

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5249429号  
(P5249429)

(45) 発行日 平成25年7月31日 (2013. 7. 31)

(24) 登録日 平成25年4月19日 (2013. 4. 19)

(51) Int. Cl.	F I
H O 2 J 3/00 (2006. 01)	H O 2 J 3/00 G
H O 2 J 3/12 (2006. 01)	H O 2 J 3/00 K
H O 2 J 13/00 (2006. 01)	H O 2 J 3/12
	H O 2 J 13/00 3 1 1 R

請求項の数 27 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2011-545526 (P2011-545526)	(73) 特許権者	510290957
(86) (22) 出願日	平成22年1月12日 (2010. 1. 12)		アクセンチュア グローバル サービスィ ズ リミテッド
(65) 公表番号	特表2012-515521 (P2012-515521A)		アイルランド ダブリン 4 アッパー グランデ カナル ストリート グランド カナル プラザ 3
(43) 公表日	平成24年7月5日 (2012. 7. 5)	(74) 代理人	100102406
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/020770		弁理士 黒田 健二
(87) 国際公開番号	W02010/083164	(74) 代理人	100100240
(87) 国際公開日	平成22年7月22日 (2010. 7. 22)		弁理士 松本 孝
審査請求日	平成24年6月14日 (2012. 6. 14)	(72) 発明者	タフト, ジェフリー ディー
(31) 優先権主張番号	12/353, 836		アメリカ合衆国、ペンシルバニア州 1 5 3 1 7、キャノンズバーグ、ウエスト カ レッジ ストリート 1 1 9、アパートメ ント 1 号
(32) 優先日	平成21年1月14日 (2009. 1. 14)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	12/353, 413		
(32) 優先日	平成21年1月14日 (2009. 1. 14)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メーターデータを使用した配電システム解析

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

配電システムの相導体線路の複数のセグメントそれぞれにおける少なくとも1つの相導体線路状況を決定するよう構成された監視システムであって、

前記相導体線路に沿った第1の位置に配置され、第1のセットの同期フェーザデータを生成するよう構成されている、第1のセンサーと、

前記相導体線路に沿った第2の位置に配置され、第2のセットの同期フェーザデータを生成するよう構成されている、第2のセンサーと、

前記第1のセットの同期フェーザデータおよび前記第2のセットの同期フェーザデータを受信し、前記相導体に電氣的に接続された少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧を、前記少なくとも1つの配電変圧器の二次側電圧に基づき決定するよう構成されているプロセッサであって、前記第1のセットの同期フェーザデータ、前記第2のセットの同期フェーザデータ、および前記少なくとも1つの配電変圧器の前記一次側電圧に基づき、前記複数のセグメントそれぞれにおける少なくとも電力散逸を含む少なくとも1つの相導体線路状況を決定するようさらに構成されている、前記プロセッサと、

を含む、前記監視システム。

【請求項 2】

前記プロセッサは、前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側に電氣的に接続された複数のメーターによって生成されるデータに基づき、前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側電圧を決定するようさらに構成されている、請求項1に記載の監視システム

10

20

。

【請求項 3】

前記複数のメーターによって生成される前記データは、第 1 のメーターによって測定された第 1 のセットのメーター電圧および第 1 のセットのメーター電流、ならびに第 2 のメーターによって測定された第 2 のセットのメーター電圧および第 2 のセットのメーター電流である、請求項 2 に記載の監視システム。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの配電変圧器は、第 1 の配電変圧器および第 2 の配電変圧器を含み、

前記プロセッサは、前記第 1 の配電変圧器の前記二次側に電氣的に接続された複数のメーターによって生成される前記データに基づき、前記第 1 の配電変圧器の二次側電圧を決定するようさらに構成されており、

10

前記プロセッサは、前記第 2 の配電変圧器の前記二次側に電氣的に接続された前記複数のメーターによって生成される前記データに基づき、前記第 2 の配電変圧器の二次側電圧を決定するようさらに構成されている、請求項 2 に記載の監視システム。

【請求項 5】

前記プロセッサは、前記第 1 のセットの同期フェーザデータ、前記第 2 のセットの同期フェーザデータ、および前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記一次側電圧に基づき、ある瞬間における前記複数のセグメントそれぞれにおいて散逸した前記電力を決定するよう構成されている、請求項 1 に記載の監視システム。

20

【請求項 6】

前記プロセッサは、前記複数のセグメントそれぞれにおける前記決定された散逸した電力に基づき、前記複数のセグメントそれぞれの前記少なくとも 1 つの線路状況を決定するようさらに構成されている、請求項 5 に記載の監視システム。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの相導体線路状況は、線路温度分布である、請求項 1 に記載の監視システム。

【請求項 8】

前記プロセッサは、前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記二次側電圧に電氣的に接続された、通信システムのブリッジ要素による測定に基づき、前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記二次側電圧を決定するようさらに構成されている、請求項 1 に記載の監視システム。

30

【請求項 9】

相導体線路の複数のセグメントそれぞれにおける少なくとも 1 つの状況を決定する方法であって、前記方法は、プロセッサおよびメモリを有するコンピュータデバイスによって実行可能であり、前記コンピュータデバイスは、少なくとも 1 つのデータ獲得デバイスまたはシステムと結び付いており、前記方法は、

前記コンピュータデバイスによって、前記相導体線路に関連する第 1 のセットの同期フェーザデータを受信するステップと、

前記コンピュータデバイスによって、前記相導体線路に関連する第 2 のセットの同期フェーザデータを受信するステップと、

40

前記プロセッサによって、少なくとも 1 つの配電変圧器の一次側電圧を、前記少なくとも 1 つの配電変圧器の二次側電圧に基づき決定するステップと、

前記プロセッサによって、前記第 1 のセットの同期フェーザデータ、前記第 2 のセットの同期フェーザデータ、および前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記一次側電圧に基づき、前記複数のセグメントそれぞれにおける少なくとも電力散逸を含む前記少なくとも 1 つの相導体線路状況を決定するステップと、

を含む方法。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記二次側に接続された複数のメーターから受信さ

50

れたメーターデータに基づき、前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側電圧を決定するステップをさらに含む、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側に接続された複数のメーターから受信されたメーターデータに基づき前記二次側電圧を決定するステップは、第1のメーターから受信された第1のセットのメーター電圧データおよび第1のセットのメーター電流データ、ならびに第2のメーターから受信された第2のセットのメーター電圧データおよび第2のセットのメーター電流データに基づき前記二次側電圧を決定するステップを含む、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記少なくとも1つの相導体線路状況を決定するステップは、前記第1のセットの同期フェーザデータ、前記第2のセットの同期フェーザデータ、および前記少なくとも1つの配電変圧器の前記一次側電圧に基づき、ある瞬間における前記相導体線路の複数のセグメントの個別の相導体線路状況を少なくとも1つ決定するステップを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項13】

前記少なくとも1つの相導体線路状況を決定するステップは、前記相導体線路の前記複数のセグメントにおける前記決定された電力散逸に基づき、前記相導体線路の温度を決定するステップをさらに含む、請求項9に記載の方法。

【請求項14】

前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側に電氣的に接続された、通信システムのブリッジ要素からのデータに基づき、前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側電圧を決定するステップをさらに含む、請求項9に記載の方法。

【請求項15】

相導体線路の複数のセグメントそれぞれにおける少なくとも1つの相導体線路状況を決定するためのコンピュータ実行可能命令によりエンコードされた非一時的なコンピュータ可読媒体であって、前記コンピュータ実行可能命令は、プロセッサにより実行可能であり、前記コンピュータ可読媒体は、

前記相導体線路に関連する第1のセットの同期フェーザデータを受信するよう実行可能な命令と、

前記相導体線路に関連する第2のセットの同期フェーザデータを受信するよう実行可能な命令と、

少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧を、前記少なくとも1つの配電変圧器の二次側電圧に基づき決定するよう実行可能な命令と、

前記第1のセットの同期フェーザデータ、前記第2のセットの同期フェーザデータ、および前記少なくとも1つの配電変圧器の前記一次側電圧に基づき、前記複数のセグメントそれぞれにおける少なくとも電力散逸を含む少なくとも1つの相導体線路状況を決定するよう実行可能な命令と、

を含む、コンピュータ可読媒体。

【請求項16】

前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側に接続された複数のメーターから受信されたメーターデータに基づき、前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側電圧を決定するよう実行可能な命令をさらに含む、請求項15に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項17】

前記少なくとも1つの配電変圧器の前記二次側電圧を決定するよう実行可能な前記命令は、第1のメーターから受信された第1のセットのメーター電圧データおよび第1のセットのメーター電流データ、ならびに第2のメーターから受信された第2のセットのメーター電圧データおよび第2のセットのメーター電流データに基づき決定するよう実行可能な命令を含む、請求項16に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項18】

前記第 1 のセットの同期フェーザデータ、前記第 2 のセットの同期フェーザデータ、および前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記一次側電圧に基づき、ある瞬間における前記相導体線路の複数のセグメントの個別の相導体線路状況を少なくとも 1 つ決定するべく、前記少なくとも 1 つの相導体線路状況を決定するよう実行可能な命令をさらに含む、請求項 15 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 19】

前記少なくとも 1 つの相導体線路状況を決定するよう実行可能な前記命令は、前記相導体線路の前記複数のセグメントにおける前記決定された電力散逸に基づき、前記相導体線路の前記温度を決定するよう実行可能な命令をさらに含む、請求項 15 に記載のコンピュータ可読媒体。

10

【請求項 20】

前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記二次側に電氣的に接続された、通信システムのブリッジ要素からのデータに基づき、前記少なくとも 1 つの配電変圧器の前記二次側電圧を決定するよう実行可能な命令をさらに含む、請求項 15 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 21】

同期化されたデータを取得するために配電システム内の複数のセンサーポイントを決定する方法であって、前記方法は、プロセッサおよびメモリを有するコンピュータデバイスによって実行可能であり、前記コンピュータデバイスは、少なくとも 1 つのデータ獲得デバイスまたはシステムと結び付いており、前記方法は、

20

前記プロセッサによって、配電システムを表すマップをロードするステップと、

前記プロセッサによって、第 1 の所定の基準に基づき、前記配電システムの第 1 のレベルにおいて前記マップ上の第 1 のセットのセンサーポイントを決定するステップと、

前記プロセッサによって、ユーザ入力基準に基づき、前記配電システムの第 2 のレベルにおいて前記マップ上の第 2 のセットのセンサーポイントを決定するステップであって、前記センサーポイントは、解析用の同期化されたフェーザデータを取得するよう構成されたセンサーを配置するために選択された位置を含む、前記ステップと、

を含む、前記方法。

【請求項 22】

前記第 1 の所定の基準に基づき、前記配電システムの第 3 のレベルにおいて前記マップ上の第 3 のセットのセンサーポイントを決定するステップと、

30

前記ユーザ入力基準に基づき、前記配電システムの前記第 3 のレベルにおいて前記マップ上の第 4 のセットのセンサーポイントを決定するステップと、

をさらに含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

第 2 の所定の基準に基づき、前記マップ上の第 5 のセットのセンサーポイント、前記配電システムの前記第 1、第 2、および第 3 のレベルのうちの少なくとも 1 つを決定するステップをさらに含む、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

前記第 1 の所定の基準は、契約上の義務、または配電システムの構成を含む、請求項 21 に記載の方法。

40

【請求項 25】

前記ユーザ入力基準は、負荷分散を含む、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 26】

前記第 2 の所定の基準は、前記配電システム内のコンデンサバンクの位置を含む、請求項 23 に記載の方法。

【請求項 27】

前記第 3 のレベルは、前記配電システムのフィーダ回路から分岐する 1 つ以上の回路を含むラテラルレベルを含む、請求項 22 に記載の方法。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本願は、電気システム解析に関し、特に、電気配電システム解析に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

送電システムなどの電力システムの解析には、フェーザデータが使用され得る。フェーザデータは、同期化することもでき、同期化されたシステムデータを使用して、電力システムの導体線路の様々な解析を完了することができる。しかし、フェーザデータを取得するために使用されるセンサーには、導体線路に沿って大きな間隔が空けられていることもあり、フェーザデータに基づく、導体線路に関する問題の位置特定の精度が落ちることもある。

10

## 【発明の概要】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0003】

配電システム内の少なくとも1つの相導体状況を決定するよう構成された監視システムは、相導体線路 (phase conductor line) に沿った位置に配置された第1のセンサーを含むとよい。第1のセンサーは、第1のセットの同期フェーザデータを生成するよう構成されているとよい。監視システムは、相導体線路に沿った第2の位置に配置された第2のセンサーを含むとよい。第2のセンサーは、第2のセットの同期フェーザデータを生成するよう構成されているとよい。監視システムは、第1のセットの同期フェーザデータおよび第2のセットの同期フェーザデータを受信するよう構成されたプロセッサを含むとよい。このプロセッサは、相導体に電氣的に接続された少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧を、該少なくとも1つの配電変圧器の二次側電圧に基づき決定するようさらに構成されているとよい。このプロセッサは、第1のセットの同期フェーザデータ、第2のセットの同期フェーザデータ、および該少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧に基づき、少なくとも1つの相導体状況を決定するようさらに構成されているとよい。

20

## 【0004】

相導体線路の少なくとも1つの状況を決定する方法は、相導体線路に関連する第1のセットの同期フェーザデータを受信するステップを含むとよい。本方法は、相導体線路に関連する第2のセットの同期フェーザデータを受信するステップをさらに含むとよい。本方法は、少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧を、該少なくとも1つの配電変圧器の二次側電圧に基づき決定するステップをさらに含むとよい。本方法は、第1のセットの同期フェーザデータ、第2のセットの同期フェーザデータ、および該少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧に基づき、該少なくとも1つの相導体線路状況を決定するステップをさらに含むとよい。

30

## 【0005】

コンピュータ可読媒体は、プロセッサにより実行可能なコンピュータ実行可能命令によりエンコードされているとよい。コンピュータ可読媒体は、相導体線路に関連する第1のセットの同期フェーザデータを受信するよう実行可能な命令と、相導体線路に関連する第2のセットの同期フェーザデータを受信するよう実行可能な命令とを含むとよい。コンピュータ可読媒体は、少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧を、該少なくとも1つの配電変圧器の二次側電圧に基づき決定するよう実行可能な命令をさらに含むとよい。コンピュータ可読媒体は、第1のセットの同期フェーザデータ、第2のセットの同期フェーザデータ、および該少なくとも1つの配電変圧器の一次側電圧に基づき、少なくとも1つの相導体線路状況を決定するよう実行可能な命令をさらに含むとよい。

40

## 【0006】

同期化されたデータを取得するために配電システム内の複数のセンサーポイント (sensor point) を決定する方法は、配電システムを表すマップをロードするステ

50

ップを含むとよい。本方法は、第1の所定の基準に基づき、配電システムの第1のレベルにおいてマップ上の第1のセットのセンサーポイントを決定するステップをさらに含むとよい。本方法は、ユーザ入力基準に基づき、配電システムの第1のレベルにおいてマップ上の第2のセットのセンサーポイントを決定するステップをさらに含むとよい。

【0007】

配電変圧器の一次側電圧を決定する方法は、複数の時間インスタント (time instant) における、配電変圧器の二次巻線を流れる第1の電流を決定するステップを含むとよい。第1の電流の決定は、配電変圧器の二次側に接続された複数の被計測負荷 (metered load) によって生成される電流メーターデータに基づく。本方法は、複数の時間インスタントにおける、配電変圧器の二次巻線を流れる第2の電流を決定するステップを含むとよい。第2の電流の決定は、配電変圧器の二次側に接続された複数の被計測負荷によって生成された電流メーターデータに基づく。

10

【0008】

本方法は、複数の時間インスタントにおける第1の電流および複数の時間インスタントにおける第2の電流に基づき、複数の時間インスタントそれぞれに関して、複数の被計測負荷に流れる総電流を決定するステップを含むとよい。本方法は、複数の時間インスタントそれぞれにおける、複数の被計測負荷それぞれからの個別のメーター電圧を受信するステップを含むとよい。本方法は、複数の時間インスタントにおける、第1の電流、第2の電流、総電流、および個別のメーター電圧に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するステップを含むとよい。本方法は、複数の時間インスタントのうちの1つにおける、決定された二次側電圧に基づき、一次側電圧を決定するステップを含むとよい。

20

【0009】

一例では、複数の時間インスタントは、第1の時間インスタント、第2の時間インスタント、および第3の時間インスタントであるとよい。別の例では、複数の時間インスタントそれぞれにおける、複数の被計測負荷それぞれからの個別のメーター電圧は、複数の時間インスタントそれぞれにおける、第1のメーターおよび第2のメーターからの個別のメーター電圧であるとよい。別の例では、本方法は、個別の引き込み線ドロップ損失 (service line drop loss) に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するステップを含むとよい。別の例では、本方法は、共通線路損失 (common line loss) に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するステップを含むとよい。

30

【0010】

配電変圧器の一次側電圧を決定するシステムは、複数の時間インスタントにおける、配電変圧器の二次巻線を流れる第1の電流を、配電変圧器の二次側に接続された複数の被計測負荷によって生成される電流メーターデータに基づき決定するよう構成されたプロセッサを含むとよい。このプロセッサは、複数の時間インスタントにおける、配電変圧器の二次巻線を流れる第2の電流を、配電変圧器の二次側に接続された複数の被計測負荷によって生成される電流メーターデータに基づき決定するよう構成されているとよい。

【0011】

このプロセッサは、複数の時間インスタントにおける第1の電流および複数の時間インスタントにおける第2の電流に基づき、複数の時間インスタントそれぞれに関して、複数の被計測負荷に流れる総電流を決定するよう構成されているとよい。このプロセッサは、複数の時間インスタントそれぞれにおける、複数の被計測負荷それぞれからの個別のメーター電圧を受信するよう構成されているとよい。このプロセッサは、複数の時間インスタントにおける、第1の電流、第2の電流、総電流、および個別のメーター電圧に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するよう構成されているとよい。このプロセッサは、複数の時間インスタントのうちの1つにおける、決定された二次側電圧に基づき、一次側電圧を決定するよう構成されているとよい。

40

【0012】

50

一例では、複数の時間インスタントは、第1の時間インスタント、第2の時間インスタント、および第3の時間インスタントであるとよい。別の例では、複数の時間インスタントそれぞれにおける、複数の被計測負荷それぞれからの個別のメーター電圧は、複数の時間インスタントそれぞれにおける、第1のメーターおよび第2のメーターからの個別のメーター電圧であるとよい。別の例では、このプロセッサは、個別の引き込み線ドロップ損失に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するようさらに構成されているとよい。別の例では、このプロセッサは、共通線路損失に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するようさらに構成されているとよい。

【0013】

10

プロセッサにより実行可能なコンピュータ実行可能命令によりエンコードされたコンピュータ可読媒体は、複数の時間インスタントにおける、配電変圧器の二次巻線を流れる第1の電流を、配電変圧器の二次側に接続された複数の被計測負荷によって生成される電流メーターデータに基づき決定するよう実行可能な命令を含むとよい。このコンピュータ可読媒体は、複数の時間インスタントにおける、配電変圧器の二次巻線を流れる第2の電流を、配電変圧器の二次側に接続された複数の被計測負荷によって生成される電流メーターデータに基づき決定するよう実行可能な命令を含むとよい。

【0014】

このコンピュータ可読媒体は、複数の時間インスタントにおける第1の電流および複数の時間インスタントにおける第2の電流に基づき、複数の時間インスタントそれぞれに関して、複数の被計測負荷に流れる総電流を決定するよう実行可能な命令を含むとよい。このコンピュータ可読媒体は、複数の時間インスタントそれぞれにおける、複数の被計測負荷それぞれからの個別のメーター電圧を受信するよう実行可能な命令を含むとよい。このコンピュータ可読媒体は、複数の時間インスタントにおける、第1の電流、第2の電流、総電流、および個別のメーター電圧に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するよう実行可能な命令を含むとよい。コンピュータ可読媒体は、複数の時間インスタントのうちの1つにおける、決定された二次側電圧に基づき、配電変圧器の一次側電圧を決定するよう実行可能な命令を含むとよい。

20

【0015】

一例では、複数の時間インスタントは、第1の時間インスタント、第2の時間インスタント、および第3の時間インスタントであるとよい。別の例では、複数の時間インスタントそれぞれにおける、複数の被計測負荷それぞれからの個別のメーター電圧は、複数の時間インスタントそれぞれにおける、第1のメーターおよび第2のメーターからの個別のメーター電圧であるとよい。別の例では、コンピュータ可読媒体は、個別の引き込み線ドロップ損失に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するよう実行可能な命令を含むとよい。別の例では、コンピュータ可読媒体は、共通線路損失に基づき、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するよう実行可能な命令を含むとよい。

30

【0016】

本発明のさらなる目的および利点が、以下の記載から明らかになる。本発明の好適な実施形態が明確に示されている添付の図面を参照する。

40

【0017】

この技術革新は、以下の図面および記載を参照することでより深く理解され则认为られる。図面の構成要素は、必ずしも一定の縮尺にはなっておらず、本発明の原理を示すことに重点が置かれている。さらに、図面では、同じ参照番号は、種々の図面にわたって対応する部分を表す。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】配電システムの例の線図である。

【図2】配電システムのT型等価回路の例である。

50

【図 3】T 型等価回路を分解する手法の例である。

【図 4】T 型等価回路を分解する手法の別の例である。

【図 5】分解された図 2 の T 型等価回路の例である。

【図 6】配電システムの一部の線図である。

【図 7】配電変圧器の一次側電圧を決定するために使用される例示の動作のフロー図である。

【図 8】配電システムの状態変数値を決定するよう構成されたシステムの例である。

【図 9】線路導線の故障を決定するよう構成されたシステムの例である。

【図 10】配電システムの相導体線路の故障を決定する例示の動作のフロー図である。

【図 11】配電システムのセンサーポイントを決定する例示の動作のフロー図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0019】

図 1 は、例示の配電システム 100 の線図を示す。配電システム 100 は、相導体線路 104 に沿って回路終端 106 に電力を供給する変電所 102 を含むとよい。配電システム 100 などの配電システムは、3 相電気配電システムなど、2 つ以上の相導体を含むこともある。図 1 の線図は、例として単相を示すが、記載される概念は、2 相または 3 相電気配電システムなどにおける複数の相を実装する配電システムにも当てはまると考えられる。

【0020】

配電システム 100 は、複数のフィーダ回路 108 を含むとよい。各フィーダ回路 108 は、図 1 では  $FC_1 \sim FC_p$  として個別に表されている。各フィーダ回路 108 は、1 つ以上の需要家回路に電力を供給するよう構成されているとよい。各フィーダ回路 108 は、対応する配電変圧器 110 の二次側に電氣的に接続されるとよい。各配電変圧器 110 は、 $DT_1 \sim DT_p$  として個別に表されている。一例では、各配電変圧器 110 は、変電所 102 から供給された電圧を降圧（例えば電圧を、一次側でのより高い電圧から二次側でのより低い電圧に変圧）し、降圧された電圧に対応するフィーダ回路に提供するよう構成されているとよい。

20

【0021】

センサー 112 が、相導体線路 104 に沿って設置されて、相導体線路 104 に沿ったポイントにおける電圧および電流など、相導体線路 104 に関連する様々な値を測定するとよい。一例では、センサー 112 は、同期フェーザデータを生成するよう構成されているとよく、同期フェーザデータは、関連する配電システム内の他の場所で生じる同時測定と同期化される、電圧フェーザ測定および電流フェーザ測定を含むとよい。図 1 では、センサー 112 は、 $S_1$  および  $S_2$  として個別に表されており、これらがそれぞれ、相導体線路 104 に沿った接続ポイントにおけるフェーザ電圧および電流を測定するとよい。各センサー  $S_1$  および  $S_2$  によって収集されたデータは、同期化されて、単一時点におけるシステムの様々な部分の監視を可能にするとしてよい。図 1 では、センサー 112 は、相導体線路 104 の両端に位置するものとして示されている。別の例では、センサー 112 は、相導体線路 104 に沿った任意の位置に設置されるとよく、3 つ以上のセンサーが相導体線路 104 に沿って配置されてもよい。配電システム 100 はさらに、フィーダ回路 108 の下に他の回路レベルを含んでもよい。

30

40

【0022】

図 1 に示された構成では、各フィーダ回路 108 に関連する電圧および電流が測定されて、対応する各配電変圧器 110 の二次側変圧器の電圧および電流が決定されるとよい。これらの二次側変圧器電圧それぞれが、各配電変圧器 110 の対応する一次側電圧を決定するために使用されるとよい。各一次側電圧は、センサー 112 から取得された同期フェーザデータとともに使用され、相導体線路 104 の線路状況についての決定が下されてもよい。

【0023】

図 2 は、相導体線路 104 のセクション 202 に沿って配置されるとよい、同期フェー

50



ザデータを生成するよう構成されたセンサー 200 の線図を示す。一例では、セクション 202 は、図 1 に示された相導体線路 104 全体であってもよい。図 2 は、T 型等価回路としてモデル化された、センサー 200 間のセクション 202 を示す。相導体線路 104 は、図 2 で

【0024】

【数 1】

$$\tilde{Z}_1$$

【0025】

ブロックとして表され得る 1 つ以上の等価インピーダンスと、ブロック

【0026】

【数 2】

$$\tilde{Z}_N$$

【0027】

として表されている任意の負荷インピーダンスとを含むとよい。

【0028】

【数 3】

$$\tilde{Z}_N$$

【0029】

ブロックを通る矢印は、負荷インピーダンスが時間とともに変化すると考えられる挙動を示す。一例では、負荷インピーダンス

【0030】

【数 4】

$$\tilde{Z}_N$$

【0031】

は、線路セクション 202 に電氣的に接続された 1 つ以上のフィード回路を表し得る。

【0032】

センサー 112 と似て、センサー 200 は、配電システム内の、同期化される電圧および電流フェーザを測定するために使用されるとよい。これらの測定は、T 型等価モデルに関する状態変数の測定または計算のいずれかを可能にし、これは、新たな入力に対するシステム応答を決定するために使用される関連情報を提供するとよい。システムが現在の状態に至る形は、将来の状態に何の影響も持たない。所与の状態および許容入力に関して、システムの将来の状態が一意的に決定される。例えば、センサー S1 は、線路セクション 202 の接続ポイントにおける電圧フェーザ

【0033】

【数 5】

$$\tilde{V}_1$$

【0034】

および電流フェーザ

【0035】

10

20

30

40

【数 6】

$$\tilde{I}_1$$

【0036】

を測定するとよい。同様に、センサー S 2 は、線路セクション 202 の接続ポイントにおける電圧フェーザ

【0037】

【数 7】

$$\tilde{V}_2$$

10

【0038】

および電流フェーザ

【0039】

【数 8】

$$\tilde{I}_2$$

【0040】

を測定するとよい。これらの値が決定されて、同期化され、T 型等価回路に関連する、

【0041】

【数 9】

$$\tilde{Z}_1, \tilde{Z}_N, \tilde{V}_N, \text{および} \tilde{I}_N$$

20

【0042】

など、他の状態変数を計算するために使用されるとよい。これらの値は、測定されたフェーザ電圧および電流を使用し、以下に記載する一連の状態変数方程式を使用して決定されるとよい。

30

【0043】

【数 10】

$$\text{式 1} \quad \tilde{Z}_1 = (\tilde{V}_1 - \tilde{V}_2) / (\tilde{I}_1 + \tilde{I}_2)$$

$$\text{式 2} \quad \tilde{V}_N = \tilde{V}_1 - \tilde{I}_1 \tilde{Z}_1 = \tilde{V}_2 - \tilde{I}_2 \tilde{Z}_1$$

$$\text{式 3} \quad \tilde{I}_N = \tilde{I}_1 - \tilde{I}_2$$

$$\text{式 4} \quad \tilde{Z}_N = \tilde{V}_N / \tilde{I}_N$$

40

【0044】

センサー 200 の測定が、衛星航法システム (GPS: global positioning system) などによって時間的に同期される場合、センサー 200 による測定に基づき取得された同期フェーザデータを使用することで、任意の時間的瞬間における状態変数の決定が可能になる。状態変数の測定は、電力散逸に基づき決定され得る線路温度など、線路セクション 202 に沿った様々な相導体線路状況の決定を可能にする。線路セクション 202 に沿ったさらなる測定が、線路セクション 202 に沿った電力散逸の決定のさらなる分解能を可能にしてもよい。一例では、T 型等価回路 204 は、より小さな T 型セクション (T-section) へと分解されることもできる。

【0045】

50

T型等価回路は、

【 0 0 4 6 】

【 数 1 1 】

$$\tilde{V}_1, \tilde{I}_1$$

【 0 0 4 7 】

値を次式のように

【 0 0 4 8 】

【 数 1 2 】

$$\tilde{V}_2, \tilde{I}_2$$

【 0 0 4 9 】

値に関連付ける T 行列をもたらす。

【 0 0 5 0 】

【 数 1 3 】

式 5

$$\begin{bmatrix} \tilde{V}_1 \\ \tilde{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{V}_2 \\ \tilde{I}_2 \end{bmatrix}$$

【 0 0 5 1 】

式中、T 行列は、T 型等価回路の入力電圧および電流と、出力電圧および電流との間の関係を規定する伝達関数である。

【 0 0 5 2 】

一例では、T 行列は、P 個の異なる T 型セクションに分解され得る。図 3 は、T 型等価回路の、P 個の T 型セクションへの例示の分解手法 3 0 0 のフロー図を示す。図 3 では、固有ベクトル解析によって固有ベクトルが決定されるとよい。図 3 に示されているように、固有ベクトルは、最終的に P 個の異なる T 型セクションの決定を可能にする。図 3 の固有ベクトル手法は、行列の次の 2 つの性質を使用する：行列の固有ベクトルが、形式が対角である等価行列を計算するために使用され得ること；および、対角行列の P 乗根が、対角エントリそれぞれの P 乗根を独立して計算することによって求められ得ること。この手法を使用することで、T 行列を、任意の数の T 型セクションに分解でき、再び合わせてもとの T 行列を得ることもできる。

【 0 0 5 3 】

別の例では、式 5 の T 行列は、解析のためにより小さな T 型セクションへと分解されることもできる。一例では、T 行列は、図 4 に示されているように、2 つの平方根要素 4 0 0 へと因数分解され得る。この分解手法は、N の因数分解が生じることを可能にし、2 N の T 型セクションをもたらす。

【 0 0 5 4 】

図 3 の分解手法を図 2 の T 型等価回路 2 0 4 に適用すると、図 5 に示されているものなどの、P 個の連結 T 型等価回路がもたらされ得る。各 T 型セクションは、個別の

【 0 0 5 5 】

【 数 1 4 】

$$\tilde{Z}_1$$

【 0 0 5 6 】

ブロックによって表された線路インピーダンスおよび個別の負荷インピーダンス

【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50

【数 1 5】

$$\tilde{Z}_N$$

【0 0 5 8】

を含むとよい。一例では、線路セクション 2 0 2 は、各同期フェーザ S 1 および S 2 の間に、図 1 に示されているフィード回路 1 0 8 など、P 個のフィード回路を含むとよい。これにより、図 5 の各 T 型セクションは、フィード回路に関連する配電変圧器の表現を含むことができる。

【0 0 5 9】

配電変圧器の表現を各 T 型セクションに含めることで、各配電変圧器の一次側電圧が、解析の間、各 T 型セクションに関連する各ノード電圧

【0 0 6 0】

【数 1 6】

$$\tilde{V}_N$$

【0 0 6 1】

1 ~ P の振幅の推定を表すことが可能になるとよい。各ノード電圧

【0 0 6 2】

【数 1 7】

$$\tilde{V}_N$$

【0 0 6 3】

が定められると、隣接したノード電圧

【0 0 6 4】

【数 1 8】

$$\tilde{V}_N$$

【0 0 6 5】

間、ならびに各センサー S 1 および S 2 と、隣接したノード電圧

【0 0 6 6】

【数 1 9】

$$\tilde{V}_N$$

【0 0 6 7】

との間の電圧降下が、システム測定に基づき決定され得る。電圧降下は、線路セクションの散逸した電力に基づく線路温度など、様々な線路状況の決定を可能にする。例えば、線路セクション 2 0 2 の長さは通常、既知であるか、または推定可能なため、図 2 の T 型等価回路の

【0 0 6 8】

【数 2 0】

$$\tilde{Z}_1$$

【0 0 6 9】

が決定されると、距離当たりのインピーダンスが求められ得る。したがって、図 5 のより

10

20

30

40

50

小さな T 型セクションの各インピーダンス

【 0 0 7 0 】

【 数 2 1 】

$$\tilde{Z}_1$$

【 0 0 7 1 】

が、センサー S 1 および S 2 と、隣接した配電変圧器との間か、または隣接した配電変圧器間いずれかの線路長に基づき決定され得る。

【 0 0 7 2 】

一例では、散逸した電力は、 $P = V^2 / R$  の関係によって決定されてもよく、式中、V は隣接した電圧ノード

【 0 0 7 3 】

【 数 2 2 】

$$\tilde{V}_N$$

【 0 0 7 4 】

間、またはセンサー 2 0 0 と電圧ノード

【 0 0 7 5 】

【 数 2 3 】

$$\tilde{V}_N$$

【 0 0 7 6 】

との間の電圧降下である。R は、配電変圧器またはセンサーのいずれかからの、電圧値間の線路インピーダンスの実部である。散逸した電力は、線路セクション 2 0 2 のセンサーポイント（例えばセンサーおよび配電変圧器の一次側）間のセグメントの温度を決定するために使用されてもよく、これが故障解析に使用されてもよい。

【 0 0 7 7 】

一例では、配電変圧器 6 0 0 の一次側電圧は、個別の二次側電圧に基づき決定され得る。図 6 は、一次側配電変圧器電圧を決定するために使用されるとよいフィード回路構成の例を示す。図 6 は、相導体線路 6 0 2 を示す。配電変圧器 6 0 0 の一次巻線 6 0 4 は、相導体線路 6 0 2 に電氣的に接続され、一次側電圧  $V_p$  を有するとよい。配電変圧器 6 0 0 の二次巻線 6 0 6 は、変圧器 6 0 0 の二次側に対する負荷を形成する 1 つ以上の需要家に電氣的に接続されているとよい。図 6 の例では、2 つの需要家回路 6 0 8、6 1 0 が示されているが、より多くの需要家回路が配電変圧器 6 0 2 に接続されてもよい。各需要家回路 6 0 8、6 1 0 は、分相構成で二次巻線 6 0 6 に接続されるように示されている。分相接続は、需要家回路が二次巻線 6 0 6 の両端に接続されることを可能にし、中心タップ 6 1 2 は接地されるように示されている。分相構成によって、需要家回路 6 0 8、6 1 0 による二次側電圧  $V_s$  の受け取りが可能になる。他の例では、需要家回路は、他の任意の構成で二次巻線 6 0 6 に接続されるとよい。

【 0 0 7 8 】

各需要家回路 6 0 8、6 1 0 に配電される電力は、それぞれメーター 6 1 4、6 1 6 を用いて測定および記録されるとよい。各メーター 6 1 4、6 1 6 は、それぞれプロセッサ 6 1 8、6 2 0 を含むとよく、さらにそれぞれメモリ 6 2 2、6 2 4 を含むとよい。メーター 6 1 4、6 1 6 は、電力消費を処理するために個別のプロセッサおよびメモリを使用するとよい。各メーター 6 1 4、6 1 6 は、アナログ - デジタル変換器（図示せず）を含み、メーター 6 1 4、6 1 6 はデジタル電力利用データを処理できるとよい。図 6 において、各メーター 6 1 4、6 1 6 は、実質的に同じ形で動作するとよい。したがって、需要

10

20

30

40

50

家回路 6 0 8 について記載する例は、需要家回路 6 1 0 にも、さらには図 6 に示されているフィーダ回路に接続され得る他の需要家回路にも当てはまると考えられる。

【 0 0 7 9 】

一例では、需要家回路 6 0 8 は、相導体線路 6 0 0 から供給された電力を消費するとよい。図 6 に示されている分相構成では、電流  $I_1$  が、二次巻線 6 0 6 を介し、導体線路 6 1 1 を流れるとよく、電流  $I_2$  は、導体線路 6 1 3 を流れるとよい。導体線路 6 1 1、6 1 3 は、それぞれ共通線路損失  $R_{s1}$  および  $R_{s2}$  を含むと考えられ、これは、接続された需要家回路それぞれによって共有される共通線路損失を表す。電流  $I_1$  および  $I_2$  それぞれの少なくとも一部分は、それぞれ需要家回路 6 0 8 の分岐 6 2 6、6 2 8 を流れるとよく、図 6 では分岐電流  $I_{A1}$  および  $I_{B1}$  によって表されている。

10

【 0 0 8 0 】

各分岐 6 2 6、6 2 8 は、それぞれ引き込み線 ( service drop line ) 損失  $R_{d1}$ 、 $R_{d2}$  をそれぞれ含むとよい。分岐電流  $I_{A1}$  および  $I_{B1}$  は、それぞれメーター 6 1 4 を流れる。メーター 6 1 4 は、分岐電流  $I_{A1}$  および  $I_{B1}$  を測定する、内部電流メーター 6 3 0、6 3 2 を含むとよい。メーター 6 1 4 はさらに、内部電圧メーター 6 3 4 を含むとよく、これは、分岐電流  $I_{A1}$  と  $I_{B1}$  との間の電流差に基づきメーター電圧  $V_{M1}$  を決定するとよい。需要家回路 6 0 8 はさらに、図 6 で  $R_{l1}$  および  $R_{l2}$  として表されている負荷を含むとよい。

【 0 0 8 1 】

同様に、需要家回路 6 1 0 は、分岐電流  $I_{A2}$  および  $I_{B2}$  を受け取るとよく、これらはそれぞれ、電流  $I_1$  および  $I_2$  それぞれの一部分のみであるとよい。各分岐電流  $I_{A2}$  および  $I_{B2}$  は、個別の分岐 6 3 6、6 3 8 を流れるとよく、引き込み線損失  $R_{d1}$  および  $R_{d2}$  を有する。分岐電流  $I_{A2}$  および  $I_{B2}$  は、メーター 6 1 6 によって測定されるとよく、需要家回路 6 1 0 のメーター電圧  $V_{M2}$  が決定されるとよい。需要家回路 6 1 0 は、図 6 で  $R_{l3}$  および  $R_{l4}$  として表されている負荷を含むとよい。

20

【 0 0 8 2 】

一例では、メーター電圧  $V_{M1}$  および  $V_{M2}$  と、二次電圧  $V_s$  との関係が、二次電圧  $V_s$  を決定するために使用されるとよい。この関係は、次式のように表され得る。

【 0 0 8 3 】

【 数 2 4 】

30

式 6

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -I_1[1] & 0 & -I_T[1] \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -I_2[1] & -I_T[1] \\ 0 & 1 & 0 & -I_1[2] & 0 & -I_T[2] \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -I_2[2] & -I_T[2] \\ 0 & 0 & 1 & -I_1[3] & 0 & -I_T[3] \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -I_2[3] & -I_T[3] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_s[1] \\ V_s[2] \\ V_s[3] \\ R_{d1} \\ R_{d2} \\ R_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{M1}[1] \\ V_{M2}[1] \\ V_{M1}[2] \\ V_{M2}[2] \\ V_{M1}[3] \\ V_{M2}[3] \end{bmatrix}$$

【 0 0 8 4 】

40

式 6 中、「[ 1 ]」は、第 1 の時間インスタントにおける個別の変数の値を表すとよく、「[ 2 ]」は、第 2 の時間インスタントにおける個別の変数の値を表すとよく、「[ 3 ]」は、第 3 の時間インスタントにおける個別の変数の値を表すとよい。式 6 中、 $R_{s1} = R_{s2} = R_s / 2$  および  $R_{d1} = R_{d2}$  など、様々な仮定をすることができる。他の例では、さらなる時間インスタントが使用されてもよい。

【 0 0 8 5 】

式 6 中、 $I_T = I_1 + I_2$  であり、需要家回路を流れる総電流を表す。電流  $I_1$  および  $I_2$  は、各需要家回路の対応する分岐の電流を合計することにより求められ得る。これは、各メーターによって決定された電流値を使用して測定電流を合計することによって、電流  $I_T$  を決定することを可能にする。式 6 中、電流値を含む行列の逆行列を求め、選択さ

50

れた3つの時間インスタントのメーター電圧 $V_{M1}$ および $V_{M2}$ を含む行列を掛けるとよい。これによって、3つの選択された時間インスタントの二次電圧 $V_S$ を含む行列を決定できる。したがって、決定された二次電圧 $V_S[1]$ 、 $V_S[2]$ 、および $V_S[3]$ それぞれが、それぞれ個別の時間インスタントに使用されるとよい。3つの値はそれぞれ、変圧器602の巻数比に基づき、個別の時間インスタントにおける一次電圧 $V_P$ を求めるために使用されるとよい。

#### 【0086】

図6の構成は、配電システムの需要家回路に関連する被計測負荷が、電力をこの負荷に届ける、接続された変圧器の一次側電圧を決定するために使用されるとよい例を示す。他の例では、被計測負荷は、被計測負荷に電力を提供している変圧器の一次側電圧を、被計測負荷と変圧器との間に配置された装置を用いて決定するために使用されてもよい。例えば、図6に示されている構成では、継電器または開閉器などの様々な装置が、需要家回路608、610と、変圧器600との間に接続されていてもよい。他の例では、他の変圧器が、変圧器600と、需要家回路608、610との間に配置されてもよい。これら代替の例では、需要家回路608、610に関連する被計測負荷が、相導体線路に接続された変圧器600に関連する一次側電圧を決定するために使用されるとよい。

#### 【0087】

配電変圧器600などの配電変圧器の一次側電圧は、他の形で決定されてもよい。一例では、配電システムは、送電線に基づく通信システムを含んでもよい。送電線に基づく通信システムは、図1の配電システム100などの配電システム上で動作するように構成されてもよい。送電線に基づく通信システムは、配電変圧器 $DT_1 \sim DT_p$ などの配電変圧器それぞれに位置するブリッジ要素(bridge element)を含んでもよい。ブリッジ要素によって、二次側変圧器電圧が測定され、送電線に基づく通信システムに沿って送られることが可能になるとよい。各二次側変圧器電圧は、巻数比に基づき対応する一次側電圧を決定するために使用されるとよい。

#### 【0088】

図7は、配電変圧器の一次側電圧を決定するための例示の動作のフロー図を示す。ステップ700は、複数の時間インスタントに関して、配電変圧器の二次側に接続された各需要家回路の各分岐を流れる測定電流を決定することを含むとよい。一例では、ステップ700は、図6でメーター614、616に関して示された形で接続されたメーターを使用して実行されるとよい。この構成は、各メーターが、3つの時間インスタントなどのいくつかの時間インスタントに関して、個別の分岐を流れる電流を測定できるようにする。これらの電流が、各分岐の各時間インスタントにおいて合計されて、対応する分岐を流れる総電流が提供されるとよい。

#### 【0089】

この動作はさらに、複数の時間インスタントに関して、各需要家回路を流れる総電流を決定するステップ702を含んでもよい。一例では、複数の時間インスタントそれぞれにおける総電流は、複数の時間インスタントそれぞれにおいて各メーターによって測定された電流を合計することによって求められるとよい。一例では、ステップ702は、図6に示されているメーター614、616などのメーターを使用して実行されるとよい。この動作はさらに、複数の時間インスタントにおける第1のメーター電圧および第2のメーター電圧を決定するステップ704を含むとよい。一例では、ステップ704は、メーター614、616を使用して図6に関して記載した形で実行されるとよい。この動作はさらに、複数の時間インスタントそれぞれにおける、配電変圧器の二次側電圧を決定するステップ706を含むとよい。一例では、ステップ706は、図6に関して記載した形で実行されるとよく、式6を使用して3つの時間インスタントそれぞれにおける、二次側電圧を決定するとよい。この動作はさらに、配電変圧器の一次側電圧を決定するステップ708を含むとよい。一例では、これは、配電変圧器の巻数比および二次側電圧を使用して一次側電圧を決定することによって実行されるとよい。

#### 【0090】

図 6 に示されている関連する T 型セクションそれぞれに関して、一次側変圧器電圧、すなわちノード電圧

【 0 0 9 1 】

【 数 2 5 】

$$\tilde{V}_N$$

【 0 0 9 2 】

を決定することによって、前述のようにノード電圧を使用して相導体のセクションに沿った電力損失を決定することができる。一例では、相導体線路の状況を決定するための解析は、図 8 および 9 に示されている例示の構成を使用して決定されてもよい。図 8 は、一対のセンサーから取得されたフェーザデータを使用して状態変数を生成するよう構成された例示のシステムを示し、これは、図 1 に示されているものなどの一対のセンサーの間の相導体線路セクションに関する同期フェーザデータを生成するために使用され得る。関連する状態変数は、電力散逸に基づく温度など、相導体線路の状況を決定するために使用されてもよい。メーターデータに基づき決定されるものなどの一次側電圧は、例えば、フィーダ電圧調整、配電変圧器検出および分類、停電検出および位置推定、ならびに電力復旧追跡など、様々な他の用途に使用され得る。

【 0 0 9 3 】

図 8 のシステムは、相 A、B および C を有する 3 相システムの電圧および電流測定を受信するように示されている。電圧  $V_A \sim V_C$  および電流  $I_A \sim I_C$  は、ラインセンサー (line sensor) (図示せず) によって決定されるとよい。感知された電圧  $V_A \sim V_C$  および感知された電流  $I_A \sim I_C$  は、個別の A/D 変換器 802 ~ 812 によって受信されるとよい。デジタル化された電圧および電流データは、データリングバッファ 814 ~ 824 などの個別のデジタル記憶デバイスにおいて受信され、記憶されるとよい。デジタル化されたデータは、特定の時間の各相の状態変数値を決定するために使用されるとよい。デジタル化されたデータは、プロセッサ 828 およびメモリ 830 を有するコンピュータデバイス 826 によって受信されるとよい。コンピュータデバイス 826 は、各相のデジタル化されたデータを使用して、各相に関連する状態変数を生成するとよい。

【 0 0 9 4 】

デジタル化された相データは、フーリエ変換モジュール 832 を介してコンピュータデバイス 826 によって周波数領域に変換されるとよい。コンピュータデバイス 826 は、モジュール 834 によって、実効値 (RMS: root mean square) 情報を各相の電圧 ( $V_{RMS}$ ) および電流 ( $I_{RMS}$ ) に関して決定し、さらに有効電力 (P) および無効電力 (Q) を決定するために、この周波数領域データを処理するとよい。デジタル化された相データはさらに、線路周波数を決定するために、コンピュータデバイス 826 によって 3 相周波数追跡モジュール 836 において使用されてもよい。

【 0 0 9 5 】

各相の RMS 電圧および電流、各相の有効および無効電力、ならびに線路周波数は、コンピュータデバイス 826 によってモジュール 838 において使用されるとよく、モジュール 838 は、力率決定、電圧フェーザ周波数補償、ならびに各相の対応する電圧フェーザ、電流強度、および力率からの各相に関する電流フェーザの決定を含むとよい。モジュール 838 は、各相に関して電圧フェーザ

【 0 0 9 6 】

【 数 2 6 】

$$(\tilde{V}_{ABC})$$

【 0 0 9 7 】

および電流フェーザ



【 0 0 9 8 】

【 数 2 7 】

$$\left( \tilde{I}_{ABC} \right)$$

【 0 0 9 9 】

を生成するとよい。コンピュータデバイス 8 2 6 は、位相補正モジュール 8 4 0 を含むとよく、これは、GPS 信号を GPS 信号源 8 4 2 から、さらに AC 電圧システム周波数をシステム周波数源 8 4 3 から受信し、この結果、ラインセンサーの同期フェーザデータが生成される。各相の同期フェーザデータ

10

【 0 1 0 0 】

【 数 2 8 】

$$\tilde{V}_{\text{synch}}、\tilde{I}_{\text{synch}}$$

【 0 1 0 1 】

は、コンピュータデバイス 8 2 6 によって状態変数決定モジュール 8 4 5 において使用されるとよく、状態変数決定モジュール 8 4 5 はさらに、別の隣接するセンサーからの、同期フェーザデータモジュールの同期フェーザデータ 8 4 4 を実装して、線路導体のセクションの各相に関する状態変数を決定する。図 9 には、3 相それぞれの状態変数値を表すことができる一連の状態変数 8 4 6 が示されている。

20

【 0 1 0 2 】

コンピュータデバイス 8 2 6 は、遠隔端末ユニット (RTU: remote terminal unit) 内など、配電システムに接続されたコンピュータデバイスであればよい。一例では、コンピュータデバイス 8 2 6 は、状態変数を生成して、その状態変数を、別のコンピュータデバイスにより使用されるよう集中地点に送るとよい。別の例では、コンピュータデバイス 8 2 6 は、同期フェーザデータ

【 0 1 0 3 】

【 数 2 9 】

$$\tilde{V}_{\text{synch}} \text{ および } \tilde{I}_{\text{synch}}$$

30

【 0 1 0 4 】

を、隣接するラインセンサーの同期フェーザデータも受信するとよい集中地点に送るとよく、これによって、集中地点における状態変数の決定が可能になる。

【 0 1 0 5 】

各相の状態変数が決定されると、状態変数は、対応する相の配電変圧器の一次電圧とともに使用され、相導体線路セクションの状況が決定されるとよい。図 9 は、相 A の線路セクションの状況を決定するよう構成されているとよいシステム 9 0 0 を示す。なお、その他任意の相 B または C の線路セクションを、実質的に同じ形で解析できる。

40

【 0 1 0 6 】

一例では、システム 9 0 0 は、コンピュータデバイス 9 0 2 を含むとよい。コンピュータデバイス 9 0 2 は、単一のコンピュータデバイスであっても、またはいくつかのコンピュータデバイスであってもよい。図 9 の例では、コンピュータデバイス 9 0 2 は、プロセッサ 9 0 4 およびメモリ 9 0 6 を含む。プロセッサ 9 0 4 およびメモリ 9 0 6 は、状態変数値および需要家回路メーターデータを処理するために使用されるとよい。一例では、コンピュータデバイス 9 0 2 は、集中地点に位置するとよく、被計測配電システム (metered distribution system) 全体にわたって位置する RTU などのデータ収集デバイスから状態変数データを受信する。システムデータの獲得および決定のために、電圧および電流センサー、またはその他、配電システム関係のデータを獲得

50

して状態変数値を計算できる任意のデバイスもしくはメカニズムなど、他のデバイスが使用されてもよい。別の例では、コンピュータデバイス 902 は、状態変数値を決定するために、同期フェーザデータ測定を受信するとよい。図 8 のコンピュータデバイス 826 も、コンピュータデバイス 902 に関連する動作およびモジュールを実行するために使用されてもよい。

#### 【0107】

図 9 において、コンピュータデバイス 902 は、コンピュータデバイス 902 によって解析される線路セグメントに接続されている配電変圧器に関する状態変数および需要家回路メーターデータを受信するとよい。一例では、コンピュータデバイス 902 は、モジュール 908 を実装して、需要家回路メーターデータを図 6 に関して記載した形で処理し、解析される線路セクションに沿った様々なポイントに配置されている個別の配電変圧器に関連する一次側電圧を生成するとよい。一例では、コンピュータデバイス 902 は、RTU、監視制御データ収集システム (SCADA: supervisory control and data acquisition)、メーターシステム、またはその他任意のデータ獲得デバイスもしくはシステムなど、配電システム内の需要家回路に関連するメーターデータを取得することを担当するデータクエリデバイスに問い合わせを行うとよい。

#### 【0108】

一次側電圧は、コンピュータデバイス 902 によって、モジュール 910 において状態変数とともに使用されて、同期フェーザデータを生成するセンサーを含むとよいセンサーポイント間、ならびに配電変圧器の一次側のノード電圧間の、相導体線路セグメントに沿った電圧降下が決定されるとよい。一例では、モジュール 910 は、上記の T 型セクション解析を実装するとよい。コンピュータデバイス 902 は、モジュール 912 において、各セグメントの電力散逸決定を実行するとよい。各セグメントに関して決定された電力散逸は、コンピュータデバイス 902 によってモジュール 914 において、各セグメントの線路セグメント温度を決定して、異常温度を有する任意のセグメントを示す出力信号を生成するために使用されるとよく、この異常温度は、当該セグメントに沿った故障を示すこともある。

#### 【0109】

別の例では、送電線に基づく通信システムのブリッジ要素を使用して、二次側変圧器電圧  $DT_1 \sim DT_p$  が決定されるとよい。二次側電圧は、送電線に基づく通信システムによってコンピュータデバイス 902 へ送られて、モジュール 912 において一次側変圧器電圧に変換されるとよい。別の例では、コンピュータデバイス 902 によって受信される二次側電圧は、メーターまたは送電線に基づく通信システムのブリッジ要素からの二次側電圧の組み合わせであるとよい。

#### 【0110】

図 10 は、相導体線路の状況を決定する例示の動作のフロー図を示す。ステップ 1000 は、第 1 および第 2 のセンサーからの出力に基づき同期フェーザデータを決定することを含むとよい。一例では、ステップ 1000 は、センサー S1 および S2 が、線路セクション 202 に沿って配置され、同期フェーザデータを決定するために使用され得るデータを生成するよう構成されている、図 2 において示されたものなどの構成を使用して実行されるとよい。

#### 【0111】

この動作は、第 1 および第 2 のセンサー間の線路セクションに関連する状態変数値を決定するステップ 1002 を含むとよい。一例では、ステップ 1002 は、同期フェーザデータと、式 1 ~ 4 とを使用して実行されるとよい。この動作はさらに、第 1 および第 2 のセンサー間の線路セクションの T 型等価回路を決定するステップ 1004 を含むとよい。一例では、これは、ステップ 1002 で決定された状態変数を使用して実行されるとよい。

#### 【0112】

10

20

30

40

50

この動作はさらに、T型等価回路を、より小さなT型セクションへと分解するステップ1006を含むとよい。一例では、ステップ1006は、図3または4に関して記載した形で実行されるとよい。この動作はさらに、第1および第2のセンサー間の線路セグメントに接続されているとよい、配電変圧器の二次側に接続された電力メーターからのメーターデータを決定するステップ1008を含むとよい。この動作はさらに、第1および第2のセンサー間の線路セグメントに電氣的に接続されている各配電変圧器の一次側電圧を決定するステップ1010を含むとよい。一例では、ステップ1010は、得られたメーターデータを使用して、図6に関して記載した形で実行されるとよい。

#### 【0113】

図10の動作はさらに、第1および第2のセンサー間の複数の線路セグメントにおける電力散逸を決定するステップ1012を含むとよい。一例では、ステップ1012は、T型等価回路解析において、状態変数値と、第1および第2のセンサー間の配電変圧器の一次側電圧とを使用して実行されるとよい。上記の通り、T型セクション解析において決定された状態変数値に基づき、距離毎のインピーダンスが、第1および第2のセンサー間の線路セグメントに関して決定されるとよい。この距離毎のインピーダンスは、決定された一次側変圧器電圧とともに使用されて、隣接する配電変圧器、ならびに第1および第2のセンサー間の各線路セグメントの決定が行われるとよい。

#### 【0114】

この動作は、線路セグメントのいずれかに沿って過度温度が存在するかどうかを決定するステップ1014を含むとよい。過度温度が検出されると、ステップ1016が実行されて、過度温度に関連するフィーダセグメントが決定されるとよい。故障温度が検出されなければ、この動作が継続的に実行されて、第1および第2のセンサー間の相導体線路セクションを監視するとよい。図10の動作は、相間、相地絡、3相故障（短絡）、および欠相故障（下流側で回路が開放し、その結果故障電流が流れない）など、故障状況に関連する他の相導体線路の状況を決定するために使用されてもよい。

#### 【0115】

配電システムは、電圧電力が配電され、様々なセクションへフィーダが分岐するのに従い、様々な構造またはトポロジレベルを含むと考えられる。これらの様々なレベルがすべてT型セクションに分解されて、システムを、上記の通りの形で継続的に解析することが可能になるとよい。T型セクション解析を実装するシステムを解析するためのデータが受信されるもとのセンサーポイントが、配電システム全体にわたって決定されるとよい。これらのセンサーポイントは、図1に示されたセンサーS1およびS2など、システム値を測定するセンサーを配置する、配電システムレベル内の位置、ならびに、図6に関して説明されたシステム解析のためにポイントの計測を行う選択された位置であればよい。

#### 【0116】

図11は、配電システム全体にわたってセンサーポイントを決定する例示の動作のフロー図を示す。ステップ1100は、配電システムの形態マップ（topographic map）をロードすることを含むとよい。一例では、このマップは、図9のコンピュータデバイス902などのコンピュータデバイス上にロードされるとよい。コンピュータデバイス902などの単数または複数のコンピュータデバイスは、図11の動作全体を実行するとよい。形態マップは、システムデータを取得するために使用され得る様々な配電システム装置を含む配電システムモデルであるとよい。

#### 【0117】

ステップ1102は、第1の所定の基準および入力基準に基づき、配電システムの第1のレベルにおけるセンサーポイントを決定することを含むとよい。形態マップは、決定される任意のセンサーポイントの位置の決定に使用されるとよい。一例では、配電システムの第1のレベルを、フィーダ回路レベルとしてもよい。フィーダ回路レベルは、変電所から回路の終端までの回路を含むとよい。一例では、解析用の同期化されたフェーザデータを取得するよう構成されたセンサーを配置するセンサーポイントが選択されるとよい。第1のレベルはさらに、フィーダ回路セクションを含むとよく、これは、回路継電器または

10

20

30

40

50

ヒューズなどの相互接続装置によって定義される、フィーダ回路のセクションであるといふ。第1のレベルはさらに、フィーダセグメントを含むとよく、これは、配電システムの他のエリアと比較してより確かな解析が望まれ得る配電システム内の選択されたエリアなど、解析に関する様々な要因によって定義されるとよい。

【0118】

一例では、第1の所定の基準は、一般化したシステム構成を表すとよく、これによって、様々な所定の従来のセンサー位置におけるセンサーポイントが決定されるとよい。別の例では、第1の所定の基準は、契約上の義務であるといふ。配電システムに接続されている需要家は、停電が発生した場合に金銭的な代償を受け取る契約を電力供給者と結んでいることもある。この基準は、この種の需要家を、他の需要家と比べてより綿密に監視するために使用されてもよく、これには、配電システムの他のエリアよりも多くのセンサーポイントが必要とされ得る。

10

【0119】

別の例では、入力基準は、負荷分散 (load distribution) など、解析される配電システムの特定の構成に基づき選択されるとよい。システム内では、配電システム内の特定のエリアにおいて、特定の回路に負荷の不安定さが生じる傾向があるといふこともある。入力基準は、特定の配電システムの負荷分散に関する考慮に基づきセンサーポイントが決定されることを可能にする。

【0120】

図11の動作は、センサーポイントが、配電システムの第2のレベルに配置されるかどうかを決定するステップ1104を含むとよい。一例では、ステップ1104でのこの決定は、第1の基準に基づくといふ。センサーポイントが配置される場合、ステップ1106は、第1の所定の基準およびユーザ入力基準に基づき、第2のレベルにおいてマップ上のセンサーポイントを決定することを含むとよい。一例では、配電システムの第2のレベルは、フィーダ分岐レベルを含んでもよい。フィーダ分岐レベルは、フィーダ回路から分岐する1つ以上の回路としてもよい。一例では、フィーダ分岐レベルは、変圧器にて電圧を降圧された回路であっても、またはフィーダ回路と同じ電圧であってもよい。第2のレベルはさらに、1つ以上の分岐セグメントレベルを含むとよく、これは、負荷の考慮、または特定の回路構成などの他のシステム上の考慮によって決定される、フィーダ分岐レベルのセグメントであってもよい。

20

30

【0121】

この動作は、センサーポイントが、配電システムの第3のレベルに配置されるかどうかを決定するステップ1108をさらに含むとよい。一例では、ステップ1108でのこの決定は、第1の所定の基準および入力基準に基づくといふ。センサーポイントが配置される場合、ステップ1110は、第1の基準に基づき、第3のレベルにおいてマップ上のセンサーポイントを決定することを含むとよい。一例では、配電システムの第3のレベルは、ラテラルレベルを含んでもよい。ラテラルレベルは、フィーダ回路またはフィーダ分岐から分岐する1つ以上の回路であればよく、したがって、第1および第2のレベルから分岐するとよい。一例では、ラテラルレベルは、図6に示されている回路構成など、需要家に直接接続された配電システム回路であってもよい。第3のレベルはさらに、1つ以上のラテラルセグメントレベルを含むとよく、これは、負荷の考慮、または特定の回路構成などの他のシステムの考慮によって決定される、フィーダ分岐レベルのセグメントであってもよい。第3のレベルのセンサーポイントは、同期フェーズ解析に使用されるデータを取得するセンサーを配置するために決定されてもよく、またはセンサーポイントは、図6に関して記載されたものなどの需要家のメーターであってもよい。需要家のメーターデータは、前述の形でなど、センサーデータとともにシステム解析に使用されるとよい。

40

【0122】

この動作は、追加のセンサーポイントが配置されるかどうかを、第1の所定の基準および入力基準に基づき決定するステップ1112を含むとよい。追加のセンサーポイントが配置される場合、ステップ1114は、第2の所定の基準に基づき、配電システムの第1

50

、第2、および第3のレベルにおいてマップ上のセンサーポイントを決定することを含むとよい。一例では、追加のセンサーポイントは、少なくとも1つの故障位置レベルに配置されるよう決定されてもよい。配電システムは、環境、負荷、回路構成など、様々な理由で、故障の影響をより受けやすいエリアを含むと考えられる。これらの理由が、故障位置レベルの場所、および追加のセンサーポイントが使用されるかどうかの決定における、第2の所定の基準に相当してもよい。追加のセンサーポイントはさらに、ステップ1114にて、システムコンデンサバンク、または例えばガスタービンもしくは燃料電池などの分散発電システムの位置など、所定の基準に基づき決定されてもよい。ステップ1114にて決定されるセンサーポイントは、同期化されたフェーズ解析用のデータを取得するよう構成されているセンサーか、またはメーター有効性に基づくメーターデータのいずれかである

10

#### 【0123】

図11の動作は、相導体線路状況を決定するための配電システムの解析を可能にする。一例では、図11の動作によってセンサーポイントが決定されると、センサーが、設置されるか、または既に設置されていれば使用されるとよく、データが集められ、解析のためにT型等価回路を使用して配電システム内の相導体の様々なセクションにおける状態変数を決定することが可能になる。センサーポイントとして選択されたメーターからのデータはさらに、配電システム解析のために使用されてもよく、これによって、図9に関して記載された形などで、相導体線路の様々な状況の決定が可能になる。

#### 【0124】

20

技術革新の特定の構成要素について記載したが、この技術革新に沿う方法、システム、および製品は、追加の、または異なる構成要素を含んでもよい。例えば、プロセッサ828および902は、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、特定用途向け集積回路(ASIC: application specific integrated circuit)、個別論理、または他のタイプの回路もしくは論理の組み合わせとして実装されてもよい。同様に、メモリ830および906は、DRAM、SRAM、フラッシュ、またはその他任意のタイプのメモリであればよい。フラグ、データ、データベース、テーブル、エンティティ、およびその他のデータ構造は、別々に記憶および管理されてもよく、単一のメモリもしくはデータベースに組み込まれてもよく、分散していてもよく、または多数の異なる方法で論理的および物理的に編成されてもよい。プログラムは、単一のプログラムの一部であっても、別々のプログラムであっても、またはいくつかのメモリおよびプロセッサにわたって分散していてもよい。さらに、モジュール832、834、836、838、840、845、908、910、912、および914は、関連するプロセッサおよびメモリ上のソフトウェアまたはハードウェア実装であるとよい。

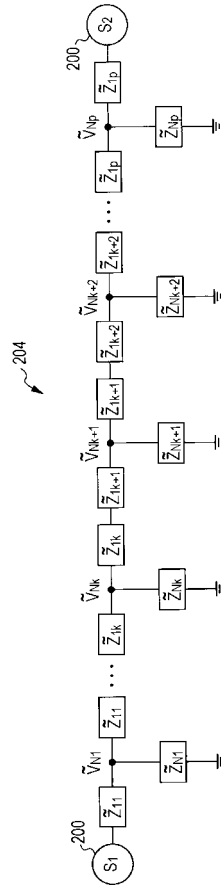
30

#### 【0125】

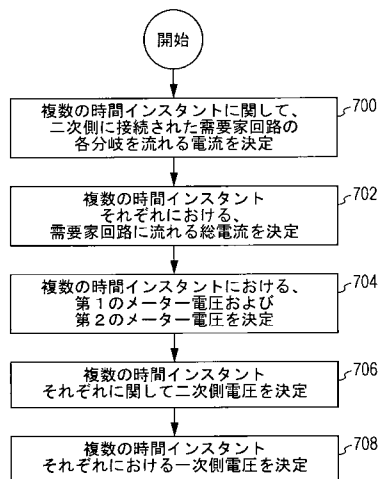
この技術革新の様々な実施形態について記載してきたが、当業者には当然のことながら、さらに多くの実施形態および実装が、この技術革新の範囲内で考えられる。したがって、この技術革新は、添付の特許請求の範囲およびその等価物に照らして以外には、制限されないものとする。



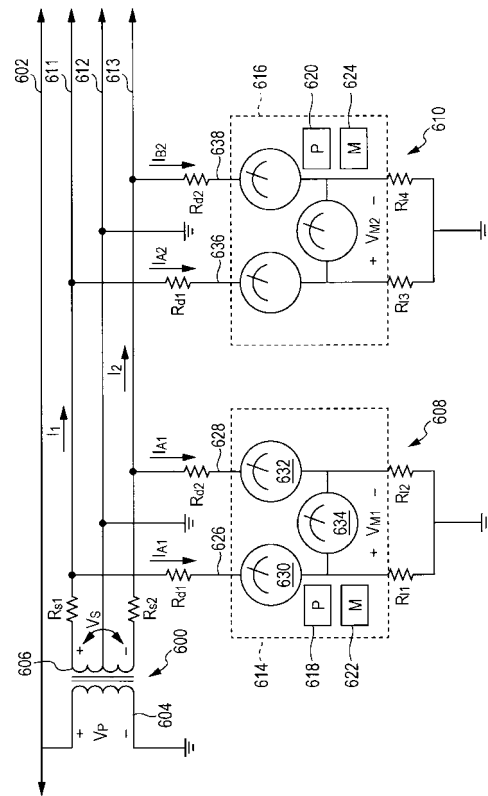
【図5】



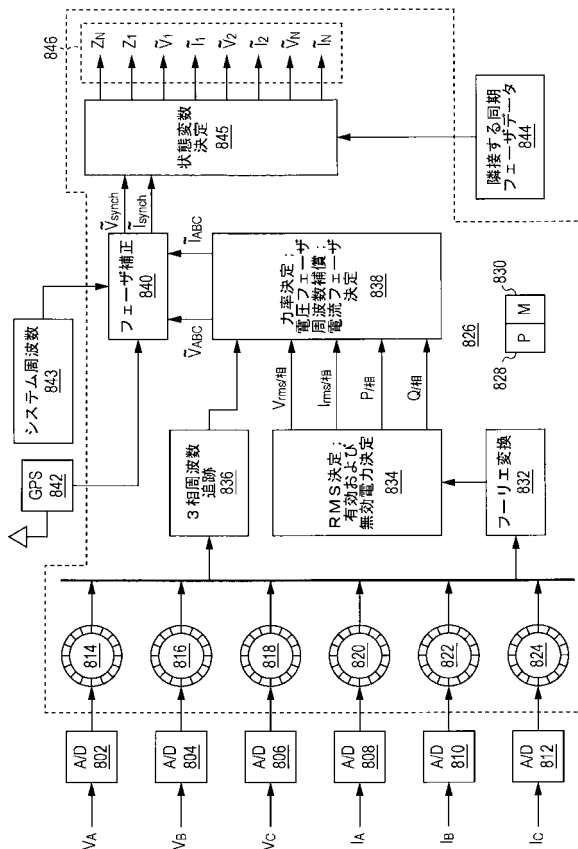
【図7】



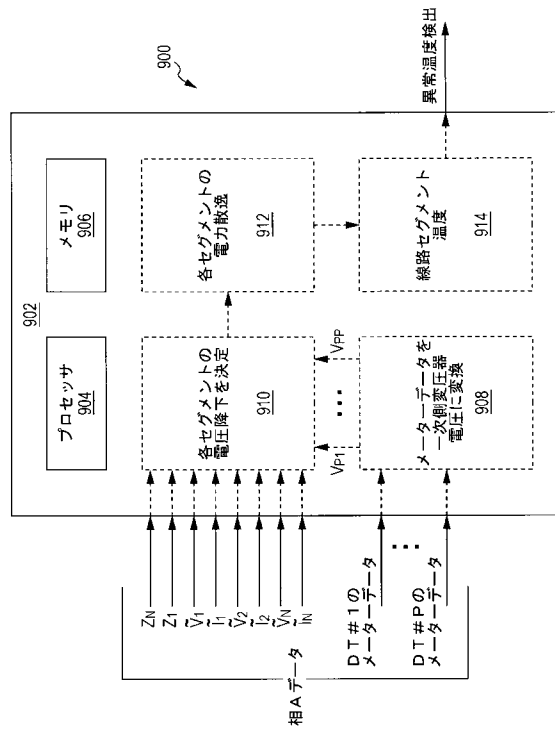
【図6】



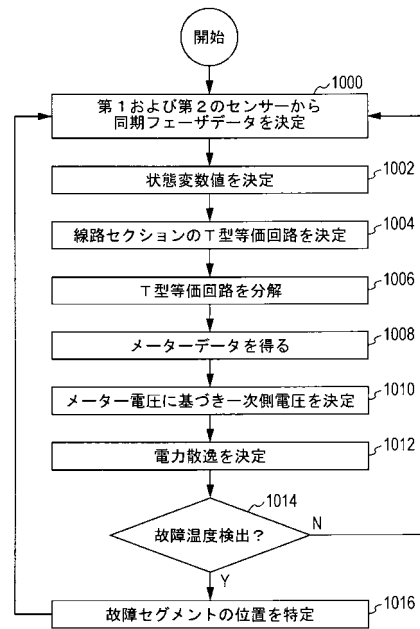
【図8】



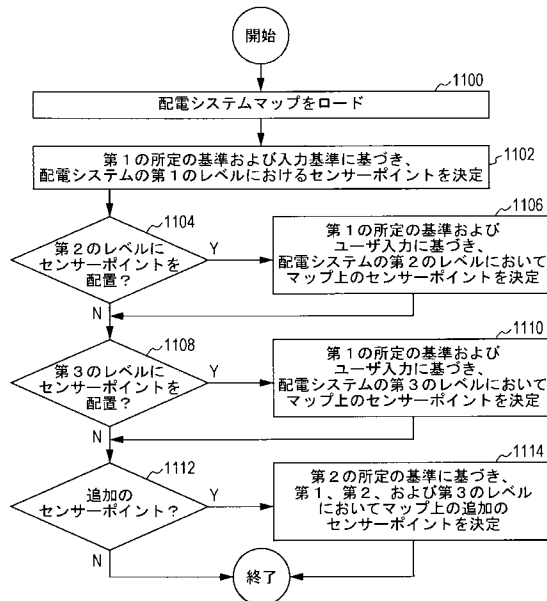
【図 9】



【図 10】



【図 11】





---

フロントページの続き

審査官 早川 卓哉

- (56)参考文献 特開2001-268794(JP,A)  
特開2003-235180(JP,A)  
特開2008-154362(JP,A)  
特開平10-164756(JP,A)  
特開平07-308036(JP,A)  
特開2006-109545(JP,A)  
特開2006-211830(JP,A)  
特開2009-247086(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J3/00  
H02J3/12  
H02J13/00