

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4876976号
(P4876976)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

(51) Int.Cl.		F I			
HO2M	7/48	(2007.01)	HO2M	7/48	R
GO5F	1/10	(2006.01)	GO5F	1/10	3 O 1 D
GO1R	29/18	(2006.01)	GO1R	29/18	M

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-52432 (P2007-52432)	(73) 特許権者	000005234
(22) 出願日	平成19年3月2日(2007.3.2)		富士電機株式会社
(65) 公開番号	特開2008-220018 (P2008-220018A)		神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(43) 公開日	平成20年9月18日(2008.9.18)	(74) 代理人	100138391
審査請求日	平成21年11月17日(2009.11.17)		弁理士 天田 昌行
		(72) 発明者	吉岡 康哉
			東京都日野市富士町1番地 富士電機アド バンストテクノロジー株式会社内
		審査官	河村 勝也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交流出力電力変換装置の位相同期制御方法及び位相同期制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、

前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、

前記検出した交流電源電圧を直交する2相交流座標上の交流電流量 V_d 、 V_q へ変換する工程と、

前記交流電流量 V_d 、 V_q を回転する直交座標上の d 軸への変換電流量 V_d 及び q 軸への変換電流量 V_q の2軸量へ変換する工程と、

前記2軸量 V_d 、 V_q から前記交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流電源との位相差が所定範囲を越えるか否か判別し、位相差が所定範囲を超えない場合は前記 q 軸への変換電流量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差が所定範囲を超える場合は前記 d 軸への変換電流量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程と、を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御方法。

【請求項2】

交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、

前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、

10

20

前記検出した交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V 、 V へ変換する工程と、

前記交流量 V 、 V を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する工程と、

前記 2 軸量 V_d 、 V_q から前記交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流電源との位相差 θ が ± 90 度を越えるか否か判別し、位相差 θ が ± 90 度を越えない場合は前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差 θ が ± 90 度を越える場合は前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程と、
を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御方法。

10

【請求項 3】

交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、

前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、

前記検出した交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V 、 V へ変換する工程と、

前記交流量 V 、 V を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する工程と、

前記 d 軸への変換量 V_d の極性を判別し、前記変換量 V_d が正である場合は、前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、前記変換量 V_d が負である場合は、前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、

20

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程と、
を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御方法。

【請求項 4】

交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、

前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、

前記検出した交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V 、 V へ変換する工程と、

30

前記交流量 V 、 V を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する工程と、

前記 d 軸への変換量 V_d と前記 q 軸への変換量 V_q との大小判別を行い、前記変換量 V_d が前記変換量 V_q よりも大きい場合は、前記変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、前記変換量 V_d が前記変換量 V_q よりも小さい場合は、前記変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程と、
を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御方法。

【請求項 5】

交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、

40

前記交流電圧検出手段で検出された交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V 、 V へ変換する - 座標変換手段と、

前記交流量 V 、 V を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する d - q 座標変換手段と、

前記 2 軸量 V_d 、 V_q から交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流電源との位相差 θ が所定範囲を越えるか否か判別し、位相差 θ が所定範囲を超えない場合は前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差 θ が所定範囲を超える場合は前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する周波数補正指令値演算手段と、

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演

50

算手段と、
を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御装置。

【請求項 6】

交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、
前記交流電圧検出手段で検出された交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流
流量 V_u 、 V_w へ変換する - 座標変換手段と、

前記交流流量 V_u 、 V_w を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量
 V_q の 2 軸量へ変換する d - q 座標変換手段と、

前記 2 軸量 V_d 、 V_q から交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流
電源との位相差 θ が ± 90 度を越えるか否か判別し、位相差 θ が ± 90 度を越えない
場合は前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差 θ が ± 90
度を越える場合は前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する周波数補
正指令値演算手段と、

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演
算手段と、

を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御装置。

【請求項 7】

交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、
前記交流電圧検出手段で検出された交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交
流量 V_u 、 V_w へ変換する - 座標変換手段と、

前記交流流量 V_u 、 V_w を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量
 V_q の 2 軸量へ変換する d - q 座標変換手段と、

前記 d 軸への変換量 V_d の極性を判別し、前記変換量 V_d が正である場合は、前記 q 軸
への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、前記変換量 V_d が負である場合は、
前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する周波数補正指令値演算手段
と、

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演
算手段と、

を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御装置。

【請求項 8】

交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、
前記交流電圧検出手段で検出された交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交
流量 V_u 、 V_w へ変換する - 座標変換手段と、

前記交流流量 V_u 、 V_w を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量
 V_q の 2 軸量へ変換する d - q 座標変換手段と、

前記 d 軸への変換量 V_d と前記 q 軸への変換量 V_q との大小判別を行い、前記変換量 V_d
が前記変換量 V_q よりも大きい場合は、前記変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、
前記変換量 V_d が前記変換量 V_q よりも小さい場合は、前記変換量 V_d を用いた周
波数補正指令値を出力する周波数補正指令値演算手段と、

前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演
算手段と、

を具備したことを特徴とする交流出力電力変換装置の位相同期制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位
相同期制御方法及び位相同期制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来の交流出力電力変換装置には、当該電力変換装置の出力電圧位相と交流電源の出力電圧位相との同期をとるために位相同期制御装置を備えたものがある。例えば、交流出力電力変換装置の位相同期制御方法として、回転直交座標上の2軸量を用いて、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相との位相差を0にするように周波数制御を行うものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

図4を参照して上記特許文献1に記載された交流出力電力変換装置の位相同期制御方法について説明する。交流電圧検出回路1により交流電源電圧VR、VS、VTを検出し、座標変換回路2において(1)式の変換式に基づいて2相の交流量V_α、V_βへ変換する。

【数1】

$$\begin{pmatrix} V_{\alpha} \\ V_{\beta} \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} VR \\ VS \\ VT \end{pmatrix} \quad (1)$$

【0004】

次に、2相の交流量V_α、V_βをd-q座標変換回路3へ入力して回転する直交座標である回転直交座標上の2軸量V_d、V_qへ変換する。d-q座標変換回路3における回転直交座標上の2軸量V_d、V_qの変換は、(2)式の変換式により行うことができる。

【数2】

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta^* & \sin \theta^* \\ -\sin \theta^* & \cos \theta^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{\alpha} \\ V_{\beta} \end{pmatrix} \quad (2)$$

【0005】

d-q座標変換回路3により求められたV_qを位相差演算回路4へ入力し、(3)式で表される近似式に基づいて位相差を算出する。

【数3】

$$\Delta \theta \approx -V_q \quad (3)$$

【0006】

上式により求められた位相差を周波数補正量演算回路5へ入力する。周波数補正量演算回路5は比例要素（比例ゲイン11，乗算器13）及び積分要素（積分ゲイン12，乗算器14，積分器15）で構成されており、位相差が0になるような周波数補正量fを出力する。

【0007】

周波数補正量fを周波数設定器6で設定された基準周波数f_bに加算器7で加算し、加算値を位相演算回路8を介して波形発生回路9へ入力する。波形発生回路9で生成した余弦波cos^{*}及び正弦波sin^{*}をd-q座標変換回路3へフィードバックしている。

【0008】

以上の一連の制御動作により、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相との位相差を0にするように波形発生回路9の動作周波数が決定され、交流出力電力変換装置の出力電圧位相が交流電源の電圧位相に同期する。

【0009】

一方、d-q座標変換回路3で求められたd軸への変換量V_dは交流電圧監視回路10へ入力されている。交流電圧監視回路10は、変換量V_dに基づいて交流電源の正常/異常状態を判定する。交流電圧監視回路10において交流電源に停電などの異常が検出された場合、当該交流電圧監視回路10から周波数補正量演算回路5の積分器15を停止させる。

【特許文献1】特開平10-313574号公報

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上記従来技術は、交流電源が異常となる期間は、周波数補正量演算の積分演算のみ停止させ、交流電源異常時にも位相同期動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常からの復帰後に速やかに同期させる方法として提案されており、安定した電力を速やかに供給できる交流出力電力変換装置を実現できるとしている。しかし、回転座標上の q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正を適用して位相同期制御を行った場合、位相差が ± 90 度を越える状態においては、図4の制御系は不安定となることから、動作周波数が急激に変化し、交流出力電力変換装置が安定した電力を供給できなくなるといった問題がある。

10

【0011】

また、上記従来技術は、周波数補正量演算回路5が出力する周波数補正量 f が交流電源異常期間に大きく変化してしまうことを回避するために、積分器15を停止させている。しかし、積分器15は定常状態での位相差の定常偏差を0にすることを主目的としており、図4の制御系の安定は、周波数補正量演算回路5の比例ゲイン11によりほぼ決定される。このため、積分器15を停止させるだけでは、位相差が ± 90 度を越える状態での図4の制御系の不安定性を回避することは難しいという問題があった。

【0012】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、周波数補正量演算回路の比例積分制御系の構成を変更することなく、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現可能な交流出力電力変換装置の位相同期制御方法及び位相同期制御装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の位相同期制御方法は、交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、前記検出した交流電源電圧を直交する2相交流座標上の交流量 V_u 、 V_w へ変換する工程と、前記交流量 V_u 、 V_w を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の2軸量へ変換する工程と、前記2軸量 V_d 、 V_q から前記交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流電源との位相差が所定範囲を越えるか否かが判別し、位相差が所定範囲を超えない場合は前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差が所定範囲を超える場合は前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程とを具備したことを特徴とする。

30

【0014】

この構成によれば、位相差が所定範囲を超えない安定した状態では、変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力して基準周波数に対する補正量を演算して位相同期制御を行い、位相差が所定範囲を超える不安定な状態では、位相状態に依らず安定した制御系となる変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力して基準周波数に対する補正量を演算して位相同期制御を行うので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

40

【0015】

また本発明の位相同期制御方法は、交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、前記検出した交流電源電圧を直交する2相交流座標上の交流量 V_u 、 V_w

50

へ変換する工程と、前記交流量 V 、 V を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する工程と、前記 2 軸量 V_d 、 V_q から前記交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流電源との位相差が ± 90 度を越えるか否か判別し、位相差が ± 90 度を越えない場合は前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差が ± 90 度を越える場合は前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程とを具備したことを特徴とする。

【0016】

この構成により、位相差が ± 90 度を越えない安定した状態では、変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力して周波数補正を行い、位相差が ± 90 度を越えて不安定な状態では変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力して周波数補正を行うので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

10

【0017】

また、また本発明の位相同期制御方法は、交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、前記検出した交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V 、 V へ変換する工程と、前記交流量 V 、 V を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する工程と、前記 d 軸への変換量 V_d の極性を判別し、前記変換量 V_d が正である場合は、前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、前記変換量 V_d が負である場合は、前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程とを具備したことを特徴とする。

20

【0018】

この構成により、位相差が ± 90 度を越えると正から負へ極性が変化する変換量 V_d の極性を判別し、極性判別結果に応じて位相同期のための周波数指令値を切り換えるので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

30

【0019】

また、また本発明の位相同期制御方法は、交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法において、前記交流電源の交流電源電圧を検出する工程と、前記検出した交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V 、 V へ変換する工程と、前記交流量 V 、 V を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する工程と、前記 d 軸への変換量 V_d と前記 q 軸への変換量 V_q との大小判別を行い、前記変換量 V_d が前記変換量 V_q よりも大きい場合は、前記変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、前記変換量 V_d が前記変換量 V_q よりも小さい場合は、前記変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する工程と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する工程とを具備したことを特徴とする。

40

【0020】

この構成により、位相差が ± 45 度を越えると大小関係が変化する V_d 、 V_q の大小を判別し、大小判別結果に応じて位相同期のための周波数指令値を切り換えるので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

【0021】

また、また本発明の交流出力電力変換装置の位相同期制御装置は、交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、前記交流電圧検出手段で検出された交流

50

電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V_d 、 V_q へ変換する - 座標変換手段と、前記交流量 V_d 、 V_q を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する d - q 座標変換手段と、前記 2 軸量 V_d 、 V_q から交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流電源との位相差 θ が所定範囲を越えるか否か判別し、位相差 θ が所定範囲を超えない場合は前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差 θ が所定範囲を超える場合は前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する周波数補正指令値演算手段と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演算手段とを具備したことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

10

この構成によれば、位相差 θ が所定範囲を超えない安定した状態では、変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力して基準周波数に対する補正量を演算して位相同期制御を行い、位相差 θ が所定範囲を超える不安定な状態では、位相状態に依らず安定した制御系となる変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力して基準周波数に対する補正量を演算して位相同期制御を行うので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

【 0 0 2 3 】

20

また、また本発明の交流出力電力変換装置の位相同期制御装置は、交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、前記交流電圧検出手段で検出された交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V_d 、 V_q へ変換する - 座標変換手段と、前記交流量 V_d 、 V_q を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する d - q 座標変換手段と、前記 2 軸量 V_d 、 V_q から交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と前記交流電源との位相差 θ が ± 90 度を越えるか否か判別し、位相差 θ が ± 90 度を越えない場合は前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、位相差 θ が ± 90 度を越える場合は前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する周波数補正指令値演算手段と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演算手段とを具備したことを特徴とする。

30

【 0 0 2 4 】

この構成により、位相差 θ が ± 90 度を越えない安定した状態では、変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力して周波数補正を行い、位相差 θ が ± 90 度を越えて不安定な状態では変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力して周波数補正を行うので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

【 0 0 2 5 】

40

また、また本発明の交流出力電力変換装置の位相同期制御装置は、交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、前記交流電圧検出手段で検出された交流電源電圧を直交する 2 相交流 - 座標上の交流量 V_d 、 V_q へ変換する - 座標変換手段と、前記交流量 V_d 、 V_q を回転する直交座標上の d 軸への変換量 V_d 及び q 軸への変換量 V_q の 2 軸量へ変換する d - q 座標変換手段と、前記 d 軸への変換量 V_d の極性を判別し、前記変換量 V_d が正である場合は、前記 q 軸への変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、前記変換量 V_d が負である場合は、前記 d 軸への変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する周波数補正指令値演算手段と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演算手段とを具備したことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

この構成により、位相差 θ が ± 90 度を越えると正から負へ極性が変化する変換量 V

50

dの極性を判別し、極性判別結果に応じて位相同期のための周波数指令値を切り換えるので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

【0027】

また、また本発明の交流出力電力変換装置の位相同期制御装置は、交流電源に接続されて交流電源電圧を検出する交流電圧検出手段と、前記交流電圧検出手段で検出された交流電源電圧を直交する2相交流座標上の交流電流量 V_u 、 V_w へ変換する座標変換手段と、前記交流電流量 V_u 、 V_w を回転する直交座標上のd軸への変換量 V_d 及びq軸への変換量 V_q の2軸量へ変換するd-q座標変換手段と、前記d軸への変換量 V_d と前記q軸への変換量 V_q との大小判別を行い、前記変換量 V_d が前記変換量 V_q よりも大きい場合は、前記変換量 V_q を用いた周波数補正指令値を出力し、前記変換量 V_d が前記変換量 V_q よりも小さい場合は、前記変換量 V_d を用いた周波数補正指令値を出力する周波数補正指令値演算手段と、前記周波数補正指令値に基づいて基準周波数に対する補正量を演算する周波数補正量演算手段とを具備したことを特徴とする。

10

【0028】

この構成により、位相差が ± 45 度を超えると大小関係が変化する V_d 、 V_q の絶対値の大小を判別し、大小判別結果に応じて位相同期のための周波数指令値を切り換えるので、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

20

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、周波数補正量演算回路の比例積分制御系の構成を変更することなく、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。

30

(実施の形態1)

図1は、本実施の形態1に係る交流出力電力変換装置の位相同期制御装置の機能ブロック図である。本実施の形態1は、3相3線の交流電源に適用した例であるが、本発明はその他のタイプの交流電源にも適用可能である。なお、図1において前述した図4の位相同期制御装置と同一部分には同一符号を付している。

【0031】

図1に示すように、本実施の形態1に係る交流出力電力変換装置の位相同期制御装置は、交流電圧検出回路1で交流電源電圧を検出して座標変換回路2へ入力する。交流電圧検出回路1は、相電圧(V_R 、 V_S 、 V_T)を直接検出する構成、又は線間電圧(V_{rs} 、 V_{st} 、 V_{tr})を数式(4)で示される関係式に基づいて相電圧に変換する構成の何れでも良い。

40

【数4】

$$\begin{aligned} V_R &= -\frac{1}{3}(V_{tr} - V_{rs}) \\ V_S &= -(V_{rs} - V_R) \\ V_T &= V_{tr} - V_R \end{aligned} \quad (4)$$

【0032】

座標変換回路2は、検出電源電圧を数式(1)の変換式に基づいて2相の交流電流量 V_u 、 V_w へ変換し、d-q座標変換回路3へ出力する。d-q座標変換回路3は、2相

50

の交流電圧 V_d 、 V_q を、数式 (2) の変換式に基づいて回転する直交座標上の 2 軸電圧 V_d 、 V_q へ変換する。d - q 座標変換回路 3 から出力される 2 軸電圧 V_d 、 V_q は周波数補正指令値演算回路 20 へ入力する。

【0033】

周波数補正指令値演算回路 20 は、入力段に備えたフィルタ回路 21a、21b で 2 軸電圧 V_d 、 V_q に含まれる回転直交座標の回転周波数以上の周波数成分をそれぞれ除去する。各フィルタ回路 21a、21b から出力される 2 軸電圧 V_d 、 V_q は対応する加減算器 22a、22b を経由して出力段に備えたスイッチ 23 へ出力される。

【0034】

一方の加減算器 22a は、フィルタ回路 21a から出力される d 軸電圧 V_d で V_d 目標値 V_{dref} を減算した値 V_d ($V_d = V_{dref} - V_d$) を周波数補正指令値としてスイッチ 23 の一方の入力端へ出力する。他方の加減算器 22b は、フィルタ回路 21b から出力される q 軸電圧 V_q を目標値 = 0 から減算した値 V_q ($V_q = -V_q$) を周波数補正指令値としてスイッチ 23 の他方の入力端へ出力する。スイッチ 23 は、出力端に接続すべき入力端を位相差判別回路 24 の位相差判別結果に応じて切り換える。

【0035】

位相差判別回路 24 は、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形と交流電源との位相差 $\Delta\theta$ が ± 90 度を越える状態であるか否かを判別する。位相差判別回路 24 は、判別結果に応じてスイッチ 23 を切り換え、位相差 $\Delta\theta$ が ± 90 度以内であれば V_q を周波数補正指令値として周波数補正量演算回路 5 の入力量とする。また、位相差 $\Delta\theta$ が ± 90 度を越える場合は、 V_d を周波数補正指令値として周波数補正量演算回路 5 の入力量とする。位相差判別回路 24 では、例えば (5) 式により位相差 $\Delta\theta$ を算出し、(6) 式による判別を実施する。

【数 5】

$$\Delta\theta = \cos^{-1} \left(\frac{V_d}{\sqrt{V_d^2 + V_q^2}} \right) \quad (5)$$

【数 6】

$$-\frac{\pi}{2} < \Delta\theta < \frac{\pi}{2} \quad (6)$$

【0036】

周波数補正量演算回路 5 は、比例要素 (比例ゲイン 11、乗算器 13) と積分要素 (積分ゲイン 12、乗算器 14、積分器 15) から構成されており、周波数補正指令値演算回路 20 からの周波数補正指令値に対して比例積分演算を行い、周波数補正量 V_f を出力する。周波数補正量演算回路 5 から出力される周波数補正量 V_f に対して周波数設定部 6 で設定された基準周波数 f_b を加算器 7 で加算し、この加算値を位相演算回路 8 へ入力して位相角 θ^* に変換して波形発生回路 9 へ入力する。波形発生回路 9 は位相角 θ^* の余弦波 $\cos \theta^*$ 及び正弦波 $\sin \theta^*$ を生成して d - q 座標変換回路 3 へフィードバックするように構成されている。

【0037】

このように、本実施の形態で形成されるフィードバック制御系では、周波数補正量演算回路 5 に周波数補正指令値として V_q が入力される場合は、前述した図 4 に示す制御系と同様に、 V_q が 0 になるようにフィードバック制御が行われる。また、周波数補正量演算回路 5 に周波数補正指令値として V_d が入力される場合は、 V_d が V_{dref} と一致するようにフィードバック制御が行われる。

【0038】

次に、以上のように構成された本実施の形態に係る交流出力電力変換装置の位相同期制

10

20

30

40

50

御装置の動作について、周波数補正指令値演算回路20を中心に説明する。

【0039】

交流電圧検出回路1により交流電源電圧が検出され、検出された交流電源電圧が座標変換回路2において2相交流座標上の交流電流量 V_d 、 V_q へ変換される。さらに、交流電流量 V_d 、 V_q がd-q座標変換回路3において回転する直交座標上の2軸電流量 V_d 、 V_q へ変換される。

【0040】

周波数補正指令値演算回路20では、d-q座標変換回路3で計算された回転する直交座標上の2軸電流量 V_d 、 V_q がフィルタ回路21a、21bを経由して加減算器22a、22bへ入力される。d軸への変換電流量 V_d が入力した加減算器22aでは、目標値 V_{dref} から変換電流量 V_d が減算され周波数補正指令値としてスイッチ23の一方の入力端へ出力される。また、q軸への変換電流量 V_q が入力した加減算器22bでは、目標値0から変換電流量 V_q が減算され周波数補正指令値としてスイッチ23の他方の入力端へ出力される。

10

【0041】

また、d-q座標変換回路3で計算された回転する直交座標上の2軸電流量 V_d 、 V_q は位相差判別回路24へ入力される。位相差判別回路24では、2軸電流量 V_d 、 V_q から(5)式に基づいて位相差を計算し、計算した位相差が ± 90 度を越えるか否を(6)式に基づいて判別する。

【0042】

位相差が ± 90 度を越えないと判別した場合は、 V_q を周波数補正指令値として出力するようにスイッチ23を切り換え制御する。この結果、位相差が ± 90 度を越えない場合は、周波数補正指令値 V_q ($= -V_q$)がスイッチ23で選択されて周波数補正量演算回路5へ入力される。これにより、位相差が ± 90 度を越えないでフィードバック制御系が安定している状態では、従来と同様に、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相との位相差を0にするように波形発生回路9の動作周波数が決定され、交流出力電力変換装置の出力電圧位相が交流電源の電圧位相に同期することとなる。

20

【0043】

一方、位相差が ± 90 度を越えると判別した場合は、 V_d を周波数補正指令値として出力するようにスイッチ23を切り換え制御する。この結果、位相差が ± 90 度を越える場合は、周波数補正指令値 V_d ($= V_{dref} - V_d$)がスイッチ23で選択されて周波数補正量演算回路5へ入力される。これにより、位相差が ± 90 度を越えていてフィードバック制御系が不安定な状態では、位相状態に大きく左右されずに安定したフィードバック制御系となる V_d を用いて、 V_d が目標値 V_{dref} と一致するようにフィードバック制御が行われる。 V_d を用いたフィードバック制御系とすることで当該制御系が安定して来る。

30

【0044】

そして、位相差が ± 90 度を越えなくなるまで制御系が安定したら、位相差判別回路24が V_q を周波数補正指令値として出力するようにスイッチ23を切り換える。これにより、制御系が安定した状態で、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相との位相差を0にするように波形発生回路9の動作周波数が決定され、交流出力電力変換装置の出力電圧位相が交流電源の電圧位相に同期することとなる。

40

【0045】

このように本実施の形態では、位相差が ± 90 度を越えて制御系が不安定な状態で V_q を用いて周波数補正を行うと、フィードバック制御系が不安定になり好ましくないため、位相がどこであっても比較的安定したフィードバック制御系となる V_d を用いて周波数補正を行いフィードバック制御系を安定させることとした。一方、 V_d を用いた周波数補正では位相差が0になっているかどうか不明なので、フィードバック制御系が安定して位相差が ± 90 度以内になったならば、 V_q を用いた周波数補正で位相差が0になるようなフィードバック制御系に切り替えるようにした。したがって、周波数補正量演

50

算回路 5 の比例積分制御系の構成を変更することなく、交流電源異常時にも位相同期制御動作を継続させ、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相とを、交流電源の異常、正常に拘わらず、安定かつ速やかに同期させることができ、安定した電力供給を実現することができる。

【 0 0 4 6 】

(実施の形態 2)

次に本発明の実施の形態 2 に係る交流出力電力変換装置の位相同期制御装置について説明する。本実施の形態 2 は、前述した実施の形態 1 に係る位相同期制御装置と周波数補正指令値演算回路を除き同一構成であるので、ここでは周波数補正指令値演算回路の構成及び動作について主に説明する。

10

【 0 0 4 7 】

図 2 は、本実施の形態 2 に係る交流出力電力変換装置の位相同期制御装置の構成図である。図 1 に示す実施の形態 1 の位相同期制御装置と同一機能には同一符号を付している。周波数補正指令値演算回路 30 は、正負極性判別回路 31 がスイッチ 23 の切り換えを制御するように構成されている。

【 0 0 4 8 】

正負極性判別回路 31 は、 $d - q$ 座標変換回路 3 で算出した 2 軸量 V_d , V_q のうち d 軸への変換量 V_d の極性を判別し、その判別結果に応じてスイッチ 23 を切り換える。すなわち、変換量 V_d が正の場合は q 軸への変換量 V_q から計算した周波数補正指令値 V_q ($= -V_q$) を周波数補正量演算回路 5 の入力量とする。また、変換量 V_d が負の場合は、 d 軸への変換量 V_d から計算した周波数補正指令値 V_d ($= V_{dref} - V_d$) を周波数補正量演算回路 5 の入力量とする。

20

【 0 0 4 9 】

$d - q$ 座標変換回路 3 で算出される V_d は、位相差 θ が ± 90 度を越えると極性が負になり、位相差 θ が ± 90 度を越えなければ極性が正となる特性を有する。したがって、 V_d の極性をチェックするだけで (5) 式を用いた演算を行わなくても、位相差 θ が ± 90 度を越えたか否か判別することができる。

【 0 0 5 0 】

以上のように構成された本実施の形態では、フィルタ回路 21a の出力である V_d が正負極性判別回路 31 に取り込まれて V_d の極性が判別される。 V_d の極性判別の結果、 $d - q$ 座標変換回路 3 で算出される変換量 V_d が正の場合は、 V_q が周波数補正指令値としてスイッチ 23 で選択されて周波数補正量演算回路 5 へ入力される。これにより、位相差 θ が ± 90 度を越えないでフィードバック制御系が安定している状態では、従来と同様に、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相との位相差を 0 にするように波形発生回路 9 の動作周波数が決定され、交流出力電力変換装置の出力電圧位相が交流電源の電圧位相に同期することとなる。

30

【 0 0 5 1 】

一方、 V_d の極性判別の結果、 $d - q$ 座標変換回路 3 で算出される変換量 V_d が負の場合は、フィードバック制御系が不安定であるので、 V_d が周波数補正指令値としてスイッチ 23 で選択されて周波数補正量演算回路 5 へ入力される。これにより、位相差 θ が ± 90 度を越えていてフィードバック制御系が不安定な状態では、位相状態に大きく左右されずに安定したフィードバック制御系となる V_d を用いて、 V_d が目標値 V_{dref} と一致するようにフィードバック制御が行われる。

40

【 0 0 5 2 】

そして、正負極性判別回路 31 が、 V_d の極性が正に変化したことから位相差 θ が ± 90 度を越えなくなり制御系が安定したことを検出した場合は、 V_q を周波数補正指令値として出力するようにスイッチ 23 を切り換える。これにより、制御系が安定した状態で、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相との位相差を 0 にするように波形発生回路 9 の動作周波数が決定され、交流出力電力変換装置の出力電圧位相が交流電源の電圧位相に同期することとなる。

50

【 0 0 5 3 】

このように本実施の形態によれば、位相差 θ が ± 90 度を越えたか否かを示す V_d の極性を判別してスイッチ 23 を切り替え制御するので、上記実施の形態 1 と同様の作用効果を奏することができ、さらに位相差 θ が ± 90 度を越えたか否か判別するために必要であった (5) 式による位相差演算を削減することができる。

【 0 0 5 4 】

(実施の形態 3)

次に本発明の実施の形態 3 に係る交流出力電力変換装置の位相同期制御装置について説明する。本実施の形態 3 は、前述した実施の形態 1 に係る位相同期制御装置と周波数補正指令値演算回路を除き同一構成であるので、ここでは周波数補正指令値演算回路の構成及び動作について主に説明する。

10

【 0 0 5 5 】

図 3 は、本実施の形態 3 に係る交流出力電力変換装置の位相同期制御装置の構成図である。図 1 に示す位相同期制御装置と同一機能には同一符号を付している。周波数補正指令値演算回路 40 は、大小判別回路 41 がスイッチ 23 の切り換えを制御するように構成されている。

【 0 0 5 6 】

大小判別回路 41 は、 $d-q$ 座標変換回路 3 で算出した 2 軸量 V_d 、 V_q の大きさを判別し、その判別結果に応じてスイッチ 23 を切り換える。すなわち、変換量 V_d が変換量 V_q の絶対値よりも大きい場合は、 V_q を用いた周波数補正が行われるように V_q ($= -V_q$) を周波数補正指令値として周波数補正量演算回路 5 へ入力する。また、変換量 V_d が変換量 V_q よりも小さい場合は、 V_d を用いた周波数補正が行われるように V_d ($= V_{dref} - V_d$) を周波数補正指令値として周波数補正量演算回路 5 へ入力する。

20

【 0 0 5 7 】

V_d と V_q との大小関係として、位相差 θ が ± 45 度よりも小さければ、 $V_d > |V_q|$ となる特性が存在する。したがって、 V_d と V_q の絶対値の大きさをチェックするだけで、(5) 式を用いた演算を行わなくても、位相差 θ が ± 45 度を越えたか否か判別することができる。

【 0 0 5 8 】

以上のように構成された本実施の形態では、フィルタ回路 21a、21b の出力である V_d 、 V_q が大小判別回路 41 に取り込まれて V_d と V_q の絶対値の大きさが判別される。 V_d 及び V_q の絶対値の大小判別の結果、 $V_d > |V_q|$ の場合は、フィードバック制御系が安定しているので、 V_q が周波数補正指令値としてスイッチ 23 で選択されて周波数補正量演算回路 5 へ入力される。これにより、位相差 θ が ± 45 度を越えないでフィードバック制御系が安定している状態では、従来と同様に、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位相と交流電源の位相との位相差を 0 にするように波形発生回路 9 の動作周波数が決定され、交流出力電力変換装置の出力電圧位相が交流電源の電圧位相に同期することとなる。

30

【 0 0 5 9 】

一方、 V_d 及び V_q の絶対値の大小判別の結果、 $V_d < |V_q|$ の場合は、フィードバック制御系が不安定になりやすいと判断し、 V_d が周波数補正指令値としてスイッチ 23 で選択されて周波数補正量演算回路 5 へ入力される。これにより、位相差 θ が ± 45 度を越えていてフィードバック制御系が不安定な状態に近い場合、位相状態に大きく左右されずに安定したフィードバック制御系となる V_d を用いて、 V_d が目標値 V_{dref} と一致するようにフィードバック制御が行われる。

40

【 0 0 6 0 】

そして、大小判別回路 41 が、 V_d 及び V_q の絶対値の大小関係が $V_d > |V_q|$ に変化したことから位相差 θ が ± 45 度を越えなくなり制御系が安定したことを検出した場合は、 V_q を周波数補正指令値として出力するようにスイッチ 23 を切り換える。これにより、制御系が安定した状態で、交流出力電力変換装置の出力電圧指令の基準波形の位

50

相と交流電源の位相との位相差を0にするように波形発生回路9の動作周波数が決定され、交流出力電力変換装置の出力電圧位相が交流電源の電圧位相に同期することとなる。

【0061】

このように本実施の形態によれば、位相差が ± 45 度を越えたか否かを示す V_d 及び V_q の大小関係を判別してスイッチ23を切り替え制御するので、上記実施の形態1と同様の作用効果を奏することができ、さらに位相差が ± 45 度を越えたか否か判別するために必要であった(5)式による位相差演算を削減することができる。

【0062】

本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形実施可能である。

【産業上の利用可能性】

【0063】

本発明は、交流出力電力変換装置の出力電圧位相を交流電源の電圧位相に同期させる位相同期制御方法に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明の実施の形態1となる交流出力電力変換装置の位相同期制御装置の全体構成図

【図2】本発明の実施の形態2となる交流出力電力変換装置の位相同期制御装置の全体構成図

【図3】本発明の実施の形態3となる交流出力電力変換装置の位相同期制御装置の全体構成図

【図4】従来の交流出力電力変換装置の位相同期制御装置の全体構成図

【符号の説明】

【0065】

1...交流電圧検出回路、2...座標変換回路、3...d-q座標変換回路、4...位相差演算回路、5...周波数補正量演算回路、6...周波数設定部、7...加算器、8...位相演算回路、9...波形発生回路、10...交流電圧監視回路、11...比例ゲイン、12...積分ゲイン、13、14...乗算器、15...積分器、20、30、40...周波数補正指令値演算回路、21a、21b...フィルタ回路、22a、22b...加減算器、23...スイッチ、24...位相差判別回路、31...正負極性判別回路、41...大小判別回路

10

20

30

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-313574(JP,A)
特開2003-309974(JP,A)
特公昭60-037711(JP,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 7/48
G01R 29/18