(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 7 月 31 日(31.07.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/115556 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 3/00 (2006.01) *H02J 3/46* (2006.01)
G06Q 50/06 (2012.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/000345

(22) 国際出願日: 2014 年 1 月 23 日(23.01.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-010809 2013 年 1 月 24 日(24.01.2013) JP

(71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 千葉 勇樹 (CHIBA, Yuki). 大佐古 佳明 (OHSAKO, Yoshiaki). 穐山 哲哉 (AKIYAMA, Tetsuya).

(74) 代理人: 砂井 正之 (SAGOI, Masayuki); 〒2100007 神奈川県川崎市川崎区駅前本町１２番１号東芝テクノセンター株式会社内 Kanagawa (JP).

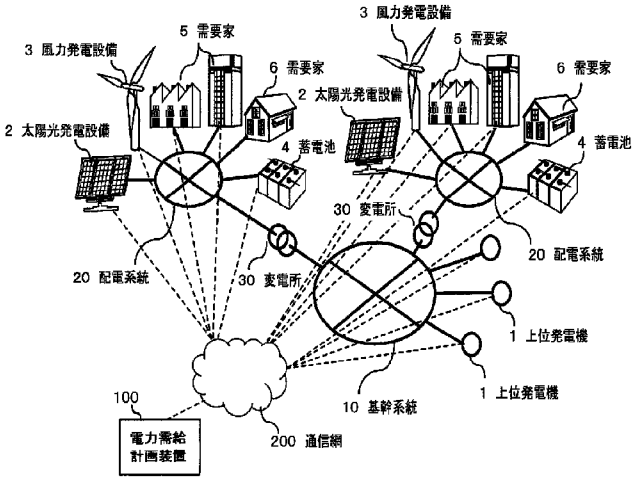
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: POWER SYSTEM CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称 : 電力系統の制御システム



1 UPPER POWER GENERATOR
2 SOLAR POWER GENERATION FACILITY
3 WIND POWER GENERATION FACILITY
4 STORAGE BATTERY
5, 6 CUSTOMER
10 BACKBONE SYSTEM
20 POWER DISTRIBUTION SYSTEM
30 SUBSTATION
100 POWER SUPPLY AND DEMAND PLANNING DEVICE
200 COMMUNICATION NETWORK

(57) **Abstract**: [Problem] To make it possible to minimize the cost of power supply to facilities, devices, and customers in a distribution system. [Solution] A power system control system is characterized by comprising: a demand prediction unit (101) for calculating a demand prediction value of the total power system; a supply planning unit (102) for calculating a supply planning value of the total power system; a difference extraction unit (104) for obtaining the difference between the demand prediction value and the supply planning value; a power-distribution-system economical load distribution unit (106) for, based on a cost optimization method, distributing the difference obtained by the difference extraction unit to a control target provided in the power distribution system; and a control unit for outputting a control amount based on a distribution amount obtained by the power-distribution-system economical load distribution unit (106) to the control target. Alternatively, the power system has a plurality of power distribution systems and the power system control system can also comprise a difference distribution amount calculation unit for, in accordance with the difference adjustment ability of each of the power distribution systems, distributing the difference obtained by the difference extraction unit (104).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/115556 A1

【課題】配電系統における各設備や機器、需要家に対する電力供給コストの最小化を可能とする。 【解決手段】電力系統全体の需要予測値を算出する需要予測部(１０１)と、電力系統全体の供給計画値を算出する供給計画部(１０２)と、需要予測値と供給計画値の差分を求める差分抽出部(１０４)と、差分抽出部で得られた差分を、配電系統に設けられた制御対象に対して、コスト最適化手法に基づいて分配する配電系統の経済負荷配分部(１０６)と、配電系統の経済負荷配分部(１０６)によって得られた分配量に基づく制御量を、制御対象に出力する制御部とを備えることを特徴とする。電力系統が複数の配電系統を有するものであり、差分抽出部(１０４)で得られた差分を各配電系統の差分調整能力に合わせて配分する差分配分量算出部を備えることもできる。

明　細　書

発明の名称 ： 電力系統の制御システム

技術分野

[0001] 本実施形態は、電力系統の制御システムに関する。

背景技術

[0002] 電力系統の制御システムとして、デマンドレスポンスに対応した技術が知られている。デマンドレスポンス（需要応答：Demand Response）とは、電力網における需要（デマンド、特にピーク需要時）に応答して顧客が電力消費を低減したり、他の需要家に余剰電力を供給したりすること、またはそのような仕組みを指す。

[0003] 現在の電力系統の経済最適化手法として、経済負荷配分が知られている。自然エネルギーの普及に対する経済最適化手法として、各自然エネルギーの設備データや過去の実績値から発電予測をたて、経済負荷配分に適用する手法も知られている。このようなものとして日本国の公開特許公報、特開２０１２－３４４４４号公報(以下、特開２０１２－３４４４４号公報という)がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１２－３４４４４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 最近では、蓄電池や再生可能エネルギー等の分散型電源が普及し、配電側にも電源を持つようになり、配電側電源の有無や能力を考慮して、需要家の使用電力を制御するデマンドレスポンスが提案されている。これに対して、従来の技術は、配電系統全体の電力需要に対して、上位系統に設けられた発電機の出力配分を、その燃料費が最適になるように計算する。すなわち、従来技術は、配電系統の需要は考慮していても、配電側の電源やデマンドレス

ポンス制御については、何ら考慮しない。

[0006] 上位系統に位置する発電機の燃料費による最適化だけでは、配電系統に備えられた自然エネルギー等の電源を利用する効果や、デマンドレスポンス制御による効果を最大限に引き出すことは難しい。そのため、従来技術では、上位系統と配電系統の双方における電力供給コストが最小化となる最適解を導くことはできない。

[0007] 本実施形態の目的は、配電系統における各設備や機器、需要家に対する電力供給コストの最小化を可能とした電力系統の制御システムを提供することにある。

[0008] 本実施形態の他の目的は、配電系統並びに上位発電機を有する基幹系統も含めた系統全体における電力供給コストの最小化を可能とした電力系統の制御システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本実施形態の電力系統の制御システムは、次の構成を有することを特徴とする。

[0010] (1) 電力系統全体の需要予測値を算出する需要予測部。

[0011] (2) 電力系統全体の供給計画値を算出する供給計画部。

[0012] (3) 前記需要予測値と供給計画値の差分を求める差分抽出部。

[0013] (4) 前記差分抽出部で得られた差分を、配電系統に設けられた制御対象に対して、コスト最適化手法に基づいて分配する配電系統の経済負荷配分部。

[0014] (5) 前記配電系統の経済負荷配分部によって得られた分配量に基づく制御量を、前記制御対象に出力する制御部。

[0015] 実施形態において、前記電力系統が複数の配電系統を有するものであり、前記差分抽出部で得られた差分を各配電系統の差分調整能力に合わせて配分する差分配分量算出部を備えることもできる。

[0016] 実施形態において、前記電力系統が、複数の上位発電機が接続された基幹系統と、複数の配電系統を有するものであり、前記複数の上位発電機に対する制御量を、コスト最適化手法に基づいて分配する基幹系統の経済負荷配分

部を備えることもできる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]実施形態の自然エネルギー電源の導入された電力系統の構成を示す図。

[図2]実施形態の電力需給計画装置１００のハードウェア構成を示す図。

[図3]実施形態の電力需給計画装置１００の構成を示す機能ブロック図。

[図4]需要予測部１０１と供給計画部１０２のブロック図。

[図5]再生可能エネルギー発電量予測部１０３のブロック図。

[図6]配電系統経済負荷配分部１０６のブロック図。

[図7]実施形態の電力需給計画装置の動作を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0018] ［１．第１の実施形態］

［１－１．実施形態の構成］

図１は、本実施形態の電力系統の構成を示す図である。

[0019] 電力系統は、基幹系統１０、配電系統２０、基幹系統１０から配電系統２０へ電力を供給する配電用変電所３０から構成される。基幹系統１０には、制御可能な電源として複数の上位発電機１が接続されている。配電系統２０には、太陽光発電設備２、風力発電設備３、蓄電池４、デマンドレスポンスに対応可能な需要家５、デマンドレスポンスに対応不可能な需要家６が接続されている。

[0020] 上位発電機１は、例えば、原子力発電機、火力発電機、水力発電機といった電源のほか、揚水発電機、二次電池といった充電を行う電源が含まれる。配電系統２０に接続された太陽光発電設備２及び風力発電設備３は、自然エネルギー電源である。なお、図示しないが、基幹系統１０に、太陽光発電設備２、風力発電設備３などの自然エネルギー電源や、蓄電池４を接続しても良い。

[0021] 電力需給計画装置１００は、通信網２００を介して、各上位発電機１、各配電系統２０の太陽光発電設備２、風力発電設備３、蓄電池４及び需要家５と、通信可能に接続されている。

[0022] 図２に、電力需給計画装置１００のハードウェア構成の一例を示す。電力需給計画装置１００は、ＣＰＵ１１０、メモリ１２０、入力装置１３０、表示装置１４０及び通信装置１５０を備えている。

[0023] 図３に、電力需給計画装置１００の機能ブロック図を示す。電力需給計画装置１００は、入力データを取り込んで系統全体の需要予測値を算出する需要予測部１０１、需要予測に基づいた供給計画値を算出する供給計画部１０２、再生可能エネルギーの発電量予測部１０３（以下、発電量予測部１０３という）、需要予測値と供給計画値の差分を演算する差分抽出部１０４を備える。

[0024] 差分抽出部１０４の出力側には、配電系統２０の制御能力に応じた差分を変電所ごとに分配する差分配分量算出部１０５が接続され、この差分配分量算出部１０５に、配電系統２０の経済負荷配分部１０６が接続されている。この経済負荷配分部１０６は、各配電系統２０の機器に対して差分を分配するに当たり、コスト最適化計算を行う。

[0025] 本実施形態では、電力需給計画装置１００による制御対象は、変電所に設けられた送電電圧制御装置、デマンドレスポンスに対応可能な需要家５、配電系統に対して充放電可能な蓄電池３、配電系統に接続されている太陽光発電設備２や風力発電設備３である。そのため、配電系統２０の経済負荷配分部１０６の出力側には、電圧・無効電力制御部１６１、デマンドレスポンス制御部１６２、蓄電池制御部１６３、再生可能エネルギー制御部１６４が接続されている。

[0026] 更に、差分配分量算出部１０５を介して差分抽出部１０４の出力側には、各上位発電機１に対して発電量を分配するに当たり、コスト最適化計算を行う基幹系統の経済負荷配分部１０７が接続されている。この基幹系統の経済負荷配分部１０７の出力側には、基幹系統に接続されている各上位発電機１の出力制御部１６０が接続されている。

[0027] これら、電力需給計画装置１００を構成する各部分は、その機能や処理手順が、コンピュータプログラムとしてメモリ１２０に記憶されており、メモ

リ１２０に記憶されたコンピュータプログラムを必要に応じてＣＰＵ１１０が読み出して実行することにより実現される。これら各部分と、上位発電機１と、各配電系統２０の太陽光発電設備２、風力発電設備３、蓄電池４及び需要家５は、通信装置１５０及び通信網２００を使用して、データや制御コマンドの授受を行う。

[0028] 入力装置１３０からは、電力需給計画装置１００が必要とするデータやコマンドなどを入力する。電力需給計画装置１００の各部で生成あるいは処理されたデータや演算結果、制御量などは、表示装置１４０及び通信装置１５０により、電力需給計画装置１００の外部に出力する。

[0029] 図４に、需要予測部１０１と供給計画部１０２の一例を示す。

[0030] 需要予測部１０１は、

(1) リアルタイム需要データ

(2) 最高気温、平均気温、湿度などの気象データ

(3) 曜日、公休、特異日などの日付データ

などの入力データ１０１１に基づいて、予測日の需要を予測する需要予測算出部１０１２を有する。

[0031] 供給計画部１０２は、

(1) 負荷容量やその発生場所などの負荷情報などの入力データ１０２１と、前記需要予測算出部１０１２によって算出された需要予測量に基づいて、供給計画を算出する供給計画算出部１０２２を有する。

[0032] 図５に、発電量予測部１０３の一例を示す。再生可能エネルギーは天候による影響が大きく予測が難しいため、リアルタイムの実測データと過去データの照らし合わせにより、予測値を算出する。

[0033] 発電量予測部１０３は、各配電系統２０に設けられた太陽光発電設備２、風力発電設備３などの自然エネルギー電源毎にその発電量を予測し、各配電系統２０の予測値を集計して、系統全体の再生可能エネルギーの発電量を予測する。基幹系統に自然エネルギー電源が接続されている場合は、その発電量も予測して、集計する。発電量予測部１０３は、風力発電量算出部１０３

１と、太陽光発電量算出部１０３５とを有する。

[0034] 風力発電量算出部１０３１は、

(1) 風力発電設備設置場所の風速、風向などの天候データ

(2) 過去の天候データ

などの入力データ１０３２に基づいて、予測日の天候に相似している過去の日を算出する相似日算出部１０３３と、算出された相似日に基づいて風速を予測する風速予測部１０３４を備える。風力発電量算出部１０３１は、予測された風速に基づいて予測日の発電量を算出する。入力データ１０３２は、一例として、風速、風向などである。

[0035] 太陽光発電量算出部１０３５は、

(1) 太陽光発電設備設置場所の天候データ

(2) 過去の天候データ

などの入力データ１０３６に基づいて、予測日の天候に相似している過去の日を算出する相似日算出部１０３７と、算出された相似日に基づいて太陽光発電設備に対する照度を予測する照度予測部１０３８を備える。太陽光発電量算出部１０３５は、予測された照度に基づいて予測日の発電量を算出する。入力データ１０３６は、一例として、日の長さ、太陽高度、大気、気温、湿度、風向き、風速、雲量などである。

[0036] 差分抽出部１０４は、需要予測値と供給計画値の差分を演算する。本実施形態では、需要予測部１０１と供給計画部１０２で得られた予測値と計画値だけでなく、発電量予測部１０３によって得られた再生可能エネルギーの発電予測値を考慮する。具体的には、需要予測値から発電予測値を差し引いて、供給計画値との差分を計算する。

[0037] 差分配分量算出部１０５は、差分抽出部１０４が算出した需要量と供給量の差分を、配電系統２０の能力に応じて、各配電系統２０の電力の受け入れ部である変電所ごとに分配する。すなわち、各配電系統２０に接続されている各設備や需要家などに対する制御量を、１つの配電系の統経済負荷配分部によって決定することも可能ではあるが、制御対象となる設備や需要家の数

が膨大になりコスト最適化の計算が複雑になる。本実施形態では、配電系統２０毎に差分を分配し、分配された差分について、各配電系統２０でコストと最適化計算を実施し、各配電系統２０の設備や需要家を制御することで、計算の単純化、迅速化を可能としている。

[0038] 差分配分量算出部１０５による差分の配分は、配電系統２０の規模、設備内容や需要家の種別など、固定的なパラメータを基準として、差分を分配する。例えば、

(1) 配電系統２０の規模が大きい

(2) 蓄電池４による蓄電量が多い

(3) デマンドレスポンスに対応可能な需要家５が多い

(4) 自家発電設備を有する需要家が多い

などの配電系統２０は、差分を吸収できる能力が高いので、そのような配電系統２０にはより多くの差分を分配する。

[0039] 配電系統２０の経済負荷配分部１０６は、各配電系統２０に配分された需要量と供給量の差分について、配電系統２０の各制御部１６１～１６４に配分する。この配分に当たっては、コスト最適化の手法により、配電系統２０の各機器について適切な配分量を設定する。そのため、経済負荷配分部１０６は、最適解を得るための経済負荷配分算出部１０６４を有する。この算出部１０６４は、図６に示すように、配電系統２０の設備仕様といった固定的な成分に関する入力データ１０６１と、リアルタイムの需要データなどの随時変動する成分に関する入力データ１０６２と、差分配分量算出部１０５で算出した各配電系統２０における需要量と供給量の差分データ１０６３を受信し、これらのデータに基づいて、その配電系統においても最もコストの低い配分量を演算する。

[0040] 固定的な成分に関する入力データ１０６１としては、例えば、次のものである。

[0041] (1) 配電系統２０の設備仕様

(a) 蓄電池の容量、充放電ロス、劣化

(b) 負荷の容量、場所、デマンドレスポンス応答率

(c) 電圧・無効電力制御装置の容量、場所

(d) 再生可能エネルギーの容量、場所

(e) インピーダンス等の系統情報

随時変動する成分に関する入力データ１０６２としては、例えば、次のものである。

[0042] (1) リアルタイム需要データ

(2) 再生可能エネルギー出力量

(3) 蓄電池残量

(4) 有効電力、無効電力、電圧など、配電系統２０の測定値

配電系統の経済負荷配分部１０６に設けられた経済負荷配分算出部１０６４は、一例として、次のようにして、各配電系統２０に設けられた各制御対象に対する経済負荷配分の演算を行う。まず、電圧・無効電力制御部１６１、デマンドレスポンス制御部１６２、蓄電池制御部１６３、再生可能エネルギー制御部１６４の制御量を、次の通りとする。

[0043] (1) 電圧・無効電力制御：ａ

(2) デマンドレスポンス制御：ｂ

(3) 蓄電池制御：ｃ

(4) 再生可能エネルギー制御：ｄ

経済負荷配分算出部１０６４は、下記の式（１）のように、上記の制御量の総和が需要量と供給量の差分ｘと等しくなるように、各制御部１６１～１６４の制御量を算出する。

[0044] ｘ＝ａ＋ｂ＋ｃ＋ｄ…式（１）

各制御部１６１～１６４のそれぞれの制御にかかる単位コストｙｌ，ｙ２，ｙ３，ｙ４を、下記のように定義する。なお、これらのコストは、各配電系統２０で異なるため、各配電系統別に経済負荷配分計算が必要となる。

[0045] (1) 電圧・無効電力制御：ｙｌ…配電系統２０において電圧を制御した時に増減する皮相電力に対するコスト。配電系統２０で、電圧を上げると消費電

力が大きくなり、発電コストが増大する。

[0046] (2) デマンドレスポンス制御：ｙ２…デマンドレスポンスに対応した需要家に対する謝礼金。

[0047] (3) 蓄電池制御：ｙ３…蓄電池を充電する時の時間帯による上位発電機の発電コストの平均値。

[0048] (4) 再生可能エネルギー制御：ｙ４…再生可能エネルギーによる発電が停止した場合に、その電力を上位発電機から供給する際のコスト。

[0049] 上記の制御量と単位コストを用い、算出部１０６４は、制御コストが最小となるような目的関数Ｘを求める式（２）を計算する。コストは発電量により変化するものがあり、目的関数は非線形な関数となるため、非線形計画法等を用いることにより、計算する。

[0050] Ｘ＝minΣ（ａ＊ｙｌ＋ｂ＊ｙ２＋ｃ＊ｙ３＋ｄ＊ｙ４）…式（２）

非線形計画法については、以下に記載されている。

[0051] Gill, P.E., W.Murray,
M.H.Wright, "Numerical Linear Algebra and
Optimization", Vol.1, Addison Wesley,1991
K.Schittkowski (1981): The nonlinear programming method of Wllson,Han and Powell.
Part 1:Convergence
analysis, Numerische Mathematik,
Vol.38, 83-114,
Part 2: An efficient implementation With
linear least squares subproblems, Numerische
Mathematik, Vol.38,115-127

基幹系統の経済負荷配分部１０７としては、各種の手法により各上位発電機１に対して発電量を分配するに当たり、コスト最適化計算を行うものを使用することができる。例えば、各上位発電機１が必要とする発電コストとして、燃料費、送配電ロス、運転の停止・再開に掛かるコスト、運転に伴う環

境整備費、各発電機の減価償却費、など、各種のコストをパラメータとして、コストの最適化計算を行うことができる。

[0052] ［１－２．実施形態の作用］

図７を参照して、本実施形態に係る電力需給計画装置１００の具体的な動作を説明する。

[0053] 図７のフローチャートに示すように、

(1) リアルタイム需要データ

(2) 最高気温、平均気温、湿度などの気象データ

(3) 曜日、公休、特異日などの日付データ

などの入力データ１０１１が入力される（ステップ１）と、需要予測部１０１は、これらのデータに基づいて、予測日の需要を予測する（ステップ２）。

[0054] 同様に、発電量予測部１０３は、風力発電量算出部１０３１及び太陽光発電量算出部１０３５によって、それらの発電量を算出する（ステップ３）。このステップ３と前記のステップ２は、いずれを先に行っても良い。

[0055] 具体的には、風力発電量算出部１０３１は、

(1) 風力発電設備の設置場所の風速、風向などの天候データ

(2) 過去の天候データ

などの入力データ１０３２に基づいて、予測日の風力発電量を算出する。

[0056] 太陽光発電量算出部１０３５は、

(1) 太陽光発電設備設置場所の天候データ

(2) 過去の天候データ

などの入力データ１０３６に基づいて、予測日の太陽光発電量を算出する。

[0057] 供給計画部１０２は、前記需要予測部１０１と発電量予測部１０３から得られた需要予測量と再生可能エネルギーの予測発電量、及び各系統における

(1) 負荷容量やその発生場所などの負荷情報

などの入力データ１０２１に基づいて、各配電系統２０への供給計画値を算出する（ステップ４）。

[0058] 需要予測値と供給計画値が得られた後は、差分抽出部１０４により、両者の差分を演算する（ステップ５）。この差分のうち、供給計画値が需要予測量を超える範囲については、上位発電機１によって電力を賄うことができる（ステップ６のＹＥＳ）。

[0059] その場合は、基幹系統１０の各上位発電機１に対して、発電量を分配する。すなわち、基幹系統の経済負荷配分部１０７により、各上位発電機をどのように運転すれば経済効率が最も良いかを計算し（ステップ７）、その出力結果に従って、各上位発電機１を運転する（ステップ８）。

[0060] 一方、差分のうち、供給計画値が需要予測量を下回る範囲については、上位発電機１の発電量が不足する（ステップ６のＮＯ）。不足量は、各配電系統２０で負担するが、各配電系統２０でその規模、設備内容や需要家も異なることから、本実施形態では、そのようなパラメータに応じて、差分配分量算出部１０５により、不足した差分を各配電系統２０に分配する（ステップ９）。

[0061] 配電系統の経済負荷配分部１０６は、各配電系統２０に分配された差分に基づいて、各配電系統２０の制御部１６１～１６４に対するコスト最適化演算を行い、それぞれの制御量を算出し（ステップ１０）、得られた制御量に従って配電系統の各機器を制御する（ステップ１１）。この場合、デマンドレスポンスの方法としては、対応する需要家５の所有する機器に対する電力供給を直接制御することも可能である。また、需要家に対して、通信装置１５０を利用して電力使用量の削減要求を行い、その応答結果を受信するもので良い。

[0062] ［１－３．実施形態の効果］

本実施形態によれば、経済負荷配分手法を用いることにより、各配電系統２０の制御対象に対するコストが最小となる最適な制御量を導くことが可能になる。これは運用者が負荷平準化を意識させた供給計画値を設定した際に、実現するための最小コストを導くことが可能になることを意味する。

[0063] 本実施形態では、運用する各配電系統２０の制御対象に対し、それぞれに

どれだけの経済効果が見込めるかを事前に把握することが可能になる。これにより、配電系統２０の設備増強の際、効率的な設備計画をたてることが可能となる。

[0064] 本実施形態では、今後普及していくと考えられるデマンドレスポンスに対し、経済効果を事前に把握できるため、価格帯の設定を容易にすることが可能となる。特に、上位系統の供給計画を元に、配電系統ごとの計画変更値をたて、達成するためにコストが最小となる配電機器の制御量を算出することができる。また、生成された計画値に対して経済負荷配分を実施することにより、配電系統２０の制御を反映し、系統全体の制御コスト最適化の実現が可能である。

[0065] 本実施形態によれば、差分のない電力も上位系統の発電機により経済最適化を行うことが可能となる。これにより、配電系統２０の制御手段を最大限に活用しながら電力系統全体における経済最適化を行うことが可能となる。

[0066] ［２．他の実施形態］

本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

[0067] 例えば、計算能力に余裕がある場合には、差分を各配電系統２０に分配することなく、直接各配電系統の設備や機器、需要家の制御を行うこともできる。経済最適化による差分の配分も、前記実施形態以外の公知の手法を使用することができる。

[0068] 制御対象となる基幹系統１０や各配電系統２０の発電機その他の設備や機器については、変電所に設けられた送電電圧制御装置、デマンドレスポンスに対応可能な需要家、配電系統に対して充放電可能な蓄電池、配電系統に接続されている太陽光発電設備または風力発電設備のいずれか、またはこれら

の組み合わせとすることができる。前記実施形態以外に他の機器を使用することも可能であり、制御パラメータも適宜選択できる。

[0069] 前記実施形態では、基幹系統に接続された複数の上位発電機１を経済最適化手法に従って制御したが、基幹系統と組み合わせることなく、単独の配電系統における各機器や設備などの制御のみに使用することもできる。再生可能エネルギーの発電量予測部を設けることなく、需要予測部と供給計画部によって需給の差分を計算することもできる。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明は、電力系統、あるいは、配電系統において、デマンドレスポンス等が行なわれる電力需給計画装置において利用される。

符号の説明

[0071] １…上位発電機

２…太陽光発電設備

３…風力発電設備

４…蓄電池

５…デマンドレスポンスに対応可能な需要家

６…デマンドレスポンスに対応不可能な需要家

１０…基幹系統

２０…配電系統

３０…配電用変電所

１００…電力需給計画装置

１０１…需要予測部

１０２…供給計画部

１０３…再生可能エネルギーの発電量予測部

１０４…差分抽出部

１０５…差分配分量算出部

１０６…配電系統の経済負荷配分部

１０７…基幹系統の経済負荷配分部

１１０…ＣＰＵ

１２０…メモリ

１３０…入力装置

１４０…表示装置

１５０…通信装置

１６１…電圧・無効電力制御部

１６２…デマンドレスポンス制御部

１６３…蓄電池制御部

１６４…再生可能エネルギー制御部

請求の範囲

[請求項1] 電力系統全体の需要予測値を算出する需要予測部と、

電力系統全体の供給計画値を算出する供給計画部と、

前記需要予測値と供給計画値の差分を求める差分抽出部と、

前記差分抽出部で得られた差分を、配電系統に設けられた制御対象に対して、コスト最適化手法に基づいて分配する配電系統の経済負荷配分部と、

前記配電系統の経済負荷配分部によって得られた分配量に基づく制御量を、前記制御対象に出力する制御部と、

を備える電力系統の制御システム。

[請求項2] 前記電力系統が複数の配電系統を有するものであり、前記差分抽出部で得られた差分を各配電系統の差分調整能力に合わせて配分する差分配分量算出部を備える請求項１に記載の電力系統の制御システム。

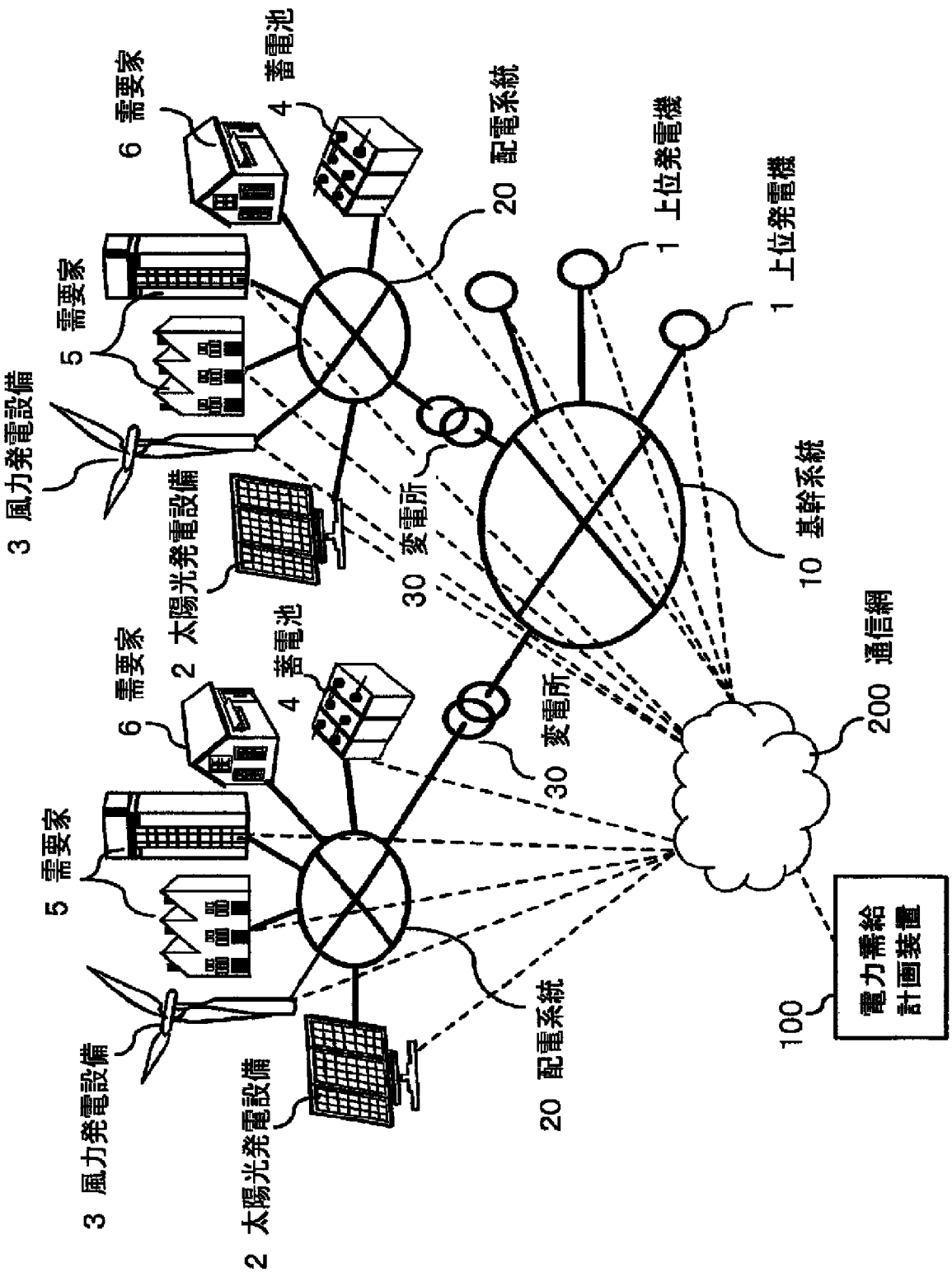
[請求項3] 前記電力系統が、複数の上位発電機が接続された基幹系統と、複数の配電系統を有するものであり、

前記複数の上位発電機に対する制御量を、コスト最適化手法に基づいて分配する基幹系統の経済負荷配分部を備える請求項１または請求項２に記載の電力系統の制御システム。

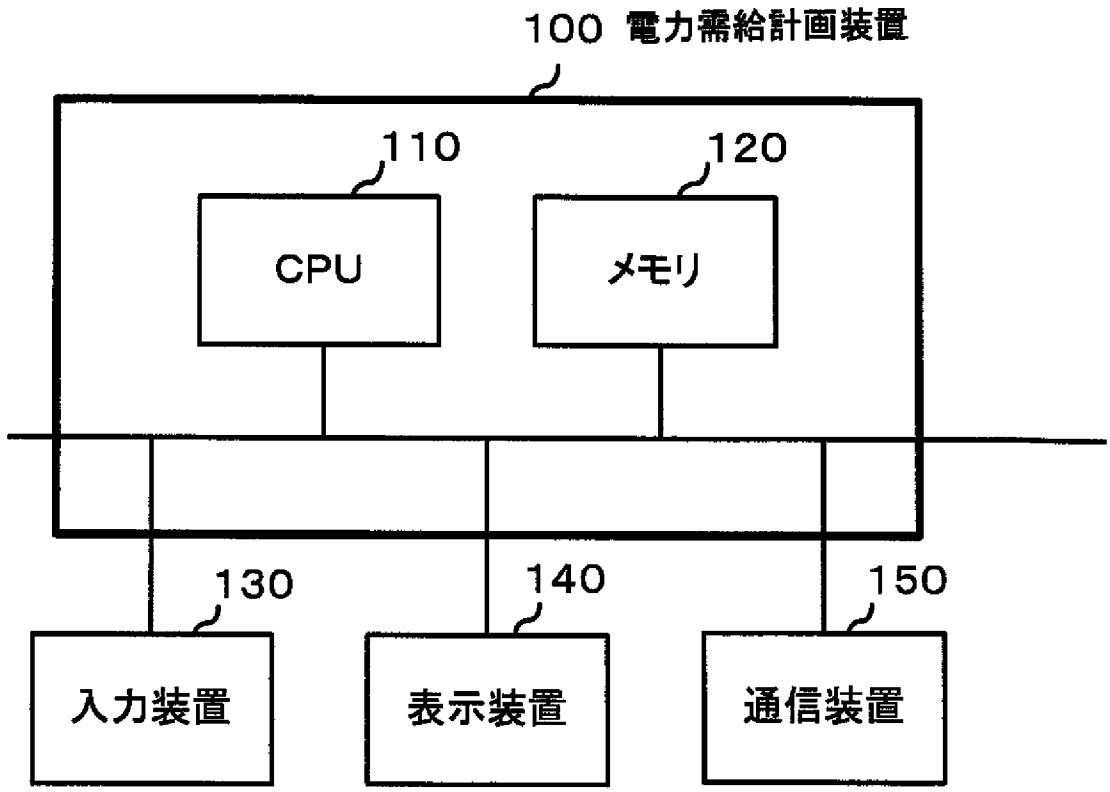
[請求項4] 前記電力系統が、再生可能エネルギー発電設備を有するものであり、前記差分抽出部が、再生可能エネルギー発電量予測部によって得られた発電量を需要量予測値から差し引いて、前記差分を求める請求項１または請求項２に記載の電力系統の制御システム。

[請求項5] 前記制御対象が、変電所に設けられた送電電圧制御装置、デマンドレスポンスに対応可能な需要家、配電系統に対して充放電可能な蓄電池、配電系統に接続されている太陽光発電設備または風力発電設備のいずれか、またはこれらの組み合わせである請求項１に記載の電力系統の制御システム。

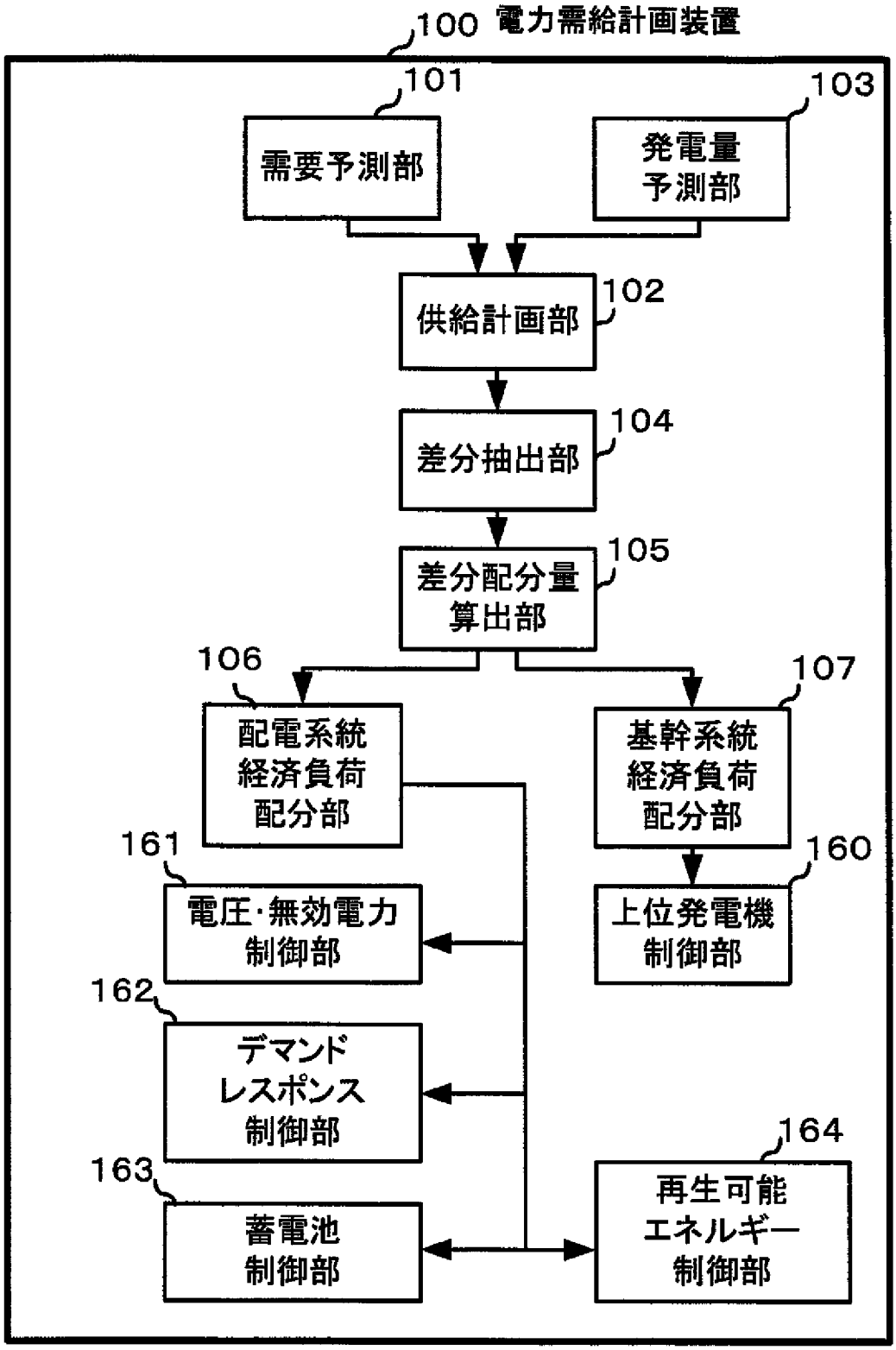
[図1]


1 上位発電機
1 上位発電機
10 基幹系統
20 配電系統
20 配電系統
30 変電所
30 変電所
200 通信網
100
電力需給
計画装置
2 太陽光発電設備
2 太陽光発電設備
3 風力発電設備
3 風力発電設備
4 蓄電池
4 蓄電池
5 需要家
5 需要家
6 需要家
6 需要家

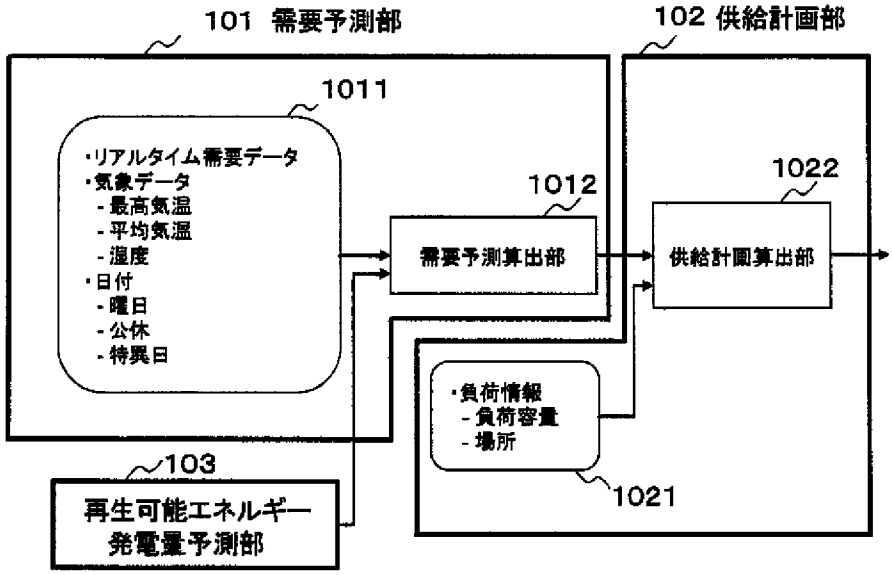
[図2]



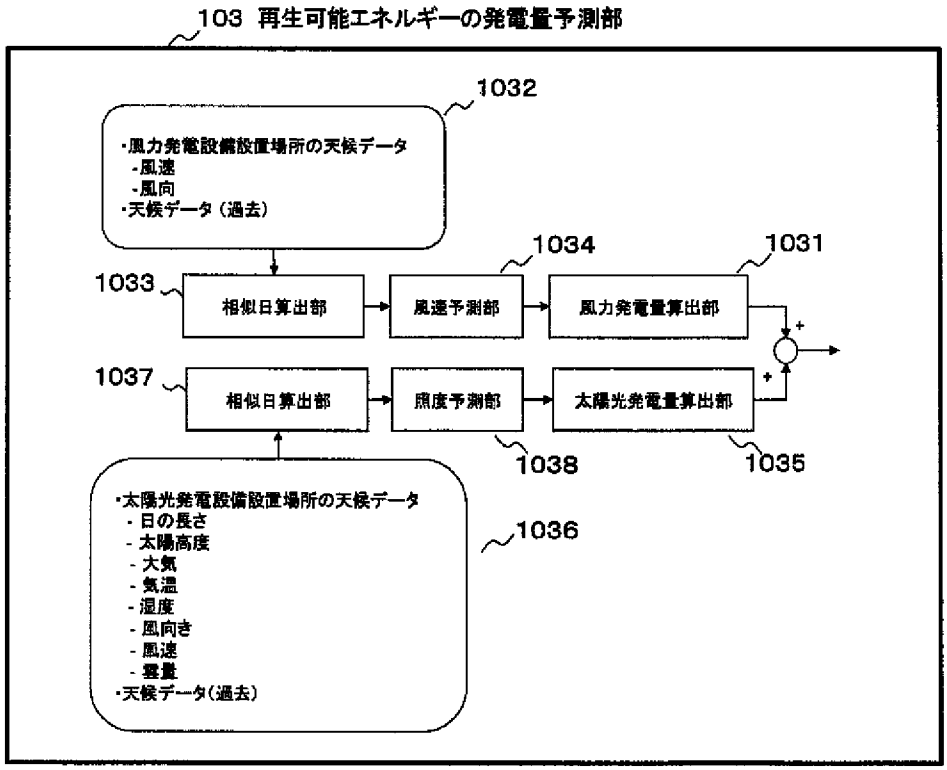
[図3]


100 電力需給計画装置
101
需要予測部
103
発電量
予測部
供給計画部
102
差分抽出部
104
差分配分量
算出部
105
106
配電系統
経済負荷
配分部
107
基幹系統
経済負荷
配分部
161
電圧・無効電力
制御部
160
上位発電機
制御部
162
デマンド
レスポンス
制御部
164
163
蓄電池
制御部
再生可能
エネルギー
制御部

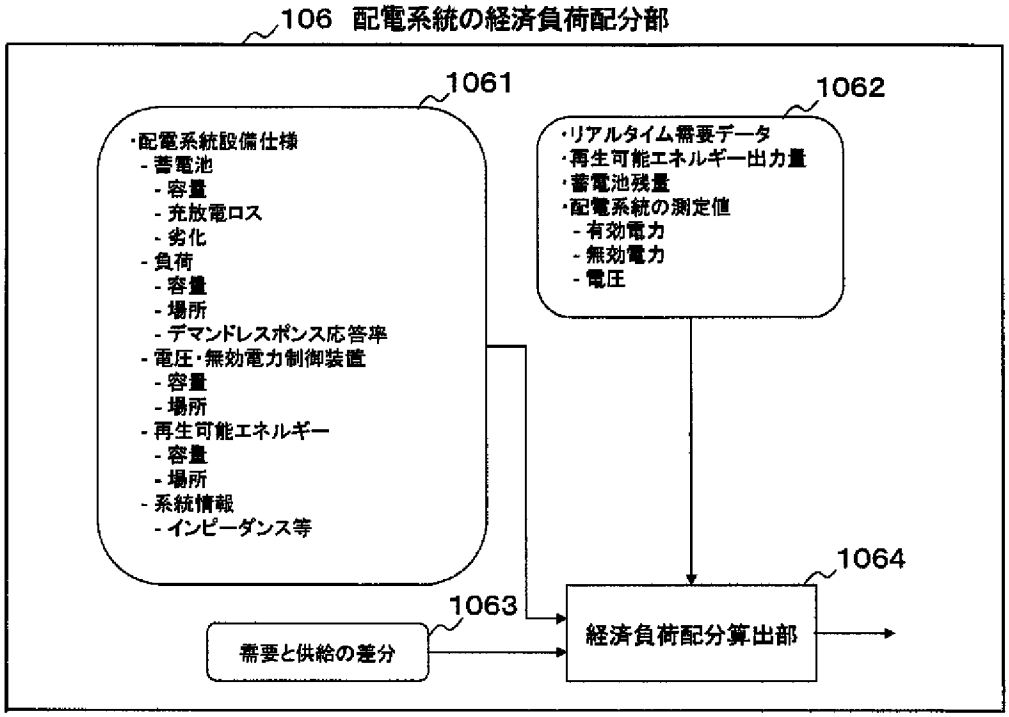
[図4]


101 需要予測部
102 供給計画部
1011
・リアルタイム需要データ
・気象データ
- 最高気温
- 平均気温
- 湿度
・日付
- 曜日
- 公休
- 特異日
1012
需要予測算出部
1022
供給計画算出部
・負荷情報
- 負荷容量
- 場所
1021
103
再生可能エネルギー
発電量予測部

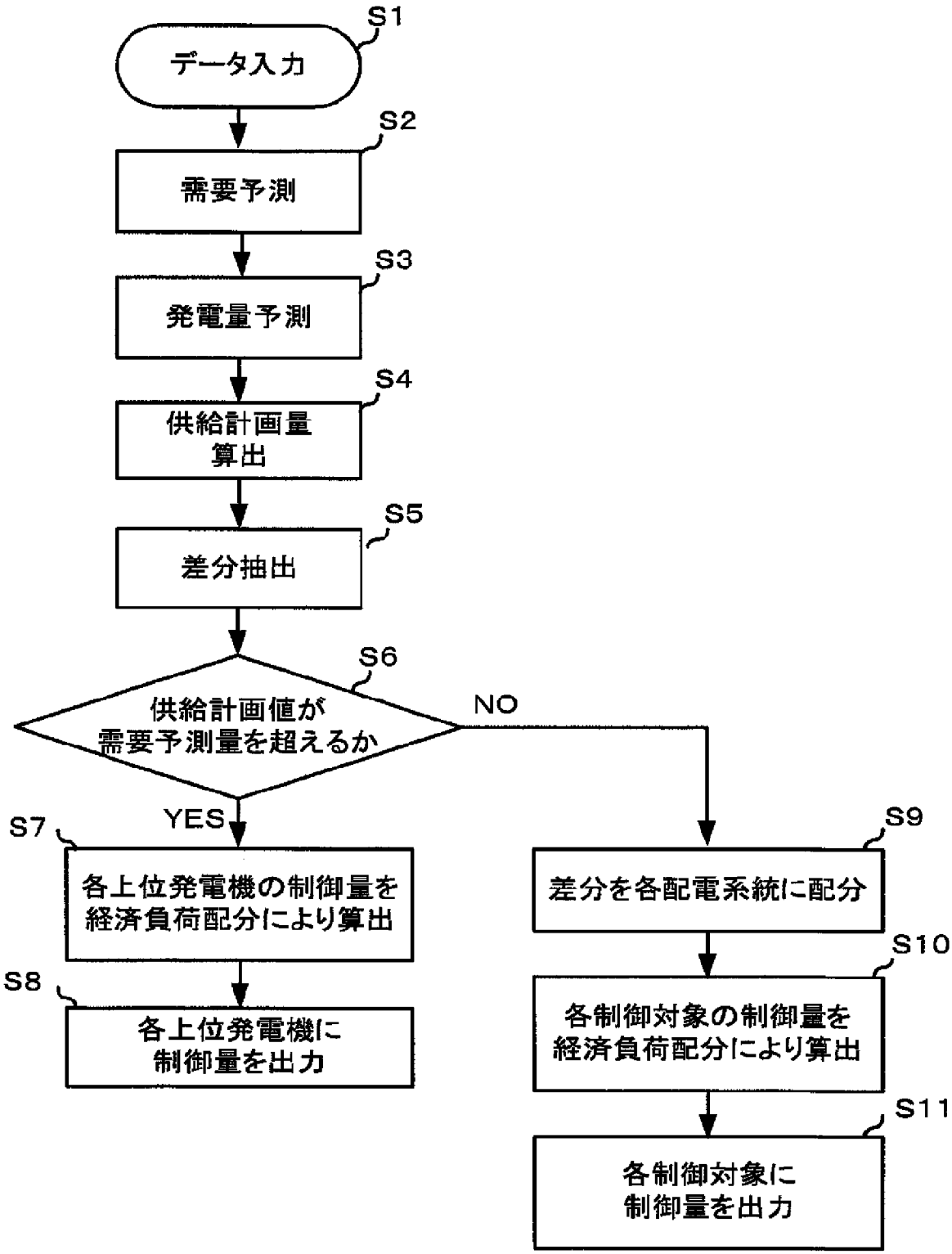
[図5]


103 再生可能エネルギーの発電量予測部
1032
・風力発電設備設置場所の天候データ
-風速
-風向
・天候データ（過去）
1033
相似日算出部
1034
風速予測部
1031
風力発電量算出部
1037
相似日算出部
照度予測部
太陽光発電量算出部
1038
1035
・太陽光発電設備設置場所の天候データ
- 日の長さ
- 太陽高度
- 大気
- 気温
- 湿度
- 風向き
- 風速
- 雲量
・天候データ（過去）
1036

[図6]


106 配電系統の経済負荷配分部
1061
・配電系統設備仕様
- 蓄電池
- 容量
- 充放電ロス
- 劣化
- 負荷
- 容量
- 場所
- デマンドレスポンス応答率
- 電圧・無効電力制御装置
- 容量
- 場所
- 再生可能エネルギー
- 容量
- 場所
- 系統情報
- インピーダンス等
1062
・リアルタイム需要データ
・再生可能エネルギー出力量
・蓄電池残量
・配電系統の測定値
- 有効電力
- 無効電力
- 電圧
1063
需要と供給の差分
1064
経済負荷配分算出部

[図7]


S1
データ入力
S2
需要予測
S3
発電量予測
S4
供給計画量
算出
S5
差分抽出
S6
供給計画値が
需要予測量を超えるか
NO
YES
S7
各上位発電機の制御量を
経済負荷配分により算出
S8
各上位発電機に
制御量を出力
S9
差分を各配電系統に配分
S10
各制御対象の制御量を
経済負荷配分により算出
S11
各制御対象に
制御量を出力

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/000345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02J3/00(2006.01)i, *G06Q50/06*(2012.01)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)
H02J3/00, G06Q50/06, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
X Y A	JP 2004-040956 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 05 February 2004 (05.02.2004), paragraphs [0023] to [0026], [0033], [0035] to [0036], [0039] to [0040], [0043] (Family: none)	1,5 3-4 2
Y	JP 2011-114944 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 09 June 2011 (09.06.2011), paragraph [0002] (Family: none)	3-4
Y	JP 2011-114945 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 09 June 2011 (09.06.2011), paragraphs [0017] to [0018], [0032] (Family: none)	4

☒ 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	Date of mailing of the international search report
18 April, 2014 (18.04.14)	28 April, 2014 (28.04.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/000345

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 2012-175825 A (Mitsubishi Electric Corp.), 10 September 2012 (10.09.2012), paragraphs [0024] to [0025], [0037], [0114] to [0115], [0129] (Family: none)	2
A	JP 2008-295175 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 December 2008 (04.12.2008), paragraphs [0003], [0006] (Family: none)	3
P,X	JP 2013-240154 A (Toshiba Corp.), 28 November 2013 (28.11.2013), paragraphs [0027] to [0028], [0030], [0032], [0035], [0038] to [0044], [0059], [0072] to [0077]; fig. 1 to 5, 10, 12 (Family: none)	1-3,5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０００３４５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02J3/00(2006.01)i, G06Q50/06(2012.01)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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02J3/00, G06Q50/06, 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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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
X Y A	JP 2004-040956 A（大阪瓦斯株式会社）2004.02.05, 【００２３】－【００２６】,【００３３】,【００３５】－【００３６】,【００３９】－【００４０】,【００４３】（ファミリーなし）	1,5 3-4 2
Y	JP 2011-114944 A（富士電機システムズ株式会社）2011.06.09, 【０００２】（ファミリーなし）	3-4
Y	JP 2011-114945 A（富士電機システムズ株式会社）2011.06.09, 【００１７】－【００１８】,【００３２】（ファミリーなし）	4

☑　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	国際調査報告の発送日
１８．０４．２０１４	２８．０４．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｔ　４２３５
吉村　伊佐雄
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５６８

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 2012-175825 A（三菱電機株式会社）2012.09.10, 【００２４】－【００２５】,【００３７】,【０１１４】－【０１１５】,【０１２９】（ファミリーなし）	2
A	JP 2008-295175 A（三菱電機株式会社）2008.12.04, 【０００３】,【０００６】（ファミリーなし）	3
P,X	JP 2013-240154 A（株式会社東芝）2013.11.28, 【００２７】－【００２８】,【００３０】,【００３２】,【００３５】,【００３８】－【００４４】,【００５９】,【００７２】－【００７７】, 図１－５，１０，１２（ファミリーなし）	1-3,5