

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-204491

(P2005-204491A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

B60L 9/18

F I

B60L 9/18

S

テーマコード(参考)

5H115

B60L 9/18

L

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-119714 (P2004-119714)  
 (22) 出願日 平成16年4月15日(2004.4.15)  
 (31) 優先権主張番号 特願2003-417423 (P2003-417423)  
 (32) 優先日 平成15年12月16日(2003.12.16)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (74) 代理人 100075096  
 弁理士 作田 康夫  
 (74) 代理人 100100310  
 弁理士 井上 学  
 (72) 発明者 石田 誠司  
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号  
 株式会社日立製作所  
 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気車の制御装置及び車両の制御装置及び車両

(57) 【要約】

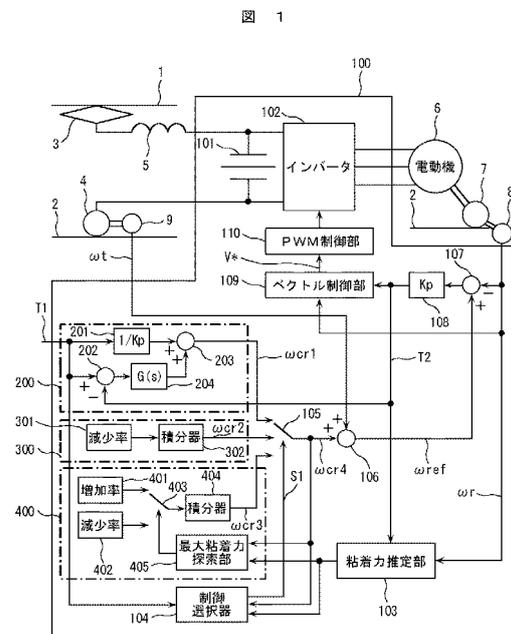
【課題】

車輪の空転量を最小限に抑制できる電気車の制御装置を実現する。

【解決手段】

本発明の電気車の制御装置は、クリープ速度指令に対する推定接線力の傾きが予め定めた正の閾値より大きい場合または電動機のトルクが外部から制御装置に与えられる駆動力指令より大きい場合には、電動機のトルクと駆動力指令が一致するようにクリープ速度指令を制御し、傾きが予め定めた負の閾値より小さい場合には、クリープ速度指令を減少させ、それ以外の場合は、前記推定粘着力が最大となるクリープ速度指令を含む予め定められた幅でクリープ速度指令を操作する。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

駆動力指令に基づき電気車の車輪を駆動する電動機を制御する電気車の制御装置において、

該電気車の制御装置が、

前記車輪の踏面の接線力を推定し推定粘着力を求める粘着力推定部と、前記電動機の回転速度を検出する回転速度検出部と、

前記電気車の速度である車両速度を検出する車両速度検出部と、

クリープ速度指令と前記車両速度から基準速度を演算する基準速度演算部と、

前記クリープ速度指令に対する前記推定粘着力の傾きを演算する傾き演算部と、

該傾きに基づき前記クリープ速度指令を演算するクリープ速度指令演算部と、

前記基準速度と前記回転速度の差に基づき指令トルクを求めるトルク指令演算部とを具備し、

該指令トルクに基づき前記電動機のトルクを制御することを特徴とする電気車の制御装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の電気車の制御装置において、

前記クリープ速度指令演算部は、前記傾きが予め定められた正の閾値より大きい場合または前記指令トルクが前記駆動力指令より大きい場合には、前記駆動力指令と電動機の発生する駆動力とが一致するようにクリープ速度指令を出力し、

20

前記傾きが予め定められた負の閾値より小さい場合には、クリープ速度指令を減少させ

、前記傾きが前記正の閾値より小さくかつ負の閾値より大きい場合、もしくは前記指令トルクが前記駆動指令より小さい場合には、前記推定粘着力が最大となるクリープ速度指令を含む予め定められた幅でクリープ速度指令を操作することを特徴とする電気車の制御装置。

## 【請求項 3】

駆動力指令に基づき指令トルクを演算する手段と、該指令トルクに基づき車両の車輪を駆動する電動機のトルクを制御する手段とを具備する車両の制御装置において、

該車両の制御装置が、

前記駆動する車輪の踏面の接線力を推定し推定粘着力を演算する粘着力推定部と、

前記電動機の回転速度を検出する回転速度検出部と、

前記駆動力指令の値を超えない範囲で前記推定粘着力を最大にする基準速度を演算する基準速度演算部と、

該基準速度と前記電動機の回転速度との偏差に基づいて指令トルクを演算するトルク指令演算部とを具備することを特徴とする車両の制御装置。

30

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の車両の制御装置において、該車両の車両速度を検出または演算で求める車両速度検出部を備え、前記推定粘着力が最大となる値を含む範囲でクリープ速度指令値を増減させ、該クリープ速度指令値と前記車両速度検出部が検出または演算で求めた車両速度との和によって基準速度を演算することを特徴とする車両の制御装置。

40

## 【請求項 5】

軌道を走行する車輪を駆動する電動機と、該電動機を所定の速度で駆動する制御装置とを備えた車両において、

前記制御装置が、

直流電圧を入力して可変周波数可変電圧の交流電圧に変換して前記電動機を駆動する電力変換器と、

駆動力指令に基づき指令トルクを演算する手段と、

該指令トルクに基づき車両の車輪を駆動する電動機のトルクを制御する手段とを具備し

50

前記駆動する車輪の踏面の接線力を推定し推定粘着力を演算する粘着力推定部と、  
 前記電動機の回転速度を検出する回転速度検出部と、  
 前記駆動力指令の値を超えない範囲で前記推定粘着力を最大にする基準速度を演算する  
 基準速度演算部と、  
 該基準速度と前記電動機の回転速度との偏差に基づいて指令トルクを演算するトルク指  
 令演算部とを備えることを特徴とする車両。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の車両において、前記車両が、前記制御装置を搭載した複数台の単位車  
 両を連結しており、該複数台の単位車両に搭載した前記制御装置が互いに情報伝送手段を  
 介して接続され、各単位車両に搭載した制御装置が出力する回転速度を入力して車両速度  
 を演算し出力する車両速度演算装置を何れかの単位車両が具備し、前記各単位車両に搭載  
 した制御装置は、前記推定粘着力が最大となる値を含む範囲でクリープ速度指令値を増減  
 させ、該クリープ速度指令と前記車両速度の和により基準速度を演算することを特徴とす  
 る車両。

10

【請求項 7】

請求項 5 に記載の車両において、前記電動機は架線から集電機を介して供給される電力  
 を、前記電力変換器によって可変周波数可変電圧の交流電圧に変換して駆動されることを  
 特徴とする車両の制御装置。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の車両において、前記電動機は架線から集電機を介して供給される電力  
 を、前記電力変換器によって可変周波数可変電圧の交流電圧に変換して駆動されることを  
 特徴とする車両の制御装置。

20

【請求項 9】

請求項 5 に記載の車両において、前記電動機は内燃機関を駆動源とする発電機により供  
 給される電力を電力変換器によって変換して駆動することを特徴とする車両の制御装置。

【請求項 10】

請求項 6 に記載の車両において、前記電動機は内燃機関を駆動源とする発電機により供  
 給される電力を電力変換器によって変換して駆動することを特徴とする車両の制御装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、軌道を走行する電気車及び車両の制御装置と該制御装置を搭載した電気車及  
 び車両に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道車輛では、鉄の車輪とレールの粘着によって駆動力を得るが、特に雨天時などによ  
 り粘着係数が低下した場合は、車輪が空転する場合がある。車輪が空転すると駆動力が大  
 幅に低下するため、車輪の空転を抑制しながら、なるべく大きな駆動力を得る必要がある  
 。

40

【0003】

これに対し、空転を抑制する方法として、特許文献 1 がある。特許文献 1 では、電動機  
 の回転速度の微分値が判定値よりも大きくなったことにより空転を検知し、トルクを減少  
 させることにより、車輪の空転を抑制している。

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 345108 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載の装置では、車輪の空転量が増加した後にトルクを減少させるため、

50

空転量が大きくなる問題がある。

【0006】

本発明の目的は、車輪の空転量を最小限に抑制できる電気車の制御装置を実現することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による電気車及び車両の制御装置は、クリープ速度指令と車両速度から求めた基準速度と、電動機の回転速度の差により電動機のトルクを制御し、クリープ速度指令に対する推定接線力の傾きに基づき、傾きが予め定められた正の閾値より大きい場合または電動機のトルクが外部から制御装置に与えられる駆動力指令より大きい場合には、電動機のトルクと駆動力指令が一致するようにクリープ速度指令を制御し、傾きが予め定められた負の閾値より小さい場合には、クリープ速度指令を減少させ、それ以外の場合には、前記推定粘着力が最大となるクリープ速度指令を含む予め定められた幅でクリープ速度指令を操作する。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、車輪の空転を効果的に抑制できる電気車及び車両の制御装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下本発明の詳細を図面を引用しながら説明する。

20

【実施例1】

【0010】

本発明の実施例を図1から図6を用いて説明する。

【0011】

図1は本発明の実施例の構成を示す。図1において、1は架線、2は軌道、3は集電器、4及び7は車輪、5は受電リアクトル、6は電動機、8及び9は速度センサ、100は電気車の制御装置である。なお、本実施例では電気車の制御装置及び電動機が1個の場合を示しているが、制御装置や電動機が複数個搭載された場合や、さらに複数の電気車が連結された構成であっても同様である。

30

【0012】

架線1及び軌道2により供給される直流電力を、集電器3及び車輪4で受電し、受電リアクトル5を介して制御装置100に供給する。制御装置100では、直流電圧を可変周波数可変電圧の交流電圧に変換し、電動機6に加える。さらに、電動機6により、車輪7を駆動することにより、電気車の駆動を行う。また、速度センサ8は電動機6の回転速度  $r$  を、速度センサ9は、車輪4の速度を検出し車両の速度を電動機6の回転速度に換算した車両速度  $t$  を、それぞれ制御装置100に対して出力する。

【0013】

制御装置100は、フィルタコンデンサ101、電力変換器であるインバータ102、粘着力推定部103、制御選択器104、切替器105、加算器106、減算器107、係数器108、ベクトル制御部109、PWM制御部110、粘着時制御部200、空転時制御部300、及び探索時制御部400で構成される。

40

【0014】

フィルタコンデンサ101は、受電リアクトル5と共に受電フィルタを構成し、架線1と軌道2の間の電圧に含まれるノイズ成分を除去すると共にインバータ102で発生するノイズ電流が架線1や軌道2に流れることを抑制する。インバータ102では、PWM制御部110の出力に従い、具備するIGBTなどの電力半導体スイッチング素子をオンオフすることにより、直流電圧を交流電圧に変換する。

【0015】

次に切替器105は、制御選択器104の選択信号S1に基づき、粘着時制御部200

50

の出力である第1のクリーブ速度指令  $cr1$ 、空転時制御部300の出力である第2のクリーブ速度指令  $cr2$ 、及び探索時制御部400の出力である第3のクリーブ速度指令  $cr3$ の中から1つを選択し、第4のクリーブ速度指令  $cr4$ を出力する。加算器106では、第4のクリーブ速度指令  $cr4$ と速度センサ9の出力である車両速度  $t$ を加算し、基準速度  $ref$ を出力する。減算器107では、基準速度  $ref$ から速度センサ8の出力である回転速度  $r$ を減算し、係数器108では減算器107の出力に制御ゲイン  $Kp$ を乗算して第2のトルク指令  $T2$ を出力する。

【0016】

ベクトル制御部109では、第1のトルク指令  $T1$ を電動機6のトルクの上限として、第2のトルク指令  $T2$ と電動機6のトルクが一致するように電圧指令  $V^*$ を操作する。PWM制御部110では、電圧指令  $V^*$ に基づきパルス幅変調(以下、PWMと略す。)を行う。粘着力推定部103では、電動機6の出力するトルクから電動機6及び車輪4を加速するために必要なトルクを減算し、車輪とレール間の粘着力を電動機軸換算した粘着トルクを推定している。具体的には、数式(1)に基づき、第2のトルク指令  $T2$ と回転速度  $r$ から推定粘着トルク  $T^{\wedge}$ を演算する。

10

【0017】

【数1】

$$T^{\wedge} = \frac{1}{1 + T_{ob}s} (T2 - sJw \omega r) \quad \dots(1)$$

20

【0018】

なお、数式(1)で  $T_{ob}$ は推定応答を決める時定数、 $Jw$ は電動機6及び車輪4の電動機6の軸換算での慣性モーメント、 $s$ は微分演算子である。制御選択器104に関しては後述する。

【0019】

粘着時制御部200は、係数器201、減算器202、加算器203、及び制御器204で構成される。係数器201では、運転士の操作あるいは自動運転装置により制御装置に指令される第1のトルク指令  $T1$ に係数器108のゲイン  $Kp$ の逆数を乗算し、加算器203では、係数器201の出力と制御器204の出力と加算して第1のクリーブ速度指令  $cr1$ を出力する。減算器202では、第1のトルク指令  $T1$ と第2のトルク指令  $T2$ の差を求め、制御器204へ出力する。制御器204は、第1のトルク指令  $T1$ と第2のトルク指令  $T2$ の差に基づき、比例積分制御を行う。

30

【0020】

空転時制御部300は、減少率設定器301、及び積分器302で構成される。減少率設定器301には、単位時間に第2のクリーブ速度指令  $cr2$ を減少させる割合が設定され、これを積分器302に入力し、第2のクリーブ速度指令  $cr2$ を減少させる。

【0021】

探索時制御部400は、増加率設定器401、減少率設定器402、切替器403、積分器404、及び最大粘着力探索部405で構成される。増加率設定器401には、単位時間に第3のクリーブ速度指令  $cr3$ を増加させる割合が設定され、減少率設定器402には、単位時間に第3のクリーブ速度指令  $cr3$ を減少させる割合が設定され、最大粘着力探索部405の出力に基づき切替器403が積分器404への入力を切り替えることにより、積分器404の出力である第3のクリーブ速度指令  $cr3$ を増加あるいは減少させる。なお、最大粘着力探索器405については、後述する。

40

【0022】

図2に車両の速度に相当する車両速度  $t$ と回転速度  $r$ の差であるクリーブ速度  $cr$ に対する第2のトルク指令  $T2$ 及び粘着トルク  $T_{adm}$ の関係を示す。粘着トルク  $T_{adm}$ は、車輪7と軌道2の間に働く粘着力、すなわち車両を駆動する力を電動機6の軸でのトルクに換算した値である。粘着トルク  $T_{adm}$ は、クリーブ速度  $cr$ がゼロの場合は粘着トルク  $T_{adm}$ がゼロであり、クリーブ速度  $cr$ が増加すると、はじめ、粘着トルク  $T_{adm}$ は増加し

50

、臨界速度  $cr_{max}$ で粘着トルク  $T_{adm}$ は最大粘着トルク  $T_{max}$ となり、クリーブ速度  $cr$ が臨界速度  $cr_{max}$ を超えると粘着トルク  $T_{adm}$ は減少する。なお、最大粘着トルク  $T_{max}$ と臨界速度  $cr_{max}$ は走行条件により変化する。

【0023】

クリーブ速度  $cr$ に対する粘着トルク  $T_{adm}$ の傾きにより、粘着状態、空転状態、及び探索状態に分けて制御を行う。粘着状態は傾きが正である場合、空転状態は傾きが負である状態、探索状態は傾きが0近傍である。

【0024】

制御選択器104では、第1のトルク指令  $T_1$ 、第4のクリーブ速度指令  $cr_4$ 、及び推定粘着トルク  $T^{\wedge}$ から上記の3状態を検出し、制御切替器105が状態に応じて制御を切り替える。

10

【0025】

はじめに、第4のクリーブ速度指令  $cr_4$ と実際のクリーブ速度  $cr$ の関係を説明する。第2のトルク指令  $T_2$ は、基準速度  $ref$ と回転速度  $r$ の差に比例して制御されるため、第4のクリーブ速度指令  $cr_4$ とクリーブ速度  $cr$ の差に比例する。よって、図2の1点鎖線で示す特性である。第2のトルク指令  $T_2$ は、粘着トルク  $T_{adm}$ と車輪7を加速するために必要なトルクの和が一致する。

【0026】

また、車両重量に対応する電動機6の軸換算のイナーシャが車輪7のイナーシャより大きく、車両の加速に対応して車輪7を加速するために必要なトルクはほぼ無視できる。よって、図2で粘着トルク  $T_{adm}$ の特性と第2のトルク指令  $T_2$ の特性との交点近傍で動作することになる。よって、第4のクリーブ速度指令  $cr_4$ が増加すると、実際のクリーブ速度  $cr$ も増加する。

20

【0027】

このため、第4のクリーブ速度指令  $cr_4$ に対する推定粘着トルク  $T^{\wedge}$ の傾きが予め定められた正の閾値よりも大きい場合、または第2のトルク指令  $T_2$ が第1のトルク指令  $T_1$ 以上である場合は粘着状態と判定し、傾きが予め定められた負の閾値よりも小さい場合は空転状態と判定し、傾きが正の閾値以下かつ負の閾値以上の場合は探索状態と判定する。この判定結果に基づき、制御選択器104は選択信号  $S_1$ を出力する。

【0028】

30

次に粘着状態での制御方法について説明する。車輪7と軌道2の粘着状態が良好で、最大粘着トルク  $T_{max}$ が第1のトルク指令  $T_1$ 以上である場合は、粘着状態で制御を行う。粘着状態の場合、制御切替器105は、第1のクリーブ速度指令  $cr_1$ を選択して第4のクリーブ速度指令として出力する。第1のクリーブ速度指令  $cr_1$ を出力する粘着時制御部200では、第1のトルク指令  $T_1$ と第2のトルク指令  $T_2$ が一致するように制御が行われる。第2のトルク指令  $T_2$ が第1のトルク指令  $T_1$ より大きい場合は、減算器202の出力が負となり、制御器204の出力、第1のクリーブ速度指令  $cr_1$ 、第4のクリーブ速度指令  $cr_4$ 、及び基準速度  $ref$ が減少し、第2のトルク指令  $T_2$ が減少し、第1のトルク指令  $T_1$ に近づく。

【0029】

40

また、第2のトルク指令  $T_2$ が第1のトルク指令  $T_1$ より小さい場合にも同様に、第2のトルク指令  $T_2$ は第1のトルク指令  $T_1$ に近づく。よって、第1のトルク指令  $T_1$ と第2のトルク指令  $T_2$ は一致するように制御される。また、第1のトルク指令  $T_1$ が急変した場合には、係数器201の出力により第2のトルク指令  $T_2$ がフィードフォワードで制御されるため、高い応答性が実現できる。なお、このとき第4のクリーブ速度指令  $cr_4$ に対する推定粘着トルク  $T^{\wedge}$ の傾きは正の閾値以上である。

【0030】

この状態で、車輪7と軌道2の粘着状態が降雨等で悪化した場合を説明する。粘着トルク  $T_{adm}$ の特性は、図3に示すように特性Aから特性Bへ変化する。特性Bでは、最大粘着トルク  $T_{max}$ が第1のトルク指令  $T_1$ より小さいため、第2のトルク指令  $T_2$ は最大粘

50

着トルク  $T_{max}$  近傍に制御される必要がある。

【0031】

粘着トルク  $T_{adm}$  の特性が特性 A から特性 B に変化すると、第 2 のトルク指令  $T_2$  が粘着トルク  $T_{adm}$  より大きくなるため、車輪 7 の回転速度  $r$  が増加し、クリープ速度  $cr$  は、特性 B と第 2 のトルク指令  $T_2$  の特性の交点まで増加する。このとき、第 2 のトルク指令  $T_2$  の特性がクリープ速度  $cr$  に対して負の傾きを持つため、クリープ速度  $cr$  の増加に合わせて電動機 6 のトルクが減少するため、クリープ速度  $cr$  が過大になることすなわち大きな空転を抑制できる。

【0032】

特性 B と第 2 のトルク指令  $T_2$  の特性の交点で運転している状態では、第 2 のトルク指令  $T_2$  が第 1 のトルク指令  $T_1$  より小さいため、第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  が増加する。このとき、粘着トルク  $T_{adm}$  及び推定粘着トルク  $T^{\wedge}$  が減少するため、第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  に対する推定粘着トルク  $T^{\wedge}$  の傾きが負の値となるため、制御選択器 104 が空転状態を検知し、制御切替器 105 は、第 2 のクリープ速度指令  $cr_2$  を選択して第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  として出力する。制御切替器 105 が切り替わる際には、第 2 のクリープ速度指令  $cr_2$  が直前の第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  と一致するように積分器 302 が初期化される。

【0033】

第 2 のクリープ速度指令  $cr_2$  を出力する空転時制御部 300 では、減少率設定器 301 の値により第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  を減少させるため、クリープ速度  $cr$  は臨界速度  $cr_{max}$  に近づく。この様子を図 4 に示す。

【0034】

クリープ速度  $cr$  が臨界速度  $cr_{max}$  に近づくと、第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  に対する推定粘着トルク  $T^{\wedge}$  の傾きが増加して、0 に近づく。これにより、制御選択器 104 が探索状態を検知して、制御切替器 105 は、第 3 のクリープ速度指令  $cr_3$  を選択して第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  として出力する。制御切替器 105 が切り替わる際には、第 3 のクリープ速度指令  $cr_3$  が直前の第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  と一致するように積分器 404 が初期化される。

【0035】

第 3 のクリープ速度指令  $cr_3$  を出力する探索時制御部 400 では、クリープ速度  $cr$  が推定粘着トルク  $T^{\wedge}$  が最大となる臨界速度  $cr_{max}$  に対応する第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  の近傍で第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  を変化させて、粘着トルク  $T_{adm}$  が最大となる動作点近傍になるように運転を行う。

【0036】

最大粘着力探索部 405 の動作を図 5 を用いて説明する。最大粘着力探索部 405 は、増加状態と減少状態の 2 つの状態を持つ。増加状態では、切替器 403 が増加率設定器 401 の出力を積分器 404 に入力し、第 3 のクリープ速度指令  $cr_3$  を増加させる。一方、減少状態では、減少率設定器 402 の出力を積分器 404 に入力し、第 3 のクリープ速度指令  $cr_3$  を減少させる。

【0037】

粘着状態から探索状態に遷移した場合の初期状態は増加状態であり、空転状態から遷移した場合の初期状態は減少状態である。増加状態で、第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  が後述する臨界クリープ速度指令  $cr_4_{max}$  と予め設定された探索幅  $w$  の和以上になると、減少状態に遷移する。また、減少状態で第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  が臨界クリープ速度指令  $cr_4_{max}$  と探索幅  $w$  の差以下になると、増加状態に遷移する。

【0038】

次に臨界クリープ速度指令  $cr_4_{max}$  の演算方法を説明する。粘着状態または空転状態から探索状態に遷移した場合、または増加状態と減少状態の間で遷移が発生した場合には、臨界クリープ速度  $cr_4_{max}$  を第 4 のクリープ速度指令  $cr_4$  で初期化し、さらに最大推定粘着トルク  $T_{adm_{max}}$  を推定粘着トルク  $T_{adm}$  で初期化する。その後、推定粘着トルク

10

20

30

40

50

$T_{adm}$ が最大推定粘着トルク $T_{admmax}$ より大きい場合は、臨界クリーブ速度  $cr4_{max}$ を第4のクリーブ速度指令  $cr4$ で更新し、最大推定粘着トルク $T_{admmax}$ を推定粘着トルク $T_{adm}$ で更新する。これにより、最大推定粘着トルク $T_{admmax}$ に、当該状態での推定粘着トルク $T_{adm}$ の最大値が格納され、臨界クリーブ速度  $cr4_{max}$ には、そのときの第4のクリーブ速度指令  $cr4$ が格納される。

【0039】

次に探索状態での第4のクリーブ速度指令  $cr4$ 、推定粘着トルク $T^{\wedge}$ 、臨界クリーブ速度  $cr4_{max}$ 、及び最大推定粘着トルク $T_{admmax}$ の具体的な動作を図6を用いて説明する。空転状態から探索状態に遷移した場合、初期状態は減少状態であり、このときの第4のクリーブ速度指令は  $cr4(t_0)$ 、推定粘着トルクは $T^{\wedge}(t_0)$ とすると、臨界クリーブ速度  $cr4_{max}$ は  $(t_0)$ で、最大推定粘着トルク $T_{admmax}$ は $T^{\wedge}(t_0)$ で初期化される。状態が減少状態であるため、減少率設定器402が選択され、第4のクリーブ速度指令  $cr4$ は減少する。

10

【0040】

このとき、推定粘着トルク $T^{\wedge}$ は増加していくため、臨界クリーブ速度  $cr4_{max}$ 、及び最大推定粘着トルク $T_{admmax}$ は逐次更新されていく。第4のクリーブ速度指令  $cr4$ が減少を続け、 $cr4(t_1)$ を超えると推定粘着トルク $T^{\wedge}$ は $T^{\wedge}(t_1)$ をピークに減少を始める。このとき、臨界クリーブ速度  $cr4_{max}$ 及び最大推定粘着トルク $T_{admmax}$ は更新されなくなり、それぞれ  $cr4(t_1)$ 及び $T^{\wedge}(t_1)$ に保持される。

20

【0041】

第4のクリーブ速度指令  $cr4$ がさらに減少を続け、 $cr4(t_1)$ より探索幅  $w$ だけ小さい  $cr4(t_2)$ に達すると  $cr4 \leq cr4_{max} - w$ の条件を満たすため、増加状態に遷移する。増加状態に遷移すると、第4のクリーブ速度指令  $cr4$ は増加し、同様に動作により、第4のクリーブ速度指令  $cr4$ が  $cr4(t_1)$ より探索幅  $w$ だけ大きい  $cr4(t_3)$ で減少状態に再び遷移する。これを繰り返すことにより、第4のクリーブ速度指令  $cr4$ は推定粘着トルク $T^{\wedge}$ が最大値になる  $cr4(t_1)$ から $\pm w$ の範囲に制御される。

【0042】

これにより、粘着状態が悪化した場合であっても、高い駆動力を実現できる。

【0043】

また、第4のクリーブ速度指令を変化させているため、第4のクリーブ速度指令  $cr4$ に対する推定粘着トルク $T^{\wedge}$ の傾きを検知できるため、粘着状態の変化した場合も制御選択器104は適切に対応できる。

30

【0044】

さらに、粘着状態が良好な状態に変化し、第2のトルク指令 $T_2$ が第1のトルク指令 $T_1$ よりも大きくなった場合は、制御選択器104は粘着状態に遷移し、第1のクリーブ速度指令  $cr1$ が第4のクリーブ速度指令  $cr4$ になり、第1のトルク指令 $T_1$ と第2のトルク指令 $T_2$ が一致するように制御される。また、粘着状態に遷移する時は、第1のクリーブ速度指令  $cr1$ が直前の第4のクリーブ指令  $cr4$ に一致するように制御器204が初期化される。

40

【0045】

これにより、粘着状態が良好になった場合は、第1のトルク指令 $T_1$ と電動機6の発生トルクが一致するように制御される。

【0046】

以上説明したように、本発明による車両の制御装置は、駆動力指令に基づき指令トルクを演算する手段と、該指令トルクに基づき車両の車輪を駆動する電動機のトルクを制御する手段とを具備し、駆動する車輪の踏面の接線力を推定し推定粘着力を求める粘着力推定手段と、前記駆動力指令値を超えない範囲で前記推定粘着力が最大となるように基準速度を演算する基準速度演算手段と、該基準速度と前記電動機の回転速度を検出する回転速度の差に基づき指令トルクを求めるトルク指令演算手段とを備え、車輪の空転を効果的に抑

50

制できる。

【実施例 2】

【0047】

本実施例について、図 7 を用いて説明する。なお、図 7 では、図 1 と同じ構成要素には、同一の符号を付けてあるのでそれらの説明は省略する。

【0048】

図 7 は、本発明を電気式ディーゼル機関車に適用した場合である。図 7 において、701 は内燃機関であるディーゼルエンジン、702 は発電機、703 は整流器である。ディーゼルエンジン 701 を駆動源として、発電機 702 を駆動することにより発電を行い、発電機 702 が発生する電力を整流器 703 で整流することにより、直流に変換し、インバータ 102 に供給する。

10

【0049】

図 7 に示す構成の本実施例は、インバータ 102 への直流電力の供給方法が実施例 1 と異なるだけであるので、車輪の空転が発生した場合、先に説明した実施例 1 と同様の制御を行うことによって、車輪の空転を効果的に抑制できる。

【実施例 3】

【0050】

本実施例について、図 8 を用いて説明する。図 8 は、本発明の制御装置が連結された複数の単位車両にそれぞれ搭載された場合を示す。なお、図 1 と同様の構成要素は、図 1 と同じ符号に、連結された車両の 1 両目は添え字 a を、2 両目は添え字 b を、3 両目は添え字 c を、4 両目には添え字 d をそれぞれ付して表記し、実施例 1 と重複する説明を省く。なお、以下の説明では 4 両の車両を連結した場合を説明するが、2 両以上の車両を連結した場合も同様であることは説明するまでもない。また、各車両は実施例 1 に示したような電気車であっても良いし、実施例 2 に示したような電気式ディーゼル機関車であっても良い。

20

【0051】

図 8 において、801 は車両速度演算装置、802 は端末装置、803 は情報伝送ライン、804 a、804 b、804 c、804 d は各車両の端末装置である。なお、制御装置 100 a、100 b、100 c、100 d に直流電圧を供給する手段は実施例 1 や実施例 2 と同様であり、図 8 では記載を省略してある。ここで、情報伝送ラインは、同軸ケーブル等の電線や、光ファイバーのような光伝送手段の何れであってもよい。

30

【0052】

各車両の速度センサ 8 a、8 b、8 c、8 d からの信号が、各車両の制御装置 100 a、100 b、100 c、100 d に入力され、各制御装置が駆動する車両の車輪の回転速度  $r_a$ 、 $r_b$ 、 $r_c$ 、 $r_d$  は各車両の端末装置 804 a、804 b、804 c、804 d から情報伝送ライン 803 を通じて、車両速度演算装置 801 が接続している端末装置 802 に伝送される。端末装置 802 は各車両の車輪の回転速度  $r_a$ 、 $r_b$ 、 $r_c$ 、 $r_d$  を車両速度演算装置 801 に送る。車両速度演算装置 801 では、後述する処理により車両速度  $t$  を演算し、端末装置 802、情報伝送ライン 803、各車両の端末装置 804 を経て、各車両の制御装置 100 a、100 b、100 c、100 d に伝送される。各車両の制御装置 100 a、100 b、100 c、100 d では、伝送された車両速度  $t$  に基づいて、電動機 6 a、6 b、6 c、6 d を制御する。なお、本実施例では、車両速度演算装置 801 が少なくとも車両の運転士が乗車し運転している車両に搭載されていれば良い。

40

【0053】

次に図 9 を用いて、車両速度演算装置 801 の処理内容を説明する。図 9 において、901 と 903 とは最小値演算部、902 はローパスフィルタである。最小値演算部 901 では、各車両の車輪の回転速度  $r_a$ 、 $r_b$ 、 $r_c$ 、 $r_d$  が端末装置 802 から入力され、第 1 の最小値  $\min 1$  が出力される。ローパスフィルタ 902 では第 1 の最小値  $\min 1$  の高周波成分を遮断して第 2 の最小値  $\min 2$  を演算する。さらに、最小値演算部 903

50

では、第1の最小値  $\text{min}1$  と第2の最小値  $\text{min}2$  のうち小さい値を車両速度  $t$  として、端末装置 802 に出力する。

【0054】

車両速度演算装置 801 の動作を説明する。各車輪が空転していない状態では、各車両の車輪の回転速度  $r_a$ 、 $r_b$ 、 $r_c$ 、 $r_d$  は同じか、ほぼ同じ値であり、実際の車両速度に同じか、ほぼ一致する。ここで、各車両の車輪は製造時の車輪径の公差を伴い、その値は例えば、車輪径 800 mm に対して  $\pm 6$  mm 以内の値であって  $\pm 1\%$  以内であるので、前記車両の回転速度も各車輪が空転していなくとも  $\pm 1\%$  以内の偏差がある。以下、本明細書では回転速度が、ほぼ同じ、ほぼ一致するとは、回転速度が  $\pm 1\%$  以内になっていることを意味する。

10

【0055】

このとき、第1の最小値  $\text{min}1$  は各車両の車輪の回転速度  $r_a$ 、 $r_b$ 、 $r_c$ 、 $r_d$  のいずれかであるため、実際の車両速度に一致あるいは、ほぼ一致する。また、第1の最小値  $\text{min}1$  に空転時のような急激な増加がないため、第2の最小値  $\text{min}2$  も実際の車両速度に一致あるいは、ほぼ一致する。よって、第1の最小値  $\text{min}1$  あるいは第2の最小値  $\text{min}2$  のいずれかである車両速度  $t$  も、実際の車両速度に一致あるいは、ほぼ一致する。

【0056】

次に一部の車両に空転が発生した場合を説明する。この場合には、空転した車両の車輪の回転速度は、空転していない車両の車輪の回転速度よりも大きくなるので、最小値演算部 901 では空転していない車両の車輪の回転速度を、第1の最小値  $\text{min}1$  として出力する。この後は前述した空転していない状態と同様の動作によって、車両速度  $t$  も実際の車両速度に一致あるいは、ほぼ一致する。

20

【0057】

次に全ての車両に空転が発生した場合には、最小値演算部 901 が出力する第1の最小値  $\text{min}1$  も空転した車輪の回転速度であるため、実際の車両速度よりも大きくなる。この場合には第1の最小値  $\text{min}1$  が車輪が空転していない通常よりも急激に増加する。一方、第2の最小値  $\text{min}2$  はローパスフィルタの働きにより急激な増加が抑制されるため、実際の車両速度に近い値となり、また、第1の最小値  $\text{min}1$  より小さい値となるので、第2の最小値  $\text{min}2$  が車両速度  $t$  として出力されるため、車両速度  $t$  も実際の車両速度にほぼ一致する。さらに、車輪の空転が、各車両の制御装置 100a、100b、100c、100d の作用により抑制されると、第1の最小値  $\text{min}1$  が実際の車両速度に再び一致する。このときは、第1の最小値  $\text{min}1$  が第2の最小値  $\text{min}2$  より小さくなるため、車両速度  $t$  は第1の最小値  $\text{min}1$  に一致し、実際の車両速度にも一致あるいは、ほぼ一致する。

30

【0058】

このように、本実施例によれば、各制御装置 100a、100b、100c、100d に対して、車両速度が検知するための速度センサ 9 を別に設けることなく、車輪の空転を効果的に抑制できる。

【0059】

また、本実施例では独立した車両速度演算装置 801 を設けているが、各制御装置 100a、100b、100c、100d それぞれに車両速度演算装置を設け、情報伝送ライン 803 を用いて相互に回転速度情報を伝送し合うことにより、車両速度  $t$  を求める構成であってもよい。この場合にも、車両速度を検知するための速度センサ 9 を設けることなく、車輪の空転を効果的に抑制できる電気車の制御装置を実現できる。さらに、車両速度演算装置を複数備えるため、故障に対する冗長性が高まり、信頼性を高くできる。

40

【0060】

また、本実施例では制御装置に入力される車輪の速度センサの信号に基づき車両速度を演算しているが、図 10 に示すように、情報伝送ライン 803 に端末装置 1002 を介して、駆動力を発生しない車輪に取り付けられた速度センサ 1001 を接続し、車両速度を各制御装置 100a、100b、100c、100d に伝送する構成であってもよい。こ

50

の場合、速度センサ1001は駆動力を発生しないため空転することがなく、車両速度を検出することが可能であり、車輪の空転を効果的に抑制できる電気車の制御装置を実現できる。また、速度センサ1001は、車両速度を必要とする機器、例えば自動列車停止装置などと共有することも可能である。

【0061】

以上説明したように、本実施例では複数の車両それぞれに制御装置を搭載し、各車両の制御装置と情報伝送手段を介して接続されていて、各車両の制御装置が出力する回転速度を入力して車両速度を演算する手段を何れかの車両に具備し、前記各車両の制御装置が、推定粘着力が最大となる値を含む範囲でクリープ速度指令値を増減させ、該クリープ速度指令と前記車両速度の和により基準速度を演算して、車輪の空転を効果的に抑制する。

10

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】実施例1の構成図。

【図2】実施例1の動作の説明図。

【図3】粘着状態が悪化した際の実施例1の第1の動作を説明する図。

【図4】粘着状態が悪化した際の実施例1の第2の動作を説明する図。

【図5】最大粘着力探索部405の状態遷移を説明する図。

【図6】粘着状態が悪化した際の実施例1の第3の動作を説明する図。

【図7】実施例2の構成図。

【図8】実施例3の構成図。

20

【図9】実施例3の車両速度演算装置の構成図。

【図10】実施例3の車両速度演算装置の別の構成図。

【符号の説明】

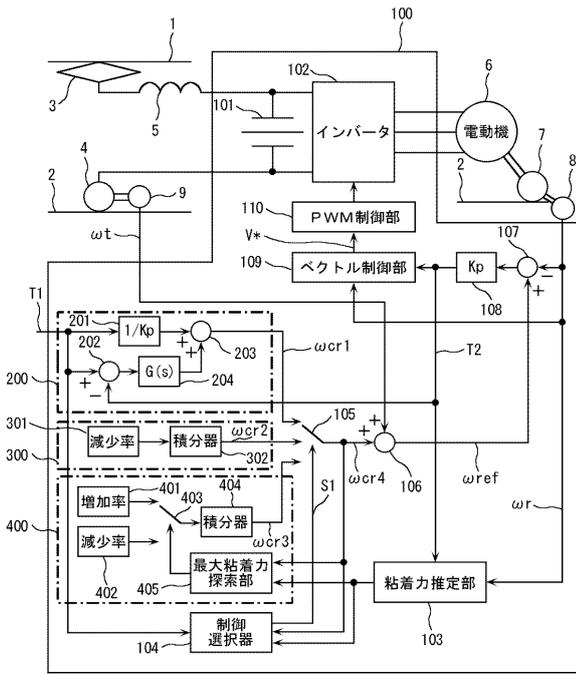
【0063】

2 ... 軌道、4、7 ... 車輪、6 ... 電動機、8、9 ... 速度センサ、100 ... 制御装置、103 ... 粘着力推定部、104 ... 制御選択器、107 ... 減算器、200 ... 粘着時制御部、300 ... 空転時制御部、400 ... 探索時制御部、701 ... ディーゼルエンジン、702 ... 発電機、703 ... 整流器、801 ... 車両速度演算装置、802、804a、804b、804c、804d ... 端末装置、803 ... 情報伝送ライン、901、903 ... 最小値演算部、902 ... ローパスフィルタ、cr4 ... 第4のクリープ速度指令、t ... 車両速度、r ... 回転速度、ref ... 基準速度、min1 ... 第1の最小値、min2 ... 第2の最小値、T2 ... 第2のトルク指令。

30

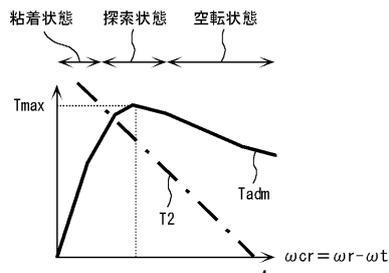
【図1】

図 1



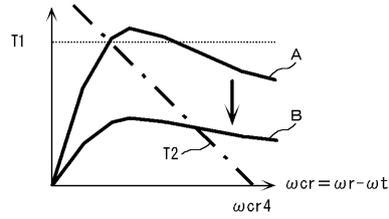
【図2】

図 2



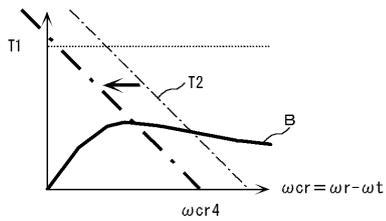
【図3】

図 3



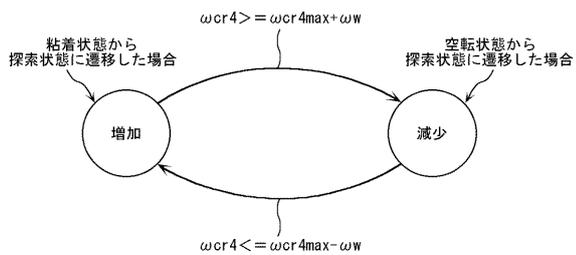
【図4】

図 4



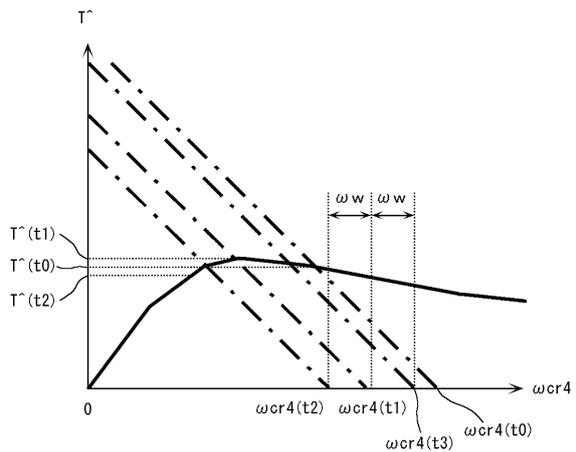
【図5】

図 5



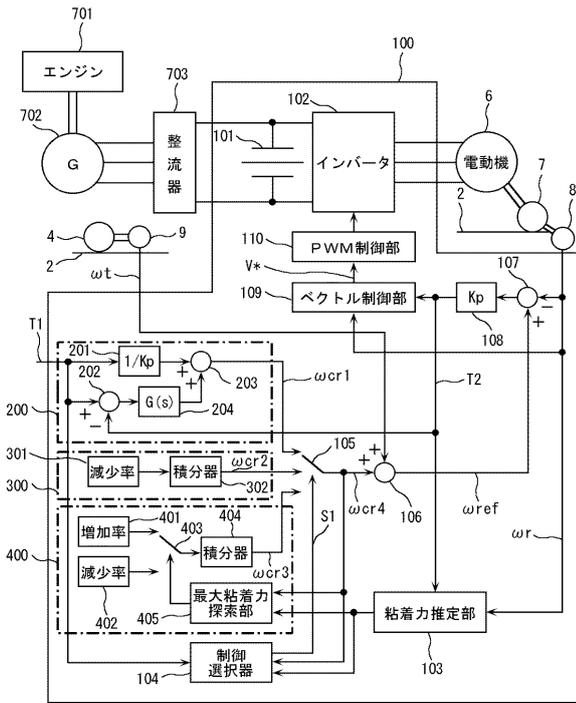
【図6】

図 6



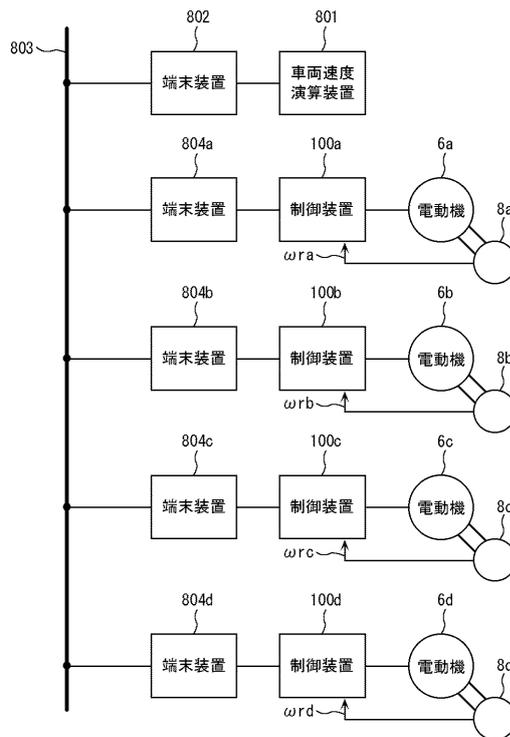
【図7】

図7



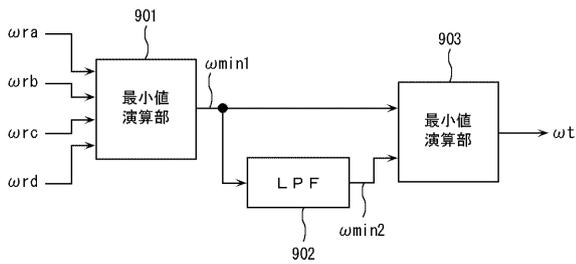
【図8】

図8



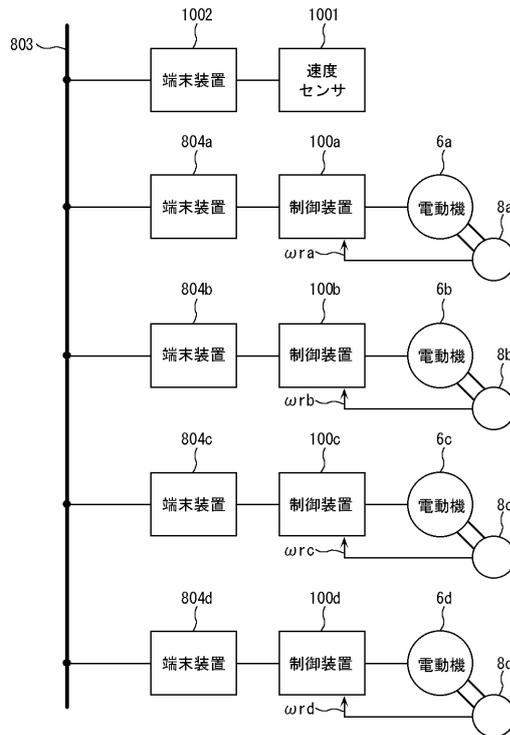
【図9】

図9



【図10】

図10



---

フロントページの続き

(72)発明者 三宅 亙

茨城県ひたちなか市市毛1070番地  
事業部水戸交通システム本部内

株式会社日立製作所交通システム

(72)発明者 嶋田 基巳

茨城県ひたちなか市市毛1070番地  
事業部水戸交通システム本部内

株式会社日立製作所交通システム

Fターム(参考) 5H115 PC02 PG01 PI03 PI24 PI29 PU08 PV07 PV09 PV23 QE14  
RB11 RB22 SE03 TB01