の風速および冷却器 14b における冷媒の流量を用いて、冷却器 14b における冷媒の放熱量を取得する（ステップ S 36）。

次に、制御装置 17 は、冷却器 14b における冷媒の放熱量と、冷媒の熱容量 $C_{a t f}$ とを用いて、冷媒の放熱温度を算出する。そして、制御装置 17 は、冷媒温度センサ 47 により検出された冷媒貯留部の冷媒の温度から放熱温度を引き算することによって、冷却器 14b を通過後の冷媒温度（冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a t f}$ ）を算出する（ステップ S 37）。

次に、制御装置 17 は、コイル温度センサ 48 により検出されるコイル温度 T_c を取得する（ステップ S 38）。

次に、制御装置 17 は、冷媒の流量 $F_{a t f}$ を用いて、予め記憶部 55 に記憶しているデータを参照して、滴下冷媒と 3 相のコイル 21 との間の熱抵抗 $R_{c o - a t f}$ を算出する。そして、制御装置 17 は、上記数式（1）に示すように、熱抵抗 $R_{c o - a t f}$ 、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a t f}$ 、およびコイル温度 T_c を用いて、受熱量 $Q_{c o - a t f}$ を算出する（ステップ S 39）。

次に、制御装置 17 は、上記数式（2）に示すように、受熱量 $Q_{c o - a t f}$ および冷媒の熱容量 $C_{a t f}$ を用いて、冷媒の温度変化 $T_{a t f}$ を算出する。そして、制御装置 17 は、上記数式（3）に示すように、冷媒の温度変化 $T_{a t f}$ および冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a t f}$ を用いて、滴下冷媒の温度 $T_{D A T F}$ を算出する。そして、制御装置 17 は、算出した滴下冷媒の温度 $T_{D A T F}$ を記憶部 55 に記憶する（ステップ S 40）。そして、制御装置 17 は、処理を終了させる。

【0073】

以下に、上述したステップ S 03 の熱抵抗算出処理について説明する。

まず、制御装置 17 は、図 15 に示すように、駆動用モータ 11 の回転数を取得する（ステップ S 41）。

次に、制御装置 17 は、冷媒の流量 $F_{a t f}$ を算出または取得する（ステップ S 42）。

次に、制御装置 17 は、冷媒の流量 $F_{a t f}$ および駆動用モータ 11 の回転数を用いて、予め記憶部 55 に記憶しているデータを参照して、滴下冷媒と端面板 24b との間の熱抵抗 $R_{E P - D A T F}$ を算出する。そして、制御装置 17 は、算出した熱抵抗 $R_{E P - D A T F}$ を記憶部 55 に記憶する（ステップ S 43）。

次に、制御装置 17 は、予め記憶部 55 に記憶している所定の一定値であるロータヨーク 24a と磁石 23 との間の熱抵抗 $R_{M A G - Y O K E}$ を取得する（ステップ S 44）。そして、制御装置 17 は、処理を終了させる。

【0074】

以下に、上述したステップ S 04 の磁石温度算出処理について説明する。

まず、制御装置 17 は、図 16 に示すように、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の温度の前回値 $T_{M A G (p r e)}$ を取得する（ステップ S 51）。

次に、制御装置 17 は、滴下冷媒の温度 $T_{D A T F}$ を取得する（ステップ S 52）。

【0075】

次に、制御装置 17 は、上記数式（4）に示すように、記憶部 55 に記憶している端面板 24b の温度の前回値 $T_{E P (p r e)}$ と、端面板 24b の温度変化 $T_{E P}$ とを用いて、端面板 24b の温度 $T_{E P}$ を算出する。そして、制御装置 17 は、算出した端面板 2

10

20

30

40

50

4 b の温度 T_{EP} を記憶部 55 に記憶する。そして、制御装置 17 は、上記数式 (5) に示すように、滴下冷媒と端面板 24 b との間の熱抵抗 $R_{EP-DATF}$ および端面板 24 b の温度 T_{EP} と、滴下冷媒の温度 T_{DATF} とを用いて、滴下冷媒の端面板 24 b からの受熱量 $Q_{EP-DATF}$ を算出する。そして、制御装置 17 は、上記数式 (6) に示すように、端面板 24 b のロータヨーク 24 a からの受熱量 $Q_{YOKE-EP}$ を、滴下冷媒の端面板 24 b からの受熱量 $Q_{EP-DATF}$ に等しいとする。そして、制御装置 17 は、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の温度の前回値 $T_{MAG(pre)}$ およびロータヨーク 24 a と磁石 23 との間の熱抵抗 $R_{MAG-YOKE}$ と、ロータヨーク 24 a の温度の推定値 $T_{YOKE(est)}$ とを用いて、ロータヨーク 24 a の磁石 23 からの受熱量 $Q_{MAG-YOKE}$ を算出する。そして、制御装置 17 は、上記数式 (7) に示すように、端面板 24 b のロータヨーク 24 a からの受熱量 $Q_{YOKE-EP}$ およびロータヨーク 24 a の磁石 23 からの受熱量 $Q_{MAG-YOKE}$ と、ロータヨーク 24 a の鉄損 W_{YOKE} とを用いて、ロータヨーク 24 a の受熱量 Q_{YOKE} を算出する。そして、制御装置 17 は、上記数式 (8) に示すように、記憶部 55 に記憶しているロータヨーク 24 a の熱容量 C_{YOKE} と、ロータヨーク 24 a の受熱量 Q_{YOKE} とを用いて、ロータヨーク 24 a の温度変化 T_{YOKE} を算出する。そして、制御装置 17 は、上記数式 (9) に示すように、記憶部 55 に記憶しているロータヨーク 24 a の温度の前回値 $T_{YOKE(pre)}$ と、ロータヨーク 24 a の温度変化 T_{YOKE} とを用いて、ロータヨーク 24 a の温度 T_{YOKE} を算出する。そして、制御装置 17 は、算出したロータヨーク 24 a の温度 T_{YOKE} を記憶部 55 に記憶する (ステップ S 53)。

10

20

【0076】

次に、制御装置 17 は、上記数式 (10) に示すように、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の温度の前回値 $T_{MAG(pre)}$ およびロータヨーク 24 a と磁石 23 との間の熱抵抗 $R_{MAG-YOKE}$ と、ロータヨーク 24 a の温度 T_{YOKE} とを用いて、磁石 23 からの抜熱量 Q_{MAG} を算出する (ステップ S 54)。

【0077】

次に、制御装置 17 は、上記数式 (11) に示すように、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の熱容量 C_{MAG} と、抜熱量 Q_{MAG} と、磁石 23 の渦電流損 W_{MAG} とを用いて、磁石 23 の温度変化 T_{MAG} を算出する (ステップ S 55)。

次に、制御装置 17 は、上記数式 (12) に示すように、記憶部 55 に記憶している磁石 23 の温度の前回値 $T_{MAG(pre)}$ と、磁石 23 の温度変化 T_{MAG} とを用いて、磁石 23 の温度 T_{MAG} を算出する (ステップ S 56)。

30

次に、制御装置 17 は、算出した磁石 23 の温度 T_{MAG} を記憶部 55 に記憶する (ステップ S 57)。そして、制御装置 17 は、処理を終了させる。

【0078】

上述したように、本実施形態による回転電機の温度推定装置 10 によれば、冷却器通過後の冷媒温度 T_{atf} を用いて、冷媒と熱交換する所定部品の温度を推定するので、他の位置での冷媒の温度を用いる場合に比べて、温度推定の精度を向上させることができる。例えば、冷媒温度センサ 47 により検出される冷媒貯留部の冷媒の温度などのように、冷却器 14 b を通過前に検出される冷媒の温度を用いる場合に比べて、所定部品と熱交換する際の冷媒の温度を精度良く取得することができる。これにより冷媒と熱交換する所定部品の温度を精度良く推定することができる。また、冷却器 14 b において冷媒を冷却する冷却風の風速に相関する物理量と、冷媒の流量に相関する物理量とに基づいて、冷媒の放熱量を精度良く取得することができるので、冷却器通過後の冷媒温度 T_{atf} の精度を向上させることができる。

40

【0079】

さらに、第 1 回転数センサ 44 により検出される駆動用モータ 11 の回転数に基づいて、冷却風の風速に相関する物理量である車両 1 の速度を、簡便かつ精度良く取得することができる。これにより装置構成が複雑化することを抑制しつつ、冷却器 14 b における冷却風の風速を精度良く取得することができる。

50

さらに、第2回転数センサ45により検出される発電用モータ12の回転数に基づいて、冷媒の流量に相関する物理量である機械式ポンプ14cの回転数を、簡便かつ精度良く取得することができる。これにより装置構成が複雑化することを抑制しつつ、冷却器14bにおける冷媒の流量を精度良く取得することができる。

【0080】

さらに、冷却器14bにおける冷却風の風速および冷媒の流量に基づく冷媒の放熱量と、冷媒温度センサ47により検出される冷媒貯留部の冷媒の温度とを用いて、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ を簡便かつ精度良く取得することができる。実際に駆動用モータ11および発電用モータ12の所定部品と熱交換する際の冷媒の温度との差異が小さい冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ を用いることによって、所定部品の温度推定精度を向上させることができる。

10

【0081】

さらに、予め冷媒流路14a内の冷却器14bの手前に配置されている冷媒温度センサ47を用いることにより、装置構成が複雑化することを防ぎつつ、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ を取得することができる。また、例えば冷却器14bを通過した冷媒の温度を検出するための温度センサを、新たに冷媒流路14a内の冷却器14bの下流に設ける場合に比べて、冷媒の圧損の増大を防止することができ、冷媒の循環に要する消費エネルギーの増大を抑制することができる。冷媒流路14a内の冷却器14bの手前において冷媒温度センサ47により検出される冷媒の温度に、冷却器14bでの冷媒の放熱量を考慮することによって、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ を精度良く取得することができる。冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ が把握されている冷媒によって冷却される所定部品の温度を精度良く推定することができる。

20

【0082】

なお、上述した実施形態において、制御装置17は、第1回転数センサ44により検出される駆動用モータ11の回転数に基づいて、冷却風の風速に相関する物理量である車両1の速度を取得するとしたが、これに限定されない。

制御装置17は、例えば、回転電機の温度推定装置10を搭載する車両1が標準的に備えている速度センサによって検出される車速を取得してもよい。また、制御装置17は、回転電機の温度推定装置10を搭載する車両1に風速を直接検知する風速センサを設けて、この風速センサによって検出される風速を取得してもよい。

30

また、制御装置17は、例えば、駆動用モータ11の回転軸が連結された車両1の駆動軸の回転数に基づいて、冷却風の風速に相関する物理量を取得してもよい。

【0083】

なお、上述した実施形態において、制御装置17は、冷却器14bにおける冷却風の風速と、冷却器14bにおける冷媒の流量とを用いて、冷却器14bにおける冷媒の放熱量を取得するとしたが、これに限定されない。

制御装置17は、冷却器14bにおける冷却風の風速および冷媒の流量の中の少なくとも何れか一方のみによって、冷却器14bにおける冷媒の放熱量を取得してもよい。制御装置17は、例えば、第1回転数センサ44または第2回転数センサ45の異常時などにおいて、冷却器14bにおける冷却風の風速または冷媒の流量を用いて、冷却器14bにおける冷媒の放熱量を簡易的に取得してもよい。

40

【0084】

なお、上述した実施形態において、制御装置17は、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ を用いて、駆動用モータ11の磁石23の温度 $T_{M\ A\ G}$ を推定するとしたが、これに限定されない。

制御装置17は、駆動用モータ11および発電用モータ12の各々において、冷却器14bを通過後の冷媒と熱交換する所定部品として、例えば、コイル21およびステータコア22aの各々の温度などを、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ を用いて推定してもよい。

【0085】

50

実施形態の変形例において、発熱量算出部 5 1 は、3 相のコイル 2 1 の銅損および渦電流損、ステータコア 2 2 a の鉄損、磁石 2 3 の渦電流損、およびロータヨーク 2 4 a の鉄損の各々の発熱量を算出してもよい。発熱量算出部 5 1 は、各センサ 4 1, 4 4, 4 6 により検出される印加電圧、回転数、およびトルクを用いて、予め記憶部 5 5 に記憶しているデータを参照して、コイル 2 1 および磁石 2 3 の渦電流損、並びにステータコア 2 2 a およびロータヨーク 2 4 a の鉄損を取得してもよい。

制御装置 1 7 は、冷媒の流量と、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ と、前回の処理で算出した各種温度（例えば、ステータコア 2 2 a の温度およびコイル 2 1 の温度）とを用いて、予め記憶部 5 5 に記憶しているデータを参照して、コイル 2 1 から冷媒に放熱される放熱量を算出する。記憶部 5 5 は、冷媒の流量と、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ と、前回の処理で算出した各種温度と、コイル 2 1 の放熱量との相互関係を示すデータを予め記憶している。

制御装置 1 7 は、コイル 2 1 の銅損および渦電流損と、コイル 2 1 の抜熱量（放熱量）とに基づいて、コイル 2 1 の受熱量を算出する。制御装置 1 7 は、コイル 2 1 の受熱量と、予め記憶部 5 5 に記憶しているコイル 2 1 の熱容量とに基づいて、コイル 2 1 の温度変化を算出する。部品温度算出部 5 3 は、前回の処理で推定したコイル 2 1 の温度と、コイル 2 1 の温度変化とに基づいて、今回の処理で推定されるコイル 2 1 の温度を算出する。

なお、この場合には、コイル温度センサ 4 8 は省略されてもよく、上記数式 (1) において、コイル温度 T_c として、制御装置 1 7 が推定したコイル 2 1 の温度が用いられてもよい。

【0086】

また、制御装置 1 7 は、冷媒の流量と、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ と、前回の処理で算出した各種温度（例えば、ステータコア 2 2 a の温度およびコイル 2 1 の温度）とを用いて、予め記憶部 5 5 に記憶しているデータを参照して、ステータコア 2 2 a の放熱量を算出する。記憶部 5 5 は、冷媒の流量と、冷却器通過後の冷媒温度 $T_{a\ t\ f}$ と、前回の処理で算出した各種温度と、ステータコア 2 2 a の放熱量との相互関係を示すデータを予め記憶している。

制御装置 1 7 は、ステータコア 2 2 a の鉄損と、ステータコア 2 2 a の抜熱量（放熱量）とに基づいて、ステータコア 2 2 a の受熱量を算出する。制御装置 1 7 は、ステータコア 2 2 a の受熱量と、予め記憶部 5 5 に記憶しているステータコア 2 2 a の熱容量とに基づいて、ステータコア 2 2 a の温度変化を算出する。制御装置 1 7 は、前回の処理で推定したステータコア 2 2 a の温度と、ステータコア 2 2 a の温度変化とに基づいて、今回の処理で推定されるステータコア 2 2 a の温度を算出する。

【0087】

なお、上述した実施形態において、制御装置 1 7 は、駆動用モータ 1 1 において磁石 2 3 が端面板 2 4 b とは直接に接触しないようにロータヨーク 2 4 a の内部に保持されていることに応じて、磁石 2 3 からの抜熱量 Q_{MAG} を算出するとしたが、これに限定されない。例えば、図 4 に示す熱モデルにおいて、端面板 2 4 b もしくはロータヨーク 2 4 a、または端面板 2 4 b およびロータヨーク 2 4 a が省略される場合の各々に対応して、磁石 2 3 からの抜熱量 Q_{MAG} を算出してもよい。

例えば、駆動用モータ 1 1 において磁石 2 3 が端面板 2 4 b に直接に接触してロータヨーク 2 4 a に保持されている場合は、図 3 に示す熱モデルにおいて、ロータヨーク 2 4 a が省略される場合に対応している。

例えば、駆動用モータ 1 1 において端面板 2 4 b が省略され、滴下冷媒が直接に磁石 2 3 に接触する場合は、図 4 に示す熱モデルにおいて、端面板 2 4 b およびロータヨーク 2 4 a が省略される場合に対応している。

例えば、駆動用モータ 1 1 において端面板 2 4 b が省略され、滴下冷媒が直接に磁石 2 3 に接触しない場合は、図 4 に示す熱モデルにおいて、端面板 2 4 b が省略される場合に対応している。

制御装置 1 7 は、これらの熱モデルの各々に対応した熱抵抗および授受熱量を用いて、

10

20

30

40

50

磁石 23 からの抜熱量 Q_{MAG} を算出すればよい。

【0088】

なお、上述した実施形態において、制御装置 17 は、冷媒循環部 14 の機械式ポンプ 14c が発電用モータ 12 の回転軸に連結されているので、発電用モータ 12 の回転数から冷媒の流量を取得するとしたが、これに限定されない。冷媒循環部 14 は、機械式ポンプ 14c の代わりに、発電用モータ 12 とは独立した電動ポンプを備えてもよい。制御装置 17 は、電動ポンプの回転数に基づいて冷媒の流量を取得してもよい。

【0089】

なお、上述した実施形態において、回転電機の温度推定装置 10 は、トルクセンサ 46 を備えるとしたが、これに限定されず、トルクセンサ 46 は省略されてもよい。制御装置 17 は、第 2 電流センサ 43 により検出される駆動用モータ 11 の各コイル 21 に流れる交流電流および第 1 回転数センサ 44 により検出される駆動用モータ 11 の回転角度に応じてトルク指示値を取得してもよい。

10

【0090】

なお、上述した実施形態において、駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 の各々は、SC (セグメントコンダクタ) 巻線のコイル 21 を備えるとしたが、これに限定されない。駆動用モータ 11 および発電用モータ 12 の各々は、例えば集中巻または分布巻などの他の巻線構造を有するモータであってもよい。

【0091】

上述の実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。上述の新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。上述の実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

20

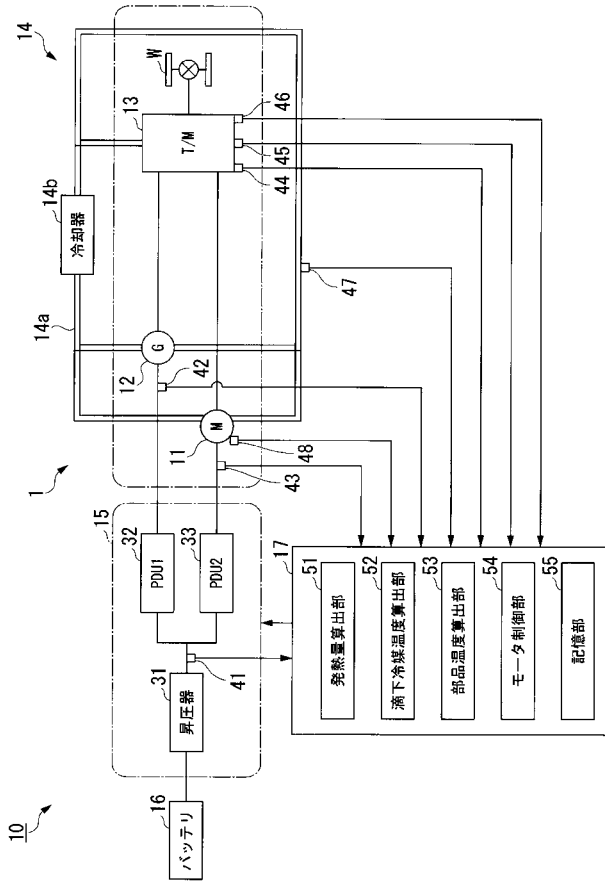
【符号の説明】

【0092】

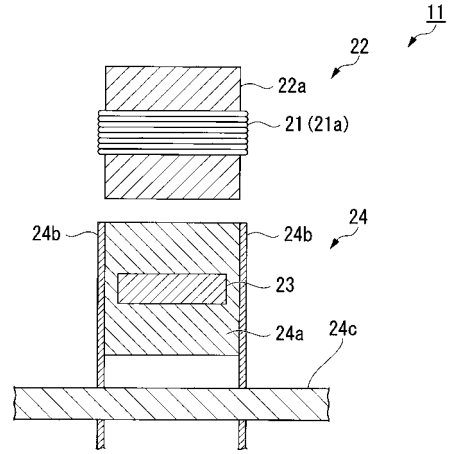
10 ... 回転電機の温度推定装置、11 ... 駆動用モータ (回転電機)、12 ... 発電用モータ (回転電機)、13 ... トランスミッション、14 ... 冷媒循環部、14a ... 冷媒流路 (循環経路)、14b ... 冷却器 (冷媒放熱器)、14c ... 機械式ポンプ (ポンプ)、15 ... 電力変換部、16 ... バッテリ、17 ... 制御装置、21 ... コイル、22 ... ステータ、23 ... 磁石、24 ... ロータ、24a ... ロータヨーク、24b ... 端面板、47 ... 冷媒温度センサ (冷媒温度検出部)、51 ... 発熱量算出部、52 ... 滴下冷媒温度算出部、52c ... 放熱量取得部、52e ... 冷媒温度算出部 (冷媒温度取得部)、53 ... 部品温度算出部 (温度推定部)、54 ... モータ制御部、55 ... 記憶部

30

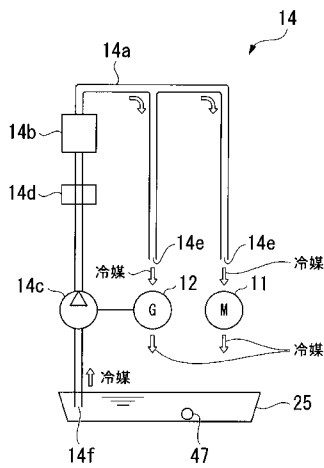
【図1】



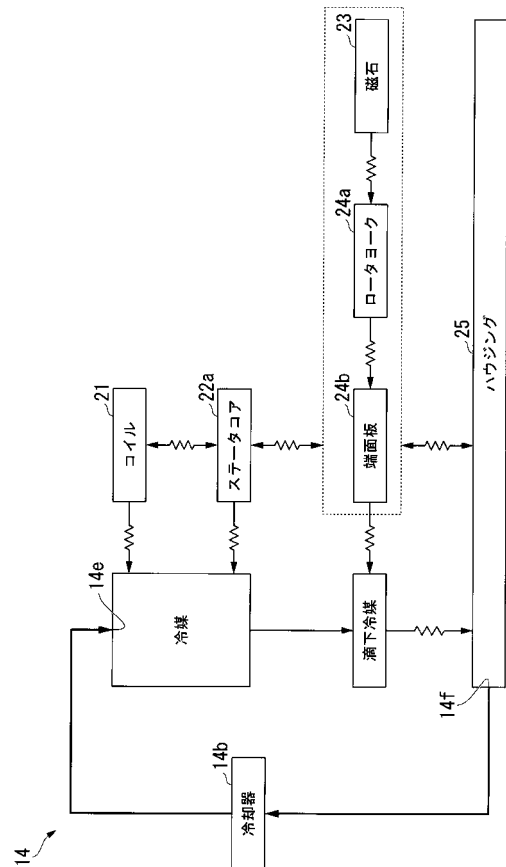
【図2】



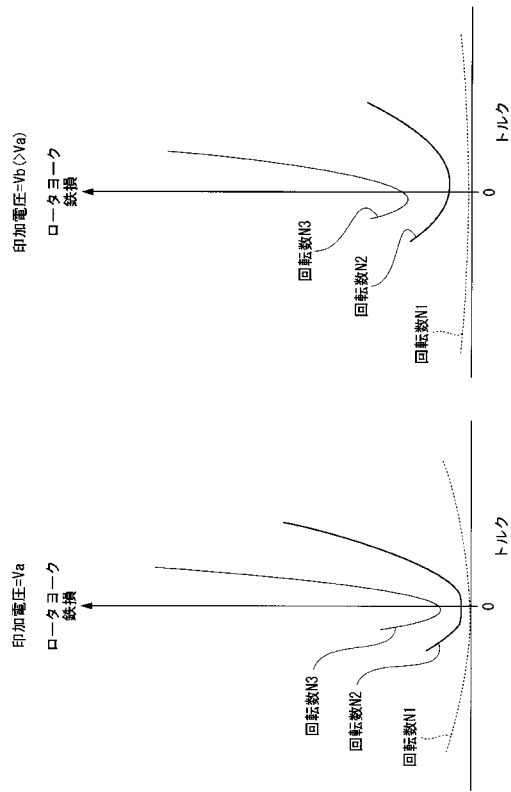
【図3】



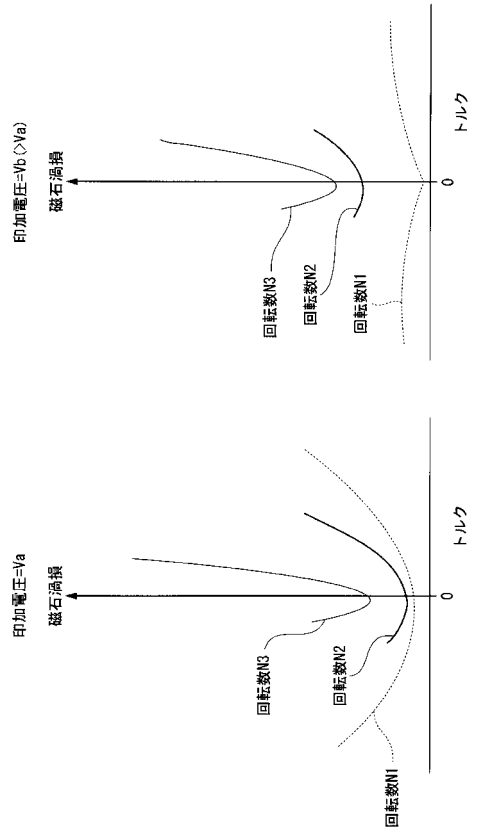
【図4】



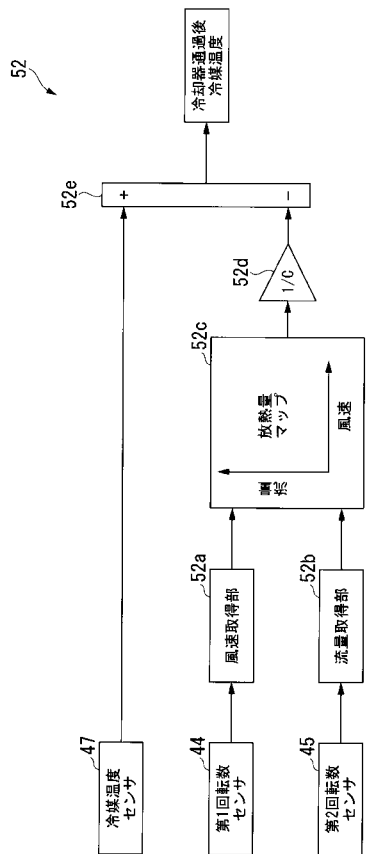
【 図 5 】



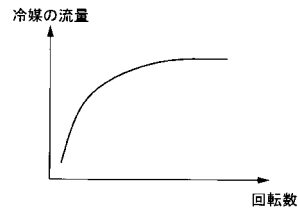
【 図 6 】



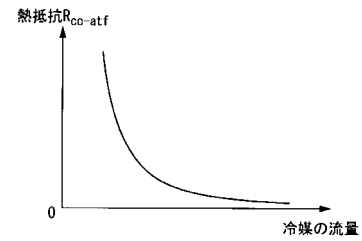
【 図 7 】



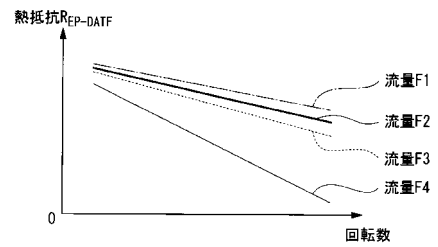
【 図 8 】



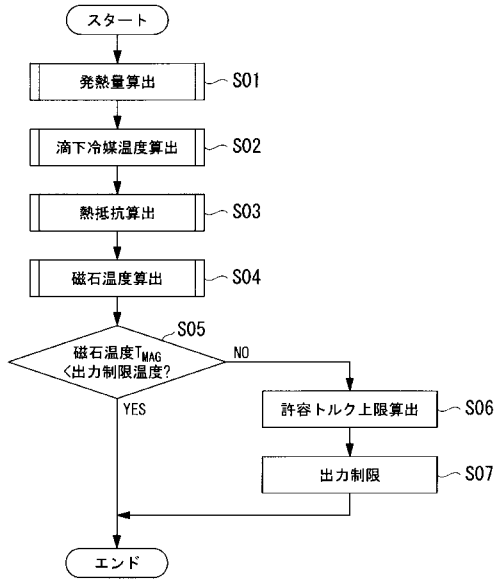
【 図 9 】



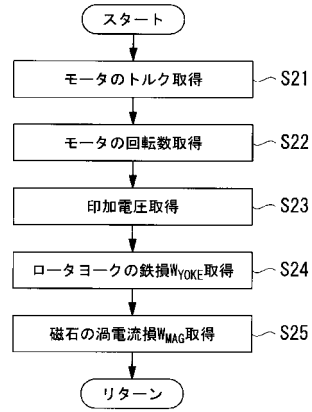
【 図 10 】



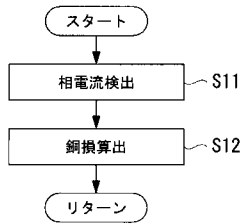
【図 1 1】



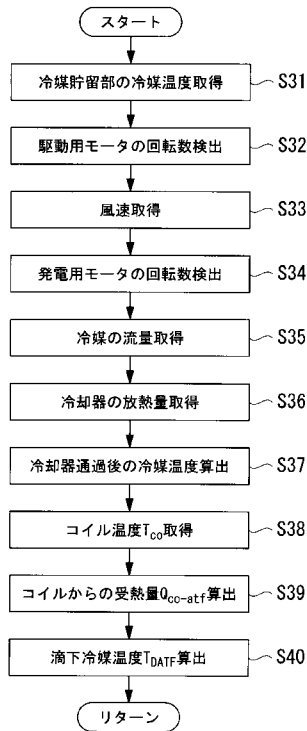
【図 1 3】



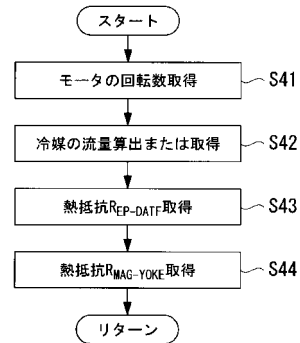
【図 1 2】



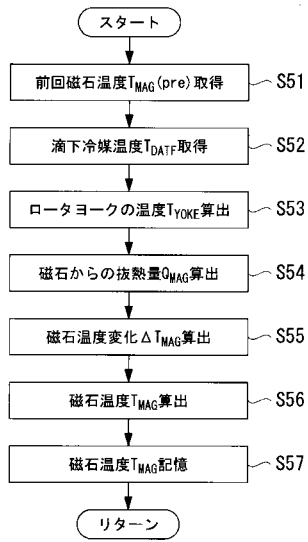
【図 1 4】



【図 1 5】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 塚本 能人
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 伊東 悠太
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 松原 宗弘
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 松岡 裕之
東京都港区南青山2丁目1番1号 本田技研工業株式会社内
- Fターム(参考) 3D235 AA01 BB45 CC12 HH12
5H609 BB03 BB19 PP02 QQ04 QQ05 RR52 SS20