(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7459405号
(P7459405)

(45)発行日　令和6年4月1日(2024.4.1)

(24)登録日　令和6年3月22日(2024.3.22)

(51)国際特許分類		FI		
H02J	*3/24 (2006.01)*	H02J	3/24	
H02J	*3/38 (2006.01)*	H02J	3/38	110
H02J	*3/46 (2006.01)*	H02J	3/38	120
		H02J	3/46	

請求項の数　10　（全20頁）

(21)出願番号　特願2023-576359(P2023-576359)
(86)(22)出願日　令和5年8月28日(2023.8.28)
(86)国際出願番号　PCT/JP2023/030908
審査請求日　令和5年12月12日(2023.12.12)
早期審査対象出願

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　110001195
弁理士法人深見特許事務所
(72)発明者　田畠　和順
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　高野　誠治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、

前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、

前記電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、前記電力変換器に対する第１電圧指令値を生成する発電機模擬部と、

前記発電機模擬部により生成された前記第１電圧指令値に基づいて、前記電力変換器の第１電流指令値を生成する電流指令生成部と、

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記電力変換器の電流容量に従う第１電流範囲よりもリミット値に従う第２電流範囲が小さくなるように前記リミット値を設定する設定部と、

前記第１電流指令値を前記第２電流範囲内に制限して第２電流指令値を生成するリミッタと、

前記第２電流指令値に基づいて、第２電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、

前記第２電圧指令値に基づいて、前記電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含む、電力変換装置。

【請求項２】

前記直流回路は、前記電力変換器との間で電力の授受が可能な電源を含み、

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記設定部は、前記電流容量の上

限値からマージンを減算した値を前記リミット値の上限値として設定し、前記電流容量の下限値に前記マージンを加算した値を前記リミット値の下限値として設定する、請求項１に記載の電力変換装置。

【請求項３】

前記直流回路は、前記電力変換器との間で電力の授受が可能な電源を含み、

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記設定部は、前記電流容量の上限値から第１マージンを減算した値を前記リミット値の上限値として設定し、前記電流容量の下限値に第２マージンを加算した値を前記リミット値の下限値として設定する、請求項２に記載の電力変換装置。

【請求項４】

前記電力系統において事故が検出された場合、前記設定部は、前記電流容量の上限値を前記リミット値の上限値として設定し、前記電流容量の下限値を前記リミット値の下限値として設定する、請求項２または請求項３に記載の電力変換装置。

【請求項５】

前記直流回路は、前記電力変換器に電力を供給する再生可能エネルギー電源を含み、

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記設定部は、前記電流容量の上限値からマージンを減算した値を前記リミット値の上限値として設定し、前記リミット値の下限値をゼロに設定する、請求項１に記載の電力変換装置。

【請求項６】

前記発電機模擬部は、前記交流電圧および前記交流電流に基づいて算出される有効電力と前記有効電力の目標値との差分を時間積分することにより第１角周波数を算出し、

前記制御装置は、前記第１角周波数に基づいて前記電力系統における事故を検出する事故検出部をさらに含む、請求項１～請求項３のいずれか１項に記載の電力変換装置。

【請求項７】

直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、

前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、

前記電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、前記電力変換器に対する第１電圧指令値を生成する発電機模擬部と、

前記発電機模擬部により生成された前記第１電圧指令値に基づいて前記電力変換器の第１電流指令値を生成する電流指令生成部と、

前記第１電流指令値を前記電力変換器の電流容量に従う電流範囲内に制限して第２電流指令値を生成するリミッタと、

前記第２電流指令値に基づいて、第２電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、

前記第２電圧指令値に基づいて、前記電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含み、

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記発電機模擬部は、前記電力変換器の電流容量に基づいて算出される第１有効電力よりも小さい第２有効電力に基づいて、前記第１電圧指令値の位相を生成する、電力変換装置。

【請求項８】

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記発電機模擬部は、前記第２有効電力に基づいて算出される位相を、前記第１電圧指令値の位相として設定する、請求項７に記載の電力変換装置。

【請求項９】

前記発電機模擬部は、前記電力系統において事故が検出されていない場合、

前記第１有効電力と規定有効電力との差分を前記第２有効電力として算出し、

前記交流電圧および前記交流電流に基づいて算出される有効電力と前記第２有効電力との差分を時間積分することにより第１角周波数を算出し、

前記第１角周波数を時間積分することにより第１位相を算出し、

前記第１位相を前記第１電圧指令値の位相として設定する、請求項７に記載の電力変

換装置。
【請求項１０】
前記発電機模擬部は、前記電力系統において事故が検出された場合、
前記交流電圧および前記交流電流に基づいて算出される有効電力と前記第１有効電力との差分を時間積分することにより第２角周波数を算出し、
前記第２角周波数を時間積分することにより第２位相を算出し、
前記第２位相を前記第１電圧指令値の位相として設定する、請求項７～請求項９のいずれか１項に記載の電力変換装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、電力変換装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、電力系統に対して、太陽光発電設備等の再生可能エネルギーを用いた多くの分散型電源が導入されている。これに伴い、発電機脱落などの事故時に、単位時間あたりの周波数変化の大きさを示す周波数変化率（ＲｏＣｏＦ：Rate of Change of Frequency）の増加が課題となっている。周波数安定化装置では、太陽光発電パネルおよび蓄電池等の電源から出力される有効電力を電力変換器により制御して、電力系統に擬似的な慣性力を与えることで電力系統の安定化を行なう。
【０００３】
例えば、特開２０１９－１７６５８４号公報（特許文献１）は、分散電源の制御装置を開示している。この制御装置は、分散電源を電力系統に連系させる電力変換装置に対して、仮想慣性を設定するものであって、分散電源の仕様および動作状態に基づいて仮想慣性値を算出し、算出される仮想慣性値と、系統運用者から要求される要求慣性値とのいずれか一方に基づいて、電力変換装置に仮想慣性を設定する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【文献】特開２０１９－１７６５８４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
上記のような電力変換装置では、通常運転時においては、有効電力を上限まで出力可能とする運用がなされている。しかしながら、この場合、電力変換装置は、系統事故時（例えば、発電機の脱落時）に電力系統に対する有効電力出力を増大しようとしてもその余力がない。したがって、電力変換装置は、電力系統に対して慣性力を与えることができず、系統周波数を安定化させることができない。
【０００６】
本開示のある局面における目的は、通常時に有効電力を電力系統に融通しつつ、電力系統の事故時に慣性力を与えることが可能な電力変換装置を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
ある実施の形態に従う電力変換装置は、直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、電力変換器を制御する制御装置とを備える。制御装置は、電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器に対する第１電圧指令値を生成する発電機模擬部と、発電機模擬部により生成された第１電圧指令値に基づいて、電力変換器の第１電流指令値を生成する電流指令生成部と、電力系統において事故が検出されていない場合、電力変換器の電流容量に従う第１電流範囲よりもリミット値に従う第２電流範囲が小さくなるようにリミット値を設定する設定部と

、第１電流指令値を第２電流範囲内に制限して第２電流指令値を生成するリミッタと、第２電流指令値に基づいて、第２電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、第２電圧指令値に基づいて、電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含む。

【０００８】

他の実施の形態に従う電力変換装置は、直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、電力変換器を制御する制御装置とを備える。制御装置は、電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器に対する第１電圧指令値を生成する発電機模擬部と、発電機模擬部により生成された第１電圧指令値に基づいて電力変換器の第１電流指令値を生成する電流指令生成部と、第１電流指令値を電力変換器の電流容量に従う電流範囲内に制限して第２電流指令値を生成するリミッタと、第２電流指令値に基づいて、第２電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、第２電圧指令値に基づいて、電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含む。電力系統において事故が検出されていない場合、発電機模擬部は、電力変換器の電流容量に基づいて算出される第１有効電力よりも小さい第２有効電力に基づいて、第１電圧指令値の位相を生成する。

【発明の効果】

【０００９】

本開示に係る電力変換装置によれば、通常時に有効電力を電力系統に融通しつつ、電力系統の事故時に慣性力を与えることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】電力変換システムの全体構成の一例を説明するための図である。

【図２】電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。

【図３】制御装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図４】実施の形態１に従う指令生成部の機能構成例を示すブロック図である。

【図５】電圧振幅生成部の構成例を示すブロック図である。

【図６】事故検出部および設定部の処理の一例を示すフローチャートである。

【図７】実施の形態１に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。

【図８】実施の形態１の変形例に従う設定部の構成の一例を説明するための図である。

【図９】実施の形態１の変形例に従う設定部の構成の他の例を説明するための図である。

【図１０】実施の形態１の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。

【図１１】実施の形態１の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の他の例を示す図である。

【図１２】実施の形態２に従う指令生成部の構成例を示すブロック図である。

【図１３】実施の形態２の変形例に従う指令生成部の構成例を示すブロック図である。

【図１４】有効電力指令値と電力マージンとの関係を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下、図面を参照しつつ、本実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明は繰り返さない。

【００１２】

実施の形態１．

＜全体構成＞

図１は、電力変換システムの全体構成の一例を説明するための図である。電力変換システム１０００は、電力系統３０と、変圧器３４と、直流回路４０と、電力変換装置５０と、電流検出器９１と、電圧検出器９３とを含む。電力変換装置５０は、制御装置１０と、電力変換器２０とを含む。

【００１３】
電力変換器２０は、直流回路４０と電力系統３０との間で電力変換を行なう電力変換器である。具体的には、電力変換器２０は、変圧器３４を介して電力系統３０に接続されており、直流回路４０からの直流電力を交流電力に変換して、交流電力を電力系統３０に出力する。
【００１４】
電力変換器２０は、例えば、２レベル変換器、３レベル変換器、あるいはモジュラーマルチレベル変換器等の自励式変換器である。自励式変換器は、自己消弧型の素子を用いた変換器であり、出力電圧の大きさと位相を自由に制御できる。また、自励式変換器は、電力系統の電源がなくても、交流と直流の電力交換を行なうことができる。電力系統３０は、例えば、三相の交流系統である。直流回路４０は、例えば、太陽電池、風力発電機等の再生可能エネルギー電源、蓄電要素、直流送電系統、他の電力変換器の直流端子等である。
【００１５】
電流検出器９１は、電力系統３０と電力変換器２０との連系点３２における三相の交流電流を検出する。具体的には、電流検出器９１は、連系点３２と変圧器３４との間に流れるＵ相の交流電流Ｉｓｙｓｕ、Ｖ相の交流電流Ｉｓｙｓｖ、およびＷ相の交流電流Ｉｓｙｓｗを検出する。交流電流Ｉｓｙｓｕ，Ｉｓｙｓｖ，Ｉｓｙｓｗ（以下、「交流電流Ｉｓｙｓ」とも総称する。）は、制御装置１０へ入力される。
【００１６】
電圧検出器９３は、電力系統３０の連系点３２における三相の交流電圧を検出する。具体的には、電圧検出器９３は、連系点３２のＵ相の交流電圧Ｖｓｙｓｕ、Ｖ相の交流電圧Ｖｓｙｓｖ、およびＷ相の交流電圧Ｖｓｙｓｗを検出する。交流電圧Ｖｓｙｓｕ，Ｖｓｙｓｖ，Ｖｓｙｓｗ（以下、「交流電圧Ｖｓｙｓ」とも総称する。）は、制御装置１０へ入力される。
【００１７】
制御装置１０は、電力変換器２０の動作を制御する装置である。具体的には、制御装置１０は、主な機能構成として、指令生成部１００と、信号生成部２００とを含む。指令生成部１００および信号生成部２００の各機能は、処理回路により実現される。処理回路は、専用のハードウェアであってもよいし、制御装置１０の内部メモリに格納されるプログラムを実行するＣＰＵ（Central Processing Unit）であってもよい。処理回路が専用のハードウェアである場合、処理回路は、例えば、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、またはこれらを組み合わせたもの等で構成される。
【００１８】
指令生成部１００は、主に、同期発電機の特性を模擬する機能を有しており、電力変換器２０から出力される電圧の位相θ（すなわち、電圧指令値の位相）と、当該電圧の振幅（すなわち、電圧指令値の振幅）Ｖとを生成する。位相θは、電力変換器２０の制御に用いられる基準となる位相である。指令生成部１００の詳細については後述する。
【００１９】
信号生成部２００は、指令生成部１００により生成された電圧指令値（すなわち、振幅Ｖおよび位相θ）に基づいて、電力変換器２０に対する制御信号を生成し、電力変換器２０に出力する。具体的には、信号生成部２００は、三相電圧生成部２０２と、ＰＷＭ制御部２０４とを含む。
【００２０】
三相電圧生成部２０２は、位相θおよび振幅Ｖに基づいて、２相／３相変換により三相の正弦波電圧Ｖｕ＊，Ｖｖ＊，Ｖｗ＊を生成する。
【００２１】
ＰＷＭ制御部２０４は、三相の正弦波電圧Ｖｕ＊，Ｖｖ＊，Ｖｗ＊のそれぞれに対してパルス幅変調を行ない、ＰＷＭ信号としての制御信号を生成する。ＰＷＭ制御部２０４は、当該制御信号を電力変換器２０に出力する。典型的には、制御信号は、電力変換器２０

に含まれる各スイッチング素子のオンおよびオフを制御するためのゲート制御信号である。

【００２２】

上記のような電力変換装置５０は、同期発電機の特性を模擬する機能を有しており、系統周波数を安定化させるために電力系統３０に出力する有効電力を調整する。ここで、電力系統３０に事故が発生していない通常時において、電力変換装置５０が、ハードウェア性能より定まる上限値まで有効電力を出力可能に構成されている場合、図２に示すような問題が生じる。

【００２３】

図２は、電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。図２の横軸は時間であり、縦軸は電力変換器２０の出力有効電力である。電力変換器２０から電力系統３０に有効電力が出力される方向を正方向とし、電力系統３０から電力変換器２０に有効電力が入力（すなわち、吸収）される方向を負方向とする。また、図２の例では、直流回路４０は、電力変換器２０に電力を供給する再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

【００２４】

図２中の“上限値”は、電力変換器２０のハードウェア性能より定まる電流容量（すなわち、許容電流）の正極性の上限値から規定される有効電力上限値を示す。図２中の“下限値”は、電力変換器２０の電流容量の負極性の上限値（すなわち、電流容量の下限値）から規定される有効電力下限値を示す。

【００２５】

図２を参照して、電力変換器２０は、通常時において、有効電力を上限値で出力し続けている。系統事故が発生（例えば、電力系統３０内の発電機が脱落）して系統周波数が低下した場合、電力変換器２０は、系統周波数を増大させるために電力系統３０に対する有効電力出力を増大しようとするが、ハードウェア性能の限界により有効電力を増大できない。すなわち、電力系統３０に対して擬似慣性力を付与できず、系統周波数を規定値に維持することができない。したがって、電力変換装置５０は、系統周波数低下時において有効電力出力を増大できるように構成されていることが好ましい。

【００２６】

また、系統事故が発生（例えば、電力系統３０内の負荷が脱落）して系統周波数が増大した場合、電力変換器２０は、系統周波数を低下させるために電力系統３０に対する有効電力出力を低減する。ただし、図２の例では、直流回路４０としての再生可能エネルギー電源は有効電力を吸収できない。そのため、電力変換装置５０による有効電力出力の下限値についても適切に設定しておく必要がある。

【００２７】

本実施の形態に従う電力変換装置５０は、系統周波数低下時において電力系統３０に対する有効電力出力を増大して慣性力を付与できるように構成される。その具体的な構成については後述する。

【００２８】

＜ハードウェア構成＞

図３は、制御装置のハードウェア構成例を示す図である。図３には、コンピュータによって制御装置１０を構成する例が示される。

【００２９】

図３を参照して、制御装置１０は、１つ以上の入力変換器７０と、１つ以上のサンプルホールド回路７１と、マルチプレクサ７２と、Ａ／Ｄ変換器７３と、１つ以上のＣＰＵ（Central Processing Unit）７４と、ＲＡＭ（Random Access Memory）７５と、ＲＯＭ（Read Only Memory）７６と、１つ以上の入出力インターフェイス７７と、補助記憶装置７８とを含む。制御装置１０は、構成要素間を相互に接続するバス７９を含む。

【００３０】

入力変換器７０は、入力チャンネルごとに補助変成器を有する。各補助変成器は、図１の電流検出器９１および電圧検出器９３による検出信号を、後続する信号処理に適した電

圧レベルの信号に変換する。

【００３１】

サンプルホールド回路７１は、入力変換器７０ごとに設けられる。サンプルホールド回路７１は、対応の入力変換器７０から受けた電気量を表す信号を規定のサンプリング周波数でサンプリングして保持する。

【００３２】

マルチプレクサ７２は、複数のサンプルホールド回路７１に保持された信号を順次選択する。Ａ／Ｄ変換器７３は、マルチプレクサ７２によって選択された信号をデジタル値に変換する。なお、複数のＡ／Ｄ変換器７３を設けることによって、複数の入力チャンネルの検出信号に対して並列的にＡ／Ｄ変換を実行するようにしてもよい。

【００３３】

ＣＰＵ７４は、制御装置１０の全体を制御し、プログラムに従って演算処理を実行する。揮発性メモリとしてのＲＡＭ７５及び不揮発性メモリとしてのＲＯＭ７６は、ＣＰＵ７４の主記憶として用いられる。ＲＯＭ７６は、プログラム及び信号処理用の設定値などを収納する。補助記憶装置７８は、ＲＯＭ７６に比べて大容量の不揮発性メモリであり、プログラム及び電気量検出値のデータなどを格納する。

【００３４】

入出力インターフェイス７７は、ＣＰＵ７４及び外部装置の間で通信する際のインターフェイス回路である。

【００３５】

なお、図３の例とは異なり、制御装置１０の少なくとも一部をＦＰＧＡおよび、ＡＳＩＣ等の回路を用いて構成することも可能である。

【００３６】

＜指令生成部＞

図４は、実施の形態１に従う指令生成部の機能構成例を示すブロック図である。図４を参照して、指令生成部１００は、発電機模擬部１１０と、事故検出部１２０と、設定部１３０と、電流指令生成部１４０と、電流リミッタ１４２と、電圧指令生成部１４４と、座標変換部１５０と、交流電力算出部１５２と、電圧振幅生成部１６０とを含む。なお、図４では、直流回路４０が再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

【００３７】

座標変換部１５０は、位相θを用いて交流電流Ｉｓｙｓｕ，Ｉｓｙｓｖ，Ｉｓｙｓｗを３相／２相変換して、ｄ軸電流Ｉｄおよびｑ軸電流Ｉｑを算出する。また、座標変換部１５０は、位相θを用いて交流電圧Ｖｓｙｓｕ，Ｖｓｙｓｖ，Ｖｓｙｓｗを３相／２相変換して、ｄ軸電圧Ｖｄおよびｑ軸電圧Ｖｑを算出する。

【００３８】

交流電力算出部１５２は、電流検出器９１により検出された交流電流Ｉｓｙｓと、電圧検出器９３により検出された交流電圧Ｖｓｙｓとに基づいて、連系点３２における有効電力Ｐおよび無効電力Ｑを算出する。

【００３９】

電圧振幅生成部１６０は、ｄ軸電圧Ｖｄ、ｑ軸電圧Ｖｑ、無効電力Ｑ、および無効電力指令値Ｑｒｅｆに基づいて、電圧指令値の振幅Ｖｒｅｆを生成する。振幅Ｖｒｅｆは、電力変換器２０の出力電圧の振幅指令値に相当する。

【００４０】

図５は、電圧振幅生成部の構成例を示すブロック図である。図５を参照して、電圧振幅生成部１６０は、正相電圧算出部１６１と、減算器１６２，１６３と、電圧調整部１６４と、座標変換部１６５，１６７と、加算器１６６とを含む。

【００４１】

正相電圧算出部１６１は、ｄ軸電圧Ｖｄおよびｑ軸電圧Ｖｑに基づいて、正相電圧Ｖｐｏｓを算出する。減算器１６２は、無効電力指令値Ｑｒｅｆと無効電力Ｑとの偏差ΔＱ（＝Ｑｒｅｆ－Ｑ）を算出する。減算器１６２は、系統電圧指令値Ｖａｃｒｅｆと正相電圧

Ｖｐｏｓとの偏差ΔＶｐｏｓ（＝Ｖａｃｒｅｆ－Ｖｐｏｓ）を算出する。

【００４２】

電圧調整部１６４は、自動無効電力調整モードまたは自動電圧調整モードのいずれかを選択し、選択したモードに基づいて、電圧振幅調整量ΔＶａｃｒｅｆを生成する。具体的には、電圧調整部１６４は、自動無効電力調整モードを選択した場合、偏差ΔＱを規定値以下（例えば、０）にするためのフィードバック制御により電圧振幅調整量ΔＶａｃｒｅｆを生成する。電圧調整部１６４は、自動電圧調整モードを選択した場合、偏差ΔＶｐｏｓを規定値以下（例えば、０）にするためのフィードバック制御により電圧振幅調整量ΔＶａｃｒｅｆを生成する。電圧調整部１６４は、ＰＩ制御器、一次遅れ要素等で構成される。

【００４３】

座標変換部１６５は、規定電圧指令値のｄ軸成分（すなわち、規定ｄ軸電圧指令値Ｖｄｘ）およびｑ軸成分（すなわち、規定ｑ軸電圧指令値Ｖｑｘ）を、振幅｜Ｖｘ｜および位相φｖに変換する。規定ｄ軸電圧指令値Ｖｄｘおよび規定ｑ軸電圧指令値Ｖｑｘは、系統運用者等により予め設定される値である。加算器１６６は、振幅｜Ｖｘ｜と電圧振幅調整量ΔＶａｃｒｅｆとを加算する。座標変換部１６７は、振幅｜Ｖｘ｜および電圧振幅調整量ΔＶａｃｒｅｆの加算値および位相φｖを、ｄｑ軸変換して、ｄ軸電圧振幅Ｖｄｒｅｆ（すなわち、振幅Ｖｒｅｆのｄ軸成分）およびｑ軸電圧振幅Ｖｑｒｅｆ（すなわち、振幅Ｖｒｅｆのｑ軸成分）を生成する。

【００４４】

再び、図４を参照して、発電機模擬部１１０は、電力系統３０における交流電圧Ｖｓｙｓおよび交流電流Ｉｓｙｓに基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器２０に対する電圧指令値Ｖ１＊を生成する。具体的には、発電機模擬部１１０は、減算器１１１と、積分器１１２と、加算器１１３と、積分器１１４と、電圧指令生成部１１５とを含む。

【００４５】

減算器１１１は、有効電力Ｐと有効電力指令値Ｐｒｅｆとの差分ΔＰ（＝Ｐｒｅｆ－Ｐ）を積分器１１２に出力する。有効電力指令値Ｐｒｅｆは有効電力Ｐの目標値であり、系統運用者により定められる。

【００４６】

積分器１１２は、減算器１１１の出力値である差分ΔＰを時間積分することにより角周波数偏差Δωを出力する。これにより、電力変換器２０の制御において同期発電機が有する制動力が模擬される。積分器１１２の“Ｍ”は、同期発電機の慣性定数である。角周波数偏差Δωは、仮想同期発電機における回転子の角周波数と基準角周波数ω０との差分に相当する。基準角周波数ω０は、電力系統３０における電力の基準周波数（例えば、５０Ｈｚまたは６０Ｈｚ）の角周波数である。

【００４７】

加算器１１３は、角周波数偏差Δωと基準角周波数ω０とを加算して角周波数ω（＝Δω＋ω０）を出力する。積分器１１４は、角周波数ωを時間積分することにより位相θを算出する。電圧指令生成部１１５は、振幅Ｖｒｅｆと位相θに基づく電圧指令値Ｖ１＊を生成する。

【００４８】

事故検出部１２０は、角周波数偏差Δωに基づいて、電力系統３０の事故を検出する。例えば、事故検出部１２０は、角周波数偏差Δωが整定値以上である場合には電力系統３０に事故が発生したと判断し（すなわち、系統事故を検出し）、角周波数偏差Δωが整定値未満である場合には電力系統３０に事故が発生していないと判断する。事故検出部１２０は、検出結果に応じた信号Ｔｒを出力する。例えば、信号Ｔｒの値は、系統事故が検出された場合には“１”を示し、系統事故が検出されていない場合には“０”を示す。

【００４９】

ただし、上記検出方式は一例であり、その他の公知の検出方式であってもよい。例えば

、事故検出部１２０は、有効電力指令値Ｐｒｅｆと有効電力Ｐとの差分、あるいは発電機模擬部１１０内の他の信号に基づいて電力系統３０の事故を検出してもよい。また、事故検出部１２０は、連系点３２における交流電圧Ｖｓｙｓの周波数変動結果に基づいて、電力系統３０の事故を検出してもよい。

【００５０】

設定部１３０は、電流リミッタ１４２のリミット値を設定する。具体的には、設定部１３０は、選択器１３１と、電流演算部１３２と、減算器１３３とを含む。

【００５１】

選択器１３１は、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“０”の場合）には“Ｐｍａｒ”を電流演算部１３２に出力し、系統事故が検出された場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“１”の場合）には“０”を電流演算部１３２に出力する。Ｐｍａｒは、電力変換器２０から電力系統３０に出力される有効電力のマージン（以下、「電力マージン」とも称する。）を示す。電力マージンＰｍａｒは、系統運用者により予め定められる値である。

【００５２】

電流演算部１３２は、系統事故が検出されていない場合、電力マージンＰｍａｒの有効電力出力に必要な電流マージンＩｍａｒを算出する。ここで、電力変換器２０の電流容量の上限値（すなわち、正極性の上限値）を“電流容量Ｉｃａ”と記載する。減算器１３３は、電力変換器２０の電流容量Ｉｃａ（ただし、Ｉｃａ＞０）から電流マージンＩｍａｒを減算した減算値（すなわち、Ｉｃａ－Ｉｍａｒ）を電流リミッタ１４２のリミット値の上限値を示す上限リミット値Ｉｍａｘに設定する。

【００５３】

一方、電流演算部１３２は、系統事故が検出された場合、“０”を減算器１３３に出力する。減算器１３３は、電力変換器２０の電流容量Ｉｃａを電流リミッタ１４２の上限リミット値Ｉｍａｘに設定する。

【００５４】

なお、直流回路４０としての再生可能エネルギー電源は有効電力を吸収できないため、設定部１３０は、電流リミッタ１４２のリミット値の下限値を示す下限リミット値Ｉｍｉｎをゼロに設定する。

【００５５】

上記のように、設定部１３０は、電力系統３０において事故が検出されていない場合、電流容量の上限値（すなわち、Ｉｃａ）から電流マージンＩｍａｒを減算した値を上限リミット値Ｉｍａｘとして設定し、下限リミット値Ｉｍｉｎを“０”に設定する。この場合、電流容量Ｉｃａよりも上限リミット値Ｉｍａｘが小さいため、電流容量に従う電流範囲Ｒ１よりもリミット値に従う電流範囲Ｒ２の方が小さくなる。

【００５６】

また、設定部１３０は、電力系統３０において事故が検出された場合、上限リミット値Ｉｍａｘを“Ｉｃａ”に設定し、下限リミット値Ｉｍｉｎを“０”に設定する。この場合、この場合、電流容量Ｉｃａと上限リミット値ｍａｘとが同一となる。

【００５７】

図６は、事故検出部および設定部の処理の一例を示すフローチャートである。図６を参照して、事故検出部１２０は、電力系統３０において事故が検出されたか否かを判断する（ステップＳ１０）。事故が検出された場合（ステップＳ１０においてＹＥＳ）、設定部１３０は、電力変換器２０の電流容量Ｉｃａを上限リミット値Ｉｍａｘとして設定する（ステップＳ１２）。この場合、電力マージンＰｍａｒは考慮されない。一方、事故が検出されていない場合（ステップＳ１０においてＮＯ）、設定部１３０は、電流容量Ｉｃａに電力マージンＰｍａｒを反映した値（すなわち、Ｉｃａ－Ｉｍａｒ）を上限リミット値Ｉｍａｘとして設定する（ステップＳ１４）。

【００５８】

再び、図４を参照して、電流指令生成部１４０は、発電機模擬部１１０により生成され

た電圧指令値Ｖ１＊に基づいて、電力変換器２０の電流指令値Ｉ１＊を生成する。ここで、連系点３２における交流電圧Ｖｓｙｓと、電力変換器２０の出力電圧Ｖｉと、電力変換器２０の出力電流Ｉと、変圧器３４の漏れリアクタンスＸとの関係は、以下の式（１）で表わされる。

【００５９】

Ｉ＝（Ｖｓｙｓ－Ｖｉ）／Ｘ …（１）

したがって、電流指令値Ｉ１＊は式（１）を用いて、“（Ｖｓｙｓ－Ｖ１＊）／Ｘ”と算出される。

【００６０】

電流リミッタ１４２は、電流指令値Ｉ１＊を電流範囲Ｒ２内に制限して電流指令値Ｉ２＊を生成する。具体的には、電流リミッタ１４２は、電流指令値Ｉ１＊を下限リミット値Ｉｍｉｎ以上かつ上限リミット値Ｉｍａｘ以下に制限した値を電流指令値Ｉ２＊として出力する。例えば、系統事故が検出されていない場合（すなわち、下限リミット値Ｉｍｉｎが“０”、上限リミット値Ｉｍａｘが“Ｉｃａ－Ｉｍａｒ”に設定されている場合）、電流指令値Ｉ２＊は０以上かつ“Ｉｃａ－Ｉｍａｒ”以下に制限される。

【００６１】

電圧指令生成部１４４は、電流指令値Ｉ２＊に基づいて電力変換器２０の電圧指令値Ｖ２＊を生成する。具体的には、電圧指令生成部１４４は、式（１）を用いて、電流指令値Ｉ２＊を変換することにより電圧指令値Ｖ２＊（具体的には、Ｖ２＊＝Ｖｓｙｓ－（Ｘ×Ｉ２＊））を生成する。なお、電圧指令値Ｖ２＊は、図１の指令生成部１００から出力される位相θおよび振幅Ｖを有する電圧指令値に対応する。そのため、図１の信号生成部２００は、指令生成部１００により生成された電圧指令値Ｖ２＊に基づいて、電力変換器２０に対する制御信号を生成し、電力変換器２０に出力する。

【００６２】

上記の指令生成部１００の構成によると、電力変換器２０から出力される有効電力の時間変化は図７のように示される。

【００６３】

図７は、実施の形態１に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。図７の横軸は時間であり、縦軸は電力変換器２０の出力有効電力である。電力変換器２０から電力系統３０に有効電力が出力される方向を正方向とし、電力系統３０から電力変換器２０に有効電力が吸収される方向を負方向とする。

【００６４】

図７を参照して、電力変換器２０は、電力系統３０の事故発生前においては、通常時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流“Ｉｃａ－Ｉｍａｒ”に対応する有効電力）を出力している。

【００６５】

系統事故が発生（例えば、電力系統３０内の発電機が脱落）して系統周波数が低下した場合、電力変換器２０は、系統周波数を増大させるために電力系統３０に対して出力する有効電力をＰｍａｒだけ増大して、事故時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流“Ｉｃａ”に対応する有効電力）を出力する。これにより、電力系統３０に対して擬似慣性力を付与することができ、系統周波数の安定化を実現できる。

【００６６】

一方、系統事故が発生（例えば、電力系統３０内の負荷が脱落）して系統周波数が増大した場合、電力変換器２０は、系統周波数を低下させるために電力系統３０に対する有効電力を低減して、下限値の有効電力（すなわち、電流“０”に対応する有効電力）を出力する。すなわち、電力変換器２０は、有効電力出力をゼロとする。これにより、電力変換器２０の有効電力出力の下限値も適切に制御される。

【００６７】

＜変形例＞

上述した実施の形態１では、直流回路４０が再生可能エネルギー電源で構成されている

例について説明したが、実施の形態１の変形例では、直流回路４０が、電力変換器２０との間で電力の授受が可能な電源（例えば、蓄電要素）で構成されている例について説明する。蓄電要素は、有効電力の供給および吸収が可能な点で、再生可能エネルギー電源と異なる。例えば、蓄電要素は、例えば、電気二重層コンデンサ、あるいはリチウムイオン電池等の蓄電池を含む蓄電装置である。

【００６８】

なお、以下の説明では、直流回路４０が蓄電要素である場合について説明するが、直流回路４０は、例えば、直流送電網等を含む直流電力系統、または他の電力変換装置の直流端子であってもよい。後者の場合、２台の電力変換器を連結することによって定格周波数などが異なる交流電力系統間を接続するためのＢＴＢ（Back To Back）システムが構成される。

【００６９】

図８は、実施の形態１の変形例に従う設定部の構成の一例を説明するための図である。図８を参照して、設定部１３０Ａは、図４の設定部１３０に極性反転部１３４を追加した構成を有する。

【００７０】

系統事故が検出されていない場合、減算器１３３は、電力変換器２０の電流容量Ｉｃａ（ただし、Ｉｃａ＞０）から電流マージンＩｍａｒを減算した減算値（すなわち、Ｉｃａ－Ｉｍａｒ）を電流リミッタ１４２の上限リミット値Ｉｍａｘに設定する。また、減算器１３３は、当該減算値を極性反転部１３４に出力する。極性反転部１３４は、当該減算値の極性を反転した値（すなわち、－Ｉｃａ＋Ｉｍａｒ）を電流リミッタ１４２の下限リミット値Ｉｍｉｎに設定する。

【００７１】

系統事故が検出された場合、減算器１３３は、電力変換器２０の電流容量Ｉｃａを電流リミッタ１４２の上限リミット値Ｉｍａｘに設定する。また、減算器１３３は、電流容量Ｉｃａを極性反転部１３４に出力する。極性反転部１３４は、電流容量Ｉｃａの極性を反転した値（すなわち、－Ｉｃａ）を電流リミッタ１４２の下限リミット値Ｉｍｉｎに設定する。

【００７２】

上記より、設定部１３０Ａは、系統事故が検出されていない場合、電流容量の上限値（すなわち、Ｉｃａ）から電流マージンＩｍａｒを減算した値を上限リミット値Ｉｍａｘとして設定し、電流容量の下限値（すなわち、－Ｉｃａ）に電流マージンＩｍａｒを加算した値を下限リミット値Ｉｍｉｎとして設定する。

【００７３】

一方、設定部１３０Ａは、系統事故が検出された場合、電流容量の上限値（すなわち、Ｉｃａ）を上限リミット値Ｉｍａｘとして設定し、電流容量の下限値（すなわち、－Ｉｃａ）を下限リミット値Ｉｍｉｎとして設定する。

【００７４】

図９は、実施の形態１の変形例に従う設定部の構成の他の例を説明するための図である。図９を参照して、設定部１３０Ｂは、図４の設定部１３０に、選択器１３５、電流演算部１３６、減算器１３７および極性反転部１３８を追加した構成を有する。

【００７５】

電流リミッタ１４２の上限リミット値Ｉｍａｘの設定方式は、図４または図８で説明したものと同様である。

【００７６】

選択器１３５は、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“０”の場合）には“Ｐｍａｒ２”を電流演算部１３２に出力し、系統事故が検出された場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“１”の場合）には“０”を電流演算部１３２に出力する。Ｐｍａｒ２は、電力変換器２０から直流回路４０に出力される（例えば、蓄電要素に吸収される）有効電力のマージンを示す。電力マージンＰｍａｒ２は、系統運用者により予め定められる

値である。典型的には、電力マージンＰｍａｒ２は、電力変換器２０から電力系統３０に出力される有効電力の電力マージンＰｍａｒとは異なる値である。

【００７７】

電流演算部１３６は、系統事故が検出されていない場合、電力マージンＰｍａｒ２の有効電力出力に必要な電流マージンＩｍａｒ２を算出する。減算器１３７は、電力変換器２０の電流容量Ｉｃａから電流マージンＩｍａｒ２を減算した減算値（すなわち、Ｉｃａ－Ｉｍａｒ２）を極性反転部１３８に出力する。極性反転部１３８は、当該減算値の極性を反転した値（すなわち、－Ｉｃａ＋Ｉｍａｒ２）を電流リミッタ１４２の下限リミット値Ｉｍｉｎに設定する。

【００７８】

一方、電流演算部１３６は、系統事故が検出された場合、“０”を減算器１３７に出力する。減算器１３７は、電流容量Ｉｃａを極性反転部１３８に出力する。極性反転部１３８は、電流容量Ｉｃａの極性を反転した値（すなわち、－Ｉｃａ）を電流リミッタ１４２の下限リミット値Ｉｍｉｎに設定する。

【００７９】

上記より、設定部１３０Ｂは、系統事故が検出されていない場合、電流容量の上限値（すなわち、Ｉｃａ）から電流マージンＩｍａｒを減算した値を上限リミット値Ｉｍａｘとして設定し、電流容量の下限値（すなわち、－Ｉｃａ）に電流マージンＩｍａｒ２を加算した値を下限リミット値Ｉｍｉｎとして設定する。

【００８０】

一方、設定部１３０Ｂは、系統事故が検出された場合、電流容量の上限値（すなわち、Ｉｃａ）を上限リミット値Ｉｍａｘとして設定し、電流容量の下限値（すなわち、－Ｉｃａ）を下限リミット値Ｉｍｉｎとして設定する。

【００８１】

上記のように、系統事故が検出されていない場合、設定部１３０Ａ，１３０Ｂの設定方式によると、上限リミット値Ｉｍａｘが電流容量の上限値（すなわち、Ｉｃａ）よりも小さく、下限リミット値Ｉｍｉｎが電流容量の下限値（すなわち、－Ｉｃａ）よりも大きい。したがって、電力変換器２０の電流容量に従う電流範囲Ｒ１よりもリミット値（すなわち、上限リミット値Ｉｍａｘおよび下限リミット値Ｉｍｉｎ）に従う電流範囲Ｒ２の方が小さくなる。

【００８２】

上記の変形例の構成によると、電力変換器２０から出力される有効電力の時間変化は図１０または図１１のように示される。

【００８３】

図１０は、実施の形態１の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。図１０の横軸は時間であり、縦軸は電力変換器２０の出力有効電力である。電力変換器２０から電力系統３０に有効電力が出力される方向を正方向とし、電力系統３０から電力変換器２０に有効電力が吸収される方向を負方向とする。これは、以下の図１１でも同様である。図１０の例では、電力変換器２０は、通常運転時に有効電力を電力系統３０へ送電している。

【００８４】

図１０を参照して、電力変換器２０は、電力系統３０の事故発生前においては、通常時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流“Ｉｃａ－Ｉｍａｒ”に対応する有効電力）を出力している。

【００８５】

系統事故が発生して系統周波数が低下した場合、電力変換器２０は、系統周波数を増大させるために電力系統３０に対して出力する有効電力を増大して、事故時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流“Ｉｃａ”に対応する有効電力）を出力する。一方、系統事故が発生して系統周波数が増大した場合、電力変換器２０は、系統周波数を低下させるために電力系統３０に対する有効電力を低減し、事故時の下限値に対応する有効電力（すな

わち、電流“－Ｉｃａ”に対応する有効電力）を蓄電要素に吸収させる。

【００８６】

図１１は、実施の形態１の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の他の例を示す図である。図１１の例では、電力変換器２０は、通常運転時に有効電力を電力系統３０から受電している。

【００８７】

図１１を参照して、電力変換器２０は、電力系統３０の事故発生前においては、通常時の下限値に対応する有効電力（すなわち、電流“－Ｉｃａ＋Ｉｍａｒ”に対応する有効電力）を吸収している。

【００８８】

系統事故が発生して系統周波数が低下した場合、電力変換器２０は、系統周波数を増大させるために電力系統３０に対して出力する有効電力を増大して、事故時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流“Ｉｃａ”に対応する有効電力）を出力する。一方、系統事故が発生して系統周波数が増大した場合、電力変換器２０は、系統周波数を低下させるために電力系統３０からの有効電力（すなわち、電流“－Ｉｃａ”に対応する有効電力）を蓄電要素に吸収させる。

【００８９】

上記より、変形例によると、電力変換器２０は、系統周波数が低下した場合には電力系統３０に対して有効電力を出力し、系統周波数が増大した場合には電力系統３０からの有効電力を吸収することにより、系統周波数の安定化を実現できる。

【００９０】

＜利点＞

実施の形態１によると、有効電力の出力のみが可能で吸収ができない電源（例えば、再生可能エネルギー電源）により直流回路４０が構成される場合、電力変換装置５０の通常運転時には電力系統３０に有効電力を融通しつつ、電力系統３０の事故時等で慣性力が要求される際には適切な有効電力を出力することで擬似的な慣性力を付与できる。

【００９１】

また、有効電力の出力および吸収の双方が可能な電源（例えば、蓄電要素、直流送電系統、他の電力変換器の直流端子等）により直流回路４０が構成される場合、通常運転時に有効電力を電力系統３０へ送電する運転をしている場合と、有効電力を電力系統３０から受電する運転をしている場合のいずれにおいても、慣性力付与のための有効電力マージンを確保できる。これにより、電力変換装置５０の通常運転時には電力系統３０に有効電力を融通しつつ、電力系統３０の事故時等で慣性力が要求される際には適切な有効電力を出力または吸収することで擬似的な慣性力を付与できる。

【００９２】

実施の形態２．

実施の形態１では、電流リミッタ１４２のリミット値を適切に設定することにより、有効電力マージンを確保する構成について説明した。実施の形態２では、発電機模擬部が、有効電力マージンを反映させた電圧指令値Ｖ１＊を出力する構成について説明する。

【００９３】

図１２は、実施の形態２に従う指令生成部の構成例を示すブロック図である。図１２を参照して、指令生成部１００Ａは、発電機模擬部１１０Ａと、事故検出部１２０と、電流指令生成部１４０と、電流リミッタ１４２と、電圧指令生成部１４４と、座標変換部１５０と、交流電力算出部１５２と、電圧振幅生成部１６０とを含む。図４と同様の構成についてはその詳細な説明は繰り返さない。なお、図１２では、直流回路４０が再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

【００９４】

発電機模擬部１１０Ａは、減算器１１１と、積分器１１２と、加算器１１３と、積分器１１４Ａと、電圧指令生成部１１５と、位相演算部１１６と、リミット設定部１１７とを含む。減算器１１１、積分器１１２および加算器１１３の機能構成は、図４の構成と同様

である。

【００９５】

位相演算部１１６は、有効電力のマージン（例えば、Ｐｍａｒ）を考慮した有効電力ＰｍａｒＳに基づいて位相θｍａｒＳを生成する。例えば、有効電力ＰｍａｒＳは、有効電力上限値（例えば、Ｐｒｅｆ）から電力マージンＰｍａｒを減算した値である。ここで、有効電力ＰｍａｒＳと、交流電圧Ｖｓｙｓと、電力変換器２０の出力電圧Ｖｉと、位相θｍａｒＳと、変圧器３４の漏れリアクタンスＸとの関係は、以下の式（２）で表わされる。

【００９６】

ＰｍａｒＳ＝｛Ｖｓｙｓ×Ｖｉ×ｓｉｎ（θｍａｒＳ）｝／Ｘ …（２）

したがって、位相θｍａｒＳは式（２）を用いて算出される。

【００９７】

系統事故が検出された場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“１”の場合）には、リミット設定部１１７は、積分器１１４Ａの上限リミット値を＋∞に設定し、下限リミット値を－∞に設定する。すなわち、リミット設定部１１７は、積分器１１４Ａの出力値を制限しない。

【００９８】

一方、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“０”の場合）には、リミット設定部１１７は、上限リミット値および下限リミット値の両方を位相θｍａｒＳに設定する。すなわち、リミット設定部１１７は、積分器１１４Ａの出力値を“θｍａｒＳ”に制限する。

【００９９】

リミット設定部１１７により上限リミット値および下限リミット値が制限されていない場合（すなわち、系統事故が検出された場合）には、積分器１１４Ａは、角周波数ωを時間積分した値を位相θとして出力する。一方、リミット設定部１１７により上限リミット値および下限リミット値が“θｍａｒＳ”に制限されている場合（すなわち、系統事故が検出されていない場合）には、積分器１１４Ａは、上記時間積分の結果によらず、“θｍａｒＳ”を位相θとして出力する。

【０１００】

電圧指令生成部１１５は、振幅Ｖｒｅｆと位相θに基づく電圧指令値Ｖ１＊を生成する。具体的には、系統事故が検出されていない場合には、電圧指令生成部１１５は、有効電力ＰｍａｒＳに基づいて算出される位相θｍａｒを電圧指令値Ｖ１＊の位相θとして設定する。系統事故が検出された場合には、電圧指令生成部１１５は、角周波数ωを時間積分した値を電圧指令値Ｖ１＊の位相θとして設定する。

【０１０１】

電流指令生成部１４０、電流リミッタ１４２および電圧指令生成部１４４の機能構成は、図４で説明したものと同様である。ただし、電流リミッタ１４２の上限リミット値Ｉｍａｘは電流容量Ｉｃａに固定され、下限リミット値Ｉｍｉｎはゼロに固定されている。

【０１０２】

図１３は、実施の形態２の変形例に従う指令生成部の構成例を示すブロック図である。図１３を参照して、指令生成部１００Ｂは、指令生成部１００Ａの発電機模擬部１１０Ａを発電機模擬部１１０Ｂに置き換えた構成に相当する。図１２と同様の構成についてはその詳細な説明は繰り返さない。なお、図１３では、直流回路４０が再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

【０１０３】

発電機模擬部１１０Ｂは、減算器１１１Ａ，１１１Ｂと、積分器１１２と、加算器１１３と、積分器１１４と、電圧指令生成部１１５と、選択器１１８とを含む。積分器１１２、加算器１１３、積分器１１４および電圧指令生成部１１５の機能構成は、図４で説明した当該機能構成と同様である。

【０１０４】

選択器１１８は、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“０”の場合）には“Ｐｍａｒ”を減算器１１１Ａに出力し、電力系統３０において事故が検出され

た場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“１”の場合）には“０”を減算器１１１Ａに出力する。

【０１０５】

減算器１１１Ａは、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号Ｔｒの値が“０”の場合）には有効電力指令値Ｐｒｅｆと電力マージンＰｍａｒとの差分ΔＰ１（すなわち、ΔＰ１＝Ｐｒｅｆ－Ｐｍａｒ）を減算器１１１Ｂに出力する。

【０１０６】

図１４は、有効電力指令値と電力マージンとの関係を説明するための図である。図１４を参照して、有効電力指令値Ｐｒｅｆは、電力変換器２０のハードウェア性能より定まる電流容量の正極性の上限値から規定される有効電力上限値に対応する。

【０１０７】

有効電力ＰｍａｒＳは、通常時の有効電力の上限値に対応する。例えば、有効電力ＰｍａｒＳは、実施の形態１で説明した電流“Ｉｃａ－Ｉｍａｒ”に対応する有効電力に相当する。このことから、差分ΔＰ１は、有効電力ＰｍａｒＳに相当することが理解される。

【０１０８】

再び、図１３を参照して、系統事故が検出されていない場合、減算器１１１Ｂは、有効電力ＰｍａｒＳ（すなわち、差分ΔＰ１）と有効電力Ｐとの差分ΔＰ２（すなわち、ΔＰ２＝ＰｍａｒＳ－Ｐ）を積分器１１２に出力する。積分器１１２は、差分ΔＰ２を時間積分することにより角周波数偏差Δωを出力する。積分器１１４は、角周波数偏差Δωと基準角周波数ω０との加算値である角周波数ωを時間積分することにより位相θを算出する。電圧指令生成部１１５は、振幅Ｖｒｅｆと位相θに基づく電圧指令値Ｖ１＊を生成する。このように、電圧指令生成部１１５は、有効電力ＰｍａｒＳと有効電力Ｐとの差分に基づいて算出される位相を電圧指令値Ｖ１＊の位相θとして設定する。

【０１０９】

なお、系統事故が検出された場合における位相θの生成方式は、図１２で説明したものと同様である。

【０１１０】

上記のように、発電機模擬部１１０Ａは、系統事故が検出されていない場合、電力変換器２０の電流容量に基づいて算出される有効電力（例えば、有効電力指令値Ｐｒｅｆ）よりも小さい有効電力（例えば、ＰｍａｒＳ）に基づいて、電圧指令値Ｖ１＊の位相を生成する。これにより、有効電力マージンが考慮された電圧指令値Ｖ１＊を出力することができる。

【０１１１】

＜利点＞

実施の形態２によると実施の形態１と同様の利点を有する。

【０１１２】

その他の実施の形態．

上述の実施の形態として例示した構成は、本開示の構成の一例であり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本開示の要旨を逸脱しない範囲で、一部を省略する等、変更して構成することも可能である。また、上述した実施の形態において、他の実施の形態で説明した処理および構成を適宜採用して実施する場合であってもよい。

【０１１３】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した説明ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【０１１４】

１０　制御装置、２０　電力変換器、３０　電力系統、３２　連系点、３４　変圧器、４０　直流回路、５０　電力変換装置、７０　入力変換器、７１　サンプルホールド回路、７２　マルチプレクサ、７３　Ａ／Ｄ変換器、７４　ＣＰＵ、７５　ＲＡＭ、７６　ＲＯＭ、７７　入出力インターフェイス、７８　補助記憶装置、７９　バス、９１　電流検出器、９３　電

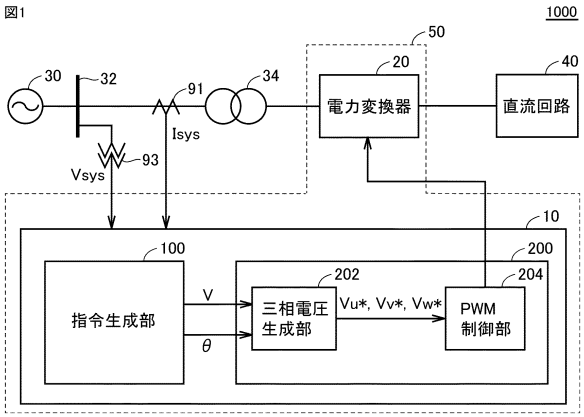
圧検出器、１００，１００Ａ，１００Ｂ　指令生成部、１１０，１１０Ａ，１１０Ｂ　発電機模擬部、１１２，１１４，１１４Ａ　積分器、１１５，１４４　電圧指令生成部、１１６　位相演算部、１１７　リミット設定部、１１８，１３１，１３５　選択器、１２０　事故検出部、１３０，１３０Ａ，１３０Ｂ　設定部、１３２，１３６　電流演算部、１３４，１３８　極性反転部、１４０　電流指令生成部、１４２　電流リミッタ、１５０，１６５，１６７　座標変換部、１５２　交流電力算出部、１６０　電圧振幅生成部、１６１　正相電圧算出部、１６４　電圧調整部、２００　信号生成部、２０２　三相電圧生成部、２０４　ＰＷＭ制御部、１０００　電力変換システム。

【要約】

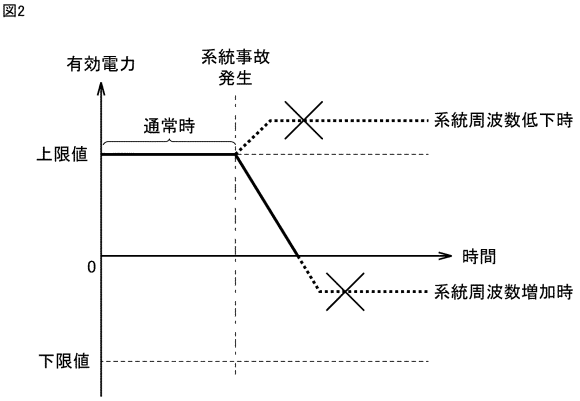
電力変換装置（５０）は、電力変換器（２０）と制御装置（１０）とを備える。制御装置（１０）は、電力系統（３０）における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器（２０）に対する第１電圧指令値を生成し、第１電圧指令値に基づいて電力変換器（２０）の第１電流指令値を生成し、電力系統（３０）において事故が検出されていない場合、電力変換器（２０）の電流容量に従う第１電流範囲よりもリミット値に従う第２電流範囲が小さくなるようにリミット値を設定し、第１電流指令値を第２電流範囲内に制限して第２電流指令値を生成し、第２電流指令値に基づいて第２電圧指令値を生成し、第２電圧指令値に基づいて電力変換器（２０）に対する制御信号を生成する。

【図面】

【図１】

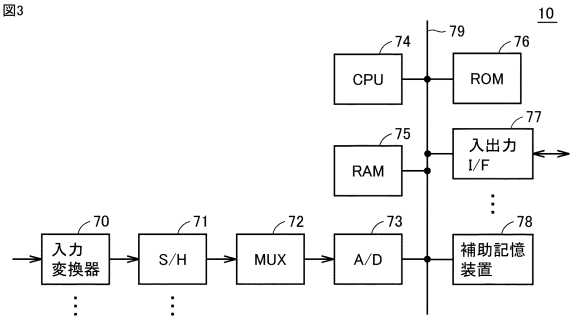


【図２】



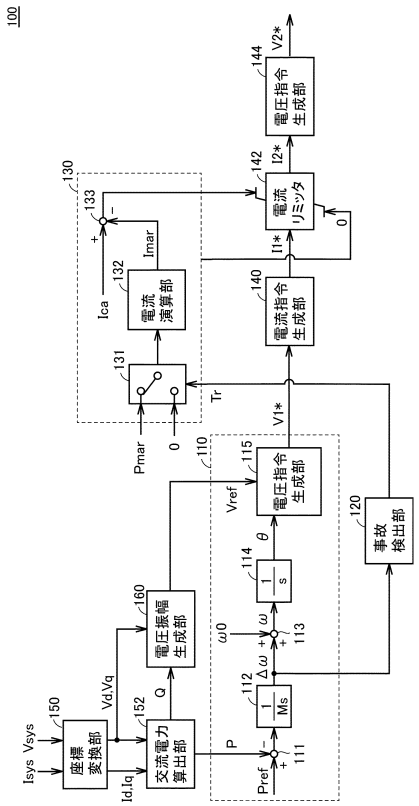
【図３】

図3



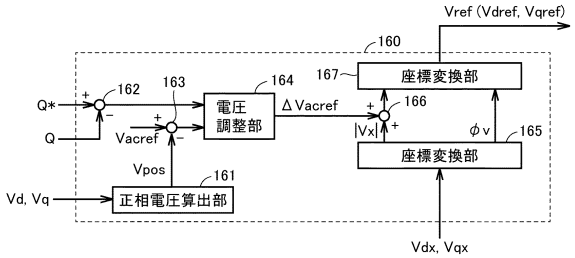
【図４】

図4



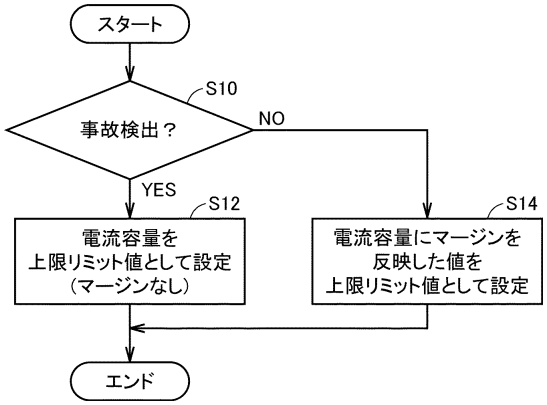
【図５】

図5



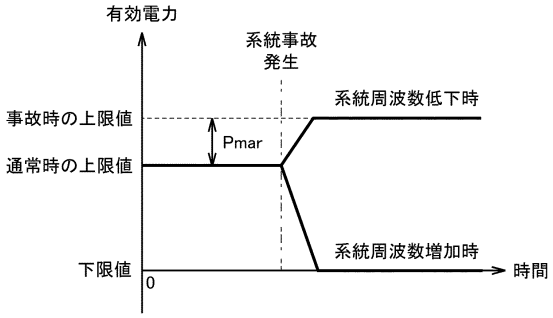
【図６】

図6



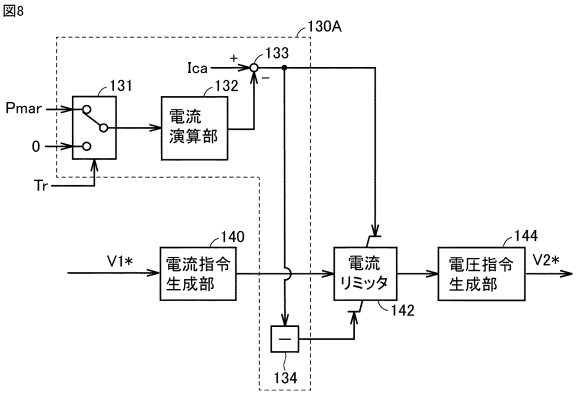
【図７】

図7



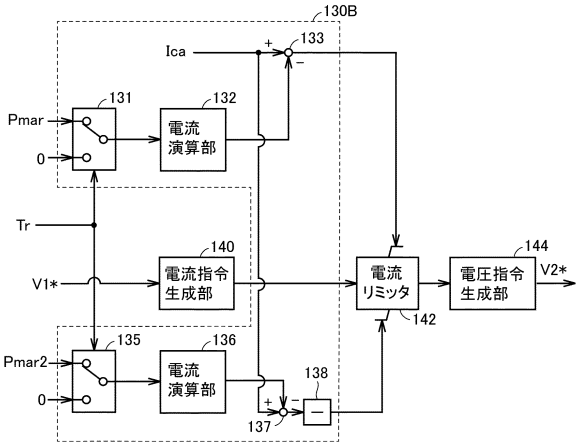
【図８】

図8



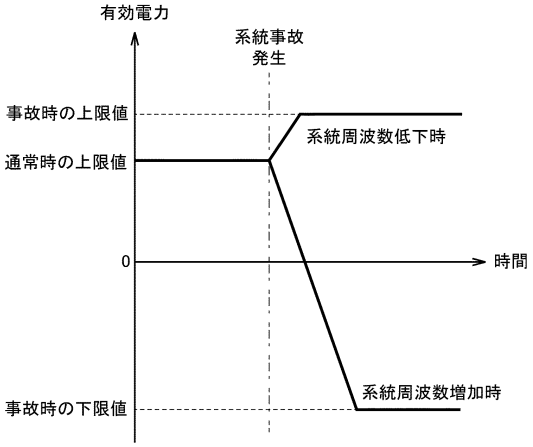
【図９】

図9



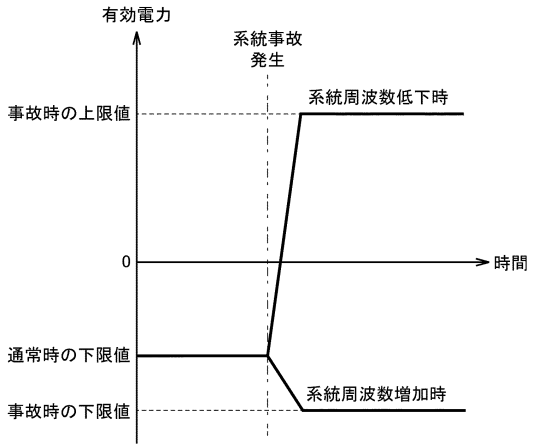
【図１０】

図10



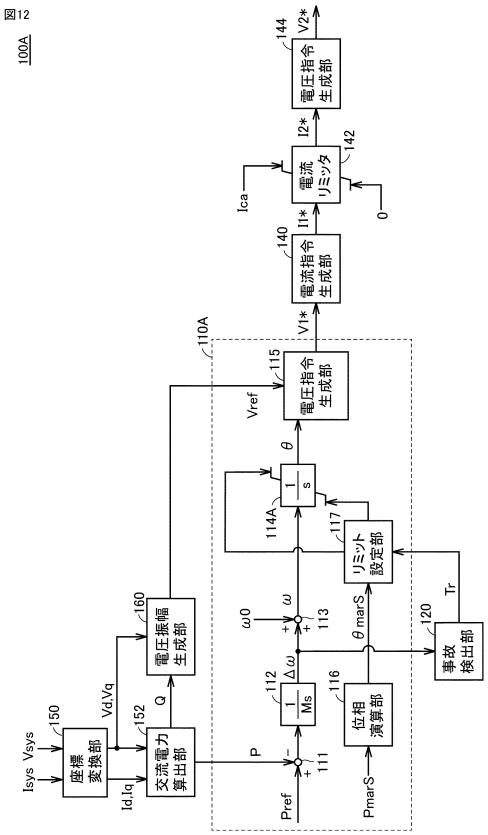
【図１１】

図11



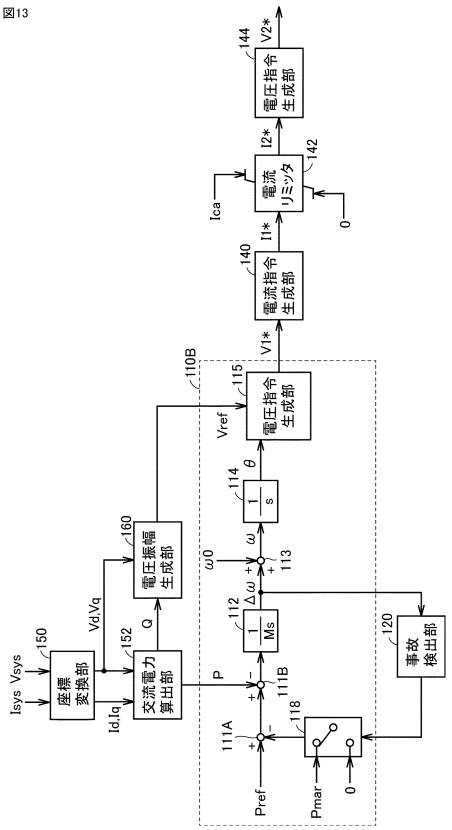
【図１２】

図12



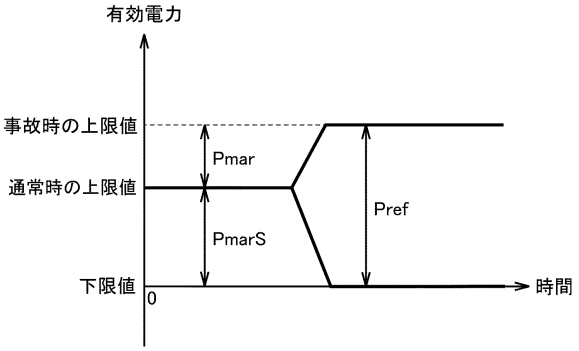
【図１３】

図13



【図１４】

図14



フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１９－１７６５８４（ＪＰ，Ａ）
特開２０２３－０６３７９１（ＪＰ，Ａ）
特開２０２０－１８８５９５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｊ　３／２４
Ｈ０２Ｊ　３／３８
Ｈ０２Ｊ　３／４６