

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5336244号  
(P5336244)

(45) 発行日 平成25年11月6日 (2013. 11. 6)

(24) 登録日 平成25年8月9日 (2013. 8. 9)

(51) Int. Cl.

F I

H02P 9/04 (2006.01)

H02P 9/04

G

H02P 9/04

F

請求項の数 10 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2009-90871 (P2009-90871)  
 (22) 出願日 平成21年4月3日 (2009. 4. 3)  
 (65) 公開番号 特開2009-254232 (P2009-254232A)  
 (43) 公開日 平成21年10月29日 (2009. 10. 29)  
 審査請求日 平成24年3月29日 (2012. 3. 29)  
 (31) 優先権主張番号 12/098, 071  
 (32) 優先日 平成20年4月4日 (2008. 4. 4)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタディ、リバーロード、1 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (72) 発明者 アイナー・ヴォーン・ラーセン  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、チャー  
 ルトン、チャールトン・ロード、8 1 4 番

審査官 森山 拓哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変速度発電機を作動させることに関連するシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非同期発電機 ( 1 0 4 ) を作動させる方法であって、  
 電力網周波数が低下した兆候を受信するステップ ( 3 0 1 ) と、  
 前記兆候の受信に対応して、第 1 の時間期間 ( 3 0 3 、 3 0 5 ) の間に前記非同期発電  
 機の速度を第 1 の速度から第 2 の速度に低下させて、該非同期発電機 ( 1 0 4 ) の速度の  
 低下により、該非同期発電機 ( 1 0 4 ) の全体出力の一時的増大を生じさせるようにする  
 ステップと、

前記第 1 の時間期間の終了に対応して、前記非同期発電機 ( 1 0 4 ) の速度を第 2 の速  
 度から第 3 の速度に増大させるステップと、を含む、  
 方法。

【請求項 2】

前記第 1 の時間期間が、前記電力網周波数及びフィルタ時定数 ( 3 0 1 ) の関数である  
 、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 2 の速度が、前記電力網周波数からフィルタ処理電力網周波数を減算しかつ第 1  
 のゲイン値 ( 3 0 5 ) を乗算した関数である、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 3 の速度が、公称発電機速度からフィルタ処理電力網周波数を減算しかつ第 2 の  
 ゲイン値 ( 3 0 3 ) を乗算した関数である、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 5】**

前記非同期発電機（104）が、タービンエンジン（102）によって動力供給される、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 6】**

原動機（102）と、

非同期発電機（104）と、

前記原動機（102）及び非同期発電機（104）を制御するように動作するプロセッサ（106）と、

を含み、前記プロセッサによる制御が、

電力網周波数が低下した兆候を受信するステップ（301）と、

前記兆候の受信に対応して、第 1 の時間期間（303、305）の間に前記非同期発電機の速度を第 1 の速度から第 2 の速度に低下させて、該非同期発電機（104）の速度の低下により、該非同期発電機（104）の全体出力の一時的増大を生じさせるようにするステップと、

前記第 1 の時間期間の終了に対応して、前記非同期発電機（104）の速度を第 2 の速度から第 3 の速度に増大させるステップと、によって実行される、発電システム（100）。

**【請求項 7】**

前記第 1 の時間期間が、前記電力網周波数及びフィルタ時定数（301）の関数である、請求項 6 に記載のシステム。

**【請求項 8】**

前記第 2 の速度が、前記電力網周波数からフィルタ処理電力網周波数を減算しかつ第 1 のゲイン値（305）を乗算した関数である、請求項 6 又は 7 に記載のシステム。

**【請求項 9】**

前記第 3 の速度が、公称発電機速度からフィルタ処理電力網周波数を減算しかつ第 2 のゲイン値（303）を乗算した関数である、請求項 6 乃至 8 のいずれかに記載のシステム。

**【請求項 10】**

前記原動機（102）が、タービンエンジン（102）である、請求項 6 乃至 9 のいずれかに記載のシステム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明の実施形態は、総括的には発電機に関し、より具体的には、電力網上で可変速度発電機を稼働させることに関する。

**【背景技術】****【0002】**

この点に関して、電力網は、例えば 50 Hz 又は 60 Hz のほぼ設定周波数で作動する。電力を発生する発電機は、多くの場合に、電力網周波数に固定された速度で作動する。電力網周波数に固定された一定速度で作動する発電機は、同期発電機と呼ばれる。

**【0003】**

非同期発電機は、可変速度で作動し、かつ各々が電力コンバータによって制御されるステータとロータとを含む。電力コンバータは、ステータ及びロータの電場を制御し、かつ電力網周波数に一致した周波数を出力するようにその電場を調整する。発電機の速度が変化するにつれて、電力コンバータは、ステータ及びロータの電場を電力網周波数に一致するように継続的に調整し、そのために、発電機速度は、電力網周波数に固定されない。

**【0004】**

非同期発電機を使用する 1 つの利点は、原動機としてガスタービンエンジンを使用する

10

20

30

40

50

場合に実現される。最高温度で作動している時に、ガスタービンエンジンは、該ガスタービンエンジンの速度が増大するとその出力が増大する。エンジンの速度が増大すると、エンジンを通る空気のボリュームが増加し、またエンジンは、温度限界値を順守しながらより多くの燃料を燃焼させ、それによって、より多くの機械的出力を発生させることができる。非同期発電機を使用することにより、ガスタービンエンジン原動機は、電力網周波数に固定された同期発電機による場合よりも高速で作動することが可能になる。

#### 【0005】

電力網上で作動している間に、例えば電力網に電力を供給している他の発電機が故障すると、発電機への負荷が増加することになり、電力網の周波数が低下する可能性がある。電力網上の発電機は、この周波数低下を2つの時間枠で軽減する。同期発電機は、電力網周波数に固定されているので、その速度は、周波数低下に対応して低下することになる。最初の一瞬の間に、同期機械の慣性として蓄積されたエネルギーは、それら同期機械の速度を低下させながら電力網に送給され、周波数低下率を軽減し、タービン制御が燃料を増加させるように作用する時間を与える。次の数秒の間に、タービン内の燃料増加により、電力網への発電不足が補われる。

10

#### 【0006】

電力網への非同期発電機の導入は、電力網周波数が低下したとしても、電力網発電不足の間にガスタービンの速度を増大させることによって該ガスタービンからのより多くの出力を可能にする利点を有する。しかしながら、速度を増大させる作用は、タービン発電機の慣性を加速させるために、初期の一瞬の間に電力網から電力を引き出すことになる。

20

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

従って、本発明の目的は、速度低下による電力網混乱に対する初期の利点及びその後の速度増大による長期的利点の両方を達成する方策を構成することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

非同期発電機を作動させる例示的な方法を提供し、本方法は、電力網周波数が低下した兆候を受信するステップと、兆候の受信に対応して、第1の時間期間の間に非同期発電機の速度を第1の速度から第2の速度に低下させて、該非同期発電機の速度の低下により、該非同期発電機の全体出力の一時的増大を生じさせるようにするステップと、第1の時間期間の終了に対応して、非同期発電機の速度を第2の速度から第3の速度に増大させるステップとを含む。

30

#### 【0009】

例示的な実施形態は発電システムを含み、本発電システムは、原動機と、非同期発電機と、原動機及び非同期発電機を制御するように動作するプロセッサとを含み、プロセッサによる制御は、電力網周波数が低下した兆候を受信するステップと、兆候の受信に対応して、第1の時間期間の間に非同期発電機の速度を第1の速度から第2の速度に低下させて、該非同期発電機の速度の低下により、該非同期発電機の全体出力の一時的増大を生じさせるようにするステップと、第1の時間期間の終了に対応して非同期発電機の速度を第2の速度から第3の速度に増大させるステップとによって実行される。

40

#### 【0010】

本発明のこれらの及びその他の特徴、態様及び利点は、その全体を通して同じ参照符号が同様な部品を表している添付図面を参照して以下の詳細な説明を読む時に、一層良好に理解されるようになるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】可変速度発電機の作動特性の例示的な実施形態を含む発電機の作動特性の実施例。

【図2】発電するための例示的なシステムのブロック図。

50

【図 3】発電する例示的な方法のブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下の詳細な説明では、本発明の様々な実施形態の完全な理解を得るために、多くの具体的な詳細事項を説明する。しかしながら、本発明の実施形態は、これらの具体的な詳細事項を使用しないで実施することができること、本発明は、図示した実施形態に限定されるものではないこと、また本発明は、種々の別の実施形態として実施することができることは、当業者には解るであろう。その他の場合では、周知の方法、手順及び構成要素は、詳細には説明していない。

【0013】

さらに、様々な操作は、本発明の実施形態を理解するのに役立つ方法で実行した複数の個別のステップとして説明することができる。しかしながら、説明の順序は、それら操作を提示した順序で実行することが必要であることを意味すると解釈すべきではなく、或いはそれらは、順序依存である場合すらある。さらに、「実施形態では」という語句の反復使用は、必ずしも同じ実施形態を指すとは限らないが、同じものを指す場合もある。最後に、本出願で使用する場合に、「含む」、「備える」、「有する」などの用語は、特に明記しない限り同義であることを意図している。

【0014】

発電機は、原動機と発電機とを使用して電力を生成する。同期発電機は、電力網周波数（例えば、60 Hz）に固定された速度で作動する。電力網負荷が増大すると、同期発電機は、原動機が燃焼させる燃料の量を増加させて原動機による機械的出力を増大させる。機械的出力の増大により、発電機による電力出力の増大が生じる。しかしながら、同期発電機の速度は、電力網周波数に対応し続ける。

【0015】

幾つかの発電機が故障した場合のような危機的事象が電力網上に発生すると、多くの場合に残りの発電機への電気負荷が増大する。負荷の増大により、電力網周波数の低下が生じる可能性がある。同期発電機の速度は電力網周波数に対応するので、発電機速度が低下して、低い電力網周波数を出力することになる。

【0016】

非同期発電機は、その速度が電力網の周波数によって制限されない。負荷が増大しかつ電力網の周波数が低下した場合には、発電機の速度は、増大させることができる。発電機の速度を増大させるために、発電機の原動機は、発電機を加速しなければならない。発電機を加速するために使用されるエネルギーにより、加速の間に発電機による全体（電力）出力の低下が生じる。周波数の低下は、電力網の危機的事象の結果となる（すなわち、電力網がオンラインの発電機からの付加的電力を必要とする）可能性があるので、加速の間における発電機による全体出力の低下は望ましくなく、危機的事象に悪影響を与えるおそれがある。

【0017】

図 1 は、危機的電力網事象の実例の間における発電機の実施例の幾つかの作動特性を含む。「(a) 従来型の発電機」と標示したグラフの左欄は、電力網周波数の低下に対する同期発電機の応答の実施例を示している。「(b) 基本的 V F G」と標示したグラフの中央欄は、ガスタービンエンジン原動機によって動力供給される、非同期発電機とも呼ばれる可変周波数発電機（V F G）の応答の実施例を示している。「(c) 安定化付 V F G」とタイトルを付した右欄は、電力網安定化付 V F G の例示的な実施形態の応答のグラフを含む。

【0018】

欄 (a) を参照すると、0 秒の時間において、同期発電機の周波数は、1 p u である。発電機の速度もまた、1 p u である。タービン出力と発電機による全体出力とは、100 MW である。スリップは、発電機速度と電気出力の周波数との間の差を表している。

【0019】

10

20

30

40

50

およそ 1 秒の時間で、電力網周波数（図示せず）が、低下する。電力網周波数の低下は、電力網に電力供給する他の発電機の故障のような危機的事象後に生じる可能性がある。電力網周波数の低下は、発電機の周波数の低下を引き起こす。発電機が同期発電機であるので、発電機の速度もまた、電力網に一致するように低下する。発電機の速度が低下すると、発電機の慣性エネルギーが電力に変換され、この変換により、電力網に送られる全体電力のおよそ 120 MW までの一時的増大が生じ、またタービンによる機械的出力の低下が生じる。電力網に送られる全体電力の増大は、およそ 3 秒の時間までに生じる。発電機の速度低下による電力網への全体電力の一時的増大は、その増大が電力網への危機的事象の影響を減少させる結果となる可能性があるので望ましい。およそ 3 秒の時間で、発電機周波数及び速度は、0.95 pu の新規な下限電力網周波数に達し、発電機の速度は、一定の 0.95 pu に保たれる。同期発電機の速度は電力網周波数に対応しなければならないので、原動機による出力は、原動機の作動定格によって制限される。タービンの全体出力は、100 MW 以下に保たれる。

10

#### 【0020】

発電機の原動機として可変速度ガスタービンを使用することによって、タービンの速度が増大するにつれてタービンの出力を増大させることが可能になる。図 1 は、「(b) 基本的 VFG」と標示したグラフの中央欄を含み、この「(b) 基本的 VFG」は、ガスタービンエンジン原動機によって動力供給される、非同期発電機とも呼ばれる可変周波数発電機（VFG）の応答の実施例を示している。

#### 【0021】

20

図 1 の欄 (b) を参照すると、0 秒の時間において、非同期発電機の周波数は、1 pu である。発電機の速度は、およそ 0.97 pu である。タービン出力と全体電力とは、100 MW である。スリップは、0.03 pu で一定である。およそ 1 秒の時間で、電力網周波数（図示せず）が、低下する。電力網周波数の低下に対応して、電力網により多くの電力を送給するようにタービン速度が増大する。タービンの速度が増大すると、より多くの燃料をタービンによって燃焼することができ、それによってタービン出力を増大させることができる。速度及びタービン出力の増大は、発電機の慣性に打ち勝ちかつ発電機速度を加速するために、より多くの機械的エネルギーを発電機に送給することを必要とする。発電機に送給される機械的エネルギーの増大は、発電機による全体出力の一時的損失を引き起こす。発電機の加速の間における全体出力の損失は、欄 (b) の「全体電力 (MW)」とタイトルを付したグラフに示している。発電機の速度がおよそ 10 秒の時間で 1 pu に達すると、発電機の加速が停止され、速度は一定に保たれる。タービンから得られた電力と発電機の全体電力とは、100 MW 以上で一定に保たれる。電力網周波数の低下後に発電機によって得られた全体出力は 100 MW よりも大きいですが、周波数の低下の初期における全体出力の一時的損失は、電力網がその安定性を維持するために電力網周波数の低下の直後により多くの電力を必要とする可能性があるので、望ましくない。

30

#### 【0022】

図 2 は、配電網に電力を出力する非同期発電機 104 に連結されたガスタービンエンジン 102 を含む可変速度発電システム 100 の例示的な実施形態を示している。制御装置 106 が、ガスタービンエンジン 102 及び非同期発電機 104 に通信可能に接続される。非同期発電機 104 はまた、励磁装置（図示せず）を含むことができ、励磁装置もまた、制御装置 106 によって制御することができる。

40

#### 【0023】

可変速度発電システム 100 の例示的な実施形態の作動は、制御装置 106 を使用して、エンジン 102 と非同期発電機 104 との作動を制御する。電力網周波数の低下（電力網事故）の実例の間におけるシステム 100 の作動は、「(c) 安定化付 VFG」とタイトルを付した右欄において図 1 に示す。

#### 【0024】

図 1 の欄 (c) を参照すると、0 秒の時間において、非同期発電機 104 の周波数は、1 pu である。非同期発電機 104 の速度は、およそ 0.97 pu である。エンジンのタ

50

ービン出力と該エンジンによる全体出力とは、100 MWである。スリップは、0.03 puで一定である。およそ1秒の時間で、電力網周波数（図示せず）が、低下する。電力網周波数の低下に対応して、制御装置106は、エンジン102及び非同期発電機104に速度を低下するように指示する。速度の低下により、非同期発電機104の慣性エネルギーの電気エネルギーへの変換に起因して非同期発電機104による全体出力の一時的増大が生じる。この図示した実施形態では、全体電力は、1秒の時間でおおよそ120 MWに増大し、2秒の時間でおおよそ95 MWに低下する。

【0025】

2秒の時間で、制御装置106は、エンジン102及び非同期発電機104の速度を増大させる。12秒の時間において、非同期発電機104の速度は、1.00 puでありかつ一定に保たれ、得られたタービン出力と全体電力とは、100 MW以上に保たれる。

10

【0026】

図3は、電力網周波数が突然低下した時にシステム100を制御するために使用することができ制御機能の例示的な実施形態のブロック図を示している。機能は、時定数を有するフィルタ301と、ブロック303におけるゲインK1と、ブロック305におけるゲインK2とを含む。機能における速度及び周波数は、システム100が電力網と同期して稼働しておりかつ電力網が公称周波数にある時にその各々が1に等しい公称単位で表している。

【0027】

作動中に、電力網からの周波数フィードバック信号は、フィルタ301によってフィルタ処理される。フィルタ時定数は、電力網周波数における突然の低下に対応した一時的発電機速度低下の持続時間を決定する。フィルタ301は、周波数フィルタ処理信号を出力する。周波数フィードバック信号から周波数フィルタ処理信号を減算することにより、周波数信号における差(dFreq)が得られる。dFreq信号は、ブロック305におけるゲインK2が乗算される。ゲインK2は、電力網周波数の突然の低下に対応して発電機速度を一時的にどれくらい低下させるかを決定する。

20

【0028】

基準速度信号は、電力網が公称周波数にありかつ定常状態にある時における発電機の所望速度である。基準速度信号から周波数フィルタ処理信号を減算し、ブロック303におけるゲインK1を乗算する。ゲインK1は、電力網周波数の低下に比例して速度をどれくらい増大させるかを決定する。ブロック303及び305におけるゲインK1及びゲインK2の出力を加算して、制御装置106（図1）に送信することができる速度命令信号が得られる。

30

【0029】

本システム100の作動は、電力網周波数の低下に対応して非同期発電機104による全体出力を一時的に増大させること、並びにエンジン102及び非同期発電機104の速度が一旦増大すると全体出力を増大させることの有利な特徴を組込む。全体電力の一時的増大は、周波数の低下の間すなわち危機的な時に電力網の電力を増大させることによって電力網の安定性に寄与することができる。本システム100はさらに、電力網の周波数が一定状態になると、より高速で作動しかつより多くの電力を電力網に送給することによって電力網の安定性に寄与する。

40

【0030】

本明細書は、実施例を使用して、最良の形態を含む本発明を開示し、またさらにあらゆる装置又はシステムを製作しかつ使用すること及びあらゆる組込み方法を実行することを含む本発明の実施を当業者が行うのを可能にする。本発明の特許性がある技術的範囲は、特許請求の範囲によって定まり、かつ当業者が想起するその他の実施例を含むことができる。そのようなその他の実施例は、それらが特許請求の範囲の文言と相違しない構造的要素を有するか又はそれらが特許請求の範囲の文言と本質的でない相違を有する均等な構造的要素を含む場合には、特許請求の範囲の技術的範囲内に属することになることを意図している。

50

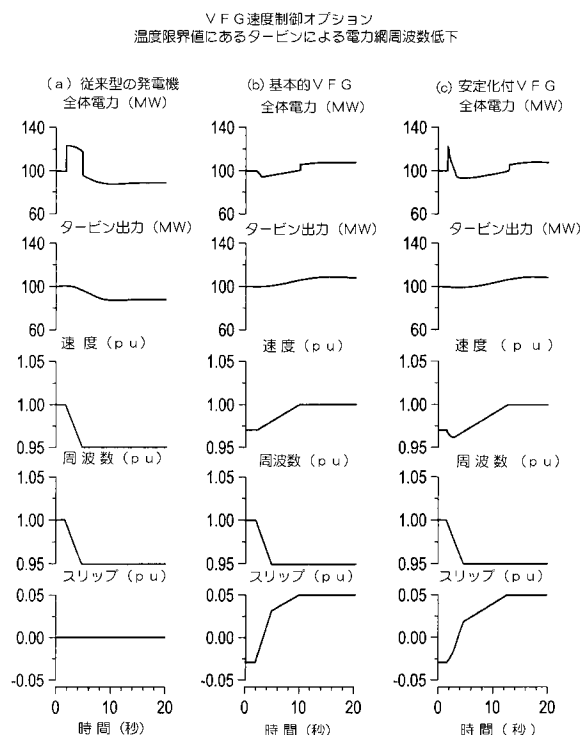
## 【符号の説明】

## 【 0 0 3 1 】

- 1 0 0 システム  
 1 0 2 エンジン  
 1 0 4 非同期発電機  
 1 0 6 制御装置  
 3 0 1 フィルタ  
 3 0 3 ゲイン K 1  
 3 0 5 ゲイン K 2

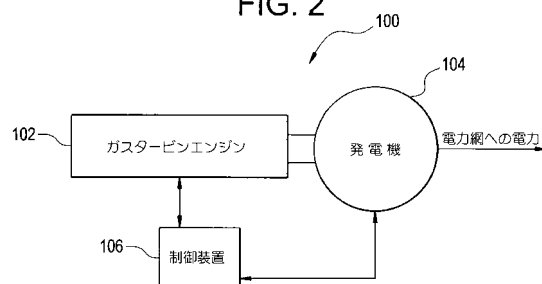
【図 1】

FIG. 1



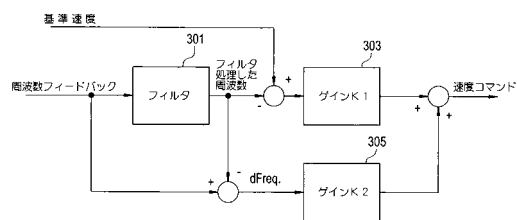
【図 2】

FIG. 2



【図 3】

FIG. 3



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-312929(JP,A)  
特開平10-295097(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 9/00 - 9/48

H02J 3/00 - 3/50