

(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
2025年2月27日(27.02.2025)



(10) 国際公開番号

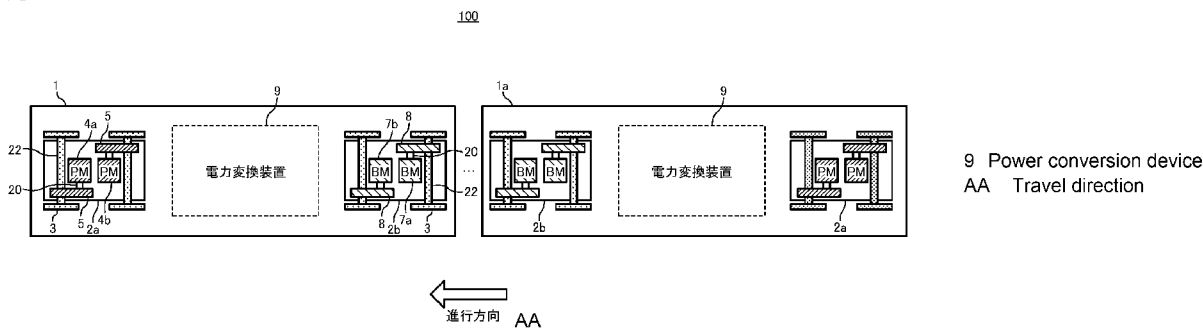
WO 2025/041285 A1

- (51) 国際特許分類:
B60L 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/030236
- (22) 国際出願日: 2023年8月23日(23.08.2023)
- (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: 竹岡 俊明 (TAKEOKA, Toshiaki); 〒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). 田中毅 (TANAKA, Takeshi); 〒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). 福田 陽一 (FUKUDA, Yoichi); 〒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 虎ノ門ダイビルイースト 弁理士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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: RAILWAY VEHICLE SYSTEM

(54) 発明の名称: 鉄道車両システム

[図1]



(57) Abstract: A railway vehicle system (100) comprises: trucks (2a, 2b); AC electric motors (4a, 4b) mounted on the truck (2a); AC electric motors (7a, 7b) mounted on the truck (2b); and a power conversion device (9) for controlling operation of the AC electric motors (4a, 4b, 7a, 7b). The AC electric motors (4a, 4b) mounted on the truck (2a) are always operated as AC electric motors for running power, and the AC electric motors (7a, 7b) mounted on the truck (2b) are always operated as AC electric motors for regenerative braking.

(57) 要約: 鉄道車両システム(100)は、台車(2a, 2b)と、台車(2a)に搭載される交流電動機(4a, 4b)と、台車(2b)に搭載される交流電動機(7a, 7b)と、交流電動機(4a, 4b, 7a, 7b)の動作を制御する電力変換装置(9)とを備える。台車(2a)に搭載される交流電動機(4a, 4b)は常に力行用の交流電動機として動作し、台車(2b)に搭載される交流電動機(7a, 7b)は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する。

[続葉有]

WO 2025/041285 A1

(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

明 細 書

発明の名称：鉄道車両システム

技術分野

[0001] 本開示は、架線から供給される電力によって走行する鉄道車両システムに関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両システムは、少なくとも1つの駆動車を備えて編成される。駆動車は、台車に搭載される複数の交流電動機と、複数の交流電動機を一括又は個別に駆動する少なくとも1つの電力変換装置を備える。一般的に1つの駆動車は2台の台車を有し、1台の台車には2つの交流電動機が搭載される。交流電動機としては、誘導電動機、同期電動機などが用いられる。2台の台車の4つの交流電動機は、1つの電力変換装置に対して個別に接続され、或いは1つの電力変換装置に対して台車単位又は車両単位で並列に接続され、鉄道車両システムに駆動力を付与する。鉄道車両システムにおいて、1又は複数の駆動車に搭載される複数の交流電動機は、基本的に、全てが同一の構造であり、且つ全てが同一の仕様で設計されている。1又は複数の駆動車は、力行時においては、全ての交流電動機に駆動トルクを発生させ、回生ブレーキ時においては、全ての交流電動機にブレーキトルクを発生させる。回生ブレーキ時において得られる回生電力は、他の鉄道車両システムが駆動電力として使用できるように架線を通じて供給され、複数の鉄道車両システム間では省エネルギー化が図られている。

[0003] 下記特許文献1には、各電動機の駆動状態を適切に保持しながら、目標とする車両運動を最大限に実現可能とする電動車両の駆動力制御装置が開示されている。特許文献1に記載の技術では、力行動作を行う電動機と回生動作を行う電動機とが混在していると判定した場合には、各電動機に対する駆動力指令値の正負の符号を全て揃えるようにして、各電動機に対する駆動力配分を調整する技術が開示されている。この技術は、力行を行う電動機と回生

を行う電動機とが混在するような場合において、力行時に必要な起動電圧と回生時に発生する回生電圧が異なると、回生電力を活用して他の電動機を駆動するときに電動機の効率が著しく低下して所望のトルクが発生できなかったり、回生を行う電動機からバッテリーへの電力回収が困難になったりする場合があるとの観点に鑑みてなされたものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-16162号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一般的に、鉄道車両システムの設計では、加速性能の確保及びコストダウンのため、交流電動機の小型化、編成全体に対して搭載する電動機数量の最適化などが図られている。このため、従来の鉄道車両システムでは、力行時の駆動トルクを得るための構成としては適切に設計されているとしても、回生ブレーキ時のブレーキトルクを得るための構成としては適切に設計されているとは言い難い。実際のところ、鉄道車両が走行するときの最大速度から中間速度に至る高速域では、車輪踏面又は回転ディスクに摩擦材を押し付けて摩擦力を得る空気ブレーキ力に頼っており、交流電動機による十分なブレーキトルクが得られていないという課題があった。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、鉄道車両が走行するときの最大速度から中間速度に至る高速域であっても、交流電動機による十分なブレーキトルクを確保できる鉄道車両システムを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、本開示に係る鉄道車両システムは、第1及び第2の台車と、第1の台車に搭載される第1及び第2の交流電動機と、第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機と、第1から第4の交流電動機の動作を制御する電力変換装置とを備える。この鉄道車

両システムにおいて、第1から第4の交流電動機のうち2つは、常に力行用の交流電動機として動作し、力行用の交流電動機として動作しない他の2つは、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する。

発明の効果

[0008] 本開示に係る鉄道車両システムによれば、鉄道車両が走行するときの最大速度から中間速度に至る高速域であっても、交流電動機による十分なブレーキトルクを確保できるので、空気ブレーキ力に頼らないシステムを構築できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]実施の形態1に係る鉄道車両システムの構成例を示す図
[図2]実施の形態1に係る電力変換装置の構成例を示す図
[図3]実施の形態1に係る図2とは異なる電力変換装置の構成例を示す図
[図4]実施の形態1に係る鉄道車両システムの設計思想の説明に供する図
[図5]実施の形態1に係る鉄道車両システムの制御部が使用する制御曲線の説明に供する図
[図6]実施の形態1における制御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7]実施の形態1における制御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
[図8]実施の形態2に係る鉄道車両システムの構成例を示す図
[図9]実施の形態3に係る鉄道車両システムの構成例を示す図
[図10]実施の形態4に係る鉄道車両システムの構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に添付図面を参照し、本開示の実施の形態に係る鉄道車両システムについて詳細に説明する。なお、以下の記載において、同種の複数の構成要素については、添字を付した符号で示すが、それらの個々を区別せずに説明する場合には、添字の表記を適宜省略する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1に係る鉄道車両システム100の構成例を示す図である。図1には、2つの駆動車1, 1aによって、鉄道車両システム100が編成される例が示されている。図1では、指令車、付随車などの他の種類の車両の図示は省略している。

[0012] 駆動車1は、1両に2台の台車2a, 2bと、電力変換装置9とを備える。台車2aには、2つの交流電動機4a, 4bが搭載される。実施の形態1において、交流電動機4a, 4bは、常に力行用の交流電動機として動作する交流電動機であり、図1では、「PM (Powering Motor)」と表記している。なお、常に力行用の交流電動機として動作するという意味は、力行用の交流電動機として機能することを意図しているという意味であり、動作の過程で、回生ブレーキトルクを発生する動作が一時的に含まれてしまうことまでをも排除する趣旨ではない。

[0013] 交流電動機4a, 4bは、力行制御専用の交流電動機として設計される。交流電動機4aは、駆動軸20を介してギア5に接続され、駆動車1の車輪3は、車軸22を介してギア5に接続される。交流電動機4aの駆動トルクは、駆動軸20を介してギア5に伝達される。ギア5に伝達された駆動トルクは車軸22を介して車輪3に伝達され、車輪3が回転駆動される。台車2aにおいて、交流電動機4bは、交流電動機4aが接続される駆動軸20とは異なる駆動軸に対して交流電動機4aと同様に接続される。

[0014] また、台車2bには、2つの交流電動機7a, 7bが搭載される。実施の形態1において、交流電動機7a, 7bは、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機であり、図1では、「BM (Braking Motor)」と表記している。なお、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作するという意味は、回生ブレーキ用の交流電動機として機能することを意図しているという意味であり、動作の過程で、力行トルクを発生する動作が一時的に含まれてしまうことまでをも排除する趣旨ではない。

[0015] 交流電動機7a, 7bは、回生ブレーキ制御専用の交流電動機として設計される。交流電動機7aは、駆動軸20を介してギア8に接続され、駆動車

1の車輪3は、車軸22を介してギア8に接続される。交流電動機7aのブレーキトルクは、駆動軸20を介してギア8に伝達される。ギア8に伝達されたブレーキトルクは車軸22を介して車輪3に伝達され、車輪3にブレーキ力が付与される。台車2bにおいて、交流電動機7bは、交流電動機7aが接続される駆動軸20とは異なる駆動軸に対して交流電動機7aと同様に接続される。

[0016] なお、本稿では、2つの台車（実施の形態1では、台車2a, 2b）のうちの一方を、「第1の台車」と呼び、他方を「第2の台車」と呼ぶことがある。また、本稿では、4つの交流電動機（実施の形態1では、交流電動機4a, 4b, 7a, 7b）を順に、「第1の交流電動機」、「第2の交流電動機」、「第3の交流電動機」及び「第4の交流電動機」と呼ぶことがある。また、本稿では、ギア5を「第1のギア」と呼び、ギア8を「第2のギア」と呼ぶことがある。

[0017] 図1において、矢印の方向を鉄道車両システム100の進行方向とすると、駆動車1aは、進行方向に対し駆動車1と対称形になるように、交流電動機4a, 4b及び交流電動機7a, 7bが配置されている。なお、駆動車1, 1a以外の駆動車が存在する場合、当該駆動車は、駆動車1と駆動車1aとの間に配置されるものとする。即ち、図1において、駆動車1は進行方向の最も前方側に位置する駆動車であり、駆動車1aは進行方向の最も後方側に位置する駆動車である。このように配置すれば、鉄道車両システム100の進行方向が図1とは逆になった場合でも、進行方向の最も前方側に位置する駆動車1aと、進行方向の最も後方側に位置する駆動車1との間の対称性は維持される。なお、このように配置する理由については後述する。

[0018] 図2は、実施の形態1に係る電力変換装置9aの構成例を示す図である。電力変換装置9aは、入力回路15と、共通インバータ回路18と、共通インバータ回路18の出力先を切り替える出力切替器19と、制御部6aとを備える。

[0019] 図2において、入力回路15の入力側の一端は架線24に接続され、入力

側の他端は車輪 25 を介して大地電位を与えるレール 26 に接続される。入力回路 15 の出力側である直流側は、共通インバータ回路 18 に接続される。出力切替器 19 の出力側の端子の一方には力行用の交流電動機 4 a, 4 b が接続され、出力切替器 19 の出力側の端子の他方には回生ブレーキ用の交流電動機 7 a, 7 b が接続される。なお、1つの交流電動機を1つのインバータ回路が駆動する個別駆動方式の場合、出力切替器 19 の出力側の端子の一方には、力行用の交流電動機 4 a, 4 b のうちの何れか1つが接続され、もう1つの力行用の交流電動機 4 b 又は 4 a は、他の電力変換装置 9 a における出力切替器 19 の出力側の端子の一方に接続される。また、出力切替器 19 の出力側の端子の他方には、回生ブレーキ用の交流電動機 7 a, 7 b のうちの何れか1つが接続され、もう1つの回生ブレーキ用の交流電動機 7 b 又は 7 a は、他の電力変換装置 9 a における出力切替器 19 の出力側の端子の他方に接続される。

[0020] 架線 24 は、直流架線であっても、交流架線であってもよい。架線 24 が交流架線である場合、入力回路 15 の入力側に主変圧器が設けられる。架線 24 から出力される直流電力又は交流電力は、入力回路 15 の入力端に供給され、入力回路 15 の出力端に生じた直流電力が共通インバータ回路 18 に供給される。また、共通インバータ回路 18 に生じた回生電力は、他の鉄道車両システム 100 が駆動電力として使用できるように入力回路 15 を介して架線 24 側に供給される。

[0021] 制御部 6 a は、鉄道車両システム 100 の加速時には、共通インバータ回路 18 と力行用の交流電動機 4 a, 4 b とが電氣的に接続されるように出力切替器 19 の接続先を制御する。また、制御部 6 a は、鉄道車両システム 100 の減速時には、共通インバータ回路 18 と回生ブレーキ用の交流電動機 7 a, 7 b とが電氣的に接続されるように出力切替器 19 の接続先を制御する。これにより、出力切替器 19 は、加速時には、共通インバータ回路 18 の出力先を力行用の交流電動機 4 a, 4 b の側に切り替え、減速時には、共通インバータ回路 18 の出力先を回生ブレーキ用の交流電動機

7 a, 7 bの側に切り替える。

[0022] 図2に示す電力変換装置9 aは、図3のように構成してもよい。図3は、実施の形態1に係る図2とは異なる電力変換装置9 bの構成例を示す図である。電力変換装置9 bは、入力回路15と、力行用交流電動機用インバータ回路16と、回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17と、制御部6 bとを備える。力行用交流電動機用インバータ回路16は、力行制御専用のインバータ回路であり、回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17は、回生ブレーキ制御専用のインバータ回路である。図2と同一又は同等の構成要素には、同一の符号を付している。以下、図2と異なる内容について説明する。

[0023] 図3において、入力回路15の出力側である直流側は、力行用交流電動機用インバータ回路16及び回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17のそれぞれに接続される。力行用交流電動機用インバータ回路16には力行用の交流電動機4 a, 4 bが接続され、回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17には回生ブレーキ用の交流電動機7 a, 7 bが接続される。なお、個別駆動方式の場合、力行用交流電動機用インバータ回路16には、1つの力行用の交流電動機4 a又は4 bが接続され、もう1つの力行用の交流電動機4 b又は4 aは、他の電力変換装置9 bに具備される力行用交流電動機用インバータ回路16に接続される。また、個別駆動方式の場合、回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17には、1つの回生ブレーキ用の交流電動機7 a又は7 bが接続され、もう1つの回生ブレーキ用の交流電動機7 b又は7 aは、他の電力変換装置9 bに具備される回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17に接続される。

[0024] 架線24側から供給される直流電力又は交流電力は、入力回路15の入力端に供給され、入力回路15の出力端に生じた直流電力が力行用交流電動機用インバータ回路16に供給される。また、回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17に生じた回生電力は、他の鉄道車両システム100が駆動電力として使用できるように入力回路15を介して架線24側に供給される

- 。
- [0025] 制御部 6 b は、鉄道車両システム 100 の加速時には、力行用交流電動機用インバータ回路 16 を使用して力行用の交流電動機 4 a, 4 b を制御し、減速時には、回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路 17 を使用して回生ブレーキ用の交流電動機 7 a, 7 b を制御する。
- [0026] 次に、実施の形態 1 に係る鉄道車両システム 100 の設計思想について説明する。図 4 は、実施の形態 1 に係る鉄道車両システム 100 の設計思想の説明に供する図である。
- [0027] 図 4 の下段部には、実施の形態 1 に係る設計思想を表すトルク曲線が示され、図 4 の上段部には、従来技術に係る設計思想を表すトルク曲線が比較例として示されている。各図の左側には力行トルクのトルク曲線が示され、各図の右側にはブレーキトルク及び空気ブレーキ力のトルク曲線が示されている。各図の横軸は、鉄道車両の速度を表しているが、ブレーキトルク及び空気ブレーキ力のトルク曲線では、速度が遅くなる方向を横軸の正方向としている。
- [0028] 従来技術では、加速性能の確保、交流電動機の小型化、編成全体に対して搭載する電動機数量の最適化、コストダウンなどの観点から、力行制御では、VVVF (Variable Voltage Variable Frequency: 可変電圧可変周波数) 制御と、CVVF (Constant Voltage Variable Frequency: 一定電圧可変周波数) 制御とを併用している。VVVF 制御は、速度ゼロから VVVF 終端速度までの低速及び中速の速度域で行われ、CVVF 制御は、VVVF 終端速度から最大速度までの高速域で行われる。また、従来技術では、1 つの交流電動機が力行制御と回生ブレーキ制御とを併用する観点から、回生ブレーキ制御において、ブレーキトルク特性を切り替える切替速度は、VVVF 終端速度と同程度の速度に設定されている。これにより、上段部の右側の図のハッチングで示される部分が空気ブレーキ力に依存する領域となり、領域の面積が大きくなっている。このため、従来技術に係る設計思想では、加速性能の確保及び電動機数量の最適化を図りながら、交流電動機の小型

化及びコストダウンを追求することには、限界があった。

[0029] これに対し、実施の形態1では、上述したように、4つの交流電動機4 a, 4 b, 7 a, 7 bを、常に力行用の交流電動機として動作する交流電動機4 a, 4 bと、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機7 a, 7 bとに区分しているため、後者の交流電動機については、力行トルク特性を考慮せずにブレーキトルク特性のみを考慮して、交流電動機的设计を行うことが可能となる。なお、前者の交流電動機のトルク特性は、図4の下段部の左側の図に示されるように、従来技術と同等の特性としている。

[0030] 図4の下段部の右側の図において、ハッチングで示される部分が空気ブレーキ力に依存する領域であり、図4の上段部の右側の図と比べて、領域の面積が小さくなっていることが分かる。この理由は、ブレーキトルク特性を切り替える切替速度を最大速度に近づけるように設計することができるからである。これにより、加速性能の確保及び電動機数量の最適化を図りながら、交流電動機の小型化及びコストダウンを追求することが可能となる。

[0031] 次に、実施の形態1に係る鉄道車両システム100の制御部6 a, 6 bが使用する制御曲線について説明する。図5は、実施の形態1に係る鉄道車両システム100の制御部6 a, 6 bが使用する制御曲線の説明に供する図である。

[0032] 図5の左側には、従来技術に係る制御曲線が示され、図5の右側には、実施の形態1に係る制御曲線が示されている。各図の上側には力行特性に関する制御曲線が示され、各図の下側には回生ブレーキ特性に関する制御曲線が示されている。各図の横軸は鉄道車両の速度を表し、各図の縦軸はトルク、電圧又は電流を表している。また、各図において、実線は力行トルク又は回生トルクを表し、破線は交流電動機4, 7に印加される電圧を表し、一点鎖線は交流電動機4, 7に流れる電流を表している。VVVF終端速度、最大速度及び切替速度の意味は、図4を用いて説明した通りである。

[0033] 図5の左側に示しているように、従来技術では、1つの交流電動機が力行制御と回生ブレーキ制御とを併用する観点から、力行特性及び回生ブレーキ

特性に関し、同じ制御曲線を使用している。一方、実施の形態1では、力行用の交流電動機4と回生ブレーキ用の交流電動機7とを区別して使用するので、回生ブレーキ用の交流電動機7は、個別の設計とすることが可能となる。図5は、力行特性に関する制御曲線は従来技術と同じ特性とし、回生ブレーキ特性に関する制御曲線は、切替速度を最大速度とする例を示している。このような特性とすれば、従来技術のような定電力領域はなくなり、定トルク領域のみの特性とすることができる。これにより、高速域であっても、回生ブレーキ用の交流電動機7によって、十分なブレーキトルクを確保することが可能となる。

[0034] 図3の説明に戻る。図3に示す電力変換装置9bは、力行制御専用のインバータ回路と、回生ブレーキ制御専用のインバータ回路とを備える構成としているが、この構成の場合、以下に示す制御を行うことができる。

[0035] 制御部6bは、鉄道車両システム100の加速時には、力行用の交流電動機4a, 4bに力行トルクが発生するように制御すると共に、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bをフリーランの状態に制御する。また、制御部6bは、鉄道車両システム100の減速時には、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bにブレーキトルクが発生するように制御すると共に、力行用の交流電動機4a, 4bをフリーランの状態に制御する。本稿では、この制御を適宜「第1の制御」と呼ぶ。

[0036] 次に、第1の制御による電力変換装置9bの動作について考察する。例えば、鉄道車両が通勤電車、地下鉄などである場合、鉄道車両は、出発後には大きな加速度で速度を上昇し、惰行を経た後、駅停車時には大きな減速度で停止する走行パターンで走行する。このため、駅発車、力行、惰行、ブレーキ及び停車からなる1サイクルを鉄道車両の典型的な走行パターンと想定する。この典型的な走行パターンにおいて、交流電動機に流れる電動機電流の実効値を I_M とする。また、電動機電流のうちの力行時に流れる電動機電流の実効値を I_{MP} とし、回生ブレーキ時に流れる電動機電流の実効値を I_{MB} とする。更に、1回の力行と1回の回生ブレーキとにおける電動機電流の

実効値はほぼ同じであるとし、計算の簡素化のため惰行時間及び停車時間を 0 (秒) と仮定する。

[0037] 上記の前提及び仮定の下、従来の鉄道車両の交流電動機を力行と回生ブレーキとを共用して動作させた条件では、以下の (1) 式が成立する。

$$I_{MP} = 0.5 \times I_M, I_{MB} = 0.5 \times I_M \quad \dots (1)$$

このとき、2つの交流電動機が負担する電流は、以下の (2) 式となる。

$$\begin{aligned} 2 \times (I_{MP} + I_{MB}) &= 2 \times (0.5 \times I_M + 0.5 \times I_M) \\ &= 2 \times I_M (A) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

[0038] これに対し、鉄道車両の2つの交流電動機に対して、一方を力行用の交流電動機として専用で動作させ、他方を回生ブレーキ用の交流電動機として専用で動作させることを考える。このとき、上記の第1の制御では、1つの力行用の交流電動機が力行時に2つの交流電動機分の電動機電流を負担するが、回生ブレーキ時はフリーランするので、回生ブレーキ時には電動機電流を負担しない。その結果、この力行用の交流電動機は、力行時に以下の (3) 式の電動機電流を負担する。

$$2 \times I_{MP} + 0 \times I_{MB} = 2 \times I_{MP} \quad \dots (3)$$

[0039] また、上記の第1の制御では、1つの回生ブレーキ用の交流電動機が回生ブレーキ時に2つの交流電動機分の電動機電流を負担するが、力行時はフリーランするので、力行時には電動機電流を負担しない。その結果、この回生ブレーキ用の交流電動機は、回生ブレーキ時に以下の (4) 式の電動機電流を負担する。

$$0 \times I_{MP} + 2 \times I_{MB} = 2 \times I_{MB} \quad \dots (4)$$

[0040] 従って、第1の制御によって、1つの力行用の交流電動機と1つの回生ブレーキ用の交流電動機とが負担する電動機電流は、以下の (5) 式で表される。

$$\begin{aligned} 2 \times I_{MP} + 2 \times I_{MB} &= 2 \times 0.5 \times I_M + 2 \times 0.5 \times I_M \\ &= 2 \times I_M \quad \dots (5) \end{aligned}$$

[0041] 上記の通り、(5) 式と (2) 式とは等しく、実施の形態1に係る鉄道車

両システム100を採用しても、電動機電流の負担は従来技術と変わらないことが分かる。また、実施の形態1に係る鉄道車両システム100を採用する場合、回生ブレーキ特性に関する制御曲線を変更すればよく、力行特性に関する制御曲線は変更する必要がないので、比較的容易に実現可能であると言える。

[0042] また、図3に示す電力変換装置9bを使用する場合、上記の第1の制御に代え、以下に示す制御を行うことができる。

[0043] 制御部6bは、鉄道車両システム100の加速時には、力行用の交流電動機4a, 4bに力行トルクが発生するように制御すると共に、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bにはトルクを発生させず、且つ、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bの駆動周波数を力行用の交流電動機4a, 4bの駆動周波数に合わせるように制御する。また、制御部6bは、鉄道車両システム100の減速時には、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bにブレーキトルクが発生するように制御すると共に、力行用の交流電動機4a, 4bにはトルクを発生させず、且つ、力行用の交流電動機4a, 4bの駆動周波数を回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bの駆動周波数に合わせるように制御する。本稿では、この制御を適宜「第2の制御」と呼ぶ。

[0044] 第2の制御を実施した場合、加速時においては、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bは力行用の交流電動機4a, 4bの駆動周波数に合わせて駆動されているので、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bの動作が鉄道車両システム100の加速の妨げになるような動作となることを防止できる。また、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bは、トルクを発生しないので、回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bによる損失を極めて小さくすることが可能となる。同様に、減速時においては、力行用の交流電動機4a, 4bは回生ブレーキ用の交流電動機7a, 7bの駆動周波数に合わせて駆動されているので、力行用の交流電動機4a, 4bの動作が鉄道車両システム100の減速の妨げになるような動作となることを防止できる。また、力行用の交流電動機4a, 4bは、トルクを発生しないので、力行用の交流電動機

4 a, 4 bによる損失を極めて小さくすることが可能となる。

[0045] 次に、力行用の交流電動機4が接続されるギア5、及び回生ブレーキ用の交流電動機7が接続されるギア8について補足する。鉄道車両システム100を構成する上で、これらのギア5, 8は、本質的には、同一のものを使用することが可能である。一方、ギア5, 8として同一のものを使用した場合、回生ブレーキ用の交流電動機7の設計、及び共通インバータ回路18及び回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路17の設計に負担が生じるおそれがある。これらの負担を考慮すれば、力行用の交流電動機4が接続されるギア5と、回生ブレーキ用の交流電動機7が接続されるギア8とは異なる構造のものを使用するようにしてもよい。着意事項の1つとして、ギア5, 8のギア比が例示できる。例えば、回生ブレーキ用の交流電動機7が接続されるギア8は、力行用の交流電動機4が接続されるギア5よりもギア比を小さくすることが考えられる。ギア8のギア比をギア5のギア比よりも小さくすることで、回生ブレーキ用の交流電動機7の回転数を力行用の交流電動機4の回転数よりも抑えることができる。この場合、同じ回転数で比較すると、回生ブレーキ用の交流電動機7には力行用の交流電動機4よりも大きな電流が流れるが、回転数を抑えることにより、図5に示すような高速域まで一定トルクとする回生ブレーキ特性を追求できるという利点がある。

[0046] 次に、駆動車1と駆動車1aとを用いて列車を編成する場合の着意事項について説明する。図1では、進行方向の最も前方側に位置する駆動車を駆動車1とし、進行方向の最も後方側に位置する駆動車を駆動車1aとすることを意図している。雨天時の走行では、鉄道車両の車輪は、レールとの間の水滴によって、ブレーキ時には滑走し易い条件となる。一方、滑走し易い車輪は、進行方向の最も前方側に位置する車輪であり、進行方向の後方側に位置する車輪は前方側に位置する車輪に比べて滑走しにくいと言われている。この理由は、車両進行方向の前方側に位置する車輪によって水滴が取り除かれるためと考えられている。

[0047] 図1に示す構成において、進行方向が図示の矢印の方向である場合、力行

用の交流電動機 4 a, 4 b が搭載される駆動車 1 の台車 2 a は進行方向の最も前方側に位置するので、その結果、回生ブレーキ用の交流電動機 7 a, 7 b が搭載される駆動車 1, 1 a の 2 台の台車 2 b は列車編成の中央側に位置することになる。これにより、滑走に起因する車輪フラットの発生を軽減することが可能となる。

[0048] また、図 1 に示す構成において、進行方向が図示の矢印の方向と逆になる場合、力行用の交流電動機 4 a, 4 b が搭載される駆動車 1 a の台車 2 a が進行方向の最も前方側に位置する。このため、進行方向が逆になっても、回生ブレーキ用の交流電動機 7 a, 7 b が搭載される駆動車 1, 1 a の 2 台の台車 2 b が列車編成の中央側に位置する関係は維持される。従って、図 1 の構成の場合、進行方向が逆になっても、滑走に起因する車輪フラットの発生を軽減することが可能となる。

[0049] 次に、実施の形態 1 における制御部 6 a, 6 b の機能を実現するためのハードウェア構成について、図 6 及び図 7 の図面を参照して説明する。図 6 は、実施の形態 1 における制御部 6 a, 6 b 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である。図 7 は、実施の形態 1 における制御部 6 a, 6 b 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である。

[0050] 実施の形態 1 における制御部 6 a, 6 b の機能の一部又は全部を実現する場合には、図 6 に示されるように、演算を行うプロセッサ 300、プロセッサ 300 によって読みとられるプログラムが保存されるメモリ 302、及び信号の入出力を行うインタフェース 304 を含む構成とすることができる。

[0051] プロセッサ 300 は、演算手段の一例である。プロセッサ 300 は、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) と称される演算手段であってもよい。また、メモリ 302 には、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (登録商標) (Electrically EPROM

) 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。

[0052] メモリ302には、実施の形態1における制御部6a, 6bの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300は、インタフェース304を介して必要な情報を授受し、メモリ302に格納されたプログラムをプロセッサ300が実行し、メモリ302に格納されたテーブルをプロセッサ300が参照することにより、上述した処理を行うことができる。プロセッサ300による演算結果は、メモリ302に記憶することができる。

[0053] また、実施の形態1における制御部6a, 6bの機能の一部を実現する場合には、図7に示す処理回路303を用いることもできる。処理回路303は、単回路、複回路、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、又は、これらを組み合わせたものが該当する。処理回路303に入力する情報、及び処理回路303から出力する情報は、インタフェース304を介して授受することができる。

[0054] なお、制御部6a, 6bにおける一部の処理を処理回路303で実施し、処理回路303で実施しない処理をプロセッサ300及びメモリ302で実施してもよい。

[0055] 以上説明したように、実施の形態1に係る鉄道車両システムは、第1及び第2の台車と、第1の台車に搭載される第1及び第2の交流電動機と、第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機と、第1から第4の交流電動機の動作を制御する電力変換装置とを備え、第1から第4の交流電動機の中の2つは、常に力行用の交流電動機として動作し、力行用の交流電動機として動作しない他の2つは、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する。このように構成された鉄道車両システムによれば、回生ブレーキ用の交流電動機は、力行用の交流電動機とは区別して個別の設計とすることができるので、鉄道車両が走行するときの最大速度から中間速度に至る高速域であ

っても、回生用の交流電動機によって十分なブレーキトルクを確保することができる。これにより、空気ブレーキ力に頼らない鉄道車両システムを構築できるという効果が得られる。

[0056] なお、実施の形態1に係る鉄道車両システムにおいて、力行用の交流電動機は第1のギアを介して駆動軸に接続され、回生ブレーキ用の交流電動機は第2のギアを介して駆動軸に接続される構成であるとき、第2のギアは、第1のギアよりもギア比が小さい構成とすることができる。このように構成すれば、回生ブレーキ用の交流電動機の最大回転数を力行用の交流電動機の最大回転数よりも小さくできるので、回生ブレーキ用の交流電動機においては、高速域まで一定トルクとする回生ブレーキ特性を追求できるという効果が得られる。

[0057] また、実施の形態1に係る鉄道車両システムにおいて、複数の駆動車で列車を編成する場合、進行方向の最も前方側に位置する駆動車における第1の台車は、進行方向の前方側に位置する台車とし、進行方向の最も後方側に位置する駆動車における第1の台車は、進行方向の後方側に位置する台車とする。このようにすれば、複数の駆動車で列車を編成する場合に、回生ブレーキ用の交流電動機が搭載される2台の台車は列車編成の中央側に位置することになる。これにより、雨天時において、車輪とレールとの間の水滴による滑走の影響を軽減できるので、滑走に起因する車輪フラットの発生を軽減することが可能となる。

[0058] また、実施の形態1に係る鉄道車両システムによれば、空気ブレーキ力に頼らない鉄道車両システムを構築でき、滑走に起因する車輪フラットの発生を軽減できる。これにより、空気ブレーキ力を得るための摩擦材の交換周期、及び車輪転削の作業周期を延ばすことができるので、メンテナンス作業の軽減を図ることが可能となる。

[0059] 実施の形態2.

図8は、実施の形態2に係る鉄道車両システム100aの構成例を示す図である。図8には、2つの駆動車1bによって、鉄道車両システム100a

が編成される例が示されている。図8では、指令車、付随車などの他の種類の車両の図示は省略している。なお、図1と同一又は同等の構成部には同一の符号を付し、重複する内容の説明は適宜割愛する。

[0060] 駆動車1bは、1両に2台の台車10a、10bと、電力変換装置9とを備える。電力変換装置9は、図2に示す電力変換装置9a及び図3に示す電力変換装置9bのうちの何れで構成されていてもよい。台車10aには、1つの力行用の交流電動機4と、1つの回生ブレーキ用の交流電動機7とが搭載される。台車10bも同様であり、台車10bには、1つの力行用の交流電動機4と、1つの回生ブレーキ用の交流電動機7とが搭載される。力行用の交流電動機4が駆動軸20を介して第1のギアであるギア5に接続され、回生ブレーキ用の交流電動機7が駆動軸20を介して第2のギアであるギア8に接続される点も実施の形態1と同様である。

[0061] 図8において、矢印の方向を鉄道車両システム100aの進行方向とするとき、駆動車1b同士が進行方向に対して対称形となる関係は、実施の形態1と同じである。また、図8の構成において、進行方向の最も前方側に位置する台車10aにおいては、回生ブレーキ用の交流電動機7が力行用の交流電動機4よりも進行方向の後方側に配置されるという関係性も満たされている。このため、実施の形態2に係る鉄道車両システム100aは、車輪フラットの発生を軽減するという観点に関し、実施の形態1に係る鉄道車両システム100と同等の効果を得ることが可能となる。

[0062] なお、実施の形態1に係る鉄道車両システム100では、車輪フラット発生の軽減効果を得るためには、駆動車1と駆動車1aとは、回生ブレーキ用の交流電動機7を搭載する台車2bが相互に列車編成の中央側になるように連結する必要があったが、実施の形態2に係る鉄道車両システム100aには、そのような制約はない。従って、実施の形態2に係る鉄道車両システム100aは、実施の形態1に係る鉄道車両システム100に比べて列車編成が容易になるという効果が得られる。

[0063] 以上説明したように、実施の形態2に係る鉄道車両システムにおいて、第

1の台車に搭載される第1及び第2の交流電動機のうちの一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作し、第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機のうちの一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する。このように構成された鉄道車両システムによれば、実施の形態1と同様に、回生ブレーキ用の交流電動機は、力行用の交流電動機とは区別して個別の設計とすることができる。これにより、回生ブレーキ用の交流電動機によって十分なブレーキトルクを確保することができるので、空気ブレーキ力に頼らない鉄道車両システムを構築できるという効果を得ることが可能となる。

[0064] また、実施の形態2に係る鉄道車両システムにおいて、複数の駆動車で列車を編成する場合、回生ブレーキ用の交流電動機は、第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向中央側の駆動軸に接続され、力行用の交流電動機は、第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向外側の駆動軸に接続されるように構成することができる。このように構成すれば、複数の駆動車で列車を編成する場合に、進行方向の最前方の台車において進行方向外側の駆動軸には、力行用の交流電動機が接続されることになるので、実施の形態1と同様に、滑走に起因する車輪フラットの発生を軽減することが可能となる。

[0065] また、実施の形態2に係る鉄道車両システムにおいて、力行用の交流電動機は第1のギアを介して駆動軸に接続され、回生ブレーキ用の交流電動機は第2のギアを介して駆動軸に接続される構成であるとき、第2のギアは、第1のギアよりもギア比が小さい構成とすることができる。このように構成すれば、回生ブレーキ用の交流電動機の最大回転数を力行用の交流電動機の最大回転数よりも小さくできるので、実施の形態1と同様に、回生ブレーキ用の交流電動機においては、高速域まで一定トルクとする回生ブレーキ特性を追求できるという効果が得られる。

[0066] 実施の形態3.

図9は、実施の形態3に係る鉄道車両システム100bの構成例を示す図である。図9には、駆動車1cと、駆動車1dとによって、鉄道車両システム100bが編成される例が示されている。図9では、指令車、付随車などの他の種類の車両の図示は省略している。なお、図1と同一又は同等の構成部には同一の符号を付し、重複する内容の説明は適宜割愛する。

[0067] 駆動車1cは、2台の台車12a、12bと、電力変換装置9とを備える。電力変換装置9は、図2に示す電力変換装置9a及び図3に示す電力変換装置9bのうちの何れで構成されていてもよい。台車12aには、2つの交流電動機13が搭載され、台車12bにも、2つの交流電動機13が搭載されている。一方、台車12aに搭載される2つの交流電動機13は、駆動軸20を介してギア5に接続され、台車12bに搭載される2つの交流電動機13は、駆動軸20を介してギア8に接続されている。これらの4つの交流電動機13は、力行制御及び回生ブレーキ制御共用の交流電動機として設計されている。

[0068] また、駆動車1dは、2台の台車10a、10bと、電力変換装置9とを備える。電力変換装置9は、図2に示す電力変換装置9a及び図3に示す電力変換装置9bのうちの何れで構成されていてもよい。

[0069] 鉄道車両システム100bにおける駆動車1cと駆動車1dとの関係は、実施の形態1の鉄道車両システム100における駆動車1と駆動車1aとの関係と同じである。即ち、常に力行用の交流電動機として動作する2つの交流電動機13は、第1の台車である台車12aに搭載され、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する2つの交流電動機13は、第2の台車である台車12bに搭載される。従って、実施の形態3に係る鉄道車両システム100bは、実施の形態1に係る鉄道車両システム100と同等の効果を得ることが可能となる。

[0070] また、実施の形態3に係る鉄道車両システム100bは、交流電動機13を力行制御及び回生ブレーキ制御共用の交流電動機として設計することで、実施の形態1、2と比較して、設計に対する負担を軽減することが可能とな

る。また、実施の形態3に係る鉄道車両システム100bにおいて、回生ブレーキ用の2つの交流電動機13は、力行用の2つの交流電動機13が接続されるギア5よりもギア比の小さいギア8に接続されるので、力行用の2つの交流電動機13に比べて、高速域まで一定トルクとする回生ブレーキ特性が得られ易いという利点がある。

[0071] また、図9において、矢印の方向を鉄道車両システム100bの進行方向とすると、駆動車1cと駆動車1dとが進行方向に対して対称形となる関係は、実施の形態1と同じである。また、図9の構成において、回生ブレーキ用の交流電動機13が力行用の交流電動機13よりも進行方向の後方側に配置されるという関係性も満たされている。このため、実施の形態3に係る鉄道車両システム100bは、車輪フラットの発生を軽減するという観点に関し、実施の形態1と同等の効果を得ることが可能となる。

[0072] 以上説明したように、実施の形態3に係る鉄道車両システムでは、力行制御及び回生ブレーキ制御共用の交流電動機として設計された第1から第4の交流電動機のうち、第1の台車に搭載されて常に力行用の交流電動機として動作する第1及び第2の交流電動機は第1のギアを介して駆動軸に接続され、第1の台車に搭載されて常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する第3及び第4の交流電動機は、第1のギアよりもギア比の小さい第2のギアを介して駆動軸に接続される。このように構成された鉄道車両システムによれば、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する第3及び第4の交流電動機の最大回転数を、常に力行用の交流電動機として動作する第1及び第2の交流電動機の最大回転数よりも抑えることができる。これにより、第3及び第4の交流電動機によって十分なブレーキトルクを確保することができるので、空気ブレーキ力に頼らない鉄道車両システムを構築できるという効果を得ることが可能となる。

[0073] また、実施の形態3に係る鉄道車両システムにおいて、複数の駆動車で列車を編成する場合、進行方向の最も前方側に位置する駆動車における第1の台車は、進行方向の前方側に位置する台車とし、進行方向の最も後方側に位

置する駆動車における第1の台車は、進行方向の後方側に位置する台車とする。このようにすれば、複数の駆動車で列車を編成する場合に、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機が搭載される2台の台車は列車編成の中央側に位置することになる。これにより、雨天時において、車輪とレールとの間の水滴による滑走の影響を軽減できるので、滑走に起因する車輪フラットの発生を軽減することが可能となる。

[0074] 実施の形態4.

図10は、実施の形態4に係る鉄道車両システム100cの構成例を示す図である。図10には、2つの駆動車1eによって、鉄道車両システム100cが編成される例が示されている。図10では、指令車、付随車などの他の種類の車両の図示は省略している。なお、図1及び図9と同一又は同等の構成部には同一の符号を付し、重複する内容の説明は適宜割愛する。

[0075] 駆動車1eは、1両に2台の台車14a, 14bと、電力変換装置9とを備える。2つの駆動車1eの2台の台車14a, 14bに搭載される4つの交流電動機13は、図9に示した力行制御及び回生ブレーキ制御共用の交流電動機である。電力変換装置9は、図2に示す電力変換装置9a及び図3に示す電力変換装置9bのうちの何れで構成されていてもよい。台車14aに搭載される2つの交流電動機13のうちの一方は、常に力行用の交流電動機として動作する交流電動機であり、他方は、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機である。台車14bも同様であり、台車14bに搭載される2つの交流電動機13のうちの一方は、常に力行用の交流電動機として動作する交流電動機であり、他方は、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機である。また、台車14a, 14bにおいて、常に力行用の交流電動機として動作する2つの交流電動機13は、駆動軸20を介して第1のギアであるギア5に接続され、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する2つの交流電動機13は、駆動軸20を介して第2のギアであるギア8に接続される。

[0076] 図10において、矢印の方向を鉄道車両システム100cの進行方向とす

るとき、駆動車 1 e 同士が進行方向に対して対称形となる関係は、実施の形態 1～3 と同じである。また、図 10 の構成において、進行方向の最も前方側に位置する台車 1 4 a においては、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機 1 3 が常に力行用の交流電動機として動作する交流電動機 1 3 よりも進行方向の後方側に配置されるという関係性も満たされている。このため、実施の形態 4 に係る鉄道車両システム 1 0 0 c は、車輪フラットの発生を軽減するという観点に関し、実施の形態 1～3 に係る鉄道車両システム 1 0 0 と同等の効果を得ることが可能となる。

[0077] なお、実施の形態 3 に係る鉄道車両システム 1 0 0 b では、車輪フラット発生の軽減効果を得るためには、駆動車 1 c と駆動車 1 d とは、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機 1 3 を搭載する台車 1 2 b が相互に列車編成の中央側になるように連結する必要があったが、実施の形態 4 に係る鉄道車両システム 1 0 0 c には、そのような制約はない。従って、実施の形態 4 に係る鉄道車両システム 1 0 0 c は、実施の形態 3 に係る鉄道車両システム 1 0 0 b に比べて列車編成が容易になるという効果が得られる。

[0078] 以上説明したように、実施の形態 4 に係る鉄道車両システムでは、力行制御及び回生ブレーキ制御共用の交流電動機として設計された第 1 から第 4 の交流電動機のうち、第 1 の台車に搭載される第 1 及び第 2 の交流電動機のうちの一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作し、第 2 の台車に搭載される第 3 及び第 4 の交流電動機のうちの一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する。常に力行用の交流電動機として動作する 2 つの交流電動機は、第 1 のギアを介して駆動軸に接続され、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する 2 つの交流電動機は、第 1 のギアよりもギア比の小さい第 2 のギアを介して駆動軸に接続される。このように構成された鉄道車両システムによれば、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機の最大回転数を、常に力行用の交流電動機として

動作する交流電動機の最大回転数よりも抑えることができる。これにより、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機によって十分なブレーキトルクを確保することができるので、空気ブレーキ力に頼らない鉄道車両システムを構築できるという効果を得ることが可能となる。

[0079] また、実施の形態4に係る鉄道車両システムにおいて、複数の駆動車で列車を編成する場合、回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機は、第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向中央側の駆動軸に接続され、力行用の交流電動機として動作する交流電動機は、第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向外側の駆動軸に接続されるように構成することができる。このように構成すれば、複数の駆動車で列車を編成する場合に、進行方向の最前方の台車において進行方向外側の駆動軸には、力行用の交流電動機として動作する交流電動機が接続されることになるので、実施の形態3と同様に、滑走に起因する車輪フラットの発生を軽減することが可能となる。

[0080] 以上の実施の形態に示した構成は、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、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、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

[0081] 1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e 駆動車、2 a, 2 b, 10 a, 10 b, 12 a, 12 b, 14 a, 14 b 台車、3 車輪、4, 4 a, 4 b, 7, 7 a, 7 b, 13 交流電動機、5, 8 ギア、6 a, 6 b 制御部、9, 9 a, 9 b 電力変換装置、15 入力回路、16 力行用交流電動機用インバータ回路、17 回生ブレーキ用交流電動機用インバータ回路、18 共通インバータ回路、19 出力切替器、20 駆動軸、22 車軸、24 架線、25 車輪、26 レール、100, 100 a, 100 b, 100 c 鉄道車両システム、200 プロセッサ、202 メモリ、203 処理回路、204 インタフェース。

請求の範囲

- [請求項1] 第1及び第2の台車と、前記第1の台車に搭載される第1及び第2の交流電動機と、前記第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機と、前記第1から第4の交流電動機の動作を制御する電力変換装置とを備えた鉄道車両システムであって、
- 前記第1から第4の交流電動機の中の2つは、常に力行用の交流電動機として動作し、
- 前記力行用の交流電動機として動作しない他の2つは、常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作することを特徴とする鉄道車両システム。
- [請求項2] 前記第1の台車に搭載される前記第1及び第2の交流電動機は常に力行用の交流電動機として動作し、
- 前記第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作することを特徴とする請求項1に記載の鉄道車両システム。
- [請求項3] 前記力行用の交流電動機は第1のギアを介して駆動軸に接続され、前記回生ブレーキ用の交流電動機は第2のギアを介して駆動軸に接続され、
- 前記第2のギアは、前記第1のギアよりもギア比が小さいことを特徴とする請求項2に記載の鉄道車両システム。
- [請求項4] 前記第1から第4の交流電動機を有する駆動車が複数あり、複数の前記駆動車で列車を編成する場合、
- 進行方向の最も前方側に位置する駆動車における前記第1の台車は、前記進行方向の前方側に位置する台車とし、
- 進行方向の最も後方側に位置する駆動車における前記第1の台車は、前記進行方向の後方側に位置する台車とする
- ことを特徴とする請求項2又は3に記載の鉄道車両システム。
- [請求項5] 前記第1の台車に搭載される前記第1及び第2の交流電動機のうち

の一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作し、

前記第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機のうち的一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作する

ことを特徴とする請求項1に記載の鉄道車両システム。

[請求項6] 前記回生ブレーキ用の交流電動機は、前記第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向中央側の駆動軸に接続され、

前記力行用の交流電動機は、前記第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向外側の駆動軸に接続される

ことを特徴とする請求項5に記載の鉄道車両システム。

[請求項7] 前記力行用の交流電動機は第1のギアを介して駆動軸に接続され、前記回生ブレーキ用の交流電動機は第2のギアを介して駆動軸に接続され、

前記第2のギアは、前記第1のギアよりもギア比が小さい

ことを特徴とする請求項6に記載の鉄道車両システム。

[請求項8] 前記力行用の交流電動機は、力行制御専用の交流電動機として設計され、

前記回生ブレーキ用の交流電動機は、回生ブレーキ制御専用の交流電動機として設計されている

ことを特徴とする請求項1から7の何れか1項に記載の鉄道車両システム。

[請求項9] 前記第1から第4の交流電動機は、力行制御及び回生ブレーキ制御共用の交流電動機として設計され、

前記第1及び第2の交流電動機は第1のギアを介して駆動軸に接続され、

前記第3及び第4の交流電動機は第2のギアを介して駆動軸に接続され、

前記第2のギアは、前記第1のギアよりもギア比が小さいことを特徴とする請求項1に記載の鉄道車両システム。

[請求項10] 前記第1の台車に搭載される前記第1及び第2の交流電動機は常に力行用の交流電動機として動作し、
前記第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作することを特徴とする請求項9に記載の鉄道車両システム。

[請求項11] 前記第1から第4の交流電動機を有する駆動車が複数あり、複数の前記駆動車で列車を編成する場合、
進行方向の最も前方側に位置する駆動車における前記第1の台車は、前記進行方向の前方側に位置する台車とし、
進行方向の最も後方側に位置する駆動車における前記第1の台車は、前記進行方向の後方側に位置する台車とすることを特徴とする請求項10に記載の鉄道車両システム。

[請求項12] 前記第1の台車に搭載される前記第1及び第2の交流電動機のうち的一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作し、
前記第2の台車に搭載される第3及び第4の交流電動機のうち的一方は常に力行用の交流電動機として動作し、他方は常に回生ブレーキ用の交流電動機として動作することを特徴とする請求項9に記載の鉄道車両システム。

[請求項13] 前記回生ブレーキ用の交流電動機として動作する交流電動機は、前記第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向中央側の駆動軸に接続され、
前記力行用の交流電動機として動作する交流電動機は、前記第1及び第2の台車のそれぞれにおいて進行方向外側の駆動軸に接続されることを特徴とする請求項12に記載の鉄道車両システム。

[請求項14] 前記電力変換装置は、共通インバータ回路と、前記共通インバータ

回路の出力先を切り替える出力切替器とを備え、

前記出力切替器は、加速時においては、前記共通インバータ回路の出力先を前記力行用の交流電動機の側に切り替え、減速時においては、前記共通インバータ回路の出力先を前記回生ブレーキ用の交流電動機の側に切り替える

ことを特徴とする請求項 1 から 13 の何れか 1 項に記載の鉄道車両システム。

[請求項15]

前記電力変換装置は、力行制御専用のインバータ回路と、回生ブレーキ制御専用のインバータ回路とを備え、

加速時には、前記力行制御専用のインバータ回路を使用して前記力行用の交流電動機を制御し、

減速時には、前記回生ブレーキ制御専用のインバータ回路を使用して前記回生ブレーキ用の交流電動機を制御する

ことを特徴とする請求項 1 から 13 の何れか 1 項に記載の鉄道車両システム。

[請求項16]

前記電力変換装置は、

加速時には、前記力行用の交流電動機に力行トルクが発生するように制御すると共に、前記回生ブレーキ用の交流電動機をフリーランの状態に制御し、

減速時には、前記回生ブレーキ用の交流電動機にブレーキトルクが発生するように制御すると共に、前記力行用の交流電動機をフリーランの状態に制御する

ことを特徴とする請求項 15 に記載の鉄道車両システム。

[請求項17]

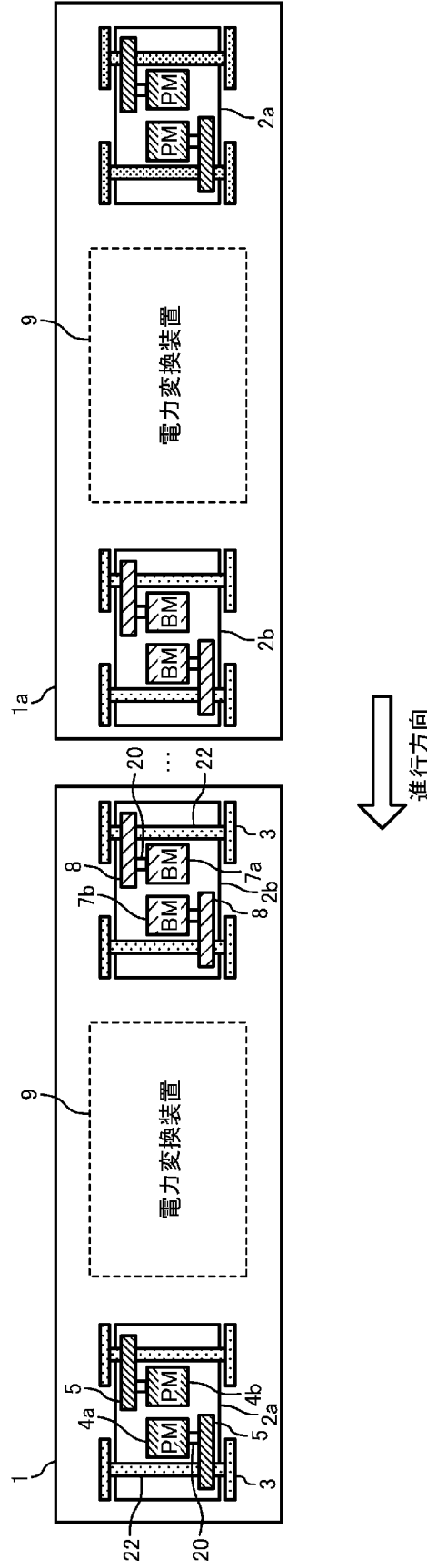
前記電力変換装置は、

加速時には、前記力行用の交流電動機に力行トルクが発生するように制御すると共に、前記回生ブレーキ用の交流電動機にはトルクを発生させず、且つ、前記回生ブレーキ用の交流電動機の駆動周波数を前記力行用の交流電動機の駆動周波数に合わせるように制御し、

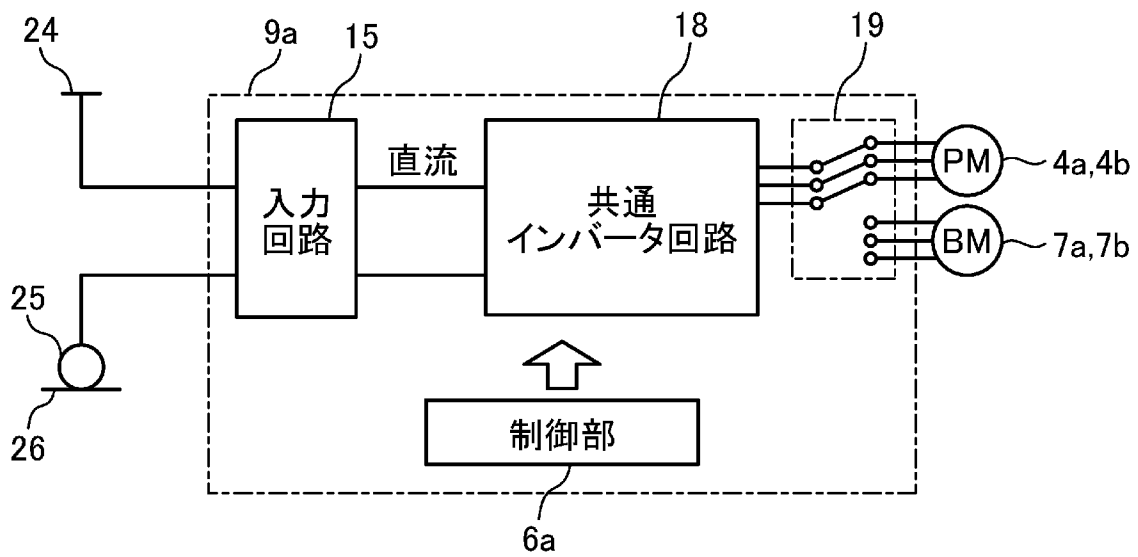
減速時には、前記回生ブレーキ用の交流電動機にブレーキトルクが発生するように制御すると共に、前記力行用の交流電動機にはトルクを発生させず、且つ、前記力行用の交流電動機の駆動周波数を前記回生ブレーキ用の交流電動機の駆動周波数に合わせるように制御することを特徴とする請求項15に記載の鉄道車両システム。

[図1]

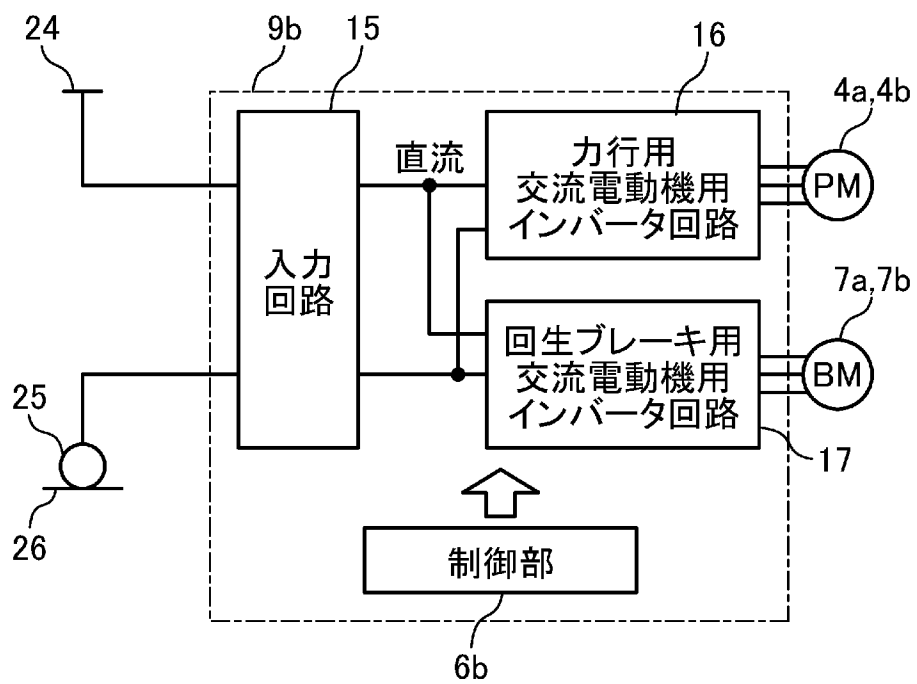
100



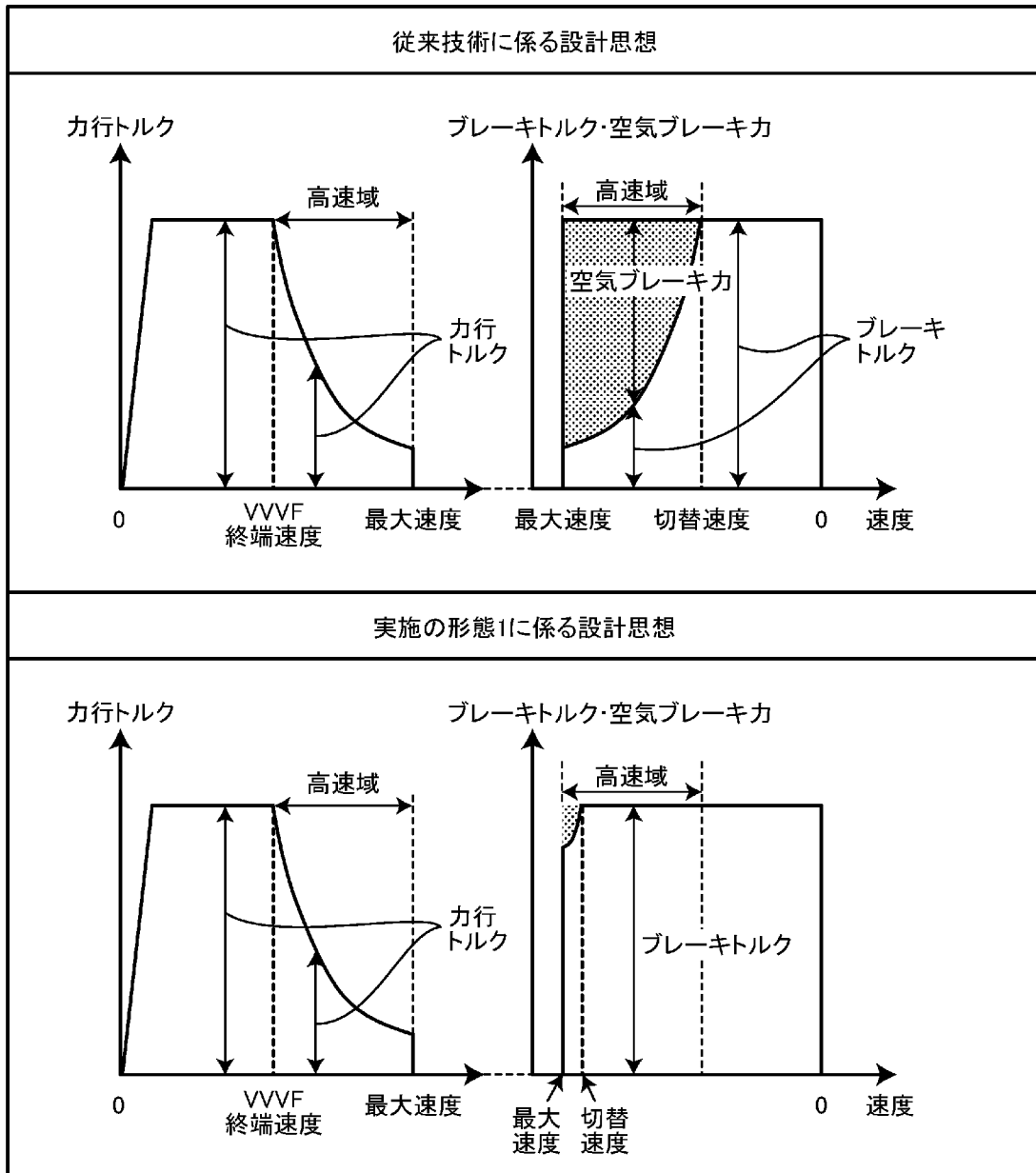
[図2]



[図3]

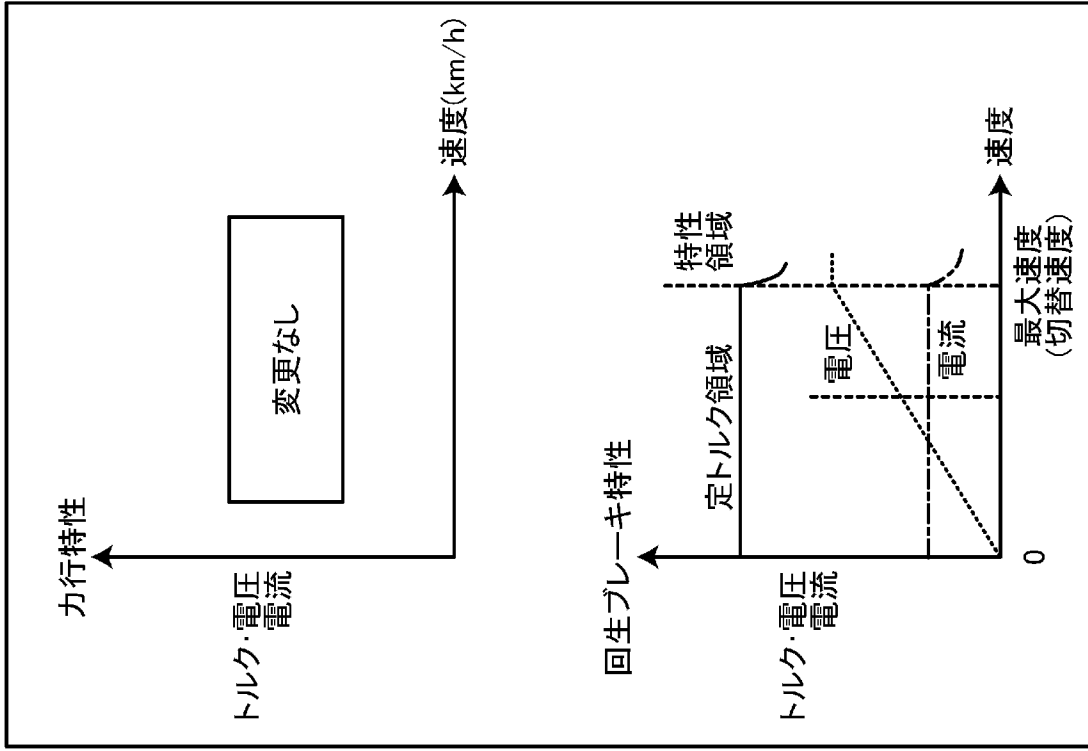


[図4]

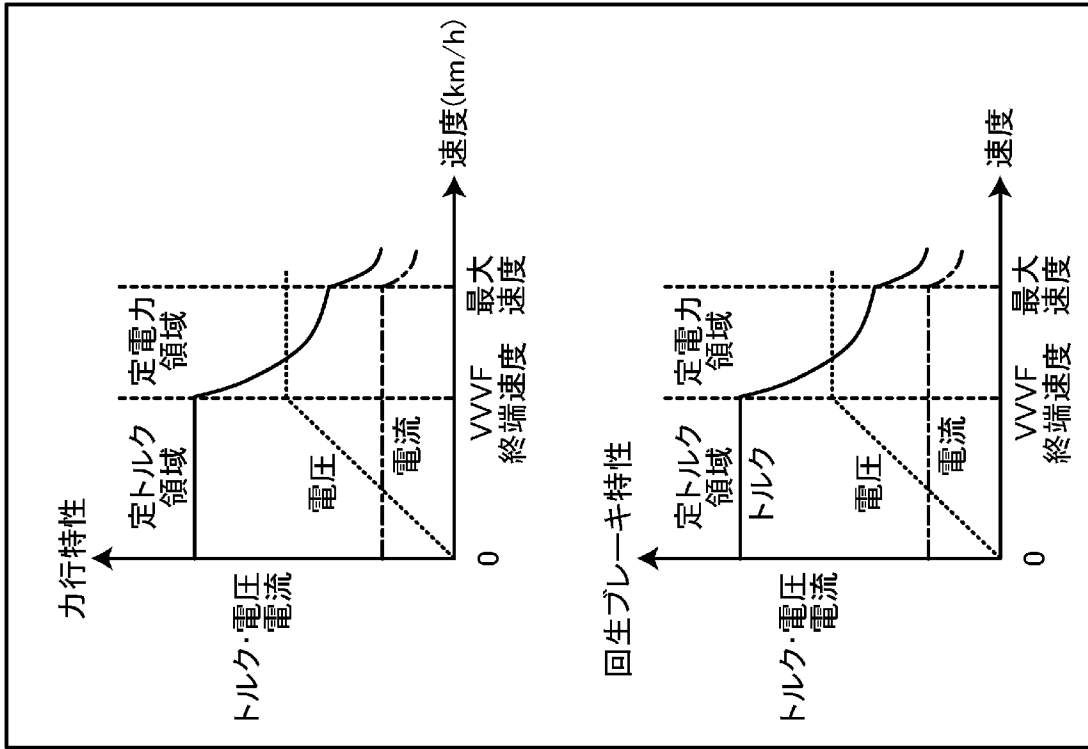


[図5]

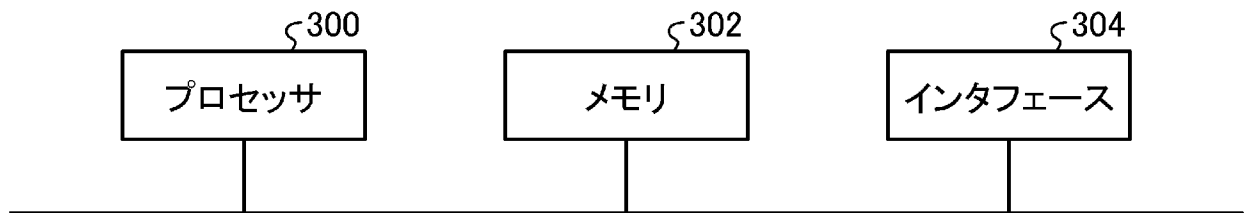
実施の形態1に係る制御曲線



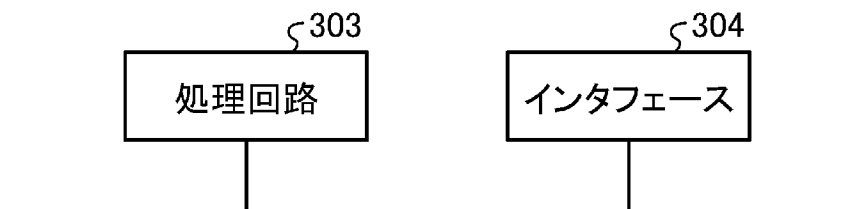
従来技術に係る制御曲線



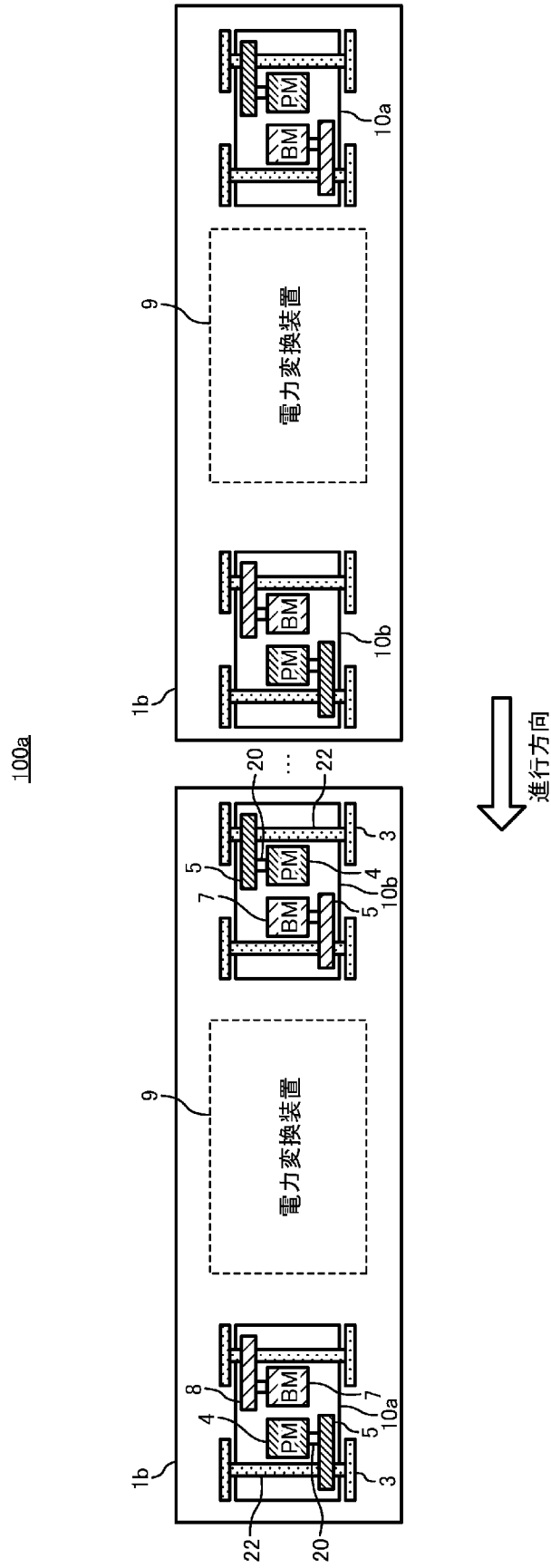
[図6]



[図7]

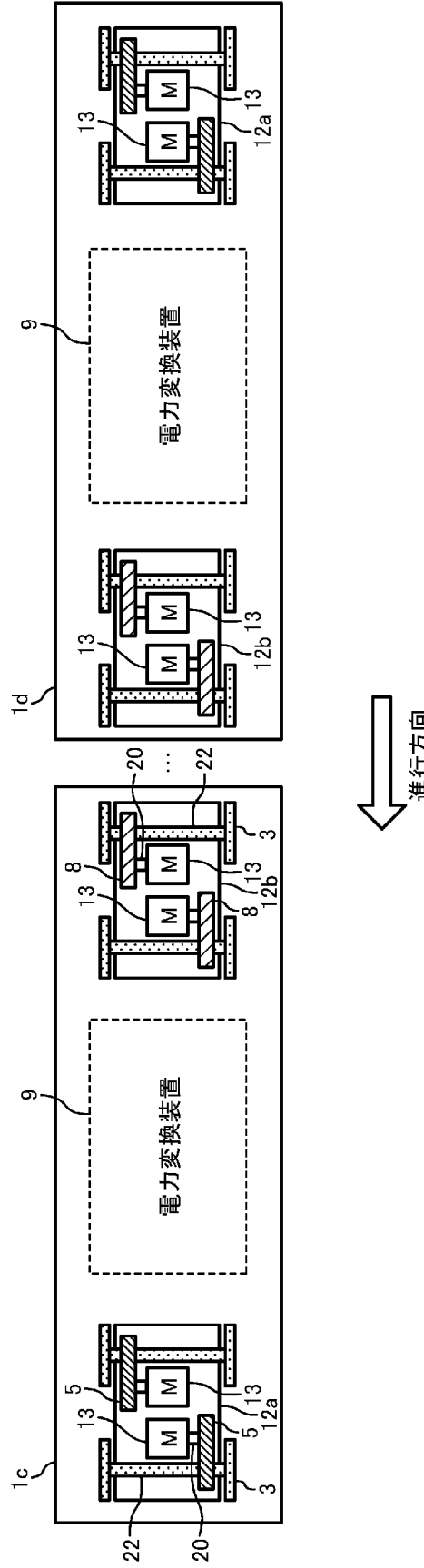


[図8]

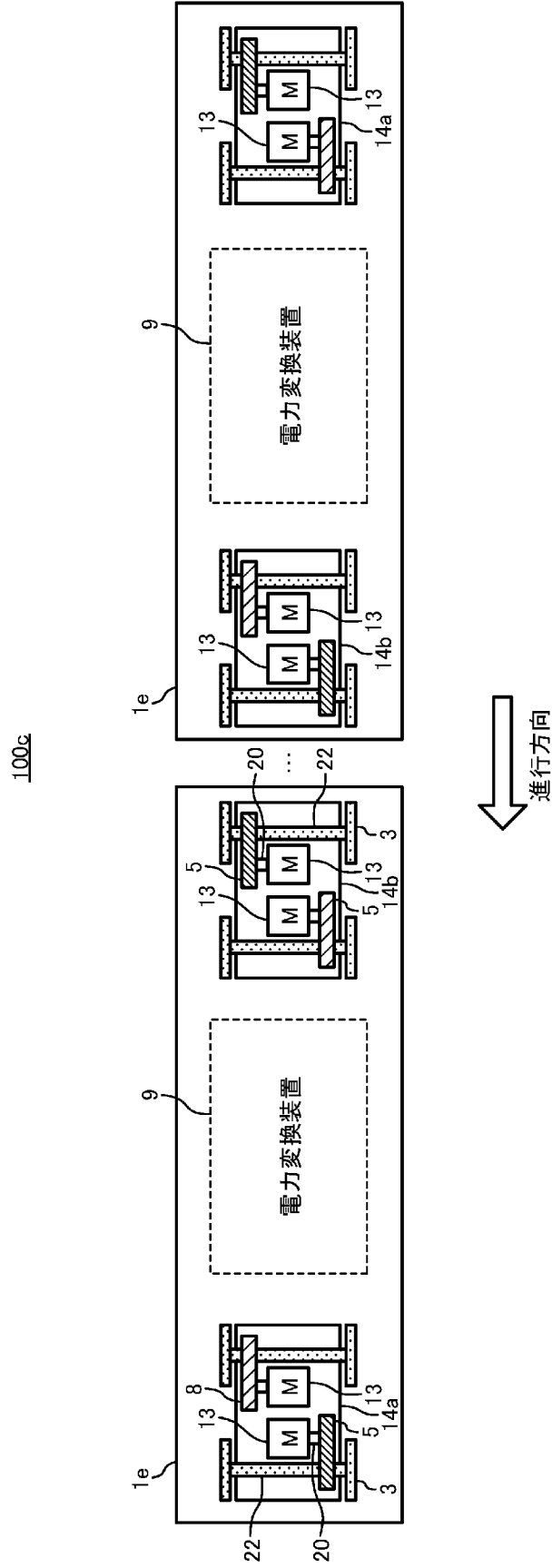


[図9]

100b



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/030236

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B60L 15/20</i> (2006.01)i FI: B60L15/20 S		
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) B60L15/20		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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 7312322 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 20 July 2023 (2023-07-20) entire text, all drawings	1-17
A	JP 7289914 B2 (HITACHI, LTD.) 12 June 2023 (2023-06-12) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2011-19326 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 27 January 2011 (2011-01-27) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2013-59144 A (HITACHI, LTD.) 28 March 2013 (2013-03-28) entire text, all drawings	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 30 October 2023		Date of mailing of the international search report 07 November 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/030236

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 7312322 B2	20 July 2023	(Family: none)	
JP 7289914 B2	12 June 2023	(Family: none)	
JP 2011-19326 A	27 January 2011	(Family: none)	
JP 2013-59144 A	28 March 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B60L 15/20(2006.01)i FI: B60L15/20 S		
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（IPC）） B60L15/20 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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 7312322 B2（三菱電機株式会社）20.07.2023（2023 - 07 - 20） 全文、全図	1-17
A	JP 7289914 B2（株式会社日立製作所）12.06.2023（2023 - 06 - 12） 全文、全図	1-17
A	JP 2011-19326 A（株式会社東芝）27.01.2011（2011 - 01 - 27） 全文、全図	1-17
A	JP 2013-59144 A（株式会社日立製作所）28.03.2013（2013 - 03 - 28） 全文、全図	1-17
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、国際出願日以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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日	
30.10.2023	07.11.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 富永 達朗 3H 3866 電話番号 03-3581-1101 内線 3316	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/030236

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 7312322 B2	20.07.2023	(ファミリーなし)	
JP 7289914 B2	12.06.2023	(ファミリーなし)	
JP 2011-19326 A	27.01.2011	(ファミリーなし)	
JP 2013-59144 A	28.03.2013	(ファミリーなし)	