

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5050723号
(P5050723)

(45) 発行日 平成24年10月17日(2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年8月3日(2012.8.3)

(51) Int. Cl. F I
H02J 3/38 (2006.01)
 H02J 3/38 W
 H02J 3/38 G

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-209285 (P2007-209285)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成19年8月10日 (2007.8.10)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-44910 (P2009-44910A)		京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
(43) 公開日	平成21年2月26日 (2009.2.26)		801番地
審査請求日	平成21年2月20日 (2009.2.20)	(74) 代理人	100086737
			弁理士 岡田 和秀
		(72) 発明者	馬淵 雅夫
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	坪田 康弘
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	今村 和由
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単独運転検出方法、制御装置、単独運転検出装置および分散型電源システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

分散型電源が電力系統から切り離され単独運転しているか否かの検出のため無効電力を電力系統に注入する単独運転検出方法において、

単独運転発生時において過去複数の系統周期にわたって高調波が変化する高調波変化パターンを予め設定する第1ステップと、

系統周波数が過去複数の系統周期にわたり実質変化が無いとの前提条件を満たしたときに、計測した高調波が上記高調波変化パターンに対応した変化を呈するか否かを判定する第2ステップと、

上記計測高調波が上記高調波変化パターンに対応した変化を呈したと判定したとき高調波変動有りとして電力系統に無効電力を注入する第3ステップと、

単独運転発生時において過去複数の系統周期にわたって系統電圧が変化する系統電圧変化パターンを予め設定する第4ステップと、

系統周波数が過去複数の系統周期にわたり実質変化が無いとの前提条件を満たしたときに、計測した系統電圧が上記系統電圧変化パターンに対応した変化を呈するか否かを判定する第5ステップと、

上記計測系統電圧が上記系統電圧変化パターンに対応した変化を呈したと判定したとき系統電圧変動有りとして電力系統に無効電力を注入する第6ステップと、

を具備したことを特徴とする単独運転検出方法。

【請求項2】

10

20

上記高調波変化パターンを、過去複数の系統周期それぞれの高調波の計測値を平均した値と、当該過去複数の系統周期ごとの高調波の計測値と、の差に基づいて設定する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の単独運転検出方法。

【請求項 3】

上記系統周波数偏差が過去複数の系統周期にわたり連続して一定範囲内となる状態が継続したときに系統周波数に実質変化が無いと判定する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の単独運転検出方法。

【請求項 4】

単独運転検出のため所定系統周期内での系統周波数偏差に基づいた無効電力を電力系統に注入することを前提として、上記判定により電力系統へ無効電力を追加注入する、ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の単独運転検出方法。

10

【請求項 5】

上記系統周波数偏差のプラスまたはマイナスの符号それぞれに対応して進み位相の無効電力または遅れ位相の無効電力を追加注入する、ことを特徴とする請求項 4 に記載の単独運転検出方法。

【請求項 6】

分散型電源が電力系統から切り離されて単独運転しているか否かを検出する単独運転検出装置に対してその検出動作を制御する制御装置において、

電力系統の電圧を計測する系統電圧計測部と、電力系統の高調波歪電圧を計測する高調波歪計測部と、電力系統の系統周波数を計測する系統周波数計測部と、この系統周波数計測部の計測値から単独運転判定を行い電力系統との連系リレーをオンオフする単独運転判定部と、系統周波数計測部の計測値から系統周波数偏差を演算する系統周波数偏差演算部と、この系統周波数偏差演算部の系統周波数偏差から電力系統に注入する無効電力量を演算する無効電力量演算部と、系統周波数偏差演算部からの系統周波数偏差および系統電圧または高調波歪電圧が単独運転発生に起因して急変したと判定して無効電力の注入の制御を行う無効電力注入判定部とを備え、

20

請求項 1 ないし 5 のうちのいずれか 1 項に記載の単独運転検出方法が実施可能になっている、ことを特徴とする制御装置。

【請求項 7】

分散型電源が電力系統から切り離され単独運転しているか否かの検出のため無効電力を電力系統に注入する単独運転検出装置において、

30

請求項 6 に記載の制御装置を備えた、ことを特徴とする単独運転検出装置。

【請求項 8】

分散型電源と、この分散型電源が電力系統から切り離されて単独運転しているか否かを検出する単独運転検出装置とを備える分散型電源システムにおいて、この単独運転検出装置が請求項 7 に記載の単独運転検出装置である、ことを特徴とする分散型電源システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、分散型電源が電力系統から切り離され単独運転しているか否かを検出する単独運転検出方法、分散型電源の単独運転検出用制御装置、単独運転検出装置および分散型電源システムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

単独運転は、事故発生やその他の事情で電力系統が停止しているときに、分散型電源が局所的な系統負荷に電力を供給している状態である。分散型電源は、需要地あるいはその近辺に電源を設置して発電することができる。分散型電源には、電力系統に連系された、エンジン発電機、タービン発電機、電力貯蔵装置、燃料電池等、の各種がある。また、このような分散電源を系統電力に連系させて使用するため、周波数や電圧を電力系統に適合させるパワーコンディショナが数多く提案されている。

50

【 0 0 0 3 】

以上説明した分散型電源と、その分散型電源の出力を交流に変換するパワーコンディショナとを備えた分散型電源設備を商用電力系統と連系して家電製品などの負荷に給電する分散型電源システムが実施されている。この分散型電源システムでは、商用電力系統の保全作業の安全を確保するため、商用電力系統の不測の停電時及び作業停電時において、直ちに分散型電源設備側のパワーコンディショナの動作を停止させるか、又は直ちに開閉器を作動させて連系を解除することにより、分散型電源を商用電力系統から解列させて、分散型電源の単独運転を防止する機能が不可欠である。

【 0 0 0 4 】

図 10 に、分散型電源の多数台連系のイメージ図を示す。パワーコンディショナの単独運転検出時間は、能動方式で 0.5 ~ 1.0 秒要している。これは、(i)住宅単位での単独運転を想定した特性であり、分散型電源が少量普及の段階では問題にならなかった。しかし昨今、分散型電源が普及期にはいっており、図 10 で示すような多数台連系が実施されている。この場合、(ii)柱上変圧器単位、(iii)区分開閉器単位、(iv)遮断機単位での単独運転の可能性がある。これらの高圧系を含んだ場合、高低圧混触事故を想定して、単独運転の検出が必要となる。

【 0 0 0 5 】

このような単独運転を検出する方式の 1 つに、電力系統に無効電力を注入し単独運転発生時には上記注入した無効電力により電力変動を引き起し、この電力変動を検出して、分散型電源の単独運転を検出する電力変動方式が既に提案されている。しかしながら、電力系統に無効電力を注入する単独運転検出方法では、単独運転検出装置から無効電力を注入しているにもかかわらず、単独運転が継続していることがある。なお、単独運転検出の特許文献は多数あり代表例を以下に挙げる。

【特許文献 1】特開平 02 - 144615 号公報

【特許文献 2】特開平 08 - 98411 号公報

【特許文献 3】特許 3397912 号公報

【特許文献 4】特許 3424443 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

本出願人は上記単独運転の継続の原因について鋭意研究した結果、注入している無効電力と負荷無効電力とがバランスしているために、単独運転になっても、無効電力を注入しているにもかかわらず、その無効電力でもって電力変動を引き起すことができなくなり、結果として単独運転検出されずに単独運転状態が継続されてしまうことを究明することができるに至った。

【 0 0 0 7 】

そこで本発明により解決すべき課題は、単独運転検出装置からの注入無効電力と負荷無効電力とがバランスして、単独運転発生時に単独運転検出のための無効電力の注入が不足する場合に、単独運転を確実に検出することができるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

(1) 本発明による単独運転検出方法は、分散型電源が電力系統から切り離され単独運転しているか否かの検出のため無効電力を電力系統に注入する単独運転検出方法において、単独運転発生時において過去複数の系統周期にわたって高調波が変化する高調波変化パターンを予め設定する第 1 ステップと、系統周波数が過去複数の系統周期にわたり実質変化が無いとの前提条件を満たしたときに、計測した高調波が上記高調波変化パターンに対応した変化を呈するか否かを判定する第 2 ステップと、上記計測高調波が上記高調波変化パターンに対応した変化を呈したと判定したとき高調波変動有りとして電力系統に無効電力を注入する第 3 ステップと、単独運転発生時において過去複数の系統周期にわたって系統電圧が変化する系統電圧変化パターンを予め設定する第 4 ステップと、系統周波数が過

10

20

30

40

50

去複数の系統周期にわたり実質変化が無いとの前提条件を満たしたときに、計測した系統電圧が上記系統電圧変化パターンに対応した変化を呈するか否かを判定する第5ステップと、上記計測系統電圧が上記系統電圧変化パターンに対応した変化を呈したと判定したとき系統電圧変動有りとして電力系統に無効電力を注入する第6ステップと、を具備したことを特徴とするものである。

【0009】

上記高調波には、各次数の高調波から所定の演算式で得られる総合高調波や、単次数の高調波を含む意義である。また、高調波変動には、電圧、電流、電力、位相、周波数の各種電氣的成分の高調波変動を含む。また、高調波は基本波の整数倍次数の高調波に限定されず、非整数倍次数（帯小数次数）の高調波も含むことができる。

10

【0010】

分散型電源が単独運転になると高調波が急増することに着目した単独運転検出は周知であるが、本発明では、高調波が所定変動範囲を超えて変動したときに高調波変動有りとして電力系統に無効電力を注入するものであり、単に高調波が変動する現象を捉えて単独運転検出するものではない。すなわち、電力系統に無効電力を注入する無効電力注入方式で単独運転検出を行うにもかかわらず、電力系統においてはその注入した無効電力や有効電力が共に分散型電源側と負荷側とでバランスしていたのでは、単独運転発生時には、単独運転を検出しにくくなる。そこで、本発明では、系統周波数が過去複数の系統周期にわたり実質変化が無い場合において、高調波が所定変動範囲を超えて変動したときには、高調波変動有りとして判定して無効電力を電力系統側に注入することで、そのバランス状態を積極的（アクティブ）に崩すものであり、結果として、単独運転発生時には、電力系統に電力変動を引き起し、単独運転を確実に検出することができるようになる。

20

【0011】

(2)本発明において、好ましい態様の1つは、上記高調波変化パターンを、過去複数の系統周期それぞれの高調波の計測値を平均した値と、当該過去複数の系統周期ごとの高調波の計測値と、の差に基づいて設定することである。

【0013】

(4)本発明において、好ましい態様の1つは、系統周波数偏差が過去複数の系統周期にわたり連続して一定範囲内となる状態が継続したときに系統周波数に実質変化が無いと判定する、ことである。

30

【0014】

(5)本発明において、好ましい態様の1つは、単独運転検出のため所定系統周期内の系統周波数偏差に基づいた無効電力を電力系統に注入することを前提として、上記判定により電力系統へ無効電力を追加注入することである。

【0015】

(6)本発明において、好ましい態様の1つは、上記系統周波数偏差のプラスまたはマイナスの符号それぞれに対応して進み位相の無効電力または遅れ位相の無効電力を追加注入することである。

【0017】

(8)本発明による制御装置は、分散型電源が電力系統から切り離されて単独運転しているか否かを検出する単独運転検出装置に対してその検出動作を制御する制御装置において、電力系統の電圧を計測する系統電圧計測部と、電力系統の高調波歪電圧を計測する高調波歪計測部と、電力系統の系統周波数を計測する系統周波数計測部と、この系統周波数計測部の計測値から単独運転判定を行い電力系統との連系リレーをオンオフする単独運転判定部と、系統周波数計測部の計測値から系統周波数偏差を演算する系統周波数偏差演算部と、この系統周波数偏差演算部の系統周波数偏差から電力系統に注入する無効電力量を演算する無効電力量演算部と、系統周波数偏差演算部からの系統周波数偏差および系統電圧または高調波歪電圧が単独運転発生に起因して急変したと判定して無効電力の注入の制御を行う無効電力注入判定部とを備え、上記(1)(2)(4)ないし(6)の方法を実施することが可能になっている、ことを特徴とするものである。

40

50

【 0 0 1 8 】

(9) 本発明による単独運転検出装置は、分散型電源が電力系統から切り離され単独運転しているか否かの検出のため無効電力を電力系統に注入する単独運転検出装置において、上記(8)に記載の制御装置を備えた、ことを特徴とするものである。

【 0 0 1 9 】

(1 0) 本発明による分散型電源システムは、分散型電源と、この分散型電源が電力系統から切り離されて単独運転しているか否かを検出する単独運転検出装置とを備える分散型電源システムにおいて、この単独運転検出装置が上記(9)に記載の単独運転検出装置である、ことを特徴とするものである。

【 0 0 2 0 】

本発明での単独運転検出装置はその名称に限定されるものではなく、パワーコンディショナ、その他の名称で称する場合も含む。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、無効電力がバランスしているときでも、分散型電源の単独運転を確実に検出することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 2 】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態に係る単独運転検出方法を説明する。図 1 は実施の形態の単独運転検出方法で単独運転を検出する単独運転検出装置を備えた分散型電源システムの概略構成を示す。実施の形態では高調波として総合高調波歪電圧や高調波歪電圧で説明するが、これに限定されない。

【 0 0 2 3 】

図 1 に示す分散型電源システム 1 0 は、直流電力を発電する、例えば太陽光発電機やガスエンジン発電機等の分散型電源 1 2 と、この分散型電源 1 2 と連系接続する電力系統 1 4 と、分散型電源 1 2 および電力系統 1 4 間に配置され、電力変換機能を備えたパワーコンディショナ 1 6 と、パワーコンディショナ 1 6 および電力系統 1 4 間に配置され、電力系統 1 4 停電時の分散型電源 1 2 の単独運転を検出する単独運転検出装置 1 8 とを有し、パワーコンディショナ 1 6 は、電力変換機能を通じて、分散型電源 1 2 にて発電した直流電力を電力系統 1 4 の交流電力に変換し、この変換した交流電力を一般家電機器等の図外の負荷等に供給するものである。

【 0 0 2 4 】

単独運転検出装置 1 8 は、連系リレー 2 0 , 2 2 と、制御装置 2 4 と、インバータ制御部 2 6 と、インバータ 2 8 と、電流検出器 3 0 とを備える。

【 0 0 2 5 】

制御装置 2 4 は、入力線 L 1 , L 2 , M それぞれ通じて電力系統ライン 3 2 に接続して電力系統 1 4 の系統電圧、高調波歪電圧、系統周波数を計測し、これらから、出力線 P を通じて連系リレー 2 0 , 2 2 に単独運転検出出力を出力することにより連系リレー 2 0 , 2 2 をオフすると共にインバータ制御部 2 6 に出力線 Q を通じて注入無効電力を注入するための電流制御指令値を出力するようになっている。

【 0 0 2 6 】

そして制御装置 2 4 は、計測した系統周波数から所定系統周期内での系統周波数偏差を演算すると共にこの演算した系統周波数偏差に基づいて電力系統に注入するべき無効電力を演算し、この演算に係る無効電力を電力系統に注入している一方、上記計測した系統周波数と系統電圧と高調波歪電圧とから上記系統周波数偏差が所定系統周期数分にわたり連続して一定以下となる状態が継続して系統周波数に実質変化が無くかつ系統電圧、高調波歪電圧が所定電圧変動範囲を超える変化でもって急変したという条件が成立させるか否かを判定し、上記条件が成立との判定により、上記既に注入している無効電力に加えて追加で無効電力を注入する制御を行う。

【 0 0 2 7 】

10

20

30

40

50

制御装置 24 をマイコンで構成してもよい。例えば、制御装置 24 をマイコンで構成した場合、制御装置 24 は、CPU、メモリ、インターフェース等を有する。上記メモリに実施の形態の単独運転検出方法を実施するための制御プログラムが記憶されている。CPU は、インターフェースを介して、入力される系統電圧、系統電流、系統電力、等に基づいて、各種演算等を実行し、その実行結果から、インターフェースを介して、連系リレー 20, 22 の開閉指令である単独運転検出出力を出力し、インバータ制御部 26 に対する各種指令である電流制御指令値を出力するようになっている。

【0028】

実施の形態では、説明の理解のため、制御装置 24 にマイコンを内蔵させそのマイコンの制御プログラムにより以下に説明する機能を実行するようになっている。図 2 はそのマイコンの機能構成を示す。

10

【0029】

図 2 を参照して制御装置 24 の機能を詳細に説明する。図 2 は制御装置 24 の機能の理解に供するためブロック構成で示した図であり、マイコン内部にこのブロック構成がハードウェアとして存在するものではない。勿論、ハードウェアとして構成することも可能であるから、実施の形態ではそのいずれにも限定しない。制御装置 24 は、電力系統ライン 32 から入力線 L1 を通じて入力する系統電力の電圧を計測する系統電圧計測部 34a と、電力系統ライン 32 から入力線 L2 を通じて入力する系統電力の高調波歪電圧を計測する高調波歪計測部 34b と、電力系統ライン 32 から入力線 M を通じて入力する系統電力の系統周波数を計測する系統周波数計測部 36 と、この系統周波数計測部 36 の計測値から単独運転判定を行いその判定に従い連系リレー 20, 22 をオンオフする単独運転検出出力を出力線 P に出力する単独運転判定部 38 と、系統周波数計測部 36 の計測値から現在の系統周波数の移動平均値と、過去の系統周波数の移動平均値とを算出すると共にこの算出値から系統周波数偏差を演算する系統周波数偏差演算部 40 と、この系統周波数偏差演算部 40 の系統周波数偏差から電力系統に注入する無効電力量を演算する無効電力量演算部 42 とを備える。

20

【0030】

そして制御装置 24 は、系統周波数偏差が所定系統周期数分にわたり連続して一定以下となる状態が継続して系統周波数に実質変化が無く、かつ、系統電圧が予め設定した所定電圧範囲内に沿って変化したときに系統電圧が単独運転発生に起因して急変したと判定して無効電力を追加注入する制御を行う第 1 無効電力注入判定部 44a を備える。

30

【0031】

また、制御装置 24 は、系統周波数偏差が所定系統周期数分にわたり連続して一定以下となる状態が継続して系統周波数に実質変化が無く、かつ、高調波歪電圧が予め設定した所定電圧範囲内に沿って変化したときに高調波歪電圧が単独運転発生に起因して急変したとき無効電力を追加注入する制御を行う第 2 無効電力注入判定部 44b を備える。

【0032】

さらに制御装置 24 は、第 1、第 2 無効電力注入判定部 44a, 44b の判定出力を OR 出力する OR ゲート 45 と、無効電力量演算部 42 からの演算無効電力と、OR ゲート 45 からの第 1、第 2 無効電力注入判定部 44a, 44b からの追加無効電力とを加算する加算部 46 と、加算部 46 の出力に応じて出力電流制御信号をインバータ制御部 26 へ出力線 Q を通じて出力する出力電流制御部 48 と、を備える。

40

【0033】

系統周波数偏差演算部 40 は、現在の系統周波数の移動平均値を算出する現在移動平均算出部 40a と、過去の系統周波数の移動平均値を算出する過去移動平均算出部 40b と、これら両算出値から系統周波数偏差を演算する演算部 40c とを備える。

【0034】

系統周波数計測部 36 は、系統電圧から電力系統の系統周波数を計測周期単位、例えば 5m 秒単位で順次計測するものである。なお、電力系統の系統周波数を 50Hz (1 系統周期は 20m 秒) とした場合、その系統周期単位は、電力系統の系統周期の 1/3 以下、

50

例えば、5 m秒単位にすることが望ましい。

【0035】

系統周波数偏差演算部40においては、系統周波数計測部36で順次計測した5 m秒単位の系統周期に基づき、連続した所定移動平均時間分、例えば40 m秒分の系統周期の移動平均値を順次算出するものである。なお、所定移動平均時間は、系統周期の一周期、例えば20 m秒よりも長く、かつ所望する検出速度、例えば100 m秒よりもできる限り短い時間を条件とするため、例えば40 m秒にすることが望ましい。

【0036】

図3は、系統周波数計測部36、系統周波数偏差演算部40に関わる動作説明図であり、C0は系統周波数計測部36で現在計測した系統周期、C1が5 m秒前に計測した系統周期、Cnはn*5 m秒前の系統周期の計測値を示す。したがって、系統周波数偏差演算部40は、最新の移動平均値は、C0 - C7分の40 m秒分の系統周期を移動平均化して5 m秒単位で順次算出するものである。

【0037】

過去の移動平均値は、C0 - C7の最新の移動平均値とした場合、C0から200 m秒前のC40 - C47の40 m秒分の系統周期を移動平均化して5 m秒単位で順次算出したものである。また、現在の系統周波数偏差は、過去の移動平均値(C40 - C47) - 最新の移動平均値(C0 - C7)で算出するものである。

【0038】

無効電力量演算部42は、図4の無効電力量対系統周波数偏差との特性を使用して、系統周波数偏差演算部42で算出した系統周波数偏差に基づいて無効電力量を算出し、この無効電力量を加算部46を経て出力電流制御部48に通知するものである。図4に示す無効電力量対系統周波数偏差特性は、系統周波数偏差が小さいときは系統周波数偏差の変化に対する無効電力量の変化割合を小さくすなわち特性線L1の傾きを小さくして単独運転検出感度を低くするレンジである低感帯レンジR1と、系統周波数偏差が大きいときは系統周波数偏差の変化に対する無効電力量の変化割合を大きくすなわち特性線L1の傾きを大きくして単独運転検出感度を高くするレンジである高感帯レンジR21, R22とを設定する。

【0039】

系統周波数偏差が高感帯レンジR21では無効電力量を減少し、高感帯レンジR22では無効電力量を増加し、低感帯レンジR1では、系統周波数偏差に対する無効電力量の変化割合を小さく設定する。すなわち系統周波数偏差が小さい低感帯レンジR1でも、分散型電源12の単独運転を検出すべく、無効電力を注入することができ、さらには、無効電力量の変化割合を高感帯レンジR21, R22の場合に比較して小さくすることで、系統電圧の低速な系統周波数の揺れの影響を受けることなく、分散型電源12が電力系統14に与える影響を確実に防止可能とする。

【0040】

以上説明した分散型電源システムは図5で示すシステムでも同様である。このシステムではパワーコンディショナ16内部に単独運転検出装置を内蔵したものである。図1と対応する部分には同一の符号を付している。

【0041】

実施の形態では系統電圧計測部34aと、第1無効電力注入判定部44aとが系統電圧変動を単独運転状態時に示す1つの電気的変動として電力系統に無効電力を注入する1つの単独運転検出システムを構成する。また、高調波歪計測部34bと、第2無効電力注入判定部44bとが高調波歪電圧変動(高調波変動)を単独運転状態時に示す1つの電気的変動として電力系統に無効電力を注入する1つの単独運転検出システムを構成する。そして、これら複数の単独運転検出システムにおいて、上記電気的変動に基づいて先に単独運転検出を行った単独運転検出システム側から当該電力系統に無効電力を注入するようにした、ことに特徴を有する。なお、この単独運転検出システムは、実施の形態では一例であり、他の単独運転検出システムであってもよいことは勿論である。また、単独運転検出システムは3つ以上の複数であっ

10

20

30

40

50

てもよいことは勿論である。

【 0 0 4 2 】

以下、説明する。なお、説明では、説明の重複等を回避するため両単独運転検出系統をまとめて説明する。

【 0 0 4 3 】

系統電圧計測部 3 4 a と高調波歪計測部 3 4 b では、それぞれ、図 6 で示すように、各系統周期 $N_0 \dots$ ごとに系統電圧 N_0 、総合高調波歪電圧で M_0 を計測する。図 6 で「 T_0 」, 「 T_1 」, 「 T_2 」, ..., 「 T_{13} 」は系統周期であり、「 N_0 」, 「 N_1 」, 「 N_2 」, 「 N_3 」, 「 N_4 」, 「 N_5 」; 「 M_0 」, 「 M_1 」, 「 M_2 」, 「 M_3 」, 「 M_4 」, 「 M_5 」は、それぞれの系統周期での系統電圧と総合高調波歪電圧である。 N_0 , M_0 は現在の系統周期 T_0 での系統電圧, 総合高調波歪電圧、 N_1 , M_1 は系統周期 T_1 での系統電圧, 総合高調波歪電圧、...、 N_5 , M_5 は系統周期 T_5 での系統電圧, 総合高調波歪電圧である。 N_{avr} , M_{avr} は実施の形態では現在系統周期 T_0 から 3 系統周期前の系統周期 T_3 から 5 系統周期前の系統周期 T_5 までの合計 3 系統周期の系統電圧, 総合高調波歪電圧の平均値である。もちろん、この系統電圧, 総合高調波歪電圧の平均値 N_{avr} , M_{avr} は実施の形態の 3 系統周期に限定されず、適宜に決定することができる。

10

【 0 0 4 4 】

総合高調波歪電圧を THD 、2 次高調波歪電圧を V_2 、3 次高調波歪電圧を V_3 、4 次高調波歪電圧を V_4 、5 次高調波歪電圧を V_5 、6 次高調波歪電圧を V_6 、7 次高調波歪電圧を V_7 とすると、総合高調波歪電圧は、それぞれの高調波歪電圧 V_2 ないし V_7 を二乗し、それらの加算値の平方根である次式で与えられる。

20

【 0 0 4 5 】

$$THD = \sqrt{(V_2)^2 + (V_3)^2 + (V_4)^2 + (V_5)^2 + (V_6)^2 + (V_7)^2}$$

ただし、上記式の総合高調波歪電圧は、2 次ないし 7 次の高調波歪電圧から上記演算式で与えられるが、それ以上の次数の高調波歪電圧を除外するものではない。

【 0 0 4 6 】

また、高調波歪計測部 3 4 b では、総合高調波歪電圧を計測したが、例えば、3 次高調波歪電圧 V_3 を計測してもよいし、他の次数の高調波歪電圧を計測してもよい。

【 0 0 4 7 】

その意味で、以下の説明では総合高調波歪電圧と称するのではなく、単に高調波歪電圧として説明する。

30

【 0 0 4 8 】

さらに、実施の形態では、単独運転検出を総合高調波電圧や 2 次以上の高調波歪電圧で行うが、総合高調波歪電流、総合高調波歪電力、あるいは 2 次以上の高調波歪電流、2 次以上の高調波歪電力でもよい。

【 0 0 4 9 】

第 1 無効電力注入判定部 4 4 a においては、系統電圧計測部 3 4 a からの系統電圧の計測値と、系統周波数計測部 3 6 からの系統周波数の計測値と、系統周波数偏差演算部 4 0 からの系統周波数偏差と、を入力し、これらから、条件 (a 1) として系統周波数偏差が所定系統周期数分にわたり連続して一定範囲内となる状態が継続して系統周波数に実質変化が無いか、かつ、条件 (b 1) として系統電圧が予め設定した所定電圧変動範囲内に沿って変化したかという上記 2 条件 (a 1) (b 1) が成立するか否かを判定する。

40

【 0 0 5 0 】

第 2 無効電力注入判定部 4 4 b においては、高調波歪計測部 3 4 b からの高調波歪の計測値と、系統周波数計測部 3 6 からの系統周波数の計測値と、系統周波数偏差演算部 4 0 からの系統周波数偏差と、を入力し、これらから、条件 (a 2) として系統周波数偏差が所定系統周期数分にわたり連続して一定範囲内となる状態が継続して系統周波数に実質変化が無いか、かつ、条件 (b 2) として高調波歪電圧が予め設定した電圧範囲内に沿って変化したかという上記 2 条件 (a 2) (b 2) が成立するか否かを判定する。

50

【 0 0 5 1 】

この判定を系統電圧、高調波歪電圧が上昇と下降方向とに分けて図7 (a) (b)、図8 (a) (b) (c) (d)、図9 (a) (b)を参照して説明する。

【 0 0 5 2 】

図7 (a) (b)は判定条件 (a 1) (a 2)、図8 (a) (b)は判定条件 (b 1)、図8 (c) (d)は判定条件 (b 2)、図9 (a) (b)は上記判定条件 (a 1) (b 1)または (a 2) (b 2)が共に成立する場合の第1、第2無効電力注入判定部44a、44bからの無効電力の注入状態、を示す。

【 0 0 5 3 】

また、図7 (a)、図8 (a)、図8 (c)、図9 (a)はそれぞれ系統電圧が上昇方向に急変する場合、図7 (b)、図8 (b)、図8 (d)、図9 (b)はそれぞれ系統電圧が下降方向に急変する場合を示す。

10

【 0 0 5 4 】

判定条件 (a 1) (a 2)に関して、図7 (a) (b)で横方向の T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 は上記した系統周期、縦軸は系統周波数偏差である。点線 f_1 は系統周波数偏差が偏差0 Hzからプラス (+)側に0.5 Hz、 f_2 は系統周波数偏差が偏差0 Hzからマイナス (-)側に0.5 Hzである。この系統周波数偏差が ± 0.5 Hzの一定範囲 (偏差範囲 $T = 1.0$ Hz) 内の状態が所定系統周期数分、実施の形態では例えば6系統周期にわたり連続して継続すれば系統周波数に実質変化が無いと判定する。もちろん、上記判定では系統周波数偏差が上記一定範囲内に連続して継続する系統周期の数は6系統周期に限定されず、少なくとも2以上の系統周期でよい。

20

【 0 0 5 5 】

図7 (a)で示すように系統電圧、高調波歪電圧が上昇方向に急変する場合は系統周波数偏差が系統周期 T_1 から偏差0 Hzからプラス (+)側であり、図7 (b)で示すように系統電圧、高調波歪電圧が下降方向に急変する場合は系統周波数偏差が系統周期 T_1 から偏差0 Hzからマイナス (-)側である。なお、系統周期ごとに系統周波数偏差を演算するために系統周期と系統周期との間の系統周波数偏差はデジタル的に変化する。また、実施の形態では系統周波数偏差演算部40で系統周期ごとに系統周波数偏差を演算するが、これに限定されない。

【 0 0 5 6 】

なお図7 (a) (b)では理解のため系統周波数偏差が現在系統周期 T_0 から過去3系統周期以上連続して上記一定範囲内として系統周波数は実質変化していないとして判定条件 (a 1) (a 2)は成立する状態で示している。

30

【 0 0 5 7 】

次に図8 (a) (b) (c) (d)を参照して、判定条件 (b 1) (b 2)を説明する。

【 0 0 5 8 】

図8 (a) (b)は横軸に系統周期、縦軸は系統電圧 (V)、図8 (c) (d)は横軸に系統周期、縦軸は高調波歪電圧 (V)である。実線 (N_{ave})、(M_{ave})は、現在系統周期 T_0 から3周期前から5周期前までの3系統周期 T_3 、 T_4 、 T_5 の系統電圧の平均値 N_{avr} 、高調波歪電圧の平均値 M_{avr} を示す線である。 N_0 、 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 、 N_5 ； M_0 、 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、 M_5 はそれぞれ系統周期 T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 それぞれでの系統電圧、高調波歪電圧である。

40

【 0 0 5 9 】

点線 (N_i)は、各系統電圧の変化を示すためにそれらを結ぶ線、点線 (M_i)は、各高調波歪電圧の変化を示すためにそれらを結ぶ線である。

【 0 0 6 0 】

図8 (a) (c)で示すように系統電圧、高調波歪電圧上昇方向での系統電圧、高調波歪電圧変動の判定条件 (b 1) (b 2)は、上記各系統電圧、高調波歪電圧が図8 (a) (c)中の網掛け領域 S_{1a} 、 S_{1b} 内の電圧であることである。この網掛け領域 S_{1a}

50

、S1bに関して具体数値による判定条件式を示すと、下記(1a)(1b)である。図8(a)(c)中の黒丸()印は、各系統電圧、高調波歪電圧を示す目印である。この判定条件式では、各系統周期 $T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ ごとの系統電圧 $N_0, N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ ；各系統周期 $T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ ごとの高調波歪電圧 $M_0, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5$ が、それぞれ、過去複数の系統周期それぞれの系統電圧平均値 N_{avr} 、高調波歪み電圧平均値 M_{avr} に対して各系統周期 $T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ ごとに定めた所定電圧変動範囲でもって変化したときに系統電圧、高調波歪電圧が変動したと判定する。これは図8(b)(d)でも同様である。

【0061】

この場合、判定条件式(1a)(1b)では、系統電圧 $N_0, N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ のうち、 N_0, N_1 は、系統電圧平均値 N_{avr} との差、また、高調波歪電圧 $M_0, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5$ のうち、 M_0, M_1 は、高調波歪電圧平均値 M_{avr} との差が、それぞれ他の系統電圧 N_2, N_3, N_4, N_5 、高調波歪電圧 M_2, M_3, M_4, M_5 それぞれよりも大きく急増するような系統電圧変化パターン、高調波歪電圧変化パターンを判定条件に含めている。このことにより、単独運転発生が原因とする場合と、そうではない他の原因とを区別できるようにしている。また、系統電圧 N_3, N_4, N_5 が系統電圧平均値 N_{avr} との差が所定電圧変化幅(-0.5~+0.5V)内で推移していたが、系統電圧 N_2 では系統電圧平均値 N_{avr} との差が、所定電圧+0.5を超えて、系統電圧 N_0, N_1 では所定電圧、実施の形態では系統電圧平均値 N_{avr} との差(系統電圧変化幅)は3Vを超えて、また、高調波歪電圧系統電圧 M_3, M_4, M_5 が所定電圧変化幅(-0.5~+0.5V)内で推移していたが、高調波歪電圧 M_2 では高調波歪電圧平均値 M_{avr} との差が、所定電圧+0.5を超えて、高調波歪電圧 M_0, M_1 では高調波歪電圧平均値 M_{avr} との差(高調波歪電圧変化幅)は、所定電圧、実施の形態では2Vを超えて急増することを判定条件にしている。

【0062】

このように実施の形態では、系統電圧、高調波歪電圧が過去複数の系統周期に沿って予め設定した系統電圧変化パターン、高調波歪電圧変化パターンに対応した変化を呈したときに単独運転発生に関わる高調波変動有りと判定して当該電力系統に無効電力を注入するようにしたものである。

【0063】

そして、実施の形態では、上記判定を行う第1、第2無効電力注入判定部44a, 44bそれぞれの判定出力を、ORゲート45からいずれでも出力可能としたことにより、単独運転発生態様に対応する側の判定出力で無効電力を電力系統により高速に注入して単独運転検出することを可能とし、単独運転検出の高速化を図れるようにしている。

$$\begin{aligned} & \{ (N_0 - N_{avr}) > 3V \} \text{ and} \\ & \{ (N_1 - N_{avr}) > 3V \} \text{ and} \\ & \{ (N_2 - N_{avr}) > -0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (N_3 - N_{avr}) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (N_4 - N_{avr}) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (N_5 - N_{avr}) < 0.5V \} \quad \dots (1a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \{ (M_0 - M_{avr}) > 2V \} \text{ and} \\ & \{ (M_1 - M_{avr}) > 2V \} \text{ and} \\ & \{ (M_2 - M_{avr}) > -0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (M_3 - M_{avr}) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (M_4 - M_{avr}) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (M_5 - M_{avr}) < 0.5V \} \quad \dots (1a) \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

図8(b)(d)で示すように系統電圧、高調波歪電圧下降方向での系統電圧変動、高調波歪電圧変動の判定条件(b1)(b2)は、上記各系統電圧、高調波歪電圧が図8(b)(d)中の網掛け領域S2a, S2b内の電圧であることである。この網掛け領域S2a, S2bに関して具体数値による判定条件式を示すと、下記式(2a)(2b)である。図8(b)(d)中の黒丸()印は、各系統電圧、高調波歪電圧を示す目印である。図8(b)(d)中の(Navr)(Ni)(Mavr)(Mi)は図8(a)(b)中の(Navr)(Ni)(Mavr)(Mi)に対応する。()書きは、系統電圧の平均値Navr、高調波歪電圧の平均値Mavr、系統電圧N0ないしN5、高調波歪電圧M0ないしM5と区別するためである。

10

$$\begin{aligned} & \{ (N0 - Navr) < -3V \} \text{ and} \\ & \{ (N1 - Navr) < -3V \} \text{ and} \\ & \{ (N2 - Navr) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (N3 - Navr) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (N4 - Navr) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (N5 - Navr) < 0.5V \} \quad \dots (2a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \{ (M0 - Mavr) < -2V \} \text{ and} \\ & \{ (M1 - Mavr) < -2V \} \text{ and} \\ & \{ (M2 - Mavr) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (M3 - Mavr) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (M4 - Mavr) < 0.5V \} \text{ and} \\ & \{ -0.5 < (M5 - Mavr) < 0.5V \} \quad \dots (2b) \end{aligned}$$

20

実施の形態では理解のため代表例として各系統周期ごとの系統電圧は上記網掛け領域S1a, S2a内、各系統周期ごとの高調波歪電圧は上記網掛け領域S1b, S2b内に入っていて系統電圧、高調波歪電圧が上昇する場合も下降する場合も系統電圧変動の判定条件(b1)、高調波歪電圧変動の判定条件(b2)を充足するようにしている。この判定条件(b1)(b2)は、上記条件式で示すように現在系統周期T0から3周期前から5周期前までの3系統周期T3, T4, T5それぞれの系統電圧平均値Navr、高調波歪電圧平均値Mavrに対して過去6周期T0 - T5それぞれの系統電圧、高調波歪電圧がそれぞれの系統周期ごとにいずれも網掛け領域S1a, S1b, S2a, S2b内であるときである。

30

【0064】

第1無効電力注入判定部44aは、上記図7(a)(b)、図8(a)(b)で示すように上記判定条件(a1)(b1)が成立するか否かの判定を行うと共に成立すると判定により、図9(a)(b)で示すように電力系統に追加無効電力を注入する制御を行う。第2無効電力注入判定部44bは、上記図7(a)(b)、図8(c)(d)で示すように上記判定条件(a2)(b2)が成立するか否かの判定を行うと共に成立すると判定により、図9(a)(b)で示すように電力系統に追加無効電力を注入する制御を行う。

40

【0065】

図9(a)(b)において横軸は、図7(a)(b)、図8(a)ないし(d)それぞれに対応した系統周期であり、縦軸は無効電力注入判定部44から位相進み側または位相遅れ側に追加注入する無効電力(Var)を示す。実施の形態では図解のため図9(a)(b)中に無効電力(Var)の値が位相進み側200Var、位相遅れ側200Varが記入されているが、注入無効電力の値を限定する趣旨ではない。

【0066】

この実施の形態では、現在系統周期T0で判定条件(a1)(b1); (a2)(b2)が成立すると共に、系統周波数偏差の符号が図9(a)では現在系統周期T0ではブラ

50

ス側、図9(b)ではマイナス側になっているので、現在系統周期0で系統電圧上昇、高調波歪電圧上昇では位相進み、系統電圧下降、高調波歪電圧下降では位相遅れの無効電力として200Varを注入している。これは、系統周波数偏差の符号がプラスでは無効電力量演算部42からの無効電力が位相進みで、系統周波数偏差の符号がマイナスでは無効電力量演算部42からの無効電力が位相遅れであるから、加算部42で無効電力量演算部42からの無効電力と無効電力注入判定部44からの無効電力とが相殺されないように、無効電力量演算部42からの無効電力の位相遅れ進みと、無効電力注入判定部44からの無効電力の位相遅れ進みとを一致させるためである。

【0067】

なお、図9(a)、図9(b)のいずれも1系統周期が20m秒とした場合、無効電力の注入期間Ta1、Ta2は共に100m秒となっているが、この注入期間Ta1、Ta2に限定されない。注入期間Ta1、Ta2は100m秒以上、200m秒以下が電力系統ライン32に電力変動を引き起こし易く、また、単独運転検出を高速で行ううえで好ましい。

【0068】

なお、実施の形態では系統電圧、高調波歪電圧が上昇側に急変する場合と下降側に急変する場合で説明したが、いずれの側に急変しても判定条件(b)を満たすことに限定するものではなく、いずれか一方側に急変する場合のみを判定条件(b)、またはいずれか他方側に急変する場合のみを判定条件(b)を満たすこととしてもよい。

【0069】

以上から無効電力量演算部42から無効電力を注入している場合に、注入無効電力と負荷無効電力とがバランスしているか否か、分散型電源12の有効電力と負荷有効電力とがバランスしているか否かを判定条件(a1)(b1);(a2)(b2)で判定し、第1判定条件(a1)(b1)が共に成立または第2判定条件(a2)(b2)が共に成立した場合に、第1無効電力注入判定部44aまたは第2無効電力注入判定部44bからは無効電力量演算部42からの注入無効電力と進み遅れの位相を合わせた無効電力を注入し、これによって、インバータ制御部26には電力系統ライン32に電力変動を起こすための電流制御指令値を入力することができる結果、電力系統ライン32が単独運転時には電力変動を引き起こされ、単独運転を検出することができるようになる。

【0070】

以上説明したように実施の形態では、分散型電源12が電力系統14から切り離され単独運転しているか否かの検出のため無効電力を電力系統に注入している状態で、系統周波数が過去複数の系統周期にわたり実質変化が無い状態のときに系統電圧または高調波歪電圧が所定変動範囲を超えて変動したときに当該電力系統に無効電力を追加で注入するようにしたから、上記注入している無効電力が分散型電源12側と図外の負荷側とでバランスしている状態を崩すことができる結果、単独運転を確実に検出することができるようになる。

【0071】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内で、種々な変更ないしは変形を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に係る単独運転検出方法が適用される分散型電源システムの構成を示す図である。

【図2】図2は、図1の制御装置の機能ブロック図である。

【図3】図3は周期偏差を演算の説明に供する図である。

【図4】図4は周期偏差対無効電力量との関係を示す図である。

【図5】図5は本発明の実施の形態に係る単独運転検出方法が適用される他の分散型電源システムの構成を示す図である。

【図6】図6は各系統周期ごとの系統電圧、高調波歪電圧と3周期分の系統電圧、高調波

10

20

30

40

50

歪電圧の平均値との説明に用いる図である。

【図7】図7(a)は系統電圧、高調波歪電圧が上昇側に急変する場合に系統周波数変化が判定条件(a1)(a2)を充足するか否かの説明に用いる図、図7(b)は系統電圧、高調波歪電圧が下降側に急変する場合に系統周波数変化が判定条件(a1)(a2)を充足するか否かの説明に用いる図である。

【図8】図8(a)は系統電圧が上昇側に急変する場合の系統電圧変化が判定条件(b1)を充足するか否かの説明に用いる図、図8(b)は系統電圧が下降側に急変する場合の系統電圧変化が判定条件(b1)を充足するか否かの説明に用いる図、図8(c)は高調波歪電圧が上昇側に急変する場合の高調波歪電圧変化が判定条件(b2)を充足するか否かの説明に用いる図、図8(d)は高調波歪電圧が下降側に急変する場合の高調波歪電圧変化が判定条件(b2)を充足するか否かの説明に用いる図である。

10

【図9】図9(a)は系統電圧、高調波歪電圧が上昇側に急変する場合の無効電力注入の説明に用いる図、図9(b)は系統電圧、高調波歪電圧が下降側に急変する場合の無効電力注入の説明に用いる図である。

【図10】図10は、分散型電源の多数台連系のイメージ図である。

【符号の説明】

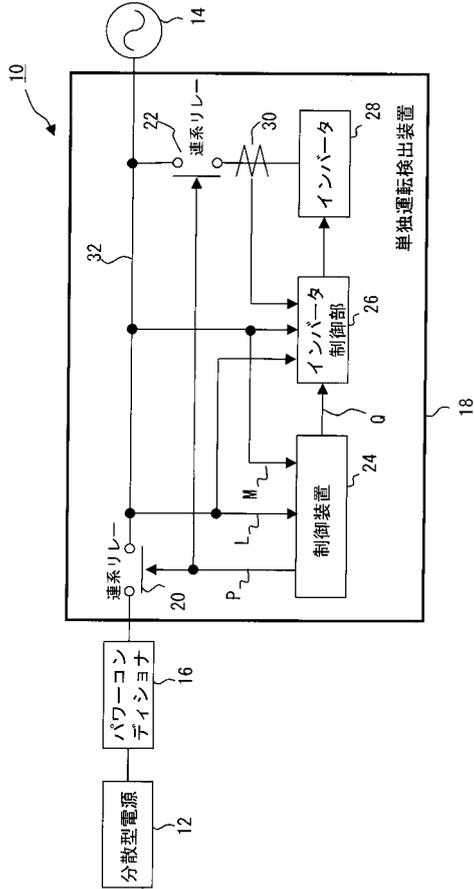
【0073】

- 10 分散型電源システム
- 12 分散型電源
- 14 電力系統
- 16 パワーコンディショナ
- 18 単独運転検出装置
- 20, 22 連系リレー
- 24 制御装置
 - 34a 系統電圧計測部
 - 34b 高調波歪計測部
 - 36 系統周波数計測部
 - 38 単独運転判定部
 - 40 系統周波数偏差演算部
 - 42 無効電力量演算部
 - 44a 第1無効電力注入判定部
 - 44b 第2無効電力注入判定部
 - 45 ORゲート
 - 46 加算部
- 26 インバータ制御部
- 28 インバータ

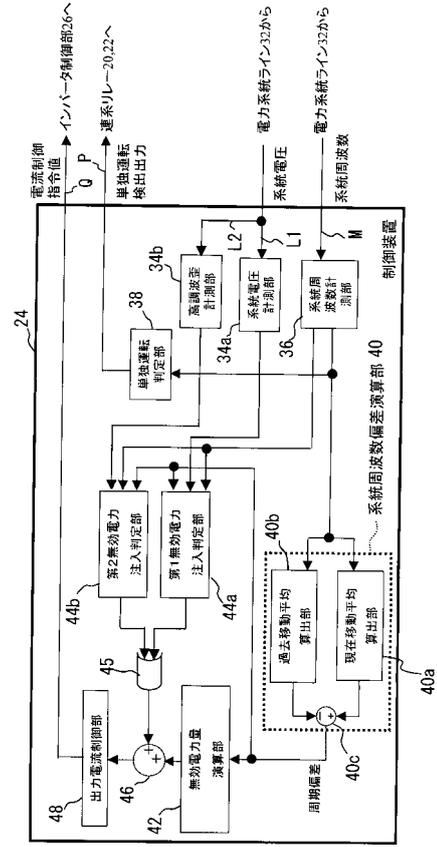
20

30

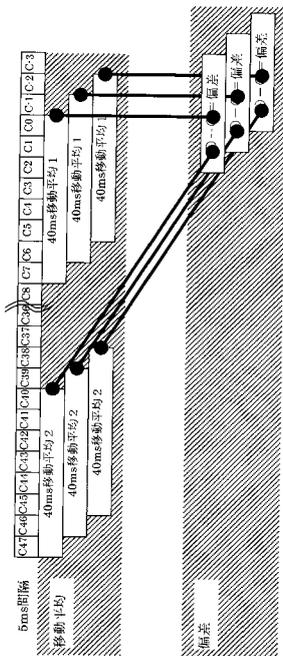
【図1】



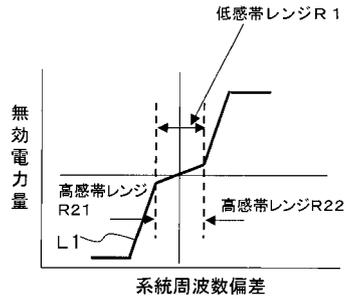
【図2】



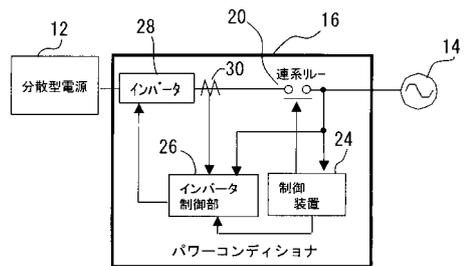
【図3】



【図4】



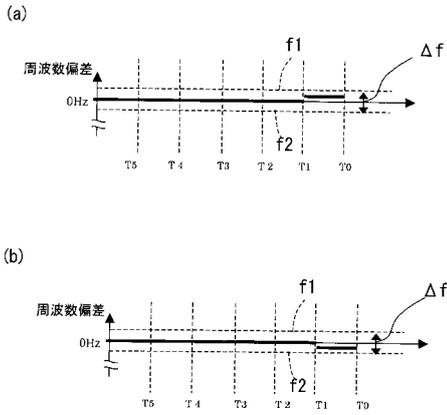
【図5】



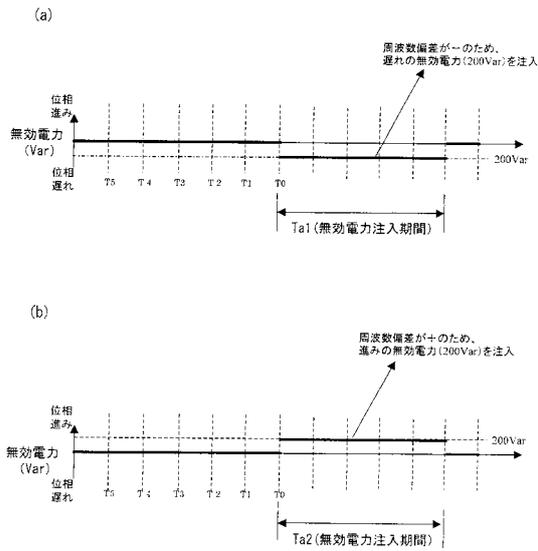
【図 6】

T13	T12	T11	T10	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	系統周期
								N5	N4	N3	N2	N1	N0	系統電圧
								M5	M4	M3	M2	M1	M0	総合高調波電圧
								Navr						
								Mavr						

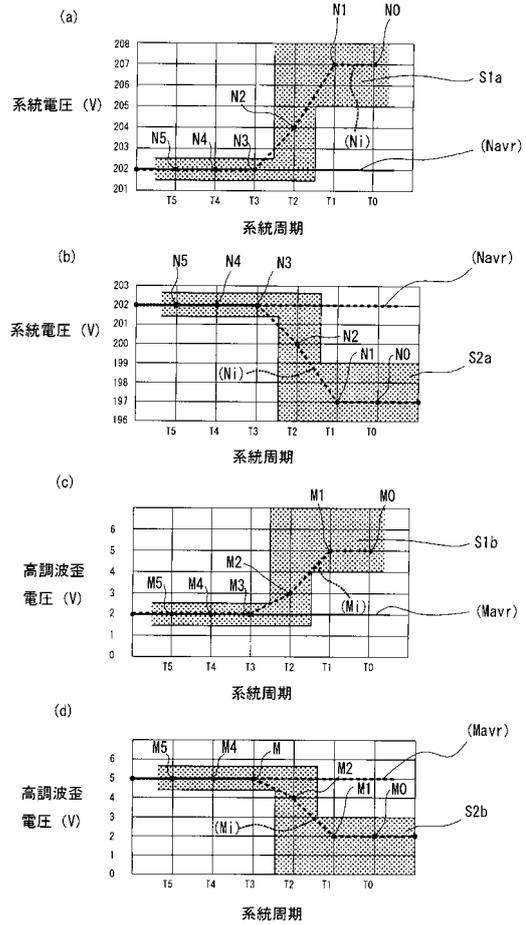
【図 7】



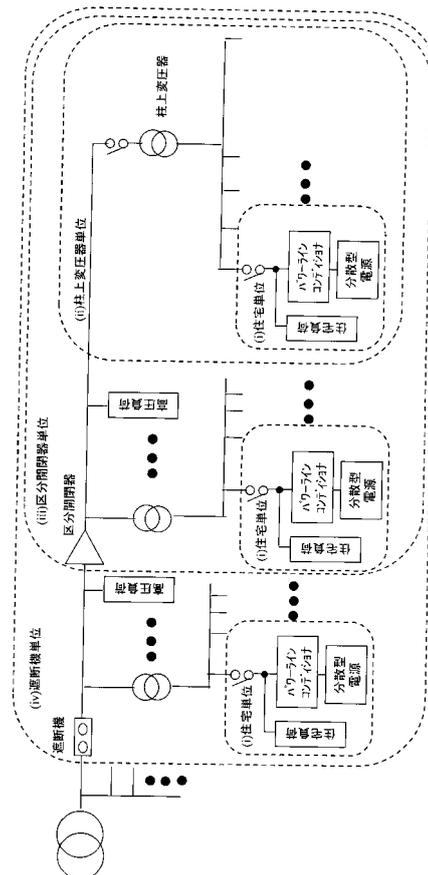
【図 9】



【図 8】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 石川 晃

- (56)参考文献 特開平07 - 322506 (JP, A)
特開平08 - 051724 (JP, A)
特開2002 - 281673 (JP, A)
特開平09 - 084251 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J 3/38