

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6832726号
(P6832726)

(45) 発行日 令和3年2月24日 (2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月4日 (2021.2.4)

(51) Int. Cl.	F I
H02P 6/185 (2016.01)	H02P 6/185
H02P 21/22 (2016.01)	H02P 21/22
H02M 7/48 (2007.01)	H02M 7/48 E

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2017-15921 (P2017-15921)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成29年1月31日 (2017.1.31)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2018-125955 (P2018-125955A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成30年8月9日 (2018.8.9)	(74) 代理人	100118762
審査請求日	令和1年6月24日 (2019.6.24)		弁理士 高村 順
		(72) 発明者	富樫 涼
			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
		(72) 発明者	寺島 寛
			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
		審査官	安池 一貴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

突極性を有するモータと配線で接続されることにより、前記モータを制御するモータ制御装置であって、

前記モータに流れるモータ電流に基づいて前記モータの磁極位置を推定する推定部と、

前記モータを駆動するための第1の交流電圧指令を生成する指令演算部と、

前記第1の交流電圧指令の周波数より高い周波数の第2の交流電圧指令を、前記配線の配線長または前記配線の浮遊容量に基づいて生成する高周波電圧指令生成部と、

前記第1の交流電圧指令に前記第2の交流電圧指令を重畳することにより駆動電圧指令を生成する加算部と、

を備えることを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 2】

突極性を有するモータと配線で接続されることにより、前記モータを制御するモータ制御装置であって、

前記モータに流れるモータ電流に基づいて前記モータの磁極位置を推定する推定部と、

前記モータを駆動するための第1の交流電圧指令を生成する指令演算部と、

前記第1の交流電圧指令の周波数より高い周波数の第2の交流電圧指令を、前記配線に関する情報である配線情報に基づいて生成する高周波電圧指令生成部と、

前記第1の交流電圧指令に前記第2の交流電圧指令を重畳することにより駆動電圧指令を生成する加算部と、

10

20

を備え、

前記高周波電圧指令生成部は、前記第2の交流電圧指令と同じ周波数のあらかじめ計測された高周波電流と、前記配線情報と、の関係から前記第2の交流電圧指令を生成することを特徴とするモータ制御装置。

【請求項3】

突極性を有するモータと配線で接続されることにより、前記モータを制御するモータ制御装置であって、

前記モータに流れるモータ電流に基づいて前記モータの磁極位置を推定する推定部と、
前記モータを駆動するための第1の交流電圧指令を生成する指令演算部と、

前記第1の交流電圧指令の周波数より高い周波数の第2の交流電圧指令を、前記配線に関する情報である配線情報に基づいて生成する高周波電圧指令生成部と、

前記第1の交流電圧指令に前記第2の交流電圧指令を重畳することにより駆動電圧指令を生成する加算部と、

を備え、

前記高周波電圧指令生成部は、前記配線情報に基づいて前記第2の交流電圧指令を調整するあらかじめ計測された調整量と、前記配線情報と、の関係から前記第2の交流電圧指令を生成することを特徴とするモータ制御装置。

【請求項4】

前記配線情報は、前記配線の配線長または前記配線の浮遊容量であることを特徴とする請求項2または請求項3に記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータを制御するモータ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

モータを高精度で制御する場合、回転子の磁極位置に合わせて回転磁束を発生させる必要がある。しかし、磁極位置の検出に位置センサを用いる場合、高コストであること、振動および熱に対する脆弱性、モータ寸法の大型化、配線の増加、配線長の制約といった様々な問題が生じる。

【0003】

このため、従来から位置センサを用いずに磁極位置を検出する方法が開発されている。磁極位置を検出する方法としては、センサレスベクトル制御と呼ばれる方法が広く知られている。センサレスベクトル制御では、永久磁石の磁束による回転時の誘起電圧を利用して回転子の磁極位置が推定される。ただし、この方法では誘起電圧が小さい低速時には、誘起電圧の検出または推定が困難になり、回転子の磁極位置検出精度および速度推定精度が悪化するという問題がある。

【0004】

磁気突極性のあるモータに対してこの問題を解決する方法として、モータ制御装置がモータの回転を制御するために出力する基本波に、位置推定用の高周波電圧を重畳し、検出された電流により回転子の磁極位置を推定する高周波重畳方式と呼ばれる方法がある。特許文献1には、高周波重畳方式を採用して、センサレスベクトル制御における位相推定誤差を抑制する技術が開示されている。

【0005】

特許文献1に記載の技術では、モータ制御装置が、モータへ出力する際の高周波電流の振幅を一定に保つ制御を行っている。しかしながら、モータ制御装置とモータとの間の配線長が長くなるにつれて浮遊容量の影響によりモータに流れる高周波電流の振幅が減少する。このため、モータ制御装置とモータとの間の配線長が長くなると、モータに流れる高周波電流の振幅が減少することにより、特許文献1に記載の技術では、磁極位置推定精度が低下する。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-124835号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述した通り、特許文献1に記載の技術では、磁極位置推定精度が低下する。

【0008】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、高周波重畳方式における磁極位置の推定精度を向上させることができるモータ制御装置を得ることを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかるモータ制御装置は、突極性を有するモータと配線で接続されることにより、モータを制御するモータ制御装置であって、モータに流れるモータ電流に基づいてモータの磁極位置を推定する推定部を備える。モータ制御装置は、さらに、モータを駆動するため第1の交流電圧指令を生成する指令演算部と、第1の交流電圧指令の周波数より高い周波数の第2の交流電圧指令を、配線の配線長または配線の浮遊容量に基づいて生成する高周波電圧指令生成部と、第1の交流電圧指令に第2の交流電圧指令を重畳することにより駆動電圧指令を生成する加算部と、

20

を備える。

【発明の効果】

【0010】

本発明にかかるモータ制御装置によれば、高周波重畳方式による磁極位置の推定精度を向上させることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施の形態1にかかるモータ制御装置の構成例を示す図

【図2】実施の形態1の制御回路の構成例を示す図

【図3】実施の形態1のモータ制御装置における高周波電圧の配線長と高周波電流との関係の取得手順の一例を示すフローチャート

30

【図4】図3のステップS1で得られた計測結果と $I_{dh}(L)$ との一例を示す図

【図5】参照値と推定位相0との差が所望の磁極位置推定精度以下となるように決定された調整量と $V_{dh}(L)$ との一例を示す図

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に、本発明の実施の形態にかかるモータ制御装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0013】

実施の形態1.

40

図1は、本発明の実施の形態1にかかるモータ制御装置の構成例を示す図である。実施の形態1のモータ制御装置2は、高周波重畳方式による位相推定誤差補正を行いながらセンサレスベクトル制御によりモータ1を制御する。ここで、センサレスベクトル制御とは、モータ1に位置センサを取り付けることなく、あるいはモータ1にセンサが取り付けられていても位置センサとして用いることなく、モータ1の誘起電圧からモータ1の磁極位置および回転速度を推定し、推定速度が速度指令に一致するようにモータ速度を制御する方法である。

【0014】

モータ1は、例えば、回転子の内部に永久磁石を埋め込んだ埋込磁石型の同期モータである。図示はしていないが、モータ1の回転子は、永久磁石と永久磁石よりも透磁率の高

50

い回転子鉄心とを有する。回転子鉄心の材質は、例えば、ケイ素鋼である。永久磁石は、フェライト磁石、ネオジム磁石が例示される。以下、モータ1の回転子の磁極が作る磁束の方向すなわち永久磁石の中心軸をd軸とし、該d軸と電気的および磁氣的に直交する軸をq軸とする。d軸は磁束軸とも呼ばれ、q軸はトルク軸とも呼ばれる。d軸およびq軸による直交2軸座標系は、回転子とともに回転する座標系である。

【0015】

モータ1は、モータ1に流れる電流のd軸成分であるd軸電流 i_d による鎖交磁束は、回転子鉄心より透磁率の低い永久磁石が途中にあるために制限されるのに対して、モータ1に流れる電流のq軸成分であるq軸電流 i_q による鎖交磁束は、磁石よりも透磁率の高い回転子鉄心を通過する。このため、q軸電流 i_q による鎖交磁束は、d軸電流 i_d による鎖交磁束より大きくなる。したがって、モータ1は、定常運転時において、d軸の磁気抵抗がq軸の磁気抵抗よりも大きくなり、d軸のインダクタンス L_d がq軸のインダクタンス L_q よりも小さくなる。すなわち、d軸のインダクタンス L_d に対するq軸のインダクタンス L_q の比である突極比 L_q / L_d が1よりも大きな値になっている。このように、モータ1は、突極性を有するモータである。

【0016】

実施の形態1によるモータ制御装置2は、電圧印加部3と、電流検出部4と、推定部5と、制御部6とを備えている。モータ制御装置2は、この構成によって、定常運転時におけるモータ1の突極比が1よりも大きな値であることを利用して、すなわちモータ1が有する突極性を利用して、回転子の磁極位置を示す位相を推定し、推定された磁極位置を用いてモータ1の駆動速度を制御する。回転子の磁極位置は、モータ1の回転位置に対応する。

【0017】

電圧印加部3は、PWM(Pulse Width Modulation:パルス幅変調)方式のインバータをはじめとした電力変換器である。以下では、電圧印加部3がPWM方式のインバータである例を説明する。電圧印加部3は、制御部6の出力である駆動電圧指令 V_{up}^* 、 V_{vp}^* および V_{wp}^* に基づいて、直流電圧 V_{dc} をPWM変調した3相交流電圧へ変換し、モータ1に印加する。 V_{up}^* 、 V_{vp}^* および V_{wp}^* は、それぞれモータ1のU相、V相およびW相に対応する駆動電圧指令である。電圧印加部3における動作は、一般的なPWM方式のインバータと同様の動作であってよいため、詳細な説明は省略する。

【0018】

電流検出部4は、本実施の形態ではモータ制御装置2に実装され、モータ1を流れるモータ電流 i_u 、 i_v 、 i_w を、それぞれ計測する。配線21、22、23はモータ1の端子と、モータ制御装置2の外部接続用端子とを接続する電力線である。すなわち、電流検出部4は、配線21、22、23を流れるモータ端とは反対側のモータ電流を検出する。モータ端とは、モータ1に近い箇所を示し、例えば、モータからの距離が一定値以下となる箇所である。配線21、配線22および配線23は、それぞれモータ1のU相、V相およびW相に対応する。配線21、22、23の長さは、同一であるとする。電流検出部4は、例えば変流器である。電流検出部4は、計測結果を制御部6へ出力する。なお、図1では3相の電流を検出する例を示しているが、任意の2相の電流を検出し、残りの相の電流はモータ電流が3相平衡であることを利用して演算によって求めてもよい。

【0019】

制御部6は、高周波重畳方式による位相推定誤差補正を行いながらセンサレスベクトル制御を行う。制御部6は、高周波電圧発生器7と、高周波電圧補正部8と、加算部9と、座標変換器10と、フィルタ11と、駆動電圧指令演算部12と、d軸電流指令演算部13と、q軸電流指令演算部14とを備えている。駆動電圧指令演算部12は、電流制御器12aと、座標変換器12bとを備える。

【0020】

高周波電圧発生器7は、後述の高周波電圧補正部8から入力される高周波電圧指令 V_{dh}^* 、 V_{qh}^* に従って、高周波電圧指令 V_{uh} 、 V_{vh} 、 V_{wh} を生成し、加算部9へ

10

20

30

40

50

出力する。すなわち、高周波電圧発生器 7 は、高周波電圧補正部 8 により補正された高周波電圧指令に基づいて高周波電圧を生成する高周波電圧生成部である。高周波電圧指令 V_{uh} , V_{vh} , V_{wh} は、第 1 の交流電圧指令として駆動電圧指令演算部 12 内の座標変換器 12b が出力する駆動制御用の電圧指令 V_{u*} , V_{v*} , V_{w*} とは周波数が異なる第 2 の交流電圧指令である。

【0021】

すなわち、高周波電圧指令 V_{uh} , V_{vh} , V_{wh} は、駆動電圧指令の周波数より高い周波数の高周波電圧を生成するための指令である。なお、本実施の形態では、高周波電圧指令を生成するための高周波電圧補正部 8 と高周波電圧発生器 7 をまとめて高周波電圧指令生成部と呼ぶ。高周波電圧指令 V_{uh} , V_{vh} , V_{wh} は、駆動制御用の電圧指令 V_{u*} , V_{v*} , V_{w*} とは異なる周波数であればどのようなものでもよいが、実施の形態 1 10

【0022】

高周波電圧補正部 8 は、外部から入力される高周波電圧指令 V_{dh} , V_{qh} と配線 21, 22, 23 の長さである配線長 L とに基づき、配線長による影響を考慮した高周波電圧指令 V_{dh*} , V_{qh*} を出力する。すなわち、高周波電圧補正部 8 は、高周波電圧指令 V_{dh} , V_{qh} を、配線長に基づいて補正する補正部である。高周波電圧補正部 8 の処理の詳細については後述する。

【0023】

加算部 9 は、高周波電圧発生器 7 から出力される 3 相の高周波電圧指令 V_{uh} , V_{vh} , V_{wh} を、駆動電圧指令演算部 12 内の座標変換器 12b が出力する駆動制御用の電圧指令 V_{u*} , V_{v*} , V_{w*} に重畳して、駆動電圧指令 V_{up*} , V_{vp*} , V_{wp*} として電圧印加部 3 へ出力する。すなわち、加算部 9 は、駆動電圧指令に前記高周波電圧を加算することにより電圧指令である駆動電圧指令 V_{up*} , V_{vp*} , V_{wp*} を生成する。 20

【0024】

電圧印加部 3 は、モータ 1 の駆動電圧指令 V_{up*} , V_{vp*} , V_{wp*} に基づいて 3 相の交流電力を生成し、モータ 1 に印加する。すなわち、電圧印加部 3 は、加算部 9 から出力された電圧指令である駆動電圧指令 V_{up*} , V_{vp*} , V_{wp*} に応じた電圧を生成し、生成した電圧をモータ 1 へ印加する。これにより、電流検出部 4 にて検出されるモータ電流 i_u , i_v , i_w には、高周波電圧指令 V_{uh} , V_{vh} , V_{wh} と同じ周波数成分の高周波電流 i_{uh} , i_{vh} , i_{wh} が含まれることになる。モータ 1 は、上述したように突極性を有するので、回転子位置に応じてインダクタンスが変化する。このため、モータ電流 i_u , i_v , i_w に含まれている高周波電流 i_{uh} , i_{vh} , i_{wh} の振幅は、モータ 1 の回転子位置に応じて変化する。 30

【0025】

座標変換器 10 は、上述したように振幅が変化する高周波電流 i_{uh} , i_{vh} , i_{wh} が含まれているモータ電流 i_u , i_v , i_w を、d 軸と q 軸とで構成される回転直交 2 軸座標系における制御電流 i_{df} , i_{qf} に座標変換し、制御電流 i_{df} , i_{qf} をフィルタ 11 に出力する。d 軸と q 軸とで構成される回転直交 2 軸座標系を以下 d q 座標系という。推定位相 0 と同期して回転する。 40

【0026】

フィルタ 11 は、制御電流 i_{df} , i_{qf} から、高周波電圧発生器 7 に外部から入力される高周波電圧指令 V_{dh} , V_{qh} と同じ周波数成分の高周波電流 i_{dh} , i_{qh} を抽出する。さらに、フィルタ 11 は、上記の抽出した高周波電流 i_{dh} , i_{qh} を制御電流 i_{df} , i_{qf} から取り除いて制御電流ベクトル i_d , i_q を生成する。フィルタ 11 は、高周波電流 i_{dh} , i_{qh} を推定部 5 に出力し、制御電流ベクトル i_d , i_q を推定部 5 および電流制御器 12a へ出力する。また、フィルタ 11 は、高周波電流 i_{dh} , i_{qh} を高周波電圧補正部 8 へ出力することも可能である。フィルタ 11 は、例えばバンドパスフィルタ、ノッチフィルタなどで構成される。 50

【 0 0 2 7 】

推定部 5 は、フィルタ 1 1 が出力する、高周波電流 i_{dh} , i_{qh} および制御電流ベクトル i_d , i_q と、電流制御器 1 2 a が出力する駆動電圧指令 V_d^* , V_q^* とに基づいて、モータ 1 の推定位相 θ および推定速度 r_0 を算出する。すなわち、推定部 5 は、モータ電流に基づいてモータの磁極位置を推定する。推定部 5 における推定位相 θ および推定速度 r_0 の算出方法は、一般的に用いられている方法を用いることができ、どのような方法を用いてもよい。詳細は説明を省略する。推定部 5 は、推定位相 θ を座標変換器 1 0 , 1 2 b へ出力し、推定速度 r_0 を、d 軸電流指令演算部 1 3 および q 軸電流指令演算部 1 4 へ出力する。

【 0 0 2 8 】

q 軸電流指令演算部 1 4 は、外部から入力される速度指令 r^* と推定部 5 から入力される推定速度 r_0 とが一致するように比例積分制御により電流制御ベクトル指令 i_q^* を算出し、電流制御ベクトル指令 i_q^* を q 軸電流指令演算部 1 4 および電流制御器 1 2 a へ出力する。なお、q 軸電流指令演算部 1 4 における電流制御ベクトル指令 i_q^* の算出方法は、比例積分制御に限定されない。

【 0 0 2 9 】

d 軸電流指令演算部 1 3 は、高周波重畳方式によるセンサレスベクトル制御により磁極位置の推定を実現するために電流制御ベクトル指令 i_d^* をゼロ、またはゼロ付近の一定値として電流制御器 1 2 a へ出力する。なお、モータ制御装置 2 は、駆動条件によって高周波重畳方式によるセンサレスベクトル制御と高周波重畳方式でないセンサレスベクトル制御との両方を実行可能であってもよい。

【 0 0 3 0 】

駆動電圧指令演算部 1 2 の電流制御器 1 2 a は、制御電流ベクトル指令 i_d^* , i_q^* とフィルタ 1 1 から出力される制御電流ベクトル i_d , i_q とが一致するように比例積分制御により駆動電圧指令 V_d^* , V_q^* を算出する。なお、電流制御器 1 2 a における駆動電圧指令 V_d^* , V_q^* の算出方法は、比例積分制御に限定されない。電流制御器 1 2 a は、駆動電圧指令 V_d^* , V_q^* を座標変換器 1 2 b および推定部 5 とへ出力する。

【 0 0 3 1 】

駆動電圧指令演算部 1 2 の座標変換器 1 2 b は、入力された駆動電圧指令 V_d^* , V_q^* を、推定位相 θ に基づいて、UVW 3 相座標系へ変換し、変換後の値である第 2 の駆動電圧指令 V_u^* , V_v^* , V_w^* を加算部 9 へ出力する。第 2 の駆動電圧指令 V_u^* , V_v^* , V_w^* には、加算部 9 において高周波電圧指令 V_{uh} , V_{vh} , V_{wh} が重畳され駆動電圧指令 V_{up}^* , V_{vp}^* , V_{wp}^* となる。

【 0 0 3 2 】

以上のように駆動電圧指令演算部 1 2 は、推定部 5 により推定された磁極位置とモータ電流とに基づいてモータ 1 を駆動するための駆動電圧指令を生成する指令演算部である。

【 0 0 3 3 】

次に、制御部 6 を構成する各部および推定部 5 のハードウェア構成について説明する。制御部 6 を構成する各部および推定部 5 は、処理回路により実現される。処理回路はアナログ回路であってもよいしデジタル回路であってもよい。制御部 6 を構成する各部および推定部 5 のうちの一部がアナログ回路であり他がデジタル回路であってもよい。また、処理回路は専用ハードウェアであってもよいし、プロセッサを備える制御回路であってもよい。制御部 6 を構成する各部および推定部 5 がプロセッサを備える制御回路により実現される場合、制御回路は例えば図 2 に示した制御回路である。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、制御回路の構成例を示す図である。制御回路 1 0 0 は、プロセッサ 1 0 1 およびメモリ 1 0 2 を備える。プロセッサ 1 0 1 は、CPU (Central Processing Unit) 、マイクロプロセッサ等である。制御回路に実現される各部は、メモリ 1 0 2 に格納されたプログラムがプロセッサ 1 0 1 により実行されることにより実現される。メモリ 1 0 2 は、プロセッサ 1 0 1 によりプログラムが実行される際の記憶領域としても用いられる。

10

20

30

40

50

メモリ 102 は例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) 等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリ等が該当する。

【0035】

次に、本実施の形態のモータ制御装置 2 における高周波電圧の補正方法について説明する。本実施の形態のモータ制御装置 2 は、配線 21, 22, 23 の配線長に応じた計算式により高周波電圧の補正を実施する。このために、まず、モータ制御装置 2 は、配線長と高周波電流との関係を取得しておく。図 3 は、実施の形態 1 のモータ制御装置 2 における高周波電圧の配線長と高周波電流との関係の取得手順の一例を示すフローチャートである。モータ制御装置 2 は、配線長と高周波電流との関係を取得する運転モードである取得モードと、配線長と高周波電流との関係を取得した結果に基づいて補正を行う補正モードと、を有し、取得モードに設定された場合に図 3 に示した処理を実施する。なお、取得モードでは、モータ制御装置 6 の外部の電流検出器を用いて配線のモータ端側の電流を検出する。すなわち、配線浮遊容量の影響を受けて誤差が生じた高周波電流を検出する。図 3 に示すように、まず、モータ制御装置 2 は、無負荷の状態で、複数の配線長の場合のそれぞれのモータ端の高周波電流を計測する (ステップ S1)。

10

【0036】

詳細には、ステップ S1 では、まず、作業員により配線 21, 22, 23 の配線長が第 1 の配線長に設定される。第 1 の配線長は例えば 0 m である。この状態で、モータ制御装置 2 は、モータ 1 に負荷のかからない状態で運転し、このときに外部の電流検出器により検出された計測結果が座標変換器 10 に入力され、座標変換器 10 が制御電流 i_{df} , i_{qf} をフィルタ 11 へ出力する。フィルタ 11 は、制御電流 i_{df} , i_{qf} から高周波電流 i_{dh} , i_{qh} を抽出して、高周波電圧補正部 8 へ出力する。また、外部から高周波電圧補正部 8 へ第 1 の配線長が入力される。高周波電圧補正部 8 は、第 1 の配線長と高周波電流 i_{dh} , i_{qh} とを対応付けて計測結果として保持する。なお、配線が 0 m の時には外部の電流検出器の代わりに電流検出器 4 を用いてよい。

20

【0037】

次に、作業員により配線 21, 22, 23 の配線長が第 2 の配線長に設定される。第 2 の配線長は第 1 の配線長より長く、例えば 50 m である。この状態で、モータ制御装置 2 は、モータ 1 に負荷のかからない状態で運転する。これにより、配線 21, 22, 23 が第 1 の配線長に設定された場合と同様に、フィルタ 11 から高周波電流 i_{dh} , i_{qh} が高周波電圧補正部 8 へ出力される。また、外部から高周波電圧補正部 8 へ第 2 の配線長が入力される。高周波電圧補正部 8 は、第 2 の配線長と高周波電流 i_{dh} , i_{qh} とを対応付けて計測結果として保持する。

30

【0038】

なお、モータ制御装置 2 への第 1 の配線長および第 2 の配線長の入力は、モータ制御装置 2 に接続される図示しない情報処理装置を介してユーザにより行われてもよいし、モータ制御装置が入力を受け付けるキーボード、タッチパネルなどの入力手段を備え入力手段から入力されてもよい。モータ制御装置 2 への第 1 の配線長および第 2 の配線長の入力は、これらの例に限定されずどのような方法で行われてもよい。

40

【0039】

図 3 の説明に戻り、ステップ S1 の後、モータ制御装置 2 は、計測結果に基づいて、モータ端の高周波電流を配線長の一次関数で近似する (ステップ S2)。詳細には、第 1 の配線長の場合の計測結果と第 2 の配線長の場合の計測結果とに基づいて、高周波電圧補正部 8 は、モータ端の高周波電流を配線長の関係を関数で近似する。関数の近似方法は、この例では計測点数が 2 点であることから、2 点を結んだ直線を一次関数により表す方法を用いることができる。この場合、第 1 の配線長を 0 m とし、第 2 の配線長を 50 m とした場合、配線長の L の一次関数により近似されたモータ端の高周波電流の d 軸, q 軸成分をそれぞれ $i_{dh}(L)$, $i_{qh}(L)$ とするとき、 $i_{dh}(L)$ は、以下の式 (1) で表される。なお、 i_{dh0} は、配線長を 0 m とした場合に外部の電流検出器により検出され

50

たモータ端の高周波電流のd軸成分 i_{dh} であり、 I_{dh50} は、配線長を 50 m とした場合に外部の電流検出器により検出されたモータ端の高周波電流のd軸成分 i_{dh} である。

$$I_{dh}(L) = (I_{dh50} - I_{dh0}) / 50 \times L + I_{dh0} \quad \dots (1)$$

【0040】

上記の例では、 $i_{dh}(L)$ を配線長 L の一次関数で近似したときの傾きが $(I_{dh50} - I_{dh0}) / 50$ であり、切片が I_{dh0} である。第1の配線長および第2の配線長が上述した値以外の場合も、2点を結ぶ直線の傾きおよび切片を求めることにより $i_{dh}(L)$ を決定することができる。図4は、図3のステップS1で得られた計測結果と $I_{dh}(L)$ との一例を示す図である。図4では、第1の配線長を 0 m とし、第2の配線長を 50 m とした例を示している。図4において、横軸は配線長であり、縦軸はモータ端の高周波電流のd軸成分である。図4に示すように、2つの計測点 201, 202 を結んだ直線 203 が上述の式(1)で示した $I_{dh}(L)$ である。

【0041】

図3の説明に戻り、モータ制御装置2は、近似により求めた係数を用いて高周波電圧指令を補正するための計算式を決定し(ステップS3)、取得モードの動作を終了する。詳細には、高周波電圧補正部8は、配線長による影響を考慮したd軸の高周波電圧指令 V_{dh*} を求めるための計算式を、上述した式(1)と以下の式(2)とに決定する。 $I_{dh}(0)$ は、配線長 L を 0 とした場合の上記式(1)で示した $I_{dh}(L)$ である。

$$V_{dh*} = I_{dh}(0) / I_{dh}(L) \times V_{dh} \quad \dots (2)$$

【0042】

高周波電圧補正部8は、q軸の高周波電圧指令 V_{qh*} を求めるための計算式についても、d軸と同様に、以下の式(3)、式(4)のように定める。

$$I_{qh}(L) = (I_{qh50} - I_{qh0}) / 50 \times L + I_{qh0} \quad \dots (3)$$

$$V_{qh*} = I_{qh}(0) / I_{qh}(L) \times V_{qh} \quad \dots (4)$$

ただし、高周波重畳方式において、d軸のみに高周波電圧を印加する方式があるが、この場合は、 $V_{qh} = 0$ 、 $V_{qh*} = 0$ となる。

【0043】

なお、ステップS3で3つ以上の配線長のそれぞれにおいてモータ端の高周波電流を計測してもよい。この場合も最小二乗法等により、一次近似式を定めることができる。

【0044】

以上の動作により、高周波電圧補正部8が、高周波電圧指令を補正する際の計算式が決定される。補正モードでは、高周波電圧補正部8は、入力された配線長 L に基づいて、取得モードで決定された計算式、例えば式(1)から式(4)の計算式を用いて、高周波電圧指令を補正し、補正後の高周波電圧指令を高周波電圧発生器7へ出力する。なお、配線長 L の入力は一定周期で行われてもよいし、配線長 L が変わらない間は、同一の計算式を用いることができるため配線長が変わるときに配線長 L の入力が行われてもよい。補正モードにおいて入力される配線長 L は、モータ1の運転時における配線長である。以上のように、高周波電圧補正部8は、配線長と高周波電流との間の関係を示す情報と、モータ1の運転時における配線長とに基づいて高周波電圧指令を補正する。

【0045】

また、上述した例では、図3に示した取得モードにおける処理をモータ制御装置2が実施するようにしたが、取得モードにおける処理は、モータ制御装置2とは別の図示しない情報処理装置などによって行われてもよい。この場合、情報処理装置により決定された計算式が、高周波電圧補正部8に設定される。また、この場合、制御電流ベクトル i_d , i_q が、情報処理装置に入力され、情報処理装置が上記の計算式を算出してもよいし、モータ端の高周波電流が情報処理装置により入力されて、情報処理装置が座標変換器10およびフィルタ11と同様の処理を行った後、上記の計算式を算出してもよい。

【0046】

本実施の形態では、高周波電圧補正部8は配線長 L に基づいて補正を行ったが、その他

の配線情報に基づいて補正を行っても良い。例えば、配線情報として配線の浮遊容量を用いても良い。

【 0 0 4 7 】

以上のように、実施の形態 1 によれば、配線長とモータ端の高周波電流との関係を予め求めておき、この関係と配線長とに基づいて高周波電圧指令を補正するようにした。このため、長配線時に浮遊容量による電圧誤差が生じた場合にも磁極位置推定精度を低下させることなく、高周波重畳方式のセンサレスベクトル制御を行うことができる。また、構成の変更により配線長が変更された場合にも磁極位置推定精度を高精度に保つことができる。

【 0 0 4 8 】

10

実施の形態 2 .

次に、本発明の実施の形態 2 にかかるモータ制御装置における高周波電圧の補正方法について説明する。本実施の形態のモータ制御装置 2 の構成は実施の形態 1 と同様であるため、重複する説明を省略する。ただし、推定部 5 により算出された推定位相 θ は、高周波電圧補正部 8 にも入力され、高周波電圧補正部 8 には、後述する磁極位置推定精度を評価するための参照値が入力される。以下、実施の形態 1 と異なる点について説明する。

【 0 0 4 9 】

本実施の形態では、取得モードにおいて、配線 2 1 , 2 2 , 2 3 が 0 m でない配線長である第 3 の配線長に設定され、モータ制御装置 2 はモータ 1 を無負荷で運転する。この状態で、高周波電圧補正部 8 は、所望の磁極位置推定精度が得られるように高周波電圧指令を調整する。詳細には、高周波電圧補正部 8 は、参照値と推定部 5 により算出された推定位相 θ との差を算出し、d 軸、q 軸のそれぞれについて、この差の絶対値が所望の磁極位置推定精度以下となるように、高周波電圧に対する調整量を決定する。すなわち、d 軸の調整量を V_{dh} とし、q 軸の調整量を V_{qh} とするとき、高周波電圧補正部 8 は、 $V_{dh} + V_{dh}$, $V_{qh} + V_{qh}$ を高周波電圧発生器 7 へ出力し、上記の差が所望の磁極位置推定精度以下となるように、 V_{dh} , V_{qh} をそれぞれ決定する。

20

【 0 0 5 0 】

次に、高周波電圧補正部 8 は、算出した調整量に基づいて、調整量を配線長 L の関数として算出するための計算式を決定する。ここでは、調整量は、配線長に正比例とするとし、計算式を決定する。例えば、第 3 の配線長を 5 0 m とし、参照値と推定位相 θ との差が所望の磁極位置推定精度以下となるように高周波電圧補正部 8 が定めた d 軸の調整量を V_{dh50} とする。このとき、高周波電圧補正部 8 は、調整量を配線長 L の関数として算出するための計算式を以下の式 (5) に決定する。

30

$$V_{dh}(L) = V_{dh50} / 50 \times L \quad \dots (5)$$

【 0 0 5 1 】

さらに、高周波電圧補正部 8 は、配線長による影響を考慮した高周波電圧指令 V_{dh}^* を算出するための計算式を、上述した式 (5) および以下の式 (6) に決定する。

$$V_{dh}^* = V_{dh} + V_{dh}(L) \quad \dots (6)$$

【 0 0 5 2 】

高周波電圧補正部 8 は、q 軸についても同様に、配線長による影響を考慮した高周波電圧指令 V_{dh}^* を算出するための計算式を以下の式 (7) および式 (8) に決定する。

40

$$V_{qh}(L) = V_{qh50} / 50 \times L \quad \dots (7)$$

$$V_{qh}^* = V_{qh} + V_{qh}(L) \quad \dots (8)$$

【 0 0 5 3 】

図 5 は、参照値と推定位相 θ との差が所望の磁極位置推定精度以下となるように決定された調整量と $V_{dh}(L)$ との一例を示す図である。図 5 では、第 3 の配線長を 5 0 m とした例を示している。図 4 において、横軸は配線長であり、縦軸は高周波電圧の調整量である。図 5 に示すように、参照値と推定位相 θ との差が所望の磁極位置推定精度以下となるように決定された調整量 3 0 1 と原点とを結んだ直線 3 0 2 が上述の式 (5) で示した $V_{dh}(L)$ である。

50

【0054】

以上の動作により、高周波電圧補正部 8 が、高周波電圧指令を補正する際の計算式が決定される。補正モードでは、高周波電圧補正部 8 は、入力された配線長 L に基づいて、取得モードで決定された計算式、例えば式 (5) から式 (8) の計算式を用いて、高周波電圧指令を補正し、補正後の高周波電圧指令を高周波電圧発生器 7 へ出力する。なお、配線長 L の入力は一定周期で行われてもよいし、配線長 L が変わらない間は、同一の計算式を用いることができるため配線長が変わるときに配線長 L の入力が行われてもよい。補正モードにおいて入力される配線長 L は、モータ 1 の運転時における配線長である。以上のように、実施の形態 2 の高周波電圧補正部 8 は、配線長と補正量との間の関係を示す情報すなわち取得モードで決定された計算式と、モータ 1 の運転時における前記配線長とに基づいて高周波電圧指令を補正する。

10

【0055】

以上のように、実施の形態 2 によれば、配線長と高周波電圧の所望の磁極位置推定精度を満たす調整量との関係を予め求めておき、この関係と配線情報とに基づいて高周波電圧指令を補正するようにした。このため、長配線時に浮遊容量による電圧誤差が生じた場合にも磁極位置推定精度を低下させることなく、高周波重畳方式のセンサレスベクトル制御を行うことができる。また、構成の変更により配線情報が変更された場合にも磁極位置推定精度を高精度に保つことができる。

【0056】

以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

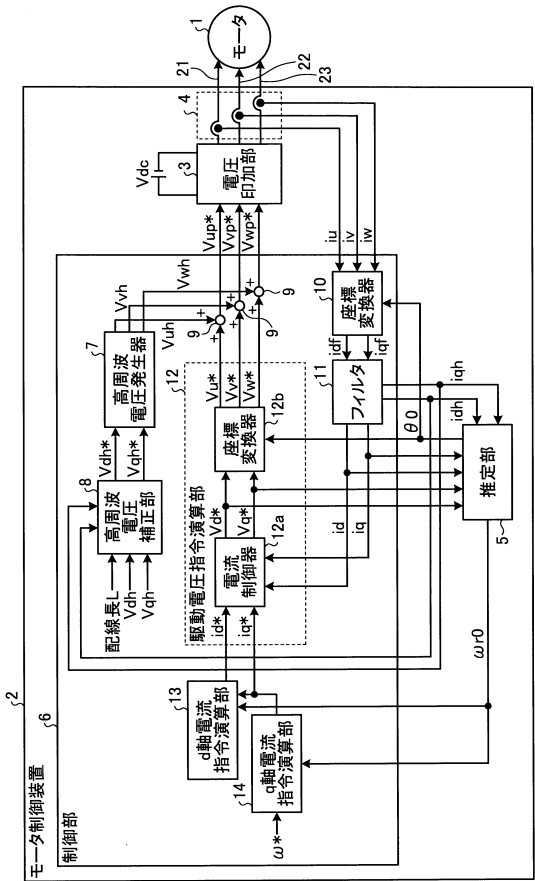
20

【符号の説明】

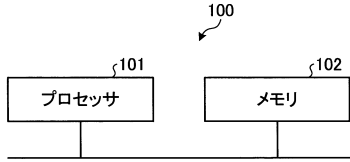
【0057】

1 モータ、2 モータ制御装置、3 電圧印加部、4 電流検出部、5 推定部、6 制御部、7 高周波電圧発生器、8 高周波電圧補正部、9 加算部、10 座標変換器、11 フィルタ、12 駆動電圧指令演算部、12a 電流制御器、12b 座標変換器、13 d 軸電流指令演算部、14 q 軸電流指令演算部。

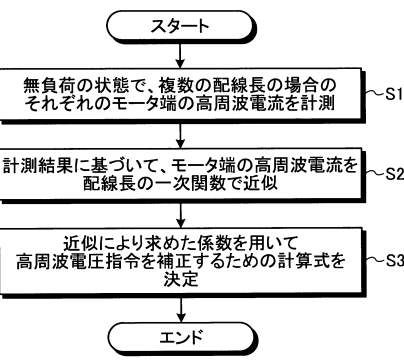
【図1】



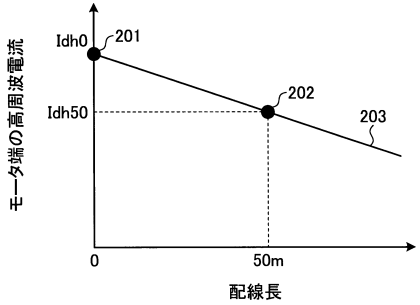
【図2】



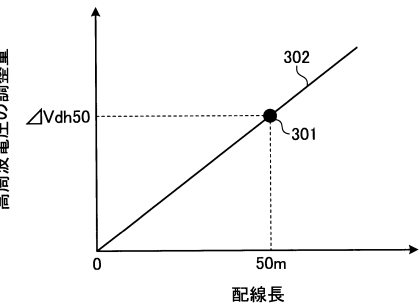
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-228058(JP,A)
特開平09-047039(JP,A)
特開2002-010671(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P	6 / 185
H02P	21 / 22
H02M	7 / 48