

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5824406号
(P5824406)

(45) 発行日 平成27年11月25日(2015.11.25)

(24) 登録日 平成27年10月16日(2015.10.16)

(51) Int.Cl. F I
B 6 0 L 15/20 (2006.01) B 6 0 L 15/20 J
 B 6 0 L 15/20 Y

請求項の数 13 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-96701 (P2012-96701) (22) 出願日 平成24年4月20日 (2012.4.20) (65) 公開番号 特開2013-225975 (P2013-225975A) (43) 公開日 平成25年10月31日 (2013.10.31) 審査請求日 平成26年12月18日 (2014.12.18)</p>	<p>(73) 特許権者 000005522 日立建機株式会社 東京都文京区後楽二丁目5番1号 (74) 代理人 110000442 特許業務法人 武和国際特許事務所 (72) 発明者 小林 啓之 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 (72) 発明者 菊池 輝 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 (72) 発明者 安田 知彦 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機 株式会社 土浦工場内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気駆動車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電動機と、前記電動機により駆動あるいは制動される駆動輪と、前記駆動輪の回転に従動する従動輪と、前記電動機を制御する電動機制御器と、前記駆動輪及び前記従動輪の車輪速度を検出する速度検出器と、を備えた電気駆動車両において、

前記電動機制御器は、

前記速度検出器により検出された車輪速度検出値から前記駆動輪のスリップ率を演算するスリップ率演算部と、

前記駆動輪のトルク指令を演算するトルク指令演算部と、

前記駆動輪の車輪速度検出値と前記駆動輪のトルク指令から前記駆動輪に発生する駆動力を演算する駆動力演算部と、

前記スリップ率及び前記駆動力に含まれる車体のピッチング振動周波数成分を低減するフィルタと、を有する

ことを特徴とする電気駆動車両。

【請求項2】

請求項1において、

前記フィルタは、1～3Hz程度の前記車体のピッチング振動周波数成分を除去するフィルタ特性を有することを特徴とする電気駆動車両。

【請求項3】

請求項1において、

運搬物の積載量を検出する重量検出器と、前記重量検出器にて検出された積載量の値に基づいて前記車体のピッチング振動周波数成分を演算するフィルタ特性演算部と、を更に備え、

前記フィルタは、前記フィルタ特性演算部で演算された前記車体のピッチング振動周波数成分を除去することを特徴とする電気駆動車両。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記フィルタ特性演算部は、前記積載量の値が大きいほど前記車体のピッチング振動周波数が小さくなるように、前記車体のピッチング振動周波数を演算することを特徴とする電気駆動車両。

10

【請求項 5】

請求項 3 において、

前記運搬物が積載されているか否かを判断するための閾値を予め定めておき、

前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値以上の場合には、前記フィルタ特性演算部は第 1 のピッチング振動周波数を出力し、前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値未満の場合には、前記フィルタ特性演算部は第 2 のピッチング振動周波数を出力するようにしたことを特徴とする電気駆動車両。

【請求項 6】

請求項 1 において、

前記フィルタにて前記車体のピッチング振動周波数成分が低減された前記スリップ率及び前記駆動力から、前記スリップ率に対する前記駆動力の勾配を演算する駆動力勾配演算部と、前記駆動力勾配演算部で演算した前記スリップ率に対する駆動力の勾配からスリップ判定を行うスリップ判定部と、を更に備えることを特徴とする電気駆動車両。

20

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記スリップ判定部は、前記駆動力勾配演算部で前記スリップ率に対する前記駆動力の勾配が加速もしくは減速走行時に最初に正から負になった時に、前記駆動輪がスリップしていると判定することを特徴とする電気駆動車両。

【請求項 8】

請求項 6 において、

前記スリップ判定部は、前記駆動力勾配演算部で前記スリップ率に対する前記駆動力の勾配が、加速もしくは減速走行時に最初に所定の閾値を超えた時に前記駆動輪がスリップしていると判定することを特徴とする電気駆動車両。

30

【請求項 9】

請求項 6 において、

前記スリップ判定部がスリップ判定をした場合は、前記スリップ率が前記スリップ判定時の前記スリップ率になるように、前記トルク指令演算部は、前記トルク指令にトルク低減指令を加えることを特徴とする電気駆動車両。

【請求項 10】

電動機と、前記電動機により駆動あるいは制動される駆動輪と、前記駆動輪の回転に従動する従動輪と、前記電動機を制御する電動機制御器と、前記駆動輪及び前記従動輪の車輪速度を検出する速度検出器と、を備えた電気駆動車両において、

40

前記電動機制御器は、

前記速度検出器により検出された車輪速度検出値に含まれる車体のピッチング振動周波数成分を低減するフィルタと、

前記フィルタにて前記車体のピッチング振動周波数成分が低減された前記車輪速度検出値から前記駆動輪のスリップ率を演算するスリップ率演算部と、

運搬物の積載量を検出する重量検出器と、

前記重量検出器にて検出された積載量の値に基づいて前記車体のピッチング振動周波数成分を演算するフィルタ特性演算部と、を有し、

50

前記フィルタは、前記フィルタ特性演算部で演算された前記車体のピッチング振動周波数成分を除去することを特徴とする電気駆動車両。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 において、

前記フィルタは、1 ~ 3 Hz 程度の前記車体のピッチング振動周波数成分を除去するフィルタ特性を有することを特徴とする電気駆動車両。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 において、

前記フィルタ特性演算部は、前記積載量の値が大きいほど前記車体のピッチング振動周波数が小さくなるように、前記車体のピッチング振動周波数を演算することを特徴とする電気駆動車両。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 0 において、

前記運搬物が積載されているか否かを判断するための閾値を予め定めておき、

前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値以上の場合には、前記フィルタ特性演算部は第 1 のピッチング振動周波数を出力し、前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値未満の場合には、前記フィルタ特性演算部は第 2 のピッチング振動周波数を出力するようにしたことを特徴とする電気駆動車両。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、電動機によって駆動輪が駆動されることで走行する電気駆動車両に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

電気駆動車両の走行安定性を維持するためには、摩擦特性を精度よく推定し、その摩擦特性に対して適切な車輪のスリップ率になるように、車輪の速度を制御する必要がある。ここで言う摩擦特性とは、駆動輪のスリップ率と車輪 - 路面間の摩擦係数、もしくはそれに準ずる物理量（例えば、駆動輪の駆動力）との関係を指す。車輪 - 路面間の摩擦特性を推定し、推定結果を用いて加速走行時には駆動力が最大になるように、減速走行時には制動力が最大になるようにトルク制御する技術として、例えば、特許文献 1 が公知である。特許文献 1 は、駆動輪と従動輪の車輪速度検出値から駆動輪のスリップ率を演算し、更に駆動輪の接地荷重と進行方向の駆動輪の駆動力から摩擦係数を演算し、これらを用いてスリップ率に対する摩擦係数の勾配を演算するという技術である。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2 0 0 9 - 1 1 5 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0 0 0 4】

車体が加速もしくは減速する際に、車体の前後が上下に逆位相で振動するピッチング振動が発生する。一般に、自動車等では、ピッチング振動が駆動力やスリップ率波形に大きく含まれることはないから、ピッチング振動が車輪速度の制御に及ぼす影響はそれほどない。しかしながら、ピッチング振動は車重が大きいほど大きくなるため、ダンプトラックのように車重が数百トンオーダーになると、スリップ率及び駆動力の波形にピッチング振動周波数成分が大きく含まれてしまう。そのため、ピッチング振動周波数成分は、特に車重の大きい作業車両において、スリップ率に対する駆動力の勾配の演算を阻害する要因となる。また、ダンプトラックに代表される作業車両は、車重だけでなく積載量も大きいため、ピッチング振動周波数が積載の有無によって変化する。このように、ピッチング振動

50

周波数成分は、車輪の速度を制御する際に影響を及ぼす場合があるが、特許文献1には、ピッチング振動の影響について何ら言及されていない。

【0005】

本発明の目的は、車体のピッチング振動が大きい場合であっても、適切な車輪のスリップ率になるよう車輪の速度を制御できる電気駆動車両を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明は、電動機と、前記電動機により駆動あるいは制動される駆動輪と、前記駆動輪の回転に従動する従動輪と、前記電動機を制御する電動機制御器と、前記駆動輪及び前記従動輪の車輪速度を検出する速度検出器と、を備えた電気駆動車両において、前記電動機制御器は、前記速度検出器により検出された車輪速度検出値から前記駆動輪のスリップ率を演算するスリップ率演算部と、前記駆動輪のトルク指令を演算するトルク指令演算部と、前記駆動輪の車輪速度検出値と前記駆動輪のトルク指令から前記駆動輪に発生する駆動力を演算する駆動力演算部と、前記スリップ率及び前記駆動力に含まれる車体のピッチング振動周波数成分を低減するフィルタと、を有することを特徴としている。

10

【0007】

本発明によれば、スリップ率及び駆動力に含まれる車体のピッチング振動周波数成分を低減するフィルタを備えているので、車体のピッチング振動が大きい場合であっても、適切な車輪のスリップ率を演算できる。よって、その演算結果を用いれば、適切なスリップ率になるよう車輪の速度を制御することができる。

20

【0008】

また、本発明に係る電気駆動車両は、以下の構成を備えていることが好ましい。

【0009】

前記フィルタは、1～3Hz程度の前記車体のピッチング振動周波数成分を除去するフィルタ特性を有する。一般に、ダンブトラックのような重量の大きな電気駆動車両のピッチング振動周波数は1～3Hzということが知られているが、本構成のようなフィルタ特性とすることで、大型の電気駆動車両に対しても、適切な車輪のスリップ率になるよう車輪の速度を制御できる。

【0010】

運搬物の積載量を検出する重量検出器と、前記重量検出器にて検出された積載量の値に基づいて前記車体のピッチング振動周波数成分を演算するフィルタ特性演算部と、を更に備え、前記フィルタは、前記フィルタ特性演算部で演算された前記車体のピッチング振動周波数成分を除去する構成にする。例えばダンブトラックのような作業車両は、運搬物を積載しているときとそうでないときの車両重量は大きく変化するため、車体のピッチング振動周波数の値も大きく変動するが、本構成のように積載量の値に基づいて車体のピッチング振動周波数成分を演算するにすれば、運搬物の積載量を問わず、適切な車輪のスリップ率になるよう車輪の速度を制御できる。

30

【0011】

この場合、前記フィルタ特性演算部は、前記積載量の値が大きいほど前記車体のピッチング振動周波数が小さくなるように、前記車体のピッチング振動周波数を演算すると、積載量の値に応じて好適なスリップ率になるよう車輪の速度を制御できる。

40

【0012】

また、前記運搬物が積載されているか否かを判断するための閾値を予め定めておき、前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値以上の場合には、前記フィルタ特性演算部は第1のピッチング振動周波数を出力し、前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値未満の場合には、前記フィルタ特性演算部は第2のピッチング振動周波数を出力する構成にする。この構成によれば、運搬物の有無で出力するピッチング振動周波数を選択できるから、車輪の速度の制御を簡素化できる利点がある。

【0013】

50

前記フィルタにて前記車体のピッチング振動周波数成分が低減された前記スリップ率及び前記駆動力から、前記スリップ率に対する前記駆動力の勾配を演算する駆動力勾配演算部と、前記駆動力勾配演算部で演算した前記スリップ率に対する駆動力の勾配からスリップ判定を行うスリップ判定部と、を更に備えるのが望ましい。

【0014】

この場合、前記スリップ判定部は、前記駆動力勾配演算部で前記スリップ率に対する前記駆動力の勾配が加速もしくは減速走行時に最初に正から負になった時に、前記駆動輪がスリップしていると判定すると良い。

【0015】

また、前記スリップ判定部は、前記駆動力勾配演算部で前記スリップ率に対する前記駆動力の勾配が、加速もしくは減速走行時に最初に所定の閾値を超えた時に前記駆動輪がスリップしていると判定することもできる。

【0016】

そして、前記スリップ判定部がスリップ判定をした場合は、前記スリップ率が前記スリップ判定時の前記スリップ率になるように、前記トルク指令演算部は、前記トルク指令にトルク低減指令を加えるようにする。この構成により、適切なスリップ率で車輪を回転させることができる。

【0017】

また、上記目的を達成するために、本発明は、電動機と、前記電動機により駆動あるいは制動される駆動輪と、前記駆動輪の回転に従動する従動輪と、前記電動機を制御する電動機制御器と、前記駆動輪及び前記従動輪の車輪速度を検出する速度検出器と、を備えた電気駆動車両において、前記電動機制御器は、前記速度検出器により検出された車輪速度検出値に含まれる車体のピッチング振動周波数成分を低減するフィルタと、前記フィルタにて前記車体のピッチング振動周波数成分が低減された前記車輪速度検出値から前記駆動輪のスリップ率を演算するスリップ率演算部と、運搬物の積載量を検出する重量検出器と、前記重量検出器にて検出された積載量の値に基づいて前記車体のピッチング振動周波数成分を演算するフィルタ特性演算部と、を有し、前記フィルタは、前記フィルタ特性演算部で演算された前記車体のピッチング振動周波数成分を除去することを特徴としている。

【0018】

本発明によれば、車輪速度検出値に含まれる車体のピッチング振動周波数成分を低減するフィルタを備えているので、車体のピッチング振動が大きい場合であっても、適切な車輪のスリップ率を演算できる。よって、その演算結果を用いれば、適切なスリップ率になるよう車輪の速度を制御することができる。また、例えばダンブトラックのような作業車両は、運搬物を積載しているときとそうでないときの車両重量は大きく変化するため、車体のピッチング振動周波数の値も大きく変動するが、本構成のように積載量の値に基づいて車体のピッチング振動周波数成分を演算するようすれば、運搬物の積載量を問わず、適切な車輪のスリップ率になるよう車輪の速度を制御できる。

【0019】

また、本発明に係る電気駆動車両は、以下の構成を備えていることが好ましい。

【0020】

前記フィルタは、1～3Hz程度の前記車体のピッチング振動周波数成分を除去するフィルタ特性を有する。一般に、ダンブトラックのような重量の大きな電気駆動車両のピッチング振動周波数は1～3Hzということが知られているが、本構成のようなフィルタ特性とすることで、大型の電気駆動車両に対しても、適切な車輪のスリップ率になるよう車輪の速度を制御できる。

【0022】

前記フィルタ特性演算部は、前記積載量の値が大きいほど前記車体のピッチング振動周波数が小さくなるように、前記車体のピッチング振動周波数を演算すると、積載量の値に応じて好適なスリップ率になるよう車輪の速度を制御できる。

【0023】

10

20

30

40

50

また、前記運搬物が積載されているか否かを判断するための閾値を予め定めておき、前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値以上の場合には、前記フィルタ特性演算部は第1のピッチング振動周波数を出力し、前記重量検出器にて検出された積載量の値が前記閾値未満の場合には、前記フィルタ特性演算部は第2のピッチング振動周波数を出力する構成にする。この構成によれば、運搬物の有無で出力するピッチング振動周波数を選択できるから、車輪の速度の制御を簡素化できる利点がある。

【発明の効果】

【0024】

本発明の電気駆動車両によれば、車両のピッチング振動が生じても適切な車輪のスリップ率を演算でき、その演算結果に従って適切な車輪の速度になるよう制御できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の第1実施例に係るダンブトラックの側面図である。

【図2】図1に示すダンブトラックの制御装置の構成図である。

【図3】図2に示すスリップ率演算器の構成図である。

【図4】スリップ率と車輪-路面間の摩擦係数の関係図である。

【図5】スリップ制御を行う時の加速走行時における従動輪及び駆動輪の車輪速度波形である。

【図6】スリップ制御を行う時の減速走行時における従動輪及び駆動輪の車輪速度波形である。

20

【図7】図2に示す駆動力演算器の構成図である。

【図8】図2に示す駆動力勾配演算器の構成図である。

【図9】本発明の第1実施例と従来技術の比較（駆動力 F 、スリップ率、 dF/dt 、 d/dt 、 dF/d ）である。

【図10】積載量とピッチング振動周波数の関係図である。

【図11】変形例1に係る駆動力勾配演算器の構成図である。

【図12】車体のピッチング振動モード図である。

【図13】変形例2に係る駆動力勾配演算器の構成図である。

【図14】変形例3に係るスリップ率演算器の構成図である。

【図15】変形例4に係る駆動力演算器の構成図である。

30

【図16】本発明の第2実施例に係るダンブトラックのスリップ率演算器の構成図である。

【図17】変形例5に係るスリップ率演算器の構成図である。

【図18】変形例6に係るスリップ率演算器の構成図である。

【図19】変形例7に係るスリップ率演算器の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明に係る電気駆動車両の実施例について図面を用いて説明する。なお、以下の実施例は、本発明をダンブトラックに適用した例である。図1に示すように、第1実施例に係るダンブトラックは、本体を形成するフレームBと、このフレームBの前側位置に配置される運転室Cと、車輪（従動輪）7、8及び車輪（駆動輪）3、6と、上下方向に回動可能な荷台Vと、を備えて構成され、車輪3が駆動輪となって走行する。また、荷台Vは、例えば鉱山等で採掘した碎石等の運搬物を積載するためのものである。

40

【0027】

次に、ダンブトラックの駆動系の詳細について、図2を用いて説明する。図2に示すように、ダンブトラックは、電動機1がギア2を介して車輪3を駆動し、電動機4がギア5を介して車輪6を駆動することで車両が前進または後進する。電動機1及び電動機4は、電動機制御器50によって制御され、電力変換器13は、電動機1と電動機4を駆動する。電流検出器14は、電力変換器13と電動機1の間に接続されており、それらの間に流れる電流を検出する。電流検出器15は、電力変換器13と電動機4の間に接続されてお

50

り、それらの間に流れる電流を検出する。

【 0 0 2 8 】

速度検出器 9 は電動機 1 に接続されており、電動機 1 の回転速度を検出する。速度検出器 1 0 は電動機 4 に接続されており、電動機 4 の回転速度を検出する。速度検出器 1 1 は車輪 7 の軸に接続されており、車輪 7 の回転速度を検出する。速度検出器 1 2 は車輪 8 の軸に接続されており、車輪 8 の回転速度を検出する。なお、各車輪 3 , 6 , 7 , 8 の軸には、それぞれ荷重検出器 2 5 , 2 6 , 2 7 , 2 8 が接続されており、各車輪にかかる荷重が検出される。

【 0 0 2 9 】

アクセル開度検出器 2 2 は、運転者のアクセル操作に応じたアクセルペダルの開度を検出し、ブレーキ開度検出器 2 3 は、運転者のブレーキ操作に応じたブレーキペダルの開度を検出し、ステアリング角度検出器 2 4 は、運転者のステアリング操作に応じたステアリングの角度を検出する。

【 0 0 3 0 】

トルク指令演算器（トルク指令演算部）2 0 は、アクセル開度検出器 2 2 の出力するアクセル開度検出値、ブレーキ開度検出器 2 3 の出力するブレーキ開度検出値、及びステアリング角度検出器 2 4 の出力するステアリング角度検出値を入力として、電動機 1 へのトルク指令及び電動機 4 へのトルク指令を出力する。

【 0 0 3 1 】

摩擦特性演算器 6 5 は、路面の摩擦特性を演算するものであって、駆動力演算器（駆動力演算部）1 9、駆動力勾配演算器（駆動力勾配演算部）1 8、及びスリップ判定器（スリップ判定部）1 7 を備えている。

【 0 0 3 2 】

駆動力演算器 1 9 は、トルク指令演算器 2 0 から出力される電動機 1 へのトルク指令及び電動機 4 へのトルク指令と、速度検出器 9 及び 1 0 から出力される駆動輪の車輪速度検出値とを入力として、駆動輪の駆動力を出力する。

【 0 0 3 3 】

駆動力勾配演算器 1 8 は、駆動力演算器 1 9 が出力する駆動輪の駆動力と、スリップ率演算器 2 1 から出力されるスリップ率と、荷重検出器 2 5 , 2 6 , 2 7 , 2 8 から出力される各輪の荷重検出値を入力として、スリップ率に対する駆動力の勾配を出力する。

【 0 0 3 4 】

スリップ判定器 1 7 は、駆動力勾配演算器 1 8 が出力するスリップ率に対する駆動力の勾配を入力として、スリップ判定を行い、仮に車輪 3 と車輪 6 の何れかまたは両方にスリップが発生していると判定した場合には、トルク指令演算器 2 0 へ電動機 1 と電動機 4 の何れかまたは両方のトルクが低減するようにトルク低減指令を出力する。

【 0 0 3 5 】

トルク制御器 1 6 は、トルク指令演算器 2 0 の出力する電動機 1 へのトルク指令、電流検出器 1 4 の出力する電流検出値、及び速度検出器 9 の出力する回転速度検出値から電動機 1 の出力するトルクが電動機 1 へのトルク指令に従うように、P W M (Pulse Width Modulation) 制御により電力変換器 1 3 へのゲートパルス信号を出力する。また、トルク制御器 1 6 は、トルク指令演算器 2 0 の出力する電動機 4 へのトルク指令、電流検出器 1 5 の出力する電流検出値、及び速度検出器 1 0 の出力する回転速度検出値から電動機 4 の出力するトルクが電動機 4 へのトルク指令に従うように、P W M 制御により電力変換器 1 3 へのゲートパルス信号を出力する。電力変換器 1 3 はこれらのゲートパルス信号を受け、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等のスイッチング素子が高速にスイッチングを行うことで、高応答なトルク制御を実現する。

【 0 0 3 6 】

次にスリップ率演算器（スリップ率演算部）2 1 の構成について、図 3 を用いて説明する。図 3 に示すように、スリップ率演算器 2 1 は、速度検出器 9、速度検出器 1 0、速度検出器 1 1、速度検出器 1 2 の出力する回転速度検出値を入力として、駆動輪である車輪

10

20

30

40

50

3 及び車輪 6 のスリップ率を演算する。

【 0 0 3 7 】

ゲイン 2 9 は、速度検出器 9 の出力する電動機 1 の回転速度を入力値として、ギア 2 のギア比 G_r の逆数で与えられるゲインをかけることで車輪 3 の回転速度検出値を出力する。ゲイン 3 0 は、ゲイン 2 9 の出力する車輪 3 の回転速度検出値を入力として、車輪 3 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 3 の車輪速度検出値を出力する。ゲイン 3 1 は、速度検出器 1 1 の出力する車輪 7 の回転速度検出値を入力として、車輪 7 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 7 の車輪速度検出値を出力する。ゲイン 3 2 は、速度検出器 1 0 の出力する電動機 4 の回転速度検出値を入力として、ギア 5 のギア比 G_r の逆数で与えられるゲインをかけることで車輪 6 の回転速度検出値を出力する。ゲイン 3 3 は、ゲイン 3 2 の出力する車輪 6 の回転速度検出値を入力として、車輪 6 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 6 の車輪速度検出値を出力する。ゲイン 3 4 は、速度検出器 1 2 の出力する車輪 8 の回転速度検出値を入力として、車輪 8 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 8 の車輪速度検出値を出力する。

10

【 0 0 3 8 】

加算器 3 5 は、車輪 7 の車輪速度検出値と車輪 8 の車輪速度検出値を入力として、それらの和を出力する。加算器 3 6 は、車輪 3 の車輪速度検出値と車輪 6 の車輪速度検出値を入力として、それらの和を出力する。ゲイン 3 7 は、加算器 3 5 で出力する車輪 7 と車輪 8 の車輪速度検出値の合計値を入力として、ゲイン 0 . 5 をかけることで車輪 7 と車輪 8 の車輪速度検出値の平均値を出力する。ゲイン 3 8 は、加算器 3 6 で出力する車輪 3 と車輪 6 の車輪速度検出値の合計値を入力として、ゲイン 0 . 5 をかけることで車輪 3 と車輪 6 の車輪速度検出値の平均値を出力する。スリップ率演算器 2 1 は、ゲイン 3 7 の出力する車輪 7 と車輪 8 の車輪速度検出値の平均値、及びゲイン 3 8 の出力する車輪 3 と車輪 6 の車輪速度検出値の平均値を入力として車輪 3 及び車輪 6 のスリップ率を演算する。

20

【 0 0 3 9 】

ここで、車輪 7 及び車輪 8 は従動輪であることから、車輪 7 と車輪 8 の車輪速度検出値の平均値は実際の車両速度を表していると考えられる。減算器 3 9 は、駆動輪の車輪速度検出値と従動輪の車輪速度検出値を入力として、それらの差を出力する。最大値選択器 4 0 は、駆動輪の車輪速度検出値と従動輪の車輪速度検出値を入力とし、値の大きい方を出力する。除算器 4 1 は、減算器 3 9 の出力を最大値選択器 4 0 の出力で割ることでスリップ率を出力する。

30

【 0 0 4 0 】

式で表すと次式が成立する。

【数 1】

$$\lambda = \frac{V_r - V}{\text{Max}\{V_r, V\}} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

はスリップ率演算器 2 1 の出力する駆動輪のスリップ率、 V_r は駆動輪の車輪速度、 V は従動輪の車輪速度をそれぞれ表している。

【 0 0 4 1 】

40

次に、スリップ率と車輪 - 路面間の摩擦係数との関係について説明する。図 4 にスリップ率 と車輪 - 路面間の摩擦係数 μ との関係を示す。ここで、摩擦係数 μ が負の領域にあるということは、車輪 - 路面間に発生する力が車両の進行方向と逆向きであることを表している。一般に、スリップ率の値が小さい領域では、スリップ率の値が増加するにつれて車輪 - 路面間の摩擦係数の値も増加するため、車輪 - 路面間に作用する力も増加し、スリップが発生しない。これは、スリップ率が負の値になる場合も同様である。よって、図 4 において、スリップが発生しないのはスリップ率 が $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ を満たす領域である。

【 0 0 4 2 】

一方、スリップ率の値がある領域を越えると、スリップ率の値が増加するにつれて車輪 - 路面間の摩擦係数の値が逆に減少するため、車輪 - 路面間に作用する力も減少し、スリ

50

ップが発生する。図4においてスリップが発生するのはスリップ率が $\lambda > \lambda_2$ あるいは $\lambda < \lambda_1$ を満たす領域である。なお、摩擦係数 μ は駆動輪の駆動力 F と比例関係にある。

【0043】

このことから、路面状態によって変化するスリップ率 λ_1 、 λ_2 を制御目標として探索し、探索した値になるようにスリップ率を制御する（つまり、車輪の回転速度を制御する）ようにすれば、加速時には最大の駆動力、減速時には最大の制動力を得られることになる。以下では、この制御を「スリップ制御」と記載する。

【0044】

駆動輪のスリップ制御を行った時の車輪速度の変化について説明する。最初に、アクセル操作を行うときについて説明する。一般に、滑りやすい路面でアクセル操作を行うと駆動輪が空転してしまい、スリップ制御をしない時には駆動輪の車輪速度が従動輪の車輪速度よりもはるかに大きくなる。ところが、本実施例ではスリップ制御を行うことで、駆動輪の車輪速度が従動輪の車輪速度に近い速度になるように車輪の回転を制御している。

10

【0045】

図5に加速走行時における従動輪と駆動輪のスリップ制御を行った時の車輪速度の波形例を示す。アクセル操作中は常に（駆動輪の車輪速度）（従動輪の車輪速度）が成り立つので前述した数式（1）は次式のように変換できる。

【数2】

$$\lambda = 1 - \frac{V}{V_r} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

20

したがって、アクセル操作時には、常にスリップ率 λ の値は正になる。車体が停止もしくは走行している状態からアクセル操作を行うときは、スリップ率は最初正方向に増加するが、後述するスリップ判定器17で駆動輪がスリップしていると判定された場合に、駆動輪の駆動トルクを緩めるために駆動輪の車輪速度は従動輪の車輪速度に近づく挙動を示す。

【0046】

次にブレーキ操作を行う時について説明する。一般に、滑りやすい路面でブレーキ操作を行うと駆動輪がロックされてしまい、スリップ制御をしない時には駆動輪の車輪速度はほぼ零になる。ところが、本実施例ではスリップ制御を行うことで、駆動輪の車輪速度が従動輪の車輪速度に近い速度になるように車輪の回転を制御している。

30

【0047】

図6に減速走行時における従動輪と駆動輪のスリップ制御を行った時の車輪速度の波形例を示す。ブレーキ操作中は常に（従動輪の車輪速度）（駆動輪の車輪速度）が成り立つので、前述した数式（1）は次式のように変換できる。

【数3】

$$\lambda = \frac{V_r}{V} - 1 \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

40

したがって、ブレーキ操作時には、常にスリップ率 λ の値は負になることがわかる。車体が走行中にブレーキ操作を行うときは、スリップ率は最初負方向に増加するが、後述するスリップ判定器17で駆動輪がスリップしていると判定された場合に駆動輪の制動トルクを緩めるために駆動輪の車輪速度は従動輪の車輪速度に近づく挙動を示す。

【0048】

次に、摩擦特性演算器65を構成する駆動力演算器19、駆動力勾配演算器18、及びスリップ判定器17のそれぞれが行う演算の詳細について説明する。摩擦特性演算器65は、駆動輪がスリップしているか否かを判定し、スリップしていると判定した時には、スリップ率の制御目標（以下、「スリップ率目標値」と記載）を探索し、探索したスリップ

50

率になるようにトルク指令演算器 20 へトルク低減指令を出力する。これには、電動機 1 と電動機 4 の何れかのトルクが低減するようにトルク低減指令を出力する場合と、両方の出力するトルクが低減するようにトルク低減指令を出力する場合とがある。

【0049】

図 7 に駆動力演算器 19 の構成を示す。微分器 52 は、駆動輪の車輪速度検出値に電動機及び車輪のイナーシャ 51 を乗算したものを時間微分したものを出力する。減算器 53 は、トルク指令演算器 20 が出力するトルク指令と、微分器 52 が出力する時間微分値を入力として、それらの差を駆動力 F として出力する。

【0050】

図 8 に駆動力勾配演算器 18 の構成を示す。駆動力勾配演算器 18 では、図 4 のスリップ率 及び駆動力 F の各々の時間変化率を演算することで駆動力のスリップ率に対する勾配を演算する。

【0051】

ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 54 は、駆動力演算器 19 から出力された駆動力 F を入力として駆動力 F に含まれるピッチング振動周波数成分を除去する。一般に、ダンストラックのピッチング振動周波数は 1 ~ 3 Hz 程度であることが知られている。そこで、フィルタ 54 には、例えば、1 ~ 3 Hz 程度の周波数帯域のみを落とすフィルタ特性を有するバンドエリミネートフィルタを用いることができる。なお、バンドエリミネートフィルタの代わりに、ローパスフィルタとハイパスフィルタを組み合わせたものを用いても良い。微分器 55 は、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 54 から出力された駆動力 F を入力として時間微分値 dF/dt を出力する。

【0052】

同様に、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 56 は、スリップ率演算器 21 から出力するスリップ率 を入力としてスリップ率 に含まれるピッチング振動周波数成分を除去する。なお、フィルタ 56 も、フィルタ 54 と同じ特性のものを用いている。微分器 57 は、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 56 から出力されたスリップ率 を入力として、時間微分値 d / dt を出力する。除算器 58 は、微分器 55 が出力する dF/dt を微分器 57 が出力する d / dt で割ることで、スリップ率に対する駆動力の勾配 dF/d を出力する。

【0053】

dF/d は、加速走行時及び減速走行時ともに非スリップ領域では正値に、スリップ領域では負値になる。したがって、 dF/d が正から負に変わる瞬間のスリップ率が加速走行時には駆動力が、減速走行時には制動力が最大になるスリップ率である。

【0054】

スリップ判定器 17 は、駆動力勾配演算器 18 で出力する dF/d の値が正値であれば、駆動輪がスリップしていないと判定してトルク指令の補正を行わない。そして、 dF/d の値が最初に正から負へ変化した瞬間に駆動輪がスリップしていると判定し、スリップ率がスリップ判定時のスリップ率になるようにトルク低減指令を出力し、トルク指令の補正を行う。なお、スリップ判定の方法は dF/d が最初に正から負へ変化した瞬間に限定されるものではなく、例えば dF/d の値が所定の閾値を超えた瞬間を駆動輪がスリップしていると判定しても良い。

【0055】

図 9 に、減速走行時における駆動力 F 、スリップ率、各々の時間微分 dF/dt 、 d / dt 、及び dF/d 波形について、従来技術と本発明の第 1 実施例との比較を示す。従来技術では駆動力 F 、スリップ率 波形にピッチング振動が大きく含まれているために、時間微分すると dF/dt 、 d / dt ともに正負に大きく振動し、 dF/d を正しく演算できない。このため、制動力が最大になるスリップ率を探索できず、適切なスリップ率目標値にスリップ率を制御できない。一方、本実施例では、駆動力 F 、スリップ率 に含まれるピッチング振動を除去しているため、各々の時間微分波形にノイズが載らず、正しい dF/d の値を出力することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

以上、説明したように、第 1 実施例に係るダンブトラックによれば、車体のピッチング振動周波数成分がスリップ率及び駆動力波形に含まれる場合でも、 dF/dt を正しく演算し、加速走行時には駆動力が、減速走行時には制動力が最大になるスリップ率を探索することができる、探索したスリップ率になるようにトルクを制御できる。

【 0 0 5 7 】

上記した第 1 実施例は、種々の変形が可能である。そこで、以下に、各種変形例について説明する。

【 0 0 5 8 】

「変形例 1」

10

変形例 1 では、ダンブトラックに設けられた重量センサ（重量検出器）90 からの検出信号が駆動力勾配演算器 18' に入力される。この重量センサ 90 は、荷台 V に積載されている運搬物の重量を検出するためのものである。なお、荷台 V の積載量を検出できるものであれば、重量センサ 90 以外のセンサを用いても良い。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 に、積載量の変化を考慮した時の駆動力勾配演算器 18' の構成を示す。フィルタ特性演算器 59 は、重量センサ 90 からの積載量を入力として、車体のピッチング振動周波数を演算する。ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 60 は、駆動力 F を入力として、フィルタ特性演算器 59 で演算したピッチング振動周波数を駆動力 F から除去する。微分演算器 61 は、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 60 から出力された駆動力 F

20

を入力として時間微分値 dF/dt を出力する。

【 0 0 6 0 】

同様に、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 62 は、スリップ率 μ を入力として、フィルタ特性演算器 59 で演算したピッチング振動周波数をスリップ率 μ から除去する。微分演算器 63 は、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 62 から出力されたスリップ率 μ を入力として時間微分値 $d\mu/dt$ を出力する。除算器 64 は、微分器 61 が出力する dF/dt を微分器 63 が出力する $d\mu/dt$ で割ることで図 4 の勾配に相当する $dF/d\mu$ を出力する。

【 0 0 6 1 】

次に、フィルタ特性演算器 59 について説明する。図 1 0 に、積載量とピッチング振動周波数との関係を示す。図 1 0 は、車体の運動方程式から車体の固有振動数を演算して、積載量に応じたピッチング振動周波数を求め、それを曲線で描いたものである。

30

【 0 0 6 2 】

図 1 2 に車体の振動モデルを示す。図 1 2 に示す振動モデルは、車体をばね上とばね下に分けた簡易モデルである。ピッチ角を θ とすると、車体の運動方程式は次式で表わされる。

【 0 0 6 3 】

【数 4】

$$I_y \ddot{\theta} = -2(k_f l_f^2 + k_r l_r^2) \theta \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

40

I_y は y 軸方向の慣性モーメントで一般に積載量に比例する。 k_f 、 k_r は前後輪のばね定数、 l_f 、 l_r は車体重心から前後輪までの x 軸方向の距離である。

【 0 0 6 4 】

ここで車体の固有振動数を f とすると、 f は数式 (4) から次式で表わされる。

【数 5】

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2(kflf^2 + krlr^2)}{I_y}} \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

数式(5)を用いることにより、フィルタ特性演算器59は、積載量に応じたピッチング振動周波数成分を演算することができる。なお、数式(5)によれば、分母に I_y があることから、積載量が大きいほど、車体の固有振動数 f は小さくなるのが分かる。即ち、フィルタ特性演算器59は、積載量の値が大きいほど車体のピッチング振動周波数が小さくなるように、車体のピッチング振動周波数を演算している。

10

【0065】

以上のことから、変形例1に係るダンプロックは、積載量の変化に応じてピッチング振動周波数が変化しても、ピッチング振動周波数成分を除去し、加速走行時には駆動力が、減速走行時には制動力が最大になるスリップ率を探索し、探索したスリップ率になるようにトルクを制御できる。

【0066】

「変形例2」

変形例2では、ダンプロックに設けられた重量センサ(重量検出器)90からの検出信号が駆動力勾配演算器18'に入力される。この重量センサ90は、荷台Vに積載されている運搬物の重量を検出するためのものである。なお、荷台Vの積載量を検出できるものであれば、重量センサ90以外のセンサを用いても良い。

20

【0067】

図13に、積載量の変化を考慮した時の駆動力勾配演算器18'の構成を示す。フィルタ特性演算器81は、重量センサ90からの積載量を入力として、車体のピッチング振動周波数を予め定めた数値の中から選択する。

【0068】

フィルタ特性演算器81は、重量センサ90から入力された荷台Vの積載量の値が、予め定めた閾値以上か否かを判断する。そして、その積載量の値が閾値以上の場合には、荷台Vに運搬物が積載されているとみなして、フィルタ特性演算器81はピッチング振動周波数 f_1 (第1のピッチング振動周波数)を出力する。一方、その積載量の値が閾値未満の場合には、荷台Vに運搬物が積載されていないとみなして、フィルタ特性演算器81はピッチング振動周波数 f_2 (第2のピッチング振動周波数)を出力する。

30

【0069】

ダンプロックの場合、荷台Vには運搬物が満杯に積載されるか、あるいは空の状態であるかの何れかであることが多い。このことに着目して、変形例2では、フィルタ特性演算器81が重量センサ90からの入力に基づき、積載有りの場合はピッチング振動周波数 f_1 を、積載無しの場合はピッチング振動周波数 f_2 を選択的に出力している。

【0070】

ピッチング振動周波数成分除去フィルタ82は、駆動力 F を入力として、フィルタ特性演算器81で選択されたピッチング振動周波数を駆動力 F から除去する。微分演算器83は、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ82から出力された駆動力 F を入力として時間微分値 dF/dt を出力する。

40

【0071】

同様に、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ84は、スリップ率を入力として、フィルタ特性演算器81で選択されたピッチング振動周波数をスリップ率から除去する。微分演算器63は、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ62から出力されたスリップ率を入力として時間微分値 d / dt を出力する。除算器64は、微分器61が出力する dF/dt を微分器63が出力する d / dt で割ることで図4の勾配に相当する dF/d を出力する。

50

【 0 0 7 2 】

以上のことから、変形例 2 に係るダンブトラックは、積載量の変化に応じてピッチング振動周波数が変化しても、ピッチング振動周波数成分を除去し、加速走行時には駆動力が、減速走行時には制動力が最大になるスリップ率を探索し、探索したスリップ率になるようにトルクを制御できる。また、変形例 2 によれば、運搬物の有無で出力するピッチング振動周波数を選択できるから、車輪の速度の制御を簡素化できる利点がある。

【 0 0 7 3 】

「変形例 3」

変形例 3 は、左側の車輪のスリップ率と右側の車輪のスリップ率を別々に演算する構成を備えている。その変形例 3 に係るスリップ率演算器の構成を図 1 4 に示す。

10

【 0 0 7 4 】

左側車輪用のスリップ率演算器 4 8 は、速度検出器 9、速度検出器 1 1 の出力する回転速度検出値を入力として、駆動輪である車輪 3 及び従動輪である車輪 7 のスリップ率を演算する。ゲイン 2 9 は、速度検出器 9 の出力する電動機 1 の回転速度を入力値として、ギア 2 のギア比 G_r の逆数で与えられるゲインをかけることで車輪 3 の回転速度検出値を出力する。ゲイン 3 0 は、ゲイン 2 9 の出力する車輪 3 の回転速度検出値を入力として、車輪 3 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 3 の車輪速度検出値を出力する。ゲイン 3 1 は、速度検出器 1 1 の出力する車輪 7 の回転速度検出値を入力として、車輪 7 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 7 の車輪速度検出値を出力する。

【 0 0 7 5 】

ここで、車輪 7 は従動輪であることから、車輪 7 の車輪速度検出値は実際の車両速度を表していると考えられる。減算器 4 2 は、駆動輪の車輪速度検出値と従動輪の車輪速度検出値を入力として、それらの差を出力する。最大値選択器 4 3 は、駆動輪の車輪速度検出値と従動輪の車輪速度検出値を入力とし、値の大きい方を出力する。除算器 4 4 は、減算器 4 2 の出力を最大値選択器 4 3 の出力で割ることで左側車輪のスリップ率を出力する。なお、出力された左側車輪のスリップ率を式で表すと、前記した数式 (1) となる。

20

【 0 0 7 6 】

一方、右側車輪用のスリップ率演算器 4 9 は、速度検出器 1 0、速度検出器 1 2 の出力する回転速度検出値を入力として、駆動輪である車輪 6 及び従動輪である車輪 8 のスリップ率を演算する。ゲイン 3 2 は、速度検出器 1 0 の出力する電動機 4 の回転速度検出値を入力として、ギア 5 のギア比 G_r の逆数で与えられるゲインをかけることで車輪 6 の回転速度検出値を出力する。ゲイン 3 3 は、ゲイン 3 2 の出力する車輪 6 の回転速度検出値を入力として、車輪 6 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 6 の車輪速度検出値を出力する。ゲイン 3 4 は、速度検出器 1 2 の出力する車輪 8 の回転速度検出値を入力として、車輪 8 の半径 R_{r1} をかけることで、車輪 8 の車輪速度検出値を出力する。

30

【 0 0 7 7 】

ここで、車輪 8 は従動輪であることから、車輪 8 の車輪速度検出値は実際の車両速度を表していると考えられる。減算器 4 5 は、駆動輪の車輪速度検出値と従動輪の車輪速度検出値を入力として、それらの差を出力する。最大値選択器 4 6 は、駆動輪の車輪速度検出値と従動輪の車輪速度検出値を入力とし、値の大きい方を出力する。除算器 4 7 は、減算器 4 5 の出力を最大値選択器 4 6 の出力で割ることで右側車輪のスリップ率を出力する。なお、出力された右側車輪のスリップ率を式で表すと、前記した数式 (1) となる。

40

【 0 0 7 8 】

以上のことから、変形例 3 に係るダンブトラックは、左側車輪のスリップ率と右側車輪のスリップ率とを別々に演算し、左右独立に駆動輪 3、6 のトルクを制御することができる。よって、より高い精度で車輪の回転速度を制御することができる。また、変形例 3 によれば、左側車輪用の速度検出器 9、1 0 又は右側車輪用の速度検出器 1 1、1 2 のうち一方が故障等しても、スリップ率を算出することができるから、速度検出器が故障しても、車輪の回転速度の制御を継続することができる。

【 0 0 7 9 】

50

「変形例 4」

変形例 4 は、左側の駆動輪の駆動力と右側の駆動輪の駆動力を別々に演算する構成を備えている。その変形例 4 に係る駆動力演算器の構成を図 15 に示す。

【0080】

駆動力演算器 72 は、左側の駆動輪の駆動力 F を演算するためのものである。微分器 67 は、左側の駆動輪の車輪速度検出値に電動機及び車輪のイナーシャ 66 を乗算したものを時間微分したものを出力する。減算器 68 は、トルク指令演算器 20 が出力する左側の駆動輪のトルク指令と、微分器 67 が出力する時間微分値を入力として、それらの差を左側駆動輪の駆動力 F として出力する。

【0081】

一方、駆動力演算器 73 は、右側の駆動輪の駆動力 F を演算するためのものである。微分器 70 は、右側の駆動輪の車輪速度検出値に電動機及び車輪のイナーシャ 69 を乗算したものを時間微分したものを出力する。減算器 71 は、トルク指令演算器 20 が出力する右側の駆動輪のトルク指令と、微分器 70 が出力する時間微分値を入力として、それらの差を右側駆動輪の駆動力 F として出力する。

【0082】

以上のことから、変形例 4 に係るダンブトラックは、左側駆動輪の駆動力と右側駆動輪の駆動力とを別々に演算し、左右独立に駆動輪 3, 6 のトルクを制御することができる。よって、より高い精度で車輪の回転速度を制御することができる。また、変形例 4 によれば、左側車輪用の速度検出器 9, 10 又は右側車輪用の速度検出器 11, 12 のうち一方が故障等しても、駆動力を算出することができるから、速度検出器が故障しても、車輪の回転速度の制御を継続することができる。

【0083】

「第 2 実施例に係るダンブトラック」

続いて、本発明の第 2 実施例に係るダンブトラックについて図面を用いて説明する。なお、第 1 実施例におけるフィルタは、駆動力 F 及びスリップ率に含まれるピッチング振動周波数成分を除去したのに対し、第 2 実施例におけるフィルタは、各車輪の車輪速度検出値に含まれるピッチング振動周波数成分を除去している点で相違する。別言すれば、第 1 実施例では、フィルタは駆動力勾配演算器に設けられていたが、第 2 実施例では、フィルタはスリップ率演算器に設けられている点で相違する。そこで、以下の説明は、この相違点を中心に説明することとし、第 1 実施例と同じ構成についての説明は省略する。なお、図中、第 1 実施例と同一符号のものは、同一の構成である。

【0084】

図 16 に、第 2 実施例に係るダンブトラックのスリップ率演算器 79 の構成を示す。図 16 に示すように、スリップ率演算器 79 には、速度検出器 9, 10, 11, 12 から出力された各車輪 3, 6, 7, 8 の車輪速度検出値に対して、それぞれピッチング振動周波数成分除去フィルタ 74, 75, 76, 77 が設置されている。これらピッチング振動周波数成分除去フィルタ 74, 75, 76, 77 によって、車輪速度検出値に含まれるピッチング振動周波数成分が除去される。スリップ率演算器 79 は、ピッチング振動周波数成分が除去された左右の従動輪 7, 8 と駆動輪 3, 6 の車輪速度の平均値を入力してスリップ率を求めている。

【0085】

このように、第 2 実施例では、車体のピッチング振動周波数成分が車輪速度検出値に含まれる場合でも、フィルタによってその周波数成分が除去されるから、スリップ率を正しく演算し、加速走行時には駆動力が、減速走行時には制動力が最大になるスリップ率を探索することができ、探索したスリップ率になるようにトルクを制御できる。

【0086】

なお、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 74, 75, 76, 77 は、1 ~ 3 Hz 程度の周波数帯域のみを落とすフィルタ特性を有するバンドエリミネートフィルタである。これは、ダンブトラックのピッチング振動周波数は 1 ~ 3 Hz 程度であるからである。

10

20

30

40

50

勿論、バンドエリミネートフィルタの代わりに、ローパスフィルタとハイパスフィルタを組み合わせたものを用いても良い。

【 0 0 8 7 】

上記した第 2 実施例は、種々の変形が可能である。そこで、以下に、各種変形例について説明する。

【 0 0 8 8 】

「変形例 5」

変形例 5 では、ダンプトラックに設けられた重量センサ（重量検出器）90 からの検出信号がスリップ率演算器 80 に入力される。この重量センサ 90 は、荷台 V に積載されている運搬物の重量を検出するためのものである。なお、荷台 V の積載量を検出できるものであれば、重量センサ 90 以外のセンサを用いても良い。

10

【 0 0 8 9 】

図 17 に、積載量の変化を考慮した時のスリップ率演算器 80 の構成を示す。フィルタ特性演算器 78 は、重量センサ 90 からの積載量を入力として、前記した数式（5）を用いて車体のピッチング振動周波数を演算する。なお、数式（5）によれば、分母に I_y があることから、積載量が大きいほど、車体の固有振動数 f は小さくなるのが分かる。即ち、フィルタ特性演算器 78 は、積載量の値が大きいほど車体のピッチング振動周波数が小さくなるように、車体のピッチング振動周波数を演算している。そして、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 74, 75, 76, 77 は、フィルタ特性演算器 78 によって演算されたピッチング振動周波数成分を車輪速度検出値から除去する。スリップ率演算器 80 は、ピッチング振動周波数成分が除去された左右の従動輪 7、8 と駆動輪 3、6 の車輪速度の平均値を入力してスリップ率を求めている。

20

【 0 0 9 0 】

以上のことから、変形例 5 に係るダンプトラックは、積載量の変化に応じてピッチング振動周波数が変化しても、ピッチング振動周波数成分を除去し、加速走行時には駆動力が、減速走行時には制動力が最大になるスリップ率を探索し、探索したスリップ率になるようにトルクを制御できる。

【 0 0 9 1 】

「変形例 6」

変形例 6 では、ダンプトラックに設けられた重量センサ（重量検出器）90 からの検出信号がスリップ率演算器 88 に入力される。この重量センサ 90 は、荷台 V に積載されている運搬物の重量を検出するためのものである。なお、荷台 V の積載量を検出できるものであれば、重量センサ 90 以外のセンサを用いても良い。

30

【 0 0 9 2 】

図 18 に、積載量の変化を考慮した時のスリップ率演算器 88 の構成を示す。フィルタ特性演算器 87 は、重量センサ 90 から入力された荷台 V の積載量の値が、予め定めた閾値以上か否かを判断する。そして、その積載量の値が閾値以上の場合には、荷台 V に運搬物が積載されているとみなして、フィルタ特性演算器 87 はピッチング振動周波数 f_1 （第 1 のピッチング振動周波数）を出力する。一方、その積載量の値が閾値未満の場合には、荷台 V に運搬物が積載されていないとみなして、フィルタ特性演算器 87 はピッチング振動周波数 f_2 （第 2 のピッチング振動周波数）を出力する。

40

【 0 0 9 3 】

ダンプトラックの場合、荷台 V には運搬物が満杯に積載されるか、あるいは空の状態であるかの何れかであることが多い。このことに着目して、変形例 6 では、フィルタ特性演算器 87 が重量センサ 90 からの入力に基づき、ピッチング振動周波数 f_1 又はピッチング振動周波数 f_2 を選択的に出力している。

【 0 0 9 4 】

そして、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 74, 75, 76, 77 は、フィルタ特性演算器 78 によって選択されたピッチング振動周波数成分を車輪速度検出値から除去する。スリップ率演算器 88 は、ピッチング振動周波数成分が除去された左右の従動輪 7

50

、 8 と駆動輪 3、 6 の車輪速度の平均値を入力してスリップ率を求めている。

【 0 0 9 5 】

以上のことから、変形例 6 に係るダンブトラックは、積載量の変化に応じてピッチング振動周波数が変化しても、ピッチング振動周波数成分を除去し、加速走行時には駆動力が、減速走行時には制動力が最大になるスリップ率を探索し、探索したスリップ率になるようにトルクを制御できる。また、変形例 6 によれば、運搬物の有無で出力するピッチング振動周波数を選択できるから、車輪の速度の制御を簡素化できる利点がある。

【 0 0 9 6 】

「変形例 7」

第 2 実施例に係るダンブトラックにおいて、左側の車輪のスリップ率と右側の車輪のスリップ率を別々に演算する構成を備えても良い。この場合、図 19 に示すように、左側車輪用のスリップ率演算器 9 1 の速度検出器 1 1 とゲイン 3 1 との間にピッチング振動周波数成分除去フィルタ 7 4 を設置し、速度検出器 9 とゲイン 2 9 との間にピッチング振動周波数成分除去フィルタ 7 5 を設置する。また、右側車輪用のスリップ率演算器 9 2 の速度検出器 1 2 とゲイン 3 4 との間にピッチング振動周波数成分除去フィルタ 7 6 を設置し、速度検出器 1 0 とゲイン 3 2 との間にピッチング振動周波数成分除去フィルタ 7 7 を設置する。

【 0 0 9 7 】

そして、ピッチング振動周波数成分除去フィルタ 7 4、7 5 によってピッチング振動周波数成分が除去された車輪速度検出値を用いて、スリップ率演算器 9 1 が左側車輪のスリップ率を演算する。スリップ率演算器 9 2 も同様にして右側車輪のスリップ率を演算する。

【 0 0 9 8 】

以上のことから、変形例 7 に係るダンブトラックは、左側車輪のスリップ率と右側車輪のスリップ率とを別々に演算し、左右独立に駆動輪 3、6 のトルクを制御することができる。よって、より高い精度で車輪の回転速度を制御することができる。また、変形例 7 によれば、左側車輪用の速度検出器 9、1 0 又は右側車輪用の速度検出器 1 1、1 2 のうち一方が故障等しても、スリップ率を算出することができるから、速度検出器が故障しても、車輪の回転速度の制御を継続することができる。

【符号の説明】

【 0 0 9 9 】

1, 4 ... 電動機、2, 5 ... ギア、3, 6 ... 車輪（駆動輪）、7, 8 ... 車輪（従動輪）、9, 10, 11, 12 ... 速度検出器、13 ... 電力変換器、14, 15 ... 電流検出器、16 ... トルク制御器、17 ... スリップ判定器（スリップ判定部）、18, 18', 18'' ... 駆動力勾配演算器（駆動力勾配演算部）、19, 72, 73 ... 駆動力演算器、20 ... トルク指令演算器（トルク指令演算部）、21, 48, 49, 79, 80, 88, 91, 92 ... スリップ率演算器（スリップ率演算部）、22 ... アクセル開度検出器、23 ... ブレーキ開度検出器、24 ... ステアリング角度検出器、25, 26, 27, 28 ... 荷重検出器、29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38 ... ゲイン、35, 36 ... 加算器、39, 42, 45 ... 減算器、40, 43, 46 ... 最大値選択器、41, 44, 47, 58, 64, 86 ... 除算器、50 ... 電動機制御器、51, 66, 69 ... 電動機のイナーシャ（電動機側換算値）、52, 55, 57, 61, 63, 67, 70, 83, 95 ... 微分器、53, 68, 71 ... 減算器、54, 56, 60, 62, 74, 75, 76, 77, 82, 84 ... ピッチング振動周波数成分除去フィルタ（フィルタ）、59, 78, 81, 87 ... フィルタ特性演算器（フィルタ特性演算部）、65 ... 摩擦特性演算器、90 ... 重量センサ（重量検出器）

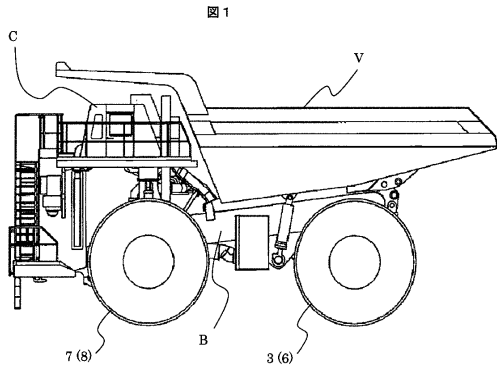
10

20

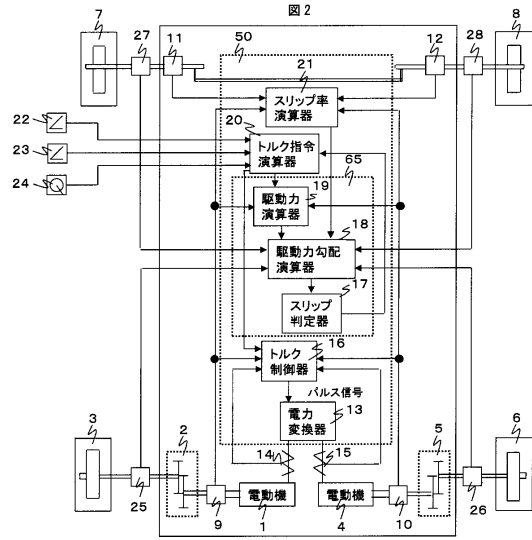
30

40

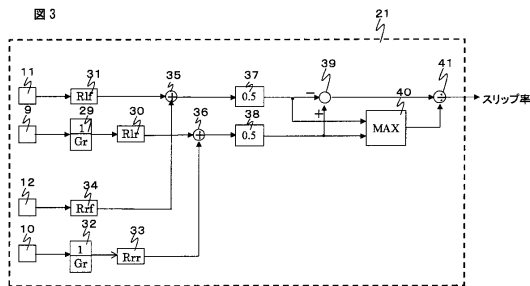
【 図 1 】



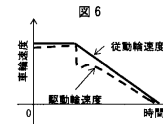
【 図 2 】



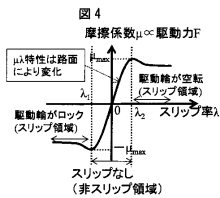
【 図 3 】



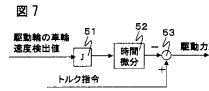
【 図 6 】



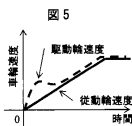
【 図 4 】



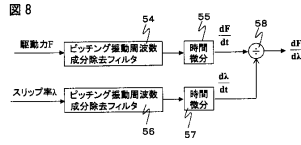
【 図 7 】



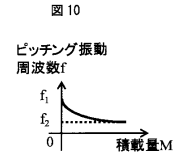
【 図 5 】



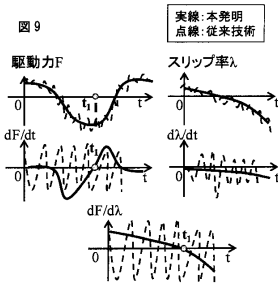
【 図 8 】



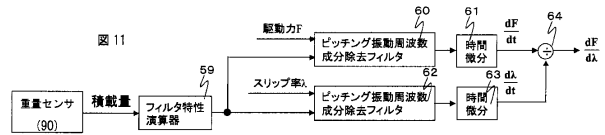
【 図 10 】



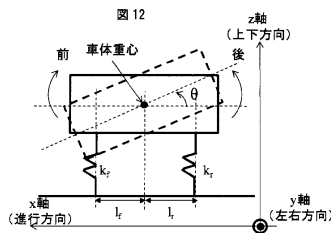
【 図 9 】



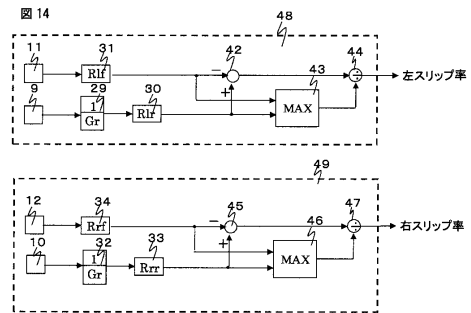
【 図 11 】



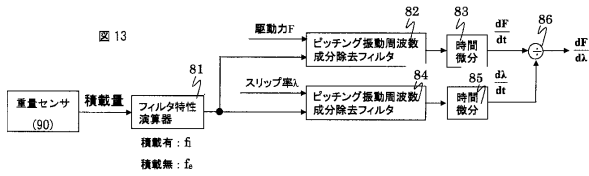
【 図 12 】



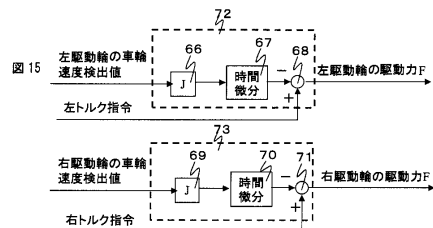
【 図 14 】



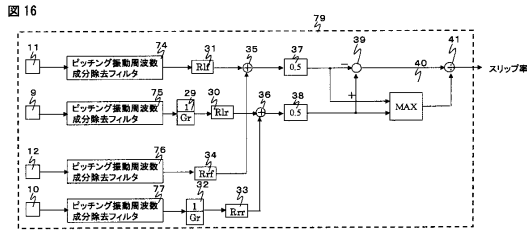
【 図 13 】



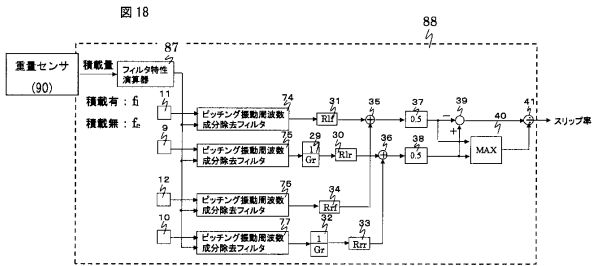
【 図 15 】



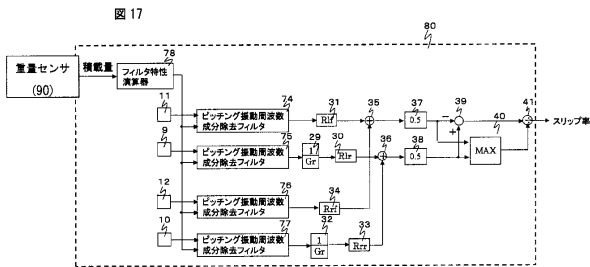
【図16】



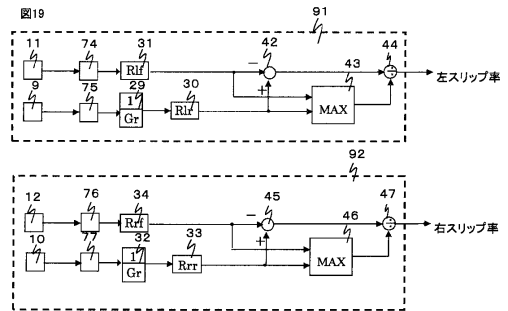
【図18】



【図17】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 隆之

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社 土浦工場内

(72)発明者 齋藤 真二郎

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

審査官 上野 力

(56)参考文献 特開2009-077505(JP,A)

特開2011-223691(JP,A)

特開2002-218605(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L 15/20