

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6422668号
(P6422668)

(45) 発行日 平成30年11月14日(2018.11.14)

(24) 登録日 平成30年10月26日(2018.10.26)

(51) Int. Cl. F I
 H02J 3/24 (2006.01) H02J 3/24
 H02J 3/00 (2006.01) H02J 3/00 170

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-102900 (P2014-102900)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成26年5月16日(2014.5.16)	(73) 特許権者	317015294 東芝エネルギーシステムズ株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
(65) 公開番号	特開2015-220869 (P2015-220869A)	(74) 代理人	100081961 弁理士 木内 光春
(43) 公開日	平成27年12月7日(2015.12.7)	(72) 発明者	倉田 幸奈 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	平成29年2月16日(2017.2.16)	(72) 発明者	井上 泰典 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 系統安定化システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力系統における系統情報を収集する系統情報収集部と、
 収集した前記系統情報より一定周期で事前系統モデルの作成を行う系統モデル作成部と、
 前記電力系統で発生した事故、及び当該事故の除去の検出を行う事故検出部と、
 前記電力系統の事故を検出した場合に、前記系統モデル作成部で作成する事前系統モデルを凍結する系統モデル凍結部と、
 凍結した前記事前系統モデルと、事故除去後の前記電力系統の情報に基づいて事後系統モデルの作成を行う事後系統モデル作成部と、
 前記事後系統モデルに基づいて、前記電力系統における過負荷箇所の有無の判定を行う過負荷箇所判定部と、
 前記過負荷箇所に基づいて制御対象の選択を行う制御対象選択部と、
 前記電力系統における過負荷が発生している箇所の検出を行う過負荷検出部と、
 前記過負荷箇所判定部で判定した過負荷が発生した箇所と、前記過負荷検出部で検出した過負荷が発生した箇所との確認照合を行う過負荷箇所確認部と、を備え、
 前記制御対象選択部は、選択した制御対象の遮断を反映した事後系統モデルにおいて過負荷箇所がなくなるまで制御対象の選択を繰り返すことを特徴とする系統安定化システム。

【請求項2】

前記過負荷検出部で過負荷が発生した箇所を検出した場合に、
前記事後システムモデル作成部において前記事後システムモデルの作成を行うことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム安定化システム。

【請求項 3】

前記事故検出部は、前記電力システムに設置された各電気所からの事故検出信号に基づいて事故の検出を行い、

前記過負荷検出部は、前記システム情報に基づいて過負荷の発生の箇所の検出を行うことを特徴とする請求項 2 に記載のシステム安定化システム。

【請求項 4】

前記過負荷検出部での検出結果に対応する制御パターンを記憶する制御対象パターン記憶部と、

前記過負荷箇所確認部において、前記過負荷箇所判定部の判定結果と、前記過負荷検出部の検出結果が異なる場合には、前記制御パターンに基づいて制御を行うバックアップ用の制御を行うバックアップ制御部を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のシステム安定化システム。

【請求項 5】

電力システムにおけるシステム情報の条件を任意に設定可能な条件設定部を更に備え、

前記システムモデル作成部は、条件の設定を行った前記システム情報に基づいてシステムモデルの作成を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載のシステム安定化システム。

【請求項 6】

電力システムにおけるシステム情報の条件を任意に設定可能な条件設定部を更に備え、

前記事後システムモデル作成部は、条件の設定を行った前記システム情報に基づいて事後システムモデルの作成を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載のシステム安定化システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力システムを広域に亘って保護するための電力システムにおけるシステム安定化システムに関する。

【0002】

システム事故に起因した一部の設備停止等により、残された健全設備に流れる電力潮流が定格容量を超過し、過負荷状態に陥る場合がある。過負荷状態を放置すると、設備損壊に至るため、過負荷解消対策が必要となる。

【0003】

過負荷解消対策には、送電線や変圧器等の機器保護を目的とした過負荷保護リレー(OLR)がある。しかし、機器保護だけではシステム全体の需給バランスを保てずシステム崩壊を招く恐れがあるため、事故波及防止システム(以下、システム安定化システム)による電源制限、負荷制限等のシステム保護が必要となる。

【0004】

過負荷解消のためのシステム安定化システムの構成は、大きく分けて、過負荷検出部、演算部、伝送路、制御部から構成される。たとえば、平行 2 回線の送電線において、そのうちの 1 回線が事故で遮断された場合には、1 回線の送電線での運用となる。この場合に、事故前は 2 回線分の潮流が、残る 1 回線に集中する。これにより過負荷が発生した場合、過負荷検出部により健全側の過負荷を検出し、演算部において必要制御量を算出し、制御部において必要制御量分の制御指令を出力する。

【0005】

一般的に放射状システムにおいては、事故除去後の回り込み潮流がないため、事前に過負荷解消のための必要制御量が算出できる。このため、前記過負荷解消のためのシステム安定化システムが適用できる。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【非特許文献1】「電気学会技術報告 第1069号 過負荷保護技術」電気学会

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

一方、メッシュ系統やループ系統では系統内で潮流の分流、回り込み潮流が発生する。このため、事前に過負荷発生箇所を想定することが難しい。また、潮流の分流や回り込み潮流の影響により、制御量に見合った制御効果が得られるとは限らないため、放射状系統向けの系統安定化システムの演算方式では、適切な制御量の算出は困難である。このため、メッシュ系統やループ系統の過負荷保護を行うためには、より高度な演算方式の系統安定化システムが必要となる。

10

【0008】

本発明の実施形態は、上述した課題を解決するためになされたものであり、事故発生後の電力系統の情報に基づいて過負荷保護を行うための演算を行う系統安定化システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の実施形態における系統安定化システムは、上記の目的を達成するために、以下の構成を有することを特徴とする。

20

(1) 電力系統における系統情報を収集する系統情報収集部を備える。

(2) 収集した前記系統情報より一定周期で事前系統モデルの作成を行う系統モデル作成部を備える。

(3) 前記電力系統で発生した事故、及び当該事故の除去の検出を行う事故検出部を備える。

(4) 前記電力系統の事故を検出した場合に、前記系統モデル作成部で作成する事前系統モデルを凍結する系統モデル凍結部を備える。

(5) 凍結した前記事前系統モデルと、事故除去後の前記電力系統の系統情報に基づいて事後系統モデルの作成を行う事後系統モデル作成部を備える。

30

(6) 前記事後系統モデルに基づいて、前記電力系統における過負荷箇所の有無の判定を行う過負荷箇所判定部を備える。

(7) 前記過負荷箇所に基づいて制御対象の選択を行う制御対象選択部を備える。

(8) 前記電力系統における過負荷が発生している箇所の検出を行う過負荷検出部を備える。

(9) 前記過負荷箇所判定部で判定した過負荷が発生した箇所と、前記過負荷検出部で検出した過負荷が発生した箇所との確認照合を行う過負荷箇所確認部を備える。

(10) 前記制御対象選択部は、選択した制御対象の遮断を反映した事後系統モデルにおいて過負荷箇所がなくなるまで制御対象の選択を繰り返す。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1実施形態における系統安定化システムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態におけるSV情報、TM情報及び系統モデルの一例を示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態における系統安定化システムの動作を示すフローチャートである。

【図4】本発明の第1実施形態における過負荷箇所を解消するための制御対象の選択方法の一例を示す図である。

50

【図 5】本発明の第 2 実施形態における系統安定化システムの構成を示すブロック図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態における系統安定化システムの動作を示すフローチャートである。

【図 7】本発明の第 3 実施形態における系統安定化システムの構成を示すブロック図である。

【図 8】本発明の第 3 実施形態における系統安定化システムの動作を示すフローチャートである。

【図 9】本発明の第 4 実施形態における系統安定化システムの構成を示すブロック図である。

10

【図 10】本発明の第 4 実施形態における系統安定化システムの動作を示すフローチャートである。

【図 11】本発明の第 5 実施形態における系統安定化システムの構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[1 . 第 1 の実施の形態]

以下には、本発明による第 1 の実施の形態として、系統安定化システムの実施の形態を図 1 ~ 図 4 を用いて説明する。本実施形態の系統安定化システムは、電力系統で事故を検出した場合に、当該事故の除去後の系統モデルを用いて潮流計算を行う。本実施形態の系統安定化システムでは、その潮流計算の計算結果から、過負荷発生箇所の検出と、検出した過負荷箇所を解消するための制御対象の選択と制御を行う。

20

【0013】

[1 - 1 . 構成]

図 1 は、本発明の電力系統の保護システムの概略を示す構成図である。本実施形態の系統安定化システム 1 は、電力系統 E から系統情報を取得し、その系統情報に基づいて過負荷箇所の検出、及び検出した過負荷箇所を解消するための制御対象の選択と制御を行う。系統安定化システム 1 は、系統情報収集部 2、系統モデル作成部 3、事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部 4、事後系統モデル作成部 5、過負荷解消制御対象選択部 6、出力部 7 とを備える。

30

【0014】

系統データ収集部 2 は、電力系統 E における系統情報を一定周期で収集する。系統データ収集部 2 は、電力系統内の各電気所に設置される各種機器とネットワークを介してオンラインで接続され、系統情報として S V 情報、T M 情報を収集する。S V 情報とは、電力系統内の遮断器 C B、線路開閉器 L S、及び保護リレー等の動作情報であり、T M 情報とは、母線電圧や、送電線、変圧器、発電機等の対象系統内の各箇所の潮流の情報である。

【0015】

系統モデル作成部 3 では、系統データ収集部 2 で収集した S V 情報及び T M 情報から系統モデルの作成を行う。系統モデル作成部 3 では、系統情報記憶部 3 a と、モデル生成部 3 b とを備える。

40

【0016】

系統情報記憶部 3 a は、系統データ収集部 2 で収集した電力系統内の各電気所における S V 情報及び T M 情報を記憶する。

【0017】

モデル作成部 3 b は、系統情報記憶部 3 a に記憶された情報を元に系統モデル P 1 の作成を行う。図 2 は、S V 情報、T M 情報及び系統モデルの一例を示す図である。モデル生成部 3 b で作成する系統モデル P 1 は、電力系統 E におけるノードデータ、ブランチデータ、発電機データから構成されている。ノードは母線、負荷、発電機を、ブランチは送電線、変圧器を示す。

【0018】

50

ノードデータは、電力系統 E に設置されたノードを区別するために各ノードに付された識別番号、ノードの種類を示すノードタイプ、各ノードにおける有効電力、無効電力、電圧等からなる。このうち、有効電力、無効電力、電圧は、電力系統 E において時々刻々と変化するデータである。

【 0 0 1 9 】

ブランチデータは、電力系統 E に設置されたブランチを区別するために各ブランチに付された識別番号、ブランチの始端ノード、ブランチの終端ノード、運用回線数、インピーダンス等からなる。このうち、運用回線数は電力系統 E において系統運用操作および系統事故の除去等により変化するデータである。

【 0 0 2 0 】

発電機データは、電力系統 E に設置された発電機データを区別するために各発電機データに付された識別番号、定格容量、定格出力、内部定数等の発電機の情報を示すデータからなる。

【 0 0 2 1 】

以上のデータからなる系統モデル P 1 は、系統解析シミュレーションにおける潮流計算を行う際のデータである。系統モデル P 1 を入力データとして潮流計算を行うことにより、系統各部の電圧、潮流値を求めることができる。

【 0 0 2 2 】

モデル作成部 3 b では、系統モデル P 1 のデータのうち、時々刻々と変化するデータ、すなわちノードの有効電力、無効電力、電圧、ブランチの運用回線数を、一定周期で書き換えることにより、系統モデル P 1 を作成する。情報を取得できない電気所の T M 情報については、状態推定機能を用いて補完する。

【 0 0 2 3 】

作成した系統モデル P 1 は、系統モデル作成部 3 に図示しないデータベースに記憶される。系統モデル P 1 の作成は、S V 情報及び T M 情報を収集する度ごとに行われる。

【 0 0 2 4 】

事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部 4 は、電力系統で発生した事故及び当該事故の除去の検出と、モデル作成部 3 b における系統モデル P 1 の作成の凍結、および後述する事後演算機能の起動信号の出力を行う。事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部 4 は、事故検出部 4 a、系統モデル凍結部 4 b、及び事後演算起動部 4 c とを備える。

【 0 0 2 5 】

事故検出部 4 a は、電力系統で発生した事故及び当該事故の除去の検出を行う。電力系統で発生した事故は、系統情報収集部 2 から取得した各電気所の事故検出信号により検出する。また、当該事故の除去の検出は、系統情報収集部 2 から取得した C B 入切情報または潮流値から送電線、変圧器の遮断を検出することで行う。

【 0 0 2 6 】

系統モデル凍結部 4 b は、電力系統の事故を検出した場合に、モデル作成部 3 b で作成する電力系統のモデル P 1 の作成を凍結する。これにより事故発生前に作成した電力系統のモデル P 1 が事前系統モデル P 2 となる。

【 0 0 2 7 】

事後演算起動部 4 c は、電力系統の事故の除去を検出した場合に事後演算機能を起動する起動信号の出力を行う。事後演算機能は、事後系統モデル P 3 を作成し、その事後系統モデル P 3 に基づく潮流計算の結果により、電力系統内に過負荷箇所がなくなるように制御対象の選択を行うための演算機能である。事後演算機能を実現するために、事後系統モデル作成部 5 と、過負荷解消制御対象選択部 6 とを備える。

【 0 0 2 8 】

事後系統モデル作成部 5 は、凍結した前記事前系統モデル P 2 と、事故除去後の前記電力系統の情報に基づいて事後系統モデル P 3 の作成を行う。事後系統モデル作成部 5 は、事前系統モデル記憶部 5 a、事後系統情報記憶部 5 b、及び事後系統モデル作成部 5 c とを備える。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

事前システムモデル記憶部 5 a は、システムモデル凍結部 4 b にて凍結した事前システムモデル P 2 を記憶する。

【 0 0 3 0 】

事後システム情報記憶部 5 b では、事後演算起動部 4 c から出力された起動信号を受けた時点でシステム情報収集部 2 から取得したシステム情報を記憶する。事後演算起動部 4 c による起動信号は、電力システムの事故の除去を検出した後に出力させるため、事後システム情報記憶部 5 b に記憶されるシステム情報は、事故の除去後のシステム情報である。

【 0 0 3 1 】

事後システムモデル作成部 5 c では、事前システムモデル記憶部 5 a に記憶したシステムモデル P 2 に、事後システム情報記憶部 5 b に記憶したシステム情報を反映して事後システムモデル P 3 を作成する。事後システムモデル P 3 の作成は、凍結した事前システムモデル P 2 に対して、事故除去またはシステム操作による送電線、変圧器の遮断を、対応するブランチの運用回線数の削減または対応するブランチの削除として反映することで行う。これにより、事故後のシステムモデル P 3 が作成できる。

10

【 0 0 3 2 】

過負荷解消制御対象選択部 6 は、事後システムモデル P 3 に基づいて電力システムにおける過負荷箇所の有無の判定を行い、その判定結果に基づいて電力システム内の制御対象の選択を行う。過負荷解消制御対象選択部 6 は、過負荷判定部 6 a、制御対象選択部 6 b とを備える。

【 0 0 3 3 】

過負荷判定部 6 a では、事後システムモデル P 3 を用いて潮流計算を実施し、過負荷箇所の有無を判定する。

20

【 0 0 3 4 】

制御対象選択部 6 b では、制御対象として効果的な負荷乃至発電機を選択し、選択した制御対象の遮断を反映した事後システムモデルを入力として潮流計算を行い過負荷箇所の有無を判定する。制御対象選択部 6 b では、この処理を、過負荷箇所がなくなるまで繰り返すことにより、過負荷解消のための制御対象を選択する。

【 0 0 3 5 】

出力部 7 は、制御対象選択部 6 b にて決定した制御対象に対して制御指令を出力すると共に、運用者に対して制御対象選択部 6 b にて決定した制御対象を示す動作表示乃至システム運用操作ガイダンスの表示指令を出力する。出力部 7 は、制御出力部 7 a と、警報出力部 7 b とを備える。

30

【 0 0 3 6 】

制御出力部 7 a は、制御対象選択部 6 b にて決定した制御対象に対して制御指令を出力する。制御指令は、電力システム内の制御機器に対して伝送され、制御機器の遮断が実行される。また、制御出力部 7 a は、システムモデル凍結部 4 b に対して、システムモデル P 1 の凍結を解除する指示である事前システムモデル凍結解除指令を出力する。システムモデル凍結部 4 b では、事前システムモデル凍結解除指令が入力すると、凍結していた電力システムモデル P 1 の凍結が解除され、システムモデル P 2 の作成が再開される。

【 0 0 3 7 】

警報出力部 7 b は、運用者に対して制御対象選択部 6 b にて決定した制御対象に対する制御を行った場合のシステム運用の表示を行う。システム安定化システム 1 は、図示しない表示部を備える。警報出力部 7 b は、この表示部に対して、制御対象選択部 6 b にて決定した制御対象を示すシステム運用操作ガイダンスの表示指令を出力する。表示部に動作表示乃至システム運用操作ガイダンスが表示されることで、運用者は、制御内容を把握することができる。動作表示は、制御が実施された際に制御内容を表示するものであり、システム運用操作ガイダンスは制御が必要なことを運用者に促し、運用者が手動で制御を行うものである。動作表示とシステム運用操作ガイダンスのどちらを表示するかは一方固定としても、切替可能としてもよい。

40

【 0 0 3 8 】

50

[1 - 2 . システム動作]

以上のような構成を有する図 1 の系統安定化システム 1 の動作の概略は次の通りである。図 3 は、系統安定化システム 1 の一連の処理を示すフローチャートである。

【 0 0 3 9 】

系統安定化システム 1 では、電力系統 E における系統情報を定周期で収集する (S 0 1)。収集した系統情報より、系統モデル P 1 が作成される (S 0 2)。

【 0 0 4 0 】

系統モデル P 1 の作成は、電力系統内で事故が発生するまで継続して行われる (S 0 3 の N O)。電力系統内で事故が発生した場合には (S 0 3 の Y E S)、系統モデル P 1 の作成を凍結し、事前系統モデル P 2 とする (S 0 4)。その後、当該事故が除去されたかの確認を行う (S 0 5)。事故の除去の検出ができない場合には、一定時間の後、再度事故が除去されたかの確認を行う (S 0 5 の N O)

10

【 0 0 4 1 】

事故の除去の検出ができた場合 (S 0 5 の Y E S) には、事前系統モデル P 2 に対して、事故除去または系統操作による送電線、変圧器の遮断を、対応するブランチの運用回数削減または対応するブランチの削除として反映することで、事後系統モデル P 3 の作成を行う (S 0 6)。その後、作成した事後系統モデル P 3 を用いて潮流計算を実施し (S 0 7)、過負荷箇所の有無を判定する (S 0 8)。過負荷箇所が無いと判定した場合には (S 0 8 の N O)、発生した事故の影響により過負荷が発生した箇所が無いと判定し、系統モデル P 1 の作成の凍結を解除する。

20

【 0 0 4 2 】

一方、過負荷箇所があると判定した場合には (S 0 8 の Y E S)、過負荷を解消するために、制御を行う制御対象として効果的な負荷乃至発電機を選択する (S 0 9)。そして、選択した制御対象の遮断を反映した事後系統モデル P 3 を入力として潮流計算を実施し (S 1 0)、過負荷箇所の有無を判定する (S 1 1)。一方、過負荷箇所があると判定した場合には (S 1 1 の Y E S)、新たな制御対象を選択し、選択した制御対象の遮断を反映した事後系統モデル P 4 を入力として潮流計算を実施し、過負荷箇所の有無を判定する (S 9 ~ 1 1)。これを過負荷箇所が無くなるまで実施する。そして、過負荷箇所が無くなった場合には、選択された制御対象に対して、制御指令を出力し、その旨を運用者に対して出力し、事前系統モデル P 1 の作成の凍結を解除する (S 1 2)。

30

【 0 0 4 3 】

過負荷箇所を解消するための制御対象の選択方法としては様々な方法があるが、ここではその一例として、負荷制限対象の選択方法例を、図 4 を用いて説明する。同図はメッシュ系統の一例であり、電気所 S - A 間の送電線において事故が発生し、事故除去により同送電線が遮断された後、電気所 R - A 間の送電線で過負荷が発生したケースを示している。同図中系統内の潮流の向きおよび大きさを、矢印の向きおよび太さで示している。

【 0 0 4 4 】

まず、系統内の変電所を、過負荷判定部 6 a にて求められた過負荷箇所 (電気所 R - A 間のブランチ) を介して潮流が流入する電気所 (電気所 A) を制御電気所として選択し、その制御電気所の中で負荷ノードを選択し、過負荷が解消できるかを潮流計算で確認する。過負荷が解消できない場合は、制御電気所 (電気所 A) から潮流が流入する先の電気所 (電気所 B または F) のうち、潮流値が大きい電気所 (電気所 B) を、次の制御電気所とし、その制御電気所の中で負荷ノードを追加で選択し、過負荷が解消できるかを潮流計算で確認する。

40

【 0 0 4 5 】

過負荷が解消できない場合は次の制御電気所 (電気所 F) について、上記と同様の処理を行う。上記の処理を過負荷が解消されるまで繰り返すことによって、過負荷解消のための制御対象選択を行う。同一の電気所内の負荷ノード選択方法としては、予め設定した優先順位に従って選択する方法、制御量が最小となる負荷ノードの組合せを選択する方法、またはそれらの方法の組合せ等がある。また、一つの電気所内での負荷の全停が許容され

50

ない場合には、負荷ノードの選択可否を設定できるようにし、選択方法に反映することも考えられる。上記は負荷制限対象の選択方法例を述べたが、電源制限対象についても同様の方法で制御対象の選択を行うこともできる。

【0046】

[1-3.効果]

以上のような構成及び作用を有する本実施形態によれば、以下のような効果を奏する。

【0047】

(1) 事後システムモデルP3に基づいて、電力系統における過負荷箇所の有無の判定を行うため、事前の過負荷発生箇所の想定および適正な制御量の算出が難しいメッシュシステムやループシステムでも過負荷を検出し、過負荷解消制御を行うことができる。

10

【0048】

(2) 一定周期で電力系統が情報を収集し、その情報に基づいてシステムモデルP1の作成を行っている。そして、事故の検出とともにシステムモデルP1の凍結を行い、事前システムモデルP2とする。

【0049】

(3) 事前システムモデルP2と、事故除去後の電力系統の情報に基づいて事後システムモデルP3の作成を行う。これにより、事故除去後の電力系統の情報から事後システムモデルP3を作成する場合と比較して、事後の系統動揺がなくなるまで待つ必要がないため、短時間で事後システムモデルP3の作成を行うことができる。

【0050】

20

[2.第2実施形態]

[2-1.構成]

系統安定化システム1の第2実施形態について、図5、図6を用いて説明する。第2の実施形態は、事故除去後の系統情報を使って、事後システムモデルP3を作成し、潮流計算を行うことを特徴とする。事故除去後にシステムモデルP3を作成する場合、系統動揺があると正しいTM情報が得られないため、正しいシステムモデルが作成できない。そこで、本実施形態では、系統動揺収束判定部9を設けている。なお、第1の実施形態と同一の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0051】

図5は、本実施形態に係る系統安定化システム1を示すブロック図である。本実施形態の系統安定化システム1は、事後演算起動判定部8、系統動揺収束判定部9、事後システムモデル作成部10、過負荷解消制御対象選択部6、出力部7とを備える。系統動揺収束判定部9と、事後システムモデル作成部10と、過負荷解消制御対象選択部6は、事後演算起動判定部8での起動判定成立によって起動する、事後演算機能である。系統情報収集部2、過負荷解消制御対象選択部6、出力部7については、実施例1と同様のため、説明は省略する。

30

【0052】

事後演算起動判定部8は、電力系統で発生した事故及び当該事故の除去の検出、および後述する事後演算機能の起動信号の出力を行う。事後演算起動判定部4は、事故検出部4a、及び事後演算起動部4cとを備える。

40

【0053】

系統動揺収束判定部9は、系統情報収集部2から取得した系統情報を用いて、系統の動揺が収束したかどうかの判定を行う。系統動揺の収束判定の方法としては、対象系統内のブランチの通過潮流の動揺振幅が所定値以下に収まることを確認し、系統動揺収束判定成立とする等、様々な方法がある。また、判定用の所定値を、ユーザによる可変設定としても良い。

【0054】

事後システムモデル作成部10は、系統動揺収束判定部9において系統動揺収束判定が成立した場合、現在の系統情報に基づいてシステムモデルを作成する。このシステムモデルが事後システムモデルP3となる。事後システムモデルの作成方法については、システムモデル作成部3と同様で

50

ある。

【 0 0 5 5 】

[2 - 2 . システム動作]

以上のような構成を有する図 5 の系統安定化システム 1 の動作の概略は次の通りである。図 6 は、系統安定化システム 1 の一連の処理を示すフローチャートである。

【 0 0 5 6 】

系統安定化システム 1 では、電力系統 E における系統情報を一定周期で収集する (S 0 1)。収集した系統情報に基づいて、電力系統内における事故の発生を監視する (S 0 3)。電力系統内で事故が発生した場合には (S 0 3 の Y E S)、当該事故が除去されたかの確認を行う (S 0 5)。事故の除去の検出ができない場合には、一定時間の後、再度事故が除去されたかの確認を行う (S 0 5 の N O)。

10

【 0 0 5 7 】

事故の除去の検出ができた場合 (S 0 5 の Y E S) には、当該事故の影響による系統動揺が収束したかの確認を行う (S 1 3)。系統動揺の収束が確認できない場合には、一定時間の後、再度系統動揺の収束の確認を行う (S 1 3 の N O)。

【 0 0 5 8 】

系統動揺の収束が確認できた場合 (S 1 3 の Y E S) には、事後系統モデル P 3 の作成を行う (S 0 5)。その後、作成した事後系統モデル P 3 を用いて潮流計算を実施し、過負荷箇所の有無を判定する。過負荷箇所が無いと判定した場合には (6 の N O)、発生した事故の影響により過負荷が発生した箇所が無いと判定する。

20

【 0 0 5 9 】

一方、過負荷箇所があると判定した場合には (6 の Y E S)、過負荷を解消するために、制御を行う制御対象として効果的な負荷乃至発電機を選択する。出力部は、過負荷を解消するために選択した制御機器に対して制御指令を出力すると共に、事前系統モデル P 1 の作成の凍結を解除する (S 1 2)。

【 0 0 6 0 】

[2 - 3 . 効果]

以上のような構成及び作用を有する本実施形態によれば、以下のような効果を奏する。

【 0 0 6 1 】

(1) 事後系統モデル P 3 に基づいて、電力系統における過負荷箇所の有無の判定を行うため、事前の過負荷発生箇所の想定および適正な制御量の算出が難しいメッシュ系統やループ系統でも過負荷を検出し、過負荷解消制御を行うことができる。

30

【 0 0 6 2 】

(2) 事故後の系統情報を用いて事後系統モデルを作成するため、正確な系統モデルを作成することができる。これにより、過負荷判定部 6 a での演算および判定の精度を高めることができる。その結果、制御の高精度化を図ることができる。また、系統動揺が収束するまで待つ必要があるが、過負荷制御は過負荷状態発生から数十～数百秒オーダの制御であるため、制御の仕上がり時間上支障はない。

【 0 0 6 3 】

[3 . 第 3 実施形態]

40

[3 - 1 . 構成]

系統安定化システム 1 の第 3 実施形態について、図 7、図 8 を用いて説明する。第 3 実施形態は、電力系統において、実際に過負荷状態が発生していることを確認して制御を実施することを特徴としている。そこで、本実施形態では、第 1 実施形態の構成に加えて、過負荷検出部 1 1 及び過負荷箇所確認部 1 2 c を設けている。なお、第 1 の実施形態と同一の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 0 6 4 】

図 7 は、本実施形態に係る系統安定化システム 1 を示すブロック図である。本実施形態の系統安定化システム 1 は、系統情報収集部 2、系統モデル作成部 3、事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部 4、事後系統モデル作成部 5、過負荷解消制御対象選択部 1 2、

50

出力部 7、及び過負荷検出部 1 1 とを備える。系統情報収集部 2、系統モデル作成部 3、事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部 4、事後系統モデル作成部 5、及び出力部 7 については、第 1 実施形態と同様のため、説明は省略する。

【 0 0 6 5 】

過負荷検出部 1 1 では、系統情報収集部 2 から取得した系統情報を用いて、電力系統で実際に過負荷が発生している箇所を検出する。過負荷検出部 1 1 は、事後演算機能の一部として事故除去後に起動する方法と、常時処理する方法のどちらでも同等の機能が得られる。また、過負荷箇所の検出は、系統情報収集部 2 から取得した各箇所の潮流値が所定値を所定時間継続して超過することを判定して行う。

【 0 0 6 6 】

過負荷箇所確認部 1 2 c では、第 1 実施形態の過負荷判定部 6 a にて判定した過負荷箇所と過負荷検出部 1 1 にて検出した過負荷箇所を照合確認する。

【 0 0 6 7 】

[3 - 2 . システム動作]

以上のような構成を有する図 7 の系統安定化システム 1 の動作の概略は次の通りである。図 8 は、系統安定化システム 1 の一連の処理を示すフローチャートである。

【 0 0 6 8 】

系統安定化システム 1 では、電力系統 E における系統情報を定周期で収集する処理 (S 0 1) から、過負荷箇所の有無を判定 (S 1 1) までは、第 1 実施形態と同様である。本実施形態においては、潮流計算の結果、過負荷箇所が無いと判定した場合には (S 1 1 の N O)、電力系統の実系統上に過負荷箇所があるかの確認を行う (S 1 5)。電力系統の実系統上に過負荷箇所がない場合には、発生した事故の影響により過負荷が発生した箇所が無いと判定し、事前系統モデルの作成の凍結を解除する (S 1 5 の N O)。

【 0 0 6 9 】

一方、実系統上に過負荷箇所があると判定した場合には (S 1 5 の Y E S)、過負荷箇所の比較を行う。過負荷箇所の照合確認は、過負荷判定部 6 a での判定結果と、過負荷検出部 1 1 での検出結果が一致しているか否かで判定する (S 1 6)。

【 0 0 7 0 】

一致していると判定した場合には (S 1 6 の Y E S)、過負荷判定部 6 a で選択した制御対象に対して、制御指令を出力し、その旨を運用者に対して出力し、事前系統モデル P 1 の作成の凍結を解除する (S 1 2)。

【 0 0 7 1 】

[3 - 3 . 効果]

以上のような構成及び作用を有する本実施形態によれば、第 1 の実施形態の効果に加えて、過負荷箇所の判定結果を、電力系統の実系統における過負荷の検出箇所と照合確認することにより、より正確な制御を行うことができる。また、不要制御防止の効果も得られる。

【 0 0 7 2 】

また、本実施形態においては、過負荷検出部 1 1 における電力系統で実際に過負荷が発生している箇所を検出後に、事後演算機能を起動させても良い。例えば、過負荷検出部 1 1 で過負荷の発生箇所の検出を行った際に、事後系統モデル作成部 5 に対して起動信号を送信する。事後系統モデル作成部 5 では、事後演算起動部 4 c からの起動信号と、過負荷検出部 1 1 からの起動信号との入力に基づいて、事後系統モデルの作成を行うようにしても良い。

【 0 0 7 3 】

前述の通り、事後演算起動部 4 c の起動信号は、事故検出部 4 a による系統情報収集部 2 から取得した各電気所の事故検出信号に基づいて出力される。一方、過負荷検出部 1 1 では、系統情報収集部 2 から取得した系統情報を用いて、電力系統で実際に過負荷が発生している箇所を検出する。この様に事後系統モデル作成部 5 の起動条件を、各電気所からの事故検出信号に基づく起動信号と、実際の系統情報を用いた過負荷検出に基づく起動信

10

20

30

40

50

号の両方の入力とする所謂AND条件とする。これにより、一方の起動信号の入力のみをトリガーとする場合と比較して、系統での事故の発生を高精度で判定することができ、不要制御防止の効果を更に高くすることができる。

【0074】

また、ユーザの要望や設置場所の条件に合わせて、事後系統モデル作成部5の起動条件を各電気所からの事故検出信号に基づく起動信号の入力と、実際の系統情報を用いた過負荷検出に基づく起動信号の入力のいずれかとする所謂OR条件としても良い。OR条件であれば、各電気所からの事故検出信号に基づく起動信号のみで事後系統モデル作成部5の作成を行うことができるのは当然として、実際の系統情報を用いた過負荷検出に基づく起動信号の入力のみで事後系統モデル作成部5の作成を行うことができるので、想定事故以外の原因によって過負荷箇所が発生した場合や、伝送不良などにより各電気所からの事故検出信号が送られない場合にでも、電力系統内の過負荷箇所を解消させる制御を行うことが可能となる。

10

【0075】

[4.第4実施形態]

[4-1.構成]

系統安定化システム1の第4実施形態について、図9、図10を用いて説明する。第4の実施形態は、実系統で過負荷が発生しているにもかかわらず、潮流計算を用いた過負荷判定部6aで過負荷が検出されない場合、バックアップ制御機能により制御が実施できることを特徴とする。本実施形態では、第3実施形態の構成に加えて、バックアップ制御部16を設けている。なお、第3の実施形態と同一の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

20

【0076】

図9は、本実施形態に係る系統安定化システム1を示すブロック図である。本実施形態の系統安定化システム1は、系統情報収集部2、系統モデル作成部3、事前系統モデル凍結・事後演算起動部4、事後系統モデル作成部5、過負荷解消制御対象選択部6、出力部7、過負荷検出部11及びバックアップ制御部16とを備える。系統情報収集部2、系統モデル作成部3、事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部4、事後系統モデル作成部5、過負荷解消制御対象選択部6、出力部7、及び過負荷検出部11については、第3実施形態と同様のため、説明は省略する。

30

【0077】

バックアップ制御部16は、実系統で過負荷が発生しているにもかかわらず、潮流計算を用いた過負荷判定部6aで過負荷が検出されない場合、バックアップ制御機能により制御を実施する。バックアップ制御部16は、バックアップ制御起動部16aと、バックアップ制御パターン記憶部16bと、バックアップ制御パターン選択部16cを備える。

【0078】

バックアップ制御起動部16aは、過負荷検出部11において実系統で過負荷箇所が検出されているにもかかわらず、過負荷判定部6aでは過負荷を検出していない場合や、過負荷判定部6aと過負荷検出部11の結果が一致しない場合、バックアップ制御を起動する。

40

【0079】

バックアップ制御パターン記憶部16bでは、バックアップ制御用の制御パターンを記憶している。ここで制御パターンとは、制御対象の選択の組合せを指す。バックアップ制御パターンは、想定事故が発生した場合の制御量を、オフライン事前シミュレーション等により求め、予め装置に設定しておく。

【0080】

バックアップ制御パターン選択部16cでは、バックアップ制御パターン記憶部16bに記憶した制御パターンから、過負荷検出部11が検出した過負荷を解消するための制御パターンを選択し、制御対象として出力部7に出力する。

【0081】

50

[4 - 2 . システム動作]

以上のような構成を有する図 9 の系統安定化システム 1 の動作の概略は次の通りである。図 10 は、系統安定化システム 1 の一連の処理を示すフローチャートである。

【 0082 】

系統安定化システム 1 では、電力系統 E における系統情報を一定周期で収集する処理 (S 0 1) から、過負荷判定部 6 a で判定した過負荷箇所が、過負荷検出部 1 1 で検出した過負荷箇所と一致しているかの照合確認 (S 1 6) までは、第 3 実施形態と同様である。本実施形態においては、過負荷箇所の照合確認は、過負荷判定部 6 a での判定結果と、過負荷検出部 1 1 での検出結果が一致しているか否かで判定の結果、一致していないと判定した場合には、バックアップ制御パターン記憶部 1 6 b に記憶した制御パターンから、過負荷検出部 1 1 が検出した過負荷を解消するための制御パターンを選択し (S 1 7)、制御対象に対して制御指令を出力し、事前系統モデル P 1 の作成の凍結を解除する (S 1 2)。

10

【 0083 】

[4 - 3 . 効果]

以上のような構成及び作用を有する本実施形態によれば、第 3 の実施形態の効果に加えて、実系統で過負荷が発生しているにもかかわらず、潮流計算を用いた過負荷検出部 1 1 で過負荷検出がない場合や、過負荷判定部 6 a で判定した過負荷箇所と過負荷検出部 1 1 で検出した過負荷箇所が一致しない場合でも、バックアップ制御により制御を実施できるので、制御の信頼性向上と誤不動作防止の効果が得られる。

20

【 0084 】

[5 . 第 5 実施形態]

[5 - 1 . 構成]

系統安定化システムの第 5 実施形態について、図 11 を用いて説明する。第 5 の実施形態は、第 1 実施形態における系統安定化システム 1 に、機能試験のための系統情報模擬機能を持たせたことを特徴とする。本実施形態では、第 1 実施形態の構成に加えて、試験用系統情報記憶部 1 3、系統情報切替部 1 4、及び出力ロック部 1 5 を設けている。なお、第 1 の実施形態と同一の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【 0085 】

図 11 は、本実施形態に係る系統安定化システム 1 を示すブロック図である。本実施形態の系統安定化システム 1 は、系統情報収集部 2、系統モデル作成部 3、事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部 4、事後系統モデル作成部 5、過負荷解消制御対象選択部 6、出力部 7、試験用系統情報記憶部 1 3、系統情報切替部 1 4、及び出力ロック部 1 5 とを備える。系統情報収集部 2、系統モデル作成部 3、事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部 4、事後系統モデル作成部 5、過負荷解消制御対象選択部 6、及び出力部 7 については、第 1 実施形態と同様のため、説明は省略する。

30

【 0086 】

試験用系統情報記憶部 1 3 では、ヒューマンインターフェイス機能等を介して入力した試験用系統情報を記憶する。なお、試験用系統情報は、オンライン系統情報の全情報を模擬する方法と、一部の情報のみ模擬する方法がある。

40

【 0087 】

系統情報切替部 1 4 では、系統モデル作成部 3 以降の処理で使用する系統情報を、系統情報収集部 2 から取得した実系統の系統情報に切替え、システム試験時には試験用系統情報記憶部 1 3 に記憶した試験用系統情報に切替える。

【 0088 】

出力ロック部 1 5 では、制御指令および動作表示乃至系統運用操作ガイダンス表示が試験中に不要に出力されないように、必要に応じて出力部 7 の処理をロックする。出力ロック部 1 5 の起動は、系統情報切替部 1 4 の切替条件に連動させて系統情報が試験用系統情報に切替られた時に起動する方法や、独立したユーザ設定を設ける方法がある。

【 0089 】

50

[5 - 2 . システム動作]

以上のような構成を有する図 1 1 の系統安定化システム 1 の動作の概略は次の通りである。試験用系統情報に基づいてシミュレーションを行う場合には、運用者は試験用系統情報記憶部 1 3 に対して、ヒューマンインターフェイス機能を利用して試験用系統情報の入力を行う。

【 0 0 9 0 】

次に、運用者は、入力した試験用系統情報を利用し、試験が実施できるように、システムモデル作成部 3 で使用する系統情報を、系統情報収集部 2 から取得した実システムの系統情報から、試験用系統情報記憶部 1 3 に記憶した試験用系統情報に切替える。

【 0 0 9 1 】

そして、出力部 7 より制御指令や動作表示乃至系統運用操作ガイダンス表示の指示が実際に出力されないように、出力ロック部 1 5 により、必要に応じて出力部をロックする。

【 0 0 9 2 】

[5 - 3 . 効果]

以上のような構成及び作用を有する本実施形態によれば、実システムの系統情報の代わりに試験用系統情報を入力することにより、系統安定化システム 1 の機能を容易に確認することができる。

【 0 0 9 3 】

[6 . 他の実施形態]

本明細書においては、本発明に係る複数の実施形態を説明したが、これらの実施形態は例として提示したものであって、発明の範囲を限定することを意図していない。具体的には、発明の範囲を逸脱しない範囲で、種々の省略や置き換え、変更を行うことができる。これらの実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【 0 0 9 4 】

第 3 実施形態において、第 1 実施形態の構成に過負荷検出部 1 1 及び過負荷箇所確認部 1 2 c とを付け加えたが、第 2 実施形態の構成に過負荷検出部 1 1 及び過負荷箇所確認部 1 2 c とを付け加えることもできる。

【 0 0 9 5 】

第 5 実施形態において、第 1 実施形態の構成に試験用系統情報記憶部 1 3、系統情報切替部 1 4、及び出力ロック部 1 5 を付け加えたが、第 2 実施形態、第 3 実施形態乃至第 4 実施形態の構成に試験用系統情報記憶部 1 3、系統情報切替部 1 4、及び出力ロック部 1 5 を付け加えることもできる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 6 】

- 1 ... 系統安定化システム
- 2 ... 系統情報収集部
- 3 ... 系統モデル作成部
- 3 a ... 系統情報記憶部
- 3 b ... モデル作成部
- 4 ... 事前系統モデル凍結・事後演算起動判定部
- 4 a ... 事故検出部
- 4 b ... 系統モデル凍結部
- 4 c ... 事後演算起動部
- 5 ... 事後系統モデル作成部
- 5 a ... 事前系統モデル記憶部
- 5 b ... 事後系統情報記憶部
- 5 c ... 事後系統モデル作成部
- 6 ... 過負荷解消制御対象選択部
- 6 a ... 過負荷判定部

10

20

30

40

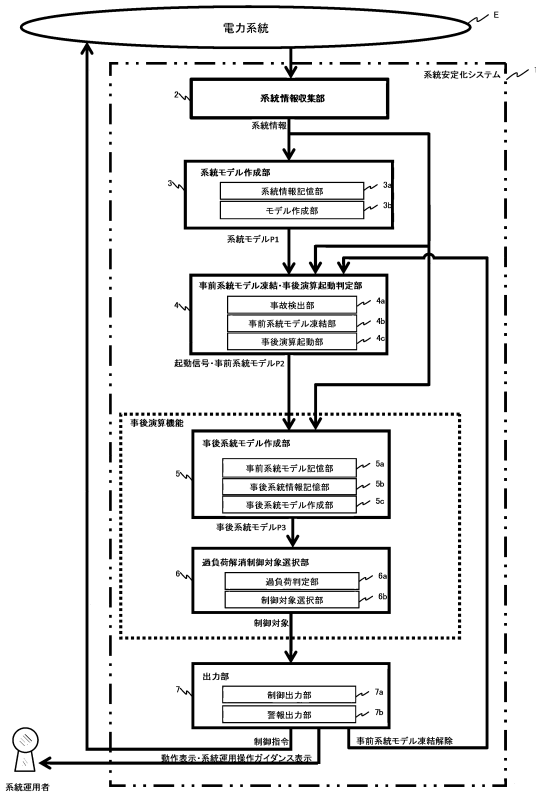
50

- 6 b ... 制御対象選択部
- 7 ... 出力部
- 7 a ... 制御出力部
- 7 b ... 警報出力部
- 8 ... 事後演算起動判定部
- 8 a ... 事故検出部
- 8 b ... 事後演算起動部
- 9 ... 系統動揺収束判定部
- 9 a ... 系統動揺収録判定部
- 10 ... 事後系統モデル作成部
- 10 a ... 事後系統情報記憶部
- 10 b ... 事後系統モデル作成部
- 11 ... 過負荷検出部
- 12 ... 過負荷確認・制御対象選択部
- 12 c ... 過負荷箇所確認部
- 13 ... 試験用系統情報記憶部
- 14 ... 系統情報切替部
- 15 ... 出力ロック部
- 16 ... バックアップ制御部
- 16 a ... バックアップ制御起動部
- 16 b ... バックアップ制御パターン記憶部
- 16 c ... バックアップ制御パターン選択部

10

20

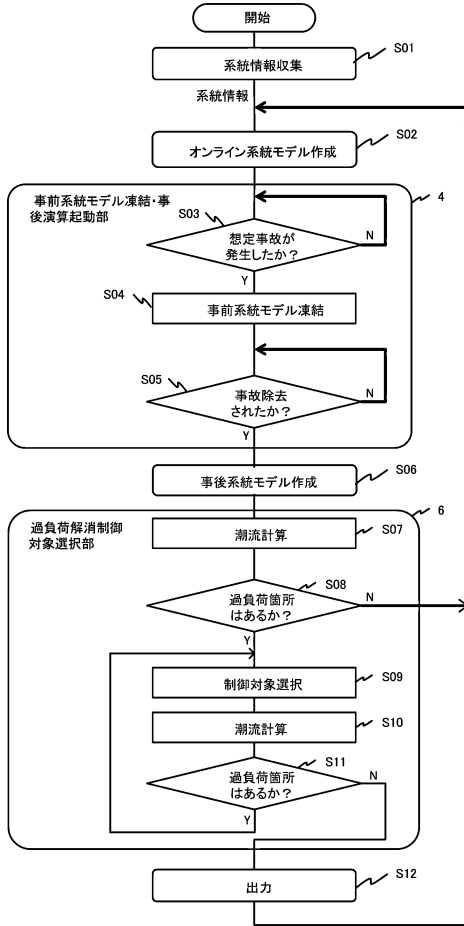
【図1】



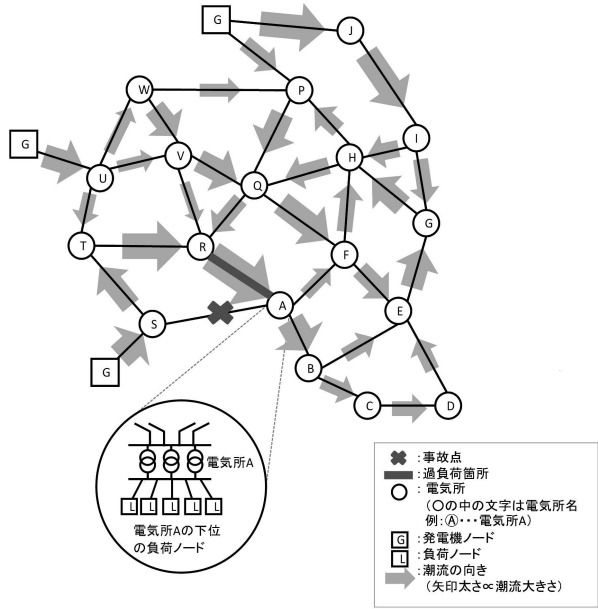
【図2】

系統情報		オンライン系統モデル
オンライン系統情報収集手段にて各電気所から収集		オンライン系統モデル作成手段にて作成
SV情報	TM情報	
<ul style="list-style-type: none"> ・CB入切 ・LS入切 ・保護リレー動作 	<ul style="list-style-type: none"> ・母線電圧 ・対象系統の各箇所潮流 (送電線、変圧器等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・系統モデルは系統解析シミュレーションの潮流計算の入力データであり、ノード、ブランチ、発電機の角データから構成される。 ・ノードは母線、負荷、発電機を表す。 ・ブランチは送電線、変圧器を表す。 ・データ中斜体字部は、実系統では時々刻々変化するデータであり、これらに左記の系統情報 (SV情報、TM情報) を反映することにより、その時点の実系統を表すオンライン系統モデルが作成できる。
	<ul style="list-style-type: none"> ノード ノード1 ノード2 ... ノードN 	<ul style="list-style-type: none"> ノードタイプ、有効電力、無効電力、電圧 ノードタイプ、有効電力、無効電力、電圧 ... ノードタイプ、有効電力、無効電力、電圧
	<ul style="list-style-type: none"> ブランチ ブランチ1 ブランチ2 ... ブランチN 	<ul style="list-style-type: none"> 始端ノード、終端ノード、運用回路数、インピーダンス 始端ノード、終端ノード、運用回路数、インピーダンス ... 始端ノード、終端ノード、運用回路数、インピーダンス
	<ul style="list-style-type: none"> 発電機定数 発電機1 発電機2 ... 発電機G 	<ul style="list-style-type: none"> 定格容量、定格出力、内部定数等 定格容量、定格出力、内部定数等 ... 定格容量、定格出力、内部定数等

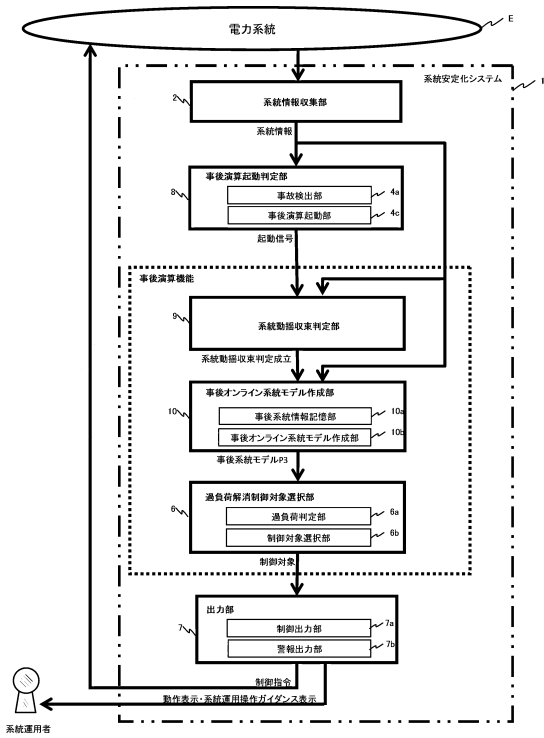
【図3】



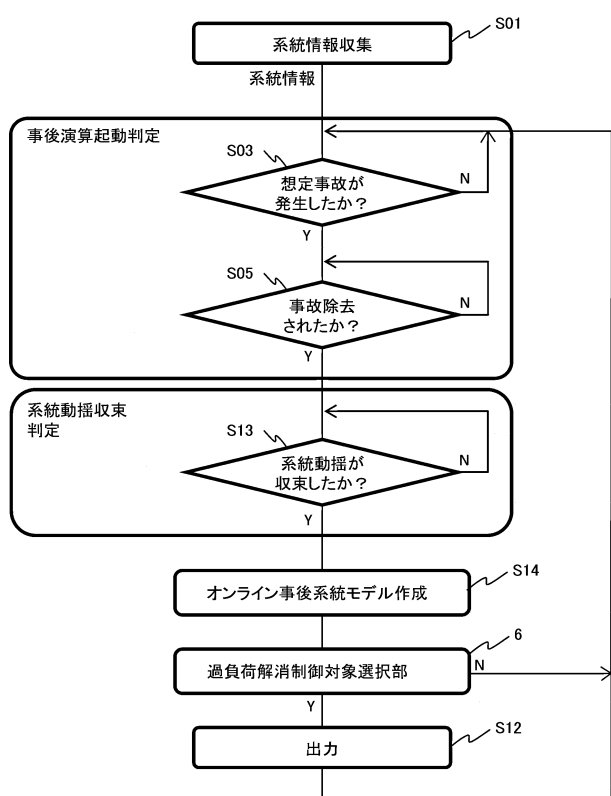
【図4】



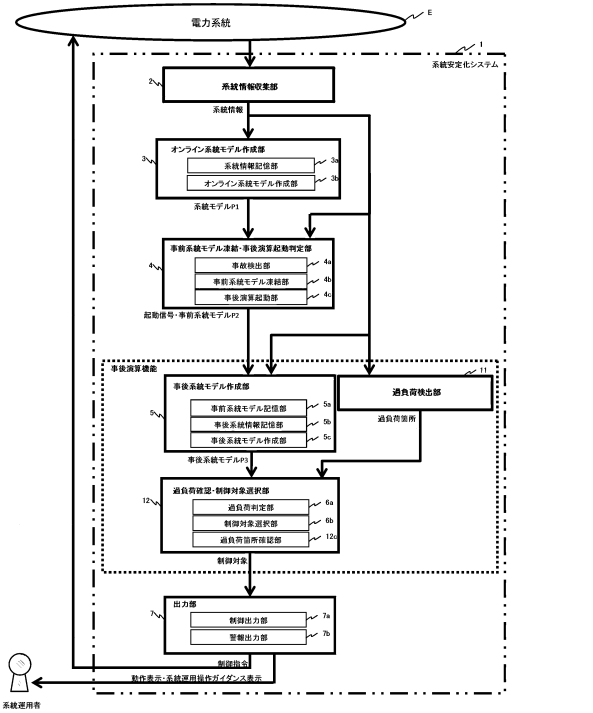
【図5】



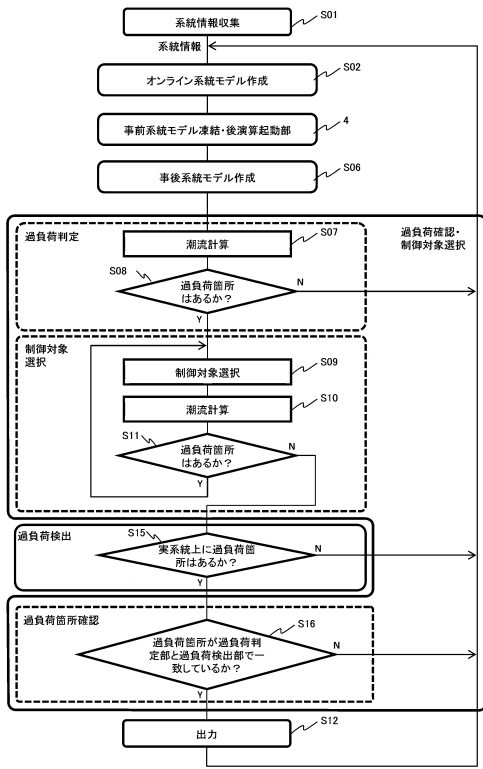
【図6】



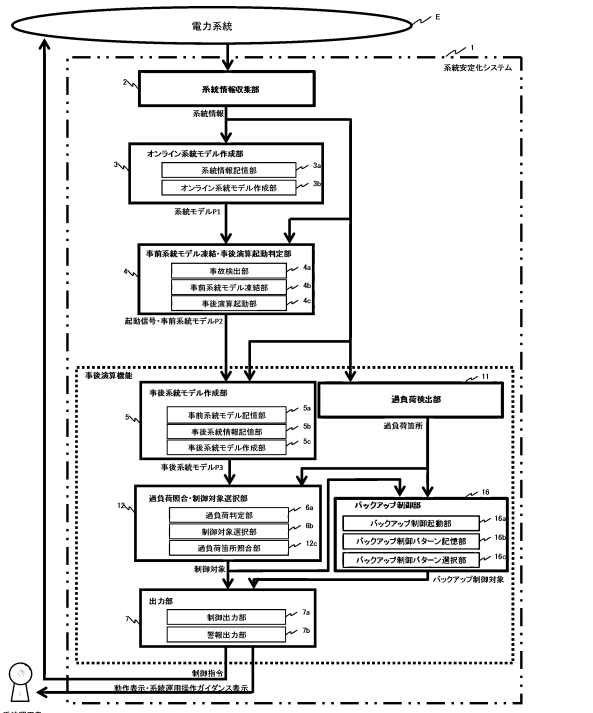
【図7】



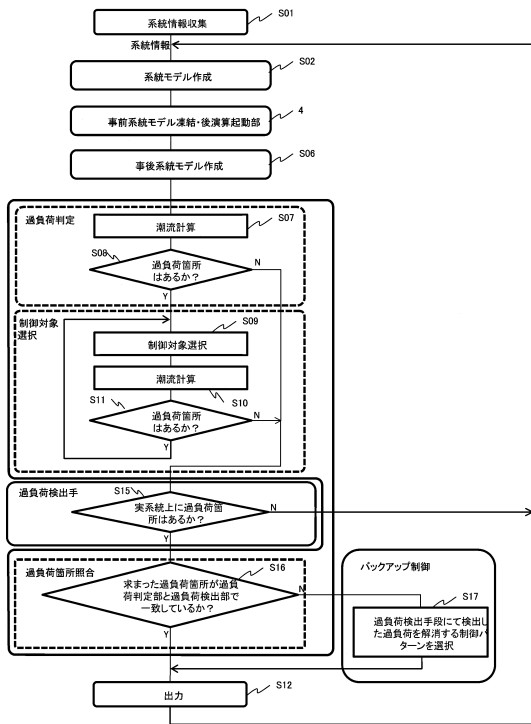
【図8】



【図9】



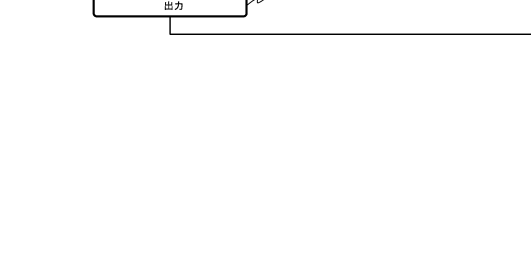
【図10】



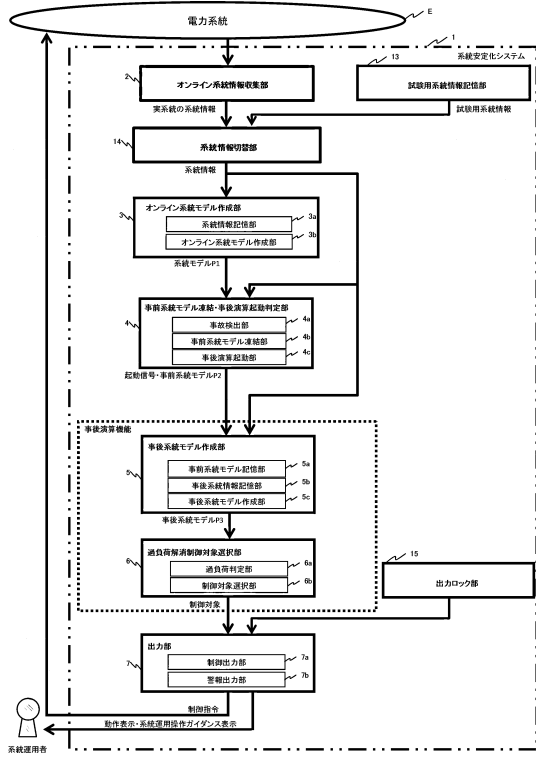
【図11】



【図12】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 石橋 哲
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 石原 祐二
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 坂本 聡生

- (56)参考文献 特開2013-102599(JP,A)
特開2011-135689(JP,A)
特開平08-280137(JP,A)
特開平09-046908(JP,A)
特開2007-129859(JP,A)
特開2005-151628(JP,A)
特開2014-050305(JP,A)
特開平06-165379(JP,A)
特開2014-011933(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02J 3/00 - 5/00
13/00