

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7618096号
(P7618096)

(45)発行日 令和7年1月20日(2025.1.20)

(24)登録日 令和7年1月9日(2025.1.9)

(51)国際特許分類 F I
 B 6 0 T 8/1761(2006.01) B 6 0 T 8/1761
 B 6 0 L 15/20 (2006.01) B 6 0 L 15/20 Y

請求項の数 11 (全30頁)

(21)出願番号	特願2024-505694(P2024-505694)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和4年3月8日(2022.3.8)	(74)代理人	100095407 弁理士 木村 満
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/009961	(74)代理人	100131152 弁理士 八島 耕司
(87)国際公開番号	WO2023/170779	(74)代理人	100147924 弁理士 美恵 英樹
(87)国際公開日	令和5年9月14日(2023.9.14)	(74)代理人	100148149 弁理士 渡邊 幸男
審査請求日	令和6年4月19日(2024.4.19)	(74)代理人	100181618 弁理士 宮脇 良平
早期審査対象出願		(74)代理人	100174388 弁理士 龍竹 史朗

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 空転滑走判別装置、ブレーキ制御システム、および空転滑走判別方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の車両を備える鉄道車両において前記車両ごとに設けられ、
 前記車両の複数の車軸について、前記車軸ごとに、前記車軸に取り付けられる車輪の回転速度に応じて変化する軸速度を決定する軸速度決定部と、
 前記車両における前記車軸ごとの前記軸速度および前記鉄道車両の走行時に変化する物理量に基づいて、該車両における基準軸速度を決定する基準軸速度決定部と、
 前記軸速度と前記基準軸速度との比較に基づいて、前記車輪の空転および滑走の少なくとも一方の有無を判別する判別部と、
 を備え、

前記基準軸速度決定部は、ブレーキ指令が含まれる前記鉄道車両の運転指令を取得すると、前記軸速度および前記物理量の最大値を求め、求めた最大値と前記鉄道車両が取り得る速度の最大値に応じて定められた基準軸速度の上限値の内、最小値を前記基準軸速度とする、

空転滑走判別装置。

【請求項2】

前記基準軸速度決定部は、前記車両における前記車軸ごとの前記軸速度および前記複数の車両に含まれる他の前記車両の前記車軸ごとの前記軸速度に基づいて、前記基準軸速度を決定する、

請求項1に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 3】

前記基準軸速度決定部は、ブレーキ指令が含まれない前記鉄道車両の運転指令を取得すると、前記車両における前記車軸ごとの前記軸速度および前記他の車両の前記車軸ごとの前記軸速度の内、最小値を前記基準軸速度とし、

前記判別部は、ブレーキ指令が含まれない前記鉄道車両の運転指令を取得すると、前記軸速度と前記基準軸速度との比較に基づいて、前記車輪の空転の有無を判別する、

請求項 2 に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 4】

前記基準軸速度決定部は、前記車両における前記車軸ごとの前記軸速度および前記鉄道車両の速度に基づいて、前記基準軸速度を決定する、

請求項 1 に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 5】

前記基準軸速度決定部は、ブレーキ指令が含まれない前記鉄道車両の運転指令を取得すると、前記車両における前記車軸ごとの前記軸速度および前記鉄道車両の速度の最小値を前記基準軸速度とし、

前記判別部は、ブレーキ指令が含まれない前記鉄道車両の運転指令を取得すると、前記軸速度と前記基準軸速度との比較に基づいて、前記車輪の空転の有無を判別する、

請求項 4 に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 6】

前記基準軸速度決定部は、前記基準軸速度の変化率を目標範囲内に維持しながら前記基準軸速度を決定する、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 7】

前記基準軸速度決定部は、前記基準軸速度の変化率を、前記鉄道車両の加速度に応じた前記目標範囲内に維持しながら前記基準軸速度を決定する、

請求項 6 に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 8】

前記軸速度から軸加速度を決定する軸加速度決定部をさらに備え、

前記判別部は、前記軸速度と前記基準軸速度との比較、または前記軸加速度と前記鉄道車両の加速度との比較に基づいて、前記車両の空転および滑走の少なくとも一方の有無を判別する、

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 9】

前記軸速度決定部は、前記車軸ごとに前記車輪の回転速度に基づいて、前記車輪の周速度に相当する前記軸速度を決定する、

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の空転滑走判別装置。

【請求項 10】

複数の車両を備える鉄道車両の減速度の目標値である目標減速度を示すブレーキ指令に応じて、前記車両における複数の車輪に対し、前記車輪ごとに設けられ、供給される流体の圧力に応じて摩擦材を前記鉄道車両の走行時に回転する回転体に押し付けることで該車両を減速させる機械ブレーキ装置を制御するブレーキ制御装置と、

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の空転滑走判別装置と、
を備え、

前記ブレーキ制御装置は、

前記ブレーキ指令を取得し、前記目標減速度を得るためのブレーキ力である目標ブレーキ力を決定する目標ブレーキ力決定部と、

前記機械ブレーキ装置に供給する流体の圧力の目標値である目標圧を、前記目標ブレーキ力に応じて決定する目標圧決定部と、

前記目標圧に応じて流体源から供給される流体を圧縮して、圧縮された前記流体を前記機械ブレーキ装置に供給する出力部と、

10

20

30

40

50

前記空転滑走判別装置から判別結果を取得し、前記空転滑走判別装置が備える前記判別部で少なくともいずれかの前記車輪の滑走が生じていると判別されると、滑走が生じていると判別された前記車輪に対応する前記機械ブレーキ装置が生じさせるブレーキ力を低減させる再粘着制御部と、

を備えるブレーキ制御システム。

【請求項 1 1】

複数の車両を備える鉄道車両において前記車両ごとに設けられる空転滑走判別装置が行う空転滑走判別方法であって、

前記車両の複数の車軸について、前記車軸ごとに、前記車軸に取り付けられる車輪の回転速度に応じて変化する軸速度を決定し、

前記車両における前記車軸ごとの前記軸速度および前記鉄道車両の走行時に変化する物理量に基づいて、該車両における基準軸速度を決定し、

前記軸速度と前記基準軸速度との比較に基づいて、前記車輪の空転および滑走の少なくとも一方の有無を判別し、

ブレーキ指令が含まれる前記鉄道車両の運転指令を取得すると、前記軸速度および前記物理量の最大値を求め、求めた最大値と前記鉄道車両が取り得る速度の最大値に応じて定められた基準軸速度の上限値の内、最小値を前記基準軸速度とする、

空転滑走判別方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、空転滑走判別装置、ブレーキ制御システム、および空転滑走判別方法に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道車両の走行中に車輪とレールとの間の粘着力が低下すると、車輪の空転または滑走が生じることがある。車輪の空転または滑走が生じると、鉄道車両が目標加速度に応じた速度で走行することが困難となる。そこで、空転または滑走の有無を判別し、鉄道車両の加速または減速を緩やかにすることで車輪をレールに再粘着させることが好ましい。空転または滑走の有無を判別する装置の一例であるブレーキ制御システムが特許文献 1 に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2008 - 143365 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に開示されるブレーキ制御システムは、滑走が生じると軸速度が急激に低下する性質を利用して、滑走の有無を判別する。詳細には、このブレーキ制御システムは、各車両における 4 つの車軸の軸速度の最大値を該車両の基準軸速度とし、各軸速度と基準軸速度との差が閾値以上であれば、基準軸速度との差が閾値以上である車軸に取り付けられている車輪の滑走が生じていると判別する。

【0005】

1 つの車両における 4 つの車軸全てにおいて、車軸に取り付けられている車輪の滑走が生じると、各軸速度が同様に急激に低下するため、基準軸速度も同様に急激に低下し、各軸速度と基準軸速度との差が増大しない。このため、特許文献 1 に開示されるブレーキ制御システムは、全ての車軸において、車軸に取り付けられている車輪の滑走が生じた際に滑走が生じていると判別することができない。滑走に限られず、1 つの車両における 4 つの車軸全てにおいて、車軸に取り付けられている車輪の空転が生じているときも同様の課

10

20

30

40

50

題が生じる。

【 0 0 0 6 】

本開示は上述の事情に鑑みてなされたものであり、1つの車両の全ての車軸において車軸に取り付けられている車輪の空転または滑走が生じて、車輪の空転または滑走の有無を判別可能な空転滑走判別装置、ブレーキ制御システム、空転滑走判別方法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】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するために、本開示の空転滑走判別装置は、複数の車両を備える鉄道車両において車両ごとに設けられ、軸速度決定部と、基準軸速度決定部と、判別部と、を備える。軸速度決定部は、車両の複数の車軸について、車軸ごとに、車軸に取り付けられる車輪の回転速度に応じて変化する軸速度を決定する。基準軸速度決定部は、車両における車軸ごとの軸速度および鉄道車両の走行時に変化する物理量に基づいて、該車両における基準軸速度を決定する。判別部は、軸速度と基準軸速度との比較に基づいて、車輪の空転および滑走の少なくとも一方の有無を判別する。基準軸速度決定部は、ブレーキ指令が含まれる鉄道車両の運転指令を取得すると、軸速度および物理量の最大値を求め、求めた最大値と鉄道車両が取り得る速度の最大値に応じて定められた基準軸速度の上限値の内、最小値を基準軸速度とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本開示に係る空転滑走判別装置は、軸速度および鉄道車両の走行時に変化する物理量に基づいて、基準軸速度を決定し、軸速度と基準軸速度との比較に基づいて、車両の車輪の空転または滑走の有無を判別する。このため、1つの車両の全ての車軸において、車軸に取り付けられている車輪の空転または滑走が生じて、車輪の空転または滑走の有無を判別することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図1】実施の形態1に係る空転滑走判別装置の鉄道車両への搭載例を示す図

【図2】実施の形態1に係るブレーキ制御装置のブロック図

【図3】実施の形態1に係る空転滑走判別装置のブロック図

【図4】実施の形態1に係るブレーキ制御装置および空転滑走判別装置のハードウェア構成を示す図

【図5】実施の形態1に係る空転滑走判別装置が行う滑走判別処理の一例を示すフローチャート

【図6】比較例における軸速度と基準軸速度の変化の一例を示す図

【図7】実施の形態1における軸速度と基準軸速度の変化の一例を示す図

【図8】実施の形態2に係る空転滑走判別装置の鉄道車両への搭載例を示す図

【図9】実施の形態2に係る空転滑走判別装置のブロック図

【図10】実施の形態2に係る空転滑走判別装置が行う滑走判別処理の一例を示すフローチャート

【図11】実施の形態3に係る空転滑走判別装置のブロック図

【図12】実施の形態3に係る基準軸速度決定部のブロック図

【図13】実施の形態4に係る空転滑走判別装置の鉄道車両への搭載例を示す図

【図14】実施の形態4に係る空転滑走判別装置のブロック図

【図15】実施の形態4に係る空転滑走判別装置が行う滑走判別処理の一例を示すフローチャート

【図16】実施の形態5に係る電力変換装置のブロック図

【図17】実施の形態5に係る空転滑走判別装置のブロック図

【図18】実施の形態5に係る基準軸速度決定部のブロック図

【図19】実施の形態5に係る空転滑走判別装置が行う空転滑走判別処理の一例を示すフ

10

20

30

40

50

ローチャート

【図 2 0】実施の形態 5 における軸速度と基準軸速度の変化の一例を示す図

【図 2 1】実施の形態に係る基準軸速度決定部の第 1 変形例のブロック図

【図 2 2】実施の形態に係る基準軸速度決定部の第 2 変形例のブロック図

【図 2 3】実施の形態に係るブレーキ制御装置および空転滑走判別装置のハードウェア構成の変形例を示す図

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本開示の実施の形態に係る空転滑走判別装置、ブレーキ制御システムおよび空転滑走判別方法について図面を参照して詳細に説明する。なお図中、同一または同等の部分には同一の符号を付す。

10

【0011】

(実施の形態 1)

鉄道車両の車輪とレールとの間の粘着力が低下することによって生じる車輪の空転または滑走を判別する空転滑走判別装置について、1つまたは複数の車両を備える鉄道車両に搭載される空転滑走判別装置を例にして実施の形態 1 で説明する。

【0012】

図 1 に示す鉄道車両 1 は、互いに連結されている車両 100 および車両 200 を備える。例えば、車両 100 は、図示しない電動機が搭載される電動車であって、車両 200 は、電動機が搭載されない付随車である。

20

【0013】

車両 100 には、運転員の操作に応じて運転指令を出力する主幹制御器 5、車両 100 の荷重を検出する応荷重検出器 11、および車両 100 の車輪の空転または滑走の有無を判別し、車両 100 のブレーキ制御を行うブレーキ制御システム 10 が設けられる。ブレーキ制御システム 10 は、車両 100 のブレーキ制御を行うブレーキ制御装置 12 と、車両 100 の車輪の空転または滑走の有無を判別する空転滑走判別装置 13 と、を備える。

【0014】

車両 100 の車体を支持する台車には、電動機および電動機から回転力を伝達されて回転する車軸 14a, 14b, 14c, 14d が設けられる。車軸 14a の両端に車軸 14a と一体に回転する車輪 15a が取り付けられ、車軸 14b の両端に車軸 14b と一体に回転する車輪 15b が取り付けられ、車軸 14c の両端に車軸 14c と一体に回転する車輪 15c が取り付けられ、車軸 14d の両端に車軸 14d と一体に回転する車輪 15d が取り付けられる。

30

【0015】

車両 100 には、車輪 15a, 15b, 15c, 15d の回転速度をそれぞれ検出する速度検出器 16a, 16b, 16c, 16d が設けられる。車両 100 にはさらに、機械ブレーキ装置として、車輪 15a, 15b, 15c, 15d にそれぞれ接触することでブレーキ力を生じさせる制輪子 17a, 17b, 17c, 17d、および制輪子 17a, 17b, 17c, 17d に取り付けられ、ブレーキ制御装置 12 から流体の供給を受けるブレーキシリンダ 18a, 18b, 18c, 18d が設けられる。鉄道車両 1 の走行時に回転する回転体である車輪 15a, 15b, 15c, 15d に摩擦材である制輪子 17a, 17b, 17c, 17d が押し付けられることで、車両 100 が減速する。

40

【0016】

車両 100 にはさらに、ブレーキシリンダ 18a, 18b, 18c, 18d に供給される流体を排出する滑走防止弁 19a, 19b, 19c, 19d が設けられる。

【0017】

車両 200 には、車両 200 の荷重を検出する応荷重検出器 21、および、車両 200 の車輪の空転または滑走の有無を判別し、車両 200 のブレーキ制御を行うブレーキ制御システム 20 が設けられる。ブレーキ制御システム 20 は、車両 200 のブレーキ制御を行うブレーキ制御装置 22 と、車両 200 の車輪の空転または滑走の有無を判別する空転

50

滑走判別装置 23 と、を備える。

【0018】

車両 200 の車体を支持する台車には、車軸 24 a , 24 b , 24 c , 24 d が設けられる。車軸 24 a の両端には車軸 24 a と一体に回転する車輪 25 a が取り付けられ、車軸 24 b の両端には車軸 24 b と一体に回転する車輪 25 b が取り付けられ、車軸 24 c の両端には車軸 24 c と一体に回転する車輪 25 c が取り付けられ、車軸 24 d の両端には車軸 24 d と一体に回転する車輪 25 d が取り付けられる。

【0019】

車両 200 には、車輪 25 a , 25 b , 25 c , 25 d の回転速度をそれぞれ検出する速度検出器 26 a , 26 b , 26 c , 26 d が設けられる。車両 200 にはさらに、機械
10
ブレーキ装置として、車輪 25 a , 25 b , 25 c , 25 d にそれぞれ接触することでブレーキ力を生じさせる制輪子 27 a , 27 b , 27 c , 27 d、および制輪子 27 a , 27 b , 27 c , 27 d に取り付けられ、ブレーキ制御装置 22 から流体の供給を受けるブレーキシリンダ 28 a , 28 b , 28 c , 28 d が設けられる。鉄道車両 1 の走行時に回転する回転体である車輪 25 a , 25 b , 25 c , 25 d に摩擦材である制輪子 27 a , 27 b , 27 c , 27 d が押し付けられることで、車両 200 が減速する。

【0020】

車両 200 にはさらに、ブレーキシリンダ 28 a , 28 b , 28 c , 28 d に供給される流体を排出する滑走防止弁 29 a , 29 b , 29 c , 29 d が設けられる。

【0021】

図 1 において、空気を太い実線で示し、車両 100 , 200 に設けられる各構成要素の間で送受信される電気信号の流れを実線の矢印で示す。後続の図においても同様である。

【0022】

図 1 において太い実線で示すように、図示しない流体源から供給され、ブレーキ制御装置 12 で圧縮された流体は、ブレーキシリンダ 18 a , 18 b , 18 c , 18 d に供給される。流体は、例えば、空気である。

【0023】

ブレーキシリンダ 18 a の内部の流体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 18 a のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 17 a が車輪 15 a に近づく方向または車輪 15 a から離れる方向に移動する。同様に、ブレーキシリンダ 18 b の内部の流
30
体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 18 b のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 17 b が車輪 15 b に近づく方向または車輪 15 b から離れる方向に移動する。同様に、ブレーキシリンダ 18 c の内部の流体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 18 c のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 17 c が車輪 15 b に近づく方向または車輪 15 c から離れる方向に移動する。同様に、ブレーキシリンダ 18 d の内部の流体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 18 d のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 17 d が車輪 15 d に近づく方向または車輪 15 d から離れる方向に移動する。

【0024】

制輪子 17 a , 17 b , 17 c , 17 d がそれぞれ車輪 15 a , 15 b , 15 c , 15
40
d に接触することで、車輪 15 a , 15 b , 15 c , 15 d の回転が妨げられ、ブレーキ力が生じる。

【0025】

流体源から供給され、ブレーキ制御装置 22 で圧縮された流体は、ブレーキシリンダ 28 a , 28 b , 28 c , 28 d に供給される。ブレーキシリンダ 28 a の内部の流体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 28 a のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 27 a が車輪 25 a に近づく方向または車輪 25 a から離れる方向に移動する。同様に、ブレーキシリンダ 28 b の内部の流体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 28 b
50
のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 27 b が車輪 25 b に近づく方向または車輪 25 b から離れる方向に移動する。同様に、ブレーキシリンダ 28 c の内

部の流体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 28c のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 27c が車輪 25b に近づく方向または車輪 25c から離れる方向に移動する。同様に、ブレーキシリンダ 28d の内部の流体の圧力に応じて、ブレーキシリンダ 28d のピストンが摺動し、ピストンに取り付けられている制輪子 27d が車輪 25d に近づく方向または車輪 25d から離れる方向に移動する。

【0026】

制輪子 27a, 27b, 27c, 27d がそれぞれ車輪 25a, 25b, 25c, 25d に接触することで、車輪 25a, 25b, 25c, 25d の回転が妨げられ、ブレーキ力が生じる。

【0027】

主幹制御器 5 は、例えば運転台に設けられ、運転員の操作に応じて運転指令をブレーキ制御装置 12, 22 および空転滑走判別装置 13, 23 に出力する。運転指令は、鉄道車両 1 の加速を指示する力行指令、鉄道車両 1 の減速を指示するブレーキ指令、および鉄道車両 1 の惰行運転を指示する惰行指令のいずれかを含む。

【0028】

応荷重検出器 11 は、車両 100 の車体を支持する台車に取り付けられる空気ばねの圧力の変化から、車両 100 の荷重を検出し、検出した車両 100 の荷重をブレーキ制御装置 12 に送る。同様に、応荷重検出器 21 は、車両 200 の車体を支持する台車に取り付けられる空気ばねの圧力の変化から、車両 200 の荷重を検出し、検出した車両 200 の荷重をブレーキ制御装置 22 に送る。

【0029】

ブレーキ制御装置 12, 22 の構成は同じであるため、ブレーキ制御装置 12 について図 2 を用いて説明する。ブレーキ制御装置 12 は、車両 100 のブレーキ力の目標値である目標ブレーキ力を決定する目標ブレーキ力決定部 41 と、目標ブレーキ力に応じてブレーキシリンダ 18a, 18b, 18c, 18d の内部の流体の圧力の目標値である目標圧を決定する目標圧決定部 42 と、を備える。ブレーキ制御装置 12 はさらに、目標圧に応じて流体源 81 から供給される流体を圧縮し、圧縮した空気を、滑走防止弁 19a, 19b, 19c, 19d を介してブレーキシリンダ 18a, 18b, 18c, 18d に供給する出力部 43 と、を備える。

【0030】

ブレーキ制御装置 12 はさらに、出力部 43 が出力する流体の圧力の値を測定する圧力センサ 44 と、空転滑走判別装置 13 の判別結果に応じて、滑走防止弁 19a, 19b, 19c, 19d の開度を調節する再粘着制御部 47 と、を備える。

【0031】

目標ブレーキ力決定部 41 は、主幹制御器 5 から取得した運転指令にブレーキ指令が含まれる場合、ブレーキ指令が示す目標減速度および応荷重検出器 11 から取得した車両 100 の荷重に応じて、目標ブレーキ力を決定する。詳細には、目標ブレーキ力決定部 41 は、目標減速度に車両 100 の荷重を乗算することで得られる値を目標ブレーキ力として、目標圧決定部 42 に出力する。

【0032】

目標圧決定部 42 は、制輪子 17a, 17b, 17c, 17d と車輪 15a, 15b, 15c, 15d との接触面の摩擦係数および目標ブレーキ力から、制輪子 17a, 17b, 17c, 17d を車輪 15a, 15b, 15c, 15d にそれぞれ押し付ける力の目標値である目標押付力を決定する。目標圧決定部 42 は、制輪子 17a, 17b, 17c, 17d と車輪 15a, 15b, 15c, 15d との接触面の摩擦係数についての情報を予め保持しているものとする。目標圧決定部 42 は、目標押付力を得るためのブレーキシリンダ 18a, 18b, 18c, 18d の内部の流体の圧力の目標値である目標圧を決定する。

【0033】

詳細には、目標圧決定部 42 は、目標押付力をブレーキシリンダ 18a, 18b, 18

10

20

30

40

50

c, 18dが有するピストンの摺動方向に直交する面の面積値で除算することで得られる値を目標圧として用いる。目標圧決定部42は、上記演算によって得られた目標圧を、圧力センサ44の測定値に基づいて調節するフィードバック制御を行う。目標圧決定部42は、調整した目標圧を出力部43に送る。

【0034】

出力部43は、目標圧に応じて、流体源81から供給される流体の圧力を調節し、出力する電空変換弁45と、電空変換弁45の出力に応じて流体源81から供給される流体を圧縮し、圧縮した流体を出力する中継弁46と、を備える。電空変換弁45は、目標圧決定部42から送られた電気信号が示す目標圧に応じて、流体源81から供給される流体の圧力を調節し、圧力を調節した流体を中継弁46に出力する。中継弁46は、電空変換弁45が出力する流体の圧力を指令圧として、流体源81から供給される流体を圧縮し、圧縮した流体を、滑走防止弁19a, 19b, 19c, 19dを介してブレーキシリンダ18a, 18b, 18c, 18dに供給する。

10

【0035】

再粘着制御部47は、空転滑走判別装置13の判別結果に応じて、滑走防止弁19a, 19b, 19c, 19dの開度を調節する。詳細には、再粘着制御部47は、空転滑走判別装置13において滑走が生じていると判別された車輪15a, 15b, 15c, 15dに対応する滑走防止弁19a, 19b, 19c, 19dを開く。例えば、空転滑走判別装置13において車輪15aの滑走が生じていると判別されると、再粘着制御部47は、車輪15aの回転を妨げる制輪子17aが取り付けられているブレーキシリンダ18aの内部の流体を排出する滑走防止弁19aを開く。滑走防止弁19aが開かれることで、ブレーキシリンダ18aの内部の流体が排出され、ブレーキシリンダ18aの内部の流体の圧力が減少する。この結果、車輪15aに生じるブレーキ力が低減し、車輪15aがレールに再粘着する。

20

【0036】

空転滑走判別装置13, 23の構成は同様であるため、滑走の有無を判別する空転滑走判別装置13について図3を用いて説明する。空転滑走判別装置13は、車両100の車軸14a, 14b, 14c, 14dごとに軸速度を決定する軸速度決定部51と、基準軸速度を決定する基準軸速度決定部52と、軸速度と基準軸速度との比較に基づいて、車輪15a, 15b, 15c, 15dの滑走の有無を判別する判別部53と、を備える。

30

【0037】

軸速度決定部51は、車軸14a, 14b, 14c, 14dのそれぞれの両端に取り付けられる車輪15a, 15b, 15c, 15dの回転速度に応じて変化する軸速度を決定する。実施の形態1において、軸速度として、車輪15a, 15b, 15c, 15dの周速度が用いられる。

【0038】

詳細には、軸速度決定部51は、車軸14a, 14b, 14c, 14dにそれぞれ隣接した位置に設けられる速度検出器16a, 16b, 16c, 16dから車軸14a, 14b, 14c, 14dの回転速度の測定値を取得する。

【0039】

速度検出器16a, 16b, 16c, 16dはそれぞれ、車軸14a, 14b, 14c, 14dの回転速度を検出する速度発電機を有する。各速度発電機は、車軸14a, 14b, 14c, 14dの回転速度に比例して周波数が変化するセンサ信号を出力する。速度検出器16a, 16b, 16c, 16dは、速度発電機が出力するセンサ信号から車軸14a, 14b, 14c, 14dの回転速度を決定し、決定した車軸14a, 14b, 14c, 14dの回転速度を空転滑走判別装置13が備える軸速度決定部51に出力する。

40

【0040】

車軸14aと車軸14aに取り付けられる車輪15aは一体に回転するため、速度検出器16aから取得した車軸14aの回転速度は、車輪15aの回転速度に一致するとみなせる。同様に、車軸14bと車軸14bに取り付けられる車輪15bは一体に回転するた

50

め、速度検出器 1 6 b から取得した車軸 1 4 b の回転速度は、車輪 1 5 b の回転速度に一致するとみなせる。同様に、車軸 1 4 c と車輪 1 5 c は一体に回転するため、速度検出器 1 6 c から取得した車軸 1 4 c の回転速度は、車輪 1 5 c の回転速度に一致するとみなせる。同様に、車軸 1 4 d と車輪 1 5 d は一体に回転するため、速度検出器 1 6 d から取得した車軸 1 4 d の回転速度は、車輪 1 5 d の回転速度に一致するとみなせる。

【 0 0 4 1 】

軸速度決定部 5 1 は、速度検出器 1 6 a , 1 6 b , 1 6 c , 1 6 d から取得した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の回転速度から車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の周速度を求め、車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の周速度をそれぞれ、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度として基準軸速度決定部 5 2 および判別部 5 3 に出力する。

10

【 0 0 4 2 】

基準軸速度決定部 5 2 は、軸速度および鉄道車両 1 の走行時に変化する物理量に基づいて、基準軸速度を決定する。鉄道車両 1 の走行時に変化する物理量は、車両 1 0 0 における空転または滑走時に車両 1 0 0 の軸速度とは異なる変化をする物理量である。例えば、基準軸速度決定部 5 2 は、鉄道車両 1 の走行時に変化する物理量として、他の車両 2 0 0 の軸速度、すなわち、車軸 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d の軸速度を用いる。

【 0 0 4 3 】

具体的には、基準軸速度決定部 5 2 は、軸速度決定部 5 1 から取得した軸速度および空転滑走判別装置 2 3 が有する基準軸速度決定部から取得した基準軸速度の内、最大値を基準軸速度として判別部 5 3 および空転滑走判別装置 2 3 に出力する。空転滑走判別装置 1 3 の滑走判別処理の開始直後は、基準軸速度決定部 5 2 は、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度の最大値を判別部 5 3 および空転滑走判別装置 2 3 に出力する。

20

【 0 0 4 4 】

判別部 5 3 は、軸速度決定部 5 1 から取得した各軸速度と基準軸速度との比較に基づいて、車輪の滑走を判別する。詳細には、判別部 5 3 は、軸速度決定部 5 1 から取得した各軸速度と基準軸速度との速度差を算出し、各速度差が第 1 閾値以上であるか否かを判別する。各速度差は、各軸速度と基準軸速度との差分の絶対値を示す。第 1 閾値は、例えば鉄道車両 1 の試験走行またはシミュレーションによって、滑走時に生じ得る軸速度と基準軸速度との差に応じて定められる。いずれかの速度差が第 1 閾値以上となると、軸速度が基準軸速度より十分に遅く、滑走が生じているとみなすことができる。各速度差が第 1 閾値未満であれば、車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d のいずれにおいても滑走が生じていないとみなすことができる。

30

【 0 0 4 5 】

判別部 5 3 は、上述の判別結果をブレーキ制御装置 1 2 に送る。例えば、判別部 5 3 は、基準軸速度との速度差が第 1 閾値以上となる軸速度に対応する車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d についての情報をブレーキ制御装置 1 2 に送る。

【 0 0 4 6 】

上記構成を有するブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 の制御部分および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 のハードウェア構成を図 4 に示す。ブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 は、プロセッサ 9 1 と、メモリ 9 2 と、インターフェース 9 3 と、を備える。プロセッサ 9 1、メモリ 9 2、およびインターフェース 9 3 は互いにバス 9 0 で接続されている。ブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 の各部の機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアおよびファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ 9 2 に格納される。プロセッサ 9 1 が、メモリ 9 2 に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、上述の各部の機能が実現される。すなわち、メモリ 9 2 には、ブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 の各部の処理を実行するためのプログラムが格納される。

40

【 0 0 4 7 】

50

メモリ 9 2 は、例えば、R A M (Random Access Memory)、R O M (Read-Only Memory)、フラッシュメモリ、E P R O M (Erasable Programmable Read Only Memory)、E E P R O M (Electrically Erasable and Programmable Read-Only Memory) 等の不揮発性また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、D V D (Digital Versatile Disc) 等を含む。

【 0 0 4 8 】

ブレーキ制御装置 1 2 は、インターフェース 9 3 を介して、主幹制御器 5、応荷重検出器 1 1、空転滑走判別装置 1 3、および滑走防止弁 1 9 a, 1 9 b, 1 9 c, 1 9 d に接続される。ブレーキ制御装置 2 2 は、インターフェース 9 3 を介して、主幹制御器 5、応荷重検出器 2 1、空転滑走判別装置 2 3、および滑走防止弁 2 9 a, 2 9 b, 2 9 c, 2 9 d に接続される。空転滑走判別装置 1 3 は、インターフェース 9 3 を介して、主幹制御器 5、空転滑走判別装置 2 3、および速度検出器 1 6 a, 1 6 b, 1 6 c, 1 6 d に接続される。空転滑走判別装置 2 3 は、インターフェース 9 3 を介して、主幹制御器 5、空転滑走判別装置 1 3、および速度検出器 2 6 a, 2 6 b, 2 6 c, 2 6 d に接続される。インターフェース 9 3 は、接続先に応じて、1 つまたは複数の規格に準拠したインターフェースモジュールを有する。

10

【 0 0 4 9 】

上記構成を有する空転滑走判別装置 1 3, 2 3 が行う滑走判別処理は同様であるため、空転滑走判別装置 1 3 が行う滑走判別処理について図 5 を用いて説明する。空転滑走判別装置 1 3 は、主幹制御器 5 から運転指令を取得すると、図 5 に示す処理を開始する。取得した運転指令がブレーキ指令を含まない場合 (ステップ S 1 1 ; N o)、ステップ S 1 1 の処理が繰り返される。

20

【 0 0 5 0 】

運転指令がブレーキ指令を含む場合 (ステップ S 1 1 ; Y e s)、軸速度決定部 5 1 は、速度検出器 1 6 a, 1 6 b, 1 6 c, 1 6 d の測定値から、車軸 1 4 a, 1 4 b, 1 4 c, 1 4 d のそれぞれについて軸速度を決定する (ステップ S 1 2)。基準軸速度決定部 5 2 は、ステップ S 1 2 で決定された各軸速度および空転滑走判別装置 2 3 から取得した基準軸速度の内、最大値を基準軸速度と決定する (ステップ S 1 3)。

【 0 0 5 1 】

判別部 5 3 は、ステップ S 1 2 で決定された各軸速度とステップ S 1 3 で決定された基準軸速度との速度差を算出する (ステップ S 1 4)。ステップ S 1 4 で算出された速度差がいずれも第 1 閾値未満であれば (ステップ S 1 5 ; N o)、ステップ S 1 1 から上述の処理が繰り返される。

30

【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 4 で算出された速度差の少なくともいずれかが第 1 閾値以上であれば (ステップ S 1 5 ; Y e s)、判別部 5 3 は基準軸速度との速度差が第 1 閾値以上となる軸速度に対応する車軸 1 4 a, 1 4 b, 1 4 c, 1 4 d についての情報、換言すれば、滑走が生じている車輪 1 5 a, 1 5 b, 1 5 c, 1 5 d が取り付けられている車軸 1 4 a, 1 4 b, 1 4 c, 1 4 d を示す情報をブレーキ制御装置 1 2 へ出力する (ステップ S 1 6)。ステップ S 1 6 の処理が終了すると、ステップ S 1 1 から上述の処理が繰り返される。

40

【 0 0 5 3 】

1 つの車両における軸速度のみに基づく基準軸速度を用い、各軸速度と基準軸速度との速度差が閾値以上であるか否かに基づいて車輪の滑走の有無を判別する比較例における基準軸速度と軸速度との変化例を図 6 に示す。図 6 において、軸速度の変化を実線で示し、基準軸速度の変化を点線で示す。図 6 において、横軸は時間を示し、縦軸は速度を示す。ブレーキ制御が開始される時刻を T 1 とする。時刻 T 1 以降、軸速度および基準軸速度は目標減速度に従って一定の割合で減少する。

【 0 0 5 4 】

1 つの車両の全ての車輪において滑走が生じる時刻を T 2 とする。時刻 T 2 において、

50

各軸速度が大きく減少し始める。上述のように、比較例においては、基準軸速度は1つの車両における軸速度のみに基づくため、全ての車輪において滑走が生じると、基準軸速度は、各軸速度と同様に、急激に低下する。このため、基準軸速度と軸速度との速度差が増大せず、比較例においては、全ての車輪において滑走が生じていても、誤って滑走が生じていないと判別してしまう。

【0055】

車輪15a, 15b, 15c, 15dの全てにおいて滑走が生じ、車輪25a, 25b, 25c, 25dのいずれにおいても滑走が生じていない場合を例にして、車両100における軸速度と基準軸速度の変化を図7に示す。図7において、軸速度の変化を実線で示し、基準軸速度の変化を点線で示す。図7において、横軸は時間を示し、縦軸は速度を示す。ブレーキ制御が開始される時刻をT1とする。時刻T1において主幹制御器5が制御されることで、主幹制御器5は、ブレーキ指令を含む運転指令を空転滑走判別装置13, 23に送る。時刻T1以降、軸速度および基準軸速度は目標減速度に従って一定の割合で減少する。

10

【0056】

車輪15a, 15b, 15c, 15dの全てにおいて滑走が生じる時刻をT2とする。時刻T2において、車軸14a, 14b, 14c, 14dの全ての軸速度が大きく減少し始める。時刻T2以降も、車輪25a, 25b, 25c, 25dにおいては滑走が生じていないため、空転滑走判別装置13が空転滑走判別装置23から取得する基準軸速度は、目標減速度に従って一定の割合で減少する。このため、車軸14a, 14b, 14c, 14dの全ての軸速度が大きく減少しても、空転滑走判別装置13が備える基準軸速度決定部52が出力する基準軸速度は、車軸14a, 14b, 14c, 14dの軸速度のように大きく減少することなく、一定の割合で減少する。

20

【0057】

例えば、車軸14a, 14b, 14c, 14dの各軸速度と基準軸速度との速度差が第1閾値に到達する時刻をT3とする。時刻T3において、車軸14a, 14b, 14c, 14dの各軸速度と基準軸速度との速度差が第1閾値以上となるため、空転滑走判別装置13が備える判別部53は、車軸14a, 14b, 14c, 14dにそれぞれ取り付けられている車輪15a, 15b, 15c, 15dで滑走が生じていることを示す判別結果をブレーキ制御装置12に送る。

30

【0058】

ブレーキ制御装置12は、空転滑走判別装置13から上述の判別結果を取得すると、滑走防止弁19a, 19b, 19c, 19dを開いて、ブレーキシリンダ18a, 18b, 18c, 18dの内部の流体を排出する。この結果、ブレーキシリンダ18a, 18b, 18c, 18dの内部の流体の圧力が減少し、制輪子17a, 17b, 17c, 17dを車輪15a, 15b, 15c, 15dに押し付ける力である押付力が減少する。押付力が減少する、換言すれば、ブレーキが緩められると、車軸14a, 14b, 14c, 14dの各軸速度と基準軸速度との速度差が減少し始める。その後、車軸14a, 14b, 14c, 14dの各軸速度と基準軸速度との速度差が0となり、車輪15a, 15b, 15c, 15dはレールに再粘着する時刻をT4とする。

40

【0059】

以上説明した通り、実施の形態1に係る空転滑走判別装置13は、車両100の車軸14a, 14b, 14c, 14dの軸速度および他の車両200の車軸24a, 24b, 24c, 24dの軸速度に基づく基準軸速度に基づいて基準軸速度を決定する。このため、車両100の車軸14a, 14b, 14c, 14dに取り付けられる車輪15a, 15b, 15c, 15dの全てにおいて滑走が生じていても、基準軸速度は、車軸14a, 14b, 14c, 14dの各軸速度のように急激に減少することがないため、各軸速度と基準軸速度との速度差に基づいて、滑走の有無を判別することが可能となる。同様に、空転滑走判別装置23は、車両200の車軸24a, 24b, 24c, 24dに取り付けられる車輪25a, 25b, 25c, 25dの全てにおいて滑走が生じていても、滑走の有無を判別すること

50

が可能となる。

【 0 0 6 0 】

(実施の形態 2)

基準軸速度の決定方法は、軸速度および鉄道車両の走行時に変化する物理量に基づいて決定する方法であれば、上述の例に限られない。実施の形態 1 とは異なる方法で基準軸速度を決定する空転滑走判別装置について実施の形態 1 と異なる点を中心に実施の形態 2 で説明する。

【 0 0 6 1 】

図 8 に示す鉄道車両 2 は、車両 1 0 0 を備える。車両 1 0 0 には、車両 1 0 0 の車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の滑走の有無を判別する空転滑走判別装置 3 1、および車両 1 0 0 の加速度を検出する加速度検出器 8 2 が設けられている。

10

【 0 0 6 2 】

加速度検出器 8 2 は、車両 1 0 0 の加速度を測定し、測定値を示すデータを空転滑走判別装置 3 1 に送る。車両 1 0 0 が加速中のときは、測定値は正数であり、車両 1 0 0 が減速中のときは、測定値は負数である。

【 0 0 6 3 】

図 9 に示す空転滑走判別装置 3 1 は、加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値から車両 1 0 0 の速度を決定する車両速度決定部 5 4 と、軸速度決定部 5 1 が決定した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度と鉄道車両 2 の速度に基づいて、基準軸速度を決定する基準軸速度決定部 5 5 と、を備える。上記構成を有する空転滑走判別装置 3 1 のハードウェア構成は、実施の形態 1 と同様である。

20

【 0 0 6 4 】

車両速度決定部 5 4 は、主幹制御器 5 から運転指令を取得すると、加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値を積分することを繰り返し、積分値を車両 1 0 0 の速度として基準軸速度決定部 5 5 に出力する。車両 1 0 0 の速度は、車両 1 0 0 を備える鉄道車両 2 の速度に一致するとみなすことができる。

【 0 0 6 5 】

基準軸速度決定部 5 5 は、軸速度決定部 5 1 が決定した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度と車両速度決定部 5 4 が決定した車両 1 0 0 の速度に基づいて、基準軸速度を決定する。詳細には、基準軸速度決定部 5 5 は、軸速度決定部 5 1 が決定した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度と車両速度決定部 5 4 が決定した車両 1 0 0 の速度の内、最大値を基準軸速度として判別部 5 3 に出力する。

30

【 0 0 6 6 】

上記構成を有する空転滑走判別装置 3 1 が行う滑走判別処理について図 1 0 を用いて説明する。空転滑走判別装置 3 1 は、主幹制御器 5 から運転指令を取得すると、図 1 0 に示す処理を開始する。車両速度決定部 5 4 は、加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値から車両 1 0 0 の速度を決定する(ステップ S 2 1)。ステップ S 1 1 , 1 2 の処理は、図 5 に示す空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 が行う処理と同様である。図 1 0 に示すように、取得した運転指令がブレーキ指令を含まない場合(ステップ S 1 1 ; No)、ステップ S 2 1 から上述の処理が繰り返される。

40

【 0 0 6 7 】

ステップ S 1 2 の処理の後、基準軸速度決定部 5 5 は、ステップ S 1 2 で決定された各軸速度およびステップ S 2 1 で決定された車両 1 0 0 の速度の内、最大値を基準軸速度として決定する(ステップ S 2 2)。後続のステップ S 1 4 から S 1 6 の処理は、図 5 に示す空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 が行う処理と同様である。

【 0 0 6 8 】

車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の全てにおいて滑走が生じても、車両 1 0 0 の速度は、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度のように急激に減少することはない。例えば、鉄道車両 2 が平坦な区間を走行していて、車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の全てにおいて滑走が生じると、鉄道車両 2 の速度は徐々に減少するため、基準軸速

50

度決定部 5 5 が出力する基準軸速度は徐々に減少する。このため、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度と基準軸速度とを比較することで、滑走を判別することが可能となる。

【 0 0 6 9 】

以上説明した通り、実施の形態 2 に係る空転滑走判別装置 3 1 は、車両 1 0 0 の車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度および車両 1 0 0 の速度に基づいて基準軸速度を決定する。このため、車両 1 0 0 の車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d に取り付けられる車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の全てにおいて滑走が生じても、基準軸速度は、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度のように急激に減少することがないため、各軸速度と基準軸速度との速度差に基づいて、滑走の有無を判別することが可能となる。

10

【 0 0 7 0 】

(実施の形態 3)

基準軸速度の決定方法は、軸速度および鉄道車両の走行時に変化する物理量に基づいて決定する方法であれば、上述の例に限られない。実施の形態 1 , 2 とは異なる方法で基準軸速度を決定する空転滑走判別装置について実施の形態 1 , 2 と異なる点を中心に実施の形態 3 で説明する。

【 0 0 7 1 】

図 1 1 に示す実施の形態 3 に係る空転滑走判別装置 3 2 は、実施の形態 2 に係る空転滑走判別装置 3 1 と同様に車両 1 0 0 に搭載される。空転滑走判別装置 3 2 は、軸速度決定部 5 1 が決定した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度と鉄道車両 1 の加速度に基づいて、基準軸速度を決定する基準軸速度決定部 5 6 を備える。上記構成を有する空転滑走判別装置 3 2 のハードウェア構成は、実施の形態 1 と同様である。

20

【 0 0 7 2 】

基準軸速度決定部 5 6 は、基準軸速度の変化率を目標範囲内に維持しながら基準軸速度を決定する。詳細には、基準軸速度決定部 5 6 は、基準軸速度の変化率を鉄道車両 1 の加速度に応じた目標範囲内に維持しながら基準軸速度を決定する。車両 1 0 0 の加速度は、鉄道車両 2 の加速度とみなすことができるため、基準軸速度決定部 5 6 は、基準軸速度の変化率を加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値に応じた目標範囲内に維持しながら基準軸速度を決定する。

30

【 0 0 7 3 】

図 1 2 に示すように、基準軸速度決定部 5 6 は、軸速度の最大値を出力する最大値出力部 7 0 と、加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度を演算周期ごとの車両 1 0 0 の速度の変化量に換算する加速度換算部 7 1 と、を備える。演算周期は、基準軸速度決定部 5 6 が基準軸速度の決定処理を繰り返す間隔であって、基準軸速度の決定処理に要する時間に応じて定められ、例えば 1 秒である。

【 0 0 7 4 】

基準軸速度決定部 5 6 は、直前の基準軸速度に加速度換算部 7 1 の出力値を加算する加算器 7 2 と、最大値出力部 7 0 の出力値および加算器 7 2 の出力値の内、最大値を出力する最大値出力部 7 3 と、を備える。

40

【 0 0 7 5 】

最大値出力部 7 0 は、軸速度決定部 5 1 から取得した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度の内、最大値を最大値出力部 7 3 に出力する。

【 0 0 7 6 】

加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値が 1 秒間あたりの鉄道車両 1 の速度変化 (単位 : k m / h / s) を示し、基準軸速度決定部 5 6 の演算周期が 1 秒であれば、加速度換算部 7 1 は、加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値を演算周期での車両 1 0 0 の速度の変化量 (単位 : k m / h) として加算器 7 2 に出力する。

【 0 0 7 7 】

50

加算器 7 2 は、最大値出力部 7 3 が出力する直前の基準軸速度（単位：k m / h）に加速度換算部 7 1 の出力値（単位：k m / h）を加算する。加算器 7 2 の出力値は、滑走が生じていないときに車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度が取り得る値に相当する。

【 0 0 7 8 】

最大値出力部 7 3 は、最大値出力部 7 0 の出力値および加算器 7 2 の出力値の内、最大値を出力する。車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d に取り付けられる車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の全てにおいて滑走が生じると、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度は同様に急激に減少する。この結果、最大値出力部 7 0 の出力値は急激に減少し、加算器 7 2 の出力値に比べて小さくなる。このため、最大値出力部 7 3 は、加算器 7 2 の出力値を基準軸速度として判別部 5 3 に出力する。

10

【 0 0 7 9 】

車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の全てにおいて滑走が生じても、基準軸速度決定部 5 6 が出力する基準軸速度は、滑走が生じていないときに車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度が取り得る値に相当するため、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度と基準軸速度との速度差に基づいて判別部 5 3 で滑走の有無を判別することが可能となる。

【 0 0 8 0 】

以上説明した通り、実施の形態 3 に係る空転滑走判別装置 3 2 は、基準軸速度の変化率を目標範囲内、具体的には、車両 1 0 0 の加速度に応じた目標範囲内に維持しながら基準軸速度を変化させる。このため、車両 1 0 0 の車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d に取り付けられる車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の全てにおいて滑走が生じても、基準軸速度は、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d 各軸速度のように急激に減少することがないため、各軸速度と基準軸速度との速度差に基づいて、滑走の有無を判別することが可能となる。

20

【 0 0 8 1 】

（実施の形態 4）

滑走または滑走の有無を判別する際に、軸速度と基準軸速度との比較に加え、鉄道車両の加速度に基づいて、車両の空転または滑走の有無を判別してもよい。実施の形態 1 - 3 とは異なる方法で滑走の有無を判別する空転滑走判別装置について実施の形態 1 と異なる点を中心に実施の形態 4 で説明する。

30

【 0 0 8 2 】

図 1 3 に示す車両 1 0 0 には、空転滑走判別装置 3 3 が設けられ、車両 2 0 0 には空転滑走判別装置 3 4 が設けられる。車両 1 0 0 には加速度検出器 8 2 が設けられる。加速度検出器 8 2 は、車両 1 0 0 の加速度の測定値を示すデータを空転滑走判別装置 3 3 , 3 4 に送る。車両 1 0 0 の加速度は、車両 1 0 0 , 2 0 0 を備える鉄道車両 1 の加速度とみなすことができる。

【 0 0 8 3 】

空転滑走判別装置 3 3 , 3 4 の構成は同じであるため、空転滑走判別装置 3 3 の構成について以下に説明する。図 1 4 に示す空転滑走判別装置 3 3 は、車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d の周加速度である軸加速度を決定する軸加速度決定部 5 7 と、各軸加速度と鉄道車両 1 の加速度との加速度差を決定する加速度差算出部 5 8 と、各軸速度と基準軸速度との比較、または各軸加速度と鉄道車両 1 の加速度との比較に基づいて、車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d における滑走の有無を判別する判別部 5 9 と、を備える。上記構成を有する空転滑走判別装置 3 3 , 3 4 のハードウェア構成は、実施の形態 1 と同様である。

40

【 0 0 8 4 】

軸加速度決定部 5 7 は、軸速度決定部 5 1 から取得した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度の単位時間での変化量から、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸加速度（単位：k m / h / s）を決定し、加速度差算出部 5 8 に出力する。

50

【 0 0 8 5 】

加速度差算出部 5 8 は、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸加速度と加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値との加速度差を算出し、判別部 5 9 に出力する。各加速度差は、各軸加速度と車両 1 0 0 の加速度の測定値との差分の絶対値を示す。

【 0 0 8 6 】

判別部 5 9 は、各軸速度と基準軸速度との速度差または各加速度差から滑走の有無を判別する。各軸速度と基準軸速度との速度差に基づく判別は、実施の形態 1 と同様である。詳細には、判別部 5 9 は、実施の形態 1 と同様に、各軸速度と基準軸速度との速度差が第 1 閾値以上であるか否かを判別する。速度差が第 1 閾値以上となると、軸速度が基準軸速度より十分に遅く、滑走が生じているとみなすことができる。

10

【 0 0 8 7 】

各加速度差に基づく滑走の有無の判別について説明する。判別部 5 9 は、加速度差算出部 5 8 から取得した各加速度差が第 2 閾値以上であるか否かを判別する。第 2 閾値は、例えば鉄道車両 1 の試験走行またはシミュレーションによって、滑走時に生じ得る軸加速度と鉄道車両 1 の加速度との差に応じて定められる。加速度差が第 2 閾値以上となると、軸加速度が車両 1 0 0 の加速度より十分に遅く、滑走が生じているとみなすことができる。

【 0 0 8 8 】

上記構成を有する空転滑走判別装置 3 3 , 3 4 が行う滑走判別処理は同様であるため、空転滑走判別装置 3 3 が行う滑走判別処理について図 1 5 を用いて説明する。空転滑走判別装置 3 3 は、主幹制御器 5 から運転指令を取得すると、図 1 5 に示す処理を開始する。ステップ S 1 1 , S 1 2 は、図 5 に示す実施の形態 1 に係る空転滑走判別装置 1 3 が行う処理と同様である。

20

【 0 0 8 9 】

軸加速度決定部 5 7 は、ステップ S 1 2 で決定された軸速度から軸加速度を決定する（ステップ S 3 1）。加速度差算出部 5 8 は、ステップ S 3 1 で決定された各軸加速度と加速度検出器 8 2 から取得した車両 1 0 0 の加速度の測定値から加速度差を算出する（ステップ S 3 2）。判別部 5 9 は、ステップ S 3 2 で求められた加速度差が第 2 閾値以上であるか否かを判別する。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 3 2 で算出された加速度差の少なくともいずれかが第 2 閾値以上であれば（ステップ S 3 3 ; Y e s）、判別部 5 9 は、車両 1 0 0 の加速度との加速度差が第 2 閾値以上となる軸加速度に対応する車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d についての情報、換言すれば、滑走が生じている車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d が取り付けられている車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d を示す情報をブレーキ制御装置 1 2 に出力する（ステップ S 3 4）。ステップ S 3 4 の処理が完了すると、ステップ S 1 1 から上述の処理が繰り返される。

30

【 0 0 9 1 】

ステップ S 3 2 で算出された加速度差がいずれも第 2 閾値未満であれば（ステップ S 3 3 ; N o）、ステップ S 3 4 の処理は行われず、ステップ S 1 1 から上述の処理が繰り返される。

40

【 0 0 9 2 】

上述のステップ S 3 1 から S 3 4 までの処理と並列に、ステップ S 1 3 から S 1 6 の処理が行われる。ステップ S 1 3 から S 1 6 までの処理は、図 5 に示す実施の形態 1 に係る空転滑走判別装置 1 3 が行う処理と同様である。

【 0 0 9 3 】

以上説明した通り、実施の形態 4 に係る空転滑走判別装置 3 3 は、車両 1 0 0 の車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸速度と車両 2 0 0 の車軸 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d の軸速度に基づく基準軸速度との比較に加えて、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の各軸加速度と車両 1 0 0 の加速度との比較に基づいて、滑走の有無を判別する。

50

【 0 0 9 4 】

空転滑走判別装置 3 3 は、加速度差が第 2 閾値以上であるとき、または、速度差が第 1 閾値以上であるときに、滑走が生じていると判別することができる。このため、実施の形態 1 - 3 に比べて、より速く、精度よく、滑走の有無を判別することができる。

【 0 0 9 5 】

(実施の形態 5)

上述の空転滑走判別装置は、滑走の有無だけでなく、空転の有無を判別することができる。空転および滑走の有無を判別する空転滑走判別装置について、実施の形態 1 と異なる点を中心に実施の形態 5 で説明する。

【 0 0 9 6 】

車両 1 0 0 は、鉄道車両 1 の駆動装置として、図 1 6 に示す電力変換装置 8 3 と、電力変換装置 8 3 から電力の供給を受けて駆動されると鉄道車両 1 の推進力を生じさせる電動機 8 7 と、空転および滑走の有無を判別する空転滑走判別装置 3 5 と、を備える。

【 0 0 9 7 】

電力変換装置 8 3 は、例えば、直流き電方式の鉄道車両 1 に搭載され、図示しない電源から供給される直流電力を三相交流電力に変換して負荷機器に供給する直流 - 三相変換装置である。電力変換装置 8 3 は、電源に接続される入力端子 8 3 a と、接地される入力端子 8 3 b と、を備える。電力変換装置 8 3 はさらに、電源から供給された直流電力を三相交流電力に変換し、三相交流電力を電動機 8 7 に供給する電力変換回路 8 4 と、電力変換回路 8 4 が出力する相電流を測定する電流検出回路 8 5 と、電力変換回路 8 4 を制御する電力変換回路制御部 8 6 と、を備える。電力変換装置 8 3 はさらに、入力端子 8 3 a , 8 3 b の間に直列に接続されて設けられているリアクトル L 1 およびコンデンサ C 1 を備える。上記構成を有する電力変換装置 8 3 は、電動車である車両 1 0 0 の車体の床下に取り付けられる。

【 0 0 9 8 】

入力端子 8 3 a は、図示しない接触器、遮断器等を介して、電源、具体的には、変電所から電力供給線を介して供給される電力を取得する集電装置に電氣的に接続される。例えば、集電装置は、電力供給線の一例である架線を介して電力を取得するパンタグラフ、または、電力供給線の一例である第三軌条を介して電力を取得する集電靴等である。入力端子 8 3 b は、図示しない接地リング、接地ブラシ、車輪等を介して接地される。

【 0 0 9 9 】

電力変換回路 8 4 は、例えば、出力される交流電力の実効電圧と周波数とが可変であるインバータで形成される。電力変換回路 8 4 は、複数のスイッチング素子を有し、各スイッチング素子のスイッチング動作は、電力変換回路制御部 8 6 によって制御される。各スイッチング素子は、例えば、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor : 絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) で形成される。

【 0 1 0 0 】

電流検出回路 8 5 は、電力変換回路 8 4 と電動機 8 7 とを電氣的に接続するバスバーに取り付けられる C T (Current Transformer : 変流器) を有し、電力変換回路 8 4 が出力する相電流、具体的には、U相電流、V相電流、およびW相電流の値を測定する。電流検出回路 8 5 は、各相電流の測定値を電力変換回路制御部 8 6 に送る。

【 0 1 0 1 】

電力変換回路制御部 8 6 は、主幹制御器 5 から運転指令を取得する。電力変換回路制御部 8 6 は、運転指令および空転滑走判別装置 3 5 の判別結果に応じて電力変換回路 8 4 の各スイッチング素子を制御する電力変換制御信号を生成し、電力変換回路 8 4 に出力する。電力変換制御信号は、例えば、P W M (Pulse Width Modulation : パルス幅変調) 信号である。

【 0 1 0 2 】

リアクトル L 1 の一端は、入力端子 8 3 a に接続される。リアクトル L 1 の他端は、電力変換回路 8 4 の一次端子に接続される。コンデンサ C 1 の一端は、リアクトル L 1 の他

10

20

30

40

50

端と電力変換回路 8 4 の一次端子との接続点に接続される。コンデンサ C 1 の他端は、入力端子 8 3 b と電力変換回路 8 4 の一次端子との接続点に接続される。リアクトル L 1 およびコンデンサ C 1 は、電力変換回路 8 4 のスイッチング動作によって生じる高調波成分を減衰させる LC フィルタを形成する。

【 0 1 0 3 】

電動機 8 7 は、車両 1 0 0 の車体を支持する台車に取り付けられる。電動機 8 7 が電力変換装置 8 3 から電力の供給を受けて動作すると、電動機 8 7 のシャフトが回転し、シャフトの回転力が継手および歯車装置を介して、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d に伝達される。詳細には、車両 1 0 0 の車体を支持する 2 つの台車に 2 つずつ電動機 8 7 が設けられ、一方の台車の各電動機 8 7 のシャフトの回転力が車軸 1 4 a , 1 4 b に伝達され、他方の台車の各電動機 8 7 のシャフトの回転力が車軸 1 4 c , 1 4 d に伝達される。車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の回転にともなって、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の両端に取り付けられる車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d が回転し、鉄道車両 1 の推進力が得られる。

10

【 0 1 0 4 】

図 1 7 に示す空転滑走判別装置 3 5 は、車両 2 0 0 に設けられる空転滑走判別装置 3 6 から基準軸速度を取得する。空転滑走判別装置 3 5 , 3 6 の構成は同様であるため、空転または滑走の有無を判別する空転滑走判別装置 3 5 について説明する。空転滑走判別装置 3 5 は、運転指令に応じて、軸速度決定部 5 1 で決定された各軸速度と空転滑走判別装置 3 6 から取得した基準軸速度に基づいて、基準軸速度を決定する基準軸速度決定部 6 0 と、各軸速度と基準軸速度との比較に基づいて、空転および滑走の有無を判別する判別部 6 1 と、を備える。上記構成を有する空転滑走判別装置 3 5 , 3 6 のハードウェア構成は、実施の形態 1 と同様である。

20

【 0 1 0 5 】

図 1 8 に示す基準軸速度決定部 6 0 は、軸速度の最大値を出力する最大値出力部 7 0 と、軸速度の最小値を出力する最小値出力部 7 4 と、運転指令に応じて最大値出力部 7 0 または最小値出力部 7 4 の出力値を出力する切替部 7 5 と、を備える。

【 0 1 0 6 】

最大値出力部 7 0 は、軸速度決定部 5 1 から取得した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度の最大値を切替部 7 5 に出力する。

30

【 0 1 0 7 】

最小値出力部 7 4 は、軸速度決定部 5 1 から取得した車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度の最小値を切替部 7 5 に出力する。

【 0 1 0 8 】

切替部 7 5 は、主幹制御器 5 から取得した運転指令がブレーキ指令を含む場合、最大値出力部 7 0 の出力値を基準軸速度として判別部 6 1 および空転滑走判別装置 3 6 に出力する。切替部 7 5 は、運転指令がブレーキ指令を含まない場合、換言すれば、運転指令が力行指令または惰行指令を含む場合、最小値出力部 7 4 の出力値を基準軸速度として判別部 6 1 および空転滑走判別装置 3 6 に出力する。

【 0 1 0 9 】

判別部 6 1 は、運転指令がブレーキ指令を含む場合、軸速度決定部 5 1 から取得した各軸速度と基準軸速度決定部 6 0 から取得した基準軸速度との速度差を算出し、各速度差が第 1 閾値以上であるか否かを判別する。各速度差は、各軸速度と基準軸速度との差分の絶対値を示す。いずれかの速度差が第 1 閾値以上となると、軸速度が基準軸速度より十分に遅く、滑走が生じているとみなすことができる。各速度差が第 1 閾値未満であれば、車輪 1 5 a , 1 5 b , 1 5 c , 1 5 d のいずれにおいても滑走が生じていないとみなすことができる。判別部 6 1 は、上述の判別結果をブレーキ制御装置 1 2 に送る。

40

【 0 1 1 0 】

判別部 6 1 は、運転指令がブレーキ指令を含まない場合、軸速度決定部 5 1 から取得した各軸速度と基準軸速度決定部 6 0 から取得した基準軸速度との速度差を算出し、各速度

50

差が第3閾値以上であるか否かを判別する。各速度差は、各軸速度と基準軸速度との差分の絶対値を示す。第3閾値は、例えば鉄道車両1の試験走行またはシミュレーションによって、空転時に生じ得る軸速度と基準軸速度との差に応じて定められる。いずれかの速度差が第3閾値以上となると、軸速度が基準軸速度より十分に速く、空転が生じているとみなすことができる。各速度差が第3閾値未満であれば、車輪15a, 15b, 15c, 15dのいずれにおいても空転が生じていないとみなすことができる。

【0111】

判別部61は、上述の判別結果を電力変換回路制御部86に送る。例えば、判別部61は、いずれかの速度差が第3閾値以上となると、空転が生じている旨の通知を電力変換回路制御部86に送る。

10

【0112】

上記構成を有する図16に示す電力変換装置83の電力変換処理について以下に説明する。運転指令が力行指令を含む場合、電力変換装置83は、電源から供給される直流電力を三相交流電力に変換し、三相交流電力を電動機87に供給する。電動機87は、三相交流電力の供給を受けて駆動され、鉄道車両1の推進力を生じさせる。

【0113】

詳細には、運転指令が力行指令を含む場合、電力変換回路制御部86は、力行指令が示す鉄道車両1の加速度の目標値である目標加速度および図示しない速度検出器から取得した電動機87の回転数の測定値に応じて、電動機87のトルクの目標値であるトルク指令値 i^* を決定する。電力変換回路制御部86は、トルク指令値 i^* に応じて励磁電流指令値 i_d^* およびトルク電流指令値 i_q^* を決定する。電力変換回路制御部86は、電流検出回路85から取得した相電流の測定値を、電動機87の回転数の測定値から推定される推定位置に基づいて三相座標からdq回転座標に変換することで、励磁電流値 i_d およびトルク電流値 i_q を決定する。

20

【0114】

電力変換回路制御部86は、励磁電流値 i_d と励磁電流指令値 i_d^* との差分から励磁電圧指令値 V_d^* を決定し、トルク電流値 i_q とトルク電流指令値 i_q^* との差分からトルク電圧指令値 V_q^* を決定する。電力変換回路制御部86は、励磁電圧指令値 V_d^* およびトルク電圧指令値 V_q^* を推定位置に基づいてdq回転座標から三相座標に変換してU相電圧指令値 V_u^* 、V相電圧指令値 V_v^* 、およびW相電圧指令値 V_w^* を決定する。そして、電力変換回路制御部86は、U相電圧指令値 V_u^* 、V相電圧指令値 V_v^* 、およびW相電圧指令値 V_w^* のそれぞれと搬送波とに応じて電力変換回路84が有する各スイッチング素子のスイッチング動作を制御する電力変換制御信号を生成し、出力する。

30

【0115】

電力変換回路制御部86は、空転滑走判別装置35から空転が生じている旨の通知を受けると、トルク指令値 i^* を、上述のように力行指令が示す鉄道車両1の目標加速度および電動機87の回転数の測定値に応じて決定された値より小さい値に設定する。電力変換回路制御部86は、より小さい値に設定されたトルク指令値 i^* に基づいて上述の処理を行って、電力変換制御信号を生成する。

【0116】

電力変換制御信号が電力変換回路84の各スイッチング素子のゲート信号に供給されると、各スイッチング素子がスイッチング動作を行う。この結果、電力変換回路84は、直流電力を三相交流電力に変換し、三相交流電力を電動機87に供給する。

40

【0117】

運転指令がブレーキ指令を含む場合、発電機として動作する電動機87は、三相交流電力を電力変換装置83に供給する。電力変換装置83は、電動機87から供給される三相交流電力を直流電力に変換し、集電装置および電力供給線を介して、電力変換装置83が搭載されている鉄道車両1の近隣を走行している他の鉄道車両に直流電力を供給する。電動機87で生じた三相交流電力を他の鉄道車両に供給して消費することで、鉄道車両1を減速させる回生ブレーキ力が生じる。

50

【 0 1 1 8 】

詳細には、運転指令がブレーキ指令を含む場合、電力変換回路制御部 8 6 は、図示しない電圧センサからコンデンサ C 1 の端子間電圧の測定値を取得し、電動機 8 7 から電力変換回路 8 4 に流れる相電流の測定値を電流検出回路 8 5 から取得する。そして、電力変換回路制御部 8 6 は、コンデンサ C 1 の端子間電圧の測定値および電動機 8 7 から電力変換回路 8 4 に流れる相電流の測定値に応じて、電力変換回路 8 4 の出力電圧の目標値を示す電圧指令値を決定する。

【 0 1 1 9 】

電力変換回路 8 4 の出力電圧の目標値は、例えば、架線電圧より高い電圧範囲であって、回生ブレーキが利用可能となる電圧の範囲を示す目標電圧範囲に含まれる値である。そして、電力変換回路制御部 8 6 は、電圧指令値に応じて電力変換回路 8 4 が有する各スイッチング素子のスイッチング動作を制御する電力変換制御信号を生成し、出力する。

10

【 0 1 2 0 】

電力変換制御信号が電力変換回路 8 4 の各スイッチング素子のゲート信号に供給されると、各スイッチング素子がスイッチング動作を行う。この結果、電力変換回路 8 4 は、電動機 8 7 から供給される三相交流電力を直流電力に変換し、直流電力でコンデンサ C 1 を充電する。

【 0 1 2 1 】

電力変換装置 8 3 が搭載されている鉄道車両 1 の近隣に加速中の他の鉄道車両が位置していれば、上述のように、電動機 8 7 で生じた電力が他の鉄道車両に供給されて消費され、鉄道車両 1 を減速させる回生ブレーキ力が生じる。

20

【 0 1 2 2 】

空転滑走判別装置 3 5 , 3 6 が行う空転滑走判別処理は同様であるため、空転滑走判別装置 3 5 が行う滑走判別処理について図 1 9 を用いて説明する。空転滑走判別装置 3 5 は、主幹制御器 5 から運転指令を取得すると、図 1 9 に示す処理を開始する。

【 0 1 2 3 】

ステップ S 1 2 の処理は、図 5 に示す実施の形態 1 に係る空転滑走判別装置 1 3 が行う処理と同様である。取得した運転指令にブレーキ指令が含まれる場合 (ステップ S 4 1 ; Y e s)、ステップ S 1 3 から S 1 6 の処理が行われる。ステップ S 1 3 から S 1 6 の処理は、図 5 に示す実施の形態 1 に係る空転滑走判別装置 1 3 が行う処理と同様である。ステップ S 1 4 で算出された速度差がいずれも第 1 閾値未満であれば (ステップ S 1 5 ; N o)、ステップ S 1 2 から上述の処理が繰り返される。ステップ S 1 4 で算出された速度差のいずれかが第 1 閾値以上であれば (ステップ S 1 5 ; Y e s)、判別部 6 1 は、基準軸速度との速度差が第 1 閾値以上となる軸速度に対応する車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d についての情報をブレーキ制御装置 1 2 に出力する (ステップ S 1 6)。ステップ S 1 6 の処理が完了すると、ステップ S 1 2 から上述の処理が繰り返される。

30

【 0 1 2 4 】

取得した運転指令にブレーキ指令が含まれない場合 (ステップ S 4 1 ; N o)、基準軸速度決定部 6 0 は、ステップ S 1 2 で決定された軸速度および空転滑走判別装置 3 6 から取得した基準軸速度の内、最小値を基準軸速度と決定する (ステップ S 4 2)。

40

【 0 1 2 5 】

判別部 6 1 は、ステップ S 1 2 で決定された各軸速度とステップ S 4 2 で決定された基準軸速度との速度差を算出する (ステップ S 4 3)。ステップ S 4 3 で算出された速度差がいずれも第 3 閾値未満であれば (ステップ S 4 4 ; N o)、ステップ S 1 2 から上述の処理が繰り返される。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 4 3 で算出された速度差の少なくともいずれかが第 3 閾値以上であれば (ステップ S 4 4 ; Y e s)、判別部 6 1 は、空転が生じている旨を電力変換回路制御部 8 6 に通知する (ステップ S 4 5)。

【 0 1 2 7 】

50

車輪 15 a , 15 b , 15 c , 15 d の全てにおいて空転が生じ、車輪 25 a , 25 b , 25 c , 25 d のいずれにおいても空転が生じていない場合を例にして、車両 100 における軸速度と基準軸速度の変化を図 20 に示す。図 20 において、軸速度の変化を実線で示し、基準軸速度の変化を点線で示す。図 20 において、横軸は時間を示し、縦軸は速度を示す。力行運転が開始される時刻を T 11 とする。時刻 T 11 において主幹制御器 5 が制御されることで、主幹制御器 5 は、力行指令を含む運転指令を空転滑走判別装置 35 , 36 に送る。時刻 T 11 以降、軸速度および基準軸速度は目標加速度に従って一定の割合で増加する。

【 0 1 2 8 】

車輪 15 a , 15 b , 15 c , 15 d の全てにおいて空転が生じる時刻を T 12 とする。時刻 T 12 において、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の全ての軸速度が大きく増大し始める。時刻 T 12 以降も、車輪 25 a , 25 b , 25 c , 25 d においては空転が生じていないため、空転滑走判別装置 35 が空転滑走判別装置 36 から取得する基準軸速度は、目標加速度に従って一定の割合で増大する。このため、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の全ての軸速度が大きく増大しても、空転滑走判別装置 35 が備える基準軸速度決定部 60 が出力する基準軸速度は、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の軸速度のように大きく増大することなく、一定の割合で減少する。

【 0 1 2 9 】

例えば、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の各軸速度と基準軸速度との速度差が第 3 閾値に到達する時刻を T 13 とする。時刻 T 13 において、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の各軸速度と基準軸速度との速度差が第 3 閾値以上となるため、空転滑走判別装置 35 が備える判別部 61 は、空転が生じている旨の通知を電力変換回路制御部 86 に送る。

【 0 1 3 0 】

電力変換回路制御部 86 は、空転滑走判別装置 35 から空転が生じている旨の通知を取得すると、トルク指令値 * を、上述のように力行指令が示す鉄道車両 1 の加速度の目標値および電動機 87 の回転数の測定値に応じて決定された値より小さい値に設定する。電力変換回路制御部 86 は、より小さい値に設定されたトルク指令値 * に基づいて電力変換制御信号を生成する。

【 0 1 3 1 】

上述のように生成された電力変換制御信号が電力変換回路 84 の各スイッチング素子のゲート信号に供給されると、電力変換回路 84 の出力電力が減少し、電動機 87 の回転速度が低下する。電動機 87 の回転速度が低下し、加速が緩やかになると、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の各軸速度と基準軸速度との速度差が減少し始める。その後、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の各軸速度と基準軸速度との速度差が 0 となり、車輪 15 a , 15 b , 15 c , 15 d はレールに再粘着する時刻を T 14 とする。

【 0 1 3 2 】

以上説明した通り、実施の形態 5 に係る空転滑走判別装置 35 は、車両 100 の車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の軸速度および他の車両 200 の車軸 24 a , 24 b , 24 c , 24 d の軸速度に基づいて基準軸速度を決定する。このため、車両 100 の車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d に取り付けられる車輪 15 a , 15 b , 15 c , 15 d の全てにおいて滑走または空転が生じても、基準軸速度は、車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の各軸速度のように急激に変化することがないため、各軸速度と基準軸速度との速度差に基づいて、滑走または空転の有無を判別することが可能となる。

【 0 1 3 3 】

同様に、空転滑走判別装置 36 は、車両 200 の車軸 24 a , 24 b , 24 c , 24 d の軸速度および他の車両 100 の車軸 14 a , 14 b , 14 c , 14 d の軸速度に基づいて基準軸速度を決定する。このため、車両 200 の車軸 24 a , 24 b , 24 c , 24 d に取り付けられる車輪 25 a , 25 b , 25 c , 25 d の全てにおいて滑走または空転が生じても、各軸速度と基準軸速度との速度差に基づいて、滑走または空転の有無を判別す

10

20

30

40

50

ることが可能となる。

【 0 1 3 4 】

本開示は、上述の実施の形態に限られない。上述の実施の形態の内、任意の複数の実施の形態を組み合わせることができる。一例として、実施の形態 1 - 4 は、実施の形態 5 と同様に、空転または滑走を判別してもよい。

【 0 1 3 5 】

他の一例として、実施の形態 5 に係る空転滑走判別装置 3 5 が備える基準軸速度決定部 6 0 は、基準軸速度決定部 5 6 のように、基準軸速度の変化率を目標範囲内に維持しながら基準軸速度を決定してもよい。詳細には、図 2 1 に示す基準軸速度決定部 6 0 は、演算周期での速度の減少量の限度値を出力する減少量出力部 7 6 と、演算周期での速度の増加量の限度値を出力する増加量出力部 7 7 と、を備える。基準軸速度決定部 6 0 はさらに、直前の基準軸速度に増加量出力部 7 7 の出力値を加算する加算器 7 8 と、最小値出力部 7 4 の出力値および加算器 7 8 の出力値の内、最小値を出力する最小値出力部 7 9 と、を備える。

10

【 0 1 3 6 】

減少量出力部 7 6 は、例えば、ブレーキ指令が示す目標減速度の最大値に応じた演算周期での車両 1 0 0 の速度の減少量を上記限度値（単位：k m / h）として出力する。

【 0 1 3 7 】

加算器 7 2 は、切替部 7 5 が出力する直前の基準軸速度（単位：k m / h）に減少量出力部 7 6 の出力値（単位：k m / h）を加算する。加算器 7 2 の出力値は、滑走が生じていないときに最大の目標減速度に応じて車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度が取り得る値に相当する。

20

【 0 1 3 8 】

増加量出力部 7 7 は、例えば、力行指令が示す目標加速度の最大値に応じた演算周期での車両 1 0 0 の速度の増加量を上記限度値（単位：k m / h）として出力する。

【 0 1 3 9 】

加算器 7 8 は、切替部 7 5 が出力する直前の基準軸速度（単位：k m / h）に増加量出力部 7 7 の出力値（単位：k m / h）を加算する。加算器 7 8 の出力値は、空転が生じていないときに最大の目標加速度に応じて車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の軸速度が取り得る値に相当する。

30

【 0 1 4 0 】

最小値出力部 7 9 は、最小値出力部 7 4 の出力値および加算器 7 8 の出力値の内、最小値を出力する。

【 0 1 4 1 】

切替部 7 5 は、運転指令がブレーキ指令を含む場合に、最大値出力部 7 3 の出力値を出力し、運転指令がブレーキ指令を含まない場合に、最小値出力部 7 9 の出力値を出力する。切替部 7 5 が出力する基準軸速度は、演算周期ごとに、減少量出力部 7 6 または増加量出力部 7 7 が出力する限度値を上限として変化する。

【 0 1 4 2 】

他の一例として、空転滑走判別装置 1 3 は、例えば速度検出器 1 6 a , 1 6 b , 1 6 c , 1 6 d の異常によって基準軸速度が大きくなることを防ぐため、基準軸速度の上限値を設けてもよい。図 2 2 に示す空転滑走判別装置 1 3 は、軸速度決定部 5 1 から取得した軸速度および空転滑走判別装置 2 3 から取得した基準軸速度の内、最大値を出力する最大値出力部 7 0 と、基準軸速度の上限値を出力する速度上限出力部 8 0 と、最大値出力部 7 0 および速度上限出力部 8 0 が出力する上限値の内、最小値を出力する最小値出力部 7 9 と、を備える。基準軸速度の上限値は、例えば、鉄道車両 1 が取り得る速度の最大値に応じて定められればよい。

40

【 0 1 4 3 】

鉄道車両 1 が備える車両の個数は任意である。加速度検出器 8 2 は、一部の車両のみに設けられてもよいし、各車両に設けられてもよい。

50

【 0 1 4 4 】

基準軸速度決定部 5 2 , 6 0 は、他の車両 2 0 0 の基準軸速度に代えて、他の車両 2 0 0 の車軸 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d の軸速度を取得してもよい。

【 0 1 4 5 】

車両速度決定部 5 4 は、GPS (Global Positioning System : 全地球測位システム) 衛星からの電波によって鉄道車両 2 の位置を求め、単位時間での鉄道車両 2 の位置の変化量から車両 1 0 0 の速度を決定してもよい。

【 0 1 4 6 】

空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 , 3 5 , 3 6 は、軸速度として、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の回転速度を用いてもよい。一例として、空転滑走判別装置 1 3 は、車軸 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d の回転速度および車軸 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d の回転速度から、基準軸速度を決定してもよい。

10

【 0 1 4 7 】

空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 , 3 5 , 3 6 において滑走が生じていると判別されたときの処理は、上述の例に限られない。一例として、ブレーキ制御装置 1 2 が備える目標ブレーキ力決定部 4 1 は、空転滑走判別装置 1 3 で滑走が生じていると判別されると、目標ブレーキ力を、目標減速度および車両 1 0 0 の荷重から決定される目標ブレーキ力をより小さい値に設定する。目標圧決定部 4 2 は、より小さい値に設定された目標ブレーキ力に応じて目標圧を決定する。このとき、空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 は互いに判別結果を送受信し、空転滑走判別装置 2 3 を介して車両 1 0 0 で滑走が生じている旨の通知を受けた車両 2 0 0 のブレーキ制御装置 1 2 は、目標ブレーキ力を、目標減速度および車両 2 0 0 の荷重から決定される目標ブレーキ力をより大きい値に設定することが好ましい。これにより、滑走による制動距離の延伸を抑制することが可能となる。

20

【 0 1 4 8 】

空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 , 3 5 , 3 6 は、列車情報管理システムの一機能として実現されてもよいし、地上設備、例えば運転指令所に設けられてもよい。

【 0 1 4 9 】

車両 1 0 0 , 2 0 0 に設けられる機械ブレーキ装置は、上述の例に限られない。摩擦材であるブレーキパッドを回転体であるブレーキディスクに押し付けることでブレーキ力を生じさせる機械ブレーキ装置が車両 1 0 0 , 2 0 0 に設けられてもよい。

30

【 0 1 5 0 】

ブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 , 3 5 , 3 6 のハードウェア構成は、上述の例に限られない。ブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 , 3 5 , 3 6 は、図 2 3 に示すように、処理回路 9 4 で実現されてもよい。処理回路 9 4 は、インターフェース回路 9 5 を介して、外部機器に接続される。一例として、ブレーキ制御装置 1 2 は、インターフェース回路 9 5 を介して、主幹制御器 5、応荷重検出器 1 1、空転滑走判別装置 1 3、および滑走防止弁 1 9 a , 1 9 b , 1 9 c , 1 9 d に接続され、空転滑走判別装置 1 3 は、インターフェース回路 9 5 を介して、主幹制御器 5、空転滑走判別装置 2 3、および速度検出器 1 6 a , 1 6 b , 1 6 c , 1 6 d に接続される。

40

【 0 1 5 1 】

処理回路 9 4 が専用のハードウェアである場合、処理回路 9 4 は、例えば、単一回路、複合回路、プロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせ等を有する。ブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 の各部および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 , 3 5 , 3 6 の各部は、個別の処理回路 9 4 で実現されてもよいし、共通の処理回路 9 4 で実現されてもよい。

【 0 1 5 2 】

ブレーキ制御装置 1 2 , 2 2 および空転滑走判別装置 1 3 , 2 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 ,

50

34, 35, 36の各機能の一部が専用のハードウェアで実現され、他の一部がソフトウェアまたはファームウェアで実現されてもよい。例えば、空転滑走判別装置13において、軸速度決定部51および基準軸速度決定部52は図23に示す処理回路94で実現され、判別部53は図4に示すプロセッサ91がメモリ92に格納されたプログラムを読み出して実行することで実現されてもよい。

【0153】

本開示は、本開示の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この開示を説明するためのものであり、本開示の範囲を限定するものではない。すなわち、本開示の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の開示の意義の範囲内で施される様々な変形が、この開示の範囲内とみなされる。

10

【符号の説明】

【0154】

1, 2 鉄道車両、5 主幹制御器、10, 20 ブレーキ制御システム、11, 21 応荷重検出器、12, 22 ブレーキ制御装置、13, 23, 31, 32, 33, 34, 35, 36 空転滑走判別装置、14a, 14b, 14c, 14d, 24a, 24b, 24c, 24d 車軸、15a, 15b, 15c, 15d, 25a, 25b, 25c, 25d 車輪、16a, 16b, 16c, 16d, 26a, 26b, 26c, 26d 速度検出器、17a, 17b, 17c, 17d, 27a, 27b, 27c, 27d 制輪子、18a, 18b, 18c, 18d, 28a, 28b, 28c, 28d ブレーキシリンダ、19a, 19b, 19c, 19d, 29a, 29b, 29c, 29d 滑走防止弁、41 目標ブレーキ力決定部、42 目標圧決定部、43 出力部、44 圧力センサ、45 電空変換弁、46 中継弁、47 再粘着制御部、51 軸速度決定部、52, 55, 56, 60 基準軸速度決定部、53, 59, 61 判別部、54 車両速度決定部、57 軸加速度決定部、58 加速度差算出部、70, 73 最大値出力部、71 加速度換算部、72, 78 加算器、74, 79 最小値出力部、75 切替部、76 減少量出力部、77 増加量出力部、80 速度上限出力部、81 流体源、82 加速度検出器、83 電力変換装置、83a, 83b 入力端子、84 電力変換回路、85 電流検出回路、86 電力変換回路制御部、87 電動機、90 バス、91 プロセッサ、92 メモリ、93 インターフェース、94 処理回路、95 インターフェース回路、100, 200 車両、C1 コンデンサ、L1 リアクトル。

20

30

40

50

【図面】
【図 1】

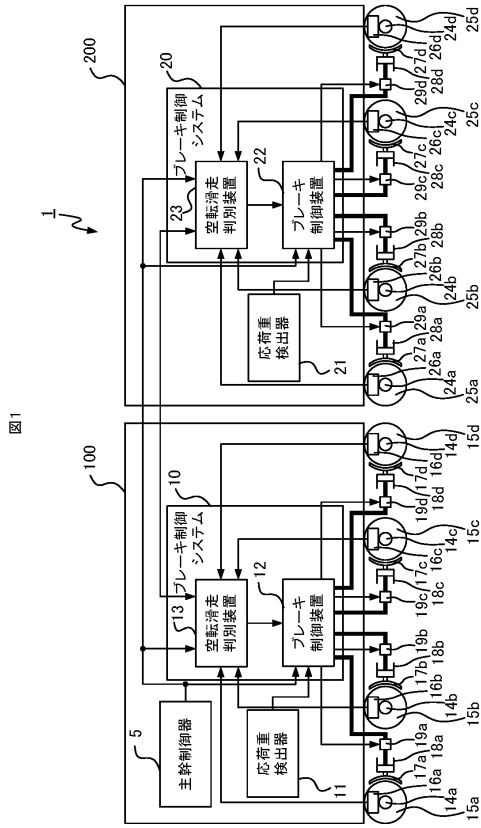
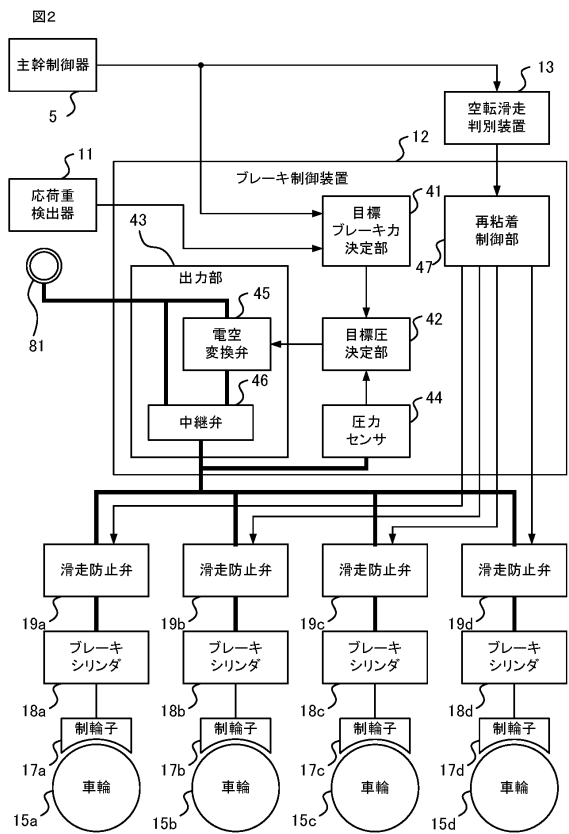


図 1

【図 2】



10

20

【図 3】

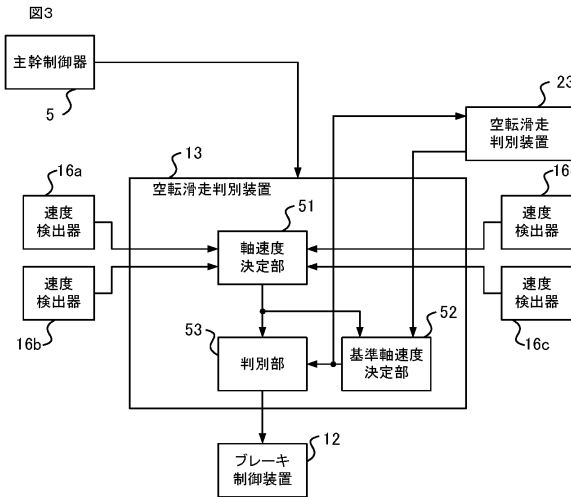


図 3

【図 4】

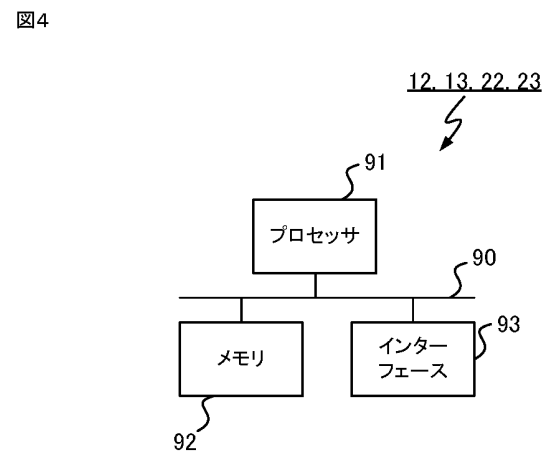


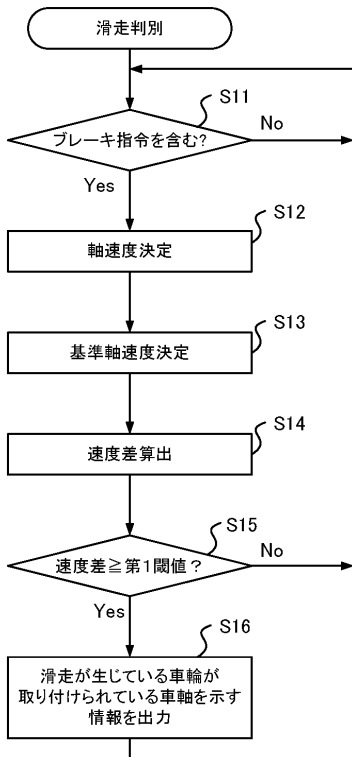
図 4

30

40

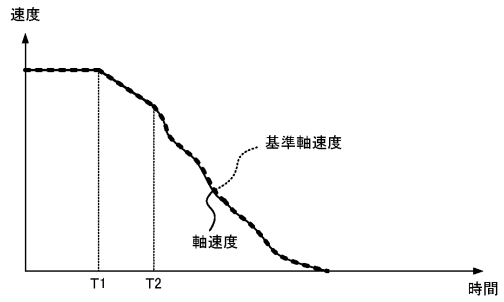
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

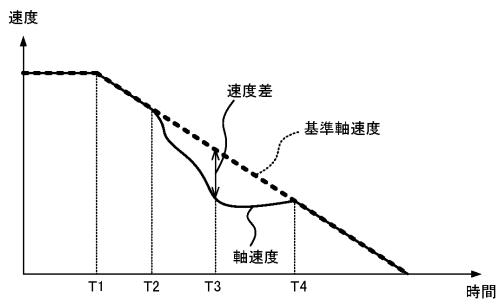
図6



10

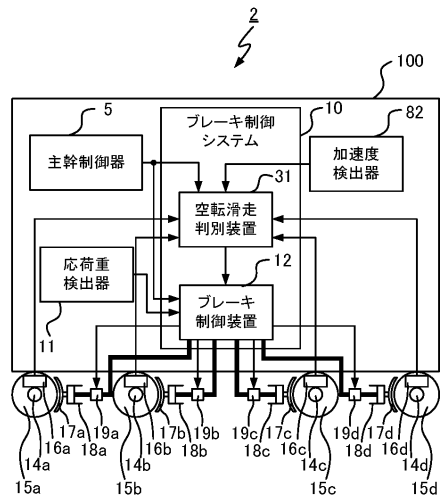
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



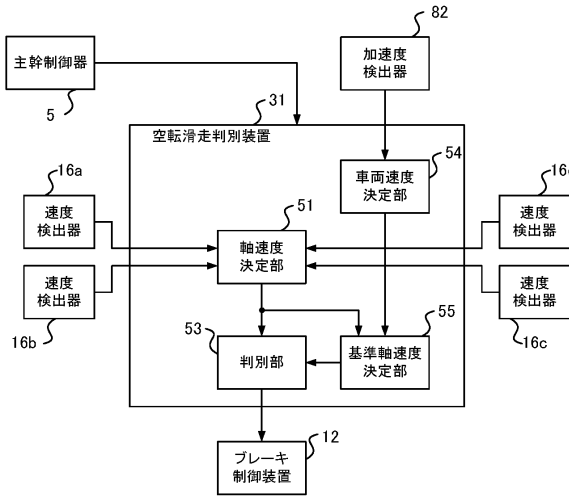
30

40

50

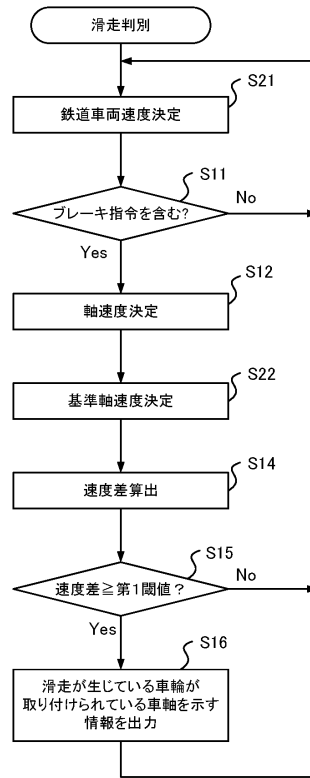
【 図 9 】

図9



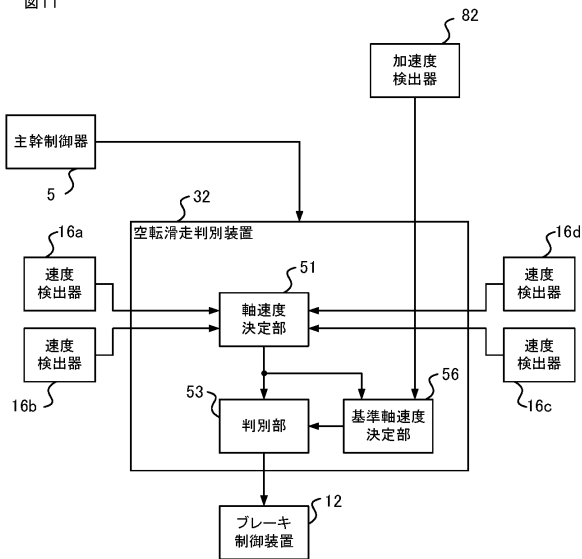
【 図 1 0 】

図10



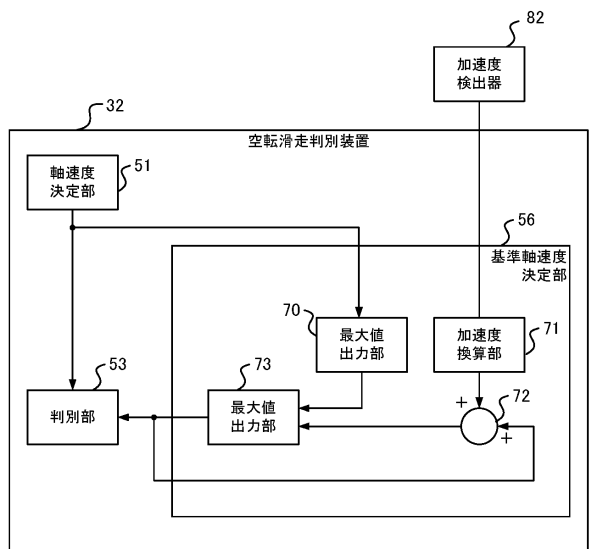
【 図 1 1 】

図11



【 図 1 2 】

図12



10

20

30

40

50

【図13】

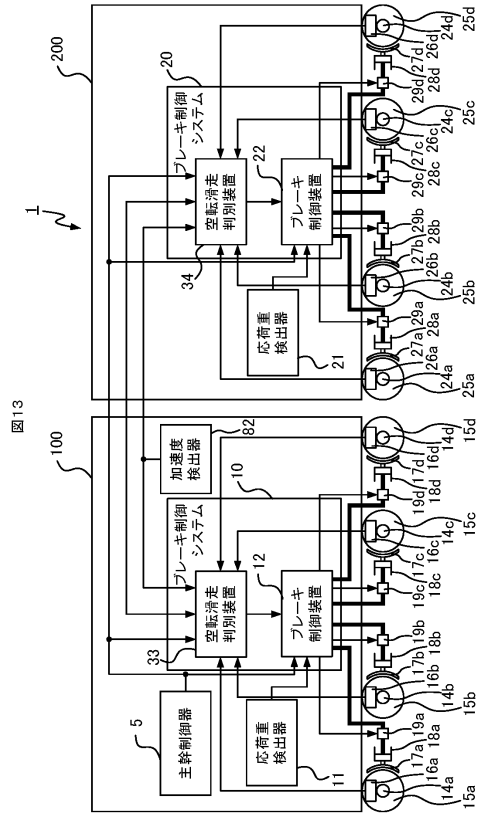


図13

【図14】

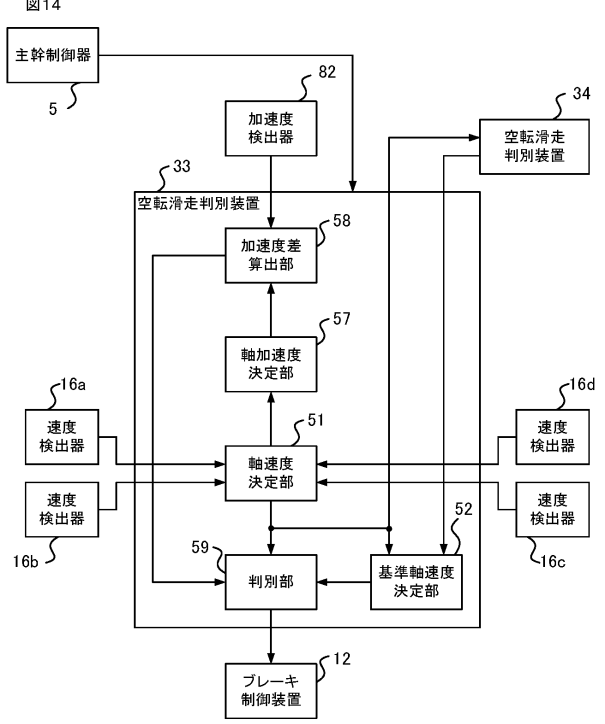


図14

10

20

【図15】

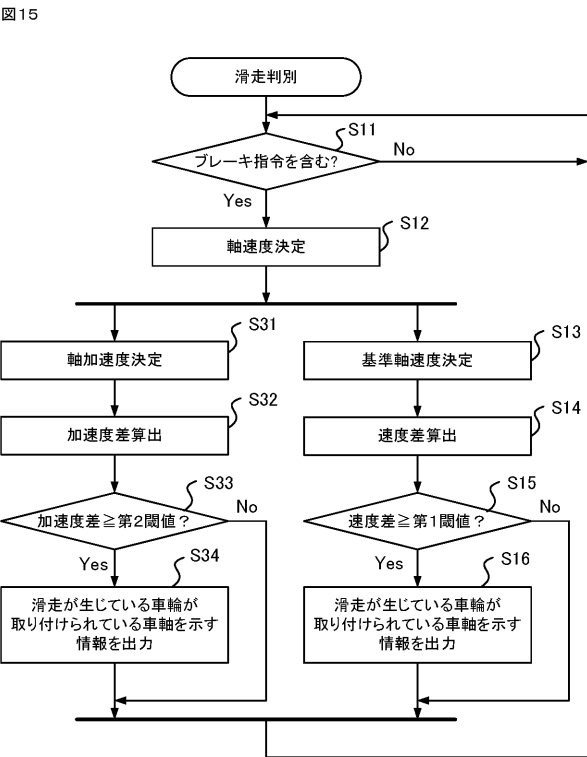


図15

【図16】

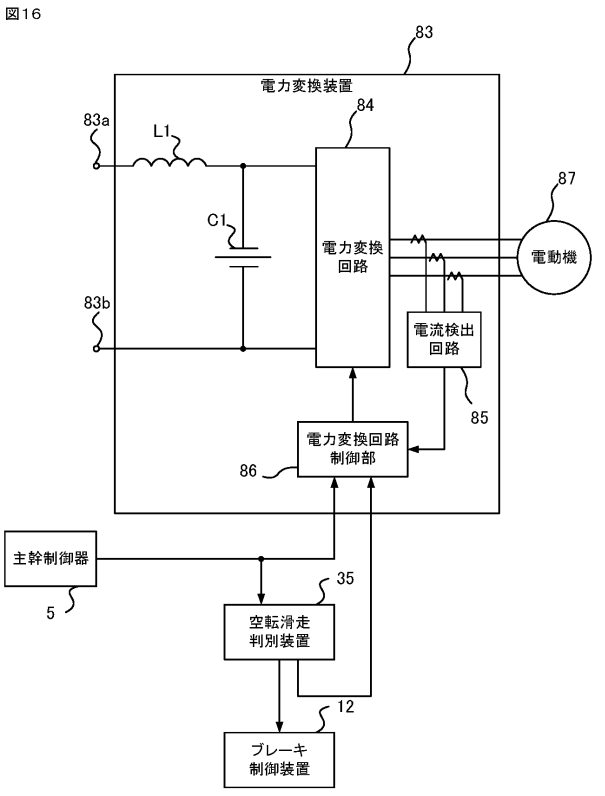


図16

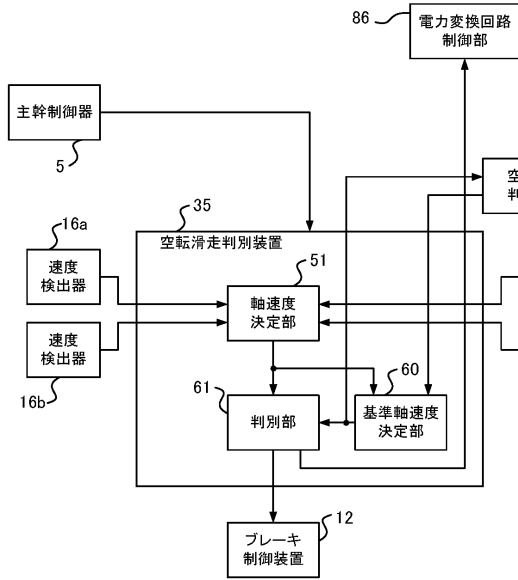
30

40

50

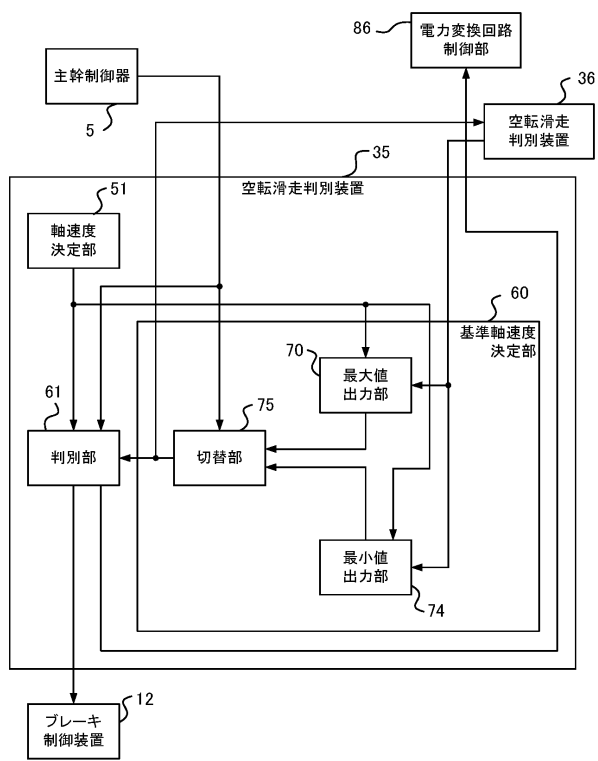
【図17】

図17



【図18】

図18

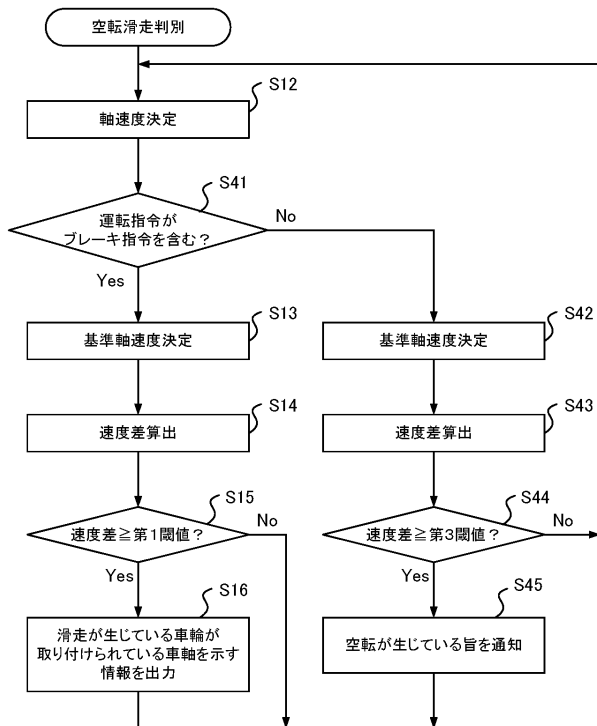


10

20

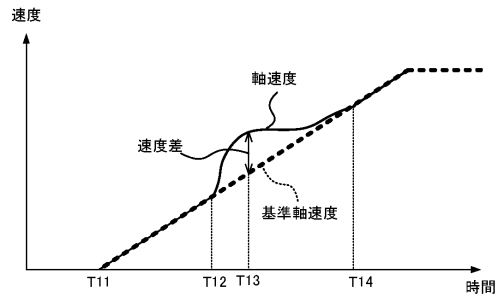
【図19】

図19



【図20】

図20



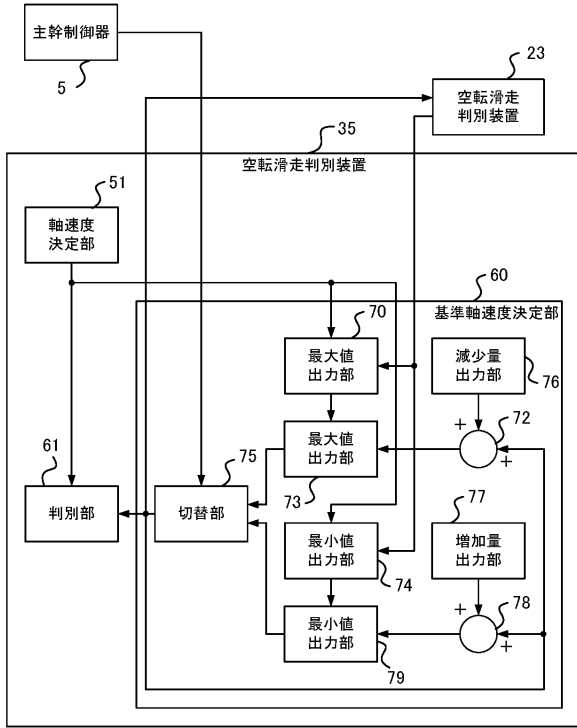
30

40

50

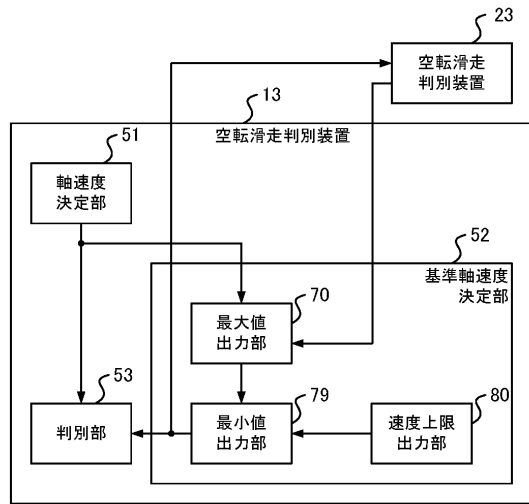
【図 2 1】

図21



【図 2 2】

図22

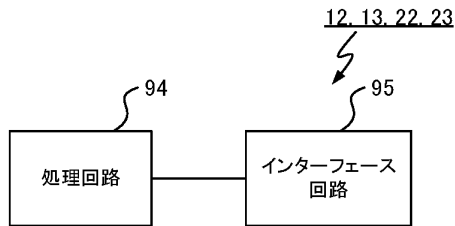


10

20

【図 2 3】

図23



30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 松山 悦司
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
- (72)発明者 小野寺 俊平
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
- (72)発明者 橘 尚人
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
- 審査官 久米 伸一
- (56)参考文献 特開平07-069200(JP,A)
特開2003-220946(JP,A)
国際公開第2020/255511(WO,A1)
特開2016-147555(JP,A)
特開2016-222054(JP,A)
特開2014-117147(JP,A)
特開2007-210396(JP,A)
特開平01-248907(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60T 8/1761
B60L 15/20