

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6951277号

(P6951277)

(45) 発行日 令和3年10月20日 (2021. 10. 20)

(24) 登録日 令和3年9月28日 (2021. 9. 28)

(51) Int. Cl.		F I	
G04G	7/00	(2006.01)	G O 4 G 7/00
G04G	5/00	(2013.01)	G O 4 G 5/00 Z
G06F	1/14	(2006.01)	G O 6 F 1/14 5 1 2
B6OM	1/28	(2006.01)	B 6 O M 1/28 R

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2018-47365 (P2018-47365)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成30年3月14日 (2018. 3. 14)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2019-158689 (P2019-158689A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	令和1年9月19日 (2019. 9. 19)	(74) 代理人	110002365
審査請求日	令和2年9月3日 (2020. 9. 3)		特許業務法人サンネクト国際特許事務所
		(72) 発明者	小熊 賢司
			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
		(72) 発明者	今本 健二
			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
		(72) 発明者	武井 晃
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 時刻同期装置及びその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流又は交流の電源線で接続された変電所及び電化列車から、前記変電所及び前記電化列車の各々で前記電源線の電圧又は電流の少なくとも一方を含む電気信号を一定時間周期で順次測定したときの各時刻に関する時刻情報と前記各時刻における前記電気信号に関する電気情報を入力する情報入力手段と、

前記情報入力手段で入力した前記変電所及び前記電化列車の前記時刻情報と前記電気情報に属する電圧情報とから、前記変電所で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧と、前記電化列車で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧とを対応づけて記録した時刻電圧情報を生成する時刻電圧情報生成手段と、

前記時刻電圧情報生成手段の生成による前記時刻電圧情報を基に前記変電所で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧と、前記電化列車で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧のうち、前記各時刻に複数の補正時間を加えた補正後の各時刻における前記電源線の電圧との複数の組み合わせを示す複数の電圧データ列を生成する電圧データ列生成手段と、

前記電圧データ列生成手段の生成による前記複数の電圧データ列の各々について相関係数を算出する相関係数算出手段と、

前記相関係数算出手段の算出による各電圧データ列の相関係数のうち最大となる相関係数が属する電圧データ列の生成に用いた補正時間を、前記変電所で管理する一方の時刻情報と前記電化列車で管理する他方の時刻情報の補正時間として、前記一方の時刻情報と前記他方の時刻情報とを同期させる時刻情報同期手段と、

10

20

前記時刻情報同期手段により前記一方の時刻情報と前記他方の時刻情報とが同期した時刻情報に属する時刻における前記電気情報のうち前記直流の電源線の電流・電圧を示す電流電圧情報を基に前記変電所で送出した一方の直流電力と前記電化列車で消費した他方の直流電力を算出する直流電力算出手段と、

前記直流電力算出手段の算出による前記他方の直流電力と前記一方の直流電力とを比較し、前記他方の直流電力と前記一方の直流電力との比率が指定値より小さい場合に、電力不整合と判定する直流電力不整合判定手段と、を備え、

前記情報入力手段と、前記時刻電圧情報生成手段と、前記電圧データ列生成手段と、前記相関係数算出手段及び前記時刻情報同期手段は、

前記電化列車が前記電源線より受電を開始した一定時間範囲において各処理を実行することを特徴とする時刻同期装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の時刻同期装置において、

前記時刻情報同期手段は、

前記最大となる相関係数が属する電圧データ列の生成に用いた補正時間と指定値とを比較し、前記補正時間が前記指定値から外れた場合に注意を促す情報を出力することを特徴とする時刻同期装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の時刻同期装置において、

前記時刻情報同期手段により前記一方の時刻情報と前記他方の時刻情報とが同期した時刻情報に属する時刻における前記電気情報のうち前記交流の電源線の電流・電圧を示す電流電圧情報と、前記交流の電源線の電流と電圧の位相を示す位相情報とから前記変電所で送出した一方の交流電力と前記電化列車で消費した他方の交流電力を算出する交流電力算出手段と、

20

前記交流電力算出手段の算出による前記他方の交流電力と前記一方の交流電力とを比較し、前記他方の交流電力と前記一方の交流電力との比率が指定値より小さい場合に、電力不整合と判定する交流電力不整合判定手段と、を更に備えることを特徴とする時刻同期装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の時刻同期装置において、

前記注意を促す情報を管理する情報管理手段を更に備え、

前記情報管理手段は、

前記注意を促す情報をメッセージで画面上に表示する表示手段、前記注意を促す情報をランプ点灯で表示する点灯手段、或いは、前記注意を促す情報を警告音で出力する警告手段のうち少なくとも一つで構成されることを特徴とする時刻同期装置。

30

【請求項 5】

直流又は交流の電源線で接続された変電所及び電化列車から、前記変電所及び前記電化列車の各々で前記電源線の電圧又は電流の少なくとも一方を含む電気信号を一定時間周期で順次測定したときの各時刻に関する時刻情報と前記各時刻における前記電気信号に関する電気情報を入力する情報入力ステップと、

40

前記情報入力ステップで入力した前記変電所及び前記電化列車の前記時刻情報と前記電気情報に属する電圧情報とから、前記変電所で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧と、前記電化列車で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧とを対応づけて記録した時刻電圧情報を生成する時刻電圧情報生成ステップと、

前記時刻電圧情報生成ステップでの生成による前記時刻電圧情報を基に前記変電所で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧と、前記電化列車で前記各時刻に測定した前記電源線の電圧のうち、前記各時刻に複数の補正時間を加えた補正後の各時刻における前記電源線の電圧との複数の組み合わせを示す複数の電圧データ列を生成する電圧データ列生成ステップと、

前記電圧データ列生成ステップでの生成による前記複数の電圧データ列の各々について

50

相関係数を算出する相関係数算出ステップと、

前記相関係数算出ステップでの算出による各電圧データ列の相関係数のうち最大となる相関係数が属する電圧データ列の生成に用いた補正時間を、前記変電所で管理する一方の時刻情報と前記電化列車で管理する他方の時刻情報の補正時間として、前記一方の時刻情報と前記他方の時刻情報とを同期させる時刻情報同期ステップと、

前記時刻情報同期ステップにより前記一方の時刻情報と前記他方の時刻情報とが同期した時刻情報に属する時刻における前記電気情報のうち前記直流の電源線の電流・電圧を示す電流電圧情報を基に前記変電所で送出した一方の直流電力と前記電化列車で消費した他方の直流電力を算出する直流電力算出ステップと、

前記直流電力算出ステップでの算出による前記他方の直流電力と前記一方の直流電力とを比較し、前記他方の直流電力と前記一方の直流電力との比率が指定値より小さい場合に、電力不整合と判定する直流電力不整合判定ステップと、を備え、

前記情報入力ステップと、前記時刻電圧情報生成ステップと、前記電圧データ列生成ステップと、前記相関係数算出ステップ及び前記時刻情報同期ステップでは、

前記電化列車が前記電源線より受電を開始した一定時間範囲において各処理を実行することを特徴とする時刻同期方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電源線で接続された複数の管理対象間で時刻の同期を行う時刻同期装置及びその方法に関するものであり、特に電化鉄道の変電所相互、及び変電所と電化車両の間を対象とするものである。

【背景技術】

【0002】

コンピュータを持つ装置が動作や測定を行った時刻を他装置に送る場合、動作や測定の時刻としてコンピュータが持つ時計機能の時刻値を用いることは一般に知られている。この装置が複数存在する場合、それぞれの装置が持つコンピュータの時刻を同期させるか、それぞれの差分時間を把握し補正することが必要となる。

【0003】

例えば特許文献1には、時刻値としてGPS (Global Positioning System) 衛星から受信した時刻値を用いる方法を示している。GPS衛星が発信する時刻値は正確に同期しているので、複数装置の時刻同期を確実に行うことが可能となる。

【0004】

またGPS信号を受信し抽出した時刻情報などを基準となる時刻として管理し、有線や無線等の伝送手段を介して他装置に送って時刻の同期をタイムサーバで行うことが知られている。

【0005】

この他に、基準となるデータ列に対して別のデータ列との間で変化状態に類似性があることを評価する技法として、相関係数を求めて比較することが知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2015-198480号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

時刻の同期あるいは補正の作業を自動で行うには、タイムサーバ等の時刻を管理する装置を用意し、更に動作や測定を行う各装置との間を有線や無線等の伝送手段で接続して同期を行う必要がある。このため時刻管理装置や伝送手段が新たに必要となり、コストが増加する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

これら装置の行う処理や伝送手段で伝送する情報を既存の装置や伝送手段を用いて実施する場合、計算処理量や伝送情報量の増加に対応する必要が生じるため、既存の装置や伝送手段のコストが増加する。

【 0 0 0 9 】

この同期処理の過程で伝送遅延など時間遅れが発生すると、同期に誤差が発生して正確な同期が出来ない。このため伝送手段は遅延が少ない装置で実現する必要があり、コストの低下が困難となる。

【 0 0 1 0 】

特許文献 1 に示された方式は G P S 情報を用いるため、例えば地下鉄など G P S 信号を直接受信できない環境では時刻の同期を行うことができない。

10

【 0 0 1 1 】

本発明は、複数の管理対象から得られた電気情報を基に各管理対象間の時刻を同期させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するために、本発明は、電源線で接続された 2 つの管理対象において、夫々電源線の電圧を一定時間周期で測定したデータ列を作成し、前記データ列の片方に複数の補正時間を加えた状態で 2 つのデータ列の相関係数を計算し、相関係数が最大となる補正時間を 2 つの管理対象が持つ時刻情報の補正時間とすることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、複数の管理対象から得られた電気情報を基に各管理対象間の時刻を同期させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の実施例 1 に係る電化鉄道の構成を示す構成図。

【図 2】本発明の実施例 1 に係る電化鉄道システムのハードウェア構成を示す構成図。

【図 3】本発明の実施例 1 に係る電化鉄道システムのソフトウェア構成を示す構成図。

【図 4】本発明の実施例 1 に係る送電情報送信機能の処理を示すフローチャート。

30

【図 5】本発明の実施例 1 に係る受電情報送信機能の処理を示すフローチャート。

【図 6】本発明の実施例 1 に係る時刻電圧情報の構成図。

【図 7】本発明の実施例 1 に係る時刻同期機能の処理を示すフローチャート。

【図 8】本発明の実施例 1 に係る他の時刻電圧情報の構成図。

【図 9】本発明の実施例 1 に係る時刻同期装置が管理する管理テーブルの構成図。

【図 10】本発明の実施例 2 に係る電化鉄道システムのハードウェア構成を示す構成図。

【図 11】本発明の実施例 2 に係る電化鉄道システムのソフトウェア構成を示す構成図。

【図 12】本発明の実施例 2 に係る電力不整合判定機能の処理を示すフローチャート。

【図 13】本発明の実施例 2 に係る時刻電流電圧情報の構成図。

【図 14】本発明の実施例 2 に係る他の時刻電流電圧情報の構成図。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

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】

【 0 0 1 6 】

実施例 1 では、電化列車が変電所から電力の供給を受けて軌道を走行する場合に、電化列車と変電所の持つ時刻情報の補正時間を求める方法を説明する。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本発明の実施例 1 に係る電化鉄道の構成を示す構成図である。電化列車 3 は、変電所 2 から架線 4 と集電装置 5 を介して電力を受け、軌道 6 を走行する。ここで架線 4

50

を構成する装置は、軌道 6 に沿って設置された第三軌条でも良い。また集電装置 5 は、パンタグラフ、トロリーポール、ビューゲル、集電靴などの集電手段でも良い。また軌道 6 は、鉄軌条、モノレールの桁軌道、新交通システムのガイドウェイなどで良い。

【0018】

図 2 に、変電所 2 と電化列車 3 が保持する時計の時刻について補正時間を求める時刻同期装置 1 を含めたハード構成を示す。

【0019】

変電所 2 は、演算部 2 2 1、インタフェース部 2 2 2、時計部 2 2 4、電圧測定部 2 2 5、情報伝送部 2 2 6 を備えている。変電所 2 において、電圧測定部 2 2 5 は、架線 4 の電圧を一定時間周期で順次測定し、測定した電圧を、インタフェース部 2 2 2 を介して電圧情報として演算部 2 2 1 に送る。演算部 2 2 1 は、時計部 2 2 4 より時刻情報を受け、この時刻情報とインタフェース部 2 2 2 から入力した電圧情報との対応づけを実行し、対応づけされた時刻情報と電圧情報を、インタフェース部 2 2 2 を介して情報伝送部 2 2 6 に送る。情報伝送部 2 2 6 は、入力した時刻情報と電圧情報を時刻同期装置 1 に送信する。

10

【0020】

電化列車 3 は、演算部 3 2 1、インタフェース部 3 2 2、時計部 3 2 4、電圧測定部 3 2 5、情報伝送部 3 2 6 を備えている。電化列車 3 において、電圧測定部 3 2 5 は、架線 4 の電圧を集電装置 5 を介して一定時間周期で順次測定し、測定した電圧を、インタフェース部 3 2 2 を介して電圧情報として演算部 3 2 1 に送る。演算部 3 2 1 は、時計部 3 2 4 より時刻情報を受け、この時刻情報とインタフェース部 3 2 2 から入力した電圧情報との対応づけを実行し、対応づけされた時刻情報と電圧情報をインタフェース部 3 2 2 を介して情報伝送部 3 2 6 に送る。情報伝送部 3 2 6 は、入力した時刻情報と電圧情報を時刻同期装置 1 に送信する。

20

【0021】

時刻同期装置 1 は、演算部 1 2 1、インタフェース部 1 2 2、情報記憶部 1 2 3、情報伝送部 1 2 6、表示部 1 2 7 を備え、変電所 2 と電化列車 3 をそれぞれ管理対象として管理する。時刻同期装置 1 において、情報伝送部 1 2 6 は、変電所 2 から、情報伝送部 2 2 6 の送信による時刻情報と電圧情報を受信し、電化列車 3 から、情報伝送部 3 2 6 の送信による時刻情報と電圧情報を受信し、各受信した時刻情報と電圧情報をインタフェース部 1 2 2 に伝送する。この際、情報伝送部 3 2 6 は、架線 4 (電源線) の電圧を含む電気信号を、変電所 2 と電化列車 3 において一定時間周期で順次測定したときの各時刻に関する時刻情報と各時刻における電気信号に関する電気情報、例えば、電圧情報を入力する情報入力手段を構成する。

30

【0022】

インタフェース部 1 2 2 は、各受信した時刻情報と電圧情報を演算部 1 2 1 に送る。演算部 1 2 1 は、各受信した時刻情報と電圧情報を情報記憶部 1 2 3 に保持する。そして演算部 1 2 1 は、情報記憶部 1 2 3 に保持する各時刻情報と各電圧情報を用いて、変電所 2 が持つ時計部 2 2 4 の時刻と、電化列車 3 が持つ時計部 3 2 4 の時刻との間の補正時間を計算する。演算部 1 2 1 は、計算結果をインタフェース部 1 2 2 を介して表示部 1 2 7 に出力する。

40

【0023】

ここで、演算部 1 2 1、2 2 1、3 2 1 は、例えば、マイクロプロセッサを適用して良い。インタフェース部 1 2 2、2 2 2、3 2 2 は、例えば、USB (Universal Serial Bus) コネクタを適用して良い。情報記憶部 1 2 3 は、例えば、記憶媒体として、SSD (Solid State Drive) や HDD (Hard Disk Drive)、メモリを適用して良い。時計部 2 2 4、3 2 4 は、例えば、パソコンが内蔵する時計機能 (水晶発振器による時計機能) を適用して良い。電圧測定部 2 2 5、3 2 5 は、例えば、トランスと A/D (Analog/Digital) コンバータを用いた電圧測定回路を適用して良い。情報伝送部 1 2 6、2 2 6、3 2 6 は、例えば、無線 LAN (Local Area Network) や LCX (漏洩同軸ケーブル

50

)を用いた伝送装置を適して良いし、一部について有線LANや光ファイバケーブルを用いても良い。表示部127は、例えば、液晶ディスプレイを適用して良い。

【0024】

また変電所2の演算部221が行う処理と、電化列車3の演算部321が行う処理と、時刻同期装置1の演算部121が行う処理は、共に一定時間間隔で処理を繰り返し開始する周期処理である。周期処理は、本実施例では図示していない周期時間情報と、時刻情報を用いて、処理周期時間の経過毎に定められた処理を実行する方法である。

【0025】

図3に、時刻同期装置1と変電所2と列車3の行う処理構成(ソフトウェア)の関係を示す。変電所2は、送電電圧測定機能11、送電情報送信機能13、時計機能16を備えている。変電所2において、送電情報送信機能13は、時計機能16の時刻情報を基に送電電圧測定機能11を用いて架線4の電圧を測定し、測定して得られた電圧情報と時計機能16の時刻情報とを対応付けて、時刻同期装置1に送る。

10

【0026】

送電情報送信機能13の処理手順を図4に示す。送電情報送信機能13は、処理2001より開始し、処理2002で時計機能16より現在の時刻情報を受け取る。次に、送電情報送信機能13は、処理2003で電圧測定時刻か否かを判定する。すなわち、現在の時刻が電圧測定周期、例えば、1秒に合致するかを判定する。現在時刻が電圧測定周期に合致する場合、送電情報送信機能13は、処理2004を行う。また合致しない場合、送電情報送信機能13は、処理2006で、このルーチンでの処理を終了する。

20

【0027】

処理2003で現在時刻が電圧測定周期に合致する場合、送電情報送信機能13は、処理2004で送電電圧測定機能11より架線4の電圧情報を取得する。次に、送電情報送信機能13は、処理2005では、処理2002で取得した現在の時刻情報と、処理2004で取得した電圧情報(架線4の電圧情報)を、時刻同期装置1に送信し、その後、処理2006で、このルーチンでの処理を終了する。

【0028】

このようにして、送電情報送信機能13は、変電所2の時計機能16が持つ時刻情報に従い、現在時刻と電圧情報(架線4の電圧情報)を時刻同期装置1に送る。

【0029】

30

電化列車3は、図3に示すように、受電電圧測定機能12、受電情報送信機能17、時計機能19を備えている。電化列車3において、受電情報送信機能17は、時計機能19の時刻情報を基に受電電圧測定機能12を用いて架線4の電圧を測定し、測定して得られて電圧情報と時計機能19の時刻情報とを対応付けて、時刻同期装置1に送る。

【0030】

受電情報送信機能17の処理手順を図5に示す。受電情報送信機能17は、処理3001より開始し、処理3002で時計機能19より現在の時刻情報を受け取る。次に、受電情報送信機能17は、処理3003で電圧測定時刻か否かを判定する。すなわち、現在の時刻が電圧測定周期、例えば、1秒に合致するか否かを判定する。現在時刻が電圧測定周期に合致する場合、受電情報送信機能17は、処理3004を行う。また合致しない場合、受電情報送信機能17は、処理3006で、このルーチンでの処理を終了する。

40

【0031】

処理3003で現在時刻が電圧測定周期に合致する場合、受電情報送信機能17は、処理3004で受電電圧測定機能12より架線4の電圧情報を取得する。次に、受電情報送信機能17は、処理3005では、処理3002で取得した現在の時刻情報と、処理3004で取得した電圧情報(架線4の電圧情報)を、時刻同期装置1に送信し、その後、処理3006で、このルーチンでの処理を終了する。

【0032】

このようにして、受電情報送信機能17は、電化列車3の時計機能19が持つ時刻情報に従い、現在時刻と電圧情報(架線4の電圧情報)を時刻同期装置1に送信する。

50

【 0 0 3 3 】

時刻同期装置 1 は、図 3 に示すように、情報受信機能 1 4、時刻同期機能 1 5、結果表示機能 1 8 を備えている。時刻同期装置 1 において、情報受信機能 1 4 は、変電所 2 が送信した時刻情報（現在時刻）と電圧情報を受信すると共に、電化列車 3 が送信した時刻情報（現在時刻）と電圧情報を受信し、各受信した時刻情報（現在時刻）と電圧情報を時刻同期機能 1 5 に送る。時刻同期機能 1 5 は、各時刻情報（現在時刻）と各電圧情報を基に架線 4 の電圧情報の相関係数を計算し、計算結果を結果表示機能 1 8 に送る。結果表示機能 1 8 は、時刻同期機能 1 5 の計算結果を表示する。

【 0 0 3 4 】

ここでは、変電所 2 の時計機能 1 6 と電化列車 3 の時計機能 1 9 が持つ時刻情報が互いに調整されておらず、変電所 2 の時計機能 1 6 が持つ時刻情報 T_{ss} に対して、電化列車 3 の時計機能 1 9 が持つ時刻情報 T_{trn} が 3 秒遅れている場合について説明する。この場合、時刻同期機能 1 5 が受け取る変電所 2 と電化列車 3 の時刻情報（現在時刻）と電圧情報は、図 6 に示すように、時刻電圧情報 4 0 0 として時刻同期機能 1 5 で管理される。

【 0 0 3 5 】

時刻電圧情報 4 0 0 は、変電所 2 を識別する名称 4 0 1 と、電化列車 3 を識別する名称 4 0 2 を備える。名称 4 0 1 は、変電所 2 で測定した現在時刻（測定時刻）を示す時刻 T_{ss} 4 0 3 と、変電所 2 で測定した電圧を示す電圧 V_{ss} 4 0 4 から構成され、名称 4 0 2 は、電化列車 3 で測定した現在時刻（測定時刻）を示す時刻 T_{trn} 4 0 5 と、電化列車 3 で測定した電圧を示す電圧 V_{trn} 4 0 6 から構成される。

【 0 0 3 6 】

例えば、時刻 T_{ss} 4 0 3 には、変電所 2 で測定した現在時刻（測定時刻）として「12:00:00」～「12:00:09」が記録され、電圧 V_{ss} 4 0 4 には、変電所 2 で測定した電圧として、「1500～1500」が記録され、時刻 T_{trn} 4 0 5 には、電化列車 3 で測定した現在時刻として、「12:00:00」～「12:00:09」が記録され、電圧 V_{trn} 4 0 6 には、電化列車 3 で測定した電圧情報（電圧）として、「1400～1402」が記録される。

【 0 0 3 7 】

時刻同期機能 1 5 は、図 6 に示す時刻と電圧の関係について、片方の時刻に補正時間を加えた際の電圧の相関係数を計算し、相関係数が最大となる補正時間を加えた時刻値を、変電所 2 が持つ時計機能 1 6 と電化列車 3 が持つ時計機能 1 9 との間で時刻同期した状態と判定し、補正時間を結果表示機能 1 8 に送って表示する。

【 0 0 3 8 】

時刻同期機能 1 5 の処理手順を図 7 に示す。

【 0 0 3 9 】

時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 0 1 より開始し、処理 1 0 0 2 で変電所 2 及び電化列車 3 からの情報受信を行う。次に、時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 0 3 では処理 1 0 0 2 で受信した情報に対して、新しい受信情報ありか否かを判定する。時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 0 3 で新しい受信情報ありと判定した場合、処理 1 0 0 4 を行い、新しい受信情報なしと判定した場合、処理 1 0 1 1 で、このルーチンでの処理を終了する。

【 0 0 4 0 】

時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 0 3 で新しい受信情報ありと判定した場合、処理 1 0 0 4 で新しい受信情報を前回までに受けた受信情報に追加する。例えば、変電所 2 及び電化列車 3 から新しい受信情報として、式（1）及び式（2）に示す情報を受けた場合について説明する。

【 0 0 4 1 】

変電所 2 の時刻 = 12:00:09、電圧 = 1500 ……式（1）

電化列車 3 の時刻 = 12:00:09、電圧 = 1402 ……式（2）

これらが新しい受信情報として追加された時刻電圧情報 4 0 0 は、図 6 に示す内容となる。すなわち、時刻 = 12:00:00～時刻 = 12:00:08 までに受信した電圧（

10

20

30

40

50

変電所 2 の電圧 = 1 5 0 0 ~ 1 5 0 0、電化列車 3 の電圧 = 1 4 0 0 ~ 1 4 0 0) が前回までに受けた受信情報であり、これらの受信情報に、式 (1) 及び式 (2) の受信情報が追加される。

【 0 0 4 2 】

次に、時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 0 5 で、受信情報の電圧の相関係数を計算 (補正時間 = 0) し、最大の相関係数として保持する。ここでは、時刻情報は受信情報と同じ、つまり補正時間が 0 秒の場合に対する相関係数となる。

【 0 0 4 3 】

電圧の相関係数を計算するに際しては、例えば、図 6 に示す変電所 2 の電圧 V_{ss404} に属する電圧と電化列車 3 の電圧 V_{trn406} に属する電圧を、時刻 t の引数で表したデータ列 (電圧データ列) $V_{ss}(t)$ とデータ列 (電圧データ列) $V_{tr}(t)$ の相関係数として、式 (3) で計算することができる。

【 0 0 4 4 】

相関係数 = $\Sigma \{ (V_{ss}(t) - V_{ss平均}) \times (V_{tr}(t) - V_{tr平均}) \} / \{ \Sigma \{ (V_{ss}(t) - V_{ss平均}) \}^2 \times \Sigma \{ (V_{tr}(t) - V_{tr平均}) \}^2 \}^{0.5}$. . . 式 (3)

【 0 0 4 5 】

式 (3) と図 6 の時刻電圧情報 4 0 0 に記録された値 (電圧) より、処理 1 0 0 5 では補正時間 0 秒の相関係数を、次の式 (4) で計算する。

【 0 0 4 6 】

相関係数 (補正時間 = 0 秒)
 $= \{ (1500 - 1499.1) \times (1400 - 1399.2) + \dots \} / \{ \{ (1500 - 1499.1) + \dots \}^2 \times \{ (1400 - 1399.2) + \dots \}^2 \}^{0.5} = -0.07561$. . . 式 (4)

【 0 0 4 7 】

$V_{ss平均} = (1500 + 1490 + \dots + 1500) / 10 = 1499.1$. . . 式 (5)

$V_{tr平均} = (1400 + 1400 + \dots + 1402) / 10 = 1399.2$. . . 式 (6)

【 0 0 4 8 】

時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 0 5 では、補正時間 = 0 秒の相関係数 = - 0 . 0 7 5 6 1 を、最大の相関係数として保持する。

【 0 0 4 9 】

次に、時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 0 6 では、補正時間の仮値を設定し、設定した仮値を電化列車 3 の時刻に加えて電圧の相関係数を計算する。ここでは図示していない補正時間の仮値の設定幅条件を式 (7) とする。

【 0 0 5 0 】

補正時間の仮値 : - 4 ~ + 4 秒、1 秒刻み . . . 式 (7)

【 0 0 5 1 】

まず、時刻同期機能 1 5 は、補正時間の仮値 = - 4 秒について計算する。補正時間の仮値 = - 4 秒を図 6 の値に反映した場合の時刻と電圧の関係が記録された時刻電圧情報 5 0 0 を、図 8 に示す。

【 0 0 5 2 】

時刻電圧情報 5 0 0 は、変電所 2 を識別する名称 5 0 1 と、電化列車 3 を識別する名称 5 0 2 を備えている。名称 5 0 1 は、変電所 2 で測定した現在時刻 (測定時刻) を示す時刻 T_{ss503} と、変電所 2 で測定した電圧を示す電圧 V_{ss504} から構成され、名称 5 0 2 は、電化列車 3 で測定した現在時刻 (測定時刻) を補正した現在時刻を示す時刻 T_{trn} (補正時間 - 4 秒) 5 0 5 と、電化列車 3 で測定した電圧を示す電圧 V_{trn506} から構成される。

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

例えば、時刻 T_{ss503} には、変電所 2 で測定した現在時刻として「12:00:00」～「12:00:05」が記録され、電圧 V_{ss504} には、変電所 2 で測定した電圧として、「1500～1500」が記録され、時刻 T_{trn} (補正時間 - 4 秒) 505 には、電化列車 3 における現在時刻を「- 4 秒」補正した時刻として、「12:00:00」～「12:00:05」が記録され、電圧 V_{trn506} には、補正された時刻における電圧として、「1390～1402」が記録される。すなわち、図 6 の時刻電圧情報 400 に記録された電化列車 3 の情報が「- 4 秒」ずらされ、図 6 における時刻「12:00:04」の電圧が、図 8 では時刻「12:00:00」の電圧として記録され、図 6 における時刻「12:00:09」の電圧が、図 8 では時刻「12:00:05」の電圧として記録される。

10

【0054】

図 8 の電圧について、式 (3) を用いて相関係数を計算した結果は、式 (8) となる。

【0055】

相関係数 (補正時間 = - 4 秒) = - 0.15119 ……式 (8)

【0056】

次に、時刻同期機能 15 は、処理 1007 では、計算した相関係数が最大であるか否かを判定する。時刻同期機能 15 は、処理 1007 で、計算した相関係数が最大であると判定した場合、処理 1008 を行い、一方、計算した相関係数が最大でないと判定した場合、処理 1009 を行う。ここでは、処理 1005 にて最大の相関係数として補正時間 0 秒と相関係数 = - 0.07561 が設定されており、これと処理 1006 で計算した式 (8) の値を比較すると、最大の相関係数である処理 1005 で作成した補正時間 0 秒の相関係数 = - 0.07561 の方が大きいことが分かる。このため、次に処理 1009 を行う。

20

【0057】

次に、時刻同期機能 15 は、処理 1008 では、計算した相関係数と補正時間の仮値を最大値として保持する。「仮値 = - 4」の場合、補正時間の仮値の最大値を「- 4」として保持し、相関係数の最大値として、相関係数 = - 0.07561 を保持する。

【0058】

次に、時刻同期機能 15 は、処理 1009 では、全ての補正時間の仮値は計算済であるかを判定する。時刻同期機能 15 は、処理 1009 で計算済みと判定した場合、処理 1010 を行い、計算済みでないと判定した場合、処理 1006 に戻る。ここで、式 (7) の仮値の範囲について、「仮値 = - 4」の場合のみ計算を終えている場合、処理 1006 に戻り、他の仮値 (- 3、- 2、… + 4) について計算を行う。

30

【0059】

例えば、「仮値 = - 3」の場合について、相関係数を計算する。処理 1005 で計算した最大の相関係数が補正時間 0 秒の相関係数 = - 0.07561、処理 1006 で計算した式 (8) の値が、補正時間 = - 3 秒と相関係数 = + 0.99578 の場合、時刻同期機能 15 は、処理 1008 で、最大の相関係数として相関係数 = + 0.99578 を保持し、補正時間の仮値として補正時間 = - 3 秒を保持する。

【0060】

時刻同期機能 15 は、処理 1006 で全ての仮値について計算を終えると、処理 1009 から処理 1010 を実行する。処理 1006 で式 (7) に示す補正時間の仮値について、式 (3) を計算した結果が記録された管理テーブル 600 を図 9 に示す。

40

【0061】

管理テーブル 600 は、時刻補正仮値 601 と、相関係数 602 を備える。例えば、時刻補正仮値 601 には、「- 4」～「+ 4」の数字が、時刻補正の仮値を示す情報として記録され、相関係数 602 には、「- 0.15119」～「+ 0.20000」の数字が、各仮値に対応した相関係数を示す情報として記録される。

【0062】

図 9 に示す相関係数の計算結果について、時刻同期機能 15 が処理 1007 で最大値を

50

求めると、補正時間 = - 3 秒の相関係数 = + 0 . 9 9 5 7 8 が最大となる。このため、図 7 の処理 1 0 1 0 を実行する段階での相関係数の最大値は、式 (9) となる。

【 0 0 6 3 】

補正時間 = - 3 秒を適用した相関係数の最大値 = + 0 . 9 9 5 7 8 . . . 式 (9)

【 0 0 6 4 】

時刻同期機能 1 5 は、処理 1 0 1 0 では、時刻補正值として、式 (9) で計算した相関係数の最大値を、結果表示機能 1 8 に出力し、次の処理 1 0 1 1 で、このルーチンでの処理を終了する。結果表示機能 1 8 を見ることで、相関係数最大となる補正時間は - 3 秒であることが分かる。

【 0 0 6 5 】

以上説明した手順により、時刻同期装置 1 は、変電所 2 が持つ時計機能 1 6 と電化列車 3 が持つ時計機能 1 9 との間について、補正時間 = - 3 秒つまり電化列車 3 の時計機能 1 9 の時刻値 T_{trn} に - 3 秒を加算した時刻が、変電所 2 の時計機能 1 6 が持つ時刻 T_{ss} と合致することが分かる。つまり変電所 2 が持つ時計機能 1 6 と電化列車 3 が持つ時計機能 1 9 が互いに調整されていなくても、架線 4 の電圧情報の相関係数を求めることで、一方の時刻と他方の時刻の差分を取得することが可能となる。これにより変電所相互及び変電所 2 と電化列車 3 との間で動作や測定の正確な時刻関係を得ることが可能となる。

【 0 0 6 6 】

以上の説明は、ひとつの変電所 2 とひとつの電化列車 3 について行ったが、同じ手順を変電所 2 と図示していない変電所 2 A について行っても良いし、異なる電化列車 3 と図示していない電化列車 3 A について行っても良い。ひとつの変電所 2 とひとつの電化列車 3 について行い、次に同じ手順を変電所 2 と変電所 2 A について行うことにより、変電所 2 A と電化列車 3 の間で時刻値を同期することが可能となる。同様の計算を全ての変電所と全ての電化列車について行うことで、全ての変電所と全ての電化列車の時刻値を同期することが可能となる。

【 0 0 6 7 】

変電所 2 及び電化列車 3 から時刻同期装置 1 に送る情報は電圧測定時刻を含んでいるため、例えば当該情報が測定時間毎に伝送されず 1 0 秒毎に 1 0 個の測定時刻と電圧値をまとめて伝送しても、更にはまとめて伝送する時間間隔が毎回異なっても、上記処理は変わらない。このため伝送装置は指定時間毎に确实伝送を行う高性能かつ高コストである装置でなく、低性能かつ低コストである装置で良い。また全ての制御周期のうち、変電所 2 が電力の送出を開始した一定時間範囲、電化列車 3 が架線 4 より受電を開始した一定時間範囲について上記処理を行い、それ以降は一旦作成した補正時間値を適用しても良い。これにより、管理対象とする電化列車 3 を特定しやすくなる。

【 0 0 6 8 】

なお、此処までの説明は時刻同期装置 1 と変電所 2 と電化列車 3 が独立した装置である場合について行ったが、時刻同期装置 1 は変電所 2 のひとつに含まれても良いし、電化列車 3 に含まれても良い。また時刻や電化列車 3 の位置や数に応じて、ふたつ以上の変電所 2 と電化列車 3 のひとつが時刻同期装置 1 の処理を受け持つ状態を入れ替えても良い。

【 0 0 6 9 】

以上の手順で作成した補正時間値が図示していない指定値から外れた場合、例えば、補正時間が指定値よりも大きい場合、変電所 2 の持つ時計機能 1 6 あるいは電化列車 3 の持つ時計機能 1 9 の補正を行うよう結果表示機能 1 8 に、注意を促す情報として、メッセージを表示しても良い。メッセージは、例えば次の式 (1 0) の内容である。

【 0 0 7 0 】

「注意：変電所 2 と電化列車 3 の時刻差が指定値を超過 現在の時刻差 = (計算した補正時間値)」 . . . 式 (1 0)

【 0 0 7 1 】

結果表示機能 1 8 と式 (1 0) のメッセージに代えて、図示していないランプの点灯や点滅、式 (1 0) のメッセージを図示していない音声作成装置とスピーカを介して出力す

10

20

30

40

50

ることでも良い。

【0072】

この際、注意を促す情報を管理する情報管理手段として、例えば、注意を促す情報をメッセージで画面上に表示する表示手段、注意を促す情報をランプ点灯で表示する点灯手段、或いは、注意を促す情報を警告音で出力する警告手段のうち少なくとも一つを用いることになる。

【0073】

本実施例において、情報伝送部126は、架線4（電源線）で接続された複数の管理対象（変電所2、電化列車3）から、各管理対象で電源線（架線4）の電圧を含む電気信号を一定時間周期で順次測定したときの各時刻に関する時刻情報と各時刻における電気信号に関する電気情報を入力する情報入力手段として構成される。

10

【0074】

また、演算部121は、情報伝送部127（情報入力手段）で入力した各管理対象の時刻情報と電気情報に属する電圧情報とから、複数の管理対象のうち一方の管理対象（変電所2）で各時刻に測定した電源線の電圧と、他方の管理対象（電化列車3）で各時刻に測定した電源線（架線4）の電圧とを対応づけて記録した時刻電圧情報を生成する時刻電圧情報生成手段と、時刻電圧情報生成手段の生成による時刻電圧情報を基に一方の管理対象（変電所2）で各時刻に測定した電源線の電圧と、他方の管理対象（電化列車3）で各時刻に測定した電源線（架線4）の電圧のうち、各時刻に複数の補正時間（-4～+4）を加えた補正後の各時刻における電源線の電圧との複数の組み合わせを示す複数の電圧データ列を生成する電圧データ列生成手段と、電圧データ列生成手段の生成による複数の電圧データ列の各々について相関係数を算出する相関係数算出手段と、相関係数算出手段の算出による各電圧データ列の相関係数のうち最大となる相関係数が属する電圧データ列の生成に用いた補正時間を、一方の管理対象（変電所2）で管理する一方の時刻情報と他方の管理対象（電化列車3）で管理する他方の時刻情報の補正時間として、一方の時刻情報と他方の時刻情報とを同期させる時刻情報同期手段として構成される。

20

【0075】

本実施例によれば、変電所2と電化列車3（管理対象）から得られた電気情報を基に変電所2と電化列車3間の時刻を同期させることができる。結果として、高コストな装置の追加を行わずに、且つGPS信号を用いずに、変電所2と電化列車3間の時刻を同期させることができる。また、GPS情報を受信できない環境においても、複数管理対象の間で差分時刻の正確な補正值を得ることが可能となるので、地下鉄などの変電所相互及び変電所2と電化車両3との間で動作や測定の正確な時刻関係を得る環境を実現することができる。

30

【実施例2】

【0076】

実施例2は、変電所2と電化列車3は直流電化である場合について、実施例1で求めた時刻の補正值を用いて、電化列車3と変電所2との間で直流電力エネルギーの授受関係を計算し、授受関係に不整合がある場合には、変電所2あるいは電化列車3あるいは架線4に障害があることを判定する方法を説明する。

40

【0077】

実施例2の処理は、実施例1で求めた変電所2の時刻情報 T_{ss} と電化列車3の時刻情報 T_{trn} を時刻の補正值を用いて同期した状態において、変電所2の送出電力と電化列車3の消費電力を比較することで実施する。

【0078】

図10に変電所2と電化列車3が保持する時計の時刻について補正時間を求める時刻同期装置1と、電力不整合判定装置7を含めたハード構成を示す。

【0079】

変電所2は、演算部221、インタフェース部222、時計部224、情報伝送部226、電圧電流測定部228を備える。変電所2において、電圧電流測定部228は、架線

50

4 に送出した電流と電圧を測定し、測定した電流と電圧を、インタフェース部 2 2 2 を介して、電流電圧情報として演算部 2 2 1 に送る。演算部 2 2 1 は、時計部 2 2 4 より時刻情報を受け、時刻情報とインタフェース部 2 2 2 から受信した電流電圧情報との対応づけを行い、対応づけられた時刻情報と電流電圧情報を、インタフェース部 2 2 2 を介して情報伝送部 2 2 6 に送る。情報伝送部 2 2 6 は、受信した時刻情報と電流電圧情報を時刻同期装置 1 に送信する。

【 0 0 8 0 】

電化列車 3 は、演算部 3 2 1、インタフェース部 3 2 2、時計部 3 2 4、情報伝送部 3 2 6、電圧電流測定部 3 2 8 を備えている。電化列車 3 において、電圧電流測定部 3 2 8 は、架線 4 から受けた電流と電圧を測定し、測定した電流と電圧を、インタフェース部 3 2 2 を介して、電流電圧情報（電気情報）として演算部 3 2 1 に送る。演算部 3 2 1 は、時計部 3 2 4 より時刻情報を受け、時刻情報とインタフェース部 3 2 2 から受信した電流電圧情報との対応づけを行い、対応づけられた時刻情報と電流電圧情報を、インタフェース部 3 2 2 を介して情報伝送部 3 2 6 に送る。情報伝送部 3 2 6 は、受信した時刻情報と電流電圧情報を時刻同期装置 1 に送信する。

10

【 0 0 8 1 】

時刻同期装置 1 は、演算部 1 2 1、インタフェース部 1 2 2、情報記憶部 1 2 3、情報伝送部 1 2 6 を備えている。時刻同期装置 1 において、情報伝送部 1 2 6 は、変電所 2 から、変電所 2 の電流電圧情報と時刻情報を受信し、電化列車 3 から、電化列車 3 の電流電圧情報と時刻情報を受信し、各受信した情報をインタフェース部 1 2 2 に送る。

20

【 0 0 8 2 】

インタフェース部 1 2 2 は、受け取った各電流電圧情報と各時刻情報を演算部 1 2 1 に送る。演算部 1 2 1 は各電流電圧情報と各時刻情報を情報記憶部 1 2 3 に保持する。そして演算部 1 2 1 は、情報記憶部 1 2 3 に保持する各電流電圧情報と各時刻情報を用いて、変電所 2 が持つ時計部 2 2 4 の時刻と、電化列車 3 が持つ時計部 3 2 4 の時刻との間の補正時間を計算する。補正時間の計算手順は実施例 1 と同じであるため、説明は省略する。そして、演算部 1 2 1 は、補正時間の計算結果を、インタフェース部 1 2 2 を介して電力不整合判定装置 7 に送る。

【 0 0 8 3 】

電力不整合判定装置 7 は、演算部 7 2 1、インタフェース部 7 2 2、情報記憶部 7 2 3、表示部 7 2 7 を備えている。電力不整合判定装置 7 において、インタフェース部 7 2 2 は、時刻同期装置 1 が計算した補正時間と、変電所 2 の電流電圧情報と時刻情報と、電化列車 3 の電流電圧情報と時刻情報を時刻同期装置 1 から受け取る。インタフェース部 7 2 2 は受けた各情報を演算部 7 2 1 に送る。演算部 7 2 1 は、受けた各情報を情報記憶部 7 2 3 に保持し、併せて電力不整合判定を行い、判定結果をインタフェース部 7 2 2 を介して表示部 7 2 7 に表示する。

30

【 0 0 8 4 】

また電力不整合判定装置 7 の演算部 7 2 1 が行う処理は、一定時間間隔で処理を繰り返し開始する周期処理である。

【 0 0 8 5 】

図 1 1 に時刻同期装置 1 と変電所 2 と列車 3 と電力不整合判定装置 7 の行う処理構成（ソフトウェア）の関係を示す。

40

【 0 0 8 6 】

変電所 2 は、送電情報送信機能 1 3、時計機能 1 6、送電電流電圧測定機能 2 2 を備えている。変電所 2 において、送電情報送信機能 1 3 は、時計機能 1 6 の時刻情報を基に送電電流電圧測定機能 2 2 を用いて架線 4 に送出した電流電圧を測定し、時計機能 1 6 の時刻情報と測定した電流電圧を示す電流電圧情報とを対応付けて、時刻同期装置 1 に送信する。送電情報送信機能 1 3 の行う処理手順は、図 4 に示す内容について電圧を電流と電圧に変更したものとなる。これ以外の手順は実施例 1 と同じであるため、説明は省略する。

【 0 0 8 7 】

50

電化列車 3 は、受電情報送信機能 1 7、時計機能 1 9、受電電流電圧測定機能 2 3 を備えている。電化列車 3 において、受電情報送信機能 1 7 は、時計機能 1 9 の時刻情報を基に受電電流電圧測定機能 2 3 を用いて架線 4 から受けた電流と電圧を測定し、時計機能 1 9 の時刻情報と測定した電流電圧を示す電流電圧情報とを対応付けて、時刻同期装置 1 に送信する。受電情報送信機能 1 7 の行う処理手順は、図 5 に示す内容について電圧を電流と電圧に変更したものとなる。これ以外の手順は実施例 1 と同じであるため、説明は省略する。

【 0 0 8 8 】

時刻同期装置 1 は、情報受信機能 1 4、時刻同期機能 1 5 を備えている。時刻同期装置 1 において、情報受信機能 1 4 は、変電所 2 が送信した時刻情報（現在時刻）と電流電圧情報と、電化列車 3 が送信した時刻情報（現在時刻）と電流電圧情報を受信し、受信した各情報を時刻同期機能 1 5 に送る。

10

【 0 0 8 9 】

時刻同期機能 1 5 の処理手順は実施例 1 と同じであるため、説明は省略する。時刻同期機能 1 5 の処理結果と、変電所 2 が送信した時刻情報（現在時刻）と電流電圧情報と、電化列車 3 が送信した時刻情報（現在時刻）と電流電圧情報は、時刻同期機能 1 5 により、電力不整合判定装置 7 の電力不整合判定機能 2 0 に送られる。

【 0 0 9 0 】

電力不整合判定装置 7 は、電力不整合判定機能 2 0、判定結果表示機能 2 1 を備えている。電力不整合判定装置 7 において、電力不整合判定機能 2 0 は、時刻同期装置 1 より時刻の補正結果（補正值）と、変電所 2 及び電化列車 3 の各時刻の電流電圧情報（時刻情報と電流電圧情報）を受信し、受信した情報を基に、電力不整合の判定を実行し、判定結果を判定結果表示機能 2 1 に表示させる。

20

【 0 0 9 1 】

電力不整合判定機能 2 0 の行う処理手順を図 1 2 に示す。電力不整合判定機能 2 0 は、処理 4 0 0 1 より開始し、次の処理 4 0 0 2 で時刻同期装置 1 より時刻の補正結果と変電所 2 と電化列車 3 の各時刻の電流電圧情報の受信を行う。次に、電力不整合判定機能 2 0 は、処理 4 0 0 3 で受信した情報が新しい受信情報ありか否かを判定し、処理 4 0 0 3 で、新しい受信情報ありと判定した場合、処理 4 0 0 4 を行い、新しい受信情報なしと判定した場合、処理 4 0 0 8 で、このルーチンでの処理を終了とする。

30

【 0 0 9 2 】

受信した情報が新しい受信情報である場合は、電力不整合判定機能 2 0 は、処理 4 0 0 4 で、新しい受信情報の時刻情報（時刻値）に受信した補正值を加算し、前回までの受信情報に追加する。ここで、時刻同期装置 1 の情報受信機能 1 4 が受けた変電所 2 と電化列車 3 の各時刻の電流電圧である時刻電流電圧情報 8 0 0 を図 1 3 に示す。電力不整合判定装置 7 は、図 1 3 に示す時刻電流電圧情報 8 0 0 に加えて、時刻同期装置 1 が計算した時刻の補正值 = - 3 秒の情報を受け取る。

【 0 0 9 3 】

時刻電流電圧情報 8 0 0 は、変電所 2 を識別する名称 8 0 1 と、電化列車 3 を識別する名称 8 0 2 を備えている。名称 8 0 1 は、変電所 2 で測定した現在時刻を示す時刻 T s s 8 0 3 と、変電所 2 で測定した電流を示す電流 I s s 8 0 4 と、変電所 2 で測定した電圧を示す電圧 V s s 8 0 5 から構成され、名称 8 0 2 は、電化列車 3 で測定した現在時刻を示す時刻 T t r n 8 0 6 と、電化列車 3 で測定した電流を示す電流 I t r n 8 0 7 と、電化列車 3 で測定した電圧を示す電圧 V t r n 8 0 8 から構成される。

40

【 0 0 9 4 】

例えば、時刻 T s s 8 0 3 には、変電所 2 で測定した現在時刻として「 1 2 : 0 0 : 0 0 」～「 1 2 : 0 0 : 0 9 」が記録され、電流 I s s 8 0 4 には、変電所 2 で測定した電流として、「 1 0 0 」～「 1 1 0 0 」が記録され、電圧 V s s 8 0 5 には、変電所 2 で測定した電圧として、「 1 5 0 0 ~ 1 5 0 0 」が記録され、時刻 T t r n 8 0 6 には、電化列車 3 で測定した現在時刻として、「 1 2 : 0 0 : 0 0 」～「 1 2 : 0 0 : 0 9 」が記録

50

され、電流 I_{trn807} には、電化列車 3 で測定した電流として、「50」～「900」が記録され、電圧 V_{trn808} には、電化列車 3 で測定した電圧として、「1400～1402」が記録される。

【0095】

新しい受信情報が、図 13 に示す時刻電流電圧情報 800 のうち、時刻 12:00:09 における変電所 2 と電化列車 3 の電流電圧情報と補正時間 = - 3 秒であって、前回までの受信情報が、図 13 に示す時刻電流電圧情報 800 のうち、時刻 12:00:08 以前の変電所 2 と電化列車 3 の各時刻の電流電圧情報とすると、処理 4004 で前回までの受信情報に保持する内容は、図 14 に示す時刻電流電圧情報 900 となる。すなわち、図 13 の時刻電流電圧情報 800 に記録された電化列車 3 の情報が「- 3 秒」ずらされ、図 13 における時刻「12:00:03」の電流と電圧が、図 14 では時刻「12:00:00」の電流と電圧として記録され、図 13 における時刻「12:00:09」の電流と電圧が、図 14 では時刻「12:00:06」の電流と電圧として記録される。

【0096】

時刻電流電圧情報 900 は、時刻 901 と、変電所 2 を識別する名称 902 と、電化列車 3 を識別する名称 903 を備えている。名称 902 は、変電所 2 で測定した電流を示す電流 I_{ss904} と、変電所 2 で測定した電圧を示す電圧 V_{ss905} から構成され、名称 903 は、電化列車 3 で測定した電流を示す電流 I_{trn906} と、電化列車 3 で測定した電圧を示す電圧 V_{trn907} から構成される。

【0097】

時刻 901 には、例えば、「12:00:00」～「12:00:09」が記録され、電流 I_{ss904} には、変電所 2 で測定した電流として、「100」～「1100」が記録され、電圧 V_{ss905} には、変電所 2 で測定した電圧として、「1500～1500」が記録され、電流 I_{trn906} には、電化列車 3 で測定した電流として、「50」～「900」が記録され、電圧 V_{trn808} には、電化列車 3 で測定した電圧として、「1400～1402」が記録される。

【0098】

新しい受信情報の時刻「12:00:09」と時刻の補正值 = - 3 秒より、変電所 2 の新しい受信情報の時刻は「12:00:09」に、電化列車 3 の新しい受信情報の時刻は「12:00:06」となる。

【0099】

次に、電力不整合判定機能 20 は、処理 4005 で、変電所 2 が送出した電力 P_{ss2} と、電化列車 3 が消費した電力 P_{trn3} を計算する。ここで処理 4003 より変電所 2 の新しい受信情報の時刻は「12:00:09」に、電化列車 3 の新しい受信情報の時刻は「12:00:06」となるので、計算は時刻「12:00:06」について行う。変電所 2 と電化列車 3 は直流電化であるため、夫々の電力は次の式(20)と式(21)となる。

【0100】

$$P_{ss2} = \text{電圧} \times \text{電流} = 1501 \times 1400 = 210.14 \text{ kW} \quad \cdots \text{式(20)}$$

$$P_{trn3} = \text{電圧} \times \text{電流} = 1402 \times 900 = 126.18 \text{ kW} \quad \cdots \text{式(21)}$$

【0101】

次に、電力不整合判定機能 20 は、処理 4006 で、処理 4005 で求めた電力の比率 P_{trn3} / P_{ss2} が指定値より小さいか否かを判定する。電力不整合判定機能 20 は、電力の比率が指定値より小さいと判定した場合、処理 4007 を行い、電力の比率が指定値より小さくないと判定した場合、処理 4008 でこのルーチンでの処理を終了とする。ここでは、図示していない指定値は、式(22)となり、また電力の比率は式(20)(21)より式(23)となる。

【0102】

$$\text{指定値} = 75.0\% \quad \cdots \text{式(22)}$$

$$P_{trn3} / P_{ss2} = 126.18 / 210.14 = 60.0\% \quad \cdots \text{式(23)}$$

【 0 1 0 3 】

ここでは、式(22)と式(23)より、処理4006の判定は条件成立となる。よって次に行う処理は4007となる。

【 0 1 0 4 】

次に、電力不整合判定機能20は、処理4007では、電力不整合発生を判定結果表示機能21に送る。すなわち、処理4007では、電力の比率 P_{trn3} / P_{ss2} が指定値より小さい場合、つまり変電所2が送出した電力に対して、変電所2あるいは架線4あるいは電化車両3のひとつ以上に閾値を超える電力の漏洩が発生している可能性があるので、判定結果表示機能21に電力不整合発生可能性のメッセージを表示する。表示する情報は、例えば式(24)のテキストである。

10

【 0 1 0 5 】

「注意：変電所2、架線4、電化列車3に故障の可能性。電力比 = 60%」・・・式(24)

【 0 1 0 6 】

以上の手順を行うことにより、直流電化の場合に変電所2と電化列車3の間で時刻情報を互いに調整していない場合においても、それぞれの時刻情報を同期させる補正値を計算して、電力の不整合が発生していること検知することが可能となる。

【 0 1 0 7 】

なお、此処までの説明は時刻同期装置1と電力不整合判定装置7が独立した装置である場合について行ったが、時刻同期装置1と電力不整合判定装置7は片方の装置に他方が入っても良い。また電力不整合判定装置7は変電所2や電化列車3のひとつに含まれても良い。電力不整合判定装置7は時刻や電化列車3の位置や数に応じて、ふたつ以上の変電所2と電化列車3のひとつが時刻同期装置1の処理を受け持つ状態を入れ替えても良い。

20

【 0 1 0 8 】

また、変電所2及び電化列車3が送信する電流電圧情報に代わり、電力情報を用いても良い。また、判定結果表示機能21と式(24)のメッセージに代えて、図示していないランプの点灯や点滅、式(24)のメッセージを図示していない音声作成装置とスピーカを介して出力することでも良い。

【 0 1 0 9 】

本実施例において、演算部721は、時刻情報同期手段(時刻同期装置1)により一方の時刻情報(変電所2の時刻情報)と他方の時刻情報(電化列車3の時刻情報)とが同期した時刻情報に属する時刻における電気情報のうち直流の電源線(架線4)の電流・電圧を示す電流電圧情報から一方の管理対象(変電所2)で送出した一方の直流電力と他方の管理対象(電化列車3)で消費した他方の直流電力を算出する直流電力算出手段と、直流電力算出手段の算出による他方の直流電力と一方の直流電力とを比較し、他方の直流電力と一方の直流電力との比率が指定値より小さい場合に、電力不整合と判定する直流電力不整合判定手段を構成する。

30

【 0 1 1 0 】

本実施例によれば、直流の電源線(架線4)に接続された電化列車3と変電所2との間で直流電力エネルギーの授受関係を計算し、授受関係に不整合がある場合には、変電所2あるいは電化列車3あるいは架線4に障害があることを判定することができる。また、本実施例における時刻同期装置1と電力不整合判定装置7を用いて地絡検知装置を構成することで、地絡の発生時間を正確に把握することができる。

40

【 実施例 3 】

【 0 1 1 1 】

実施例3は、変電所2と電化列車3は交流電化である場合について、実施例1で求めた時刻の補正値を用いて、電化列車3と変電所2の間で交流電力エネルギーの授受関係を計算し、授受関係に不整合がある場合には、変電所2あるいは電化列車3あるいは架線4に障害があることを判定する方法を説明する。

【 0 1 1 2 】

50

交流電化の場合では、電流と電圧の間の位相 θ を考慮して有効電力を計算すれば良い。実施例3の装置構成、処理構成、時刻同期装置1の行う処理内容は、実施例2と同じで良いため、説明を省略する。

【0113】

まず、変電所2において、送電電流電圧測定機能22は、架線4の電流と電圧を測定すると共に電流と電圧の位相 θ_{ss2} を測定する。送電情報送信機能13は、各時刻の電流電圧と位相 θ_{ss2} に関する情報を電気情報（電流電圧情報と位相情報）として時刻同期装置1に送る。同様に、電化列車3において、受電電流電圧測定機能23は、架線4の電流と電圧を測定すると共に電流と電圧の位相 θ_{trn3} を測定する。受電情報送信機能17は、各時刻の電流電圧と位相 θ_{trn3} に関する情報を電気情報（電流電圧情報と位相情報）として時刻同期装置1に送る。

10

【0114】

変電所2と電化列車3が位相 θ_{ss2} と位相 θ_{trn3} に関する情報を時刻同期装置1に送ることから、時刻同期装置1が受け取る時刻電流電圧情報は、図13の時刻電流電圧情報800の内容に、位相 θ_{ss2} と位相 θ_{trn3} に関する情報を加えた情報となる。

【0115】

時刻同期装置1は、実施例1に示した手順に従い、時刻と電圧の情報をを用いて時刻の補正結果（補正時間）を作成する。ここで、変電所2と電化列車3でそれぞれ測定された電流と電圧の位相は、例えば、式(30)とする。

$$\text{位相 } \theta_{ss2} = \text{位相 } \theta_{trn3} = 60 \text{度} \quad \cdots \text{式(30)}$$

20

【0116】

電力不整合判定装置7は、時刻同期装置1が作成した時刻の補正結果と、図13に示す時刻電流電圧情報800と、変電所2と電化列車3でそれぞれ測定された位相 θ_{ss2} と位相 θ_{trn3} に関する情報を受ける。電力不整合判定装置7は、受け取った情報を基に、図12に示す処理を行い、処理4005にて変電所2が送出した電力 P_{ss2} と、電化列車3が消費した電力 P_{trn3} を計算する際に、交流における電力を計算する。図14に示す時刻電流電圧情報900のうち、時刻12:00:06の電流と電圧について電力を計算する場合、変電所2と電化列車3は交流電化であるため、変電所2と電化列車3の夫々の電力は、式(30)を用いて、次の式(31)と式(32)となる。

【0117】

$$\begin{aligned} P_{ss2} &= \text{電圧} \times \text{電流} \times \cos(\theta_{ss2}) \\ &= 1501 \times 1400 \times 0.5 = 105.07 \text{ kW} \quad \cdots \text{式(31)} \\ P_{trn3} &= \text{電圧} \times \text{電流} \times \cos(\theta_{trn3}) \\ &= 1402 \times 900 \times 0.5 = 66.09 \text{ kW} \quad \cdots \text{式(32)} \end{aligned}$$

30

【0118】

この後、電力不整合判定装置7は、 P_{trn3} / P_{ss2} が指定値よりも小さいか否かを判定する。

【0119】

$$\text{指定値} = 75.0\% \quad \cdots \text{式(22)}$$

$$P_{trn3} / P_{ss2} = 66.09 / 105.07 = 62.9\% \quad \cdots \text{式(33)}$$

40

【0120】

ここでは式(22)と式(33)より、処理4006の判定は条件成立となる。

【0121】

よって、電力不整合判定装置7は、処理4007では、電力不整合発生を判定結果表示機能21に送る。すなわち、処理4007では、電力の比率 P_{trn3} / P_{ss2} が指定値より小さい場合、つまり変電所2が送出した電力に対して、変電所2あるいは架線4あるいは電化車両3のひとつ以上に閾値を超える電力の漏洩が発生している可能性があるため、判定結果表示機能21に電力不整合発生可能性のメッセージを表示する。上記以外の処理は、実施例2と同じで良いため、説明を省略する。

【0122】

50

この処理を行うことにより、交流電化の場合についても、電力の不整合が発生していること検知することが可能となる。

【 0 1 2 3 】

本実施例において、演算部 7 2 1 は、時刻情報同期手段（時刻同期装置 1）により一方の時刻情報（変電所 2 の時刻情報）と他方の時刻情報（電化列車 3 の時刻情報）とが同期した時刻情報に属する時刻における電気情報のうち交流の電源線の電流・電圧を示す電流電圧情報と、交流の電源線（架線 4）の電流と電圧の位相を示す位相情報とから一方の管理対象（変電所 2）で送出した一方の交流電力と他方の管理対象（電化列車 3）で消費した他方の交流電力を算出する交流電力算出手段と、交流電力算出手段の算出による他方の交流電力と一方の交流電力とを比較し、他方の交流電力と一方の交流電力との比率が指定値より小さい場合に、電力不整合と判定する交流電力不整合判定手段を構成する。

10

【 0 1 2 4 】

本実施例によれば、交流の電源線に接続された電化列車 3 と変電所 2 との間で交流電力エネルギーの授受関係を計算し、授受関係に不整合がある場合には、変電所 2 あるいは電化列車 3 あるいは架線 4 に障害があることを判定することができる。

【 0 1 2 5 】

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、時刻同期装置 1 と電力不整合判定装置 7 とを一体化し、時刻同期装置 1 に電力不整合判定装置 7 の機能を付加した時刻同期装置を構成することができる。また、情報入力手段は、直流又は交流の電源線で接続された複数の管理対象から、各管理対象で電源線の電圧又は電流の少なくとも一方を含む電気信号を一定時間周期で順次測定したときの各時刻に関する時刻情報と各時刻における電気信号に関する電気情報を入力する情報入力手段として構成することができる。また、データ列の相関係数を計算するに際して、時刻補正值の一時的な変動を除くローパスフィルタ処理をデータ列 $V_{ss}(t)$ とデータ列 $V_{tr}(t)$ に適用することができる。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。

20

【 符号の説明 】

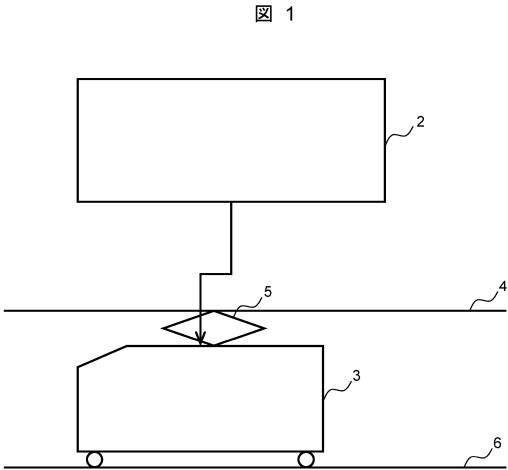
【 0 1 2 6 】

1 時刻同期装置、2 変電所、3 電化列車、4 架線、5 集電装置、6 軌道、7 電力不整合判定装置、11 送電電圧測定機能、12 受電電圧測定機能、13 送電情報送信機能、14 情報受信機能、15 時刻同期機能、16 時計機能、17 受電情報送信機能、18 結果表示機能、19 時計機能、20 電力不整合判定機能、21 判定結果表示機能、22 送電電流電圧測定機能、23 受電電流電圧測定機能、121、221、321、721 演算部、122、222、322、722 インタフェース部、123、723 情報記憶部、224、324 時計部、225、325 電圧測定部、126、226、326 情報伝送部、127、727 表示部、228、328 電圧電流測定部、1001～1011、2001～2006、3001～3006、4001～4008 処理

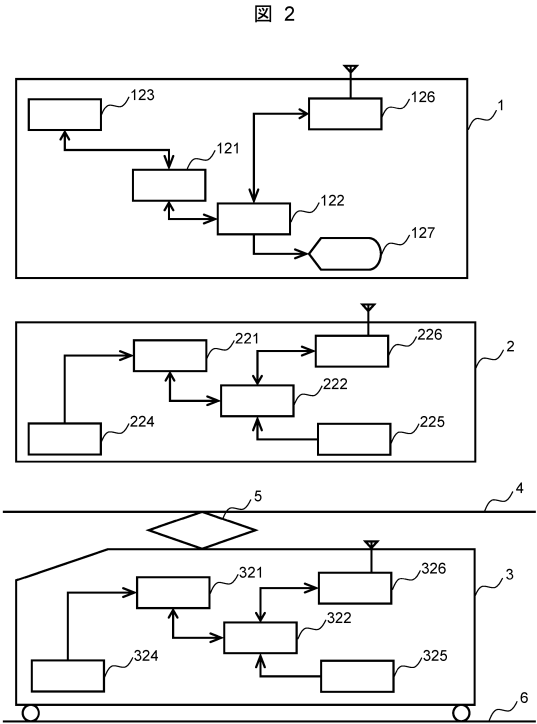
30

40

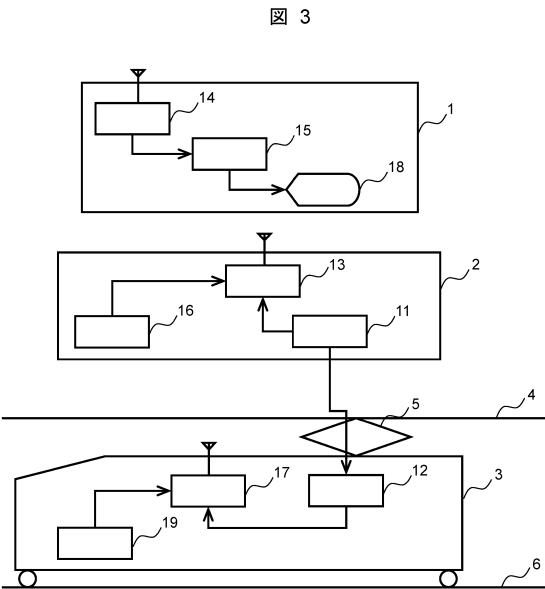
【図 1】



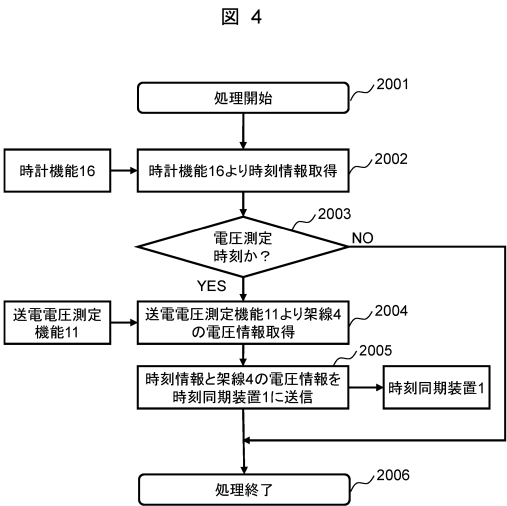
【図 2】



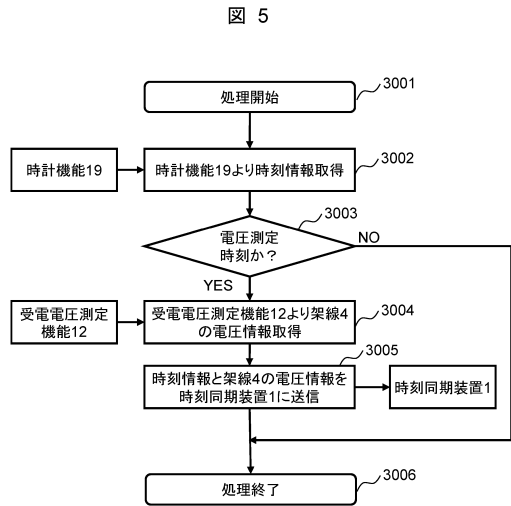
【図 3】



【図 4】



【図 5】

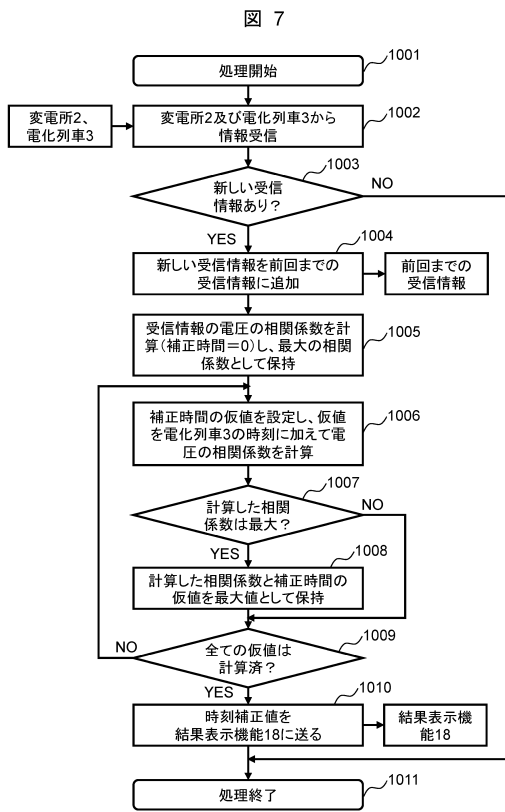


【図 6】

図 6

変電所2		電化列車3	
時刻Tss	電圧Vss	時刻Trn	電圧Vtrn
12:00:00	1500	12:00:00	1400
12:00:01	1490	12:00:01	1400
12:00:02	1500	12:00:02	1400
12:00:03	1500	12:00:03	1400
12:00:04	1500	12:00:04	1390
12:00:05	1500	12:00:05	1400
12:00:06	1501	12:00:06	1400
12:00:07	1500	12:00:07	1400
12:00:08	1500	12:00:08	1400
12:00:09	1500	12:00:09	1402

【図 7】



【図 8】

図 8

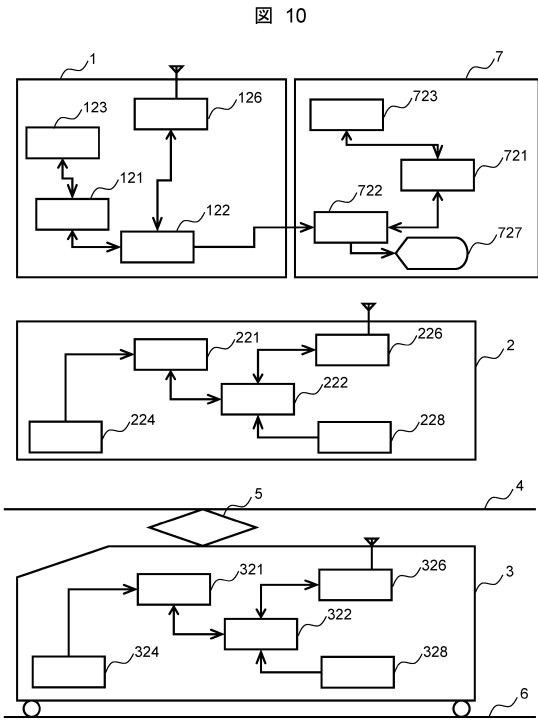
変電所2		電化列車3	
時刻Tss	電圧Vss	時刻Trn(補正時間-4秒)	電圧Vtrn
12:00:00	1500	12:00:00	1390
12:00:01	1490	12:00:01	1400
12:00:02	1500	12:00:02	1400
12:00:03	1500	12:00:03	1400
12:00:04	1500	12:00:04	1400
12:00:05	1500	12:00:05	1402

【図 9】

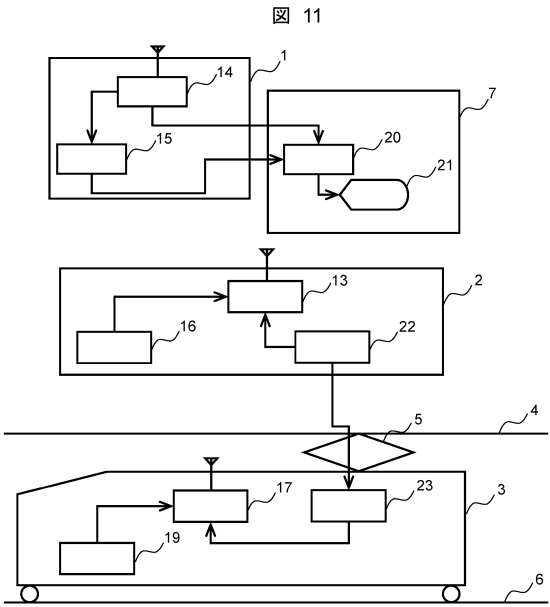
図 9

時刻補正仮値	相関係数
-4	-0.15119
-3	+0.99578
-2	-0.09636
-1	-0.08473
0	-0.07561
+1	-0.11058
+2	-1.00000
+3	+0.16667
+4	+0.20000

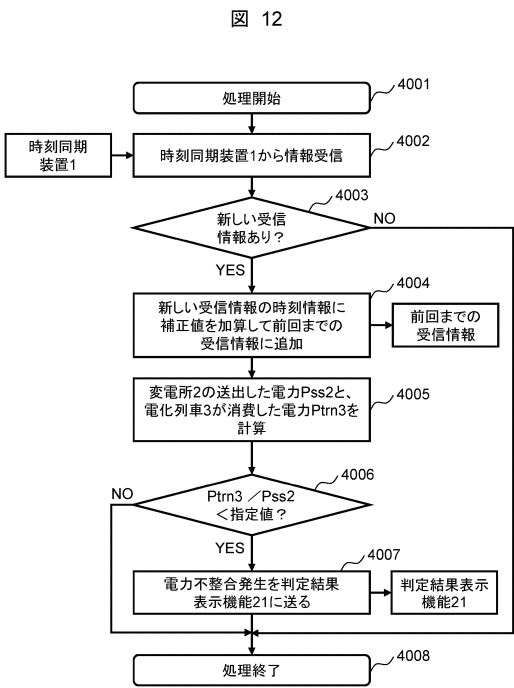
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

図 13

変電所2			電化列車3		
時刻Tss	電流Iss	電圧Vss	時刻Ttrn	電流Itrn	電圧Vtrn
12:00:00	100	1500	12:00:00	50	1400
12:00:01	4000	1490	12:00:01	50	1400
12:00:02	4000	1500	12:00:02	50	1400
12:00:03	1000	1500	12:00:03	50	1400
12:00:04	1000	1500	12:00:04	3900	1390
12:00:05	1000	1500	12:00:05	3900	1400
12:00:06	1400	1501	12:00:06	900	1400
12:00:07	1300	1500	12:00:07	900	1400
12:00:08	1200	1500	12:00:08	900	1400
12:00:09	1100	1500	12:00:09	900	1402

【図 14】

図 14

900

901	904	902	905	906	903	907
時刻T	変電所2		電化列車3			
	電流Iss	電圧Vss	電流Itrn	電圧Vtrn		
12:00:00	100	1500	50	1400		
12:00:01	4000	1490	3900	1390		
12:00:02	4000	1500	3900	1400		
12:00:03	1000	1500	900	1400		
12:00:04	1000	1500	900	1400		
12:00:05	1000	1500	900	1400		
12:00:06	1400	1501	900	1402		
12:00:07	1300	1500				
12:00:08	1200	1500				
12:00:09	1100	1500				

フロントページの続き

(72)発明者 宮内 努

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

審査官 岩本 太一

(56)参考文献 国際公開第2017/183232(WO, A1)

特開昭60-208140(JP, A)

特開2015-198480(JP, A)

特開平08-037724(JP, A)

特開2004-340852(JP, A)

米国特許出願公開第2006/0224336(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G04G 3/00 - 99/00

B60M 1/00 - 7/00

G06F 1/04 - 1/14