

(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2021-136819

(P2021-136819A)

(43) 公開日 令和3年9月13日(2021.9.13)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**H02M 7/48 (2007.01)** H02M 7/48 Z 5H770  
H02M 7/48 F

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2020-33172 (P2020-33172)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	令和2年2月28日 (2020.2.28)		株式会社デンソー
		(74) 代理人	110000028
			特許業務法人明成国際特許事務所
		(72) 発明者	福島 和馬
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	佐野 友久
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		Fターム(参考)	5H770 AA21 BA01 CA03 CA04 CA06
			DA03 DA41 GA19 HA02Y HA06Z
			HA07Z JA10X JA11W PA12

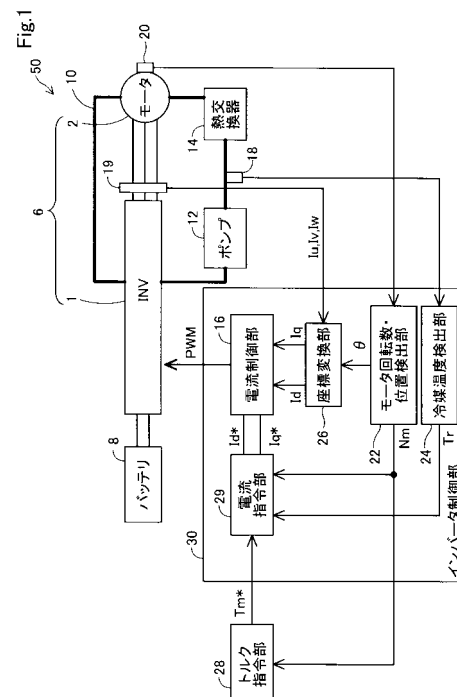
(54) 【発明の名称】 冷却システム

(57) 【要約】

【課題】モータ及びインバータを冷却する冷却システムの重量増加を抑制する。

【解決手段】モータ2とインバータ1とを有する電駆動システム6を冷却する冷却システム50は、自身の内部を流通する冷却媒体を利用した熱交換により、モータを冷却する第1冷却部3と、自身の内部を流通する冷却媒体を利用した熱交換により、インバータ1を冷却する第2冷却部7と、第1冷却部と第2冷却部とを通り、冷却媒体が循環する循環流路10と、循環流路に配置され、冷却媒体を圧送するポンプ12と、を備える。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

モータ(2)と前記モータを駆動させるインバータ(1)とを有する電駆動システム(6)を冷却する冷却システム(50)であって、

自身の内部を流通する冷却媒体を利用した熱交換により、前記モータを冷却する第1冷却部(3)と、

自身の内部を流通する前記冷却媒体を利用した熱交換により、前記インバータを冷却する第2冷却部(7)と、

前記第1冷却部と前記第2冷却部とを通り、前記冷却媒体が循環する循環流路(10)と、

前記循環流路に配置され、前記冷却媒体を圧送するポンプ(12)と、  
を備える、冷却システム。

**【請求項 2】**

請求項1に記載の冷却システムにおいて、

前記インバータは、スイッチング素子(5)を有し、

前記モータの目標トルクに応じて前記スイッチング素子に対して制御信号を出力することにより、前記インバータの出力電力をPWM制御するインバータ制御部(30)と、

前記循環流路を流通する前記冷却媒体の温度である冷却媒体温度を検出する温度センサ(18)と、

をさらに備え、

前記インバータ制御部は、前記温度センサにより検出される前記冷却媒体温度が予め定められた閾値温度以下の場合に、前記目標トルクに対する前記モータの出力トルクの変動が予め定められた変動範囲に収まる状態で、前記モータによる損失と前記インバータによる損失とが増大するように前記制御信号を出力して前記スイッチング素子を制御する、冷却システム。

**【請求項 3】**

請求項2に記載の冷却システムにおいて、

前記インバータ制御部は、

前記モータを流れる電流であるモータ電流を検出する電流センサ(19)から前記モータ電流を取得し、

前記モータの回転数を検出する回転数センサ(20)から前記回転数を取得し、

前記目標トルクと取得された前記回転数とに基づき、d軸電流目標値の候補値であるd軸電流候補値と、d軸電流候補値と、d軸電流目標値の候補値であるq軸電流候補値と、q軸電流候補値とを求め、

前記温度センサにより検出される前記冷却媒体温度が前記閾値温度以下であるか否かを判定し

前記冷却媒体温度が前記閾値温度よりも高いと判定された場合には前記d軸電流候補値を前記d軸電流目標値に設定し、前記q軸電流候補値を前記q軸電流目標値に設定し、前記冷却媒体温度が前記閾値温度以下と判定された場合には前記d軸電流候補値を前記d軸電流目標値に設定し、前記q軸電流候補値を前記q軸電流目標値に設定し、

前記電流センサにより検出される前記モータ電流を構成するd軸電流が前記d軸電流目標値に近づき、前記モータ電流を構成するq軸電流が前記q軸電流目標値に近づくように、前記制御信号を設定し、

前記d軸電流候補値は、前記d軸電流候補値よりも大きく、

前記d軸電流候補値と前記d軸電流候補値との差分は、前記q軸電流候補値と前記q軸電流候補値との差分よりも大きい、

冷却システム。

**【請求項 4】**

請求項1から請求項3までのいずれか一項に記載の冷却システムにおいて、

前記インバータは、スイッチング素子を有し、

前記インバータの前記スイッチング素子は、ワイドバンドギャップ素子で構成されている、

冷却システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、冷却システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、モータを冷却する冷却システムが種々提案されている。例えば、特許文献1  
には、モータを通る油路と、油路を流れる冷却油を圧送するオイルポンプを有し、油路を  
流れる冷却油によりモータを冷却する冷却システムが開示されている。かかる冷却シス  
テムでは、インバータ回路を備えるモータコントローラは、冷却油の温度が所定温度以下  
の場合に、銅損が増大するようにモータへの供給電力を制御することにより冷却油を加熱し  
て冷却油の粘性を低下させる。これにより、低温時においても冷却油の流量を確保する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-348535号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

移動体等の電動化に伴い、モータとインバータ回路とを有する電駆動システム（EDS  
：Electric Drive System）が、様々な用途で用いられている。電動航空機の回転翼や、  
船舶のスクリューや、自動車の車輪を回転駆動させるために、電駆動システムが用いられ  
ている。電動航空機としては、例えば、電動垂直離着陸機（eVTOL：electric Verti  
cal Take-Off and Landing aircraft）と呼ばれる有人または無人の航空機が挙げられる  
が、通常の離着陸機等であってもよい。電駆動システムでは、モータに加えてインバータ  
の冷却も望まれる。しかし、特許文献1の冷却システムでは、インバータの冷却は考慮さ  
れていない。このため、かかる冷却システムを利用してモータとインバータとを冷却しよ  
うとする場合、インバータ冷却用のシステムとして、モータ冷却用のシステムと同様なシ  
ステムを、モータ冷却用のシステムとは別に用意する構成が想定される。しかし、このよ  
うな構成では、冷却システム全体の重量の増大を招くという問題がある。電駆動システ  
ムを移動体に搭載する場合、冷却システムの重量の増大は、移動性能及び燃費の悪化につ  
ながり、大きなデメリットとなる。このため、モータ及びインバータを冷却する冷却シス  
テムの重量増加を抑制可能な技術が望まれる。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示は、以下の形態として実現することが可能である。

【0006】

40

本開示の一形態によれば、モータ（2）と前記モータを駆動させるインバータ（1）と  
を有する電駆動システム（6）を冷却する冷却システム（50）が提供される。この冷却  
システムは、自身の内部を流通する冷却媒体を利用した熱交換により、前記モータを冷却  
する第1冷却部（3）と、自身の内部を流通する前記冷却媒体を利用した熱交換により、  
前記インバータを冷却する第2冷却部（7）と、前記第1冷却部と前記第2冷却部とを通  
り、前記冷却媒体が循環する循環流路（10）と、前記循環流路に配置され、前記冷却媒  
体を圧送するポンプ（12）と、を備える。

【0007】

この形態の冷却システムによれば、モータを冷却する第1冷却部とインバータを冷却す  
る第2冷却部とを通り、冷却媒体が循環する循環流路を備えるので、モータとインバータ

50

とを共通の冷却媒体で冷却することができる。このため、モータとインバータを冷却する流路が別々に形成されているシステムに比べて、流路及び冷却媒体の重量を軽減でき、冷却システムの重量増加を抑制できる。

【0008】

本開示は、種々の形態で実現することも可能である。例えば、自動車や電動航空機等の移動体に搭載される電駆動システムの冷却方法等の形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本開示の一実施形態である冷却システムと電駆動システムの構成を示すブロック図である。

【図2】モータとインバータ回路との接続を示す概略図である。

【図3】循環流路を流通する冷却媒体の流れを示す模式図である。

【図4】モータ制御処理の手順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】

【0010】

A．第1実施形態：

A-1．システム構成：

図1に示す冷却システム50は、電駆動システム6を冷却する。本実施形態において、電駆動システム6は、モータ2と、インバータ1とを有し、eVTOLの回転翼を回転駆動させるために用いられる。

【0011】

モータ2は、本実施形態において、三相交流ブラシレスモータにより構成され、後述するインバータ1から供給される電圧および電流に応じた回転数およびトルクで回転する。なお、モータ2は、ブラシレスモータに限らず、誘導モータやリラクタンスモータ等の任意の種類のモータにより構成されていてもよい。なお、本実施形態においてモータ2とは電動機としてのモータであるが、モータ2は、電動発電機としてのいわゆるモータジェネレータも含む。

【0012】

図2に示すインバータ1は、モータ2を駆動させる。インバータ1は、バッテリー8から供給される直流電圧を、三相交流電圧に変換してモータ2に供給する。インバータ回路4は、U相、V相、W相の各相に設けられた合計三つのleg13を有する。各leg13は上アームおよび下アームにスイッチング素子5を有する。なお、バッテリー8からインバータ回路4に供給される直流電圧は、コンデンサ15によって平滑化されている。

【0013】

本実施形態において、スイッチング素子5は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) などのスイッチング素子により構成されている。

【0014】

図1に示すように、eVTOLには、上述の電駆動システム6および後述の冷却システム50に加えて、バッテリー8と、電流センサ19と、回転数センサ20と、トルク指令部28とを備える。

【0015】

バッテリー8は、リチウムイオン電池により構成され、電駆動システム6における電力供給源の1つとして機能する。バッテリー8は、主に、電駆動システム6が有するインバータ1の駆動部へと電力を供給してモータ2を駆動させる。なお、リチウムイオン電池に代えて、ニッケル水素電池等の任意の二次電池により構成されていてもよく、バッテリー8に代えて、またはバッテリー8に加えて、燃料電池や発電機等の任意の電力供給源が搭載されていてもよい。

【0016】

電流センサ19は、図1に示すように、インバータ1に設けられる。電流センサ19は、インバータ1から出力される相電流値 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を検出する三相交流電流センサ

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 1 7 】

回転数センサ 2 0 は、モータ 2 に設けられている。回転数センサ 2 0 は、モータ 2 の回転数  $N_m$  と回転角度 を測定する。本実施形態においては、回転数センサ 2 0 はレゾルバを用いている。なお、回転数センサ 2 0 は、ロータリーエンコーダなどの他の任意の方式の回転数センサであってもよい。

【 0 0 1 8 】

トルク指令部 2 8 は、e V T O L が有する図示しないフライトコントローラから入力される目標トルクと、モータ回転数・位置検出部 2 2 から取得したモータ回転数  $N_m$  とに基づいて、トルク指令値  $T_m^*$  を算出する。トルク指令部 2 8 は、算出したトルク指令値  $T_m^*$  を電流指令部 2 9 へ入力する。

10

【 0 0 1 9 】

図 3 に示すように、冷却システム 5 0 は、第 1 冷却部 3 と、第 2 冷却部 7 と、循環流路 1 0 と、ポンプ 1 2 と、熱交換器 1 4 と、温度センサ 1 8 と、インバータ制御部 3 0 とを備える。

【 0 0 2 0 】

第 1 冷却部 3 は、自身の内部を流通する冷却媒体を利用した熱交換によりモータ 2 の発熱体を冷却する。本実施形態において、冷却媒体はロング・ライフ・クーラント (Long Life Coolant : LLC) である。なお、冷却媒体はロング・ライフ・クーラントに限らず、冷却油や純水などの他の任意の種類の液体や、空気や窒素ガスなどの気体であってもよい。

20

【 0 0 2 1 】

第 2 冷却部 7 は、自身の内部を流通する冷却媒体を利用した熱交換によりインバータ 1 の発熱体を冷却する。インバータ 1 の発熱体とは、例えば、インバータ回路 4 やコンデンサ 1 5 等である。

【 0 0 2 2 】

図 3 に示すように、循環流路 1 0 は、流路 R 1 と、流路 R 2 と、流路 R 3 と、流路 R 4 とを有する環状に形成された流路である。冷却媒体は、ポンプ 1 2 によって圧送される。圧送された冷却媒体は、流路 R 1 から第 2 冷却部 7 へと流れ、インバータ 1 の発熱体を冷却する。第 2 冷却部 7 から流出した冷却媒体は、流路 R 2 を通って、第 1 冷却部 3 へと至り、モータ 2 を冷却する。モータ 2 から流出した冷却媒体は、流路 R 3 を通って熱交換器 1 4 へと至る。熱交換器 1 4 から流出した冷却媒体は、流路 R 4 を通ってポンプ 1 2 へと戻る。

30

【 0 0 2 3 】

ポンプ 1 2 は、図 1 および図 3 に示すように、循環流路 1 0 に配置される。ポンプ 1 2 は、本実施形態では電動式ポンプにより構成され、図示しない補機バッテリーからの電力を利用して循環流路 1 0 内に冷却媒体を圧送する。

【 0 0 2 4 】

熱交換器 1 4 は、循環流路 1 0 に配置される。熱交換器 1 4 は、冷却媒体と循環流路 1 0 の外部の空気との間で熱交換を行う。第 2 冷却部 7 において、インバータ 1 の発熱体と熱交換し、第 1 冷却部 3 において、モータ 2 と熱交換して昇温した冷却媒体は、熱交換器 1 4 を通ることにより冷却される。

40

【 0 0 2 5 】

図 1 および図 3 に示すように、温度センサ 1 8 は、循環流路 1 0 に接して配置される。温度センサ 1 8 は、循環流路 1 0 を流通する冷却媒体の温度 (以下、「冷却媒体温度」と呼ぶ) を測定する。

【 0 0 2 6 】

図 1 に示すように、インバータ制御部 3 0 は、電流制御部 1 6 と、モータ回転数・位置検出部 2 2 と、冷媒温度検出部 2 4 と、座標変換部 2 6 と、電流指令部 2 9 とを有する。インバータ制御部 3 0 は、マイコンや F P G A 等を有する E C U ( E l e c t r o n i c

50

Control Unit)により構成されている。

【0027】

電流制御部16は、インバータ回路4を制御する。具体的には、電流制御部16は、トルク指令部28にて記載のないスロットルなどの入力情報より飛行および走行に必要な駆動力を算出し、モータ回転数Nmに基づき出力されたトルク指令値 $T_m^*$ に応じて、また、電流センサ19により検出される相電流値 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ に応じて、スイッチング素子5に対して制御信号を出力することによって、インバータ回路4の出力電力をPWM (Pulse Width Modulation) 制御する。

【0028】

モータ回転数・位置検出部22は、回転数センサ20において測定されたモータ回転数Nmと、回転角度とを検出する。モータ回転数・位置検出部22は、検出したモータ回転数Nmをトルク指令部28および電流指令部29へ入力する。また、モータ回転数・位置検出部22は、検出した回転角度を座標変換部26へ設定する。

10

【0029】

冷媒温度検出部24は、温度センサ18において測定された冷却媒体温度 $T_r$ を検出する。冷媒温度検出部24は、検出した冷却媒体温度 $T_r$ を電流指令部29へ入力する。

【0030】

座標変換部26は、電流センサ19において測定された相電流値 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を取得する。座標変換部26は、取得された相電流値 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を回転角度に基づいてモータ2の実電流値 $I_d$ 、 $I_q$ に変換する。電流値 $I_d$ は、d軸電流値を意味し、電流値 $I_q$ は、q軸電流値を意味する。座標変換部26は、変換後の電流値 $I_d$ 、 $I_q$ を電流制御部16へ入力する。

20

【0031】

電流指令部29は、マップを参照して、トルク指令値 $T_m^*$ およびモータ回転数Nmに対応する電流指令値 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ を生成する。電流指令部29は、生成した電流指令値 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ を電流制御部16に入力する。電流制御部16は、座標変換部26から入力する実電流値 $I_d$ 、 $I_q$ が電流指令部29から入力する電流指令値 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ に追従するように、制御信号を生成する。

【0032】

A-2. モータ制御処理：

30

図4に示すモータ制御処理は、モータ2の動作を制御する処理である。インバータ制御部30では、バッテリー8から電駆動システム6へ電力が供給されるとモータ制御処理が実行される。電流指令部29は、上述したように、トルク指令値 $T_m^*$ 、冷却媒体温度 $T_r$ 、モータ回転数Nmを取得する(ステップS100)。

【0033】

電流指令部29は、トルク指令値 $T_m^*$ 、モータ回転数Nmを用いて、予め作成されたトルク-電流マップに基づき、d軸電流指令値 $I_d^*$ の候補値の1つであるd軸電流候補値 $I_d^{**}$ と、q軸電流指令値 $I_q^*$ の候補値の1つであるq軸電流候補値 $I_q^{**}$ を算出する。また、電流指令部29は、予め作成されたトルク-暖機電流マップに基づき、d軸電流指令値 $I_d^*$ の候補値の1つであるd軸暖機電流候補値 $I_d^{***}$ と、q軸電流指令値 $I_q^*$ の候補値の1つであるq軸暖機電流候補値 $I_q^{***}$ とを算出する。(ステップS110)。後述するように、d軸暖機電流候補値 $I_d^{***}$ と、q軸暖機電流候補値 $I_q^{***}$ とは、冷却システム50を暖機するために用いられる。より正確には、冷却システムを流れる冷却媒体を加熱するために用いられる。なお、トルク-電流マップと、トルク-暖機電流マップとは、予め解析および実機検証を基に作成されている。ただし、使用するモータの仕様が異なる場合は、各マップを変更する必要がある。

40

【0034】

電流指令部29は、冷却媒体温度 $T_r$ が予め定められた所定の閾値温度より高いかどうかを判定する(ステップS120)。電流指令部29は、冷却媒体温度 $T_r$ が予め定められた所定の閾値温度より高いと判定した場合(ステップS120: Yes)、d軸電流指

50

令値  $I_d^*$  に d 軸電流候補値  $I_d^{**}$  を代入し、q 軸電流指令値  $I_q^*$  に q 軸電流候補値  $I_q^{**}$  を代入する（ステップ S 1 3 0）。

【0035】

電流指令部 2 9 は、冷却媒体温度  $T_r$  が予め定められた所定の閾値温度以下と判定した場合（ステップ S 1 2 0 : No）、d 軸電流指令値  $I_d^*$  に d 軸暖機電流候補値  $I_d^{***}$  を代入し、q 軸電流指令値  $I_q^*$  に q 軸暖機電流候補値  $I_q^{***}$  を代入する（ステップ S 1 4 0）。

【0036】

電流指令部 2 9 は、モータ 2 の d 軸電流指令値  $I_d^*$ 、q 軸電流指令値  $I_q^*$  を電流制御部 1 6 に出力する（ステップ S 1 5 0）。電流制御部 1 6 は、モータ 2 の実電流値  $I_d$ 、 $I_q$  が d 軸電流指令値  $I_d^*$ 、q 軸電流指令値  $I_q^*$  に近づいて一致するように PWM 信号を出力する（ステップ S 1 6 0）。例えば、電流制御部 1 6 は、PI 制御や PID 制御などのフィードバック制御を行う。

10

【0037】

ここで、d 軸暖機電流候補値  $I_d^{***}$  は、d 軸電流候補値  $I_d^{**}$  よりも大きく設定されている。また、q 軸暖機電流候補値  $I_q^{***}$  は、q 軸電流候補値  $I_q^{**}$  と略同一に設定されている。このため、d 軸電流指令値  $I_d^*$  として d 軸暖機電流候補値  $I_d^{***}$  が代入され、q 軸電流指令値  $I_q^*$  として q 軸暖機電流候補値  $I_q^{***}$  が代入され、実電流値  $I_d$ 、 $I_q$  が電流指令値  $I_d^*$ 、 $I_q^*$  に一致するように PWM 信号が出力されると、インバータ 1 およびモータ 2 の相電流は増加し、インバータ 1 とモータ 2 における発熱量は増大する。このため、冷却システム 5 0 を流通する冷却媒体をインバータ 1（第 2 冷却部 7）およびモータ 2（第 1 冷却部 3）において温めることができる。加えて、トルクに影響を与える q 軸暖機電流候補値  $I_q^{***}$  と q 軸電流候補値  $I_q^{**}$  とは、略同一であるので、フィードバック制御の結果、モータ 2 の出力トルクがトルク指令値  $T_m^*$  とは大きく異なることを抑制できる。

20

【0038】

本実施形態における d 軸電流指令値  $I_d^*$  は、特許請求の範囲における d 軸電流目標値に相当し、q 軸電流指令値  $I_q^*$  は、特許請求の範囲における q 軸電流目標値に相当する。また、モータ 2 の実電流値  $I_d$ 、 $I_q$  は、特許請求の範囲における d 軸電流、q 軸電流にそれぞれ相当する。

30

【0039】

以上説明した第 1 実施形態の冷却システム 5 0 によれば、モータ 2 を冷却する第 1 冷却部 3 とインバータ 1 を冷却する第 2 冷却部 7 とを通り、冷却媒体が循環する循環流路 1 0 を備えるので、モータ 2 とインバータ 1 とを共通の冷却媒体で冷却することができる。このため、モータ 2 とインバータ 1 を冷却する流路が別々に形成されているシステムに比べて、流路及び冷却媒体の重量を軽減でき、冷却システム 5 0 の重量増加を抑制できる。

【0040】

また、温度センサ 1 8 により検出される冷却媒体温度が閾値温度以下であるか否かを判定し、温度センサ 1 8 により検出される冷却媒体温度が閾値温度以下と判定された場合には、d 軸電流候補値  $I_d^{**}$  よりも大きな d 軸暖機電流候補値  $I_d^{***}$  を d 軸電流指令値  $I_d^*$  に設定し、q 軸電流候補値  $I_q^{**}$  と略同一の q 軸暖機電流候補値  $I_q^{***}$  を q 軸電流指令値  $I_q^*$  に設定する。さらに、電流センサ 1 9 により検出されるモータ電流を構成するモータ 2 の実電流値  $I_d$  が d 軸電流指令値  $I_d^*$  に近づき、モータ電流を構成するモータ 2 の実電流値  $I_q$  が q 軸電流指令値  $I_q^*$  に近づくように、制御信号を設定する。このため、冷却媒体温度が所定温度以下のとき、モータ 2 の出力トルクを目標トルクに近い状態のまま、モータ 2 による損失（発熱）とインバータ 1 による損失（発熱）とが増大するように制御できる。したがって、低温時においても冷却媒体の粘性を低下させ流量を確保でき、冷却媒体用のポンプの大型化を抑制できると共に、モータ 2 の出力トルクが目標トルクと大きく異なり、ユーザに違和感を与えることを抑制できる。

40

【0041】

50

## B．他の実施形態：

(B1) 本実施形態の冷却システム50は、インバータ1のスイッチング素子5がワイドバンドギャップ素子で構成されている点において、第1実施形態の冷却システム50と異なる。本実施形態における他の構成は、第1実施形態の冷却システム50と同じであるので、同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

## 【0042】

本実施形態における冷却システム50のインバータ1のスイッチング素子5は、ワイドバンドギャップ素子で構成されている。具体的には、SiC(炭化珪素)やGaN(窒化ガリウム)といったワイドバンドギャップ素子である。このようなワイドバンドギャップ素子は、従来のSiを用いたスイッチング素子と比べて、損失も低く、耐熱温度が大きく向上する。例えば、耐熱温度が従来の150 ~ 175 から最大250 まで向上する。

10

## 【0043】

以上説明した他の実施形態(B1)の冷却システムによれば、インバータ1のスイッチング素子5は、ワイドバンドギャップ素子で構成されている。このため、モータ2とインバータ1との冷媒流路を共通にした冷却システムにおいても、耐熱性能を向上させ、電駆動システム6の出力維持または向上を可能にできる。

## 【0044】

(B2) 第1実施形態の冷却システム50は、熱交換器14を備えていたが、本実施形態の冷却システムはこれに限られない。本実施形態における冷却システムは、熱交換器14を備えていなくてもよい。これにより、冷却システムを簡易にできる。

20

## 【0045】

(B3) 第1実施形態の冷却システム50においては、温度センサ18を備えていたが、本実施形態の冷却システムはこれに限られない。本実施形態における冷却システムは、温度センサを冷却システムの一部として備えていなくてもよい。例えば、冷却システムとは別の所にある温度センサから冷却媒体温度を測定してもよい。

## 【0046】

(B4) 第1実施形態の冷却システム50において、インバータ制御部30は、温度センサ18により検出される冷却媒体温度が予め定められた閾値温度以下の場合に、モータ2のトルクを一定にした状態で、モータ2による損失とインバータ1による損失とが増大するように制御信号を出力してインバータ1を制御していたが、本実施形態はこれに限られない。本実施形態においては、当該制御を実行しなくてもよい。例えば、インバータ制御部30は、温度センサ18により検出される冷却媒体温度にかかわらず、モータ2のトルクを一定にした状態で、モータ2による損失とインバータ1による損失とが増大するように制御信号を出力してインバータ1を制御してもよい。

30

## 【0047】

(B5) 第1実施形態の冷却システム50において、q軸暖機電流候補値 $I_{q^{***}}$ は、q軸電流候補値 $I_{q^{**}}$ と略同一に設定されていたが、略同一に設定されていなくてもよい。例えば、モータ2の出力トルクの変動が、乗員が違和感を覚えないような設定範囲である、予め定められた変動範囲に収まるように設定されてもよい。具体的には、d軸暖機電流候補値 $I_{d^{***}}$ とd軸電流候補値 $I_{d^{**}}$ との差分は、q軸暖機電流候補値 $I_{q^{***}}$ とq軸電流候補値 $I_{q^{**}}$ との差分よりも大きく設定されてもよい。なお、q軸暖機電流候補値 $I_{q^{***}}$ とq軸電流候補値 $I_{q^{**}}$ との差分は、絶対値であっても絶対値でなくもよい。すなわち、q軸暖機電流候補値 $I_{q^{***}}$ とq軸電流候補値 $I_{q^{**}}$ との差分の絶対値は、d軸暖機電流候補値 $I_{d^{***}}$ とd軸電流候補値 $I_{d^{**}}$ との差分より小さい。加えて、q軸暖機電流候補値 $I_{q^{***}}$ とq軸電流候補値 $I_{q^{**}}$ との差分は、d軸暖機電流候補値 $I_{d^{***}}$ とd軸電流候補値 $I_{d^{**}}$ との差分より小さい。

40

## 【0048】

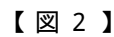
本開示は、上述の実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した形態中の技術

50



【 0 0 4 9 】

【 図 1 】



【 図 4 】

