

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6367754号
(P6367754)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int. Cl. F I
 H02J 3/00 (2006.01) H02J 3/00 170
 H02J 3/38 (2006.01) H02J 3/38 120

請求項の数 13 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2015-98566 (P2015-98566)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成27年5月13日 (2015.5.13)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2016-214045 (P2016-214045A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成28年12月15日 (2016.12.15)	(74) 代理人	110000279
審査請求日	平成30年1月17日 (2018.1.17)		特許業務法人ウィルフォート国際特許事務所
		(72) 発明者	加藤 大地
			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
		(72) 発明者	黒田 英佑
			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
		(72) 発明者	友部 修
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 負荷周波数制御装置および負荷周波数制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

記憶デバイスと、
 前記記憶デバイスに接続された演算デバイスと、
 を備え、
 前記記憶デバイスは、再生可能エネルギー発電機及び複数の電源を含む電力システムに対し、前記電力システムのモデルを示すシステムモデルデータと、前記電力システムの状態を示すシステムデータと、過去の前記再生可能エネルギー発電機の出力を示す再生可能エネルギーデータと、各電源の制約を示す電源データとを記憶し、

前記演算デバイスは、

前記システムモデルデータと前記システムデータと前記再生可能エネルギーデータとに基づいて、未来の制御期間における各電源の状態を示す時系列データを予測し、

前記電源データに基づいて、各電源に対し、前記制約に対する前記時系列データの逸脱の程度を示す逸脱状態と、前記制約に対する前記時系列データの余裕の程度を示す余裕状態との少なくとも何れか一つを算出し、

前記逸脱状態を解消し、且つ前記複数の電源の出力の合計を維持することを条件として、前記逸脱状態及び前記余裕状態に基づいて、各電源の出力の調整量を算出する、
 負荷周波数制御装置。

【請求項2】

前記時系列データは、対応する電源の出力指令値を示し、

前記制約は、対応する電源の出力指令値の範囲を示す、
請求項 1 に記載の負荷周波数制御装置。

【請求項 3】

前記演算デバイスは、各電源に対し、前記時系列データが前記範囲を逸脱するか否かを判定し、

前記演算デバイスは、前記複数の電源のうち、前記時系列データが前記範囲を逸脱すると判定された電源である逸脱電源の逸脱状態を算出し、

前記演算デバイスは、前記複数の電源のうち、前記時系列データが前記範囲を逸脱しないと判定された電源である非逸脱電源の余裕状態を算出する、
請求項 2 に記載の負荷周波数制御装置。

10

【請求項 4】

前記演算デバイスは、前記逸脱電源に対し、前記範囲の境界値と前記時系列データとの間の距離に基づいて、前記時系列データの逸脱量を、前記逸脱状態として算出し、

前記演算デバイスは、前記非逸脱電源に対し、前記範囲の境界値と前記時系列データとの間の距離に基づいて、前記時系列データの余裕量を、前記余裕状態として算出する、
請求項 3 に記載の負荷周波数制御装置。

【請求項 5】

前記演算デバイスは、前記逸脱電源に対し、前記逸脱の方向を示す符号を有する前記逸脱量を算出し、前記逸脱量の符号を反転することで、前記出力指令値の調整量を算出し、

前記演算デバイスは、全ての逸脱電源の逸脱量の合計を前記偏差として算出し、前記偏差を前記非逸脱電源の余裕量に応じて前記非逸脱電源に配分することで、前記非逸脱電源の出力指令値の調整量を算出する、
請求項 4 に記載の負荷周波数制御装置。

20

【請求項 6】

前記演算デバイスは、前記逸脱電源に対し、前記時系列データのうち前記範囲から最も逸脱する時刻のデータを特定値として選択し、前記特定値から前記範囲の逸脱側の境界値を減じた値を前記逸脱量として算出し、

前記演算デバイスは、前記偏差が正值である場合、前記非逸脱電源に対し、前記範囲の上限値から前記時系列データの最大値を減じた値を、前記余裕量として用い、

前記演算デバイスは、前記偏差が負値である場合、前記非逸脱電源に対し、前記時系列データの最小値から前記範囲の下限値を減じた値を、前記余裕量として用いる、
請求項 5 に記載の負荷周波数制御装置。

30

【請求項 7】

前記演算デバイスは、各電源に対し、前記時系列データの周波数スペクトルを算出し、

前記演算デバイスは、前記逸脱電源に対し、前記周波数スペクトルの周波数成分の最大値である影響量を、前記逸脱状態として検出し、前記影響量の周波数を影響周波数として検出し、

前記演算デバイスは、前記非逸脱電源に対し、前記周波数スペクトルから、前記影響周波数の周波数成分を対象量として検出し、対象量の増大に対して減少する余裕量を、前記余裕状態として算出する、

請求項 3 に記載の負荷周波数制御装置。

40

【請求項 8】

前記演算デバイスは、前記逸脱電源の前記影響周波数の影響量を抑圧することを条件に前記逸脱電源の周波数スペクトルにおける前記影響周波数の成分の調整量を算出し、

前記演算デバイスは、全ての逸脱電源の前記影響周波数の影響量の合計を前記偏差として算出し、前記偏差を前記非逸脱電源の余裕量に応じて前記非逸脱電源に配分することで、前記非逸脱電源の周波数スペクトルにおける前記影響周波数の成分の調整量を算出する、

請求項 7 に記載の負荷周波数制御装置。

【請求項 9】

50

前記演算デバイスは、前記非逸脱電源に対し、前記対象量の逆数を前記余裕量として算出する、
請求項 8 に記載の負荷周波数制御装置。

【請求項 10】

前記演算デバイスは、前記複数の電源の中の特定電源について、前記時系列データと、前記逸脱状態と、前記余裕状態と、前記調整量との少なくとも何れか一つを、表示装置に表示させる、
請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の負荷周波数制御装置。

【請求項 11】

前記記憶デバイスは、前記電力システムの系統周波数の制約を記憶し、
前記演算デバイスは、前記システムモデルデータと前記システムデータと前記再生可能エネルギーデータとに基づいて、前記制御期間における前記系統周波数の変動の時系列データを予測し、前記系統周波数の変動の時系列データと、前記系統周波数の制約に対する前記系統周波数の変動の時系列データの逸脱の有無との少なくとも何れか一つを、前記表示装置に表示させる、
請求項 10 に記載の負荷周波数制御装置。

【請求項 12】

前記演算デバイスは、各電源に対し、前記調整量に基づく指令を送信する、
請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の負荷周波数制御装置。

【請求項 13】

再生可能エネルギー発電機及び複数の電源を含む電力システムに対し、前記電力システムのモデルを示すシステムモデルデータと、前記電力システムの状態を示すシステムデータと、過去の前記再生可能エネルギー発電機の出力を示す再生可能エネルギーデータとに基づいて、未来の制御期間における各電源の出力の時系列データである時系列データを予測し、
各電源の制約を示す電源データに基づいて、各電源に対し、前記制約に対する前記時系列データの逸脱の程度を示す逸脱状態と、前記制約に対する前記時系列データの余裕の程度を示す余裕状態との少なくとも何れか一つを算出し、
前記逸脱状態を解消し、且つ前記複数の電源の出力の合計を維持することを条件として、前記逸脱状態及び前記余裕状態に基づいて、各電源の出力の調整量を算出する、
負荷周波数制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、負荷周波数制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、「システムの電圧変動を検出する検出手段 108 と、電圧変動が周期的に定時刻に発生するかを検知かつ記憶する定時刻発生確認手段 109 と、発生時刻の一定時間以前に検出された系統電圧から変動後の前記系統電圧を予測し、変動を吸収する電圧調整装置のタップの選択する状態評価手段 110 を含んだ第 1 の制御手段 1B と、系統電圧との偏差の積分値で電圧調整装置のタップの変更する第 2 の制御手段 1C と、第 1 の制御手段 1B と第 2 の制御手段 1C のいずれかを優先するロジック処理手段を含む」と記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 6 - 284577 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

電力系統に再生可能エネルギー（太陽光発電や風力発電）が大量に導入され、系統周波数調整用発電機の電源構成比率が減少すると、潮流変動が増大し、需給アンバランスが発生し、周波数動揺が発生する。特許文献1のように、変動に応じて系統を制御する技術であっても、調整可能な発電機の制御速度や制御可能量の制約により、所望の調整力が期待できなくなり、系統周波数を許容範囲に抑制することができない場合がある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明の一態様である負荷周波数制御装置は、記憶デバイスと、前記記憶デバイスに接続された演算デバイスと、を備える。前記記憶デバイスは、再生可能エネルギー発電機及び複数の電源を含む電力系統に対し、前記電力系統のモデルを示す系統モデルデータと、前記電力系統の状態を示す系統データと、過去の前記再生可能エネルギー発電機の出力を示す再生可能エネルギーデータと、各電源の制約を示す電源データとを記憶する。前記演算デバイスは、前記系統モデルデータと前記系統データと前記再生可能エネルギーデータとに基づいて、未来の制御期間における各電源の状態を示す時系列データを予測し、前記電源データに基づいて、各電源に対し、前記制約に対する前記時系列データの逸脱の程度を示す逸脱状態と、前記制約に対する前記時系列データの余裕の程度を示す余裕状態との少なくとも何れか一つを算出し、前記逸脱状態を解消し、且つ前記複数の電源の出力の合計を維持することを条件として、前記逸脱状態及び前記余裕状態に基づいて、各電源の出力の調整量を算出する。

【発明の効果】

【0006】

制御対象の電源の出力の制約の下で、系統周波数を許容範囲内に保つことができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】実施例1の負荷周波数制御装置10の機能構成を示す。

【図2】実施例1の負荷周波数制御装置10および電力系統のハードウェア構成を示す。

【図3】実施例1のプログラムデータベース50の記憶内容を示す。

【図4】実施例1の再生可能エネルギー出力過去データD11を示す。

【図5】発電機性能データD14を示す。

【図6】実施例1の負荷周波数制御装置10の処理を示す。

【図7】実施例1の時系列変化演算部21の処理を示す。

【図8】実施例1の逸脱量成分演算部22の処理を示す。

【図9】時系列変化演算結果データD21を示す。

【図10】実施例1の余裕量成分演算部23の処理を示す。

【図11】実施例1の出力調整対象決定部25の処理を示す。

【図12】実施例1の発電機情報画面を示す。

【図13】実施例1の時系列データ画面を示す。

【図14】実施例2の負荷周波数制御装置10xの機能構成を示す。

【図15】実施例2の負荷周波数制御装置10xおよび電力系統のハードウェア構成を示す。

【図16】実施例2のプログラムデータベース50の記憶内容を示す。

【図17】実施例2の再生可能エネルギー出力過去データD11を示す。

【図18】実施例2の負荷周波数制御装置10xの処理を示す。

【図19】実施例2の時系列変化演算部21の処理を示す。

【図20】実施例2の周波数スペクトル演算部28の処理を示す。

【図21】実施例2の逸脱量成分演算部22の処理を示す。

【図22】実施例2の周波数スペクトル演算結果データD28を示す。

【図23】実施例2の余裕量成分演算部23の処理を示す。

【図24】実施例2の出力調整対象決定部25の処理を示す。

【図25】実施例2の発電機情報画面を示す。

【図 2 6】実施例 2 の時系列データ画面を示す。

【図 2 7】実施例 2 の周波数スペクトル画面を示す。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

【実施例 1】

【0009】

図 1 は、実施例 1 の負荷周波数制御装置 10 の機能構成を示す。

【0010】

負荷周波数制御装置 10 は、再生可能エネルギー出力過去データベース 31 とシステムモデルデータベース 32 とシステムデータベース 33 と発電機性能データベース 34 を含む負荷周波数制御量演算入力データベース 30 と、状態推定演算部 29 と時系列変化演算部 21 と逸脱量成分演算部 22 と余裕量成分演算部 23 と出力調整量演算部 24 と出力調整対象決定部 25 とを含む負荷周波数制御量演算部 20 と、時系列変化演算結果データベース 41 と逸脱量成分演算結果データベース 42 と余裕量成分演算結果データベース 43 と出力調整量演算結果データベース 44 と出力調整対象決定結果データベース 45 とを含む負荷周波数制御量演算結果データベース 40 と、出力調整指令部 26 と、表示制御部 27 とを含む。

10

【0011】

負荷周波数制御量演算入力データベース 30 へ入力される負荷周波数制御量演算入力データ D10 は、再生可能エネルギー出力過去データ D11 とシステムモデルデータ D12 とシステムデータベース 33 と発電機性能データベース 34 とを含む。

20

【0012】

状態推定演算部 29 は、システムモデルデータ D12 とシステムデータベース 33 を用いて状態推定演算を行い、状態推定データを出力してシステムデータベース 33 に含める。時系列変化演算部 21 は、再生可能エネルギー出力過去データ D11 とシステムモデルデータ D12 とシステムデータベース 33 を用いて、時系列変化演算を行い、時系列変化演算結果データ D21 を出力する。逸脱量成分演算部 22 は、時系列変化演算結果データ D21 と発電機性能データベース 34 を用いて、逸脱量成分演算を行い、逸脱量成分演算結果データ D22 を出力する。余裕量成分演算部 23 は、時系列変化演算結果データ D21 と発電機性能データベース 34 を用いて、余裕量成分演算を行い、余裕量成分演算結果データ D23 を出力する。出力調整量演算部 24 は、逸脱量成分演算結果データ D22 を用いて、出力調整量演算を行い、出力調整量演算結果データ D24 を出力する。出力調整対象決定部 25 は、時系列変化演算結果データ D21 と逸脱量成分演算結果データ D22 と余裕量成分演算結果データ D23 と出力調整量演算結果データ D24 を用いて、出力調整対象決定を行い、出力調整対象決定結果データ D25 を出力する。出力調整指令部 26 は、出力調整対象決定結果データ D25 を用いて、出力調整指令を制御対象発電機に送信する。

30

【0013】

負荷周波数制御装置 10 の監視対象の発電機のうち、出力指令値により出力を制御することができる発電機を、制御対象発電機と呼ぶ。言い換えれば、制御対象発電機は、タービン発電機や蓄電装置等の電源を含み、再生可能エネルギー発電機を含まない。

40

【0014】

なお、出力調整指令部 26 は、出力調整対象決定結果データ D25 を用いて、出力指令値を調整し、調整された出力指令値を制御対象発電機へ送信してもよい。

【0015】

表示制御部 27 は、負荷周波数制御量演算結果データ D20 を用いて、各演算結果の情報を表示装置に表示させる。

【0016】

図 2 は、実施例 1 の負荷周波数制御装置 10 および電力システムのハードウェア構成を示す。

50

【 0 0 1 7 】

この図は、負荷周波数制御装置 1 0 と監視制御装置 2 0 0 と電力系統 1 0 0 と計測装置 1 5 0 と発電機 1 1 0 と母線 1 2 0 と変圧器 1 3 0 と送電線 1 4 0 とを示す。以後、符号中のアルファベットにより要素を区別する必要がない場合、そのアルファベットを省略する。電力系統 1 0 0 には、ブランチ（線路） 1 4 0 およびノード（母線） 1 2 0 を介して、変圧器 1 3 0 が接続されている。変圧器 1 3 0 には、ブランチ 1 4 0 およびノード 1 2 0 を介して発電機 1 1 0 が接続されている。電力系統 1 0 0 は、発電機 1 1 0 と変圧器 1 3 0 と計測装置 1 5 0 と図示されない負荷と制御可能な装置（バッテリー、充放電可能な二次電池、EVの蓄電池、フライホイール等）との何れかを含んでもよい。

【 0 0 1 8 】

ここで、発電機 1 1 0 の例は、火力発電機や水力発電機や原子力発電機などの大型電源のほかに、太陽光発電や風力発電といった分散型電源を含む。

【 0 0 1 9 】

ここで、計測装置 1 5 0 の例は、ノード電圧 V 、ブランチ電流 I 、力率、有効電力 P 、無効電力 Q 、のいずれか一つまたは複数を計測する装置（計器用変圧器（ $V T$: Voltage Transformer、 $P T$: Potential Transformer）や計器用変流器（ $C T$: Current Transformer））であり、データ計測箇所識別 $I D$ や計測装置の内蔵タイムスタンプを含んでデータを送信する機能を含む（テレメータ（ $T M$: Telemeter）などである）。なお、計測装置 1 5 0 は、 $G P S$ （Global Positioning System）を利用した絶対時刻付きの電力情報（電圧のフェーズ情報）を計測する装置や位相計測装置（ $P M U$: Phasor Measurement Units）や、他の計測機器でもよい。この図において、計測装置 1 5 0 は、電力系統 1 0 0 内にあるように描かれているが、電力系統 1 0 0 外のノード 1 2 0 やブランチ 1 4 0 などに設置されてもよい。

【 0 0 2 0 】

ここで、システムデータ $D 1 3$ の例は、計測装置 1 5 0 にて計測された各種の計測データであり、通信ネットワーク 3 0 0 を介してシステムデータベース 3 3 で受信される。ただし、負荷周波数制御装置 1 0 は、計測装置 1 5 0 から直接、システムデータ $D 1 3$ を受信する代わりに、監視制御装置 2 0 0 に一端集約されたシステムデータ $D 1 3$ を、通信ネットワーク 3 0 0 を介してシステムデータベース 3 3 で受信してもよいし、計測装置 1 5 0 と監視制御装置 2 0 0 の両方から通信ネットワーク 3 0 0 を介してシステムデータベース 3 3 で受信してもよい。なお、システムデータ $D 1 3$ は、データを識別するための固有番号と、タイムスタンプとを含んでもよい。また、システムデータ $D 1 3$ は、計測されたデータとして書かれているが、あらかじめシステムデータベース 3 3 に保有されていても良い。システムデータ $D 1 3$ は、中央給電指令所等からの出力の指示を含んでもよい。

【 0 0 2 1 】

負荷周波数制御装置 1 0 は、表示部 1 5、キーボードやマウス等の入力部 1 3、通信部 1 4、コンピュータや計算機サーバ（ $C P U$: Central Processing Unit） 1 1、メモリ 1 2、各種データベース（再生可能エネルギー出力過去データベース 3 1 とシステムモデルデータベース 3 2 とシステムデータベース 3 3 と発電機性能データベース 3 4 と時系列変化演算結果データベース 4 1 と逸脱量成分演算結果データベース 4 2 と余裕量成分演算結果データベース 4 3 と出力調整量演算結果データベース 4 4 と出力調整対象決定結果データベース 4 5 とプログラムデータベース 5 0）を含む。これらの各部は、バス線 6 0 に接続されている。

【 0 0 2 2 】

なお、再生可能エネルギー出力過去データベース 3 1 とシステムモデルデータベース 3 2 とシステムデータベース 3 3 と発電機性能データベース 3 4 と時系列変化演算結果データベース 4 1 と逸脱量成分演算結果データベース 4 2 と余裕量成分演算結果データベース 4 3 と出力調整量演算結果データベース 4 4 と出力調整対象決定結果データベース 4 5 とプログラムデータベース 5 0 とメモリ 1 2 等を含む、記憶デバイスが用いられてもよい。 $C P U$ 1 1 等を含む、演算デバイスが用いられてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

表示部 1 5 は、例えば、ディスプレイ装置である。表示部 1 5 は、例えば、ディスプレイ装置に代えて、またはディスプレイ装置と共に、プリンタ装置または音声出力装置等を含んでもよい。入力部 1 3 は、例えば、キーボードスイッチ、マウス等のポインティング装置、タッチパネル、音声指示装置等の少なくともいずれか一つを含んでもよい。通信部 1 4、通信ネットワーク 3 0 0 に接続するための回路、及び通信プロトコルを処理する回路を含む。CPU 1 1 は、プログラムデータベース 5 0 から所定のコンピュータプログラムを読み込んで実行する。CPU 1 1 は、一つまたは複数の半導体チップであってもよいし、または、計算サーバのようなコンピュータ装置であってもよい。メモリ 1 2 は、例えば、RAM (Random Access Memory) であり、プログラムデータベース 5 0 から読み出されたコンピュータプログラムを記憶したり、各処理に必要な計算結果データ及び画像データ等を記憶したりする。メモリ 1 2 に格納された画面データは、CPU 1 1 により表示部 1 5 に送られて表示される。表示される画面の例は後述する。

10

【 0 0 2 4 】

監視制御装置 2 0 0 は、電力系統 1 0 0 の状態を監視し、需給バランスを保つための制御を行う。なお、監視制御装置 2 0 0 は、負荷周波数制御装置 1 0 を含んでいてもよい。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、実施例 1 のプログラムデータベース 5 0 の記憶内容を示す。

【 0 0 2 6 】

プログラムデータベース 5 0 には、例えば、演算プログラム (プログラムデータ D 5 0) として、状態推定演算プログラム P 5 1 と時系列変化演算プログラム P 5 2 と逸脱量成分演算プログラム P 5 3 と余裕量成分演算プログラム P 5 4 と出力調整量演算プログラム P 5 5 と出力調整対象決定プログラム P 5 6 と出力指令プログラム P 5 7 が格納されている。

20

【 0 0 2 7 】

CPU 1 1 は、プログラムデータベース 5 0 からメモリ 1 2 に読み出された演算プログラムを実行して、もっともらしい系統状態の演算、時系列変化の演算、逸脱量成分の演算、余裕量成分の演算、出力調整量の演算、出力調整対象の決定、出力調整量の指令、表示すべき画像データの指示、各種データベース内のデータの検索等を行う。

【 0 0 2 8 】

状態推定演算プログラム P 5 1 と時系列変化演算プログラム P 5 2 と逸脱量成分演算プログラム P 5 3 と余裕量成分演算プログラム P 5 4 と出力調整量演算プログラム P 5 5 と出力調整対象決定プログラム P 5 6 と出力指令プログラム P 5 7 により、状態推定演算部 2 9 と時系列変化演算部 2 1 と逸脱量成分演算部 2 2 と余裕量成分演算部 2 3 と出力調整量演算部 2 4 と出力調整対象決定部 2 5 と出力調整指令部 2 6 とが、夫々実現される。

30

【 0 0 2 9 】

負荷周波数制御装置 1 0 は、定期的な制御期間毎に、負荷周波数制御量演算部 2 0 の演算を実行する。制御期間の長さは、計測装置 1 5 0 による計測周期や、発電機に対する指令を送信する制御周期などに基づいて決定される。また、制御期間は、演算による遅延や、発電機 1 1 0 の制御による遅延に基づいて、未来の期間に設定される。

40

【 0 0 3 0 】

メモリ 1 2 は表示用の画像データ、出力調整データ、出力調整結果データ等の計算一時データ及び計算結果データを一旦格納するメモリである。CPU 1 1 は、必要な画像データを生成して表示部 1 5 (例えば表示ディスプレイ画面) に表示させる。なお、表示部 1 5 は、各制御プログラムやデータベースの書き換えを行うためだけの簡単な画面を表示してもよい。

【 0 0 3 1 】

負荷周波数制御装置 1 0 には、大きく分けて 1 0 個のデータベースが格納される。以下で、プログラムデータベース 5 0 を除く、再生可能エネルギー出力過去データベース 3 1 と系統モデルデータベース 3 2 と系統データベース 3 3 と発電機性能データベース 3 4 と

50

時系列変化演算結果データベース41と逸脱量成分演算結果データベース42と余裕量成分演算結果データベース43と出力調整量演算結果データベース44と出力調整対象決定結果データベース45について説明する。

【0032】

図4は、実施例1の再生可能エネルギー出力過去データD11を示す。

【0033】

再生可能エネルギー出力過去データベース31には、再生可能エネルギー出力過去データD11として、過去の特定の期間の太陽光発電や風力発電機などの再生可能エネルギー発電機の出力の実績値を示し、予め設定された計測周期毎に計測された時系列データである再生可能エネルギー出力時系列データが含まれる。再生可能エネルギー出力時系列データは、予め設定された計測周期毎のサンプルを含む。再生可能エネルギー出力時系列データの時間幅(長さ)は、日単位でも、月単位でも、年単位でも、任意の時間単位でもよい。これにより、負荷周波数制御装置10は、制御期間に合わせて、再生可能エネルギー出力時系列データの時間幅を変更できる。

10

【0034】

なお、再生可能エネルギー出力時系列データは、季節、天気、時間帯毎に分類されていてもよい。この場合、負荷周波数制御装置10は、制御期間の分類に適した再生可能エネルギー出力時系列データを選択する。例えば、制御期間が夏であれば、過去の夏の再生可能エネルギー出力時系列データを用いて演算を行う。これにより、負荷周波数制御装置10は、制御期間の環境に近い環境における再生可能エネルギー出力時系列データを用いることができ、系統周波数や出力指令値の予測の精度を高めることができる。

20

【0035】

系統モデルデータベース32には、系統モデルデータD12として、系統構成、線路インピーダンス($R + jX$)、対地静電容量(アドミタンス: Y)、状態推定に必要なデータ(バットデータの閾値など)、発電機データ、その他の潮流計算・状態推定・時系列変化計算に必要なデータが含まれる。なお、運用者は、入力部13を用いて手動でデータを入力し、系統モデルデータベース32に記憶させてもよい。なお、入力の際、CPU11は、必要な画像データを生成して表示部15に表示する。入力の際、CPU11は、補完機能を利用して、大量のデータを設定できるように半手動にしてもよい。

30

【0036】

系統データベース33には、系統データD13として、有効電力 P 、無効電力 Q 、電圧 V 、電圧位相角、電流 I 、力率などが含まれる。時刻スタンプ付きデータやPMUデータでもよい。例えば、系統データD13として、電力系統100に接続されるノード120B、120Cにおける電圧および電圧位相角と、ノード120B、120Cに夫々接続されるブランチ140B、140Cの線路潮流($P + jQ$)と、ノード120B、120Cに夫々接続される変圧器130A、130Bの線路潮流($P + jQ$)と、変圧器130A、130Bに夫々接続されるノード120A、120Dの電圧 V および電圧位相角と、ノード120A、120Dに夫々接続される発電機110A、110Bの有効電力 P や無効電力 Q や力率と、電力系統100に接続されるその他のノードやブランチや発電機や負荷や制御装置などについて、計測装置150や監視制御装置200などにより通信ネットワークを介して計測される有効電力 P や無効電力 Q や力率や電圧 V および電圧位相角とが記憶されている。なお、電圧位相角は、PMUやGPSを利用した他の計測機器を利用して計測したものでもよい。なお、計測装置150は、VTやPTなどである。VTやPTなどで計測された電流 I と電圧 V と力率から線路潮流($P + jQ$)を計算することができる。また、状態推定計算プログラムP51は、各ノード、ブランチ、発電機、負荷、制御機器について、有効電力 P 、無効電力 Q 、電圧 V 、電圧位相角、電流 I 、力率、のもっともらしい値を推定計算し、得られる状態推定データも系統データD13に保存しておく。

40

【0037】

図5は、発電機性能データD14を示す。

50

【 0 0 3 8 】

発電機性能データベース 3 4 には、発電機性能データ D 1 4 として、制御対象発電機毎の、出力範囲（制約、範囲）が含まれる。出力範囲は、出力上限値と出力下限値により定められる。

【 0 0 3 9 】

時系列変化演算結果データベース 4 1 には、再生可能エネルギー出力過去データ D 1 1 とシステムモデルデータ D 1 2 とシステムデータ D 1 3 を用いて、時系列変化演算プログラム P 5 2 によって演算された時系列変化演算結果データ D 2 1 が含まれる。例えば、時系列変化演算結果データ D 2 1 は、未来の制御期間における、電力系統 1 0 0 のシステム周波数の変動の時系列変化の予測値であるシステム周波数変動時系列データと、各制御対象発電機の出力指令値の時系列変化の予測値である出力指令値時系列データ（時系列データ）とを含む。システム周波数変動時系列データと出力指令値時系列データの夫々は、計測周期毎のサンプルを有する。時系列変化の演算方法と時系列変化演算結果データ D 2 1 の詳細は後述する。

10

【 0 0 4 0 】

逸脱量成分演算結果データベース 4 2 には、時系列変化演算結果データ D 2 1 と発電機性能データ D 1 4 を用いて、逸脱量成分演算プログラム P 5 3 によって演算された逸脱量成分演算結果データ D 2 2 が含まれる。逸脱量成分演算結果データ D 2 2 は例えば、制御期間において、出力指令値が出力上下限値を逸脱すると推定された逸脱発電機について、出力指令値の出力上限値からの逸脱量を示す上限逸脱量成分、または出力指令値の出力下限値からの逸脱量を示す下限逸脱量成分などである。逸脱量成分の演算方法の詳細は後述する。

20

【 0 0 4 1 】

余裕量成分演算結果データベース 4 3 には、時系列変化演算結果データ D 2 1 と発電機性能データ D 1 4 を用いて余裕量成分演算プログラム P 5 4 によって演算された余裕量成分演算結果データ D 2 3 が含まれる。例えば、制御期間において、出力指令値が出力上下限値を逸脱しないと推定された非逸脱発電機の出力指令値と出力上限値の間の余裕量を示す上限余裕量成分と、発電機の出力指令値と出力下限値との間の余裕量を示す下限余裕量成分などである。余裕量成分の演算方法の詳細は後述する。

【 0 0 4 2 】

出力調整量演算結果データベース 4 4 には、逸脱量成分演算結果データ D 2 2 を用いて出力調整量演算プログラム P 5 5 によって演算された出力調整量演算結果データ D 2 4 が含まれる。出力調整量の演算方法は後述する。

30

【 0 0 4 3 】

出力調整対象決定結果データベース 4 5 には、時系列変化演算結果データ D 2 1 と逸脱量成分演算結果データ D 2 2 と余裕量成分演算結果データ D 2 3 と出力調整量演算結果データ D 2 4 を用いて出力調整対象決定プログラム P 5 6 によって演算された出力調整対象決定結果データ D 2 5 が含まれる。出力調整対象の決定方法は後述する。

【 0 0 4 4 】

以下、負荷周波数制御装置 1 0 の処理について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 6 は、実施例 1 の負荷周波数制御装置 1 0 の処理を示す。

40

【 0 0 4 6 】

ステップ S 1 0 0 で状態推定演算部 2 9 は、システムモデルデータ D 1 2 とシステムデータ D 1 3 を用いて状態推定演算を行う。次に、ステップ S 2 0 0 で時系列変化演算部 2 1 は、状態推定演算の結果と再生可能エネルギー出力過去データ D 1 1 とシステムモデルデータ D 1 2 を用いて時系列変化演算を行う。次に、ステップ S 3 0 0 で逸脱量成分演算部 2 2 は、時系列変化演算結果データ D 2 1 と発電機性能データ D 1 4 を用いて逸脱量成分演算を行う。次に、ステップ S 4 0 0 で余裕量成分演算部 2 3 は、時系列変化演算結果データ D 2 1 と発電機性能データ D 1 4 を用いて余裕量成分演算を行う。次に、ステップ S 5 0 0 で出力調整量演算部 2 4 は、逸脱量成分演算結果データ D 2 2 を用いて出力調整量演算を行う

50

。次に、ステップS 6 0 0で出力調整対象決定部 2 5は、時系列変化演算結果データD 2 1と逸脱量成分演算結果データD 2 2と余裕量成分演算結果データD 2 3と出力調整量演算結果データD 2 4を用いて出力調整対象決定を行う。最後に、ステップS 7 0 0で出力調整指令部 2 6は、出力調整対象決定結果データD 2 5を用いて出力調整対象の発電機に出力指令を行う。

【 0 0 4 7 】

この処理により、負荷周波数制御装置 1 0は、系統周波数を予め設定された系統周波数上下限値の範囲内に保つことができる。

【 0 0 4 8 】

なお、各種計算結果や計算途中でメモリ 1 2に蓄積されるデータは、監視制御装置 2 0 0の画面に逐次表示されてもよい。これにより、運用者が負荷周波数制御装置 1 0の運用状況を容易に把握できる。以上の処理の詳細をステップ毎に説明する。

10

【 0 0 4 9 】

まず、ステップS 1 0 0で状態推定演算部 2 9は、系統モデルデータD 1 2と系統データD 1 3を用いて状態推定演算を行い、演算結果を、系統データベース 3 3に格納する。ここでの状態推定演算は、もっともらしい系統の各ノード、ブランチ、発電機、負荷、制御機器の有効電力P、無効電力Q、電圧V、電圧位相角、電流I、力率、を推定した結果も、系統計測データとして系統データD 1 3に含める。なお、状態推定演算の方法は、公知の方法に則して行う。また、負荷周波数制御装置 1 0は、以後の演算に必要な系統データD 1 3を格納している場合、状態推定演算を行わなくてもよい。

20

【 0 0 5 0 】

ステップS 2 0 0で時系列変化演算部 2 1は、ステップS 1 0 0で求めた状態推定結果と、系統モデルデータD 1 2、再生可能エネルギー出力過去データD 1 1を用いて時系列変化演算を行い、演算結果を時系列変化演算結果データベース 4 1に格納する。ここでは、ステップS 2 0 0の詳細について説明する。

【 0 0 5 1 】

図 7は、実施例 1の時系列変化演算部 2 1の処理を示す。

【 0 0 5 2 】

ステップS 2 0 1で時系列変化演算部 2 1は、ステップS 1 0 0で求めた状態推定結果と、系統モデルデータD 1 2、再生可能エネルギー出力過去データD 1 1を用いて、系統周波数変動時系列データを予測する。ステップS 2 0 2で時系列変化演算部 2 1は、ステップS 1 0 0で求めた状態推定結果と、系統モデルデータD 1 2、再生可能エネルギー出力過去データD 1 1を用いて、出力指令値時系列データを予測する。各時系列変化の演算方法は、公知の方法に則して行う。以上がステップS 2 0 0の詳細である。

30

【 0 0 5 3 】

なお、制御対象発電機の出力指令値の代わりに、制御対象発電機の出力等、制御対象発電機の状態を示す値が予測されてもよい。

【 0 0 5 4 】

ステップS 3 0 0で逸脱量成分演算部 2 2は、時系列変化演算結果と発電機性能データD 1 4を用いて逸脱量成分を演算し、演算結果を逸脱量成分演算結果データベース 4 2に格納する。ここでは、ステップS 3 0 0の詳細について説明する。

40

【 0 0 5 5 】

図 8は、実施例 1の逸脱量成分演算部 2 2の処理を示す。

【 0 0 5 6 】

ステップ3 0 1で逸脱量成分演算部 2 2は、時系列変化演算結果データD 2 1を読み込み、制御対象発電機の中から順に一つの制御対象発電機を出力調整対象候補発電機として選択し、出力調整対象候補発電機の出力指令値時系列データをメモリ 1 2に読み込む。ステップS 3 0 2で逸脱量成分演算部 2 2は、発電機性能データD 1 4から、出力調整対象候補発電機の出力上下限値をメモリ 1 2に読み込み、出力調整対象候補発電機の出力指令値時系列データと出力上下限値を用いて、出力指令値が出力上限値または出力下限値を逸

50

脱しているかを判定する。ここで、出力指令値が出力上限値または出力下限値を逸脱している場合、逸脱量成分演算部 22 は、ステップ S 303 に進む。一方、出力指令値が出力上限値または出力下限値を逸脱していない場合、逸脱量成分演算部 22 は、ステップ S 305 に進む。ステップ S 303 で逸脱量成分演算部 22 は、出力調整対象候補発電機を逸脱発電機（逸脱電源）と設定し、設定内容を時系列変化演算結果データベース 41 に保存する。ステップ S 304 では、出力調整対象候補発電機の出力指令値と出力上下限值から逸脱量成分を演算し、演算結果を逸脱量成分演算結果データベース 42 に格納する。ステップ S 305 では、全ての出力調整対象候補発電機を選択したかを判定し、全ての出力調整対象候補発電機を選択していない場合には、ステップ S 301 に戻り、全ての出力調整対象候補発電機を選択した場合には、処理を終了する。

10

【0057】

図 9 は、時系列変化演算結果データ D 21 を示す。

【0058】

ここでの時系列変化演算結果データ D 21 は、制御期間に対して予測された、系統周波数変動時系列データ $f(t)$ と、制御対象発電機 G 1 の出力指令値時系列データ $P_{M1}(t)$ と、制御対象発電機 G 2 の出力指令値時系列データ $P_{M2}(t)$ とを含む。ここで、系統周波数変動時系列データ $f(t)$ は、予め設定された系統周波数上限値 f_u 及び系統周波数下限値 f_l のうち、系統周波数上限値 f_u を上回っている。また、制御対象発電機 G 1 は、逸脱発電機と判定されている。また、逸脱発電機 G 1 の出力指令値時系列データ $P_{M1}(t)$ には、下限逸脱量成分 P_{M1ld} と、出力指令値が出力下限値を下回っている時間帯 T_1 とが示されている。

20

【0059】

逸脱発電機 G 1 の出力指令値 $P_{M1}(t)$ が P_{M1l} を下回った場合、逸脱量成分演算部 22 は、逸脱発電機 G 1 の出力指令値時系列データ $P_{M1}(t)$ と、出力下限値 P_{M1l} と、次の (1) 式とを用いて、出力指令値時系列データ $P_{M1}(t)$ が出力下限値 P_{M1l} を下回った時間帯 T_1 における $P_{M1}(t)$ から P_{M1l} を減じた差の最小値を、下限逸脱量成分 P_{M1ld} として演算する。

【0060】

【数 1】

$$\Delta P_{M1ld} = \min_{t \in T_1} \{P_{M1}(t) - P_{M1l}\} \dots \dots \dots (1)$$

30

【0061】

また、逸脱発電機 G 1 の出力指令値 $P_{M1}(t)$ が P_{M1u} を上回った場合、逸脱量成分演算部 22 は、逸脱発電機 G 1 の出力指令値時系列データ $P_{M1}(t)$ と、出力上限値 P_{M1u} と、次の (2) 式とを用いて、出力指令値 $P_{M1}(t)$ が出力上限値 P_{M1u} を上回った時間帯 T_u における出力指令値 $P_{M1}(t)$ から出力上限値 P_{M1u} を減じた差の最大値を、上限逸脱量成分 P_{M1ud} として演算する。

【0062】

【数 2】

$$\Delta P_{M1ud} = \max_{t \in T_u} \{P_{M1}(t) - P_{M1u}\} \dots \dots \dots (2)$$

40

【0063】

ここで、 P_{M1ld} は負であり、 P_{M1ud} は正である。このような逸脱量成分は、出力指令値時系列データから簡単に求められる。これにより、系統運用者は逸脱量成分を理解しやすい。なお、負荷周波数制御装置 10 は、逸脱量成分（逸脱状態、逸脱量）としてこれ以外のものを演算し用いてもよい。例えば、逸脱量成分演算部 22 は、出力指令値が出力上下限値を逸脱する時間の長さである逸脱時間や、出力指令値が出力上下限値を逸脱する瞬間の出力指令値の時間変化の傾きである逸脱速度を、逸脱量成分として用いて

50

もよい。

【 0 0 6 4 】

また、再生可能エネルギー出力過去データ D 1 1 や系統データ D 1 3 や系統モデルデータ D 1 2 によっては、逸脱量成分が存在しないケースも存在するため、このようなケースは逸脱量成分なしと判定され、ステップ S 3 0 5 に進む。以上がステップ S 3 0 0 の詳細である。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 4 0 0 で余裕量成分演算部 2 3 は、時系列変化演算結果データ D 2 1 と発電機性能データ D 1 4 を用いて余裕量成分を演算し、余裕量成分演算結果データベース 4 3 に格納する。ここでは、ステップ S 4 0 0 の詳細について説明する。

10

【 0 0 6 6 】

図 1 0 は、実施例 1 の余裕量成分演算部 2 3 の処理を示す。

【 0 0 6 7 】

ステップ S 4 0 1 で余裕量成分演算部 2 3 は、時系列変化演算結果データ D 2 1 を読み込み、制御対象発電機の中から逸脱発電機を除いて順に一つの制御対象発電機を出力調整対象候補発電機として選択し、出力調整対象候補発電機の出力指令値時系列データをメモリ 1 2 に読み込む。ステップ S 4 0 2 で余裕量成分演算部 2 3 は、出力調整対象候補発電機を非逸脱発電機（非逸脱電源）と設定し、設定内容を時系列変化演算結果データベース 4 1 に保存する。ステップ S 4 0 3 で余裕量成分演算部 2 3 は、発電機性能データ D 1 4 から、出力調整対象候補発電機の出力上下限値をメモリ 1 2 に読み込み、出力調整対象候補発電機の出力指令値時系列データと出力上下限値から余裕量成分を演算し、余裕量成分演算結果データベース 4 3 に格納する。ステップ S 4 0 4 で余裕量成分演算部 2 3 は、逸脱発電機を除く全ての出力調整対象候補発電機を選択したかを判定し、逸脱発電機を除く全ての出力調整対象候補発電機を選択していない場合には、ステップ S 4 0 1 に戻り、全ての出力調整対象候補発電機を選択した場合には、処理を終了する。

20

【 0 0 6 8 】

前述の図 9 において、制御対象発電機 G 2 は、非逸脱発電機と判定されている。また、非逸脱発電機 G 2 の出力指令値時系列データ $P_{M2}(t)$ には、上限余裕量成分 P_{M2um} と下限余裕量成分 P_{M2lm} とが示されている。

【 0 0 6 9 】

余裕量成分演算部 2 3 は、非逸脱発電機 G 2 の出力指令値時系列データ $P_{M2}(t)$ と、出力下限値 P_{M2l} と、次の (3) 式とを用いて、 $P_{M2}(t)$ から P_{M2l} を減じた差の最小値を、下限余裕量成分 P_{M2lm} として演算する。

30

【 0 0 7 0 】

【 数 3 】

$$\Delta P_{M2lm} = \min\{P_{M2}(t) - P_{M2l}\} \dots\dots\dots (3)$$

【 0 0 7 1 】

更に、余裕量成分演算部 2 3 は、非逸脱発電機 G 2 の出力指令値時系列データ $P_{M2}(t)$ と、出力上限値 P_{M2u} と、次の (4) 式とを用いて、 P_{M2u} から $P_{M2}(t)$ を減じた差の最小値を、上限余裕量成分 P_{M2um} として演算する。

40

【 0 0 7 2 】

【 数 4 】

$$\Delta P_{M2um} = \min\{P_{M2u} - P_{M2}(t)\} \dots\dots\dots (4)$$

【 0 0 7 3 】

ここで、 P_{M2lm} 、 P_{M2um} はともに正である。このような余裕量成分は、出

50

力指令値時系列データから簡単に求められる。これにより、系統運用者は余裕量成分を理解しやすい。なお、負荷周波数制御装置10は、余裕量成分(余裕状態、余裕量)としてこれ以外のものを用いてもよい。例えば、余裕量成分演算部23は、非逸脱発電機の制御可能速度を、余裕量成分として用いてもよい。以上がステップS400の詳細である。

【0074】

ステップS500で出力調整量演算部24は、逸脱量成分演算結果データD22から、各逸脱発電機の逸脱量成分をメモリ12に読み込み、全ての逸脱発電機の逸脱量成分の和を、全ての非逸脱発電機の出力調整量の合計である非逸脱発電機合計出力調整量(偏差)として演算し、出力調整量演算結果データベース44に格納する。なお、出力調整量演算部24は、非逸脱発電機合計出力調整量としてこれ以外の値を用いても良い。

10

【0075】

ステップS600で出力調整対象決定部25は、時系列変化演算結果データD21と逸脱量成分演算結果データD22と余裕量成分演算結果データD23と出力調整量演算結果データD24を用いて出力調整対象を決定し、出力調整対象決定結果データベース45に格納する。ここでは、ステップS600の詳細について説明する。

【0076】

図11は、実施例1の出力調整対象決定部25の処理を示す。

【0077】

ステップS601で出力調整対象決定部25は、時系列変化演算結果データD21を読み込み、制御対象発電機の中から順に一つの制御対象発電機を出力調整対象候補発電機として選択し、出力調整対象候補発電機を示す情報をメモリ12に読み込む。ステップS602で出力調整対象決定部25は、出力調整対象候補発電機の種類を判定する。ここで、当該出力調整対象発電機の種類が逸脱発電機である場合、出力調整対象決定部25はステップS603に進む。一方、当該出力調整対象発電機の種類が非逸脱発電機である場合、出力調整対象決定部25はステップS604に進む。ステップS603で出力調整対象決定部25は、逸脱量成分演算結果データD22から当該逸脱発電機の逸脱量成分をメモリ12に読み込み、読み込んだ逸脱量成分の正負を反転させたものを、当該逸脱発電機の出力調整量(調整量)と設定し、出力調整対象決定結果データベース45に格納する。ステップS604では、出力調整量演算結果データD24の非逸脱発電機合計出力調整量をメモリ12に読み込み、非逸脱発電機合計出力調整量の符号の正負を判定する。ここで、当該符号が正の場合、出力調整対象決定部25はステップS605に進む。一方、当該符号が負の場合、出力調整対象決定部25は、ステップS606に進む。ステップS605で出力調整対象決定部25は、余裕量成分演算結果データD23をメモリ12に読み込み、非逸脱発電機合計出力調整量を当該非逸脱発電機の上限余裕量成分の比に応じて按分し、メモリ12に読み込む。ステップS606で出力調整対象決定部25は、余裕量成分演算結果データD23を読み込み、非逸脱発電機合計出力調整量を当該非逸脱発電機の下限余裕量成分の比に応じて按分し、メモリ12に読み込む。ステップS607で出力調整対象決定部25は、メモリ12に読み込まれた按分結果のうち、当該非逸脱発電機への按分量を当該非逸脱発電機の出力調整量(調整量)と設定し、出力調整対象決定結果データベース45に格納する。ステップS608で出力調整対象決定部25は、全ての出力調整対象候補発電機を選択したかを判定し、全ての出力調整対象候補発電機を選択していない場合には、ステップS601に戻り、全ての出力調整対象候補発電機を選択した場合には、処理を終了する。以上がステップS600の詳細である。

20

30

40

【0078】

これにより、負荷周波数制御装置10は、各逸脱発電機に対して逸脱量成分を打ち消す出力調整量を設定し、逸脱量成分の和である非逸脱発電機合計出力調整量を、余裕量成分に応じて非逸脱発電機へ配分することにより、制御対象発電機の出力の合計に与える影響を抑えつつ、出力指令値及び系統周波数の逸脱を防ぐことができる。言い換えれば、負荷周波数制御装置10は、全ての逸脱発電機の出力調整量の合計を打ち消すように、全ての非逸脱発電機の出力調整量の合計を決定する。

50

【 0 0 7 9 】

なお、出力調整対象決定部 2 5 は、全ての非逸脱発電量の余裕量成分の合計が、非逸脱発電機合計出力調整量に達するという余裕量成分条件を用いてもよい。余裕量成分条件が満たされない場合、出力調整対象決定部 2 5 は、演算条件を変更して、再度ステップ S 3 0 0 ~ S 6 0 0 を実行してもよい。例えば、負荷周波数制御装置 1 0 は、各制御対象発電機の出力上下限值に対し、余裕を持たせた複数のレベルを予め設定してもよい。この場合の負荷周波数制御装置 1 0 は、演算条件として特定の出力上下限値を設定して演算し、余裕量成分条件が満たされない場合、演算条件としてより広い出力上下限値を設定して演算する。また、例えば、負荷周波数制御装置 1 0 は、系統周波数上下限值に対し、余裕を持たせた複数のレベルを予め設定してもよい。この場合の負荷周波数制御装置 1 0 は、演算条件として特定の系統周波数上下限値を設定して演算し、余裕量成分条件が満たされない場合、演算条件としてより広い系統周波数上下限値を設定して演算する。

10

【 0 0 8 0 】

また、負荷周波数制御装置 1 0 は、出力調整量を適用した場合の、出力指令値時系列データと、系統周波数変動時系列データと算出してもよい。

【 0 0 8 1 】

また、負荷周波数制御装置 1 0 は、各制御対象発電機に対し、出力上限値を逸脱するかどうかを判定すると共に、出力下限値を逸脱するかどうかを判定してもよい。この場合、例えば、負荷周波数制御装置 1 0 は、或る制御対象発電機に対し、出力上限値に対する逸脱量成分と、出力下限値に対する余裕量成分とを算出してもよい。

20

【 0 0 8 2 】

以上の処理によれば、負荷周波数制御装置 1 0 は、逸脱発電機の逸脱量成分から逸脱発電機の出力調整量を容易に算出することができる。また、負荷周波数制御装置 1 0 は、逸脱発電機の逸脱量成分と非逸脱発電機の余裕量成分とに基づいて、非逸脱発電機の出力調整量を容易に算出することができる。これにより、負荷周波数制御装置 1 0 は、高速に出力調整量を算出することができ、より短い制御周期であっても、処理を完了することができる。

【 0 0 8 3 】

図 1 2 は、実施例 1 の発電機情報画面を示す。

【 0 0 8 4 】

発電機情報画面は、逸脱情報 4 1 0 と出力調整情報 4 2 0 とを含む。

30

【 0 0 8 5 】

逸脱情報 4 1 0 は、出力調整前の状態を示す。逸脱情報 4 1 0 は例えば、系統周波数の上下限值逸脱の有無 4 1 1 と、逸脱発電機を選択を受け付ける選択欄 4 1 2 と、当該発電機の逸脱量成分 4 1 3 と、当該発電機の出力指令値が出力上下限値を逸脱する逸脱時刻 4 1 4 と、当該発電機の位置を示す系統図 4 1 5 とを示す。

【 0 0 8 6 】

出力調整情報 4 2 0 は、出力調整後の状態を示す。出力調整情報 4 2 0 は例えば、系統周波数の上下限值逸脱の有無 4 2 1 と、出力調整の対象である調整発電機を選択を受け付ける選択欄 4 2 2 と、当該発電機の出力調整量 4 2 3 と、当該発電機の位置を示す系統図 4 2 5 とを示す。

40

【 0 0 8 7 】

このような演算結果を、負荷周波数制御装置 1 0 や、通信ネットワーク 3 0 0 を介して監視制御装置 2 0 0 の画面に表示することで、電力系統 1 0 0 において、どの発電機が、いつ、どの程度の逸脱量成分を持って逸脱するか、どの発電機をどの程度出力調整するかが一目でわかる。

【 0 0 8 8 】

図 1 3 は、実施例 1 の時系列データ画面を示す。

【 0 0 8 9 】

時系列データ画面は、出力調整前の時系列データと、出力調整後の時系列データとを示

50

す。時系列データ画面は例えば、時系列データ画面は、出力調整前の系統周波数変動時系列データ 4 3 1 (破線) と、出力調整後の系統周波数変動時系列データ 4 4 1 (実線) と、制御対象発電機の選択を受け付ける選択欄 4 3 2 a と、出力調整前の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 3 3 a (破線) と、当該発電機が逸脱発電機である場合の逸脱量成分 4 3 4 a と、当該発電機の出力調整量 4 3 6 a と、出力調整後の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 4 3 a (実線) と、別の制御対象発電機の選択を受け付ける選択欄 4 3 2 b と、出力調整前の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 3 3 b (破線) と、当該発電機が非逸脱発電機である場合の余裕量成分 4 3 5 b と、当該発電機の出力調整量 4 3 6 b と、出力調整後の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 4 3 b (実線) とを示す。

【 0 0 9 0 】

10

この例によれば、逸脱発電機 G 1 の出力調整後の出力指令値時系列データ 4 4 3 a が、出力上下限値を逸脱していないこと、出力調整後の系統周波数変動時系列データ 4 4 1 が、系統周波数上下限値を逸脱していないことが分かる。

【 0 0 9 1 】

時系列情報画面のような演算結果を、負荷周波数制御装置 1 0 や、通信ネットワーク 3 0 0 を介して監視制御装置 2 0 0 の画面に表示することで、電力系統 1 0 0 の逸脱発電機がどの時刻にどの程度の逸脱量成分を持つか、あるいは、非逸脱発電機がどの時刻にどの程度の余裕量成分を持つかが一目でわかる。また、逸脱発電機、または、非逸脱発電機が複数存在する場合、系統運用者は、選択欄 4 3 2 a、4 3 2 b により、発電機を選択し、選択した発電機の時系列変化演算結果と逸脱量成分演算結果と余裕量成分演算結果を確認

20

【 実施例 2 】

【 0 0 9 2 】

本実施例では、周波数スペクトル演算により演算される周波数スペクトル演算結果データを用いて、逸脱量成分演算、余裕量成分演算、出力調整量演算、出力調整対象決定を行うことで、出力調整可能性を向上させる負荷周波数制御装置の例を説明する。

【 0 0 9 3 】

図 1 4 は、実施例 2 の負荷周波数制御装置 1 0 x の機能構成を示す。

【 0 0 9 4 】

負荷周波数制御装置 1 0 x は、再生可能エネルギー出力過去データベース 3 1 とシステムモデルデータベース 3 2 とシステムデータベース 3 3 と発電機性能データベース 3 4 とを含む負荷周波数制御量演算入力データベース 3 0 x と、状態推定演算部 2 9 と時系列変化演算部 2 1 と周波数スペクトル演算部 2 8 と逸脱量成分演算部 2 2 と余裕量成分演算部 2 3 と出力調整量演算部 2 4 と出力調整対象決定部 2 5 とを含む負荷周波数制御量演算部 2 0 x と、時系列変化演算結果データベース 4 1 と周波数スペクトル演算結果データベース 4 8 と逸脱量成分演算結果データベース 4 2 と余裕量成分演算結果データベース 4 3 と出力調整量演算結果データベース 4 4 と出力調整対象決定結果データベース 4 5 とを含む負荷周波数制御量演算結果データベース 4 0 x と、出力調整指令部 2 6 と、表示制御部 2 7 とを含む。

30

【 0 0 9 5 】

40

負荷周波数制御量演算入力データベース 3 0 x へ入力される負荷周波数制御量演算入力データ D 1 0 は、再生可能エネルギー出力過去データ D 1 1 とシステムモデルデータ D 1 2 とシステムデータ D 1 3 と発電機性能データ D 1 4 とを含む。時系列変化演算部 2 1 では、再生可能エネルギー出力過去データ D 1 1 とシステムモデルデータ D 1 2 とシステムデータ D 1 3 を用いて、時系列変化演算を行い、時系列変化演算結果データ D 2 1 を出力する。周波数スペクトル演算部 2 8 では、時系列変化演算結果データ D 2 1 を用いて、周波数スペクトル演算を行い、周波数スペクトル演算結果データ D 2 8 を出力する。逸脱量成分演算部 2 2 では、発電機性能データ D 1 4 と時系列変化演算結果データ D 2 1 と周波数スペクトル演算結果データ D 2 8 を用いて、逸脱量成分演算を行い、逸脱量成分演算結果データ D 2 2 を出力する。余裕量成分演算部 2 3 では、時系列変化演算結果データ D 2 1 と周波数スペク

50

トル演算結果データD 2 8と逸脱量成分演算結果データD 2 2を用いて、余裕量成分演算を行い、余裕量成分演算結果データD 2 3を出力する。出力調整量演算部では、逸脱量成分演算結果データD 2 2を用いて、出力調整量演算を行い、出力調整量演算結果データD 2 4を出力する。出力調整対象決定部2 5では、時系列変化演算結果データD 2 1と逸脱量成分演算結果データD 2 2と余裕量成分演算結果データD 2 3と出力調整量演算結果データD 2 4を用いて、出力調整対象決定を行い、出力調整対象決定結果データD 2 5を出力する。出力調整指令部2 6では、出力調整対象決定結果データD 2 5を用いて、出力調整指令を出力調整対象に送信する。表示制御部2 7では、負荷周波数制御量演算結果データD 2 0を用いて、各演算結果の情報を表示装置に表示させる。

【0096】

図15は、実施例2の負荷周波数制御装置10xおよび電力システムのハードウェア構成を示す。

【0097】

本実施例において、実施例1の要素と同一符号を付された要素は、実施例1の要素と同一物又は相当物であり、説明を省略する。本実施例の負荷周波数制御装置10xは、実施例1の負荷周波数制御装置10の要素に加えて、周波数スペクトル演算結果データD 2 8を含む。

【0098】

負荷周波数制御装置10xは、表示部15、キーボードやマウス等の入力部13、通信部14、コンピュータや計算機サーバ(CPU: Central Processing Unit)11、メモリ12、各種データベース(再生可能エネルギー出力過去データベース31とシステムモデルデータベース32とシステムデータベース33と発電機性能データベース34と時系列変化演算結果データベース41と周波数スペクトル演算結果データベース48と逸脱量成分演算結果データベース42と余裕量成分演算結果データベース43と出力調整量演算結果データベース44と出力調整対象決定結果データベース45とプログラムデータベース50)を含む。これらの各部は、バス線60に接続されている。

【0099】

図16は、実施例2のプログラムデータベース50の記憶内容を示す。

【0100】

プログラムデータベース50には、例えば、演算プログラム(プログラムデータD 5 0)として、状態推定演算プログラムP 5 1と時系列変化演算プログラムP 5 2と周波数スペクトル演算プログラムP 5 8と逸脱量成分演算プログラムP 5 3と余裕量成分演算プログラムP 5 4と出力調整量演算プログラムP 5 5と出力調整対象決定プログラムP 5 6と出力指令プログラムP 5 7が格納されている。

【0101】

CPU11は、プログラムデータベース50からメモリ12に読み出された演算プログラムを実行して、もっともらしいシステム状態の演算、時系列変化の演算、周波数スペクトルの演算、逸脱量成分の演算、余裕量成分の演算、出力調整量の演算、出力調整対象の決定、出力調整量の指令、表示すべき画像データの指示、各種データベース内のデータの検索等を行う。

【0102】

負荷周波数制御装置10xには、大きく分けて11個のデータベースが格納される。以下で、プログラムデータベース50と既に説明したシステムモデルデータベース32と発電機性能データベース34を除く、再生可能エネルギー出力過去データベース31と時系列変化演算結果データベース41と周波数スペクトル演算結果データベース48と逸脱量成分演算結果データベース42と余裕量成分演算結果データベース43と出力調整量演算結果データベース44と出力調整対象決定結果データベース45について説明する。

【0103】

図17は、実施例2の再生可能エネルギー出力過去データD 1 1を示す。

【0104】

10

20

30

40

50

再生可能エネルギー出力過去データベース31には、再生可能エネルギー出力過去データD11として、過去の特定の期間の太陽光発電や風力発電機などの再生可能エネルギー発電機の出力の周波数スペクトルである、再生可能エネルギー出力スペクトルが含まれる。即ち、本実施例では、再生可能エネルギー出力過去データD11が時系列データではなく、周波数スペクトルである場合について説明する。

【0105】

時系列変化演算結果データベース41には、再生可能エネルギー出力過去データD11とシステムモデルデータD12とシステムデータD13を用いて時系列変化演算プログラムP52によって演算された時系列変化演算結果データD21が含まれる。時系列変化演算結果データD21は例えば、実施例1と同様、システム周波数変動時系列データや、出力指令値時系列データなどである。時系列変化の演算方法の詳細は後述する。

10

【0106】

周波数スペクトル演算結果データベース48には、時系列変化演算結果データD21を用いて周波数スペクトル演算プログラムP58によって演算された周波数スペクトル演算結果データD28が含まれる。周波数スペクトル演算結果データD28は例えば、システム周波数変動の周波数スペクトル（システム周波数変動スペクトル）や、発電機の出力指令値の周波数スペクトル（出力指令値スペクトル）などを含む。周波数スペクトルの演算方法の詳細は後述する。

【0107】

逸脱量成分演算結果データベース42には、時系列変化演算結果データD21と周波数スペクトル演算結果データD28と発電機性能データD14を用いて逸脱量成分演算プログラムP53によって演算された逸脱量成分演算結果データD22が含まれる。逸脱量成分演算結果データD22は例えば、逸脱発電機の出力指令値スペクトルのうち周波数成分の最大値とその周波数との組である逸脱量成分である。逸脱量成分の演算方法の詳細は後述する。

20

【0108】

余裕量成分演算結果データベース43には、時系列変化演算結果データD21と周波数スペクトル演算結果データD28と逸脱量成分演算結果データD22を用いて余裕量成分演算プログラムP54によって演算された余裕量成分演算結果データD23が含まれる。余裕量成分演算結果データD23は例えば、非逸脱発電機の出力指令値スペクトルのうち逸脱量成分の周波数における周波数成分の逆数と、その周波数との組である余裕量成分などである。余裕量成分の演算方法の詳細は後述する。

30

【0109】

出力調整量演算結果データベース44には、逸脱量成分演算結果データD22を用いて出力調整量演算プログラムP55によって演算された結果が含まれる。出力調整量の演算方法は後述する。

【0110】

出力調整対象決定結果データベース45には、時系列変化演算結果データD21と逸脱量成分演算結果データD22と余裕量成分演算結果データD23と出力調整量演算結果データD24を用いて出力調整対象決定プログラムP56によって演算された出力調整量演算結果データD24が含まれる。出力調整対象の決定方法は後述する。

40

【0111】

以下、負荷周波数制御装置10xの処理について説明する。

【0112】

図18は、実施例2の負荷周波数制御装置10xの処理を示す。

【0113】

ステップS100で状態推定演算部29は、システムモデルデータD12とシステムデータD13を用いて状態推定演算を行う。次に、ステップS800で時系列変化演算部21は、状態推定結果と再生可能エネルギー出力過去データD11とシステムモデルデータD12を用いて時系列変化を演算する。次に、ステップS900で周波数スペクトル演算部28は、時

50

系列変化演算結果データD 2 1を用いて周波数スペクトルを演算する。次に、ステップS 1 0 0 0で逸脱量成分演算部2 2は、時系列変化演算結果データD 2 1と周波数スペクトル演算結果データD 2 8と発電機性能データD 1 4を用いて逸脱量成分演算を行う。次に、ステップS 1 1 0 0で余裕量成分演算部2 3は、時系列変化演算結果データD 2 1と周波数スペクトル演算結果データD 2 1と逸脱量成分演算結果データD 2 2を用いて余裕量成分演算を行う。次に、ステップS 1 2 0 0で出力調整量演算部2 4は、逸脱量成分演算結果データD 2 2を用いて出力調整量演算を行う。次に、ステップS 1 3 0 0で出力調整対象決定部2 5は、時系列変化演算結果データD 2 1と逸脱量成分演算結果データD 2 2と余裕量成分演算結果データD 2 3と出力調整量演算結果データD 2 4を用いて出力調整対象決定を行う。最後に、ステップS 1 4 0 0で出力調整指令部2 6は、出力調整対象決定結果データD 2 5を用いて出力調整対象に出力指令を行う。

10

【0 1 1 4】

各種計算結果や計算途中でメモリに蓄積されるデータは、監視制御装置2 0 0の画面に逐次表示されてもよい。これにより、運用者が負荷周波数制御装置1 0の運用状況を容易に把握できる。以上の処理の詳細をステップ毎に説明する。

【0 1 1 5】

ステップS 8 0 0で時系列変化演算部2 1は、ステップS 1 0 0で求めた状態推定結果、再生可能エネルギー出力過去データD 1 1、システムモデルデータD 1 2を用いて時系列変化演算を行い、演算結果を時系列変化演算結果データベース4 1に格納する。ここでは、ステップS 8 0 0の詳細について説明する。

20

【0 1 1 6】

図1 9は、実施例2の時系列変化演算部2 1の処理を示す。

【0 1 1 7】

ステップ8 0 1で時系列変化演算部2 1は、再生可能エネルギー出力過去データD 1 1をフーリエ逆変換することで、再生可能エネルギー出力時系列データを演算する。ステップS 8 0 2で時系列変化演算部2 1は、ステップS 1 0 0で求めた状態推定結果とシステムモデルデータD 1 2とステップS 8 0 1で求めた再生可能エネルギー出力時系列データを用いてシステム周波数変動時系列データを演算する。ステップS 8 0 3で時系列変化演算部2 1は、ステップS 1 0 0で求めた状態推定結果とシステムモデルデータD 1 2とステップS 8 0 1で求めた再生可能エネルギー出力時系列データを用いて出力指令値時系列データを演算する。各時系列変化の演算方法は、例えば、公知の方法に即して行う。以上がステップS 8 0 0の詳細である。

30

【0 1 1 8】

ステップS 9 0 0で周波数スペクトル演算部2 8は、時系列変化演算結果を用いて周波数スペクトル演算を行い、演算結果を周波数スペクトル演算結果データベース4 8に格納する。ここでは、ステップS 9 0 0の詳細について説明する。

【0 1 1 9】

図2 0は、実施例2の周波数スペクトル演算部2 8の処理を示す。

【0 1 2 0】

ステップS 9 0 1で周波数スペクトル演算部2 8は、時系列変化演算結果データD 2 1からシステム周波数変動時系列データをメモリ1 2に読み込み、フーリエ変換することにより、システム周波数変動スペクトルを演算する。ステップS 9 0 2で周波数スペクトル演算部2 8は、時系列変化演算結果データD 2 1から制御対象発電機の出力指令値時系列データをメモリ1 2に読み込み、フーリエ変換することにより、出力指令値スペクトル(周波数スペクトル)を演算する。以上がステップS 9 0 0の詳細である。

40

【0 1 2 1】

ステップS 1 0 0 0で逸脱量成分演算部2 2は、時系列変化演算結果データD 2 1と周波数スペクトル変化演算結果と発電機性能データD 1 4を用いて逸脱量成分を演算し、演算結果を逸脱量成分演算結果データベース4 2に格納する。ここでは、ステップS 1 0 0 0の詳細について説明する。

50

【 0 1 2 2 】

図 2 1 は、実施例 2 の逸脱量成分演算部 2 2 の処理を示す。

【 0 1 2 3 】

ステップ S 1 0 0 1 で逸脱量成分演算部 2 2 は、時系列変化演算結果データ D 2 1 を読み込み、制御対象発電機の中から順に一つの出力調整対象候補発電機を選択し、出力調整対象候補発電機の出力指令値時系列データをメモリ 1 2 に読み込む。ステップ S 1 0 0 2 で逸脱量成分演算部 2 2 は、発電機性能データベース 3 4 から、出力調整対象候補発電機の出力上下限値をメモリ 1 2 に読み込み、出力調整対象候補発電機の出力指令値時系列データと出力上下限値を用いて、出力指令値が出力上下限値を逸脱しているかを判定する。ここで、出力指令値が出力上下限値を逸脱している場合、逸脱量成分演算部 2 2 は、ステップ S 1 0 0 3 に進む。一方、出力指令値が出力上下限値を逸脱していない場合、逸脱量成分演算部 2 2 は、ステップ S 1 0 0 5 に進む。ステップ S 1 0 0 3 で逸脱量成分演算部 2 2 は、出力調整対象候補発電機を逸脱発電機と設定し、設定内容を時系列変化演算結果データベース 4 1 に保存する。ステップ S 1 0 0 4 で逸脱量成分演算部 2 2 は、周波数スペクトル演算結果データベース 4 8 から、出力調整対象候補発電機の出力指令値スペクトルをメモリ 1 2 に読み込み、出力指令値スペクトルのうち最大の周波数成分である影響量（逸脱状態）とその周波数である影響周波数との組を選択し、逸脱量成分として逸脱量成分演算結果データベース 4 2 に格納する。ステップ S 1 0 0 5 で逸脱量成分演算部 2 2 は、全ての出力調整対象候補発電機を選択したかを判定し、全ての出力調整対象候補発電機を選択していない場合には、ステップ S 1 0 0 1 に戻り、全ての出力調整対象候補発電機を選択した場合には、処理を終了する。

10

20

【 0 1 2 4 】

図 2 2 は、実施例 2 の周波数スペクトル演算結果データ D 2 8 を示す。

【 0 1 2 5 】

ここでの周波数スペクトル演算結果データ D 2 8 は、制御期間に対して予測された、系統周波数変動スペクトル $F_f(f_s)$ と、制御対象発電機 G 1 の出力指令値スペクトル $F_{M1}(f_s)$ と、制御対象発電機 G 2 の出力指令値スペクトル $F_{M2}(f_s)$ とを含む。ここで、制御対象発電機 G 1 は、実施例 1 と同様、出力指令値時系列データ $P_{M1}(t)$ に基づいて、逸脱発電機と判定されている。また、逸脱発電機 G 1 の出力指令値スペクトルには、最大の周波数成分である影響量 F_{M1d} と、対応する影響周波数 f_{s1} とが示されている。

30

【 0 1 2 6 】

逸脱量成分演算部 2 2 は、次の (5) 式および (6) 式を用いて、逸脱発電機 G 1 の出力指令値スペクトル F_{M1} の周波数成分のうち、影響量 F_{M1d} と、対応する影響周波数 f_{s1} の組を、逸脱量成分 (F_{M1d} 、 f_{s1}) として演算する。

【 0 1 2 7 】

【 数 5 】

$$F_{M1d} = \max(F_{M1}(f_s)) \dots \dots \dots (5)$$

40

【 0 1 2 8 】

【 数 6 】

$$f_{s1} = \arg(\max(F_{M1}(f_s))) \dots \dots \dots (6)$$

【 0 1 2 9 】

このような逸脱量成分は、周波数スペクトルから簡単に求められる。これにより、系統運用者は逸脱量成分を理解しやすい。なお、逸脱量成分演算部 2 2 は、逸脱量成分としてこれ以外のものを演算し用いてもよい。また、再生可能エネルギー出力過去データや系統

50

データやシステムモデルデータによっては、逸脱量成分が存在しないケースも存在するため、このようなケースは逸脱量成分なしと判定され、ステップS1005に進む。以上がステップS1000の詳細である。

【0130】

ステップS1100で余裕量成分演算部23は、時系列変化演算結果データD21と逸脱量成分演算結果データD22を用いて余裕量成分を演算し、余裕量成分演算結果データベース43に格納する。ここでは、ステップS1100の詳細について説明する。

【0131】

図23は、実施例2の余裕量成分演算部23の処理を示す。

【0132】

ステップS1101で余裕量成分演算部23は、時系列変化演算結果データD21を読み込み、制御対象発電機の中から逸脱発電機を除いて順に一つの制御対象発電機を出力調整対象候補発電機として選択し、出力調整対象候補発電機を示す情報をメモリ12に読み込む。ステップS1102で余裕量成分演算部23は、出力調整対象候補発電機を非逸脱発電機と設定し、設定内容を時系列変化演算結果データベース41に保存する。ステップS1103で余裕量成分演算部23は、逸脱量成分演算結果データベース42から逸脱量成分をメモリ12に読み込み、周波数スペクトル演算結果データベース48から、出力調整対象候補発電機の出力指令値スペクトルをメモリ12に読み込み、出力調整対象候補発電機の出力指令値スペクトルのうち影響周波数の周波数成分を対象量として演算し、対象量の逆数を余裕量として演算し、余裕量と影響周波数の組を余裕量成分として余裕量成分演算結果データベース43に格納する。ステップS1104で余裕量成分演算部23は、逸脱発電機を除く全ての出力調整対象候補発電機を選択したかを判定し、全ての出力調整対象候補発電機を選択していない場合には、ステップS1101に戻り、全ての出力調整対象候補発電機を選択した場合には、処理を終了する。

【0133】

前述の図22において、制御対象発電機G2は、非逸脱発電機と判定されている。

【0134】

余裕量成分演算部23は、非逸脱発電機G2の出力指令値スペクトル F_{M2} と、影響周波数 f_{s1} と、次の(7)式とを用いて、影響周波数の周波数成分の大きさである対象量 $F_{M2}(f_{s1})$ から、余裕量 F_{M2m} を算出し、余裕量と影響周波数の組を余裕量成分(F_{M2m} 、 f_{s1})とする。

【0135】

【数7】

$$F_{M2m} = 1/F_{M2}(f_{s1}) \dots\dots\dots (7)$$

【0136】

このような余裕量成分は、出力指令値スペクトルから簡単に求められる。これにより、システム運用者は余裕量成分を理解しやすい。なお、余裕量成分演算部23は、余裕量成分としてこれ以外のものを用いてもよい。以上がステップS1100の詳細である。

【0137】

ステップS1200で出力調整量演算部24は、逸脱量成分演算結果データD22から、各逸脱発電機の逸脱量成分をメモリ12に読み込み、各逸脱発電機の逸脱量成分の影響量の和を、非逸脱発電機の出力調整量の合計である非逸脱発電機合計出力調整量として演算し、出力調整量演算結果データベース44に格納する。なお、出力調整量演算部24は、非逸脱発電機合計出力調整量としてこれ以外の値を用いても良い。

【0138】

ステップS1300で出力調整対象決定部25は、時系列変化演算結果データD21と逸脱量成分演算結果データD22と余裕量成分演算結果データD23と出力調整量演算結

10

20

30

40

50

果データD 2 4を用いて出力調整対象を決定し、出力調整対象決定結果データベース4 5に格納する。ここでは、ステップS 1 3 0 0の詳細について説明する。

【0 1 3 9】

図2 4は、実施例2の出力調整対象決定部2 5の処理を示す。

【0 1 4 0】

ステップS 1 3 0 1で出力調整対象決定部2 5は、時系列変化演算結果データD 2 1を読み込み、制御対象発電機の中から順に一つの制御対象発電機を出力調整対象候補発電機として選択し、出力調整対象候補発電機を示す情報をメモリ1 2に読み込む。ステップS 1 3 0 2では、出力調整対象発電機の種類を判定する。ここで、当該発電機の種類が逸脱発電機の場合はステップS 1 3 0 3に進む。一方、当該発電機の種類が非逸脱発電機の場合、出力調整対象決定部2 5はステップS 1 3 0 4に進む。ステップS 1 3 0 3で出力調整対象決定部2 5は、逸脱量成分演算結果データD 2 2から当該逸脱発電機の逸脱量成分をメモリ1 2に読み込み、読み込んだ逸脱量成分の影響量 F_{M1d} の符号を反転させた値を当該逸脱発電機の出力調整量と設定し、設定内容を出力調整対象決定結果データベース4 5に格納する。ステップS 1 3 0 4で出力調整対象決定部2 5は、余裕量成分演算結果データD 2 3と出力調整量演算結果データD 2 4をメモリ1 2に読み込み、非逸脱発電機合計出力調整量を当該非逸脱発電機の余裕量の比に応じて按分する。ステップS 1 3 0 5で出力調整対象決定部2 5は、按分結果を当該非逸脱発電機の出力調整量として設定し、出力調整対象決定結果データベース4 5に格納する。ステップS 1 3 0 6で出力調整対象決定部2 5は、全ての出力調整対象候補発電機を選択したかを判定し、全ての出力調整対象候補発電機を選択していない場合には、ステップS 1 3 0 1に戻り、全ての出力調整対象候補発電機を選択した場合には、処理を終了する。以上がステップS 1 3 0 0の詳細である。

【0 1 4 1】

なお、複数の逸脱発電機と、複数の影響周波数が検出された場合、負荷周波数制御装置1 0 xは、影響周波数毎に、非逸脱発電機合計出力調整量と、非逸脱発電機の余裕量成分と、非逸脱発電機の出力調整量とを算出してもよい。

【0 1 4 2】

なお、出力上下限値の代わりに、各周波数成分の上限値が予め設定されてもよい。この場合、負荷周波数制御装置1 0は、各周波数成分について上限値を逸脱するか否かを判定し、出力指令値スペクトルの各周波数成分と上限値の比較により、逸脱量成分および余裕量成分を算出する。

【0 1 4 3】

負荷周波数制御装置1 0 xは、逸脱発電機の出力指令値スペクトルから逸脱に最も大きい影響を与える影響周波数の成分を除去し、逸脱量成分の大きさの和である非逸脱発電機合計出力調整量を、余裕量成分の大きさに応じて非逸脱発電機へ配分し、非逸脱発電機の影響周波数の成分に加えることにより、制御対象発電機の出力の合計に与える影響を抑えつつ、出力指令値及び系統周波数の逸脱を防ぐことができる。言い換えれば、負荷周波数制御装置1 0 xは、全ての逸脱発電機の影響周波数の成分の出力調整量の合計を打ち消すように、全ての非逸脱発電機の影響周波数の成分の出力調整量の合計を決定する。

【0 1 4 4】

ステップS 1 4 0 0で出力調整指令部2 6は、各逸脱発電機に対して、出力指令値スペクトルのうち影響周波数の成分の出力調整量を示す指令を送信する。

【0 1 4 5】

以上の処理によれば、負荷周波数制御装置1 0 xは、逸脱発電機の逸脱量成分から逸脱発電機の出力調整量を容易に算出することができる。また、負荷周波数制御装置1 0は、逸脱発電機の逸脱量成分と非逸脱発電機の余裕量成分とに基づいて、非逸脱発電機の出力調整量を容易に算出することができる。これにより、負荷周波数制御装置1 0は、高速に出力調整量を算出することができ、より短い制御周期であっても、処理を完了することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 6 】

図 2 5 は、実施例 2 の発電機情報画面を示す。

【 0 1 4 7 】

発電機情報画面は、逸脱情報 4 1 0 x と出力調整情報 4 2 0 x とを含む。

【 0 1 4 8 】

逸脱情報 4 1 0 x は、出力調整前の状態を示す。逸脱情報 4 1 0 x は、系統周波数の上下限值逸脱の有無 4 1 1 と、逸脱発電機を選択を受け付ける選択欄 4 1 2 と、当該発電機の逸脱量成分 4 1 3 x と、当該発電機の逸脱時刻 4 1 4 と、当該発電機の位置を示す系統図 4 1 5 とを示す。

【 0 1 4 9 】

出力調整情報 4 2 0 x は、出力調整後の状態を示す。出力調整情報 4 2 0 x は例えば、系統周波数の上下限值逸脱の有無 4 2 1 と、出力調整の対象である調整発電機を選択を受け付ける選択欄 4 2 2 と、当該発電機の出力調整量 4 2 3 x と、当該発電機の位置を示す系統図 4 2 5 とを示す。

【 0 1 5 0 】

このような演算結果を、負荷周波数制御装置 1 0 x や、通信ネットワーク 3 0 0 を介して監視制御装置 2 0 0 の画面に表示することで、電力系統 1 0 0 において、どの発電機が、いつ、どの程度の逸脱量成分を持って逸脱するか、どの発電機をどの程度出力調整するかが一目でわかる。

【 0 1 5 1 】

図 2 6 は、実施例 2 の時系列データ画面を示す。

【 0 1 5 2 】

時系列データ画面は、出力調整前の時系列データと、出力調整後の時系列データとを示す。時系列データ画面は例えば、出力調整前の系統周波数変動時系列データ 4 3 1 (破線) と、出力調整後の系統周波数変動時系列データ 4 4 1 (実線) と、制御対象発電機を選択を受け付ける選択欄 4 3 2 a と、出力調整前の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 3 3 a (破線) と、当該発電機が逸脱発電機である場合の逸脱量成分 4 3 4 a x と、当該発電機の逸脱時刻 4 3 7 a と、当該発電機の出力調整量 4 3 6 a x と、出力調整後の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 4 3 a (実線) と、別の制御対象発電機を選択を受け付ける選択欄 4 3 2 b と、出力調整前の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 3 3 b (破線) と、当該発電機が非逸脱発電機である場合の余裕量成分 4 3 5 b x と、当該発電機の出力調整量 4 3 6 b x と、出力調整後の当該発電機の出力指令値時系列データ 4 4 3 b (実線) とを示す。

【 0 1 5 3 】

時系列情報画面のような演算結果を、負荷周波数制御装置 1 0 や、通信ネットワーク 3 0 0 を介して監視制御装置 2 0 0 の画面に表示することで、電力系統 1 0 0 の逸脱発電機および非逸脱発電機の出力指令値時系列データが、どのように出力調整されたかが一目でわかる。また、逸脱発電機、または、非逸脱発電機が複数存在する場合、系統運用者は、発電機を選択し、選択した発電機の時系列変化演算結果と逸脱量成分演算結果と余裕量成分演算結果と出力調整対象決定結果を確認することができる。

【 0 1 5 4 】

図 2 7 は、実施例 2 の周波数スペクトル画面を示す。

【 0 1 5 5 】

周波数スペクトル画面は、出力調整前の周波数スペクトルと、出力調整後の周波数スペクトルとを示す。周波数スペクトル画面は例えば、出力調整前の系統周波数変動スペクトル 4 5 1 (破線) と、出力調整後の系統周波数変動スペクトル 4 6 1 (実線) と、制御対象発電機を選択を受け付ける選択欄 4 3 2 a と、出力調整前の当該発電機の出力指令値スペクトル 4 5 3 a (破線) と、当該発電機が逸脱発電機である場合の逸脱量成分 4 5 4 a と、当該発電機の出力調整量 4 5 6 a と、出力調整後の当該発電機の出力指令値スペクトル 4 6 3 a (実線) と、別の制御対象発電機を選択を受け付ける選択欄 4 3 2 b と、出力

10

20

30

40

50

調整前の当該発電機の出力指令値スペクトル453b(破線)と、当該発電機が非逸脱発電機である場合の余裕量成分455bと、当該発電機の出力調整量456bと、出力調整後の当該発電機の出力指令値スペクトル463b(実線)とを示す。

【0156】

周波数スペクトル画面のような演算結果を、負荷周波数制御装置10や、通信ネットワーク300を介して監視制御装置200の画面に表示することで、逸脱発電機および非逸脱発電機の出力指令値スペクトルが、どのように調整されたかが一目でわかる。また、逸脱発電機、または、非逸脱発電機が複数存在する場合、系統運用者は、発電機を選択し、選択した発電機の時系列変化演算結果と逸脱量成分演算結果と余裕量成分演算結果と出力調整対象決定結果を確認することができる。

10

【0157】

以上の各実施例の処理において、ステップの順序を交換できる場合がある。例えば、S400とS500や、S1100とS1200は、交換されてもよい。

【0158】

以上の各実施例によれば、負荷周波数制御装置は、逸脱発電機の逸脱量成分を抑圧し、且つ複数の制御対象発電機の出力の合計を維持することを調整条件に、各制御対象発電機の出力調整量を算出することにより、系統周波数の逸脱を防ぎつつ、需給バランスを維持することができる。また、負荷周波数制御装置は、出力上下限値を記憶し、出力指令値時系列データを予測することにより、容易に出力調整量を算出することができる。また、負荷周波数制御装置は、複数の制御対象発電機を逸脱発電機と非逸脱発電機に分け、逸脱発電機の逸脱量成分と、非逸脱発電機の余裕量成分と算出することにより、容易に調整条件を満たす調整量を算出することができる。また、負荷周波数制御装置が演算結果を表示装置に表示させることにより、系統運用者は、出力調整前及び出力調整の少なくとも何れかの情報を知ることができる。また、負荷周波数制御装置が系統周波数の変動の情報を表示装置に表示させることにより、系統運用者は、出力調整が必要となる系統周波数の変動を知ることができる。また、負荷周波数制御装置が出力調整量に基づく指令を、制御対象発電機へ送信し、制御対象発電機の出力を調整することにより、予測された系統周波数の逸脱を防ぐことができる。

20

【0159】

以上、本発明の実施形態を説明したが、これは本発明の説明のための例示であって、本発明の範囲を上記構成に限定する趣旨ではない。本発明は、他の種々の形態でも実施する事が可能である。

30

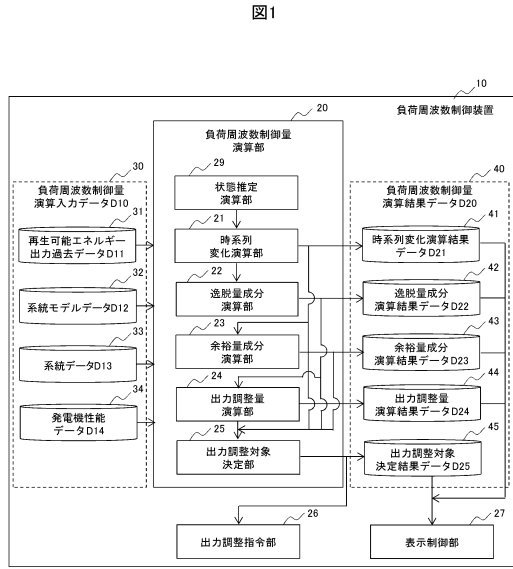
【符号の説明】

【0160】

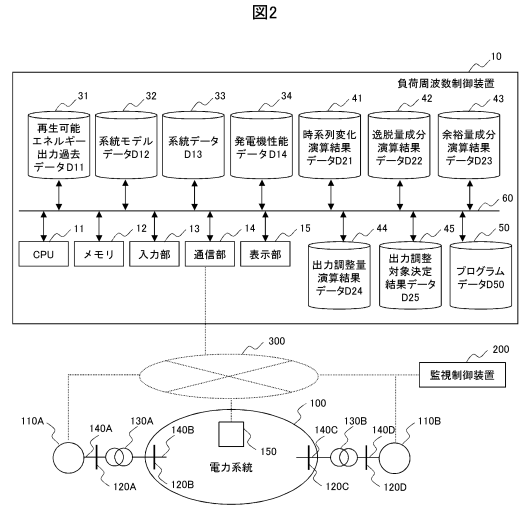
10、10x：負荷周波数制御装置、 11：CPU、 12：メモリ、 13：入力部、 14：通信部、 15：表示部、 20、20x：負荷周波数制御量演算部、 21：時系列変化演算部、 22：逸脱量成分演算部、 23：余裕量成分演算部、 24：出力調整量演算部、 25：出力調整対象決定部、 26：出力調整指令部、 27：表示部、 28：周波数スペクトル演算部、 29：状態推定演算部、 30、30x：負荷周波数制御量演算入力データベース、 40、40x：負荷周波数制御量演算結果データベース、 100：電力系統、 110A、110B：発電機、 120A、120B、120C、120D：ノード、 130A、130B：変圧器、 140A、140B、140C、140D：ブランチ、 150：計測装置、 200：監視制御装置、 300：通信ネットワーク

40

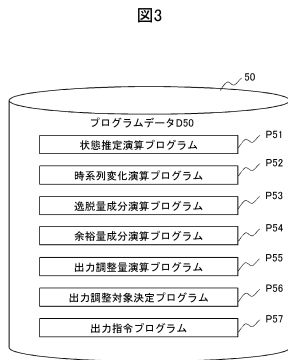
【 図 1 】



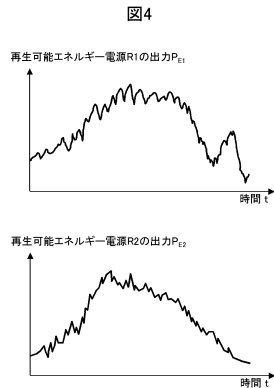
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

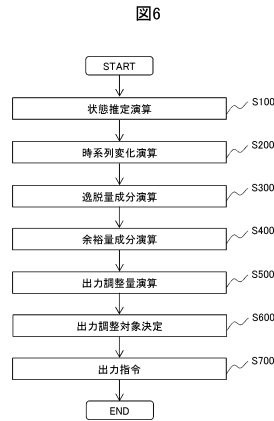


【 図 5 】

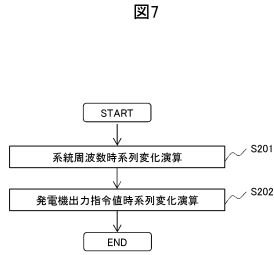
図5

発電機	出力上限値 [MW]	出力下限値 [MW]
G1	1000	100
G2	500	50
...

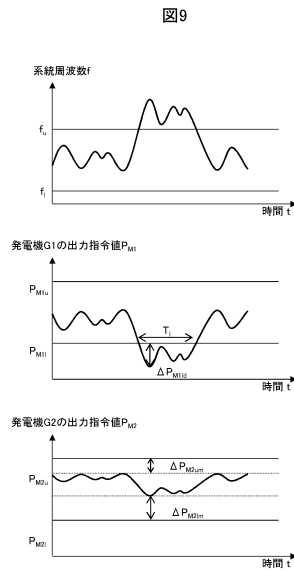
【 図 6 】



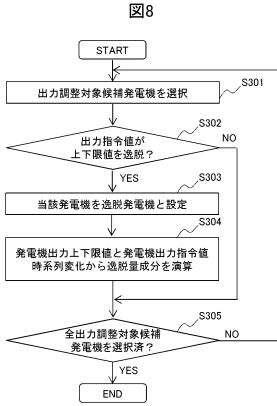
【図7】



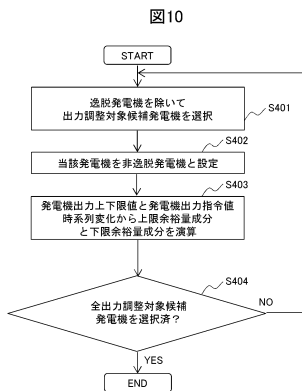
【図9】



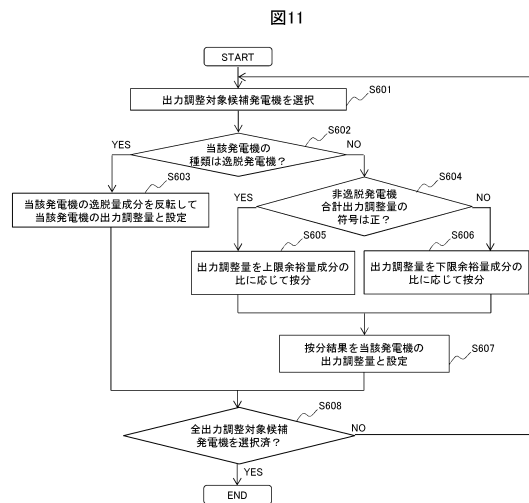
【図8】



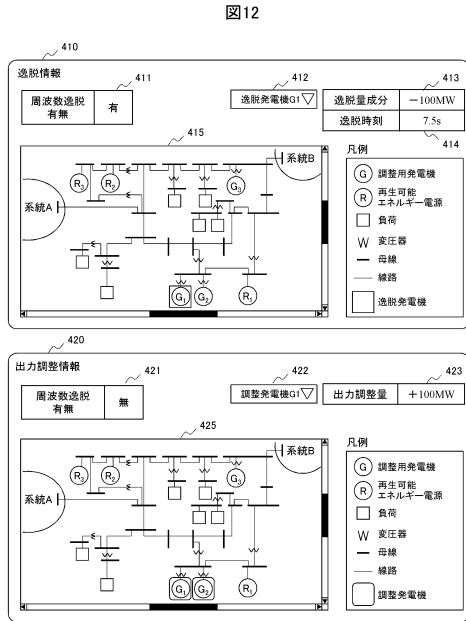
【図10】



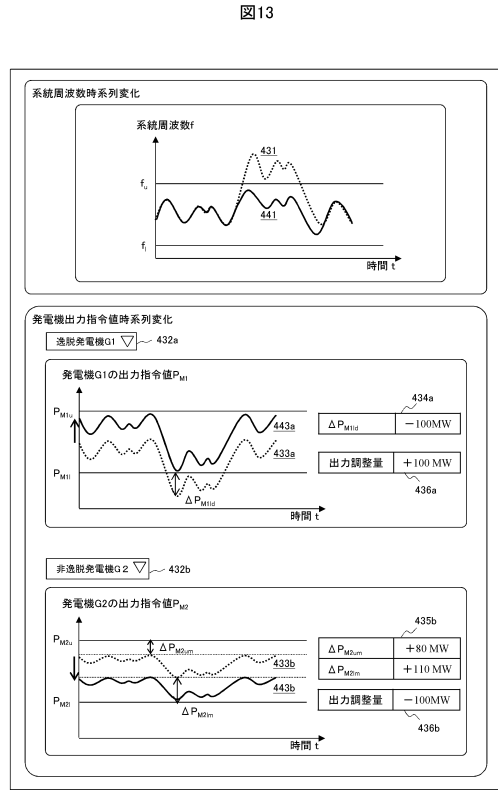
【図11】



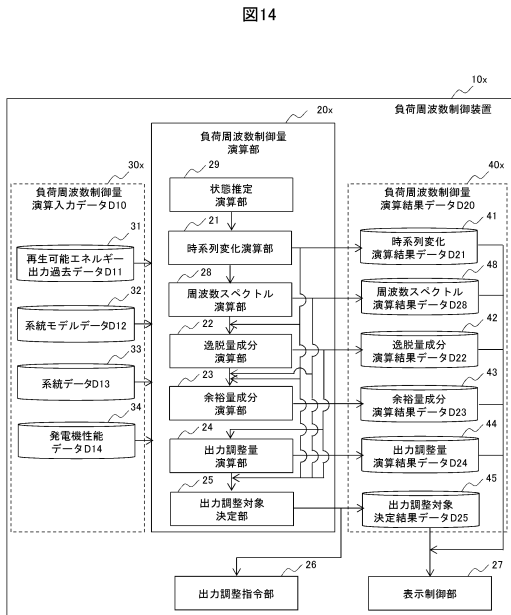
【図12】



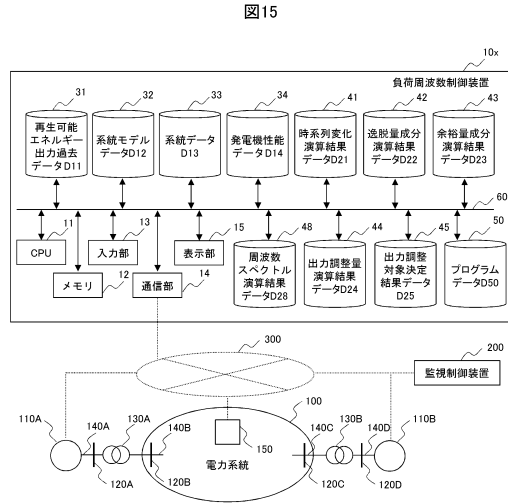
【図13】



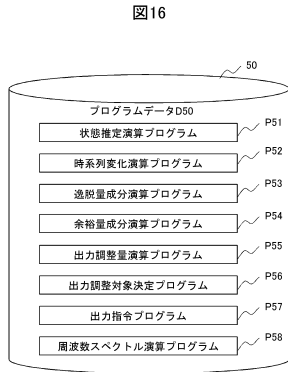
【図14】



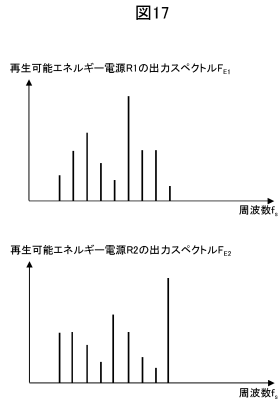
【図15】



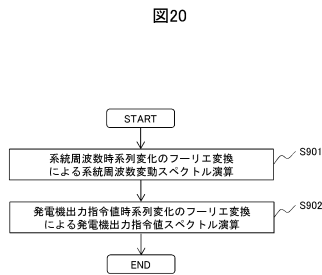
【図16】



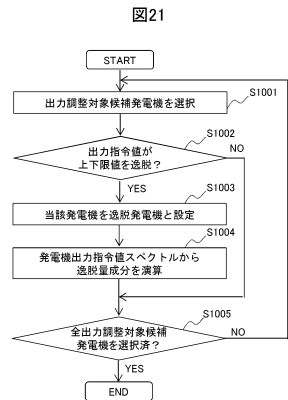
【図17】



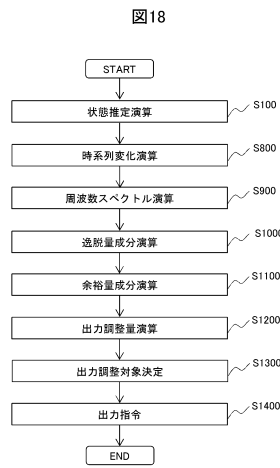
【図20】



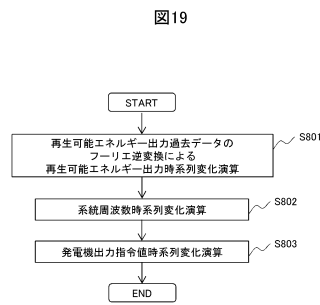
【図21】



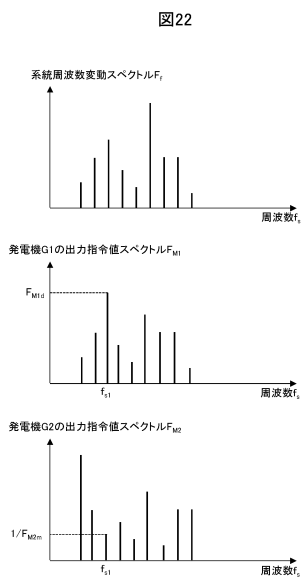
【図18】



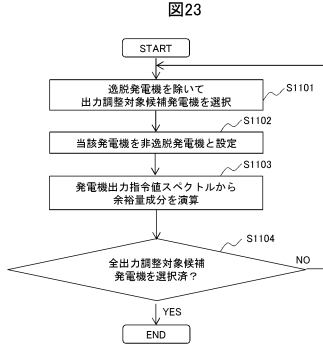
【図19】



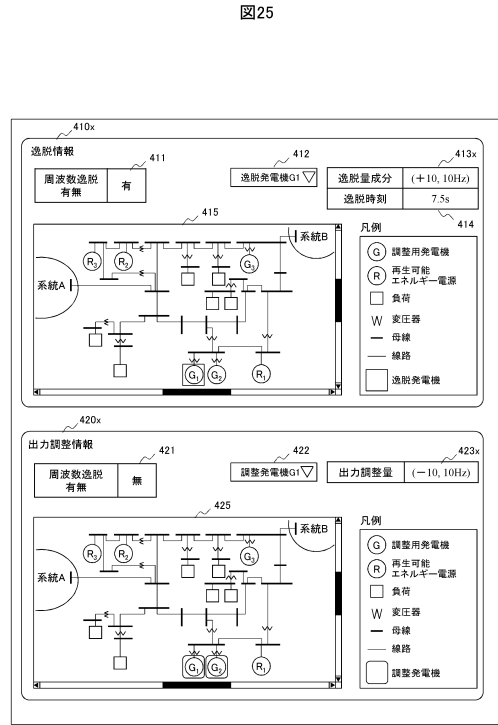
【図22】



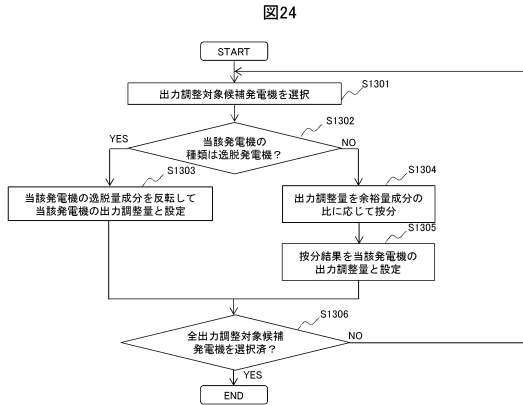
【図23】



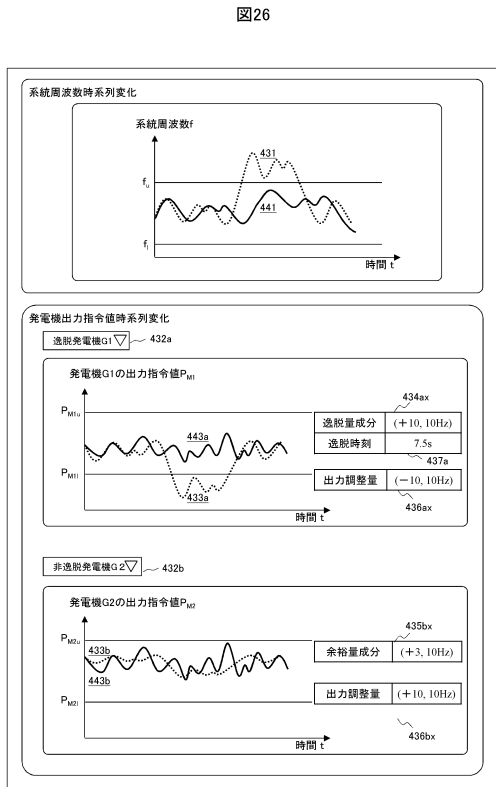
【図25】



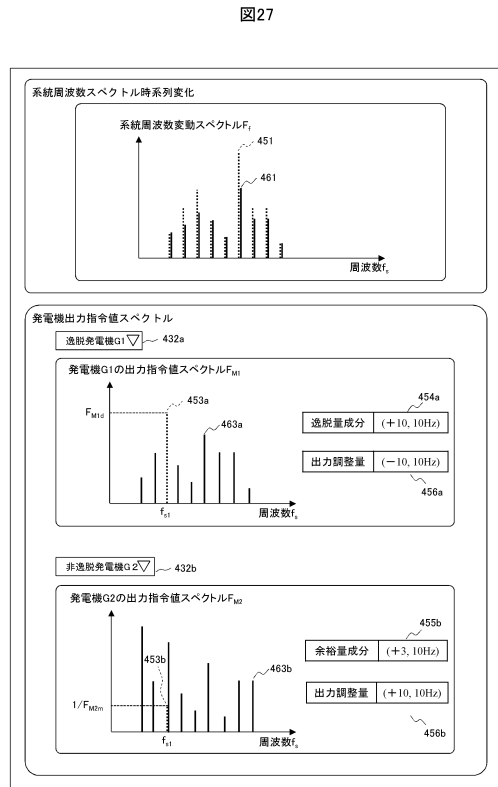
【図24】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 谷津 昌洋

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

審査官 古河 雅輝

(56)参考文献 特許第5465816(JP, B1)

特開2015-061511(JP, A)

特開2013-222423(JP, A)

特開2013-126260(JP, A)

特開2007-009804(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 3/00 - 5/00