

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4959460号  
(P4959460)

(45) 発行日 平成24年6月20日(2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月30日(2012.3.30)

(51) Int.Cl. F1  
H02P 6/20 (2006.01) H02P 6/02 371B

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2007-197696 (P2007-197696)	(73) 特許権者	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22) 出願日	平成19年7月30日(2007.7.30)	(74) 代理人	100072604 弁理士 有我 軍一郎
(65) 公開番号	特開2009-33928 (P2009-33928A)	(72) 発明者	清水 文博 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
(43) 公開日	平成21年2月12日(2009.2.12)	審査官	杉山 健一
審査請求日	平成22年2月22日(2010.2.22)	(56) 参考文献	特開2001-224198 (JP, A) ) 特開2001-268974 (JP, A) ) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ起動装置及びモータ起動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータの回転子が停止している停止状態から所定回転速度になるまでの起動期間において前記モータのコイルに印加される印加電圧の電気角の位相を所定の位相調整信号に基づいて調整する電気角位相調整手段と、

前記起動期間における前記印加電圧の電気角速度と時間との関係が示された速度プロファイルデータを積算して速度積算位相信号を生成する速度積算位相信号生成手段と、

前記電気角の位相を調整する時刻を示す予め定められた位相調整時刻及び予め定められた位相調整値と前記速度積算位相信号とに基づいて前記電気角の位相を調整するための位相調整信号を生成し前記電気角位相調整手段に出力する位相調整信号生成手段とを備え、

前記位相調整値は、前記位相調整時刻以降の所定時刻において前記回転子の回転速度が予め定められた目標速度以上となるよう、前記位相調整時刻における前記電気角の位相を調整するための位相値であり、

前記位相調整信号生成手段は、前記位相調整時刻において、前記速度積算位相信号が示す電気角の位相に対して前記位相調整値だけ位相を遅らせる又は進ませることにより前記位相調整信号を生成するものであり、

前記電気角位相調整手段は、前記位相調整信号が示す電気角と予め定められた基本印加電圧波形とから前記電気角の位相が調整された印加電圧を生成するものであることを特徴とするモータ起動装置。

【請求項2】

前記速度プロファイルデータは、前記起動期間において前記コイルに印加される印加電圧の電気角速度を調整するための情報を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のモータ起動装置。

【請求項 3】

前記基本印加電圧波形は、正弦波状の波形であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のモータ起動装置。

【請求項 4】

モータの回転子が停止している停止状態から所定回転速度になるまでの起動期間において前記モータのコイルに印加される印加電圧の電気角の位相を所定の位相調整信号に基づいて調整する電気角位相調整ステップと、

前記起動期間における前記印加電圧の電気角速度と時間との関係が示された速度プロファイルデータを積算して速度積算位相信号を生成する速度積算位相信号生成ステップと、

前記電気角の位相を調整する時刻を示す予め定められた位相調整時刻及び予め定められた位相調整値と前記速度積算位相信号とに基づいて前記電気角の位相を調整するための位相調整信号を生成する位相調整信号生成ステップとを含み、

前記位相調整値は、前記位相調整時刻以降の所定時刻において前記回転子の回転速度が予め定められた目標速度以上となるよう、前記位相調整時刻における前記電気角の位相を調整するための位相値であり、

前記位相調整信号生成ステップで、前記位相調整時刻において、前記速度積算位相信号が示す電気角の位相に対して前記位相調整値だけ位相を遅らせる又は進ませることにより前記位相調整信号を生成し、

前記電気角位相調整ステップで、前記位相調整信号が示す電気角と予め定められた基本印加電圧波形とから前記電気角の位相が調整された印加電圧を生成することを特徴とするモータ起動方法。

【請求項 5】

前記速度プロファイルデータは、前記起動期間において前記コイルに印加される印加電圧の電気角速度を調整するための情報を含むことを特徴とする請求項 4 に記載のモータ起動方法。

【請求項 6】

前記基本印加電圧波形は、正弦波状の波形であることを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載のモータ起動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば複数相のコイルを備えたブラシレスモータを起動するモータ起動装置及びモータ起動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ブラシレスモータは、家電機器やOA機器など幅広い分野で用いられている。ブラシレスモータには、各コイルに流す電流の転流タイミングを取得するため、回転子の位置を検出する手段が設けられている。この種的手段として例えばホール素子のようなセンサを設けるのが一般的であるが、センサを使用すると小型化やコストダウン化の障害となるので、センサを使用せずに、コイルに発生する逆起電圧に基づいて回転子の位置を検出する手法が知られている。

【0003】

しかしながら、逆起電圧に基づく手法では、回転子が停止している停止状態、又は停止状態から一定の回転に達するまでの期間では逆起電圧の検出が不可能なので、転流タイミングを取得することができない。そこで、その対策として、逆起電圧の検出が可能となる速度まで回転子を回転させる手法が知られている（例えば、特許文献 1 及び 2 参照）。

【0004】

10

20

30

40

50

まず、特許文献1には、例えばステッピングモータのステップ駆動のように、回転子の位置に関わらず、通電する相の切替えを行い、逆起電圧が検出されるまで繰り返す起動方法が記載されている。

【0005】

次に、特許文献2には、回転子の停止状態において所定のコイルに一時的に通電して回転子を特定の位置に移動させた後、逆起電圧が検出可能となる速度まで、通電する相を順次切り替えて回転子を加速する起動方法が記載されている。

【特許文献1】特許第3586628号公報

【特許文献2】特開平9-233885号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に示された起動方法では、起動開始時から逆起電圧が検出されるまで、通電する相の切替えを繰り返す構成なので、起動時間の短縮化が図れないという課題があった。

【0007】

また、特許文献2に示された起動方法では、回転子を特定の位置に移動させた後、逆起電圧が検出可能となる速度まで、通電する相を順次切り替える構成なので、起動時間の短縮化が図れないという課題があった。

【0008】

本発明は、従来の課題を解決するためになされたものであり、起動時間の短縮化を図ることができるモータ起動装置及びモータ起動方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のモータ起動装置は、モータの回転子が停止している停止状態から所定回転速度になるまでの起動期間において前記モータのコイルに印加される印加電圧の電気角の位相を所定の位相調整信号に基づいて調整する電気角位相調整手段と、前記起動期間における前記印加電圧の電気角速度と時間との関係が示された速度プロファイルデータを積算して速度積算位相信号を生成する速度積算位相信号生成手段と、前記電気角の位相を調整する時刻を示す予め定められた位相調整時刻及び予め定められた位相調整値と前記速度積算位相信号とに基づいて前記電気角の位相を調整するための位相調整信号を生成し前記電気角位相調整手段に出力する位相調整信号生成手段とを備え、前記位相調整値は、前記位相調整時刻以降の所定時刻において前記回転子の回転速度が予め定められた目標速度以上となるよう、前記位相調整時刻における前記電気角の位相を調整するための位相値であり、前記位相調整信号生成手段は、前記位相調整時刻において、前記速度積算位相信号が示す電気角の位相に対して前記位相調整値だけ位相を遅らせる又は進ませることにより前記位相調整信号を生成するものであり、前記電気角位相調整手段は、前記位相調整信号が示す電気角と予め定められた基本印加電圧波形とから前記電気角の位相が調整された印加電圧を生成するものである構成を有している。

【0010】

この構成により、本発明のモータ起動装置は、起動期間において、印加電圧の電気角について位相調整することにより、印加電圧の電気角（回転子相当）と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本発明のモータ起動装置は、モータを円滑に起動することができるので、起動時間の短縮化を図ることができる。

【0012】

また、この構成により、本発明のモータ起動装置は、生成した位相調整信号によって印加電圧の電気角について位相調整することにより、印加電圧の電気角（回転子相当）と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本発明のモータ起動装置は、モータを円滑に起動することができ、起動時間の短縮化

10

20

30

40

50

を図ることができる。

【0014】

また、この構成により、本発明のモータ起動装置は、印加電圧の電気角位相を所定値遅らせることにより、印加電圧の電気角（回転子相当）と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本発明のモータ起動装置は、モータを円滑に起動することができ、起動時間の短縮化を図ることができる。

【0015】

さらに、本発明のモータ起動装置は、前記速度プロファイルデータは、前記起動期間において前記コイルに印加される印加電圧の電気角速度を調整するための情報を含む構成を有している。

10

【0016】

この構成により、本発明のモータ起動装置は、起動期間において、印加電圧の電気角位相及び電気角速度を調整することにより、印加電圧の電気角（回転子相当）と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定できるとともに、印加電圧の電気角速度（回転子相当）と回転子の速度との間の速度差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本発明のモータ起動装置は、モータを円滑に起動することができるので、起動時間の短縮化を図ることができる。

【0017】

さらに、本発明のモータ起動装置は、前記基本印加電圧波形は、正弦波状の波形である構成を有している。

20

【0018】

この構成により、本発明のモータ起動装置は、コイルに印加される印加電圧の波形を矩形波状のものよりも連続的で滑らかな正弦波状とすることにより、矩形波状の波形で起動する場合よりも、より振動を抑えて回転子を回転起動することができる。

【0019】

本発明のモータ起動方法は、モータの回転子が停止している停止状態から所定回転速度になるまでの起動期間において前記モータのコイルに印加される印加電圧の電気角の位相を所定の位相調整信号に基づいて調整する電気角位相調整ステップと、前記起動期間における前記印加電圧の電気角速度と時間との関係が示された速度プロファイルデータを積算して速度積算位相信号を生成する速度積算位相信号生成ステップと、前記電気角の位相を調整する時刻を示す予め定められた位相調整時刻及び予め定められた位相調整値と前記速度積算位相信号とに基づいて前記電気角の位相を調整するための位相調整信号を生成する位相調整信号生成ステップとを含み、前記位相調整値は、前記位相調整時刻以降の所定時刻において前記回転子の回転速度が予め定められた目標速度以上となるよう、前記位相調整時刻における前記電気角の位相を調整するための位相値であり、前記位相調整信号生成ステップで、前記位相調整時刻において、前記速度積算位相信号が示す電気角の位相に対して前記位相調整値だけ位相を遅らせる又は進ませることにより前記位相調整信号を生成し、前記電気角位相調整ステップで、前記位相調整信号が示す電気角と予め定められた基本印加電圧波形とから前記電気角の位相が調整された印加電圧を生成する構成を有している。

30

40

【0020】

この構成により、本発明のモータ起動方法は、起動期間において、印加電圧の電気角について位相調整することにより、印加電圧の電気角（回転子相当）と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本発明のモータ起動方法は、モータを円滑に起動することができるので、起動時間の短縮化を図ることができる。

【0021】

また、本発明のモータ起動方法は、前記速度プロファイルデータは、前記起動期間において前記コイルに印加される印加電圧の電気角速度を調整するための情報を含む構成を有している。

50

## 【0022】

この構成により、本発明のモータ起動方法は、起動期間において、印加電圧の電気角及び電気角速度を調整することにより、印加電圧の電気角（回転子相当）と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定することができるとともに、印加電圧の電気角速度（回転子相当）と回転子の速度との間の速度差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本発明のモータ起動装置は、モータを円滑に起動することができるので、起動時間の短縮化を図ることができる。

## 【0023】

さらに、本発明のモータ起動方法は、前記基本印加電圧波形が、正弦波状の波形である構成を有している。

10

## 【0024】

この構成により、本発明のモータ起動方法は、コイルに印加される印加電圧の波形を矩形波状のものよりも連続的で滑らかな正弦波状とすることにより、矩形波状の波形で起動する場合よりも、より振動を抑えて回転子を回転起動することができる。

## 【発明の効果】

## 【0025】

本発明は、起動時間の短縮化を図ることができるという効果を有するモータ起動装置及びモータ起動方法を提供することができるものである。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0026】

20

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、本発明のモータ起動装置を、3相ブラシレスモータの起動装置に適用した例を挙げて説明する。また、以下の説明において、回転子が停止した停止状態から、回転子の位置検出を行わずに、3相ブラシレスモータのコイル端子に所定の波形に従った電圧を印加することにより、回転子を起動する起動方法を「オープンループ起動」という。

## 【0027】

（第1の実施の形態）

まず、本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態における構成について説明する。

## 【0028】

30

図1に示すように、本実施の形態におけるモータ起動装置100は、オープンループ駆動信号を生成する駆動信号生成手段10と、3相ブラシレスモータ（以下、単に「モータ」という。）40に接続されたドライブ回路30とを備えている。

## 【0029】

駆動信号生成手段10は、所定のデータを記憶するデータ記憶部11と、速度データを積算する速度積算部12と、位相調整信号を生成する位相調整信号生成部13と、3相駆動信号を生成する3相駆動信号生成部14と、ドライブ回路30を駆動するドライブ回路駆動部15とを備えている。

## 【0030】

モータ40は、U相、V相及びW相の3相からなる各コイルと、各コイルが発生する磁界によって回転する回転子（図示省略）とを備えている。モータ40の各コイルは、図示のようにY（スター）結線されており、各コイルは互いに120[deg]の角度で配置されている。

40

## 【0031】

各コイルに接続されたコイル端子（図示省略）間には、ドライブ回路30によって所定の電圧（以下「コイル端子間電圧」という。）がそれぞれ印加されるようになっている。また、回転子は、各コイルに対向して、S極とN極とが交互に配置された磁石で構成されている。以下の記載において、磁石のS極とN極とのペア数を「極ペア数」という。また、ホール素子等により検出した転流タイミングに従って駆動している場合、コイル端子間電圧の電気角及び電気角速度を極ペア数で除したものが、それぞれ、回転子の位相及び速

50

度を示すという関係が成立するが、オープンループ起動時においては、この関係は必ずしも成り立つとは限らない。ここで、オープンループ起動時において、電気角及び電気角速度を極ペア数で除したものを、それぞれ電気角（回転子相当）及び電気角速度（回転子相当）と表記する。なお、電気角速度を電気角周波数と言い換えることもできる。

【0032】

データ記憶部11は、例えば、記憶情報を電氣的に書き換え可能な半導体メモリで構成されている。また、データ記憶部11は、速度プロファイルデータと、位相調整タイミングデータと、位相調整値データとを記憶するものである。

【0033】

これらのデータのうち、まず、速度プロファイルデータは、モータ40の回転子が停止している停止状態から所定回転速度になるまでの起動期間におけるコイル端子間電圧の電気角速度（回転子相当）と時間との関係が示されたデータであり、本実施の形態における速度プロファイルデータは、図2（a）に示したパターンのデータとする。

【0034】

図2（a）において、横軸は時間軸であり、時刻0はモータ40の起動開始時刻に対応する。一方、縦軸は、コイル端子間電圧の電気角速度（回転子相当）を示している。図2（a）に例示した速度プロファイルデータは、時刻0から時刻 $t_2$ までの起動期間におけるものであり、時刻 $t_1$ 及び $t_2$ において電気角速度（回転子相当）はそれぞれ $f_1$ 及び $f_2$ である。また、時刻 $t_1$ から時刻 $t_{ch}$ までの期間では、電気角速度（回転子相当）は $f_1$ で一定となっている。電気角速度を一定としたのは、起動直後に回転子を安定化させるために好ましいからであるが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0035】

次に、位相調整タイミングデータは、起動期間において、コイル端子間電圧の電気角について位相調整するタイミングを示すデータであり、本実施の形態においては、位相調整タイミングを図2（a）に示した時刻 $t_{ch}$ とする。また、位相調整値データは、起動期間において、コイル端子間電圧の電気角（回転子相当）と回転子の位相との間の位相差を調整するための、電気角（回転子相当）の位相調整値を示すデータである。以下、位相調整値を $d$ で表す。

【0036】

速度積算部12は、データ記憶部11から速度プロファイルデータを読み出し、読み出した速度プロファイルデータを積算して速度積算位相信号 $a$ を生成し、位相調整信号生成部13に出力するものである。具体的には、図2（b）に示すように、速度積算位相信号 $a$ は、図2（a）に示した速度プロファイルデータを積分したものである。なお、速度積算部12は、本発明の速度積算位相信号生成手段に対応する。

【0037】

位相調整信号生成部13は、データ記憶部11から位相調整タイミングデータ及び位相調整値データを読み出すものである。また、位相調整信号生成部13は、読み出した位相調整タイミングデータ及び位相調整値データと、速度積算部12が生成した速度積算位相信号 $a$ とに基づいて、位相調整信号 $b$ を生成するものである。なお、位相調整信号生成部13は、本発明の位相調整信号生成手段に対応する。

【0038】

具体的には、位相調整信号生成部13は、図2（c）に示すように、時刻0から時刻 $t_{ch}$ までの期間において、入力する速度積算位相信号 $a$ を位相調整信号 $b$ として生成し、3相駆動信号生成部14に出力するものである。また、位相調整信号生成部13は、時刻 $t_{ch}$ 以降において、位相調整値データより得られる位相調整値 $d$ で速度積算位相信号 $a$ を補正することによって位相調整信号 $b$ を生成し、3相駆動信号生成部14に出力するものである。したがって、速度積算位相信号 $a$ が時間軸に沿って連続的に変化する信号であるのに対し、位相調整信号 $b$ は時刻 $t_{ch}$ において電気角が急に变化する信号となる。

【0039】

3相駆動信号生成部14は、モータ40の極ペア数を位相調整信号 $b$ に乗じて電気角を

10

20

30

40

50

算出し、算出した電気角と周期的に変化する基本印加電圧波形とから得られる振幅値に所定の印加電圧の振幅値を乗じて3相印加電圧信号 $V_u$ を生成し、さらに、 $V_u$ を含めて互いに $120$  [deg]の電気角位相差を有する、3相印加電圧信号 $V_v$ 、 $V_w$ も生成してドライブ回路駆動部15に出力するものである。ここで、基本印加電圧波形は、例えば図3に示すような、振幅値が規格化された正弦波状のものである。この基本印加電圧波形のデータは、データ記憶部11に記憶されている(図示省略)。なお、正弦波状の波形は図3に示すものに限定されるものではなく、例えば矩形波の振幅を階段状に変化させて正弦波に近似させた波形も含む。また、3相駆動信号生成部14は、本発明の電気角位相調整手段に対応する。

【0040】

ドライブ回路駆動部15は、例えばレベルシフト方式やPWM(Pulse Width Modulation)方式等の論理に基づいて、3相印加電圧信号 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ を基にスイッチング素子駆動信号 $U_H$ 、 $V_H$ 、 $W_H$ 、 $U_L$ 、 $V_L$ 、 $W_L$ を生成してドライブ回路30に出力するものである。

【0041】

ドライブ回路30は、それぞれ3つのスイッチング素子及びダイオードを有する上側アームと下側アームとがブリッジ接続された構成である。上側アームには、スイッチング素子駆動信号 $U_H$ 、 $V_H$ 及び $W_H$ が入力され、下側アームには、スイッチング素子駆動信号 $U_L$ 、 $V_L$ 及び $W_L$ が入力されるようになっている。ドライブ回路30は、スイッチング素子駆動信号 $U_H$ 、 $V_H$ 、 $W_H$ 、 $U_L$ 、 $V_L$ 、 $W_L$ に基づいてモータ40をスイッチング駆動するものである。

【0042】

次に、位相調整値 $d$ の算出について具体的に説明する。位相調整値 $d$ は、例えば計算機によるシミュレーションによって算出されるものである。オープンループ起動におけるシミュレーションに使用する各パラメータとして下記に例示したものをを用い、オープンループ起動によって回転子を時刻 $t_2$ において目標速度 $\times$  [Hz]以上に加速する例を挙げて説明する。ここで、目標速度 $\times = 5.5$  [Hz]とする。また、コイル端子間電圧は正弦波状の波形とし、その振幅は $3.15$  [V] (一定)とする。

【0043】

(1) モータ40の各パラメータを以下の値とする。

【0044】

イナーシャ： $9.91 \times 10^{-5}$  [kg·m<sup>2</sup>]、巻線抵抗： $0.76$  [ ]、巻線インダクタンス： $0.34 \times 10^{-3}$  [H]、極ペア数：8、鎖交磁束： $0.0047$  [Wb]、最大静止摩擦トルク： $6 \times 10^{-2}$  [N·m]、負荷トルク(動摩擦含)： $5 \times 10^{-2}$  [N·m]、粘性負荷係数： $4 \times 10^{-4}$  [N·m·s]

(2) 図2(a)に示した時刻 $t_1$ 及び $t_2$ 、周波数 $f_1$ 及び $f_2$ をそれぞれ以下の値とする。

【0045】

$t_1 = 0.02$  [s]、 $t_{ch} = 0.04$  [s]、 $t_2 = 0.08$  [s]、 $f_1 = 2$  [Hz]、 $f_2 = 8$  [Hz]

まず、上記の各パラメータを用いて、時刻 $t_2$ において回転子が目標速度 $\times$  [Hz]以上に加速される条件を求める。以下の説明において、時刻 $t_{ch}$ における、速度プロファイルデータ(図2(a)参照)で定められる電気角速度(回転子相当)と、回転子の速度との差を「速度差」という。また、時刻 $t_{ch}$ における、速度プロファイルデータを積算して得た位相調整信号 $b$ (図2(c)参照)と、回転子の位相との差を「位相差」という。なお、速度差及び位相差におけるマイナス符号は回転子の遅れを示し、プラス符号は回転子の進みを示す。

【0046】

図4(a)に示すように、横軸に位相差、縦軸に速度差を設定したグラフにおいて、シミュレーションにより、時刻 $t_{ch}$ における位相差及び速度差の値をそれぞれ変更しなが

10

20

30

40

50

ら、時刻  $t_2$  において回転子が目標速度  $\times$  [Hz] 以上に加速するか否かを、グラフ内の全領域を探索することによって、時刻  $t_2$  において回転子が目標速度  $\times$  [Hz] 以上に加速される領域（以下「加速可能領域」という。）を求める。図 4 (a) において実線で囲まれた領域が加速可能領域に相当する。この実線は、時刻  $t_{ch}$  において加速可能な点をグラフ上にプロットし、プロットした点で内側が全て満たされるように囲んだ領域の外縁を示すものである。

【0047】

続いて、起動開始時における位相差（以下「初期位相差」という。）を考慮したシミュレーションについて説明する。前述のように、加速可能領域は、時刻  $t_2$  において回転子が目標速度  $\times$  [Hz] 以上に加速される領域であるので、初期位相差の値により、時刻  $t_{ch}$  における位相差及び速度差の値がばらついたとしても結果的に加速領域内に含まれれば、モータ起動装置 100 はモータ 40 を円滑に起動することができる。

10

【0048】

図 4 (a) には、初期位相差を考慮したシミュレーションによって算出した 6 つのデータが三角印でプロットされている。また、表 1 には、各データ値が示されている。なお、表 1 は、後述する図 4 (b) における各データ値も含む（最右欄）。

【0049】

【表 1】

初期位相差[deg]	速度差[Hz]	位相差[deg] (位相調整なし)	位相差[deg] (位相調整あり)
+22.5	-2.06	-5.65	-4.35
+15	-0.66	-12.70	-11.40
+7.5	-0.29	-12.14	-10.84
0	0.20	-11.99	-10.69
-7.5	0.64	-6.73	-5.43
-15	0.10	-17.01	-15.71

20

30

【0050】

ここで、プロットしたデータ数を 6 つとした理由を以下に示す。本実施の形態においては極ペア数 = 8 としているので、初期位相差は、電気角の 1 周期である 360 [deg] を極ペア数で除した値、すなわち  $\pm 22.5$  [deg] で変動することとなる。また、本実施の形態においては、モータ 40 は Y 結線された 3 相ブラシレスモータを想定しており、モータ 40 の状態は 6 つに大別されるため、 $22.5$  [deg] を 6 等分した値、すなわち  $7.5$  [deg] 刻みとした。したがって、初期位相差は、 $+22.5$ 、 $+15$ 、 $+7.5$ 、 $0$ 、 $-7.5$ 、 $-15$  [deg] の 6 つを代表値とした。

【0051】

40

図 4 (a) 及び表 1 に示した例では、初期位相差 =  $-15$  [deg] の場合、速度差 =  $0.1$  [Hz]、位相差 =  $-17.01$  [deg] であり、加速可能領域外である。そこで、図 4 (b) 及び表 1 の最右欄に示すように、位相調整値  $d = -1.3$  [deg] で補正する。ここで、マイナス符号は、電気角を遅らせて位相差がゼロに近づく方向を示している。その結果、速度プロファイルは変化せずに、全ての初期位相差条件に対して、時刻  $t_{ch}$  における位相差及び速度差が加速可能領域内に含まれることとなる。したがって、モータ起動装置 100 は、全ての初期位相差条件に対して、時刻  $t_2$  において回転子を目標速度  $\times$  [Hz] 以上に加速することができる。

【0052】

具体的には、図 5 (a)、(b) 及び表 2 に示すような、回転子速度のシミュレーション

50



ン結果が得られた。図5(a)及び(b)は、それぞれ、位相調整なしの場合及び位相調整ありの場合の回転子速度のシミュレーション結果を示している。図中の太実線は速度プロファイルを示し、太点線は目標速度 $\times$ [Hz]を示し、細実線は各初期位相差に対する回転子速度のシミュレーション結果を示している。また、表2は、各初期位相差に対し、位相調整なしの場合及び位相調整ありの場合における時刻 $t_2$ での回転子の速度を示している。

【0053】

【表2】

初期位相差[deg]	速度[Hz] (位相調整なし)	速度[Hz] (位相調整あり)
+22.5	7.82	7.43
+15	7.49	7.12
+7.5	6.80	6.79
0	6.56	6.65
-7.5	7.03	7.18
-15	5.29	7.70

10

20

【0054】

図5(a)、(b)及び表2に示すように、位相調整なしのシミュレーション結果は、前述のとおり初期位相差が $-15$ [deg]の場合のみ、時刻 $t_2$ において目標速度 $\times$ [Hz]に達していないことを示しており、位相調整ありのシミュレーション結果は、前述の位相調整を実施することによって、全ての初期位相差に対して、回転子が目標速度 $\times$ [Hz]以上に加速されることを示している。

【0055】

図6は、前述の位相調整を実施した場合、モータ40のコイル端子間電圧の波形例を示している。図に示すように、時刻 $0.04$ [s]( $=t_{ch}$ )において位相調整( $d = -1.3$ [deg])が行われているので、コイル端子間電圧波形が変化している。なお、図6は、コイル端子間電圧の時間変化を表したものであり、このコイル端子間電圧波形における位相調整値は、電気角(回転子相当)における位相調整値 $-1.3$ [deg]に極ペア数( $=8$ )を乗じて、コイル端子間電圧の電気角では $-10.4$ [deg]である。

30

【0056】

なお、3相駆動信号生成部14の説明において、基準電圧波形が正弦波状の例を挙げて説明したが、コイル端子間電圧の波形が正弦波状となる基準電圧波形であれば、同様の効果が得られる。

【0057】

また、前述した位相調整値 $d = -1.3$ [deg]は一例であってこれに限定されるものではなく、時刻 $t_{ch}$ における位相差及び速度差が加速可能領域内に含まれるよう補正できるものであればよい。

40

【0058】

また、基本印加電圧波形を正弦波状として説明したが、これに代えて規格化された矩形波状の波形を基本印加電圧波形としてもよい。例えば、図7に示すように、 $120$ 度矩形波駆動における基準印加電圧波形を用いることもできる。この場合、図8(a)に示すような、オープンループ駆動による回転子速度のシミュレーション結果が得られた。ここで、コイル端子間電圧の振幅は $4$ [V]としている。比較のため、コイル端子間電圧の振幅が $4$ [V]での正弦波駆動における基準印加電圧波形を用いた場合のシミュレーション結

50

果を図 8 ( b ) に示す。

【 0 0 5 9 】

図 8 ( a ) 及び ( b ) において、太実線は速度プロファイルを示し、細実線は各初期位相差に対する回転子速度のシミュレーション結果を示している。ここで、各初期位相差は、前述の正弦波駆動におけるものと同様であり、+ 2 2 . 5、+ 1 5、+ 7 . 5、0、- 7 . 5、- 1 5 [ d e g ] としている。図 8 ( a ) に示した矩形駆動による結果と、図 8 ( b ) に示した正弦波駆動による結果とを比較すると、正弦波駆動の方が矩形波駆動よりも、より滑らかに起動できることがわかる。

【 0 0 6 0 】

次に、本実施の形態におけるモータ起動装置 1 0 0 の動作について図 1 を用いて説明する。

10

【 0 0 6 1 】

まず、速度積算部 1 2 は、データ記憶部 1 1 から速度プロファイルデータを読み出す。次いで、速度積算部 1 2 は、読み出した速度プロファイルデータを積算して速度積算位相信号 a を生成し、位相調整信号生成部 1 3 に出力する。

【 0 0 6 2 】

続いて、位相調整信号生成部 1 3 は、データ記憶部 1 1 から位相調整タイミングデータ及び位相調整値データを読み出す。そして、位相調整信号生成部 1 3 は、読み出した位相調整タイミングデータ及び位相調整値データと、速度積算部 1 2 が生成した速度積算位相信号 a とに基づいて位相調整信号 b を生成し、3 相駆動信号生成部 1 4 に出力する。

20

【 0 0 6 3 】

さらに、3 相駆動信号生成部 1 4 は、モータ 4 0 の極ペア数を位相調整信号 b に乗じて電気角を算出し、算出した電気角と周期的に変化する基本印加電圧波形 ( 図 3 参照 ) とから得られる振幅値に所定の印加電圧の振幅値を乗じて 3 相印加電圧信号 V u を生成し、さらに、V u も含めて互いに 1 2 0 [ d e g ] の電気角位相差を有する他の 3 相印加電圧信号 V v、V w も生成してドライブ回路駆動部 1 5 に出力する。

【 0 0 6 4 】

次いで、ドライブ回路駆動部 1 5 は、例えばレベルシフト方式や P W M 方式等の論理に基づいて、3 相印加電圧信号 V u、V v、V w を基にスイッチング素子駆動信号 U H、V H、W H、U L、V L、W L を生成してドライブ回路 3 0 に出力する。

30

【 0 0 6 5 】

そして、ドライブ回路 3 0 は、スイッチング素子駆動信号 U H、V H、W H、U L、V L、W L に基づいて、モータ 4 0 をスイッチング駆動する。

【 0 0 6 6 】

以上のように、本実施の形態におけるモータ起動装置 1 0 0 によれば、位相調整信号生成部 1 3 は、印加電圧の電気角について位相調整するための位相調整信号 b を生成し、3 相駆動信号生成部 1 4 は、位相調整信号 b に基づいた 3 相印加電圧信号 V u、V v、V w を生成する構成としたので、位相調整信号 b によって印加電圧の電気角について位相調整することにより、印加電圧の電気角 ( 回転子相当 ) と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本実施の形態におけるモータ起動装置 1 0 0 は、モータを円滑に起動することができるので、起動時間の短縮化を図ることができる。

40

【 0 0 6 7 】

なお、前述の実施の形態において、位相調整値 d のマイナス符号は電気角位相を遅らせるという表現をしたが、例えば極ペア数 = 1 のモータにおいて、電気角位相を 1 [ d e g ] 遅らせることは電気角位相を 3 5 9 [ d e g ] 進ませることに等しいので、位相調整値 d で電気角位相を進ませると表現することもできる。

【 0 0 6 8 】

また、前述の実施の形態において、速度積算部 1 2 は、データ記憶部 1 1 から速度プロファイルデータを読み出し、読み出した速度プロファイルデータを積算して速度積算位相

50

信号 a を生成すると説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、速度積算部 12 を設けずに、データ記憶部 11 に前記速度プロファイルを積算した位相信号データを保存しておき、位相調整信号生成部 13 が、速度積算位相信号 a を受ける代わりに、データ記憶部 11 から位相信号データを読み出す構成としても同等の効果が得られる。

【0069】

また、前述の実施の形態において、速度積算部 12 は、データ記憶部 11 から速度プロファイルデータを読み出し、読み出した速度プロファイルデータを積算して速度積算位相信号 a を生成し、位相調整信号生成部 13 は、データ記憶部 11 から位相調整タイミングデータ及び位相調整値データを読み出し、読み出した位相調整タイミングデータ及び位相調整値データと、速度積算位相信号 a とに基づいて位相調整信号 b を生成すると説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、速度積算部 12 及び位相調整信号生成部 13 を設けずに、データ記憶部 11 に前記速度プロファイルを積算し、かつ位相調整値 d を含む位相調整信号データを保存しておき、3相駆動信号生成部 14 が、位相調整信号 b を受ける代わりに、データ記憶部 11 から位相調整信号データを読み出す構成としても同等の効果が得られる。

10

【0070】

また、前述の実施の形態において、3相駆動信号生成部 14 は、モータ 40 の極ペア数を位相調整信号 b に乗じて電気角を算出すると説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、3相駆動信号生成部 14 は、極ペア数を位相調整信号 b に乗じる構成とはせず、速度プロファイルデータ及び位相調整値データに、極ペア数を乗じた値をデータ記憶部 11 に保存する構成としても同等の効果が得られる。

20

【0071】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態におけるモータ起動装置は、第1の実施の形態におけるモータ起動装置 100 (図1参照)においてデータ記憶部 11 が記憶する速度プロファイルデータ (図2(a)参照)を変更したものである。したがって、本実施の形態におけるモータ起動装置の構成の説明を省略する。

【0072】

本実施の形態における速度プロファイルデータは、図9(a)に示すように、起動期間において、コイル端子間電圧の電気角速度 (回転子相当) と回転子の速度との間の速度差を調整するための、電気角速度 (回転子相当) の速度調整値を含むものである。以下、速度調整値を  $d_f$  で表し、時刻  $t_{ch}$  において電気角速度を調整するものとする。

30

【0073】

次に、オープンループ起動におけるシミュレーションに使用する各パラメータとして下記に例示したものをを用い、オープンループ起動によって回転子を時刻  $t_2$  において目標速度  $x$  [Hz] 以上に加速する例を挙げて説明する。ここで、モータ 40 の各パラメータは第1の実施の形態と同様とする。また、目標速度  $x = 5.5$  [Hz] とする。また、コイル端子間電圧は正弦波状の波形を有し、その振幅は  $3.1$  [V] (一定) とする。

【0074】

図9(a)及び(b)に示した時刻  $t_1$ 、 $t_{ch}$  及び  $t_2$ 、周波数  $f_1$  及び  $f_2$  をそれぞれ以下の値とする。

40

【0075】

$t_1 = 0.02$  [s]、 $t_{ch} = 0.04$  [s]、 $t_2 = 0.08$  [s]、 $f_1 = 2$  [Hz]、 $f_2 = 8$  [Hz]

図10(a)、(b)及び(c)の太実線で囲まれた加速可能領域は、それぞれ、調整なしの場合、位相調整のみありの場合、位相調整及び速度調整ありの場合について、図4と同様に時刻  $t_2$  において回転子が目標速度  $x$  [Hz] 以上となるための、時刻  $t_{ch}$  における位相差及び速度差の満たすべき条件を示す。ここで、時刻  $t_{ch}$  において速度調整が入るため、時刻  $t_{ch}$  から時刻  $t_2$  までの速度プロファイルが、調整なし及び位相調整のみありの場合と比べて異なるので、図10(a)及び(b)に示した加速可能領域と、

50

図10(c)に示す加速可能領域とが異なっている。

【0076】

図10(a)において三角印は、第1の実施の形態と同様、初期位相差の値を変えてオープンループ起動のシミュレーションを行い、時刻 $t_{ch}$ における位相差及び速度差の各データを示している。また、プロットした速度差及び位相差の各データ値を表3に示す。

【0077】

【表3】

初期位相差[deg]	速度差[Hz] (速度調整なし)	速度差[Hz] (速度調整あり)	位相差[deg] (位相調整なし)	位相差[deg] (位相調整あり)
+22.5	-2.08	-1.08	-5.50	-4.00
+15	-0.71	0.29	-12.67	-11.17
+7.5	-0.35	0.65	-12.28	-10.78
0	0.14	1.14	-12.27	-10.77
-7.5	0.63	1.63	-7.08	-5.58
-15	-0.21	0.79	-18.33	-16.83

10

20

【0078】

図10(a)及び表3に示すように、初期位相差 $-15$  [deg]の場合において、調整なしの場合は、時刻 $t_{ch}$ の位相差及び速度差が、時刻 $t_2$ において回転子が目標速度 $\times$  [Hz]以上に加速可能である加速可能領域に含まれない。また、図10(b)に示すように、位相調整値 $d = -1.5$  [deg] (位相差がゼロに近づく方向)による位相調整のみを実施しても同様である。

【0079】

そこで、図10(c)に示すように、位相調整値 $d = -1.5$  [deg]と、速度調整値 $df = -1$  [Hz] (速度差がゼロに近づく方向)とによる電気角及び電気角速度の調整を実施することによって、全ての初期位相差条件に対して、時刻 $t_{ch}$ における位相差及び速度差が加速範囲内となる。

30

【0080】

次に、回転子速度のシミュレーション結果を図11及び表4に示す。図11(a)、(b)及び(c)は、それぞれ、調整なしの場合、位相調整のみありの場合、位相調整及び速度調整ありの場合のシミュレーション結果を示している。図中の太実線は速度プロファイルを示し、太点線は目標速度である目標速度 $\times$  [Hz]を示し、細実線は各初期位相差における回転子速度のシミュレーション結果を示す。また、表4は、各初期位相差に対する時刻 $t_2$ における回転子の速度データを示す。

【0081】

【表 4】

初期位相差[deg]	速度[Hz] (位相調整なし)	速度[Hz] (位相調整あり)	速度[Hz] (位相調整、 速度調整あり)
+22.5	7.58	7.14	7.48
+15	7.65	7.17	6.44
+7.5	6.91	6.84	6.37
0	6.59	6.67	6.25
-7.5	6.96	7.12	6.13
-15	0.21	0.57	6.97

10

## 【0082】

図11及び表4は、調整なし及び位相調整のみありの場合において、前述のとおり初期位相差が $-15$  [deg] のとき、時刻 $t_2$ において目標速度 $x$  [Hz] に達していないことを示しており、前述の位相調整及び速度調整を実施することによって、全ての初期位相差に対して、回転子が目標速度 $x$  [Hz] 以上に加速されることを示している。

## 【0083】

図12は、前述の位相調整及び速度調整を実施した場合における、モータ40のコイル端子間電圧の波形例を示している。図に示すように、時刻 $0.04$  [s] ( $=t_{ch}$ ) において位相調整 ( $d = -1.5$  [deg]) 及び速度調整 ( $df = -1$  [Hz]) が行われているので、印加電圧波形が変化している。なお、図12は、コイル端子間電圧の時間変化を表したものであり、このコイル端子間電圧波形における位相調整値は、電気角(回転子相当)における位相調整値 $-1.5$  [deg] に極ペア数( $=8$ )を乗じて、コイル端子間電圧の電気角では $-12$  [deg] であり、速度調整値は、電気角速度(回転子相当)における位相調整値 $-1$  [Hz] に極ペア数( $=8$ )を乗じて、コイル端子間電圧の電気角速度では $-8$  [Hz] である。

20

## 【0084】

なお、前述した位相調整値 $d = -1.5$  [deg]、速度調整値 $df = -1$  [Hz] は一例であってこれに限定されるものではなく、時刻 $t_{ch}$ における位相差及び速度差が加速可能領域内に含まれるよう補正できるものであればよい。

30

## 【0085】

本実施の形態におけるモータ起動装置の動作は、第1の実施の形態におけるモータ起動装置100と同様であるので説明を省略する。

## 【0086】

以上のように、本実施の形態におけるモータ起動装置によれば、起動期間において、印加電圧の電気角及び電気角速度を調整することにより、印加電圧の電気角(回転子相当)と回転子の位相との間の位相差を、回転子が加速できる値に設定することができるとともに、印加電圧の電気角速度(回転子相当)と回転子の速度との間の速度差を、回転子が加速できる値に設定することができる。したがって、本実施の形態におけるモータ起動装置は、モータを円滑に起動することができるので、起動時間の短縮化を図ることができる。

40

## 【0087】

なお、前述の実施の形態において、位相調整を実施する時刻 $t_{ch}$ と同時刻に速度調整を実施する構成としているが、本発明はこれに限定されるものではなく、位相調整の時刻と速度調整の時刻とが異なってもよい。

## 【0088】

また、前述の実施の形態において、速度プロファイルデータが予め速度調整値 $df$ を含むものとして説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、速度調整値 $df$ を含まない速度プロファイルデータ(図2(a)参照)と、速度調整を実施するタイミングデ

50

ータと、速度調整値 d f とを予め記憶しておき、これらのデータに基づいて速度調整値 d f を含む速度プロファイルデータを生成する手段を設ける構成としても同等の効果が得られる。

【産業上の利用可能性】

【0089】

以上のように、本発明に係るモータ起動装置及びモータ起動方法は、起動時間の短縮化を図ることができるという効果を有し、ブラシレスモータを起動するモータ起動装置等及びモータ起動方法等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態における構成を示すブロック図

【図2】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態における速度プロファイルデータ、速度積算位相信号及び位相調整信号を示す図 (a) 第1の実施の形態における速度プロファイルデータを示す図 (b) 第1の実施の形態における速度積算位相信号を示す図 (c) 第1の実施の形態における位相調整信号を示す図

【図3】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態における正弦波状の基本印加電圧波形を示す図

【図4】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態において、シミュレーションによって求めた位相差と速度差との関係を示す図 (a) 位相調整を実施しない場合の位相差と速度差との関係を示す図 (b) 位相調整を実施した場合の位相差と速度差との関係を示す図

【図5】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態において、シミュレーションによって求めた回転子速度を示す図 (a) 位相調整を実施しない場合の回転子速度を示す図 (b) 位相調整を実施した場合の回転子速度を示す図

【図6】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態において、位相調整を実施した場合のコイル端子間電圧の波形例を示す図

【図7】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態において、基本印加電圧波形を矩形波状にした場合の波形例を示す図

【図8】本発明に係るモータ起動装置の第1の実施の形態において、基本印加電圧波形が矩形波状の場合と、正弦波状の場合とにおける回転子速度のシミュレーション結果 (a) 基本印加電圧波形が矩形波状の場合の回転子速度を示す図 (b) 基本印加電圧波形が正弦波状の場合の回転子速度を示す図

【図9】本発明に係るモータ起動装置の第2の実施の形態における速度調整信号及び位相調整信号を示す図 (a) 第2の実施の形態における速度調整値を含む速度プロファイルデータを示す図 (b) 第2の実施の形態における位相調整信号を示す図

【図10】本発明に係るモータ起動装置の第2の実施の形態において、シミュレーションによって求めた位相差と速度差との関係を示す図 (a) 位相調整及び速度調整を実施しない場合の位相差と速度差との関係を示す図 (b) 位相調整のみを実施した場合の位相差と速度差との関係を示す図 (c) 位相調整及び速度調整を実施した場合の位相差と速度差との関係を示す図

【図11】本発明に係るモータ起動装置の第2の実施の形態において、シミュレーションによって求めた回転子速度を示す図 (a) 位相調整及び速度調整を実施しない場合の回転子速度を示す図 (b) 位相調整のみを実施した場合の回転子速度を示す図 (c) 位相調整及び速度調整を実施した場合の回転子速度を示す図

【図12】本発明に係るモータ起動装置の第2の実施の形態において、位相調整及び速度調整を実施した場合のコイル端子間電圧の波形例を示す図

【符号の説明】

【0091】

- 10 駆動信号生成手段
- 11 データ記憶部

10

20

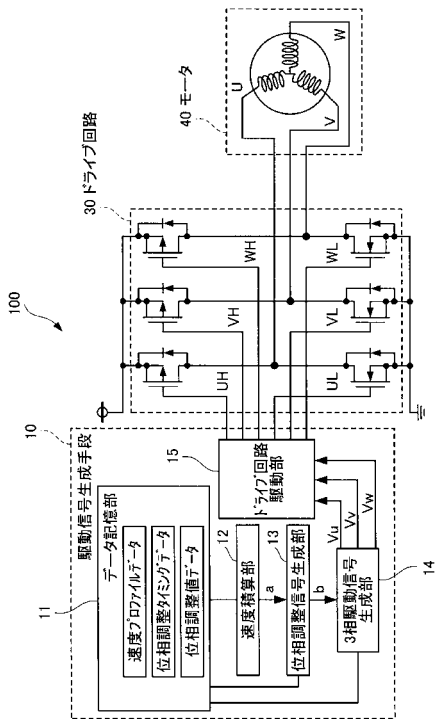
30

40

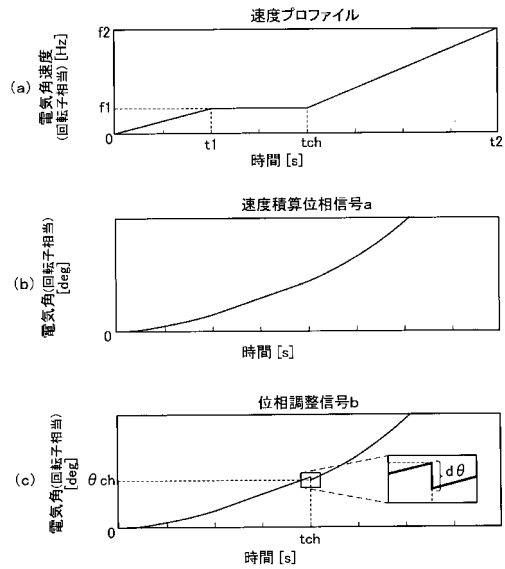
50

- 1 2 速度積算部 (速度積算位相信号生成手段)
- 1 3 位相調整信号生成部 (位相調整信号生成手段)
- 1 4 3相駆動信号生成部 (電気角位相調整手段)
- 1 5 ドライブ回路駆動部
- 3 0 ドライブ回路
- 4 0 モータ
- 1 0 0 モータ起動装置

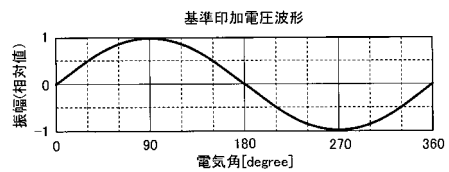
【図1】



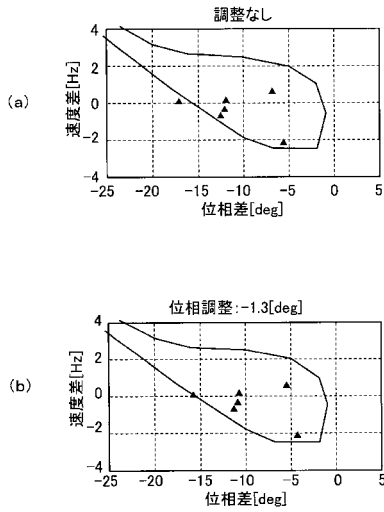
【図2】



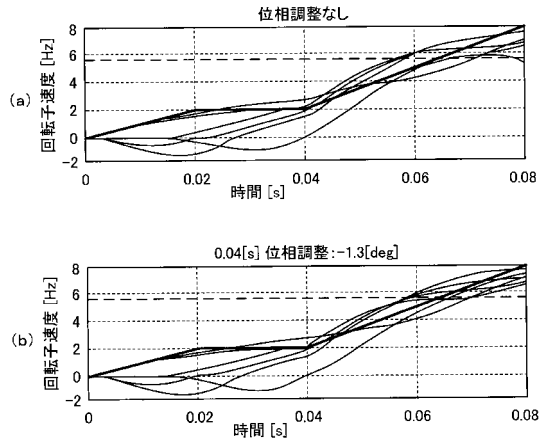
【図3】



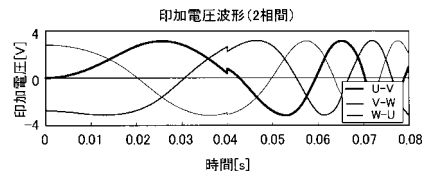
【図4】



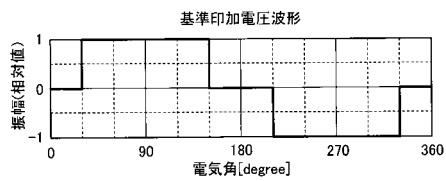
【図5】



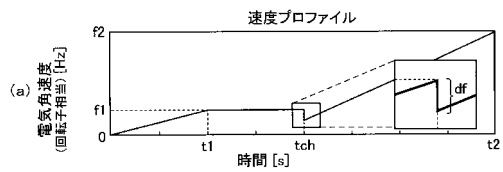
【図6】



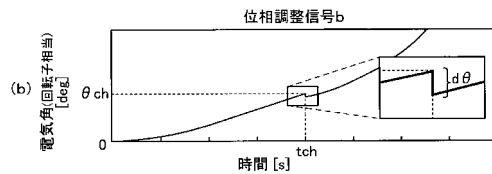
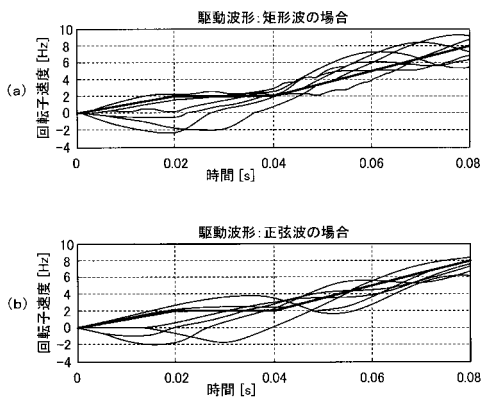
【図7】



【図9】

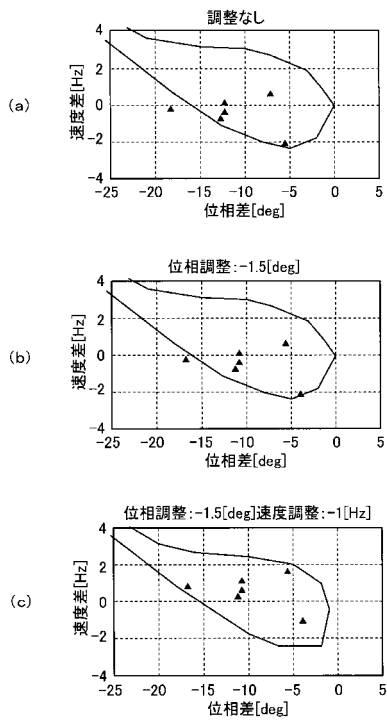


【図8】

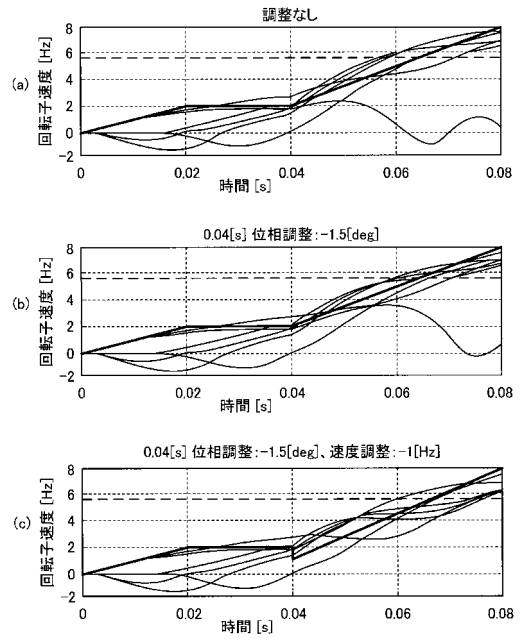




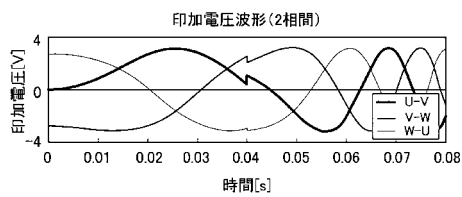
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H02P 6/00 - 6/24