

明 細 書

発明の名称： 交流電動機の制御装置

技術分野

[0001] 本開示は、電流フィードバック制御により多相交流電動機の通電を制御する交流電動機の制御技術に関する。

背景技術

[0002] 多相交流電動機は、ベクトル制御において、交流電動機を構成するロータマグネットの着磁不均一性やロータ及びステータの形状に起因して、相電流の基本波成分に高次成分が重畳されることが知られている。例えば特許文献1に開示されたモータ制御装置は、実電流の高次成分を高次 dq 変換により直流化し、0に設定された高次電流指令値に対してフィードバック制御している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第3809783号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の「第1の実施の形態」に開示されたモータ制御装置は、高次 dq 軸電流制御部が、高次 dq 軸の実電流 i_{dh} 、 i_{qh} を電流指令値 $i_{dh}^*=0$ 、 $i_{qh}^*=0$ に一致させるための高次 dq 軸電圧指令値 v_{dh}^* 、 v_{qh}^* を演算する。具体的な制御構成は示されていないが、高次 dq 軸電流制御部は、基本波電流制御と同様に、 d 軸、 q 軸それぞれに対して比例積分演算を行いフィードバック制御をしていると推測される。

しかし一般に、 dq 軸座標上における電圧ベクトルと電流ベクトルとの位相は一致せず、位相差が存在する。この位相差が大きくなると、交流電動機の構造や特性によっては、モータ制御が不安定になる場合がある。

[0005] 本開示は、高次電圧ベクトルと高次電流ベクトルとの位相を一致させ、制

御を安定させる交流電動機の制御技術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

[0006] 本開示の技術の一態様である交流電動機の制御装置は、複数のスイッチング素子（４１－４６）の動作により変換した電力を多相の交流電動機（８０）に供給するインバータ（４０）と、交流電動機の通電を制御する電流制御器（３０）と、を備える。

電流制御器は、「基本波電流制御」及び「高次電流制御」により、インバータを駆動する駆動信号を演算する。「基本波電流制御」は、フィードバックされた実電流の１次成分を、 dq 座標上において基本波電流指令ベクトルに一致させる制御である。「高次電流制御」は、フィードバックされた実電流から抽出された１つ以上の特定次数の高次成分を、高次 dq 座標上において高次電流指令ベクトルに一致させる制御である。

[0007] 電流制御器は、高次電圧指令演算部（５５，７５）、及び、高次ベクトル変換部（５７，７７）を有する。

高次電圧指令演算部は、実電流から抽出された特定次数の高次成分の高次 dq 変換値を、高次 dq 軸電流指令値に一致させるフィードバック制御により、高次電圧指令ベクトルを演算する。

[0008] 高次ベクトル変換部は、高次ベクトルを回転させる「回転変換」を含む「高次ベクトル変換処理」を実行する。具体的には、高次ベクトル変換部は、高次電圧指令演算部に入力される高次電流ベクトル偏差、又は、高次電圧指令演算部により演算された高次電圧指令ベクトルに対して、高次 dq 座標上における高次電圧ベクトルと高次電流ベクトルとの位相を一致させるように、高次ベクトルを回転させる。

このように、高次ベクトル変換部は、高次電流ベクトル偏差又は高次電圧指令ベクトルに対して、高次ベクトル変換処理を実行する。これにより、本開示の制御装置は、モータ制御を安定させられる。

[0009] なお、高次ベクトル変換処理は、回転変換に加え、高次ベクトルの振幅に１倍以外のゲインを乗ずる「振幅変換」を含んでいてもよい。

また、電流制御器は、基本波電流指令値及び交流電動機の回転数に応じて、高次ベクトル変換処理における変換量である、回転変換の回転角及び振幅変換のゲインを設定する変換量設定部（56，76）をさらに有する。

このように、電流制御器は、電流値や回転数等の交流電動機の動作状態に応じて、回転変換の回転角及び振幅変換のゲインを設定する。これにより、本開示の制御装置は、フィードバック制御の応答性を動作点によらず一定にできる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施形態に係る交流電動機の制御装置が適用されるモータジェネレータ駆動システムの概略を示す構成図である。

[図2]図2は、電流制御器の制御ブロック図である。

[図3]図3は、基本波電流制御処理の概略を示すフローチャートである。

[図4]図4は、基本波について固定座標系とd-q座標系との関係を示す図である。

[図5]図5は、相電流（-5）次成分について固定座標系とd-q座標系との関係を示す図である。

[図6]図6は、d-q変換及び高次d-q変換を説明する制御ブロック図である。

[図7A]図7Aは、指令値フィルタによるトルク指令値のなまし処理を説明する図である。

[図7B]図7Bは、実トルク及びフィルタ処理前後のトルク指令値のスペクトルを示すイメージ図である。

[図8A]電圧ベクトルと電流ベクトルとの位相差を示す図である。

[図8B]図8Bは、高次ベクトル変換処理において回転変換のみを行う場合のイメージ図である。

[図8C]図8Cは、高次ベクトル変換処理において回転変換と振幅変換とを同時に行う場合のイメージ図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の技術の一態様である交流電動機の制御装置の実施形態を図

面に基づいて説明する。実施形態に係る交流電動機の制御装置は、ハイブリッド自動車や電気自動車の動力源であるモータジェネレータ（以下「MG」という）を駆動するシステム（以下「MG駆動システム」という）において、三相交流モータであるMGの通電を制御する。なお、実施形態に係る「MG」及び「MG制御装置」は、請求の範囲に記載の「多相の交流電動機」及び「交流電動機の制御装置」に相当する。

[0012] （第1実施形態）

〔システム構成〕

本実施形態に係るMG駆動システム全体の構成について図1を参照して説明する。図1には、1つのMGを備えるシステムを例示する。ハイブリッド自動車に搭載されるMG駆動システム99は、充放電可能な二次電池であるバッテリー25の直流電力を、インバータ40により三相交流電力に変換する。MG駆動システム99は、三相交流電力をMG80に供給し、MG80を駆動する。MG駆動システム99のMG制御装置10は、電流制御器30及びインバータ40を備える。

なお、本実施形態に係るMG制御装置10は、2つ以上のMGを備えるMG駆動システムにも適用可能である。

[0013] インバータ40は、上下アームの6つのスイッチング素子41-46がブリッジ接続されている。具体的には、スイッチング素子41, 42, 43は、それぞれU相, V相, W相の上アームのスイッチング素子である。スイッチング素子44, 45, 46は、それぞれU相, V相, W相の下アームのスイッチング素子である。スイッチング素子41-46は、例えばIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) で構成され、低電位側から高電位側へ向かう電流を許容する還流ダイオードが並列に接続されている。

[0014] インバータ40は、電流制御器30からのPWM信号UU, UL, VU, VL, WU, WLに従って、スイッチング素子41-46が動作することによって、直流電力を三相交流電力に変換する。インバータ40は、電流制御器30が演算した電圧指令に応じた相電圧Vu, Vv, Vwを、MG80の

各相巻線 81, 82, 83 に印加する。

インバータ 40 の入力部には、入力電圧を平滑化する平滑コンデンサ 47 が設けられている。入力電圧センサ 48 は、インバータ入力電圧 V_{inv} を検出する。なお、バッテリー 25 とインバータ 40 との間には、昇圧コンバータを備えてもよい。

[0015] MG80 は、例えば永久磁石式同期型の三相交流モータである。本実施形態では、MG80 はエンジン 91 を備えたハイブリッド自動車に搭載される。MG80 は、電動機としての機能と発電機としての機能とを兼ね備える。具体的には、MG80 は、駆動輪 95 を駆動するトルクを発生する電動機としての機能を有する。MG80 は、エンジン 91 や駆動輪 95 から伝達されるトルクを発電によってエネルギー回収する発電機としての機能を有する。また、MG80 は、例えば変速機等のギア 93 を介して車軸 94 に接続されている。MG80 が発生したトルクは、ギア 93 を介して車軸 94 を回転させる。これにより、駆動輪 95 は駆動する。

[0016] MG80 の三相巻線 81, 82, 83 のうち、二相の巻線に接続される電流経路には、相電流を検出する電流センサが設けられる。図 1 の例に示す本実施形態では、V 相巻線 82 及び W 相巻線 83 に接続される電流経路に、それぞれ相電流 I_v , I_w を検出する電流センサ 62, 63 が設けられている。これにより、本実施形態では、U 相の電流 I_u をキルヒホッフの法則に基づいて推定している。なお、電流検出方法はどの二相の電流を検出してもよい。他の方法としては三相の電流を検出してもよい。或いは、一相の電流検出値に基づいて他の二相の電流を推定する技術を採用してもよい。

MG80 のロータ位置に応じた電気角 θ_e は、例えばレゾルバ等の位置センサ 85 により検出される。

[0017] トルク指令生成器 20 は、MG80 のトルク指令値 T_{rq}^* を生成する。本実施形態では、各種入力信号に基づき車両の運転状態を総合的に判断し、車両の駆動を制御する車両制御回路のうち、トルク指令生成の機能部のみを示す。なお、本実施形態では、車両制御回路の他の機能部、バッテリー 25 やエ

ンジン 91 に係る制御回路等の図示及び説明を省略する。

[0018] 電流制御器 30 は、上記各センサが検出したインバータ入力電圧 $V_{in\ v}$ 、相電流 i_v 、 i_w 、電気角 θ_e を取得する。また、電流制御器 30 には、上位制御回路であるトルク指令生成器 20 からトルク指令値 T_{rq}^* が入力される。電流制御器 30 は、これらの情報に基づいて、インバータ 40 を駆動する駆動信号として、PWM 信号 U_U 、 U_L 、 V_U 、 V_L 、 W_U 、 W_L を演算する。インバータ 40 は、PWM 信号 U_U 、 U_L 、 V_U 、 V_L 、 W_U 、 W_L に従って、スイッチング素子 41-46 が動作することにより電力を変換する。そして、インバータ 40 は、電流制御器 30 の指令に応じた電力を MG80 に出力する。

なお、インバータ 40 を駆動する駆動信号は、PWM 信号に限らない。駆動信号は、例えばパルスパターン等による信号を用いてもよい。ただし、MG80 へ通電される電流には、高次成分ができる限り含まれないようにすることが好ましい。

[0019] ところで、MG80 の通電制御では、MG80 を構成するロータマグネットの着磁不均一性やロータ及びステータの形状等に起因して、相電流の基本波成分に高次成分が重畳される。その結果、損失や NV 特性（騒音及び振動の特性）は、基本波に対する高次成分の比率に応じて影響を受ける。

特に損失や NV 特性に関する要求の厳しいハイブリッド自動車等の MG 駆動システム 99 では、特定次数の高次電流を所望の値に制御することが求められる。ここでいう所望の値は、車両の運転状況が反映される動作点や車両の要求特性等に応じて、0 であることが求められる場合がある。また、所望の値は、0 以外の所定値に設定されることが好ましい場合もある。

[0020] 特許文献 1（特許第 3809783 号公報）には、実電流の高次成分を高次 dq 変換により直流化し、0 に設定された高次電流指令値に対してフィードバック制御するモータ制御装置が開示されている。

本実施形態に係る MG 制御装置 10 は、特許文献 1 の開示技術における問題点を解決するための電流制御器 30 を備える。以下、本実施形態に係る電

流制御器 30 の構成について詳しく説明する。

[0021] [電流制御器の構成、作用]

本実施形態に係る電流制御器 30 の構成及び作用について図 2 ～図 8 を参照して説明する。

電流制御器 30 は、マイクロコンピュータ等により構成され、CPU、ROM、I/O、及び、これらを接続するバスライン等を備えている。電流制御器 30 は、ROM等に予め記憶されているプログラムをCPUが実行することによる制御（ソフトウェア処理による制御）や、専用の電子回路による制御（ハードウェア処理による制御）を実行する。

[0022] 図 2 には、電流制御器 30 の制御ブロックを例示する。電流制御器 30 は、基本波電流制御系の制御ブロックと高次電流制御系の制御ブロックとを有する。「基本波電流制御」は、フィードバックされた実電流の 1 次成分を dq 座標上において基本波電流指令ベクトルに一致させる制御である。「高次電流制御」は、フィードバックされた実電流から抽出された 1 つ以上の特定次数の高次成分を、高次 dq 座標上において高次電流指令ベクトルに一致させる制御である。

[0023] 駆動対象が三相交流モータである本実施形態では、特定次数として 5 次及び 7 次の例を示す。したがって、高次電流制御系の制御ブロックは、さらに、5 次電流制御系と 7 次電流制御系との各制御ブロックに分けられる。なお、相電流 5 次成分は、相電流 1 次成分に対し 5 倍の周波数を有する成分である。相電流 7 次成分は、相電流 1 次成分に対し 7 倍の周波数を有する成分である。

[0024] 各制御ブロックの参照符号には、2 桁数字を用いている。具体的には、参照符号は、2 桁数字の 2 桁目を、基本波電流制御系では「1」、5 次電流制御系では「5」、7 次電流制御系では「7」とし、1 桁目を互いの付番に対応させる。

その他、電流センサ 62、63、及び、位置センサ 85 からのフィードバック情報を処理する各制御ブロックの参照符号は、2 桁数字の 2 桁目を「3

」とする。そのうち、上記各制御系に含まれない微分器 38 について先に説明する。微分器 38 は、位置センサ 85 が検出した電気角 θ_e を時間微分して、電気角速度 ω [deg/s] を算出する。電気角速度 ω は、比例定数を乗じることにより回転数 N [rpm] に換算される。そのため、本明細書では「電気角速度 ω を換算した回転数」を省略して「回転数 ω 」と表現する。

[0025] 以下、各制御ブロックについて、全体の概要を説明した後、特徴部分について詳しく説明する。

まず、基本波電流制御に関する構成を説明する。

基本波電流制御系の制御ブロックは、指令値フィルタ 11、基本波電流指令生成部 12、基本波電流偏差算出部 13、基本波電圧指令演算部 15、三相変換部 18、高次電圧成分重畳部 19、及び、実電流 dq 変換部 36 を有する。

[0026] 指令値フィルタ 11 は、一次遅れフィルタである。指令値フィルタ 11 は、トルク指令生成器 20 から取得したトルク指令値 T_{rq}^* をフィルタ処理する。フィルタ処理の技術的意義については、詳しくは後述する。

基本波電流指令生成部 12 は、指令値フィルタ 11 により処理されたフィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{-f}$ に基づいて、 dq 座標における基本波電流指令値 i_d^* 、 i_q^* を生成する。電流指令値生成処理は、例えば記録媒体に予め記憶されているマップ（対応付けデータ）を参照することにより行ってもよく、所定の数式等を用いて演算してもよい。5 次及び 7 次の各高次電流指令生成処理についても同様である。

[0027] 以下、 dq 軸座標における電流又は電圧については、「電流値又は電圧値」と表現する場合と、「電流ベクトル又は電圧ベクトル」と表現する場合とがある。原則として、「値」と表現する場合は、スカラー量である d 軸電流値（又は電圧値）、及び、スカラー量である q 軸電流値（又は電圧値）それぞれに着目する。一方、「ベクトル」と表現する場合は、座標上において振幅及び位相が規定されているベクトルとして着目する。特に高次電流制御における高次ベクトル変換処理では、位相について言及するため「ベクトル」

を用いる。

本来、ベクトル制御を根幹とする電流制御器30の説明では、全てのd q軸電流又はd q軸電圧について、「ベクトル」を用いてよいとも考えられる。しかし、本明細書では、記載が冗長になることを避けるため、明らかに「ベクトル」を用いる方が適当である場合以外は「値」を用いることとする。

[0028] 実電流d q変換部36は、位置センサ85が検出した電気角 θ_e に基づいて、電流センサ62, 63が検出した固定座標系の相電流 i_v , i_w を回転座標系のd q軸電流 i_d , i_q に座標変換する。このd q軸電流 i_d , i_q は、MG80に実際に通電されている実電流として、基本波電流偏差算出部13にフィードバックされる。

[0029] ここで、相電流 i_v , i_w は、相電流1次成分に対して、相電流5次成分や相電流7次成分等の高次成分が重畳している。厳密には、5次及び7次その他、11次、13次、17次、19次等の $(6n \pm 1)$ 次成分(n は自然数)が重畳している可能性がある。本実施形態では、説明を分かりやすくするために、11次以上の成分を省略し、相電流5次成分及び相電流7次成分についてのみ言及する。この相電流5次成分及び相電流7次成分は、d q変換によりd q軸電流6次成分に変換される。

なお、後述の説明では、負の次数を定義し、「相電流(−5)次」、「d q軸(−6)次」等の言い方を用いる。一方ここでは、次数の正負を区別せず、絶対値で表す。

[0030] 基本波電流偏差算出部13は、基本波電流指令生成部12が生成した基本波電流指令値 i_d^* , i_q^* と、実電流d q変換部36からフィードバックされた実電流 i_d , i_q と、の差分である、基本波電流偏差 Δi_d , Δi_q を算出する。基本波電流偏差 Δi_d , Δi_q は、後述のように、d q座標系の6次成分に相当すると考えられる。

[0031] 基本波電圧指令演算部15は、例えばPI制御器で構成される。基本波電圧指令演算部15は、基本波電流偏差 Δi_d , Δi_q を、それぞれ0に収束させるように、PI制御演算により基本波のd q軸電圧指令値 V_d^* , V_q^*

を演算する。

三相変換部 18 は、電気角 θ_e に基づいて、基本波の d q 軸電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を三相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に座標変換する。以下、三相電圧指令値「 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 」は、「 V_{uvw}^* 」と表現する。高次三相電圧指令値についても、同様に「 $V_{uvw_5}^{**}$ 、 $V_{uvw_7}^{**}$ 」と表現する。

[0032] 高次電圧成分重畳部 19 は、基本波の三相電圧指令値 V_{uvw}^* に、5 次及び 7 次の電流制御系の各制御ブロックにより演算された 5 次及び 7 次の三相電圧指令値 $V_{uvw_5}^{**}$ 、 $V_{uvw_7}^{**}$ を重畳する。図 2 では、図示の便宜上、5 次の三相電圧指令値 $V_{uvw_5}^{**}$ と、7 次の三相電圧指令値 $V_{uvw_7}^{**}$ と、を加算してから、基本波の三相電圧指令値 V_{uvw}^* に加算する例が示されている。つまり、図 2 には、三相電圧指令値が二段階で加算される例が記載している。なお、加算方法については、これに限らない。他の加算方法としては、加算の順序は問わず、一段階で加算してもよい。

[0033] 図 2 では、高次電圧成分重畳部 19 とインバータ 40 との間の制御ブロックを省略している。この間には、電圧デューティ変換部及び PWM 信号生成部が設けられる。

電圧デューティ変換部は、基本波の三相電圧指令値 V_{uvw}^* を指令デューティに変換する。この変換の演算では、インバータ入力電圧 V_{inv} の情報が用いられる。PWM 信号生成部は、指令デューティに基づく PWM 変調により、PWM 信号 U_U 、 U_L 、 V_U 、 V_L 、 W_U 、 W_L を算出し、インバータ 40 に出力する。なお、PWM 制御は周知技術であるため、詳しい説明を省略する。

[0034] 図 3 には、基本波電流制御系の制御ブロックにより実行される基本波電流制御処理の概略フローを例示する。なお、フローチャートにおける記号「S」は処理工程（ステップ）を意味する。

指令値フィルタ 11 は、トルク指令フィルタ処理を行う（ステップ S1）。

基本波電流指令生成部12は、フィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{_f}$ に基づいて、 dq 座標における基本波電流指令値 I_d^* 、 I_q^* の生成処理を行う（ステップS2）。

実電流 dq 変換部36及び基本波電流偏差算出部13は、基本波電流指令値 I_d^* 、 I_q^* に対する電流フィードバック処理を行う。そして、基本波電圧指令演算部15は、基本波の dq 軸電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を演算する（ステップS3）。

三相変換部18は、基本波の dq 軸電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を座標変換し、相電圧算出処理を行う（ステップS4）。

PWM信号生成部は、PWM変調を行う（ステップS5）。

[0035] 続いて、高次電流制御に関する構成を説明する。

5次電流制御系の制御ブロックは、5次電流指令生成部52、5次電流偏差算出部53、5次 dq 変換部54、5次電圧指令演算部55、変換量設定部56、5次電圧ベクトル変換部57、及び、三相変換部58を有する。

5次電流指令生成部52は、トルク指令値 T_{rq}^* 及びMG80の回転数 ω に応じて、マップ（対応付けデータ）の参照等により5次 dq 軸電流指令値 I_{d5}^* 、 I_{q5}^* を生成する。上述のように、5次電流を所望の値は、システムに要求される損失やNV特性により、「 $I_{d5}^*=0$ 、 $I_{q5}^*=0$ 」としてもよく、0以外の目標値に設定してもよい。

[0036] 5次 dq 変換部54は、電気角 θ_e の（-5）倍角である「 $-5\theta_e$ 」に基づいて、基本波電流偏差 ΔI_d 、 ΔI_q （ dq 座標系の6次成分）を、高次 dq 座標系である5次 dq 座標系に高次 dq 変換する。これにより、5次 dq 変換部54は、実電流に含まれる相電流5次成分を抽出する。以下、「5次 dq 変換」等の次数は、固定座標系の次数の絶対値を用いて表現する。「 $-5\theta_e$ 」の負の符号の意味は後述する。

[0037] 5次電流偏差算出部53は、5次電流指令生成部52が生成した5次 dq 軸電流指令値 I_{d5}^* 、 I_{q5}^* と、5次 dq 変換部54により高次 dq 変換された5次 dq 変換値と、の差分である、5次電流偏差 ΔI_{d5} 、 ΔI_{q5} を算

出する。

ここで、基本波電流偏差算出部13からの出力には、実電流 i_d 、 i_q をマイナスして算出された値が反映される。したがって、5次 dq 変換部54から5次電流偏差算出部53への入力、プラスで表現し、マイナスの量を差し引いている。

[0038] 5次電圧指令演算部55は、例えばPI制御器で構成される。5次電圧指令演算部55は、5次電流偏差 Δi_d 、 Δi_q を、それぞれ0に収束させるように、PI制御演算により5次電圧指令ベクトル V_{d5}^* 、 V_{q5}^* を演算する。

5次電圧ベクトル変換部57は、5次電圧指令演算部55が演算した5次電圧指令ベクトル V_{d5}^* 、 V_{q5}^* に対し、5次 dq 座標上において「高次ベクトル変換処理」を実行する。5次電圧ベクトル変換部57は、変換後の5次 dq 軸電圧指令ベクトル V_{d5}^{**} 、 V_{q5}^{**} を出力する。

[0039] 高次ベクトル変換処理には、5次電圧指令ベクトル V_{d5}^* 、 V_{q5}^* の位相を、所定の回転角 ϕ_5 に従って回転させる「回転変換」が少なくとも含まれる。回転変換の回転角 ϕ_5 は、 $2n\pi$ (n は整数) [rad]を除く。

さらに、高次ベクトル変換処理には、5次電圧指令ベクトル V_{d5}^* 、 V_{q5}^* の振幅に、1倍以外のゲイン G_5 を乗じる「振幅変換」が含まれてもよい。言い換えれば、高次ベクトル変換処理では、ゲイン G_5 が1倍の場合が、振幅変換を含まない回転変換のみの処理となる。

[0040] 高次ベクトル変換処理の変換量である回転変換の回転角 ϕ_5 、及び、振幅変換のゲイン G_5 は、変換量設定部56により設定される。本実施形態では、変換量設定部56は、基本波電流指令値 i_d^* 、 i_q^* 及び回転数 ω に応じて、回転変換の回転角 ϕ_5 、及び、振幅変換のゲイン G_5 を設定する。

高次ベクトル変換処理の技術的意義については、詳しくは後述する。

[0041] 三相変換部58は、電気角 θ_e の (-5) 倍角である「 $-5\theta_e$ 」に基づいて、高次ベクトル変換処理後の dq 軸電圧指令値 V_{d5}^{**} 、 V_{q5}^{**} を、三相電圧指令値 V_{uvw5}^{**} に座標変換する。5次の三相電圧指令値 V_{uvw5}^{**}

は、高次電圧成分重畳部 19 によって基本波の三相電圧指令値 V_{uvw}^ に重畳される。

[0042] 7 次電流制御系の制御ブロックは、7 次電流指令生成部 72、7 次電流偏差算出部 73、7 次 d q 変換部 74、7 次電圧指令演算部 75、変換量設定部 76、7 次電圧ベクトル変換部 77、及び、三相変換部 78 を有する。各制御ブロックの構成は、5 次電流制御系と同様である。特記すべき点として、7 次 d q 変換部 74 は、電気角 θ_e の 7 倍角である「 $7\theta_e$ 」に基づいて、基本波電流偏差 ΔI_d 、 ΔI_q を、7 次 d q 座標系に高次 d q 変換する。これにより、7 次 d q 変換部 74 は、実電流に含まれる相電流 7 次成分を抽出する。その他の点は、5 次電流制御系と同様であるため説明を省略する。

[0043] 次に、本実施形態に係る基本波及び高次電流制御の基礎的事項について図 4～図 6 を参照して説明する。

相電流 k 次成分について、固定座標系から d q 座標系への d q 変換は、式 (1) により表される。式 (1) 中の「 ϕ_{dk} 」は、d q 座標における k 次成分ベクトルについて、d 軸を基準とした位相を示す。また、「 I_{rk} 」は k 次成分の電流ベクトルの振幅を示す。

[数1]

$$\begin{bmatrix} I_{dk} \\ I_{qk} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta_e & \cos \left(\theta_e - \frac{2}{3} \pi \right) & \cos \left(\theta_e + \frac{2}{3} \pi \right) \\ -\sin \theta_e & -\sin \left(\theta_e - \frac{2}{3} \pi \right) & -\sin \left(\theta_e + \frac{2}{3} \pi \right) \end{bmatrix} \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} I_{rk} \cos(k\theta_e + \phi_{dk}) \\ I_{rk} \cos \left(k\theta_e - \frac{2}{3} \pi + \phi_{dk} \right) \\ I_{rk} \cos \left(k\theta_e + \frac{2}{3} \pi + \phi_{dk} \right) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} I_{rk} \cos \{ (k-1)\theta_e + \phi_{dk} \} \\ I_{rk} \sin \{ (k-1)\theta_e + \phi_{dk} \} \end{bmatrix} \dots (1)$$

表 1 には、式 (1) に基づいて、固定座標系における次数と d q 座標系における次数との対応関係を示す。

[0044]

[表1]

固定座標系	d q 座標系
1 次	直流
− 5 次	− 6 次
7 次	6 次
k 次	(k − 1) 次

[0045] ここで、1 次を除く次数 k は、式 (2. 1) により表される。式 (2. 1) において、 $n = 0$ の場合が 1 次 (基本波) に相当する。また、 $n = 1$ の場合が (− 5) 次及び 7 次に相当する。

$$k = 1 \pm 6n \quad (n \text{ は自然数}) \quad \cdots (2. 1)$$

さらに、次数の正負を区別しない場合、 k の絶対値は、式 (2. 2) により表される。

$$|k| = |1 \pm 6n| = 6n \pm 1 \quad (n \text{ は自然数}) \quad \cdots (2. 2)$$

[0046] 表 1 において負の次数の意味は、次の通りである。

固定座標系において、三相の相順が基本波と逆の場合には次数を負とする。例えば基本波の相順が UVW のときには、相順が UWV となる高次成分の次数を負で表す。

d q 座標系において、高次成分の回転方向が反時計回り (左回り) の場合には次数を正とし、時計回り (右回り) の場合には次数を負とする。

[0047] 一般には、固定座標系の k 次に対し d q 座標系の $(k - 1)$ 次が対応する。具体的には、固定座標系の (− 5) 次には d q 座標系の (− 6) 次が対応し、固定座標系の 7 次には d q 座標系の 6 次が対応する。よって、相電流 (− 5) 次成分及び相電流 7 次成分は、三相交流電動機においてトルク 6 次変動に寄与する。

また、式 (1) における「 $\cos(k\theta_e)$ 項」に対応し、図 2 において 5 次 d q 変換部 54 及び三相変換部 58 に入力される角度は「 $-5\theta_e$ 」となる。

[0048] 図4には、基本波について、固定座標系とd q座標系との関係を例示する。固定座標系での基本波の相順は、UVWの順とする。

d q軸電流ベクトルの振幅を $|r_1|$ とすると、相電流の振幅は $\{\sqrt{(2/3)}\} |r_1|$ と表される。また、d q軸電流ベクトルの位相 ϕ_{d1} は、固定座標における電気角 0° を基準としたとき、例えばU相電流が最大となる位相に相当する。

[0049] 図5には、相電流（-5）次成分について、固定座標系と5次d q座標系との関係を例示する。固定座標系の相順は、基本波と逆のUWVであるため、負の次数で表す。

5次d q軸電流ベクトルは、1次d q軸電流ベクトルの終点を中心として電気周期あたり6回、5次座標上を時計回りに回転する。回転半径に相当するd q軸電流ベクトルの振幅を $|r_5|$ とすると、相電流（-5）次成分の振幅は $\{\sqrt{(2/3)}\} |r_5|$ と表される。

また、5次d q軸電流ベクトルの位相は、「 $-6\theta_e + \phi_{d5}$ 」と表される。位相 ϕ_{d5} は、固定座標における電気角 0° を基準としたとき、例えばU相電流が最大となる位相に相当する。

[0050] 相電流に重畳した高次成分は、d q変換後、次数に応じた交流成分としてd q軸電流に現れる。高次d q変換は、相電流に重畳した高次成分を直流化して所望の値に制御する手法である。

本実施形態では、図6に示すように、固定座標系の相電流を一旦d q座標系に変換した後、高次d q座標系に変換する。図6は、図2に示したd q変換及び高次d q変換に関する制御ブロックを抜粋した図に相当する。なお、説明の都合上、基本波電流偏差算出部13における「+/-」の符号は、図2とは逆に記載する。

[0051] 図6に対応する、「固定座標系→d q座標系→高次d q座標系」の変換式は、式（3）により表される。

[数2]

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} I_{dk} \\ I_{qk} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos(k-1)\theta_e & \sin(k-1)\theta_e \\ -\sin(k-1)\theta_e & \cos(k-1)\theta_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{rk} \cos\{(k-1)\theta_e + \phi_{dk}\} \\ I_{rk} \sin\{(k-1)\theta_e + \phi_{dk}\} \end{bmatrix} \\ &= I_{rk} \begin{bmatrix} \cos\phi_{dk} \\ \sin\phi_{dk} \end{bmatrix} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

[0052] 図6において、元信号である相電流には、基本波に高次成分が重畳されている。基本波は、実電流d q変換部36により直流化される。基本波電流偏差算出部13は、d q変換後の実電流から基本波電流指令値 I_d^* 、 I_q^* を除去する。これにより交流の高次成分が残る。高次d q変換部（5次d q変換部、7次d q変換部）54、74では、交流の高次成分を高次d q変換し直流化する。

以上が基本波及び高次電流制御の基礎的事項についての説明である。このように本実施形態では、高次d q変換により特定次数の高次成分を直流化する。これにより、本実施形態に係る電流制御器30は、各次数の高次電流指令値に対してフィードバック制御する。

[0053] 次に、本実施形態に係る指令値フィルタ11を用いたフィルタ処理の技術的意義について図7A及び図7Bを参照して説明する。

図7Aに示すように、モータ制御では、一般に、トルク指令生成器20の演算周期 T_{ctrl_trq} は電流制御器30の演算周期 T_{ctrl_i} よりも長く設定される。したがって、演算されたトルク指令は、相対的に短周期で演算する電流制御器30に対してステップ状に入力される。また、電流制御器30の応答性（電流制御の演算周期）は、トルク指令の演算周期と比較して早い。そのため、電流制御器30がトルク指令生成器20からの入力（入力されたトルク指令）をそのまま制御に用いると、MG80からは実トルクが階段状に出力されてしまう。その結果、例えばハイブリッド自動車に適用した場合には、ドライバビリティに影響を及ぼすおそれがある。

[0054] そこで本実施形態では、電流制御器30の指令値フィルタ11により、ト

ルク指令値 T_{rq}^* の応答を滑らかにするフィルタ処理を行う。すなわち、本実施形態に係る電流制御器 30 は、「なまし処理」を行う。

図 7 B に示すように、フィルタ処理前のトルク指令値 T_{rq}^* のスペクトルは、全周波数域にわたって高周波成分を含む。一方、指令値フィルタ 11 によるフィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{-f}$ のスペクトルは、フィルタ処理前のトルク指令値 T_{rq}^* に含まれる高周波成分が除去される。電流応答による多少の誤差はあるものの、フィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{-f}$ のスペクトルは、実トルクのスペクトルに近づく。

なお、図 7 B には、実トルクのスペクトル範囲のイメージを実線枠で例示し、フィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{-f}$ のスペクトル範囲のイメージを破線枠で例示する。これらの枠は、主なスペクトルが枠内の範囲に存在することを意味する。

[0055] このように本実施形態では、フィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{-f}$ のスペクトルは、主に 1 次成分を含み、5 次以上の高周波成分を含まない。したがって、本実施形態に係る電流制御器 30 は、フィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{-f}$ から生成された電流指令値 i_d^* 、 i_q^* を用いて、実電流 i_d 、 i_q に含まれる高次成分を抽出できる。

[0056] 特許文献 1（特許第 3809783 号公報）には、ハイパスフィルタや電流応答モデルを用いて高次成分を抽出する技術が開示されている。しかし、ハイパスフィルタを用いる場合には、基本波成分の残留等が問題となる。また、電流応答モデルを用いる場合には、フィルタ演算処理の分、演算負荷が増加する。

[0057] そこで本実施形態では、指令値フィルタ 11 によるフィルタ処理後のトルク指令値 $T_{rq}^*_{-f}$ から生成された電流指令値 i_d^* 、 i_q^* と、実電流 i_d 、 i_q と、の差分から、高次成分を抽出する。これにより、本実施形態に係る MG 制御装置 10 は、ハイパスフィルタを用いた場合における基本波成分の残留等の問題を回避できる。また、本実施形態に係る MG 制御装置 10 は、電流応答モデルを用いた場合のように演算負荷を増加させることなく、高

次成分を適切に抽出できる。その結果、本実施形態に係るMG制御装置10は、処理時間を短縮できる。

[0058] 次に、本実施形態に係る5次電圧ベクトル変換部57及び7次電圧ベクトル変換部77による高次ベクトル変換処理の技術的意義について図8A～図8Cを参照して説明する。

図8Aに示すように、一般に、 dq 軸座標上における電圧ベクトルと電流ベクトルとの位相は一致せず、位相差 $\Delta\phi$ が存在する。高次電圧ベクトルと高次電流ベクトルとの位相差 $\Delta\phi$ が大きくなると、交流電動機の構造や特性によっては、モータ制御が不安定になる場合がある。

[0059] なお、基本波電流制御では、フィードフォワード項の電圧方程式において、 d 軸電圧指令値を q 軸電流偏差から演算し、 q 軸電圧指令値を d 軸電流偏差から演算する。このように基本波電流制御では、 d 軸成分と q 軸成分とを独立して制御する非干渉制御が知られている。しかし、高次電流制御では、非干渉制御は検討されていない。

そこで本実施形態では、ベクトルを回転させることにより、5次や7次等の高次の電圧ベクトルと電流ベクトルとの位相を一致させる補正を行う。この高次ベクトル変換処理は、5次電圧指令演算部55及び7次電圧指令演算部75に入力される高次電流ベクトル偏差に対して実行される。または、高次ベクトル変換処理は、フィードバック制御により演算された高次電圧指令ベクトルに対して実行される。

[0060] また、高次ベクトル変換処理では、回転変換と同時にベクトルの振幅を変更する振幅変換を行ってもよい。

図8Bには、高次ベクトル変換処理において回転変換(R)のみを行う場合を例示する。図8Cには、高次ベクトル変換処理において回転変換(R)と振幅変換(G)とを同時に行う場合を例示する。なお、回転角 ϕ_k は、一般に k 次のベクトルについての回転変換を示す。

[0061] 図2に示したように、本実施形態では、5次電圧指令演算部55が演算した5次電圧指令ベクトル V_{d5}^* 、 V_{q5}^* 、及び、7次電圧指令演算部75が

演算した 7 次電圧指令ベクトル Vd_7^* , Vq_7^* を回転させる。5 次電圧ベクトル変換部 57 及び 7 次電圧ベクトル変換部 77 による高次ベクトル変換処理は、それぞれ、回転行列を含む式 (4. 1) 及び式 (4. 2) により表される。

[数3]

$$\begin{bmatrix} Vd_5^{**} \\ Vq_5^{**} \end{bmatrix} = G_5 \begin{bmatrix} \cos \phi_5 & \sin \phi_5 \\ -\sin \phi_5 & \cos \phi_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vd_5^* \\ Vq_5^* \end{bmatrix} \quad \dots (4. 1)$$

$$\begin{bmatrix} Vd_7^{**} \\ Vq_7^{**} \end{bmatrix} = G_7 \begin{bmatrix} \cos \phi_7 & \sin \phi_7 \\ -\sin \phi_7 & \cos \phi_7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vd_7^* \\ Vq_7^* \end{bmatrix} \quad \dots (4. 2)$$

[0062] 一方、5 次電流ベクトル偏差 $\Delta I d_5$, $\Delta I q_5$ 、及び、7 次電流ベクトル偏差 $\Delta I d_7$, $\Delta I q_7$ について、高次ベクトル変換処理を実行する形態では、高次電流ベクトル偏差を回転させてからフィードバック制御する。この形態での電流制御器では、図 2 に示した構成に対して、制御ブロック「55, 75」と「57, 77」との配置を入れ替えた構成となる。また、「57, 77」の制御ブロックの名称は、「5 次／7 次電圧ベクトル変換部」に代えて、「5 次／7 次ベクトル偏差変換部」となる。本開示の技術では、上記 2 通りの形態によって高次ベクトル変換処理を実行する制御ブロックを包括して、「高次ベクトル変換部」という。

[0063] 電圧ベクトルと電流ベクトルとの位相差 $\Delta \phi$ は、MG80 のインダクタンスやロータの誘起電圧に起因する。そのため、位相差 $\Delta \phi$ は、電流値や回転数等の動作状態に依存する。本実施形態に係る変換量設定部 56, 76 は、例えば予め計測しておいた基本波電流指令値 $I d^*$, $I q^*$ 及び回転数 ω と、位相差 $\Delta \phi$ 及び振幅比率と、の関係を、マップ（対応付けデータ）として予め記憶している。そして、変換量設定部 56, 76 は、基本波電流指令値 $I d^*$, $I q^*$ 及び回転数 ω に応じて、マップの参照等により、高次ベクトル変換処理の変換量である回転変換の回転角 ϕ_5 , ϕ_7 、及び、振幅変換のゲイン G_5 , G_7 を設定する。

なお、変換量設定部56, 76は、基本波電流指令値 I_d^* , I_q^* に代えて、実電流 I_d , I_q やMG80のトルク検出値等を、マップ参照時のパラメータとして用いてもよい。

[0064] このように本実施形態では、高次電圧指令ベクトル V_{d5}^* , V_{q5}^* , V_{d7}^* , V_{q7}^* について、高次電圧ベクトルと高次電流ベクトルとの位相が一致するように高次ベクトル変換処理を行う。これにより、本実施形態に係るMG制御装置10は、モータ制御を安定させられる。これは、5次電圧指令演算部55及び7次電圧指令演算部75に入力される高次電流ベクトル偏差 ΔI_{d5} , ΔI_{q5} , ΔI_{d7} , ΔI_{q7} について、高次ベクトル変換処理を行う場合も同様である。

また、本実施形態では、電流値や回転数等の動作状態に応じて、回転変換の回転角 ϕ_5 , ϕ_7 、及び、振幅変換のゲイン G_5 , G_7 を設定する。これにより、本実施形態に係るMG制御装置10は、フィードバック制御の応答性を動作点によらず一定にできる。

[0065] (その他の実施形態)

(a) 他の実施形態に係る電流制御器は、指令値フィルタを備えなくてよい。例えば、MG制御装置の処理能力に余裕がある場合には、電流応答モデルを用いて高次成分を抽出してもよい。また、トルク指令生成器の演算周期が電流制御器の演算周期と同等のシステムでは、電流制御器に入力されるトルク指令値 T_{rq}^* は、高周波成分を含まない可能性がある。その場合には、高周波成分を含まないトルク指令値 T_{rq}^* から生成された電流指令値 I_d^* , I_q^* と、実電流 I_d , I_q と、の差分から、高次成分を適切に抽出できる。

[0066] (b) 上記実施形態では、三相交流モータであるMG80の駆動システムに適用されるMG制御装置10において、電流制御器30は、絶対値で表した特定次数として5次及び7次成分を制御する。他の実施形態では、電流制御器は、式(2.2)における $n=2, 3, \dots$ の場合に対応する11次、13次、17次、19次等の各次数成分を制御してもよい。

[0067] (c) 本開示の技術が適用されるシステムにおいて駆動される交流電動機は、上記実施形態に係るMG80のように、発電機としての機能を併せ持つものでなくてもよい。また、交流電動機は、永久磁石式同期型モータに限らず、誘導電動機やその他の同期モータであってもよい。多相交流モータの回転機の相数は、四相以上であってもよい。実電流からの抽出対象となる高次成分の特定次数は、相数に応じて異なる。

[0068] (d) 本開示における交流電動機の制御装置は、ハイブリッド自動車や電気自動車のMG駆動システムに限らず、一般機械用等、どのような用途の交流電動機の駆動システムに適用されてもよい。

以上、本開示におけるは、上記実施形態に限定されるものではなく、開示技術の趣旨を逸脱しない範囲において、種々の形態により実施可能である。

符号の説明

[0069] 100・・・MG制御装置（交流電動機の制御装置）、
30・・・電流制御器、
40・・・インバータ、
41ー46・・・スイッチング素子、
55, 75・・・5次／7次電圧指令演算部（高次電圧指令演算部）、
56, 76・・・変換量設定部、
57, 77・・・5次／7次電圧ベクトル変換部（高次ベクトル変換部）、
80・・・MG（交流電動機）。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のスイッチング素子（41-46）の動作により変換した電力を多相の交流電動機（80）に供給するインバータ（40）と、
- フィードバックされた実電流の1次成分をd-q座標上において基本波電流指令ベクトルに一致させる基本波電流制御、及び、フィードバックされた前記実電流から抽出された1つ以上の特定次数の高次成分を、高次d-q座標上において高次電流指令ベクトルに一致させる高次電流制御により、前記インバータを駆動する駆動信号を演算し、前記交流電動機の通電を制御する電流制御器（30）と、
- を備え、
- 前記電流制御器は、
- 前記実電流から抽出された前記特定次数の高次成分の高次d-q変換値を、高次d-q軸電流指令値に一致させるフィードバック制御により、高次電圧指令ベクトルを演算する高次電圧指令演算部（55、75）、及び、
- 前記高次電圧指令演算部に入力される高次電流ベクトル偏差、又は、前記高次電圧指令演算部により演算された前記高次電圧指令ベクトルに対して、高次d-q座標上における高次電圧ベクトルと高次電流ベクトルとの位相を一致させるように、高次ベクトルを回転させる回転変換を含む高次ベクトル変換処理を実行する高次ベクトル変換部（57、77）を有する、交流電動機の制御装置。
- [請求項2] 前記電流制御器は、
- 基本波電流指令値及び前記交流電動機の回転数に応じて、前記高次ベクトル変換処理における変換量である前記回転変換の回転角を設定する変換量設定部（56、76）を有する、請求項1に記載の交流電動機の制御装置。
- [請求項3] 前記高次ベクトル変換処理は、前記回転変換に加え、前記高次ベクトルの振幅に1倍以外のゲインを乗ずる振幅変換を含む、請求項1に

記載の交流電動機の制御装置。

[請求項4]

前記電流制御器は、

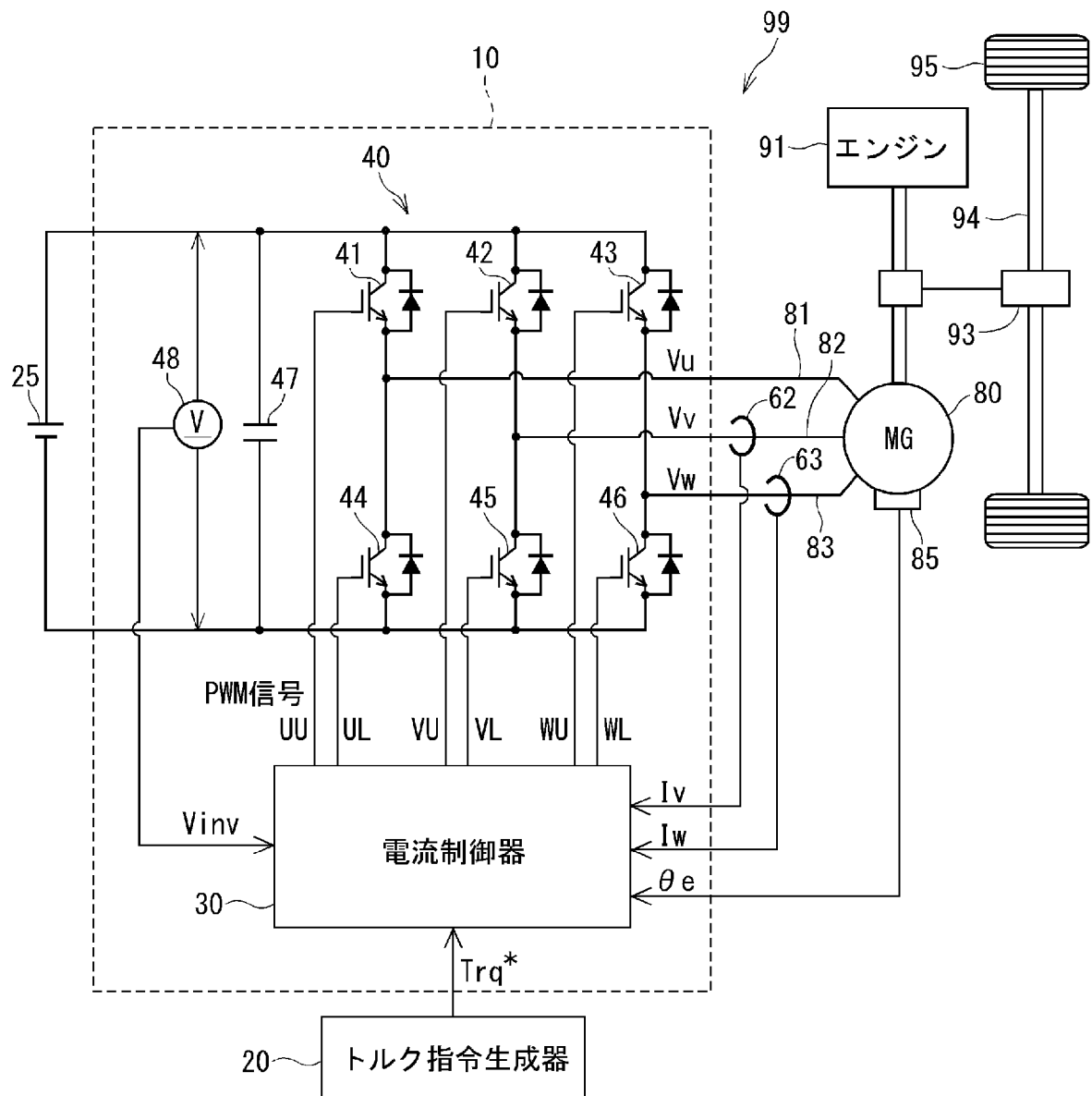
基本波電流指令値及び前記交流電動機の回転数に応じて、前記高次ベクトル変換処理における変換量である、前記回転変換の回転角及び前記振幅変換のゲインを設定する変換量設定部（56, 76）を有する、請求項3に記載の交流電動機の制御装置。

[請求項5]

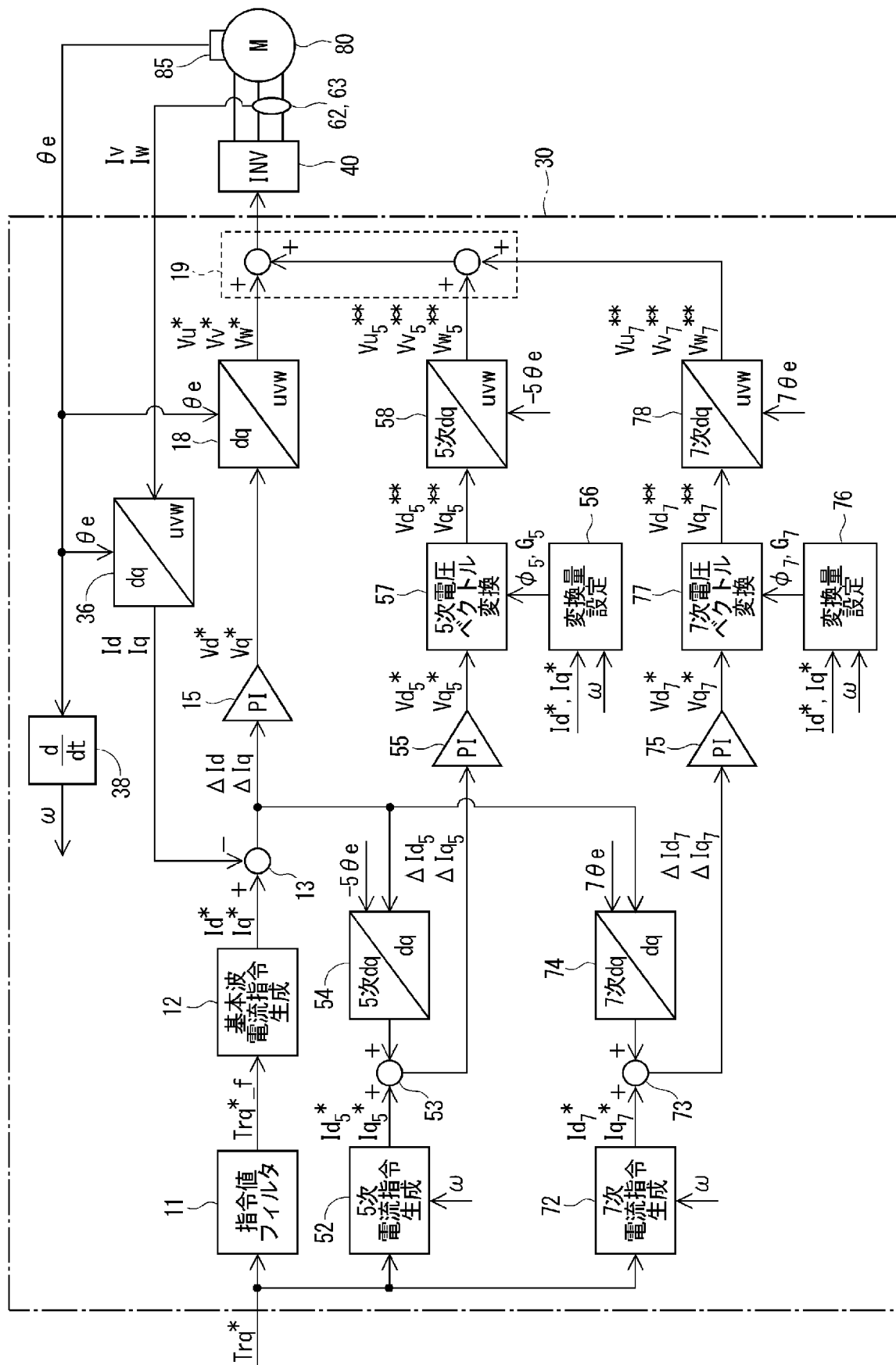
前記多相の交流電動機は、三相交流電動機であり、

前記電流制御器は、前記特定次数の高次成分として、 $(6n \pm 1)$ 次（ n は自然数）の高次成分を抽出する、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の交流電動機の制御装置。

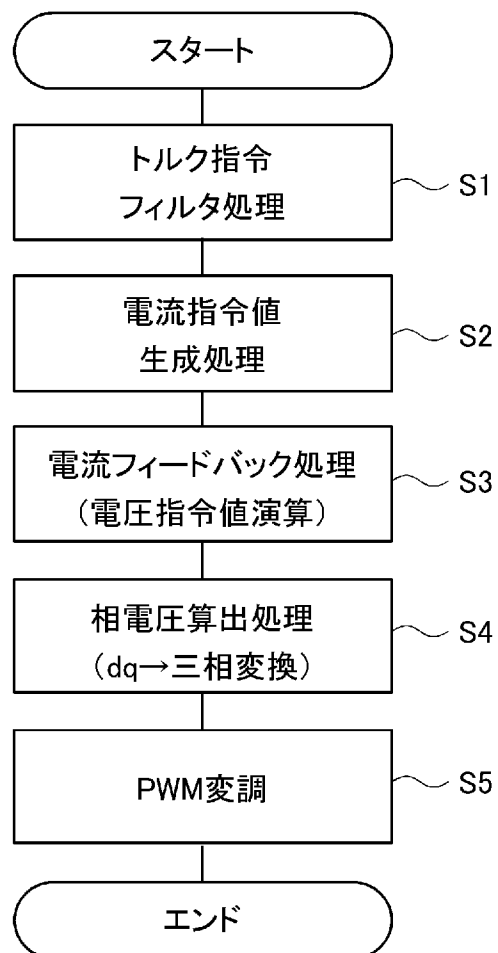
[図1]



[図2]



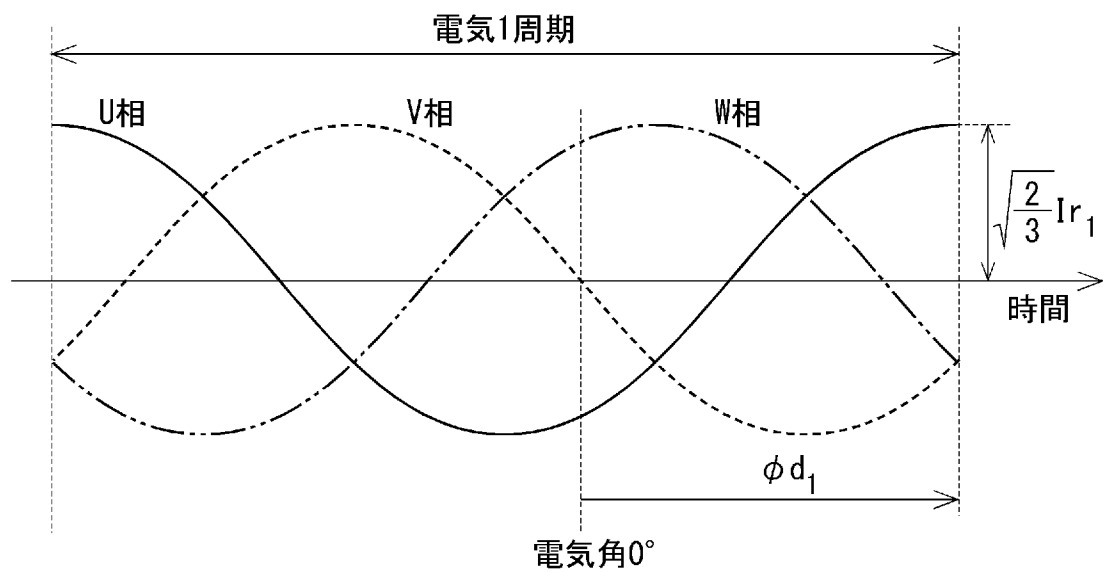
[図3]



[図4]

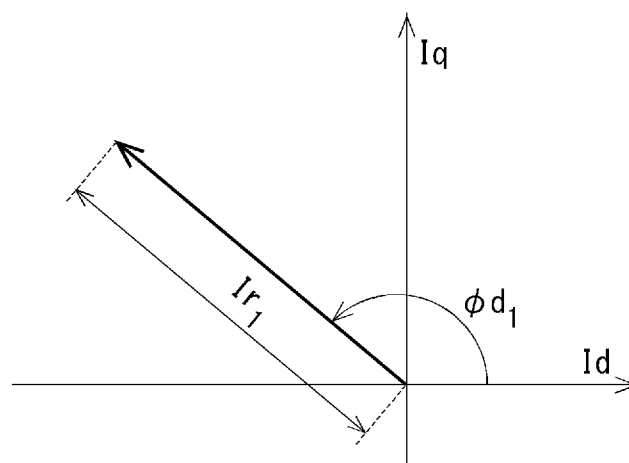
基本波

<固定座標>



↓ dq変換

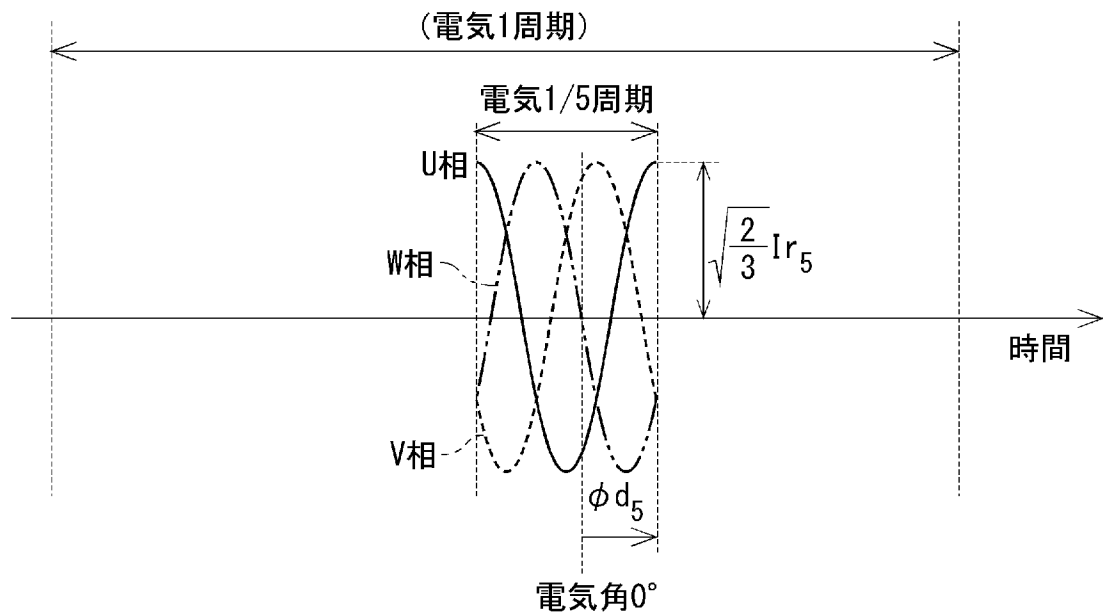
<dq座標>



[図5]

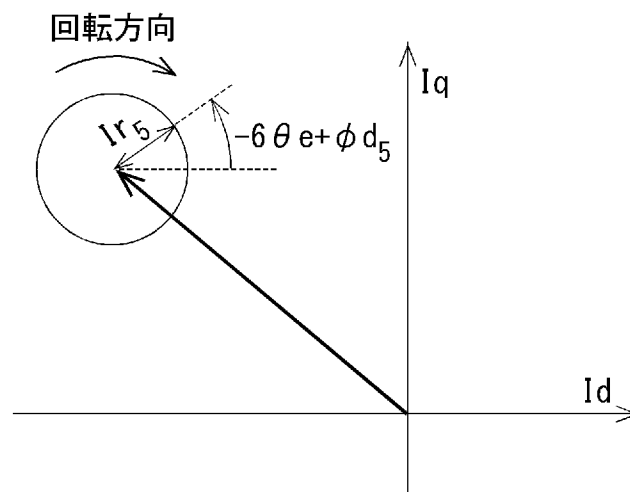
-5次成分

<固定座標>

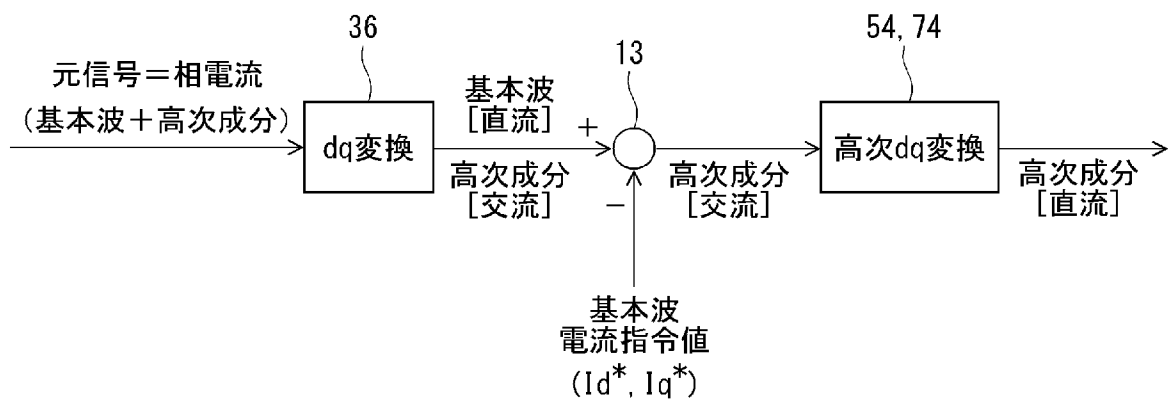


dq変換

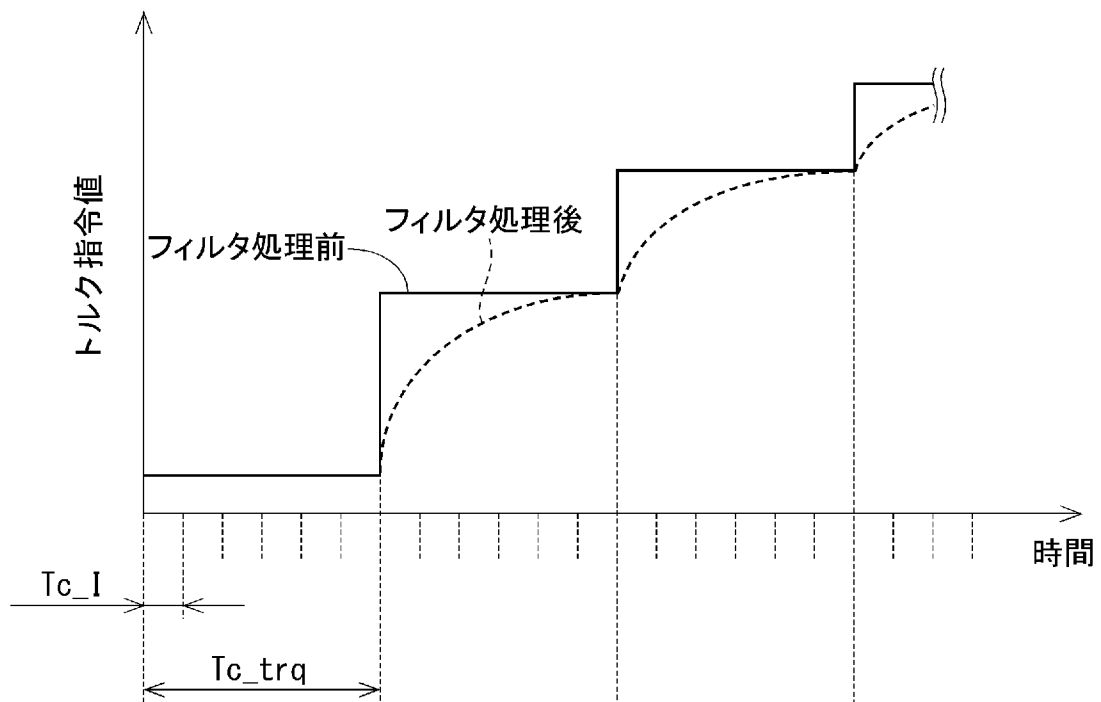
<dq座標>



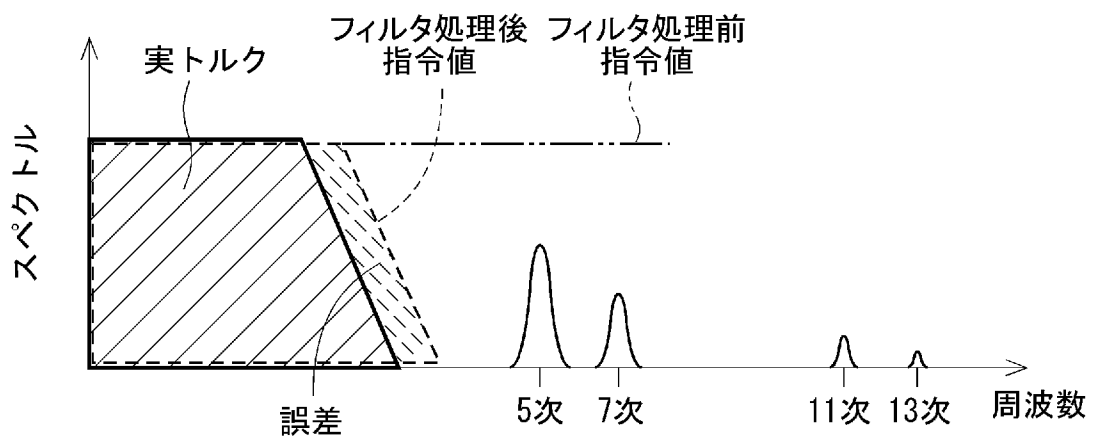
[図6]



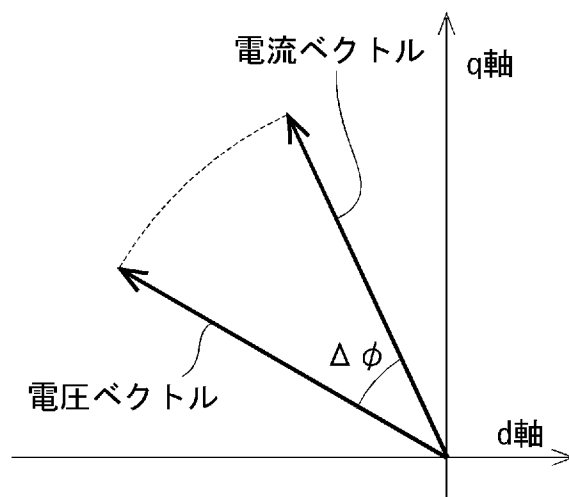
[図7A]



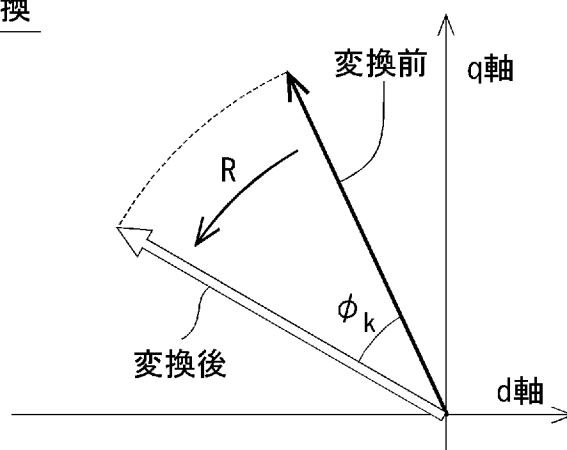
[図7B]



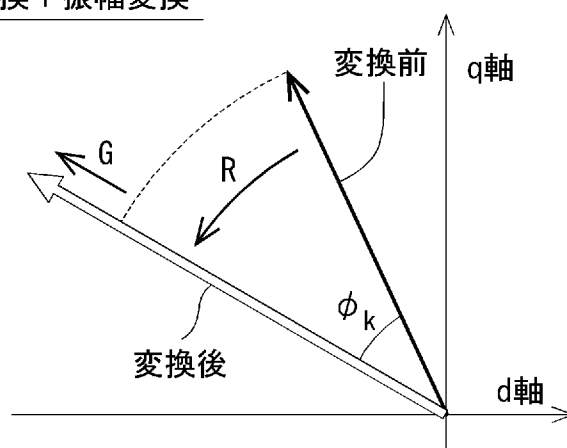
[図8A]



[図8B]

回転変換

[図8C]

回転変換+振幅変換

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006560

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P21/22(2016.01) 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)

H02P21/22

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2003-153575 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 23 May 2003 (23.05.2003), entire text; all drawings & US 2003/0090231 A1 entire text; all drawings & EP 1313208 A2	1-5
A	JP 2013-66367 A (Denso Corp.), 11 April 2013 (11.04.2013), entire text; all drawings & US 2013/0049653 A1 entire text; all drawings & DE 102012107970 A1 & FR 2979501 A1	1-5

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
01 May 2017 (01.05.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

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/JP2017/006560

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/133220 A1 (Aisin AW Co., Ltd.), 04 October 2012 (04.10.2012), entire text; all drawings & JP 5590428 B2 & US 2013/0307449 A1 entire text; all drawings & CN 103339004 A	1-5
A	JP 2010-63221 A (Toyota Industries Corp.), 18 March 2010 (18.03.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02P21/22 (2016.01) 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. H02P21/22

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2003-153575 A (日産自動車株式会社) 2003.05.23, 全文、全図 & US 2003/0090231 A1, 全文、全図 & EP 1313208 A2	1-5
A	JP 2013-66367 A (株式会社デンソー) 2013.04.11, 全文、全図 & US 2013/0049653 A1, 全文、全図 & DE 102012107970 A1 & FR 2979501 A1	1-5

☒ 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

01.05.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

マキロイ 寛済

3 V

4 0 3 1

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	WO 2012/133220 A1 (アイシン・エイ・ダブリュ株式会社) 2012. 10. 04, 全文、全図 & JP 5590428 B2 & US 2013/0307449 A1, 全文、全図 & CN 103339004 A	1-5
A	JP 2010-63221 A (株式会社豊田自動織機) 2010. 03. 18, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5