

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4656267号
(P4656267)

(45) 発行日 平成23年3月23日(2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl. F 1
 H02P 21/00 (2006.01) H02P 5/408 A
 H02P 27/04 (2006.01)

請求項の数 2 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-284972 (P2000-284972) (22) 出願日 平成12年9月20日 (2000.9.20) (65) 公開番号 特開2002-101699 (P2002-101699A) (43) 公開日 平成14年4月5日 (2002.4.5) 審査請求日 平成19年9月14日 (2007.9.14)</p>	<p>(73) 特許権者 591083244 富士電機システムズ株式会社 東京都品川区大崎一丁目11番2号 (74) 代理人 100091281 弁理士 森田 雄一 (72) 発明者 海田 英俊 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 審査官 天坂 康種</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交流電動機のベクトル制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

交流電動機の1次電流を、静止座標系に対してある位相角を有する回転座標系の磁化電流およびトルク電流に変換する第1のベクトル回転手段と、磁化電流およびトルク電流がそれぞれ磁化電流指令およびトルク電流指令に一致するように調節動作を行う電流調節手段と、この電流調節手段の出力である回転座標系の電圧指令を静止座標系に変換して出力する第2のベクトル回転手段と、この第2のベクトル回転手段から出力される電圧指令に従って電力変換を行い、交流電動機を駆動する電力変換手段と、を備えた交流電動機のベクトル制御装置において、

前記位相角に同期して電力変換手段の出力周波数の6k (kは自然数) 倍の周波数を持つ変調信号を発生する変調信号発生手段と、

前記変調信号により磁化電流指令およびトルク電流指令を変調する変調手段と、を備えたことを特徴とする交流電動機のベクトル制御装置。

【請求項2】

交流電動機の1次電流を、静止座標系に対してある位相角を有する回転座標系の磁化電流およびトルク電流に変換する第1のベクトル回転手段と、磁化電流およびトルク電流がそれぞれ磁化電流指令およびトルク電流指令に一致するように調節動作を行う電流調節手段と、この電流調節手段の出力である回転座標系の電圧指令を静止座標系に変換して出力する第2のベクトル回転手段と、この第2のベクトル回転手段から出力される電圧指令に従って電力変換を行い、交流電動機を駆動する電力変換手段と、を備えた交流電動機のベク

10

20

トル制御装置において、
前記位相角に同期して電力変換手段の出力周波数の $6k$ (k は自然数) 倍の周波数を持つ
変調信号を発生する変調信号発生手段と、
前記変調信号により、第 1 のベクトル回転手段から出力される磁化電流およびトルク電流
を変調する変調手段と、
を備えたことを特徴とする交流電動機のベクトル制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、交流電動機のベクトル制御装置に関し、詳しくは速度検出器の有無に関わらず
交流電動機のトルクリプルや速度むらを低減させるようにしたベクトル制御装置に関する
ものである。

10

【0002】

【従来の技術】

誘導電動機等の交流電動機のベクトル制御は、電機子電圧や電流等の諸量を回転磁界上で
とらえ、これらの諸量を二次磁束方向及びこれと直交する方向に分離して制御することに
より、交流電動機の発生トルクや速度を直流電動機と同様に制御するものである。

このベクトル制御においては、交流電動機の磁束ベクトルを求めるために電動機の回転速
度を検出する必要があることから、一般に速度検出器が不可欠であるが、速度検出器の設
置環境の制約や配線上の制約により、速度検出器を用いない、いわゆる速度センサレスベ
クトル制御も提案されてきている。

20

【0003】

図 6 は、速度検出器を有する交流電動機（誘導電動機）のベクトル制御装置の従来技術を
示している。

図 6 において、101 は交流電動機、102 は三相インバータ等の電力変換器、103 は
交流電動機 101 に取り付けられた速度検出器、104, 105 は磁化電流指令 I_d^* 、
トルク電流指令 I_q^* と磁化電流 I_d 、トルク電流 I_q の偏差がそれぞれ入力されて調節
動作する電流調節器、106 は各電流調節器 104, 105 の出力である電圧指令および
位相角（磁束ベクトル角）が入力されて回転座標系から静止座標系への座標変換を行う
第 2 のベクトル回転器、102 はベクトル回転器 106 の出力である三相電圧指令に基づ
いて三相交流電圧を出力し、交流電動機 101 を駆動するインバータ等の電力変換器、1
07 は電流検出器 115 により検出した 1 次電流 i_1 を位相角 θ に基づき回転座標変換し
て磁化電流 I_d およびトルク電流 I_q に分解する第 1 のベクトル回転器、111 は速度検
出器 103 による検出速度 ω_r が速度指令 ω_r^* に一致するように調節動作してトルク電
流指令 I_q^* を出力する速度調節器、110 は磁化電流指令 I_d^* およびトルク電流指令
 I_q^* が入力されてすべり周波数を演算するすべり周波数演算器、114 はすべり周波数
と速度 ω_r とを加算して 1 次周波数 ω_1 を演算する加算器、109 は 1 次周波数を積分し
て位相角 θ を算出する積分器である。

30

【0004】

この制御装置においては、電流調節器 104, 105 から出力される電圧指令および位相
角 θ をベクトル回転器 106 に与え、その出力である三相電圧指令に基づいて電力変換器
102 により交流電動機 101 に三相交流電圧を印加する。交流電動機 101 が誘導電動
機の場合、すべりが存在するため、すべり周波数演算器 110 によってすべり周波数 ω_s
 ω_1 を求め、これに電動機 101 の速度 ω_r を加算して 1 次周波数 ω_1 を得る。この 1 次周
波数 ω_1 を積分することにより位相角 θ を得て、各ベクトル回転器 106, 107 に与え
ている。

40

【0005】

図 7 は、速度検出器を持たないベクトル制御装置（速度センサレスベクトル制御装置）の
従来技術である。

この制御装置では、図 6 の速度検出器 103 の代わりに速度推定器 201 が設けられてお

50

り、1次電流 i_1 、1次電圧 v_1 から速度推定値 ω_r を演算して速度調節器 111 および加算器 114 に入力している。その他の構成、動作は図6と同様であるため、説明を省略する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

交流電動機 101 の固定子は、巻線を格納するためのスロットを持っている。ギャップ磁束は回転方向に対して正弦波分布であることが望ましいが、実際はスロットのために空間高調波を発生する。この空間高調波の影響によって、1次周波数（電力変換器の出力周波数）の $6k$ （ k は自然数）倍のトルクリプルや速度むらが発生する。ところが、従来の制御方式では空間高調波のない理想状態の交流電動機を仮定しているため、トルクリプル等を抑制することが不可能であった。

10

そこで本発明は、交流電動機の空間高調波に起因するトルクリプルや速度むらを除去することができる交流電動機のベクトル制御装置を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

まず、1次周波数で回転する位相角を基準として回転座標上で制御を行うベクトル制御系から見ると、空間高調波は、トルクリプルと同様に1次周波数の $6k$ 倍の成分となる。図5に、回転子から見た実際の磁化電流とトルク電流の波形を示す。

図示するように、磁化電流とトルク電流には空間高調波による1次周波数の $6k$ 倍の成分が重畳している。ベクトル制御で使用する位相角は、固定子巻線の機械角（電気角に換算）に1対1で対応している。従って、空間高調波は、回転座標上では位相角に同期した $6k$ 倍の成分を磁化電流とトルク電流とに重畳したのと同様の影響を及ぼす。

20

【0008】

そこで請求項1記載の発明では、交流電動機の1次周波数の $6k$ 倍の周波数を持つ変調信号を生成し、この変調信号を用いて空間高調波による影響とは逆特性で磁化電流指令およびトルク電流指令を変調する。これにより磁化電流指令とトルク電流指令に空間高調波とは逆位相の高調波を注入して空間高調波の影響を相殺し、トルクリプルや速度むらの発生を抑える。

【0009】

また、請求項2記載の発明では、前記同様に交流電動機の1次周波数の $6k$ 倍の周波数を持つ変調信号を生成し、この変調信号を用いて、空間高調波と同じ特性で第1のベクトル回転手段から得られる磁化電流およびトルク電流を変調する。この発明は、空間高調波の影響を推定演算した磁化電流及びトルク電流を制御することで、実際の磁化電流およびトルク電流に空間高調波によるトルクリプルが発生しないように制御するものであり、ベクトル制御装置において直接観測できない電動機内部の実際の磁化電流及びトルク電流と同じ特性の磁化電流及びトルク電流を算出するために、空間高調波の影響と同じ特性で変調を行う。

30

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。

40

まず、図1は請求項1に記載した発明の一実施形態（第1実施形態）を示すブロック図である。この実施形態は速度検出器を持つベクトル制御装置に関するものであり、図6と同一の構成要素には同一の参照符号を付してある。

【0011】

図1において、108は磁化電流指令 I_d^* およびトルク電流指令 I_q^* が入力される変調器であり、変調信号発生器 117 から出力される変調信号に従って磁化電流指令 I_d^* およびトルク電流指令 I_q^* を交流電動機 101 の空間変調波と同じ特性で変調し、新たな磁化電流指令およびトルク電流指令としてそれぞれ電流調節器 104, 105 に出力する。

ここで、変調信号発生器 117 は、積分器 109 からの位相角 θ に同期した、1次周波数

50

ω_1 の $6k$ (k は自然数) 倍の周波数を持つ変調信号を発生する。

【0012】

このように構成すると、図5のように本来的に磁化電流 I_d およびトルク電流 I_q に重畳される空間高調波の影響を、逆特性の変調信号により変調した磁化電流指令 I_d^* およびトルク電流指令 I_q^* を用いることで相殺することができる。

これにより、空間高調波に起因する電動機101のトルクリプルや速度むらを低減することが可能である。

【0013】

次に、図2は請求項1に記載した発明の他の実施形態(第2実施形態)を示しており、速度センサレスベクトル制御装置の例である。

この実施形態が図1と異なるのは、図1における速度検出器103の代わりに速度推定器201を用いる点であり、その他の構成は図1と同様である。

【0014】

すなわち、速度推定器201は、電動機101の1次電流 i_1 および1次電圧 v_1 に基づいて速度推定値 ω_r' を演算する。

ここで、速度推定方法は種々存在し、回転座標上において1次電流 i_1 から演算した2次磁束と1次電圧 v_1 から演算した2次磁束とが一致するように電流モデルの速度項を調整して速度を同定する方法(たとえば、玉井ほかによる「MRASを用いた速度センサレスベクトル制御とその応用」(平成3年電気学会全国大会S.9-5-3)を参照)等が考えられるが、これ以外にも、種々の方法がある(海田英俊「誘導機のベクトル制御の基礎と制御システムの実際構成」、III速度センサレスベクトル制御システムの実際構成」(電気学会論文誌D, 117巻5号, 平成9年)等を参照)。

【0015】

上記速度推定値は加算器114においてすべり周波数 ω_{s1} と加算され、1次周波数 ω_1 が演算される。なお、以下の動作は図1の実施形態と同一である。

この実施形態においても、磁化電流指令 I_d^* およびトルク電流指令 I_q^* を1次周波数 ω_1 の $6k$ 倍の周波数を持つ変調信号により変調することで、空間高調波による影響を相殺してトルクリプル等を低減することができる。

【0016】

図3は請求項2に記載した発明の一実施形態(第3実施形態)を示しており、速度検出器を持つベクトル制御装置の例である。

この実施形態では、1次電流 i_1 を磁化電流 I_d およびトルク電流 I_q に分解する第1のベクトル回転器107の出力側に変調器301が設けられており、1次周波数の $6k$ 倍の変調信号によって磁化電流 I_d およびトルク電流 I_q を空間高調波とは逆の特性で変調する。そして、変調された磁化電流 I_d およびトルク電流 I_q がそれぞれ電流調節器104, 105に入力される。

なお、これらの変調手段以外の構成、動作は、図1と同一である。

【0017】

本実施形態では、図5に示す空間高調波の影響を受けた磁化電流およびトルク電流を空間高調波の影響と同じ特性で変調することで、変調しない場合の磁化電流およびトルク電流のようになることができ、見かけ上は空間高調波の影響のない磁化電流 I_d およびトルク電流 I_q を得ることができる。

これにより、空間高調波に起因する電動機101のトルクリプルや速度むらを低減することが可能である。

【0018】

図4は請求項2に記載した発明の他の実施形態(第4実施形態)を示しており、速度センサレスベクトル制御装置の例である。

速度推定器201の動作は前述した図2の実施形態と同様であり、変調信号発生器117および変調器301の動作は前述した図3の実施形態と同様であるため、動作説明を省略する。

10

20

30

40

50

この実施形態においても、ベクトル回転器 107 の出力である磁化電流 I_d およびトルク電流 I_q から空間高調波の影響を除去し、電動機 101 のトルクリプルや速度むらを低減することができる。

【0019】

【発明の効果】

以上のように請求項 1 または請求項 2 記載に記載した発明によれば、交流電動機のスロット構造によらず、磁化電流およびトルク電流の変調によって空間高調波の影響を電氣的に打ち消すことができ、電動機のトルクリプルや速度むらを生じない滑らかな駆動特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【図 1】本発明の第 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 2 実施形態を示すブロック図である。

【図 3】本発明の第 3 実施形態を示すブロック図である。

【図 4】本発明の第 4 実施形態を示すブロック図である。

【図 5】回転子から見た等価的な磁化電流、トルク電流の波形図である。

【図 6】従来技術を示すブロック図である。

【図 7】従来技術を示すブロック図である。

【符号の説明】

101 交流電動機

102 電力変換器

103 速度検出器

104 , 105 電流調節器

106 , 107 ベクトル回転器

108 , 301 変調器

109 積分器

110 すべり周波数演算器

111 速度調節器

114 加算器

115 電流検出器

117 変調信号発生器

201 速度推定器

20

30

フロントページの続き

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H02P 23/00-27/18