

(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
2024年2月8日(08.02.2024)



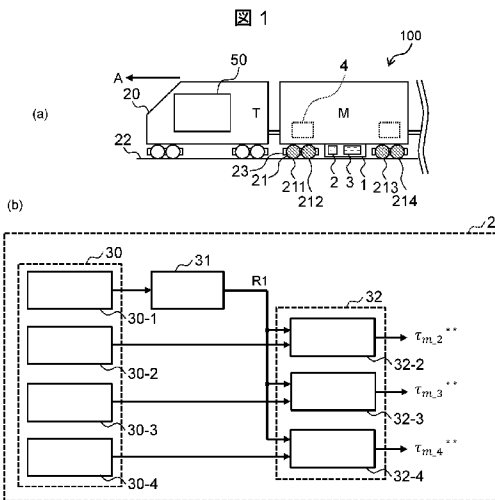
(10) 国際公開番号

WO 2024/029310 A1

- (51) 国際特許分類:
B60L 15/20 (2006.01) *B60L 9/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/025921
- (22) 国際出願日: 2023年7月13日(13.07.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-125331 2022年8月5日(05.08.2022) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 國廣 直希 (KUNIHIRO, Naoki);
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 初瀬 涉 (HATSUSE, Wataru); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 小川 和俊(OGAWA, Kazutoshi); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人サンネクスト国際特許事務所(SUNNEXT INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目3番12号 シーフォートスクエア センタービルディング16階 Tokyo (JP).

(54) Title: VEHICLE CONTROL DEVICE, VEHICLE CONTROL METHOD, AND VEHICLE CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 車両制御装置、車両制御方法および車両制御システム



(57) Abstract: This vehicle control device comprises: a first limiting unit which limits a first driving force for a front shaft (one shaft) that is an axle connected to a driving part for generating a driving force for driving a vehicle, in order to cause vehicle wheels 21 disposed on the front shaft (one shaft) to be viscously mounted; and a torque limiting unit 32 which is a second limiting unit for limiting, at a location where the first driving force is limited, a second driving force for rear shafts (2-4 shafts) which are axles located on the rear side in the traveling direction of the vehicle from the front shaft (one shaft), in order to cause vehicle wheels 21 disposed on the rear shafts (2-4 shafts) to be viscously mounted. Accordingly, it is possible to provide a vehicle control device, a vehicle control method, and a vehicle control system with which idling slip of the vehicle wheels can be suppressed according to various road states.

(57) 要約: 車両を駆動する駆動力を発生する駆動部に接続された車軸として前方軸(1軸)に配される車輪21を粘着させるために、前方軸(1軸)に対する第1の駆動力を制限する第1の制限部と、前方軸(1軸)より車両の進行方向に対し後方に位置する車軸である後方軸(2~4軸)に配される車輪21を粘着させるために、第1の駆動力を制限した地点にて、後方軸(2~4軸)に対する第2の駆動力を制限する第2の制限部であるトルク制限部32と、を備える車両制御装置。これにより、種々の路面状態に対応して、車輪の空転滑走を抑制できる車両制御装置、車両制御方法、車両制御システムを提供することができる。

(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.

(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：

車両制御装置、車両制御方法および車両制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、車両制御装置、車両制御方法、車両制御システムに関する。本発明は、特に、車輪の空転や滑走が生じた場合に、車輪の粘着力を回復させる際に好適に使用できる車両制御装置、車両制御方法、車両制御システムに関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両等の車両では、回転電機のトルクによって駆動輪である車輪を回転させ、車輪踏面がレールから受ける反力として、車輪に生じる接線力によって車両を加速させている。

この接線力は、車輪とレール間の粘着状態を表す接線力係数 μ によって変動し、車輪のトルクが接線力よりも過大となった場合、車両を加速させる力は小さいまま、車輪を回転させる力のみが大きくなり、その結果、車輪の空転または滑走（以下、「空転滑走」と略す）が生じる。特に、雨天時や降雪時には、粘着係数が大きく低下するため、空転滑走が発生し易くなる。

[0003] この空転滑走が拡大した場合、車両の加減速性能が低下する問題や、接線力が大きく変動することで車体振動が発生して乗り心地を低下させる問題が生じる。そのため、車輪とレール間で生じる空転滑走を速やかに検知し、回転電機のトルクを絞り込むことで、車輪をレールに再粘着させる空転再粘着制御が広く用いられている。

[0004] 特許文献1には、複数の動力配分パターンをパターンテーブルとして用意することが開示されている。動力配分パターンは、動力装置のうち空転や滑走が発生しやすい前方車輪に対応する動力装置の出力を低減し、低減分を他の動力装置で補うように定める。空転滑走検知器から得られる走行中の車輪の空転や滑走の情報に基づき、選択手段が動力配分パターンを一つ選択する

。駆動装置は、運転指令と、選択手段で選択された動力配分パターンとに基づいて、対応する動力装置への制御出力を決定する。

- [0005] 特許文献2には、空転滑走が発生すると、空転滑走した第1軸に対する再粘着制御を行うとともに、他の第2～第4軸それぞれに対する空転滑走誘発抑制制御を行うことが開示されている。空転滑走誘発抑制制御では、再粘着制御によるトルク引き下げに同期させて、対象軸のトルクを変更させる。トルク変更量 $\Delta \tau_{eb}$ は、空転滑走軸の空転滑走時の加速度 α と所定の係数 k とに基づいて決定する。係数 k は、空転／滑走の何れであるか、及び、対象軸と空転滑走軸との車両内の配置位置関係等に基づいて決まり、例えば、力行時の空転の場合、対象軸が空転滑走軸の後方の軸ならばトルク引き下げ、前方の軸ならばトルク引き上げとして変更量が決定される。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2006-304464号公報
特許文献2：特開2009-290954号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 空転再粘着制御において、トルクを急峻に操作する場合には、空転滑走を早く収束できる利点を得られる一方で、接線力が急峻に変動して車体の振動となり、乗り心地の悪化につながる。一方で、トルクを緩やかに操作する場合には、空転滑走の拡大量が増加して、トルクを絞り込んで再粘着させるまでの所要時間が長くなり、加速度の低下につながる。

このように、空転滑走検知後の再粘着制御におけるトルク操作では、車体振動低減と加速度向上の両立が難しく、トレードオフの関係にある。そこで、空転滑走の発生そのものを抑制することが望ましい。このとき、走行区間によって複雑に変化する路面状態の変化に対応して空転滑走を抑制することが望ましい。

本発明は、種々の路面状態に対応して、車輪の空転滑走を抑制できる車両制御装置、車両制御方法、車両制御システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するため本発明は、車両を駆動する駆動力を発生する駆動部に接続された車軸として第1の車軸に配される第1の車輪を粘着させるために、第1の車軸に対する第1の駆動力を制限する第1の制限部と、第1の車軸より車両の進行方向に対し後方に位置する車軸である第2の車軸に配される第2の車輪を粘着させるために、第1の駆動力を制限した地点にて、第2の車軸に対する第2の駆動力を制限する第2の制限部と、を備える車両制御装置である。

[0009] また、本発明は、車両を駆動する駆動力を発生する駆動部に接続された車軸として第1の車軸に配される第1の車輪を粘着させるために、第1の車軸に対する第1の駆動力を制限し、第1の車軸より車両の進行方向に対し後方に位置する車軸である第2の車軸に配される第2の車輪を粘着させるために、第1の駆動力を制限した地点にて、第2の車軸に対する第2の駆動力を制限する、車両制御方法である。

[0010] さらに、本発明は、車両を駆動する駆動力を発生する駆動部と、駆動部による駆動力により車両を進行させる車輪と、車輪を粘着させる制御を行う制御装置と、を備え、制御装置は、駆動部に接続された車軸として第1の車軸に配される第1の車輪を粘着させるために、第1の車軸に対する第1の駆動力を制限する第1の制限部と、第1の車軸より車両の進行方向に対し後方に位置する車軸である第2の車軸に配される第2の車輪を粘着させるために、第1の駆動力を制限した地点にて、第2の車軸に対する第2の駆動力を制限する第2の制限部と、を備える車両制御システムである。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、種々の路面状態に対応して、車輪の空転滑走を抑制できる車両制御装置、車両制御方法、車両制御システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1] (a) ~ (b) は、本実施の形態における車両制御システムの全体構成を示すブロック図である。
- [図2] 駆動装置の概略構成の一例を示す図である。
- [図3] 車両および1つの動輪軸の運動方程式の機能ブロックを示す図である。
- [図4] 車輪とレールとの間のスリップ速度と接線力係数との関係を示す図である。
- [図5] 車両の力行・回生時における空転滑走を示す図である。
- [図6] (a) ~ (m) は、本実施の形態によって空転滑走の発生を抑制する動作の概要図である。
- [図7] 走行位置演算部の一例を示した図である。
- [図8] 走行位置演算部の変形例を示した図である。
- [図9] 走行位置演算部の変形例を示した図である。
- [図10] トルク情報演算部で保持するトルク指令値の一例を示した図である。
- [図11] 生成したトルク情報の履歴の一例を示した図である。
- [図12] トルク制限部の構成の一例を示した図である。
- [図13] トルク制限部の変形例を示した図である。
- [図14] 設定値の調整ゲインを示した図である。
- [図15] 本実施の形態を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。
- [図16] 本実施の形態を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。
- [図17] 本実施の形態の変形例を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。
- [図18] 本実施の形態の変形例を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。
- [図19] 車両の編成に本実施の形態を適用した場合の一例を示した図である。
- [図20] 車両の編成に本実施の形態を適用した場合の第1の変形例を示した図である。
- [図21] 車両の編成に本実施の形態を適用した場合の第2の変形例を示した図

である。

[図22]図 2 1 の構成を適用した制御装置の変形例を示した図である。

[図23]図 2 1 の構成を適用した場合のトルク情報の履歴の一例を示した図である。

[図24]鉄道を走行する複数の編成間について本実施の形態を適用した場合の一例を示した図である。

[図25]本実施の形態を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。

[図26]本実施の形態を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。

[図27]回転電機として、同期機を使用した場合の一例を示した図である。

[図28]回転電機として、誘導機を使用した場合の一例を示した図である。

[図29] (a) ~ (b) は、第 1 の実施形態で生成されるトルク情報の履歴と、第 2 の実施形態で生成されるトルク情報の履歴とを比較した図である。

[図30] (a) ~ (b) は、第 1 の実施形態で生成されるトルク情報の履歴と、第 3 の実施形態で生成されるトルク情報の履歴とを比較した図である。

発明を実施するための形態

[0013] [第 1 の実施形態]

以下、添付図面を参照し、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。

ここではまず、車両制御システムの第 1 の実施形態について説明する。第 1 の実施形態では、車両の進行方向に対し前方に位置する前方軸の車輪の空転滑走を検知する。そして、前方軸の車輪が空転滑走した箇所に、前方軸よりも後方に位置する後方軸の車輪が達したときに、後方軸に付与するトルクを制限し、後方軸の車輪に空転滑走が生じることを抑制する。

[0014] <車両制御システム 100 の全体構成の説明>

図 1 (a) ~ (b) は、本実施の形態における車両制御システム 100 の全体構成を示すブロック図である。

図 1 (a) では、鉄道車両として、複数の車両 20 が連結されて走行する場合を示している。これらの車両 20 は、レール 22 上を図中左方向に進行

する。

また、車両20には、台車23が搭載され、台車23には車輪21が備えられる。車輪21の各軸には、ギアを介して回転電機4がそれぞれ接続される。回転電機4は、車両20を駆動する駆動力を発生する駆動部の一例であり、例えば、交流により動作する交流電動機（交流モータ）である。

さらに、車両20には、駆動装置1が搭載される。駆動装置1は、回転電機4を駆動するための3相交流を、回転電機4に印加する。駆動装置1には、電圧出力装置3を制御する制御装置2と、3相交流を生成する電圧出力装置3とが含まれる。

またさらに、車両20には、制御装置2の上位制御装置50が設けられる。上位制御装置50は、例えば、運転台モニタ装置や伝送装置である。

[0015] 図1(a)では、回転電機4を搭載して動力を出力する車両20をM（電動車：Motor Car）車とし、M車によって牽引される車両20をT車（付随車：Trailer Car）とする。ここでは、先頭の車両20がT車であり、2両目の車両20がM車である。なおここで、M車における車輪21の各輪軸については、車両20の進行方向Aの前方側より、1軸211、2軸212、3軸213、4軸214と定義して説明する。また、以下、1軸を、前方側にある軸として前方軸と言ひ、2～4軸を、前方軸より後方にある軸として後方軸と言う場合がある。

駆動装置1では、電圧出力装置3が、制御装置2からのスイッチング指令に基づき、3相交流電圧を回転電機4に印加する。このとき、駆動装置1では、電圧出力装置3に含まれる駆動回路および主回路により、3相交流電圧を生成する。

回転電機4では、電圧出力装置3からの3相交流電圧の印加により駆動電流が流れ、回転トルクを発生する。

車輪21は、回転電機4の回転トルクによって回転し、車輪踏面がレール22から受ける反力として車輪21に生じる接線力によって、台車23に力を伝達して車両20を加速させる。この場合、車輪21は、回転電機4によ

る駆動力により車両20を進行させる、ということもできる。

[0016] 制御装置2は、車両制御装置の一例であり、本実施の形態では、レール22に車輪21を粘着させる制御を行う。制御装置2は、負荷として接続する回転電機4を駆動制御するための制御プログラムが実装される。ここでは、図1(b)に示すように、制御装置2は、後方軸の空転滑走を予防しつつ最大力で動作させるための手段として、走行位置演算部30と、トルク情報演算部31と、トルク制限部32とを備える。

[0017] 走行位置演算部30は、車両20の速度(車両速度)や車輪21の周速度(車輪周速度)の情報に基づいて各軸の走行位置を演算する。ここでは、走行位置演算部30は、1軸~4軸についてそれぞれ設けられる。図1(b)では、それぞれ走行位置演算部(1軸)30-1、走行位置演算部(2軸)30-2、走行位置演算部(3軸)30-3、走行位置演算部(4軸)30-4として示している。

トルク情報演算部31は、車両20の進行方向Aの前方側に位置する1軸の空転滑走時におけるトルク情報の履歴R1を出力する。

トルク制限部32は、車両20の進行方向Aの前方側に位置する1軸のトルク情報の履歴R1と、走行位置演算部30で演算した2~4軸の走行位置演算結果とを入力として、車両20の進行方向Aの後方側に位置する2~4軸のトルク制限値 $\tau_{m_2}^{**}$ ~ $\tau_{m_4}^{**}$ を出力する。ここでは、トルク制限部32は、2軸~4軸についてそれぞれ設けられる。図1(b)では、それぞれトルク制限部(2軸)32-2、トルク制限部(3軸)32-3、トルク制限部(4軸)32-4として示している。

[0018] <駆動装置1の概略構成の説明>

図2は、駆動装置1の概略構成の一例を示す図である。

図1(a)で説明したように、駆動装置1は、制御装置2と、電圧出力装置3を含む。またここでは、駆動装置1を構成するものではないが、回転電機4として同期機(同期電動機)4aと、電流検出器5とを併せて図示している。

[0019] 以下に、制御装置2が備える各構成要素の機能態様について説明する。ただし、図2は、動輪軸である1～4軸のうち、ある1つの軸を制御するための構成を示している。そのため、例えば、1C1M構成で4軸を駆動する場合には、図示は省略するが同様の構成を他に3つ備える。

なお、図2では、第1の実施形態に必要な最小限の機能ブロックのみを示している。例えば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等の駆動用トランジスタ、ダイオード等のパワーデバイスから構成される電力変換器、およびこの電力変換器に対する制御構成などについては、電圧出力装置3としたブロック図で示し、詳細な図示を省略している。

[0020] また、回転電機4としては、図2では同期機（同期電動機）4aを用いた構成であるが、後述する図28に示すように、同期機以外の誘導機（誘導電動機）4bなどであっても構わない。

電流検出器5は、ホールCT (Current Transformer) 等から構成され、同期機4aに流れるU相、V相およびW相の3相電流 i_u 、 i_v および i_w の波形をそれぞれ検出する。ただし、電流検出器5によって必ずしも3相全ての電流を検出する必要はなく、3相のうちのいずれか2相を検出し、残る1相は3相電流が平衡状態であると仮定して演算により求める構成としてもよい。

[0021] 制御装置2は、トルク指令演算部11と、トルク制限部32と、トルク情報演算部31と、走行位置演算部30と、電流指令演算部10と、電流検出座標変換部8と、電流制御部9と、電圧指令座標変換部12と、PWM制御部7と、位相同期制御部14と、空転滑走検知判定部15と、位相演算部13とを備える。

[0022] トルク指令演算部11は、上位制御装置50からの運転指令に応じて、トルク指令値 τ_m^* を出力する。

トルク制限部32は、制御対象の軸が後方軸（2～4軸）の場合のみに演算を実施し、前方軸（1軸）の場合には演算を実施しない。自軸の走行位置 x と、前方軸（1軸）で演算したトルク情報の履歴R1に基づき、トルク指令値 τ_m^* を制限してトルク指令値（制限後） τ_m^{**} を出力する。

トルク情報演算部 31 は、制御対象の軸が前方軸（1 軸）の場合のみに演算を実施し、後方軸（2～4 軸）の場合には演算を実施しない。自軸の走行位置 x に対して、空転滑走検知フラグが有効化したタイミング、または、再粘着を完了後にトルクを復帰させたタイミングで、トルク指令値 τ_m^* を保持する。

走行位置演算部 30 は、上述したように、車両速度や車輪周速度の情報に基づいて各軸の走行位置 x を演算する。

[0023] 電流指令演算部 10 は、トルク指令値 τ_m^{**} に対して、所定のトルクを得るための dq 軸の電流指令値 i_d^* 、 i_q^* を出力する。

電流検出座標変換部 8 は、電流検出器 5 で検出した同期機 4 a の 3 相電流 i_u 、 i_v および i_w を、制御装置 2 が認識する d 軸推定位相 θ_{dc} を用いて回転座標系の dq 座標に変換し、 dq 軸電流検出値（ i_{df} および i_{qf} ）として電流制御部 9 に出力する。

電流制御部 9 は、電流検出座標変換部 8 が出力した dq 軸電流検出値と電流指令演算部 10 が出力した dq 軸電流指令値との電流偏差がゼロになるように、PI（Proportional-Integral）制御等により dq 軸電圧指令値 v_d^* 、 v_q^* を生成して出力する。

電圧指令座標変換部 12 は、電流制御部 9 が出力した dq 軸電圧指令値 v_d^* 、 v_q^* と d 軸推定位相 θ_{dc} とを用いて、3 相交流電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* および v_w^* を出力する。

PWM制御部 7 は、電圧指令座標変換部 12 が出力した 3 相交流電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* および v_w^* に基づき、電圧出力装置 3 に PWM 電圧（Pulse Width Modulation）のスイッチング指令 C_s を出力する。

[0024] 位相同期制御部 14 は、位相偏差情報 $\Delta\theta_c$ に基づき、この位相偏差情報 $\Delta\theta_c$ をゼロにするように角速度推定値 ω_r^{\wedge} を出力する。

なお、位相偏差情報 $\Delta\theta_c$ は、 d 軸推定位相 θ_{dc} と同期機 4 a の回転子位相 θ_d の差を示すものである。ここで、位相偏差情報 $\Delta\theta_c$ は、センサレス制御による位相偏差の推定値 $\Delta\theta_{est}$ や、図示は省略しているが、レゾルバ等によ

る位相検出値 θ_r の情報を用いて、d 軸推定位相 θ_{dc} との差分を演算して位相偏差情報 $\Delta\theta_c$ とする構成のどちらでもよい。

また、位相偏差推定値 $\Delta\theta_{est}$ を求める方法としては、例えば、低速度域では高周波電圧を重畳したときの高周波電流検出値に基づいて推定する方法や、高速度域では同期機 4 a の誘起電圧を用いて推定する方法を用いる。

[0025] 空転滑走検知判定部 15 は、位相同期制御部 14 から出力された角速度推定値 ω_r の微分値（加速度による検知）や、角速度推定値 ω_r と車両速度 v_b の差分値（差速度による検知）などに基づき、空転滑走の検知判定を行い、空転滑走検知信号 S_k をトルク指令演算部 11 に出力する。トルク指令演算部 11 は、空転滑走検知信号 S_k を受信したとき、速やかにトルク指令値 τ_m^* を絞り込むことで、駆動輪である車輪 21 とレール 22 間で発生した空転滑走を収束させて、車輪 21 をレール 22 に再粘着させる。車両 20 の加減速度を低下させないために、再粘着完了後はトルクを速やかに復帰させる。

位相演算部 13 は、位相同期制御部 14 から出力された角速度推定値 ω_r を積分処理して、d 軸推定位相 θ_{dc} を出力する。

[0026] 図 3 は、車両 20 および 1 つの動輪軸の運動方程式の機能ブロックを示す図である。

ここでは、回転電機 4 のモータトルク τ_m による運動方程式として、車両 20 と回転電機 4 の運動方程式をブロック図で示している。そしてここでは、駆動輪である車輪 21 とレール 22 と間の接線力係数 μ による粘着を考慮した場合を示している。車輪 21 を回転させる力 F_1 は、車輪トルク T_w と接線力トルク T_L の差によって決まり、車輪 21 の角速度 ω_m として出力される。また、車両 20 を加速させる力 F_2 は、接線力と走行抵抗 F_d の差によって決まり、車両速度 v_b として出力される。そして、車輪 21 を回転させる力 F_1 や車両 20 を加速させる力 F_2 は、接線力係数 μ に応じて変化することになる。

[0027] 図 4 は、車輪 21 とレール 22 との間のスリップ速度 v_s と接線力係数 μ との関係を示す図である。

図4で、横軸は、スリップ速度 v_s を表し、縦軸は、接線力係数 μ を表す。接線力係数 μ は、車輪周速度と車体速度との差となるスリップ速度 v_s に応じて変化する。つまり、接線力係数 μ は、スリップ速度 v_s が0から増加するに従い、変曲点Phまで増加するが、変曲点Phを過ぎると、スリップ速度 v_s は減少する。また、この変曲点Ph以下の領域では、車輪21とレール22とは、粘着状態Jnであるが、変曲点Ph以降は、車輪21とレール22とは空転状態Jkになる。

また、図示するように、雨天時Rainは、晴天時Fineに対して接線力係数 μ が低下し、空転滑走が発生し易くなる。接線力係数 μ は、雨天だけではなく、レール路面における油分や落ち葉や塵埃によっても変化する事が知られる。また、接線力係数 μ は、曲線区間などで車輪21のフランジ部がレール22の側面に押し付けられながら走行する状態となることで変化する事や、勾配や車両速度によっても変化する事が知られる。

[0028] 図5は、車両20の力行・回生時における空転滑走を示す図である。

図5で、横軸は、時間 t を表し、縦軸は、車輪21や車両20の速度 v_{car} 、 v_s を表す。そして、実線は、車輪21の回転速度であり、点線は、車両20の速度である。

図4に示すように、雨天等の影響で接線力係数 μ が低下した場合、図3で示した車両20を加速させる力は小さいまま、車輪21を回転させる力のみが大きくなり、スリップ速度 v_s が増加する。そして、図4に示す接線力係数 μ の変曲点Phを超えた場合に、車輪21に空転が生じる。図5では、これを「空転P1」で示したピークで図示している。図4で示すように、変曲点Phを超えた後は、接線力係数 μ が、スリップ速度 v_s に対して負の傾きを持つため、一度空転が発生すると、空転は拡大する方向に増加し続けることとなる。なお以上は、力行時T1についての説明であるが、回生時T2には、滑走が生じる。図5では、これを「滑走P2」で示したピークで図示している。

[0029] この空転滑走が拡大した場合、車両20の加減速性能を低下させる問題が

生じる。また、接線力が大きく変動することで、図3に示す車両20を加速させる力が大きく変動し、その結果、車体振動が発生して乗り心地を低下させる問題も生じる。このため、車輪21とレール22との間で生じる空転滑走を速やかに検知し、回転電機4のトルクを絞り込むことで、車輪21をレール22に再粘着させる必要がある。

[0030] <後方軸における空転滑走の発生を予防する構成の説明>

以下に、本実施の形態の要点となる、前方軸の走行位置とトルク情報を用いて、後方軸における空転滑走の発生を予防する構成について説明を行う。

[0031] 図6(a)～(m)は、本実施の形態によって空転滑走の発生を抑制する動作の概要図である。

ここでは、車両20の走行中に、一部の走行区間で粘着係数が低下している状況を例に説明する。

車両20が停止から加速して、レール路面の粘着係数が低下している区間を通過するときには、車両20の進行方向に対する前方軸(1軸)で最初に空転を検知することになる。

前方軸(1軸)で空転が発生したということは、図3から図5で説明したように、この走行区間において、前方軸(1軸)のトルクが最大粘着力よりも過大であったことを意味する。つまり、後方軸(2～4軸)が同じ走行区間を通過するときにも、前方軸(1軸)と同じトルクで動作させた場合には、車輪21に空転滑走が同様に発生する可能性が高い。

[0032] そこで、発明者らは、車両20の進行方向に対する各軸で機能を分けて考えることとした。

車両20の進行方向の前方軸(1軸)では、レール路面の状態を検出するための、いわばセンサとして扱うことにより、接線力が低下している走行区間および、該走行区間における出力可能なモータトルク(最大粘着力)を検出する。

そして、車両20の進行方向の後方軸(2～4軸)では、前方軸(1軸)の検出情報に基づいて、トルクを適切な走行区間で、適切な大きさに制御す

る。これにより、前方軸（１軸）では、空転滑走が発生して再粘着制御を繰り返す挙動となるものの、後方軸（２～４軸）では空転滑走の発生そのものを予防でき、かつ、最大粘着力近傍で駆動できる。これによって、車体振動低減と加速度向上の効果を得ることができる。

[0033] 図４で説明したように、接線力係数 μ は、様々な要因で複雑に変化する。これは、季節や天候といった時間軸の長い要因から、曲線や勾配やレール継目や塗油器などの走行中に時々刻々と変化する時間軸の短い要因を含む。特に、後者の時間軸の短い要因については、従来技術のように、過去の検知回数に基づく方法や、予め理論や過去の実験データからモデリングする方法では、即応することが難しい。このような理由から、発明者らは前方軸（１軸）を用いて最新の路面状態を把握することを考えた。

[0034] 図６を用いて具体的に説明すると、以下のようになる。なお、図６（b）～（m）で横軸は、時間 t を表す。

ここでは、図６（a）に示す構成の車両２０において、図６（b）のように車両速度 v_{car} が増加するとき、図６（c）に示すように、前方軸（１軸２１１）で空転を検出した場合を示している。図６（c）では、１軸回転周波数 $Rf1$ が、時間 $t1$ において増加しており、これにより空転滑走検知判定部１５（図２参照）は、前方軸（１軸２１１）の車輪２１に空転が発生したことを検知する。

また、図６（e）に示すように、前方軸（１軸２１１）が空転を検出した走行位置 $x1$ に、各後方軸（２軸２１２～４軸２１４）が到達する時間を、それぞれ時間 $t2$ 、時間 $t3$ 、時間 $t4$ として示している。

この場合、図６（f）～（i）に示すように、前方軸（１軸２１１）および後方軸（２軸２１２～４軸２１４）の粘着係数 $Nk1 \sim Nk4$ は、時間の経過に伴い、図示するように変化すると考えられる。即ち、時間 $t1$ において、前方軸（１軸２１１）の粘着係数 $Nk1$ が低下し、時間 $t2$ 、 $t3$ 、 $t4$ において、各後方軸（２軸２１２～４軸２１４）の粘着係数 $Nk2 \sim Nk4$ が低下する。

[0035] そして、図6(j)に示すように、トルク指令演算部11(図2参照)は、前方軸(1軸211)のトルク指令値 τ_m^* を制限し、車輪21をレール22に再粘着させる。そして、トルク指令演算部11は、再粘着完了後はトルクを速やかに復帰させる。

また、トルク制限部32(図2参照)は、前方軸(1軸211)で演算したトルク情報の履歴に基づき、トルク指令値 τ_m^* を制限してトルク指令値(制限後) τ_m^{**} を出力する。実際には、図6(k)~(m)に示すように、トルク制限部32は、時間 t_2 、 t_3 、 t_4 において、各後方軸(2軸212~4軸214)のトルク指令値 τ_m^* を制限する。そして、トルク制限部32は、2~4軸のトルク制限値 $\tau_{m_2}^{**}$ ~ $\tau_{m_4}^{**}$ を出力する。

その結果、後方軸(2軸212~4軸214)では、車輪21の空転を抑制できる。ここでは、図6(d)に示すように、2~4軸回転周波数 Rf_2 ~ Rf_4 が、時間 t_2 、 t_3 、 t_4 において増加せず、車輪21に空転が発生していないことがわかる。

[0036] この場合、トルク指令演算部11は、車両20を駆動する駆動力を発生する回転電機4に接続された車軸として第1の車軸(この場合、前方軸(1軸211))に配される第1の車輪(この場合、前方軸(1軸211)に配される車輪21)を粘着させるために、第1の車軸に対する第1の駆動力(この場合、トルク指令値 τ_m^*)を制限する第1の制限部として機能する。この場合、制限後の第1の駆動力は、制限後のトルク指令値 τ_m^* に対応する。

[0037] また、トルク制限部32は、第1の車軸より車両20の進行方向に対し後方に位置する車軸である第2の車軸(この場合、後方軸(2軸212~4軸214)に配される第2の車輪(この場合、後方軸(2軸212~4軸214)に配される車輪21)を粘着させるために、第1の駆動力を制限した地点にて、第2の車軸に対する第2の駆動力(この場合、トルク指令値 τ_m^*)を制限する第2の制限部として機能する。この場合、制限後の第2の駆動力は、トルク指令値(制限後) τ_m^{**} に対応する。

[0038] 第1の駆動力を制限した地点は、第1の車輪の空転または滑走が生じた箇

所である。そしてここでは、第1の車輪の空転または滑走が生じたときに、トルク指令演算部11は、第1の駆動力を制限するとともに、トルク制限部32は、第1の車輪が空転または滑走を生じた地点にて、第2の駆動力を制限する。これにより、後方軸（2軸212～4軸214）に配される車輪21の空転または滑走を抑制できる。

[0039] 次に、前方軸（1軸211）の検出情報から、適切な走行区間でトルクを制限するための走行位置を演算する構成について説明する。ここでは、走行位置演算部30で、前方軸（1軸211）を基準とし、後方軸（2軸212～4軸214）の走行位置を算出する。そして、後方軸（2軸212～4軸214）の走行位置が、前方軸（1軸211）に配される車輪21に空転滑走が生じた地点に達したとき、トルク制限部32は、後方軸（2軸212～4軸214）に対する駆動力を制限する。

[0040] 図7は、走行位置演算部30の一例を示した図である。

走行位置演算部30では、車両速度 v_{car} を積分（図では「1/s」として図示）し、前方軸（1軸）に対する後方軸（2～4軸）の相対的な走行位置 $x_2 \sim x_4$ を算出する。車両速度 v_{car} を含む車両速度情報は、例えば、制御装置2の上位制御装置50（図1参照）から受信した値を使用する。よってここでは、走行位置演算部30は、走行位置を走行距離により求める。また、走行位置演算部30は、走行位置をこの位置に達するまでの時間により求めることもできる。いずれの場合でも、トルク制限部32は、第1の車輪の空転または滑走が生じた箇所を、前方軸（1軸）と後方軸（2～4軸）との距離（1軸と2軸間の距離 x_{12} 、1軸と3軸間の距離 x_{13} 、1軸と4軸間の距離 x_{14} ）および車両20の速度（車両速度 v_{car} ）に基づき求められる走行位置により決めることができる。この場合、第1の車輪の空転または滑走が生じた箇所を、容易に算出することができる。

[0041] 図8～図9は、走行位置演算部30の変形例を示した図である。

図8では、走行位置演算部30の変形例として、走行位置演算部30aを図示している。走行位置演算部30aは、1軸～4軸の各車輪21の周速度

$v_{w1} \sim v_{w4}$ に車輪径差の影響を補正（図では「H s」として図示）した上で、積分（図では「1 / s」として図示）し、前方軸（1軸）に対する後方軸（2～4軸）の相対的な走行位置 $x_2 \sim x_4$ を求める。図8では、1軸～4軸の各車輪21の周速度は、それぞれ1軸周速度 v_{w1} 、2軸周速度 v_{w2} 、3軸周速度 v_{w3} 、4軸周速度 v_{w4} として図示している。車輪径差を補正することで、走行位置をより精度よく求めることができる。

[0042] 図9では、走行位置演算部30の変形例として、走行位置演算部30bを図示している。走行位置演算部30bは、空転滑走する前方軸（1軸）を除外した後方軸（2～4軸）の各車輪21の周速度に車輪径差の影響を補正（図では「H s」として図示）した上で、これらの最小値を求める。そして最小値を積分（図では「1 / s」として図示）し、前方軸（1軸）に対する後方軸（2～4軸）の相対的な走行位置 $x_2 \sim x_4$ を算出する。図9では、2軸～4軸の各車輪21の周速度は、それぞれ2軸周速度 v_{w2} 、3軸周速度 v_{w3} 、4軸周速度 v_{w4} として図示している。

なお上述した例では走行位置を車両速度 v_{car} を積分することにより求めたが、制御装置2の上位制御装置50から、直接、走行位置に相当する情報を受信できる場合には、これを使用してもよい。

[0043] 次に、前方軸（1軸）の検出情報から、走行位置における出力可能なモータトルク（最大粘着力）を演算する構成について説明する。ここではまず、トルク情報演算部31が、前方軸（1軸）での空転滑走検知時の走行位置に対するトルク情報の履歴を演算する。

[0044] 図10は、トルク情報演算部31で保持するトルク指令値の一例を示した図である。

図10で、横軸は、時間 t を表し、縦軸は、前方軸（1軸）のトルク τ_1 を表す。

前方軸（1軸）では、トルク指令値が最大粘着力を上回った時点で空転が発生する。この場合、実線で示すトルク指令値（再粘着制御による操作後） $\tau_{m^{**}}$ は、上側の点線で示す元のトルク指令値（トルク指令値 τ_{m^*} ）に対し制

限されることになる。そして、トルク指令値は、下側の点線で示す粘着の限界ライン L_n に沿うようにして、再粘着制御によるトルク絞り込みと、再粘着完了後のトルク復帰動作（トルク指令を元のトルク指令値に戻そうとする動作）とを繰り返す。図10で、▲で示す箇所は、トルク指令値の保持タイミングである。そして、空転発生時のトルクを保持してトルク情報として扱う。このとき、路面の状態変化により、粘着の限界ライン（最大粘着力）が変化した場合、図示するように、空転が発生するトルク指令値の大きさもこれに伴って変化する。この場合、図示するように、空転検知時におけるトルク指令値が、この走行位置に対する最大粘着トルクである。そして、トルク情報演算部31は、空転検知時のトルク指令値に基づいて、走行位置に対するトルク情報の履歴を生成する。

[0045] 図11は、生成したトルク情報の履歴の一例を示した図である。

図11で、横軸は、走行位置 x を表し、縦軸は、トルク情報 τ_i を表す。ここで、白点は、トルク情報の履歴として、トルク情報演算部31で演算する箇所を示す。即ち、この白点は、空転が検知された走行位置と、この走行位置でのトルク指令値との関係を示す。

図10で説明した方法で取得したトルク情報の履歴は、例えば、走行位置に対するテーブルデータとして扱う。トルク情報の履歴は、走行位置とトルク情報との関係を表せればよく、関数化などして扱ってもよい。ここでは、トルク情報の履歴を、以下、「トルク制限テーブル」と言うことがある。そしてこの白点を結んだ線を、トルク制限値とする。つまり、図11は、走行位置に対するトルク制限値を表す図であるということもできる。

[0046] また、以下に説明するように、トルク制限部32は、トルク制限テーブル40を用いて、後方軸（2～4軸）のトルク指令値を、トルク制限値以下になるように決める。

図12は、トルク制限部32の構成の一例を示した図である。

トルク制限部32では、後方軸（2～4軸）のトルク指令値を、トルク制限テーブル40で決められるトルク制限値以下になるように制限する。ここ

では、トルク制限部32が、走行位置に応じ、トルク指令値 τ_m^* を、トルク制限テーブル40を用いて、制限した場合を示している。ここでは、各後方軸（2～4軸）の走行位置を、それぞれ2軸走行位置 x_2 、3軸走行位置 x_3 、4軸走行位置 x_4 で示している。そして、トルク指令値 τ_m^* は、各後方軸（2～4軸）のそれぞれに対し、2軸トルク制限値 $\tau_{m_2}^{**}$ 、3軸トルク制限値 $\tau_{m_3}^{**}$ 、4軸トルク制限値 $\tau_{m_4}^{**}$ に制限される。このように、トルク制限部32は、制限された第1の駆動力（この場合、制限後のトルク指令値 τ_m^* ）に基づき、第2の駆動力（この場合、トルク指令値 τ_m^* ）を制限する。このとき、トルク制限部32は、制限された第1の駆動力（この場合、制限後のトルク指令値 τ_m^* ）の履歴により求められるトルク制限値を上限として制限後の第2の駆動力（この場合、トルク指令値（制限後） τ_m^{**} ）を決める。ここでは、制限後の第2の駆動力は、2軸トルク制限値 $\tau_{m_2}^{**}$ 、3軸トルク制限値 $\tau_{m_3}^{**}$ 、4軸トルク制限値 $\tau_{m_4}^{**}$ に対応する。

このように、前方軸（1軸）で得られた走行位置とトルク情報の履歴とを用いることで、後方軸（2～4軸）の空転を予防しつつ、最大粘着トルク近傍で動作させることができる。

[0047] 図13は、トルク制限部32の変形例を示した図である。

図13では、トルク制限部32の変形例として、トルク制限部32aを示している。図示するトルク制限部32aは、図12の場合と比較して、トルク制限値調整部33を備える。トルク制限値調整部33は、平滑化フィルタ41と、調整ゲイン42とを有する。

[0048] 平滑化フィルタ41は、制限された第1の駆動力（この場合、制限後のトルク指令値 τ_m^* ）を平滑化する。そして、トルク制限部32aは、その上で、第2の駆動力を制限する。そして、トルク制限値として、2軸トルク制限値 $\tau_{m_2}^{**}$ 、3軸トルク制限値 $\tau_{m_3}^{**}$ 、4軸トルク制限値 $\tau_{m_4}^{**}$ を求める。

平滑化フィルタ41は、例えば、ローパスフィルタなどを用いる。平滑化フィルタ41により、トルク制限値の急変による車体振動を抑制することが

できる。

[0049] 調整ゲイン42は、前方軸（1軸）が通過することによるレール22の落ち葉や水分の捌けや、前方軸（1軸）と後方軸（2～4軸）に生じる軸重の差など、前方軸（1軸）と後方軸（2～4軸）とで生じ得る差分を補正する。調整ゲイン42は、図14に示すような設定値の調整ゲインGを用いて、軸毎に補正することができる。図14では、前方軸（1軸211）を1.0とした場合の、各後方軸（2軸212～4軸214）の調整ゲインGの値を示す。トルク制限部32では、制限トルクに調整ゲイン42の値を乗じた値をトルク指令値とする。このように、トルク制限部32aは、制限された第1の駆動力（この場合、制限後のトルク指令値 τ_m^* ）を、後方軸（2軸212～4軸214）毎に決められた調整ゲインにて調整した上で第2の駆動力を制限する。そして、トルク制限部32aは、トルク制限値として、2軸トルク制限値 τ_{lim2} 、3軸トルク制限値 τ_{lim3} 、4軸トルク制限値 τ_{lim4} を求める。

これにより、後方軸（2～4軸）の空転を予防しつつ、各軸のそれぞれを最大粘着トルク近傍で動作させることができる。

[0050] 図15～図16は、本実施の形態を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。

このうち、図15は、トルク波形を示した図である。図15で、横軸は走行位置xを表し、縦軸は1軸トルク τ_1 ～4軸トルク τ_4 を表す。

図15に示すトルク波形によれば、前方軸（1軸）については、空転と再粘着を繰り返すことで、トルク（1軸トルク τ_1 ）が上下に変動することがわかる。対して、後方軸（2～4軸）では、前方軸（1軸）で空転を検知した走行位置X1以後、空転を抑制しつつ、最大粘着力近傍で動作する。その結果、トルク（2軸トルク τ_2 ～4軸トルク τ_4 ）は、滑らかに変化する。ただし、後方軸（2～4軸）のトルク制限が正確ではなく誤差を生じた箇所があり、図15の2軸と4軸のそれぞれに示すように、後方軸にも部分的に空転が発生する場合がある。図15では、これをK1点およびK2点にて示

している。この場合は、前方軸（1軸）と同様の手段にて空転を検知し、再粘着制御で再粘着させる。

[0051] また、図16は、車輪21の回転周波数を示した図である。図16で、横軸は時間を表し、縦軸は車輪21の回転周波数（1軸回転周波数 Rf_1 ～4軸回転周波数 Rf_4 ）を表す。

図16によれば、前方軸（1軸）については、空転と再粘着を繰り返す。その結果、車輪21の回転周波数（1軸回転周波数 Rf_1 ）が上下する。一方、後方軸（2～4軸）では、各後方軸（2～4軸）が、前方軸（1軸）が空転した箇所（走行位置 X_1 ）に達する時間である、時間 t_2 、 t_3 、 t_4 以後は、車輪21の回転周波数（2軸回転周波数 Rf_2 ～4軸回転周波数 Rf_4 ）は、安定して上昇することがわかる。ただし、 K_1 点および K_2 点では、2軸と4軸のそれぞれで空転が生じている。

この場合、後方軸（2～4軸）において、停止から起動した直後（2軸、3軸、4軸が時間 t_2 、 t_3 、 t_4 に達するまでの期間）の空転を抑制できないようにも見える。しかし、実際にこのような状態となるのは、初回の起動となる車両基地などからの出庫直後だけである。そして、その後の走行での、駅での停車後からの起動などでは、停車前に記録した走行位置に対するトルク情報の履歴を使用できるため、実用上は大きな問題とはならない。

[0052] 図17～図18は、本実施の形態の変形例を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。

このうち図17は、図15と同様に、トルク波形を示した図である。また、図18は、図16と同様に、車輪21の回転周波数（1軸回転周波数 Rf_1 ～4軸回転周波数 Rf_4 ）を示した図である。図17で、横軸は走行位置 x を表し、縦軸は1軸トルク τ_1 ～4軸トルク τ_4 を表す。

ここでは、路面状態を検出するためのセンサ軸（前方軸）を1軸と3軸としている。これは、第1の車軸は、複数である（1軸、3軸）、ということもできる。そして、1軸（前方軸）の情報に基づいて2軸（後方軸）のトルクを制限し、3軸（前方軸）の情報に基づいて4軸（後方軸）のトルクを制

限する。

図17に示すトルク波形によれば、前方軸（1軸）については、空転と再粘着を繰り返すが、後方軸（2軸）では、前方軸（1軸）で空転を検知した走行位置X1以後、空転を抑制しつつ、最大粘着力近傍で動作することがわかる。また、前方軸（3軸）については、空転と再粘着を繰り返すが、後方軸（4軸）では、前方軸（2軸）で空転を検知した走行位置X3以後、空転を抑制しつつ、最大粘着力近傍で動作することがわかる。なお、時間t2は、後方軸（2軸）が、前方軸（1軸）が空転した箇所（走行位置X1）に達する時間である、また、時間t4は、後方軸（4軸）が、前方軸（3軸）が空転した箇所（走行位置X3）に達する時間である。

この場合、レール22の路面状態を検出する軸数を増やすことで、車両20全体で見たときの接線力の変動は増加し、車体振動が増加しやすい。ただし、後方軸（2軸、4軸）では、さらに正確なトルク制限値を得ることができる。

[0053] 図19は、車両20の編成に本実施の形態を適用した場合の一例を示した図である。

図19では、M車であるM1車の1軸（M1-1軸）の情報をもとに、M1車の2～4軸（M1-2～4軸）の空転滑走を抑制する。別のM車となるM2車では、M2車の1軸（M2-1軸）の情報をもとに、M2車の2～4軸（M2-2～4軸）の空転滑走を抑制する。

[0054] 図20は、車両20の編成に本実施の形態を適用した場合の第1の変形例を示した図である。

図20では、M車であるM1車の1軸（M1-1軸）の情報をもとに、M1車の2～4軸（M1-2～4軸）およびM2車の1～4軸（M2-1～4軸）の空転滑走を抑制する。M1車の制御装置2と、M2車の制御装置2との間での、走行位置やトルク情報の通信は、例えば、上位制御装置50を介して実施する。図20では、M1車の1軸（M1-1軸）の空転位置、トルク情報を、上位制御装置50に伝送する。そして、上位制御装置50は、M

1車の1軸(M1-1軸)の空転位置、トルク情報を、M2車の1~4軸(M2-1~4軸)に伝送する。これは、第2の車軸(M2-1~4軸)は、第1の車軸(M1-1軸)が配される車両とは異なる他の車両の車軸である、ということもできる。この場合、前方の車両20の情報を基に、後方の車両20の空転滑走を抑制できる。

[0055] 図21は、車両20の編成に本実施の形態を適用した場合の第2の変形例を示した図である。

図21では、路面状態を検出するためのセンサ軸(前方軸)を、M1車の1軸と2軸としている。そして、M1車の1、2軸(M1-1、2軸)の情報をもとに、M1車の3、4軸(M1-3、4軸)の空転滑走を抑制する。

[0056] 図22は、図21の構成を適用した制御装置2の変形例として制御装置2aの構成を示した図である。

制御装置2aは、走行位置演算部30と、トルク情報演算部31の変形例であるトルク情報演算部31aと、トルク制限部32の変形例であるトルク制限部32bとを備える。走行位置演算部30は、1軸~4軸についてそれぞれ設けられる。図22では、それぞれ走行位置演算部(1軸)30-1、走行位置演算部(2軸)30-2、走行位置演算部(3軸)30-3、走行位置演算部(4軸)30-4として示している。

トルク情報演算部31aは、車両20の進行方向Aの前方側に位置する1軸および2軸の空転滑走時におけるトルク情報の履歴R1を出力する。即ち、1軸および2軸をセンサ軸とする。

トルク制限部32bでは、1軸および2軸のトルク情報の履歴と、走行位置演算部30で演算した3~4軸の走行位置演算結果とを入力として、車両20の進行方向Aの後方側に位置する3~4軸のトルク制限値 $\tau_{m_3}^{**} \sim \tau_{m_4}^{**}$ を出力する。ここでは、トルク制限部32bは、3軸~4軸についてそれぞれ設けられる。図22では、それぞれトルク制限トルク制限部(3軸)32b-3、トルク制限部(4軸)32b-4として示している。

[0057] 図23は、図21の構成を適用した場合のトルク情報 τ_i の履歴の一例を

示した図である。

図示するように、センサ軸（前方軸）を1軸と2軸の2つにする場合、1軸によるトルク制限値として、トルク制限値（1軸） $\tau_{m_1}^{**}$ と、2軸によるトルク制限値としてトルク制限値（2軸） $\tau_{m_2}^{**}$ が算出される。そして、例えば、これらの最小値やこれらの平均値をトルク情報 τ_i の履歴とする。

[0058] 図24は、鉄道を走行する複数の編成間について本実施の形態を適用した場合の一例を示した図である。

図24では、通信サーバ51を介して、車両20の進行方向Aの前方と後方に位置する、編成N+1、編成Nおよび編成N-1間で空転情報（走行位置、トルク情報の履歴）を送受信する場合について図示している。この場合、編成N+1の空転情報 I_{N+1} が、通信サーバ51を介して、編成Nに送られる。また、編成Nの空転情報 I_N が、通信サーバ51を介して、編成N-1に送られる。さらに、編成N-1の空転情報 I_{N-1} が、通信サーバ51を介して、さらに後続の編成に送られる。空転情報の送受信は、編成間で空転情報のやり取りができればどのような方法を用いてもよいが、例えば、上位制御装置50からWi-Fiを用いて通信サーバ51とデータ通信する方法とすることができる。

[0059] 編成Nでは、前方を走行する編成N+1（図示せず）の空転情報 I_{N+1} を受信する。受信した空転情報 I_{N+1} を用いて、同じ走行位置においてトルクを操作すれば、編成NのM車の先頭軸においても空転を予防する効果が得られる。そして、編成Nで得た空転情報 I_N （走行位置、トルク情報の履歴）は、後続編成（編成N-1）へと送信し、後続編成（編成N-1）のM車の先頭軸においても、同様に空転を予防する効果が得られる。

[0060] 前方を走行する編成の空転情報を後続編成の制御に用いる場合には、必ずしも後続編成の全軸に適用する必要はなく、車両20の進行方向のM車の前方軸（1軸）のみに適用して、後方軸（2~4軸）については、図1から図23で説明した編成内での空転を予防する構成を適用すればよい。

[0061] この場合、例えば、編成Nのトルク制限部32は、自装置が備えられる編

成（例えば、編成N）の前を走行する他の編成（例えば、編成N+1）の車両20に配される車輪21の空転または滑走が生じたときに、この地点にて、自装置が備えられる編成（例えば、編成N）の前方軸（1軸）の車輪21を粘着させるために、第1の駆動力（この場合、制限前のトルク指令値 τ_m^* ）を制限する、ということもできる。この場合、前方を走行する編成の情報を基に、後続編成で空転滑走が生じるのを抑制できる。

[0062] また、編成間で空転情報を送受信する場合において、前後の編成間の該号車の乗車率（軸重）の差などにに基づき、図13や図14の構成を用いて、トルク操作量を変更する構成としてもよい。

なお、編成間を横断して走行位置を定義する必要があるため、上位制御装置50が持つ位置情報（キロ程）などを用いる構成としてもよい。

[0063] 図25～図26は、本実施の形態を適用した場合の動作波形の概要を示した図である。

このうち、図25は、編成NのM車のトルク波形を示した図である。図25で、横軸は走行位置 x を表し、縦軸は1軸トルク τ_1 ～4軸トルク τ_4 を表す。

図25に示すトルク波形によれば、前方軸（1軸）では、前方を走行する編成N+1の空転情報に基づき、空転を抑制しつつ、最大粘着力近傍で動作することがわかる。また、後方軸（2～4軸）でも、前方軸（1軸）のトルク情報の履歴に基づき、同様に空転を抑制しつつ、最大粘着力近傍で動作することがわかる。図25の場合、図15の場合に比較して、後方軸（2～4軸）のみならず、前方軸（1軸）の空転についても抑制できる。

[0064] また、図26は、車輪21の回転周波数を示した図である。図26で、横軸は時間 t を表し、縦軸は車輪21の回転周波数（1軸回転周波数 Rf_1 ～4軸回転周波数 Rf_4 ）を表す。

図26によれば、前方軸（1軸）および後方軸（2～4軸）の双方で、車輪21の回転周波数は、安定して上昇することがわかる。図26の場合、図16の場合に比較して、後方軸（2～4軸）のみならず、前方軸（1軸）の

車輪 2 1 の回転周波数も、安定させることができる。

[0065] 図 2 7 は、回転電機 4 として、同期機 4 a を使用した場合の一例を示した図である。また、図 2 8 は、回転電機 4 として、誘導機 4 b を使用した場合の一例を示した図である。

ここでは、車輪 2 1 の各軸は、ギア 2 4 を介して同期機 4 a や誘導機 4 b とそれぞれ接続されることを示す。

図 2 4 の同期機 4 a を使用する場合は、1 C 1 M の構成にすることができる。即ち、図 2 7 に図示するように、各同期機 4 a について、それぞれ 1 つの電圧出力装置 3 が配される。この場合、各軸を個別制御できるため、図 1 9 から図 2 1 に示すいずれの構成にも対応できる。

一方、図 2 8 の誘導機 4 b を使用する場合は、1 C 2 M の構成となる。即ち、図 2 8 に図示するように、2 つの誘導機 4 b について、1 つの電圧出力装置 3 が配される。よって、2 つの誘導機 4 b が並列駆動する、この場合、例えば、図 2 1 に示す構成に好適である。

[0066] 上述したように、空転滑走検知後の再粘着制御におけるトルク操作では、車体振動低減と加速度向上の両立が難しく、トレードオフの関係にある。そこで、空転滑走の発生そのものを抑制し、トルクを急峻に操作することなく、粘着限界の大きさのトルク（最大粘着力）を常に維持して駆動させることが望ましい。ところが、従来の方法では、走行区間によって複雑に変化する路面状態（勾配、曲線、粘着係数など）の変化に即応して空転滑走を抑制することは困難である。これにより、例えば、過去の空転滑走の発生回数に基づく動力配分パターン選択が、現在の状況に対して不適切となった場合に、空転滑走を抑制できない問題が生じる。また、回転電機 4 の出力を過度に減少させてしまい、車両 2 0 の加速度が得られなくなる問題が発生する。そこで、種々の路面状態において、空転滑走の発生が予想されるときに、各軸のトルクを必要な大きさだけ絞り込み、空転滑走を予防できることが望ましい。

[0067] 本実施の形態では、前方軸を、路面状態を検出するための、いわばセンサ

軸とし、後方軸の車輪 2 1 の空転滑走を予防する。なお、図 2 4 の形態では、これを、前方を走行する編成に適用するとともに後続編成にも適用する。この場合、種々の路面状態に対応して、車輪 2 1 の空転滑走を抑制することができる。また、回転電機 4 に急峻なトルク操作をさせることなく最大粘着力近傍で動作させることができ、車体振動低減と加速度向上とを両立させることができる。

[0068] 以上のように、前方軸の走行位置とトルク情報に基づき、後方軸のトルクを該走行位置で制限する構成にすれば、本実施の形態の効果は得られるため、センサとして用いる前方軸と、空転滑走を予防する後方軸の組み合わせや、回転電機 4 の駆動システムの種類はどのような組み合わせとしてもよい。

また、走行位置演算部 3 0 の構成は一例であり、前方軸（1 軸）に対する後方軸（2～4 軸）の相対的な位置関係を定義できればよく、走行位置のみではなく、それに相当する時間などを用いてもよい。

また、本実施の形態では、進行方向に対して前方側の軸が 1 軸となる場合について説明したが、後進動作などで、逆方向を先頭として運行する場合には、進行方向に対して前方側の軸が 4 軸となり、前方軸（4 軸）の情報に基づいて、後方軸（1～3 軸）のトルクを制限する構成で動作させる。

[0069] [第 2 の実施形態]

次に、車両制御システム 1 0 0 の第 2 の実施形態について説明する。

第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態と比べて、トルク情報演算部 3 1 で演算するトルク情報の履歴として、オブザーバにより算出される接線力の推定値を使用する点で異なり、他は同様である。

[0070] 接線力を推定するオブザーバは、例えば、一般に知られる以下の構成を用いる。図 3 のブロック図を接線力トルク T_L [Nm] について整理し、モータトルクに換算すると、接線力の推定値である接線力トルク推定値 τ_L^* [Nm] は次式となる。

[0071]

[数1]

$$\hat{\tau}_L = \frac{1}{1 + T_{LPF} \cdot s} (\tau_m^* - J_W^* \cdot \hat{\omega}_m \cdot s)$$

[0072] ここで、 τ_m^* はトルク指令値、 J_W^* は動輪軸の回転子イナーシャ、 $\hat{\omega}_m$ は回転子の角周波数の推定値、 T_{LPF} は一次ローパスフィルタ時定数、 s はラプラス演算子とする。

[0073] 図29(a)～(b)は、第1の実施形態で生成されるトルク情報の履歴と、第2の実施形態で生成されるトルク情報の履歴とを比較した図である。

このうち、図29(a)は、第1の実施形態で生成されるトルク情報の履歴であり、図29(b)は、第2の実施形態で生成されるトルク情報の履歴である。

図29(a)では、図10で説明したように、トルク情報演算部31は、トルク指令値を用いてトルク情報の履歴を作成する。つまり、実線で示すトルク指令値（再粘着制御による操作後） τ_m^{**} は、上側の点線で示す元のトルク指令値（トルク指令値 τ_m^* ）に対し制限されることになる。そして、トルク指令値は、下側の点線で示す粘着の限界ライン L_n に沿うようにして、再粘着制御によるトルク絞り込みと、再粘着完了後のトルク復帰動作（トルク指令を元のトルク指令値に戻そうとする動作）とを繰り返す。図29(a)で、▲で示す箇所は、トルク指令値の保持タイミングである。そして、空転発生時のトルクを保持してトルク情報として扱う。この場合、空転滑走の検知時のみしか粘着の限界ラインを把握できない。

[0074] これに対し、図29(b)では、トルク情報演算部31は、上記数1式で示したような接線力を推定するオブザーバを用いる。これにより、空転滑走の検知時のみではなく、空転滑走の状態から粘着状態に遷移する過程においても最大粘着トルクを推定できる。その結果、トルク情報演算部31で、粘着の限界ラインを把握するためのサンプリング回数を多くできる。そして、トルク制限部32では、前方軸に配された車輪21の空転または滑走が生じた後から粘着状態に遷移する過程で推定された、この車輪21に対する接線

力を使用して、後方軸のトルク制限値を出力する。これにより、より正確に最大粘着力を推定することが可能となる。図29(b)で、▲で示す箇所は、トルク指令値の保持タイミングである。また、△で示す箇所は、空転状態から粘着状態に遷移時の記録タイミングである。そして、空転発生時のトルク指令値または接線力推定値と、空転状態から粘着状態に遷移時の接線力推定値を保持してトルク情報として扱う。

なお、図29(b)は接線力を推定するオブザーバのみを使用する場合について記載したが、トルク指令値を併用する方法としてもよい。

[0075] 上記のとおり、第2の実施形態に係る回転電機4の駆動装置1は、トルク情報演算部31の機能として、接線力を推定するオブザーバによって推定した接線力の推定値（接線力トルク推定値 τ_{L} ）を用いる。これにより、走行位置に対する最大粘着力を、より正確に把握できるようになる。そして、さらなる車体振動の低減と加速度の向上を実現できる。

[0076] [第3の実施形態]

次に、車両制御システム100の第3の実施形態について説明する。

第3の実施形態では、第1の実施形態と比べて、前方軸（1軸）の再粘着制御の繰り返し周期（トルクの絞り込みと引き上げの繰り返しの頻度）を、後方軸（2～4軸）よりも早くする点で異なり、他は同様である。

[0077] 図30(a)～(b)は、第1の実施形態で生成されるトルク情報の履歴と、第3の実施形態で生成されるトルク情報の履歴とを比較した図である。

図30(a)は、第1の実施形態で生成されるトルク情報の履歴であり、再粘着制御の頻度が少ない場合に相当する。この場合、トルク情報のサンプリングの間隔は時間 T_3 であり、トルク情報のサンプリングが粗い。対して、第3の実施形態で生成されるトルク情報の履歴であり、再粘着制御の頻度が多い場合に相当する。この場合、トルク情報のサンプリングの間隔は時間 T_4 であり、トルク情報のサンプリングが細かい。つまり $T_3 > T_4$ となる。

図30(b)の場合は、図30(a)の場合に比較して、前方軸（1軸）

のトルク指令演算部 11 における再粘着制御のトルク操作を、後方軸（2～4 軸）よりも急峻として再粘着制御の繰り返し周期を早くする。これは、トルク指令演算部 11 は、第 1 の駆動力（この場合、制限前のトルク指令値 τ_m^* ）を制限する頻度を、トルク制限部 32 が第 2 の駆動力（この場合、制限前のトルク指令値 τ_m^* ）を制限する頻度よりも多くする、ということもできる。

[0078] 図 30（b）の場合では、図 30（a）の場合に比較して、トルク情報演算部 31 での粘着の限界ラインを把握するためのサンプリング回数を多くすることができ、より正確に最大粘着力を推定することが可能となる。

また、後方軸（2～4 軸）においては、図 15 や図 16 で示した K1 点、K2 点のような、トルク制限値の推定誤差が生じて空転が発生した状況に対しても、トルク操作が緩やかとなり、車体振動の発生を抑制することが可能となる。

[0079] 上記のとおり、第 3 の実施形態に係る回転電機 4 の駆動装置 1 は、前方軸（1 軸）の再粘着制御の繰り返し周期を、後方軸（2～4 軸）よりも早くすることで、走行位置に対する最大粘着力を、より正確に把握できるようになる。これにより、さらなる車体振動の低減と加速度の向上を実現できる。

[0080] <車両制御方法の説明>

ここで、制御装置 2 が行う処理は、車両 20 を駆動する駆動力を発生する回転電機 4 に接続された車軸として第 1 の車軸に配される車輪 21 を粘着させるために、第 1 の車軸に対する第 1 の駆動力を制限し、第 1 の車軸より車両 20 の進行方向に対し後方に位置する車軸である第 2 の車軸に配される車輪 21 を粘着させるために、第 1 の駆動力を制限した地点にて、第 2 の車軸に対する第 2 の駆動力を制限する、車両制御方法であると捉えることができる。

[0081] 以上、本実施の形態について説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、種々の変更または改良を加えたものも、本発明の技術的範囲に含まれることは、特許請求の

範囲の記載から明らかである。

符号の説明

[0082] 100…車両制御システム、1…駆動装置、2, 2a…制御装置、3…電圧出力装置、4…回転電機、4a…同期機、4b…誘導機、11…トルク指令演算部、20…車両、21…車輪、22…レール、30, 30a, 30b…走行位置演算部、31…トルク情報演算部、32…トルク制御部、50…上位制御装置、N-1, N, N+1…編成

請求の範囲

- [請求項1] 車両を駆動する駆動力を発生する駆動部に接続された車軸として第1の車軸に配される第1の車輪を粘着させるために、前記第1の車軸に対する第1の駆動力を制限する第1の制限部と、
- 前記第1の車軸より前記車両の進行方向に対し後方に位置する車軸である第2の車軸に配される第2の車輪を粘着させるために、前記第1の駆動力を制限した地点にて、前記第2の車軸に対する第2の駆動力を制限する第2の制限部と、
- を備える車両制御装置。
- [請求項2] 前記第1の駆動力を制限した地点は、前記第1の車輪の空転または滑走が生じた箇所である請求項1に記載の車両制御装置。
- [請求項3] 前記第2の制限部は、前記箇所を、前記第1の車軸と前記第2の車軸との距離および車両の速度に基づき求められる走行位置より決める請求項2に記載の車両制御装置。
- [請求項4] 前記走行位置は、前記第2の車輪の車輪径差を補正した上で求められる請求項3に記載の車両制御装置。
- [請求項5] 前記第2の制限部は、制限された前記第1の駆動力に基づき、前記第2の駆動力を制限する請求項1乃至4の何れか1項に記載の車両制御装置。
- [請求項6] 前記第2の制限部は、制限された前記第1の駆動力の履歴により求められるトルク制限値を上限として制限後の前記第2の駆動力を決める請求項5に記載の車両制御装置。
- [請求項7] 前記第2の制限部は、制限された前記第1の駆動力を平滑化した上で、前記第2の駆動力を制限する請求項5または6に記載の車両制御装置。
- [請求項8] 前記第2の制限部は、制限された前記第1の駆動力を、前記第2の車軸毎に決められた調整ゲインにて調整した上で前記第2の駆動力を制限する請求項5乃至7の何れか1項に記載の車両制御装置。

- [請求項9] 前記第1の車軸は、複数であり、
前記第2の制限部は、複数の前記第1の車軸に対しそれぞれ制限された前記第1の駆動力に基づき、前記第2の駆動力を制限する請求項5乃至8の何れか1項に記載の車両制御装置。
- [請求項10] 前記第2の車軸は、前記第1の車軸が配される車両とは異なる他の車両の車軸である請求項1乃至9の何れか1項に記載の車両制御装置。
- [請求項11] 前記第1の制限部は、自装置が備えられる編成の前を走行する他の編成の車両に配される車輪の空転または滑走が生じたときに、この地点にて、自装置が備えられる編成の前記第1の車輪を粘着させるために、前記第1の駆動力を制限する請求項1乃至10の何れか1項に記載の車両制御装置。
- [請求項12] 前記第2の制限部は、前記第1の車輪の空転または滑走が生じた後から粘着状態に遷移する過程で推定された、前記第1の車輪に対する接線力を使用して、前記第2の駆動力を制限する請求項1乃至11の何れか1項に記載の車両制御装置。
- [請求項13] 前記第1の制限部は、前記第1の駆動力を制限する頻度を、前記第2の制限部が前記第2の駆動力を制限する頻度よりも多くする請求項1乃至12の何れか1項に記載の車両制御装置。
- [請求項14] 車両を駆動する駆動力を発生する駆動部に接続された車軸として第1の車軸に配される第1の車輪を粘着させるために、前記第1の車軸に対する第1の駆動力を制限し、
前記第1の車軸より前記車両の進行方向に対し後方に位置する車軸である第2の車軸に配される第2の車輪を粘着させるために、前記第1の駆動力を制限した地点にて、前記第2の車軸に対する第2の駆動力を制限する、
車両制御方法。
- [請求項15] 車両を駆動する駆動力を発生する駆動部と、

前記駆動部による駆動力により前記車両を進行させる車輪と、
前記車輪を粘着させる制御を行う制御装置と、
を備え、

前記制御装置は、

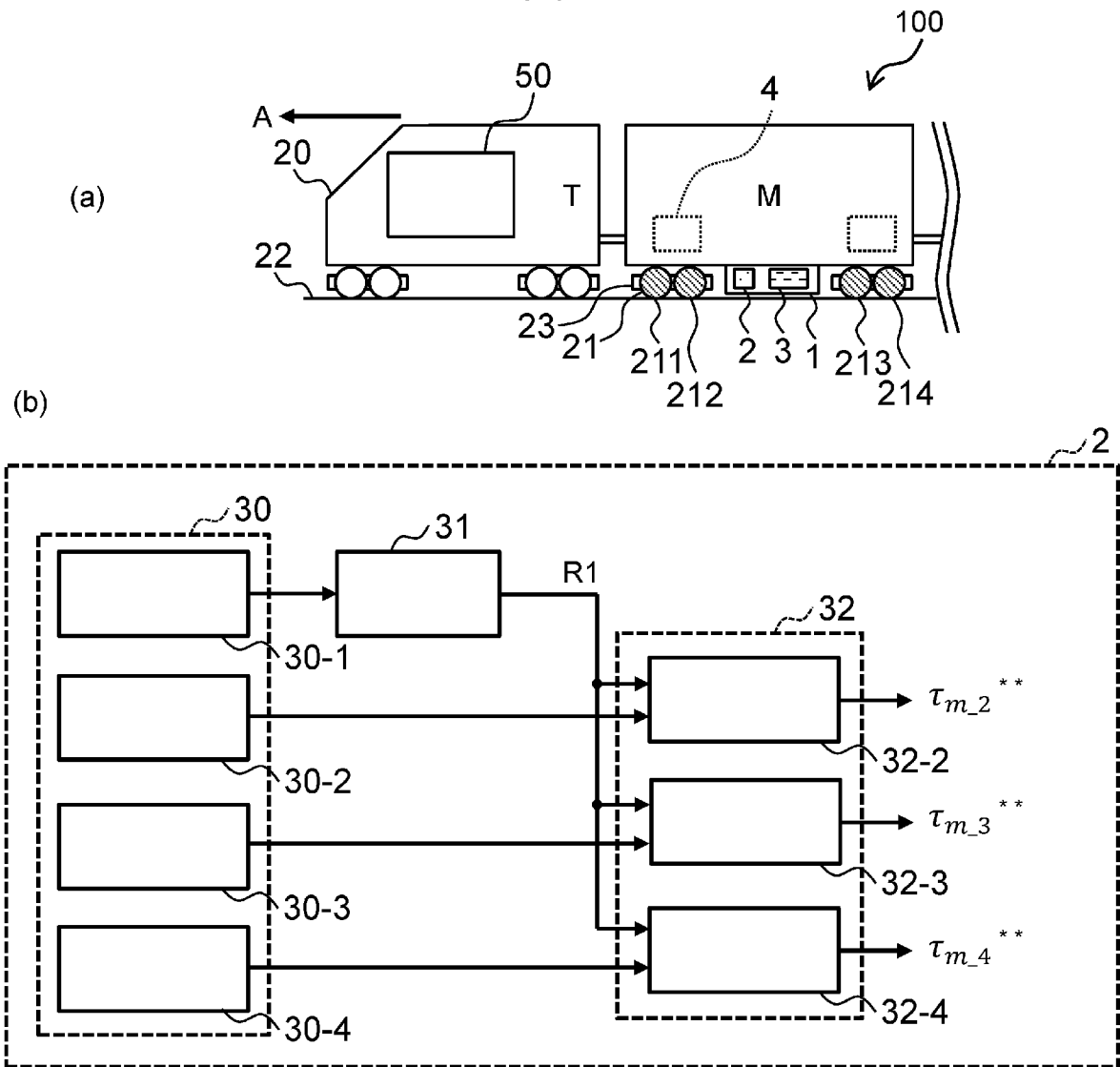
前記駆動部に接続された車軸として第1の車軸に配される第1の車輪を粘着させるために、前記第1の車軸に対する第1の駆動力を制限する第1の制限部と、

前記第1の車軸より前記車両の進行方向に対し後方に位置する車軸である第2の車軸に配される第2の車輪を粘着させるために、前記第1の駆動力を制限した地点にて、前記第2の車軸に対する第2の駆動力を制限する第2の制限部と、

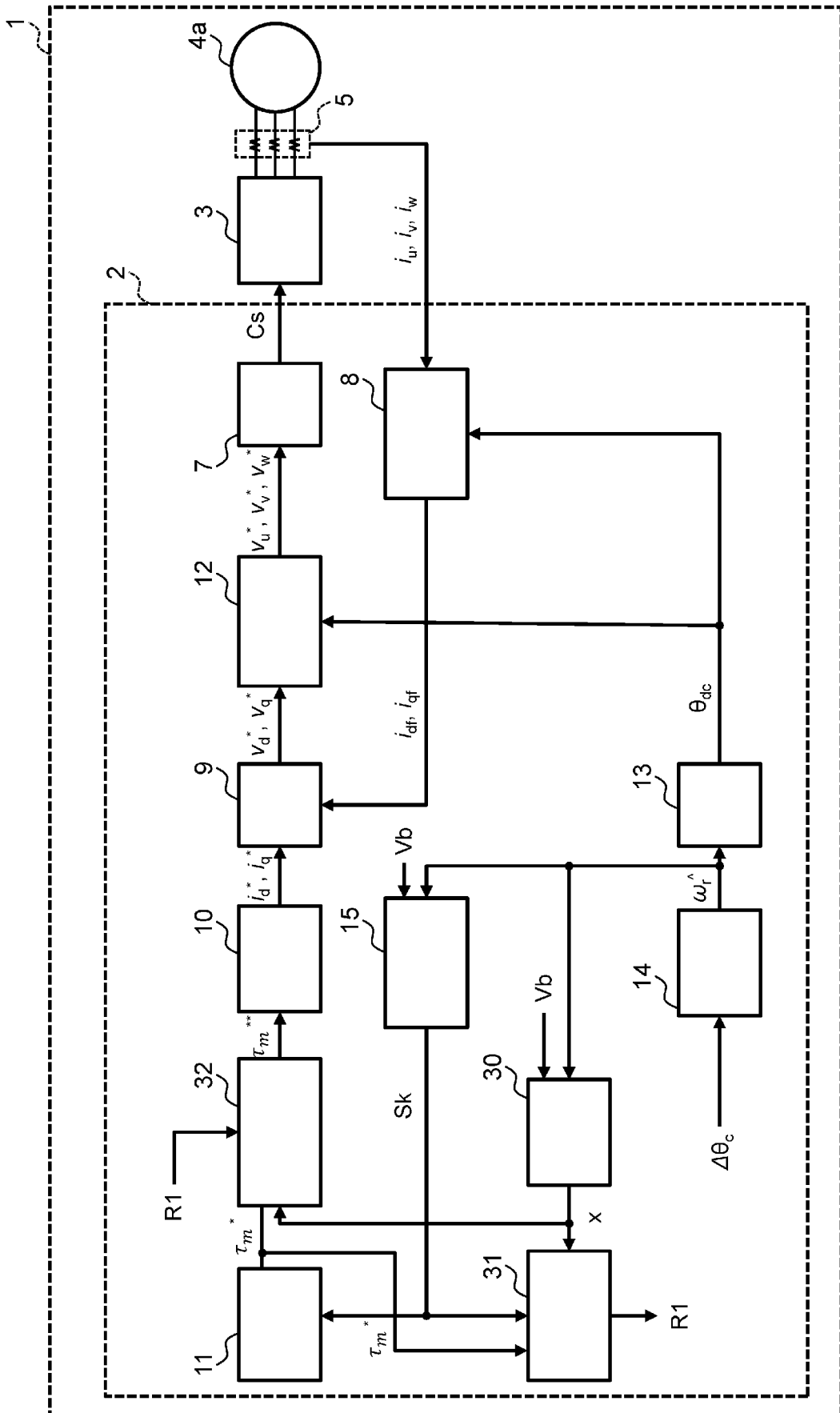
を備える車両制御システム。

[図1]

図 1



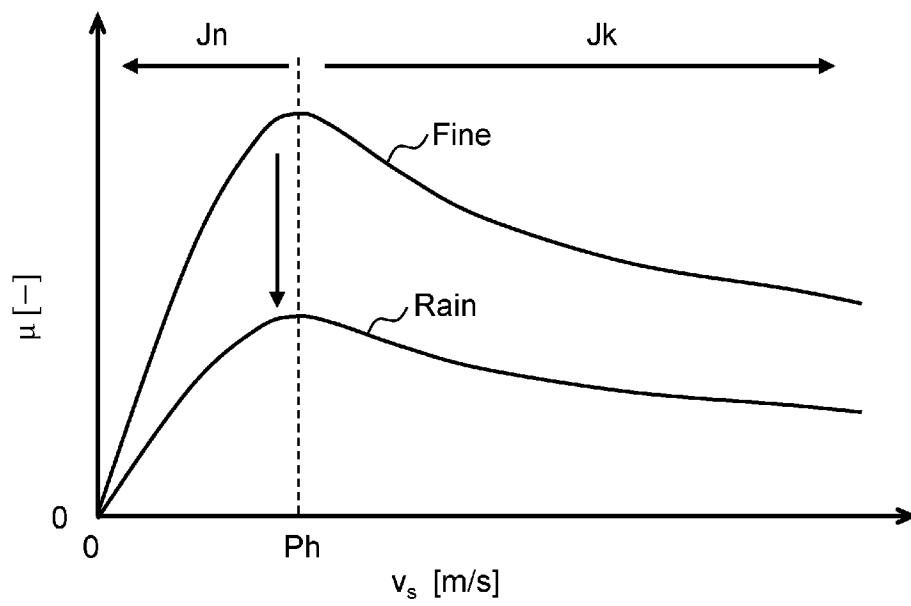
[図2]



[図2]

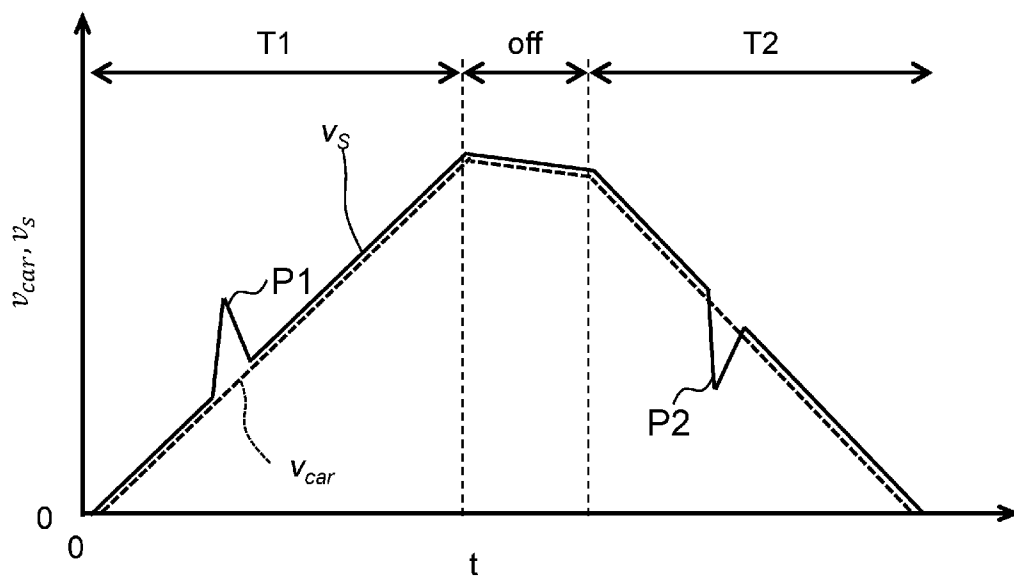
[図4]

図 4



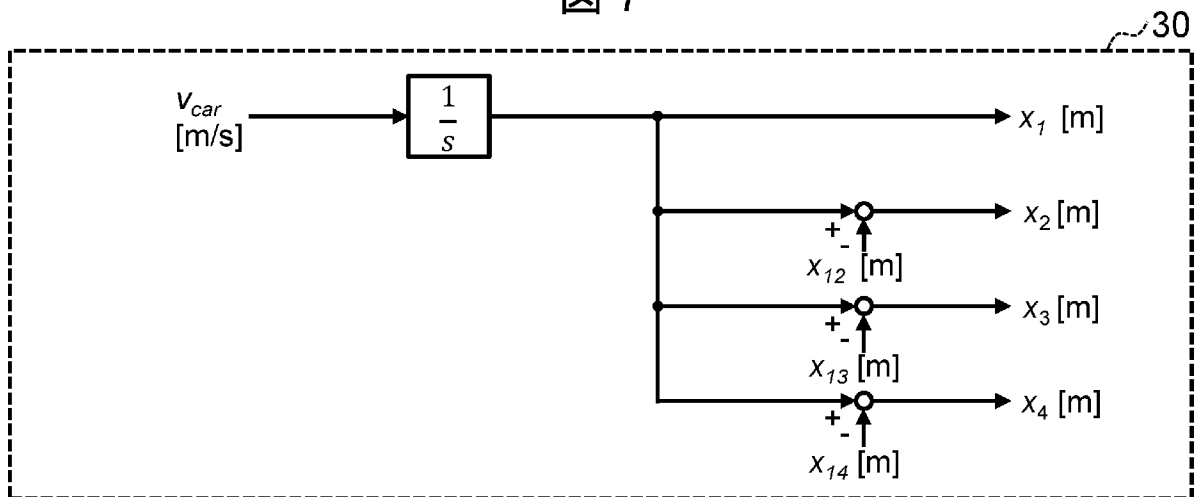
[図5]

図 5



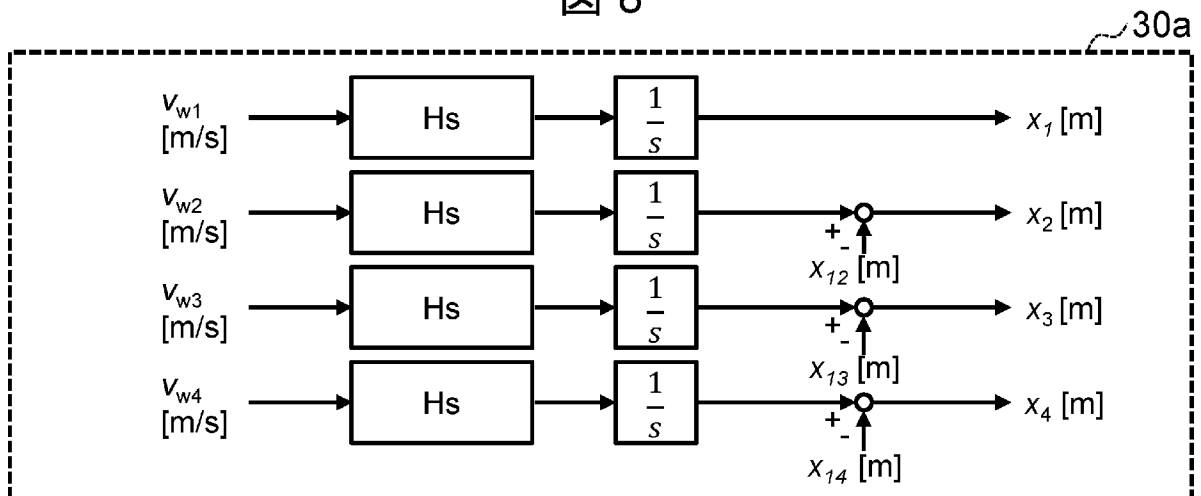
[図7]

図 7



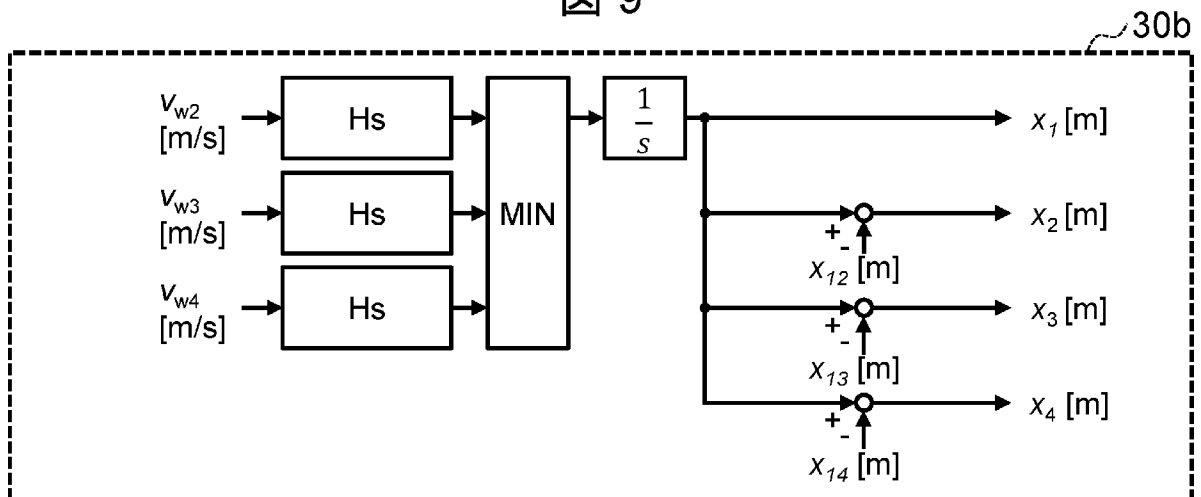
[図8]

図 8



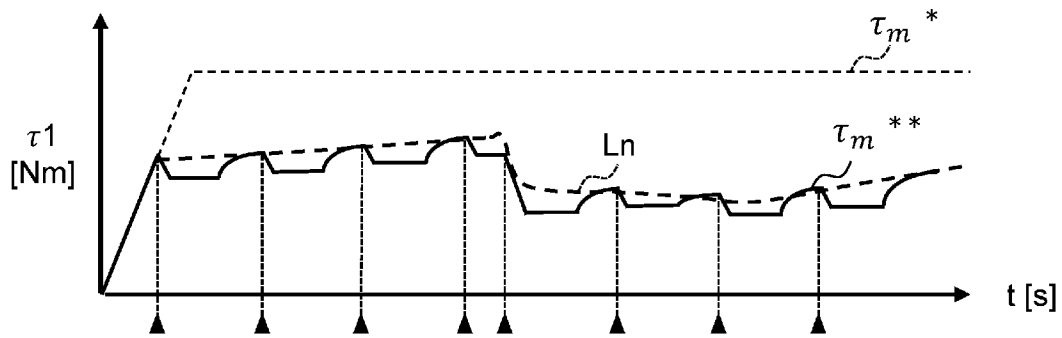
[図9]

図 9



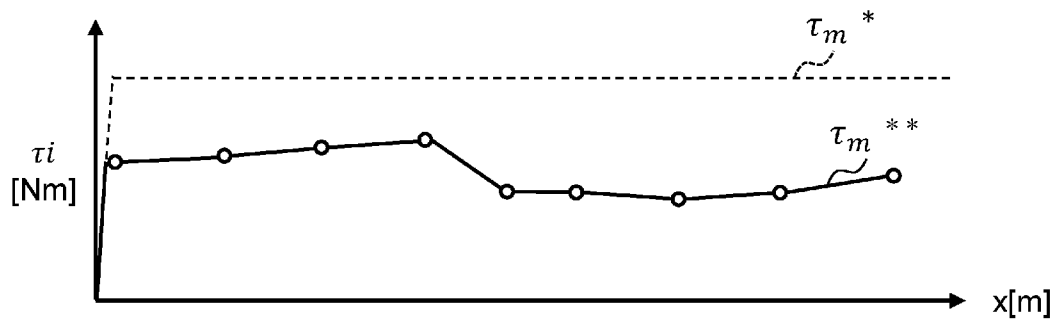
[図10]

図 10



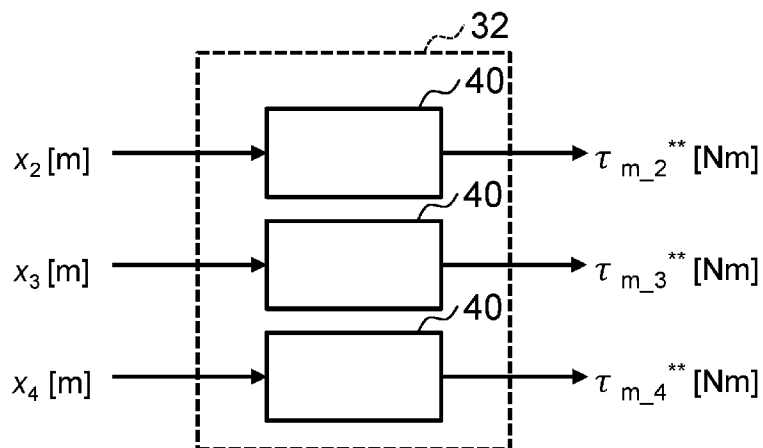
[図11]

図 11



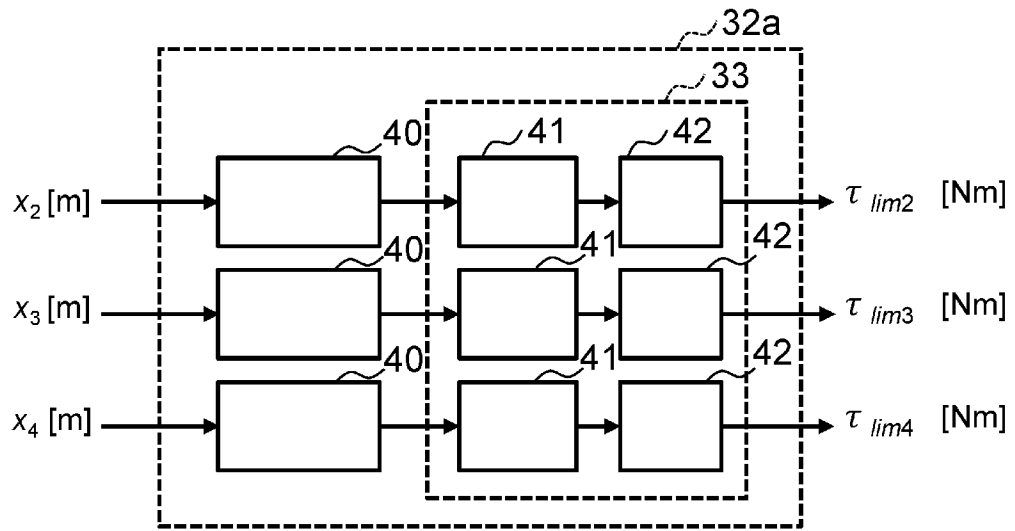
[図12]

図 12



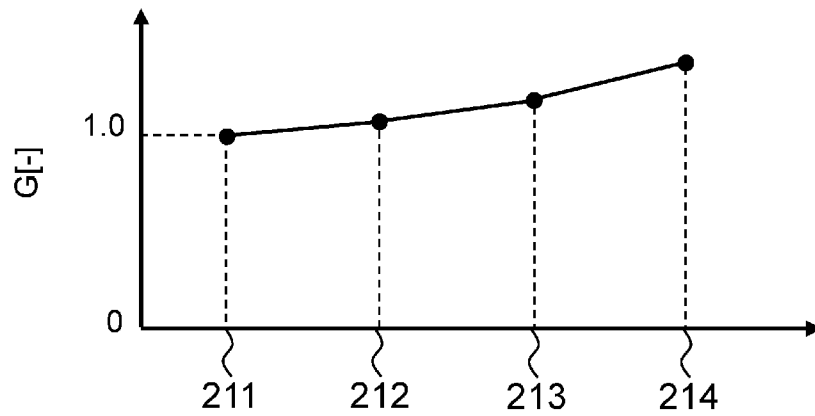
[図13]

図 13



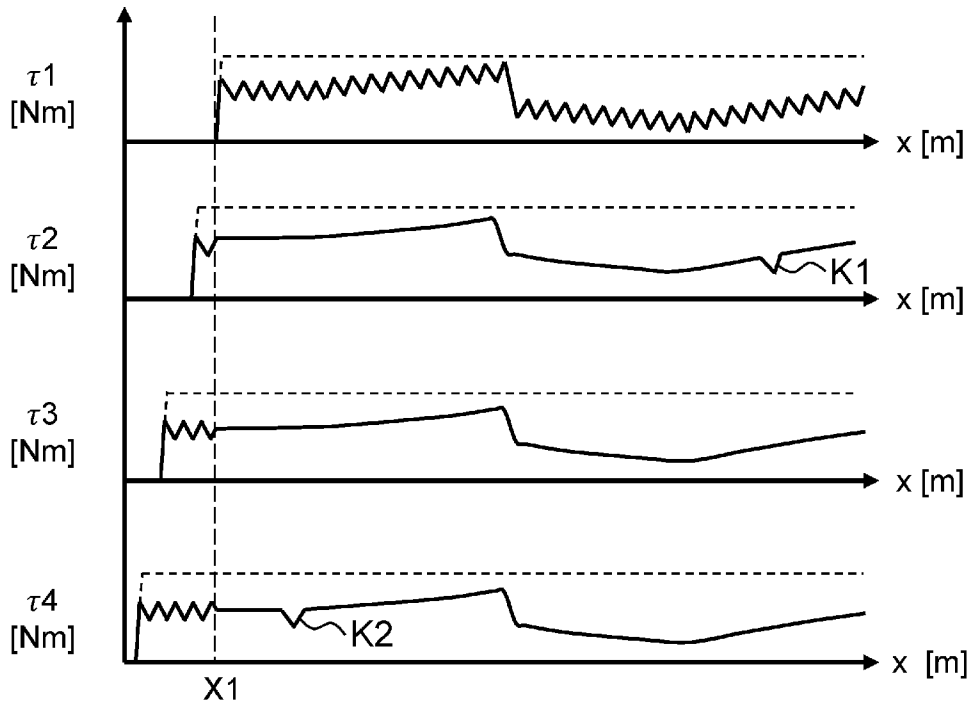
[図14]

図 14



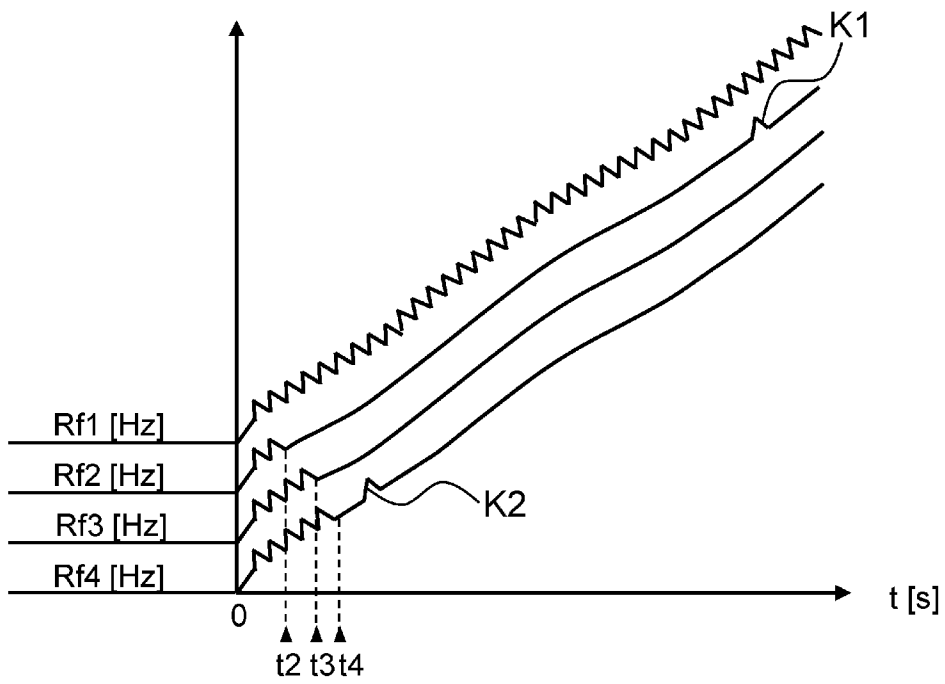
[図15]

図 15



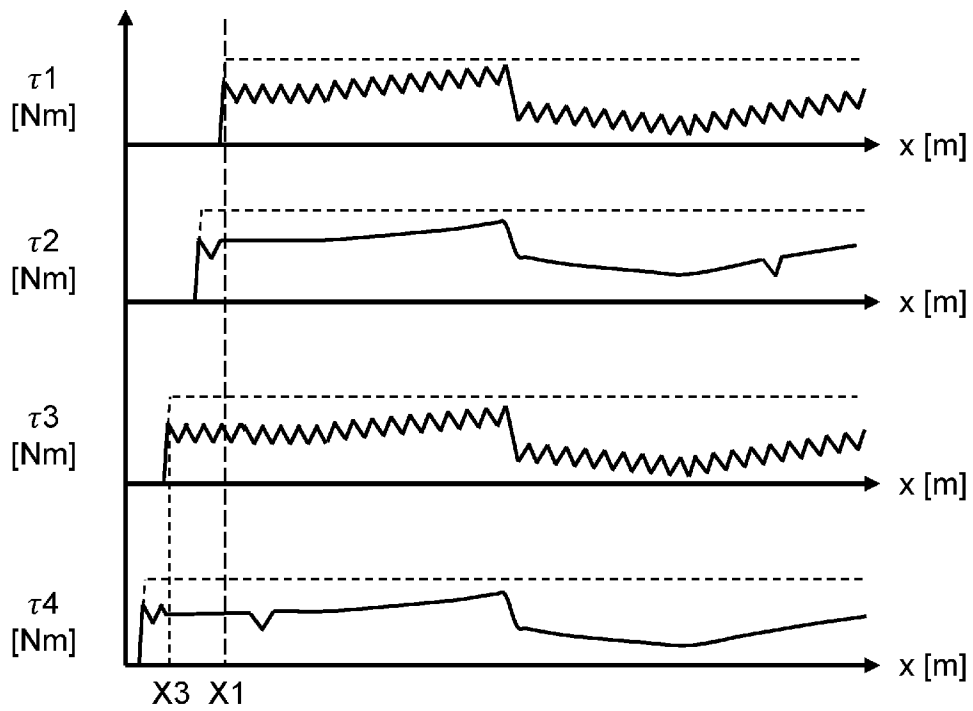
[図16]

図 16



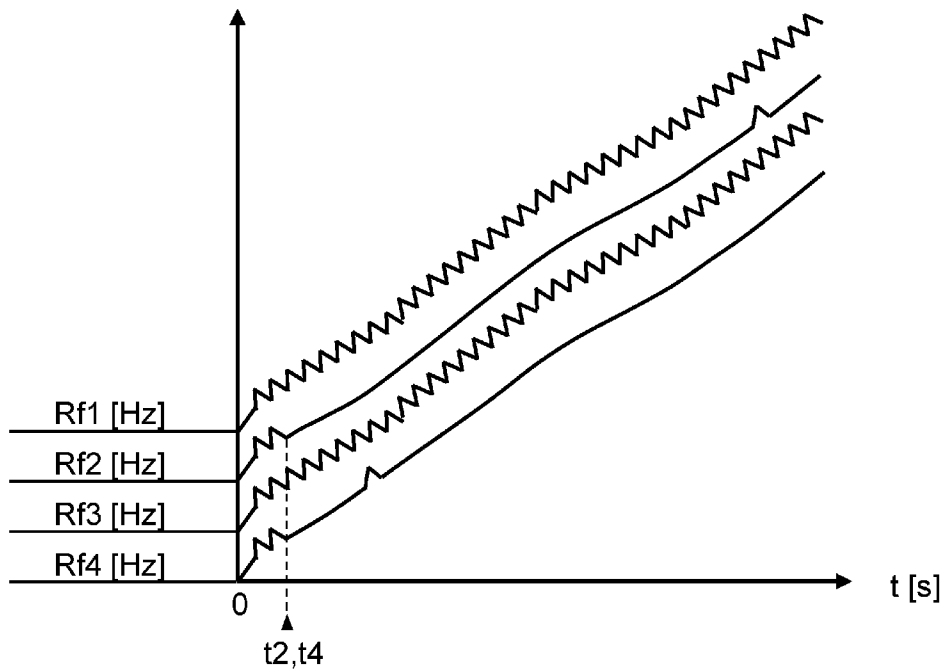
[図17]

図 17



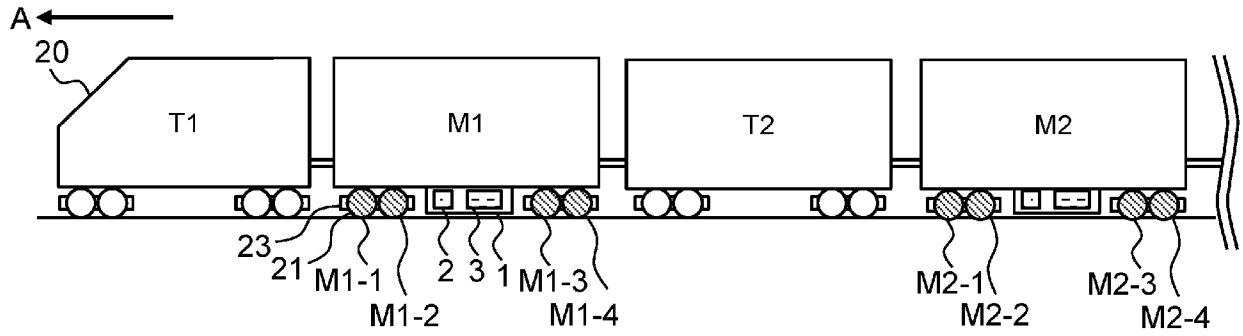
[図18]

図 18



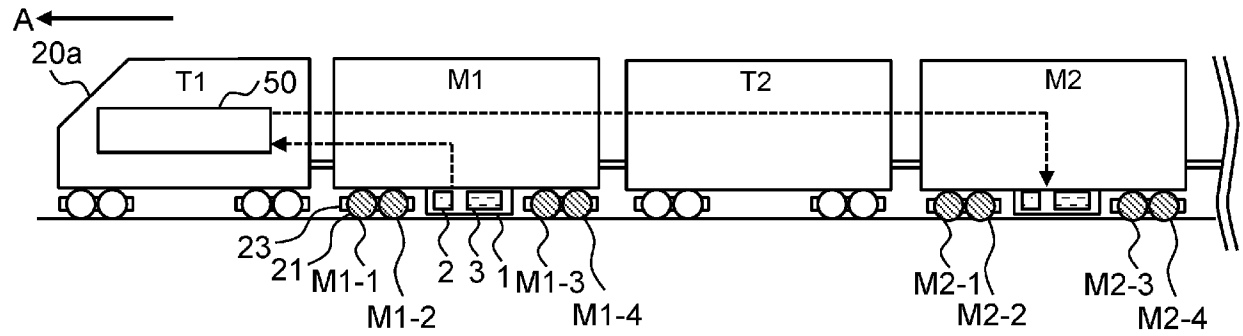
[図19]

図 19



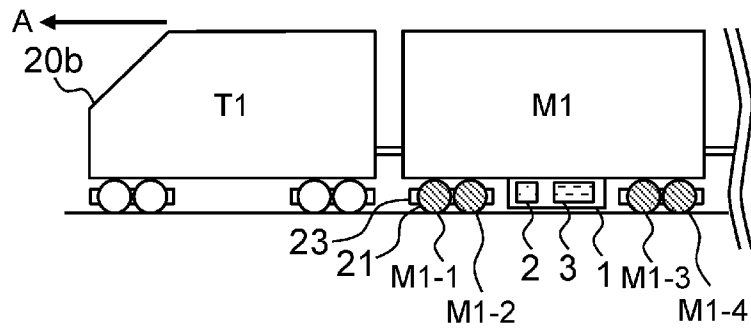
[図20]

図 20



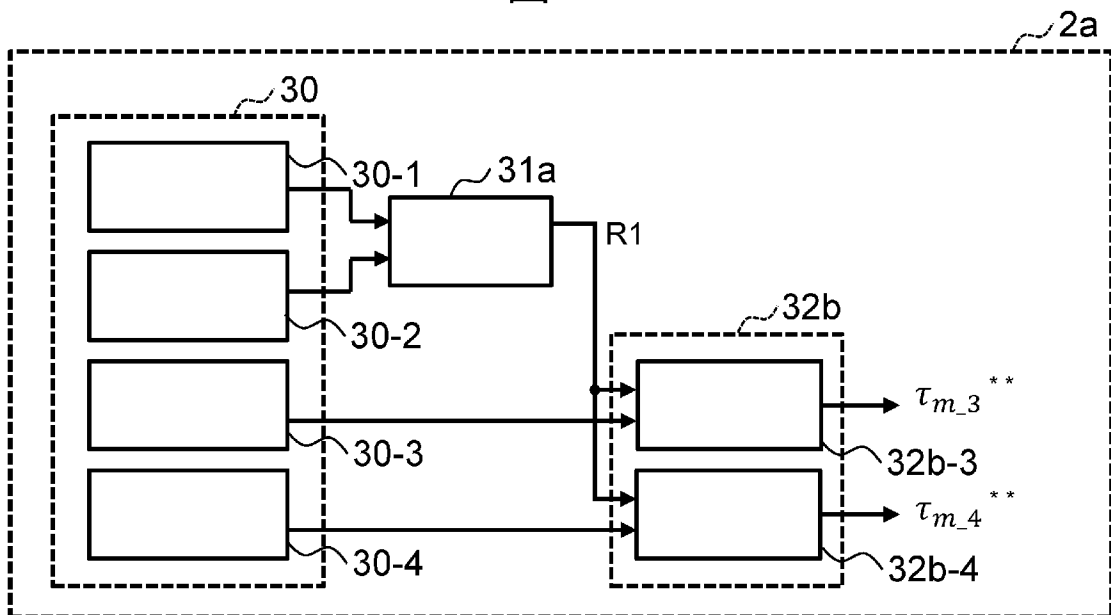
[図21]

図 21



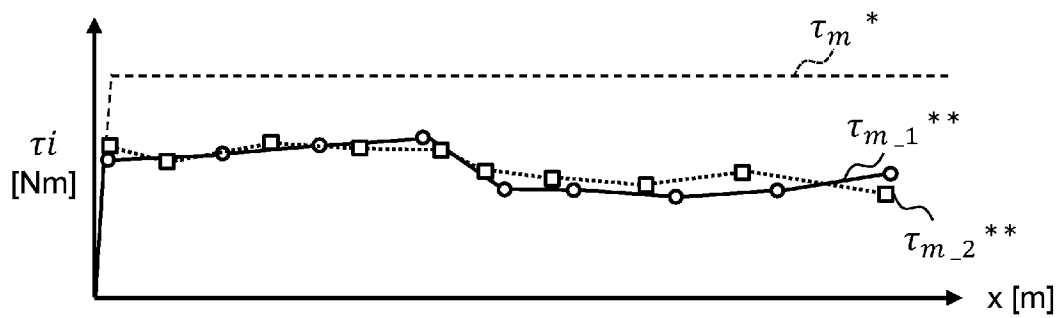
[図22]

図 22



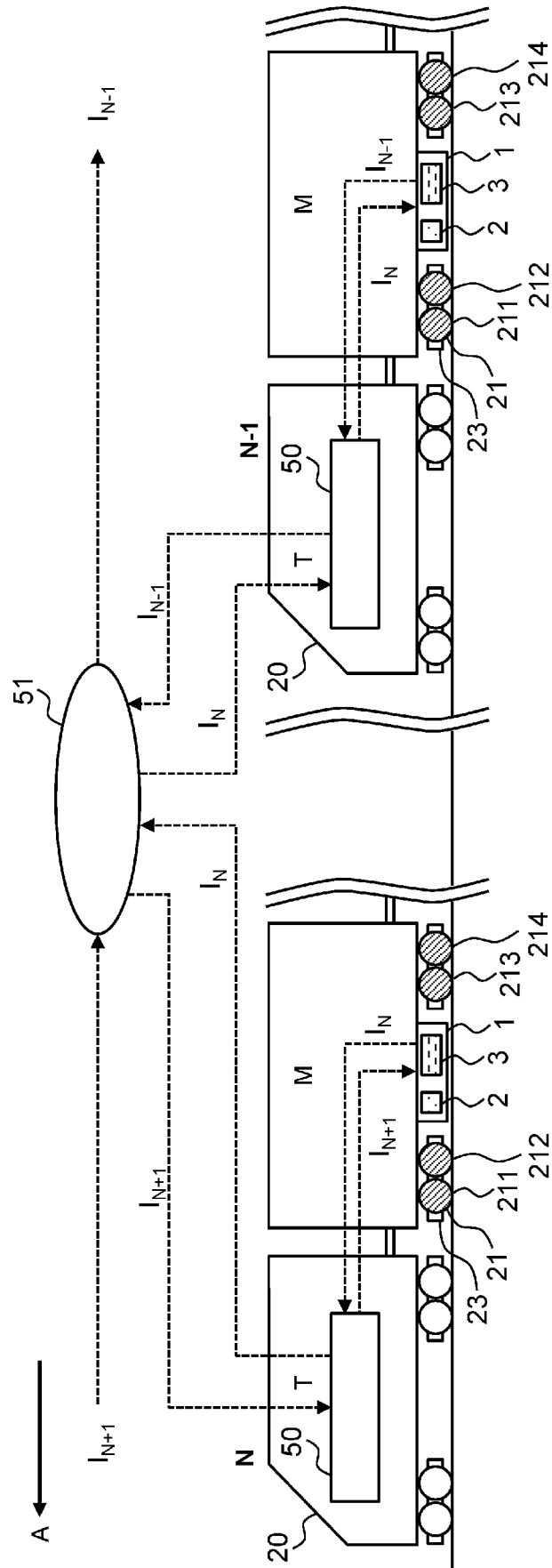
[図23]

図 23



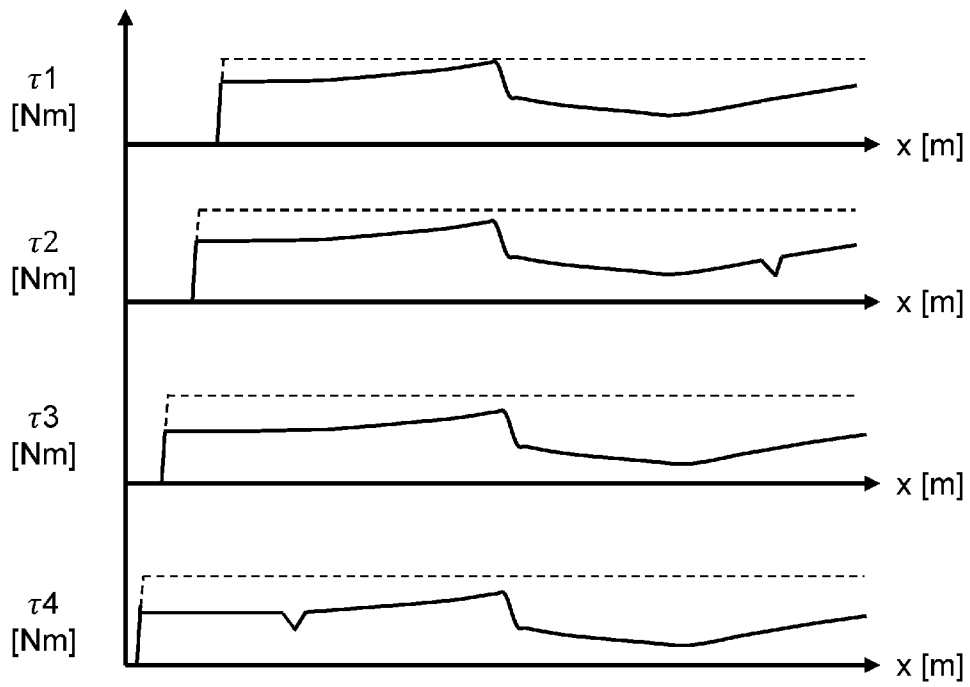
[図24]

[図24]



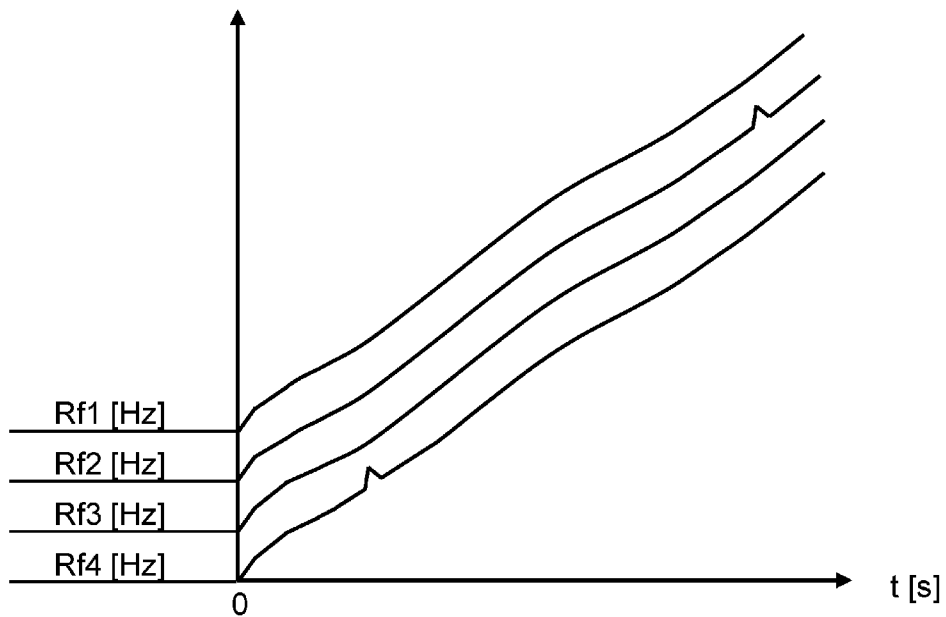
[図25]

図 25



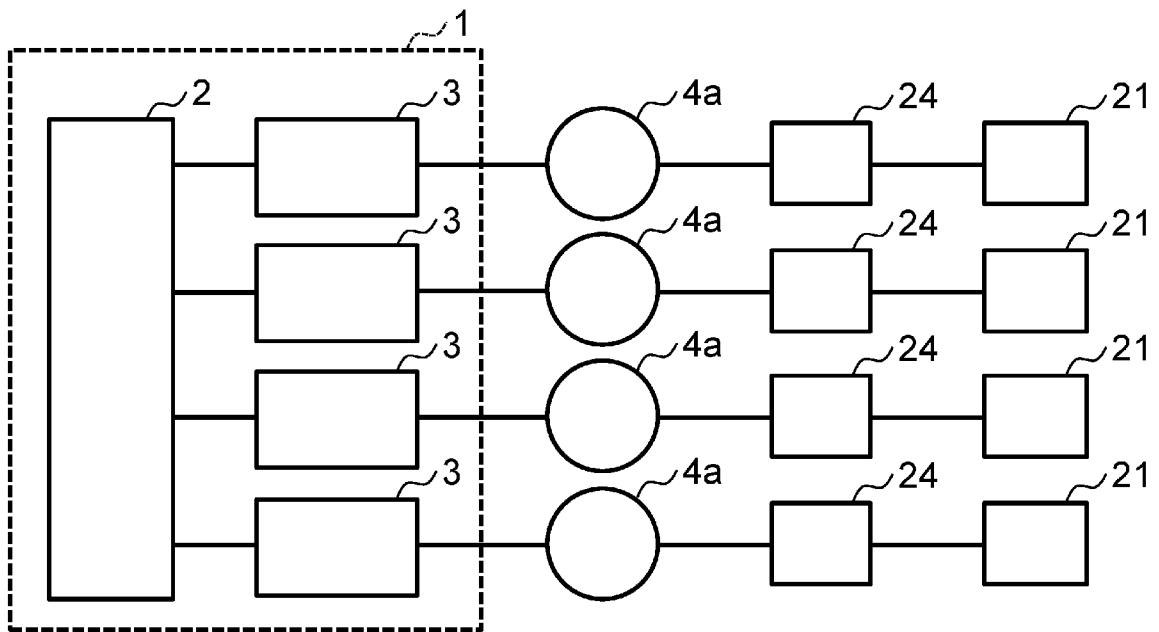
[図26]

図 26



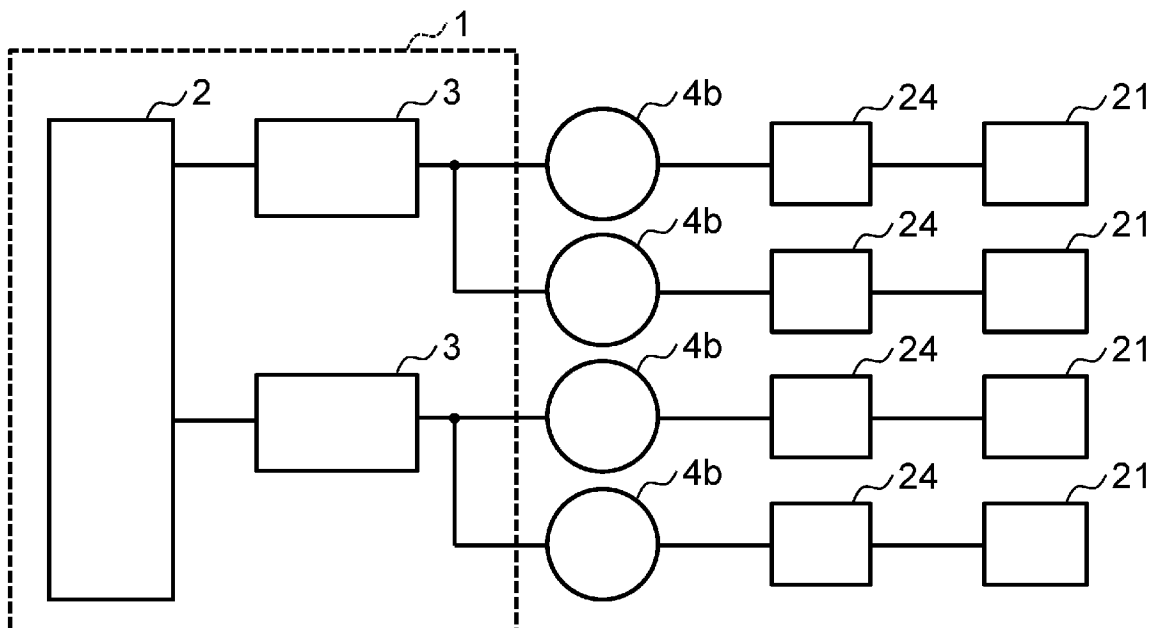
[図27]

図 27



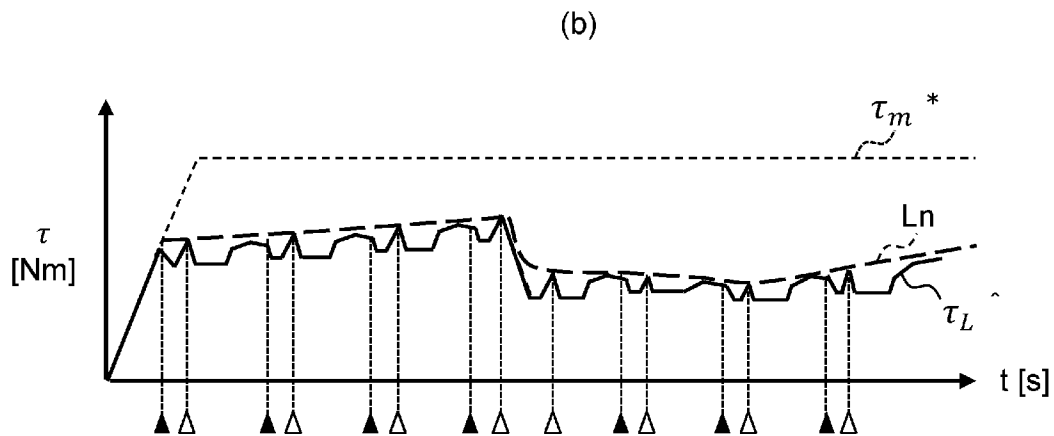
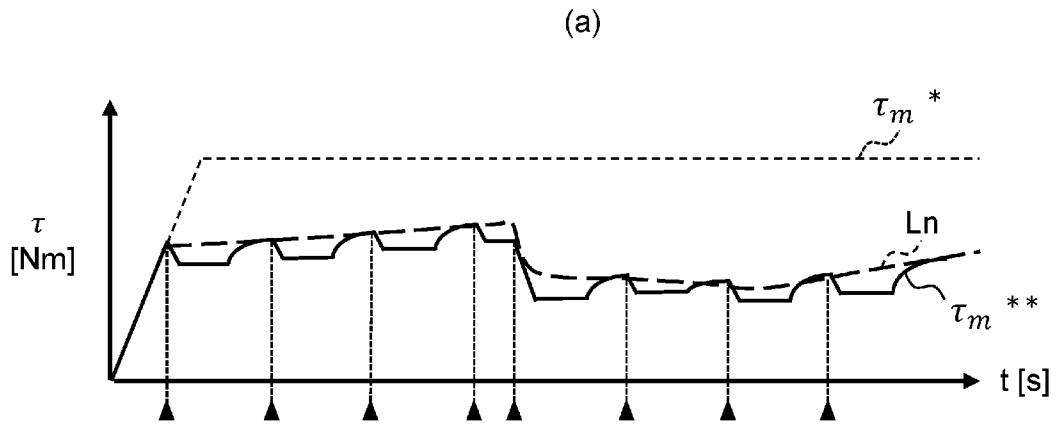
[図28]

図 28



[図29]

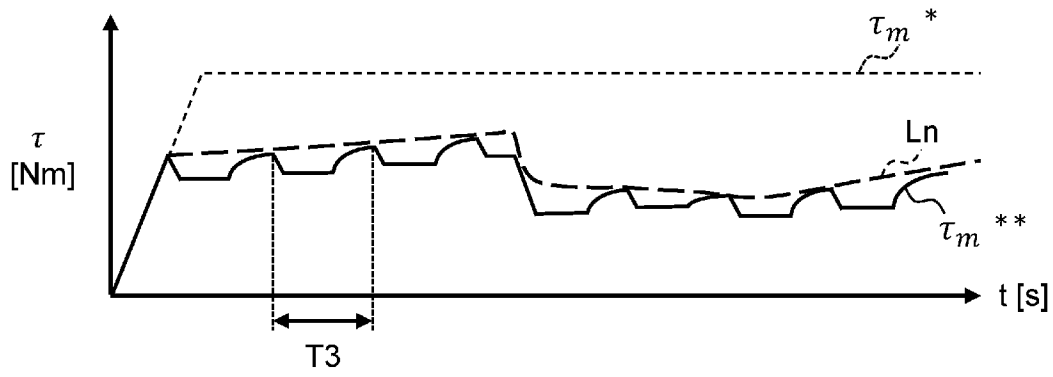
図 29



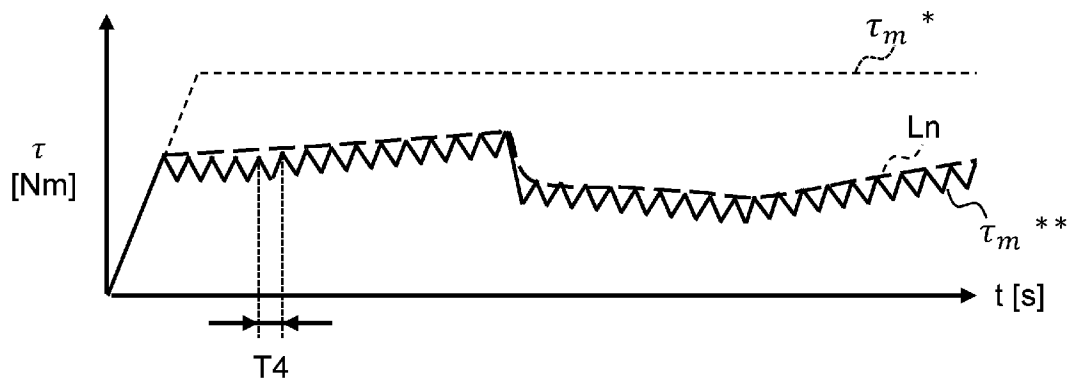
[図30]

図 30

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/025921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B60L 15/20</i> (2006.01)i; <i>B60L 9/18</i> (2006.01)i FI: B60L15/20 Y; B60L9/18 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; B60L9/18		
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.
X	JP 2003-348706 A (HITACHI LTD) 05 December 2003 (2003-12-05) paragraphs [0006]-[0025], fig. 1-19	1-9, 12-15
Y		10-13
Y	JP 2011-4549 A (HITACHI LTD) 06 January 2011 (2011-01-06) paragraphs [0055]-[0061], fig. 9	10-13
A	JP 2010-28982 A (RAILWAY TECHNICAL RES INST) 04 February 2010 (2010-02-04) entire text, all drawings	1-15
<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 14 September 2023		Date of mailing of the international search report 26 September 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/JP2023/025921

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2003-348706 A	05 December 2003	EP 832779 A2 column 3, line 34 to column 11, line 37, fig. 1-8 CN 1186743 A KR 10-1998-0024913 A	
JP 2011-4549 A	06 January 2011	(Family: none)	
JP 2010-28982 A	04 February 2010	(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; B60L 9/18(2006.01)i FI: B60L15/20 Y; B60L9/18 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; B60L9/18 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
X	JP 2003-348706 A (株式会社日立製作所) 05.12.2003 (2003-12-05) 段落[0006]-[0025], 図1-19	1-9, 12-15
Y		10-13
Y	JP 2011-4549 A (株式会社日立製作所) 06.01.2011 (2011-01-06) 段落[0055]-[0061], 図9	10-13
A	JP 2010-28982 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 04.02.2010 (2010-02-04) 全文, 全図	1-15
<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	
14.09.2023	26.09.2023	
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） 岩田 健一 3H 3415 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/JP2023/025921

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2003-348706 A	05.12.2003	EP 832779 A2 第3欄第34行-第11欄第37行, 図1-8 CN 1186743 A KR 10-1998-0024913 A	
JP 2011-4549 A	06.01.2011	(ファミリーなし)	
JP 2010-28982 A	04.02.2010	(ファミリーなし)	