

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4354148号
(P4354148)

(45) 発行日 平成21年10月28日(2009.10.28)

(24) 登録日 平成21年8月7日(2009.8.7)

(51) Int.Cl.

F I

H O 2 P 27/06 (2006.01)

H O 2 P 7/63 3 O 2 H

請求項の数 3 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2002-109693 (P2002-109693)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成14年4月11日(2002.4.11)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2003-309996 (P2003-309996A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成15年10月31日(2003.10.31)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成16年11月25日(2004.11.25)		弁理士 酒井 宏明
審判番号	不服2008-778 (P2008-778/J1)	(72) 発明者	山崎 尚徳
審判請求日	平成20年1月10日(2008.1.10)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	金原 義彦
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	谷本 政則
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】誘導電動機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

誘導電動機と、

誘導電動機の電流指令値を出力する電流指令値生成手段と、

誘導電動機の電流値を検出する電流検出手段と、

電流指令値生成手段から出力される電流指令値と電流検出手段から出力される電流値とから電圧指令値を算出する電圧指令値生成手段と、

電圧指令値生成手段からの電圧指令値を用いて誘導電動機へ電力を供給する電力供給手段と、

を備える誘導電動機の制御装置において、

上記誘導電動機がフリーラン中に、上記電流指令値生成手段から直流電流指令値が出力された場合、前記電流検出手段からの電流値または電圧指令値生成手段からの電圧指令値を微分してリプル成分を抽出するリプル抽出手段と、

このリプル抽出手段の出力を用い、前記リプル成分の周波数と位相関係から誘導電動機のフリーラン状態を推定するフリーラン状態推定手段と、

を備え、

上記電流指令値生成手段は、直交する固定子座標軸のうち α 軸の電流指令値を所定の直流量とし、他方の β 軸の電流指令値を0として前記電力供給手段に出力するものであり、前記リプル抽出手段は、 α 軸の電流値または α 軸の電圧指令値を微分してリプル成分を抽出し、

10

20

前記フリーラン状態推定手段は、リプル抽出手段からの α 軸の微分電流値と前記電流検出手段からの β 軸の電流値とに基づく周波数と位相関係を用いるか、あるいはリプル抽出手段からの α 軸の微分電圧指令値と前記電圧指令値生成手段からの β 軸の電圧指令値とに基づく周波数と位相関係を用いることにより、誘導電動機のフリーラン状態を推定することを特徴とする誘導電動機の制御装置。

【請求項 2】

前記フリーラン状態推定手段は、

上記リプル抽出手段が出力する α 軸の微分電流値または α 軸の微分電圧指令値の符号を判別する第 1 の符号判別手段と、

前記電流検出手段からの β 軸の電流値または前記電圧指令値生成手段からの β 軸の電圧指令値の符号を判別する第 2 の符号判別手段と、

前記第 1 および第 2 の符号判別手段の出力の積を演算して第 1 の回転方向判別結果を出力する積算手段と、

上記積算手段の出力を積分する積分手段と、

この積分手段の出力の符号を判別し、この判別結果を最終的なフリーラン回転方向として出力する最終符号判別手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の誘導電動機の制御装置。

【請求項 3】

誘導電動機と、

誘導電動機の電流指令値を出力する電流指令値生成手段と、

誘導電動機の電流値を検出する電流検出手段と、

電流指令値生成手段から出力される電流指令値と電流検出手段から出力される電流値とから電圧指令値を算出する電圧指令値生成手段と、

電圧指令値生成手段からの電圧指令値を用いて誘導電動機へ電力を供給する電力供給手段と、

を備える誘導電動機の制御装置において、

前記誘導電動機がフリーラン中に、前記電流指令値生成手段から直流電流指令値が出力された場合、前記電流指令値生成手段からの複数の直流電流指令値と電流検出手段からの複数の電流値との対応するそれぞれの減算値を複数の電流リプル成分として抽出するリプル抽出手段と、

このリプル抽出手段の出力を用い、前記複数のリプル成分のうちの少なくとも一つの電流

リプル成分の周波数と前記複数の電流リプル成分の位相関係から誘導電動機のフリーラン状態を推定するフリーラン状態推定手段と、

を備えることを特徴とする誘導電動機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、速度センサを用いることなく誘導電動機を制御する誘導電動機の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

速度センサが備えられていない誘導電動機駆動システムにおいては、誘導電動機に電圧が印加されずフリーランしている状態から過大な電流やトルクによるショックを発生させずに安定に再起動する機能が必要となる。そのためには、誘導電動機においては、フリーラン回転速度とフリーラン回転方向の検出が必要である。このようなフリーラン回転速度およびフリーラン回転方向の検出を行っている従来技術として特開平 3 - 3694 号公報がある。図 11 を用いてこの従来技術の構成を説明する。

【0003】

図 11 において、1 は誘導電動機、2 は電力供給手段、3 は電流検出手段、4 は電流指令

10

20

30

40

50

値生成手段、5は電圧指令値生成手段、6hはリプル抽出手段、7hはフリーラン状態推定手段、31cは回転周波数検出手段、41は比較タイミング発生手段、42は位相比較手段である。

【0004】

まず、誘導電動機1、電力供給手段2、電流指令値生成手段4、電流検出手段3、電圧指令値生成手段5とで構成される電流制御ループのフリーラン状態の際の動作について説明する。本説明においては電流指令値、電圧指令値、電流値を固定子座標上の直交した2軸(α軸, β軸)で与えている。

【0005】

電流検出手段3は、実際の電流を電流センサなどで取得した3相での値 i_u, i_v, i_w に対し、次の式(1)(2)を用いてα, β軸での値 i_α, i_β に座標変換して電圧指令値生成手段5に出力する。

$$i_\alpha = (2/3)^{-1} * (i_u - 1/2 * i_v - 1/2 * i_w) \quad \dots (1)$$

$$i_\beta = (1/2)^{-(1/2)} * i_w - (1/2)^{-(1/2)} * i_v \quad \dots (2)$$

【0006】

電圧指令値生成手段5は、電流指令値生成手段4から入力されるα軸電流指令値 i_{α_ref} , β軸電流指令値 i_{β_ref} と上記のようにして得られた i_α, i_β を入力とし、次の式(3)(4)によってα軸電圧指令値 v_{α_ref} , β軸電圧指令値 v_{β_ref} を算出する。ただし、 K_p, K_i は、電流制御の応答を決定する比例ゲイン定数、積分ゲイン定数である。

$$v_{\alpha_ref} = K_p * (i_{\alpha_ref} - i_\alpha) + K_i * \int (i_{\alpha_ref} - i_\alpha) dt \quad \dots (3)$$

$$v_{\beta_ref} = K_p * (i_{\beta_ref} - i_\beta) + K_i * \int (i_{\beta_ref} - i_\beta) dt \quad \dots (4)$$

【0007】

α, β軸電圧指令値 $v_{\alpha_ref}, v_{\beta_ref}$ は、電力供給手段2へと出力される。電力供給手段2では、入力されたα, β軸電圧指令値 $v_{\alpha_ref}, v_{\beta_ref}$ に基づく実際の電圧ベクトルを誘導電動機1へと出力する。例えば主回路として電圧型インバータを用いる場合には、α, β軸電圧指令値 $v_{\alpha_ref}, v_{\beta_ref}$ を3相での波形に変換した後、3相のインバータのスイッチングパターンを生成する演算処理を経て、主回路の制御入力にスイッチングパターンを入力することで、誘導電動機1にパルス幅変調された3相電圧が供給される。

【0008】

このように構成される電流制御ループによって、実際のα, β軸電流 i_α, i_β は、電流指令値生成手段4が出力するα, β軸電流指令値 $i_{\alpha_ref}, i_{\beta_ref}$ に追従するように制御される。

【0009】

次に、リプル抽出手段6h、フリーラン状態推定手段7hについて説明する。

図12は、従来技術のフリーラン状態の推定について説明するためのものであり、電流指令値生成手段4から直流の電流指令値をステップ状に出力したときの電圧指令信号 i_{α_ref} 、および電流検出値 i_α, i_β の挙動を示している。本例では、図12(a)に破線で示すように、α軸電流指令値としてステップ状の $i_{\alpha_ref} = I_0$ (直流値)を与え、図12(b)に示すように、β軸電流指令値として $i_{\beta_ref} = 0$ を与えている。図12(a)に実線で示すように、あるいは図12(b)に実線(正転時)および破線(逆転時)で示すように、上記の電流ループの機能が働くことによって、実際のα, β軸電流 i_α, i_β の平均値は、電流指令値生成手段4が出力するα, β軸電流指令値 $i_{\alpha_ref} = I_0, i_{\beta_ref} = 0$ に追従するように制御されるが、 $v_{\alpha_ref}, v_{\beta_ref}, i_\alpha, i_\beta$ にはフリーラン回転周波数と同じ周波数のリプルが現れる。これは、誘導電動機1が、回転周波数と同じ周波数の共振点をもつ電気回路の特性を有しているためであり、電流指令値をステップ状に与えるショックが電流制御ループに印加されることによって各軸の電流と、各軸の電圧指令値に振動が誘起される。振動の持続性は、誘導電動機の回路定数に関係しているが、電圧指令値生成手段5のゲインの値によって操作が可能である。

【0010】

図12に示すとおり、ステップ状の指令値を印加しないβ軸の電流 i_β 、電圧指令値 v_β

10

20

30

40

50

refには直流分が含まれず、リップル成分のみとなる。よって回転周波数検出手段31cでは、 β 軸電圧指令値 v{β_ref} の符号反転のタイミングをカウントすることでリップル周波数、すなわち回転周波数を検知する。具体的には、フリーラン状態推定手段7hは、リップル計測期間を T [sec]、この期間中の符号反転の回数 N を計測して、これらの計測値を用いて回転周波数を次式

$$(N-1)/(2 \cdot T) [\text{Hz}]$$

によって算出し、算出した回転周波数の検出結果を外部に出力する。

【0011】

一方、フリーランの回転方向については、 v_{α_ref} と v_{β_ref} 、或いは i_{α} と i_{β} のリップル成分の位相順に注目することで確認が可能である。フリーラン回転方向と、 v_{β_ref} と v_{α_ref} 、或いは i_{α} と i_{β} のリップル成分の位相順は図13に示すようになる。

10

【0012】

正回転時にあっては、 v_{α_ref} (i_{α}) のリップル成分の位相 (図12(c)参照) は、 v_{β_ref} (i_{β}) のリップル成分の位相 (図12(d)の実線参照) に対し90[deg]進んで発生し、逆転時にあっては、 v_{α_ref} (i_{α}) のリップル成分の位相は、 v_{β_ref} (i_{β}) のリップル成分の位相 (図12(d)の破線参照) に対し90[deg]遅れて発生する。この特性を活かし、 α 、 β 軸それぞれのリップル成分を抽出して図13の関係をを用いれば、フリーラン回転方向の判別が可能である。

【0013】

図13においては、 v_{β_ref} が「-」から「+」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「+」であれば、正転と推定し、 v_{β_ref} が「+」から「-」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「-」であれば、正転と推定し、 v_{β_ref} が「-」から「+」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「-」であれば、逆転と推定し、 v_{β_ref} が「+」から「-」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「+」であれば、逆転と推定している。

20

【0014】

リップル成分の抽出に際し、従来技術では、 β 軸に関しては v_{β_ref} そのものをリップル成分として用い、 α 軸に関しては、 v_{α_ref} から、誘導電動機の一次抵抗値における電圧降下を差し引くことでリップル成分を抽出している。その原理を以下に説明する。

【0015】

誘導電動機の回路方程式は、以下のように記述できる。ただし、固定子直交座標 α 、 β 軸による記述であり、 v_{α} 、 v_{β} は実際の一次電圧、 $i_{r\alpha}$ 、 $i_{r\beta}$ は二次電流、 R_s は一次抵抗、 L_s は一次インダクタンス、 M は相互インダクタンスを指す。

30

$$v_{\alpha} = R_s \cdot i_{\alpha} + d/dt(L_s \cdot i_{\alpha} + M \cdot i_{r\alpha}) \quad \dots(5)$$

$$v_{\beta} = R_s \cdot i_{\beta} + d/dt(L_s \cdot i_{\beta} + M \cdot i_{r\beta}) \quad \dots(6)$$

【0016】

ここで、 i_{α} 、 i_{β} の平均値を $i_{\alpha 0}$ 、 $i_{\beta 0}$ 、リップル成分を $i_{\alpha p}$ 、 $i_{\beta p}$ とすると、 i_{α} 、 i_{β} は以下のように表現できる。ただし、従来技術の電流指令値の与え方の場合、電流制御によって $i_{\alpha 0} = I_0$ 、 $i_{\beta 0} = 0$ となる点に注意する。

$$i_{\alpha} = i_{\alpha 0} + i_{\alpha p} = I_0 + i_{\alpha p} \quad \dots(7)$$

$$i_{\beta} = i_{\beta 0} + i_{\beta p} = i_{\beta p} \quad \dots(8)$$

40

【0017】

一方、誘導電動機の二次側回路は相互インダクタンスによって一次側と結合しているため、二次電流 $i_{r\alpha}$ 、 $i_{r\beta}$ には、直流分は含まれない。式(7)(8)と同様の表記をすると次のようになる。

$$i_{r\alpha} = i_{r\alpha p} \quad \dots(9)$$

$$i_{r\beta} = i_{r\beta p} \quad \dots(10)$$

【0018】

電圧型インバータではほぼ指令どおりの電圧が印加できるため、 $v_{\alpha_ref} = v_{\alpha}$ 、 $v_{\beta_ref} = v_{\beta}$ と仮定できる。この仮定と式(5)~(10)とから、リップル情報を含む電流の項をまとめて整理すると次のようになる。

50

(α 軸の電圧リプル成分)

$$= R_s \cdot i_{\alpha p} + d/dt(L_s \cdot i_{\alpha p} + M \cdot i_{r \alpha p})$$

$$= v_{\alpha_ref} - R_s \cdot I_0 \dots (11)$$

(β 軸の電圧リプル成分)

$$= R_s \cdot i_{\beta p} + d/dt(L_s \cdot i_{\beta p} + M \cdot i_{r \beta p})$$

$$= v_{\beta_ref} \dots (12)$$

【0019】

式(12)より、 β 軸の電圧リプル成分は v_{β_ref} そのものであることが再度確認できる。一方、式(11)より、 α 軸の電圧リプル成分は、 $v_{\alpha_ref} - R_s \cdot I_0$ で算出できることが分かる。

10

【0020】

このことを利用し、従来技術では、リプル抽出手段 6 h において一次抵抗値 R_{s_n} を設定しておき、 $v_{\alpha_ref} - R_{s_n} \cdot I_0$ を演算することで v_{α_ref} のリプル成分を抽出している。抽出したリプル成分 $v_{\alpha_ref} - R_{s_n} \cdot I_0$ は、位相比較手段 4 2 に入力される。

【0021】

こうして得られる α , β 軸のリプル成分の位相関係を比較し、回転方向を検出する。具体的には、直流分の含まれない v_{β_ref} の符号反転タイミングを比較タイミング発生手段 4 1 にて検知し、この検知されたタイミングにおいて位相比較手段 4 2 が $v_{\alpha_ref} - R_{s_n} \cdot I_0$ の符号(極性)を判別し、さらに図 1 3 の関係の中から当てはまる回転方向情報を得る。そして、得られた回転方向検知結果をフリーラン状態推定手段 7 h の外部に出力する。

20

【0022】

【発明が解決しようとする課題】

従来の誘導電動機の制御装置にあっては、 v_{α_ref} のリプル成分の抽出にあたり、 i_{α_ref} のステップ指令値 I_0 と一次抵抗設定値 R_{s_n} を用いて、オフセットを演算除去しているため、熱などによって実際の一次抵抗値 R_s が変化し、制御装置に用いている一次抵抗値 R_s と食い違いが生じている場合には、 $(R_{s_n} - R_s) \cdot I_0$ のオフセットが残存することになる。このとき、図 1 3 を利用した正負判別において誤った符号を判別するケースが増え、位相順の誤判別、フリーラン回転方向の誤判別を引き起こす。その結果、安定なフリーラン再起動ができず、過電流に陥る、或いは、大きなトルクショックを生じるケースがあるという問題がある。

30

【0023】

また、図 1 3 に示すように、位相比較のタイミングが v_{β_ref} の符号変化時に限定されており、フリーラン回転数が低くリプル周波数が低い場合には一定期間内の位相比較のタイミングが少なくなる問題もある。上記抵抗変動や他の要因に起因した誤判断の影響を少なくするために複数回の符号判別結果を平均化処理しても、位相比較回数そのものが少ない場合には平均処理の効果が得にくいという問題もある。

【0024】

この発明は上記に鑑みてなされたもので、実際の抵抗値が温度変化などによって変動しても、精度良くリプル成分の抽出が可能とし、フリーランの回転方向を正確に検出し得る誘導電動機の制御装置を得ることを目的とする。

40

【0025】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、この発明にかかる誘導電動機の制御装置は、誘導電動機と、誘導電動機の電流指令値を出力する電流指令値生成手段と、誘導電動機の電流値を検出する電流検出手段と、電流指令値生成手段から出力される電流指令値と電流検出手段から出力される電流値とから電圧指令値を算出する電圧指令値生成手段と、電圧指令値生成手段からの電圧指令値を用いて誘導電動機へ電力を供給する電力供給手段とを備える誘導電動機の制御装置において、上記誘導電動機がフリーラン中に、上記電流指令値生成手段から直流電流指令値が出力された場合、前記電流検出手段からの電流値または電圧指令値生成手

50

段からの電圧指令値を微分してリプル成分を抽出するリプル抽出手段と、このリプル抽出手段の出力を用い、前記リプル成分の周波数と位相関係から誘導電動機のフリーラン状態を推定するフリーラン状態推定手段とを備えることを特徴とする。

【0026】

この発明によれば、リプル成分抽出に微分演算を用いるようにしており、これにより誘導電動機の抵抗値を用いずに電流値或いは電圧指令値の直流分を除去することができ、実際の抵抗値が温度変化などによって変動しても、精度良くリプル成分の抽出が可能となる。

【0027】

つぎの発明にかかる誘導電動機の制御装置は、上記の発明において、上記電流指令値生成手段は、直交する固定子座標軸のうち α 軸の電流指令値を所定の直流量とし、他方の β 軸の電流指令値を0として前記電力供給手段に出力するものであり、前記リプル抽出手段は、 α 軸の電流値または α 軸の電圧指令値と、 β 軸の電流値または β 軸の電圧指令値とを微分してリプル成分を抽出し、前記フリーラン状態推定手段は、リプル抽出手段からの α 軸の微分電流値と β 軸の微分電流値とに基づく周波数と位相関係を用いるか、あるいはリプル抽出手段からの α 軸の微分電圧指令値と β 軸の微分電圧指令値とに基づく周波数と位相関係を用いることにより、誘導電動機のフリーラン状態を推定することを特徴とする。

10

【0028】

この発明によれば、 α 軸および β 軸のリプル成分抽出に微分演算を用いるようにしており、これにより誘導電動機の抵抗値を用いずに電流値或いは電圧指令値の直流分を除去することができ、実際の抵抗値が温度変化などによって変動しても、精度良くリプル成分の抽出が可能となる。

20

【0029】

つぎの発明にかかる誘導電動機の制御装置は、上記の発明において、上記電流指令値生成手段は、直交する固定子座標軸のうち α 軸の電流指令値を所定の直流量とし、他方の β 軸の電流指令値を0として前記電力供給手段に出力するものであり、前記リプル抽出手段は、 α 軸の電流値または α 軸の電圧指令値を微分してリプル成分を抽出し、前記フリーラン状態推定手段は、リプル抽出手段からの α 軸の微分電流値と前記電流検出手段からの β 軸の電流値とに基づく周波数と位相関係を用いるか、あるいはリプル抽出手段からの α 軸の微分電圧指令値と前記電圧指令値生成手段からの β 軸の電圧指令値とに基づく周波数と位相関係を用いることにより、誘導電動機のフリーラン状態を推定することを特徴とする。

30

【0030】

この発明によれば、直流分の重畳している α 軸の電流値或いは電圧指令値のみに微分演算を施してリプル抽出を行うようにしたので、電流或いは電圧指令値の α 軸および β 軸リプル成分の位相関係が、誘導電動機の回転子が正転の場合ほぼ180度、逆転の場合ほぼ0度となるため、直流電流指令値を印加中の任意のタイミングで、各リプル成分の符号を確認するだけで容易に回転方向判別が可能となる。

【0031】

つぎの発明にかかる誘導電動機の制御装置は、上記の発明において、前記フリーラン状態推定手段は、上記リプル抽出手段が出力する α 軸の微分電流値または α 軸の微分電圧指令値の符号を判別する第1の符号判別手段と、前記電流検出手段からの β 軸の電流値または前記電圧指令値生成手段からの β 軸の電圧指令値の符号を判別する第2の符号判別手段と、前記第1および第2の符号判別手段の出力の積を演算して第1の回転方向判別結果を出力する積算手段と、上記積算手段の出力を積分する積分手段と、この積分手段の出力の符号を判別し、この判別結果を最終的なフリーラン回転方向として出力する最終符号判別手段とを備えることを特徴とする。

40

【0032】

この発明によれば、直流電流指令値の印加期間中における第1のフリーラン回転方向の判別結果が積分することで、ノイズの影響を平均化によって薄めるようにしており、これによりノイズの影響があってもより正確な回転方向の判別をなし得る。

【0033】

50

つぎの発明にかかる誘導電動機の制御装置は、誘導電動機と、誘導電動機の電流指令値を出力する電流指令値生成手段と、誘導電動機の電流値を検出する電流検出手段と、電流指令値生成手段から出力される電流指令値と電流検出手段から出力される電流値とから電圧指令値を算出する電圧指令値生成手段と、電圧指令値生成手段からの電圧指令値を用いて誘導電動機へ電力を供給する電力供給手段とを備える誘導電動機の制御装置において、上記誘導電動機がフリーラン中に、上記電流指令値生成手段から直流電流指令値が出力された場合、前記電流指令値生成手段からの電流指令値と電流検出手段からの電流値との偏差を求めることにより電流リップル成分を抽出するリップル抽出手段と、このリップル抽出手段の出力を用い、前記リップル成分の周波数と位相関係から誘導電動機のフリーラン状態を推定するフリーラン状態推定手段とを備えることを特徴とする。

10

【0034】

この発明によれば、電流リップル抽出に偏差算出演算を用いるようにしており、これにより誘導電動機の抵抗値を用いずに電流値或いは電圧指令値の直流分を除去することができ、実際の抵抗値が温度変化などによって変動しても、精度良くリップル成分の抽出が可能となる。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる誘導電動機の制御装置の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0036】

20

実施の形態 1 .

図 1 は実施の形態 1 における誘導電動機の制御装置を示すもので、図 1 1 に示した従来技術と同じ構成要素については同一符号を付している。

【0037】

図 1 において、1 は誘導電動機、2 は電力供給手段、3 は電流検出手段、4 は電流指令値生成手段、5 は電圧指令値生成手段、6 a はリップル抽出手段、7 a はフリーラン状態推定手段である。

【0038】

電流指令値生成手段 4 は、誘導電動機の電流指令値 i_{α_ref} , i_{β_ref} を電圧指令値生成手段 5 に出力する。電流検出手段 3 は、誘導電動機の電流値 i_{α} , i_{β} を検出し、検出した電流値 i_{α} , i_{β} を電圧指令値生成手段に出力する。電圧指令値生成手段 5 は、電流指令値生成手段 4 から出力される電流指令値と電流検出手段 3 から出力される電流値とから電圧指令値 v_{α_ref} , v_{β_ref} を算出し、算出した電圧指令値を電力供給手段 2 に出力する。電力供給手段 2 は、入力された電圧指令値に基づき電圧ベクトルを生成し、生成した電圧ベクトルを誘導電動機 1 へ出力する。

30

【0039】

リップル抽出手段 6 a は、誘導電動機がフリーラン中に電流指令値生成手段 4 から直流電流指令値を出力した場合に、電流値 i_{α} , i_{β} 或いは電圧指令値 v_{α_ref} , v_{β_ref} の少なくとも一方からリップル成分を抽出する。この場合は、電圧指令値 v_{α_ref} , v_{β_ref} を用いてリップル成分を抽出するものとする。

40

【0040】

フリーラン状態推定手段 7 a は、リップル抽出手段 6 a によって抽出されたりリップル成分の周波数と位相関係から誘導電動機 1 のフリーラン状態、すなわち回転周波数および回転方向を推定する。

【0041】

つぎに、この実施の形態 1 における特徴的な構成であるリップル抽出手段 6 a について説明する。

【0042】

先の式 (1 1) (1 2) を用いた説明で述べたように、 α 軸電圧指令値 v_{α_ref} には一次抵抗部分の電圧降下によるオフセットが重畳している。従来技術では、このオフセット分を、

50

一次抵抗設定値 R_{s_n} と電流指令値 I_0 を用いて減算処理している。また一方、 β 軸電流指令値を $i_{\beta_ref}=0$ と選択することで、電圧指令値 v_{β_ref} にオフセットが重畳することは回避している。

【 0 0 4 3 】

図 1 のリプル抽出手段 6 a では、このような v_{α_ref} 、 v_{β_ref} に対し微分演算を施してリプル成分を抽出する。 I_0 が直流量であり、 $d/dt I_0=0$ であることに注意すると、リプル抽出手段 6 a における処理は以下になる。

$$\begin{aligned} d/dt(v_{\alpha_ref}) &= d/dt[R_s * i_{\alpha p} + d/dt(L_s * i_{\alpha p} + M * i_{r \alpha p}) + R_s * I_0] \\ &= d/dt[R_s * i_{\alpha p} + d/dt(L_s * i_{\alpha p} + M * i_{r \alpha p})] \\ &= d/dt[(\alpha \text{ 軸の電圧リプル成分})] \end{aligned} \quad 10$$

...(13)

$$\begin{aligned} d/dt(v_{\beta_ref}) &= d/dt[R_s * i_{\beta p} + d/dt(L_s * i_{\beta p} + M * i_{r \beta p})] \\ &= d/dt[(\beta \text{ 軸の電圧リプル成分})] \end{aligned}$$

...(14)

【 0 0 4 4 】

式(13)を先の式(11)と比較すると、電圧指令値 v_{α_ref} の直流分が微分によって除去され、 α 軸電圧のリプル成分を抽出できることが確認できる。ただし微分によってリプルの位相は $90 [deg]$ 進むことに注意が必要である。 20

【 0 0 4 5 】

一方、式(14)と先の式(12)を比較すると、同様に β 軸電圧のリプル成分が微分によって $90 [deg]$ 進んで抽出される。こうしてリプル抽出手段 6 a で抽出された信号、 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ 、 $d/dt(v_{\beta_ref})$ は、フリーラン状態推定手段 7 a に入力される。

【 0 0 4 6 】

α 、 β 軸の電圧リプル成分の位相はそろって $90 [deg]$ 進むため、位相の関係は先の図 1 2 で示したものと全く同様である。従って、フリーラン状態推定手段 7 a では、従来技術のフリーラン状態推定手段 7 h での処理と同一の処理手順で回転周波数の検知、回転方向の検知が可能である。すなわち、図 1 3 に示したように、回転方向については、 v_{β_ref} が「-」から「+」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「+」であれば、正転と推定し、 v_{β_ref} が「+」から「-」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「-」であれば、正転と推定し、 v_{β_ref} が「-」から「+」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「-」であれば、逆転と推定し、 v_{β_ref} が「+」から「-」への符号反転をするときに v_{α_ref} が「+」であれば、逆転と推定する。また、回転周波数については、リプル計測期間を $T [sec]$ 、この期間中の符号反転の回数 N を計測して、これらの計測値を用いて回転周波数を式 $(N-1)/(2*T) [Hz]$ によって算出する。 30

【 0 0 4 7 】

このように、実施の形態 1 によれば、電圧指令値 v_{α_ref} に重畳した直流分を微分演算によって消去できるため、抵抗値を用いることなくリプル成分を抽出可能である。よってリプル成分抽出結果に実際の抵抗変動の影響を受けないという効果が得られ、回転方向判別の精度が改善される効果が得られる。 40

【 0 0 4 8 】

なお、上記の例では、 β 軸電流指令値 i_{β_ref} に関しては、 $i_{\beta_ref} = 0$ の場合について説明したが、 i_{β_ref} として任意の直流量を加えた場合、 v_{β_ref} にも電圧降下分のオフセットが生じる。しかしその場合でも式(14)は成り立つ。よって、実施の形態 1 の場合には、印加する直流電流指令値ベクトルの方向を限定しなくとも良いという効果も得られる。

【 0 0 4 9 】

図 2 は、実施の形態 1 の変形態様を示す図である。この変形態様においては、リプル抽出手段 6 b は、電流検出手段 3 から出力される電流値 i_α 、 i_β を用いてリプル成分を抽出するようにしている。

【 0 0 5 0 】

先の式 (7)、(8) に示したとおり、電流値 i_α には指令値 $i_{\alpha_ref} = I_0$ に等しい直流分が重畳している。式 (7)、(8) の両辺を微分すると以下の式 (15)、(16) のようになる。

$$d/dt(i_\alpha) = d/dt(I_0 + i_{\alpha p}) = d/dt(i_{\alpha p}) \quad \dots (15)$$

$$d/dt(i_\beta) = d/dt(i_{\beta p}) \quad \dots (16)$$

【 0 0 5 1 】

α 軸電流 i_α の直流分が微分によって除去され、 α 軸電圧のリプル成分を抽出できることが確認できる。ただし微分によってリプルの位相は 90° 進むことに注意が必要である。一方、式 (16) と同様に β 軸電流 i_β のリプル成分が微分によって 90° 進んで抽出される。こうしてリプル抽出手段 6 b で抽出された信号 $d/dt(i_\alpha)$ 、 $d/dt(i_\beta)$ は、フリーラン状態推定手段 7 b に入力される。

【 0 0 5 2 】

α 、 β 軸の電圧リプル成分の位相はそろって 90° 進むため、位相の関係は先の図 12 で示したものと全く同様である。従って、フリーラン状態推定手段 7 b では、従来技術のフリーラン状態推定手段 7 h での処理と同じ処理手順で回転周波数の検知、回転方向の検知が可能である。すなわち、図 13 に示したように、回転方向については、 i_β が「-」から「+」への符号反転をするときに i_α が「+」であれば、正転と推定し、 i_β が「+」から「-」への符号反転をするときに i_α が「-」であれば、正転と推定し、 i_β が「-」から「+」への符号反転をするときに i_α が「-」であれば、逆転と推定し、 i_β が「+」から「-」への符号反転をするときに i_α が「+」であれば、逆転と推定する。また、回転周波数については、リプル計測期間を T [sec]、この期間中の符号反転の回数 N を計測して、これらの計測値を用いて回転周波数を式 $(N-1)/(2 \cdot T)$ [Hz] によって算出する。

【 0 0 5 3 】

このように、図 2 に示す実施の形態 1 の変形態様によれば、検出電流 i_α に重畳した直流分を微分演算によって消去できるため、抵抗値を用いることなくリプル成分を抽出可能である。よってリプル成分抽出結果に実際の抵抗変動の影響を受けないという効果が得られ、回転方向判別の精度が改善される効果が得られる。

【 0 0 5 4 】

なお、上記の例では、 β 軸電流指令値 i_{β_ref} に関しては、 $i_{\beta_ref} = 0$ の場合について説明したが、 i_{β_ref} として任意の直流量を加えた場合、 i_β にも指令値 i_{β_ref} に相当するオフセットが生じる。しかしその場合でも式 (16) は成り立つ。よって、図 2 の構成例の場合には、図 1 の場合と同様、印加する直流電流指令値ベクトルの方向を限定しなくとも良いという効果が得られる。

【 0 0 5 5 】

また、実施の形態 1 のリプル抽出手段 6 a、6 b の後段に位置するフリーラン状態推定手段 7 a、7 b では、リプル成分の位相情報、符号情報しか用いない。よってリプル抽出手段 6 a、6 b での微分演算では、電圧指令値や電流値からオフセットが除去さえできれば、リプルの振幅情報を必ずしも保存する必要はない。よって、微分演算後にリプルの符号判別を助けるために適当なゲインを積算してリプル成分信号の振幅を大きくしたり、微分演算の代替として時間の割り算を省略した差分演算を利用したり、高周波ノイズを過大に増幅させないように微分演算ではなくハイパスフィルタ演算（擬似微分演算）を利用するなどしても良い。

【 0 0 5 6 】

実施の形態 2 .

つぎに、図 3 ~ 図 6 を用いてこの発明の実施の形態 2 について説明する。図 3 は実施の形

10

20

30

40

50

態 2 における誘導電動機の制御装置を示すもので、実施の形態 1 と同じ構成要素については同一符号を付している。

【 0 0 5 7 】

この実施の形態 2 においては、リプル抽出手段 6 c は、直交する固定子座標軸の 2 軸のうち、ステップ状に直流の指令値を印加する軸の電圧指令値（この場合は、 V_{α_ref} ）に対してのみ微分演算を行うようにしており、他方の軸の電圧指令値（ V_{β_ref} ）に関しては、微分演算を行うことなくフリーラン状態推定手段 7 c に入力している。

【 0 0 5 8 】

先の式 (11)、(12) に関する説明で述べたように、電流指令値を $i_{\alpha_ref} = I_0$ 、 $i_{\beta_ref} = 0$ として与えた場合、 α 軸電圧指令値 v_{α_ref} には一次抵抗部分の電圧降下によるオフセットが重畳しており、 β 軸電圧指令値 v_{β_ref} にはオフセットは重畳しない。また、 α 軸のリプル成分と β 軸のリプル成分は位相差が $90 [deg]$ であり、図 12 および図 13 を用いて説明したように、フリーラン回転方向によってそれらの進み / 遅れ関係が決まっている。

【 0 0 5 9 】

ここで、リプル抽出手段 6 c によって、 α 軸電圧指令値 v_{α_ref} に対して微分演算を施すと、先の式 (11) のように抵抗値を用いることなく、 α 軸電圧のリプル成分を抽出可能である。一方、 β 軸の電圧指令値（ V_{β_ref} ）に関しては、微分演算を行うことなくフリーラン状態推定手段 7 c に入力しているので、フリーラン状態推定手段 7 c には、位相が $90 [deg]$ 進んだ α 軸電圧リプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ と、 β 軸の電圧リプル成分 v_{β_ref} そのものが入力されることになる。

【 0 0 6 0 】

図 5 (a) は、位相が $90 [deg]$ 進んだ α 軸電圧リプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ を示すものである。また図 5 (b) は、 β 軸の電圧リプル成分 v_{β_ref} を示すものであり、実線が正転時を、破線が逆転時を示している。

【 0 0 6 1 】

図 6 は、フリーラン状態推定手段 7 c での、フリーラン回転方向の判別条件を示すものである。図 5 (a) および図 5 (b) の各波形を照合すれば判るように、フリーラン回転方向の判別条件には、次のような関係が成立する。

【 0 0 6 2 】

すなわち、 α 軸電圧リプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ および β 軸の電圧リプル成分 v_{β_ref} の符号が不一致の時には、正転と推定し、 α 軸電圧リプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ および β 軸の電圧リプル成分 v_{β_ref} の符号が一致の時には、逆転と推定する。

【 0 0 6 3 】

このように、 α 軸電圧リプル成分の方だけ位相を $90 [deg]$ 進める結果、フリーラン状態推定手段 7 c で比較される 2 つのリプル成分の位相差は、正転時には $180 [deg]$ 、逆転時には $0 [deg]$ となるため、各リプル成分の符号に注目するとフリーラン回転方向が分かることになる。従来技術におけるフリーラン状態推定手段 7 h では、 $90 [deg]$ の位相進み / 遅れを判別するため、 v_{β_ref} の符号反転のタイミングにおける v_{α_ref} の符号に注目する必要があったが、実施の形態 2 の場合、フリーラン状態推定手段 7 c では、任意の時刻で各リプル成分の符号さえ検知すれば、回転方向判別が可能となる。

【 0 0 6 4 】

以上のように、実施の形態 2 によれば、抵抗値を用いることなく、直流電流指令を印加した軸のオフセット成分を除去でき、フリーラン状態推定手段の検出精度が抵抗変動に左右されないという効果が得られる。さらに、直交した固定子座標 2 軸のうちの一方向のリプル成分のみに微分演算を施し、2 軸のリプル成分の抽出結果の位相差を $180 [deg]$ 或いは $0 [deg]$ とすることで、任意のタイミングにおける 2 つのリプル成分の符号判別で回転方向の判別が可能となり、シーケンスが単純になって制御の信頼性が向上し、方向判別の S / N 比が大幅に向上する効果が得られる。

【 0 0 6 5 】

図 4 は、実施の形態 2 の変形態様を示す図である。この変形態様においては、リプル抽出手段 6 d は、電流検出手段 3 から出力される電流値 i_α を用いてリプル成分を抽出するようにしている。すなわち、リプル抽出手段 6 d は、直交する固定子座標軸の 2 軸のうち、オフセットの重畳する軸の電流値（この場合は、 i_α ）に対してのみ微分演算を行い、他方の軸の電流値（ i_β ）に関しては、微分演算を行うことなくフリーラン状態推定手段 7 d に入力している。

【 0 0 6 6 】

先の図 1 2 を用いて説明したように、電流指令値を $i_{\alpha_ref} = I_0$ 、 $i_{\beta_ref} = 0$ として与えた場合、 α 軸電流値 i_α には直流分 I_0 に加えてリプル成分が重畳しており、 β 軸電流 i_β はリプル成分のみである。また、 α 軸のリプル成分と β 軸のリプル成分は位相差が $90 [deg]$ であり、図 1 2 および図 1 3 を用いて説明したように、フリーラン回転方向によってそれらの進み / 遅れ関係が決まっている。

【 0 0 6 7 】

ここで、リプル抽出手段 6 d によって、 α 軸の電流値 i_α に対して微分演算を施すと、先の式 (1 1) のように抵抗値を用いることなく、 α 軸電圧のリプル成分を抽出可能である。一方、 β 軸の電流値 i_β に関しては、微分演算を行うことなくフリーラン状態推定手段 7 d に入力しているので、フリーラン状態推定手段 7 d には、位相が $90 [deg]$ 進んだ α 軸電流リプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ と、 β 軸の電流リプル成分 i_β そのものが入力されることになる。

【 0 0 6 8 】

図 5 (c) は、位相が $90 [deg]$ 進んだ α 軸電流リプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ を示すものである。また図 5 (d) は、 β 軸の電流リプル成分 i_β を示すものであり、実線が正転時を、破線が逆転時を示している。

【 0 0 6 9 】

この場合も、フリーラン状態推定手段 7 d での、フリーラン回転方向の判別条件は、図 6 に示すように、 α 軸電流リプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ および β 軸の電流リプル成分 i_β の符号が不一致の時には、正転と推定し、 α 軸電流リプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ および β 軸の電圧リプル成分 i_β の符号が一致の時には、逆転と推定する。

【 0 0 7 0 】

このようにこの変形態様においても、実際の抵抗変動の影響を受けずにフリーラン状態を推定できる。また、2 軸のリプル成分の抽出結果の位相差を $180 [deg]$ 或いは $0 [deg]$ とすることで、任意のタイミングにおける 2 つのリプル成分の符号判別で回転方向の判別が可能となり、シーケンスが単純になって制御の信頼性が向上し、方向判別の S / N 比が大幅に向上する効果が得られる。

【 0 0 7 1 】

なお、実施の形態 2 のリプル抽出手段 6 c、6 d の後段に位置するフリーラン状態推定手段 7 c、7 d では、リプル成分の位相情報、符号情報しか用いない。よってリプル抽出手段 6 c、6 d での微分演算では、電圧指令値や電流値からオフセットが除去さえできれば、リプルの振幅情報を必ずしも保存する必要はない。よって、微分演算後にリプルの符号判別を助けるために適当なゲインを積算してリプル成分信号の振幅を大きくしたり、微分演算の代替として時間の割り算を省略した差分演算を利用したり、高周波ノイズを過大に増幅させないように微分演算ではなくハイパスフィルタ演算（擬似微分演算）を利用するなどしても良い。

【 0 0 7 2 】

実施の形態 3 .

つぎに、図 7 および図 8 を用いてこの発明の実施の形態 3 について説明する。図 7 は実施の形態 3 における誘導電動機の制御装置を示すものである。この実施の形態 3 において、リプル抽出手段 6 e は、図 3 に示したリプル抽出手段 6 c と同様、直交する固定子座標軸の 2 軸のうち、ステップ状に直流の指令値を印加する軸の電圧指令値（この場合は、 V_{α_ref} ）に対してのみ微分演算を行っている。フリーラン状態推定手段 7 e には、図

10

20

30

40

50

3に示す実施の形態2と同様、リプル抽出手段6eで微分演算を行った後の α 軸のリプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ と、他方の軸の電圧指令値のリプル成分(v_{β_ref})が入力されている。

【0073】

この実施の形態3においては、フリーラン状態推定手段7eのより具体的な構成を示している。

【0074】

フリーラン状態推定手段7eは、微分によって抽出された α 軸のリプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ の符号を判別し出力する符号判別手段21aと、 β 軸のリプル成分 v_{β_ref} の符号を判別し出力する符号判別手段22aと、符号判別手段21aおよび符号判別手段22aの各出力の積によって第1のフリーラン回転方向判別結果を算出する積算手段23aと、積算手段23aの出力を積分する積分手段24aと、積分手段24aの符号を判別し第2のフリーラン回転方向判別結果を出力する最終符号判別手段25aと、回転周波数を検出する回転周波数検出手段31aとから構成される。回転周波数検出手段31aは、従来技術の図11の回転周波数検出手段31cと同じであり、その説明は省略する。

【0075】

フリーラン状態推定手段7eには、微分によって抽出された α 軸の電圧リプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ と β 軸のリプル成分 v_{β_ref} が入力される。これらの位相関係については実施の形態2で説明したとおりであり、図5(a)(b)及び図6に示したようになる。これらの符号を算出する符号判別手段21a、符号判別手段22aでは、判別された符号が正の場合には1、負の場合には-1を出力する。これらの2つの出力結果を、積算手段23aにて逐次積算すると、図6に示した関係から、積算手段23aからは、正転の場合-1、逆転の場合1が逐次出力されることになる。これを、下式(17)に示すように、第1のフリーラン回転方向判別結果とする。

(第1のフリーラン回転方向判別結果)

$$=-1 \text{ (正転時) または } 1 \text{ (逆転時) } \quad \cdots (17)$$

【0076】

実際の装置においては、電流センサからノイズが混入したり、電流センサ情報にオフセットが重畳していたり、運転条件によってはリプル振幅が小さかったりといった要因で、積算手段23aの出力である第1のフリーラン回転方向判別結果は、必ずしも、逐次正しい結果、すなわち式(17)のとおり出力をしているとは限らない。そこで、以下の式(18)(19)に基づき、第1のフリーラン回転方向判別結果を積分手段24aにて逐次積分し、積分された結果の符号を最終符号判別手段25aにて判別し、これが負であれば正転、正であれば逆転と判断して第2のフリーラン回転方向判別結果とする。

(積分手段24aの出力)

$$=-[(\text{正しい結果を出力した時間の総計}) -$$

$$(\text{誤った結果を出力した時間の総計})] \quad (\text{正転時})$$

$$\text{または} +[(\text{正しい結果を出力した時間の総計}) -$$

$$(\text{誤った結果を出力した時間の総計})] \quad (\text{逆転時})$$

$$\cdots (18)$$

【0077】

式(17)(18)によれば、(誤った結果を出力した期間の総計) < (正しい結果を出力した期間の総計)であれば、以下の式(19)が成り立つ。

(最終符号判別手段 2 5 a の出力)

$$= \text{sign}(\text{積分手段 2 4 a の出力})$$

$$= -1 (\text{正転時}) \quad \text{or} \quad +1 (\text{逆転時}) \quad \dots (19)$$

【 0 0 7 8 】

このように実施の形態 3 によれば、直流電流指令値の印加期間中における第 1 のフリーラン回転方向判別結果が積分されるため、実施の形態 2 の効果に加え、ノイズの影響等で図 6 に示した判定条件に基づく判別が失敗した期間があっても影響を平均化によって薄めることで、S / N 比を改善した第 2 のフリーラン回転方向判別結果が得られ、より正確な回転方向の判別をなし得る。

10

【 0 0 7 9 】

なお、上記符号判別手段 2 1 a あるいは符号判別手段 2 2 a においては、積算出手段 2 3 a の出力のチャタリングを防止して第 1 のフリーラン回転方向判別結果の S / N 比を改善するために、符号判別の際に絶対値がある閾値以下の場合には 0 を出力する機能を付加することが望ましい。

【 0 0 8 0 】

図 8 は、実施の形態 3 の変形態様を示す図である。この変形態様においては、リプル抽出手段 6 f は、電流検出手段 3 から出力される電流値 i_α を用いてリプル成分を抽出するようにしている。すなわち、リプル抽出手段 6 d は、直交する固定子座標軸の 2 軸のうち、オフセットの重畳する軸の電流値（この場合は、 i_α ）に対してのみ微分演算を行っている。フリーラン状態推定手段 7 f には、図 4 に示す実施の形態 2 と同様、リプル抽出手段 6 f で微分演算を行った後の α 軸の電流値のリプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ と、他方の β 軸の電流値のリプル成分 i_β が入力されている。

20

【 0 0 8 1 】

フリーラン状態推定手段 7 f は、微分によって抽出された α 軸のリプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ の符号を判別し出力する符号判別手段 2 1 b と、 β 軸のリプル成分 i_β の符号を判別し出力する符号判別手段 2 2 b と、符号判別手段 2 1 b および符号判別手段 2 2 b の各出力の積によって第 1 のフリーラン回転方向判別結果を算出する積算出手段 2 3 b と、積算出手段 2 3 b の出力を積分する積分手段 2 4 b と、積分手段 2 4 b の符号を判別し第 2 のフリーラン回転方向判別結果を出力する最終符号判別手段 2 5 b と、回転周波数を検出する回転周波数検出手段 3 1 b とから構成される。

30

【 0 0 8 2 】

この図 8 に示すフリーラン状態推定手段 7 f の各構成要素の動作は、図 7 に示したフリーラン状態推定手段 7 e の各構成要素の動作と同じである。

【 0 0 8 3 】

すなわち、フリーラン状態推定手段 7 e に入力される、微分によって抽出された α 軸の電流リプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ と β 軸の電流リプル成分 i_β の位相関係については、実施の形態 2 で説明したとおりであり、図 5 (c) (d) 及び図 6 に示したようになる。すなわち、微分によって抽出された α 軸の電流リプル成分 $d/dt(i_\alpha)$ と β 軸の電流リプル成分 i_β の位相関係（図 5 (c) (d) ）と、微分によって抽出された α 軸の電圧リプル成分 $d/dt(v_{\alpha_ref})$ と β 軸の電圧リプル成分 v_{β_ref} の位相関係（図 5 (a) (b) ）は同じであるので、最終符号判別手段 2 5 b では、前述した式 (1 9) に基づいて、フリーランの回転方向を判別することができる。

40

【 0 0 8 4 】

このようにこの変形態様においては、直流電流指令値の印加期間中における第 1 のフリーラン回転方向判別結果が積分されるため、実施の形態 2 の効果に加え、ノイズの影響等で図 6 に示した判定条件に基づく判別が失敗した期間があっても影響を平均化によって薄めることで、S / N 比を改善した第 2 のフリーラン回転方向判別結果が得られ、より正確な回転方向の判別をなし得る。

50

【 0 0 8 5 】

なお、実施の形態 3 のリプル抽出手段 6 e、6 f としては、後段のフリーラン状態推定手段 7 e、7 f でリプルの振幅情報を用いないことから、微分演算後にリプルの符号判別を助けるために適当なゲインを積算してリプル成分信号の振幅を大きくしたり、微分演算の代替として時間の割り算を省略した差分演算を利用したり、高周波ノイズを過大に増幅させないように微分演算の代替としてハイパスフィルタ演算を利用するようにしてもよい。

【 0 0 8 6 】

実施の形態 4 .

つぎに、図 9 および図 10 を用いてこの発明の実施の形態 4 について説明する。図 9 は実施の形態 4 における誘導電動機の制御装置を示すものである。この実施の形態 4 においては、リプル抽出手段 6 g は、直交する固定子座標軸の 2 軸に対する電流指令値と実際電流値との偏差を夫々算出し、それらの結果をフリーラン状態推定手段 7 g に出力するようにしている。

【 0 0 8 7 】

すなわち、リプル抽出手段 6 g は、電流指令値生成手段 4 から入力される α , β 軸の電流指令値 i_{α_ref} 、 i_{β_ref} と、電流検出手段 3 から入力される α , β 軸の電流値 i_{α} 、 i_{β} とを用い、下式によって α , β 軸における実際電流値と電流指令値との偏差を算出している。

$$i_{\alpha} - i_{\alpha_ref} \quad \dots (20)$$

$$i_{\beta} - i_{\beta_ref} \quad \dots (21)$$

【 0 0 8 8 】

ここで、従来技術の説明で述べたように、電流ループの機能が働くことによって、実際の α , β 軸電流 i_{α} 、 i_{β} の平均値 $i_{\alpha 0}$ 、 $i_{\beta 0}$ は、電流指令値生成手段 4 から出力される α , β 軸電流指令値 i_{α_ref} 、 i_{β_ref} に追従（一致）する。

【 0 0 8 9 】

したがって、 i_{α} 、 i_{β} のリプル成分を $i_{\alpha p}$ 、 $i_{\beta p}$ とすると、下式（22）,（23）が成立する。

$$i_{\alpha} = i_{\alpha 0} + i_{\alpha p} = i_{\alpha_ref} + i_{\alpha p} \quad \dots (22)$$

$$i_{\beta} = i_{\beta 0} + i_{\beta p} = i_{\beta_ref} + i_{\beta p} \quad \dots (23)$$

【 0 0 9 0 】

従って、リプル抽出手段 6 g にて、上式（20）（21）に示すように、 $i_{\alpha} - i_{\alpha_ref}$ 、 $i_{\beta} - i_{\beta_ref}$ を演算することにより、抵抗値を用いることなく、各軸のリプル成分を抽出することが可能である。

【 0 0 9 1 】

図 10（a）は、 α 軸における実際電流値と電流指令値との偏差 $i_{\alpha} - i_{\alpha_ref}$ を示すもので、図 10（b）は、リプル抽出手段 6 g から出力される β 軸における実際電流値と電流指令値との偏差 i_{β} （この場合、 $i_{\beta_ref} = 0$ ）を示すものであり、実線が正転時を、破線が逆転時を示している。

【 0 0 9 2 】

図 10 から判るように、リプル抽出手段 6 g では、微分処理等を用いないため、リプル成分の位相の進み遅れは生じない。よって、これらの位相の関係は先の図 12 で示したものと全く同様である。従って、フリーラン状態推定手段 7 g では、従来技術のフリーラン状態推定手段 7 h での処理と同一の処理手順で回転周波数の検知、回転方向の検知が可能である。すなわち、図 13 に示したように、回転方向については、 i_{β} が「-」から「+」への符号反転をするときに $i_{\alpha} - i_{\alpha_ref}$ が「+」であれば、正転と推定し、 i_{β} が「+」から「-」への符号反転をするときに $i_{\alpha} - i_{\alpha_ref}$ が「-」であれば、正転と推定し、 i_{β} が「-」から「+」への符号反転をするときに $i_{\alpha} - i_{\alpha_ref}$ が「-」であれば、逆転と推定し、 i_{β} が「+」から「-」への符号反転をするときに $i_{\alpha} - i_{\alpha_ref}$ が「+」であれば、逆転と推定する。また、回転周波数については、リプル計測期間を $T[\text{sec}]$ 、この期間中の符号反転の回数 N を計測して、これらの計測値を用いて回転周波数を式（

$N-1)/(2 \cdot T)$ [Hz] によって算出する。

【0093】

このようにこの実施の形態4によれば、抵抗値を用いることなく i_α 、 i_β のリプル成分を抽出可能である。よってリプル成分抽出結果に実際の抵抗変動の影響を受けないという効果が得られる。

【0094】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、リプル抽出に微分演算を用いるようにしたので、誘導電動機の抵抗値を用いずに電流値或いは電圧指令値の直流分を除去することができ、これにより実際の抵抗値が温度変化などによって変動しても、精度良くリプル成分の抽出が可能となる。

10

【0095】

つぎの発明によれば、 α 軸および β 軸のリプル成分抽出に双方とも微分演算を用いるようにしたので、誘導電動機の抵抗値を用いずに電流値或いは電圧指令値の直流分を除去することができ、これにより実際の抵抗値が温度変化などによって変動しても、精度良くリプル成分の抽出が可能となる。

【0096】

つぎの発明によれば、直流分の重畳している α 軸の電流値或いは電圧指令値に微分演算を施してリプル抽出を行うようにしたので、電流或いは電圧指令値の α 軸および β 軸リプル成分の位相関係が、誘導電動機の回転子が正転の場合ほぼ 180° 、逆転の場合ほぼ 0° となるため、直流電流指令値を印加中の任意のタイミングで、各リプル成分の符号を確認するだけで容易に回転方向判別が可能となる。

20

【0097】

つぎの発明によれば、直流電流指令値の印加期間中における第1のフリーラン回転方向の判別結果が積分するようにしているので、ノイズの影響を平均化によって薄めることができ、これによりノイズの影響があってもより正確な回転方向の判別をなし得る。

【0098】

つぎの発明によれば、電流リプル抽出に偏差算出演算を用いるようにしたので、誘導電動機の抵抗値を用いずに電流値或いは電圧指令値の直流分を除去することができ、これにより実際の抵抗値が温度変化などによって変動しても、精度良くリプル成分の抽出が可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1の誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 この発明の実施の形態1の誘導電動機の制御装置の他の構成を示すブロック図である。

【図3】 この発明の実施の形態2の誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図4】 この発明の実施の形態2の誘導電動機の制御装置の他の構成を示すブロック図である。

40

【図5】 (a)(b)は図3に示す誘導電動機の制御装置におけるフリーラン状態推定手段に入力される2つの信号の波形を示す図であり、(c)(d)は図4に示す誘導電動機の制御装置におけるフリーラン状態推定手段に入力される2つの信号の波形を示す図である。

【図6】 実施の形態2の誘導電動機の制御装置におけるフリーラン状態推定手段でのフリーラン回転方向の判定条件を示す図である。

【図7】 この発明の実施の形態3の誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図8】 この発明の実施の形態3の誘導電動機の制御装置の他の構成を示すブロック図である。

50

【図 9】 この発明の実施の形態 4 の誘導電動機の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 10】 実施の形態 4 の誘導電動機の制御装置におけるフリーラン状態推定手段に入力される 2 つの信号の波形を示す図である。

【図 11】 従来技術を示すブロック図である。

【図 12】 従来の誘導電動機の制御装置における各種信号の波形を示す図である。

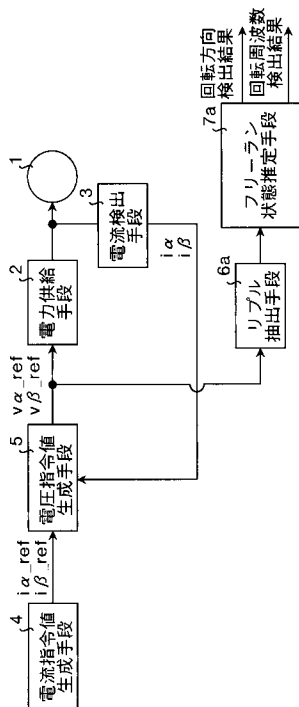
【図 13】 従来の誘導電動機の制御装置におけるフリーラン状態推定手段でのフリーラン回転方向の判定条件を示す図である。

【符号の説明】

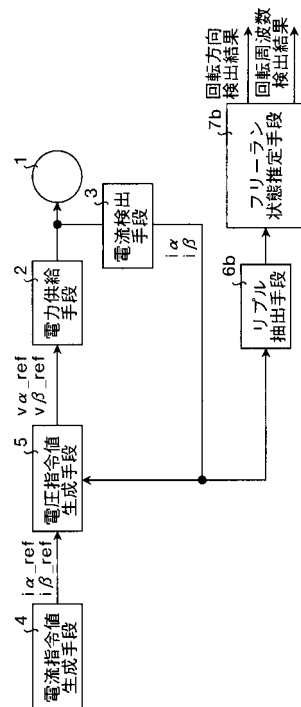
1 誘導電動機、2 電力供給手段、3 電流検出手段、4 電流指令値生成手段、5 電圧指令値生成手段、6 a, 6 b, 6 c, 6 d, 6 e, 6 f, 6 g, 6 h リプル抽出手段、7 a, 7 b, 7 c, 7 d, 7 e, 7 f, 7 g, 7 h フリーラン状態推定手段、21 a, 21 b, 22 a, 22 b 符号判別手段、23 a, 23 b 積算手段、24 a, 24 b 積分手段、25 a, 25 b 最終符号判別手段、31 a, 31 b, 31 c 回転周波数検出手段、41 比較タイミング発生手段、42 位相比較手段。

10

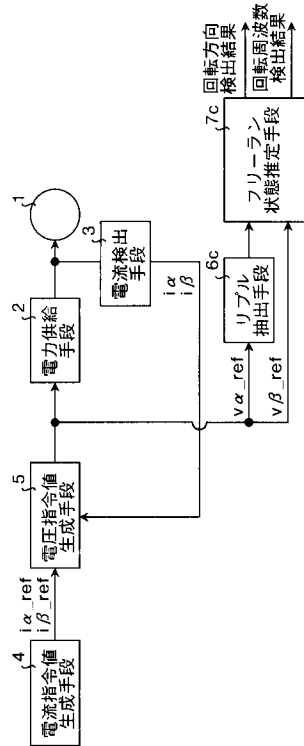
【図 1】



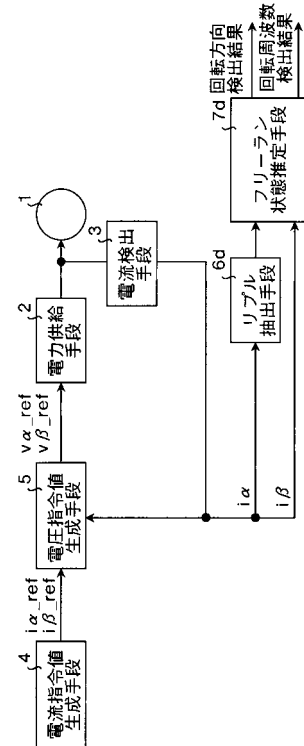
【図 2】



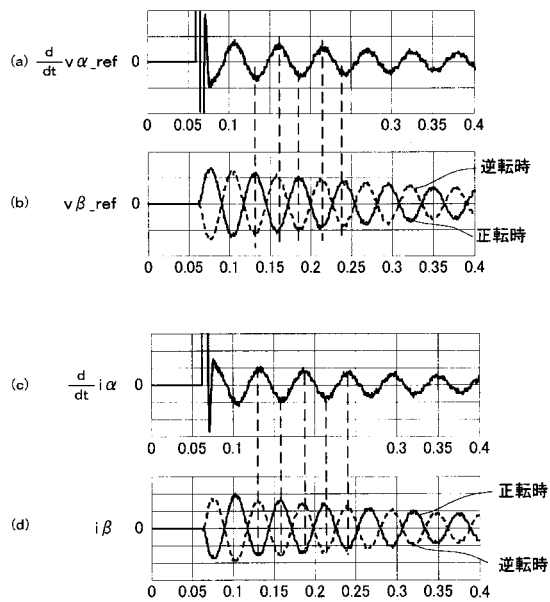
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

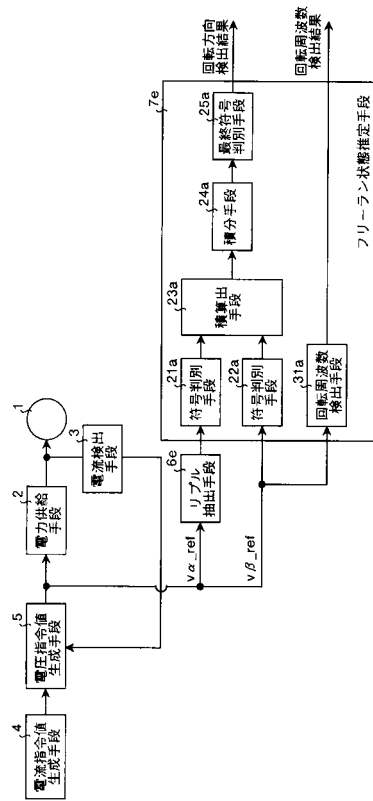


【 図 6 】

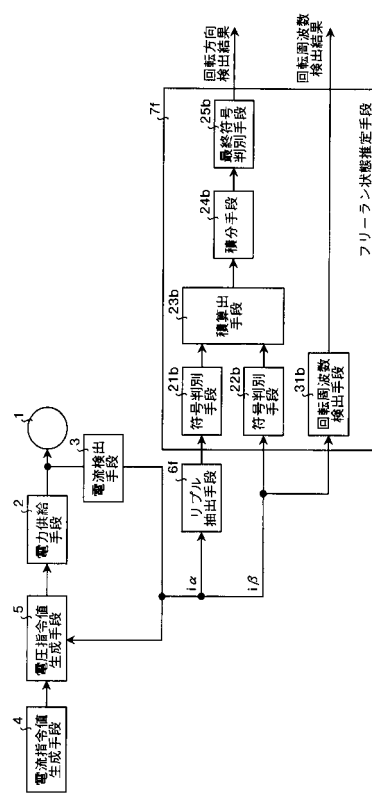
回転方向	正転	逆転	減転
$\frac{d}{dt} v_{\alpha_ref}$ または $\frac{d}{dt} i_{\alpha}$ のリップル成分	-	+	+
v_{β_ref} または i_{β} のリップル成分	+	-	+

 $\frac{d}{dt}$

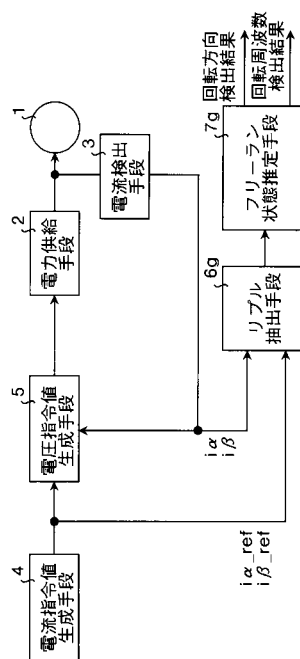
【図 7】



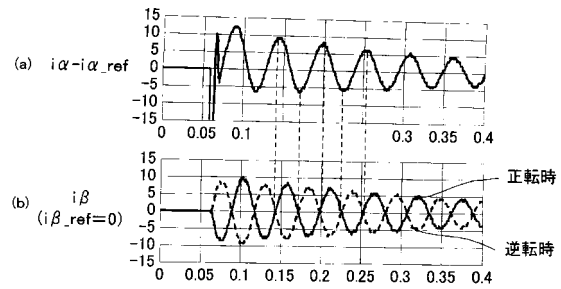
【図 8】



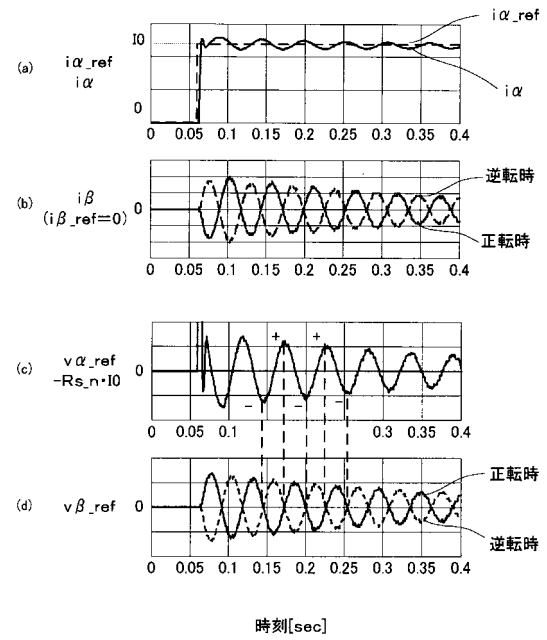
【図 9】



【図 10】



【圖 12】



【 図 1 3 】

回転方向	正転	逆転	正転	逆転
$v\beta_ref$ または $i\beta$ のリプル成分	—	+	+	—
$v\alpha_ref$ または $i\alpha$ のリプル成分	+	—	—	+

フロントページの続き

(72)発明者 河野 雅樹
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

合議体

審判長 田良島 潔

審判官 片岡 弘之

審判官 楨原 進

(56)参考文献 特開平03-003694(JP,A)
特開平06-178550(JP,A)
特開平11-346500(JP,A)

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