

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5656671号

(P5656671)

(45) 発行日 平成27年1月21日 (2015. 1. 21)

(24) 登録日 平成26年12月5日 (2014. 12. 5)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 1 R 31/34 (2006. 01)

G O 1 R 31/34 F

H O 2 P 23/00 (2006. 01)

H O 2 P 7/36 3 O 2 S

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-15281 (P2011-15281)
(22) 出願日 平成23年1月27日 (2011. 1. 27)
(65) 公開番号 特開2012-154844 (P2012-154844A)
(43) 公開日 平成24年8月16日 (2012. 8. 16)
審査請求日 平成26年1月9日 (2014. 1. 9)

(73) 特許権者 000180025
山洋電気株式会社
東京都豊島区南大塚三丁目3番1号
(74) 代理人 100091443
弁理士 西浦 ▲嗣▼晴
(72) 発明者 高橋 昭彦
東京都豊島区北大塚一丁目15番1号 山
洋電気株式会社内

審査官 吉岡 一也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータの状況検査方法及びモータ特性検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

設備に組み込まれた三相モータの状況を前記設備から前記三相モータを取り外すことなく検査するモータの状況検査方法であって、

給電されていない状態で前記三相モータの可動子が動いているときに電機子巻線に発生する三相の逆起電力中の一相の逆起電力のピーク値を含む電気角で180°よりも小さい所定の角度範囲を特定する角度範囲検出部と、前記一相の逆起電力がα軸になるように前記三相の逆起電力をαβ変換により前記三相の逆起電力に等価な二相交流に変換する三相二相変換部と、前記所定の角度範囲におけるα成分の変化量及びβ成分の変化量から前記所定の角度範囲における電圧ベクトルの変化量を演算する電圧ベクトル変化量演算部と、
前記所定の角度範囲における前記可動子の速度の変化量を検出する速度変化量検出部と、
前記速度の変化量及び前記電圧ベクトルの変化量に基づいて逆起電力定数を演算する逆起電力定数演算部と、前記逆起電力定数の演算結果または予想される演算結果に対して予め用意した判定結果を表示する結果表示部とを備えたモータ特性検査装置を用意し、

前記設備に組み込まれた前記三相モータから給電線を外した状態で、前記三相モータの前記電機子巻線と前記モータ特性検査装置とを電氣的に接続し、

前記三相モータの前記可動子に外力を加えて前記電機子巻線に前記逆起電力を発生させ、

前記モータ特性検査装置の結果表示部に表示された前記演算結果に基づいて、前記モータの状況を判定することを特徴とするモータの状況検査方法。

10

20

【請求項 2】

前記角度範囲検出部は、前記三相の逆起電力がそれぞれゼロになるゼロクロス点を検出し、前記ゼロクロス点に基づいて前記所定の角度範囲として 60° の角度範囲を決定するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のモータの状況検査方法。

【請求項 3】

前記角度範囲検出部は、前記三相の逆起電力及び前記二相交流がそれぞれゼロになるゼロクロス点を検出し、前記ゼロクロス点に基づいて前記所定の角度範囲として 30° の角度範囲を決定するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のモータの状況検査方法。

【請求項 4】

前記所定の角度範囲の始点における第 1 の電圧ベクトルの α 成分を $V_{\alpha 1}$ 、 β 成分を $V_{\beta 1}$ とし、前記所定の角度範囲の終点における第 2 の電圧ベクトルの α 成分を $V_{\alpha 2}$ 、 β 成分を $V_{\beta 2}$ とし、

【数 1】

$$\Delta V_{vec} = \sqrt{(V_{\alpha 2} - V_{\alpha 1})^2 + (V_{\beta 2} - V_{\beta 1})^2}$$

上記式により前記電圧ベクトルの変化量を演算する請求項 1 に記載のモータの状況検査方法。

【請求項 5】

前記結果表示部は、前記所定の角度範囲を二等分した 2 つの分割角度範囲における 2 つの前記電圧ベクトルの変化量の差が予め定めた許容値以下であるときに、前記演算結果または判定結果を表示する請求項 1 に記載のモータの状況検査方法。

【請求項 6】

前記三相モータは前記可動子が回転する回転型三相モータであり、

前記速度変化量検出部は、前記速度を前記可動子の単位時間当たりの回転数として検出し、前記回転数の変化量を前記速度の変化量として検出するように構成されている請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のモータの状況検査方法。

【請求項 7】

前記三相モータは前記設備の固定部に固定された固定子と前記設備の可動部に設けられた前記可動子とを備えたりニアモータであり、

前記モータ特性検査装置は、前記逆起電力定数演算部の演算結果に基づいて前記固定子の固定子側磁極と前記可動子の前記可動子側磁極との間のギャップの大きさを判定し、判定結果から前記 リニアモータの設置状況 の良否を判定する設置状況判定部を更に備えていることを特徴とする請求項 1 に記載のモータの状況検査方法。

【請求項 8】

前記設置状況判定部は、前記逆起電力定数が予め定めた閾値範囲よりも小さいときには、前記ギャップが適正範囲よりも広いと判定し、前記逆起電力定数が予め定めた閾値範囲よりも大きいときには、前記ギャップが適正範囲よりも狭いと判定し、いずれの判定の場合も前記設置状況が悪いと判定するように構成されていることを特徴とする請求項 7 に記載のモータの状況検査方法。

【請求項 9】

設備に組み込まれた三相モータの状況を前記設備から前記三相モータを取り外すことなく検査を行うことが可能なモータ特性検査装置であって、

給電されていない状態で前記三相モータの可動子が動いているときに電機子巻線に発生する三相の逆起電力中の一相の逆起電力のピーク値を含む電気角で 180° よりも小さい所定の角度範囲を特定する角度範囲検出部と、

前記一相の逆起電力が α 軸になるように前記三相の逆起電力を $\alpha\beta$ 変換により前記三相

10

20

30

40

50

の逆起電力に等価な二相交流に変換する三相二相変換部と、

前記所定の角度範囲における α 成分の変化量及び β 成分の変化量から前記所定の角度範囲における電圧ベクトルの変化量を演算する電圧ベクトル変化量演算部と、

前記所定の角度範囲における前記可動子の速度の変化量を検出する速度変化量検出部と、

前記速度の変化量及び前記電圧ベクトルの変化量に基づいて逆起電力定数を演算する逆起電力定数演算部と、

前記逆起電力定数の演算結果または予想される演算結果に対して予め用意した判定結果を表示する結果表示部とを備えたことを特徴とするモータ特性検査装置。

【請求項 10】

10

前記角度範囲検出部は、前記三相の逆起電力がそれぞれゼロになるゼロクロス点を検出し、前記ゼロクロス点に基づいて前記所定の角度範囲として 60° の角度範囲を決定するように構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載のモータ特性検査装置。

【請求項 11】

前記角度範囲検出部は、前記三相の逆起電力及び前記二相交流がそれぞれゼロになるゼロクロス点を検出し、前記ゼロクロス点に基づいて前記所定の角度範囲として 30° の角度範囲を決定するように構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載のモータ特性検査装置。

【請求項 12】

前記所定の角度範囲の始点における第 1 の電圧ベクトルの α 成分を $V_{\alpha 1}$ 、 β 成分を $V_{\beta 1}$ とし、前記所定の角度範囲の終点における第 2 の電圧ベクトルの α 成分を $V_{\alpha 2}$ 、 β 成分を $V_{\beta 2}$ とし、

20

【数 2】

$$\Delta V_{vec} = \sqrt{(V_{\alpha 2} - V_{\alpha 1})^2 + (V_{\beta 2} - V_{\beta 1})^2}$$

上記式により前記電圧ベクトルの変化量を演算する請求項 9 に記載のモータ特性検査装置。

【請求項 13】

30

前記結果表示部は、前記所定の角度範囲を二等分した 2 つの分割角度範囲における 2 つの前記電圧ベクトルの変化量の差が予め定めた許容値以上あるときに、前記演算結果または判定結果を表示する請求項 9 に記載のモータ特性検査装置。

【請求項 14】

前記三相モータは前記可動子が回転する回転型三相モータであり、

前記速度変化量検出部は、前記速度を前記可動子の単位時間当たりの回転数として検出し、前記回転数の変化量を前記速度の変化量として検出するように構成されている請求項 9 に記載のモータ特性検査装置。

【請求項 15】

前記三相モータは前記設備の固定部に固定された固定子と前記設備の可動部に設けられた前記可動子とを備えたりニアモータであり、

40

前記逆起電力定数演算部の演算結果に基づいて前記固定子の固定子側磁極と前記可動子の前記可動子側磁極との間のギャップの大きさを判定し、判定結果から前記リニアモータの設置状況の良否を判定する設置状況判定部を更に備えている請求項 9 に記載のモータ特性検査装置。

【請求項 16】

前記設置状況判定部は、前記逆起電力定数が予め定めた閾値範囲よりも小さいときには、前記ギャップが適正範囲よりも広いと判定し、前記逆起電力定数が予め定めた閾値範囲よりも大きいときには、前記ギャップが適正範囲よりも狭いと判定し、いずれの判定の場合も前記設置状況が悪いと判定するように構成されていることを特徴とする請求項 15 に

50

記載のモータ特性検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、外力で可動子が動いたときに逆起電力（逆起電圧）を発生するモータの状況検査方法及びモータ特性検査装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来のモータの状況検査方法及びモータ特性検査装置では、トルク等の検査を行うために、モータに電力を供給して、モータを一定の回転数で動作させ、そのときの動作出力を検査している。そのため検査用の電圧計、回転計や速度センサなどを用いて必要な計測をする必要があった。このようなことから、従来は、設備に組み込まれた状態のモータを直接検査することはせず、検査対象のモータの特性を検査するために、設備からモータを取り外して専用の検査装置と組み合わせて検査を行う必要があった。そのため定期点検や検査のたびに、設備からモータを取り外す必要があり、検査に要する手間と時間をかなり必要としていた。また設備からモータを取り外すと、設置状況の不具合を見ることはできなかった。

10

【0003】

特に、リニアモータの場合、可動子と固定子の設置状況（いわゆるエアギャップの良否）がモータの出力に影響する。従来は、設置状況を検査するために、可動子と固定子との間に形成される隙間に隙間ゲージを挿入して、機械的寸法検査を行っていた。しかしながら、この場合には、モータを設備から外して検査を行っても、検査後のモータを設備に設置する際に機械的な誤差を生じやすく、また可動子と固定子との間に形成される隙間が、全体的に均一になっているかどうかの検査が困難であった。

20

【0004】

そこで、本願発明者らは、モータが外力で動いたときに発生する逆起電力波形の周波数と振幅値とに基づいて逆起電力定数を求めることでモータの特性を検査するモータの状況検査方法及びモータ特性検査装置を発明している（特願2009-177091号・特許文献1）。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特願2009-177091号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1の手法では、逆起電圧の半周期（電気角180°）に基づいて周波数を検出している。しかし、加速時や減速時において、逆起電圧の半周期内において急激な変化（リニアモータであれば急激な速度変化、回転モータであれば急激な回転数の変化）があった場合、電圧のピーク値を境にして周波数のデューティ比が大きく変化してしまい、検査結果に誤差が生じやすいという問題があった。例えば、図7に示すように、区間(A)では、周波数のデューティ比（ $f_{1A} : f_{1B}$ ）が大きく変化しており、周波数のデューティ比（ $f_{2A} : f_{2B}$ ）の変化が小さい区間(B)を用いる場合に比べて、誤差が生じやすい。

40

【0007】

本発明の目的は、設備に組み込まれたモータを、設備から取り外すことなく検査をすることが可能であり、且つ、検査結果に誤差が生じにくいモータの状況検査方法及びモータ特性検査装置を提供することにある。

【0008】

本発明の他の目的は、モータの設置状況の良否を簡便な方法で検査することが可能なモータの状況検査方法及びモータ特性検査装置を提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、設備に組み込まれた三相モータの状況を設備から三相モータを取り外すことなく検査するモータの状況検査方法及びモータ特性検査装置を対象とする。

【0010】

モータに発電作用があることは周知のことであり、外力を加えて三相モータの可動部を動かすと、三相モータの入力端子には、三相の逆起電力（逆起電圧）が発生する。本発明では、モータの特性を示す定数の1つである逆起電力定数 K_e を求め、モータの特性の良否を判定する。

【0011】

本発明のモータ特性検査装置は、給電されていない状態で三相モータの可動子が動いているときに電機子巻線に発生する三相の逆起電力中の一相の逆起電力のピーク値を含む電気角で 180° よりも小さい所定の角度範囲を特定する角度範囲検出部と、一相の逆起電力が α 軸になるように三相の逆起電力を $\alpha\beta$ 変換により三相の逆起電力に等価な二相交流に変換する三相二相変換部と、所定の角度範囲における α 成分の変化量及び β 成分の変化量から所定の角度範囲における電圧ベクトルの変化量を演算する電圧ベクトル変化量演算部と、所定の角度範囲における可動子の速度の変化量を検出する速度変化量検出部と、速度変化量及び電圧ベクトルの変化量に基づいて逆起電力定数を演算する逆起電力定数演算部と、逆起電力定数の演算結果または予想される演算結果に対して予め用意した判定結果を表示する結果表示部とを備えている。したがって、モータ特性検査装置に三相の逆起電力を入力すると、電気角で 180° よりも小さい所定の角度範囲における可動子が外力により移動したときに変化する速度の変化と、速度の変化に伴って変化する逆起電力の増加量を電圧ベクトルの変化量として求めることができる。このように求める電圧ベクトルの変化量から求める逆起電力定数は、逆起電力の電圧の変化量から求める逆起電力定数と比べて、加速時や減速時においても、誤差が少ない。したがって、従来よりもモータの特性の良否を精度良く判定できる。なお、本発明において「電圧ベクトル」とは、三相の逆起電力の成分を三相二相変換して得られる α 成分及び β 成分を有するベクトルのことである。

【0012】

角度範囲検出部によって所定の角度範囲を決定する方法としては、様々な方法が考えられる。例えば、三相の逆起電力がそれぞれゼロになるゼロクロス点を検出し、ゼロクロス点に基づいて所定の角度範囲を決定する方法がある。この場合には、所定の角度範囲として、 60° の角度範囲を決定することができる。また、三相の逆起電力及び二相交流がそれぞれゼロになるゼロクロス点を検出し、これらのゼロクロス点に基づいて所定の角度範囲を決定する方法もある。この場合には、所定の角度範囲として、 30° の角度範囲を決定することができる。なお、電気角の角度範囲が 180° よりも小さい方が、電圧ベクトルの変化量が小さくなるため、逆起電力定数の誤差を小さくすることができる。そのため、 60° の角度範囲で逆起電力定数を決定する場合よりも、 30° の角度範囲で逆起電力定数を決定する場合の方が、逆起電力定数の誤差を小さくすることができる。

【0013】

所定の角度範囲における電圧ベクトルの変化量 ΔV_{vec} は、例えば、所定の角度範囲の始点における第1の電圧ベクトルの α 成分を $V_{\alpha 1}$ 、 β 成分を $V_{\beta 1}$ とし、所定の角度範囲の終点における第2の電圧ベクトルの α 成分を $V_{\alpha 2}$ 、 β 成分を $V_{\beta 2}$ とし、次の式により求めることができる。

【数1】

$$\Delta V_{vec} = \sqrt{(V_{\alpha 2} - V_{\alpha 1})^2 + (V_{\beta 2} - V_{\beta 1})^2}$$

【0014】

したがって、電圧ベクトルの変化量 ΔV_{vec} は、第1の電圧ベクトルと第2の電圧ベクトルの差の大きさ、と言い換えることもできる。

【0015】

なお、本発明によれば、急激な速度の変化がある場合でも演算する逆起電力定数の誤差を小さくすることができる。しかし、さらに誤差を少なくするために、所定の角度範囲を二等分した2つの分割角度範囲における2つの電圧ベクトルの変化量の差が予め定めた許容値以下であるときに、演算結果または判定結果を表示するように結果表示部を構成してもよい。2つの電圧ベクトルの変化量の差が予め定めた許容値よりも大きい場合には、特に急激な速度変化が生じているために、演算する逆起電力定数の誤差が大きくなりやすい。そこで、許容値以下の場合にのみ結果表示部に演算結果または判定結果を表示するよう

10

【0016】

本発明が検査対象としているモータは、三相モータで、逆起電力を検出することができるものであればよく、回転型三相モータやリニアモータなどの形態は問わない。三相モータが可動子が回転する回転型三相モータである場合、速度変化量検出部は、速度を可動子の単位時間当たりの回転数として検出し、回転数の変化量を速度の変化量として検出するように構成することができる。

【0017】

三相モータが設備の固定部に固定された固定子と設備の可動部に設けられた可動子とを備えたりニアモータである場合、逆起電力定数演算部の演算結果に基づいて固定子の固定子側磁極と可動子の可動子側磁極との間のギャップの大きさを判定し、判定結果から設置状況の良否を判定する設置状況判定部を更に備えるようにしてもよい。ギャップと逆起電力定数が比例関係にあるため、この関係を利用すれば、設置されているリニアモータのギャップの状況を知ることができ、モータの設置状況が判定できる。

20

【0018】

リニアモータは、別々になっている固定子と可動子を使用場所において組み合わせて使用するのが一般的である。すなわちモータの設置及びギャップ調整は使用者の方で行うことが多い。そのため、隙間ゲージを用いたギャップ調整が不十分であることが原因で、リニアモータの十分な出力を得ることができないことがある。本発明によるモータ特性検査装置を使用すれば、簡易にギャップ調整が可能となる。

30

【0019】

リニアモータのための設置状況判定部は、逆起電力定数が予め定めた閾値範囲よりも小さいときには、ギャップが適正範囲よりも広いと判定し、逆起電力定数が予め定めた閾値範囲よりも大きいときには、ギャップが適正範囲よりも狭いと判定し、いずれの判定の場合も設置状況が悪いと判定するように構成しておくことが望ましい。このようにしておけば、ギャップの調整が更に容易になる。

【0020】

本発明のモータの状況検査方法では、本発明によるモータ特性検査装置を用意し、設備に組み込まれた三相モータから給電線を外した状態で、三相モータの電機子巻線とモータ特性検査装置とを電氣的に接続し、三相モータの可動子に外力を加えて電機子巻線に逆起電力を発生させ、モータ特性検査装置の結果表示部に表示された演算結果に基づいて、モータの状況を判定する。結果表示部は、逆起電力定数の演算結果（数値）を表示し、測定者は、該モータの本来の逆起電力定数が得られているか否かを判定する。本来の逆起電力定数が得られない場合には、モータに異常があることがわかる。結果表示部に、予想される演算結果に対して予め用意した判定結果を表示するようにしてもよい。このようにすると、モータの逆起電力定数から良否が直ちにわからない場合にも、容易にモータの良否を判定することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明のモータ特性検査装置の実施の形態の構成を示すブロック図である。

50

【図 2】(A) は、本実施の形態で、モータに外力を与えてモータを駆動した場合に、出力される逆起電力の波形を示す図であり、(B) 乃至 (D) は、U 相、V 相及び W 相に取り付けられたゼロクロス検出部が出力する信号波形であり、(E) は、角度範囲検出部が出力する信号波形である。

【図 3】(A) は、本実施の形態で、モータに外力を与えてモータを駆動した場合に、出力される逆起電力の波形を示す図であり、(B) は、図 3 (A) の三相の逆起電力を三相二相変換して得られる二相交流 (V_α 、 V_β) の波形であり、(C) は、図 3 (A) に対応して角度範囲検出部が出力する信号波形である。

【図 4】本発明で用いる電圧ベクトルの概念を示す図である。

【図 5】本発明の実施の形態で、逆起電力定数及び判定結果を表示するために用いるソフトウェアのアルゴリズムを示すフローチャートである。

10

【図 6】本発明による第 2 の実施の形態の逆起電力定数及び判定結果を表示するために用いるソフトウェアのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 7】従来の方法で逆起電力定数を演算する場合の概念を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を詳細に説明する。図 1 は、本発明のモータ特性検査装置の実施の形態の一例のブロック図である。

【0023】

図 1 に示した実施の形態では、モータ特性検査装置 1 は、検査対象である回転型三相モータ 3 に接続されている。回転型三相モータ 3 は、設備に固定された固定子 3 a と回転する回転子からなる可動子 3 b とを備え、U 相、V 相及び W 相の三相を有する回転型三相モータである。モータ特性検査装置 1 は、給電線を外した回転型三相モータ 3 の固定子 3 a の電機子巻線に接続された給電線 5 にケーブル 7 を介して接続されている。

20

【0024】

モータ特性検査装置 1 は、大きく分けて、電圧測定部 1 1、三相二相変換部 1 3、電気角取得部 1 4、演算部 2 0 及び結果表示部 2 7 とから構成されている。

【0025】

〔電圧測定部〕

電圧測定部 1 1 は、回転型三相モータ 3 が外力によって動かされた場合に発生する三相の逆起電力を受信し、U 相、V 相及び W 相 (K_{eu} 、 K_{ev} 及び K_{ew}) の電圧値を測定し、記憶している。

30

【0026】

〔三相二相変換部〕

三相二相変換部 1 3 は、電圧測定部 1 1 から後述する時間 t_1 及び t_2 のタイミングにおける U 相電圧値 K_{eu} 及び V 相電圧値 K_{ev} を読み出し三相二相変換を行う。三相二相変換は、U 相の逆起電力が α 軸になるように三相の逆起電力を $\alpha\beta$ 変換して三相の逆起電力に等価な二相交流に変換するものである。本明細書においては、三相二相変換して得られる電圧のベクトルを「電圧ベクトル (V_{vec})」と定義し、電圧ベクトルの α 成分を V_α 、 β 成分を V_β としている。三相二相変換部 1 3 は、電圧ベクトルの α 成分 V_α 及び β 成分 V_β を後述する電圧ベクトル変化量演算部 2 3 に出力する。なお、本実施の形態では、後述のように、三相のうち、U 相電圧値 K_{eu} 及び V 相電圧値 K_{ev} のみを用いて三相二相変換を行うことができるため、W 相電圧値 K_{ew} は、読み出していない。

40

【0027】

〔電気角取得部〕

電気角取得部 1 4 は、ゼロクロス検出部 1 5、角度範囲検出部 1 7 及び一定周期パルス発生部 1 9 とから構成されている。

【0028】

ゼロクロス検出部 1 5 は、U 相ゼロクロス検出部 1 5 a、V 相ゼロクロス検出部 1 5 b 及び W 相ゼロクロス検出部 1 5 c を備えており、各相ごとに逆起電力の波形がゼロ点をク

50

ロスした点（ゼロクロス点）において、出力電圧が $0\text{ V} \rightarrow 5\text{ V}$ （すなわち、信号“1”）、 $5\text{ V} \rightarrow 0\text{ V}$ （すなわち、信号“0”）に切り替わるように構成されている。例えば、回転型三相モータ3が外力によって動かされた場合、図2（A）の三相の逆起電力波形が発生したとすると、ゼロクロス検出部15は、電圧測定部11からU相、V相及びW相（ K_{e_u} 、 K_{e_v} 及び K_{e_w} ）の電圧値を読み出し、図2（B）乃至（D）の波形の信号を出力する。ゼロクロス検出部15からの信号を受信した角度範囲検出部17は、ゼロクロス検出部15の3つの出力信号の論理和を演算し、電気角の角度範囲を定める信号を出力する。本実施の態様では、U相ゼロクロス検出部15aの信号が“1”（図2（B）参照）、V相ゼロクロス検出部15bの信号が“0”（図2（C）参照）、W相ゼロクロス検出部15cの信号が“0”（図2（D）参照）の期間だけ信号を出力するように構成されている。これにより、図2（E）に示すような角度範囲 60° の角度範囲を示すパルス信号（角度範囲信号）を出力することができる。なお、角度範囲信号の始点の時間 t を t_1 とし、角度範囲信号の終点の時間 t を t_2 とする。

【0029】

〔演算部〕

演算部20は、速度変化量検出部21、電圧ベクトル変化量演算部23及び逆起電力定数演算部25とから構成されている。

【0030】

速度変化量検出部21は、角度範囲検出部17が出力する角度範囲信号と、一定周期パルス発生部19が出力する一定周期のパルスにより、電気角で 60° の角度範囲を可動子が移動するのににかかった時間 Δt を求める。一定周期パルス発生部19は、周波数（またはパルス幅）が既知であり、一定周期パルス発生部19から出力されるパルスが角度範囲検出部17の出力する角度範囲信号の始点から終点までの間に何パルス入力されるかをカウントすることにより、電気角で 60° の角度範囲を可動子が移動するのににかかった時間 Δt を求めることができる。なお、 Δt は、 $\Delta t = t_2 - t_1$ を表している。速度変化量検出部21は、さらに、 Δt 区間の周波数及び Δt 区間に変化する回転数を演算する。

【0031】

電圧ベクトル変化量演算部23は、 Δt の間、すなわち電気角で 60° の角度範囲の間の電圧ベクトルの変化量 ΔV_{vec} を演算する。

【0032】

逆起電力定数演算部25は、速度変化量検出部21及び電圧ベクトル変化量演算部23からの演算結果に基づいて、逆起電力定数 K_{e_ϕ} を演算し、結果表示部27に演算結果を表示する。

【0033】

〔電圧ベクトル〕

電圧ベクトル V_{vec} と電圧ベクトルの変化量 ΔV_{vec} の物理的な意味を、図3及び図4により説明する。

【0034】

図3（A）は三相の逆起電力の波形であり、図3（B）は図3（A）の三相の逆起電力を三相二相変換して得られる二相交流（ V_α 、 V_β ）の波形であり、図3（C）は、図3（A）に対応したパルス幅が電気角で 60° の角度範囲信号である。電圧ベクトル V_{vec} は、 α 成分 V_α 及び β 成分 V_β を有するベクトルで表される。時間応答を描くと、図3（B）に描いた波形、すなわち、 V_α 、 V_β の漸近線が電圧ベクトル V_{vec} の軌跡である。そして、図示した区間1を例にとると、 V_{vec1} から V_{vec2} への電圧ベクトルの変化量が ΔV_{vec} である。

【0035】

図4は、区間1における電圧ベクトルを $\alpha\beta$ 座標で示した図である。図示した通り、 V_{vec1} と V_{vec2} との間の角度が電気角で 60° であり、この間の変化を示す V_{vec2} と V_{vec1} の差が、ベクトル V_{dif} である。本発明においては、このベクトル V_{dif} の大きさを「電圧ベクトルの変化量 ΔV_{vec} 」として利用している。なお、ベクトル V_{dif} が β 軸と平行に近ければ近いほど、逆起電力の波形のピークを境にした周波数のデューティ比が近くなり、検出誤

10

20

30

40

50

差は小さくなる。例えば、図 3 の区間 2 における電圧ベクトルを描いた場合には、ベクトル V_{dif} はほぼ β 軸と平行になるため、区間 1 を利用する場合よりも、さらに誤差を小さくすることができる。

【0036】

〔測定から結果表示までの流れ〕

次に、図 5 のフローチャートを用いて、測定から結果表示までの流れを詳述する。

【0037】

回転型三相モータ 3 の可動子 3 b が外力により動かされると、電圧測定部 11 は、モータが発生する三相の逆起電力波形を受信して、U 相、V 相及び W 相 (K_{eu} 、 K_{ev} 及び K_{ew}) の電圧値を測定・記憶し、ゼロクロス検出部 15 に対して信号を送る。前述の方法で角度範囲検出部 17 から角度範囲信号が出力されると (ステップ S T 1)、三相二相変換部 13 は、角度範囲信号の始点の時間 t_1 における U 相電圧値 K_{eu1} 及び V 相電圧値 K_{ev1} 並びに角度範囲信号の終点における時間 t_2 の U 相電圧値 K_{eu2} 及び V 相電圧値 K_{ev2} を電圧測定部 11 から読み出す (ステップ S T 2)。そして、式(1)による三相二相変換により、 $V_{\alpha 1}$ 及び $V_{\beta 1}$ 並びに $V_{\alpha 2}$ 及び $V_{\beta 2}$ を算出し、電圧ベクトル変化量演算部 23 に送る (ステップ S T 3)。

10

【数 2】

$$\begin{cases} V_{\alpha} = \sqrt{\frac{3}{2}} K_{eu} \\ V_{\beta} = \frac{1}{\sqrt{2}} K_{eu} + \sqrt{2} K_{ev} \end{cases} \quad \dots \quad (1)$$

20

【0038】

なお、式(1)より明らかなように、本実施の形態では、三相のうち、U 相電圧値 K_{eu} 及び V 相電圧値 K_{ev} のみを用いて三相二相変換を行うことができるため、W 相電圧値 K_{ew} は、読み出していない。

【0039】

電圧ベクトル変化量演算部 23 は、受信した $V_{\alpha 1}$ 及び $V_{\beta 1}$ 並びに $V_{\alpha 2}$ 及び $V_{\beta 2}$ に基づいて、式(2)により、電圧ベクトルの変化量 ΔV_{vec} を演算する (ステップ S T 4)。

30

【数 3】

$$\Delta V_{vec} = \sqrt{(V_{\alpha 2} - V_{\alpha 1})^2 + (V_{\beta 2} - V_{\beta 1})^2} \quad \dots (2)$$

【0040】

速度変化量検出部 21 は、求めた時間 Δt 及び電気角 60° ($\Delta \theta = 1.047[\text{rad}]$) とから、式(3)により角度範囲 60° (Δt) の間の周波数 $\Delta f[\text{Hz}]$ を演算する (ステップ S T 5)。また、周波数 Δf から式(4)により角度範囲 60° (Δt) の間の速度の変化量 (回転数) $\Delta N[\text{rpm}]$ を演算する (ステップ S T 6)。

40

【数 4】

$$\Delta f = \frac{\Delta \theta}{2 \times \pi \times \Delta t} \quad \dots(3)$$

$$\Delta N = \frac{120 \times \Delta f}{P_o} \quad \dots(4)$$

10

【0041】

(ただし、 P_o ：回転子の極数)

逆起電力定数演算部 25 は、式(5)により、逆起電力定数 $K_{e\phi}$ [Vrms/rpm] を演算する（ステップ S T 7）。

【数 5】

$$K_{e\phi} = \frac{\left(\frac{\Delta V_{vec}}{\sqrt{3/2}} \right)}{\Delta N} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \dots(5)$$

20

【0042】

逆起電力定数演算部 25 は、演算した逆起電力定数 $K_{e\phi}$ と予め定められている閾値とを比較し、逆起電力定数 $K_{e\phi}$ が予め定められた閾値の範囲内にあるか否かの判定を行う（ステップ S T 8）。逆起電力定数 $K_{e\phi}$ が閾値の範囲内にある場合には、モータが正常であると判定し（ステップ S T 9）、閾値範囲内におさまっていない場合には、モータに異常があると判定する（ステップ S T 10）。判定結果を結果表示部 27 に表示する（ステップ S T 11）。なお、本実施の形態においては、閾値を、 $K_{e\phi}$ の理論値の $\pm 10\%$ としている。

30

【0043】

本実施の形態によれば、急激な速度の変化がある場合でも演算する逆起電力定数の誤差を小さくすることができる。しかし、さらに誤差を少なくするために、所定の角度範囲を二等分した 2 つの分割角度範囲における 2 つの電圧ベクトルの変化量の差が予め定めた許容値以下であるときに、演算結果または判定結果を表示するように結果表示部を構成してもよい。2 つの電圧ベクトルの変化量 ΔV_{vec} の差が予め定めた許容値よりも大きい場合には、特に急激な速度変化が生じているために、演算する逆起電力定数の誤差が大きくなりやすい。そこで、許容値以下の場合にのみ結果表示部 27 に演算結果または判定結果を表示するようにすれば、検査結果の信頼性を向上させることができる。

40

【0044】

また、本発明において、1 つの角度範囲信号に基づくだけでなく、複数発生する角度範囲信号に基づいて逆起電力定数 $K_{e\phi}$ を複数回演算し、平均を求めて、判定を行ってもよい。このようにすれば、より誤差を小さくすることができる。

【0045】

さらに、ゼロクロス検出部 15 で V_α 及び V_β のゼロクロス点も含めて検出するようにすれば、U 相、V 相、W 相、 V_α 、 V_β のゼロクロス波形の組み合わせにより、 30° の角度範囲を検出することも可能である。 30° の角度範囲の方が 60° の角度範囲の場合よりも誤差を小さくすることが可能である。

【0046】

50

なお、本発明は三相モータを対象としており、U相及びV相の二相分を測定すれば残りのW相を計算で求めることができるため、電圧測定部11は、U相及びV相の電圧値のみを測定し、W相の電圧を計算で求めるようにしてもよいのはもちろんである。

【0047】

〔リニアモータを検査する場合〕

図6は、本発明によるモータの状況検査方法を三相の逆起電力を発生するリニアモータに適用する場合（第2の実施の形態）のフローチャートを示したものである。図6において、第1の実施の形態と共通する部分には、図5に示した符号に100の数を加えた数の符号を付してある。検査対象がリニアモータの場合には、ステップST106で、周波数 Δf から式(6)により電気角で角度範囲 60° （ Δt ）の間の速度の変化量 ΔV [m/s]を演算する。

10

【数6】

$$\Delta V = \tau_p \times \Delta f \quad \dots(6)$$

【0048】

（ただし、 τ_p ：リニアモータの極ピッチ[m]）

ステップ107では、式(7)により、逆起電力定数 $K_{e\phi}$ [Vrms/m/s]を演算する。

【数7】

20

$$K_{e\phi} = \frac{\left(\frac{\Delta V_{vec}}{\sqrt{3/2}} \right)}{\Delta V} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \dots(7)$$

【0049】

そして、逆起電力定数 $K_{e\phi}$ 一定の閾値範囲内におさまっているか否かの判定を行い（ステップST108）、逆起電力定数 $K_{e\phi}$ が閾値範囲内の場合には、ギャップは適正と判定する（ステップST109）。逆起電力定数 $K_{e\phi}$ が閾値範囲内におさまっていない場合には、閾値範囲よりも大きいかな否かを判定し（ステップST110）、閾値範囲よりも大きい場合には、ギャップが狭いと判定し、（ステップST111）、閾値範囲よりも小さい場合には、ギャップが広いと判定する（ステップST112）。最終的に、逆起電力定数を含む判定結果を結果表示部に表示する（ステップST113）。

30

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明によれば、三相の逆起電力波形に基づいて、モータの特性を検査することで、設備からモータを取り外すことなく、また、回転計や速度センサを必要とせずに、精度良くモータの特性を検査することができる。

40

【符号の説明】

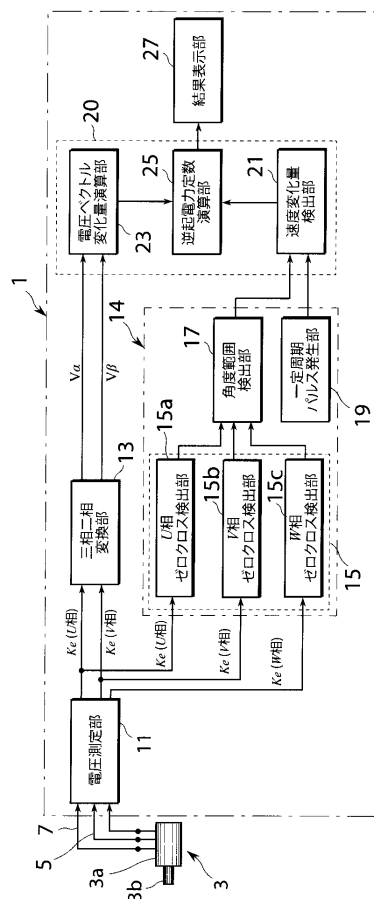
【0051】

- 1 モータ特性検査装置
- 3 回転型三相モータ
- 5 給電線
- 7 ケーブル
- 11 電圧測定部
- 13 三相二相変換部
- 14 電気角取得部
- 15 ゼロクロス検出部

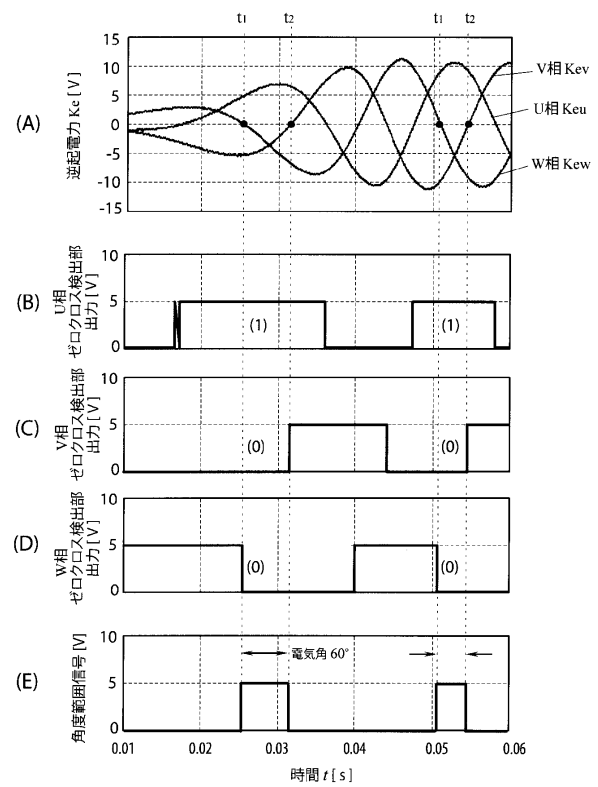
50

- 1 7 角度範囲検出部
- 1 9 一定周期パルス発生部
- 2 0 演算部
- 2 1 速度変化量検出部
- 2 3 電圧ベクトル変化量演算部
- 2 5 逆起電力定数演算部
- 2 7 結果表示部

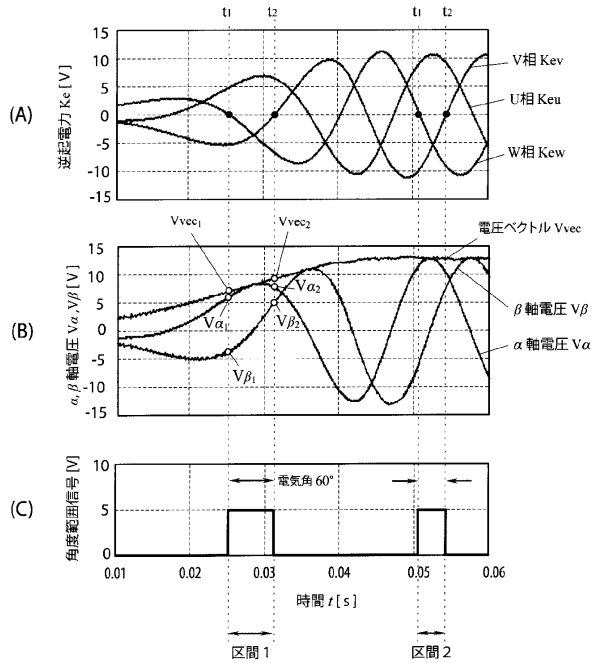
【図 1】



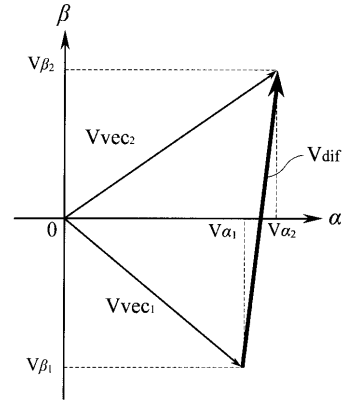
【図 2】



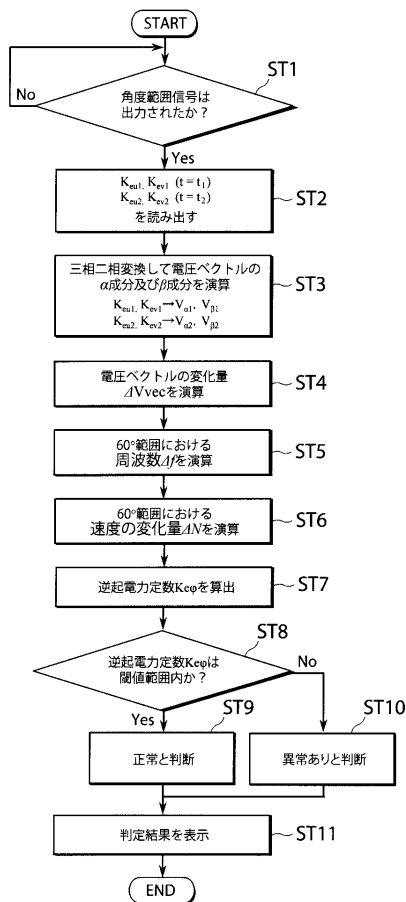
【図 3】



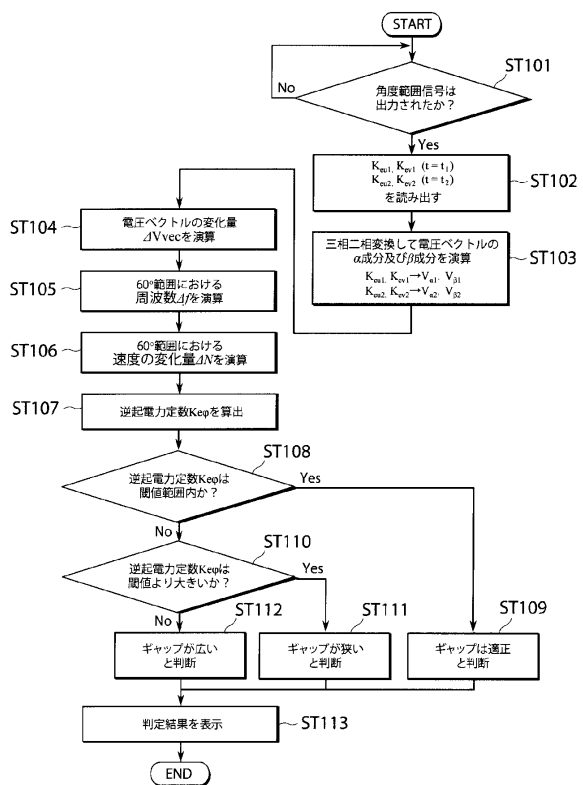
【図 4】



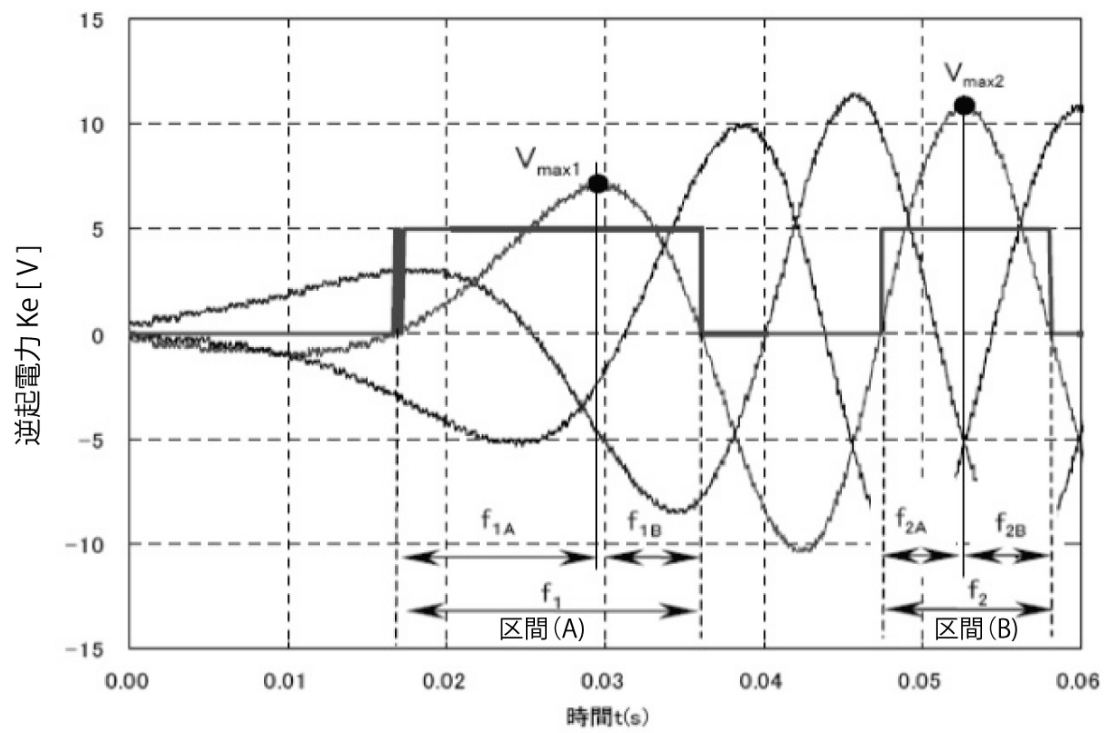
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-280158 (JP, A)
特開2001-171533 (JP, A)
特開平08-331899 (JP, A)
特開2011-033356 (JP, A)
米国特許出願公開第2003/0062870 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 31/34
G01R 31/36
H02P 23/00