

(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
2010 年 1 月 14 日(14.01.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/004757 A1

PCT

- (51) 国際特許分類:
G01R 31/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/003221
- (22) 国際出願日: 2009 年 7 月 9 日(09.07.2009)
- (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 2008-179078 2008 年 7 月 9 日(09.07.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高荷英之 (TAKANI, Hideyuki) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 杉浦秀昌 (SUGIURA, Hideaki) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1

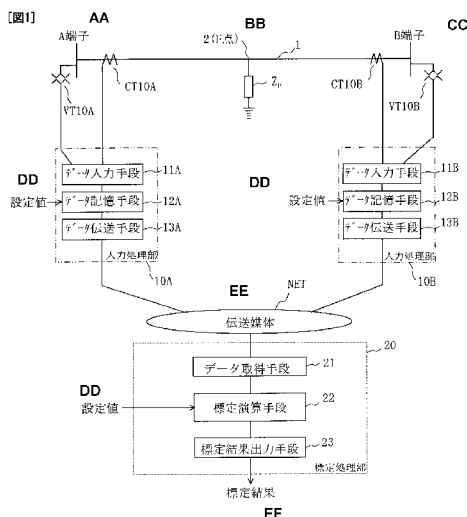
号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 大橋未花 (OHASHI, Mika) [JP/JP]; 〒1838511 東京都府中市東芝町 1 番地 1 3 東芝システムテクノロジー株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 木内光春 (KIUCHI, Mitsuharu); 〒1050003 東京都港区西新橋 1 丁目 6 番 1 3 号 虎ノ門吉荒ビルディング 5 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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ,

[続葉有]

(54) Title: FAULT LOCATING METHOD AND FAULT LOCATING APPARATUS

(54) 発明の名称: 事故点標定方法および事故点標定装置



(57) Abstract: Provided is a method of accurately locating a fault by performing simple and direct calculations without requiring the synchronization of each terminal. Data relating to the voltage and the current (vector quantity) at both terminals of a route of a power line to undergo fault location, and a predetermined power line route constant are used. When the distance x between a predetermined terminal A and a fault F is unknown, the distance x can be calculated by solving a quadratic equation obtained by defining as the fault a point where square values of the fault voltage of the fault phases observed from both terminals are the same.

(57) 要約: 各端子の同期を不要とし、シンプルかつ直接的な計算により、精度良く事故点標定を行うことのできる事故点標定方法を提供する。送電線の標定対象線路 1 両端の電圧、電流 (ベクトル量) のデータおよび予め設定した送電線線路定数を用いる。所定の一端 A から事故点 F までの距離 x を未知数として、両端から見た事故相の事故点電圧の大きさの 2 乗値が等しい点を事故点として得られる 2 次方程式を解くことにより、前記所定の一端から事故点までの距離を算出する。

AA Terminal A
BB 2(F point)
CC Terminal B
DD Set value
10A,10B Input processing unit
11A,11B Data input means
12A,12B Data storage means
13A,13B Data transmitting means
EE Transmitting medium
20 Location processing unit
21 Data acquiring unit
22 Location calculating means
23 Location result output means
FF Location result

WO 2010/004757 A1



NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 事故点標定方法および事故点標定装置

技術分野

[0001] 本発明は、送電線の電流・電圧と送電線線路定数を用いて事故点までの距離を計算し、事故点を標定する事故点標定方法および事故点標定装置に関する。

背景技術

[0002] 送電線を流れる電流と電圧からインピーダンス（抵抗）を求め、事故点までの距離を計算し、事故点を標定するようにした従来の事故点標定方法は、標定対象区間の両端から見た事故点電圧（ベクトル量）が等しいという条件を利用して実施している（例えば、非特許文献 1 参照）。

[0003] 図 19 を参照して従来の事故点標定方法について説明する。図 19（a）は送電線の回路図、図 19（b）は送電線長さ方向の電圧分布図、図 19（c）は電圧、電流間に成り立つ関係式である。

[0004] 図 19 に示す送電線の標定対象線路 1 において、単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）の線路長 L の両端子 A、B からそれぞれ事故点 2（F 点）を見たときの電圧 V_F （ベクトル量）は等しいので、下記の式(1)が成立する。

[数1]

$$\dot{V}_A - x \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_A = \dot{V}_F = \dot{V}_B - (L - x) \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_B \quad \cdots \text{式(1)}$$

[0005] 式（1）において、左辺が A 端子から事故点 2（F 点）を見たときの電圧、右辺が B 端子から事故点 2（F 点）を見たときの電圧をそれぞれ表しており、A 端子から事故点 2（F 点）までの距離 x は下記式（2）によって算出される。

[数2]

$$x = \frac{\dot{V}_A - \dot{V}_B + L \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_B}{\dot{Z} \cdot (\dot{I}_A + \dot{I}_B)} \quad \cdots \text{式(2)}$$

[0006] 式(2)は、両端の電圧・電流ベクトル量について成り立つ式であり、両端でそれぞれ取り込んだ電流・電圧の同期をとる必要がある。そのため、サンプリング同期信号やGPS信号を用いて、各端子の同期をとる方法が採られている(特許文献1)。

[0007] さらに、各端子の同期をとる必要のない方法として、式(1)の大きさ(スカラー)に着目した方法もあるが、これは、両端から見た事故点電圧のスカラー量が等しくなる点を仮想事故点から逐次計算していく方法である(特許文献2、3)。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平3-282377号公報

特許文献2：特開平2-35379号公報

特許文献3：特開平2-228574号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：法貴、木谷共著「送電線の故障点標定器」昭和32年オーム社

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 上記の特許文献2、3に開示されている各端子の同期を不要とする方法では、サンプリング同期信号やGPS信号などの送受信回路を不要とする利点はあるが、仮想事故点から逐次計算していく方法のため精度を向上させるには、逐次計算の時間間隔を非常に短くする必要があり、事故点標定装置によって計算が煩雑かつ計算負担が大きくなる問題点がある。

[0011] そこで本発明は、各端子の同期を不要とし、シンプルかつ直接的な計算により、精度良く事故点標定を行うことのできる事故点標定方法および事故点標定装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記の目的を達成するために、本発明の事故点標定方法は、標定対象送電

線の各端子の電圧、電流および送電線線路定数を用いて事故点を標定する事故点標定方法において、両端から見た事故相の事故点電圧の大きさの2乗値が等しい点を事故点として得られる2次方程式を解くことにより所定の一端から事故点までの距離を算出することを特徴とする。

[0013] また、本発明の事故点標定装置は、標定対象送電線の各端子の電圧、電流および送電線線路定数を用いて事故点を標定する事故点標定装置において、入力処理部と標定処理部を設けたことを特徴とする。入力処理部は、標定対象送電線の各端子に、端子電圧および電流を取り込み、ディジタル変換を行うデータ入力手段、データ記憶時間を含む1種以上の設定値を予め設定しておき、この設定値をもとに事故発生時に電気量データをメモリに記憶するデータ記憶手段、記憶したデータを伝送するデータ伝送手段を備える。標定処理部は、伝送媒体を介して前記各端子に設置された前記入力処理部から伝送されてくるデータを取得するデータ取得手段、前記標定対象送電線の線路定数を含む1種以上の設定値を予め設定しておき、この設定値および前記データ取得手段で取得した電流、電圧データを用い、両端から見た事故相の事故点電圧の大きさの2乗値が等しい点を事故点として得られる2次方程式を解くことにより所定の一端から事故点までの距離を算出する標定演算を行う標定演算手段、この標定演算手段の標定結果を出力する標定結果出力手段を備える。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、各端子で同期をとることを不要とし、シンプルかつ直接的な計算により、精度良く事故点標定を行うことのできる事故点標定方法および事故点標定装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の第1ないし第4の実施形態に係る事故点標定方法を実現するための事故点標定装置のブロック構成図。

[図2]本発明の第1ないし第4の実施形態で採用した入力処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図3] 本発明の第 1 の実施形態で採用した標定処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図4] 本発明の第 1 の実施形態による事故点標定方法を示す図で、(a) は送電線の回路図、(b) は送電線長さ方向の電圧分布図、(c) は電圧、電流間に成り立つ関係式。

[図5] 本発明の第 2 の実施形態で採用した標定処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図6] 本発明の第 2 の実施形態の事故点標定方法を示し、(a) は送電線の回路図、(b) は送電線長さ方向の電圧変化を示す図、(c) は電圧、電流間に成り立つ関係式。

[図7] 本発明の第 2 の実施形態の変形例で採用した入力処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図8] 本発明の第 2 の実施形態の変形例で採用した標定処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図9] 本発明の第 3 の実施形態で採用した標定処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図10] 本発明の第 3 の実施形態による事故点標定方法を説明する図で、(a) は A 端子の電圧の時系列サンプルデータ例、(b) は A 端子の電流のサンプルデータを示す図。

[図11] 本発明の第 3 の実施形態による事故点標定方法を説明する図で、(a) は B 端子の電圧の時系列サンプルデータ例、(b) は B 端子の電流のサンプルデータを示す図。

[図12] 本発明の第 3 の実施形態の事故点標定方法を説明する図で、特に、時系列の標定計算値例を示す図。

[図13] 本発明の第 4 の実施形態で採用した標定処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図14] 本発明の第 4 の実施形態の事故点標定方法を説明する図で、(a) は A 端子の電流の時系列サンプルデータ例、(b) は A 端子の電流の時系列振

幅値例を示す図。

[図15]本発明の第4の実施形態の事故点標定方法を説明する図で、(a)はB端子の電流の時系列サンプルデータ例、(b)はB端子の電流の時系列振幅値例を示す図。

[図16]本発明の第5の実施形態に係る事故点標定方法を実現するための事故点標定装置のブロック構成図。

[図17]本発明の第5の実施形態で採用した標定処理部の処理機能を示すフローチャート。

[図18]本発明の第5の実施形態の事故点標定方法を示す図で、(a)は送電線の回路図、(b)は電圧、電流間に成り立つ関係式。

[図19]従来の事故点標定方法を示し、(a)は送電線の回路図、(b)は送電線長さ方向の電圧分布図、(c)は電圧、電流間に成り立つ関係式を示す図。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、各実施形態の図に共通する要素には同一符号を付けて説明する。

[0017] (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態による事故点標定方法を実現するための事故点標定装置のブロック構成図であり、図2および図3はそれぞれ事故点標定装置を構成する入力処理部および標定処理部の処理機能を示すフローチャートである。

[0018] (構成)

本実施形態による事故点標定方法の説明をする前に、まず事故点標定装置の概要について図1ないし図3を参照して説明する。

[0019] 図1において、1は標定対象の2端子送電線、CT10AおよびCT10Bはそれぞれ送電線1のA端子、B端子に設置された変流器、そしてVT10AおよびVT10Bはそれぞれ送電線1のA端子、B端子に設置された電圧変成器である。

- [0020] 本発明に係る事故点標定装置は、A端子、B端子にそれぞれ設置された入力処理部10A、10Bと、伝送媒体NETを介してこれら入力処理部10A、10Bに接続された標定処理部20から構成されている。
- [0021] A端子に設置された入力処理部10Aは、例えば、マイクロプロセッサ等のデジタルコンピュータで構成されており、変流器CT10Aおよび電圧変成器VT10Aから電流および電圧を取り込み、デジタル変換を行うデータ入力手段11Aと、データ記憶時間、事故検出感度などの設定値を予め設定しておき、これらの設定値をもとに、事故発生の有無を判定して事故発生時に電気量データをメモリに記憶するデータ記憶手段12Aと、記憶したデータを伝送するデータ伝送手段13Aとを備えている。B端子に設置された入力処理部10Bも入力処理部10Aと同様に構成されているので、入力処理部10Aと同一要素には添字AをBに付け替えて説明は省略する。
- [0022] 標定処理部20も、例えば、マイクロプロセッサ等のデジタルコンピュータで構成されており、入力処理10Aおよび10Bのデータ伝送手段13A、13Bから伝送されてくるデータを取得するデータ取得手段21と、送電線1の線路長Lおよび単位長あたりの送電線線路定数Z（ベクトル量）などの設定値を予め設定しておき、これらの設定値およびデータ取得手段21で取得した電流、電圧データに基づいて事故点の標定演算を行う標定演算手段22と、この標定演算手段22の標定演算結果を出力する標定結果出力手段23とを備えている。
- [0023] 次に、図2に示すフローチャートを参照して入力処理部10Aおよび10Bの処理機能として実行される入力処理100について説明する。なお、入力処理部の説明にあたり、特にA端子側の入力処理部あるいはB端子側の入力処理部として区別して説明する必要のない場合は、添字A、Bを省いて説明する。
- [0024] 入力処理部10は、入力処理100において、ステップ101で各端子から取り込んだ電圧・電流データを入力する。このステップ101は図1のデータ入力手段11によって実行される処理ステップである。次に、ステップ

102で、データ記憶時間、事故検出感度などの予め設定した設定値をもとに事故発生有無を確認し、事故発生有りと判定した場合（Y）、次のステップ103で電圧・電流データを記憶する。これらステップ102および103は、図1のデータ記憶手段12によって実行される処理ステップである。

[0025] そして、次のステップ104で事故発生時の電圧・電流データを標定処理部20へ伝送する。このステップ104は図1のデータ伝送手段によって実行される処理ステップである。

[0026] 次に、図3のフローチャートを参照して、標定処理部20の処理機能として実行される標定処理200について説明する。

標定処理部20は、標定処理200において、ステップ201で入力処理部10A、10Bから伝送されてきたデータを取得する。このステップ201は図1のデータ取得手段21によって実行される処理ステップである。

[0027] ステップ201でデータを取得後、ステップ202で事故発生有りと判定した場合（Y）、次のステップ203で事故相を選別し、さらに、ステップ204で事故相電圧・各相電流データおよび送電線1の線路長 L および単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）などの予め設定した設定値を用いて標定演算を行う。これらステップ202、203および204は、図1の標定演算手段22によって実行される処理ステップである。

[0028] そして、次のステップ205で標定演算結果を出力する。このステップ205は図1の標定結果出力手段23によって実行される処理ステップである。

[0029] （作用）

以上で事故点標定装置を構成する入力処理部10A、10Bおよび標定処理部20について機能説明を終えたので、以下、図4を参照して本実施形態による事故点標定方法について説明する。

[0030] 図4は、本実施形態による事故点標定方法を説明する図であり、図4（a）は送電線事故時の模式図、図4（b）はA、B端子並びに事故点Fの電圧分布図、図4（c）は事故点電圧・電流間の関係式をそれぞれ示す。

[0031] 図 1 および図 4 においては、標定対象線路 1 の A 端子および B 端子の各端子において、端子間のサンプリング同期をとることなく、電圧変成器 V T 1 0 A および変流器 C T 1 0 A、電圧変成器 V T 1 0 B および変流器 C T 1 0 B により、それぞれ事故中の電圧 V_A （ベクトル量）および電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）および電流 I_B （ベクトル量）を採取する。

[0032] 入力処理部 1 0 A および 1 0 B は、それぞれデータ入力手段 1 1 A および 1 1 B で電圧 V_A （ベクトル量）と電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）と電流 I_B （ベクトル量）を取り込み、ディジタルデータに変換する。

[0033] そして、ディジタルデータに変換された電流・電圧データを、データ記憶時間、事故検出感度などの設定値をもとに、データ記憶手段 1 2 A および 1 2 B のメモリに記憶させ、さらに、この記憶したディジタル電圧・電流データ V_A 、 I_A 、 V_B 、 I_B をデータ伝送手段 1 3 A、1 3 B を介して標定処理部 2 0 に送る。

[0034] 標定処理部 2 0 では、データ取得手段 2 1 により各入力処理部 1 0 A、1 0 B からの事故時のディジタルデータ V_A 、 I_A 、 V_B 、 I_B を取り込み、送電線 1 の線路長 L および単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）などの設定値をもとに、標定演算手段 2 2 で次のようにして標定演算を行う。

[0035] まず、A 端子で取得した V_A 、 I_A を、任意の位相基準を用いて複素数表現すると、次の式（3）となる。

[数3]

$$\begin{aligned} V_A &= V_{Ar} + jV_{Ax} \\ I_A &= I_{Ar} + jI_{Ax} \end{aligned} \quad \cdots \text{式(3)}$$

[0036] このとき、A 端子から見た事故点 2（F）の電圧（事故点電圧： V_{FA} ）の大きさについて前記式（1）が成立することから、式（1）の 2 乗値についても問題なく成立する。

すなわち、式（1）を 2 乗すると、次の式（4）が得られる。

[数4]

$$\begin{aligned}
|V_{FA}|^2 &= |V_A - x \cdot Z_L \cdot I_A|^2 \\
&= |V_{Ar} + jV_{Ax} - x(R + jX)(I_{Ar} + jI_{Ax})|^2 \\
&= \{V_{Ar} - x(R \cdot I_{Ar} - X \cdot I_{Ax})\} + j\{V_{Ax} - x(X \cdot I_{Ar} + R \cdot I_{Ax})\}^2 \quad \cdots \text{式(4)} \\
&= \{V_{Ar} - x(R \cdot I_{Ar} - X \cdot I_{Ax})\}^2 + \{V_{Ax} - x(X \cdot I_{Ar} + R \cdot I_{Ax})\}^2
\end{aligned}$$

ここで、

[数5]

$$[ZI]_{Ar} = R \cdot I_{Ar} - X \cdot I_{Ax}, \quad [ZI]_{Ax} = X \cdot I_{Ar} + R \cdot I_{Ax} \quad \cdots \text{式(5)}$$

とおくと、次の式(6)が成立する。

[数6]

$$\begin{aligned}
|V_{FA}|^2 &= (V_{Ar} - x \cdot [ZI]_{Ar})^2 + (V_{Ax} - x \cdot [ZI]_{Ax})^2 \\
&= ([ZI]_{Ar}^2 + [ZI]_{Ax}^2) \cdot x^2 - 2(V_{Ar} \cdot [ZI]_{Ar} + V_{Ax} \cdot [ZI]_{Ax}) \cdot x + V_{Ar}^2 + V_{Ax}^2 \quad \cdots \text{式(6)}
\end{aligned}$$

[0037] 次に、B端子で取得した V_B 、 I_B を、任意の位相基準（A端子とは非同期で可）を用いて複素数表現すると、次の式(7)となる。

[数7]

$$\begin{aligned}
V_B &= V_{Br} + jV_{Bx} \\
I_B &= I_{Br} + jI_{Bx} \quad \cdots \text{式(7)}
\end{aligned}$$

[0038] このとき、B端子から見た事故点Fの電圧（事故点電圧： V_{FB} ）の大きさの2乗値は、次の式(8)で表される。

[数8]

$$\begin{aligned}
|V_{FB}|^2 &= |V_B - (l - x) \cdot Z_L \cdot I_B|^2 \\
&= |V_{Br} + jV_{Bx} - (l - x)(R + jX)(I_{Br} + jI_{Bx})|^2 \\
&= \{V_{Br} - (l - x)(R \cdot I_{Br} - X \cdot I_{Bx})\} + j\{V_{Bx} - (l - x)(X \cdot I_{Br} + R \cdot I_{Bx})\}^2 \quad \cdots \text{式(8)} \\
&= \{V_{Br} - (l - x)(R \cdot I_{Br} - X \cdot I_{Bx})\}^2 + \{V_{Bx} - (l - x)(X \cdot I_{Br} + R \cdot I_{Bx})\}^2
\end{aligned}$$

ここで、

[数9]

$$[ZI]_{Br} = R \cdot I_{Br} - X \cdot I_{Bx}, \quad [ZI]_{Bx} = X \cdot I_{Br} + R \cdot I_{Bx} \quad \cdots \text{式(9)}$$

とおくと、次の式（１０）が成立する。

[数10]

$$\begin{aligned}
 |v_{FB}|^2 &= (V_{Br} - (l-x)[ZI]_{Br})^2 + (V_{Bx} - (l-x)[ZI]_{Bx})^2 \\
 &= ([ZI]_{Br}^2 + [ZI]_{Bx}^2) \cdot (l-x)^2 - 2(V_{Br} \cdot [ZI]_{Br} + V_{Bx} \cdot [ZI]_{Bx}) \cdot (l-x) + V_{Br}^2 + V_{Bx}^2 \\
 &= ([ZI]_{Br}^2 + [ZI]_{Bx}^2) \cdot x^2 \quad \cdots \text{式(10)} \\
 &\quad + 2\{V_{Br}[ZI]_{Br} + V_{Bx}[ZI]_{Bx} + l([ZI]_{Br}^2 + [ZI]_{Bx}^2)\} \cdot x \\
 &\quad + l^2([ZI]_{Br}^2 + [ZI]_{Bx}^2) - 2l(V_{Br}[ZI]_{Br} + V_{Bx}[ZI]_{Bx}) + V_{Br}^2 + V_{Bx}^2
 \end{aligned}$$

となる。ところで、式（６）と式（１０）とは等しいので、次の式（１１）から式（１２）を消去すると、式（１３）に示す x に関する２次方程式が得られる。

[数11]

$$|v_{FA}|^2 = |v_{FB}|^2 \quad , \quad \therefore |v_F|^2 \equiv |v_{FA}|^2 = |v_{FB}|^2 \quad \cdots \text{式(11)}$$

[数12]

$$|v_F|^2 \quad \cdots \text{式(12)}$$

[0039] [数13]

$$A \cdot x^2 - 2B \cdot x + C = 0 \quad \cdots \text{式(13)}$$

ここで、 A 、 B 、 C は次の式（１４）で表される。

[数14]

$$\begin{aligned}
 A &= [ZI]_{Ar}^2 + [ZI]_{Ax}^2 - [ZI]_{Br}^2 - [ZI]_{Bx}^2 \\
 B &= V_{Ar}[ZI]_{Ar} + V_{Ax}[ZI]_{Ax} + V_{Br}[ZI]_{Br} + V_{Bx}[ZI]_{Bx} - l([ZI]_{Br}^2 + [ZI]_{Bx}^2) \quad \cdots \text{式(14)} \\
 C &= V_{Ar}^2 + V_{Ax}^2 - V_{Br}^2 - V_{Bx}^2 + 2l(V_{Br}[ZI]_{Br} + V_{Bx}[ZI]_{Bx}) - l^2([ZI]_{Br}^2 + [ZI]_{Bx}^2)
 \end{aligned}$$

である。

[0040] 式（１３）について、２次方程式の解の公式を用いて下記式（１５）のように解くことにより、事故点までの距離 x （ $0 \leq x \leq L$ ）を求めることがで

きる。

[数15]

$$x = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - AC}}{A} \quad \dots \text{式(15)}$$

[0041] 以上述べたように第1の実施形態によれば、各端子に設置された入力処理部から伝送されてくるデータおよび標定対象送電線の線路定数などの設定値を用い、両端から見た事故相の事故点電圧の大きさの2乗値が等しい点を事故点として得られる2次方程式を解くことにより所定の一端から事故点までの距離を算出する標定演算を行うようにしたので、端子間で同期をとることなく、シンプルかつ直接的な計算により、事故点までの距離 x を精度良く求めることができる。

[0042] (第2の実施形態)

本実施形態による事故点標定方法を実現するための事故点標定装置のブロック構成図は第1の実施形態と同様であり、また、入力処理部10についても同一である。

[0043] 本実施形態が第1の実施形態に比べて異なるところは、標定処理部20の処理機能の一部なので、標定処理部20の異なる処理機能について重点的に説明する。

[0044] (構成)

本実施形態においても第1の実施形態と同様、図1の入力処理部10において、標定対象線路1の両端のA端子およびB端子において、各端子の同期、非同期にかかわらず、それぞれ電圧 V_A （ベクトル量）および電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）および電流 I_B （ベクトル量）を採取する。

[0045] そして、標定処理部20において、線路長 L および単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）を設定するとともに、A端子から事故点Fまでの距離 x を、モード変換量を用いて求める。

[0046] 図5は、本発明の第2の実施形態に係る事故点標定方法を実現するための

事故点標定装置において、標定処理部 20 の処理機能として実行される標定処理 200 を示すフローチャートである。

[0047] 図 5 において、ステップ 201 でデータを取得する。このステップ 201 は図 1 のデータ取得手段 21 によって実行される処理ステップである。

[0048] ステップ 201 でデータを取得後、ステップ 202 で事故発生有りと判定された場合（Ｙ）には、次のステップ 203 A でモード変換を行い、次に、ステップ 204 で各相電圧・各相電流データおよび線路定数などの設定値を用いて標定演算を行う。これらステップ 202、203 A および 204 は、図 1 の標定演算手段 22 によって実行される処理ステップである。

[0049] そして、次のステップ 205 で標定結果を出力する。このステップ 205 は図 1 の標定結果出力手段 23 によって実行される処理ステップである。

[0050] （作用）

以上で事故点標定装置を構成する入力処理部 10 A、10 B および標定処理部 20 について機能説明を終えたので、以下、図 6 を参照して本実施形態による事故点標定方法について説明する。

[0051] 図 6 は、本発明の第 2 の実施形態の事故点標定方法を説明する図で、図 6（a）は送電線事故時の模式図、図 6（b）は各端子並びに事故点の電圧分布図、図 6（c）は事故点電圧・電流間に成り立つ関係式をそれぞれ示す。

[0052] 前述の第 1 の実施形態で説明した 3 相直接法の場合、式（4）、（8）を事故相 a 、 b 、 c 、 ab 、 bc 、 ca 、 abc に対して適用することにより、容易に事故点 2（F）までの距離を求めることができる。しかし、事故相が a 相のときに式（4）、（8）を b 相に適用すると、誤差の影響が大きく一般的には演算が困難となる傾向となるため、本実施形態のモード変換を用いない場合には、図 3 で説明したように事故相選別処理（ステップ 203）が一般的には必要となる。

[0053] すなわち、本実施形態のモード変換を用いないとすると、式（4）、（8）は、 a 相事故の場合は次の式（16）、（17）で表され、また、 b 相事故、 c 相事故の場合は、異なる式で表現されることになる。そのため、事故

相選別処理を行った上で、選別された事故相に応じた式を用いて事故点までの距離を求めることになる。

[数16]

$$\left| \dot{V}_{Aa} - x \cdot \dot{Z}_{a\#} \cdot \dot{I}_{Aabc} \right|^2 = \left| \dot{V}_{Fa} \right|^2 = \left| \dot{V}_{Ba} - (L-x) \cdot \dot{Z}_{a\#} \cdot \dot{I}_{Babc} \right|^2 \quad \cdots \text{式(16)}$$

(式(4)、(8)のa相基準)

[数17]

$$\left| \dot{V}_{Aa} - x \cdot \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Aa} \\ I_{Ab} \\ I_{Ac} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| \dot{V}_{Fa} \right|^2 = \left| \dot{V}_{Ba} - (L-x) \cdot \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Ba} \\ I_{Bb} \\ I_{Bc} \end{bmatrix} \right|^2 \quad \cdots \text{式(17)}$$

(式(4)、(8)のa相基準行列表現)

[0054] これに対して、本実施形態においては、対称座標法の正相量などのモード変換を用いることによって、事故相選別処理を不要にできるという利点がある。

以下、具体例として、対称座標法の正相量のモード変換を用いる例を次の式(18)、(19)に示す。

[0055] [数18]

$$\left| \dot{V}_{Aabc} - x \cdot \dot{Z}_{abc} \cdot \dot{I}_{Aabc} \right|^2 = \left| \dot{V}_{Fabc} \right|^2 = \left| \dot{V}_{Babc} - (L-x) \cdot \dot{Z}_{abc} \cdot \dot{I}_{Babc} \right|^2 \quad \cdots \text{式(18)}$$

(式(4)、(8)の基準なし3相)

[数19]

$$\left| \begin{bmatrix} V_{Aa} \\ V_{Ab} \\ V_{Ac} \end{bmatrix} - x \cdot \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Aa} \\ I_{Ab} \\ I_{Ac} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| \begin{bmatrix} V_{Fa} \\ V_{Fb} \\ V_{Fc} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| \begin{bmatrix} V_{Ba} \\ V_{Bb} \\ V_{Bc} \end{bmatrix} - (L-x) \cdot \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Ba} \\ I_{Bb} \\ I_{Bc} \end{bmatrix} \right|^2 \quad \cdots \text{式(19)}$$

(式(4)、(8)の基準なし3相行列表現)

[0056] 上記式(19)に次の式(20)で示される対称座標法の正相量のモード変換行列を適用すると、式(21)が得られる。

[数20]

$$A = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad \text{ここで } a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}, \quad a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \cdots \text{式(20)}$$

[数21]

$$\left| \begin{bmatrix} V_{Aa} \\ V_{Ab} \\ V_{Ac} \end{bmatrix} - x \cdot A \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Aa} \\ I_{Ab} \\ I_{Ac} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| \begin{bmatrix} V_{Fa} \\ V_{Fb} \\ V_{Fc} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| \begin{bmatrix} V_{Ba} \\ V_{Bb} \\ V_{Bc} \end{bmatrix} - (L-x) \cdot A \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Ba} \\ I_{Bb} \\ I_{Bc} \end{bmatrix} \right|^2 \quad \dots \text{式(21)}$$

[0057] また、式（１９）に次の式（２２）で示されるクラーク変換の α 量の変換行列を適用すると、式（２３）が得られる。

[数22]

$$C = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{式(22)}$$

[数23]

$$\left| C \begin{bmatrix} V_{Aa} \\ V_{Ab} \\ V_{Ac} \end{bmatrix} - x \cdot C \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Aa} \\ I_{Ab} \\ I_{Ac} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| C \begin{bmatrix} V_{Fa} \\ V_{Fb} \\ V_{Fc} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| C \begin{bmatrix} V_{Ba} \\ V_{Bb} \\ V_{Bc} \end{bmatrix} - (L-x) \cdot C \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Ba} \\ I_{Bb} \\ I_{Bc} \end{bmatrix} \right|^2 \quad \dots \text{式(23)}$$

[0058] ここで、モード変換行列適用後を $[\]_m$ と表現すると、次の式（２４）となる。

[数24]

$$\left| \begin{bmatrix} V_{Aa} \\ V_{Ab} \\ V_{Ac} \end{bmatrix}_m - x \cdot \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Aa} \\ I_{Ab} \\ I_{Ac} \end{bmatrix}_m \right|^2 = \left| \begin{bmatrix} V_{Fa} \\ V_{Fb} \\ V_{Fc} \end{bmatrix}_m \right|^2 = \left| \begin{bmatrix} V_{Ba} \\ V_{Bb} \\ V_{Bc} \end{bmatrix}_m - (L-x) \cdot \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{Ba} \\ I_{Bb} \\ I_{Bc} \end{bmatrix}_m \right|^2 \quad \dots \text{式(24)}$$

この式（２４）は、次の式（２５）のように、簡略表現することができる。

[数25]

$$\left| \dot{V}_A \right|_m - x \cdot \left| \dot{Z} \cdot \dot{I}_A \right|_m \right|^2 = \left| \dot{V}_F \right|_m \right|^2 = \left| \dot{V}_B \right|_m - (L-x) \cdot \left| \dot{Z} \cdot \dot{I}_B \right|_m \right|^2 \quad \dots \text{式(25)}$$

[0059] また、式（２１）のインピーダンス部に正相インピーダンス Z_{11} 、 Z_{12} 、 Z_{10} を適用すると、次の式（２６）が得られる。

[数26]

$$\left| A \begin{bmatrix} V_{Aa} \\ V_{Ab} \\ V_{Ac} \end{bmatrix} - x \cdot [Z_{11} \ Z_{12} \ Z_{10}] \cdot A \begin{bmatrix} I_{Aa} \\ I_{Ab} \\ I_{Ac} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| A \begin{bmatrix} V_{Fa} \\ V_{Fb} \\ V_{Fc} \end{bmatrix} \right|^2 = \left| A \begin{bmatrix} V_{Ba} \\ V_{Bb} \\ V_{Bc} \end{bmatrix} - (L-x) \cdot [Z_{11} \ Z_{12} \ Z_{10}] \cdot A \begin{bmatrix} I_{Ba} \\ I_{Bb} \\ I_{Bc} \end{bmatrix} \right|^2 \quad \dots \text{式(26)}$$

[0060] モード変換の性質上、正相量の場合には１相、２相、３相事故に対して、逆相量の場合には１相、２相事故に対して、零相量の場合には１相事故に対

して、事故相選別を行うことなく適用できる。

[0061] 本実施形態は、図 6 で示したように、標定対象線路 1 の両端の A 端子および B 端子において、各端子の同期、非同期にかかわらず電圧 V_A （ベクトル量）と電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）と電流 I_B （ベクトル量）を採取し、線路長 L および単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）を用いる点では、第 1 の実施形態と同様である。特に、本実施形態では、以上のように、モード変換量を用いており、A 端子から事故点 2（F）までの距離 x は、両端から見た事故点電圧 $[V_F]_m$ （ベクトル量）の大きさの 2 乗値が等しいことから、上記式（25）が求まる。そして、式（25）から次の式（27）を消去することにより、 x に関する 2 次方程式が得られる。

[数27]

$$|[\dot{V}_F]_m|^2 \cdots \text{式(27)}$$

そして、得られた 2 次方程式を x について解くことにより、事故点までの距離 x を求めることができる。

[0062] （第 2 の実施形態の変形例）

なお、以上説明した第 2 の実施形態では、電圧・電流のモード変換を標定処理部 20 で行うようにしたが、本実施形態はこれに限定されるものではなく、入力処理部 10 のデータ記憶手段 12 にモード変換機能を持たせて、図 7 で示すように、入力処理部 10 による入力処理 100 において、電圧・電流データを記憶する処理ステップ 103 の後に、データ記憶手段 12 により電圧・電流のモードを変換するモード変換処理ステップ 105 を実施するようにしてもよい。この場合、標定処理部 20 での電圧・電流のモード変換は不要となるので、図 8 のように標定処理部 20 による標定処理 200 からモード変換処理ステップ 203 A を削除する。

[0063] （効果）

以上述べたように、第 2 の実施形態およびその変形例によれば、第 1 の実施形態と同様に、各端子の同期をとることなく、シンプルかつ直接的な計算により、事故点までの距離 x を求めることができる。しかも、本実施形態で

は、モード変換量を用いることにより、 a 、 b 、 c 、 ab 、 bc 、 ca 、 abc 相の事故相選別を行うことなく標定計算できる利点がある。例えば、正相量の場合には1相、2相、3相事故に対して、逆相量の場合には1相、2相事故に対して、零相量の場合には1相事故に対して、事故相選別を行うことなく適用できる。そのため、全体の計算量を少なくすることができ、事故点標定をより効率よく行うことができる。

[0064] (第3の実施形態)

本実施形態による事故点標定方法を実現するための事故点標定装置のブロック構成図は、第1および第2の実施形態と同様であり、また、入力処理部10についても同一である。

[0065] 本実施形態が第1、第2の実施形態に比べて異なるところは、標定処理部20の処理機能の一部なので、標定処理部20の異なる処理機能について重点的に説明する。

[0066] (構成)

本実施形態においても第1、第2の実施形態と同様、図1の入力処理部10においては、標定対象線路1の両端のA端子およびB端子において、各端子の同期、非同期にかかわらず、それぞれ電圧 V_A （ベクトル量）および電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）および電流 I_B （ベクトル量）を採取する。

[0067] そして、標定処理部20において、線路長 L および単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）などの予め設定した設定値をもとに、A端子から事故点Fまでの距離 x を、ベクトル量（フェーザ量）を用いて求める。

[0068] 図9は、本発明の第3の実施形態に係る事故点標定方法を実現するための事故点標定装置において、標定処理部20の処理機能として実行される標定処理200を示すフローチャートである。

[0069] 図9において、ステップ201でデータを取得する。このステップ201は図1のデータ取得手段21によって実行される処理ステップである。

[0070] ステップ201でデータを取得後、ステップ202で事故発生有りと判定

された場合（Ｙ）には、次のステップ２０３Ｂでベクトル量（フェーザ量）の算出を行い、さらに、ステップ２０４で各相電圧・各相電流データおよび線路定数などの設定値を用いて標定演算を行う。これらステップ２０２、２０３Ｂおよび２０４は、図１の標定演算手段２２によって実行される処理ステップである。

[0071] ステップ２０４の後、続くステップ２０４１で標定演算手段２２により収束判定を行い、そして、さらに次のステップ２０５で標定結果を出力する。このステップ２０５は図１の標定結果出力手段２３によって実行される処理ステップである。

[0072] （作用）

以上で事故点標定装置を構成する入力処理部１０Ａ、１０Ｂおよび標定処理部２０について機能説明を終えたので、以下、図１０ないし図１２を参照して本実施形態による事故点標定方法について説明する。

[0073] 図１０ないし図１２は、本実施形態の事故点標定方法を説明する図であり、特に、図１０（ａ）はＡ端子の電圧の時系列サンプルデータ例、図１０（ｂ）はＡ端子の電流のサンプルデータ例を示す。図１１（ａ）はＢ端子の電圧の時系列サンプルデータ例、図１１（ｂ）はＢ端子の電流のサンプルデータ例を示す。図１２は時系列の標定計算値例を示す。

[0074] 図１０、図１１に示すように、標定対象線路１の両端のＡ端子およびＢ端子において、各端子の同期、非同期にかかわらず電圧 V_A （ベクトル量）と電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）と電流 I_B （ベクトル量）の時系列サンプルデータを採取する。なお、図１０、図１１の図示例ではＡ端子（図１０）とＢ端子（図１１）は非同期であり、約４５度の位相ずれが生じている。

[0075] 線路長 L および単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）を用いると、Ａ端子から事故点２（Ｆ点）までの距離 x は、両端から見た事故点電圧 V_F （ベクトル量）の大きさの２乗値が等しいことから、時系列サンプルデータから各電圧・電流の振幅値および位相を算出することにより、後述する式

(29)を得る。

[0076] 以下、式(29)を導く方法について説明する。

ある電気量の時系列サンプルデータからベクトル量(フェーザ量)を算出する一般例の一つとして、離散フーリエ変換(DFT)を用いる方法がある。

ベクトル量(フェーザ量)は、時系列サンプルデータ V_k に対して、DFTを用いることより、式(28)にて算出できる。

[0077] [数28]

$$V_S = j \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} V_k e^{-j \frac{2\pi k}{N}} \quad \cdots \text{式(28)}$$

式(4)、(8)にこれを適用すると、次の式(29)が得られる。

[数29]

$$|\dot{V}_{AS} - x \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_{AS}|^2 = |\dot{V}_F|^2 = |\dot{V}_{BS} - (L - x) \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_{BS}|^2 \quad \cdots \text{式(29)}$$

[0078] ここで、 V_{AS} (ベクトル量)、 I_{AS} (ベクトル量)、 V_{BS} (ベクトル量)、 I_{BS} (ベクトル量)は時系列サンプルデータから算出したベクトル量である。

[0079] 本実施形態においても、既に説明した第1、第2の実施形態と同様に、式(29)から得られる x の2次方程式を解くことにより、事故点Fまでの距離 x を求めることができ、図12に示すように時系列的に標定計算値が得られる。

[0080] この結果をもとに、標定計算値が最も安定する時点を収束判定により求め、最終的な標定結果とする。例えば、収束判定としては、3点のばらつきが最小となる時点を収束時点とするなどの方法がある。

[0081] 以上述べたように第3の実施形態によれば、第1の実施形態や第2の実施形態と同様に、各端子の同期をとることなく、シンプルかつ直接的な計算により、事故点までの距離 x を求めることができる。しかも、本実施形態では、時系列的に算出した標定計算値の収束判定により最終的な標定結果を出力することにより、過渡的な変動に強く、より標定精度を向上させることができる。

[0082] (第4の実施形態)

本実施形態による事故点標定方法を実現するための事故点標定装置のブロック構成図は、第1ないし第3の実施形態と同様であり、また、入力処理部10についても同一である。

[0083] 本実施形態が第1ないし第3の実施形態に比べて異なるところは、図13で示すように標定処理部20の処理機能の一部なので、標定処理部20の異なる処理機能について重点的に説明する。

[0084] (構成)

本実施形態においても第1ないし第3の実施形態と同様、図1の入力処理部10において、標定対象線路1の両端のA端子およびB端子において、各端子の同期、非同期にかかわらず、それぞれ電圧 V_A （ベクトル量）および電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）および電流 I_B （ベクトル量）を採取する。

[0085] そして、標定処理部20において、線路長 L および単位長あたりの送電線線路定数 Z （ベクトル量）を設定するとともに、A端子から事故点Fまでの距離 x を、ベクトル量（フェーザ量）の振幅またはフェーザ量の最も安定した時点を用いて求める。

[0086] 図13は、本発明の第4の実施形態に係る事故点標定方法を実現するための事故点標定装置において、標定処理部20の処理機能として実行される標定処理200を示すフローチャートである。

[0087] 図13において、ステップ201でデータを取得する。このステップ201は図1のデータ取得手段21によって実行される処理ステップである。

[0088] ステップ201でデータを取得後、ステップ202で事故発生有りと判定された場合（Y）には、次のステップ203Bでベクトル量（フェーザ量）の算出を行い、さらに次のステップ203B1で振幅またはフェーザ量の最も安定した時点を判定し、続くステップ204で上記時点の各相電圧・各相電流データおよび線路定数などの設定値を用いて標定演算を行う。これらステップ202、203B、203B1および204は、図1の標定演算手段

22によって実行される処理ステップである。

[0089] そして、次のステップ205で標定結果を出力する。このステップ205は図1の標定結果出力手段23によって実行される処理ステップである。

[0090] (作用)

以上で事故点標定装置を構成する入力処理部10A、10Bおよび標定処理部20について機能説明を終えたので、以下、図14および図15の波形図を参照して本実施形態による事故点標定方法について説明する。

[0091] 図14および図15は、本実施形態の事故点標定方法を説明する図であり、特に図14(a)はA端子の電流の時系列サンプルデータ例、図14(b)はA端子の電流の時系列振幅値例、図15(a)はB端子の電流の時系列サンプルデータ例、図15(b)はB端子の電流の時系列振幅値例を示す図である。

[0092] 図14(a)および図15(a)に示すように、標定対象線路1の両端のA端子およびB端子において、各端子の同期、非同期にかかわらず電圧 V_A (ベクトル量)、 V_B (ベクトル量)と電流 I_A (ベクトル量)、 I_B (ベクトル量)の時系列サンプルデータを採取する。

[0093] 図14(b)、図15(b)に示すように、時系列サンプルデータの最も安定した時点のデータを用いて、線路長 L および送電線線路定数 Z (ベクトル量)を用いると、A端子から事故点Fまでの距離 x は、両端から見た事故点電圧 V_F (ベクトル量)の大きさの2乗値が等しいことにより、下記式(30)を得る。

[数30]

$$|\dot{V}_{AT} - x \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_{AT}|^2 = |\dot{V}_F|^2 = |\dot{V}_{BT} - (L - x) \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_{BT}|^2 \quad \cdots \text{式(30)}$$

[0094] ここで、 V_{AT} (ベクトル量)、 I_{AT} (ベクトル量)、 V_{BT} (ベクトル量)、 I_{BT} (ベクトル量)は時系列サンプルデータから求めた最も安定した時点のベクトル量である。

[0095] 式(30)から得られる x の2次方程式を解くことにより、時系列サンプルデータの最も安定した時点における事故点までの距離 x を求めることがで

きる。

[0096] 例えば、時系列サンプルデータの最も安定した時点としては、各時系列の電圧・電流振幅値またはフェーザ量の3点のばらつきが最小となる時点とするなどの方法がある。なお、図14、図15の図示例ではA端子（図14）とB端子（図15）は非同期であり、振幅またはフェーザ量の最も安定した時点は約2msずれている。

[0097] 以上述べたように第4の実施形態によれば、第1の実施形態ないし第3の実施形態と同様に、各端子の同期をとることなく、シンプルかつ直接的な計算により、事故点までの距離 x を求めることができる。しかも、本実施形態では、振幅またフェーザ量の最も安定した時点の値を用いて事故点までの距離 x を算出するので、過渡的な変動に強く、より標定精度を向上させることができる。

[0098] （第5の実施形態）

以上述べた第1ないし第4の実施形態の場合、標定対象送電線1が2端子の場合であったが、本実施形態は標定対象送電線1が分岐点を有する3端子であり、入力処理部が一つ増えた点を除けば、入力処理部10の構成は第1の実施形態と同じである。しかし、分岐点があるがゆえに標定処理部20の処理機能の一部が少し異なる。

[0099] 図16において、CT10C、VT10CはそれぞれC端子に設置した変流器、電圧変成器である。10cは、C端子に設けた入力処理部であり、A端子、B端子に設けた入力処理部10a、10bと同様にデータ入力手段11c、データ記憶手段12cおよびデータ伝送手段13cとから構成され、伝送媒体NETに接続されている。標定処理部20は図1の場合と同じである。

[0100] 本実施形態においても第1ないし第4の実施形態と同様、図1の入力処理部10においては、標定対象線路1の両端のA端子およびB端子において、各端子の同期、非同期にかかわらず、それぞれ電圧 V_A （ベクトル量）および電流 I_A （ベクトル量）、電圧 V_B （ベクトル量）および電流 I_B （ベクトル量

）を採取する。本実施形態ではさらに、C端子において、電圧 V_c （ベクトル量）および電流 I_c （ベクトル量）を採取する。

[0101] 本実施形態の標定処理部20の機能について図17のフローチャートを参照して説明する。

図17において、ステップ201でデータを取得する。このステップ201は図1のデータ取得手段21によって実行される処理ステップである。

[0102] ステップ201でデータを取得後、ステップ202で事故発生有りと判定された場合（Y）には、次のステップ206で分岐点電圧・分岐点電流の算出を行い、次のステップ204で各相電圧・各相電流データおよび線路定数などの設定値を用いて標定演算を行い、続くステップ207で事故点確定または最終区間の判定を行う。これらステップ202、206、204および207は、図1の標定演算手段22によって実行される処理ステップである。

[0103] そして、次のステップ205で標定演算結果を出力する。このステップ205は図1の標定結果出力手段23によって実行される処理ステップである。

[0104] （作用）

以上で事故点標定装置を構成する入力処理部10A、10Bおよび標定処理部20について機能説明を終えたので、以下、図18を参照して本実施形態による事故点標定方法について説明する。

[0105] 図18は、本発明の第5の実施形態の事故点標定方法を示す図であり、特に、図18（a）は送電線の回路図、図18（b）は電圧、電流間に成り立つ関係式を示す。

[0106] 本実施形態においては、図18で示すように、送電線1は、端子A、Bの中間の分岐点Dにおいて分岐し、端子Cを有する。標定対象線路1をA端子ーD点間としたとき、B端子とC端子から見たD点の分岐点電圧 V_D （ベクトル量）が等しいことから、B端子とC端子の間の位相差を θ とすると、下記式（31）が成り立つ。

[数31]

$$(\dot{V}_C - \dot{Z}_{CD} \cdot \dot{I}_C) e^{j\theta} = \dot{V}_D = \dot{V}_B - \dot{Z}_{BD} \cdot \dot{I}_B \quad \cdots \text{式(31)}$$

[0107] 式(31)より、次の式(32)が求められる。

[数32]

$$\begin{aligned} \text{分岐点電圧: } \dot{V}_D &= \dot{V}_B - \dot{Z}_{BD} \cdot \dot{I}_B \\ \text{分岐点電流: } \dot{I}_D &= \dot{I}_B + \dot{I}_C e^{j\theta} \end{aligned} \quad \cdots \text{式(32)}$$

[0108] 標定対象線路1のA端子ーD点間において、両端の同期、非同期にかかわらず電圧 V_A （ベクトル量）、 V_D （ベクトル量）と電流 I_A （ベクトル量）、 I_D （ベクトル量）、線路長 L および送電線線路定数 Z （ベクトル量）を用いると、A端子から事故点Fまでの距離 x は、A端子、D点から見た事故点電圧 V_F （ベクトル量）の大きさの2乗値が等しいことから、下記式(33)となる。

[数33]

$$|\dot{V}_A - x \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_A|^2 = |\dot{V}_F|^2 = |\dot{V}_D - (L - x) \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_D|^2 \quad \cdots \text{式(33)}$$

[0109] 式(33)に式(32)を代入することにより、A端子、B端子、C端子の電圧、電流をパラメータとする x に関する2次方程式が得られる。そして、その2次方程式を x について解くことにより、A端子から事故点Fまでの距離 x を求めることができる。

[0110] 以上述べたように、第5の実施形態によれば、第1の実施形態ないし第4の実施形態と同様に、分岐点を持つ3端子以上の送電線においても、各端子の同期をとることなく、シンプルかつ直接的な計算により、事故点までの距離 x を精度良く求めることができる。

符号の説明

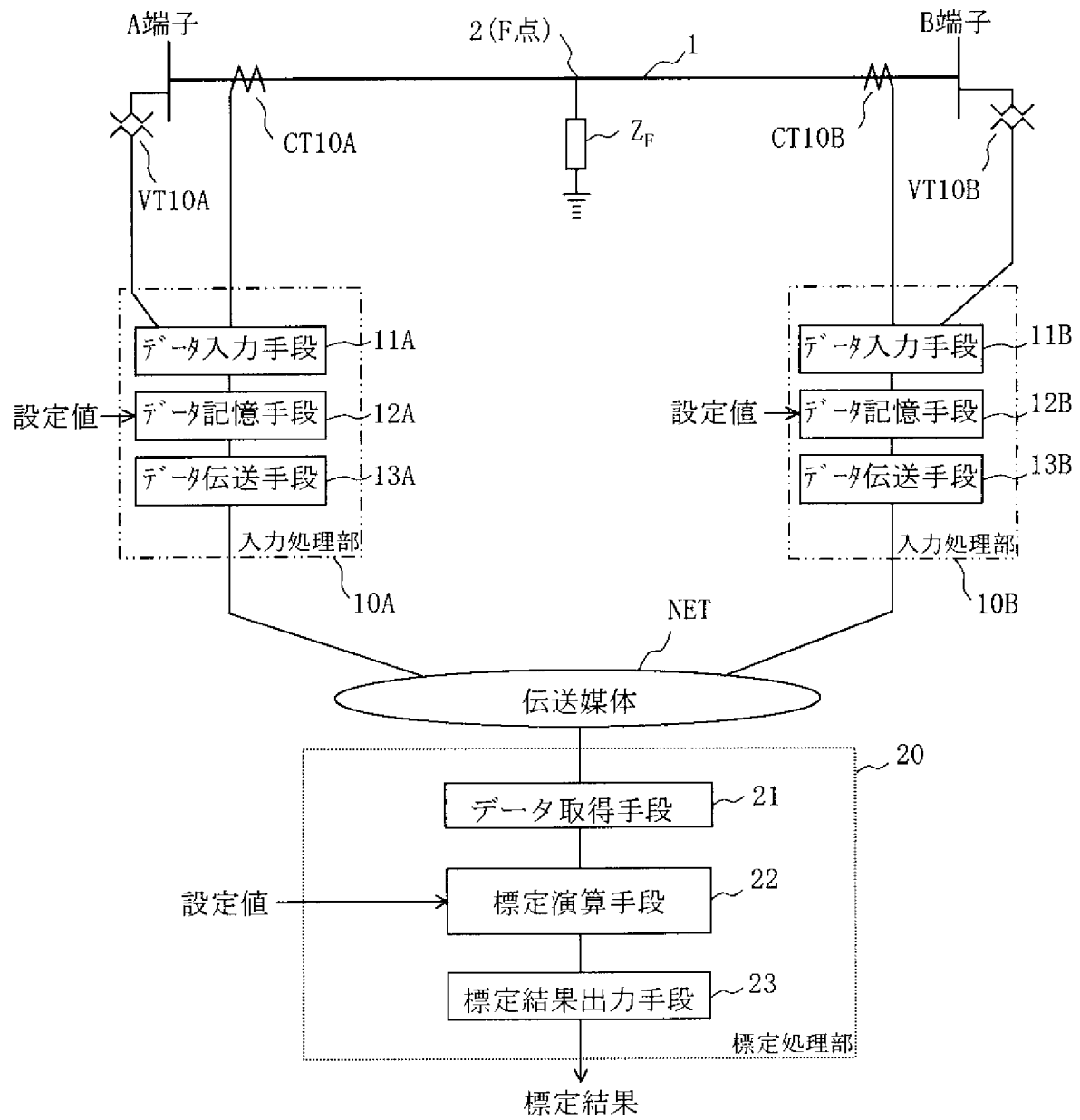
[0111] 1…標定対象の送電線、2…事故点F、3…分岐点、10…入力処理部、11…データ入力手段、12…データ記憶手段、13…データ伝送手段、20…標定処理部、21…データ取得手段、22…標定演算手段、23…標定結果出力手段。

請求の範囲

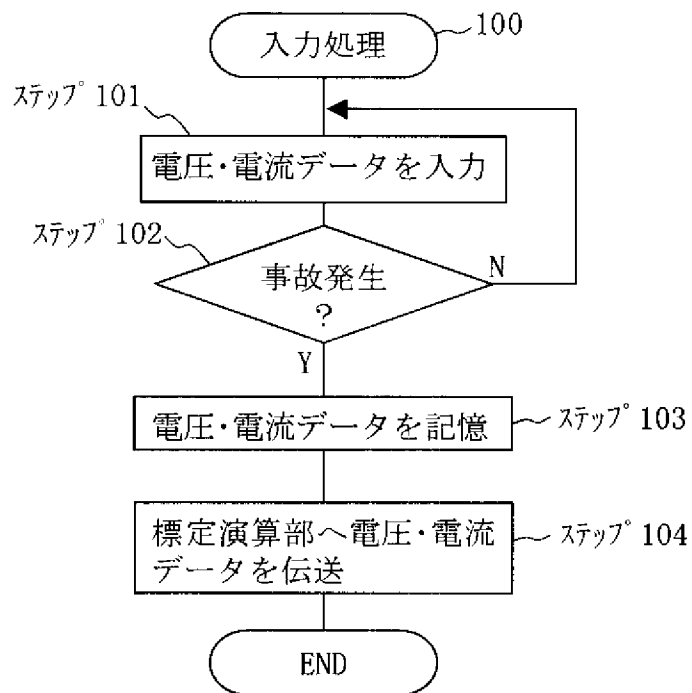
- [請求項1] 標定対象送電線の各端子の電圧、電流および送電線線路定数を用いて事故点を標定する事故点標定方法において、
- 両端から見た事故相の事故点電圧の大きさの2乗値が等しい点を事故点として得られる2次方程式を解くことにより所定の一端から事故点までの距離を算出することを特徴とする事故点標定方法。
- [請求項2] 前記事故点電圧としてモード変換した値を用いることを特徴とする請求項1に記載の事故点標定方法。
- [請求項3] 前記電圧、電流の時系列サンプル値を用いて計算し、時系列的に算出した標定結果の収束判定を行うことにより最終結果を出力することを特徴とする請求項1に記載の事故点標定方法。
- [請求項4] 前記電圧、電流の時系列サンプル値を用いて計算し、時系列サンプル値の最も安定した時点のデータを用いて計算することを特徴とする請求項1に記載の事故点標定方法。
- [請求項5] 分岐点を有する3端子以上の送電線において、2端子から見た分岐点電圧が等しいことを利用し、2端子の電圧、電流および送電線線路定数を用いて2端子間の位相差を算出し、算出した位相差と2端子の電圧・電流および送電線線路定数を用いて分岐点の電圧・電流を算出し、端子と分岐点間または分岐点と分岐点間を前記両端とみなして、所定の一端から事故店までの距離を算出することを特徴とする請求項1に記載の事故点標定方法。
- [請求項6] 標定対象送電線の各端子の電圧、電流および送電線線路定数を用いて事故点を標定する事故点標定装置において、
- 標定対象送電線の各端子に、端子電圧および電流を取り込み、デジタル変換を行うデータ入力手段、データ記憶時間を含む1種以上の設定値を予め設定しておき、この設定値をもとに事故発生時に電氣量データをメモリに記憶するデータ記憶手段、記憶したデータを伝送するデータ伝送手段を備えた入力処理部を設け、

伝送媒体を介して前記各端子に設置された前記入力処理部から伝送されてくるデータを取得するデータ取得手段、前記標定対象送電線の線路定数を含む1種以上の設定値を予め設定しておき、この設定値および前記データ取得手段で取得した電流、電圧データを用い、両端から見た事故相の事故点電圧の大きさの2乗値が等しい点を事故点として得られる2次方程式を解くことにより所定の一端から事故点までの距離を算出する標定演算を行う標定演算手段、この標定演算手段の標定結果を出力する標定結果出力手段を備えた標定処理部を設けたことを特徴とする事故点標定装置。

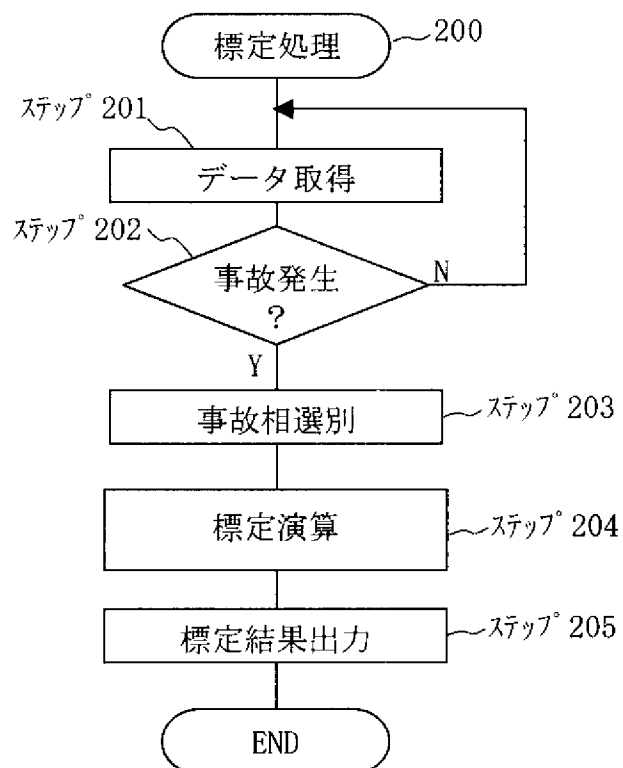
[図1]



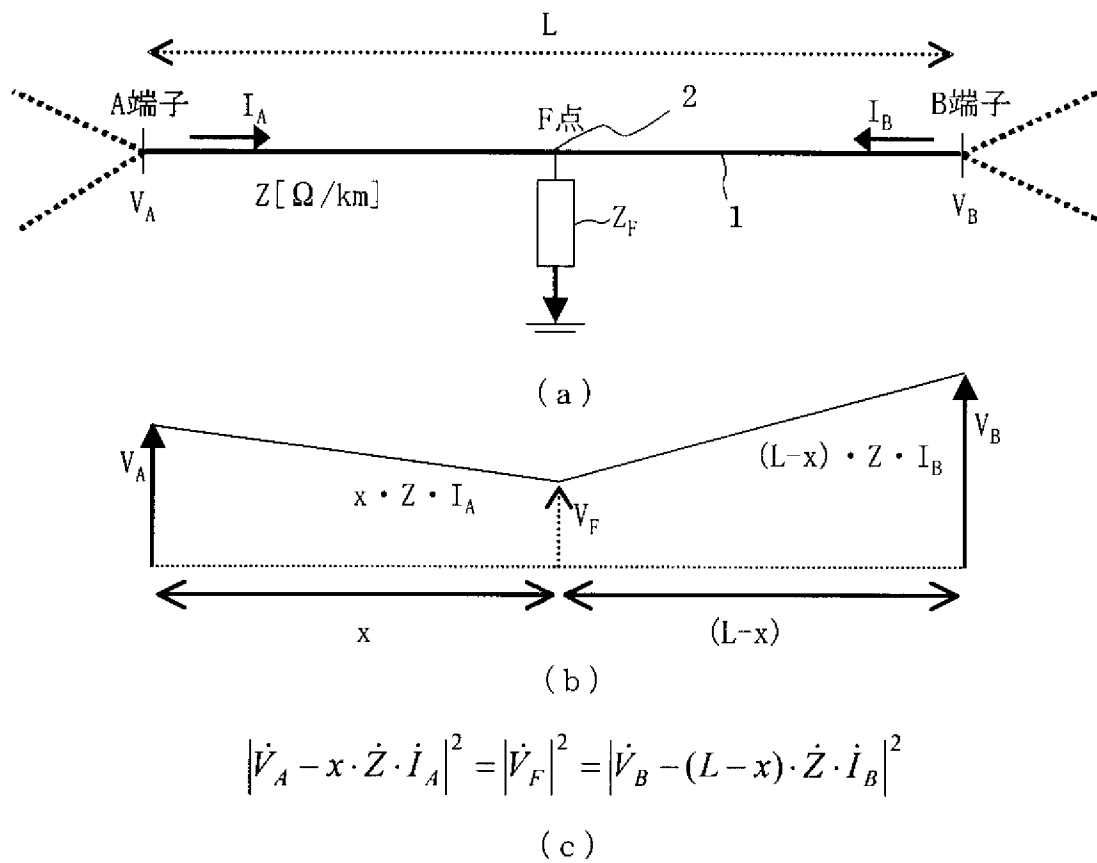
[図2]



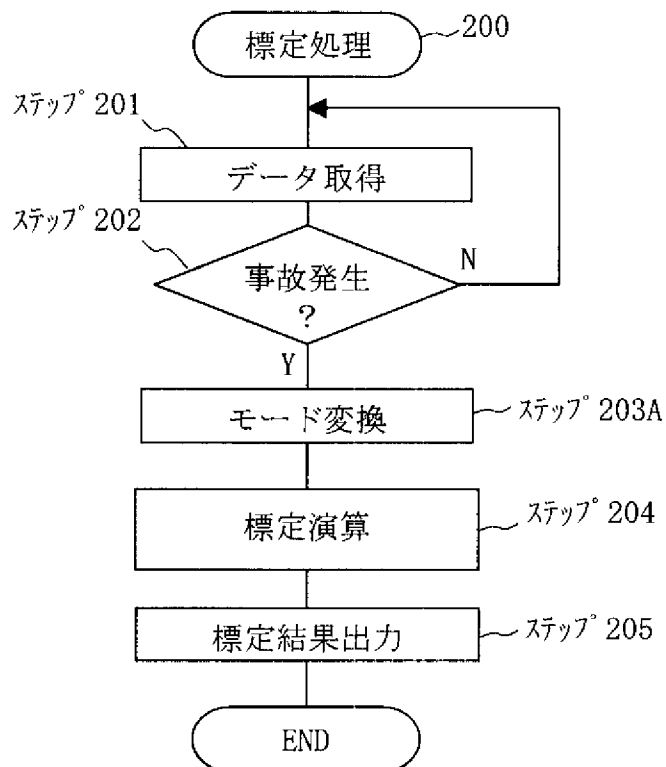
[図3]



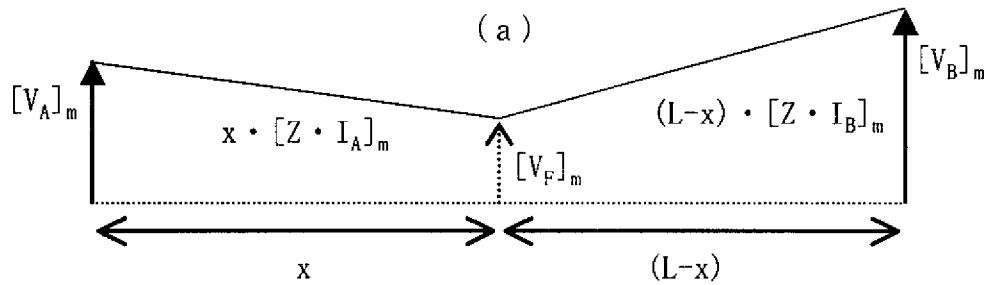
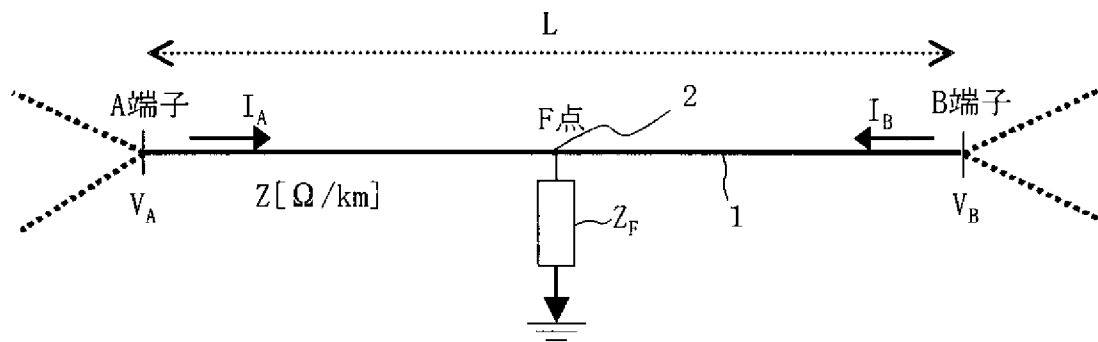
[図4]



[図5]



[図6]

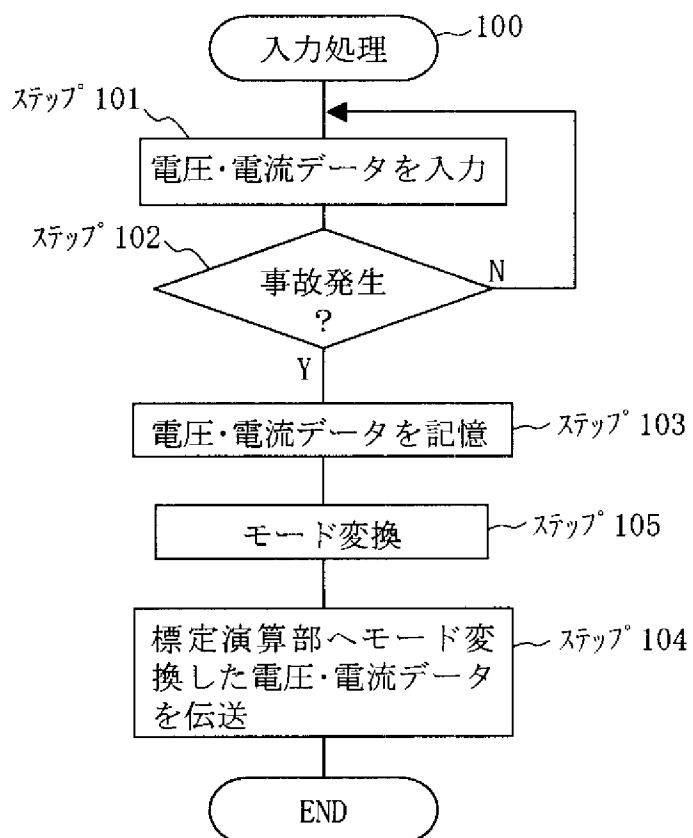


(b)

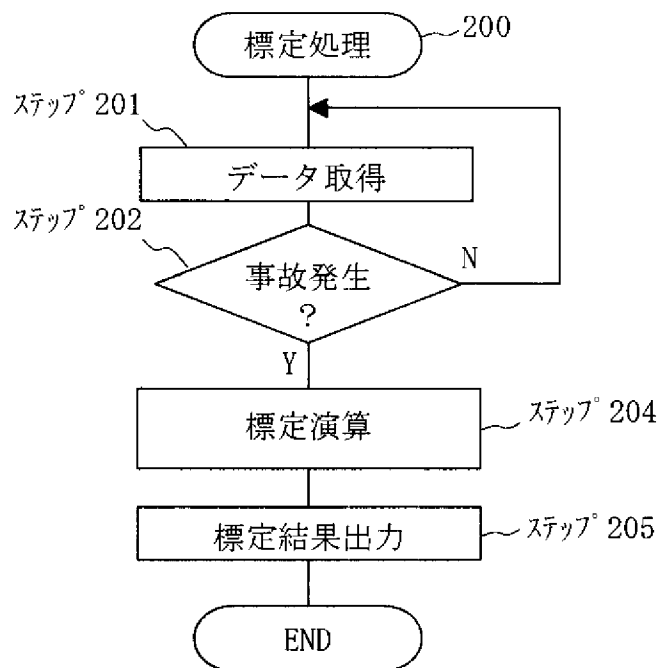
$$|[\dot{V}_A]_m - x \cdot [\dot{Z} \cdot \dot{I}_A]_m|^2 = |[\dot{V}_F]_m|^2 = |[\dot{V}_B]_m - (L-x) \cdot [\dot{Z} \cdot \dot{I}_B]_m|^2$$

(c)

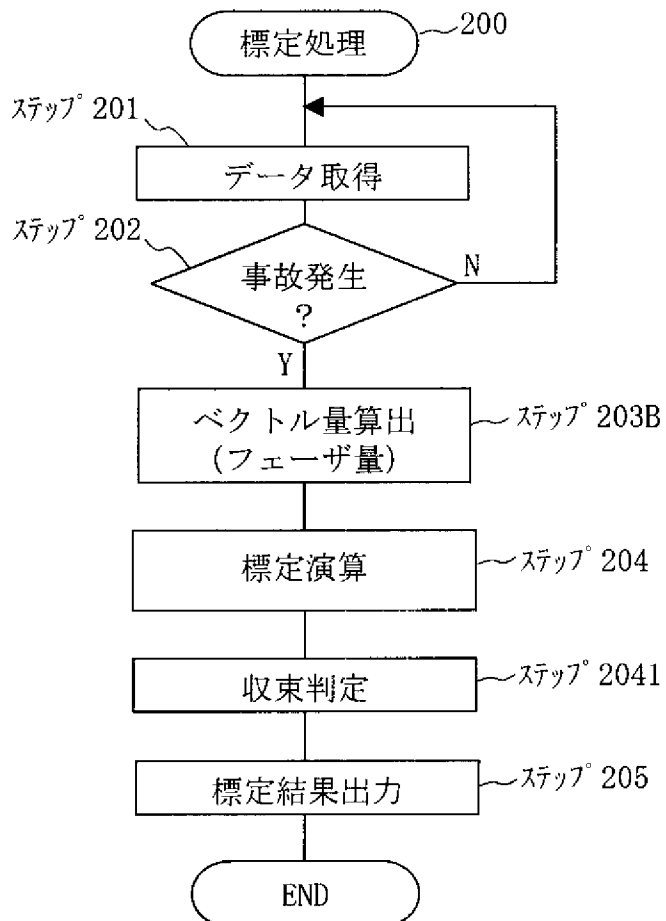
[図7]



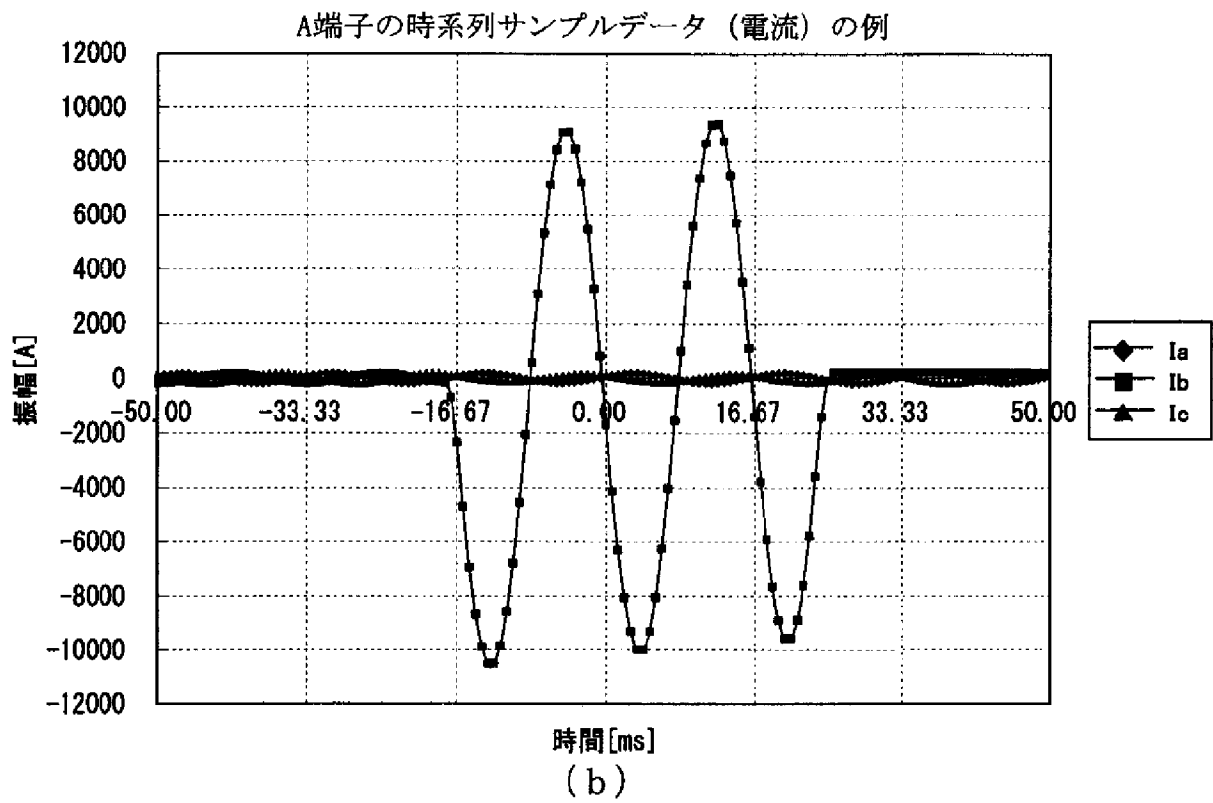
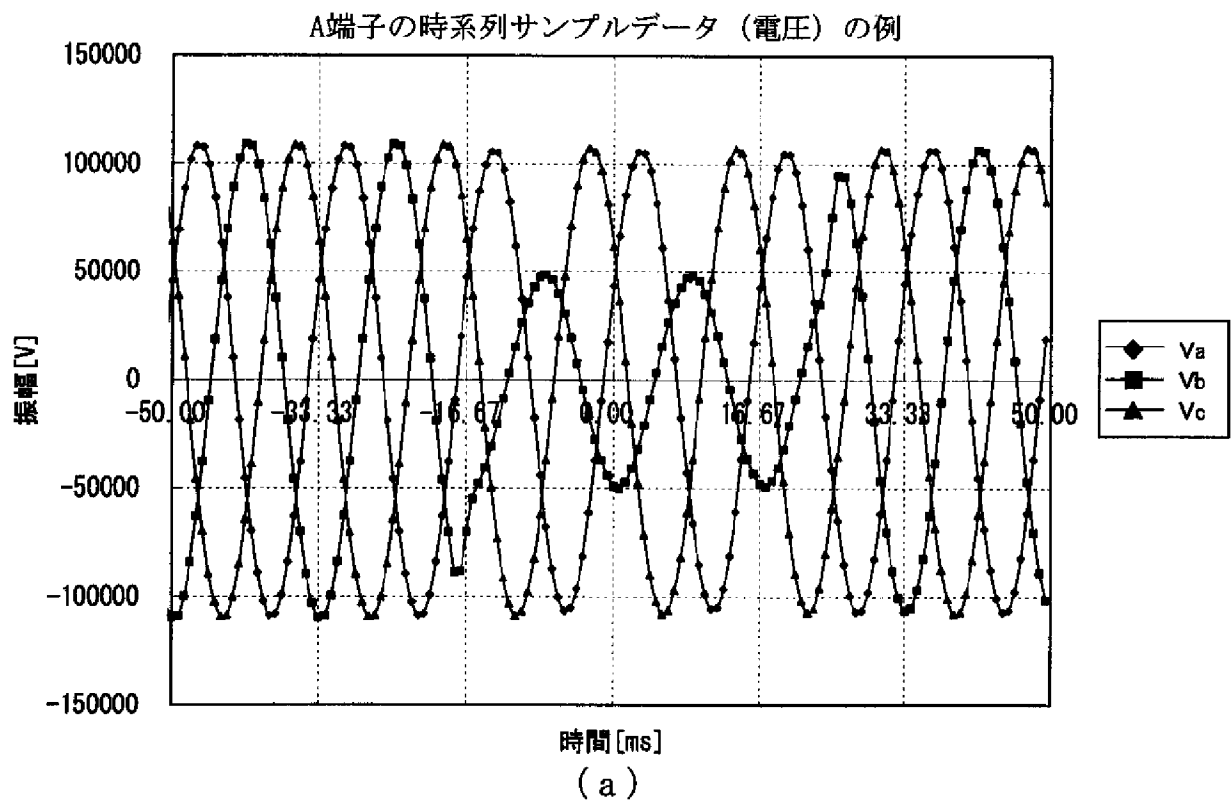
[図8]



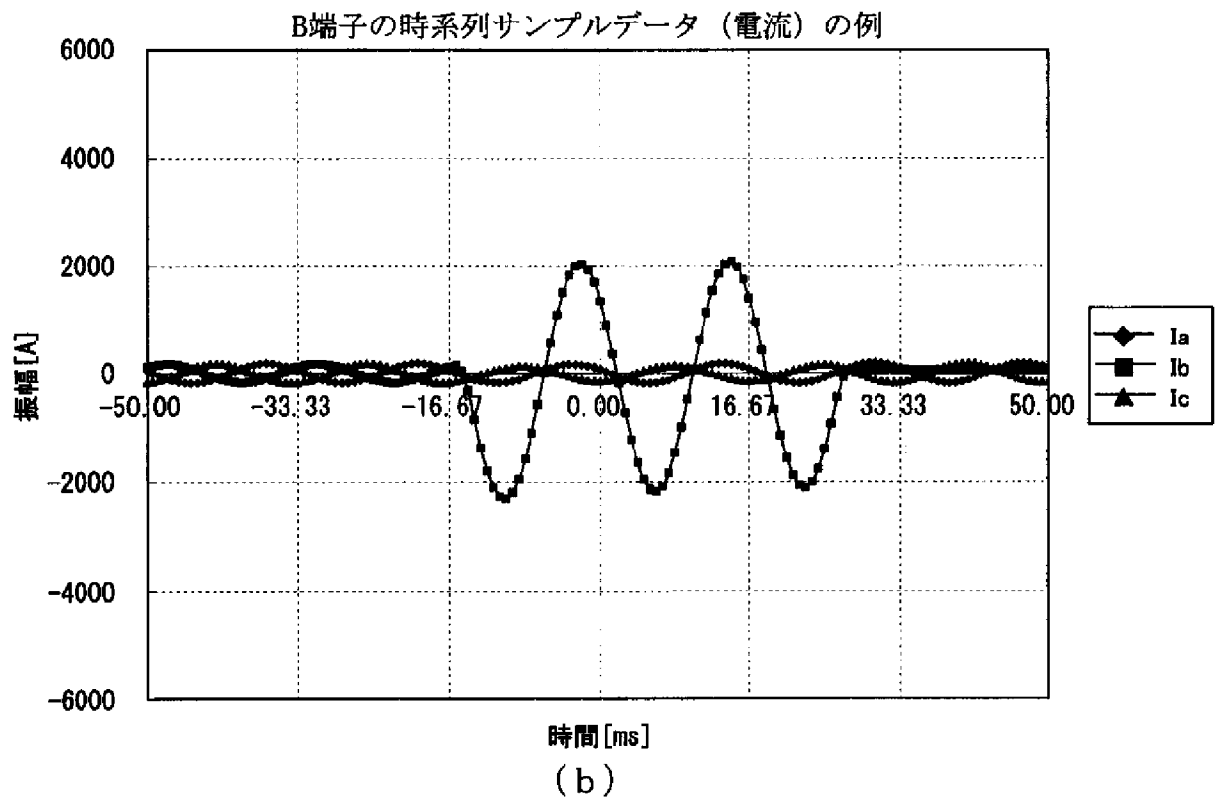
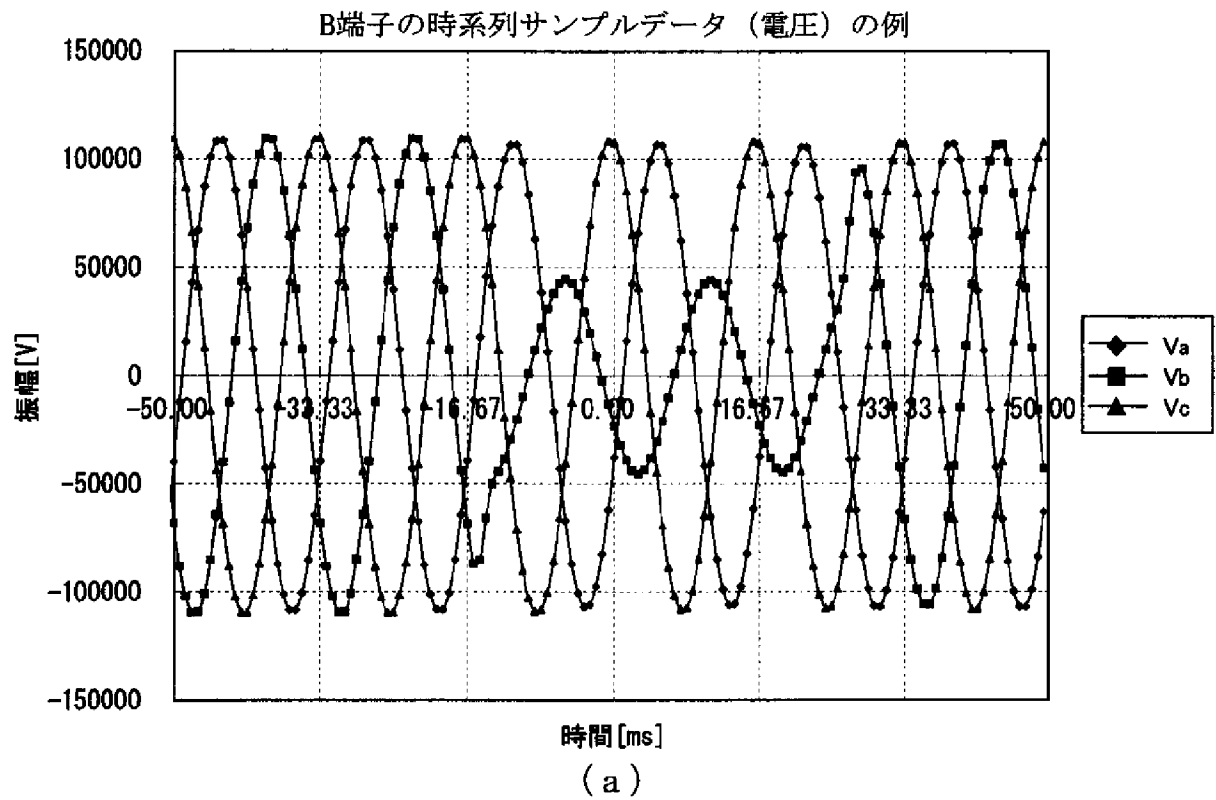
[図9]



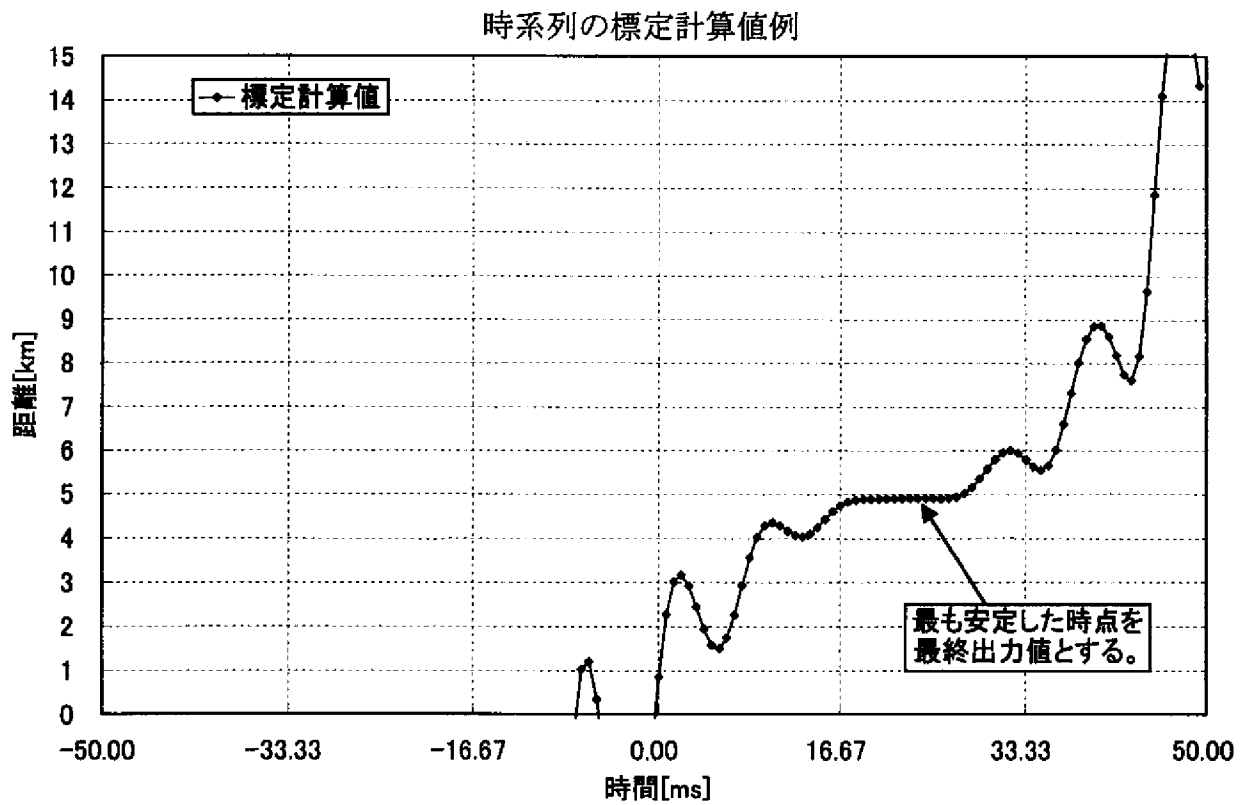
[図10]



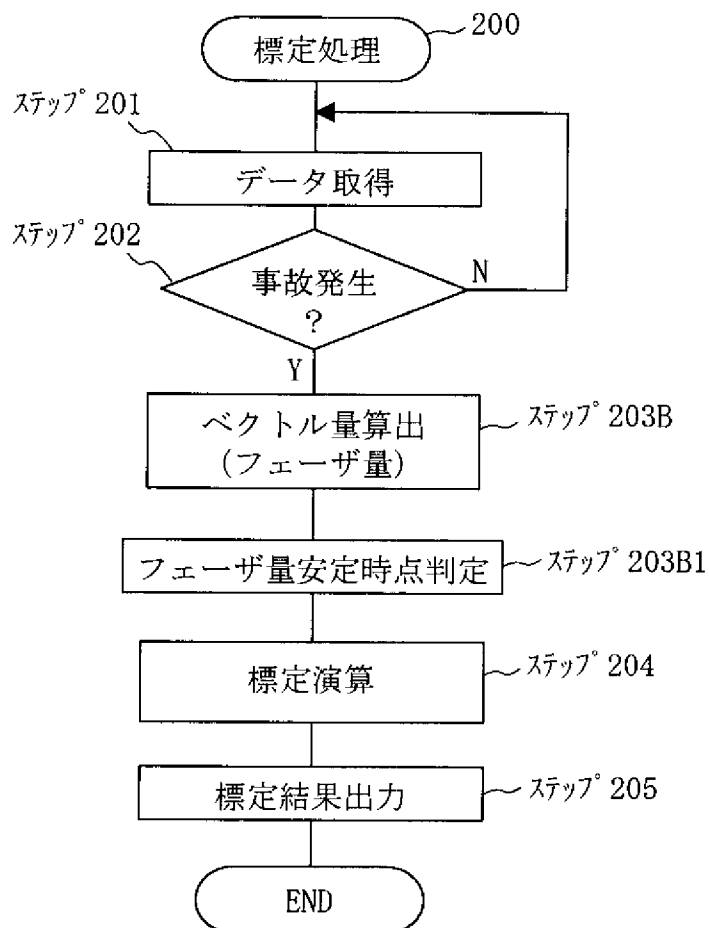
[図11]



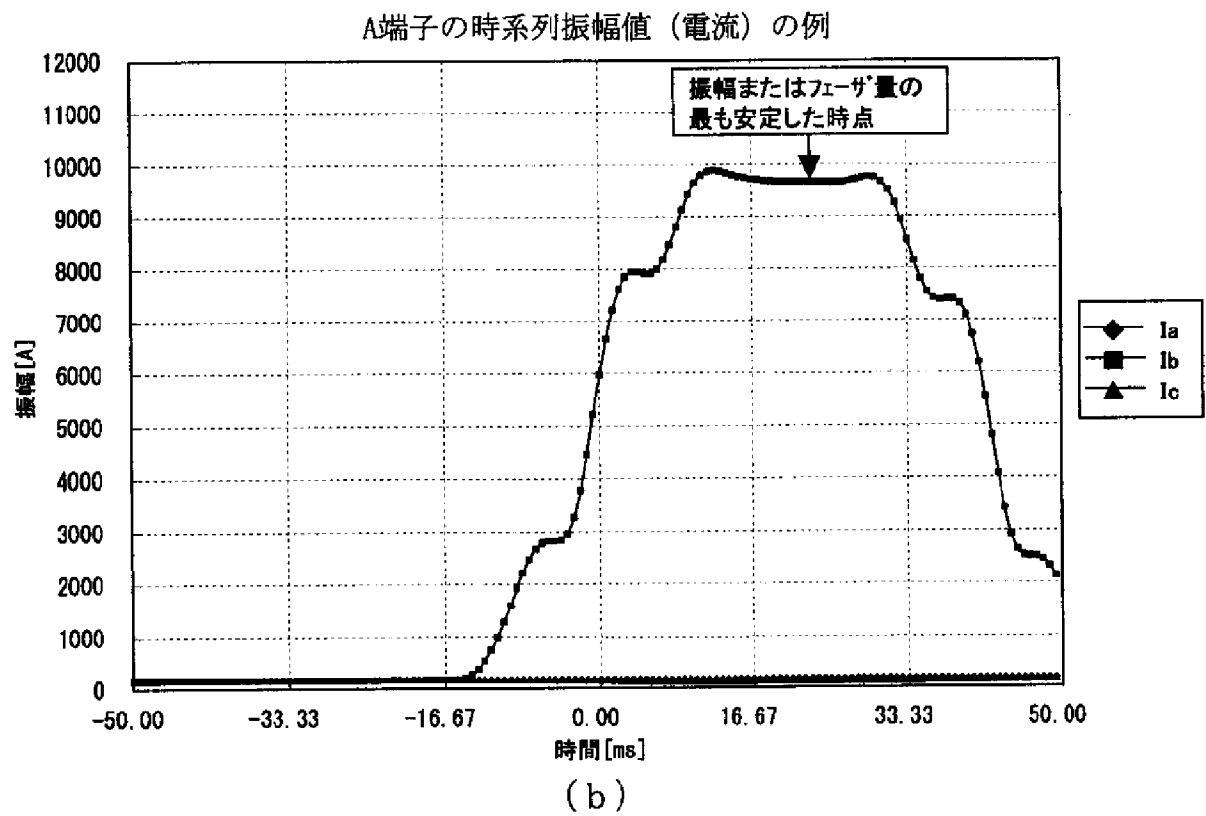
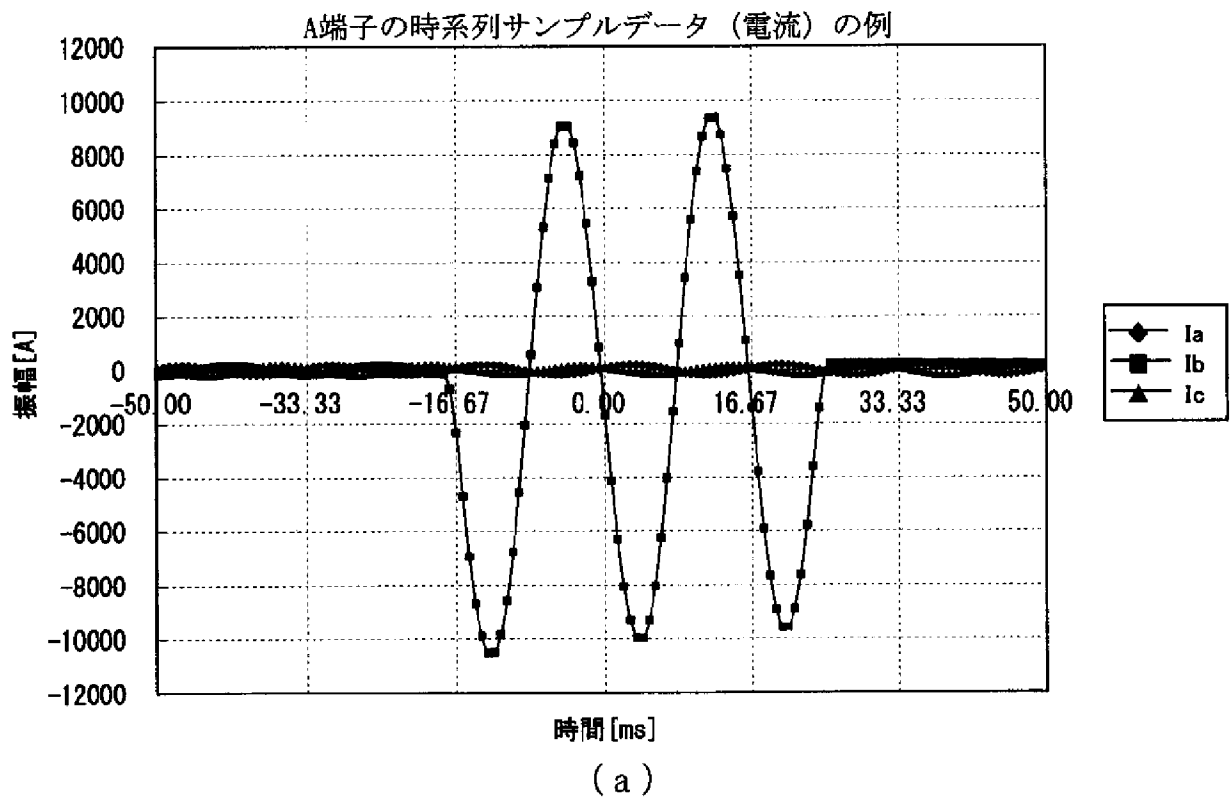
[図12]



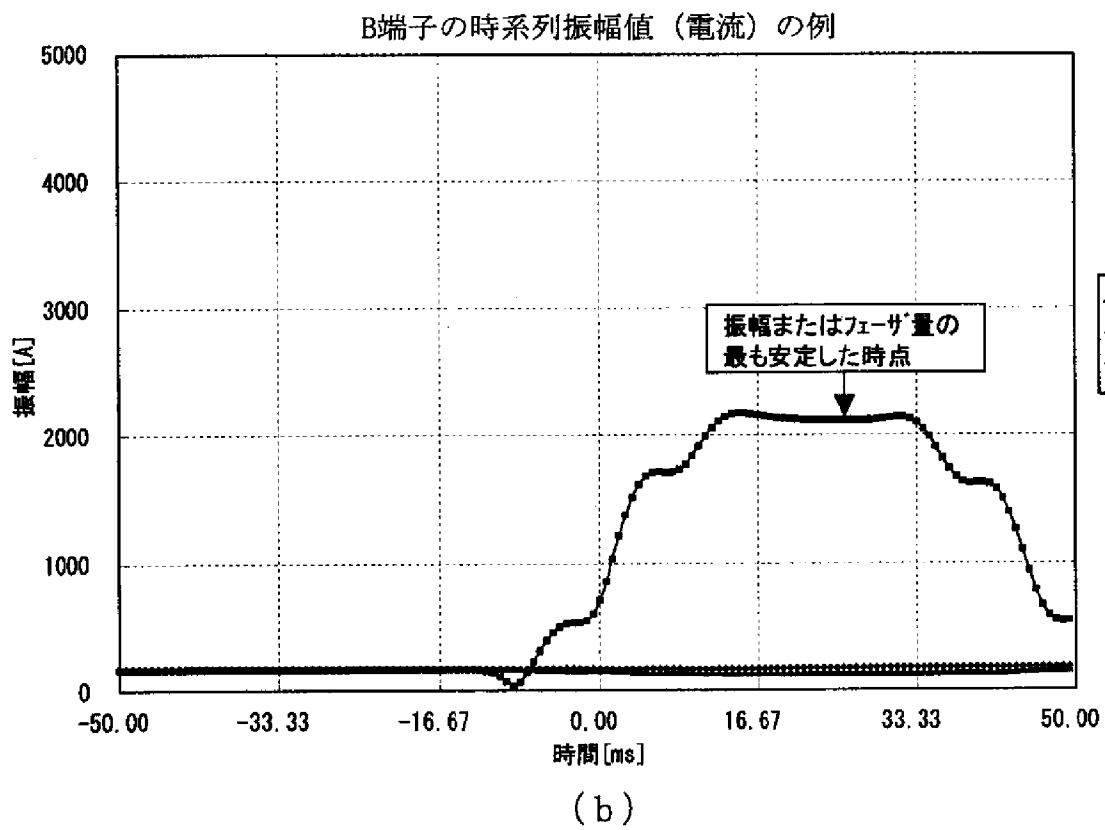
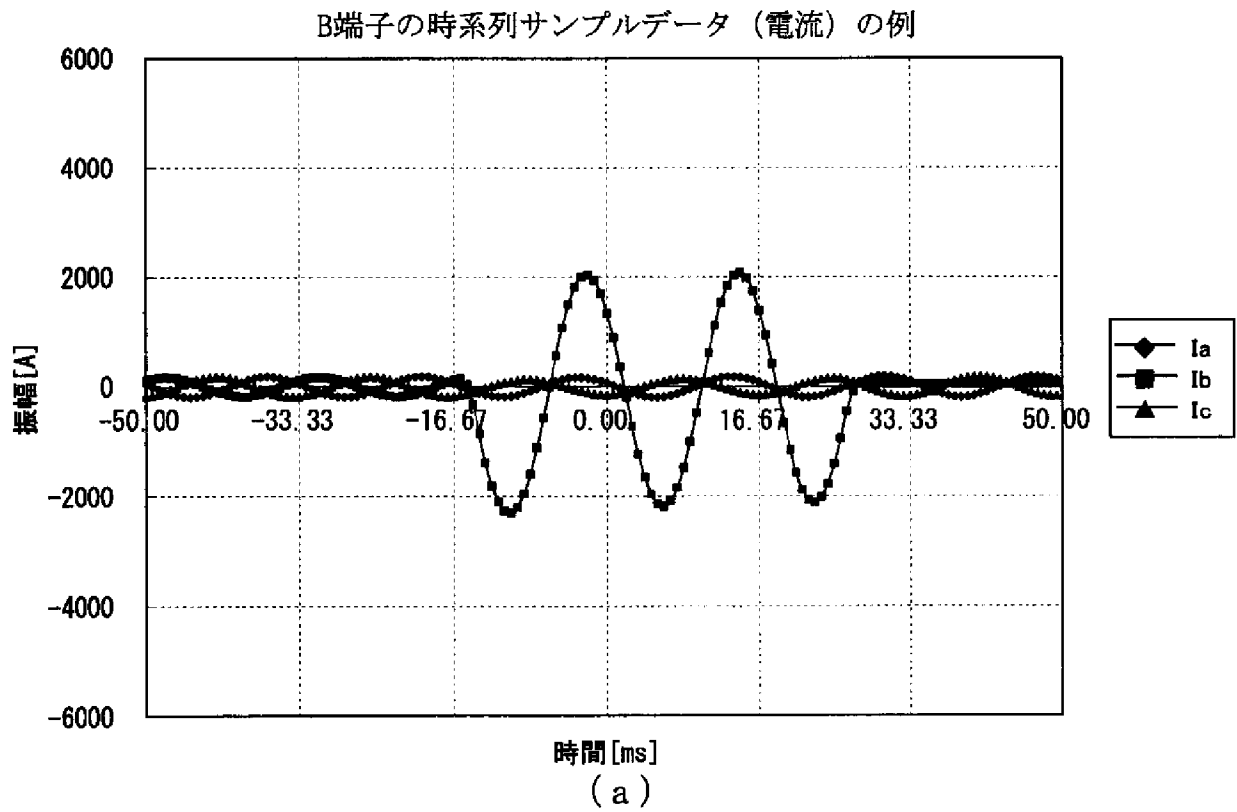
[図13]



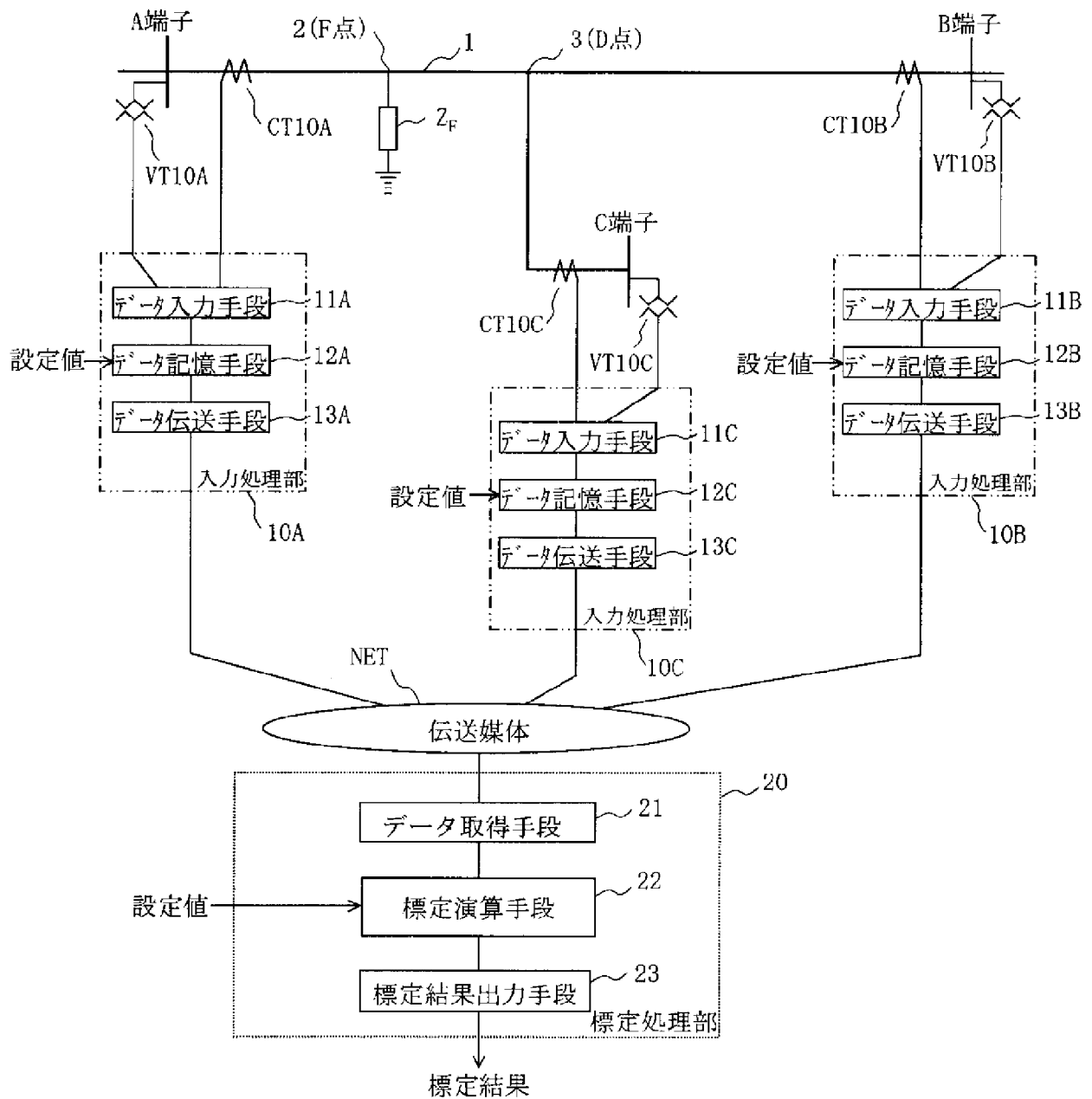
[図14]



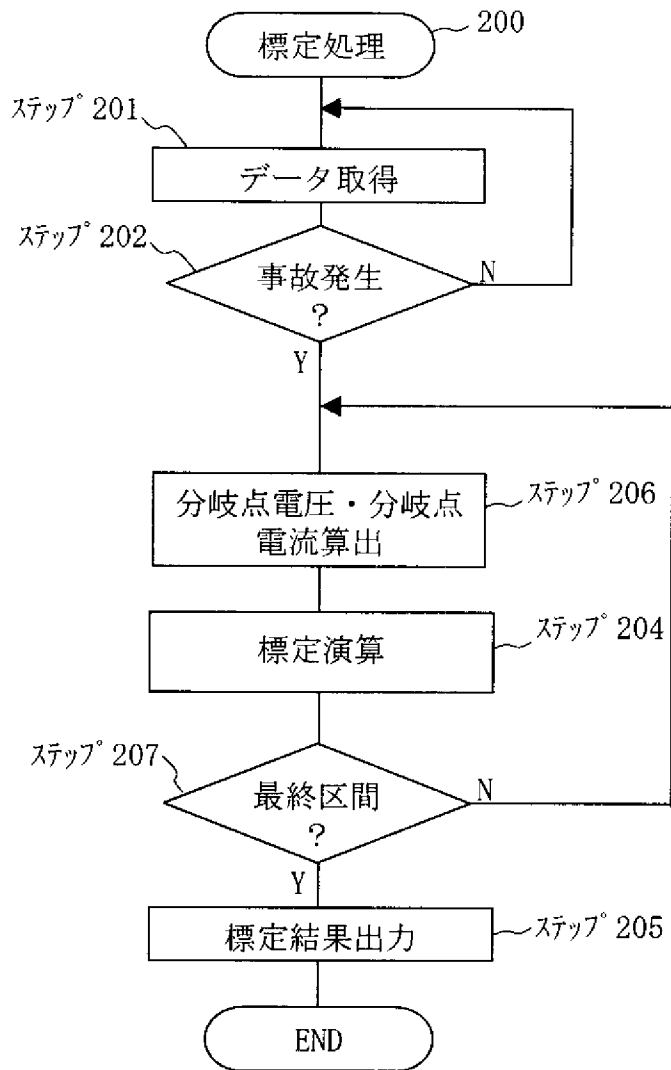
[図15]



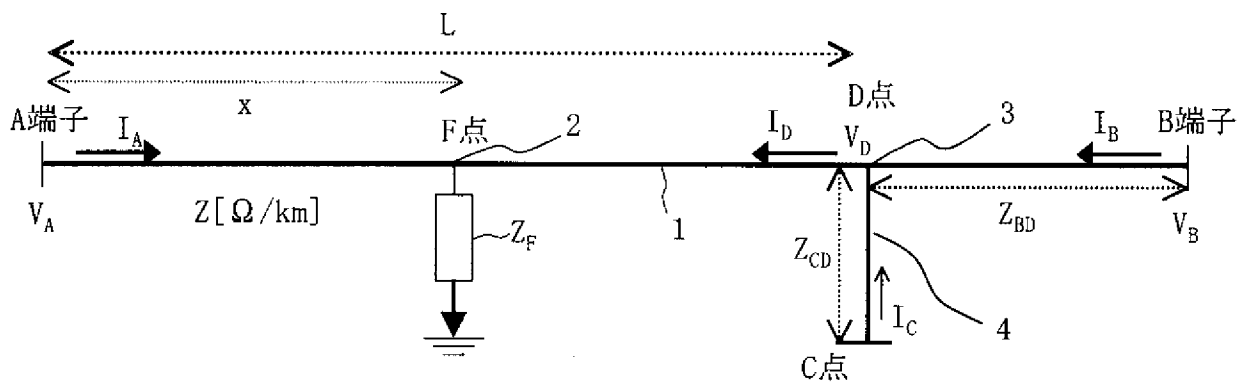
[図16]



[図17]



[図18]

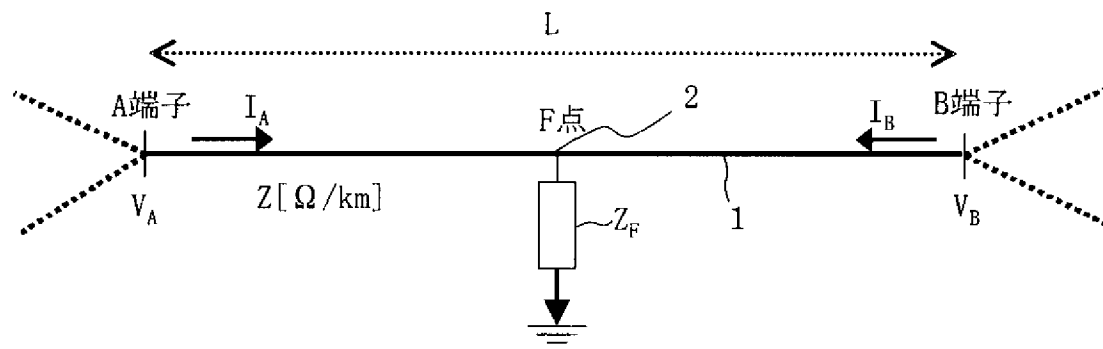


$$(\dot{V}_C - \dot{Z}_{CD} \cdot \dot{I}_C) e^{j\theta} = \dot{V}_D = \dot{V}_B - \dot{Z}_{BD} \cdot \dot{I}_B$$

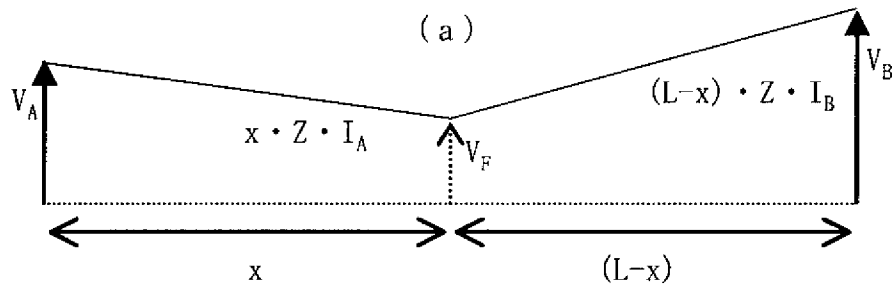
$$|\dot{V}_A - x \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_A|^2 = |\dot{V}_F|^2 = |\dot{V}_D - (L - x) \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_D|^2$$

(b)

[图19]



(a)



(b)

$$\dot{V}_A - x \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_A = \dot{V}_F = \dot{V}_B - (L-x) \cdot \dot{Z} \cdot \dot{I}_B$$

(c)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/003221

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/08 (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)

G01R31/08

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 2002-243790 A (ABB Power Automation Ltd.), 28 August 2002 (28.08.2002), entire text; all drawings & US 6466031 B1 & GB 2373935 A & DE 10163405 A & FR 2819052 A & SE 104168 A & NO 20016193 A & AU 9743301 A	1-6

☐ 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
06 October, 2009 (06.10.09)

Date of mailing of the international search report
20 October, 2009 (20.10.09)

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. G01R31/08 (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. G01R31/08

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 2002-243790 A（エイビービー・パワー・オートメーション・リミテッド）2002.08.28, 全文, 全図 & US 6466031 B1 & GB 2373935 A & DE 10163405 A & FR 2819052 A & SE 104168 A & NO 20016193 A & AU 9743301 A	1-6

☐ 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 6 . 1 0 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 0 . 2 0 0 9

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

武田 知晋

2 S

9 8 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8