

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-507109
(P2014-507109A)

(43) 公表日 平成26年3月20日 (2014. 3. 20)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
HO2P 6/16 (2006.01) HO2P 6/02 351N 5H560

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2013-556628 (P2013-556628)
(86) (22) 出願日 平成24年1月27日 (2012. 1. 27)
(85) 翻訳文提出日 平成25年10月29日 (2013. 10. 29)
(86) 国際出願番号 PCT/US2012/022829
(87) 国際公開番号 WO2012/118579
(87) 国際公開日 平成24年9月7日 (2012. 9. 7)
(31) 優先権主張番号 61/447, 331
(32) 優先日 平成23年2月28日 (2011. 2. 28)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(31) 優先権主張番号 13/169, 429
(32) 優先日 平成23年6月27日 (2011. 6. 27)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

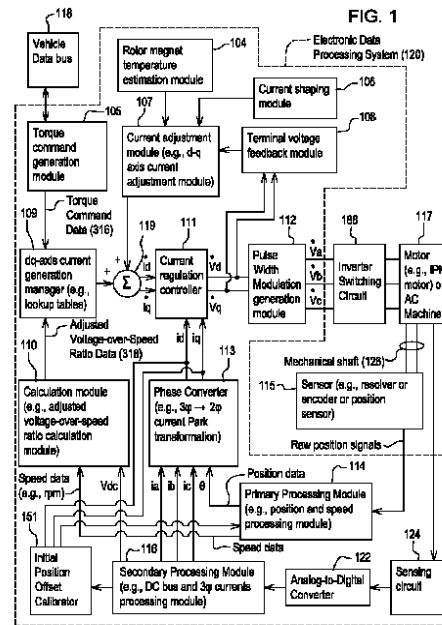
(71) 出願人 591005165
ディーア・アンド・カンパニー
DEERE AND COMPANY
アメリカ合衆国イリノイ州61265, モーリン, ワン・ジョン・ディーア・プレイス
(74) 代理人 100140109
弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人 100075270
弁理士 小林 泰
(74) 代理人 100101373
弁理士 竹内 茂雄
(74) 代理人 100118902
弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータのロータ位置オフセットを較正するための方法およびシステム

(57) 【要約】

データ処理システム (120) において、見せかけの位置へ強制している間、およびゼロ直軸電流コマンドを適用している間、正および負の横軸電流コマンドが連続的に、かつ、ほぼ同じ大きさで適用され、それによりロータが強制位置に向けて強制される。処理モジュール (116) は、正の横軸電流コマンドを適用した後、正の横軸電流整列生位置データを測定し、また、負の横軸コマンドを適用した後、ロータの負の横軸電流整列生位置データを測定する。初期位置オフセット較正器 (151) またはデータプロセッサは、生位置データの差を求め、それにより真の平均軸のアライメントを求める。初期位置オフセット較正器 (151) またはデータプロセッサは、生位置データの平均に基づいて生平均軸位置データを求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロータ位置オフセットを較正または現場較正するための方法であって、
見せかけのロータ位置を提供し、ゼロ直軸電流コマンドを適用している間、正および負の横軸電流コマンドを連続的に、ほぼ同じ大きさで適用して、ロータを強制位置に向けて強制するステップと、

前記正の横軸電流コマンドが適用された後、正の横軸電流整列生位置データを測定し、前記負の横軸コマンドが適用された後、前記ロータの負の横軸電流整列生位置データを測定するステップと、

前記生位置データ間の差を求めて真の平均軸のアライメントを求めるステップと、

前記生位置データの平均に基づいて生平均軸位置データを求めるステップと、

求められた前記真の平均軸と求められた前記生平均軸位置データとの間の差に基づいて位置オフセットを求めるステップと

を含む方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、前記真の平均軸のアライメントを求める前記ステップが、前記生位置データ間の求められた前記差に基づいて、前記真の平均軸がステータに対して前記ロータのほぼ 0 度またはほぼ 180 度に合うかどうか判定するステップであって、前記見せかけのロータ位置がほぼ 0 度である、ステップを含む、方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法であって、前記見せかけのロータ位置が、パーク変換内で使用するために、測定された三相電流表現を二相電流表現に変換するための相変換機を使用してほぼ 0 度に固定される、方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の求められた差がほぼ 185 度（または約 185 度）より大きく、かつ、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前記正の横軸電流整列生位置データより大きい場合、真の位置オフセットを求めることに、以下の式であって、

【数 1】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*} > 185^\circ$$

であれば、 `axis_true = 0°` であり、

【数 2】

$$\theta_{neg_i_q^*}^{adj} = \theta_{neg_i_q^*} - 360^\circ$$

であり、したがって

【数 3】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*}^{adj} < 175^\circ$$

であり、

10

20

30

40

50

【数 4】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}^{adj}}{2}$$

であり、したがって前記位置オフセットは

【数 5】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = -\frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}^{adj}}{2}$$

10

である式が適用され、ここで、 $neg_i_q^*$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は前記真の平均軸

20

【数 6】

$$\theta_{neg_i_q^*}^{adj}$$

は、前記負の横軸電流コマンドに関連する調整された前記第 1 の整列生位置データであり、 $axis_raw$ は前記生平均軸位置データであり、また、前記位置オフセットは $offset$ であり、上記の 175 度は約 175 度である、方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の求められた差がほぼ 175 度（または約 175 度）未満であり、かつ、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前記正の横軸電流整列生位置データより小さい場合、真の位置オフセットを求めることに、以下の式であって、

30

【数 7】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*} < 175^\circ$$

40

であれば、 $axis_true = 0^\circ$ であり、

【数 8】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

であり、したがって前記位置オフセットは

50

【数 9】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = -\frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

である式が適用され、ここで $neg_i_q^*$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は前記真の平均軸であり、 $axis_raw$ は前記生平均軸位置データであり、また、前記位置オフセットは $offset$ である、方法。

10

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の差がほぼ 175 度（または約 175 度）未満であると判定され、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前記正の横軸電流整列生位置データより大きい場合、前記位置オフセットを求めることに、以下の式であって、

20

【数 10】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*} < 175^\circ$$

であれば、 $axis_true = 180^\circ$ または $axis_true = -180^\circ$ であり、

【数 11】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

30

であり、したがって位置オフセットは

【数 12】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = 180^\circ - \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

40

である式が適用され、ここで、 $neg_i_q^*$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は前記真の平均軸であり、 $axis_raw$ は前記生平均軸位置データであり、前記位置オフセットは $offset$ である、方法。

【請求項 7】

50

請求項 1 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の差はほぼ 185 度より大きいことと判定され、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前記正の横軸電流整列生位置データより小さい場合、前記位置オフセットを求めることに、以下の式であって、

【数 13】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*} > 185^\circ$$

10

であれば、 $axis_true = 180^\circ$ または $axis_true = -180^\circ$ であり、

【数 14】

$$\theta_{pos_i_q^*}^{adj} = \theta_{pos_i_q^*} - 360^\circ$$

であり、したがって

20

【数 15】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*}^{adj} < 175^\circ$$

であり、

【数 16】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*}^{adj} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

30

であり、したがって位置オフセットは

【数 17】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = 180^\circ - \frac{\theta_{pos_i_q^*}^{adj} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

40

である式が適用され、ここで、 $neg_i_q^*$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は前記真の平均軸であり、

【数 18】

$$\theta_{pos_i*q}^{adj}$$

は、前記正の横軸電流コマンドに関連する調整された前記第 2 の整列生位置データであり、
 $axis_raw$ は前記生平均軸位置データであり、また、前記位置オフセットは
 $offset$ である、方法。

【請求項 8】

関連する磁石およびステータと共にロータを備えた電気モータを制御することによって
 ロータ位置オフセットを現場で較正するための方法であって、

見せかけのロータ位置がデータ処理システムに提供されている間、第 1 の時点で、ある
 大きさの正の横軸電流コマンドを前記モータに適用し、前記第 1 の時点とは異なる第 2 の
 時点で実質的に同じ大きさの負の横軸電流コマンドを前記モータに適用して、前記ロータ
 を前記ロータの強制位置に向けて動かすステップと、

前記見せかけのロータ位置が前記データ処理システムに適用されている間、前記強制位
 置に関連する前記横軸電流コマンドを適用している間にゼロ直軸電流コマンドを前記モ
 ータに適用するステップと、

前記正の横軸電流コマンドが適用された後、前記モータの前記ロータの正の横軸電流整
 列生位置データを測定し、前記負の横軸コマンドが適用された後、前記ロータの負の横軸
 電流整列生位置データを測定するステップと、

測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位
 置データとの間の差を求めて、真の平均軸が前記ステータに対して前記ロータのほぼ 0 度
 またはほぼ 180 度に合うかどうか判定するステップであって、前記見せかけのロータ位
 置がほぼ 0 度であるステップと、

測定された前記正の横軸電流整列生位置データおよび測定された前記負の横軸電流整列
 生位置データの平均に基づいて生平均軸位置データを求め、又は、前記平均軸が、測定さ
 れた前記正の横軸電流整列生位置データおよび測定された前記負の横軸電流整列生位置デ
 ータのうち少なくとも 1 つの調整された生位置データに基づく、ステップと、

求められた前記真の平均軸と求められた前記生平均軸位置データとの間の差に基づいて
 位置オフセットを求めるステップと
 を含む方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記モータへの直軸および横軸における直流電圧コマンドに関連する、単調に変化する
 位置プロファイルの適用に基づいて、3 本のモータリード線の相順が前記生位置データと
 マッチしているかどうか判定するステップと、

前記モータへの直軸および横軸における前記直流電圧コマンドに関連する、前記単調に
 増加する位置プロファイルの適用の間、前記ロータの回転方向を観察し、前記ロータの順
 方向の回転を検証するステップと

をさらに含む、方法。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の方法であって、測定された前記生位置データが、反対の大きさの 1 つ
 または複数の横軸電流コマンドを適用することによってもたらされる、方法。

【請求項 11】

請求項 8 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定
 された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の求められた差がほぼ 185 度（または
 約 185 度）より大きく、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前
 記正の横軸電流整列生位置データより大きい場合、真の位置オフセットを求めることに、

10

20

30

40

50

以下の式であって、

【数 19】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*} > 185^\circ$$

であれば、 $axis_true = 0^\circ$ であり、

【数 20】

$$\theta_{neg_i_q^*}^{adj} = \theta_{neg_i_q^*} - 360^\circ$$

10

であり、したがって

【数 21】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*}^{adj} < 175^\circ$$

20

であり、

【数 22】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}^{adj}}{2}$$

30

であり、したがって前記位置オフセットは

【数 23】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = -\frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}^{adj}}{2}$$

である式を適用し、ここで、 $neg_i_q^*$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は前記真の平均軸であり、

40

【数 24】

$$\theta_{neg_i_q^*}^{adj}$$

は、前記負の横軸電流コマンドに関連する調整された前記第 1 の整列生位置データであり、 $axis_raw$ は前記生平均軸位置データであり、前記位置オフセットは $offset$

50

set であり、上記の 175 度は約 175 度である、方法。

【請求項 12】

請求項 8 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の求められた差がほぼ 175 度未満であり、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前記正の横軸電流整列生位置データより小さい場合、真の位置オフセットを求めることに、以下の式であって、

【数 25】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*} < 175^\circ$$

10

であれば、 $axis_true = 0^\circ$ であり、

【数 26】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

20

であり、したがって前記位置オフセットは

【数 27】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = -\frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

である式が適用され、ここで、 $neg_i_q^*$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は前記真の平均軸であり、 $axis_raw$ は前記生平均軸位置データであり、また、前記位置オフセットは $offset$ である、方法。

30

【請求項 13】

請求項 8 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の求められた差がほぼ 175 度（または約 175 度）未満であり、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前記正の横軸電流整列生位置データより大きい場合、前記位置オフセットを求めることに、以下の式であって、

【数 28】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*} < 175^\circ$$

40

であれば $axis_true = 180^\circ$ または $axis_true = -180^\circ$ であり、

【数 2 9】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

であり、したがって位置オフセットは

【数 3 0】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = 180^\circ - \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}}{2}$$

10

である式が適用され、ここで、 $\theta_{neg_i_q^*}$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $\theta_{pos_i_q^*}$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 θ_{axis_true} は前記真の平均軸であり、 θ_{axis_raw} は前記生平均軸位置データであり、前記位置オフセットは θ_{offset} である、方法。

20

【請求項 1 4】

請求項 8 に記載の方法であって、測定された前記正の横軸電流整列生位置データと測定された前記負の横軸電流整列生位置データとの間の求められた差がほぼ 185 度（または約 185 度）より大きく、測定された前記負の横軸電流整列生位置データが測定された前記正の横軸電流整列生位置データより小さい場合、前記位置オフセットを求めることに、以下の式であって、

【数 3 1】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*} > 185^\circ$$

30

であれば、 $\theta_{axis_true} = 180^\circ$ または $\theta_{axis_true} = -180^\circ$ であり、

【数 3 2】

$$\theta_{pos_i_q^*}^{adj} = \theta_{pos_i_q^*} - 360^\circ$$

40

であり、したがって、

【数 3 3】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*}^{adj} < 175^\circ$$

であり、

【数 3 4】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q}^{adj} + \theta_{neg_i_q}^{adj}}{2}$$

であり、したがって位置オフセットは

【数 3 5】

10

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = 180^\circ - \frac{\theta_{pos_i_q}^{adj} + \theta_{neg_i_q}^{adj}}{2}$$

となる式が適用され、ここで、 $neg_i_q^*$ は、前記負の横軸電流コマンドに関連する前記第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、前記正の横軸電流コマンドに関連する前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は前記真の平均軸

20

【数 3 6】

$$\theta_{pos_i_q}^{adj}$$

は、前記正の横軸電流コマンドに関連する調整された前記第 2 の整列生位置データであり、 $axis_raw$ は前記生平均軸位置データであり、前記位置オフセットは $offset$ であり、上記の 175 度は約 175 度である、方法。

30

【請求項 15】

請求項 8 に記載の方法であって、前記モータは、内部永久磁石モータ、または、他の機械であって該機械の磁気トルク成分およびリラクタンストルク成分が異なる軸に沿う機械を含む、方法。

【請求項 16】

ロータ位置オフセットを較正または現場較正するためのシステムであって、インバータであって、見せかけのロータ位置を前記インバータの相変換機に提供して三相表現を二相表現に変換している間、ゼロ直軸電流コマンドを連続的に適用し、ほぼ同じ大きさの正および負の横軸電流コマンドを連続的に適用して、ロータを強制位置に向けて強制するためのインバータと、

40

前記正の横軸電流コマンドが適用された後、正の横軸電流整列生位置データを測定し、前記負の横軸コマンドが適用された後、前記ロータの負の横軸電流整列生位置データを測定するための検知回路と、

前記生位置データ間の差を求めて、真の平均軸のアライメントを求めるための較正器であって、前記生位置データの平均に基づいて生平均軸位置データを求めるように構成され、求められた前記真の平均軸と求められた前記生平均軸位置データとの間の差に基づいて位置オフセットを求めるように構成された較正器とを備えるシステム。

【請求項 17】

請求項 16 に記載のシステムであって、前記較正器が、前記生データ間の求められた前

50

記差に基づいて、前記真の平均軸がステータに対して前記ロータのほぼ0度またはほぼ180度に合うかどうか判定するように構成された、システム。

【請求項18】

請求項16に記載のシステムであって、

モータリード線がモータ端子に取り付けられたモータと、

3本のモータリード線の相順が前記生位置データとマッチしているかどうか判定するために、前記モータへの直軸および横軸における直流電圧コマンドに関連する、単調に変化する位置プロファイルを適用するためのインバータと、

前記モータへの直軸および横軸における前記直流電圧コマンドに関連する、前記単調に増加する位置プロファイルを適用している間、前記ロータの回転方向を観察し、前記ロータの順方向の回転を検証するための検知回路と

をさらに備えたシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本文書は、特許法119条(e)の下に、2011年2月28日に出願の「METHOD AND SYSTEM FOR CALIBRATING ROTOR POSITION OFFSET OF AN ELECTRIC MOTOR (モータのロータ位置オフセットを較正するための方法およびシステム)」という名称の米国仮出願第61/447,331号に基づく優先権を主張するものである。

【0002】

本発明は、モータのロータ位置オフセットを較正するための方法およびシステム、またはこのロータ位置オフセットを現場で較正するための方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0003】

モータは、内部永久磁石(IPM)モータまたはIPM同期モータなどの、永久磁石を備えたロータおよびステータを特徴とすることができる。特定の従来技術によれば、内部永久磁石(IPM)モータまたはIPM同期機は、IPMモータまたは機械の磁気トルク成分およびリラクタンス成分が異なる軸に沿っているため、通常、表面実装永久磁石モータと共に使用される同じロータアライメント(alignment)スキームを使用することはできない。他の従来技術によれば、逆起電力(EMF)測定値を使用したモータの較正には、通常、試験されるIPMモータまたは機械の軸を回転させるための補助モータが必要であり、これは、車両の通常の始動中または運転中に、車両におけるモータ位置の現場較正のためには実際的ではなく、あるいは適用することは不可能である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

したがってモータの位置オフセットを較正するための改良型方法およびシステム、またはこの位置オフセットを現場で較正するための改良型方法およびシステムが必要である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態によれば、ロータ位置オフセットを較正または現場較正するための方法およびシステムが提示される。見せかけのロータ位置(例えば固定された見せかけのロータ位置)をデータ処理システム(例えば相変換機)に提供している間、およびゼロ直軸電流コマンドを適用している間、正および負の横軸電流コマンドが連続的に、かつ、ほぼ同じ大きさで適用され、それによりロータが強制位置に向けて強制される。処理モジュールは、正の横軸電流コマンドを適用した後、正の横軸電流整列生位置データを測定し、また、負の横軸コマンドを適用した後、ロータの負の横軸電流整列生位置データを測定する。初期位置オフセット較正器またはデータプロセッサは、生位置データの差を求め、それにより真の平均軸のアライメント(alignment)を求める。初期位置オフセット較正器

10

20

30

40

50

またはデータプロセッサは、生位置データの平均に基づいて生平均軸位置データを求める。初期位置オフセット較正器またはデータプロセッサは、求められた真の平均軸と求められた生平均軸位置データの差に基づいて位置オフセットを求める。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】モータのロータ位置オフセットを較正または現場較正するためのシステムの一実施形態のブロック図である。

【図2】図1と無矛盾の一電子データ処理システムのブロック図である。

【図3】モータのロータ位置オフセットを較正または現場較正するための方法の第1の実施形態の流れ図である。

【図4】モータのロータ位置オフセットを較正または現場較正するための方法の第2の実施形態の流れ図である。

【図5】モータのロータ位置オフセットを較正または現場較正するための方法の第3の実施形態の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

一実施形態によれば、図1は、モータ117（例えば内部永久磁石（IPM）モータ）または他の交流機を制御するためのシステムを開示したものである。一実施形態では、システムは、モータ117を除き、インバータまたはモータコントローラと呼ぶことも可能である。

【0008】

システムは、電子モジュール、ソフトウェアモジュールまたはそれらの両方を備える。一実施形態では、モータコントローラは、1つまたは複数のソフトウェアモジュールのソフトウェア命令の記憶、処理または実行をサポートするための電子データ処理システム120を備える。電子データ処理システム120は、図1には破線で示されており、図2により詳細に示されている。

【0009】

データ処理システム120はインバータ回路188に結合される。インバータ回路188は、スイッチング半導体（例えば絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT）または他のパワートランジスタ）を駆動または制御し、モータ117のための制御信号を出力する半導体駆動回路を備える。そのインバータ回路188はモータ117に結合される。モータ117は、モータ軸126またはロータに結合されるセンサ115（例えば位置センサ、レゾルバまたはエンコーダ位置センサ）に結合される。センサ115およびモータ117は、例えば、他にも可能な帰還データまたは信号があるが、とりわけ生位置信号である帰還データ（例えば i_a 、 i_b 、 i_c などの電流帰還データ）を提供するために、データ処理システム120に結合される。他の可能な帰還データは、それらに限定されないが、巻線温度読値、インバータ回路188の半導体温度読値、三相電圧データまたはモータ117の他の熱情報あるいは性能情報を含む。

【0010】

一実施形態では、トルクコマンド発生モジュール105は、d-q軸電流発生マネジャー109（例えばd-q軸電流発生ルックアップテーブル）に結合される。d-q軸電流は、モータ117などのベクトル制御交流機の文脈で適用することができる直軸電流および横軸電流を表している。d-q軸電流発生マネジャー109の出力および電流調整モジュール107（例えばd-q軸電流調整モジュール107）の出力は加算器119に供給される。その加算器119の1つまたは複数の出力（例えば直軸電流データ（ i_d^* ）および横軸電流データ（ i_q^* ））は、電流調整コントローラ111に提供されるかあるいは結合される。

【0011】

電流調整コントローラ111は、パルス幅変調（PWM）発生モジュール112（例えば空間ベクトルPWM発生モジュール）と通信することができる。電流調整コントローラ

10

20

30

40

50

111は、個々のd-q軸電流コマンド（例えば i_d^* および i_q^* ）および実際のd-q軸電流（例えば i_d および i_q ）を受け取り、かつ、PWM発生モジュール112に入力するために対応するd-q軸電圧コマンド（例えば v_d^* および v_q^* コマンド）を出力する。

【0012】

一実施形態では、PWM発生モジュール112は、例えばモータ117を制御するために、二相データ表現からの直軸電圧データおよび横軸電圧データを三相表現（例えば v_a^* 、 v_b^* および v_c^* などの三相電圧表現）に変換する。PWM発生モジュール112の出力はインバータ188に結合される。

【0013】

インバータ回路188は、モータ117に適用される変調信号、パルス幅変調信号、パルス変調電圧波形、電圧信号または他の交流信号（例えばパルス、方形波、正弦波または他の波形）を発生し、修正し、かつ、制御するためのスイッチング半導体などのパワー電子工学を備える。PWM発生モジュール112は、インバータ回路188内のドライバ段に入力を提供する。インバータ回路188の出力段は、モータを制御するためのパルス幅変調信号または他の交流信号を提供する。一実施形態では、インバータ188は、直流（DC）電圧バスによって電力が供給される。

【0014】

モータ117は、モータ軸126の角位置、モータ軸126の速さまたは速度およびモータ軸126の回転方向のうち少なくとも1つを予測するセンサ115（例えばレゾルバ、エンコーダ、速度センサまたは他の1つまたは複数の位置センサ）に結合される。センサ115は、モータ軸126の上に取り付けることができ、あるいはモータ軸126と一体にすることができる。センサ115の出力は、一次処理モジュール114（例えば位置および速度処理モジュール）に接続することができる。一実施形態では、センサ115は、アナログ位置データまたはアナログ速度データをそれぞれデジタル位置データまたはデジタル速度データに変換するアナログ-デジタル変換器（図示せず）に結合することができる。他の実施形態では、センサ115（例えばデジタル位置エンコーダ）は、モータ軸126またはロータの位置データまたは速度データのデジタルデータ出力を提供することができる。

【0015】

一次処理モジュール114の第1の出力（例えばモータ117の位置データおよび速度データ）は、測定された電流の個々の三相デジタル表現を測定された電流の対応する二相デジタル表現に変換する相変換機113（例えば三相-二相電流パーク変換モジュール）に接続される。一次処理モジュール114の第2の出力（例えば速度データ）は、計算モジュール110（例えば調整電圧超過速度比モジュール）に接続される。

【0016】

知覚回路124の入力は、直流（DC）バス（例えばインバータ回路188にDC電力を提供することができる高電圧DCバス）の少なくとも測定された三相電流および電圧レベルを知覚するためにモータ117の端子に結合される。知覚回路124の出力は、知覚回路124の出力をデジタル化するためにアナログ-デジタル変換器122に結合される。そのアナログ-デジタル変換器122のデジタル出力は、二次処理モジュール116（例えば直流（DC）バスおよび三相電流処理モジュール）に結合される。例えば知覚回路124は、三相電流（例えばモータ117の巻線に適用される電流、巻線に誘導される逆EMFまたはそれらの両方）を測定するためにモータ117に結合される。

【0017】

一次処理モジュール114および二次処理モジュール116の特定の出力は、相変換機113に供給される。例えば相変換機113は、パーク変換または他の変換式（例えば適切な特定の交換式が当業者に知られている）を適用して、二次処理モジュール116からのデジタル三相電流データおよびセンサ115からの位置データに基づいて、測定された電流の三相表現を電流の二相表現に変換することができる。相変換機113モジュール

10

20

30

40

50

の出力は、電流調整コントローラ 111 に結合される。

【0018】

一次処理モジュール 114 および二次処理モジュール 116 の他の出力は、計算モジュール 110 (例えば調整電圧超過速度比計算モジュール) の入力に結合することができる。例えば一次処理モジュール 114 は、速度データ (例えばモータ軸 126 の 1 分当たりの回転) を提供することができ、一方、二次処理モジュール 116 は、(例えば車両の直流 (DC) バス上の) 直流電圧の測定されたレベルを提供することができる。インバータ回路 188 に電気エネルギーを供給する DC バス上の直流電圧レベルは、それらに限定されないが、周囲温度、電池状態、電池充電状態、電池抵抗またはリアクタンス、燃料電池状態 (適用可能である場合)、モータ負荷状態、個々のモータトルクおよび対応する運転速度、ならびに車両電気負荷 (例えば電気で駆動される空気調和圧縮機) を始めとする様々な要因のため、場合によっては変動すなわち変化することがある。計算モジュール 110 は、二次処理モジュール 116 と dq - 軸電流発生マネジャー 109 の間の仲介として接続される。計算モジュール 110 の出力は、d - q 軸電流発生マネジャー 109 によって生成される電流コマンドを調整することができ、あるいは電流コマンドに影響を及ぼすことができ、それにより、とりわけ直流バス電圧の変動すなわち変化を補償することができる。

10

【0019】

初期位置オフセット較正器 151 または一次位置モジュール 114 は、モータ軸 126 の初期位置オフセットの較正をサポートする。一実施形態では、初期位置オフセット較正器 151 は、一次処理モジュール 114、二次処理モジュール 116 と通信することができ、また、例えば相変換機 113 の出力から、測定された電流入力データ (例えば直軸電流データおよび横軸電流データ) を受け取ることができる。

20

【0020】

ロータ磁石温度予測モジュール 104、電流整形モジュール 106 および端子電圧帰還モジュール 108 は、dq - 軸電流調整モジュール 107 に結合されるか、あるいは dq - 軸電流調整モジュール 107 と通信することができる。その dq - 軸電流モジュール 107 は、dq - 軸電流発生マネジャーまたは加算器 119 と通信することができる。

【0021】

ロータ磁石温度モジュール 104 は、1 つまたは複数のロータ永久磁石の温度を予測し、あるいは求める。一実施形態では、ロータ磁石温度予測モジュール 104 は、ステータと熱連絡でステータ上に位置しているか、あるいはモータ 117 のハウジングに固着された 1 つまたは複数のセンサからロータ磁石の温度を予測することができる。

30

【0022】

一代替実施形態では、ロータ磁石温度予測モジュール 104 は、ロータまたは磁石の上に取り付けられた温度検出器 (例えば無線送信機に結合されたサーミスタまたは赤外線熱センサ) に置き換えることができ、検出器は、1 つまたは複数の磁石の温度を示す信号 (例えば無線信号) を提供する。

【0023】

一実施形態では、方法またはシステムは、以下の方法で動作させることができる。トルクコマンド発生モジュール 105 は、車両データバス 118 を介して、速度制御データメッセージ、電圧制御データメッセージまたはトルク制御データメッセージなどの入力制御データメッセージを受け取る。トルクコマンド発生モジュール 105 は、受け取った入力制御メッセージをトルク制御コマンドデータ 316 に変換する。

40

【0024】

d - q 軸電流発生マネジャー 109 は、個々のトルク制御コマンドデータおよび検出された個々のモータ軸 126 速度データに関連する直軸電流コマンドデータおよび横軸電流コマンドデータを選択し、あるいは決定する。例えば d - q 軸電流発生マネジャー 109 は、(1) 直軸電流および横軸電流に対応させるために、個々のトルクコマンドに関連するルックアップテーブル、データベースまたは他のデータ構造にアクセスする、(2) 直

50

軸電流および横軸電流に対応させるために、個々のトルクコマンドに関連する一組の二次方程式または一次方程式にアクセスする、あるいは(3)直軸電流および横軸電流に対応させるために、個々のトルクコマンドに関連する一組の規則(例えば合意規則)にアクセスする、のうちの1つまたは複数によって直軸電流コマンド、横軸電流コマンドを選択し、あるいは決定する。モータ117上のセンサ115は、検出されたモータ軸126の速度データの準備を容易にし、一次処理モジュール114は、センサ115によって提供される位置データを速度データに変換することができる。

【0025】

電流調整モジュール107(例えばd-q軸電流調整モジュール)は、ロータ磁石温度予測モジュール104、電流整形モジュール106および端子電圧帰還モジュール108からの入力データに基づいて直軸電流コマンドデータおよび横軸電流コマンドデータを調整するための電流調整データを提供する。

10

【0026】

電流整形モジュール106は、例えばモータ117上のトルク負荷およびモータ117の速度の要因のうちの1つまたは複数に基づいて横軸(q-軸)電流コマンドおよび直軸(d-軸)電流コマンドの修正または予備調整を求めることができる。ロータ磁石温度予測モジュール104は、例えばロータ温度の予測された変化に基づいてq-軸電流コマンドおよびd-軸電流コマンドの二次調整を生成することができる。端子電圧帰還モジュール108は、コントローラ電圧コマンド対電圧限界に基づいてd-軸電流およびq-軸電流に第3の調整を提供することができる。電流調整モジュール107は、予備調整、二次調整および第3の調整のうちの1つまたは複数の調整を考慮する集合体電流調整を提供することができる。

20

【0027】

一実施形態では、モータ117は、内部永久磁石(IPM)機またはIPM同期機(IPMSM)を備えることができる。IPMSMは、従来の誘導機または表面実装PM機(SMPM)と比較すると、例えば高率が高い、出力密度が大きい、定電力動作範囲が広い、保守が不要である、などの多くの有利な利点を有している。

【0028】

センサ115(例えば軸速度検出器またはロータ速度検出器)は、直流モータ、光エンコーダ、磁界センサ(例えばホール効果センサ)、磁気抵抗センサおよびレゾルバ(例えばブラシレスレゾルバ)のうちの1つまたは複数を用意することができる。一構成では、センサ115は位置センサを備え、モータ軸126の速さまたは速度データを求めるために位置データおよび関連する時間データが処理される。他の構成では、センサ115は、モータ軸の位置を求めるために、速度センサまたは速度センサと積分器の組合せを備える。

30

【0029】

さらに他の構成では、センサ115は、モータ117のモータ軸126に機械的に結合される、モータ軸126の速度を求めるための補助コンパクト直流発電機を備え、直流発電機は、モータ軸126の回転速度に比例する出力電圧を生成する。さらに他の構成では、センサ115は、軸126に結合された回転対象に向けて信号を送信し、かつ、光検出器で反射信号または回折信号を受信する光源を備えた光エンコーダを備え、受信される信号パルス(例えば方形波)の周波数は、モータ軸126の速度に比例させることができる。追加構成では、センサ115は、第1の巻線および第2の巻線を備えたレゾルバを備え、第1の巻線に交流が供給され、第2の巻線に誘導される電圧がロータの回転の周波数に応じて変化する。

40

【0030】

図2では、電子データ処理システム120は、電子データプロセッサ264、データバス262、データ記憶装置260および1つまたは複数のデータポート(268、270、272、274および276)を備える。データプロセッサ264、データ記憶装置260および1つまたは複数のデータポートは、データプロセッサ264、データ記憶装置260および1つまたは複数のデータポート間のデータの通信をサポートするためにデー

50

タバス 262 に結合される。

【0031】

一実施形態では、データプロセッサ 264 は、電子データプロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、プログラム可能論理アレイ、論理回路、論理演算装置、ASIC、デジタル信号プロセッサ、比例積分微分 (PID) コントローラまたは他のデータ処理装置あるいは複数のデータ処理装置の組合せを備えることができる。

【0032】

データ記憶装置 260 は、データを記憶するための任意の磁気デバイス、電子デバイスまたは光デバイスを備えることができる。例えばデータ記憶装置 260 は、電子データ記憶装置、電子メモリ、不揮発性電子ランダムアクセスメモリ、1つまたは複数の電子データレジスタ、データラッチ、磁気ディスクドライブ、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、等々を備えることができる。

10

【0033】

図 2 に示されているように、データポートは、第 1 のデータポート 268、第 2 のデータポート 270、第 3 のデータポート 272、第 4 のデータポート 274 および第 5 のデータポート 276 を備えているが、任意の適切な数のデータポートを使用することができる。個々のデータポートは、例えばトランシーバおよびバッファメモリを備えることができる。一実施形態では、個々のデータポートは、任意の直列または並列入力/出力ポートを備えることができる。

【0034】

図 2 に示されている一実施形態では、第 1 のデータポート 268 は、車両データバス 118 に結合される。その車両データバス 118 はコントローラ 266 に結合される。一構成では、第 2 のデータポート 270 はインパータ回路 188 に結合することができ、第 3 のデータポート 272 はセンサ 115 に結合することができ、第 4 のデータポート 274 はアナログ-デジタル変換器 122 に結合することができ、また、第 5 のデータポート 276 は端子電圧帰還モジュール 108 に結合することができる。アナログ-デジタル変換器 122 は検知回路 124 に結合される。

20

【0035】

データ処理システム 120 の一実施形態では、トルクコマンド発生モジュール 105 は、電子データ処理システム 120 の第 1 のデータポート 268 に結合されるか、あるいは電子データ処理システム 120 の第 1 のデータポート 268 によってサポートされる。第 1 のデータポート 268 は、コントローラエリアネットワーク (CAN) データバスなどの車両データバス 118 に結合することができる。車両データバス 118 は、第 1 のデータポート 268 を介して、トルクコマンドと共にデータバスメッセージをトルクコマンド発生モジュール 105 に提供することができる。車両のオペレータは、スロットル、ペダル、コントローラ 266 または他の制御デバイスなどのユーザインタフェースを介してトルクコマンドを発生することができる。

30

【0036】

特定の実施形態では、センサ 115 および一次処理モジュール 114 は、データ処理システム 120 の第 3 のデータポート 272 に結合することができるか、あるいはデータ処理システム 120 の第 3 のデータポート 272 によってサポートすることができる。

40

【0037】

本明細書において開示されている方法およびシステムの様々な実施形態は、見せかけのロータ位置または基準ロータ位置を使用している。本文書全体を通して使用されているように、見せかけのロータ位置または固定された見せかけのロータ位置は、実際のロータ位置のセンサ 115 による実際の測定に基づいていない。その代わりにデータ処理システム 120 または一次処理モジュール 114 は、見せかけの位置データまたは基準位置データを相変換機 113 に提供することができる。相変換機 113 は、パーク変換 (例えば三相測定値から二相表現値への変換) における実際の位置データではなく、この見せかけの位置データまたは基準位置データを使用して、測定された直軸電流および測定された横軸電

50

流を電流調整コントローラ 1 1 1 に提供する。相変換機 1 1 3 では、見せかけの位置データが実際に測定された三相電流データと共に使用され、測定された三相電流は、検知回路 1 2 4 によって、アナログ - デジタル変換器 1 2 2 を介して二次処理モジュール 1 1 6 に提供される。例えば一構成では、見せかけの位置データまたは固定された見せかけのロータ位置は、モータ 1 1 7 のステータに対して、ロータのゼロ (0) 度にほぼ等しくすることができる。

【 0 0 3 8 】

一実施形態では、データプロセッサ 2 6 4 またはデータ処理システム 1 2 0 は、見せかけの位置データと、センサ 1 1 5 および一次処理モジュール 1 1 4 によって検出される実際の位置データとの間の誤差すなわち偏差を求めるように構成することができ、ロータは、(a) 見せかけの位置と合う、(b) 見せかけの位置に実質的に等しい、あるいは (c) 見せかけの位置に対して既知の関係すなわち固定基準角変位で分離されることが想定される強制位置 (または実際の位置) に位置する。上記誤差データすなわち偏差データを使用して位置オフセットを校正し、あるいは予測することができる。例えば複数の強制位置を使用して校正することができ、見せかけの位置は、一定に保持される、つまり固定される (例えば 0 度に) 。

10

【 0 0 3 9 】

本文書全体を通して使用されているように、角位置または他の数と共に使用されている「ほぼ」は、その角位置または他の数のプラスまたはマイナス 5 パーセントを意味する。本文書全体を通して使用されているように、角位置または他の数と共に使用されている「約」は、その角位置または他の数のプラスまたはマイナス 1 0 パーセントを意味する。

20

【 0 0 4 0 】

図 3 は、内部永久磁石 (I P M) モータなどのモータ内のロータの位置オフセットを校正する方法、またはこの位置オフセットを現場で校正する方法を開示したものである。図 3 の方法はステップ S 3 0 0 で開始される。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 3 0 0 で、見せかけのロータ位置 (例えばモータ 1 1 7 のステータに対して固定された見せかけのロータ位置または 0 度ロータ位置) がデータ処理システム 1 2 0 に提供されている間 (例えば相変換機 1 1 3 のパーク変換のために) 、また、PWM 発生モジュール 1 1 2 、インバータ回路 1 8 8 またはコントローラがゼロ直軸電流コマンドを適用している間、PWM 発生モジュール 1 1 2 、インバータ回路 1 8 8 またはコントローラは、ほぼ同じ大きさの正および負の横軸電流コマンドを連続的に適用し、それによりロータを強制位置に向けて強制し、あるいは移動させる。ここで、ほぼ同じ大きさまたは実質的に同じ大きさとは、その大きさの値に等しいか、あるいはその大きさの値のプラスまたはマイナス 5 パーセントを意味している。

30

【 0 0 4 2 】

強制位置は、固定された見せかけのロータ位置と合っているか、固定された見せかけのロータ位置に実質的に等しくても、あるいは固定された見せかけのロータ位置から離れていてもよい。強制位置が見せかけのロータ位置と合っているか、あるいは見せかけのロータ位置に実質的に等しい一実施形態では、強制位置と見せかけのロータ位置との間の差には、誤差または誤差の指示が含まれている。強制位置と固定された見せかけのロータ位置との間に既知の関係 (例えば角変位すなわち固定角分離) が存在している他の実施形態では、既知の関係すなわち固定角分離からの逸脱には、誤差または誤差の指示が含まれている。

40

【 0 0 4 3 】

ステップ S 3 0 0 を実施するための一例示的实施例によれば、

【 0 0 4 4 】

【数 1】

$$\theta_{pos_i_q^*}$$

【0045】

は、正の横軸電流コマンド（例えば + 200 アンペアの i_{q^*} ）およびゼロ i_d コマンドならびに 0 度の強制位置が適用された後の最終アライメント（alignment）生位置として定義され、一方、

【0046】

【数 2】

$$\theta_{neg_i_q^*}$$

【0047】

は、負の横軸コマンド（例えば - 200 アンペアの i_{q^*} ）およびゼロ直軸電流コマンド（ i_d^* ）ならびに 0 度の強制位置が適用された後の最終アライメント（alignment）生位置として定義される。

【0048】

ステップ S302 で、処理モジュールすなわち一次処理モジュール 114 は、回路によって正の横軸電流コマンドがモータ 117 に適用され、あるいは適用された後、第 1 の（例えば正の横軸電流）整列生位置データを測定する。さらにステップ S302 で、処理モジュールすなわち一次処理モジュール 114 は、インバータ回路 188 によって負の横軸コマンドがモータ 117 に適用され、あるいは適用された後、ロータの第 2 の（例えば負の横軸電流）整列生位置データを測定する。第 1 の整列生位置データは、例えばモータ 117 のステータに対して、ロータの 0 度と 360 度との間の範囲であってもよい。同様に、第 2 の整列生位置データは、例えばモータ 117 のステータに対して、ロータの 0 度と 360 度との間の範囲であってもよい。

【0049】

ステップ S304 で、初期位置オフセット較正器 151、データプロセッサ 264 または一次処理モジュール 114 は、生位置データ（例えば正の横軸電流整列生位置データと負の横軸電流整列生位置データ）間の差を求め、それにより真の平均軸のアライメント（alignment）を求める（例えばステータに対して 180 度または 0 度のロータ位置におけるアライメント（alignment）であって、見せかけのロータ位置はほぼ 0 度である）。例えば初期位置オフセット較正器 151、データプロセッサ 264 または一次処理モジュール 114 は、第 1 の整列生位置データと第 2 の整列生位置データとの間の差を求める。

【0050】

ステップ S306 で、初期位置オフセット較正器 151、データプロセッサ 264 または一次処理モジュール 114 は、生位置データの平均（例えば第 1 の整列生位置データ、第 2 の整列生位置データまたはそれらの両方の平均）に基づいて生平均軸位置データを求める。

【0051】

ステップ S308 で、初期位置オフセット較正器 151、データプロセッサ 264 または一次処理モジュール 114 は、求められた真の平均軸と求められた生平均軸位置データとの間の差に基づいて位置オフセットを求める。

【0052】

図 4 は、内部永久磁石（IPM）モータなどのモータ内のロータの位置オフセットを較正する方法、またはこの位置オフセットを現場で較正する方法を開示したものである。図

10

20

30

40

50

4の方法はステップS400で開始される。

【0053】

ステップS400で、対応する見せかけのロータ位置（例えばモータ117のステータに対して固定された見せかけのロータ位置または0度ロータ位置）がデータ処理システム120に提供されている間（例えば相変換機113のパーク変換のために）、インバータ回路188、コントローラまたはパルス幅変調（PWM）発生モジュール112は、第1の時点である大きさの正の横軸電流コマンドをモータ117に適用し、また、第2の時点で実質的に同じ大きさの負の横軸電流コマンドをモータ117に適用し、それによりロータをロータの強制位置に向けて移動させる。ここで、実質的に同じ大きさとは、その大きさの値に等しいか、あるいはその大きさの値のプラスまたはマイナス5パーセントを意味している。一実施形態では、モータ117は、内部永久磁石（IPM）モータまたは他の交流機を備え、機械の磁気トルク成分およびリラクタンストルク成分は、異なる軸に沿って存在している。

10

【0054】

ステップS402で、見せかけのロータ位置（例えばモータ117のステータに対して固定された見せかけのロータ位置または0度ロータ位置）がデータ処理システム120に提供されている間（例えば相変換機113のパーク変換のために）、インバータ回路188、コントローラまたはパルス幅変調（PWM）発生モジュール112は、強制位置に関連する横軸電流コマンドをモータ117に適用している間にゼロ直軸電流コマンドをモータ117に適用する。

20

【0055】

ステップS404で、一次処理モジュール117またはデータプロセッサ264は、正の横軸電流コマンドが適用され、あるいは適用された後、モータのロータの第1の（例えば正の横軸電流）整列生位置データを測定し、また、負の横軸コマンドが適用され、あるいは適用された後、モータ117のロータの第2の（例えば負の横軸電流）整列生位置データを測定する。例えば測定される生位置データは、大きさが反対の1つまたは複数の横軸電流コマンドを適用することによってもたらされる。第1の整列生位置データは、例えばモータ117のステータに対して、ロータの0度と360度との間の範囲であってもよい。同様に、第2の整列生位置データは、例えばモータ117のステータに対して、ロータの0度と360度との間の範囲であってもよい。

30

【0056】

ステップS406で、初期位置オフセット較正器151またはデータプロセッサ264は、測定された第1の（例えば正の横軸電流）整列生位置データと測定された第2の（例えば負の横軸電流）整列生位置データとの間の差を求め、それにより真の平均軸がステータに対してロータのほぼ0度またはほぼ180度に合うかどうか判定し、見せかけのロータ位置はほぼ0度である。

【0057】

ステップS408で、初期位置オフセット較正器151、データプロセッサ264または一次処理モジュール114は、測定された第1の（例えば正の横軸電流）整列生位置データおよび測定された第2の（例えば負の横軸電流）整列位置データの平均に基づいて生平均軸位置データを求め、平均軸は、測定された第1の（例えば正の横軸電流）整列生位置データおよび測定された第2の（例えば負の横軸電流）整列位置データのうちの少なくとも一方の調整された生位置データに基づいている。

40

【0058】

ステップS410で、初期位置オフセット較正器151、データプロセッサ264または一次処理モジュール114は、求められた真の平均軸と求められた生平均軸位置データとの間の差に基づいて位置オフセットを求める。ステップS410は、別法または追加として適用することができる様々な手順に従って実施することができる。

【0059】

第1の手順によれば、測定された第1の（例えば正の横軸電流）整列生位置データと測

50

定された第2の（例えば負の横軸電流）整列生位置データとの間の差がほぼ185度（または約185度）より大きいことが判定され、かつ、測定された第2の（例えば負の横軸電流）整列生位置データが測定された第1の（例えば正の横軸電流）整列生位置データより大きい場合、真の位置オフセットを求めることに以下の式が適用される。

【0060】

【数3】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*} > 185^\circ$$

10

【0061】

であれば $axis_true = 0^\circ$ であり、

【0062】

【数4】

$$\theta_{neg_i_q^*}^{adj} = \theta_{neg_i_q^*} - 360^\circ$$

【0063】

であれば、したがって

20

【0064】

【数5】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*}^{adj} < 175^\circ$$

【0065】

であり、

【0066】

【数6】

30

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}^{adj}}{2}$$

【0067】

であり、位置オフセットは、

【0068】

【数7】

40

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = -\frac{\theta_{pos_i_q^*} + \theta_{neg_i_q^*}^{adj}}{2}$$

【0069】

である。

【0070】

上式で、 $neg_i_q^*$ は、負の横軸電流コマンドに関連する第1の整列生位置デー

50

タであり、 $\theta_{pos_i^*q}$ は、正の横軸電流コマンドに関連する第 2 の整列生位置データであり、 θ_{axis_true} は真の平均軸であり、

【0071】

【数 8】

$$\theta_{neg_i^*q}^{adj}$$

【0072】

は、負の横軸電流コマンドに関連する調整された第 1 の整列生位置データであり、 θ_{axis_raw} は生平均軸位置データであり、また、位置オフセットは θ_{offset} である。上式では、例えばモータ 117 の実際の動作特性、設計および仕様に基づいて、185 度は、ほぼ 185 度または約 185 度に設定することができ、また、175 度は、ほぼ 175 度または約 175 度に設定することができることは理解されよう。

10

【0073】

第 2 の手順によれば、測定された第 1 の（例えば正の横軸電流）整列生位置データと測定された第 2 の（例えば負の横軸電流）整列生位置データとの間の差がほぼ 175 度未満であることが判定され、かつ、測定された第 2 の（例えば負の横軸電流）整列生位置データが測定された第 1 の（例えば正の横軸電流）整列生位置データより小さい場合、真の位置オフセットを求めることに以下の式が適用される。

20

【0074】

【数 9】

$$\theta_{pos_i^*q} - \theta_{neg_i^*q} < 175^\circ$$

【0075】

であれば、 $\theta_{axis_true} = 0^\circ$ であり、

【0076】

【数 10】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i^*q} + \theta_{neg_i^*q}}{2}$$

30

【0077】

であり、したがって位置オフセットは

【0078】

【数 11】

40

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = -\frac{\theta_{pos_i^*q} + \theta_{neg_i^*q}}{2}$$

【0079】

である。

【0080】

上式で、 $\theta_{neg_i^*q}$ は、負の横軸電流コマンドに関連する第 1 の整列生位置デー

50

タであり、 pos_i^*q は、正の横軸電流コマンドに関連する第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は真の平均軸であり、

【 0 0 8 1 】

【 数 1 2 】

$$\theta_{neg_i^*q}^{adj}$$

【 0 0 8 2 】

は、負の横軸電流コマンドに関連する調整された第 2 の整列生位置データであり、 $axis_raw$ は生平均軸位置データであり、また、位置オフセットは $offset$ である。上式では、例えばモータ 117 の実際の動作特性、設計および仕様に基づいて、175 度は、ほぼ 175 度または約 175 度に設定することができることは理解されよう。

【 0 0 8 3 】

第 3 の手順によれば、測定された第 1 の（例えば正の横軸電流）整列生位置データと測定された第 2 の（例えば負の横軸電流）整列生位置データとの間の差がほぼ 175 度未満であることが判定され、かつ、測定された第 2 の（例えば負の横軸電流）整列生位置データが測定された第 1 の（例えば正の横軸電流）整列生位置データより大きい場合、位置オフセットを求めることに以下の式が適用される。

【 0 0 8 4 】

【 数 1 3 】

$$\theta_{neg_i^*q} - \theta_{pos_i^*q} < 175^\circ$$

【 0 0 8 5 】

であれば、 $axis_true = 180^\circ$ または $axis_true = -180^\circ$ であり、

【 0 0 8 6 】

【 数 1 4 】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i^*q} + \theta_{neg_i^*q}}{2}$$

【 0 0 8 7 】

であり、したがって位置オフセットは

【 0 0 8 8 】

【 数 1 5 】

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = 180^\circ - \frac{\theta_{pos_i^*q} + \theta_{neg_i^*q}}{2}$$

【 0 0 8 9 】

である。上式で、 neg_i^*q は、負の横軸電流コマンドに関連する第 1 の整列生位置データであり、 pos_i^*q は、正の横軸電流コマンドに関連する第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は真の平均軸であり、

10

20

30

40

50

【 0 0 9 0 】

【 数 1 6 】

$$\theta_{neg_i^*q}^{adj}$$

【 0 0 9 1 】

は、負の横軸電流コマンドに関連する調整された第2の整列生位置データであり、 $axis_raw$ は生平均軸位置データであり、また、位置オフセットは $offset$ である。上式では、例えばモータ117の実際の動作特性、設計および仕様に基づいて、175度は、ほぼ175度または約175度に設定することができることは理解されよう。

10

【 0 0 9 2 】

第4の手順によれば、測定された第1の（例えば正の横軸電流）整列生位置データと測定された第2の（例えば負の横軸電流）整列生位置データとの間の差がほぼ185度より大きいことが判定され、かつ、測定された負の横軸電流整列生位置データが測定された正の横軸電流整列生位置データより小さい場合、位置オフセットを求めることに以下の式が適用される。

【 0 0 9 3 】

【 数 1 7 】

$$\theta_{pos_i_q^*} - \theta_{neg_i_q^*} > 185^\circ$$

20

【 0 0 9 4 】

であれば、 $axis_true = 180^\circ$ または $axis_true = -180^\circ$ であり、

【 0 0 9 5 】

【 数 1 8 】

$$\theta_{pos_i_q^*}^{adj} = \theta_{pos_i_q^*} - 360^\circ$$

30

【 0 0 9 6 】

であり、したがって

【 0 0 9 7 】

【 数 1 9 】

$$\theta_{neg_i_q^*} - \theta_{pos_i_q^*}^{adj} < 175^\circ$$

40

【 0 0 9 8 】

であり、

【 0 0 9 9 】

【数 2 0】

$$\theta_{axis_raw} = \frac{\theta_{pos_i_q}^{adj} + \theta_{neg_i_q}^{*}}{2}$$

【0 1 0 0】

であり、したがって位置オフセットは

【0 1 0 1】

【数 2 1】

10

$$\theta_{offset} = \theta_{axis_true} - \theta_{axis_raw} = 180^\circ - \frac{\theta_{pos_i_q}^{adj} + \theta_{neg_i_q}^{*}}{2}$$

【0 1 0 2】

である。

【0 1 0 3】

上式で、 $neg_i_q^*$ は、負の横軸電流コマンドに関連する第 1 の整列生位置データであり、 $pos_i_q^*$ は、正の横軸電流コマンドに関連する第 2 の整列生位置データであり、 $axis_true$ は真の平均軸であり、

20

【0 1 0 4】

【数 2 2】

$$\theta_{pos_i_q}^{adj}$$

【0 1 0 5】

は、負の横軸電流コマンドに関連する調整された第 2 の整列生位置データであり、 $axis_raw$ は生平均軸位置データであり、また、位置オフセットは $offset$ である。上式では、例えばモータ 1 1 7 の実際の動作特性、設計および仕様に基づいて、1 8 5 度は、ほぼ 1 8 5 度または約 1 8 5 度に設定することができ、また、1 7 5 度は、ほぼ 1 7 5 度または約 1 7 5 度に設定することができることは理解されよう。

30

【0 1 0 6】

図 5 は、内部永久磁石 (IPM) モータなどのモータ内のロータの位置オフセットを較正する方法、またはこの位置オフセットを現場で較正する方法を開示したものである。図 5 の方法は、図 5 の方法がステップ S 4 5 0 および S 4 5 2 をさらに含んでいる点を除き、図 4 の方法と同様である。図 4 および図 5 における同様のステップまたは手順は、同様の参照番号で示されている。

40

【0 1 0 7】

実際には、ステップ S 4 5 0 および S 4 5 2 は、通常、図 5 のステップ S 4 0 0 からステップ S 4 1 0 (これらのステップを含む) に先立って実施される。

【0 1 0 8】

ステップ S 4 5 0 で、初期位置オフセット較正器 1 5 1、パルス幅変調発生モジュール 1 1 2、インバータ 1 8 8 またはデータプロセッサ 2 6 4 は、直軸および横軸における直流電圧コマンドに関連する、単調に変化する位置プロファイルのモータ 1 1 7 への適用に基づいて、3 本のモータリード線の相順が生位置データとマッチしているかどうか判定する。例えば単調に変化する位置プロファイルは、データ記憶装置 2 6 0 に記憶することが

50

でき、また、パルス幅発生モジュール 1 1 2 によって実施することができる。一代替実施形態では、単調に変化する位置プロファイルは、インバータ回路 1 8 8 内の特定の電子ハードウェアによって実施することができる。

【 0 1 0 9 】

ステップ S 4 5 2 で、初期位置オフセット較正器 1 5 1 またはデータプロセッサ 2 6 4 は、直軸および横軸における直流電圧コマンドに関連する、単調に増加する位置プロファイルをモータに適用している間（ステップ S 4 5 0 ）、ロータの n_i 回転方向を観察し、ロータの順方向の回転を検証する。

【 0 1 1 0 】

I P M 機の場合、磁気トルク成分およびリラクタンストルク成分の両方が存在する。横軸（ q - 軸）に沿った電流ベクトル投影によって決定される磁気トルク成分は、真のロータ直軸（ d - 軸）を電流ベクトルにもたらずように常に試行している。しかしながら、 q - 軸および d - 軸の両方に沿った電流ベクトル投影によって決定されるリラクタンストルク成分は、電流ベクトルから 9 0 度離れた真のロータ d - 軸をもたらずように常に試行している。したがって I P M 機の場合、磁気トルク成分およびリラクタンストルク成分による異なるトルク整列アライメント効果のため、強制位置および単一方向トルクコマンドは、ロータを所望の位置に合わせるためには容易には使用されない。

10

【 0 1 1 1 】

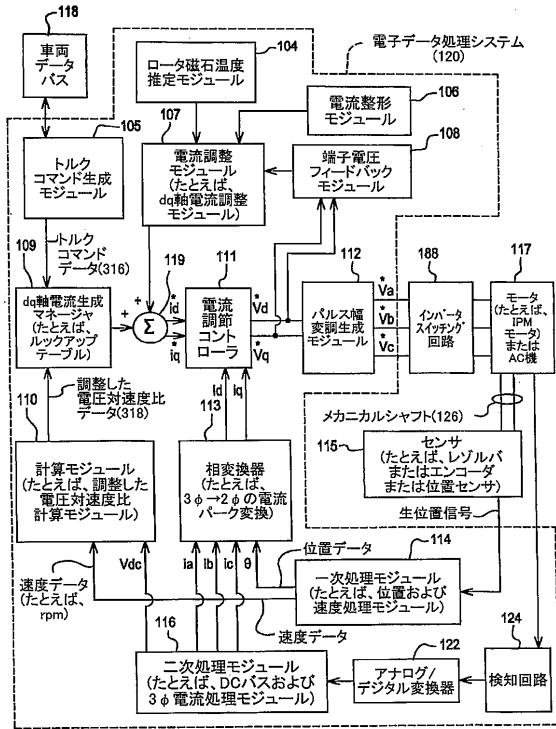
本明細書において開示されている方法およびシステムは、異なる軸に沿ったロータの整列を試行する異なるトルク成分を有する I P M モータまたは他の電気機械の初期ロータ位置オフセットの較正にうってつけである。I P M 機のロータの初期位置オフセットを較正することにより、モータの制御性能を著しく改善することができ、それにより所望の出力トルクおよび電力レベルを達成することができ、また、堅固な可制御性を保証することができる。

20

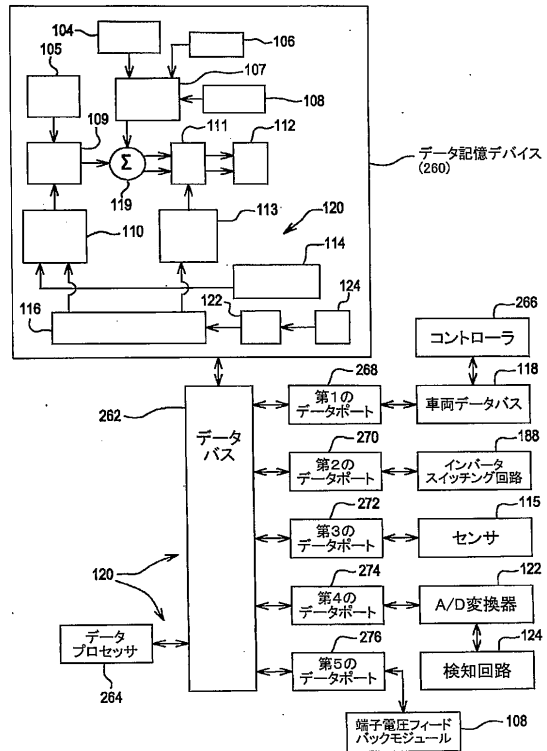
【 0 1 1 2 】

以上、好ましい実施形態について説明したが、添付の特許請求の範囲で定義されている本発明の範囲を逸脱することなく、様々な修正を加えることができることが明らかになるであろう。

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

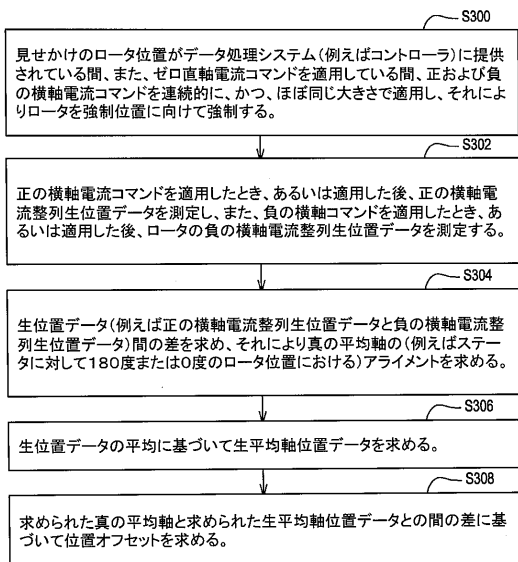


FIG. 3

【 図 4 】

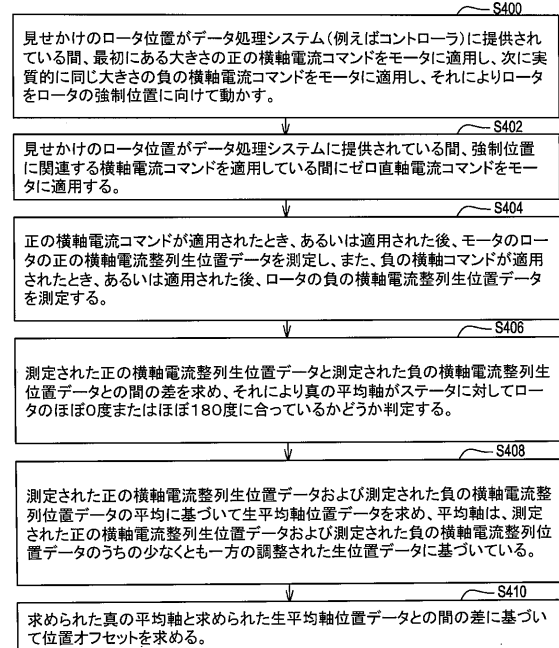
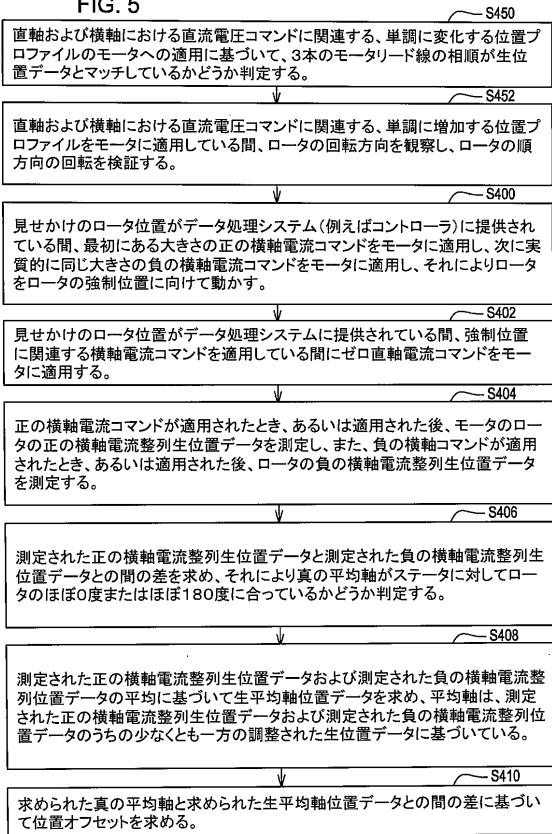


FIG. 4

【 図 5 】

FIG. 5



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2012/022829
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H02K 13/00 (2012.01) USPC - 310/191 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) IPC(8) - H01K 1/12, 21/12, 21/26, 13/00; H02K 1/12, 21/12, 21/26, 13/00 (2012.01) USPC - 310/154.01, 156.01, 191, 254.1 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase, Orbit.com, Google Patents, Google		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2006/0113949 A1 (NISHIMURA et al) 01 June 2006 (01.06.2006) entire document	1-3, 8, 10, 15-18
Y	US 2008/0061724 A1 (HAO et al) 13 March 2008 (13.03.2008) entire document	1-3, 8, 10, 15-18
Y	US 6,208,110 B1 (O'MEARA et al) 27 March 2001 (27.03.2001) entire document	2, 8, 10, 15, 17
Y	US 2007/0263418 A1 (PONNALURI et al) 15 November 2007 (15.11.2007) entire document	3
A	US 7,358,692 B2 (LEE) 15 April 2008 (15.04.2008) entire document	4-7, 9, 11-14
A	US 6,005,364 A (ACARNLEY) 21 December 1999 (21.12.1999) entire document	4-7, 9, 11-14
A	US 6,903,525 B2 (CARSON et al) 07 June 2005 (07.06.2005) entire document	4-7, 9, 11-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 May 2012		Date of mailing of the international search report 30 MAY 2012
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, T
J, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, R
O, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, H
U, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI
, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN

(74)代理人 100120112

弁理士 中西 基晴

(72)発明者 ウー, ロン

アメリカ合衆国ノースダコタ州5 8 1 0 4, ファーゴ, サーティーセブンス・アベニュー・サウス
2 8 2 4

(72)発明者 ショー, ロバート

アメリカ合衆国ミネソタ州5 6 5 6 0, ムーアヘッド, フォーティーセカンド・アベニュー・サウ
ス 1 6 2 2

Fターム(参考) 5H560 AA08 BB04 BB17 DA02 DA07 DA10 DB20 DC01 DC05 DC12
EB01 RR03 SS01 TT11 TT15 UA06 XA02 XA12 XA13 XB05