

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6103155号

(P6103155)

(45) 発行日 平成29年3月29日 (2017.3.29)

(24) 登録日 平成29年3月10日 (2017.3.10)

(51) Int. Cl.

H02M 7/48 (2007.01)

F I

H02M 7/48

E

H02M 7/48

R

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-551383 (P2016-551383)	(73) 特許権者	000006622
(86) (22) 出願日	平成26年9月30日 (2014.9.30)		株式会社安川電機
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/076081		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(87) 国際公開番号	W02016/051500	(74) 代理人	100089118
(87) 国際公開日	平成28年4月7日 (2016.4.7)		弁理士 酒井 宏明
審査請求日	平成28年9月16日 (2016.9.16)	(72) 発明者	久保山 宗
早期審査対象出願			福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		(72) 発明者	石井 佐田夫
			福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		審査官	戸次 一夫
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力変換装置、発電システムおよび電流制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力系統に接続された電力変換部と、
 前記電力系統の電圧振幅を取得する電圧振幅取得部と、
 前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅の振動成分に基づいて、前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を制御する制御部と、
前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を検出する電流検出部と、を備え、
前記制御部は、
前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅の振動成分に基づいて、出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流を補正する補正部と、
前記補正部によって補正された前記出力電流指令または前記出力電流に基づいて前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を制御する電流制御部と、を備え、
前記補正部は、
前記電圧振幅取得部によって取得された前記電圧振幅から前記振動成分を除去する振動成分除去部と、
前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅と前記振動成分除去部により前記振動成分が除去された前記電圧振幅との比率を演算する比率演算部と、
前記比率演算部による演算結果に基づいて、前記出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流を補正する補正処理部と、を備える
 ことを特徴とする電力変換装置。

10

20

【請求項 2】

前記振動成分除去部は、
前記電圧振幅の移動平均を演算することによって前記電圧振幅から前記振動成分を除去する
ことを特徴とする請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 3】

前記振動成分除去部は、
前記電圧振幅から前記振動成分を除去するローパスフィルタである
ことを特徴とする請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

前記補正処理部は、
前記出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流に対して前記比率演算部による演算結果に応じた値を乗算する乗算部を備える
ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

【請求項 5】

電力系統に接続された電力変換部と、
前記電力系統の電圧振幅を取得する電圧振幅取得部と、
前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅の振動成分に基づいて、前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を制御する制御部と、
前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を検出する電流検出部と、を備え、
前記制御部は、
前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅の前記振動成分に基づいて、出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流を補正する補正部と、
前記補正部によって補正された前記出力電流指令または前記出力電流に基づいて前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を制御する電流制御部と、を備え、
前記補正部は、
前記電圧振幅取得部によって取得された前記電圧振幅から 前記電力系統の基本周波数の成分を除いて前記振動成分を抽出する振動成分抽出部と、
前記振動成分抽出部によって抽出された前記振動成分に基づいて、前記出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流を補正する補正処理部と、を備える
ことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 6】

前記補正処理部は、
前記出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流に対して前記振動成分抽出部により抽出された前記振動成分に応じた値を加算する加算部を備える
ことを特徴とする請求項 5 に記載の電力変換装置。

【請求項 7】

前記補正部は、
前記電圧振幅取得部によって取得された前記電圧振幅から前記振動成分を除去する振動成分除去部と、
前記振動成分除去部により前記振動成分が除去された前記電圧振幅を記憶する電圧振幅記憶部を備え、
前記振動成分除去部により前記振動成分が除去された前記電圧振幅と前記電圧振幅記憶部によって記憶された前記電圧振幅との比率を演算する比率演算部と、
前記出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流に対して前記比率演算部による演算結果に応じた値を乗算する乗算部と、を備える
ことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の電力変換装置。

【請求項 8】

前記補正部は、
前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅または前記電圧振幅の振動成分が閾

10

20

30

40

50

値以上であるか否かを判定する判定部と、

前記判定部によって前記電圧振幅または前記電圧振幅の振動成分が閾値以上であると判定された場合に、前記電圧振幅の振動成分に基づいて、前記出力電流指令または前記電流検出部によって検出された前記出力電流を補正する

ことを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

【請求項 9】

請求項 1～8 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置と、前記電力変換装置に接続された発電源とを備え、

前記電力変換装置は、前記発電源によって発電された電力を前記電力系統へ出力することを特徴とする発電システム。

10

【請求項 10】

電力変換部に接続された電力系統の電圧振幅を取得することと、

前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を検出することと

前記取得された前記電圧振幅から当該電圧振幅の振動成分を除去することと、

前記取得された前記電圧振幅と前記振動成分が除去された前記電圧振幅との比率を演算することと、

前記演算された前記比率に基づいて、出力電流指令または前記検出された出力電流を補正することと、

前記補正された前記出力電流指令または前記出力電流に基づいて前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を制御することと、を含む

20

ことを特徴とする電流制御方法。

【請求項 11】

電力変換部に接続された電力系統の電圧振幅を取得することと、

前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を検出することと

前記取得された前記電圧振幅から前記電力系統の基本周波数の成分を除いて前記電圧振幅の振動成分を抽出することと、

前記抽出された前記振動成分に基づいて、出力電流指令または前記検出された出力電流を補正することと、

前記補正された前記出力電流指令または前記出力電流に基づいて前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を制御することと、を含む

30

ことを特徴とする電流制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示の実施形態は、電力変換装置、発電システムおよび電流制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、太陽電池や風力発電機などの発電装置の導入が拡大している。かかる発電装置と電力系統との間には、系統連系用電力変換装置が設置される。かかる電力変換装置は、発電装置の発電電力を電力系統の周波数に合わせた交流電力に変換し電力系統へ出力する。

40

【0003】

発電装置が電力系統に広域・大量に連系された場合、電力系統の擾乱により一斉に解列すると電力品質に大きな影響を与えることが懸念される。そのため、電力変換装置において、電力系統の瞬時電圧低下時などの系統電圧異常時に不要解列を防止し運転を継続する機能を備えることが要求されてきている。

【0004】

系統電圧異常は、例えば、線間短絡などによって生じる。線間短絡が発生すると、系統電圧がアンバランスになる。電力変換装置は、系統電圧がアンバランスになると、電圧位相を喪失するおそれがある。

【0005】

50

そこで、例えば、電力系統の電圧低下異常が発生する前の正常時の位相情報を保持し、電力系統の電圧低下異常が生じたと判定した場合に、保持された位相情報に基づいて出力電流を制御する電力変換装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2013-85364号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

実施形態の一態様は、系統電圧異常時に出力電流を精度よく制御することができる電力変換装置、発電システムおよび電流制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態の一態様に係る電力変換装置は、電力変換部と、電圧振幅取得部と、制御部とを備える。前記電力変換部は、電力系統に接続される。前記電圧振幅取得部は、前記電力系統の電圧振幅を取得する。前記制御部は、前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅の振動成分に基づいて、前記電力変換部から前記電力系統への出力電流を制御する。

【発明の効果】

20

【0009】

実施形態の一態様によれば、系統電圧異常時に出力電流を精度よく制御することができる電力変換装置、発電システムおよび電流制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、実施形態に係る発電システムの構成例を示す図である。

【図2】図2は、図1に示す電力変換装置の構成の一例を示す図である。

【図3】図3は、図2に示す電力変換部の構成の一例を示す図である。

【図4】図4は、図2に示すゲイン演算部の一例を示す図である。

【図5】図5は、図4に示す振動成分抽出部の一例を示す図である。

30

【図6】図6は、図2に示すスイッチ部の一例を示す図である。

【図7A】図7Aは、電力系統の電圧異常の一例を示す図である

【図7B】図7Bは、電圧異常の状態での補正部の補正がない場合の出力電流の状態を示す図である。

【図7C】図7Cは、電圧異常の状態での電圧位相の状態を示す図である。

【図7D】図7Dは、電圧異常の状態での補正部の補正がある場合の出力電流の状態を示す図である。

【図8】図8は、補正部の他の構成例を示す図である。

【図9】図9は、電力変換部の他の構成例を示す図である。

【図10】図10は、制御部の出力電流制御処理の流れの一例を示すフローチャートである。

40

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して、本願の開示する電力変換装置、発電システムおよび電流制御方法の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0012】

[1. 発電システム]

図1は、実施形態に係る発電システムの構成例を示す図である。図1に示す発電システム100は、電力変換装置1および発電装置2を備える。電力変換装置1は、発電装置2

50

で発電された直流電力を電力系統 3 の電圧および周波数に合わせた交流電力へ変換して電力系統 3 へ出力する。なお、発電装置 2 は、例えば、太陽電池、直流発電機、燃料電池などである。

【0013】

電力変換装置 1 は、電力変換部 10 と、電圧検出部 14 と、電流検出部 15 と、位相・振幅検出部 20 と、制御部 23 とを備える。電力変換部 10 は、制御部 23 による制御に基づき、発電装置 2 から供給される直流電力を電力系統 3 の電圧および周波数に合わせた交流電力へ変換して電力系統 3 へ出力する。

【0014】

電圧検出部 14 は、例えば、電力系統 3 の交流電圧の瞬時値を繰り返し検出する。電流検出部 15 は、例えば、電力変換部 10 から電力系統 3 への出力電流の瞬時値（以下、検出電流と記載する場合がある）を繰り返し検出する。

10

【0015】

位相・振幅検出部 20（電圧振幅取得部の一例）は、例えば、電圧検出部 14 の電圧検出結果に基づいて、電力系統 3 の電圧位相 θ および電力系統 3 の電圧振幅 U_g を取得する。なお、位相・振幅検出部 20 は、外部から電圧位相 θ および電圧振幅 U_g を取得することもできる。

【0016】

制御部 23 は、位相・振幅検出部 20 により取得された電圧振幅 U_g の振動成分に基づいて電力変換部 10 から電力系統 3 への出力電流を制御する。電力系統 3 に線間短絡などの電圧異常（以下、系統電圧異常と記載する場合がある）が発生した場合であっても、出力電流を精度よく制御することができる。なお、系統電圧異常には、例えば、電力系統 3 の電圧が過大な状態も含まれる。

20

【0017】

制御部 23 は、例えば、電圧位相 θ に応じて検出電流の座標変換を行い、かかる座標変換後の検出電流が出力電流指令と一致するように電力変換部 10 を制御することができる。この場合、制御部 23 は、出力電流指令を電圧振幅 U_g の振動成分に応じて座標変換後の検出電流や出力電流指令を補正する。これにより、出力電流を精度よく制御することができる。

【0018】

[2. 電力変換装置]

図 2 は、図 1 に示す電力変換装置 1 の構成の一例を示す図である。図 2 に示すように、電力変換装置 1 は、電力変換部 10 と、電圧検出部 11、13、14 と、電流検出部 12、15 と、フィルタ 18 と、入力端子 T_p 、 T_n と、出力端子 T_r 、 T_s 、 T_t と、位相・振幅検出部 20 と、 dq 演算部 21 と、電圧異常検出部 22 と、制御部 23 とを備える。

30

【0019】

電力変換部 10 は、昇圧回路 16 と、インバータ回路 17 とを備える。昇圧回路 16 は、例えば、昇圧チョッパ回路や DC-DC コンバータであり、また、インバータ回路 17 は、例えば、3 相インバータである。なお、電力変換部 10 は、昇圧回路 16 に代えて、供給電圧 V_{in} を所定の電圧に昇圧する降圧回路を備えることもでき、また、電力変換部 10 は、昇圧回路 16 を設けない構成であってもよい。

40

【0020】

図 3 は、電力変換部 10 の構成の一例を示す図である。図 3 に示す昇圧回路 16 は、スイッチング素子 Q_7 を有するチョッパ回路である。かかるスイッチング素子 Q_7 は、制御部 23 から出力される駆動信号 S_7 によって ON/OFF が制御され、これにより、昇圧回路 16 において供給電圧 V_{in} が所定の電圧に昇圧される。なお、図示しないが昇圧回路 16 は、例えば、制御部 23 から出力される駆動信号 S_7 を増幅してスイッチング素子 Q_7 のベースへ入力する増幅回路を有する。

【0021】

50

また、図 3 に示すインバータ回路 17 は、3 相ブリッジ接続された複数のスイッチング素子 Q1～Q6 を含む 3 相インバータである。かかるスイッチング素子 Q1～Q6 は、制御部 23 から出力される駆動信号 S1～S6 により ON/OFF が制御され、これにより、インバータ回路 17 において、直流電圧が 3 相交流電圧へ変換される。なお、図示しないがインバータ回路 17 は、例えば、制御部 23 から出力される駆動信号 S1～S6 を増幅してスイッチング素子 Q1～Q6 のベースへ入力する増幅回路を有する。

【0022】

図 2 に戻って電力変換装置 1 の説明を続ける。電圧検出部 11 は、発電装置 2 から電力変換部 10 へ供給される電圧の瞬時値を供給電圧 V_{in} として検出する。また、電圧検出部 13 は、昇圧回路 16 から出力される昇圧後の直流電圧の瞬時値（以下、直流母線電圧 V_{pn} と記載する）を検出する。電流検出部 12 は、例えば、発電装置 2 から電力変換部 10 へ供給される直流電流の瞬時値（以下、供給電流 I_{in} と記載する）を検出する。

10

【0023】

電圧検出部 14 は、例えば、電力系統 3 の R 相と S 相との間の瞬時電圧 V_{rs} （以下、相間電圧 V_{rs} と記載する）と、電力系統 3 の S 相と T 相との間の瞬時電圧 V_{st} （以下、相間電圧 V_{st} と記載する）とを検出する。

【0024】

電流検出部 15 は、例えば、電力変換部 10 から電力系統 3 の R 相、S 相および T 相へ出力される交流電流の瞬時値（以下、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t と記載する）を検出する。フィルタ 18 は、例えば、LC フィルタであり、インバータ回路 17 を構成するスイッチング素子 Q1～Q6 のスイッチングに起因するスイッチングノイズを除去する。

20

【0025】

位相・振幅検出部 20 は、電圧検出部 14 によって検出された相間電圧 V_{rs} 、 V_{st} に基づいて、電力系統 3 の電圧位相 θ および電力系統 3 の電圧振幅 U_g を取得する。例えば、位相・振幅検出部 20 は、下記式（1）、（2）の演算により、相間電圧 V_{rs} 、 V_{st} を 2 軸の $\alpha\beta$ 成分の交流電圧 V_α 、 V_β へ変換する。

$$V_\alpha = (2V_{rs} + V_{st}) \div 2 \quad \dots (1)$$

$$V_\beta = \sqrt{3} \times V_{st} \div 2 \quad \dots (2)$$

【0026】

位相・振幅検出部 20 は、交流電圧 V_α 、 V_β に基づき、例えば、下記式（3）、（4）の演算により、電圧位相 θ および電圧振幅 U_g を求める。

30

$$\theta = \tan^{-1}(V_\alpha, V_\beta) \quad \dots (3)$$

$$U_g = \sqrt{(V_\alpha^2 + V_\beta^2)} \quad \dots (4)$$

【0027】

なお、電圧検出部 14 は、例えば、電力系統 3 の R 相、S 相および T 相の瞬時電圧（以下、相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t と記載する）を検出することができる。この場合、位相・振幅検出部 20 は、例えば、相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t を 3 相 2 相変換により交流電圧 V_α 、 V_β へ変換することができる。

【0028】

また、位相・振幅検出部 20 は、電圧位相 θ および電圧振幅 U_g を検出して取得するものであるが、位相・振幅検出部 20 に代えて、電圧位相 θ を検出して取得する位相検出部と、電圧振幅 U_g を検出して取得する振幅検出部（電圧振幅取得部の一例）とをそれぞれ設ける構成であってもよい。なお、位相・振幅検出部 20 は、電圧位相 θ や電圧振幅 U_g は、例えば、電力系統の管理装置から取得することもできる。

40

【0029】

dq 演算部 21 は、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t を α 軸電流 I_α および β 軸電流 I_β へ変換し、 α 軸電流 I_α および β 軸電流 I_β を q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d へ変換する。dq 演算部 21 は、例えば、下記式（5）、（6）を用いて出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t を α 軸電流 I_α および β 軸電流 I_β へ変換し、下記式（7）、（8）の演算により α 軸電流 I_α および β 軸電流 I_β を q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d へ変換することができる。な

50

お、電流検出部 15 と d q 演算部 21 は、q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d を検出し取得する電流取得部として機能する。

$$I_\alpha = (3/2) \times I_r \quad \dots (5)$$

$$I_\beta = \sqrt{3/2} \times (2 \times I_s + I_r) \quad \dots (6)$$

$$I_q = I_\alpha \times \cos \theta + I_\beta \times \sin \theta \quad \dots (7)$$

$$I_d = -I_\alpha \times \sin \theta + I_\beta \times \cos \theta \quad \dots (8)$$

【0030】

電圧異常検出部 22 は、電力系統 3 の電圧異常を検出する。相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t の異常は、例えば、電圧振幅 U_g の低下や相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t のアンバランスである。電圧異常検出部 22 は、例えば、電圧振幅 U_g に所定値以上の振幅振動が含まれている場合に、電力系統 3 の電圧異常があると判定する。電圧異常検出部 22 は、電力系統 3 の電圧異常があると判定すると異常検出信号 S_d を出力する。なお、電圧異常検出部 22 は、電圧検出部 14 によって検出された相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t に基づいて、電力系統 3 の電圧異常を検出することもできる。

【0031】

制御部 23 は、例えば、供給電圧 V_{in} 、直流母線電圧 V_{pn} 、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t 、電圧位相 θ 、電圧振幅 U_g 、q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d に基づいて、電力変換部 10 を制御する。かかる制御部 23 は、昇圧制御部 30 と、電流指令生成部 31 と、補正部 32 と、電流制御部 33 と、電圧指令生成部 34 と、PWM 制御部 35 とを備える。以下、制御部 23 の構成について詳細に説明する。

【0032】

なお、制御部 23 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、入出力ポートなどを有するマイクロコンピュータや各種の回路を含む。かかるマイクロコンピュータの CPU は、ROM に記憶されているプログラムを読み出して実行することにより、昇圧制御部 30、電流指令生成部 31、補正部 32、電流制御部 33、電圧指令生成部 34 および PWM 制御部 35 の制御を実現することができる。なお、マイクロコンピュータの CPU が ROM に記憶されているプログラムを読み出して実行することにより位相・振幅検出部 20、d q 演算部 21 および電圧異常検出部 22 を実現してもよい。

【0033】

また、制御部 23 は、昇圧制御部 30、電流指令生成部 31、補正部 32、電流制御部 33、電圧指令生成部 34 および PWM 制御部 35 の少なくともいずれかまたは全部を ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のハードウェアで構成することもできる。なお、位相・振幅検出部 20、d q 演算部 21 および電圧異常検出部 22 を ASIC や FPGA 等のハードウェアで構成することもできる。

【0034】

昇圧制御部 30 は、電圧検出部 11 によって検出された供給電圧 V_{in} と電流検出部 12 によって検出された供給電流 I_{in} とに基づき、MPPT (Maximum Power Point Tracking) 制御により、昇圧回路 16 を制御する駆動信号 S_7 を生成する。

【0035】

かかる昇圧制御部 30 は、例えば、供給電流 I_{in} と供給電圧 V_{in} とを乗算して供給電力 P_{in} を求め、かかる供給電力 P_{in} が最大化するように直流電圧指令 V_{dc}^* を生成する。そして、昇圧制御部 30 は、直流電圧指令 V_{dc}^* と供給電圧 V_{in} とが一致するように駆動信号 S_7 を生成する。

【0036】

電流指令生成部 31 は、出力電流指令として、q 軸電流指令 I_q^* および d 軸電流指令 I_d^* を生成する。かかる電流指令生成部 31 は、減算部 41 と、q 軸指令生成部 42 と、無効成分電流演算部 43 とを備える。

【0037】

10

20

30

40

50

減算部 4 1 は、直流電圧指令 V_{pn}^* と直流母線電圧 V_{pn} との差分を演算する。q 軸指令生成部 4 2 は、直流電圧指令 V_{pn}^* と直流母線電圧 V_{pn} との偏差がゼロになるように、例えば、直流電圧指令 V_{pn}^* と直流母線電圧 V_{pn} との差分を P I (比例積分) 制御して、q 軸電流指令 I_{q^*} を生成する。無効成分電流演算部 4 3 は、q 軸電流指令 I_{q^*} に基づいて d 軸電流指令 I_{d^*} を生成する。かかる無効成分電流演算部 4 3 は、例えば、力率設定値を記憶しており、かかる力率設定値および q 軸電流指令 I_{q^*} に基づいて d 軸電流指令 I_{d^*} を生成する。なお、力率設定値は、不図示の入力部からの入力に基づいて設定および変更することができる。

【0038】

補正部 3 2 は、位相・振幅検出部 2 0 により取得された電圧振幅 U_g の振動成分に基づいて、q 軸電流指令 I_{q^*} および d 軸電流指令 I_{d^*} または q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d を補正する。かかる補正により、系統電圧異常時に出力電流を精度よく制御することができる。かかる補正部 3 2 の構成については後で詳述する。

【0039】

電流制御部 3 3 は、q 軸電流指令 $I_{q^{**}}$ および d 軸電流指令 $I_{d^{**}}$ と、q 軸電流 I_q' および d 軸電流 I_d' とに基づいて、q 軸電圧指令 U_{q^*} および d 軸電圧指令 U_{d^*} を生成する。かかる電流制御部 3 3 は、減算部 6 1、6 2 と、q 軸電流制御部 6 3 と、d 軸電流制御部 6 4 とを備える。

【0040】

減算部 6 1 は、q 軸電流指令 $I_{q^{**}}$ から q 軸電流 I_q' を減算し、減算部 6 2 は、d 軸電流指令 $I_{d^{**}}$ から d 軸電流 I_d' を減算する。q 軸電流制御部 6 3 は、例えば、q 軸電流指令 $I_{q^{**}}$ と q 軸電流 I_q' との偏差がゼロになるように、減算部 6 1 の減算結果を P I 制御して q 軸電圧指令 U_{q^*} を生成する。また、d 軸電流制御部 6 4 は、d 軸電流指令 $I_{d^{**}}$ と d 軸電流 I_d' との偏差がゼロになるように、減算部 6 2 の減算結果を P I 制御して d 軸電圧指令 U_{d^*} を生成する。

【0041】

電圧指令生成部 3 4 は、q 軸電圧指令 U_{q^*} および d 軸電圧指令 U_{d^*} に基づいて、電圧振幅指令 U_g^* を生成する。電圧指令生成部 3 4 は、例えば、下記式 (9) の演算により、電圧振幅指令 U_g^* を求める。

$$U_g^* = (U_{q^*}^2 + U_{d^*}^2)^{1/2} \quad \dots (9)$$

【0042】

PWM制御部 3 5 は、電圧振幅指令 U_g^* および電圧位相 θ に基づいて、PWM (Pulse Width Modulation) 信号を生成し、駆動信号 $S_1 \sim S_6$ として出力する。かかる PWM制御部 3 5 は、例えば、下記式 (10) ~ (12) の演算により R 相、S 相および T 相の電圧指令 V_{ru^*} 、 V_{s^*} 、 V_{t^*} を生成する。PWM制御部 3 5 は、電圧指令 V_{r^*} 、 V_{s^*} 、 V_{t^*} に基づいて駆動信号 $S_1 \sim S_6$ を生成する。これにより、電力変換部 1 0 は、電圧位相 θ に同期して出力電圧を出力することができる。

$$V_{r^*} = U_g^* \times \cos(\theta) \quad \dots (10)$$

$$V_{s^*} = U_g^* \times \cos(\theta - 2\pi/3) \quad \dots (11)$$

$$V_{t^*} = U_g^* \times \cos(\theta + 2\pi/3) \quad \dots (12)$$

【0043】

[3. 補正部 3 2]

補正部 3 2 は、上述したように、位相・振幅検出部 2 0 により取得された電圧振幅 U_g の振動成分に基づいて、q 軸電流指令 I_{q^*} および d 軸電流指令 I_{d^*} または q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d を補正する。

【0044】

かかる補正部 3 2 は、図 2 に示すように、ゲイン演算部 5 0 と、スイッチ部 5 1 と、乗算部 5 2 ~ 5 5 とを備える。ゲイン演算部 5 0 は、位相・振幅検出部 2 0 により取得された電圧振幅 U_g の振動成分に基づいて、調整ゲイン K を生成する。

【0045】

10

20

30

40

50

図4は、ゲイン演算部50の構成の一例を示す図である。図4に示すように、ゲイン演算部50は、振動成分除去部71と、比率演算部72と、ゲイン調整部73とを備える。振動成分除去部71は、位相・振幅検出部20により取得された電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去し、電圧振幅 U_g' として出力する。電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去した電圧振幅 U_g' は、電力系統3の基本周波数の電圧振幅（以下、基本振幅電圧と記載する）である。なお、振動成分 ΔU_g は、いわゆる脈動成分と呼ばれることがある。

【0046】

図5は、振動成分除去部71の構成例を示す図である。図5に示すように、振動成分除去部71は、ローパスフィルタ75と、移動平均演算部76と、電圧振幅記憶部77と、切替部78、79とを備える。振動成分除去部71は、例えば、図示しない入力部からの設定に基づき、振動成分 ΔU_g の除去処理として3つの処理のいずれかを選択的に実行する。

【0047】

例えば、振動成分除去部71は、第1モードに設定されている場合、ローパスフィルタ75により電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去して出力する。また、振動成分除去部71は、第2モードに設定されている場合、移動平均演算部76により電圧振幅 U_g の移動平均を演算することにより電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去して出力する。なお、移動平均演算部76は、直近の期間 T_a の電圧振幅 U_g の平均値を演算することで電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去する。移動平均演算部76の期間 T_a は設定によって変更することができる。

【0048】

また、振動成分除去部71は、第3モードに設定されている場合、電力系統3の電圧異常が発生する前の電圧振幅 U_g を電圧振幅記憶部77に記憶し、電圧振幅記憶部77に記憶した電圧振幅 U_g を電圧振幅 U_g' として出力する。電圧振幅記憶部77は、例えば、電圧異常検出部22から異常検出信号 S_d が出力されるまで、周期的（例えば、1秒毎）に記憶する電圧振幅 U_g を更新し、電圧異常検出部22から異常検出信号 S_d が出力された後は、記憶する電圧振幅 U_g の更新を停止する。

【0049】

なお、図5に示す振動成分除去部71は、モードの選択を切替部78、79によって行うが、モードの切り替えを行うことができれば、切替部78、79を用いない構成であってもよい。また、振動成分除去部71は、上述した3つのモードのうちいずれか1つまたは2つのモードを実行する構成であってもよく、図5に示す構成に限定されない。

【0050】

図4に戻って補正部32の説明を続ける。比率演算部72は、電圧振幅 U_g と電圧振幅 U_g' との比率 R_g を演算する。比率演算部72は、例えば、下記式(13)の演算により、比率 R_g を求める。

$$R_g = U_g / U_g' \quad \dots (13)$$

【0051】

ゲイン調整部73は、比率 R_g にゲイン K_1 を乗算して調整ゲイン K を求める。ゲイン K_1 は、例えば、0より大きく1以下の値であり、予めゲイン調整部73に設定される値（例えば、0.7）であるが、図示しない入力部からの入力に基づいてゲイン K_1 を設定することができる。

【0052】

図2に戻って補正部32の説明を続ける。スイッチ部51は、例えば、電圧振幅 U_g に含まれる振動成分 ΔU_g が閾値 U_{th} 以上である場合に、調整ゲイン K を乗算部52、53または乗算部54、55へ出力する。

【0053】

図6は、スイッチ部51の一例を示す図である。図6に示すように、スイッチ部51は、判定部80と、スイッチ81と、切替部82と、逆数演算部83とを備える。判定部80は、電圧振幅 U_g に含まれる振動成分 ΔU_g が閾値 U_{th} 以上である場合に、スイッチ

10

20

30

40

50

81をONにして調整ゲインKを出力し、振動成分 ΔU_g が閾値 U_{th} 未満である場合に、スイッチ81をOFFにして調整ゲインKの出力を停止する。なお、判定部80は、スイッチ81をOFFにして調整ゲインKの出力を停止する場合、例えば、調整ゲインKに代えて、「1」を出力する。また、スイッチ部51は、例えば、判定部80およびスイッチ81を設けない構成であってもよい。

【0054】

切替部82は、例えば、図示しない入力部から予め設定されたモードに基づき、調整ゲインKの出力先を切り替える。例えば、入力部からの設定が出力電流指令に対する補正を示す第1モードの場合、切替部82は、乗算部52、53に調整ゲインKを出力し、乗算部54、55には逆数演算部83経由で「1」を出力する。また、入力部からの設定が出力電流に対する補正を示す第2モードの場合、切替部82は、乗算部54、55に逆数演算部83経由で調整ゲインKを出力し、乗算部52、53には「1」を出力する。逆数演算部83は、調整ゲインKの逆数を演算し、調整ゲイン $K_x (= 1/K)$ として乗算部52、53へ出力する。なお、逆数演算部83は、切替部82から「1」が入力される場合、「1」を乗算部54、55へ出力する。

10

【0055】

なお、スイッチ部51は、図6に示す構成に限定されない。例えば、スイッチ部51は、切替部82を有しない構成であってもよく、この場合、調整ゲインKの出力先は、例えば、乗算部52、53と乗算部54、55とのいずれか一方である。

【0056】

図2に戻って、補正部32の説明を続ける。乗算部52は、q軸電流指令 I_q^* にスイッチ部51から出力される調整ゲインKまたは「1」を乗算し、q軸電流指令 I_q^{**} として出力する。また、乗算部53は、d軸電流指令 I_d^* にスイッチ部51から出力される調整ゲインKまたは「1」を乗算し、d軸電流指令 I_d^{**} として出力する。

20

【0057】

また、乗算部54は、q軸電流 I_q にスイッチ部51から出力される調整ゲイン K_x または「1」を乗算し、q軸電流 I_q' として出力する。また、乗算部55は、d軸電流 I_d にスイッチ部51から出力される調整ゲイン K_x または「1」を乗算し、d軸電流 I_d' として出力する。なお、ゲイン調整部73、スイッチ部51および乗算部52～55が補正処理部の一例に相当する。

30

【0058】

ここで、電力系統3に電圧異常が生じた場合について説明する。図7Aは、電力系統3の電圧異常の一例を示す図である。図7Aに示す例では、電力系統3のR相、S相およびV相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t （以下、系統相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t と記載する）がアンバランスである電圧異常を示す。

【0059】

また、図7Bは、図7Aに示す電圧異常の状態では補正部32の補正がない場合の出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t の状態を示す図であり、図7Cは、図7Aに示す電圧異常の状態での電圧位相 θ の状態を示す図である。また、図7Dは、図7Aに示す電圧異常の状態では補正部32の補正がある場合の出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t の状態を示す図である。

40

【0060】

図7Aに示すように、電力系統3に電圧異常が生じた場合、制御部23において補正部32がなければ、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t は、図7Bに示すように、歪んだ状態になり、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t に過度な脈動が生じる場合がある。その結果、過電流などが発生し、電力変換装置1の制御部23は、電力変換部10に対する制御を停止させてしまうおそれがある。

【0061】

このように、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t に歪みが生じるのは、電圧異常の状態での電圧位相 θ が図7Cに示す状態になるためである。電圧正常時の状態での電圧位相 θ は図7Cにおいて破線で示す状態である。q軸電流指令 I_q^* およびd軸電流指令 I_d^* は、電圧正

50

常時の状態の電圧位相 θ を前提に生成されることから、 q 軸電流指令 I_{q^*} および d 軸電流指令 I_{d^*} による電流制御後の電圧振幅指令 U_{g^*} が電圧異常時の電圧位相 θ によって電圧指令 V_{r^*} 、 V_{s^*} 、 V_{t^*} へ変換されることで、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t が図7Bに示す状態になる。

【0062】

一方、電力系統3に電圧異常が生じた場合、制御部23は、 q 軸電流指令 I_{q^*} および d 軸電流指令 I_{d^*} 、または、 q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d を、補正部32により振動成分 ΔU_g に基づいて補正する。これにより、図7Dに示すように、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t の歪みを抑制し、出力電流 I_r 、 I_s 、 I_t に過度な脈動が生じることを抑制することができる。そのため、出力電流の精度を向上させることができ、電圧異常時において、例えば、不要解列の発生を抑制することができる。また、正常時の電圧位相 θ を保持して系統電圧異常時に切り替える場合に比べ、過電流の発生などを抑制でき、出力電流を精度よく制御することができる。

10

【0063】

また、補正部32は、電圧振幅 U_g と電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去した電圧振幅 $U_{g'}$ との比率 R_g を演算し、かかる比率 R_g に基づいて、 q 軸電流指令 I_{q^*} および d 軸電流指令 I_{d^*} 、または、 q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d を補正する。電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去した電圧振幅 $U_{g'}$ は、電力系統3の基本振幅電圧であり、比率 R_g の振動成分 ΔR_g は、基本振幅電圧に対する振動成分 ΔU_g の比率である。

【0064】

そのため、補正部32は、比率 R_g の振動成分 ΔR_g に基づいて、 q 軸電流指令 I_{q^*} および d 軸電流指令 I_{d^*} 、または、 q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d を補正することで、適切な調整ゲイン K により出力電流の制御を行うことができ、出力電流の精度を向上させることができる。

20

【0065】

また、補正部32は、電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g の除去をローパスフィルタ75で行うことができるため、振動成分 ΔU_g の除去を精度よく行いつつ、入力に対して出力を遅延させることができる。そのため、例えば、系統電圧異常の発生タイミングにおいて、比率 R_g は、電圧低下後の電圧振幅 U_g と電圧低下前の電圧振幅 U_g で生成した電圧振幅 $U_{g'}$ との比率になる。これにより、系統電圧の低下率に応じた比率で出力電流を低減させることが可能となる。また、ローパスフィルタ75の時定数を大きくすることによって、系統電圧の低下率に応じて出力電流を抑える期間を長くすることができる。

30

【0066】

また、補正部32は、電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g の除去を移動平均演算部76で行うことができるため、振動成分 ΔU_g の除去を精度よく行うことができる。また、ローパスフィルタ75の場合と同様に、系統電圧異常の発生タイミングにおいて、比率 R_g は、電圧低下後の電圧振幅 U_g と電圧低下前の電圧振幅 U_g で生成した電圧振幅 $U_{g'}$ との比率になるため、系統電圧の低下率に応じた比率で出力電流を低下させることが可能となる。なお、移動平均の期間を長くすることによって、系統電圧の低下率に応じた比率で出力電流を低減させる期間を長くすることができる。

40

【0067】

また、補正部32は、電力系統3の電圧異常が発生する前の電圧振幅 U_g （以下、電圧振幅 U_{gm} と記載する）を記憶する電圧振幅記憶部77を有しており、電力系統3の電圧異常が発生した場合、比率 R_g として、電圧振幅 U_g と電圧振幅 U_{gm} との比を演算する。これにより、系統電圧が低下した場合に、系統電圧の低下率に応じた比率で出力電流を低減させることが可能となる。なお、補正部32は、電力系統3の電圧異常が発生する前にローパスフィルタ75や移動平均演算部76によって振動成分 ΔU_g が除去された電圧振幅 U_g を電圧振幅 U_{gm} として電圧振幅記憶部77に記憶することもできる。

【0068】

また、電力系統3の電圧異常が発生する前は、系統相電圧 V_r 、 V_s 、 V_t はバランス

50

されており、三相平衡の状態であるため、電圧振幅 U_g に含まれる振動成分 ΔU_g を無視することができる。そのため、電力系統 3 が正常である状態から継続して補正部 32 を動作させることができる。この場合、系統電圧異常が発生しても、制御部 23 における処理を変更することなく、電圧異常が発生したタイミングから迅速に系統電圧異常に対する処理を行うことができ、出力電流を精度よく制御することができる。一方、正常時の電圧位相 θ を保持して系統電圧異常時に切り替える場合、電圧異常が発生したタイミングから系統電圧異常と判定するまでの間、出力電流を精度よく制御することが難しい。

【0069】

また、スイッチ部 51 は、電圧振幅 U_g に含まれる振動成分 ΔU_g が閾値 U_{th} 以上である場合に、調整ゲイン K を出力し、振動成分 ΔU_g が閾値 U_{th} 未満である場合、調整ゲイン K の出力を停止する。電力変換装置 1 に接続する電力系統 3 によっては、例えば、送電環境等の問題により電圧振幅 U_g に含まれる振動成分 ΔU_g が大きくなるおそれがある。このような場合、制御部 23 は、補正部 32 による補正処理を停止させることができる。これにより、電力系統 3 が正常時にも関わらず電圧振幅 U_g に含まれる振動成分 ΔU_g が大きい場合に、補正部 32 の補正による影響を排除することができる。なお、例えば、電力系統 3 が正常時に補正部 32 による補正による影響が少ない場合などにおいては、スイッチ部 51 を設けなくても構わない。

10

【0070】

上述した補正部 32 は、電圧振幅 U_g と電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去した電圧振幅 U_g' との比率 R_g を演算し、かかる比率 R_g に基づいて、出力電流の制御を行うが、補正部 32 は、比率 R_g を用いない構成であってもよい。図 8 は、補正部 32 の他の構成例を示す図である。

20

【0071】

図 8 に示すように、振動成分抽出部 84 と、ゲイン調整部 85 と、スイッチ部 86 と、減算部 87 と、電圧振幅記憶部 88 と、比率演算部 89 と、加算部 90、91 と、乗算部 92、93 と、調整値補正部 94 とを備える。

【0072】

振動成分抽出部 84 は、位相・振幅検出部 20 により取得された電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を抽出する。かかる振動成分抽出部 84 は、例えば、ハイパスフィルタによって構成される。ゲイン調整部 85 は、振動成分抽出部 84 によって抽出された振動成分 ΔU_g にゲイン K_2 を乗算して調整値 K_i を求める。

30

【0073】

スイッチ部 86 は、電圧振幅 U_g に含まれる振動成分 ΔU_g が閾値 U_{th} 以上である場合に、調整値 K_i を加算部 90、91 へ出力する。スイッチ部 86 は、判定部 95 と、スイッチ 96 とを備える。判定部 95 は、判定部 80 と同様に、振動成分 ΔU_g が閾値 U_{th} 以上であるか否かを判定し、スイッチ 96 を制御する。なお、補正部 32 は、スイッチ部 86 を設けない構成であってもよい。

【0074】

加算部 90 は、調整値 K_i を q 軸電流指令 I_q^* に加算する。また、加算部 91 は、調整値補正部 94 によって補正された調整値 K_i' を d 軸電流指令 I_d^* に加算する。調整値補正部 94 は、例えば、下記式 (14) の演算を行うことにより、調整値 K_i' を求める。

40

$$K_i' = K_i \times (I_d^* / I_q^*) \quad \cdots (14)$$

【0075】

このように、図 8 に示す補正部 32 は、振動成分 ΔU_g に応じた調整値 K_i を生成し、かかる調整値 K_i に基づいて q 軸電流指令 I_q^* および d 軸電流指令 I_d^* を補正する。これにより、出力電流の歪みを抑制し、出力電流に過度な脈動が生じることを抑制することができる。なお、図 8 に示す例では、調整値 K_i に基づいて q 軸電流指令 I_q^* および d 軸電流指令 I_d^* を補正するが、調整値 K_i の逆数に基づいて q 軸電流 I_q および d 軸電流 I_d を補正する構成を補正部 32 に設けることもできる。

50

【0076】

減算部87は、電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を減算することによって、電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去した電圧振幅 U_g' を演算する。電圧振幅記憶部88は、例えば、電圧異常検出部22から異常検出信号 S_d が出力されるまで、電圧振幅記憶部77と同様に、周期的に記憶する電圧振幅 U_g' を更新し、電圧異常検出部22から異常検出信号 S_d が出力された後は、記憶する電圧振幅 U_g' の更新を停止する。

【0077】

比率演算部89は、比率演算部72と同様に、減算部87により電圧振幅 U_g から振動成分 ΔU_g を除去した電圧振幅 U_g' と電圧振幅記憶部88に記憶された電圧振幅 U_g' との比率 R_g を演算する。乗算部92は、加算部90の加算結果に比率 R_g を乗じてq軸電流指令 $I_{q^{**}}$ を生成する。また、乗算部93は、加算部91の加算結果に比率 R_g を乗じてd軸電流指令 $I_{d^{**}}$ を生成する。これにより、系統電圧の低下率に応じた比率で出力電流を低減することが可能となる。なお、補正部32は、減算部87、電圧振幅記憶部88、比率演算部89および乗算部92、93を設けない構成であってもよい。なお、ゲイン調整部85、スイッチ部86、加算部90、91および調整値補正部94が補正処理部

10

【0078】

図2に示す電力変換装置1では、昇圧回路16およびインバータ回路17が電力変換部10である例を示したが、電力変換装置1の電力変換部10は、図2に示す構成に限定されない。例えば、電力変換装置1は、図9に示すように、複数の双方向スイッチ $Sw_1 \sim Sw_9$ を含む電力変換部10を備えるマトリクスコンバータであってもよい。図9は、電力変換部10の一例を示す図であり、複数の双方向スイッチ $Sw_1 \sim Sw_9$ は、発電装置2の各相と電力系統3の各相との間を接続するスイッチである。かかる双方向スイッチ $Sw_1 \sim Sw_9$ は、導通方向が制御可能な複数のスイッチング素子（例えば、MOSFETやIGBT）などから構成される。

20

【0079】

なお、上述した例では、q軸とd軸の電流補正を行ったが、電力変換装置1は、例えば、力率1制御の場合、q軸のみの電流補正を行うこともできる。

【0080】

[4. 電流制御フロー]

30

ここで、制御部23により実行される出力電流制御処理の一例について図10を参照して具体的に説明する。図10は、制御部23により実行される電力変換処理の一例を示すフローチャートである。

【0081】

図10に示すように、位相・振幅検出部20は、電力系統3の電圧振幅 U_g を取得する（ステップS10）。制御部23は、電圧振幅 U_g の振動成分 ΔU_g に基づいて、出力電流指令（q軸電流指令 I_{q^*} およびd軸電流指令 I_{d^*} ）および出力電流値（q軸電流 I_q およびd軸電流 I_d ）のうち的一方を補正する（ステップS11）。

【0082】

制御部23は、出力電流指令および出力電流値のうちの他方と補正後の一方との差に基づいて電力変換部10を制御することにより、電力変換部10から電力系統3への出力電流を制御する（ステップS12）。

40

【0083】

以上のように、実施形態に係る電力変換装置1は、電圧振幅 U_g の振動成分 ΔU_g に基づいて、出力電流指令および出力電流値のうちの一方を補正することから、過電流の発生などを抑制でき、出力電流を精度よく制御することができる。

【0084】

[5. その他]

図1および図2に示す電力変換装置1は、電力変換部10を含む構成であるが、電力変換部10を制御する制御装置として、例えば、以下の構成を有するようにしてもよい。

50

(構成例)

電力系統 3 の電圧振幅 U_g を取得する電圧振幅取得部と、

前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅 U_g の振動成分 ΔU_g に基づいて、前記電力系統 3 への出力電流を制御する指令 U_{q^*} 、 U_{d^*} (出力電圧指令の一例) を生成する制御部 23 と、を備え、

前記制御部 23 は、

前記電力系統 3 への出力電流 I_q 、 I_d を取得する電流取得部と、

前記電圧振幅取得部により取得された前記電圧振幅 U_g の振動成分 ΔU_g に基づいて、出力電流指令 I_{q^*} 、 I_{d^*} または前記電流取得部によって検出された前記出力電流 I_q 、 I_d を補正する補正部と、

前記補正部によって補正された前記出力電流指令 I_{q^*} 、 I_{d^*} または前記出力電流 I_q 、 I_d に基づいて前記電力系統 3 への出力電流を制御する指令 U_{q^*} 、 U_{d^*} (出力電圧指令の一例) を生成する電流制御部と、

ことを特徴とする記載の制御装置。

【0085】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

【符号の説明】

【0086】

- 1 電力変換装置
- 2 発電装置
- 3 電力系統
- 10 電力変換部
- 11、13、14 電圧検出部
- 12、15 電流検出部
- 20 位相・振幅検出部
- 21 dq 演算部
- 22 電圧異常検出部
- 23 制御部
- 31 電流指令生成部
- 32 補正部
- 33 電流制御部
- 34 電圧指令生成部
- 35 PWM 制御部
- 41、61、62、87 減算部
- 42 q 軸指令生成部
- 43 無効成分電流演算部
- 50 ゲイン演算部
- 51、83、86 スイッチ部
- 52～55、92、93 乗算部
- 63 q 軸電流制御部
- 64 d 軸電流制御部
- 78、79、83 切替部
- 71 振動成分除去部
- 72、89 比率演算部
- 73、85 ゲイン調整部
- 75 ローパスフィルタ

10

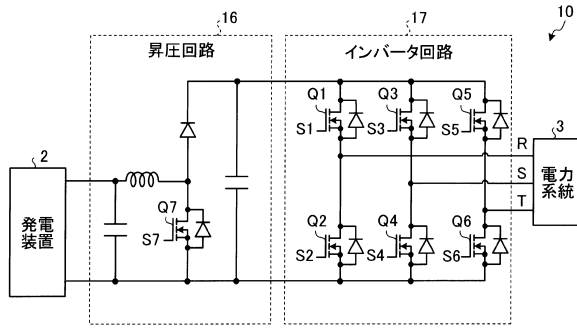
20

30

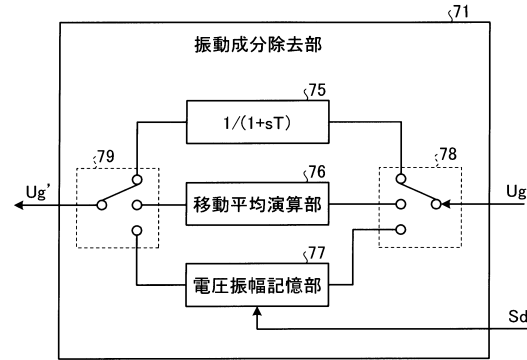
40

50

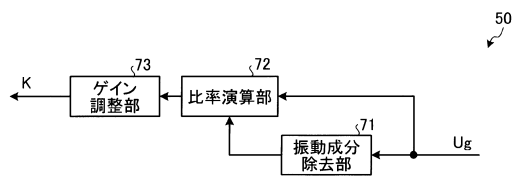
【図 3】



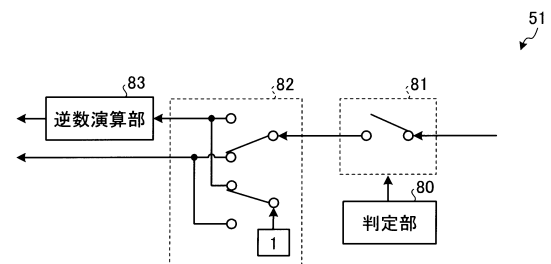
【図 5】



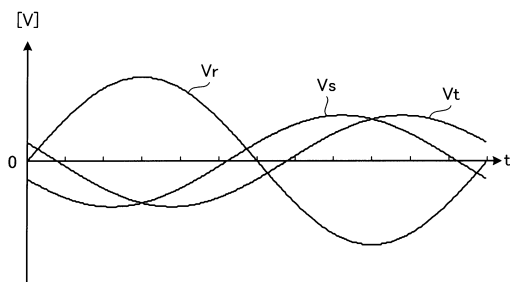
【図 4】



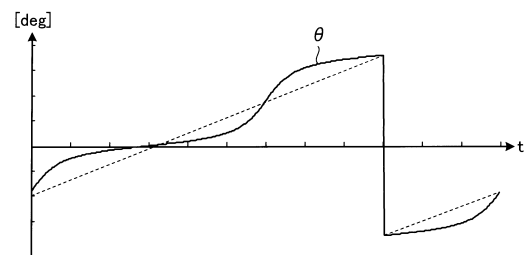
【図 6】



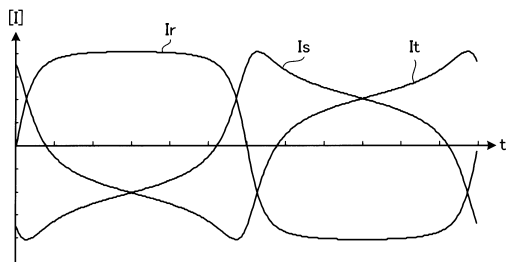
【図 7 A】



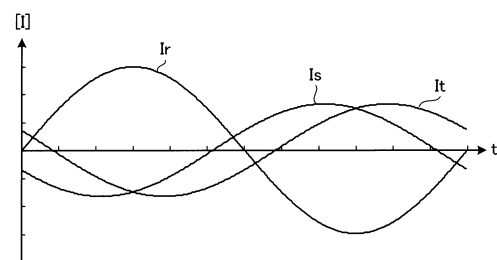
【図 7 C】



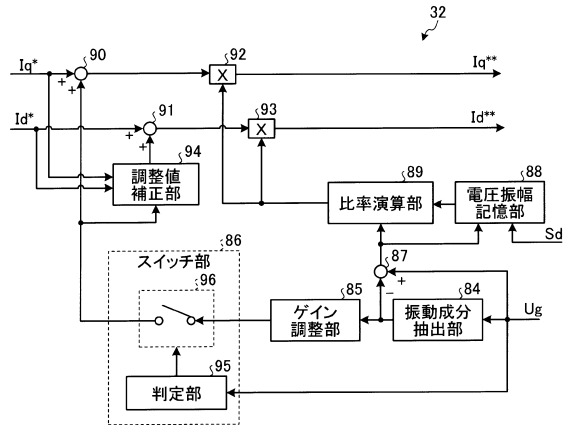
【図 7 B】



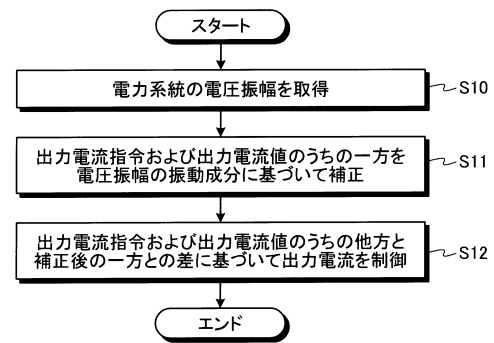
【図 7 D】



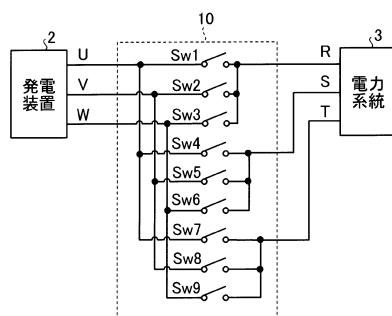
【図 8】



【図 10】



【図 9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-153957 (JP, A)
特開2008-059968 (JP, A)
特開2007-259567 (JP, A)
特開平7-241037 (JP, A)
米国特許出願公開第2014/0097807 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J3/00-5/00
H02M7/42-7/98