

(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
2015年6月11日(11.06.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/083472 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 3/00 (2006.01) H02J 13/00 (2006.01)
G01R 35/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079174
- (22) 国際出願日: 2014年11月4日(04.11.2014)
- (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 2013-250557 2013年12月3日(03.12.2013) 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). 中国電力株式会社(THE
CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP];
〒7308701 広島県広島市中区小町4-3-3
Hiroshima (JP).
- (72) 発明者: 中谷 正親(NAKATANI, Masachika); 〒
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). 山根 憲一郎
(YAMANE, Kenichiro); 〒1008280 東京都千代田区

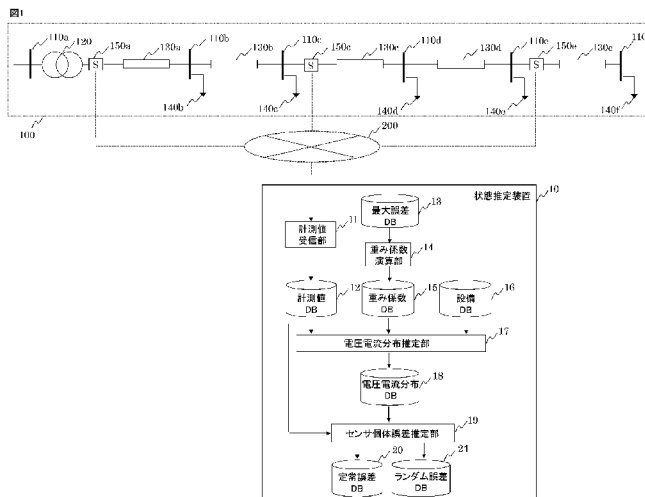
丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
Tokyo (JP). 渡辺 雅浩(WATANABE, Masahiro); 〒
1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 大西 司
(OONISHI, Tsukasa); 〒1008280 東京都千代田区丸
の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
Tokyo (JP). 柴丸 昇(SHIBAMARU, Noboru); 〒
7308701 広島県広島市中区小町4-3-3 中国
電力株式会社内 Hiroshima (JP). 八田 浩一
(HATTA, Kouichi); 〒7308701 広島県広島市中区小
町4-3-3 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).
大矢 将典(OYA, Masanori); 〒7308701 広島県広
島市中区小町4-3-3 中国電力株式会社内
Hiroshima (JP). 石川 文雄(ISHIKAWA, Fumio); 〒
7308701 広島県広島市中区小町4-3-3 中国
電力株式会社内 Hiroshima (JP). 阿部 修也(ABE,
Shuya); 〒7308701 広島県広島市中区小町4-3-
3 中国電力株式会社内 Hiroshima (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); 〒1010052 東京都千代田区神田小川町三

[続葉有]

(54) Title: POWER DISTRIBUTION SYSTEM STATE ESTIMATION DEVICE, STATE ESTIMATION METHOD, AND STATE ESTIMATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 配電系統の状態推定装置、状態推定方法、および状態推定プログラム



- 10 State estimation device
11 Measurement value receiving device
12 Measurement value DB
13 Maximum error DB
14 Weighting factor calculation unit
15 Weighting factor DB
16 Facilities DB
17 Voltage and current distribution estimation unit
18 Voltage and current distribution DB
19 Sensor individual error estimation unit
20 Steady-state error DB
21 Random error DB

(57) Abstract: In the present invention, individual errors in sensors provided to a power distribution system are estimated. A storage unit stores, in a plurality of time cross-sections, the following: a measurement value for the state of the power distribution system; system configuration data of the power distribution system; and maximum sensor or load error in each node of the power distribution system. A weighting factor calculation unit calculates, for each node, a weighting factor on the basis of the maximum error values. For each of the plurality of time cross-sections, an estimation value calculation unit carries out the following: determines a first initial value based on the measurement value; calculates a first estimation value of a state by load flow calculation using the system configuration data and the first initial value; calculates a second initial value on the basis of the first estimation value, the first initial value, and the weighting factor; and calculates a second estimation value for the state by load flow calculation using the system configuration data and the second initial value. An individual error calculation unit calculates the steady-state errors and random errors for each of the plurality of sensors on the basis of the measurement values of the plurality of time cross-sections and the second estimation values of the plurality of time cross-sections.

(57) 要約:

[続葉有]



丁目 3 番地 神田小川町トーセイビル I I
7 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, 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))

配電系統に設けられているセンサの個体の誤差を推定する。記憶部は、複数時間断面において配電系統内の状態の計測値と、配電系統内の系統構成データと、配電系統内の各ノードにおけるセンサまたは負荷の最大誤差とを記憶する。重み係数算出部は、各ノードに対し、最大誤差に基づいて重み係数を算出する。推定値算出部は、複数時間断面のそれぞれに対し、計測値に基づく第一初期値を決定し、系統構成データと第一初期値とを用いる潮流計算により、状態の第一推定値を算出し、第一推定値と第一初期値と重み係数とに基づいて第二初期値を算出し、系統構成データと第二初期値とを用いる潮流計算により、状態の第二推定値を算出する。個体誤差算出部は、複数時間断面の計測値と、複数時間断面の第二推定値とに基づいて、複数のセンサのそれぞれの定常誤差およびランダム誤差を算出する。

明 細 書

発明の名称：

配電系統の状態推定装置、状態推定方法、および状態推定プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、配電系統の状態を推定する技術に関する。

背景技術

[0002] 配電系統への分散型電源導入時の電圧維持や電力会社の設備の新設・保守の省力化の要求に対し、配電系統の実状を把握した電圧・電流の管理の必要性が増している。電力系統の状態推定技術は、特に高圧送電系統において各変電所などのノードの測定値が十分に（冗長に）得られる場合を中心に技術開発が進められてきた。例えば、特許文献1には、電力系統の複数の地点で観測される潮流の観測値に重みを持たせ、重み付き最小二乗法によって系統の状態を推定する方法が示されている。

[0003] 一方、測定情報が十分得られない配電系統の潮流状態推定方法について、特許文献2には、配電変電所の送り出し電流からフィーダ内各区間の電流を推定する技術が示されている。これは、配電系統の送り出し電流を測定し、各区間の負荷特性データベースに基づいて各区間電流として配分し、各区間の負荷電流や電力を推定する方法である。

[0004] また、特許文献3には、配電系統の限られた電圧・電流の観測値から配電系統の潮流状態を精度良く推定する技術が示されている。

[0005] さらに、特許文献4には、配電系統内の各地点の電圧・電流の情報が得られた場合に、各電圧電流計測装置に含まれる固有の計測誤差を補正して、推定精度を向上させる技術が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特公平7－16289号公報

特許文献2：特開2003－79071号公報

特許文献3：特開2006-87177号公報

特許文献4：特開2008-154418号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 配電系統に設けられているセンサのタイプ毎に定められている計測誤差を用いて配電系統の状態を推定しても、センサの個体毎の計測誤差のばらつきによって、推定の精度を向上させ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

- [0008] 上記課題を解決するために、本発明の一態様である配電系統の状態推定装置は、記憶部と、重み係数算出部と、推定値算出部と、個体誤差算出部とを含む。記憶部は、複数時間断面において配電系統内の複数のセンサにより計測された電圧および線路潮流を含む状態の計測値と、配電系統内の線路のインピーダンスおよび接続状態を示す系統構成データと、配電系統内の各ノードにおけるセンサまたは負荷の最大誤差とを記憶する。重み係数算出部は、各ノードに対し、最大誤差に基づいて重み係数を算出する。推定値算出部は、複数時間断面のそれぞれに対し、計測値に基づく第一初期値を決定し、系統構成データと第一初期値とを用いる潮流計算により、状態の第一推定値を算出し、第一推定値と第一初期値と重み係数とに基づいて第二初期値を算出し、系統構成データと第二初期値とを用いる潮流計算により、状態の第二推定値を算出する。個体誤差算出部は、複数時間断面の計測値と、複数時間断面の第二推定値とに基づいて、複数のセンサのそれぞれの定常誤差およびランダム誤差を算出する。

発明の効果

- [0009] 本発明の一態様によれば、配電系統に設けられているセンサの個体の誤差を推定することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]本発明の実施例1の電力系統システムの構成を示す。

- [図2]計測値の一例を示す。
- [図3]最大誤差データベース 13 の一例を示す。
- [図4]センサの最大計測誤差率の一例を示す。
- [図5]センサの定格値の一例を示す。
- [図6]重み係数データベース 15 の一例を示す。
- [図7]ブランチデータベースの一例を示す。
- [図8]修正量上下限データベースの一例を示す。
- [図9]送出電圧の感度係数データベースの一例を示す。
- [図10]有効電力負荷の感度係数データベースの一例を示す。
- [図11]無効電力負荷の感度係数データベースの一例を示す。
- [図12]感度係数の計算方法を示す。
- [図13]電圧電流分布推定処理を示す。
- [図14]第一初期値の一例を示す。
- [図15]電圧電流分布データベース 18 の一例を示す。
- [図16]センサ個体誤差推定処理を示す。
- [図17]或るセンサにおける複数時間断面の電圧の偏差の分布の一例を示す。
- [図18]定常誤差データベース 20 の一例を示す。
- [図19]ランダム誤差データベース 21 の一例を示す。
- [図20]実施例 2 の状態推定装置 10 b の構成を示す。
- [図21]補正計測値データベース 23 の一例を示す。
- [図22]補正重み係数データベース 25 の一例を示す。
- [図23]実施例 3 の状態推定装置 10 c の構成を示す。
- [図24]センサ個体誤差更新判定処理を示す。
- [図25]或るセンサの電圧の補正偏差の分布の一例を示す。
- [図26]センサ個体誤差更新ログデータベース 29 の一例を示す。
- [図27]実施例 4 の状態推定装置 10 d の構成を示す。
- [図28]表示画面の一例を示す。
- [図29]実施例 5 のランダム誤差データベース 21 の一例を示す。

[図30]実施例6の状態推定装置10fの構成を示す。

[図31]センサ組合せ指定処理を示す。

[図32]センサ組合せデータベース32の一例を示す。

[図33]異常センサ特定処理を示す。

[図34]異常センサデータベース34の一例を示す。

[図35]実施例7の電力システムシステムの構成を示す。

[図36]センサ開閉器160の構成を示す。

[図37]センサ開閉器入切判定処理を示す。

[図38]実施例7の計測値の一例を示す。

[図39]実施例7の定常誤差データベース20の一例を示す。

[図40]実施例7のランダム誤差データベース21の一例を示す。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

実施例 1

[0012] 本実施例では、電力システムに設置されたセンサからの電圧・電流等の複数時間断面の計測値から、電力システムの電圧、電流、有効電力、無効電力の分布と併せて、センサの個体毎の誤差を定常誤差とランダム誤差に分けて推定する状態推定装置を備える電力システムシステムの例を説明する。

[0013] 図1は、本発明の実施例1の電力システムシステムの構成を示す。本実施例の電力システムシステムは、電力システム100と状態推定装置10を含む。電力システム100は、例えば配電システムである。電力システム100は、変電所120と、母線または電柱を表すノード110と、変電所120および幾つかのノード110を結ぶ配電線を表すブランチ130と、ノード110に接続される需要家の負荷140と、ブランチ130上に設けられているセンサ150、で構成される。以下の説明において、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、アルファベットを省略することがある。

[0014] センサ150は、ノード110の電圧と、ブランチ130を通過する電流と、有効電力と、無効電力を計測する。センサ150は、通信ネットワーク

200を介して状態推定装置10に計測値を送る。

[0015] 次に、状態推定装置10の構成について説明する。

[0016] 状態推定装置10は、計測値受信部11、計測値データベース(DB)12、最大誤差データベース13、重み係数演算部14、重み係数データベース15、設備データベース16、電圧電流分布推定部17、電圧電流分布データベース18、センサ個体誤差推定部19、定常誤差データベース20、ランダム誤差データベース21、で構成される。

[0017] 状態推定装置10は、例えばメモリおよびマイクロプロセッサを含むコンピュータであっても良い。メモリは、状態推定装置10の処理を実行させる状態推定プログラムおよびデータを格納する。マイクロプロセッサは、メモリに接続され、メモリ内の状態推定プログラムに従って状態推定装置10の処理を実行する。なお、状態推定プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納され、コンピュータにより読み出されても良い。

[0018] 次に、状態推定装置10の各要素について詳細に説明する。

[0019] 計測値受信部11は、通信ネットワーク200を介してセンサ150の計測値を受信する。

[0020] 計測値データベース12は、計測値受信部11が受信した計測値に基づくテーブルを格納する。図2は、計測値の一例を示す。計測値は、センサ毎に、センサにより計測されたノード状態の計測値と、当該計測の時刻である計測時刻、当該センサが設けられているノードを示すノードID、当該センサを示すセンサIDが対応づけられたものである。ノード状態の計測値は、A、B、Cの三相の各相または各相間の電圧、電流、有効電力、無効電力を含む。三相の計測値は、計測値受信部11により、三相の平均値か、または代表相の値に変換され、計測値データベース12として格納される。これにより、計測値データベース12は、複数の計測時刻(時間断面)の計測値を格納する。なお、計測値データベース12は、三相の計測値を格納していても良いし、変換された計測値を格納していても良い。

[0021] 最大誤差データベース13は、センサの機種毎に定められた最大計測誤差

と、負荷の最大按分誤差を含む最大誤差を格納する。図 3 は、最大誤差データベース 13 の一例を示す。最大誤差データベース 13 は、ノード毎に、ノードと、センサ ID と、最大誤差、を対応づけたテーブルである。ノードにセンサが設けられている場合、当該ノードの最大計測誤差は、センサの電圧、電流、有効電力、無効電力の最大計測誤差と、負荷の最大按分誤差の有効電力成分および無効電力成分を含む。ノードにセンサが設けられていない場合、負荷の最大按分誤差の有効電力成分および無効電力成分を含む。センサの最大計測誤差 ε の代わりにセンサの最大計測誤差率 e とセンサの定格値 M_{rat} が与えられている場合、最大計測誤差 ε を式 (1) のように計算しても良い。

[0022] [数1]

$$\varepsilon = e M_{rat} \quad \cdots \quad (1)$$

[0023] 図 4 は、センサの最大計測誤差率の一例を示す。最大計測誤差の代わりに、センサ毎に、電圧、電流、有効電力、無効電力の最大計測誤差率がセンサ仕様として予め与えられている。図 5 は、センサの定格値の一例を示す。センサ毎に、電圧、電流、有効電力、無効電力の定格値がセンサ仕様として予め与えられている。最大按分誤差は、工場や太陽光発電等の負荷の種別に基づいて設定されることが望ましい。重み係数演算部 14 は、最大誤差データベース 13 における最大誤差 ε を用いて式 (2) のように重み係数 W を計算する。

[0024] [数2]

$$W = \frac{1}{\varepsilon^2} \quad \cdots \quad (2)$$

[0025] 重み係数データベース 15 は、重み係数演算部 14 によって計算された重み係数を格納する。図 6 は、重み係数データベース 15 の一例を示す。重み係数データベース 15 は、センサ毎に、電圧、電流、有効電力、無効電力の重み係数、ノード、センサ ID を対応づけたテーブルである。

[0026] 設備データベース 16 は、電力系統 100 の設備データを格納する。設備

データベース 16 は、ブランチデータベース、修正量上下限データベース、感度係数データベースを含む。

[0027] 図 7 は、ブランチデータベースの一例を示す。ブランチデータベースは、ブランチ 130 と、その配電線インピーダンスを対応づけたテーブルである。配電線インピーダンスは、例えば抵抗とリアクタンスで表される。

[0028] 図 8 は、修正量上下限データベースの一例を示す。修正量上下限データベースは、変電所 120 の送出電圧および負荷 140 の有効電力成分と無効電力成分のそれぞれについて、修正量の上下限率を、ノードと対応づけたテーブルである。上下限率は、センサの最大計測誤差および需要家の契約電力に基づく負荷の上限値に基づいて決定することが望ましい。例えば、負荷が契約電力を超えないことを条件として負荷の上限値を決定する。

[0029] 感度係数データベースは、或るノードのノード状態の或る変数を変化させた場合の、各ノードまたは各ブランチの電圧、電流、有効電力の変化量を示す感度係数を格納する。図 9 は、送出電圧の感度係数データベースの一例を示す。送出電圧の感度係数データベースは、或るノードの送出電圧 V を変化させた場合の、各ノードの電圧、電流、有効電力、無効電力の感度係数 α を示す。送出電圧の感度係数データベースは、送出電圧 V を変化させるノード毎のテーブルを有する。図 10 は、有効電力負荷の感度係数データベースの一例を示す。有効電力負荷の感度係数データベースは、負荷 140 の有効電力成分 L_p を変化させた場合の、各ノードの電圧、電流、有効電力、無効電力の感度係数 β を示す。有効電力負荷の感度係数データベースは、有効電力負荷 L_p を変化させるノード毎のテーブルを有する。図 11 は、無効電力負荷の感度係数データベースの一例を示す。無効電力負荷の感度係数データベースは、負荷 140 の無効電力成分 L_q を変化させた場合の、各ノードの電圧、電流、有効電力、無効電力の感度係数 γ を示す。無効電力負荷の感度係数データベースは、無効電力負荷 L_q を変化させるノード毎のテーブルを有する。

[0030] 感度係数の計算方法について説明する。図 12 は、感度係数の計算方法を

示す。ここで、 i を、電圧の計測値が得られたノードを示す番号を i とし、潮流を示す l 、 P 、 Q の計測値が得られたノードを示す番号を k とし、最適化問題の変数となる ΔV 、 ΔL_p 、 ΔL_q を有するノードを示す番号を j とする。感度係数 α 、 β 、 γ は、ノード j の変電所 120 の送出電圧 ΔV_j および負荷 140 の有効電力成分 ΔL_{p_j} と無効電力成分 ΔL_{q_j} をそれぞれ変化させた場合の、ノード i_j の電圧変化 ΔV_{ij} 、ブランチ k_j の負荷の電流変化 ΔI_{kj} 、有効電力変化 ΔP_{kj} 、負荷の無効電力変化 ΔQ_{kj} 、を示す指標である。 ΔV_{ij} は、初期条件から送出電圧 V_j を微小変化させて潮流計算を行い、初期条件での潮流計算結果と微小変化させた潮流計算結果の偏差を求めることで把握することができる。 ΔI_{kj} 、 ΔP_{kj} 、 ΔQ_{kj} についても、同様の方法で把握することができる。ここで、送出電圧 ΔV_j の変化に対する ΔV_{ij} 、 ΔI_{kj} 、 ΔP_{kj} 、 ΔQ_{kj} の変化をそれぞれ αV_{ij} 、 αI_{kj} 、 αP_{kj} 、 αQ_{kj} とする。負荷の有効電力成分 ΔL_{p_j} の変化に対する ΔV_{ij} 、 ΔI_{kj} 、 ΔP_{kj} 、 ΔQ_{kj} の変化をそれぞれ βV_{ij} 、 βI_{kj} 、 βP_{kj} 、 βQ_{kj} とする。負荷の無効電力成分 ΔL_{q_j} の変化に対する ΔV_{ij} 、 ΔI_{kj} 、 ΔP_{kj} 、 ΔQ_{kj} の変化をそれぞれ γV_{ij} 、 γI_{kj} 、 γP_{kj} 、 γQ_{kj} とする。これらの感度係数の計算は、式 (3) ~ (14) で表される。

[0031] [数3]

$$\alpha_{vij} = \frac{dV_{ij}}{dV_j} \quad \cdots \quad (3)$$

[数4]

$$\beta_{vij} = \frac{dV_{ij}}{dL_{p_j}} \quad \cdots \quad (4)$$

[数5]

$$\gamma_{vij} = \frac{dV_{ij}}{dL_{q_j}} \quad \cdots \quad (5)$$

[数6]

$$\alpha_{lkj} = \frac{dI_{kj}}{dV_j} \quad \dots \quad (6)$$

[数7]

$$\beta_{lkj} = \frac{dI_{kj}}{dLp_j} \quad \dots \quad (7)$$

[数8]

$$\gamma_{lkj} = \frac{dI_{kj}}{dLq_k} \quad \dots \quad (8)$$

[数9]

$$\beta_{pkj} = \frac{dP_{kj}}{dLp_j} \quad \dots \quad (9)$$

[数10]

$$\alpha_{pkj} = \frac{dP_{kj}}{dV_j} \quad \dots \quad (10)$$

[数11]

$$\gamma_{pkj} = \frac{dP_{kj}}{dLq_j} \quad \dots \quad (11)$$

[数12]

$$\alpha_{qkj} = \frac{dQ_{kj}}{dV_j} \quad \dots \quad (12)$$

[数13]

$$\beta_{qkj} = \frac{dQ_{kj}}{dLp_j} \quad \dots \quad (13)$$

[数14]

$$\gamma_{qkj} = \frac{dQ_{kj}}{dLq_j} \quad \dots \quad (14)$$

[0032] 電圧電流分布推定部 17 は、計測値データベース 12 の計測値、重み係数

データベース 15 の重み係数、設備データベース 16 の各種設備データ、を用いて、或る時間断面における各ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力、負荷を推定する電圧電流分布推定処理を行う。

[0033] 以下、電圧電流分布推定処理の流れを説明する。図 13 は、電圧電流分布推定処理を示す。

[0034] ステップ S 11 で、電圧電流分布推定部 17 は、計測値データベース 12 を読み込む。具体的には、或る時間断面の、各ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力の計測値を読み込む。ステップ S 12 で、電圧電流分布推定部 17 は、重み係数データベース 15 を読み込む。具体的には、各ノードおよび各ブランチの重み係数を読み込む。ステップ S 13 で、電圧電流分布推定部 17 は、設備データベース 16 を読み込む。具体的には、ブランチデータベース内の配電線インピーダンスと、修正量上下限データベース内の変電所 120 の送出電圧、負荷 140 の有効電力成分および無効電力成分の修正量の上下限率と、感度係数データベース内の感度係数を読み込む。

[0035] ステップ S 14 で、電圧電流分布推定部 17 は、第一初期値を決定し、記憶する。図 14 は、第一初期値の一例を示す。この図は、送出電圧 V 、負荷の有効電力成分 L_p および無効電力成分 L_q の第一初期値を示す。電圧電流分布推定部 17 は、計測値データベース 12 内の変電所 120 のノード 110a の電圧を、送出電圧 V の第一初期値として用いる。ここでの電圧は三相の平均値とした。更に電圧電流分布推定部 17 は、計測値データベース 12 の有効電力および無効電力の計測値から、センサ区間の負荷の有効電力および無効電力を計算し、それらを各ノードの契約電力に基づいて按分することで、負荷の有効電力成分 L_p および無効電力成分 L_q の計算値を算出し、負荷 L_p 、 L_q の第一初期値として用いる。

[0036] ステップ S 15 で、電圧電流分布推定部 17 は、送出電圧 V 、負荷の有効電力 L_p および無効電力 L_q の修正量の上下限値を計算する。上下限値の計算式を式 (15) に示す。ここで x は、修正量上下限データベースに示されている、電圧、負荷の有効電力成分および無効電力成分の上下限率である。

[0037] [数15]

ΔV 上限制約

$$-\Delta V_j \geq -x_{VU} V_j$$

ΔV 下限制約

$$\Delta V_j \geq -x_{VL} V_j$$

ΔL_p 上限制約

$$-\Delta Lp_j \geq -x_{pU} Lp_j$$

ΔL_p 下限制約

$$\Delta Lp_j \geq -x_{pL} Lp_j$$

ΔL_q 上限制約

$$-\Delta Lq_j \geq -x_{qU} Lq_j$$

ΔL_q 下限制約

$$\Delta Lq_j \geq -x_{qL} Lq_j \quad \cdots \quad (15)$$

[0038] ステップS 16で、電圧電流分布推定部17は、ステップS 11～14により得られた計測値データベース12、重み係数データベース15、設備データベース16、第一初期値のデータを用いて、潮流計算を実行する。電圧電流分布推定部17は、潮流計算により、各ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力を推定して第一推定値とする。

[0039] ステップS 17で、電圧電流分布推定部17は、各ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力の第一推定値と計測値の偏差を計算する。具体的には、ステップS 11で読み込んだ計測値と、ステップS 16で計算した潮流計算による第一推定値の偏差を計算する。例えば、あるノードiの電圧については、計測値 V_i' と第一推定値 V_i の偏差 ΔV_i から偏差 $\Delta V_i = V_i' - V_i$ を求める。電流、有効・無効電力等についても、同様に計算する。

[0040] ステップS 18で、電圧電流分布推定部17は、送出電圧 V 、負荷の有効電力成分 L_p および無効電力成分 L_q の修正量を計算する。ここで、電圧電流分布推定部17は、各ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力の偏差および負荷の偏差を最小化する。修正量の計算方法について

、以下に示す。

[0041] 送出電圧および負荷の修正量を計算する最適化計算は、二次計画法として定式化される。まず目的関数 f について説明する。目的関数 f は、電圧、電流、有効電力、無効電力の偏差、および負荷の偏差、に重み係数をかけたものの総和とし、式 (16) で定義される。

[0042] [数16]

$$\min : f = \frac{1}{2} \left(A_V \sum_i y_{Vi}^2 + A_I \sum_k y_{Ik}^2 + A_P \sum_k y_{Pk}^2 + A_Q \sum_k y_{Qk}^2 + A_{Lp} \sum_j y_{Lpj}^2 + A_{Lq} \sum_j y_{Lqj}^2 \right) \quad \dots \quad (16)$$

[0043] ここで、 $A \times$ は重み係数である。 y_{Vi} 、 y_{Ik} 、 y_{Pk} 、 y_{Qk} はそれぞれ、電流 I 、電圧 V 、有効電力 P 、無効電力 Q の計測値と第一推定値の偏差を定義する中間変数であり、 y_{Lpj} 、 y_{Lqj} はそれぞれ、負荷 Lp 、 Lq の計算値と第一推定値の偏差を定義する中間変数であり、式 (17) で表される。なお、目的関数 f は、負荷についての Lp 、 Lq を用いなくとも良い。

[0044] [数17]

$$\begin{aligned} y_{Vi} &= \Delta \tilde{V}_i - \sum_j (\alpha_{Vij} \cdot \Delta V_j + \beta_{Vij} \cdot \Delta Lp_j + \gamma_{Vij} \cdot \Delta Lq_j) \\ y_{Ik} &= \Delta \tilde{I}_k - \sum_j (\alpha_{Ikj} \cdot \Delta V_j + \beta_{Ikj} \cdot \Delta Lp_j + \gamma_{Ikj} \cdot \Delta Lq_j) \\ y_{Pk} &= \Delta \tilde{P}_k - \sum_j (\alpha_{Pkj} \cdot \Delta V_j + \beta_{Pkj} \cdot \Delta Lp_j + \gamma_{Pkj} \cdot \Delta Lq_j) \quad \dots \quad (17) \\ y_{Qk} &= \Delta \tilde{Q}_k - \sum_j (\alpha_{Qkj} \cdot \Delta V_j + \beta_{Qkj} \cdot \Delta Lp_j + \gamma_{Qkj} \cdot \Delta Lq_j) \\ y_{Lpj} &= \Delta \tilde{Lp}_j - \Delta Lp_j \\ y_{Lqj} &= \Delta \tilde{Lq}_j - \Delta Lq_j \end{aligned}$$

$\Delta \tilde{V}_i, \Delta \tilde{I}_k, \Delta \tilde{P}_k, \Delta \tilde{Q}_k$: 電圧, 潮流(I, P, Q)の計測値と第一推定値の偏差の初期値
 $\Delta \tilde{Lp}_k, \Delta \tilde{Lq}_k$: 負荷(Lp, Lq)の計算値と第一推定値の偏差の初期値

[0045] これらの式は、二次計画問題の中の等式制約として扱われる。ここで、電圧 V 、電流 I 、有効電力 P 、無効電力 Q の計測値と第一推定値の偏差が初期値として与えられると共に、負荷 Lp 、 Lq の計算値と第一推定値の偏差が

初期値として与えられる。ここで、 ΔL_{pj} はノード j に接続される負荷の有効電力成分の修正量を表し、 ΔL_{qj} は同じく無効電力成分の修正量を表し、 ΔV_j は変電所 120 の送出電圧の修正量を表す。 ΔL_{pj} 、 ΔL_{qj} と ΔV_j が最適化問題の変数となる。

[0046] 次に、電圧電流分布推定部 17 は、不等式制約として、ステップ S 15 で計算した送出電圧、負荷の有効電力成分 L_p および無効電力成分 L_q の修正量の上下限值を用いる。次に、電圧電流分布推定部 17 は、感度係数 α 、 β 、 γ として、ステップ S 13 で読み込んだ値を用いる。

[0047] 以上のように定式化された二次計画問題を解き、目的関数 f を最小化する最適化計算により、送出電圧 V 、負荷の有効電力 L_p および無効電力 L_q の修正量を得ることができる。

[0048] ステップ S 19 で、電圧電流分布推定部 17 は、ステップ S 18 で計算した送出電圧 V 、負荷の有効電力成分 L_p および無効電力成分 L_q の修正量に基づいて、送出電圧 V 、負荷の有効電力成分 L_p および無効電力成分 L_q の第一初期値を修正して第二初期値とする。電圧電流分布推定部 17 は、第二初期値を用いて潮流計算を再度実施することにより、各ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力の第二推定値を計算する。

[0049] 以上で、電圧電流分布推定処理が終了する。この処理により、或る時間断面における電力系統の各ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力を精度良く推定することができる。第一推定値と第一初期値と重み係数に基づいて、第一初期値を修正し、第一初期値より精度の高い第二初期値を算出することができる。第一推定値および第一初期値の偏差と重み係数を用いる目的変数の最適化計算により、第一初期値の修正量を算出することができる。第一初期値が負荷の計算値を含み、第一初期値を修正して第二初期値を算出することにより、状態推定の精度を向上させることができる。また、第二初期値を用いる潮流計算により、第一推定値より精度の高い第二推定値を算出することができる。

[0050] 電圧電流分布データベース 18 は、電圧電流分布推定部 17 が推定した各

ノードおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力の第二推定値を格納する。図 15 は、電圧電流分布データベース 18 の一例を示す。電圧電流分布データベース 18 は、各第二推定値、ノード、センサ ID、時刻を対応づけたテーブルである。計測値データベース 12 に格納されている複数の時間断面のそれぞれに対して電圧電流分布推定処理が行われることにより、電圧電流分布データベース 18 は、複数の時間断面の第二推定値を格納する。

[0051] センサ個体誤差推定部 19 は、電圧電流分布データベース 18 の第二推定値と、計測値データベース 12 の計測値を用いて、センサの個体毎の誤差であるセンサ個体誤差情報を計算するセンサ個体誤差推定処理を行う。センサ個体誤差情報は、定常誤差およびランダム誤差を含む。

[0052] 以下、センサ個体誤差推定処理の流れを説明する。図 16 は、センサ個体誤差推定処理を示す。

[0053] ステップ S 21 で、センサ個体誤差推定部 19 は、計測値データベース 12 を読み込む。具体的には、センサ個体誤差推定部 19 は、複数時間断面の電圧、電流、有効電力、無効電力の計測値を読み込む。ステップ S 22 で、センサ個体誤差推定部 19 は、電圧電流分布データベース 18 を読み込む。具体的には、複数時間断面の電圧、電流、有効電力、無効電力の第二推定値を読み込む。ステップ S 23 で、センサ個体誤差推定部 19 は、各時間断面の計測値と第二推定値の偏差を算出する。

[0054] ステップ S 24 で、センサ個体誤差推定部 19 は、センサ毎の定常誤差を推定する。ステップ S 25 で、センサ個体誤差推定部 19 は、センサ毎のランダム誤差を推定する。図 17 は、或るセンサにおける複数時間断面の偏差の分布の一例を示す。この図において横軸は電圧の計測値と第二推定値の偏差を表し、縦軸は頻度を表す。ステップ S 24 で、センサ個体誤差推定部 19 は、ステップ S 23 で計算した偏差から、複数時間断面の偏差の平均値を計算し、その平均値 μ を定常誤差とする。ステップ S 25 で、センサ個体誤差推定部 19 は、ステップ S 23 で計算した偏差から、複数時間断面の偏差

の標準偏差 σ を計算し、その標準偏差をランダム誤差とする。定常誤差は、センサに変圧器が用いられている場合の変圧比の誤差などに起因する。また、ランダム誤差は、センサにコンデンサが用いられている場合の温度特性や、計測値の通信タイミングのずれなどに起因する。

[0055] 以上のセンサ個体誤差推定処理によれば、複数時間断面の電圧、電流、有効電力、無効電力の計測値と第二推定値から、センサの個体毎の誤差を定常誤差とランダム誤差に分けて把握することができる。

[0056] 定常誤差データベース20は、センサ個体誤差推定部19が推定した定常誤差を格納する。図18は、定常誤差データベース20の一例を示す。定常誤差データベース20は、センサが設けられているノード毎に、ノードと、センサIDと、電圧、電流、有効電力、無効電力の定常誤差を対応づけたテーブルである。

[0057] ランダム誤差データベース21は、センサ個体誤差推定部19が推定したランダム誤差を格納する。図19は、ランダム誤差データベース21の一例を示す。ランダム誤差データベース21は、センサが設けられているノード毎に、ノードと、センサIDと、電圧、電流、有効電力、無効電力のランダム誤差を対応づけたテーブルである。

[0058] 本実施例によれば、センサのタイプ毎に定められた誤差ではなく、センサの個体毎の誤差を推定することができる。

実施例 2

[0059] 本実施例では、実施例1の機能に加え、定常誤差を用いる計測値を補正する機能と、ランダム誤差を用いる重み係数を補正する機能と、補正した計測値および補正した重み係数を用いて電力系統の電圧、電流、有効電力、無効電力の分布を推定する機能を備えた状態推定装置の例を説明する。

[0060] 本実施例の電力系統システムは、実施例1の状態推定装置10に代えて状態推定装置10bを有する。図20は、実施例2の状態推定装置10bの構成を示す。本実施例の状態推定装置10bは、状態推定装置10の要素に加え、補正計測値演算部22、補正計測値データベース23、補正重み係数演

算部 24、補正重み係数データベース 25、補正電圧電流分布推定部 26、補正電圧電流分布データベース 27、を含む。状態推定装置 10b の要素のうち、状態推定装置 10 の要素と同一の符号を付けた要素については、同一の機能を有するとして、その説明を省略する。

[0061] 補正計測値演算部 22 は、計測値データベース 12 の計測値と、定常誤差データベース 20 のセンサ個体の定常誤差と、を用いて計測値を補正し補正計測値とする。補正計測値の計算式を式 (18) に示す。

[0062] [数18]

$$\tilde{V}_i = V_i - \mu_{V_i}$$

$$\tilde{I}_i = I_i - \mu_{I_i}$$

$$\tilde{P}_i = P_i - \mu_{P_i}$$

$$\tilde{Q}_i = Q_i - \mu_{Q_i} \quad \cdots \quad (18)$$

V_i, I_i, P_i, Q_i : 電圧, 電流, 有効電力, 無効電力の計測値

$\tilde{V}_i, \tilde{I}_i, \tilde{P}_i, \tilde{Q}_i$: 電圧, 電流, 有効電力, 無効電力の補正計測値

$\mu_{V_i}, \mu_{I_i}, \mu_{P_i}, \mu_{Q_i}$: 電圧, 電流, 有効電力, 無効電力の定常誤差

i : ノード番号

[0063] 補正計測値データベース 23 は、補正計測値演算部 22 によって計算された補正計測値を格納する。図 21 は、補正計測値データベース 23 の一例を示す。補正計測値データベース 23 は、センサが設けられているノード毎に、時刻と、ノードと、センサ ID と、電圧、電流、有効電力、無効電力の補正計測値を対応づけたテーブルである。ここでの補正計測値は三相の平均値である。

[0064] 補正重み係数演算部 24 は、ランダム誤差データベース 21 のセンサ個体のランダム誤差を用いて補正重み係数を計算する。補正重み係数の計算は、実施例 1 で説明した重み係数演算部 14 の処理と同じであるが、最大誤差 ε の代わりにランダム誤差を用いる。

[0065] 補正重み係数データベース 25 は、補正重み係数演算部 24 によって計算

された補正計測値を格納する。図 22 は、補正重み係数データベース 25 の一例を示す。補正重み係数データベース 25 は、センサが設けられているノード毎に、時刻と、センサ ID と、電圧、電流、有効電力、無効電力の補正重み係数を対応づけたテーブルである。

[0066] 補正電圧電流分布推定部 26 は、補正計測値データベース 23 の補正計測値と、補正重み係数データベース 25 の補正重み係数と、重み係数データベース 15 の重み係数と、を用いて、電力系統の各ノートおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力を推定する。補正電圧電流分布推定部 26 の処理は、実施例 1 の電圧電流分布推定処理と同様である。但し、補正電圧電流分布推定部 26 は、計測値データベース 12 の計測値の代わりに補正計測値データベース 23 の補正計測値を使用して第一初期値の代わりに第三初期値を決定し、第三初期値を用いる潮流計算により第一推定値の代わりに第三推定値を算出する。また、補正電圧電流分布推定部 26 は、電圧、電流、有効電力、無効電力の重み係数として、重み係数データベース 15 の重み係数の代わりに補正重み係数データベース 25 の補正重み係数を使用し、負荷の重み係数として、重み係数データベース 15 の重み係数を使用し、最適化計算を行うことにより修正量を算出し、修正量によって第三初期値を修正することにより第二初期値の代わりに第四初期値を算出する。更に、補正電圧電流分布推定部 26 は、第四初期値を用いる潮流計算により、第二推定値の代わりに補正推定値を算出する。

[0067] 補正電圧電流分布データベース 27 は、補正電圧電流分布推定部 26 によって推定された電力系統の各ノートおよび各ブランチの電圧、電流、有効電力、無効電力の補正推定値を格納する。補正電圧電流分布データベース 27 の構成は、実施例 1 の電圧電流分布データベース 18 と同じである。

[0068] 本実施例によれば、定常誤差を用いて計測値を補正することにより補正計測値を算出し、ランダム誤差を用いて補正重み係数を算出し、補正計測値と補正重み係数を用いて状態推定を行うことで、電力系統の電圧、電流、有効電力、無効電力の分布の推定精度を高めることができる。定常誤差に基づい

て計測値を補正し、補正された計測値を用いる潮流計算を行うことにより、状態推定の精度を向上させることができる。また、ランダム誤差に基づいて重み係数を補正し、補正された重み係数に基づいて初期値を修正し、修正された初期値を用いる潮流計算を行うことにより、状態推定の精度を向上させることができる。

実施例 3

[0069] 本実施例では、実施例 2 の機能に加えて、定常誤差データベース 20 とランダム誤差データベース 21 を更新する機能を備えた状態推定装置の例を説明する。

[0070] 本実施例の電力システムシステムは、実施例 2 の状態推定装置 10b に代えて状態推定装置 10c を有する。図 23 は、実施例 3 の状態推定装置 10c の構成を示す。状態推定装置 10c は、状態推定装置 10b の要素に加え、センサ個体誤差更新判定部 28 と、センサ個体誤差更新ログデータベース 29、を含む。状態推定装置 10c の要素のうち、状態推定装置 10b の要素と同一の符号を付けた要素については、同一の機能を有するとして、その説明を省略する。

[0071] センサ個体誤差更新判定部 28 は、補正計測値データベース 23 に格納される電圧、電流、有効電力、無効電力の補正計測値と、補正電圧電流分布データベース 27 に格納される電圧、電流、有効電力、無効電力の補正推定値、に基づいて、センサ個体誤差推定部 19 に定常誤差とランダム誤差を再計算させるトリガーを送るセンサ個体誤差更新判定処理を行う。また、センサ個体誤差更新判定部 28 は、センサ個体誤差更新ログデータベース 29 にセンサ個体誤差情報の更新を判定した時刻と更新の有無を対応づけたテーブルを格納する。

[0072] 図 24 は、センサ個体誤差更新判定処理を示す。センサ個体誤差更新判定部 28 は、センサ毎に、センサ個体誤差更新判定処理を実行する。

[0073] ステップ S31 で、補正計測値データベース 23 から複数時間断面の電圧、電流、有効電力、無効電力の補正計測値を読み込む。ここでの複数時間断面

とは、前回のセンサ個体誤差更新判定処理の時間断面から、今回のセンサ個体誤差更新判定処理の時間断面までの計測期間を意味する。そして、複数時間断面の補正計測値とは、この計測期間に計測された計測値を補正した補正計測値を意味する。本実施例において、複数時間断面とは特に説明しない限りこの計測期間を意味する。

[0074] ステップS 3 2で、センサ個体誤差更新判定部 2 8は、補正電圧電流分布データベース 2 7から複数時間断面の電圧、電流、有効電力、無効電力の補正推定値を読み込む。ステップS 3 3で、センサ個体誤差更新判定部 2 8は、電圧、電流、有効電力、無効電力の各々について時間断面毎の補正計測値と補正推定値の偏差を計算して補正偏差とする。

[0075] ステップS 3 4で、センサ個体誤差更新判定部 2 8は、複数時間断面の補正偏差の平均値を計算する。以下、 μV 、 μI 、 μP 、 μQ はそれぞれ、電圧の補正偏差の平均値、電流の補正偏差の平均値、有効電力の補正偏差の平均値、無効電力の補正偏差の平均値を示す。

[0076] ステップS 3 5～S 3 8で、センサ個体誤差更新判定部 2 8は、センサ個体誤差情報の更新の有無を判定する。ステップS 3 5、S 3 6、S 3 7、S 3 8ではそれぞれ、補正偏差の平均値 μV 、 μI 、 μP 、 μQ と予め定められた許容範囲を比較し、いずれかの平均値が許容範囲を逸脱していれば更新が必要と判定する。例えば、補正偏差の平均値の絶対値の許容値が予め設定され、センサ個体誤差更新判定部 2 8は、 μV 、 μI 、 μP 、 μQ のいずれかの絶対値が許容値を超えている場合、更新が必要と判定する。

[0077] 図 2 5 は、或るセンサの電圧の補正偏差の分布の一例を示す。この図において横軸は電圧の補正偏差を表し、縦軸は頻度を表す。この例では、電圧の補正偏差の平均値 μV は 1 5 V、許容範囲は $\pm 1 0$ Vであり、平均値 μV は許容範囲を逸脱するため、センサ個体誤差情報の更新が必要と判定する。許容範囲の上下限の大きさを示す許容値は、電圧、電流、有効電力、無効電力のそれぞれについて、0 から最大計測誤差までの範囲で予め設定しておく。許容値が 0 に近いほど、センサ個体誤差情報の推定値の精度は向上するが、

センサ個体誤差情報の更新回数が増加する。そのため、許容値は、状態推定装置を運用しながら、更新回数が許容できる範囲で0に近い値に設定することが望ましい。

[0078] ステップS35～S38で補正偏差の平均値 μV 、 μI 、 μP 、 μQ のいずれかが許容範囲を逸脱した場合、ステップS39で、センサ個体誤差更新判定部28は、更新が必要であると判定し、センサ個体誤差情報を再計算させるトリガーをセンサ個体誤差推定部19へ送る。ステップS35～S38で補正偏差の平均値 μV 、 μI 、 μP 、 μQ のいずれも許容範囲を逸脱していない場合、センサ個体誤差更新判定部28は、処理をステップS310へ移行させる。

[0079] ステップS310で、センサ個体誤差更新判定部28は、センサ個体誤差更新判定処理を実施した時刻と判定結果（更新の有無）を対応づけたテーブルをセンサ個体誤差更新ログデータベース29に格納する。図26は、センサ個体誤差更新ログデータベース29の一例を示す。センサ個体誤差更新ログデータベース29は、センサ個体誤差更新処理を実施した日付（年、月、日）および時刻と、センサ個体誤差情報の更新の有無を対応づけている。

[0080] 以上のセンサ個体誤差更新判定処理は、1カ月毎など一定期間毎のタイミングで開始することが望ましい。一定期間毎とする理由は、センサ個体誤差情報が経年劣化によって変化するためである。また、センサ個体誤差推定部18は、定期的にセンサ個体誤差情報を再計算しても良い。

[0081] 本実施例によれば、複数時間断面の補正計測値と複数時間断面の補正推定値を用いてセンサ個体誤差情報を再計算するタイミングを決定することが可能となる。これにより、センサ個体誤差情報の変化に応じて、センサ個体誤差情報を更新することができる。また、更新されたセンサ個体誤差情報を用いて状態推定を行うことにより、状態推定の精度を向上させることができる。

実施例 4

[0082] 本実施例では、実施例2の構成に加えて、表示装置を設ける例を示す。

[0083] 本実施例の電力システムシステムは、実施例2の状態推定装置10bに代えて状態推定装置10dを有し、更に表示装置400を有する。図27は、実施例4の状態推定装置10dの構成を示す。状態推定装置10dは、状態推定装置10bの要素に加え、通信部30を含む。表示装置400は、通信ネットワーク300を介して通信部30に接続されている。状態推定装置10dの要素のうち、状態推定装置10bと同一の符号を付けた要素は、同一の機能を有するとして、説明を省略する。

[0084] 通信部30は、最大誤差データベース13の最大計測誤差、計測値データベース12の計測値、ランダム誤差データベース21のランダム誤差と、補正計測値データベース23の補正計測値、補正電圧電流分布データベース27の電圧、電流、有効電力、無効電力の分布の推定値とを、通信ネットワーク300を介して、状態推定装置10の外部の表示装置400に送る。なお表示装置400は、状態推定装置10に直接、接続されていても良い。

[0085] 表示装置400は、通信部30から通信ネットワーク300を介して送られたデータを画面に表示する。図28は、表示画面の一例を示す。この表示画面は、電力システム100の電圧分布に関する表示である。表示画面の縦軸は電圧、横軸は電力システムの線路亘長を表す。円形の点511は計測値を表し、菱形の点512は補正計測値を表し、実線の曲線513は補正推定値を表し、破線のバー514は最大計測誤差の幅、実線のバー515はランダム誤差の幅を表す。

[0086] 本実施例によれば、表示装置400を設けることで、電力システムの運用者が、センサの計測値と、センサの補正計測値と、最大計測誤差と、ランダム誤差と、電圧、電流、有効電力、無効電力などの補正推定値のいずれかを表示画面から把握することができる。また、ノードの位置に対してこれらの分布を表示することにより、運用者は、電力システム100全体の状態を把握することができる。

実施例 5

[0087] 本実施例では、実施例2の機能に加え、予め定められた複数の期間のそれ

ぞれとセンサ個体誤差情報を対応づけて格納する機能を備えた状態推定装置の例を説明する。複数の期間のそれぞれは、所定の周期の一部であり、1年の中の季節、1週間の中の曜日、1日の中の時間帯などである。

[0088] 本実施例の状態推定装置10bの構成は、実施例2と同様であるが、定常誤差データベース20と、ランダム誤差データベース21の構成が異なる。

[0089] 図29は、実施例5のランダム誤差データベース21の一例を示す。本実施例のランダム誤差データベース21は、実施例2のランダム誤差データベース21に加え、推定に使用した計測値の期間を表す項目を含む。期間は、季節、曜日、時間帯などにより特定される。即ち、本実施例のランダム誤差データベース21は、季節、曜日、時間帯とランダム誤差を対応づけたテーブルである。センサの誤差の要因の一つである温度変化は、期間の長さにより、定常誤差として現れる場合とランダム誤差として現れる場合がある。

[0090] 本実施例の定常誤差データベース20も、実施例2の定常誤差データベース20に加え、期間を含む。定常誤差データベース20の構成は、ランダム誤差データベース21と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0091] 補正計測値演算部22は、対象とする複数時間断面に対応する期間の定常誤差を定常誤差データベース20から読み込み、補正計測値を計算する。同様に、補正重み係数演算部24は、対象とする複数時間断面に対応する期間のランダム誤差をランダム誤差データベース21から読み込み、補正重み係数を計算する。

[0092] このように、定常誤差とランダム誤差を、時間帯別に把握することで、センサの構成機器の温度特性による定常誤差とランダム誤差の変化を把握でき、より高精度にセンサの定常誤差とランダム誤差を把握することができる。また、定常誤差とランダム誤差の精度が向上することにより、定常誤差とランダム誤差を使用する補正計測値演算部と補正重み係数演算部と補正電圧電流分布推定部の精度を向上させることができる。

実施例 6

[0093] 本実施例では、実施例1の機能に加え、異常な傾向を示すセンサを特定す

る機能を備えた状態推定装置の例を説明する。

[0094] 本実施例の電力システムシステムは、実施例 1 の状態推定装置 10 に代えて状態推定装置 10 f を有する。図 30 は、実施例 6 の状態推定装置 10 f の構成を示す。状態推定装置 10 f は、状態推定装置 10 の要素に加え、センサ組合せ指定部 31、センサ組合せデータベース 32、異常センサ特定部 33、異常センサデータベース 34、を含む。状態推定装置 10 f の要素のうち、状態推定装置 10 の要素と同一の符号を付けた要素については、同一の機能を有するとして、その説明を省略する。

[0095] センサ組合せ指定部 31 は、計測値データベース 12 の計測値を用いて、全てのセンサの中から、センサ個体誤差情報の算出に使用するセンサの組合せを指定するセンサ組合せ指定処理を行う。

[0096] 図 31 は、センサ組合せ指定処理を示す。

[0097] ステップ S41 で、センサ組合せ指定部 31 は、計測値データベース 12 を読み込む。具体的には、計測値データベース 12 から、センサ ID と、電圧、電流、有効電力、無効電力の計測値を読み込む。

[0098] ステップ S42 で、センサ組合せ指定部 31 は、センサの組合せを決定する。具体的には、全てのセンサの中から、センサ個体誤差情報の算出に使用するセンサの組合せをセンサ組合せケースとして指定する。例えば、一つのセンサ組合せケースは、全てのセンサの中の一つのセンサを使用せず、他のセンサを使用する組み合わせである。

[0099] センサ組合せデータベース 32 は、センサ組合せ指定部 31 でケース分けされたセンサの組合せを格納する。図 32 は、センサ組合せデータベース 32 の一例を示す。センサ組合せデータベース 32 は、センサ組合せケース毎に、センサ組合せケースを示すセンサ組合せケース番号 (No)、当該センサ組合せケースに含まれるセンサのセンサ ID、当該センサのセンサ使用の可否、の項目を含むテーブルである。センサ使用の可否の項目において、「可」はセンサの計測値を使用することを表し、「否」はセンサの計測値を使用しないことを表す。この例において、センサ組合せケース番号「1」では

、センサＩＤ「１３０ｂ」および「１３０ｃ」のセンサの計測値を使用し、センサＩＤ「１３０ａ」のセンサの計測値を使用しないことを表す。

[0100] センサ組合せ指定処理の後、センサ組合せケースに、電圧電流分布推定部１７およびセンサ個体誤差推定部１９は、計測値データベース１２から、センサ組合せケースに対応したセンサの計測値を読み込み、その計測値を用いて、実施例１と同様の電圧電流分布推定処理およびセンサ個体誤差推定処理を行う。

[0101] 異常センサ特定部３３は、定常誤差データベース２０の定常誤差と、ランダム誤差データベース２１のランダム誤差と、センサ組合せデータベース３２のセンサ組合せケース毎の使用するセンサのセンサＩＤ、を用いて、異常な傾向を示すセンサを特定する異常センサ特定処理を行う。

[0102] 図３３は、異常センサ特定処理を示す。

[0103] ステップＳ５１で、異常センサ特定部３３は、センサ組合せデータベース３２を読み込む。具体的には、センサ組合せデータベース３２から、センサ組合せケース番号順に、一つのセンサ組合せケースの、センサＩＤ、センサＩＤ毎のセンサ使用の可否、を読み込む。ステップＳ５２で、異常センサ特定部３３は、最大誤差データベース１３を読み込む。具体的には、最大誤差データベース１３内の使用するセンサの、電圧、電流、有効電力、無効電力の最大計測誤差を読み込む。

[0104] ステップＳ５３で、異常センサ特定部３３は、定常誤差データベース２０を読み込む。具体的には、定常誤差データベース２０内の使用するセンサの、ノードと、センサＩＤと、定常誤差、を読み込む。ステップＳ５４で、異常センサ特定部３３は、ランダム誤差データベース２１を読み込む。具体的には、ランダム誤差データベース２１内の使用するセンサの、ノードと、センサＩＤと、ランダム誤差、を読み込む。

[0105] ステップＳ５５で、異常センサ特定部３３は、センサ毎に、電圧、電流、有効電力、無効電力の各々について、定常誤差とランダム誤差の合計値をセンサ個体誤差として計算する。

- [0106] ステップS 5 6で、異常センサ特定部33は、センサ毎に、電圧、電流、有効電力、無効電力の各々について、センサ個体誤差と最大計測誤差を比較する。センサ個体誤差>最大計測誤差である場合、異常センサ特定部33は、対称のセンサ組合せケースの中に、異常な傾向を示すセンサが含まれると判定する。異常センサ特定部33は、センサ個体誤差の代わりに、定常誤差またはランダム誤差のどちらか一方を用いて判定しても良い。
- [0107] ステップS 5 7で、異常センサ特定部33は、すべてのセンサ組合せケースに対してS 5 1～S 5 6の処理を終了したか否かを判定する。すべてのセンサ組合せケースの処理が終了していない場合、異常センサ特定部33は、処理をS 5 1へ移行させ、次のセンサ組合せケースの処理を行う。すべてのセンサ組合せケースの処理を終了した場合、ステップS 5 8で、異常センサ特定部33は、すべてのセンサ組合せケースの異常センサの判定結果に基づいて、異常センサを特定する。
- [0108] 例えば、前述のセンサ組合せデータベース32の例において、センサ組合せケース番号「1」で異常センサが含まれないと判定され、センサ組合せケース番号「2」、「3」で異常センサは含まれると判定された場合、異常センサ特定部33は、センサID「130a」を異常センサとして特定する。即ち、異常センサ特定部33は、異常センサが含まれないと判定されたセンサ組合せケースで使用されないセンサを、異常センサとして特定する。
- [0109] 異常センサデータベース34は、異常センサ特定処理の結果を格納する。図34は、異常センサデータベース34の一例を示す。異常センサデータベース34は、異常センサ特定部33によって特定された異常な傾向を示すセンサのセンサIDと、その判定時刻、を対応づけたテーブルである。
- [0110] 本実施例によれば、センサ組合せケース毎にセンサ個体誤差を算出し、センサ個体誤差を判定することで、異常な傾向を示すセンサを特性することができる。

実施例 7

- [0111] 本実施例では、実施例1の機能に加えて、センサ個体の定常誤差とランダ

ム誤差を用いて開閉器の入り切り状態を判定する機能を備えた状態推定装置の例を説明する。

[0112] 図35は、実施例7の電力システムシステムの構成を示す。実施例1の電力システムシステムと比較すると、本実施例の電力システムシステムは、電力システム100に代えて電力システム100gを有し、状態推定装置10に代えて状態推定装置10gを有する。電力システム100gは、電力システム100と比較すると、センサ150の代わりに計測機能を備えた開閉器であるセンサ開閉器160を有する。状態推定装置10と比較すると、状態推定装置10gは、状態推定装置10の構成に加え、センサ開閉器入切判定部35を含む。実施例7の電力システムシステムの要素のうち、実施例1の電力システムシステムの要素と同一の符号を付けた要素については、同一の機能を有するとして、その説明を省略する。

[0113] 次に、センサ開閉器160の構成について説明する。図36は、センサ開閉器160の構成を示す。センサ開閉器160は、センサ161および162と、開閉器163とを含む。センサ161および162は、送信装置164に接続されている。送信装置164は、通信ネットワーク200に接続されている。

[0114] 次に、センサ開閉器160の各構成について説明する。

[0115] センサ161および162は、センサ150と同様の機能を有する。センサ161はセンサ開閉器160の変電所120側（S側）に設置されたセンサである。センサ162はセンサ開閉器160の末端側（L側）に設置されたセンサである。

[0116] 開閉器163は、センサ開閉器160に繋がれた配電線を接続または遮断する電力機器である。例えば、電力システム100g内のセンサ開閉器160cは、ブランチ150bと150cの間を接続または遮断する。また、本実施例では、センサ開閉器160に繋がれた配電線が接続されている状態を「入」と定義し、配電線が遮断されている状態を「切」と定義する。

[0117] 送信装置164は、センサ161および162の計測値を、通信ネットワ

ーク 200 を介して状態推定装置 10 に送信する。

[0118] 次に、センサ開閉器入切判定部 35 について説明する。センサ開閉器入切判定部 35 は、計測値データベース 12 の計測値と、定常誤差データベース 20 の定常誤差と、ランダム誤差データベース 21 のランダム誤差を用いてセンサ開閉器 160 の入切状態を判定するセンサ開閉器入切判定処理を行う。

[0119] 図 37 は、センサ開閉器入切判定処理を示す。

[0120] ステップ S61 で、センサ開閉器入切判定部 35 は、計測値データベース 12 からセンサ 161 (S 側) および 162 (L 側) の電圧計測値 V_S 、 V_L を読み込む。図 38 は、実施例 7 の計測値の一例を示す。本実施例の計測値は、センサ開閉器 160 内のセンサ毎に、A、B、C の三相の各相または各相間の電圧、電流、有効電力、無効電力と、計測時刻と、ノードと、センサ開閉器 ID を対応づけたテーブルである。本実施例において、この三相の計測値は、計測値受信部 11 により、三相の平均値に変換され、計測値データベース 12 として格納される。

[0121] ステップ S62 で、センサ開閉器入切判定部 35 は、定常誤差データベース 20 からセンサ 161 (S 側) およびセンサ 162 (L 側) の電圧の計測値の定常誤差 μ_S 、 μ_L をそれぞれ読み込む。図 39 は、実施例 7 の定常誤差データベース 20 の一例を示す。本実施例の定常誤差データベース 20 は、センサ開閉器 160 内のセンサ毎に、電圧、電流、有効電力、無効電力の各々の定常誤差と、ノード ID と、センサ開閉器 ID を対応づけたテーブルである。

[0122] ステップ S63 で、センサ開閉器入切判定部 35 は、ランダム誤差データベース 21 からセンサ 161 (S 側) およびセンサ 162 (L 側) の電圧の計測値のランダム誤差 σ_S 、 σ_L をそれぞれ読み込む。図 40 は、実施例 7 のランダム誤差データベース 21 の一例を示す。本実施例のランダム誤差データベース 21 は、センサ開閉器 160 内のセンサ毎に、電圧、電流、有効電力、無効電力の各々のランダム誤差の推定値と、ノード ID と、センサ開閉

器 1 D を対応づけたテーブルである。

[0123] ステップ S 6 4 で、センサ開閉器入切判定部 3 5 は、センサ 1 6 1 (S 側) およびセンサ 1 6 2 (L 側) の電圧の計測値 V_S 、 V_L を用いて式 (19) のように計測電圧差 ΔV_{SL} を計算する。ここで計測電圧差 ΔV_{SL} は絶対値とする。

[0124] [数19]

$$\Delta V_{SL} = |V_S - V_L| \quad \cdots \quad (19)$$

[0125] ステップ S 6 5 で、センサ開閉器入切判定部 3 5 は、センサ 1 6 1 (S 側) およびセンサ 1 6 2 (L 側) の電圧計測値の定常誤差 μ_S 、 μ_L およびランダム誤差 σ_S 、 σ_L を用いて式 (20) および式 (21) のようにセンサ個体誤差 ε_S 、 ε_L を計算する。

[0126] [数20]

$$\varepsilon_S = \mu_S + \sigma_S \quad \cdots \quad (20)$$

[数21]

$$\varepsilon_L = \mu_L + \sigma_L \quad \cdots \quad (21)$$

[0127] ステップ S 6 6 で、センサ開閉器入切判定部 3 5 は、センサ 1 6 1 (S 側) およびセンサ 1 6 2 (L 側) のセンサ個体誤差 ε_S 、 ε_L を用いて、式 (22) のように電圧センサ個体差 ε_{SL} を計算する。

[0128] [数22]

$$\varepsilon_{SL} = \varepsilon_S + \varepsilon_L \quad \cdots \quad (22)$$

[0129] ステップ S 6 7 で、センサ開閉器入切判定部 3 5 は、電圧計測差 ΔV_{SL} が電圧センサ個体差 ε_{SL} より大きいかなんかを判断する。判断の結果、電圧計測差 ΔV_{SL} が電圧センサ個体差 ε_{SL} より大きい場合、センサ開閉器入切判定部 3 5 は、処理をステップ S 6 8 に移行させる。小さい場合、センサ開閉器入切判定部 3 5 は、処理をステップ S 6 9 に移行させる。

[0130] ステップ S 6 8 で、センサ開閉器入切判定部 3 5 は、センサ開閉器 1 6 0 が「入」状態であると判定する。ステップ S 6 9 で、センサ開閉器入切判定

部 35 は、センサ開閉器 160 が「切」状態であると判定する。ステップ S 68 およびステップ S 69 においてセンサ開閉器入切判定部 35 は、判定結果を電圧電流分布推定部 17 へ送る。

[0131] センサ開閉器入切判定処理によれば、センサ開閉器 160 の入切状態を判定することができる。

[0132] 次に、本実施例の電圧電流分布推定処理について説明する。本実施例の電圧電流分布推定処理は、実施例 1 の電圧電流分布推定処理に、配電システムの構成を判断する処理を追加したものである。例えば、センサ開閉器入切判定部 35 が、センサ開閉器 160 a、160 b、および 160 c のうち、センサ開閉器 160 a および 160 b を「入」、160 c を「切」と判断した場合について説明する。

[0133] この例において電圧電流分布推定部 17 は、変電所 120 を表すノード 110 a からセンサ開閉器 160 c が接続されるノード 110 e までの各ノードとそれらを結ぶブランチ 150 a から 150 d までの各ブランチを、電圧電流分布推定処理の対象となる配電システムと判断し、対象の配電システムについて実施例 1 と同様の電圧電流分布推定処理を行う。

[0134] 本実施例によれば、センサ個体の定常誤差とランダム誤差の推定値に基づいて開閉器の入り切り状態を判定する機能を備えることで、配電システムの構成を判断し、状態推定の対象を決定することが可能となる。

[0135] 本発明の一態様を表す用語について説明する。記憶部は、計測値データベース 12、最大誤差データベース 13、設備データベース 16、定常誤差データベース 20、ランダム誤差データベース 21、補正計測値データベース 23、補正重み係数データベース 25 などに対応する。重み係数算出部は、重み係数演算部 14 などに対応する。推定値算出部は、電圧電流分布推定部 17、補正電圧電流分布推定部 26、補正計測値演算部 22、補正重み係数演算部 24 などに対応する。個体誤差算出部は、センサ個体誤差推定部 19、異常センサ特定部 33 などに対応する。表示制御部は、通信部 30 などに対応する。更新判定部は、センサ個体誤差更新判定部 28 などに対応する。

開閉状態判定部は、センサ開閉器入切判定部 35 などに対応する。系統構成データは、設備データベース 16 などに対応する。開閉器は、センサ開閉器 160、開閉器 163 などに対応する。

[0136] 本発明は、以上の実施例に限定されるものでなく、その趣旨から逸脱しない範囲で、他の様々な形に変更することができる。

符号の説明

[0137] 10、10b、10c、10d、10f、10g：状態推定装置 11：計測値受信部 12：計測値データベース 13：最大誤差データベース 14：重み係数演算部 15：重み係数データベース 16：設備データベース 17：電圧電流分布推定部 18：電圧電流分布データベース 19：センサ個体誤差推定部 20：定常誤差データベース 21：ランダム誤差データベース 22：補正計測値演算部 23：補正計測値データベース 24：補正重み係数演算部 25：補正重み係数データベース 26：補正電圧電流分布推定部 27：補正電圧電流分布データベース 28：センサ個体誤差更新判定部 29：センサ個体誤差更新ログデータベース 30：通信部 31：センサ組合せ指定部 32：センサ組合せデータベース 33：異常センサ特定部 34：異常センサデータベース 35：センサ開閉器入切判定部 100、100g：電力系統 110：ノード 120：変電所 130：ブランチ 140：負荷 150：センサ 160：センサ開閉器 161：センサ（S側） 162：センサ（L側） 163：開閉器 164：送信装置 200：通信ネットワーク 300：通信ネットワーク 400：表示装置

請求の範囲

[請求項1] 複数時間断面において配電系統内の複数のセンサにより計測された電圧および線路潮流を含む状態の計測値と、前記配電系統内の線路のインピーダンスおよび接続状態を示す系統構成データと、前記配電系統内の各ノードにおけるセンサまたは負荷の最大誤差とを記憶する記憶部と、

各ノードに対し、前記最大誤差に基づいて重み係数を算出する重み係数算出部と、

前記複数時間断面のそれぞれに対し、前記計測値に基づく第一初期値を決定し、前記系統構成データと前記第一初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の第一推定値を算出し、前記第一推定値と前記第一初期値と前記重み係数とに基づいて第二初期値を算出し、前記系統構成データと前記第二初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の第二推定値を算出する推定値算出部と、

前記複数時間断面の計測値と、前記複数時間断面の第二推定値とに基づいて、前記複数のセンサのそれぞれの定常誤差およびランダム誤差を算出する個体誤差算出部と、

を備える配電系統の状態推定装置。

[請求項2] 前記推定値算出部は、前記第一推定値および前記第一初期値の偏差と前記重み係数とを用いる目的関数の最適化計算により前記第一初期値の修正量を算出し、前記第一初期値と前記修正量とに基づいて前記第二初期値を算出する、

請求項 1 に記載の状態推定装置。

[請求項3] 前記推定値算出部は、前記計測値に基づいて各ノードの負荷の計算値を算出し、前記計測値と前記計算値を含む前記第一初期値を決定する、

請求項 2 に記載の状態推定装置。

[請求項4] 前記推定値算出部は、前記定常誤差に基づいて前記計測値を補正す

ることにより補正計測値を算出し、前記補正計測値に基づく第三初期値を決定し、前記系統構成データと前記第三初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の第三推定値を算出する、

請求項 3 に記載の状態推定装置。

[請求項5] 前記推定値算出部は、前記ランダム誤差に基づいて前記重み係数を補正することにより補正重み係数を算出し、前記第三推定値および前記第三初期値の偏差と前記重み係数と前記第三初期値とに基づいて第四初期値を算出し、前記系統構成データと前記第四初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の補正推定値を算出する、
請求項 4 に記載の状態推定装置。

[請求項6] 前記計測値、前記定常誤差、前記ランダム誤差、前記補正計測値、および前記補正推定値のいずれかを、表示装置に表示させる表示制御部を更に備える、
請求項 5 に記載の状態推定装置。

[請求項7] 前記記憶部は、前記定常誤差および前記ランダム誤差を記憶し、
前記複数時間断面の後の複数時間断面の計測値から得られる補正計測値および補正推定値に基づいて、前記定常誤差および前記ランダム誤差を更新するか否かを判定する更新判定部を更に備える、
請求項 5 に記載の状態推定装置。

[請求項8] 前記記憶部は、複数の期間のそれぞれの計測値から得られた定常誤差およびランダム誤差を記憶し、
前記推定値算出部は、計測値に対応する期間の定常誤差およびランダム誤差に基づいて、補正計測値および補正重み係数をそれぞれ算出する、
請求項 5 に記載の状態推定装置。

[請求項9] 前記個体誤差算出部は、前記定常誤差および前記ランダム誤差の少なくともいずれかと、前記最大誤差とを用いて、前記複数のセンサの中から異常な傾向を示すセンサを検出する、

請求項 5 に記載の状態推定装置。

[請求項10] 前記定常誤差、前記ランダム誤差、および開閉器の両端の状態の計測値に基づいて前記開閉器の開閉状態を判定する開閉状態判定部を更に備え、

前記推定値算出部は、前記開閉状態に基づいて前記系統構成データを修正し、前記修正された系統構成データを用いて前記状態の推定値を算出する、

請求項 5 に記載の状態推定装置。

[請求項11] 複数時間断面において配電系統内の複数のセンサにより計測された電圧および線路潮流を含む状態の計測値と、前記配電系統内の線路のインピーダンスおよび接続状態を示す系統構成データと、前記配電系統内の各ノードにおけるセンサまたは負荷の最大誤差とを記憶し、

各ノードに対し、前記最大誤差に基づいて重み係数を算出し、

前記複数時間断面のそれぞれに対し、前記計測値に基づく第一初期値を決定し、前記系統構成データと前記第一初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の第一推定値を算出し、前記第一推定値と前記第一初期値と前記重み係数とに基づいて第二初期値を算出し、前記系統構成データと前記第二初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の第二推定値を算出し、

前記複数時間断面の計測値と、前記複数時間断面の第二推定値とに基づいて、前記複数のセンサのそれぞれの定常誤差およびランダム誤差を算出する、

ことを備える状態推定方法。

[請求項12] 複数時間断面において配電系統内の複数のセンサにより計測された電圧および線路潮流を含む状態の計測値と、前記配電系統内の線路のインピーダンスおよび接続状態を示す系統構成データと、前記配電系統内の各ノードにおけるセンサまたは負荷の最大誤差とを記憶し、

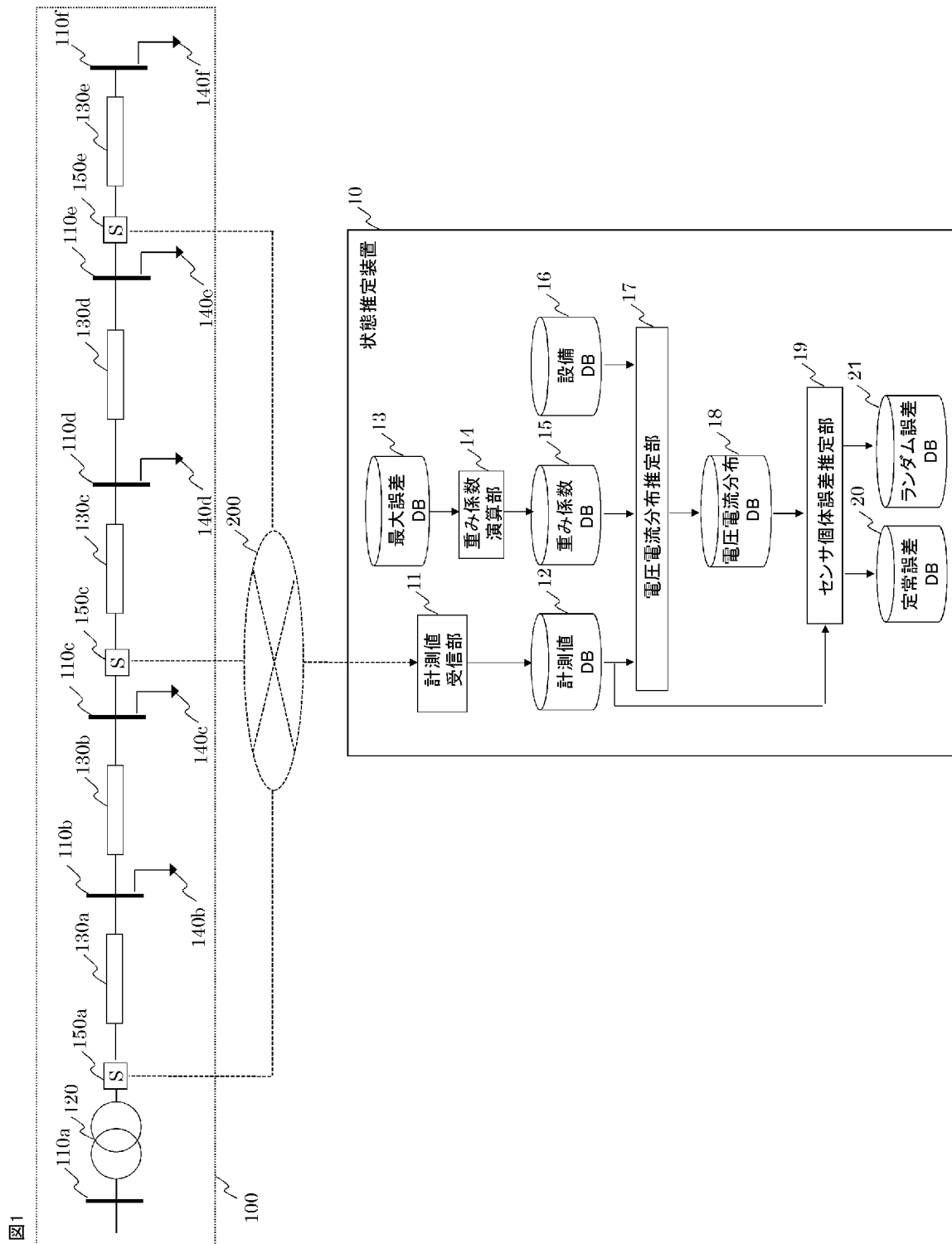
各ノードに対し、前記最大誤差に基づいて重み係数を算出し、

前記複数時間断面のそれぞれに対し、前記計測値に基づく第一初期値を決定し、前記系統構成データと前記第一初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の第一推定値を算出し、前記第一推定値と前記第一初期値と前記重み係数とに基づいて第二初期値を算出し、前記系統構成データと前記第二初期値とを用いる潮流計算により、前記状態の第二推定値を算出し、

前記複数時間断面の計測値と、前記複数時間断面の第二推定値とに基づいて、前記複数のセンサのそれぞれの定常誤差およびランダム誤差を算出する、

ことをコンピュータに実行させる状態推定プログラム。

[図1]



[図2]

図2

時刻	ノード	センサID	電圧V(V)			電流I(A)			有効電力P(kW)			無効電力Q(kvar)		
			AB相	BC相	CA相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相
1:00:00	110a	130a	6624	6675	6604	128	96	113	232	159	214	32	7	-5
1:00:00	110b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1:00:00	110c	130c	6760	6602	6783	106	94	127	220	207	171	-12	-40	6
1:00:00	110d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1:00:00	110e	130e	6652	6653	6728	111	86	117	161	212	208	22	-14	-11
2:00:00	110a	130a	6683	6744	6654	108	110	97	233	235	170	-2	1	2
2:00:00	110b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:00:00	110c	130c	6740	6712	6650	105	130	98	219	205	164	46	-19	15
2:00:00	110d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:00:00	110e	130e	6758	6751	6595	106	151	93	211	176	236	-36	-33	43
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

[図3]

図3

ノード	センサID	最大誤差 ε					
		電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)	負荷Lp(kW)	負荷Lq(kvar)
110a	130a	66	6	105	105	100	50
110b	-	-	-	-	-	100	50
110c	130c	66	6	105	105	100	50
110d	-	-	-	-	-	100	50
110e	130e	66	6	105	105	100	50

[図4]

図4

ノード	センサID	センサ仕様の最大計測誤差率e(%)			
		電圧V	電流I	有効電力P	無効電力Q
110a	130a	1	2	3	3
110b	-	-	-	-	-
110c	130c	1	2	3	3
110d	-	-	-	-	-
110e	130e	1	2	3	3

[図5]

図5

ノード	センサID	定格値Mrat			
		電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
110a	130a	6600	300	3500	3500
110b	-	-	-	-	-
110c	130c	6600	300	3500	3500
110d	-	-	-	-	-
110e	130e	6600	300	3500	3500

[図6]

図6

ノード	センサID	重み係数					
		電圧V	電流I	有効電力P	無効電力Q	負荷Lp	負荷Lq
110a	130a	0.00023	0.02778	0.00009	0.00009	0.00010	0.00040
110b	-	-	-	-	-	0.00010	0.00040
110c	130c	0.00023	0.02778	0.00009	0.00009	0.00010	0.00040
110d	-	-	-	-	-	0.00010	0.00040
110e	130e	0.00023	0.02778	0.00009	0.00009	0.00010	0.00040

[図7]

図7

ブランチ	配電線インピーダンス(Ω)	
	抵抗	リアクタンス
140a	0.05	0.10
140b	0.04	0.08
140c	0.06	0.12
140d	0.03	0.06

[図8]

図8

ノード	修正量の上下限率(%)					
	送出電圧		有効電力負荷LP		無効電力負荷LQ	
	上限	下限	上限	下限	上限	下限
110a	1	1	10	10	10	10
110b	1	1	10	10	10	10
110c	1	1	10	10	10	10
110d	1	1	10	10	10	10
110e	1	1	10	10	10	10

[図9]

図9

変数: 電圧V		ノード: 110a		
ノード	感度係数 α			
	電圧V	電流I	有効電力P	無効電力Q
110a	1.0000	-0.0005	0.0000	0.0000
110b	1.0000	-0.0004	0.0000	0.0000
110c	1.0000	-0.0003	0.0000	0.0000
110d	1.0000	-0.0002	0.0000	0.0000
110e	1.0000	-0.0001	0.0000	0.0000

[図10]

図10

変数: 負荷Lp

ノード: 110e

変数: 負荷Lp

ノード: 110d

変数: 負荷Lp

ノード: 110c

変数: 負荷Lp

ノード: 110b

ノード	感度係数 β			
	電圧V	電流I	有効電力P	無効電力Q
110a	0.0000	0.0010	1.0000	0.0000
110b	-0.0005	0.0010	1.0000	0.0000
110c	-0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
110d	-0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
110e	-0.0005	0.0000	0.0000	0.0000

[図11]

図11

変数: 負荷Lq

ノード: 110e

変数: 負荷Lq

ノード: 110d

変数: 負荷Lq

ノード: 110c

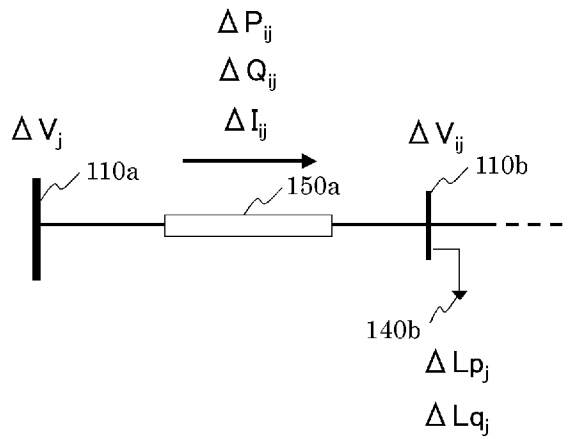
変数: 負荷Lq

ノード: 110b

ノード	感度係数 γ			
	電圧V	電流I	有効電力P	無効電力Q
110a	0.0000	0.0010	0.0000	1.0000
110b	-0.0005	0.0010	0.0000	1.0000
110c	-0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
110d	-0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
110e	-0.0005	0.0000	0.0000	0.0000

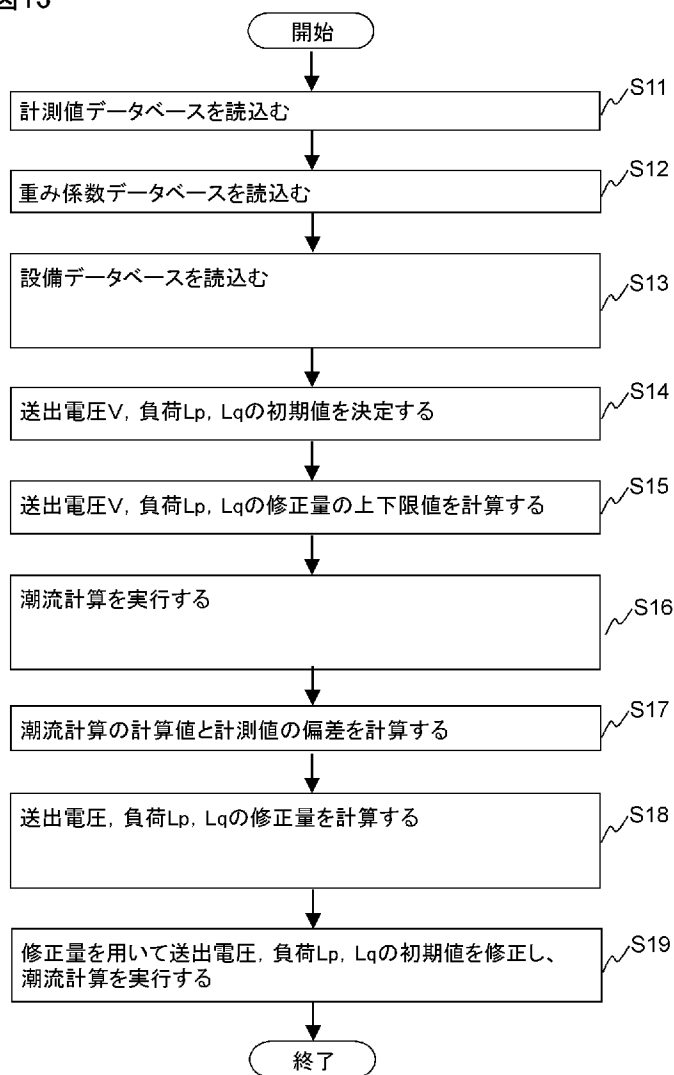
[図12]

図12



[図13]

図13



[図14]

図14

ノード	初期値		
	送出電圧(V)	有効電力負荷LP(kW)	無効電力負荷LQ(kvar)
110a	6634	-	-
110b	-	500	300
110c	-	550	-200
110d	-	450	-100
110e	-	300	150

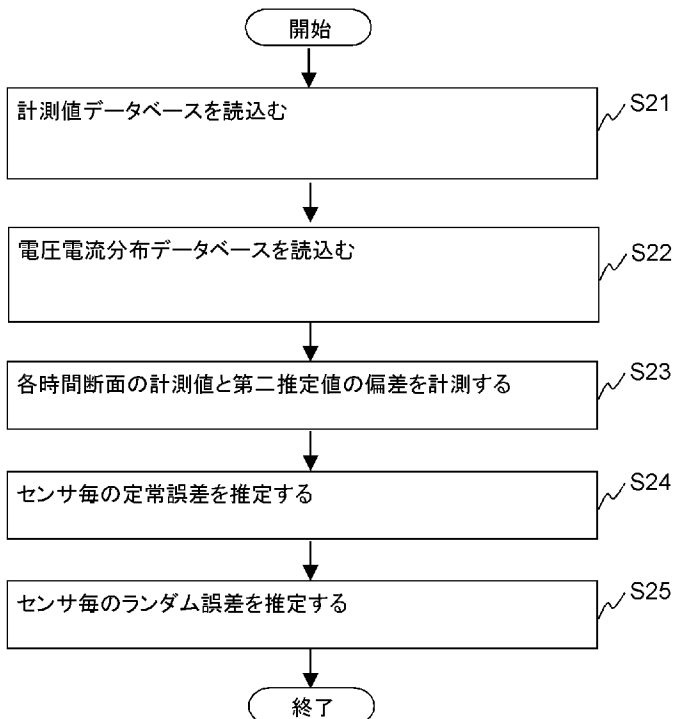
[図15]

図15

時刻	ノード	センサID	推定値			
			電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
1:00:00	110a	130a	6800	113	203	15
	110b	-	6730	111	200	0
	110c	130c	6700	110	197	-12
	110d	-	6680	108	195	-10
	110e	130e	6850	104	192	-5
2:00:00	110a	130a	6800	115	220	16
	110b	-	6730	113	211	5
	110c	130c	6700	112	195	-10
	110d	-	6680	109	192	-8
	110e	130e	6850	105	189	-3
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

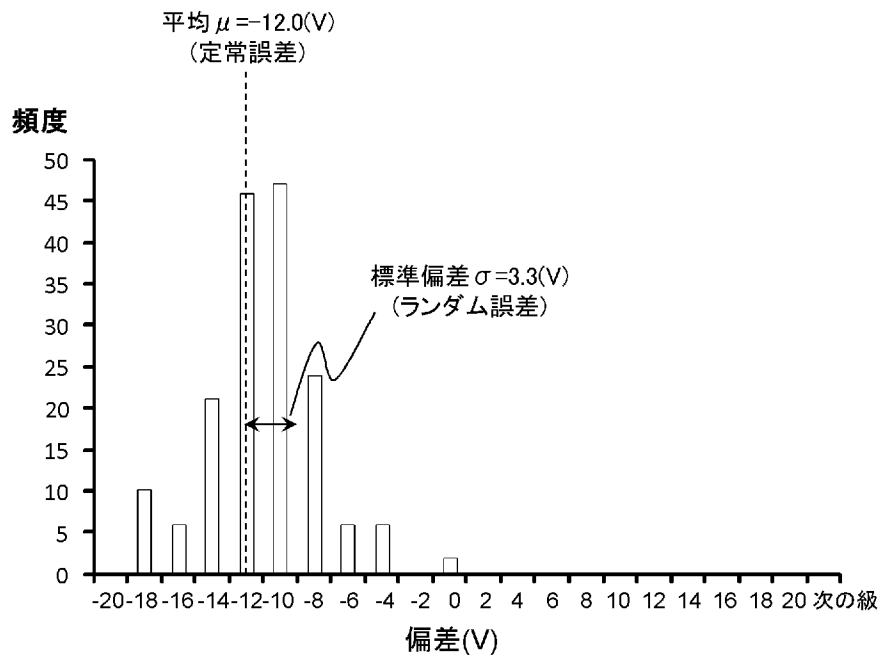
[図16]

図16



[図17]

図17



[図18]

図18

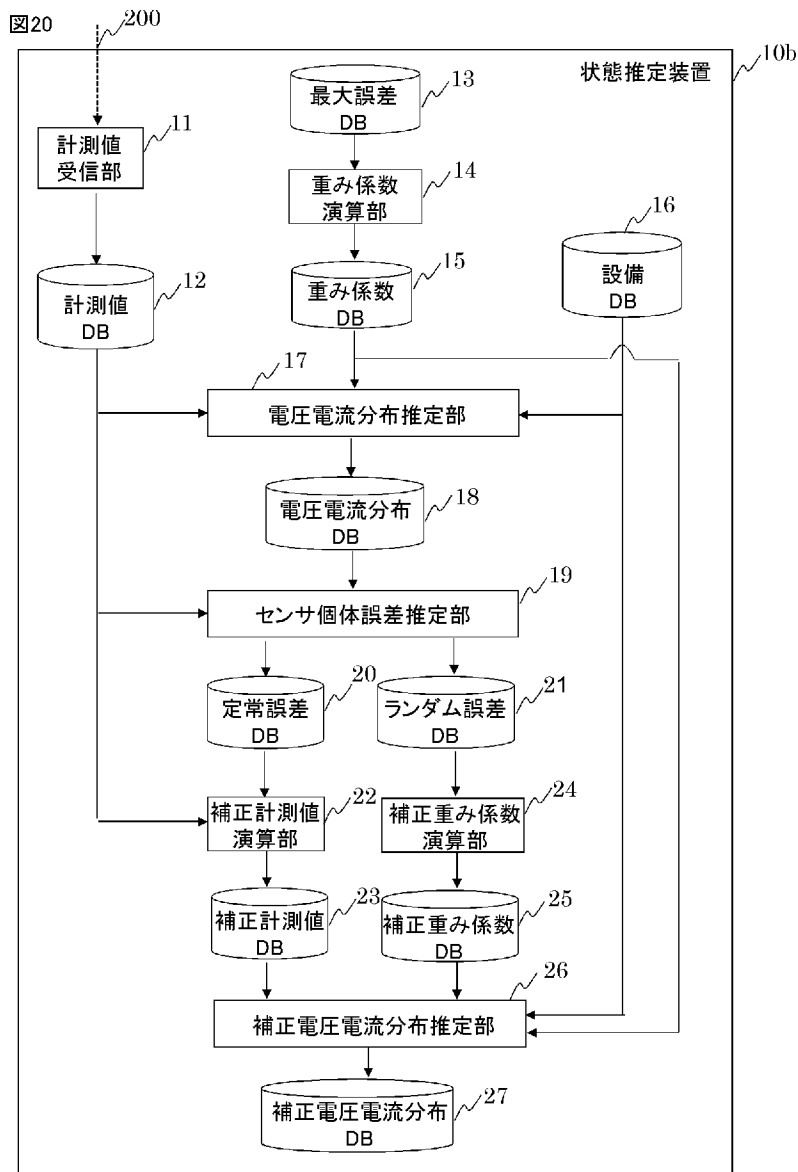
ノード	センサID	定常誤差			
		電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
110a	130a	15.0	-0.5	30.0	0.8
110b	-	-	-	-	-
110c	130c	-18.0	0.5	-20.0	0.9
110d	-	-	-	-	-
110e	130e	30.0	0.8	15.0	-0.2

[図19]

図19

ノード	センサID	ランダム誤差			
		電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
110a	130a	3.3	0.1	15.0	0.5
110b	-	-	-	-	-
110c	130c	5.8	0.3	10.0	0.3
110d	-	-	-	-	-
110e	130e	8.0	0.2	5.5	0.4

[図20]



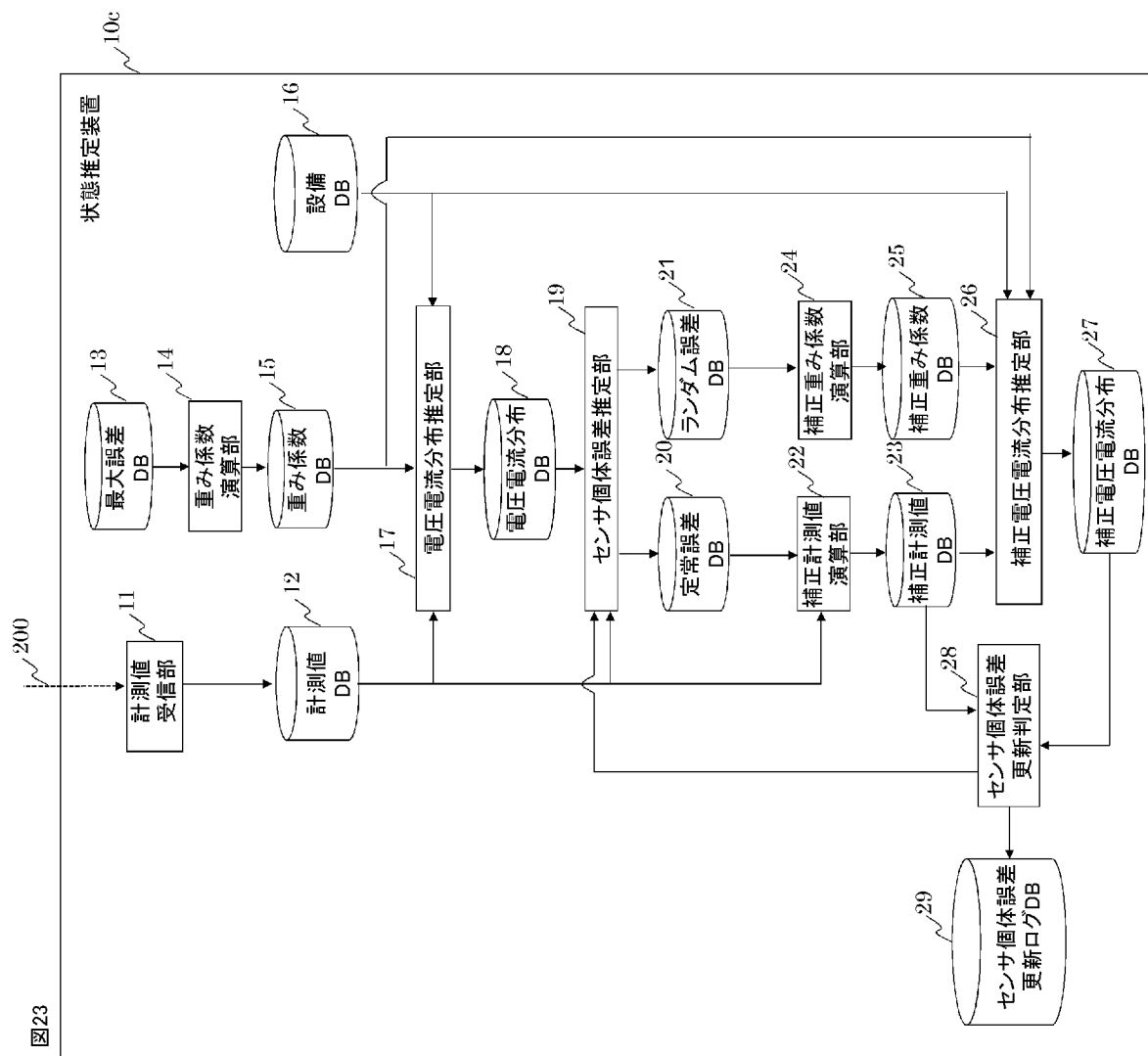
[図21]

図21

時刻(h)	ノード	センサID	補正計測値(三相平均値)			
			電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
1	110a	130a	6619.4	112.9	171.7	10.5
	110b	—	—	—	—	—
	110c	130c	6733.4	108.7	219.3	-16.2
	110d	—	—	—	—	—
	110e	130e	6647.8	103.9	178.7	-0.8
2	110a	130a	6678.7	105.5	182.7	-0.5
	110b	—	—	—	—	—
	110c	130c	6718.6	110.6	216.0	13.1
	110d	—	—	—	—	—
	110e	130e	6671.0	115.9	192.7	-8.5
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

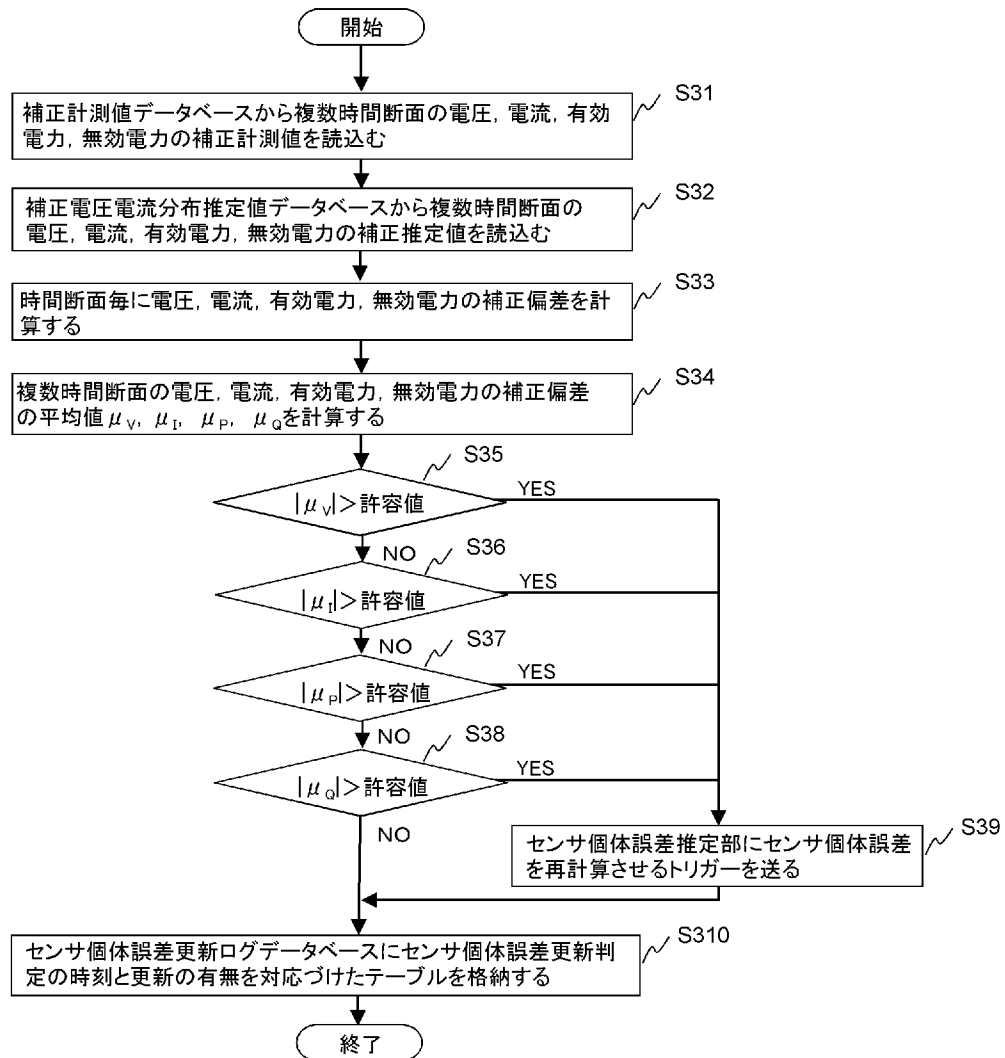
图 22

[図23]



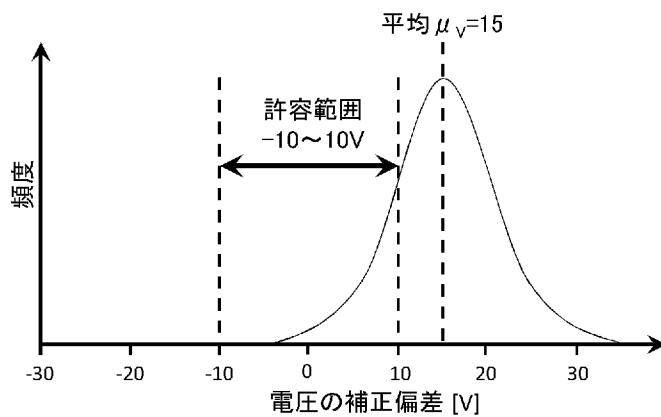
[図24]

図24



[図25]

図25

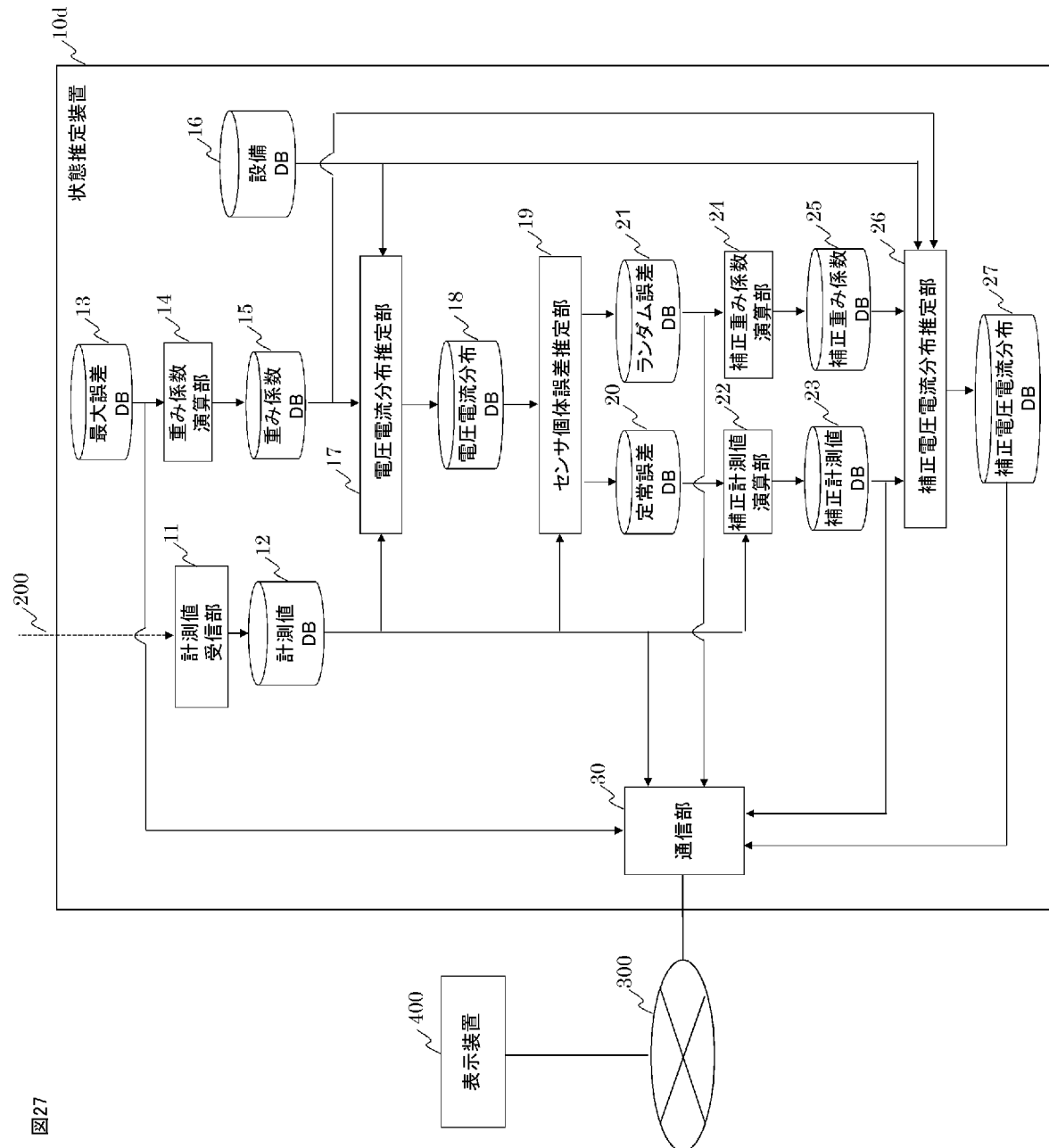


[図26]

図26

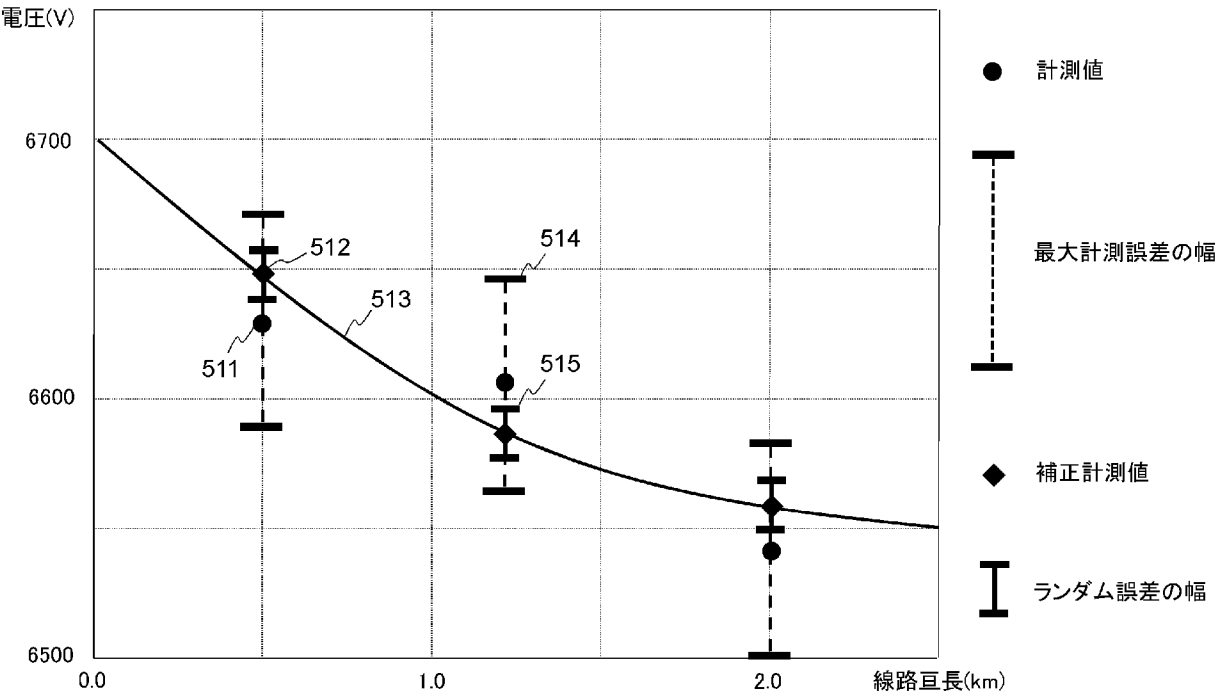
日付	時刻	センサ個体誤差更新判定の結果
2013/1/1	1:00:00	更新なし
2013/2/1	1:00:00	更新あり
:	:	:

[図27]



[図28]

図28

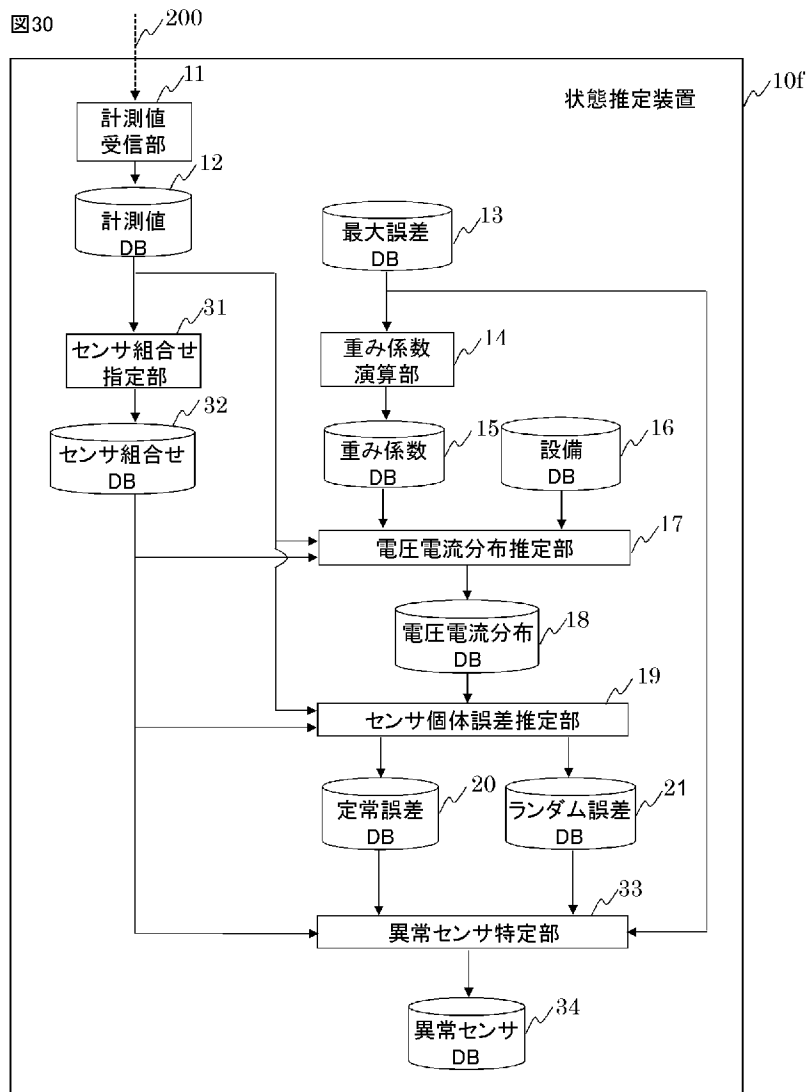


[図29]

図29

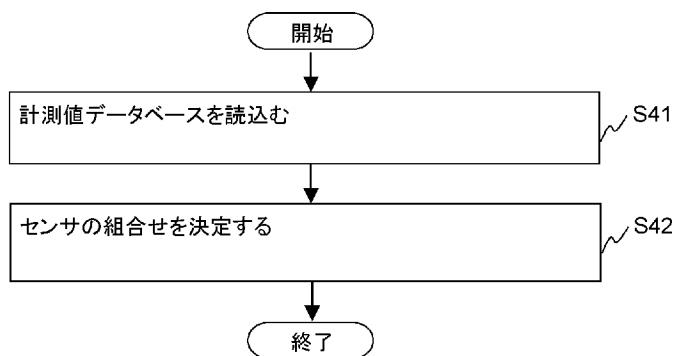
期間			ノード	センサID	ランダム誤差			
月	曜日	時間			電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
3~5	平日	9~21	110a	130a	3.3	0.1	15.0	0.5
			110b	-	-	-	-	-
			110c	130c	5.8	0.3	10.0	0.3
			110d	-	-	-	-	-
			110e	130e	8.0	0.2	5.5	0.4
		21~9	110a	130a	2.2	0.2	13.0	0.4
			110b	-	-	-	-	-
			110c	130c	6.0	0.5	12.0	0.4
			110d	-	-	-	-	-
			110e	130e	7.2	0.3	7.5	0.2
6~8	休日	9~21	:	:	:	:	:	:
		21~9	:	:	:	:	:	:
	平日	:	:	:	:	:	:	:
		:	:	:	:	:	:	:
9~11	休日	:	:	:	:	:	:	:
		:	:	:	:	:	:	:
	平日	:	:	:	:	:	:	:
		:	:	:	:	:	:	:
12~2	休日	:	:	:	:	:	:	:
		:	:	:	:	:	:	:
	平日	:	:	:	:	:	:	:
		:	:	:	:	:	:	:

[図30]



[図31]

図31



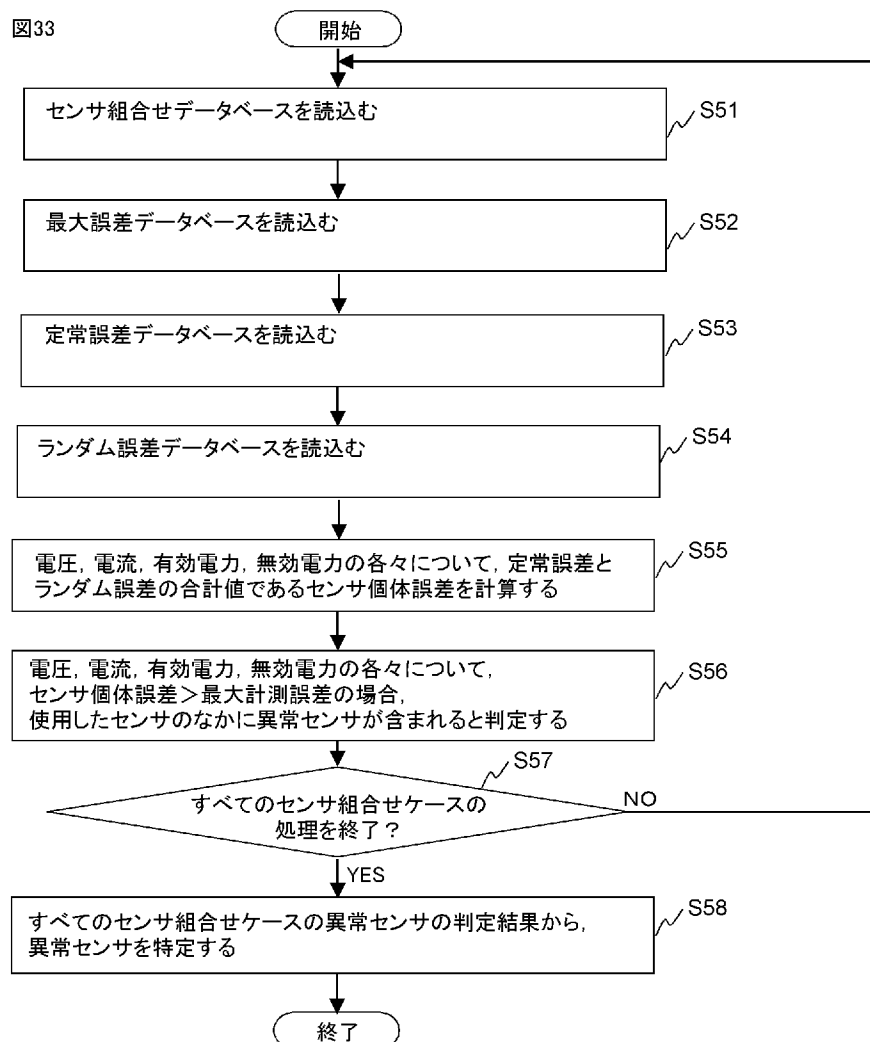
[図32]

図32

センサ組合せ ケースNo	センサID	センサ使用の可否
1	130a	否
	130c	可
	130e	可
2	130a	可
	130c	否
	130e	可
3	130a	可
	130c	可
	130e	否

[図33]

図33

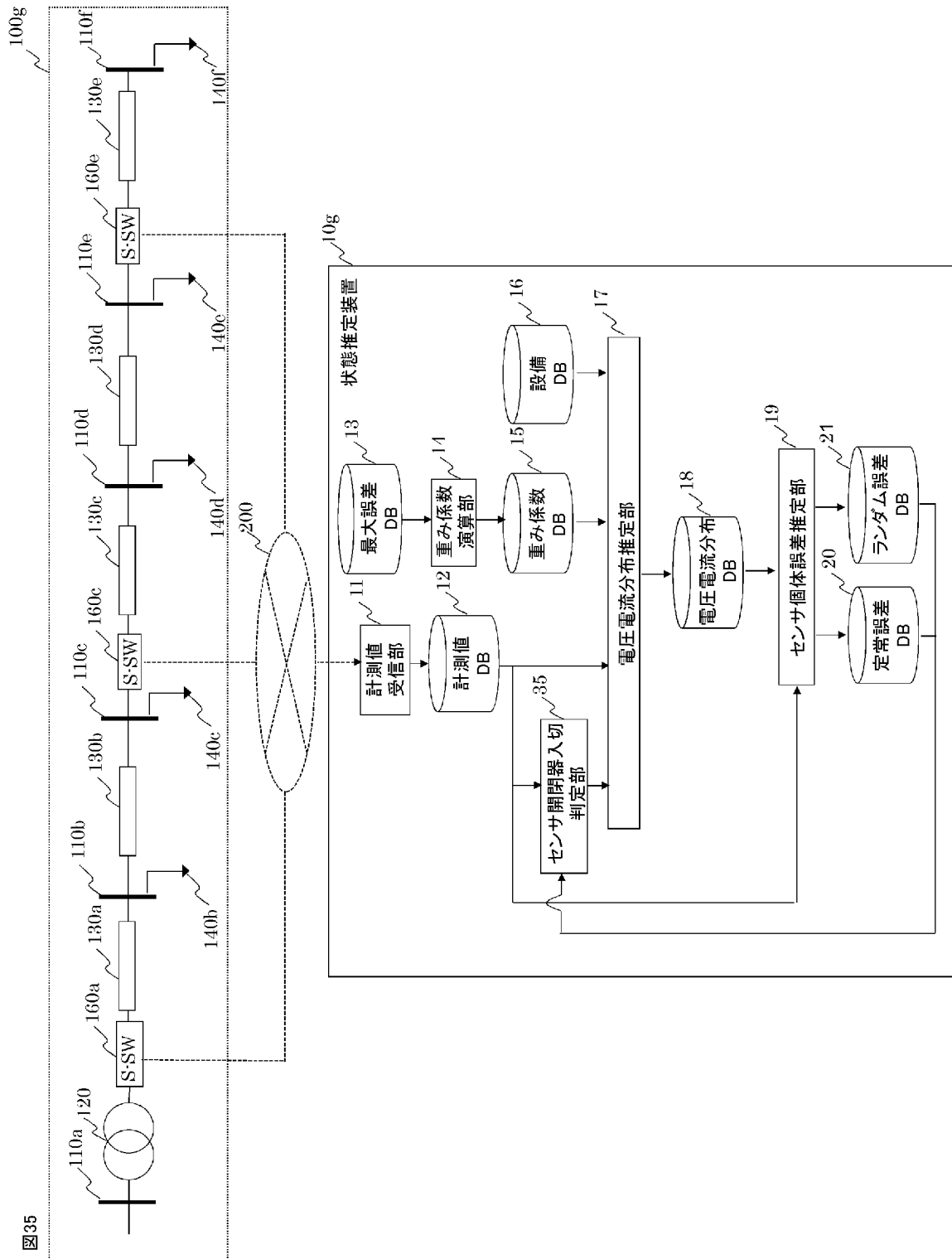


[図34]

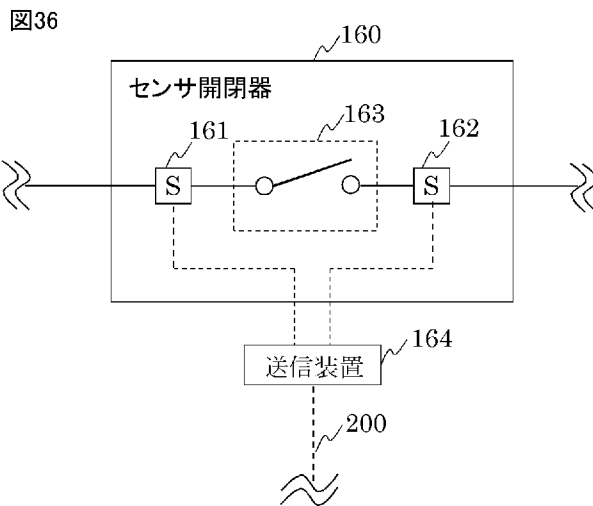
図34

時刻	異常センサID
1:00:00	130c
:	:
:	:

[図35]

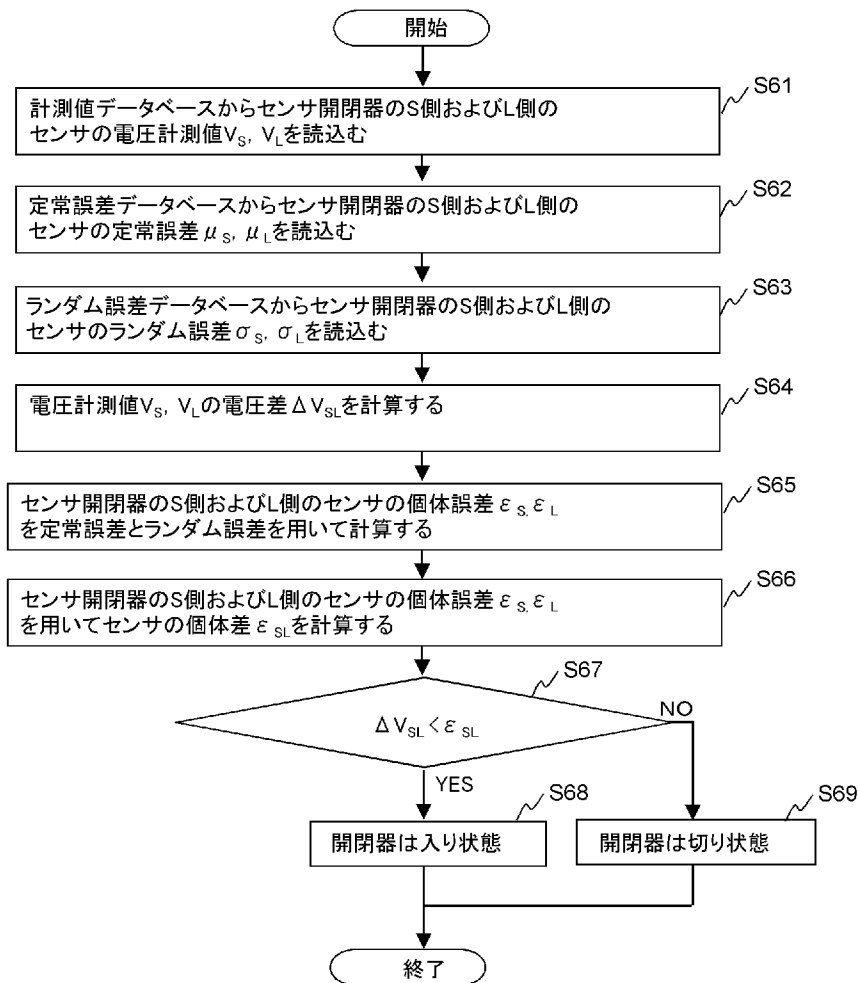


[図36]



[図37]

図37



[図38]

図38

時刻	ノード	センサ開閉器 ID	電圧V(V)			電流I(A)			有効電力P(kW)			無効電力Q(kvar)			
			AB相	BC相	CA相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	
1:00:00	110a	160a	S	6624	6675	6604	128	96	113	232	159	214	32	7	-5
			L	6674	6725	6654	118	86	103	252	179	234	27	2	-10
	110b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	110c	160c	S	6760	6602	6783	106	94	127	220	207	171	-12	-40	6
			L	6810	6652	6833	96	84	117	240	227	191	-17	-45	1
	110d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	110e	160e	S	6652	6653	6728	111	86	117	161	212	208	22	-14	-11
			L	6702	6703	6778	101	76	107	181	232	228	17	-19	-16
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	

[図39]

図39

ノード	センサ開閉器 ID		定常誤差			
			電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
110a	160a	S	15.0	-0.5	30.0	0.8
		L	14.0	-0.3	20.0	0.5
110b	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
110c	160c	S	-18.0	0.5	-20.0	0.9
		L	-15.0	0.3	-30.0	0.5
110d	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
110e	160e	S	30.0	0.8	15.0	-0.2
		L	25.0	0.5	20.0	0.2

[図40]

図40

ノード	センサ開閉器 ID		ランダム誤差			
			電圧V(V)	電流I(A)	有効電力P(kW)	無効電力Q(kvar)
110a	160a	S	3.3	0.1	15.0	0.5
		L	3.0	0.2	14.0	0.7
110b	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
110c	160c	S	5.8	0.3	10.0	0.3
		L	5.0	0.1	9.0	0.5
110d	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
110e	160e	S	8.0	0.2	5.5	0.4
		L	9.0	0.4	5.1	0.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079174

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/00(2006.01)i, G01R35/00(2006.01)i, H02J13/00(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)

H02J3/00, G01R35/00, H02J13/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-154418 A (Hitachi, Ltd.), 03 July 2008 (03.07.2008), paragraphs [0020] to [0032] (Family: none)	1-12
A	JP 2005-050283 A (Fuji Electric Holdings Co., Ltd.), 24 February 2005 (24.02.2005), paragraphs [0015] to [0031] (Family: none)	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "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)
 "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

"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
 "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
 "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
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 December, 2014 (09.12.14)

Date of mailing of the international search report
16 December, 2014 (16.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02J3/00(2006.01)i, G01R35/00(2006.01)i, H02J13/00(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（I P C））

Int.Cl. H02J3/00, G01R35/00, H02J13/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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）

IEEE Xplore

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 2008-154418 A（株式会社日立製作所）2008.07.03, 段落【0020】－【0032】（ファミリーなし）	1－12
A	JP 2005-050283 A（富士電機ホールディングス株式会社）2005.02.24, 段落【0015】－【0031】（ファミリーなし）	1－12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

の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

0 9 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 6 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

坂本 聡生

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5 T

5 3 7 9