

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4586542号  
(P4586542)

(45) 発行日 平成22年11月24日(2010.11.24)

(24) 登録日 平成22年9月17日(2010.9.17)

(51) Int.Cl. F I  
**HO2K 9/19 (2006.01)** HO2K 9/19 A  
**HO2K 9/193 (2006.01)** HO2K 9/193

請求項の数 9 (全 23 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-9219 (P2005-9219)                  (22) 出願日 平成17年1月17日(2005.1.17)                  (65) 公開番号 特開2006-197772 (P2006-197772A)                  (43) 公開日 平成18年7月27日(2006.7.27)                  審査請求日 平成19年6月13日(2007.6.13)</p>	<p>(73) 特許権者 000003207                  トヨタ自動車株式会社                  愛知県豊田市トヨタ町1番地                  (74) 代理人 100064746                  弁理士 深見 久郎                  (74) 代理人 100085132                  弁理士 森田 俊雄                  (74) 代理人 100112852                  弁理士 武藤 正                  (72) 発明者 竹綱 靖治                  愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内                  審査官 櫻田 正紀</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステータコアと、  
 前記ステータコアに巻回されたコイルと、  
 前記コイルを前記ステータコアに固定する樹脂モールド部とを備え、  
 前記樹脂モールド部は、前記コイルの前記ステータコアに巻回された部分の一部である  
 コイルエンド部を露出し、残りの部分を覆う状態で前記コイルをモールドし、  
 前記コイルエンド部が冷却のための流体に浸漬されるように配置された冷却流路を前記  
 樹脂モールド部とともに形成するカバーをさらに備える、回転電機。

【請求項2】

前記冷却流路内が前記流体で適切に満たされるように前記流体の供給量または排出量を  
 制御する流量決定部をさらに備える、請求項1に記載の回転電機。

【請求項3】

前記冷却流路には、前記ステータコアの上部側に流体供給口が設けられ、前記ステータ  
 コアの下部側に流体排出口が設けられる、請求項2に記載の回転電機。

【請求項4】

前記流量決定部は、  
 前記流体排出口に取付けられた流量制御弁を含む、請求項3に記載の回転電機。

【請求項5】

前記流量決定部は、前記流体の排出量を規定するオリフィスである、請求項3に記載の

回転電機。

## 【請求項 6】

前記回転電機の状態を検知する検知手段を備え、

前記流量決定部は、前記検知手段の出力に応じて前記冷却流路に満たされている前記流体のコイル浸漬レベルを変化させる、請求項 2 または 3 に記載の回転電機。

## 【請求項 7】

前記冷却流路には、前記ステータコアの下部側に流体供給口が設けられ、前記ステータコアの上部側に流体排出口が設けられる、請求項 1 に記載の回転電機。

## 【請求項 8】

前記流体供給口に取付けられた逆止弁をさらに備える、請求項 7 に記載の回転電機。

10

## 【請求項 9】

前記流体排出口は、前記流体排出口から排出される前記流体が前記ステータコアを収容するケースと前記ステータコアの隙間部に供給される位置に設けられる、請求項 7 または 8 に記載の回転電機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、回転電機に関し、特に冷却のための流体を流す冷却流路を有する回転電機に関する。

## 【背景技術】

20

## 【0002】

回転電機（モータ、または発電機、またはモータ兼発電機）を負荷の厳しい条件で運転したり、回転電機の体格をより小さくしたりするには、コイルやステータコアで発生した熱を素早く放熱する必要がある。ステータの温度が上昇すると、コイルのエナメル線のエナメル被覆や、コイルをステータコアと絶縁している絶縁紙が焼損してしまうからである。

## 【0003】

近年、回転電機をエンジンとともにあるいはエンジンに代えて駆動源として用いる電気自動車、ハイブリッド自動車および燃料電池自動車などの車両が登場している。このような車両に搭載されている回転電機は、このような負荷の厳しい条件での運転や、小型化の

30

## 【0004】

従来技術においては、コイル温度を低減し、エナメル被覆や絶縁紙の焼損を防止するために、直接コイル巻回部に冷却液をかける技術がある。たとえば回転電機のケース上部に冷却液供給口を設けておき、この冷却液供給口からコイルに対して冷却液を噴射してコイルを冷却するような技術である。

## 【0005】

しかし、冷却液をコイルに供給した後冷却液を重力で落下するのに任せると、実際に冷却液で覆われているのはコイルの外表面の約 30 ~ 60 % の面積に限られ、残りのコイル表面部位は冷却液がかからず空冷のままである。よって、コイルの全表面積が空冷の場合に比べてはコイルの温度は低減しているものの、さらに運転条件の厳しい領域（高回転領域または大トルク領域）ではコイル温度が上昇してしまう。

40

## 【0006】

特開 2002 - 272041 号公報（特許文献 1）、特開平 4 - 364343 号公報（特許文献 2）、特開 2003 - 289650 号公報（特許文献 3）、特開 2003 - 224945 号公報（特許文献 4）には回転電機のステータのコイル巻回部端面に密閉型冷却流路を備えるものが開示されている。このような構成とすれば、単に冷却液をコイルに噴射して重力により定まる流れに任せておくよりもコイルに対する冷却効果が向上する。

【特許文献 1】特開 2002 - 272041 号公報

【特許文献 2】特開平 4 - 364343 号公報

50

【特許文献3】特開2003-289650号公報

【特許文献4】特開2003-224945号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記の特開2002-272041号公報（特許文献1）などの先行文献に開示される構成では、回転電機の上部から冷却液を供給し、下部より排出している。このような構成では、冷却液の供給量が十分でなければコイル端面部分でも場所によっては冷却液が接触しない部位が生じ、冷却性能が十分でないという問題がある。

【0008】

この発明の目的は、冷却能力が向上した回転電機を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明は、要約すると、回転電機であって、ステータコアと、ステータコアに巻回されたコイルと、コイルのステータコアに巻回された部分の少なくとも一部が冷却のための流体に浸漬されるように配置された冷却流路と、冷却流路内が流体で適切に満たされるように流体の供給量または排出量を制御する流量制御部とを備える。

【0010】

好ましくは、冷却流路には、ステータコアの上部側に流体供給口が設けられ、ステータコアの下部側に流体排出口が設けらる。流量制御部は、流体排出口に取付けられた流量制御弁を含む。

【0011】

好ましくは、回転電機の状態を検知する検知手段を備える。流量制御部は、検知手段の出力に応じて冷却流路に満たされている流体のコイル浸漬レベルを変化させる。

【0012】

この発明の他の局面に従うと、回転電機であって、ステータコアと、ステータコアに巻回されたコイルと、コイルのステータコアに巻回された部分の少なくとも一部が冷却のための流体に浸漬されるように配置された冷却流路とを備える。冷却流路には、ステータコアの下部側に流体供給口が設けられ、ステータコアの上部側に流体排出口が設けられる。

【0013】

より好ましくは、回転電機は、流体供給口に取付けられた逆止弁をさらに備える。

【0014】

好ましくは、流体排出口は、流体排出口から排出される流体がステータコアを収容するケースとステータコアの隙間部に供給される位置に設けられる。

【0015】

好ましくは、回転電機は、コイルをステータに固定する樹脂モールド部をさらに備える。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、密閉流路を採用することにより、コイルが冷却流体に接する部分が拡大するため、冷却油、コイル間の伝熱面積が大となり、コイル - 冷却油間の熱抵抗を大幅に低減し、モータのさらに効率的な冷却が可能となる。

【0017】

また、放熱経路がコイルから冷却油に直接放熱されるようになるため、コイル - 冷却油間の熱抵抗を大幅に低減することができ、モータの効率的な冷却が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、同一または相当部品には同一の符号を付してそれらについての説明は繰返さない。

【0019】

10

20

30

40

50

## [ 実施の形態 1 ]

実施の形態 1 においては、ステータのコイル部がモールドされているモータにおいて、コイルを直接液冷することにより、負荷の厳しい条件での運転を可能とし、体格を小さくすることが可能なモータの冷却構造を提案する。

## 【 0 0 2 0 】

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に用いられるステータ 1 の正面図である。

## 【 0 0 2 1 】

図 2 は、図 1 の I I - I I 断面における断面図である。

## 【 0 0 2 2 】

図 1、図 2 を参照して、ステータ 1 は内部にロータを収容可能な円筒状の形状を有しており、両側面にカバー 6 0, 7 9 を含む。カバー 6 0 は、ステータの外周側に配置されているボルト 6 1 ~ 6 7 と、内周側に配置されているボルト 7 0 ~ 7 7 によってステータのモールド樹脂部 2 に固定されている。

10

## 【 0 0 2 3 】

図 3 は、図 2 においてカバー 6 0 を外して I I I - I I I 方向から見た図である。

## 【 0 0 2 4 】

図 2、図 3 を参照して、ステータ 1 は、ステータコア 8 と、ステータコア 8 のコア部にそれぞれ巻回されたコイル 1 1 ~ 2 2 と、内部にロータを収容する環状の形状を有し、コイル 1 1 ~ 2 2 を樹脂モールドしてステータコア 8 に固定支持する樹脂部 2 とを含む。

## 【 0 0 2 5 】

図 3 においては上下の断面とステータの円筒状の内側面が見えている。円筒状内側面にはステータコア 8 A ~ 8 E の頭部が見えている。

20

## 【 0 0 2 6 】

樹脂部 2 のロータと回転軸に垂直な面には、冷却のための流体である冷却油をコイル 1 1 ~ 2 2 に近づけるように導くための溝部 3 0 が設けられている。この溝部 3 0 は樹脂部 2 から突出した壁部 3, 5 によって構成されている。なおハイブリッド自動車では、冷却油として A T F (Automatic Transmission Fluid) が用いられることが多い。

## 【 0 0 2 7 】

溝部 3 0 の内壁からは、コイル 1 1 ~ 1 2 の一部が樹脂部に埋没されていない状態で露出している。この露出している一部は、ステータコア 8 に巻回されたコイル部分の回転軸手前方向の部分である。冷却油が直接コイルに接触するのでコイルの熱が冷却油に伝達されやすく、冷却効率が向上する。

30

## 【 0 0 2 8 】

溝部 3 0 は、環状形状であり、溝部 3 0 を構成する樹脂部 2 の壁部には、冷却油を流入させる切欠部 7 と冷却油を流出させる切欠部 6 とが設けられる。切欠部 7 は切欠部 6 より大きく設定されており、これにより冷却油が溝の下側部分に溜まりやすいのでコイルは冷却油に浸漬状態となりやすく、さらに冷却効率が向上する。

## 【 0 0 2 9 】

ステータコアがコイルにセットされた後に成形型内部に挿入され、射出成形によって樹脂部 2 が形成される。この成形により樹脂部の断面形状を凹型として冷却油の通路となる溝部 3 0 が一体的に形成される。

40

## 【 0 0 3 0 】

冷却油は、重力方向上側の切欠部 7 から供給され、コイル 1 1 ~ 2 2 を冷却しながらモールド上の環状の溝部 3 0 とカバー 6 0 とで形成される流路中を流れ、重力方向下側のカバー 6 0 の下部に設けられた排出口であるオリフィス 7 8 から順次排出される。

## 【 0 0 3 1 】

モールドで形成された溝部 3 0 の内部には、たとえば冷却油ができるだけコイル 1 1 ~ 2 2 に均等にかかり、コイルから冷却油への熱伝達を良好にするために成形時に適宜冷却油を導くための突起部を溝部 3 0 の内部に設けてもよい。

## 【 0 0 3 2 】

50

なお、図 1、図 2 に示した構成では、コイルの一部を樹脂モールドの外表面から剥き出しにした例を示したが、剥き出しにまではしなくても樹脂モールドに溝部を設けてコイルの近傍に冷却油を導くような構造とすればコイル冷却には一定の効果はある。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、ステータ 1 の上部に設けられた切欠部にオイルを供給する構成を説明するための図である。

【 0 0 3 4 】

図 4 を参照して、回転電機 5 0 は、ステータ 1 と、ステータ 1 の内部に配置されるロータ 3 2 と、ステータ 1 およびロータ 3 2 を収容するケース 3 4 と、ケース 3 4 に固定されロータ 3 2 の回転軸 4 2 を回転自在に支持するボールベアリング 3 8、4 0 と、回転軸 4 2 に取付けられケース 3 4 の外側に取付けられるオイルポンプ 3 6 とを含む。ステータ 1 はボルト 5 3 によってケース 3 4 に固定されている。

10

【 0 0 3 5 】

ケース 3 4 には、ケース内側の油溜まり 4 4 からオイルを吸込むためのオイル吸込路 4 6 およびオイルポンプ 3 6 から送出されるオイルを冷却のためにステータ 1 に供給するオイル吐出路 4 8 が設けられている。オイル吐出路 4 8 の終端部にはオイル吐出口 5 1、5 2 が設けられておりステータ 1 の切欠部 7 の中央部分に冷却油が供給される。

【 0 0 3 6 】

冷却油は、まずケース下部の油溜まり 4 4 からオイルポンプ 3 6 によって汲み上げられ、ケース 3 4 に設けられたオイル吸込路 4 6 からオイルポンプ 3 6 を介してオイル吐出路 4 8 を通りステータの切欠部 7 に供給される。供給された冷却油は、ステータ 1 を冷却した後重力落下により油溜まり 4 4 に戻る。油溜まり 4 4 とオイルポンプ 3 6 との途中にオイルクーラを入れてもよい。

20

【 0 0 3 7 】

溝部 3 0 は図 2、図 3 に示したように壁部 3 および 5 によって囲まれておりカバー 6 0 で覆われているため、冷却油はコイル 1 1 ~ 2 2 の露出部の大部分にかかり、かつ重力方向下側のオリフィス 7 8 へと誘導される。このため、冷却油は図 3 のロータ 3 2 とステータ 1 との間のエアギャップには流れて行かない。

【 0 0 3 8 】

ステータ 1 とロータ 3 2 間のエアギャップに冷却油が入り込むと、これを剪断するために動力損失が発生する。壁部 5 が設けられているためこのような動力損失を防止することができる。

30

【 0 0 3 9 】

図 5 は、オイルを供給する他の構成を説明するための図である。

【 0 0 4 0 】

図 6 は、図 5 における V I - V I 面における断面図である。

【 0 0 4 1 】

図 5、図 6 は、図 4 で示したステータ 1 およびロータ 3 2 を備えた回転電機 5 0 の構成において、オイルポンプ 3 6 に換えてケース 3 4 外部に取付けられる冷却油を供給する構成を示している。

40

【 0 0 4 2 】

ロータ 3 2 の回転軸 4 2 には出力ギヤ 1 5 2 が固定されている。ギヤ 1 5 0 は、出力ギヤ 1 5 2 よりも大径に構成されており、モータケース 3 4 外においてそれらが相互に噛み合わされている。ギヤ 1 5 0 の下部は、第 1 油室 1 5 4 内に貯留されている潤滑油に浸漬されている。

【 0 0 4 3 】

第 1 油室 1 5 4 には、隔壁 1 5 6 によって区分された第 2 油室 1 5 8 が併設されており、潤滑油はそれぞれに貯留される。第 2 油室 1 5 8 は、図 4 の油溜り 4 4 に通じている。隔壁 1 5 6 は、高さ方向の中間部に絞り油路（オリフィス）1 6 0 を備えているため、第 2 油室 1 5 8 に貯留されている潤滑油は、絞り油路 1 6 0 を通して流入量を制限されつ

50

第1油室154内に供給されることとなる。

【0044】

また、出力ギヤ152の上方には油受け板162がほぼ水平に配置されており、それとギヤボックス164との間の空間166内には、冷却油供給口118が1対設けられている。

【0045】

そのため、ロータ32の回転軸42の回転に伴って、出力ギヤ152に噛み合わされている大径ギヤ150が水平方向に伸びる回転軸168回りに回転すると、第1油室154内に貯留されている潤滑油が大径ギヤ150により掻き上げられる。

【0046】

そして、潤滑油は、空間166に送り込まれて冷却油供給口118を通してモータケース34内に冷却油として供給される。すなわち、回転電機は、その回転軸42の回転に伴って第1油室154内の冷却油が供給されることにより、その回転電機自身を冷却することとなる。なお、冷却油供給口118は図4のオイル吐出路48に相当する。

【0047】

このとき、第1油室154内に貯留された潤滑油は、それに下部を浸漬された大径ギヤ150が回転軸42の回転に伴って回転することによって掻き上げられ、モータケース34内に供給される。第1油室154に第2油室158から供給される潤滑油の量は、隔壁156に設けられている絞り油路160で制限される。そのため、第1油室154内に貯留される潤滑油が一定量に保たれるので、潤滑油が過剰となってそこに浸漬される大径ギヤ150の攪拌抵抗による損失を抑制しつつ、モータケース34内に十分な量の冷却油を供給して回転電機を安定して冷却することができる。

【0048】

以上説明してきたように、実施の形態1においては、ステータを樹脂モールドしたモータにおいて、ステータコアに巻回されるコイルの一部がモールド外表面から図3に示したように露出しており、冷却油によりコイルを直接冷却可能なようにモールド樹脂部に流路が形成されているステータ構造を採用する。

【0049】

この流路はモールド樹脂部2に設けられた溝をカバー60および79によって密閉して形成する。そして冷却油を重力方向上側から供給して重力方向下側から排出する。カバー60, 79によって密閉された流路内に露出するコイルの部分すべてを冷却油で浸漬状態とするため、冷却油排出ポートにオリフィス78を設けている。

【0050】

実施の形態1の特徴的な構成について列挙する。

【0051】

(a) コイルのステータコアに巻回された部分の一部をモールド樹脂部2の外表面から剥き出しとしていること。

【0052】

(b) 使用状態における樹脂モールドの重力方向上側に冷却油供給ポートとしての切欠部7を設けたこと。なおこの切欠きについては、樹脂モールドに設けずにカバー60, 79に設けてもよい。

【0053】

(c) カバー60, 79に冷却油排出ポートを設けたこと。なお、排出ポートは成形時にモールドの重力方向下側に切欠きを設けてもよい。

【0054】

(d) 成形により樹脂モールド断面形状を凹部として冷却油を導く溝を設けたこと。

【0055】

(e) モールド樹脂部2にカバー60, 79を取付けることにより密閉構造の流路が形成されていること。なおモールド樹脂部2とカバー60, 79との間は、リングやガスケットなどによりシールされることが好ましい。重力方向上部より冷却油を供給するとコ

10

20

30

40

50

イルの剥き出しとなった部分を冷却しながら重力方向下部のポートより冷却油が排出される。

【 0 0 5 6 】

( f ) 排出ポートにはコイル端部が完全に冷却油で浸漬状態となるようにオリフィス 7 8 を設けたこと。

【 0 0 5 7 】

なお、( e ) で形成された流路部分に、冷却油ができるだけコイルに均等にかかりコイルと冷却油間の伝熱面積を稼げるように、成形時に流路の内側部分に突起部材を設けてもよい。

【 0 0 5 8 】

また、必要な冷却性能のレベルによっては、コイル巻回部分をモールド外表面から剥き出しにしなくてもコイルの近くに冷却油が流れるように流路が形成されていればよい。

【 0 0 5 9 】

このような構造とすることにより、放熱経路がコイルから冷却油に直接放熱されるようになるため、コイル - 冷却油間の熱抵抗を大幅に低減することができ、モータの効率的な冷却が可能となる。

【 0 0 6 0 】

また、密閉流路を採用しオリフィスを設けることにより、コイルの剥き出し部分の全面積が冷却油と接するため、冷却油、コイル間の伝熱面積が大となり、コイル - 冷却油間の熱抵抗を大幅に低減し、モータのさらに効率的な冷却が可能となる。

【 0 0 6 1 】

さらに、モールド樹脂部 2 およびカバー 6 0 , 7 9 により流路は密閉構造となっているため、ステータ 1 とロータ 3 2 間のエアギャップに冷却油が入り込みにくくなり、冷却油をロータ 3 2 で剪断することによる動力損失を防止することができる。

【 0 0 6 2 】

[ 実施の形態 2 ]

実施の形態 2 は、実施の形態 1 で説明した回転電機の構造において、冷却油の供給量 > 排出量となるように冷却油供給量、流路形状および冷却油排出ポートに設けられたオリフィス 7 8 の断面積を設定するものである。

【 0 0 6 3 】

図 7 は、冷却油の流れについて説明するための図である。

【 0 0 6 4 】

図 7 を参照して、切欠部 7 から冷却油が供給され、図 7 において矢印に示すように流路中を冷却油が流れ、オリフィス 7 8 から排出される。

【 0 0 6 5 】

冷却油供給量を  $Q_{in}$ 、浸漬高さを  $D_1$ 、流量係数を  $C$ 、重力加速度を  $G$ 、初期油面高さを  $h_0$ 、オリフィス 7 8 の断面積を  $B$  とすると、これらの間に下式 ( 1 ) の関係が成立するように各値を決める。

$$Q_{in} = D_1 \cdot C \cdot (G / 2 h_0)^{1/2} \cdot B \quad \dots (1)$$

つまりモールド樹脂部 2 およびカバー 6 0 , 7 9 によって密閉された流路空間を完全に冷却油で埋め、コイル全体を冷却油に浸漬するためには、 $Q_{in} > Q_{out}$  であればよい。また冷却油排出用オリフィス 7 8 から排出される冷却油量  $Q_{out}$  は、( 1 ) 式の右辺で表わされる。したがって、( 1 ) 式を満たすようにステータ冷却構造の各諸元を決めれば、コイル全体を冷却油に浸漬することが可能となり、ステータの冷却性能を一層向上させることができる。

【 0 0 6 6 】

したがって、実施の形態 2 によれば、冷却油の供給量が少ない場合でも、確実にコイル全表面積を冷却油に浸漬することができ、コイル温度を一層低減させることが可能となる。

【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

[ 実施の形態 3 ]

実施の形態 1、実施の形態 2 においては、樹脂モールドから剥き出し状態となっているコイルの部分を冷却油で浸漬状態とすることにより冷却能力を向上させた。しかし、エナメル線、絶縁紙等のモータ構成部材は、冷却油に浸漬された状態で高温になると、冷却油中の微量な水分によって加水分解されることにより、その機械強度や絶縁強度が低下する。

【 0 0 6 8 】

よって冷却性を向上させる上ではできるだけコイルを冷却油中に浸漬しておきたいが、エナメル線や絶縁紙材料の耐油性（耐加水分解性）を向上させなければならないため、それら部材の材料コストがアップしてしまう。

10

【 0 0 6 9 】

実施の形態 3 では、コイルを直接油冷するモータにおいて、コイルの温度に応じてコイルの浸漬レベルを可変にすることにより、エナメル線、絶縁紙等の構成部材の耐油性を極端に向上させることなくとも負荷の厳しい条件での運転や、体格の小型化が可能なモータについて提案するものである。

【 0 0 7 0 】

図 8 は、実施の形態 3 の回転電機 2 0 0 の構成を示すブロック図である。

【 0 0 7 1 】

図 8 を参照して、回転電機 2 0 0 は、コイル浸漬レベル可変ステータ 2 0 2 と、冷却油排出流量制御用コントローラ 2 0 4 と、オイルポンプ 3 6 と、油溜り 4 4 とを含む。

20

【 0 0 7 2 】

コイル浸漬レベル可変ステータ 2 0 2 は、実施の形態 1 で示したコイル密閉構造ステータ 1 と、コイル密閉構造ステータ 1 のステータコイルの温度を検知するコイル温度検知部 2 0 6 と、コイル密閉構造ステータ 1 のオイル排出口に取付けられた電磁弁 2 0 8 とを含む。

【 0 0 7 3 】

コイル温度検知部 2 0 6 は、コイル密閉構造の図 3 で示したコイル近傍またはコイルとコイルの間に温度センサを埋込み樹脂モールドで一体成形することにより固定されている。電磁弁 2 0 8 は、図 1 のカバー 6 0 のオリフィス 7 8 に代えて冷却油排出ポートに組付けられており、電磁弁 2 0 8 に通電しない状態で流路が開状態となり通電した状態で流路が閉状態となっている（ノーマルオープン）。

30

【 0 0 7 4 】

重力方向上部より冷却油を供給すると、流路に剥き出し状態となっているコイルの部分を冷却しながら重力方向下部のポートから排出される。排出ポートには冷却油排出流量を制御するための電磁弁 2 0 8 が組付けられており、コイル温度検知部 2 0 6 からの温度センサ信号 T C O I L に応じて冷却油排出流量制御用コントローラ 2 0 4 から電磁弁 2 0 8 に対してオン/オフの信号が出される。このオン/オフ信号を調整することにより、冷却油のコイル浸漬レベルを可変にすることができる。

【 0 0 7 5 】

図 8 においては、オイルポンプ 3 6 によって冷却油を供給するように示しているが、図 5、図 6 で説明したように、モータハウジングの下部に溜められた冷却油がギヤによってかき上げられ、ケースに設けられた流路を通して重力落下により供給されるような構成を採用してもよい。

40

【 0 0 7 6 】

図 9 は、図 8 の冷却油排出流量制御用コントローラ 2 0 4 で実行される制御を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 7 7 】

図 9 を参照して、まずステップ S 1 において、コントローラ 2 0 4 はコイル温度検知部 2 0 6 から温度センサ信号 T C O I L を取込み、コイル温度 T 1 を計測する。続いてステップ S 2 においてコントローラ 2 0 4 はコイル温度 T 1 がしきい値温度 T \* 以上であるか

50

否かを判断する。

【 0 0 7 8 】

しきい値  $T^*$  はモータ構成部材の耐熱温度から定められる値であり下式 ( 2 ) により求められる。

$$T^* = T_0 - \dots ( 2 )$$

ここで  $T_0$  は、モータ構成部材 ( エナメル線、絶縁紙 ) の耐熱温度であり、 $\Delta$  はマージン値である。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 2 においてコイル温度  $T_1$   $T^*$  であった場合にはステップ S 3 に処理が進む。一方、 $T_1$   $T^*$  でなかった場合には処理は再びステップ S 1 に戻る。

10

【 0 0 8 0 】

ステップ S 3 ではコントローラ 2 0 4 は電磁弁 2 0 8 に対してオン指令を送る。これにより電磁弁 2 0 8 は閉状態となり、コイル浸漬レベルは増加を開始する。そしてステップ S 4 においてコントローラ 2 0 4 中のタイマがスタートする。これにより時間の計測が開始される。

【 0 0 8 1 】

続いてステップ S 5 に進み計測時間  $t$  が計測時間のしきい値  $t_1$  以上であるか否かが判断される。

【 0 0 8 2 】

計測時間のしきい値  $t_1$  は冷却油供給量  $Q$  と密閉部体積  $V$  から式 ( 3 ) により求められる。

20

$$t_1 = V / Q \dots ( 3 )$$

計測時間がしきい値  $t_1$  に至らない間はステップ S 5 で時間待ちを行ない、計測時間が  $t_1$  以上となった場合には処理はステップ S 6 に進む。

【 0 0 8 3 】

ステップ S 6 では、コントローラ 2 0 4 は再びコイル温度検知部 2 0 6 から温度センサ信号  $T_{COIL}$  を取込んでコイル温度  $T_2$  を計測する。

【 0 0 8 4 】

ステップ S 6 の計測が終了するとステップ S 7 に進みコイル温度  $T_2$  が次式 ( 4 ) で定められるしきい値  $T^{**}$  未満であるか否かが判断される。

30

$$T^{**} = T^* - \dots ( 4 )$$

ここで、 $T^*$  はすでに式 ( 2 ) で求めたしきい値であり、 $\Delta$  はマージン値である。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 7 においてコイル温度  $T_2$  がしきい値温度  $T^{**}$  以上である場合にはステップ S 3 に進み、電磁弁をオンさせて閉状態としコイル浸漬レベルを増加させる。

【 0 0 8 6 】

一方ステップ S 7 においてコイル温度がしきい値温度  $T^{**}$  未満である場合には、処理はステップ S 8 に進む。ステップ S 8 では電磁弁をオフさせて開状態にしコイル浸漬レベルを低下させる。ステップ S 8 が終了すると処理はステップ S 9 に進み、ワンサイクルの処理が終了する。

40

【 0 0 8 7 】

たとえば、仮に  $T_0 = 160$ 、 $\Delta = 20$ 、 $\Delta = 40$ 、とすると、コイル温度が  $140$  以上で冷却油排出流量制御用の電磁弁がオンとなり、完全な浸漬状態で冷却することができる。そしてコイル温度が  $120$  以下に下がれば冷却油流出流量制御用の電磁弁がオフ状態となりもとの冷却状態に戻る。

【 0 0 8 8 】

図 9 に示した処理を所定時間ごとに行なうことによりコイル浸漬レベルが調整される。実施の形態 3 においては、実施の形態 1 の冷却構造を有するステータ 1 に対して電磁弁 2 0 8 を取付けている。コイル温度検知部 2 0 6 によって計測されるコイル温度  $T_1$  がしきい値  $T^*$  を超えた場合に電磁弁が閉じて密閉構造部位すべてが冷却油で浸漬された状態と

50

なる。そして、コイル温度がしきい値温度  $T^{**}$  以下のときには電磁弁が開状態となり冷却油がコイル端部を重力落下で流れるだけとなり、この場合冷却油は溜まらない。

【0089】

以上説明したように、実施の形態3で説明した回転電機はコイル温度により剥き出しとなったコイル部分の浸漬状態を変えられるため冷却性能を変化させることができる。そしてコイル温度の高いときのみ完全に浸漬状態とし、それ以外は冷却油の重力落下による冷却程度にしておくことにより、エナメル線、絶縁紙等の構成部材が冷却油にさらされる時間を短くしておくことができる。これにより機械および絶縁強度の低下を少なく抑えることができる。またエナメル線、絶縁紙等の耐油性のレベルを下げることができ構成部材のコストを低減することが可能となる。

10

【0090】

[実施の形態4]

実施の形態4においては、実施の形態3においてコントローラ204が行なう電磁弁の制御が異なる。

【0091】

図10は、実施の形態4においてコントローラ204が行なう制御を説明するためのフローチャートである。

【0092】

図10を参照して、まず処理が開始されるとステップS11においてコントローラ204はコイル温度検知部206の出力する温度センサ信号TCOILを取込んでコイル温度  $T_i$  を計測する。続いてステップS12に処理が進み、コイル温度  $T_i$  がコイル温度しきい値  $T^*$  以上であるか否かが判断される。コイル温度しきい値  $T^*$  については実施の形態3において式(2)を用いて説明したため説明は繰返さない。ステップS12において、 $T_i > T^*$  が成立した場合にはステップS13に処理が進む。一方  $T_i < T^*$  が成立しない場合にはステップS21に処理が進む。

20

【0093】

ステップS21においては、コントローラ204は内蔵するタイマをスタートさせる。そしてこれにより時間  $t$  の計測を開始する。

【0094】

続いてステップS22において計測時間  $t$  が時間しきい値  $t_2$  を超えるか否かが判断され  $t > t_2$  が成立するまで待ち状態になる。

30

【0095】

ステップS22で用いられる計測時間のしきい値  $t_2$  は冷却油供給量  $Q$  と密閉部体積  $V$  から式(5)により求められる。

$$t_2 = V / Q \quad \dots (5)$$

ステップS22において時間  $t > t_2$  が成立した場合にはステップS23に進み、コイル温度  $T_i$  の次の計測により、コイル温度  $T_{i+1}$  が求められる。

【0096】

続いてステップS24において前回計ったコイル温度  $T_i$  とステップS23で計測したコイル温度  $T_{i+1}$  との差分である  $\Delta T$  が計算される。続いてステップS25においてこのコイル温度変化量  $\Delta T$  が所定のしきい値  $T_{th}$  を超えているか否かが判断される。

40

【0097】

ステップS25において  $\Delta T < T_{th}$  が成立しない場合にはステップS11に処理が戻る。一方、ステップS25において  $\Delta T > T_{th}$  が成立した場合にはステップS13に処理が進む。

【0098】

なお、ステップS13～ステップS19においては図9で説明したステップS3～S9とそれぞれ同様な処理が行なわれる。これらについては図9において説明しているので説明は繰返さない。

【0099】

50

以上説明したように実施の形態 4 においてはステップ S 2 1 ~ S 2 4 で示される処理により、コイル温度検知部 2 0 6 によって計測されるコイル温度変化量  $T$  があるしきい値  $T_{th}$  を超えた場合にステップ S 1 3 に進み、密閉構造の流路すべてが冷却油で浸漬された状態となる。これにより冷却能力が向上される。そしてその後コイル温度はしきい値  $T^{**}$  以下のときにステップ S 1 8 において電磁弁が開いた状態となり冷却油が重力落下で流れるだけとなる。

【 0 1 0 0 】

このようにすることで、温度が所定値を超える場合に加え、温度変化が大きい場合にも迅速にコイルを冷却油に浸漬した状態とし冷却性能を向上させることができ、モータ構成部材の焼損を防止することができる。たとえばこのような温度変化が大きい場合としては、車両が急坂道を登る場合や追越し時の急加速を行なう場合のようなコイルへの通電量が大きい場合である。

10

【 0 1 0 1 】

[ 実施の形態 5 ]

実施の形態 5 においては実施の形態 3 の図 8 に示したコントローラ 2 0 4 が行なう制御が実施の形態 3 と異なる。

【 0 1 0 2 】

図 1 1 は、実施の形態 5 においてコントローラ 2 0 4 が行なう制御を説明するためのフローチャートである。

【 0 1 0 3 】

図 1 1 を参照して、ステップ S 3 1 ~ S 3 9 の各々の処理は、図 9 のステップ S 1 ~ S 9 の処理に対応している。

20

【 0 1 0 4 】

図 9 の処理と図 1 1 の処理が異なる点は、ステップ S 3 7 においてコイル温度  $T_2 < T^{**}$  が成立しなかった場合にステップ S 4 1 ~ S 4 6 の処理が実行される点である。したがって、ステップ S 3 1 ~ S 3 9 の各々の処理については、図 9 を用いてそれぞれ対応するステップ S 1 ~ S 9 を説明しているので説明は繰返さない。

【 0 1 0 5 】

図 1 1 においてステップ S 3 7 でコイル温度  $T_2 < T^{**}$  が成立しなかった場合にはステップ S 4 1 に進む。ステップ S 4 1 においてコイル温度  $T_2 - T_{LIM}$  が成立するか否かが判別される。ここで  $T_{LIM}$  はコイル温度のしきい値であり式 ( 6 ) により求められる。

30

$$T_{LIM} = T_0 - \dots ( 6 )$$

ここで  $T_0$  は、モータ構成部材 ( エナメル線、絶縁紙 ) の耐熱温度であり、 $\Delta$  は所定のマージンの値である。

【 0 1 0 6 】

ステップ S 4 1 において  $T_2 - T_{LIM}$  が成立しない場合にはステップ S 3 3 に戻る。一方、ステップ S 4 1 において  $T_2 - T_{LIM}$  が成立した場合にはステップ S 4 2 に進む。ステップ S 4 2 においては図 8 のコントローラ 2 0 4 がステータ 1 に対する出力制限制御を開始する。

40

【 0 1 0 7 】

続いてステップ S 4 3 においてコントローラ 2 0 4 はモータへの電流制限指令値  $I_{COIL}$  を低減させる。電流制限指令値  $I_{COIL}$  は、モータのコイルに流すことが可能なその時点での最大電流を示す制限値である。続いてステップ S 4 4 において、コントローラ 2 0 4 はコイル温度検知部 2 0 6 から温度センサ信号  $T_{COIL}$  を取込んでコイル温度  $T_3$  を計測する。

【 0 1 0 8 】

続いてステップ S 4 5 において、コイル温度  $T_3$  としきい値  $T_{LIM}$  の大小比較が行なわれる。ステップ S 4 5 において  $T_3 < T_{LIM}$  が成立しない場合にはステップ S 4 3 に処理が戻り、モータへの電流制限指令値  $I_{COIL}$  をさらに低減させる。

50

## 【 0 1 0 9 】

一方ステップ S 4 5 において T 3 < T L I M が成立した場合には、処理がステップ S 4 6 に進み出力制限制御を終了する。ステップ S 4 6 の処理が終了するとステップ S 3 6 に処理が進み、コイル温度 T 2 の計測が行なわれる。

## 【 0 1 1 0 】

ステップ S 3 1 ~ S 3 9 の各々の処理については、図 9 を用いてそれぞれ対応するステップ S 1 ~ S 9 を説明しているので説明は繰返さない。

## 【 0 1 1 1 】

以上説明したように、実施の形態 5 においてはコイル温度がモータ構成部材の耐熱温度から決められたしきい値 T \* を超えた場合に電磁弁が閉じた状態となり密閉構造部位すべてが冷却油で浸漬された状態となる。そしてさらにその状態においてコイル温度がしきい値 T L I M を超えるとコントローラ 2 0 4 がステータコイルへの通電量を低減してコイル温度が上昇しないように焼損を防ぐ。

10

## 【 0 1 1 2 】

たとえば仮に T 0 = 1 6 0 、 = 2 0 、 = 4 0 、 = 5 とすると、コイル温度が 1 4 0 以上で図 8 の電磁弁 2 0 8 が閉じた状態となりコイルが冷却油にすべて浸漬された状態で冷却が行なわれるようになる。そしてコイル温度が 1 2 0 以下に下がれば電磁弁 2 0 8 が開いた状態となり元の冷却状態に戻る。一方コイル温度が 1 5 5 以上となるとコントローラ 2 0 4 はステータ 1 のコイルに流れる電流を制限するモータ出力制限制御を開始し発熱自体を低減させる。

20

## 【 0 1 1 3 】

このようにすることで実施の形態 5 においてはコイル浸漬レベルを可変に制御することが可能となり冷却能力をコイルの状態に応じて変えることができる。そしてさらにコイルが冷却油にすべて浸漬されている状態による向上した冷却性能でも冷却能力が足りない場合にはモータ出力制限を行なうことによりモータ構成部材の焼損を完全に防止することができる。

## 【 0 1 1 4 】

## [ 実施の形態 6 ]

実施の形態 3 ~ 実施の形態 5 においてはステータコイルの近くにコイル温度センサを設けてコイル温度の検知を行っていた。しかしながら、コイルに電流が通電されコイルの温度が上昇し、これがモールド樹脂を伝わって温度センサがこれを検知するまでには樹脂中の熱伝達や温度センサの反応速度に起因する多少の時間遅れが存在する。コイルの温度上昇が予めわかる場合にはなるべく早くコイル冷却能力を増大させてやる方が望ましい。

30

## 【 0 1 1 5 】

図 1 2 は、実施の形態 6 の回転電機 3 0 0 の構成を示すブロック図である。

## 【 0 1 1 6 】

図 1 2 を参照して、回転電機 3 0 0 は、車両状態計測センサ 3 0 4 と、コイル温度推定部 3 0 6 と、冷却油排出流量制御用コントローラ 2 0 4 と、コイル浸漬レベル可変ステータ 3 0 2 に冷却油を供給するオイルポンプ 3 6 と、コイル浸漬レベル可変ステータ 3 0 2 から排出される冷却油を受ける油溜り 4 4 とを含む。

40

## 【 0 1 1 7 】

車両状態計測センサ 3 0 4 は、潤滑油温度検知部 3 0 8 と、シフトポジションセンサ 3 1 0 と、スロットルセンサ 3 1 2 と、車速センサ 3 1 4 と、ブレーキスイッチ 3 1 6 とを含む。コイル浸漬レベル可変ステータ 3 0 2 は、実施の形態 1 で説明したコイル密閉構造を有するステータ 1 と、ステータ 1 のオイル排出口にオリフィスの代わりに組付けられた電磁弁 2 0 8 とを含む。

## 【 0 1 1 8 】

車両状態計測センサ 3 0 4 は、内蔵する各センサが検知した車両の状態を示す信号 S T A T E を出力する。コイル温度推定部 3 0 6 は信号 S T A T E を受けて推定したコイルの温度を示す信号 T C O I L を出力する。コントローラ 2 0 4 は、計算により求められたコ

50

イル温度に応じて電磁弁 208 のオン/オフを行なう。なお、コイル密閉構造ステータ 1 は、図 1 ~ 図 3 でその形状は説明しているため説明は繰返さない。

【0119】

図 13 は、コイル温度推定部 306 がコイル温度を推定する処理を示したフローチャートである。

【0120】

コイル温度推定部 306 は、市販車に一般的に設置されているシフトポジションセンサ 310、スロットルセンサ 312、車速センサ 314、ブレーキスイッチ 316 および潤滑油温度検知部 308 などの車両状態信号をもとにしてコイル温度を計算する。また、コイル温度推定部は、実際にはコントローラ 204 あるいはモータ制御用コントローラ内のプログラムの一部として書込まれているが、図 12 においては理解の容易のためコイル温度推定部 306 をコントローラ 204 と独立したものとして図示している。

【0121】

図 13 を参照して、まずコイル温度推定部 306 はステップ S51 において次式 (7) によりモータ発生熱量を計算する。

$$Q_{in}(T) = f(V(t), Trq(T)) \quad \dots (7)$$

ここで  $Q_{in}$  はモータ発生熱量、 $V$  はモータ回転数、 $Trq$  はモータトルクである。なおモータ発生熱量  $Q_{in}$  については、モータ回転数  $V$ 、モータトルク  $Trq$  の関数で予めマップとして記憶されており、このマップからモータ発生熱量を読み出すのが関数  $f$  である。

【0122】

続いてステップ S52 において次式 (8) に従いコイルからの放熱量  $Q_{out}$  を求める。

$$Q_{out}(t) = K_2(T_{coil}(t) - T_c(t)) \quad \dots (8)$$

ここで  $Q_{out}$  はコイルからの放熱量、 $K_2$  は電熱係数、 $T_c$  はコア温度、 $T_{coil}$  はコイル温度である。

【0123】

続いてステップ S53 において次式 (9) によってコイル温度上昇量を計算する。

$$T(t) = (Q_{in}(t) - Q_{out}(t)) / K_1 \quad \dots (9)$$

ここで  $T$  はコイル温度上昇量、 $Q_{out}$  はコイルからの放熱量であり、 $K_1$  はコイルの熱容量である。

【0124】

続いてステップ S54 において次式 (10) によりコイル温度  $T_{coil}$  を計算する。

$$T_{coil} = T_i + T(t) \quad \dots (10)$$

ここで  $T_i$  は初期温度である。

【0125】

最後にステップ S55 に進みコイル温度推定処理は終了する。図 13 に示すフローチャートの処理を繰り返し行なうことで現時点でのコイル温度  $T_{coil}$  を求めることができる。

【0126】

図 14 は、図 12 のコントローラ 204 で実行される処理を示したフローチャートである。

【0127】

図 14 のステップ S61 ~ ステップ S75 は、それぞれ図 10 で説明したフローチャートのステップ S11 ~ ステップ S25 に対応している。図 14 のフローチャートが図 10 のフローチャートと異なる点は、ステップ S61 においてコイル温度が計測される代わりにコイル温度推定部 306 によって初期コイル温度  $T_i$  が演算されている点と、ステップ S73 において同様にコイル温度推定部 306 によってコイル温度  $T_{i+1}$  が演算されている点である。他の部分の処理については、図 14 に示したフローチャートは、図 10 のフローチャートの各ステップと同様な処理を行なうためその説明は繰返さない。

## 【 0 1 2 8 】

このように実施の形態 6 で説明した回転電機は、まずコイル温度によりコイルのオイルに浸漬される状態を変えられるため、冷却性能を変えることができる。そしてコイル温度の高いときのみ完全にコイルを冷却油に浸漬状態とし、それ以外は冷却油の重力落下による冷却程度にしておけば、エナメル線、絶縁紙等の構成部材が冷却油にさらされる時間が短くなるため、機械および絶縁強度の低下を抑えることができる。このため、エナメル線、絶縁紙等の構成部材の耐油性の要求レベルが下がるので、コストを低減することができる。

## 【 0 1 2 9 】

加えてコイル部分に取付ける温度検知用サーミスタが不要となるのでコスト低減を図ることができる。また温度検知用サーミスタの応答遅れの問題もないので、コイル温度が上昇し過ぎる前に冷却能力を速やかに高めることが可能となる。

10

## 【 0 1 3 0 】

## [ 実施の形態 7 ]

実施の形態 1 ~ 実施の形態 6 においては、重力方向上側から冷却油を供給し下側の排出口から排出する構造について説明してきた。これに対して実施の形態 7 においては冷却油を重力方向下側から供給し、コイル全体を冷却油で浸漬状態として重力方向上側から排出する構造を採用するステータについて説明する。

## 【 0 1 3 1 】

図 15 は、実施の形態 7 において用いられるステータ 400 の正面図である。

20

## 【 0 1 3 2 】

図 16 は、図 15 の X V I - X V I 断面における断面図である。

## 【 0 1 3 3 】

図 15、図 16 を参照して、実施の形態 7 で用いられるステータ 400 は、図 1 ~ 図 3 で説明したステータ 1 の構成において、カバー 60、79 に代えてカバー 406、408 が用いられている。カバー 406 は、カバー 60 のオリフィス 78 があった部分に冷却油供給ポートが設けられている。またカバー 406 の重力方向上部には冷却油排出ポート 402 が設けられている。

## 【 0 1 3 4 】

また樹脂部 2 に代えて樹脂部 410 が用いられている。樹脂部 410 は、樹脂部 2 に設けられていた図 3 の切欠き 7 が設けられておらず壁部 3 が外周の一周にわたりつながっている点が樹脂部 2 とは異なる。なおカバー 408 についてもカバー 406 と同様な構造となっている。他のステータ 400 の構成については、図 1 ~ 図 3 で説明したステータ 1 と同様であるのでその説明は繰返さない。

30

## 【 0 1 3 5 】

ステータ 400 は、コイルの巻回部分の一部分を樹脂モールド外表面から剥き出しとなるようにしている。そしてカバー 406 に冷却油供給ポートを下部に設け、冷却油排出ポートを上部に設けている。そしてモールド樹脂部 410 とカバー 406、408 によって、剥き出しとなっているコイルの部分は密閉構造のオイル流路内部にあることになる。なおモールド樹脂部 410 とカバー 406、408 との間はリングやガスケットなどによりシールすることが好ましい。

40

## 【 0 1 3 6 】

重力方向下部より冷却油を供給すると、オイル流路は完全に冷却油で浸漬状態となり、そして重力方向上部の排出ポート 402 から冷却油が排出される。射出成型により樹脂部 410 を形成し、冷却油供給ポートには冷却油供給用ポンプが停止状態にあるときにもコイルが冷却油で浸漬された状態を維持できるようにボールおよびスプリングからなる逆止弁であるチェックバルブ 404 を設けてもよい。

## 【 0 1 3 7 】

また、必要な冷却性能のレベルによっては、コイルの剥き出し部分は図 3 で示したように剥き出し状態でなくても冷却油がコイルの近傍を通過するようにしておく程度でもよい

50

。

## 【 0 1 3 8 】

実施の形態 7 のステータを採用すれば、コイル巻回部の剥き出し状態となっている部分のすべてが冷却油を接するため、冷却油とコイルとの間の伝熱面積が大となり、コイル - 冷却油間の熱抵抗を大幅に低減することができモータの効率的な冷却が可能となる。

## 【 0 1 3 9 】

また樹脂モールドおよびカバーにより冷却油が流れる流路は密閉構造となっているため、ステータとロータ間のエアギャップに冷却油が入り込むことを防止でき、これにより発生する動力損失を低減することができる。

## 【 0 1 4 0 】

加えて、下方の供給口から上方の排出口に向けてオイルを流す構造とすれば、オイルの時間当り供給量が少ない場合やオイル供給がしばしば停止する場合においてもコイルの露出部分を完全に冷却油に浸漬した状態に保持しておくことができモータの冷却効率が一層向上する。

## 【 0 1 4 1 】

[ 実施の形態 8 ]

図 1 7 は、実施の形態 8 で用いられるステータ 5 0 0 の正面図である。

## 【 0 1 4 2 】

図 1 8 は、図 1 7 の X V I I I - X V I I I 断面における断面図である。

## 【 0 1 4 3 】

図 1 7、図 1 8 を参照して、ステータ 5 0 0 は、図 1 5、図 1 6 で説明したステータ 4 0 0 の構成においてカバー 4 0 6、4 0 8 に代えてカバー 5 0 2、5 0 4 を含む。また樹脂部 4 1 0 に代えて図 2、図 3 で説明した樹脂部 2 を含む。

## 【 0 1 4 4 】

他の部分の構成については、実施の形態 7 で説明したステータ 4 0 0 と実施の形態 8 のステータ 5 0 0 は同様な構成を有するため説明は繰返さない。

## 【 0 1 4 5 】

カバー 5 0 2 は図 1 5 のカバー 4 0 6 に設けられていた冷却油排出ポート 4 0 2 が設けられていない。その代わりに樹脂部 2 の上部には切欠きが設けられ、冷却油排出用のオーバフローポート 5 0 6、5 0 8 が形成されている。

## 【 0 1 4 6 】

図 1 9 は、オーバフローポートからの冷却油の浸透を説明するための図である。

## 【 0 1 4 7 】

図 1 9 に示すように、ステータ 4 0 0 は、ケースに収容されており、ケース上部 5 1 0 およびケース下部 5 1 2 とステータコアとの間には僅かな隙間（約 7 0 μ m）が存在する。オーバフローポート 5 0 6、5 0 8 から排出された冷却油はケース上部 5 1 0 とステータコア間の空隙に浸透していく。これにより、その空隙が空気で満たされている場合に比べてコアからケースに対しての熱抵抗が低減される。

## 【 0 1 4 8 】

図 2 0 は、オーバフローポートから排出されたオイルの流れについて説明するための図である。

## 【 0 1 4 9 】

図 2 0 に示すように、オーバフローポート 5 0 6、5 0 8 から排出された冷却油は樹脂モールド外径の円筒面を伝って重力によって下方に落下していく。実施の形態 8 のステータ 5 0 0 は、図 3 で示したようにコイル巻回部の一部をモールド外表面から剥き出し状態としている。そして射出成型時にモールド断面形状に溝を設けてそれをカバーで蓋をすることにより密閉構造のオイル流路を設けている。モールドとカバー間は O リングやガスケットなどによりシールをすることが好ましい。

## 【 0 1 5 0 】

そして成型によりモールドの重力方向上側に切欠き形状を設けてそこからオイルを排出

10

20

30

40

50

するようにしている。なお、この切欠きはカバー部分に設けてもよい。

【0151】

さらに、カバーの外径寸法 > 樹脂モールド外径寸法とすることにより、オーバフローした冷却油が確実にモールド外径円筒面を図20に示すように流れるようにしている。

【0152】

重量方向下部より冷却油を供給するとコイルの剥き出し部分は完全に冷却油で浸漬状態となり、重力方向上部のモールド切欠きより冷却油がオーバフローする。

【0153】

オーバフローした冷却油の一部はコアとケース間の空隙を毛細管現象で充填する。そして残りはモールド外径の円筒面を図20で示すように冷却しながら落下する。冷却油供給ポートには、冷却油供給用ポンプ(図示せず)が停止状態にあるときにもコイル巻回部の剥き出し部分が冷却油で浸漬した状態を保持できるように図17、図18に示すようにボール、スプリングからなるチェックバルブ404を付けることが好ましい。

10

【0154】

モールドで形成された樹脂部には、冷却油ができるだけコイルに均等にかかりコイルと冷却油間の伝熱面積を稼げるように、樹脂モールドを成型するときに突起部材をオイル流路中に設けてもよい。

【0155】

なお、必要な冷却性能のレベルによっては、コイルの剥き出し部分は設けなくてもコイルの近傍をオイルが通過するように流路を設けることで代えてもよい。

20

【0156】

従来の構成では、モールド外径の円筒面からの放熱は空気を介して熱伝達されていたため、放熱効果はあまり期待できなかったが、放熱は空気を介さずに冷却油を介して熱伝達によってモールドからケースに対して行なわれる。このため空気であった場合に比べモールド外径の円筒面からは約10倍の放熱効果が上がる。したがってモータの効率的な冷却が可能となる。

【0157】

また、オーバフローした冷却油がコアとケースとの間に供給されることにより、コアとケース間の熱抵抗が大幅に下がるため、コイルが発熱しコアからケースへの経路の放熱量が増えるため、コイル温度を低く抑えることが可能となる。コアとケース間が空気の場合に比べて熱抵抗が5分の1になり約5倍の放熱効果が期待できる。

30

【0158】

さらに、コアとケース間の空隙への油供給路が不要となるので、ケース構造を簡素化することができる(従来、コアとケース間の熱伝達効率をよくするためにケースに油供給路を設けたものも見られるが、図20で示すような流れを作れば、ケース構造を簡素化しても同様の効果が期待できる。)

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

40

【図面の簡単な説明】

【0159】

【図1】本発明の実施の形態1に用いられるステータ1の正面図である。

【図2】図1のII-II断面における断面図である。

【図3】図2においてカバー60を外してIII-III方向から見た図である。

【図4】ステータ1の上部に設けられた切欠部にオイルを供給する構成を説明するための図である。

【図5】オイルを供給する他の構成を説明するための図である。

【図6】図5におけるVI-VI面における断面図である。

【図7】冷却油の流れについて説明するための図である。

50

【図 8】実施の形態 3 の回転電機 200 の構成を示すブロック図である。

【図 9】図 8 の冷却油排出流量制御用コントローラ 204 で実行される制御を説明するためのフローチャートである。

【図 10】実施の形態 4 においてコントローラ 204 が行なう制御を説明するためのフローチャートである。

【図 11】実施の形態 5 においてコントローラ 204 が行なう制御を説明するためのフローチャートである。

【図 12】実施の形態 6 の回転電機 300 の構成を示すブロック図である。

【図 13】コイル温度推定部 306 がコイル温度を推定する処理を示したフローチャートである。

10

【図 14】図 12 のコントローラ 204 で実行される処理を示したフローチャートである。

【図 15】実施の形態 7 において用いられるステータ 400 の正面図である。

【図 16】図 15 の X V I - X V I 断面における断面図である。

【図 17】実施の形態 8 で用いられるステータ 500 の正面図である。

【図 18】図 17 の X V I I I - X V I I I 断面における断面図である。

【図 19】オーバフローポートからの冷却油の浸透を説明するための図である。

【図 20】オーバフローポートから排出されたオイルの流れについて説明するための図である。

20

【符号の説明】

【0160】

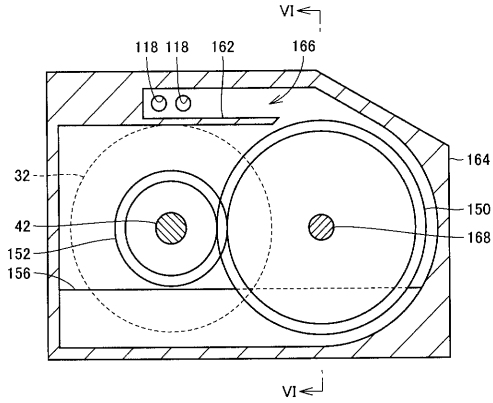
1, 400, 500 ステータ、2, 410 モールド樹脂部、3, 5 壁部、6, 7 切欠部、8, 8A~8E ステータコア、11~22 コイル、30 溝部、32 ロータ、34 モータケース、36 オイルポンプ、38, 40 ボールベアリング、42 回転軸、46 オイル吸込路、48 オイル吐出路、50 回転電機、51, 52 オイル吐出口、53, 61~67, 70~77 ボルト、60, 79, 406, 408, 502, 504 カバー、78 オリフィス、118 冷却油供給口、150 ギヤ、152 出力ギヤ、154, 158 油室、156 隔壁、160 絞り油路、162 油受け板、164 ギヤボックス、166 空間、168 回転軸、200, 300 回転電機、202, 302 コイル浸漬レベル可変ステータ、204 コントローラ、206

30

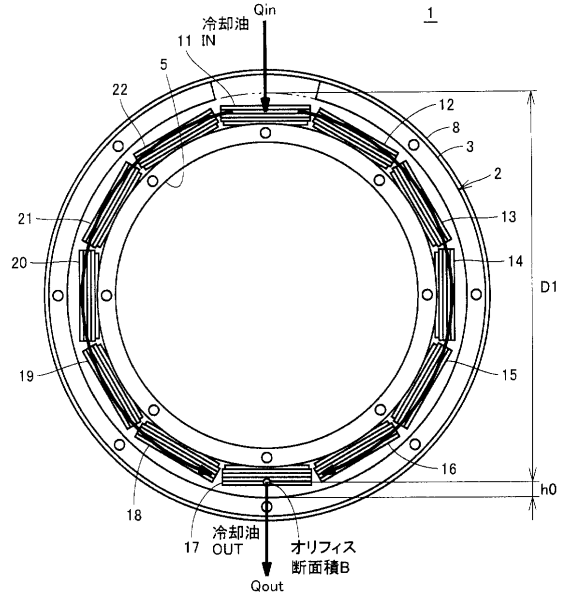
コイル温度検知部、208 電磁弁、304 車両状態計測センサ、306 コイル温度推定部、308 潤滑油温度検知部、310 シフトポジションセンサ、312 スロットルセンサ、314 車速センサ、316 ブレーキスイッチ、402 排出ポート、404 チェックバルブ、506, 508 オーバフローポート、510 ケース上部、512 ケース下部。



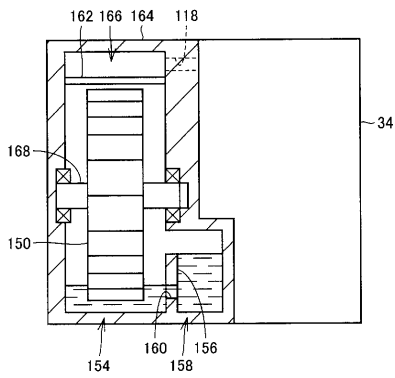
【図5】



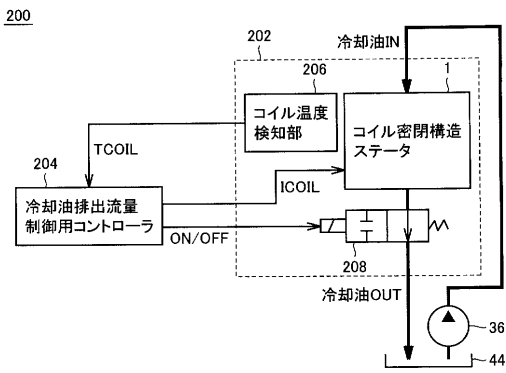
【図7】



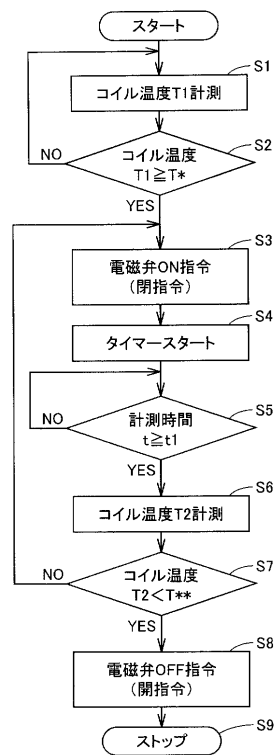
【図6】



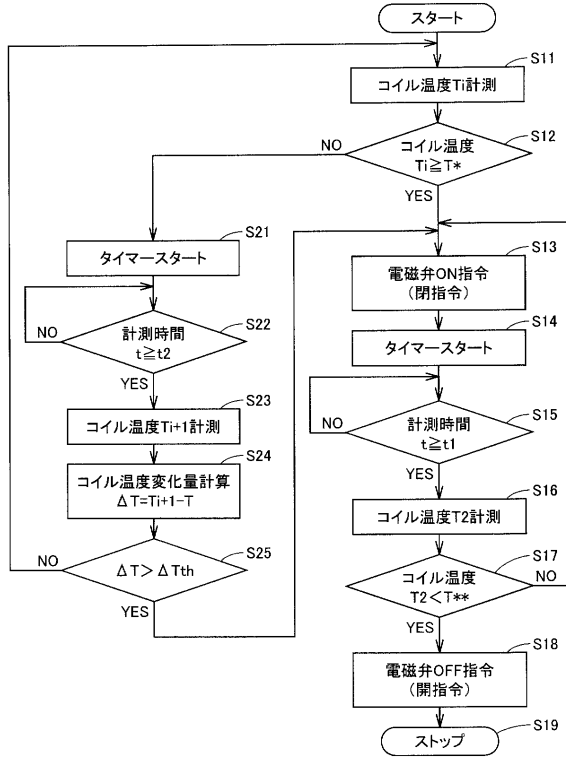
【図8】



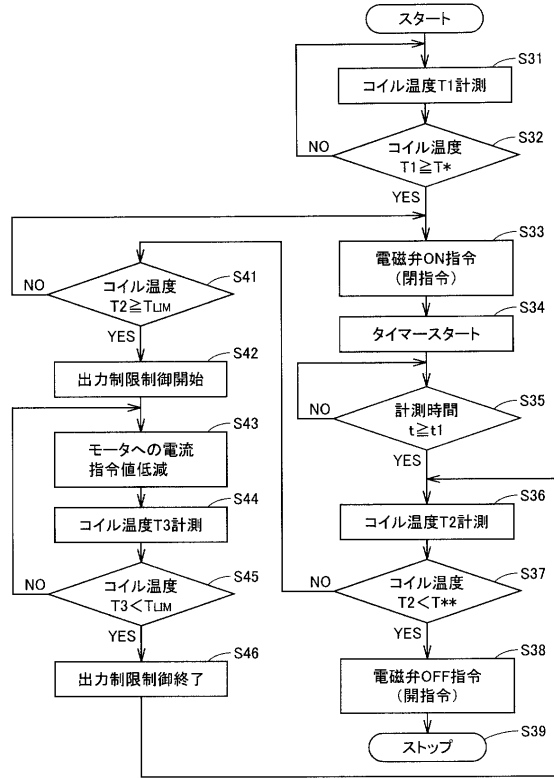
【図9】



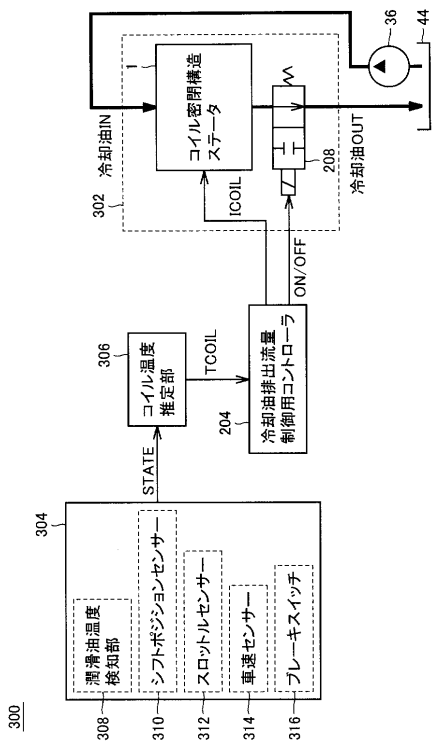
【図10】



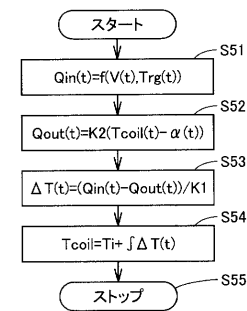
【図11】



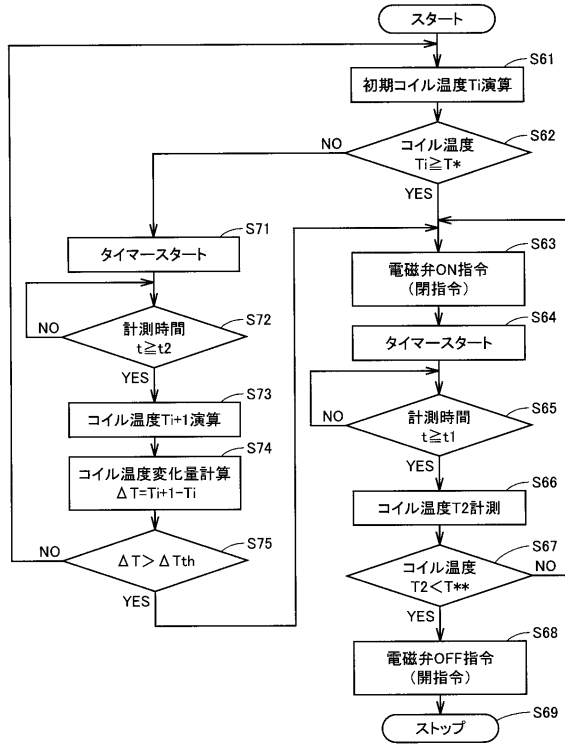
【図12】



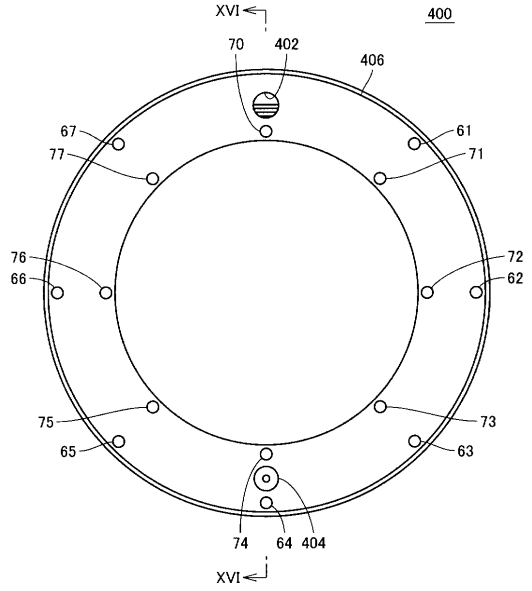
【図13】



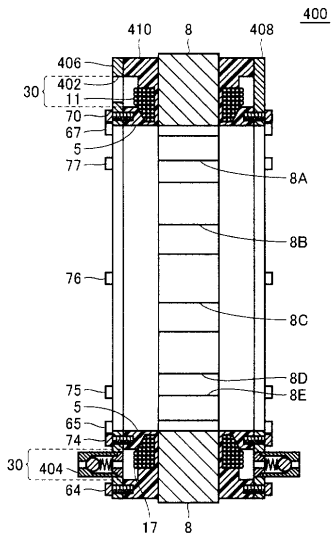
【図14】



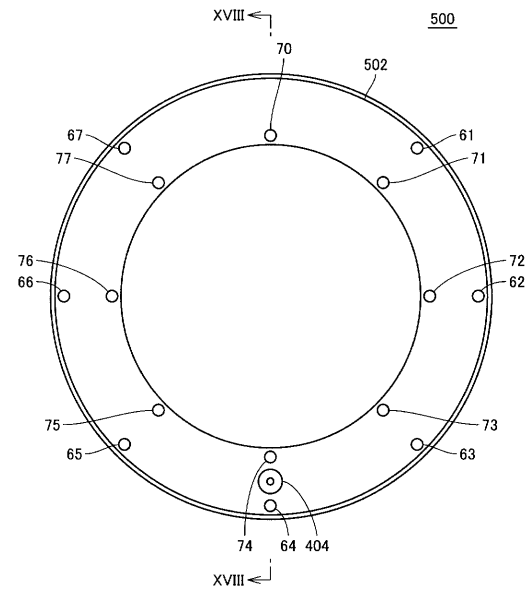
【図15】



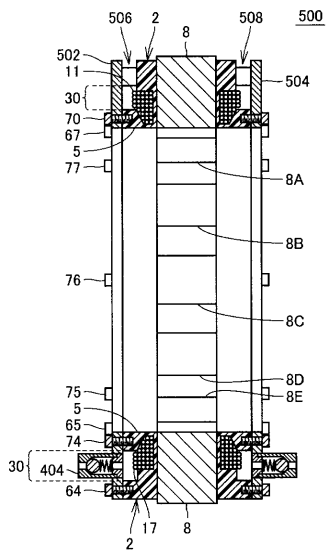
【図16】



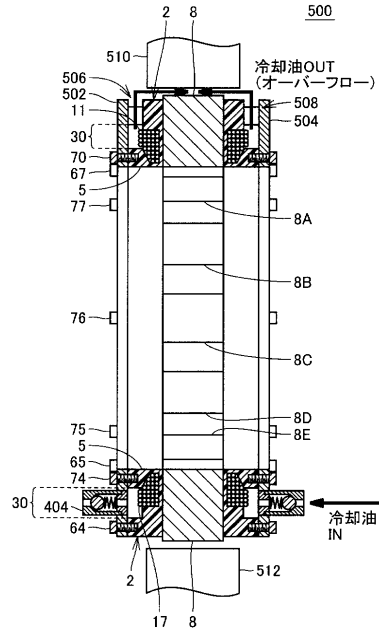
【図17】



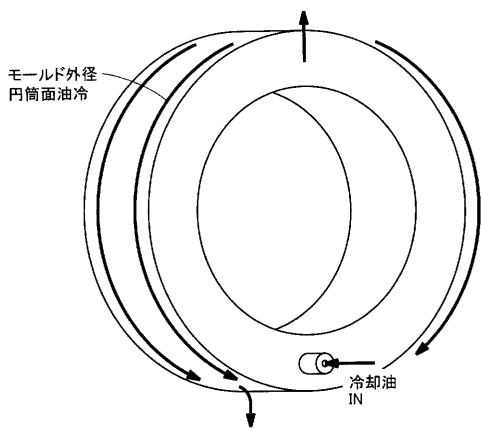
【図18】



【図19】



【図20】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 284691 (JP, A)  
特開2004 - 357458 (JP, A)  
特開2004 - 257594 (JP, A)  
国際公開第2004 / 019468 (WO, A1)  
特開平05 - 169985 (JP, A)  
特開2004 - 048877 (JP, A)  
実開昭60 - 156860 (JP, U)  
特開2004 - 215353 (JP, A)  
特開2000 - 197311 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 9/00 - 9/28