(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 6 月 2 日(02.06.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/084213 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 23/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/081489

(22) 国際出願日: 2014 年 11 月 28 日(28.11.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立産機システム(HITACHI INDUSTRIAL EQUIPMENT SYSTEMS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1010022 東京都千代田区神田練塀町３番地 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 荒尾 祐介(ARAO Yusuke); 〒1010022 東京都千代田区神田練塀町３番地 株式会社日立産機システム内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

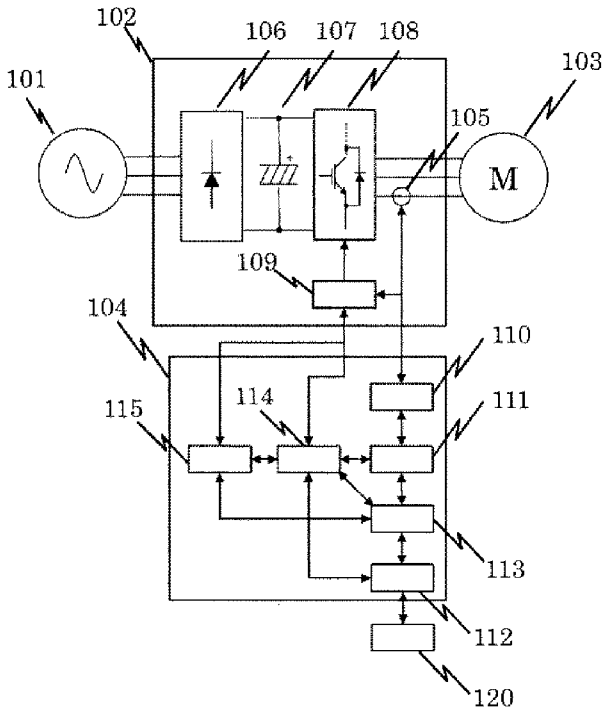
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: MONITORING DEVICE AND MONITORING METHOD, AND CONTROL DEVICE AND CONTROL METHOD PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称 : 監視装置と監視方法およびそれらを備える制御装置と制御方法

【図１】



(57) **Abstract**: Provided are a monitoring device and a monitoring method which can safely and accurately monitor the operation of an AC motor, and a control device and a control method provided with the same. The monitoring device is provided with: a current detection unit for obtaining current data on the basis of an output current output to an AC motor; a speed computation unit for computing, on the basis of the current data obtained by the current detection unit, a predetermined rated current, a base frequency, a rated rotational speed or rated slip speed, and a pole number, an estimated speed of the AC motor, independently of a power conversion device for controlling the AC motor; a determination unit for making a determination on the basis of the estimated speed of the AC motor obtained by the speed computation unit; and an operation instruction unit for outputting an instruction to the power conversion device on the basis of the determination result determined by the determination unit.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/084213 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

安全かつ正確に交流電動機の運転を監視できる監視装置と監視方法およびそれらを備えた制御装置と制御方法を提供する。 交流電動機に出力される出力電流に基づき電流データを取得する電流検出部と、前記電流検出部で取得した電流データと、予め定めた定格電流と、基底周波数と、定格回転速度または定格すべり速度と、極数と、に基づき、前記交流電動機を制御する電力変換装置とは独立して前記交流電動機の推定速度を演算する速度演算部と、前記速度演算部で取得した前記交流電動機の推定速度に基づいて判定する判定部と、前記判定部で判定した判定結果に基づいて、前記電力変換装置に指令を出力する動作指令部と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ：

監視装置と監視方法およびそれらを備える制御装置と制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、監視装置と監視方法およびそれらを備える制御装置と制御方法に関する。

背景技術

[0002] 本技術分野の背景技術として、特許第３８１５１１３号公報（特許文献１）がある。

[0003] この公報には、「電力変換器と、速度指令値に従い前記変換器の出力周波数値と出力電圧値を制御する速度制御装置により誘導電動機を駆動するための誘導電動機の制御方法において、前記変換器の出力電圧指令値を用いて演算したすべり周波数推定値と、前記変換器の出力電流値を用いて演算したすべり周波数演算値を、前記速度指令値に加算し、該加算値に応じて前記変換器の出力周波数を制御することを特徴とする誘導電動機の制御方法。」と記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第３８１５１１３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年、電力変換装置は、機能安全規格に対応するために、安全部を設け、交流電動機の制御システムの安全性を高めることが求められている。そのためには、交流電動機の実速度を正確に推定することが求められている。

[0006] 前記特許文献１には、誘導電動機の速度センサレスベクトル制御において、電力変換器の出力周波数を制御する方法が示されている。

[0007] しかし、特許文献１に記載の方法では、誘導電動機の速度が速度指令値と

一致するように制御するため、速度指令値が実速度の推定値となるが、速度を推定する演算方法において、電動機の銘板に記載のない電動機定数が必要であるため、例えば、電動機メーカに問い合わせることや、電動機をオートチューニングして、電動機定数データを取得するなどの煩雑な作業が必要となる、という課題がある。

[0008] さらに、特許文献１に記載の制御方法を用いた電力変換装置では、オートチューニングや作業人によりモータ定数を始めとする諸定数値を設定し、その諸定数値を用いて速度指令値を演算する。そして、その速度指令値を交流電動機の実速度の推定値とする。そのため、そのオートチューニングが不良動作等で適切な諸定数値を設定できていなかったとしても、速度センサレスベクトル制御の制御システム上では、オートチューニングで設定した諸定数値を用いて演算した速度指令値に基づき運転し、該速度指令値を交流電動機の実速度の推定値とするので、交流電動機は正常な速度範囲内で運転していると認識することになる。すなわち、諸定数値が誤っていることにより、実際の運転では、交流電動機の実速度が、その考慮している安全な速度範囲を逸脱している状態となるので、交流電動機の運転速度が所定の範囲外となった状況を検出できない、という課題がある。また、このような制御方法を用いた演算では、演算量が多いため処理速度が遅くなり、メモリ消費量が多くなる、という課題がある。また、誘導電動機のV/f一定制御では、高度なベクトル演算を行わないために、速度が厳密に推定できない、という課題がある。

[0009] また、電力変換装置を監視する安全部は、電力変換装置とは別の独立した監視装置として設け、監視装置により電力変換装置を監視・制御させる方式をとる場合がある。しかし、監視装置に電力変換装置と同様の処理をさせ速度を監視させた場合、速度推定などの一部の機能を電力変換装置に担わせることになり、安全部としての監視装置の動作範囲が広くなりすぎ、特性確認や実速度の推定に時間・コストがかかる課題がある。さらに、上述した速度の推定方法で監視装置により交流電動機を監視させた場合、交流電動機の実

速度を正確に監視できないという課題がある。

[0010] そこで、本発明は、これらの課題を鑑み、簡便かつ安価であることに加え、安全かつ正確に交流電動機の運転を監視できる監視装置と監視方法およびそれらを備えた電力変換装置と電力変換方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために、本発明は、交流電動機に出力される出力電流に基づき電流データを取得する電流検出部と、前記電流検出部で取得した電流データと、予め定めた定格電流と、基底周波数と、定格回転速度または定格すべり速度と、極数と、に基づき、前記交流電動機を制御する電力変換装置とは独立して前記交流電動機の推定速度を演算する速度演算部と、前記速度演算部で取得した前記交流電動機の推定速度に基づいて判定する判定部と、前記判定部で判定した判定結果に基づいて、前記電力変換装置に指令を出力する動作指令部と、を備える。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、簡便または安価であることに加え、高精度に交流電動機の運転を監視できる監視装置と監視方法およびそれらを備えた制御装置と制御方法を提供するこができる。

[0013] 上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施例１における電力変換装置と監視装置とを有する制御装置の構成図の例である。

[図2]実施例１における監視装置の動作を示すフローチャートである。

[図3(A)]滑りとトルク、滑りと１次電流に関する一般的な特性図である。

[図3(B-1)]滑りとトルク、滑りと１次電流に関する一般的な特性図である。

[図3(B-2)]滑りとトルク、滑りと１次電流に関する一般的な特性図である。

[図4]実施例１における速度推定に用いる電流および周期の概要図である。

[図5]実施例１における推定速度と速度範囲と電流の様子を示した図の例であ

る。

[図6]実施例１における極数を推定する動作を示すフローチャートである。

[図7]実施例１および２におけるコンピュータ上に表示するユーザインターフェースの例である。

[図8(A)]実施例１における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[図8(B)]実施例１における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[図8(C)]実施例１における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[図8(D)]実施例１における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[図9]実施例２における速度推定に用いる電流および周期の概要図である。

[図10]実施例２における同期速度と速度範囲の様子を示した図の例である。

[図11]実施例３における電力変換装置と監視装置とを有する制御装置の構成図の例である。

[図12(A)]実施例３における力行回生を判断するベクトル図の例である。

[図12(B)]実施例３における力行回生を判断するベクトル図の例である。

[図13]実施例３におけるコンピュータ上に表示するユーザインターフェースの例である。

[図14(A)]実施例３における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[図14(B)]実施例３における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[図14(C)]実施例３における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[図15]実施例３における交流電動機の速度と電流に関する電圧/周波数比の影響を示した図の例である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、実施例を図面を用いて説明する。

実施例 1

[0016] 本実施例では、電力変換装置１０２により運転を制御されている交流電動機１０３の速度が、許容できる速度範囲を逸脱したかどうかを監視する監視装置の例を説明する。

[0017] 図１は、実施例１における電力変換装置と監視装置とを有する制御装置の構成図の例である。図１には、電力変換装置１０２、監視装置１０４、交流電動機１０３、三相交流電源１０１が示されている。

[0018] 本実施例では、電力変換装置１０２として、電流検出器１０５、直流変換部１０６、平滑コンデンサ１０７、交流変換部１０８、出力制御部１０９、を有する。また、本実施例では、監視装置１０４として、電流データ作成部１１０、速度演算部１１１、I／O部１１２、記憶部１１３、異常判定部１１４、動作指令部１１５、を有する。

[0019] まず、電力変換装置１０２の動作について説明する。

[0020] 三相交流電源１０１は、例えば電力会社から供給される三相交流電圧や発電機から供給される交流電圧であり、直流変換部１０６に出力する。

[0021] 直流変換部１０６は、例えばダイオードで構成された直流変換回路やＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）とフライホイールダイオードを用いた直流変換回路で構成され、三相交流電源１０１から入力された交流電圧を、直流電圧に変換し、平滑コンデンサ１０７に出力する。図１では、ダイオードで構成された直流変換部を示している。

[0022] 平滑コンデンサ１０７は、中間回路を構成し、直流変換部１０６から入力された直流電圧を平滑化し、交流変換部１０８に直流電圧を出力する。例えば発電機の出力が直流電圧の場合、平滑コンデンサ１０７には、直流変換部１０６を介さず、直接発電機から直流電圧を入力しても構わない。

[0023] 交流変換部１０８は、例えばＩＧＢＴとフライホイールダイオードを用いた交流変換回路で構成され、平滑コンデンサ１０７の直流電圧を入力とし、

出力制御部１０９から入力されたＰＷＭ出力波形により、直流電圧を交流電圧に変換し、交流電動機１０３に出力する。

[0024] 電流検出器１０５は、例えばホールＣＴやシャント抵抗で構成され、交流変換部１０８と交流電動機１０３の間に流れる出力電流を検出し、出力制御部１０９および監視装置１０４の電流データ作成部１１０に出力する。

[0025] 出力制御部１０９は、例えばＭＣＵ（マイクロプロセッサー）やＩＣ、あるいはドライブ回路で構成され、通常運転時は、電流検出器１０５で検出した出力電流を用い、センサレスベクトル制御やV/f制御などの制御システムに基づいた指令に従って交流変換部を制御することで、交流電朗機１０３の運転を制御する。出力制御部１０９は、監視装置１０４の動作指令部１１５から動作指令を入力した場合、優先して前記指令された動作を行う。また、出力制御部１０９は、電力変換装置１０２で使用している情報を監視装置１０４に出力する。

[0026] 次に、監視装置１０４の動作について説明する。監視装置１０４は、電力変換装置１０２と交流電動機１０３の挙動を、電力変換装置１０２が交流電動機１０３を制御している制御システムとは独立に安全部として、交流電動機を制御する監視装置である。これにより、例えば、誤ったモータ定数等の諸定数を設定したことで、電力変換装置１０３の制御システムによる交流電動機１０３の運転速度に異常が発生した場合、あるいは電力変換装置１０３が、ハードエラーあるいはソフトエラーによって、内蔵する回路が正常に制御動作できない場合でも、電力変換装置１０３の制御システムとは独立して交流電動機１０３の運転を監視しているので、電力変換装置１０２の安全性を向上することができる。また、監視装置１０４は、安全部として独立して監視ができるならば、電力変換装置にその機能、または、監視装置１０４が内蔵されていても構わない。

[0027] 電流データ作成部１１０は、電流変換器１０２の電流検出器１０５が検出した、電力変換装置１０２の出力電流を入力とし、例えば入力された電流値に回路ゲインを乗算することで一相の電流データに変換し、電流データを速

度演算部１１１に出力する。

[0028] 速度演算部１１１は、電流データ作成部１１０から一相の電流データと、予め設定した、記憶部１１３からの基底周波数、定格回転速度(定格周波数)または定格滑り速度(定格滑り周波数)、極数、定格電流、定格電圧とを入力とし、該基底周波数と該極数を用いて取得した基底周波数相当の同期回転速度(同期周波数または電源周波数)、定格回転速度(定格周波数)または定格滑り速度(定格滑り周波数)と、取得した電流データの周期と周期毎のピーク電流値とから、交流電動機の実速度として推定速度を取得し、異常判定部１１４に出力する。

[0029] Ｉ／Ｏ部１１２は、例えばコンピュータ等の外部デバイス１２０と接続する接続部を有し、コンピュータ上で予め設定した、基底周波数、定格回転速度(定格周波数)または定格滑り速度(定格滑り周波数)、定格電流、極数等の交流電動機の銘板に書かれた限定的な情報と、制御システムに適した加速時間及び減速時間と許容できる速度範囲、参照信号の出力時間などの種々のデータを入力とし、記憶部１１３に出力する。また、Ｉ／Ｏ部１１２は、例えば外部に信号を与える出力端子部を有し、異常判定部１１４の異常判定情報を入力とし、接続された外部デバイス１２０に信号を出力する。また、Ｉ／Ｏ部１１２は、例えば外部からの信号を入力する入力端子部を有し、例えば入力端子部に減速を指示する信号が入力された場合、動作指令部１１５に交流電動機の減速指令を出力する。

[0030] 記憶部１１３は、例えば磁気ディスク、光学ディスク、フラッシュメモリやＥＥＰＲＯＭで構成され、例えばＩ／Ｏ部１１２からの種々のデータを入力とし、データを記憶しておく。また、記憶部１１３は、速度演算部１１１あるいは異常判定部１１４あるいは動作指令部１１５からのデータ取得要求を入力とし、取得要求に応じたデータを各要求元に出力する。また、記憶部１１３には、図示しない表示器から種々のデータを入力できるようにしてもよいし、図示しない電力変換装置の表示器からＩ／Ｏ部１１２を介して入力できるようにしてもよい。

[0031] 異常判定部１１４は、速度演算部１１１から入力される推定速度と、記憶部１１３から入力される予め設定された加速時間及び減速時間と許容できる速度範囲等のデータを入力とし、入力されたデータを元に設定された許容される速度範囲内に推定速度が入っているかどうかを判定し、異常かどうかの判定結果を動作指令部１１５に出力する。また、異常判定部１１４は、例えば監視装置１０４の機能をオンにするためにＩ／Ｏ部１１２から入力される異常判定信号、あるいは記憶部１１３に記憶された、異常判定を行うという異常判定設定を入力され、異常判定を行うか決定する。異常判定を行うかどうかの決定は、例えば監視装置１０４に設けたＯＮ／ＯＦＦスイッチ（図示しない）やＩ／Ｏ部１１２を介して外部のＰＣからのＯＮ／ＯＦＦ設定などの手段を用いることで行い、ＯＮ状態とした時に異常判定を行うと決定すればよい。

[0032] 動作指令部１１５は、異常判定部１１４の判定結果と、記憶部１１３に予め設定された、例えば電力変換装置１０２の運転を停止するという異常時の動作設定を入力とし、判定結果が速度異常であれば、電力変換装置１０２の出力制御部１０９に対して、異常時動作指令を出力する。異常時動作指令としては、例えば交流電動機の運転を停止させる信号や交流電動機を減速させる信号などがある。

[0033] 次に、監視装置１０４が、速度異常を判断する方法を示す。

[0034] 異常判定部１１４は、定常処理を開始する前に、例えば電源投入後すぐに、記憶部１１３に記憶された速度範囲を取り込む。速度範囲は、例えば電力変換装置が運転を開始する前に、コンピュータ上に表示された図７に示す速度範囲例に制御システムに合わせたパラメータを設定し、記憶部１１３に記憶させておく。速度範囲としては、例えば定格負荷時の範囲内にすれば効率よく速度の異常の判断をすることができ、その速度範囲は同期速度のおおよそ８０－１２０％となる。しかし、予め設定する速度範囲は、前述した速度範囲に限定されることはなく、交流電動機の定格すべり速度や使用環境に応じて適宜定めてもよい。

[0035] 図２は、実施例１における監視装置の動作を示すフローチャートである。異常判定部１１４は、定常処理を開始すると、速度演算部１１１から出力電流の同期速度を取得する（Ｓ２０１）。同期速度は、電力変換装置１０２が指令している周波数を取得しても良い。また、異常判定部１１４は、速度演算部１１１から推定速度を取得する（Ｓ２０２）。次に異常判定部１１４は、Ｉ／Ｏ部１１２から入力される、監視機能を動作させるかどうかの異常判定信号、あるいは記憶部１１３に記憶された、監視機能を動作させるかどうかの異常判定設定を取得し（Ｓ２０３）、異常判断指令する(Ｓ２０４)。異常判定信号の例としては、Ｉ／Ｏ部１１２に接続した、監視装置１０４の監視機能を動作させるかどうかを設定するＯＮ／ＯＦＦの安全スイッチなどがある。監視装置１０４の監視機能が、Ｉ／Ｏ部１１２に接続されたコンピュータから予め減速監視と設定されている場合、例えば設備メンテナンス用に設置された扉に安全スイッチを設け、その扉が開いた場合に、安全スイッチがＯＮし、その信号に連動して電力変換装置１０２が減速停止することを監視装置１０４が監視する。あるいは、監視装置１０４の監視機能が、Ｉ／Ｏ部１１２に接続されたコンピュータから予め低速監視と設定されている場合、例えばコンベア設備で動作しながらのメンテナンスが必要な場合、安全スイッチを設け、メンテナンスの際に、安全スイッチがＯＮし、その信号に連動して電力変換装置１０２が低速運転することを監視装置１０４が監視する。異常判定部１１４は、判断指令がない場合（例えばＯＮ／ＯＦＦスイッチがＯＦＦ状態）、推定速度は許容される速度範囲にあるとする信号を動作指令部１１５に出力する（Ｓ２０８）。

[0036] また、異常判定部１１４は、判断指令がある場合（例えばＯＮ／ＯＦＦスイッチがＯＮ状態）、推定速度と正常な速度範囲を比較する（Ｓ２０５）。異常判定部１１４は、推定速度が、予め設定した許容できる速度範囲にあるかどうかを判定し（Ｓ２０６）、推定速度が許容できる速度範囲内に推移していれば、速度は正常であるとする信号を動作指令部１１５に出力する（Ｓ２０８）。異常判定部１１４は、推定速度が予め設定した許容できる速度範

囲内に無い場合、速度は異常であるとして、速度異常の信号を動作指令部１１５に出力する（Ｓ２０７）。

[0037] 図３は、滑りとトルク、滑りと１次電流に関する一般的な特性図である。図３（Ａ）は、定格速度で駆動している際の一般的な交流電動機の速度とトルク、速度と１次電流の関係を示した一般的な特性図である。図３（Ａ）は横軸を速度とし、左方向に行くほど滑りが増加する力行側、すなわち回転速度が低くなる方向であり、右方向に行くほど滑りが逆に増加する回生側、すなわち回転速度が高くなる方向である。また、一般的な交流電動機では、滑りが大きくなると、正負に関係なく、一次電流が増大する。また、交流電動機は、内部に磁束を発生させるため、トルクが０であっても無負荷電流分の電流が流れる。交流電動機は、最大トルクを超えると滑りが増大し、回転が止まってしまう。しかしながら、交流電動機を使用する安定領域は、一般的に最大トルクよりも低トルク側に設定された定格トルク内で使用される。交流電動機の電流は、一般的に定格トルク時に定格電流相当の電流が流れるように設定されている。すなわち、一般的に使用される範囲の交流電動機の速度は、以下の［数１］で良好に計算できる。

[0038] [数1]

【数１】

$$F_{motor} = F_{sync} - (F_{base} - F_{rated}) \times \frac{I_1}{I_{rated}}$$

[0039] ここで、F_{motor}は交流電動機の力行負荷時の推定速度、F_{sync}は出力電流の同期速度、F_{base}は基底周波数相当の同期回転速度、F_{rated}は定格速度、I_{rated}は定格電流、I_1は１次電流である。

[0040] 通常、定格速度F_{rated}および定格電流I_{rated}は、交流電動機の銘板から取得できる。

[0041] 出力電流の同期速度F_{sync}と基底周波数相当の同期回転速度F_{base}は、一般的に同期周波数f_{sync}と基底周波数f_{base}で得られるため、電動機の銘板から取得できる極数を用いて、以下の［数２］で速度を演算することができる。

[0042] [数2]

【数２】

$$F = 120 \times \frac{f}{p}$$

[0043] ここで、Fは同期回転速度、fは周波数、pは極数である。

[0044] 図３（Ｂ－１）は、［数１］を用いて計算した推定速度と実速度の比較図であり、無負荷付近を除く点線で囲まれた使用範囲で良好な推定が可能である。また、推定速度が所定の範囲内から逸脱しているかどうかを基に速度の異常を判断するため、無負荷時の速度誤差は許容することが可能である。

[0045] 図３（Ｂ－２）は、交流電動機の無負荷電流を定格電流等と同じように記憶部１１３に予め設定し、速度演算部１１１がより高精度に無負荷時の速度を推定する状況を示している。図３（Ｂ－２）の推定速度は、［数１］を変形し、以下の［数３］で得られる。

[0046] [数3]

【数３】

$$F_{motor} = F_{sync} - \left(F_{base} - F_{rated}\right) \times \frac{|I_1 - I_0|}{I_{rated} - I_0}$$

[0047] ここで、I_0は無負荷電流である。また、一般的に無負荷電流I_0は、定格電流よりも低い値であり、予め一般的な代表値として例えば定格電流の３０％というように決めて設定しておいても良い。［数３］では、１次電流I_1が無負荷電流以下となった場合、回転力を得るのに必要な主磁束の確立が足りず、速度が減少していくため、$I_1 - I_0$の絶対値を取ることで、速度偏差が増えていくことに対応している。

[0048] 速度演算部１１１は、上記計算式を以って速度を推定するため、減速方向に滑っているのか増速方向に滑っているのか関係なく、同期速度から速度に偏差が生じていることを良好に推定できる。

[0049] 図４は、実施例１における速度推定に用いる電流および周期の概要図である。図４は、電力変換装置から出力されるW相の出力電流を検出した例であ

って、速度推定に用いる電流および周期を示している。図４は、一相の電流からピーク電流を検出するために、電流周期の半周期毎にピーク電流が更新されている様子を示している。このように、電流周期の半周期毎にピーク電流を更新することで、マイコンやプロセッサなどに負担をかけることなく、推定速度を取得することができる。

[0050] 速度演算部１１１は、［数１］あるいは［数３］で用いる１次電流I_1を、以下の［数４］で計算する。

[0051] [数4]

【数４】

$$I_1 = \frac{I_{peak}}{\sqrt{2}}$$

[0052] ここで、I_{peak}は図４に示した交流電流のピーク電流である。

[0053] また、速度演算部１１１は、［数１］あるいは［数３］で用いる出力電流の同期速度F_{sync}は、以下の［数５］で計算する。

[0054] [数5]

【数５】

$$f_{sync} = \frac{1}{T}$$

[0055] ここで、Tは図４で示した出力電流の周期、f_{sync}は同期周波数である。

[0056] 図５は、実施例１における推定速度と速度範囲と電流の様子を示した図の例である。図５は、本実施例で監視装置１０４を動作させた時の、推定速度と許容できる速度範囲と電流の様子を示している。

[0057] 本実施例の方法では、推定速度が増速側あるいは減速側のどちらに振れているかに関係なく速度の異常を判定するために、図５に示すように、交流電動機の推定速度が二本描かれており、同期速度から減速方向に滑る力行滑り限界と増速方向に滑る回生滑り限界を等間隔に配置し、推定速度の異常を判定するための所定の範囲としている。異常判定部１１４は、推定速度が、指令している同期速度から予め決められた該所定の範囲内に無い場合に、交流

電動機の速度異常と判断する。図５では、交流電動機１０３の減速中に、推定速度が予め定めた所定の範囲内ではなくなり、速度異常と判断した場合に、出力電流を０にし、電力変換装置１０２の出力が遮断された様子を示している。このように、交流電動機１０３の実速度が、許容できる速度範囲内になくなった時に、電力変換装置１０２の出力を遮断することで、電力変換装置１０２の制御システムによる交流電動機１０３の運転の安全性を高めることができる。

[0058] なお、異常判定部１１４は、異常判断をする際、予めユーザが任意で決めた時間を記憶部１１３に記憶させておき、推定速度が、同期速度から予め決められた所定の範囲を逸脱した場合に、その推定速度が所定の範囲内にない時間をカウントし、予めユーザが任意で決めた時間を超えて推定速度の逸脱が継続した場合に、速度異常と判断するような時限特性を持つようにしても良い。これにより、例えば制御システムによる交流電動機１０３の運転制御において、ノイズにより、交流電動機１０３の実速度がわずかな時間だけ許容できる速度範囲内になくなった場合でも、交流電動機１０３を停止させることなく運転を継続させることができるので、不必要な電力変換装置１０２の停止処理を減らし、監視装置１０４による交流電動機１０３の監視の正確性をあげることができる。

[0059] 図６は、実施例１における極数を推定する動作を示すフローチャートである。図６は、速度演算部１１１が、［数２］の計算を行う際であって、極数が分からない場合に基底周波数と定格速度から極数を推定するための処理を示したフローチャートである。

[0060] 速度演算部１１１は、記憶部１１３から基底周波数f_{base}と定格速度F_{rated}を取得し（Ｓ６０１）、演算用の極数ｐに２を設定する（Ｓ６０２）。また、速度演算部１１１は、極数が上がるほど回転数が下がるので、極数が一回り高い速度と比較するため、設定された極数ｐ＋２を用いて基底周波数相当の同期回転速度を演算し、定格速度F_{rated}と比較する（Ｓ６０３）。一般的な交流電動機の定格速度は、基底周波数相当の同期回転速度に定格の力行負荷をかけ

た場合の速度であるため、基底周波数相当の同期回転速度よりもわずかに低くなる。このため、設定された極数pを用いて基底周波数相当の同期回転速度と定格速度F_{rated}とを比較し、定格速度F_{rated}が小さい場合には極数を２増やし再度比較を行い（Ｓ６０４）、定格速度F_{rated}が大きい場合には、その極数設定ｐを以って、極数とする（Ｓ６０５）。以上説明した処理により、速度演算部１１１は、仮に極数情報がなくとも、本方法で極数を判断することができる。

[0061] 図７は、実施例１におけるコンピュータ上に表示するユーザインターフェースの例である。本実施例では、速度偏差が上下どちらに動作しているかに関係なく推定速度から速度の異常を判定するため、上下限に所定の範囲を設定することで、同期速度に対する所定の範囲となる上限速度と下限速度を設定する。また、本実施例では、例えば予め任意のシステムで指定される加速時間および減速時間を設定しておき、推定速度が所定の範囲内に無い場合に許容できる時間の幅を設定するようにすることもできる。本実施例では、推定速度が上下どちらに振れるか関係なく速度の異常を判定するために、同期速度に対して等しい間隔になるように上下の限度速度を決めているが、上下に等しい間隔であれば、例えば加速・定速・減速で上下の限度速度、加減速時間を変更することや、Ｉ/Ｏ部１１２に信号が入力されたタイミングにより上下の限度速度、加減速時間を変更することを行っても構わない。本実施例では、正転逆転の判断を行っていないため、１種類、例えば正転を設定しているが、正転逆転の判断が可能であれば、正転逆転別々に設定しても構わない。

[0062] 図８は、実施例１における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。

[0063] 図８は、横軸を時間、縦軸を速度として示しており、同期速度に対し、下限を力行滑り限界、上限を回生滑り限界として所定の範囲を設定し、太線にて交流電動機の推定速度を示している。また、図８は（Ａ）から（Ｄ）まで、異なる出力信号の例を、異常判定部１１４の判定に合わせて出力している

様子を示している。

[0064] 図８（Ａ）は、交流電動機の推定速度が、異常判定部１１４が減速運転時に回生滑り限界に到達して所定の範囲内になくなり、速度異常と判定した後、電力変換装置１０２の出力が遮断された状態を示している。異常判定部１１４は、異常であることを示す警告Ａの出力指令をＩ/Ｏ部１１２に出力し、予め記憶部１１３に設定しておいた、例えば制御システムが交流電動機１０３の運転を安全に停止するまでの時間を経過するまで、警告Ａの出力指令を出力し続ける。これにより、交流電動機１０３の運転が安全に停止するまでの間、周囲に注意を促しつつ交流電動機１０３の停止のタイミングを知らせることができる。

[0065] 図８（Ｂ）は、異常判定部１１４が、交流電動機の定速運転時に回生滑り限界に推定速度が到達して所定の範囲内になくなり、速度異常と判定した後、異常判定部１１４は、異常であることを示す警告Ｂの出力指令をＩ/Ｏ部１１２に出力するとともに、動作指令部１１５に減速指令を与え、電力変換装置１０２の出力が減速動作し、同期速度が０に到達した後も、予め記憶部１１３に設定しておいた、例えば制御システムが交流電動機１０３の運転を安全に停止するまでの時間を経過するまで、警告Ｂの出力指令を出力し続ける。ここで、例えば、警告Ｂを出力しつつづけるという判断は、同期速度が０になるタイミングではなく、有限の値を設定しておいても良い。これにより、交流電動機１０３をより安全に停止させることが出来る。

[0066] 図８（Ｃ）は、異常判定部１１４が、交流電動機の加速運転時に力行滑り限界に推定速度が到達して所定の範囲にない間に警告Ｃの出力指令を出力しつつ運転を継続している様子を示している。そして、図８（Ｃ）は、減速運転時に回生滑り限界に速度が到達して所定の範囲にない間に警告Ｃの出力指令を出力し、さらに推定速度が所定の範囲内にない時間が、予め定めた時間を経過した後、警告Ｃの出力指令の出力をやめるとともに交流電動機１０３を減速させたときの様子を示している。異常判定部１１４は、同期速度が０よりも高い状態の場合に、異常であることを示す警告Ｃの出力指令をＩ／Ｏ

部１１２に出力する。これにより、制御システムによる交流電動機１０３の運転の安全管理上で不必要な交流電動機の停止を抑制しつつ、安全性高く交流電動機１０３の運転を監視することができる。

[0067] 図８（Ｄ）は、異常判定部１１４が交流電動機の減速運転時に回生滑り限界に速度が到達して所定の範囲になくなり、速度異常と判定した後、異常判定部１１４が、減速時間を切り替える指令を電力変換装置１０２に与えるよう動作指令部１１５に信号を出力し、速度異常の判定を行う範囲を切り替えて、交流電動機の減速運転を継続している様子を示している。異常判定部１１４は、速度異常を判定する範囲が切り替わっており、同期速度が０よりも高い状態の場合に、異常であることを示す警告Ｄの出力指令をＩ／Ｏ部１１２に出力する。これにより、許容できる速度範囲として予め設定した所定の範囲が、必要以上に狭かった場合に、所定の範囲を再設定することができる。

[0068] なお、交流電動機１０３が同期電動機である場合滑りがないため、図４で取得した電流周期から［数５］を用いて同期周波数を演算し、その同期周波数を用い［数２］で計算することで、同期回転速度F_{motor}を求めることができる。

[0069] 以上、説明した通り、本実施例による監視装置１０４は、電動機の運転を制御しているシステムとは別に、限定的な情報で実速度を推定することで、速度推定に必要である煩雑な作業を減らし、オートチューニング等で取得する必要がある所定数値を用いることなく、簡易な方法で実速度を推定することができる。そして、監視装置１０４は、電力変換装置１０２の制御システムにより制御している交流電動機１０３の実速度が、制御システムに設定したモータ定数等の諸設定値に誤入力やオートチューニングの不良動作により誤った諸定数値が設定されるなどにより、安全な速度範囲外に逸脱した場合に警告を発し、または、電動機の運転の停止や減速を行うことができるので、高精度に交流電動機１０３の運転を監視することができる。

実施例 2

[0070] 本実施例では実施例１の変形例を説明する。本実施例では、実施例１と共通する部分については説明を省略し、異なる部分について詳細に説明するものとする。

[0071] 本実施例では、図１の電力変換装置１０２の一相の出力電流を検出する電流検出器１０５を、二相の出力電流を検出する電流検出器２０５に置き換え、図１の電流データ作成部１１０を、電流検出器２０５で検出した二相の出力電流に基づき電流データを作成する電流データ作成部２１０に置き換える。その他の構成は既に説明した図１に示された構成と同一の機能を有するので、それらの説明は省略する。

[0072] 電流検出器２０５は、例えば電力変換装置１０２と交流電動機１０３をつなぐＵ相とW相の２つに配置しており、各相の出力電流を検出する。なお、出力電流を検出する相は、Ｕ相とW相に限定されるものではなく、三相のうちいずれかの二相の出力電流を検出すればよい。

[0073] 電流データ作成部２１０は、実施例１で示した電流データ作成部１１０の処理を、電流検出器２０５から入力された二相の出力電流各々に対して行い、速度演算部２１１に二相の電流データを出力する。

[0074] 本実施例では、速度演算部１１１は、交流電動機１０３の推定速度の取得に加え、電流検出器２０５から入力された二相電流の進み方向から、交流電動機１０３の回転方向を推定し、異常判定部２１４に出力する。速度演算部１１１が、回転方向を推定する方法として、例えば、Ｕ相電流I_uとW相電流I_wを取得している場合、Ｕ相が負から正に切り替わったタイミングでW相が負なら正転、正なら逆転とすることで、推定が可能である。これにより、正転側と逆転側で別々の許容できる速度範囲を設定することが可能となり、より安全かつ正確に交流電動機１０３の運転を監視することができる。

[0075] また、速度演算部１１１は、実施例１の図４に示されたピーク電流I_{peak}を算出する別の方法として、以下の［数６］にて、３軸の内の二相電流から２軸電流に変換し、［数７］を使用してピーク電流I_{peak}求めることができる。

[0076]

[数6]

【数６】

$$\begin{pmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/\sqrt{3} & -2/\sqrt{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_u \\ I_w \end{pmatrix}$$

[0077] ここで、I_αはI_uの軸方向と同じ軸方向に設定された軸方向の電流値であり、I_βはI_uの軸方向と直交する軸方向の電流値である。

[0078] [数7]

【数７】

$$I_{peak} = \sqrt{I_\alpha^2 + I_\beta^2}$$

[0079] 図９は、実施例２における速度推定に用いる電流および周期の概要図である。図９は、二相の電流(実線)とその二相電流から予測された一相電流(点線)と、上記［数７］で演算されたピーク電流を示している。電流データ作成部２１０は、二相の電流が検出されている場合、［数６］および［数７］を用いて、どの位相でもピーク電流が計算でき、二相の情報から電流周期を得られるため、一相電流のみ検出する場合に比べ、速度演算の精度と速さが向上する利点があり、より正確に交流電動機１０３の運転を監視できる。

[0080] 速度演算部１１１は、実施例１と同様に［数４］を用いて１次電流I_1を求めることができる。

[0081] 速度演算部１１１が行う上記演算は、実施例１に比べ、電流周期によらず演算できるため、１次電流の検出をより高速に行うことができる利点があり、より安全に交流電動機１０３の運転を監視することができる。

[0082] 異常判定部１１４は、速度演算部１１１から入力される推定速度と回転方向、記憶部１１３から入力される予め設定された正転及び逆転で異なる加速時間及び減速時間と許容できる速度範囲等を入力とし、入力されたデータを元に設定された許容される速度の所定の範囲内に推定速度が入っているかどうかを判定し、異常かどうかの判定結果を動作指令部１１５に出力する。

[0083] 図１０は、実施例２における推定速度と速度範囲の様子を示した図の例で

ある。図１０では、正転側の力行滑り限界と回生滑り限界、逆転側の力行滑り限界と回生滑り限界をそれぞれ別に示している。本実施例は、実施例１と同様に図７のヒューマンインターフェースを用いて設定し、異常判定部１１４は、正転及び逆転を区別して速度異常を判定する。

[0084] 以上、説明した通り、本実施例では、実施例１の作用効果に加え、より安全かつ正確に交流電動機１０３の運転を監視することができる。

実施例 3

[0085] 本実施例では、実施例１および２の変形例を説明する。本実施例では、実施例１および２と共通する部分については、同様の符号を用いて説明を省略し、異なる部分について詳細に説明するものとする。

[0086] 図１１は、実施例３における電力変換装置と監視装置の構成図の例である。図１１には、電力変換装置３０２と監視装置３０４、交流電動機１０３、三相交流電源１０１が示されている。

[0087] 本実施例では、電力変換装置３０２として、電流検出器２０５、直流変換部１０６、平滑コンデンサ１０７、交流変換部１０８、出力制御部１０９、電圧検出器３１６を有する。また、本実施例では、監視装置３０４として、電流データ作成部２１０、速度演算部３１１、I／O部１１２、記憶部１１３、異常判定部３１４、動作指令部１１５、電圧データ作成部３１７を有する。

[0088] 電力変換装置３０２は、図９の電力変換装置２０２に、電力変換装置２０２の出力電圧を検出する電圧検出器３１６を新たに加えたものである。

[0089] なお、図１１では、電流検出器２０５として二相の出力電流を検出する構成になっているが、本実施例では、実施例１の場合と同様に、電流検出器１０５のように一相の出力電流を検出する構成でもよい。

[0090] 電圧検出器３１６は、例えば分圧回路やフィルタ回路で構成され、交流変換部１０８が出力した出力電圧を入力とし、ＰＷＭパルス電圧を交流電圧に変換して、監視装置３０４の電圧検出部３１７に出力する。

[0091] 電圧データ作成部３１７は、電力変換装置１０２の電圧検出器３１６が検

出した出力電圧を入力とし、例えば入力された電圧値に回路ゲインを乗算することで電圧データに変換し、電圧データを速度演算部３１１に出力する。

[0092] 速度演算部３１１は、電圧データ作成部３１７が出力した電圧データと、電流データ作成部２１０が出力した電流データを入力とし、交流電動機の推定速度の取得と回転方向の推定を行い、異常判定部３１４に出力する。また、速度演算部３１１は、取得した出力電流と出力電圧から交流電動機１０３が力行負荷を受けているか回生負荷を受けているかを判定し、その判定結果を推定速度に反映し、異常判定部３１４に出力する。

[0093] 速度演算部３１１は、力行回生の判定結果を推定速度に反映する方法として、例えば実施例１で用いた［数１］を力行側、以下に示す［数８］を回生側と判断された時に演算で用いる。

[0094] [数8]

【数８】

$$F_{motor}^{*} = F_{sync} + \left(F_{base} - F_{rated}\right) \times \frac{I_1}{I_{rated}}$$

[0095] ここで、F_{motor}^{*}は交流電動機の回生負荷時の推定速度、F_{sync}は出力電流の同期速度、F_{base}は基底周波数相当の同期回転速度、F_{rated}は定格速度、I_{rated}は定格電流、F_1は１次電流である。［数８］は、滑りが正、すなわち推定速度が増速方向（回生側）に滑るのを演算したものである。

[0096] 異常判定部３１４は、速度演算部３１１から入力される推定速度、回転方向、力行回生判断情報と、記憶部１１３から入力される予め設定された正転及び逆転と力行及び回生で異なる加速時間及び減速時間と許容できる速度範囲等を入力とし、入力されたデータを元に設定された許容される所定の速度範囲内に推定速度が入っているかどうかを判定し、異常かどうかの判定結果を動作指令部１１５に出力する。

[0097] 図１２は、実施例３における力行回生を判断するベクトル図の例である。図１２は、Ｕ軸電圧の位相を回転座標の基準として、回転座標の基準軸をトルク軸とし、それと直交する軸を励磁軸とした力行回生を判断するベクトル

図を示している。速度演算部３１１は、電力変換装置１０２の出力制御部１０９から情報を得なくても、電圧位相と電流位相から、力行回生を判断する。交流電動機１０３に流れる電流の位相は、交流電動機の内部をインダクタンス成分と見た場合、電力変換装置１０２から出力される電圧位相に対し９０°遅れると考えることができる。

[0098] そこで、図１２（Ａ）は、交流電動機１０２が正転している場合、電圧位相をトルク軸とし、トルク軸から９０°遅れた軸を励磁軸とした正転時の電圧と電流の位相の関係を示している。また、図１２（Ｂ）は、交流電動機１０２が逆転している場合、電圧位相をトルク軸とし、トルク軸から９０°進んだ軸を励磁軸とした電圧と電流の位相の関係を示している。図１３は、トルク軸を基準に、トルク電流の符号を以って力行回生の判断を行う。また、速度演算部３１１は、力行回生を演算する別の一般的な方法として、例えば、電力変換装置１０２の出力制御部１０９から交流電動機の主磁束位相データを取得し、その主軸位相を励磁軸、それと直交するトルク軸を設定して、力行回生を判断しても良い。

[0099] 図１３は、実施例３におけるコンピュータ上に表示するユーザインターフェースの例である。本実施例では、速度偏差が力行回生情報によって判断できるため、上限範囲・下限範囲を別々に設定することで、同期速度に対する上限速度と下限速度を設定し、所定の範囲とできる。また、本実施例では、例えば予め任意のシステムで指定される加速時間および減速時間を設定しておき、許容できる時間の幅を設定する。本実施例では、例えば図１３の情報を予め複数パターン用意しておき、Ｉ／Ｏ部１１２に信号が入力されたタイミング、あるいは力行回生情報、正転逆転情報の判断が可能であるため、判断の状態に応じて、上限範囲、下限範囲の限度速度、加速時間、減速時間を変更することを行っても構わない。

[0100] 図１４は、実施例３における交流電動機の実速度と異常検出後の信号出力の図の例である。図１４は、推定した交流電動機の実速度（推定速度）に基づき異常判定部３１４が速度異常を検出し、Ｉ／Ｏ部１１２に速度異常の信号

を出力し、動作指令部１１５によって電力変換装置の動作が切り替わる様子と、Ｉ／Ｏ部１１２が力行回生の異常信号を出力する図を示している。

[0101] 図１４は、横軸を時間、縦軸を速度として示しており、同期速度に対し、下限を力行滑り限界、上限を回生滑り限界として、許容できる速度の所定の範囲を設定し、太線にて交流電動機の実速度を示している。また、図１４（Ｃ）は、力行回生判断を用いた出力信号の例を、異常判定部３１４の判定に合わせて出力している様子を示している。

[0102] 図１４（Ａ）は、異常判定部３１４が、交流電動機の加速運転時に力行滑り限界に推定速度が到達して予め定めた所定の範囲内になくなり、速度異常と判定した後、電力変換装置１０２の出力が遮断された状態を示している。異常判定部３１４は、異常の判定を行う範囲以外の予め定めた異常と判定する条件に基づき、回生側に滑っている状態を許容し、力行側に滑りが増大した時に異常判断を行う。これにより、交流電動機１０３の加速運転における安全性を高めることができる。

[0103] 図１４（Ｂ）は、異常判定部３１４が、交流電動機の減速運転時に回生滑り限界に推定速度が到達して所定の範囲内でなくなり、速度異常と判定した後、電力変換装置１０２の出力が遮断された状態を示している。異常判定部３１４は、異常の判定を行う範囲以外の予め定めた異常と判定する条件に基づき、力行側に滑っている状態を許容し、回生側に滑りが増大した時に異常判断を行う。これにより、交流電動機１０３の減速運転における安全性を高めることができる。

[0104] 図１４（Ｃ）は、異常判定部１１４が、交流電動機の加速運転時に力行滑り限界に推定速度が到達したが、力行滑り限界を超えている時間が所定の時間内なので許容した後、減速運転時に回生滑り限界に推定速度が到達し、所定の時間以上の間、所定の範囲内になくなり速度異常であると判定したときの様子を示している。異常判定部１１４は、同期速度が０速度よりも高い状態の場合に、力行、回生のそれぞれの異常であることを示す警告の出力指令をＩ／Ｏ部１１２に出力する。このように、力行側と回生側で許容できる速

度範囲を個別に設定することで、交流電動機１０３の運転の安全性を高めつつ、適切な運転の監視をすることができる。

[0105] 図１５は、実施例３における交流電動機の速度と電流に関する電圧/周波数比の影響を示した図の例である。図１５は、電力変換装置１０２が交流電動機１０３にある同期周波数を出力している時に、交流電動機１０３に負荷をかけることで滑りが増大し速度が減少する、速度と電流に関する電圧Ｖ/周波数ｆ比の影響の様子を示している。

[0106] 一般的なＶ/ｆ一定制御では、同期周波数に対して電圧が低くなると、トルクに寄与する電流が低くなるために、滑りが増大する。本実施例では、滑りが増大する影響を考慮するために、力行時の演算式［数１］を変形して、以下の［数９］を使用し、V_1/f_1の影響を反映する。

[0107] [数9]

【数９】

$$F_{motor} = F_{sync} - (F_{base} - F_{rated}) \times \frac{I_1}{I_{rated}} \times \frac{V_{rated}/f_{base}}{V_1/f_1}$$

[0108] ここで、F_{motor}は交流電動機の力行負荷時の推定速度、F_{sync}は出力電流の同期速度、F_{base}は基底周波数相当の同期回転速度、F_{rated}は定格速度、I_{rated}は定格電流、I_1は１次電流、V_{rated}は定格電圧、f_{base}は基底周波数、V_1は出力電圧、f_1は出力周波数、である。

[0109] 回生側も同様に、回生時の演算式［数８］を変形して以下の［数１０］を使用する。

[0110] [数10]

【数１０】

$$F_{motor}^{*} = F_{sync} + (F_{base} - F_{rated}) \times \frac{I_1}{I_{rated}} \times \frac{V_{rated}/f_{base}}{V_1/f_1}$$

[0111] ここで、F_{motor}^{*}は交流電動機の回生負荷時の推定速度、F_{sync}は電流の同期速度、F_{base}は基底周波数相当の同期回転速度、F_{rated}は定格速度、I_{rated}は定格電流、I_1は１次電流、V_{rated}は定格電圧、f_{base}は基底周波数、V_1は出力電圧、f_1は出力周波数、である。

[0112] V_1は［数６］［数７］［数４］の電流を電圧に変更することで、計算にて容易に得ることができる。また、速度演算部３１１は、出力制御部１０９が演算しているV$_1$、f$_1$を用いても構わない。

[0113] 以上、説明した通り、本実施例による監視装置３０４は、実施例１または２の作用効果に加え、実速度を推定する際に、電力変換装置３０２の出力電圧に基づき、交流電動機が滑っている方向が力行回生のいずれであるかを判断するので、それぞれ力行側と回生側において許容できる速度範囲を設定することができる。これにより、速度異常とするためにより最適な所定の範囲を予め設定することが可能となり、より効率的な速度異常の判定を行うことができる。

[0114] なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0115] また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、ＳＳＤ（Solid State Drive）等の記録装置、または、ＩＣカード、光ディスク、磁気ディスク等の記録媒体に置くことができる。

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

符号の説明

[0116] １０１・・・三相交流電圧、１０２・・・電力変換装置、１０３・・・交流電動機、１０４・・・監視装置、１０５・・・電流検出器、１０６・・・直流変換部、１０７・・・平滑コンデンサ、１０８・・・交流変換部、１０９・・・出力制御部、１１０・・・電流データ作成部、１１１・・・速度演算部、１１２・・・I／O部、１１３・・・記憶部、１１４・・・異常判定部、１１５・・・動作指令部、１２０・・・外部デバイス、２０５・・・電流検出器、２１０・・・電流データ作成部、３０２・・・電力変換装置、３０４・・・監視装置、３１１・・・速度演算部、３１４・・・異常判定部、３１６・・・電圧検出器、３１７・・・電圧データ作成部

請求の範囲

[請求項1] 交流電動機に出力される出力電流に基づき電流データを取得する電流検出部と、

前記電流検出部で取得した電流データと、予め定めた定格電流と、基底周波数と、定格回転速度または定格すべり速度と、極数と、に基づき、前記交流電動機を制御する電力変換装置とは独立して前記交流電動機の推定速度を演算する速度演算部と、

前記速度演算部で演算した前記交流電動機の推定速度に基づいて判定する判定部と、

前記判定部で判定した判定結果に基づいて、前記電力変換装置に指令を出力する動作指令部と、

を備える監視装置。

[請求項2] 請求項１に記載の監視装置であって、

前記速度演算部は、前記交流電動機のオートチューニングにより取得した定数を用いないで前記交流電動機の推定速度を取得することを特徴とする監視装置。

[請求項3] 請求項１に記載の監視装置であって、

前記速度演算部は、前記電流データ、および、前記定格電流と、前記基底周波数と、前記定格回転速度または前記定格すべり速度と、前記極数と、にのみ基づき、前記交流電動機の推定速度を演算することを特徴とする監視装置。

[請求項4] 請求項１に記載の監視装置であって、

前記速度演算部は、前記電流検出部で取得した２相の電流データを用い、前記交流電動機の推定速度の演算および回転方向の推定を行うことを特徴とする監視装置。

[請求項5] 請求項１に記載の監視装置であって、

前記交流電動機に出力される出力電圧に基づき電圧データを取得する電圧検出部を備え、

前記速度演算部は、さらに、前記電圧検出部で取得した電圧データおよび予め設定した定格電圧を用い、前記交流電動機の力行負荷時の推定速度または前記交流電動機の回生負荷時の推定速度を演算することを特徴とする監視装置。

[請求項6] 請求項１に記載の監視装置であって、

予め定めた条件に基づき、前記速度演算部によって取得された前記交流電動機の推定速度が、予め設定した条件に基づき、所定の範囲内にあるか否かを判定する前記判定部を備えることを特徴とする監視装置。

[請求項7] 請求項６に記載の監視装置であって、

前記動作指令部は、前記判定部が、前記交流電動機の推定速度が前記所定の範囲内にないと判定した場合に、前記交流電動機を減速させ、または、停止させる指令を出すことを特徴とする監視装置。

[請求項8] 請求項７に記載の監視装置であって、

前記動作指令部は、前記判定部、前記交流電動機の推定速度が前記所定の範囲内にないと判定した場合に、警報を発報させる指令を出すことを特徴とする監視装置。

[請求項9] 請求項１に記載の監視装置であって、

前記速度演算部は、前記定格すべり速度を０として、前記交流電動機の推定速度を演算することを特徴とする監視装置。

[請求項10] 請求項１に記載の監視装置であって、

前記速度演算部は、前記基底周波数と前記定格速度の情報から前記極数を推定し、前記極数を用いて、推定速度を演算することを特徴とする監視装置。

[請求項11] 請求項１に記載の監視装置と、

交流電圧を直流電圧に変換する直流変換部と、

前記直流変換部から入力された直流電圧を平滑化する中間回路と、

前記中間回路で平滑化された直流電圧を交流電圧に変換する交流変

換部と、

前記交流変換部を制御する出力制御部と、

を備え、

前記動作指令部は、前記出力制御部に指令を出力することを特徴とする制御装置。

[請求項12] 交流電動機に出力される出力電流に基づいて電流データを取得する電流検出工程と、

前記電流検出工程で取得した電流データ、および、予め定めた定格電流と、基底周波数と、定格速度または定格すべり速度と、極数と、に基づき、前記交流電動機を制御する電力変換装置とは独立して前記交流電動機の推定速度を演算する速度演算工程と、

前記速度演算工程で演算した前記交流電動機の推定速度に基づき判定する判定工程と、

前記判定工程で判定した判定結果に基づき前記電力変換装置に指令を出力する動作指令工程と、

を備える監視方法。

[請求項13] 請求項１２に記載の監視方法であって、

前記速度演算工程では、取得した２相の電流データを用いて前記交流電動機の推定速度の演算および回転方向の推定を行うことを特徴とする監視方法。

[請求項14] 請求項１２に記載の監視方法であって、

前記交流電動機に出力される出力電圧に基づいて電圧データを取得する電圧検出工程を備え、

前記速度演算工程では、さらに、前記電圧検出工程で取得した電圧データおよび予め設定した定格電圧を用いて前記交流電動機の力行負荷時の推定速度または前記交流電動機の回生負荷時の推定速度を演算することを特徴とする監視方法。

[請求項15] 請求項１２に記載の監視方法と、

交流電圧を直流電圧に変換する直流変換工程と、

前記直流変換工程から入力された直流電圧を平滑化する中間工程と、

前記中間工程で平滑化された直流電圧を交流電圧に変換する交流変換工程と、

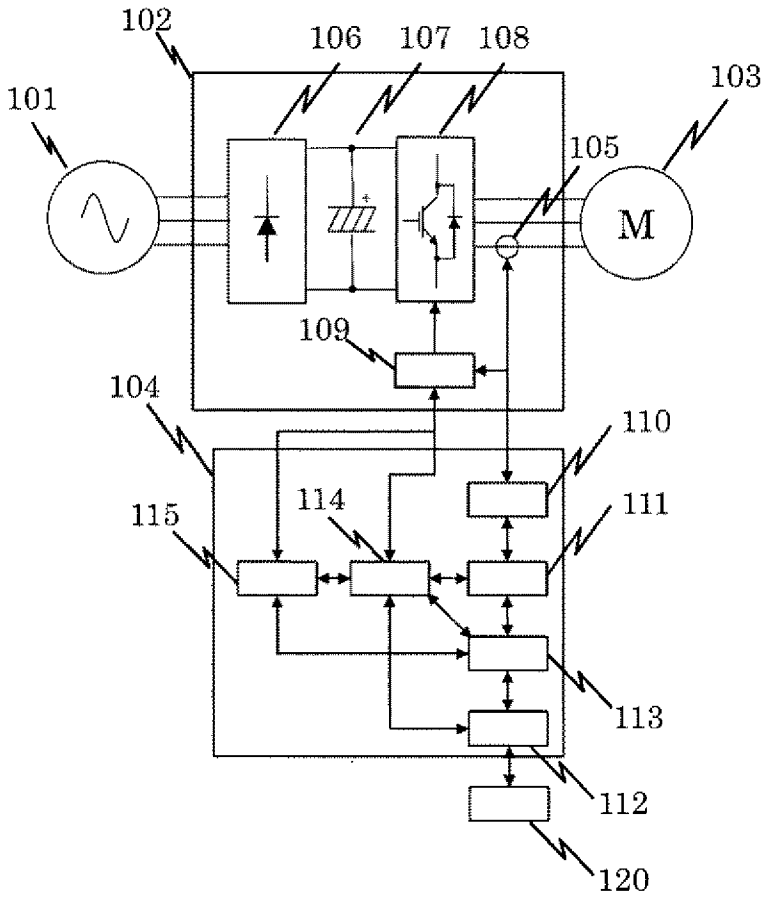
前記交流変換工程を制御する出力制御工程と、

を備え、

前記動作指令工程では、前記出力制御工程にて指令を出力することを特徴とする制御方法。

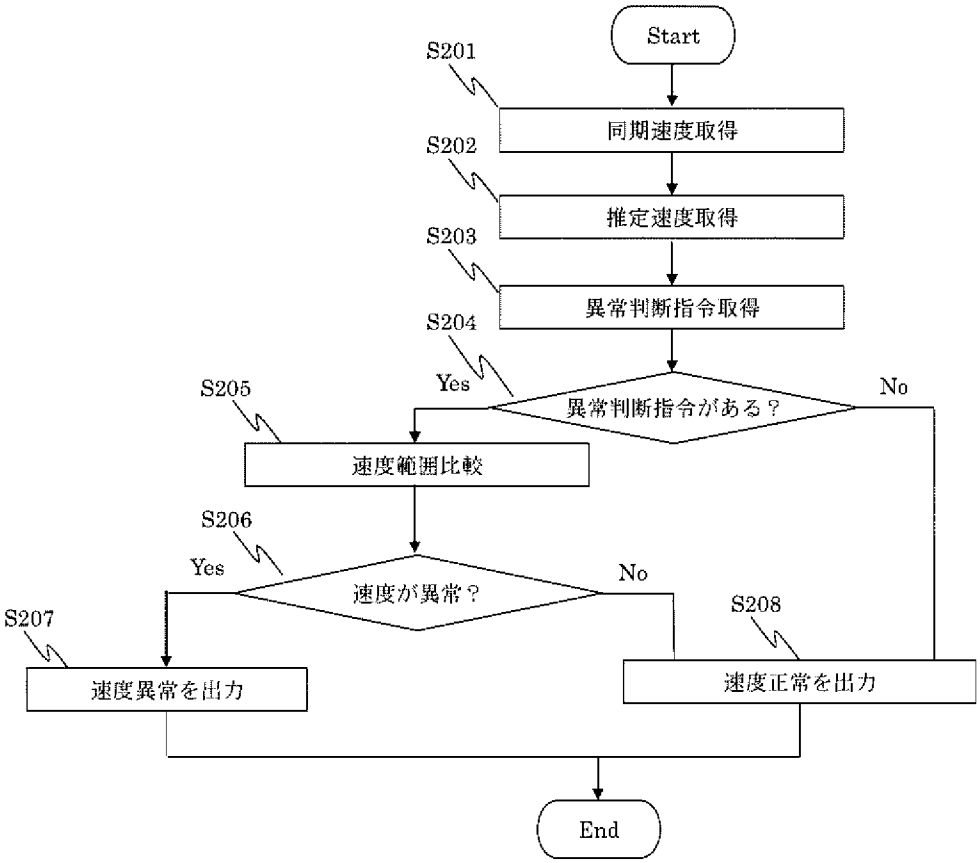
[図1]

【図１】



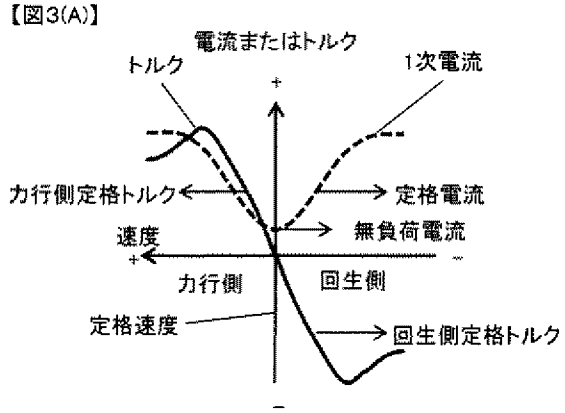
[図2]

【図２】



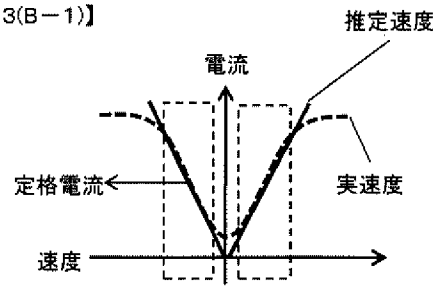
[図3(A)]

【図3(A)】



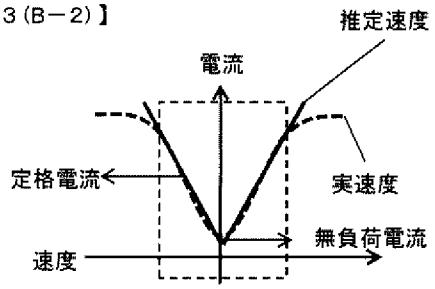
[図3(B-1)]

【図3(B－1)】



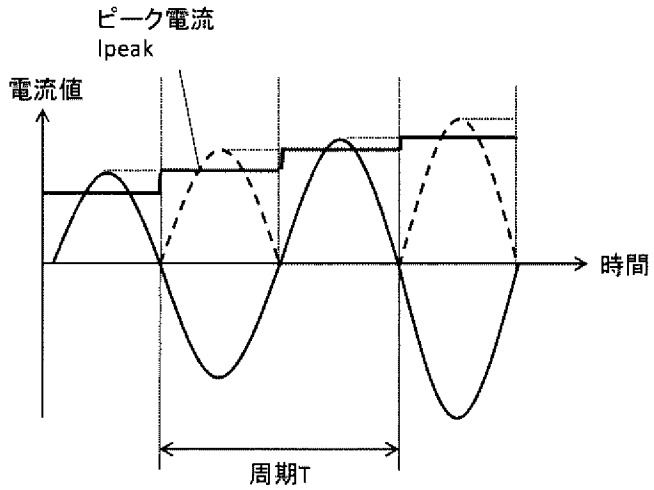
[図3(B-2)]

【図3(B－2)】



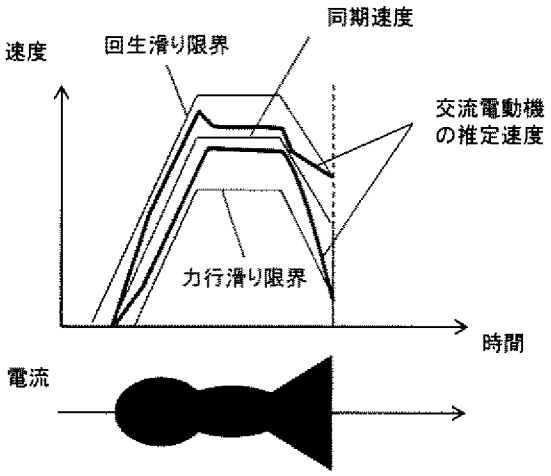
[図4]

【図４】



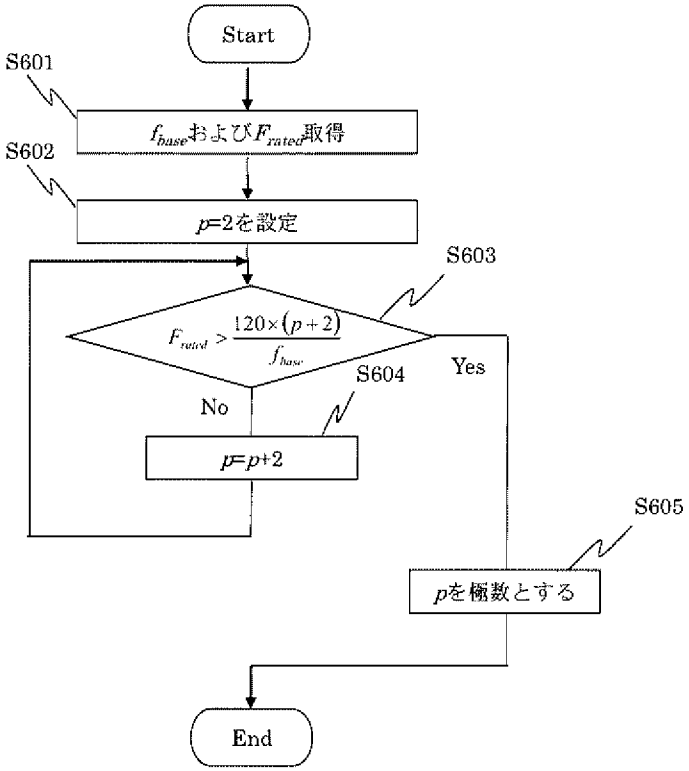
[図5]

【図５】



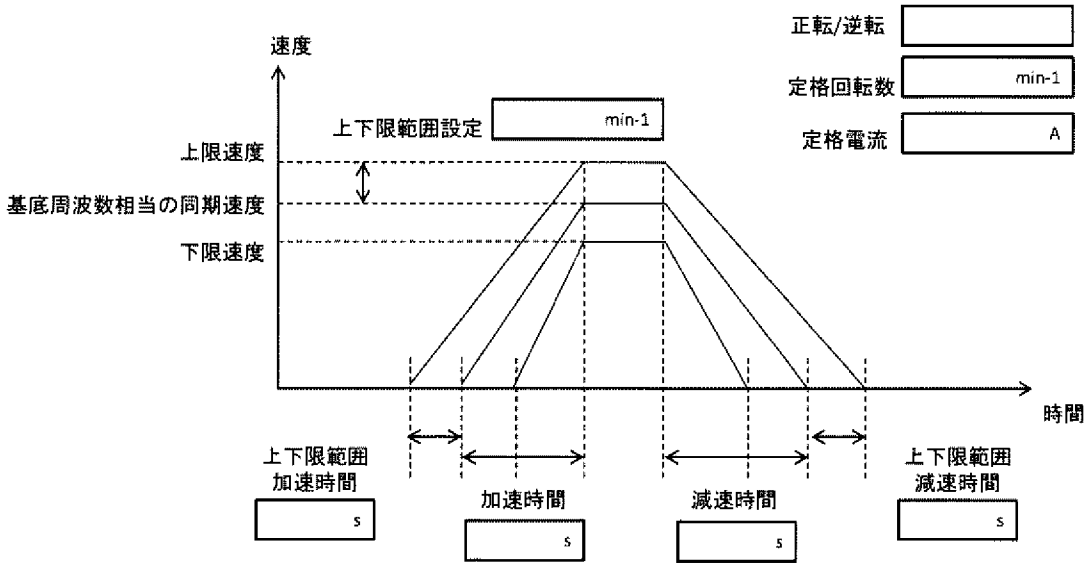
[図6]

【図６】


Start
S601
f_{base}およびF_{rated}取得
S602
p=2を設定
S603
$F_{rated} > \frac{120\times(p+2)}{f_{base}}$
Yes
No
S604
p=p+2
S605
pを極数とする
End

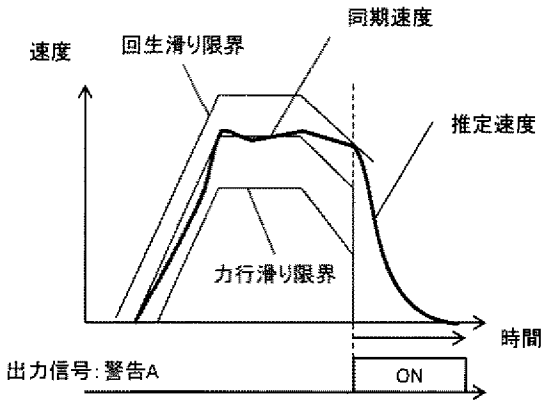
[図7]

【図７】


速度
正転/逆転
定格回転数
min-1
定格電流
A
上下限範囲設定
min-1
上限速度
基底周波数相当の同期速度
下限速度
時間
上下限範囲
加速時間
s
加速時間
s
減速時間
s
上下限範囲
減速時間
s

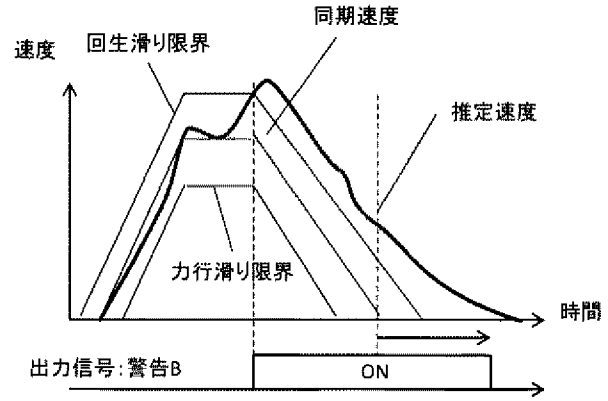
[図8(A)]

【図8（A）】



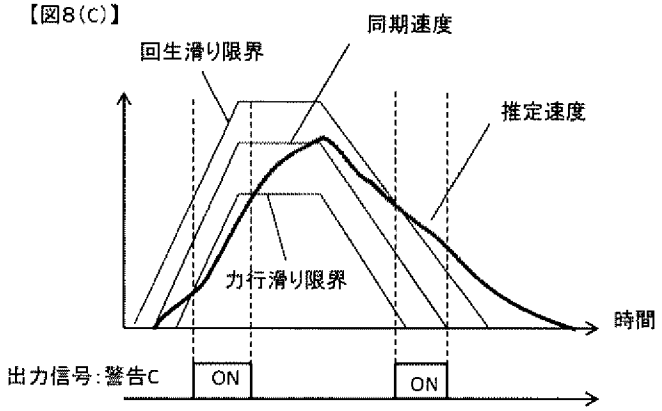
[図8(B)]

【図8(B)】



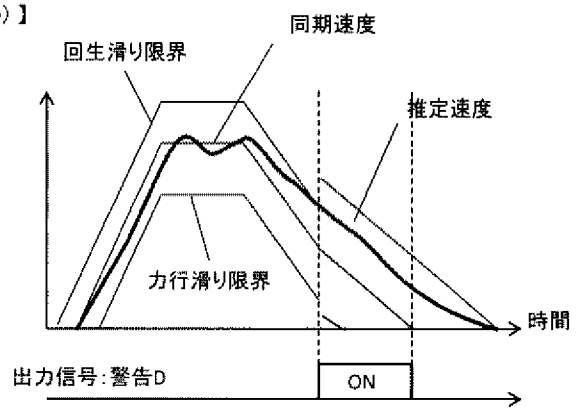
[図8(C)]

【図8(C)】



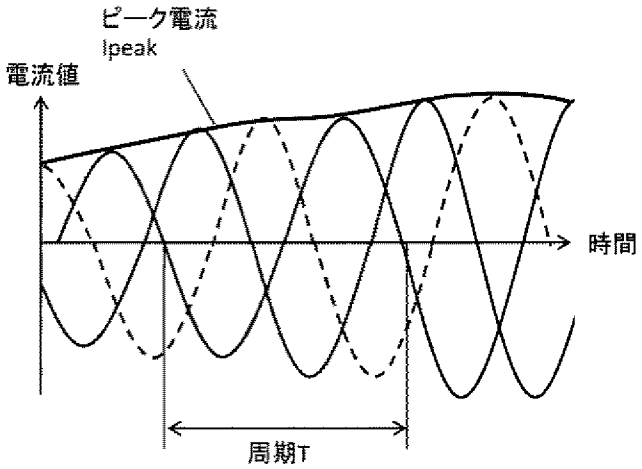
[図8(D)]

【図8（D）】



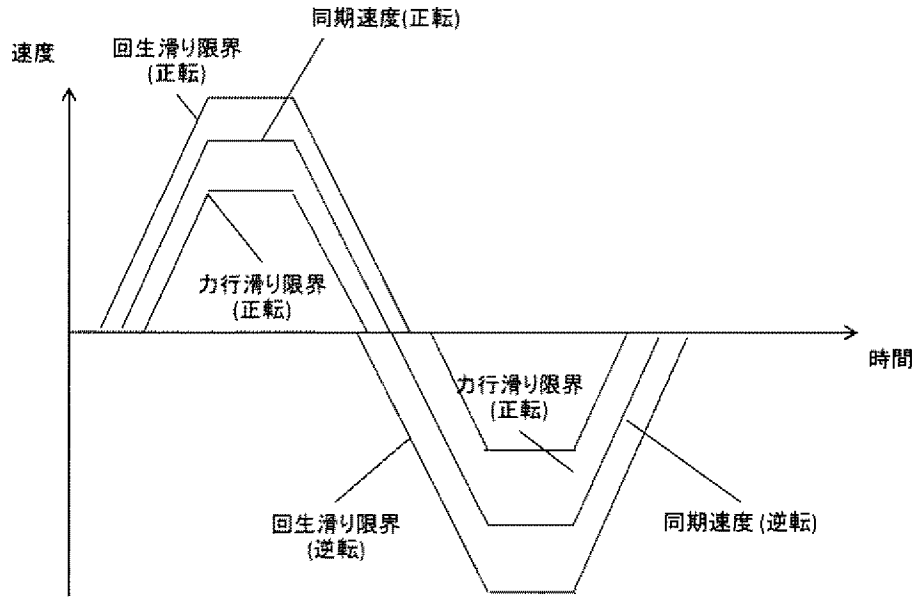
[図9]

【図９】


ピーク電流
Ipeak
電流値
時間
周期T

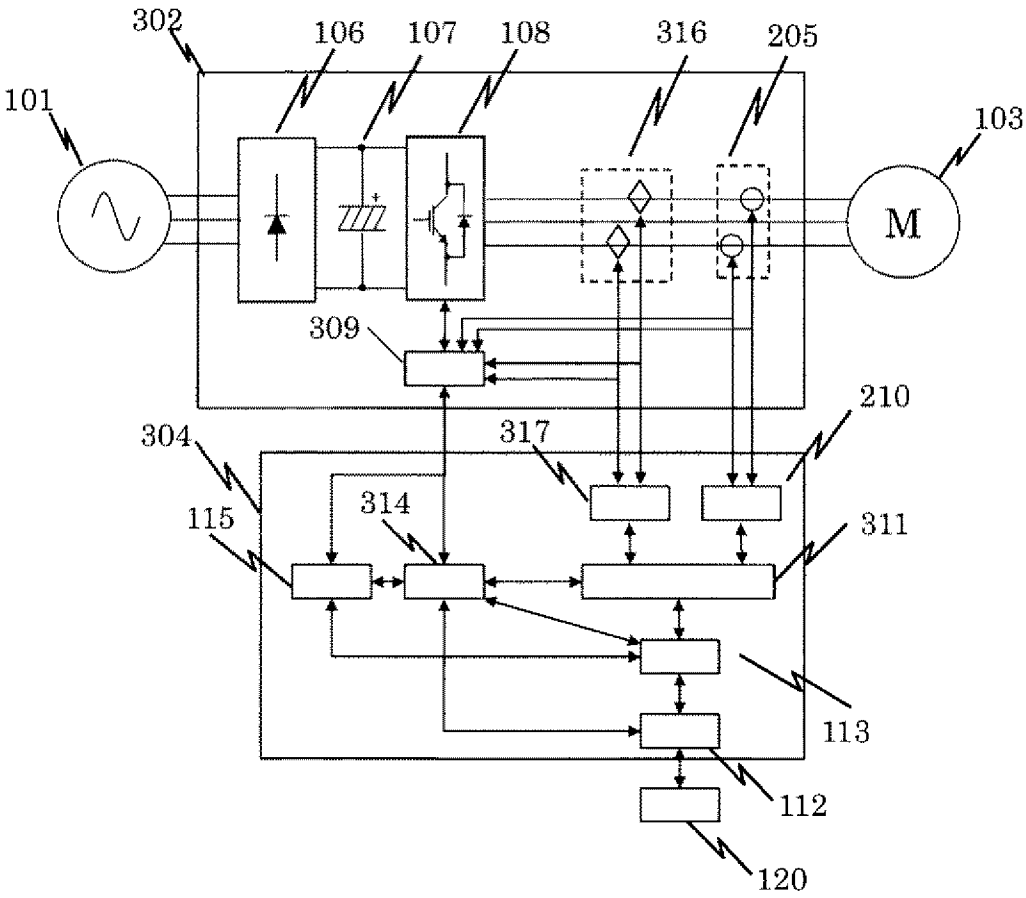
[図10]

【図１０】


速度
同期速度(正転)
回生滑り限界
(正転)
力行滑り限界
(正転)
時間
力行滑り限界
(正転)
回生滑り限界
(逆転)
同期速度(逆転)

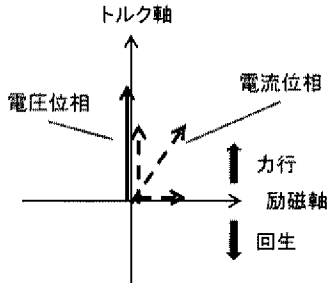
[図11]

【図１１】



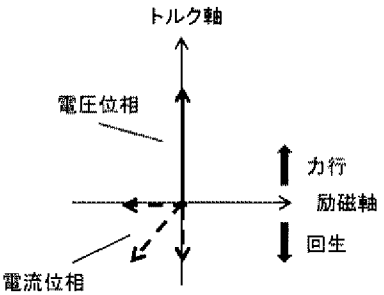
[図12(A)]

【図12（A）】正転時電圧位相をトルク軸基準とした図



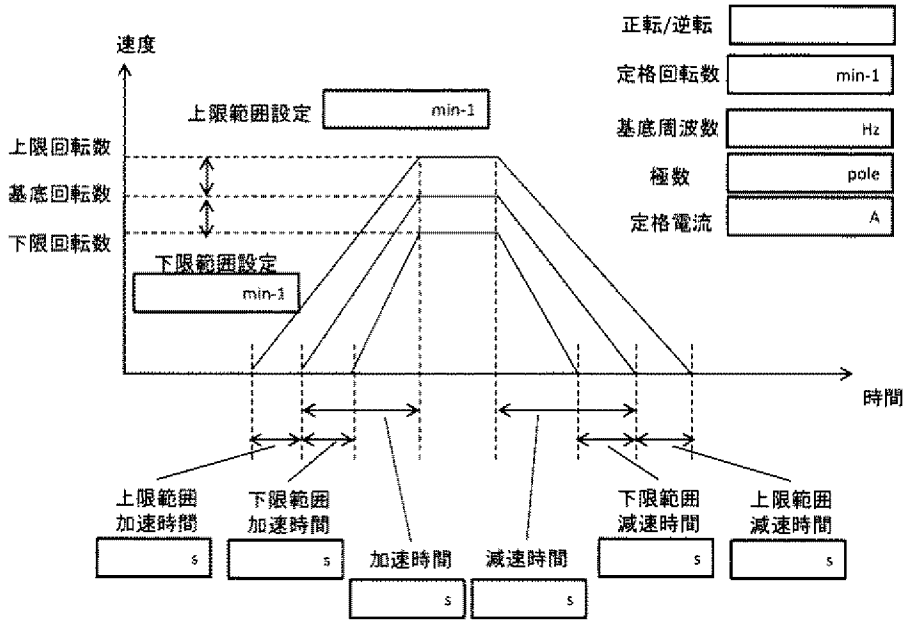
[図12(B)]

【図12（B）】逆転時電圧位相をトルク軸基準とした図



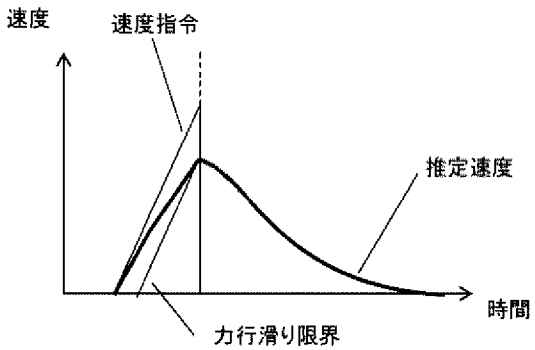
[図13]

【図１３】



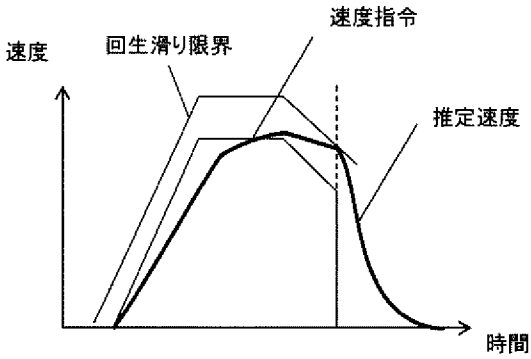
[図14(A)]

【図14(A)】



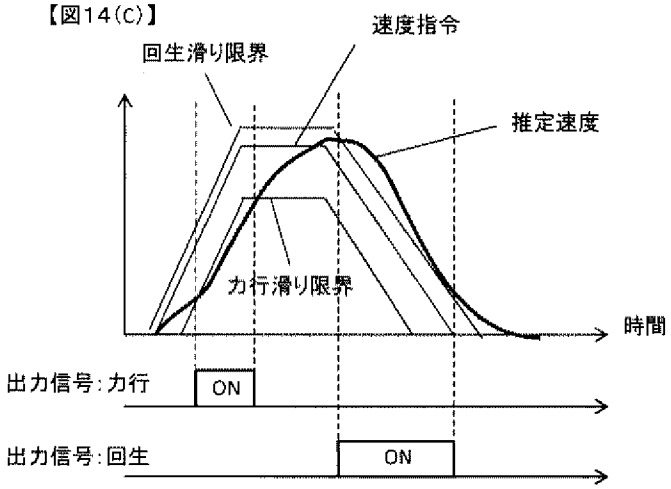
[図14(B)]

【図14(B)】



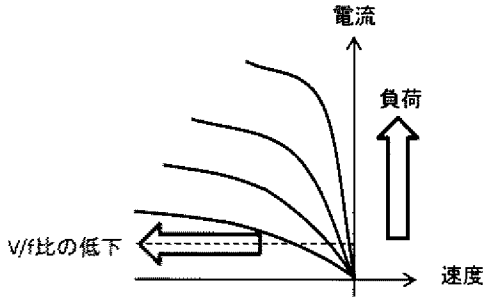
[図14(C)]

【図14(C)】



[図15]

【図15】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/081489

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02P23/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02P23/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2012-157155 A (Sanken Electric Co., Ltd.), 16 August 2012 (16.08.2012), paragraphs [0011] to [0035]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-3,6-7, 10-12,15 4,8-9,13 5,14
Y A	JP 2010-233320 A (Meidensha Corp.), 14 October 2010 (14.10.2010), paragraphs [0018] to [0023]; fig. 1 (Family: none)	4,13 5,14
Y A	JP 2007-244174 A (Hitachi Industrial Equipment System Co., Ltd.), 20 September 2007 (20.09.2007), paragraph [0042] & US 2007/0210741 A1 & EP 1835612 A1 & CN 101039092 A	8 5,14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 February 2015 (12.02.15)	24 February 2015 (24.02.15)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/081489

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2008-43126 A (Yaskawa Electric Corp.), 21 February 2008 (21.02.2008), paragraph [0019] & US 2009/0230903 A1 & CN 101479928 A & KR 10-2009-0113241 A	9 5,14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０８１４８９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P23/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P23/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2012-157155 A (サンケン電気株式会社) 2012.08.16, ［００１１］－［００３５］, 第１図－第３図（ファミリーなし）	1-3, 6-7, 10-12, 15
Y		4, 8-9, 13
A		5, 14
Y	JP 2010-233320 A (株式会社明電舎) 2010.10.14, ［００１８］－［００２３］, 第１図（ファミリーなし）	4, 13
A		5, 14
Y	JP 2007-244174 A (株式会社日立産機システム) 2007.09.20, ［０	8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１２．０２．２０１５	２４．０２．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）

郵便番号１００－８９１５

東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｖ　３６３０

塩治　雅也

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	０４２］ & US 2007/0210741 A1 & EP 1835612 A1 & CN 101039092 A	5,14
Y	JP 2008-43126 A (株式会社安川電機) 2008.02.21, ［００１９］ &	9
A	US 2009/0230903 A1 & CN 101479928 A & KR 10-2009-0113241 A	5,14