(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
2019年9月6日(06.09.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/167379 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 25/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/045544

(22) 国際出願日： 2018年12月11日(11.12.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2018-038105 2018年3月2日(02.03.2018) JP

(71) 出願人: 株式会社日立製作所(**HITACHI, LTD.**) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

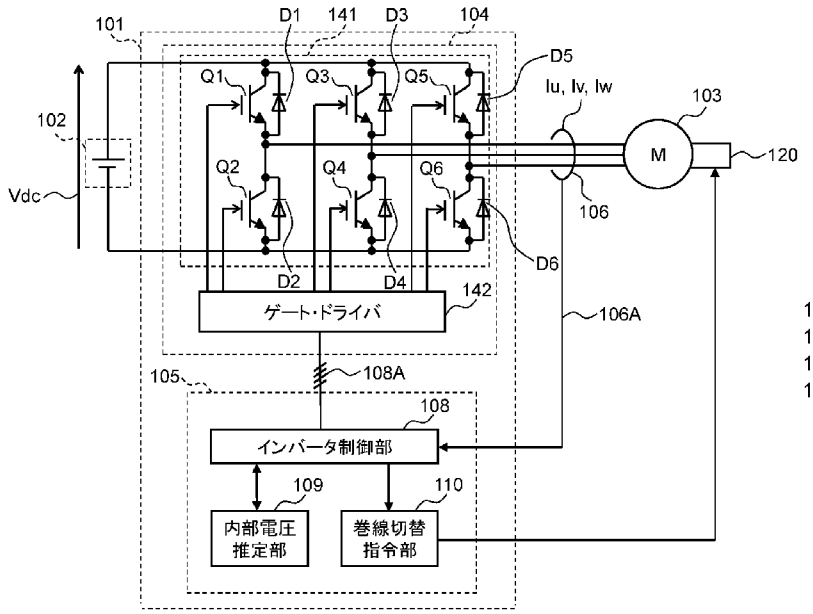
(72) 発明者: 高橋 暁史 (**TAKAHASHI, Akeshi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 岩路 善尚(**IWAJI, Yoshitaka**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 杉本 愼治(**SUGIMOTO, Shinji**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人サンネクスト国際特許事務所(**SUNNEXT INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目３番１２号 シーフォートスクエア センタービルディング１６階 Tokyo (JP).

(54) **Title:** ROTATING MACHINE DRIVE SYSTEM

(54) 発明の名称： 回転機駆動システム

図 1



(57) **Abstract:** This rotating machine drive system is provided with: a rotating machine having a plurality of windings; a phase current detection circuit for detecting phase currents supplied to the rotating machine; an inverter device including an inverter circuit and a control device and operating the rotating machine in a variable speed manner, wherein said inverter circuit converts the DC power from a DC power supply to an AC power and said control device controls, on the basis of the phase currents detected by the phase current detection circuit, power conversion performed by an inverter main

WO 2019/167379 A1

［続葉有］

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

circuit; and a winding switching device for switching the connection of the plurality of windings according to a command from the control device. When changing the rotation range of the rotating machine, the control device stops the current supply from the inverter circuit to the rotating machine and switches the rotation range of the rotating machine from a low-speed rotation range to a high-speed rotation range or from the high-speed rotation range to the low-speed rotation range on the condition that an inter-line internal voltage induced by the field flux of the rotating machine is smaller than the DC voltage of the DC power supply.

(57) 要約:複数の巻線を有する回転機と、回転機に供給される相電流を検出する相電流検出回路と、直流電源からの直流電力を交流電力に変換するインバータ回路と相電流検出回路の検出による相電流を基にインバータ主回路による電力変換を制御する制御装置を含み、回転機を可変速運転するインバータ装置と、制御装置からの指令により複数の巻線の接続を切り替える巻線切替装置を備え、制御装置は、回転機の回転域を変更する場合、インバータ回路から回転機への電流供給を停止し、且つ、回転機の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧が、直流電源の直流電圧よりも小さいことを条件に、回転機の回転域を低速回転域から高速回転域に或いは高速回転域から低速回転域に切り替える。

明　細　書

発明の名称 ： 回転機駆動システム

技術分野

[0001] 本発明は、回転機を駆動する回転機駆動システムに関するものである。

背景技術

[0002] インバータ装置によって可変速運転される回転機の効率は、一般に一定負荷条件で回転数を推移させて得られる効率カーブで表され、要求される回転範囲のうち一部の回転域で効率がピークとなる。機器の省エネ化を実現するためには、幅広い回転範囲において効率カーブを向上させ、回転機の電力損失を低減することが重要である。

[0003] しかしながら、従来回転機では、低速回転域において効率が低くなることが知られている。この要因の一つとして、従来回転機では回転範囲を拡大するためにインダクタンスが小さくなるように設計されていることが挙げられる。インダクタンスが小さい従来回転機においては、回転機に供給される略正弦波状の電流波形に対して、インバータ装置のスイッチング周波数に応じた高調波成分が重畳される。このため、回転機のコアに発生する鉄損の高調波成分や、固定子巻線の表皮効果および近接効果によって発生する交流銅損などが大きくなり、結果として回転機の効率低下を招く。

[0004] これに対して、回転機を設計段階で高インダクタンス化することで、電流値そのものを低減できるとともに高調波成分を低減できることが知られている。これによって、低速回転域での効率向上を実現することが可能となるが、一方で高速回転域の効率が低下するほか、高速回転域まで駆動できず回転子が脱調してしまう課題がある。

[0005] このような課題に対して、特許文献１のように低速回転域と高速回転域とで固定子巻線の接続を切り替える技術がある。回転機の駆動中に接続を切り替える場合、切替接点にアークが発生して接点寿命が低下する。特許文献１では、接点アークを回避する目的でトルク指令を絞り、インバータ主回路を

無通電状態にした上で接続を切り替える技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平５－３６９４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 接点アークの発生原因は、接点開閉動作の際に接点間の距離が微小となる瞬間において、当該部の電界強度が増大することで絶縁破壊に至り、過大な電流が流れることにある。このため、接点部分が無通電状態であったとしても、接点間に電位差が発生する構成で、かつ接点閉の状態で通電可能な回路が形成される構成においては、接点アークの発生を回避することはできず、接点の長寿命化を実現することは困難である。

[0008] この課題は、低速回転域と高速回転域の間を遷移する過程で巻線接続を切り替える場合においても同様である。インバータ主回路を無通電状態で巻線接続を切り替えても、回転機の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧Ｖａｃとインバータ装置に供給される直流電圧Ｖｄｃとの間には必ず電位差が発生する。このため、接点間にも電位差が発生し、かつ接点閉の状態で通電可能な回路が形成される。したがって、回転機の加減速に応じて巻線の接続切替を行うたびに接点アークが繰り返し発生し、接点の寿命が短くなることで保守コストが増大するほか、接点溶融などの不具合リスクが高まることで駆動システムとしての信頼性が低下するといった課題がある。

[0009] なお、上述の課題を解決する手段として、切替接点を半導体スイッチング素子で構成する方法が開示されている。しかしながら、この方法では回転機の駆動時において常にスイッチング素子に通電するため、導通損が発生する。すなわち、切替接点部で新たに電力損失が発生するため、駆動システム全体のエネルギー効率向上という観点では得策とは言えない。

[0010] 本発明の目的は、接点アークが発生することなく回転機の回転域を変更す

ることである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するために、本発明は、複数の巻線を有する回転機と、前記回転機に供給される相電流を検出する相電流検出回路と、直流電源からの直流電力を交流電力に変換するインバータ回路と前記相電流検出回路の検出による相電流を基に前記インバータ回路による電力変換を制御する制御装置を含み、前記回転機を可変速運転するインバータ装置と、前記制御装置からの指令により前記複数の巻線の接続を切り替える巻線切替装置と、を備え、前記制御装置は、前記回転機の回転域を変更する場合、前記インバータ回路から前記回転機への電流供給を停止し、且つ、前記回転機の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧が、前記直流電源の直流電圧よりも小さいことを条件に、前記回転機の回転域を低速回転域から高速回転域に或いは前記高速回転域から前記低速回転域に切り替えることを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、接点アークが発生することなく回転機の回転域を変更することができ、結果として、インバータ装置によって可変速運転される回転機において、低速回転域から高速回転域に亘る回転範囲で効率を向上させることができる。

[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]本発明の第１の実施例における回転機駆動システムの全体構成を表すブロック図。

[図2]本発明の第１の実施例における巻線切替装置の説明図。

[図3]本発明の第１の実施例における接続切替時の回路図、および回転機の内部電圧波形図。

[図4]本発明の第１の実施例における消磁制御の構成を表すブロック図。

[図5]本発明の第１の実施例における消磁制御の効果を表す説明図。

[図6]本発明の第１の実施例における接続切替シーケンスを表すフローチャート。

[図7]本発明の第２の実施例における接続切替タイミングを表す説明図。

[図8]本発明の第３の実施例における鉄道車両に用いた回転機駆動システムの構成図。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。以下の説明では、同一の構成要素には同一の記号を付してある。それらの名称および機能は同じであり、重複説明は避ける。また、以下の説明では１Ｙ結線と２Ｙ結線の接続切替を対象としているが、本発明の効果はこれに限定されるものではなく、上記とは異なる並列接続数のＹ結線を切り替える構成や、Δ結線の並列接続数を切り替える構成や、Ｙ結線とΔ結線を切り替える構成にも適用可能である。また、回転機は誘導機でもよいし永久磁石同期機でもよいし巻線型同期機でもよいし、シンクロナスリラクタンス回転機でもよい。また、固定子の巻線方式は集中巻でもよいし分布巻でもよい。また、固定子巻線の相数も、実施例の構成に限定されるものではない。また、インバータ装置の半導体スイッチング素子はＩＧＢＴ（Ｉｎｓｕｌａｔｅｄ Ｇａｔｅ Ｂｉｐｏｌａｒ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）を対象としているが、本発明の効果はこれに限定されるものではなく、ＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ Ｏｘｉｄｅ Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ Ｆｉｅｌｄ Ｅｆｆｅｃｔ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）でもよいし、その他の電力用半導体素子でもよい。また、回転機の制御方式として、速度検出器や電圧検出器を使用しないベクトル制御を対象としているが、速度検出器や電圧検出器を使用した制御方式にも適用可能である。

実施例 １

[0016] 以下、図１乃至図６を用いて、本発明の第１の実施例について説明する。図１は、本発明の第１の実施例における回転機駆動システムの全体構成を表すブロック図である。図２は、本発明の第１の実施例における巻線切替装置

の説明図である。図３は、本発明の第１の実施例における接続切替時の回路図、および回転機の内部電圧波形図である。図４は、本発明の第１の実施例における消磁制御の構成を表すブロック図である。図５は、本発明の第１の実施例における消磁制御の効果を表す説明図である。図６は、本発明の第１の実施例における接続切替シーケンスを表すフローチャートである。

[0017] 本実施例の回転機駆動システムの全体構成について、図１を用いて説明する。図１において、インバータ装置１０１は、直流電源１０２の出力による直流電力を交流電力に変換し、交流電力を回転機１０３に出力するインバータ回路１０４と、インバータ回路１０４に接続された回転機１０３に流れる電流を検出する相電流検出回路１０６と、相電流検出回路１０６で検出された相電流情報１０６Ａを基に印加電圧指令パルス信号１０８Ａを用いて、インバータ回路１０４に対するインバータ制御（電力変換制御）を行って、回転機１０３を可変速運転する制御装置１０５で構成されている。相電流検出回路１０６は、ホールＣＴ（Ｃｕｒｒｅｎｔ　Ｔｒａｎｓｆｏｒｍｅｒ）等から成り、Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相の３相の電流波形Ｉｕ、Ｉｖ、Ｉｗを検出している。ただし、相電流検出回路１０６によって必ずしも３相全ての電流を検出する必要はなく、いずれかの２相を検出し、３相電流が平衡状態であると仮定して他の１相を演算により求める構成でも良い。インバータ回路１０４は、ＩＧＢＴＱ１～Ｑ６とダイオード（還流ダイオード）Ｄ１～Ｄ６などの複数の半導体スイッチング素子から構成されたインバータ主回路１４１と、インバータ制御部１０８からの印加電圧指令パルス信号１０８Ａに基づいてインバータ主回路１４１のＩＧＢＴＱ１～Ｑ６へのゲート信号を発生するゲート・ドライバ１４２から構成されている。

[0018] 回転機１０３は、例えば、複数の巻線を有する誘導機で構成され、各巻線の結線を切り替えられるように一部の巻線の始端と終端が引き出され、巻線切替装置１２０に格納される。巻線切替装置１２０は、回転機１０３の巻線の結線を切り替え可能な回路構成を有し、巻線切替指令部１１０からの信号に基づいて巻線接続を切り替える。

[0019] 制御装置１０５は、相電流検出部１０６で検出された相電流情報１０６Ａを用いて印加電圧指令パルス情報１０８Ａを算出するインバータ制御部１０８と、回転機１０３の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧Ｖａｃを推定する内部電圧推定部１０９と、巻線切替装置１２０に接続切替の信号を与える巻線切替指令部１１０から構成されている。

[0020] インバータ制御部１０８は、回転機１０３に印加する交流電圧指令値や検出電流値（相電流検出部１０６の検出電流値）に基づき回転周波数を推定するアルゴリズムを有し、回転周波数を推定する。ただし、この方法はインバータ装置１０１のインバータ回路１０４から回転機１０３に電流を供給している場合のみ有効である。電流供給を停止した状態で巻線の接続切替を実施し、そのあとで電流供給を再開する場合にも対応するため、通電開始直後に瞬時に、回転機１０３の回転周波数を推定するための初期速度推定アルゴリズムもインバータ制御部１０８は有している。また、回転機１０３の界磁磁束の軸をｄ軸とし、ｄ軸に直交するトルク電流を操作する軸をｑ軸と定義して、電圧、電流、磁束といった交流変化する物理量をｄｑ軸座標系の直流量として扱う。

[0021] 内部電圧推定部１０９は、相電流情報１０６Ａを基にインバータ制御部１０８で演算される回転周波数や界磁磁束の情報を用いて、回転機１０３の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧Ｖａｃを推定し、推定結果をインバータ制御部１０８に出力する。

[0022] 続いて図２、図３を用いて、切替装置の構成とこれを用いることで本発明の目的が達成される原理を説明するとともに、接続切替時に接点アークが発生する課題と解決手段、およびその原理について説明する。

[0023] 図２（ａ）は回転機１０３の固定子Ｕ相巻線１５０ｕに関して、２つの巻線１５０ｕ１、１５０ｕ２の始端（端子）Ｕ１・Ｕ２と終端（端子）Ｕ３・Ｕ４を引き出し、直列・並列を切り替える構成を模式的に示した図である。Ｖ相、Ｗ相については同様のため記載を省略した。図２（ａ）のＵ相巻線１５０ｕの始端Ｕ１と始端Ｕ２、終端Ｕ３と終端Ｕ４をそれぞれ切替装置１２

０ｕ２で並列接続し、Ｖ相、Ｗ相も同様に並列接続し、３相の中性点１５１をＹ字状に結線した構成を２Ｙ結線と呼ぶ。他方で、図２（ａ）のＵ相巻線１５０ｕ１の終端Ｕ３とＵ相巻線１５０ｕ２の始端Ｕ２を切替装置１２０ｕ１で直列接続し、Ｖ相、Ｗ相も同様に直列接続し、３相の中性点１５１をＹ字状に結線した構成を１Ｙ結線と呼ぶ。図２（ａ）に示すように、並列接続（３相で見ると２Ｙ結線）に対して直列接続（３相で見ると１Ｙ結線）ではインダクタンスが４倍となる。したがって、直列接続とすることで、インバータ装置１０１から回転機１０３へ供給される電流の高調波成分は大幅に低減される。

[0024] 従来回転機では回転範囲を拡大するためにインダクタンスが小さくなるように設計されるため、電流の高調波成分が大きくなり、図２（ｂ）に示すように、特に低速回転域において効率が低くなる課題があった。これに対し、切替装置１２０を用いて低速回転域では直列接続（３相で見ると１Ｙ結線）とし、高速回転域では並列接続（３相で見ると２Ｙ結線）とすることで、要求される幅広い回転範囲（低速回転域から高速回転域に亘る回転範囲）での駆動を可能としつつ、幅広い回転範囲で効率カーブを向上でき、回転機１０３の電力損失を低減することが可能となる。また、低速回転域においては、直列接続により回転機１０３が高インダクタンス化されるので、インバータ装置１０１から回転機１０３に供給する電流値そのものを低減でき、インバータ装置１０１の電力損失を大幅に低減することが可能となる。ただし、従来技術においては、回転機の駆動中に接続を切り替える場合、切替接点にアークが発生して接点寿命が低下する課題があった。

[0025] 図３は、接続切替時にインバータ主回路１４１から回転機１０３への電流供給を停止し、無通電状態とした場合においても、切替接点にアークが発生してしまう原理を模式的に示した図である。図３（ａ）では、回転機１０３の固定子Ｕ相巻線１５０ｕ、Ｖ相巻線１５０ｖ、Ｗ相巻線１５０ｗが、図２に示したように並列接続から直列接続へと切り替えられる状態を一例にとった。各相の巻線切替装置１２０ｕ１、１２０ｖ１、１２０ｗ１を接点開から

接点閉に切り替えて、終端Ｕ３と始端Ｕ２、終端Ｖ３と始端Ｖ２、終端Ｗ３と始端Ｗ２をそれぞれ接続することで、各相２つの巻線１５０ｕ１と１５０ｕ２、１５０ｖ１と１５０ｖ２、１５０ｗ１と１５０ｗ２をそれぞれ直列接続する。インバータ主回路１４１は、直流電源１０２からの電力供給を受けているが、接続切替時には、制御装置１０５が、ＩＧＢＴ（Ｑ１～Ｑ６）のゲートをＯＦＦに制御して回転機１０３への電流供給を停止している。

[0026] したがって、図３（ａ）ではＩＧＢＴを回路構成要素として無視し、ＩＧＢＴの還流ダイオードＤ１～Ｄ６のみを回路構成要素とみなす。なお、半導体スイッチング素子にＭＯＳＦＥＴを使用する場合は、ＭＯＳＦＥＴの寄生ダイオード（ボディダイオード）や、ＭＯＳＦＥＴに並列接続されるショットキーバリアダイオード（ＳＢＤ）が、前述の還流ダイオードと同様に回路構成要素とみなせる。なお、インバータ主回路１４１と直流電源１０２との間には、一般にフィルタリアクトルやフィルタキャパシタ、直流電源１０２の保護回路等が接続されるが、ここでは説明簡略化のためフィルタキャパシタＣｆのみを図示している。

[0027] 回転機１０３では、Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相それぞれに界磁磁束Φ２ｄによって誘起される内部電圧Ｖｉｕ、Ｖｉｖ、Ｖｉｗが発生する。内部電圧Ｖｉｕ、Ｖｉｖ、Ｖｉｗは、回転周波数ｆｒに依存し、図３（ｂ）に示すように交流で変化する。以下では、図３（ｂ）のｔ＝ｔ１の瞬間を例にとり、Ｕ相－Ｗ相間に線間内部電圧Ｖａｃが発生した場合について説明する。なお、内部電圧Ｖｉは、厳密には各相の各巻線１５０ｕ１と１５０ｕ２、１５０ｖ１と１５０ｖ２、１５０ｗ１と１５０ｗ２にそれぞれ発生するが、説明簡略化のため、図３（ａ）では各相１つの交流電圧要素として集約した。

[0028] すなわち、図３（ｂ）の線間内部電圧Ｖａｃの大きさが仮に並列接続時の大きさとすると、直列接続時の線間内部電圧は２Ｖａｃとなる。しかしながら、後述するように、本実施例では、巻線の接続状態に依らず直流電圧Ｖｄｃ（直流電源１０２の両端電圧）と線間内部電圧Ｖａｃの相対的な大小関係のみに着目することで接点アークの課題を解決する手段を見出しており、線

間内部電圧の基準値を並列接続時とするか直列接続時とするかは重要ではない。したがって、接続切替の前後において線間内部電圧Ｖａｃの大きさは異なることを前提とした上で、いずれの場合においても線間内部電圧をＶａｃと表記する。

[0029] 図３（ａ）において、線間内部電圧Ｖａｃが直流電圧Ｖｄｃよりも大きい場合には、始端Ｕ２と終端Ｕ３、始端Ｗ２と終端Ｗ３の間にそれぞれ電位差が発生し、かつ、接点閉に切り替えることで、電流は回転機１０３（高電位側）からインバータ主回路１４１（低電位側）へと流れる。この電流の向きが還流ダイオードＤ１～Ｄ６の順方向と一致するため、サージ電流Ｉｓが発生し、これによって接点アークが引き起こされる。従来技術ではインバータ主回路を無通電状態にして接続を切り替えることで接点アークを回避できると考えられていたが、接続切替の前後いずれかにおいて線間内部電圧Ｖａｃが直流電圧Ｖｄｃよりも大きくなる場合には接点アークが発生する。このような状態では、回転機の加減速に応じて巻線の接続切替を行うたびに接点アークが繰り返し発生し、接点の寿命が短くなることで保守コストが増大するほか、接点溶融などの不具合リスクが高まることで回転機駆動システムとしての信頼性が低下するといった課題があった。

[0030] 上述の課題を解決するため、本実施例では、直流電圧Ｖｄｃと線間内部電圧Ｖａｃの相対的な大小関係に着目した。すなわち、接続切替の前後いずれにおいても、線間内部電圧Ｖａｃが直流電圧Ｖｄｃよりも小さくなるようにすれば、接点アークを回避できると考えた。この原理について、再び図３（ａ）を用いて以下に説明する。線間内部電圧Ｖａｃが直流電圧Ｖｄｃよりも小さい場合には、始端Ｕ２と終端Ｕ３、始端Ｗ２と終端Ｗ３の間にそれぞれ電位差が発生するが、接点閉に切り替えたときに、電流は、インバータ主回路１４１（高電位側）から回転機１０３（低電位側）へと流れようとする。しかし、この電流の向きは還流ダイオードＤ１～Ｄ６に対して逆方向となるため、通電がブロックされ、無通電状態が維持される。このため接点アークは発生しない。この際、制御装置１０５は、回転機１０３の回転域を変更す

る場合、インバータ回路１０４から回転機１０３への電流供給を停止し、且つ、回転機１０３の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧Ｖａｃと直流電源１０２の出力による直流電圧Ｖｄｃとを比較し、線間内部電圧Ｖａｃが、直流電圧Ｖｄｃよりも小さいことを条件に、回転機１０３の回転域を低速回転域から高速回転域に或いは高速回転域から低速回転域に切り替えることになる。

[0031] 接続切替の前後における直流電圧Ｖｄｃと線間内部電圧Ｖａｃの大小関係の組合せと、接点アークの発生有無、ならびに各組合せで想定される低速回転域と高速回転域の遷移状態を以下の表１にまとめる。

[表1]

#	接続切替の前	接続切替の後	接点アーク	想定される主な遷移状態	
				低速→高速	高速→低速
1	Ｖｄｃ＜Ｖａｃ	Ｖｄｃ＜Ｖａｃ	× 発生する	○	○
2	Ｖｄｃ＜Ｖａｃ	Ｖｄｃ＞Ｖａｃ	× 発生する	○	-
3	Ｖｄｃ＞Ｖａｃ	Ｖｄｃ＜Ｖａｃ	× 発生する	-	○
4	Ｖｄｃ＞Ｖａｃ	Ｖｄｃ＞Ｖａｃ	発生しない	○	○

[0032] 表１の遷移状態に関しては、図２（ｂ）に示すように、低速回転域で直列接続（１Ｙ結線）としたときに内部電圧が増加することから、＃２は低速→高速の遷移時を想定したケースである。同様に＃３は、高速→低速の遷移時を想定したケースである。

[0033] 線間内部電圧Ｖａｃは、回転機１０３の回転周波数ｆｒに依存し、その大きさは、次の（１）式に示すように、界磁磁束Φ２ｄと回転周波数ｆｒに比例する。

[数1]

$$Vac \propto \Phi 2d \cdot fr \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

[0034] 本実施例では、内部電圧推定部１０９で線間内部電圧Ｖａｃを推定し、接続切替の前後いずれにおいても、線間内部電圧Ｖａｃが直流電圧Ｖｄｃより

も小さくなるような回転周波数ｆｒにおいて、巻線切替指令部１１０が巻線接続を切り替える指令を出すよう構成する。これによって、常に表１の＃４の状態で接続切替を実施することが可能となり、接点アークを回避することが可能となる。

[0035] なお、接続切替の前後における線間内部電圧Ｖａｃは設計段階で把握できる。したがって、接続切替の前後いずれにおいても、線間内部電圧Ｖａｃが、直流電圧Ｖｄｃよりも小さくなるような回転周波数ｆｒで接続切替の指令を出すように、巻線切替指令部１１０を予め構成しておくことで、内部電圧推定部１０９がなくても、接点アークを回避することが可能である。

[0036] 以上にて、接続切替時に接点アークが発生する課題と解決手段、およびその原理について説明した。

[0037] ところで、表１の＃１～３に対しては、従来技術では接点アークを回避できない。一方、本実施例では、この課題を解決するために、接続切替の前後いずれにおいても、線間内部電圧Ｖａｃが、直流電圧Ｖｄｃより小さくなるような消磁制御を行う方法を見出した。これに関して図４、図５を用いて以下に説明する。

[0038] 図４は消磁制御の処理構成を表す図である。図５は消磁制御によってインバータ制御部１０８の各操作量と界磁磁束Φ２ｄがどのように変化するかを模式的に表した波形図である。一例として、誘導機（回転機１０３）の駆動状態においては、インバータ主回路１４１から回転機１０３への電流供給を停止しても、界磁磁束Φ２ｄはすぐに零にはならず、回転子の二次抵抗と二次漏れインダクタンスで決定される時定数で減衰するため、磁束の消失に時間がかかる。この状態では、接続切替に膨大な時間を要するため、回転機駆動システムとしての要求仕様を満足できなくなる。

[0039] そこで本実施例では、インバータ主回路１４１が、回転機１０３への電流供給を停止する前に、内部電圧推定部１０９の演算結果に基づき、接続切替の前後のいずれかにおいて線間内部電圧Ｖａｃが、直流電圧Ｖｄｃより大きいと判定した場合には、界磁磁束を減少させて、線間内部電圧Ｖａｃが、接

続切替の前後いずれにおいても直流電圧Ｖｄｃより小さくなるような消磁制御を行う。

[0040] 具体的には、図４に示すように、インバータ制御部１０８では、電流指令操作処理１０８Ａとして、励磁電流指令値Ｉｄ＊の過去値を記憶し、時間に対する励磁電流指令値Ｉｄ＊の変化分ΔＩｄを求める。続いて、インバータ制御部１０８では、ゲイン設定部１０８Ｂに設定された消磁制御ゲイン補正値ＫＭと、時間に対する励磁電流指令値Ｉｄ＊の変化分ΔＩｄとから、消磁制御励磁電流操作量の計算１０８Ｃとして、次の（２）式により消磁制御励磁電流操作量ΔＩｄ’を計算する。

[数2]

$$\Delta Id' = KM \cdot \Delta Id \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

[0041] ただし、ＫＭ：消磁制御ゲイン補正値

ΔＩｄ：時間に対する励磁電流指令値Ｉｄ＊の変化分

[0042] ここで、消磁制御励磁電流操作量ΔＩｄ’は、図５（ａ）に示す励磁電流指令値Ｉｄ＊の時間微分値であり、その波形は、図５（ｂ）に示す通りである。消磁制御においてΔＩｄ’は負であり、次の（３）式が成り立つ。

[数3]

$$Id^* > Id^* + \Delta Id' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

[0043] 次に、インバータ制御部１０８では、磁束指令演算１０８Ｄとして、図５（ｃ）に示すＩｄ＊＋ΔＩｄ’に対するローパスフィルタ処理を実行し、Ｉｄ＊＋ΔＩｄ’のローパスフィルタ値を示すｄ軸磁束指令値Φ２ｄ＊を生成する。したがって、図５（ｄ）に示すように、消磁制御なしの場合、ｄ軸磁束指令値Φ２ｄ＊がゼロに収束するまで、時間ｔ１～ｔ４が必要である。これに対して、消磁制御ありの場合、ｄ軸磁束指令値Φ２ｄ＊が時間ｔ１～ｔ３でゼロに収束した。すなわち、消磁制御の有効化によって、ｄ軸磁束指令値Φ２ｄ＊がゼロに収束する時間は、時間ｔ４からｔ３に短縮される。

[0044] 以上のように、表１の＃１～３の状態であっても、上述の消磁制御によっ

て常に表１の＃４の状態を短時間で作り出すことができ、その上で接続切替を実施することで確実に接点アークを回避することが可能となる。また、接続切替に要する時間を最小化できるので、回転機駆動システムとしての要求性能を維持しつつ、幅広い回転範囲で効率カーブを向上することができる。すなわち、低速回転域から高速回転域に亘って回転機１０３の効率を高めることができる。

[0045] 以上に述べた接続切替のシーケンスを図６のフローチャートに纏める。図６において、制御装置１０５では、内部電圧推定部１０９が、相電流情報１０６Ａを基にインバータ制御部１０８で演算される回転周波数や界磁磁束の情報を用いて、回転機１０３の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧Ｖａｃを推定する（Ｓ１）。次に、インバータ制御部１０８は、内部電圧推定部１０９の推定結果から、直流電圧Ｖｄｃが線間内部電圧Ｖａｃよりも大きいか否かを判定する（Ｓ２）。ステップＳ２で、直流電圧Ｖｄｃが線間内部電圧Ｖａｃよりも大きくないと判定した場合（ＮＯ）、すなわち、直流電圧Ｖｄｃが線間内部電圧Ｖａｃよりも小さいと判定した場合、インバータ制御部１０８は、消磁制御を実行し（Ｓ３）、ステップＳ１の処理に戻り、ステップＳ１～Ｓ２の処理を繰り返す。

[0046] 一方、ステップＳ２で、直流電圧Ｖｄｃが線間内部電圧Ｖａｃよりも大きいと判定した場合（ＹＥＳ）、インバータ制御部１０８は、インバータ装置１０１から回転機１０３への電流供給停止の制御を実行し（Ｓ４）、巻線指令部１１０に接続切替の指令を出力する。接続切替の指令を受けた巻線切替指令部１１０は、巻線切替装置１２０に対して接続切替の指令を出力する（Ｓ５）。この結果、巻線切替装置１２０により回転機１０３の巻線の接続切替が実行される。

[0047] この後、インバータ制御部１０８は、インバータ装置１０１から回転機１０３への電流供給再開の制御（ＩＧＢＴをスイッチング動作させる制御）を実行し（Ｓ６）、このルーチンでの処理を終了する。

[0048] ところで、回転機１０３の巻線の接続切替に伴い、インバータ主回路１４

１から回転機１０３への電流供給を停止すると、回転機１０３のトルクが零となるため、回転機駆動システムの慣性のみで回転機１０３は回転する状態となる。また、接続切替の後に、インバータ主回路１４１から回転機１０３への電流供給を再開する場合も、回転機１０３のトルクを零から立ち上げるため、所望の加速性能や回転条件に到達するまでに時間を要することとなる。車両に搭載された回転機駆動システムの場合は、このような期間が存在することで乗り心地が悪化する課題がある。

[0049] そこで本実施例では、上述の消磁制御を行った後も、線間内部電圧Ｖａｃが内部電圧推定部１０９によって推定可能な大きさとなるように消磁レベルを制御して、界磁磁束を残す方法を見出した。これにより、接続切替が実施された後においても、インバータ制御部１０８は、残留している界磁磁束を基にして電流投入位相を演算しやすくなり、インバータ主回路１４１から回転機１０３への電流供給をスムーズに再開できるようにする。また、界磁磁束を残すことで、電流供給再開後の回転機３のトルク立上げ時間を最小限に止めることが可能となる。

[0050] 上述の制御は、特に１Ｃ１Ｍのシステムにおいて、接続切替時の減速を防止する点で有効となる。

[0051] また、インバータ装置１台と回転機の少なくとも２台とを組合せて駆動される１ＣｎＭ（ｎ＝２、３、４、・・・）の構成に対しても、同様の効果を得ることができるので有効である。

[0052] また、１ＣｎＭ（ｎ＝１、２、３・・・）の組合せが少なくとも２群以上で構成される回転機駆動システムでは、群毎に接続切替のタイミングをずらすことで、接続切替時の減速影響をさらに低減することが可能である。

[0053] 一方で、巻線の接続切替に要する時間がある程度許容される回転機駆動システムにおいては、消磁制御を行った後、線間内部電圧Ｖａｃが内部電圧推定部１０９によって推定できないほど十分小さくなるように消磁レベルを制御してもよい。すなわち、制御装置１０５は、消磁制御を行った後の線間内部電圧Ｖａｃが、相電流情報１０６Ａを基に推定した値で見たときにゼロと

なるように、消磁レベルを制御する。この際、制御装置１０５が、消磁制御を行った後の線間内部電圧Ｖａｃは、制御装置１０５が、相電流情報１０６Ａを基にゼロと推定するほどの大きさなので、実質的にもゼロである。これによって、接点間（終端・始端間）の電位差を最小化することが可能となるので、接点の耐久性をさらに向上することができる。

[0054] 本実施例では、回転機１０３の巻線の接続切替に伴い、回転機１０３の回路定数が変化するため、インバータ装置１０１には、接続切替の前後それぞれの巻線接続状態を表す複数の制御パラメータを記録させる。そして、インバータ主回路１４１から回転機１０３への電流供給を停止してから、次に電流供給を再開するまでの間に、内部電圧推定部１０９やインバータ制御部１０８での演算に用いられる制御パラメータの少なくとも1つが、接続切替の前における制御パラメータから、接続切替の後における制御パラメータに変更されるようにプログラムする。これによって、電流供給再開後の回転機１０３のトルク立上げをスムーズに実施することができる。

[0055] なお、永久磁石同期機においては、界磁磁束が永久磁石の磁化によって常時発生している。このため、表１の＃１～３に対しては、永久磁石の磁化を打ち消すような電流を固定子から印加すればよく、上述の消磁制御を適用することで常に表１の＃４の状態を作り出すことができ、その上で接続切替を実施することで確実に接点アークを回避することが可能となる。ただし、消磁に要するエネルギーが大きくなるため、消磁制御に伴うトルクショックが大きくなる場合がある。この点で、巻線接続の切替は誘導機で構成される回転機駆動システムで実施する方が好ましい。

[0056] また、シンクロナスリラクタンス回転機の場合は、回転子コアの残留磁化が界磁磁束源となる。この場合においても同様に消磁制御が適用可能であり、常に表１の#４の状態で接続切替を実施することで、確実に接点アークを回避することができる。

[0057] 本実施例によれば、接点アークが発生することなく回転機の回転域を変更することができ、結果として、インバータ装置によって可変速運転される回

転機において、低速回転域から高速回転域に亘る回転範囲で効率を向上させることができる。また、上述した効果のほかにも次のような効果がある。

[0058] 内部電圧の制御のみで接点アークを回避できるので、追加の保護回路が不要となりコストがかからない。

[0059] 半導体スイッチング素子を使用せずに、機械スイッチで構成するため、切替装置部分で新たな電力損失が発生しない。

実施例 2

[0060] 図７を用いて本発明の第２の実施例について説明する。図７は、本発明の第２の実施例における接続切替タイミングを表す説明図である。

[0061] 図７（ａ）に示すように、低速回転域から高速回転域へと遷移するときには、回転機１０３の端子電圧（モータ端子電圧）Ｖｍが、インバータ主回路１４１から供給可能な最大電圧Ｖｍａｘに対して、０．５＜Ｖｍ/Ｖｍａｘ又は０．５＝Ｖｍ/Ｖｍａｘ、且つＶｍ/Ｖｍａｘ＜１又はＶｍ/Ｖｍａｘ＝1となる第１の電圧比範囲で接続切替を実施する。この理由は、一般に可変速運転される回転機１０３では、端子電圧Ｖｍが最大電圧Ｖｍａｘに到達する回転数で効率が最大となるように設計されるためである。それに対して０．５倍の回転数（端子電圧は０．５Ｖｍａｘ）よりも高い領域であれば、接続切替の前後で効率には大差がないためである。

[0062] 同様にして、図７（ｂ）に示すように、高速回転域から低速回転域へと遷移するときには、回転機１０３の端子電圧（モータ端子電圧）Ｖｍが、インバータ主回路１４１から供給可能な最大電圧Ｖｍａｘに対して、０＜Ｖｍ/Ｖｍａｘ又は０＝Ｖｍ/Ｖｍａｘ、且つＶｍ/Ｖｍａｘ＜０．５又はＶｍ/Ｖｍａｘ＝０．５となる第２の電圧比範囲で接続切替を実施する。

[0063] 本実施例によれば、回転機１０３の回転域が低速回転域から高速回転域へと遷移するときには、第１の電圧比範囲で接続切替を実施し、回転機１０３の回転域が高速回転域から低速回転域へと遷移するときには、第２の電圧比範囲で接続切替を実施することで、接続切替の前後における回転機１０３の効率を最大にすることができる。

実施例 3

[0064] 図８を用いて本発明の第３の実施例について説明する。図８は、本発明の第３の実施例における鉄道車両に用いた回転機駆動システムの構成図である。

[0065] 鉄道車両の駆動装置は架線２から集電装置５を介して電力が供給され、電力変換装置１を経由して交流電力が回転機１０３に供給されることで回転機１０３を駆動する。回転機１０３は鉄道車両の車軸４と連結されており、回転機１０３により鉄道車両の走行が制御される。電気的なグランドはレール３を介して接続されている。ここで、架線２の電圧は直流および交流のどちらでもよい。

[0066] 上記実施例によれば、これまでの実施例の回転機駆動システムを鉄道車両システムに搭載することで、鉄道車両の回転機駆動システムを高効率に運転することが可能となる。また、同様の効果は、自動車や建機などの車両においても得ることができる。

[0067] 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。

[0068] また、上記の各構成、機能等は、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（Integrated Circuit）カード、ＳＤ（Secure Digital）メモリカード、ＤＶＤ（Digital

Versatile Disc）等の記録媒体に記録して置くことができる。

符号の説明

[0069] １：電力変換装置、２：架線、３：レール、４：車輪、５：集電装置、１０１：インバータ装置、１０２：直流電源、１０３：回転機、１０４：インバータ回路、１０５：制御装置、１０６：相電流検出回路、１０８：インバータ制御部、１０９：内部電圧推定部、１１０：巻線切替指令部、１２０：巻線切替装置、１４１：インバータ主回路、１４２：ゲート・ドライバ、１５０：固定子巻線、１５１：中性点。

請求の範囲

[請求項1] 複数の巻線を有する回転機と、

前記回転機に供給される相電流を検出する相電流検出回路と、

直流電源からの直流電力を交流電力に変換するインバータ回路と前記相電流検出回路の検出による相電流を基に前記インバータ回路による電力変換を制御する制御装置を含み、前記回転機を可変速運転するインバータ装置と、

前記制御装置からの指令により前記複数の巻線の接続を切り替える巻線切替装置と、を備え、

前記制御装置は、

前記回転機の回転域を変更する場合、前記インバータ回路から前記回転機への電流供給を停止し、且つ、前記回転機の界磁磁束によって誘起される線間内部電圧が、前記直流電源の直流電圧よりも小さいことを条件に、前記回転機の回転域を低速回転域から高速回転域に或いは前記高速回転域から前記低速回転域に切り替えることを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項2] 請求項１に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記制御装置は、

前記回転機の回転周波数を制御すると共に、前記相電流検出回路の検出による前記相電流を基に前記線間内部電圧を推定し、推定された前記線間内部電圧が、前記直流電圧よりも小さくなる前記回転周波数において、前記巻線切替装置に対して前記複数の巻線の接続切替を指令することを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項3] 請求項２に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記制御装置は、

前記インバータ回路から前記回転機への電流供給を停止する前に、前記接続切替の前後のいずれかにおいて前記線間内部電圧が、前記直流電圧より大きい場合には、前記回転機の界磁磁束を減少させて、前

記接続切替の前後いずれにおいても前記線間内部電圧が、前記直流電圧より小さくなる消磁制御を行うことを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項4] 請求項３に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記制御装置は、

前記消磁制御を行った後の前記線間内部電圧が、前記相電流検出回路の検出による前記相電流を基に推定可能な大きさに維持され、前記接続切替が実施された後に、前記相電流検出回路の検出による前記相電流から得られる位相情報を基に、前記インバータ主回路から前記回転機への電流供給を再開することを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項5] 請求項３に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記制御装置が前記消磁制御を行った後の前記線間内部電圧は、前記制御装置が前記相電流を基に推定した値で見たときにゼロであることを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項6] 請求項４に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記制御装置は、

前記接続切替の前後それぞれの巻線接続状態を表す複数の制御パラメータを有し、

前記電流供給を停止してから、次に前記電流供給を再開するまでの間に、前記複数の制御パラメータのうちの少なくとも1つを、前記接続切替の前における前記制御パラメータから、前記接続切替の後における前記制御パラメータに変更することを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項7] 請求項１～６のうちいずれか１項に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記制御装置は、

前記回転機の回転域を前記低速回転域から前記高速回転域へと遷移するときに、前記回転機の端子電圧Ｖｍが、前記インバータ装置から

供給可能な最大電圧Ｖｍａｘに対して、０．５＜Ｖｍ/Ｖｍａｘ又は０．５＝Ｖｍ/Ｖｍａｘ、且つＶｍ/Ｖｍａｘ＜１又はＶｍ/Ｖｍａｘ＝１となる電圧比の範囲で、前記接続切替を実施することを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項8] 請求項１～６のうちいずれか１項に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記制御装置は、

前記回転機の回転域を前記高速回転域から前記低速回転域へと遷移するときに、前記回転機の端子電圧Ｖｍが、前記インバータ装置から供給される最大電圧Ｖｍａｘに対して、０＜Ｖｍ/Ｖｍａｘ又は０＝Ｖｍ/Ｖｍａｘ、且つＶｍ/Ｖｍａｘ＜０．５又はＶｍ/Ｖｍａｘ＝０．５となる電圧比の範囲で前記接続切替を実施することを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項9] 請求項１～８のうちいずれか１項に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記巻線切替装置は、機械式のスイッチで構成されることを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項10] 請求項１～９のうちいずれか１項に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記回転機は、誘導機であることを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項11] 請求項１～１０のうちいずれか１項に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記インバータ装置1台と前記回転機１台とを組合せて駆動される１Ｃ１Ｍの構成であることを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項12] 請求項１～１０のうちいずれか１項に記載の回転機駆動システムにおいて、

前記インバータ装置1台と前記回転機の少なくとも2台とを組合せて

駆動される１ＣｎＭ（n=2，3，4，…）の構成であることを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項13] 請求項１１又は請求項１２に記載の回転機駆動システムにおいて、

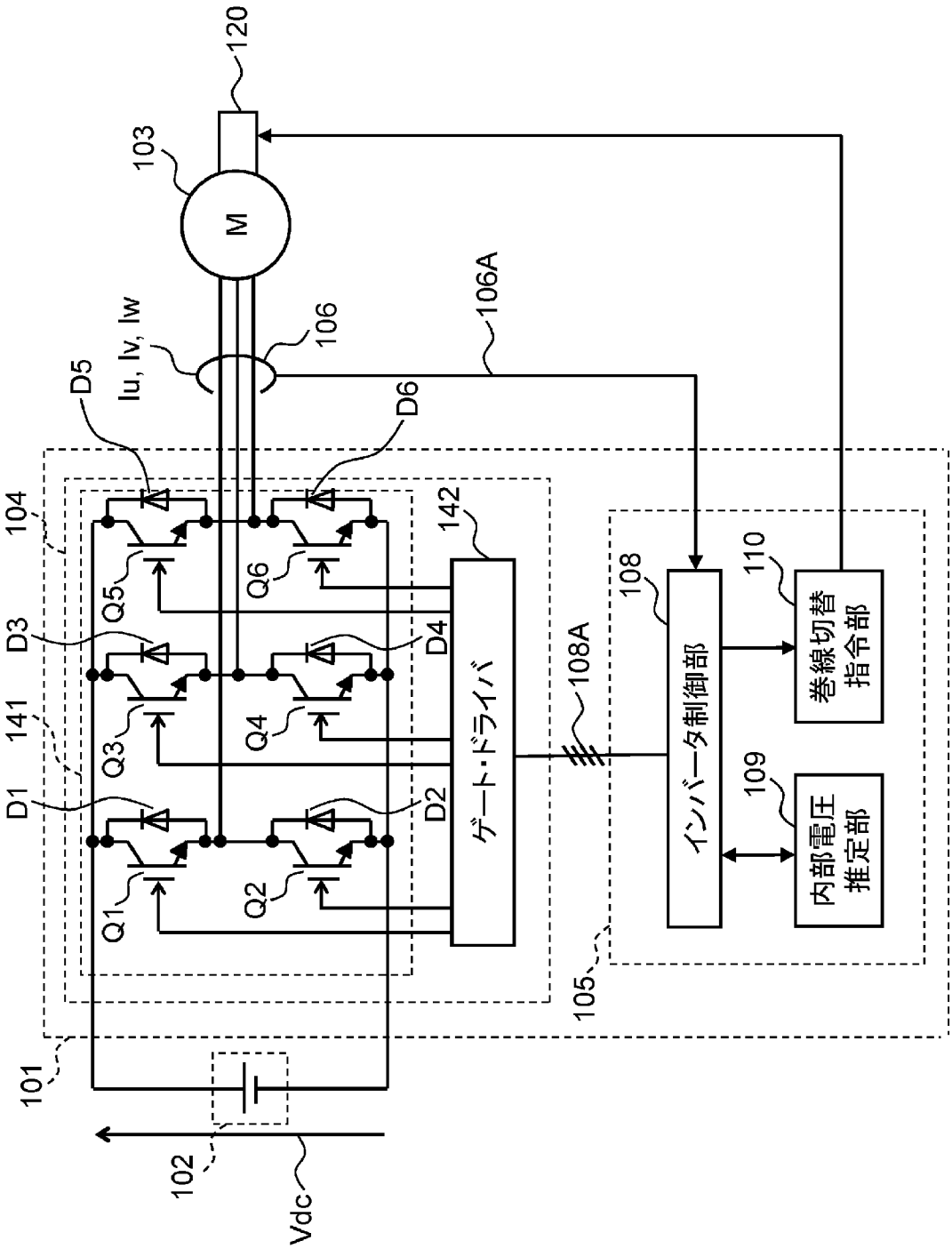
前記１ＣｎＭ（n=1，2，3，…）の組合せが少なくとも2群以上で構成されることを特徴とする回転機駆動システム。

[請求項14] 回転機を駆動する回転機駆動システムを搭載する車両において、

前記回転機駆動システムとして、請求項１～１３のうちいずれか１項に記載の回転機駆動システムを備えることを特徴とする車両。

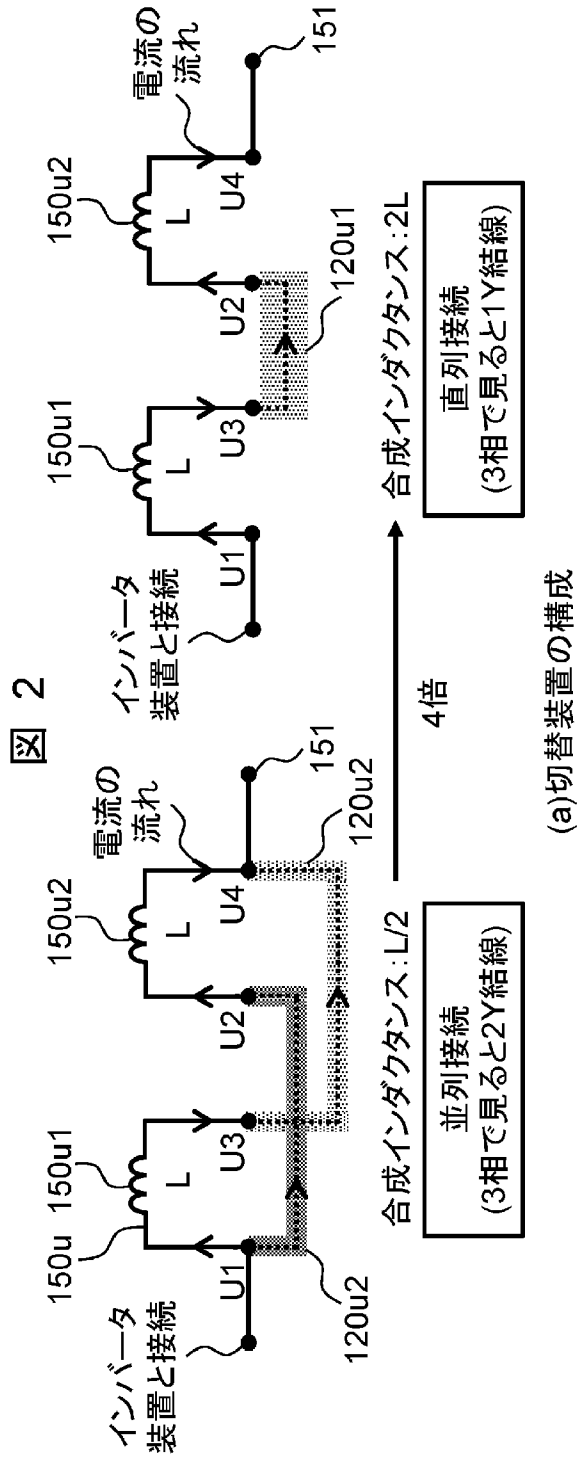
[図1]

図 1

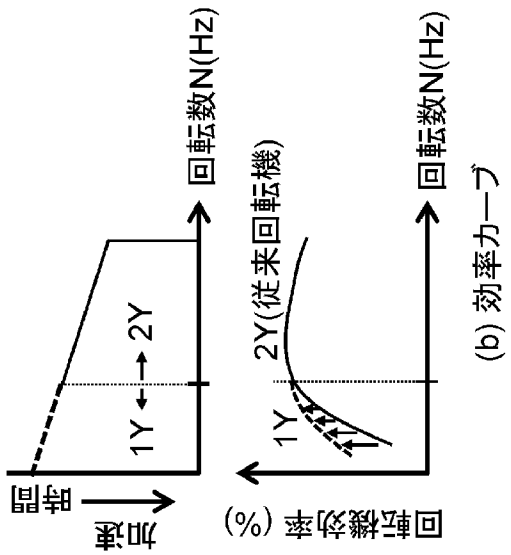

120
103
M
106A
106
Iu, Iv, Iw
D5
D6
104
142
Q5
Q6
D3
D4
108
110
141
Q3
Q4
108A
巻線切替
指令部
D1
D2
ゲート・ドライバ
インバータ制御部
109
Q1
Q2
内部電圧
推定部
105
101
102
Vdc

[図2]

図 2



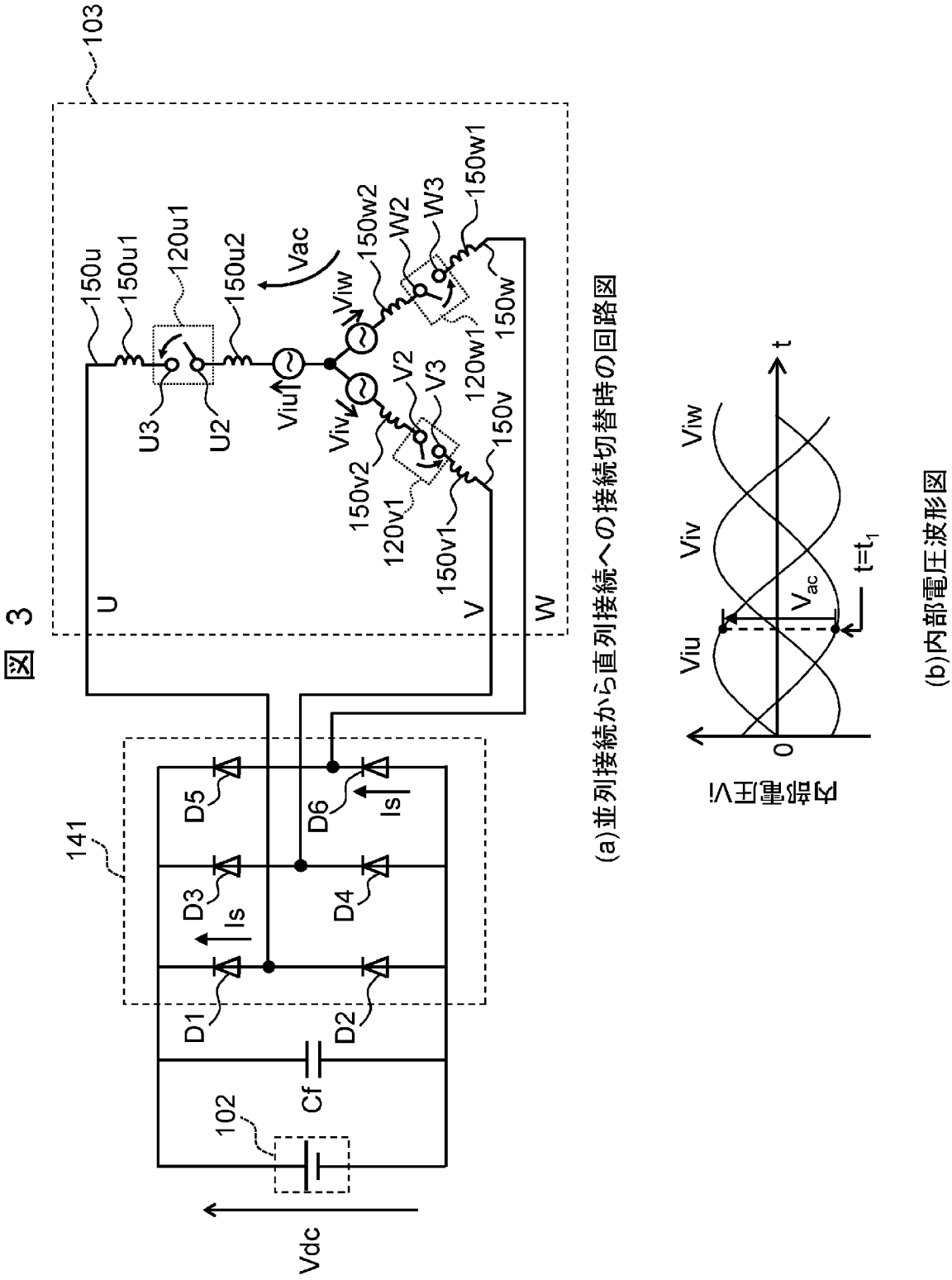
(a)切替装置の構成



(b) 効率カーブ

[図3]

図 3

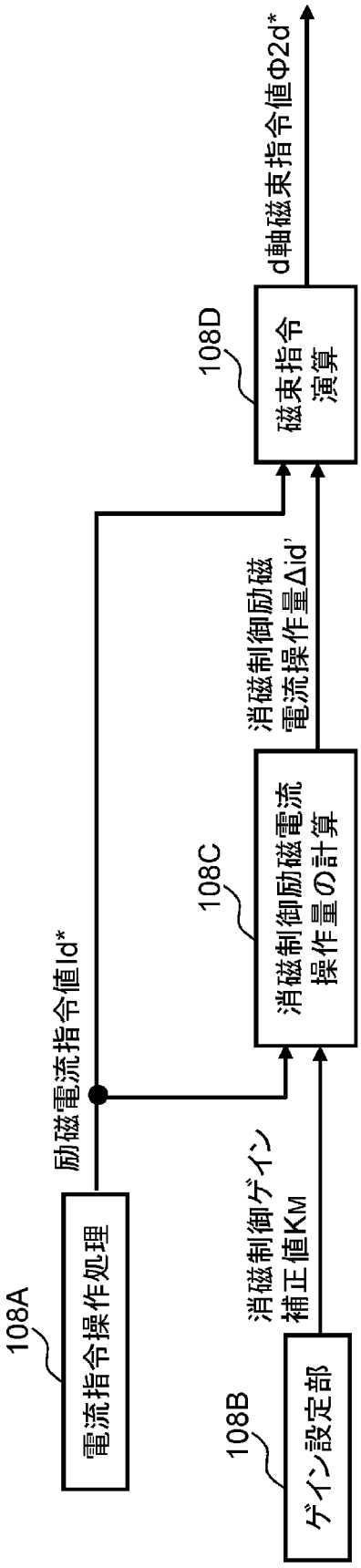


(a)並列接続から直列接続への接続切替時の回路図

(b)内部電圧波形図

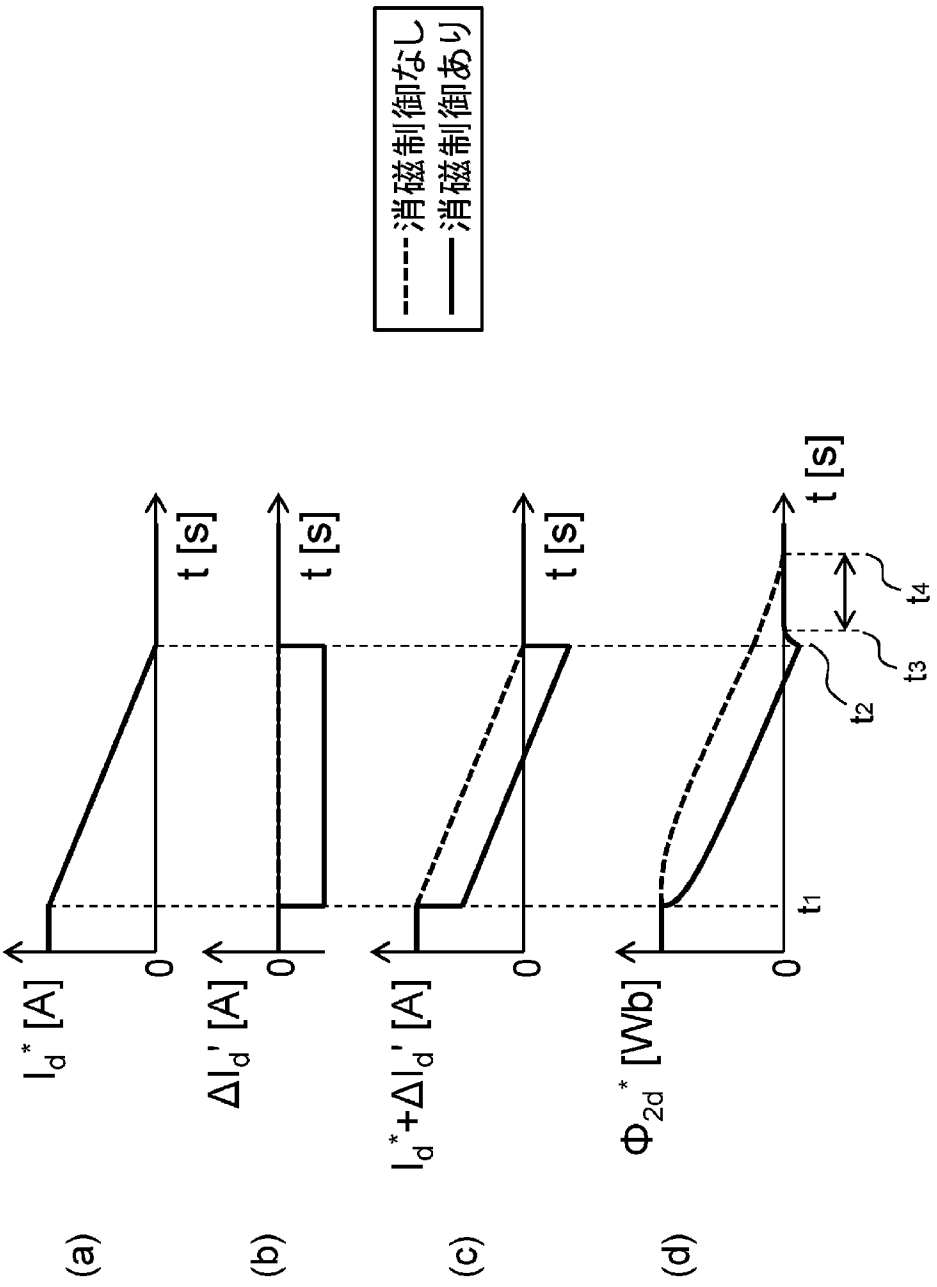
[図4]

図 4


108A
電流指令操作処理
励磁電流指令値Id*
108B
ゲイン設定部
消磁制御ゲイン
補正値KM
108C
消磁制御励磁電流
操作量の計算
消磁制御励磁
電流操作量Δid'
108D
磁束指令
演算
d軸磁束指令値Φ2d*

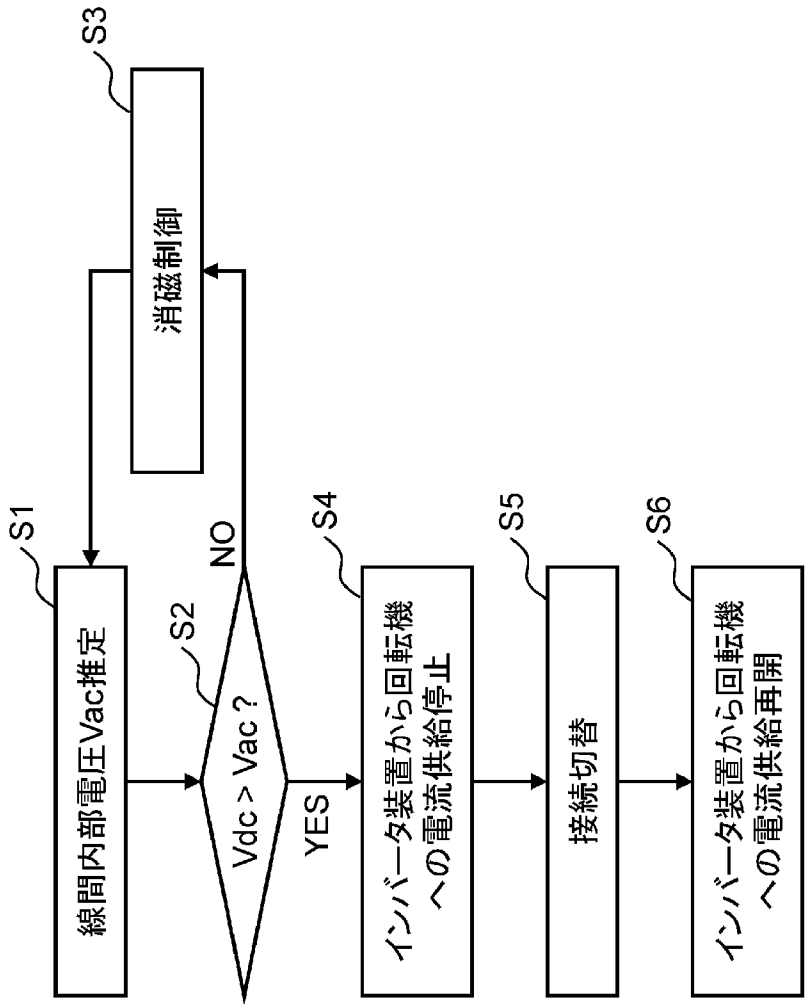
[図5]

図 5


消磁制御なし
消磁制御あり
(a)
(b)
(c)
(d)
I_d^* [A]
$\Delta I_d'$ [A]
$I_d^*+\Delta I_d'$ [A]
Φ_{2d}^* [Wb]
t [s]
0
t_1
t_2
t_3
t_4

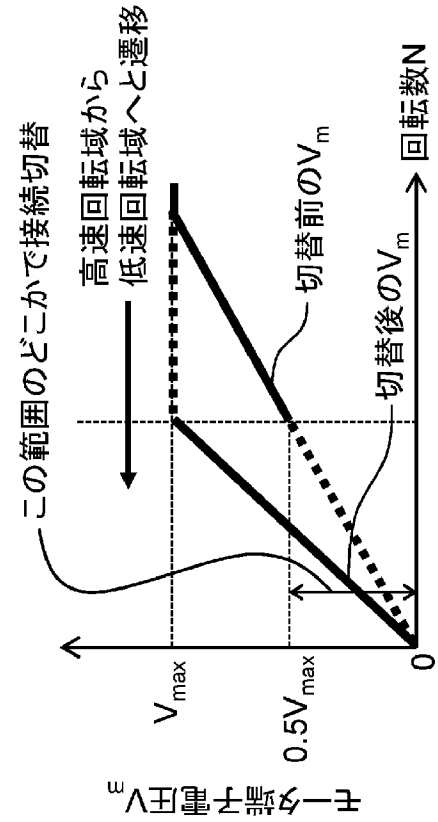
[図6]

図 6

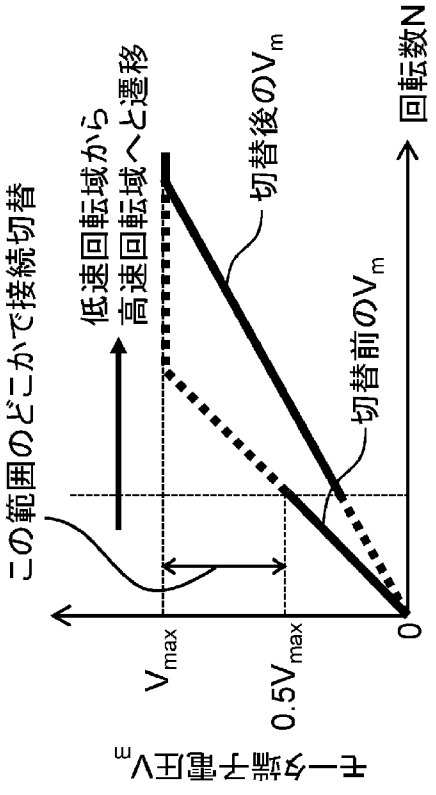

S1
線間内部電圧Vac推定
S2
Vdc > Vac ?
NO
YES
S3
消磁制御
S4
インバータ装置から回転機への電流供給停止
S5
接続切替
S6
インバータ装置から回転機への電流供給再開

[図7]

図 7



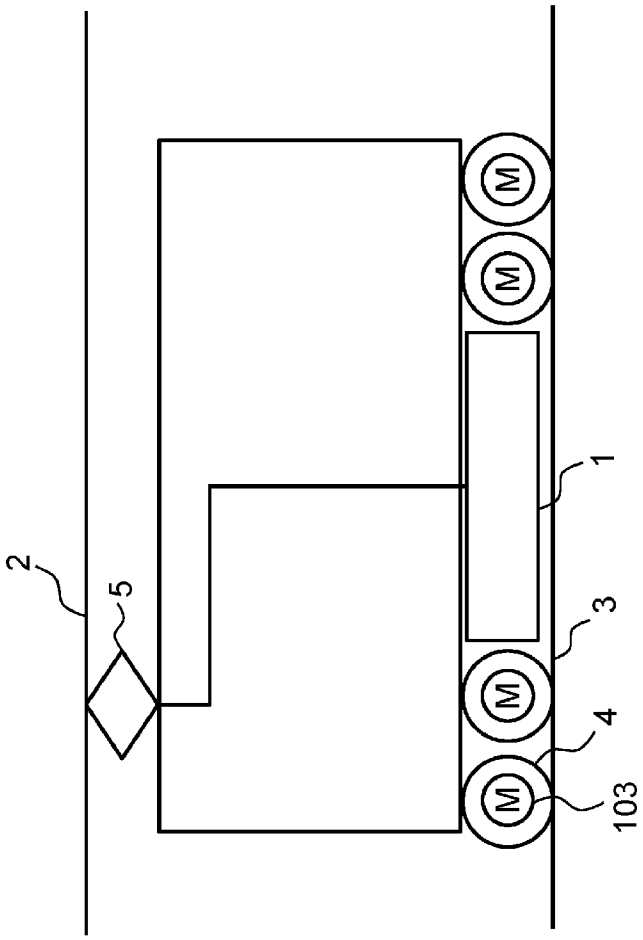
(b) 高速回転域から低速回転域への遷移時



(a) 低速回転域から高速回転域への遷移時

[図8]

図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/045544

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H02P25/18(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)
Int.Cl. H02P25/18

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2010-200439 A (PANASONIC CORPORATION) 09 September 2010, paragraphs [0003]-[0013], [0022]-[0026], [0028], [0031]-[0038], fig. 1-3 (Family: none)	1 2-3, 5, 7-14 4, 6
Y	JP 2008-211933 A (AISIN SEIKI CO., LTD.) 11 September 2008, paragraphs [0036]-[0039] (Family: none)	2-3, 5, 7-14

☒ 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 07.03.2019	Date of mailing of the international search report 19.03.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/045544

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-291288 A (RAILWAY TECHNICAL RES INST) 04 October 2002, paragraphs [0012], [0015]-[0022], fig. 3, 4 (Family: none)	7-14
Y	JP 7-298682 A (FANUC LTD.) 10 November 1995, paragraphs [0012]-[0029], fig. 1-11 & US 5760567 A & WO 1995/028763 A1 & EP 718962 A1, column 6, line 37 to column 14, line 49, fig. 1-11	10-14
A	JP 2014-165957 A (YASKAWA ELECTRIC CORPORATION) 08 September 2014, entire text, all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2008-22665 A (SHARP CORPORATION) 31 January 2008, entire text, all drawings (Family: none)	1-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０４５５４４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P25/18(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.　H02P25/18

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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 Y	JP 2010-200439 A（パナソニック株式会社）2010.09.09，段落［０００３］－［００１３］，［００２２］－［００２６］，［００２８］，［００３１］－［００３８］，図１－３（ファミリーなし）	１ ２－３，５，７－１４
A		４，６
Y	JP 2008-211933 A（アイシン精機株式会社）2008.09.11，段落［００３６］－［００３９］（ファミリーなし）	２－３，５，７－１４

☑　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
０７．０３．２０１９	１９．０３．２０１９

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　３７４８
上野　力
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
Y	JP 2002-291288 A（財団法人鉄道総合技術研究所）2002.10.04，段落［００１２］，［００１５］－［００２２］，図３－４（ファミリーなし）	７－１４
Y	JP 7-298682 A（ファナック株式会社）1995.11.10，段落［００１２］－［００２９］，図１－１１ & US 5760567 A & WO 1995/028763 A1 & EP 718962 A1，第６欄３７行－第１４欄４９行，図１－１１	１０－１４
A	JP 2014-165957 A（株式会社安川電機）2014.09.08，全文，全図（ファミリーなし）	１－１４
A	JP 2008-22665 A（シャープ株式会社）2008.01.31，全文，全図（ファミリーなし）	１－１４