

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年3月31日(31.03.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/047203 A1

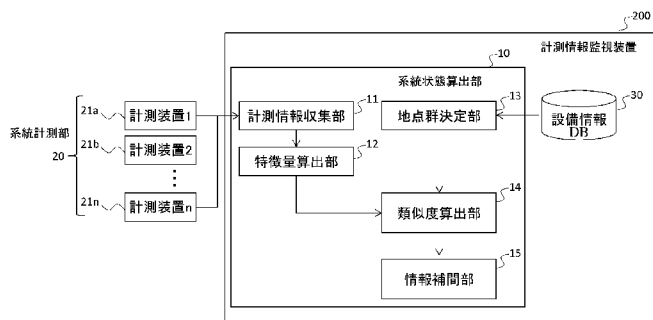
- (51) 国際特許分類:
H02J 13/00 (2006.01) H02J 3/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/065365
- (22) 国際出願日: 2015年5月28日(28.05.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-193905 2014年9月24日(24.09.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山崎 潤(YAMAZAKI, Jun); 〒1008280 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 Tokyo (JP). 谷津 昌洋(YATSU,
Masahiro); 〒1008280 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 Tokyo (JP).
戸邊 澄人(TOBE, Sumito); 〒1008280 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 Tokyo (JP). 友部 修(TOMOBE, Osamu); 〒
1008280 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 Tokyo (JP). 犬塚 達基
(INUDUKA, Tatsuki); 〒1008280 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
Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ウィルフォート国際特許
事務所 (WILLFORT INTERNATIONAL PATENT
FIRM); 〒1030016 東京都中央区日本橋小網町 1
9-7 日本橋TCビル 1階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC POWER SYSTEM MONITORING DEVICE AND ELECTRIC POWER SYSTEM MONITORING SYSTEM

(54) 発明の名称: 電力系統監視装置および電力系統監視システム

図1



- 10 System state calculation unit
- 11 Measurement information collection unit
- 12 Feature quantity calculation unit
- 13 Site group determination unit
- 14 Similarity calculation unit
- 15 Information interpolation unit
- 20 System measurement unit
- 21a Measurement device 1
- 21b Measurement device 2
- 21n Measurement device n
- 30 Facility information database
- 200 Measurement information monitoring device

(57) Abstract: The present invention monitors an electric power system using a time-series measurement value including abnormality. An electric power system monitoring device is provided with: a storage unit that stores facility information indicating a position relationship of a plurality of measurement sites in an electric power system; a reception unit that receives time-series measurement information measured by a measurement device disposed at each of the plurality of measurement sites; and a computation unit that acquires an electrical distance between the plurality of measurement sites on the basis of the facility information, classifies the plurality of measurement sites into at least one measurement site group on the basis of the electrical distance, extracts, with respect to each of the measurement sites in the measurement site group, a frequency component of electric power fluctuation from the measurement information, selects, with respect to a first frequency component which is a frequency component of a first measurement site in the measurement site group, a second frequency component which is a frequency component of a second measurement site in the measurement site group, and calculates a similarity between the first frequency component and the second frequency component.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/047203 A1



ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

異常を含む時系列の計測値を用いて電力系統を監視する。電力系統監視装置は、電力系統内の複数の計測地点の位置関係を示す設備情報を記憶する記憶部と、複数の計測地点の夫々に設けられる計測装置により計測された、時系列の計測情報を受信する受信部と、設備情報に基づいて複数の計測地点の間の電気的距離を取得し、電気的距離に基づいて、複数の計測地点を少なくとも一つの計測地点群に分類し、計測地点群内の計測地点の夫々に対し、計測情報から電力の動揺の周波数成分を抽出し、計測地点群の中の第一計測地点の周波数成分である第一周波数成分に対し、計測地点群の中の第二計測地点の周波数成分である第二周波数成分を選択し、第一周波数成分及び第二周波数成分の間の類似度を算出する演算部と、を備える。

明 細 書

発明の名称： 電力系統監視装置および電力系統監視システム

技術分野

[0001] 本発明は、電力系統監視装置に関する。

背景技術

[0002] 電力系統は、多くの発電機、負荷、送配電機器および制御装置から構成されている。定常状態においては、負荷変動および系統切替などによる微小な外乱が電力系統に加えられる。系統の地絡や短絡のような事故発生時には、大きな外乱が電力系統に加えられる。これらの外乱を原因として、複数の動揺成分を持つ電力動揺が発生する。

[0003] この動揺モード成分が小さい場合又は高速に減衰する場合には、外乱発生後に系統動揺は十分小さい範囲に保たれるため、電力系統は安定な状態にある。しかし動揺が大きくなったり、減衰が収束せず持続や発散する場合は、結果として発電機が停止したり、広域停電が発生したりして、安定運用が不可能となる可能性がある。

[0004] 電力系統規模の拡大とともに、電源容量増大、遠隔地化、偏在化およびこれに伴う送電線の長距離化、重潮流化が進む傾向にある。これらの変化による影響は電力系統の安定度を低下させる方向に働くため、系統故障時の発電機脱調を発端とした大規模電源脱落および広域停電への連鎖的な影響の拡大が懸念される。

[0005] そのため系統の安定度を常時監視し、広域停電への波及を未然に予防、予測するオンラインによる系統安定度評価手法が必要となる。

[0006] 近年、GPS (Global Positioning System) を用いた同期計測により、ほぼリアルタイムに電力系統の母線電圧位相角を測定する位相検出器PMU (Phasor Measurement Unit) が普及しつつある。位相検出器PMUにより計測した系統母線電圧などのオンライン計測値を用いて、電力動揺現象をリアルタイムに把握することが可能になりつつある。

[0007] しかし、計測装置不良、通信遅延などを原因として、PMU計測値には欠損値・異常値が含まれる。欠損値・異常値を含むPMU計測値を用いた系統状態監視の結果として、実際の系統状態と乖離した監視結果が出力される可能性がある。不正確な状態監視結果を用いて電力系統の制御方策を決定すると、結果として不要な制御が実施されたり、系統の安定度が低下し大規模停電に波及したりする可能性がある。

[0008] 上記の課題に対し、状態推定が知られている。例えば、特許文献1には、「電力系統の監視・制御を行なう電力系統用計算機システムにおいて、電力系統各部のデータを収集する収集部と、収集データをもとに最も確からしい電力系統全ての母線電圧の大きさ及び位相角を推定すると共に、この推定された母線電圧の大きさ及び位相角をもとに全系の有効・無効電力潮流及び有効・無効電力注入量、更に皮相電力の内のいずれか1つを求める状態推定部と、この状態推定部での推定結果データをもとに電力系統状態の監視を行なってオンラインデータベースに格納する系統監視処理部と、オンラインデータベースに格納されたデータを用いて各種の処理を行なう各種処理機能とを備えたことを特徴とする電力系統用計算機システム」という記述がある。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開平4－183235号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 近年、太陽光発電や風力発電に代表される再生可能エネルギーが系統に大量導入されつつある。それらの再生可能エネルギーは急峻かつ事前想定困難な発電出力変動を伴い、この結果として、系統特性が大きく変化する可能性がある。例えば、風速がある閾値を超えた場合、機器の安全性を保つために自動的に風力発電を停止し、発電出力をゼロとするカットアウトという動作が発生する。このような事象は、従来の系統においても発生した短絡・地絡

故障と比較して発生頻度が高く、発電機が近接した地域に密集して設置された場合には、複数の発電機において同時発生する可能性が高いと予想される。

[0011] また、電力自由化および発送電分離に伴い、複数の事業者が所有・管理する発電機・系統制御機器が電力系統に多数接続されるようになる。

[0012] 再生可能エネルギー導入量の増大および電力自由化の進展に伴い、事前想定困難な発電出力変動、および系統構成の変更の発生頻度が増大することとなり、系統の状態把握が困難になると予想される。

[0013] 欠損値・異常値を含む複数計測地点における計測値を入力として状態推定を適用することにより、欠損値・異常値を補間することが考えられる。しかし、状態推定は、系統状態がリアルタイムに正確に把握されていることを前提としているため、系統の状態把握が困難な状況において、PMU計測値に含まれる欠損値・異常値を補正することができない。

[0014] 本発明の目的は、異常を含む時系列の計測値を用いて電力系統を監視することである。

課題を解決するための手段

[0015] 上記課題を解決するために、本発明の一態様である電力系統監視装置は、電力系統の状態を監視する電力系統監視装置であって、前記電力系統内の複数の計測地点の位置関係を示す設備情報を記憶する記憶部と、前記複数の計測地点の夫々に設けられる計測装置により計測された、時系列の計測情報を受信する受信部と、前記設備情報に基づいて前記複数の計測地点の間の電氣的距離を取得し、前記電氣的距離に基づいて、前記複数の計測地点を少なくとも一つの計測地点群に分類し、前記計測地点群内の計測地点の夫々に対し、前記計測情報から電力の動揺の周波数成分を抽出し、前記計測地点群の中の第一計測地点の周波数成分である第一周波数成分に対し、前記計測地点群の中の第二計測地点の周波数成分である第二周波数成分を選択し、前記第一周波数成分及び前記第二周波数成分の間の類似度を算出する演算部と、を備える。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本実施形態の計測情報監視装置の機能構成を示す。
- [図2]本実施形態の計測情報監視システムの構成を示す。
- [図3]情報補間処理を示す。
- [図4]地点群決定処理を示す。
- [図5]ノード情報を示す。
- [図6]送電線情報を示す。
- [図7]計測地点情報を示す。
- [図8]重要度の概念を示す。
- [図9]特徴量情報テーブルを示す。
- [図10]類似度算出処理を示す。
- [図11]類似度テーブルを示す。
- [図12]補間値算出処理を示す。
- [図13]表示画面を示す。
- [図14]過去動揺情報テーブルを示す。
- [図15]過去動揺情報算出処理を示す。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明に好適な実施形態について説明する。尚、下記はあくまでも実施の例に過ぎず、下記具体的内容に発明自体が限定されることを意図する趣旨ではない。
- [0018] 図1は、本実施形態の計測情報監視装置の機能構成を示す。
- [0019] 本実施形態における計測情報監視装置200は、系統状態算出部10と、情報記憶部30と、を含む。系統状態算出部10は、系統計測部20に接続されている。系統計測部20は、複数の地点の計測情報を計測する。情報記憶部30は、設備情報DB(Database)を格納する。
- [0020] 以下、符号のアルファベットによって要素を区別する必要がない場合、符号のアルファベットを省略することがある。
- [0021] 系統状態算出部10は、計測情報収集部11と、特徴量算出部12と、地

点群決定部 13 と、類似度算出部 14 と、情報補間部 15 と、を含む。

[0022] 計測情報収集部 11 は、系統計測部 20 において計測された計測情報（系統状態量）を、情報通信ネットワークを介して受信し、収集する。

[0023] 系統計測部 20 は、系統内の計測地点における計測情報を計測し、計測情報収集部 11 に送信する。計測情報は、有効電力潮流、無効電力潮流、系統電圧、系統電流、電圧位相の中の少なくとも一つの種別を含む。系統計測部 20 は、複数の計測地点に夫々配置された計測装置 21 a、21 b、・・・、21 n を含む。計測装置 21 は、例えば PMU 等であり、電力に関する定期的な計測を行い、時系列の計測情報を送信する。

[0024] 情報記憶部 30 は、電力系統に連系している系統要素の接続情報を示す設備情報 DB を格納する。設備情報 DB には、計測地点の近傍に連系している発電機、負荷、調相機器など系統内の各ノードに接続される系統要素（電力機器）の特性を示す情報と、各ノード間を接続する送電線のインピーダンス等を示す情報と、複数の計測地点の緯度及び経度やトポロジー等の位置関係を示す情報との何れかが含まれる。これにより、地点群決定部 13 は、計測地点間の電氣的距離を算出することができ、計測地点を電氣的距離で分類することができる。

[0025] 特徴量算出部 12 は、計測情報収集部 11 により収集された計測情報に基づいて、特定の種別の計測情報（計測種別）に対し、計測地点における時系列の計測情報に含まれる電力の動揺の周波数成分の特徴量を示す動揺情報を算出する。

[0026] 地点群決定部 13 は、設備情報 DB に基づいて複数の計測地点の間の電氣的距離を取得し、電氣的距離に基づいて複数の計測地点を少なくとも一つの地点群（計測地点群）に分類する。例えば、地点群決定部 13 は、二つの計測地点の間の電氣的距離が近ければ、二つの計測地点を一つの計測地点群と認識し、二つの計測地点の間の電氣的距離が遠ければ、二つの計測地点を二つの計測地点群と認識する。

[0027] 類似度算出部 14 は、地点群決定部 13 により抽出された複数の計測地点

に対し、特徴量算出部 12 において時系列の計測情報から算出された動揺情報に基づいて、計測地点群内の計測地点の間の類似度を算出する。

[0028] 情報補間部 15 は、類似度算出部 14 により算出された類似度に基づいて、時系列の計測情報に含まれる欠損値・異常値を補間する。

[0029] 図 2 は、本実施形態の計測情報監視システムの構成を示す。

[0030] 図 2 に示すように、本実施形態における計測情報監視システムは、発電機 101 と、変電所 102 と、調相機器 103 と、電力負荷 104 と、外部電力系統 105 と、計測装置 21a、21b、・・・と、情報通信ネットワーク 108 と、計測情報監視装置 200 と、を含む。以下、発電機 101 と、変電所 102 と、調相機器 103 と、電力負荷 104 と、計測装置 21a、21b、・・・を含む電力系統を自系統と呼ぶことがある。

[0031] 発電機 101 は、発電力を生じる発電機であり、火力発電、水力発電、原子力発電、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、潮流発電を含む何れかの発電手法により発電力を生じる発電機である。発電機 101a は、電力系統において変電所 102 の高電圧側に設置される火力発電、水力発電、原子力発電などを含む大規模発電機であり、計測装置 21a および情報通信ネットワーク 108 を通じて発電量を含む系統状態量を計測情報監視装置 200 に送信する。また、発電機 101a は、計測装置 21a および情報通信ネットワーク 108 を通じて計測情報監視装置 200 より送信された制御指令情報を受信し、制御指令情報に応じて発電量を含む系統状態量を変化させる。発電機 101b は、電力系統において変電所 102 の低電圧側に設置される太陽光発電、風力発電、コジェネレーションなどを含む中小規模発電機であり、計測装置 21b および情報通信ネットワーク 108 を通じて発電量を含む系統状態量を計測情報監視装置 200 に送信する。

[0032] 変電所 102 は、電力系統内の送電線間に設置され、大規模発電機である発電機 101a が設置される高電圧側より送電される電力の電圧値を変更し、電力負荷 104 が設置されている低電圧側に送電する。変電所 102 には、電力コンデンサ、分路リアクトルなどの調相機器 103 が接続される。

- [0033] 調相機器 103 は、電力系統内における無効電力を変化させることにより、電力系統内の電圧分布を制御する機器であり、電力コンデンサ、分路リアクトル、STATCOM (Static Synchronous Compensator : 自励式無効電力補償装置)、SVC (Static Var Compensator : 静止型無効電力補償装置)、などを含む。一部の調相機器 103 は、計測装置 21c および情報通信ネットワーク 108 を通じて計測情報監視装置 200 より送信された制御指令情報を受信し、制御指令情報に応じて発電量を含む系統状態量を変化させる。
- [0034] 電力負荷 104 は、電力を消費する電動機や照明器具などを含む施設であり、家庭、工場、ビルなどの施設を表す。
- [0035] 外部電力系統 105 は、計測情報監視装置 200 からの制御が不可能である外部の電力系統であり、連系線により自系統と接続されている。
- [0036] 計測装置 21a、21b、・・・は、発電機 101a における発電量、調相機器 103 における調相量、送電線における潮流値、電圧値、などの系統状態量を計測するセンサを含み、計測した系統状態量を、情報通信ネットワーク 108 を通じて計測情報監視装置 200 に送信する。
- [0037] 情報通信ネットワーク 108 は、双方向にデータを伝送可能なネットワークである。情報通信ネットワーク 108 は、例えば、有線ネットワーク若しくは無線ネットワーク、又はそれらの組合せである。情報通信ネットワーク 108 は、いわゆるインターネットであっても良いし、専用線のネットワークであっても良い。
- [0038] 計測情報監視装置 200 は、図 1 に示す計測情報監視機能を実現するための装置である。計測情報監視装置 200 は、計測装置 21a、21b、・・・において計測された系統状態量を、情報通信ネットワーク 108 を通じて受信する。また、計測情報監視装置 200 は、送信された系統の系統状態量および内部に蓄積された情報を用いて算出した制御指令情報を、情報通信ネットワーク 108 を通じて計測装置 21 に送信する。
- [0039] 計測情報監視装置 200 の内部構成として、CPU (Central Processing

Unit) 201と、表示装置202と、通信手段203と、入力手段204と、メモリ205と、記憶装置206と、がバス線211に接続されている。CPU201は、記憶装置206に格納された計算プログラムを実行して、系統状態の算出や、制御信号の生成、画像データの生成などを行い、画像データを表示装置202に表示させる。メモリ205は、表示用の画像データ、系統状態の算出結果データなどを一旦格納するメモリであり、例えば、RAM (Random Access Memory) などである。通信手段203は、情報通信ネットワーク108を通じて計測装置21から潮流値、電圧値などの系統状態量を取得する。計測情報収集部11は、通信手段203を用いて、複数の計測装置21で計測された時系列の計測情報を受信する。

[0040] 計測情報監視装置200のオペレータ（ユーザ、管理者）は、入力手段204の所定のインタフェースを通じて各種閾値などのパラメータを設定又は変更し、自系統の計測情報監視装置200の動作を適切に設定できる。また、オペレータは、入力手段204の所定のインタフェースを通じて確認したいデータの種別を選択し、表示装置202に表示させることができる。

[0041] 記憶装置206は、各種プログラムおよびデータを保持する。記憶装置206は、例えば、HDD (Hard Disk Drive) 又はフラッシュメモリ等である。記憶装置206は、例えば、後述する各種機能を実現し得るプログラムおよびデータ等を保持する。記憶装置206に記憶されているプログラムおよびデータは、必要に応じてCPU201に読み出されて実行される。なお、記憶装置206は、情報記憶部30を実現し、各種のデータベース (DB) を格納する。

[0042] ここでは、計測情報監視装置200による情報補間処理について説明する。

[0043] 図3は、情報補間処理を示す。

[0044] まず、地点群決定部13は、情報記憶部30に格納された設備情報DBを用いて複数の計測地点から地点群を決定する地点群決定処理を行う (S31)。

- [0045] ここで地点群決定処理について説明する。
- [0046] 図4は、地点群決定処理を示す。
- [0047] 地点群決定部13は、計測情報収集部11により取得された計測情報の計測地点から順に、2個の計測地点を選択する(S51)。
- [0048] 次に、S51において選択された2個の計測地点(計測地点1、計測地点2)間の計測地点間距離を、情報記憶部30に格納された設備情報DBに基づき算出する(S52)。
- [0049] 設備情報DBは、ノード情報と、送電線情報と、計測地点情報とを含む。
- [0050] 図5は、ノード情報を示す。
- [0051] ノード情報は、電力系統におけるノード毎に、ノードを識別するためのノード名称と、当該ノードの位置を示す位置情報と、当該ノードに接続される発電機、電力負荷、調相機器の特性とを含む。この図の例では、ノードAおよびBに発電機が連系している。ノードAにはG1という名称の定格容量が100である火力発電機が連系しており、ノードBにはG2という名称の定格容量が200である風力発電機が連系している。また、この図の例では、ノードAAおよびBBに電力負荷が連系している。ノードAAにはL1という名称の定格容量が1000である住宅が連系しており、ノードBBにはL2という名称の定格容量が2000である工場が連系している。また、この図の例では、ノードAAAおよびBBBのノードに調相機器が連系している。ノードAAAにはD1という名称の定格容量が10であるSC(Static Condenser: 電力用コンデンサ)が連系しており、ノードBBBにはD2という名称の定格容量が20であるShR(Shunt Reactor: 分路リアクトル)が連系している。
- [0052] 図6は、送電線情報を示す。
- [0053] 送電線情報は、電力系統における送電線毎に、送電線を識別するための送電線名称と、当該送電線の両端のノードを示す両端ノードと、当該送電線の正相抵抗、正相リアクタンス、及び正相キャパシタンスとを含む。この図の例では、送電線aが、ノードAとノードBの間に存在し、送電線aの正相抵

抗が0.01、正相リアクタンスが0.2、正相キャパシタンスが0.1である。

[0054] 図7は、計測地点情報を示す。

[0055] 計測地点情報は、電力系統内の計測地点毎に、二つの計測地点の識別情報と、それらの間の計測地点間距離とを含む。計測地点とは、計測装置21a、21b、・・・が接続される地点を示す。この図の例では、計測地点の識別情報は、計測装置21を示す計測地点名称と、ノード情報に含まれるノード名称とを含む。PMU1という計測地点名称の計測地点はノードAに接続されており、PMU2という計測地点名称の計測地点はノードBに接続されている。また、計測地点間距離は、2つの計測地点の間の電氣的距離と、2つの計測地点の近傍に連系された発電機、電力負荷、調相機器などの系統要素とに基づいて算出される値である。例えば、計測地点間距離Dは以下の(数式14)により算出される。

[0056] [数1]

$$D = \alpha d + \sum_{i=1}^n \beta_i C_i \cdots \quad (\text{数式 1})$$

[0057] ここで、Dは2つの計測地点の間のインピーダンスに比例する電氣的距離を示す。nは2つの計測地点の何れかから、ある閾値で定める電氣的距離の範囲内に連系される発電機、電力負荷、調相機器などの系統要素の数を示す。C_iは2つの計測地点の何れかから、ある閾値で定める電氣的距離の範囲内に連系されるi番目の系統要素の定格容量を示す。α、β_iは係数を示す。二つの計測地点の間の電氣的距離を用いることにより、二つの計測地点の動揺成分が同一であるか否かを判定することができる。

[0058] これらの設備情報DBの図に示されたデータ構成は一例であり、情報記憶部30は、さらに詳細な設備情報を格納しても良い。例えば、ノード情報は、火力発電機が連系するノードの情報として、ガバナ定数などの発電機動特性を含んでも良い。また、ノード情報は、風力発電機などの自然エネルギーによる発電機が連系するノードの情報として、過去の履歴を用いた統計分析

により算出した確率的な発電量変動特性を含んでも良い。また、計測地点情報における計測地点間距離の算出において、地点群決定部13は、(数式1)の係数 β_i を、上記の発電機動特性に基づき定めて良い。また、地点群決定部13は、インピーダンスや発電機、電力負荷、調相機器などの系統要素の情報を用いず、ノード情報に含まれる緯度経度情報を用いて、計測地点間の距離を算出して、その値を計測地点間距離Dとして良い。

[0059] ここで地点群決定処理の説明に戻る。

[0060] 次に、地点群決定部13は、計測情報収集部11により取得された計測情報の計測地点について、全ての2地点の組合せについて計測地点間距離を算出したかどうかを判断する(S53)。計測地点間距離を算出していない計測地点の組合せがある場合(N)、地点群決定部13は、別の2計測地点についてS51、S52、S53を繰り返す。全ての2地点の組合せについて計測地点間距離を算出したと判定された場合(Y)、地点群決定部13は、算出された計測地点間距離を用いて地点群を決定し(S54)、このフローを終了する。例えば、地点群決定部13は、計測地点間距離を用いて、最短距離法、ワード法、k-means法、ベクトル量子化法に代表されるクラスタリング手法を用いて計測地点をクラスタに分類し、得られた各クラスタを地点群として決定する。

[0061] ここで情報補間処理の説明に戻る。

[0062] S31の後、特徴量算出部12は、系統計測部20により計測された複数地点の時系列の計測情報の夫々における周波数成分の特徴量を動揺情報として算出する(S32)。ここで、系統計測部20により計測された複数地点の計測情報は、有効電力潮流、無効電力潮流、系統電圧、系統電流、電圧位相のうち少なくとも一つの計測種別の情報を含む。特徴量として、動揺周波数、減衰係数、振幅、初期位相等が用いられてもよい。計測情報監視装置200は、特定の一つの計測種別に対して計測情報判別処理を行ってもよいし、複数の計測種別に対して計測情報判別処理を行ってもよい。本処理において特徴量算出部12は、周波数解析に用いるアルゴリズム、すなわち、フー

リエ解析、ウェーブレット解析、プロローニー法、Matrix Pencil法、HTLS (Hankel Total Least Squares) 法を例とするアルゴリズムのうちの少なくとも一つを適用する。

[0063] 以下、プロローニー法による動揺情報算出アルゴリズムについて説明する。

[0064] 解析窓幅のデータ数 N 、モード次数 n は、事前に設定される。

[0065] 特徴量算出部 12 は、各地点の計測情報である入力データ $y(k)$ ($k = 0, 1, \dots, N-1$) を用いて、以下の (数式 2) ~ (数式 5) から、行列 $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T$ を算出する。ただし、上付き文字の "T" は転置行列を、上付き文字の "-1" は逆行列を示す。

[0066] [数2]

$$a = (X^T X)^{-1} X^T y \dots \text{(数式 2)}$$

[数3]

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} \dots \text{(数式 3)}$$

[数4]

$$X = \begin{bmatrix} y^{(n-1)} & y^{(n-2)} & \dots & y^{(0)} \\ y^{(n)} & y^{(n-1)} & \dots & y^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y^{(N-2)} & y^{(N-3)} & \dots & y^{(N-n-1)} \end{bmatrix} \dots \text{(数式 4)}$$

[数5]

$$y = \begin{bmatrix} y^{(n)} \\ y^{(n+1)} \\ \vdots \\ y^{(N-1)} \end{bmatrix} \dots \text{(数式 5)}$$

[0067] 特徴量算出部 12 は、(数式 2) ~ (数式 5) から、算出した a_1, a_2, \dots, a_n を以下の (数式 6) に代入する。その後、特徴量算出部 12 は、(数式 6) の Z に、(数式 7) 及び (数式 8) の形式で表される Z_i を代入し、固有値 λ_i 、減衰係数 (減衰率) σ_i [$1 / \text{sec}$]、動揺周波数 f_i [Hz] =

$\omega_i / 2\pi$ を算出する。ここで Δt はサンプリング周期を表す。

[0068] (数式6)は、 Z_i を解とする n 次の多項式(特性方程式)であり、 n 個の Z_i 、 σ_i 、 f_i がそれぞれ解として求められる。

[0069] [数6]

$$Z^n - (a_1 Z^{n-1} + a_2 Z^{n-2} + \dots + a_n Z^0) = 0 \dots \text{(数式 6)}$$

[数7]

$$Z_i = \exp(\lambda_i \Delta t) \dots \text{(数式 7)}$$

[数8]

$$\lambda_i = \sigma_i + \omega_i j \dots \text{(数式 8)}$$

[0070] 特徴量算出部12は、入力データ $y(k)$ ($k=0, 1, \dots, N-1$)、および算出した Z_i ($i=1, 2, \dots, n$)を用いて、以下の(数式9)～(数式12)から、行列 $b = (B_1, B_2, \dots, B_n)^T$ を算出する。

[0071] [数9]

$$b = (Z^T Z)^{-1} Z^T w \dots \text{(数式 9)}$$

[数10]

$$b = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} \dots \text{(数式 10)}$$

[数11]

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1^0 & Z_2^0 & \dots & Z_n^0 \\ Z_1^1 & Z_2^1 & \dots & Z_n^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_1^{N-1} & Z_2^{N-1} & \dots & Z_n^{N-1} \end{bmatrix} \dots \text{(数式 11)}$$

[数12]

$$w = \begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ \vdots \\ y(N-1) \end{bmatrix} \dots \text{(数式 12)}$$

[0072] 特徴量算出部 12 は、(数式 9) ~ (数式 12) から算出した B_1, B_2, \dots, B_n から、(数式 12) で表される絶対値 R_i 、偏角 θ_i を求める。このとき、絶対値 R_i が振幅を、偏角 θ_i が初期位相を意味する。

[0073] [数13]

$$B_i = R_i \exp(j\theta_i) \cdot \dots \quad (\text{数式 13})$$

[0074] 以上の処理により、動揺周波数、減衰係数、振幅、初期位相を含む動揺情報が得られる。動揺情報が、動揺周波数、減衰係数、及び振幅の一つを含むことにより、各計測地点における動揺成分を表すことができる。また、このような動揺情報を用いることにより、類似する動揺成分を表すことができる。

[0075] 図 8 は、重要度の概念を示す。

[0076] ここで、 J_{ijk} を計測地点 i における動揺情報 j 及び計測種別 k の重要度とし、 x_{ijk} を計測地点 i における動揺情報 j で計測種別 k の計測情報とし、 t_1 、 t_2 ($t_1 < t_2$) を事前に指定する時刻とし、 B_{ijk} を数式 13 により算出された動揺の振幅とし、 σ_{ijk} を数式 8 により算出された減衰係数とする。類似度算出部 14 は、動揺情報毎の重要度 J_{ijk} を数式 14 より算出する。

[0077] [数14]

$$J_{ijk} = \int_{t_1}^{t_2} |B_{ijk} \exp(\sigma_{ijk} t)| dt \\ = \frac{|B_{ijk}| \{ \exp(\sigma_{ijk} t_2) - \exp(\sigma_{ijk} t_1) \}}{\sigma_{ijk}} \cdot \dots \quad (\text{数式 14})$$

[0078] ここで、解析の基準とする時刻を 0 と定義し、 $0 > t_2 > t_1$ と設定すると、解析基準時刻より過去の動揺情報の重要度が算出される。同様に、 $t_2 > 0 > t_1$ と設定すると、解析基準時刻を含む現在の動揺情報の重要度が算出され、 $t_2 > t_1 > 0$ と設定すると、解析基準時刻より将来の動揺情報の重要度が算出される。例えば、 $t_2 > t_1 > 0$ と設定することにより、或る計測地点における将来の動揺成分の時間変化を予測し、予測された動揺成分に基づいて重要度を算出し、その重要度により、その計測地点が将来、不安定になるか否かを判定することができる。重要度に振幅及び減衰係数を用い

ることにより、将来の重要度を予測することができる。

[0079] 数式 15 の定義により重要度 J_{ijk} を算出することで、振幅 B_{ijk} が大きく、かつ減衰係数 σ_{ijk} が悪い（減衰係数 σ_{ijk} が大きい）動揺情報の重要度が大きくなる。ここで、数式 15 による重要度の代わりに、振幅 B_{ijk} あるいは減衰係数 σ_{ijk} 自体の値を重要度として定義しても良い。

[0080] 図 9 は、動揺情報テーブルを示す。

[0081] 動揺情報テーブルは、動揺情報毎のエントリを有する。一つの動揺情報に対応するエントリは、当該動揺情報を識別するための動揺識別情報（図中の動揺名称）と、当該動揺情報により表される動揺の特性を示す動揺特性とを含む。動揺識別情報は、入力データに対応する計測地点の名称と、当該動揺情報のモード（次数）を示す動揺情報番号（No.）とを含む。上記のフローニー法を用いて動揺情報が算出される場合、1 計測地点の 1 種別の計測情報につき、モード次数 n と同数の動揺情報が算出される。従って、 p 個の地点（ $p \geq 1$ ）の各地点において、 q 個の種別（ $q \geq 1$ ）の計測情報を使用した場合、 $n \times p \times q$ 個の動揺情報が算出される。動揺特性は、算出された動揺周波数、減衰係数、振幅、初期位相、重要度を含む。

[0082] ここで情報補間処理の説明に戻る。

[0083] S 3 2 の後、類似度算出部 1 4 は、特徴量算出部 1 2 により算出された動揺情報と、地点群決定部 1 3 により決定された地点群とに基づいて、地点群に含まれる二つの計測地点の動揺情報の間の類似度を算出する類似度算出処理を行う（S 3 3）。

[0084] 図 1 0 は、類似度算出処理を示す。

[0085] まず、類似度算出部 1 4 は、地点群決定部 1 3 により決定された地点群の一つを選択し、選択された地点群内の計測地点から 2 地点を選択する（S 8 1）。以下の説明では、選択された 2 地点を地点 1 および地点 2 と呼ぶ。

[0086] 次に、類似度算出部 1 4 は、地点 1 の動揺情報の一つを第一動揺情報として選択し、地点 2 の動揺情報の中から、地点 1 の選択された動揺情報と類似する動揺情報を第二動揺情報として選択し、動揺情報に含まれる特徴量に基

づいて、第一動揺情報と第二動揺情報の間の類似度を算出する（S 8 2）。

[0087] 類似度算出部 1 4 は、第一動揺情報に対して必要条件を満たす地点 2 の動揺情報を第二動揺情報候補として選択する。必要条件は例えば、第一動揺情報と地点 2 の動揺情報の間で、動揺周波数の差分が予め定められた動揺周波数差分閾値未満であり、且つ減衰係数の差分が予め定められた減衰係数差分閾値未満であることである。更に、類似度算出部 1 4 は、第二動揺情報候補の中から一つの第二動揺情報を選択する。例えば、類似度算出部 1 4 は、第二動揺情報候補の中から、第一動揺情報と第二動揺情報候補の間で、動揺周波数の差分と減衰係数の値の差分とが最小となる第二動揺情報候補を第二動揺情報として選択する。

[0088] 類似度は、第一動揺情報とそれに類似する第二動揺情報との組合せに対して 1 つ算出され、動揺の大きさを示す値である。例えば、類似度算出部 1 4 は、S 3 2 で算出された第一動揺情報及び第二動揺情報の重要度の和を、類似度として算出する。なお、類似度は、第一動揺情報及び第二動揺情報の重要度の積であってもよい。このような類似度を算出方法によれば、第一動揺情報及び第二動揺情報の両方の重要度が高くなると、類似度が高くなる。

[0089] 図 1 1 は、類似度テーブルを示す。

[0090] この例では、動揺周波数が 0. 1 8 である動揺情報として、計測地点 PMU 1 における No. 1 の動揺が存在している。更にこの例は、類似度算出部 1 4 が、地点 1 として計測地点 PMU 1 を選択し、計測地点 PMU 1 における No. 1 の動揺情報を選択し、地点 2 として計測地点 PMU 2 を選択し、計測地点 PMU 2 における No. 2 の動揺情報を選択したことを示す。類似度テーブルにおいて、地点 1、地点 2 の動揺情報の夫々は、周波数成分の特徴量として動揺周波数、減衰係数、振幅、初期位相を含む。さらに、地点 2 の動揺情報は、各周波数成分の特徴量について、地点 1 における動揺情報との差分を含む。例えば、計測地点 PMU 2 における No. 1 の動揺において動揺周波数は 0. 1 9 であり、計測地点 PMU 1 における No. 1 の動揺における動揺周波数に対して、差分が + 0. 0 1 であることを示している。第

一動揺情報に必要な条件を満たす第二動揺情報候補がない場合、類似度テーブルは、第一動揺情報に対して、第二動揺情報が存在しないことを示す。このとき、類似度テーブルには、第二動揺情報の値が格納されず、ハイフン「-」が格納される。類似度テーブルは、さらに、第一動揺情報と第二動揺情報の間の類似度を格納する。

[0091] 次に、類似度算出部14は、S81において選択された地点1における全ての動揺情報に対する処理を終了したか否かを判定する(S83)。処理を終了していないと判定された場合(No)、類似度算出部14は、地点1における別の動揺情報についてS82を繰り返す。処理を終了したと判定された場合(Yes)、類似度算出部14は、全ての地点群の中の全ての2地点の全ての動揺情報の組合せについて処理を終了したか否かを判定する(S84)。処理を終了していないと判定された場合(No)、類似度算出部14は、別の2地点についてS81、S82、S83を繰り返す。処理を終了したと判定された場合(Yes)、類似度算出部14は、このフローを終了する。

[0092] 以上の処理により、2地点間の類似度を算出する。

[0093] ここで情報補間処理の説明に戻る。

[0094] S33の後、情報補間部15は、類似度算出部14により算出された類似度を用いて、補間値を算出する補間値算出処理を行う(S34)。

[0095] ここで補間値算出処理について説明する。

[0096] 図12は、補間値算出処理を示す。

[0097] まず、情報補間部15は、補間値を算出する計測地点である対象計測地点を選択する(S101)。例えば、情報補間部15は、計測地点における計測値の数に対するその計測地点における欠損値及び異常値の数である含有率を算出し、含有率が所定の含有率閾値を超える計測地点を、対象計測地点として選択する。また、オペレータが対象計測地点を随時選択し、計測情報監視装置200へ入力しても良い。これにより、情報補間部15は、計測情報が予め定められた異常条件を満たす計測地点を選択し、その計測情報を補間

することができる。

[0098] 次に、情報補間部15は、補間値算出処理における使用条件を設定する（S102）。例えば、情報補間部15は、補間値算出に用いられる動揺情報数を、使用条件として設定する。また、情報補間部15は、類似度の下限値である類似度下限値を使用条件として設定しても良い。

[0099] 次に、情報補間部15は、S101で選択された対象計測地点の動揺情報に対し、類似する動揺情報を選択する（S103）。例えば、情報補間部15は、使用条件が動揺情報数である場合、類似度が高い方から順番に、動揺情報数だけ動揺情報を選択する。また、使用条件が類似度下限値である場合、類似度が類似度下限値よりも大きい動揺情報を全て選択する。

[0100] 次に、情報補間部15は、S103で選択された動揺情報を用いて、類似する動揺情報より補間値を算出する（S104）。このとき、情報補間部15は、次の数式に基づいて補間値を算出する。

[0101] [数15]

$$y(t) = \sum_i R_i \exp(j\theta_i) \exp((\sigma_i + 2\pi f_i)t) \cdot \cdot \cdot \quad (\text{数式 15})$$

[0102] ここで、 $y(t)$ は補間値であり、 t は時刻であり、 i はS103で選択された類似する動揺情報のインデックスであり、 R_i は動揺情報 i の振幅であり、 θ_i は動揺情報 i の初期位相であり、 σ_i は動揺情報 i の減衰係数であり、 f_i は動揺情報 i の動揺周波数である。即ち、対象計測地点の計測情報を、類似する周波数成分を用いて表すことにより、対象計測地点の任意の時刻の計測情報を補間することができる。また、対象計測地点の動揺情報に対する類似度が、予め定められた類似度条件を満たす動揺情報を選択し、選択された動揺情報に基づいて、対象計測地点の計測情報の特定時刻の計測情報を算出することにより、算出の精度を高めることができる。ここで類似度条件を満たす動揺情報は、類似度が高い方から動揺情報数までの動揺情報や、類似度が類似度下限値以上である動揺情報等である。

[0103] 以下、計測情報監視装置200の表示画面について説明する。

- [0104] 図13は、表示画面を示す。
- [0105] 情報補間部15は、表示画面を表示装置202に表示させる。表示画面は、左側の欄に配置された系統図表示部410と、右上の欄に配置された動揺情報表示部420と、右下の欄に配置された時系列表示部430とを含む。
- [0106] 系統図表示部410は、S31で決定された地点群に含まれる計測地点を系統図上で表示する。この例の系統図表示部410は、系統図上に計測地点PMU1～PMU5を表示する。さらに、系統図表示部410は、S32で算出された動揺情報、およびS33にで算出された計測地点間の類似度に基づき、破線あるいは一点鎖線で囲んだ領域で、類似する計測地点の組合せを表す。この例では、PMU1、PMU2、PMU3が類似する計測地点の組み合わせとして表され、PMU1、PMU3、PMU5が類似する計測地点の組み合わせとして表されている。類似する計測地点の組み合わせは、類似度条件を満たす動揺情報の組み合わせであってもよいし、動揺情報の差分が予め定められた閾値より小さいことであってもよいし、一つの地点群に含まれていることであってもよい。このような表示によれば、オペレータは、地点群や、類似する計測地点や、補間に用いられる計測地点等を確認することができる。
- [0107] 動揺情報表示部420は、S32で算出された動揺情報やS33で算出された計測地点間の類似度等の詳細、および広域動揺現象に影響を及ぼす近隣地域にて発生した地絡・短絡故障情報、発電機脱落情報等を表示する。動揺情報表示部420は、S32で算出した重要度の高い動揺情報を優先的に表示する。
- [0108] 時系列表示部430は、対象計測地点の補間前の時系列の計測情報、および補間後の時系列の計測情報をグラフ上に表示する。補間前の時系列の計測情報は例えば、欠損値や異常値を含む。時系列の計測情報の表示時間帯として、最新情報および過去情報のいずれかがオペレータにより選択される。対象計測地点は、オペレータにより選択されてもよいし、情報補間部15により欠損値・異常値の含有率に基づいて選択されてもよい。時系列表示部43

0は、動揺情報に含まれる動揺周波数、減衰係数の時系列データを表示しても良い。このような表示によれば、オペレータは、補間前の計測情報が補間されていることを確認することができる。

[0109] 以下、特徴量算出部12による重要度の算出方法の変形例について説明する。

[0110] 前述のS32において特徴量算出部12は、過去の動揺情報を参照し、過去の動揺情報の中から、現在の動揺情報の計測地点群の状況に対応する過去の動揺情報を選択し、選択された過去の動揺情報の動揺成分の継続時間を考慮して重要度 J_{ijk} を算出しても良い。例えば、特徴量算出部12は、過去の動揺情報において、同じ動揺周波数を持つ動揺成分が継続して存在する期間が予め定められた期間閾値以上である場合、算出された重要度 J_{ijk} をより大きく設定し、同じ動揺周波数を持つ動揺成分が継続して存在する期間が期間閾値以下である場合、算出された重要度 J_{ijk} をより小さく設定して良い。このように重要度 J_{ijk} を定めることにより、瞬間的に系統動揺に含まれるノイズの影響による動揺を排除し、定常的に存在する動揺成分を優先的に監視することができる。

[0111] 図14は、過去動揺情報テーブルを示す。

[0112] 過去動揺情報テーブルは、事例毎のエントリを有する。一つの事例のエントリは、事例を示す事例詳細と、その事例に対応する少なくとも一つの動揺情報を含む。事例詳細は、時刻、日付又は曜日、月又は季節、イベント種別等を含む。動揺情報は、動揺番号、動揺周波数、重要度、計測地点、減衰係数、振幅、初期位相を含む。

[0113] 特徴量算出部12は、過去の動揺情報を事例毎に分類し、統計処理した情報を、過去動揺情報として情報記憶部30に格納する。特徴量算出部12は、動揺情報の算出に用いた計測情報の時刻、日付、曜日、月、季節、イベント種別の情報に基づいて、事例を設定する。

[0114] 特徴量算出部12は、時刻を用いて事例を設定することにより、1日の中の系統内の潮流状況の変動影響を動揺情報の統計処理に反映することができる。

る。この場合の潮流状況の変動は、朝夕の出勤退勤時刻で区切られる勤務時間帯を一例とする1日の中の生活行動を原因としている。この図の例において、事例No. 1では8:00-10:00が、事例No. 2では12:00-14:00が設定されている。

[0115] 特徴量算出部12は、日付または曜日を用いて事例を設定することにより、1週間の中の系統内の潮流状況の変動影響を動揺情報の統計処理に反映することができる。この場合の潮流状況の変動は、平日および休日を一例とする曜日毎の生活行動を原因としている。この図の例において、事例No. 1では土日が、事例No. 2では月-金が設定されている。

[0116] 特徴量算出部12は、月または季節を用いて事例を設定することにより、1年間の中の系統内の潮流状況の変動影響を動揺情報の統計処理に反映することができる。この場合の潮流状況の変動は、夏季における冷房需要、冬季における暖房需要を一例とする月または季節毎の生活行動を原因としている。この図の例において、事例No. 1では3月-5月が、事例No. 2では7月-9月が設定されている。

[0117] 特徴量算出部12は、イベント種別を用いて事例を設定することにより、系統故障、系統切替などのイベントによる系統内の潮流状況の変動影響を動揺情報の統計処理に反映することができる。この図の例において、事例No. 1ではイベントなしが、事例No. 2ではノードAAの1LGが設定されている。

[0118] 特徴量算出部12は、上記の事例の設定方法に加えて、事前に監視対象として設定したノードまたは送電線の潮流量、発電機の発電量、晴れ・曇り・雨の区分または気温情報を含む気象情報、を分類項目とした事例を設定し、動揺情報の統計処理を実施して良い。

[0119] ここでは、特徴量算出部12が過去動揺情報を算出する過去動揺情報算出処理について説明する。

[0120] 図15は、過去動揺情報算出処理を示す。

[0121] まず、特徴量算出部12は、複数時点の計測情報を格納する(S141)

- 。
- [0122] 次に、特徴量算出部12は、格納した計測情報を用いて、複数時点における動揺情報及びその重要度を算出する（S142）。このとき、特徴量算出部12は、前述のS31～S33の工程に従って、動揺情報及びその重要度を算出する。
- [0123] 次に、特徴量算出部12は、事例の分類を設定する（S143）。このとき、特徴量算出部12は、分類項目として、過去動揺情報に示す時刻、日付、曜日、月、季節、イベント種別の情報のうち少なくとも一つを用いる。特徴量算出部12は、使用する分類項目のそれぞれについて、期間の始端及び終端、イベント種別の分類名、あるいは数値情報の最小値・最大値を決定し、分類区分を設定する。
- [0124] 次に、特徴量算出部12は、S143で設定した事例の分類に基づき、事例毎の動揺情報、重要度を算出する（S144）。このとき、特徴量算出部12は、S142で動揺情報、重要度を算出した解析時刻を事例毎に分類し、同一事例に分類された複数時刻における動揺情報および重要度の情報に統計処理を施して算出した代表値を、各事例の動揺情報、重要度とする。特徴量算出部12は、代表値として、動揺情報、重要度毎の平均値、中間値を用いる。
- [0125] 以上が過去動揺情報算出処理である。重要度算出処理において、特徴量算出部12は、過去動揺情報算出処理により算出された過去動揺情報を参照して、解析時刻の電力系統の状況に最も近い事例を、解析時刻の電力系統の状況に対応する事例として抽出し、抽出した事例の重要度を適用してよい。特徴量算出部12は、過去の動揺情報の統計処理結果を用いることにより、解析時刻において系統動揺に含まれる瞬間的なノイズの影響による動揺を排除し、優先的に監視する動揺成分を正確に選択することができる。
- [0126] 以上の実施形態によれば、動揺周波数が近い複数の動揺成分が同時に存在する場合においても、計測地点間の電氣的距離に基づいて、関連する複数の計測地点を抽出することで、異なる動揺成分を区別し、動揺成分毎に安定判

別できるため、高速かつ高精度な安定判別を実現することが可能となる。

[0127] 本発明の表現のための用語について説明する。電力系統監視装置として、計測情報監視装置 200 等が用いられてもよい。計測装置として、計測装置 21 等が用いられてもよい。記憶部として、記憶装置 206 等が用いられてもよい。受信部として、通信手段 203 等が用いられてもよい。演算部として、系統状態算出部 10 等が用いられてもよい。設備情報として、設備情報 DB 等が用いられてもよい。通信線として、情報通信ネットワーク 108 等が用いられてもよい。表示装置として、表示装置 202 等が用いられてもよい。監視装置として、計測情報監視装置 200 等が用いられてもよい。電力系統監視システムとして、計測情報監視システム等が用いられてもよい。

符号の説明

[0128] 10…系統状態算出部 11…計測情報収集部 12…特徴量算出部 13…地点群決定部 14…類似度算出部 15…情報補間部 20…系統計測部 21…計測装置 30…情報記憶部 101…発電機 102…変電所 103…調相機器 104…電力負荷 105…外部電力系統 108…情報通信ネットワーク 200…計測情報監視装置

請求の範囲

- [請求項1] 電力系統の状態を監視する電力系統監視装置であって、
前記電力系統内の複数の計測地点の位置関係を示す設備情報を記憶する記憶部と、
前記複数の計測地点の夫々に設けられる計測装置により計測された、時系列の計測情報を受信する受信部と、
前記設備情報に基づいて前記複数の計測地点の間の電氣的距離を取得し、前記電氣的距離に基づいて、前記複数の計測地点を少なくとも一つの計測地点群に分類し、前記計測地点群内の計測地点の夫々に対し、前記計測情報から電力の動揺の周波数成分を抽出し、前記計測地点群の中の第一計測地点の周波数成分である第一周波数成分に対し、前記計測地点群の中の第二計測地点の周波数成分である第二周波数成分を選択し、前記第一周波数成分及び前記第二周波数成分の間の類似度を算出する演算部と、
を備える電力系統監視装置。
- [請求項2] 前記設備情報は、前記複数の計測地点の夫々の緯度及び経度と、前記複数の計測地点の間のトポロジーと、前記複数の計測地点の間のインピーダンスと、前記複数の計測地点の夫々の近傍に連系している電力機器の特性との、少なくとも何れか一つを示す、
請求項1に記載の電力系統監視装置。
- [請求項3] 前記演算部は、前記周波数成分の動揺周波数、減衰係数、及び振幅の少なくとも何れか一つを、特徴量として算出し、前記第一周波数成分の特徴量と、前記計測地点群内の前記第一計測地点以外の特徴量とを比較し、前記比較の結果に基づいて、前記計測地点群内の前記第一計測地点以外の中から前記第二周波数成分を選択する、
請求項2に記載の電力系統監視装置。
- [請求項4] 前記演算部は、前記第一周波数成分及び前記第二周波数成分の間の類似度が予め定められた類似度条件を満たす場合、前記第二周波数成

分の特徴量に基づいて、前記第一計測地点の特定時刻の計測情報を算出する、

請求項 3 に記載の電力系統監視装置。

[請求項5] 前記演算部は、前記計測地点群の中の各計測地点の各周波数成分に対し、前記周波数成分が前記電力系統の安定度へ与える影響の大きさを示す重要度を、前記特徴量に基づいて算出し、前記第一周波数成分の重要度と、前記第二周波数成分の重要度とに基づいて、前記第一周波数成分及び前記第二周波数成分の間の類似度を算出する、
請求項 4 に記載の電力系統監視装置。

[請求項6] 前記演算部は、前記計測地点群の中から、計測情報内の異常が所定の異常条件を満たす計測地点を、前記第一計測地点として選択する、
請求項 5 に記載の電力系統監視装置。

[請求項7] 前記記憶部は、過去の複数の動揺の周波数成分の重要度を記憶し、
前記演算部は、前記過去の複数の動揺の周波数成分の重要度の中から、前記電力系統の状況に対応する重要度を選択し、前記選択された重要度に基づいて、前記各周波数成分の重要度を算出する、
請求項 5 に記載の電力系統監視装置。

[請求項8] 前記演算部は、前記複数の計測地点の中の二つの計測地点の間の電氣的距離は、前記二つの計測地点の間のインピーダンスに比例する、
請求項 1 に記載の電力系統監視装置。

[請求項9] 前記演算部は、前記設備情報に基づいて、前記電力系統の系統図及び地図の何れかと共に前記第一計測地点と前記第二計測地点を示す画面を表示装置に表示させる、
請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の電力系統監視装置。

[請求項10] 電力系統の状態を監視する電力系統監視システムであって、
前記電力系統内の複数の計測地点に夫々設けられる複数の計測装置と、
通信線を介して前記複数の計測装置に接続される監視装置と、

を備え、

前記監視装置は、

前記電力系統内の複数の計測地点の位置関係を示す設備情報を記憶する記憶部と、

前記複数の計測地点の夫々に設けられる計測装置により計測された、時系列の計測情報を受信する受信部と、

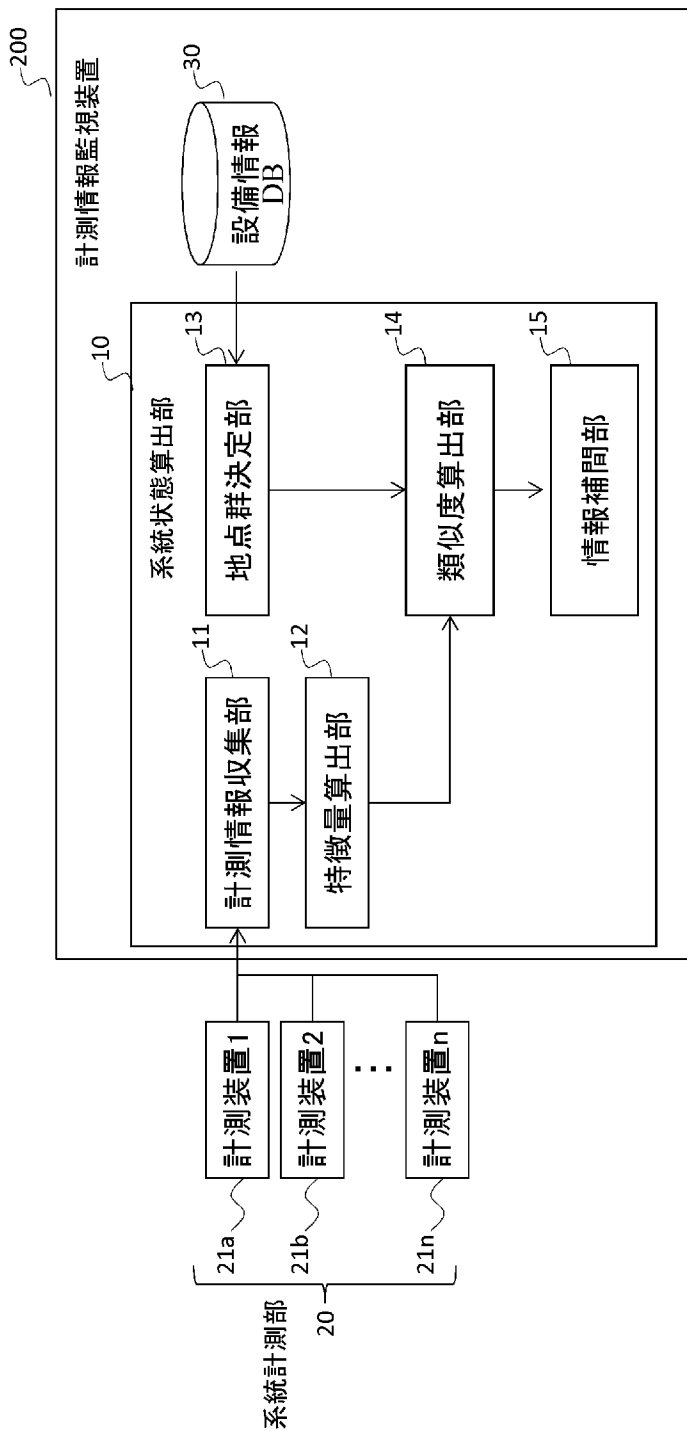
前記設備情報に基づいて前記複数の計測地点の間の電氣的距離を取得し、前記電氣的距離に基づいて、前記複数の計測地点を少なくとも一つの計測地点群に分類し、前記計測地点群内の計測地点の夫々に対し、前記計測情報から電力の動揺の周波数成分を抽出し、前記計測地点群の中の第一計測地点の周波数成分である第一周波数成分に対し、前記計測地点群の中の第二計測地点の周波数成分である第二周波数成分を選択し、前記第一周波数成分及び前記第二周波数成分の間の類似度を算出する演算部と、

を含む、

電力系統監視システム。

[図1]

図1



[図2]

計測情報監視システム

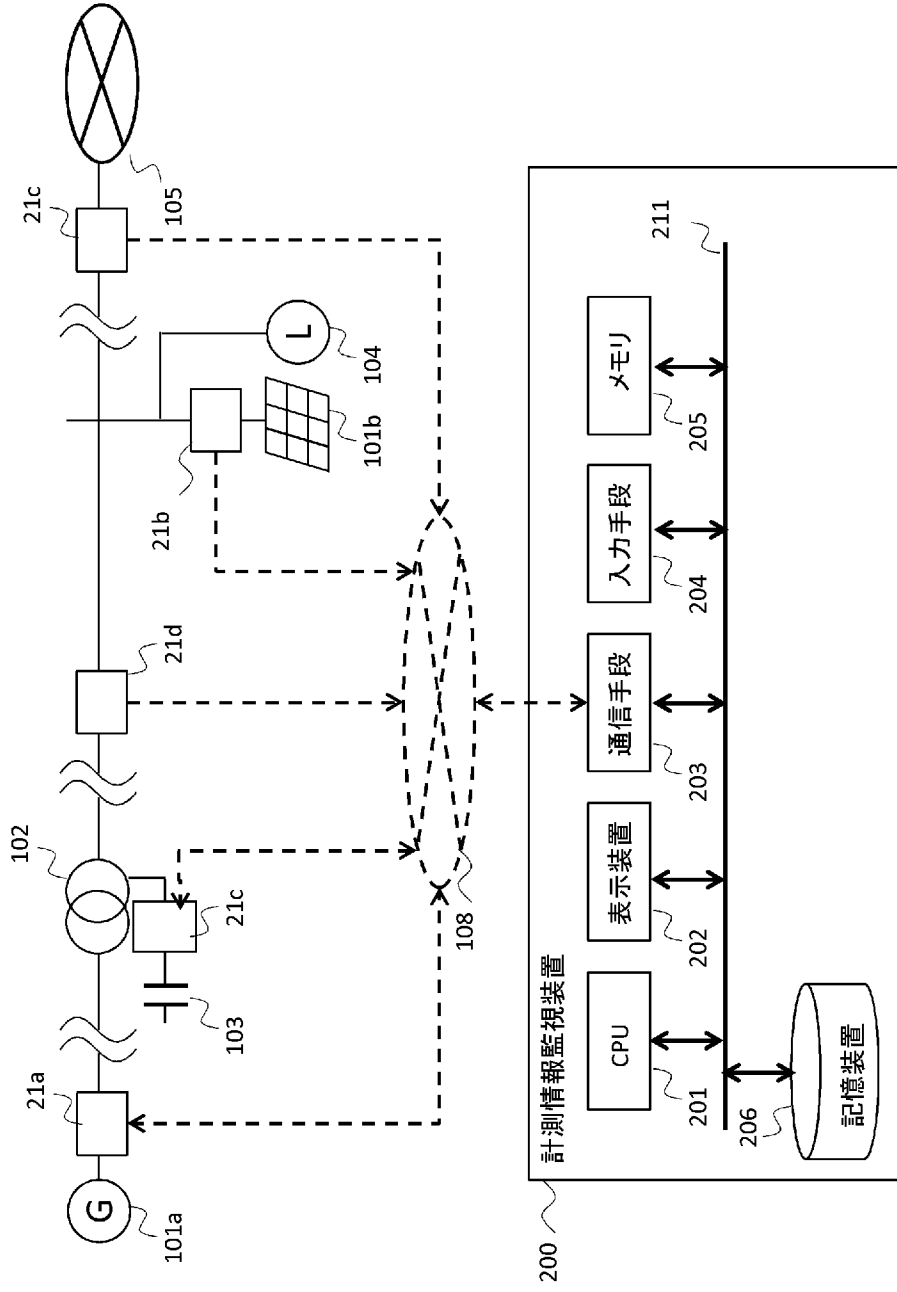
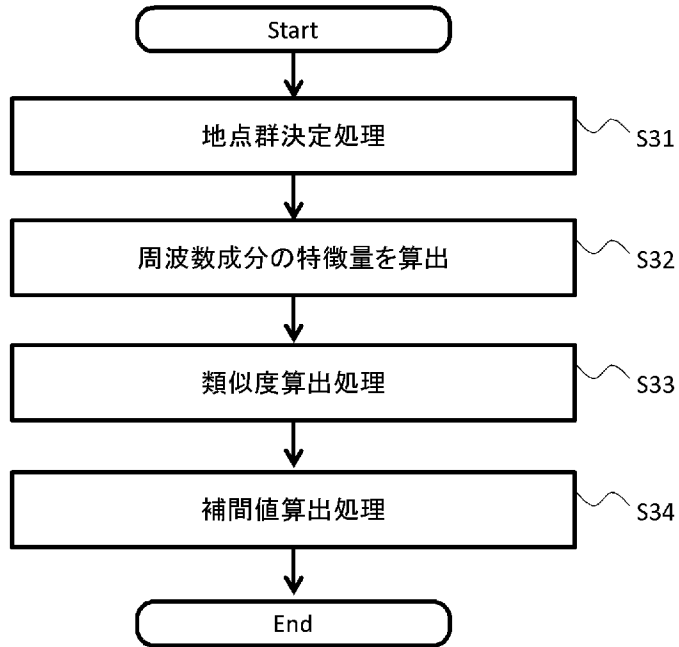


図2

[図3]

図3

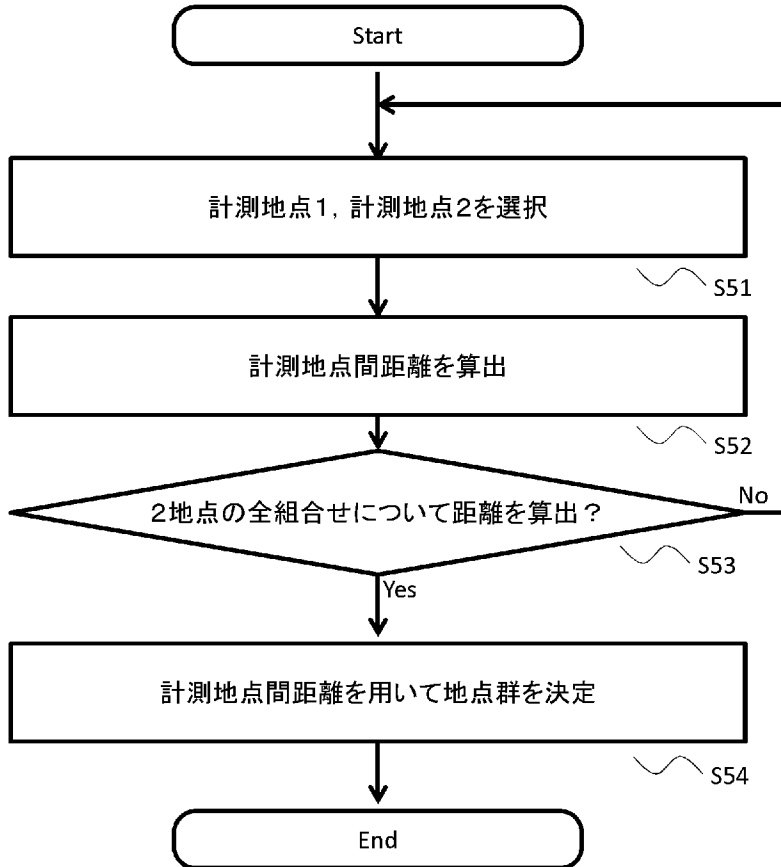
情報補間処理



[図4]

図4

地点群決定処理



[図6]

図6

送電線情報

送電線 名称	両端ノード		正相抵抗 R	正相 リアクタンス X	正相 キャパシタンス C
	A	B			
a	A	B	0.01	0.2	0.1
b	B	C	0.02	0.5	0.2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図7]

図7

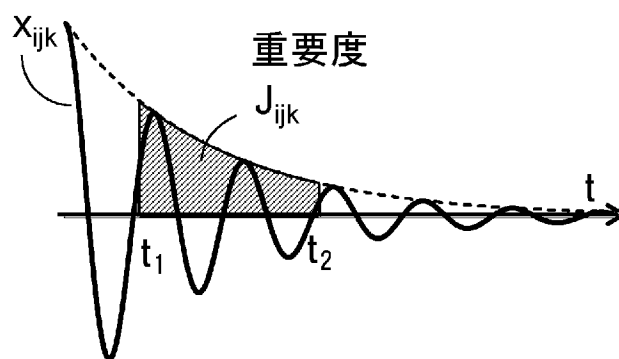
計測地点情報

計測地点1		計測地点2		計測地点間 距離
計測地点名	ノード名	計測地点名	ノード名	
PMU1	A	PMU2	B	15
PMU1	A	PMU3	C	40
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図8]

図8

計測情報



[図9]

図9

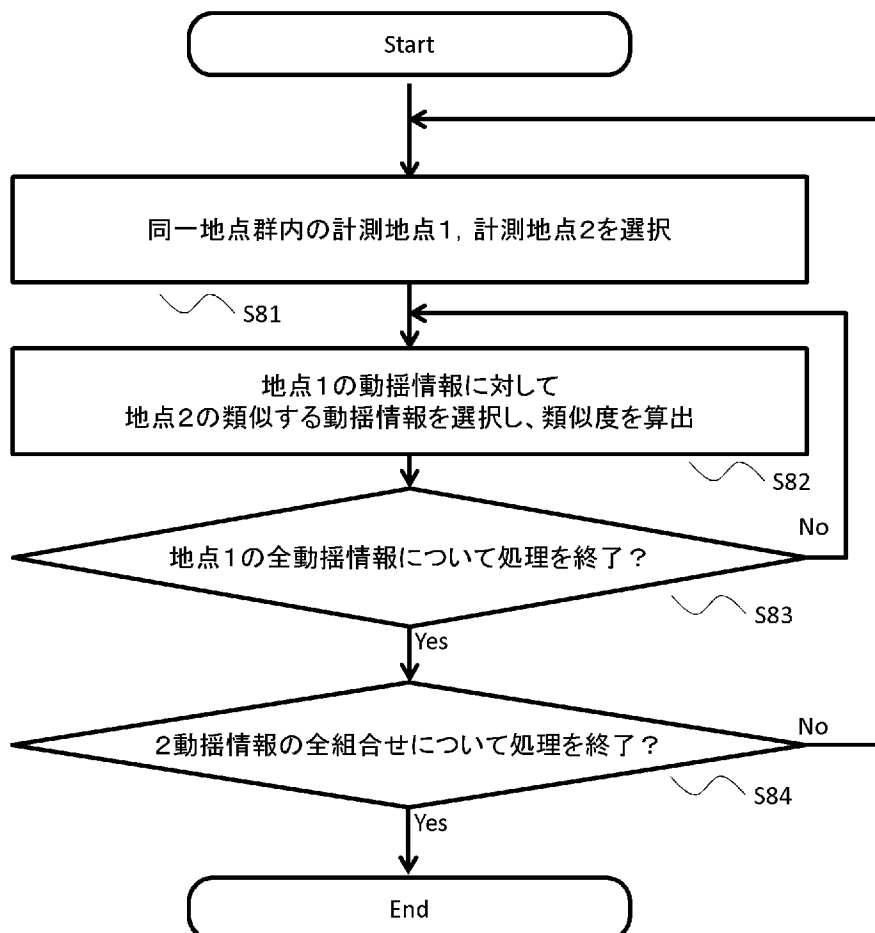
動揺情報テーブル

動揺名称		動揺 周波数	減衰 係数	振幅	初期 位相	重要度
計測地点	No.					
PMU1	1	0.18	-2.0	120	10	100
	2	0.65	-0.5	80	30	45
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
PMU2	1	0.19	-1.9	90	15	80
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図10]

図10

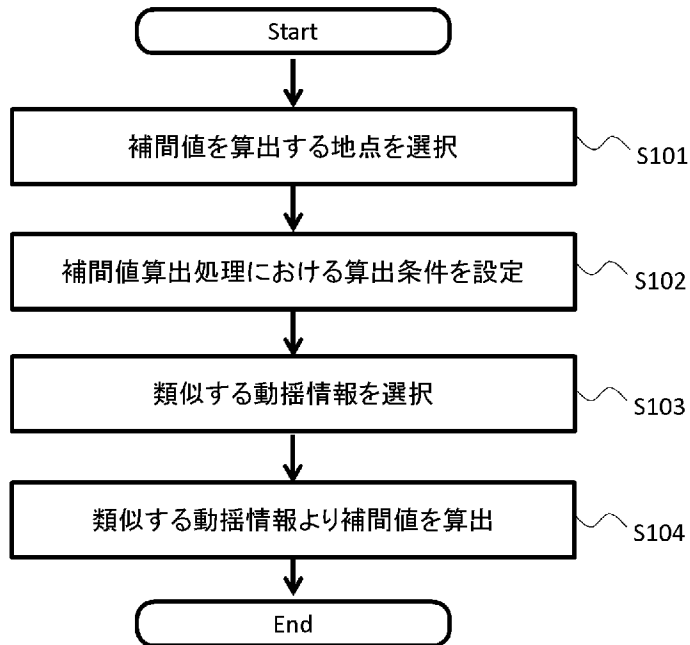
類似度算出処理



[図12]

図12

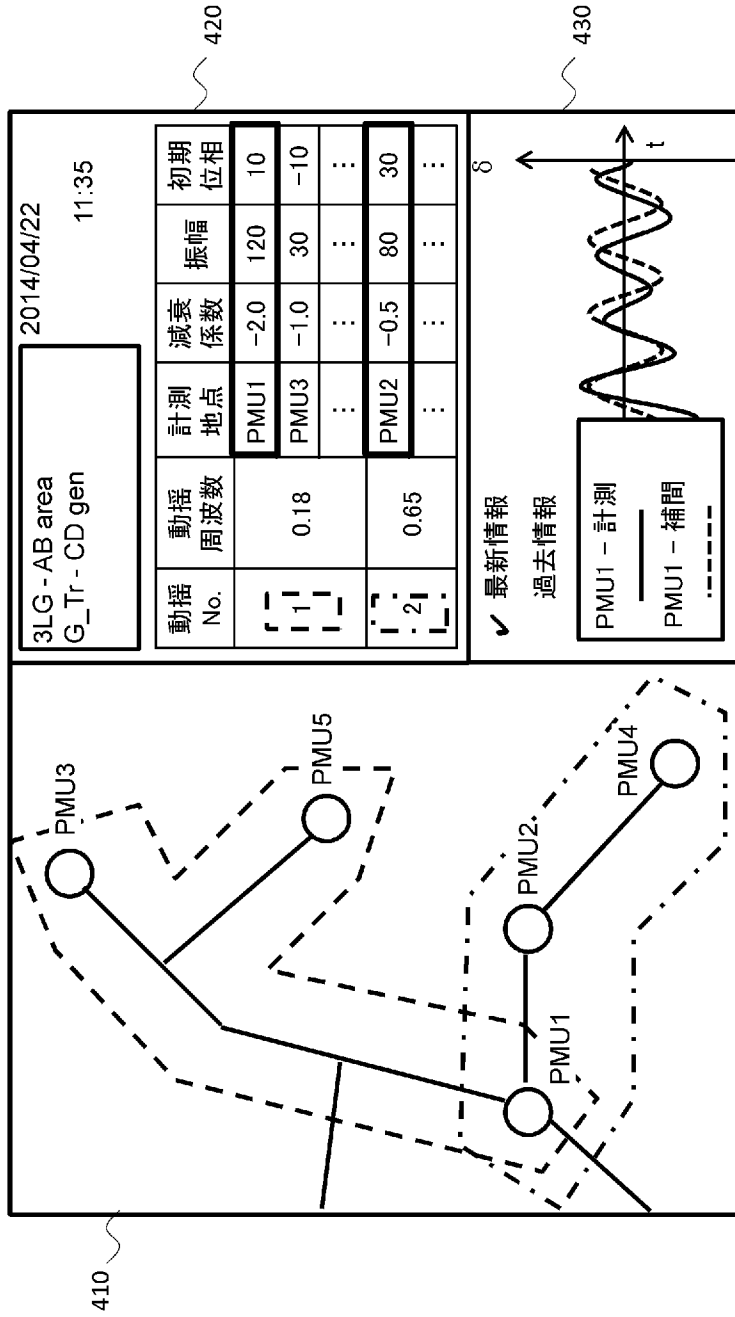
補間値算出処理



[圖13]

表示画面

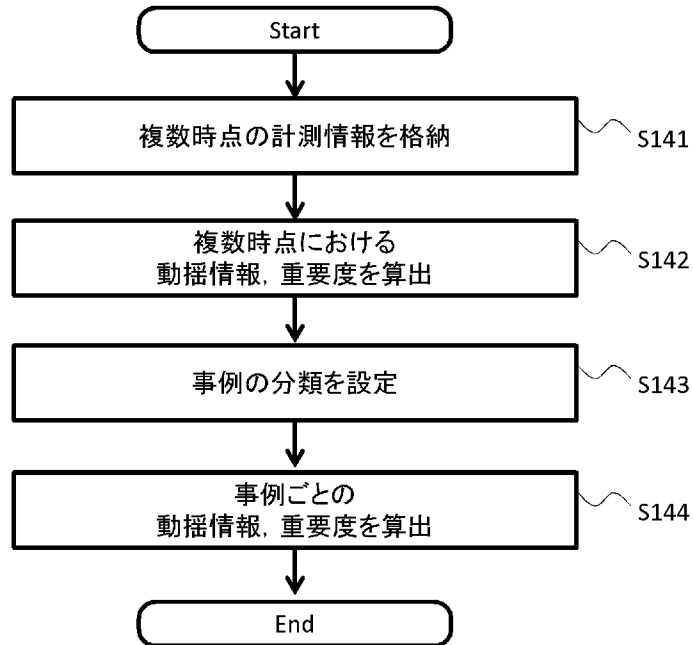
图13



[図15]

図15

過去動揺情報算出処理



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/065365

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02J13/00(2006.01) i, H02J3/24(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02J13/00, H02J3/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-056735 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 24 February 1998 (24.02.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 06-133460 A (The Tokyo Electric Power Co., Inc.), 13 May 1994 (13.05.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 08 July 2015 (08.07.15)	Date of mailing of the international search report 21 July 2015 (21.07.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H02J13/00(2006.01)i, H02J3/24(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H02J13/00, H02J3/24		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 10-056735 A（中国電力株式会社）1998.02.24, 全文全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 06-133460 A（東京電力株式会社）1994.05.13, 全文全図（ファミリーなし）	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 08.07.2015	国際調査報告の発送日 21.07.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 田中 寛人 電話番号 03-3581-1101 内線 3568	5 T 5379