

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5861152号  
(P5861152)

(45) 発行日 平成28年2月16日 (2016. 2. 16)

(24) 登録日 平成28年1月8日 (2016. 1. 8)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 P 9/00 (2006. 01)

H O 2 P 9/00 F

F O 3 D 9/25 (2016. 01)

H O 2 P 9/00 A

F O 3 D 9/00 B

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2014-140281 (P2014-140281)  
 (22) 出願日 平成26年7月8日 (2014. 7. 8)  
 (65) 公開番号 特開2016-19351 (P2016-19351A)  
 (43) 公開日 平成28年2月1日 (2016. 2. 1)  
 審査請求日 平成26年9月11日 (2014. 9. 11)

(73) 特許権者 591040236  
 石川県  
 石川県金沢市鞍月 1 丁目 1 番地  
 (74) 代理人 100137394  
 弁理士 横井 敏弘  
 (72) 発明者 田村 陽一  
 石川県金沢市鞍月 2 丁目 1 番地 石川県工  
 業試験場内  
 (72) 発明者 加藤 直孝  
 石川県金沢市鞍月 2 丁目 1 番地 石川県工  
 業試験場内  
 (72) 発明者 上田 芳弘  
 石川県金沢市鞍月 2 丁目 1 番地 石川県工  
 業試験場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電制御装置、発電制御方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発電機により発電される電力を測定する電力測定部と、

前記発電機に発電される電力に関する負荷としての、コンバータの入力インピーダンス  
を変更する負荷変更部と、前記電力測定部により測定された電力に基づいて、前記負荷変更部により入力インピー  
ダンスを変更する前の電力と、前記負荷変更部により入力インピーダンスを変更した後の  
電力とを比較する電力比較部と、前記電力比較部により比較した結果に基づいて、前記負荷変更部による変更を確定する  
か否かを判断する負荷判断部と

を有し、

前記負荷判断部は、入力インピーダンスの変更によって電力が増加した場合に、入力イ  
ンピーダンスの変更を確定させ、入力インピーダンスの変更によって電力が増加しない場  
合に、変更した入力インピーダンスを元に戻させる

発電制御装置。

【請求項 2】

前記負荷判断部は、前記電力比較部により電力が増加していないと判断された場合に、  
前記負荷変更部に入力インピーダンスの変更を元に戻すよう指示し、前記負荷変更部は、前記負荷判断部の指示に基づいて、一旦変更した入力インピーダン  
スを変更前に戻す

10

20

請求項 1 に記載の発電制御装置。

【請求項 3】

前記発電機は、風力発電機であり、

前記負荷変更部による入力インピーダンスの変更前後における風速の変動量が既定値以下であるか否かを確認する変動確認部

をさらに有し、

前記負荷判断部は、前記変動確認部による確認結果に基づいて、前記負荷変更部に入力インピーダンスの変更を確定または変更前に戻させる

請求項 2 に記載の発電制御装置。

【請求項 4】

前記風力発電機から発電される電圧を測定する電圧測定部

をさらに有し、

前記変動確認部は、前記負荷変更部による入力インピーダンスの変更前と、入力インピーダンスを一旦変更して戻した場合との電圧を、前記電圧測定部に測定させ、測定された電圧の変動を確認し、

前記負荷判断部は、前記変動確認部により、入力インピーダンスの変更前後における電圧の変動量が既定値以下であると判断された場合に、前記負荷変更部に入力インピーダンスの変更を確定するよう指示し、前記変動確認部により、入力インピーダンスの変更前後の電圧の変動量が既定値を超えると判断された場合に、前記負荷変更部に一旦変更した入力インピーダンスを変更前に戻すよう指示する

請求項 3 に記載の発電制御装置。

【請求項 5】

前記風力発電機から発電される電圧を測定する電圧測定部

をさらに有し、

前記負荷変更部による入力インピーダンスの変更後に、前記電圧測定部により測定される電圧に基づいて、前記発電機による発電が安定したか否かを判定する発電安定判定部

をさらに有し、

前記電力比較部は、前記発電安定判定部により、発電が安定したと判定された後に、電力を比較し、

前記変動確認部は、前記発電安定判定部により、発電が安定したと判定された後に、風速の変動量を確認する

請求項 3 に記載の発電制御装置。

【請求項 6】

前記電力測定部により測定される電力が既定時間の間、継続して減少または増加しているか否かを判定する電力継続判定部

をさらに有し、

前記負荷判断部は、前記電力継続判定部により、電力が既定時間の間、継続して減少または増加していると判断された場合に、入力インピーダンスを変更させるか否かを判断する

請求項 1 に記載の発電制御装置。

【請求項 7】

電力が電圧の定数  $n$  乗 ( $n$  は 2 ~ 4 ) に比例する特性曲線もしくは電流が電圧の  $(n - 1)$  乗に比例する特性曲線に用いる比例定数を演算する演算部

をさらに有し、

前記演算部は、計算された比例定数を既定の倍率で変化させ、

前記負荷変更部は、前記演算部により演算された比例定数に基づいて入力インピーダンスを変更する

請求項 1 に記載の発電制御装置。

【請求項 8】

前記負荷変更部は、前記比例定数の初期値として、前記演算部により演算された最も負

10

20

30

40

50

荷が重い比例定数に基づいて入力インピーダンスを設定する  
請求項 7 に記載の発電制御装置。

【請求項 9】

発電機により発電される電力を測定するステップと、  
前記発電機に発電される電力に関する負荷としての、コンバータの入力インピーダンス  
を変更するステップと、  
測定された電力に基づいて、入力インピーダンスを変更する前の電力と、入力インピー  
ダンスを変更した後の電力とを比較するステップと、  
比較した結果に基づいて、入力インピーダンスの変更によって電力が増加した場合に、  
入力インピーダンスの変更を確定するステップと、  
比較した結果に基づいて、入力インピーダンスの変更によって電力が増加しない場合に、  
変更した入力インピーダンスを元に戻すステップと  
を有する発電制御方法。

10

【請求項 10】

発電機により発電される電力を測定するステップと、  
前記発電機に発電される電力に関する負荷としての、コンバータの入力インピーダンス  
を変更するステップと、  
測定された電力に基づいて、入力インピーダンスを変更する前の電力と、入力インピー  
ダンスを変更した後の電力とを比較するステップと、  
比較した結果に基づいて、入力インピーダンスの変更によって電力が増加した場合に、  
入力インピーダンスの変更を確定するステップと、  
比較した結果に基づいて、入力インピーダンスの変更によって電力が増加しない場合に、  
変更した入力インピーダンスを元に戻すステップと  
をコンピュータに実行させるプログラム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発電制御装置、発電制御方法、及びプログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 には、所定の P W M 駆動信号によりスイッチング動作するスイッチ  
ング素子によって、小型風力発電機から供給されたりアクトルのリアクトル電流を増減さ  
せるチョッパ回路と、前記チョッパ回路を介して前記小型風力発電機の出力電力を充電す  
る蓄電手段と、前記 P W M 駆動信号を生成して前記リアクトル電流を増減制御するリアク  
トル電流制御手段と、を備える小型風力発電充電装置であって、前記リアクトル電流制御  
手段は、各風速下における前記小型風力発電機の出力電力、及びロータの回転数の関係  
を予め測定して得た出力特性から、山登り法に基づき所定の周期毎に前記出力電力を最大電  
力点に近づけるための最大電力点追従制御信号を生成する最大電力点追従制御信号生成手  
段と、検出した前記小型風力発電機の出力電圧に比例する比例成分信号を前記最大電力点  
追従制御信号に加算して、前記リアクトル電流の電流指令値を生成するリアクトル電流指  
令値生成手段と、生成した前記リアクトル電流指令値と検出した前記リアクトル電流に基  
づき前記 P W M 駆動信号を生成する駆動信号生成手段と、を備える、ことを特徴とする小  
型風力発電充電装置が開示されている。

30

40

【0003】

また、特許文献 2 には、風速計を使用せずに定周速比運転を行う風力タービンにおいて  
、運転中に負荷特性を変化させ、その前後のシステムの運転挙動が大きく異なることを利  
用して、システムの応答性を監視指標とすることを特徴とする風力タービンの性能低下監  
視方法が開示されている。

【0004】

先行技術文献に開示のように、風力発電機は、発電機毎に特有の制御特性を持つため、

50

従来は、開発した風力発電機を稼働する前に風洞実験を行い、開発した風力発電機の制御特性を調べ、その制御特性に基づいた発電制御装置を設計する必要があった。しかし、一つの風力発電機に対して専用の発電制御装置を設置するため、発電制御装置は、汎用性がなく、また、経年劣化等で変化した風力発電機の制御特性に対応することは難しいという課題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-284570号公報

【特許文献2】特開2009-127598号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明によれば、発電装置に適した制御特性を検出する発電制御装置、発電制御方法、及びプログラ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】

【0007】

本発明に係る発電制御装置は、発電機により発電される電力を測定する電力測定部と、前記発電機に発電される電力に関する負荷を変更する負荷変更部と、前記電力測定部により測定された電力に基づいて、前記負荷変更部により負荷を変更する前の電力と、前記負荷変更部により負荷を変更した後の電力とを比較する電力比較部と、前記電力比較部により比較した結果に基づいて、前記負荷変更部に負荷を変更させるか否かを判断する負荷判断部とを有する。

20

【0008】

好適には、前記負荷判断部は、前記電力比較部により電力が増加していないと判断された場合に、前記負荷変更部に負荷の変更を元に戻すよう指示し、前記負荷変更部は、前記負荷判断部の指示に基づいて、一旦変更した負荷を変更前に戻す。

【0009】

好適には、前記発電機は、風力発電機であり、前記負荷変更部による負荷の変更前後における風速の変動量が既定値以下であるか否かを確認する変動確認部をさらに有し、前記負荷判断部は、前記変動確認部による確認結果に基づいて、前記負荷変更部に負荷の変更を確定または変更前に戻させる。

30

【0010】

好適には、前記風力発電機から発電される電圧を測定する電圧測定部をさらに有し、前記変動確認部は、前記負荷変更部による負荷の変更前と、負荷を一旦変更して戻した場合との電圧を、前記電圧測定部に測定させ、測定された電圧の変動を確認し、前記負荷判断部は、前記変動確認部により、負荷の変更前後における電圧の変動量が既定値以下であると判断された場合に、前記負荷変更部に負荷の変更を確定するよう指示し、前記変動確認部により、負荷の変更前後の電圧の変動量が既定値を超えると判断された場合に、前記負荷変更部に一旦変更した負荷を変更前に戻すよう指示する。

40

【0011】

好適には、前記負荷変更部による負荷の変更後に、前記電圧測定部により測定される電圧に基づいて、前記発電機による発電が安定したか否かを判定する発電安定判定部をさらに有し、前記電力比較部は、前記発電安定判定部により、発電が安定したと判定された後に、電力を比較し、前記変動確認部は、前記発電安定判定部により、発電が安定したと判定された後に、風速の変動量を確認する。

【0012】

好適には、前記電力測定部により測定される電力が既定時間の間、継続して減少または増加しているか否かを判定する電力継続判定部をさらに有し、前記負荷判断部は、前記電力継続判定部により、電力が既定時間の間、継続して減少または増加していると判断され

50

た場合に、負荷を変更させるか否かを判断する。

【 0 0 1 3 】

好適には、前記負荷は、電氣的な負荷であるコンバータの入力インピーダンスであり、電力が電圧の定数  $n$  乗 ( $n$  は 2 ~ 4 ) に比例する特性曲線もしくは電流が電圧の ( $n - 1$ ) 乗に比例する特性曲線に用いる比例定数を演算する演算部をさらに有し、前記演算部は、計算された比例定数を既定の倍率で変化させ、前記負荷変更部は、前記演算部により演算された比例定数に基づいて入力インピーダンスを変更する。

【 0 0 1 4 】

好適には、前記負荷変更部は、前記比例定数の初期値として、前記演算部により演算された最も負荷が重い比例定数に基づいて入力インピーダンスを設定する。

10

【 0 0 1 5 】

また、本発明に係る発電制御方法は、発電機により発電される電力を測定するステップと、前記発電機に発電される電力に関する負荷を変更するステップと、測定された電力に基づいて、負荷を変更する前の電力と、負荷を変更した後の電力とを比較するステップと、比較した結果に基づいて、負荷を変更させるか否かを判断するステップとを有する。

【 0 0 1 6 】

また、本発明に係るプログラムは、発電機により発電される電力を測定するステップと、前記発電機に発電される電力に関する負荷を変更するステップと、測定された電力に基づいて、負荷を変更する前の電力と、負荷を変更した後の電力とを比較するステップと、比較した結果に基づいて、負荷を変更させるか否かを判断するステップとをコンピュータ

20

に実行させる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、発電機を稼働させながらその制御特性を検出し、検出した制御特性に基づいて、高効率に電力の取り出しを実現することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 により計算された制御特性曲線を表すグラフである。

【 図 2 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 を風力発電機 3 に接続した状態を例示する概略構成図である。

30

【 図 3 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 による比例定数の変更確定処理 ( S 1 0 ) を説明するフローチャートである。

【 図 4 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 の機能構成を例示する図である。

【 図 5 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 により測定された電圧情報を表すグラフである。

【 図 6 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 による負荷増減の決定処理 ( S 2 0 ) を説明するフローチャートである。

【 図 7 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 により測定された電力情報、電圧情報、及び負荷変更情報を表すグラフである。

40

【 図 8 】 本実施形態に係る発電制御装置 1 により計測された電圧 - 電力特性曲線を表すグラフである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明の実施形態の構成を、図面を参照して説明する。ただし、本発明の範囲は、図示例に限定されるものではない。

また、本実施例では、発電機が風力発電機である場合について説明する。

【 0 0 2 0 】

従来は、風力発電機毎に、風洞実験等により測定した発電電圧の 3 乗に比例した電力を取り出す回路を組むことで、風速が変化しても効率よく電力を取り出す発電制御装置を設

50

計していた。例えば、発電制御装置 A は、特定の風力発電機に対して、風速が変化しても高い電力を取り出せるが、発電制御装置 B では、発電制御装置 A よりも少ない電力しか取り出せない。これは、発電制御装置 A がこの風力発電機の制御特性に基づいて設計された発電制御装置であるため、風力発電機の電力を高効率で取り出すことが可能となるためである。しかし、発電制御装置 A は、他の風力発電機に接続しても効率よく電力を取り出せず、汎用性がない。すなわち、従来は、風力発電機毎に設計された発電制御装置が必要であり、特定の風力発電機のために設計された発電制御装置は、他の風力発電機では、効率よく電力を取り出せず、汎用性がないという課題があった。さらに、発電制御装置の設計には、風洞実験が必要であるため、開発期間が長く、開発コストがかかるという課題も存在していた。

10

#### 【0021】

そこで、本発明は、発電機を稼働させながらその制御特性を検出し、検出した制御特性に基づいて、高効率に電力の取り出しを実現することを目的とする。つまり、本発明の発電制御装置 1 は、風力発電機の制御特性を事前に風洞実験を行うことなく、実際に稼働させながら風力発電機の制御特性を自動的に検出する。そして、発電制御装置 1 は、検出した制御特性に基づいて、発電制御装置 1 の内部に存在するコンバータを制御することで風力発電機の電力を高効率で取り出すことを可能にする。具体的には、本発明の発電制御装置 1 は、風力発電機により生じた電力に関する負荷を自動で切り替え、高い電力が得られる負荷を検出することで風力発電機の制御特性を検出し、入力インピーダンスを制御する。より具体的には、風力発電機は、発電電圧の 3 乗に比例する電力を生じるという特性を

20

#### 【0022】

図 2 は、本実施形態にかかる発電制御装置 1 を風力発電機 3 に接続した状態を例示する概略構成図である。

30

図 2 に例示するように、発電制御装置 1 は、風力発電機 3 に接続され、風力発電機 3 により発電した電力をバッテリー 5 へ送る。発電制御装置 1 内には、コンバータが存在している。

#### 【0023】

図 3 は、発電制御装置 1 による比例定数の変更確定処理 (S10) を説明するフローチャートである。

ステップ 100 (S100) において、発電制御装置 1 は、定常状態であること、すなわち、風速が安定していることを確認する。

ステップ 105 (S105) において、発電制御装置 1 は、特性曲線の比例定数を変更する。

40

ステップ 110 (S110) において、発電制御装置 1 は、比例定数の変更前後における、風力発電機 3 により発電された電力を比較する。電力が増加している場合に、発電制御装置 1 は、S115 の処理へ移行する (S115: Yes)。電力が増加していない場合は、発電制御装置 1 は、S105 の処理へ移行する (S105: No)。

ステップ 115 (S115) において、発電制御装置 1 は、一時的に比例定数を変更前 (S100 の状態) に戻す。

ステップ 120 (S120) において、発電制御装置 1 は、S100 における比例定数変更前の電力と、比例定数の変更を一時的に戻した場合の電力とを比較する。発電電力が、比例定数変更前と比例定数の変更を戻した後で大きな変化がない場合は、発電制御装置 1 は、比例定数変更前と比例定数の変更を戻した後で風速に変化がない、つまり、風速が

50

安定しているとみなし、S 1 2 5 の処理へ移行する ( S 1 2 5 : N o )。発電電力が、比例定数変更前と比例定数の変更を戻した後で大きな変化がある場合は、発電制御装置 1 は、比例定数変更前と比例定数の変更を戻した後で風速が変化した、つまり、風速が安定していないとみなし、ステップ 1 0 5 の処理へ移行し、比例定数を変更する ( S 1 0 5 : Y e s )。

ステップ 1 2 5 ( S 1 2 5 ) において、発電制御装置 1 は、風速が安定している状態で比例定数変更により電力が増加したと判断し、比例定数の変更を確定する。具体的には、発電制御装置 1 は、S 1 1 5 において戻した比例定数を、S 1 0 5 において変更した比例定数に再度変更する。

以上の処理を繰り返すことにより、発電制御装置 1 は、発電電力が大きくなるよう比例定数を変更し、高い電力が得られる特性曲線の比例定数を検出する。

#### 【 0 0 2 4 】

図 4 は、本実施形態に係る発電制御装置 1 の機能構成を例示する図である。

図 4 に例示するように、本実施形態による発電制御装置 1 は、電力測定部 1 0、電力比較部 1 5、負荷判断部 2 0、負荷変更部 2 5、電力減少判定部 3 0、電圧測定部 3 5、処理部 4 0、発電安定判定部 4 5、変動確認部 5 0、及び演算部 5 5 を備えている。

#### 【 0 0 2 5 】

電力測定部 1 0 は、風力発電機 3 により発電される電力を測定する。具体的には、電力測定部 1 0 は、電力測定部 1 0 による電力の測定は、常時行われ、記録されている。

#### 【 0 0 2 6 】

電力比較部 1 5 は、電力測定部 1 0 により測定される電力に基づいて、負荷変更部 2 5 ( 後述 ) により負荷を変更する前に、電力測定部 1 0 により測定された電力と、負荷変更部 2 5 ( 後述 ) により負荷を変更した後に、電力測定部 1 0 により測定された電力とを比較する。

#### 【 0 0 2 7 】

負荷判断部 2 0 は、電力比較部 1 5 により比較された結果に基づいて、負荷を変更させるか否かを判断する。具体的には、負荷判断部 2 0 は、電力比較部 1 5 により電力が増加していないと判断された場合に、負荷変更部 2 5 ( 後述 ) に負荷の変更を元に戻すよう指示する。さらに、負荷判断部 2 0 は、変動確認部 5 0 ( 後述 ) の風速の変動量の確認結果に基づいて、負荷変更部 2 5 に負荷の変更を確定または、負荷の変更を変更前に戻させる。より具体的には、負荷判断部 2 0 は、変動確認部 5 0 ( 後述 ) により、負荷の変更前後における電圧の変動量が既定値以下であると判断された場合に、負荷変更部 2 5 に負荷の変更を確定するよう指示し、変動確認部 5 0 ( 後述 ) により、負荷の変更前後の電圧の変動量が既定値を超えると判断された場合に、負荷変更部 2 5 に一旦変更した負荷を変更前に戻すよう指示する。

#### 【 0 0 2 8 】

負荷変更部 2 5 は、風力発電機 3 により発電される電力に関する負荷を変更する。具体的には、負荷変更部 2 5 は、負荷判断部 2 0 により通知された負荷の変更の指示に基づいて、負荷を変更する。より具体的には、負荷変更部 2 5 は、演算部 5 5 ( 後述 ) に特性曲線の比例定数を演算させ、演算された比例定数に基づいて、コンバータの入力インピーダンスを変更する。また、負荷変更部 2 5 は、比例定数の初期値として、演算部 5 5 ( 後述 ) により演算された最も負荷が高い比例定数に基づいて入力インピーダンスを設定する。

#### 【 0 0 2 9 】

電力継続判定部 3 0 は、電力測定部 1 0 により測定される電力が既定時間の間、継続して減少または増加しているか否かを判定する。具体的には、電力継続判定部 3 0 は、電力測定部 1 0 により測定される電力が増加または減少し続けている時間が既定時間に達した場合に、負荷判断部 2 0 に、負荷を変更させるか否かを判断するよう通知する。より具体的には、電力継続判定部 3 0 は、カウンタを持ち、電力比較部 1 5 により電力が減少していると判断された場合に、カウンタに 1 を足す。電力継続判定部 3 0 は、カウンタが 4 0 に達した場合に長時間電力の減少または増加が続いているとみなし、負荷判断部 2 0 は、

10

20

30

40

50

負荷を変更させるか否かを判断する。

【 0 0 3 0 】

電圧測定部 3 5 は、風力発電機 3 により発電される電圧を測定する。電圧測定部 3 5 による電圧の測定は、常時行われ、記録されている。

【 0 0 3 1 】

処理部 4 0 は、電圧測定部 3 5 により測定される電圧に高周波除去処理を行い、フィルタ電圧として記録する。

【 0 0 3 2 】

発電安定判定部 4 5 は、負荷変更直後の発電の乱れが安定したか否かを判定する。具体的には、負荷変更部 2 5 による負荷の変更後に、電圧測定部 3 5 により測定される電圧に基づいて、風力発電機 3 による発電が安定したか否かを判定する。判定方法は、図 5 の電圧情報に示されるように、電圧測定部 3 5 により測定される電圧と、処理部 4 0 により処理されたフィルタ電圧とが一致もしくは大小関係が反転した時に、発電安定判定部 4 5 は、発電が安定したと判断する。さらに、発電安定判定部 4 5 は、発電が安定したと判定した場合に、負荷判断部 2 0 に負荷を変更させるか否かを判断させる。つまり、電力比較部 1 5 は、発電安定判定部 4 5 により、発電が安定したと判定された後に、電力を比較し、変動確認部 5 0 ( 後述 ) は、発電安定判定部 4 5 により、発電が安定したと判定された後に、風速の変動量を確認する。

本例では、電圧情報に基づいて発電が安定した時を検知しているが、発電が安定したことを検知できるのであれば電圧情報に限定されなくてもよい。

【 0 0 3 3 】

変動確認部 5 0 は、負荷変更部 2 5 による負荷の変更前後における風速の変動量が既定値以下であるか否かを確認する。具体的には、変動確認部 5 0 は、負荷変更部 2 5 による負荷の変更前と、負荷を一旦変更して戻した場合との電圧を、前記電圧測定部 3 5 に測定させ、電圧の変動量が既定値以下であるか否かを確認する。より具体的には、変動確認部 5 0 は、電圧測定部 3 5 により測定される測定電圧と、処理部 4 0 により処理されたフィルタ電圧とが一致もしくは大小関係が反転した電圧を平均電圧値とするしきい値を設定し、このしきい値に、電圧測定部 3 5 により測定される電圧が含まれる場合に、電圧の変動量が既定値以下であると判定し、しきい値に測定される電圧が含まれない場合に、電圧の変動量が既定値を超えると判定する。

【 0 0 3 4 】

演算部 5 5 は、電力が電圧の定数  $n$  乗 ( $n = 2 \sim 4$ ) に比例する特性曲線もしくは電流が電圧の ( $n - 1$ ) 乗に比例する特性曲線に用いる比例定数を演算する。具体的には、演算部 5 5 は、負荷変更部 2 5 の指示に基づいて、比例定数を既定の倍率で変化させ、特性曲線の比例定数を計算する。より具体的には、演算部 5 5 は、比例定数を、 $1 \cdot 4^m$  として計算する。比例定数の初期値は 0 であり、その後、 $m$  は、1 から 1 ずつ増加していく。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、本実施形態に係る発電制御装置 1 により測定された電圧情報を表すグラフである。

図 5 を用いて、変動確認部 5 0 による、風速の変動量が既定値以下であるか否かの判定方法を説明する。

図 5 に例示するように、電圧測定部 3 5 は、風力発電機 3 により発電された電圧を測定し、電圧情報として記録する。電圧測定部 3 5 は、電圧情報として、測定電圧とフィルタ電圧とを記録する。変動確認部 5 0 は、前回の負荷を軽くした後に安定した電圧を  $\alpha$  とし、今回、負荷を軽くした後に安定した電圧を  $\beta$  とし、その差  $\beta - \alpha$  を  $A$  とする。変動確認部 5 0 は、 $\alpha$  を基準値とし、 $\beta$  が、基準値から  $\pm A / 4$  以内であれば、電圧の変動量が既定値以下である、すなわち、風速が負荷変更前と同じであると判定する。また、基準値から  $\pm A / 4$  以内でない場合は、変動確認部 5 0 は、電圧の変動量が既定値を超える、つまり、風速が負荷変更前と変わっていると判定し、次の基準値は  $\gamma$  ではなく、風速が変わっていると判断された時点でのフィルタ電圧  $\delta$  とする。

## 【 0 0 3 6 】

図 6 は、本実施形態に係る発電制御装置 1 による負荷増減の決定処理 ( S 2 0 ) を説明するフローチャートである。

図 6 のフローチャートにおける負荷増減の決定処理 ( S 2 0 ) は、負荷を軽くする処理を m 回実施しているものとして説明する。

まず、負荷を軽くする処理について説明する。

ステップ 2 0 0 ( S 2 0 0 ) において、電力測定部 1 0 は、風力発電機 3 により発電された電力を測定し、電圧測定部 3 5 は、風力発電機 3 により発電された電圧を測定する。

ステップ 2 0 5 ( S 2 0 5 ) において、負荷判断部 2 0 は、負荷変更部 2 5 に、風力発電機 3 に対する負荷を一段軽くするよう指示する。負荷を一段軽くするとは、比例定数の乗数が  $m + 1$  の場合を演算することであり、具体的には、負荷変更部 2 5 の指示により、演算部 5 5 は、現在の特性曲線の比例定数に基づいて、比例定数  $( 1 . 4 ^ { m + 1 } )$  を演算し、負荷変更部 2 5 は、演算部 5 5 により計算された比例定数を設定する。

10

## 【 0 0 3 7 】

ステップ 2 1 0 ( S 2 1 0 ) において、発電安定判定部 4 5 は、負荷の変更直後の発電電圧の乱れが安定したか否かを判定する。具体的には、発電安定判定部 4 5 は、図 5 に示される電圧情報に基づき、発電が安定したか否かを判定する。発電制御装置 1 は、発電が安定したと判定した場合に、ステップ 2 1 5 の処理に移行し ( S 2 1 5 : Y e s )、発電制御装置 1 は、発電が安定するまでは、ステップ 2 1 0 の処理を繰り返す。

## 【 0 0 3 8 】

20

ステップ 2 1 5 ( S 2 1 5 ) において、電力比較部 1 5 は、負荷の変更前後で電力が増加しているか否かを判定する。具体的には、電力比較部 1 5 は、S 2 0 0 において、電力測定部 1 0 により測定された負荷変更前の電力と、電力測定部 1 0 により測定された現在の電力とを比較する。電力比較部 1 5 による比較の結果、負荷変更後の電力が負荷変更前の電力よりも増加した場合、発電制御装置 1 は、ステップ 2 2 0 の処理 ( S 2 2 0 : Y e s ) へ移行する。負荷変更後の電力が負荷変更前の電力よりも減少している場合もしくは変わらない場合は、発電制御装置 1 は、ステップ 2 4 0 の処理 ( S 2 4 0 : N o ) へ移行する。

## 【 0 0 3 9 】

ステップ 2 2 0 ( S 2 2 0 ) において、負荷判断部 2 0 は、負荷変更部 2 5 に、負荷を一時的に一段階重くするよう指示する。すなわち、S 2 2 0 では、S 2 0 5 において、変更した負荷を戻している。一段重くするとは、比例定数の乗数が  $m + 1 - 1$  の場合を演算することであり、具体的には、負荷変更部 2 5 は、S 2 0 5 において、変更した負荷を、S 2 0 0 以前の状態 ( 比例定数は  $1 . 4 ^ m$  ) に戻す。

30

ステップ 2 2 5 ( S 2 2 5 ) において、発電安定判定部 4 5 は、S 2 1 0 と同様に、負荷の変更直後の発電電圧の乱れが安定したか否かを判定する。発電制御装置 1 は、発電が安定したと判定した場合にステップ S 2 3 0 の処理に移行し ( S 2 3 0 : Y e s )、発電制御装置 1 は、発電が安定するまでは、ステップ 2 2 5 の処理を繰り返す。

## 【 0 0 4 0 】

ステップ 2 3 0 ( S 2 3 0 ) において、負荷の変更前と、負荷を変更した後に、一旦負荷を変更前に戻した後とにおいて、風速に変化があるか否かを確認する。すなわち、S 2 3 0 において、電力が増加した原因が風速の変化によるものでないことを確認する。具体的には、変動確認部 5 0 は、負荷の変更前の S 2 0 0 において測定した電圧と比べて電圧の変動量が既定値以下であるか否かを確認する。電圧の変動量が既定値以下である場合、すなわち風速の変化がない場合に、発電制御装置 1 は、ステップ 2 3 5 の処理 ( S 2 3 5 : Y e s ) へ移行し、電圧の変動量が既定値を超える場合、すなわち、風速の変化があった場合に、発電制御装置 1 は、ステップ 2 5 5 の処理 ( S 2 5 5 : N o ) へ移行する。

40

## 【 0 0 4 1 】

ステップ 2 3 5 ( S 2 3 5 ) において、S 2 3 0 において電力の増加が風速の変化によるものではなく、負荷の変更によるものであることが確認できたので、負荷の変更を確定

50

する。具体的には、負荷判断部 20 は、負荷変更部 25 に、一時的に重くした負荷を戻すよう指示する。重くした負荷を戻すとは、演算部 55 は、比例定数の乗数が  $m + 1$  の場合を演算し、負荷変更部 25 は、演算部 55 により計算された比例定数を設定することで S 205 と同じ負荷（比例定数は  $1 \cdot 4^{m+1}$ ）に戻すことである。

以上が負荷を 1 段階軽くする処理である。

ステップ 255（S 255）において、S 235 と同様に、負荷判断部 20 は、負荷変更部 25 に、一時的に重くした負荷を戻すよう指示する。

#### 【0042】

次に負荷を重くする処理について説明する。

S 210、S 215 の処理を経て、ステップ 240（S 240）において、電力継続判定部 30 は、電力測定部 10 により測定される電力が既定時間の間、継続して減少しているか否かを判定する。

10

ステップ 245（S 245）において、電力継続判定部 30 は、既定時間の間、継続して電力が減少していると判定した場合は、発電制御装置 1 は、ステップ 250 の処理（Yes：S 250）へ移行し、それ以外の場合は、発電制御装置 1 は、ステップ 210 の処理（No：S 210）へ移行する。

ステップ 250（S 250）において、負荷判断部 20 は、負荷変更部 25 に、負荷を一段重くするよう指示する。具体的には、演算部 55 は、比例定数の乗数が  $m + 1 - 1$  の場合を演算し、負荷変更部 25 は、演算部 55 により計算された比例定数（ $1 \cdot 4^m$ ）を設定する。

20

以上が負荷を一段重くする処理である。

負荷を重くする処理と軽くする処理を電力の増減に基づいて、繰り返すことにより安定的に高効率で電力を取り出せる制御特性を検出する。

#### 【0043】

また、本実施例では、図 6 のフローチャートにおいて、電力が減少している場合に電力継続判定部 30 により、電力が減少し続ける時間を測定しているが、これに限らず、電力が増加している場合にも電力継続判定部 30 により、電力が増加し続ける時間を測定し、増加時間が既定時間に達した場合に負荷を一時的に重くしてもよい。

#### 【0044】

図 7 は、発電制御装置 1 による発電制御特性の選択状況、電圧測定値、及び電力測定値を示すグラフである。図 7 の発電制御特性の選択に示されるように、電力の増加を検出し続ける間は、負荷が軽くなる方向へ特性を選択し続けており、これ以上負荷を軽くしても電力の増加が認められず、安定的に発電が可能となる場合は、負荷の変更が行われなくなる。

30

図 6 のフローチャートに照らし合わせると、S 200、S 205、S 210、S 215、S 220、S 225、S 230、S 235 の順に行われる処理が、1 段階負荷を軽くするまでの処理であり、負荷を軽くすることにより電力が増加し続ける場合は、この処理を繰り返す。また、S 200、S 205、S 210、S 215、S 240、S 245、S 250 の順に行われる処理は、1 段階負荷を重くするまでの処理である。負荷をこれ以上軽くしても電力の増加がみられない場合は、負荷を 1 段階軽くする処理と負荷を 1 段階重くする処理とを繰り返すようになる。

40

図 8 は、電圧 - 電力特性曲線を表し、図 8 に示されるように、発電制御装置 1 は、自動的に特性を切換え、最終的に高い電力を得られる特性周辺を選択していることがわかる。

#### 【0045】

発電制御装置 1 は、比例定数の初期値として、最も負荷が重い比例定数に基づいて、入力インピーダンスを設定する。具体的には、図 8 に示される特性曲線 0 の場合、つまり、比例定数の乗数が 0 の場合が最も重い負荷が設定された特性曲線である。最も重い負荷が設定された次の負荷の変更については、負荷判断部 20 は、負荷を軽くする判断を行う。つまり、発電制御装置 1 は、負荷を軽くする方向に処理が進むように最初の負荷を設定することで、発電機に対して過負荷がかかるような方向に処理が進まないようにしている

50

。

## 【 0 0 4 6 】

以上のように、発電制御装置 1 は、事前に風力発電機 3 の制御特性を開発時に風洞実験等により調査する必要はなく、風力発電機 3 を実際に運用していく中でその制御特性を自動的に検出し、検出した制御特性に基づいて風力発電機 3 により発電された電力を高効率で取り出すことが可能になる。すなわち、発電制御装置 1 は、風車の形状大きさを問わず、異なる風力発電機に接続しても、その制御特性を検出可能であり、汎用性を持ち、さらに開発時に風洞が必要ないため開発期間の短縮、コストの削減が可能である。また、発電制御装置 1 は、風力発電機が経年劣化等によりその制御特性に変化があった場合にも変化した制御特性に応じて電力を効率的に取り出す特性曲線を検出することが可能である。

10

## 【 0 0 4 7 】

本実施例では、演算部 5 5 が負荷変更部 2 5 により決定した負荷の増減に基づいて、比例定数を計算している場合を説明したが、これに限定するものではなく、例えば、負荷演算部 5 5 により予め計算された比例定数をテーブルとして用意しておき、負荷変更部 2 5 は、このテーブルの値を選択することにより、負荷を変更してもよい。

また、本発明では、発電機が風力発電である場合を説明したがこれに限定されるものではなく、タービン等により流体エネルギーにより発電させる発電機、例えば、火力発電機、水力発電機、潮力発電機でもよい。

## 【 0 0 4 8 】

以上、本発明に係る実施形態について説明したが、これらに限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変更、追加等が可能である。

20

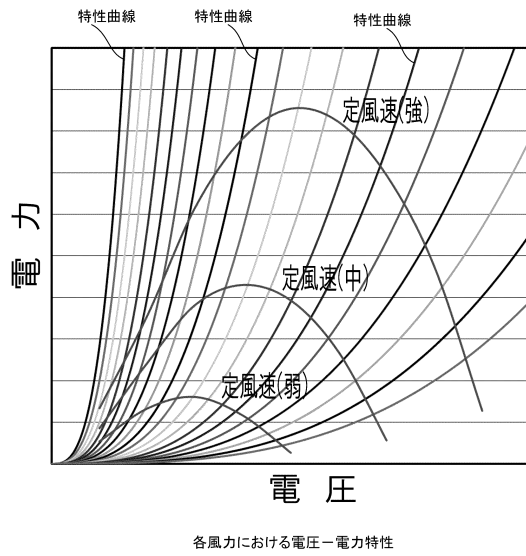
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 4 9 】

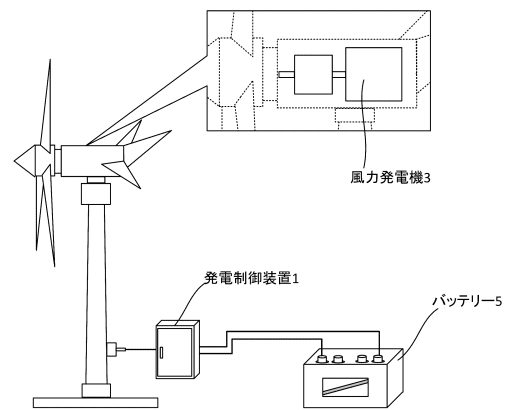
- 1 発電制御装置
- 3 風力発電機
- 5 バッテリー
- 1 0 電力測定部
- 1 5 電力比較部
- 2 0 負荷判断部
- 2 5 負荷変更部
- 3 0 電力継続判定部
- 3 5 電圧測定部
- 4 0 処理部
- 4 5 発電安定判定部
- 5 0 変動確認部
- 5 5 演算部

30

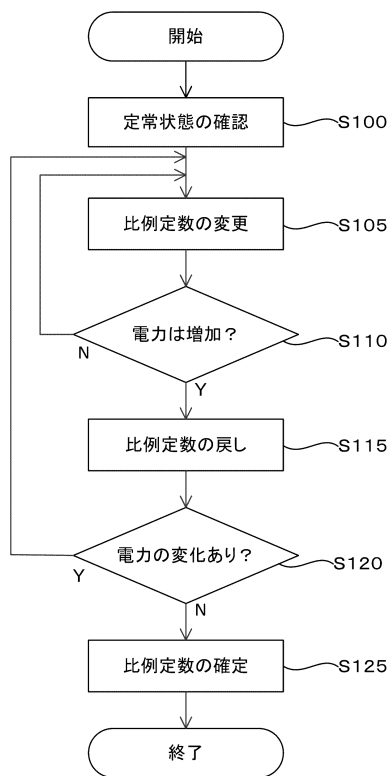
【図 1】



【図 2】

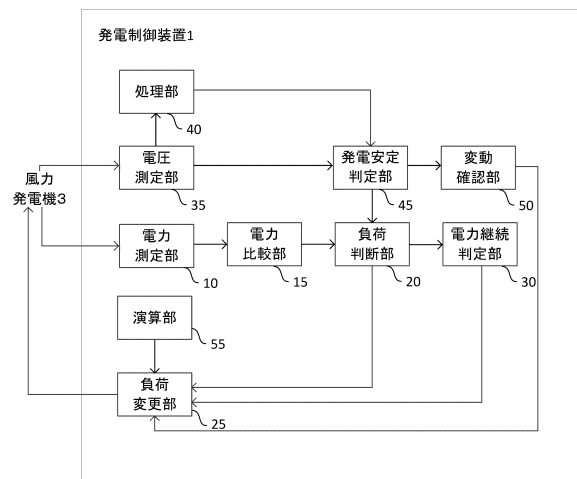


【図 3】

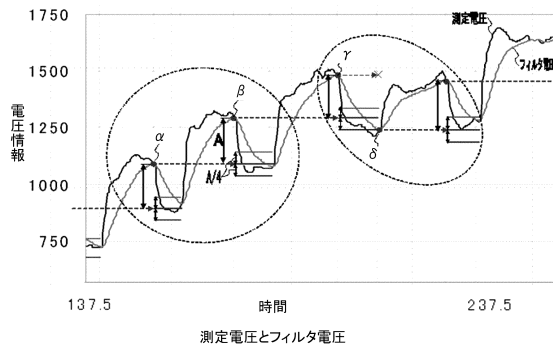


比例定数変更確定処理 (S10)

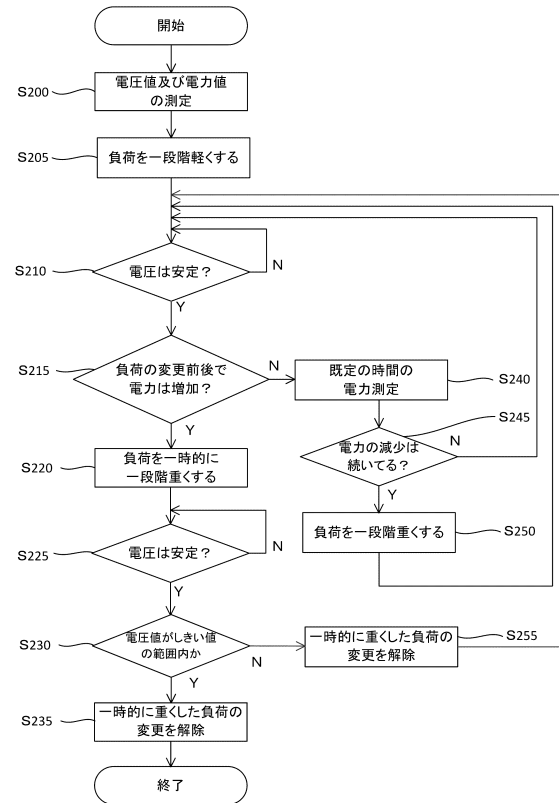
【図 4】



【図 5】

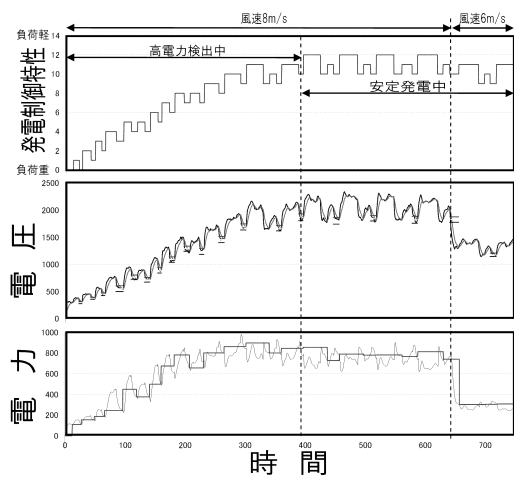


【図 6】



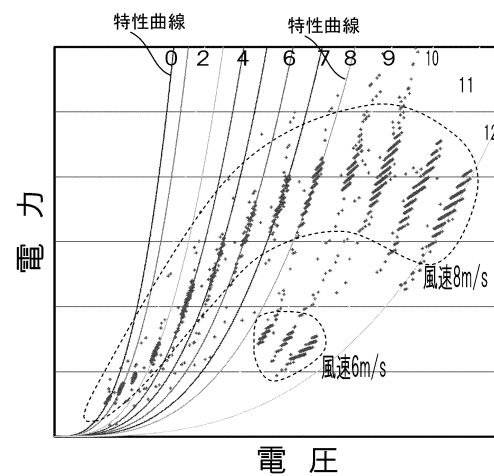
負荷増減の決定処理 (S20)

【図 7】



発電制御装置1による発電制御特性の選択状況、電圧測定値、及び電力測定値

【図 8】



40cmプロペラ風車による電圧－電力特性

---

フロントページの続き

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開2009-127598(JP,A)  
特開2009-284570(JP,A)  
特開2008-278725(JP,A)  
特開平04-153532(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|      |             |
|------|-------------|
| H02P | 9/00 - 9/48 |
| F03D | 9/00 - 9/02 |