(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2015-128355
(P2015-128355A)
(43)公開日　平成27年7月9日(2015.7.9)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H02P 21/00	(2006.01)	H02P	5/408	C	5H505
H02P 27/04	(2006.01)				

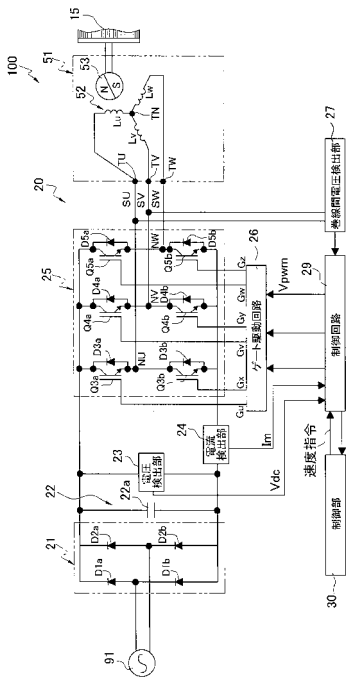
審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 21 頁）

(21)出願番号　特願2013-273398 (P2013-273398)
(22)出願日　平成25年12月27日 (2013.12.27)

(71)出願人　000002853
ダイキン工業株式会社
大阪府大阪市北区中崎西２丁目４番１２号
梅田センタービル
(74)代理人　110000202
新樹グローバル・アイピー特許業務法人
(72)発明者　清水　峻介
滋賀県草津市岡本町字大谷１０００番地の
２　ダイキン工業株式会社　滋賀製作所内
(72)発明者　浅野　能成
滋賀県草津市岡本町字大谷１０００番地の
２　ダイキン工業株式会社　滋賀製作所内
(72)発明者　安田　善紀
滋賀県草津市岡本町字大谷１０００番地の
２　ダイキン工業株式会社　滋賀製作所内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】モータ制御装置

(57)【要約】　（修正有）
【課題】電源電圧が直流リンク電圧に脈動を与えるような状況において、直流リンク電圧と誘起電圧との大小関係に基づいて、最適な電流ベクトル制御を行う。
【解決手段】モータ制御装置２０では、モータ５１の回転速度が中速域のとき、マイクロコンピュータ３０が直流電圧Ｖｄｃと誘起電圧との比較結果に基づいて、最大効率制御、モータ５１を慣性で回転させる制御、及び負のｄ軸電流を流してモータ５１を回転させる制御のいずれかを選択する。その結果、モータ５１の回転速度の全域において、弱め磁束制御を適用しないので、無駄な銅損を出さず、効率の最大化を図ることができる。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
交流電源の電源電圧を全波整流するコンバータ（２１）と、
前記コンバータ（２１）の出力に並列接続されたコンデンサ（２２ａ）を有し、脈動する直流電圧（Ｖｄｃ）を出力する直流リンク部（２２）と、
前記直流リンク部（２２）の出力を交流に変換しモータ（５１）に供給するインバータ（２５）と、
前記モータ（５１）の誘起電圧（Ｖｏ）の大きさに応じて前記モータ（５１）の動作を制御する制御部（３０）と
を備え、
前記制御部（３０）は、電流ベクトル制御によって前記モータ（５１）の回転速度を制御し、前記モータ（５１）の回転速度が所定速度域のとき、前記直流電圧（Ｖｄｃ）と前記誘起電圧（Ｖｏ）との比較結果に基づいて、最大効率制御、前記モータ（５１）を慣性で回転させる制御、及び負のｄ軸電流を流して前記モータ（５１）を回転させる制御のいずれかを選択する、
モータ制御装置（２０）。
【請求項２】
前記制御部（３０）は、前記モータ（５１）の前記回転速度が前記所定速度域にあり、且つ、前記誘起電圧（Ｖｏ）が前記直流電圧（Ｖｄｃ）の最大値よりも十分に大きいときは、電流ベクトル制御を行わずに前記モータ（５１）を慣性で回転させる制御を行う、
請求項１に記載のモータ制御装置（２０）。
【請求項３】
前記制御部（３０）は、前記モータ（５１）の前記回転速度が前記所定速度域にあり、且つ、前記誘起電圧（Ｖｏ）が前記直流電圧（Ｖｄｃ）の最小値と最大値との間を変動している場合、前記モータ（５１）のトルクが不足するときは、負のｄ軸電流を流して前記モータ（５１）を回転させる制御を行う、
請求項１に記載のモータ制御装置（２０）。
【請求項４】
前記制御部（３０）は、前記モータ（５１）の前記回転速度が、
前記所定速度域よりも低い低速域のときは、最大効率制御によって前記モータ（５１）を制御し、
前記所定速度域よりも高い高速域のときは、前記モータを慣性で回転させる制御によって前記モータ（５１）を制御する、
請求項１から請求項３のいずれか１項に記載のモータ制御装置（２０）。
【請求項５】
前記コンデンサ（２２ａ）は、小容量フィルムコンデンサである、
請求項１から請求項３のいずれか１項に記載のモータ制御装置（２０）。
【請求項６】
前記直流電圧（Ｖｄｃ）を検出する電圧検出手段（２３）をさらに備える、
請求項１から請求項４のいずれか１項に記載のモータ制御装置（２０）。
【請求項７】
前記モータ（５１）の巻線間電圧を検出する巻線間電圧検出手段（２７）をさらに備える、
請求項１から請求項４のいずれか１項に記載のモータ制御装置（２０）。
【請求項８】
前記モータ（５１）は、埋込磁石同期モータである、
請求項１から請求項７のいずれか１項に記載のモータ制御装置（２０）。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、モータ制御装置に関し、特に平滑用の電解コンデンサに代えて小容量のコンデンサを用いるモータ制御装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、インバータなどの電力変換装置の平滑コンデンサとして電解コンデンサが使用されているが、電解コンデンサは回路構成部材の中でも大型で高価である上に、耐用期間が短いという短所を有している。

【０００３】

そのため、電解コンデンサに代えて小容量のコンデンサを用い、それによって発生する高調波などの問題を制御上で解消しようとする検討が広く行われている。

【０００４】

例えば、特許文献１（特開２００２－５１５８９号公報）に開示されているモータ駆動用インバータの制御装置では、直流リンク部に小容量のコンデンサを設けて直流リンク電圧に脈動を発生させつつ、その直流リンク電圧に同期させてモータの電流を脈動させることで、入力電流の導通幅を広げて力率改善を実現している。

【０００５】

また、特許文献２（特開２００５－２０８３７号公報）に開示されている多層電流供給回路では、コンデンサの両端電圧の脈動周波数、最大電圧、及び直列共振回路の共振周波数の設定次第で高調波を低減できることを実証している。

【０００６】

さらに、非特許文献１（西原達也、森本茂雄、真田雅之「IPMSM速度制御システムにおける電解コンデンサレス化の影響」、平成２１年度電気学会全国大会）によれば、埋込永久磁石同期モータ（IPMSM）速度制御システムにおける電解コンデンサレス化には、最大トルク＋弱め磁束制御が有効な制御法であることが紹介されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、電解コンデンサレスとは言え、小容量のコンデンサが接続されているため、直流リンク電圧が必ずしも０Ｖに下がるものではなく、直流リンク電圧と誘起電圧との大小関係に鑑みた検討は成されていない。

【０００８】

本発明の課題は、電源電圧が直流リンク電圧に脈動を与えるような状況において、直流リンク電圧と誘起電圧との大小関係に基づいて、最適な電流ベクトル制御を行うことにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明の第１観点に係るモータ制御装置は、コンバータと、直流リンク部と、インバータと、制御部とを備えている。コンバータは、交流電源の電源電圧を全波整流する。直流リンク部は、コンバータの出力に並列接続されたコンデンサを有し、脈動する直流電圧Ｖｄｃを出力する。インバータは、直流リンク部の出力を交流に変換しモータに供給する。制御部は、モータの誘起電圧Ｖｏの大きさに応じてモータの動作を制御する。また、制御部は、電流ベクトル制御によってモータの回転速度を制御し、モータの回転速度が所定速度域のとき、直流電圧Ｖｄｃと誘起電圧Ｖｏとの比較結果に基づいて、最大効率制御、モータを慣性で回転させる制御、及び負のｄ軸電流を流してモータを回転させる制御のいずれかを選択する。

【００１０】

このモータ制御装置では、モータの回転速度の全域において、弱め磁束制御を適用しないことによって、ｄ軸電流分の余分な銅損を出さず、効率の最大化を図ることができる。

【００１１】

本発明の第２観点に係るモータ制御装置は、第１観点に係るモータ制御装置であって、

制御部が、モータの回転速度が所定速度域にあり、且つ、誘起電圧Ｖｏが直流電圧Ｖｄｃの最大値よりも十分に大きいときは、電流ベクトル制御を行わずにモータを慣性で回転させる制御を行う。

【００１２】

従来の最大トルク／弱め磁束制御での電流ベクトル制御では、中速域及び高速域で弱め磁束制御を適用していたため余分な銅損（無駄な電流）を出していたが、このモータ制御装置では、弱め磁束制御を適用せず余分な銅損を出さないので、効率を最大にすることができる。

【００１３】

本発明の第３観点に係るモータ制御装置は、第１観点に係るモータ制御装置であって、制御部は、モータの回転速度が所定速度域にあり、且つ、誘起電圧Ｖｏが直流電圧Ｖｄｃの最小値と最大値との間を変動している場合、モータのトルクが不足するときは、負のｄ軸電流を流してモータを回転させる制御を行う。

【００１４】

このモータ制御装置では、例えば、最大トルク・電流制御に代えて最大効率制御でモータの回転速度を制御しているときに、トルクを発生させることができないときの対処として有効である。

【００１５】

本発明の第４観点に係るモータ制御装置は、第１観点から第３観点のいずれか１つに係るモータ制御装置であって、制御部は、モータの回転速度が所定速度域よりも低い低速域のときは、最大効率制御によってモータを制御する。また、制御部は、モータの回転速度が所定速度域よりも高い高速域のときは、モータを慣性で回転させる制御によってモータを制御する。

【００１６】

このモータ制御装置では、モータの回転速度の全域において、弱め磁束制御を適用しないことによって、ｄ軸電流分の余分な銅損を出さず、効率の最大化を図ることができる。

【００１７】

本発明の第５観点に係るモータ制御装置は、第１観点から第３観点のいずれか１つに係るモータ制御装置であって、コンデンサが小容量フィルムコンデンサである。

【００１８】

このモータ制御装置では、小容量フィルムコンデンサを採用することにより小型軽量化、長寿命化を図りつつ、効率面では適切に電流ベクトル制御を行うことにより効率を最大化することができる。

【００１９】

本発明の第６観点に係るモータ制御装置は、第１観点から第４観点に係る制御装置であって、直流電圧Ｖｄｃを検出する電圧検出手段をさらに備えている。

【００２０】

このモータ制御装置では、［インバータ用に備えられている電流検出器の電流値に基づいて誘起電圧Ｖｏを算出しその誘起電圧Ｖｏから直流電圧Ｖｄｃを算出する方式］との対比において、直流電圧Ｖｄｃを算出する必要がない分だけ、制御が容易になる。

【００２１】

本発明の第７観点に係るモータ制御装置は、第１観点から第４観点に係る制御装置であって、モータの巻線間電圧を検出する巻線間電圧検出手段をさらに備えている。

【００２２】

このモータ制御装置では、［インバータに備えられている電流検出器の電流値に基づいて誘起電圧Ｖｏを算出しその誘起電圧Ｖｏから直流電圧Ｖｄｃを算出する方式］との対比において、巻線間電圧検出手段によって誘起電圧Ｖｏを検出するので、誘起電圧Ｖｏを算出する必要がない分だけ、制御が容易になる。

【００２３】

本発明の第８観点に係るモータ制御装置は、第１観点から第７観点のいずれか１つに係

るモータ制御装置であって、モータが埋込磁石同期モータである。
【００２４】
このモータ制御装置では、マグネットトルクに加えてリラクタンストルクも併用できるため、高トルク化が図れる。また、ロータの位置によってインダクタンスが変化するため、これを利用して、始動位置の推定や極低速域での位置センサレス運転が可能である。
【発明の効果】
【００２５】
本発明の第１観点に係るモータ制御装置では、モータの回転速度が所定速度域のとき、制御部が直流電圧Ｖｄｃと誘起電圧Ｖｏとの比較結果に基づいて、最大効率制御、モータを慣性で回転させる制御、及び負のｄ軸電流を流してモータを回転させる制御のいずれかを選択する。その結果、モータの回転速度の全域において、弱め磁束制御を適用しないので、ｄ軸電流分の余分な銅損を出さず、効率の最大化を図ることができる。
【００２６】
本発明の第２観点に係るモータ制御装置では、モータの回転速度が所定速度域にあり、且つ、誘起電圧Ｖｏが直流電圧Ｖｄｃの最大値よりも十分に大きいときは、制御部は電流ベクトル制御を行わずにモータを慣性で回転させる制御を行う。その結果、弱め磁束制御を適用せず余分な銅損を出さないので、効率を最大にすることができる。
【００２７】
本発明の第３観点に係るモータ制御装置では、モータの回転速度が所定速度域にあり、且つ、誘起電圧Ｖｏが直流電圧Ｖｄｃの最小値と最大値との間を変動している場合、モータのトルクが不足するときは、制御部は負のｄ軸電流を流してモータを回転させる制御を行う。その結果、例えば、最大トルク・電流制御に代えて最大効率制御でモータの回転速度を制御しているときに、トルクを発生させることができないときの対処として有効である。
【００２８】
本発明の第４観点に係るモータ制御装置では、モータの回転速度が所定速度域よりも低い低速域のときは、制御部は最大効率制御によってモータを制御する。また、モータの回転速度が所定速度域よりも高い高速域のときは、制御部はモータを慣性で回転させる制御によってモータを制御する。その結果、モータの回転速度の全域において、弱め磁束制御を適用しないので、余分な銅損を出さず、効率の最大化を図ることができる。
【００２９】
本発明の第５観点に係るモータ制御装置では、小容量フィルムコンデンサを採用することにより小型軽量化、長寿命化を図りつつ、効率面では適切に電流ベクトル制御を行うことにより効率を最大化することができる。
【００３０】
本発明の第６観点に係るモータ制御装置では、電圧検出手段で直流電圧Ｖｄｃを検出するので、直流電圧Ｖｄｃを算出する必要がない分だけ、制御が容易になる。
【００３１】
本発明の第７観点に係るモータ制御装置では、巻線間電圧検出手段によって誘起電圧Ｖｏを検出するので、誘起電圧Ｖｏを算出する必要がない分だけ、制御が容易になる。
【００３２】
本発明の第８観点に係るモータ制御装置では、モータが埋込磁石同期モータであるので、マグネットトルクに加えてリラクタンストルクも併用でき、高トルク化が図れる。また、ロータの位置によってインダクタンスが変化するため、これを利用して、始動位置の推定や極低速域での位置センサレス運転が可能である。
【図面の簡単な説明】
【００３３】
【図１】本発明の一実施形態に係るモータ制御装置が採用されるシステムの全体構成と、モータ制御装置の内部構成とを示すブロック図。
【図２】巻線間電圧検出部の回路図。

【図３】電流ベクトル制御のフローチャート。
【図４】最大トルク／電流曲線を電流ベクトル平面上に表したグラフ。
【図５】最大トルク／誘起電圧曲線を電流ベクトル平面上に表したグラフ。
【図６】弱め磁束制御の説明図。
【図７】速度一定時に最大効率制御を実現する電流ベクトルの軌跡を示すグラフ。
【図８】電流制限と電圧制限を電流ベクトル平面上に表したグラフ。
【図９】電流制限円及び電圧制限楕円を描いた電流ベクトル平面上に各制御法による電流ベクトル軌跡を描いたグラフ。
【図１０】電流制限円及び電圧制限楕円を描いた電流ベクトル平面上に各制御法による電流ベクトル軌跡を描いたものにおいて、電流制限円のみが大きくなっているグラフ。
【図１１】電流制限円及び電圧制限楕円を描いた電流ベクトル平面上に各制御法による電流ベクトル軌跡を描いたものにおいて、ロータ鎖交磁束が図９よりも小さくなっているグラフ。
【図１２】直流電圧Ｖｄｃの変動を示すグラフ。
【図１３】モータの回転速度とトルクとの関係を示すグラフ。
【図１４Ａ】直流電圧Ｖｄｃが誘起電圧Ｖｏに対して十分に大きいときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフ。
【図１４Ｂ】誘起電圧Ｖｏが図１４ＡにおけるＶｏ２からさらに小さいＶｏ３になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフ。
【図１４Ｃ】誘起電圧Ｖｏが図１４ＢにおけるＶｏ３からさらに小さいＶｏ４になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフ。
【図１４Ｄ】誘起電圧Ｖｏが図１４ＣにおけるＶｏ４からさらに小さいＶｏ５になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフ。
【図１４Ｅ】誘起電圧Ｖｏが図１４ＤにおけるＶｏ５からさらに小さいＶｏ６になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフ。
【発明を実施するための形態】
【００３４】
以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。なお、以下の実施形態は、本発明の具体例であって、本発明の技術的範囲を限定するものではない。
【００３５】
（１）システム１００の概要
図１は、本発明の一実施形態に係るモータ制御装置２０が採用されるシステム１００の全体構成と、モータ制御装置２０の内部構成とを示すブロック図である。図１において、システム１００は、モータ５１と、そのモータ５１を駆動制御するモータ制御装置２０とで構成されている。
【００３６】
（１－１）モータ５１
モータ５１は、３相のブラシレスＤＣモータであって、ステータ５２と、ロータ５３とを備えている。ステータ５２は、スター結線されたＵ相、Ｖ相及びＷ相の駆動コイルＬｕ，Ｌｖ，Ｌｗを含む。各駆動コイルＬｕ，Ｌｖ，Ｌｗの一方端は、それぞれインバータ２５から延びるＵ相、Ｖ相及びＷ相の各配線の駆動コイル端子ＴＵ，ＴＶ，ＴＷに接続されている。各駆動コイルＬｕ，Ｌｖ，Ｌｗの他方端は、互いに端子ＴＮとして接続されている。これら３相の駆動コイルＬｕ，Ｌｖ，Ｌｗは、ロータ５３が回転することによりその回転速度とロータ５３の位置に応じた誘起電圧を発生させる。
【００３７】
ロータ５３は、Ｎ極及びＳ極からなる複数極の永久磁石を含み、ステータ５２に対し回転軸を中心として回転する。ロータ５３の回転は、この回転軸と同一軸心上にある出力軸（図示せず）を介して負荷１５に出力される。
【００３８】
なお、モータ５１は永久磁石同期モータであり、埋込磁石同期モータ及び表面磁石同期

モータのいずれが適宜選択されるが、好ましくは埋込磁石同期モータを推奨する。なぜなら、マグネットトルクに加えてリラクタンストルクも併用でき、高トルク化が図れるからである。また、ロータ５３の位置によってインダクタンスが変化するため、これを利用して、始動位置の推定や極低速域での位置センサレス運転が可能となる。

【００３９】

（１－２）モータ制御装置２０

モータ制御装置２０は、図１に示すように、商用電源９１に接続された整流部２１と、コンデンサ２２ａにより構成された直流リンク部２２と、電圧検出部２３と、電流検出部２４と、インバータ２５と、ゲート駆動回路２６と、巻線間電圧検出部２７と、制御回路２９と、マイクロコンピュータ３０とを備えている。これらは、例えば１枚のプリント基板上に実装される。

【００４０】

（２）モータ制御装置２０の詳細

（２－１）整流部２１

整流部２１は、４つのダイオードＤ１ａ，Ｄ１ｂ，Ｄ２ａ，Ｄ２ｂによってブリッジ状に構成されている。具体的には、ダイオードＤ１ａとＤ１ｂ、Ｄ２ａとＤ２ｂは、それぞれ互いに直列に接続されている。ダイオードＤ１ａ，Ｄ２ａの各カソード端子は、共にコンデンサ２２ａのプラス側端子に接続されており、整流部２１の正側出力端子として機能する。ダイオードＤ１ｂ，Ｄ２ｂの各アノード端子は、共にコンデンサ２２ａのマイナス側端子に接続されており、整流部２１の負側出力端子として機能する。

【００４１】

ダイオードＤ１ａ及びダイオードＤ１ｂの接続点は、商用電源９１の一方の極に接続されている。ダイオードＤ２ａ及びダイオードＤ２ｂの接続点は、商用電源９１の他方の極に接続されている。整流部２１は、商用電源９１から出力される交流電圧を整流して直流電源を生成し、これをコンデンサ２２ａへ供給する。

【００４２】

（２－２）直流リンク部２２

直流リンク部２２は、コンデンサ２２ａから成る。コンデンサ２２ａは、一端が整流部２１の正側出力端子に接続され、他端が整流部２１の負側出力端子に接続されている。コンデンサ２２ａは、整流部２１によって整流された電圧を平滑する程の大きな静電容量を有しない、小容量のコンデンサである。以下、説明の便宜上、直流リンク部２２の電圧を“直流電圧Ｖｄｃ”という。

【００４３】

直流電圧Ｖｄｃは、コンデンサ２２ａの出力側に接続されるインバータ２５へ印加される。言い換えれば、商用電源９１、整流部２１、及びコンデンサ２２ａは、インバータ２５に対する直流電源供給部を構成している。

【００４４】

なお、本実施形態においては、コンデンサ２２ａとしてフィルムコンデンサが採用される。

【００４５】

（２－３）電圧検出部２３

電圧検出部２３は、コンデンサ２２ａの出力側に接続されており、コンデンサ２２ａの両端電圧、即ち直流電圧Ｖｄｃの値を検出するためのものである。電圧検出部２３は、例えば、互いに直列に接続された２つの抵抗がコンデンサ２２ａに並列接続され、直流電圧Ｖｄｃが分圧されるように構成される。それら２つの抵抗同士の接続点の電圧値は、制御回路２９に入力される。

【００４６】

（２－４）電流検出部２４

電流検出部２４は、コンデンサ２２ａ及びインバータ２５の間であって、かつコンデンサ２２ａの負側出力端子側に接続されている。電流検出部２４は、モータ５１の起動後、

モータ５１に流れるモータ電流Ｉｍを検出する。
【００４７】
電流検出部２４は、例えば、シャント抵抗及び該抵抗の両端の電圧を増幅させるオペアンプを用いた増幅回路で構成されてもよい。電流検出部２４によって検出されたモータ電流は、制御回路２９に入力される。
【００４８】
（２－５）インバータ２５
インバータ２５は、コンデンサ２２ａの出力側に接続される。図１において、インバータ２５は、複数の絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ（以下、単にトランジスタという）Ｑ３ａ，Ｑ３ｂ，Ｑ４ａ，Ｑ４ｂ，Ｑ５ａ，Ｑ５ｂ及び複数の還流用のダイオードＤ３ａ，Ｄ３ｂ，Ｄ４ａ，Ｄ４ｂ，Ｄ５ａ，Ｄ５ｂを含む。
【００４９】
トランジスタＱ３ａとＱ３ｂ、Ｑ４ａとＱ４ｂ、Ｑ５ａとＱ５ｂは、それぞれ互いに直列に接続されており、各ダイオードＤ３ａ～Ｄ５ｂは、各トランジスタＱ３ａ～Ｑ５ｂに、トランジスタのコレクタ端子とダイオードのカソード端子が、また、トランジスタのエミッタ端子とダイオードのアノード端子が接続されるよう、並列接続されている。
【００５０】
インバータ２５は、コンデンサ２２ａからの直流電圧Ｖｄｃが印加され、かつゲート駆動回路２６により指示されたタイミングで各トランジスタＱ３ａ～Ｑ５ｂがオン及びオフを行うことによって、モータ５１を駆動する駆動電圧ＳＵ，ＳＶ，ＳＷを生成する。この駆動電圧ＳＵ，ＳＶ，ＳＷは、各トランジスタＱ３ａとＱ３ｂ、Ｑ４ａとＱ４ｂ、Ｑ５ａとＱ５ｂの各接続点ＮＵ，ＮＶ，ＮＷからモータ５１に出力される。
【００５１】
（２－６）ゲート駆動回路２６
ゲート駆動回路２６は、制御回路２９からの駆動指令値Ｖｐｗｍに基づき、インバータ２５の各トランジスタＱ３ａ～Ｑ５ｂのオン及びオフの状態を変化させる。具体的には、ゲート駆動回路２６は、制御回路２９によって決定されたデューティを有する駆動電圧ＳＵ，ＳＶ，ＳＷがインバータ２５からモータ５１に出力されるように、各トランジスタＱ３ａ～Ｑ５ｂのゲートに印加するゲート制御電圧Ｇｕ，Ｇｘ，Ｇｖ，Ｇｙ，Ｇｗ，Ｇｚを生成する。生成されたゲート制御電圧Ｇｕ，Ｇｘ，Ｇｖ，Ｇｙ，Ｇｗ，Ｇｚは、それぞれのトランジスタＱ３ａ～Ｑ５ｂのゲート端子に印加される。
【００５２】
（２－７）巻線間電圧検出部２７
巻線間電圧検出部２７は、２つの入力端子がモータ５１のＵ相の駆動コイル端子ＴＵ及びＶ相の駆動コイル端子ＴＶに接続されており、出力が制御回路２９に接続されている。巻線間電圧検出部２７は、インバータ２５よりも後段側に位置し、起動前においてモータ５１が回転している際に、モータ５１から発生する誘起電圧Ｖｕｖ（図２参照）を検出する。
【００５３】
このような巻線間電圧検出部２７の構成の一例を、図面を用いて説明する。図２は、巻線間電圧検出部２７の回路図である。図２において、モータ５１のＶ相の駆動コイル端子ＴＶからの入力線には、第１抵抗Ｒ１及び第２抵抗Ｒ２が直列に接続されている。
【００５４】
第１抵抗Ｒ１及び第２抵抗Ｒ２それぞれの抵抗値をｒ１、ｒ２としたとき、第１抵抗Ｒ１及び第２抵抗Ｒ２それぞれの両端には、［ｒ１・Ｖｕｖ／（ｒ１＋ｒ２）］、［ｒ２・Ｖｕｖ／（ｒ１＋ｒ２）］の電圧が発生しており、両者のうちのいずれか一方の電圧が制御回路２９に入力される。
【００５５】
（２－８）制御回路２９
制御回路２９は、巻線間電圧検出部２７、電圧検出部２３、電流検出部２４、ゲート駆

動回路２６及びマイクロコンピュータ３０と接続されている。制御回路２９は、マイクロコンピュータ３０から送られてきた速度指令を含む指令に基づいて、モータ５１を駆動させる回路である。

【００５６】

本実施形態では、ロータ位置センサレス方式にてモータ５１を駆動させている。ロータ位置センサレス方式は、モータ５１の特性を示す各種パラメータ、モータ５１起動後の巻線間電圧検出部２７の検出結果、電圧検出部２３の結果、電流検出部２４の結果、及びモータ５１の制御に関する所定の数式モデル等を用いて、ロータ位置及び回転数の推定、回転数に対するＰＩ制御、モータ電流に対するＰＩ制御等を行う方式である。モータ５１の特性を示す各種パラメータとしては、使用されるモータ５１の巻線抵抗、インダクタンス成分、誘起電圧、極数などが挙げられる。

【００５７】

（２－９）マイクロコンピュータ３０

マイクロコンピュータ３０は、制御回路２９と接続されている。また、マイクロコンピュータ３０は、各機器を統括して制御する制御部とも接続されており、各機器における異常の有無に応じて、モータ５１の駆動を制御する。それゆえ、マイクロコンピュータ３０は、判断部として機能する。

【００５８】

なお、このマイクロコンピュータ３０には、インバータ２５とは別の電源Ｖｃ（図２参照）が、モータ５１の駆動状態に関係なく常に供給される。

【００５９】

（３）電流ベクトル制御

（３－１）電流ベクトル制御の概要

図３は、電流ベクトル制御のフローチャートである。図３において、制御回路２９では、Ａ－Ｄコンバータ２９ａが電流検出部２４から出力された電圧値を測定し、３相の電流値（Ｉｕ，Ｉｖ，Ｉｗ）を算出する。

【００６０】

座標変換部２９ｂは、３相の電流値（Ｉｕ，Ｉｖ，Ｉｗ）をｄｑ軸電流（Ｉｄ，Ｉｑ）に変換する。

【００６１】

ロータ位置推定部２９ｃは、ロータ５３の角速度ωと電気角θを算出する。

【００６２】

速度制御部２９ｅは、目標の角速度と実際の角速度ωとからＰＩ制御によって、電流指令値（$Ｉｄ^{*}$，$Ｉｑ^{*}$）を算出する。

【００６３】

電流制御部２９ｆは、電流指令値（$Ｉｄ^{*}$，$Ｉｑ^{*}$）と実電流値（Ｉｄ，Ｉｑ）とからＰＩ制御によってｄｑ軸電圧指令値（$Ｖｄ^{*}$，$Ｖｑ^{*}$）を算出する。

【００６４】

逆座標変換部２９ｇでは、ｄｑ軸電圧指令値（$Ｖｄ^{*}$，$Ｖｑ^{*}$）を３相電圧（$Ｖｕ^{*}$，$Ｖｖ^{*}$，$Ｖｗ^{*}$）に変換し、制御回路２９からの駆動指令値ＶｐｗｍとしてゲートＶ駆動回路２６へ出力する。

【００６５】

ゲート駆動回路２６は、制御回路２９からの駆動指令値Ｖｐｗｍに基づいて生成したゲート制御電圧Ｇｕ，Ｇｘ，Ｇｖ，Ｇｙ，Ｇｗ，Ｇｚを、各トランジスタＱ３ａ～Ｑ５ｂのゲートに印加し、インバータ２５の各トランジスタＱ３ａ～Ｑ５ｂのオン及びオフの状態を変化させる。

【００６６】

以下、本願発明を説明する上で必要な電流ベクトル制御のうちの最大トルク／電流制御、最大トルク／磁束制御（最大トルク／誘起電圧制御）、弱め磁束制御、及び最大効率制御について触れておく。参考文献は、「省エネモータの原理と設計法」科学技術出版　森

本茂雄、真田雅之　著である。

【００６７】

（３－１－１）最大トルク／電流制御

最大トルク／電流制御は、電流に対する発生トルクが最大となるように電流ベクトルを制御する方法である。具体的には、次式に基づき、Ｉｑに応じてＩｄを制御する。

【００６８】

$$Id=\phi a/2(Lq-Ld)-\{\phi a^2/4(Lq-Ld)^2+Iq^2\}^{1/2} \quad \cdots\cdots(1)$$

上記（１）において、φａはロータ鎖交磁束ベクトルの大きさ、Ｌｄ，Ｌｑはｄ，ｑ軸インダクタンスである。

【００６９】

図４は、上記（１）式の関係を電流ベクトル平面（Ｉｄ－Ｉｑ平面）上に表したグラフである。図４において、実線で表された曲線は最大トルク／電流曲線であり、点線で表された曲線は定トルク（T_1，T_2，T_3，$-T_1$，$-T_2$，$-T_3$）ごとに示した定トルク曲線であり、一点鎖線で表された円は定電流（I_1，I_2，I_3）ごとに示した定電流円である。

【００７０】

最大トルク／電流曲線は、原点からの距離（電流ベクトルの大きさに相当）が最小となる定トルク曲線上の運転ポイント、及び発生トルクが最大となる定電流円上の運転ポイントであり、定トルク曲線と定電流円の接点（P_1，P_2，P_3，P_4，P_5，P_6）の集合である。

【００７１】

最大トルク／電流制御では、電流ベクトルを負荷トルクに応じて最大トルク／電流曲線上に制御することになる。

【００７２】

（３－１－２）最大トルク／磁束制御（最大トルク／誘起電圧制御）

最大トルク／磁束制御は、同一トルク発生時に鎖交磁束φが最小となる条件になるように制御する方法である。鎖交磁束φが最小となる条件は、速度が一定のとき誘起電圧Ｖｏが最小となる条件でもあり、誘起電圧Ｖｏの上限値を考慮したときに最大の発生トルクが得られる条件である。それゆえ、最大トルク／磁束制御を最大トルク／誘起電圧制御ともよぶ。最大トルク／誘起電圧制御の条件を満たすｄ，ｑ軸電流の関係は次式で表される。

【００７３】

$$\Delta\phi d=[-Lq\phi a+\{(Lq\phi a)^2+8(Lq-Ld)^2\phi o^2\}^{1/2}]/4(Lq-Ld) \quad \cdots\cdots(2)$$

図５は、上記（２）式の関係を電流ベクトル平面（Ｉｄ－Ｉｑ平面）上に表したグラフである。図５において、実線で表された曲線は最大トルク／誘起電圧曲線であり、一点鎖線で表された曲線は定トルク（T_1，T_2，T_3，$-T_1$，$-T_2$，$-T_3$）ごとに示した定トルク曲線であり、点線で表された楕円は定鎖交磁束（ϕ_1，ϕ_2）ごとの定鎖交磁束楕円（定誘起電圧楕円）である。

【００７４】

最大トルク／誘起電圧曲線は、発生トルクが最大となる定誘起電圧楕円上の運転ポイントであって、定トルク曲線と定誘起電圧楕円の接点（P_1，P_2，P_3，P_4）の集合である。

【００７５】

電圧の制限を考慮した場合に高速運転するためには、速度増加によりロータ鎖交磁束を小さくする必要があるため、電流ベクトルは速度の増加に伴って$P_2 \rightarrow P_1$と移動する。

【００７６】

（３－１－３）弱め磁束制御

弱め磁束制御は、負のｄ軸電流を流すことで磁束を減少させ、モータを高速運転させる制御である。弱め磁束制御では、誘起電圧Ｖｏを制限値Ｖｏｍに保つため、ｄ、ｑ軸電流

の関係は、

$$(\phi a + Ld Id)^2 + (Lq Iq)^2 = (Vom/\omega)^2 \quad \cdots\cdots (3)$$

で表される。これは、定誘起電圧楕円を表しており、誘起電圧Ｖｏを制限値Ｖｏｍに設定したものである。

【００７７】

図６は、弱め磁束制御の説明図である。図６において、実線で表された楕円は定誘起電圧楕円であり、点線で表された曲線は最大トルク／誘起電圧曲線であり、一点鎖線で表された曲線は定トルク（T_1，T_2，T_3，$-T_1$，$-T_2$，$-T_3$）ごとに示した定トルク曲線である。２つの定誘起電圧楕円は、誘起電圧Ｖｏの制限値Ｖｏｍが同じで、速度が異なる場合（$\omega_1 < \omega_2$）を表している。運転速度及び必要トルクに応じて定誘起電圧楕円上の運転ポイント（P_1，P_2，P_3，P_4，P_5，P_6）が決まる。

【００７８】

定誘起電圧楕円と最大トルク／誘起電圧曲線とが交わるポイントにおいて、トルクは最大又は最小となる。

【００７９】

（３－１－４）最大効率制御

最大効率制御は、任意の速度及びトルクにおいて、損失を最小にし、効率を最大にする制御方法である。

【００８０】

図７は、速度一定時に最大効率制御を実現する電流ベクトルの軌跡を示すグラフである。図７において、実線で表される曲線は最大効率曲線であり、一点鎖線で表される曲線は定トルク（T_1，T_2，T_3，$-T_1$，$-T_2$，$-T_3$）ごとに示した定トルク曲線である。速度上昇とともにｄ軸電流を負の方向に増加させると電流ベクトルの大きさが増大して銅損は増えることになるが、弱め磁束効果により鉄損は減少するため、全損失が最小となる条件が得られる。なお、広い意味では、「ｄ軸電流を負の方向に増加させる制御」も弱め磁束制御と呼ぶことができるが、ここでは電圧制限楕円上に電流ベクトルを制御して誘起電圧を一定に保つ制御法である「弱め磁束制御」とは区別している。

【００８１】

最大効率制御では、運転速度とトルクが決まれば、最適電流ベクトルは定トルク曲線と最大効率曲線との交点として決定することができる。

【００８２】

（３－２）電圧・電流制限下での電流ベクトルの選択

インバータ２５で駆動されるモータ５１では、インバータ２５から供給できる電流の上限値Ｉａｍ及び電圧の上限値Ｖａｍを考慮して電流ベクトルを決定する。

【００８３】

モータ５１の電圧Ｖａ及び電流Ｉａの制限は、

$$Ia = (Id^2 + Iq^2)^{1/2} < Iam \quad \cdots\cdots (4)$$

$$Va = (Vd^2 + Vq^2)^{1/2} < Vam \quad \cdots\cdots (5)$$

で表される。

【００８４】

電流の上限値Ｉａｍは、連続運転ではモータ定格電流、短時間にはモータ最大電流又はインバータ２５の最大出力電流となる。

【００８５】

電圧の上限値Ｖａｍは、インバータ２５の出力可能な最大電圧であり、直流電圧Ｖｄｃとインバータ２５の変調方式によって決まる。

【００８６】

ここで、ｄ，ｑ軸インダクタンスをＬｄ，Ｌｑとして、電圧制限について式（５）を誘起電圧Ｖｏの制限に置き換えると、

$$Vo = \omega \{(\phi a + Ld Id)^2 + (Lq Iq)^2\}^{1/2} < Vom \quad \cdots\cdots (6)$$

図８は、式（４）の電流制限と式（６）の電圧制限を電流ベクトル平面上に表したグラ

フである。図８において、電流制限を考慮して選択できる電流ベクトルの範囲は電流制限円の内側である。また、電圧制限を考慮して選択できる電流ベクトルの範囲は電圧制限楕円の内側となる。

【００８７】

電圧と電流の制限を満たして選択できる電流ベクトルは、電流制限円と電圧制限楕円の内側であり、速度の増加に伴いその範囲は狭くなる。ω_{ov}は、永久磁石による誘導起電力が電圧制限値に達する電気角速度であり、$\omega=\omega_{ov}$における電圧制限楕円は原点と接し、ω_{ov}を超えた速度で運転するには必ずｄ軸電流を流す必要がある。

【００８８】

図９は、電流制限円及び電圧制限楕円を描いた電流ベクトル平面上に前述の各制御法による電流ベクトル軌跡を描いたグラフである。図９において電圧制限楕円の中心Ｍが電流制限の外側にあるが、これは最大の減磁起磁力を与えたときの最小ｄ軸鎖交磁束が正となることを意味する。

【００８９】

図１０は、電流制限円及び電圧制限楕円を描いた電流ベクトル平面上に前述の各制御法による電流ベクトル軌跡を描いたものにおいて、電流制限円のみが大きくなっているグラフである。図１０において、電圧制限楕円の中心Ｍが電流制限の内側となっており、これは、図９における電流の上限値Ｉａｍが短時間運転時に大きくなった場合を表しており、電流制限円のみが大きくなっている。

【００９０】

図１１は、電流制限円及び電圧制限楕円を描いた電流ベクトル平面上に前述の各制御法による電流ベクトル軌跡を描いたものにおいて、ロータ鎖交磁束φａが図９よりも小さくなっているグラフである。図１１において、電圧制限楕円の中心Ｍが図９との対比において、より原点に近づいている。これは、永久磁石の使用量を少なくする或いは磁力の弱い永久磁石を使用してロータ鎖交磁束φａが小さくなった場合を表している。

【００９１】

（３－２－１）最大トルク／電流制御を選択した場合

図９、図１０及び図１１において、最大トルク／電流曲線上に電流ベクトルを制御すれば最大トルク／電流制御となる。電流制限のみを考慮したときは、電流制限円と最大トルク／電流曲線との交点Ａにおいて、発生トルクは最大となる。しかし、電圧と電流との制限下において、最大トルク／電流制御を行うには、最大トルク／電流曲線と電圧制限楕円との交点A_1（$\omega=\omega_1$のとき）で運転することになる。なお、図８に示す$\omega=\omega_{ov}$において電流、トルクが０となり運転限界となる。

【００９２】

（３－２－２）最大トルク／電圧制御を選択した場合

次に、図９、図１０及び図１１において、最大トルク／電圧曲線上に電流ベクトルを制御すれば最大トルク／電圧制御となる。電圧制限のみを考慮したときは最大トルク／電圧曲線と電圧制限楕円の交点D_1（$\omega=\omega_1$）で運転することで発生トルクが最大となる。

【００９３】

しかし、この運転ポイントが電流制限円内にない場合は最大トルク／電圧制御を適用することはできない。つまり、図９のように最小ｄ軸鎖交磁束φｍｉｎ＞０の場合は最大トルク／電圧制御を用いることができない。

【００９４】

図１０において、最小ｄ軸鎖交磁束φｍｉｎ＜０の場合は、最大トルク／電圧曲線と電流制限円との交点Ｄから電圧制限楕円の中心Ｍまでの範囲のみ、最大トルク／電圧制御を適用でき、速度が上昇して電圧制限楕円が点Ｄと交差する速度以上では、最大トルク／電圧曲線と電圧制限楕円との交点（例えば、$\omega=\omega_2$のときの交点D_2）で運転することで発生トルクが最大となる。

【００９５】

（３－２－３）弱め磁束制御を選択した場合

図９、図１０及び図１１において、電圧制限楕円上に電流ベクトルを制御すれば、誘起電圧Ｖｏを制限値Ｖｏｍに保つ弱め磁束制御となる。弱め磁束制御は、電圧制限楕円が電流制限円の内側にある高速領域で適用することになり、例えば、$\omega=\omega_1$のときは電流ベクトルが原点から遠ざかるほど、即ち、$A_1\rightarrow E_1\rightarrow$Ｂの方向に移動するほどトルクは増加し、電流制限円と交差するＢ点において発生トルクは最大となる。このとき、電圧と電流は制限値となっており、その速度において発生トルクが最大となる。

【００９６】

（３－２－４）最大効率制御を選択した場合

最大効率曲線上に電流ベクトルを制御すれば、最大効率の運転が実現できる。例えば、$\omega=\omega_1$のときは点E_1で発生するトルクまでは、この制御が適用できるが、さらに大きなトルクが必要なときは、弱め磁束制御に切り替えて電流ベクトルを電圧制限楕円上を点Ｂに向かって制御することになる。

【００９７】

ここまで、参考文献「省エネモータの原理と設計法」に基づいて電流ベクトル制御法の基礎的事項について説明してきたが、以下から本願発明について説明する。

【００９８】

（４）具体的制御

図１２は、直流電圧Ｖｄｃの変動を示すグラフである。図１及び図１２において、直流リンク部２２に配置されているコンデンサ２２ａは、整流部２１によって整流された電圧を平滑する程の大きな静電容量を有しない小容量のコンデンサであるので、電源電圧が直流電圧Ｖｄｃに脈動を与える。

【００９９】

本実施形態に係るモータ制御装置２０は、電源電圧が直流電圧Ｖｄｃに脈動を与えるような状況において、ある運転領域では直流電圧Ｖｄｃと誘起電圧Ｖｏとの大小関係に応じて３つのケースに分けて電流ベクトル制御を行う。

【０１００】

図１３は、モータ５１の回転速度とトルクとの関係を示すグラフである。図１３において、点線で表した線分は従来の電流ベクトル制御の選択を示し、実線で表した線分が本実施形態における電流ベクトル制御の選択を示している。

【０１０１】

モータ制御装置２０では、モータ５１の回転速度が小さいとき（低速域のとき）、直流電圧Ｖｄｃはさほど下がらず、直流電圧Ｖｄｃが誘起電圧Ｖｏに対して十分に大きい。このようなときは、図１３に示すようにモータ５１が最大効率となるように電流ベクトルを制御する。

【０１０２】

逆に、モータ５１の回転速度が大きいとき（高速域のとき）、直流電圧Ｖｄｃは大きく下がり、直流電圧Ｖｄｃが誘起電圧Ｖｏに対して十分に小さい。このようなときは、図１３に示すように慣性でモータを回転させる。従来は、弱め磁束制御を適用して運転領域を広げていたが、本実施形態では電流ベクトルが選択できないので慣性でモータ５１を回転させる。

【０１０３】

そして、モータ５１の回転速度が高速域と低速域とに挟まれた中速域、即ち図１３の二点鎖線で挟まれた領域にあるとき、直流電圧Ｖｄｃと誘起電圧Ｖｏとの大小関係は時間に応じて変化する。ここでは、この中速域における電流ベクトル制御について説明する。

【０１０４】

（４－１）Ｖｄｃｍｉｎ＞＞Ｖｏのとき（図１３のＣａｓｅ１のとき）

直流電圧Ｖｄｃが誘起電圧Ｖｏに対して十分に大きいときは、低速域における電流ベクトル制御法と同様に、最大効率となるように電流ベクトルを制御する。

【０１０５】

図１４Ａは、直流電圧Ｖｄｃが誘起電圧Ｖｏに対して十分に大きいときの電流ベクトル

の制御方法を説明するためのグラフである。図１４Ａにおいて、従来なら最大トルク／電流制御によって、最大トルク／電流曲線と電流制限円との交点Ｐａ１で運転するように電流ベクトルを制御していた。

【０１０６】

しかし、本実施形態のモータ制御装置２０では、最大効率制御を選択し、最大効率曲線と電流制限円との交点Ｐｂ１で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１０７】

図１４Ｂは、誘起電圧Ｖｏが図１４ＡにおけるＶｏ２からさらに小さいＶｏ３になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフである。図１４Ｂにおいて、Ｖｏ＝Ｖｏ３における電圧制限楕円は、最大トルク／電流曲線と電流制限円との交点Ｐａ１を通るので、従来制御ではＶｏ＝Ｖｏ３においても、Ｖｏ＝Ｖｏ２時と同様に最大トルク／電流制御によって、最大トルク／電流曲線と電流制限円との交点Ｐａ１で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１０８】

他方、本実施形態のモータ制御装置２０では、Ｖｏ＝Ｖｏ３においても、Ｖｏ＝Ｖｏ２時と同様に最大効率曲線と電流制限円との交点Ｐｂ１が電圧制限楕円の内側であるので、最大効率制御を選択し、引き続き最大効率曲線と電流制限円との交点Ｐｂ１で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１０９】

（４－２）Ｖｄｃｍｉｎ＜Ｖｏ＜Ｖｄｃｍａｘのとき（図１３のＣａｓｅ２のとき）

図１４Ｃは、誘起電圧Ｖｏが図１４ＢにおけるＶｏ３からさらに小さいＶｏ４になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフである。図１４Ｃにおいて、Ｖｏ＝Ｖｏ４における電圧制限楕円が、最大トルク／電流曲線と電流制限円との交点Ｐａ１を含まなくなり、従来制御ではＶｏ＝Ｖｏ４においては、最大トルク／電流制御を継続することができなくなるので、弱め磁束制御によって、Ｖｏ＝Ｖｏ４における電圧制限楕円と電流制限円との交点Ｐａ２で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１１０】

他方、本実施形態のモータ制御装置２０では、Ｖｏ＝Ｖｏ４における電圧制限楕円が、先の図１４Ｂにおける最大効率曲線と電流制限円との交点Ｐｂ１含まなくなるので、最大効率制御を維持するため、速度ω_1よりも大きい速度ω_2における最大効率曲線と電流制限円との交点Ｐｂ２で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１１１】

図１４Ｄは、誘起電圧Ｖｏが図１４ＣにおけるＶｏ４からさらに小さいＶｏ５になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフである。図１４Ｄにおいて、Ｖｏ＝Ｖｏ５における電圧制限楕円が、図１４Ｃにおける最大トルク／電流曲線と電流制限円との交点Ｐａ２を含まなくなるので、従来制御ではＶｏ＝Ｖｏ５においては、さらに弱め磁束制御によって、Ｖｏ＝Ｖｏ５における電圧制限楕円と電流制限円との交点Ｐａ３で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１１２】

他方、本実施形態のモータ制御装置２０では、Ｖｏ＝Ｖｏ５における電圧制限楕円が、図１４Ｃの速度ω_2における最大効率曲線と電流制限円との交点Ｐｂ２含まなくなるが、Ｖｏ＝Ｖｏ５における電圧制限楕円と速度ω_2における最大効率曲線との交点Ｐｂ３が存在するので、最大効率制御を維持するため、交点Ｐｂ３で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１１３】

なお、交点Ｐｂ３は、速度ω_2における最大効率曲線とｄ軸との交点でもあり、ｑ軸電流を流すことはできないので、トルクを発生させることができない。したがって、負のｄ軸電流を流して無負荷でモータ５１を回転させることになる。

【０１１４】

（４－３）Ｖｄｃｍａｘ＜＜Ｖｏのとき（図１３のＣａｓｅ３のとき）

図１４Ｅは、誘起電圧Ｖｏが図１４ＤにおけるＶｏ５からさらに小さいＶｏ６になったときの電流ベクトルの制御方法を説明するためのグラフである。これは、直流電圧Ｖｄｃが誘起電圧Ｖｏに対して十分に小さいことを示している。図１４Ｅにおいて、Ｖｏ＝Ｖｏ６における電圧制限楕円が、図１４Ｄにおける最大トルク／電流曲線と電流制限円との交点Ｐａ３を含まなくなるので、従来制御ではＶｏ＝Ｖｏ６においては、さらに弱め磁束制御によって、Ｖｏ＝Ｖｏ６における電圧制限楕円と電流制限円との交点Ｐａ４で運転するように電流ベクトルを制御する。

【０１１５】

他方、本実施形態のモータ制御装置２０では、Ｖｏ＝Ｖｏ６における電圧制限楕円が、図１４Ｄの速度ω_2における最大効率曲線と交差しなくなる。

【０１１６】

ここでは、弱め磁束制御によってＶｏ＝Ｖｏ６における電圧制限楕円とさらに大きい速度における最大効率曲線との交点での運転をあえて選択せずに、慣性でモータ５１を回転させる。つまり、高速域での制御と同様の制御を行うことになる。

【０１１７】

（５）特徴

（５－１）

モータ制御装置２０では、モータ５１の回転速度が中速域のとき、マイクロコンピュータ３０が直流電圧Ｖｄｃと誘起電圧Ｖｏとの比較結果に基づいて、最大効率制御、モータ５１を慣性で回転させる制御、及び負のｄ軸電流を流してモータ５１を回転させる制御のいずれかを選択する。その結果、モータ５１の回転速度の全域において、弱め磁束制御を適用しないので、ｄ軸電流分の余分な銅損を出さず、効率の最大化を図ることができる。

【０１１８】

（５－２）

モータ制御装置２０では、モータ５１の回転速度が中速域にあり、且つ、誘起電圧Ｖｏが直流電圧Ｖｄｃの最大値よりも十分に大きいときは、マイクロコンピュータ３０は電流ベクトル制御を行わずにモータを慣性で回転させる制御を行う。その結果、弱め磁束制御を適用せず余分な銅損を出さないので、効率を最大にすることができる。

【０１１９】

（５－３）

モータ制御装置２０では、モータ５１の回転速度が中速域にあり、且つ、誘起電圧Ｖｏが直流電圧Ｖｄｃの最小値と最大値との間を変動している場合、モータ５１のトルクが不足するときは、マイクロコンピュータ３０は負のｄ軸電流を流してモータ５１を回転させる制御を行う。この場合、最大トルク・電流制御に代えて最大効率制御でモータ５１の回転速度を制御しているときに、トルクを発生させることができないときの対処として有効である。

【０１２０】

（５－４）

モータ制御装置２０では、モータ５１の回転速度が中速域よりも低い低速域のときは、マイクロコンピュータ３０は最大トルク・電流制御又は最大効率制御によってモータ５１を制御する。また、モータ５１の回転速度が中速域よりも高い高速域のときは、マイクロコンピュータ３０はモータ５１を慣性で回転させる制御によってモータ５１を制御する。その結果、モータ５１の回転速度の全域において、弱め磁束制御を適用しないので、余分な銅損を出さず、効率の最大化を図ることができる。

【０１２１】

（５－５）

モータ制御装置２０では、コンデンサ２２ａとして小容量フィルムコンデンサを採用することにより小型軽量化、長寿命化を図りつつ、効率面では適切に電流ベクトル制御を行うことにより効率を最大化することができる。

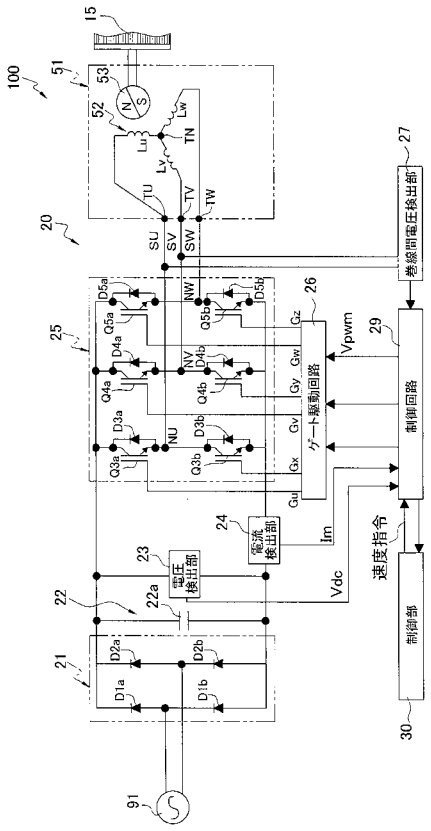
【０１２２】

（５－６）
モータ制御装置２０では、電圧検出部２３で直流電圧Ｖｄｃを検出するので、直流電圧Ｖｄｃを算出する必要がない分だけ、制御が容易になる。
【０１２３】
（５－７）
モータ制御装置２０では、巻線間電圧検出部２７によって誘起電圧Ｖｏを検出するので、誘起電圧Ｖｏを算出する必要がない分だけ、制御が容易になる。
【０１２４】
（５－８）
モータ制御装置２０では、モータ５１が埋込磁石同期モータであるので、マグネットトルクに加えてリラクタンストルクも併用でき、高トルク化が図れる。また、ロータ５３の位置によってインダクタンスが変化するため、これを利用して、始動位置の推定や極低速域での位置センサレス運転が可能である。
【０１２５】
（６）変形例
（６－１）
上記実施形態では、電圧検出部２３で直流電圧Ｖｄｃを検出しているが、電流検出部２４の電流値に基づいて誘起電圧Ｖｏを算出しその誘起電圧Ｖｏから直流電圧Ｖｄｃを算出する方式を用いてもよい。
【０１２６】
（６－２）
上記実施形態では、巻線間電圧検出部２７によって誘起電圧Ｖｏを検出しているが、電流検出部２４の電流値に基づいて誘起電圧Ｖｏを算出し、その誘起電圧Ｖｏから直流電圧Ｖｄｃを算出する方式を用いてもよい。
【産業上の利用可能性】
【０１２７】
本発明は、空気調和装置の圧縮機用モータやファンモータなどの制御装置として有用である。
【符号の説明】
【０１２８】

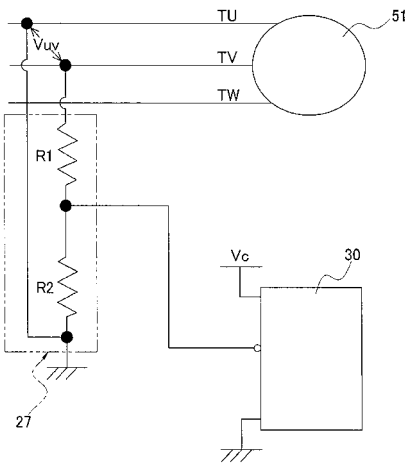
２０	モータ制御装置
２１	コンバータ
２２	直流リンク部
２２ａ	コンデンサ
２３	電圧検出部（電圧検出手段）
２５	インバータ
２７	巻線間電圧検出部（巻線間電圧検出手段）
３０	マイクロコンピュータ（制御部）
５１	モータ
Ｖｄｃ	直流電圧
Ｖｏ	誘起電圧

【先行技術文献】
【特許文献】
【０１２９】
【特許文献１】特開２００２－５１５８９号公報
【特許文献２】特開２００５－２０８３７号公報
【非特許文献】
【０１３０】
【非特許文献１】西原達也、森本茂雄、真田雅之「IPMSM速度制御システムにおける電解コンデンサレス化の影響」、平成２１年度電気学会全国大会

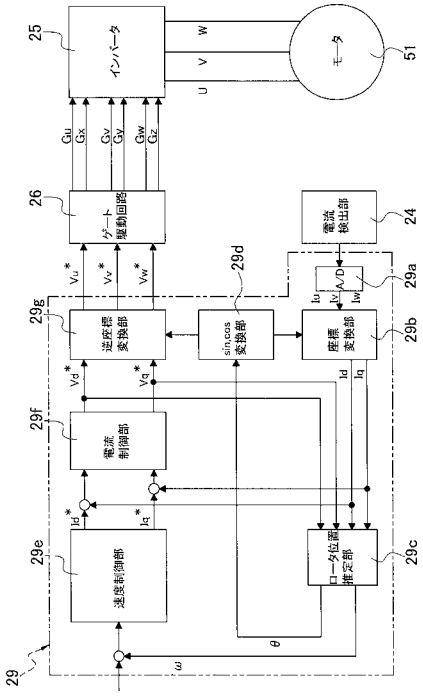
【図１】


15
100
51
53
52
Lu
Lv
Lw
TN
TU
TV
TW
20
SU
SV
SW
27
巻線間電圧検出部
25
D5a
Q5a
D4a
Q4a
D3a
Q3a
NU
NV
NW
D5b
Q5b
D4b
Q4b
D3b
Q3b
26
Gz
Gw
Gv
Gx
Gu
ゲート駆動回路
Vpwm
29
制御回路
24
電流検出部
Im
速度指令
23
電圧検出部
Vdc
22
22a
21
D2a
D1a
D2b
D1b
制御部
30
91

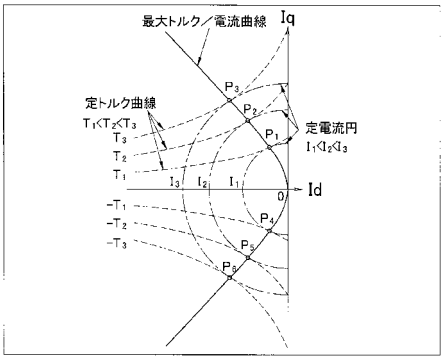
【図２】


TU
TV
TW
51
Vuv
R1
R2
Vc
30
27

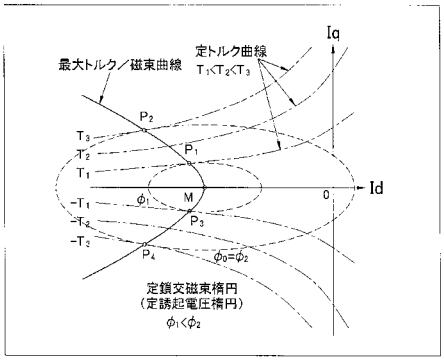
【図３】


25
インバータ
U
V
W
モータ
51
Gu
Gx
Gv
Gy
Gw
Gz
26
ゲート駆動回路
電流検出部
24
29d
29a
29g
逆座標変換部
sin,cos変換部
座標変換部
29b
29f
電流制御部
29e
速度制御部
29c
ロータ位置推定部
θ
ω
29

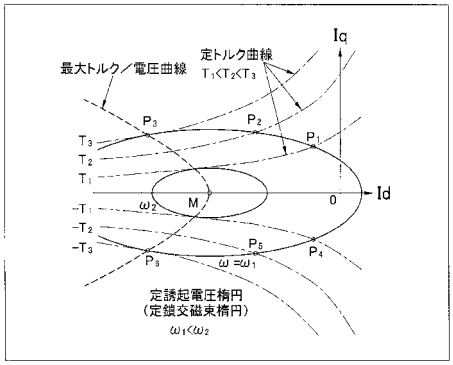
【図４】


最大トルク／電流曲線
Iq
定トルク曲線
T1<T2<T3
定電流円
I1<I2<I3
Id
0
P1
P2
P3
P4
P5
P6
-T1
-T2
-T3

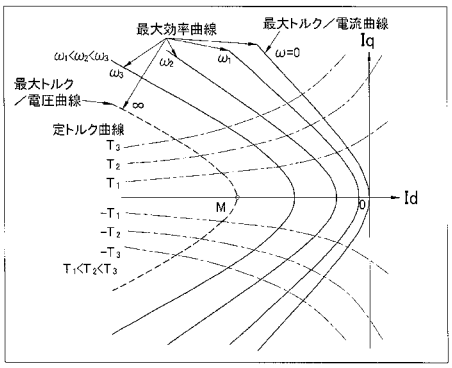
【図５】


最大トルク／磁束曲線
定トルク曲線
T1<T2<T3
Iq
Id
P1
P2
P3
P4
M
0
T1
T2
T3
-T1
-T2
-T3
φ1
φ0=φ2
定鎖交磁束楕円
（定誘起電圧楕円）
φ1<φ2

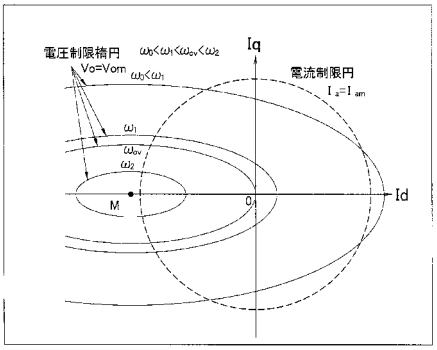
【図６】


最大トルク／電圧曲線
定トルク曲線
T1<T2<T3
Iq
Id
P1
P2
P3
P4
P5
M
0
T1
T2
T3
-T1
-T2
-T3
ω2
ω =ω1
定誘起電圧楕円
（定鎖交磁束楕円）
ω1<ω2

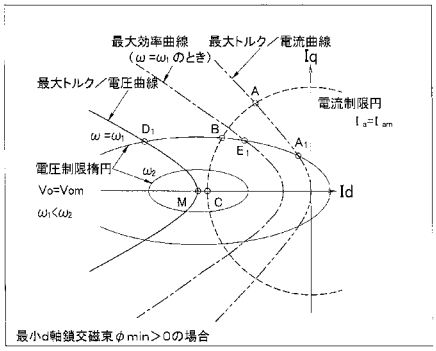
【図７】


最大効率曲線
最大トルク／電流曲線
ω1<ω2<ω3
ω3
ω2
ω1
ω=0
∞
最大トルク
／電圧曲線
定トルク曲線
Iq
Id
T1
T2
T3
-T1
-T2
-T3
M
0
T1<T2<T3

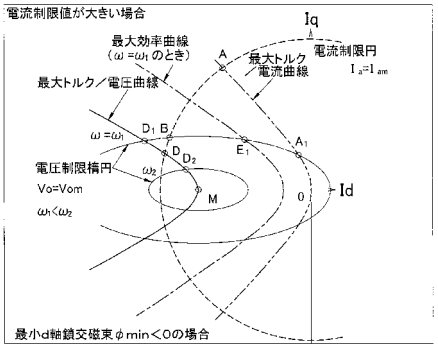
【図８】


電圧制限楕円
Vo=Vom
ω0<ω1<ωbv<ω2
ω0<ω1
電流制限円
Ia=Iam
Iq
Id
ω1
ωbv
ω2
M
0

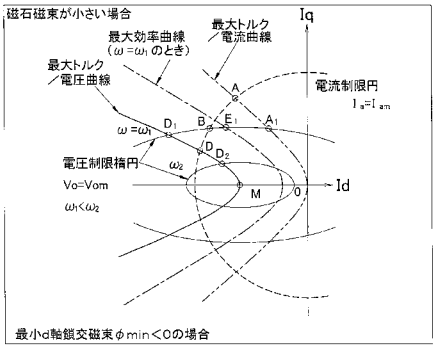
【図９】



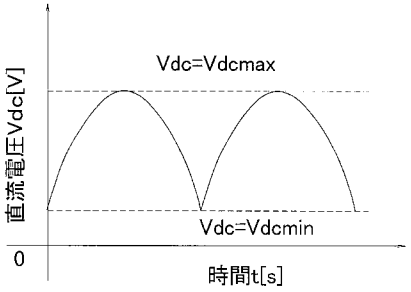
【図１０】



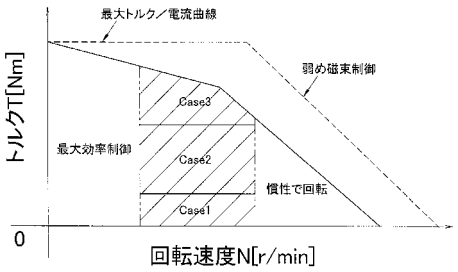
【図１１】



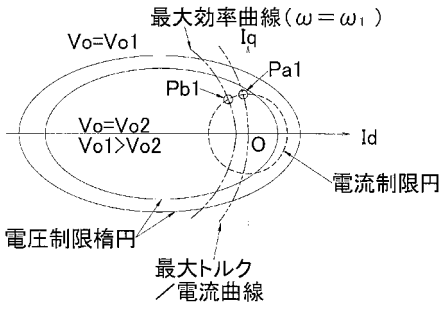
【図１２】



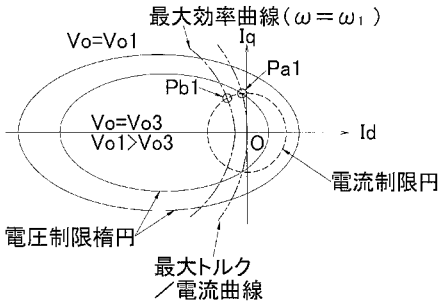
【図１３】



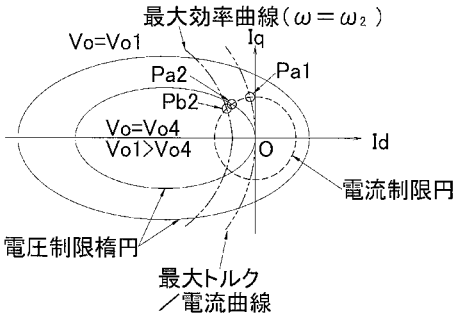
【図１４Ａ】



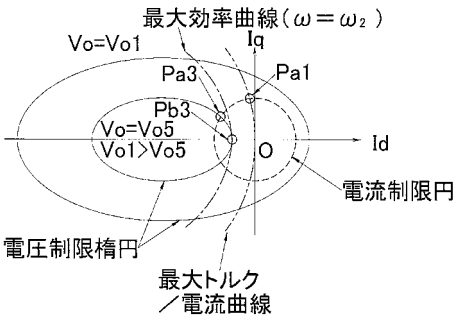
【図１４Ｂ】



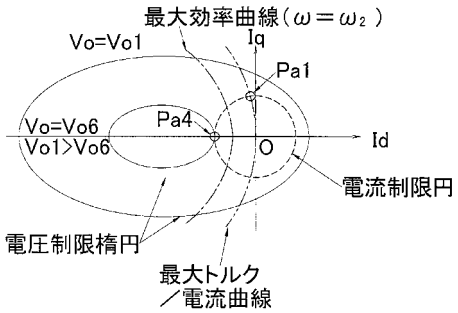
【図１４Ｃ】



【図１４Ｄ】



【図１４Ｅ】



フロントページの続き

(72)発明者　原　洸
滋賀県草津市岡本町字大谷１０００番地の２　ダイキン工業株式会社　滋賀製作所内

Ｆターム(参考) 5H505 BB02 CC05 DD08 EE41 EE49 GG02 GG04 GG05 HA01 HA05
HA10 HA16 HB02 JJ03 JJ16 JJ24 LL16 LL22 LL24