

(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2015-106974

(P2015-106974A)

(43) 公開日 平成27年6月8日(2015.6.8)

(51) Int.Cl.

H02P 6/16 (2006.01)

F 1

H02P 6/02 351N

テーマコード (参考)

5H560

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-247501 (P2013-247501)
 (22) 出願日 平成25年11月29日 (2013.11.29)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72) 発明者 津田 将岐
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 Fターム(参考) 5H560 BB04 BB12 DC01 DC12 EB01
 RR10 TT12 XA02 XA12 XA13

(54) 【発明の名称】 電動機および電動機システム

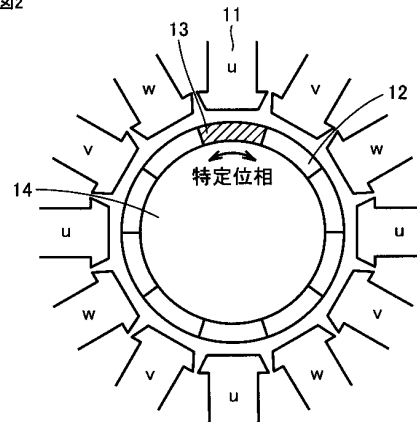
(57) 【要約】

【課題】搬送波に同期して交流モータの電流を検出することで交流モータの逆起電力を推定する場合、電力変換器や交流モータへの印加電圧を制御する制御装置を構成する回路部品の回路定数や永久磁石の磁束のばらつきにより、磁石温度の精度が悪化する。

【解決手段】電動機は、周方向に沿って配置された複数の永久磁石を有する回転子(14)と、回転子と対向して配置される固定子(11)と、を有する。回転子において、複数の永久磁石のうち、特定位相に配置された永久磁石(13)の磁化の温度特性は、他の位相に配置された永久磁石(12)の磁化の温度特性と異なる。

【選択図】 図2

図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電動機であって、
周方向に沿って配置された複数の永久磁石を有する回転子と、
前記回転子と対向して配置される固定子と、
を有し、
前記回転子において、前記複数の永久磁石のうち、特定位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性は、他の位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性と異なる、電動機。

【請求項 2】

電動機システムであって、
電動機と、
前記電動機を制御する制御装置と、
を備え、
前記電動機は、
周方向に沿って配置された複数の永久磁石を有する回転子と、前記回転子と対向して配置される固定子と、を含み、

前記回転子において、前記複数の永久磁石のうち、特定位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性は、他の位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性と異なり、

前記制御装置は、制御器、インバータ、電流センサ、および位相検出器を含み、
前記制御器は、

前記電流センサが出力する相電流信号および前記位相検出器が出力する位相信号に基づき、 dq 軸電流補正項の値を算出し、

トルク指令に基づき、 dq 軸電流目標値を算出し、

前記 dq 軸電流補正項の値と、前記 dq 軸電流目標値との比較結果に基づき、前記回転子の複数の永久磁石の推定温度を算出する、電動機システム。

【請求項 3】

前記制御器は、相関係数算出器を含み、

前記相関係数算出器は、

前記回転子の毎制御周期における角加速度ベクトルと、

前記相電流信号の各相および位相毎の電流値マトリクスと、

前記回転子の各相の電流が前記特定位相に影響する位相毎のトルク寄与率マトリクスと、
の内積を算出し、位相毎の特定位相トルク影響度ベクトルを記憶し、

前記角加速度ベクトルおよび前記特定位相トルク影響度ベクトルの平均値を算出し、

前記角加速度ベクトルおよび前記特定位相トルク影響度ベクトルの相関係数を算出し、

前記相関係数の算出結果に基づき、前記 dq 軸電流補正項を出力する、

請求項 2 記載の電動機システム。

【請求項 4】

前記制御器は、さらに、前記 dq 軸電流補正項の値と、前記 dq 軸電流目標値との比較結果に基づき、前記電動機のトルク変動を打ち消すためのフィードバック動作を実行する、請求項 2 記載の電動機システム。

【請求項 5】

前記回転子の特定位相に配置された永久磁石の推定温度の算出は、前記電動機に係るパラメータの時間変動が一定値以下の定常状態にある期間に実行される、請求項 2 記載の電動機システム。

【請求項 6】

前記制御器は、記憶部を含み、

前記記憶部は、所定の温度における前記電動機のトルクおよび電流の関係を格納し、

前記制御器は、前記 dq 軸電流補正項の値、前記 dq 軸電流目標値、および前記記憶部の格納値に基づき、前記回転子の複数の永久磁石の推定温度を算出する、請求項 2 記載の電動機システム。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記制御器は、前記回転子の複数の永久磁石の推定温度が閾値を超えた場合、前記電動機への入力電流を抑制する、請求項 2 記載の電動機システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度センサを用いずに永久磁石の温度監視制御が可能な電動機および電動機システムに関する。

【背景技術】

【0002】

永久磁石を用いた同期モータにおいて、モータの作動に伴う磁石温度の上昇、およびモータの巻線温度の急激な上昇に伴い、磁石が発生する磁束の減少や、巻線の焼損が懸念される。特許文献 1 は、交流モータと、交流モータに電圧を印加する電力変換器と、搬送波に同期した PWM (パルス幅変調) 信号により、交流モータに印加する電圧を制御する制御装置を備え、搬送波に同期して交流モータの電流を検出することで、交流モータの逆起電力を推定し、交流モータの磁石温度を推定する構成を開示する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 10677 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

搬送波に同期して交流モータの電流を検出することで交流モータの逆起電力を推定する場合、電力変換器や交流モータへの印加電圧を制御する制御装置を構成する回路部品の回路定数や永久磁石の磁束のばらつきにより、磁石温度の精度が悪化する。その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0005】

電動機は、周方向に沿って配置された複数の永久磁石を有する回転子と、回転子と対向して配置される固定子と、を有する。回転子において、複数の永久磁石のうち、特定位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性は、他の位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性と異なる。

30

【0006】

電動機システムは、電動機と、電動機を制御する制御装置と、を備え、電動機は、周方向に沿って配置された複数の永久磁石を有する回転子と、回転子と対向して配置される固定子と、を含む。回転子において、複数の永久磁石のうち、特定位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性は、他の位相に配置された永久磁石の磁化の温度特性と異なり、制御装置は、制御器、インバータ、電流センサ、および位相検出器を含む。制御器は、電流センサが出力する相電流信号および位相検出器が出力する位相信号に基づき、d q 軸電流補正項の値を算出し、トルク指令に基づき、d q 軸電流目標値を算出し、d q 軸電流補正項の値と、d q 軸電流目標値との比較結果に基づき、回転子の複数の永久磁石の推定温度を算出する。

40

【発明の効果】

【0007】

電動機が備える永久磁石の推定温度を高精度で計測可能な電動機および電動機システムが実現される。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】実施の形態 1 に係る電動機システムの構成を示すブロック図である。

50

- 【図 2】図 1 の電動機システムが備える電動機の断面図である。
 【図 3】異なる熱減磁特性の一般例な特性を示す特性図である。
 【図 4】図 1 の電動機システムが備える制御器のブロック図である。
 【図 5】図 4 のトルク変動抑制制御器のブロック図である。
 【図 6】図 5 の相関係数算出器の処理フロー図である。
 【図 7】トルク比と磁石の温度との関係を示す特性図である。
 【図 8】実施の形態 2 に係る電動機システムの構成を示すブロック図である。
 【図 9】図 8 の電動機システムが備える制御器のブロック図である。
 【図 10】相互相関関数の算出フロー図である。
 【発明を実施するための形態】

10

【0009】

以下、図面を参照しつつ、実施の形態について説明する。実施の形態の説明において、個数、量などに言及する場合、特に記載ある場合を除き、必ずしもその個数、量などに限定されない。実施の形態の図面において、同一の参照符号や参照番号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。また、実施の形態の説明において、同一の参照符号等を付した部分等に対しては、重複する説明は繰り返さない場合がある。

【0010】

<実施の形態 1 >

図 1 は、実施の形態 1 に係る電動機システム MS 1 の構成を示すブロック図である。

【0011】

電動機システム MS 1 は、制御器 31、インバータ 32、電流センサ 33、および位相検出器 35 を有する制御装置と、制御装置で動作が制御される電動機 34 と、電動機 34 で駆動される接続機器 36 と、を備える。インバータ 32 は、制御器 31 が出力する 3 相電圧指令値 $V_u / V_v / V_w$ に基づき、3 相電流 ($I_u / I_v / I_w$) を電動機 34 へ出力する。電動機 34 は、この 3 相電流を回転力 (トルク) に変換し、回転子が回転する。電流センサ 33 は、3 相電流信号 I_{uvw} を検出し、制御器 31 へ出力する。位相検出器 35 は、回転子の位相を検出し、位相信号 を制御器 31 へ出力する。接続機器 36 は、電動機 34 が駆動する機器である。制御器 31 へフィードバックされる電流センサ 33 が出力する 3 相電流信号 I_{uvw} と、位相検出器 35 が出力する位相信号 は、目標のトルクに合わせるための電流フィードバックループを形成する。

20

30

【0012】

図 2 は、図 1 の電動機システム MS 1 が備える電動機 34 の断面図である。

電動機 34 は、10 極 12 スロットの表面磁石型ブラシレス同期電動機であり、固定子 (スロット) 11、回転子 14、回転子の永久磁石 12、および 13 を備える。固定子 11 は、 uvw 3 相が、時計回りに、 u 相、 v 相、および w 相の順で繰り返し配置されている場合を示す。永久磁石 13 は、特定位相として、他の極の永久磁石 12 と温度特性が異なる。磁石の温度特性は、例えば、希土類系永久磁石であれば、ジスプロシウムの含有率を変化させるなどして、熱減磁特性を異ならせることで実現される。

【0013】

図 3 は、異なる熱減磁特性の一般例な特性を示す特性図である。

横軸は磁石の温度を、縦軸は磁化の強度を示す。素材 A および素材 B で形成された永久磁石の磁化の強度は、標準温度では同程度であるが、磁石の温度が上昇するに従い、素材 B の永久磁石の磁化の強度は、素材 A の永久磁石の磁化の強度と比較し、より低い温度で低下する様子が示される。

40

【0014】

図 7 は、トルク比と磁石の温度との関係を示す特性図である。

図 7 (a) は、図 3 と同様に、異なる熱減磁特性を示す特性図である。図 7 (b) は、磁石の温度と電動機 34 のトルク比との関係を示す特性図である。

【0015】

図 2 に戻り、電動機 34 の構成について説明する。

50

電動機システムMS1が備える電動機34において、固定子11のu相、v相、およびw相の各相は、いずれも、機械角90度の角を成して配置される。そのため、回転子14の回転に対する4次の成分(スロット数÷相数)で、各相に対する特定位相(上述の、温度特性が異なる永久磁石に対応し、以下、「特定部位」とも記載する。)の影響度が変化する。また、極対数は5であるため、電機子電流は、回転子14の回転に対する5次成分が基本波となる。

【0016】

従って、実施の形態1に係る電動機システムMS1において、上述の特定位相による発生トルクへの影響は、4次(特定部位の各相への寄与率変動分)と、5次(各相電流成分)の周波数差となり、その結果、回転子14の回転と同一の周波数成分となる。

10

【0017】

この特定部位の成分によるトルクの全トルクに対する比率、あるいは、このトルク変動を打ち消すように制御した場合の、トルク変動キャンセル用電流成分の全電流に対する比率から、特定位相とそれ以外の位相のトルク比を算出することができる。一般的には、トルクは計測せずに電流を計測する機会が多いため、以下では、図1の電動機システムMS1で、トルク変動を打ち消すように制御する場合を説明する。

【0018】

図4は、図1の電動機システムMS1が備える制御器31のブロック図である。

上述の通り、制御器31へフィードバックされる3相電流信号Iuvwと、位相検出器35が出力する位相信号は、目標のトルクに合わせるための電流フィードバックループを形成する。図4は、その電流フィードバックループを実現する制御系を示す。

20

【0019】

トルク/電流変換器42は、制御器31の外部より入力されたトルク指令を、dq軸電流目標値(ベース)idq_baseに変換して出力する。さらに、そのトルク/電流変換器42の動作と並行して、トルク変動抑制制御器46は、上述のトルク変動を打ち消すためのフィードバック動作を実施する。トルク変動抑制制御器46には、3相電流信号Iuvw、位相信号、角速度、および角加速度'が入力される。角速度、および角加速度'は、位相信号を、それぞれ、1回微分および2回微分して求められる。

【0020】

図5は、図4のトルク変動抑制制御器46のブロック図である。

30

トルク変動抑制制御器46は、相関係数算出器51、比例積分フィードバック器52、トルク寄与率算出器53、乗算器54、および座標変換器55を有する。

【0021】

相関係数算出器51は、入力された3相電流信号Iuvw、位相信号、および角加速度'に基づき、「特定位相トルク影響度ベクトル」と、「角速度ベクトル」との相関係数R_mgを、1周期毎に更新する。ここで、1周期とは、本実施の形態1では、回転子14の1周期である。相関係数算出器51による1周期の制御ステップ数はnであり、回転子14の位相が360/n度回転する度に、相関係数算出器51の処理が実行され、nステップ毎(1周期毎)に、相関係数R_mgが更新される。実施の形態1に係る電動機システムMS1では、特定位相の磁束によるトルクへの影響は360度周期で現れるため、その変化を十分に分解できるようにnの値を設定する。ここでは、n=12(30度毎に実行)とする。

40

【0022】

図6は、図5の相関係数算出器51の処理フロー図である。

ステップS61において、特定位相でのトルク変動成分を算出するため、各位相に対する角加速度'を、角速度ベクトルx(i)として、毎制御周期(回転子14の30度回転毎)に記憶する。ここで、「i」は、ベクトル要素番号であり、1~12の値をとる。ベクトル要素番号の初期値は、「1」であり、ベクトル要素が全て更新されるまでの間は、1制御周期毎に、ステップS63にてカウントアップされる。また、ベクトル要素が全て更新されて、「i=13」となった際には、ステップS62で1周期完了判定され、

50

以下の通り、トルク変動抑制用目標電流補正值を算出する。

【0023】

ステップS64において、 uvw 各相および位相毎の電流値マトリクス $I_{mt} \times (12 \times 3)$ と、各相電機子電流が特定位相に影響する位相毎のトルク寄与率マトリクス $R_{mt} \times (3 \times 12)$ の内積を算出し、位相毎の特定位相トルク影響度ベクトル y として記憶する。なお、トルク寄与率マトリクス $R_{mt} \times$ は、あらかじめ、制御器31のROM(図示せず)に、設定値として格納されている。

【0024】

ステップS65において、角加速度ベクトル x 、および特定位相トルク影響度ベクトル y の平均値を算出する。ステップS66において、角加速度ベクトル x 、および特定位相トルク影響度ベクトル y の相関係数 R_mg を算出し、ステップS67で、ベクトル要素 i を初期化して、相関係数算出器51の1周期の処理フローが終了する。

10

【0025】

図5に戻り、トルク変動抑制制御器46の動作を、さらに、説明する。

比例積分フィードバック器52は、相関係数 $_Rmg$ の値を、その目標値である零にするためのフィードバック係数 k_cor を算出する。この比例積分フィードバック器52における比例ゲインおよび積分ゲインは、制御器31のROMに記憶されており、オーバーシュートが大き過ぎず、適切な整定時間が得られるように設定する。トルク寄与率算出器53は、位相に応じて、各相電機子電流の特定位相に対するトルク寄与率マトリクス $R_{mt} \times$ に基づき、変数 R_theta を算出する。変数 R_theta は、現在位相()における、各電機子電流の特定位相に対するトルク寄与率ベクトルである。

20

【0026】

座標変換器55は、フィードバック係数 k_cor および変数 R_theta の乗算結果を、 dq 軸電流補正項 i_{dq_cor} として出力する。この座標変換は一般的な手法であり、磁極方向を d 軸、それと電氣的に直交する軸を q 軸として変換し、指令値通りに制御することにより、任意の要求トルクと一致したトルクを発生させることができる。

【0027】

図4に戻り、制御器31の動作を、さらに、説明する。

加算器49で、トルク/電流変換器42が出力する dq 軸電流目標値(ベース) i_{dq_base} と、トルク変動抑制制御器46が出力する dq 軸電流補正項 i_{dq_cor} と、を加算することで、必要なトルクを得ながら、特定位相の温度によるトルク変動を抑制する目標電流値 i_{dq_r} を算出することができる。

30

【0028】

また、電流フィードバック器44へ、加算器49が出力する目標電流値 i_{dq_r} とともに、座標変換器41にて算出された3相から dq 軸に変換された検出電流 i_{dq_fb} を入力して、フィードバック制御により dq 軸の目標電圧を算出する。さらに、その算出値に非干渉制御器43にて算出された回転数に応じた逆起電力 v_{de}/v_{qe} をフィードフォワード的に加算することで、上記フィードバックの応答性を高める非干渉制御も併用して、 dq 軸目標電圧 v_{dq_r} を算出する。

【0029】

さらに、この dq 軸目標電圧 v_{dq_r} を、位相信号 と併せて座標変換器45に入力することで、最適な3相目標電圧 V_{uvw} を得ることができる。この3相目標電圧 V_{uvw} をインバータ32が有するPWM回路へ出力し(図1参照)、PWM回路に組み込まれた搬送波との比較により、各相のオン/オフを決定する。

40

【0030】

電動機システムMS1にて上述の制御アルゴリズムを実行することで、特定位相での減磁によるトルク変動を制御することが可能となる。さらに、図4において、温度推定器47にて、 dq 軸電流補正項 i_{dq_cor} と、 dq 軸電流目標値 i_{dq_base} との比に、あらかじめ制御器31のROMに記憶された係数を乗ずることによりトルク比を算出し、さらに、制御器31のROMに、あらかじめ記憶された図7(b)に示されるような

50

トルク比と温度の関係から、温度を推定することが可能となる。推定温度が閾値を超えた場合、トルク/電流変換器42への入力トルクに制限を加えることで、電動機34への入力電流を抑え、電動機34を保護する。

【0031】

また、上述のような温度推定アルゴリズムを、トルクや回転数などの時間変化が少ない領域のみに限定して適用するため、dq軸電流目標値 i_{dq_base} や角速度を時間微分することにより時間変化量を算出し、それらが制御器31のROMに記憶された閾値となった際に、制御器31のROMに記憶された一定時間、比例積分フィードバック器52を停止することで、温度推定値を、より精密化することが可能となる。即ち、回転子14の特定位相に配置された永久磁石の温度計測は、電動機34のトルク、電流、または速度等、電動機34に係るパラメータの時間変動が一定値以下の定常状態にある期間に実行される。

10

【0032】

さらに、個々の製品が有する固体ばらつきの影響を抑制するため、出荷前にそのばらつきを測定し、制御器31のROM(特定の機器を使用することにより書き換え可能なもの)にその測定結果を記憶させることで、よりばらつきの影響を軽減することも可能である。特に、この温度推定アルゴリズムは、一様なばらつきに対しての影響を受けにくいという特徴を有するものの、回転方向のばらつきは、その影響を受ける。そのため、出荷前検査においては、実際に、温度を常温時および高温時の両方で回転させてトルク変動を計測し、各相電機子電流が特定位相に影響する位相毎のトルク寄与率マトリクス R_{mtx} を、その出荷前検査における測定値に応じて書き換えることで、固体ばらつきによる影響を抑制することが可能となる。

20

【0033】

<実施の形態2>

図8は、実施の形態2に係る電動機システムMS2の構成を示すブロック図である。

【0034】

図8において、図1と同一の符号が付されたものは、同一の機能または構成を有し、それらの重複説明は省略する。図8の電動機システムMS2は、図1の電動機システムMS1において、制御器31を制御器31Aに置き換え、さらに、電動機34と接続機器36の間に、トルク検出器37を配置した構成に対応する。

30

【0035】

図9は、図8の電動機システムMS2が備える制御器31Aのブロック図である。

図9の制御器31Aの構成は、図4の制御器31が備えるトルク変動抑制制御器46と、そのトルク変動抑制制御器46の入力信号および出力信号を供給する信号配線と、積分器48および加算器49を削除した構成に対応する。即ち、この制御器31Aの構成は、トルク検出器37により、電動機34が出力する軸トルクを直接検出する形態を備える。また、制御器31Aにおいて、制御器31のトルク変動抑制制御器46が不要となるため、トルク/電流変換器42により得られたdq軸電流目標値を目標電流値 i_{dq_r} として電流フィードバック器44へ出力する。

40

【0036】

回転子の永久磁石の温度推定は、実施の形態1に係る電動機システムMS1では、温度推定器47により、軸電流目標値 i_{dq_base} および軸電流補正項 i_{dq_cor} の比率から推定していたのに対し、実施の形態2に係る電動機システムMS2では、ベーストルクと変動成分の比率から推定する。ここで、変動成分の比率は、あらかじめ制御器31AのROMに記憶された、単位トルク変動が発生する際に発生する1周期分のトルク変動の時系列データ(トルク変動リファレンスベクトル)との相互相関関数により推定する。

【0037】

図10は、相互相関関数 R_{trq} の算出フロー図である。

まず、位相に応じたトルクベクトル $T_{rq_rel}(i)$ を記憶する。位相分解能をm

50

とし、ステップS101～S103で、現在の位相（ベクトル要素番号）を決定する。例えば、6度毎に算出する場合は位相分解能 m の値は60となり、ベクトル要素番号 i は、6度毎にインクリメントされる。ベクトル要素番号 i が60となった次の制御周期で、ベクトル要素番号 i の値は1にリセットされる。

【0038】

ステップS104において、トルクベクトル $Trq_rel(i)$ に、計測トルク Trq_raw の現在値を入力する。ステップS105において、トルク変動リファレンスベクトル $Trq_ref(j)$ とトルクベクトル $Trq_rel(i)$ との相互相関関数 R_trq を算出する。ここで、到達遅れ補正值 n の値は、基本的に零で問題無いが、無視できない無駄時間を有する系では、その無駄時間に相当する到達遅れ補正值 n の値を、あらかじめROMに記憶しておく。このステップS105で算出された相互相関関数 R_trq に単位トルクを乗ずることで、特定位相の温度特性によるトルク低下分を算出することができる。

10

【0039】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなく特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

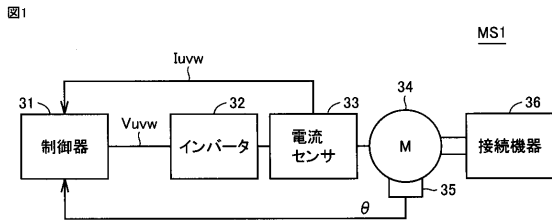
【0040】

11 固定子、12, 13 永久磁石、14 回転子、31, 31A 制御器、32 インバータ、33 電流センサ、34 電動機、35 位相検出器、36 接続機器、37 トルク検出器、41 座標変換器、42 電流変換器、43 非干渉制御器、44 電流フィードバック器、45 座標変換器、46 トルク変動抑制制御器、47 温度測定器、48 積分器、49 加算器、51 相関係数算出器、52 比例積分フィードバック器、53 トルク寄与率算出器、54 乗算器、55 座標変換器、 i ベクトル要素番号、 idq_base dq軸電流目標値、 idq_cor dq軸電流補正項、 idq_fb 検出電流、 idq_r 目標電流値、 $Imtx$ 電流値マトリクス、 $Iuvw$ 相電流信号、 k_cor フィードバック係数、MS1 電動機システム、MS2 電動機システム、 m 位相分解能、 n 補正值、 R_mg 相関係数、 R_theta 変数、 R_trq 相互相関関数、 $Rmtx$ トルク寄与率マトリクス、 $Trq_ref(j)$ トルク変動リファレンスベクトル、 Trq_raw 計測トルク、 $Trq_rel(i)$ トルクベクトル、 vde/vqe 逆起電力、 vdq_r 軸目標電圧、 $Vu/Vv/Vw$ 相電圧指令値、 $Vuvw$ 相目標電圧、 x 角加速度ベクトル、 y 特定位相トルク影響度ベクトル、 θ 位相信号、 α 角加速度、 ω 角速度。

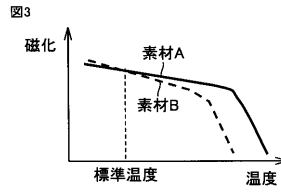
20

30

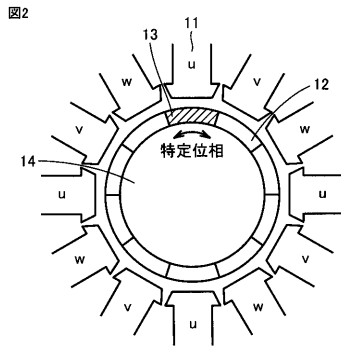
【図1】



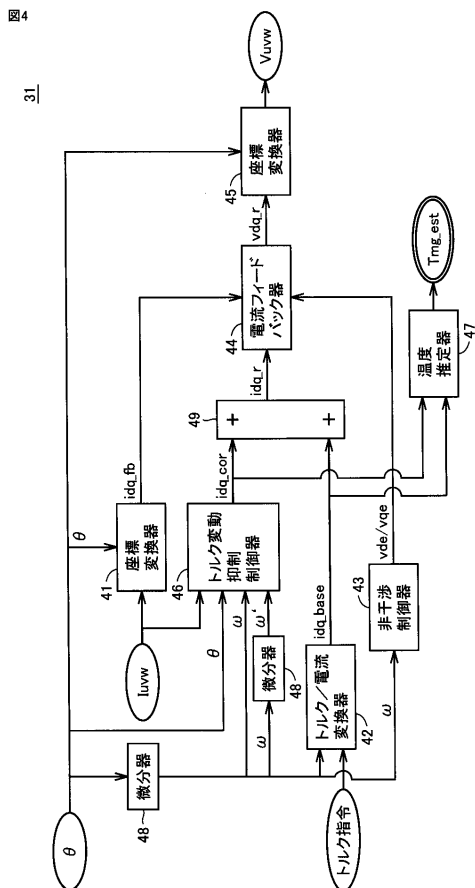
【図3】



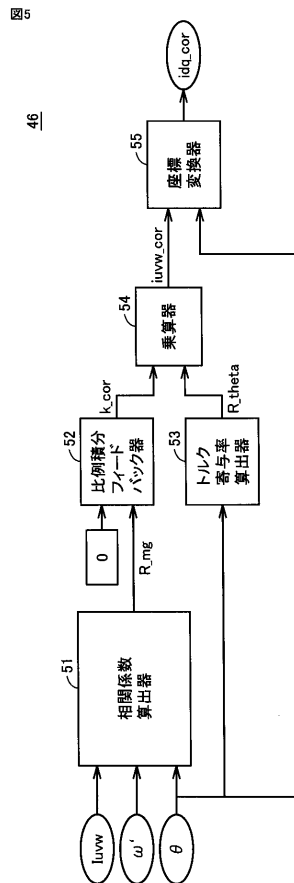
【図2】



【図4】

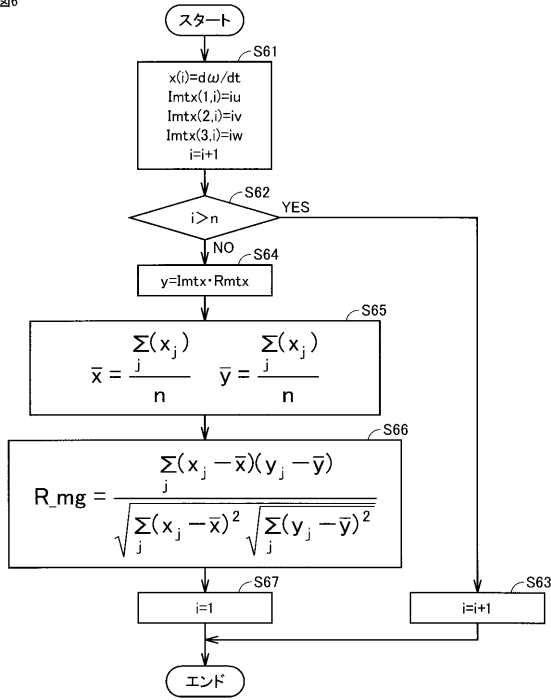


【図5】



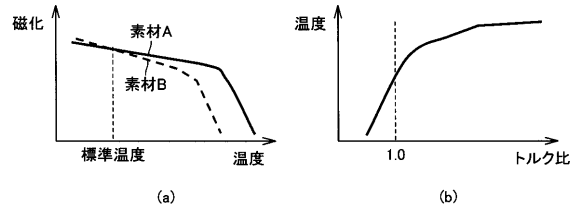
【図6】

図6



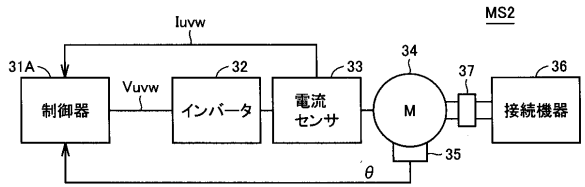
【図7】

図7



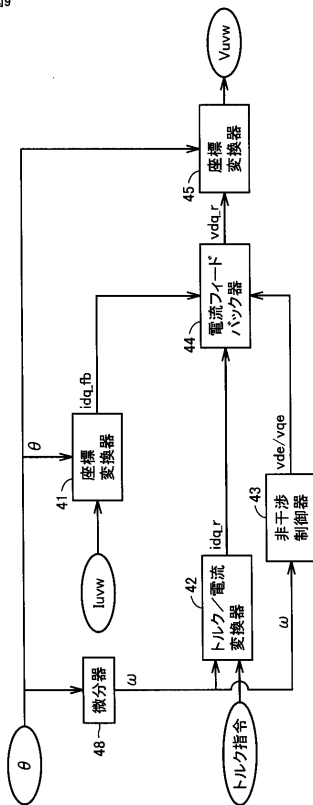
【図8】

図8



【図9】

図9



【図10】

図10

