

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5455934号
(P5455934)

(45) 発行日 平成26年3月26日 (2014. 3. 26)

(24) 登録日 平成26年1月17日 (2014. 1. 17)

(51) Int. Cl.	F I
H O 2 P 3/22 (2006. 01)	H O 2 P 3/22 B
H O 2 P 21/00 (2006. 01)	H O 2 P 5/408 B
H O 2 P 27/04 (2006. 01)	H O 2 P 5/41 Z
H O 2 P 27/06 (2006. 01)	

請求項の数 16 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-547652 (P2010-547652)	(73) 特許権者	510002268
(86) (22) 出願日	平成21年2月23日 (2009. 2. 23)		シーメンス インダストリー インコーポ レイテッド
(65) 公表番号	特表2011-514128 (P2011-514128A)		Siemens Industry, I nc.
(43) 公表日	平成23年4月28日 (2011. 4. 28)		アメリカ合衆国 30005-4437
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/001137		ジョージア アルファレッタ オールド ミルトン パークウェイ 3333
(87) 国際公開番号	W02009/105276		3333 Old Milton Par kway, Alpharetta, G
(87) 国際公開日	平成21年8月27日 (2009. 8. 27)		A 30005-4437, Unite d States of America
審査請求日	平成22年12月15日 (2010. 12. 15)		
(31) 優先権主張番号	61/030, 342	(74) 代理人	100075166
(32) 優先日	平成20年2月21日 (2008. 2. 21)		弁理士 山口 巖
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	12/389, 935		
(32) 優先日	平成21年2月20日 (2009. 2. 20)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータを制動するための方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モータを制動するためのシステムであって、
 少なくとも1つの抵抗器 (230) と、
 前記少なくとも1つの抵抗器 (230) および交流モータ (210) に接続された接触器 (240) と、
 前記交流モータ (210) に電氣的に接続されて、当該交流モータ (210) のモータトルクの生成に関与するモータ磁束の生成のための電流の供給を制御する可変周波数駆動装置 (220) と
 が含まれており、

前記可変周波数駆動装置 (220) が、前記接触器 (240) に操作可能に接続された制御器 (250) を含み、前記接触器 (240) の少なくとも一部が、前記制御器 (250) からのコマンドに回答して閉じて、前記少なくとも1つの抵抗器 (230) に前記交流モータ (210) を接続して当該交流モータ (210) が発生する減速電流を当該交流モータ (210) に接続された前記少なくとも1つの抵抗器 (230) によって消散せしめると共に、前記抵抗器列に前記交流モータを接続した時点のモータ磁束の値を維持することで、前記抵抗器列に前記交流モータを接続した後における当該交流モータの制動トルクを維持せしめるように設定されている

ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項 2】

10

20

請求項 1 記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記可変周波数駆動装置が、さらに、前記可変周波数駆動装置の出力からの電圧フィードバックおよび電流フィードバックを受信して、前記電圧フィードバックおよび前記電流フィードバックに処理を施し、前記交流モータの、モータ磁束、モータ速度、磁化電流、トルク電流、およびモータ磁束角を出力するモータモデル部を含む
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項 3】

請求項 2 記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記可変周波数駆動装置が、さらに、前記モータ速度を処理して、基準トルク電流を生じるように構成された速度調整器を含む
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

10

【請求項 4】

請求項 3 記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記可変周波数駆動装置が、さらに、前記モータ磁束を処理して、基準磁化電流を生じるように構成された速度調整器を含む
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項 5】

請求項 4 記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記可変周波数駆動装置が、さらに、前記基準トルク電流と前記トルク電流の両方を処理して、基準 Q 軸電圧を生じるように構成されたトルク電流調整器と、前記基準磁化電流および前記磁化電流の両方を処理して、基準 D 軸電圧を生じるように構成された磁化電流調整器とを含む
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

20

【請求項 6】

請求項 5 記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記可変周波数駆動装置が、さらに、前記基準 Q 軸電圧と前記基準 D 軸電圧の両方を処理して、3 相電気出力を生じるように構成された D Q - 3 相変換部を含むことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項 7】

請求項 6 記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記可変周波数駆動装置が、さらに、パルス幅変調電圧コマンドを生じるように構成されたパルス幅変調器を含む
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

30

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のうちいずれか 1 項に記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記接触器が、3 相接触器である
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項 9】

請求項 8 記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記少なくとも 1 つの抵抗器が、3 相抵抗器列である
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

40

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のうちいずれか 1 項に記載のモータを制動するためのシステムにおいて、
前記制御器からのコマンドが、前記接触器に閉じるように命じ、それによって前記抵抗器列を前記モータに接続させる
ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項 11】

モータを制動するための方法であって、

50

可変周波数駆動装置によって、交流モータの減速を開始させる速度要求の抑制を検出するステップと、

前記可変周波数駆動装置によって、少なくとも1つの接触器を閉じるコマンドを出して、当該少なくとも1つの接触器を閉じ、その閉じた前記接触器によって抵抗器列を前記交流モータに接続し、前記交流モータが発生する減速電流を前記抵抗器列によって消散せしめるステップと

を含んでおり、かつ、

前記可変周波数駆動装置は、前記閉じた接触器によって前記抵抗器列が前記交流モータに接続された後も、前記交流モータによって出力されるモータトルクがほぼゼロと見做せるものと予め定められた所定の低レベル以下になるまで、前記抵抗器列に前記交流モータが接続された時点のモータ磁束の値を維持することで、前記抵抗器列に前記交流モータが接続された後における当該交流モータの制動トルクを維持せしめる

ことを特徴とする、交流モータを制動するための方法。

【請求項12】

請求項11記載のモータを制動するための方法において、

前記コマンドを出すステップに、前記可変周波数駆動装置によって、3相接触器の少なくとも2相を閉じるコマンドを出すステップが含まれること、および前記3相接触器の前記少なくとも2つの相が閉じると、抵抗器列の少なくとも2相が前記モータに接続されること

を特徴とする、モータを制動するための方法。

【請求項13】

請求項11または12記載のモータを制動するための方法において、

前記3相接触器を閉じる動作が、検出された速度要求の抑制に基づいて、前記可変周波数駆動装置によって行われる

ことを特徴とする、モータを制動するための方法。

【請求項14】

モータを制動するためのシステムであって、

複数の相を有する抵抗器列と、

前記抵抗器列および交流モータに接続されて、複数の相を有しており、その各相が前記抵抗器列の1つの相に接続されている接触器と、

前記交流モータに電氣的に接続された可変周波数駆動装置とが含まれており、前記可変周波数駆動装置が、前記接触器に操作可能に接続された制御器を備えており、前記制御器からのコマンドに応答して、前記接触器の少なくとも一部が閉じると、前記少なくとも1つの抵抗器が前記交流モータに接続されて、当該交流モータ(210)が発生する減速電流を当該交流モータ(210)に接続された前記少なくとも1つの抵抗器(230)によって消散せしめると共に、前記抵抗器列に前記交流モータを接続した時点のモータ磁束の値を維持することで、前記抵抗器列に前記交流モータを接続した後における当該交流モータの制動トルクを維持せしめるように設定されている

ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項15】

請求項14記載のモータを制動するためのシステムにおいて、

前記接触器が、3相接触器である

ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【請求項16】

請求項14または15記載のモータを制動するためのシステムにおいて、

前記抵抗器列が、3相抵抗器列である

ことを特徴とする、モータを制動するためのシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

関連出願の引用

本出願は、2008年2月21日に出願された米国仮特許出願第61/030,331号、および2008年2月21日に出願された米国仮特許出願第61/030,342号の優先権の特典を主張するものである。

【 0 0 0 2 】

本出願では全般的に、そして種々の実施形態で、交流モータを制動するための方法およびシステムに関連した発明を開示する。本出願は、特に、可変周波数駆動装置による交流モータの制動に関するものである。

【 背景技術 】

10

【 0 0 0 3 】

可変周波数駆動装置は、交流（AC）モータに供給される電力の周波数を制御することによって、その交流モータ（以下、単にモータとも記載する）の回転速度を制御するために用いられる装置である。例えば、本出願がここに参照してその全体を援用した先行技術文献の一つには、可変周波数駆動装置、および付属の制御回路が、詳細に記載されている（特許文献1参照）。

【 0 0 0 4 】

図1には、モータ130に電力を供給するための典型的な可変周波数駆動装置100が例示されている。可変周波数駆動装置100には、制御回路110と電源回路115が含まれている。制御回路110は、送られて来た入力コマンド105を受信する。入力コマンド105は、電源回路115によって出力されてモータ130に供給される電力を調整することを可変周波数駆動装置100に要求する、モータ130の速度を上げるかまたは落とす要求とすることができる。制御回路110は、出力される電力からの電流フィードバック120および電圧フィードバック125を監視して、モータ130の状態を調整または維持するために、出力に何らかの変更を加えるべきか否かを判定する。同期モータ用途の場合、可変周波数駆動装置には界磁電源を含むことも可能である。制御回路は、電源回路の動作を制御し、同期モータ用途の場合には、それと関連する界磁電源についても、動作可能/動作不能にする。電源回路は、整流器およびインバータを含むことが可能であり、可変周波数駆動装置100に接続されたモータ130の巻線に電力を供給する。同期モータ用途の場合、界磁電源が、モータ界磁回路の励磁器に電力を供給する。

20

30

【 0 0 0 5 】

制御回路110には、一般に、速度調整器、磁束調整器、磁化電流調整器、トルク電流調整器、DQ-3φ変換部、パルス幅変調器、および、モータモデル部が含まれている。速度調整器は、トルク電流基準を規定し、磁束調整器は、磁化電流基準を規定する。制御回路は、磁化電流基準と測定磁化電流とを比較し、磁化電流調整器は、Q軸電圧基準を決定する。制御回路はまた、トルク電流基準と測定トルク電流とを比較し、トルク電流調整器は、D軸電圧基準を決定する。D軸電圧基準およびQ軸電圧基準にさらにフィードフォワード信号を加えて、動特性をさらに高めるようにすることも可能である。DQ-3φ変換部は、Q軸電圧基準およびD軸電圧基準を2相の情報から3相値へと変換する。パルス幅変調器は、その3相値を電力回路に送られるスイッチングコマンドに変換する。モータモデル部は、一般に、測定電圧および/または電流信号を利用して、モータ速度、モータ磁束、モータ磁束角等のようなモータパラメータを決定する。低コストがビジネス要件である用途の場合、モータモデル部は、可変周波数駆動装置の出力電流またはモータ電流を利用するだけでモータパラメータを決定することが可能である。モータモデル部は、さらに、測定電流を、磁化電流調整器とトルク電流調整器とにそれぞれ用いられる、磁化電流成分とトルク電流成分とに変換する。D軸は、固定子磁束とのアライメントが取られる。

40

【 0 0 0 6 】

制御回路110によって実施される機能の多くは、ソフトウェアで実施される。ソフトウェアは、プロセッサの実行時間を節約するため、計算が2つ以上の異なる速度で実施されるように書かれる。一般に、パルス幅変調器は、最も高速度で動作し、通常はハードウ

50

エアで実施される。磁化電流調整器、トルク電流調整器、および、DQ - 3 相変換部の各ブロックは、負荷または出力回路に急激な変化がある場合に、可変周波数駆動装置の出力電流を制限することによって制御の高速応答を実現するために、一般に1 ~ 10キロヘルツのデータ転送速度で実行される。モータ速度およびモータ磁束は、両方とも、磁化電流およびトルク電流よりも遥かに低い速度で変化するので、速度調整器および磁束調整器は一般に、100 ~ 1000 Hz の、より低い速度で動作する。モータモデル部もまた、通常はこの速度で計算される。外部装置への通信（コンピュータからの）を含む、制御回路から外界への通信は、一般に1 ~ 10 Hz の速度で行われる。

【0007】

頻繁ではないが素早くモータを制動することが必要とされる用途の場合には、モータに接続された4象限駆動装置を用いて制動を実現することが可能である。しかしながら、4象限駆動装置に関連した比較的高いコストのため、このアプローチは、こうした用途のいくつかにとって実行不可能なものとなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】米国特許第7,327,111号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

本方法の説明の前に理解されるべきは、本発明は、ここに説明する特定のシステム、方法論、および、プロトコルのみには制限されるものではなく、なぜならそれらは変化する可能性があるから、ということである。また、本明細書で用いられる用語は、特定の実施形態の説明のみを目的としたものであって、付属の請求項による制限だけしか受けない本開示の範囲を制限することを意図したものではないという点についても、理解されるべきである。

【0010】

本明細書および付属の請求項において用いられる場合、文脈において明確な特段の指定がない限り、単数形の「ある～」、「1つの～」、および、「その～」なる文言には複数形のものもその言及対象に含まれるという点に留意されなければならない。従って、例えば、1つの「モータ」への言及は、1つ以上のモータ、および当業者にとって既知の、その同等物などへの言及でもある、ということなどである。別段の規定がない限りは、本明細書で用いられる全ての技術用語および科学用語は、通常の当業者が一般に理解しているものと同じ意味を有している。例えば本明細書で用いられる「含む」という用語は、「含んでいるが、そのみには制限されない」ということを表している。

【0011】

1つの一観点において、本発明に係る実施形態は全般に、モータを制動するためのシステムを開示している。種々の実施形態によれば、このシステムには、少なくとも1つの抵抗器と、少なくとも1つの抵抗器およびモータに接続された接触器が含まれている。このシステムには、さらに、前述のモータに電氣的に接続された可変周波数駆動装置が含まれており、その可変周波数駆動装置には、接触器に操作可能に接続された制御器が含まれ、その制御器からのコマンドに応答して接触器の少なくとも一部が閉じて、少なくとも1つの抵抗器をモータに接続する。

【0012】

もう1つ別の観点において、本発明に係る実施形態は全般に、モータを制動するための方法を開示する。種々の実施形態によれば、この方法には、可変周波数駆動装置によって減速要求を検出するステップが含まれ、この減速要求によってモータの減速が開始される。この方法には、可変周波数駆動装置によって少なくとも1つの接触器を閉じるコマンドを出すステップであって、接触器を閉じると抵抗器列がモータに接続されるステップと、モータが発生する減速電流を抵抗器列によって吸収するステップとを含み得る。

【 0 0 1 3 】

もう1つ別の観点において、本発明に係る実施形態は全般に、モータを制動するためのシステムを開示する。種々の実施形態によれば、このシステムには、複数の位相を有する抵抗器列と、その抵抗器列に接続された接触器と、モータとが含まれており、接触器が複数の位相を有しており、その接触器の各位相は、抵抗器列の位相の1つずつにそれぞれ接続されている。このシステムにはさらに、モータに電氣的に接続された可変周波数駆動装置が含まれており、その可変周波数駆動装置には、接触器に操作可能に接続された制御器が含まれ、その接触器の少なくとも一部は、制御器からのコマンドに応答して閉じて、少なくとも1つの抵抗器をモータに接続する。

【 0 0 1 4 】

本明細書では、本発明の種々の実施形態を、例証として下記の図と関連して説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図1】典型的な可変周波数駆動装置を例示した図である。

【図2】交流モータを制動するためのシステムに係る種々の実施形態の一例を示した図である。

【図3】図1の可変周波数駆動装置の種々の実施形態を示した図である。

【図4】交流モータを制動するための方法に係る種々の実施形態の一例を示した図である。

【図5】交流モータの減速中に発生する典型的な波形を例示した図である。

【図6】図5に対応する減速中の位相の1つを流れる抵抗器電流をプロットして示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

図2には、交流モータ210を制動するためのシステム200の種々の実施形態の一例が示されている。このシステム200には、可変周波数駆動装置220、抵抗器列230、および、可変周波数駆動装置220に接続された3相の接触器240が含まれている。上述のように、可変周波数駆動装置220は、交流モータに供給される電力の周波数を制御することによって交流モータ210の回転を制御するように構成されることが可能である。可変周波数駆動装置220は、接触器240に接続された制御器250を含むことが可能である。可変周波数駆動装置220としては、ここに論じられるモータ制御アルゴリズムを備える任意の3相交流駆動装置を用いることが可能である。可変周波数駆動装置220は、低速でモータ磁束を増して、抵抗器列230で散逸するエネルギーを増加させることが可能であり、それによって、より速い減速を可能にする。種々の実施形態において、制動が必要な際には、3相の接触器240を用いて、抵抗器列230を交流モータ210に接続することが可能である。接触器240の制御は、可変周波数駆動装置220を介して実行されることが可能である。

【 0 0 1 7 】

図3には、図2の可変周波数駆動装置220の種々の実施形態の一例が示されている。可変周波数駆動装置220は、速度調整器300、磁束調整器305、磁化電流調整器310、トルク電流調整器315、DQ-3φ変換部320、パルス幅変調器325、および、モータモデル部330を含むことが可能である。各構成要素については、より詳細に後述する。

【 0 0 1 8 】

図に例示したように、可変周波数駆動装置220は、入力として磁束要求340および速度要求345を受信することが可能である。種々の実施形態において、磁束調整器305は、磁束基準と磁束フィードバックとの差を補償する。磁束要求340と、モータモデル部330によって示される実際のモータ磁束360とを、磁束調整器305によって、比較することが可能である。磁束要求340と実際のモータ磁束360の比較に基づいて定まる磁束調整器305の出力は、モータ磁化電流基準350とすることが可能である。

【 0 0 1 9 】

種々の実施形態において、速度調整器 3 0 0 は、速度要求 3 4 5 とモータモデル部 3 3 0 によって示されるモータ速度 3 6 5 とを比較して、モータトルク電流基準 3 5 5 を、出力として発生する。速度要求 3 4 5 が実際のモータ速度 3 6 5 未満であり、従って、交流モータ 2 1 0 を制動したいという要望を示す幾つかの実施形態の場合には、速度調整器 3 0 0 は、トルク電流基準 3 5 5 を出力し、それによってモータに送られる電圧コマンドを抑制するべく指示して、モータの制動を容易に行うようにすることが可能である。

【 0 0 2 0 】

種々の実施形態において、モータモデル部 3 3 0 は、可変周波数駆動装置 2 2 0 の出力からの電圧フィードバック 3 9 5 および電流フィードバック 3 9 7 を用いて、モータ磁束 3 6 0、モータ速度 3 6 5、およびモータ磁束角 3 7 0 を推定する。さらに、モータモデル部 3 3 0 は、磁化電流 3 7 5 およびトルク電流 3 8 0 を推定することも可能である。モータモデル部 3 3 0 は、命令セットを記憶したメモリを備えるプロセッサとすることが可能である。受信した電圧フィードバック 3 9 5 および電流フィードバック 3 9 7 に基づいて、モータモデル部 3 3 0 は、記憶されている命令に従ってフィードバック情報に処理を施し、交流モータ 2 1 0 の種々の態様、とりわけ、この一例ではモータ磁束 3 6 0、モータ速度 3 6 5、モータ磁束角 3 7 0、磁化電流 3 7 5、およびトルク電流 3 8 0 に関する推定値を生成することが可能である。

【 0 0 2 1 】

磁化電流調整器 3 1 0 は、磁化電流基準 3 5 0 とモータモデル部 3 3 0 によって示される磁化電流 3 7 5 とを比較して、D 軸電圧基準 3 9 0 を定める。同様に、トルク電流調整器 3 1 5 は、トルク電流基準 3 5 5 とモータモデル部 3 3 0 によって出力されるトルク電流 3 8 0 とを比較して、Q 軸電圧基準 3 8 5 を定める。D 軸電圧基準 3 9 0 と Q 軸電圧基準 3 8 5 は、両方とも D Q - 3 相変換部 3 2 0 において単相電圧信号に変換されることが可能である。D Q - 3 相変換部 3 2 0 は、モータ磁束 3 7 0、磁化電流 3 7 5、およびトルク電流 3 8 0 に基づいて、各電流信号をモータ磁束 (D 軸) に対して平行で、モータ磁束 (Q 軸) に対して直交する成分に分解する動きをするようにプログラムされた、ソフトウェアで実施される数学的アルゴリズムとすることが可能である。D Q - 3 相変換部 3 2 0 は、さらに、モータ磁束角 3 7 0 に基づいて、単相電圧信号を 3 相電圧信号に変換することが可能である。その 3 相電圧信号をパルス幅変調器 3 2 5 の基準として用いて、電源回路 3 3 5 の半導体デバイスを制御するためのパルス幅変調器電圧コマンドを発生することが可能である。

【 0 0 2 2 】

注目されるべきは、可変周波数駆動装置 2 2 0 の構成要素は、モータの制動方法に関連した種々の命令を記憶するためのメモリに操作可能に接続された単一のプロセッサで実施することができる、という点である。具体的には、可変周波数駆動装置は、入力として磁束要求 3 4 0 および速度要求 3 4 5 を受信し、上述のように情報を処理して、3 相電圧信号を生じさせ、この信号の値に基づいて、メモリからの適合する命令をロードして、交流モータ 2 1 0 の動作を変化させることができる。

【 0 0 2 3 】

図 4 には、交流モータを制動するための方法 4 0 0 の種々の実施形態の一例が示されている。図 1 に示した既述のシステム 2 0 0 および図 2 に示した既述の可変周波数駆動装置 2 2 0 を用いて、この方法 4 0 0 を実施することが可能である。方法 4 0 0 のプロセスの流れは、ユーザ入力にตอบสนองして、速度要求 3 4 5 を抑制し (4 0 5)、交流モータ 2 1 0 の減速要求を開始することが可能になったときから開始される。速度要求 3 4 5 を抑制すると (4 0 5)、可変周波数駆動装置 2 2 0 は、モータ速度 3 6 5 と速度調整器 3 0 0 によってなされる速度要求との比較結果として、速度要求の変化を検出することとなる (4 1 0)。この比較の結果、負のトルク電流基準 3 5 5 が生じ、適合する命令を生成するかまたはメモリからロードして、交流モータ 2 1 0 の制動を開始すべきであることが指示されることとなる。速度要求 3 4 5 とモータ速度 3 6 5 との差の規模に基づいて、コマンド

10

20

30

40

50

(例えば、パルス幅変調変調器 3 2 5 の出力) が生成されて、可変周波数駆動装置 2 2 0 から接触器 2 4 0 へと送られることとなる。

【 0 0 2 4 】

速度要求 3 4 5 における抑制 4 1 0 を検出してコマンドを生成した後、可変周波数駆動装置 2 2 0 は、そのコマンドを 3 相の接触器 2 4 0 に送出して (4 1 5)、抵抗器列 2 3 0 を交流モータ 2 1 0 に接続させる。注目されるべきは、ほぼ平衡のとれた抵抗器列 2 3 0 を用いて、位相間におけるモータトルクの変動を制限することができる、という点である。制動中に、高レベルの潜在的モータトルク変動を許容できる可能性のある幾つかの用途の場合、3 相の接触器 2 4 0 の 2 相を閉じ、それによって抵抗器列 2 3 0 の一部が交流モータ 2 1 0 に接続されるだけにすることも可能である。

10

【 0 0 2 5 】

3 相の接触器 2 4 0 によって抵抗器列 2 3 0 が交流モータ 2 1 0 に接続されると、可変周波数駆動装置 2 2 0 もまた、トルク電流 3 8 0 をその回生電力の限界まで減少させ始めることが可能になる。注目されるべきは、トルク電流 3 8 0 が減少し、モータ速度 3 6 5 が落ち始めると、可変周波数駆動装置 2 2 0 は、モータトルクがほぼゼロに達するまでモータ磁束 3 6 0 を高い値に維持することが可能になる、という点である。種々の実施形態において、制御器によって駆動電流が素早く調整されて、減速プロセス中はモータ磁束が維持される場合には、他の 2 象限駆動装置を用いることが可能である。

【 0 0 2 6 】

接触器 2 4 0 にコマンドを出して (4 1 5) 抵抗器ブロック 2 3 0 を交流モータ 2 1 0 に接続すると、その抵抗器が、交流モータ 2 1 0 に操作可能に接続されてその交流モータによって発生する電流を吸収し (4 2 0)、その交流モータの減速が生じることになる。可変周波数駆動装置 2 2 0 は、小さい値の回生電流であっても動作可能であり、抵抗器 2 3 0 は、かなりの量の逆転トルク電流を吸収することが可能となっていて、交流モータ 2 1 0 を急減速させることができる。可変周波数駆動装置 2 2 0 は、減速プロセス中、モータ磁束 3 6 0 を維持することができるので、モータ電圧は、速度に応じて線形的に低下することが可能である。

20

【 0 0 2 7 】

図 5 には、交流モータの減速中に発生する典型的な波形が例示されており、より詳細には、図 3 に示した既述のモータ磁束 3 6 0、モータ速度 3 6 5、磁化電流 3 7 5、およびトルク電流 3 8 0 が例示されている。これを実施するための交流モータは、4 1 6 0 V、6 0 0 h p の誘導モータとし、減速は 2 象限可変周波数駆動装置および 3 相抵抗器列を用いて行った。抵抗器列は、定格モータ電圧における 9 0 % の電流 (例えば 6 7 アンペア) で動作するようなサイズとし、全速からゼロへの減速を 9 秒未満で完了させた。可変周波数駆動装置は、抵抗器の接続によって生じるインピーダンスの変化並びにトルク電流 3 8 0 の変化にもかかわらず、減速中、(モータ磁束 3 6 0 の安定した値に示されている如く) 安定した動作を維持することができた。可変周波数駆動装置は、磁化電流 3 7 5 およびトルク電流 3 8 0 に関する比較的安定した値によって示されるように、セルに過電圧トリップを生じることなく、出力電流を十分に制限しつつ、モータ磁束 3 6 0 およびモータ速度 3 6 5 を急速に低下させることができたが、これは、可変周波数駆動装置が、その通常能力を超える電力を吸収することなしに、モータからの追加制動電力を抵抗器にて消散せしめたことを示している。

30

40

【 0 0 2 8 】

図 6 は、図 5 に対応する減速中の 1 つの位相の抵抗器電流をプロットして示している。種々の実施形態によれば、モータが減速すると、その端子間電圧も低下し、その結果、抵抗器を通る電流が減少して、制動トルクが弱まることとなる。そこで、減速プロセス中も、可変周波数駆動装置をモータに接続することで、その可変周波数駆動装置を制御して、モータ速度が低下すると、そのモータにさらなる電圧を供給し得るようにする。例えば、典型的なモータは、定格速度で 1 0 % 高い電圧に耐えることができる。定格値未満の全て

50

の速度において 10 % 高い電圧を印加すると、モータは 21 % (すなわち $1.1^2 = 1.21$) 大きい制動トルクを生じることとなる。低速においては、モータ鉄心損失は、銅損失に比べて比較的小さい。このように、モータ磁束は、より強い制動トルクを生じさせるために、典型的な値を 10 % 超えた大きさに増大させるようにすればよい。制動トルクが増すと、モータの停止に必要な全時間を大幅に短縮することが可能となる。注目されるべきは、上述の例は、低頻度の制動中に用いられる場合、モータの過熱を生じることなしに、制動の持続期間中ずっとモータ磁束を顕著に増大させることができるようになる、という点である。

【0029】

本明細書では、本発明に係る幾つかの実施形態を例証として説明してきたが、当業者にとって明らかなように、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、既述の実施形態についての種々の修正、変更、および応用を実施することが可能である。例えば、方法 400 は、特定のシーケンスを含むものとして説明したが、当業者にとって明らかなように、幾つかのステップは、それとは異なったシーケンスで行われることが可能であり、幾つかのステップは、他のステップと同時に行われることが可能であり、幾つかのステップは、周期的にまたは連続して行われることが可能である。

10

【符号の説明】

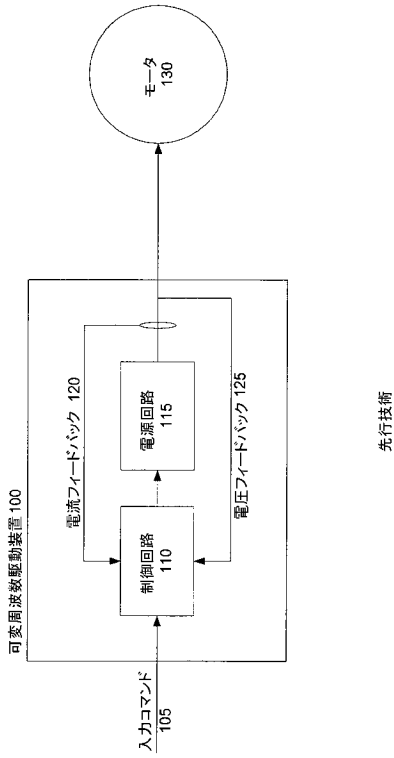
【0030】

- 200 制動システム
- 210 交流モータ
- 220 可変周波数駆動装置
- 230 抵抗器列
- 240 接触器
- 250 制御器
- 300 速度調整器
- 305 磁束調整器
- 310 磁化電流調整器
- 315 トルク電流調整器
- 320 DQ - 3 ϕ 変換部
- 325 パルス幅変調器
- 330 モータモデル部
- 335 電源回路

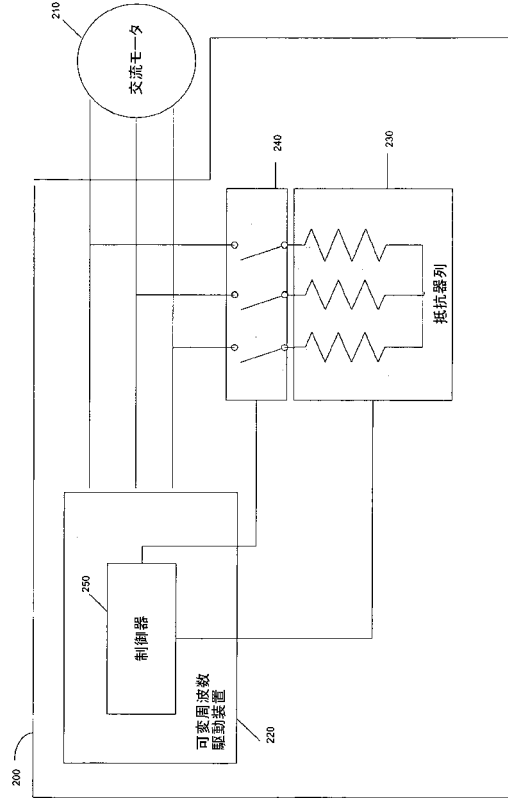
20

30

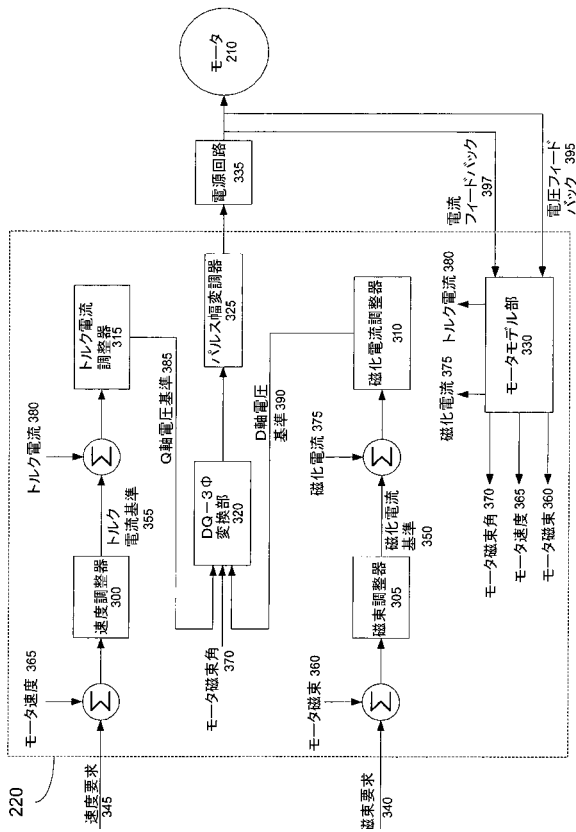
【図 1】



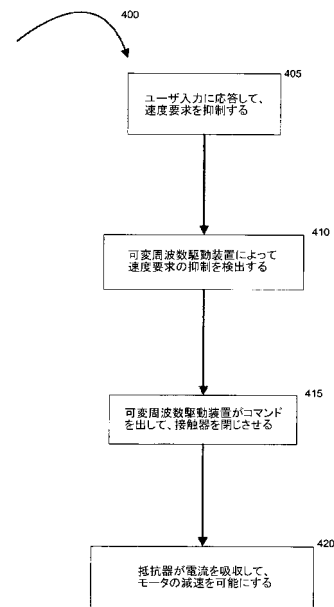
【図 2】



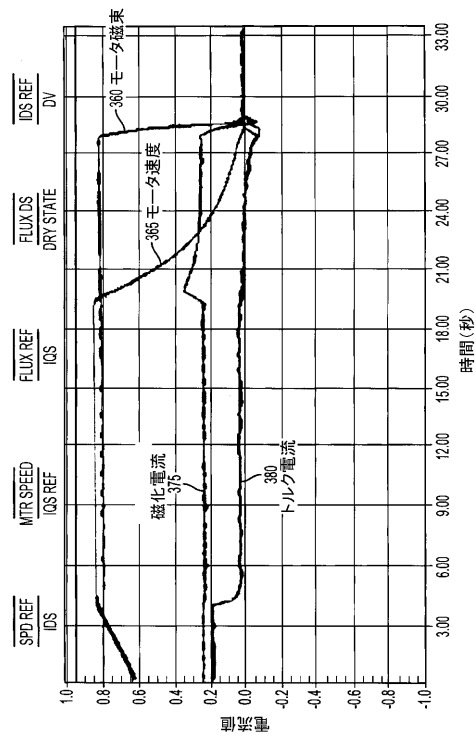
【図 3】



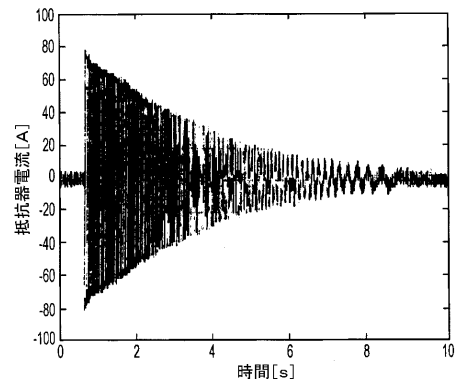
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 オスマン、リチャード エイチ

アメリカ合衆国 1 5 2 3 9 ペンシルヴァニア ピッツバーク タホー ドライヴ 3 2 4

(72)発明者 ラストジ、ムクル

アメリカ合衆国 1 5 6 6 8 ペンシルヴァニア マリーズヴィル ダグラス ドライヴ 3 4 1
1

審査官 塩治 雅也

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 2 4 8 4 9 1 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 0 3 5 2 6 3 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 2 P 3 / 2 2

H 0 2 P 2 1 / 0 0

H 0 2 P 2 7 / 0 4

H 0 2 P 2 7 / 0 6