

(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2017-189103

(P2017-189103A)

(43) 公開日 平成29年10月12日(2017. 10. 12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02P 21/05 (2006.01)	H02P 21/05	5H505
H02M 7/48 (2007.01)	H02M 7/48 E	5H770

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2017-74630 (P2017-74630)
 (22) 出願日 平成29年4月4日(2017. 4. 4)
 (31) 優先権主張番号 1652955
 (32) 優先日 平成28年4月5日(2016. 4. 5)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(71) 出願人 502363191
 シュネーデル、トウシバ、インバーター、
 ヨーロッパ、ソシエテ、パル、アクション
 、セプリフェ
 SCHNEIDER TOSHIBA I
 NVERTER EUROPE SAS
 フランス国パシ シュール ユール、リュ
 アンドレ ブランシェ、33

(74) 代理人 100091982

弁理士 永井 浩之

(74) 代理人 100091487

弁理士 中村 行孝

(74) 代理人 100082991

弁理士 佐藤 泰和

最終頁に続く

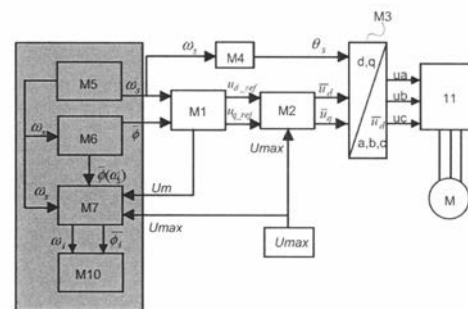
(54) 【発明の名称】 非同期電動機を制御する方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 電動機の機械的値の過渡的で動的な乱れ、特に電動機のトルクの過渡的で動的な乱れを防止する。

【解決手段】 速度基準が複数の決められた連続した値をとるようにするために制御規則の入力で速度軌跡を生成し、速度基準によってとられる各値について、電動機Mの複数の端子における電圧(U_m)を決定し、速度基準によってとられる各値について、電動機Mの端子における電圧が決められた閾値(U_{max})に等しくなる磁束値を決定して記憶する、ことを含む特定相を含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理ユニットで実施される非同期電動機（M）を制御する方法であって、前記処理ユニットは、前記電動機（M）に複数の出力相（a, b, c）によって接続される電力コンバータに関連付けられ、かつ、入力に適用される速度基準および磁束基準に基づいて前記電動機に印加される複数の電圧を決定するために制御規則を実行するよう配置され、

- ・前記速度基準が複数の決められた連続した値をとるようにするために前記制御規則の入力で速度軌跡を生成し、

- ・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機（M）の複数の端子における電圧（ U_m ）を決定し、

10

- ・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機の前記端子における前記電圧が決められた閾値（ $U_{m \max}$ ）に等しくなる磁束値を決定して記憶する、

ことを含む特定相を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記速度軌跡は、階段の形状を辿り、前記階段の各ステップは、適用される個々の値に対応する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の制御方法。

【請求項 3】

前記速度基準によってとられる各値について、

- ・最小値と最大値との間で前記磁束基準を変化させ、

- ・前記磁束基準が変化するとき得られる前記電動機電圧（ U_m ）の変化の曲線を決定し、

20

- ・前記電動機電圧が前記閾値（ $U_{m \max}$ ）に等しくなる磁束基準値を決定する、

ことを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御方法。

【請求項 4】

前記閾値（ $U_{m \max}$ ）によって形成される定数と、前記磁束基準が所定の速度基準において変化するとき得られる前記電動機電圧（ U_m ）の変化の前記曲線との交点を決定することを含む、ことを特徴とする請求項 3 に記載の制御方法。

【請求項 5】

前記速度基準によってとられる各値について、

- ・前記磁束基準を決められた値に固定し、

30

- ・両方とも入力に適用される速度基準値および前記磁束基準の関数として得られる前記電動機電圧を決定し、

- ・前記得られた電動機電圧と前記閾値との電圧差を決定し、

- ・前記電動機電圧が前記閾値（ $U_{m \max}$ ）に等しくなるまで、入力に適用される磁束基準値を補正し、

- ・前記電動機電圧が前記閾値（ $U_{m \max}$ ）に等しくなるときに得られる前記磁束基準値を記憶する、

ことを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の制御方法。

【請求項 6】

前記特定相の後に続く動作相を含む制御方法であって、前記特定相中に各速度基準に関連して記憶される各磁束値は、前記電動機の前記制御規則が実行されるときにリアルタイムで磁束を調節するのに使用可能である、ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の制御方法。

40

【請求項 7】

処理ユニットを備える電動機（M）用の制御システムであって、前記処理ユニットは、前記電動機（M）に複数の出力相（a, b, c）によって接続される電力コンバータに関連付けられ、かつ、制御規則を実行している間に複数の可変電圧を前記電動機に印加するよう配置され、

- ・速度基準が複数の決められた連続した値をとるようにするように前記制御規則の入力で速度軌跡を生成するモジュール（M5）と、

50

・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機（M）の複数の端子における電圧（ U_m ）を決定するモジュール（M1）と、

・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機の前記端子における前記電圧が決められた閾値（ U_{max} ）に等しくなる磁束値を決定するモジュール（M7、M9）、および前記決定された磁束値を記憶するモジュール（M10）と、

を特定相中に実行することを特徴とする制御システム。

【請求項8】

軌跡を生成する前記モジュール（M5）によって生成される前記速度軌跡は、階段の形状を辿り、前記階段の各ステップは、適用される個々の値に対応する、ことを特徴とする請求項7に記載のシステム。

【請求項9】

前記速度基準によってとられる各値について、

・最小値と最大値との間で磁束基準軌跡を生成するモジュール（M6）と、

・磁束基準が変化するときの前記電動機電圧（ U_m ）の変化の曲線を決定するモジュール（M1）と、

・前記電動機電圧が前記閾値（ U_{max} ）に等しくなる磁束基準値を決定するモジュールと、

を実行することを特徴とする請求項7または8に記載のシステム。

【請求項10】

前記磁束基準値を決定する前記モジュールは、前記閾値（ U_{max} ）によって形成される定数と、前記磁束基準が所定の速度基準において変化するときを得られる前記電動機電圧（ U_m ）の変化の前記曲線との交点を決定するよう配置されている、ことを特徴とする請求項9に記載のシステム。

【請求項11】

前記速度基準によってとられる各値について、磁束基準を決められた値に固定し、

・両方とも入力に適用される速度基準値および磁束基準値の関数として得られる前記電動機電圧を決定するモジュール（M1）と、

・前記得られた電動機電圧と前記閾値との電圧差を決定するモジュール（M8）と、

・前記電動機電圧が前記閾値（ U_{max} ）に等しくなるまで入力に適用される前記磁束基準値に適用される補正を決定するモジュール（M9）と、

・前記電動機電圧が前記閾値（ U_{max} ）に等しくなるときに得られる前記磁束基準値を記憶するモジュール（M10）と、

を実行することを特徴とする請求項7または8に記載のシステム。

【請求項12】

前記特定相の後に続く動作相中に、前記特定相中に前記速度基準に関連して記憶される磁束値に基づいて前記電動機の前記制御規則が実行されるときにリアルタイムで磁束を調節するよう配置されている、ことを特徴とする請求項7から11のいずれか一項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非同期型の電動機を制御する方法、および前記電動機を制御する前記方法を実施する制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

非同期型の電動機の従来の制御方式では、制御規則が、処理ユニットによって実行され、入力で速度基準（またはパルスーション（pulsation）基準）と磁束（flux）基準とを受け取る。電動機についての値（電流および／または速度）の測定および情報に関するこれらの2つの項の関数として、処理ユニットは、電動機に適用される電圧基準を決定する。この電圧基準から、処理ユニットは、電動機に接続されている各出力相に印加される制

10

20

30

40

50

御電圧を決定する。周知の手法で、これらの電圧は電子電源装置を用いて電動機に印加される。

【0003】

一般的に、この電源装置は交流電圧を供給する電気ネットワークに接続される。電源装置は、AC/DC整流器、整流器に接続されるDC電源バスおよびDC/AC型の電圧インバータを含む。電圧インバータはたとえばパルス幅変調で制御される。このようなインバータは、電圧制御規則にしたがって、固定振幅のパルス列、正または負のパルス列および幅変調パルス列を電動機に供給する。

【0004】

電動機に供給される最大電圧はDC電力供給バスで利用できる電圧を超えることはできない。

10

【0005】

この制御方式では、入力での速度基準が所定の閾値よりも大きく（一般的に電動機の定格速度程度）、入力での磁束基準が一定であることが要求される場合、これらの基準の関数として計算される電圧は、ネットワーク上で利用可能な電圧、または電力が提供される電動機に対して決められる電圧の限界に適合させることができないことが知られている。このような場合には、この速度基準を電動機に適用することで、インバータが生成可能な電圧を得ることが可能であるようにするために、処理ユニットは必然的に、磁束値を低下させて「磁束低下」ゾーンに入らなくてはならない。

【0006】

20

この課題に対する解決は最初に米国特許第5,204,607号でなされ、決定された電圧基準が、インバータが供給可能な電圧を超えるようになるときに磁束基準を補正することを提案している。このために、システムは電圧基準とインバータが供給可能な最大電圧とを比較する。計算された差は磁束基準に適用される補正值を決定するのに用いられる。インバータ用の電圧基準が、インバータが供給可能な最大電圧以下である状態のときに磁束基準を補正する。したがって、磁束基準と現実の磁束は常に一致し、いかなる磁束低下もなくされる。しかしながら、このシステムでは、電流基準は動的に補正されず、したがって電圧限界ゾーンの内外で同じ安定特性を保証することができない。

【0007】

米国特許第7,221,117号は、電動機の所定のモデルを用い、電圧限界で磁束を調節して、これによって電圧限界で電動機の制御の安定性を保証することを可能にする別の解決手段を提案している。しかしながら、この後者の方法では、磁束低下中に電圧限界に達することから、電動機の機械的値の過渡的で動的な乱れ、特に電動機のトルクの過渡的で動的な乱れが起こる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】米国特許第5,204,607号明細書

【特許文献2】米国特許第7,221,117号明細書

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

したがって、本発明の目的は、「磁束低下」領域への移行に関連する動的な乱れの課題を解決することを可能にする、処理ユニットで実施される制御方法を提案することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この目的は、処理ユニットで実施される非同期電動機を制御する方法であって、前記処理ユニットは、前記電動機に複数の出力相によって接続される電力コンバータに関連付けられ、かつ、入力に適用される速度基準および磁束基準に基づいて前記電動機に印加され

50

る複数の電圧を決定するために制御規則を実行するよう配置され、

- ・前記速度基準が複数の決められた連続した値をとるようにするために前記制御規則の入力で速度軌跡を生成し、

- ・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機の複数の端子における電圧を決定し、

- ・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機の前記端子における前記電圧が決められた閾値に等しくなる磁束値を決定して記憶する、

ことを含む特定相 (identification phase) を含む方法によって達成される。

【0011】

特定の例によれば、前記速度軌跡は、階段の形状 (profile) を辿り、前記階段の各ステップは、適用される個々の値に対応する。

10

【0012】

第1の実施の形態によれば、前記方法は、前記速度基準によってとられる各値について、

、

- ・最小値と最大値との間で前記磁束基準を変化させ、
- ・前記磁束基準が変化するときを得られる前記電動機電圧の変化の曲線を決定し、
- ・前記電動機電圧が前記閾値に等しくなる磁束基準値を決定する、

ことを含む。

【0013】

この第1の実施の形態では、前記方法は、前記閾値によって形成される定数と、前記磁束基準が所定の速度基準において変化するときを得られる前記電動機電圧の変化の前記曲線との交点を決定することを含む。

20

【0014】

第2の実施の形態によれば、前記速度基準によってとられる各値について、前記方法は

、

- ・前記磁束基準を決められた値に固定し、
- ・両方とも入力に適用される速度基準値および前記磁束基準の関数として得られる前記電動機電圧を決定し、

- ・前記得られた電動機電圧と前記閾値との電圧差を決定し、

- ・前記電動機電圧が前記閾値に等しくなるまで、入力に適用される磁束基準値を補正し

30

、

- ・前記電動機電圧が前記閾値に等しくなるときに得られる前記磁束基準値を記憶する、

ことを含む。

【0015】

本発明の別の特定の例によれば、前記方法は、前記特定相の後に続く動作相 (operating phase) を含む方法であって、前記特定相中に各速度基準に関連して記憶される各磁束値は、前記電動機の前記制御規則が実行されるときにリアルタイムで磁束を調節するのに使用可能である。

【0016】

本発明は、処理ユニットを備える電動機用の制御システムであって、前記処理ユニットは、前記電動機に複数の出力相によって接続される電力コンバータに関連付けられ、かつ、制御規則を実行している間に複数の可変電圧を前記電動機に印加するよう配置され、

40

- ・速度基準が複数の決められた連続した値をとるようにするために前記制御規則の入力で速度軌跡を生成するモジュールと、

- ・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機の複数の端子における電圧を決定するモジュールと、

- ・前記速度基準によってとられる各値について、前記電動機の前記端子における前記電圧が決められた閾値に等しくなる磁束値を決定するモジュール、および前記決定された磁束値を記憶するモジュールと、

を特定相中に実行する制御システムに関する。

50

【0017】

前記システムの特定の例によれば、軌跡を生成するモジュールによって生成される前記速度軌跡は、階段の形状を辿り、前記階段の各ステップは、適用される個々の値に対応する。

【0018】

第1の実施の形態によれば、前記速度基準によってとられる各値について、前記システムは、

- ・最小値と最大値との間で磁束基準軌跡を生成するモジュールと、
 - ・磁束基準が変化するときの前記電動機電圧の変化の曲線を決定するモジュールと、
 - ・前記電動機電圧が前記閾値に等しくなる磁束基準値を決定するモジュールと、
- を実行する。

10

【0019】

この第1の実施の形態の特定の例によれば、前記磁束基準値を決定する前記モジュールは、前記閾値によって形成される定数と、前記磁束基準が所定の速度基準において変化するときに得られる前記電動機電圧の変化の前記曲線との交点を決定するよう配置されている。

【0020】

第2の実施の形態によれば、前記速度基準によってとられる各値について、前記システムは、磁束基準を決められた値に固定し、

- ・両方とも入力に適用される速度基準値および磁束基準値の関数として得られる前記電動機電圧を決定するモジュールと、
 - ・前記得られた電動機電圧と前記閾値との電圧差を決定するモジュールと、
 - ・前記電動機電圧が前記閾値に等しくなるまで入力に適用される前記磁束基準値に適用される補正を決定するモジュールと、
 - ・前記電動機電圧が前記閾値に等しくなるときに得られる前記磁束基準値を記憶するモジュールと、
- を実行する。

20

【0021】

特定の例によれば、前記特定相の後に続く動作相中に、前記システムは、前記特定相中に前記速度基準に関連して記憶される磁束値に基づいて前記電動機の前記制御規則が実行されるときにリアルタイムで磁束を調節するように配置されている。

30

【0022】

他の特徴および利点は、添付の図面を参照して以下に示される詳細な説明に示される。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の制御システムを含む従来の可変速度ドライブの図を示す。

【図2】第1の実施の形態に係る、本発明の制御方法の機能原理を図示する概略図を示す。

【図3A】第1の実施の形態に係る本発明の機能原理を図示する曲線を示す。

【図3B】第1の実施の形態に係る本発明の機能原理を図示する曲線を示す。

40

【図3C】第1の実施の形態に係る本発明の機能原理を図示する曲線を示す。

【図3D】第1の実施の形態に係る本発明の機能原理を図示する曲線を示す。

【図4】第2の実施の形態に係る、本発明の制御方法の機能原理を図示する概略図を示す。

【図5】最大電圧における速度基準に対する磁束基準をつないだ曲線を示す。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に記載される発明は、好ましくは三相電源を有する非同期（誘導）電動機の制御に適用される。この制御は、開ループでの、すなわち、電動機での速度測定値のいかなる回帰もないベクトル型またはスカラー型の従来の制御方式か、あるいは閉ループでの、すな

50

わち、電動機での速度測定値の回帰のあるベクトル型またはスカラー型の従来の制御方式でもって実施される。

【0025】

この記載に続いて、電動機電圧 U_m を、2つの成分 u_{d_ref} および u_{q_ref} を持つ電圧基準ベクトルの振幅であると考え、さらに、回転識別子 (d, q) から、制御されている電動機の物理的識別子に対応する三相識別子 a, b, c への移行が知られている。したがって、さらに以下も得る。

【数1】

$$\begin{aligned} u_a &= U_m \cos(\theta) \\ u_b &= U_m \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ u_c &= U_m \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned} \quad 10$$

ここで、 u_a, u_b, u_c は、各出力相に印加される電圧の瞬時値であり、 θ は、出力相間に印加される電圧間に適用される位相差の角度である。

【0026】

本発明の制御方法は、処理ユニット UC を含む制御システムで実施される。処理ユニット UC は少なくとも1つのマイクロプロセッサおよびメモリを含む。この制御システムは、電動機を制御するように設計されている可変速度ドライブに関連付けられている。この制御システムは特に、前記可変速度ドライブと統合させることが可能である。

20

【0027】

周知の手法で、可変速度ドライブは一般的に以下を含む。

- ・交流電圧を供給する電気ネットワークに接続される入力相 R, S, T 。
- ・たとえば、ネットワークによって供給される交流電圧を直流電圧に変換するように設計されているダイオードのブリッジのような AC/DC 整流器 10。
- ・整流器の出力に接続されており、2つの電源線 $L1, L2$ (これらの間に直流電圧が印加される) を含む DC 電源バス。
- ・2つのバス電源線の間に接続されており、直流電圧を一定の値に保つよう設計されている少なくとも1つのバスコンデンサ $Cbus$ 。
- ・DC 電源バスに接続されており、電動機に接続されている出力相に要求電圧を印加するように処理ユニットによって制御されるいくつかのパワートランジスタ (たとえば IGBT 型のパワートランジスタ) を備える DC/AC インバータ 11。インバータ 11 はたとえば PWM (パルス幅変調) 型または DTC (直接トルク制御) 型の従来の技術によって制御される。処理ユニット UC によって実行される制御規則により、出力相に印加される電圧を決定することが可能になる。
- ・制御される電動機 M に接続されるように設計されている出力相 a, b, c 。

30

【0028】

限定することなく、本発明は開ループでの U/F スカラー型の制御規則について記載する。以下で記載される方法が制御規則にかかわらず同一になることは当然である。

40

【0029】

図2および図4を参照する周知の手法で、開ループで非同期電動機を制御するために処理ユニットによって実行される従来の U/f のスカラー制御規則は以下の主な特徴を含む。

- ・ステータに流入する電流の電気パルス周波数 ω_s に対応する速度基準と、磁束基準

【数 2】

 $\bar{\phi}$

とが入力に適用される。

・処理ユニットUCは、位相直交する先行電圧基準 (forward voltage reference) u_{d_ref} および電圧基準 u_{q_ref} を電圧計算モジュールM1により決定する。

・2つの電圧成分から、処理ユニットUCは、電圧を、決定された値 U_{max} 、すなわち、可変速度ドライブが電動機Mに供給することができる限界電圧 U_{lim} の関数に制限するモジュールM2を実行する。たとえば以下を得る。

10

【数 3】

$$U_{max} = 0.95 \times U_{lim}$$

・制限モジュールM2の出力で、位相直交する制限された先行電圧基準

【数 4】

 $\bar{u}_d$

および制限された電圧基準

20

【数 5】

 $\bar{u}_q$

が得られる。これらは出力で印加される電圧を決定する基準である。

・これら2つの電圧から、モジュールM3はパーク変換 (Park's transformation) を適用し、各出力相に印加される電圧 u_a 、 u_b 、 u_c を決定する。

・さらに処理ユニットは、入力に入れられるパルス周波数 ω_s に基づいて、電動機に印加される電圧 u_a 、 u_b 、 u_c 間に適用される位相差 θ_s の角度を決定するモジュールM4を実行する。

30

【0030】

他のモジュールは、当然、処理ユニットによって実行することができるが、これらはこの適用では記載されない。

【0031】

この制御規則は動作相中に、すなわち、可変速度ドライブによって制御されている電動機Mの通常動作中に実行される。

【0032】

本発明は、前記動作相の前に好ましくは行われる特定相を含む制御方法に関する。この特定相は、入力に適用される異なるパルス周波数 ω_s について、決められた閾値に電動機電圧が等しくなる磁束値を決定することを目的とする。好ましくはこの閾値は可変速度ドライブが供給可能な限界電圧値 U_{lim} とリンクする。この閾値、すなわち指定された U_{max} は限界電圧値 U_{lim} よりも小さく選択される。好ましくはこの閾値は処理ユニットに記憶され、たとえば以下に等しい。

40

【数 6】

$$U_{max} = 0.95 \times U_{lim}$$

電動機Mの通常動作中、特定された磁束値を用いて、磁束基準の値

【数 7】

 $\bar{\phi}$

50

を必要であればリアルタイムで調節することで電圧限界を避けることができる。

【0033】

換言すれば、これは、たとえば、上記で定義された閾値に等しい決められた閾値電圧に対するパルスーション ω_s での磁束基準の振幅をつないだ曲線形状を構築する問題である。このような形状は図5に示されている。通常動作で、この曲線の下に位置する振幅に電動機の磁束が留まり続ける場合、電動機Mは電圧限界に達しない。

【0034】

以下の説明により、磁束の変化が電動機電圧に影響を与えることを示すことができる。

【0035】

標準的なモデルにしたがう、回転識別子d, qの場合の非同期電動機の電気方程式は以下の通りである（複素形式表記）。 10

【数8】

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}\phi = -[T_r^{-1} + j(\omega_s - \omega_r)]\phi + R_{req}i_s \\ L_f \frac{di_s}{dt} = -(R_s + R_{req} + jL_f\omega_s)i_s + (T_r^{-1} - j\omega_r)\phi + u_s \end{cases}$$

ここで

【数9】

20

$$R_{req} = R_r \frac{L_m^2}{L_r^2}, \quad T_r = \frac{L_r}{R_r}, \quad L_f = L_s - \frac{L_m^2}{L_r} \text{ et } \Phi = \frac{L_m}{L_r} \Phi_r.$$

【0036】

電気パラメータは以下となる。

R_s : ステータ抵抗

R_r : ロータ抵抗

L_s : ステータインダクタンス

L_r : ロータインダクタンス

L_m : ステータとロータとの間の相互インダクタンス 30

【0037】

変数は以下となる。

ϕ_r : ロータ磁束

i_s : ステータ電流

u_s : 電動機電圧

ω_s : 電気パルスーション

ω_r : 磁極対の数を乗じた機械的速度

【0038】

すでに説明されているように、可変速度ドライブによって電動機に供給される電圧は限界値 U_{lim} を超えることができない。そのため、電動機電圧の振幅は以下の制約を受ける。 40

【数10】

$$|u_s| < U_{lim}$$

平衡状態で、電動機電圧は以下となる。

【数11】

$$u_s = (R_s + jL_f\omega_s)i_s + j\omega_s\phi$$

50

【0039】

電動機電圧の振幅 $U_m = |u_s|$ は磁束基本単位 (flux module) $|\phi|$ またはパルセーション ω_s とともに増加する。図3Dは、速度が一定の場合の電圧と非同期電動機の磁束との関係の例を示す。これから、一定速度の場合に電動機電圧 U_m が限界電圧 U_{lim} よりも高くないようにするために、これが磁束値を減らすのに十分であることが導かれる。

【0040】

磁束値についての特定相は別の実施の形態にしたがって実施することができる。図2および図4は2つの個々の実施の形態を示す。これらの2つの図上で、特定相の実施を可能にする機能ブロックがグレーのエリアに入れている。

10

【0041】

これらの2つの実施の形態では、特定相はパルセーション軌跡を辿るパルセーション範囲全体をスキャンする工程に含まれる。処理ユニットUCはパルセーション ω_s がいくつかの連続した値をとるようにするためにパルセーション軌跡モジュールM5を実行する。図3Aに示されているように、これは、たとえば、パルセーション ω_s によって辿られる階段形状である。各階段のステップは決められた期間にパルセーション ω_s によってとられる個々の値を表す。

【0042】

パルセーション ω_s によってこのようにとられる値の各々について、処理ユニットUCは、電動機電圧 U_m が予め決められた閾値に等しくなる、すなわち、値 U_{max} に等しくなる磁束値を決定する。

20

【0043】

図2を参照して、第1の実施の形態によれば、処理ユニットは以下の工程を実施する。

- ・入力に適用される、モジュールM5によって生成されるパルセーション軌跡を辿る各パルセーション値 $\omega_s = \omega_i$ (i は $1 \sim N$) について、処理ユニットUCは、2つの極値の間で、すなわち、最小磁束値と最大磁束値との間で磁束基準を変化させることを可能にする磁束軌跡モジュールM6を実行する。各速度基準値についての、これらの2つの極値の間の磁束変化の形状が図3Bに示されている。したがって以下を得る。

【数12】

$$\Phi_{min} < |\bar{\Phi}| < \Phi_{max}$$

30

- ・各パルセーション値 ω_i に対して、かつ磁束基準によってとられる各値に対して、処理ユニットUCは電動機電圧 U_m を決定する。このために、処理ユニットUCは上記電圧計算モジュールM1を実行する。

- ・このようにして、処理ユニットUCは、入力に適用される磁束の関数として電圧変化形状を得る (パルセーションが一定の場合)。このような形状は図3Dに示されている。

- ・このようにして得られた電圧変化形状から、次に、処理ユニットUCは、入力に適用されるどの磁束基準値で、定義された閾値、すなわち値 U_{max} に電動機電圧 U_m が等しくなるかを決定する。この目的に関して、これはまさに、 U_{max} によって定義された定数と電圧変化曲線との交点を決定するためにモジュールM7を実行することについての問題である。したがって、図3Bは、パルセーション $\omega_s = \omega_i$ によってとられる各値についての、電動機電圧が閾値 U_{max} に等しくなる磁束基準値を示す。いずれの適当な決定方法も当然考えることができる。

40

- ・各速度基準値について、処理ユニットUCは、電動機電圧が閾値 U_{max} に等しくなる磁束基準値を記憶 (M10) する。

【0044】

処理ユニットは、以下のような範囲全体にわたって、パルセーションによってとられるN個の値についてこれらの異なる工程を実施する。

【数 1 3】

$$\omega_{min} < \omega_s < \omega_{max}$$

【0 0 4 5】

図 4 を基準して、第 2 の実施の形態によれば、処理ユニット U C は以下の工程を実施する。

・基準として適用される各パルセーション値 $\omega_s = \omega_i$ (i は 1 ～ N) について、処理ユニット U C は、（たとえば、任意に）決められた値に固定される磁束基準

【数 1 4】

$$\bar{\phi}$$

を入力に適用する。

・パルセーション ω_i の値および磁束基準の値

【数 1 5】

$$\bar{\phi}$$

の関数として（両方とも入力に適用される）、処理ユニット U C は電圧計算モジュール M 1 で電動機電圧 U_m を決定する。

・処理ユニット U C は、計算された電動機電圧 U_m の値と閾値 U_{max} とを比較するモジュール M 8 を実施する。

・これらの 2 つの電圧の差は、入力に適用される磁束基準値を補正するために積分比例動作を行うレギュレータ M 9 に入力される。

・電動機電圧 U_m が閾値 U_{max} に等しい値になるまで、調整ループを実施する。

・等しい状態に達するとき、処理ユニット U C は入力に適用される、対応する磁束基準値を記憶 (M 10) する。

【0 0 4 6】

この第 2 の実施の形態では、異なる工程も同様に、以下のような範囲全体にわたって、速度基準によってとられる N 個の値について処理ユニットによって実施される。

【数 1 6】

$$\omega_{min} < \omega_s < \omega_{max}$$

特定相の結果、上記の実施の形態のいずれかにしたがって実施すると、 $i = 1, 2, 3 \dots N$ などの

【数 1 7】

$$(\omega_i, |\bar{\Phi}_i|)$$

に関する N 個のトルクが得られる。これらの値は図 5 に示されているもののような曲線

【数 1 8】

$$|\bar{\Phi}| = f(\omega_s)$$

を構成する。電動機の磁束がこの曲線の下にある場合、電動機は電圧限界に達しない。

【0 0 4 7】

特定相の終わりで、

【数 1 9】

$$(\omega_i, |\bar{\Phi}_i|)$$

に関して得られた値（ $i = 1, 2, 3 \dots N$ ）は処理ユニットUCのメモリに記憶される。これらの値は、電圧限界を避けることを目的として、入力で要求されるパルセーションの関数としてリアルタイムで磁束値を調節するために、動作相中に電動機が機能しているときに用いられるように意図されている。

【0048】

通常動作中、磁束形状を以下の異なる形態で実現することができる。

・記憶されているテーブルから実現する。処理ユニットUCが参照するテーブルとして

【数20】

$$(\omega_i, |\bar{\Phi}_i|)$$

10

に関するN個のトルクを記憶することができる。これは、両方とも入力に適用される速度基準および磁束基準を含むトルクが決定された形状の下に確実に位置することを検証し、かつ、要求されたパルセーション ω_s が所定の閾値を超える場合に磁束基準の値を、記憶された値にリアルタイムで調整するためである。

・推定パラメトリック関数から実現する。ここで、この関数のパラメータは、すでに特定された点から（補間によって）推測される。図5に示されている曲線の形状を考慮すると、補間は以下の式によって定義されるような、双曲線からたとえば行われる。

【数21】

$$|\bar{\Phi}| = \begin{cases} \frac{\Phi_n}{\alpha \left(\left| \frac{\omega_s}{\omega_n} \right| - x_0 \right) + 1} & \text{if } \left| \frac{\omega_s}{\omega_n} \right| > x_0 \\ \Phi_n & \text{if } \left| \frac{\omega_s}{\omega_n} \right| \leq x_0 \end{cases} \quad 20$$

ここで、

- ・ Φ_n は定格磁束である。
- ・ ω_n は定格パルセーションである。
- ・ α および x_0 は定数であり、図5の曲線のデータから補間される。

【0049】

上記の方法は制御規則にかかわらず有効であり、この方法は、電動機電圧が U_{max} によって定義される閾値に等しくなる、 $i = 1, 2, 3 \dots N$ などの

30

【数22】

$$(\omega_i, |\bar{\Phi}_i|)$$

に関するN個のトルクを形成する場合に、一般的な手法に含まれる。

【0050】

このようにして、本発明の解決手段は以下に列挙される複数の利点を提供する。

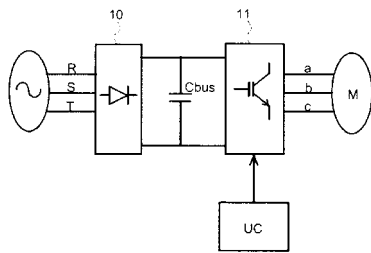
・追加の手段を必要としないといったように、実施が容易である。

・この電動機に適用される制御の種類にかかわらず、非同期電動機を制御するために実施することができる。

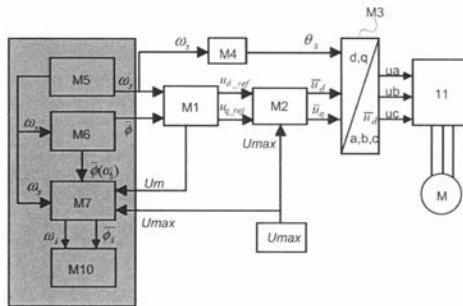
40

・信頼性が高く、磁束低下の場合に電圧限界をともなって機能することを防止し、したがってこれに起因する可能性のある電動機の機械的値の過渡的で動的な乱れを防止することを確実に可能にする。

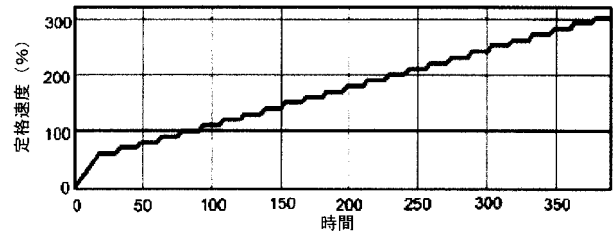
【図 1】



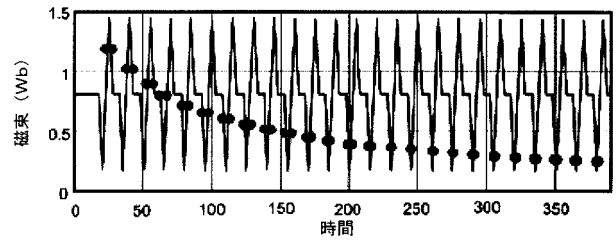
【図 2】



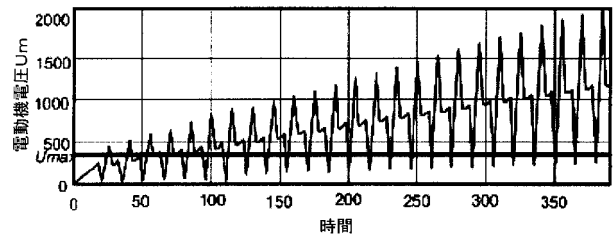
【図 3 A】



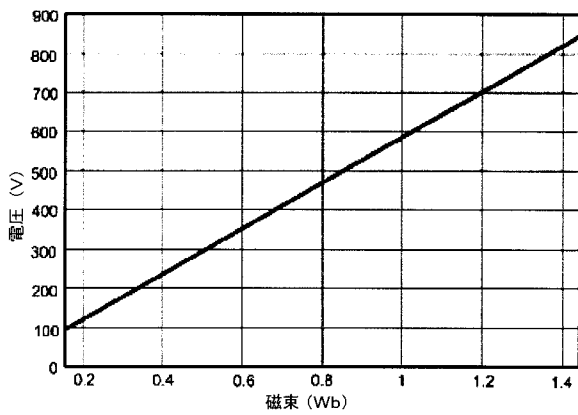
【図 3 B】



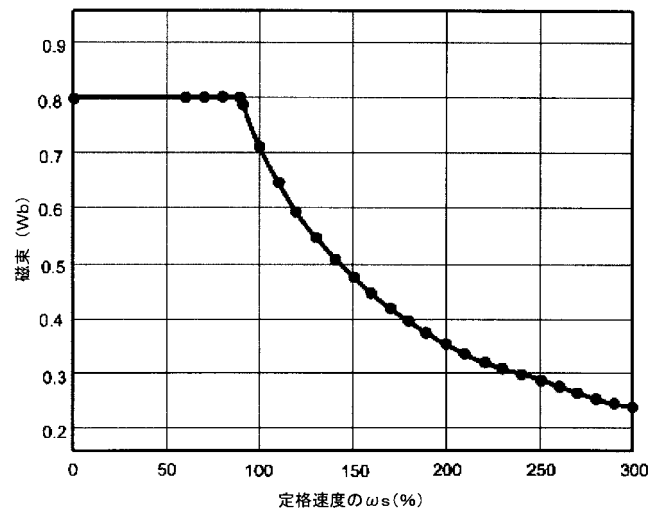
【図 3 C】



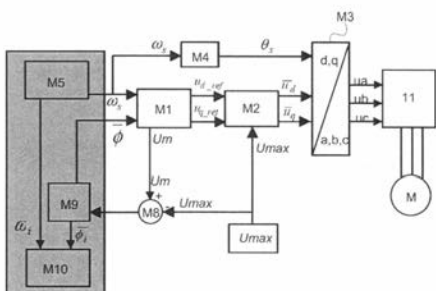
【図 3 D】



【図 5】



【図 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100105153

弁理士 朝倉 悟

(74)代理人 100124372

弁理士 山ノ井 傑

(72)発明者 フランソワ、マルレ

フランス国ジュイ、シュル、ウール、リュ、ド、ランスイエヌ、アベイ、3 0

(72)発明者 アル、カシーム、ジェバイ

フランス国ベルノン、アブニュ、ピエール、マンデス、フランス、1 4

(72)発明者 トマ、ドボ

フランス国キャリエール、ス、ポワシー、リュ、デュ、クロ、ピ、2 4

Fターム(参考) 5H505 BB04 CC05 DD03 DD05 EE30 EE41 EE49 HB01 JJ03 JJ06

JJ17 KK09 LL39

5H770 BA01 CA02 DA03 EA01

【外国語明細書】
2017189103000001.pdf