

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4590761号
(P4590761)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int. Cl. F 1
 HO2P 21/00 (2006.01) HO2P 5/408 C
 HO2P 27/04 (2006.01) HO2P 6/02 371T
 HO2P 6/18 (2006.01)

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-74399 (P2001-74399)	(73) 特許権者	591083244 富士電機システムズ株式会社 東京都品川区大崎一丁目11番2号
(22) 出願日	平成13年3月15日(2001.3.15)	(74) 代理人	100091281 弁理士 森田 雄一
(65) 公開番号	特開2002-272198 (P2002-272198A)	(72) 発明者	山崎 高裕 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
(43) 公開日	平成14年9月20日(2002.9.20)	(72) 発明者	大沢 博 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
審査請求日	平成20年2月15日(2008.2.15)	(72) 発明者	野村 尚史 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石形同期電動機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転子の磁極位置を検出する位置検出器、及び端子電圧を検出する電圧検出器を有しない永久磁石形同期電動機をインバータにより駆動するための制御装置において、インバータが停止して回転子が空転している時にインバータを構成する半導体スイッチング素子をオンさせて電機子巻線の少なくとも2相を短絡させる手段と、この短絡動作の後に半導体スイッチング素子を全てオフさせる手段と、電機子電流をベクトルとしてとらえ、前記オフ期間中に流れる電機子電流を検出する手段と、前記オフ期間中に流れる電機子電流のベクトル回転方向から速度極性を検出する手段と、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値から速度絶対値を演算する手段と、前記速度極性と前記速度絶対値とから回転子の空転速度を推定する手段と、回転子の空転速度から磁極位置を推定する手段と、を備えたことを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

10

【請求項2】

回転子の磁極位置を検出する位置検出器、及び端子電圧を検出する電圧検出器を有しない永久磁石形同期電動機をインバータにより駆動するための制御装置において、インバータが停止して回転子が空転している時にインバータを構成する半導体スイッチング素子をオンさせて電機子巻線の少なくとも2相を短絡させる手段と、この短絡動作の後に半導体スイッチング素子を全てオフさせる手段と、

20

電機子電流をベクトルとしてとらえ、
 前記オフ期間中に流れる電機子電流を検出する手段と、
 前記短絡動作及びオフ動作からなる一連の動作を少なくとも2回行ない、
 前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値が所定値以下であれば、各短絡時に流れる電機子電流の位相及び各短絡動作の時間間隔を用いて回転子の空転速度を推定する手段と、
 前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値が所定値を越えていれば、前記オフ期間中に流れる電機子電流のベクトル回転方向から検出した速度極性と、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値から演算した速度絶対値とを用いて回転子の空転速度を推定する手段と、
 回転子の空転速度から磁極位置を推定する手段と、
 を備えたことを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

10

【請求項3】

回転子の磁極位置を検出する位置検出器、及び端子電圧を検出する電圧検出器を有しない永久磁石形同期電動機をインバータにより駆動するための制御装置において、
 インバータが停止して回転子が空転している時にインバータを構成する半導体スイッチング素子をオンさせて電機子巻線の少なくとも2相を短絡させる手段と、
 この短絡動作の後に半導体スイッチング素子を全てオフさせる手段と、
 電機子電流をベクトルとしてとらえ、
 前記オフ期間中に流れる電機子電流を検出する手段と、
 前記短絡動作及びオフ動作からなる一連の動作を少なくとも2回行ない、
 2回目の動作の開始直前に流れている電機子電流の大きさが所定値以下であれば、各短絡時に流れる電機子電流の位相及び各短絡動作の時間間隔を用いて回転子の空転速度を推定する手段と、
 2回目の動作の開始直前に流れている電機子電流の大きさが所定値を越えていれば、前記オフ期間中に流れる電機子電流のベクトル回転方向から検出した速度極性と、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値から演算した速度絶対値とを用いて回転子の空転速度を推定する手段と、
 回転子の空転速度から磁極位置を推定する手段と、
 を備えたことを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

20

【発明の詳細な説明】

30

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、永久磁石形同期電動機の制御装置に関し、特に回転子の磁極位置を検出するための位置検出器、及び電動機の端子電圧を検出する電圧検出器を使用しない永久磁石形同期電動機を対象として、インバータが停止している状態で回転子が空転している場合でも電動機の確実な起動を可能にした永久磁石形同期電動機の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

インバータなどの電力変換器を用いた永久磁石形同期電動機の制御では、一般にエンコーダやレゾルバなどの位置検出器により回転子の磁極位置を検出し、それに合わせて電動機の電圧や電流を制御する必要がある。

40

これに対して制御装置の低コスト化を目的として、位置検出器を用いずに、電動機の電圧や電流の情報から電氣的に磁極位置を推定演算するセンサレス制御が提案されている。このセンサレス制御において、一般に高価である電圧検出器を不要にして更なる低コスト化を図るために、電圧指令値と電圧実際値（端子電圧実際値）とは等しいという前提のもとに、電圧指令値と電流検出値とを用いて磁極位置を推定演算する方法がある。

【0003】

インバータを運転している状態では、確かに電圧実際値が電圧指令値とほぼ等しくなるように制御が行われている。しかるに、インバータが停止して電動機が回転している場合、すなわち電動機が空転している場合には、電動機に誘起電圧が発生しているにもかか

50

わらず電圧指令値はゼロまたは不定な値になるので、前述した電圧指令値と電圧実際値とがほぼ等しいという前提は成立しない。

このような状態でインバータを起動すると、磁極位置が分からないので電動機の誘起電圧と端子電圧の各瞬時値間に大きな差が生じて過電流が流れたり、起動直後に電動機が脱調したりして運転不能になる。

【 0 0 0 4 】

上記問題を解決する方法として、特開平 1 1 - 7 5 3 9 4 号公報に記載された交流回転機用電力変換装置が知られている。

この公知技術では、その請求項 1 , 2 に記載されているように、電動機の回転子が空転中にインバータを構成する半導体スイッチング素子をオンさせて電機子巻線を短絡させる。その際、回転子が空転していれば誘起電圧の作用によって電機子巻線に電流が流れ、この電流値は磁極位置と回転速度とに依存するので、上記電流値に基づいて回転子の磁極位置を推定する原理を用いている。また、上記従来技術の請求項 3 , 4 に記載されている如く、電機子巻線を短絡してから一定時間後に半導体スイッチング素子を全てオフさせることとし、これらの短絡、全てオフの一連の動作を 2 回行い、2 回の短絡時に流れる電流ベクトルの角度差から回転子の速度を演算するものである。

【 0 0 0 5 】

上述した公知技術によれば、位置検出器や速度検出器、電圧検出器を持たない同期電動機が空転している場合でも、演算による磁極位置検出を可能にしてインバータを支障なく起動することが可能である。

なお、本明細書では、電動機が空転中にインバータを起動することを、以後、「空転起動」と呼ぶことにする。

【 0 0 0 6 】

ここで、今後の理解を容易にするために用語を説明する。

図 4 は、静止座標系である α - β 座標系と、回転座標系である d - q 座標系の説明図であり、 θ 軸と d 軸との角度差である θ が回転子 3 0 A の磁極位置に相当する。 α 軸とは電動機の U 相巻線に正の電流を流したときに生じる磁束の方向にとった座標軸であり、 β 軸電流とは電流ベクトルの β 軸方向成分である。また、 α 軸と直交方向に q 軸を定義し、 β 軸方向成分の電流を d 軸電流と呼ぶ。

【 0 0 0 7 】

更に、 d 軸とは回転子 3 0 A の磁極が作る磁束の方向にとった座標軸であり、 d 軸電流とは電流ベクトルの d 軸方向成分である。電圧に関しても同じように定義し、 d 軸電圧とは電圧ベクトルの d 軸方向成分である。また、 d 軸と直交方向に q 軸を定義し、電流ベクトル、電圧ベクトルの q 軸方向成分をそれぞれ q 軸電流、 q 軸電圧と呼ぶ。但し、制御装置では推定した d 軸や q 軸の電圧、電流の情報しか得られないが、以下では簡単のため、例えば推定した d 軸電流も単に d 軸電流と呼ぶことにする。

【 0 0 0 8 】

図 5 は本発明の従来技術を示す制御ブロック図であり、電気学会論文誌 D 「産業応用部門誌」の 1 9 9 7 年 1 月号に掲載された論文「速度起電力推定に基づくセンサレス突極形ブラシレス DC モータ制御」に記載されているセンサレス制御方式に、前述の特開平 1 1 - 7 5 3 9 4 号公報記載の機能（点線で囲んだ空転起動制御部 5 0）を付加したものである。

【 0 0 0 9 】

図 5 において、1 0 は交流電源、2 0 は交流 - 直流変換及び直流 - 交流変換を行うインバータ、3 0 は永久磁石形同期電動機、4 1 は電動機 3 0 の各相電機子電流 i_u , i_v , i_w を検出する電流検出器、4 2 は各相電流 i_u , i_v , i_w を α - β 座標系の電流 i_α , i_β に変換する相数変換器、4 3 は α - β 座標系の電流 i_α , i_β を d - q 座標系の電流 i_d , i_q に変換する座標変換器、4 4 は電動機 3 0 の回転速度を推定する速度推定器、4 5 は速度推定値 から磁極位置推定値 を求める積分器、4 6 はインバータ 2 0 の半導体スイッチング素子に対するゲートパルスを生成し、このゲートパルスを切換スイッチ 4

10

20

30

40

50

7を介してインバータ20に供給するための電流調節部である。

【0010】

また、後に動作を説明する空転起動制御部50は、電流 i_u 、 i_v が入力される空転起動速度推定器51及び空転起動位置推定器52とこれらの推定器51、52の出力側に設けられた速度・位置推定値プリセットスイッチ53と、各スイッチ47、53及び電機子巻線短絡制御部55を制御する状態制御部54と、電機子巻線短絡制御部55とから構成されている。

【0011】

この従来技術の動作を、以下に説明する。

まず、そのセンサレス制御方式は、電流調節部46から出力される同期電動機30の端子電圧成分であるd軸電圧 v_d 及びq軸電圧 v_q と、座標変換器43から出力される電機子電流成分であるd軸電流 i_d 及びq軸電流 i_q とに基づいて、速度推定器44が回転子の速度を推定し、演算された速度推定値 ω_{r1} を積分器45により積分して回転子の磁極位置推定値 θ_{i1} を演算する。

ここで、通常の運転時には、ゲートパルス切換スイッチ47が電流調節部46側(A側)に接続されており、電流調節部46から得られる電圧指令値 (v_d^*, v_q^*) を用いてセンサレスベクトル制御を行う。

【0012】

一方、空転起動時には、インバータ20が停止していることを検出した状態制御部54からのゲートパルス切換信号によって、ゲートパルス切換スイッチ47を通常運転時のA側からB側に切り換える。

電機子巻線短絡制御部55は、状態制御部54からの制御信号aにより、電機子巻線のうち少なくとも2相を短絡するように半導体スイッチング素子をオンするゲートパルスを作成し、次に半導体スイッチング素子を全てオフするように、ゲートパルスを作成する。

【0013】

その際、回転子が空転していれば、誘起電圧の作用によって電機子巻線に電流が流れるので、このときの電流 i_u 、 i_v 、 i_w を検出し、相数変換器42により i_u 軸電流 I_u 、 i_v 軸電流 I_v を演算する。そしてこれらの電流値から、磁極位置 θ_{i1} を空転起動位置推定器52により、回転子の速度 ω_{r1} を空転起動速度推定器51により演算する。

【0014】

更に、上記の動作によって得られた演算結果を用いて空転起動を行うために、状態制御部54からの制御信号bにより速度・位置推定値プリセットスイッチ53をオンし、速度推定値及び位置推定値の初期値 ω_{r1} 、 θ_{i1} を設定する。同時に、状態制御部54からのゲートパルス切換信号によってゲートパルス切換スイッチ47をA側に戻し、インバータ20を制御して同期電動機30の空転起動が実行される。

【0015】

続いて、電機子巻線を短絡することによって流れる i_u 軸電流 i_u 、 i_v 軸電流 i_v に基づいて、空転時の速度及び磁極位置を推定する方法について説明する。

まず、速度演算方法について説明する。電機子巻線を短絡し、次に半導体スイッチング素子を全てオフする一連の動作を2回行い、1回目の短絡により検出された i_u 軸電流 i_{u1} 、 i_v 軸電流 i_{v1} が最大となる位相を θ_{i1} 、同じく2回目の短絡による位相を θ_{i2} とし、1回目の短絡開始から2回目の短絡開始までの間隔をTとすると、数式1から速度 ω_{r1} が求まる。

【0016】

【数1】

$$\omega_{r1} = \frac{\theta_{i2} - \theta_{i1}}{T}$$

【0017】

10

20

30

40

50

ここで、1回目の短絡によって流れる電機子電流の最大値の $i_{\beta 1}$ 、 $i_{\alpha 1}$ 軸成分を前述の如く $i_{\beta 1}$ 、 $i_{\alpha 1}$ とし、同じく2回目を $i_{\beta 2}$ 、 $i_{\alpha 2}$ とすると、 $i_{\beta 1}$ 、 $i_{\alpha 1}$ は数式2から求まる。

【0018】

【数2】

$$\theta_{i1} = \tan^{-1} \left(\frac{i_{\beta 1}}{i_{\alpha 1}} \right)$$

$$\theta_{i2} = \tan^{-1} \left(\frac{i_{\beta 2}}{i_{\alpha 2}} \right)$$

10

【0019】

ただし、この従来技術では、前述した特開平11-75394号公報の請求項5に記載されているように、間隔Tを、回転子が最大速度で空転している際に電気角で180°進む時間よりも短くする必要がある。そうしないと、例えば、回転子が正転方向に160°回転したときと、逆転方向に200°回転したときとで位相差 ($i_{\beta 2} - i_{\beta 1}$) が等しくなるため、どちらが正しいか判別できなくなる。

【0020】

20

次に、磁極位置の演算方法について説明する。2回目の短絡により検出された $i_{\beta 2}$ 、 $i_{\alpha 2}$ 軸電流 $i_{\beta 2}$ 、 $i_{\alpha 2}$ が最大となる位相を $i_{\beta 2}$ とし、そのときのd軸電流を i_{d2} 、q軸電流を i_{q2} とすると、数式3により磁極位置 θ_r が求まる。

【0021】

【数3】

$$\theta_r = \theta_{i2} - \tan^{-1} \left(\frac{i_{q2}}{i_{d2}} \right)$$

【0022】

30

ここで、 i_{d2} 、 i_{q2} は、短絡する時間を t_0 、回転子の磁極による磁束を ϕ_m 、d軸及びq軸方向のインダクタンスをそれぞれ L_d 、 L_q 、上記速度推定演算で求めた速度推定値を ω_{r1} とすると、数式4により演算される。

【0023】

【数4】

$$i_{d2} = \frac{\phi_m}{L_d} \left\{ \cos(\omega_{r1} \cdot t_0) - 1 \right\}$$

$$i_{q2} = \frac{\phi_m}{L_q} \sin(\omega_{r1} \cdot t_0)$$

40

【0024】

【発明が解決しようとする課題】

特開平11-75394号公報記載の公知技術を用いた図5等の従来技術では、原理的に短絡直前の電機子電流が零でなければ電機子電流ベクトルの位相を正確に演算することができず、速度や磁極位置を演算することができない。そのため、この従来技術では、1回目の短絡から2回目の短絡を開始するまでに電機子電流がほぼ零に減衰している必要がある。

50

【 0 0 2 5 】

また、インバータの出力電圧以上に誘起電圧が高くなる速度領域で回転子が空転している場合には、空転起動に当たって電機子巻線を短絡し、半導体スイッチング素子を全てオフして電機子電流を零に減衰させようとしても、インバータの出力電圧以上に誘起電圧が高いため、電機子電流が零に減衰するまでに時間がかかる。

そのため、電機子電流が減衰するまで2回目の短絡開始を待つ必要があるが、余り長い時間待ち過ぎると前述した間隔Tが電気角180°を越えてしまい、速度の極性を誤って演算するおそれがある。

【 0 0 2 6 】

そこで本発明は、インバータの出力電圧以上に誘起電圧が高くなるような速度領域で回転子が空転しているときでも、迅速かつ正確に空転速度及び磁極位置を推定して電動機の空転起動を可能にした永久磁石形同期電動機の制御装置を提供しようとするものである。

10

【 0 0 2 7 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、回転子の磁極位置を検出する位置検出器、及び端子電圧を検出する電圧検出器を有しない永久磁石形同期電動機をインバータにより駆動するための制御装置において、

前記インバータが停止して回転子が空転している時に前記インバータを構成する半導体スイッチング素子をオンさせて電機子巻線の少なくとも2相を短絡させる手段と、この短絡動作の後に半導体スイッチング素子を全てオフさせる手段と、電機子電流をベクトルとしてとらえ、前記オフ期間中に流れる電機子電流を検出する手段と、前記オフ期間中に流れる電機子電流のベクトル回転方向から速度極性を検出する手段と、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値から速度絶対値を演算する手段と、前記速度極性と前記速度絶対値とから回転子の空転速度を推定する手段と、回転子の空転速度から磁極位置を推定する手段と、を備えたものである。

20

【 0 0 2 8 】

請求項2記載の発明は、インバータが停止して回転子が空転している時にインバータを構成する半導体スイッチング素子をオンさせて電機子巻線の少なくとも2相を短絡させる手段と、この短絡動作の後に半導体スイッチング素子を全てオフさせる手段と、電機子電流をベクトルとしてとらえ、前記オフ期間中に流れる電機子電流を検出する手段と、前記短絡動作及びオフ動作からなる一連の動作を少なくとも2回行ない、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値が所定値以下であれば、従来技術と同様に各短絡時に流れる電機子電流の位相及び各短絡動作の時間間隔を用いて回転子の空転速度を推定する手段と、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値が所定値を越えていれば、請求項1記載の発明と同様に、前記オフ期間中に流れる電機子電流のベクトル回転方向から検出した速度極性と、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値から演算した速度絶対値とを用いて回転子の空転速度を推定する手段と、回転子の空転速度から磁極位置を推定する手段と、を備えたものである。

30

【 0 0 2 9 】

請求項3記載の発明は、インバータが停止して回転子が空転している時にインバータを構成する半導体スイッチング素子をオンさせて電機子巻線の少なくとも2相を短絡させる手段と、この短絡動作の後に半導体スイッチング素子を全てオフさせる手段と、電機子電流をベクトルとしてとらえ、前記オフ期間中に流れる電機子電流を検出する手段と、前記短絡動作及びオフ動作からなる一連の動作を少なくとも2回行ない、2回目の動作の開始直前に流れている電機子電流の大きさが所定値以下であれば、従来技術と同様に各短絡時に流れる電機子電流の位相及び各短絡動作の時間間隔を用いて回転子の空転速度を推定する手段と、2回目の動作の開始直前に流れている電機子電流の大きさが所定値を越えていれば、請求項1記載の発明と同様に、前記オフ期間中に流れる電機子電流のベクトル回転方向から検出した速度極性と、前記オフ期間中に流れる電機子電流の最大値から演算した速度絶対値とを用いて回転子の空転速度を推定する手段と、回転子の空転速度から磁極

40

50

位置を推定する手段と、を備えたものである。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、図に沿って本発明の実施形態を説明する。

まず、図1は本発明の第1実施形態を示す制御ブロック図であり、請求項1に記載した発明の実施形態に相当する。この図1において、50Aは空転起動制御部である。

【0031】

図5の従来技術と異なる点は、空転起動速度推定器56に代えて、速度極性検出器56a、速度絶対値演算器56b、及び乗算器56cから構成される空転起動速度推定器56が用いられている点であり、その他の構成要素については図5と同一である。なお、相数変換器42から出力される軸電流 i 及び軸電流 i は、座標変換器43以外に、速度極性検出器56a、速度絶対値演算器56b、及び空転起動位置推定器52に入力されている。

10

以下では、空転起動速度推定器56を中心として本実施形態の動作を説明する。

【0032】

空転起動速度推定器56において、速度極性検出器56aは、電機子巻線を短絡することによって流れる電機子電流のベクトル回転方向から速度極性 $\text{sgn}(\omega_{r2})$ を検出し、これを乗算器56cに出力する。速度絶対値演算器56bは、電機子電流の最大値から速度絶対値 $|\omega_{r2}|$ を個別に演算し、これを乗算器56cに出力する。

乗算器56cは、速度極性 $\text{sgn}(\omega_{r2})$ 及び速度絶対値 $|\omega_{r2}|$ を掛け合わせて空転速度 $\omega_{r2} (= \text{sgn}(\omega_{r2}) \times |\omega_{r2}|)$ を演算する。

20

このとき、インバータ20が停止していることを検出した状態制御部54からの制御信号bにより、速度・位置推定値プリセットスイッチ53はオン状態であるため、演算された空転速度 ω_{r2} はプリセットスイッチ53を介して速度推定器44に入力される。

【0033】

本実施形態では、回転子の速度極性、つまり回転子の回転方向を、半導体スイッチング素子を全てオフする期間中の電機子電流ベクトルの回転方向から速度極性検出器56aにより検出しているため、従来技術のように、1回目の短絡開始から2回目の短絡開始までの間隔Tに回転子が電気角で 180° 以上動くことによって回転子の回転方向を誤検出するおそれがない。

30

【0034】

次に、この実施形態における速度極性及び速度絶対値の演算方法について説明する。まず、半導体スイッチング素子を全てオフする期間中に流れる電機子電流の最大値の軸成分 $i_{\beta n}$ 、軸成分を $i_{\alpha 0}$ 、 $i_{\alpha n}$ とし、その後のある時刻における軸 $i_{\beta 0}$ 、軸電流を $i_{\alpha n}$ 、 $i_{\alpha 0}$ とすると、速度極性 $\text{sgn}(\omega_{r2})$ は数式5から検出することができる。ここで、ある時刻とは、回転子が電気角で 180° 以上動くことがないような短い期間経過後の時刻であることは言うまでもない。

【0035】

【数5】

$$\text{sgn}(\omega_{r2}) = \tan^{-1}\left(\frac{i_{\beta n}}{i_{\alpha n}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{i_{\beta 0}}{i_{\alpha 0}}\right)$$

40

【0036】

また、前記 $i_{\beta 0}$ 、 $i_{\alpha 0}$ を用い、更に磁極による磁束を ψ_m 、d軸、q軸方向のインダクタンスを L_d 、 L_q 、短絡の期間を t_0 とすると、速度絶対値 $|\omega_{r2}|$ は、数式6により演算できる。

【0037】

【数6】

50

$$\sqrt{i_{\alpha 0}^2 + i_{\beta 0}^2} = \left(\frac{\phi_m}{L_d}\right)^2 \left\{ \cos(|\omega_{r2}| \cdot t_0) - 1 \right\}^2 + \left(\frac{\phi_m}{L_q}\right)^2 \left\{ \sin(|\omega_{r2}| \cdot t_0) \right\}^2$$

【0038】

数式6において、 $(I_{\alpha 0}^2 + I_{\beta 0}^2)$ は電機子電流の大きさであるから、半導体スイッチング素子が全てオフする期間中に流れる電機子電流の最大値がわかれば、数式6により $|\omega_{r2}|$ を演算することができる。

【0039】

図5の従来技術と同様に、空転起動時には、状態制御部54からのゲートパルス切換信号によりゲートパルス切換スイッチ47を通常運転時のA側からB側に切り換え、電機子巻線短絡制御部55から、電機子巻線のうち少なくとも2相を短絡するように半導体スイッチング素子をオンするゲートパルスを作成し、次に半導体スイッチング素子を全てオフするように、ゲートパルスを作成する。

【0040】

そして、回転子空転時の電機子電流から軸電流 I_d 、軸電流 I_q を演算し、これらの電流を用いて空転速度 ω_{r2} を演算する手順は前述したとおりである。

また、磁極位置 θ_r については、空転起動位置推定器52が前述の数式3、数式4を用いて演算する。

更に、状態制御部54からのゲートパルス切換信号によってゲートパルス切換スイッチ47をA側に戻し、インバータ20を制御することによって同期電動機30の空転起動が実行される。

なお、この実施形態における通常運転時のセンサレス制御方式は図5の従来技術と同様である。

【0041】

次に、本発明の第2実施形態を図2に基づいて説明する。この実施形態は請求項2に記載した発明の実施形態に相当する。図2において、50Bは空転起動制御部である。

第2実施形態では、図5における空転起動速度推定器51及び空転起動位置推定器52に加えて、図1に示した空転起動速度推定器56と、空転起動速度推定器51の出力 ω_{r1} と空転起動速度推定器56の出力 ω_{r2} とを切り換える速度推定値切換スイッチ58と、このスイッチ58を切換制御する速度推定値切換器57とが付加されている。

なお、速度推定値切換スイッチ58によって選択された速度推定値 ω_{r1} または ω_{r2} が、速度推定値 ω_r として速度・位置推定値プリセットスイッチ53に入力されている。

【0042】

また、相数変換器42から出力される軸電流 i_d 及び軸電流 i_q は、空転起動速度推定器51、56、空転起動位置推定器52及び速度推定値切換器57に入力されている。以下では、図5の従来技術及び図1の第1実施形態と異なる部分を中心として動作を説明する。

【0043】

速度推定値切換器57は、半導体スイッチング素子を全てオフする期間中に流れる電機子電流の最大値が所定の値以下であれば、速度推定値切換スイッチ58のC側を接続して空転起動速度推定器51の出力 ω_{r1} を速度推定値 ω_r として速度・位置推定値プリセットスイッチ53に入力する。これにより、図2の回路は実質的に図5の従来技術と同一の動作を行う。

【0044】

逆に、電機子電流の最大値が所定の値を越えていれば、速度推定値切換スイッチ58のD側を接続して空転起動速度推定器56の出力 ω_{r2} を速度推定値 ω_r として速度・位置推定値プリセットスイッチ53に入力する。これにより、図2の回路は実質的に図1の回路と同一の動作を行う。

10

20

30

40

50

ここで、速度推定値切換スイッチ 58 を切り換える所定の値とは、例えば、空転状態の電動機の誘起電圧がインバータの最大出力電圧と等しくなる速度を数式 6 に代入して求めた電機子電流の大きさとすればよい。

【0045】

次いで、本発明の第 3 実施形態を図 3 に基づいて説明する。この実施形態は請求項 3 に記載した発明の実施形態に相当する。

図 3 において、50C は空転起動制御部であり、図 2 の第 2 実施形態と異なるのは、速度推定値切換器 57 に代わって速度推定値切換器 59 が用いられている点である。すなわち、速度推定値切換器の機能が第 2 実施形態と異なっている。

以下では、図 2 の第 2 実施形態と異なる部分のみを説明する。

10

【0046】

第 3 実施形態における速度推定値切換器 59 は、電機子巻線を短絡し、次に半導体スイッチング素子を全てオフする一連の動作の 2 回目開始直前に流れている電機子電流の i_a 軸成分を検出して、そのときの電機子電流の大きさが所定の値以下であれば、速度推定値切換スイッチ 58 の C 側を接続して空転起動速度推定器 51 の出力 r_1 を速度推定値 r として速度・位置推定値プリセットスイッチ 53 に入力する。これにより、図 3 の回路は実質的に図 5 の従来技術と同一の動作を行う。

【0047】

逆に、電機子電流の大きさが所定の値を越えていれば、速度推定値切換スイッチ 58 の D 側を接続して空転起動速度推定器 56 の出力 r_2 を速度推定値 r として速度・位置推定値プリセットスイッチ 53 に入力する。これにより、図 3 の回路は実質的に図 1 の回路と同一の動作を行う。

20

ここで、所定の値とは、例えば、短絡によって流れる電機子電流が減衰している状態での値、すなわちほぼ零とすればよい。

【0048】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、位置検出器及び電圧検出器を用いずにインバータにより永久磁石形同期電動機を運転する制御装置において、インバータの出力電圧の限界以上に誘起電圧が高くなる速度領域で回転子が空転しているときでも、回転子の速度及び磁極位置を迅速に検出して同期電動機を空転起動することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】本願発明の第 1 実施形態を示す制御ブロック図である。

【図 2】本願発明の第 2 実施形態を示す制御ブロック図である。

【図 3】本願発明の第 3 実施形態を示す制御ブロック図である。

【図 4】 d - q 座標系及び d - q 座標系を説明する図である。

【図 5】従来技術を示す制御ブロック図である。

【符号の説明】

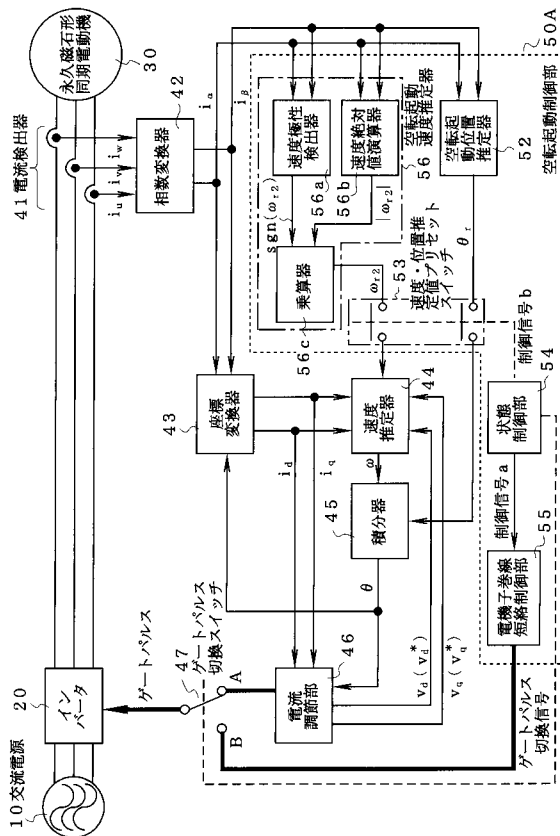
- 10 交流電源
- 20 インバータ
- 30 永久磁石形同期電動機
- 41 電流検出器
- 42 相数変換器
- 43 座標変換器
- 44 速度推定器
- 45 積分器
- 46 電流調節器
- 50A, 50B, 50C 空転起動制御部
- 51, 56 空転起動速度推定器
- 52 空転起動位置推定器
- 53 速度・位置推定値プリセットスイッチ

40

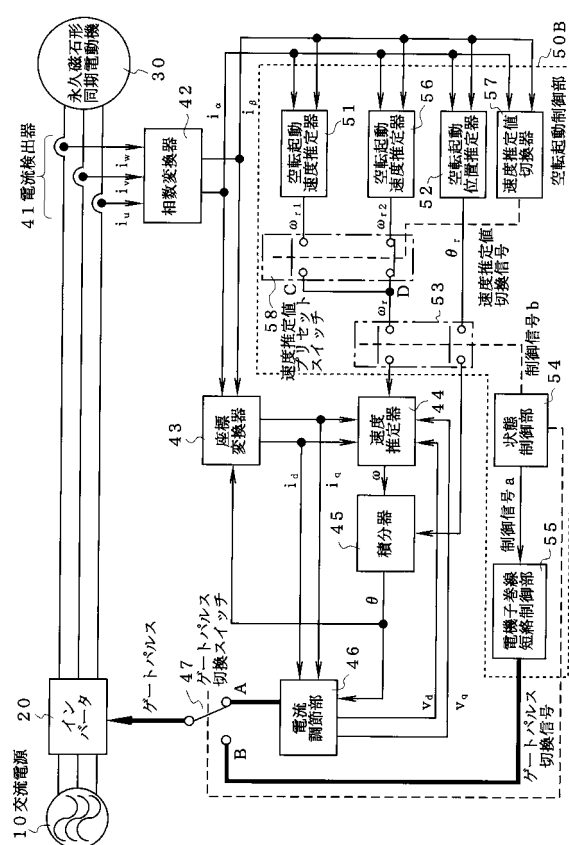
50

- 5 4 状態制御部
- 5 5 電機子巻線短絡制御部
- 5 6 a 速度極性検出器
- 5 6 b 速度絶対値演算器
- 5 6 c 乗算器
- 5 7 , 5 9 速度推定値切換器
- 5 8 速度推定値切換スイッチ

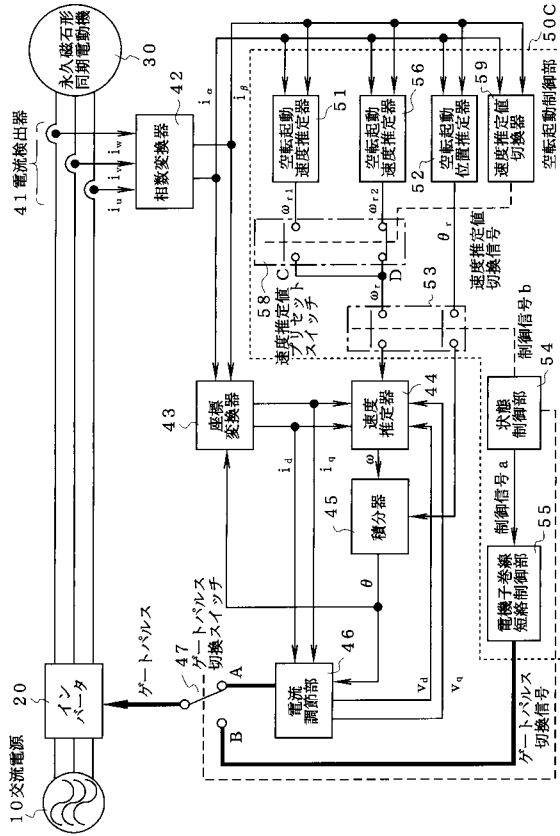
【図 1】



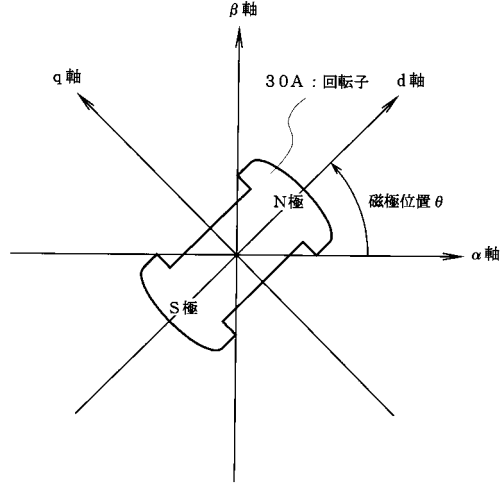
【図 2】



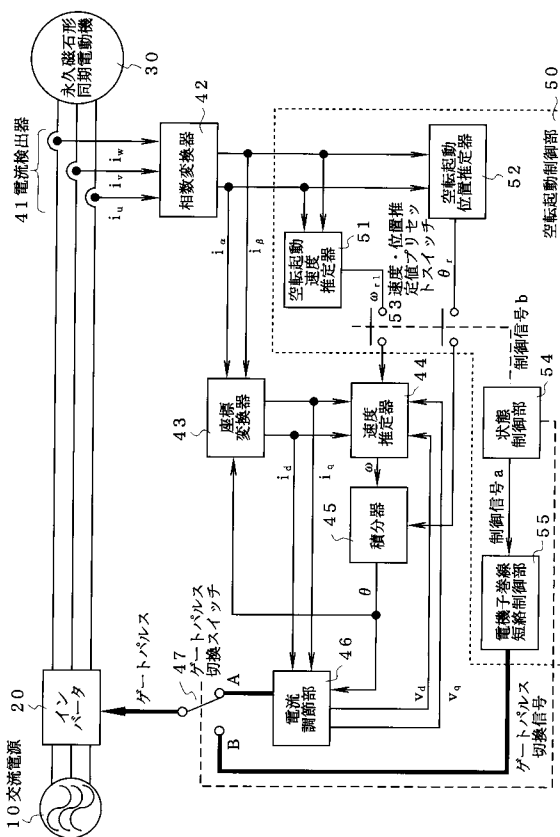
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 糸魚川 信夫
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開平11-075394(JP,A)
特開平11-318096(JP,A)
特開平11-018483(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 21/00-27/18
H02P 6/00-6/24