

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6673533号
(P6673533)

(45) 発行日 令和2年3月25日 (2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月9日 (2020.3.9)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 P 27/08 (2006.01)

H O 2 P 27/08

H O 2 M 7/48 (2007.01)

H O 2 M 7/48

F

H O 2 M 3/00 (2006.01)

H O 2 M 3/00

P

請求項の数 13 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2019-537405 (P2019-537405)
 (86) (22) 出願日 平成31年2月19日 (2019.2.19)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2019/005963
 (87) 国際公開番号 W02019/163729
 (87) 国際公開日 令和1年8月29日 (2019.8.29)
 審査請求日 令和1年7月10日 (2019.7.10)
 (31) 優先権主張番号 PCT/JP2018/006813
 (32) 優先日 平成30年2月23日 (2018.2.23)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

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 100108431
 弁理士 村上 加奈子
 (74) 代理人 100153176
 弁理士 松井 重明
 (74) 代理人 100109612
 弁理士 倉谷 泰孝
 (72) 発明者 平良 哲
 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 林 良知
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ駆動装置、及びモータ駆動システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

交流電源から供給される交流電力を受電してモータを駆動するモータ駆動装置であって

、

前記交流電力を直流電力に変換するコンバータ回路と、

前記コンバータ回路から供給される直流電力を交流電力に変換して前記モータへ供給することにより前記モータを駆動するインバータ回路と、

前記コンバータ回路の交流側に流れる入力電流、又は前記コンバータ回路に供給される入力電力が上限値を超えないように制御するコンバータ制御部と、

前記コンバータ回路と前記インバータ回路をつなぐ直流母線の電圧である母線電圧を検出し、前記母線電圧の検出値が設定された下限値に達すると前記インバータ回路の出力電力が小さくなるように制限するインバータ制御部と、

を備えたことを特徴とするモータ駆動装置。

【請求項 2】

前記コンバータ制御部は、前記入力電流が前記上限値を超えないように前記コンバータ回路のスイッチング素子をパルス幅変調制御し、

前記インバータ制御部は、前記母線電圧が前記下限値を下回らないように前記インバータ回路のスイッチング素子をパルス幅変調制御することを特徴とする請求項 1 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 3】

10

20

前記インバータ制御部は、前記モータへの出力電力制限値を連続的に変化させることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 4】

前記コンバータ制御部は、前記母線電圧を制御するための電圧指令値を、電流制御をする上で必要な最低電圧値よりも高い値に設定することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 5】

前記モータのエネルギーを回生制御する場合、前記インバータ制御部は、前記母線電圧が設定された上限値に達すると、前記インバータ回路の回生出力電力の絶対値が小さくなるように制限することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載のモータ駆動装置

10

【請求項 6】

前記インバータ回路と前記インバータ制御部とを有するインバータ装置を複数備え、複数の前記インバータ装置は、前記直流母線に互いに並列に接続されていることを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 7】

複数の前記インバータ装置のうち特定の前記インバータ装置において、前記インバータ制御部が、前記インバータ回路の出力電力を制限することを特徴とする請求項 6 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 8】

20

前記母線電圧が、予め定められた設定値まで低下した場合には、複数の前記インバータ装置のうち一部の前記インバータ装置が回生状態に制御されることを特徴とする請求項 6 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 9】

複数の前記インバータ装置は、モータ動作指令を生成し出力する上位制御装置に通信経路を介して接続され、当該上位制御装置から出力されたモータ動作指令に基づいて、それぞれに接続されたモータを駆動することを特徴とする請求項 6 から 8 の何れか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 10】

複数の前記インバータ装置は、それぞれ、前記上位制御装置に接続されることを特徴とする請求項 9 に記載のモータ駆動装置。

30

【請求項 11】

複数の前記インバータ装置は、直列に、前記上位制御装置に接続されることを特徴とする請求項 9 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 12】

複数の前記インバータ装置のうち少なくとも 1 つは、前記母線電圧の検出値が設定された下限値に達したか否かを判定し、その判定結果を前記上位制御装置に通知することを特徴とする請求項 9 から 11 の何れか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載のモータ駆動装置と、モータ動作指令を生成し出力する上位制御装置とを含むモータ駆動システムであって、

40

前記上位制御装置は、複数の前記インバータ装置のうち少なくとも 1 つから通知された前記判定結果が、前記母線電圧の検出値が設定された下限値に達した旨を示すとき、モータの出力総和を低減させる前記モータ動作指令を出力することを特徴とするモータ駆動システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、交流電源から供給される交流電力を受電して負荷であるモータを駆動するモータ駆動装置、及びモータ駆動システムに関する。

50

【背景技術】**【0002】**

モータ駆動装置において、モータを駆動するインバータ装置の前段に配置されるコンバータ装置及び周辺機器は、モータ駆動装置を含むモータ駆動システムの最大負荷を考慮して、それらの容量が選定されている。

【0003】

ところが、実際の運転環境において、モータ駆動システムの負荷が最大負荷となるのは、ある特定の僅かな運転期間のみである。従って、モータ駆動システムにおいて、最大負荷を考慮して周辺機器を選定することは、システムの規模が大型化し、システム構築のコストが上昇する要因となっていた。

10

【0004】

上記課題に対し、下記特許文献1には、以下の技術が開示されている。

(1) 交流電源からコンバータ装置に供給される入力電流又は入力電力が所定の範囲外となった場合、その旨の情報を、通信手段によって後段のインバータ装置に伝える。

(2) 入力電流又は入力電力が所定の範囲外である旨の情報を受信したインバータ装置は、モータを駆動する際のトルク又は回転速度を制限し、インバータ装置からモータに供給される交流電力を小さくする。これにより、コンバータ装置の交流側に許容値を超えた過大な入力電流が流れることが防止される。

【先行技術文献】**【特許文献】**

20

【0005】

【特許文献1】特開2013-153607号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

上述のように、特許文献1の技術では、コンバータ装置とインバータ装置との双方が通信手段を備える必要がある。従って、特許文献1の技術を採用した場合には、専用の通信手段が必要とされると共に、通信手段を成す、通信回路及び通信線を敷設するための工数が必要とされる。このため、システム構築の期間が長くなり、システム構築のコストが上昇するという課題が生ずる。

30

【0007】

また、専用の通信手段を有する構成の場合、通信の際のノイズの影響、及び通信線を介して回り込むノイズ電流によって機器の誤動作を引き起こすといった懸念も生ずる。

【0008】

さらに、通信手段を有するシステムの場合、コンバータ装置の検知情報がインバータ装置に送信される際の遅延時間が問題となることがある。例えば、コンバータ装置とインバータ装置との間の通信において、きめ細かい制御を行うためにアナログ値を送信する場合には、ノイズ対策のために冗長ビットを追加することがよく行われる。このようなシステムの場合、送信される情報量が多くなり、遅延時間の影響が顕著に現れる。このため、モータに対するトルク制限又は回転速度制限の制御が遅延し、コンバータ装置の入力側すなわち交流側に、想定以上の入力電流又は入力電力が発生し、機器を破損させるおそれがある。

40

【0009】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、コンバータ装置とインバータ装置とに通信手段を設けることなく、コンバータ装置の交流側に想定以上の入力電流又は入力電力が発生するのを抑止することができるモータ駆動装置、及びモータ駆動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】**【0010】**

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、交流電源から供給される交

50

流電力を受電してモータを駆動するモータ駆動装置である。モータ駆動装置は、交流電力を直流電力に変換するコンバータ回路、及びコンバータ回路から供給される直流電力を交流電力に変換してモータへ供給することによりモータを駆動するインバータ回路を備える。また、モータ駆動装置は、コンバータ回路の交流側に流れる入力電流、又はコンバータ回路に供給される入力電力が上限値を超えないように制御するコンバータ制御部を備える。また、モータ駆動装置は、コンバータ回路とインバータ回路をつなぐ直流母線の電圧である母線電圧を検出し、母線電圧の検出値が設定された下限値に達するとインバータ回路の出力電力が小さくなるように制限するインバータ制御部を備える。

【発明の効果】

【0011】

10

本発明によれば、コンバータ装置とインバータ装置とに通信手段を設けることなく、コンバータ装置の交流側に想定以上の入力電流又は入力電力が発生するのを抑止できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施の形態1に係るモータ駆動装置を含むモータ駆動システムの構成図

【図2】実施の形態1に係るモータ駆動装置の動作説明に供する図

【図3】実施の形態1のコンバータ装置における動作フローを示すフローチャート

【図4】実施の形態1のインバータ装置における動作フローを示すフローチャート

【図5】実施の形態1におけるコンバータ制御部及びインバータ制御部の各演算部の機能をソフトウェアで実現するハードウェア構成の一例を示すブロック図

20

【図6】実施の形態1におけるコンバータ制御部及びインバータ制御部の各演算部の機能をソフトウェアで実現するハードウェア構成の他の例を示すブロック図

【図7】実施の形態1の変形例に係るモータ駆動システムの構成図

【図8】実施の形態2に係るモータ駆動装置の動作説明に供する図

【図9】実施の形態3に係るモータ駆動装置を含むモータ駆動システムの構成図

【図10】実施の形態3に係るモータ駆動装置の動作説明に供する図

【図11】実施の形態4に係るモータ駆動装置の動作説明に供する図

【図12】実施の形態5に係るモータ駆動システムを示す構成図

【図13】実施の形態5のインバータ装置における動作フローを示すフローチャート

30

【図14】実施の形態5のインバータ装置における動作フローを示すフローチャート

【図15】実施の形態5の上位制御装置における動作フローを示すフローチャート

【図16】実施の形態6に係るモータ駆動システムを示す構成図

【図17】実施の形態6のインバータ装置における動作フローを示すフローチャート

【図18】実施の形態6のインバータ装置における動作フローを示すフローチャート

【図19】実施の形態6の上位制御装置における動作フローを示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に添付図面を参照し、本発明の実施の形態に係るモータ駆動装置について詳細に説明する。なお、以下の実施の形態により、本発明が限定されるものではない。また、以下の説明において、モータは三相モータを例示するが、三相モータ以外のモータを使用してもよい。また、電源は三相交流を例示するが、三相以外の交流電源を使用してもよい。また、図面に記載の半導体素子は一例であり、他の記号の半導体スイッチ素子を使用してもよい。また、以下の説明では、物理的な接続と電氣的な接続とを区別せずに、単に「接続」と称する。

40

【0014】

実施の形態1.

図1は、実施の形態1に係るモータ駆動装置50を含むモータ駆動システム100の構成図である。図1に示すように、実施の形態1に係るモータ駆動システム100は、配線用遮断器4と、リアクトル5と、モータ駆動装置50と、モータ6とを有する。また、モ

50

ータ駆動装置 50 は、交流電源 3 から交流電力が供給されるコンバータ装置 1 と、コンバータ装置 1 から直流電力が供給されるインバータ装置 2 とを有する。図 1 では、コンバータ装置 1 の一例として、交流側の電流を制御可能な三相パルス幅変調 (Pulse Width Modulation: 以下「PWM」と表記) コンバータを示している。

【0015】

なお、本実施の形態では、コンバータ装置 1 の一例として PWM コンバータを用いた場合を説明するが、交流側の電流を制御可能なコンバータであれば、PWM コンバータに限定する必要はない。

【0016】

図 1 において、交流電源 3 は、コンバータ装置 1 に交流電力を供給する電力供給源である。交流電源 3 とコンバータ装置 1 との間には、配線用遮断器 4 及びリアクトル 5 が配置されている。リアクトル 5 は、電気エネルギーを一時的に蓄積する回路要素を含む装置である。配線用遮断器 4 は、交流電源 3 とコンバータ装置 1 とを接続する電気配線に配され、交流電源 3 とコンバータ装置 1 との間に流れる電流を遮断可能な装置である。配線用遮断器 4 の一例は、MCCB (Molded Case Circuit Breaker) である。モータ 6 は、モータ駆動装置 50 の駆動対象である。図示しない負荷が工作機械である場合、モータ 6 は、サーボモータ及びスピンドルモータである。

【0017】

なお、本実施の形態では周辺機器として配線用遮断器 4 とリアクトル 5 を示したが、配線用遮断器 4 は備えなくてもよいし、これら以外の周辺機器を備えていてもよい。

【0018】

コンバータ装置 1 は、制御部 10 と、コンバータ回路 12 と、平滑コンデンサ 14 とを有する。コンバータ回路 12 とリアクトル 5 との間には、電流検出器 16 が配置されている。

【0019】

図 1 では、電流検出器 16 は一相のみに設けられているが、全三相に設けられていてもよい。三相の電流を検出することによって、電流検出値にアンバランスが生じた場合に平均値を用いることが可能なため、電圧不平衡時にロバスト性が高いというメリットが得られる。

【0020】

コンバータ回路 12 は、トランジスタ素子とダイオードとが逆並列に接続されたスイッチング素子 12a を複数用いて構成される。なお、コンバータ回路 12 におけるスイッチング素子 12a の配置及び接続は公知であり、ここでの説明は割愛する。

【0021】

インバータ装置 2 は、制御部 20 と、平滑コンデンサ 22 と、インバータ回路 24 とを有する。

【0022】

インバータ回路 24 は、トランジスタ素子とダイオードとが逆並列に接続されたスイッチング素子 24a を複数用いて構成される。なお、インバータ回路 24 におけるスイッチング素子 24a の配置及び接続は公知であり、ここでの説明は割愛する。

【0023】

コンバータ回路 12 とインバータ回路 24 は、直流母線 7 を用いて接続される。直流母線 7 は、コンバータ回路 12 とインバータ回路 24 とをつなぐ電気配線である。直流母線 7 は、高電位側導体 7P と、低電位側導体 7N とを有する。コンバータ回路 12 において、直流母線 7 に接続される側が直流側であり、交流電源 3 に接続される側が交流側である。また、インバータ回路 24 において、直流母線 7 に接続される側が直流側であり、モータ 6 に接続される側が交流側である。

【0024】

コンバータ回路 12 は、交流電源 3 から供給される交流電力を、配線用遮断器 4 及びリアクトル 5 を介して受電する。コンバータ回路 12 は、受電した交流電力を直流電力に変

10

20

30

40

50

換してインバータ回路 24 に供給する。インバータ回路 24 は、コンバータ回路 12 から供給される直流電力を任意の大きさ及び任意の周波数の交流電力に変換してモータ 6 に供給することでモータ 6 を駆動する。

【0025】

平滑コンデンサ 14 は、コンバータ回路 12 の後段において、コンバータ回路 12 の両端に並列に接続される。平滑コンデンサ 14 の一端は直流母線 7 の高電位側導体 7P に接続され、平滑コンデンサ 14 の他端は直流母線 7 の低電位側導体 7N に接続される。コンバータ回路 12 によって変換された直流電力は、平滑コンデンサ 14 に蓄電される。

【0026】

平滑コンデンサ 22 は、インバータ回路 24 の前段において、インバータ回路 24 の両端に並列に接続される。平滑コンデンサ 22 の一端は直流母線 7 の高電位側導体 7P に接続され、平滑コンデンサ 22 の他端は直流母線 7 の低電位側導体 7N に接続される。

【0027】

上記のように、平滑コンデンサ 14 及び平滑コンデンサ 22 は、共に直流母線 7 の高電位側導体 7P と、直流母線 7 の低電位側導体 7N との間に接続されている。このため、平滑コンデンサ 14 の一端と平滑コンデンサ 22 の一端とは同電位であり、平滑コンデンサ 14 の他端と平滑コンデンサ 22 の他端とは同電位である。つまり、平滑コンデンサ 14 と平滑コンデンサ 22 は互いに並列に接続される。また、コンバータ回路 12 によって変換された直流電力は、平滑コンデンサ 22 にも蓄電される。なお、本実施の形態では平滑コンデンサ 14、22 を備えた構成を説明するが、少なくともいずれか一方を備えてい

【0028】

次に、制御部 10 の機能について説明する。制御部 10 は、入力電流判定部 10a と、コンバータ制御演算部 10b と、駆動部 10c とを有する。電流検出器 16 は、リアクトル 5 とコンバータ回路 12 との間に流れる電流である入力電流 I を検出する。電流検出器 16 の検出値 I_a は、入力電流判定部 10a 及びコンバータ制御演算部 10b に入力される。

【0029】

入力電流判定部 10a は、電流検出器 16 の検出値 I_a が電流上限値を超えていないかを判定する。入力電流判定部 10a は、この判定結果である信号をコンバータ制御演算部 10b へ送信する。

【0030】

コンバータ制御演算部 10b は、コンバータ回路 12 を PWM 制御するための PWM 信号を生成する。コンバータ制御演算部 10b は、PWM 信号を生成する際に、入力電流 I が電流上限値を超えないように、PWM 信号のパルス幅を調整する。すなわち、コンバータ制御演算部 10b は、従来のコンバータ制御で用いる信号に加えて、入力電流判定部 10a から送られてきた信号を用いて、入力電流 I が上限値を超えないように制御する。

【0031】

上述のように、入力電流 I は、入力電流判定部 10a 及びコンバータ制御演算部 10b の機能によって、電流上限値を超えないように制御される。電流上限値は、制御部 10 の内部に設定される。電流上限値は、外部から動的に入力されるものであってもよい。

【0032】

また、電流上限値に代えて、電力上限値を用いてもよい。電力上限値は、内部で保持されるものであってもよく、又は外部から入力されるものであってもよい。なお、一般的に、モータ駆動システム 100 を動作させるときの交流電源 3 の出力電圧は、予め決められている。このため、コンバータ装置 1 に供給される入力電力は、電流検出器 16 の検出値 I_a に基づいて算出可能である。また、精度のよい制御を行うため、交流電源 3 の出力電圧、又はコンバータ装置 1 の入力電圧を検出する電圧検出部を設けてもよい。この構成の場合、コンバータ装置 1 への入力電力は、電圧検出部の検出値と、電流検出器 16 の検出値 I_a とに基づいて、動的に求められる。

【 0 0 3 3 】

駆動部 1 0 c は、コンバータ制御演算部 1 0 b で生成される P W M 信号を用いて、コンバータ回路 1 2 のスイッチング素子 1 2 a を駆動するための駆動信号を生成する。コンバータ回路 1 2 のスイッチング素子 1 2 a が P W M 信号によって P W M 制御されることにより、入力電流 I の大きさが調整される。

【 0 0 3 4 】

次に、制御部 2 0 の機能について説明する。制御部 2 0 は、母線電圧判定部 2 0 a と、インバータ制御演算部 2 0 b と、駆動部 2 0 c とを有する。

【 0 0 3 5 】

母線電圧判定部 2 0 a は、直流母線 7 の電圧である母線電圧 V を所定値と比較する。母線電圧 V は、コンバータ装置 1 の出力電圧であり、インバータ装置 2 の入力電圧である。また、図 1 の回路構成の場合、母線電圧 V は、平滑コンデンサ 1 4 及び平滑コンデンサ 2 2 の各電圧に等しい。母線電圧判定部 2 0 a の判定結果は、インバータ制御演算部 2 0 b に入力される。

10

【 0 0 3 6 】

インバータ制御演算部 2 0 b は、インバータ回路 2 4 を P W M 制御するための P W M 信号を生成する。インバータ制御演算部 2 0 b は、P W M 信号を生成する際に、モータ 6 の出力トルクがトルク指令に一致するように、P W M 信号のパルス幅を調整する。或いは、インバータ制御演算部 2 0 b は、P W M 信号を生成する際に、モータ 6 の回転速度が回転速度指令に一致するように、P W M 信号のパルス幅を調整する。

20

【 0 0 3 7 】

上記の機能に加え、実施の形態 1 のインバータ制御演算部 2 0 b には、母線電圧 V の判定結果に基づいて、モータ 6 への出力電力を制御する機能が付加される。具体的に、母線電圧判定部 2 0 a の内部には、母線電圧 V の下限値が設定される。下限値は、外部から動的に入力されるものであってもよい。母線電圧判定部 2 0 a は、母線電圧 V と予め定められた下限値とに基づいて、母線電圧 V の低下を検出する。母線電圧判定部 2 0 a によって、母線電圧が予め定められた下限値に到達したと判定された場合、インバータ制御演算部 2 0 b は、モータ 6 への出力電力を制限する。このとき、インバータ制御演算部 2 0 b は、インバータ回路 2 4 の出力電力を制限する制限部として動作する。出力電力の制限は、トルク指令又は回転速度指令を下げる方向に制御することで行うことができる。インバータ制御演算部 2 0 b は、P W M 信号を生成する際に、母線電圧 V が下限値を下回らないように、P W M 信号のパルス幅を調整する。

30

【 0 0 3 8 】

駆動部 2 0 c は、インバータ制御演算部 2 0 b で生成された P W M 信号を用いて、インバータ回路 2 4 のスイッチング素子 2 4 a を駆動するための駆動信号を生成する。インバータ回路 2 4 のスイッチング素子 2 4 a が P W M 制御されることにより、出力電力の大きさが調整される。なお、インバータ回路 2 4 の出力電力がインバータ装置 2 の出力電力としてモータ 6 へ出力される。

【 0 0 3 9 】

なお、コンバータ装置 1 の制御部 1 0 と、インバータ装置 2 の制御部 2 0 とを符号無しで示す場合には、制御部 1 0 を「コンバータ制御部」と呼び、制御部 2 0 を「インバータ制御部」と呼ぶ。

40

【 0 0 4 0 】

次に、実施の形態 1 に係るモータ駆動装置 5 0 の動作について、図 1 及び図 2 の図面を参照して説明する。図 2 は、実施の形態 1 に係るモータ駆動装置 5 0 の動作説明に供する図である。

【 0 0 4 1 】

図 2 の上段部には、入力電流 I の時間変化波形が示されている。図 2 の中段部には、母線電圧 V の時間変化波形が示されている。図 2 の下段部には、インバータ装置 2 の出力電力の時間変化波形が示されている。

50

【 0 0 4 2 】

前述したように、実施の形態 1 に係るコンバータ装置 1 では、入力電流 I が電流上限値を超えないように制御される。図 2 において、時刻 t_1 は、この制御が開始される時刻である。時刻 t_1 において、入力電流 I は、波形で見ると、図示のように山側の振幅が A_1 に抑えられ、谷側の振幅が A_2 に抑えられている。波形が正負対称であれば、 $A_2 = -A_1$ である。

【 0 0 4 3 】

入力電流 I に制限がかけられると、図示のように母線電圧 V は、時刻 t_1 の値 K_1 から低下して行く。母線電圧 V が低下する一方で、インバータ装置 2 の出力電力は上昇する。母線電圧 V が低下するのは、入力電流 I に制限がかけられているにも関わらず、インバータ装置 2 の出力電力が増加して行くからである。インバータ装置 2 の出力電力は、モータ 6 によって消費される電力と等価である。すなわち、モータ 6 の消費電力が、コンバータ装置 1 からの供給電力を上回るため、母線電圧 V は低下して行く。

【 0 0 4 4 】

母線電圧 V の値が K_2 に達する時刻 t_2 において、インバータ装置 2 の出力電力に制限がかけられる。前述の通り、インバータ装置 2 の出力電力の制限は、トルク指令又は回転速度指令を下げる方向に制御することで行うことができる。図 2 の例では、時刻 t_2 においてインバータ装置 2 の出力電力が P_1 に達し、出力電力の制限によって、インバータ装置 2 の出力電力が P_2 に低下させられる様子が示されている。この制御によって、母線電圧 V の低下が下げ止まる。従って、システムに必要な必要最低限の母線電圧を維持できるため、母線電圧 V の低下によってシステムが停止することではなく、システムの動作は継続される。

【 0 0 4 5 】

なお、図 2 では、母線電圧 V が下限値 K_2 に達したときをトリガとしてステップ的にトルク指令又は回転速度指令を切り替えて行く例を示しているが、この例に限定されない。インバータ制御演算部 20b に PID (P r o p o r t i o n a l I n t e g r a l D i f f e r e n t i a l) 制御系を構成し、母線電圧 V の検出値 V_d と下限値 K_2 との差分値に応じて、連続的にトルク指令又は回転速度指令を変更してもよい。なお、ステップ的に実施すると比較的簡単にシステムが構成できる。また、連続的に実施するとトルク変化、又は回転数変化を滑らかにできる。

【 0 0 4 6 】

図 3 は、実施の形態 1 のコンバータ装置 1 における動作フローを示すフローチャートである。図 4 は、実施の形態 1 のインバータ装置 2 における動作フローを示すフローチャートである。

【 0 0 4 7 】

まず、図 3 において、入力電流判定部 10a は、電流検出器 16 が検出した入力電流 I の検出値 I_a を受け取り (ステップ $S101$)、検出値 I_a と閾値 I_s とを比較する (ステップ $S102$)。この閾値 I_s は、図 2 で示した A_1 もしくは A_2 の値、すなわち入力電流 I における電流上限値に対応する。

【 0 0 4 8 】

検出値 I_a が閾値 I_s 以上である場合 (ステップ $S103$ 、 $Y e s$)、入力電流判定部 10a は、入力電流制限信号をコンバータ制御演算部 10b に対して送信し、コンバータ制御演算部 10b は、入力電流制限信号を用いて入力電流を制限する (ステップ $S104$)。この際、入力電流判定部 10a は、入力電流制限信号に基づき、入力電流を制限するように PWM 信号を生成する。ステップ $S104$ の処理の終了後、ステップ $S101$ に戻り、上述した処理を繰り返す。

【 0 0 4 9 】

一方、検出値 I_a が閾値 I_s 未満である場合 (ステップ $S103$ 、 $N o$)、コンバータ制御演算部 10b は、ステップ $S104$ の処理をスキップして PWM 信号を生成し、ステップ $S101$ に戻る。以降、上述した処理を繰り返す。

【 0 0 5 0 】

なお、上記のステップ S 1 0 3 の判定処理では、検出値 I_a と閾値 I_s とが等しい場合を “ Y e s ” と判定してステップ S 1 0 4 に移行しているが、“ N o ” と判定してステップ S 1 0 1 に戻ってもよい。すなわち、検出値 I_a と閾値 I_s とが等しい場合を “ Y e s ” 又は “ N o ” の何れで判定してもよい。

【 0 0 5 1 】

また、図 4 において、母線電圧判定部 2 0 a は、母線電圧 V の検出値 V_d を受け取る (ステップ S 2 0 1)。なお、母線電圧判定部 2 0 a が母線電圧を検出してもよい。母線電圧判定部 2 0 a は、検出値 V_d と閾値 V_s とを比較する (ステップ S 2 0 2)。この閾値 V_s は、図 2 で示した母線電圧 V の下限値 K_2 に対応する。

10

【 0 0 5 2 】

母線電圧判定部 2 0 a は、検出値 V_d が閾値 V_s 未満であったか否かの判定結果を出力信号としてインバータ制御演算部 2 0 b に送信する。検出値 V_d が閾値 V_s 未満である場合 (ステップ S 2 0 3、Y e s)、インバータ制御演算部 2 0 b にトルク指令又はまたは回転数を制限する出力電力制限信号を出力する。インバータ制御演算部 2 0 b は、母線電圧判定部 2 0 a の判定結果を受けて、上述したインバータ装置 2 の出力電力に制限をかける処理を行う (ステップ S 2 0 4)。具体的には、出力電力を制限するように P W M 信号を生成する。ステップ S 2 0 4 の処理の終了後、ステップ S 2 0 1 に戻り、上述した処理を繰り返す。

【 0 0 5 3 】

一方、検出値 V_d が閾値 V_s 以上である場合 (ステップ S 2 0 3、N o)、インバータ制御演算部 2 0 b は、ステップ S 2 0 4 の処理をスキップして、ステップ S 2 0 1 に戻る。以降、上述した処理を繰り返す。

20

【 0 0 5 4 】

なお、上記のステップ S 2 0 3 の判定処理では、検出値 V_d と閾値 V_s とが等しい場合を “ N o ” と判定してステップ S 2 0 4 に移行しているが、“ Y e s ” と判定してステップ S 2 0 1 に戻ってもよい。すなわち、検出値 V_d と閾値 V_s とが等しい場合を “ Y e s ” 又は “ N o ” の何れで判定してもよい。

【 0 0 5 5 】

以上のように、実施の形態 1 におけるコンバータ装置 1 は、入力電流 I の検出値 I_a に基づいて入力電流 I 又は入力電力が上限値を超えないように制御する機能を有する。また、実施の形態 1 におけるインバータ装置 2 は、入力電流 I 又は入力電力の制限による母線電圧 V の低下を検出して、モータ 6 への出力電力を制限する機能を有する。従って、実施の形態 1 に係るモータ駆動装置 5 0 では、システムの動作を継続しながら、入力電流 I 又は入力電力を設定した制限値以下に抑制すること、すなわち入力電流又は入力電力のピークカットが可能となる。

30

【 0 0 5 6 】

これにより、コンバータ装置 1 とインバータ装置 2 とに通信手段を設けることなく、コンバータ装置 1 の交流側に想定以上の入力電流 I 又は入力電力が発生するのを抑止することができる。その結果、モータ駆動システム 1 0 0 の負荷が、背景技術の項で説明した最大負荷となること、すなわち従来の様にある特定の僅かな運転期間のみに負荷が過大となるのを回避することができる。これにより、インバータ装置 2、並びにインバータ装置 2 の前段に配置されるコンバータ装置 1、及び配線用遮断器 4、リアクトル 5 といった周辺機器は、従来の様にモータ駆動システム 1 0 0 の最大負荷を考慮して選定する必要がなくなる。また、通信回路及び通信線を敷設する必要もないので、システム規模の大型化、システム構築のコスト上昇を抑制することが可能となる。更に、通信手段を用いることがないので、ノイズによる誤動作及び通信エラーの懸念がなくなる。また、通信による遅延がないため、制御の高速性が得られる。

40

【 0 0 5 7 】

なお、従来、コンバータ制御及びインバータ制御を行う場合、保護又は制御精度を高め

50

るため、入力電流及び母線電圧の検出信号を用いた制御を行うことが一般的である。本実施に係るモータ駆動装置によれば、既に使用されている検出信号を用いることによって、上記の効果を得ることが可能となる。

【0058】

次に、実施の形態1におけるコンバータ制御演算部10b及びインバータ制御演算部20bの機能をソフトウェアで実現するためのハードウェア構成について、図5及び図6の図面を参照して説明する。図5は、実施の形態1におけるコンバータ制御演算部10b及びインバータ制御演算部20bの機能をソフトウェアで実現するハードウェア構成の一例を示すブロック図である。図6は、実施の形態1におけるコンバータ制御演算部10b及びインバータ制御演算部20bの機能をソフトウェアで実現するハードウェア構成の他の例を示すブロック図である。

10

【0059】

実施の形態1におけるコンバータ制御演算部10b及びインバータ制御演算部20bの機能をソフトウェアで実現する場合には、図5に示すように、演算を行うプロセッサ200、プロセッサ200によって読みとられるプログラムが保存されるメモリ202、及び信号の入出力を行うインタフェース204を含む構成とすることができる。

【0060】

プロセッサ200は、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、CPU (Central Processing Unit)、又はDSP (Digital Signal Processor) といった演算手段であってもよい。また、メモリ202には、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (登録商標) (Electrically EPROM) といった不揮発性又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、DVD (Digital Versatile Disc)、BD (Blu-ray (登録商標) Disk) を例示することができる。

20

【0061】

メモリ202には、コンバータ制御演算部10b及びインバータ制御演算部20bの機能を実行するプログラム及びプロセッサ200によって参照されるテーブルが格納されている。プロセッサ200は、インタフェース204を介して必要な情報を授受し、メモリ202に格納されたプログラムをプロセッサ200が実行し、メモリ202に格納されたテーブルをプロセッサ200が参照することにより、上述したコンバータ制御演算部10b及びインバータ制御演算部20bによる演算処理を行うことができる。プロセッサ200による演算結果は、インタフェース204を介して他の機能部に出力することができる。

30

【0062】

図5に示すプロセッサ200及びメモリ202は、図6のように処理回路203に置き換えてもよい。処理回路203は、単回路、複合回路、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、又は、これらを組み合わせたものが該当する。なお、コンバータ制御演算部10b及びインバータ制御演算部20bにおける一部の処理を処理回路203で実施し、処理回路203で実施しない処理をプロセッサ200及びメモリ202で実施してもよい。

40

【0063】

図7は、実施の形態1の変形例に係るモータ駆動システムの構成図である。実施の形態1では、コンバータ装置1の交流側に電流検出器16を設けたが、図7に示すように、コンバータ装置1の直流側に直流母線7の電流を検出する電流検出器18を設けてもよい。例えば、コンバータ装置1の直流側正極端に電流検出器18を設け、コンバータ回路12の出力電流を検出する場合を考える。コンバータ回路12の入力電力と出力電力の関係は

50

等しいことから、コンバータ回路 12 の出力電流を検出すれば、コンバータ回路 12 への入力電流を算出することができる。従って、電流検出器 18 をコンバータ装置 1 の直流側に設けた場合も、コンバータ回路 12 への入力電流 I に基づいて制御を行う実施の形態 1 の手法を適用することが可能である。

【0064】

実施の形態 2 .

実施の形態 2 では、コンバータ装置 1 に母線電圧の制御機能が付加されている場合の制御例について説明する。図 8 は、実施の形態 2 に係るモータ駆動装置の動作説明に供する図である。なお、実施の形態 2 に係るモータ駆動装置の基本構成は、実施の形態 1 と同一である。

10

【0065】

図 1 の構成において、実施の形態 2 のコンバータ制御演算部 10b は、母線電圧 V を制御する機能を有する。このとき、コンバータ制御演算部 10b は、母線電圧 V を制御する電圧制御部として動作する。なお、コンバータ装置 1 において、母線電圧 V を決められた値に制御する場合には、母線電圧 V の情報が必要である。この場合、コンバータ装置 1 の制御部 10 は、母線電圧 V を検出するための母線電圧検出部を有する。

【0066】

図 8 の上段部には、入力電流 I の時間変化波形が示されている。図 8 の中段部には、母線電圧 V の時間変化波形が 2 つ示されている。2 つの波形のうち、太破線で示される波形は図 2 に示したものと同一であり、太実線で示される波形は、コンバータ装置 1 における母線電圧制御機能を利用して、母線電圧 V を通常時の値 $K1$ よりも高めの値 $K3$ に設定したときの波形である。なお、通常時の値 $K1$ は、一般的にはコンバータ装置 1 の制御部 10 が電流制御を行う上で必要最小限の電圧指令値を指す。従って、値 $K3$ は、コンバータ装置 1 の制御部 10 が電流制御を行う上で必要な最低電圧値よりも高い値である。なお、通常時の値 $K1$ は、例えば、公称値としてもよい。

20

【0067】

また、図 8 の下段部には、インバータ装置 2 の出力電力の時間変化波形が 2 つ示されている。時刻 $t2$ から時刻 $t3$ までの間に示される 2 つの波形のうち、太破線で示される波形は図 2 に示されるものと同一であり、太実線で示される波形は、母線電圧 V を $K3$ に設定したときに対応する波形である。

30

【0068】

図 8 において、時刻 $t1$ では、図 2 で説明したように、入力電流 I には制限がかけられ、母線電圧 V は、低下して行く。図 2 の例では、図 8 の太破線で示されるように、インバータ装置 2 の出力電力が $P1$ に達する時刻 $t2$ において、出力電力に制限をかける制御が行われていた。これに対し、母線電圧 V を $K3$ に設定した場合には、母線電圧 V が下限値である $K2$ に達するまでの時間が長くなり、インバータ装置 2 の出力電力を制限する開始時刻を延ばすことが可能となる。図 8 の例では、時刻 $t3$ においてインバータ装置 2 の出力電力が $P3$ に達し、出力電力の制限によって、インバータ装置 2 の出力電力が $P2$ に低下させられる様子が示されている。

【0069】

実施の形態 2 の制御によれば、コンバータ装置 1 が母線電圧 V の検出値を用いて、母線電圧を高くする制御を実現できる。すなわち、母線電圧 V を制御するためのコンバータ制御演算部 10b における電圧指令値を $K1$ よりも高い $K3$ に設定できるため、母線電圧 V が $K3$ の状態から下限値である $K2$ に達するまでの電圧幅を確保できる。これにより、インバータ装置 2 が出力電力を制限する開始時刻を遅くすることができるという効果が得られる。なお、一般的に平滑コンデンサに蓄えられるエネルギーは、電圧の 2 乗に比例する。このため、母線電圧を上げる効果は単なる比例ではなく、2 乗の効果が得られる。

40

【0070】

実施の形態 3 .

実施の形態 1 , 2 は、モータ駆動装置 50 が 1 台のモータ 6 を駆動する実施の形態であ

50

った。実施の形態 3 では、モータ駆動装置 50 が複数台のモータ 6 を駆動する実施の形態について説明する。

【0071】

図 9 は、実施の形態 3 に係るモータ駆動装置 50 A を含むモータ駆動システム 100 A の構成図である。図 9 において、モータ駆動装置 50 A には、モータ 6 A を駆動するインバータ装置 2 A と、モータ 6 B を駆動するインバータ装置 2 B とが示されている。インバータ装置 2 A, 2 B は、複数のインバータ装置の例示である。インバータ装置 2 A, 2 B は、共通の直流母線 7 に互いに並列に接続される。インバータ装置 2 A, 2 B の個々の構成は、同一である。モータ 6 A, 6 B は、複数のモータの例示である。なお、図 1 の構成と同一又は同等の構成部には同一の符号及び同一名称を付し、重複する説明は割愛する。

10

【0072】

次に、実施の形態 3 に係るモータ駆動装置 50 A の動作について、図 9 及び図 10 の図面を参照して説明する。図 10 は、実施の形態 3 に係るモータ駆動装置 50 A の動作説明に供する図である。

【0073】

図 10 の上段部には、入力電流 I の時間変化波形が示されている。図 10 の上段部に示される波形は、図 2 の上段部に示されるものと同等である。図 2 の中上段部には、母線電圧 V の時間変化波形が示されている。図 10 の中上段部に示される波形は、図 2 の中段部に示されるものと同等である。図 10 の中下段部には、インバータ装置 2 A の出力電力の時間変化波形が示されている。図 10 の下段部には、インバータ装置 2 B の出力電力の時

20

【0074】

図 10 において、時刻 t_{11} まではインバータ装置 2 A のみが動作し、時刻 t_{11} からはインバータ装置 2 A とインバータ装置 2 B の双方が動作する状況が示されている。時刻 t_{11} 以降では、インバータ装置 2 A の出力電力 P_{11} にインバータ装置 2 B の出力電力 P_{21} が加わる。このため、時刻 t_{11} 以降では、インバータ装置全体の出力電力が大きくなり、入力電流 I が大きくなって行く。そして、時刻 t_{12} のときに入力電流 I に制限がかけられ、母線電圧 V は、時刻 t_{12} の値 K_1 から低下して行く。インバータ装置 2 A, 2 B の双方が動作を継続することにより、母線電圧 V は図示のように低下し続ける。そして、母線電圧 V の値が K_2 に達する時刻 t_{13} において、インバータ装置 2 A の出力電力に制限がかけられる。前述の通り、インバータ装置 2 A の出力電力の制限は、トルク指令又は回転速度指令を下げる方向に制御することで行われる。図 10 の例では、時刻 t_{13} においてインバータ装置 2 A の出力電力が P_{11} から P_{12} に下げられる様子が示されている。この制御によって、母線電圧 V の低下が下げ止まる。従って、母線電圧 V の低下によって、システムが停止することではなく、システムの動作は継続される。

30

【0075】

なお、図 10 の例では、インバータ装置 2 A の出力電力に制限をかける場合を例示したが、この例に限定されない。インバータ装置 2 B の出力電力に制限をかけてもよいし、インバータ装置 2 A, 2 B の双方の出力電力に制限をかけてもよい。

【0076】

40

また、特定のインバータ装置のみに出力電力の制限機能を付与してもよい。1つの例として、生産工程におけるタクトタイムに及ぼす影響が小さいインバータ装置のみに出力電力の制限機能を付与し、当該制限機能が付与されたインバータ装置において出力電力の制限を実施する例が挙げられる。この例によれば、生産性を維持しつつ、入力電流及び入力電力のピークカットが可能となる。

【0077】

複数のインバータ装置のうちの 1 つに出力電力の制限機能を付与するためには、予め、該当するインバータ装置のメモリ 202 に記憶させておいてもよいし、ユーザが外部から該当するインバータ装置のインバータ制御演算部 20b に入力できるようにしておいてもよい。

50

【 0 0 7 8 】

また、他の 1 つの例として、母線電圧 V の検出値 V_d が予め定められた設定値まで低下した場合に、一部のインバータ装置を回生状態に制御する例が挙げられる。なお、設定値としては、下限値 K_2 であってもよいし、下限値 K_2 よりも大きな値が選ばれてもよい。この例によれば、一部のインバータ装置を回生状態に制御しない場合に比して、出力電力を制限する開始時刻を延ばすという効果が得られるのと共に、モータ駆動装置 50A が制限動作となる時間を短くできるという効果も得られる。

【 0 0 7 9 】

実施の形態 4 .

実施の形態 1 から 3 は、力行時の実施の形態であったが、実施の形態 4 では、回生時の実施の形態について説明する。本実施の形態では、回生エネルギーのピークカットを目的とするため、エネルギーの流れの向きが力行時と逆になるが、その他は実施の形態 1 から 3 と同様である。

【 0 0 8 0 】

実施の形態 4 では、コンバータ装置 1 の交流側の入力電流と入力電圧の力率の符号が負となる。すなわち、実施の形態 4 では、エネルギーが回生となるような位相の関係性となる。

【 0 0 8 1 】

図 11 は、実施の形態 4 に係るモータ駆動装置の動作説明に供する図である。実施の形態 4 において、入力電流 I の振幅を制限すると、母線電圧 V は上昇する。これは、モータ 6 からの回生エネルギーを制限することなく、コンバータ装置 1 の交流側に回生する入力電流 I あるいは入力電力を制限するためである。そのため、実施の形態 4 では、母線電圧 V の上限値 K_4 を設け、母線電圧 V がこの上限値 K_4 に達するとモータ 6 からインバータ装置 2 を介してコンバータ装置 1 へ回生されるエネルギーを制限し、母線電圧 V を上げ止める。

【 0 0 8 2 】

母線電圧判定部 20a により母線電圧 V が上限値 K_4 に達したと判定された結果を、インバータ制御演算部 20b が受信すると、インバータ制御演算部 20b は、モータ 6 からの回生エネルギーを制限するために、インバータ回路 24 からの回生出力電力を調整する。

【 0 0 8 3 】

実施の形態 4 によれば、実施の形態 1 から 3 の様に力行制御を行う場合に加えて、回生制御を行う場合にも、回生時におけるコンバータ装置 1 の交流側の入力電流 I 又は入力電力のピークを抑制することができる。これにより、周辺機器の容量を抑制する効果が得られる。つまり、周辺機器の容量が小さくても、力行制御に加えて回生制御を実施することができる。

【 0 0 8 4 】

実施の形態 5 .

実施の形態 1 ~ 3 は、母線電圧判定部 20a によって母線電圧 V が下限値 K_2 に到達した、すなわち、コンバータ装置 1 が過負荷状態であると判定された場合、インバータ装置 2A 及び 2B インバータ制御演算部 20b がモータ 6 ~ 6B への出力電圧を制限する実施の形態であった。本実施の形態 5 では、インバータ装置 2A 及び 2B が、母線電圧判定部 20a の判定結果を通信経路 38a 及び 38b を介して上位制御装置 500 に通知することにより、上位制御装置 500 がコンバータ装置 1 の過負荷状態を認識し、過負荷状態である場合、インバータ装置 2A 及び 2B の少なくともどちらか一方に対し、対応する通信経路 38a 及び 38b を介して、対応するモータ 6A 及び 6B の出力を制限したモータ動作指令を生成し出力するものである。そして、インバータ装置 2A 及び 2B のうち少なくともどちらか一方は、モータ動作指令に基づいて、対応するモータ 6A 及び 6B の出力を低下させるように出力電力を制御する。以下、実施の形態 5 について詳述する。

【 0 0 8 5 】

図 1 2 は、実施の形態 5 に係るモータ駆動システム 1 0 0 B を示す構成図である。なお、図 1 2 では、図 9 で示した実施の形態 3 に係る構成要素と同一または同等である構成要素には同一の符号を付しており、以下の説明では、実施の形態 3 と重複する説明を割愛する。

【 0 0 8 6 】

モータ駆動システム 1 0 0 B は、図 9 に示した実施の形態 3 のモータ駆動システム 1 0 0 A に準じた構成を有している。ただし、モータ駆動システム 1 0 0 B は、モータ駆動装置 5 0 B と、例えば N C 制御装置等の上位制御装置 5 0 0 と、を備え、当該モータ駆動装置 5 0 B を構成するインバータ装置 2 A 及びインバータ装置 2 B は、通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して、上位制御装置 5 0 0 にそれぞれ接続されている。上位制御装置 5 0 0 は、通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して、インバータ装置 2 A 及び 2 B に対しモータ動作指令を送信し、インバータ装置 2 A 及び 2 B は、通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して、インバータ装置 2 A 及び 2 B 自身の状態（例えば、モータに流れる電流、モータ回転数、母線電圧等）を、上位制御装置 5 0 0 に対して送信する。このように、インバータ装置 2 A 及び 2 B と上位制御装置 5 0 0 とは、通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して、互いに信号を送受信することができる。

なお、実施の形態 5 では、モータ 6 A として、例えば工作機械の主軸で使用されることの多いスピンドルモータを採用しており、モータ 6 B として、例えば工作機械の送り軸で使用されることが多くスピンドルモータよりも加減速に要する時間（以下、加減速時間）の短いサーボモータを採用しているが、モータ 6 A 及び 6 B としてこれら以外を採用してもよい。

【 0 0 8 7 】

次に、実施の形態 5 に係るモータ駆動システム 1 0 0 B の動作について、図 1 3 ~ 図 1 5 を併せ参照して説明する。このうち、図 1 3 及び図 1 4 は、実施の形態 5 に係るモータ駆動システム 1 0 0 B を構成するインバータ装置 2 A 及び 2 B の動作フローを示すフローチャートである。また、図 1 5 は、実施の形態 5 に係るモータ駆動システム 1 0 0 B を構成する上位制御装置 5 0 0 の動作フローを示すフローチャートである。

【 0 0 8 8 】

インバータ装置 2 A 及び 2 B は、図 1 3 に示すように、母線電圧判定部 2 0 a によって母線電圧の検出値 V_d を受領する（ステップ S 3 0 1）。なお、母線電圧判定部 2 0 a によって母線電圧を検出してよい。母線電圧判定部 2 0 a は、検出値 V_d と閾値 V_s とを比較し、コンバータ装置 1 が過負荷状態であるか否か（すなわち、コンバータ装置 1 が電流制限中であるか否か）を判定する（ステップ S 3 0 2）。この閾値 V_s は、図 2 で示した母線電圧 V の下限値 K_2 に対応する。母線電圧判定部 2 0 a は、検出値 V_d が閾値 V_s 未満であれば、コンバータ装置 1 は過負荷状態であり、入力電流 I を制限するように動作を行っている、すなわち電流制限中であると判定する。一方、母線電圧判定部 2 0 a は、検出値 V_d が閾値 V_s 以上であれば、コンバータ装置 1 は過負荷状態ではなく、入力電流 I を制限するような動作を行っていない、すなわち電流制限中ではないと判定する。そして、インバータ装置 2 A 及び 2 B は、ステップ S 3 0 2 での判定結果を、対応する通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して上位制御装置 5 0 0 に通知する（ステップ S 3 0 3）。インバータ装置 2 A 及び 2 B は、ステップ S 3 0 3 の処理が終わると、ステップ S 3 0 1 の処理に戻り、ステップ S 3 0 1 ~ ステップ S 3 0 3 の処理を繰り返す。ステップ S 3 0 1 ~ ステップ S 3 0 3 の処理は、インバータ装置 2 A 及び 2 B の母線電圧判定部 2 0 a でコンバータ装置 1 が過負荷状態であるか否か（すなわち、コンバータ装置 1 が電流制限中か否か）を判定し、上位制御装置 5 0 0 に通知する処理となっている。

【 0 0 8 9 】

上位制御装置 5 0 0 は、図 1 5 に示すように、インバータ装置 2 A 及び 2 B での判定結果を、通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して受信する（ステップ S 3 0 4）。インバータ装置 2 A 及び 2 B から送信された判定結果のうち少なくとも一方が、コンバータ装置 1 が電流制限中であるとの判定結果である場合（ステップ S 3 0 5、Yes）、上位制御装置 5

00は、モータ6A及び6B両方の出力を制限することを決定し(ステップS306)、制御対象であるモータを駆動するインバータ装置2A及び2Bに対し、これらモータ6A及び6Bの出力総和を低減させる、モータ出力を制限したモータ動作指令を出力する(ステップS307)。なお、インバータ装置2A及び2Bから送信された判定結果が、コンバータ装置1が電流制限中でない場合(ステップS305、No)、上位制御装置500は、ステップS306の処理は行わずにステップS307の処理に移行する。すなわち、インバータ装置2A及び2Bから送信された判定結果が、両方とも、コンバータ装置1が電流制限中でない場合、モータ6A及び6Bに対する出力制限は行わず、通常のモータ動作指令を出力する(ステップS307)。以上のステップS304~S307が上位制御装置500の処理であり、上位制御装置500は、ステップS304~S307の処理を

10

【0090】

また、インバータ装置2A及び2Bは、図14に示すように、上位制御装置500からのモータ動作指令を受信し(ステップS308)、受信したモータ動作指令に応じた交流電力をモータ6A及び6Bに出力されるように動作する(ステップS309)。以上のステップS308、S309は、インバータ装置2A及び2Bが上位制御装置500から受信したモータ動作指令に基づいて行う処理であり、インバータ装置2A及び2Bは、これらステップS308及びS309の処理を繰り返し実行する。

【0091】

実施の形態5によれば、コンバータ装置1が入力電流Iを制限するような場合、上位制御装置500がモータ6A及び6Bの両方の出力を制限するモータ動作指令を該当するインバータ装置に出力し、当該インバータ装置2A及び2Bが制御対象のモータ6A及び6Bの出力総和を低減させるように出力電力を制御するため、コンバータ装置1の電流制限動作を解消することができ、コンバータ装置1の寿命劣化、破損といった悪影響をシステム停止させることなく解消することができる。

20

【0092】

実施の形態6

実施の形態5では、インバータ装置2A及び2Bは、それぞれ、通信経路38a及び38bを介して、上位制御装置500に接続される実施の形態であった。実施の形態6は、インバータ装置2A及び2Bは、直列に、いわゆるデ이지チェーン接続にて、通信経路39a1、39a2、39b1、及び39b2を介して、上位制御装置500に接続される実施の形態である。以下、詳述する。

30

【0093】

図16は、実施の形態6に係るモータ駆動システム100Cを示す構成図である。なお、図16では、図12で示した実施の形態5に係る構成要素と同一または同等である構成要素には同一の符号を付しており、以下の説明では、実施の形態5と重複する説明を割愛する。

【0094】

モータ駆動システム100Cは、図12に示した実施の形態5のモータ駆動システム100Bに準じた構成を有している。ただし、モータ駆動システム100Cは、上位制御装置500とインバータ装置2Bのインバータ制御演算部20bとは、通信経路39b1及び39b2で接続されており、インバータ装置2Bのインバータ制御演算部20bとインバータ装置2Aのインバータ制御演算部20bとは、通信経路39a1及び39a2で接続されており、上位制御装置500とインバータ装置2Aのインバータ制御演算部20bとは、直接的に接続されておらず、間接的に接続されている(いわゆる、デ이지チェーン接続にて接続されている)。このように構成されたモータ駆動システム100Cでは、例えば、上位制御装置500からインバータ装置2Aに対し出力されるモータ動作指令は、インバータ装置2Bのインバータ制御演算部20bを介してインバータ装置2Aのインバータ制御演算部20bに入力されることになる。同様に、インバータ装置2Aから上位制御装置500に対し出力される、コンバータ装置1が電流制限中であるか否かの判定結

40

50

果は、インバータ装置 2 B のインバータ制御演算部 2 0 b を介して上位制御装置 5 0 0 に入力されることになる。

【 0 0 9 5 】

次に、実施の形態 6 に係るモータ駆動システム 1 0 0 C の動作について、図 1 7 ~ 図 1 9 を併せ参照して説明する。このうち、図 1 7 は、実施の形態 6 に係るモータ駆動システム 1 0 0 C を構成するインバータ装置 2 B の動作フローを示すフローチャートであり、図 1 8 は、実施の形態 6 に係るモータ駆動システム 1 0 0 C を構成するインバータ装置 2 B の動作フローを示すフローチャートである。また、図 1 9 は、実施の形態 6 に係るモータ駆動システム 1 0 0 C を構成する上位制御装置 5 0 0 の動作フローを示すフローチャートである。

10

【 0 0 9 6 】

インバータ装置 2 A は、図 1 6 及び図 1 7 に示すように、母線電圧判定部 2 0 a によって母線電圧の検出値 V_d を受領する（ステップ S 4 0 1）。なお、母線電圧判定部 2 0 a によって母線電圧を検出してもよい。母線電圧判定部 2 0 a は、検出値 V_d と閾値 V_s とを比較し、コンバータ装置 1 が過負荷状態であるか否か（すなわち、コンバータ装置 1 が電流制限中であるか否か）を判定し（ステップ S 4 0 2）、検出値 V_d が閾値 V_s 未満であったか否かの判定結果を出力信号としてインバータ制御演算部 2 0 b に送信する。この閾値 V_s は、図 2 で示した母線電圧 V の下限値 K_2 に対応する。検出値 V_d が閾値 V_s 未満である場合（ステップ S 4 0 3、Yes）、母線電圧判定部 2 0 a は、インバータ制御演算部 2 0 b に対し、トルク指令又は回転数を制限する出力電力制限信号を出力する。インバータ制御演算部 2 0 b は、母線電圧判定部 2 0 a の判定結果を受けて、上述したインバータ装置 2 A の出力電力に制限をかける処理を行う（ステップ S 4 0 4）。具体的には、インバータ制御演算部 2 0 b は、出力電力を制限するように PWM 信号を生成する。ステップ S 4 0 4 の処理の終了後、母線電圧判定部 2 0 a は、ステップ S 4 0 5 の処理を実行する。一方、検出値 V_d が閾値 V_s 以上である場合（ステップ S 4 0 3、No）、母線電圧判定部 2 0 a は、ステップ S 4 0 4 の処理を行わず、ステップ S 4 0 5 の処理を実行する。そして、母線電圧判定部 2 0 a は、ステップ S 4 0 5 にて、通信経路 3 9 a 1 を介してインバータ装置 2 A が出力電力に制限をかけているか否かをインバータ装置 2 B に通知する。以上のステップ S 4 0 1 ~ S 4 0 5 の処理がインバータ装置 2 A の処理であり、インバータ装置 2 A は、ステップ S 4 0 1 ~ S 4 0 5 の処理を繰り返し実行する。

20

30

【 0 0 9 7 】

インバータ装置 2 B は、図 1 6 及び図 1 8 に示すように、通信経路 3 9 a 1 を介して、インバータ装置 2 A が出力電力の制限を行っているか否かの判定結果を受領する（ステップ S 4 0 6）。また、インバータ装置 2 B は、通信経路 3 9 b 1 を介して、インバータ装置 2 A が出力電力の制限を行っているか否かの判定結果を上位制御装置 5 0 0 に対して通知する（ステップ S 4 0 7）。以上のステップ S 4 0 6、S 4 0 7 の処理がインバータ装置 2 B の処理であり、インバータ装置 2 B は、ステップ S 4 0 6、S 4 0 7 の処理を繰り返し実行する。

【 0 0 9 8 】

上位制御装置 5 0 0 は、図 1 6 及び図 1 9 に示すように、通信経路 3 9 b 1 を介して、インバータ装置 2 A が出力電力の制限を行っているか否かの判定結果を受領する（ステップ S 4 0 8）。インバータ装置 2 A が出力電力の制限を行っているとの判定結果である場合（ステップ S 4 0 9、Yes）、上位制御装置 5 0 0 は、モータ 6 A 及び 6 B 両方の出力を制限することを決定し（ステップ S 4 1 0）、通信経路 3 9 b 2 を介して制御対象であるモータを駆動するインバータ装置 2 A 及び 2 B に対し、これらモータ 6 A 及び 6 B の出力総和を低減させる、モータ出力を制限したモータ動作指令を出力する（ステップ S 4 1 1）。一方、インバータ装置 2 A が出力電力の制限を行っていないとの判定結果である場合（ステップ S 4 0 9、No）、上位制御装置 5 0 0 は、ステップ S 4 1 0 の処理を行わずにステップ S 4 1 1 の処理に移行する。すなわち、上位制御装置 5 0 0 は、インバータ装置 2 A が出力電力の制限を行っていないとの判定結果である場合、コンバータ装置 1

40

50

は入力電流 I を制限していないものと判断し、モータ 6 A 及び 6 B に対する出力制限を行わず、通信経路 3 9 b 1 を介してインバータ装置 2 A 及び 2 B に対し通常のモータ動作指令を出力する（ステップ S 4 1 1）。以上のステップ S 4 0 8 ~ S 4 1 1 の処理が上位制御装置 5 0 0 の処理であり、ステップ S 4 0 8 ~ S 4 1 1 の処理を繰り返し実行する。

【 0 0 9 9 】

実施の形態 6 によれば、インバータ装置 2 A 及び 2 B は、直列に、いわゆるデージーチェーン接続にて、通信経路 3 9 a 1、3 9 a 2、3 9 b 1、及び 3 9 b 2 を介して、上位制御装置 5 0 0 に接続されることとした。これにより、実施の形態 5 の作用効果に準じた作用効果を奏することができるとともに、配線を簡素化することができるため、配線数を削減することや管理に係る工数を削減することができるようになる。

10

【 0 1 0 0 】

なお、実施の形態 5 及び実施の形態 6 では、インバータ装置 2 A 及び 2 B の両方が、母線電圧判定部 2 0 a の判定結果を通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して上位制御装置 5 0 0 に通知していたが、この構成に限らない。インバータ装置 2 A 及び 2 B のどちらか一方のみが、母線電圧判定部 2 0 a の判定結果に対応する通信経路 3 8 a 及び 3 8 b を介して上位制御装置 5 0 0 に通知することとしてもよい。

【 0 1 0 1 】

また、実施の形態 5 あるいは実施の形態 6 では、コンバータ装置 1 が電流制限中であるとの判定結果である場合、上位制御装置 5 0 0 は、モータ 6 A 及び 6 B 両方の出力を制限することを決定し、制御対象であるモータを駆動するインバータ装置 2 A 及び 2 B に対し、モータ出力総和を制限したモータ動作指令を出力していたが、これに限らない。工作機械のような複数のモータを使用する産業機械においては、サイクルタイムが長くならないよう維持しながら、モータ動作指令を出力し、コンバータ装置 1 の電流制限動作を解消することが望ましい。そのため、コンバータ装置 1 が電流制限中であるとの判定結果である場合、上位制御装置 5 0 0 は、スピンドルモータであるモータ 6 A のモータ出力を制限しないモータ動作指令を出力し、サーボモータであるモータ 6 B のモータ出力を制限するモータ動作指令を出力するとよい。加減速時間の長いスピンドルモータであるモータ 6 A のモータ出力を変化させず、加減速時間の短いサーボモータであるモータ 6 B のモータ出力を制限するため、サイクルタイムに影響を与えることなく、コンバータ装置 1 の電流制限動作を解消することができる。さらに、容量の小さいコンバータ装置を選定することができるようになるため、工作機械の低コスト化に寄与することができる。

20

30

【 0 1 0 2 】

また、実施の形態 5 あるいは実施の形態 6 では、インバータ装置 2 A 及び 2 B は、母線電圧の検出値 V_d が閾値 V_s 未満であるか否かの判定結果を、対応する通信経路を介して上位制御装置に通知することとしたが、この構成に限らない。インバータ装置 2 A 及び 2 B は、母線電圧の検出値 V_d を、対応する通信経路を介して上位制御装置に通知し、上位制御装置において、母線電圧の検出値 V_d が閾値 V_s 未満であるか否か判定してもよい。

【 0 1 0 3 】

なお、以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

40

【 符号の説明 】

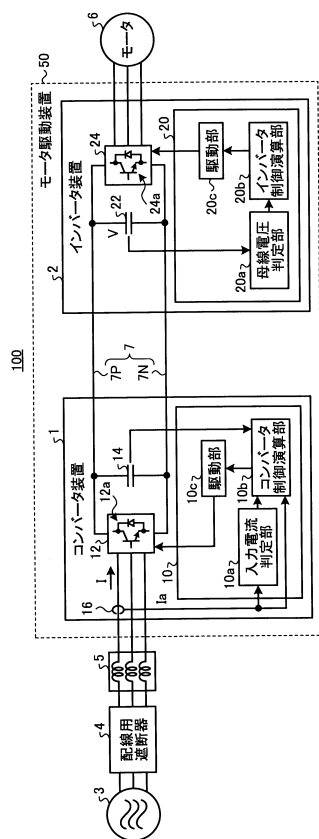
【 0 1 0 4 】

1 コンバータ装置、2, 2 A, 2 B インバータ装置、3 交流電源、4 配線用遮断器、5 リアクトル、6, 6 A, 6 B モータ、7 直流母線、7 P 高電位側導体、7 N 低電位側導体、1 0, 2 0 制御部、1 0 a 入力電流判定部、1 0 b コンバータ制御演算部、2 0 b インバータ制御演算部、1 0 c, 2 0 c 駆動部、1 2 コンバータ回路、1 2 a, 2 4 a スイッチング素子、1 4, 2 2 平滑コンデンサ、1 6, 1 8 電流検出器、2 0 a 母線電圧判定部、2 4 インバータ回路、3 8 a, 3 8 b, 3 9 a 1, 3 9 a 2, 3 9 b 1, 3 9 b 2 通信経路、5 0, 5 0 A, 5 0 B, 5 0 C モータ駆動装置、1 0

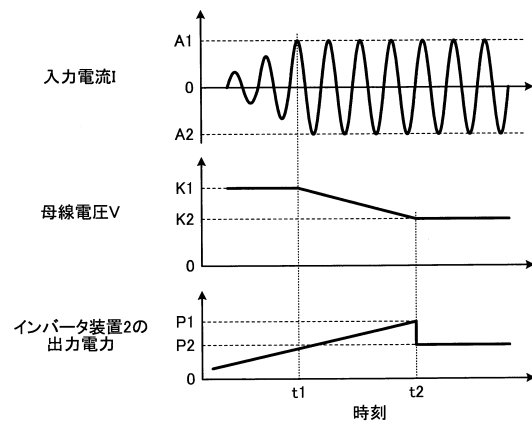
50

0, 100A, 100B, 100C モータ駆動システム、200 プロセッサ、202
メモリ、203 処理回路、204 インタフェース。

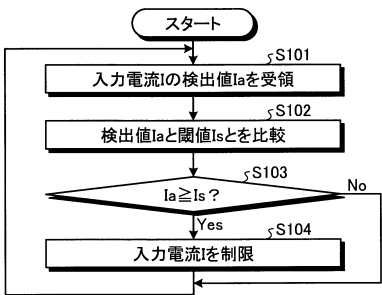
【図1】



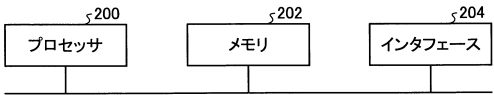
【図2】



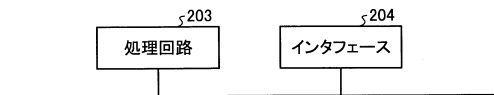
【図 3】



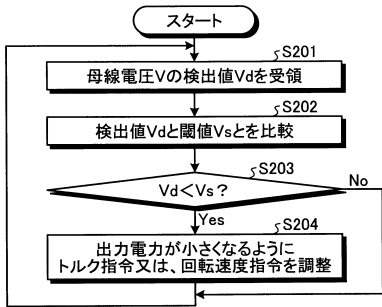
【図 5】



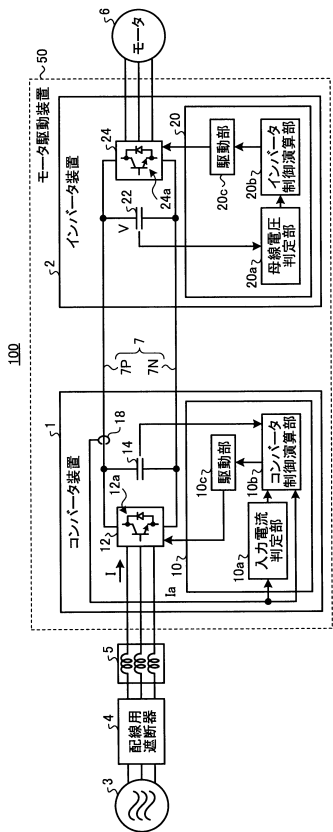
【図 6】



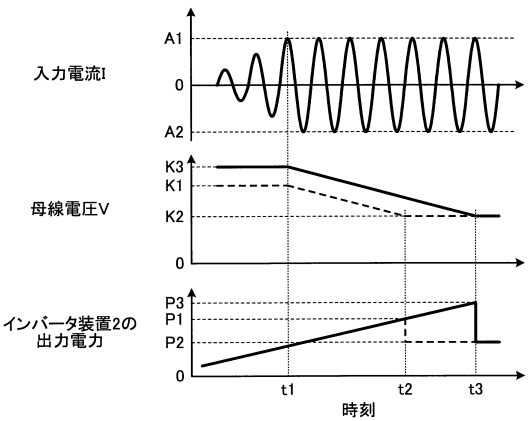
【図 4】



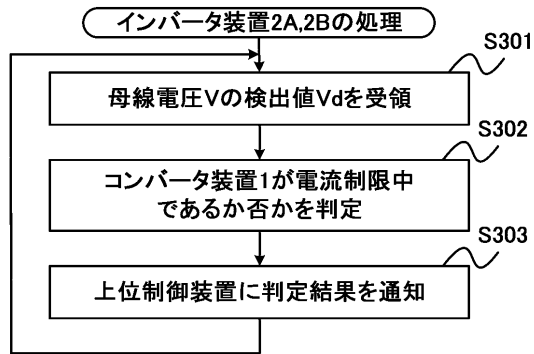
【図 7】



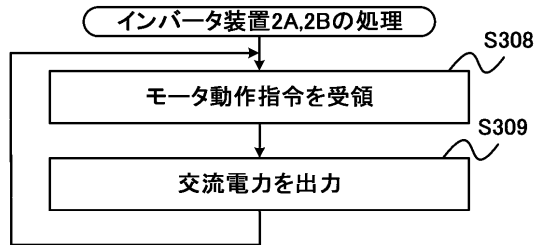
【図 8】



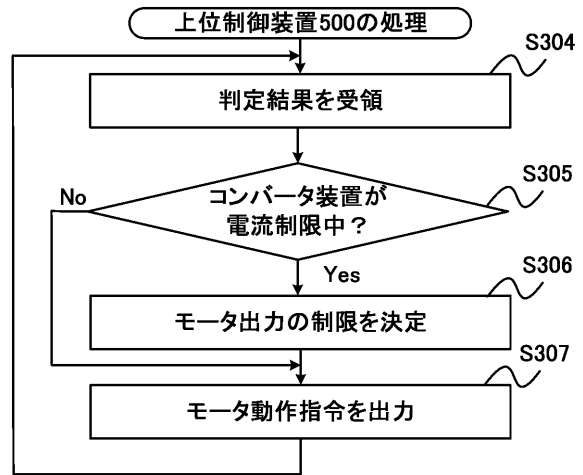
【 図 1 3 】



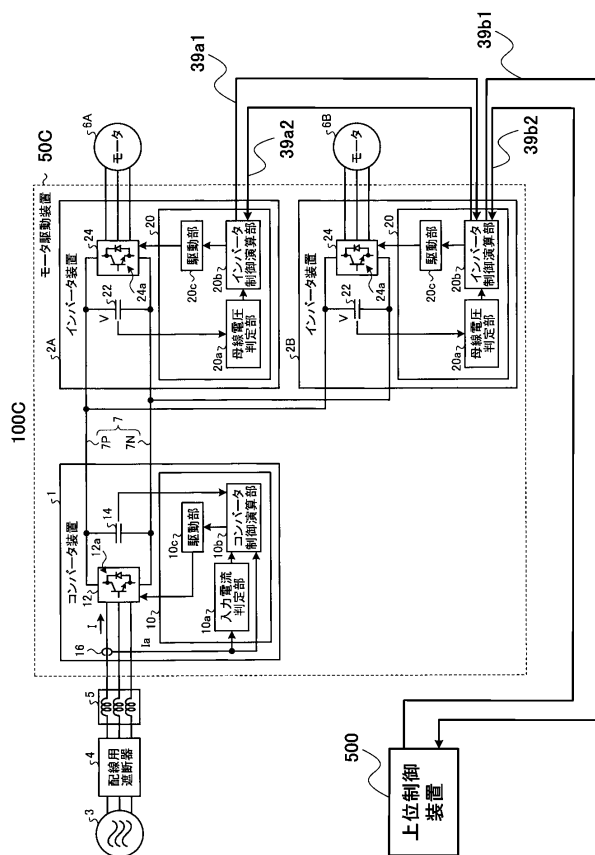
【 図 1 4 】



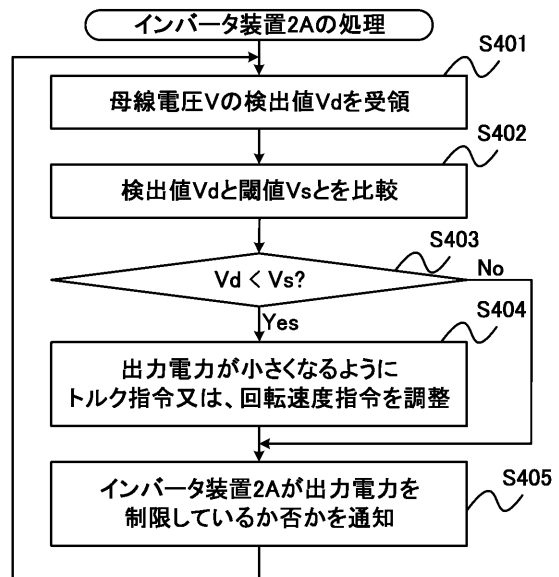
【 図 1 5 】



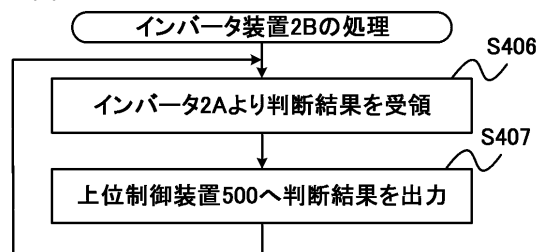
【 図 1 6 】



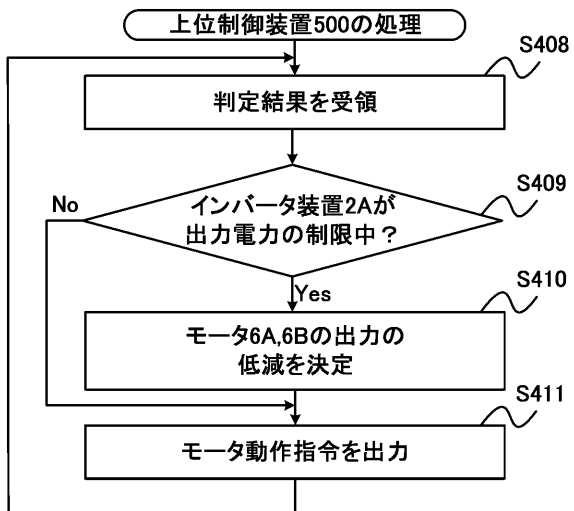
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【図 19】



フロントページの続き

審査官 上野 力

- (56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 0 1 7 9 3 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 6 / 1 3 2 5 0 9 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 1 7 / 0 0 6 4 8 5 (W O , A 1)
特開 2 0 1 5 - 1 2 6 6 2 0 (J P , A)
特開昭 6 3 - 0 4 8 1 6 2 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| H 0 2 P | 2 7 / 0 8 |
| H 0 2 M | 3 / 0 0 |
| H 0 2 M | 7 / 4 8 |