

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5562276号  
(P5562276)

(45) 発行日 平成26年7月30日(2014.7.30)

(24) 登録日 平成26年6月20日(2014.6.20)

(51) Int.Cl. F I  
**B60L 15/20 (2006.01)** B60L 15/20 Y  
**B60K 7/00 (2006.01)** B60L 15/20 S  
 B60K 7/00

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-48630 (P2011-48630)  
 (22) 出願日 平成23年3月7日(2011.3.7)  
 (65) 公開番号 特開2012-186927 (P2012-186927A)  
 (43) 公開日 平成24年9月27日(2012.9.27)  
 審査請求日 平成25年8月23日(2013.8.23)

(73) 特許権者 000102692  
 NTN株式会社  
 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号  
 (74) 代理人 100086793  
 弁理士 野田 雅士  
 (74) 代理人 100087941  
 弁理士 杉本 修司  
 (72) 発明者 尾崎 孝美  
 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN  
 株式会社内  
 審査官 相羽 昌孝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気自動車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

駆動輪を支持する車輪用軸受、モータ、およびこのモータと前記車輪用軸受との間に介在した減速機を有するインホイールモータ駆動装置を有する電気自動車において、

駆動輪に対する外力影響量の推定値  $T_e$  を求める外乱オブザーバと、  
 この外力影響量の推定値  $T_e$  を用い、駆動輪に作用するトルク推定値、駆動輪の回転数推定値  $\omega$ 、および駆動輪の回転角速度推定値  $\dot{\theta}$  を求め、各々実際の駆動輪の回転数  $\omega_0$ 、回転角速度  $\dot{\theta}_0$  と比較することで、タイヤのスリップ量を推定し、この推定量を基に補正值  $T_c$  を求めて前記モータへのアクセル信号  $T_r$  に対して補正し、モータトルク指令値  $T_{mr}$  とするスリップ量対応補正手段とを設け、

前記外乱オブザーバは、

前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  を車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除して、この除した値の積分値と従動輪回転数  $\omega_1$  との差分値を求め、この差分値を時間微分し、さらに前記慣性モーメント  $J$  を乗じた値を、駆動輪に対する外力影響量の推定値  $T_e$  とし、

前記スリップ量対応補正手段は、

前記外力影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を前記車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除してさらに積分した値と駆動輪回転数  $\omega_2$  との差分値である速度差分値、

もしくは外力影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を車両

慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント $J$ で除した値と、駆動輪回転数 $\omega$ を時間微分した値との差分値である加速度差分値を求め、

これら速度差分値および加速度差分値のいずれか一方の値、またはいずれか一方の差分値を他方の差分値で補正した値に比例する信号を前記アクセル信号 $T_r$ に対して減算し、前記モータトルク指令値 $T_{mr}$ とする、  
ことを特徴とする電気自動車。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記減速機がサイクロイド減速機である電気自動車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

この発明は、インホイールモータ駆動装置を備えたバッテリー駆動、燃料電池駆動等の電気自動車に関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車では、内燃機関に比べて応答性の高いモータが用いられる。特に、インホイールモータ型の電気自動車では、各輪独立に応答性の高いモータが用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

20

【特許文献 1】特開 2008 - 172935 公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のように電気自動車では応答性の高いモータが用いられるため、タイヤがスリップ等で路面から離れたときに、タイヤは急激な回転上昇を発生させる。そのため、ブレーキが利かない状況になることがある。このようなスリップによるモータの急激な回転上昇は自動車の安定した走行に好ましくない。車輪を個別に駆動するインホイールモータ型の電気自動車では、一部の駆動輪の上記のようなスリップによるモータの急激な回転上昇は、極力防止する必要がある。

30

このため、スリップ量を求めて、モータへ与えるトルク指令値を補正することも考えられるが、適切なスリップ量の検出方法が確立されておらず、また単にスリップ量を求めて補正を行っても、車両には登坂の車両重量や風などによる外力の影響があり、適切なトルク指令値の補正が行えない。

【0005】

この発明の目的は、坂道走行時の車両重量や風等による外力による影響を考慮した適切なタイヤのスリップを防止でき、スリップ防止のための無駄な走行性能の制限を伴うことなく、確実なスリップ防止が行える電気自動車を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

40

この発明の電気自動車は、駆動輪 2 を支持する車輪用軸受 4、モータ 6、およびこのモータ 6 と前記車輪用軸受 4 との間に介在した減速機 7 を有するインホイールモータ駆動装置 8 を有する電気自動車において、

駆動輪 2 に対する外力影響量の推定値  $T_e$  を求める外乱オブザーバ 43 と、この外力影響量の推定値  $T_e$  を用い、駆動輪 2 に作用するトルク推定値、駆動輪 2 の回転数推定値  $\omega$ 、および駆動輪 2 の回転角速度推定値  $\dot{\omega}$  を求め、各々実際の駆動輪 2 の回転数  $\omega$ 、回転角速度  $\dot{\omega}$  と比較することで、タイヤのスリップ量を推定し、この推定量を基に補正值  $T_c$  を求めて前記モータへのアクセル信号  $T_r$  に対して補正し、モータトルク指令値  $T_{mr}$  とするスリップ量対応補正手段 44 とを設けたものである。

前記外乱オブザーバ 43 は、前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  を、車両慣性から推定され

50

る駆動輪周りの慣性モーメント」で除して、この除した値の積分値 1 と従動輪回転数 1 との差分値を求め、この差分値を時間微分し、さらに前記慣性モーメント」を乗じた値を、駆動輪に対する外力影響量の推定値  $T_e$  とする。

前記スリップ量対応補正手段 44 は、前記外力影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を前記車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント」で除してさらに積分した値 2 と駆動輪回転数 2 との差分値である速度差分値、

もしくは外力影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント」で除した値  $\cdot$  2 と、駆動輪回転数 2 を時間微分した値  $\cdot$  2 との差分値である加速度差分値を求め、

これら速度差分値および加速度差分値のいずれか一方の値、またはいずれか一方の差分値を他方の差分値で補正した値に比例する信号  $T_c$  を前記アクセル信号  $T_r$  に対して減算し、前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  とする。

なお、この明細書において「回転数」とは、単位時間当たりの回転数であり、回転速度と同義である。また、車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント」は、車両の質量・車輪数によって定まる値である。

#### 【0007】

この構成によると、外乱オブザーバ 43 が、モータトルク指令値  $T_{mr}$  を駆動輪 2 周りの慣性モーメント」で除して、この除した値の積分値 1 と従動輪回転数 1 との差分値を求め、この差分値を時間微分し、さらに前記慣性モーメント」を乗じた値を、駆動輪 2 に対する外力影響量の推定値  $T_e$  とする。前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  を駆動輪 2 周りの慣性モーメント」で除して、この除した値を積分した値は、平地走行の場合の従動輪回転数の推定値 1 である。このように、平地走行の場合の従動輪回転数の推定値

1 と実際に検出される従動輪回転数 1 とを比較するため、登坂時などにおける外力の影響量の推定値  $T_e$  を求めることができる。なお、従動輪 3 は車両の走行によって回転するため、従動輪回転数は、車両の走行速度とみなせる。

スリップ量対応補正手段 44 は、例えば、上記のように外乱オブザーバ 43 で求めた外力の影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を、駆動輪周りの慣性モーメント」で除してさらに積分した値 2 と駆動輪回転数 2 との差分値である速度差分値を求める。上記の積分した値 2 は、スリップしていない場合の駆動輪回転数の推定値であり、これは外力の影響量を考慮した推定値である。この駆動輪回転数の推定値 2 と実際に検出した駆動輪 2 の回転数 2 との差分値は、駆動輪 3 のスリップ量に相当する推定値となる。このスリップ量に相当する推定値は、前記外力の影響量を考慮した推定値であり、精度良く求めた推定値となる。このように求めた駆動輪 2 のスリップ量の推定値に比例する値  $T_c$  を、アクセル信号  $T_r$  に対して減算し、モータトルク指令値  $T_{mr}$  とする。そのため、坂道走行時の車両重量や風等による外力による影響を考慮した適切なタイヤのスリップを防止が行えて、スリップ防止のための無駄な走行性能の制限を伴うことなく、確実なスリップ防止を行うことができる。

上記は、スリップ量対応補正手段 44 が、駆動輪 2 の回転数につき検出値 2 と推定値 2 とを比較して補正する場合であるが、駆動輪 2 の加速度につき検出値  $\cdot$  2 と推定値  $\cdot$  2 とを比較して補正を行うようにした場合も、適切なスリップ防止が行える。また、駆動輪 2 の回転数についての検出値と推定値とを比較した差分値と、加速度についての検出値と推定値とを比較した差分値との両方を用いて補正を行うようにした場合、より一層適切なスリップ防止を行うことができる。

#### 【0008】

この発明において、前記減速機 7 がサイクロイド減速機であっても良い。サイクロイド減速機は、例えば 1 / 10 以上の高減速比が得られ、かつ滑らかな動作が得られる。この高減速比のため、モータ 6 は小型で高速回転のものが用いられ、車両の軽量化に繋がる。減速機がサイクロイド減速機のような高減速の場合、モータのトルクは増幅してタイヤに伝わるため、モータの駆動トルクのスリップへの影響は大きくなる。そのため、この発明のスリップ防止の効果がより一層効果的となる。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0009】

この発明の電気自動車は、駆動輪を支持する車輪用軸受、モータ、およびこのモータと前記車輪用軸受との間に介在した減速機を有するインホイールモータ駆動装置を有する電気自動車において、駆動輪に対する外力影響量の推定値  $T_e$  を求める外乱オブザーバと、この外力影響量の推定値  $T_e$  を用い、駆動輪に作用するトルク推定値、駆動輪の回転数推定値  $\omega_2$ 、および駆動輪の回転角速度推定値  $\dot{\theta}_2$  を求め、各々実際の駆動輪の回転数  $\omega_2$ 、回転角速度  $\dot{\theta}_2$  と比較することで、タイヤのスリップ量を推定し、この推定量を基に補正值  $T_c$  を求めて前記モータへのアクセル信号  $T_r$  に対して補正し、モータトルク指令値  $T_{mr}$  とするスリップ量対応補正手段とを設け、前記外乱オブザーバは、前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  を車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除して、この除した値の積分値と従動輪回転数  $\omega_1$  との差分値を求め、この差分値を時間微分し、さらに前記慣性モーメント  $J$  を乗じた値を、駆動輪に対する外力影響量の推定値  $T_e$  とし、前記スリップ量対応補正手段は、前記外力影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を前記車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除してさらに積分した値と駆動輪回転数  $\omega_2$  との差分値である速度差分値、もしくは外力影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除した値と、駆動輪回転数  $\omega_2$  を時間微分した値との差分値である加速度差分値を求め、これら速度差分値および加速度差分値のいずれか一方の値、またはいずれか一方の差分値を他方の差分値で補正した値に比例する信号を前記アクセル信号  $T_r$  に対して減算し、前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  とするため、坂道走行時の車両重量や風等による外力による影響を考慮した適切なタイヤのスリップを防止が行えて、スリップ防止のための無駄な走行性能の制限を伴うことなく、確実なスリップ防止を行うことができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】この発明の一実施形態に係る電気自動車を平面図で示す概念構成のブロック図である。

【図2】同電気自動車のインホイールモータユニットの概念構成を示すブロック図である。

【図3】同電気自動車におけるモータコントロール部の概念構成を示すブロック図である。

【図4】同電気自動車におけるインホイールモータ駆動装置の破断正面図である。

【図5】図4のV-V線断面図である。

【図6】図5の部分拡大断面図である。

【図7】同電気自動車における回転検出器の一例の断面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0011】

この発明の一実施形態を図1ないし図7と共に説明する。この電気自動車は、車体1の左右の後輪となる車輪が駆動輪2とされ、左右の前輪となる車輪が従動輪3の操舵輪とされた4輪の自動車である。駆動輪2および従動輪3となる車輪は、いずれもタイヤを有し、それぞれ車輪用軸受4, 5を介して車体1に支持されている。車輪用軸受4, 5は、図1ではハブベアリングの略称「H/B」を付してある。左右の駆動輪2, 2は、それぞれ独立の走行用のモータ6, 6により駆動される。モータ6の回転は、減速機7および車輪用軸受4を介して駆動輪2に伝達される。これらモータ6、減速機7、および車輪用軸受4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8を構成しており、インホイールモータ駆動装置8は、一部または全体が駆動輪2内に配置される。各インホイールモータ駆動装置8は、後述のインバータ装置22と共に、インホイールモータユニット30を構成する。各駆動輪2および従動輪3には、電動式等の摩擦ブレーキである機械式のブレーキ9, 10がそれぞれ設けられている。

## 【0012】

10

20

30

40

50

左右の前輪となる操舵輪である車輪 3 , 3 は、転舵機構 1 1 を介して転舵可能であり、操舵機構 1 2 により操舵される。転舵機構 1 1 は、タイロッド 1 1 a を左右移動させることで、車輪用軸受 5 を保持した左右のナックルアーム 1 1 b の角度を変える機構であり、操舵機構 1 2 の指令により E P S ( 電動パワーステアリング ) モータ 1 3 を駆動させ、回転・直線運動変換機構 ( 図示せず ) を介して左右移動させられる。操舵角は操舵角センサ 1 5 で検出し、このセンサ出力は E C U 2 1 に出力され、その情報は左右輪の加速・減速指令等に使用される。

【 0 0 1 3 】

制御系を説明する。自動車全般の制御を行う電気制御ユニットであるメインの E C U 2 1 と、この E C U 2 1 の指令に従って走行用のモータ 6 の制御を行うインバータ装置 2 2 と、ブレーキコントローラ 2 3 とが、車体 1 に搭載されている。E C U 2 1 は、コンピュータとこれに実行されるプログラム、並びに各種の電子回路等で構成される。

【 0 0 1 4 】

E C U 2 1 は、機能別に大別すると駆動に関する制御を行う駆動制御部 2 1 a と、その他の制御を行う一般制御部 2 1 b とに分けられる。駆動制御部 2 1 a は、トルク配分手段 4 8 を有していて、トルク配分手段 4 8 は、アクセル操作部 1 6 の出力する加速指令と、ブレーキ操作部 1 7 の出力する減速指令と、操舵角センサ 1 5 の出力する旋回指令とから、左右輪の走行用モータ 6 , 6 に与える加速・減速指令をトルク指令値として生成し、インバータ装置 2 2 へ出力する。トルク配分手段 4 8 は、ブレーキ操作部 1 7 の出力する減速指令があったときに、モータ 6 を回生ブレーキとして機能させる制動トルク指令値と、機械式のブレーキ 9 , 1 0 を動作させる制動トルク指令値とに配分する機能を持つ。回生ブレーキとして機能させる制動トルク指令値は、前記左右輪の走行用モータ 6 , 6 に与える加速・減速指令をトルク指令値に反映させる。機械式のブレーキ 9 , 1 0 を動作させる制動トルク指令値は、ブレーキコントローラ 2 3 へ出力する。トルク配分手段 4 8 は、上記の他に、出力する加速・減速指令を、各車輪 2 , 3 の車輪用軸受 4 , 5 に設けられた回転センサ 2 4 , 2 4 A から得られるタイヤ回転数の情報や、車載の各センサの情報をを用いて補正する機能を有していても良い。アクセル操作部 1 6 は、アクセルペダルとその踏み込み量を検出して前記加速指令を出力するセンサ 1 6 a とでなる。ブレーキ操作部 1 7 は、ブレーキペダルとその踏み込み量を検出して前記減速指令を出力するセンサ 1 7 a とでなる。

【 0 0 1 5 】

E C U 2 1 の一般制御部 2 1 b は、各種の補機システム 2 5 を制御する機能、コンソールの操作パネル 2 6 からの入力指令を処理する機能、表示手段 2 7 に表示を行う機能などを有する。前記補機システム 2 5 は、例えば、エアコン、ライト、ワイパー、GPS、エアバッグ等であり、ここでは代表して一つのブロックとして示す。

【 0 0 1 6 】

ブレーキコントローラ 2 3 は、E C U 2 1 から出力される制動指令に従って、各駆動輪 2 , 従動輪 3 の機械式のブレーキ 9 , 1 0 に制動指令を与える手段であり、制動専用の E C U となる電子回路やマイコン等により構成される。メインの E C U 2 1 から出力される制動指令には、ブレーキ操作部 1 7 の出力する減速指令によって生成される指令の他に、E C U 2 1 の持つ安全性向上のための手段によって生成される指令がある。ブレーキコントローラ 2 3 は、この他にアンチロックブレーキシステムを備える。

【 0 0 1 7 】

インバータ装置 2 2 は、各モータ 6 に対して設けられたパワー回路部 2 8 と、このパワー回路部 2 8 を制御するモータコントロール部 2 9 とで構成される。モータコントロール部 2 9 は、各パワー回路部 2 8 に対して共通して設けられていても、別々に設けられていても良いが、共通して設けられた場合であっても、各パワー回路部 2 8 は、例えば互いにモータトルクが異なるように独立して制御可能なものとされる。モータコントロール部 2 9 は、このモータコントロール部 2 9 が持つインホイールモータ駆動装置 8 に関する各検出値や制御値等の各情報 ( 「 I W M システム情報」と称す ) を E C U 2 1 に出力する機能を有する

10

20

30

40

50

この実施形態では、モータコントロール部 29 は、各パワー回路部 28 に対して別々に設けられ、これらパワー回路部 28 とモータコントロール部 29 とでなるインバータ装置 22 と、その制御対象のモータ 6 を含むインホイールモータ駆動装置 8 とで、前述のようにインホイールモータユニット 30 が構成される。

#### 【0018】

図 2 は、インホイールモータユニット 30 の概念構成を示すブロック図である。インバータ装置 22 のパワー回路部 28 は、バッテリー 19 の直流電力をモータ 6 の駆動に用いる 3 相の交流電力に変換するインバータ 31 と、このインバータ 31 を制御する PWM ドライバ 32 とで構成される。モータ 6 は 3 相の同期モータ、例えば IPM 型（埋込磁石型）同期モータ等からなる。インバータ 31 は、複数の半導体スイッチング素子（図示せず）で構成され、PWM ドライバ 32 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。

10

#### 【0019】

モータコントロール部 29 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る。モータコントロール部 29 は、上位制御手段である ECU 21 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、パワー回路部 28 の PWM ドライバ 32 に電流指令を与える。また、モータコントロール部 29 は、インバータ 31 からモータ 6 に流すモータ電流値を電流センサ 35 から得て、電流フィードバック制御を行う。この電流制御では、モータ 6 のロータの回転角を角度センサ 36 から得て、ベクトル制御等の回転角に応じた制御を行う。

20

#### 【0020】

この実施形態は、モータコントロール部 29 に、次の外乱オブザーバ 43 と、スリップ量対応補正手段 44 を設けている。外乱オブザーバ 43 は、駆動輪 2 に対する登坂時の車体重量や風の影響等の外力影響量の推定値を求める手段であり、換言すれば外力影響量推定手段である。スリップ量対応補正手段 44 は、外乱オブザーバ 43 で求められた外力影響量の推定値を用い、駆動輪 2 のスリップ量に対応する補正値を求めてモータ 6 へのアクセル信号に対して補正し、モータトルク指令値とする手段である。

#### 【0021】

図 3 と共に、外乱オブザーバ 43 とスリップ量対応補正手段 44 の具体的構成を説明する。

30

外乱オブザーバ 43 は、慣性除算部 43 a、積分部 43 b、比較部 43 c、時間微分部 43 d、および慣性乗算部 43 e を有する。外乱オブザーバ 43 は、除算部 43 a により、モータトルク指令値  $T_{mr}$  を車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除して、この除した値の積分値を積分部 43 b で求める。この積分値は、平地走行時の車両速度を示す値であり、平地走行時の従動輪回転数の推定値  $\omega_1$  となる。従動輪 3 は車両の走行によって回転するため、従動輪回転数は、車両の走行速度とみなせる。（なお、この明細書において、符号の先頭の「 $\hat{\quad}$ 」は推定値を示すが、この「 $\hat{\quad}$ 」の符号は省くことがある。また、図では「 $\hat{\quad}$ 」は他の符号の上に付してある。）

この従動輪回転数の推定値  $\omega_1$  (rad/s) と、前記回転センサ 24 で検出された従動輪回転数  $\omega_2$  (rad/s) との差分値を比較部 43 c で求め、この差分値を時間微分部 43 d で時間微分し、さらに慣性乗算部 43 e で前記慣性モーメント  $J$  を乗じた値を、駆動輪 2 に対する外力影響量の推定値  $T_e$  とする。

40

#### 【0022】

この外力影響量のトルクの推定値  $T_e$  は、例えば登坂時などにモータ 6 に作用するトルクの推定値である。なお、図 3 にモータ 6 に続いて示すように、モータ 6 よるホイールトルク（駆動輪トルク） $T_m$  に、外力による発生トルク  $T_e$  が加わった値が、実際に駆動輪 2 に作用するトルク  $T_{mt}$  である。外乱オブザーバ 43 は、この外力による発生トルク  $T_e$  の推定値  $T_e$  を求める。

なお、外乱オブザーバ 43 の慣性除算部 43 a に入力されるモータトルク指令値  $T_{mr}$

50

は、トルク配分手段 4 8 から出力された一つのモータ 6 へのアクセル信号  $T_r$  (トルク指令の信号) に対して、スリップ量対応補正手段 4 4 で求められた補正值  $T_c$  を減算した値であり、パワー回路部 2 8 に与えられる指令値である。

【 0 0 2 3 】

スリップ量対応補正手段 4 4 は、外力影響量加算部 4 4 a、慣性除算部 4 4 b、積分部 4 4 c、第 1 の比較部 4 4 d、第 1 の増幅部 4 4 e、時間微分部 4 4 f、第 2 の比較部 4 4 j、第 2 の増幅部 4 4 k、第 3 の比較部 4 4 m、係数乗算部 4 4 n、および補正量減算部 4 4 p を有する。

【 0 0 2 4 】

スリップ量対応補正手段 4 4 の外力影響量加算部 4 4 a は、比較部であり、外乱オブザーバ 4 3 で求められた前記外力影響量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を求める。この加算値は、駆動輪 2 に作用する全トルクの推定値である。

この駆動輪 2 に作用する全トルクの推定値である加算値を、慣性除算部 4 4 b により、前記車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除して、駆動輪 2 の加速度の推定値  $\ddot{\theta}_2$  (符号「 $\cdot$ 」は微分値を示すが、図では「 $\cdot$ 」は、他の符号の上に付してある) を求め、さらに積分部 4 4 c で積分した値を求める。この積分した値は、スリップを生じていない場合の駆動輪回転数の推定値  $\theta_2$  である。

第 1 の比較部 4 4 d は、この駆動輪回転数の推定値  $\dot{\theta}_2$  (rad/s) と駆動輪回転数  $\theta_2$  (rad/s) との差分値である速度差分値を求める。この速度差分値は、駆動輪 2 のスリップ量に相当する。駆動輪回転数  $\theta_2$  には回転センサ 2 4 で検出した値を用いる。

【 0 0 2 5 】

また、この駆動輪回転数  $\dot{\theta}_2$  を時間微分部 4 4 f で時間微分して駆動輪 2 の加速度  $\ddot{\theta}_2$  を求め、この加速度  $\ddot{\theta}_2$  と、前記慣性除算部 4 4 b で計算された駆動輪 2 の加速度の推定値  $\ddot{\theta}_2$  とを、第 2 の比較部 4 4 j で比較する。慣性除算部 4 4 b で計算された加速度の推定値  $\ddot{\theta}_2$  は、スリップを生じていない場合の駆動輪 2 の加速度であり、比較部 4 4 j による比較結果が、スリップによる生じた加速度差分値となる。

【 0 0 2 6 】

上記の第 1 の比較部 4 4 d の演算結果である速度差分値と、第 2 の比較部 4 4 j の演算結果である加速度差分値は、それぞれ増幅部 4 4 e、4 4 k により、定められた増幅率で増幅され、両増幅値が第 3 の比較部 4 4 m で加算される。

【 0 0 2 7 】

このように求めた速度差分値と加速度差分値の増幅後の加算値に、係数乗算部 4 4 n でチューニングのための係数  $C$  を乗じた値が補正值とされる。係数  $C$  は、例えば、 $c_1$  と  $c_2$  の加算値の微分値とする。すなわち、 $C = C_1 + C_2 (d/dt)$  とする。

この補正值が、トルク配分手段 4 8 から出力されるアクセル信号  $T_r$  に対して補正量減算部 4 4 で減算され、トルク指令値  $T_{mr}$  とされる。このトルク指令値  $T_{mr}$  がモータ 6 のパワー回路部 2 8 に出力され、モータ 6 が駆動される。

【 0 0 2 8 】

上記構成によるスリップ制御を説明する。図 3 において、外乱オブザーバ 4 3 は、モータトルク指令値  $T_{mr}$  を駆動輪 2 周りの慣性モーメント  $J$  で除して、この除した値の積分値  $\theta_1$  を求める。この積分値  $\theta_1$  と従動輪回転数  $\dot{\theta}_1$  との差分値を求め、この差分値を時間微分し、さらに前記慣性モーメント  $J$  を乗じた値を求める。この値が、駆動輪 2 に対する外力影響量の推定値  $T_e$  である。

前記のモータトルク指令値  $T_{mr}$  を駆動輪 2 周りの慣性モーメント  $J$  で除して、さらに積分した値は、上記のように平地走行の場合の従動輪回転数の推定値  $\theta_1$  である。このように、平地走行の場合の従動輪回転数の推定値  $\dot{\theta}_1$  と実際に検出される従動輪回転数  $\dot{\theta}_1$  とを比較するため、登坂時などにおける外力の影響量の推定値  $T_e$  を求めることができる。

【 0 0 2 9 】

スリップ量対応補正手段 4 4 は、上記のように外乱オブザーバ 4 3 で求めた外力の影響

10

20

30

40

50

量の推定値  $T_e$  と前記モータトルク指令値  $T_{mr}$  との加算値を、車両慣性から推定される駆動輪周りの慣性モーメント  $J$  で除して、さらに積分した値  $\theta_2$  を求め、この値  $\theta_2$  と駆動輪回転数  $n_2$  との差分値である速度差分値を求める。

上記の積分した値  $\theta_2$  は、スリップしていない場合の駆動輪回転数の推定値であり、これは外力の影響量を考慮した推定値である。この駆動輪回転数の推定値  $\theta_2$  と実際に検出した駆動輪 2 の回転数  $n_2$  との差分値は、駆動輪 3 のスリップ量に相当する推定値となる。このスリップ量に相当する推定値は、前記外力の影響量を考慮した推定値であり、精度良く求めた推定値となる。

また、駆動輪回転数  $n_2$  を時間微分部 44f で時間微分して駆動輪 2 の加速度  $a_2$  を求め、この加速度  $a_2$  と、前記慣性除算部 44b で計算された駆動輪 2 の加速度の推定値  $\hat{a}_2$  とを比較し、加速度差分値を求める。

10

#### 【0030】

これら速度差分値と加速度差分値は、それぞれ増幅部 44e, 44k でより増幅され、両増幅値が加算される。

このように求めた駆動輪 2 のスリップ量の推定値に比例する値を、アクセル信号  $T_r$  に対して減算し、モータトルク指令値  $T_{mr}$  とする。そのため、坂道走行時の車両重量や風等による外力による影響を考慮した適切なタイヤのスリップを防止が行えて、スリップ防止のための無駄な走行性能の制限を伴うことなく、確実なスリップ防止を行うことができる。

#### 【0031】

20

なお、上記実施形態では、速度差分値および加速度差分値の両方を、アクセル信号  $T_r$  の補正に用いたが、速度差分値と加速度差分値のいずれか一方を用いてアクセル信号  $T_r$  の補正を行うようにしても良い。

#### 【0032】

このように、外乱オブザーバ 43 で、駆動輪 2 に対する外力影響量の推定値  $T_e$  を求め、この外力影響量の推定値  $T_e$  を用いて、スリップ量対応補正手段 44 により、駆動輪 2 のスリップ量に対応する補正值を求め、モータ 6 へのアクセル信号  $T_r$  を補正するため、坂道走行時の車両重量や風等による外力による影響を考慮した適切なタイヤのスリップを防止が行えて、スリップ防止のための無駄な走行性能の制限を伴うことなく、確実なスリップ防止を行うことができる。

30

#### 【0033】

次に、図 4 ~ 図 6 と共に、前記インホイールモータ駆動装置 8 の具体例を示す。このインホイールモータ駆動装置 8 は、車輪用軸受 4 とモータ 6 との間に減速機 7 を介在させ、車輪用軸受 4 で支持される駆動輪 2 のハブとモータ 6 の回転出力軸 74 とを同軸心上で連結してある。減速機 7 は、サイクロイド減速機であって、モータ 6 の回転出力軸 74 に同軸に連結される回転入力軸 82 に偏心部 82a, 82b を形成し、偏心部 82a, 82b にそれぞれ軸受 85 を介して曲線板 84a, 84b を装着し、曲線板 84a, 84b の偏心運動を車輪用軸受 4 へ回転運動として伝達する構成である。なお、この明細書において、車両に取り付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、車両の中央寄りとなる側をインボード側と呼ぶ。

40

#### 【0034】

車輪用軸受 4 は、内周に複列の転走面 53 を形成した外方部材 51 と、これら各転走面 53 に対向する転走面 54 を外周に形成した内方部材 52 と、これら外方部材 51 および内方部材 52 の転走面 53, 54 間に介在した複列の転動体 55 とで構成される。内方部材 52 は、駆動輪を取り付けるハブを兼用する。この車輪用軸受 4 は、複列のアンギュラ玉軸受とされていて、転動体 55 はボールからなり、各列毎に保持器 56 で保持されている。上記転走面 53, 54 は断面円弧状であり、各転走面 53, 54 は接触角が背面合わせとなるように形成されている。外方部材 51 と内方部材 52 との間の軸受空間のアウトボード側端は、シール部材 57 でシールされている。

#### 【0035】

50



外方部材 5 1 は静止側軌道輪となるものであって、減速機 7 のアウトボード側のハウジング 8 3 b に取り付けられるフランジ 5 1 a を有し、全体が一体の部品とされている。フランジ 5 1 a には、周方向の複数箇所にボルト挿通孔 6 4 が設けられている。また、ハウジング 8 3 b には、ボルト挿通孔 6 4 に対応する位置に、内周にねじが切られたボルト螺着孔 9 4 が設けられている。ボルト挿通孔 9 4 に挿通した取付ボルト 6 5 をボルト螺着孔 9 4 に螺着させることにより、外方部材 5 1 がハウジング 8 3 b に取り付けられる。

【 0 0 3 6 】

内方部材 5 2 は回転側軌道輪となるものであって、車輪取付用のハブフランジ 5 9 a を有するアウトボード側材 5 9 と、このアウトボード側材 5 9 の内周にアウトボード側が嵌合して加締めによってアウトボード側材 5 9 に一体化されたインボード側材 6 0 とでなる。これらアウトボード側材 5 9 およびインボード側材 6 0 に、前記各列の転走面 5 4 が形成されている。インボード側材 6 0 の中心には貫通孔 6 1 が設けられている。ハブフランジ 5 9 a には、周方向複数箇所にハブボルト 6 6 の圧入孔 6 7 が設けられている。アウトボード側材 5 9 のハブフランジ 5 9 a の根元部付近には、駆動輪および制動部品（図示せず）を案内する円筒状のパイロット部 6 3 がアウトボード側に突出している。このパイロット部 6 3 の内周には、前記貫通孔 6 1 のアウトボード側端を塞ぐキャップ 6 8 が取り付けられている。

【 0 0 3 7 】

減速機 7 は、上記したようにサイクロイド減速機であり、図 5 のように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 8 4 a , 8 4 b が、それぞれ軸受 8 5 を介して回転入力軸 8 2 の各偏心部 8 2 a , 8 2 b に装着してある。これら各曲線板 8 4 a , 8 4 b の偏心運動を外周側で案内する複数の外ピン 8 6 を、それぞれハウジング 8 3 b に差し渡して設け、内方部材 2 のインボード側材 6 0 に取り付けられた複数の内ピン 8 8 を、各曲線板 8 4 a , 8 4 b の内部に設けられた複数の円形の貫通孔 8 9 に挿入状態に係合させてある。回転入力軸 8 2 は、モータ 6 の回転出力軸 7 4 とスプライン結合されて一体に回転する。なお、回転入力軸 8 2 はインボード側のハウジング 8 3 a と内方部材 5 2 のインボード側材 6 0 の内径面とに 2 つの軸受 9 0 で両持ち支持されている。

【 0 0 3 8 】

モータ 6 の回転出力軸 7 4 が回転すると、これと一体回転する回転入力軸 8 2 に取り付けられた各曲線板 8 4 a , 8 4 b が偏心運動を行う。この各曲線板 8 4 a , 8 4 b の偏心運動が、内ピン 8 8 と貫通孔 8 9 との係合によって、内方部材 5 2 に回転運動として伝達される。回転出力軸 7 4 の回転に対して内方部材 5 2 の回転は減速されたものとなる。例えば、1 段のサイクロイド減速機で 1 / 1 0 以上の減速比を得ることができる。

【 0 0 3 9 】

前記 2 枚の曲線板 8 4 a , 8 4 b は、互いに偏心運動が打ち消されるように 1 8 0 ° 位相をずらして回転入力軸 8 2 の各偏心部 8 2 a , 8 2 b に装着され、各偏心部 8 2 a , 8 2 b の両側には、各曲線板 8 4 a , 8 4 b の偏心運動による振動を打ち消すように、各偏心部 8 2 a , 8 2 b の偏心方向と逆方向へ偏心させたカウンターウエイト 9 1 が装着されている。

【 0 0 4 0 】

図 6 に拡大して示すように、前記各外ピン 8 6 と内ピン 8 8 には軸受 9 2 , 9 3 が装着され、これらの軸受 9 2 , 9 3 の外輪 9 2 a , 9 3 a が、それぞれ各曲線板 8 4 a , 8 4 b の外周と各貫通孔 8 9 の内周とに転接するようになっている。したがって、外ピン 8 6 と各曲線板 8 4 a , 8 4 b の外周との接触抵抗、および内ピン 8 8 と各貫通孔 8 9 の内周との接触抵抗を低減し、各曲線板 8 4 a , 8 4 b の偏心運動をスムーズに内方部材 5 2 に回転運動として伝達することができる。

【 0 0 4 1 】

図 4 において、モータ 6 は、円筒状のモータハウジング 7 2 に固定したモータステータ 7 3 と、回転出力軸 7 4 に取り付けられたモータロータ 7 5 との間にラジアルギャップを設けたラジアルギャップ型の I P M モータである。回転出力軸 7 4 は、減速機 7 のインボード

10

20

30

40

50

側のハウジング 8 3 a の筒部に 2 つの軸受 7 6 で片持ち支持されている。

【 0 0 4 2 】

モータステータ 7 3 は、軟質磁性体からなるステータコア部 7 7 とコイル 7 8 とでなる。ステータコア部 7 7 は、その外周面がモータハウジング 7 2 の内周面に嵌合して、モータハウジング 7 2 に保持されている。モータロータ 7 5 は、モータステータ 7 3 と同心に回転出力軸 7 4 に外嵌するロータコア部 7 9 と、このロータコア部 7 9 に内蔵される複数の永久磁石 8 0 とでなる。

【 0 0 4 3 】

モータ 6 には、モータステータ 7 3 とモータロータ 7 5 の間の相対回転角度を検出する角度センサ 3 6 が設けられる。角度センサ 3 6 は、モータステータ 7 3 とモータロータ 7 5 の間の相対回転角度を表す信号を検出して出力する角度センサ本体 7 0 と、この角度センサ本体 7 0 の出力する信号から角度を演算する角度演算回路 7 1 とを有する。角度センサ本体 7 0 は、回転出力軸 7 4 の外周面に設けられる被検出部 7 0 a と、モータハウジング 7 2 に設けられ前記被検出部 7 0 a に例えば径方向に対向して近接配置される検出部 7 0 b とでなる。被検出部 7 0 a と検出部 7 0 b は軸方向に対向して近接配置されるものであっても良い。ここでは、各角度センサ 3 6 として、磁気エンコーダまたはレゾルバが用いられる。モータ 6 の回転制御は上記モータコントロール部 2 9 ( 図 1 , 2 ) により行われる。このモータ 6 では、その効率を最大にするため、角度センサ 4 2 の検出するモータステータ 7 3 とモータロータ 7 5 の間の相対回転角度に基づき、モータステータ 7 3 のコイル 7 8 へ流す交流電流の各波の各相の印加タイミングを、モータコントロール部 2 9 のモータ駆動制御部 3 3 によってコントロールするようにされている。

なお、インホイールモータ駆動装置 8 のモータ電流の配線や各種センサ系、指令系の配線は、モータハウジング 7 2 等に設けられたコネクタ 9 9 により纏めて行われる。

【 0 0 4 4 】

図 7 は、図 1 , 図 2 の回転センサ 2 4 , 2 4 A の一例を示す。この回転センサ 2 4 , 2 4 A は、車輪用軸受 4 における内方部材 5 2 の外周に設けられた磁気エンコーダ 2 4 a と、この磁気エンコーダ 2 4 a に対向して外方部材 5 1 に設けられた磁気センサ 2 4 b とでなる。磁気エンコーダ 2 4 a は、円周方向に磁極 N , S を交互に着磁したリング状の部材である。この例では、回転センサ 2 4 は両列の転動体 5 5 , 5 5 間に配置しているが、車輪用軸受 4 の端部に設置しても良い。

【 0 0 4 5 】

なお、上記実施形態では、図 1 , 2 に示すように、モータコントロール部 2 9 をインバータ装置 2 2 に設けたが、モータコントロール部 2 9 はメインの E C U 2 1 に設けても良い。また、E C U 2 1 とインバータ装置 2 2 とは、この実施形態では分けて設けているが、一体化した制御装置として設けても良い。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 6 】

- 1 ... 車体
- 2 , 3 ... 車輪
- 4 , 5 ... 車輪用軸受
- 6 ... モータ
- 7 ... 減速機
- 8 ... インホイールモータ駆動装置
- 9 , 1 0 ... 電動式のブレーキ
- 2 1 ... E C U
- 2 2 ... インバータ装置
- 2 4 , 2 4 A ... 回転センサ
- 2 8 ... パワー回路部
- 2 9 ... モータコントロール部
- 3 0 ... インホイールモータユニット

10

20

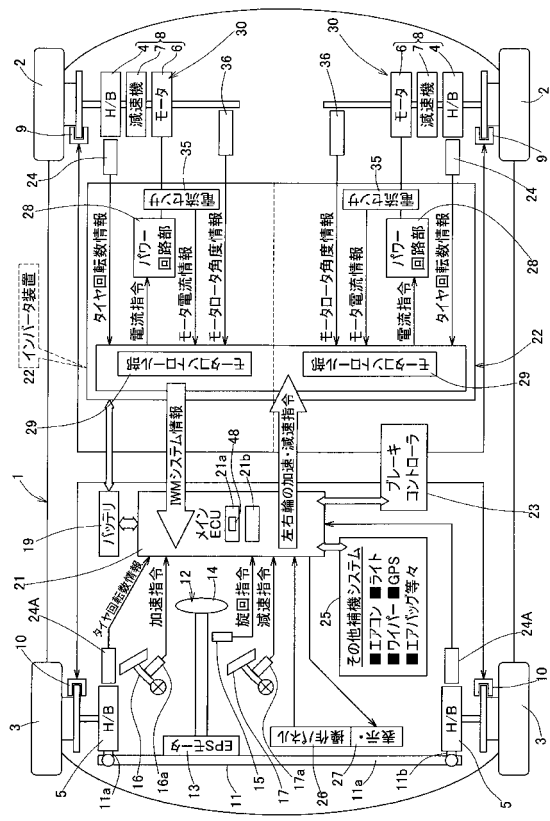
30

40

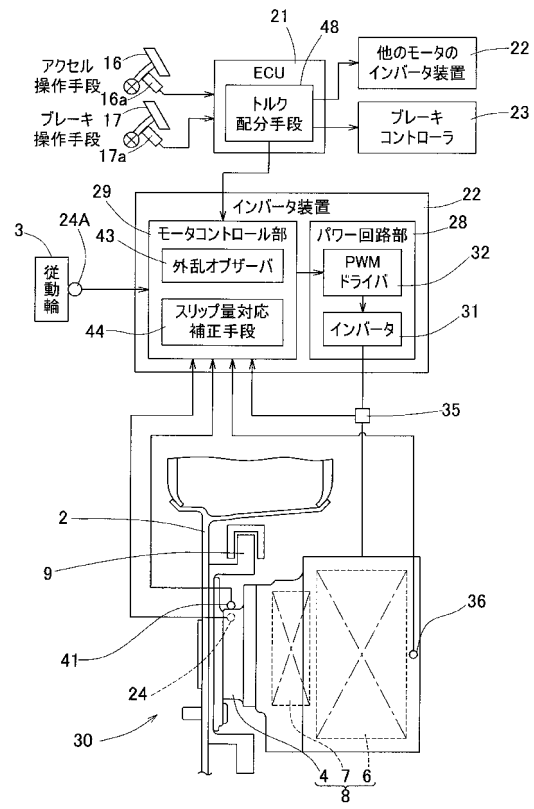
50

- 3 1 ... インバータ
- 3 2 ... P W Mドライバ
- 3 3 ... モータ駆動制御部
- 4 1 ... 荷重センサ
- 4 3 ... 外乱オブザーバ
- 4 4 ... スリップ量対応補正手段

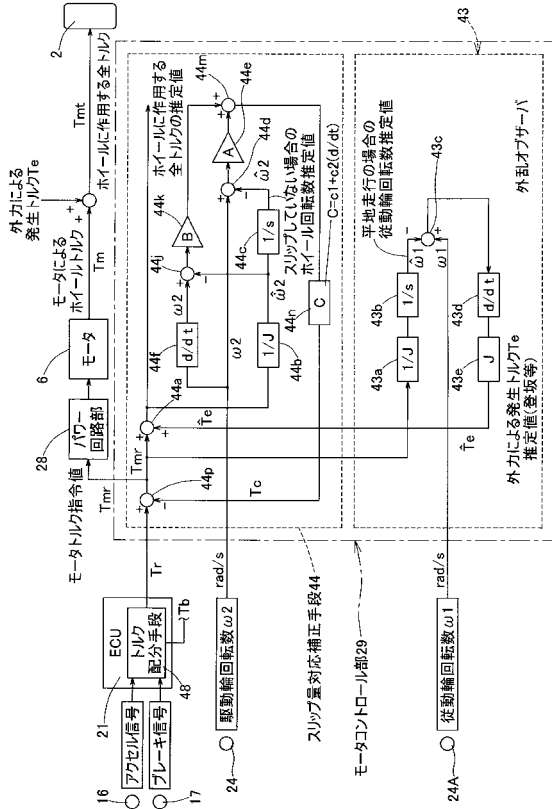
【 図 1 】



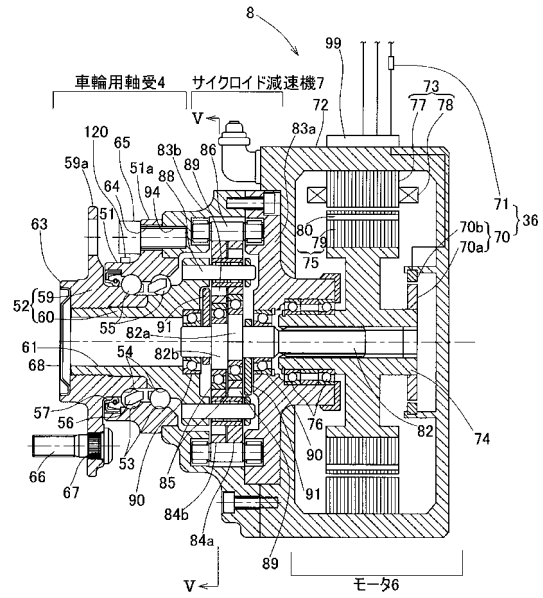
【 図 2 】



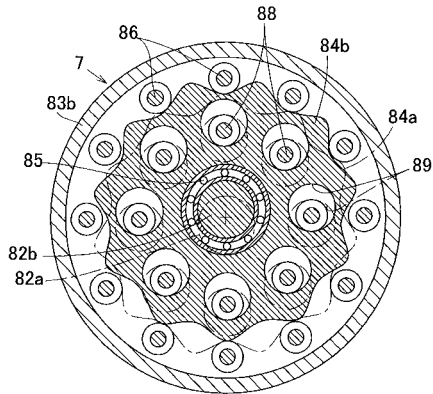
【図3】



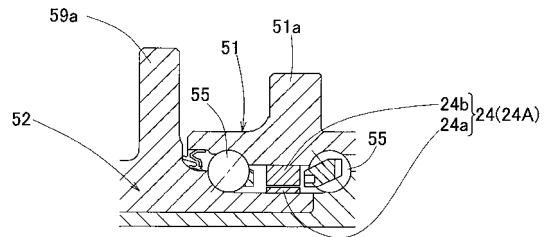
【図4】



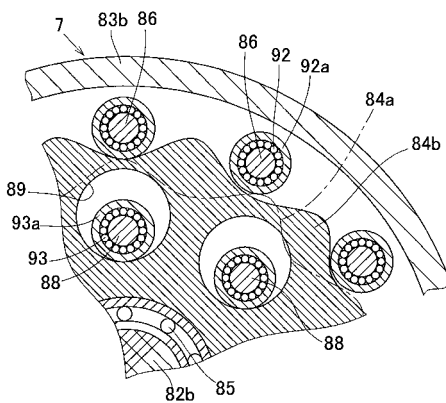
【図5】



【図7】



【図6】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-55703(JP,A)  
特開2010-51160(JP,A)  
特開2008-86160(JP,A)  
特開2006-258289(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 1/00 - 3/12  
B60L 7/00 - 13/00  
B60L 15/00 - 15/42  
B60K 7/00