

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年9月15日(15.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/143689 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 3/12 (2006.01) **H02J 3/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056742
- (22) 国際出願日: 2016年3月4日(04.03.2016)
- (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 2015-044301 2015年3月6日(06.03.2015) 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];

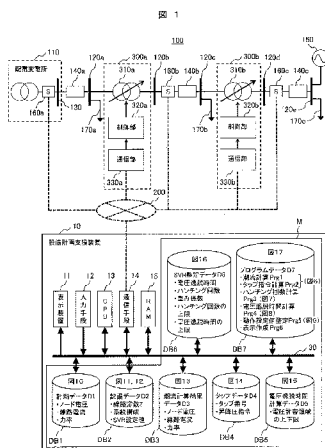
〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 Hiroshima (JP).

- (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). 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). 高橋 玲児(TAKAHASHI Reiji); 〒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番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 田部 守(TABE Mamoru); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 石川 文雄(ISHIKAWA

[続葉有]

(54) Title: EQUIPMENT PLANNING ASSISTANCE DEVICE AND EQUIPMENT PLANNING ASSISTANCE METHOD FOR POWER DISTRIBUTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 配電系統の設備計画支援装置および設備計画支援方法



(57) Abstract: Provided are an equipment planning assistance device and an equipment planning assistance method for a power distribution system, said device and method setting an operation setting value, which makes a hunting frequency less than or equal to a predetermined value, to a voltage adjustment device that adjusts a tap position when the time integral value of the voltage deviated from a predetermined secondary side voltage exceeds a predetermined value (operation setting value). The equipment planning assistance device is a device for assisting equipment planning of a power distribution system in which a plurality of voltage adjustment devices are disposed in series, said voltage adjustment devices adjusting the tap of a transformer with a tap when the integral value of the voltage deviated from the allowable range of the secondary side voltage of the transformer with a tap exceeds the operation setting value. The equipment planning assistance device is provided with: a setting database provided with a plurality of the combinations of the operation setting values of the respective voltage adjustment devices on the upstream and downstream sides and storing a hunting frequency representing a series of operations in which each step voltage regulator repeats a tap adjustment when having each of the combinations of the operation setting values; an operation setting-value setting processing unit for calculating a combination of the operation setting values on the basis of a combination of the operation setting values read from the setting database and the corresponding hunting frequency; and a display unit for displaying the operation setting values calculated by the operation setting-value setting processing unit and the hunting frequency.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/143689 A1



Fumio); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番3号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 八田浩一(HATTA Koichi); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番3号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 小山 功一(KOYAMA Koichi); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番3号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目13番11号 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), ユーロパ (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))

二次側電圧の所定電圧の逸脱電圧の時間積分値が所定値 (動作設定値) を超えるときにタップ位置を調整する電圧調整装置について、ハンチング回数を所定値以下にする動作設定値を整定する配電系統の設備計画支援装置および設備計画支援方法を提供する。タップ付変圧器の二次側電圧が許容領域から逸脱した電圧の積分値が動作設定値を超えたことをもってタップ付変圧器のタップを調整する電圧調整装置が複数直列配置されている配電系統の設備計画支援装置であって、設備計画支援装置は、上流側の電圧調整装置と下流側の電圧調整装置について、各電圧調整装置の動作設定値の組み合わせを複数備え、かつ各動作設定値の組み合わせのときに各電圧調整器が互いにタップの調整を繰り返す一連の動作を表すハンチングの回数を記憶している整定データベースと、整定データベースから読み出した動作設定値の組み合わせと、対応するハンチング回数に基づいて、動作設定値の組み合わせを算出する動作設定値整定処理部と、動作設定値整定処理部が算出した動作設定値およびハンチング回数を表示する表示部を備える。

明 細 書

発明の名称：

配電系統の設備計画支援装置および設備計画支援方法

技術分野

[0001] 本発明は、タップ付変圧器を備えた電圧調整装置が複数直列に配置された配電系統の設備計画支援装置および設備計画支援方法に係り、特に複数の電圧調整装置間におけるハンチング回数を減らし電圧逸脱時間を少なくすることができる最適な動作設定値を与えることができる配電系統の設備計画支援装置および設備計画支援方法に関する。

背景技術

[0002] 配電系統にはタップ付変圧器を備えた電圧調整装置が複数直列に配置されており、各電圧調整装置ではその検知する二次側電圧を許容領域内にすべくタップ付変圧器のタップ調整を行っている。このため、配電系統の複数個所で電圧調整装置が電圧逸脱を検知して、個々にタップ制御を開始しだすと、各電圧調整器が互いにタップの調整を繰り返す一連の動作を表すハンチングが発生し、かつ電圧逸脱時間が長くなることになる。

[0003] このため、ハンチングを減らし電圧逸脱時間を短くできる配電系統の運用手法が提案されており、例えば特許文献1では、配電系統に設置された電圧調整装置の整定に関して、電圧逸脱時間を低減するため、「系統の状態に応じて、電圧自動調整装置の動作時定数を動的に変更する」としている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-182897号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載の方法では、タップ付変圧器の二次側電圧が所定時間（動作時定数）を経過して所定電圧を超えるとときにタップ位置を調整する電圧

調整装置を対象とする。二次側電圧の所定電圧の逸脱電圧の時間積分値が所定値（動作設定値）を超えるとときにタップ位置を調整する電圧調整装置を想定していない。また、特許文献1に記載の方法では、配電系統に直列に設置された電圧調整装置のハンチングを防止する動作設定値の決め方が明記されていない。

[0006] そこで、本発明では、二次側電圧の所定電圧の逸脱電圧の時間積分値が所定値（動作設定値）を超えるとときにタップ位置を調整する電圧調整装置について、ハンチング回数を所定値以下にする動作設定値を整定する配電系統の設備計画支援装置および設備計画支援方法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

[0007] 上記課題を解決するために、本発明においてはタップ付変圧器の二次側電圧が許容領域から逸脱した電圧の積分値が動作設定値を超えたことをもってタップ付変圧器のタップを調整する電圧調整装置が複数直列配置されている配電系統の設備計画支援装置であって、設備計画支援装置は、上流側の電圧調整装置と下流側の電圧調整装置について、各電圧調整装置の動作整定値の組み合わせを複数備え、かつ各動作整定値の組み合わせのときに各電圧調整器が互いにタップの調整を繰り返す一連の動作を表すハンチングの回数を記憶している整定データベースと、整定データベースから読み出した動作整定値の組み合わせと、対応するハンチング回数に基づいて、動作設定値の組み合わせを算出する動作設定値整定処理部と、動作設定値整定処理部が算出した動作設定値およびハンチング回数を表示する表示部を備える。

発明の効果

[0008] 本発明で求めた動作設定値を用いることで、電圧調整器のハンチングを防止できる。上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]配電系統と設備計画支援装置の構成を示す図。

[図2]自動電圧調整器の具体的な構成例を示す図。

[図3]二次側電圧 V_L と基準電圧 V_S の時間推移の例を示した図。

[図4]電圧の時間変動の際に得られた差電圧 ΔV_m の時間推移の例を示した図。
。

[図5]自動電圧調整器 SVR の変圧器タップ制御を計算機によるデジタル処理にて実現するときの処理フローの一例を示す図。

[図6]潮流計算プログラム $Prg1$ とタップ指令計算プログラム $Prg2$ のフローチャート。

[図7]ハンチング回数計算プログラム $Prg3$ のフローチャート。

[図8]電圧逸脱時間計算プログラム $Prg4$ のフローチャート。

[図9]動作設定値整定プログラム $Prg5$ のフローチャート。

[図10]計測データ $D1$ のデータベース $DB1$ に格納されたセンサ毎の情報を示す図。

[図11]設備データ $D2$ のデータベース $DB2$ に格納されたブランチ毎の情報を示す図。

[図12]設備データ $D2$ のデータベース $DB2$ に格納された SVR 毎の情報を示す図。

[図13]潮流計算結果データ $D3$ のデータベース $DB3$ に格納されたノード毎の情報を示す図。

[図14]タップデータ $D4$ のデータベース $DB4$ に格納され SVR 毎の情報を示す図。

[図15]電圧逸脱時間計算データ $D5$ のデータベース $DB5$ に格納されたノード毎の情報を示す図。

[図16]整定データ $D6$ のデータベース $DB6$ に格納されたハンチング回数および電圧逸脱時間の情報を示す図。

[図17]整定データ $D6$ のデータベース $DB6$ に格納されたハンチング回数および電圧逸脱時間の重み係数および上限値情報を示す図。

[図18]目的関数値の表示画面の例を示す図。

[図19]電圧逸脱時間とハンチング回数の表示画面の例を示す図。

[図20(a)]図1に例示したものと同一配電系統の構成例を示した図。

[図20(b)]配電変電所から配電線末端にかけて電圧が低下していく場合を示した図。

[図20(c)]末端のSVR300bにより末端側の電圧を昇圧させた状態を示した図。

[図20(d)]上流のSVR300aにより末端側の電圧を昇圧させた状態を示した図。

[図20(e)]末端のSVR300bにより末端側の電圧を降圧した状態を示した図。

発明を実施するための形態

[0010] 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

[0011] 図1は、本発明に係る配電系統と設備計画支援装置の概略構成を示す図である。この構成によれば、配電変電所110に接続された配電系統100には電圧調整装置300が複数台直列に設置されている。また電圧調整装置300や配電系統各所のセンサ160は、通信ネットワーク200を介して設備計画支援装置10に接続されている。

[0012] このうち配電系統100は、配電変電所110とノード（母線）120およびそれらを接続する配電線路140、ノード120に接続される負荷170や発電機150、配電線路に設置されるセンサ160、電圧調整装置300などで構成されている。配電変電所110には配電変電所母線130や、センサ160を含んでいる。センサ160は、その設置個所における線路の電流、電流力率、ノード電圧Vを測定し、通信ネットワーク200を介して設備計画支援装置10に情報を送る。

[0013] ここで設備計画支援装置とは、配電系統100上に設置された電圧調整装置300などの設備の運用計画を支援する装置であり、さらに具体的には配電系統100上の複数の電圧調整装置300における頻繁なタップ制御とハンチングを阻止する計画として、各電圧調整装置300におけるタップ制御

の最適な設定値を提供するものである。この場合における支援の形態としては、求めた最適な設定値を直接各電圧調整装置 300 に与えて設定してもよく、また求めた最適な設定値を表示装置のディスプレイ画面などに表示して、実運用は運転員に委ねるといったことでもよい。

[0014] 電圧調整装置 300 について、図 1 では自動電圧調整器 SVR (SVR : Step Voltage Regulator) を採用した例を示しているが、これは負荷時タップ切換変圧器 LRT (LRT : Load Ratio Control Transformer) としてもよい。また、タップ切換分岐リアクトルやタップ切換並列コンデンサのように、リアクトルやコンデンサの接続数をタップ切換え器で調整する装置としてもよい。本発明では、これらを総称して電圧調整装置 300 としている。以下の説明では、電圧調整装置 300 が自動電圧調整器 SVR である場合について説明する。

[0015] 図 1 の自動電圧調整器 SVR (300) は、単巻変圧器とタップチェンジャで構成される変圧器 310 と、変圧器のタップを制御する制御部 320 と、設備計画支援装置 10 から通信ネットワーク 200 を介して制御部 320 の動作設定値を受信する通信部 330 で構成されている。本発明の実施例では、制御部 320 の動作設定値を設備計画支援装置 10 が決定する。

[0016] 図 2 には、自動電圧調整器 SVR (300) のさらに具体的な構成例を示している。自動電圧調整器 SVR の変圧器 310 は、図 2 に示すように、一次側配電線と二次側配電線との間にタップ切換器 302、単巻変圧器 301 を接続して構成されている。

[0017] また変圧器のタップを制御する制御部 320 におけるタップ操作のために二次側配電線の電圧、電流を検出している。変圧器二次側電圧について、二次側配電線に電圧検出用トランス PT を並列接続し、電圧検出用トランス PT の出力側配線を制御部 320 内の計測部 340 に接続して入力している。二次側電流について、二次側配電線に対する電流検出用トランス CT の二次側配線を制御部 320 内の計測部 340 に接続して入力している。

[0018] 制御部 320 は、計測部 340、線路電圧降下補償回路 (LDC : Lin

e Drop Compensator) 350、自動電圧調整部360を備えている。計測部340に得られた配電線二次側の電流、電圧は、線路電圧降下補償回路(LDC)350において配電系統仮想点における電圧(以下単に二次側電圧 V_L という)を生成する。制御部320内の自動電圧調整部360では、線路電圧降下補償回路(LDC)350で求めた二次側電圧 V_L と、通信ネットワーク200を介して得た制御部320の動作設定値(基準電圧 V_S など)を用いて、昇圧・降圧指令等からなる制御指令信号をタップ切換え器302に与えてタップ切換器302による単巻変圧器301のタップ制御を実行する。

[0019] 自動電圧調整部360は、一次側配電線から二次側配電線に電力が送られている場合に、現在の二次側電圧 V_L が基準電圧 V_S に対して一定条件を満たしたときにタップの切り換え指令をタップ切換え器302に出力することで電圧制御を行う電圧制御機能を備えている。ここでの電圧制御機能に必要な各種の設定(動作設定値、不感帯、基準電圧など)は、設備計画支援装置10から通信ネットワーク200を介して通信装置330で受信し、自動電圧調整部360に送られる。

[0020] 自動電圧調整部360における処理は、電圧偏差の積分値制御によるタップ操作判断であり、この積分値制御は例えば以下の考え方により実行される。図3は、二次側電圧 V_L と基準電圧 V_S の時間推移の例を示した図であり、横軸に時間、縦軸に電圧(二次側電圧 V_L と基準電圧 V_S)を示している。この例では、一般には一定値の基準電圧 V_S に対して、変動する二次側電圧 V_L が増加していった例を示す。この結果、両者の差電圧が当初の負電圧から正電圧に変化したものとする。なお図3において二次側電圧 V_L に付した記号 m は、デジタル処理を行う場合におけるサンプリングした二次側電圧の順番を意味する。

[0021] 図4は、図3に示した電圧 V_L の時間変動の際に得られた差電圧の時間推移の例を示した図であり、横軸に時間、縦軸に電圧偏差(二次側電圧 V_L と基準電圧 V_S の差)を示している。この例では基準電圧 V_S に対する差電圧の比率

、即ち電圧偏差 V_{Hm} が不感帯 K を超えているときには、その超過した差分 ΔV_m を時間積分し、その積分値が動作設定値を超えたときに制御指令を出力する。つまり、電圧偏差 V_{Hm} が不感帯を超えているか否かの評価対象となる。この例では、現在の二次側電圧 V_L が基準電圧 V_s よりも上昇しているので、二次側電圧 V_L が上記条件を満たしたときに1タップ分降圧する指令を出力し、タップ切換器302はその指令に基づいてタップを切り換える。不感帯は、降圧側(+)と昇圧側(-)に $K\%$ という具合に設定する。

[0022] 上記した自動電圧調整器SVRの変圧器タップ制御を計算機によるデジタル処理にて実現するときの処理フローの一例を図5に示す。最初の処理ステップS401では、自動電圧調整部360に二次側電圧 V_{Lm} を読み込む。ここで二次側電圧 V_{Lm} とは、二次側電圧を所定周期でサンプリング入力した所定時刻の値を意味している。

[0023] 処理ステップS402において自動電圧調整部360は、電圧偏差の差分 ΔV_m を求める。 ΔV_m を求める要素となる電圧偏差 V_{Hm} の求め方は、以下の(1)式による。なお V_s は、図3に示す基準電圧である。

[数1]

$$V_{Hm} = (V_{Lm} - V_s) / V_s * 100 \quad (1)$$

そして、 ΔV_m は電圧偏差から不感帯用設定値 K をひく、以下の(2)式によって求められる。

[数2]

$$\Delta V_m = V_{Hm} - K \quad (2)$$

但し計算上、 K に代入する数値は、 V_{Hm} が正か負かを判定し、正の場合は K に正の値を、負の場合には K に負の値を設定値として代入するものとする。

[0024] 処理ステップS403において自動電圧調整部360は、昇圧側の積分を行う。前回までの ΔV_m の積分値である S_{Rm-1} に今回の差分 ΔV_m を加算し、現時点での積分値 S_R を求める。なお、昇圧する場合は、二次側電圧が基準電圧より低いので、 V_{Hm} は負となるので、マイナスを掛けることにより、加算処理される。

- [0025] 処理ステップS404、S405において自動電圧調整部360は、積分値 S_R が負になったときは、積分値 S_R に0を代入する。処理ステップS406において自動電圧調整部360は、 S_R をm回目の積分値 S_{Rm} に書き換える。処理ステップS407、S408において自動電圧調整部360は、積分値 S_{Rm} が動作設定値 τ を超えているか否かを判定する。超えている場合は、タップ切換器302にタップ分昇圧側に切り換える指令を出力し、降圧側の積分に移る。また、積分値が動作設定値 τ を超えていない場合も、そのまま降圧側の積分に移る。
- [0026] 以上の処理ステップS403からS408に至る一連の処理は、要するにタップ切り替えにより昇圧制御を図る場合の処理を示している。以降の処理ステップS409からS413に至る一連の処理は、同様にタップ切り替えにより降圧制御を図る場合の処理を示している。
- [0027] 処理ステップS409において自動電圧調整部360は、降圧側の積分として、前回までの差分 ΔV_m の積分値である S_{Lm-1} に今回の差分 ΔV_m を加算し、現時点での積分値 S_L を求める。処理ステップS410からS414では、昇圧側の積分と同様の手順で行い、積分値 S_{Lm} が動作設定値 τ を超えているか否かを判定し、超えている場合は、タップ切換器302に1タップ分降圧側に切り換える指令を出力する。
- [0028] 図1に戻り、次に設備計画支援装置10の具体構成について説明する。設備計画支援装置10は、表示装置11、キーボードやマウス等の入力手段12、コンピュータ(CPU)13、通信手段14、RAM15、メモリMがバス線30に接続されている。なおメモリM内には7つのデータベースDBが形成されており、この場合のデータベースDBとしては、計測データD1のデータベースDB1、設備データD2のデータベースDB2、潮流計算結果データD3のデータベースDB3、タップデータD4のデータベースDB4、電圧逸脱時間計算データD5のデータベースDB5、整定データD6のデータベースDB6、プログラムデータD7のデータベースDB7が準備されている。

[0029] かかる構成において、コンピュータ（CPU）13は、計算プログラムを実行して表示装置11に表示すべき画像データの指示、各種データベースDB内のデータの検索等を行う。RAM15は表示用の画像データ、潮流計算結果データD3、タップデータD4、電圧逸脱時間計算データD5、整定データD6等の計算結果データを一旦格納するメモリであり、CPU13によって必要な画像データを生成して表示装置11（例えば表示ディスプレイ画面）に表示する。

[0030] 設備計画支援装置10内のメモリ内に形成された7つのデータベースDBの記憶内容は、それぞれ以下のものである。計測データD1のデータベースDB1には、配電系統100内のセンサ160で計測された線路の電流、力率、ノード電圧Vなどの情報と計測時刻（時間断面）を対応づけたテーブルが格納される。その一例を図10に示す。

[0031] 図10の例では、配電系統各所に設置されたセンサ160a、160b、160cについて、センサごとに時刻単位での電圧、電流、力率が記録されている。これらのデータD1は、通信ネットワーク200や設備計画支援装置10の通信手段14を介して伝送される。図10の記録事例によれば、配電変電所110内に設置されたセンサ160aが計測したデータは、時刻00:00:00において電圧6800（V）、電流100（A）、力率98（%）、時刻00:00:01において電圧6750（V）、電流150（A）、力率97（%）、時刻00:00:02において電圧6550（V）、電流70（A）、力率98（%）のように時系列変化する内容であった。同様のセンサ情報は、自動電圧調整器300aの下流に設置されたセンサ160b、自動電圧調整器300bの下流に設置されたセンサ160cについてもセンサ160aと同様に準備されている。

[0032] 設備データD2のデータベースDB2には、線路（ブランチ）140のインピーダンスを示す線路定数 $Z (= R + jX)$ と線路140を対応づけたテーブルが格納される。そのテーブルの一例を図11に示す。負荷・発電量、系統の線路やノードの接続状況を表す系統構成データが記憶されている。図

11の例では、ブランチ140a、140bごとに、その線路定数としての抵抗とリアクタンスの値を記憶している。

[0033] 図11の記録事例では、配電変電所11と自動電圧調整器300aの間の線路（ブランチ）140aのインピーダンスは、抵抗Rが0.05（Ω）、リアクタンスXが0.10（Ω）と設定され、自動電圧調整器300aと自動電圧調整器300bの間の線路（ブランチ）140bのインピーダンスは、抵抗Rが0.06（Ω）、リアクタンスXが0.120（Ω）と設定されている。

[0034] また設備データD2のデータベースDB2には、自動電圧調整器SVRについての各種の設定値（動作設定値、不感帯、基準電圧）の整定値、整定範囲、整定刻みとSVRIDを対応づけたテーブルが格納されている。そのテーブルの一例を図12に示す。図12の例では、自動電圧調整器SVR（300a、300b）ごとに、動作設定値（%sec）、不感帯、基準電圧を記憶している。動作設定値（%sec）としては、制定範囲と刻みの情報を含んでいる。

[0035] 図12の記録事例では、自動電圧調整器SVR300aについて、制定範囲が30～90、刻みが30、不感帯が1.0（%）、基準電圧が6700（V）とされ、同様に自動電圧調整器SVR300bについて、制定範囲と刻みは同じ数値であり、不感帯が1.0（%）、基準電圧が6600（V）とされている。

[0036] 潮流計算結果データD3のデータベースDB3には、プログラムデータD7による潮流計算の結果である線路の電流、力率、ノード電圧などの計算結果の情報について、計算時刻（時間断面）、ノード番号を対応づけたテーブルを格納する。そのテーブルの一例を図13に示す。図13の例では、ノード120a、120b、120c、120d、120eについて、ノードごとに時刻単位での電圧、電流、力率の推定値が記録されている。

[0037] 図12の記録事例ではノード120bについての時刻単位での電圧、電流、力率の推定値が記載されている。この例ではノード120bの位置にセン

サ 1 6 0 b が設置され図 1 0 の情報が得られているので、センサ 1 6 0 b の検出情報をそのままノード 1 2 0 b の情報としている。これに対し例えばノード 1 2 0 c にはセンサが設置されていないので、センサ 1 6 0 b の検出情報と、他のセンサ（例えば 1 6 0 c）での計測情報とからノード 1 2 0 c の値を、プログラムデータ D 7 による潮流計算の結果として求めた推定値として保存している。

[0038] タップデータ D 4 のデータベース D B 4 には、プログラムデータ D 7 によるタップ指令値計算の結果として、自動電圧調整器 S V R（3 0 0 a、3 0 0 b）ごとにタップ番号、昇圧・降圧指令値、指令時刻を対応づけたテーブルを格納する。そのテーブルの一例を図 1 4 に示す。図 1 4 では、自動電圧調整器 S V R（3 0 0 a、3 0 0 b）ごとに指令時刻、昇圧・降圧指令値、タップ番号が記録されている。

[0039] 図 1 4 の記録事例では、自動電圧調整器 S V R 3 0 0 a のテーブルには、時刻 0 9 : 5 0 : 0 0 における昇圧・降圧指令値として昇圧、タップ番号 6 が、時刻 1 2 : 0 0 : 3 0 における昇圧・降圧指令値として降圧、タップ番号 5 が記録されており、同様に自動電圧調整器 S V R 3 0 0 b のテーブルには、時刻 1 1 : 3 0 : 0 0 における昇圧・降圧指令値として昇圧、タップ番号 7 が記録されている。これらの一連のタップ操作処理によれば、まず自動電圧調整器 S V R 3 0 0 b がタップ番号 6 に昇圧し、次に S V R 3 0 0 a がタップ番号 7 に昇圧し、その後 S V R 3 0 0 b がタップ番号 5 に降圧した履歴が残っている。

[0040] 電圧逸脱時間計算データ D 5 のデータベース D B 5 には、各ノード 1 3 0 における電圧の許容領域の上下限值とノード番号を対応づけたテーブルを格納する。そのテーブルの一例を図 1 5 に示す。図 1 5 では、各ノード 1 3 0（1 3 0 a、1 3 0 b、1 3 0 c、1 3 0 d、1 3 0 e）における電圧許容領域（上限電圧、下限電圧）が記憶されている。

[0041] 因みに図 1 5 の記録事例によれば、ノード 1 3 0 a と 1 3 0 b の上限電圧、下限電圧は 6 9 0 0（V）、6 6 0 0（V）、ノード 1 3 0 c の上限電圧

、下限電圧は6800（V）、6500（V）、ノード130dと130eの上限電圧、下限電圧は6700（V）、6400（V）である。このように、変電所から遠いほどノード130の上限電圧、下限電圧は低い値に設定されている。

[0042] 整定データD6のデータベースDB6には、プログラムデータD7によるハンチング回数計算および電圧逸脱時間計算の結果である、ハンチング回数、電圧逸脱時間、および送出側（第1）SVR300aと末端側（第2）SVR300bの各々の動作設定値を対応づけたテーブルを格納する。そのテーブルの一例を図16に示す。図16において、ケース1、2、3は送出側SVRの動作設定値を30（%sec）に固定して末端側SVRの動作設定値を30、60、90（%sec）に可変設定した時のハンチング回数、電圧逸脱時間を記憶している。同様にケース4、5、6では送出側SVRの動作設定値を60（%sec）に固定し、ケース7、8、9では送出側SVRの動作設定値を90（%sec）に固定したときに、末端側SVRの動作設定値を30、60、90（%sec）に可変設定した時のハンチング回数、電圧逸脱時間を記憶している。

[0043] 図16の記録事例では、ケース1、2、3において末端側SVRの動作設定値が30、60、90（%sec）の時のハンチング回数と電圧逸脱時間は、それぞれ10000と100、1000と200、100と300である。またケース4、5、6において末端側SVRの動作設定値が30、60、90（%sec）の時のハンチング回数と電圧逸脱時間は、それぞれ5000と500、500と1000、50と1500である。またケース7、8、9において末端側SVRの動作設定値が30、60、90（%sec）の時のハンチング回数と電圧逸脱時間は、それぞれ2500と1000、250と2000、25と3000である。

[0044] このケース分析によれば、末端側SVRの動作設定値が大きくなるとハンチング回数は減少するが、電圧逸脱時間は長くなっている。また送出側SVRの動作設定値が大きいほどハンチング回数は減少し、電圧逸脱時間は長く

なる傾向がある。

[0045] また整定データD6のデータベースDB6には、プログラムデータD7の動作設定値整定で使用するハンチング回数、電圧逸脱時間の各々の重み係数および上限値を記載したテーブルを格納する。そのテーブルの一例を図17に示す。図17によれば、ハンチング回数と電圧逸脱時間についてそれぞれ重み係数および上限値が記憶されている。図17の記録事例では、ハンチング回数について重み係数が0.3、上限値が3000に設定され、電圧逸脱時間について重み係数が0.7、上限値が1000に設定されている。

[0046] プログラムデータD7のデータベースDB7には、計算プログラムである潮流計算プログラムPrg1、タップ指令値計算プログラムPrg2、ハンチング回数計算プログラムPrg3、電圧逸脱時間計算プログラムPrg4、動作設定値整定プログラムPrg5、表示作成プログラムPrg6を格納する。これらのプログラムは必要に応じてCPU13に読み出され、計算実行される。

[0047] 次に、上記データベースDBのデータD及びプログラムPrgを用いる設備計画支援装置10の計算処理内容について説明する。設備計画支援装置では、直列設置した送出側（第1）SVR300aと末端側（第2）SVR300bの動作設定値の各組合せについて、ハンチング回数と電圧逸脱時間を推定し、それらを用いて動作設定値整定プログラムPrg5を実行し、各々の重み係数を乗じた値の和が最小になる動作設定値を決定する。

[0048] この場合に、ハンチング回数と電圧逸脱時間は以下のように求める。最初に、複数時間断面の計測データD1を用いて潮流計算プログラムPrg1およびタップ指令値計算プログラムPrg2を実行して、ノード電圧および自動電圧調整器SVRのタップ番号と昇降圧指令を算出する。ここで得られた複数時間断面のノード電圧は、潮流計算結果データD3のデータベースDB3(図13)に格納する。複数時間断面の自動電圧調整器SVRのタップ番号と昇降圧指令はタップデータD4のデータベースDB4(図14)に格納する。

- [0049] 次に、タップデータD4の複数時間断面の自動電圧調整器SVRのタップ番号と昇降圧指令を用いてハンチング回数計算プログラムPrg3を実行してハンチング回数を算出する。ハンチング回数は整定データD6のデータベースDB6(図16)に格納する。
- [0050] 最後に、潮流計算結果データD3のノード電圧を用いて電圧逸脱時間計算プログラムPrg4を実行して電圧逸脱時間を算出する。電圧逸脱時間は整定データD6のデータベースDB6(図16)に格納する。
- [0051] 以下、潮流計算プログラムPrg1、タップ指令値計算プログラムPrg2、ハンチング回数計算プログラムPrg3、電圧逸脱時間計算プログラムPrg4、動作設定値整定プログラムPrg5の各処理について説明する。
- [0052] 図6は、プログラムデータD7のデータベースDB7格納されたプログラムのうち、潮流計算プログラムPrg1とタップ指令計算プログラムPrg2の処理を示すフローチャートである。この一連の処理のうち、処理ステップS501からS506の部分が潮流計算プログラムPrg1に関する部分であり、処理ステップS507からS512の部分がタップ指令計算プログラムPrg2に関する部分である。この処理は、タップの昇降圧動作を推定するために、計測データD1の時刻が時系列になるような順番で計算する必要がある。
- [0053] 最初に処理ステップS501では、潮流計算に必要となる線路定数 $Z (= R + jX)$ 、系統構成(ノード120、ブランチ140)を読み込む。例えば、図2の設備データD2のデータベースDB2からブランチごとの線路定数 $Z (= R + jX)$ を得、また予め入力手段12を介して得ていたユーザ入力として図1の配電系統を構成するノード120、ブランチ140の情報をRAM15に読み出す。
- [0054] 処理ステップS502では、潮流計算に必要となる変電所(スイングノード)のノード電圧、負荷140、発電量150を、計測データD1のデータベースDB1からRAM15に読み出す。例えば、図1および図10の例では、変電所のノード電圧はデータベースDB1を参照してセンサ160a(

第一)の電圧計測値とする。また負荷140はセンサ160a(第一)の電流からセンサ160b(第二)の電流を差し引いた値とする。

[0055] 処理ステップS503では、タップ指令計算に必要となる動作設定値、不感帯、基準電圧を、設備データD2のデータベースDB2からRAM15に読み出す。

[0056] 処理ステップS504では、潮流計算およびタップ指令計算に必要となる最も新しい時刻のタップ番号を、タップデータD4のデータベースDB4からRAM15に読み出す。

[0057] 処理ステップS505では、処理ステップS501、S502、S504で設定したデータを用いて潮流計算を行い、各ノードの電圧、線路電流、力率を計算し、計算結果をRAM15に格納する。なお潮流計算手法としては種々のものが知られているので、適宜の手法を採用区可能である。ここまでの処理が、潮流計算プログラムPrg1に相当している。

[0058] 処理ステップS506では、処理ステップS505で求めた各ノードの電圧、線路電流、力率と、計算に使用した計測データの時刻を出力する。ここでは、その出力を図13に示すような形式で潮流計算結果データD3としてデータベースDB3に格納する。

[0059] 以上の処理が潮流計算プログラムPrg1における処理であり、次にタップ指令値計算プログラムPrg2の処理に移り、まず処理ステップS507では、処理ステップS503で設定したデータと、処理ステップS505で求めたノード電圧を用いてタップ指令計算を実行する。タップ指令値計算の処理は、図5の処理フローである。

[0060] 処理ステップS508、S510では、昇圧指令の有無、降圧指令の有無をそれぞれ判断している。これを受けて、処理ステップS509、S511では、昇圧指令有りの時にタップ番号に1を加算し、降圧指令有りの時にタップ番号に1を減算する。昇圧指令有のたびに加算していき、降圧指令有のたびに減算していく。

[0061] 処理ステップS512では、タップ番号、昇降圧指令、計算に使用した計

測データの時刻を出力する。ここでは、その出力を図14に示すようなタップデータD4としてデータベースDB4に格納する。

[0062] 図7は、プログラムデータD7のデータベースDB7におけるハンチング回数計算プログラムPrg3の処理を示すフローチャートである。この処理は、タップデータD4に複数時間断面のタップ番号が蓄積された場合に実行される。複数時間断面とは、例えば1カ月や1年間などであり、この間記憶された経験値を用いた処理である。

[0063] まず、ハンチング回数計算の方法を説明するために、ハンチング発生時のタップ動作を図20で説明する。図20(a)は、図1に例示したものと同一配電系統の構成例を示している。ここでは自動電圧調整器SVR(300)を2台(300a、300b)直列に設置した配電系統を示している。図20(b)～図20(e)は、図20(a)の配電系統における、時系列の電圧変化と自動電圧調整器SVR(300)のタップ動作例を示すグラフである。これらの図20(b)～図20(e)では、横軸に配電線路長、縦軸にノード電圧を記述している。なおノード電圧は、不感帯と比較して記述されており、これによれば、配電線路各部における計測電圧が示されている。

[0064] 図20(b)は、配電変電所110から配電線末端にかけて電圧が低下していく状況を示している。またノード120b近傍のノード電圧が不感帯の下限以下に低下している状態を示している。従って、ノード120bよりも末端側の線路では、電圧改善(昇圧)が必要な状態である。

[0065] 図20(c)は、図20(b)の状態(ノード電圧が不感帯の下限以下に低下)を検知した末端のSVR300bが、上流側のSVR300aより先にタップを切換えてSVR300bの二次側(ノード120d)より末端側の電圧を昇圧させた状態を示している。これにより、ノード120bよりも上流側、及びノード120dよりも末端側では不感帯の下限以上の電圧に維持されているが、ノード120bとノード120dの間は、電圧改善(昇圧)がなされていない。

[0066] 図20(d)は、図20(c)の状態(ノード120bとノード120d

の間のノード電圧が不感帯の下限以下)を検知した上流側のSVR300aが、上流側の配電変電所110内のSVRより先にタップを切換えてSVR300aの二次側(ノード120b)より末端側の電圧を昇圧させた状態を示している。これにより、配電線路の全域においてノード電圧が不感帯の下限以上に維持できたことになる。またさらにはその後、上流側の配電変電所110のSVR300aがSVR300bより遅れてタップを切換えてSVR300aの二次側(ノード120b)より末端側の電圧を昇圧する。

[0067] このとき、SVR300aとSVR300bの電圧制御が干渉して、SVR300bの二次側(ノード120d)より末端側の電圧が不感帯の上限を逸脱する可能性がある。図示の例ではノード120dの電圧が、不感帯の上限を逸脱してしまう状態を示している。このため、ノード120dではタップを当初位置に戻して電圧を下げてやる必要が新たに生じる。

[0068] 図20(e)は、図20(d)の状態(ノード120dの電圧が、不感帯の上限を逸脱)を検知して、SVR300bがタップを切換えてSVR300dの二次側(ノード120d)より末端側の電圧を降圧した状態を示している。

[0069] 図20(b)～図20(e)は、末端電圧が不感帯の下限以下になった事例を示しているが、同様に不感帯の上限を超過した場合も想定可能である。図20(b)～図20(e)が上限を超過したものと想定すると、図20(b)で電圧が不感帯上限を逸脱している場合は、図20(c)でSVR300bが降圧、図20(d)でSVR300aが降圧、図20(e)でSVR300bが昇圧、のようにタップ動作をすることが容易に理解できる。

[0070] このように配電系統の電圧調整装置300によるタップ操作では、電圧低下(電圧上昇)に対して、各電圧調整装置300が対応するように時定数が設定されている。このため上流側と下流側での対応によっては、タップ操作のハンチングを生じることがある。以下においては、図20のようなハンチング時のタップ動作のパターンを使って、ハンチング回数を計算する。具体的な処理を図7で説明する。図7はハンチング回数計算プログラムPrg3

の具体的な処理内容を示している。

- [0071] 図7の処理ステップS601では、末端側（第2）SVRの昇圧または降圧指令の2つの時間断面の時刻 T_{RN-1} 、 T_{RN} を読み込む。ここでは、タップデータD4のデータベースDB4からRAM15に読み出す。例えば、図14の場合は、末端側（第2）SVRであるSVRbのテーブルを参照して、昇圧指令時刻は、タップをタップ番号6に変更した時刻として T_{RN-1} は9時50分00秒、また降圧指令時刻は、タップをタップ番号6に変更した時刻として T_{RN} は12時00分30秒のように読み込む。
- [0072] 処理ステップS602では、末端側（第2）SVRであるSVRbのテーブルを参照して得た昇圧指令時刻 T_{RN-1} から降圧指令時刻 T_{RN} の間で発生し、存在する送出側SVR（第1）の昇圧または降圧の指令時刻 T_s を読み込む。図14の場合は、送出側SVR（第1）であるSVRaのテーブルを参照して、タップをタップ番号7に変更した昇圧指令時刻として、 T_{RN-1} は11時30分00秒が存在している。
- [0073] 処理ステップS603では、送出側SVR（第1）の昇圧または降圧の指令時刻 T_s が複数存在する場合は、ハンチングによるタップ動作ではないと判定し、処理を終了する。
- [0074] 処理ステップS604では、処理ステップS603で送出側SVR（第1）の昇圧または降圧の指令時刻 T_s が1つの場合は、 T_{RN-1} が昇圧指令か判定する。ここで、 T_{RN-1} は図20（c）の時間断面を意味する。
- [0075] 処理ステップS605、S606、S609においては、タップ動作が、不感帯の下限電圧を逸脱した時の動作パターン、すなわち T_{RN-1} は昇圧指令、 T_s は昇圧指令、 T_{RN} は降圧指令となる場合に、処理ステップS609においてハンチング回数に1を加算する。ここでは、ハンチング回数を整定データD6のデータベースDB6に格納する。例えば、図16のテーブルに記載する。
- [0076] また処理ステップS607、S608、S609では、タップ動作が、不

感帯の上限電圧を逸脱した時の動作パターン、すなわち T_{RN-1} は降圧指令、 T_S は降圧指令、 T_{RN} は昇圧指令となる場合に、処理ステップ S 6 0 9 においてハンチング回数に 1 を加算する。ここでは、ハンチング回数を整定データ D 6 のデータベース D B 6 に格納する。例えば、図 1 6 のテーブルに記載する。

[0077] 処理ステップ S 6 0 1 ~ 6 0 9 の処理によって、各動作設定を設定した場合のハンチングの頻度（ハンチング回数）を把握することができる。

[0078] 図 8 は、プログラムデータ D 7 のデータベース D B 7 に格納された電圧逸脱時間計算プログラム P r g 4 の処理を示すフローチャートである。この処理は、潮流計算結果データ D 3 が更新される毎に実施してもよいし、複数時間断面の潮流計算結果が蓄積された場合に実行してもよい。なお複数時間断面とは、例えば 1 カ月や 1 年間などである。

[0079] 図 8 の処理ステップ S 7 0 1 では、ノード電圧 V_m を読み込む。ここでは、潮流計算結果データ D 3 から読み込む。例えば、図 1 3 に示す電圧（6 8 0 0 V）などである。

[0080] 処理ステップ S 7 0 2 では、各ノードの電圧許容領域の上下限值 V_{max} 、 V_{min} を読み込む。ここでは、電圧逸脱計算データ D 5 から読み込む。例えば、図 1 5 に示す上限値 V_{max} （6 9 0 0 V）および下限値 V_{min} （6 6 0 0 V）などである。

[0081] 処理ステップ S 7 0 3 ~ 7 0 5 では、ノード電圧 V_m の電圧許容領域の上下限值 V_{max} 、 V_{min} を逸脱する場合（ $V_m < V_{min}$ または $V_m > V_{max}$ ）、電圧逸脱時間に 1 を加算する。

[0082] 処理ステップ S 7 0 1 ~ 7 0 5 の処理によって、各動作設定を設定した場合の電圧品質（電圧逸脱時間）を定量的に把握することができる。

[0083] 図 9 は、プログラムデータ D 7 のデータベース D B 7 に格納された動作設定値整定プログラム P r g 5 の処理を示すフローチャートである。この処理は、整定データ D 6 が更新される毎に実施してもよいし、所定の期間ごとに実行してもよい。所定の期間とは、例えば、例えば 1 カ月や 1 年間などであ

る。

[0084] 図9の処理ステップS801では、動作設定値整定の条件を読み込む。ここでは、整定データD6に格納された図17のテーブルから、重み係数（ハンチング回数＝0.3、電圧逸脱時間＝0.7）、上限値（ハンチング回数＝3000、電圧逸脱時間＝1000）を読み込む。

[0085] 処理ステップS802では、各動作設定値に対するハンチング回数および電圧逸脱時間を読み込む。ここでは、整定データD6から図16に示すテーブルを読み込む。

[0086] 処理ステップS803では、以下の数式、（3）式に示す目的関数を計算する。目的関数はハンチング回数 N_H と電圧逸脱時間 T_{VE} の各々に重み係数 W_H 、 W_{VE} を乗じた値の和 F とした。ハンチング回数 N_H と電圧逸脱時間 T_{VE} は、図16で求められている値を用いる。

[数3]

$$F = W_H * N_H + W_{VE} * T_{VE} \quad (3)$$

処理ステップS804では、以下の数式、（4）（5）式に示す制約条件の下で、目的関数が最小となる解と、そのときの動作設定値、ハンチング回数、電圧逸脱時間を求める。制約条件は、目的関数はハンチング回数 N_H と電圧逸脱時間 T_{VE} の各々の上限値 N_{Hmax} 、 T_{VEmax} を超えないという設定にした。上限値 N_{Hmax} 、 T_{VEmax} は、図17で設定されたものを用いる。

[数4]

$$N_H < N_{Hmax} \quad (4)$$

[数5]

$$T_{VE} < T_{VEmax} \quad (5)$$

処理ステップS805では、処理ステップS804の解が存在する場合、そのときの動作設定値を出力する。その動作設定値は設備計画支援装置10の通信手段12、通信ネットワーク200、を介してSVR300に送信する。

[0087] 処理ステップS806では、処理ステップS805で解が存在しない場合

、設備計画支援装置 10 の表示装置 11 に整定条件（重み係数、ハンチング回数および電圧逸脱時間の上限値）の変更指令を表示する。ユーザは入力手段 12 によって整定データ 26 の整定条件を変更する。

[0088] 処理ステップ S 801～805 の処理によって、ハンチング回数および電圧逸脱時間は所定の値以下となる動作設定値を自動で決定することができる。

[0089] 次に、図 18 および 19 を用いて動作設定値の整定結果表示の一例を説明する。図 18、19 は動作設定値の整定結果の表示手段 11 への表示例を示す説明図である。ここでは、ディスプレイ画面への表示を考える。

[0090] 図 18 のグラフにおいて、横軸は図 16 に示す動作設定値の組合せのケース（1 から 9）である。縦軸は（3）式の目的関数の値である。例えば図 16 のケース 1 について（3）式の目的関数を求めた場合、ハンチング回数 N_H （10000）、電圧逸脱時間 T_{VE} （100）、ハンチング回数 N_H の重み係数 W_H （0.3）電圧逸脱時間 T_{VE} の重み係数 W_{VE} （0.7）から求まる目的関数の値は 3000 である。図 16 のケース 2 では、ハンチング回数 N_H （1000）、電圧逸脱時間 T_{VE} （200）、ハンチング回数 N_H の重み係数 W_H （0.3）電圧逸脱時間 T_{VE} の重み係数 W_{VE} （0.7）から求まる目的関数の値は 510 である。ケース 3 では、ハンチング回数 N_H （100）、電圧逸脱時間 T_{VE} （300）、ハンチング回数 N_H の重み係数 W_H （0.3）電圧逸脱時間 T_{VE} の重み係数 W_{VE} （0.7）から求まる目的関数の値は 240 である。

[0091] 以下同様にして、各ケースでの目的関数の値を（4）（5）式の制約のもとで求め、プロットしたものが図 18 のグラフである。ここでは、破線の丸で強調しているケース 3 のプロットが図 9 の処理ステップ S 804 で求めた最小解である。

[0092] 図 19 のグラフでは、横軸は図 16 に示すハンチング回数である。縦軸は図 16 に示す電圧逸脱時間である。2つの破線で、図 17 に示すハンチング回数と電圧逸脱時間の上限値を示す。ここでは、破線の丸で強調しているケ

ース3のプロットが図9の処理ステップS804で求めた解である。

[0093] このように表示することで、ユーザに動作設定値の整定結果をわかりやすく伝えることが可能となる。また、図9の処理ステップS806で整定条件（ハンチング回数と電圧逸脱時間の重み係数および上限値）の変更指令が出た場合に、制約付き目的関数の解が存在する整定条件を決定しやすくなる。ここでは、画面への出力例を示したが、書類等に印刷可能なフォーマットのデータとしてユーザに提供してもよい。

[0094] 本発明によれば、上流と下流の2つの電圧調整装置300の動作設定値が、ハンチング回数と電圧逸脱時間を最小とする値に整定されることになる。この結果を反映した配電システムの運用によれば、ハンチング回数がより少ない回数で電圧が許容範囲内に終息することになる。例えば従来の場合に、図20の一連のタップ操作により電圧が許容範囲内に収束しているが、本発明の場合にはより少ないタップ操作回数にできるので、図20（b）から図20（c）、図20（d）の経過過程を踏むことなく、直接図20（e）に移行することが期待できる。

[0095] なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD（Solid State Drive）等の記録装置、または、ICカード

、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

符号の説明

[0096] 100：配電系統，110：配電変電所，120：ノード，130：変電所母線，140：配電線路，150：発電機，160：センサ，170：負荷，200：通信ネットワーク，300：電圧調整装置（SVR），310：単巻変圧器とタップチェンジャで構成される変圧器，320：制御部，330：通信部，10：設備計画支援装置，11：表示装置，12：入力手段，13：CPU，14：通信手段，15：RAM，DB1：計測データベース，DB2：設備データベース，DB3：潮流計算結果データベース，DB4：タップデータベース，DB5：電圧逸脱時間計算データベース，DB6：整定データベース，DB7：プログラムデータベース

請求の範囲

[請求項1] タップ付変圧器の二次側電圧が許容領域から逸脱した電圧の積分値が動作設定値を超えたことをもって前記タップ付変圧器のタップを調整する電圧調整装置が複数直列配置されている配電系統の設備計画支援装置であって、

設備計画支援装置は、上流側の電圧調整装置と下流側の電圧調整装置について、各電圧調整装置の動作整定値の組み合わせを複数備え、かつ各動作整定値の組み合わせのときに各電圧調整器が互いにタップの調整を繰り返す一連の動作を表すハンチングの回数を記憶している整定データベースと、該整定データベースから読み出した動作整定値の組み合わせと、対応するハンチング回数に基づいて、前記動作設定値の組み合わせを算出する動作設定値整定処理部と、該動作設定値整定処理部が算出した動作設定値およびハンチング回数を表示する表示部を備えることを特徴とする配電系統の設備計画支援装置。

[請求項2] 請求項1に記載の配電系統の設備計画支援装置であって、

前記整定データベースは、前記各動作整定値の組み合わせのときの電圧逸脱時間を過去の運転実績から求め前記ハンチング回数と共に記憶しており、前記動作設定値整定処理部は前記整定データベースから読み出した動作整定値の組み合わせと、対応するハンチング回数及び電圧逸脱時間に基づいて、前記動作設定値の組み合わせを算出し、前記表示部は、前記動作設定値整定処理部が算出した動作設定値の組み合わせ、ハンチング回数および電圧逸脱時間を表示することを特徴とする配電系統の設備計画支援装置。

[請求項3] 請求項2に記載の配電系統の設備計画支援装置であって、

前記動作設定値整定処理部は、前記各動作整定値の組み合わせのときの前記ハンチング回数と前記電圧逸脱時間による評価値を求め、該評価値を用いて前記各動作整定値の組み合わせの中から1組の動作整定値の組み合わせを算出することを特徴とする配電系統の設備計画支

援装置。

[請求項4] 請求項3に記載の配電系統の設備計画支援装置であって、
前記整定データベースは、前記ハンチング回数と前記電圧逸脱時間の上限値をそれぞれ備えており、前記動作設定値整定処理部は前記評価値の算出に当たり前記ハンチング回数と前記電圧逸脱時間の上限値に制限して算出することを特徴とする配電系統の設備計画支援装置。

[請求項5] 請求項4に記載の配電系統の設備計画支援装置であって、
前記動作設定値整定処理部は、ハンチング回数と電圧逸脱時間の上限値以下になる動作設定値が存在しない場合に、上限値の変更指令を出力することを特徴とする配電系統の設備計画支援装置。

[請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の配電系統の設備計画支援装置であって、
前記電圧調整器はリアクトルやコンデンサの接続数をタップ切換えにより調整する装置であることを特徴とする配電系統の設備計画支援装置。

[請求項7] タップ付変圧器の二次側電圧が許容領域から逸脱した電圧の積分値が動作設定値を超えたことをもって前記タップ付変圧器のタップを調整する電圧調整装置が複数直列配置されている配電系統の設備計画支援装置であって、

設備計画支援装置は、複数時間断面の前記配電系統の計測値を格納する計測データベースと、配電系統の線路定数、系統構成、電圧調整の整定値を格納する設備データベースと、前記計測データベースから読み出した複数時間断面の計測値と、前記設備データベースから読み出した配電系統の線路定数および系統構成に基づいて配電系統の電圧分布を推定する潮流計算処理部と、該潮流計算処理部が算出した電圧分布を格納する潮流計算結果データベースと、該潮流計算結果データベースから読み出した電圧分布と前記設備データベースから読み出した前記電圧調整器の設定値に基づいて電圧調整器のタップ番号を算出

するタップ指令計算処理部と、該タップ指令計算処理部が算出したタップ番号を格納するタップデータベースと、該タップデータベースから読み出した複数時間断面のタップ番号に基づいてハンチング回数を算出するハンチング回数計算処理部と、前記潮流計算結果データベースから読み出した電圧分布に基づいて電圧逸脱時間を算出する電圧逸脱時間計算処理部と、配電系統上流側の電圧調整装置と下流側の電圧調整装置について、各電圧調整装置の動作整定値の組み合わせを複数備え、かつ各動作整定値の組み合わせのときのハンチング回数と電圧逸脱時間を記憶している整定データベースと、該整定データベースから読み出した動作整定値の組み合わせと、対応するハンチング回数と電圧逸脱時間に基づいて、前記動作設定値の組み合わせを算出する動作設定値整定処理部と、該動作設定値整定処理部が算出した動作設定値およびハンチング回数を表示する表示部を備えることを特徴とする配電系統の設備計画支援装置。

[請求項8]

請求項7に記載の配電系統の設備計画支援装置であって、

前記動作設定値整定処理部は、前記各動作整定値の組み合わせのときの前記ハンチング回数と前記電圧逸脱時間を重みづけ加算して評価値を求め、前記各動作整定値の組み合わせの中から前記評価値が最小となる1組の動作整定値の組み合わせを算出することを特徴とする配電系統の設備計画支援装置。

[請求項9]

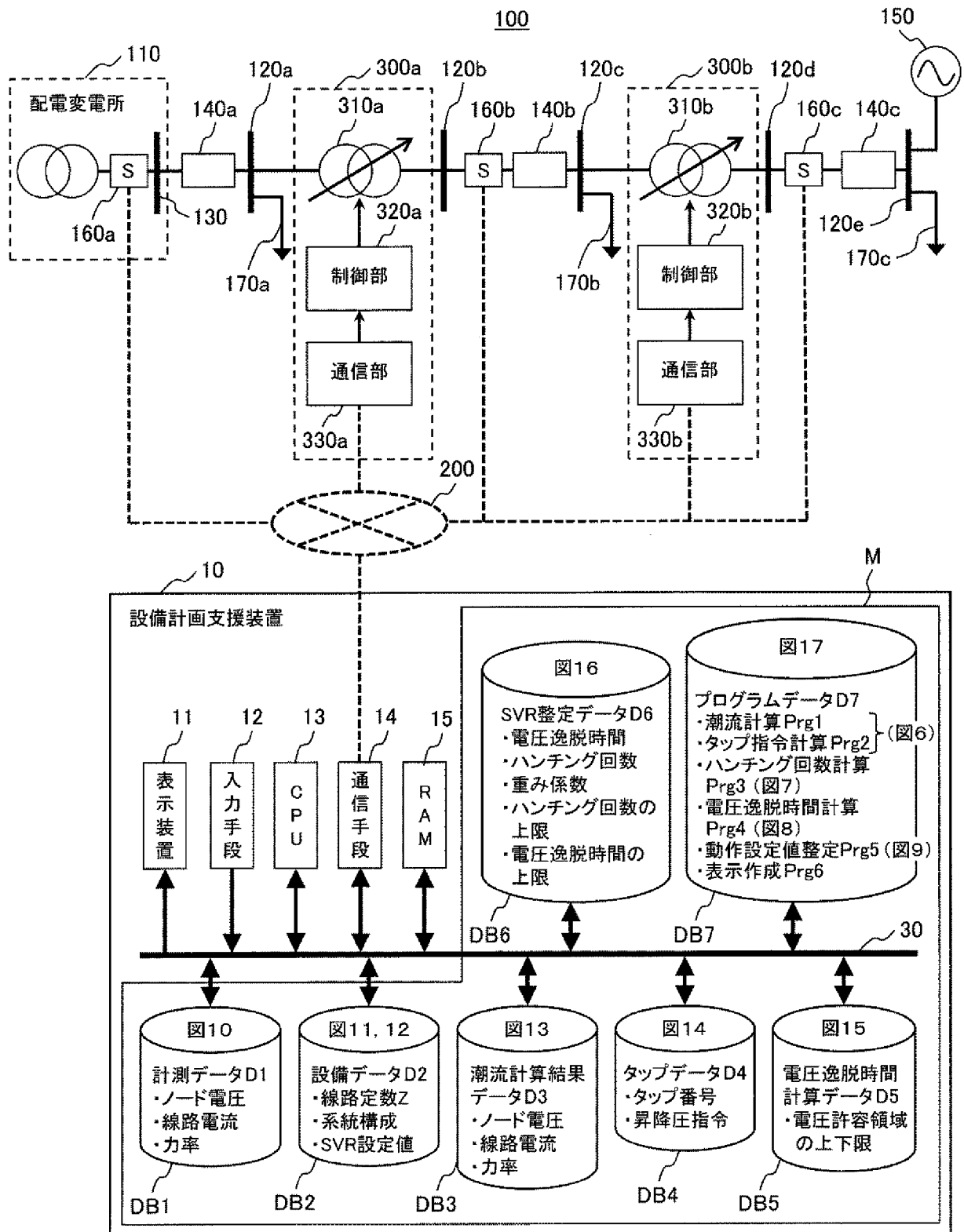
タップ付変圧器の二次側電圧が許容領域から逸脱した電圧の積分値が動作設定値を超えたことをもって前記タップ付変圧器のタップを調整する電圧調整装置が複数直列配置されている配電系統の設備計画支援方法であって、

上流側の電圧調整装置と下流側の電圧調整装置について、各電圧調整装置の動作整定値の組み合わせを複数備え、かつ各動作整定値の組み合わせのときのハンチング回数と電圧逸脱時間を配電系統の運転実績から求め、前記各動作整定値の組み合わせに対応するハンチング回

数と動作整定値を重みづけ加算して評価値を求め、前記各動作整定値の組み合わせの中から前記評価値が最小となる1組の動作整定値の組み合わせを算出することを特徴とする配電系統の設備計画支援方法。

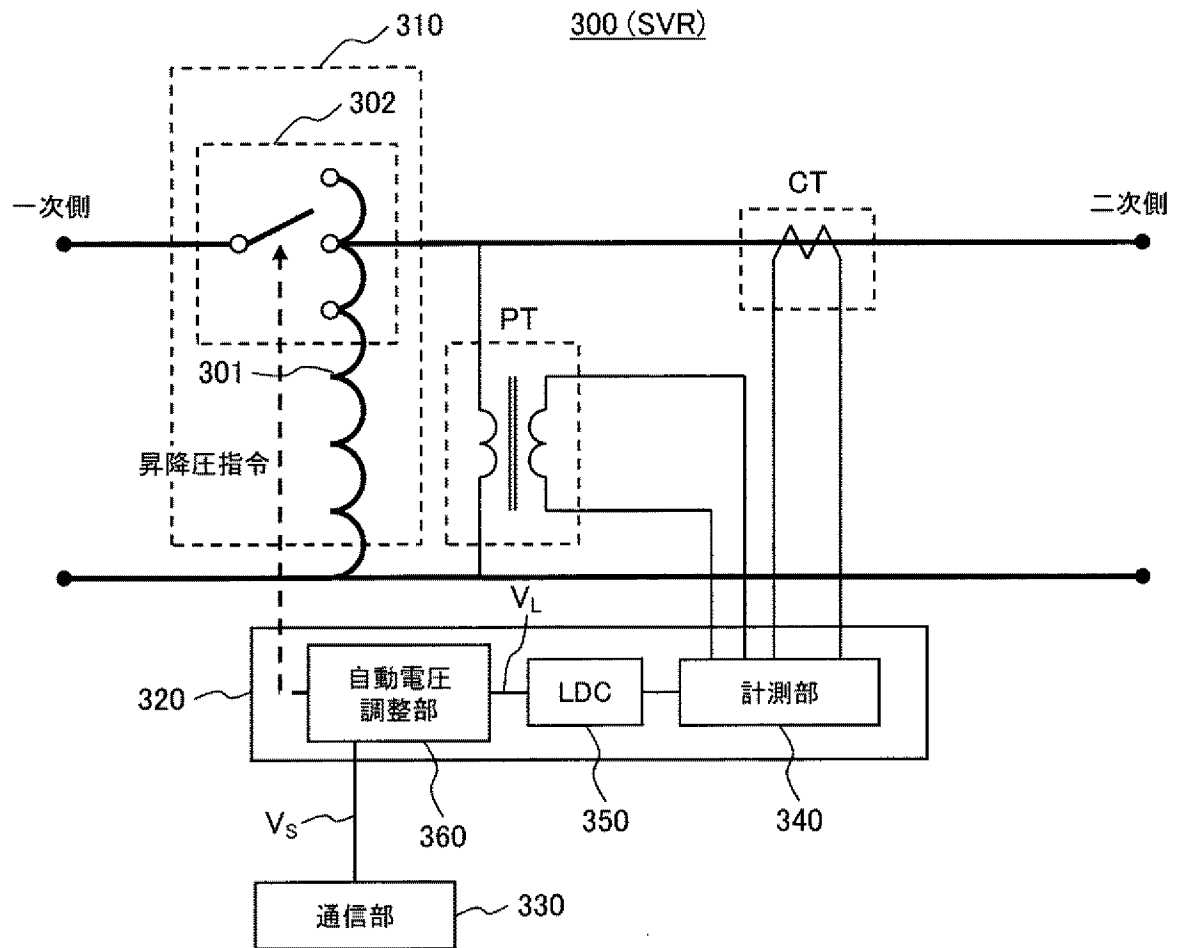
[図1]

図 1



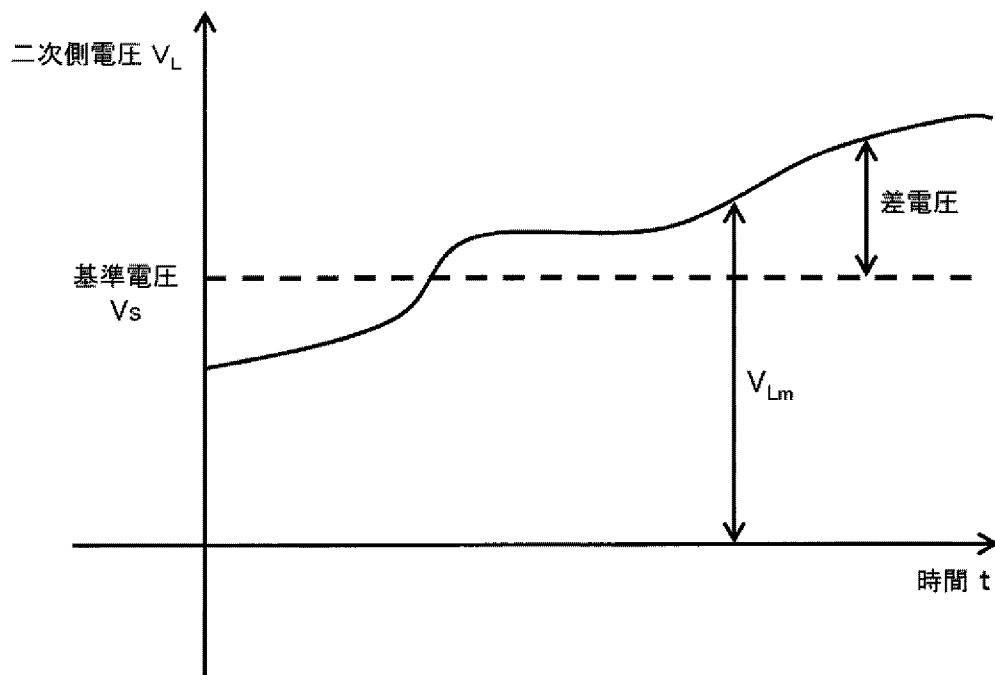
[図2]

図 2



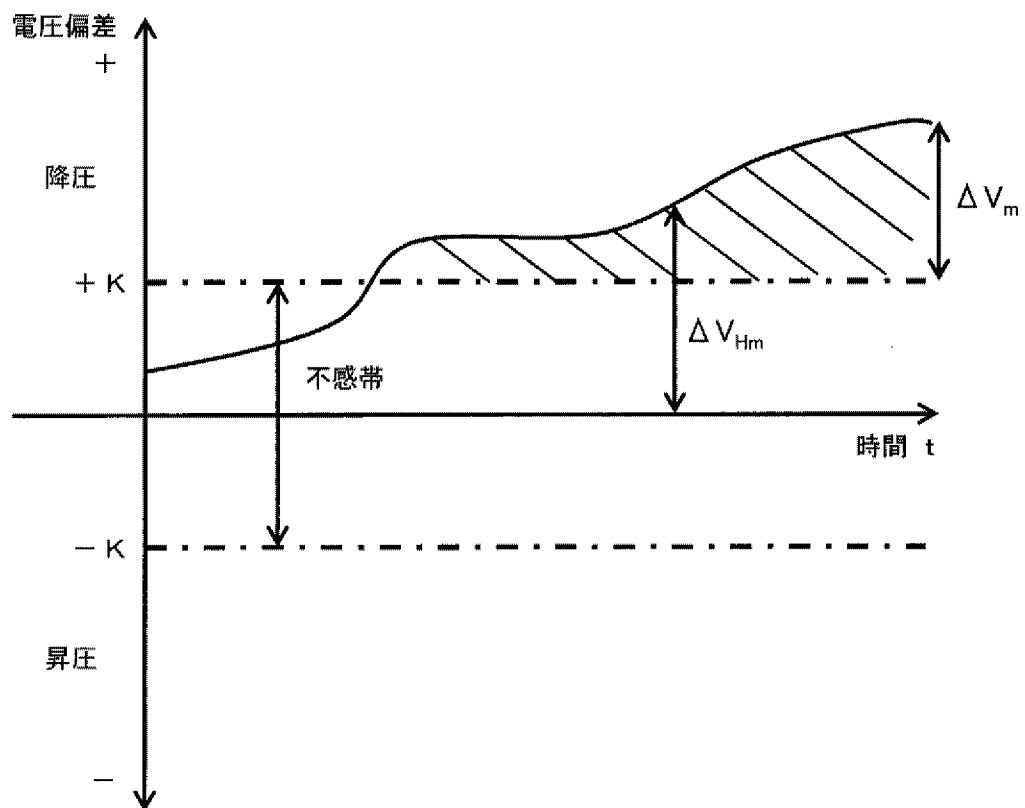
[図3]

図 3



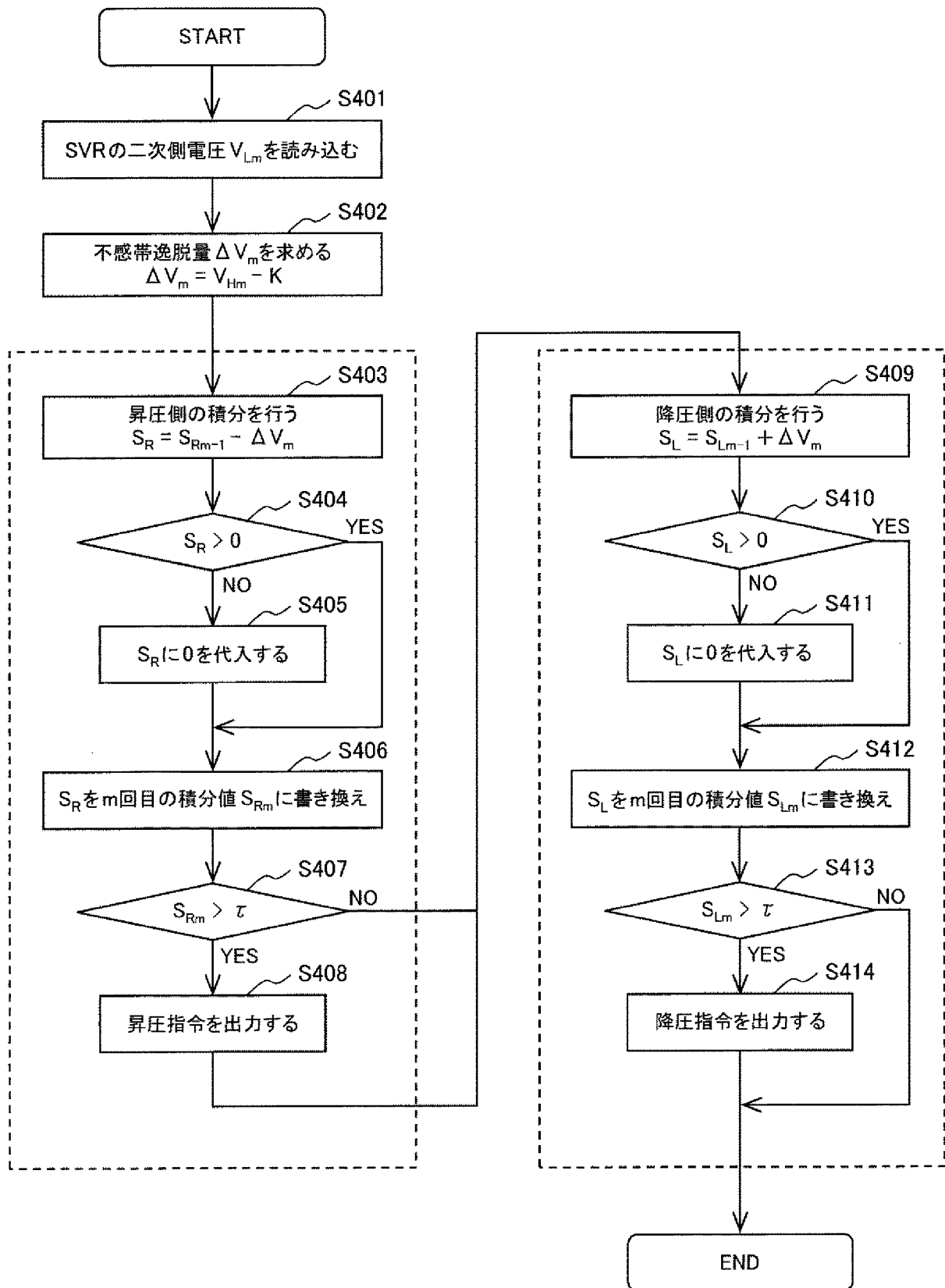
[図4]

図 4



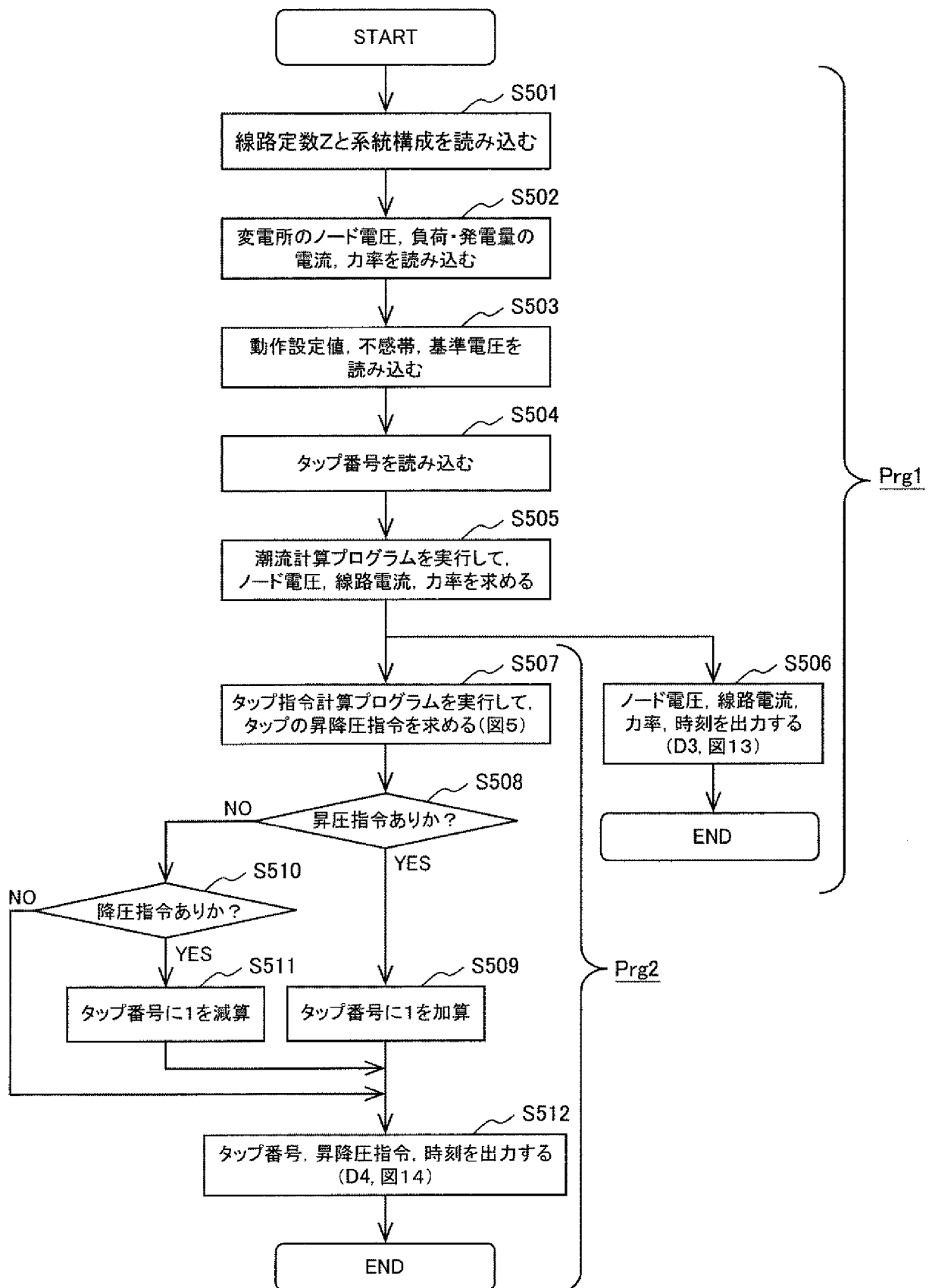
[図5]

図 5



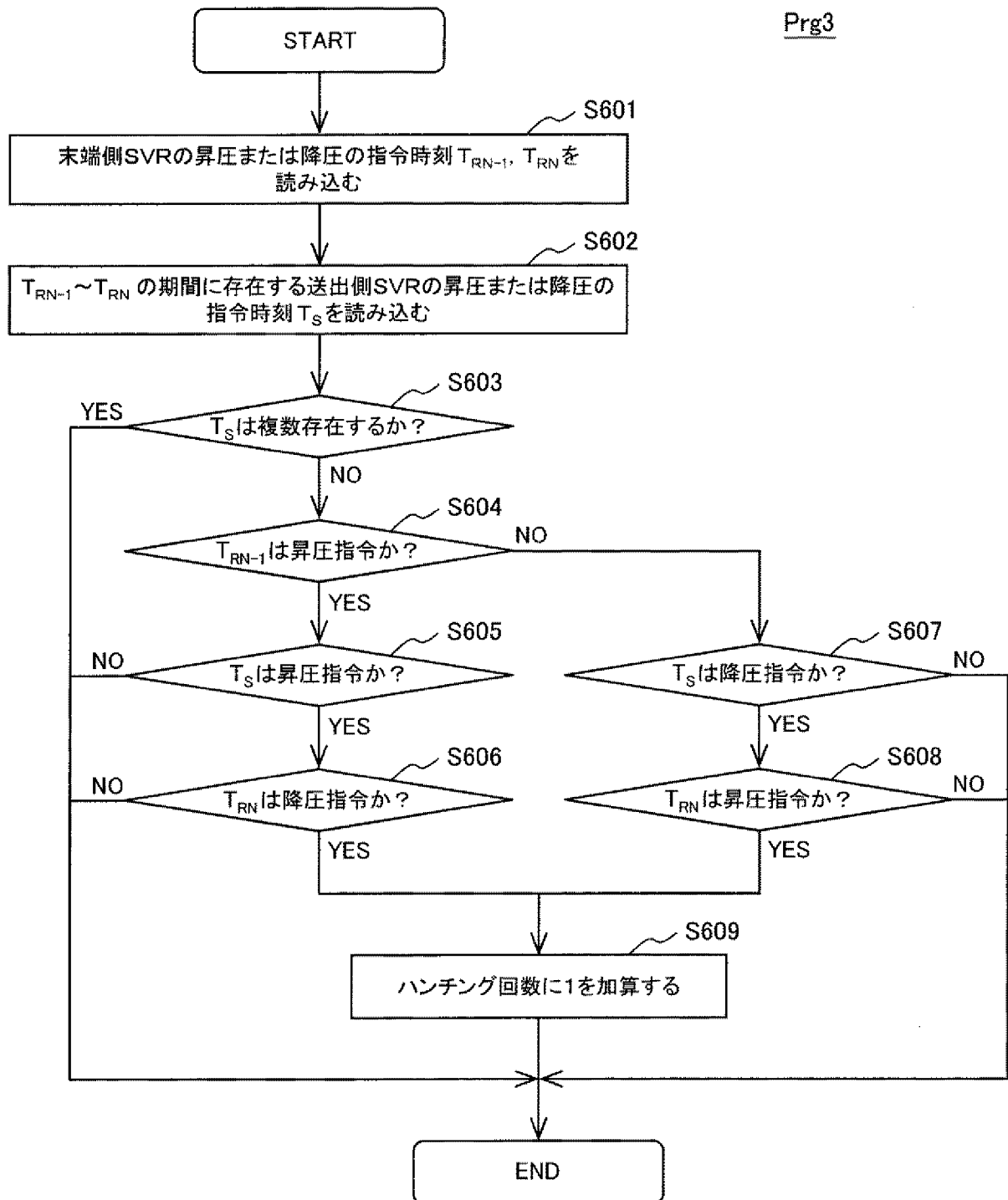
[図6]

図 6



[図7]

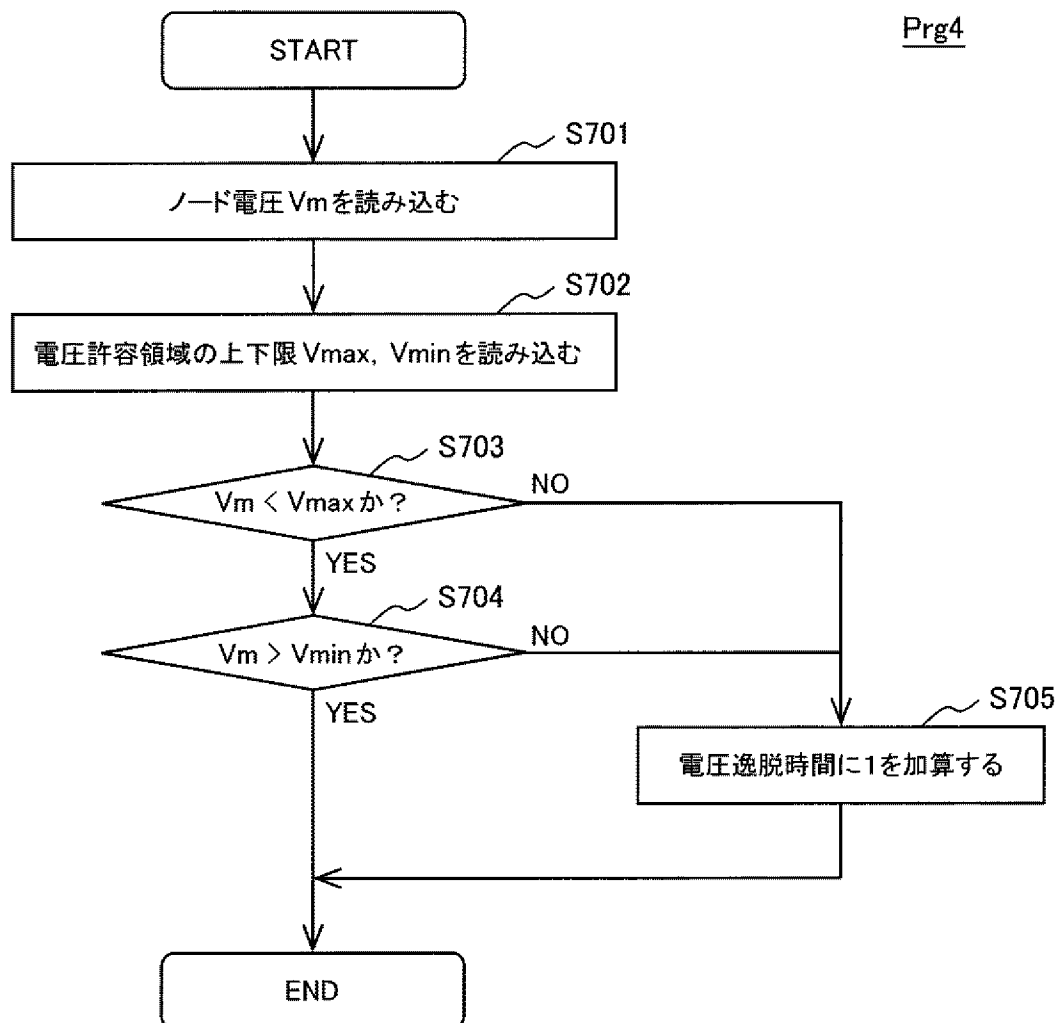
図 7



[図8]

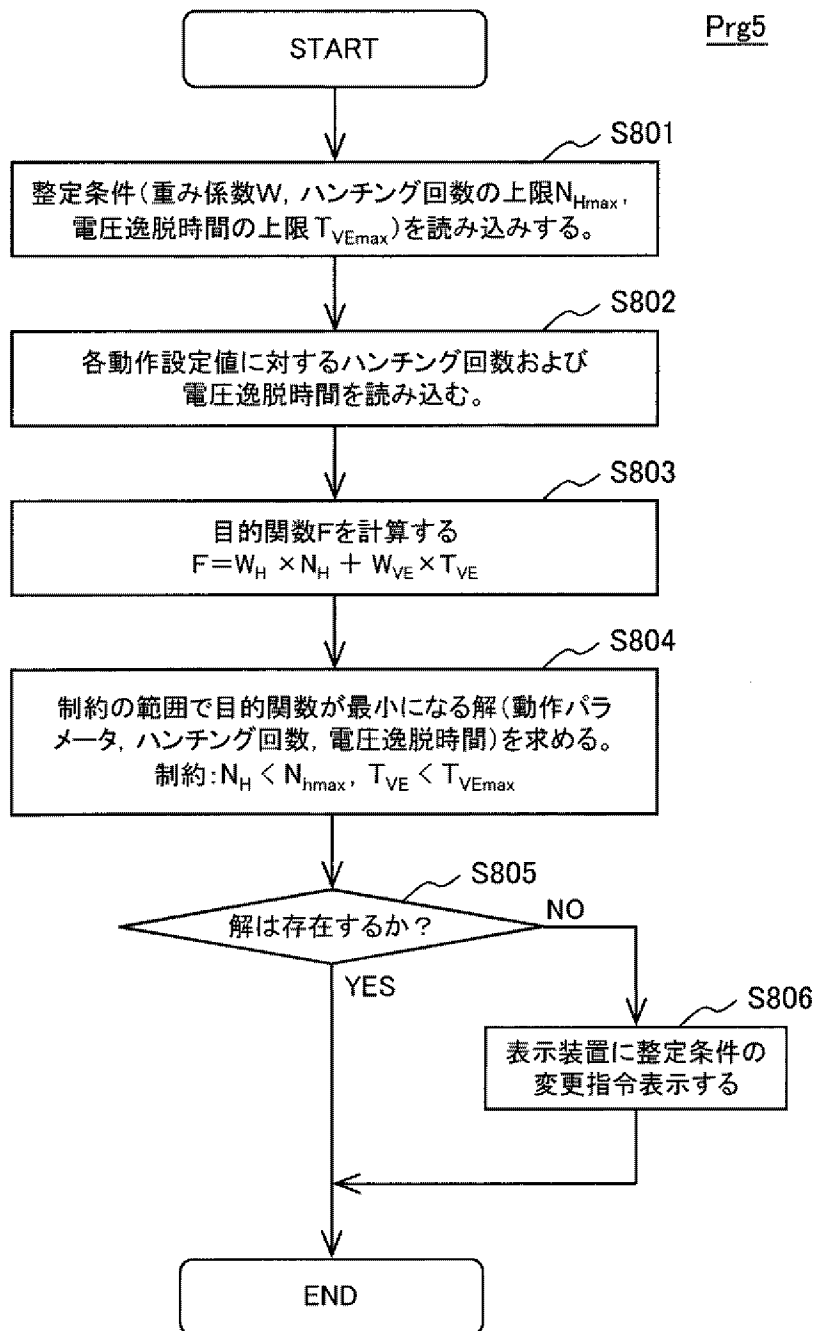
図 8

Prg4



[図9]

図 9



[図10]

図 10

センサID : 160c

センサID : 160b

センサID : 160a

時刻	推定値		
	電圧 V(V)	電流 I(A)	力率 (%)
00:00:00	6800	100	98
00:00:01	6750	150	97
00:00:02	6550	70	98
:	:	:	:

D1

[図11]

図 11

ブランチ	線路定数(Ω)		D2
	抵抗R	リアクタンスX	
140a	0.05	0.10	
140b	0.06	0.120	

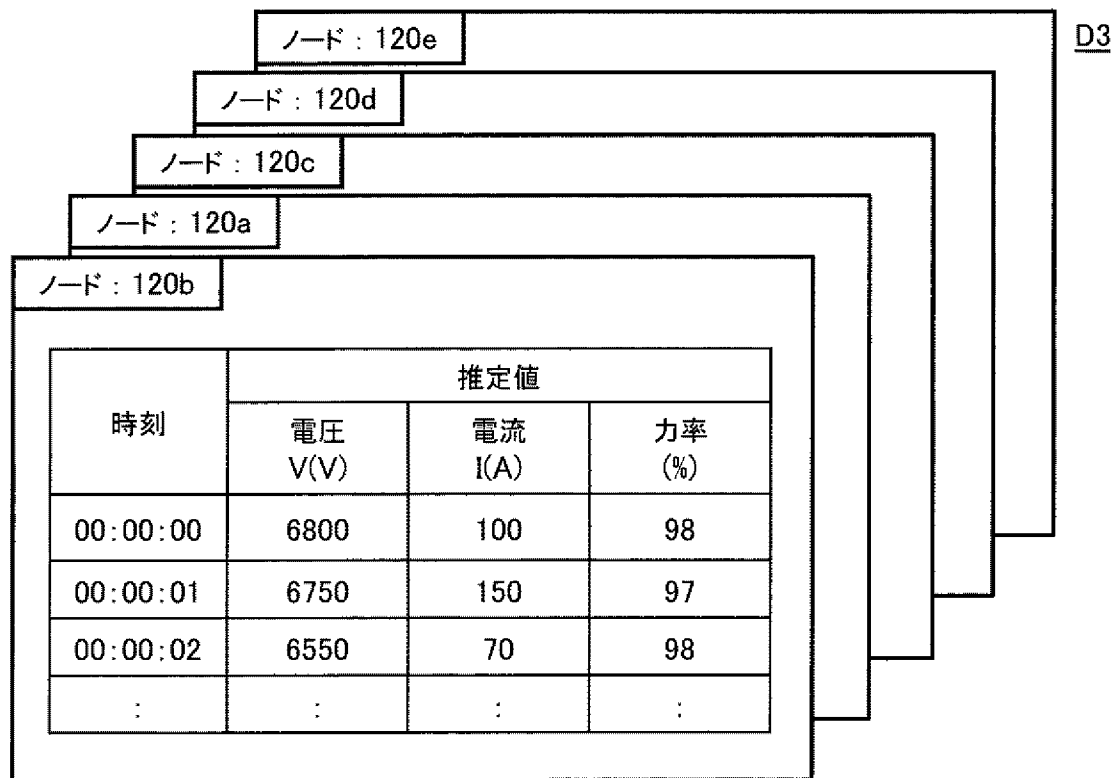
[図12]

図 12

SVR ID	動作設定値 (%sec)		不感帯 (%)	基準電圧 (V)	D2
	整定範囲	刻み			
300a	30~90	30	1.0	6700	
300b	30~90	30	1.0	6600	

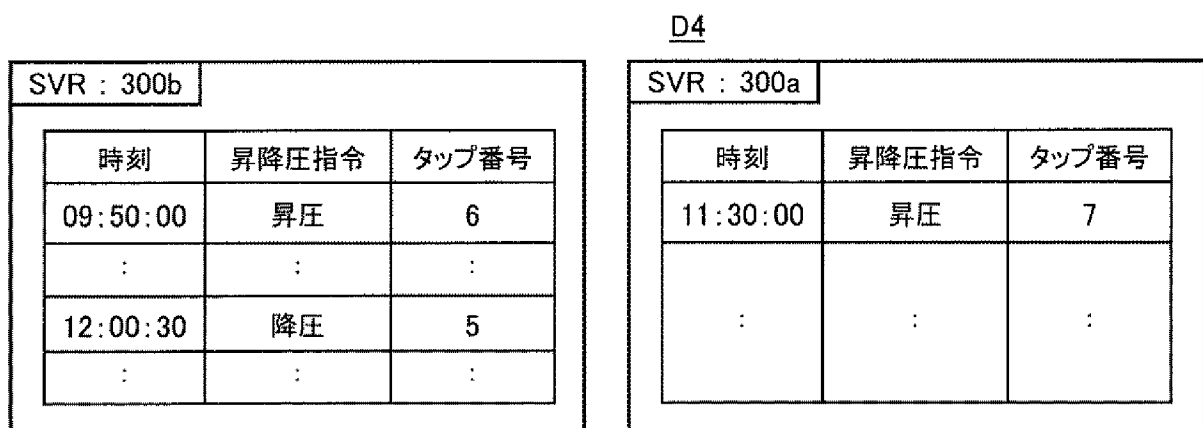
[図13]

図 13



[図14]

図 14



[図15]

図 15

ノード	電圧許容領域	
	上限 Vmax(V)	下限 Vmin(V)
130a	6900	6600
130b	6900	6600
130c	6800	6500
130d	6700	6400
130e	6700	6400

D5

[図16]

図 16

ケース	動作設定値 (%sec)		ハンチング回数 (回)	電圧逸脱時間 (sec)
	送出側 SVR	末端側 SVR		
1	30	30	10000	100
2		60	1000	200
3		90	100	300
4	60	30	5000	500
5		60	500	1000
6		90	50	1500
7	90	30	2500	1000
8		60	250	2000
9		90	25	3000

D6



[図17]

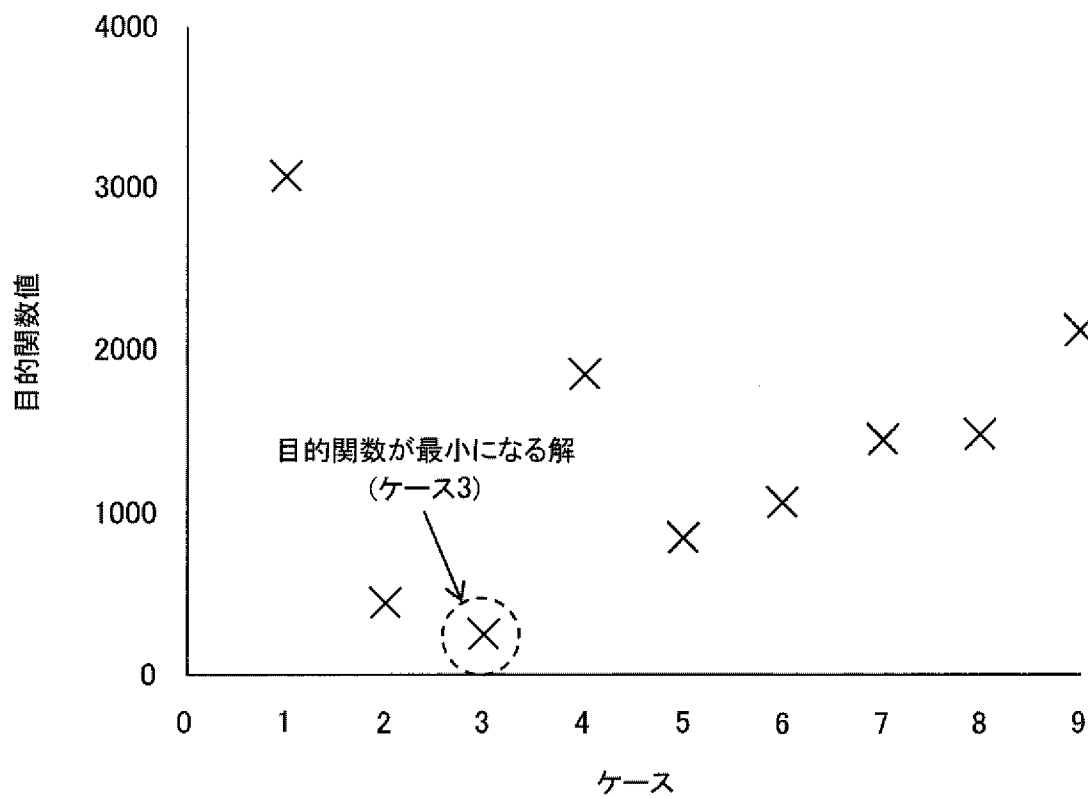
図 17

	重み係数	上限値
ハンチング回数	0.3	3000
電圧逸脱時間	0.7	1000

D6

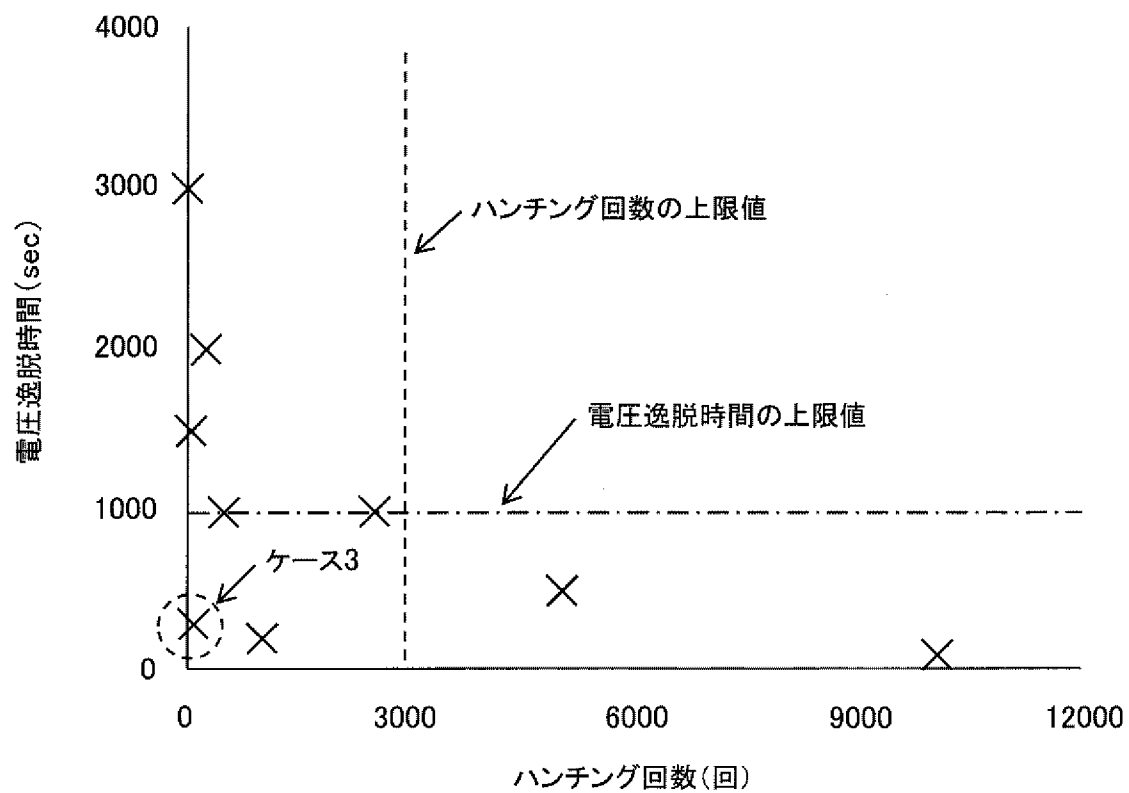
[図18]

図 18



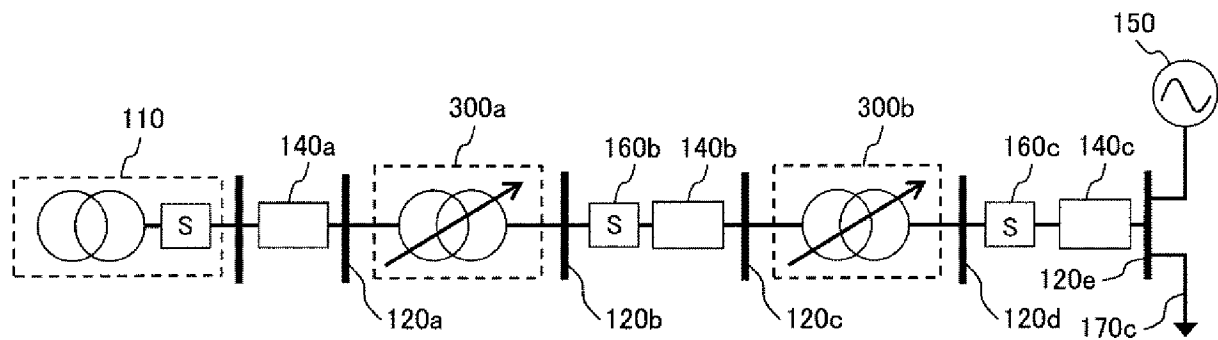
[図19]

図 19



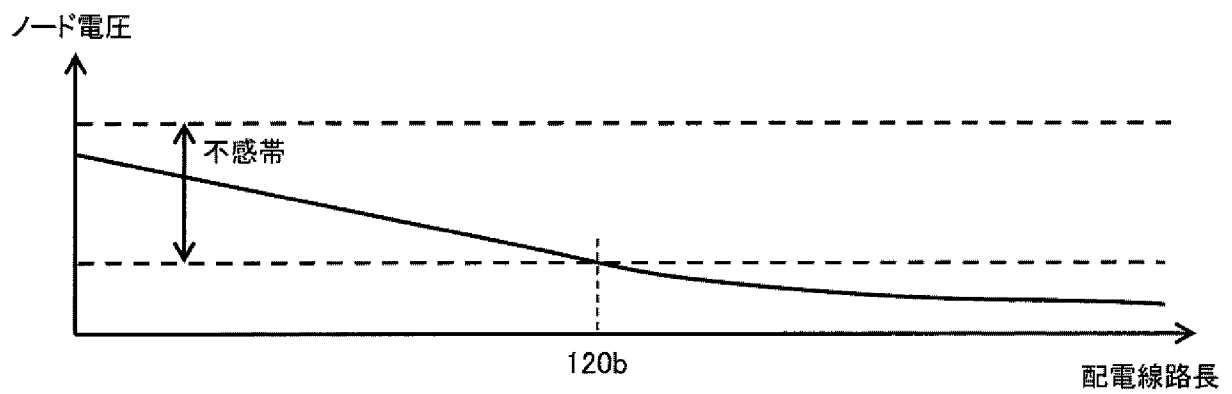
[図20(a)]

図 20(a)



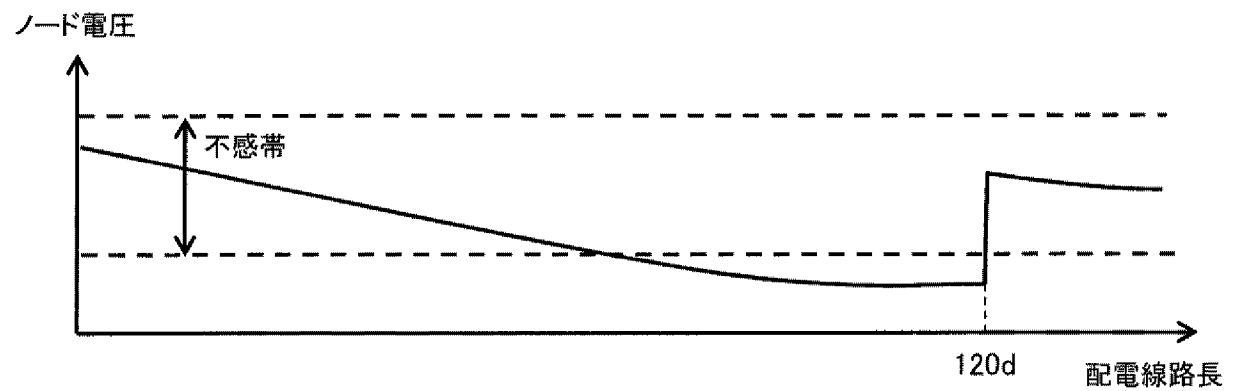
[図20(b)]

図 20(b)



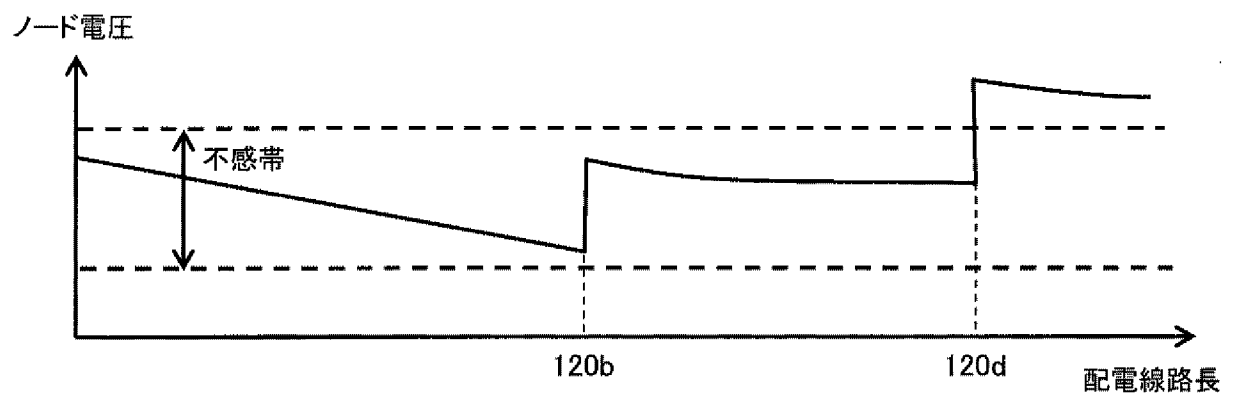
[図20(c)]

図 20(c)



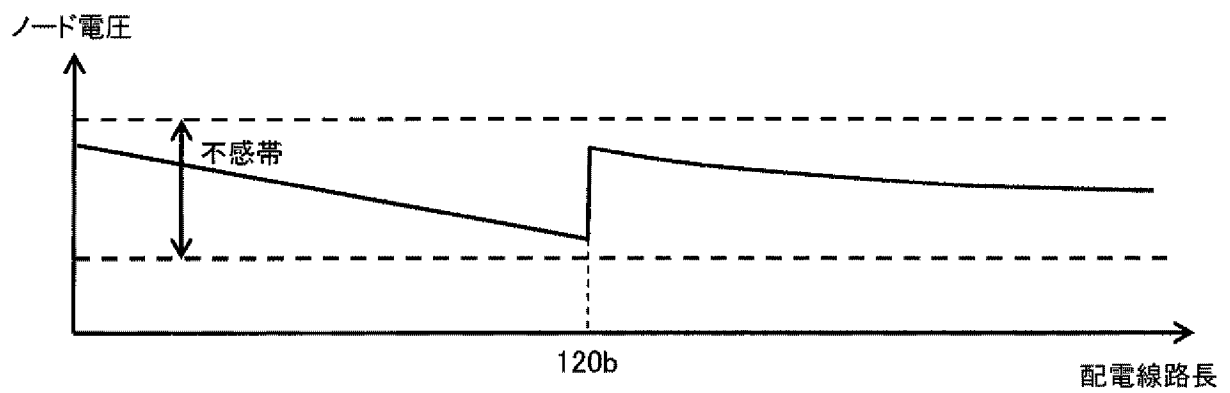
[図20(d)]

図 20(d)



[図20(e)]

図 20(e)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056742

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/12(2006.01)i, H02J3/00(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)

H02J3/12, H02J3/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 5436734 B1 (Mitsubishi Electric Corp.), 05 March 2014 (05.03.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2012-182897 A (Hitachi, Ltd.), 20 September 2012 (20.09.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

☐ 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
17 May 2016 (17.05.16)

Date of mailing of the international search report
31 May 2016 (31.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02J3/12(2006.01)i, H02J3/00(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（IPC））

Int.Cl. H02J3/12, H02J3/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 5436734 B1（三菱電機株式会社）2014.03.05, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2012-182897 A（株式会社日立製作所）2012.09.20, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

17.05.2016

国際調査報告の発送日

31.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

永井 啓司

5 T

3656

電話番号 03-3581-1101 内線 3568