

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4992134号
(P4992134)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int. Cl. F I
 H O 2 J 3/46 (2006.01) H O 2 J 3/46 D
 H O 1 L 31/042 (2006.01) H O 1 L 31/04 R

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-225035 (P2007-225035)	(73) 特許権者	504145320 国立大学法人福井大学
(22) 出願日	平成19年8月31日 (2007.8.31)		福井県福井市文京3丁目9番1号
(65) 公開番号	特開2009-60704 (P2009-60704A)	(73) 特許権者	000006105 株式会社明電舎
(43) 公開日	平成21年3月19日 (2009.3.19)		東京都品川区大崎2丁目1番1号
審査請求日	平成22年7月20日 (2010.7.20)	(74) 代理人	100096459 弁理士 橋本 剛
		(74) 代理人	100104938 弁理士 鶴澤 英久
		(72) 発明者	林 泰弘 福井県福井市文京3-9-1 国立大学 法人 福井大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽光発電システムの制御方法とその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の太陽光発電装置ユニットを併設して太陽光発電システムを構成し、制御装置を介して太陽光発電システムの需給制御を行うものにおいて、

晴れ、曇りを含む天候に対応した複数の出力波形パターンからなる各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線を予め作成し、作成された各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線に沿って複数の時間帯を設定して各天候に対応した各時間帯の出力の目標値を決定して前記制御装置に格納すると共に、

前記制御装置において各太陽光発電装置ユニットの発電量を収集して各時間帯中でそれぞれ繰返し各太陽光発電装置ユニットの発電量を予測し、予測値に基づいて発電量の出力合計値が前記天候に対応した当該の目標値に近くなるよう太陽光発電装置ユニットの太陽光発電システムへの接続・解列制御を行うことを特徴とした太陽光発電システムの制御方法。

【請求項2】

前記太陽光発電装置ユニットの太陽光発電システムへの接続・解列制御を行うためのオン/オフ決定には、太陽光発電装置ユニット固有のインデックスと、当該インデックスの太陽光発電装置ユニットの出力推定値の降順で予め配列し、出力推定値の大きな順で太陽光発電システムへの接続制御を行い、接続された太陽光発電装置ユニットの合計出力が前記目標値を超えたとき、最後の一つを合計が目標値に近くなるよう選択することを特徴とした請求項1記載の太陽光発電システムの制御方法。

【請求項 3】

前記目標値は、天候を参照して少なくとも4つに分類されたことを特徴とした請求項1又は2記載の太陽光発電システムの制御方法。

【請求項 4】

前記太陽光発電システムに蓄電装置を設け、この蓄電装置を前記制御装置を介して充電モード制御、放電モード制御および停止制御を行うことを特徴とした請求項1乃至3記載の太陽光発電システムの制御方法。

【請求項 5】

複数の太陽光発電装置ユニットを併設して太陽光発電システムを構成し、制御装置を介して太陽光発電システムの需給制御を行うものにおいて、

前記制御装置に、晴れ、曇りを含む天候に対応した複数の出力波形パターンからなる各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線を予め作成し、作成された各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線に沿って複数の時間帯を設定して各天候に対応した各時間帯の出力の目標値を決定する目標値決定部と、

前記複数の時間帯よりも十分に短い時間間隔でタイミング信号を出力する反復制御部と、このタイミング信号に基づいて各太陽光発電装置ユニットの発電量を収集する計測値収集部と、

収集した計測値に基づいて各太陽光発電装置ユニットの発電出力を予測する短期予測部と、

この発電出力の合計が前記目標値に近づくよう各太陽光発電装置ユニットの太陽光発電システムへの接続・解列決定を行い、制御指示部を介してオン/オフ制御を行うオン/オフ決定部を備えたことを特徴とした太陽光発電システムの制御装置。

【請求項 6】

前記計測値の収集からオン/オフ制御信号の出力は、前記時間帯毎に複数回実行されることを特徴とした請求項5記載の太陽光発電システムの制御装置。

【請求項 7】

前記太陽光発電システムに蓄電装置を設けると共に、前記制御装置に充放電量決定部を設け、この充放電量決定部で前記目標値及び短期予測信号に基づいて充電電力、放電電力を決定することを特徴とした請求項5又は6記載の太陽光発電システムの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は太陽光発電システムの制御方法とその装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

地球温暖化対策として省エネルギーが叫ばれる一方、電気エネルギーの分野でも再生可能エネルギーの利用が見直され、太陽光発電、風力発電や燃料電池、或いはバイオマス発電など自然エネルギーの分散型発電が盛んになりつつある。このような自然エネルギーを利用した電力システムとしては非特許文献1などによって公知となっており、自然エネルギーのような再生可能エネルギーの本格的導入のためには、配電システムの電圧変動やシステムの周波数変動など電力システムに与える影響を緩和する必要がある。

【0003】

電気は貯蔵できない特性を有していることから、瞬時瞬時で需要と供給のバランスが一致していないと安定した供給ができないため、既存電力会社の送電ネットワークを利用する事業者は、需要量と供給量について同時同量を達成することが求められている。例えば、従来での制度では30分ごとに送電サービス契約電力の3%の変動範囲内での同時同量が求められている。近年、この変動範囲を弾力化して、30分3%を基本としつつ、10%までは変動の程度に応じた段階別の不足供給料金（インバランス料金）を設定している。

【0004】

10

20

30

40

50

また、送電ネットワークを利用する事業者は、電力系統との協調として、負荷平準化と電力品質向上で系統に寄与する運転も求められている。負荷平準化は、ピークシェイプ（電力波形のひげとり、潮流変動抑制）運転、ピークカット（電力ピーク量の別エネルギーへの変換）運転、ピークシフト（電力ピーク時間のシフト）運転が、その役割に応じ、それぞれ個別または組み合わせて状況に応じた適切な運転を行うことである。

【 0 0 0 5 】

図 1 1 は再生可能エネルギー電源を用いた分散電力のネットワーク図の例を示したものである。A, B, C は分散電源系統で、それぞれ複数の再生可能エネルギー電源と電力負荷とでネットワークを有して一つの電力供給系統を構成している。図 1 1 では A の分散電源系統が電力会社の系統に連系され、他の分散電源系統 B, C は分散電源系統 A に連系されている。再生可能エネルギー電源として太陽光発電システムが使用される場合、電力貯蔵装置（キャパシタや蓄電池）や変動追従性のある発電機（ガス発電機）を組み合わせ、潮流変動抑制制御、需給同時同量制御、一定出力制御制御を実現している。これは電力変動分を、これら変動追従性の高い分散型電源に出力または吸収させることで、平準化を図ったものである。このような技術は、非特許文献 1 によって公知となっている。

10

【 0 0 0 6 】

図 1 2 は需給制御方法の概略図で、制御としては、運転計画に従った制御、負荷追従制御及びローカル追従制御が実行される。運転計画に従った制御としては予備発電力の不足発生による計画変更に基づく短時間運転計画変更や運転計画データに基づく運転パターン制御がある。負荷追従制御は、需給バランスの差分を制御し、ローカル追従制御は、高周波数成分の負荷変動に電力貯蔵装置からの充放電による追従制御が行われる。

20

【 0 0 0 7 】

太陽光発電システムでは、気候の予測による運転計画を動的に行い、かつ、自立運転用に用意する電力貯蔵装置などの変動追従電源を有効利用することにより、自然エネルギーの導入比を向上させている。また、分散電源系統では、需要と供給の時間的ミスマッチを解消し、間欠的なエネルギーを安定化することも可能とする。

【非特許文献 1】舟橋他、「小規模電力系統（マイクログリッド）における発電機最適運転の検討」学会誌「EICA」第 11 巻第 1, 3 合併号、pp. 127 - 133、2006

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

これらの分散型電源、特に電力貯蔵装置は、高価であり、これが大規模な太陽光発電普及の障害となっている。また、家庭用太陽光発電においても、同じ地域に一定規模以上の太陽光発電装置が集中すると系統の潮流への悪影響が大きいことから、まとまった単位で電力貯蔵装置を接続し、系統の安定化を図る計画が持たれている。この際にも、電力貯蔵装置の価格が弊害となっており、普及の妨げとなっているのが現状である。

【 0 0 0 9 】

同時に、気象変化による太陽光発電の変動は大きく、変動追従特性の高い分散型電源を利用した平準化方式でも、太陽光発電の気象変化による発電量の変動に追従するのが困難であるのが現状であり、風力の出力変動緩和制御の例として「風力発電所出力の 1 分平均値を計算し、平時は、任意の 20 分間において、周波数変動対策後の風力発電設備合成出力（1 分間平均値）の「最大電力 - 最小電力」が風力発電機の定格出力合計値の 10% 以下であること。」といった厳しい制限が太陽光発電に適用された場合、その条件を満たすには困難となっている。

40

【 0 0 1 0 】

図 1 3 は太陽光発電の出力特性を示したもので、点線が太陽光発電のピーク曲線、実線が出力曲線で、雲の影響による日射強度の変化により大きく変動する。このように変動するものに対し、変動追従運転に用いる発電機として電力貯蔵装置を用いる場合には、電力貯蔵装置の残存容量の管理が問題となる。電力貯蔵装置の種類によっては直流電圧から残

50

存容量を把握可能な場合もあるが、そうでない場合には残存容量を電流の積算(Ah)によって算出することが必要となる。残存容量の管理値の上下限に達した場合には充電または放電の何れかが行えなくなるため、残存容量を一定または設定した範囲内に納めるように運転計画による発電出力の運転パターンを修正する。太陽光発電能力と同等かつ十分な容量(5時間以上)の電力貯蔵装置が準備でき、適切な運転計画プログラムが用意できれば問題はないが、電力貯蔵装置の容量によっては、それ以上充放電ができない場合ができてしまう場面が出現し、運転の継続が困難となる。

【0011】

本発明は、蓄電装置に頼らず、複数の太陽光発電装置ユニットを随時オン/オフ制御することで安定した電力を供給することができる太陽光発電システムの制御方法とその装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の請求項1は、複数の太陽光発電装置ユニットを併設して太陽光発電システムを構成し、制御装置を介して太陽光発電システムの需給制御を行うものにおいて、晴れ、曇りを含む天候に対応した複数の出力波形パターンからなる各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線を予め作成し、作成された各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線に沿って複数の時間帯を設定して各天候に対応した各時間帯の出力の目標値を決定して前記制御装置に格納すると共に、
前記制御装置において各太陽光発電装置ユニットの発電量を収集して各時間帯中でそれぞれ繰返し各太陽光発電装置ユニットの発電量を予測し、予測値に基づいて発電量の出力合計値が前記天候に対応した当該の目標値に近くなるよう太陽光発電装置ユニットの太陽光発電システムへの接続・解列制御を行うことを特徴としたものである。

20

【0013】

本発明の請求項2は、前記太陽光発電装置ユニットの太陽光発電システムへの接続・解列制御を行うためのオン/オフ決定には、太陽光発電装置ユニット固有のインデックスと、当該インデックスの太陽光発電装置ユニットの出力推定値の降順で予め配列し、出力推定値の大きな順で太陽光発電システムへの接続制御を行い、接続された太陽光発電装置ユニットの合計出力が前記目標値を超えたとき、最後の一つを合計が目標値に近くなるよう選択することを特徴としたものである。

30

【0014】

本発明の請求項3は、前記目標値は、天候を参照して少なくとも4つに分類されたことを特徴としたものである。

【0015】

本発明の請求項4は、前記太陽光発電システムに蓄電装置を設け、この蓄電装置を前記制御装置を介して充電モード制御、放電モード制御および停止制御を行うことを特徴としたものである。

【0016】

本発明の請求項5は、複数の太陽光発電装置ユニットを併設して太陽光発電システムを構成し、制御装置を介して太陽光発電システムの需給制御を行うものにおいて、前記制御装置に、晴れ、曇りを含む天候に対応した複数の出力波形パターンからなる各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線を予め作成し、作成された各天候時の太陽光発電装置ユニットの合計発電量ピーク曲線に沿って複数の時間帯を設定して各天候に対応した各時間帯の出力の目標値を決定する目標値決定部と、
前記複数の時間帯よりも十分に短い時間間隔でタイミング信号を出力する反復制御部と、このタイミング信号に基づいて各太陽光発電装置ユニットの発電量を収集する計測値収集部と、
収集した計測値に基づいて各太陽光発電装置ユニットの発電出力を予測する短期予測部と、
この発電出力の合計が前記目標値に近づくよう各太陽光発電装置ユニットの太陽光発電シ

40

50

システムへの接続・解列決定を行い、制御指示部を介してオン/オフ制御を行うオン/オフ決定部を備えたことを特徴としたものである。

【0017】

本発明の請求項6は、前記計測値の収集からオン/オフ制御信号の出力は、前記時間帯毎に複数回実行されることを特徴としたものである。

【0018】

本発明の請求項7は、前記太陽光発電システムに蓄電装置を設けると共に、前記制御装置に充放電量決定部を設け、この充放電量決定部で前記目標値及び短期予測信号に基づいて充電電力、放電電力を決定することを特徴としたものである。

【発明の効果】

10

【0019】

以上のとおり、本発明によれば、太陽光発電システムにおける需給制御において、太陽光発電装置ユニットを短い周期でオン/オフ制御することで、需給に必要な電力のみ出力し、余分なものをカットしたことでシステム或いは電力系統に安定した発電出力を出すことが可能となる。このため、蓄電装置が無くとも安定的な電力の供給が可能となり、太陽光発電システムに高価な蓄電装置の導入がなくとも、システム構築が可能となるものである。また、例えば蓄電装置が導入されたとしても、より小さな容量でよく、しかも、寿命をのばせる運転が可能となるものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

20

本発明は、複数の太陽光発電装置ユニット（以下、ユニットという）を分散配置した太陽光発電システムにおいて、この太陽光発電システムで十分に発電できる発電出力の目標値を時間帯ごとに設定し、ユニットごとの発電出力を随時（1～数秒周期程度で）計測して合計発電出力が目標値を超える場合には一部のユニットを一時的に切り離して太陽光発電システム全体では略目標通りの発電出力にて制御するものである。

ここで、時間帯は、例えば30分ごとや1時間ごとの区切りで一時間帯とされ、この時間帯ごとの発電出力の目標値は事前に発電出力予測を行って設定する。

【0021】

図2は本発明が適用されるイメージを示したもので、住宅、学校、及びビル等よりなる市街地で太陽光発電システムが数十台以上のユニットが設置された区域や、メガソーラ（ソーラファーム、ソーラパーク）のような広域に太陽光パネルを規則的に配置したシステムでオン/オフ制御するものである。以下、具体的に説明する。

30

【実施例1】

【0022】

図1は、本発明の実施例を示すシステム構成図を示したものである。1（1a, 1b, ... 1n）は太陽光発電装置ユニットで、各ユニットはそれぞれ太陽電池10、パワーコンディショナー11、電力計12、及び遮断器13を有し、ユニット1個又は数個をグループとして遮断器、変圧器を介して太陽光発電システム変電所6の母線に接続されている。ここでは、太陽光発電システム変電所6は母線を介して電力会社の電力網に接続されている。2は制御装置で、各ユニット1の遮断器13に対するオン/オフ指令、及び発電電力のサンプリング等を実行する。3は電気二重層キャパシタなどが用いられる蓄電装置、4は発電機で、ガスエンジン発電機や燃料電池などの太陽光発電装置以外の発電機、5は負荷である。システム構成は、ユニットの配置やシステム全体の規模により変更される。

40

【0023】

図3は制御装置2の構成図を示したものである。この実施例では、ユニット1のオン/オフ制御についてのみを示したもので、蓄電装置3、発電機4、及び負荷5は制御に含まないものとして扱っている。

図3において20は目標値決定部で、この目標値決定部20では一日を幾つかの時間帯に分け、システム内で十分に発電できる発電出力の目標値が設定される。時間帯としては、ここでは毎正時からの1時間を一つの時間帯とした場合を例として記述するが、各時間帯

50

は必ずしも同じ長さでなくてもよく、適宜設定される。なお、太陽光発電の性質上、夜間の時間帯は必要がないので当該時間帯の制御は省くことができる。

【 0 0 2 4 】

目標値決定部 2 0 において設定された時間帯毎の目標値信号は、遮断器 1 3 の投入と開放を演算し、決定するオン/オフ決定部 2 4 に出力する。2 1 は反復制御部で、この反復制御部 2 1 は時間帯中に 1 ~ 数秒の周期タイミング信号を発生して計測値収集部 2 2、短期予測部 2 3、オン/オフ決定部 2 4、及び制御指示部 2 5 にそれぞれ出力する。計測値収集部 2 2 では、印加されたタイミング信号で各ユニットの電力の出力計測値を収集し、短期予測部 2 3 では、収集された出力計測値に基づいてタイミング信号毎に t 後の各ユニット 1 の発電出力の短期予測演算を実行する。オン/オフ決定部 2 4 はタイミング信号毎にユニットを太陽光発電システムへの接続・解列(オン/オフ)を選択するもので、そのために、設定された目標値と予測発電出力を用いて太陽光発電システムの合計出力が目標値に十分に近くなるようユニットのオン/オフ制御の組み合わせを計算して決定し、制御指示部 2 5 に出力する。制御指示部 2 5 では、計測から t 後における選択されたユニットに対し、オン又はオフの信号を遮断器 1 3 に出力して当該ユニットの電力系統からの解列、又は接続制御を実行する。

10

【 0 0 2 5 】

図 4 は制御装置 2 の動作タイミングの 1 例を示したもので、時刻 t が計測値収集部 2 2 によるユニット 1 からの電力収集を実行するタイミング、 t は予め設定された演算処理時間で、 $t + \Delta t$ が時間帯中における 1 回の制御指令が制御指示部 2 5 から出力されるタイミングである。この演算出力は、各時間帯毎に複数回繰返されて出力する。なお、時間 t は処理時間と予測精度の関係で適切な範囲で決められる。また、反復周期(タイミング周期)が t より長ければ 2 2 ~ 2 5 の各部を図 4 (a) (c) のように一つのシーケンス処理で構成できるが、反復時間が t より短い場合には、図 4 (b) で示すように処理の一部を並列化してパイプライン処理する。

20

【 0 0 2 6 】

図 5 は時間帯毎の目標値決定の説明図である。本発明による制御を実行するためには、時間帯の開始前までに目標値を決定していればよいが、しかし、電力販売の契約では前日まで、あるいは当日の該時間帯の 2 時間前までの通告が求められる場合が多い。この制約を考慮しながら、ここでは、天候により太陽光発電の出力波形が大別されることを利用し、天気予報を参考として目標値が決定される。すなわち、線 A は「晴れ」のときの発電量のピーク曲線で、そのときの時間帯毎の目標値は線 a のように決定される。「晴れ、曇り」の場合の発電量のピーク曲線は B で、そのときの時間帯毎の目標値は線 b のように決定する。同様に、「曇り」の場合は線 C と c、「雨、雪」の場合には線 D と d のように決定される。このように天候を 4 通りに分類し、各天候時の発電量のピーク曲線 (A ~ D) に予め用意した出力波形パターン (a ~ d) から各時間帯の目標値を決定する。目標値は全ユニット合計で予測される出力波形パターンの下限値以下に設定する。

30

【 0 0 2 7 】

図 6 は制御装置 2 における時間帯毎の制御処理フローの 1 サイクル分を示したものである。ステップ S 1 では、目標値決定部 2 0 において目標値が決定され、図 5 に基づいて当該時間帯における太陽光発電システムの出力目標値が決定される。ステップ S 2 では、時間帯中で随時反復か否かが判断され、当該時間帯中の場合には、S 3 において電力計 1 2 で積算した各ユニットの発電出力値の計測収集が行われる。ステップ S 4 では、短期予測部 2 3 において出力の短期予測が行われ、時刻 $t + \Delta t$ における各ユニットの出力を予測する。S 5 では、オン/オフ決定部 2 4 において各ユニットに対するオン/オフ決定のための演算が実行され、時刻 $t + \Delta t$ における出力合計が目標値に近くなるようオン/オフが決定される。S 6 では、制御指示部 2 5 において、時刻 $t + \Delta t$ における各ユニットへのオン/オフ制御指令を出力する。

40

一方、ステップ S 2 で随時反復が終了したと判定された場合には、或る一つの当該時間帯の制御が終了される。

50

【 0 0 2 8 】

図7はユニットの合計出力値が目標値に最も近くなるように選択制御を実行するフローチャートを示したものである。

出力の予測推定では、時刻 t における各ユニットの出力計測値、或いはそれ以前の出力計測値も用いて、時刻 $t + \Delta t$ でユニットの出力を予測して推定するが、ここでは単純に時刻 t での出力計測値を時刻 $t + \Delta t$ での出力推定値とする。

各ユニットのオン/オフ決定では、各ユニットの時刻 $t + \Delta t$ での出力推定値を用いてオンであるユニットの合計出力が目標値に十分に近くなるユニットのオン/オフ組み合わせを決定する。ここでは、最初に各ユニットを出力推定値で降順で整列した上で、出力推定値の大きなものから順にオンに選択して行き、オンのユニットの合計出力が目標値を超えたら、最後の一つを合計が目標値に最も近くなるよう選択する。目標値を超えた発電電力はそのまま捨てられることになる。これによって、電力系統への発電電力の重畳が阻止されて系統の安定化が図れる。

10

【 0 0 2 9 】

図7において、ステップ S 1 0 ではユニット 1 の ID (固有番号) とその時刻 $t + \Delta t$ での出力推定値 val を持つ構造体 $unit$ のユニットの個数 n 個分 ($unit[0] \sim unit[n-1]$) の配列を用意する。また、各ユニットの合計出力 sum の目標値を $target$ としてオン/オフを決定する。S 1 1 では、 $unit$ を $unit[i].val$ ($i=0 \sim n-1$) について降順で整理する。S 1 2 では sum とワーク用番号 i を設定し、S 1 3 では $i < n$ であるか否かが判断される。 no の場合にはステップ S 1 4 でユニット n 個を k 個とし、予め降順された先頭から k 個のユニット ($unit[0] \sim unit[k-1]$) をオンにして電力系統に接続し、残りの $n - k$ 個のユニット ($unit[k] \sim unit[n-1]$) を系統から解列すべくオフとする。

20

【 0 0 3 0 】

ステップ S 1 3 の比較で yes の場合には、S 1 5 でユニットの合計出力 sum と i 番ユニットの出力推定値 val との和を新たな合計出力 sum として書換え、S 1 6 でこの sum と sum の目標値 $target$ との大小比較を実行する。その結果、 $sum < target$ の場合には S 1 8 で i を $+1$ として S 1 3 に戻る。また、 no の場合には S 1 7 でユニット番号 i の値でオンとなる k 個に書換え、S 1 9 で誤差 e_1 を $sum - target$ と設定し、 sum から $unit[i].val$ を引戻し、 i を $+1$ とする。S 2 0 では $i < n$ の比較を行い、 no の場合には S 2 1 で $target - sum$ の差演算を実行して誤差 e_2 を求め、この e_2 とステップ S 1 9 で求めた e_1 との大小比較を S 2 2 で行う。 $e_2 < e_1$ の場合先頭から k 個までのユニットをオン制御し、残り $n - k$ 個のユニットをオフとする。S 2 2 で no の場合には、S 2 3 で $unit[k]$ と $unit[i-1]$ との交換を行い、S 2 4 で k を $+1$ して k 個のユニットをオンとし、残り $n - k$ 個のユニットをオフと決定する。

30

【 0 0 3 1 】

一方、ステップ S 2 0 で yes の場合には、S 2 5 で $sum = sum + unit[i].val$ の演算を実行し、求めた sum と $target$ との大小比較を行う。比較結果、 $sum > target$ のときには S 1 9 へ戻り、 no の場合には S 2 7 で $target - sum$ の差演算を実行して e_2 を求め、この e_2 とステップ S 1 9 で求めた e_1 との大小比較を S 2 8 で行う。S 2 8 で no の場合には S 2 3 で $unit[k]$ と $unit[i-1]$ との交換を行い、また、 yes の場合には S 2 9 で $unit[k]$ と $unit[i]$ との交換を行なった後、何れも S 2 4 で k を $+1$ して k 個のユニットをオン制御し、残り $n - k$ 個のユニットをオフ制御とする。つまり、ステップ S 1 9 ~ S 2 4 で最後の一つのユニット選択が実行される。

40

【 0 0 3 2 】

なお、この実施例の出力の予測推定において、各ユニットにおける時刻 t での計算値 $P[t]$ および一周期前の時刻 s における計算値 $P[s]$ を使い、線形外挿法によって時刻 $t + \Delta t$ での出力推定値 $P[t + \Delta t]$ を計算する方式も可能である。この場合の計算式は、

$$P[t + \Delta t] = P[t] + \Delta t (P[t] - P[s]) / (t - s)$$

となる。

【 0 0 3 3 】

50

図8は第2の実施例を示すオン/オフ制御のためのフローチャートである。この実施例は、各ユニットのオン/オフ決定において、ユニットの整列を省略して予め決めた順にユニットを選択して行き、合計出力が目標値を超えたとき最後の一つを合計が目標に最も近くなるようユニット選択を行うものである。この実施例の場合、図7で示す実施例1と比較して出力の目標値とのズレは少し大きくなるが、演算時間は1/4程度になる。なお、出力の目標値とのズレは少し大きくなるといっても、現在及び近い将来の要求には十分であり、制御装置の演算性能が低く出力精度への要求が特に厳しくない場合に有効なものである。

【0034】

図8において、ステップS30では、ユニットのIDとその時刻 $t + t$ での出力推定値 val を持つ構造体 $unit$ のユニットの個数 n 個分 ($unit[0] \sim unit[n-1]$) の配列を用意する。また、各ユニットの合計出力 sum の目標値を $target$ とする。S31では合計出力 sum とユニット数の初期値を設定し、S32で $i < n$ の比較を行う。noの場合にはS33でユニット数 n 個を k 個とし、先頭から k 個のユニット ($unit[0] \sim unit[k-1]$) をオンにし、残り $n - k$ 個のユニット ($unit[k] \sim unit[n-1]$) をオフとする。S32でyesの場合にはS34で $sum = sum + unit[i].val$ の演算を実行し、S35で $sum > target$ の比較演算を実行する。その結果、yesの場合にはS32へ戻り、noの場合にはS37で $i = k, i = m, e = 1, sum = target, sum = sum - unit[i].val$, 及び $i = i + 1$ の各演算を実行する。

【0035】

ステップS38では、 $i < n$ の比較が実行され、yesのときにはS39で $sum + unit[i].val$ の演算を行い、S40で算出値 $s2$ と $target$ との比較演算を行う。 $s2 > target$ の場合には、S41で $target - s2$ の差演算を実行し、noの場合には、S42で $s2 - target$ の差演算を実行する。S43では求めた $e2$ と $e1$ との比較判断が行われ、 $e2 < e1$ の場合にはS44で $m = i, e1 = e2$ の書換えを行い、S45で $i + 1$ の演算を実行した後、S38へ戻る。

【0036】

一方、S38でnoの場合には、S46で $target - sum$ の差演算が実行され、求めた $e2$ と $e1$ とで $e2 < e1$ か否かの比較がS47で行われる。その結果、yesの場合には先頭から k 個のユニット ($unit[0] \sim unit[k-1]$) をオンにし、残り $n - k$ 個のユニット ($unit[k] \sim unit[n-1]$) をオフとする。また、noの場合には、S48で $unit[k]$ と $unit[m-1]$ との交換を行い、S49で k を $+1$ して k 個のユニットをオン制御し、残り $n - k$ 個のユニットをオフとする。この実施例の場合、ステップS38～S49の部分で最後の一つのユニットが選択される。

【0037】

表1は、実施例1と実施例2における目標値と実測値の誤差をシミュレーションした結果である。

【0038】

【表1】

目標値と実測値の誤差[%]

Δt [秒]	実施例1の方式			実施例2の方式		
	最大誤差	平均誤差	30分積算	最大誤差	平均誤差	30分積算
0	0.19	0.02	0.0039	0.75	0.05	0.0125
1	3.91	0.19	0.0044	4.19	0.23	0.0147
3	8.10	0.44	0.0111	8.73	0.48	0.0198
5	10.36	0.62	0.0217	11.99	0.67	0.0217
10	14.01	0.93	0.0454	16.70	1.00	0.0454

【0039】

計測値の収集及び各ユニットに制御指示する際には、伝達遅延が考えられる。また、出力

の予測推定値及び各ユニットのオン/オフ決定には演算時間がかかる。

t はこれらの時間を考慮するためのものである。表 1 は、 t による精度の違いを検討するために、太陽光発電装置の 1 秒毎の発電電力実測データをもとに 5 ~ 25 kW のユニット 65 台の条件で実施したシミュレーション結果である。その結果から、 $t = 10$ 秒の場合でも、現在及び近い将来に発電電力に求められる例えば、30 分積算で 3 % 以内、1 分積算で 10 % のような要求水準と比べて十分に小さく、 $t < 5$ 秒なら 1 秒最大誤差でも 10 % 程度まで安定した電力が供給できることが分かる。

また、演算時間は現在のパソコンの性能なら 1 ミリ秒程度なので、伝送路が極端に遅くなければ $t = 1$ 秒が十分に可能であり、本発明で安定した電力供給が可能であることが確認できた。

10

【0040】

なお、各ユニットのオン/オフ決定は、一般的には最適化問題と呼ばれる問題に属する。これに対して実施例 1 や実施例 2 で用いる方法は一般的には貪欲法と呼ばれるアルゴリズムで、高速に比較的よい結果を出す。しかし、組み合わせ最適化問題を解く方法はこれ以外にも多数あり、分枝限定法では時間がかかるが厳密な意味での最適解、すなわち、最も目標値に近い出力が得られるユニットのオン/オフ組み合わせが計算できる。

【0041】

図 9 は太陽光発電システムに蓄電装置が設置され、この蓄電装置の充放電を制御する場合の制御装置の構成図を示したものである。図 3 で示す制御装置の構成図と相違する点は、充放電量決定部 26 が追加されたことである。充放電量決定部 26 には、目標値決定部 20 により決定された目標値、及び短期予測部 23 によって演算された短期予測信号がそれぞれ入力され、充放電量決定部 26 からは制御指示部 25 に対して決定した充放電指令を出力する。したがって、この制御装置 2' はユニットのオン/オフ制御の他に、蓄電装置 3 に対する充放電指令も出力する。

20

【0042】

図 10 は、蓄電装置に対する制御装置一日の制御フローチャートを示したものである。蓄電装置は、次のような運転パターンを取る。

(1) 朝の時点では蓄電装置での蓄電量は略空であり、満充電、或いは必要量の充電完了まで目標値を超える発電電力を使って充電する。

(2) 蓄電装置が略空になるまで放電して目標値に足りない電力を供給する。

30

(3) 蓄電装置が略空になったら当日の蓄電装置の運転を終了する。

制御装置 2' は (1) ~ (3) の 3 段階に応じて、時間帯毎の目標値の決定とオン/オフ制御を図 10 のように行う。

【0043】

第 1 段階の (1) では、ステップ S50 で蓄電装置は充電運転モードにされ、S51 で充電モード制御を実行する。充電モード制御は、サブルーチンでの充電モード制御で示すように、S60 で目標値の決定が行われる。目標値の決定は前述した実施例 1 と同様に行うが、ただし、オン/オフ制御はせずに全ユニットをオンにして目標値を超える電力は充放電量決定部 26 で計算して蓄電装置に充電する。その制御を実行するために、S61 では、時間帯中で随時反復か否かが判断される。時間帯中の場合には S62 で電力計 12 が積算した各ユニットの発電出力値の計測収集が行われる。ステップ S63 では、短期予測部 23 において出力の短期予測が行われ、時刻 $t + t$ における各ユニットの出力を予測する。S64 では、充放電量決定部 26 により時刻 $t + t$ における出力合計 - 目標値の値を充電電力に決定し、制御指示部 25 を介して蓄電装置に出力し、S61 に戻る。S61 で時間帯終了の場合は充電モード制御を終了する。

40

【0044】

ステップ S52 で充電終了か否かの判定が実行され、充電終了後には (2) の第 2 段階を実行する。放電運転での目標値決定では予測される出力波形パターンの上限以上に目標値を設定し、目標値に足りない電力を充放電量決定部で計算して蓄電装置から放電する。オン/オフ制御は実施例 1 と同様に行い、予測を超える出力があった場合にオフ制御

50

する。すなわち、S 5 3で蓄電装置を放電モードとし、S 5 4で放電モード制御が実行される。放電モード制御は、サブルーチンでの充電モード制御で示すようにS 7 0で目標値の決定が行われ、予想される出力波形パターンの上限以上に決定する。S 7 1では、時間帯中で随時反復か否かが判断され、時間帯中の場合にはS 7 2で電力計1 2が積算した各ユニットの発電出力値の計測収集が行われる。ステップS 7 3では、収集した計測値に基づいた出力の短期予測が短期予測部2 3によって行われ、時刻 $t + t$ における各ユニットの出力を予測する。

ステップS 7 4では、オン/オフ決定部2 4で各ユニットに対するオン/オフ決定のための演算が実行され、時刻 $t + t$ における出力合計が目標値に近くなるようなオン/オフ信号を生成し、制御指示部2 5を介して時刻 $t + t$ における各ユニットへのオン/オフ制御指令を出力する(S 7 5)。

10

同時に、短期予測信号は充放電量決定部2 6にも出力され、S 7 6で放電電力の決定が行われる。その際、目標値 - 時刻 $t + t$ における出力合計を放電電力として決定し、放電電力指令値として制御指示部2 5を介し蓄電装置に出力する(S 7 7)。

【0 0 4 5】

(3)の第3段階では、ステップS 5 5で放電は終了したか否かの判定が実行され、放電中であれば放電制御を継続する。また、放電が終了していればS 5 6で蓄電装置を停止し、これを時間帯毎(S 5 7)に実行した後、S 5 8の1日が終了したことの判断によって1日の制御が終了する。

電力販売のために2時間前通告運転を行う場合には、予め蓄電装置の充電状況や残量を予測して段階の切り換えが行われる。

20

【0 0 4 6】

なお、太陽光発電システム中に、図1で示すように発電機が設置されている場合には、発電機の発電電力は一定として全力運転してもよく、或いは、常時低出力で運転し、目標値決定のための発電量予測が外れた場合の底上げに発電機を使用してもよく、適宜選択される。

また、太陽光発電システム中に負荷が含まれる場合には、目標決定のための発電量予測において負荷予測分を発電量から差し引いておく。オン/オフ制御においては、ユニット出力合計から負荷を差し引いた出力が目標値を超える分についてオフ制御する。

【図面の簡単な説明】

30

【0 0 4 7】

【図1】本発明の実施形態を示す太陽光発電システムの構成図

【図2】太陽光発電システムのイメージの説明図

【図3】本発明の制御装置の構成図

【図4】制御演算のタイムチャート

【図5】時間帯の目標値決定説明図

【図6】時間帯毎の制御フローチャート

【図7】オン/オフ決定時のフローチャート

【図8】他の実施例によるオン/オフ決定時のフローチャート

【図9】本発明の他の制御装置の構成図

40

【図10】蓄電装置設置時の一日の制御フローチャート

【図11】太陽光発電システムの構成図

【図12】需給制御の概略構成図

【図13】太陽光発電の出力特性図

【符号の説明】

【0 0 4 8】

1 (1 a , 1 b ... 1 n) ... 太陽光発電装置ユニット

2 ... 制御装置

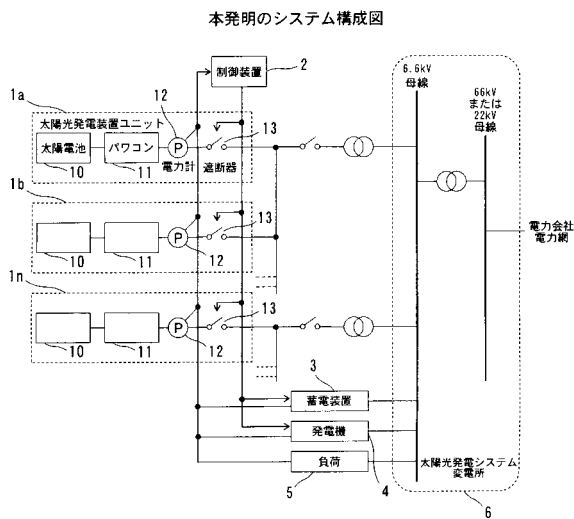
3 ... 蓄電装置

4 ... 発電機

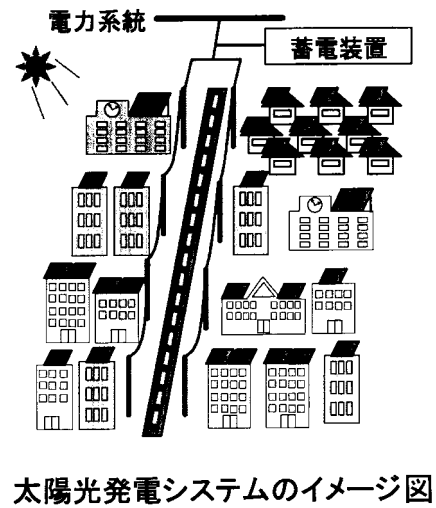
50

- 5 ... 負荷
- 6 ... 太陽光発電システム変電所
- 10 ... 太陽電池
- 11 ... パワーコンディショナー
- 12 ... 電力計
- 13 ... 遮断器

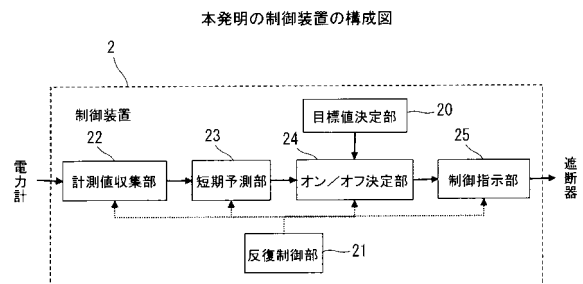
【図1】



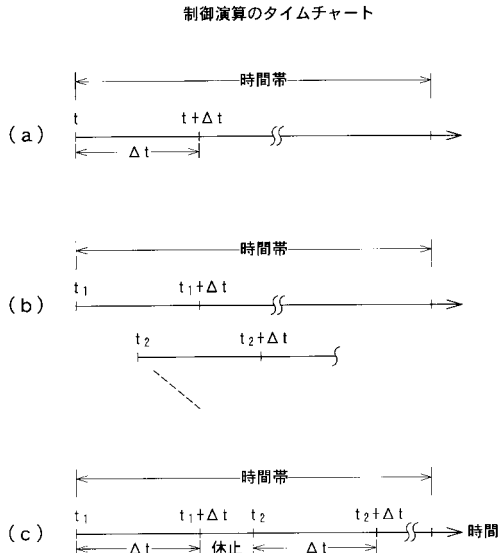
【図2】



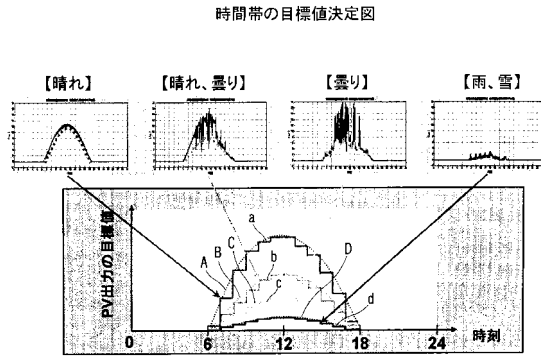
【図3】



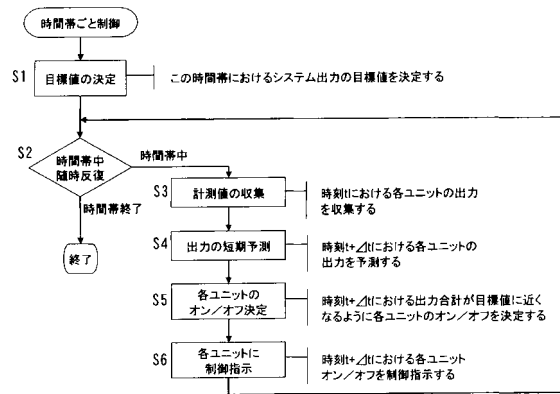
【図4】



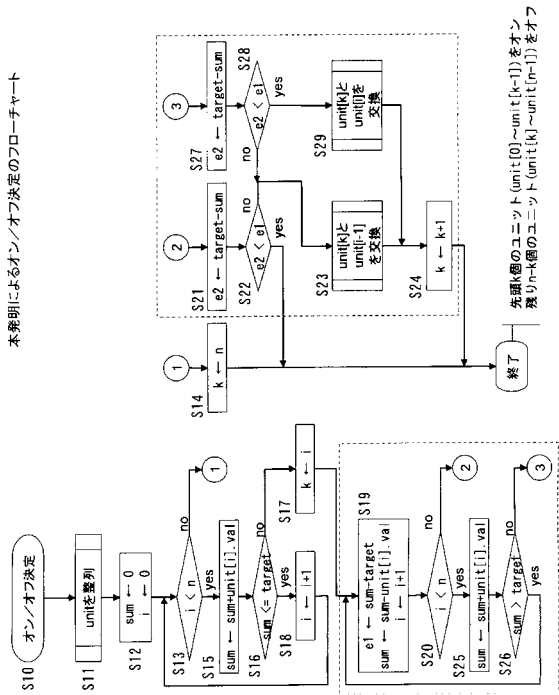
【図5】



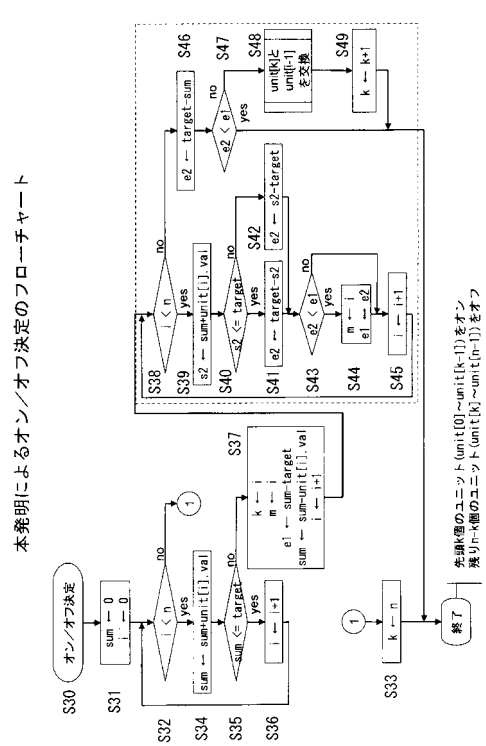
【図6】



【図7】

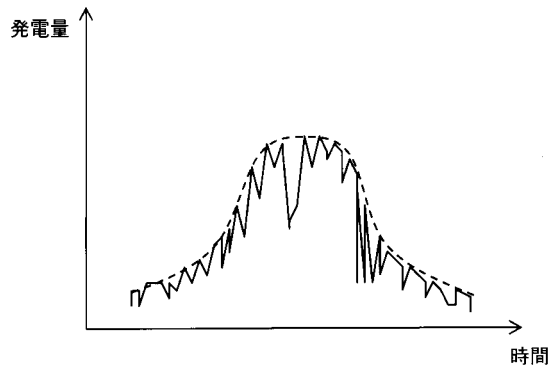


【図8】



【 図 1 3 】

太陽光発電の曲線図



フロントページの続き

- (72)発明者 林 孝則
東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式会社明電舎内
- (72)発明者 奥野 義道
東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式会社明電舎内
- (72)発明者 舟橋 俊久
東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式会社明電舎内

審査官 仲間 晃

- (56)参考文献 特開2002-044869(JP,A)
特開2004-343937(JP,A)
特開2001-005543(JP,A)
特開2006-033908(JP,A)
特開昭63-107421(JP,A)
特開昭62-090984(JP,A)
特開2008-182017(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02J 3/46
H01L 31/042