

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4204201号  
(P4204201)

(45) 発行日 平成21年1月7日(2009.1.7)

(24) 登録日 平成20年10月24日(2008.10.24)

(51) Int.Cl.

H02H 3/02 (2006.01)  
GO1R 23/16 (2006.01)

F1

H02H 3/02  
GO1R 23/16F  
A

請求項の数 18 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-617534 (P2000-617534)  
 (86) (22) 出願日 平成12年5月5日 (2000.5.5)  
 (65) 公表番号 特表2002-544751 (P2002-544751A)  
 (43) 公表日 平成14年12月24日 (2002.12.24)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2000/006698  
 (87) 國際公開番号 WO2000/069042  
 (87) 國際公開日 平成12年11月16日 (2000.11.16)  
 審査請求日 平成19年4月25日 (2007.4.25)  
 (31) 優先権主張番号 09/305,293  
 (32) 優先日 平成11年5月5日 (1999.5.5)  
 (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  
 GENERAL ELECTRIC COMPANY  
 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 100093908  
 弁理士 松本 研一  
 (72) 発明者 クリトジアン、アラ  
 カナダ、エム5エム・2ブイ2、オンタリ  
 オ州、トロント、ジョワセイ・ブルヴァ  
 ール、176番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電力系統周波数に基づいて標本化速度を適応させる方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

電力系統でデータが標本化される標本化速度を電力系統の周波数に適応させる方法に於て、

第1の周波数計算を実施して(100)、電力系統の周波数を決定する工程と、

電力系統の周波数の1次及び2次微分を決定する工程と、

該1次及び2次微分を夫々1次及び2次最大微分値と比較(104)し、前記1次微分を正常1次微分と比較する工程と、

1次微分が正常1次微分より小さい場合、又は1次及び2次微分の両方が1次及び2次最大微分より小さい場合、第1の周波数計算値を真実として受容れて(106)、第1の周波数計算値に基づいて標本化速度を適応させる(108)工程と、

を含む方法。

## 【請求項2】

1次最大微分が約20Hz/秒である請求項1記載の方法。

## 【請求項3】

第1の周波数計算値が約2Hz乃至90Hzである請求項1記載の方法。

## 【請求項4】

正常1次微分が約2Hz/秒乃至約3Hz/秒である請求項1記載の方法。

## 【請求項5】

2次最大微分が約3Hz毎秒乃至約5Hz毎秒である請求項1記載の方法。

## 【請求項 6】

配電系統の保護制御を行う保護継電器に於て、  
電力系統の状態を感知すると共に保護制御を行う為に前記配電系統に着脱自在に接続可能なポート(68)と、  
該ポート(68)に作動的に接続された少なくとも1つのマイクロプロセッサ(72)とを有し、  
該マイクロプロセッサは、データ標本化周波数で配電系統のデータを標本化し、配電系統の動作周波数を決定し、動作周波数の1次及び2次微分を計算し、計算された微分を閾値と比較し、この比較に基づいてデータ標本化周波数を調節するようにプログラムされていること、  
を特徴とする保護継電器。

10

## 【請求項 7】

前記マイクロプロセッサ(72)が1次及び2次微分を夫々1次及び2次最大微分値と比較し、1次微分を正常1次微分と比較し、これらの比較に基づいて標本化周波数を調節する請求項6記載の保護継電器。

## 【請求項 8】

前記継電器は、1次微分が正常1次微分より小さいか、又は1次及び2次微分の両方が夫々1次及び2次最大微分より小さい場合、標本化周波数を調節する請求項7記載の保護継電器。

20

## 【請求項 9】

1次最大微分が約20Hz/秒である請求項7記載の保護継電器。

## 【請求項 10】

第1の周波数計算値が約2Hz乃至90Hzである請求項7記載の保護継電器。

## 【請求項 11】

正常1次微分が約2Hz/秒乃至約3Hz/秒である請求項7記載の保護継電器。

## 【請求項 12】

2次最大微分が約3Hz毎秒毎秒乃至約5Hz毎秒毎秒である請求項7記載の保護継電器。

## 【請求項 13】

配電系統の保護制御を行う保護継電器に於て、  
電力系統に対して継電器を補正する補正手段(68)と、  
標本化周波数で前記接続手段を介して系統の状態を感知し、系統の状態に基づいて、接続手段を介して保護制御を行い、配電系統の動作周波数の1次及び2次微分と閾値との比較に基づいて、標本化周波数を調節する処理手段(72)と、を有する保護継電器。

30

## 【請求項 14】

前記閾値が1次及び2次最大微分値及び正常1次微分を含む請求項13記載の保護継電器。

## 【請求項 15】

1次最大微分が約20Hz/秒である請求項13記載の保護継電器。

## 【請求項 16】

40

第1の周波数計算値が約2Hz乃至90Hzである請求項13記載の保護継電器。

## 【請求項 17】

正常1次微分が約2Hz/秒乃至約3Hz/秒である請求項13記載の保護継電器。

## 【請求項 18】

2次最大微分が約3Hz毎秒毎秒乃至約5Hz毎秒毎秒である請求項13記載の保護継電器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は全体的に系統のパラメータを解析する為の、標本化(サンプリング)速度及び系

50

統周波数の同期に関する。更に具体的に言うと、本発明は配電系統の標本化速度を電力系統の周波数に同期させることに関する。

【 0 0 0 2 】

【発明の背景】

電力系統並びに設備に対する保護装置は、標本化された電流及び電圧のフーリエ解析に基づく保護アルゴリズムに従って動作するのが典型的である。この為に考えられる1つの保護形式は、電力系統の電流及び電圧の瞬時値又はサンプルを電力系統の1サイクル当たり64回捕捉し、サンプルに対して短期フーリエ変換（SFFT）を実施する。8サンプル周期毎に、実時間で計算値を更新する。

【 0 0 0 3 】

10

フーリエ・アルゴリズムの精度は、標本化速度と電力系統の周波数の間の同期の程度に密接な関係がある。しかし、電力系統の周波数はダイナミックである。例えば、通常の負荷状態の下では、電力系統の周波数は、1Hzまで、公称値（例えば北米では60Hz、ヨーロッパ並びにその他では50Hz）から偏差することがある。厳しい過負荷状態で、保護が微妙なとき、周波数は、1秒という短い間に、10Hzも公称値より低くなることがある。発電機の始動時、周波数は3秒未満の内に、0Hzから公称値まで傾斜して登ることがある。突然の負荷の拒絶の際、周波数は、公称値の1.5倍も、公称値よりオーバーシュートすることがある。フーリエ変換の計算の精度、従って保護の信頼性を保つ為には、標本化速度を調節することが非常に望ましい。

【 0 0 0 4 】

20

電力系統の標本化速度を調節する公知の方式は、電力系統電圧信号をフィルタにかけて自乗したものを作成し、電流及び電圧信号のゼロ交差を計数することによって周波数を測定し、電力系統のサイクル数に亘るゼロ交差の数を平均することに頼っている。しかし、このような方式は色々な理由で十分正確ではない。例えば、電流の反転（即ち、ゼロ交差の直前に略正弦状曲線が反転する場所）は、1/2周期の遅れを実質的に招き、ゼロ交差アルゴリズムによって、不足周波数状態と不正確に診断されることがある。更に、過渡状態及び移相は、「虚偽の」ゼロ交差の原因になることがある。更に、ゼロ交差を検出する為のフィルタ及び自乗回路は、ジッタの形で信号に雑音を持ち込むことがあり、別の誤差を生じる。平均方式に頼る方式の別の欠点は、この平均の計算が、同期化性能としては比較的遅くなる傾向を持つことである。

30

【 0 0 0 5 】

米国特許第5,832,414号、同第5,832,413号及び同第5,721,689号は、デジタル保護システムでフェーザ推定及び周波数追跡を行う為の発電機保護システム及び方法を開示している。この方法は可変N点離散的フーリエ変換（DFT）を用いて、標本化された信号から得られたデータに基づいてフェーザを計算する。各々の標本化期間に、電流と前のフェーザ角度の間のフェーザ角度の変化を使って、信号の瞬時周波数を推定する。瞬時周波数を信号の1サイクルに亘って平均して、平均サイクル周波数を発生する。更に、多数の離散的な周波数と、一定の標本化速度及び信号の予定の基本周波数に基づく対応するDFT窓を定め、瞬時周波数を推定するのに、それらを使う。一旦平均サイクル周波数が決定されたら、平均サイクル周波数に最も近い離散的な周波数に対応するDFT窓に等しいと置くことによって、DFT窓を調節する。これらの米国特許は、上に述べた問題を適切に取り上げていない。

40

【 0 0 0 6 】

米国特許第5,671,112号及び同第5,805,395号は、DFT方式に基づく従来の周波数追跡及びフェーザ推定とは独立に、発電機/変圧器過励磁保護の為の正確なV/Hz値測定及び引きはすし時間判定を実施するシステムを開示している。米国特許第5,671,112特許では、標本化された正弦状電圧信号をデジタル積分器に通し、積分器出力の大きさを、V/Hz値を表すものとして測定する。デジタル積分器が、発電機保護装置内に差分方程式を使って、ソフトウェアで構成される。標本化周波数が可変であるとき、デジタル積分器のフィルタ係数は、標本化周波数が変わる度に計算し直し

50

、計算し直したフィルタ係数を使って、デジタル積分器の出力のピークの大きさに対して新しい値を計算する。

【0007】

米国特許第5,805,395特許では、正弦状入力信号の半サイクル毎に標本化されたデータ点を加算し、その和を理想的な基本値の和で除すことにより、単位当たりのV/HZ値を測定する非回帰形デジタル方式を使っている。入力電圧信号が妥当な周波数で標本化されるとき、ここに開示された方式は、電圧及び周波数を別々に計算しなくても、入力電圧信号の単位当たりのV/HZ値を近似する。米国特許第5,671,112号及び同第5,805,395号も、前に述べた問題を適切に取り上げていない。

【0008】

10

【発明の概要】

上に述べたところから、電力系統保護装置の標本化速度を電力系統の周波数に同期化させることを改善することが非常に望ましい。更に、過渡状態と現実の周波数事象を区別出来るようにして、過渡状態が標本化速度に悪影響しないようにすると共に、現実の周波数事象が標本化速度の調節に因数として正しく考慮されることが望ましい。本発明は、電力系統保護装置の標本化速度を調節する方式を提供することにより、従来の問題を解決し、別の利点をもたらす。実施例では、標本化速度を電力系統の周波数に適応させる方法が、第1の周波数計算を実施し、電力系統の周波数の1次及び2次微分を決定し、電力系統の特性から、正常1次微分、1次最大微分値及び2次最大微分値を決定し、1次及び2次微分を夫々1次及び2次最大微分値と比較し、1次微分を正常1次微分と比較し、1次微分が正常1次微分より小さければ、又は1次及び2次微分の両方が1次及び2次最大微分より小さければ、第1の周波数計算値を真実として受容れ、第1の周波数計算値に基づいて標本化速度を適応させる工程を含む。

20

【0009】

本発明を実施した方式は、従来公知の方式に比べて、同期、速度、精度、従って保護作用を著しく改善する。

【0010】

本発明並びにその結果得られる利点は、以下図面について詳しく説明するところを読めば、更に完全に理解されよう。

【0011】

30

【詳しい説明】

次に図1について説明すると、本発明を実施する為に关心のある電力系統の種々の特性を表す表が示されている。この表は、正常負荷、厳しい過負荷及び発電機始動時又は負荷の拒絶のような現実の周波数事象とは対照的に、最小及び最大の限界、変化の方向、変化率及び過渡状態/雑音に対する変化の挙動を確認する。关心のある入力(電力系統の周波数)が時間的に単一量であるから、关心のある大抵の特性がこの量の変化に関係付けられる。現実の周波数事象は、比較的遅い周期の変化か、又は比較的速い周期の変化であるが、一方の方向に認識可能な傾向を持つ(例えば増加する又は減少する)ことを特徴とすることが、表から認められよう。こういう特性を使って、本発明の一面では、現実の周波数事象を、比較的速い、散発的(即ち、容易に認識し得るような傾向を示すことのない)周期の変化によって特徴付けることが出来る過渡状態又は雑音から区別することが出来る。

40

【0012】

図2には、本発明の実施例を表す論理図が示されている。この例では、電力系統の監視及び保護制御を行う保護継電器又はその他の装置が、マイクロプロセッサ、プログラム可能な論理回路又は電力系統の種々のデータの比較を実施するその他の適当な手段を備えていると仮定する。図2では、更に、 $T_n$  がn番目の周期測定値、 $f_n = 1/T_n$  であってn番目の周波数計算値、 $d f_n / d t = (f_n - f_{n-1}) / T_n$  であってn番目の周波数速度計算値、 $|d^2 f_n / d t^2|$  であってn番目の周波数加速度計算値であるとする。更に、図2の論理方式を実現する為に、全ての周波数事象に対して、最

$= [(d f_n / d t) - (d f_{n-1} / d t)] / T_n$  であってn番目の周波数加速度計算値であるとする。更に、図2の論理方式を実現する為に、全ての周波数事象に対して、最

50

大周波数値 ( $f_{min}$  及び  $f_{max}$ ) が決定され、更に正常負荷状態での最大周波数変化速度並びに任意の周波数事象に対する最大周波数速度値 (

$|df_n/dt|_{norm}$  及び  $|df_n/dt|_{max}$ ) が決定される。全ての周波数

事象に対し、最大周波数加速度値  $|d^2 f_n/dt^2|_{max}$  が決定される。これ

らの値を使って、図 2 の論理方式を次のように説明することが出来る。n 番目の

周波数速度計算値 ( $|df_n/dt|$ ) が最大周波数速度値以下であるか (条件

12)、且つ n 番目の周波数加速度計算値 ( $|d^2 f_n/dt^2|$ ) が最大周波

数加速度以下であるか (条件 14) の両方が成り立つかどうかを判断する為の論理アンド動作が実施される。入力として条件 12 及び 14 を用いたこの第 1 のアンド動作の結果が、第 1 の入力として論理オア動作に供給され、そこでこの論理オア動作に対する他方の入力は、 $df_n/dt$  と最大の「正常状態」周波数速度値との比較 (条件 16) である。条件 16 が真実であるか、又は条件 12 及び 14 の両方が真実であれば、n 番目の周波数計算値  $f_n$  は、この  $f_n$  が  $f_{min} - f_{max}$  の範囲内であれば (条件 18)、真実 (即ち、正確な電力系統周波数) として受容れられる。

#### 【0013】

図 1 に示した電力系統のパラメータの例を用いると、図 2 の論理方式に適切な値は次のように決定することが出来る。

#### 【0014】

$f_{min} = 2 \text{ Hz}$ 、 $f_{max} = 90 \text{ Hz}$ 、 $|df/dt|_{max} = 20 \text{ Hz/s}$ 。

#### 【0015】

関心が持たれる他の値 ( $|df/dt|_{norm}$ 、 $|d^2 f_n/dt^2|_{max}$ ) は

、電力系統の特性に基づく。試験によって、これらのパラメータに対する適切な値は、夫々  $2 - 3 \text{ Hz}$  及び  $3 - 5 \text{ Hz/s}^2$  であることが判った。

#### 【0016】

図 3 には、本発明を実施する方法を述べたフローチャートが示されている。この例の方法は、適当にプログラムされたマイクロプロセッサ、プログラム可能な論理回路を作動的に付設した保護継電器又はその他の電力制御装置で実施することが出来る。この例は、電力系統に対して、適切な最大値及び最小値が決定されていると仮定している。工程 100 で、電力系統の周波数を決定する為に、保護継電器によって第 1 の周波数計算が実施される。工程 102 で、計算された周波数の 1 次及び 2 次微分が決定される。工程 104 で前に決定された閾値に対する比較が (例えばマイクロプロセッサ又はその他の適当な比較回路によって) 実施されて、条件 12、14 又は 16 が成立するかどうかを判定する。工程 106 で、第 1 の周波数計算値が有効として受容れられるかどうか、即ち、条件 16 が成立するか、又は条件 12 及び 14 の両方が成立するか、並びに計算された周波数の値が予め定められた範囲  $f_{min} - f_{max}$  の中にあるかどうかが決定される。第 1 の周波数計算値が有効であると工程 106 で判断されると、工程 108 で、保護継電器の標本化周波数が、有効な第 1 の周波数計算値を追跡するのに必要なように調節される。第 1 の周波数計算値が有効ではないと工程 106 で判断されると、第 1 の周波数計算値を受容れず、この方法を繰り返す。

#### 【0017】

図 4 は、この例に従って現実の周波数事象を表す有効信号の信号空間を示す。信号空間の図に示されているように、現実の周波数事象を表すものとして受容れられた信号は、 $f_{min} - f_{max}$  の範囲内にある周波数を持つと共に、1 次微分 ( $df/dt$ ) が  $df/dt_{norm}$  の閾値未満であるか、或いは 1 次微分が閾値  $df/dt_{max}$  未満であると共に 2 次微分が閾値  $|d^2 f/dt^2|_{max}$  未満である。

#### 【0018】

図 5 は、本発明の実施例並びに従来の「平均化」方法を使って、保護継電器の標本化速度を電力系統周波数に同期させることを示す周波数グラフが示されている。図 5 で、電力系統周波数が波形 52 で示されており、従来の「平均化」方法の性能が太線の波形 54 で示

10

20

30

40

50

されており、本発明の実施例の性能が、それより細い略一定の線 5 6 で示されている。本発明の方法を実施する継電器は、同期化を著しく改善し、従ってフーリエ変換による計算の精度を著しく改善すると共に、保護継電器の保護制御能力を著しく改善していることが判る。特に、点 5 8 及び 6 0 に起こるような、電流の反転が、期間 6 2 及び 6 4 の間、従来の周波数追跡方式では不正確さを招くこと、並びにこういう不正確さが、本発明の実施例の方法では実質的に小さくなっていることが、図 5 から判る。

【 0 0 1 9 】

図 6 は、本発明を実施することが出来る保護継電器のブロック図を示す。継電器 6 6 が配電系統 7 0 に接続される接続ポート 6 8 を含む。継電器は、ポート 6 6 を通じて、（例えばデータ標本化速度で系統のデータを標本化することにより）系統の状態を感知し、必要な場合、適切な保護制御をすることが出来る。更に継電器 6 6 が適当にプログラムされたマイクロプロセッサ 7 2 を含み、これは、従来の制御機能を果たす他に、例えば図 3 について説明した方法又はその他の適当な方法に従って、標本化周波数を配電系統の周波数に調節する。この点で、マイクロプロセッサ 7 2 は、保護制御機能及び周波数追跡機能の両方を実施する一例の手段を構成している。

【 0 0 2 0 】

以上の説明には数々の細部があるが、これは説明の為にだけしたことであって、こういう細部が本発明を制約するものと解釈してはならないことを承知されたい。上に述べた特定の実施例は特許請求の範囲並びにその法律的な均等物によって定められた本発明の範囲を逸脱せずに、色々な形で変更することが出来る。

10

20

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明による方法を実施する為に关心が持たれる電力系統内の種々の事象の特性を示す図表。

【 図 2 】 本発明の 1 実施例を示す論理図。

【 図 3 】 本発明を実施する 1 つの方法を表すフローチャート。

【 図 4 】 本発明の 1 つの実施例に従って現実の周波数事象を表す有効な周波数範囲を示す信号空間図。

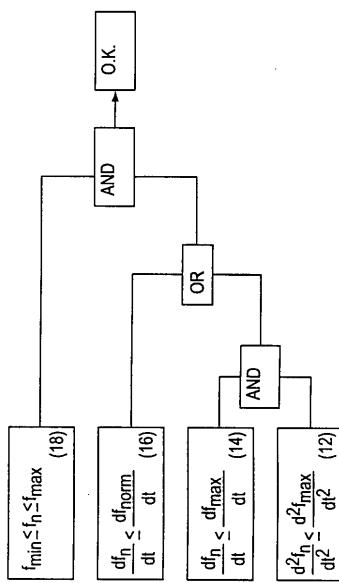
【 図 5 】 本発明による一例の方法と従来の方法との周波数追跡性能を比較したグラフ。

【 図 6 】 本発明を実施するのに適した保護継電器のブロック図。

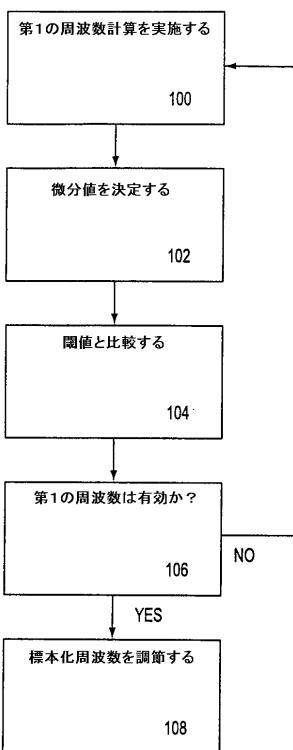
【図1】

	過渡状態又は離奇	正常負荷	きびしい負荷	発電機始動
最小	0Hz	公称 -1Hz	公称 -10Hz	2Hz
最大	無限大	公称 +1Hz	公称	1.5%公称
方向	任意	減	増	増
速度	速い	速い	<10Hz/s	<0.1Hz/s
挙動	不規則	不規則	傾向	傾向

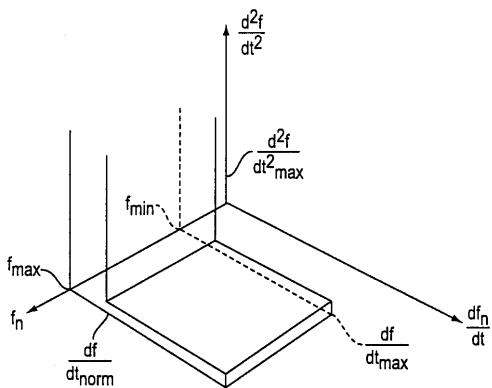
【図2】



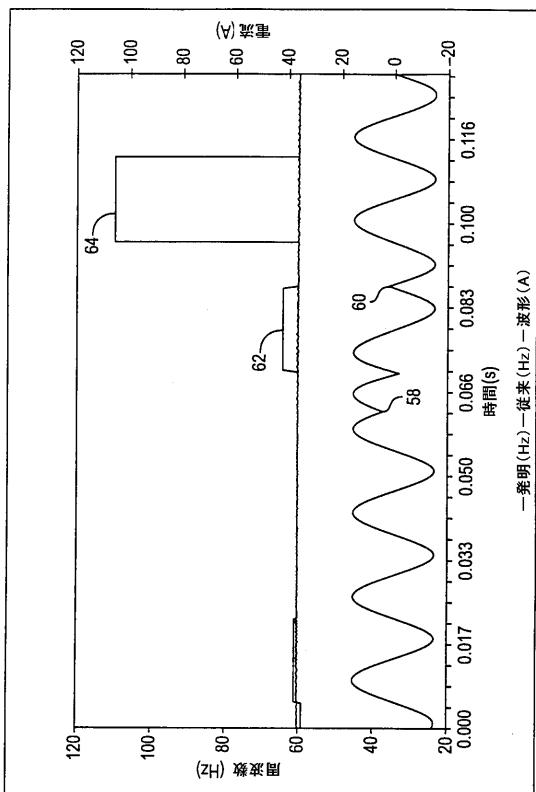
【図3】



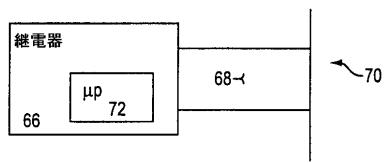
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ムーア , ロジャー

カナダ、エム4ケー・3アール7、オンタリオ州、トロント、パブ・アベニュー、597番

審査官 赤穂 嘉紀

(56)参考文献 特開昭61-227627 (JP, A)

特開昭62-290318 (JP, A)

特開平03-230722 (JP, A)

特開平04-058714 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H02H 3/02

G01R 23/16