

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5748051号
(P5748051)

(45) 発行日 平成27年7月15日(2015.7.15)

(24) 登録日 平成27年5月22日(2015.5.22)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 P 6 / 1 6 (2 0 0 6 . 0 1) H O 2 P 6 / 0 2 3 4 1 N

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-104878 (P2011-104878)	(73) 特許権者	000001845 サンデンホールディングス株式会社 群馬県伊勢崎市寿町20番地
(22) 出願日	平成23年5月10日(2011.5.10)	(74) 代理人	100078330 弁理士 笹島 富二雄
(65) 公開番号	特開2012-239250 (P2012-239250A)	(74) 代理人	100129425 弁理士 小川 護晃
(43) 公開日	平成24年12月6日(2012.12.6)	(74) 代理人	100154106 弁理士 荒木 邦夫
審査請求日	平成26年5月8日(2014.5.8)	(72) 発明者	廣野 大輔 群馬県伊勢崎市寿町20番地 サンデン株式会社社内
		審査官	高橋 祐介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同期モータの印加電圧電気角設定方法及びモータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同期モータのステータコイルに印加される印加電圧及び該印加電圧に従い前記ステータコイルに流れる電流を検出し、

前記検出した印加電圧及び電流に基づいて、現在の印加電圧位相（又は印加電圧電気角）を算出すると共に電流波高値を算出し、該電流波高値に基づいて目標電流位相を算出してから該目標電流位相に相当する目標印加電圧位相（又は目標印加電圧電気角）を算出し、

前記現在の印加電圧位相（又は印加電圧電気角）及び前記目標印加電圧位相（又は印加電圧電気角）の差を当該同期モータの応答時定数により補正した変化角度と、前記検出した印加電圧及び電流に基づき算出した回転速度と、前回の印加電圧電気角指示値と、に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を算出する、

同期モータの印加電圧電気角設定方法。

【請求項2】

前記変化角度を、イナーシャによる応答遅延係数でさらに補正する、請求項1記載の印加電圧電気角設定方法。

【請求項3】

同期モータのステータコイルに流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記ステータコイルに印加される印加電圧を検出する印加電圧検出手段と、

前記電流検出手段で検出される電流に基づいて電流波高値及び電流電気角を検出する電

流波高値・電気角検出手段と、

前記電流検出手段で検出される電流と前記印加電圧検出手段で検出される印加電圧とに基づいて誘起電圧波高値及び誘起電圧電気角を検出する誘起電圧波高値・電気角検出手段と、

前記電流電気角又は前記誘起電圧電気角を変数として含むと共に、前記電流波高値、前記誘起電圧波高値、及び前記誘起電圧電気角と前記電流電気角との差のうちの少なくとも2つに基づいて求められる電流位相又は誘起電圧位相を変数として含む、ロータ位置計算式を使用して、前記同期モータのロータ位置を検出するロータ位置検出手段と、

前記ロータ位置検出手段で検出されるロータ位置に基づいて回転速度を検出する回転速度検出手段と、

10

前記相電流波高値・電気角検出手段で検出される電流波高値に基づいて目標電流位相を算出し、該目標電流位相に基づいて目標印加電圧位相（又は目標印加電圧電気角）を算出する目標値設定手段と、

前記印加電圧検出手段で検出される印加電圧に基づき算出した現在の印加電圧位相（又は印加電圧電気角）と前記目標印加電圧位相（又は目標印加電圧電気角）との差を前記同期モータの応答時定数により補正した変化角度、前記回転速度検出手段で検出される回転速度、及び前回の印加電圧電気角指示値に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を算出する電圧電気角指示値設定手段と、

を含んで構成されるモータ制御装置。

【請求項4】

20

前記電圧電気角指示値設定手段は、イナーシャによる応答遅延係数で前記変化角度をさらに補正する、請求項3記載のモータ制御装置。

【請求項5】

同期モータのステータコイルに印加される印加電圧及び該印加電圧に従い前記ステータコイルに流れる電流を検出し、

前記検出した印加電圧及び電流に基づいて、現在のロータの鎖交磁束と目標電流位相に該当する目標鎖交磁束との差分に相当する鎖交磁束変化量を算出し、

前記検出した印加電圧及び電流に基づき算出した回転速度と前記鎖交磁束変化量とに基づいて変化角度を算出し、

前記算出した回転速度、前記変化角度、及び前回の印加電圧電気角指示値に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を算出する、

30

同期モータの印加電圧電気角設定方法。

【請求項6】

前記変化角度を、イナーシャによる応答遅延係数により補正する、請求項5記載の印加電圧電気角設定方法。

【請求項7】

同期モータのステータコイルに流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記ステータコイルに印加される印加電圧を検出する印加電圧検出手段と、

前記電流検出手段で検出される電流に基づいて電流波高値及び電流電気角を検出する電流波高値・電気角検出手段と、

40

前記電流検出手段で検出される電流と前記印加電圧検出手段で検出される印加電圧とに基づいて誘起電圧波高値及び誘起電圧電気角を検出する誘起電圧波高値・電気角検出手段と、

前記電流電気角又は前記誘起電圧電気角を変数として含むと共に、前記電流波高値、前記誘起電圧波高値、及び前記誘起電圧電気角と前記電流電気角との差のうちの少なくとも2つに基づいて求められる電流位相又は誘起電圧位相を変数として含む、ロータ位置計算式を使用して、前記同期モータのロータ位置を検出するロータ位置検出手段と、

前記ロータ位置検出手段で検出されるロータ位置に基づいて回転速度を検出する回転速度検出手段と、

前記電流波高値に基づいて目標d軸電流を算出する目標値設定手段と、

50

前記電流波高値及び前記電流位相に基づき得られる現在のd軸電流と前記目標d軸電流とのd軸電流差を算出すると共に該d軸電流差に対応するロータの鎖交磁束変化量を算出し、該鎖交磁束変化量と前記回転速度とに基づいて算出した変化角度、前記回転速度、及び前回の印加電圧電気角指示値に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を演算する電圧電気角指示値設定手段と、

を含んで構成されるモータ制御装置。

【請求項8】

前記電圧電気角指示値設定手段は、イナーシャによる応答遅延係数により前記変化角度を補正する、請求項7記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

同期モータの位置検出運転に関する技術が以下に開示される。

【背景技術】

【0002】

同期モータ（永久磁石同期モータ）の駆動方式として適用例が増えている正弦波駆動方式（180度通電方式）では、ロータ位置（ロータの回転位置）をセンサレスで検出し、ステータコイルへ適切な通電を行う制御を実行する。このセンサレスでロータ位置を検出する機能を備えたモータ制御装置として、特許文献1に開示のモータ制御装置が提案されている。特許文献1のモータ制御装置は、同期モータの相電流を検出する相電流検出手段と、検出された相電流に基づいて電流位相を演算する電流位相演算手段と、演算された電流位相に所定の位相差を加えて電圧位相とする電圧位相設定手段と、により印加電圧の電圧位相を決定する。そして、この電圧位相と、運転指令に従って決定された指令電圧とに基づいて、同期モータへの印加電圧が設定される。

20

【0003】

特許文献1のモータ制御装置によると、同期モータへ印加する印加電圧の位相指示値は、検出された電流位相に所定の位相差を加えることで設定される。その加えるべき位相差は、検出された電流波高値及び誘起電圧の角速度と、目標とする電流位相（q軸からの進み角）とに基づいて算出されるか、あるいは、電流波高値と誘起電圧の角速度からデータテーブルをアクセスすることにより求められる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-187407号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般的に、同期モータにおいて印加電圧の電圧位相を変化させると、次式1のモータ特性式に従って電流位相も変化する。式1はロータ座標系のモータベクトル図に基づく式で、 E_d は誘起電圧 E のd軸成分、 E_q は誘起電圧 E のq軸成分、 V_d は印加電圧 V のd軸成分、 V_q は印加電圧 V のq軸成分、 R はステータコイルの抵抗、 I_d は電流 I のd軸成分、 I_q は電流 I のq軸成分、 ω は回転速度、 L_d はd軸インダクタンス、 L_q はq軸インダクタンス、 a はロータ磁石の磁束、 p は微分演算子（ d/dt ）である。

40

[式1]

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \text{Ed} = \text{Vd} - \text{R} \cdot \text{Id} \\ \text{Eq} = \text{Vq} - \text{R} \cdot \text{Iq} \end{pmatrix}}_{\text{A}} = \begin{pmatrix} 0 & -\omega \text{Lq} \\ \omega \text{Ld} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{Id} \\ \text{Iq} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \omega \psi_a \end{pmatrix} + \underbrace{\begin{pmatrix} \rho \text{Ld} \cdot \text{Id} \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \rho \text{Lq} \cdot \text{Iq} \end{pmatrix}}_{\text{B}}$$

【 0 0 0 6 】

式 1 において、同期モータの回転が安定している位置検出運転の応答特性は、式中の A 部分の計算式で表せる。一方、出力軸の負荷変動などで同期モータの回転が過渡状態にある位置検出運転の応答特性には、式中の B 部分の計算式が A 部分に加えて入ってくる。すなわち、L / R 時定数（L：インダクタンス、R：コイル抵抗）に従う応答遅延が発生する。この応答遅延を無視して位置検出運転を続けると、印加電圧の位相指示値に対して実際のロータの回転が追い付かなくなり、指示値の発振や脱調につながる。

10

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 に開示されるようなモータ制御装置では、印加電圧の位相指示値を生成するべく検出電流位相に加えらる位相差に、上記のような応答遅延が加味されないため、特に過渡状態になったときの運転の安定性に改善の余地がある。この点に鑑みると、モータ特性による応答遅延を考慮して印加電圧の指示値を設定することが必要である。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

上記課題に対して提案するのは、同期モータの印加電圧電気角設定方法であって、その第 1 の態様は、

ステータコイルに印加される印加電圧及び該印加電圧に従い前記ステータコイルに流れる電流を検出し、

前記検出した印加電圧及び電流に基づいて、現在の印加電圧位相（又は印加電圧電気角）を算出すると共に電流波高値を算出し、該電流波高値に基づいて目標電流位相を算出してから該目標電流位相に相当する目標印加電圧位相（又は目標印加電圧電気角）を算出し、

30

前記現在の印加電圧位相（又は印加電圧電気角）及び前記目標印加電圧位相（又は印加電圧電気角）の差を当該同期モータの応答時定数により補正した変化角度と、前記検出した印加電圧及び電流に基づき算出した回転速度と、前回の印加電圧電気角指示値と、に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を算出する、

印加電圧電気角設定方法である。

【 0 0 0 9 】

この印加電圧電気角設定方法を実施するべく提案するモータ制御装置は、

同期モータのステータコイルに流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記ステータコイルに印加される印加電圧を検出する印加電圧検出手段と、

前記電流検出手段で検出される電流に基づいて電流波高値及び電流電気角を検出する電流波高値・電気角検出手段と、

40

前記電流検出手段で検出される電流と前記印加電圧検出手段で検出される印加電圧とに基づいて誘起電圧波高値及び誘起電圧電気角を検出する誘起電圧波高値・電気角検出手段と、

前記電流電気角又は前記誘起電圧電気角を変数として含むと共に、前記電流波高値、前記誘起電圧波高値、及び前記誘起電圧電気角と前記電流電気角との差のうち少なくとも 2 つに基づいて求められる電流位相又は誘起電圧位相を変数として含む、ロータ位置計算式を使用して、前記同期モータのロータ位置を検出するロータ位置検出手段と、

前記ロータ位置検出手段で検出されるロータ位置に基づいて回転速度を検出する回転速度検出手段と、

50

前記相電流波高値・電気角検出手段で検出される電流波高値に基づいて目標電流位相を算出し、該目標電流位相に基づいて目標印加電圧位相（又は目標印加電圧電気角）を算出する目標値設定手段と、

前記印加電圧検出手段で検出される印加電圧に基づき算出した現在の印加電圧位相（又は印加電圧電気角）と前記目標印加電圧位相（又は目標印加電圧電気角）との差を前記同期モータの応答時定数により補正した変化角度、前記回転速度検出手段で検出される回転速度、及び前回の印加電圧電気角指示値に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を算出する電圧電気角指示値設定手段と、

を含んで構成される。

【0010】

また、上記課題に対して提案する第2の態様に係る同期モータの印加電圧電気角設定方法は、

ステータコイルに印加される印加電圧及び該印加電圧に従い前記ステータコイルに流れる電流を検出し、

前記検出した印加電圧及び電流に基づいて、現在のロータの鎖交磁束と目標電流位相に該当する目標鎖交磁束との差分に相当する鎖交磁束変化量を算出し、

前記検出した印加電圧及び電流に基づき算出した回転速度と前記鎖交磁束変化量とに基づいて変化角度を算出し、

前記算出した回転速度、前記変化角度、及び前回の印加電圧電気角指示値に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を算出する、

印加電圧電気角設定方法である。

【0011】

この印加電圧電気角設定方法を実施するべく提案するモータ制御装置は、

同期モータのステータコイルに流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記ステータコイルに印加される印加電圧を検出する印加電圧検出手段と、

前記電流検出手段で検出される電流に基づいて電流波高値及び電流電気角を検出する電流波高値・電気角検出手段と、

前記電流検出手段で検出される電流と前記印加電圧検出手段で検出される印加電圧とに基づいて誘起電圧波高値及び誘起電圧電気角を検出する誘起電圧波高値・電気角検出手段と、

前記電流電気角又は前記誘起電圧電気角を変数として含むと共に、前記電流波高値、前記誘起電圧波高値、及び前記誘起電圧電気角と前記電流電気角との差のうちの少なくとも2つに基づいて求められる電流位相又は誘起電圧位相を変数として含む、ロータ位置計算式を使用して、前記同期モータのロータ位置を検出するロータ位置検出手段と、

前記ロータ位置検出手段で検出されるロータ位置に基づいて回転速度を検出する回転速度検出手段と、

前記電流波高値に基づいて目標d軸電流を算出する目標値設定手段と、

前記電流波高値及び前記電流位相に基づき得られる現在のd軸電流と前記目標d軸電流とのd軸電流差を算出すると共に該d軸電流差に対応するロータの鎖交磁束変化量を算出し、該鎖交磁束変化量と前記回転速度とに基づいて算出した変化角度、前記回転速度、及び前回の印加電圧電気角指示値に基づいて、新しい印加電圧電気角指示値を演算する電圧電気角指示値設定手段と、

を含んで構成される。

【発明の効果】

【0012】

上記第1の態様によると、前の指示値に対する新しい印加電圧電気角指示値の変化角度を同期モータの応答時定数により補正しているため、同期モータの応答特性に応じた適切な応答速度を保って印加電圧電気角指示値が更新される。

【0013】

また、上記第2の態様によると、磁束の変化量に基づいて印加電圧電気角指示値を更新

10

20

30

40

50

している。目標鎖交磁束は目標電流位相で運転されたときの磁束であり、電圧 = 回転数 × 磁束の関係が一般に成り立つので、磁束の変化量に相当するだけ回転速度を速くする印加電圧位相の制御を行えば、結果的に電流位相が目標位相に到達する。このときの電流の応答特性は、同期モータ自体が応答遅延のフィルタとして作用することから、応答遅延に配慮する必要がない。したがって、同期モータの応答特性に応じた適切な応答速度を保持して印加電圧電気角指示値が更新される。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】モータ制御装置の実施形態を示したブロック図。

【図2】正弦波通電における(A)電流、(B)誘起電圧、(C)印加電圧の各波形図。

10

【図3】ロータ(dq)座標系のモータベクトル図。

【図4】第2設定方法に係る電圧電気角指示値設定部を示したブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1は、モータ制御装置の実施形態を示している。

本実施形態の同期モータMは、3相のスター結線型で、U相、V相、W相のステータコイルを含むステータと、永久磁石を含むロータとを有する。図中にはU相、V相、W相の各ステータコイルのみを示し、その他は図示を省略してある。なお、スター結線型を例として示すがデルタ結線でも同様に適用される。

【0016】

20

この同期モータMを駆動するパワーモジュール(IPM)PMは、U相、V相、W相ごとに上アーム側のスイッチング素子+U、+V、+W及び下アーム側のスイッチング素子-U、-V、-Wを直流電源の高位側と低位側の間に直列接続してある。また、下アーム側スイッチング素子-U、-V、-Wの低位側には、各相に流れる電流を検出するためのシャント抵抗 R_u 、 R_v 、 R_w が設けられる。各スイッチング素子+U～-Wはインバータ駆動部1によるPWM信号で駆動され、これに従いU相、V相、W相の各ステータコイルが正弦波通電(180度通電)で制御される。当該制御によって各相U、V、Wに流れる電流が、シャント抵抗 R_u 、 R_v 、 R_w を利用して検出される。

【0017】

インバータ駆動部1及び以下に説明する各部は、本実施形態の場合、プログラムに従って動作するマイコン等のコンピュータにより実行されるものとして説明する。ただし、これに限らず、ハードウェアによりそれぞれを構成することなども可能である。

30

【0018】

電流検出手段に相当する相電流検出部2は、シャント抵抗 R_u 、 R_v 、 R_w にかかる電圧を測定することにより、U相のステータコイルに流れるU相電流 I_u 、V相のステータコイルに流れるV相電流 I_v 、W相のステータコイルに流れるW相電流 I_w をそれぞれ検出する。印加電圧検出手段に相当する印加電圧検出部3は、上アーム側スイッチング素子+U～+WからU相のステータコイル、V相のステータコイル、W相のステータコイルへそれぞれ印加されるU相印加電圧 V_u 、V相印加電圧 V_v 、W相印加電圧 V_w を検出する。

40

【0019】

電流波高値・電気角検出手段に相当する相電流波高値・電気角検出部4は、相電流検出部2で検出される相電流 I_u 、 I_v 、 I_w の値に基づいて、相電流波高値 I_p 及び相電流電気角 i (ステータ座標系)を検出する。その検出方法は次の通りである。当該検出方法は、特開2011-10438号公報(以下、参考文献1)に詳しく説明されている。

【0020】

U相、V相、W相に正弦波通電を行っているときの相電流波形図は、図2Aに示してある通りであり、正弦波形を成すU相電流 I_u 、V相電流 I_v 、W相電流 I_w にはそれぞれ120°の位相差がある。この相電流波形図からすれば、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w 、相電

50

流波高値 I_p 、そして相電流電角 i の間には次の式 2 が成立する。相電流波高値・電角検出部 4 は、相電流検出部 2 で検出される U 相電流 I_u 、V 相電流 I_v 、W 相電流 I_w を利用して、式 2 によって相電流波高値 I_p 及び相電流電角 i を求める。

[式 2]

$$I_u = I_p \times \cos(i)$$

$$I_v = I_p \times \cos(i - 2/3 \cdot \pi)$$

$$I_w = I_p \times \cos(i + 2/3 \cdot \pi)$$

【 0 0 2 1 】

誘起電圧波高値・電角検出手段に相当する誘起電圧波高値・電角検出部 5 は、相電流検出部 2 で検出される相電流 I_u 、 I_v 、 I_w と、印加電圧検出部 3 で検出される印加電圧 V_u 、 V_v 、 V_w とに基づいて、誘起電圧波高値 E_p 及び誘起電圧電角 e (ステータ座標系) を検出する。その検出方法は次の通りである。当該検出方法も、参考文献 1 に詳しく説明されている。

10

【 0 0 2 2 】

U 相、V 相、W 相に正弦波通電を行っているときの誘起電圧波形図は、図 2 B に示してある通りであり、正弦波形を成す U 相誘起電圧 E_u 、V 相誘起電圧 E_v 、W 相誘起電圧 E_w にはそれぞれ 120° の位相差がある。この誘起電圧波形図からすれば、誘起電圧 E_u 、 E_v 、 E_w 、誘起電圧波高値 E_p 、そして誘起電圧電角 e の間には次の式 3 が成立する。

[式 3]

$$E_u = E_p \times \cos(e)$$

$$E_v = E_p \times \cos(e - 2/3 \cdot \pi)$$

$$E_w = E_p \times \cos(e + 2/3 \cdot \pi)$$

【 0 0 2 3 】

一方、印加電圧 V_u 、 V_v 、 V_w 、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w 、ステータコイルの抵抗値 R_{cu} 、 R_{cv} 、 R_{cw} (モータパラメータとして既知)、そして誘起電圧 E_u 、 E_v 、 E_w の間には次の式 4 が成立する。

[式 4]

$$V_u - I_u \times R_{cu} = E_u$$

$$V_v - I_v \times R_{cv} = E_v$$

$$V_w - I_w \times R_{cw} = E_w$$

【 0 0 2 4 】

誘起電圧波高値・電角検出部 5 は、相電流検出部 2 で検出される U 相電流 I_u 、V 相電流 I_v 、W 相電流 I_w と、印加電圧検出部 3 で検出される U 相印加電圧 V_u 、V 相印加電圧 V_v 、W 相印加電圧 V_w とに基づいて、式 4 から U 相誘起電圧 E_u 、V 相誘起電圧 E_v 、W 相誘起電圧 E_w を求め、そして、求めた U 相誘起電圧 E_u 、V 相誘起電圧 E_v 、W 相誘起電圧 E_w に基づいて、式 3 から誘起電圧波高値 E_p と誘起電圧電角 e を求める。

【 0 0 2 5 】

ロータ位置検出手段に相当するロータ位置検出部 6 は、相電流波高値・電角検出部 4 で検出される相電流波高値 I_p 、相電流電角 i 、誘起電圧波高値・電角検出部 5 で検出される誘起電圧波高値 E_p 、誘起電圧電角 e に基づいて、ロータ位置 m (軸に対する d 軸の角度) を検出する。すなわち、電流電角 i 又は誘起電圧電角 e を変数として含むと共に、電流波高値 I_p 、誘起電圧波高値 E_p 、及び誘起電圧電角 e と電流電角 i との差 $[e - i]$ のうちの少なくとも 2 つに基づいて求められる電流位相 又は 誘起電圧位相 を変数として含む、ロータ位置計算式を使用して、同期モータ M のロータ位置 m を検出する (詳しくは参考文献 1 参照)。

40

このうち、相電流電角 i と、相電流波高値 I_p 及び [誘起電圧電角 e - 相電流電角 i] に基づく電流位相 と、を変数として含むロータ位置計算式を使用した第 1 の検出方法、さらに、誘起電圧電角 e と、相電流波高値 I_p 及び [誘起電圧電角

50

e - 相電流電氣角 θ_i]に基づく誘起電圧位相 θ_e と、を変数として含むロータ位置計算式を使用した第2の検出方法について、具体的に説明する。

【0026】

(1)第1の検出方法

第1の検出方法において、検出された相電流電氣角 θ_i 及び電流位相 θ_i を変数として含むロータ位置計算式は、次の式5である。

[式5]

$$m = \theta_i - \theta_e - 90^\circ$$

【0027】

式5における電流位相 θ_i は、相電流波高値 I_p 及び [誘起電圧電氣角 θ_e - 相電流電氣角 θ_i] をパラメータとして、予め用意したデータテーブルを参照することで選出される。そのデータテーブルは、次のようにして用意し、メモリに記憶しておく。

【0028】

データテーブル作成に関し、図3に示すのは、同期モータMのロータが回転しているときのモータベクトル図であり、印加電圧 V ($V_u \sim V_w$)、電流 I ($I_u \sim I_w$)、誘起電圧 E ($E_u \sim E_w$) の関係を d - q 座標にベクトルで表してある。誘起電圧 E は [θ_e] で表される。また、図3において、 V_d は印加電圧 V の d 軸成分、 V_q は印加電圧 V の q 軸成分、 I_d は電流 I の d 軸成分、 I_q は電流 I の q 軸成分、 E_d は誘起電圧 E の d 軸成分、 E_q は誘起電圧 E の q 軸成分である。さらに、q 軸を基準とした電圧位相が θ_e 、q 軸を基準とした電流位相が θ_i 、q 軸を基準とした誘起電圧位相が θ_e である。図中の ψ_a はロータの永久磁石の磁束、 L_d は d 軸インダクタンス、 L_q は q 軸インダクタンス、 R はステータコイルの抵抗値 ($R_{cu} \sim R_{cw}$)、 ψ_a はロータの総合鎖交磁束である。

【0029】

このモータベクトル図からすれば、ロータの回転速度を ω として次の式6が成立し、そして、式6の右辺から ψ_a に関する値を左辺に移して式7が成立する。

[式6]

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & -\omega L_q \\ \omega L_d & R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \omega \psi_a \end{pmatrix}$$

[式7]

$$\begin{pmatrix} E_d/\omega = (V_d - I_d \times R)/\omega \\ E_q/\omega = (V_q - I_q \times R)/\omega \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -L_q \\ L_d & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \psi_a \end{pmatrix}$$

【0030】

このように図3のモータベクトル図下で式6、式7が成り立つことを基礎としてデータテーブルが予め作成される。すなわち、モータベクトル図に示される電流位相 θ_i 及び電流 I をそれぞれ所定範囲内で段階的に増加させながら、[誘起電圧位相 θ_e - 電流位相 θ_i] が所定値のときの電流位相 θ_i を保存し、電流 I に相当する相電流波高値 I_p と、[誘起電圧位相 θ_e - 電流位相 θ_i] に相当する [誘起電圧電氣角 θ_e - 相電流電氣角 θ_i] と、をパラメータとした電流位相 θ_i のデータテーブルを作成する。

【0031】

詳しくは、例えば参考文献1の図5に示されているように、電流位相 θ_i を -180° から 180° まで 0.001° ずつ増加させ、且つ、電流 I を $0A$ から $64A$ まで $1A$ ずつ増加させながら、同期モータMに固有の d 軸インダクタンス L_d と q 軸インダクタンス L_q を利用して、モータベクトル図を基に電圧位相 θ_e 、電流位相 θ_i 、誘起電圧位相 θ_e を求め

10

20

30

40

50

る。そして、[誘起電圧位相 - 電流位相]が $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots$ のときの電流位相を保存する。これにより、電流 I に相当する相電流波高値 I_p を1つのパラメータとし、且つ、[誘起電圧位相 - 電流位相]に相当する[誘起電圧電角 e - 相電流電角 i]をもう1つのパラメータとした、電流位相のデータテーブルが作成される。

【0032】

このデータテーブルから選出される電流位相と相電流電角 i とを、ロータ位置計算式の式5に挿入すれば、ロータ位置 m が検出される。

【0033】

(2)第2の検出方法

第2の検出方法において、検出された誘起電圧電角 e 及び誘起電圧位相を変数として含むロータ位置計算式は、次の式8である。

[式8]

$$m = e - 90^\circ$$

【0034】

式8における誘起電圧位相は、相電流波高値 I_p 及び[誘起電圧電角 e - 相電流電角 i]をパラメータとして、予め用意したデータテーブルを参照することで選出される。そのデータテーブルは、次のように用意し、メモリに記憶しておく。

【0035】

この場合のデータテーブルも、図3のモータベクトル図下で式6、式7が成り立つことを基礎として予め作成される。すなわち、モータベクトル図に示される電流位相及び電流 I をそれぞれ所定範囲内で段階的に増加させながら、[誘起電圧位相 - 電流位相]が所定値のときの誘起電圧位相を保存し、電流 I に相当する相電流波高値 I_p と、[誘起電圧位相 - 電流位相]に相当する[誘起電圧電角 e - 相電流電角 i]と、をパラメータとした誘起電圧位相のデータテーブルを作成する。

【0036】

詳しくは、上記同様に、電流位相を -180° から 180° まで 0.001° ずつ増加させ、且つ、電流 I を $0A$ から $64A$ まで $1A$ ずつ増加させながら、同期モータ M に固有の d 軸インダクタンス L_d と q 軸インダクタンス L_q を利用して、モータベクトル図を基に電圧位相、電流位相、誘起電圧位相を求める。そして、[誘起電圧位相 - 電流位相]が $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, \dots$ のときの誘起電圧位相を保存する。これにより、電流 I に相当する相電流波高値 I_p を1つのパラメータとし、且つ、[誘起電圧位相 - 電流位相]に相当する[誘起電圧電角 e - 相電流電角 i]をもう1つのパラメータとした、誘起電圧位相のデータテーブルが作成される。

【0037】

このデータテーブルから選出される誘起電圧位相と誘起電圧電角 e とを、ロータ位置計算式の式8に挿入すれば、ロータ位置 m が検出される。

【0038】

以上の第1及び第2の検出方法を実行するロータ位置検出部6によると、上記のロータ位置計算式を用いてロータ位置 m を直接的に求めているので、位置検出運転においてロータ位置 m を精度良く検出することができる。また、ロータ計算式に含まれる変数の1つである電流位相又は誘起電圧位相を、予め用意したデータテーブルから選出する方式が採用されているので、電流位相又は誘起電圧位相をその都度計算によって求める場合に比べて処理負荷が低い。ただし、処理負荷を考えなくてもよいのであれば、その都度の計算で算出するように構成することも可能である。

【0039】

上記に説明した第1及び第2の検出方法では、データテーブルとして、相電流波高値 I_p 及び[誘起電圧電角 e - 相電流電角 i]をパラメータとして電流位相又は誘起電圧位相を選出するテーブルを例示した。これ以外にも、誘起電圧波高値 E_p 及び[誘起電圧電角 e - 相電流電角 i]をパラメータとして電流位相又は誘起電圧位相を選出するデータテーブル、相電流波高値 I_p 及び誘起電圧波高値 E_p をパラメータ

10

20

30

40

50

として電流位相 又は誘起電圧位相 を選出するデータテーブル、あるいは、相電流波高値 I_p 、誘起電圧波高値 E_p 及び [誘起電圧電角 e - 相電流電角 i] をパラメータとして電流位相 又は誘起電圧位相 を選出するデータテーブル、のいずれかを用いることが同様に可能である。

【 0 0 4 0 】

このようなロータ位置検出部 6 により検出されたロータ位置 m は、回転速度検出手段に相当する回転速度検出部 7 に入力される。回転速度検出部 7 は、ロータ位置検出部 6 で検出されたロータ位置 m に基づいて、 $d m / d t$ により回転速度 を検出する。このときの $d m / d t$ に関しては、後述 (段落 0 0 4 2) の通り角度補正に L / R のフィルタをかけてあることを考慮すると、同様に L / R と同じかこれよりも遅いフィルタをかけておくといよい。

10

電圧指示値設定手段として機能する電圧指示値設定部 8 は、外部から入力される運転指令に含まれた指令回転速度と回転速度検出部 7 により検出される回転速度 とに基づいて、印加電圧の電圧指示値 (電圧波高値) $V_{p\text{targ}}$ を設定し、インバータ駆動部 1 へ提供する。この電圧指示値 $V_{p\text{targ}}$ の応答速度については、回転速度 の計算時に用いたフィルタよりも十分に遅い応答性に設定して、 と $V_{p\text{targ}}$ との間の発振を防止するのがよい。

【 0 0 4 1 】

一方、インバータ駆動部 1 へ提供されるもう一つの指示値である印加電圧電角指示値 v_{targ} は、電圧電角指示値設定手段に相当する電圧電角指示値設定部 10 により、次に説明する第 1 設定方法又は第 2 設定方法に従って設定される。

20

【 0 0 4 2 】

以下に説明する設定方法においては、モータ効率に優れることから電流位相を目標の位相へ制御する位置検出運転を実行する。すなわち、電流位相を目標位相とするために印加電圧の電圧電角を制御周期ごとに更新する。この場合、特に過渡状態においては、電圧位相の変化に応じて電流位相が変化するまでに前述の式 1 で示した同期モータ M の L / R 時定数 (式 1 の B 部分) による応答遅延が発生するので、この応答特性を考慮して印加電圧電角指示値 v_{targ} の変化幅を調節しないと、指示値の発振や脱調を生じる。以下に示す第 1 設定方法及び第 2 設定方法を実行する電圧電角指示値設定部 10 は、この応答特性を考慮した演算を実行する。

【 0 0 4 3 】

30

(A) 第 1 設定方法

まず、上述したように、同期モータ M のステータコイルに印加される印加電圧 V_u, V_v, V_w が印加電圧検出部 3 で検出されると共に相電流 I_u, I_v, I_w が相電流検出部 2 で検出される。そして、検出された相電流 I_u, I_v, I_w 及び印加電圧 V_u, V_v, V_w に基づいて、相電流波高値・電角検出部 4 で電流波高値 I_p 及び相電流電角 i が検出されると共に誘起電圧波高値・電角検出部 5 で誘起電圧波高値 E_p 及び誘起電圧電角 e が検出される。これら検出された相電流波高値 I_p 、相電流電角 i 、誘起電圧波高値 E_p 、誘起電圧電角 e に基づいて、ロータ位置検出部 6 でロータ位置 m が検出される。また、電圧電角指示値設定部 10 において、検出された印加電圧 V_u, V_v, V_w に基づいて、現在の印加電圧位相 が算出される。この現在の印加電圧位相 は、次のようにして算出することができる。

40

【 0 0 4 4 】

U 相、V 相、W 相に正弦波通電を行っているときの各相印加電圧波形においては、上述の相電流及び誘起電圧の場合と同様、図 2 C に示すように、正弦波形を成す U 相印加電圧電流 V_u 、V 相印加電圧 V_v 、W 相印加電圧 V_w の間にそれぞれ 120° の位相差がある。この印加電圧波形からすれば、各相の印加電圧 V_u, V_v, V_w 、印加電圧波高値 V_p 、そして印加電圧電角 v の間には次の式 9 が成立する。電圧電角指示値設定部 10 は、印加電圧検出部 3 で検出される U 相印加電圧 V_u 、V 相印加電圧 V_v 、W 相印加電圧 V_w を利用して、式 9 によって印加電圧波高値 V_p 及び印加電圧電角 v を求める。この演算は、ロータ位置検出部 6 などで実行してもよい。

50

[式 9]

$$\begin{aligned}
 V_u &= V_p \times \cos(\nu) \\
 V_v &= V_p \times \cos(\nu - 2/3 \cdot \pi) \\
 V_w &= V_p \times \cos(\nu + 2/3 \cdot \pi)
 \end{aligned}$$

【 0 0 4 5 】

ロータ位置検出部 6 により電流位相 θ 及び電流電気角 α が上記のように算出されているので、これら電流位相 θ 及び電流電気角 α をロータ位置検出部 6 から入力した電圧電気角指示値設定部 10 は、算出した印加電圧電気角 ν に基づいて、次の式 10 に従って現在の印加電圧位相 θ を演算する。

[式 10]

$$\theta = \nu - \alpha$$

10

【 0 0 4 6 】

他方、目標値設定手段に相当する目標値設定部 20 は、ロータ位置検出部 6 を通して、相電流波高値・電気角検出部 4 で検出される電流波高値 I_p を入力し、この現在の電流波高値 I_p に基づいて目標電流位相 θ_{targ} を算出する。このとき、ロータ位置検出部 6 において現在の電流位相 θ が算出されているので、電流波高値 I_p 及び電流位相 θ から推定される現在の q 軸電流 I_q (電流波高値 I_p の q 軸成分) を、目標電流位相 θ_{targ} の算出に使用してもよい。いずれにしても、相電流波高値・電気角検出部 4 で検出される電流波高値 I_p に基づいて目標電流位相 θ_{targ} を算出することにかわりない。目標値設定部 20 は、電流波高値 I_p (又は I_q) の各値に対し (例えば 1 A ごとに)、効率が最大となるか、あるいは同一電流でトルクが最大となる最適電流進角 (= 目標電流位相 θ_{targ}) を、同期モータ M の既知のパラメータから予め作成したデータテーブルとしてメモリに記憶している。したがって、目標値設定部 20 は、現在の電流波高値 I_p (又は I_q) に該当する目標電流位相 θ_{targ} をデータテーブルから選出する。すると、この目標電流位相 θ_{targ} に対応する d 軸電流 I_d 及び q 軸電流 I_q が分かるので、次の式 11 (モータの電圧方程式) から d 軸電圧 V_d 及び q 軸電圧 V_q を演算し、式 12 に従って目標電圧位相 θ_{targ} を算出する。

20

[式 11]

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & -\omega L_q \\ \omega L_d & R \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \omega \psi_a \end{pmatrix}$$

30

[式 12]

$$\theta_{targ} = \tan^{-1}(V_d / V_q)$$

【 0 0 4 7 】

この目標値設定部 20 から目標印加電圧位相 θ_{targ} が入力されると、電圧電気角指示値設定部 10 は、上記算出した現在の印加電圧位相 θ と目標印加電圧位相 θ_{targ} との差を演算し、このときに、予め記憶してある同期モータ M の上記応答時定数 L/R による補正を実行して変化角度 $\Delta \nu$ を算出する。ここで使う応答時定数としては、前述した式 1 の B 部分を、モータパラメータとして既知の L_d 、 L_q と、電流波高値 I_p 及び電流位相 θ から算出できる I_d 、 I_q と、に基づいて演算して得た値でもよい。そして、電圧電気角指示値設定部 10 は、回転速度検出部 7 で検出される回転速度 ω と、前回 (現在出力中) の印加電圧電気角指示値 $\nu_{targ(-1)}$ と、変化角度 $\Delta \nu = (\theta_{targ} - \theta) \times L/R$ とを使用して、次の式 13 から新しい印加電圧電気角指示値 ν_{targ} を算出する。なお、式中の t は制御周期である。

40

[式 13]

$$\nu_{targ} = \nu_{targ(-1)} + [\Delta \nu \times t] + [\theta_{targ} - \theta] \times L/R$$

【 0 0 4 8 】

50

この第1設定方法によると、前の印加電圧電気角指示値 $v_{\text{targ}}(-1)$ に対する新しい印加電圧電気角指示値 v_{targ} の変化角度 v を同期モータMの応答時定数 L/R により補正しているため、同期モータMの応答特性に応じた適切な応答速度を保って印加電圧電気角指示値 v_{targ} が更新される。

【0049】

なお、電圧電気角指示値設定部10及び目標値設定部20における現在の印加電圧位相及び目標印加電圧位相 targ の演算は、算出された現在の印加電圧電気角 v と目標印加電圧位相 targ に基づく目標印加電圧電気角 v' とによって演算することもできる。この場合、式13中の $[\text{targ} -]$ は、 $[v' - v]$ とする。目標印加電圧電気角 v' は、 $v' = \text{targ} + m + 90^\circ$ で算出することができる。

10

【0050】

電圧電気角指示値設定部10において応答時定数 L/R による補正を行うにあたって、同期モータMのイナーシャ（慣性）を考慮した応答遅延係数を用い、次式14のようにしてさらに補正すると、より好ましい。

[式14]

$$v_{\text{targ}} = v_{\text{targ}}(-1) + [x \cdot t] + [\text{targ} -] \times [L/R] \times J \cdot K_i / K_t$$

【0051】

この式14中、 $J \cdot K_i / K_t$ がイナーシャによる応答遅延係数で、 J が負荷のイナーシャ (kgm)、 K_i は電流定数 (V/A , $=$)、 K_t はモータパラメータとして既知のトルク定数 (Nm/A) である。 K_i は、 $V = K_e \times \omega + K_i \times I$ の関係を持ち、コイル抵抗 R ($=$) で置き換えることもできる。なお、 V は印加電圧 (V)、 K_e は誘起電圧定数 (V/(rad/sec))、 ω は回転速度 (rad/sec) である。この $J \cdot K_i / K_t$ は、次のようにして求められる。

20

【0052】

同期モータMのイナーシャによるトルク (Nm) を T_j とすると、次式15の関係がある。式中の m は、同期モータMの機械的な回転速度 (機械角回転速度 rad/sec) である。

[式15]

$$T_j = J \times d^2 m / dt^2$$

また、印加電圧 V (V) が一定の場合、電流 I (A) に関し、同期モータMは次式16で表せる特性を示す。式中の $m(0)$ は、無負荷 0 Nm 、任意の電圧で同期モータMを運転したときに電流 $I = 0$ となる機械角回転速度である。

30

[式16]

$$m = m(0) - K_i \times I$$

そして、同期モータMのモータトルク (Nm) を T_i とすると、トルク T_i と電流 I の間には次式17の関係がある。

[式17]

$$T_i = K_t \times I$$

【0053】

同期モータMの出力軸にかかる負荷トルク (Nm) を T_c としたときに、この T_c が一定である場合、次式18の関係がある。

40

[式18]

$$T_c + T_j = T_i$$

上記式16を微分して式15にあてはめ、式17と共に式18に代入すると、次式19のようになり、式20が導かれる。

[式19]

$$T_c - J \times K_i \times dI / dt = K_t \times I$$

[式20]

$$T_c = K_t \times I + J \times K_i \times dI / dt$$

【0054】

50

式 20 に基づいて電流 I に関し過渡応答性を求めると、電流 I の応答時定数は、 $J \cdot K_i / K_t$ となる。したがって、 $J \cdot K_i / K_t$ をイナーシャによる応答遅延係数として式 14 の通りフィルタをかけることにより、制御安定性が向上する。

【 0055】

(B) 第 2 設定方法

第 2 設定方法では、現在のロータの鎖交磁束 Φ と、目標とする電流位相で運転されたときの目標鎖交磁束 Φ_{targ} とに基づいて、印加電圧電気角指示値 v_{targ} の変化角度 Δv を算出する。一般に、鎖交磁束 Φ と印加電圧 V との間には、 $V = \omega \Phi$ の関係があるので、現在の鎖交磁束 Φ と目標鎖交磁束 Φ_{targ} との差分 $[\Phi_{targ} - \Phi]$ に相当する鎖交磁束変化量 $\Delta \Phi$ を算出し、この鎖交磁束変化量 $\Delta \Phi$ の分だけ回転速度 ω を速くする印加電圧制御 10 を実行すると、電流位相は、結果的に目標値に到達する。このときの磁束変化に対応する電流 I の応答特性は、同期モータ M 自体がフィルタとして作用することから、応答遅延に配慮する必要がない。したがって、同期モータ M の応答特性に応じた適切な応答速度を保って印加電圧電気角指示値 v_{targ} が更新される。鎖交磁束変化量 $\Delta \Phi$ に相当する回転速度変化量 $\Delta \omega$ は、 $\Delta \omega = [(\Phi_{targ} - \Phi) / \Phi] \times \omega$ で求めることができる。印加電圧電気角指示値 v_{targ} の変化角度 Δv は、制御周期を T とすると、 $\Delta v = \Delta \omega \cdot T$ で算出することができる。以下に詳述する第 2 設定方法においては、 $(\Phi_{targ} - \Phi) / \Phi$ を、 d 軸電流 I_d から間接的に算出している。

【 0056】

まず、上述したように、同期モータ M のステータコイルに印加される印加電圧 V_u, V_v, V_w が印加電圧検出部 3 で検出されると共に相電流 I_u, I_v, I_w が相電流検出部 20 2 で検出される。そして、検出された相電流 I_u, I_v, I_w 及び印加電圧 V_u, V_v, V_w に基づいて、相電流波高値・電気角検出部 4 で電流波高値 I_p 及び相電流電気角 θ_i が検出されると共に誘起電圧波高値・電気角検出部 5 で誘起電圧波高値 E_p 及び誘起電圧電気角 θ_e が検出される。これら検出された相電流波高値 I_p 、相電流電気角 θ_i 、誘起電圧波高値 E_p 、誘起電圧電気角 θ_e に基づいて、ロータ位置検出部 6 でロータ位置 m が検出される。

【 0057】

第 2 設定方法において目標値設定部 20 は、ロータ位置検出部 6 から入力される電流波高値 I_p (又は上記同様に q 軸電流 I_q でも可) に基づいて、目標 d 軸電流 I_{dtarg} を算 30 出する。具体的には、目標値設定部 20 は、電流波高値 I_p (又は I_q) の各値に対し (例えば 1 A ごとに)、効率が最大となるか、あるいは同一電流でトルクが最大となる最適電流進角 (目標電流位相 θ_{targ}) に対応する目標 d 軸電流 I_{dtarg} を、同期モータ M の既知のパラメータから予め作成したデータテーブルとしてメモリに記憶している。したがって、目標値設定部 20 は、現在の電流波高値 I_p (又は I_q) に該当する目標 d 軸電流 I_{dtarg} をデータテーブルから選出し、電圧電気角指示値設定部 10 へ入力する。

【 0058】

電圧電気角指示値設定部 10 は、ロータ位置検出部 6 から現在の d 軸電流 I_d を入力し、当該現在の d 軸電流 I_d と目標 d 軸電流 I_{dtarg} との d 軸電流差 ΔI_d を算出する。現在の d 軸電流 I_d は、ロータ位置検出部 6 において電流位相 θ_i が検出されているので、電 40 流波高値 I_p 及び電流位相 θ_i から算出することができる。この演算は、ロータ位置検出部 6 で実行してもよいし、ロータ位置検出部 6 から現在の電流波高値 I_p 及び電流位相 θ_i を受け取った電圧電気角指示値設定部 10 で実行してもよい。 d 軸電流差 ΔI_d が算出されると、電圧電気角指示値設定部 10 は、該 d 軸電流差 ΔI_d に対応するロータの鎖交磁束変化量 $\Delta \Phi$ を算出し、この鎖交磁束変化量 $\Delta \Phi$ と、回転速度検出部 7 で検出される回転速度 ω とに基づいて、変化角度 Δv を算出する。図 4 に、第 2 設定方法に係る電圧電気角指示値設定部 10 の内部ブロック図を示す。

【 0059】

電圧電気角指示値設定部 10 において、現在の d 軸電流 I_d 及び目標 d 軸電流 I_{dtarg} は、 d 軸電流差演算部 11 に入力され、 $\Delta I_d = I_{dtarg} - I_d$ により d 軸電流差 ΔI_d 50

が算出される。一方、変化量記憶部 12 に、モータパラメータの 1 つとして、d 軸電流 I_d が 1 A 変化したときの鎖交磁束の単位変化量 $\Delta \Psi / A$ (% : 例えば 70 / 4096) が記憶されており、乗算部 13 において、単位変化量 $\Delta \Psi / A$ と d 軸電流差 I_d とが演算され、d 軸電流差 I_d に対応した鎖交磁束変化量 $\Delta \Psi$ が算出される。鎖交磁束変化量 $\Delta \Psi$ は乗算部 14 へ入力され、回転速度検出部 7 から入力される現在の回転速度 ω 及び制御周期 t と演算される。このときの現在の回転速度 ω は、クランプ部 15 により、応答時定数 L/R に従う最大値でクランプしておく。つまり $(\text{電気角回転数}) \times 1 / (L/R) \text{ Hz}$ でクランプする。これにより指示値の発振がより確実に防止される。

【0060】

本実施形態の場合、乗算部 14 から出力される変化角度 $\Delta \theta = \Delta \Psi \times t$ は、イナーシャ補正部 16 へ入力される。イナーシャ補正部 16 は、上記第 1 設定方法と同じ理由から、同期モータ M のイナーシャを考慮した応答遅延係数 $J \cdot K_i / K_t$ を用いて、変化角度 $\Delta \theta$ を補正する。イナーシャ補正後の変化角度 $\Delta \theta \times J \cdot K_i / K_t$ は、加算部 17 へ入力される。加算部 17 は、現在の回転速度 ω に乗算部 18 で制御周期 t を乗算した $\omega \times t$ と、前回、すなわち 1 回前の制御周期の印加電圧電気角指示値 $\theta_{\text{targ}}(-1)$ と、イナーシャ補正後の変化角度 $\Delta \theta \times J \cdot K_i / K_t$ と、を演算して、次式 21 で表される新しい印加電圧電気角指示値 θ_{targ} を出力する。

[式 21]

$$\theta_{\text{targ}} = \theta_{\text{targ}}(-1) + [\omega \times t] + [\Delta \theta \times J \cdot K_i / K_t]$$

【0061】

なお、イナーシャ補正部 16 を省いた場合の印加電圧電気角指示値 θ_{targ} は、次式 22 で表される。

[式 22]

$$\theta_{\text{targ}} = \theta_{\text{targ}}(-1) + [\omega \times t] + \Delta \theta$$

【符号の説明】

【0062】

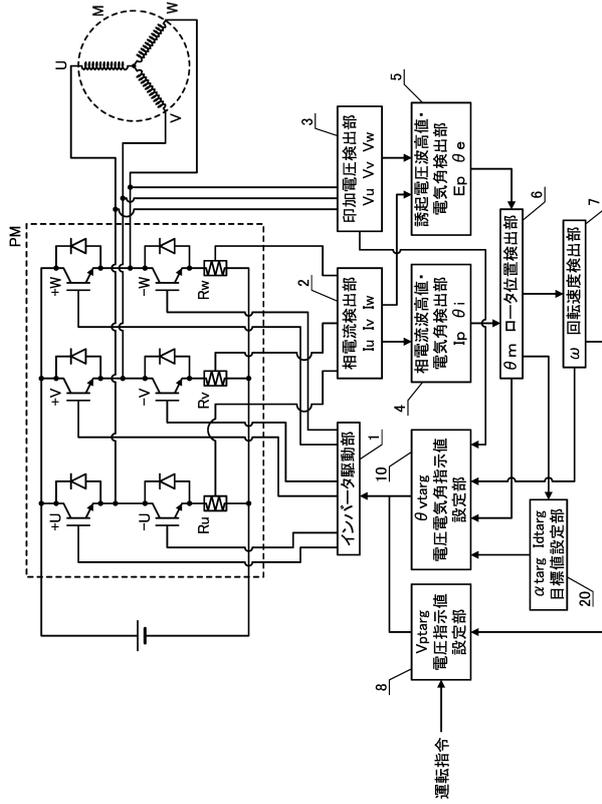
- 1 インバータ駆動部
- 2 相電流検出部
- 3 印加電圧検出部
- 4 相電流波高値・電気角検出部
- 5 誘起電圧波高値・電気角検出部
- 6 ロータ位置検出部
- 7 回転速度検出部
- 8 電圧指示値設定部
- 10 電圧電気角指示値設定部
- 20 目標値設定部

10

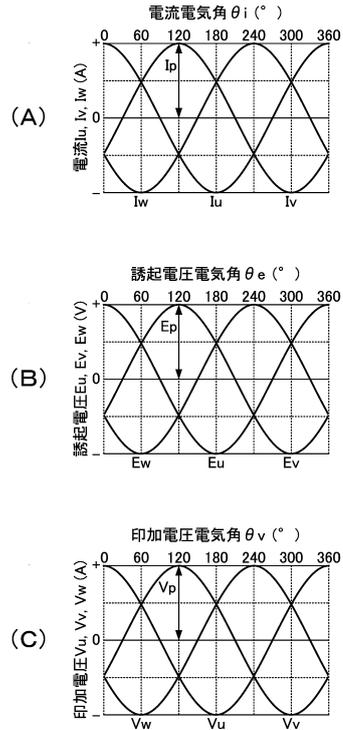
20

30

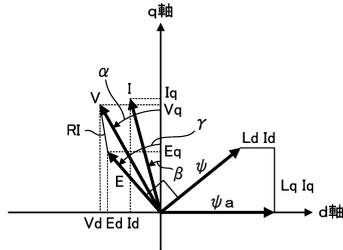
【図1】



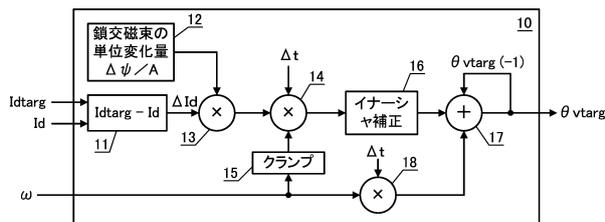
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-187407(JP,A)
特開平07-303302(JP,A)
特開2009-100601(JP,A)
特開2011-010438(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 6/16