

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年7月4日(04.07.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/130563 A1

(51) 国際特許分類:
B60L 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/047306

(22) 国際出願日: 2017年12月28日(28.12.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:菅原 徹大 (SUGAHARA, Tetsuo); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

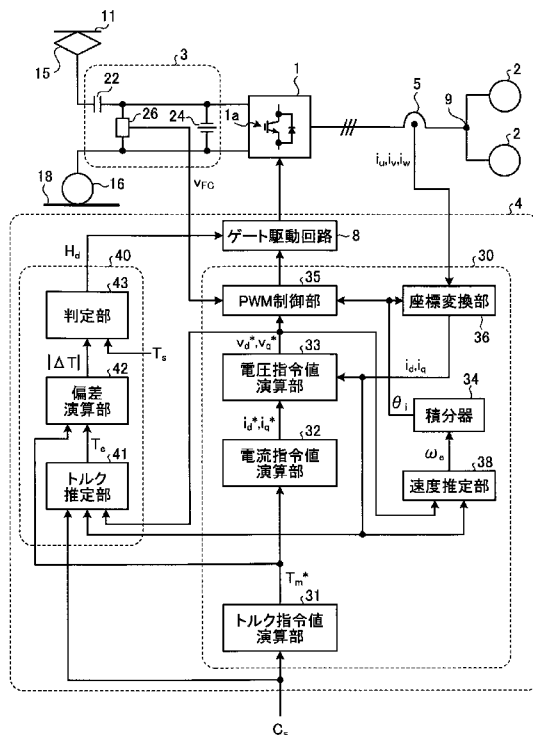
加藤 将 (KATO, Sho); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: ELECTRIC VEHICLE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 電気車制御装置



- 8 Gate drive circuit
- 31 Torque command value calculation unit
- 32 Current command value calculation unit
- 33 Voltage command value calculation unit
- 34 Integrator
- 35 PWM control unit
- 36 Coordinate transformation unit
- 38 Speed estimation unit
- 41 Torque estimation unit
- 42 Deviation calculation unit
- 43 Determination unit

(57) Abstract: This electric vehicle control device controls the traveling of an electric vehicle by means of a drive control system having: a plurality of induction motors (2); one inverter (1) for driving the plurality of induction motors (2); and a control device (4) for controlling the inverter (1). The control device (4) is provided with an uncoupling detection unit (40) which, when starting the induction motors (2), calculates a torque estimation value on the basis of a total current and a voltage command value, and which, on the basis of the calculated torque estimation value and a torque command

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

value, detects uncoupling of a coupling (54) provided between the induction motors (2) and an electric vehicle driving mechanism.

(57) 要約: 複数台の誘導モータ (2) と、複数台の誘導モータ (2) を駆動する1つのインバータ (1) と、インバータ (1) を制御する制御装置 (4) と、を有する駆動制御系によって電気車は走行制御される。制御装置 (4) は、誘導モータ (2) の起動時に、トータル電流と電圧指令値とに基づいてトルク推定値を算出し、算出したトルク推定値とトルク指令値とに基づいて、誘導モータ (2) と電気車の駆動機構との間に設けられたカップリング (54) の外れを検出するカップリング外れ検出部 (40) を備える。

明 細 書

発明の名称：電気車制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、１つのインバータが複数台の誘導モータを駆動し、複数台の誘導モータによって駆動される電気車に適用される電気車制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来の電気車制御装置は、一般的には、下記特許文献１に示されるように、電動車の台車に搭載された車輪の車軸に歯車及びカップリングを介してモータが連結され、連結されたモータが発生するトルクを制御して電気車を駆動する構成である。また、モータとしては、誘導モータを用いるのが一般的である。

[0003] 下記特許文献２には、速度検出器により検出されたモータの回転速度が最大速度設定値を超えた場合に、インバータの動作を停止することで、モータの回転速度の異常な上昇を抑えるようにした電気車制御装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１１－１７３４４１号公報

特許文献２：特開２０１４－１５８４１９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 電気車において、誘導モータと歯車との間を連結するための連結部材であるカップリングは、走行中に外れる場合がある。一方、複数台の誘導モータによって駆動される電気車は、一部の誘導モータのカップリングが外れていても、カップリングが外れていない誘導モータに牽引される。

[0006] 上記特許文献２のように、速度検出器の検出値を利用する制御であれば、誘導モータが接続される各軸の回転速度を個々に検出できる。このため、各

軸の回転速度差を検出することで、カップリングの外れを容易に検出することができる。これに対し、速度検出器の検出値を制御に利用しない、いわゆる速度センサレス制御の電気車制御装置では、誘導モータが接続される各軸の回転速度を個別に検出できない。このため、速度センサレス制御の電気車制御装置において、カップリングの外れを容易な手法で検出する技術が求められている。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、カップリングの外れを容易な手法で検出することができる電気車制御装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明では、複数台の誘導モータと、複数台の誘導モータを駆動する1つのインバータと、各々の誘導モータに流れるモータ電流の合計であるトータル電流を検出する電流検出器と、トルク指令値に基づいて算出した電流指令値、検出されたトータル電流に基づいて算出した電圧指令値、並びに、算出した電圧指令値及び検出したトータル電流に基づいて算出した速度推定値に基づいてインバータを制御する制御装置と、を有する駆動制御系が備えられる。駆動制御系によって電気車は走行制御される。制御装置は、トータル電流と電圧指令値とに基づいてトルク推定値を算出し、算出したトルク推定値とトルク指令値とに基づいて、誘導モータと電気車の駆動機構との間に設けられたカップリングの外れを検出するカップリング外れ検出部を備える。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、電気車制御装置において、カップリングの外れを容易な手法で検出することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]実施の形態1に係る電気車制御装置を含む電気車駆動システムの構成図
[図2]電気車の車輪と誘導モータとの間の駆動機構の概略構成を示す図
[図3]実施の形態1に係る制御装置の詳細構成を示すブロック図
[図4]実施の形態1におけるカップリング外れ検出の動作フローを示すフロー

チャート

[図5]実施の形態１に係る制御装置の図３とは異なる構成例を示すブロック図

[図6]実施の形態２に係る制御装置の詳細構成を示すブロック図

[図7]実施の形態２におけるカップリング外れ検出の動作フローを示すフローチャート

[図8]実施の形態３に係る制御装置の詳細構成を示すブロック図

[図9]実施の形態３におけるカップリング外れ検出の動作フローを示すフローチャート

[図10]実施の形態１、２及び３におけるカップリング外れ検出部の機能を実現するハードウェア構成の一例を示すブロック図

[図11]実施の形態１、２及び３におけるカップリング外れ検出部の機能を実現するハードウェア構成の他の例を示すブロック図

発明を実施するための形態

[0011] 以下に添付図面を参照し、本発明の実施の形態に係る電気車制御装置について詳細に説明する。なお、以下の実施の形態により、本発明が限定されるものではない。また、以下の説明では、物理的な接続と電気的な接続とを区別せずに、単に「接続」と称する。

[0012] 実施の形態１．

図１は、実施の形態１に係る電気車制御装置を含む電気車駆動システム８０の構成図である。図１は、直流電気車への適用例である。図１に示すように、実施の形態１に係る電気車駆動システム８０は、入力回路３と、第１の駆動群５０と、第２の駆動群５２とを有する。第１の駆動群５０は第１の駆動制御系を構成し、第２の駆動群５２は第２の駆動制御系を構成する。第１の駆動群５０及び第２の駆動群５２は、電気車の走行を制御する。

[0013] 入力回路３の入力側において、入力回路３の正側はパンタグラフ１５を介して架線１１に接続され、入力回路３の負側は車輪１６を介してレール１８に接している。第１の駆動群５０及び第２の駆動群５２は、入力回路３の出力側に並列に接続される。これらの接続により、架線１１、パンタグラフ１

5、入力回路3、第1の駆動群50、車輪16及びレール18の間で1つの電気回路が構成される。また、架線11、パンタグラフ15、入力回路3、第2の駆動群52、車輪16及びレール18の間でもう1つの電気回路が構成される。

[0014] 入力回路3には、パンタグラフ15を介して架線11からの電力が供給される。また、パンタグラフ15及び入力回路3を介した架線11からの電力は、第1の駆動群50と、第2の駆動群52とに供給される。

[0015] 入力回路3は、遮断器22と、フィルタコンデンサ24と、電圧検出器26とを有する。遮断器22は、架線11と、第1の駆動群50及び第2の駆動群52との間の接続を開閉する。フィルタコンデンサ24は、架線11から供給される電力を平滑して蓄積する。電圧検出器26は、フィルタコンデンサ24の電圧を検出する。

[0016] 第1の駆動群50は、インバータ1と、2台の誘導モータ2と、制御装置4と、電流検出器5とを有する。

[0017] インバータ1における高電位側の接続端は入力回路3の遮断器22を介してパンタグラフ15に接続され、インバータ1における低電位側の接続端は入力回路3を通じて車輪16に電氣的に接続される。インバータ1は、入力回路3から供給される直流を可変電圧可変周波数の交流に変換する電力変換装置である。インバータ1の交流側には、2台の誘導モータ2が接続される。なお、インバータ1において、入力回路3がある側を「直流側」と呼び、誘導モータ2がある側を「交流側」と呼ぶ。インバータ1は2台の誘導モータ2を駆動する。2台の誘導モータ2は、電気車に駆動力を付与する。

[0018] 電流検出器5は、インバータ1と2台の誘導モータ2の接続点9との間に配置される。電流検出器5は、2台の誘導モータ2の各々に流れるモータ電流の合計であるトータル電流 i_u 、 i_v 、 i_w を検出する。モータ電流は、1台の誘導モータ2の各相に流れる相電流である。電流検出器5が検出したトータル電流 i_u 、 i_v 、 i_w は、制御装置4に入力される。

[0019] 制御装置4には、上述したトータル電流 i_u 、 i_v 、 i_w に加え、電圧検出器

26の検出値であるフィルタコンデンサ電圧 v_{FC} が入力される。制御装置4は、トータル電流 i_u , i_v , i_w 、回転速度 ω_d 及びフィルタコンデンサ電圧 v_{FC} の情報を基に、インバータ1のスイッチング素子1aを駆動するためのゲート駆動信号を生成してインバータ1に出力する。制御装置4の内部では、電力変換装置であるインバータ1をパルス幅変調(Pulse Width Modulation: PWM)制御するためのPWM信号が生成される。ゲート駆動信号は、PWM信号を用いて生成される。

[0020] 第2の駆動群52も第1の駆動群50と同様に構成される。第2の駆動群52の各構成要素は、第1の駆動群50のものと同一であり、ここでの説明は割愛する。

[0021] なお、図1は、直流電気車への適用例であるが、交流電気車にも適用可能である。交流電気車の場合、入力回路3の構成が異なるが、制御装置4の基本的な構成は同等である。また、図1では、第1の駆動群50及び第2の駆動群52からなる2つの駆動群を例示しているが、3つ以上の駆動群に適用できることは言うまでもない。また、図1では、1つのインバータ1に2台の誘導モータ2が接続される例を示しているが、この例に限定されない。誘導モータ2が搭載される車両では、1両の車両が2台の台車を有し、1台の台車に2台の誘導モータが搭載される構成が一般的である。よって、この一般的な構成において、1両の車両に1つの制御装置4が搭載される場合には、1つの制御装置4によって、4台の誘導モータ2が駆動される。

[0022] 上述のように、実施の形態1に係る電気車駆動システム80は、電気車を駆動する複数台の誘導モータ2を1つのインバータ1が駆動する構成である。制御装置4は、実施の形態1に係る電気車制御装置を構成する。また、実施の形態1に係る電気車駆動システム80には、誘導モータ2の回転速度を検出する速度センサは設けられていない。すなわち、実施の形態1に係る制御装置4は、速度センサの検出値を制御に使用しない、いわゆる速度センサレス制御を行う制御装置である。なお、制御装置4の機能は、各駆動群において同一である。このため、以下では、1つの駆動群を制御する1つの制御

装置 4 に着目して説明する。

[0023] 図 2 は、電気車の車輪 1 6 と誘導モータ 2 との間の駆動機構の概略構成を示す図である。図 2 に示すように、誘導モータ 2 の回転軸 5 3 には、連結部材としてのカップリング 5 4 が設けられ、モータ側歯車 5 5 と接続される。モータ側歯車 5 5 には、車輪側歯車 5 6 が噛み合うように配置される。車輪側歯車 5 6 は、車軸 5 7 に固定されている。モータ側歯車 5 5 と車輪側歯車 5 6 とは、電気車の歯車を構成する。車軸 5 7 には、車輪 1 6 が接続されている。このように、誘導モータ 2 の出力側には、誘導モータ 2 の機械出力を、車軸 5 7 を経由して車輪 1 6 に伝える機構部が設けられている。電気車は、車輪 1 6 を回転駆動させ、車輪 1 6 が接するレール 1 8 上を走行する。

[0024] 図 3 は、実施の形態 1 に係る制御装置 4 の詳細構成を示すブロック図である。図 3 において、図 1 に示すものと同一又は同等の部位には、同一の符号を付して示している。

[0025] 制御装置 4 は、ゲート駆動回路 8 と、電圧制御部 3 0 と、カップリング外れ検出部 4 0 とを有する。

[0026] ゲート駆動回路 8 は、インバータ 1 のスイッチング素子 1 a を駆動するためのゲート駆動信号を生成してインバータ 1 に出力する。電圧制御部 3 0 は、インバータ 1 を PWM 制御するための PWM 信号を生成してゲート駆動回路 8 に出力する。カップリング外れ検出部 4 0 は、駆動対象の誘導モータ 2 にカップリング外れが生じているか否かを検出する。

[0027] 電圧制御部 3 0 は、トルク指令値演算部 3 1 と、電流指令値演算部 3 2 と、電圧指令値演算部 3 3 と、積分器 3 4 と、PWM 制御部 3 5 と、座標変換部 3 6 と、速度推定部 3 8 とを有する。

[0028] 座標変換部 3 6 は、電流検出器 5 により検出されたトータル電流 i_u , i_v , i_w を回転座標系の 2 軸である d 軸及び q 軸の電流値に変換する。変換された電流値は、d 軸電流 i_d 及び q 軸電流 i_q である。d 軸は磁束軸と称される軸であり、q 軸はトルク軸と称される軸である。d 軸及び q 軸は、各々がベクトル的に直交関係にある。座標変換部 3 6 による変換処理は公知であり、

ここでの説明は割愛する。座標変換部 36 によって変換された d 軸電流 i_d 及び q 軸電流 i_q は、電圧指令値演算部 33 と、速度推定部 38 と、カップリング外れ検出部 40 とに入力される。

[0029] トルク指令値演算部 31 には、起動指令 C_s が入力される。起動指令 C_s は、電気車の走行を開始するときに出力される指令である。トルク指令値演算部 31 は、起動指令 C_s の入力をトリガに、トルク指令値 T_m^* を演算する。トルク指令値 T_m^* は、誘導モータ 2 に出力させるトルクの指令値である。

[0030] 電流指令値演算部 32 には、トルク指令値演算部 31 により演算されたトルク指令値 T_m^* が入力される。電流指令値演算部 32 は、トルク指令値 T_m^* に基づいて、トルク軸の電流指令値である q 軸電流指令値 i_q^* と、磁束軸の電流指令値である d 軸電流指令値 i_d^* とを演算する。電流指令値演算部 32 における演算処理は公知であり、ここでの説明は割愛する。電流指令値演算部 32 が演算した q 軸電流指令値 i_q^* 及び d 軸電流指令値 i_d^* は、電圧指令値演算部 33 に入力される。

[0031] 電圧指令値演算部 33 は、電流指令値演算部 32 により演算された d 軸電流指令値 i_d^* 及び q 軸電流指令値 i_q^* 、並びに、座標変換部 36 の出力である d 軸電流 i_d 及び q 軸電流 i_q に基づいて、d 軸電圧指令値 v_d^* 及び q 軸電圧指令値 v_q^* を演算する。電圧指令値は、インバータ 1 が出力する電圧の指令値である。ベクトル制御の場合、d 軸方向と q 軸方向とに分けて演算するのが一般的な手法である。電圧指令値演算部 33 における演算処理は公知であり、ここでの説明は割愛する。電圧指令値演算部 33 が演算した d 軸電圧指令値 v_d^* 及び q 軸電圧指令値 v_q^* は、PWM 制御部 35 と、速度推定部 38 と、カップリング外れ検出部 40 とに入力される。

[0032] 速度推定部 38 には、座標変換部 36 によって変換された d 軸電流 i_d 及び q 軸電流 i_q と、電圧指令値演算部 33 によって演算された d 軸電圧指令値 v_d^* 及び q 軸電圧指令値 v_q^* とが入力される。速度推定部 38 は、d 軸電流 i_d 及び q 軸電流 i_q 、並びに、d 軸電圧指令値 v_d^* 及び q 軸電圧指令値 v_q^* に基づいて、速度推定値 ω_s を演算により求める。速度推定部 38 により演算され

た速度推定値 ω_e は、積分器34に入力される。なお、速度推定値 ω_e の算出手法は公知であり、ここでの詳細な説明は割愛する。具体的な算出手法については、例えば特許第4437629号公報に開示されており、当該公報の内容を参照されたい。

[0033] 積分器34は、入力された速度推定値 ω_e に基づき、内部演算で角周波数を求め、求めた角周波数を積分して位相 θ_i を演算する。角周波数は、速度推定値 ω_e に誘導モータ2のすべり速度を加算することで生成することができる。積分器34が演算した位相 θ_i は、PWM制御部35と、座標変換部36とに入力される。座標変換部36において、位相 θ_i は、d軸電流 i_d 及びq軸電流 i_q を演算する際に用いられる。

[0034] PWM制御部35は、位相 θ_i 、d軸電圧指令値 v_d^* 及びq軸電圧指令値 v_q^* 、並びにフィルタコンデンサ電圧 v_{FC} に基づいて、インバータ1のスイッチング素子1aをPWM制御するためのPWM信号を生成する。PWM信号の生成処理は公知であり、ここでの説明は割愛する。

[0035] 次に、カップリング外れ検出部40について説明する。カップリング外れ検出部40は、図3に示すように、トルク推定部41と、偏差演算部42と、判定部43とを有する。

[0036] カップリング外れ検出部40は、誘導モータ2の回転軸53に設けられるカップリング54の外れを検出する検出部である。カップリング54が外れた誘導モータ2を駆動する場合、起動指令 C_e に基づいて算出されるトルク指令値 T_m^* と、電流検出器5で検出されたトータル電流 i_u 、 i_v 、 i_w に基づいて算出されるトルク推定値 T_e との間には、カップリング外れを検出できる差異が現れる。この差異は、特に起動時において顕著である。なお、起動時とは、車両を停止状態から走行状態に移行する場合のみならず、惰行状態から再加速する場合も含んでいる。また、ここで言う差異とは、偶然又は誤差で生じた差異ではなく、有意な差異である。図3に示すカップリング外れ検出部40は、この原理を用いて構成されている。

[0037] トルク推定部41には、座標変換部36によって変換されたd軸電流 i_d 及

びq軸電流 i_q と、電圧指令値演算部33によって演算されたd軸電圧指令値 v_d^* 及びq軸電圧指令値 v_q^* と、起動指令 C_s とが入力される。トルク推定部41は、起動指令 C_s が入力されると、d軸電流 i_d と、q軸電流 i_q と、d軸電圧指令値 v_d^* と、q軸電圧指令値 v_q^* とに基づいて、トルク推定値 T_e を演算する。トルク推定値 T_e は、外部から入力又は指示される値ではなく、制御装置4の内部の制御パラメータによって演算されるトルクの推定値である。

トルク推定部41が演算したトルク推定値 T_e は、偏差演算部42に入力される。

[0038] 偏差演算部42には、トルク推定値 T_e に加え、トルク指令値 T_m^* が入力される。偏差演算部42は、トルク指令値 T_m^* とトルク推定値 T_e との偏差の絶対値 $|\Delta T|$ を演算する。偏差の絶対値 $|\Delta T|$ は、判定部43に入力される。

[0039] 判定部43には、偏差の絶対値 $|\Delta T|$ に加え、基準値 T_s が入力される。基準値 T_s は、カップリング外れを検出するための閾値である。判定部43は、偏差の絶対値 $|\Delta T|$ を基準値 T_s と比較し、偏差の絶対値 $|\Delta T|$ が基準値 T_s よりも大きいときにカップリング外れが生じていると判定する。判定部43は、カップリング外れが生じていると判定すると外れ検出信号 H_d を出力する。外れ検出信号 H_d は、ゲート駆動回路8に出力される。外れ検出信号 H_d は、ゲート駆動回路8の動作を強制的に停止させる制御信号である。外れ検出信号 H_d が出力されている間、ゲート駆動回路8は、PWM制御部35からのPWM信号が入力されていても、インバータ1へのゲート駆動信号の出力を停止する。

[0040] なお、上記のカップリング外れ検出部40では、起動指令 C_s をトルク推定部41に入力しているが、起動指令 C_s を判定部43に入力するように構成してもよい。この構成の場合、起動指令 C_s の入力に関わらず、トルク推定部41、偏差演算部42及び判定部43による処理が常時行われる。そして、起動指令 C_s の入力に合わせて、判定部43の判定結果がゲート駆動回路8に出力される。或いは、起動指令 C_s の入力に関わらず、トルク推定部41及び偏

差演算部42による処理が常時行われる。そして、起動指令 C_s の入力に合わせて判定部43が動作を開始し、判定部43の判定結果がゲート駆動回路8に出力される。

- [0041] 次に、実施の形態1におけるカップリング外れ検出の動作について、図3及び図4を参照して説明する。図4は、実施の形態1におけるカップリング外れ検出の動作フローを示すフローチャートである。図4において、ステップS101及びステップS102の処理は、トルク推定部41によって実行され、ステップS103の処理は偏差演算部42によって実行され、ステップS104からステップS107の処理は判定部43によって実行される。
- [0042] ステップS101では、起動指令 C_s を受信したか否かが判定される。起動指令 C_s を受信していなければ（ステップS101, No）、ステップS101の処理を繰り返す。起動指令 C_s を受信していれば（ステップS101, Yes）、ステップS102に移行する。
- [0043] ステップS102では、トルク推定値 T_s が算出される。ステップS103では、トルク推定値 T_s とトルク指令値 T_m^* との偏差 ΔT が算出される。ステップS104では、ステップS103で算出された偏差 ΔT の絶対値 $|\Delta T|$ が基準値 T_s と比較される。
- [0044] ここで、絶対値 $|\Delta T|$ が基準値 T_s 以上である場合（ステップS105, Yes）、ステップS106に進む。ステップS106では、「カップリング外れ有り」と判定され、図4の処理フローを終える。
- [0045] 一方、絶対値 $|\Delta T|$ が基準値 T_s 未満である場合（ステップS105, No）、ステップS107に進む。ステップS107では、「カップリング外れ無し」と判定され、図4の処理フローを終える。
- [0046] なお、上記のステップS105の判定処理では、絶対値 $|\Delta T|$ と基準値 T_s とが等しい場合を“Yes”と判定してステップS106に移行しているが、“No”と判定してステップS107に移行してもよい。すなわち、絶対値 $|\Delta T|$ と基準値 T_s とが等しい場合を“Yes”又は“No”の何れで判定してもよい。

[0047] 以上の説明のように、実施の形態 1 に係る電気車制御装置によれば、トルク指令値 T_m^* と、トルク推定値 T_e とに基づいて、誘導モータ 2 のカップリング外れを検出することができる。実施の形態 1 の手法は、トルク指令値 T_m^* というトルクに関する指令情報と、トルク推定値 T_e というトルクに関する推定情報とを用いればよいので、誘導モータ 2 のカップリング外れを簡易な手法で検出することが可能となる。

[0048] また、実施の形態 1 に係る電気車制御装置によれば、複数台の誘導モータ 2 のうちで、一部の誘導モータ 2 のカップリング外れを検出し、カップリング外れが検出された誘導モータ 2 を含む駆動群の駆動を停止することができる。これにより、カップリング外れ状態にある誘導モータ 2 を含む 1 つの駆動群のみの駆動を停止しても、他の駆動群により電気車の運行を継続することができる。

[0049] 図 5 は、実施の形態 1 に係る制御装置 4 の図 3 とは異なる構成例を示すブロック図である。図 3 との相違点は、外れ検出信号 H_d の出力先である。すなわち、図 3 では、外れ検出信号 H_d をゲート駆動回路 8 に出力しているのに対し、図 5 では、外れ検出信号 H_d を遮断器 22 に出力している。外れ検出信号 H_d を受信した遮断器 22 は、図示しない接点を開放することで、架線 11 から供給される電力を遮断する。

[0050] 図 3 の構成は、電気車の運行を継続できるという利点がある。一方、図 5 の構成では、カップリング外れ状態にある誘導モータ 2 を含む 1 つの駆動群のみの駆動を停止することはできないので、電気車の運行を継続することはできない。しかしながら、図 5 の構成では、架線 11 により近い側で電力供給を遮断できるので、電気車の運行を迅速に停止できるという利点がある。電気車において、車両の駆動に寄与できる誘導モータ 2 の数が少なくなる場合、1 台の誘導モータ 2 にかかる負担が増大する。このため、各誘導モータ 2 に意図しない大きな電流が流れる可能性がある。図 5 の構成は、このような状況の回避に有効である。

[0051] 実施の形態 2.

図6は、実施の形態2に係る制御装置4Aの詳細構成を示すブロック図である。実施の形態2に係る制御装置4Aは、電圧制御部30Aと、カップリング外れ検出部40Aとを備える。

[0052] カップリング外れ検出部40Aでは、図3に示す実施の形態1のカップリング外れ検出部40の構成において、トルク推定部41が速度換算部44に変更され、偏差演算部42が偏差演算部45に変更され、判定部43が判定部46に変更されている。なお、その他の構成については、入出力信号を除き、実施の形態1の構成と同一又は同等であり、同一又は同等の構成部には同一の符号を付して重複する説明は割愛する。また、入出力信号については、後述する。

[0053] カップリング外れ検出部40Aは、誘導モータ2の回転軸53に設けられるカップリング54の外れを検出する検出部である。カップリング54が外れた誘導モータ2を駆動する場合、誘導モータ2の実際の回転速度と、電流検出器5で検出されたトータル電流 i_u 、 i_v 、 i_w に基づいて算出される速度推定値 ω_e との間には、カップリング外れを検出できる差異が現れる。この差異は、特に起動時において顕著である。図5に示すカップリング外れ検出部40Aは、この原理を用いて構成されている。

[0054] 速度換算部44には、外部からの車両速度情報である車両速度 V_s が入力される。車両速度情報は、列車によって管理されている走行速度の情報を利用してもよいし、走行速度に関する実際の検出情報を利用してもよい。速度換算部44は、車両速度 V_s を換算速度 ω_c に換算する。換算速度 ω_c は、車両速度 V_s を誘導モータ2の回転速度に換算した換算値である。速度換算部44が演算した換算速度 ω_c は、偏差演算部45に入力される。

[0055] 偏差演算部45には、換算速度 ω_c に加え、速度推定値 ω_e が入力される。偏差演算部45は、換算速度 ω_c と、速度推定値 ω_e との偏差の絶対値 $|\Delta\omega|$ を演算する。偏差の絶対値 $|\Delta\omega|$ は、判定部46に入力される。

[0056] 判定部46には、偏差の絶対値 $|\Delta\omega|$ に加え、基準値 ω_s が入力される。基準値 ω_s は、カップリング外れを検出するための閾値である。判定部46は

、偏差の絶対値 $|\Delta\omega|$ を基準値 ω_s と比較し、偏差の絶対値 $|\Delta\omega|$ が基準値 ω_s よりも大きいときにカップリング外れが生じていると判定して外れ検出信号 H_d をゲート駆動回路 8 に出力する。なお、図 6 では、外れ検出信号 H_d は、ゲート駆動回路 8 に出力されるが、図 5 のように、遮断器 22 に出力されてもよい。

[0057] なお、上記のカップリング外れ検出部 40A では、起動指令 C_s を速度換算部 44 に入力しているが、起動指令 C_s を判定部 46 に入力するように構成してもよい。この構成の場合、起動指令 C_s の入力に関わらず、速度換算部 44、偏差演算部 45 及び判定部 46 による処理が常時行われる。そして、起動指令 C_s の入力に合わせて、判定部 46 の判定結果がゲート駆動回路 8 に出力される。或いは、起動指令 C_s の入力に関わらず、速度換算部 44 及び偏差演算部 45 による処理が常時行われる。そして、起動指令 C_s の入力に合わせて判定部 46 が動作を開始し、判定部 46 の判定結果がゲート駆動回路 8 に出力される。

[0058] 次に、実施の形態 2 におけるカップリング外れ検出の動作について、図 6 及び図 7 を参照して説明する。図 7 は、実施の形態 2 におけるカップリング外れ検出の動作フローを示すフローチャートである。図 7 において、ステップ S201 及びステップ S202 の処理は速度換算部 44 によって実行され、ステップ S203 の処理は偏差演算部 45 によって実行され、ステップ S204 からステップ S207 の処理は判定部 46 によって実行される。

[0059] ステップ S201 では、起動指令 C_s を受信したか否かが判定される。起動指令 C_s を受信していなければ（ステップ S201, No）、ステップ S201 の処理を繰り返す。起動指令 C_s を受信していれば（ステップ S201, Yes）、ステップ S202 に移行する。

[0060] ステップ S202 では、車両速度 V_s が換算速度 ω_c に換算される。ステップ S203 では、速度推定値 ω_s と換算速度 ω_c との偏差 $\Delta\omega$ が算出される。ステップ S204 では、ステップ S203 で算出された偏差 $\Delta\omega$ の絶対値 $|\Delta\omega|$ が基準値 ω_s と比較される。基準値 ω_s は、ノイズなどによる誤検出を

防ぐための判定値として設定される。つまり、基準値 ω_s はカップリング外れ検出の精度を向上するために設けられる設定値である。

- [0061] ここで、絶対値 $|\Delta\omega|$ が基準値 ω_s 以上である場合（ステップS205, Yes）、ステップS206に進む。ステップS206では、「カップリング外れ有り」と判定され、図7の処理フローを終える。
- [0062] 一方、絶対値 $|\Delta\omega|$ が基準値 ω_s 未満である場合（ステップS205, No）、ステップS207に進む。ステップS207では、「カップリング外れ無し」と判定され、図7の処理フローを終える。
- [0063] なお、上記のステップS205の判定処理では、絶対値 $|\Delta\omega|$ と基準値 ω_s とが等しい場合を“Yes”と判定してステップS206に移行しているが、“No”と判定してステップS207に移行してもよい。すなわち、絶対値 $|\Delta\omega|$ と基準値 ω_s とが等しい場合を“Yes”又は“No”の何れで判定してもよい。
- [0064] 以上の説明のように、実施の形態2に係る電気車制御装置によれば、車両速度 V_s と、速度推定値 ω_s と、に基づいて誘導モータ2のカップリング外れを検出することができる。実施の形態2の手法は、車両速度 V_s という速度に関する入力情報と、速度推定値 ω_s という速度に関する推定情報とを用いればよいので、誘導モータ2のカップリング外れを簡易な手法で検出することが可能となる。
- [0065] また、実施の形態2に係る電気車制御装置によれば、複数台の誘導モータ2のうちで、一部の誘導モータ2のカップリング外れを検出し、カップリング外れが検出された誘導モータ2を含む駆動群の駆動を停止することができる。これにより、カップリング外れ状態にある誘導モータ2を含む1つの駆動群のみの駆動を停止しても、他の駆動群により電気車の運行を継続することができる。
- [0066] なお、図6では、外れ検出信号 H_d をゲート駆動回路8に出力しているが、図5と同様に、外れ検出信号 H_d を遮断器22に出力してもよい。外れ検出信号 H_d を遮断器22に出力することにより、実施の形態1で説明した図5に示

す構成の効果を得ることができる。

[0067] 実施の形態 3.

図 8 は、実施の形態 3 に係る制御装置 4 B の詳細構成を示すブロック図である。実施の形態 3 に係る制御装置 4 B は、電圧制御部 30 B と、カップリング外れ検出部 40 B とを備える。

[0068] カップリング外れ検出部 40 B では、図 6 に示す実施の形態 2 のカップリング外れ検出部 40 A の構成において、速度換算部 44 が電流値換算部 47 に変更され、偏差演算部 45 が偏差演算部 48 に変更され、判定部 46 が判定部 49 に変更されている。

[0069] また、実施の形態 3 に係る制御装置 4 B では、インバータ 1 と接続点 9 との間に電流検出器 5 を設ける構成に代えて、接続点 9 と誘導モータ 2 との間に電流検出器 5 a, 5 b を設ける構成としている。この構成に合わせ、電圧制御部 30 B では、座標変換部 36 が座標変換部 36 a, 36 b に置き換えられ、更に加算器 39 が追加されている。また、この構成に合わせ、図 8 では、電流検出器 5 a の側にある誘導モータを誘導モータ 2 a と表記し、電流検出器 5 b の側にある誘導モータを誘導モータ 2 b と表記している。

[0070] なお、その他の構成については、実施の形態 2 の構成と同一又は同等であり、同一又は同等の構成部には同一の符号を付して重複する説明は割愛する。

[0071] 図 8 の構成において、電流検出器 5 a は、誘導モータ 2 a に流れる個々のモータ電流 i_{u1} , i_{v1} , i_{w1} を検出する。電流検出器 5 b は、誘導モータ 2 b に流れる個々のモータ電流 i_{u2} , i_{v2} , i_{w2} を検出する。

[0072] 座標変換部 36 a には、電流検出器 5 a により検出されたモータ電流 i_{u1} , i_{v1} , i_{w1} の検出値が入力される。座標変換部 36 a は、電流検出器 5 a により検出されたモータ電流 i_{u1} , i_{v1} , i_{w1} を d 軸及び q 軸の電流値に変換する。変換された電流値は、d 軸電流 i_{d1} 及び q 軸電流 i_{q1} である。座標変換部 36 a によって変換された d 軸電流 i_{d1} 及び q 軸電流 i_{q1} は、加算器 39 に入力される。また、d 軸電流 i_{d1} 及び q 軸電流 i_{q1} のうちの q 軸電流

i_{q1} は、カップリング外れ検出部40Bの偏差演算部48に入力される。

[0073] 座標変換部36bには、電流検出器5bにより検出されたモータ電流 i_{u2} 、 i_{v2} 、 i_{w2} の検出値が入力される。座標変換部36bは、電流検出器5bにより検出されたモータ電流 i_{u2} 、 i_{v2} 、 i_{w2} をd軸及びq軸の電流値に変換する。変換された電流値は、d軸電流 i_{d2} 及びq軸電流 i_{q2} である。座標変換部36bによって変換されたd軸電流 i_{d2} 及びq軸電流 i_{q2} は、加算器39に入力される。また、d軸電流 i_{d2} 及びq軸電流 i_{q2} のうちのq軸電流 i_{q2} は、カップリング外れ検出部40Bの偏差演算部48に入力される。

[0074] 加算器39は、d軸電流 i_{d1} とd軸電流 i_{d2} とを加算すると共に、q軸電流 i_{q1} とq軸電流 i_{q2} とを加算し、それらの加算値を電圧指令値演算部33と、速度推定部38とに出力する。加算器39の出力は、誘導モータ2aに流れるモータ電流と、誘導モータ2bに流れるモータ電流とが合算されたd軸電流 i_d 及びq軸電流 i_q となる。

[0075] カップリング外れ検出部40Bは、誘導モータ2の回転軸53に設けられるカップリング54の外れを検出する検出部である。カップリング54が外れた誘導モータ2を駆動する場合、個々の誘導モータ2に流れる実際のモータ電流と、トルク指令値 T_m^* に基づいて算出されるq軸電流指令値 i_q^* との間には、カップリング外れを検出できる差異が現れる。この差異は、特に起動時において顕著である。また、この差異は、特にq軸方向の電流成分に顕著に表れる。図8に示すカップリング外れ検出部40Bは、この原理を用いて構成されている。

[0076] 電流値換算部47には、電流指令値演算部32により演算されたq軸電流指令値 i_q^* と、起動指令 C_s とが入力される。電流値換算部47は、起動指令 C_s が入力されると、誘導モータ2a、2bに流れる2台分のモータ電流のq軸方向の指令値であるq軸電流指令値 i_q^* を、誘導モータ2a又は誘導モータ2bの何れかの1台当たりのq軸電流指令値 i_{q1}^* に換算する。電流値換算部47が換算したq軸電流指令値 i_{q1}^* は、偏差演算部48に入力される。

[0077] 偏差演算部48には、q軸電流指令値 i_{q1}^* に加え、座標変換部36aによ

って変換されたq軸電流 i_{q1} と、座標変換部36bによって変換されたq軸電流 i_{q2} とが入力される。偏差演算部48は、q軸電流指令値 i_{q1}^* とq軸電流 i_{q1} との偏差の絶対値 $|\Delta I_1|$ と、q軸電流指令値 i_{q2}^* と、q軸電流 i_{q2} との偏差の絶対値 $|\Delta I_2|$ とを演算する。偏差の絶対値 $|\Delta I_1|$, $|\Delta I_2|$ は、判定部49に入力される。

[0078] 判定部49には、偏差の絶対値 $|\Delta I_1|$, $|\Delta I_2|$ に加え、基準値 I_s が入力される。基準値 I_s は、カップリング外れを検出するための閾値である。判定部49は、偏差の絶対値 $|\Delta I_1|$, $|\Delta I_2|$ の各々を基準値 I_s と比較する。判定部49は、偏差の絶対値 $|\Delta I_1|$ が基準値 I_s よりも大きいときに、誘導モータ2aにカップリング外れが生じていると判定して外れ検出信号 H_d をゲート駆動回路8に出力する。また、判定部49は、偏差の絶対値 $|\Delta I_2|$ が基準値 I_s よりも大きいときに、誘導モータ2bにカップリング外れが生じていると判定して外れ検出信号 H_d をゲート駆動回路8に出力する。なお、図8では、外れ検出信号 H_d は、ゲート駆動回路8に出力されるが、図5のように、遮断器22に出力されてもよい。

[0079] 図8では、電流値換算部47にq軸電流指令値 i_q^* が入力され、偏差演算部48にq軸電流指令値 i_{q1}^* 、q軸電流 i_{q1} 及びq軸電流 i_{q2} が入力される構成であるが、これらの構成に限定されない。これらに加え、電流値換算部47にd軸電流指令値 i_d^* が入力され、偏差演算部48にd軸電流指令値 i_{d1}^* 、d軸電流 i_{d1} 及びd軸電流 i_{d2} が入力される構成であってもよい。すなわちq軸電流の指令値及び電流値に加え、d軸電流の指令値及び電流値もカップリング外れの判定に用いてもよい。

[0080] また、上記のカップリング外れ検出部40Bでは、起動指令 C_s を電流値換算部47に入力しているが、起動指令 C_s を判定部49に入力するように構成してもよい。この構成の場合、起動指令 C_s の入力に関わらず、電流値換算部47、偏差演算部48及び判定部49による処理が常時行われる。そして、起動指令 C_s の入力に合わせて、判定部49の判定結果がゲート駆動回路8に出力される。或いは、起動指令 C_s の入力に関わらず、電流値換算部47及び

偏差演算部 48 による処理が常時行われる。そして、起動指令 C_s の入力に合わせて判定部 49 が動作を開始し、判定部 49 の判定結果がゲート駆動回路 8 に出力される。

[0081] 次に、実施の形態 3 におけるカップリング外れ検出の動作について、図 8 及び図 9 を参照して説明する。図 9 は、実施の形態 3 におけるカップリング外れ検出の動作フローを示すフローチャートである。図 9 において、ステップ S 301 及びステップ S 302 の処理は電流値換算部 47 によって実行され、ステップ S 303 の処理は偏差演算部 48 によって実行され、ステップ S 304 からステップ S 307 の処理は判定部 49 によって実行される。

[0082] ステップ S 301 では、起動指令 C_s を受信したか否かが判定される。起動指令 C_s を受信していなければ（ステップ S 301, No）、ステップ S 301 の処理を繰り返す。起動指令 C_s を受信していれば（ステップ S 301, Yes）、ステップ S 302 に移行する。

[0083] ステップ S 302 では、q 軸電流指令値 i_{q*} が 1 台当たりの q 軸電流指令値 i_{q1*} に換算される。ステップ S 303 では、q 軸電流指令値 i_{q1*} , i_{q2*} の各々と、検出値に基づいて算出された q 軸電流 i_{q1} , i_{q2} の各々との偏差 ΔI_1 , ΔI_2 が算出される。ステップ S 304 では、ステップ S 303 で算出された偏差 ΔI_1 , ΔI_2 の絶対値 $|\Delta I_1|$, $|\Delta I_2|$ が基準値 I_s と比較される。

[0084] ここで、絶対値 $|\Delta I_1|$ 及び $|\Delta I_2|$ のうちの少なくとも 1 つが基準値 I_s 以上である場合（ステップ S 305, Yes）、ステップ S 306 に進む。ステップ S 306 では、「カップリング外れ有り」と判定され、図 9 の処理フローを終える。

[0085] 一方、絶対値 $|\Delta I_1|$ 及び $|\Delta I_2|$ の双方が基準値 I_s 未満である場合（ステップ S 305, No）、ステップ S 307 に進む。ステップ S 307 では、「カップリング外れ無し」と判定され、図 9 の処理フローを終える。

[0086] なお、上記のステップ S 305 の判定処理では、絶対値 $|\Delta I_1|$ 及び $|\Delta I_2|$ が基準値 I_s に等しい場合を “Yes” と判定してステップ S 306 に

移行しているが、基準値 I_s に等しい場合を “No” と判定してステップ S 307 に移行してもよい。すなわち、絶対値 $|\Delta I_1|$ 及び $|\Delta I_2|$ が基準値 I_s に等しい場合を “Yes” 又は “No” の何れで判定してもよい。

[0087] 以上の説明のように、実施の形態 3 に係る電気車制御装置によれば、各々の誘導モータ 2 a, 2 b に流れる個々のモータ電流の検出値に基づいて算出される q 軸電流 i_{q1} , i_{q2} と、q 軸電流指令値 i_{q*} に基づいて算出される 1 台当たりの q 軸電流指令値 i_{q1*} と、に基づいて誘導モータ 2 のカップリング外れを検出することができる。上述の通り、q 軸電流 i_{q1} , i_{q2} は、各々の誘導モータ 2 a, 2 b に流れる電流の検出値を用いて算出することができる。これにより、実施の形態 3 の手法は、q 軸電流指令値 i_{q*} という制御パラメータと、電流検出器 5 a, 5 b の検出情報とを用いればよいので、誘導モータ 2 のカップリング外れを簡易な手法で検出することが可能となる。

[0088] また、実施の形態 3 に係る電気車制御装置によれば、誘導モータ 2 a, 2 b のカップリング外れを検出し、カップリング外れが検出された誘導モータ 2 a 又は 2 b を含む駆動群の駆動を停止することができる。これにより、カップリング外れ状態にある誘導モータ 2 a, 2 b を含む 1 つの駆動群のみの駆動を停止しても、他の駆動群により電気車の運行を継続することができる。

[0089] また、実施の形態 3 に係る電気車制御装置によれば、誘導モータ 2 a, 2 b の何れにカップリング外れが生じているかの特定が可能となる。これにより、実施の形態 1, 2 の電気車制御装置に比して、故障探求及び保守作業が容易になるという効果が得られる。

[0090] なお、図 8 では、外れ検出信号 H_d をゲート駆動回路 8 に出力しているが、図 5 と同様に、外れ検出信号 H_d を遮断器 22 に出力してもよい。外れ検出信号 H_d を遮断器 22 に出力することにより、実施の形態 1 で説明した図 5 に示す構成の効果を得ることができる。

[0091] 最後に、実施の形態 1 におけるカップリング外れ検出部 40 の機能、実施の形態 2 におけるカップリング外れ検出部 40 A の機能、及び実施の形態 3

におけるカップリング外れ検出部40Bの機能を実現するハードウェア構成について、図10及び図11を参照して説明する。

[0092] カップリング外れ検出部40、カップリング外れ検出部40A又はカップリング外れ検出部40Bの各機能を実現する場合には、図10に示すように、演算を行うプロセッサ100、プロセッサ100によって読みとられるプログラムが保存されるメモリ102、及び信号の入出力を行うインタフェース104を含む構成とすることができる。

[0093] プロセッサ100は、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、CPU (Central Processing Unit)、又はDSP (Digital Signal Processor) といったものであってもよい。また、メモリ102には、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (Electrically EPROM) (登録商標) といった、不揮発性又は揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、DVD (Digital Versatile Disc) を例示することができる。

[0094] メモリ102には、カップリング外れ検出部40、カップリング外れ検出部40A又はカップリング外れ検出部40Bの各機能を実行するプログラムが格納されている。プロセッサ100は、インタフェース104を介して必要な情報の授受を行うと共に、メモリ102に格納されたプログラムをプロセッサ100が実行することにより、実施の形態1、2及び3で説明された各種の演算処理を実行する。プロセッサ100による処理結果は、メモリ102に記憶することができる。

[0095] また、図10に示すプロセッサ100及びメモリ102は、図11のように処理回路103に置き換えてもよい。処理回路103は、単一回路、複回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、A

S I C (A p p l i c a t i o n S p e c i f i c I n t e g r a t e d C i r c u i t) 、 F P G A (F i e l d - P r o g r a m m a b l e G a t e A r r a y) 、 又は、これらを組み合わせたものが該当する。

[0096] なお、以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0097] 1 インバータ、1 a スイッチング素子、2, 2 a, 2 b 誘導モータ、3 入力回路、4, 4 A, 4 B 制御装置、5, 5 a, 5 b 電流検出器、8 ゲート駆動回路、9 接続点、11 架線、15 パンタグラフ、16 車輪、18 レール、22 遮断器、24 フィルタコンデンサ、26 電圧検出器、30, 30 A, 30 B 電圧制御部、31 トルク指令値演算部、32 電流指令値演算部、33 電圧指令値演算部、34 積分器、35 PWM制御部、36, 36 a, 36 b 座標変換部、38 速度推定部、39 加算器、40, 40 A, 40 B カップリング外れ検出部、41 トルク推定部、42, 45, 48 偏差演算部、43, 46, 49 判定部、44 速度換算部、47 電流値換算部、50 第1の駆動群、52 第2の駆動群、53 回転軸、54 カップリング、55 モータ側歯車、56 車輪側歯車、57 車軸、80 電気車駆動システム、100 プロセッサ、102 メモリ、103 処理回路、104 インタフェース。

請求の範囲

[請求項1] 複数台の誘導モータと、複数台の前記誘導モータを駆動する1つのインバータと、各々の前記誘導モータに流れるモータ電流の合計であるトータル電流を検出する電流検出器と、トルク指令値に基づいて算出した電流指令値、検出された前記トータル電流に基づいて算出した電圧指令値、並びに、算出した前記電圧指令値及び検出した前記トータル電流に基づいて算出した速度推定値に基づいて前記インバータを制御する制御装置と、を有する駆動制御系を備え、前記駆動制御系によって電気車を走行制御する電気車制御装置であって、

前記制御装置は、

前記トータル電流と前記電圧指令値とに基づいてトルク推定値を算出し、算出した前記トルク推定値と前記トルク指令値とに基づいて、前記誘導モータと前記電気車の駆動機構との間に設けられたカップリングの外れを検出するカップリング外れ検出部を備えたことを特徴とする電気車制御装置。

[請求項2] 前記カップリング外れ検出部は、

前記トルク推定値を推定する推定部と、

前記トルク指令値と前記トルク推定値との偏差の絶対値を演算する演算部と、

前記偏差の絶対値と基準値とを比較し、前記偏差の絶対値が前記基準値よりも大きいときにカップリング外れが生じていると判定する判定部と、

を備えたことを特徴とする請求項1に記載の電気車制御装置。

[請求項3] 複数台の誘導モータと、複数台の前記誘導モータを駆動する1つのインバータと、各々の前記誘導モータに流れるモータ電流の合計であるトータル電流を検出する電流検出器と、トルク指令値及び検出された前記トータル電流に基づいて算出した電圧指令値、並びに、算出した前記電圧指令値及び検出した前記トータル電流に基づいて算出した

速度推定値に基づいて前記インバータを制御する制御装置と、を有する駆動制御系を備え、前記駆動制御系によって電気車を走行制御する電気車制御装置であって、

前記制御装置は、

前記電気車の走行速度を用いて算出した前記誘導モータの回転速度と、前記速度推定値とに基づいて、前記誘導モータと前記電気車の駆動機構との間に設けられたカップリングの外れを検出するカップリング外れ検出部を備えたことを特徴とする電気車制御装置。

[請求項4]

前記カップリング外れ検出部は、

前記電気車の走行速度を前記誘導モータの前記回転速度に換算する換算部と、

前記回転速度と前記速度推定値との偏差の絶対値を演算する演算部と、

前記偏差の絶対値と基準値とを比較し、前記偏差の絶対値が前記基準値よりも大きいときにカップリング外れが生じていると判定する判定部と、

を備えたことを特徴とする請求項3に記載の電気車制御装置。

[請求項5]

複数台の誘導モータと、複数台の前記誘導モータを駆動する1つのインバータと、各々が前記誘導モータに流れる個々のモータ電流を検出する複数の電流検出器と、トルク指令値に基づいて算出した電流指令値、検出された個々の前記モータ電流の加算値に基づいて算出した電圧指令値、並びに、算出した前記電圧指令値及び前記モータ電流の加算値に基づいて算出した速度推定値に基づいて前記インバータを制御する制御装置と、を有する駆動制御系を備え、前記駆動制御系によって電気車を走行制御する電気車制御装置であって、

前記制御装置は、

各々の誘導モータに流れる個々の前記モータ電流の検出値に基づいて算出されるq軸電流と、前記電流指令値のうちのq軸電流指令値と

に基づいて、各々の前記誘導モータと前記電気車の駆動機構との間に設けられたカップリングの外れを検出するカップリング外れ検出部を備えたことを特徴とする電気車制御装置。

[請求項6]

前記カップリング外れ検出部は、

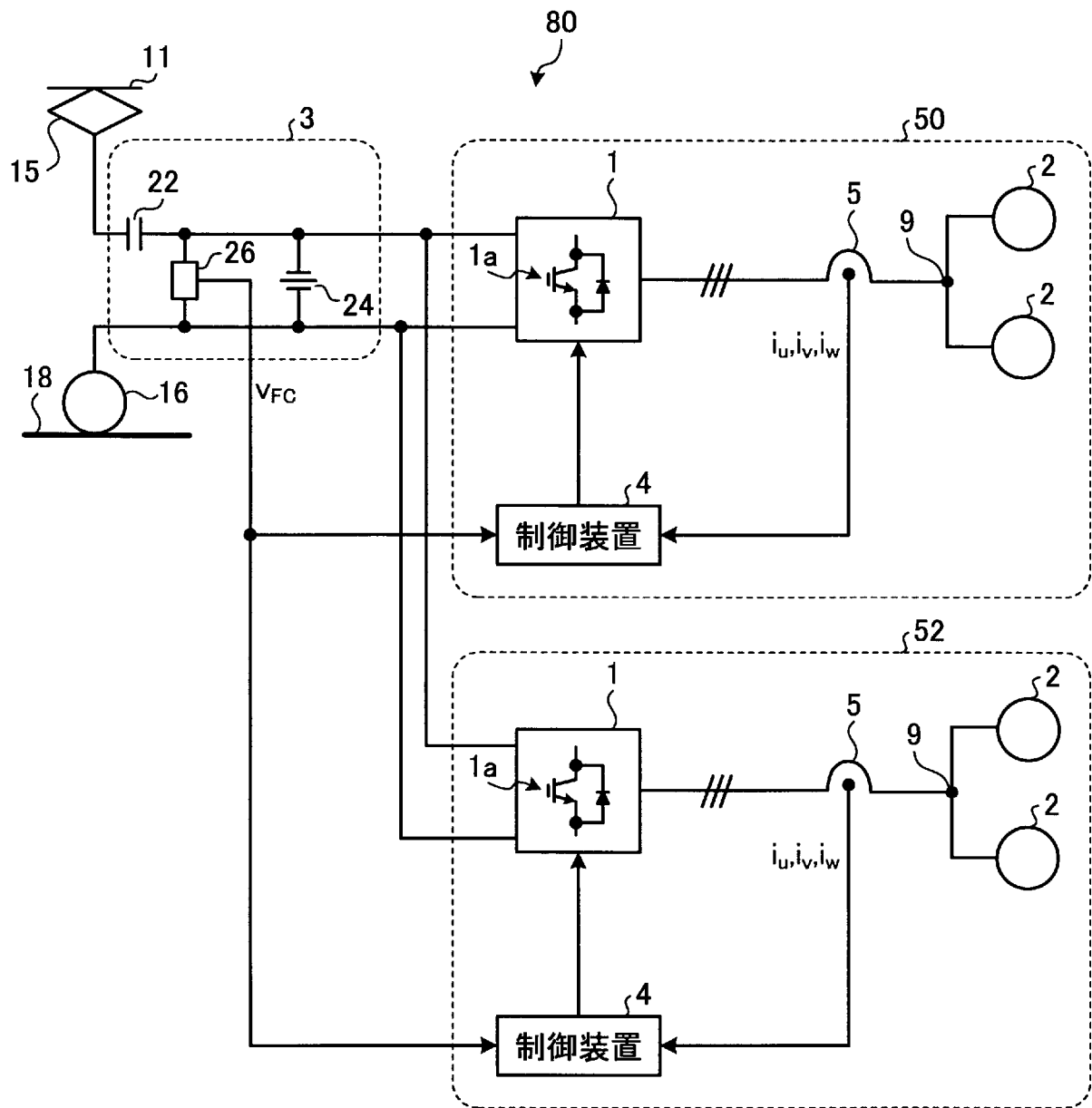
前記 q 軸電流指令値を前記誘導モータの 1 台当たりの q 軸電流指令値に換算する換算部と、

各々の前記誘導モータにおける前記 q 軸電流と、前記 q 軸電流指令値との偏差の絶対値を演算する演算部と、

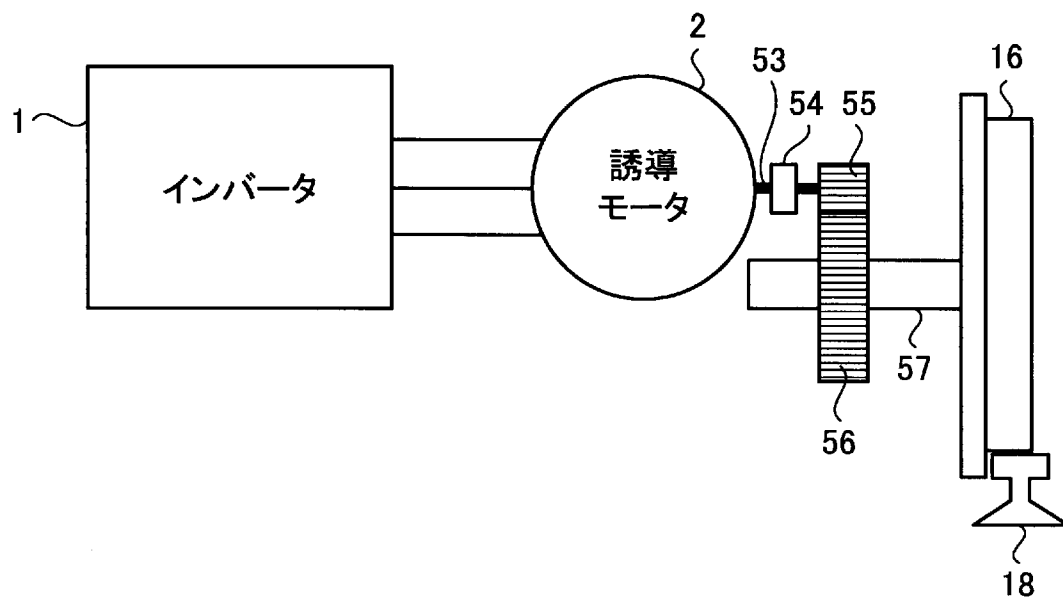
前記偏差の絶対値と基準値とを比較し、前記偏差の絶対値が前記基準値よりも大きいときにカップリング外れが生じていると判定する判定部と、

を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の電気車制御装置。

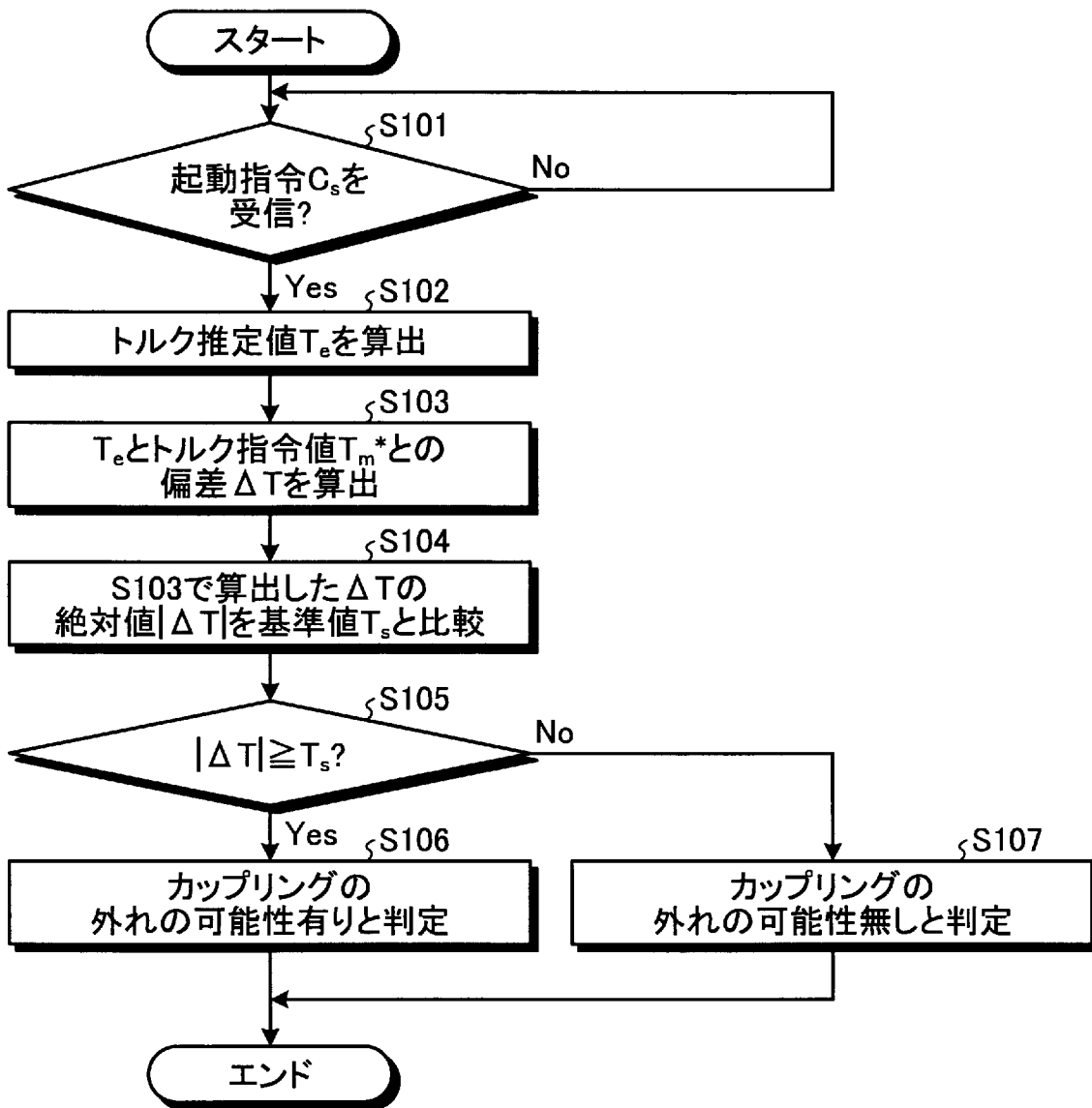
[図1]



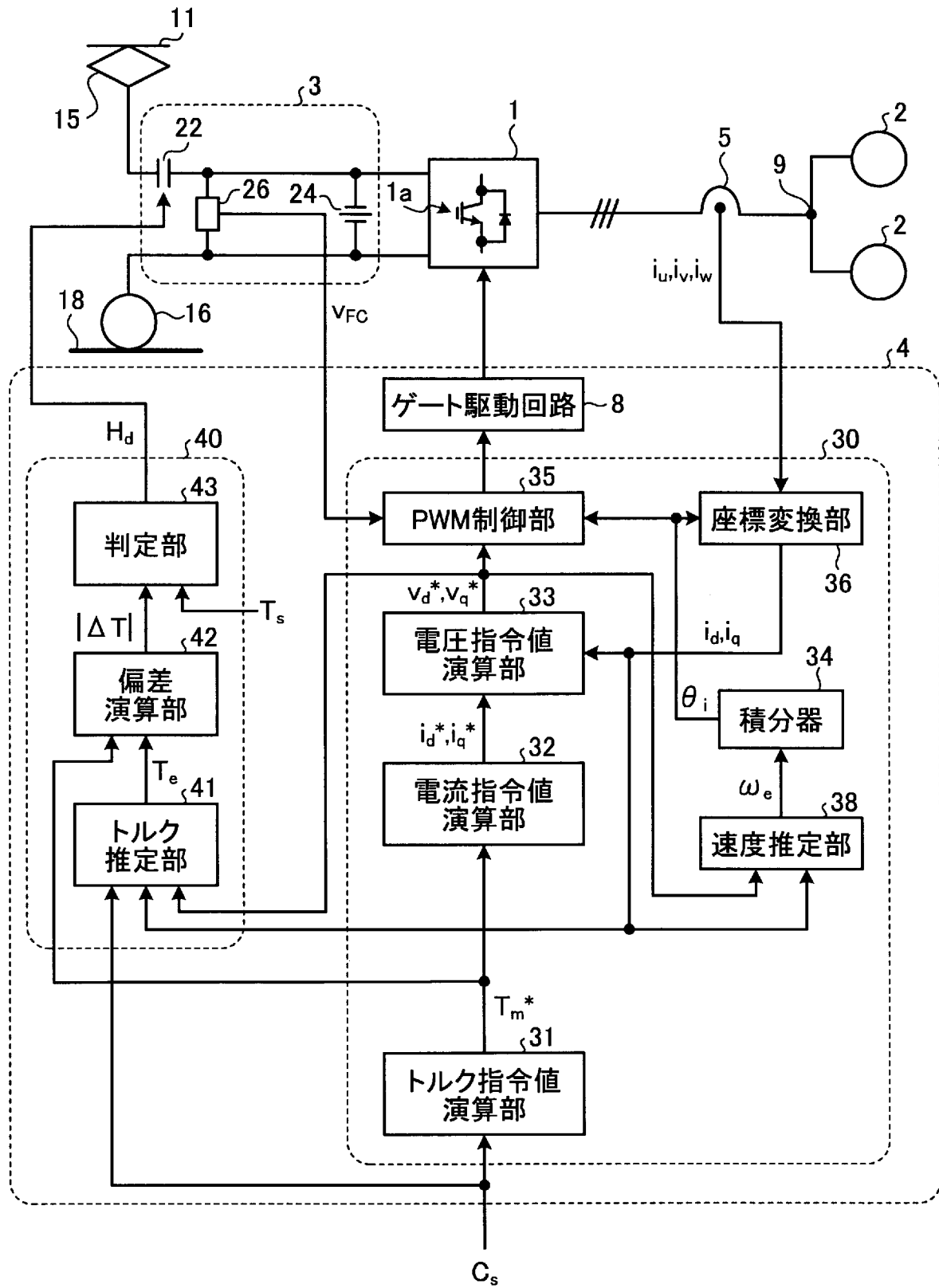
[図2]



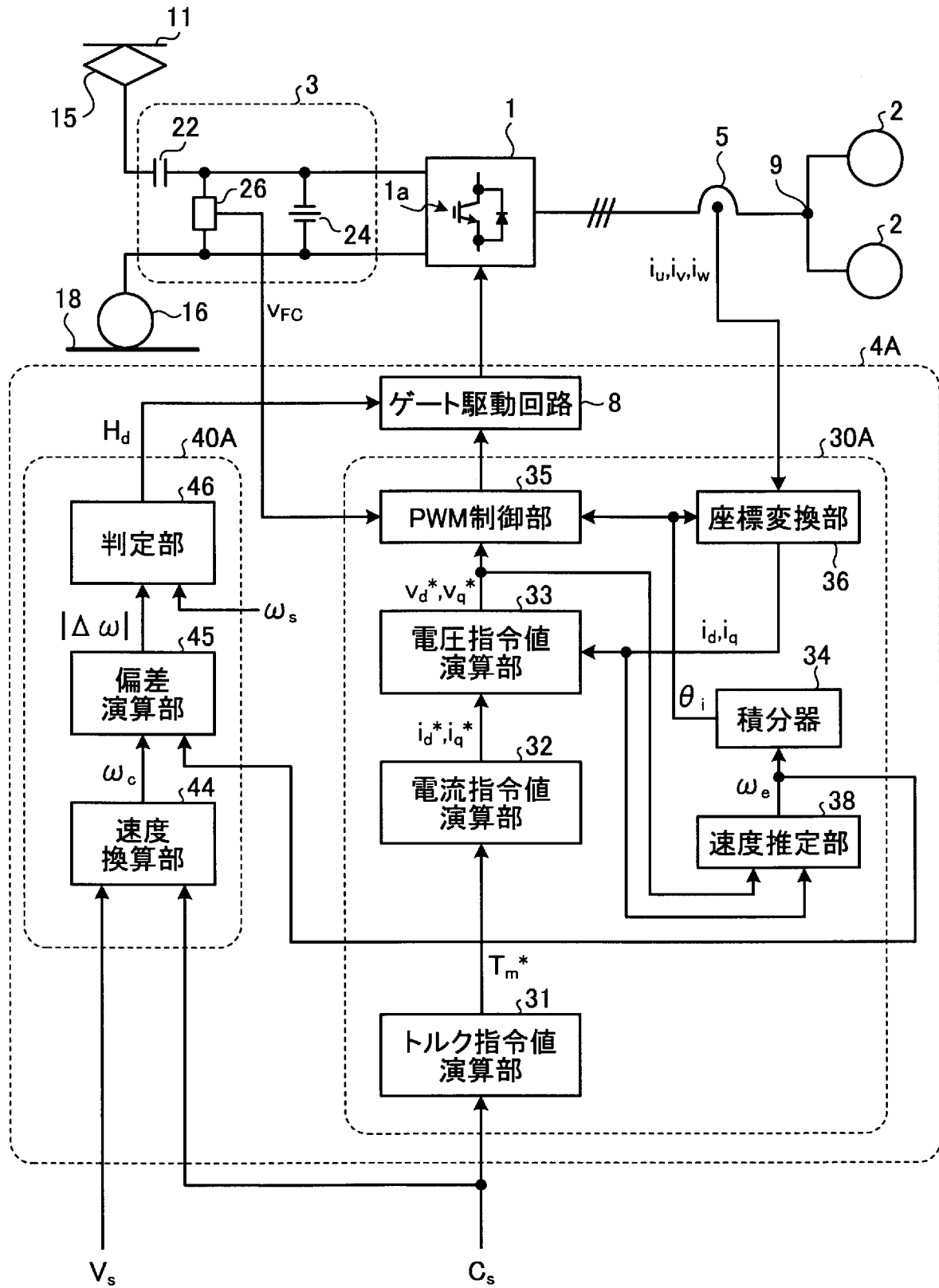
[図4]



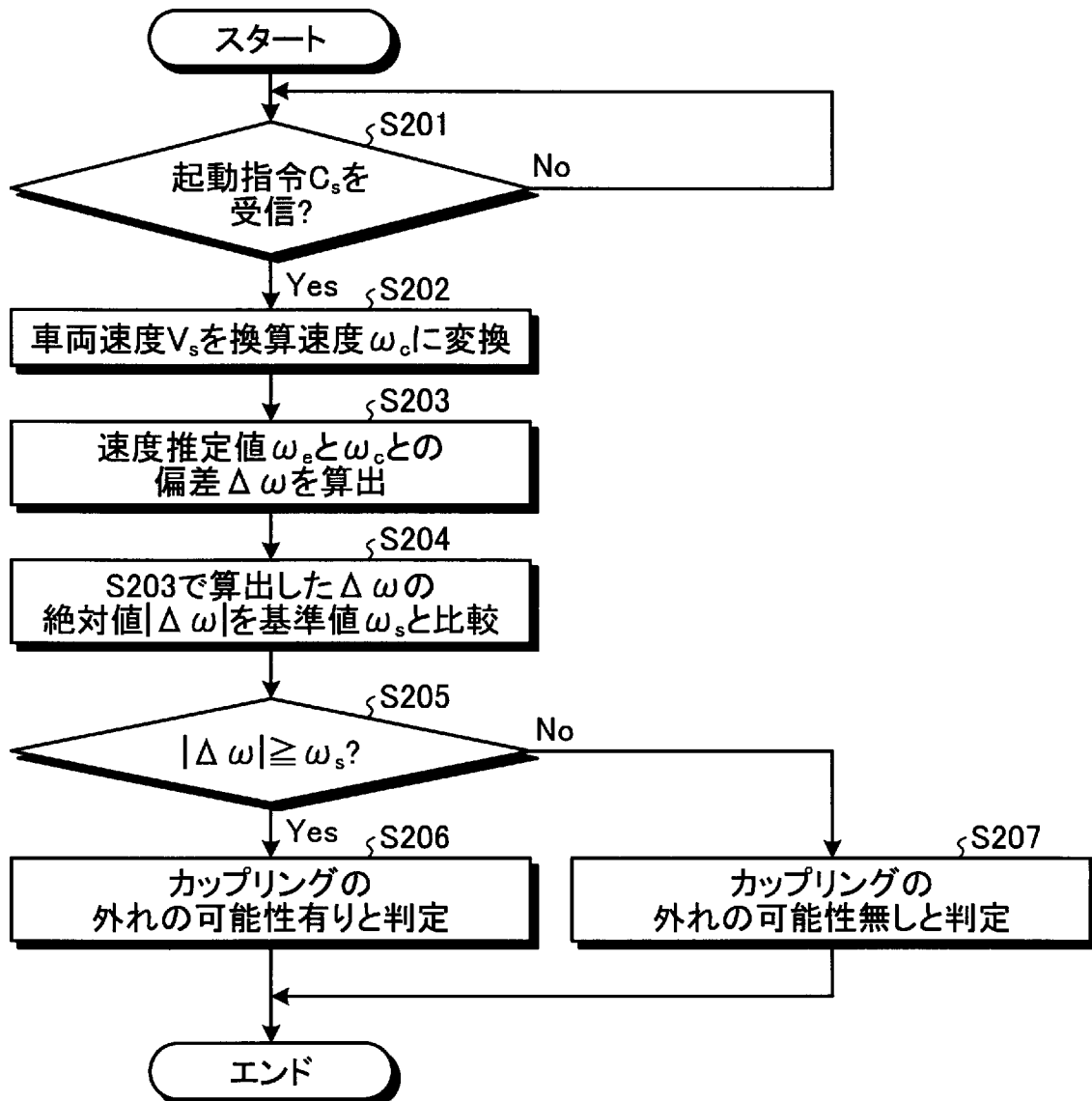
[図5]



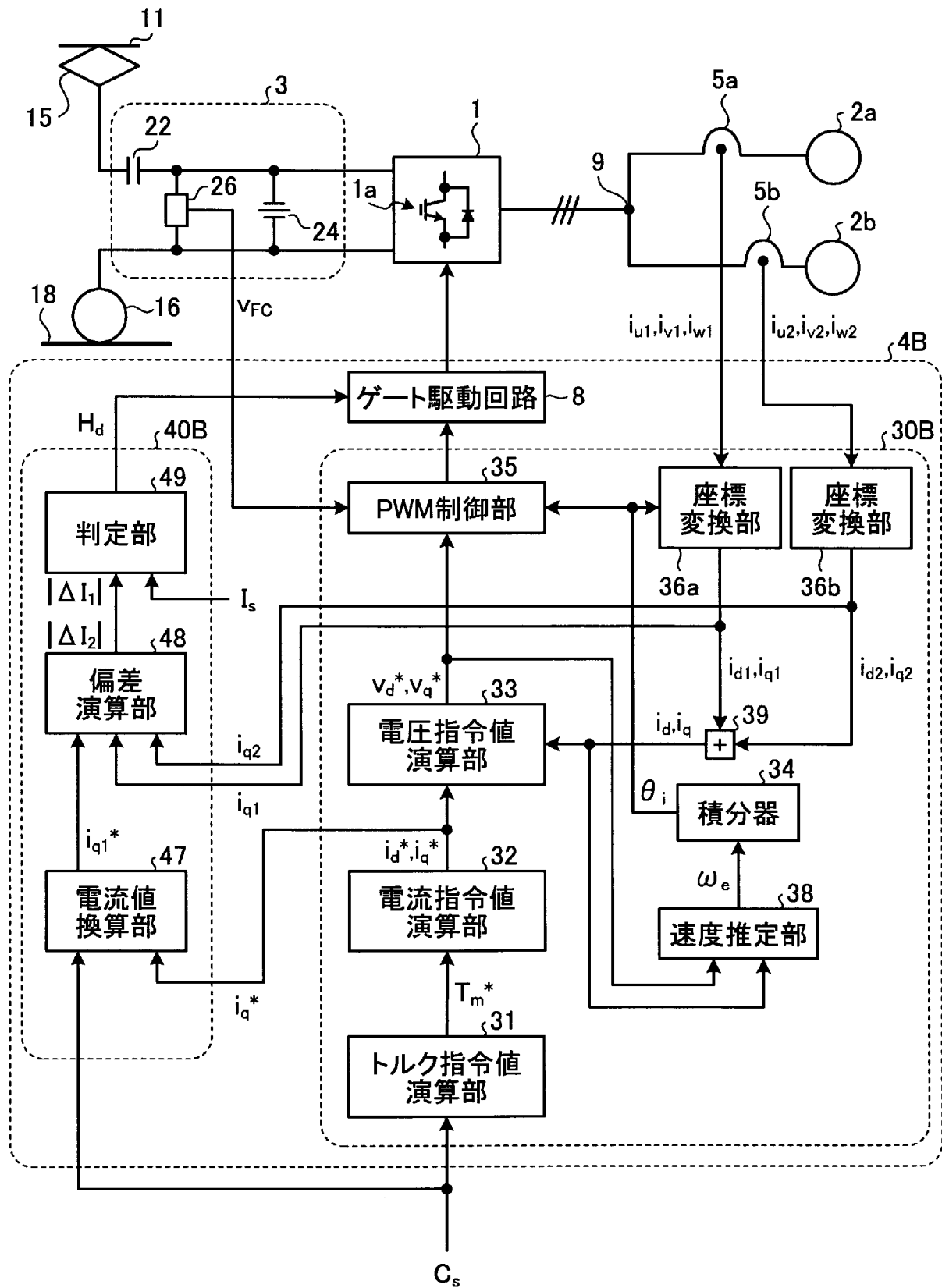
[図6]



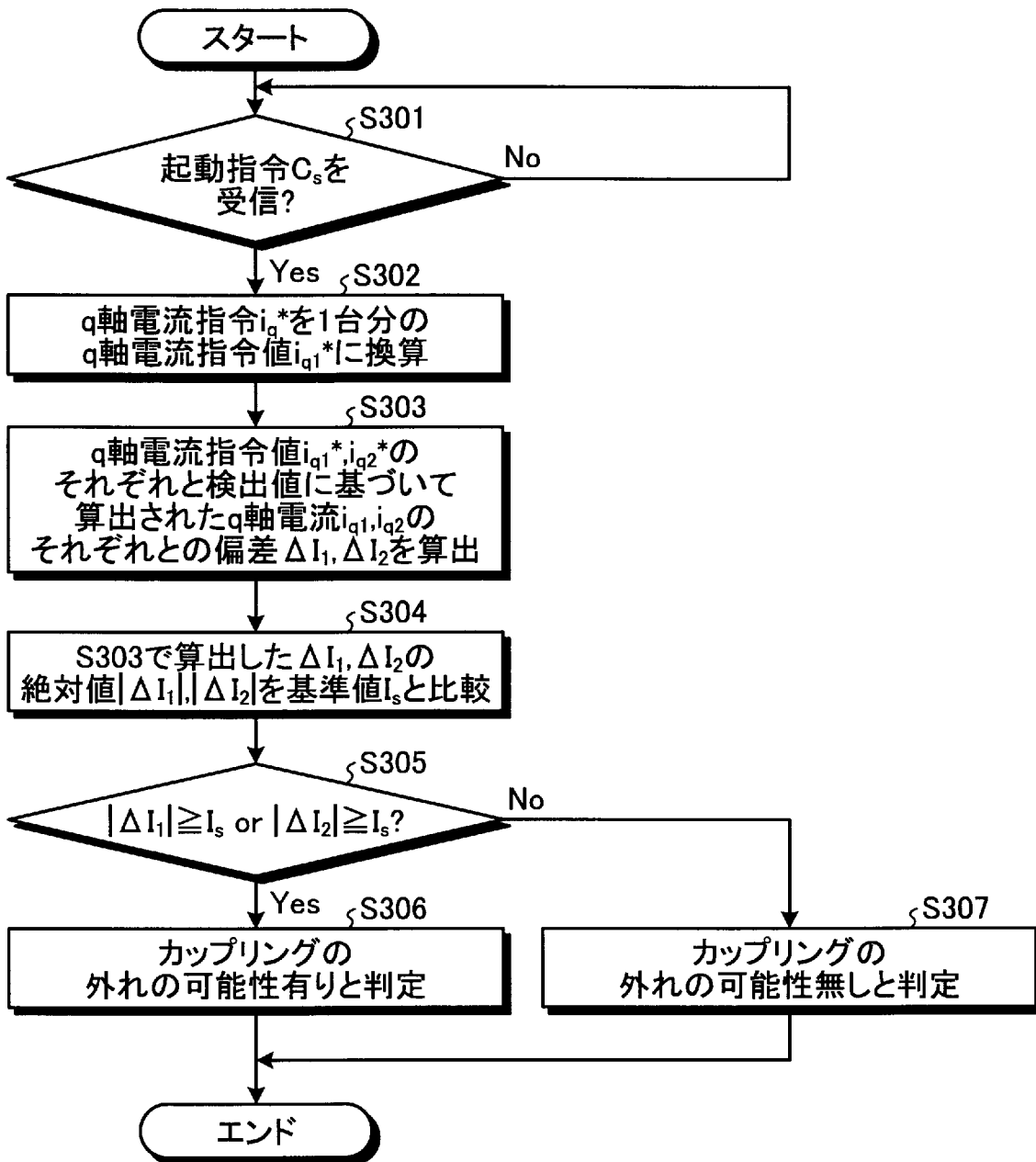
[図7]



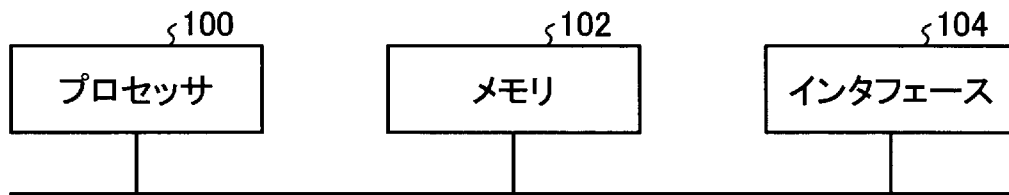
[図8]



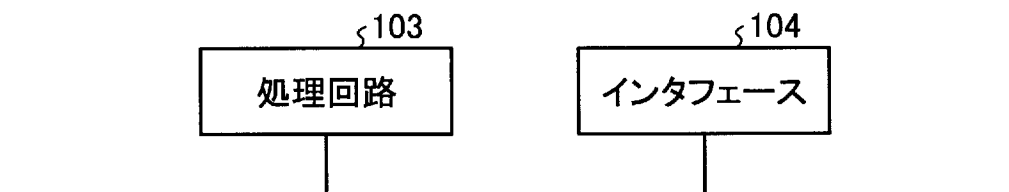
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/047306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. B60L3/00 (2006.01) i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl. B60L3/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-107602 A (HITACHI, LTD., HITACHI CAR ENGINEERING CO., LTD.) 22 April 1997, entire text (Family: none)	1-6
A	JP 9-56005 A (HITACHI, LTD.) 25 February 1997, entire text & US 5847534 A & EP 759373 A1 & AU 6078296 A & AU 681559 B & ZA 9606762 A & CN 1148014 A	1-6
A	WO 2011/080822 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 07 July 2011, entire text & US 2012/0209467 A1 & EP 2521254 A1 & KR 10-2012-0079169 A & CN 102668368 A	1-6
A	JP 2004-264208 A (JFE STEEL CORP.) 24 September 2004, entire text (Family: none)	1-6
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 27.02.2018		Date of mailing of the international search report 13.03.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/047306

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-67731 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 09 March 2006, entire text & US 2006/0043917 A1 & DE 102005005020 A & FR 2874572 A & KR 10-2006-0019484 A & CN 1741368 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B60L3/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B60L3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 9-107602 A（株式会社日立製作所、株式会社日立カーエンジニアリング）1997.04.22, 全文（ファミリーなし）	1-6
A	JP 9-56005 A（株式会社日立製作所）1997.02.25, 全文 & US 5847534 A & EP 759373 A1 & AU 6078296 A & AU 681559 B & ZA 9606762 A & CN 1148014 A	1-6
A	WO 2011/080822 A1（三菱電機）2011.07.07, 全文 & US 2012/0209467 A1 & EP 2521254 A1 & KR 10-2012-0079169 A & CN 102668368 A	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.02.2018

国際調査報告の発送日

13.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

岩田 玲彦

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

3H

1137

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-264208 A (J F E スチール株式会社) 2004. 09. 24, 全文 (フ ァミリーなし)	1-6
A	JP 2006-67731 A (三菱電機株式会社) 2006. 03. 09, 全文 & US 2006/0043917 A1 & DE 102005005020 A & FR 2874572 A & KR 10-2006-0019484 A & CN 1741368 A	1-6