

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7149237号
(P7149237)

(45)発行日 令和4年10月6日(2022.10.6)

(24)登録日 令和4年9月28日(2022.9.28)

(51)国際特許分類	F I
H 0 2 J 3/00 (2006.01)	H 0 2 J 3/00 1 7 0
H 0 2 J 13/00 (2006.01)	H 0 2 J 13/00 3 0 1 A
	H 0 2 J 13/00 3 1 1 R

請求項の数 8 (全18頁)

(21)出願番号	特願2019-137462(P2019-137462)	(73)特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22)出願日	令和1年7月26日(2019.7.26)	(74)代理人	110001678藤央弁理士法人
(65)公開番号	特開2021-23004(P2021-23004A)	(72)発明者	未永 晋也 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43)公開日	令和3年2月18日(2021.2.18)	(72)発明者	多田 泰之 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	令和4年2月14日(2022.2.14)	審査官	下林 義明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力系統の制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力系統の電力潮流を変更する複数の電気機器の操作値を決定する制御装置であって、コントローラと、前記複数の電気機器における1以上の固定電気機器の情報を格納する記憶装置と、を含み、

前記コントローラは、

前記電力系統における状態値を取得し、

前記1以上の固定電気機器の決定したい時点の一つ前の操作値である固定操作値を、前記情報から取得し、

所定の指標値を改善するように、前記1以上の固定電気機器の操作値を固定することなく、前記複数の電気機器の自由操作値を前記状態値に基づき決定し、

前記固定操作値と、前記1以上の固定電気機器の前記自由操作値との間の差異に基づいて、前記1以上の固定電気機器それぞれの操作値を前記固定操作値とするか判定する、制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の制御装置であって、

前記コントローラは、

前記固定操作値と前記1以上の固定電気機器の自由操作値それぞれとの間の差異を表す値の統計値が所定値よりも小さい場合、前記1以上の固定電気機器全ての操作値を前記固

定操作値と決定する、制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の制御装置であって、
前記統計値は、前記 1 以上の固定電気機器それぞれに割り当てられている重みに基づく、
制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の制御装置であって、
前記コントローラは、
前記所定の指標値を改善するように、前記 1 以上の固定電気機器の操作値を前記固定操作値に固定した条件で、前記複数の電気機器における前記 1 以上の固定電気機器以外の自由電気機器の操作値を前記状態値に基づき決定し、
前記自由電気機器の操作値と前記固定操作値とを含む固定制御案を決定し、
前記固定制御案による、前記電力系統の予め設定されている信頼性の指標の値を計算し、
前記信頼性の指標の値が所定の基準を満たさない場合に、前記固定制御案を不採用と決定する、制御装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の制御装置であって、
前記コントローラは、
前記所定の指標値を改善するように、前記 1 以上の固定電気機器の操作値を前記固定操作値に固定した条件で、前記複数の電気機器における前記 1 以上の固定電気機器以外の自由電気機器の操作値を前記状態値に基づき決定し、
前記自由電気機器の操作値と前記固定操作値とを含む固定制御案を決定し、
前記複数の電気機器の自由操作値から自由制御案を決定し、
前記固定制御案及び前記自由制御案による前記電力系統の予め設定されている質の指標の値の差異に基づき、前記自由制御案を採用するか決定する、制御装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 に記載の制御装置であって、
前記コントローラは、
前記 1 以上の固定電気機器の各固定電気機器の操作値を、各固定電気機器の前記固定操作値と前記自由操作値との間の比較結果に基づいて、前記固定操作値とするか判定し、
前記操作値を前記固定操作値とすると判定された固定電気機器以外の電気機器の操作値を、前記所定の指標値を改善するように、前記状態値と前記固定操作値とに基づき決定する、制御装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 に記載の制御装置であって、
前記複数の電気機器は、発電装置、変圧器及び調相設備を含み、
前記 1 以上の固定電気機器は、前記変圧器及び調相設備の少なくとも一方を含む、制御装置。

【請求項 8】

制御装置が、電力系統の電力潮流を変更する複数の電気機器の操作値を決定する方法であって、
前記制御装置が、
前記電力系統における状態値を取得し、
前記複数の電気機器における予め設定された 1 以上の固定電気機器の、決定したい時点の一つ前の操作値である固定操作値を取得し、
所定の指標値を改善するように、前記 1 以上の固定電気機器の操作値を固定することなく、前記複数の電気機器の自由操作値を前記状態値に基づき決定し、
前記固定操作値と、前記 1 以上の固定電気機器の前記自由操作値との間の差異に基づいて、前記 1 以上の固定電気機器それぞれの操作値を前記固定操作値とするか判定する、方法。

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は電力系統の制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、発電設備、送電設備、変電設備、配電設備、需要家設備といった電力の生産から消費までを行う設備全体（以下、電力系統と適宜称する。）が知られている。電力系統において高品質な電力供給を維持するために、電力系統監視制御システムが存在する。電力系統の運用者は、電力系統監視制御システムを利用して、電力系統における特定の計測点の電圧、周波数、電力等を計測し、変動する需要家の電力消費に対して、電圧、周波数、潮流等が定められた適正值になるように、系統設備の監視制御を行う。

10

【0003】

さらに近年、最適潮流計算などの最適化計算により、より満足度の高い制御値を決定する試みも見られる。例えば、特許文献1は、電力系統全体の電圧安定性を考慮しながら最適潮流計算を行って、電力系統の操作対象設備に対する操作量を求める制御方法を開示している。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【文献】特開2016-111780号公報

20

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、特許文献1に記載の技術では、時系列で見た場合での操作の無駄が発生し、操作に応じて変動するメンテナンス等の費用（以下、操作コスト）が大きくなってしまふ。特許文献1に記載の技術は、電力系統の需要などの変化に応じて、求めた操作量に従い制御を繰り返す必要がある。しかし、ある操作時間での操作を次の操作時間では取り消すことは、運用時間全体で見ると無駄な操作となり、操作量が増えてしまふ。

【0006】

操作対象の設備の中には、変圧器タップ切替器や調相設備など、操作回数が所定数を超えると、メンテナンス費用が発生する機器も存在する。このような機器の操作頻度の上昇は、メンテナンス費用の上昇につながり、操作コストが、増大してしまふ。

30

【0007】

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、電力系統において、時系列で見た場合での操作の無駄を低減し、運用時間全体での操作コストを低減できる電力系統監視制御技術を提案するものである。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

本開示の一態様は、電力系統の電力潮流を変更する複数の電気機器の操作値を決定する制御装置であって、コントローラと、前記複数の電気機器における1以上の固定電気機器の情報を格納する記憶装置と、を含む。前記コントローラは、前記電力系統における状態値を取得し、前記1以上の固定電気機器の決定したい時点の一つ前の操作値である固定操作値を、前記情報から取得し、所定の指標値を改善するように、前記1以上の固定電気機器の操作値を固定することなく、前記複数の電気機器の自由操作値を前記状態値に基づき決定し、前記固定操作値と、前記1以上の固定電気機器の前記自由操作値との間の差異に基づいて、前記1以上の固定電気機器それぞれの操作値を前記固定操作値とするか判定する。

40

【発明の効果】**【0009】**

50

本発明の一態様によれば、電力系統において、時系列で見た場合での操作の無駄を低減し、運用時間全体での操作コストを低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】実施例1の系統制御システムの構成例を示す図である。

【図1B】実施例1の系統制御装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図2】実施例1の環境状態データの一例を示す図である。

【図3】実施例1の機器設定データの一例を示す図である。

【図4】実施例1の機器状態データの一例を示す図である。

【図5】実施例1の系統構成データの一例を示す図である。

10

【図6】実施例1の固定対象データの一例を示す図である。

【図7】実施例1の固定設定データの一例を示す図である。

【図8】実施例1の判定用データの一例を示す図である。

【図9】実施例1の判定条件データの一例を示す図である。

【図10】実施例1の系統制御データの一例を示す図である。

【図11】実施例1の固定対象表示画面の一例を示す図である。

【図12】実施例1の判定条件表示画面の一例を示す図である。

【図13】実施例1の最適な電力系統状態への制御を行う場合のフローチャートを示す図である。

【図14】実施例2の判定用データの一例を示す図である。

20

【図15】実施例2の判定条件データの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して実施例を説明する。本実施形態は本発明を実現するための一例に過ぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではないことに注意すべきである。

【実施例1】

【0012】

<系統制御システムの構成>

図1Aは、本実施例による系統制御システム1の全体構成例を示す。系統制御システム1は、系統制御装置2および電力系統3を含む。

30

【0013】

図1Bは、系統制御装置2のハードウェア構成例を示す。系統制御装置2は、計算機構成を有することができる。系統制御装置2は、コントローラ301、主記憶装置302、補助記憶装置303、出力装置304、入力装置305、および通信装置307を含む。上記構成要素は、バスによって互いに接続されている。主記憶装置302、補助記憶装置303又はこれらの組み合わせは記憶装置であり、プログラムおよびデータを格納している。

【0014】

主記憶装置302は、例えば半導体メモリから構成され、主に実行中のプログラムやデータを保持するために利用される。コントローラ301は、主記憶装置302に格納されているプログラムに従って、様々な処理を実行する。コントローラ301がプログラムに従って動作することで、様々な機能部が実現される。補助記憶装置303は、例えばハードディスクドライブやソリッドステートドライブなどの大容量の記憶装置から構成され、プログラムやデータを長期間保持するために利用される。

40

【0015】

コントローラ301は、単一の処理ユニットまたは複数の処理ユニットで構成することができ、単一もしくは複数の演算ユニット、又は複数の処理コアを含むことができる。コントローラ301は、1又は複数の中央処理装置、マイクロプロセッサ、マイクロ計算機、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、ステートマシン、ロジック回路、グラフィック処理装置、チップオンシステム、および/又は制御指示に基づき信号を操作す

50

る任意の装置として実装することができる。

【 0 0 1 6 】

補助記憶装置 3 0 3 に格納されたプログラムおよびデータが起動時又は必要時に主記憶装置 3 0 2 にロードされ、プログラムをコントローラ 3 0 1 が実行することにより、系統制御装置 2 の各種処理が実行される。したがって、以下において系統制御装置 2 により実行される処理は、コントローラ 3 0 1 又はプログラムによる処理である。

【 0 0 1 7 】

入力装置 3 0 5 は、ユーザが系統制御装置 2 に指示や情報などを入力するためのハードウェアデバイスであり、例えば、キーボード、マウス等のポインティングデバイス、タッチパネル、音声指示装置の少なくとも一つを含んで構成される。出力装置 3 0 4 は、入出力用の各種画像を提示するハードウェアデバイスであり、例えば、ディスプレイ装置、プリンタ、音声出力装置の少なくとも一つを含んで構成される。通信装置 3 0 7 は、ネットワークとの接続のためのインタフェースである。入力装置 3 0 5 および出力装置 3 0 4 は省略されてもよく、ユーザが、系統制御装置 2 に、ネットワークを介して、端末からアクセスされてもよい。

【 0 0 1 8 】

系統制御装置 2 の機能は、1 以上のコントローラおよび非一過性の記憶媒体を含む 1 以上の記憶装置を含む 1 以上の計算機からなる計算機システムに実装することができる。複数の計算機はネットワークを介して通信する。例えば、系統制御装置 2 の複数の機能の一部が一つの計算機に実装され、他の一部が他の計算機に実装されてもよい。

【 0 0 1 9 】

図 1 B において、ソフトウェアの各要素は、記憶装置内のいずれの領域に格納されていてもよい。上述のように、コントローラ 3 0 1 は、特定のプログラムに従って動作することで、図 1 A に例示する機能部として機能する。

【 0 0 2 0 】

図 1 A に戻って、系統制御装置 2 は、各種の制御を行う制御部 1 0 と、各種の情報を記録（記憶）する記録部 2 0 と、所定の条件下での最適解を演算する最適演算部 3 0 と、通信ネットワーク 4 を介して各種の機器と通信を行う通信部 4 0 と、各種の情報を入力する入力部 5 0 と、各種の情報を出力する出力部 6 0 とを含む。

【 0 0 2 1 】

制御部 1 0 および最適演算部 3 0 は、コントローラ 3 0 1 が記憶装置 3 0 2、3 0 3 に記憶された各種のプログラムに従って処理を行うことで（ソフトウェアによって）実現されてもよいし、コントローラ 3 0 1 内のハードウェア（論理回路）によって実現されてもよい。制御部 1 0 および最適演算部 3 0 の機能は、単一の装置で実現されるものに限られるものではなく、相互に通信可能に接続された複数の装置により実現されてもよい。

【 0 0 2 2 】

記録部 2 0 は、記憶装置 3 0 2、3 0 3 により実現される。通信部 4 0 は、通信装置 3 0 7 により実現される。入力部 5 0 は、入力装置 3 0 5 により実現され、出力部 6 0 は出力装置 3 0 4 により実現される。

【 0 0 2 3 】

系統制御装置 2 は、通信部 4 0 に接続された通信ネットワーク 4 を介して、電力系統 3 の 1 以上の計測機器 5 それぞれから、電力系統 3 の計測データを取得することができる。また、系統制御装置 2 は、電力系統 3 の複数の電気機器 6 それぞれに制御指令を送信することで、電気機器 6 それぞれの動作状態を制御することができる。なお、図 1 は、一つの計測機器 5 および一つの電気機器 6 を例として示すが、系統制御システム 1 は、1 又は複数の計測機器 5 および複数の電気機器 6 を含むことができる。

【 0 0 2 4 】

電力系統 3 は、発電装置を用いて発電を行う発電設備（例えば発電所）と、発電設備が発生した電力を消費する需要家設備と、発電設備から需要家設備までの電力を送る電力流通設備（送電設備、変電設備、配電設備等）等、を含む。電力系統 3 は、さらに、これら

10

20

30

40

50

の設備の状態を計測する計測機器 5 を含む。

【 0 0 2 5 】

発電装置は、火力発電、水力発電、原子力発電、地熱発電、太陽光発電、風力発電等を行う装置であるが、他にも様々な発電方法で発電を行う装置であってもよい。電力流通設備は、架空送電線、地中送電線、変圧器、遮断器、調相設備を含むが、他にも送配電に関わる様々な設備が含まれる。

【 0 0 2 6 】

計測機器 5 は、電力系統 3 の特定の測定ポイントにおける状態を計測する。計測項目の例は、電力系統 3 の電圧、位相、電力などの電力項目と、気温、風速、風向、降水量、日射量などの気象項目と、電気機器 6 の設定状態および動作状態の項目と、電力流通設備、
10 発電装置等の電力潮流状態を変化させる機器の動作状態の項目とを含み得る。他にも、様々な項目が計測項目となり得る。

【 0 0 2 7 】

測定ポイントは、発電設備の母線、変電設備の母線、電力流通設備、需要家設備等を含み、1つの測定ポイントに対する計測装置の数は、単数であってもよいし、複数であってもよい。計測機器 5 が計測した値は、通信ネットワーク 4 を介して、系統制御装置 2 に送信される。計測機器 5 は、計測した値と共に、計測日時を付加して送信してもよい。

【 0 0 2 8 】

電気機器 6 は、例えば、電力系統 3 を構成する機器のうち、発電装置、変圧器、遮断器、調相設備などの電力系統 3 の電力潮流状態を変更するための装置を含む。電気機器 6 は、
20 他にも様々な装置を含んでもよい。電気機器 6 は、系統制御装置 2 が通信ネットワーク 4 を介して送信された制御指令を受信すると、制御指令に応じて動作状態を変更することができる。

【 0 0 2 9 】

< 系統制御システムにおける制御 >

系統制御装置 2 の制御部 1 0 は、主制御部 1 0 0、系統状態取得部 1 0 1、系統制御生成部 1 0 2、系統制御判定部 1 0 3、および実行部 1 0 4 を含む。系統状態取得部 1 0 1 は、定期的（例えば 2 秒間隔で）または主制御部 1 0 0 からの指示時（例えばユーザが所望する時刻）に、計測機器 5 が送信した各種データを、通信部 4 0 を介して取得し、記録部 2 0 の系統状態データ 2 0 1 に、計測日時と共に記録する。
30

【 0 0 3 0 】

図 1 A に示すように、系統状態データ 2 0 1 は、環境状態データ 2 1 1、機器設定データ 2 1 2、および機器状態データ 2 1 3 を含む。環境状態データ 2 1 1 は、負荷（電力系統 3 において電気を消費する機器）に流れる有効電力、無効電力、発電装置が発電する有効電力等の情報を含む。環境状態データ 2 1 1 は、本例において、電力の需給状態を示す。

【 0 0 3 1 】

図 2 に、電力系統 3 の特定の測定ポイントにおける環境状態データ 2 1 1 の一例を示す。図 2 に示すように、環境状態データ 2 1 1 は、例えば、通し番号 D 1 0 1、計測日時 D 1 0 2、有効電力 D 1 0 3、および無効電力 D 1 0 4 の情報を含む。環境状態データ 2 1 1 には、特定の測定ポイントの値（計測値）が時系列で格納される。なお、計測日時 D 1 0 2、有効電力 D 1 0 3、および無効電力 D 1 0 4 は、測定に係る項目であり、各項目の値は、測定ポイントにおける測定に応じて適宜変更される。系統状態取得部 1 0 1 は、計測日時 D 1 0 2 に未来の日時を含め、有効電力 D 1 0 3、および無効電力 D 1 0 4 の特定の測定ポイントの予測される値（予測値）を別途外部のサーバの記憶装置等から取得して格納してもよい。このように、環境状態データ 2 1 1 は、実際の計測値又は予測された計測値（予測値）で表わされる状態値を格納している。
40

【 0 0 3 2 】

機器設定データ 2 1 2 は、電気機器 6 の設定状態の情報を含む。図 3 に、電力系統 3 に含まれる電気機器 6 の機器設定データ 2 1 2 の一例を示す。図 3 に示すように、機器設定データ 2 1 2 は、例えば、通し番号 D 2 0 1、計測日時 D 2 0 2、調相設備 R 1 の投入量
50

D 2 0 3、調相設備 R 2 の投入量 D 2 0 4、変圧器 T 1 のタップ位置 D 2 0 5、および変圧器 T 2 のタップ位置 D 2 0 6 の情報を含む。機器設定データ 2 1 2 は、電気機器 6 の設定を示す情報（設定値）を時系列で格納している。設定値は、操作値とも呼ばれ、例えば、調相設備投入量（無効電力調整量）、変圧器のタップ位置（変圧比）、発電機出力電圧等を含む。

【 0 0 3 3 】

なお、調相設備 R 1 の投入量 D 2 0 3、調相設備 R 2 の投入量 D 2 0 4、変圧器 T 1 のタップ位置 D 2 0 5、および変圧器 T 2 のタップ位置 D 2 0 6 は、電気機器 6 の設定に係る項目（設定値）の例であり、機器設定データ 2 1 2 に格納される情報として、計測機器 5 から取得可能な項目の組合せを適宜に採用可能である。

10

【 0 0 3 4 】

機器状態データ 2 1 3 は、電力流通設備、発電装置等の電力潮流状態を変化させる電気機器 6 の動作状態を示す情報（動作状態情報）を含む。図 4 に、電力系統 3 に接続された電気機器 6 の機器状態データ 2 1 3 の一例を示す。図 4 に示すように、機器状態データ 2 1 3 は、例えば、通し番号 D 3 0 1、計測日時 D 3 0 2、調相設備 R 1 の動作状態 D 3 0 3、調相設備 R 2 の動作状態 D 3 0 4、変圧器 T 1 の動作状態 D 3 0 5、および変圧器 T 2 の動作状態 D 3 0 6 の情報を含む。

【 0 0 3 5 】

機器状態データ 2 1 3 は、電気機器 6 の動作状態情報を時系列で格納している。調相設備 R 1 の動作状態 D 3 0 3、調相設備 R 2 の動作状態 D 3 0 4、変圧器 T 1 の動作状態 D 3 0 5、および変圧器 T 2 の動作状態 D 3 0 6 は、遮断器、開閉器などの開閉装置の開閉状態、送電線の送電ステータス等の項目を含んでよい。また、機器状態データ 2 1 3 の項目は、電力流通設備、発電装置等の電力潮流状態を変化させる電気機器 6 の動作状態の項目、計測機器 5 から取得したその他の機器の動作状態の項目の組合せであってもよい。

20

【 0 0 3 6 】

系統構成データ 2 0 2 は、記録部 2 0 に予め格納され、電力系統 3 の構成に係る情報を含む。図 5 に、電力系統 3 における送電線の系統構成データ 2 0 2 の一例を示す。系統構成データ 2 0 2 は、例えば、送電線ごとに、通し番号 D 4 0 1、名称 D 4 0 2、定格電圧 D 4 0 3、基準容量 D 4 0 4、線路長 D 4 0 5、抵抗 D 4 0 6、およびリアクタンス D 4 0 7 の情報を含む。

30

【 0 0 3 7 】

系統構成データ 2 0 2 は、例えば、電力系統 3 の解析に必要な情報のうち、電力系統 3 を構成する機器の項目（パラメータ項目）、機器の相互の電氣的な接続形態など、短時間では変化しない項目の情報を含む。図 5 は、送電線の例を示しているが、他の機器系統構成データは、異なる項目で構成されていてよい。

【 0 0 3 8 】

図 6 は、本実施例における固定対象データ 2 0 3 の例を示す。固定対象データ 2 0 3 は、設定値（操作値）が固定され得る設備（固定設備）を示す。後述するように、固定設備の設定値は、決定したい時点の一つ前の設定値（固定設定値）と最適化演算が示す設定値との差異に基づき、維持されるかまたは変更されるか決定される。固定設定値は、過去の最適化演算（前回またはそれより前の最適化演算）による設定値である。決定したい時点の一つ前の設定値は、実際の計測値又は予測値に基づき計算されたものである。

40

【 0 0 3 9 】

固定対象データ 2 0 3 において、欄 D 5 0 1 ~ D 5 0 6 は、各設備（電気機器）が固定対象（固定設備 / 固定電気機器）であるか非対象（自由設備 / 自由電気機器）であるかを示す。設備が固定対象（固定設備）の場合は、当該設備の設定を固定設定データ 2 0 4 が示す状態で固定し操作不可であるとの条件が、最適演算部 3 0 へ提供される。設備が固定非対象（自由設備）の場合、当該設備の設定値は操作可との条件が、最適演算部 3 0 へ提供される。

【 0 0 4 0 】

50

操作コストが高い設備が、固定設備として選択される。操作コストは、操作に応じて変動するメンテナンスや動力等の費用を示す。例えば、ある操作の回数が所定回数に達するとその設備のメンテナンスが必要となり、メンテナンス費用が発生する。メンテナンス費が大きくその他の費用を無視すると、操作コストは、例えば、そのメンテナンスコスト費用を上記所定回数で割った値で表わすことができる。操作コストが高い設備を固定設備とし、操作コストが低い設備を自由設備とすることで、最適潮流計算により電力系統の操作を行う場合に、時系列で見た場合での操作の無駄を低減し、運用時間全体での操作コストを低減できる。

【 0 0 4 1 】

図 6 に示す例において、発電機は自由設備として登録され、変圧器及び調相設備は固定設備として登録されている。一般に、それらの操作の特性上、発電機の操作コストに比較して、変圧器及び調相設備の操作コストは高い。なお、これらの設定は一例であり、例えば、変圧器及び調相設備の一方が、自由設備として登録されてもよい。

10

【 0 0 4 2 】

図 7 は、本実施例における固定設定データ 2 0 4 の例を示す。固定設定データ 2 0 4 は、固定設備の固定設定値を示す。固定設定データ 2 0 4 において、欄 D 6 0 1 ~ D 6 0 6 は各設備の固定設定値を示す。固定設備の固定設定値は、固定設備の設定値の変更に応じて更新される。固定設備に対応した欄 D 6 0 3 ~ D 6 0 4 は、固定設備の固定設定値を格納している。固定非対象の自由設備に対応する欄 D 6 0 1 ~ D 6 0 2 は、固定設定値を格納していない。固定設定データ 2 0 4 の設定値の項目は、機器設定データ 2 1 2 と同様でよい。

20

【 0 0 4 3 】

図 8 は、本実施例における判定用データ 2 0 5 の例を示す。判定用データ 2 0 5 は、例えば、制御案の種別を示すデータ種別 D 7 0 1、および各制御案の設備の設定値 D 7 0 2 ~ D 7 0 7 を格納している。設定値の項目は、機器設定データ 2 1 2 のものと同様でもよい。判定用データ 2 0 5 は、後述する固定制御案と、自由制御案を示す。

【 0 0 4 4 】

後述するように、固定制御案は、固定設備の設定値を固定した条件において、最適演算部 3 0 により生成される制御案である。自由制御案は、固定設備の設定値を固定することなく、最適演算部 3 0 により生成される制御案である。固定制御案の固定設備の値は、固定設定データ 2 0 4 と一致する。

30

【 0 0 4 5 】

図 9 は、本実施例における判定条件データ 2 0 6 の例を示す。判定条件データ 2 0 6 は、記録部 2 0 に予め記録され、例えば、判定閾値 D 8 0 1、および判定係数 D 8 0 2 ~ D 8 0 7 を含む。判定条件データ 2 0 6 の項目は、固定設備の設定値を、固定設定値とするか自由制御案の設定値（自由設定値）とするか判定するために参照される。判定のために必要とされる項目に応じて、装置の設置地域や電圧階級、気候に応じた判定係数の区分や新たな項目の追加など、異なるデータの組合せでもよい。

【 0 0 4 6 】

図 1 0 は、電力系統 3 を所定の状態にするための系統制御データ 2 0 7 の例である。系統制御データ 2 0 7 は、例えば、識別可能な I D D 9 0 1、適用日時 D 9 0 2、制御対象の設備の設定値 D 9 0 3 ~ D 9 0 8 を格納している。設定値の項目は、機器設定データ 2 1 2 のものと同様でもよい。設定値 D 9 0 3 ~ D 9 0 8 は、電気機器 6 に含まれる制御対象の設定値であり、遮断器、開閉器など、その他の機器の組合せであってもよい。適用日時 D 9 0 2 は、系統制御データを適用する日時が記録される。

40

【 0 0 4 7 】

図 1 1 は、固定対象表示画面の例を示す図である。固定対象表示画面は、メニュー画面から呼び出され、固定対象データ 2 0 3 の内容を表示する。固定対象表示画面で表示される固定対象データ 2 0 3 の内容は、図 6 で説明したものと同一であるため、詳細の説明は省略する。

50

【 0 0 4 8 】

固定対象表示画面では、固定対象データ 2 0 3 の一部を表示しても、固定対象データ 2 0 3 に含まれないデータを併せて表示してもよい。固定対象表示画面は、固定対象を変更するための [変更] ボタンや、画面を閉じて、呼出元のメニュー画面に戻るための [戻る] ボタンを含んでもよい。

【 0 0 4 9 】

固定対象表示画面は、系統制御装置 2 である情報処理装置 (計算機) や、系統制御装置 2 に接続される端末の表示画面に表示される。系統制御システム 1 の利用者は、固定対象表示画面を用いて、固定対象を設定できる。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 は、判定条件表示画面の例を示す図である。判定条件表示画面は、メニュー画面から呼び出され、判定条件データ 2 0 6 の内容を表示する。判定条件表示画面で表示される判定条件データ 2 0 6 の内容は、図 9 で説明したものと同一であるため、詳細の説明は省略する。

【 0 0 5 1 】

判定条件表示画面では、判定条件データ 2 0 6 の一部を表示しても、判定条件データ 2 0 6 に含まれないデータを併せて表示してもよい。判定条件表示画面は、判定条件を変更するための [変更] ボタンや、画面を閉じて、呼出元のメニュー画面に戻るための [戻る] ボタンを含んでもよい。

【 0 0 5 2 】

判定条件表示画面は、系統制御装置 2 である情報処理装置 (計算機) や、系統制御装置 2 に接続される端末の表示画面に表示される。系統制御システム 1 の利用者は、判定条件表示画面を用いて、判定条件を設定できる。

【 0 0 5 3 】

制御部 1 0 は、系統制御データを、特定の間隔で連続する日時で、順に生成する。実行部 1 0 4 は、系統制御データに記載された設定値を実現する制御指令を生成し、電力系統 3 の各対象電気機器 6 に送信する。上記特定の間隔は、事前の設定による一定 (例えば 1 0 分間隔) もしくは不定の間隔で指定された日時や、入力部 5 0 を介した指示によって適宜指定された時点の日時でよい。

【 0 0 5 4 】

図 1 3 は、制御部 1 0 が、所定の指標を改善する状態へ電力系統を制御するフローチャートの例である。主制御部 1 0 0 が新たな系統制御データの生成を指示すると、系統制御生成部 1 0 2 は、固定対象データ 2 0 3 に指定された設備の固定設定値を、固定設定データ 2 0 4 から取得する (S 1 0 1) 。

【 0 0 5 5 】

系統制御生成部 1 0 2 は、上記指示された日時直近の系統状態データ 2 0 1 のレコードと、固定設定データ 2 0 4 とを、最適演算部 3 0 へ提供する。最適演算部 3 0 は、固定設定値を変更しない条件において、設備の設定値を演算する。系統制御生成部 1 0 2 は、演算された設備の設定値 (固定設定値を含む) を、最適な電力系統状態を達成するための固定制御案として取得し、判定用データ 2 0 5 に格納する (S 1 0 2) 。

【 0 0 5 6 】

次に、主制御部 1 0 0 は、上記指示された日時直近の系統状態データ 2 0 1 のレコードを最適演算部 3 0 へ提供し、最適演算部 3 0 から、設備の設定値を取得する。最適演算部 3 0 は、固定設備を含む全ての設備の設定値が可変の条件で、設備の設定値を演算する。主制御部 1 0 0 は、取得した設定値を、演算された最適な電力系統状態を達成するための自由制御案として、判定用データ 2 0 5 に格納する (S 1 0 3) 。

【 0 0 5 7 】

次に、系統制御判定部 1 0 3 は、判定用データ 2 0 5 の固定制御案と自由制御案とを比較し、固定制御案と自由制御案とが、判定条件データ 2 0 6 が示す条件を満たすか判定する (S 1 0 4) 。判定方法の詳細は、後述する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

条件を満足する場合は (S 1 0 4 : Y)、系統制御判定部 1 0 3 は、さらに自由制御案が後述の系統信頼性を満足するかを判定する (S 1 0 5)。自由制御案が後述の系統信頼性を満足する場合 (S 1 0 5 : Y)、系統制御判定部 1 0 3 は、自由制御案を系統制御データ 2 0 7 に格納する (S 1 0 6)。系統制御判定部 1 0 3 は、さらに、固定対象データ 2 0 3 にて指定された設備に対する自由制御案の設定値によって、固定設定データ 2 0 4 を更新する (S 1 0 7)。

【 0 0 5 9 】

固定制御案と自由制御案との関係が、判定条件データ 2 0 6 が示す条件を満足しない場合 (S 1 0 4 : N)、系統制御判定部 1 0 3 は、固定制御案を系統制御データ 2 0 7 に格納する (S 1 0 8)。

10

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 0 5 において、自由制御案が信頼性を満足しない場合 (S 1 0 5 : N)、系統制御判定部 1 0 3 は、適切な制御案を生成できない旨をユーザに通知し、ユーザからの新しい制御案を新しい自由制御案として採用する (S 1 0 9)。ユーザで修正できない場合、系統制御判定部 1 0 3 は、エラーを出力し処理を停止してもよい。ステップ S 1 0 9 の実行後、系統制御判定部 1 0 3 は、ステップ S 1 0 6 を実行する。

【 0 0 6 1 】

【 数 1 】

$$\sum_{i=1}^n w_i |N_i^f - N_i^s| > V_{th}$$

20

【 0 0 6 2 】

i は固定設備の番号を示し、固定設備の数は n としている。例えば、調相設備 R 1 に設備番号 1、調相設備 R 2 を設備番号 2 というように割り当てる。 N_i^f は設備 i に対する自由制御案における設定値、 N_i^s は設備 i に対する固定制御案における設定値、 w_i は設備 i に対する判定係数 (重み) を示す。

【 0 0 6 3 】

本例において、系統制御判定部 1 0 3 は、二つの制御案の固定設備の設定値の差 (絶対値) を設備毎に重み付けして積算した値と、閾値と比較する。具体的には、系統制御判定部 1 0 3 は、積和の値が閾値より大きい場合に自由制御案を選択し (固定制御案不採用)、積和の値が閾値以下の場合に固定制御案を選択 (採用) する。

30

【 0 0 6 4 】

本実施例は、低操作コストの設備に加え、高操作コスト設備も利用して最適化する必要がある場合は高操作コスト設備を操作する。最適な操作を計算する場合に、高操作コスト設備の設定値を固定する場合 (固定制御案) と変更する場合 (自由制御案) とで、高操作コスト設備の設定値の差異 (設定値の変化量) が大きい場合は、系統の全体や局所で状態が大きな変化を反映して、高操作コスト設備の設定値の変更の必要性が高くなったと判定できる。したがって、高操作コスト設備も操作対象として最適な操作を行う。差異が小さい場合は、必要性が小さいため高操作コスト設備を操作せずコスト削減を優先する。

40

【 0 0 6 5 】

ステップ S 1 0 4 は、上記不等式の条件とは別に、固定制御案が実現する系統の信頼性が予め定めた基準を満足しない場合も、条件を満足すると判定して、自由制御案を採用する。これにより、信頼性が低い固定制御案の採用を避けることができる。ここで、系統の信頼性を測る指標の演算式は予め設定されている。信頼性を測る指標としては、例えば、電圧安定性や過渡安定性、 $N - 1$ 信頼性など、様々な指標があるが、これらを単独もしくは複数組み合わせた指標を用いて判定してよい。指標の値は、固定制御案の設定値に基づき計算される。

【 0 0 6 6 】

50

なお、固定制御案が実現する系統の信頼性についての判定は、省略されてもよい。また、このような省略などにより、判定に自由設備の設定値が不要な場合、S 1 0 2における自由設備の設定値を含む固定制御案の取得と保存は、ステップ S 1 0 4において条件が満たされない場合（S 1 0 4 : N）に、ステップ S 1 0 8の前に生成されてもよい。

【 0 0 6 7 】

上記例のように、固定設備全体の設定値の差異を表すために統計値を使用することで、設定値それぞれの変化量が、通常、操作可能な最小単位である場合でも、適切に判定することができる。また、判定係数を使用することで、電気系統における固定設備の寄与度に応じてより適切な判定が可能となる。上記例は、各固定設備の設定値の差異を表す値として差（の絶対値）を使用するが、他の式、例えば比を使用してもよい。

10

【 0 0 6 8 】

他の例において、系統制御判定部 1 0 3 は、判定係数（重み）と設定値の差の積和と異なる統計値を使用してもよい。例えば、差の平均値を使用してもよく、固定設備の間で異なる判定係数を使用しなくてもよい、つまり、全ての判定係数を同一の値としてもよい。

【 0 0 6 9 】

他の例において、系統制御判定部 1 0 3 は、固定設備毎に、設定値の変更の有無を判定してもよい。例えば、系統制御判定部 1 0 3 は、各固定設備の自由制御案における設定値（自由設定値）と固定設定値との差異を表す値（例えば差または比）を計算し、その値と閾値とを比較して、固定設定値を選択するか否かを判定する。差異が閾値より小さい場合に、固定値が選択される。これにより、固定設備の操作回数を減らすことができる。なお、差異を表す値の計算方法および閾値は固定設備間で共通でも異なってもよい。

20

【 0 0 7 0 】

系統制御判定部 1 0 3 は、固定設定値を使用する固定設備を選択した後、選択した固定設備の設定値のみを固定設定値として指定して、最適演算部 3 0 に制御案を演算させてもよい。これにより、より適切な制御が可能となる。系統制御判定部 1 0 3 は、自由制御案の値を選択されなかった固定設備の設定値としてもよい。

【 0 0 7 1 】

ステップ S 1 0 5 は、自由制御案が実現する系統の信頼性が予め定められている基準を満足する場合に、適切な制御案であると判定し、自由制御案を系統制御データ 2 0 7 に格納する。ステップ S 1 0 5における系統の信頼性は、ステップ S 1 0 4と同様の指標により算定できる。これにより、信頼性が低い自由制御案を採用することを避けることができる。なお、ステップ S 1 0 5は省略されてもよい。

30

【 0 0 7 2 】

次に、最適演算部 3 0 による演算を説明する。最適演算部 3 0 は、電力損失低減、電圧安定性向上等の所定の目的に対し、目的に最適な電力系統 3 の状態を演算するものである。最適演算部 3 0 は、目的を表す指標が改善されるように、電力系統 3 の変数を決定する。例えば、最適演算部 3 0 は、電力損失低減を表現する目的関数を与え、電力系統 3 の潮流方程式の制約条件と、電圧範囲、機器制御可不可等のその他の等式制約条件および不等式制約条件とを満足する変数の組合せの中から、上記目的関数を最小または最大とする変数の組合せを演算する。変数としては、各母線の電圧、調相設備の投入量、変圧器のタップ位置などが利用される。

40

【 0 0 7 3 】

最適演算部 3 0 は、公知技術を用いて演算を行うことができる。最適演算部 3 0 が使用する方法は、上記文献に記載の方法に限定されるものではなく、所望の目的に対して、最適な電力系統 3 の状態を演算する方法であれば、その他の方法を用いてもよい。

【 0 0 7 4 】

上述のように、本実施例は、電力系統の信頼性を維持しつつ、最適化による系統指標の改善効果を得つつ、操作コストが大きい設備の操作回数を抑制し、系統指標の改善と操作コスト低減を両立することができる。

【 実施例 2 】

50

【 0 0 7 5 】

実施例 2 では、実施例 1 の当該装置が有する機能に加え、系統制御判定部 1 0 3 が、図 1 3 のステップ S 1 0 4 にて、操作後の状態の系統指標も判定条件に含めて判定する。系統指標は、一般的に知られた送電ロスや負荷余裕などで示される電力系統の質的な指標を示す。本実施例は、系統状態変化に加え、系統制御データにより実現される状態の質についても同時に考慮して判定することが可能となる。

【 0 0 7 6 】

以下において、実施例 2 について主に実施例 1 と異なる部分について説明する。実施例 2 では、判定用データを生成する処理及び系統制御データを選択する処理が、実施例 1 とは異なる。

【 0 0 7 7 】

系統制御生成部 1 0 2 は、実施例 1 の機能に加えてさらに、系統状態データと自由制御案または固定制御案とを取得して、各制御案を適用した際の系統指標を算出する機能を備える。指標を計算する演算式は予め設定されており、その入力例えば、設備の設定値、システムの構成情報、及び/または制約条件を含むことができる。入力は、例えば、最適演算と同様でもよい。ステップ S 1 0 2 では、系統制御生成部 1 0 2 は、固定制御案の生成に加え、固定制御案を適用した際の系統指標を算出して、判定用データ 2 0 5 へ格納する。ステップ S 1 0 3 では、系統制御生成部 1 0 2 は、自由制御案の生成に加え、自由制御案を適用した際の系統指標を算出して、判定用データ 2 0 5 へ格納する。

【 0 0 7 8 】

図 1 4 は、本実施例における判定用データ 2 0 5 の例である。実施例 1 に加えて、系統指標の一つである送電ロス D 7 0 8 が追加されている。図 1 5 は、本実施例における判定条件データ 2 0 6 の例である。実施例 1 に加えて、系統指標の一つである送電ロスに対する判定係数 D 8 0 8 が追加されている。

【 0 0 7 9 】

図 1 3 のステップ S 1 0 4 は、固定制御案及び自由制御案による質の指標の値の差異に基づき、自由制御案を採用するか判定する。一例として、ステップ S 1 0 4 は、以下不等式が成立すれば、条件を満足すると判定して、自由制御案を採用する。

【 0 0 8 0 】

【 数 2 】

$$\sum_{i=1}^n w_i |N_i^f - N_i^s| + \sum_{j=1}^m u_j (K_j^f - K_j^s) > V_{th}$$

【 0 0 8 1 】

j は系統指標の番号を示し、系統指標の数は m としている。例えば、送電ロスに系統指標番号 1 を割り当て、負荷余裕に系統指標番号 2 を割り当てる。K_j^f は指標 j に対する自由制御案における算出値を示す。K_j^s は指標 j に対する固定制御案における算出値を示す。u_j は指標 j に対する判定係数を示す。指標が大きい場合により良い状態を示す場合は u_j は正の値、逆の場合は負の値となる。

【 0 0 8 2 】

上記例は、制御案の設定値の差を装置毎に重み付けした積算値と、系統指標の差を重み付けした積算値と、の合計を閾値と比較する。系統指標の制御案間の差の計算は例であり、同様の符号であれば、指標の改善率などの形で算出しても良い。ステップ S 1 0 4 は、実施例 1 と同様に、信頼性の判定も実行する。なお、ステップ S 1 0 4 は、二つの制御案の系統指標の差異を表す値を、設定値とは別に、閾値と比較し、その値が閾値よりも大きいことを、自由制御案を採用する追加の条件としてもよい。

【 0 0 8 3 】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。

10

20

30

40

50

例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明したすべての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【0084】

また、上記の各構成・機能・処理部等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、または、ICカード、SDカード等の記録媒体に置くことができる。

10

【0085】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしもすべての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆どすべての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

【0086】

1 系統制御システム、2 系統制御装置、3 電力系統、4 通信ネットワーク、5 計測機器、6 電気機器、10 制御部、20 記録部、30 最適演算部、40 通信部、50 入力部、60 出力部、100 主制御部、101 系統状態取得部、102 系統制御生成部、103 系統制御判定部、104 実行部、201 系統状態データ、202 系統構成データ、203 固定対象データ、204 固定設定データ、205 判定用データ、206 判定条件データ、207 系統制御データ、211 環境状態データ、212 機器設定データ、213 機器状態データ、301 コントローラ、302 主記憶装置、302 記憶装置、303 補助記憶装置、304 出力装置、305 入力装置、307 通信装置

20

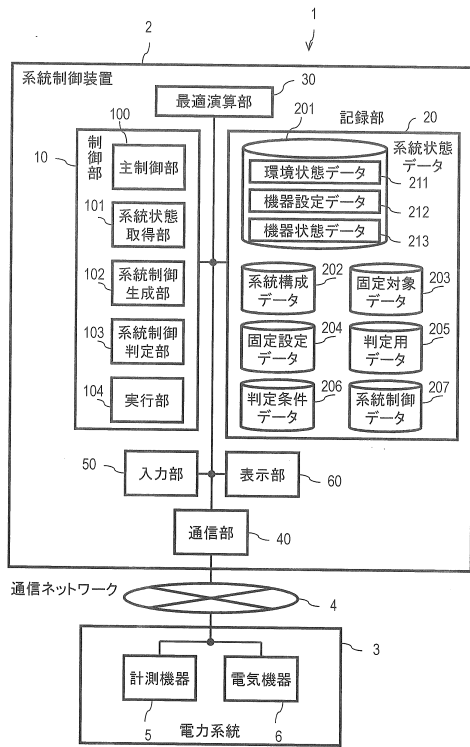
30

40

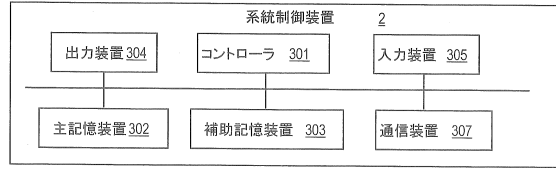
50

【図面】

【図 1 A】



【図 1 B】



10

20

【図 2】

↖ 211

環境状態データ

No	計測日時	有効電力 [MW]	無効電力 [Mvar]
1	2001-06-28 08:22:28	5.0	2.1
2	2001-06-28 08:22:30	5.1	2.0
⋮	⋮	⋮	⋮

D101 D102 D103 D104

【図 3】

↖ 212

機器設定データ

No	計測日時	調相設備投入量			変圧器タップ位置			...
		設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...	
1	2001-06-28 08:22:28	1	2		3	4		
2	2001-06-28 08:22:30	1	2		3	5		
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮		

D201 D202 D203 D204 D205 D206

30

40

50

【図4】

機器状態データ ↖ 213

No	計測日時	調相設備 動作状態			変圧器 動作状態		...
		設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	
1	2001-06-28 08:22:28	通電	通電	...	通電	通電	...
2	2001-06-28 08:22:30	通電	通電	...	通電	非通電	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

D301 D302 D303 D304 D305 D306

【図5】

送電線の系統構成データ ↖ 202

No	名称	定格電圧 [kV]	基準容量 [MVA]	線路長 [m]	抵抗 [pu]	リアクタンス [pu]	...
1	送電線A	110	1000	3100	0.06	0.11	...
2	発電機B	110	1000	8100	0.12	0.27	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

D401 D402 D403 D404 D405 D406 D407

10

【図6】

固定対象データ ↖ 203

発電機 対象/非対象			調相設備 対象/非対象			変圧器 対象/非対象		...
設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...
非対象	非対象		対象	対象		対象	対象	

D501 D502 D503 D504 D505 D506

【図7】

固定設定データ ↖ 204

発電機 設定値			調相設備 設定値			変圧器 設定値		...
設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...
—	—		1	1		2	2	

D601 D602 D603 D604 D605 D606

20

【図8】

判定用データ ↖ 205

データ種別	発電機 設定値			調相設備 設定値			変圧器 設定値		...
	設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...
固定制御案	1.2	2.3		1	1		2	2	
自由制御案	1.1	2.2		2	2		2	2	

D701 D702 D703 D704 D705 D706 D707

【図9】

判定条件データ ↖ 206

判定閾値	判定係数								
	発電機 設定値			調相設備 設定値			変圧器 設定値		...
	設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...
34	—	—		1	1		2	2	

D801 D802 D803 D804 D805 D806 D807

30

40

50

【図 1 0】

系統制御データ 207 ↗

ID	適用日時	発電機 設定値			調相設備 設定値			変圧器 設定値			...
		設備 G1	設備 G2	...	設備R1	設備 R2	...	設備 T1	設備 T2	...	
D1	2017-12-20 00:10:00	1.1	1.1		1	1		2	2		
D2	2017-12-20 00:05:00	1.1	1.2		1	2		2	2		

D901 D902 D903 D904 D905 D906 D907 D908

【図 1 1】

固定対象表示画面

*											
発電機 対象/非対象			調相設備 対象/非対象			変圧器 対象/非対象			...		
設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2
非対象	非対象		対象	対象		対象	対象				

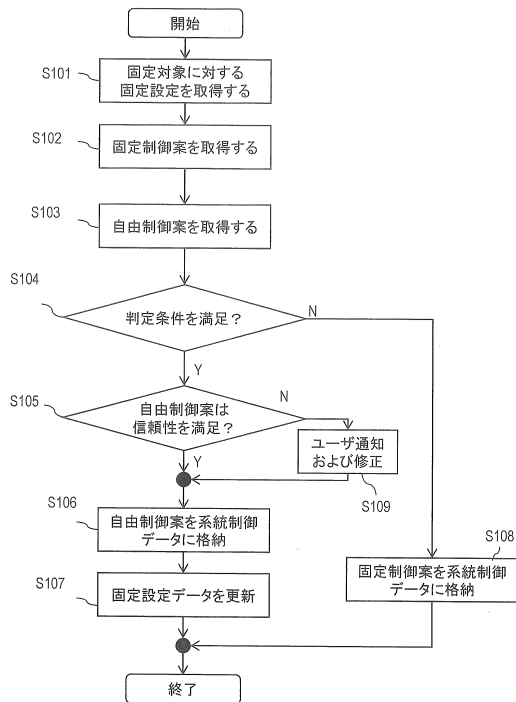
10

【図 1 2】

判定条件表示画面

判定閾値 Vth	判定係数(W)									
	発電機 設定値			調相設備 設定値			変圧器 設定値			...
	設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...	
34	—	—		1	1		2	2		

【図 1 3】



20

30

40

50

【 図 1 4 】

データ種別	発電機 設定値			調相設備 設定値			変圧器 設定値			送電 ロス
	設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...	
固定制御案	1.2	2.3		1	1		2	2		0.041
自由制御案	1.1	2.2		2	2		2	2		0.04

D701
D702 D703
D704 D705
D706 D707
D708

【 図 1 5 】

判定閾値	判定係数									
	発電機 設定値			調相設備 設定値			変圧器 設定値			送電 ロス
	設備G1	設備G2	...	設備R1	設備R2	...	設備T1	設備T2	...	
34	-	-		1	1		2	2		10

D801
D802 D803
D804 D805
D806 D807
D808

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2018 - 078775 (JP, A)
特開 2017 - 046506 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02J 3/00 - 5/00
H02J 13/00