

(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
2014 年 1 月 3 日(03.01.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/002274 A1

- (51) 国際特許分類:
G05B 13/04 (2006.01) **H02J 3/46** (2006.01)
H02J 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/066782
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 29 日(29.06.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 楠見 尚弘 (KUSUMI Naohiro) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所日立研究所内 Ibaraki (JP). 日野 徳昭 (HINO Noriaki) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町

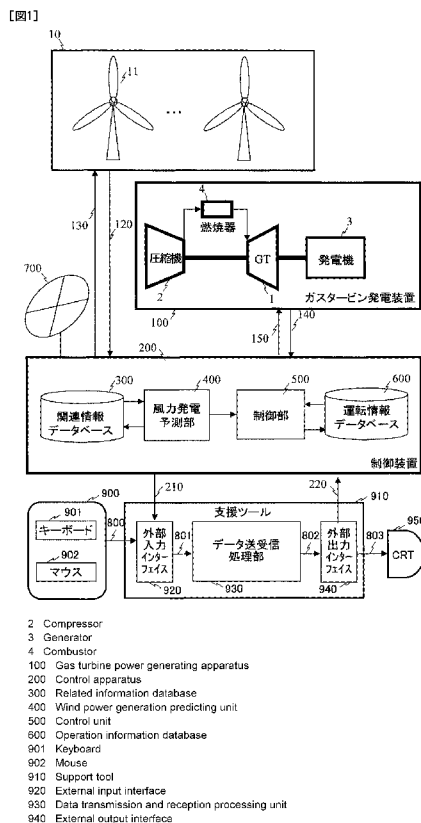
七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).

- (74) 代理人: 春日 譲(KASUGA Yuzuru); 〒1030023 東京都中央区日本橋本町三丁目 4 番 1 号トリイ日本橋ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: FOSSIL-FUEL POWER GENERATING EQUIPMENT, RENEWABLE ENERGY POWER GENERATING PLANT, AND CONTROL METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: 火力発電設備、自然エネルギー発電プラント及びその制御方法



(57) Abstract: Fossil-fuel power generating equipment is provided with a gas turbine power generating apparatus (100) that converts energy from the heat of reaction of fuel into electrical power, a wind power generation predicting unit (400) that calculates predicted power generation output for a wind power generating apparatus (10) at a future set time, a target calculating unit (511) that calculates a targeted power generation output for the gas turbine power generating apparatus (100) at the set time on the basis of the predicted power generation output, an instruction calculating unit (512) that calculates an instruction amount (150) for the gas turbine power generating apparatus so that the power generation output from the gas turbine power generation apparatus (100) becomes the targeted power generation output, and an instruction output unit (515) that outputs the instruction amount (150) to the gas turbine power generating apparatus (100) earlier than the set time by the response delay of the gas turbine power generating apparatus (100). Accordingly, it is possible to effectively suppress changes in the total power generation output from a renewable energy power generating apparatus and a fossil-fuel power generating apparatus.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/002274 A1



(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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

燃料の反応熱エネルギーを電力に変換するガスタービン発電装置 (100) と、風力発電装置 (10) の未来の設定時刻における予測発電出力を算出する風力発電予測部 (400) と、予測発電出力を基に設定時刻におけるガスタービン発電装置 (100) の目標発電出力を演算する目標演算部 (511) と、ガスタービン発電装置 (100) の発電出力が目標発電出力となるようなガスタービン発電装置への指令値 (150) を演算する指令演算部 (512) と、設定時刻からガスタービン発電装置 (100) の応答遅延時間だけ先行して指令値 (150) をガスタービン発電装置 (100) に出力する指令出力部 (515) とを備える。これにより、自然エネルギー発電装置及び火力発電装置の総発電出力の変動を効果的に抑制することができる。

明 細 書

発明の名称：

火力発電設備、自然エネルギー発電プラント及びその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、自然エネルギー発電装置に組み合わせる火力発電設備、自然エネルギー発電装置に火力発電設備を組み合わせた自然エネルギー発電プラント及びその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、二酸化炭素低減の観点から自然エネルギーを利用した発電装置（自然エネルギー発電装置）、例えば風力発電装置や太陽光発電装置が普及しつつある。しかし、気象を含めて自然現象は制御できないため自然エネルギー発電装置の発電出力は一般に不安定であり、こうした電源を接続すると系統に対する供給電力量を不安定にし得る。それに対し、ガスタービン発電装置と風力発電装置とを電源として備え、風力発電装置の予測発電出力を基にガスタービン発電装置を制御する重質油改質プラントが提唱されている（特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-285571号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 発電装置の規模や気温等の条件によって程度の差はあるが、ガスタービン発電装置を含めて火力発電設備の発電出力の制御には応答遅延が生じる。そのため、自然エネルギー発電装置の発電出力の変動に応じて火力発電設備の発電出力を制御する場合、仮に自然エネルギー発電装置の発電出力が予測通りに推移したとしても、両発電装置の目標総発電出力に対して実際の総発電出力に許容できない過不足が生じ得る。環境保護の観点やエネルギー源の多

様化から、今後自然エネルギー発電装置の需要の一層の増加が見込まれ、自然エネルギー発電装置の負荷変動の課題はますます顕著化することが予想される。

[0005] 本発明は上記事情に鑑みなされたもので、総発電出力の変動を抑制することができる火力発電設備、自然エネルギー発電プラント及びその制御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

[0006] 上記目的を達成するために、本発明は、自然エネルギー発電装置の未来の設定時刻における予測発電出力を算出し、その予測発電出力を基に上記設定時刻における火力発電装置の目標発電出力を演算し、火力発電装置の応答遅延時間を加味して上記設定時刻に先行して火力発電装置を制御する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、自然エネルギー発電装置及び火力発電装置の総発電出力の変動を効果的に抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの全体構成を表す概略図である。

[図2]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの制御装置に備えられた制御部の機能ブロック図である。

[図3]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの制御装置に備えられた関連情報データベースの格納情報の模式図である。

[図4]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの制御装置に備えられた運転情報データベースの格納情報の模式図である。

[図5]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの制御装置に備えられた風力発電予測部の予測演算機能の動作説明のためのモデル図である。

[図6]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの制御装置によるガスタービン発電装置に対する指令値の生成及び出力の手順を表す

フローチャートである。

[図7]本発明の自然エネルギー発電プラントの目標発電出力と許容変動幅の関係を表した図である。

[図8]負荷変化率と周波数の変動幅の関係の一例を表したグラフである。

[図9]ガスタービン発電装置の応答遅延特性を模式的に表した図である。

[図10]本発明の自然エネルギー発電プラントにおける発電出力の変動抑制の原理を模式的に表した図である。

[図11]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの画像表示装置に表示される初期画面を例示した図である。

[図12]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの画像表示装置に表示される運転状態表示画面を例示した図である。

[図13]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの画像表示装置に表示されるトレンド表示画面を例示した図である。

[図14]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの画像表示装置に表示されるトレンドグラフを例示した図である。

[図15]本発明の第2の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの全体構成を表す概略図である。

[図16]本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの制御装置に備えられた太陽光発電予測部の予測演算機能の動作説明のためのモデル図である。

[図17]本発明の第3の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの全体構成を表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0009] 本実施の形態の自然エネルギー発電プラントは、自然エネルギー発電装置に火力発電設備を組み合わせたプラントである。自然エネルギー発電装置は、風力発電装置や太陽光発電装置等の自然エネルギーを電力に変換する装置をいう。また、本実施の形態における火力発電設備は、火力発電装置とその制御装置を含むパッケージをいい、例えば既存の自然エネルギー発電装置

に組み合わせて自然エネルギー発電プラントを構成することもできる。火力発電装置は、ガスタービン装置やコンバインドサイクル発電装置等、石油、石炭、天然ガス、廃棄物、バイオマス等の燃料の反応熱エネルギーを電力に変換する装置をいう。

[0010] 火力発電装置は、タービンを有する原動機関、及びタービンに接続された発電機を備えていて、制御装置によって原動機関の動作が制御されることによって火力発電装置の発電出力が制御される。制御装置は自然エネルギー発電装置にも接続され、自然エネルギー発電装置の制御にも寄与する。制御装置の制御の大きな特徴は、自然エネルギー発電装置の未来の予測発電出力に基づく火力発電装置の先行制御にある。自然エネルギー発電装置の予測発電出力は気象情報等を基に適宜の演算モデル（例えばニューラルネットワーク）により演算され、好ましくはその後に計測される自然エネルギー発電装置の発電出力との誤差を基に演算モデルを修正して精度が高められる。必要な気象情報の項目は自然エネルギー発電装置の種類によるが、例えば風力発電装置の場合、気温、湿度、風力、風向等である。気象情報は少なくとも自然エネルギー発電装置の設置した地点（若しくはこれに最も近い地点）のものである。これらの気象情報は、自然エネルギー発電装置のセンサ類又は別途設置したセンサ類で計測された値を用いることもできるし、不足な場合には気象情報の提供機関が提供する気象情報を利用することもできる。提供機関から提供された気象情報は、オペレータによって制御装置のデータベースに入力しても良いが、気象情報の提供機関からネットワークを通じて取得された情報が逐次データベースに蓄積されるようにすることもできる。

[0011] また、先の「先行制御」とは、火力発電装置に指令値を出力してから現実に当該火力発電装置が指令値に応じた運転状態に移行するまでに経過する時間（応答遅延時間）を加味して現在時刻よりも所定時間先の設定時刻に目標の発電出力が得られるように設定時刻に先行して火力発電装置に指令を出力することをいう。例えばある目標の発電出力を現在時刻から所定時間先の設定時刻に火力発電装置で得たい場合、設定時刻に指令を出力するのでは発電

出力が目標発値まで増加又は減少するのは設定時刻から応答遅延時間が経過した時刻となるところ、設定時刻から応答遅延時間だけ前の時刻に指令を出力することで設定時刻に目標発電出力が得られる。したがって、本制御を実現するためには、設定時刻から応答遅延時間だけ遡った時刻が過去の時刻であってはならず、現在時刻から応答遅延時間だけ未来の時刻（又はそれよりも更に先の時刻）を設定時刻とし、設定時刻における火力発電装置の目標発電出力が決定されなければならない。すなわち、未来の設定時刻における自然エネルギー発電装置の予測発電出力を算出し、それに応じて同設定時刻における火力発電装置の目標発電出力及び目標発電出力を得るための火力発電装置への指令値を算出し、設定時刻の応答時間前の時刻に当該指令値を火力発電装置に出力することとなる。自然エネルギー発電装置及び火力発電装置の時間当たりの総発電出力を所望の範囲内で推移させる場合、例えば自然エネルギー発電装置の設定時刻の発電出力が予測できれば、その予測値を目標の総発電出力から減じた値を火力発電装置の設定時刻の目標発電出力として決定することができる。

[0012] 応答遅延時間は、本自然エネルギー発電プラントの稼働環境によっては火力発電装置の規模で概ね一定となることもあり得るが、同一の火力発電装置であっても気温や湿度等の条件で時間とともに変化し得る。この場合、例えばガスタービン発電装置やコンバインドサイクル発電装置では、圧縮機の吸気の温度や圧力、排気の温度や圧力等を基に応答遅延時間の予測値を算出することができる。また、運転に伴って応答遅延時間の予測値と計測値に許容を超える誤差が確認された場合には、その誤差だけ応答遅延時間の予測値を補正することが好ましい。

[0013] 上記技術思想の下で自然エネルギー発電装置の予測発電出力を基に、応答遅延時間を加味して火力発電装置を先行制御することにより、自然エネルギー発電プラントの時間当たりの総発電出力の変動を抑制し、接続する系統で定められた許容範囲内で総発電出力を推移させ得る。このようにプラントの時間当たりの総発電出力を安定させることができるので、総発電出力が許容

範囲を下回らないように目標総発電出力を必要以上に高く設定する必要がない。目標総発電出力を必要以上に高く設定すると発電出力に余剰分が発生しがちとなり、余剰発電出力を活用するためには余剰発電出力を消費する負荷装置、例えば電気ボイラや造水装置等を用意する必要がある。それに対し、本実施の形態の自然エネルギー発電プラントでは、時間当たりの総発電出力を所望の範囲内で推移させるので余剰発電出力の消費の負荷装置の設置を前提とする必要がなく、プラントの規模やコストを抑制し小型なプラントを低廉に構築することができる。また、発電出力が安定するので電源としての汎用性が高く、多種多様な系統に対応可能であることも大きなメリットである。

[0014] 加えて、本実施の形態の自然エネルギー発電プラントは、既存の自然エネルギー発電装置の活用にも大きく寄与する。すなわち、制御装置を含めた火力発電設備をパッケージとして既存の自然エネルギー発電装置に追加設置することで、不安定電源であった既存の自然エネルギー発電装置を、例えば接続系統の要求に見合った安定電源に改良することができる。

[0015] 以下に図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

[0016] (第1の実施の形態)

1. 構成

(1-1) 自然エネルギー発電プラント

図1は本発明の第1の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの全体構成を表す概略図である。

[0017] 同図に示した自然エネルギー発電プラントは、自然エネルギー発電装置である風力発電装置10、火力発電設備であるガスタービン発電設備を備えている。ガスタービン発電設備は、火力発電装置であるガスタービン発電装置100、制御装置200、及びユーザインターフェイスを備えている。この自然エネルギー発電プラントは全く新規に構築されることもあるし、例えば風力発電装置10が既存設備である場合には、これにガスタービン発電設備を追加設置して構築される場合もある。

[0018] (1-2) ガスタービン発電装置

ガスタービン発電装置 100 は、原動機関であるガスタービン、及びガスタービンで駆動する発電機 3 を備えている。ガスタービンは、吸い込んだ空気を圧縮する圧縮機 2、圧縮機 2 からの圧縮空気を燃料とともに燃焼する燃焼器 4、及び燃焼器 4 からの燃焼ガスで駆動するタービン 1 を備えている。発電機 3 はタービン軸を介してタービン 1 に連結されている。特に図示していないが、ガスタービン発電装置 100 には、温度計、圧力計、流量計、電力計等の各種センサが各所に設置されていて、ガスタービン発電装置 100 の運転中、これらセンサの計測値 140、例えば圧縮機 2 の吸気温度、吸気圧力、タービン 1 の排気温度、排気圧力、燃料濃度、燃料流量、吸気流量、発電機 3 の発電出力等が、運転情報として制御装置 200 に出力される。また、ガスタービン発電装置 100 の動作は燃焼器 4 の燃料噴射量や圧縮機 2 の吸気流量で制御される。燃料噴射量は、具体的には燃焼器 4 において燃料噴射ノズルに接続された燃料系統の流量調整弁の開度で調整される。吸気流量は、具体的には圧縮機 2 の入口に設けた IGV (Inlet Guide Vane) の開度で調整される。これら流量調整弁や IGV は制御装置 200 からの指令値 150 に従って動作する。

[0019] (1-3) 風力発電装置

風力発電装置 10 は、複数の風力発電機 11 を備えている。各風力発電機 11 には、例えば風速、風向をそれぞれ計測する風速計、風向計等のセンサが設けられている。これらセンサは制御装置 200 に接続していて、風力発電装置 10 の運転中、各センサの計測値 120 が運転情報として制御装置 200 に出力される。また、風力発電装置 10 の動作はブレードのピッチ角や、ブレード、ハブ及びナセルの向きで制御される。ブレードのピッチ角は、具体的にはブレードとハブの間に介在するピッチ駆動装置で調整される。ブレード、ハブ及びナセルの向きは、具体的にはタワーとナセルの間に介在するヨー駆動装置で調整される。これらピッチ駆動装置やヨー駆動装置は制御装置 200 からの指令値 130 に従って動作する。風力発電装置 10 は、通

常は風に正対して一定以上の風速を受けてブレードが回転することで発電機を駆動させて発電し、例えば強風時にはブレードのピッチ角を変えて受風面積を小さくして停止することもある。風力発電装置 10 の発電出力は風速に依存し、また風速に対する発電出力の特性は風力発電機 11 の設計に依存する。

[0020] (1-4) 制御装置

制御装置 200 は、ガスタービン発電装置 100 からの計測値 140 を基にガスタービン発電装置 100 の発電出力がその目標発電出力に近づくように当該ガスタービン発電装置 100 の動作を制御する。この制御装置 200 は、関連情報データベース 200、風力発電予測部 300、制御部 500、及び運転情報データベース 600 を備えている。

[0021] (1-4.1) 関連情報データベース

関連情報データベース 300 は、気象情報を含む自然エネルギーに関連する情報、風力発電装置 10 やガスタービン発電装置 100 の設計情報、これら発電装置 10、100 のセンサの一部の計測値等、風力発電装置 10 の予測発電出力を算出するために必要な情報を格納した記憶部である。制御装置 200 はインターネット等のネットワーク 700 に接続しており、ネットワーク 700 を介して気象情報提供機関（例えば気象庁）が提供する気象情報を逐次取得することができ、取得した気象情報が関連情報データベース 300 に蓄積される。この関連情報データベース 300 に格納されるデータの例については後で図 3 を参照して説明する。

[0022] (1-4.2) 運転情報データベース

運転情報データベース 600 は、風力発電装置 10 及びガスタービン発電装置 100 から入力された計測値 120、140 を含む運転情報を格納する記憶部である。この運転情報データベース 300 に格納されるデータの例については後で図 4 を参照して説明する。

[0023] (1-4.3) 風力発電予測部

風力発電予測部 400 は、関連情報データベース 300 に格納された情報

を読み出して、読み出した情報を基に風力発電装置 10 の未来の設定時刻における予測発電出力を算出する機能を果たす。「設定時刻」とは現在時刻から設定時間だけ進んだ先の時刻をいい、「設定時間」はガスタービン発電装置 100 の応答遅延時間又はそれよりも長く設定した時間であるが、本実施の形態では応答遅延時間に合わせてある。「応答遅延時間」とはガスタービン発電装置 100 に指令値を出力してから現実に当該ガスタービン発電装置 100 が指令値に応じた運転状態に移行するまでに経過する時間をいう。応答遅延時間は圧縮機 2 の吸気温度等の条件によって変化し得る。風力発電装置 10 の予測発電出力を算出するために必要な情報としては、例えば、気温や湿度等の大気情報、風速や風力発電装置 10 で計測された発電出力等が挙げられる。予測発電出力の算出の例については後で図 5 を参照して説明する。

[0024] (1-4.4) 制御部

制御部 500 は、風力発電予測部 400 で算出した予測発電出力を基に上記設定時刻におけるガスタービン発電装置 100 の目標発電出力を算出し、設定時刻に目標発電出力が得られるように応答遅延時間を加味したタイミングで目標発電出力に基づく指令値 150 をガスタービン発電装置 100 に出力する機能を果たす。ガスタービン発電装置 100 では、この指令値 150 に基づいて吸気流量や燃料流量が調整されて発電出力が制御される。制御部 500 内の各機能部については後で図 2 を参照して説明する。また、指令値 150 の生成・出力の手順については後で図 6 を参照して説明する。

[0025] (1-5) ユーザインターフェイス

自然エネルギー発電プラントには、ユーザインターフェイスとして、入力装置 900、支援ツール 910、及び画像表示装置 950 が備えられている。入力装置 900 はキーボード 901 やマウス 902 等で適宜構成されている。画像表示装置 950 をタッチパネルとする場合には、画像表示装置 950 も入力装置として機能し得る。オペレータは、入力装置 900 及び画像表示装置 950 を用いて支援ツール 910 を操作することにより、風力発電装

置 10 やガスタービン発電装置 100 に関する様々な情報を見ることが可能である。また、制御装置 200 のデータベース 300, 600 等にアクセスして格納情報を閲覧したり、風力発電装置 10 やガスタービン発電装置 100 の制御値を設定したりすることができる。

[0026] 支援ツール 910 は、外部入力インターフェイス 920、データ送受信処理部 930、及び外部出力インターフェイス 940 を備えている。入力装置 900 で生成された入力信号 800 や制御装置 200 からの情報 210 は、外部入力インターフェイス 920 を介して支援ツール 910 に取り込まれる。データ送受信処理部 930 では、入力信号 800 を受けて外部入力インターフェイス 920 から入力される入力信号 801 を処理し、出力信号 802 として外部出力インターフェイス 940 に送信する。例えば表示出力を指示する操作に応じて入力装置 900 から入力信号 800 が入力された場合、当該入力信号 800 に応じてデータ送受信処理部 930 で適宜処理がされた結果、外部出力インターフェイス 940 から画像処理装置 950 に出力信号 803 が入力されて画像表示装置 950 に所望の表示出力がなされる。設定入力を指示する操作に応じて入力装置 900 から入力信号 800 が入力された場合、当該入力信号 800 に応じてデータ送受信処理部 930 で適宜処理がされた結果、外部出力インターフェイス 940 から制御装置 200 に出力信号 220 が入力されて制御装置 200 に指示が与えられる。なお、制御装置 200 と風力発電装置 10 及びガスタービン発電装置 100 との間で授受する指令値 130, 150 及び計測値 120, 140 は、保守ツール 910 内のデータベース（図示せず）に格納されるようにしても良い。

[0027] (1-6) 制御部の機能部

図 2 は制御装置 200 の上記制御部 500 の機能ブロック図である。

[0028] 同図に示すように、制御装置 200 の上記制御部 500 は、目標演算部 511、指令演算部 512、応答特性データベース 513、遅延時間演算部 514、指令出力部 515、及びデータ更新部 516 を備えている。

[0029] (1-61) 目標演算部

目標演算部 5 1 1 は、風力発電予測部 4 0 0 で算出された設定時刻における予測発電出力を基に同設定時刻におけるガスタービン発電装置 1 0 0 の目標発電出力を演算する機能を果たす。この設定時刻における目標発電出力は、例えば風力発電装置 1 0 及びガスタービン発電装置 1 0 0 の時間当たりの総発電出力の目標値（自然エネルギー発電プラントの時間当たりの目標発電出力）から同設定時刻における風力発電装置 1 0 の予測発電出力を減算して求められる。

[0030] (1-62) 指令演算部

指令演算部 5 1 2 は、ガスタービン発電装置 1 0 0 の時間当たりの発電出力が目標演算部 5 1 1 で算出された目標発電出力となるようなガスタービン発電装置 1 0 0 への指令値を演算する機能を果たす。ここで算出した指令値は、圧縮機 1 の IGV や燃焼器 4 の流量調整弁への指令値 1 5 0 となる。

[0031] (1-63) 応答特性データベース

応答特性データベース 5 1 3 は、ガスタービン発電装置 1 0 0 の応答遅延時間の予測値を記憶した記憶部である。応答遅延時間の予測値は、例えば、圧縮機 1 の吸気温度、吸気圧力、タービン 1 の排気温度、排気圧力、燃料濃度等、ガスタービン発電装置 1 0 0 の種々の作動条件毎に適当な値が設定され、テーブル形式で記憶される。

[0032] (1-64) 遅延時間演算部

遅延時間演算部 5 1 4 は、ガスタービン発電装置 1 0 0 の作動条件を基に応答遅延時間の予測値を算出する機能を果たす。具体的には、この遅延時間演算部 5 1 4 は、例えばガスタービン発電装置 1 0 0 の最新の運転情報（吸気温度、吸気圧力、排気温度等）を運転情報データベース 6 0 0 から読み出し、読み出した運転情報を基に応答特性データベース 5 1 3 から当該情報に該当するテーブルを抽出する。抽出されたテーブルに設定された応答遅延時間が、現在のガスタービン発電装置 1 0 0 の運転状況から予測される応答遅延時間となる。

[0033] (1-65) 指令出力部

指令出力部 515 は、上記設定時刻よりも遅延時間演算部 514 で演算されたガスタービン発電装置 100 の応答遅れ時間だけ先行して指令値 150 をガスタービン発電装置 100 に出力する機能を果たす。

[0034] (1-66) データ更新部

データ更新部 516 は、応答特性データベース 513 に格納された応答遅延時間の予測値と計測値との誤差が設定値（設定の許容範囲）を超えた場合、その誤差を基に応答特性データベース 513 の応答遅延時間を修正し更新する機能を果たす。修正の対象となるのは、現実の応答遅延時間との間に設定値を超える誤差があった運転情報（テーブル）の応答遅延時間であるが、近い運転情報のテーブルについても応答遅延時間を修正するようにすることはできる。ここで言う近い運転情報のテーブルとしては、例えば、応答遅延時間の予測値に許容を超える誤差が認識されたテーブルに対して全条件項目について差が一定範囲に収まるテーブルを挙げることができる。

[0035] 2. データ

ここでは関連情報データベース 300 及び運転情報データベース 600 の格納情報を例示する。

[0036] (2-1) 関連情報データベースの格納情報

図 3 は関連情報データベースの格納情報の模式図である。

[0037] 同図に示したように、関連情報データベース 300 の格納情報には、現在に至るまでの各時刻における気象情報が含まれている。また、関連情報データベース 300 に格納される気象情報は、風力発電装置 10 を設置した地点（又はこの地点から最も近い地点）の気象情報を少なくとも含み、その他、当該地点の設定時間後の気象に反映され得る複数の地点の気象情報が含まれ得る。気象情報の取得間隔は気象情報提供機関の情報の更新間隔による。但し、気象情報提供機関によらず所望の地域の気象情報を知る状況にあれば、気象情報提供機関の情報の更新間隔に制約されない。なお、同図には風力発電の予測発電出力の算出には寄与しない項目（例えば日射量）も表示してあるが、太陽光発電装置を対象とする場合も想定してここでは合わせて格納し

である。不要なデータを格納することが望ましくなければ、必要なデータのみを格納するようにすれば良い。

[0038] 図3の例では、時刻毎の天気、気温、風向、風速、湿度、日射量が格納されている。天気は、快晴、晴れ、薄曇・・・等（例えば気象庁が一般向けに発信する15種類）で区分する。風向きは、日本では16方位を用いるのが一般的であるが、国際式では、真北を基準として時計回りに360度に分割して表現する360方位が用いられている。同図では1度単位で風向が数値化できる360方位を採用した例を示しているが、16方位でも各方位を22.5度単位で風向を数値化することができる。また、風向や風速については、風力発電装置10でも計測される値であるため、気象情報提供機関が提供する情報に限らず、風力発電装置10からの計測値120を格納することもできる。

[0039] また、特に図示していないが、図3に示した情報の他、風力発電装置10の設計情報、ガスタービン発電装置100の設計情報、系統接続の規制やルール等の情報も関連情報データベース300に格納されている。

[0040] （2-2）運転情報データベースの格納情報

図4は運転情報データベースの格納情報の模式図である。

[0041] 同図に示したように、運転情報データベース600の格納情報には、風力発電装置10及びガスタービン発電装置100から得られる計測値120、140が含まれる。すなわち、風力発電装置10及びガスタービン発電装置100の各センサの計測情報が計測時刻毎に記憶されている。図中のPID番号とは、運転情報データベース600の格納情報の活用の容易化のあめに各計測項目に割り当てた固有の番号である。その下にあるアルファベットは、被計測対象を示す記号である。例えば、Fは流量値、Tは温度値、Pは圧力値、Eは発電出力値、Dは濃度値・・・である。なお、同図は模式図であるため詳しくないが、例えば流量値Fといっても、実際には吸気流量、燃料流量、排気流量等、複数の情報がある。温度値T、圧力値P等も同様である。また、同図では1秒周期で運転情報を保存した場合を例示しているが、運

転情報の適当なサンプリング周期は対象となるガスタービン発電装置によって異なってくる。

[0042] 3. 風力発電出力の予測

図5は風力発電予測部の予測演算機能の動作説明のためのモデル図である。

[0043] ここでは風況と現在の風力発電出力から設定時刻の風力発電出力を予測する演算モデルを説明する。本モデルは、入力層、中間層及び出力層を持ち、入力層及び中間層には複数のノードが備わっている。入力層の各ノードは中間層の各ノードにリンクしており、中間層の各ノードは出力層のノードにリンクしている。各ノードにはリンクの強さを表す重み係数が設定されている。つまり、演算モデルは入力層、中間層及び出力層のノードの連結パターンの数だけ存在する。このようなモデルはニューラルネットワークと呼ばれており、人間の脳神経ネットワークを模擬したものである。

[0044] 風力発電予測部400では、このような演算モデルを用いて風力発電装置10の予測発電出力を算出する。具体的には、風力発電装置10で計測された風力発電出力が同図の入力層に入力されると、風力発電予測部400は、設定時間前に入力層に入力された入力値（気温、風速、湿度等を含む関連情報データベース300の記憶情報）に適用して風力発電出力（計測値）が得られる演算モデル（重み係数の組み合わせ）を抽出する。抽出した演算モデルによれば、設定時間前の入力値から風力発電出力（計測値）が算出され得たこととなる。風力発電予測部400は、こうして求めた演算モデルを新たな入力値に適用して設定時間後の風力発電装置10の予測発電出力を算出する。そして、設定時間後に計測される風力発電出力を予測値と比較し、計測値に対する予測値の誤差が設定値（許容値）以上であれば、重み係数を調整して設定時間前の入力値から現実に計測された風力発電出力が導かれる演算モデルを再学習する。このような手順で風力発電予測部400は学習を繰り返す、入力値間の相関関係をモデル化していく。学習を重ねるほど演算モデルによる風力発電出力の予測精度は向上し得る。ノードに設定する関数はシ

グモイド関数と呼ばれる指数関数を用いるのが一般的であるが、それには限定されない。また、学習に当たって重み係数を調整するアルゴリズムは多数考案されている。一般的には、バックプロパゲーション法を用いる。これら詳しい計算アルゴリズムについては、「Simon Haykin 著 "NEURAL NETWORKS: a comprehensive foundation -2nd sd." Prentice-Hall, Inc. 出版、1999 年」に詳しい。

[0045] なお、風力発電機 11 毎に演算モデルを作成することもできるが、風力発電装置 10（ウィンドファーム）全体で 1 つの演算モデルを作成することもできる。

[0046] 4. 制御手順

図 6 は制御装置によるガスタービン発電装置に対する指令値（MWD：発電指令）の生成及び出力の手順を表すフローチャートである。

[0047] （ステップ S501, S506）

制御装置 200 はまずステップ S501 で、風力発電予測部 400 により、設定時間前の入力値を基に算出した予測発電出力と現在又は最新の風力発電出力（計測値）とを比較し、両者の誤差の大きさが予め許容範囲として定められた設定値（閾値）未満であるか否かを判定する。ここでは、設定時間をガスタービン発電装置 100 の応答遅延時間とする。誤差が設定値未満であって予測発電出力の現在の演算モデルが所望の精度を確保していると判断した場合には、手順をステップ S502 に移す。他方、誤差が設定値以上であって予測発電出力の現在の演算モデルに所望の精度が確保されていないと判断した場合には、手順をステップ S506 に移し、前述したように予測発電出力の演算モデルを再学習した上で手順をステップ S502 に移す。

[0048] （ステップ S502）

本ステップでは、制御装置 200 は、風力発電予測部 400 により、現在の演算モデルを用いて図 5 で説明したように現在又は最新の入力値を基に設定時間後の（ガスタービン発電装置 100 の応答遅延時間分だけ先の時刻の）風力発電装置 10 の予測発電出力を算出する。本ステップで用いる演算モ

デルは、ステップS 5 0 1で誤差が設定値未満であった場合にはステップS 5 0 1の実行時点の演算モデルであり、ステップS 5 0 1で誤差が設定値以上であった場合にはステップS 5 0 6で修正した演算モデルである。

[0049] (ステップS 5 0 3)

続くステップ5 0 3において、制御装置2 0 0は、先に算出した風力発電装置1 0の設定時間後の時間当たりの予測発電出力を基に、目標演算部5 1 1によって設定時間後のガスタービン発電装置1 0 0の時間当たりの目標発電出力を算出する。具体的には、本自然エネルギー発電プラントの時間当たり目標総発電出力（負荷目標）から風力発電装置1 0の予測発電出力を差し引くことで設定時間後のガスタービン発電装置1 0 0の目標発電出力が算出される。また、目標発電出力に基づき、指令演算部5 1 2によってガスタービン発電装置1 0 0への指令信号（MWD）1 5 0が生成される。

[0050] なお、本自然エネルギー発電プラントの時間当たりの目標総発電出力は、本自然エネルギー発電プラントが接続される系統毎に規定された接続条件で定まる。系統の接続条件は国や地域で異なるが、多くの場合は発電出力の変動幅（負荷変動幅）と系統周波数の変動幅を規定している。既に幾つかの電源が接続されている系統であれば、本プラントを接続してガスタービン発電装置1 0 0の出力を急激に変化させても周波数の変動が系統で吸収されるため、発電出力の変動幅の抑制を重視すれば良い。なお、発電出力の変動幅の抑制のために発電出力の範囲が規定されている場合、図7に示したように規定範囲の上限値及び下限値の間の値（例えば両値の平均値程度）を目標総発電出力に設定し、減少方向へも増加方向へも裕度を持たせることが望ましい。

[0051] 一方、アイランドオペレーションに代表されるような他の接続電源が少ない系統に接続する場合、ガスタービン発電装置1 0 0の出力を急速に変化させると系統周波数に影響が生じ得る。この場合には、系統周波数の許容変動幅に収まる負荷変化率でガスタービン発電装置1 0 0の負荷を変化させる必要がある。この点について図8で説明する。

[0052] 図8は負荷変化率と周波数の変動幅の関係の一例を表したグラフである。

[0053] 同図のグラフでは負荷変化率と周波数の変動幅の関係が線型である場合を例示しているが、両者の関係は線型には限られない。負荷変化率と周波数の変動幅の関係は、事前の特性試験やシミュレーションモデルにより把握される。周波数の変動幅に制約がある場合、例えば、図8のグラフにおいて周波数変動幅の制限値 x に対応する負荷変化率 y を許容される負荷変化率の上限値に定め、ガスタービン発電装置100の発電出力を調整する際に、負荷変化率が上限値 y を超えないようにガスタービン発電装置100を運用する。

[0054] (ステップS504, S507, S508)

続くステップ504において、制御装置200は、設定時間前から現在に至るまでの計測値140からガスタービン発電装置100の応答特性（発電出力の推移）を求め、応答特性データベース513に格納された対応する応答特性の予測値と計測された応答特性の誤差の大きさが設定値（閾値）未満であるか否かを判定する。なお、ガスタービン発電装置の応答遅延特性を図9に模式的に表した。同図では、ガスタービン発電装置100の負荷を75%から100%に変化したときの指令値に対する発電出力の遅延を表している。

[0055] ステップS504において、制御装置200は、誤差が設定値未満であって応答特性データベース513に格納されている応答特性の予測値が所望の精度を確保していると判断した場合にはステップS505に手順を移す。他方、誤差が設定値以上であって応答特性データベース513に現在格納されているデータが所望の精度を有していないと判断した場合には、制御装置200は、ステップS507, S508の手順を実行した上でステップS505に手順を移す。ステップS507では、データ更新部516によって応答特性データベース513に格納されている応答特性の予測値が誤差分だけ修正される。この応答特性の予測値の修正に伴い、続くステップS508において、ステップS501で風力発電装置10の予測発電出力の誤差判定に使用する設定時間もデータ更新部516によって変更される。

[0056] (ステップS505)

ステップ505では、ステップ503で生成した指令値150が指令出力部515によってガスタービン発電装置100に出力される。ここで出力される指令値150は設定時間後、すなわち応答遅延時間後のガスタービン発電装置100の目標発電出力を基に生成された指令値であるため、ガスタービン発電装置100の発電出力は遅延して応答し設定時間後に目標値に到達し得る。

[0057] 制御装置200は、以上の手順を繰り返し実行することによって、風力発電装置10の予測発電出力の算出精度や応答遅延時間の見積もり精度を向上させていき、風力発電装置10の発電出力の変動に柔軟に対応して自然エネルギー発電プラントの発電出力の変動を所望の範囲に抑制し得る。ガスタービン発電装置100の制御が理想的に実行された場合には、図10に示したように、風力発電装置10の発電出力の変動に対応して、風力発電装置10の発電出力と増減が逆になるようにガスタービン発電装置100の発電出力が制御され、両者の発電出力を合計したプラントの総発電出力が概ね一定になる。

[0058] 5. 操作方法

次に、計測値120、指令値130、関連情報データベース300、設定値、運転情報データベース600等の情報を、支援ツール910を用いて画像表示装置950に表示させる方法について説明する。

[0059] 図11～図14は画像表示装置950に表示される画面の例である。オペレータは、キーボード901、マウス902を用いてこれら画面の空欄となっている箇所にパラメータ値を入力する等の操作を実行する。

[0060] 図11は画像表示装置に表示される初期画面を例示した図である。

[0061] この初期画面には、運転状態表示ボタン951、トレンド表示ボタン952が表示されており、マウス902を用いていずれか選択したボタンの上にカーソル953を移動させてクリックすることにより下階層の画面に表示が遷移する。

[0062] 図 1 2 は初期画面で運転状態表示ボタン 9 5 1 をクリックすることで表示される運転状態表示画面を例示した図である。

[0063] この運転状態表示画面には、系統情報表示欄 9 6 1、時刻指定欄 9 6 2、特性状態表示部 9 6 4、設定条件欄 9 6 5、関連情報表示欄 9 6 6 等が表示されている。時刻指定欄 9 6 2 に過去の時刻を入力して指定し、表示ボタン 9 6 3 をクリックすると、指定時刻の各種情報、具体的には、プラント各所のセンサの計測データ等が表示欄に表示される。特性状態表示部 9 6 4 には、指定時刻における風力発電装置 1 0 の予測発電出力の計測値との誤差やガスタービン発電装置 1 0 の応答遅延時間が表示される。設定条件欄 9 6 5 には、図 6 のフローチャートの説明で述べた各種条件、例えば風力発電装置 1 0 の予測発電出力の誤差の許容値、プラントの発電出力の変動許容値、及び周波数の変動許容値が表示され、またこの設定条件欄 9 6 5 で設定条件を入力設定することもできる。また、関連情報表示欄 9 6 6 では、関連情報データベース 3 0 0 の格納情報の項目（図 1 2 では、天気、気温、風向、風速、湿度、日射量）が表示されており、これらの中から所望の項目を選択して表示ボタン 9 6 7 をクリックすることで、関連情報データベース 3 0 0 に格納された指定時刻の該当項目のデータが表示される。また、戻るボタン 9 6 8 をクリックした場合には、図 1 1 の初期画面に戻る。

[0064] 図 1 3 は初期画面でトレンド表示ボタン 9 5 2 をクリックすることで表示されるトレンド表示画面を例示した図である。

[0065] このトレンド表示画面は、トレンドを画像表示装置 9 5 0 に表示させるための設定画面である。このトレンド表示画面において、計測値表示欄 9 8 1 で所望の計測値を各段のプルダウンメニューで選択し、そのレンジ（上限／下限）を入力し、時刻指定欄 9 8 2 で時刻を指定して表示ボタン 9 6 3 をクリックすると、図 1 4 のようにトレンドグラフが画像表示装置 9 5 0 に表示される。図 1 4 の戻るボタン 9 9 1 をクリックすると図 1 3 の画面に戻る。

[0066] また、トレンド表示画面の関連情報表示欄 9 8 4 で天気、気温、風向、風速、湿度、日射量のうちの所望の項目を選択して表示ボタン 9 8 5 をクリッ

クすることで、関連情報データベース 300 に格納された指定時刻の該当項目のデータが表示される。なお、天気については、前述したように、例えば気象庁が一般向けに発信している 15 種類を用いて表現する。快晴を 0、晴れを 1、薄曇を 2 というように、天気の種類に順次 14 まで番号を割り振り、時刻指定欄 985 で時間を指定して表示ボタン 986 をクリックすると、指定した時間のトレンドグラフが図 14 のように画像表示装置 950 に表示される。トレンド表示画面の戻るボタン 989 をクリックすると図 11 の初期画面に戻る。

[0067] 6. 効果

以上説明したように、本実施の形態では、風力発電装置 10 の未来の設定時刻における予測発電出力を算出し、その予測発電出力を基に同設定時刻におけるガスタービン発電装置 100 の目標発電出力を演算し、ガスタービン発電装置 100 の応答遅延時間を加味して同設定時刻に先行してガスタービン発電装置 100 を制御する。これにより、風力発電設備 10 の発電出力の変動に柔軟に対応して自然エネルギー発電プラントの時間当たりの発電出力（風力発電装置 10 及びガスタービン発電装置 100 の時間当たりの総発電出力）の変動を抑制することができ、接続する系統で定められた接続条件も満足し得る。

[0068] また、このように時間当たりの総発電出力を安定させることができるので、総発電出力が許容範囲を下回らないように目標総発電量を必要以上に高く設定する必要がなく、余剰発電量の発生を抑制することができる。また、余剰発電出力を活用するために余剰発電出力を消費する電気ボイラや造水装置等の負荷装置を用意する必要がないため、プラントの規模やコストを抑制することができる。発電出力の安定性から汎用性も高く、多種多様な系統に対応可能な自然エネルギー発電プラントが提供できることも大きなメリットである。

[0069] 加えて、本実施の形態の自然エネルギー発電プラントは、既存の自然エネルギー発電装置を活用することもできる。すなわち、風力発電装置 10 が既

存設備として存在していた場合、制御装置 200 を含めたガスタービン発電設備をパッケージとして既存の風力発電装置 10 に追加設置することで、単独では不安定電源であった既存の風力発電装置 10 を、例えば接続系統の要求に見合った安定電源に改良することができる。

[0070] また、図 5 で説明したように風力発電予測部 400 や制御部 500（データ更新部 516）によって、風力発電装置 10 が演算する予測発電出力、及びガスタービン発電出力 100 が演算する応答遅延時間の予測値の精度が運用時間に伴って向上し得るので、ガスタービン発電装置 100 の制御の信頼性を時間とともに向上させることができる。

[0071] （第 2 の実施の形態）

図 15 は本発明の第 2 の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの全体構成を表す概略図であって図 1 に対応する図である。この図において第 1 の実施の形態と同様の部分には既出図面と同符号を付して説明を省略する。

[0072] 本実施の形態が第 1 の実施の形態と相違する点は、自然エネルギー発電装置として風力発電装置 10 に代えて太陽光発電装置 1000 を用いている点である。太陽光発電装置 1000 は複数の太陽光パネル 1100 からなる発電装置である。また、制御装置 200 には、風力発電予測部 400 に代えて太陽光発電予測部 401 が設けられている。

[0073] 図 16 は太陽光発電予測部の予測演算機能の動作説明のためのモデル図であって図 5 に対応する図である。

[0074] 同図に示すように、太陽光発電予測部 401 は、それぞれノードを有する入力層、中間層及び出力層を備えたモデルである点で風力発電予測部 400 と共通するが、風速の代わりに日射量を必須の入力値としている点で風力発電装置 400 と相違する。また、同じ日射量であっても湿度によって太陽光の散乱度合が変わるため、湿度も重要な入力値である。これら入力値から太陽光発電出力の演算モデルを学習する手順は風力発電予測部 400 と同様である。自然エネルギー発電装置の種類が異なるので関連する計測値は異なり

得るが、その他の装置やガスタービン発電装置 100 に対する指令値 150 の出力手順については第 1 の実施の形態と同様である。

[0075] 本実施の形態においても、太陽光発電装置 1000 の予測発電出力を基に設定時間後のガスタービン発電装置 100 の目標発電出力を演算し、応答遅延時間を加味してガスタービン発電装置 100 を先行制御することで、太陽光発電設備 1000 の発電出力の変動に柔軟に対応してプラントの発電出力の変動を抑制できる等、第 1 の実施の形態と同様の効果が得られる。

[0076] (第 3 の実施の形態)

図 17 は本発明の第 3 の実施の形態に係る自然エネルギー発電プラントの全体構成を表す概略図であって図 1 に対応する図である。この図において第 1 の実施の形態と同様の部分には既出図面と同符号を付して説明を省略する。

[0077] 本実施の形態が第 1 の実施の形態と相違する点は、ガスタービン発電装置 110 を追加してガスタービン発電装置を複数（本実施の形態では 2 つ）にした点である。ガスタービン発電装置 11 はガスタービン発電装置 10 と同一のものでも良いし、仕様の異なるものでも良い。ガスタービン発電装置 100 と同様、ガスタービン発電装置 110 は制御装置 200 との間で計測値 160 及び指令値 170 を授受する。その他の構成は第 1 の実施の形態と同様である。

[0078] 本実施の形態の場合、ガスタービン発電装置 100, 110 の運用方法によって得られる効果に差が生じる。例えばガスタービン発電装置 100, 110 の双方を第 1 の実施の形態と同じように風力発電装置 10 の発電出力の変動に応じて制御する場合には、ガスタービン発電装置 100, 110 の双方を図 6 のフローチャートに従って制御する。但し、要求されるガスタービン発電出力をガスタービン発電装置 100, 110 に適当な比率（例えば 1 : 1）で分担させ、各分担分の発電出力を図 6 のフローチャートのステップ S503 における目標発電出力として個々に定める。この場合、プラントの規模が異なってくるが基本的に第 1 の実施の形態と同様の効果が得られる。

[0079] 他方、例えば周波数の安定化を目的として一方のガスタービン発電装置 100 を一定負荷で運転し、もう一方のガスタービン発電装置 110 を第 1 の実施の形態のように変動負荷で運転することもできる。この場合、図 6 のステップ 503 では、目標総発電出力から風力発電装置 10 の予測発電出力とガスタービン発電装置 100 の発電出力の和を減算してガスタービン発電装置 110 の目標発電出力を算出する。その際、ガスタービン発電装置 100 によって周波数の変動が抑制されるので、ガスタービン発電装置 110 の発電出力を変動させる際に図 7 で説明したような負荷変化率の上限を定める必要はなく、最大負荷変化率を採用する。この場合、ガスタービン発電装置 110 の発電出力の応答性が向上する。

[0080] (その他)

なお、前にも述べたが、火力発電装置にはガスタービン発電装置 100, 110 に限らず、コンバインドサイクル発電装置等、ガスタービンを含む発電装置を適用することができる。また、自然エネルギー発電装置についても、風力発電装置 10 や太陽光発電装置 1000 に限定されず、例えば波力発電装置等の他の自然エネルギー発電装置も対象となり得る。また、関連情報データベース 300 や運転情報データベース 600 等のデータベースが制御装置 200 に含まれる場合を例に挙げて説明したが、制御装置 200 とは別個の記憶装置が適用できることは言うまでもない。制御装置 200 の各機能部はそれぞれ別個の装置に分かれていても構わない。また、運転情報データベース 600 や関連情報データベース 300 の格納情報や各種情報、設定等を画像表示装置 950 に表示出力する場合を例に挙げて説明したが、これら情報の出力態様は表示装置への表示出力に限らず、プリンターへの印刷出力やスピーカーへの音声出力等、他の出力態様であっても良い。

符号の説明

[0081] 10 風力発電装置（自然エネルギー発電装置）
100, 110 ガスタービン発電装置（火力発電装置）
150, 170 指令値

3 0 0	関連情報データベース
4 0 0	風力発電予測部（発電予測部）
4 0 1	太陽光発電予測部（発電予測部）
5 1 1	目標演算部
5 1 2	指令演算部
5 1 3	応答特性データベース
5 1 4	遅延時間演算部
5 1 5	指令出力部
5 1 6	データ更新部
6 0 0	運転情報データベース
9 6 2	時刻指定部
9 6 4	特性状態表示（出力部）
9 6 5	設定条件欄（入力部）
9 8 1	計測信号表示欄（出力部）
9 8 2, 9 8 5	時刻指定部
1 0 0 0	太陽光発電装置（自然エネルギー発電装置）

請求の範囲

- [請求項1] 燃料の反応熱エネルギーを電力に変換する火力発電装置と、
自然エネルギー発電装置の未来の設定時刻における予測発電出力を算出する発電予測部と、
前記予測発電出力を基に前記設定時刻における前記火力発電装置の目標発電出力を演算する目標演算部と、
前記火力発電装置の発電出力が前記目標発電出力となるような前記火力発電装置への指令値を演算する指令演算部と、
前記設定時刻から前記火力発電装置の応答遅延時間だけ先行して前記指令値を前記火力発電装置に出力する指令出力部と
を備えたことを特徴とする火力発電設備。
- [請求項2] 請求項1の火力発電設備において、
気象情報を含む自然エネルギーに関連する情報を格納した関連情報データベースと、
この関連情報データベースの情報を基に前記予測発電出力を演算する前記発電予測部と
を備えたことを特徴とする火力発電設備。
- [請求項3] 請求項1の火力発電設備において、
前記目標発電出力は、前記自然エネルギー発電装置及び前記火力発電装置の総発電出力の目標値から前記予測発電出力を減算した値であることを特徴とする火力発電設備。
- [請求項4] 請求項1の火力発電設備において、
前記発電予測部は、前記自然エネルギー発電装置の予測発電出力の計測値に対する誤差が許容値以上である場合、予測発電出力の演算モデルを修正することを特徴とする火力発電設備。
- [請求項5] 請求項1の火力発電設備において、
前記火力発電装置の応答遅延時間の予測値を記憶した応答特性データベースと、

この応答特性データベースの応答遅延時間の予測値の計測値に対する誤差が許容値以上である場合、その誤差分だけ前記応答遅延時間の予測値を修正し更新するデータ更新部と
を備えたことを特徴とする火力発電設備。

[請求項6] 請求項1の火力発電設備において、
作動流体の温度を含む運転情報を格納した運転情報データベースと
、
この運転情報データベースの情報を基に前記火力発電装置の応答遅延時間の予測値を演算する遅延時間演算部と
を備えたことを特徴とする火力発電設備。

[請求項7] 請求項1の火力発電設備において、
前記自然エネルギー発電装置及び前記火力発電装置の総発電出力の許容変動幅を入力する入力部を備えたことを特徴とする火力発電設備
。

[請求項8] 請求項1の火力発電設備において、
過去の時刻を指定する時刻指定部と、
指定時刻における前記予測発電出力の計測値に対する誤差を出力する出力部と
を備えたことを特徴とする火力発電設備。

[請求項9] 請求項1の火力発電設備において、
過去の時刻を指定する時刻指定部と、
指定時刻における前記自然エネルギー発電装置及び前記火力発電装置の運転情報を出力する出力部と
を備えたことを特徴とする火力発電設備。

[請求項10] 請求項1の火力発電設備と、
前記自然エネルギー発電装置と
を備えたことを特徴とする自然エネルギー発電プラント。

[請求項11] 前記自然エネルギー発電装置は既存の設備であり、この自然エネル

ギー発電装置に請求項 1 の火力発電設備を追加設置して構成したことを特徴とする自然エネルギー発電プラント。

[請求項12] 自然エネルギー発電装置に火力発電設備を組み合わせた自然エネルギー発電プラントの制御方法であって、

前記自然エネルギー発電装置の未来の設定時刻における予測発電出力を算出し、

前記予測発電出力を基に前記設定時刻における前記火力発電設備の目標発電出力を演算し、

前記火力発電設備の発電出力が前記目標発電出力となるように前記火力発電設備への指令値を演算し、

前記設定時刻よりも前記火力発電設備の応答遅延時間だけ先行して前記指令値を前記火力発電設備に出力する

ことを特徴とする自然エネルギー発電プラントの制御方法。

[請求項13] 請求項 1 1 の自然エネルギー発電プラントの制御方法であって、

前記自然エネルギー発電装置の未来の設定時刻における予測発電出力を算出し、

前記火力発電設備の一方を周波数安定のために負荷一定運転し、

前記火力発電設備の他方に関し、前記予測発電出力を基に前記設定時刻における前記火力発電設備の目標発電出力を演算し、

前記火力発電設備の発電出力が前記目標発電出力となるように前記火力発電設備への指令値を演算し、

前記設定時刻よりも前記火力発電設備の応答遅延時間だけ先行して前記指令値を前記火力発電設備に出力する

ことを特徴とする自然エネルギー発電プラントの制御方法。

[請求項14] 請求項 1 1 の自然エネルギー発電プラントの制御方法であって、

前記自然エネルギー発電装置の未来の設定時刻における予測発電出力を算出し、

前記予測発電出力を基に前記設定時刻における複数ある前記火力発

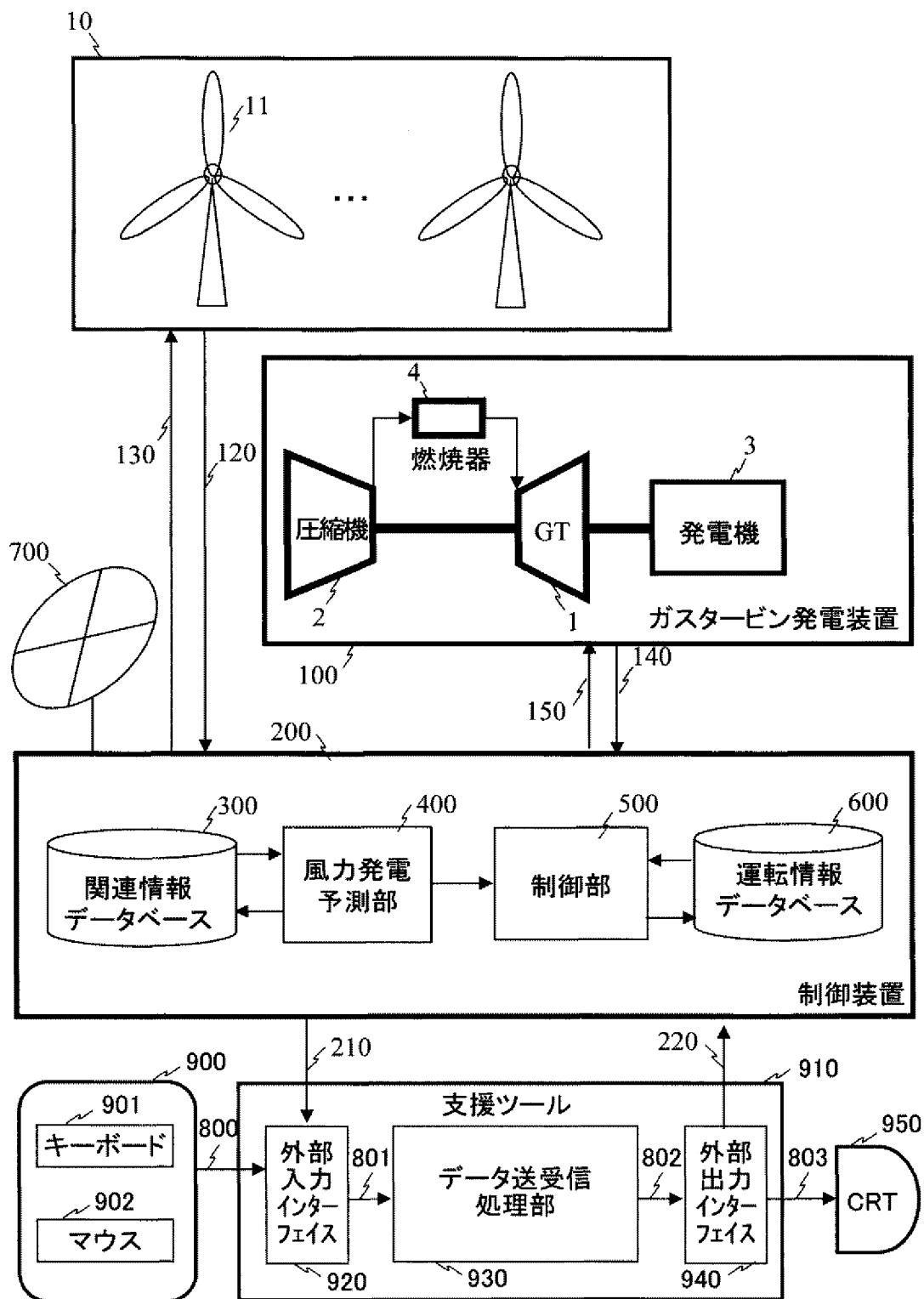
電設備の目標発電出力を演算し、

複数ある前記火力発電設備の合計発電出力が前記目標発電出力となるように前記火力発電設備への指令値を演算し、

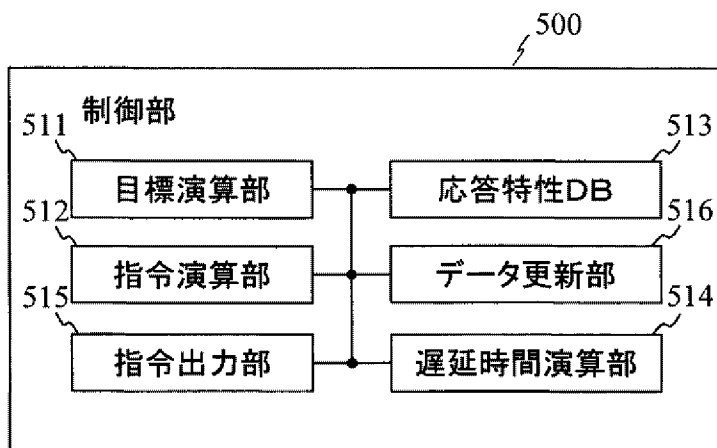
前記設定時刻よりも前記火力発電設備の応答遅延時間だけ先行して前記指令値を前記火力発電設備に出力する

ことを特徴とする自然エネルギー発電プラントの制御方法。

[図1]



[図2]



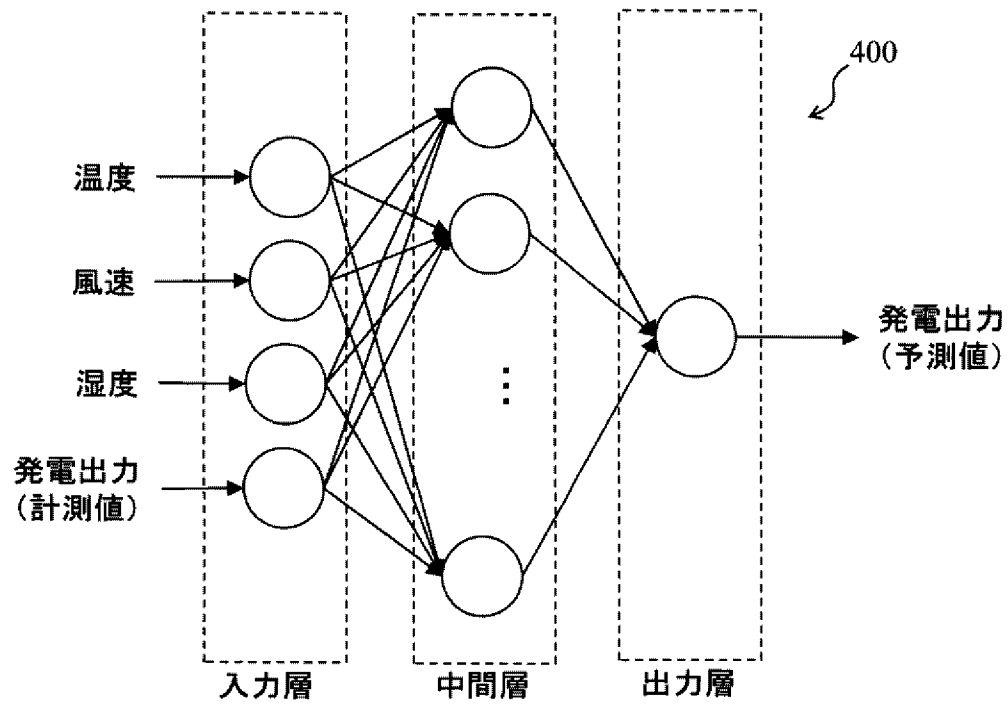
[図3]

時間	天気	気温 [°C]	風向 [度]	風速 [m/s]	湿度 [%]	日射量 [kW/m2]
2010/01/01 00:00:00	快晴	22.1	20	1.6	40.1	4.8

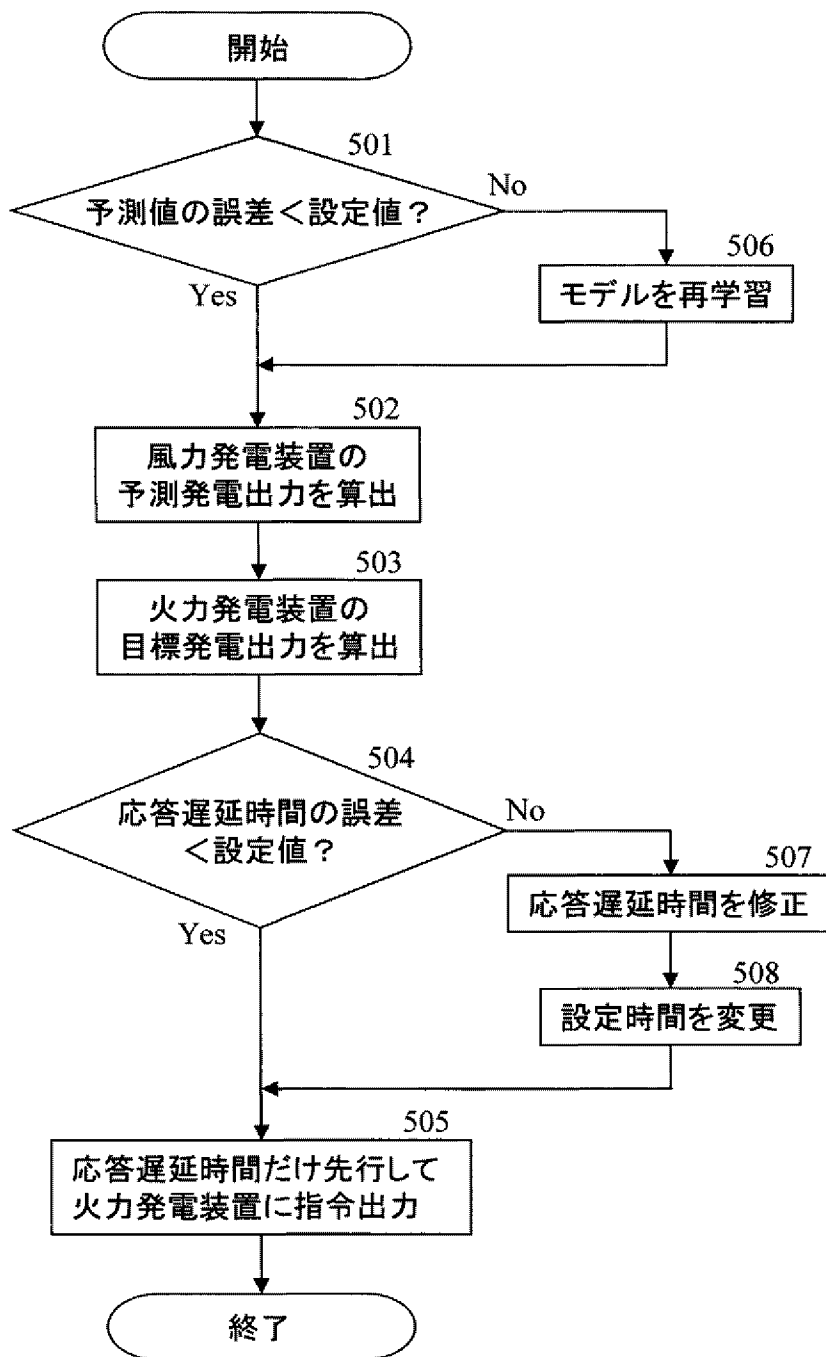
[図4]

PID番号	PID150	PID151	PID152	PID153	PID154	
時刻	F	T	P	E	D	...
年/月/日 時:分:秒	Kg/s	°C	Mpa	MW	ppm	...
2010/01/01 0:00:00	300	580	18.5	450	100	...
2010/01/01 0:00:01	300	579	18.5	450	100	...
2010/01/01 0:00:02	300	579	18.5	450	98	...
...	...	...	...	...	...	...

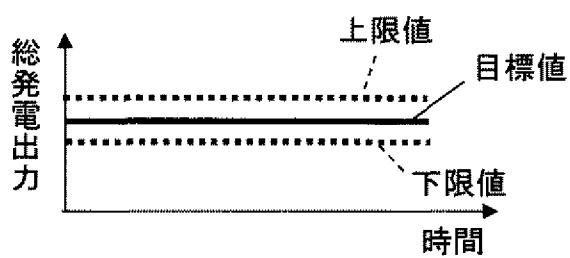
[図5]



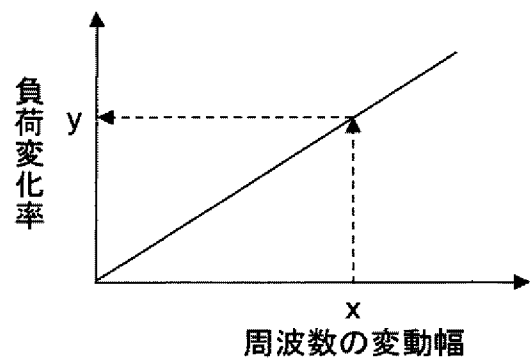
[図6]



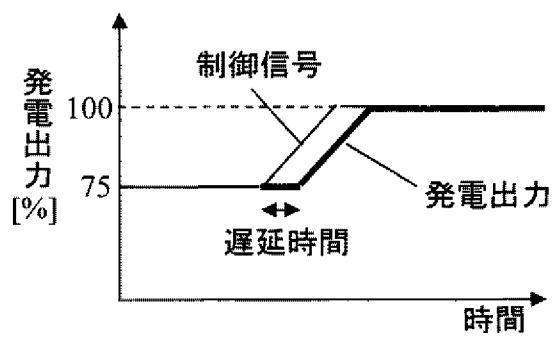
[図7]



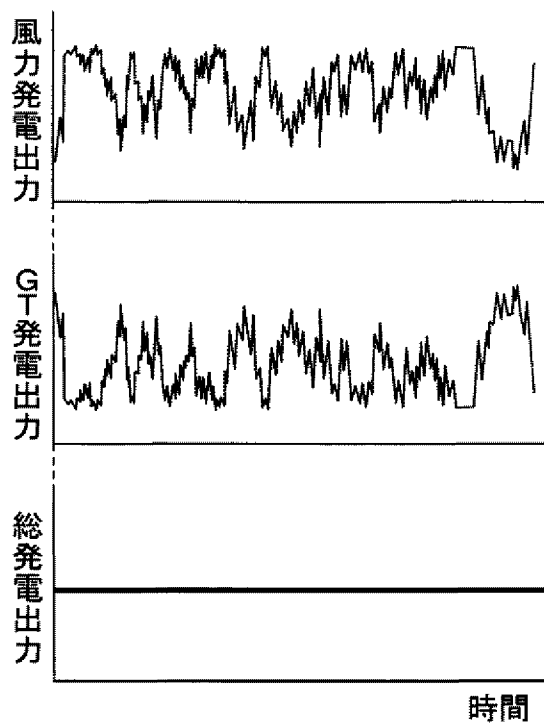
[図8]



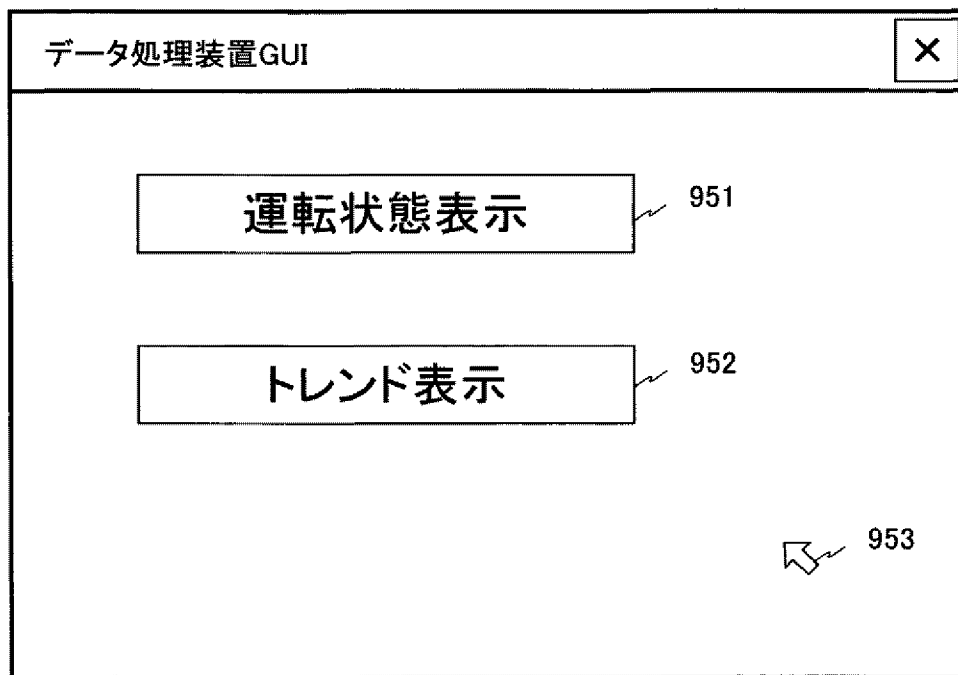
[図9]



[図10]



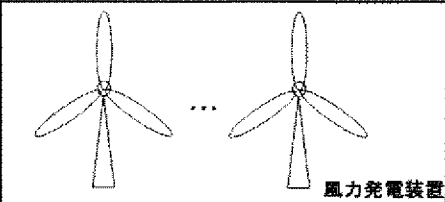
[図11]



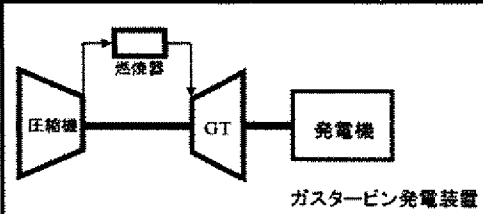
[図12]

運転状態表示
×

○系統情報表示 961



風力発電装置



ガスタービン発電装置

962

時刻

963

表示

○特性状態表示 964

発電予測誤差

発電出力遅れ

○設定条件

予測許容誤差

負荷変動許容幅[%]

周波数変動許容幅[%]

○関連情報表示 966

天気	気温 [°C]	風向 [度]	風速 [m/s]	湿度 [%]	日射量 [kW/m2]
○	●	○	●	○	○

967

表示

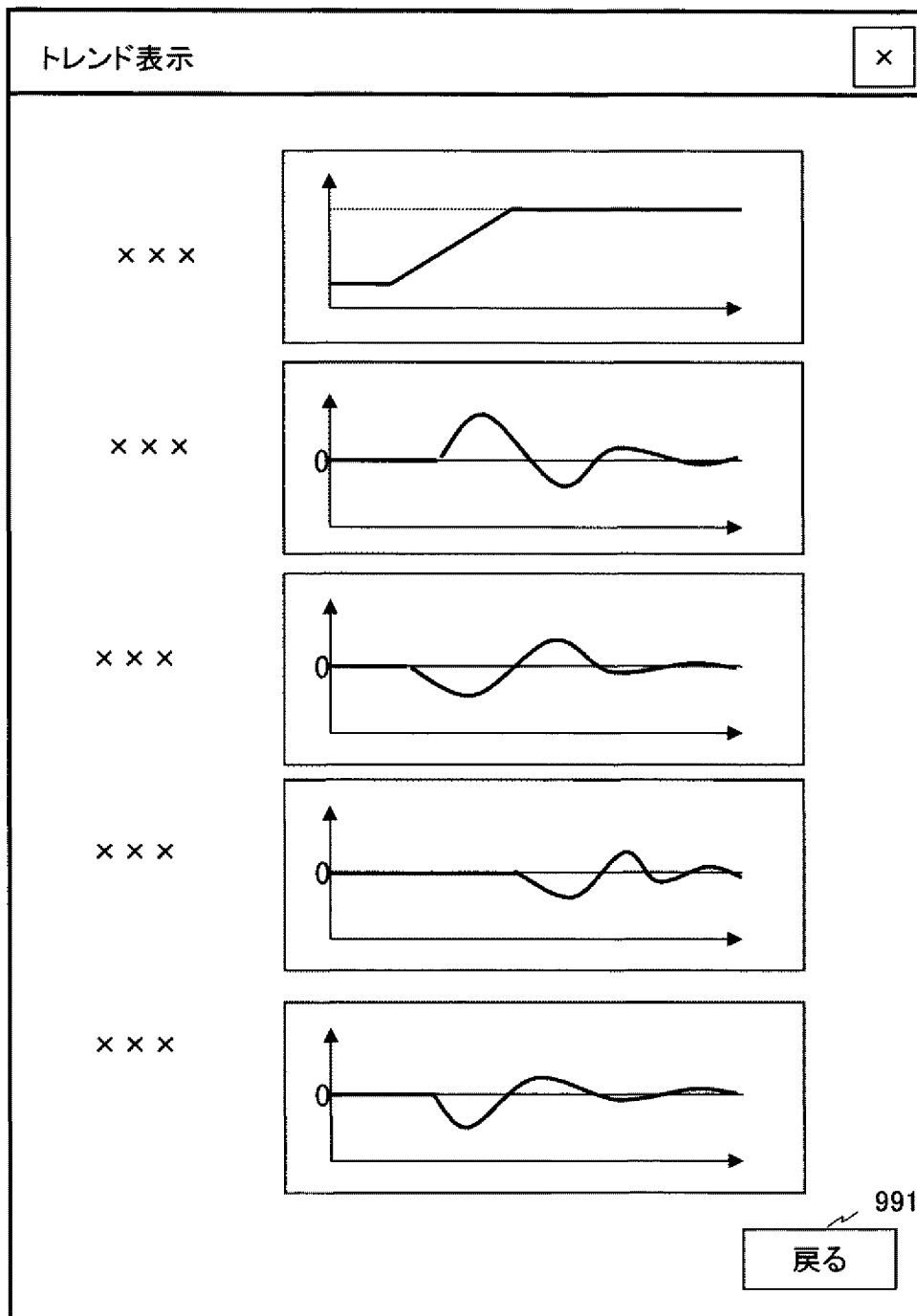
968

戻る

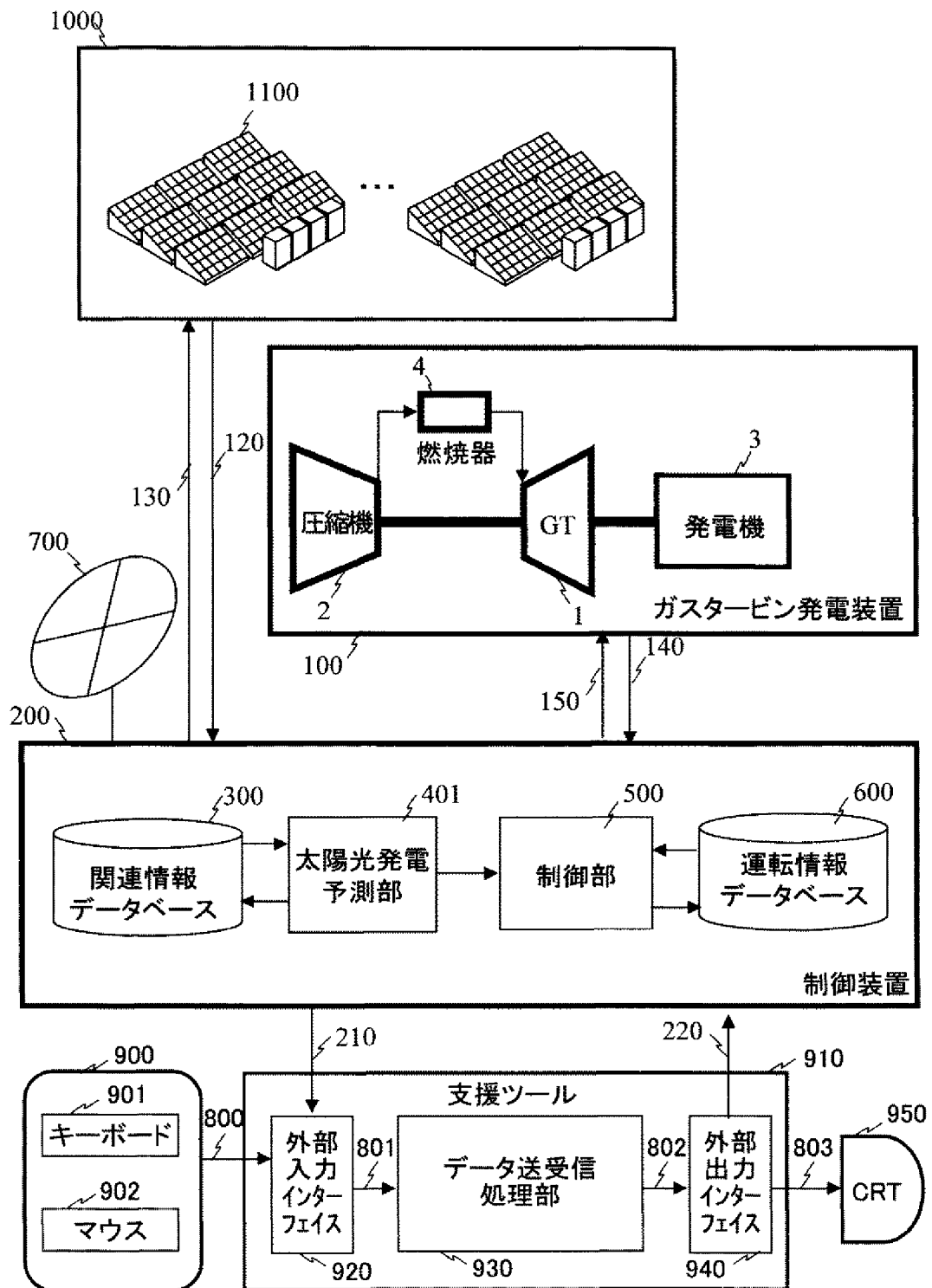
[図13]

トレンド表示設定 ×																																																	
○計測信号表示 981 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">名称</th> <th colspan="2">レンジ</th> <th rowspan="2"></th> </tr> <tr> <th>下限</th> <th>上限</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>▼</td> <td> </td> <td> </td> <td>(kg/s)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>▼</td> <td> </td> <td> </td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>▼</td> <td> </td> <td> </td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>▼</td> <td> </td> <td> </td> <td>(%)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>▼</td> <td> </td> <td> </td> <td>(%)</td> </tr> </tbody> </table> 982 時刻 ~ ○関連情報表示 984 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>天気</th> <th>気温 [°C]</th> <th>風向 [度]</th> <th>風速 [m/s]</th> <th>湿度 [%]</th> <th>日射量 [kW/m2]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>☐</td> <td>☒</td> <td>☐</td> <td>☒</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> </tbody> </table> 983 表示 985 時刻 ~ 986 表示 989 戻る						名称		レンジ			下限	上限		▼			(kg/s)		▼			(%)		▼			(%)		▼			(%)		▼			(%)	天気	気温 [°C]	風向 [度]	風速 [m/s]	湿度 [%]	日射量 [kW/m2]	☐	☒	☐	☒	☐	☐
名称		レンジ																																															
		下限	上限																																														
	▼			(kg/s)																																													
	▼			(%)																																													
	▼			(%)																																													
	▼			(%)																																													
	▼			(%)																																													
天気	気温 [°C]	風向 [度]	風速 [m/s]	湿度 [%]	日射量 [kW/m2]																																												
☐	☒	☐	☒	☐	☐																																												

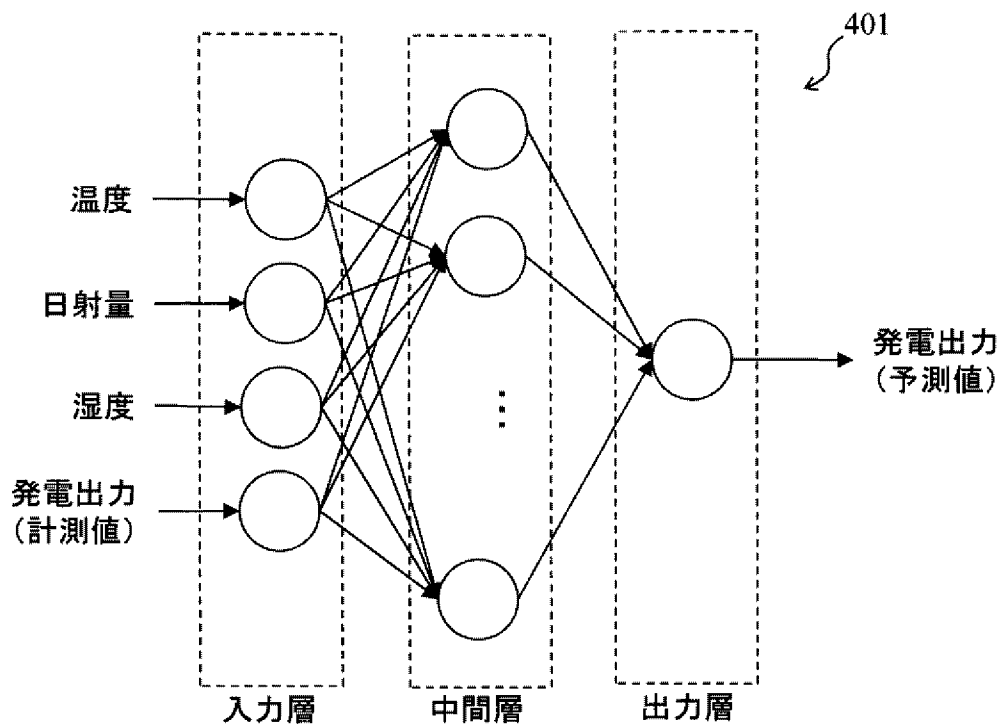
[図14]



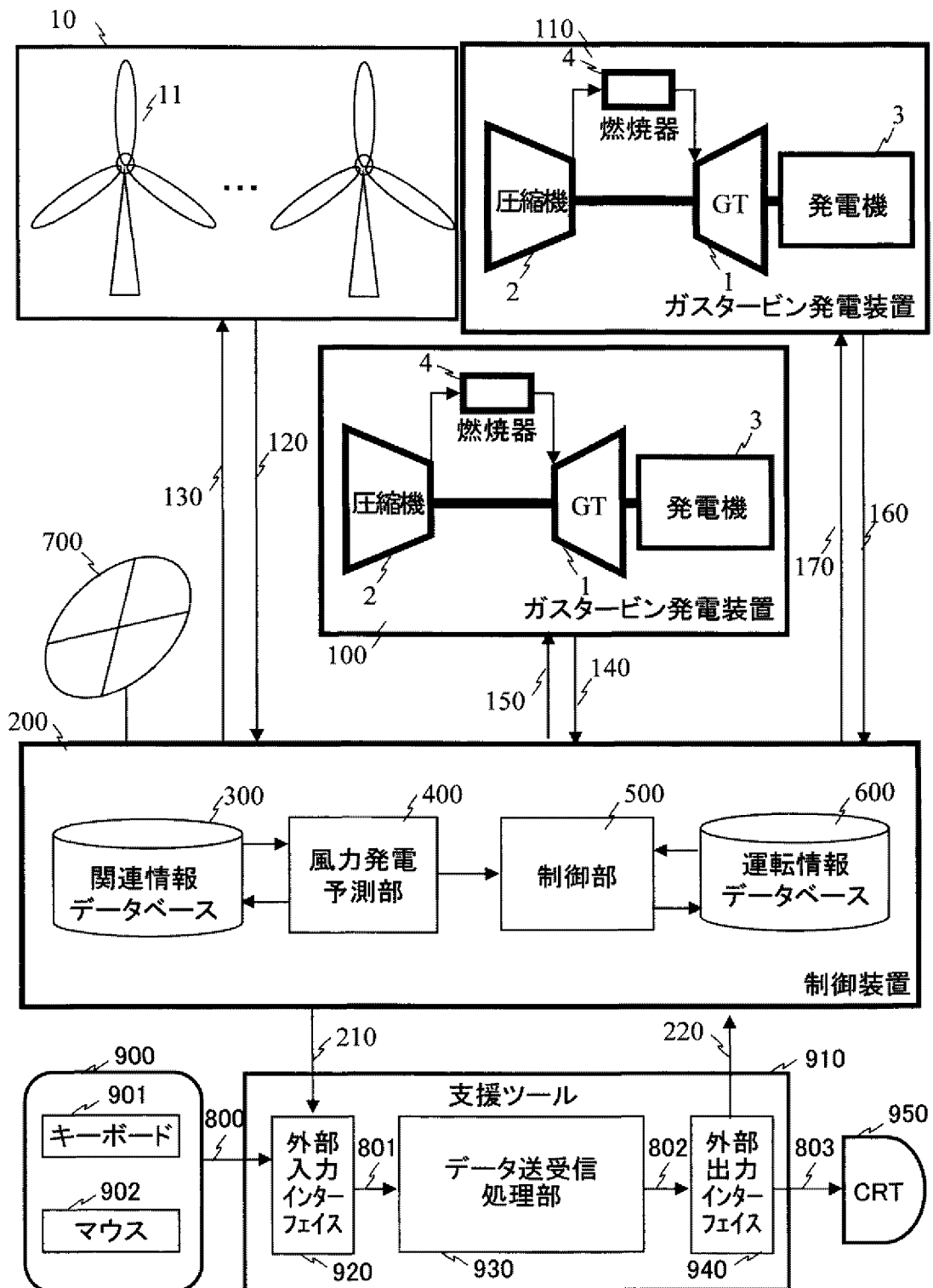
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/066782

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B13/04(2006.01)i, H02J3/00(2006.01)i, H02J3/46(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)

G05B13/04, H02J3/00, H02J3/46

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-142790 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 21 July 2011 (21.07.2011), paragraphs [0001] to [0088]; fig. 1 to 16 (Family: none)	1-14
Y	JP 2004-312797 A (Tokyo Gas Co., Ltd.), 04 November 2004 (04.11.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
Y	JP 2006-50691 A (Canon Inc.), 16 February 2006 (16.02.2006), claims 1, 6; paragraphs [0013] to [0042]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-14

☒ 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
12 July, 2012 (12.07.12)Date of mailing of the international search report
24 July, 2012 (24.07.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/066782

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-289918 A (Fujitsu Ltd.), 14 October 2004 (14.10.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 11-159436 A (Hitachi Engineering & Services Co., Ltd.), 15 June 1999 (15.06.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G05B13/04(2006.01)i, H02J3/00(2006.01)i, H02J3/46(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G05B13/04, H02J3/00, H02J3/46

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-142790 A（富士電機株式会社）2011.07.21, 【0001】 －【0088】、第1－16図（ファミリーなし）	1－14
Y	JP 2004-312797 A（東京瓦斯株式会社）2004.11.04, 全文, 全図（フ ァミリーなし）	1－14
Y	JP 2006-50691 A（キヤノン株式会社）2006.02.16, 請求項1、6, 【0013】－【0042】、第1－3図（ファミリーなし）	1－14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 2 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号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）

青山 純

3 U

4 4 8 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-289918 A (富士通株式会社) 2004.10.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 4
A	JP 11-159436 A (株式会社日立エンジニアリングサービス) 1999.06.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 4