(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7427142号
(P7427142)

(45)発行日　令和6年2月2日(2024.2.2)

(24)登録日　令和6年1月25日(2024.1.25)

(51)国際特許分類

Ｂ６５Ｇ　54/02　(2006.01)	Ｂ６５Ｇ	54/02	
Ｂ６５Ｇ　35/08　(2006.01)	Ｂ６５Ｇ	35/08	Ａ

ＦＩ

請求項の数　18　（全35頁）

(21)出願番号　特願2023-558244(P2023-558244)
(86)(22)出願日　令和5年3月1日(2023.3.1)
(86)国際出願番号　PCT/JP2023/007643
審査請求日　令和5年9月21日(2023.9.21)
早期審査対象出願

(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
(74)代理人　100118762
弁理士　高村 順
(72)発明者　川瀬 達也
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　福島 和幸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　搬送システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

１または複数の搬送体が移動する搬送路を構成する複数の搬送路ユニットを備え、

複数の前記搬送路ユニットの各々は、

前記搬送体を移動させる推力を、電流が流れることにより発生する複数の駆動部と、

複数の前記駆動部の各々が過負荷状態であるか否かを判定し、かつ、前記搬送路ユニットが過負荷状態であるか否かを判定するプロセッサと、を有し、

複数の前記搬送路ユニットの各々において、前記プロセッサは、過負荷状態と判定された前記駆動部の温度または過負荷状態と判定された前記搬送路ユニットの温度を低下させる過負荷保護処理を実行することを特徴とする搬送システム。

【請求項２】

複数の前記搬送路ユニットのうちの１つにおいて複数の前記駆動部の少なくとも１つが過負荷状態であると判定された場合、または、複数の前記搬送路ユニットのうちの１つにおいて前記搬送路ユニットが過負荷状態であると判定された場合において、複数の前記搬送路ユニットは、前記過負荷保護処理によって、前記搬送路に存在する全ての前記搬送体を停止または減速させることを特徴とする請求項１に記載の搬送システム。

【請求項３】

複数の前記搬送路ユニットのうちの１つにおいて複数の前記駆動部の少なくとも１つが過負荷状態であると判定された場合において、過負荷状態であると判定された前記駆動部を含む前記搬送路ユニットは、前記過負荷保護処理によって、前記搬送体を停止または減

速させることを特徴とする請求項１に記載の搬送システム。
【請求項４】
複数の前記搬送路ユニットのうちの１つにおいて前記搬送路ユニットが過負荷状態であると判定された場合において、過負荷状態であると判定された前記搬送路ユニットは、前記過負荷保護処理によって、前記搬送体を停止または減速させることを特徴とする請求項１に記載の搬送システム。
【請求項５】
複数の前記搬送路ユニットのうちの１つにおいて複数の前記駆動部の少なくとも１つが過負荷状態であると判定された場合において、過負荷状態であると判定された前記駆動部を含む前記搬送路ユニットの前記プロセッサは、過負荷状態であると判定された前記駆動部の通電を停止させることを特徴とする請求項１に記載の搬送システム。
【請求項６】
前記駆動部は、過負荷状態か否かの監視対象とする要素を含み、
前記プロセッサは、前記要素が過負荷状態ではないときと前記要素が過負荷状態であるときとにおける前記要素に流れる電流の閾値である第１の負荷判定値と前記要素に電流が流れる時間との関係であるあらかじめ設定された第１の判定基準と、前記要素に流れる電流の実効値および前記要素に電流が流れる時間とを比較することによって、前記要素が過負荷状態か否かを判定することを特徴とする請求項１から５のいずれか１つに記載の搬送システム。
【請求項７】
前記駆動部は、前記監視対象とする前記要素である第１の要素および第２の要素を含み、
前記第１の要素は、インバータであって、
前記第２の要素は、前記インバータからの電力供給によって前記推力である電磁力を発生するコイルであることを特徴とする請求項６に記載の搬送システム。
【請求項８】
前記プロセッサは、前記搬送路ユニットが過負荷状態ではないときと前記搬送路ユニットが過負荷状態であるときとにおける前記搬送路ユニットの損失の閾値である第２の負荷判定値と前記搬送路ユニットに負荷が与えられる時間との関係であるあらかじめ設定された第２の判定基準と、前記搬送路ユニットの損失および前記搬送路ユニットに負荷が与えられる時間とを比較することによって、前記搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定することを特徴とする請求項１から５のいずれか１つに記載の搬送システム。
【請求項９】
複数の前記搬送路ユニットには、前記搬送路ユニットごとに異なる前記第２の負荷判定値を設定可能であることを特徴とする請求項８に記載の搬送システム。
【請求項１０】
前記第２の判定基準において、前記第２の負荷判定値は、時間の経過に伴って一定の値に収束し、
前記第２の負荷判定値が前記一定の値であるときにおける前記搬送路ユニットの損失である最大定格損失は、複数の前記駆動部の各々に流れる電流の値が前記駆動部の最大定格電流値であるときにおける前記搬送路ユニットの損失よりも小さいことを特徴とする請求項８に記載の搬送システム。
【請求項１１】
前記プロセッサは、複数の前記駆動部に流れる電流の実効値に基づいて、前記搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定することを特徴とする請求項１から５のいずれか１つに記載の搬送システム。
【請求項１２】
前記プロセッサは、前記搬送路ユニットの温度の検出結果に基づいて、前記搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定することを特徴とする請求項１から５のいずれか１つに記載の搬送システム。
【請求項１３】

複数の前記搬送路ユニットの各々の前記プロセッサは、前記搬送路ユニットが、過負荷状態に達することが見込まれる状態である高負荷状態であるか否かを判定し、
複数の前記搬送路ユニットのうちの１つが前記高負荷状態であると判定された場合に、前記高負荷状態であると判定された前記搬送路ユニットである第１の搬送路ユニットに隣接する前記搬送路ユニットである第２の搬送路ユニットの前記プロセッサは、前記第２の負荷判定値をあらかじめ設定された値よりも小さくする修正が施された前記第２の判定基準に基づいて、前記第２の搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定することを特徴とする請求項８に記載の搬送システム。
【請求項１４】
前記搬送体の移動を制御するコントローラを備え、
前記高負荷状態であると判定された前記第１の搬送路ユニットは、前記第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることを前記コントローラへ通知し、
前記第２の搬送路ユニットの前記プロセッサは、前記第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることが前記コントローラから通知されることにより、前記第２の判定基準に前記修正を施すことを特徴とする請求項１３に記載の搬送システム。
【請求項１５】
前記搬送体の移動を制御するコントローラを備え、
前記コントローラは、複数の前記搬送路ユニットの各々について、過負荷状態に達することが見込まれる状態である高負荷状態であるか否かを判定し、
複数の前記搬送路ユニットのうちの１つが前記高負荷状態であると判定された場合に、前記高負荷状態であると判定された前記搬送路ユニットである第１の搬送路ユニットに隣接する前記搬送路ユニットである第２の搬送路ユニットの前記プロセッサは、前記第２の負荷判定値をあらかじめ設定された値よりも小さくする修正が施された前記第２の判定基準に基づいて、前記第２の搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定することを特徴とする請求項８に記載の搬送システム。
【請求項１６】
前記コントローラは、前記第２の搬送路ユニットについての前記第２の判定基準に前記修正を施し、前記修正が施された前記第２の判定基準を前記第２の搬送路ユニットへ通知することを特徴とする請求項１５に記載の搬送システム。
【請求項１７】
前記搬送路における複数の前記搬送体の各々の移動についてのスケジュールを示す情報である運行情報と、複数の前記搬送体の各々についての移動の態様を示す運転指令とを含む学習用データを取得するデータ取得部と、
前記運行情報からの前記運転指令の推論に使用される学習済モデルを、前記学習用データに基づいて生成するモデル生成部と、
を有する学習装置を備えることを特徴とする請求項１から５のいずれか１つに記載の搬送システム。
【請求項１８】
複数の前記搬送体の各々についての移動の態様を示す運転指令を生成する運転指令生成器を備え、
前記運転指令生成器は、
前記搬送路における複数の前記搬送体の各々の移動についてのスケジュールを示す情報である運行情報を取得するデータ取得部と、
前記運行情報からの前記運転指令の推論に使用される学習済モデルへ前記運行情報を入力することによって、前記運転指令を推論する推論部と、
を有することを特徴とする請求項１から５のいずれか１つに記載の搬送システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、物を搬送する搬送システムに関する。

【背景技術】
【０００２】
ファクトリーオートメーションが導入される生産ライン、例えば、工業製品を組み立てるための生産ライン、または、食品を包装するための生産ラインなどには、ワークを搬送する搬送システムが一般的に用いられる。近年、ワークを搬送する搬送路を複数のゾーンに分割し、ワークが載せられた台車を、各ゾーンに配置された制御装置によって走行させる搬送システムが多く用いられている。かかる搬送システムは、生産効率の面で優れた搬送システムの１つとして知られている。
【０００３】
搬送システムの一形態として、可動子である台車に磁石が配置され、搬送路を構成する固定子にコイルが配置された、いわゆるムービングマグネット型のリニアモータが活用されている。ムービングマグネット型のリニアモータは、可動子の長さに比べて長いストロークで可動子を移動させる場合に適している。搬送路には、可動子を移動させる方向に複数のコイルが並べられる。
【０００４】
特許文献１には、搬送体である台車と、搬送路に並べられた複数のコイルとを備え、各コイルに電流を流すことにより磁界を生じさせ、磁界の作用により台車を移動させるシステムが開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【文献】特開昭６１－１７３６０７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
特許文献１に開示されるようなシステムでは、リニアモータの駆動に際し、過熱による焼損といった不具合を回避するための過負荷保護が実施される。リニアモータにおいて、コイルは、損失による発熱源となり得る。
【０００７】
台車の長さに比べて長いストロークで台車を移動させるリニアモータでは、搬送路に並べられた複数のコイルのうち台車が存在している部分のコイルのみに定格電流が流れるようにすれば定格推力を低下させることなく、台車を移動させ得る。このようなリニアモータを備える搬送システムでは、搬送路に並べられた全てのコイルに常に定格電流が流れるような運転パターンとなることは稀であるものといえる。このような搬送システムにおいて、複数のコイルの全てに常に定格電流が流れる場合における過負荷状態の解消を想定して過負荷保護機能が搭載される場合、過負荷保護の性能が、搬送システムの運用に見合う性能を超えることとなる。過負荷保護の性能が過大であることは、過負荷保護のための構成を必要以上に大掛かりなものとさせることとなり、搬送システムの費用が高くなる要因となる。このため、搬送システムは、搬送システムの運用に見合った過負荷保護が可能であることが望まれていた。
【０００８】
本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、搬送システムの運用に見合った過負荷保護を可能とする搬送システムを得ることを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかる搬送システムは、１または複数の搬送体が移動する搬送路を構成する複数の搬送路ユニットを備える。複数の搬送路ユニットの各々は、搬送体を移動させる推力を、電流が流れることにより発生する複数の駆動部と、複数の駆動部の各々が過負荷状態であるか否かを判定し、かつ、搬送路ユニットが過負荷状態であるか否かを判定するプロセッサと、を有する。複数の搬送路ユニ

ットの各々において、プロセッサは、過負荷状態と判定された駆動部の温度または過負荷状態と判定された搬送路ユニットの温度を低下させる過負荷保護処理を実行する。

【発明の効果】

【００１０】

本開示にかかる搬送システムは、搬送システムの運用に見合った過負荷保護が可能となるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】実施の形態１にかかる搬送システムの構成例を示す図

【図２】実施の形態１にかかる搬送システムに備えられる搬送路ユニットの構成例を示す図

【図３】実施の形態１にかかる搬送システムにおける駆動部を構成する要素の熱抵抗について説明するための図

【図４】実施の形態１にかかる搬送システムにおいて過負荷状態の第１の判定基準とされる第１の過負荷判定曲線の例を示す図

【図５】実施の形態１にかかる搬送システムにおける搬送路ユニットの最悪損失について説明するための第１の図

【図６】実施の形態１にかかる搬送システムにおける搬送路ユニットの最悪損失について説明するための第２の図

【図７】実施の形態１にかかる搬送システムにおいて過負荷状態の第２の判定基準とされる第２の過負荷判定曲線の例を示す図

【図８】実施の形態１にかかる搬送システムにおける搬送路ユニットの最大定格損失について説明するための第１の図

【図９】実施の形態１にかかる搬送システムにおける搬送路ユニットの最大定格損失について説明するための第２の図

【図１０】実施の形態４にかかる搬送システムに備えられるコントローラの構成例を示す図

【図１１】実施の形態４にかかるコントローラに備えられる学習装置の構成例を示す図

【図１２】実施の形態４にかかるコントローラに備えられる学習装置の処理手順を示すフローチャート

【図１３】実施の形態４にかかるコントローラに備えられる運転指令生成器の構成例を示す図

【図１４】実施の形態４にかかるコントローラに備えられる運転指令生成器、位置指令生成器、およびコイル駆動指令生成器の処理手順を示すフローチャート

【図１５】実施の形態１から４にかかる制御回路の構成例を示す図

【図１６】実施の形態１から４にかかる専用のハードウェア回路の構成例を示す図

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下に、実施の形態にかかる搬送システムを図面に基づいて詳細に説明する。

【００１３】

実施の形態１．

図１は、実施の形態１にかかる搬送システム１の構成例を示す図である。搬送システム１は、物の搬送に使用されるシステムである。実施の形態１では、搬送システム１は、物が載せられた搬送体を移動させることによって、物を搬送する。

【００１４】

搬送システム１は、複数の搬送路ユニット１１Ａ－１１Ｈと、コントローラ１２と、直流（Direct Current：ＤＣ）電源１３と、台車１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃとを備える。コントローラ１２は、搬送路ユニット１１Ａ－１１Ｈを介して各台車１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃの動作を制御する。以下の説明では、搬送路ユニット１１とは、搬送路ユニット１１Ａ－１１Ｈの各々を区別せずに称したものとする。

【００１５】

複数の搬送路ユニット１１は、互いに連結されており、搬送体が移動する搬送路１０を

構成する。複数の搬送路ユニット１１は、搬送体へ動力を与えることによって搬送体を移動させる。台車１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃの各々は、搬送体である。以下の説明では、台車１６とは、台車１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃの各々を区別せずに称したものとする。

【００１６】

図１に示す搬送路１０は、環状である。すなわち、図１に示す搬送路１０は、閉じた経路である。搬送システム１の搬送路１０は、開いた経路でも良い。すなわち、搬送システム１の搬送路１０は、互いに離れた位置にある始点および終点を有する経路でも良い。

【００１７】

搬送路ユニット１１Ａ，１１Ｂ，１１Ｅ，１１Ｆは、直線経路を構成する直線型の搬送路ユニット１１である。搬送路ユニット１１Ｃ，１１Ｄ，１１Ｇ，１１Ｈは、曲線経路を構成する曲線型の搬送路ユニット１１であって、搬送体の進行方向を変化させる。搬送路１０は、直線経路を構成する搬送路ユニット１１を持たず、曲線経路を構成する搬送路ユニット１１のみからなるものでも良い。互いに離れた位置にある始点および終点を有する搬送路１０は、直線経路を構成する搬送路ユニット１１のみからなるものでも良い。搬送路１０の全体の形状は、任意であるものとする。

【００１８】

台車１６は、搬送路１０の側面に取り付けられる。台車１６は、搬送路１０の側面に設けられているガイドレールに沿って移動する。台車１６は、搬送路１０の側面において移動し、搬送路１０の側面において停止する。実施の形態１にかかる搬送システム１は、ムービングマグネット型のリニアモータである。台車１６は、搬送路１０の上面に設けられているガイドレールに沿って移動するものでも良い。台車１６は、可動子を構成する永久磁石と、リニアスケール用の永久磁石と、回転によりガイドレール上を移動するガイドローラとを備える。図１では、ガイドレールと、ガイドローラと、可動子を構成する永久磁石と、リニアスケール用の永久磁石との図示を省略する。

【００１９】

各台車１６の進行方向は、図１における時計回りの方向、または、図１における反時計回りの方向である。進行方向のうち、図１における時計回りの方向を、順方向とする。進行方向のうち、図１における反時計回りの方向を、逆方向とする。矢印１７Ａは、順方向を表す。矢印１７Ｂは、逆方向を表す。

【００２０】

図１に示す例では、搬送システム１は、８個の搬送路ユニット１１と３個の台車１６とを備える。搬送システム１に備えられる搬送路ユニット１１の数は任意であるものとする。すなわち、搬送路１０を構成する搬送路ユニット１１の数は任意であるものとする。搬送システム１は、複数の搬送路ユニット１１を備えていれば良い。搬送路１０を移動する台車１６の数は任意であるものとする。搬送システム１は、１または複数の台車１６を備えていれば良い。

【００２１】

搬送システム１は、リニアモータを備えるシステムに限られず、回転型モータを備えるシステムでも良い。搬送システム１は、回転型モータと、回転型モータによって回転するベルトとを備えるベルトコンベアでも良い。ベルトコンベアは、ベルトに載せられたワークを移動させる。搬送システム１は、複数のローラと、ローラを回転させる回転型モータとを備えるローラコンベアでも良い。ローラコンベアは、ローラに載せられたワークを移動させる。

【００２２】

ＤＣ電源１３は、ＤＣ電源バス１５を介して各搬送路ユニット１１に接続されている。ＤＣ電源１３は、直流電圧を出力する電源装置または電源回路である。ＤＣ電源１３は、各搬送路ユニット１１へ電力を供給する。各搬送路ユニット１１は、ＤＣ電源１３を共用する。

【００２３】

ＤＣ電源バス１５には、正極側の直流母線と、負極側の直流母線とが通されている。正

極側の直流母線は、Ｐ母線と称される。負極側の直流母線は、Ｎ母線と称される。Ｐ母線は、ＤＣ電源１３の正極に接続される。Ｎ母線は、ＤＣ電源１３の負極に接続される。以下、Ｐ母線とＮ母線との両方を指す場合、ＰＮ母線と称する。搬送路１０を構成する複数の搬送路ユニット１１の各々は、共通のＰＮ母線に接続される。

【００２４】

搬送システム１は、マルチドロップ接続により各搬送路ユニット１１がＤＣ電源１３に接続される構成を備える。各搬送路ユニット１１とＤＣ電源１３との接続形態は、マルチドロップ接続に限られず、デイジーチェーン接続であっても良い。図１に示す例では搬送システム１に備えられるＤＣ電源１３は１個であるが、搬送システム１に備えられるＤＣ電源１３の数は複数でも良い。すなわち、搬送システム１には複数の電源ドメインが構成されても良い。

【００２５】

コントローラ１２は、データ通信線１４を介して各搬送路ユニット１１に接続されている。データ通信線１４は、複数の搬送路ユニット１１の１つである搬送路ユニット１１Ａとコントローラ１２とを接続する線と、互いに隣り合う搬送路ユニット１１同士を接続する線とにより構成される。搬送システム１は、デイジーチェーン接続により各搬送路ユニット１１がコントローラ１２に接続される構成を備える。

【００２６】

各搬送路ユニット１１とコントローラ１２との接続形態は、デイジーチェーン接続に限られない。各搬送路ユニット１１とコントローラ１２との接続形態は、各搬送路ユニット１１が通信ハブを介してコントローラ１２に接続されるスター接続でも良い。または、搬送システム１は、複数のデータ通信線１４を備え、各搬送路ユニット１１とコントローラ１２とがデータ通信線１４により直接接続されても良い。

【００２７】

コントローラ１２は、複数の台車１６の各々についての移動の態様を示す運転指令を生成し、運転指令に基づいて各台車１６の位置指令を生成する。運転指令は、加速度、減速度、および移動速度といった情報を含む。コントローラ１２は、各台車１６の位置指令に基づいてコイル駆動指令を生成する。コントローラ１２は、各搬送路ユニット１１へコイル駆動指令を出力する。コイル駆動指令は、搬送路ユニット１１の各コイルに流す電流の指令値を示す電流指令を含む。各搬送路ユニット１１は、コイル駆動指令に含まれる電流指令に従って、各コイルに流れる電流を制御する。コントローラ１２は、各搬送路ユニット１１へコイル駆動指令を出力することによって、各台車１６の移動を制御する。

【００２８】

コントローラ１２には、プログラマブルロジックコントローラといった、コントローラ１２よりも上位の制御装置が接続されても良い。かかる制御装置は、シーケンス制御のための指令をコントローラ１２へ出力する。コントローラ１２には、ヒューマンマシンインタフェースが接続されても良い。オペレータがヒューマンマシンインタフェースを操作することによって、ヒューマンマシンインタフェースに情報が入力される。また、ヒューマンマシンインタフェースは、搬送システム１の状況を示す情報を出力する。ヒューマンマシンインタフェースは、例えば、搬送システム１の状況を示す情報を表示する。コントローラ１２は、上位の制御装置またはヒューマンマシンインタフェースから台車１６の運行情報を取得し、運行情報に基づいて位置指令を生成しても良い。運行情報は、搬送路１０における複数の台車１６の各々の移動についてのスケジュールを示す情報である。運行情報には、移動開始位置、停止位置、および移動時間等についての情報が含まれる。

【００２９】

次に、搬送路ユニット１１の構成について説明する。ここでは、直線型の搬送路ユニット１１を例として、搬送路ユニット１１の構成を説明する。曲線型の搬送路ユニット１１では、直線型の搬送路ユニット１１の場合とはコイルの配置態様が異なる。曲線型の搬送路ユニット１１の構成は、コイルの配置態様が異なる点を除いて、直線型の搬送路ユニット１１の構成と同様である。

【００３０】
図２は、実施の形態１にかかる搬送システム１に備えられる搬送路ユニット１１の構成例を示す図である。図２には、搬送路ユニット１１の概略構成と、搬送路ユニット１１上に存在する台車１６の概略構成とを示す。台車１６は、可動子を構成する永久磁石４０と、リニアスケール用の永久磁石４１とを有する。
【００３１】
図２では、可動子を構成する永久磁石４０として１個のＮ極磁石と１個のＳ極磁石とを示しているが、可動子を構成する永久磁石４０は、任意の数のＮ極磁石と任意の数のＳ極磁石とを有するものとすることができる。永久磁石４０において、Ｎ極磁石とＳ極磁石とは、後述する複数のコイル２０が配列される方向に沿って交互に並べられる。台車１６は、搬送路ユニット１１が有する後述のコイル２０により発生する電磁力と、可動子を構成する永久磁石４０により発生する磁界との相互作用により駆動力を得て移動する。
【００３２】
また、図２では、リニアスケール用の永久磁石４１として、４個のＮ極磁石と４個のＳ極磁石とを示している。図２に示すように、永久磁石４１において、Ｎ極磁石とＳ極磁石とは、後述する複数のコイル２０が配列される方向に沿って交互に並べられる。リニアスケール用の永久磁石４１は、任意の数のＮ極磁石と任意の数のＳ極磁石とを有するものとすることができる。
【００３３】
搬送路ユニット１１は、複数のコイル２０を備える。図２に示す例では、搬送路ユニット１１は、１２個のコイル２０を有する。搬送路ユニット１１に備えられるコイル２０の数は任意であるものとする。直線型の搬送路ユニット１１では、複数のコイル２０は、直線経路に沿って配列される。なお、曲線型の搬送路ユニット１１では、複数のコイル２０は、曲線経路に沿って配列される。搬送路ユニット１１の各コイル２０は、純粋なインダクタンス成分のみならず、コイル抵抗も含む。
【００３４】
搬送路ユニット１１の各コイル２０には、インバータ２１が接続されている。インバータ２１は、スイッチング素子を備え、スイッチング素子のスイッチングによる電力変換を経た電力をコイル２０へ供給する。スイッチング素子の図示は省略する。インバータ２１は、コイル２０に流す電流を制御する。インバータ２１は、単相フルブリッジインバータ回路、または単相ハーフブリッジインバータ回路である。インバータ２１は、３個のコイル２０に接続される３相インバータ回路でも良い。
【００３５】
搬送路ユニット１１の各インバータ２１は、ＤＣ電源バス１５の正極配線であるＰ母線３１と、ＤＣ電源バス１５の負極配線であるＮ母線３２との間に接続される。各インバータ２１は、ＰＮ母線からの直流電力を交流電力へ変換し、コイル２０へ交流電力を供給する。インバータ２１は、スイッチング素子のスイッチングにより、直流電力から交流電力への電力変換を行う。
【００３６】
コイル２０は、インバータ２１からの電力供給によって、台車１６を移動させる推力である電磁力を発生する。コイル２０およびインバータ２１は、台車１６を移動させる推力を、電流が流れることにより発生する駆動部として機能する。搬送路ユニット１１は、複数の駆動部を備える。
【００３７】
搬送路ユニット１１の各コイル２０には、電流センサ２２が接続される。電流センサ２２は、コイル２０に流れる電流の電流値であるコイル実電流値を検出する。また、搬送路ユニット１１において、Ｐ母線３１とＮ母線３２との間には、電解コンデンサであるコンデンサ２３が接続されている。コンデンサ２３が設けられることにより、搬送路ユニット１１では、ＰＮ母線における急激な電圧変動が防がれる。Ｐ母線３１とＮ母線３２との間には、電圧検出器３３が接続されている。電圧検出器３３は、Ｎ母線３２の電位を基準と

してＰ母線３１とＮ母線３２との間の電圧である母線電圧を検出する。電圧検出器３３は、母線電圧の検出結果をプロセッサ２７へ出力する。

【００３８】

搬送路ユニット１１の各インバータ２１には、インバータ２１を制御する電流制御器２４が接続されている。電流制御器２４は、コイル２０に流す電流の指令値と、電流センサ２２によって検出されたコイル実電流値とに基づいて、コイル２０に印加する電圧の電圧値を算出する。電流制御器２４は、算出された電圧値と三角波との比較によって得られるパルス幅変調（Pulse Width Modulation：ＰＷＭ）信号をインバータ２１へ送信する。電流制御器２４は、インバータ２１へＰＷＭ信号を送信することによって、インバータ２１にスイッチングを行わせる。これにより、電流制御器２４は、所望の電流値の電流をコイル２０に流すための電圧をコイル２０に印加する。電流制御器２４は、電流指令値とコイル実電流値との偏差に基づいて、コイル２０に印加する電圧のＰＩＤ（Proportional Integral Differential）制御を行うことで、コイル２０に印加する電圧の電圧値を算出しても良い。また、電流制御器２４は、電流センサ２２によって検出されたコイル実電流値をプロセッサ２７へ出力する。

【００３９】

搬送路ユニット１１は、リニアスケール２５と、プロセッサ２７と、通信従局２８とを備える。リニアスケール２５は、搬送路ユニット１１上における台車１６の位置を検知する検知部である。リニアスケール２５は、複数の搬送路ユニット１１が互いに連結されて搬送路１０を構成することで、搬送路１０に設けられることとなる。プロセッサ２７は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）である。プロセッサ２７は、演算装置、処理装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、またはＤＳＰ（Digital Signal Processor）でも良い。

【００４０】

リニアスケール２５は、複数の位置センサ２６を備える。各位置センサ２６は、ホールセンサまたは磁気抵抗センサといった、磁界を検出するセンサである。各位置センサ２６は、永久磁石４０の磁界、または永久磁石４１の磁界を検出する。ここでは、位置センサ２６は、２個のホール素子が搭載されたホールセンサとする。２個のホール素子の間隔は、永久磁石４１の磁極ピッチの半分に相当する間隔である。各ホール素子は、磁界を電気信号に変換し、電気信号を出力する。各ホール素子が出力する電気信号は、台車１６の移動に伴って変化する。位置センサ２６における一方のホール素子が出力する電気信号の波形は、ｓｉｎ波となる。位置センサ２６における他方のホール素子が出力する電気信号の波形は、ｃｏｓ波となる。

【００４１】

リニアスケール２５の各位置センサ２６からの電気信号は、プロセッサ２７へ入力される。プロセッサ２７と共に備えられるＡＤ（Analog to Digital）コンバータは、ｓｉｎ波とｃｏｓ波とを検出する。プロセッサ２７は、ｓｉｎ波の情報とｃｏｓ波の情報とに基づいてａｒｃｔａｎを計算することによって、位置センサ２６に対する台車１６の位置を検知する。これにより、プロセッサ２７は、位置センサ２６に対する台車１６の相対的な位置を表す位置センサ情報を取得する。なお、図２では、各位置センサ２６とプロセッサ２７との間における通信線の図示を省略する。

【００４２】

プロセッサ２７は、母線電圧の検出結果である電圧値を電圧検出器３３から取得する。プロセッサ２７は、コイル実電流値を電流制御器２４から取得する。プロセッサ２７は、過負荷状態か否かを判定する際に、コイル実電流値を組み入れた演算を行う。過負荷状態か否かの判定については、後述する。

【００４３】

通信従局２８は、搬送路ユニット１１の側の通信従局である。データ通信線１４は、通信従局２８に接続される。各搬送路ユニット１１とコントローラ１２とがデイジーチェーン接続により接続される場合、通信従局２８は、データ通信線１４を構成する２本の線を

接続可能に構成される。通信従局２８は、コントローラ１２から送信されるコイル駆動指令を受信する。通信従局２８は、コイル駆動指令に含まれる電流指令を複数の電流制御器２４の各々へ送信する。これにより、搬送路ユニット１１は、複数のコイル２０の各々に流れる電流をコイル駆動指令に従って制御する。

【００４４】

また、通信従局２８は、プロセッサ２７から位置センサ情報を取得する。通信従局２８は、取得された位置センサ情報をコントローラ１２へ送信する。通信従局２８は、例えば、一定の周期においてコイル駆動指令を受信するとともに位置センサ情報を送信する定周期通信を行う。通信従局２８は、かかる定周期通信の代わりに、コイル駆動指令の受信と位置センサ情報の送信とを非周期的に行うこととしても良い。

【００４５】

搬送路ユニット１１は、温度センサ３４を備える。温度センサ３４は、搬送路ユニット１１の温度を測定する。温度センサ３４は、温度の測定結果をプロセッサ２７へ出力する。プロセッサ２７は、温度センサ３４により測定される温度を監視する。

【００４６】

以上にて説明するように、搬送路ユニット１１は、主に、コイル２０の通電制御を行う機能と、位置センサ情報を取得する機能とを備える。搬送路１０を構成する複数の搬送路ユニット１１の各々は、コイル２０の通電制御を同様に行い、かつ、位置センサ情報を同様に取得する。

【００４７】

次に、搬送路ユニット１１における過負荷保護について説明する。搬送システム１に備えられる複数の搬送路ユニット１１の各々において、プロセッサ２７は、複数の駆動部の各々が過負荷状態であるか否かを判定し、かつ、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるか否かを判定する。搬送システム１に備えられる複数の搬送路ユニット１１の各々において、プロセッサ２７は、過負荷状態と判定された駆動部の温度または過負荷状態と判定された搬送路ユニット１１の温度を低下させる過負荷保護処理を実行する。

【００４８】

駆動部が過負荷状態であるとは、駆動部を構成する要素が過熱状態であることを指す。すなわち、駆動部が過負荷状態であるとは、駆動部を構成する要素の温度が、当該要素が正常な動作を継続可能な温度を超えている状態である。搬送路ユニット１１が過負荷状態であるとは、搬送路ユニット１１の内部の全体が過熱状態であることを指す。すなわち、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるとは、搬送路ユニット１１の内部の温度が、搬送路ユニット１１の内部に備えられている要素の各々が正常な動作を継続可能な温度を超えている状態である。搬送路ユニット１１の内部に備えられている要素には、駆動部を構成する要素と、駆動部を構成する要素以外の要素とが含まれる。駆動部を構成する要素以外の要素とは、例えば、コンデンサ２３またはプロセッサ２７などである。

【００４９】

ここで、駆動部の過負荷保護について説明する。プロセッサ２７は、駆動部に含まれる１または複数の要素について、過負荷状態か否かを監視する。すなわち、駆動部は、過負荷状態か否かの監視対象とする要素を含む。ここでは、駆動部に含まれる第１の要素であるインバータ２１と、駆動部に含まれる第２の要素であるコイル２０とが、監視対象とする要素であるものとする。

【００５０】

コイル２０とインバータ２１との各々には、電気抵抗成分が存在する。コイル２０は、コイル２０に流れる電流の電流値に応じた損失が発生する。インバータ２１には、インバータ２１に流れる電流の電流値に応じた損失が発生する。コイル２０では、コイル抵抗が損失の要因となる。

【００５１】

インバータ２１には、例えば、ＭＯＳＦＥＴ（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）またはＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）とい

った半導体スイッチング素子と、転流用のダイオードとが備えられる。インバータ２１では、ＭＯＳＦＥＴまたはＩＧＢＴの通電時の抵抗による損失、または、ダイオードにおける順方向損失といった損失が発生し得る。

【００５２】

コイル２０またはインバータ２１といった要素において、損失により熱が発生し、これらの要素の温度が当該要素の許容温度を超えると、要素の劣化または要素の破壊が起こり得る。ここで述べる要素の劣化または要素の破壊とは、例えば、コイル２０により発生する電磁力の低下、コイル２０の焼き付きなどによる破損、インバータ２１内のスイッチング素子の固着または破壊、あるいは、インバータ２１内のダイオードの破壊などである。このため、搬送路ユニット１１では、駆動部を構成する要素であるコイル２０およびインバータ２１の過負荷保護が行われる。

【００５３】

駆動部を構成する要素の定常的な温度上昇をΔＴ［Ｋ］とすると、ΔＴは、次の式（１）により表される。R_{th}［Ｋ／Ｗ］は、要素の熱抵抗であって、定常時における熱抵抗を表す。Ｐ［Ｗ］は、損失を表す。

$$\Delta T = R_{th} \times P \quad \cdots (1)$$

【００５４】

損失であるＰは、次の式（２）により表される。Ｒ［Ω］は、要素の抵抗を表す。Ｉ［Ａｒｍｓ］は、要素に流れる電流の実効値を表す。

$$P = R \times I^2 \quad \cdots (2)$$

【００５５】

プロセッサ２７は、電流制御器２４からコイル実電流値を取得する。プロセッサ２７は、コイル実電流値に基づいて、駆動部を構成する要素に流れる電流の実効値を算出する。要素に電流を流すことによって要素の温度が当該要素の許容温度となるときにおける電流値を、最大定格電流値とする。駆動部を構成する要素に流れる電流の実効値が当該要素の最大定格電流値以下であれば、当該要素に連続的に電流を流すことが可能である。

【００５６】

駆動部を構成する要素の熱抵抗には、過渡的な損失による熱抵抗も存在する。過渡的な損失による熱抵抗を、過渡熱抵抗と称する。要素の最大定格電流値を超える電流が当該要素に流れたとしても、電流が流れる時間が短時間であることによって要素の温度が許容温度以下となる場合は、要素は破壊されない。

【００５７】

図３は、実施の形態１にかかる搬送システム１における駆動部を構成する要素の熱抵抗について説明するための図である。図３には、過渡熱抵抗と時間との関係を表すグラフを示す。図３に示す縦軸は、過渡熱抵抗であるθ_{th}［Ｋ／Ｗ］を表す。図３に示す横軸は、時間［ｓ］を表す。図３における縦軸と図３における横軸とは、いずれも対数スケールである。

【００５８】

図３に示すように、過渡熱抵抗は、時間が長くなるに従い増加していき、ある時間よりも時間が長くなると一定となる。過渡熱抵抗が一定となるときにおける過渡熱抵抗の値が、定常時における熱抵抗であるR_{th}の値と一致する。

【００５９】

図４は、実施の形態１にかかる搬送システム１において過負荷状態の第１の判定基準とされる第１の過負荷判定曲線の例を示す図である。第１の判定基準である第１の過負荷判定曲線は、第１の負荷判定値と時間との関係を表す。第１の負荷判定値は、要素が過負荷状態ではないときと要素が過負荷状態であるときとにおける、要素に流れる電流の閾値である。図４に示す縦軸は、時間［ｓ］を表す。図４に示す横軸は、要素に流れる電流の実効値である電流実効値を表す。図４に示す横軸は、要素に与えられる負荷の量を表すともいえる。

【００６０】

プロセッサ２７は、第１の負荷判定値と要素に電流が流れる時間との関係、すなわち、あらかじめ設定された第１の過負荷判定曲線である第１の判定基準を用いて、駆動部を構成する要素に流れる電流の実効値と駆動部を構成する要素に電流が流れる時間とを第１の過負荷判定曲線と比較することによって、要素が過負荷状態か否かを判定する。つまり、プロセッサ２７は、第１の判定基準と、駆動部を構成する要素に流れる電流の実効値および当該要素に電流が流れる時間とを比較することによって、駆動部を構成する要素が過負荷状態か否かを判定する。なお、第１の判定基準である第１の過負荷判定曲線はプロセッサ２７にあらかじめ設定されていても良いし、記録媒体に記録されることであらかじめ設定された第１の過負荷判定曲線をプロセッサ２７が読み出して、プロセッサ２７の動作に第１の過負荷判定曲線を用いることとしても良い。

【００６１】

図４に示す曲線５１は、コイル２０についての第１の過負荷判定曲線の例である。図４に示す曲線５２は、インバータ２１についての第１の過負荷判定曲線の例である。曲線５１では、第１の負荷判定値である電流実効値は、時間が長くなるに従い減少していき、ある時間よりも時間が長くなると一定となる。曲線５１において、電流実効値が一定となるときにおける電流実効値であるＩ１が、コイル２０の最大定格電流値である。曲線５２でも、第１の負荷判定値である電流実効値は、時間が長くなるに従い減少していき、ある時間よりも時間が長くなると一定となる。曲線５２において、電流実効値が一定となるときにおける電流実効値であるＩ２が、インバータ２１の最大定格電流値である。

【００６２】

点５３，５４，５５は、それぞれ、コイル２０およびインバータ２１に電流が流れる時間と、コイル２０およびインバータ２１に流れる電流の実効値との組合せである通電パターンを表す。点５３により表される第１の通電パターンの場合、駆動部を構成する要素であるコイル２０およびインバータ２１に流れる電流の実効値は、コイル２０の最大定格電流値よりも小さく、かつ、インバータ２１の最大定格電流値よりも小さい。このため、第１の通電パターンの電流実効値であれば、コイル２０およびインバータ２１に連続的に電流が流れても、コイル２０およびインバータ２１はいずれも過負荷状態にはならない。よって、プロセッサ２７は、第１の通電パターンについては、コイル２０およびインバータ２１はいずれも過負荷状態ではないものと判定する。すなわち、プロセッサ２７は、駆動部は過負荷状態ではないものと判定する。

【００６３】

点５４により表される第２の通電パターンの場合、駆動部を構成する要素であるコイル２０およびインバータ２１に流れる電流の実効値は、コイル２０の最大定格電流値よりも大きく、かつ、インバータ２１の最大定格電流値よりも大きい。ただし、コイル２０およびインバータ２１に流れる電流の実効値は、曲線５１により表される第１の負荷判定値よりも小さく、かつ曲線５２により表される第１の負荷判定値よりも小さい。第２の通電パターンの場合、通電は過渡的かつ短時間であって、コイル２０およびインバータ２１はいずれも過負荷状態にはならない。よって、プロセッサ２７は、第２の通電パターンについては、コイル２０およびインバータ２１はいずれも過負荷状態ではないものと判定する。すなわち、プロセッサ２７は、駆動部は過負荷状態ではないものと判定する。

【００６４】

点５５により表される第３の通電パターンの場合、駆動部を構成する要素であるコイル２０およびインバータ２１に流れる電流の実効値は、コイル２０の最大定格電流値よりも大きく、かつ、インバータ２１の最大定格電流値よりも小さい。コイル２０およびインバータ２１に流れる電流の電流実効値は、曲線５１により表される第１の負荷判定値よりも大きい。第３の通電パターンの場合、通電は過渡的なものではなく長時間であって、インバータ２１は過負荷状態にはならないがコイル２０は過負荷状態となる。よって、プロセッサ２７は、第３の通電パターンについては、インバータ２１は過負荷状態ではないがコイル２０は過負荷状態であるものと判定する。プロセッサ２７は、コイル２０が過負荷状態であることから、駆動部は過負荷状態であるものと判定する。

【００６５】
このように、プロセッサ２７は、要素に流れる電流の実効値と要素に電流が流れる時間とに基づいて、駆動部が過負荷状態であるか否かを判定する。なお、上記説明では、駆動部における監視対象をコイル２０およびインバータ２１であるものとしたが、監視対象は、コイル２０およびインバータ２１のうちの一方であっても良い。また、監視対象には、コイル２０およびインバータ２１以外の要素が加えられても良い。監視対象は、電流が流れる要素であれば良いものとする。そして、プロセッサ２７は、監視対象とする駆動部を構成する要素に合わせた過負荷判定曲線を用いて駆動部が過負荷状態であるか否かを判定する。
【００６６】
次に、駆動部についての過負荷状態か否かの判定について、より具体的に説明する。プロセッサ２７は、電流制御器２４からコイル実電流値を取得すると、コイル実電流値の１次遅れフィルタ処理を実施する。プロセッサ２７は、１次遅れフィルタ処理後のコイル実電流値とコイル２０およびインバータ２１に電流が流れる時間との組合せである通電パターンについて、第１の過負荷判定曲線との比較により、コイル２０およびインバータ２１の各々について過負荷状態か否かを判定する。プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１に設けられた複数の駆動部の各々に備えられるコイル２０およびインバータ２１について、このように過負荷状態か否かを判定する機能を備える。
【００６７】
次に、駆動部が過負荷状態と判定された場合における過負荷保護処理の具体例について説明する。プロセッサ２７は、コイル２０およびインバータ２１の少なくとも一方が過負荷状態と判定された駆動部があった場合、搬送システム１の各搬送路ユニット１１へ、過負荷状態であることを示すアラームを送信する。
【００６８】
各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、搬送路ユニット１１がアラームを受信することによって、過負荷保護処理を実行する。この例では、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、搬送路ユニット１１にてアラームを受信すると、過負荷保護処理として、電流制御器２４による各駆動部への通電を停止させる。このように、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、搬送システム１内に存在する全ての台車１６を停止させる制御を行う。この例では、複数の搬送路ユニット１１のうちの１つにおいて複数の駆動部の少なくとも１つが過負荷状態であると判定された場合に、複数の搬送路ユニット１１は、過負荷保護処理によって、搬送路１０に存在する全ての台車１６を停止させる。この場合における過負荷保護処理は、コイル２０の負荷およびインバータ２１の負荷をゼロにすることによって駆動部の温度を低下させる処理である。
【００６９】
各搬送路ユニット１１は、過負荷保護処理によって、各台車１６を減速させた後に停止させることとしても良い。各搬送路ユニット１１は、過負荷保護処理によって、コイル２０を短絡させることによる回生ブレーキを作動させることとしても良い。また、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、過負荷保護処理として、各駆動部に流す電流の量を下げることとしても良い。この場合、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、電流量を下げる制御によって、搬送システム１内に存在する全ての台車１６を減速させる。この場合における過負荷保護処理は、コイル２０の負荷およびインバータ２１の負荷を下げることによって駆動部の温度を低下させる処理である。
【００７０】
このように、複数の搬送路ユニット１１のうちの１つにおいて複数の駆動部の少なくとも１つが過負荷状態であると判定された場合に、複数の搬送路ユニット１１は、過負荷保護処理によって、搬送路１０に存在する全ての台車１６を減速させることとしても良い。搬送システム１は、過負荷保護処理によって、搬送路１０に存在する全ての台車１６を停止または減速させることで、過熱による焼損といった不具合を回避することができる。
【００７１】

上記説明では、過負荷保護処理によって、搬送路１０に存在する全ての台車１６を停止または減速させることとしたが、搬送システム１が実行する過負荷保護処理は、これに限られないものとする。複数の搬送路ユニット１１のうちの１つにおいて複数の駆動部の少なくとも１つが過負荷状態であると判定された場合に、過負荷状態であると判定された駆動部を含む搬送路ユニット１１のみが、過負荷保護処理によって、台車１６を停止または減速させることとしても良い。この場合、過負荷状態であると判定された駆動部を含む搬送路ユニット１１以外の搬送路ユニット１１で構成される搬送路１０に存在する台車１６は停止または減速されない。そして、過負荷状態であると判定された駆動部を含む搬送路ユニット１１のみが、過負荷保護処理によって、台車１６を停止または減速させる場合、過負荷状態であると判定された駆動部を含む搬送路ユニット１１に存在する全ての台車１６を停止または減速しても良いし、過負荷状態であると判定された駆動部を含む搬送路ユニット１１に存在する一部の台車１６を停止または減速しても良い。この場合、過負荷状態であると判定された駆動部を含む搬送路ユニット１１のみにおいて、プロセッサ２７は、各駆動部への通電を停止させるか、各駆動部に流す電流の量を下げる。この場合も、搬送システム１は、過熱による焼損といった不具合を回避することができる。

【００７２】

または、複数の搬送路ユニット１１のうちの１つにおいて複数の駆動部の少なくとも１つが過負荷状態であると判定された場合における過負荷保護処理は、過負荷状態であると判定された駆動部のみの通電を停止させるものであっても良い。この場合も、搬送システム１は、過熱による焼損といった不具合を回避することができる。

【００７３】

次に、搬送路ユニット１１についての過負荷状態か否かの判定と、搬送路ユニット１１が過負荷状態と判定された場合における過負荷保護機能の具体例とについて説明する。搬送システム１に備えられる複数の搬送路ユニット１１の各々において、プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるか否かを判定する。複数の搬送路ユニット１１の各々において、プロセッサ２７は、過負荷状態と判定された搬送路ユニット１１の温度を低下させる過負荷保護処理を実行する。

【００７４】

搬送路ユニット１１の筐体内には、駆動部を構成する要素であるコイル２０およびインバータ２１の他に、例えば、コンデンサ２３、およびプロセッサ２７といった電子部品が設けられている。一般的に、コンデンサ２３の許容温度、およびプロセッサ２７の許容温度は、コイル２０の許容温度、または、インバータ２１の許容温度よりも低い。

【００７５】

ここで、搬送路ユニット１１が有する全てのコイル２０に流れる電流の電流値がコイル２０の最大定格電流値である場合における損失を、搬送路ユニット１１の最悪損失とする。図２に示すように搬送路ユニット１１に１２個のコイル２０が設けられている場合において、搬送路ユニット１１の最悪損失は、次の式（３）により表される。R_{coil}［Ω］は、コイル２０の抵抗値を表す。R_{inv}［Ω］は、インバータ２１の通電時の抵抗を表す。I_{crated}［Ａｒｍｓ］は、コイル２０の最大定格電流値を表す。

搬送路ユニットの最悪損失＝１２×（R_{coil}＋R_{inv}）×I_{crated}^2　　・・・（３）

【００７６】

コイル２０の抵抗およびインバータ２１の抵抗により熱が発生することで、搬送路ユニット１１内における熱の拡散、または、搬送路ユニット１１内の基板等における伝熱などによって、搬送路ユニット１１の全体の温度が上昇することとなる。搬送路ユニット１１の全体の温度が上昇することにより、コイル２０またはインバータ２１は許容温度を超えないがコンデンサ２３またはプロセッサ２７は許容温度を超える可能性がある。

【００７７】

図２に示すように、搬送路ユニット１１の長さは、台車１６の長さよりも長いものとする。この場合に、搬送路ユニット１１内の全てのコイル２０の電流値が、コイル２０の最大定格電流値となるケースは稀であるものといえる。なお、長さとは、台車１６の進行方

向における長さとする。

【００７８】

図５は、実施の形態１にかかる搬送システム１における搬送路ユニット１１の最悪損失について説明するための第１の図である。図５には、搬送路ユニット１１が有する全てのコイル２０に流れる電流の電流値がコイル２０の最大定格電流値である状態の例を示す。Ｌ［ｍｍ］は、互いに隣り合う台車１６同士の間隔を表す。図５に示す例では、Ｌ［ｍｍ］は、台車１６の進行方向における台車１６の長さに限りなく近いとする。ここでは、搬送システム１には４個以上の台車１６が存在するものとする。図５には、搬送路ユニット１１上に、４個の台車１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃ，１６Ｄが隙間なく存在している様子を示す。矢印４２は、台車１６の進行方向を表す。

【００７９】

搬送システム１は、搬送路ユニット１１の複数のコイル２０のうち台車１６が存在している部分のコイル２０のみに定格電流が流れるようにすれば定格推力を低下させずに台車１６を移動させ得る。搬送路ユニット１１の全てのコイル２０上に台車１６が存在しており、かつ、搬送路ユニット１１上の台車１６を定格推力および定格速度で移動させ続ける場合に、搬送路ユニット１１の損失は最悪損失となる。ただし、ムービングマグネット型のリニアモータである搬送システム１において、搬送システム１に備えられる複数の台車１６の運転パターンがこのような運転パターンとなることはほとんど無いと考えられる。このため、搬送路ユニット１１内の全てのコイル２０の電流値が、コイル２０の最大定格電流値となるケースは稀であるものといえる。

【００８０】

図６は、実施の形態１にかかる搬送システム１における搬送路ユニット１１の最悪損失について説明するための第２の図である。図６には、搬送路ユニット１１上において複数の台車１６が間隔を空けずに通過する場合において１つのコイル２０に流れる電流の波形を示す。すなわち、図６に示す波形は、搬送路ユニット１１の損失が最悪損失である場合において、１つのコイル２０に流れる電流の波形である。図６に示す縦軸は、コイル２０に流れる電流［Ａ］を表す。図６に示す横軸は、時間［ｓ］を表す。

【００８１】

ここでは、４個の台車１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃ，１６Ｄが１つのコイル２０の上を順次通過したものとする。ｔ１は、台車１６Ａの中心がコイル２０の直上に来たときの時間である。ｔ２は、台車１６Ａと台車１６Ｂとの境界がコイル２０の直上に来たときの時間である。ｔ３は、台車１６Ｂの中心がコイル２０の直上に来たときの時間である。ｔ４は、台車１６Ｂと台車１６Ｃとの境界がコイル２０の直上に来たときの時間である。ｔ５は、台車１６Ｃの中心がコイル２０の直上に来たときの時間である。ｔ６は、台車１６Ｃと台車１６Ｄとの境界がコイル２０の直上に来たときの時間である。ｔ７は、台車１６Ｄの中心がコイル２０の直上に来たときの時間である。

【００８２】

間隔を空けずに通過し続ける各台車１６に常に定格推力を与え続けるためには、図６に示すように正弦波に近い波形の電流をコイル２０に流し続けることとなる。搬送システム１の複数のコイル２０の各々には、いずれも同じ波形であって、かつ、位相を適宜異ならせた電流が流れる。間隔を空けずに通過し続ける各台車１６に常に定格推力を与え続ける場合における、１つのコイル２０に流れる電流の実効値を、$I_{cratedmax}$とする。

【００８３】

搬送路ユニット１１の損失が最悪損失となるケースは稀であるにも関わらず、搬送路ユニット１１の損失が最悪損失となるケースを想定した過負荷保護機能が搬送システム１に搭載されることとなると、過負荷保護の性能が、搬送システム１の運用に見合う性能に対し過大なものとなる。冷却構造といった、過負荷保護のための構成が搬送路ユニット１１に設けられる場合には、過負荷保護の性能が過大であることによって、搬送システム１の構成が必要以上に大型となり、また、搬送システム１の製造コストが必要以上に高くなることとなる。

【００８４】
実施の形態１では、間隔を空けずに通過し続ける各台車１６に常に同じ推力を与え続ける場合よりも負荷が小さい状態を、搬送路ユニット１１の過負荷状態とする。言い換えると、搬送路ユニット１１の最悪損失よりも小さい損失を、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるときの搬送路ユニット１１の損失である最大定格損失に設定する。プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１の損失が最大定格損失となったときに、過負荷保護処理を実行する。これにより、搬送システム１は、搬送システム１の運用に見合った過負荷保護が可能となる。搬送システム１の運用に見合った過負荷保護が可能となることにより、搬送システム１の構成が必要以上に大型となること、および、搬送システム１の製造コストが必要以上に高くなることを防ぐことができる。

【００８５】
搬送路ユニット１１の損失である電力損失は、次の式（４）により表される。P_{load}［W］は、搬送路ユニット１１の電力損失を表す。I_{coil}［Ａｒｍｓ］は、コイル２０に流れる電流の実効値を表す。式（４）の右辺における総和は、搬送路ユニット１１内の全てのコイル２０についての和とする。プロセッサ２７は、式（４）により、搬送路ユニット１１の損失を算出する。

$$P_{load}=\Sigma\left(I_{coil}^{2}\right) \quad \cdots (4)$$

【００８６】
搬送路ユニット１１の損失が最悪損失となる場合において、搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$は、次の式（５）により表される。式（５）の右辺における総和は、搬送路ユニット１１内の全てのコイル２０についての和とする。

$$P_{loadrated}=\Sigma\left(I_{cratedmax}^{2}\right) \quad \cdots (5)$$

【００８７】
ただし、上述するように、搬送システム１では、搬送路ユニット１１内の全てのコイル２０における電流実効値が$I_{cratedmax}$となるケースは稀である。すなわち、搬送路ユニット１１の損失が、式（５）に表される最悪損失となるケースは稀である。

【００８８】
図７は、実施の形態１にかかる搬送システム１において過負荷状態の第２の判定基準とされる第２の過負荷判定曲線の例を示す図である。第２の判定基準である第２の過負荷判定曲線は、第２の負荷判定値と時間との関係を表す。第２の負荷判定値は、搬送路ユニット１１が過負荷状態ではないときと搬送路ユニット１１が過負荷状態であるときとにおける、搬送路ユニット１１の損失の閾値である。図７に示す縦軸は、時間［ｓ］を表す。図７に示す横軸は、搬送路ユニット１１の損失を表す。図７に示す横軸は、搬送路ユニット１１に与えられる負荷の量を表すともいえる。ここでは、搬送路ユニット１１に負荷が与えられるとは、搬送路ユニット１１内の複数のコイル２０の少なくとも１つに電流が流れることを指すものとする。

【００８９】
プロセッサ２７は、電流制御器２４から取得されたコイル実電流値に基づいて、コイル２０に流れる電流の実効値を算出する。プロセッサ２７は、第２の負荷判定値と搬送路ユニット１１に負荷が与えられる時間との関係、すなわち、あらかじめ設定された第２の過負荷判定曲線である第２の判定基準を用いて、複数の駆動部の各々に流れる電流の実効値に基づいて求まる搬送路ユニット１１の損失と搬送路ユニット１１に負荷が与えられる時間とを第２の過負荷判定曲線と比較することによって、搬送路ユニット１１が過負荷状態か否かを判定する。つまり、プロセッサ２７は、第２の判定基準と、搬送路ユニット１１の損失および搬送路ユニット１１に負荷が与えられる時間とを比較することによって、搬送路ユニット１１が過負荷状態か否かを判定する。なお、第２の判定基準である第２の過負荷判定曲線はプロセッサ２７にあらかじめ設定されていても良いし、記録媒体に記録されることであらかじめ設定された第２の過負荷判定曲線をプロセッサ２７が読み出して、プロセッサ２７の動作に第２の過負荷判定曲線を用いることとしても良い。

【００９０】

図７に示す曲線５６は、第２の過負荷判定曲線の例である。曲線５６では、第２の負荷判定値である損失の値は、時間が長くなるに従い減少していき、ある時間よりも時間が長くなると一定となる。すなわち、第２の過負荷判定曲線において、第２の負荷判定値は、時間の経過に伴って一定の値に収束する。曲線５６において、損失の値が一定となるときにおける損失の値であるＰ１が、搬送路ユニット１１の最大定格損失の値である。言い換えると、第２の負荷判定値が一定の値であるときにおける搬送路ユニット１１の損失が、最大定格損失である。

【００９１】

点５７，５８，５９は、それぞれ、搬送路ユニット１１に負荷が与えられる時間と、搬送路ユニット１１の損失との組合せである損失パターンを表す。点５７により表される第１の損失パターンの場合、搬送路ユニット１１の損失は、最大定格損失よりも小さい。このため、第１の損失パターンの損失が生じている状態が継続されても、搬送路ユニット１１は過負荷状態にはならない。よって、プロセッサ２７は、第１の損失パターンについては、搬送路ユニット１１は過負荷状態ではないものと判定する。

【００９２】

点５８により表される第２の損失パターンの場合、搬送路ユニット１１の損失は、最大定格損失よりも大きい。ただし、第２の損失パターンにおける搬送路ユニット１１の損失は、曲線５６により表される第２の過負荷判定値よりも小さい。第２の損失パターンの場合、搬送路ユニット１１に負荷が与えられるのは過渡的かつ短時間であって、搬送路ユニット１１は過負荷状態にはならない。よって、プロセッサ２７は、第２の損失パターンについては、搬送路ユニット１１は過負荷状態ではないものと判定する。

【００９３】

点５９により表される第３の損失パターンの場合、搬送路ユニット１１の損失は、最大定格損失よりも大きい。また、第３の損失パターンにおける搬送路ユニット１１の損失は、曲線５６により表される第２の過負荷判定値よりも大きい。第３の損失パターンの場合、搬送路ユニット１１に負荷が与えられるのは過渡的なものではなく長時間であって、搬送路ユニット１１は過負荷状態となる。よって、プロセッサ２７は、第３の損失パターンについては、搬送路ユニット１１は過負荷状態であるものと判定する。

【００９４】

このように、プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１の損失と搬送路ユニット１１に負荷が与えられる時間とに基づいて、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるか否かを判定する。

【００９５】

ここで、搬送路ユニット１１の最大定格損失の設定例について説明する。図８は、実施の形態１にかかる搬送システム１における搬送路ユニット１１の最大定格損失について説明するための第１の図である。図８には、搬送路ユニット１１の損失が最大定格損失である状態の例を示す。Ｌ［ｍｍ］は、図５に示すように台車１６同士が隙間なく並んでいる場合における台車１６同士の間隔である。図８において、互いに隣り合う台車１６同士の間隔は、２Ｌ［ｍｍ］である。図８には、搬送路ユニット１１上に、２個の台車１６Ａ，１６Ｂが２Ｌ［ｍｍ］の間隔を空けて存在している様子を示す。

【００９６】

ここで説明する例では、１個の台車１６の長さに相当する間隔を空けて複数の台車１６が存在し、かつ、搬送路ユニット１１上の台車１６を定格推力および定格速度で移動させ続ける場合における搬送路ユニット１１の損失を、搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$と設定する。この場合における、搬送路ユニット１１の最大定格損失は、搬送路ユニット１１の最悪損失よりも小さい損失である。

【００９７】

搬送路ユニット１１上の台車１６を定格推力および定格速度で移動させ続ける場合において、台車１６同士の間隔が１個の台車１６の長さよりも小さくなるケースが稀であるものとする。１個の台車１６の長さに相当する間隔を空けて複数の台車１６が存在し、かつ

、搬送路ユニット１１上の台車１６を定格推力および定格速度で移動させ続ける運転パターンにおける損失を最大定格損失とすることによって、搬送システム１が取り得る多くの運転パターンについては支障なく継続させることができる。また、搬送システム１は、搬送システム１の運用に見合う性能の過負荷保護機能によって、搬送路ユニット１１の適切な過負荷保護が可能となる。

【００９８】

図９は、実施の形態１にかかる搬送システム１における搬送路ユニット１１の最大定格損失について説明するための第２の図である。図９には、１個の台車１６の長さに相当する間隔を空けて複数の台車１６が存在し、かつ、搬送路ユニット１１上の台車１６を定格推力および定格速度で移動させ続ける場合において、１つのコイル２０に流れる電流の波形を示す。すなわち、図９に示す波形は、搬送路ユニット１１の損失が最大定格損失である場合において、１つのコイル２０に流れる電流の波形である。図９に示す縦軸は、コイル２０に流れる電流［Ａ］を表す。図９に示す横軸は、時間［ｓ］を表す。

【００９９】

ここでは、２個の台車１６Ａ，１６Ｂが、２Ｌ［ｍｍ］の間隔を空けながら１つのコイル２０の上を順次通過したものとする。ｔ１１は、台車１６Ａの中心がコイル２０の直上に来たときの時間である。ｔ１２は、台車１６Ｂの中心がコイル２０の直上に来たときの時間である。

【０１００】

$I_{crated1}$は、搬送路ユニット１１の損失が最大定格損失である場合において、１つのコイル２０に流れる電流の実効値である。$I_{cratedmax}$は、図６を参照して説明したように、搬送路ユニット１１の損失が最悪損失である場合において、１つのコイル２０に流れる電流の実効値である。$I_{crated1}$は、$I_{cratedmax}$よりも小さい。

【０１０１】

搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$は、次の式（６）により表される。式（６）の右辺における総和は、搬送路ユニット１１内の全てのコイル２０についての和とする。

$$P_{loadrated}=\Sigma\left(I_{crated1}^{2}\right) \quad \cdots (6)$$

【０１０２】

$I_{crated1}<I_{cratedmax}$と式（６）とにより、次の式（７）が成り立つ。

$$P_{loadrated}<\Sigma\left(I_{cratedmax}^{2}\right) \quad \cdots (7)$$

【０１０３】

式（７）は、搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$が、搬送路ユニット１１内の複数のコイル２０の各々に流れる電流の値がコイル２０の最大定格電流値であるときにおける搬送路ユニット１１の損失よりも小さいことを表す。搬送システム１は、搬送システム１の各搬送路ユニット１１において、搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$が式（７）を満足することによって、搬送システム１が取り得る多くの運転パターンについては支障なく継続させることができ、かつ、搬送路ユニット１１の適切な過負荷保護が可能となる。

【０１０４】

なお、上記説明では、複数の台車１６の間隔が１個の台車１６の長さに相当する間隔である場合における損失を最大定格損失としたが、これに限られない。最大定格損失は、最悪損失よりも小さければ良く、任意に設定可能であるものとする。例えば、最大定格損失は、複数の台車１６の間隔が台車１６の長さの半分に相当する間隔である場合における損失などであっても良い。

【０１０５】

最大定格損失の値は、複数の搬送路ユニット１１において同じ値であっても良く、搬送路ユニット１１ごとに異なる値であっても良い。例えば、各搬送路ユニット１１の最大定格損失の値は、搬送路ユニット１１の筐体の大きさ、または、搬送路ユニット１１に使用されている電子部品の種類などに基づいて調整された値であっても良い。あるいは、直線

型の搬送路ユニット１１と曲線型の搬送路ユニット１１とで、最大定格損失の値を異ならせることとしても良い。

【０１０６】

搬送システム１では、第２の判定基準である第２の過負荷判定曲線における第２の負荷判定値を搬送路ユニット１１ごとに異ならせることとしても良い。すなわち、複数の搬送路ユニット１１には、搬送路ユニット１１ごとに異なる第２の負荷判定値を設定可能であっても良い。この場合、搬送システム１は、搬送路ユニット１１の構成に合わせて調整された第２の負荷判定値を設定し得る。搬送システム１は、搬送路ユニット１１の構成を考慮して、搬送路ユニット１１が過負荷状態か否かを判定することが可能となる。

【０１０７】

次に、搬送路ユニット１１が過負荷状態と判定された場合における過負荷保護処理の具体例について説明する。プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１が過負荷状態と判定された場合、搬送システム１の各搬送路ユニット１１へ、過負荷状態であることを示すアラームを送信する。

【０１０８】

各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、アラームを受信することによって、過負荷保護処理を実行する。この例では、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、アラームを受信すると、過負荷保護処理として、電流制御器２４による各駆動部への通電を停止させる。または、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、アラームを受信すると、過負荷保護処理として、各駆動部に流す電流の量を下げる。このように、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、搬送システム１内に存在する全ての台車１６を停止または減速させる制御を行う。この例では、複数の搬送路ユニット１１のうちの１つにおいて搬送路ユニット１１が過負荷状態であると判定された場合において、複数の搬送路ユニット１１は、過負荷保護処理によって、搬送路１０に存在する全ての台車１６を停止または減速させる。

【０１０９】

このように、各搬送路ユニット１１は、搬送路ユニット１１の負荷をゼロにするか搬送路ユニット１１の負荷を下げることによって搬送路ユニット１１の温度を低下させる過負荷保護処理を実行する。搬送システム１は、過負荷保護処理によって、搬送路１０に存在する全ての台車１６を停止または減速させることで、過熱による焼損といった不具合を回避することができる。なお、各搬送路ユニット１１は、駆動部が過負荷状態と判定された場合と同様に、各台車１６を減速させた後に停止させることとしても良い。各搬送路ユニット１１は、過負荷保護処理によって、コイル２０を短絡させることによる回生ブレーキを作動させることとしても良い。

【０１１０】

上記説明では、過負荷保護処理によって、搬送路１０に存在する全ての台車１６を停止または減速させることとしたが、搬送システム１が実行する過負荷保護処理は、これに限られないものとする。複数の搬送路ユニット１１のうちの１つが過負荷状態であると判定された場合に、過負荷状態であると判定された搬送路ユニット１１のみが、過負荷保護処理によって、台車１６を停止または減速させることとしても良い。この場合、過負荷状態であると判定された搬送路ユニット１１以外の搬送路ユニット１１で構成される搬送路１０に存在する台車１６は停止または減速されない。そして、過負荷状態であると判定された搬送路ユニット１１のみが、過負荷保護処理によって、台車１６を停止または減速させる場合、過負荷状態であると判定された搬送路ユニット１１に存在する全ての台車１６を停止または減速しても良いし、過負荷状態であると判定された搬送路ユニット１１に存在する一部の台車１６を停止または減速しても良い。この場合も、搬送システム１は、過熱による焼損といった不具合を回避することができる。

【０１１１】

上記説明では、プロセッサ２７は、電流センサ２２によって検出されたコイル実電流値を取得し、コイル実電流値を基に算出される電流実効値に基づいて、搬送路ユニット１１

が過負荷状態であるか否かを判定することとした。すなわち、プロセッサ２７は、複数の駆動部の各々に流れる電流の実効値に基づいて、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるか否かを判定する。この場合、プロセッサ２７は、複数の駆動部の各々に流れる電流の検出結果から、搬送路ユニット１１の負荷を推定する。プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１の温度の検出結果から、搬送路ユニット１１の負荷を推定しても良い。すなわち、プロセッサ２７は、温度センサ３４により検出された温度に基づいて、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるか否かの判定を行うこととしても良い。つまり、搬送路ユニット１１の温度の検出結果から搬送路ユニット１１の負荷を推定する際は、上述の搬送路ユニット１１の損失を算出する際に用いた搬送路ユニット１１内のすべてのコイル２０に流れる電流の実効値の和に換えて、温度センサ３４により検出された温度を用いて、搬送路ユニット１１の損失であるP_{load}と搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$とを算出し、第２の判定基準である第２の過負荷判定曲線をあらかじめ設定すれば良い。この場合も、搬送システム１は、過熱による焼損といった不具合を回避することができる。

【０１１２】

上記説明では、プロセッサ２７は、過負荷保護処理として、駆動部の通電を停止させるか、駆動部に流す電流の量を下げることとしたが、過負荷保護処理はこれらに限られないものとする。プロセッサ２７は、過負荷保護処理として、インバータ２１のスイッチング周波数を下げることとしても良い。搬送路ユニット１１には、搬送路ユニット１１の内部を冷却する冷却構造が備えられていても良い。冷却構造は、例えばファンである。プロセッサ２７は、過負荷保護処理として、冷却構造を動作させることとしても良い。搬送路ユニット１１は、これらの過負荷保護処理を実行する場合も、過負荷状態と判定された駆動部の温度または過負荷状態と判定された搬送路ユニット１１の温度を低下させることができる。

【０１１３】

実施の形態１によると、搬送システム１は、プロセッサ２７において、複数の駆動部の各々が過負荷状態であるか否かを判定し、かつ、搬送路ユニット１１が過負荷状態であるか否かを判定する。複数の搬送路ユニット１１の各々において、プロセッサ２７は、過負荷状態と判定された駆動部の温度または過負荷状態と判定された搬送路ユニット１１の温度を低下させる過負荷保護処理を実行する。搬送システム１は、駆動部についての判定と搬送路ユニット１１についての判定とを分けることで、駆動部ごとについては許容可能な最大の負荷である最大負荷を下げず、かつ、搬送路ユニット１１の全体については、搬送路ユニット１１の全ての駆動部が最大負荷である場合よりも、許容可能な最大の負荷を下げることができる。搬送システム１は、駆動部ごとについての最大負荷を下げないことで、定格推力を低下させることなく台車１６を移動させ得る。搬送システム１は、搬送路ユニット１１の全体について、許容可能な最大の負荷を下げることにより、搬送システム１の運用に見合った過負荷保護が可能となる。以上により、搬送システム１は、搬送システム１の運用に見合った過負荷保護が可能となるという効果を奏する。

【０１１４】

実施の形態２．

搬送システム１では、搬送路ユニット１１同士が隣接し合う。例えば、隣接し合う２つの搬送路ユニット１１の一方である第１の搬送路ユニットの温度が上昇した場合に、第１の搬送路ユニットの熱が他方の搬送路ユニット１１である第２の搬送路ユニットへ伝わることによって、第２の搬送路ユニットの温度が上昇する場合がある。このため、第２の搬送路ユニットの駆動状態からは第２の搬送路ユニットが過負荷状態ではないと判定される場合であっても、第１の搬送路ユニットからの熱伝導によって、第２の搬送路ユニットが過熱状態となることがあり得る。この場合、第２の搬送路ユニットの適切な過負荷保護が困難となる。

【０１１５】

実施の形態２では、互いに隣り合う搬送路ユニット１１の一方からの熱が他方へ加わることにより搬送路ユニット１１が過熱状態となることを防ぐための過負荷保護の第１の例

について説明する。実施の形態２にかかる搬送システム１は、実施の形態１にかかる搬送システム１と同様の構成を備える。実施の形態２では、上記の実施の形態１と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態１とは異なる処理について主に説明する。

【０１１６】

実施の形態２において、複数の搬送路ユニット１１の各々のプロセッサ２７は、搬送路ユニット１１が高負荷状態であるか否かを判定する。高負荷状態は、過負荷状態に比べて負荷が小さい状態であって、過負荷状態に達することが見込まれる状態である。複数の搬送路ユニット１１のうちの１つが高負荷状態であると判定された場合に、高負荷状態であると判定された搬送路ユニット１１である第１の搬送路ユニットに隣接する搬送路ユニット１１である第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、第２の判定基準としてあらかじめ設定された第２の過負荷判定曲線により表される関係において、あらかじめ設定された値よりも第２の負荷判定値を小さくする修正を施す。第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、第２の負荷判定値をあらかじめ設定された値よりも小さくする修正が施された第２の判定基準に基づいて、第２の搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定する。

【０１１７】

搬送路ユニット１１の損失である電力損失は、上記の式（４）により表される。プロセッサ２７は、式（４）により、搬送路ユニット１１の損失を算出する。

【０１１８】

搬送路ユニット１１には、搬送路ユニット１１が高負荷状態であるか否かを判定するための閾値とする損失の値があらかじめ設定されている。ここで、閾値である損失の値を、高負荷判定値と称する。プロセッサ２７は、式（４）により算出された損失であるP_{load}の値と、高負荷判定値であるP_{loadh}とを比較する。

【０１１９】

$P_{load} > P_{loadh}$が成り立つ場合、プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１が高負荷状態であるものと判定する。プロセッサ２７は、搬送路ユニット１１が高負荷状態であるものと判定すると、搬送路ユニット１１が高負荷状態であることを示すアラームをコントローラ１２へ送信する。高負荷状態であると判定された搬送路ユニット１１である第１の搬送路ユニットは、アラームを送信することによって、第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることをコントローラ１２へ通知する。

【０１２０】

コントローラ１２は、第１の搬送路ユニットからのアラームを受信すると、第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることを示すアラームを第２の搬送路ユニットへ送信する。例えば、図１に示す搬送システム１における搬送路ユニット１１Ａが第１の搬送路ユニットである場合、搬送路ユニット１１Ｂおよび搬送路ユニット１１Ｈの各々が第２の搬送路ユニットである。

【０１２１】

第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、コントローラ１２からのアラームを受信すると、搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$の値を、あらかじめ設定されていた値よりも小さい値へ修正する。すなわち、第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、第２の過負荷判定曲線における第２の負荷判定値を、あらかじめ設定された値よりも小さい値へ修正する。このように、第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることがコントローラ１２から通知されることにより、第２の過負荷判定曲線により表される第２の判定基準に修正を施す。

【０１２２】

第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、修正が施された第２の判定基準である第２の過負荷判定曲線に基づいて、第２の搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定する。これにより、搬送システム１は、第１の搬送路ユニットからの熱伝導によって第２の搬送路ユニットの温度が上昇した場合において、第２の搬送路ユニットの過負荷保護処理を適切に実行することができる。

【０１２３】

実施の形態２によると、搬送システム１は、第１の搬送路ユニットが高負荷状態である場合において、第２の搬送路ユニットにおいて、第２の負荷判定値をあらかじめ設定された値よりも小さくする修正を第２の過負荷判定曲線に施す。これにより、搬送システム１は、互いに隣り合う搬送路ユニット１１の一方からの熱が他方へ加わることにより搬送路ユニット１１が過熱状態となることを防ぐことができる。

【０１２４】

実施の形態３．

実施の形態３では、互いに隣り合う搬送路ユニット１１の一方からの熱が他方へ加わることにより搬送路ユニット１１が過熱状態となることを防ぐための過負荷保護の第２の例について説明する。実施の形態３にかかる搬送システム１は、実施の形態１にかかる搬送システム１と同様の構成を備える。実施の形態３では、上記の実施の形態１または２と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態１または２とは異なる処理について主に説明する。

【０１２５】

実施の形態２では、各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７が、搬送路ユニット１１が高負荷状態であるか否かを判定することとした。実施の形態３では、コントローラ１２が、複数の搬送路ユニット１１の各々について、高負荷状態であるか否かを判定する。

【０１２６】

搬送路ユニット１１の損失である電力損失は、上記の式（４）により表される。各搬送路ユニット１１のプロセッサ２７は、式（４）により、搬送路ユニット１１の損失を算出する。プロセッサ２７は、式（４）により算出された損失であるP_{load}の値をコントローラ１２へ送信する。

【０１２７】

コントローラ１２には、搬送路ユニット１１が高負荷状態であるか否かを判定するための高負荷判定値であるP_{loadh}があらかじめ設定されている。コントローラ１２は、複数の搬送路ユニット１１の各々について、式（４）により算出された損失であるP_{load}の値とP_{loadh}とを比較する。これにより、コントローラ１２は、複数の搬送路ユニット１１の各々について、高負荷状態であるか否かを判定する。

【０１２８】

$P_{load} > P_{loadh}$が成り立つ搬送路ユニット１１が存在する場合、コントローラ１２は、$P_{load} > P_{loadh}$が成り立つ搬送路ユニット１１が高負荷状態であるものと判定する。コントローラ１２は、高負荷状態であると判定された第１の搬送路ユニットに隣接する第２の搬送路ユニットへ、第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることを示すアラームを送信する。コントローラ１２は、アラームを送信することによって、第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることを第２の搬送路ユニットへ通知する。

【０１２９】

第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、コントローラ１２からのアラームを受信すると、搬送路ユニット１１の最大定格損失である$P_{loadrated}$の値を、あらかじめ設定されていた値よりも小さい値へ修正する。すなわち、第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、第２の過負荷判定曲線における第２の負荷判定値を、あらかじめ設定された値よりも小さい値へ修正する。このように、第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、第１の搬送路ユニットが高負荷状態であることがコントローラ１２から通知されることにより、第２の過負荷判定曲線により表される第２の判定基準に修正を施す。

【０１３０】

第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、修正が施された第２の判定基準である第２の過負荷判定曲線に基づいて、第２の搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定する。これにより、第２の搬送路ユニットは、第１の搬送路ユニットからの熱伝導による温度上昇により第２の搬送路ユニットが過負荷状態となった場合に、過負荷保護処理を実行することができる。

【０１３１】

上記説明では、第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７が、第２の負荷判定値をあらかじめ設定された値よりも小さい値へ修正することとした。実施の形態３では、コントローラ１２が、第２の負荷判定値をあらかじめ設定された値よりも小さい値へ修正することとしても良い。この場合、コントローラ１２は、複数の搬送路ユニット１１の各々について、第２の過負荷判定曲線により表される第２の判定基準を保持する。コントローラ１２は、高負荷状態であると判定された第１の搬送路ユニットに隣接する第２の搬送路ユニットについて、第２の過負荷判定曲線により表される第２の判定基準に修正を施す。コントローラ１２は、修正された第２の判定基準を示す情報を第２の搬送路ユニットへ送信する。

【０１３２】

第２の搬送路ユニットのプロセッサ２７は、コントローラ１２から送信される情報を取得することによって、修正が施された第２の判定基準である第２の過負荷判定曲線に基づいて、第２の搬送路ユニットが過負荷状態か否かを判定する。これにより、搬送システム１は、第１の搬送路ユニットからの熱伝導によって第２の搬送路ユニットの温度が上昇した場合において、第２の搬送路ユニットの過負荷保護処理を適切に実行することができる。

【０１３３】

コントローラ１２は、高負荷状態と判定された第１の搬送路ユニットのP_{load}の値に応じて、第２の搬送路ユニットの$P_{loadrated}$の値を調整することとしても良い。例えば、第１の搬送路ユニットの負荷率であるP_{load}／P_{loadh}が０．９であった場合に、コントローラ１２は、第２の搬送路ユニットの最大定格損失である$P_{loadrated}$の値に０．９を乗算することにより、第２の搬送路ユニットの$P_{loadrated}$の値を調整する。この方法では、第１の搬送路ユニットの負荷率を乗算することにより第２の搬送路ユニットの$P_{loadrated}$の値を調整することとしたが、コントローラ１２は、第１の搬送路ユニットのP_{load}の値に応じて、任意の方法により第２の搬送路ユニットの$P_{loadrated}$の値を調整することができる。第２の搬送路ユニットの$P_{loadrated}$の値を調整するためのプログラムは、コントローラ１２にあらかじめ設定される。

【０１３４】

実施の形態３によると、搬送システム１は、第１の搬送路ユニットが高負荷状態である場合において、第２の搬送路ユニットにおいて、第２の負荷判定値をあらかじめ設定された値よりも小さくする修正を第２の過負荷判定曲線に施す。これにより、搬送システム１は、互いに隣り合う搬送路ユニット１１の一方からの熱が他方へ加わることにより搬送路ユニット１１が過熱状態となることを防ぐことができる。

【０１３５】

実施の形態４．

実施の形態１から３にかかる搬送システム１において、コントローラ１２は、複数の台車１６の各々についての移動の態様を示す運転指令を生成し、運転指令に基づいて各台車１６の位置指令を生成する。運転指令は、加速度、減速度、および移動速度といった、台車１６の移動についての情報を含む。実施の形態４では、運転指令の生成に機械学習を適用する例について説明する。

【０１３６】

例えば、ある時点から２秒後に、現在の位置から３ｍ先の目的位置に台車１６を到達させることを示す運行情報が取得されたとする。この場合において、台車１６を移動させる運動指令のパターンとして、あらゆるパターンを取り得る。取り得るパターンの１つは、当該２秒間の始点から終点にかけての台形加減速により台車１６を移動させるパターンである。その他のパターンとしては、始点から１秒間における台形加減速により台車１６を移動させて残りの１秒間は台車１６を停止させるパターン、または、始点から１秒間台車１６を停止させて残りの１秒間における台形加減速により台車１６を移動させるパターンなどがある。取得される運行情報に対して、運転指令のパターンとして取り得るパターンは無数に存在する。

【０１３７】

搬送システム１では、各搬送路ユニット１１において消費される電力の値のうち複数の

搬送路ユニット１１の中における最大値が、できるだけ小さいことが好ましい。以下の説明では、各搬送路ユニット１１において使用される電力の値のうち複数の搬送路ユニット１１の中における最大値を、最大電力値と称する。実施の形態４では、無数に存在する運転指令のパターンから最大電力値が小さくなるような運転指令を機械学習により導き出す。

【０１３８】

図１０は、実施の形態４にかかる搬送システム１に備えられるコントローラ６０の構成例を示す図である。コントローラ６０は、学習装置６１と、運転指令生成器６２と、位置指令生成器６３と、コイル駆動指令生成器６４とを備える。

【０１３９】

運転指令生成器６２には、運行情報６５が入力される。運転指令生成器６２は、運行情報６５に基づいて運転指令６７を生成する。運転指令生成器６２により生成された運転指令６７は、位置指令生成器６３へ入力される。位置指令生成器６３は、運転指令６７に基づいて位置指令６８を生成する。位置指令生成器６３により生成された位置指令６８は、コイル駆動指令生成器６４へ入力される。

【０１４０】

コイル駆動指令生成器６４は、位置指令６８に基づいてコイル駆動指令６９を生成する。コントローラ６０は、コイル駆動指令生成器６４により生成されたコイル駆動指令６９を各搬送路ユニット１１へ送信する。コントローラ６０は、各搬送路ユニット１１へコイル駆動指令６９を送信することによって、各台車１６の移動を制御する。

【０１４１】

学習装置６１には、運行情報６５と運転指令６７とが入力される。学習装置６１は、運行情報６５と、最大電力値を小さくさせる運転指令６７との関係を学習する。学習装置６１は、学習の結果である学習済モデル６６を出力する。運転指令生成器６２は、学習装置６１から学習済モデル６６を取得する。運転指令生成器６２は、学習済モデル６６へ運行情報６５を入力することによって、最大電力値を小さくさせる運転指令６７を推論する。運転指令生成器６２は、かかる推論によって、運転指令６７を生成する。

【０１４２】

図１１は、実施の形態４にかかるコントローラ６０に備えられる学習装置６１の構成例を示す図である。学習装置６１は、データ取得部７１と、モデル生成部７２と、学習済モデル記憶部７５とを備える。

【０１４３】

データ取得部７１は、学習用データ７６を取得し、学習用データ７６をまとめ合わせたデータセットを作成する。学習用データ７６は、運行情報６５および運転指令６７を含んでいる。すなわち、データ取得部７１は、運行情報６５と運転指令６７とを含む学習用データ７６を取得する。学習用データ７６は、モデル生成部７２へ入力される。

【０１４４】

モデル生成部７２は、学習用データ７６を用いて学習済モデル６６を生成する。モデル生成部７２は、運行情報６５からの運転指令６７の推論に使用される学習済モデル６６を、学習用データ７６に基づいて生成する。学習済モデル記憶部７５は、学習済モデル６６を記憶する。

【０１４５】

モデル生成部７２が用いる学習アルゴリズムとしては、教師あり学習、教師なし学習、または強化学習等の公知のアルゴリズムを用いることができる。一例として、モデル生成部７２が用いる学習アルゴリズムに強化学習（Reinforcement Learning）を適用する場合について説明する。強化学習は、ある環境内におけるエージェントである行動主体が、現在の状態を観測し、取るべき行動を決定する、というものである。エージェントは行動を選択することで環境から報酬を得て、一連の行動を通じて報酬が最も多く得られるような方策を学習する。強化学習の代表的な手法として、Ｑ学習（Q-Learning）およびＴＤ学習（TD-Learning）などが知られている。

【０１４６】

例えば、Ｑ学習の場合、行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）の一般的な更新式である行動価値テーブルは、次の式（８）で表される。行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）は、環境「ｓ」のもとで行動「ａ」を選択する行動の価値である行動価値Ｑを表す。

【０１４７】

【数１】

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha\left(r_{t+1} + \gamma max_a Q(s_{t+1}, a_t) - Q(s_t, a_t)\right) \quad \cdots (8)$$

【０１４８】

式（８）において、「s_t」は、時刻「ｔ」における環境を表す。「a_t」は、時刻「ｔ」における行動を表す。行動「a_t」によって、環境は「s_{t+1}」に変わる。「r_{t+1}」は、その環境の変化によってもらえる報酬を表す。「γ」は、割引率を表す。「γ」は、０＜γ≦１を満たす。「α」は、学習係数を表す。「α」は、０＜α≦１を満たす。運行情報６５が環境「s_t」となる。運転指令６７が行動「a_t」となる。

【０１４９】

式（８）により表される更新式は、時刻「ｔ＋１」における最良の行動「ａ」の行動価値が、時刻「ｔ」において実行された行動「ａ」の行動価値Ｑよりも大きければ、行動価値Ｑを大きくし、逆の場合は、行動価値Ｑを小さくする。換言すれば、時刻「ｔ」における行動「ａ」の行動価値Ｑを、時刻「ｔ＋１」における最良の行動価値に近づけるように、行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）を更新する。それにより、ある環境における最良の行動価値が、それ以前の環境における行動価値に順次伝播する。

【０１５０】

モデル生成部７２は、報酬計算部７３および関数更新部７４を有する。報酬計算部７３は、データセットに基づいて報酬を計算する。関数更新部７４は、報酬計算部７３によって算出される報酬に従って、運転指令６７を決定するための関数を更新する。

【０１５１】

具体的には、報酬計算部７３は、最大電力値に基づいて報酬「ｒ」を計算する。例えば、報酬計算部７３は、最大電力値が減少した場合に、報酬「ｒ」を増大させる。報酬計算部７３は、報酬の値である「１」を与えることによって報酬「ｒ」を増大させる。なお、報酬の値は「１」に限られない。一方、報酬計算部７３は、最大電力値が増加した場合に、報酬「ｒ」を減少させる。報酬計算部７３は、報酬の値である「－１」を与えることによって報酬「ｒ」を減少させる。なお、報酬の値は「－１」に限られない。

【０１５２】

関数更新部７４は、報酬計算部７３によって計算される報酬に従って、運転指令６７を決定するためのモデルである関数を更新する。関数の更新は、データセットに従って、例えば行動価値テーブルを更新することによって行うことができる。行動価値テーブルは、任意の行動と、その行動価値とを関連付けてテーブルの形式で記憶したデータセットである。例えばＱ学習の場合、上記の式（８）により表される行動価値関数Ｑ（s_t，a_t）を、運転指令６７を決定するための関数として用いる。

【０１５３】

図１２は、実施の形態４にかかるコントローラ６０に備えられる学習装置６１の処理手順を示すフローチャートである。図１２のフローチャートを参照して、行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）を更新する強化学習方法について説明する。

【０１５４】

ステップＳ１１において、学習装置６１は、データ取得部７１により、運行情報６５と運転指令６７とを取得する。すなわち、学習装置６１は、学習用データ７６を取得する。データ取得部７１は、学習用データ７６をまとめたデータセットをモデル生成部７２へ出力する。

【０１５５】

ステップＳ１２において、学習装置６１は、報酬計算部７３により報酬を計算する。報

酬計算部７３は、各台車１６についての運行情報６５と各台車１６についての運転指令６７との組合せに対する報酬を計算する。報酬計算部７３は、最大電力値に基づいて、報酬を増大または減少させる。

【０１５６】

ステップＳ１３において、学習装置６１は、関数更新部７４により行動価値関数を更新する。関数更新部７４は、ステップＳ１２において計算された報酬に基づいて行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）を更新する。学習装置６１は、学習済モデル記憶部７５に記憶されている行動価値関数Ｑ（s_t，a_t）を更新する。

【０１５７】

ステップＳ１４において、学習装置６１は、関数更新部７４により、行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）が収束したか否かを判断する。関数更新部７４は、ステップＳ１３における行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）の更新が行われなくなることによって行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）が収束したと判断する。

【０１５８】

行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）が収束していないと判断された場合（ステップＳ１４，Ｎｏ）、学習装置６１は、手順をステップＳ１１へ戻す。一方、行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）が収束したと判断された場合（ステップＳ１４，Ｙｅｓ）、学習装置６１は、図１２に示す手順による処理を終了する。なお、学習装置６１は、ステップＳ１４による判断をせず、ステップＳ１３からステップＳ１１へ手順を戻すことによって学習を継続しても良い。学習済モデル記憶部７５は、生成された行動価値関数Ｑ（ｓ，ａ）である学習済モデル６６を記憶する。

【０１５９】

実施の形態４では、学習装置６１が用いる学習アルゴリズムに強化学習を適用する場合について説明したが、学習アルゴリズムには、強化学習以外の学習が適用されても良い。学習装置６１は、強化学習以外の公知の学習アルゴリズム、例えば、深層学習（Deep Learning）、ニューラルネットワーク、遺伝的プログラミング、帰納論理プログラミングあるいはサポートベクターマシンといった学習アルゴリズムを用いて機械学習を実行しても良い。

【０１６０】

図１０および図１１に示す学習装置６１は、コントローラ６０に内蔵される装置である。学習装置６１は、コントローラ６０の外部の装置でも良い。コントローラ６０の外部の装置である学習装置６１は、搬送システム１を構成する。学習装置６１は、ネットワークを介してコントローラ６０に接続可能な装置でも良い。学習装置６１は、クラウドサーバ上に存在する装置でも良い。図１１に示す例では、学習済モデル記憶部７５は、学習装置６１に内蔵されている。学習済モデル記憶部７５は、学習装置６１の外部に設けられても良い。

【０１６１】

学習装置６１は、複数の搬送システム１について作成されたデータセットに従って、最大電力値を小さくさせる運転指令６７を学習しても良い。学習装置６１は、同一の場所で使用される複数の搬送システム１から運行情報６５および運転指令６７を取得しても良く、または、互いに異なる場所で使用される複数の搬送システム１から運行情報６５および運転指令６７を取得しても良い。運行情報６５および運転指令６７は、複数の場所において互いに独立して稼働する複数の搬送システム１から収集されても良い。複数の搬送システム１からの運行情報６５および運転指令６７の収集を開始した後に、運行情報６５および運転指令６７が収集される対象に新たな搬送システム１が追加されても良い。また、複数の搬送システム１からの運行情報６５および運転指令６７の収集を開始した後に、運行情報６５および運転指令６７が収集される対象から、複数の搬送システム１のうちの一部が除外されても良い。

【０１６２】

ある１つの搬送システム１について学習を行った学習装置６１は、当該搬送システム１

以外の他の搬送システム１についての学習を行っても良い。当該他の搬送システム１についての学習を行う学習装置６１は、当該他の搬送システム１における再学習によって、学習済モデル６６を更新することができる。

【０１６３】

図１３は、実施の形態４にかかるコントローラ６０に備えられる運転指令生成器６２の構成例を示す図である。運転指令生成器６２は、運行情報６５から運転指令６７を推論する推論装置としての機能を備える。運転指令生成器６２は、データ取得部７７と推論部７８とを備える。

【０１６４】

データ取得部７７には、搬送システム１が備える複数の台車１６の各々についての運行情報６５が入力される。データ取得部７７は、推論用データである運行情報６５を取得する。データ取得部７７により取得された運行情報６５は、推論部７８へ入力される。学習装置６１の学習済モデル記憶部７５に記憶されている学習済モデル６６は、推論部７８へ入力される。推論部７８は、学習済モデル６６へ運行情報６５を入力することによって、運転指令６７を推論する。推論部７８は、推論結果である運転指令６７を位置指令生成器６３へ出力する。

【０１６５】

図１４は、実施の形態４にかかるコントローラ６０に備えられる運転指令生成器６２、位置指令生成器６３、およびコイル駆動指令生成器６４の処理手順を示すフローチャートである。

【０１６６】

ステップＳ２１において、運転指令生成器６２は、データ取得部７７により、各台車１６の運行情報６５を取得する。データ取得部７７は、取得された運行情報６５を推論部７８へ出力する。

【０１６７】

ステップＳ２２において、運転指令生成器６２は、推論部７８において、学習済モデル６６へ運行情報６５を入力することによって運転指令６７を生成する。運転指令生成器６２は、生成された運転指令６７を位置指令生成器６３へ出力する。

【０１６８】

ステップＳ２３において、位置指令生成器６３は、運転指令６７に基づいて位置指令６８を生成する。位置指令生成器６３は、生成された位置指令６８をコイル駆動指令生成器６４へ出力する。

【０１６９】

ステップＳ２４において、コイル駆動指令生成器６４は、位置指令６８に基づいてコイル駆動指令６９を生成する。コイル駆動指令生成器６４は、生成されたコイル駆動指令６９を、データ通信線１４を介して各搬送路ユニット１１へ送信する。以上により、運転指令生成器６２、位置指令生成器６３、およびコイル駆動指令生成器６４は、図１４に示す手順による処理を終了する。

【０１７０】

実施の形態４によると、搬送システム１は、学習装置６１と、推論装置である運転指令生成器６２とを備えることによって、最大電力値を小さくさせる運転指令６７を導き出すことができる。これにより、搬送システム１は、各搬送路ユニット１１における負荷の低減が可能となる。

【０１７１】

次に、実施の形態１から４にかかるコントローラ１２，６０を実現するハードウェアについて説明する。コントローラ１２，６０は、処理回路により実現される。処理回路は、プロセッサがソフトウェアを実行する回路であっても良いし、専用の回路であっても良い。

【０１７２】

処理回路がソフトウェアにより実現される場合、処理回路は、例えば、図１５に示す制御回路８０である。図１５は、実施の形態１から４にかかる制御回路８０の構成例を示す

図である。制御回路８０は、入力部８１、プロセッサ８２、メモリ８３、および出力部８４を備える。入力部８１は、制御回路８０の外部から入力されたデータを受信してプロセッサ８２に与えるインターフェース回路である。出力部８４は、プロセッサ８２またはメモリ８３からのデータを制御回路８０の外部に送るインターフェース回路である。

【０１７３】

処理回路が図１５に示す制御回路８０である場合、コントローラ１２，６０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。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ８３に格納される。処理回路は、メモリ８３に記憶されたプログラムをプロセッサ８２が読み出して実行することにより、コントローラ１２，６０の各機能を実現する。すなわち、処理回路は、コントローラ１２，６０の処理が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ８３を備える。また、これらのプログラムは、コントローラ１２，６０の手順および方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。

【０１７４】

プロセッサ８２は、ＣＰＵである。プロセッサ８２は、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、またはＤＳＰでも良い。メモリ８３は、例えば、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、フラッシュメモリ、ＥＰＲＯＭ（Erasable Programmable Read Only Memory）、ＥＥＰＲＯＭ（登録商標）（Electrically Erasable 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、ミニディスクまたはＤＶＤ（Digital Versatile Disc）等が該当する。

【０１７５】

図１５は、汎用のプロセッサ８２およびメモリ８３によりコントローラ１２，６０を実現する場合のハードウェアの例であるが、コントローラ１２，６０は、専用のハードウェア回路により実現されても良い。図１６は、実施の形態１から４にかかる専用のハードウェア回路８５の構成例を示す図である。

【０１７６】

専用のハードウェア回路８５は、入力部８１、出力部８４および処理回路８６を備える。処理回路８６は、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、またはこれらを組み合わせた回路である。コントローラ１２，６０の各機能を機能別に処理回路８６で実現しても良いし、各機能をまとめて処理回路８６で実現しても良い。なお、コントローラ１２，６０は、制御回路８０とハードウェア回路８５とが組み合わされて実現されても良い。

【０１７７】

学習装置６１がコントローラ６０の外部の装置である場合、学習装置６１は、コントローラ１２，６０と同様に、処理回路により実現される。学習装置６１を実現する処理回路は、図１５に示す制御回路８０、または、図１６に示す専用のハードウェア回路８５である。

【０１７８】

実施の形態１から４にかかる搬送システム１における各構成要素の分散または統合の具体的形態は、実施の形態１から４で説明するものに限られない。搬送システム１の構成要素の全部または一部は、機能的または物理的に、任意の単位で分散あるいは統合して構成されても良い。

【０１７９】

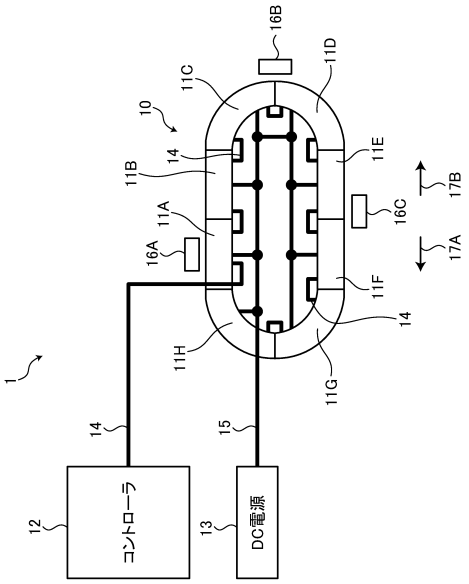
以上の各実施の形態に示した構成は、本開示の内容の一例を示すものである。各実施の形態の構成は、別の公知の技術と組み合わせることが可能である。各実施の形態の構成同士が適宜組み合わせられても良い。本開示の要旨を逸脱しない範囲で、各実施の形態の構成の一部を省略または変更することが可能である。

【符号の説明】
【０１８０】
１　搬送システム、１０　搬送路、１１，１１Ａ，１１Ｂ，１１Ｃ，１１Ｄ，１１Ｅ，１１Ｆ，１１Ｇ，１１Ｈ　搬送路ユニット、１２，６０　コントローラ、１３　ＤＣ電源、１４　データ通信線、１５　ＤＣ電源バス、１６，１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃ，１６Ｄ　台車、１７Ａ，１７Ｂ，４２　矢印、２０　コイル、２１　インバータ、２２　電流センサ、２３　コンデンサ、２４　電流制御器、２５　リニアスケール、２６　位置センサ、２７，８２　プロセッサ、２８　通信従局、３１　Ｐ母線、３２　Ｎ母線、３３　電圧検出器、３４　温度センサ、４０，４１　永久磁石、５１，５２，５６　曲線、５３，５４，５５，５７，５８，５９　点、６１　学習装置、６２　運転指令生成器、６３　位置指令生成器、６４　コイル駆動指令生成器、６５　運行情報、６６　学習済モデル、６７　運転指令、６８　位置指令、６９　コイル駆動指令、７１，７７　データ取得部、７２　モデル生成部、７３　報酬計算部、７４　関数更新部、７５　学習済モデル記憶部、７６　学習用データ、７８　推論部、８０　制御回路、８１　入力部、８３　メモリ、８４　出力部、８５　ハードウェア回路、８６　処理回路。

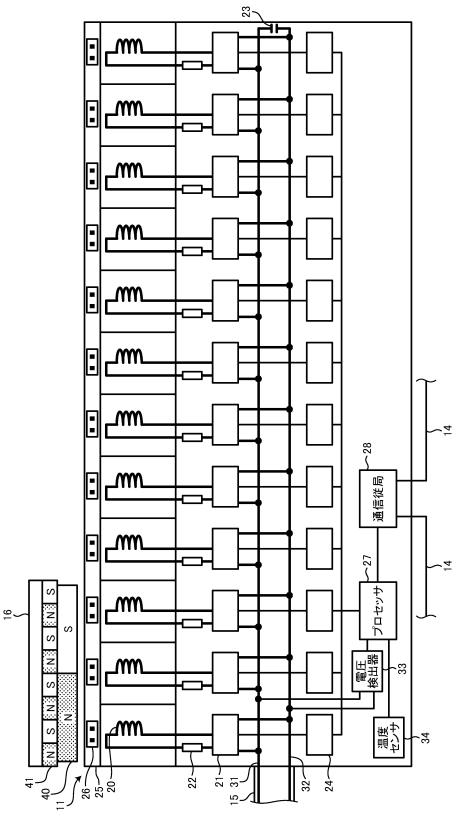
【要約】
搬送システムは、１または複数の搬送体が移動する搬送路を構成する複数の搬送路ユニット（１１）を備える。複数の搬送路ユニット（１１）の各々は、搬送体を移動させる推力を、電流が流れることにより発生する複数の駆動部と、複数の駆動部の各々が過負荷状態であるか否かを判定し、かつ、搬送路ユニット（１１）が過負荷状態であるか否かを判定するプロセッサ（２７）と、を有する。複数の搬送路ユニット（１１）の各々において、プロセッサ（２７）は、過負荷状態と判定された駆動部の温度または過負荷状態と判定された搬送路ユニット（１１）の温度を低下させる過負荷保護処理を実行する。

【図面】

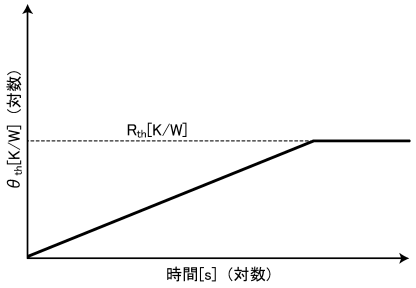
【図１】



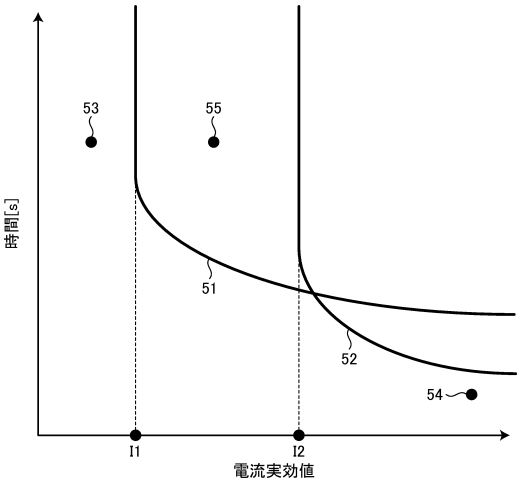
【図２】



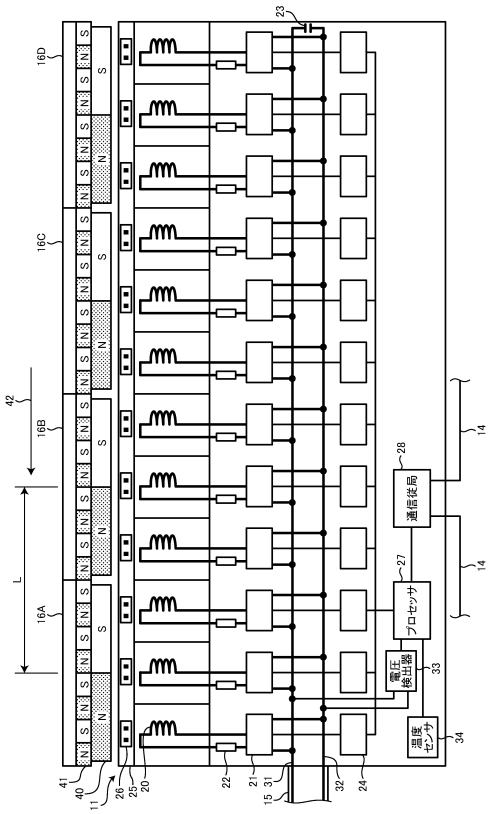
【図３】


θ th[K/W]（対数）
Rth[K/W]
時間[s]（対数）

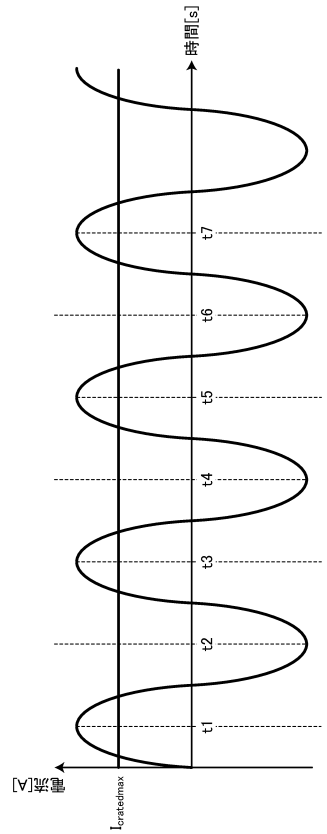
【図４】


53
55
51
52
54
時間[s]
I1
I2
電流実効値

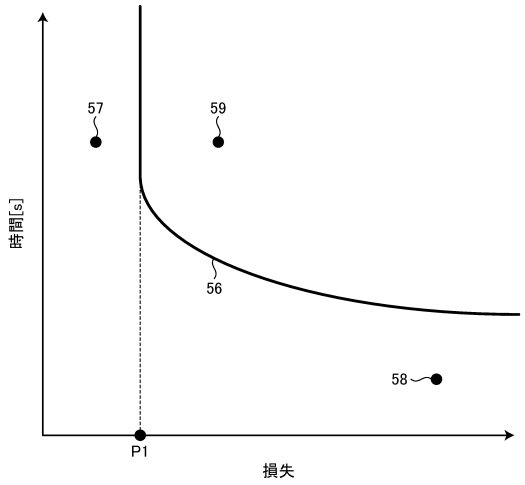
【図５】


16D
16C
16B
16A
42
L
23
28
通信従局
27
プロセッサ
電圧検出器
33
温度センサ
34
14
41
40
11
26
25
20
22
21
31
15
32
24

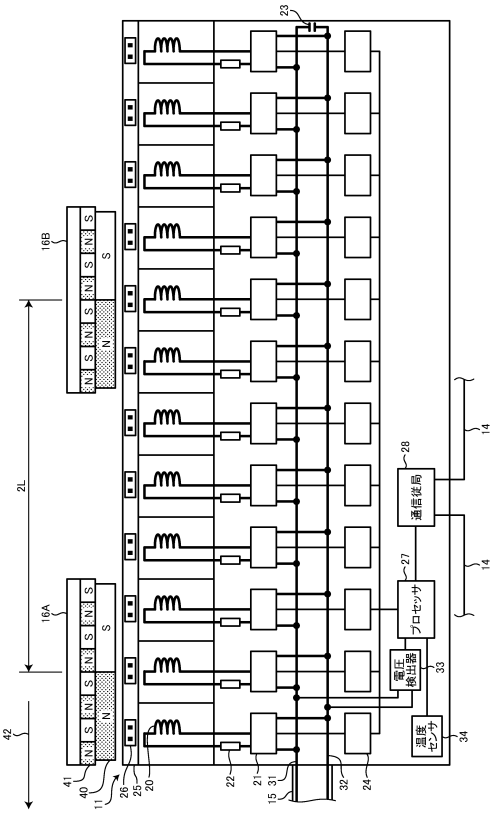
【図６】


時間[s]
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
電流[A]
Icrateimax

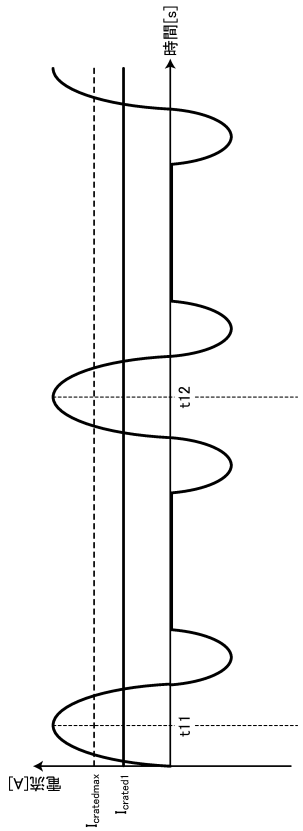
【図７】


57
59
56
58
P1
時間[s]
損失

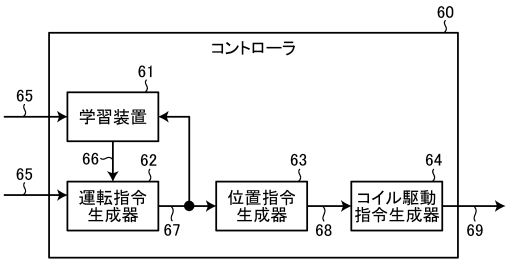
【図８】


23
16B
16A
2L
42
41
40
11
26
25
20
22
21
31
15
32
24
28
通信装置
27
プロセッサ
33
電圧検出器
34
温度センサ
14

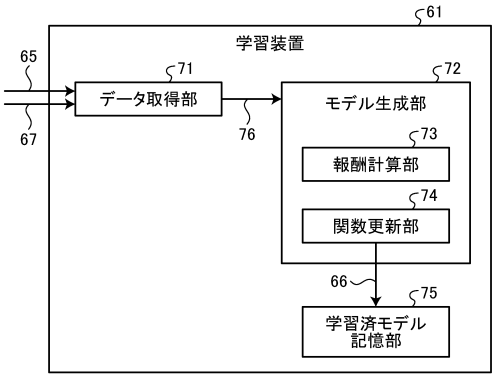
【図９】


時間[s]
t12
t11
電流[A]
Icrated,max
Icrated,I

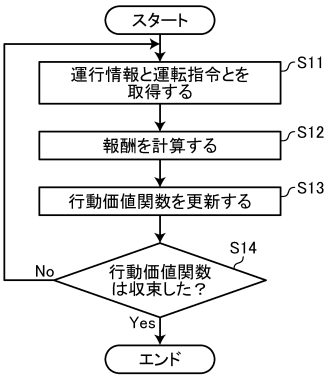
【図１０】


60
コントローラ
61
65
学習装置
66
62
63
64
65
運転指令生成器
位置指令生成器
コイル駆動指令生成器
67
68
69

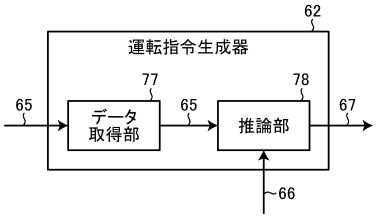
【図１１】



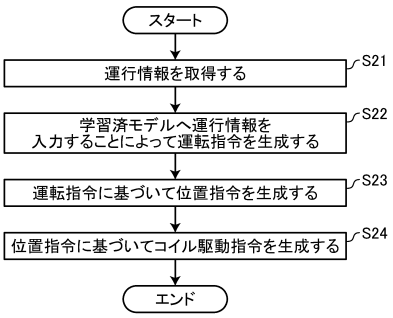
【図１２】



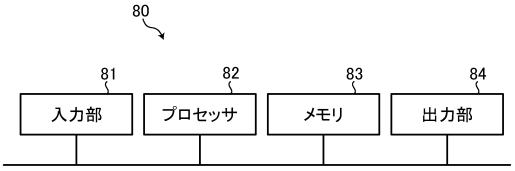
【図１３】



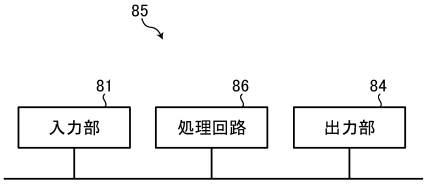
【図１４】



【図１５】



【図１６】



フロントページの続き

(56)参考文献　特開平９－２０８０５１（ＪＰ，Ａ）
特開平９－７４６１６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－４２０２９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－２１２０１８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３７９９１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－９５４１５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６５Ｇ　５４／０２
Ｂ６５Ｇ　３５／０８
Ｈ０２Ｐ　２５／０６