

(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
2009年11月26日(26.11.2009)



(10) 国際公開番号
WO 2009/142011 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 3/00 (2006.01) H02J 3/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/002224
- (22) 国際出願日: 2009年5月20日(20.05.2009)
- (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 2008-132521 2008年5月20日(20.05.2008) 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): 村井雅彦 (MURAI, Masahiko) [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). 小坂葉子 (KOSAKA, Yoko) [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). 小林武則 (KOBAYASHI, Takenori) [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). 小坂田由美子 (KOSAKADA, Yumiko) [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).

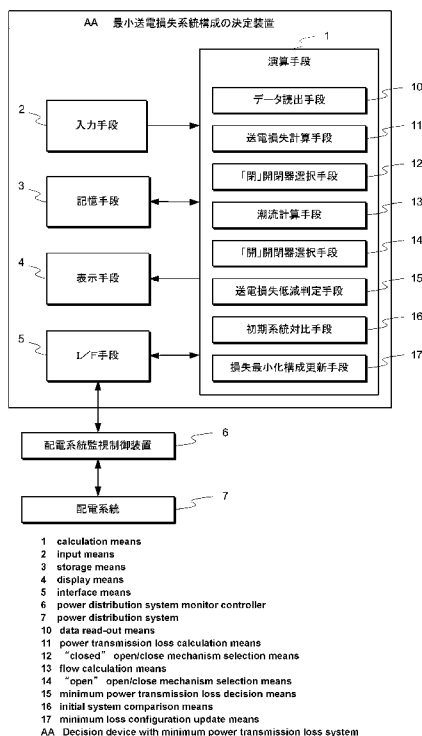
(74) 代理人: 木内光春 (KIUCHI, Mitsuharu); 〒1050003 東京都港区西新橋1丁目6番13号 虎ノ門吉荒ビルディング5階 Tokyo (JP).

(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, 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, 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.

[続葉有]

- (54) Title: DECISION DEVICE WITH MINIMUM POWER TRANSMISSION LOSS SYSTEM, METHOD, AND PROGRAM
- (54) 発明の名称: 最小送電損失系統構成の決定装置、方法及びプログラム

[図1]



(57) Abstract: Provided are a decision device with a minimum power transmission loss system, a method, and a program which can determine having lower power transmission losses than branch switching during a practical computation period. A "closed" open/close mechanism selection means (12) selects the set of the unselected $n-1$ open/close mechanisms in the "open" state which should be in the "closed" state so that the mesh systems become one in the current system, and changes the mechanisms to the "closed" state. A flow calculation means (13) calculates the power flow of the mesh system created by changing to the "closed" state. An "open" open/close mechanism selection means (14) sequentially selects an open/close mechanism in the "closed" state where the transmitted current value becomes the minimum to be an open/close mechanism which should be in the "open" state in the power flow of the mesh system calculated by the flow calculation means (13), and changes the mechanism to the "open" state.

(57) 要約: 実用的な計算時間で、ブランチ交換法より送電損失が小さい系統構成を決定可能な最小送電損失系統構成の決定装置、方法及びプログラムを提供する。「閉」開閉器選択手段12は、現在の系統構成において、メッシュ状系統が1つとなるように「閉」状態とすべき、まだ選択されていない $n-1$ 個の「開」状態の開閉器の組み合わせを選択し、「閉」状態に変更する。「閉」状態に変更することで作成されるメッシュ状系統の電力潮流を潮流計算手段13が計算する。「開」開閉器選択手段14が、潮流計算手段13により計算されたメッシュ状系統の電力潮流において、通過する電流値が最小となる「閉」状態の開閉器を「開」状態とすべき開閉器として逐次選択し、「開」状態に変更する。



(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, 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, 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：

最小送電損失系統構成の決定装置、方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、配電系統の送電損失を決定する装置に係り、特に、実用的な計算時間で、送電損失が最小となる系統構成を決定可能な最小送電損失系統構成の決定装置、方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 一般的に、配電系統の送電損失を最小化する系統構成を決定する方法としては、「配電系統が放射状に構成され、かつ、系統内のフィーダーや開閉器の容量制約がある」といった条件の下で、送電損失が最小となるように、配電系統に設けられた開閉器の開閉状態を決定する方法が知られている。下記に、このような配電系統の送電損失を最小とする配電系統構成の決定方法の一例を、図 9 ～ 13 を参照して説明する。

[0003] 図 9（a）は、5 台の開閉器 9 1 ～ 9 5 が放射状に配設された配電系統の接続構成例を示す図であり、開閉器を示すブロックのうち、「開」状態のブロックを空欄で、「閉」状態のブロックをハッチングでそれぞれ示している。すなわち、図 9（a）中においては、開閉器 9 1、9 4 が「開」状態、開閉器 9 2、9 3、9 5 が「閉」状態となっている。また、図 9（b）は、図 9（a）における配電系統の区間番号 9 a ～ 9 g に対応させた当該区間の負荷、及び区間のインピーダンスを示している。ここで、図 9（a）の配電系統の接続構成例において、区間負荷が区間内で一様に分布するものとする、各区間の送電損失は、下記の式（1）により表される。

[0004]

[数1]

$$\begin{aligned}\Delta P &= \int (R/L) I(x)^2 dx = (R/L) \int (I_{in} - (x/L) I_l)^2 dx \\ &= R(I_{in}^2 - I_{in} I_l + I_l^3/3) \quad \cdots (1)\end{aligned}$$

ΔP : 区間の送電損失

I_{in} : 区間の入力電流 [A]

I_l : 区間負荷 [A]

L : 区間の長さ [m]

R : 区間インピーダンス [Ω]

x : 入力端からの距離 [m]

$I(x)$: 入力端からの距離 x [m] 地点における通過電流 [A]

[0005] すなわち、図 9 (a) の放射状に構成された配電系統の各区間の送電損失は、式 (1) に対して図 9 (b) の負荷及びインピーダンスを代入することにより、図 10 のように算出することができる。なお、図 9 (a) の配電系統の接続構成例において送電損失が最小となる系統構成を決定するためには、この配電系統が放射状態を保つように、すべての開閉器 91 ~ 95 の開閉状態に対して送電損失を計算し、全体の損失が最小となるように開閉器 91 ~ 95 の開閉状態を決定する。

[0006] ここで、図 11 は、このような放射状に構成された配電系統における開閉器の開閉状態のすべての組み合わせを示す図である。すなわち、図 11 の (a) ~ (h) は、開閉器の開閉状態の異なる 8 つの系統構成をそれぞれ示している。図 12 は、図 11 の各系統構成 (a) ~ (h) に対応する送電損失を算出した結果である。図 12 によれば、送電損失の最小値は系統構成 (f) の送電損失値「56.267W」であり、この系統構成 (f) が送電損失最小となる系統構成であることがわかる。

[0007] しかしながら、実際の大規模な配電系統において、すべての開閉器の開閉状態の組み合わせに対して送電損失を計算するこのような方法を適用すると、当該組み合わせは膨大となり、実用的な計算時間で送電損失が最小となる配電系統の構成を決定することは不可能であった。そのため、すべての組み合わせの計算を行う上記方法以外にも、種々の方法を採用して送電損失を最

小とする系統構成を求める決定方法が提案されている。

- [0008] このような配電系統の送電損失の最小化を図る系統構成の決定方法の一つとして、例えば、ブランチ交換法が提案されている（非特許文献 1 参照）。このブランチ交換法は、放射状の配電系統において、ある「開」状態の開閉器を「閉」状態に変更して 1 つのループを作成し、作成したループの電力潮流計算を行うことで、開閉器のうち通過電流が最小となる開閉器を「開」状態とした系統構成を求めるものである。そして、このようなループ作成と潮流計算により系統構成を求める処理を、すべての「開」状態の開閉器について繰り返し実施することにより、求めた系統構成のうち、送電損失が最小となる系統構成を抽出する方法である。

先行技術文献

非特許文献

- [0009] 非特許文献 1: S. Civanlar et. al, "Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 3, No. 3, 1988

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 以下には、上述したようなブランチ交換法による、送電損失を最小化する系統構成の決定方法の一例を、図 9、13、14 を参照して説明する。
- [0011] まず、図 9 の配電系統に対してブランチ交換法を適用すると、「開」状態にある開閉器 91 を閉じることでループを作成し、このループ内の電力潮流計算を行うことで、各開閉器 91～93、95 を通過する電流を算出する。「閉」状態を維持している各開閉器 92～93、95 の通過電流は、開閉器 91 が「開」状態にある図 9 の系統構成の通過電流に対して、開閉器 91 を閉じることで当該開閉器 91 に流れる電流を加えることにより算出する。
- [0012] また、開閉器 91 の通過電流は、図 9 において「開」状態にある開閉器 9

1の両端の電位差から、テブナンの法則を用いて算出することができる。なお、開閉器91の両端の電位差は、各区間の電圧降下 V_d [V]を次式(2)により計算することで求めることができる。

[0013] [数2]

$$V_d = \int (R/L) I(x) dx = (R/L) \int (I_{in} - (x/L) I_1) dx = R(I_{in} - I_1/2) \quad \cdots (2)$$

[0014] また、開閉器91を閉じることで開閉器91に流れる電流は、テブナンの法則を利用して、次式(3)により算出することができる。

[0015] [数3]

$$\Delta I = \Delta V / R_{loop} \quad \cdots (3)$$

ΔI : 開閉器を閉じることにより回路に流れる電流 [A]

ΔV : 開閉器両端の電位差 [V]

R_{loop} : 開閉器を閉じたときにできるループのインピーダンス [Ω]

[0016] ここで、図13は、図9の系統構成の各開閉器91～95に対して上記の計算によって求めた通過電流と各区間の電圧降下を示している。すなわち、開閉器91の電位差は、図13中に示された各区間の電圧降下 V_d [V]から、

$$\Delta V = -0.42 - (-0.05 - 0.125 - 0.225 - 0.35) = 0.33$$

となる。そして、得られたこの電位差と式(3)から、開閉器91を閉じることで生じる電流変化は、

$$\Delta I = 0.33 / (0.028 + 0.01 + 0.01 + 0.01 + 0.01) = 4.853 \text{ [A]}$$

となる。従って、開閉器91を閉じた後の開閉器91～93、95の通過電流は図14のようになる。

[0017] ブランチ交換法では、次に、ループ内において通過電流が最小となる開閉器を開くことで、新しく構成された放射状の配電系統の送電損失を計算する。つまり、図14によれば、通過電流が最小となる開閉器は開閉器91であるため、この開閉器91を「開」状態にする操作では配電系統の系統構成は

同じであり、送電損失は変化しない。

[0018] また、開閉器 9 4 に対して同様の処理、すなわち「開」状態にある開閉器 9 4 を閉じることでループを作成し、このループ内の電力潮流計算を行うことで、各開閉器 9 2 ～ 9 5 を通過する電流を算出する操作を行うと、ループ系統の通過電流は図 1 5 のように算出される。ここで、図 1 5 によれば、通過電流が最小の開閉器は、やはり開閉器 9 4 となるので、配電系統の系統構成は同じであり、送電損失は変化しない。

[0019] 以上のことから分るように、図 9 の配電系統に対してブランチ交換法を適用すると、「開」状態の開閉器を一度に 1 つだけ「閉」状態としてループを作成し、ループ内の電力潮流計算を行わなければならないので、送電損失が最小となる配電系統の系統構成を決定するのに多くの反復計算を要する。また、「開」状態の開閉器が一度に 1 つずつ入れ替わる狭い範囲を近傍として探索する局所探索法であり、探索する近傍の範囲が狭いので、算出結果が局所解 (local minimum) に陥り易い。そのため、図 1 1 (f) のような、送電損失が真の最小値となる系統構成を求めることができなかった。

[0020] 本発明は、以上のような課題を解消するために提案されたものであって、その目的は、実用的な計算時間で、かつ、ブランチ交換法より送電損失の小さい系統構成を決定可能な、最小送電損失系統構成の決定装置、方法及びプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0021] 上述した目的を達成するために、本発明は、開閉器の開閉状態が変更された系統構成のうち、送電損失が最小となる最小送電損失系統構成を決定する最小送電損失系統構成の決定装置であって、次のような技術的特徴を有するものである。すなわち、本発明の最小送電損失系統構成決定装置は、まず、「閉」開閉器選択手段、「開」開閉器選択手段、送電損失計算手段、低減判定手段、更新手段、決定手段を備える。ここで、「閉」開閉器選択手段は、前記系統構成内で 1 つのメッシュ状系統を作成するように、複数の開閉器から 2 個以上の開状態にある開閉器を閉状態にすべく選択する手段である。「

開」開閉器選択手段は、前記「閉」開閉器選択手段により選択された開閉器数と同数の閉状態にある開閉器を、放射状の系統構成が得られるように、開状態にすべく選択する手段である。送電損失計算手段は、前記「閉」開閉器選択手段により選択された開状態にある開閉器を閉状態に変更し、かつ、前記「開」開閉器選択手段により選択された閉状態にある開閉器を開状態に変更した結果として得られる各系統構成の送電損失を計算する手段である。低減判定手段は、前記送電損失計算手段により新たに計算された特定の系統構成の送電損失が、先に計算された別の系統構成の送電損失よりも低減しているかを判定する手段である。更新手段は、前記低減判定手段により前記特定の系統構成の送電損失が低減していると判定された場合に、当該特定の系統構成を最小送電損失系統候補として更新する手段である。決定手段は、最小送電損失系統候補から最小送電損失系統構成を決定する手段である。この決定手段は、前記低減判定手段が、前記送電損失計算手段により計算された各系統構成の送電損失のいずれもが、最新の更新結果である前記最小送電損失系統候補の送電損失よりも低減していないと判定した場合に、当該最小送電損失系統候補を最小送電損失系統構成として決定する。

[0022] また、前記「開」開閉器選択手段は、前記メッシュ状系統内の開閉器のうち、通過電流が最小の閉状態にある開閉器を逐次選択することを特徴とする点も本発明の一態様である。

[0023] なお、前記「閉」開閉器選択手段は、複数の開状態にある開閉器を閉状態にすべく選択するだけでなく、開状態にある単数の開閉器を選択することも可能である。さらに、前記「閉」開閉器選択手段により選択される開閉器数を変更する開閉器数変更手段を備えることで、この選択される開閉器数を可変なものとする構成も本発明の一態様である。

[0024] また、ランダムに開閉器の開閉状態を変更することにより複数の初期系統を生成する初期系統生成手段を備え、前記「閉」開閉器選択手段は、前記初期系統生成手段により生成された各初期系統内で1つのメッシュ状系統を作成するように、開状態にある開閉器を選択する構成も本発明の一態様として

包含する。

発明の効果

- [0025] 以上のような本発明によれば、複数の「開」状態の開閉器を一度に「閉」状態に変更し、それと同数の開閉器を「開」状態とすることにより、前述したブランチ交換法に比べ、広い範囲での探索が可能となるので、送電損失のより小さい系統構成を決定することが可能な最小送電損失系統構成の決定装置、方法及びプログラムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明の第1の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置のブロック構成図。
- [図2]本発明の第1の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置の処理フローを示す図。
- [図3]本発明による最小送電損失系統構成の決定過程を説明する図(1)。
- [図4]本発明による最小送電損失系統構成の決定過程を説明する図(2)。
- [図5]本発明の第2の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置のブロック構成図。
- [図6]本発明の第2の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置の処理フローを示す図。
- [図7]本発明の第3の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置のブロック構成図。
- [図8]本発明の第3の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置の処理フローを示す図。
- [図9]配電系統の一例を示す図。
- [図10]配電系統の送電損失の計算の一例を示す図。
- [図11]配電系統の開閉器の開閉状態に基づく複数の系統構成を示す図。
- [図12]配電系統の開閉器の開閉状態に基づく複数の系統構成の送電損失のを示す図。
- [図13]従来技術であるブランチ交換法による配電系統の最小送電損失決定過

程を示す図（１）。

[図14]従来技術であるブランチ交換法による配電系統の最小送電損失決定過程を示す図（２）。

[図15]従来技術であるブランチ交換法による配電系統の最小送電損失決定過程を示す図（３）。

発明を実施するための形態

[0027] [第１の実施形態]

[構成]

次に、本発明の第１の実施形態に係る配電系統の送電損失が最小となる最小送電損失系統構成の決定装置の構成について、図１～４を参照して以下に説明する。なお、図１は、第１の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置の構成を示すブロック図である。

[0028] この最小送電損失系統構成の決定装置は、図１の通り、演算手段１、入力手段２、記憶手段３、表示手段４、 I/F 手段５から構成されている。なお、 I/F 手段５は、配電系統監視制御装置６を介して、配電系統７に接続されている。

[0029] ここで、演算手段１は、具体的には、コンピュータのメインメモリ、それに記憶されたプログラム、そのプログラムによって制御されるCPU等により実現され、後述するような処理手段１０～１７を有している。入力手段２は、ユーザの操作に応じた信号をコンピュータに入力するマウスやキーボード等の入力装置である。

[0030] 記憶手段３は、演算手段１における処理に必要な配電系統の各種の系統情報データを予め記憶すると共に、演算手段１による算出結果を記憶するものであり、コンピュータの各種メモリや補助記憶装置等により実現される。なお、配電系統の系統情報データは、例えば、配電線の接続情報（配電系統の接続構成）、インピーダンス、開閉器の開閉状態や負荷等の情報である。

[0031] 表示手段４は、入力手段２を通じて入力されたデータや、記憶手段３に記憶されたデータ、及び演算手段１により処理された算出結果を、ユーザに対

して表示するディスプレイ等の表示装置である。I/F手段5は、配電系統監視制御装置6を介して配電系統7の系統情報データ及び制御データを送受信する通信用のインタフェースであり、受信した系統情報データは記憶手段3に記憶される。配電系統監視制御装置6は、配電系統7の監視制御を行う装置であり、配電系統7の計画、運用、制御に関する各種データを保持している。

[0032] なお、上記演算手段1は、データ読出手段10、送電損失計算手段11、「閉」開閉器選択手段12、潮流計算手段13、「開」開閉器選択手段14、送電損失低減判定手段15、初期系統対比手段16、損失最小化構成更新手段17を備えている。

[0033] データ読出手段10は、記憶手段3から系統情報データ、すなわち、配電系統の接続構成、当該系統に設けられた開閉器の開閉状態、及び負荷やインピーダンスに関するデータ等を読み出す手段である。なお、本明細書中において、決定対象となる「系統構成」すなわち「配電系統の系統構成」は、開閉器の開閉状態を含む配電系統の構成を意味しており、「配電系統の接続構成」は、開閉器の開閉状態を含まない配電系統の設備的な接続構成を意味している。

[0034] 送電損失計算手段11は、配電系統7に設けられた開閉器が開閉することにより変更した系統構成における送電損失を計算する。「閉」開閉器選択手段12は、配電系統7を構成する開閉器のうち「開」状態にある複数の開閉器から、「閉」状態に変更する n ($n \geq 2$) 個の開閉器を選択する。

[0035] 潮流計算手段13は、「閉」開閉器選択手段12により選択された n 個の開閉器を「閉」状態に変更することで作成されるメッシュ状系統の電力潮流を計算する手段である。

[0036] 「開」開閉器選択手段14は、「閉」開閉器選択手段12により選択された n 個の開閉器を「閉」状態に変更することにより作成されたメッシュ状系統において、当該メッシュ状系統を構成する「閉」状態の開閉器のうち「開」状態に変更すべき n 個の開閉器を選択する。なお、この「開」開閉器選択

手段 14 は、一例として、潮流計算手段 13 で計算したメッシュ状系統の電力潮流により、通過する電流値が最小の開閉器を「開」状態にすべき開閉器として逐次選択する。

[0037] 送電損失低減判定手段 15 は、開閉器の開閉状態を変更した新たな系統構成に対して、それ以前の系統構成より送電損失が低減しているかを判定する手段である。例えば、送電損失計算手段 11 により計算された現時点の送電損失が、逐次更新される解候補と比較して低減しているかを判定する。

[0038] なお、この送電損失低減判定手段 15 は、現時点の送電損失が解候補より低減していると判定する場合に、当該現時点の送電損失を新たな解候補として記憶手段 3 に記憶する。初期系統対比手段 16 は、解候補の送電損失が初期系統の送電損失より低減しているかを判定する手段である。

[0039] 損失最小化構成更新手段 17 は、初期系統対比手段 16 により、解候補の送電損失が初期系統の送電損失より低減していると判定された場合に、この解候補の送電損失、及び当該送電損失を生じる系統構成を、最小送電損失及び系統構成として更新し、記憶手段 3 に記憶する手段である。

[0040] [作用]

次に、図 1 の構成を有する最小送電損失系統構成の決定装置において、送電損失が最小となる系統構成の決定手順を、図 2 のフローチャートを参照して以下に説明する。

[0041] 図 2 によれば、まず、STEP 201 で、データ読出手段 10 が、記憶手段 3 から配電系統の接続構成、当該系統に設けられた開閉器の開閉状態、及び負荷やインピーダンスに関するデータ等の系統情報データを読み出し、これ以降の処理において利用するデータを準備する。ここで、初期段階で使用する系統構成を初期系統構成とし、これを解候補とする。なお、送電損失の最小化の対象となる配電系統は放射状の構成を有するため、初期系統構成は放射状の構成を有するものとなる。

[0042] ここで、STEP 201 では、初期化処理として、送電損失計算手段 11 により初期系統である解候補の送電損失を計算し、初期送電損失として記憶

手段3に記憶する。この記憶手段3に記憶された初期系統構成とその初期送電損失は、現在の配電系統における系統構成として採用され、後述する系統構成の更新処理を行う上での基準となる。

[0043] STEP 202では、「閉」開閉器選択手段12により、現在の系統構成において、「閉」状態とすべき、まだ選択されていない（未選択の） n ($n \geq 2$) 個の「開」状態の開閉器の組み合わせを選択する。ここで、「閉」開閉器選択手段12により選択する n 個の開閉器の組は、開閉器を閉じることによって作成されるメッシュ状系統が1つとなるように選択される。

[0044] なお、送電損失を最小化する上で対象となる配電系統の規模が大きい場合には、当該配電系統における n 個の「開」状態の開閉器の組み合わせが増加するので、計算時間の増大が懸念される。このような場合には、「閉」開閉器選択手段12は、選択する n 個の開閉器の組数を制限する制限手段を備え、この制限手段により、例えば、開閉器両端の電位差が大きい当該開閉器を含む順に開閉器の組数を制限することができる。

[0045] ここで、この「閉」開閉器選択手段12が n 個の「開」開閉器を選択すると、モデル上、当該「開」開閉器を「閉」状態に変更し、STEP 203では、この「閉」状態に変更された場合に作成されるメッシュ状系統の電力潮流が潮流計算手段13により計算される。

[0046] STEP 204では、「開」開閉器選択手段14が、作成されたメッシュ状系統の「閉」状態の開閉器のうち「開」状態とすべき開閉器を一つ選択する。具体的には、STEP 203で潮流計算手段13により計算されたメッシュ状系統の電力潮流において、通過する電流値が最小となる「閉」状態の開閉器を「開」状態とすべき開閉器として選択する。特に、送電線の容量制約に基づいて通過電流が最小となる「閉」状態の開閉器が「開」状態とすべき開閉器として選択される。

[0047] なお、この「開」開閉器選択手段14が、 n 個の「閉」開閉器を選択すると、モデル上、当該「閉」開閉器を「開」状態に変更し、STEP 205では、この「開」状態に変更された場合に作成される新たなメッシュ状系統の

電力潮流が潮流計算手段 13 により再度計算される。

[0048] ここで、STEP 205 にて、新たに計算される電力潮流に基づいて、「開」開閉器選択手段 14 により通過電流値が最小となる「閉」状態の開閉器を選択し、当該選択された開閉器を「開」状態に変更し、新たに作成されるメッシュ状系統の電力潮流が潮流計算手段 13 により計算されるといった処理が、 n 回繰り返される。

[0049] すなわち、作成されたメッシュ状系統の「閉」状態の開閉器のうち、「開」開閉器選択手段 14 は、 n 個の「閉」状態にある開閉器を 1 つずつ選択し、また、潮流計算手段 13 は、当該選択された開閉器を「開」状態に変更し、残ったメッシュ状系統に対して電力潮流を n 回計算する。

[0050] STEP 206 では、送電損失計算手段 11 が、 n 回繰り返された STEP 204、205 の処理により再構成された放射状系統の送電損失を計算する。STEP 207 では、送電損失低減判定手段 15 が、送電損失計算手段 11 により計算された放射状系統の現時点の送電損失が、解候補の送電損失よりも低減しているかどうかを判定する。

[0051] 現時点の系統構成の送電損失が解候補の送電損失より低減している場合は（STEP 207 の YES）、STEP 208 において、送電損失低減判定手段 15 により、現時点の系統構成及び送電損失が新たな解候補並びにその送電損失として記憶手段 3 に記憶される。一方、現時点の系統構成の送電損失が解候補の送電損失より低減していない場合は（STEP 207 の NO）、現時点の系統構成は解候補として記憶されることなく、STEP 209 の処理に移行する。

[0052] STEP 209 では、「閉」開閉器選択手段 12 が、 n 回繰り返された STEP 204、205 の処理により構成された系統構成の「開」状態の開閉器の配置とは別の配置にある n 個の「開」状態の開閉器の組が存在するかを判定する。すなわち、他にまだ選択されていない n 個の「開」状態の開閉器の組が存在するかが判定される。

[0053] このような n 個の「開」状態の開閉器の組が他に存在する場合には（S T

ＥＰ２０９のＹＥＳ）、ＳＴＥＰ２０２へ戻り、新たな n 個の「開」開閉器の組が「閉」開閉器選択手段１２により選択され、それ以降の処理が繰り返される。一方、 n 個の「開」状態の開閉器の組が他になかった場合には（ＳＴＥＰ２０９のＮＯ）、初期系統対比手段１６により、ＳＴＥＰ２０８における上記解候補の送電損失が初期系統の送電損失より低減しているかが判定される（ＳＴＥＰ２１０）。

[0054] 初期送電損失よりも小さいと判定された場合には（ＳＴＥＰ２１０のＹＥＳ）、この解候補及びその送電損失を初期系統構成及び初期送電損失として、損失最小化構成更新手段１７により、記憶手段３に記憶されている初期系統構成とその初期送電損失を更新する（ＳＴＥＰ２１１）。損失最小化構成更新手段１７により初期系統構成及び初期送電損失が更新されると、更新された初期系統構成及び初期送電損失を基準に、ＳＴＥＰ２０２以降の処理が繰り返される。

[0055] これに対し、解候補の送電損失が初期送電損失より小さいと判定されない場合、すなわち、解候補の送電損失が初期送電損失と同等またはそれ以上である場合には（ＳＴＥＰ２１０のＮＯ）、損失最小化構成更新手段１７により、現在の初期系統構成及び初期送電損失を最小送電損失系統構成及び最小送電損失として決定して、決定した最小送電損失系統構成及び最小送電損失を、表示手段４及びＩ／Ｆ手段５を通じて出力し（ＳＴＥＰ２１２）、処理を終了する。このように、本実施形態において、損失最小化構成更新手段１７は、本発明における決定手段として機能する。

[0056] [実施例]

次に、放射状の配電系統の一例を示す図９、１１を再び参照し、図２～４に基づいて、第１の実施形態の具体的な実施例について以下に説明する。なお、図２の通り、図９（ａ）には、２つの「開」状態の開閉器しか存在しないため、 $n = 2$ とする。

[0057] ＳＴＥＰ２０１では、データ読出手段１０により、記憶手段３から図９（ａ）のような配電系統の構成（初期系統構成）、及び図９（ｂ）のような系

統情報データを読み出し、初期化処理として、送電損失計算手段 11 により図 9 の初期系統構成である解候補の送電損失を計算し、図 10 に示すような 57. 567 [W] を得る。なお、この送電損失を初期送電損失として記憶手段 3 に記憶する。

[0058] STEP 202 では、「閉」開閉器選択手段 12 により、図 9 (a) の系統構成において、「閉」状態とすべき 2 個の「開」状態の開閉器の組み合わせが選択され、モデル上、当該 2 個の「開」開閉器が「閉」状態に変更される。そして、STEP 203 において、図 3 の通り、潮流計算手段 13 が、この「閉」状態に変更された場合に作成されるメッシュ状系統の電力潮流を計算する。

[0059] STEP 204 では、「開」開閉器選択手段 14 により、通過電流が最小となる開閉器 92 が選択され、モデル上、当該開閉器 92 を「開」状態に変更することで図 4 のような系統構成が得られる。そして、STEP 205 では、この「開」状態に変更された場合に作成される図 4 の新たなメッシュ状系統の電力潮流を潮流計算手段 13 が計算する。

[0060] このような STEP 204、205 の処理が、計 2 回 ($n=2$ なので) 繰り返されることにより、図 4 の系統構成において、通過電流値が最小となる開閉器 95 が「開」状態に変更され、図 11 (f) のようなメッシュ状系統が作成され、潮流計算手段 13 によりこの作成された系統構成の電力潮流が計算される。

[0061] STEP 206 では、送電損失計算手段 11 が、この新たに構成された系統構成の送電損失を計算することで、図 12 に示すように、図 11 (f) の系統構成に対応する送電損失 56. 267 [A] を得る。

[0062] STEP 207 では、送電損失低減判定手段 15 が、送電損失計算手段 11 により計算された図 11 (f) の系統構成に対応する送電損失が、解候補の送電損失よりも低減しているかどうかを判定する。具体的には、送電損失低減判定手段 15 は、この系統構成の送電損失 56. 267 [W] と、STEP 201 の初期化処理において送電損失計算手段 11 が算出した初期送電

損失 57. 567 [W] (図 10 参照) とを対比することにより、現時点の送電損失が解候補の送電損失より低減していると判定する。なお、図 12 に示す通り、この送電損失 56. 267 [W] より送電損失を低減可能な系統構成は存在しないので、他の「開」状態の開閉器の組が選択された場合においても、この図 11 (f) の系統構成の送電損失を下回る系統構成は存在しない。

[0063] 続いて、現時点の送電損失が解候補の送電損失より低減しているので (STEP 207 の YES)、STEP 208 において、送電損失低減判定手段 15 は、この系統構成及び送電損失 56. 267 [W] を新たな解候補並びにその送電損失として記憶手段 3 に記憶する。

[0064] STEP 209 では、「閉」開閉器選択手段 12 により、この図 11 (f) の系統構成に対して、別の配置を有する 2 個の「開」状態の開閉器の組が存在するかが判断される。このような 2 個の「開」状態の開閉器の組が他に存在する場合には (STEP 209 の YES)、STEP 202 へ戻り、新たな 2 個の「開」状態の開閉器の組が「閉」開閉器選択手段 12 により選択され、それ以降の処理が繰り返される。

[0065] 一方、2 個の「開」状態の開閉器の組が他に存在しない場合には (STEP 209 の NO)、初期系統対比手段 16 により、STEP 208 における上記解候補の送電損失が初期系統の送電損失より低減しているかが判定される (STEP 210)。

[0066] 初期送電損失よりも小さいと判定された場合には (STEP 210 の YES)、損失最小化構成更新手段 17 により、この解候補及びその送電損失を初期系統構成及び初期送電損失として、記憶手段 3 に記憶されている初期系統構成とその初期送電損失を更新する (STEP 211)。損失最小化構成更新手段 17 により初期系統構成及び初期送電損失が更新されると、更新された初期系統構成及び初期送電損失を基準に、STEP 202 以降の処理が繰り返される。

[0067] これに対し、解候補の送電損失が初期送電損失より小さいと判定されない

場合、すなわち、解候補の送電損失が初期送電損失と同等またはそれ以上である場合には（STEP 210のNO）、損失最小化構成更新手段17により、現在の初期系統構成及び初期送電損失を最小送電損失系統構成及び最小送電損失として決定して、決定した最小送電損失系統構成及び最小送電損失を、表示手段4及びI/F手段5を通じて出力し（STEP 212）、処理を終了する。すなわち、図11（f）の系統構成が、送電損失の最小となる最小送電系統構成として出力される。

[0068] [効果]

以上のような第1の実施形態によれば、複数の「開」状態の開閉器を一度に「閉」状態に変更し同数の開閉器を「開」状態とすることで探索範囲を広くすることが可能となり、送電損失をより小さくする系統構成を決定可能で、かつ系統構成の決定に要する時間を短縮可能な最小送電損失系統構成の決定装置、方法及びプログラムを提供することができる。

[0069] なお、上記実施形態において、「開」開閉器選択手段14は、「開」状態とすべき「閉」状態にある開閉器を1つずつ選択しているが、本発明は、この態様に限定するものではない。すなわち、一度にn個の「閉」状態にある開閉器を選択し、「開」状態に変更する実施形態も本発明は包含する。

[0070] [第2の実施形態]

[構成]

次に、本発明の第2の実施形態に係る配電系統の送電損失が最小となる最小送電損失系統構成の決定装置の構成について、図5を参照して以下に説明する。なお、図5は、送電損失の最小化を図るための第2の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置の構成を示すブロック図である。ここで、図5において、図1と同じ構成には同じ符号を用い、説明は省略する。

[0071] 第2の実施形態では、第1の実施形態における図1の構成に加え、開閉器数変更手段18を備えている。この開閉器数変更手段18は、「閉」開閉器選択手段12により一度に選択させる開閉器の数を変更するものである。特に、この開閉器数変更手段18は、選択される開閉器数が予め設定された所

定の開閉器数である n 個に等しいかを判定し、選択される開閉器数が n 個に満たない場合には、一度に選択させる開閉器数を n 個まで 1 つずつ増加させる。

[0072] [作用]

次に、図 5 の構成を有する最小送電損失系統構成の決定装置において、送電損失が最小となる系統構成の決定手順を、図 6 のフローチャートを参照して以下に説明する。なお、図 6 は、第 2 の実施形態に係り、送電損失が最小となる系統構成の決定フローを示す図である。

[0073] まず、STEP 601 では、第 1 の実施形態と同様に、STEP 201 で、データ読出手段 10 が、記憶手段 3 から配電系統の接続構成、当該系統に設けられた開閉器の開閉状態、及び負荷やインピーダンスに関するデータ等の系統情報データを読み出し、これ以降の処理において利用するデータを準備する。ここで、初期段階で使用する系統構成を初期系統構成とし、これを解候補とする。

[0074] また、初期化处理として、送電損失計算手段 11 により初期系統である解候補の送電損失を計算し、初期送電損失として記憶手段 3 に記憶する。この記憶手段 3 に記憶された初期送電系統とその初期送電損失は、現在の配電系統における系統構成として採用され、後述する系統構成の更新処理を行う上での基準となる。

[0075] ここで、STEP 602 において「閉」開閉器選択手段 12 が「閉」状態とすべき、まだ選択されていない n ($n \geq 1$) 個の「開」状態の開閉器を選択するにあたり、 n の初期値を $n = 1$ としておく。そして、第 1 の実施形態と同様に、「閉」開閉器選択手段 12 により、「閉」状態とすべき、まだ選択されていない 1 個（始めは、 $n = 1$ ）の「開」状態の開閉器を選択する。

[0076] なお、第 1 の実施形態と同様に、送電損失を最小化する上で対象とする配電系統の規模が大きいと、現在の系統構成における n 個の「開」状態の開閉器の組が増加するので、計算時間の増大が懸念される。このような場合には、「閉」開閉器選択手段 12 は、選択する n 個の開閉器の組数を制限する制

限手段を備え、この制限手段により、例えば、開閉器両端の電位差が大きい当該開閉器を含む順に組数を制限することができる。

[0077] そして、この「閉」開閉器選択手段 12 が、1 個の「開」開閉器（始めは、 $n = 1$ ）を選択すると、モデル上、当該「開」開閉器が「閉」状態に変更され、STEP 603 では、この「閉」状態に変更された場合に作成されるメッシュ状系統の電力潮流が潮流計算手段 13 により計算される。

[0078] STEP 604 では、作成されたメッシュ状系統の「閉」状態の開閉器のうち、「開」開閉器選択手段 14 により「開」状態とすべき開閉器を 1 つ選択する。具体的には、STEP 603 で潮流計算手段 13 により計算されたメッシュ状系統の電力潮流において、通過する電流値が最小となる「閉」状態の開閉器を「開」状態とすべき開閉器として選択する。特に、送電線の容量制約に基づいて通過電流が最小となる「閉」状態の開閉器が「開」状態とすべき開閉器として選択される。

[0079] なお、この「開」開閉器選択手段 14 が、1 個の「閉」開閉器を選択すると、モデル上、当該「閉」開閉器を「開」状態に変更し、STEP 605 では、この「開」状態に変更された場合に作成される新たなメッシュ状系統の電力潮流が潮流計算手段 13 により計算される。STEP 606 では、送電損失計算手段 11 が、再構成された放射状系統の送電損失を計算し、STEP 607 において、送電損失低減判定手段 15 が、送電損失計算手段 11 により計算された放射状系統の現時点の送電損失が、解候補の送電損失よりも低減しているかどうかを判定する。

[0080] 現時点の系統構成の送電損失が解候補の送電損失より低減している場合は（STEP 607 の YES）、STEP 608 において、送電損失低減判定手段 15 により、現時点の系統構成及び送電損失が新たな解候補並びにその送電損失として記憶手段 3 に記憶される。一方、現時点の系統構成の送電損失が解候補の送電損失より低減していない場合は（STEP 607 の NO）、現時点の系統構成は解候補として記憶されることなく、STEP 609 の処理に移行する。

- [0081] STEP 609では、「閉」開閉器選択手段12が、構成された系統構成の「開」状態の開閉器の配置とは別の配置にある1個の「開」状態の開閉器の組が存在するかを判定する。すなわち、他にまだ選択されていない1個の「開」状態の開閉器の組が存在するかが判定される。なお、STEP 609において、 $n \geq 2$ の場合には、「閉」開閉器選択手段12は、STEP 604、605の処理が n 回繰り返されることで構成された系統構成の n 個の「開」状態の開閉器の配置と別の配置にある n 個の「開」状態の開閉器の組が存在するかを判定する。
- [0082] このような1個の「開」状態の開閉器の組が他に存在する場合には（STEP 609のYES）、STEP 602へ戻り、新たな1個の「開」開閉器の組が「閉」開閉器選択手段12により選択され、それ以降の処理が繰り返される。一方、1個の「開」状態の開閉器の組が他になかった場合には（STEP 609のNO）、初期系統対比手段16により、STEP 608における上記解候補の送電損失が初期系統の送電損失より低減しているかが判定される（STEP 610）。
- [0083] 初期送電損失よりも小さいと判定された場合には（STEP 610のYES）、この解候補及びその送電損失を初期系統構成及び初期送電損失として、損失最小化構成更新手段17により、記憶手段3に記憶されている初期系統構成とその初期送電損失を更新する（STEP 611）。損失最小化構成更新手段17により初期系統構成及び初期送電損失が更新されると、更新された初期系統構成及び初期送電損失を基準に、STEP 602以降の処理が繰り返される。
- [0084] これに対し、解候補の送電損失が初期送電損失より小さいと判定されない場合、すなわち、解候補の送電損失が初期送電損失と同等またはそれ以上である場合には（STEP 610のNO）、STEP 612で、開閉器数変更手段18が、「閉」開閉器選択手段12により選択される開閉器の数が予め設定された n 個（予め設定した所定の開閉器数）に等しいかを判定する。
- [0085] この予め設定された n 個に満たない場合、例えば $n \geq 2$ に設定されている

場合には（STEP 612のNO）、開閉器数変更手段18により、 $n = 1$ から1つ増加させ、再びSTEP 602に戻りそれ以降の処理を繰り返す。つまり、予め設定された「閉」開閉器選択手段12により選択される「開」状態にある開閉器数の n 個まで、1から順に n 回、上記STEP 602～611の処理が繰り返される。

[0086] なお、 $n \geq 2$ の場合のSTEP 604、605の処理においては、第1の実施形態と同様に、計算された電力潮流に基づいて「開」開閉器選択手段14により通過電流値が最小となる「閉」状態の開閉器が選択されることで「開」状態に変更し、潮流計算手段13が新たに作成されるメッシュ状システムの電力潮流を計算するといった処理が n 回繰り返される。

[0087] STEP 612において、開閉器数変更手段18が、「閉」開閉器選択手段12により選択される開閉器の数が予め設定された n 個に等しいと判定する場合には（STEP 612のYES）、損失最小化構成更新手段17により、現在の初期系統構成及び初期送電損失を最小送電損失系統構成及び最小送電損失として決定して、決定した最小送電損失系統構成及び最小送電損失を、表示手段4及びI/F手段5を通じて出力し（STEP 613）、処理を終了する。

[0088] [効果]

以上のような第2の実施形態によれば、一度に「開」状態から「閉」状態に変更する開閉器の数を1から順に増加させることができるので探索範囲が拡大する。その結果、計算時間が実質的に大きくなる問題に対して、変更すべき開閉器の数が少ない初期段階においては最小となる送電損失を高速に算出でき、変更すべき開閉器の数が増加した段階においては徐々に送電損失の最小化の程度を向上させることが可能となる。

[0089] なお、上記実施形態における開閉器数変更手段18は、「閉」開閉器選択手段12により選択される開閉器の数が予め設定された n 個に等しいかを判定し、この予め設定された n 個に満たない場合に開閉器数を増加させているが、本発明は、これに限定されるものではない。

[0090] 具体的には、本発明は、送電損失計算手段 11 により計算された系統構成の送電損失が、送電損失低減判定手段 15 により解候補の送電損失より低減していないと判定された場合、あるいは初期系統対比手段 16 により初期送電損失より低減していないと判定された場合に、この開閉器数変更手段 18 が、「閉」開閉器選択手段 12 により選択させる開閉数を 1 つずつ増加させる実施形態を包含する。すなわち、「閉」開閉器選択手段 12 により選択される所定個の開閉器数において、送電損失計算手段 11 により計算される送電損失が低減しなくなる場合には、当該「閉」開閉器選択手段 12 により選択される開閉器数を増加させることで、より小さい送電損失を探索することが可能となる。

[0091] [第 3 の実施形態]

[構成]

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置の構成について、図 7 を参照して以下に説明する。なお、図 7 は、送電損失の最小化を図るための第 3 の実施形態に係る最小送電損失系統構成の決定装置を示すブロック図である。ここで、図 7 において、図 1 と同じ構成には同じ符号を用い、説明は省略する。

[0092] 第 3 の実施形態では、第 1 の実施形態における図 1 の構成に加え、初期系統生成手段 19、初期系統選択手段 20、最小化構成選択手段 21 を備えている。

[0093] この初期系統生成手段 19 は、ある初期系統から、系統構成の異なる複数の初期系統構成を生成する手段である。また、初期系統選択手段 20 は、複数の初期系統からまだ選択されていない初期系統を選択する手段であり、最小化構成選択手段 21 は、初期系統構成毎に送電損失を最小化する解候補として得られたすべての系統構成の中から、送電損失が最小のものを選択する手段である。

[0094] [作用]

次に、図 7 の構成を有する最小送電損失系統構成の決定装置において、送

電損失が最小となる系統構成の決定手順を、図 8 のフローチャートを参照して以下に説明する。なお、図 8 は、第 3 の実施形態に係り、送電損失が最小となる系統構成の決定フローを示す図である。ここで、図 2 のフローチャートと同じ処理については説明を省略する。

- [0095] まず、STEP 801 では、第 1 の実施形態と同様に、データ読出手段 10 が、記憶手段 3 から配電系統の接続構成、当該系統に設けられた開閉器の開閉状態、及び負荷やインピーダンスに関するデータ等の系統情報データを読み出し、これ以降の処理において利用するデータを準備する。ここで、初期段階で使用する系統構成を初期系統構成とし、これを解候補とする。
- [0096] また、初期化処理として、送電損失計算手段 11 により、初期系統である解候補の送電損失が計算され、初期送電損失として記憶手段 3 に記憶される。この記憶手段 3 に記憶された初期送電系統とその初期送電損失は、現在の配電系統における系統構成として採用され、後述する系統構成の更新処理を行う上での基準となる。
- [0097] そして、STEP 802 では、読み出した初期系統に対して、初期系統生成手段 19 が複数の構成が異なる系統構成を作成し、送電損失計算手段 11 により当該系統構成毎に初期送電損失を算出する。なお、初期系統生成手段 19 により作成される複数の初期系統構成は、例えば、初期系統に対して、ランダムに選択した「開」状態の開閉器を閉じ、構成されたメッシュ状系統の中で、ランダムに選択した開閉器を開く、といった方法で作成される。
- [0098] STEP 803 では、初期系統選択手段 20 が、初期系統生成手段 19 により作成された複数の初期系統構成のうち、まだ選択されていない新たな系統構成を選択する。それ以降は、第 1 の実施形態における図 2 の STEP 202 ~ 211 の処理と同様の処理を実行することで、選択された初期系統構成に基づいて算出された最小送電損失及び最小送電損失系統構成を導き出すことができる (STEP 804 ~ 813)。
- [0099] STEP 814 では、初期系統選択手段 20 により、送電損失の最小化処理をまだ行っていない他の初期系統構成が存在するかが判定され、存在する

場合には（STEP 814のYES）、STEP 803に移行することで新たな初期系統構成が選択される。

[0100] 初期系統選択手段20により、他の初期系統構成が存在しないと判定された場合には（STEP 814のNO）、STEP 815において、最小化構成選択手段21が、初期系統構成毎に送電損失を最小化する解候補として得られたすべての系統構成の中から、送電損失が最小となる系統構成を選択し、選択した系統構成及びその送電損失を最小送電損失系統構成及び最小送電損失として決定して、表示手段4及びI/F手段5を通じて出力し、処理を終了する。

[0101] [効果]

以上のような本実施形態によれば、予め複数の初期系統構成を作成することができるので、各初期系統構成に対して最小となる送電損失を算出することが可能となり、送電損失の算出処理が局所解に陥ることを回避することができる。そのため、広範囲を探索の対象とすることができ、より送電損失の小さい系統構成を決定することが可能となる。

[0102] [他の実施形態]

なお、本発明は、この第3の実施形態に係る、系統構成の異なる複数の初期系統を生成する初期系統生成手段19と、複数の初期系統構成からまだ選択されていない初期系統構成を選択する初期系統選択手段20と、すべての初期系統構成に基づいて算出された送電損失が最小となる系統構成のうち送電損失が最小のものを選択する最小化構成選択手段21と、を第2の実施形態に対して適用した実施形態も包含する。

[0103] 具体的には、第2の実施形態において、STEP 601で、データ読出手段10が、記憶手段3から配電系統の構成、当該系統に設けられた開閉器の開閉状態、及び負荷やインピーダンスに関するデータ等の系統情報データを読み出し、初期化处理として、初期系統生成手段19が複数の構成が異なる系統構成を作成し、送電損失計算手段11により当該系統構成毎に初期送電損失を算出する。

[0104] そして、初期系統選択手段 20 が、初期系統生成手段 19 により作成された複数の初期系統構成のうち、まだ選択されていない新たな系統構成を選択し、当該初期系統構成に基づいて STEP 602～612 までの処理が実行される。STEP 612 において、開閉器数変更手段 18 が、「閉」開閉器選択手段 12 により選択される開閉器の数が予め設定された n（所定の閾値）に等しいと判定する場合には（STEP 612 の YES）、初期系統選択手段 20 により、送電損失の最小化処理を行っていない他の初期系統構成が存在するかが判定される。

[0105] 初期系統選択手段 20 により、送電損失の最小化処理を行っていない他の初期系統構成が存在すると判定された場合には、初期系統選択手段 20 が、初期系統生成手段 19 により作成された複数の初期系統構成のうち、選択されていない新たな系統構成を選択することで、STEP 602～612 までの処理が繰り返される。

[0106] 初期系統選択手段 20 により、他の初期系統構成が存在しないと判定された場合には、STEP 613 において、最小化構成選択手段 21 が、初期系統構成毎に送電損失を最小化する解候補として得られたすべての系統構成の中から、送電損失が最小となる系統構成を選択し、選択した系統構成及びその送電損失を最小送電損失系統構成及び最小送電損失として決定して、表示手段 4 及び I/F 手段 5 を通じて出力し、処理を終了する。

符号の説明

- [0107] 1…演算手段
2…入力手段
3…記憶手段
4…表示手段
5…I/F 手段
6…配電系統監視制御装置
7…配電系統
9a～9g…区間番号

- 1 0…データ読出手段
- 1 1…送電損失計算手段
- 1 2…「閉」開閉器選択手段
- 1 3…潮流計算手段
- 1 4…「開」開閉器選択手段
- 1 5…送電損失低減判定手段
- 1 6…初期系統対比手段
- 1 7…損失最小化構成更新手段
- 1 8…開閉器数変更手段
- 1 9…初期系統生成手段
- 2 0…初期系統選択手段
- 2 1…最小化構成選択手段
- 9 1～9 5…開閉器

請求の範囲

[請求項1]

開閉器の開閉状態が変更された系統構成のうち、送電損失が最小となる最小送電損失系統構成を決定する最小送電損失系統構成の決定装置であって、

前記系統構成内で1つのメッシュ状系統を作成するように、複数の開閉器から2個以上の開状態にある開閉器を閉状態にすべく選択する「閉」開閉器選択手段と、

前記「閉」開閉器選択手段により選択された開閉器数と同数の閉状態にある開閉器を、放射状の系統構成が得られるように、開状態にすべく選択する「開」開閉器選択手段と、

前記「閉」開閉器選択手段により選択された開状態にある開閉器を閉状態に変更し、かつ、前記「開」開閉器選択手段により選択された閉状態にある開閉器を開状態に変更した結果として得られる各系統構成の送電損失を計算する送電損失計算手段と、

前記送電損失計算手段により新たに計算された特定の系統構成の送電損失が、先に計算された別の系統構成の送電損失よりも低減しているかを判定する低減判定手段と、

前記低減判定手段により前記特定の系統構成の送電損失が低減していると判定された場合に、当該特定の系統構成を最小送電損失系統候補として更新する更新手段と、

最小送電損失系統候補から最小送電損失系統構成を決定する決定手段と、

を備え、

前記決定手段は、前記低減判定手段が、前記送電損失計算手段により計算された各系統構成の送電損失のいずれもが、最新の更新結果である前記最小送電損失系統候補の送電損失よりも低減していないと判定した場合に、当該最小送電損失系統候補を最小送電損失系統構成として決定することを特徴とする最小送電損失系統構成の決定装置。

- [請求項2] 前記「開」開閉器選択手段は、前記メッシュ状系統内の開閉器のうち、通過電流が最小の閉状態にある開閉器を逐次選択することを特徴とする請求項1に記載の最小送電損失系統構成の決定装置。
- [請求項3] 前記「開」開閉器選択手段は、系統の送電線の容量制約のもとで、通過電流が最小の閉状態にある開閉器を逐次選択することを特徴とする請求項2に記載の最小送電損失系統構成の決定装置。
- [請求項4] 前記「閉」開閉器選択手段により選択される開状態にある開閉器の選択個数を制限する制限手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の最小送電損失系統構成の決定装置。
- [請求項5] 開閉器の開閉状態が変更された系統構成のうち、送電損失が最小となる最小送電損失系統構成を決定する最小送電損失系統構成の決定装置であって、
前記系統構成内で1つのメッシュ状系統を作成するように、複数の開閉器から開状態にある開閉器を閉状態にすべく選択する「閉」開閉器選択手段と、
前記「閉」開閉器選択手段により選択される開閉器数を変更する開閉器数変更手段と、
前記「閉」開閉器選択手段により選択された開閉器数と同数の閉状態にある開閉器を、放射状の系統構成が得られるように、開状態にすべく選択する「開」開閉器選択手段と、
前記「閉」開閉器選択手段により選択された開状態にある開閉器を閉状態に変更し、かつ、前記「開」開閉器選択手段により選択された閉状態にある開閉器を開状態に変更した結果として得られる各系統構成の送電損失を計算する送電損失計算手段と、
前記送電損失計算手段により新たに計算された特定の系統構成の送電損失が、先に計算された別の系統構成の送電損失よりも低減しているかを判定する低減判定手段と、
前記低減判定手段により前記特定の系統構成の送電損失が低減して

いると判定された場合に、当該特定の系統構成を最小送電損失系統候補として更新する更新手段と、

最小送電損失系統候補から最小送電損失系統構成を決定する決定手段と、

を備え、

前記決定手段は、前記低減判定手段が、前記送電損失計算手段により計算された各系統構成の送電損失のいずれもが、最新の更新結果である前記最小送電損失系統候補の送電損失よりも低減していないと判定した場合に、当該最小送電損失系統候補を最小送電損失系統構成として決定することを特徴とする最小送電損失系統構成の決定装置。

[請求項6]

前記開閉器数変更手段は、前記低減判定手段により前記特定の系統構成の送電損失が先に計算された別の系統構成の送電損失よりも低減していないと判定された場合に、前記「閉」開閉器選択手段が選択する開閉器数を増加させることを特徴とする請求項5に記載の最小送電損失系統構成の決定装置。

[請求項7]

ランダムに開閉器の開閉状態を変更することにより複数の初期系統を生成する初期系統生成手段を備え、

前記「閉」開閉器選択手段は、前記初期系統生成手段により生成された各初期系統内で1つのメッシュ状系統を作成するように、開状態にある開閉器を選択することを特徴とする請求項1又は5に記載の最小送電損失系統構成の決定装置。

[請求項8]

開閉器の開閉状態が変更された系統構成のうち、送電損失が最小となる最小送電損失系統構成を決定する最小送電損失系統構成の決定方法であって、

前記系統構成内で1つのメッシュ状系統を作成するように、複数の開閉器から2個以上の開状態にある開閉器を閉状態にすべく選択する「閉」開閉器選択ステップと、

前記「閉」開閉器選択ステップにより選択された開閉器数と同数の

閉状態にある開閉器を、放射状の系統構成が得られるように、開状態にすべく選択する「開」開閉器選択ステップと、

前記「閉」開閉器選択ステップにより選択された開状態にある開閉器を閉状態に変更し、かつ、前記「開」開閉器選択ステップにより選択された閉状態にある開閉器を開状態に変更した結果として得られる各系統構成の送電損失を計算する送電損失計算ステップと、

前記送電損失計算ステップにより新たに計算された特定の系統構成の送電損失が、先に計算された別の系統構成の送電損失よりも低減しているかを判定する低減判定ステップと、

前記低減判定ステップにより前記特定の系統構成の送電損失が低減していると判定された場合に、当該特定の系統構成を最小送電損失系統候補として更新する更新ステップと、

最小送電損失系統候補から最小送電損失系統構成を決定する決定ステップと、

を含み、

前記決定ステップは、前記低減判定ステップで、前記送電損失計算ステップにより計算された各系統構成の送電損失のいずれもが、最新の更新結果である前記最小送電損失系統候補の送電損失よりも低減していないと判定した場合に、当該最小送電損失系統候補を最小送電損失系統構成として決定することを特徴とする最小送電損失系統構成の決定方法。

[請求項9] 前記「開」開閉器選択ステップは、前記メッシュ状系統内の開閉器のうち、通過電流が最小の閉状態にある開閉器を逐次選択することを特徴とする請求項8に記載の最小送電損失系統構成の決定方法。

[請求項10] 開閉器の開閉状態が変更された系統構成のうち、送電損失が最小となる最小送電損失系統構成を決定する最小送電損失系統構成の決定方法であって、

前記系統構成内で1つのメッシュ状系統を作成するように、複数の

開閉器から開状態にある開閉器を閉状態にすべく選択する「閉」開閉器選択ステップと、

前記「閉」開閉器選択ステップにより選択される開閉器数を変更する開閉器数変更ステップと、

前記「閉」開閉器選択ステップにより選択された開閉器数と同数の閉状態にある開閉器を、放射状の系統構成が得られるように、開状態にすべく選択する「開」開閉器選択ステップと、

前記「閉」開閉器選択ステップにより選択された開状態にある開閉器を閉状態に変更し、かつ、前記「開」開閉器選択ステップにより選択された閉状態にある開閉器を開状態に変更した結果として得られる各系統構成の送電損失を計算する送電損失計算ステップと、

前記送電損失計算ステップにより新たに計算された特定の系統構成の送電損失が、先に計算された別の系統構成の送電損失よりも低減しているかを判定する低減判定ステップと、

前記低減判定ステップにより前記特定の系統構成の送電損失が低減していると判定された場合に、当該特定の系統構成を最小送電損失系統候補として更新する更新ステップと、

最小送電損失系統候補から最小送電損失系統構成を決定する決定ステップと、

を含み、

前記決定ステップは、前記低減判定ステップで、前記送電損失計算ステップにより計算された各系統構成の送電損失のいずれもが、最新の更新結果である前記最小送電損失系統候補の送電損失よりも低減していないと判定した場合に、当該最小送電損失系統候補を最小送電損失系統構成として決定することを特徴とする最小送電損失系統構成の決定方法。

[請求項11]

前記開閉器数変更ステップは、前記低減判定ステップにより前記特定の系統構成の送電損失が先に計算された別の系統構成の送電損失よ

りも低減していないと判定された場合に、前記「閉」開閉器選択ステップで選択する開閉器数を増加させることを特徴とする請求項 10 に記載の最小送電損失系統構成の決定方法。

[請求項12] ランダムに開閉器の開閉状態を変更することにより複数の初期系統を生成する初期系統生成ステップを含み、

前記「閉」開閉器選択ステップは、前記初期系統生成ステップにより生成された各初期系統内で 1 つのメッシュ状系統を作成するように、開状態にある開閉器を選択することを特徴とする請求項 8 又は 10 に記載の最小送電損失系統構成の決定方法。

[請求項13] コンピュータに、開閉器の開閉状態が変更された系統構成のうち、送電損失が最小となる最小送電損失系統構成を決定させる最小送電損失系統構成の決定プログラムであって、

前記コンピュータに、

前記系統構成内で 1 つのメッシュ状系統を作成するように、複数の開閉器から 2 個以上の開状態にある開閉器を閉状態にすべく選択する「閉」開閉器選択処理と、

前記「閉」開閉器選択処理により選択された開閉器数と同数の閉状態にある開閉器を、放射状の系統構成が得られるように、開状態にすべく選択する「開」開閉器選択処理と、

前記「閉」開閉器選択処理により選択された開状態にある開閉器を閉状態に変更し、かつ、前記「開」開閉器選択処理により選択された閉状態にある開閉器を開状態に変更した結果として得られる各系統構成の送電損失を計算する送電損失計算処理と、

前記送電損失計算処理により新たに計算された特定の系統構成の送電損失が、先に計算された別の系統構成の送電損失よりも低減しているかを判定する低減判定処理と、

前記低減判定処理により前記特定の系統構成の送電損失が低減していると判定された場合に、当該特定の系統構成を最小送電損失系統候

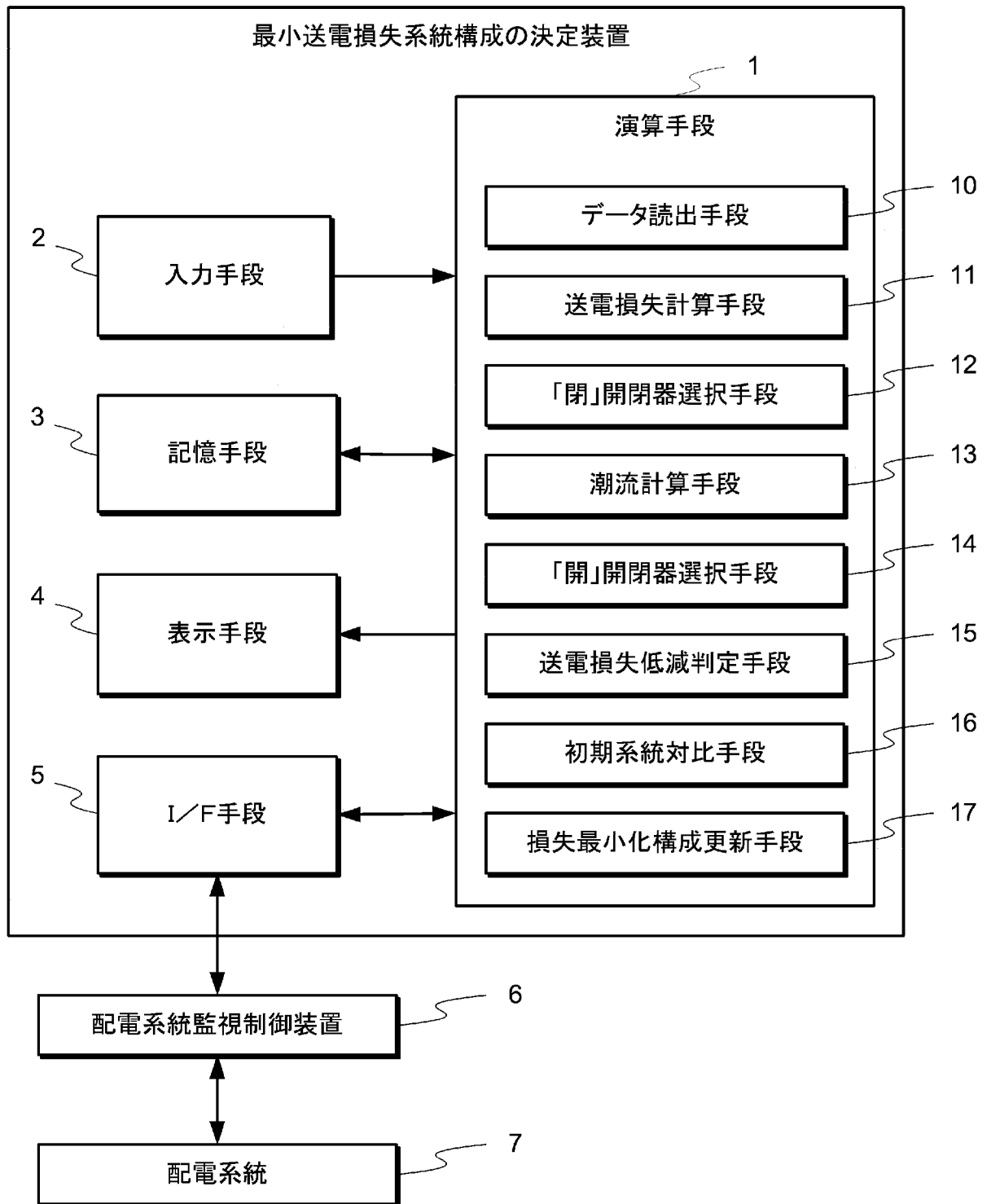
補として更新する更新処理と、

最小送電損失系統候補から最小送電損失系統構成を決定する決定処理と、

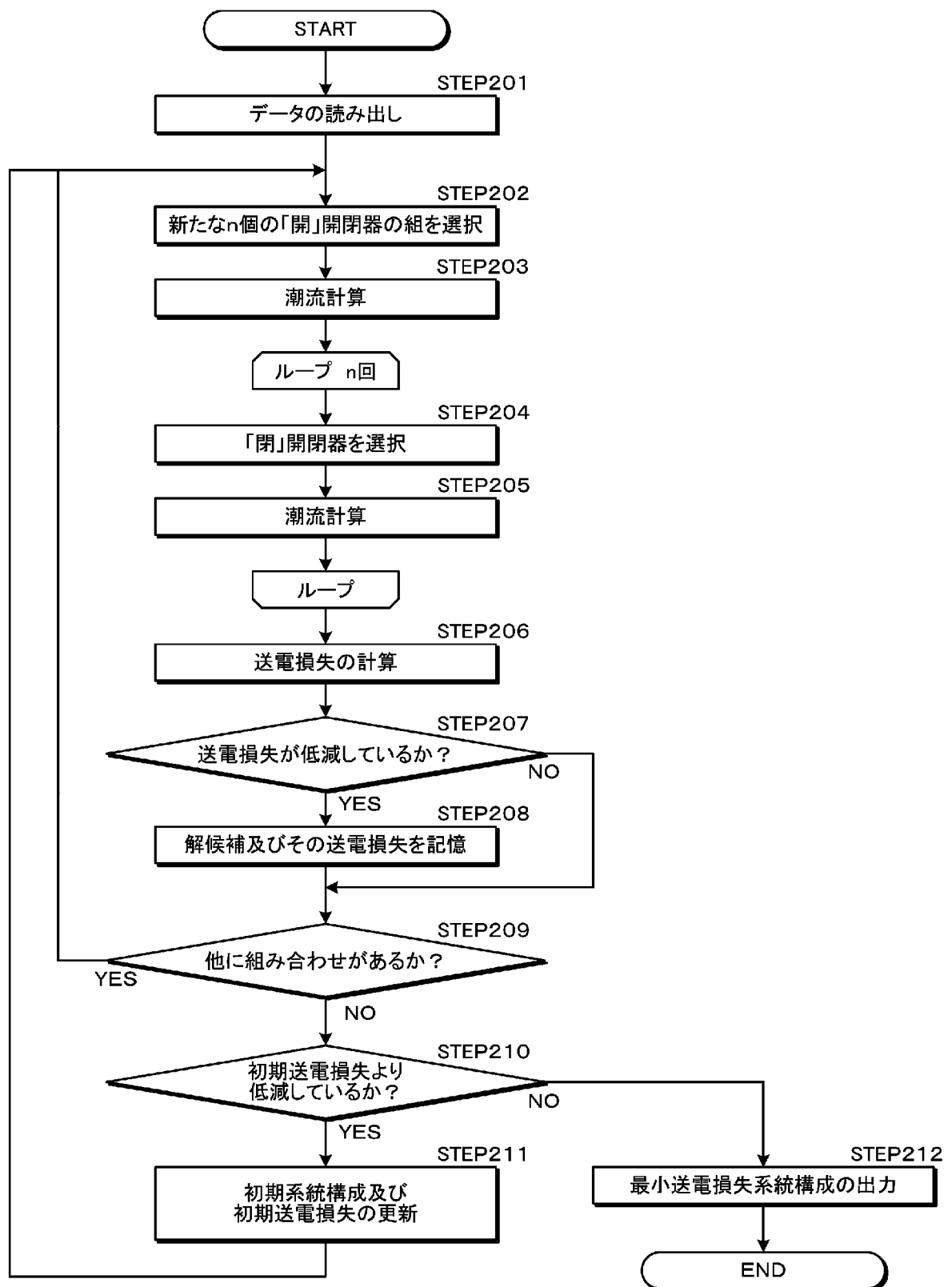
を実行させ、

前記決定処理は、前記低減判定処理で、前記送電損失計算処理により計算された各系統構成の送電損失のいずれもが、最新の更新結果である前記最小送電損失系統候補の送電損失よりも低減していないと判定した場合に、当該最小送電損失系統候補を最小送電損失系統構成として決定することを特徴とする最小送電損失系統構成の決定プログラム。

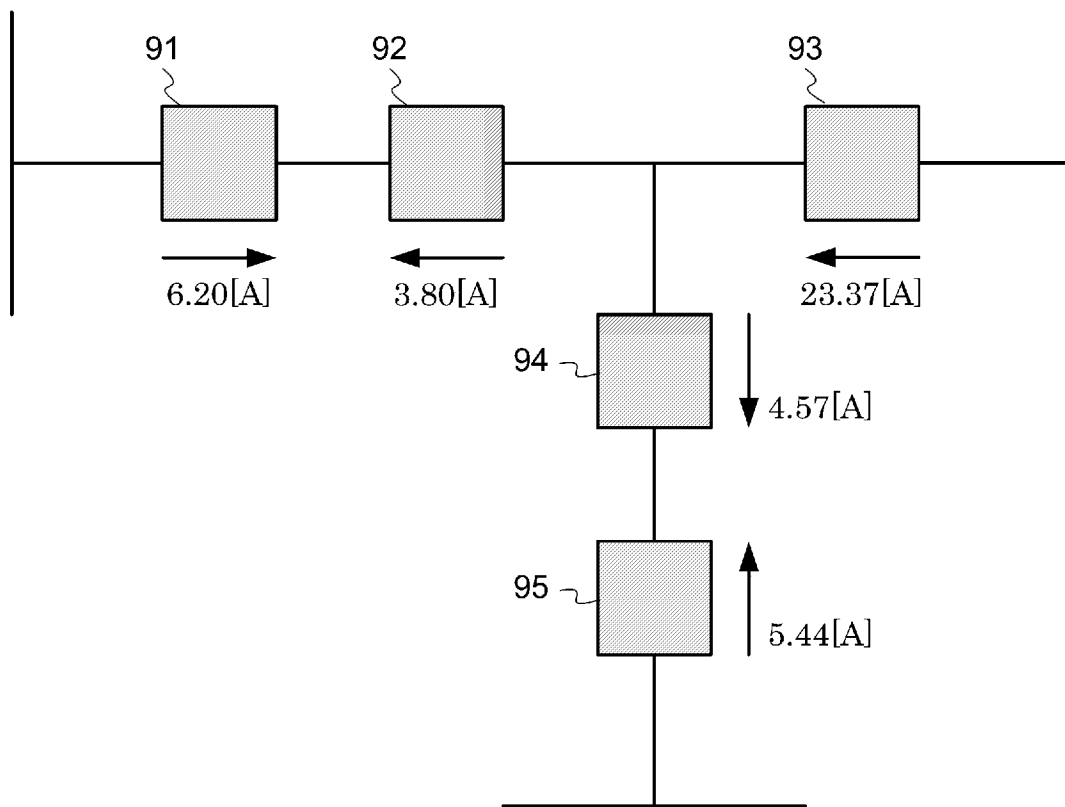
[図1]



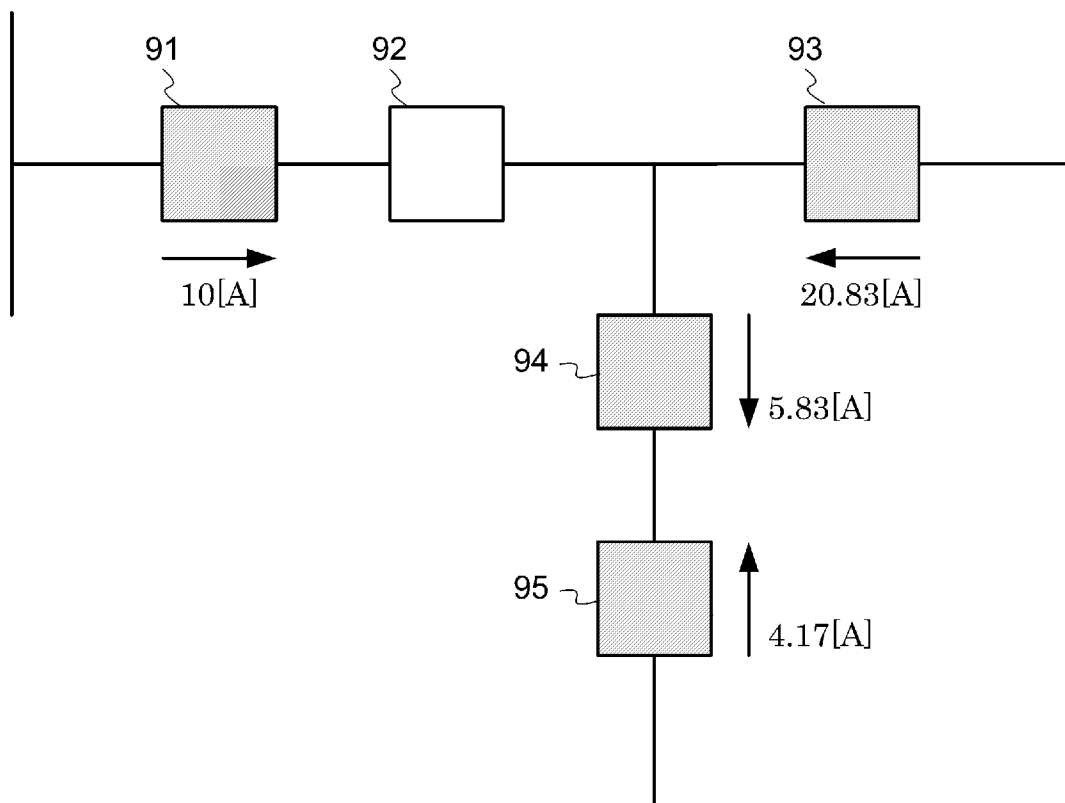
[図2]



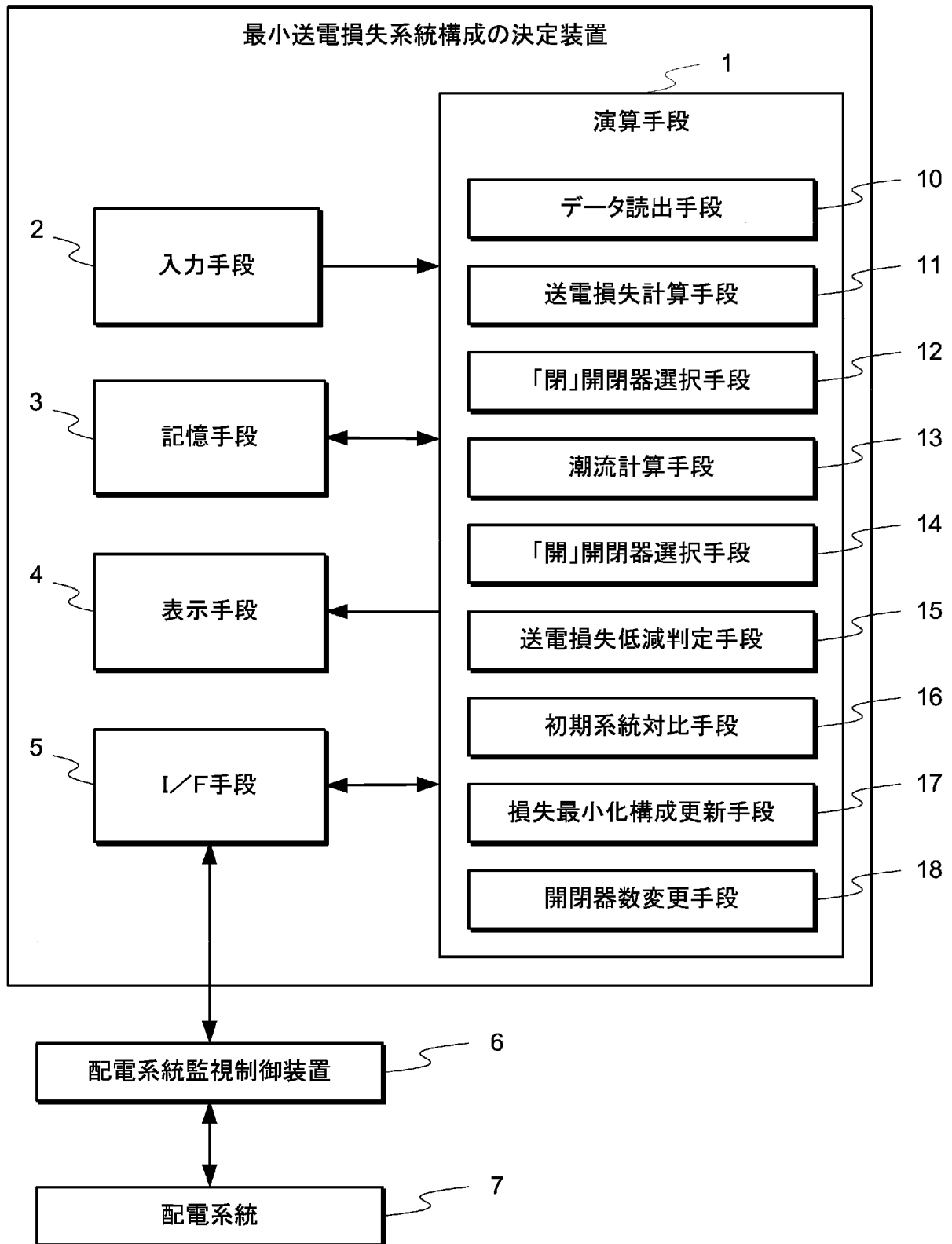
[図3]



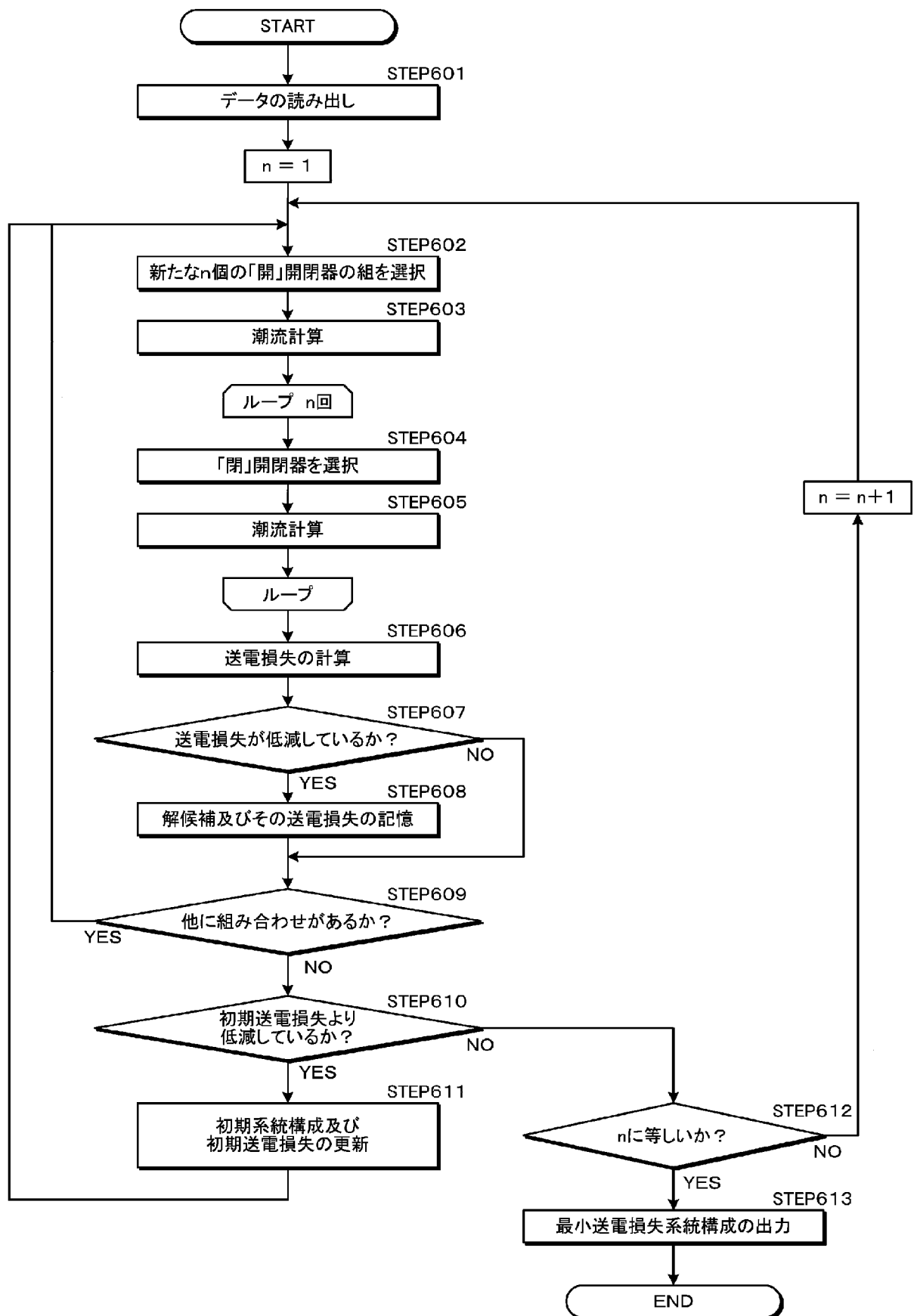
[図4]



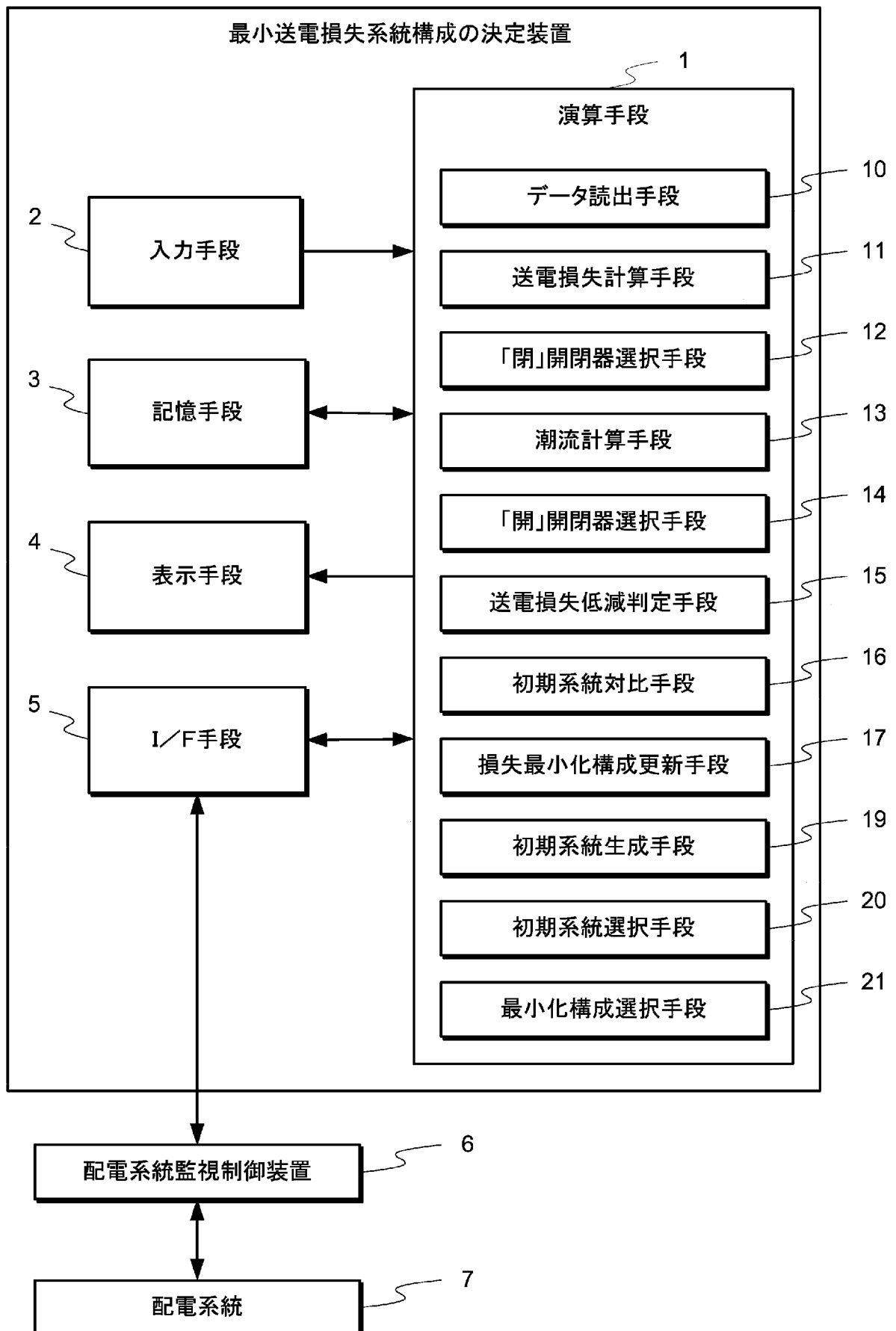
[図5]



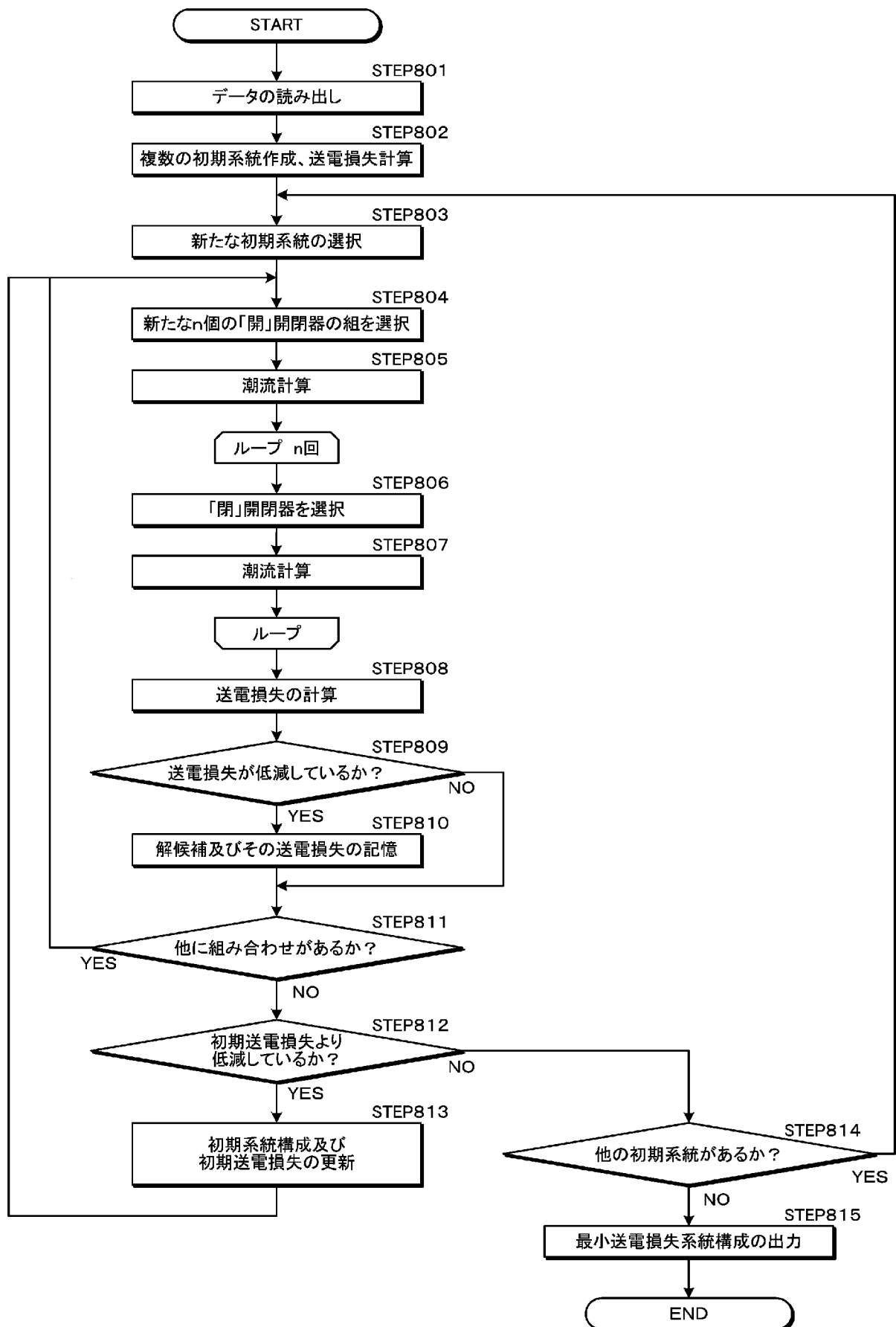
[図6]



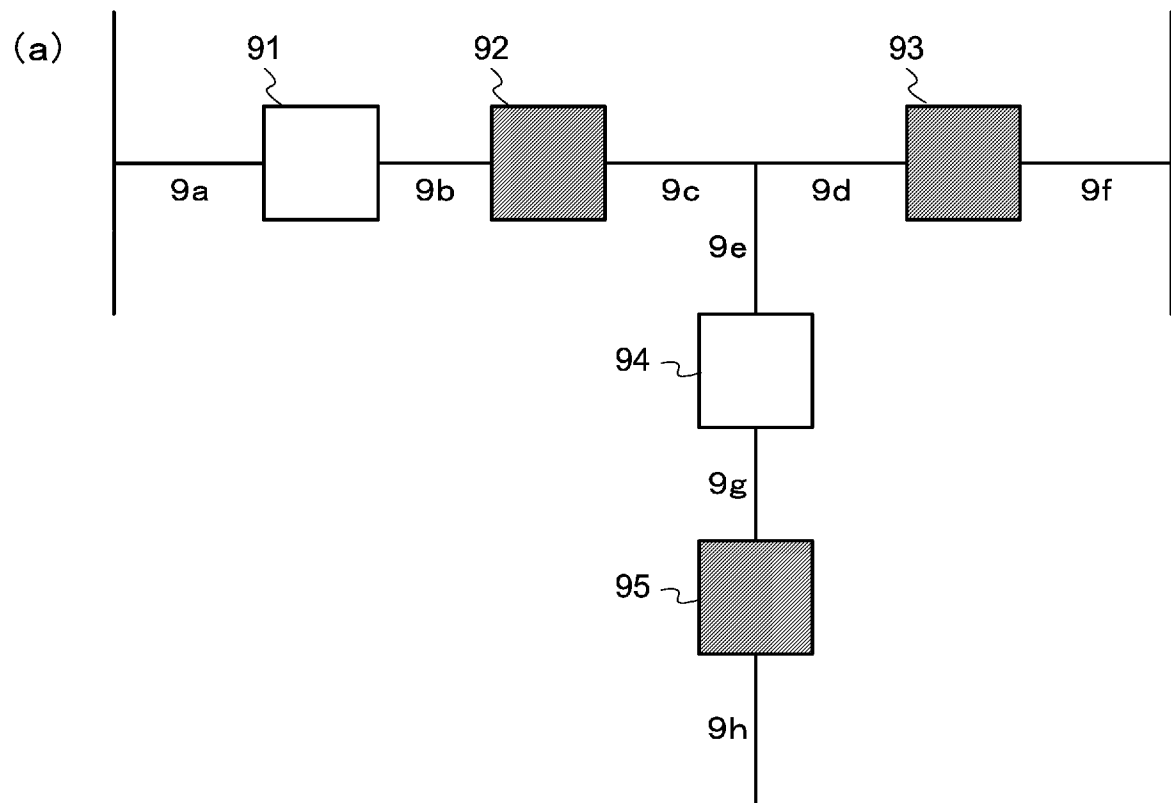
[図7]



[図8]



[図9]



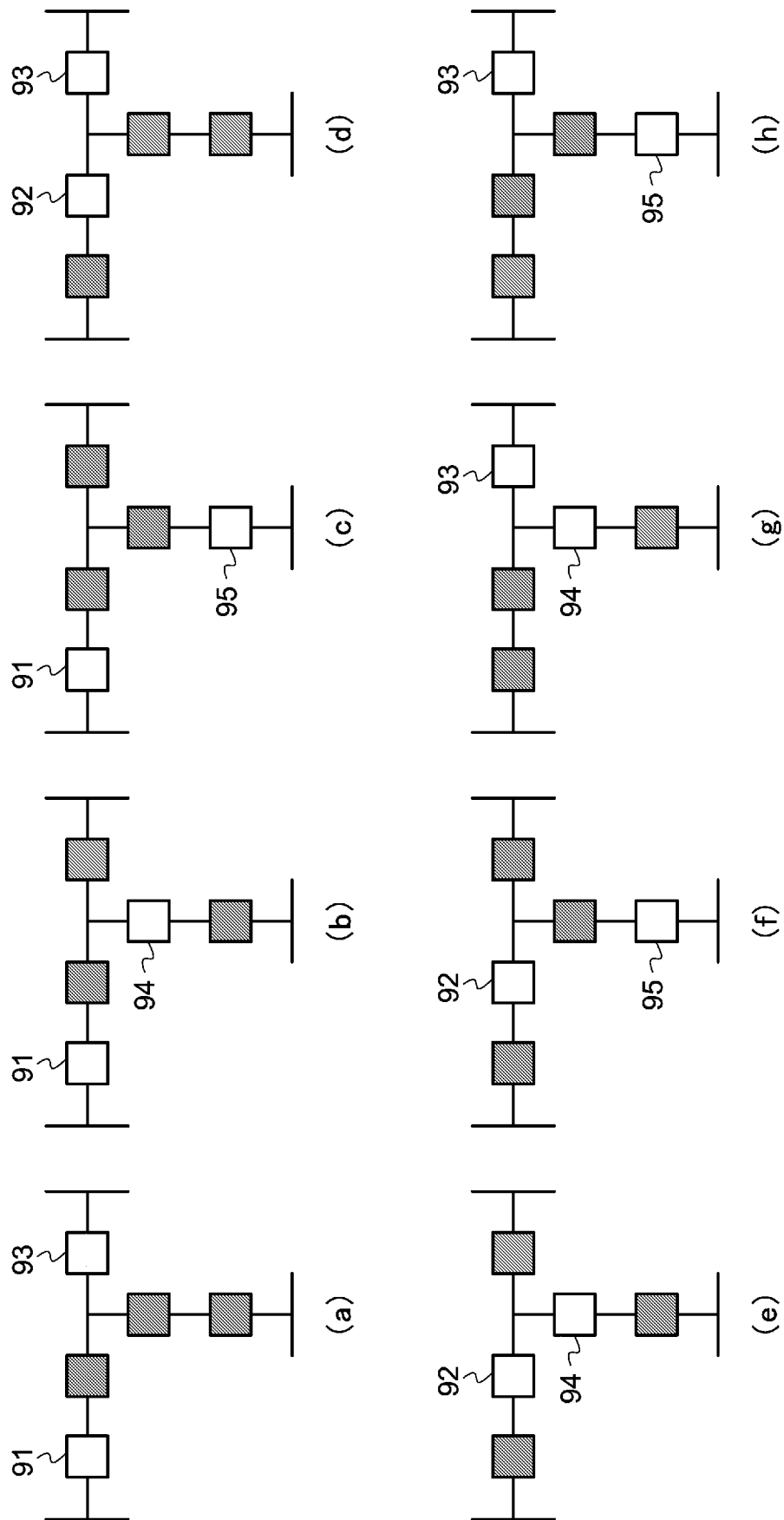
(b)

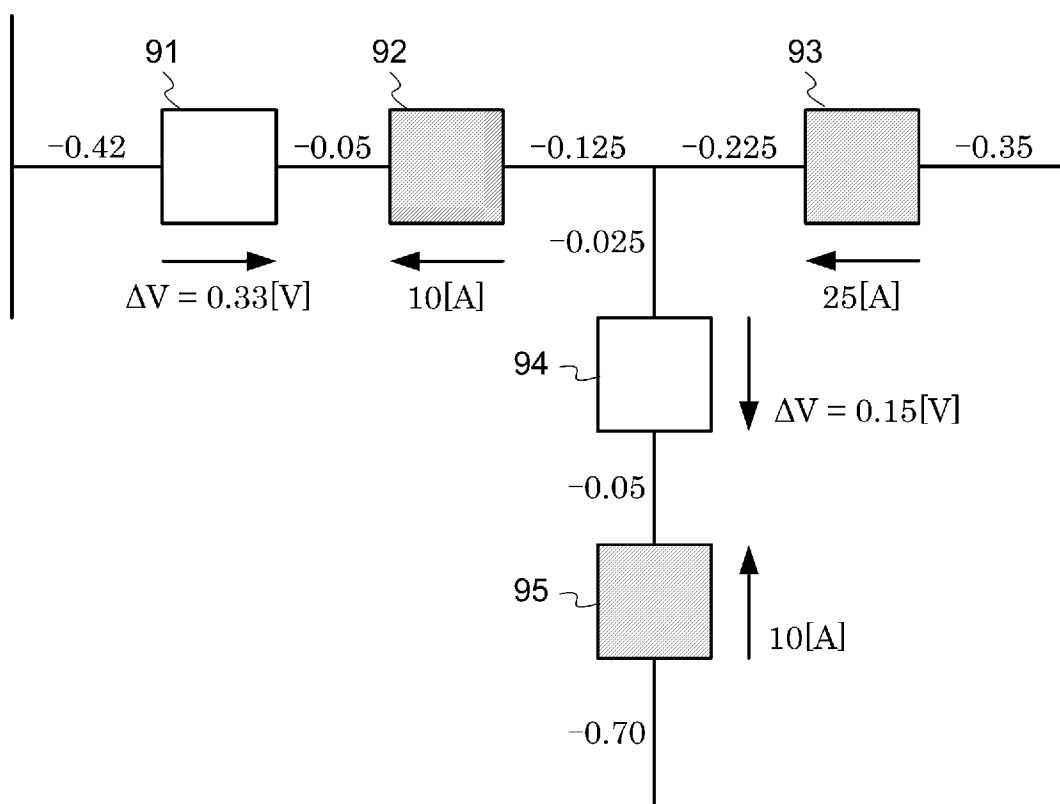
区間番号	負荷[A]	インピーダンス[Ω]
9a	30.0	0.028
9b	10.0	0.010
9c	5.0	0.010
9d	5.0	0.010
9e	5.0	0.010
9f	20.0	0.010
9g	10.0	0.010
9h	50.0	0.020

[図10]

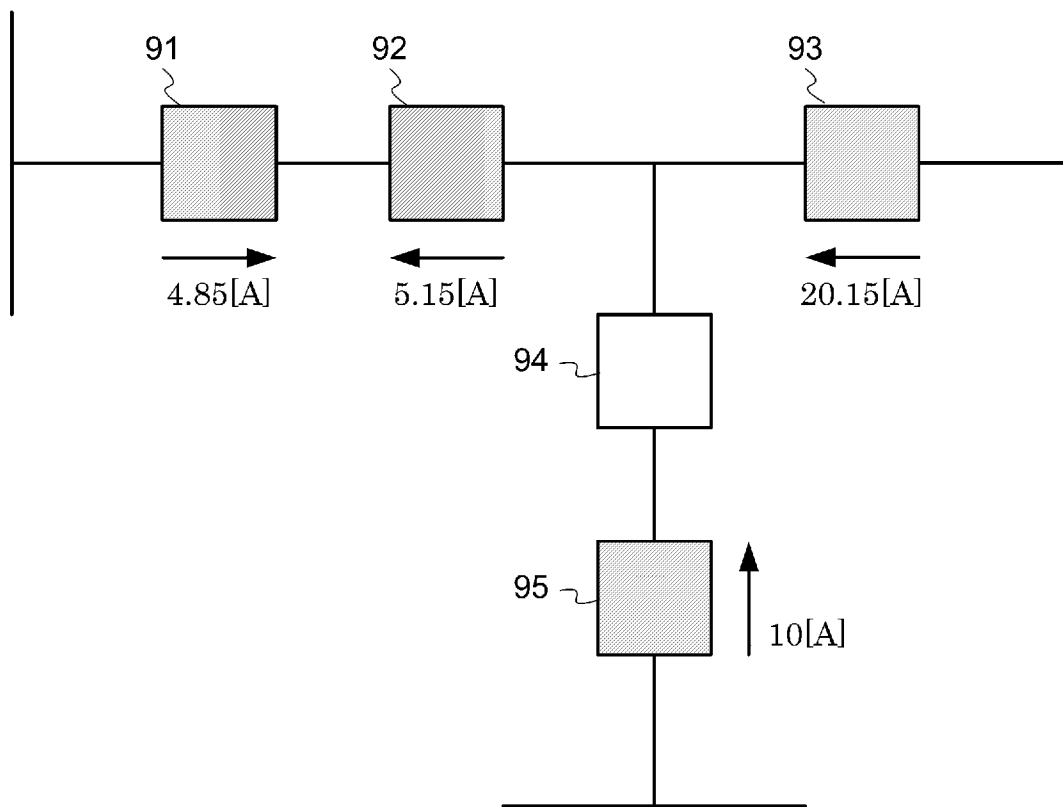
区間番号	入力電流[A]	負荷[A]	インピーダンス[Ω]	送電損失[W]
9a	30.0	30.0	0.028	8.40
9b	10.0	10.0	0.010	0.333
9c	15.0	5.0	0.010	1.583
9d	25.0	5.0	0.010	5.083
9e	5.0	5.0	0.010	0.083
9f	45.0	20.0	0.010	12.583
9g	10.0	10.0	0.010	30.333
9h	60.0	50.0	0.020	8.333
合計				57.067

[図11]

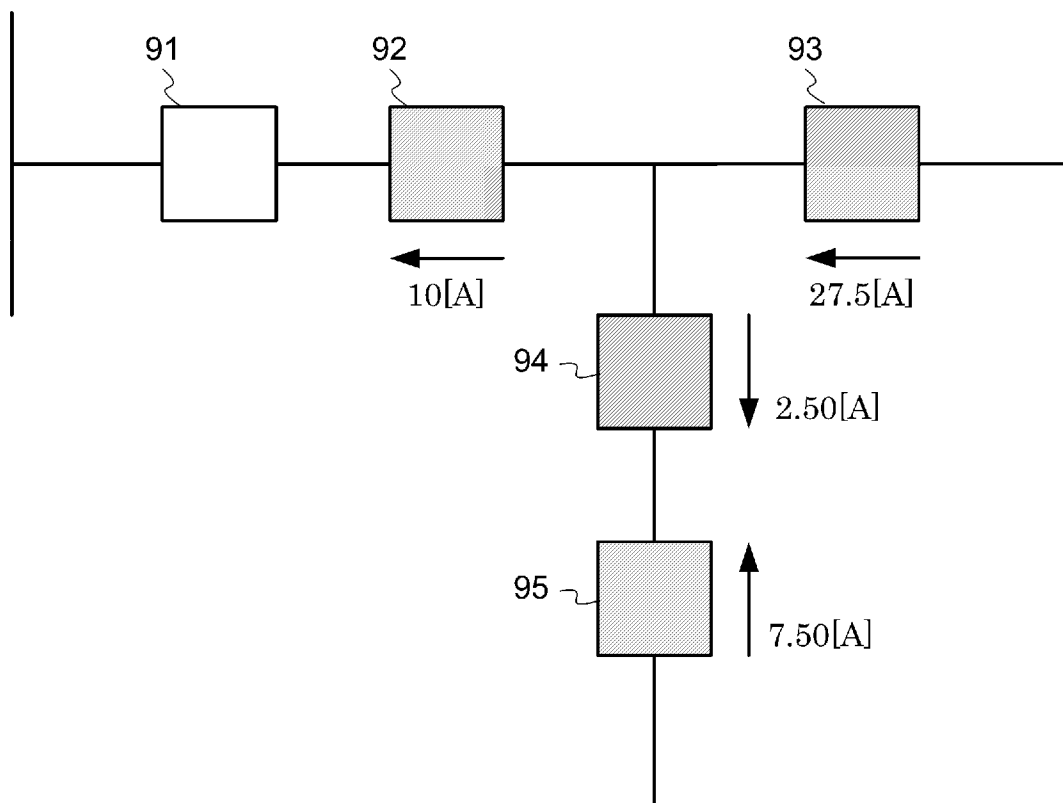




[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/002224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/00(2006.01) i, H02J3/04(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, H02J3/04

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.
Y	JP 4-210735 A (Toshiba Corp.), 31 July, 1992 (31.07.92), Column 4, line 18 to column 11, line 13; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-13
Y	JP 5-130736 A (Kyushu Electric Power Co., Ltd.), 25 May, 1993 (25.05.93), Par. No. [0010]; Figs. 5, 6 (Family: none)	1-13
Y	JP 5-344651 A (Toshiba Corp.), 24 December, 1993 (24.12.93), Par. No. [0013]; Figs. 3 to 5 (Family: none)	1-13

☒ 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
05 August, 2009 (05.08.09)

Date of mailing of the international search report
18 August, 2009 (18.08.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/002224

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 63-316637 A (The Tokyo Electric Power Co., Inc.), 23 December, 1988 (23.12.88), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 8-308110 A (Hitachi, Ltd.), 22 November, 1996 (22.11.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 10-56737 A (Toshiba Corp.), 24 February, 1998 (24.02.98), Full text; all drawings & CN 1173757 A	1-13

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, H02J3/04(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, H02J3/04

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
Y	JP 4-210735 A (株式会社東芝) 1992.07.31, 第4欄第18行-第11欄第13行, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 5-130736 A (九州電力株式会社) 1993.05.25, 【0010】【図5】【図6】 (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 5-344651 A (株式会社東芝) 1993.12.24, 【0013】【図3】-【図5】 (ファミリーなし)	1-13

☒ 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 5 . 0 8 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 8 . 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)

高野 誠治

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 8

5 T

3 5 6 7

C (続き) . 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 63-316637 A (東京電力株式会社) 1988. 12. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 8-308110 A (株式会社日立製作所) 1996. 11. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 10-56737 A (株式会社東芝) 1998. 02. 24, 全文, 全図 & CN 1173757 A	1-13