



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

電動モータと、この電動モータの回転を減速して車輪に伝達する減速機と、この減速機に潤滑油を供給する潤滑油供給機構と、前記電動モータを制御する制御装置とを備えたモータ駆動装置において、

前記減速機の潤滑油路に、潤滑油の温度を検出する潤滑油温センサを設け、前記電動モータにおけるステータに、モータコイルの温度を検出するコイル温度センサを設け、前記電動モータの回転速度を検出する回転速度検出センサを設け、

前記制御装置は、

前記潤滑油温センサの異常を検出する異常検出手段と、

10

この異常検出手段により前記潤滑油温センサの異常を検出したとき、前記コイル温度センサで検出される温度、および前記回転速度検出センサで検出される回転速度を用いた定められた関係に基づいて前記潤滑油の温度を推定する潤滑油温推定手段と、を有することを特徴とするモータ駆動装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載のモータ駆動装置において、前記異常検出手段は、前記潤滑油温センサで検出される潤滑油の温度が定められた温度の上下限值から外れたとき、前記潤滑油温センサの異常と判定するモータ駆動装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のモータ駆動装置において、前記潤滑油温推定手段は、前記回転速度検出センサで検出される電動モータの回転速度が定められた回転速度以上のとき、前記潤滑油の温度を推定するモータ駆動装置。

20

## 【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置において、前記潤滑油温推定手段は、前記コイル温度センサで検出されるモータコイルの温度に、前記回転速度検出センサで検出される回転速度に応じた補正値を乗じて前記潤滑油の温度を推定するモータ駆動装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置において、前記制御装置は、前記潤滑油温推定手段で推定された潤滑油の温度が閾値を超えたとき、前記電動モータの電流を制限するモータ出力制限手段を有するモータ駆動装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、モータ駆動装置に関し、潤滑油温センサの異常時に潤滑油の温度を推定するフェールセーフの技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

モータ駆動装置として、減速機、モータおよび車輪用軸受を有するインホイールモータ駆動装置がある。このインホイールモータ駆動装置において、センサ出力等に基づいてモータの出力制限を行う技術(1)~(4)が提案されている。

40

## 【0003】

(1)この技術では、インホイールモータの過負荷状態を簡単に確認できる技術として、車輪用軸受、モータ、および減速機から構成されるユニットの温度として、モータステータ、モータロータ、潤滑油、モータケースのいずれかの温度を測定し、その時間微分が規定値を超えた時点でモータの出力制限を行うことが提案されている。また入口温度、出口温度、流量、比熱から発熱量または放熱量を推定し、ある基準値から外れた時点で異常と判断し、モータの出力制限を行う(特許文献1)。

## 【0004】

(2)この技術では、減速機から流れ出る潤滑油の温度をより正確に検出する技術とし

50

て、減速部から潤滑油タンクに潤滑油を排出する排出油路または潤滑油タンクに温度センサを配置し、潤滑油温がある規定値以上となったときに、モータの出力制限を行う（特許文献2）。

【0005】

(3) この技術では、インホイールモータ駆動装置の潤滑油の温度を測定するセンサとモータステータのコイル温度を測定するセンサを設け、いずれかの温度測定値が第1の閾値を超え、さらに第2の閾値を超えた時点で、モータの出力制限を行う（特願2014-013290）。

(4) この技術では、モータコイルの異常検出を行う技術および異常検出時の対処技術として、異常が発生した側とは異なるもう一方の検出値を基準として、モータの出力制限を行う（特願2014-229464）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-168790号公報

【特許文献2】特開2015-64048号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

先行技術(1)、(2)および(3)では、潤滑油またはモータコイルの温度を測定し、測定値が閾値以上のときにモータの出力制限を行っているが、センサ自体に異常が発生したときの対応については記載されていない。

先行技術(4)では、異常検知したセンサとは異なるもう一方(二輪の駆動輪のうち、異常判定されていない側)の検出値を代替りの測定値として、その測定値以上の出力を入力しないように制御することが記載されている。しかし、モータコイル温度に限定しており、潤滑油については記載されていない。

【0008】

このように、モータコイル温度、モータロータ温度、潤滑油温、ハウジング温度等の個別の温度を測定し、それぞれの測定温度がある閾値以上になった時点で、出力制限を行うことは種々提案されている。しかし、いずれかのセンサに異常が発生したときの対応、特に潤滑油の温度を測定する潤滑油温センサに異常が発生したときの対応について、先行技術に記載されているものはない。前記のように潤滑油温センサに異常が発生すると、減速機の過負荷領域において正確な油温検知ができず、減速機に異常が発生する可能性がある。

【0009】

この発明の目的は、潤滑油温センサの異常時に潤滑油の温度を推定し、この推定温度からこのモータ駆動装置を搭載した車両が安全に修理可能な場所等まで移動することができるモータ駆動装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この発明のモータ駆動装置は、電動モータ1と、この電動モータ1の回転を減速して車輪に伝達する減速機2と、この減速機2に潤滑油を供給する潤滑油供給機構Jkと、前記電動モータ1を制御する制御装置U1とを備えたモータ駆動装置において、

前記減速機2の潤滑油路29に、潤滑油の温度を検出する潤滑油温センサSbを設け、前記電動モータ1におけるステータ9に、モータコイル78の温度を検出するコイル温度センサSaを設け、前記電動モータ1の回転速度を検出する回転速度検出センサScを設け、

前記制御装置U1は、

前記潤滑油温センサSbの異常を検出する異常検出手段41と、

この異常検出手段41により前記潤滑油温センサSbの異常を検出したとき、前記コイ

10

20

30

40

50

ル温度センサ S a で検出される温度、および前記回転速度検出センサ S c で検出される回転速度を用いた定められた関係に基づいて前記潤滑油の温度を推定する潤滑油温推定手段 4 2 と、

を有することを特徴とする。

前記定められた関係は、試験やシミュレーション等の結果により定められる。

なお、この明細書において「回転速度」とは、単位時間当たりの回転数と同義である。以後、単位時間当たりの回転数を、単に「回転数」という場合がある。

#### 【0011】

この構成によると、潤滑油温センサ S b は、この潤滑油温センサ S b の正常時において、減速機 2 の潤滑油路 2 9 に存在する潤滑油の温度を検出する。ここで、潤滑油温センサ S b を設ける目的は、減速機 2 の温度状態を把握することにより、減速機 2 の過負荷運転を防止することである。異常検出手段 4 1 は潤滑油温センサ S b の異常を検出する。潤滑油温推定手段 4 2 は、潤滑油温センサ S b の異常時において、コイル温度センサ S a で検出される温度および回転速度検出センサ S c で検出される回転速度を用いた定められた関係に基づいて前記潤滑油の温度を推定する。この推定温度は、正常時に潤滑油温センサ S b で検出される温度よりも検出精度が劣るものの、減速機 2 の温度状態を把握するには必要十分である。潤滑油温センサ S b に異常が生じた場合においても、潤滑油温推定手段 4 2 で推定された温度で減速機 2 の温度状態を把握することにより、減速機 2 の過負荷運転を防止することができる。したがって、このモータ駆動装置を搭載した車両が安全に修理可能な場所等まで移動することができる。

10

20

#### 【0012】

前記異常検出手段 4 1 は、前記潤滑油温センサ S b で検出される潤滑油の温度が定められた温度の上下限值から外れたとき、前記潤滑油温センサ S b の異常と判定しても良い。

前記上下限値は、上限値および下限値を含む。前記定められた温度の上下限値は、試験やシミュレーション等の結果により定められる。

#### 【0013】

潤滑油温センサ S b には、例えば、抵抗を利用したセンサが用いられる。このセンサは、抵抗にある一定の電流を流したときの抵抗の温度変化を電圧値で検知している。センサの機械的な異常の代表例である断線に対する異常検知は、定められた温度の上限値に対して大きいまたは下限値よりも小さいときに、センサに断線があると判断される。

30

#### 【0014】

前記潤滑油温推定手段 4 2 は、前記回転速度検出センサ S c で検出される電動モータ 1 の回転速度が定められた回転速度以上のとき、前記潤滑油の温度を推定しても良い。

前記定められた回転速度は、試験やシミュレーション等の結果により定められる。

#### 【0015】

モータ駆動装置の損失は、各部の損失が合算された損失となる。減速機 2 の損失は、例えば、軸受部の転がり抵抗、摺動部の摺動抵抗が主な損失であり、両者共に軸受諸元や減速機内部の隙間が定まれば、回転数に依存した損失となる。また電動モータ 1 の損失は、鉄損、銅損、および機械損が主な損失となる。銅損はコイル電流に依存し、鉄損はコイル電流と回転数に依存し、機械損は回転数に依存している。そのため、低回転高トルク領域での損失は、銅損が損失の大部分を占め、高回転低トルク領域では、鉄損および減速機損失が損失の大部分を占めることになる。これより、減速機が過負荷状態となり熱的に不利な状況になるのは、高速域全般である。

40

したがって、減速機 2 が熱的に不利な状況にあると考えられる定められた回転速度以上のとき、潤滑油の温度を推定することで、減速機 2 の温度状態を木目細かく把握することができる。これにより、減速機 2 の過負荷運転を防止することができる。

#### 【0016】

前記潤滑油温推定手段 4 2 は、前記コイル温度センサ S a で検出されるモータコイル 7 8 の温度に、前記回転速度検出センサ S c で検出される回転速度に応じた補正値を乗じて前記潤滑油の温度を推定しても良い。

50

前記補正值は、試験やシミュレーション等の結果により定められる。

前記潤滑油温推定手段42は、前記回転速度検出センサScで検出される回転速度に応じた補正值を定めた補正マップを有し、前記コイル温度センサSaで検出されるモータコイル78の温度に、前記補正マップの補正值を付加して前記潤滑油の温度を推定しても良い。

前記補正值は、試験やシミュレーション等の結果により定められる。

【0017】

前記制御装置U1は、前記潤滑油温推定手段42で推定された潤滑油の温度が閾値を超えたとき、前記電動モータ1の電流を制限するモータ出力制限手段49を有するものとしても良い。

10

前記閾値は、試験やシミュレーション等の結果により定められる。

この場合、電動モータ1に過負荷が生じることを防止できると共に、潤滑油の温度上昇を抑えて減速機2に異常が生じることを未然に防止することができる。

【発明の効果】

【0018】

この発明のモータ駆動装置は、電動モータと、この電動モータの回転を減速して車輪に伝達する減速機と、この減速機に潤滑油を供給する潤滑油供給機構と、前記電動モータを制御する制御装置とを備えたモータ駆動装置において、前記減速機の潤滑油路に、潤滑油の温度を検出する潤滑油温センサを設け、前記電動モータにおけるステータに、モータコイルの温度を検出するコイル温度センサを設け、前記電動モータの回転速度を検出する回転速度検出センサを設け、前記制御装置は、前記潤滑油温センサの異常を検出する異常検出手段と、この異常検出手段により前記潤滑油温センサの異常を検出したとき、前記コイル温度センサで検出される温度、および前記回転速度検出センサで検出される回転速度を用いた定められた関係に基づいて前記潤滑油の温度を推定する潤滑油温推定手段とを有する。このため、潤滑油温センサの異常時に潤滑油の温度を推定し、この推定温度からこのモータ駆動装置を搭載した車両が安全に修理可能な場所等まで移動することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】この発明の実施形態に係るモータ駆動装置の断面図である。

【図2】図1のII-II線断面となる減速機部分の断面図である。

30

【図3】図2の部分拡大図である。

【図4】図1のIV-IV線断面となるモータ部分の断面図である。

【図5】図4のA部を拡大して示す部分拡大図である。

【図6】同モータ駆動装置の制御系のブロック図である。

【図7】同モータ駆動装置の潤滑油温センサの異常判定例を示す図である。

【図8】同モータ駆動装置の潤滑油温の推定例を示すフローチャートである。

【図9】同モータ駆動装置を搭載した車両の概略構成を示す図である。

【図10】この発明の他の実施形態に係るモータ駆動装置を搭載した車両の概略構成を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0020】

この発明の実施形態に係るモータ駆動装置を図1ないし図9と共に説明する。図1に示すように、このモータ駆動装置は、車輪を駆動する電動モータ1と、この電動モータ1の回転を減速する減速機2と、この減速機2の入力軸3（減速機入力軸3と称す）と同軸の出力部材4によって回転される車輪用軸受5とを備える。これら電動モータ1、減速機2、および車輪用軸受5は、互いに一つの組立部品であるインホイールモータ駆動装置を構成しており、インホイールモータ駆動装置は一部または全部が車輪内に配置される。このインホイールモータ駆動装置であるモータ駆動装置は、さらに潤滑油供給機構Jkと、制御装置U1（図6）とを有する。

【0021】

50

車輪用軸受 5 と電動モータ 1 との間に減速機 2 を介在させ、車輪用軸受 5 で支持される駆動輪である車輪のハブと、電動モータ 1 のモータ回転軸 6 と減速機入力軸 3 と出力部材 4 とを同軸心上で連結してある。

減速機 2 を収納する減速機ハウジング 7 には、車両における図示外のサスペンションが連結される。なお、この明細書において、モータ駆動装置を車両に設けた状態で車両の車幅方向の外側寄りとなる側をアウトボード側と呼び、車両の車幅方向中央寄りとなる側をインボード側と呼ぶ。

#### 【 0 0 2 2 】

電動モータ 1 は、モータハウジング 8 に固定したモータステータ 9 と、モータ回転軸 6 に取り付けたモータロータ 10 との間にラジアルギャップを設けた I P M モータ（いわゆる埋込み磁石型同期モータ）である。モータハウジング 8 には、軸方向に離隔して軸受 11, 12 が設けられ、これら軸受 11, 12 に、モータ回転軸 6 が回転自在に支持されている。

10

#### 【 0 0 2 3 】

モータ回転軸 6 は、電動モータ 1 の駆動力を減速機 2 に伝達するものである。モータ回転軸 6 の軸方向中間付近部には、径方向外方に延びるフランジ部 6a が設けられる。このフランジ部 6a にロータ固定部材 13 が設けられ、ロータ固定部材 13 にモータロータ 10 が取付けられている。

#### 【 0 0 2 4 】

減速機入力軸 3 は、軸方向一端がモータ回転軸 6 内に延びて、モータ回転軸 6 とスプライン嵌合されている。出力部材 4 のカップ部 4a 内に軸受 14a が嵌合され、カップ部 4a に内ピン 22 を介して連結される筒状の連結部材 26 内に軸受 14b が嵌合されている。減速機入力軸 3 およびモータ回転軸 6 の一体軸は、軸受 14a, 14b, 11, 12 により回転自在に支持されている。減速機ハウジング 7 内における、減速機入力軸 3 の外周面には、偏心部 15, 16 が設けられる。これら偏心部 15, 16 は、偏心運動による遠心力が互いに打ち消されるように 180° 位相をずらして設けられている。

20

#### 【 0 0 2 5 】

減速機 2 は、外ピンハウジング I h と、減速機入力軸 3 と、曲線板 17, 18 と、複数の外ピン 19 と、内ピン 22 と、カウンタウェイト 21 とを有するサイクロイド減速機である。

30

図 2 は、図 1 の II-II 線断面となる減速機部分の断面図である。減速機 2 は、外形がなだらかな波状のトロコイド曲線で形成された 2 枚の曲線板 17, 18 が、それぞれ軸受 85 を介して、各偏心部 15, 16 に装着してある。これら各曲線板 17, 18 の偏心運動を外周側で案内する複数の外ピン 19 を、それぞれ減速機ハウジング 7 の内側の外ピンハウジング I h に設け、カップ部 4a（図 1）に取り付けた複数の内ピン 22 を、各曲線板 17, 18 の内部に設けられた複数の円形の貫通孔 89 に挿入状態に係合させてある。

#### 【 0 0 2 6 】

図 3 に拡大して示すように、各外ピン 19 と各内ピン 22 には針状ころ軸受 92, 93 が装着される。各外ピン 19 は、それぞれ針状ころ軸受 92 で両端支持されて各曲線板 17, 18 の外周面と転接する。また各内ピン 22 は、針状ころ軸受 93 の外輪 93a が、それぞれ各曲線板 17, 18 の外周との接触抵抗、および各内ピン 22 と各貫通孔 89 の内周との接触抵抗を低減する。なお、針状ころ軸受 92 の外輪 93a は外ピンハウジング I h に嵌合固定している。

40

#### 【 0 0 2 7 】

よって、図 1 に示すように、各曲線板 17, 18 の偏心運動をスムーズに車輪用軸受 5 の内方部材 5a に回転運動として伝達し得る。モータ回転軸 6 が回転すると、このモータ回転軸 6 と一体回転する減速機入力軸 3 に設けられた各曲線板 17, 18 が偏心運動を行う。このとき外ピン 19 が偏心運動する各曲線板 17, 18 の外周面と転がり接触するように係合する。これと共に、各曲線板 17, 18 が、内ピン 22 と貫通孔 89（図 3）との係合によって、各曲線板 17, 18 の自転運動のみが出力部材 4 および内方部材 5a に

50

回転運動として伝達される。モータ回転軸 6 の回転に対して内方部材 5 a の回転は減速されたものとなる。

**【 0 0 2 8 】**

潤滑油供給機構 J k は、減速機 2 の潤滑および電動モータ 1 の冷却の両方に用いられる潤滑油をモータ回転軸 6 の内部から供給する軸心給油機構である。この潤滑油供給機構 J k は、潤滑油路 2 9 と、供給油路 3 0 と、排出油路 3 8 と、ポンプ 2 8 とを有する。潤滑油路 2 9 は、減速機 2 における減速機ハウジング 7 内の油路であり、この潤滑油路 2 9 は潤滑油タンク 2 9 a を含む。潤滑油タンク 2 9 a は、減速機ハウジング 7 の下部に設けられ潤滑油を貯留し、モータハウジング 8 の下部に連通する。

**【 0 0 2 9 】**

供給油路 3 0 は、潤滑油タンク 2 9 a から、電動モータ 1 および減速機 2 に潤滑油を供給する油路である。この供給油路 3 0 は、吸込側油路 3 0 a、吐出側油路 3 0 b、ハウジング外周側油路 3 0 c、連通路 3 0 d、モータ回転軸油路 3 0 e、および減速機油路 3 0 f を含む。吸込側油路 3 0 a は、潤滑油タンク 2 9 a 内の吸込口とポンプ 2 8 の吸入口とにわたって連通し、減速機ハウジング 7 の下部とモータハウジング 8 の下部とで構成される。吐出側油路 3 0 b は、ポンプ 2 8 の吐出口に連通し、モータハウジング 8 内における径方向外方に略沿って延びる。

**【 0 0 3 0 】**

ハウジング外周側油路 3 0 c は、吐出側油路 3 0 b に連通し、モータハウジング 8 内におけるアウトボード側からインボード側に軸方向に沿って延びる。連通路 3 0 d は、モータハウジング 8 のインボード側端に形成され、この連通路 3 0 d の流入口がハウジング外周側油路 3 0 c に連通し、この連通路 3 0 d の流出口がモータ回転軸油路 3 0 e に連通する。

**【 0 0 3 1 】**

モータ回転軸油路 3 0 e は、モータ回転軸 6 内の軸心に沿って設けられる。連通路 3 0 d からモータ回転軸油路 3 0 e に導かれた潤滑油の一部は、モータ回転軸 6 およびフランジ部 6 a の半径方向外方に延びる貫通孔を経由して、ロータ固定部材 1 3 内部に形成された半径方向外方に延びる油路を通ることで、モータロータ 1 0 が冷却される。さらに前記油路の油吹出し口から、各コイルエンド 7 8 a の内周面に対し、モータロータ 1 0 の遠心力とポンプ 2 8 の圧力とにより潤滑油を射出することで、モータコイル 7 8 が冷却される。

**【 0 0 3 2 】**

減速機油路 3 0 f は、減速機 2 に設けられ、潤滑油を減速機 2 に供給する。この減速機油路 3 0 f は、入力軸油路 3 6 と、オイル供給口 3 7 とを有する。入力軸油路 3 6 は、モータ回転軸油路 3 0 e に連通し、減速機入力軸 3 の内部におけるインボード側端からアウトボード側に軸方向に延びる。オイル供給口 3 7 は、入力軸油路 3 6 のうち偏心部 1 5、1 6 が設けられる軸方向位置から、半径方向外方に延びている。

減速機ハウジング 7 には、減速機 2 の潤滑に供された潤滑油を潤滑油タンク 2 9 a に排出する排出油路 3 8 が設けられている。

**【 0 0 3 3 】**

ポンプ 2 8 は、潤滑油タンク 2 9 a に貯留された潤滑油を、潤滑油タンク 2 9 a 内の吸込口から吸込側油路 3 0 a を経由させて吸い上げて順次、吐出側油路 3 0 b、ハウジング外周側油路 3 0 c、連通路 3 0 d を経由してモータ回転軸油路 3 0 e および減速機油路 3 0 f に循環させる。このポンプ 2 8 は、電動モータ 1 と減速機 2 との間に同一軸心上に配置される。ポンプ 2 8 は、例えば、出力部材 4 の回転により回転する図示外のインナーロータと、このインナーロータの回転に伴って従動回転するアウトロータと、ポンプ室と、吸入口と、吐出口（いずれも図示せず）とを有するサイクロイドポンプである。

**【 0 0 3 4 】**

電動モータ 1 により駆動される出力部材 4 の回転により前記インナーロータが回転すると、前記アウトロータは従動回転する。このときインナーロータおよびアウトロータ

10

20

30

40

50

はそれぞれ異なる回転中心を中心として回転することで、前記ポンプ室の容積が連続的に変化する。これにより、潤滑油タンク 29 a に貯留された潤滑油は、吸込口から吸込側油路 30 a を経由して吸い上げられて前記吸入口から流入し、前記吐出口から吐出側油路 30 b、ハウジング外周側油路 30 c、連通路 30 d に順次圧送される。

【0035】

潤滑油は、連通路 30 d からモータ回転軸油路 30 e に導かれる。潤滑油の一部は、前述のようにモータロータ 10 およびモータコイル 78 を冷却した後、重力によってモータハウジング 8 の下方に移動し、このモータハウジング 8 の下部に連通する潤滑油タンク 29 a に流れ込む。

【0036】

モータ回転軸油路 30 e から入力軸油路 36 を経由してオイル供給口 37 に導かれた潤滑油は、このオイル供給口 37 の外径側開口端から排出される。この潤滑油には、遠心力とポンプ 28 の圧力が作用することで、潤滑油は減速機 2 内の各部を潤滑しながら減速機ハウジング 7 内で半径方向外方に移動する。その後、潤滑油は、重力によって下方に移動し、オイル排出口 38 から潤滑油タンク 29 a に貯留される。

【0037】

センサ類について説明する。

このモータ駆動装置には、潤滑油温センサ S b、コイル温度センサ S a、および、回転速度検出センサ S c が設けられている。潤滑油温センサ S b は、減速機 2 の潤滑油路 29 に存在する潤滑油の温度を検出するセンサであって、この例では、潤滑油タンク 29 a 内に設けられる。潤滑油温センサ S b を設ける目的は、減速機 2 の温度状態を把握することにより、減速機 2 の過負荷運転を防止することである。潤滑油温センサ S b および後述のコイル温度センサ S a には、抵抗を利用したセンサとして例えばサーミスタが用いられる。具体的には、抵抗の温度変化をある一定の電流を流したときの電圧値で検知している。

【0038】

電動モータ 1 のモータステータ 9 には、モータコイル 78 の温度を検出するコイル温度センサ S a が設けられている。このコイル温度センサ S a は、モータコイル 78 が耐熱温度を超えないように監視をしている。

図 4 は、図 1 の IV-IV 線断面となるモータ部分の断面図である。

電動モータ 1 のモータロータ 10 は、例えば、軟質磁性材料からなるコア部（図示せず）と、このコア部に内蔵される永久磁石（図示せず）とを有する。この永久磁石には例えばネオジウム系磁石が用いられている。

【0039】

電動モータ 1 のモータステータ 9 は、例えば、軟質磁性材料からなるステータコア部 77 と、モータコイル 78 と、絶縁部材 79 とを有する。ステータコア部 77 は、外周面が断面円形とされたリング状で、その内周面に内径側に突出する複数のティース 77 a が円周方向に並んで形成されている。モータコイル 78 は、ステータコア部 77 の各ティース 77 a に巻回される。各ティース 77 a にそれぞれ巻回されたモータコイル 78 のうち、ステータコア部 77 の幅よりもインボード側およびアウトボード側に突出するコイルエンド 78 a（図 1）に、潤滑油供給機構 J k（図 1）から潤滑油が射出され噴きかけられるようになっている。

【0040】

図 5 は、図 4 の A 部を拡大して示す部分拡大図である。図 4 および図 5 に示すように、円周方向に互いに隣り合うティース 77 a、77 a 間における、円周方向に互いに隣り合うモータコイル 78 の間の隙間に、モータコイル 78 の温度を検出するコイル温度センサ S a を配置している。このコイル温度センサ S a は、モータコイル 78 に近接して配置され、且つ、モータ回転軸 6（図 1）の中心 L1 より上部に配置される。互いに隣り合うモータコイル 78、78 は、コイル温度センサ S a と共に絶縁性材料から成る絶縁部材 79 で覆われている。

【0041】

10

20

30

40

50

図 1 に示すように、潤滑油供給機構 J k により、モータ軸心から半径方向外方に供給された潤滑油は、モータロータ 1 0 から放射状に噴出し、コイルエンド 7 8 a に噴きかかる構造である。このため、低回転域では潤滑油が噴出する流速が小さいが、高回転域では潤滑油が噴出する流速が大きく、潤滑油はコイルエンド 7 8 a に噴きかかった後、隔壁や周辺に飛び散る。加熱した潤滑油がコイルエンド 7 8 a に噴きかかった場合には、その潤滑油によりモータコイル 7 8 が加熱される。

#### 【 0 0 4 2 】

このモータコイル 7 8 の熱伝導により、コイル温度センサ S a 付近の温度も上昇し、コイル温度センサ S a は潤滑油の温度上昇に追従して温度上昇する。そのときのコイル温度と潤滑油との温度差は、数度（例えば 1 ~ 2 0 程度）の温度差をもって推移する。潤滑油の影響を受けにくくするために、スロット間にコイル温度センサ S a を配置した場合でも、熱伝導により、コイル温度は一定の温度差をもって潤滑油の温度上昇に追従する。

10

#### 【 0 0 4 3 】

回転速度検出センサ S c は、モータハウジング 8 内に設けられ、電動モータ 1 の回転速度を検出する。後述するモータ駆動制御部 4 8（図 6）は、モータロータ 1 0 の回転角度を回転速度検出センサ S c から得てベクトル制御を行う。この回転速度検出センサ S c としては、例えば、レゾルバや G M R センサ等を適用可能である。

#### 【 0 0 4 4 】

制御系について説明する。

図 6 は、このモータ駆動装置の制御系のブロック図である。制御装置 U 1 は、自動車全般の制御を行う電気制御ユニットである E C U 4 3 と、この E C U 4 3 の指令に従って走行用の電動モータ 1 の制御を行うインバータ装置 4 4 とを有する。インバータ装置 4 4 は、各電動モータ 1 に対して設けられたパワー回路部 4 5 と、このパワー回路部 4 5 を制御するモータコントロール部 4 6 とを有する。モータコントロール部 4 6 は、このモータコントロール部 4 6 が持つモータ駆動装置に関する各検出値や制御値等の各情報を E C U 4 3 に出力する機能を有する。

20

#### 【 0 0 4 5 】

パワー回路部 4 5 は、バッテリー 4 7 の直流電力を電動モータ 1 の駆動に用いる 3 相の交流電力に変換するインバータ 4 5 a と、このインバータ 4 5 a を制御する P W M ドライバ 4 5 b とを有する。インバータ 4 5 a は、複数の半導体スイッチング素子（図示せず）で構成される。P W M ドライバ 4 5 b は、入力された電流指令をパルス幅変調し、前記各半導体スイッチング素子にオンオフ指令を与える。

30

#### 【 0 0 4 6 】

モータコントロール部 4 6 は、コンピュータとこれに実行されるプログラム、および電子回路により構成され、その基本となる制御部としてモータ駆動制御部 4 8 を有している。モータ駆動制御部 4 8 は、上位制御手段である E C U 4 3 から与えられるトルク指令等による加速・減速指令に従い、電流指令に変換して、P W M ドライバ 4 5 b に電流指令を与える手段である。モータ駆動制御部 4 8 は、インバータ 4 5 a から電動モータ 1 に流すモータ電流を電流検出手段 3 5 から得て、電流フィードバック制御を行う。また前述のように、モータ駆動制御部 4 8 は、モータロータ 1 0（図 1）の回転角度を回転速度検出センサ S c から得てベクトル制御を行う。

40

#### 【 0 0 4 7 】

モータコントロール部 4 6 に、異常検出手段 4 1、潤滑油温推定手段 4 2、モータ出力制限手段 4 9、異常報告手段 5 0、および記憶手段 5 1 を設けている。異常検出手段 4 1 は潤滑油温センサ S b の異常を検出する。

#### 【 0 0 4 8 】

図 7 は、このモータ駆動装置の潤滑油温センサの異常判定例を示す図である。図 6 も参照しつつ説明する。異常検出手段 4 1 は、潤滑油温センサ S b で検出される潤滑油の温度（油温）が定められた温度の上限値（「油温設計上限値」とも言う）よりも大きい、または油温が定められた温度の下限値（「油温設計下限値」とも言う）よりも小さいとき、潤

50

滑油温センサ S b に異常有りと判定する。センサの機械的な異常の代表例である断線に対する異常検知は、定められた温度の上限値に対して大きいまたは下限値よりも小さいときに、センサに断線があると判断される。これら上限値、下限値は、試験やシミュレーション等の結果により定められ、記憶手段 5 1 に書き換え可能に記憶される。

【 0 0 4 9 】

異常検出手段 4 1 は、潤滑油温センサ S b の異常有りと判定すると、その異常発生情報を異常報告手段 5 0 および潤滑油温推定手段 4 2 にそれぞれ送る。潤滑油温推定手段 4 2 は、コイル温度センサ異常判定部 4 2 a と、油温推定部 4 2 b とを有する。コイル温度センサ異常判定部 4 2 a は、異常検出手段 4 1 から異常発生情報を与えられると、コイル温度センサ S a の異常の有無を判定する。

【 0 0 5 0 】

コイル温度センサ異常判定部 4 2 a は、前述の潤滑油温センサ S b の異常判定例と同様に、コイル温度センサ S a で検出されるモータコイル 7 8 ( 図 1 ) の温度 ( コイル温度 ) が定められたコイル温度の上限値 ( 「コイル温度設計上限値」とも言う ) よりも大きいまたは下限値 ( 「コイル温度設計下限値」とも言う ) よりも小さいときに、コイル温度センサ S a に異常有りと判定する。コイル温度センサ異常判定部 4 2 a は、コイル温度センサ S a に異常有りと判定すると、その異常発生情報を異常報告手段 5 0 に送る。

【 0 0 5 1 】

コイル温度センサ S a に異常が無いと判定されると、油温推定部 4 2 b は、コイル温度センサ S a で検出される温度および回転速度検出センサ S c で検出される回転速度を用いた定められた関係に基づいて、潤滑油の温度を推定する。この推定温度は、潤滑油温センサ S b の正常時に同潤滑油温センサ S b で検出される温度よりも検出精度が劣るものの、減速機 2 の温度状態を把握するには必要十分である。具体的には、油温推定部 4 2 b は、回転速度検出センサ S c で検出される電動モータ 1 の回転速度が定められた回転速度以上のとき、コイル温度センサ S a で検出されるコイル温度に、回転速度センサ S c で検出される回転速度に応じた補正値を乗じて前記潤滑油の温度を推定する。

【 0 0 5 2 】

ところで、モータ駆動装置の損失は、各部の損失が合算された損失となる。減速機 2 の損失は、軸受部の転がり抵抗、摺動部の摺動抵抗が主な損失であり、両者共に軸受諸元や減速機内部の隙間が定まれば、回転数に依存した損失となる。また電動モータ 1 の損失は、鉄損、銅損、および機械損が主な損失となる。銅損はコイル電流に依存し、鉄損はコイル電流と回転数に依存し、機械損は回転数に依存している。そのため、低回転高トルク領域での損失は、銅損が損失の大部分を占め、高回転低トルク領域では、鉄損および減速機損失が損失の大部分を占めることになる。これより、減速機 2 が過負荷状態となり熱的に不利な状況になるのは、高速域全般である。

【 0 0 5 3 】

したがって、減速機 2 が熱的に不利な状況にあると考えられる定められた回転速度以上のとき、油温推定部 4 2 b は、コイル温度センサ S a で検出されるコイル温度に、回転速度センサ S c で検出される回転速度に応じた補正値を乗じて前記潤滑油の温度を推定することで、減速機 2 の温度状態を木目細かく把握し得る。

【 0 0 5 4 】

モータ出力制限手段 4 9 は、判定部 3 9 と制御部 4 0 とを有する。判定部 3 9 は、油温推定部 4 2 b で推定された潤滑油の温度が閾値を超えたか否かを判定する。油温の閾値は、試験やシミュレーションにより、例えば、油温とその潤滑油の粘度との関係、および、潤滑油の粘度と電動モータ 1 の回転抵抗との関係等に基づき定められる。この閾値は、記憶手段 5 1 に書き換え可能に記憶される。

【 0 0 5 5 】

推定された油温が閾値を超えた判定部 3 9 で判定されると、制御部 4 0 は、電動モータ 1 の電流を低減するように、モータ駆動制御部 4 8 を介してパワー回路部 4 5 に指令する。この場合に制御部 4 0 は、現在のモータ電流に対して定められた割合でモータ電流を

10

20

30

40

50

低減しても良いし、定められた値低下させても良い。制御部 40 は、例えば、前記閾値を超えた後、一定時間後に前記閾値以下になると、電動モータ 1 への出力制限を解除する。

【0056】

異常報告手段 50 は、潤滑油温センサ S b またはコイル温度センサ S a の異常発生情報を与えられたとき、また推定された油温が閾値を超えたと判定部 39 で判定されたとき、ECU 43 に異常発生情報を出力する。ECU 43 に設けられた異常表示手段 52 は、異常報告手段 50 から出力された異常発生情報を受けて、例えば、車両のコンソールパネル等に設けられた表示装置 27 に、異常を知らせる表示を行わせる。

【0057】

図 8 は、このモータ駆動装置の潤滑油温の推定例を示すフローチャートである。図 6 も参照しつつ説明する。本処理開始後、潤滑油温センサ S b により潤滑油の温度を検出し、コイル温度センサ S a によりコイル温度を検出する（ステップ S 1）。次に、異常検出手段 41 は潤滑油温センサ S b で検出される油温の閾値判定を行い、コイル温度センサ異常判定部 42 a はコイル温度センサ S a で検出されるコイル温度の閾値判定を行う（ステップ S 2）。

10

【0058】

異常検出手段 41 は、潤滑油温センサ S b で検出される油温が、油温設計下限値以上で油温設計上限値以下であるかを判定する。コイル温度センサ異常判定部 42 a は、コイル温度センサ S a で検出されるコイル温度が、コイル温度設計下限値以上でコイル温度設計上限値以下であるかを判定する。これら潤滑油温センサ S b およびコイル温度センサ S a でそれぞれ検出される温度が定められた下限値以上上限値以下（正常測定領域：図 7 参照）と判定されると（ステップ S 2：Yes）、ステップ S 1 に戻る。

20

【0059】

いずれか一方のセンサ S b , S a で検出される温度が上限値よりも大きいまたは下限値よりも小さいとき（ステップ S 2：No）、異常報告手段 50 は ECU 43 に異常発生情報を出力し、異常表示手段 52 は表示装置 27 に異常を知らせる表示を行わせる（ステップ S 3）。次に、異常検出手段 41 が潤滑油温センサ S b に異常有りとして判定し、且つ、コイル温度センサ異常判定部 42 a がコイル温度センサ S a を正常であると判定すると（ステップ S 4：Yes）、油温推定部 42 b は、コイル温度センサ S a および回転速度検出センサ S c を用いて潤滑油の油温を推定する（ステップ S 5）。その後本処理を終了する。コイル温度センサ異常判定部 42 a がコイル温度センサ S a も異常であると判定すると（ステップ S 4：No）、異常表示手段 52 はその異常発生情報を受けて表示装置 27 に異常（修理依頼）を知らせる表示を行わせる（ステップ S 6）。その後本処理を終了する。

30

【0060】

図 9 は、このモータ駆動装置を搭載した車両の概略構成を示す図である。この車両では、左右の後輪 53 , 53 がそれぞれ独立の電動モータ 1 により駆動される。各電動モータ 1 はインホイールモータ駆動装置を構成する。この実施形態のインホイールモータ駆動装置においては、後輪駆動を示したが、前輪駆動でも四輪駆動としても良い。

【0061】

以上説明したモータ駆動装置によると、潤滑油温推定手段 42 は、潤滑油温センサ S b の異常時において、コイル温度センサ S a で検出されるコイル温度および回転速度検出センサ S c で検出される回転速度を用いた定められた関係に基づいて前記潤滑油の温度を推定する。この推定温度は、正常時に潤滑油温センサ S b で検出される温度よりも検出精度が劣るものの、減速機 2 の温度状態を把握するには必要十分である。潤滑油温センサ S b に異常が生じた場合においても、潤滑油温推定手段 42 で推定された温度で減速機 2 の温度状態を把握することにより、減速機 2 の過負荷運転を防止することができる。

40

【0062】

したがって、このモータ駆動装置を搭載した車両が安全に修理可能な場所等まで移動することができる。特に減速機 2 が熱的に不利な状況にあると考えられる定められた回転速

50

度以上のとき、潤滑油の温度を推定することで、減速機 2 の温度状態を木目細かく把握することができる。これにより、減速機 2 の過負荷運転を防止することができる。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 に示すように、車体に二台の電動モータ 1 , 1 および各電動モータ 1 に対応する減速機 ( 図示せず ) を設け、これら電動モータ 1 , 1 により左右の車輪 5 3 , 5 3 を駆動する二モータオンボードタイプの電気自動車にこのモータ駆動装置を適用しても良い。この例では後輪駆動を示したが、前輪駆動でも四輪駆動としても良い。

【 0 0 6 4 】

図示しないが、車体に一台の電動モータおよび減速機を設け、前記一台の電動モータにより左右の車輪を駆動する一モータタイプの電気自動車に、このモータ駆動装置を適用しても良い。

10

モータ駆動装置の減速機として、サイクロイド式の減速機を適用したが、遊星減速機、平行 2 軸減速機、その他の減速機を適用可能である。

【 0 0 6 5 】

潤滑油温推定手段は、回転速度検出センサで検出される回転速度に応じた補正値を定めた補正マップを有し、コイル温度センサで検出されるモータコイルの温度に、補正マップの補正値を付加して前記潤滑油の温度を推定しても良い。補正マップは、例えば、前記記憶手段に記憶される。

【 0 0 6 6 】

以上、実施形態に基づいてこの発明を実施するための形態を説明したが、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。この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。

20

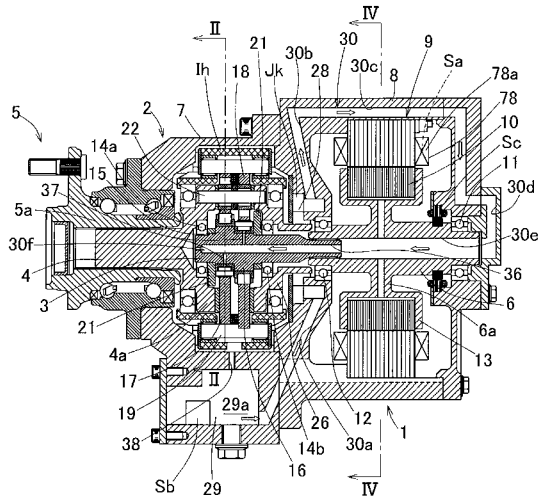
【 符号の説明 】

【 0 0 6 7 】

- 1 ... 電動モータ
- 2 ... 減速機
- 9 ... モータステータ
- 2 9 ... 潤滑油路
- 4 1 ... 異常検出手段
- 4 2 ... 潤滑油温推定手段
- 4 9 ... モータ出力制限手段
- 7 8 ... モータコイル
- J k ... 潤滑油供給機構
- U 1 ... 制御装置
- S a ... コイル温度センサ
- S b ... 潤滑油温センサ
- S c ... 回転速度検出センサ

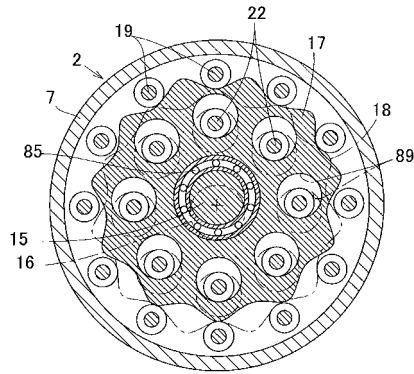
30

【 図 1 】

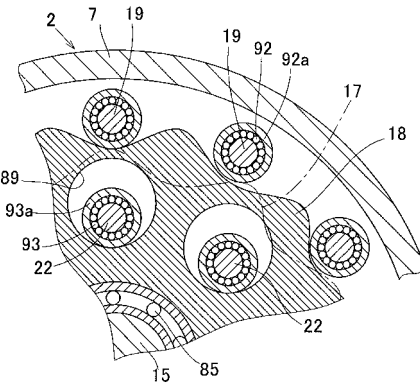


- 1: 電動モータ
- 2: 減速機
- 29: 潤滑油路
- Sa: コイル温度センサ
- Sb: 潤滑油温センサ
- Sc: 回転速度検出センサ
- Jk: 潤滑油供給機構

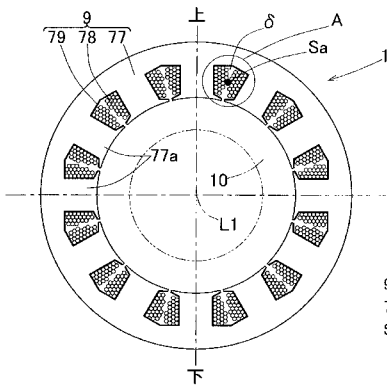
【 図 2 】



【 図 3 】

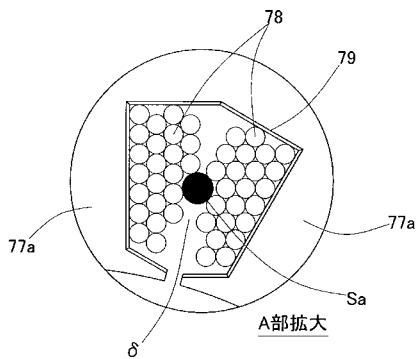


【 図 4 】

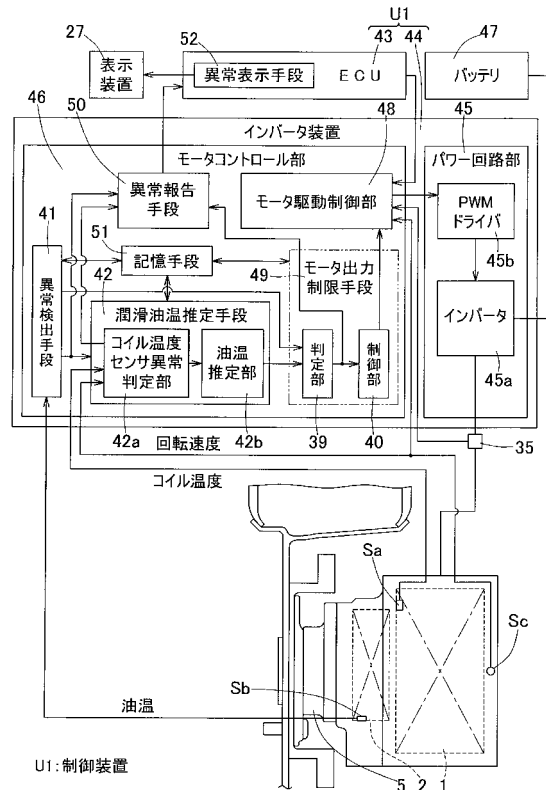


- 9: モータステータ
- 78: モータコイル
- Sa: コイル温度センサ

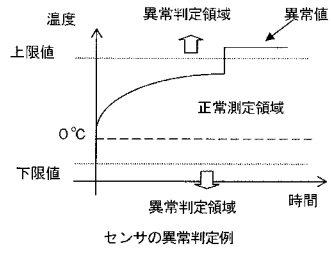
【 図 5 】



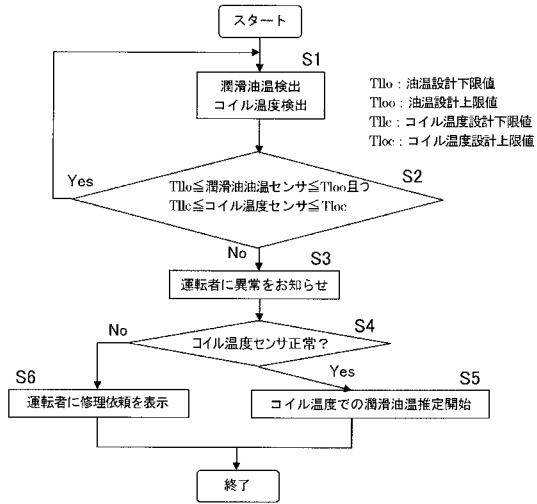
【 図 6 】



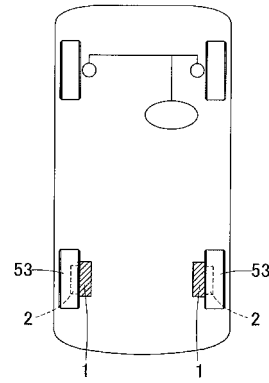
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

