

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4635207号  
(P4635207)

(45) 発行日 平成23年2月23日(2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日(2010.12.3)

(51) Int.Cl.

F I

H02J 3/14 (2006.01)

H02J 3/14

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-70444 (P2006-70444)	(73) 特許権者	304021417
(22) 出願日	平成18年3月15日(2006.3.15)		国立大学法人東京工業大学
(65) 公開番号	特開2006-353079 (P2006-353079A)		東京都目黒区大岡山2丁目12番1号
(43) 公開日	平成18年12月28日(2006.12.28)	(74) 代理人	100078776
審査請求日	平成20年7月17日(2008.7.17)		弁理士 安形 雄三
審査番号	不服2009-5802 (P2009-5802/J1)	(74) 代理人	100114269
審査請求日	平成21年3月17日(2009.3.17)		弁理士 五十嵐 貞喜
(31) 優先権主張番号	特願2005-172909 (P2005-172909)	(72) 発明者	嶋田 隆一
(32) 優先日	平成17年5月17日(2005.5.17)		東京都目黒区大岡山2-12-1 国立大 学法人東京工業大学内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願		合議体	
		審判長	田良島 潔
		審判官	富江 耕太郎
		審判官	仁木 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信回線を利用した電力系統安定化システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電力系統に接続された複数の特定の負荷の消費電力を通信回線を介して制御し、前記電力系統の周波数安定化を図る、通信回線を利用した電力系統安定化システムにおいて、該システムは、

前記電力系統に接続される数秒以上の周期で電力変動する発電電力を供給する一又は複数の分散電源と、

前記各分散電源の発電電力を検出し時刻情報を含む発電電力情報を前記通信回線に送出する、前記分散電源ごとに設けられた発電電力検出部と、

前記電力系統に接続された複数の特定の負荷の消費電力を検出し時刻情報を含む消費電力情報を前記通信回線に送出するとともに、前記特定の負荷の個別調整制御を行う、前記特定の負荷ごとに接続された消費電力計測制御端末と、

前記各発電電力検出部からの発電電力情報を前記通信回線を介して取得し、前記すべての分散電源の発電電力の時系列の発電量の総量を計測する発電電力変動計測監視手段と、

前記各消費電力計測制御端末からの消費電力情報を前記通信回線を介して取得し、前記消費電力の時系列の総量を計測する負荷電力変動計測監視手段と、

前記発電電力変動計測監視手段が所定時間内に次の発電電力情報を取得できなかったことを前記時刻情報に基づき判断し、該発電電力情報が取得できなかった場合にはそれ以前に取得した発電電力情報に基づいて次の発電電力情報を予測演算する電力変動予測手段と、

10

20

前記分散電源の発電電力（前記予測演算された発電電力を含む。）の時系列の総量と前記消費電力の時系列の総量とが一致するように、前記特定の負荷の調整制御を前記通信回線を介して前記消費電力計測制御端末に指令して行わせる負荷調整制御手段と、  
を含み、

前記発電電力検出部、消費電力計測制御端末、発電電力変動計測監視手段、負荷電力変動計測監視手段、電力変動予測手段、及び負荷調整制御手段が前記通信回線を介して相互に通信可能に接続されたことを特徴とする、通信回線を利用した電力系統安定化システム。

【請求項 2】

前記分散電源が、再生可能エネルギーであることを特徴とする、請求項 1 に記載の通信回線を利用した電力系統安定化システム。

10

【請求項 3】

前記特定の負荷は、自動販売機の冷蔵コンプレッサー、河川排水機、又は農業用水の汲み上げポンプのいずれかであり、数十秒周期で 30% 未満の負荷調整を行うことを特徴とする、請求項 1 又は 2 のいずれかに記載の通信回線を利用した電力系統安定化システム。

【請求項 4】

前記電力系統の中に、電力貯蔵装置として、短時間に充放電可能なフライホイール付可変速発電機を備え、前記発電電力の急激な変動時に前記特定の負荷の消費電力の調整制御で補償し切れない分を、前記可変速発電機のフライホイールでエネルギーを充放電させて調整を行う、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の通信回線を利用した電力系統安定化システム。

20

【請求項 5】

前記特定の負荷が、前記電力系統に接続された第二の電力系統の中にあることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の通信回線を利用した電力系統安定化システム。

【請求項 6】

前記通信回線が、インターネット又はイントラネットである請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の通信回線を利用した電力系統安定化システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、再生可能エネルギー等の分散電源の電力変動が電力系統に周波数擾乱を与えないように、当該電力系統へ流入する分散電源の変動電力の総量と、その変動を補償する制御可能な特定負荷の電力総量を通信回線を介して常に監視し、それらが一致するように特定負荷の電力を通信回線を介して統括集中制御する電力系統安定化システムに関する。

【背景技術】

【0002】

電力系統の周波数は総消費電力に等しい発電量に常に一致するように制御されなければならないが、差がある場合、数秒から数十秒の時定数で目標値である 50 ヘルツまたは 60 ヘルツから時間変化することになる。

【0003】

40

電源周波数が変化すると、送電線で連系する他の電力系統からの電力潮流が変化し、他の電力系統に擾乱が波及するとともに、連系送電線に過電流が発生するなど、障害が発生するので、これを避けなければならない。

【0004】

周波数の制御は計画的な発電所の運用をベースに、時時刻刻の変化に対して、目標周波数を維持するように、周波数制御のために水力発電や揚水発電、さらに火力発電所の出力を変化させている。

【0005】

自動制御機能によって周波数を安定した精度範囲に制御することは、従来の系統安定化制御装置にとってそれほど困難ではない。たとえば、目標値の 0.05% の精度内で運転さ

50

れている。

【 0 0 0 6 】

しかし、かなりの容量の負荷が突然投入された場合、過渡的状态では周波数が低下し、過渡状態を脱するのに数秒の時間を必要とする。

【 0 0 0 7 】

同様に、発電電力の予測が困難な風力発電などの再生可能エネルギーは、今後、重要なエネルギー源として電力系統に接続される模様であるが、この普及が進めば周波数変動要因になる。結局、風力発電の電力変動は数秒から数十秒の周期で変動するため、変動分を補償する手段が必要となる。

【 0 0 0 8 】

変動を高速に補償する能力のある水力発電などが極端に少ない我が国の電力系統にとって、電力貯蔵など電力の平準化手段が必要とされている。

【 0 0 0 9 】

変動発電電力が大きくなると、その補償用発電設備をそれに応じて用意する必要があるが、そのために電力系統にあらたな電力源を用意することが困難である場合は、風力発電の総量を抑えるしか周波数の安定を保つ方法はない。そのため、電力会社は、電力系統の周波数擾乱要因として、風力発電の参入を制限する必要が生じている。

そこで、風力発電機の出力変動により電力系統に発生する電力変動を抑制するための系統安定化装置が提案されている(特許文献 1 参照)。これは風力発電機側に設置されるものであり、これにより電力系統に安定した電力を出力することが可能となるが、風力発電機ごとに設置する必要があるが、また設置コストも高いため普及していないのが実情である。

【 0 0 1 0 】

また、我が国では、電力を消費する側でも省エネ化が進んで、インバータなど周波数動揺に問題の無い機器の普及が進んでいるが、これは却って電源周波数が下がれば自動的に消費電力が下がるという自動的安定化力を失うこととなっているため、周波数の自動安定性が失われることにもつながる。

【 0 0 1 1 】

近年、夜間電力貯蔵のための揚水発電所において、揚水運転時に揚水出力を周波数調整に利用する可変速揚水発電が世界に先駆けて実用化されている。これは、我が国の原子力発電は負荷追従運転を行わないため、その比率が増えるにつれて夜間の電力調整能力が不足する事態になったためでもある。

【 0 0 1 2 】

このように、負荷側での調整能力を、電力系統に存在する一般負荷に求めることは、21世紀の省エネ社会では当然要請されることと思われる。例えば北海道だけでも22万台普及している電気温水器は、30%程度の出力調整で温水器本来の機能(湯を沸かすこと)を失うことがないように時分割制御できるので、これをインターネットなどの通信手段で統括集中制御することが可能である。

【 0 0 1 3 】

そこで、分散電源の発電電力の変動を直接抑制する代わりに、系統全体の需給バランスから必要な可制御負荷の消費電力量の総量を判断し、消費電力調節を行わせる可制御負荷を選定し、消費電力指令を送信する系統情報監視システムが提案されている(特許文献 2 参照)。

しかしながら、このシステムは、大電力系統に連なる配電系統情報監視システムの構築を目的としているので、大電力系統全体の制御を行う中央給電指令所と同じ権限をもつ情報監視システムでなければうまくいかない、全体制御を目的としたシステムである。

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 1 2 5 3 1 7

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 2 6 9 7 4 4

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 4 】

10

20

30

40

50

これに対して、本願発明者は、電力系統の電力の安定化装置はすでに存在し稼働しているので、新たに連系された分散電源の電力変動分のみを補償することができれば、従来の系統安定化装置をそのまま利用することができ、系統全体の需給バランスを考慮する必要もなくなることに着目した。

本発明は上述のような事情に鑑みなされたものであり、現状稼働している電力系統の安定化装置と連系しつつ、分散電源の発電電力の変動によって系統に周波数の擾乱が生じないようにするための電力系統安定化システム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】

【0015】

本発明は、電力系統に接続された複数の特定の負荷の消費電力を通信回線を介して制御し、前記電力系統の周波数安定化を図る、通信回線を利用した電力系統安定化システムに関し、本発明の上記目的は、

前記電力系統に接続される数秒以上の周期で電力変動する発電電力を供給する一又は複数の分散電源と、前記各分散電源の発電電力を検出し時刻情報を含む発電電力情報を前記通信回線に送出する、前記分散電源ごとに設けられた発電電力検出部と、前記電力系統に接続された複数の特定の負荷の消費電力を検出し時刻情報を含む消費電力情報を前記通信回線に送出するとともに、前記特定の負荷の個別調整制御を行う、前記特定の負荷ごとに接続された消費電力計測制御端末と、前記各発電電力検出部からの発電電力情報を前記通信回線を介して取得し、前記すべての分散電源の発電電力の時系列の発電量の総量を計測する発電電力変動計測監視手段と、前記各消費電力計測制御端末からの消費電力情報を前記通信回線を介して取得し、前記消費電力の時系列の総量を計測する負荷電力変動計測監視手段と、前記発電電力変動計測監視手段が所定時間内に次の発電電力情報を取得できなかったことを前記時刻情報に基づき判断し、該発電電力情報が取得できなかった場合にはそれ以前に取得した発電電力情報に基づいて次の発電電力情報を予測演算する電力変動予測手段と、前記分散電源の発電電力（前記予測演算された発電電力を含む。）の時系列の総量と前記消費電力の時系列の総量とが一致するように、前記特定の負荷の調整制御を前記通信回線を介して前記消費電力計測制御端末に指令して行わせる負荷調整制御手段とを含み、前記発電電力検出部、消費電力計測制御端末、発電電力変動計測監視手段、負荷電力変動計測監視手段、電力変動予測手段、及び負荷調整制御手段が前記通信回線を介して相互に通信可能に接続されたことを特徴とする、通信回線を利用した電力系統安定化システムによって達成される。

【0016】

また、本発明の上記目的は、前記特定の負荷は、自動販売機の冷蔵コンプレッサー、河川排水機、又は農業用水の汲み上げポンプのいずれかであり、数十秒周期で30%未満の負荷調整を行うことによって効果的に達成される。

【0017】

さらに、本発明の上記目的は、前記特定の負荷が、前記電力系統に接続された第二の電力系統の中にある場合に、前記特定の負荷の消費電力の調整制御を行うことにより、前記分散電源の発電電力の変動を補償することによって、さらに効果的に達成される。

【0018】

またさらに、本発明の上記目的は、前記電力系統の中に、電力貯蔵装置として、短時間に充放電可能なフライホイール付可変速発電機を備え、前記発電電力の急激な変動時に前記特定の負荷の消費電力の調整制御で補償し切れない分を、前記可変速発電機のフライホイールでエネルギーを充放電させて調整を行うことによって、さらに効果的に達成される。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムによれば、現状稼働している電力系統の安定化装置と連系しつつ、分散電源の発電電力の変動による電力系統の周波数の擾乱を防止することができる。

10

20

30

40

50

また、通信回線の通信遅れによって所定時間内に次の発電電力情報が取得できなかった場合においても、直前のデータに基づいて予測した電力値によって特定負荷の消費電力を調整制御することができる。

さらには、急激な発電電力の変動があり、特定負荷の消費電力の制御だけでは調整ができない場合であっても、フライホイール付可変速発電機と組み合わせることによって消費電力の調整が可能となり、電力系統の周波数擾乱を効果的に防止することができ、システムの冗長性を確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明は、再生可能エネルギー等の分散電源の電力変動が電力系統に周波数擾乱を与えないように、電力系統の周波数を制御する従来からの系統安定化装置と連携しつつ、当該電力系統へ流入する分散電源の変動電力の総量と、その変動を補償する制御可能な特定の負荷の電力総量を通信回線を介して常に監視し、それらが一致するように特定負荷の電力を通信回線を介して統括集中制御する電力系統安定化システムに関するものである。

すなわち、分散電源の発電電力変動に見合うだけの負荷側の消費電力変動があれば、実質変動分が相殺されるので、系統全体としては、（分散電源の発電電力変動に起因する）周波数の擾乱はなくなるということである。

なお、特定の負荷とは、このような負荷の消費電力制御を許容する契約をした特定の需要家の負荷を指す。例えば、全国に300万台普及していると思われる電気温水器や、エアコン等、湯を沸かしたり、室温の調節を行ったりする等の本来の機能が満たされていれば多少の消費電力変動があっても問題がないような負荷である。

さらに例をあげると、自動販売機の冷蔵コンプレッサー、河川排水機や農業用水の汲み上げポンプも一定の電力で運転を行うことは必ずしも必須ではない。コンプレッサーやポンプ出力を数十秒周期で30%程度変動させても運転に支障が無いからである。

【0021】

電力系統の周波数は、もっとも単純には数1の方程式で支配されている。電力系統に入ってくる電力 $P_{in}$ 、電力系統につながれている需要家の電力負荷 $P_{out}$ 、のそれぞれの総量の差が、電力系統の周波数を決める。電力系統につながれたすべての回転機の回転モーメントを $I$ とする。回転モーメント $I$ を持つ回転機には発電機ばかりではなく、負荷となっている電動機も含まれる。

【0022】

回転スピード、すなわち周波数を とすれば、

【数1】

$$\sum P_{in} - \sum P_{out} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} I \omega^2 \right)$$

ここで、注目する周波数 の時間変化は、数1式から、

【数2】

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{I\omega} (\sum P_{in} - \sum P_{out})$$

となり、極端な同期外れがない条件では を基準周波数  $\omega_0$  としてよいから、数2式は

【数3】

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_0}{I\omega_0^2} (\sum P_{in} - \sum P_{out}) = \frac{\omega_0}{M} (\sum P_{in} - \sum P_{out})$$

となる。ここで、 $M = I \omega_0^2$  は、蓄積される運動エネルギーの2倍に等しくなる。

$$H = M / 2 S$$

安定度の解析には、単位慣性定数 $H$ が用いられ、 $S$ を発電機の総出力又は総需要とすれば、回転エネルギーと回転数変化スピードはこの時定数 $H$ で変化すると言える。

## 【 0 0 2 3 】

この時定数が数秒から10秒程度あるのが一般である。そのため、周波数の精度を0.05Hzの精度で維持するには、周波数偏差を検出してから、発電所の出力である  $P_{in}$  を制御する必要があるが、制御遅れは秒以下の短時間である必要があり、遅れると精度逸脱の要因になる。この周波数制御は電力系統に既に存在して稼動している周波数安定化装置が行っている。

## 【 0 0 2 4 】

次に、電力系統に分散電源が連系された場合の周波数変動は次の数4で表される。

## 【数4】

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_0}{M} (\sum P_{in} - \sum P_{out} + P_r - P_c)$$

10

ここで、 $P_r$ は再生可能エネルギー(分散電源)による発電電力量であり、 $P_c$ は本発明に係る電力系統安定化システムの電力計測制御装置によって通信手段を介して制御した結果の消費電力の量である。すなわち、周波数を下げたい場合は、 $P_c$ を大きくすれば数4の式の右辺のカッコ内は負になる。逆に周波数をあげたい場合は、 $P_c$ を小さくすればよい。その判断は従来、周波数の偏差を求めて行うのが普通であった。

なお、「再生可能エネルギー」とは、枯渇する化石燃料から得られるエネルギーに対して、自然環境の中で繰り返し起こる現象に伴って得られるエネルギーを指し、風力、水力、太陽光、地熱によって発電される電力をいい、分散電源の一つである。

20

## 【 0 0 2 5 】

本発明では、電力系統に入ってくる変動の大きな再生可能エネルギー、例えば風力発電などの電力増分  $P_r$  を通信手段で計測収集して、それと同じ消費電力  $P_c$  になるように特定の負荷に指令を発すれば、変動分は相殺され、数4式の周波数変化は実質的には数3の周波数変化と同じになり、従来の運転のままでよく、分散電源の変動電力の影響を受けないことになる。

## 【 0 0 2 6 】

現在のインターネットや電力線搬送ブロードバンドなどの通信手段が発達した状況では、変動電力(分散電源)の発電量を制御するばかりではなく、逆に特定の負荷の消費電力を高速制御することでこれを実現することが可能になっている。

30

本発明に係る電力系統安定化システムは、変動する電力系統への電力出入り総量をインターネット等の通信回線を介して高速にモニターして、その量に応じた負荷側の電力消費をその影響が現れないように広く薄く制御調整をしようとするものである。

## 【 0 0 2 7 】

近年のインターネットなどの通信手段は十分なスピードでデータ収集が可能で、インターネットを介して、分散した多数の特定の負荷の高速制御が可能である。しかし、インターネットの渋滞や時間遅れの不確実性を回避するために、各モニター点でのデータを衛星や、電波などからのより正確な時刻とともに収集することで、統括制御装置はデータを時系列で並べなおして再構築して判断し、また各負荷への指令も通信遅れや制御遅れを予測した制御を可能とすることが必要である。

40

## 【 0 0 2 8 】

たとえば、全国に300万台普及していると思われる電気温水器は、加熱ヒータ電力が風力発電の変動周期である数十秒で変化しても、変動が30%程度であればお湯を沸かす機能に問題は生じない。

さらに例をあげると、自動販売機の冷蔵コンプレッサー、河川排水機や農業用水の汲み上げポンプは一定の電力で運転を行うことは必ずしも必須ではない。コンプレッサーやポンプ出力を数十秒周期で30%程度変動させても運転に支障が無い場合、電力系統に分散している特定の負荷を本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの電力計測制御装置で集中制御すれば、最終的に周波数変動を起こさないようにできる。

## 【 0 0 2 9 】

50

これまで主として発電制御をしていた系統運用が大きな尤度を持つことが可能になるばかりでなく、周波数制御のために待機していた発電機の稼働率を上げることが可能で、省エネルギーに貢献することは明らかである。

#### 【 0 0 3 0 】

風力の脈動に応じた負荷調整を可能にすれば電力系統はさらに自然エネルギーの導入許容可能になるし、電力の周波数が変動しないという電力品質も向上する。他の電力系との電力連系も計画通りの運用が可能になり、いま進められている電力市場化に必須な条件である。

#### 【 実施例 】

#### 【 0 0 3 1 】

図面を参照しつつ詳細に説明する。

図 1 は、本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの第 1 実施形態を示すシステム構成図である。

電力系統 1 0 には、火力発電、水力発電又は原子力発電等の一般発電設備 1 1 が含まれ、一般家庭や工場等の一般負荷設備 1 2 が接続されている。また、図示しない周波数安定化装置も接続されている。

また、電力系統 1 0 には分散電源の一種である風力発電機 2 0 が連系され、これによって発電された電力が電力系統 1 0 に供給されるようになっている。風力発電機 2 0 には発電電力を検出する発電電力検出部 2 1 が接続されている。

さらに、電力系統 1 0 には、後述の電力計測制御装置 3 0 によって消費電力を制御することを許容する契約をした特定の需要家の負荷である“特定の負荷 1 3”が複数接続されている。特定の負荷 1 3 には、負荷の調整制御を行い消費電力の検出を行う消費電力計測制御端末 1 4 が接続されている。

電力計測制御装置 3 0 は、風力発電機 2 0 の発電電力の時系列の総量と、特定の負荷 1 3 の消費電力の時系列の総量とが一致するように制御するものであり、発電電力検出部 2 1、消費電力計測制御端末 1 4 及び電力計測制御装置 3 0 の通信制御手段 3 1 が、インターネット通信網などの通信回線 4 0 を介して相互に通信可能に接続されている。

ここで、電力計測制御装置 3 0 は、通信回線 4 0 を介して発電電力情報を取得し、発電電力の時系列の発電量の総量を計測する発電電力変動計測監視手段 3 2 と、通信回線 4 0 を介して消費電力情報を取得し、消費電力の時系列の総量を計測する負荷電力変動計測監視手段 3 3 と、発電電力の時系列の総量と消費電力の時系列の総量とが一致するように特定の負荷 1 3 の調整制御を行う負荷調整制御手段 3 4 と、通信回線 4 0 の通信遅れによって所定時間内に次の発電電力情報が取得できなかった場合に、それ以前に取得した発電電力情報を基にして次の発電電力情報を予測演算する電力変動予測手段 3 5 を備えている。

#### 【 0 0 3 2 】

以上の構成において、本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの動作について説明する。

風力発電機 2 0 で発電された電力が発電電力検出部 2 1 で検出されるとともに時刻データとともにリアルタイムで通信回線 4 0 を介して、電力計測制御装置 3 0 に送られ、発電電力変動計測監視手段 3 2 において、時系列の発電電力の変動が計測される。

また、特定の負荷 1 3 に接続された消費電力計測制御端末 1 4 からは各負荷の消費電力情報が時刻データとともにリアルタイムで送られ、負荷電力変動計測監視手段 3 3 において、時系列の消費電力の変動が計測される。

発電電力変動計測監視手段 3 2 において計測された時系列の発電電力の変動分と、負荷電力変動計測監視手段 3 3 で計測された各負荷の消費電力値とから、負荷調整制御手段 3 4 で消費電力の指令値を算出し、通信回線 4 0 を介して消費電力計測制御端末 1 4 によって特定の負荷 1 3 の消費電力を調整制御する。

具体的には、風力発電と発電電力の変動分を特定の負荷の台数で等分し、それを各々の特定の負荷の消費電力指令値に割り振る。あるいは、負荷（湯沸かし器等）の状態（お湯の温度）をリアルタイムに計測し、湯温度の低い負荷に多くを振り向けるようにしてもよ

10

20

30

40

50

い。振分けの仕方は予め設定されたプログラムによって制御される。

特定の負荷は系統に多数あるので、一台あたりの負担はわずかであり、本来の機能は十分果たすように制御することができる。

その結果、風力発電で発生した電力は、間接的に特定の負荷で消費されたことになる。

#### 【 0 0 3 3 】

特定の負荷には電力量に応じた課金システムがあるが、電力系統は電力の託送料金を受け取り、風力発電、送配電、特定の負荷の需要家の三者で利益が出るようなシステムであることが肝要である。

#### 【 0 0 3 4 】

本発明においては、発電量や電力消費量を正確に時間遅れなく計測制御することが制御の要になるが、通信回線の時間遅れは、状況によって変化するし、制御の機器の種類によって、個々に異なる場合がある。

図 2 は、時間遅れがすべて 0.5 秒ある場合のシミュレーションの結果を示すものである。これは発電電力の変動分を特定の負荷の消費電力を変動させることによって補償しない場合を示しているが、変動発電電力と消費電力の大きさが一致しても、時間遅れが生じると周波数変動が現れることが分かる。

#### 【 0 0 3 5 】

そこで、これを回避するために、計測には、すべて正確な時間データをつけて行い、時系列データの解析から電力計測制御装置 30 内の電力変動予測手段 35 により、発電電力の予測値を求めて、それに基づいて消費電力指令値を算出し、これを目標に負荷の制御を行えばこの問題を回避する事ができる。具体的には、図 3 に示すとおりである。発電電力の予測は、例えば、直前の 3 つのデータを用いて直線補間法によって次のデータを予測し、送れてきた実際のデータを用いて該予測データを補正し、さらに次のデータを予測するようにしてもよい。

#### 【 0 0 3 6 】

実施例として、電力計測制御装置 30 は、通信回線 40 を介して、複数の風力発電業者から、0.5 秒間隔で電力系統への発電電力量  $P_r$  を受け取り、その分の消費電力を既に契約している多数の特定需要家の電気温水器に取り付けた消費電力計測制御端末 14 により、出力制御され、その結果の電力使用量  $P_c$  が返される。通信と制御の時間遅れは 0.5 秒を想定している。

#### 【 0 0 3 7 】

図 4 にシミュレーション結果を示すが、総需要 10000MW のモデル系統の周波数応答を使っている。風力発電は 10 秒周期でピーク 100MW 変動した場合、制御無しでは周波数の偏差は 0.05Hz を逸脱するが (図 2 の場合)、0.5 秒遅れで電力計測制御装置 30 が特定の負荷 13 に電力消費を増やす指令を与えてこの 10 秒周期の発電電力変動を相殺させると、周波数の偏差は激減する。100MW の電力増を分散すれば 10 万台の電気温水器 1 台あたりでは 1kW で、これは 25% 程度の出力変動で温水器の能力としては許容範囲であると思われる。

#### 【 0 0 3 8 】

図 5 は、本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの第 2 実施形態を示すシステム構成図であり、電力系統をまたいで、発電電力の変動を他の電力系統に接続された特定の負荷で調整する場合の概念を示す図である。電力系統の連系線の電力潮流はこのシステムによる電力託送により変化するが、それによって、各々の電力系統は周波数制御や位相制御をしなくてよいことがわかる。その情報を系統連系制御装置 (図示せず) がわかっているれば、実際の動作は何もしなくて良いことになる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 6 は、本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの第 3 実施形態を示すシステム構成図であり、電力貯蔵装置として、短時間に充放電可能なフライホイール付可変速発電機 60 がある場合を示している。

発電電力の急激な変動時に特定の負荷の消費電力の調整制御で補償し切れない分を、可変速発電機のフライホイールでエネルギーを充放電させて調整を行うものである。また、

10

20

30

40

50



通信などの渋滞によって制御遅れが生じている場合、緊急に可変速発電機のフライホイールにエネルギーを充放電させてシステムの信頼性をあげる場合もある。この場合、フライホイールのエネルギーや充放電容量は制御遅れの分だけで良く、エネルギーが極端に小さく、また蓄積時間も数秒から長くても1分と考えられるので、フライホイールシステムがもっともコストメリットがある電力貯蔵装置であると言える。

なお、通信回線の例としてインターネットを挙げたが、イントラネットでもよいことは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0040】

従来、電力システムは需要家を100%満足させるために必要な発電設備を準備してきたが、負荷変動に追従して電力を発生させるために、ピーク負荷に対応した発電力を維持するために、発電システムと送電配電システムの平均利用率が下がってしまう結果になっている。

【0041】

分散化または自立自家発電システムであれば当然行う需要(電力消費)制限を、広く一般電力システムでも可能にするのがこのシステムである。とくに近年再生可能エネルギーを導入して地球温暖化ガスの排出を削減する必要があるが、自然エネルギーは不規則で制御が困難であり、電力システムが許容するには、この変動を克服しなければならない。

【0042】

最終的には電力貯蔵装置が平準化に最も有効であるが、かなりの初期建設費が必要である。本発明によれば電力システムに属する緊急でない負荷(注：需要調整をしても重大な影響がないような負荷のこと。)を特定の負荷として需要家から提供してもらい、インターネットなどの通信回線を介して負荷電力をリアルタイムで需要調整することで、電力システムは建設費をかけずに負荷平準化を手に入れることができ、風力などの変動電力を受け入れることが可能な電力システムを提供できる。

【0043】

各家庭の末端までインターネットの常時接続などが標準になりつつあり、高速な通信手段の高度化と低コスト化によって、各家庭の負荷の端末(例えば分電盤など)に消費電力計測制御端末14を設置することで、インターネットを介して1台の電力計測制御装置30により運用可能である。

【0044】

各家庭の電気製品が無線通信機能を持ち、相互に情報を交換するブルートゥース(Bluetooth)チップを持つ機器ではインターネットを介して制御が可能になっている。より効率的なエネルギーシステムを構築するために、インターネットなど通信制御で電力のリアルタイム制御を、とくに需要制限も含めて行う構想は省エネに向かう方向で重要なことである。

【0045】

電力システムを緊急時により安全により有効に運用するために、電力計測制御装置30において、例えば、システムの障害や地震などの緊急信号によって所定のプログラムが起動して、通信手段を介して需要家の分電盤の負荷を優先順序に基づいた選択遮断制御を行うことも可能になる。

本システムの目指す所は、電気がライフラインとなった電力システムシステムをより安全に有効に運用するシステムへとつながるものである。例えば、都市部の地震災害では電気火災が問題であるが、本システムは地震信号で各家庭の分電盤を選択遮断させる制御を行うことでこれに対処できる。通信手段に電力線を用いたブロードバンドデータ通信で行えば、自己完結的である利点が多いと思われる。

【0046】

電力システムは本発明によって、まさに生体機能のように必要な部位に血流が集まる機能を付加したことになることの意義は大きく、新しいエネルギーシステムに進化する。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

【図 1】本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの第 1 実施形態を示すシステム構成図である。

【図 2】10000MW規模の電力システムに100MWのピーク、10秒周期の風力発電が流入した場合の周波数偏差のシミュレーション結果を示す図である。

【図 3】発電電力量の計測と伝送遅れと消費電力指令の時間遅れを予測する制御法のフローを示す図である。

【図 4】図 2 の条件で、風力発電変動を検出して、それに0.5秒遅れで同期して特定負荷を制御した場合の周波数偏差のシミュレーション結果を示す図である。

【図 5】本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの第 2 実施形態を示すシステム構成図である。

10

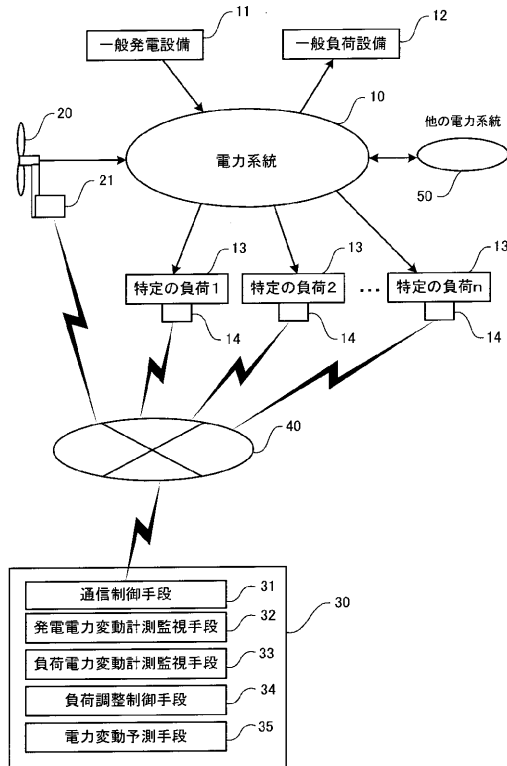
【図 6】本発明に係る通信回線を利用した電力系統安定化システムの第 3 実施形態を示すシステム構成図である。

## 【符号の説明】

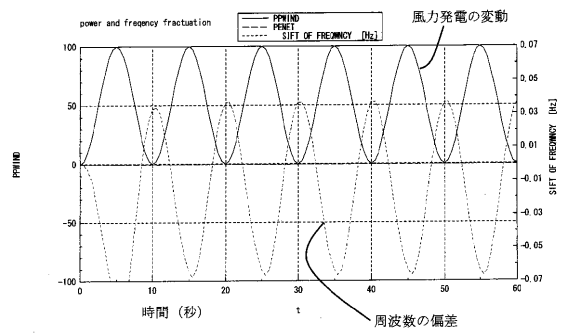
## 【 0 0 4 8 】

- 1 0 電力系統
- 1 1 一般発電設備
- 1 2 一般負荷設備
- 1 3 特定の負荷
- 1 4 消費電力計測制御端末 20
- 2 0 分散電源(風力発電機)
- 2 1 発電電力検出部
- 3 0 電力計測制御装置
- 3 1 通信制御手段
- 3 2 発電電力変動計測監視手段
- 3 3 負荷電力変動計測監視手段
- 3 4 負荷調整制御手段
- 3 5 電力変動予測手段
- 4 0 インターネット通信網
- 5 0 他の電力系統(第二電力系統) 30
- 6 0 電力貯蔵装置(フライホイール付可変速発電機)

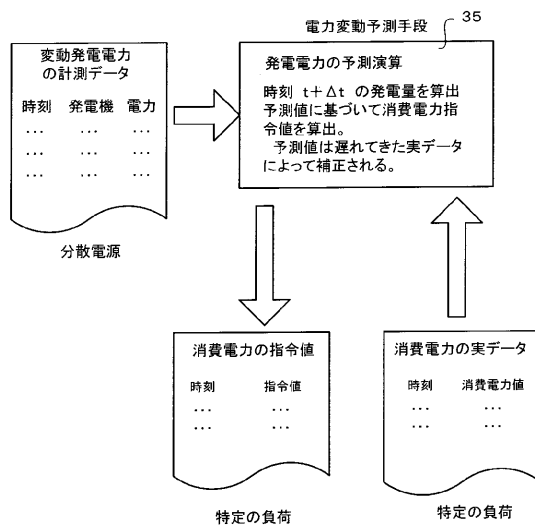
【図 1】



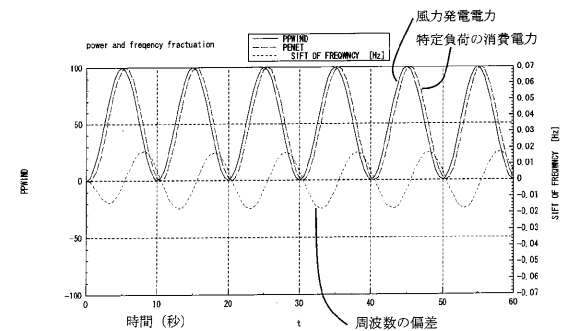
【図 2】



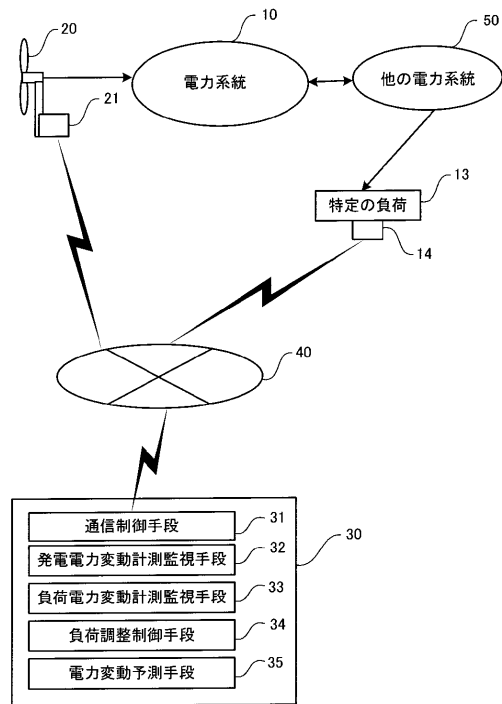
【図 3】



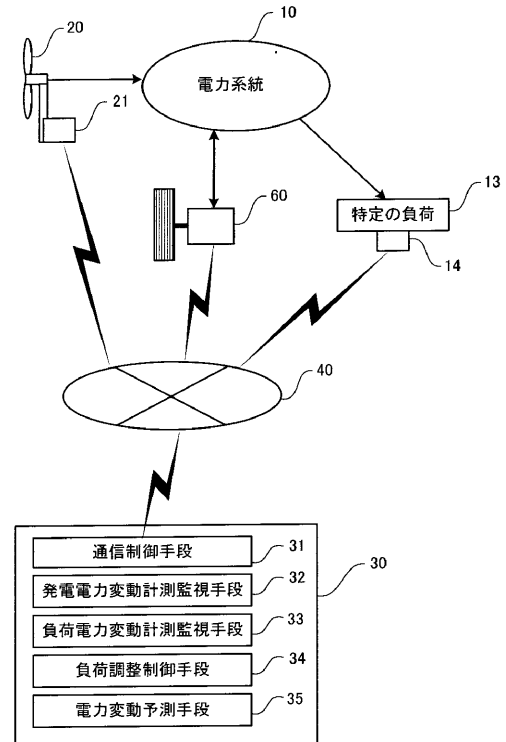
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 6 9 7 4 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 1 9 9 2 4 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 0 2 0 8 2 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H02J3/00