

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6255251号
(P6255251)

(45) 発行日 平成29年12月27日 (2017.12.27)

(24) 登録日 平成29年12月8日 (2017.12.8)

(51) Int. Cl.		F I	
H O 2 S	50/00	(2014.01)	H O 2 S 50/00
H O 2 J	13/00	(2006.01)	H O 2 J 13/00 3 1 1 R
H O 2 J	3/00	(2006.01)	H O 2 J 3/00

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-9218 (P2014-9218)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成26年1月22日 (2014.1.22)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2015-138864 (P2015-138864A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成27年7月30日 (2015.7.30)	(73) 特許権者	000222037
審査請求日	平成28年8月4日 (2016.8.4)		東北電力株式会社
			宮城県仙台市青葉区本町一丁目7番1号
		(73) 特許権者	391004920
			東北電機製造株式会社
			宮城県多賀城市宮内2丁目2番1号
		(74) 代理人	110000350
			ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	渡辺 雅浩
			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】 太陽光発電装置の出力推定方法および装置並びにこれを用いた電力系統監視装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

日射計測値を元に太陽光発電装置の出力を推定する太陽光発電出力推定方法であって、
 日射計設置点情報と日射計計測値および太陽光発電装置設置点情報から、太陽光発電装置設置点における日射量を推定する第1の推定手法と、該第1の推定手法と異なる手法で太陽光発電装置設置点における日射量を推定する第2の推定手法と、推定された日射量と当該太陽光発電装置の定格容量から太陽光発電装置の出力を推定する出力推定手法と、第1の推定手法で推定された日射量から推定された出力と第2の推定手法で推定された日射量から推定された出力との差から太陽光発電装置出力の推定誤差を求める誤差推定手法を備えることを特徴とする太陽光発電出力推定方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の太陽光発電出力推定方法であって、
 前記太陽光発電装置の出力を推定する第1または第2の推定手法は、線形補完方式または代表値方式のいずれかであることを特徴とする太陽光発電出力推定方法。

【請求項 3】

請求項1または請求項2に記載の太陽光発電出力推定方法であって、
 日射量推定値および日射量推定誤差から、日射量変動量推定値および日射量変動量推定誤差を求めることを特徴とする太陽光発電出力推定方法。

【請求項 4】

日射計測値を元に太陽光発電装置の出力を推定する太陽光発電出力推定装置であって、

日射計設置点情報と日射計計測値および太陽光発電装置設置点情報から、太陽光発電装置設置点における日射量を推定する第1の推定手段と、該第1の推定手段と異なる手段で太陽光発電装置設置点における日射量を推定する第2の推定手段と、推定された日射量と当該太陽光発電装置の定格容量から太陽光発電装置の出力を推定する出力推定手段と、第1の推定手段で推定された日射量から推定された出力と第2の推定手段で推定された日射量から推定された出力との差から太陽光発電装置出力の推定誤差を求める誤差推定手段を備えることを特徴とする太陽光発電出力推定装置。

【請求項5】

請求項4に記載の太陽光発電出力推定装置であって、

前記太陽光発電装置の出力を推定する第1または第2の推定手段は、線形補完方式または代表値方式のいずれかであることを特徴とする太陽光発電出力推定装置。

10

【請求項6】

請求項4または請求項5に記載の太陽光発電出力推定装置であって、

日射量推定値および日射量推定誤差から、日射量変動量推定値および日射量変動量推定誤差を求めることを特徴とする太陽光発電出力推定装置。

【請求項7】

同一の太陽光発電装置について、その出力を異なる推定手法により推定した推定出力と、その差分から求めた当該太陽光発電装置の出力推定誤差とを、電力システムの制御に使用することを特徴とする電力システム監視装置。

20

【請求項8】

請求項7に記載の電力システム監視装置であって、

電力システム監視装置は、前記請求項4から請求項6のいずれか1項に記載の太陽光発電出力推定装置から推定出力と推定出力誤差を得ることを特徴とする電力システム監視装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力系統に接続される太陽光発電装置の出力推定方法および装置並びにこれを用いた電力システム監視装置に係り、特に限られた地点の日射測定値から、日射測定地点と異なる地点の日射量推定を複数の方法で行うことで、太陽光発電装置の出力推定および推定誤差を計算する、太陽光発電装置の出力推定方法および装置並びにこれを用いた電力システム監視装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

電力系統は、電力需要と発電を常に等しくするとともに、系統各地の電圧を規定電圧範囲に維持するように制御されている。例えば、配電系統の電圧の制御を一例としてあげると、配電用変電所に設置された変圧器（負荷時タップ切替変圧器 LRT: Load Ratio Control Transformer）のタップ切替や、配電線上に設置された自動電圧調整器（SVR: Step Voltage Regulator）などのタップ切替によって制御されている。

【0003】

40

これらの電圧調整装置（負荷時タップ切替変圧器 LRT や自動電圧調整器 SVR）は、タップの切替までに一般的に数十秒の応答時定数で動作するように設定されている。また複数の電圧調整装置が配電線路に直列に設置される場合、配電線路（フィード）の末端側に設置される電圧調整装置は、変電所側（送出し側）に設置される電圧調整装置よりも応答時定数を遅く設定するのが一般的である。これにより、末端側の電圧調整装置の不要な動作を少なくしている。

【0004】

ところで、近年の配電系統では太陽光発電装置 PV を備えた需要家が増大している。この場合に、太陽光発電装置 PV の発電出力は天候変動に左右され配電系統の急激な電圧変動を生じさせる原因となっている。

50

【 0 0 0 5 】

然るに、タップなどの機械機構を備える電圧調整装置の応答時定数は、負荷や太陽光発電出力など、早く変化する電力に起因する電圧変動の現象に比べて遅いのが通常である。従って可能であれば、予想される太陽光発電装置 P V の出力変化を考慮して、現在の制御量や制御目標値を決定することが望ましい。そのためには、太陽光発電装置 P V の発電量に応じて、タップ制御を適切に行う必要がある。

【 0 0 0 6 】

このような課題に対し、配電系統においては、変電所バンク、フィーダ、開閉器区間単位内で発生する太陽光発電装置 P V の発電出力量を正しく推定し、出力変化量を予測することが重要となる。

10

【 0 0 0 7 】

太陽光発電装置 P V による発電の出力把握および予測方法として、次のような手法が知られている。例えば、非特許文献 1 には、稀少な太陽光発電装置 P V の出力計測点の情報を用いて任意地点の太陽光発電装置 P V 出力を精度良く推定できる手法が示されている。

【 0 0 0 8 】

また、特許文献 1 には、自己太陽光発電装置 P V の過去の発電量のみならず、他の太陽光発電装置 P V の発電量も用いて予測する手法が示されている。

【 0 0 0 9 】

また、特許文献 2 には、他の太陽光発電装置 P V の発電時系列データと変動パターンを比較して、類似度するデータに基づいて太陽光発電装置 P V の発電量を予測する方法が示されている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 2 8 1 0 6 0 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 2 - 1 2 4 1 8 8 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 1 1 】

【 非特許文献 1 】 「配電系統内の太陽光発電出力推定に関する研究」、平成 2 5 年電気学会全国大会、6 - 1 1 1 (2 0 1 3 年)

30

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

前述の非特許文献 1 に記載の方法では、太陽光発電装置 P V の出力把握に誤差が含まれるが、誤差の大きさを把握する手法が示されていない。そのため、発電量推定誤差によるリスクを考慮した系統制御（需給制御、電圧制御）を行うことができない課題がある。

【 0 0 1 3 】

また、特許文献 1 に記載の方法では、ここで使用するモデル式（モデル式の係数）が比較的硬直的であり時々刻々と変わる発電環境に対応して変更することが困難である、また風向き変化による雲の移動等に対応した発電量の予測が困難であり、近い将来の発電量の予測が困難となるなどの課題がある。

40

【 0 0 1 4 】

また、特許文献 2 に記載の方法では、推定誤差の大きさや、推定誤差リスクの時間経過による変化の影響が考慮されていないといった課題がある。

【 0 0 1 5 】

以上のことから本発明は、特に限られた地点の日射測定値から、日射測定地点と異なる地点に設置された日射量の推定および推定誤差量の把握を行うことで、太陽光発電装置の出力推定方法および装置並びにこれを用いた電力系統監視装置を提供するものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 6 】

50

以上のことから本発明においては、日射計測値を元に太陽光発電装置の出力を推定する太陽光発電出力推定方法であって、日射計設置点情報と日射計計測値および太陽光発電装置設置点情報から、太陽光発電装置設置点における日射量を推定する第１の推定手法と、第１の推定手法と異なる手法で太陽光発電装置設置点における日射量を推定する第２の推定手法と、推定された日射量と当該太陽光発電装置の定格容量から太陽光発電装置の出力を推定する出力推定手法と、第１と第２の推定手法の差から太陽光発電装置出力の推定誤差を求める誤差推定手法を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１７】

本発明の太陽光発電出力推定方法および推定装置により、（１）太陽光発電装置出力推定・予測に必要な計測装置を少なくできる、（２）推定・予測値の誤差を考慮した安全側の設計、制御が可能、（３）複数太陽光発電装置導入時の連系対策コストを低減できる、等の効果がある。

【００１８】

また、本発明のそれ以外の効果については、明細書中で説明する。

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】太陽光発電装置出力推定装置の処理機能構成を示す図。

【図２】太陽光発電装置、日射計が設置された配電系統の一例を示す図。

【図３】太陽光発電装置出力推定装置の構成例を示す図。

【図４】日射推定値を太陽光発電装置発電出力値に変換する処理フローを示す図。

【図５】日射量推定方法の一例として線形補完方式の考え方を示す図。

【図６】線形補完方法の処理フローを示す図。

【図７】日射量推定方法の他の一例である代表値方式の考え方を示す図。

【図８】日射量推定値および推定誤差量の計算例を示す図。

【図９】太陽光発電装置日射量変化量推定値および推定誤差を求める考え方を示す図。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

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】

【００２１】

図２は、太陽光発電装置ＰＶや日射計１８０が設置された配電系統１００（フィーダ）の一例を示した図である。この図で示される典型的な配電系統１００は、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１５０や太陽光発電装置ＰＶ、配電線路に設置されるセンサ１７０、日射計１８０、配電用変電所１１０、静止形無効電力補償装置ＳＶＣ（Static Var Compensator）、電圧調整装置（図２の例では自動電圧調整器ＳＶＲ）などで構成される。

【００２２】

ここで、日射計１８０の出力は、通信ネットワーク３００を介して、太陽光発電装置出力推定装置１０に接続され、逐次計測値を伝送する。なお日射計は、太陽光発電装置と同じ場所に設置されとは限らない。日射計１８０は、配電系統１００内の太陽光発電装置設置点の近傍に設置されることもあれば、変電所など全く別の場所に設置されることもあり、配電系統１００内に適宜配置されている。また日射計１８０が設置されていても、通信ネットワーク３００を介して、太陽光発電装置出力推定装置１０に接続されていないこともある。

【００２３】

図の例では、太陽光発電装置ＰＶ１、ＰＶ３、ＰＶ６の近傍には設置されているが、太陽光発電装置ＰＶ２、ＰＶ４、ＰＶ５の近傍には設置されていない場合で説明する。なお、日射計の代わりに太陽光発電装置ＰＶの出力そのものを日射計の代わりに太陽光発電装置出力推定装置１０に伝送する構成としてもよい。

【 0 0 2 4 】

また、センサ 1 7 0、配電用変電所 1 1 0、自動電圧調整器 S V R、静止形無効電力補償装置 S V C は、通信ネットワーク 3 0 0 を介して太陽光発電装置出力推定装置 1 0 と情報伝送を可能とするように構成されている。

【 0 0 2 5 】

太陽光発電装置出力推定装置 1 0 では、日射計 1 8 0 の計測データを元に、フィード内の太陽光発電装置 P V の出力推定値および推定誤差量を演算する。フィード内の太陽光発電装置 P V の出力推定値および推定誤差量が判明すると、この結果を電力系統監視装置に反映させることで、次のような配電系統管理上の効果が得られる。

【 0 0 2 6 】

まずセンサ 1 7 0 が検知する有効電力、無効電力に含まれる太陽光発電装置 P V の出力の割合が把握可能となる。これにより、太陽光発電装置 P V の出力が急増、急減した場合の潮流量を予測することが可能となり、需給制御や電圧制御が可能か、随時監視することができる効果を生じる。

【 0 0 2 7 】

また、配電用変電所 1 1 0、自動電圧調整器 S V R、静止形無効電力補償装置 S V C は、起こりうる太陽光発電装置 P V の出力変化に備えて、現在の制御量を調整したり、制御応答速度を調整したりすることで、より効率的な制御が可能となる効果を生じる。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、本発明の一実施例による太陽光発電装置出力推定装置 1 0 の構成例を示す図である。出力推定装置 1 0 は計算機システムで構成されており、表示装置 1 1、キーボードやマウス等の入力手段 1 2、コンピュータ C P U、通信手段 1 4、ランダムアクセスメモリ R A M、および各種データベースがバス線 3 0 に接続されている。また計算機システムのデータベース D B として、日射計情報データベース D B 1、太陽光発電装置情報データベース D B 2、日射推定データベース D B 3、太陽光発電装置発電出力データベース D B 4、およびプログラムデータベース D B 5 を備える。

【 0 0 2 9 】

ここでコンピュータ C P U は、計算プログラムを実行して表示すべき画像データの指示や、各種データベース内のデータの検索等を行う。ランダムアクセスメモリ R A M は、日射計設置点座標および日射計測値データ、太陽光発電装置設置点座標や定格容量や日射 - 太陽光発電変換係数データ、日射量推定値および日射量推定誤差計算結果データ、太陽光発電装置発電量推定値および推定誤差計算結果データ等の計算結果データを一旦格納するメモリである。これらのデータに基き、コンピュータ C P U によって必要な画像データを生成して、表示装置 1 1（例えば表示ディスプレイ画面）に表示する。

【 0 0 3 0 】

太陽光発電装置出力推定装置 1 0 内には、大きく分けて 5 つのデータベース D B が搭載されている。日射計情報データベース D B 1 には、日射計 1 8 0 が設置されている地理的座標を示す日射計設置点座標、日射計によって測定された時系列的な日射計測値データが記憶されている。従って、図 2 の配電系統構成の場合、太陽光発電装置 P V 1、P V 3、P V 6 の近傍の日射量が地理的座標ごとの時間情報として記憶されていることになる。

【 0 0 3 1 】

太陽光発電装置情報データベース D B 2 には、太陽光発電装置 P V が設置されている地理的座標を示す太陽光発電装置設置点座標や、各太陽光発電装置の定格容量や、日射量を太陽光発電装置出力量に変換するための係数である日射 - 太陽光発電変換係数データが格納されている。これによれば、例えば太陽光発電装置 P V 1 の近傍で計測した日射量から、太陽光発電装置 P V 1 の定格容量に見合って、太陽光発電装置 P V 1 の発電量を推定することができる。

【 0 0 3 2 】

日射推定データベース D B 3 には、プログラムによって計算された日射量推定値および日射量推定誤差計算結果データが格納されている。

【 0 0 3 3 】

太陽光発電装置発電出力データベース D B 4 には、プログラムによって計算された太陽光発電装置発電量推定値および推定誤差計算結果データ等のデータが格納されている。

【 0 0 3 4 】

プログラムデータベース D B 5 には、計算プログラムである複数種類の日射量推定プログラム P R 1、P R 2、日射誤差計算プログラム P R 3、日射 - 太陽光発電出力変換プログラム P R 4 を格納する。これらのプログラムは、必要に応じてコンピュータ C P U に読み出され、計算が実行される。

【 0 0 3 5 】

図 1 を用いて、本発明の太陽光発電装置出力推定装置 1 0 の処理機能構成について説明する。太陽光発電装置出力推定装置 1 0 は、日射量計測部 3 1、複数の日射量推定処理部 3 2、3 3、日射推定誤差量算出部 3 4、経過時間計測部 3 5、日射再起動処理部 3 6、日射 - 太陽光発電装置出力変換部 3 7 の各機能と、前述の 4 つのデータベースである日射計情報データベース D B 1、太陽光発電装置情報データ D B 2、日射推定データ D B 3、太陽光発電装置発電出力データ D B 4 で構成される。

10

【 0 0 3 6 】

図 1 において、まず日射量計測部 3 1 は、日射計 1 8 0 の計測データが通信ネットワーク 3 0 0 を介して太陽光発電装置出力推定装置 1 0 に取り込まれる入力部分に相当する。あるいは日射計情報データベース D B 1 に記憶された日射計測値データの取り出し機能ととらえてもよい。

20

【 0 0 3 7 】

日射量推定処理部 3 2、3 3 は、プログラムデータベース D B 5 に格納された計算プログラムのうち、異方式による複数種類の日射量推定プログラム P R 1、P R 2 を実行する処理機能である。例えば日射量推定処理部 3 2 は、日射量推定プログラム P R 1 を実行し、また同じデータを用いて日射量推定処理部 3 3 は日射量推定プログラム P R 2 を実行して日射量を推定する。

【 0 0 3 8 】

日射量推定処理部 3 2、3 3 では、日射量計測部 3 1 から日射計測値を入手し、日射計情報データベース D B 1 から日射計設置点座標を入手し、太陽光発電装置情報データベース D B 2 から太陽光発電装置設置点座標、各太陽光発電装置の定格容量、日射 - 太陽光発電変換係数を受け取り、各太陽光発電装置地点の日射量を計算する。ここで、日射量推定処理部 3 2、3 3 は各々異なる方法によって日射量の推定を行っている。なお日射量推定処理部 3 2、3 3 における異方式の演算手法については図 5、図 6、図 7 を用いて後述する。

30

【 0 0 3 9 】

日射推定誤差量算出部 3 4 は、プログラムデータベース D B 5 に格納された計算プログラムのうち、日射誤差計算プログラム P R 3 を実行する処理機能である。ここでは、日射量推定処理部 3 2、3 3 から太陽光発電装置設置地点の異方式の演算手法で求めた日射量計算結果を受け取り、その差分から日射推定誤差量を計算する。日射推定誤差量算出部 3 4 での処理のために、経過時間計測部 3 5 は、前回日射量および日射推定誤差量を計算した時間からの経過時間を測定し、測定結果を日射推定誤差量算出部 3 4 に渡す。

40

【 0 0 4 0 】

日射推定誤差量算出部 3 4 によって計測された日射推定誤差量および日射量推定処理部 3 2、3 3 で計算された日射推定量は、日射推定データベース D B 3 に格納されるとともに、日射 - 太陽光発電出力変換部 3 7 に渡される。

【 0 0 4 1 】

日射 - 太陽光発電出力変換部 3 7 は、プログラムデータベース D B 5 に格納された計算プログラムのうち、日射 - 太陽光発電出力変換プログラム P R 4 を実行する処理機能である。太陽光発電装置の定格容量や日射 - 太陽光発電変換係数によって、日射量を各太陽光発電装置出力量に変換し、太陽光発電装置発電出力データベース D B 4 に格納する。

50

【 0 0 4 2 】

日射再起動処理部 3 6 では、前回の太陽光発電装置出力推定処理後、一定時間の経過をもって太陽光発電装置出力推定処理の再実施を起動する。つまり、一定時間間隔での演算を実行するためのトリガ信号を与えている。

【 0 0 4 3 】

図 4 を用いて、日射推定値を太陽光発電装置発電出力値に変換する太陽光発電装置出力推定方法の一例を示す処理フローを説明する。この処理フローではまず処理ステップ S 0 において、前述の経過時間計測部 3 5 で計測される時刻 t の値を 0 に初期化する。

【 0 0 4 4 】

処理ステップ S 1 は、日射再起動処理部 3 6 の処理内容に対応するブロックであり、ここで前述の経過時間計測部 3 5 で計測される時刻 t の値が一定時間 t_{max} を超えた場合に、日射量推定を開始する。これにより一定時間間隔での継続した推定演算を可能としている。

10

【 0 0 4 5 】

処理ステップ S 2 では、異なる演算方式による複数の日射量推定処理を行う。これは、複数の日射量推定処理部 3 2、3 3 の処理をそれぞれ実行することに相当する。なお日射量推定処理部 3 2、3 3 における異方式の演算手法と、太陽光発電装置日射量推定値および推定誤差の求め方の具体手法については図 5、図 6、図 7 を用いて後述する。

【 0 0 4 6 】

処理ステップ S 3 では、複数の日射量推定処理計算結果を読み込む。具体的には、太陽光発電装置設置点 i の日射量推定値 S_i (kWh/m^2)、太陽光発電装置定格容量 P_{pv0i} (kW)、日射 - 太陽光発電出力変換係数 K_i を読み込む。なおここで太陽光発電装置と日射計の設置点 i は近傍関係にあればよく、厳密な意味での同一地点を意味しない。

20

【 0 0 4 7 】

処理ステップ S 4 では、読み込んだ日射量を太陽光発電装置出力量 P_{pvi} に変換する。具体的には、(1) 式を実行する。

[数 1]

$$P_{pvi} = S_i \times P_{pv0i} \times K_i \quad \dots (1)$$

処理ステップ S 5 では、すべての太陽光発電装置について計算が実施されたか判定し、完了した場合時刻 t を 0 にリセットして処理の最初に戻る。

30

【 0 0 4 8 】

以上太陽光発電装置出力推定装置 1 0 の処理について説明したが、太陽光発電装置日射量推定値および推定誤差の代わりに、太陽光発電装置日射量変化量推定値および推定誤差を同様に求めることも可能である。図 9 に示すように、ある時間間隔 Δt の間に発生する出力変化量 ΔP_{pv} を計算することで、前述の処理と同様に太陽光発電装置日射量変化量推定値および推定誤差を求めることが可能である。

【 0 0 4 9 】

次に、図 1 の日射量推定処理部 3 2、3 3、あるいは図 4 の処理ステップ S 2 の処理の例について説明する。ここでは、互いに異なる方式として (1) 線形補完方式と、(2) 代表値方式を用いる場合について説明する。

40

【 0 0 5 0 】

図 5 は日射量推定方法の一例として線形補完方式の考え方を示す概念図である。この推定手法は、太陽光発電装置設置点の近隣の 3 点の日射計測点の日射計測値から地理的配置を考慮して距離按分で太陽光発電装置設置点の日射を計算する方法である。図 5 において x 軸、 y 軸は地理的座標を表し、各座標に対応する太陽光発電装置出力を z 軸として表している。ここでは、図中の太陽光発電装置の設置点である j 地点 (座標 (x_{pj}, y_{pj})) の日射量 P_{Vj} を推定することを考える。

【 0 0 5 1 】

但し、 j 地点の近傍の複数の地点において日射量計測が行われ、その地理的情報とともに

50

すでに得られているものとする。図 5 の場合、P 1、P 2、P 3、P 4 の 4 点の日射量と、地理的情報が得られているものとする。この場合、計測点の間の太陽光発電装置出力は、近隣の任意に設定された 3 点 (P 1 (x 1、y 1、z 1)、P 2 (x 2、y 2、z 2)、P 3 (x 3、y 3、z 3)) を通る平面で表され、j 地点の太陽光発電装置出力 z は次の (2) 式で表される。a、b、c は、連立方程式を解くことで一意に定まる。

[数 2]

$$z = a x + b y + c \quad \cdots (2)$$

この場合、j 地点 (座標 (x p j、y p j)) の日射量 P V j は、測定点 P 1、P 2、P 3 で囲まれる三角形 A に含まれ、計測点に対応する座標を通る平面で定義されることになる。三角形 B のように異なる三角形に含まれることも考えられるが、太陽光発電装置地点から距離が近い 3 つの計測点を用いればよい。

10

【 0 0 5 2 】

図 6 は線形補完方式の処理フロー図である。

【 0 0 5 3 】

処理ステップ S 1 1 では、日射計設置点座標、太陽光発電装置設置点座標、日射量測定値 S i (k W h / m ²) 読み込みを行う。

【 0 0 5 4 】

処理ステップ S 1 2 では、太陽光発電装置設置点 j に近い日射計設置点を 3 点選定する。そのうえで、その 3 点を通る三角形 A (部分領域) の平面の式のパラメータ (a、b、c) 計算を行う。なお、平面の式は、前述のように、(3) 式で表わされる。

20

[数 3]

$$a_j x + b_j y + c_j z + d_j = 0 \quad \cdots (3)$$

処理ステップ S 1 3 では、太陽光発電装置設置点 j の日射量 z j を算出する。z j の算出は、(4) 式で算出されればよい。

[数 4]

$$z_j = - (a_j x_j + b_j y_j + d_j) / c_j \quad \cdots (4)$$

処理ステップ S 1 4 では、すべての太陽光発電装置について計算が実施されたか判定し、未完の場合処理ステップ S 1 3 に戻る。

【 0 0 5 5 】

図 7 は日射量推定方法の他の一例である代表値方式の考え方を示す概念図である。特定の日射計を代表とし、その近隣の太陽光発電装置地点の日射量は、代表の日射量計測値と等しいとみなす手法である。代表とする日射計の選定においては、太陽光発電装置設置点から最も近い位置にある計測点を選定する。この方法の一つにボロノイ図 (ボロノイ分割) がある。これは、ある距離空間上の任意の位置に配置された複数個の点 (母点) に対して、同一距離空間上の他の点がどの母点に近いかにによって領域分けされた図のことである。特に二次元ユークリッド平面の場合、領域の境界線は、各々の母点の二等分線の一部になる。

30

【 0 0 5 6 】

ボロノイ分割では、距離が均等になるように境界線が決まる。このとき、母点から同一距離にある地点の集合は円で表される。このようにして、各太陽光発電装置設置点の日射量を推定することが可能となる。

40

【 0 0 5 7 】

図 8 に日射量推定値および推定誤差量の計算例を示す。前述の線形補完方式、代表値方式の 2 つの推定方法によって、ある太陽光発電装置設置点の日射量を推定した例を示している。太い実線の線形補完方式、太い点線の代表値方式は、推定アルゴリズムの違いによって、各時刻の日射量が異なる結果を計算している。これらの差分 (細かい点線) を、日射量推定誤差として示している。

【 0 0 5 8 】

この計算結果によれば、2 つの推定値は長期的 (図の例では 1 0 秒オーダー) には同じ変動傾向を示しているが、短期的 (図の例では秒オーダー) には差分を発生している。こ

50

の結果を踏まえて、実運用においては日射量推定値として、線形補完方式、代表値方式、およびこれらの平均値を用いればよく、その値に日射量推定誤差が含まれているとして、各種系統制御に活用していけばよい。

【 0 0 5 9 】

本発明による以上のような機能により、太陽光発電装置発電量および誤差量を計算することができ、これにより系統の需給制御、電圧制御等を高精度かつ誤差リスクを考慮して実施することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

つまり図 1 に一例を示した太陽光発電装置の出力推定装置が求めた結果である出力推定値および出力推定誤差値を電力系統監視装置に反映させることで、次のような配電系統管理上の効果が得られる。

10

【 0 0 6 1 】

例えば需給制御や電圧制御を実施する電力系統監視装置に対して、出力推定値および出力推定誤差値を与えることで、センサ 170 が検知する有効電力、無効電力に含まれる太陽光発電装置 P V の出力の割合が把握可能となる。これにより、太陽光発電装置 P V の出力が急増、急減した場合の潮流量を予測することが可能となり、需給制御や電圧制御が可能か、随時監視し、さらには制御すること可能となる効果を生じる。

【 0 0 6 2 】

また、電力系統監視装置が配電用変電所 110、自動電圧調整器 S V R、静止形無効電力補償装置 S V C を用いた監視、制御を実行するものである時に、起こりうる太陽光発電装置 P V の出力変化に備えて、現在の制御量を調整したり、制御応答速度を調整したりすることで、より効率的な監視、制御が可能となる効果を生じる。

20

【 0 0 6 3 】

さらに電力系統制御装置での他の適用事例として、太陽光発電装置の発電量が把握することで、線路のセンサの計測値から、負荷量を把握することが可能となる。また、誤差を考慮することで、負荷量の推定誤差量も把握可能となる、これにより、急な太陽光発電装置脱落時を考慮した、過負荷防止や、負荷融通を適切に実施可能となる効果がある。

【 0 0 6 4 】

また、現在の太陽光発電装置発電量を把握することで、急な太陽光発電装置出力変動範囲はせいぜい現在値から太陽光発電装置設備容量最大値まで増加するか、0 に減少するかいずれかであると、推定でき、これにより太陽光発電装置出力変化に対する瞬動予備力や電圧制御余裕を最小限にすることが可能となる。これにより、発電機効率低下を抑制し、電圧調整設備容量を低減することが可能となり、系統運用・設備コストを低減できる効果がある。

30

【 0 0 6 5 】

なお、図 1 の構成では異方式で日射量とその誤差量を求め、その後推定電力量に変換するという手順を踏んでいるが、これは異方式で日射量を求め、その後推定電力量に変換するとともに、推定電力量の差分として推定電力量の誤差分を求めるという手順を踏んでもよい。

【 0 0 6 6 】

40

いずれにせよ本発明においては、検知した太陽光発電量に含まれる誤差量が推定できないという課題に対して、異方式演算による推定電力の差分が出力誤差量に相当するという新たな考えのもとに、装置構成し、方法を工夫し、かつ以後の制御に応用可能としたものである。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 7 】

電力系統の太陽光発電装置出力および推定誤差把握装置、太陽光発電装置出力変化量推定装置として活用することができる。電力系統の需給調整装置の瞬動予備力決定に活用することで、周波数調整装置、経済負荷配分装置等の機能として活用することができる。また電圧調整装置や、配電系統の負荷融通決定装置、配電自動化システムの機能として活用

50

できる。また、配電系統において、太陽光発電などの分散電源の増設に対応した、電圧維持対策、配電設備利用率向上対策として活用することが可能となる。

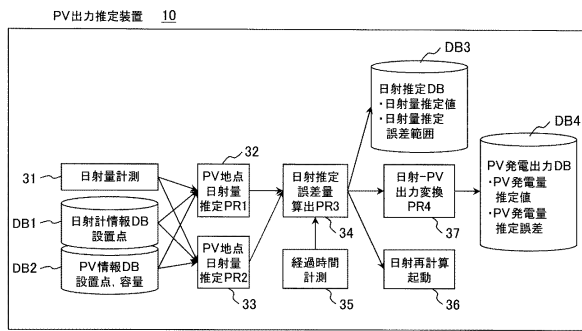
【符号の説明】

【 0 0 6 8 】

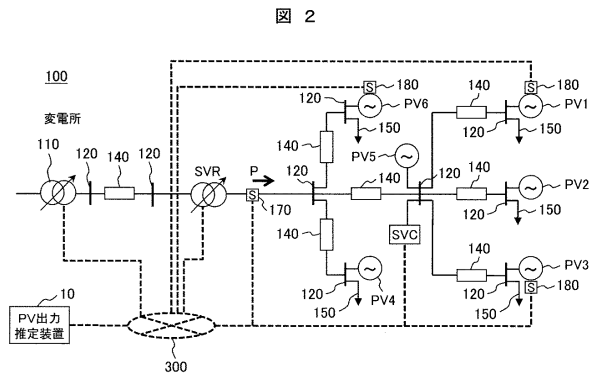
1 0 : 太陽光発電装置出力推定装置	
1 1 : 表示装置	
1 2 : キーボードやマウス等の入力手段	
C P U : コンピュータ	
1 4 : 通信手段	
R A M : ランダムアクセスメモリ	10
D B 1 : 日射計情報データベース	
D B 2 : P V 情報データベース	
D B 3 : 日射推定データベース	
D B 4 : P V 発電出力データベース	
D B 5 : プログラムデータベース	
3 1 : 日射量計測部	
3 2、3 3 : 複数の日射量推定処理部	
3 4 : 日射推定誤差量算出部	
3 5 : 経過時間計測部	
3 6 : 日射再起動処理部	20
3 7 : 日射 - 太陽光発電出力変換部	
1 0 0 : 配電系統	
1 1 0 : 配電用変電所	
1 2 0 : ノード	
1 3 0 : 太陽光発電装置	
1 4 0 : 配電線路	
1 5 0 : 負荷	
S V R : 自動電圧調整器	
1 7 0 : センサ	
1 8 0 : 日射計	30
S V C : 静止形無効電力補償装置	

【 図 1 】

图 1

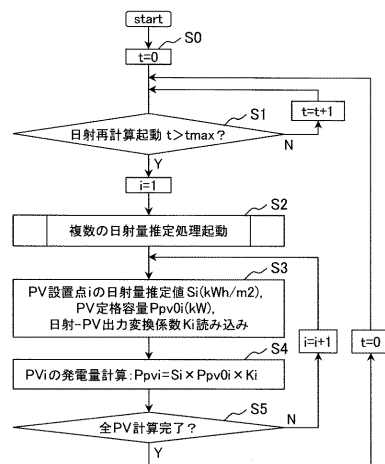


【 図 2 】



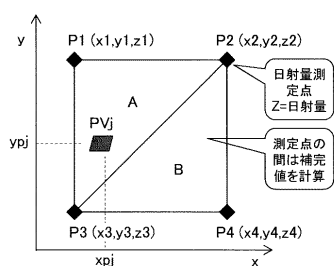
【 図 4 】

图 4



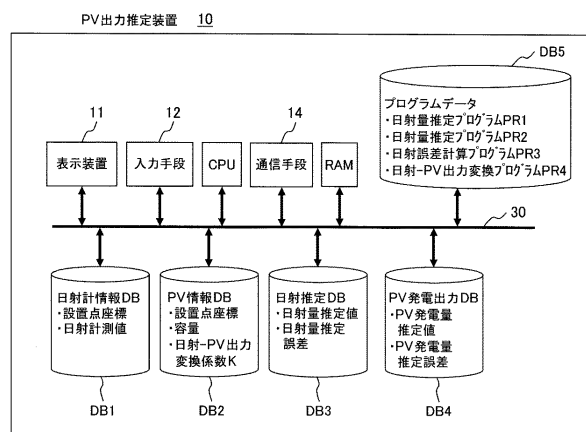
【 図 5 】

図 5



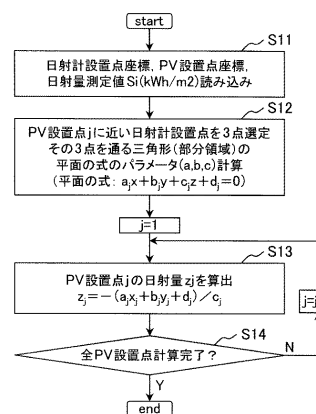
【 図 3 】

图 3



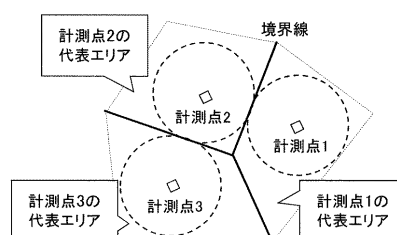
【 図 6 】

图 6

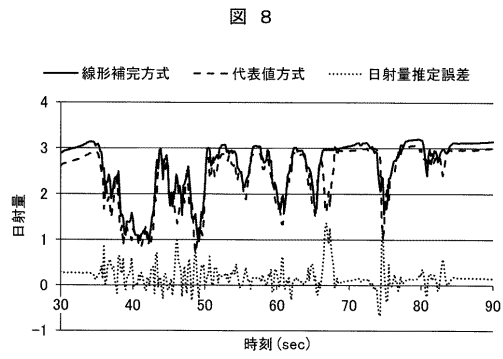


【圖 7】

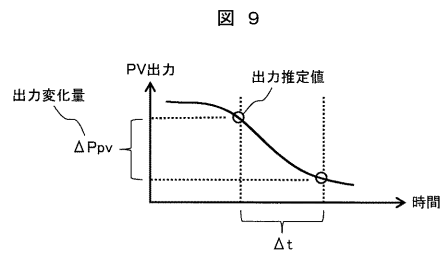
图 7



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 山根 憲一郎
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 松本 拓也
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 熊谷 正俊
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 大西 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 江頭 諒
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 松田 勝弘
宮城県仙台市青葉区本町一丁目7番1号 東北電力株式会社内
- (72)発明者 村越 潤
宮城県多賀城市宮内二丁目2番1号 東北電機製造株式会社内
- (72)発明者 佐藤 智也
宮城県多賀城市宮内二丁目2番1号 東北電機製造株式会社内

審査官 山本 元彦

- (56)参考文献 特開2006-033908(JP,A)
特開2013-253805(JP,A)
特開2013-009492(JP,A)
特開2012-044089(JP,A)
特開2011-058814(JP,A)
特開2012-010508(JP,A)
特開2008-271723(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0295506(US,A1)
特許第5339317(JP,B1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02S 10/00-99/00