

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5800763号
(P5800763)

(45) 発行日 平成27年10月28日 (2015. 10. 28)

(24) 登録日 平成27年9月4日 (2015. 9. 4)

(51) Int. Cl.		F I			
H O 2 P	6/16	(2006. 01)	H O 2 P	6/02	3 2 1 N
H O 2 P	21/00	(2006. 01)	H O 2 P	5/408	C
H O 2 P	27/04	(2006. 01)			

請求項の数 4 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-131997 (P2012-131997)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成24年6月11日 (2012. 6. 11)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2013-258810 (P2013-258810A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成25年12月26日 (2013. 12. 26)	(74) 代理人	100094916
審査請求日	平成26年10月7日 (2014. 10. 7)		弁理士 村上 啓吾
		(74) 代理人	100073759
			弁理士 大岩 増雄
		(74) 代理人	100127672
			弁理士 吉澤 憲治
		(74) 代理人	100088199
			弁理士 竹中 孝生
		(72) 発明者	伊藤 正人
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交流回転機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

交流回転機に流れる回転機電流を検出する電流検出手段、前記交流回転機の回転子位置を検出し検出位置として出力する位置検出手段、電圧指令と前記回転機電流とに基づき前記交流回転機の回転子位置を推定し推定位置として出力する推定手段、指令値と前記回転機電流と前記推定位置または前記検出位置とに基づき前記電圧指令を出力する制御手段、および前記電圧指令に基づいて前記交流回転機に電圧を印加する電圧印加手段を備えた交流回転機の制御装置において、

前記検出位置または前記推定位置に基づき演算された前記交流回転機の回転速度が、前記推定手段により所望の推定精度が得られる速度以上の範囲で設定された所定設定速度以上であり、かつ、前記検出位置と前記推定位置との偏差である位置偏差が所定の位相差閾値以上のとき前記位置検出手段が異常と判定して異常検知信号を出力する異常検知手段を備え、

前記推定手段は、前記異常検知信号が出力された後は、前記異常検知信号が出力される直前の前記位置偏差を位置偏差記憶値として記憶し、前記位置偏差記憶値と前記検出位置と前記電圧指令と前記回転機電流とに基づき前記推定位置を出力するものとし、

前記制御手段は、前記異常検知信号が出力される前は、前記指令値と前記回転機電流と前記検出位置とに基づき、前記異常検知信号が出力された後は、前記指令値と前記回転機電流と前記推定位置とに基づき前記電圧指令を出力することを特徴とする交流回転機の制御装置。

【請求項 2】

前記推定手段は、前記位置偏差を入力し、前記異常検知信号が出力される前は、前記位置偏差を出力し、前記異常検知信号が出力された後は、前記位置偏差記憶値を出力する位置偏差記憶器、この位置偏差記憶器の出力と前記検出位置との加算値から前記推定位置を減算して得られる推定位置誤差に基づき検出磁束を演算する検出磁束演算器、および前記異常検知信号が出力される前は、前記回転機電流と推定電流との偏差である電流誤差と前記電圧指令とに基づき前記推定位置と前記推定電流と推定磁束と推定速度とを演算し、前記異常検知信号が出力された後は、前記回転機電流と前記推定電流との偏差である前記電流誤差と前記検出磁束と推定磁束との偏差である磁束誤差と前記電圧指令とに基づき前記推定位置と前記推定電流と前記推定磁束と前記推定速度とを演算する適応状態観測器を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の交流回転機の制御装置。

10

【請求項 3】

前記検出位置または前記推定位置に基づき演算された前記交流回転機の回転速度が、前記推定手段の前記適応状態観測器により前記推定位置を前記電流誤差と前記磁束誤差と前記電圧指令とに基づき演算しないと必要な推定精度が得られない速度以下になったとき低速判別信号を出力する低速判別器を備え、

前記位置偏差記憶器は、前記位置偏差を入力し、前記異常検知信号と前記低速判別信号とが共に出力される前は、前記位置偏差を出力し、前記異常検知信号と前記低速判別信号とが共に出力された後は、前記異常検知信号と前記低速判別信号が共に出力される直前の前記位置偏差を位置偏差記憶値として記憶して出力するものであり、前記適応状態観測器は、前記異常検知信号と前記低速判別信号とが共に出力される前は、前記回転機電流と推定電流との偏差である電流誤差と前記電圧指令とに基づき前記推定位置と前記推定電流と前記推定磁束と前記推定速度とを演算し、前記異常検知信号と前記低速判別信号とが共に出力された後は、前記回転機電流と前記推定電流との偏差である前記電流誤差と前記検出磁束と前記推定磁束との偏差である前記磁束誤差と前記電圧指令とに基づき前記推定位置と前記推定電流と前記推定磁束と前記推定速度とを演算するものとしたことを特徴とする請求項 2 記載の交流回転機の制御装置。

20

【請求項 4】

前記指令値は速度指令値であり、

前記電圧印加手段は、前記電圧指令としての 3 相電圧指令に基づいて前記交流回転機に電圧を印加するものであり、

30

前記制御手段は、速度制御器と電流制御器と座標変換器 A と座標変換器 B とを備え、

前記異常検知信号が出力される前は、前記速度制御器は、前記検出位置に基づき演算された回転速度が前記速度指令値に追従するように回転二軸座標の d - q 軸上の電流指令を出力し、前記座標変換器 B は、前記検出位置に基づき前記回転機電流を前記 d - q 軸上の電流に変換して出力し、前記電流制御器は、前記 d - q 軸上の電流が前記 d - q 軸上の電流指令に追従するように前記 d - q 軸上の電圧指令を出力し、前記座標変換器 A は、前記検出位置に基づき前記 d - q 軸上の電圧指令を前記 3 相電圧指令に変換して前記電圧印加手段に出力し、

前記異常検知信号が出力された後は、前記速度制御器は、前記推定位置に基づき演算された推定速度が前記速度指令値に追従するように回転二軸座標の d - q 軸上の電流指令を出力し、前記座標変換器 B は、前記推定位置に基づき前記回転機電流を前記 d - q 軸上の電流に変換して出力し、前記電流制御器は、前記 d - q 軸上の電流が前記 d - q 軸上の電流指令に追従するように前記 d - q 軸上の電圧指令を出力し、前記座標変換器 A は、前記推定位置に基づき前記 d - q 軸上の電圧指令を前記 3 相電圧指令に変換して前記電圧印加手段に出力することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の交流回転機の制御装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

この発明は、誘導機や同期機といった交流回転機の回転子位置情報を得るための位置センサが故障したときにも常に精度良く交流回転機をベクトル制御できる交流回転機の制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

同期機や誘導機といった交流回転機を精度良く制御できる方法としてベクトル制御が幅広く知られている。ベクトル制御では、交流回転機の回転子位置や回転子速度を把握する必要があるため、一般的には位置センサや速度センサを交流回転機に取り付けることで、それらの情報を得ている。

しかしながら、位置センサや速度センサなどが故障した場合、それらのセンサから出力される情報が無くなったり誤差が生じたりするため、それらのセンサから出力される情報をそのまま利用して交流回転機をベクトル制御することが困難になる。

【0003】

位置センサの故障には様々な種類があるが、位置センサから出力される信号が、交流回転機の回転子の真の位置からずれるという故障において、特に、位置センサから出力される信号が、交流回転機の回転子の真の位置から ± 90 度 $\sim \pm 180$ 度ずれる間違った情報が出力されると、交流回転機は速度指令とは逆方向に大きな速度で回転してしまう。この故障モードにおいて、交流回転機が、その稼動範囲が制限されている機械装置、例えば、ボールネジに接続されている場合、速度指令とは逆方向に回転する可能性があり、ボールネジの稼動部分がボールネジ端部に大きな速度で衝突してしまい、機械装置を破損させてしまう可能性がある。

【0004】

よって、上記のようなセンサ故障が発生した場合、センサ故障を検知した後に、なるべく短時間でかつ少ない回転数で交流回転機を制動し停止させることが望ましい。

この場合、回転子に永久磁石を用いた交流回転機では、交流回転機を制動させる方法として、交流回転機の各相を短絡させることで、回転子の永久磁石による誘起電圧によって交流回転機内部を還流する電流により制動トルクを得るダイナミックブレーキがある。しかし、ダイナミックブレーキは、ベクトル制御を用いたときの制動トルクよりも小さく、また、ダイナミックブレーキの制動トルクは誘起電圧の大きさに依存するため、誘起電圧が小さくなる低速域では、特にダイナミックブレーキの制動トルクが更に小さくなる。

【0005】

よって、ダイナミックブレーキでは、交流回転機を制動し停止するまでの時間や停止するまでの回転数（移動距離）が大きくなるということが欠点である。そこで、位置センサが故障したときは、位置センサレス制御や速度センサレス制御に切換えて、位置推定値や速度推定値を使って交流回転機をベクトル制御することで、ダイナミックブレーキよりも大きな制動トルクを得て、交流回転機を短時間でかつ少ない回転数で停止させることが必要である。

【0006】

例えば、特許文献1は、ロータと、このロータに対向するステータとを備えたモータを制御するためのモータ制御装置であって、前記ロータの回転角を推定するための回転角推定手段と、前記ロータの回転角速度を求める手段と、前記ロータの回転角速度の大きさが所定値以上であることを条件に、前記回転角推定手段によって求められた推定回転角に基づいて前記モータを駆動制御する制御手段とを含むモータ制御装置を開示する。この特許文献1には、位置センサであるレゾルバが故障したときは、回転角速度の大きさが所定値以上であることを条件に、回転角推定手段によって求められた推定回転角を使うことでベクトル制御することが可能になることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2010-29031号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1は、回転角速度の大きさが所定値以上であることを条件として回転角推定手段によって、求められた推定回転角を使うことでベクトル制御を行うものであるため、回転角速度の大きさが所定値未満になるとベクトル制御を行うことが出来ない。よって、交流回転機（特許文献1ではモータ）を制動し停止させる場合は、回転角速度の大きさが所定値未満ではベクトル制御による大きな制動トルクを得られなくなるため、交流回転機が停止するまでの時間と回転数を少なくすることが困難である。

【0009】

この発明は、位置センサが故障しても、回転速度に拘わらず必要な精度による位置推定と制御が可能となる交流回転機の制御装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この発明に係る交流回転機の制御装置は、交流回転機に流れる回転機電流を検出する電流検出手段、交流回転機の回転子位置を検出し検出位置として出力する位置検出手段、電圧指令と回転機電流とに基づき交流回転機の回転子位置を推定し推定位置として出力する推定手段、指令値と回転機電流と推定位置または検出位置とに基づき電圧指令を出力する制御手段、および電圧指令に基づいて交流回転機に電圧を印加する電圧印加手段を備えた交流回転機の制御装置において、

検出位置または推定位置に基づき演算された交流回転機の回転速度が、推定手段により所望の推定精度が得られる速度以上の範囲で設定された所定設定速度以上であり、かつ、検出位置と推定位置との偏差である位置偏差が所定の位相差閾値以上のとき位置検出手段が異常と判定して異常検知信号を出力する異常検知手段を備え、

推定手段は、異常検知信号が出力された後は、異常検知信号が出力される直前の位置偏差を位置偏差記憶値として記憶し、位置偏差記憶値と検出位置と電圧指令と回転機電流とに基づき推定位置を出力するものとし、

制御手段は、異常検知信号が出力される前は、指令値と回転機電流と検出位置とに基づき、異常検知信号が出力された後は、指令値と回転機電流と推定位置とに基づき電圧指令を出力するものである。

【発明の効果】

【0011】

以上のように、この発明に係る交流回転機の制御装置の推定手段は、異常検知信号が出力された後は、異常検知信号が出力される直前の位置偏差を位置偏差記憶値として記憶し、位置偏差記憶値と検出位置と電圧指令と回転機電流とに基づき推定位置を出力するものとしたので、異常検知信号が出力される直前の、従って、正確な位置情報を使用して、その後の推定位置を演算することで、精度の高い位置推定が可能となり、その結果、交流回転機の円滑な制御が実現する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施の形態1による交流回転機の制御装置の構成を示す図である。

【図2】図1の異常検知手段7の内部構成を示す図である。

【図3】図1の推定手段4の内部構成を示す図である。

【図4】推定手段4で演算する回転子磁束を説明するベクトル図である。

【図5】図3の適応状態観測器48の内部構成を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態2による推定手段400の内部構成を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態3による推定手段401の内部構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

実施の形態1 .

10

20

30

40

50

図 1 は、本発明の実施の形態 1 による交流回転機の制御装置の全体の構成を示す図である。まず、本実施の形態 1 の全体構成と動作について説明する。図 1 の交流回転機 1 は、回転子に永久磁石を有する 3 相の永久磁石同期電動機である。電流検出手段 2 は、交流回転機 1 の U 相、V 相、W 相に流れる回転機電流を検出するものであり、本実施の形態 1 の電流検出手段 2 は、U 相回転機電流 i_u と W 相回転機電流 i_w との 2 相を検出し出力するが、他の 2 相や 3 相すべてを検出し出力するものでも構わない。

【0014】

位置検出手段 3 は、交流回転機 1 の回転子位置を検出して、検出位置 θ_{det} として出力するものであり、具体的には、エンコーダやレゾルバなどの位置センサである。なお、本実施の形態 1 では、回転子磁束（永久磁石磁束）の N 極方向（以下、実位置と記す）を検出位置 $\theta_{det} = 0$ 度と定義する。推定手段 4 は、交流回転機 1 の回転子位置を推定して、推定位置 θ_{est} として出力するものである。推定位置 θ_{est} も検出位置 θ_{det} と同様に、永久磁石の N 極方向を推定位置 $\theta_{est} = 0$ 度と定義する。制御手段 5 は、交流回転機 1 の速度が、外部より入力する指令値としての速度指令 ω^* に一致するように 3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力する。電圧印加手段 6 は、制御手段 5 の出力である 3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に基づいて、交流回転機 1 に電圧を印加するものであり、具体的には、インバータなどの半導体電力変換器である。

【0015】

異常検知手段 7 は、位置検出手段 3 の出力である検出位置 θ_{det} と推定手段 4 の出力である推定位置 θ_{est} とに基づいて、検出位置 θ_{det} が異常であるか否かを検知し、信号 flg として出力するものである。なお、本実施の形態 1 では、上記「検出位置 θ_{det} が異常」とは、検出位置 $\theta_{det} = 0$ 度が実位置からずれた状態のことであり、検出手段 3 が完全に故障して検出手段 3 からの出力が得られなくなった場合などは除く。

【0016】

次に、本実施の形態 1 の特徴である推定手段 4、制御手段 5、異常検知手段 7 の詳細動作について説明する。まず、異常検知手段 7 について説明する。

図 2 は、図 1 の異常検知手段 7 の内部構成図である。速度演算器 71 は、位置検出手段 3 の出力である検出位置 θ_{det} から交流回転機 1 の回転速度 ω_r を演算し出力する。速度演算器 71 は、検出位置 θ_{det} から回転速度 ω_r を演算する方法ならどのような方法のものでも構わないが、例えば、任意の時間 ΔT の間の検出位置 θ_{det} の変化量 $\Delta \theta_{det}$ より (1) 式のように求める。

【0017】

【数 1】

$$\omega_r = \frac{\Delta \theta_{det}}{\Delta T} \quad \dots (1)$$

【0018】

なお、(1) 式のように、回転速度 ω_r の演算には検出位置 θ_{det} の変化量である $\Delta \theta_{det}$ を必要とするだけで、検出位置 θ_{det} の絶対位置を必要としない。即ち、位置検出手段 3 から出力される検出位置 θ_{det} が実位置からずれていても、回転速度 ω_r は正しく演算することが出来る。

【0019】

位相差演算器 72 は、(2) 式のように、検出位置 θ_{det} と推定位置 θ_{est} との差分の絶対値である位相差 θ_{err} を演算し出力する。推定手段 4 が出力する推定位置 θ_{est} が正しく実位置を推定していれば、検出位置 θ_{det} が実位置と一致していない、即ち、 $\theta_{err} \neq 0$ となったとき位置検出手段 3 が異常であると判断出来る。

【0020】

【数 2】

$$\theta_{err} = |\theta_{det} - \theta_{est}| \quad \dots (2)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

異常検知信号演算器 7 3 は、速度演算器 7 1 の出力である回転速度 ω_r が所定設定速度以上で、かつ、位相差演算器 7 2 の出力である位相差 θ_{err} が、任意に設定した所定の位相差閾値 θ_{lev} 以上となったとき位置検出手段 3 が異常であると判断し、信号 $flug = 1$ として異常検知信号を出力する。一度、異常を検知して $flug = 1$ とすると、上記の条件に拘わらず、 $flug = 1$ として異常検知信号を出力し続けるものとする。

異常でない時は、 $flug = 0$ として故障検知信号を出力しない。

【 0 0 2 2 】

なお、上記の異常有りと判定する 2 つの条件の前者である、「回転速度 ω_r が所定設定速度以上」という条件は、異常検知がされていない ($flug = 0$) 条件で、後述する推
10 定手段 4 が正しく実位置を推定して推定位置 θ_{est} を出力出来る、即ち、所望の推定精度が得られる速度以上の範囲で設定された速度以上という意味である。

【 0 0 2 3 】

この所定設定速度は、交流回転機 1 の誘起電圧の大きさに依存するため、交流回転機 1 の種類や容量毎に設定する。

なお、ここで判定に使用する回転速度 ω_r は、後述の推定位置 θ_{est} を基に、(1) 式と同様の演算式により求めるようにしてもよい。

【 0 0 2 4 】

また、位相差閾値 θ_{lev} は、任意に設定すればよい。一例としては、トルク指令に対する実トルクの減少量から設定してもよい。例えば、トルクに対応する、後述する q 軸の
20 実電流が q 軸電流指令の 7 0 % 以下となるような位相差を位相差閾値 θ_{lev} と設定する場合は、(3) 式のように逆余弦演算により求めることができ、この場合、約 0 . 7 9 5 4 rad (約 4 5 . 5 7 度) となる。

【 0 0 2 5 】

【 数 3 】

$$\cos^{-1}(0.7) \div 0.7954[\text{rad}] \quad \dots (3)$$

【 0 0 2 6 】

次に、推定手段 4 について説明する。

図 3 は、図 1 の推定手段 4 の内部構成図である。位置偏差記憶器 4 1 は、検出位置 θ_{det}
30 θ_{est} と推定位置 θ_{est} と信号 $flug$ とより (4) 式のように位置偏差記憶値 θ_{mem} を演算し出力するものである。

【 0 0 2 7 】

【 数 4 】

• $flug = 0$ のとき

$$\theta_{mem}(n) = \theta_{est}(n) - \theta_{det}(n)$$

• $flug = 1$ のとき

$$\theta_{mem}(n) = \theta_{mem}(n-1)$$

(但し、nは現在の演算 周期、n-1は1 演算周期前)

... (4)

【 0 0 2 8 】

$flug = 0$ のときは、位置偏差 ($\theta_{est} - \theta_{det}$) をそのまま θ_{mem} として出力する。

$flug = 1$ となった場合は、 $flug = 1$ となる 1 演算周期前の値、即ち、異常検知信号が出力される直前の値を、記憶保持するように動作する。従って、位置偏差記憶器 4 1 から出力する θ_{mem} は、異常検知信号が出力された後は、固定値となる。

【 0 0 2 9 】

加減算器 4 2 は、検出位置 θ_{det} と位置偏差記憶値 θ_{mem} とを加算し出力するものである。位置偏差記憶値 θ_{mem} は、常に、異常検知信号が出力されていない ($flug$
50

= 0) ときの位置偏差 ($\theta_{est} - \theta_{det}$) であり、この場合、前述したように、推定位置 θ_{est} は、回転子磁束の実位置を推定しているとしてよいから、この位置偏差記憶値 θ_{mem} は、実位置と検出位置 θ_{det} との偏差とみなすことができる。従って、検出位置 θ_{det} と位置偏差記憶値 θ_{mem} とを加算した加減算器 42 の出力は、交流回転機 1 の実位置と一致する。

【0030】

加減算器 43 は、加減算器 42 の出力から推定位置 θ_{est} を減算して推定位置誤差 $\Delta\theta_{est}$ として出力する。通常は、実位置と推定位置とはほぼ一致するので $\Delta\theta_{est} = 0$ となるが、実位置と推定位置とに誤差が生じたときは $\Delta\theta_{est} \neq 0$ となる。

【0031】

検出磁束演算器 44 は、推定位置誤差 $\Delta\theta_{est}$ を用いて、(5) 式のように、後述する適応状態観測器 48 が構成する回転座標 d - q 軸上からみた、交流回転機 1 の実際の回転子磁束を検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} として演算し出力する。

【0032】

【数 5】

$$\begin{aligned}\phi_{drL} &= |\phi_f| \cos \Delta\theta_{est} \\ \phi_{qrL} &= |\phi_f| \sin \Delta\theta_{est} \quad \dots (5)\end{aligned}$$

(但し、 $|\phi_f|$ は回転子磁束 ϕ_f の大きさ)

【0033】

図 4 は、検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} を説明するためのベクトル図である。図 4 (a) は、 $\Delta\theta_{est} = 0$ 、即ち、適応状態観測器 48 が構成する回転座標 d - q 軸の d 軸と実位置が一致している場合である。この場合、交流回転機 1 の回転子磁束 ϕ_f は、(5) 式の ϕ_{drL} と同一となり、 ϕ_{qrL} はゼロとなる。

図 4 (b) は、 $\Delta\theta_{est} \neq 0$ の場合である。この場合、交流回転機 1 の回転子磁束 ϕ_f を d 軸に射影したものが ϕ_{drL} 、q 軸に射影したものが ϕ_{qrL} となる。以上のように、検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} を演算することで、回転座標 d - q 軸上からみた、交流回転機 1 の実際の回転子磁束を演算する。

【0034】

加減算器 45 は、電流検出手段 2 で検出した回転機電流を d - q 軸上に換算した d 軸電流 i_{ds} 、q 軸電流 i_{qs} から適応状態観測器 48 から出力する d 軸推定電流 i_{ds0} 、q 軸推定電流 i_{qs0} を減算し、d 軸電流誤差 e_{ids} 、q 軸電流誤差 e_{iqs} として出力する。

加減算器 46 は、検出磁束演算器 44 の出力である検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} から適応状態観測器 48 の出力である推定磁束 ϕ_{dr0} 、 ϕ_{qr0} を減算した d 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、q 軸磁束誤差 $e_{\phi qr}$ を出力する。乗算器 47 は、d、q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ に信号 $flug$ を乗算することで、d、q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を有効、無効にするものであり、 $flug = 1$ となる異常時のみ d、q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ が有効となるようにしている。

【0035】

次に、適応状態観測器 48 について説明する。適応状態観測器 48 は、d - q 軸上の電圧指令 v_{d*} 、 v_{q*} と d、q 軸電流誤差 e_{ids} 、 e_{iqs} と d、q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ と交流回転機 1 の定数とを用いて推定位置 θ_{est} を求めるものである。

なお、この種の演算を行う適応状態観測器は、例えば、特許第 4672236 号で公知であるので、以下の説明では、公知の部分については、適宜この公知文献を引用して具体的な説明は省略し、本願で創案した部分を中心に詳細に説明するものとする。

【0036】

図 5 は、図 3 の適応状態観測器 48 の内部構成図である。図 5 は、以下の (6) 式 ~ (9) 式で表される演算を実行する適応状態観測器 48 の構成を示している。また、(6)

10

20

30

40

50

(7) 式中の行列 A0、B、C1、C2、Hは、ゲイン行列であり、その中身は(10)式で表すことができる。行列 A0、B、C1、C2は、交流回転機1の定数などにより決まるものであり、行列 Hは自由に設定することが出来る。例えば、h11、h12、h21、h22、h31、h32、h41、h42は、特許第4672236号の図9に記載されているように推定速度 $\omega r0$ によって各増幅ゲインの値を変更するようにする。また、h13、h14、h23、h24、h33、h34、h43、h44については、特許第4672236号に記載されていないが、これらも推定速度 $\omega r0$ によって各増幅ゲインの値を変更するようにしてもよい。なお、(10)式中の Rは交流回転機1の固定子抵抗、Ldはd軸インダクタンス、Lqはq軸インダクタンス、 ω は一次角周波数、 $\omega r0$ は推定速度である。

10

【0037】

【数6】

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \phi_{ds0} \\ \phi_{qs0} \\ \phi_{dr0} \\ \phi_{qr0} \end{pmatrix} &= \mathbf{A0} \begin{pmatrix} \phi_{ds0} \\ \phi_{qs0} \\ \phi_{dr0} \\ \phi_{qr0} \end{pmatrix} + \mathbf{B} \begin{pmatrix} vd^* \\ vq^* \end{pmatrix} - \mathbf{H} \begin{pmatrix} eids \\ eiqs \\ e\phi_{dr} \\ e\phi_{qr} \end{pmatrix} \\ &= \mathbf{A0} \begin{pmatrix} \phi_{ds0} \\ \phi_{qs0} \\ \phi_{dr0} \\ \phi_{qr0} \end{pmatrix} + \mathbf{B} \begin{pmatrix} vd^* \\ vq^* \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{pmatrix} \quad \dots (6) \end{aligned}$$

20

$$\begin{pmatrix} ids0 \\ iqs0 \end{pmatrix} = \mathbf{C1} \begin{pmatrix} \phi_{ds0} \\ \phi_{qs0} \\ \phi_{dr0} \\ \phi_{qr0} \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \phi_{dr0} \\ \phi_{qr0} \end{pmatrix} = \mathbf{C2} \begin{pmatrix} \phi_{ds0} \\ \phi_{qs0} \\ \phi_{dr0} \\ \phi_{qr0} \end{pmatrix} \quad \dots (7)$$

$$\omega r0 = \left(kp + \frac{ki}{s} \right) (eiqs \phi_{dr0} - eids \phi_{qr0}) \quad \dots (8)$$

30

$$\theta_{est} = \frac{\omega r0}{s} \quad \dots (9)$$

$$\mathbf{A0} = \begin{pmatrix} -\frac{R}{L_d} & \omega & 0 & \omega r0 \\ -\omega & -\frac{R}{L_q} & -\omega r0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega - \omega r0 \\ 0 & 0 & -\omega + \omega r0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{L_d} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \dots (10)$$

40

$$\mathbf{C2} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H} = \begin{pmatrix} h11 & h12 & h13 & h14 \\ h21 & h22 & h23 & h24 \\ h31 & h32 & h33 & h34 \\ h41 & h42 & h43 & h44 \end{pmatrix}$$

【0038】

図5において、ゲイン行列演算器481は、(10)式のゲイン行列 Hを d、q 軸電流誤差のベクトル $(eids, eiqs)^T$ (Tは転置行列の意味)と d、q 軸磁束誤差の

50

ベクトル $(e_{\phi dr}, e_{\phi qr})^T$ に乗算して増幅偏差信号のベクトル $(e_1, e_2, e_3, e_4)^T$ として出力するものであり、(6)式の右边第3項部分に相当する。

【0039】

ゲイン行列演算器482は、d、q軸電圧指令のベクトル $(v_d^*, v_q^*)^T$ に(10)式中のゲイン行列Bを乗算して出力するものであり、(6)式の右边第2項部分に相当する。

ゲイン行列演算器483は、後述する積分器485の出力であるd、q軸推定電機子反作用 ϕ_{ds0} 、 ϕ_{qs0} と d、q軸推定磁束 ϕ_{dr0} 、 ϕ_{qr0} とのベクトル $(\phi_{ds0}, \phi_{qs0}, \phi_{dr0}, \phi_{qr0})^T$ に(10)式中のゲイン行列A0を乗算して出力するものであり、(6)式の右边第1項部分に相当する。

10

【0040】

加減算器484は、ゲイン行列演算器481とゲイン行列演算器482とゲイン行列演算器483との出力を加減算して出力するものであり、これが(6)式の右边に相当する。

積分器485は、加減算器484の出力4つをそれぞれ積分してd、q軸推定電機子反作用 ϕ_{ds0} 、 ϕ_{qs0} と d、q軸推定磁束 ϕ_{dr0} 、 ϕ_{qr0} とのベクトル $(\phi_{ds0}, \phi_{qs0}, \phi_{dr0}, \phi_{qr0})$ を出力する。ゲイン行列演算器486は、積分器485の出力に(10)式中のゲイン行列C1を乗算することでd、q軸推定電流 i_{ds0} 、 i_{qs0} を出力するものであり、(7)式の左部分に相当する。

【0041】

20

ゲイン行列演算器487は、積分器485の出力に(10)式中のゲイン行列C2を乗算することでd、q軸推定磁束 ϕ_{dr0} 、 ϕ_{qr0} を出力するものであり、(7)式の右部分に相当する。

速度推定器488は、(8)式のように、d、q軸電流偏差 e_{ids} 、 e_{iqs} と d、q軸推定磁束 ϕ_{dr0} 、 ϕ_{qr0} とを用いて推定速度 ω_{r0} を求める。(8)式中の k_p は比例ゲイン、 k_i は積分ゲインであり任意の値に設定出来る。

積分器489は、(9)式のように推定速度 ω_{r0} を積分することで推定位置 θ_{est} を出力するものである。

【0042】

この適応状態観測器48は、d、q軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を用いていることに特徴があり、後述するように、特許第4672236号と異なるところである。以下、この特徴について詳細に説明をする。

30

本発明の適応状態観測器48は、交流回転機1の数式モデルである(10)式のゲイン行列A0を用いてd-q軸上の推定電機子反作用と推定磁束を求めるものである。同様に、d-q軸上の推定電機子反作用と推定磁束を求める適応状態観測器は特許第4672236号に示されているが、前述したように本発明は、d、q軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を用いていることが異なる。

【0043】

特許第4672236号では、技術的に本願に最も近い同明細書の実施の形態3の(34)式から判るように、ゲイン行列Hにd、q軸電流誤差 e_{ids} 、 e_{iqs} を乗算したもののみを使用しているため低速域では推定精度が悪化し、推定速度や推定位置の誤差も大きくなる。その理由は、低速域では交流回転機1の誘起電圧が小さくなることにより、d、q軸電流誤差 e_{ids} 、 e_{iqs} に含まれる抵抗誤差やインダクタンス誤差の割合が位置誤差に対して大きくなるためである。特に、交流回転機1が停止している場合(ゼロ速)は誘起電圧がゼロであり、また、交流回転機1に流れる電流は直流となるため、d、q軸電流誤差 e_{ids} 、 e_{iqs} に含まれるのは抵抗誤差成分のみとなるので、ゼロ速では原理的に特許第4672236号の構成では電機子反作用および磁束を正しく推定することは不可能であり、推定速度や推定位置も正しく推定することは出来ない。

40

【0044】

これらの問題を解決するのが、本発明のd、q軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ である。

50

前述したように、検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} は、推定位置誤差 $\Delta\theta_{est}$ に基づいて演算するものである。検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} から推定磁束 ϕ_{dr0} 、 ϕ_{qr0} を減算した d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ は、推定位置誤差 $\Delta\theta_{est}$ による成分のみが含まれ、抵抗誤差やインダクタンス誤差などを含まない。よって、本発明の適応状態観測器 48 は、 d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ にゲイン行列 H を乗算した増幅偏差信号 e_3 、 e_4 を用いることで、 d 、 q 軸電流誤差 e_{ids} 、 e_{iqs} に含まれる抵抗誤差やインダクタンス誤差の割合が位置誤差に対して大きくなる停止や低速域においても良好に電機子反作用と磁束を推定することができ、その結果、推定速度と推定位置も良好に推定できる。

【0045】

10

また、 d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ は、前述したように乗算器 47 にて信号 f_{lug} を乗算して、 $f_{lug} = 0$ (異常検知信号が出力されていない時) では、 d 、 q 軸磁束誤差を等価的にゼロとして増幅信号 e_1 、 e_2 のみを利用することで、実質上特許 4672236 号と同一の適応状態観測器として動作するようにする。

【0046】

これは、前述したように検出磁束の演算において、検出位置 θ_{det} に位置偏差記憶値 θ_{mem} を加算した値が実位置とほぼ同一となることとして利用するが、異常検知信号が出力される前 ($f_{lug} = 0$) では、この値が実位置と同一でない場合がある (交流回転機 1 の回転速度 ω_r が、所定設定速度未満の場合には、他の条件に拘わらず $f_{lug} = 0$ であり、推定位置 θ_{est} も実位置と一致していない場合がある) ため、検出磁束は正しい値を演算していない。よって、適応状態観測器 48 の出力である推定位置 θ_{est} も正しく推定位置を演算し出力できなくなり、その結果、異常検知手段 7 が位置検出手段 3 の異常を正しく検知出来なくなる可能性があるためである。

20

【0047】

一方、異常検知して異常検知信号が出された後は、 $f_{lug} = 1$ となることで、増幅信号 e_3 、 e_4 も有効にする。

このように、推定手段 4 は、異常検知手段 7 が異常を検出して異常検知信号が出力され、 $f_{lug} = 1$ となった場合、 $f_{lug} = 1$ となる直前である 1 演算周期前の推定位置 θ_{est} と検出位置 θ_{det} との偏差を位置偏差記憶値 θ_{mem} として記憶し、記憶した位置偏差記憶値 θ_{mem} と現在の検出位置 θ_{det} とに基づいて d 、 q 軸検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} を演算し、演算した d 、 q 軸検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} と適応状態観測器 48 で演算する d 、 q 軸推定磁束 ϕ_{dr0} 、 ϕ_{qr0} との偏差である d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を増幅した増幅信号 e_3 、 e_4 を用いて、適応状態観測器 48 で推定位置 θ_{est} を演算し出力するようにすることで、適応状態観測器 48 は、停止や低速域でも良好に位置推定出来るようにしている。

30

【0048】

次に、図 1 を参照して制御手段 5 について説明する。加減算器 51 は、制御手段 5 の外部から入力する速度指令 ω^* から後述する選択器 59 の出力であるフィードバック速度 ω_{ctrl} を減算した値を出力する。速度制御器 52 は、加減算器 51 の出力がゼロになるように、即ち、フィードバック速度 ω_{ctrl} が速度指令 ω^* に追従するように比例積分演算することで d 、 q 軸電流指令 i_{d^*} 、 i_{q^*} を出力する。加減算器 53 は、速度制御器 52 の出力である d 、 q 軸電流指令 i_{d^*} 、 i_{q^*} から後述する座標変換器 B56 の出力である d 、 q 軸電流 i_{ds} 、 i_{qs} をそれぞれ減算した値を出力する。

40

【0049】

電流制御器 54 は、加減算器 53 の出力がゼロになるように、即ち、 d 、 q 軸電流 i_{ds} 、 i_{qs} が d 、 q 軸電流指令 i_{d^*} 、 i_{q^*} に追従するように比例積分演算することで d 、 q 軸電圧指令 v_{d^*} 、 v_{q^*} を出力する。座標変換器 A55 は、 d 、 q 軸電圧指令 v_{d^*} 、 v_{q^*} を、後述する選択器 57 が出力する制御位置 θ_{ctrl} に同期して回転する d - q 軸座標から 3 相交流座標へ座標変換して 3 相電圧指令 v_{u^*} 、 v_{v^*} 、 v_{w^*} を演算し電圧印加手段 6 へ出力する。座標変換器 B56 は、電流検出手段 2 で検出した U 相回

50

転機電流 i_u と W 相回転機電流 i_w を、選択器 57 の出力である制御位相 θ_{ctrl} に同期して回転する d - q 軸上の電流である d、q 軸電流 i_{ds} 、 i_{qs} に座標変換して出力する。

【0050】

選択器 57 は、異常検知手段 7 の出力である信号 $flag$ が 0 の時は位置検出手段 3 の出力である検出位置 θ_{det} を制御位相 θ_{ctrl} として出力し、信号 $flag$ が 1 となる異常検知時は推定手段 4 の出力である推定位置 θ_{est} を制御位相 θ_{ctrl} として出力する。速度演算器 58 は、速度演算器 71 と同様に (1) 式などのようにして検出位置 θ_{det} から回転速度 ω_r を演算して出力する。選択器 59 は、異常検知手段 7 の出力である信号 $flag$ が 0 の時は速度演算器 58 の出力である回転速度 ω_r をフィードバック速度 ω_{ctrl} として出力し、信号 $flag$ が 1 となる異常検知時は推定手段 4 の出力である推定速度 ω_{r0} をフィードバック速度 ω_{ctrl} として出力する。

10

【0051】

このように、制御手段 5 は、異常検知手段 7 が異常検知信号を出力する前は、位置検出手段 3 の出力である検出位置 θ_{det} と、検出位置 θ_{det} から速度演算器 58 で演算した回転速度 ω_r と、電流検出手段 2 の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力し、異常検知手段 7 が異常検知信号を出力した後は、推定手段 4 の出力である推定位置 θ_{est} と推定速度 ω_{r0} と電流検出手段 2 の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力するため、位置検出手段 3 が異常になっても、交流回転機 1 をベクトル制御により駆動することが可能である。

20

【0052】

以上のように、本発明の実施の形態 1 による交流回転機の制御装置は、異常検知手段 7 が異常を検知して異常検知信号を出力し $flag = 1$ となった場合、推定手段 4 は、 $flag = 1$ となる直前である 1 演算周期前の推定位置 θ_{est} と検出位置 θ_{det} との偏差を位置偏差記憶値 θ_{mem} として記憶し、記憶した位置偏差記憶値 θ_{mem} と現在の検出位置 θ_{det} とに基づいて、d、q 軸検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} を演算し、演算した d、q 軸検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} と適応状態観測器 48 で演算する d、q 軸推定磁束 ϕ_{dr} 、 ϕ_{qr} との偏差である d、q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を増幅した増幅信号 e_3 、 e_4 を用いて、適応状態観測器 48 で推定位置 θ_{est} を演算し出力するようにすることで、適応状態観測器 48 は、停止や低速域でも良好に位置推定出来るようにする。

30

【0053】

また、制御手段 5 は、異常検知手段 7 が異常を検知する前は、位置検出手段 3 の出力である検出位置 θ_{det} と、検出位置 θ_{det} から速度演算器 58 で演算した回転速度 ω_r と、電流検出手段 2 の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力し、異常検知手段 7 が異常を検知した後は、推定手段 4 の出力である推定位置 θ_{est} と推定速度 ω_{r0} と電流検出手段 2 の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力するため、位置検出手段 3 が異常になっても、交流回転機 1 をベクトル制御により駆動することが可能となり、特に、低速域においても、交流回転機 1 をベクトル制御により駆動することが可能となる。その結果、異常検知手段 7 が異常を検知して交流回転機 1 を停止させる場合、停止するまでベクトル制御が出来るため、従来のダイナミックブレーキよりも大きな制動トルクを得ることが可能となり、異常検知してから短時間かつ少ない回転数で交流回転機 1 を停止させることが出来る。

40

【0054】

実施の形態 2 .

先の実施の形態 1 の推定手段 4 は、異常検知手段 7 が異常を検知して異常検知信号が出力され信号 $flag = 1$ となった直前の位置偏差記憶値 θ_{mem} を記憶し、 $flag = 1$ となった直後からは、d、q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を適応状態観測器 48 で利用するような構成にしていた。しかしながら、 $flag = 1$ となった直後の交流回転機 1 の

50

速度が比較的大きい場合は、 d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ を適応状態観測器 48 で利用しなくても必要な推定精度が得られるため、 d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ を適応状態観測器 48 で利用しなくてもよい。また、異常検知手段 7 が異常を検知した後に、検出位置 θ_{det} と推定位置 θ_{est} との位置偏差が変化する場合は、実施の形態 1 のように、位置偏差記憶値 θ_{mem} を記憶してしまうと、位置偏差記憶値 θ_{mem} を利用して演算する d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ に余分な誤差成分が発生するため、適応状態観測器 48 が良好に位置推定出来なくなる場合がある。

【0055】

そこで、本実施の形態 2 では、信号 $flag = 1$ となった後に、適応状態観測器 48 が、 d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ を利用しないと必要な推定精度が得られない所定の速度以下となった時点で位置偏差記憶値 θ_{mem} を記憶し、適応状態観測器 48 は、上記所定の速度以下のときのみ d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ を利用するような構成にするものである。

10

【0056】

図 6 は、本発明の実施の形態 2 による推定手段 400 の内部構成図である。本実施の形態 2 では、図 1 の推定手段 4 を図 6 の推定手段 400 に変更している以外は、すべて先の実施の形態 1 の場合と同一であるため、推定手段 400 以外の説明は省略する。

【0057】

推定手段 400 の低速判別器 411 は、(11) 式のように、適応状態観測器 48 が出力する推定速度の絶対値 $|\omega_{r0}|$ が所定の速度 ω_{lim} 以下となったら低速判別信号を出力して信号 $swL = 1$ とし、推定速度の絶対値 $|\omega_{r0}|$ が速度 ω_{lim} より大きいときは、信号 $swL = 0$ とし低速判別信号を出力しない。

20

【0058】

【数 7】

• $|\omega_{r0}| < \omega_{lim}$ のとき

$$swL = 1$$

• $|\omega_{r0}| \geq \omega_{lim}$ のとき … (11)

$$swL = 0$$

30

【0059】

所定の速度 ω_{lim} は、適応状態観測器 48 が、 d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ を使わないで必要な推定精度を得ることが出来る下限速度に設定することが望ましい。適応状態観測器 48 が、 d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ を使わないで必要な推定精度を得ることが出来る下限速度とは、交流回転機 1 の誘起電圧定数により変わるため、交流回転機 1 の種類や容量ごとに設定する必要があるが、例えば、定格速度の $1/10$ (定格速度が 2000 r/min ならば、 ω_{lim} は 200 r/min) などに設定する。このようにすることで、信号 swL (0 または 1) は、交流回転機 1 の現在の速度が、 d 、 q 軸磁束誤差 $e\phi_{dr}$ 、 $e\phi_{qr}$ を使わないで適応状態観測器 48 が必要な精度で位置推定出来る速度であるかそうでないかを表す信号となる。

40

【0060】

乗算器 412 は、異常検知手段 7 の出力である信号 $flag$ と低速判別器 411 の出力である信号 swL とを乗算した信号 sg を出力するものである。信号 sg は、 $flag = 1$ でかつ $swL = 1$ のとき、即ち、異常検知信号と低速判別信号とが共に出力されたときのみ $sg = 1$ となり、 $flag = 1$ でかつ $swL = 1$ でないとき、即ち、異常検知信号と低速判別信号とが共に出力される前、従って、異常検知信号と低速判別信号との両信号が出力されていないかいずれかの信号のみが出力されているときは $sg = 0$ となる。

【0061】

位置偏差記憶器 410 は、検出位置 θ_{det} と推定位置 θ_{est} と乗算器 412 の出力

50

である信号 s_g とより、(12) 式のように、位置偏差記憶値 θ_{mem} を演算し出力するものであり、信号 s_g が 1 となった場合は、 s_g が 1 となる 1 演算周期前の値を保持するように動作し、即ち、位置偏差記憶器 410 から出力する θ_{mem} は固定値となる。

【0062】

【数 8】

• $s_g = 0$ のとき

$$\theta_{mem}(n) = \theta_{est}(n) - \theta_{det}(n)$$

• $s_g = 1$ のとき

$$\theta_{mem}(n) = \theta_{mem}(n-1)$$

... (12)

10

(但し、 n は現在の演算周期、 $n-1$ は 1 演算周期前)

【0063】

加減算器 42、加減算器 43、検出磁束演算器 44、加減算器 45、加減算器 46 は、実施の形態 1 の推定手段 4 と同一であるので説明を省略する。

乗算器 470 は、加減算器 46 の出力である d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ と乗算器 412 の出力である信号 s_g とを乗算することで、 d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を有効、無効にするものであり、信号 $s_g = 1$ となるとき、即ち、位置検出手段 3 が異常であり、かつ、交流回転機 1 の速度が、適応状態観測器 48 が d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を使わないと必要な推定精度が得られない速度であるときのみ d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ が有効となるようにしている。

20

【0064】

適応状態観測器 48 は、実施の形態 1 の推定手段 4 と同一であるので詳細な説明は省略するが、実施の形態 1 では、 $flug = 1$ となった直後から、 d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を増幅した増幅信号 e_3 、 e_4 を用いて、適応状態観測器 48 で推定位置 θ_{est} を演算し出力するようにするが、本実施の形態 2 の適応状態観測器 48 は、信号 $s_g = 1$ となるとき、即ち、位置検出手段 3 が異常であり、かつ、交流回転機 1 の速度が、適応状態観測器 48 が d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を使わないと必要な推定精度が得られなくなる速度となった直後から d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を増幅した増幅信号 e_3 、 e_4 を用いて、適応状態観測器 48 により推定位置 θ_{est} を演算し出力するようにしているところが異なる。

30

【0065】

以上のように、本発明の実施の形態 2 による交流回転機の制御装置は、異常検知手段 7 が位置検出手段 3 の異常を検知した後、推定速度 ω_{r0} の絶対値が所定の速度 ω_{lim} 以下となって低速判別信号が出力され $swl = 1$ となった場合、推定手段 400 は、 $swl = 1$ となる直前の 1 演算周期前の推定位置 θ_{est} と検出位置 θ_{det} との偏差を位置偏差記憶値 θ_{mem} として記憶し、位置検出手段 3 の異常を検知した後で、かつ、推定速度 ω_{r0} の絶対値が所定の速度 ω_{lim} 以下の場合のみ、位置偏差記憶値 θ_{mem} と現在の検出位置 θ_{det} とに基づいて演算する d 、 q 軸検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} と適応状態観測器 48 で演算する d 、 q 軸推定磁束 ϕ_{dr} 、 ϕ_{qr} との偏差である d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を増幅した増幅信号 e_3 、 e_4 を用いて、適応状態観測器 48 で推定位置 θ_{est} を演算し出力するようにすることで、異常検知手段 7 が異常を検知した後に、検出位置 θ_{det} と推定位置 θ_{est} との位置偏差が変化してもその偏差を的確に捉えることが可能となるとともに、適応状態観測器 48 は、停止や低速域でも良好に位置推定出来るようになる。

40

【0066】

また、制御手段 5 は、実施の形態 1 と同様に、異常検知手段 7 が異常を検知する前は、位置検出手段 3 の出力である検出位置 θ_{det} と、検出位置 θ_{det} から速度演算器 58 で演算した回転速度 ω_r と、電流検出手段 2 の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力していたものを、異常検知手段

50

7が異常を検出した後は、推定手段400の出力である推定位置 θ_{est} と推定速度 ω_r と電流検出手段2の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力するため、位置検出手段3が異常になっても、交流回転機1をベクトル制御により駆動することが可能となり、特に、低速域においても、交流回転機1をベクトル制御により駆動することが可能となる。その結果、異常検知手段7が異常を検知して交流回転機1を停止させる場合、停止するまでベクトル制御が出来るため、従来のダイナミックブレーキよりも大きな制動トルクを得ることが可能となり、異常検知してから短時間かつ少ない回転数で交流回転機1を停止させることが出来る。

【0067】

実施の形態3 .

10

先の実施の形態2では、推定手段400の低速判別器411が推定速度 ω_r を使って、d、q軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を利用しなくても適応状態観測器48が必要な精度で位置推定出来る速度であるかそうでないかを判別して信号 swL を出力しているが、本実施の形態3では、低速判別器が回転速度 ω_r を用いて低速判別信号を出力するようにする。

【0068】

図7は、本発明の実施の形態3の推定手段401の内部構成図である。実施の形態2の場合と同様に、図1の推定手段4を図7の推定手段401に変更している以外は、すべて同一の構成、動作であるため、推定手段401以外の説明は省略する。また、図7の推定手段401は、速度演算器421と低速判別器422以外は図6の推定手段400とすべて同一の構成、動作であるため、速度演算器421と低速判別器422以外の詳細な説明は省略する。

20

速度演算器421は、速度演算器71と同様に(1)式などのようにして検出位置 θ_{det} から回転速度 ω_r を演算して出力する。

低速判別器422は、(13)式のように、速度演算器421が出力する回転速度の絶対値 $|\omega_r|$ が、所定の速度 ω_{lim} 以下となったら低速判別信号を出力し信号 $swL = 1$ とする。回転速度の絶対値 $|\omega_r|$ が、所定の速度 ω_{lim} より大きいときは、信号 $swL = 0$ として低速判別信号を出力しない。

【0069】

【数9】

30

• $|\omega_r| < \omega_{lim}$ のとき

$$swL = 1$$

• $|\omega_r| \geq \omega_{lim}$ のとき ... (13)

$$swL = 0$$

【0070】

所定の速度 ω_{lim} は、先の実施の形態2と同様に設定すればよい。このようにすることで、回転速度 ω_r を使った場合も、実施の形態2と同様に、信号 swL ($swL = 0$ または1)は、交流回転機1の現在の速度が、d、q軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を使わないで適応状態観測器48が必要な精度で位置推定出来る速度であるかそうでないかを表す信号となる。速度演算器421と低速判別器422以外は実施の形態2と同様に動作するようにする。

40

【0071】

以上のように、本発明の実施の形態3による交流回転機の制御装置は、異常検知手段7が位置検出手段3の異常を検知した後、回転速度 ω_r の絶対値が所定速度 ω_{lim} 以下となって低速判別信号が出力され $swL = 1$ となった場合、推定手段401は、 $swL = 1$ となる直前の1演算周期前の推定位置 θ_{est} と検出位置 θ_{det} との偏差を位置偏差記憶値 θ_{mem} として記憶し、位置検出手段3の異常を検知した後で、かつ、回転速度 ω_r

50

の絶対値が所定の速度 ω_{lim} 以下の場合のみ、位置偏差記憶値 θ_{mem} と現在の検出位置 θ_{det} とに基づいて演算する d 、 q 軸検出磁束 ϕ_{drL} 、 ϕ_{qrL} と適応状態観測器 48 で演算する d 、 q 軸推定磁束 ϕ_{dr} 、 ϕ_{qr} との偏差である d 、 q 軸磁束誤差 $e_{\phi dr}$ 、 $e_{\phi qr}$ を増幅した増幅信号 e_3 、 e_4 を用いて、適応状態観測器 48 で推定位置 θ_{est} を演算し出力するようにすることで、異常検知手段 7 が異常を検知した後に、検出位置 θ_{det} と推定位置 θ_{est} との位置偏差が変化してもその偏差を的確に捉えることが可能となるとともに、適応状態観測器 48 は、停止や低速域でも良好に位置推定出来るようになる。

【0072】

また、制御手段 5 は、実施の形態 1 と同様に、異常検知手段 7 が異常を検知する前は、位置検出手段 3 の出力である検出位置 θ_{det} と、検出位置 θ_{det} から速度演算器 58 で演算した回転速度 ω_r と、電流検出手段 2 の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力していたものを、異常検知手段 7 が異常を検出した後は、推定手段 401 の出力である推定位置 θ_{est} と推定速度 ω_r と電流検出手段 2 の出力である回転機電流 i_u 、 i_w とに基づいて、3 相電圧指令 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算し出力するため、位置検出手段 3 が異常になっても、交流回転機 1 をベクトル制御により駆動することが可能となり、特に、低速域においても、交流回転機 1 をベクトル制御により駆動することが可能となる。その結果、異常検知手段 7 が異常を検知して交流回転機 1 を停止させる場合、停止するまでベクトル制御が出来るため、従来のダイナミックブレーキよりも大きな制動トルクを得ることが可能となり、異常検知してから短時間かつ少ない回転数で交流回転機 1 を停止させることが出来る。

【0073】

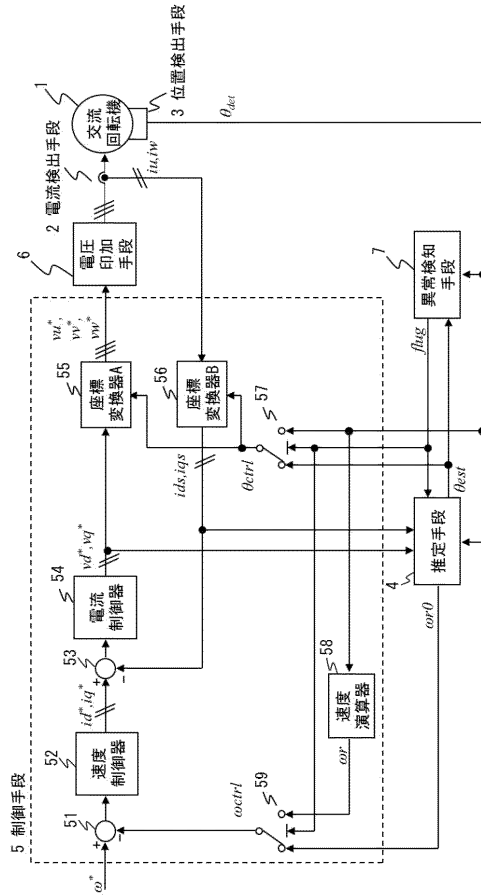
なお、本発明は、その発明の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

【符号の説明】

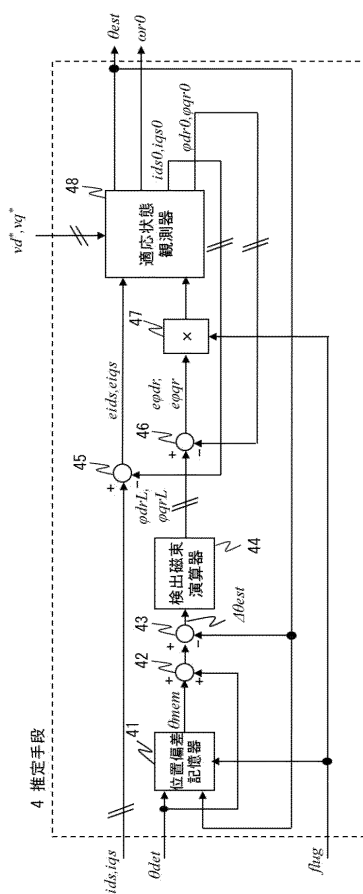
【0074】

1 交流回転機、2 電流検出手段、3 位置検出手段、
4, 400, 401 推定手段、41, 410 位置偏差記憶器、
42, 43, 45, 46 加減算器、44 検出磁束演算器、
47, 412, 470 乗算器、411, 422 低速判別器、421 速度演算器、
48 適応状態観測器、481, 482, 483, 486, 487 ゲイン行列演算器、
484 加減算器、485, 489 積分器、488 速度推定器、5 制御手段、
51, 53 加減算器、52 速度制御器、54 電流制御器、55 座標変換器 A、
56 座標変換器 B、57, 59 選択器、58 速度演算器、6 電圧印加手段、
7 異常検知手段、71 速度演算器、72 位相差演算器、
73 異常検知信号演算器。

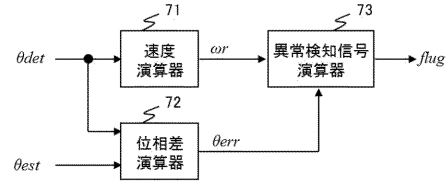
【図 1】



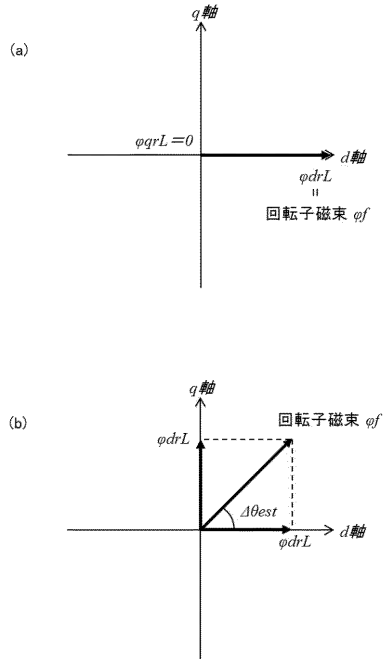
【図 3】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 蜂矢 陽祐
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 高橋 祐介

(56)参考文献 特開2005-012997(JP,A)
特開2005-102451(JP,A)
特開2001-112282(JP,A)
特開2000-152687(JP,A)
特開2010-029031(JP,A)
特許第4672236(JP,B2)
特開2006-158046(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 6/16
H02P 21/00
H02P 27/04