(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5582831号
(P5582831)

(45)発行日　平成26年9月3日(2014.9.3)　(24)登録日　平成26年7月25日(2014.7.25)

(51)Int.Cl.			F I		
H02J	3/38	(2006.01)	H02J	3/38	G
H02J	7/35	(2006.01)	H02J	7/35	K

請求項の数 8　(全 25 頁)

(21)出願番号　特願2010-54919(P2010-54919)
(22)出願日　平成22年3月11日(2010.3.11)
(65)公開番号　特開2011-193551(P2011-193551A)
(43)公開日　平成23年9月29日(2011.9.29)
審査請求日　平成24年8月9日(2012.8.9)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100108855
弁理士　蔵田　昌俊
(74)代理人　100088683
弁理士　中村　誠
(74)代理人　100109830
弁理士　福原　淑弘
(74)代理人　100075672
弁理士　峰　隆司
(74)代理人　100103034
弁理士　野河　信久
(74)代理人　100153051
弁理士　河野　直樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】太陽光発電システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
電力系統に電力を供給可能な太陽光発電システムにおいて、
太陽光発電システムに適用される発電機特性を記憶するメモリと、
太陽光発電システムが結合する電力系統の系統データと、太陽光発電システムから電力系統への出力データとを計測する計測手段と、
太陽光発電システムの運転目標値の設定を受け付ける目標値設定手段と、
前記メモリから読み込んだ発電機特性と、前記目標値設定手段から送られた運転目標値と、前記計測手段から送られた系統データ及び出力データと、を用いて太陽光発電システムが出力すべき出力目標値を算出する計算手段と、
太陽光電池と、蓄電池と、前記太陽光電池及び前記蓄電池から出力された電気エネルギーを電力系統に適合した電力に変換する電力変換装置と、を備え、前記計算手段により算出された出力目標値に基づいて相当する電力を電力系統へ供給する太陽光電池装置と、
を備え、
前記メモリに記憶される発電機特性は、時刻に対応付けされた発電機特性の計画であって、さらに、発電機特性の計画の直接入力または通信回線を介したリモート入力を受け付ける計画設定手段を備え、
前記計算手段は、時計と、前記メモリに記憶された発電機特性の計画に沿って前記時計の現在時刻に対応付けされた発電機特性を選択する特性選択手段とを含み、選択した発電機特性と、前記運転目標値と、前記系統データ及び前記出力データとを用いて前記出力目

標値を算出することを特徴とする太陽光発電システム。
【請求項２】
前記メモリは、各々固有の識別子に対応付けされた複数の発電機特性を記憶し、
さらに、前記メモリから選択すべき発電機特性を選択するための識別子を設定する選択条件設定手段を備え、
前記計算手段は、前記メモリに記憶された複数の発電機特性のうち、前記選択条件設定手段によって設定された識別子に対応付けされた発電機特性を選択する特性選択手段を含み、選択した発電機特性と、前記運転目標値と、前記系統データ及び前記出力データとを用いて前記出力目標値を算出することを特徴とする請求項１に記載の太陽光発電システム。
【請求項３】
前記発電機特性は、さらに発電機モデル、調速機系モデル、励磁系モデル、及び前記各モデルの構成要素の特性定数からなるもののいずれかを含むものであることを特徴とする請求項１又は２に記載の太陽光発電システム。
【請求項４】
前記選択条件設定手段は、時計と、時刻毎に選択すべき発電機特性の識別子を示す対応表を記憶した対応表記憶手段と、を含み、前記時計から読み取った時刻に対応した識別子を前記対応表記憶手段から読み出し、読み出した識別子を前記計算手段の前記特性選択手段に出力することを特徴とする請求項２に記載の太陽光発電システム。
【請求項５】
前記選択条件設定手段は、電力市場状況を受信する電力市場インターフェースと、電力市場状況毎に選択すべき発電機特性の識別子を示す対応表を記憶した対応表記憶手段と、を含み、前記電力市場インターフェースを介して受信した電力市場状況に対応した識別子を前記対応表記憶手段から読み出し、読み出した識別子を前記計算手段の前記特性選択手段に出力することを特徴とする請求項２に記載の太陽光発電システム。
【請求項６】
前記選択条件設定手段は、気象状況を受信する気象情報インターフェースと、気象状況毎に選択すべき発電機特性の識別子を示す対応表を記憶した対応表記憶手段と、を含み、前記気象情報インターフェースを介して受信した気象状況に対応した識別子を前記対応表記憶手段から読み出し、読み出した識別子を前記計算手段の前記特性選択手段に出力することを特徴とする請求項２に記載の太陽光発電システム。
【請求項７】
前記選択条件設定手段は、前記太陽光発電装置を構成する前記蓄電池の残存蓄電量に応じて選択すべき発電機特性の識別子を前記計算手段の前記特性選択手段に出力することを特徴とする請求項２に記載の太陽光発電システム。
【請求項８】
さらに、中央系統制御システムから受信した運転目標値を前記目標値設定手段に出力するとともに、当該太陽光発電システムから電力系統への出力データを中央系統制御システムに送信する中央制御インターフェースを備えたことを特徴とする請求項１乃至７のいずれか１項に記載の太陽光発電システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電力系統に連系して火力発電機などの同期発電機と協調して運用することが可能な太陽光発電システムに関するものである。
【背景技術】
【０００２】
太陽光発電システムは、発電時に温室効果ガスを排出しないため「ゼロ・エミッション電源」として期待されており、世界的に今後大量の導入が計画されている。
【０００３】

例えば、特許文献１によれば、複数の太陽電池を有する太陽電池アレイと、この太陽電池アレイから出力される直流電力を交流電力に変換するインバータと、インバータから出力される交流電力を高圧に昇圧する昇圧トランスと、を備えた太陽光発電システム及び太陽光発電プラントが開示されている。このような構成の太陽光発電システムでは、その出力が天候の変化により変動するために、出力を平滑化することが望まれている。

【０００４】

特許文献２によれば、蓄電部、充放電部、及び、制御部からなる電力変動平滑化装置と、太陽光電池などの分散電源と、系統連系型の電力変換装置と、からなる分散電源システムが開示されている。このような構成の分散電源システムでは、分散電源の出力が減少したときは蓄電部を放電し、分散電源の出力が増加したときは蓄電部に充電することにより、出力を平滑化することが行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２００７－２７４８４１公報

【特許文献２】特許第４１７０５６５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

電力系統に電力を供給する火力発電機や水力発電機などの同期発電機では、いったん設計製造されると、その発電機の発電機特性が固定的に定まる。しかしながら、従来の太陽光発電システムは、同期発電機のような発電機特性を有していない。その理由は、従来の太陽光発電システムが同期発電機のような回転機部分を有していないこと、調速機系の装置を有していないこと、電圧調整装置などのいわゆる励磁系の装置を有していないことに起因している。

【０００７】

そのために、従来の太陽光発電システムは、既に導入されている同期発電機と協調して電力系統の安定な運用、すなわち安定度維持、周波数維持、電圧維持に寄与することができなかった。

【０００８】

この発明の目的は、同期発電機と等価な発電機特性を有する太陽光発電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】

この発明の態様によれば、

電力系統に電力を供給可能な太陽光発電システムにおいて、太陽光発電システムに適用される発電機特性を記憶するメモリと、太陽光発電システムが結合する電力系統の系統データと、太陽光発電システムから電力系統への出力データとを計測する計測手段と、太陽光発電システムの運転目標値の設定を受け付ける目標値設定手段と、前記メモリから読み込んだ発電機特性と、前記目標値設定手段から送られた運転目標値と、前記計測手段から送られた系統データ及び出力データと、を用いて太陽光発電システムが出力すべき出力目標値を算出する計算手段と、太陽光電池と、蓄電池と、前記太陽光電池及び前記蓄電池から出力された電気エネルギーを電力系統に適合した電力に変換する電力変換装置と、を備え、前記計算手段により算出された出力目標値に基づいて相当する電力を電力系統へ供給する太陽光電池装置と、を備え、前記メモリに記憶される発電機特性は、時刻に対応付けされた発電機特性の計画であって、さらに、発電機特性の計画の直接入力または通信回線を介したリモート入力を受け付ける計画設定手段を備え、前記計算手段は、時計と、前記メモリに記憶された発電機特性の計画に沿って前記時計の現在時刻に対応付けされた発電機特性を選択する特性選択手段とを含み、選択した発電機特性と、前記運転目標値と、前記系統データ及び前記出力データとを用いて前記出力目標値を算出することを特徴とする

太陽光発電システムが提供される。
【発明の効果】
【００１０】
この発明によれば、同期発電機と等価な発電機特性を有する太陽光発電システムを提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】図１は、実施例１における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図２】図２は、実施例２における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図３】図３は、実施例３における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図４】図４は、実施例４における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図５】図５は、実施例５における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図６】図６は、実施例６における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図７】図７は、実施例７における太陽光発電システムの計算手段の処理ブロック図の一例を示す図である。
【図８】図８は、実施例８における太陽光発電システムの第一のメモリに記憶された第１電力相差曲線、第二のメモリに記憶された第２電力相差曲線、及び、第ｎのメモリに記憶された第ｎ電力相差曲線の一例を示す図である。
【図９】図９は、実施例９における太陽光発電システムの第一のメモリに記憶された第１速度調定率、第二のメモリに記憶された第２速度調定率、及び、第ｎのメモリに記憶された第ｎ速度調定率の一例を示す図である。
【図１０】図１０は、実施例１１における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図１１】図１１は、実施例１２における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図１２】図１２は、実施例１３における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図１３】図１３は、実施例１４における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【図１４】図１４は、変形例における太陽光発電システムの構成を概略的に示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、一実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図において、同一又は類似した機能を発揮する構成要素には同一の参照符号を付し、重複する説明は省略する。
【００１３】
（実施例１）
図１は、実施例１における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。
【００１４】
この太陽光発電システム１は、太陽光発電装置２と、計算手段１０と、計測手段１１と、目標値設定手段１２と、メモリ１５と、を備えて構成されている。太陽光発電装置２は、変電装置４と、太陽光電池５と、電力変換装置６と、蓄電池８と、制御手段９と、を備

えて構成されている。

【００１５】

メモリ１５は、太陽光発電システム１に適用される発電機特性を記憶するものである。ここで言う発電機特性とは、連系する電力系統９０の変化時、あるいは、目標値設定手段１２により設定された運転目標値の設定変化時などに太陽光発電システム１の振る舞いを決める特性であり、より具体的には、例えば、１）発電機モデル、調速機系モデル、励磁系モデルと、それぞれのモデルの構成要素の特性定数からなる発電機特性や、２）同期化力あるいは電力相差角曲線よりなる発電機特性や、３）速度調定率よりなる発電機特性や、４）出力変化速度と出力上下限値からなる発電機特性などが該当する。

【００１６】

計測手段１１は、太陽光発電システム１が結合する電力系統９０の系統データと、太陽光発電システム１から電力系統９０への出力データとを計測するものである。この計測手段１１は、計測した系統データ及び出力データを計算手段１０に出力する。例えば、系統データは電力系統９０の系統周波数や連系点の電圧の大きさや位相などであり、出力データは太陽光発電システム１の有効電力や電圧の大きさや位相や周波数などである。

【００１７】

目標値設定手段１２は、太陽光発電システム１の運転目標値の設定を受け付けるものである。この目標値設定手段１２は、設定された運転目標値を計算手段１０に出力する。運転目標値は、有効電力や電圧あるいは無効電力などである。このような目標値設定手段１２は、当該太陽光発電システム１において直接入力の受け付けを可能とする場合には、例えば、キーボードなどの各種入力装置によって構成される。

【００１８】

計算手段１０は、発電機特性に基づいて、電力系統９０の需給状況などの動きに応じた太陽光発電システム１の出力を算出するものである。より具体的には、計算手段１０は、メモリ１５から発電機特性を読み込み、読み込んだ発電機特性ならびに目標値設定手段１２から出力された運転目標値に基づいて、計測手段１１から出力された系統データ及び出力データから、系統データの変化に即した当該太陽光発電システム１の出力を計算する。ここで、系統データの変化に即した太陽光発電システム１の出力の変化の計算方法は、発電機特性の種類に応じて定まるものである。計算手段１０は、発電機特性に基づく発電機の出力値を算出し、算出した発電機の出力値を当該太陽光発電システム１が出力すべき出力目標値として太陽光発電装置２に出力する。

【００１９】

太陽光発電装置２は、計算手段１０から出力された太陽光発電システム１の出力目標値に相当する電力を電力系統９０へ供給するものである。

【００２０】

すなわち、太陽光電池５は、太陽光エネルギーを直流電力に変換するものである。蓄電池８は、必要に応じて太陽光電池５によって変換された直流電力を蓄えるものである。電力変換装置６は、太陽光電池５及び蓄電池８から出力された電気エネルギーを電力系統９０に適合した電力に変換するものである。

【００２１】

制御手段９は、太陽光電池５が現在変換している直流電力Ｐ１を読み込むとともに、蓄電池８の残存蓄電量に基づいて蓄電池８の充放電できる直流電力Ｐ２を読み込み、計算手段１０から出力された出力目標値に基づいて、電力変換装置６に対して出力指令値を出力する。

【００２２】

より具体的には、制御手段９は、まず、直流電力Ｐ１と、直流電力Ｐ２とから、出力目標値に相当する電力を発電できるかどうかを調べる。そして、制御手段９は、出力目標値に対して過不足なく発電可能（つまり、直流電力Ｐ１と直流電力Ｐ２との総和が出力目標値以上である）と判断した場合には、出力目標値を出力指令値として電力変換装置６に出力する。また、制御手段９は、直流電力Ｐ１が出力目標値よりも大きく、しかも、出力目

標値を超える分を蓄電池８に充電しても充電しきれないと判断した場合には、充電しきれない分と出力目標値とを加算した値を出力指令値として電力変換装置６に出力する。また、制御手段９は、直流電力Ｐ１が出力目標値よりも小さく、しかも、出力目標値に不足する分を蓄電池８で放電しきれないと判断した場合には、出力目標値から蓄電池８で放電しきれない分を差し引いた値を出力指令値として電力変換装置６に出力する。

【００２３】

電力変換装置６は、制御手段９から出力された出力指令値に対して太陽光電池５からの出力電力が不足する場合には不足分を蓄電池８から放電させ、出力指令値に対して太陽光電池５からの出力電力が超過している場合には超過分を蓄電池８に充電させる。また、この電力変換装置６は、太陽光電池５からの出力電力である直流電力と、必要に応じて蓄電池８から放電された直流電力とを交流電力に変換し、変換した交流電力を変電装置４へ送電する。

【００２４】

変電装置４は、電力系統９０と連系しており、電力変換装置６から受電した交流電力を電力系統９０へ供給する。

【００２５】

なお、上述した太陽光発電装置２の構成については、少なくとも、太陽光電池５と、蓄電池８と、電力変換装置６とを含む構成であれば良く、計算手段１０から出力目標値を受け取り、太陽光発電システム１の出力が出力目標値になるように発電する機能を持つものであれば図１に示した例に限らない。また、これらの太陽光電池５、蓄電池８、及び、電力変換装置６については上記機能を達成できるものであれば良く、特定の構成に限られるものではない。

【００２６】

上述した実施例１によれば、火力発電機や水力発電機などの同期発電機のような回転機部分や、調速機系の装置や、励磁系の装置などを有していないにもかかわらず、同期発電機と等価な発電機特性を有する太陽光発電システム１を実現することができる。すなわち、実施例１の太陽光発電システム１は、同期発電機と等価な発電機特性を予めメモリ１５に記憶させている。このため、単に目標値設定手段１２によって設定された運転目標値に基づいて出力目標値を算出するのではなく、メモリ１５に記憶された発電機特性及び目標値設定手段１２によって設定された運転目標値に基づき、系統データの変化に即した出力目標値が算出される。したがって、太陽光発電装置２は、発電機特性を加味した交流電力を電力系統９０に供給することが可能となる。このような機能を有する太陽光発電システム１によれば、既に導入されている同期発電機と協調して電力系統９０の安定な運用、すなわち安定度維持、周波数維持、電圧維持に寄与することができる。

【００２７】

（実施例２）

図２は、実施例２における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。

【００２８】

この実施例２における太陽光発電システム１の構成は、実施例１と比較して、さらに、メモリ１５に記憶される発電機特性の直接入力を受け付ける特性設定手段１６を備えた点で相違している。それ以外の構成については図１に示した構成と同一である。

【００２９】

一般的な太陽光発電システムは、同期発電機と等価な発電機特性を有していない。また、同期発電機は、設計製造段階で固定的に定まった発電機特性を有するのみであり、運用後に発電機特性を変更したり、発電機特性を新たに設定したり、発電機特性を設定しなおして変更したりすることはできなかった。

【００３０】

この実施例２では、同期発電機と等価な発電機特性を持つ太陽光発電システム１を提供し、しかもその発電機特性を設定したり、必要に応じて発電機特性を変更したりすること

ができる太陽光発電システム１を提供するものである。
【００３１】
以下に、より具体的に説明する。
【００３２】
特性設定手段１６は、例えば、キーボードなどの各種入力装置によって構成される。
【００３３】
このような実施例２によれば、上記した実施例１による効果に加えて、太陽光電池５や蓄電池８の容量などの制約の範囲内において発電機特性を自由に設定することが可能となるとともに、一旦設定した発電機特性を、系統状況や運用環境に応じてふさわしい発電機特性に変更することも可能となる。
【００３４】
このような実施例２によれば、特性設定手段１６を介して発電機特性の設定及び変更が可能な太陽光発電システム１を実現できる。すなわち、同期発電機においては、運用後にその発電機特性を変更することはできず、また、新規の発電機特性を設定することもできなかったが、実施例２における太陽光発電システム１では、同期発電機では不可能な機能を実現できる。
【００３５】
（実施例３）
図３は、実施例３における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。
【００３６】
この実施例３における太陽光発電システム１の構成は、実施例２と比較して、発電機特性の直接入力を受け付ける特性設定手段１６に代えて、発電機特性の通信回線を介したリモート入力を受け付ける特性設定手段１７を備えた点で相違している。それ以外の構成については図２に示した構成と同一である。
【００３７】
特性設定手段１７は、遠隔地のシステムまたは端末と結合して、発電機特性を遠隔地からの設定を受け付けるものである。
【００３８】
このような実施例３によれば、上記した実施例２による効果に加えて、発電機特性を遠隔地のシステムまたは端末から通信によって設定することができ、極めて有利である。特に、複数の太陽光発電システム１に対して一箇所から集中的に発電機特性を管理することができるようになる利点がある。
【００３９】
（実施例４）
図４は、実施例４における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。
【００４０】
この実施例４における太陽光発電システム１の構成は、実施例２と比較して、発電機特性の直接入力を受け付ける特性設定手段１６に代えて、計画設定手段１３を備えた点、及び、計算手段１０が時計ＣＬ及び特性選択手段１８を含む点で相違している。それ以外の構成については図２に示した構成と同一である。
【００４１】
これまでに導入された発電機には、運用中にその発電機特性を変更するという考え方の発電機は存在しなかったために、例えば採用する発電機特性の計画をあらかじめ発電機に設定しておいて、その計画に基づいて運用するといった概念がなかった。
【００４２】
この実施例４では、あらかじめ設定された発電機特性の計画に沿って発電機特性を自動的に変更して変更した発電機特性に従った振る舞いをする太陽光発電システム１を提供するものである。

【００４３】
以下に、より具体的に説明する。
【００４４】
計画設定手段１３は、太陽光発電システム１の発電機特性の計画の設定を受け付けるものである。計画は、太陽光発電システム１に持たせる今後の発電機特性の予定を定めたものであって、いつどのような発電機特性を持たせるかを示すものである。より具体的には、計画設定手段１３は、例えば、キーボードなどの各種入力装置によって構成され、時刻に対応付けされた発電機特性の計画の直接入力を受け付ける。計画設定手段１３によって設定された発電機特性の計画は、メモリ１５に記憶される。
【００４５】
時計ＣＬは、時刻を刻むものであり、特性選択手段１８は時計ＣＬから現在時刻を読み込む構成となっている。特性選択手段１８は、時計ＣＬから現在時刻を読み込むとともに、メモリ１５に記憶された発電機特性の計画を参照し、その計画に沿って現在時刻に対応付けされた太陽光発電システム１が持つべき発電機特性をメモリ１５から選択する。
【００４６】
このような時計ＣＬ及び特性選択手段１８を含む構成の計算手段１０では、特性選択手段１８によって選択された発電機特性と、目標値設定手段１２から出力された運転目標値と、計測手段１１によって計測された系統データ及び出力データとを用いて出力目標値を算出し、太陽光発電装置２に出力目標値を出力する。つまり、計算手段１０では、予め設定された発電機特性の計画に基づいて発電機特性を自動的に変更することができる。
【００４７】
このような実施例４によれば、上記した実施例２による効果に加えて、計画に従った発電機特性に基づく振る舞いをする太陽光発電システム１を実現できる。例えば、電力負荷の変動予測に沿ってふさわしい発電機特性の計画を設定しておくことにより、系統運用の安定運用に貢献できる太陽光発電システム１を実現できる。
【００４８】
（実施例５）
図５は、実施例５における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。
【００４９】
この実施例５における太陽光発電システム１の構成は、実施例４と比較して、発電機特性の計画の直接入力を受け付ける計画設定手段１３に代えて、発電機特性の計画の通信回線を介したリモート入力を受け付ける計画設定手段１４を備えた点で相違している。それ以外の構成については図４に示した構成と同一である。
【００５０】
計画設定手段１４は、遠隔地のシステムまたは端末と結合して、発電機特性の計画を遠隔地からの設定を受け付けるものである。
【００５１】
このような実施例５によれば、上記した実施例４による効果に加えて、発電機特性の計画を遠隔地のシステムまたは端末から通信によって設定することができ、極めて有利である。特に、複数の太陽光発電システム１に対して一箇所から集中的に発電機特性の計画を管理することができるようになる利点がある。
【００５２】
（実施例６）
図６は、実施例６における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。
【００５３】
この実施例６における太陽光発電システム１の構成は、実施例２と比較して、特性設定手段１６に代えて、選択条件設定手段１９を備えた点、及び、計算手段１０が特性選択手段１８を含む点で相違している。それ以外の構成については図２に示した構成と同一であ

る。
【００５４】
これまでに導入された発電機には、運用中にその発電機特性を変更するという考え方の発電機は存在しなかったために、例えば複数の発電機特性をあらかじめ発電機に設定しておいて、その時の運用環境にふさわしい特性を自律的に選択して、選択した発電機特性で運用するといった概念がなかった。
【００５５】
この実施例６では、あらかじめ設定された複数の発電機特性の中からその時点の運用環境に応じて発電機特性を自律的に選択して選択した発電機特性に従った振る舞いをする太陽光発電システム１を提供するものである。
【００５６】
以下に、より具体的に説明する。
【００５７】
図示した例では、メモリ１５は、第１発電機特性を記憶した第一のメモリ１５ａ、第２発電機特性を記憶した第二のメモリ１５ｂ、…、第ｎ発電機特性を記憶した第ｎのメモリ１５ｎから構成されており（但し、ｎは正の整数である）、各々の発電機特性が各メモリに固有のメモリ識別子に対応付けされている。なお、メモリ１５の構成については、第一のメモリ１５ａ、第二のメモリ１５ｂ、…を別々に設ける必要はなく、単一のメモリ１５が第一のメモリ１５ａ、第二のメモリ１５ｂ、…に相当する記憶領域を有する構成であっても良い。また、発電機特性に対してメモリ識別子を対応付けしたが、発電機特性の各々に対して固有の識別子が対応付けされていても良い。このようなメモリ１５は、各々固有の識別子に対応付けされた複数の発電機特性を記憶する機能を達成できるものであれば良く、特定の構成に限られるものではない。
【００５８】
選択条件設定手段１９は、メモリ１５に記憶された複数の発電機特性のうち、選択条件に応じて選択すべき発電機特性を選択するための識別子（図示した例ではメモリ識別子）を設定するものである。この選択条件設定手段１９は、設定した識別子を計算手段１０に出力する。ここで選択条件とは、例えば、時刻とメモリ識別子との対応条件や、電力市場の電力料金とメモリ識別子との対応条件や、気象状況とメモリ識別子との対応条件など、太陽光発電システム１の特徴が活かせる条件とその条件に対応する発電機特性の関係とを示すものである。
【００５９】
計算手段１０の特性選択手段１８は、メモリ１５に記憶された複数の発電機特性のうち、選択条件設定手段１９によって設定された識別子に対応付けされた太陽光発電システム１が持つべき発電機特性をメモリ１５から選択する。例えば、特性選択手段１８は、選択条件設定手段１９によってメモリ識別子として第一のメモリ１５ａに相当する識別子が設定された場合に、第一のメモリ１５ａを選択し、選択した第一のメモリ１５ａに記憶されている第１発電機特性を所望の発電機特性として選択する。
【００６０】
このような特性選択手段１８を含む構成の計算手段１０では、特性選択手段１８によって選択された発電機特性と、目標値設定手段１２から出力された運転目標値と、計測手段１１によって計測された系統データ及び出力データとを用いて出力目標値を算出し、太陽光発電装置２に出力目標値を出力する。つまり、計算手段１０では、メモリ１５に記憶された複数の発電機特性からいずれかの発電機特性を選択する時に、選択条件設定手段１９から送られた条件に沿って自律的に発電機特性を選択するようになっている。
【００６１】
このような実施例６によれば、実施例２による効果に加えて、選択条件によって運用環境にふさわしい発電機特性を自律的に選択して変更することができ、選択した発電機特性に従った振る舞いをする太陽光発電システム１を提供できる。例えば、火力発電機を多く運転している時間帯には同期化力の小さい発電機特性を使い、火力発電機が少ししか運転

していない場合には同期化力の大きな発電機特性を使うことにより、系統の安定運用に貢献できる太陽光発電システム１を実現できる。

【００６２】

（実施例７）

実施例７における太陽光発電システム１の構成は、図６に示したブロック図と同一である。ただし、第一のメモリ１５ａに記憶されている第１発電機特性、第二のメモリ１５ｂに記憶されている第２発電機特性、…、第ｎのメモリ１５ｎに記憶されている第ｎ発電機特性のそれぞれは、発電機モデルと、調速機系モデルと、励磁系モデルと、それぞれのモデルの構成要素の特性定数とからなるものである。

【００６３】

本来、発電機モデル、調速機系モデル、励磁系モデル、及び、それぞれの特性定数は、同期発電機の振る舞いを忠実に模擬計算するために考えられたものであるので、発電機特性の一種類であるとみなすことができる。このような発電機特性は、発電機が設計されて製造された時点で当該発電機固有のものとなるので、それ以降は設定されたり変更されたりすることはなかった。また、太陽光発電システムには、回転機や調速機や電圧調整装置などがないために、同期発電機のような発電機モデルや調速機系モデルや励磁系モデルで示されるような発電機特性はなかった。したがって発電機特性を複数設定しておいてその中の一つを選択して、選択した発電機特性に基づいた振る舞いをするという太陽光発電システムは存在しなかった。そのために、従来の太陽光発電システムは、同期発電機と協調しながら系統の安定運用、具体的には、電力系統の安定度維持や周波数維持や電圧維持に貢献することができなかった。

【００６４】

この実施例７では、発電機モデルと調速機系モデルと励磁系モデルとそれぞれの特性定数とで表した発電機特性が予め複数設定され、複数の発電機特性の中からその時点の運用環境に応じた所望の発電機特性を自律的に選択することにより、選択された発電機特性に基づき同期発電機と同等の振る舞いをする太陽光発電システム１を実現している。これにより、電力系統９０の安定運用に貢献できる太陽光発電システム１を提供できる。

【００６５】

以下により具体的に説明する。

【００６６】

特性選択手段１８及び選択条件設定手段１９の作用は、実施例６と同一である。計測手段１１は、電力系統９０の周波数、連系点の電圧の大きさと位相からなる系統データ、及び、太陽光発電システム１の有効電力と電圧の大きさと位相とからなる出力データを計測し、計測した系統データ及び出力データを計算手段１０に出力する。

【００６７】

計算手段１０は、特性選択手段１８によって選択された発電機特性に基づいて、電力系統９０の動きに応じた太陽光発電システム１の出力目標値を算出する。以下に、その算出方法の一例について以下説明する。

【００６８】

まず、計算手段１０は、特性選択手段１８によって選択された発電機特性に基づき、計測手段１１から送られた系統データ及び出力データから、電力系統９０の変化に即した太陽光発電システム１の出力の変化を計算する。ここで、電力系統９０の変化に即した太陽光発電システム１の出力の変化の計算方法は種々考えられるが、例えば代表的な系統解析計算方法である安定度計算により可能である。安定度計算は、電力系統９０の変動に対して発電機がどのように振る舞うかを解析するものであり、その例としてＹ法と呼ばれる安定度計算が挙げられる。

【００６９】

Ｙ法に代表される安定度計算は、電力系統９０の変化に対して発電機が例えば１００ミリ秒刻みで数秒～数百秒間にわたってどのように応答するかを計算するものであって、一般的な系統解析方法である。計算手段１０は、安定度計算を、例えば２秒ごとに周期的に

計算し、計算周期の都度、２秒前の系統データと現在の系統データとの差を電力系統９０の変化とみなし、２秒前の太陽光発電システム１の状態から１００ミリ秒間隔で２秒間即ち現在までの太陽光発電システム１の出力を発電機特性に基づいて計算して、現在の出力の計算値を当該太陽光発電システム１の現在の出力目標値と決める。

【００７０】

図７は、計算手段１０の処理ブロック図の例を示したものである。計算手段１０は、安定度計算部５４と、系統データメモリ５３ａと、系統データメモリ５３ｂと、発電機現在状態メモリ５２ａと、発電機初期状態メモリ５２ｂと、１．９秒前の出力を記憶する出力メモリ５１ａと、１．８秒前の出力を記憶する出力メモリ５１ｂと、１．７秒前の出力を記憶する出力メモリ５１ｃと、…、０．１秒前の出力を記憶する出力メモリ５１ｅと、０．０秒前の出力を記憶する出力メモリ５１ｆとからなる。

【００７１】

系統データメモリ５３ａには、計測手段１１より送られた周波数と連系点の電圧の大きさと位相からなる現在の系統データが記憶されている。系統データメモリ５３ｂには、計測手段１１より送られた２秒前の系統データが記憶されている。発電機現在状態メモリ５２ａには、計測手段１１より送られた太陽光発電システム１の現在の出力データが記憶されている。発電機初期状態メモリ５２ｂには、２秒前の太陽光発電システム１の出力データが発電機初期状態として記憶されている。

【００７２】

安定度計算部５４は、選択した発電機特性をメモリ１５から読み込み、発電機初期状態メモリ５２ｂに記憶された太陽光発電システム１の２秒前の出力データを初期値として、系統データメモリ５３ｂに記憶された２秒前の系統データと系統データメモリ５３ａに記憶された現在の系統データとの内容から、電力系統９０の電圧の大きさと位相の変化量に対して太陽光発電システム１の振る舞いを０．１秒刻みで計算する。

【００７３】

すなわち、安定度計算部５４は、２秒前の発電機初期状態に対して１．９秒前の出力値を計算し、計算結果を出力メモリ５１ａに記憶する。引き続き、安定度計算部５４は、１．９秒前の出力値から１．８秒前の出力値を計算して計算結果を出力メモリ５１ｂに記憶し、以降順次、１．７秒前の出力値を計算して出力メモリ５１ｃに記憶し、さらに０．１秒前の出力値を計算して出力メモリ５１ｅに記憶し、０．０秒前の出力を計算して出力メモリ５１ｆに記憶する。そして、安定度計算部５４は、０．０秒前の出力メモリ５１ｆの内容を現在あるべき出力目標値として設定する。このような安定度計算部５４を備えた計算手段１０は、設定した出力目標値を太陽光発電装置２へ出力する。

【００７４】

安定度計算部５４は、次回の計算時のために、系統データメモリ５３ａに記憶していた現在の系統データを系統データメモリ５３ｂへコピーし、また発電機現在状態メモリ５２ａに記憶していた太陽光発電システム１の現在の出力データを発電機初期状態メモリ５２ｂへコピーしておく。このようにして、計算手段１０は、発電機特性にふさわしい発電機の現在の出力値を決定し、決定した発電機の出力値を当該太陽光発電システム１の出力目標値として２秒周期で太陽光発電装置２へ送ることを繰り返す。

【００７５】

以上の説明では、計算手段１０が安定度計算を利用する場合を想定したが、発電機モデルと調速機系モデルと励磁系モデルを簡単なモデルにして系統データ及び出力データを数十μ秒毎に入力して数十μ秒間の系統変化に応じた当該太陽光発電システム１の出力目標値を計算し、計算した出力目標値を太陽光発電装置２へ送ることを数十μ秒毎に繰り返すようにしても良い。それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用と同一である。

【００７６】

このような実施例７によれば、同期発電機と同じ考え方の発電機特性を持った太陽光発電システム１を実現することができる上に、発電機モデル、調速機系モデル、励磁系モデル、及びそれらの構成要素の特性定数を太陽光電池５や蓄電池８の容量の制約の範囲内に

おいて自由に設定できるので、発電機特性を複数設定しておくことにより、他の同期発電機と協調して電力系統９０の安定運用に寄与できる太陽光発電システム１を実現することができる。しかも、発電機モデル、調速機系モデル、励磁系モデルをきめ細かく設定することができ、動特性をも考慮した発電機特性に基づく振る舞いを実現することができる。さらに、電力系統９０の状況に応じて発電機特性を変えることができるので、ますます他の同期発電機との協調運転に貢献できる。

【００７７】

なお、発電機モデル、調速機系モデル、励磁系モデル、及び特性定数からなる発電機特性は、厳密な発電機の振る舞いを定義するために用いられるが、厳密な発電機の振る舞いを定義する必要のないケースも多々あり、そのような場合には各発電機の振る舞いを特定の機能に着目してモデル化して表現することも可能である。以下の実施例８乃至１０では、発電機特性として、特定の機能に着目して発電機の振る舞いをモデル化した発電機特性を適用した場合に相当する。

【００７８】

（実施例８）

実施例８における太陽光発電システム１の構成は、図６に示したブロック図と同一である。ただし、第一のメモリ１５ａに記憶されている第１発電機特性、第二のメモリ１５ｂに記憶されている第２発電機特性、…、第ｎのメモリ１５ｎに記憶されている第ｎ発電機特性のそれぞれは、電力相差角曲線（Ｐ－δ曲線）からなるものである。

【００７９】

一般に、電力系統９０につながれた同期発電機が同期運転をして、すべての発電機が同じ速度で回転している場合においては、いずれかの発電機が何らかの原因で加速し、その回転子位置δがはじめの位置より進んだときに、これを元の位置へ引き戻すような力が働くようになっている。すなわち、発電機への機械的入力が一定であるとすると、回転子位置δが増加した場合に発電機の電気的出力である有効電力Ｐが増加し、この出力増加分に相当するだけ回転子の蓄積エネルギーをはき出して回転子自身は減速するようになっている。つまり、同期運転が行われる発電機は、ｄＰ／ｄδ＞０になるように設計されている。これらの発電機には、一般に電圧調整装置や調速機などの各種の制御装置が付けられているが、それらが全体として、ｄＰ／ｄδ＞０になるように設計されている。

【００８０】

このようなｄＰ／ｄδは、同期化力と呼ばれているものであり、回転子が回転することにより蓄えている回転エネルギーが電力系統９０の負荷バランスの変動に対する耐力として働くように各種の制御装置を設置することにより、実現できるものである。ここで、同期化力ｄＰ／ｄδの特性は、発電機の振る舞いを定義するものであり、実施例８においては、発電機特性の一つとして、同期化力に着目して発電機の振る舞いをモデル化したものを適用している。

【００８１】

具体的な例について説明すると、電力系統９０に大量の太陽光発電システムが導入された場合、ゴールデンウィーク等の軽負荷時には、火力発電機による電力の供給比率が減るため、電力系統９０において同期化力が弱くなることが問題になると言われている。これは、その時に運用中の同期発電機の同期化力は各発電機固有の特性で決まるものであり増加させることはできないこと、および、太陽光発電システムは同期化力を持たないことに起因する。同期化力のない太陽光発電システムによる電力の供給比率が増えた場合には、事故などの理由で一部の電源が脱落すると、運転している同期発電機の同期化力不足により次々と同期発電機が停止して電力系統９０を安定に運転できなくなる恐れがある。この対策として、太陽光発電の抑制が必要になると考えられている。このような問題は、系統安定化問題と呼ばれている。

【００８２】

実施例８では、同期発電機と等価な発電機特性に基づく同期化力を持った太陽光発電システム１を提供し、しかも、あらかじめ設定した複数の発電機特性の中からその時点の運

用環境に応じて発電機特性を自律的に選択して選択した発電機特性に基づく同期化力を持つ太陽光発電システム１を提供するものである。

【００８３】

以下に、より具体的に説明する。

【００８４】

図８は、第一のメモリ１５ａに記憶された第１電力相差曲線（Ｐ－δ曲線）、第二のメモリ１５ｂに記憶された第２電力相差曲線（Ｐ－δ曲線）、及び、第ｎのメモリ１５ｎに記憶された第ｎ電力相差曲線（Ｐ－δ曲線）の例を示す図である。図８において、横軸は太陽光発電システム１の位相角δであり、縦軸は太陽光発電システム１から出力される有効電力Ｐである。

【００８５】

実施例８の太陽光発電システム１には回転子ならびに電圧調整装置や調速機などがないため、回転エネルギーを蓄えたり放出したりすることはできず、ｄＰ／ｄδ＞０と成るように制御する手段がない代わりに、蓄電池８によって電気エネルギーを蓄えたり放出したりすると共に、ｄＰ／ｄδ＞０と等価な制御をする手段を具備する事により、太陽光発電システム１に同期化力を持たせるものである。

【００８６】

図６で示される実施例８の太陽光発電システム１においては、第一のメモリ１５ａに記憶されている第１電力相差角曲線、第二のメモリ１５ｂに記憶されている第２電力相差角曲線、及び、第ｎのメモリ１５ｎに記憶されている第ｎ電力相差角曲線は、同期化力ｄＰ／ｄδが正となるように設定されている。

【００８７】

特性選択手段１８及び選択条件設定手段１９の作用は、実施例６と同一である。計測手段１１は、連系点の電圧の大きさとその位相からなる系統データ、及び、太陽光発電システム１の有効電力と電圧の大きさとその位相からなる出力データを計測し、計測した系統データ及び出力データを計算手段１０に出力する。

【００８８】

計算手段１０は、周期的に次の処理を実施する。すなわち、計算手段１０は、今回実施時の電力系統９０の位相と前回実施時の電力系統９０の位相とを比較し、その差を算出してΔδとする。次に、計算手段１０は、太陽光発電システム１の電圧の位相がΔδだけ変化したと仮定し、特性選択手段１８によって選択された電力相差角曲線からｄＰ／ｄδを計算し、次にΔＰ＝ｄＰ／ｄδ×Δδにより太陽光発電システム１の出力変化すべき値ΔＰを計算する。そして、計算手段１０は、太陽光発電システム１の出力目標値を前回実施時の出力データの有効電力Ｐを用いてＰ＋ΔＰにより算出すると共に、出力目標値の位相を連系点の電圧の位相と同一とし、出力目標値ならびに目標出力の位相を太陽光発電装置２に出力する。計算手段１０は、このような処理を例えば数十μ秒毎に行う。

【００８９】

それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用と同一である。なお、電力変換装置６が直流電力を交流電力変換するときは、位相δの交流電力に変換する。

【００９０】

このような実施例８によれば、同期発電機と同じ考え方の発電機特性として同期化力をもつ太陽光発電システム１を実現することができる。しかも、選択条件によって運用環境にふさわしい発電機特性を自律的に選択して変更することができるので、例えば、火力発電機を多く運転しているときは同期化力の小さい発電機特性を使い、火力発電機が少ししか運転していない場合は同期化力の大きい発電機特性を使うことができる。また、発電機特性を太陽光電池５や蓄電池８の容量の制約の範囲内において自由に設定できるので、複数の発電機特性を設定しておくことにより、他の同期発電機と協調して電力系統９０の安定運用に寄与できる太陽光発電システム１を実現することができる。

【００９１】

（実施例９）

実施例９における太陽光発電システム１の構成は、図６に示したブロック図と同一である。ただし、第一のメモリ１５ａに記憶されている第１発電機特性、第二のメモリ１５ｂに記憶されている第２発電機特性、…、第ｎのメモリ１５ｎに記憶されている第ｎ発電機特性のそれぞれは、速度調定率つまりＰ（出力）とｆ（周波数）との関数からなるものである。

【００９２】

系統負荷の変動により電力系統９０の周波数が変化すると、同期発電機は、その周波数変化に応じて自動的に出力を変更して電力系統９０を安定に継続運転できるようにする特性を持っている。すなわち、系統負荷が増加すると系統周波数は低下するが、系統周波数の低下に伴い同期発電機は出力を増加させるような特性を持っている。逆に、系統負荷が減少すると系統周波数は上がるが、系統周波数の増加に伴い同期発電機は出力を低下させるような特性を持っている。このような特性は、同期発電機に調速機を備えることによって実現されている。これにより、電力系統９０の負荷変動に対して多くの発電機が協調して周波数維持に対応できるようになっている。この特性は速度調定率と呼ばれるものであり、実施例９においては、発電機特性の一つとして、速度調定率に着目して発電機の振る舞いをモデル化したものを適用している。

【００９３】

具体的な例について説明すると、太陽光発電システム１には調速機がないため、速度調定率のような発電機特性を持っておらず、大量の太陽光発電システム１が導入された場合には、発電比率の少なくなった同期発電機だけで電力系統９０の負荷変動に対応する必要がある。これは、太陽光発電システム１に速度調定率という考え方の発電機特性が無いからである。

【００９４】

実施例９では、同期発電機と等価な速度調定率からなる発電機特性を持った太陽光発電システム１を提供し、しかも、あらかじめ設定した複数の速度調定率の中からその時点の運用環境に応じて速度調定率を自律的に選択して選択した速度調定率に従って出力を設定する太陽光発電システム１を提供するものである。

【００９５】

以下に、より具体的に説明する。

【００９６】

図９は、第一のメモリ１５ａに記憶された第１速度調定率、第二のメモリ１５ｂに記憶された第２速度調定率、及び、第ｎのメモリ１５ｎに記憶された第ｎ速度調定率の例を示す図である。図９において、横軸は太陽光発電システム１から出力される有効電力Ｐであり、縦軸は電力系統９０の周波数ｆである。ここに示す速度調定率は、一般の同期発電機の速度調定率と同じような関数で示される。すなわち、系統負荷が増加して電力系統９０の周波数ｆが下がると太陽光発電システム１から出力される有効電力Ｐが増加し、系統負荷が減少して電力系統９０の周波数ｆが上がると太陽光発電システム１から出力される有効電力Ｐが減少する。

【００９７】

特性選択手段１８、選択条件設定手段１９の作用は、実施例６と同一である。計測手段１１は、連系する電力系統９０の周波数ｆからなる系統データ、及び、太陽光発電システム１の有効電力Ｐからなる出力データを計測し、計測した系統データ及び出力データを計算手段１０に出力する。

【００９８】

計算手段１０は、周期的に次の処理を実施する。すなわち、計算手段１０は、前回実施時の電力系統９０の周波数ｆｏと今回実施時の電力系統９０の周波数ｆとを比較し、その差ｆ－ｆｏを算出してΔｆとする。次に、計算手段１０は、特性選択手段１８によって選択された速度調定率を用いてｄｆ／ｄＰを計算し、次にΔＰ＝Δｆ／（ｄｆ／ｄＰ）により太陽光発電システム１の出力変化すべき値ΔＰを計算する。そして、計算手段１０は、太陽光発電システム１の出力目標値を前回時の出力データの有効電力Ｐを用いてＰ＋ΔＰ

により算出するとともに、出力目標値の周波数をｆとし、出力目標値ならびにその周波数を太陽光発電装置２に出力する。計算手段１０は、このような処理を例えば数秒毎に行う。

【００９９】

それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用と同一である。なお、電力変換装置６が直流電力を交流電力変換するときは、周波数ｆの交流電力に変換する。

【０１００】

このような実施例９によれば、同期発電機と同じ考え方の速度調定率からなる発電機特性を持つ太陽光発電システム１を実現することができるので、系統周波数の維持に貢献することができる。しかも、速度調定率を太陽光電池５や蓄電池８の容量の制約の範囲内において自由に設定できるので、複数の速度調定率を設定しておくことにより、他の同期発電機と協調して運用状況に即して周波数維持に貢献できる太陽光発電システム１を実現できる。

【０１０１】

（実施例１０）

実施例１０における太陽光発電システム１の構成は、図６に示したブロック図と同一である。ただし、第一のメモリ１５ａに記憶されている第１発電機特性、第二のメモリ１５ｂに記憶されている第２発電機特性、…、第ｎのメモリ１５ｎに記憶されている第ｎ発電機特性のそれぞれは、出力変化速度と出力上下限値とからなるものである。

【０１０２】

系統周波数を一定に保つためにＬＦＣ（Ｌｏａｄ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｃｏｎｔｒｏｌ）が行われているが、系統運用者は、系統負荷の変動を見越して、運用中の各発電機の出力の上げ余力の合計および下げ余力の合計、つまりＬＦＣ上げ余力及び下げ余力を常に確保することにより、系統負荷変動に対応している。各発電機のＬＦＣ上げ余力及び下げ余力は、出力変化速度と出力上下限値と発電機のその時点での出力から決まるものである。実施例１０では、発電機特性の一つとして、出力変化速度及び上下限値に着目して発電機の振る舞いをモデル化したものを適用している。

【０１０３】

具体的な例について説明すると、大量の太陽光発電システム１が導入された場合には、発電比率の少なくなった同期発電機だけでＬＦＣ余力を確保することは困難となるおそれがあり、太陽光発電の抑制が必要になると考えられている。これは、太陽光発電システムには、ＬＦＣ余力を持たせることができないことが原因である。

【０１０４】

実施例１０では、あらかじめ設定した出力変化速度及び出力上下限値からなる複数の発電機特性の中からその時点の運用環境に応じて出力変化速度及び出力上下限値を自律的に選択して選択した出力変化速度及び出力上下限値により定まるＬＦＣ余力を持つ太陽光発電システム１を提供するものである。

【０１０５】

以下に、より具体的に説明する。

【０１０６】

図６で示した実施例１０の太陽光発電システム１において、第一のメモリ１５ａに記憶された第１出力変化速度、第二のメモリ１５ｂに記憶された第２出力変化速度、及び、第ｎのメモリ１５ｎに記憶された第ｎ出力変化速度は、単位時間当たりの出力変化速度であり、ＭＷ／分あるいはＫＷ／分で表されるものである。また、第一のメモリ１５ａに記憶された第１出力上下限値、第二のメモリ１５ｂに記憶された第２出力上下限値、及び、第ｎのメモリ１５ｎに記憶された第ｎ出力上下限値は、太陽光発電システム１から出力可能な有効電力の上限値及び下限値であり、太陽光電池５からの出力可能な直流電力Ｐ１と蓄電池８から放電可能な直流電力Ｐ２の合計を電力変換装置６により変換して得られる交流電力の上限値及び下限値である。

【０１０７】

特性選択手段１８及び選択条件設定手段１９の作用は、実施例６と同一である。計測手段１１は、太陽光発電システム１の有効電力からなる出力データを計測し、計測した出力データを計算手段１０に出力する。

【０１０８】

計算手段１０は、周期的に次の処理を実施する。すなわち、計算手段１０は、目標値設定手段１２から送られた運用目標値と、計測手段１１から送られた出力データの有効電力と、特性選択手段１８によって選択された発電機特性すなわち出力変化速度及び出力上下限値から、太陽光発電装置２に出力すべき出力目標値を周期的に計算する。計算方法は、現在の太陽光発電システム１の有効電力から次の周期までに出力を増加できる値を加算した値と発電機特性から得られた出力上限値の小さいほうを実質上限値とし、現在の太陽光発電システム１の有効電力から次の周期までに出力を減少できる値を減算した値と発電機特性から得られた出力下限値の大きいほうを実質下限値とし、運用目標値が実質上限値と実質下現値の間にあるときは運用目標値を出力目標値とし、運用目標値が実質上限値より大きい場合は実質上限値を出力目標値とし、運用目標値が実質下現値より小さい場合は実質下限値を出力目標値として、太陽光発電装置２に出力する。

【０１０９】

それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用と同一である。

【０１１０】

このような実施例１０によれば、同期発電機と同じ考え方の出力変化速度及び出力上下限値を持つ、即ちＬＦＣ余裕量を持つ太陽光発電システム１を実現することができるので、系統周波数の維持に貢献することができる。しかも、出力変化速度及び出力上下限値を太陽光電池５や蓄電池８の容量の制約の範囲内において自由に設定できるので、複数の出力変化速度及び出力上下限値を設定しておくことにより、ＬＦＣ余力確保に大きく貢献できる太陽光発電システム１を実現することができる。

【０１１１】

（実施例１１）

図１０は、実施例１１における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。

【０１１２】

この実施例１１における太陽光発電システム１の構成は、図６に示した実施例６における太陽光発電システム１の構成と比較して、選択条件設定手段１９が時計２４及び対応表記憶手段２０ａを含む点で相違している。それ以外の構成については図６に示した構成と同一である。

【０１１３】

一般に、発電機には、その発電機特性を新たに設定するとか、あるいは発電機特性を自律的に変更する機能はなかったために、時刻によって運用上有利な発電機特性に変更する機能はなかった。

【０１１４】

実施例１１では、あらかじめ設定した複数の発電機特性の中から時刻に応じた発電機特性を自律的に選択して選択した発電機特性に基づいた振る舞いをする太陽光発電システム１を提供するものである。

【０１１５】

以下に、より具体的に説明する。

【０１１６】

時計２４は、時刻を刻むものであり、選択条件設定手段１９は時計２４から現在時刻を読み込む構成となっている。対応表記憶手段２０ａは、時刻毎に選択すべき発電機特性の識別子を示す対応表を記憶している。ここに示した例では、時間帯毎に複数のメモリのうちのどのメモリに記憶されている発電機特性を使うべきかを示すメモリ識別子が対応表の形式などで対応表記憶手段２０ａに記憶されている。

【０１１７】

例えば、第一のメモリ１５ａには時間帯ａで選択すべき第１発電機特性が記憶され、第二のメモリ１５ｂには時間帯ｂで選択すべき第２発電機特性が記憶され、第ｎのメモリ１５ａには時間帯ｎで選択すべき第ｎ発電機特性が記憶されている場合には、対応表には、時間帯ａに対しては第１発電機特性を記憶している第一のメモリ１５ａに相当するメモリ識別子が対応付けされ、時間帯ｂに対しては第２発電機特性を記憶している第二のメモリ１５ｂに相当するメモリ識別子が対応付けされ、時間帯ｎに対しては第ｎ発電機特性を記憶している第ｎのメモリ１５ｎに相当するメモリ識別子が対応付けされている。

【０１１８】

選択条件設定手段１９は、時計２４から読み取った時刻に基づき、対応表記憶手段２０ａから時刻に対応したメモリ識別子を読み出し、読み出したメモリ識別子を計算手段１０の特性選択手段１８に出力する。それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用と同一である。

【０１１９】

このような実施例１１によれば、時刻によって発電機特性を自律的に変更できる太陽光発電システム１を実現することができる。このため、例えば、朝の総需要立ち上がり時と、正午から午後一時過ぎの負荷急変時と、午後のピーク時と、午後の負荷減少時とに時間帯を分けるとか、昼の時間帯と夜の時間帯に分けるとかして、それぞれの時間帯毎の系統運用環境に応じた、例えば系統安定度の厳しさに応じた発電機特性を選択する太陽光発電システム１を実現できる。

【０１２０】

なお、上述した実施例１１では、選択条件設定手段１９が時計２４を含む構成について説明したが、カレンダーを含んでいても良い。選択条件設定手段１９が時計２４に代えてカレンダーを含む構成では、平日と休日に分けるとか、曜日毎に分けるとかして日毎に最適な発電機特性を選択する太陽光発電システム１を実現できる。また、選択条件設定手段１９が時計２４に加えてカレンダーを含む構成では、日時毎に最適な発電機特性を選択する太陽光発電システム１を実現できる。

【０１２１】

（実施例１２）

図１１は、実施例１２における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。

【０１２２】

この実施例１２における太陽光発電システム１の構成は、図６に示した実施例６における太陽光発電システム１の構成と比較して、選択条件設定手段１９が電力市場インターフェース２２及び対応表記憶手段２０ｂを含む点で相違している。それ以外の構成については図６に示した構成と同一である。

【０１２３】

一般に、発電機には、その発電機特性を新たに設定するとか、あるいは発電機特性を自律的に変更する機能はなかったために、電力市場の市場状況によって運用上有利な発電機特性に変更する機能はなかった。

【０１２４】

実施例１２では、あらかじめ設定した複数の発電機特性の中から電力市場の市場状況に応じた発電機特性を自律的に選択して選択した発電機特性に基づいた振る舞いをする太陽光発電システム１を提供するものである。

【０１２５】

以下に、より具体的に説明する。

【０１２６】

電力市場インターフェース２２は、電力市場状況を管理するシステムから電力市場状況を受信するものである。対応表記憶手段２０ｂは、電力市場状況毎に選択すべき発電機特性の識別子を示す対応表を記憶している。ここに示した例では、電力市場状況毎に複数のメモリのうちのどのメモリに記憶されている発電機特性を使うべきかを示すメモリ識別子

が対応表の形式などで対応表記憶手段２０ａに記憶されている。

【０１２７】

電力市場状況とは、現在の市場取引されている電力の値段、例えば円／ＫｈＷである。対応表には、電力市場の値段が高いときには太陽光発電システム１から出力される有効電力がなるべく多くなるような発電機特性が対応付けされ、電力市場の値段が安いときは太陽光発電システム１から出力される有効電力がなるべく少なくなるような発電機特性が対応付けされている。

【０１２８】

選択条件設定手段１９は、電力市場インターフェース２２を介して受信した電力市場状況に基づき、対応表記憶手段２０ｂから対応したメモリ識別子を読み出し、読み出したメモリ識別子を計算手段１０の特性選択手段１８に出力する。例えば、電力市場の値段が高いときには、電力系統９０の電力需要の増加時に太陽光発電システム１の出力増加速度を速くし、逆に系統負荷の減少時には太陽光発電システム１の出力減少速度を遅くするような発電機特性を選択するようにしておく。それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用は同一である。

【０１２９】

このような実施例１２によれば、電力市場状況によって発電機特性を自律的に変更できる太陽光発電システム１を実現することができる。このため、例えば、電力市場の状況即ち市場取引の値段に応じた、経済的な運用が可能な太陽光発電システム１を実現できる。

【０１３０】

（実施例１３）

図１２は、実施例１３における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。

【０１３１】

この実施例１３における太陽光発電システム１の構成は、図６に示した実施例６における太陽光発電システム１の構成と比較して、選択条件設定手段１９が気象情報インターフェース２３及び対応表記憶手段２０ｃを含む点で相違している。それ以外の構成については図６に示した構成と同一である。

【０１３２】

一般に、発電機には、その発電機特性を新たに設定するとか、あるいは発電機特性を自律的に変更する機能はなかったために、気象状況によって運用上有利な発電機特性に変更する機能はなかった。

【０１３３】

実施例１３では、あらかじめ設定した複数の発電機特性の中から気象状況に応じた発電機特性を自律的に選択して選択した発電機特性に基づいた振る舞いをする太陽光発電システム１を提供するものである。

【０１３４】

以下に、より具体的に説明する。

【０１３５】

気象情報インターフェース２３は、現在の気象状況を受信するものである。対応表記憶手段２０ｃは、気象状況毎に選択すべき発電機特性の識別子を示す対応表を記憶している。ここに示した例では、気象状況毎に複数のメモリのうちのどのメモリに記憶されている発電機特性を使うべきかを示すメモリ識別子が対応表の形式などで対応表記憶手段２０ａに記憶されている。

【０１３６】

気象状況とは、○○地方は晴れとか、曇りとか、雨とか、晴れから曇りへの変化中とか、曇りから晴れへの変化中などの現在の気象状況である。対応表には、例えば、気象状況が安定しているときには同期化力が小さい発電機特性が対応付けされ、気象状況が変化するときには同期化力が大きい発電機特性が対応付けされている。

【０１３７】

選択条件設定手段１９は、気象情報インターフェース２３を介して受信した気象状況に基づき、対応表記憶手段２０ｃから気象状況に対応したメモリ識別子を読み出し、読み出したメモリ識別子を計算手段１０の特性選択手段１８に出力する。それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用は同一である。

【０１３８】

このような実施例１３によれば、気象状況によって発電機特性を自律的に変更できる太陽光発電システム１を実現することができる。このため、例えば、気象状況に応じた発電機特性、例えば同期化力をもつ太陽光発電システム１が実現できる。

【０１３９】

（実施例１４）

図１３は、実施例１４における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。

【０１４０】

この実施例１４における太陽光発電システム１の構成は、図６に示した実施例６における太陽光発電システム１の構成と比較して、選択条件設定手段１９が太陽光発電装置２の構成要素である蓄電池８の残存蓄電量を読み込むようになっている点で相違している。それ以外の構成については図６に示した構成と同一である。

【０１４１】

一般に、発電機には、その発電機特性を新たに設定するとか、あるいは発電機特性を自律的に変更する機能はなかった。勿論、当該太陽光発電システム１の状況、特に蓄電池８の残存電力量に応じて運用上有利な発電機特性に変更する機能はなかった。

【０１４２】

実施例１４では、あらかじめ設定した複数の発電機特性の中から当該太陽光発電システム１が内蔵する蓄電池８の残存電力量に応じた発電機特性を自律的に選択して選択した発電機特性に基づいた振る舞いをする太陽光発電システム１を提供するものである。

【０１４３】

以下に、より具体的に説明する。

【０１４４】

選択条件設定手段１９は、太陽光発電装置２を構成する蓄電池８の残存蓄電量を読み込み、読み込んだ残存蓄電量に応じて複数のメモリのうちのどのメモリに記憶されている発電機特性を使うべきかを示すメモリ識別子を決める。このような選択条件設定手段１９は、蓄電池８の残存蓄電量に応じた選択すべき発電機特性のメモリ識別子を計算手段１０の特性選択手段１８に出力する。

【０１４５】

選択条件設定手段１９は、例えば、蓄電池８の残存蓄電量が少なくなったと判断した場合には蓄電池８からの放電が少なく蓄電池８への充電が多くなるような発電機特性を選択し、蓄電池８の残存蓄電量が多いと判断した場合には蓄電池８からの放電が多く蓄電池８への充電が少なくなるような発電機特性を選択する。蓄電池８からの放電が少なく蓄電池８への充電が多くなる発電機特性とは、例えば太陽光発電システム１の出力増加方向の変化速度を遅くし、出力減少方向の変化速度を速くする発電機特性などが考えられる。

【０１４６】

それ以外は実施例６の太陽光発電システム１の作用と同一である。

【０１４７】

このような実施例１４によれば、太陽光発電システム１の蓄電池８の充電しすぎや放電しすぎを回避することができるので、蓄電池８が機能する確率を高くできる。それによって、安定した系統運用に貢献する機会が多い太陽光発電システム１を実現することができる。

【０１４８】

（変形例）

次に、変形例について説明する。ここでの変形例とは、上述した実施例１乃至１４のそ

れぞれについて、中央制御インターフェースを付加した太陽光発電システム１であるが、ここでは、実施例１の変形例について図を参照しながら説明する。

【０１４９】

図１４は、変形例における太陽光発電システム１の構成を概略的に示すブロック図である。

【０１５０】

この変形例における太陽光発電システム１の構成は、図１に示した実施例１における太陽光発電システム１の構成と比較して、さらに、中央制御インターフェース２５を付加した点で相違している。それ以外の構成については図１に示した構成と同一である。

【０１５１】

一般的な太陽光発電システムは、同期発電機のような発電機特性を有していないため、他の発電機と協調して電力系統の安定な運用に貢献することができないことは先に説明した通りである。このため、太陽光発電システムを電力系統に結合した際に、他の同期発電機と同様に中央系統制御システムから太陽光発電システムをオンラインで制御して電力系統の安定な運用に貢献させることはできなかった。

【０１５２】

変形例では、同期発電機と等価な発電機特性を有し、しかもその発電機特性の設定及び変更を可能とし、あらかじめ設定しておいた複数の発電機特性からそのときの運用環境にふさわしい発電機特性を自律的に選択して選択した発電機特性に基づく振る舞いをする太陽光発電システムを実現した上で、中央系統制御システムから他の同期発電機と同様に制御して安定な系統運用に貢献できる太陽光発電システム１を提供するものである。

【０１５３】

以下に、より具体的に説明する。

【０１５４】

中央制御インターフェース２５は、例えば、系統周波数を一定に維持するＬＦＣシステムや、電力系統９０の監視点の電圧を許容範囲内に維持する電圧無効電力制御システムなどの発電機の制御システムと通信回線を介して結合している。このような中央制御インターフェース２５は、中央系統制御システムから太陽光発電システム１への指令値を受信して受信した指令値を運転目標値として目標値設定手段１２へ出力する。また、この中央制御インターフェース２５は、当該太陽光発電システム１の電力系統９０への出力データ、例えば有効電力や無効電力などのデータを太陽光発電装置２から読み取り、中央系統制御システムに送信する。

【０１５５】

中央系統制御システムでは、各発電機から送信された出力データを用いて、電力系統９０を安定に運用するための各発電機の制御量を計算し、計算した制御量を運転目標値として各発電機の中央制御インターフェース２５に送信する。それ以外は、実施例１の太陽光発電システム１の作用と同一である。

【０１５６】

このような変形例によれば、実施例１で説明した効果に加えて、中央系統制御システムからの制御が可能な太陽光発電システム１を実現できる。すなわち、太陽光発電システム１に同期発電機と等価の発電機特性を持たせて、周波数維持のためのＬＦＣシステムの対象発電機としたり、電圧無効電力制御システムの対象発電機としたりすることにより、電力系統９０の安定運用に貢献できる。

【０１５７】

言うまでもないが、説明を省略した実施例２乃至１４の各変形例についても、各実施例の効果に加えて、上記した変形例の効果が得られる。

【０１５８】

なお、この発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、その実施の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。更に、異なる実施形態に亘る構成要素を適宜組み合せてもよい。

【符号の説明】

【０１５９】

１…太陽光発電システム

２…太陽光発電装置（５…太陽光電池　６…電力変換装置　８…蓄電池）

１０…計算手段（１８…特性選択手段　ＣＬ…時計）

１１…計測手段

１２…目標値設定手段

１３…計画設定手段　１４…計画設定手段（リモート）

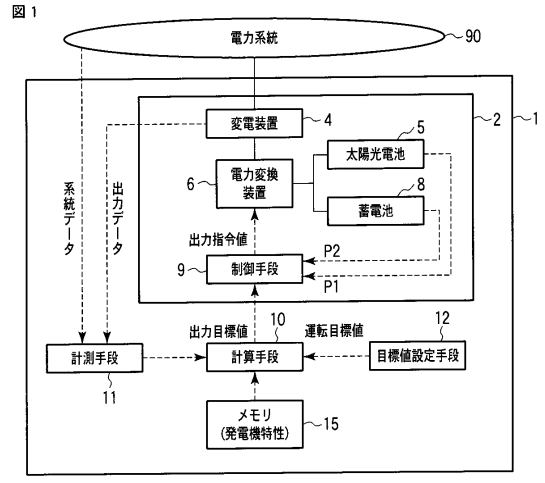
１５…メモリ

１６…特性設定手段　１７…特性設定手段（リモート）

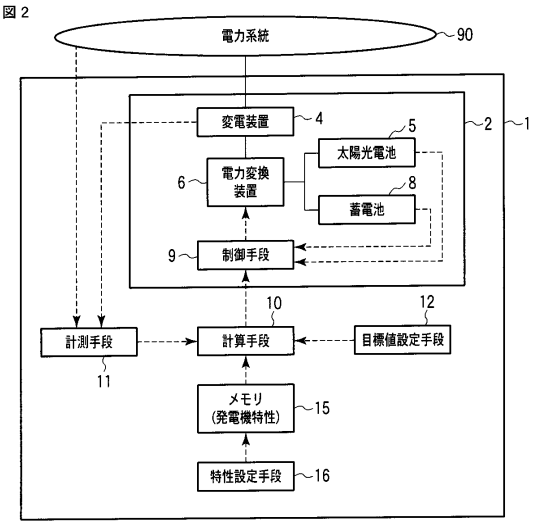
１９…選択条件設定手段（２０ａ、２０ｂ、２０ｃ…対応表記憶手段　２２…電力市場インターフェース　２３…気象情報インターフェース　２５…中央制御インターフェース）

９０…電力系統

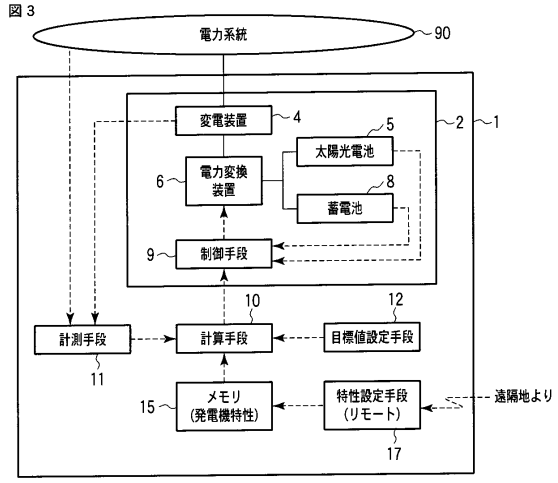
【図１】



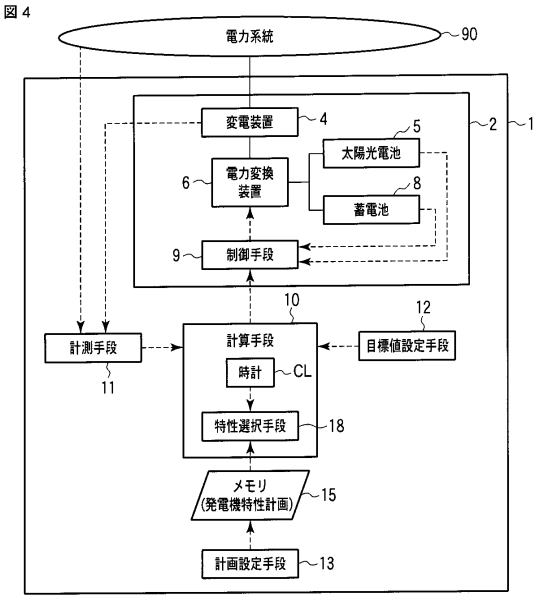
【図２】



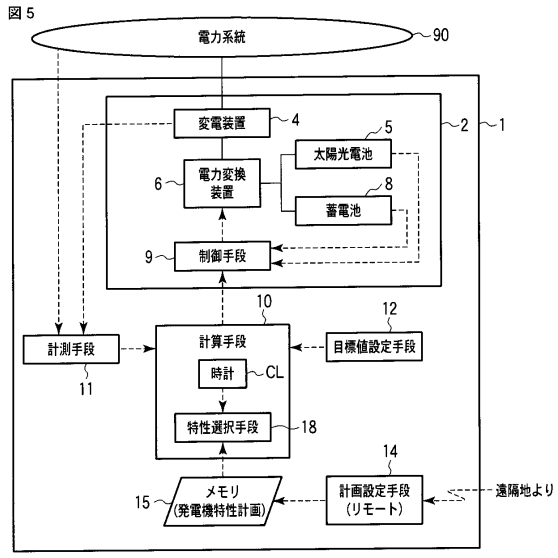
【図３】


図３
電力系統
90
変電装置
4
太陽光電池
5
2
1
6
電力変換装置
蓄電池
8
9
制御手段
10
12
計測手段
計算手段
目標値設定手段
11
15
メモリ(発電機特性)
特性設定手段(リモート)
遠隔地より
17

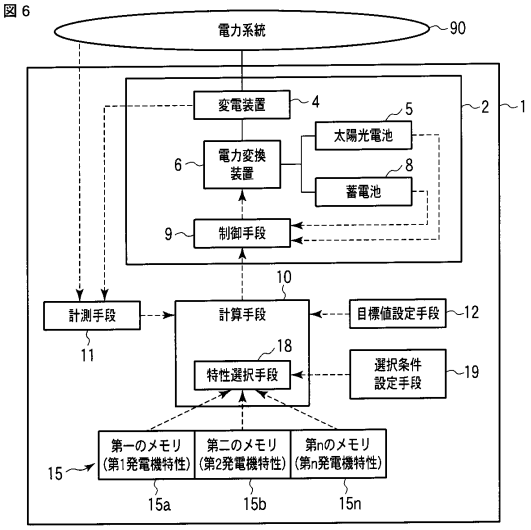
【図４】


図４
電力系統
90
変電装置
4
太陽光電池
5
2
1
6
電力変換装置
蓄電池
8
9
制御手段
10
12
計測手段
計算手段
時計
CL
目標値設定手段
11
特性選択手段
18
メモリ(発電機特性計画)
15
計画設定手段
13

【図５】

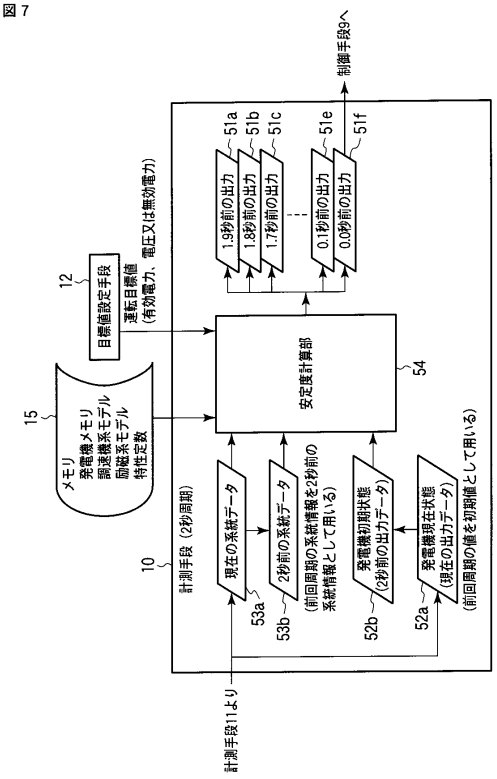

図５
電力系統
90
変電装置
4
太陽光電池
5
2
1
6
電力変換装置
蓄電池
8
9
制御手段
10
12
計測手段
計算手段
時計
CL
目標値設定手段
11
特性選択手段
18
14
15
メモリ(発電機特性計画)
計画設定手段(リモート)
遠隔地より

【図６】


図６
電力系統
90
変電装置
4
太陽光電池
5
2
1
6
電力変換装置
蓄電池
8
9
制御手段
10
計測手段
計算手段
目標値設定手段
12
11
18
特性選択手段
選択条件設定手段
19
15
第一のメモリ(第1発電機特性)
第二のメモリ(第2発電機特性)
第nのメモリ(第n発電機特性)
15a
15b
15n

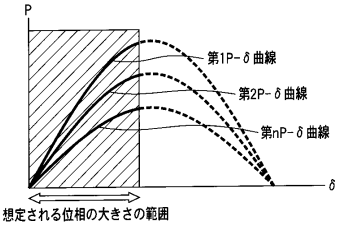
【図７】

図７



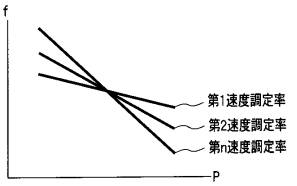
【図８】

図８



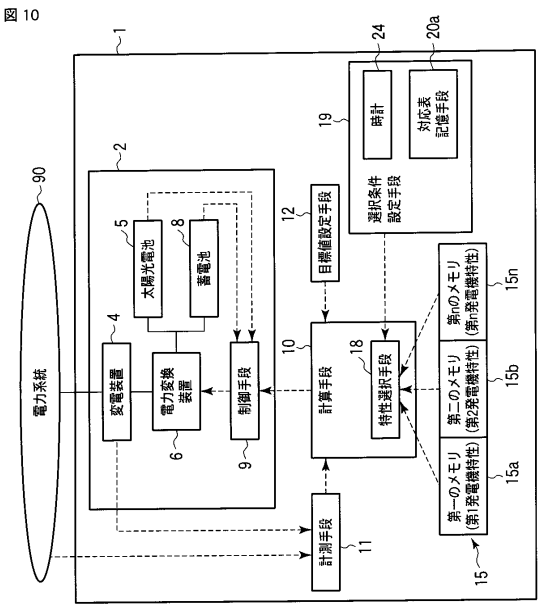
【図９】

図９



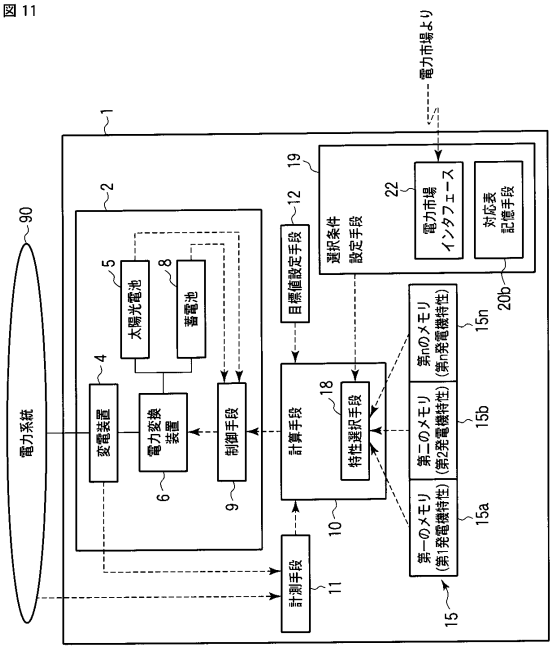
【図１０】

図10



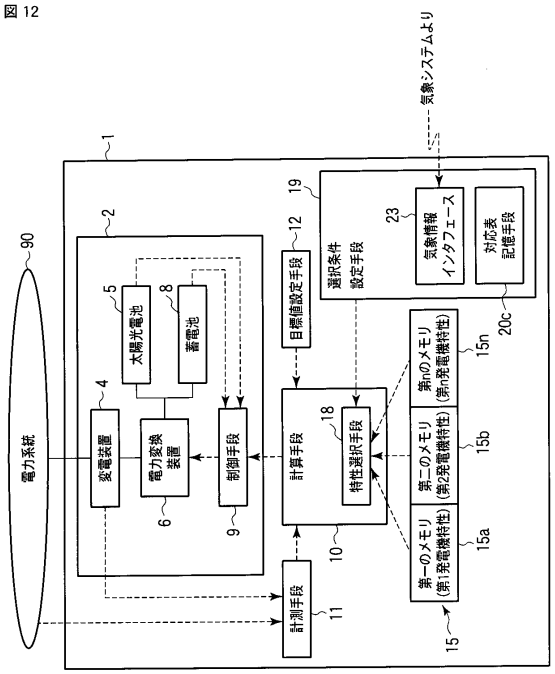
【図１１】

図11



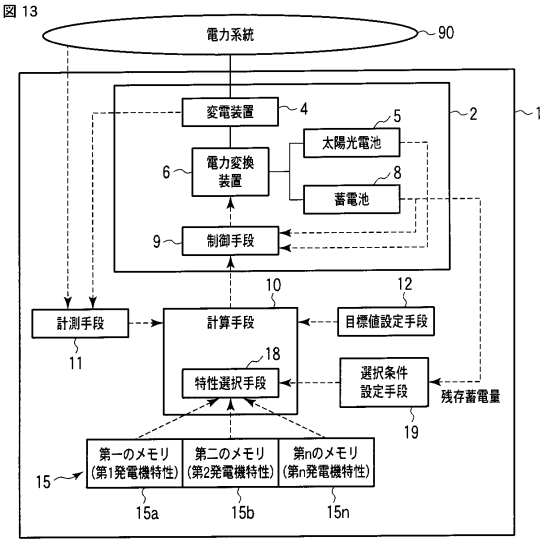
【図１２】

図 12



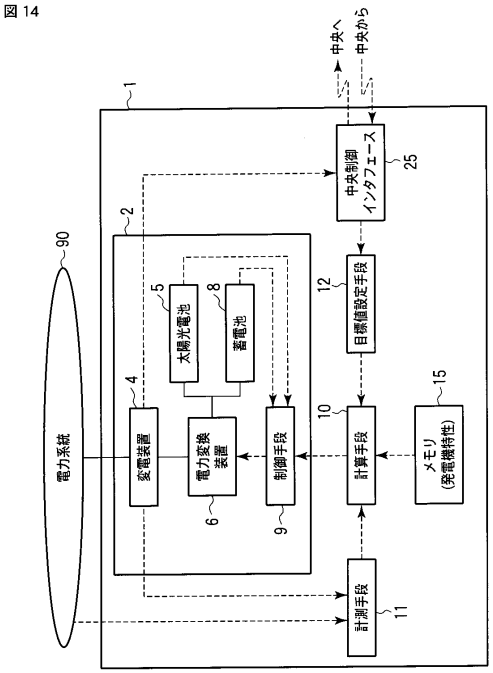
【図１３】

図 13



【図１４】

図 14



フロントページの続き

(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
(74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘
(74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
(74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
(74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
(74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三
(72)発明者 江幡 良雄
東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社東芝内
(72)発明者 林 秀樹
東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社東芝内
(72)発明者 野呂 康宏
東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社東芝内
(72)発明者 木村 操
東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社東芝内
(72)発明者 小俣 和也
東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社東芝内
(72)発明者 浅野 俊明
東京都港区芝浦一丁目１番１号 株式会社東芝内

審査官 高野 誠治

(56)参考文献 特開２００７－２４４０６８（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０１７０４４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２１１５４８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１６３０５４（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－０８２３６１（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１０２３５７（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２９２５３１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｊ 3／３８
Ｈ０２Ｊ 7／３５