

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4371262号  
(P4371262)

(45) 発行日 平成21年11月25日(2009.11.25)

(24) 登録日 平成21年9月11日(2009.9.11)

(51) Int.Cl.

H02P 9/00 (2006.01)

F 1

H02P 9/00

B

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-103589 (P2004-103589)  
 (22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31)  
 (65) 公開番号 特開2004-304999 (P2004-304999A)  
 (43) 公開日 平成16年10月28日 (2004.10.28)  
 審査請求日 平成19年3月30日 (2007.3.30)  
 (31) 優先権主張番号 10/401,600  
 (32) 優先日 平成15年3月31日 (2003.3.31)  
 (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 100137545  
 弁理士 荒川 聰志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100106541  
 弁理士 伊藤 信和  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発電機界磁巻線における短絡巻きのオンライン検出

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

磁束プローブ(22)を使用して発電機(10)の回転子(12)の界磁コイルにおける短絡巻きを検出する方法において、

- a . 前記発電機のオンライン動作中に前記磁束プローブにより生成されたデータを収集すること(30)と、
- b . 磁束プローブ信号(32)をリアルタイムで積分して、連続する回転子の回転(34)の間の磁束密度トレースを生成すること(37)と、
- c . 複数回の回転子回転に対して磁束密度トレースの変化を検出したとき、最近の回転子回転の磁束プローブ信号を捕捉すること(44)と、
- d . 前記発電機が様々な負荷状態で動作する間に過程(a)から(c)を繰り返すこと(48)と、
- e . 過程(c)で捕捉された磁束プローブ信号によって短絡巻き解析を実行すること(50、52)とから成る方法。

## 【請求項 2】

磁束密度トレースの変化は、回転子がそれぞれ1回転する間に磁束密度トレースが0の値(40)を有するタイミングの変化である請求項1記載の発電機における短絡巻きを検出する方法。

## 【請求項 3】

磁束密度トレースの変化は、回転子がそれぞれ1回転する間に磁束密度トレースが所定の

10

20

値(40)を有するタイミングの変化である請求項1記載の発電機における短絡巻きを検出する方法。

【請求項4】

磁束密度トレースの変化は、磁束密度トレースが0の値(40)を有するタイミングの変化であり、変化は連続する回転子の回転と回転の間に起こる請求項1記載の発電機における短絡巻きを検出する方法。

【請求項5】

磁束密度トレースの変化は現在回転子回転に対する磁束密度トレースと、先行する回転子回転に対する磁束密度トレースとの間で起こる請求項1記載の発電機における短絡巻きを検出する方法。

10

【請求項6】

過程(d)は、前記発電機が様々な負荷状態にあるときに実行される請求項1記載の発電機における短絡巻きを検出する方法。

【請求項7】

前記回転子は複数のコイル磁極(17)を有する請求項1記載の発電機における短絡巻きを検出する方法。

【請求項8】

過程(d)は1ヶ月以下の周期の間に実行される請求項1記載の発電機における短絡巻きを検出する方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は同期機械の界磁巻線における電気的短絡の検出に関し、特に、発電機の巻線巻きにおける電気的短絡の検出に関する。

【背景技術】

【0002】

発電機の回転子にある界磁巻線は、一般に、回転子の外周部の周囲の複数のスロットに配列された導電性コイルバーの環状アレイである。コイルバーは回転子の長さに沿って長手方向に延出し、回転子の各々の端部で端巻きにより接続されている。接続された1対のコイルバーと端巻きは1つのコイル巻線巻きを形成する。

30

【0003】

回転子にはいくつかのコイル巻線巻きが配列されて、1つの磁極を形成している。回転子は複数の磁極、例えば、2つ又は4つの磁極を有していても良い。励磁機回路は回転子のコイルバーにDC(直流)を印加する。上記の種類の回転子の導体バー又は端巻きを分離する絶縁部が破断し、巻線の1つ以上のコイルにわたる短絡を発生することがある。コイル巻線におけるそれらの短絡は総じて短絡巻きと呼ばれる。

【0004】

コイル巻線の短絡は多様な過熱状態と、それに関連する振動の問題を引き起こすと考えられる。発電機のコイル巻線における短絡を修理するために必要とされるオフライン運転休止期間を短縮するためには、適切な時点で、費用効率良く短絡巻きを識別することが望ましい。エアギャップ内に磁束プローブセンサが導入される。センサはエアギャップ内の電磁束の変化率に比例する信号を発生する。

40

【0005】

従来では、発電機の界磁コイル巻線に対して定期的に(1年に1回又は2年に1回)試験を実行することにより、短絡巻きを識別していた。それらの試験は、熟練した専門家がプロセッサ及びモニタを有する解析装置を磁束プローブと、発電機の1回転に1度出力とに接続することにより実行される。磁束プローブデータは複数の異なる発電機負荷ポイント、通常は全て0メガ・ボルト・アンペア・リアクティブ(MVARs)、例えば、無効電力なしの開回路、10%負荷、20%負荷、30%負荷、40%負荷、50%負荷、60%負荷、70%負荷、80%負荷、90%負荷、100%負荷及び全速無負荷の負荷ボ

50

イントで収集されても良い。複数の異なるコイルは異なる負荷ポイントで「センシタイズ（sensitized、増感）」されるため、負荷変化は必要である。コイルがそれぞれ「センシタイズ」されたときのコイルの解析は、コイルが「センシタイズ」されていないときのコイルの解析により一般に実現されるより正確にコイルの短絡巻き解析を実現できる。

#### 【0006】

以前より、総括的な短絡巻き解析を実行するには、発電機の負荷変化を起こすことが必要になる場合が多く、そのような負荷変化は試験の専門家と負荷操作担当者との徹底した協調を必要とする。場合によっては、回転子の番号の大きいコイルに対応するデータを収集するために発電機ユニットをオフラインにすることが必要になることもある。

- 【特許文献 1】米国特許第 3506914号明細書 10
- 【特許文献 2】米国特許第 4136312号明細書
- 【特許文献 3】米国特許第 4377784号明細書
- 【特許文献 4】米国特許第 4667148号明細書
- 【特許文献 5】米国特許第 4851766号明細書
- 【特許文献 6】米国特許第 5252915号明細書
- 【非特許文献 1】"Interturn Short-Circuit Detector For Turbine-Generator Rotor Windings", D.R. Albright, pp. 3-11, (Jul., 1970)
- 【非特許文献 2】"Detection of Shorted Turns in Generator Field Windings", GE Energy Services, pp. 1-2, (Feb., 2002)
- 【非特許文献 3】"Generator Field Winding Shorted Turn Detector (Flux Probe)", GE Installation and Service Engineering Steam Turbine, pp. 1-21, Nov., 1991 20

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

従来の短絡巻き解析の欠点は、発電機が部分最適状態で動作されているときに特殊化された試験シーケンスに従うということである。このシーケンスは、発電機をオフラインにすることを含めて、試験の専門家と負荷操作担当者との徹底した協調を必要とする。短絡巻き検出プロセスは、各々のコイルがセンシタイズされている間に磁束データを収集するために必要とされる様々な負荷状態で発電機が試験されている間に、発電機を非効率的に使用することになるであろう。従って、発電機の正常動作エンベロープの外での発電機の冗長な試験を必要とせずに、発電機界磁巻線における短絡巻きの場所を限定するための試験技法が長年にわたり求められてきたが、その要求はこれまで満たされていない。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

第1の実施例においては、本発明は、磁束プローブを使用して回転子を有する同期機械における短絡巻きを検出する方法であり、方法の過程は、機械のオンライン動作中に磁束プローブからの信号を監視する過程と、磁束プローブ信号を積分して、回転子がそれぞれ1回転する間に繰り返される磁束密度データトレースを生成する過程と、磁束密度信号の1サイクルを分割し、繰り返される磁束密度トレースの変化が検出されたとき、回転子の1回の回転周期の間に磁束プローブ信号データを捕捉する過程と、機械の様々な負荷状態を通してオンライン動作が進行し、様々な異なるコイルが「センシタイズ」されるにつれて、監視する過程、積分する過程及び磁束密度データを捕捉する過程を繰り返す過程と、コイルの良否が完全に評価されるまで、捕捉された磁束信号データによって短絡巻き解析を実行する過程とを含む。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0009】

図1に示す巻線のような発電機の界磁巻線における短絡の場所を特定するために新たな試験手続きが開発されている。この試験手続きは標準形の磁束プローブ22を採用しており、これは発電機の固定子14に既に設置されているか又は設置可能である従来の一時プローブ又は永久固定プローブであれば良い。磁束プローブ22からのデータは、発電機が 40 50

オンライン動作中に、例えば、公共のための電力を発生している間に自動的に収集される。収集されたデータは、後に発電機界磁巻線のコイルにおける短絡を識別するときに使用するために格納される。

#### 【0010】

ここで説明する連続自動データ収集システムは、短絡巻きに関するデータ収集を実行する。データの換算と解析は磁束密度のゼロ交差の場所に基づいて開始される。動作中のオンライン発電機からの磁束データの収集を自動化することで、発電機のオフライン周期は短縮され、発電機界磁巻線の端巻きにおける短絡を検出するための好都合で、費用効率の高いプロセスが提供されるはずである。短絡巻きを検出するために専門家が捕捉された磁束データを離れた場所でオンラインモニタ24で見て、検討することが可能である。あるいは、モニタを自律的に動作させておき、発電機の動作状態の良否を評価するために定期的にそれを見て、検討しても良い。

10

#### 【0011】

図1は、例えば、電力を発生するために回転子12と固定子14の磁界の相互作用を利用する大型タービン発電機などの同期発電電気機械10の横断面図である。従来、電機子として動作する固定子の電機子巻線18において、高い交流(AC)出力電力が発生される。回転子12にあるコイルの界磁巻線16は、従来、直流(DC)磁界電源により励起される。DC磁界電源の電力は外部のDC励磁機発電機により発生され、スリップリングを介して回転子の界磁巻線に供給されるか、又は回転子と共に回転するブラシレス発電機-整流器アセンブリで発生されるかのいずれかである。

20

#### 【0012】

大型タービン発電機の回転子12は、従来、界磁巻線16を含む複数の横方向スロットを回転子内に配列し、界磁巻線を端巻きと相互に接続することにより形成される2つ、4つ又はそれより多くの数の磁極17を有する。例示の便宜上、ここでは2極発電機を説明するが、本発明は2極発電機に限定されない。回転子コイル巻線16は磁極軸17に関してスロット内に対称に配列され、回転子の周囲に環状アレイを形成する。

20

#### 【0013】

従来よりエアギャップと呼ばれている環状間隙20は回転子巻線16を固定子の電機子巻線18から分離している。磁束プローブ22は固定子14を半径方向に貫通して、エアギャップ20の中まで延出していても良い。磁束プローブは固定子に永久的に装着されても良いし、あるいは、固定子と回転子との間のエアギャップに一時的に挿入されても良い。磁束プローブは回転子界磁巻線スロット漏れ磁束を感知する。漏れ磁束は回転子の運動、特に、プローブの感知領域を回転子巻線とスロットが交互に通過することを示す。磁束プローブは、回転子が回転するにつれて起こる磁束の変化率に比例する電圧を発生する。

30

#### 【0014】

磁束プローブ信号は、発電機を監視する機器と関連していても良いプロセッサ及びモニタ24により収集される。プロセッサは発電機と同じ場所にあっても良いし、あるいは離れた場所に配置されていても良い。プロセッサ24は磁束プローブ信号記録から電圧レベルをリアルタイムで監視しても良い。

40

#### 【0015】

図2及び図3は、発電機又はその他の同期機械の界磁巻線における短絡巻きを識別するためのプロセスステップの図である。ステップ30で、発電機の正常動作中に磁束プローブ測定が実行される。磁束プローブ信号は固定子の周囲、特に、回転子と固定子との間の環状エアギャップ内の磁束を示す。

#### 【0016】

図4は、磁束プローブ電圧信号32と横軸38により表される時間との関係の1例を示す図表31である。磁束プローブ信号データ32は、回転子が1回転するときの回転子の正規スロット漏れ電圧反転を示す。磁束プローブ信号32は、固定磁束プローブが回転子のスロット(S)と歯(T)におけるコイルバーの通過を感じるときに振動する。回転

50

子が 1 回転 3 4 する間に、磁束プローブは回転子の各々の磁極 (P) のコイルによってエアギャップ 2 0 内の磁束を感知する。

#### 【 0 0 1 7 】

回転子が 1 回転する間の磁束信号 3 2 の振幅は、感知されるべきスロットにおける活動中の巻きの数及びエアギャップ磁束密度の大きさに比例する。最大磁束密度は各磁極の先端で起こり、磁極の横軸に向かって徐々に減少する。界磁巻線付近の磁束変化のパターンは、特定の回転子及びその発電機の各々の磁界の特性を表すシグネチャである。回転子が回転するにつれて、磁束プローブは回転子の周囲全体にわたるエアギャップ内の磁束磁界の変化を感知する。

#### 【 0 0 1 8 】

ステップ 3 7 では、磁束密度データトレース 3 6 を得るために、磁束プローブ信号 3 2 はリアルタイムで積分される。プロセッサ 2 4 はゼロ交差の場所をリアルタイムで識別する。更に、プロセッサ 2 4 は、回転子の 1 回転などのある周期の間に収集された磁束プローブ電圧信号 3 2 及び磁束密度データ 3 6 を記録し、格納しても良い。プロセッサは、磁束密度の様々な変化に対応するいくつかの 1 回転周期にわたり磁束及び磁束密度に関するデータを格納しても良い。また、プロセッサは他の関連する電気的情報及び負荷情報、例えば、記録された磁束プローブ電圧レベル及び磁束密度データに対応する発電機負荷、界磁電圧及び界磁電流などを記録しても良い。

#### 【 0 0 1 9 】

磁束プローブデータ及び磁束密度データは、磁束密度トレースのゼロ交差ポイント 4 0 の変化などのいくつかの事象が起こったときに捕捉されても良い（ステップ 4 4）。磁束密度トレースはゼロ交差ポイント 4 0 で時間軸 3 8 と交差する。ゼロ交差ポイント 4 0 は一般に回転子が 1 回転する間に、回転子磁極 1 7 ごとに現れる。発電機及びコイルに対する負荷状態に変化がないのであれば、ゼロ交差ポイントは各回転子回転サイクルの変位と同時に起こるべきである。

#### 【 0 0 2 0 】

発電機の正常動作中、巻線巻きに短絡が発生せず、発電機の動作負荷が一定のままであると仮定すれば、周期的磁束プローブ信号、例えば、回転子が 1 回転する間の磁束信号はほぼ不变でなければならない。同様に、巻線巻きに短絡が発生せず、発電機の負荷が相対的に一定のままであるならば、磁束密度トレース 3 6（磁束プローブ信号の積分の関数である）及び密度トレースのゼロ交差ポイント 4 0 は不变のままでなければならない。磁束プローブ信号、従って、磁束密度トレース及びそのゼロ交差ポイントは、巻線巻きの 1 つに短絡が起こるか、又は発電機の負荷が変化した場合に変化する。

#### 【 0 0 2 1 】

プロセッサ 2 4 は、回転子が 1 回転してから次に回転する間の磁束密度の変化を求めてゼロ交差ポイント 4 0 を監視することにより、コイル状態の変化、例えば、短絡、又は発電機負荷の変化を検出する。プロセッサ 2 4 は、ステップ 4 4 で、ゼロ交差ポイントのタイミングの変化を検出するためにゼロ交差ポイントを監視する。プロセッサは、ゼロ交差ポイント 4 0 の変化を検出するためにアルゴリズムを実行する。このアルゴリズムは横軸から磁極面に至るエリアを、少なくとも磁極ごとのコイル数の 2 倍の数である一連の領域に分割する。次に、プロセッサはゼロ交差ポイント 4 0 が現れる領域を判定し、ゼロ交差が現れた領域が先の回転のときと異なるかどうかを判定する。ゼロ交差の領域の変化は、巻線が負荷変化を受けたか、又は短絡が起こっている可能性があることを指示する。磁束密度のゼロ交差が 1 つの領域から別の領域へ移動する時点を検出することで、短絡巻き及び負荷変化を識別するのに十分なゼロ交差シフトの分解能が得られる。

#### 【 0 0 2 2 】

図 5 及び図 6 は、発電機が 10 パーセント (10%) 負荷で動作している場合（図 5）及び全負荷 (100%) で動作している場合（図 6）の磁束プローブ電圧信号トレース 3 2 及び磁束密度トレース 3 6 を示す図表である。図 5 (10% 負荷) と図 6 (100% 負荷) を比較すると、発電機の負荷の変化は磁束プローブ信号 3 2、磁束密度トレース 3 6

10

20

30

40

50

及び磁束密度のゼロ交差ポイント 40 を変化させることがわかる。これらの図表には、磁極 X 33 及び磁極 Y 35 と関連するコイルも示されている。巻線における短絡巻きは、隣接するスロット及び逆極性の磁極の同じスロットに対する信号振幅と比較すると特徴的ではなく小さい、1つのスロットにおけるコイルの磁束信号振幅 41、42、43 により指示されている。短絡巻きに対する磁束信号の収差 41、42、43 は、回転子が1回転するごとに1回現れなければならない。図5及び図6からわかるように、コイルの短絡に起因する磁束信号振幅の変化はあいまいであり、熟練した技術者を除けば、容易に明らかにならない。

#### 【0023】

短絡巻きによる磁束磁界の収差は発電機の全ての動作状態の間に現れるわけではない。  
図5の短絡巻き(41、42の磁束信号を参照)はある特定のコイル、例えば、(41)磁極Yの第8のコイル及び(42)磁極Xの第7のコイルにおける短絡に相当する。図6に現れている短絡巻き43は磁極Yの第2のコイルの短絡に相当する。図5及び図6に示す磁束プローブ信号は、磁極Yの第2のコイルの3巻き短絡(43)、磁極Xの第7のコイルの2巻き短絡(42)及び磁極Yの第8のコイルの5巻き短絡(41)を含む、8つのコイルのうちの6つのコイルにおいて短絡巻きを有する同じ発電機のものである。1つのコイルにおける短絡の数は、短絡による「センシターズ」された磁束振幅の減少に比例する。第7のコイルにおける短絡(42)及び第8のコイルにおける短絡(41)は、図5に示すように発電機が低負荷にあるときに磁束信号に現われ、それらの短絡は、発電機が全負荷に近い状態で動作しているとき(図6)には現れない。第2のコイルにおける短絡(43)は、発電機が全負荷に近い状態で動作しているとき(図6)に磁束信号に現われ、発電機が低負荷に近い状態にあるとき(図5)には現れない。大きな負荷変動にわたりデータが収集されなければならないのは、この現象のためである。

10

#### 【0024】

発電機の動作時間の全てにわたって全ての磁束プローブデータを収集することにより、専門家が容易に検討するには多すぎる量のデータが格納される結果を招くことも起こりうる。格納されるデータの量を減らし、技術者が検討すべき余分な磁束データの量を選び取るために、プロセッサは、ステップ44で、磁束密度トレース36のゼロ交差ポイント40が1つの領域から別の領域へ移動したときに磁束プローブデータを捕捉するようにプログラムされても良い。

20

#### 【0025】

磁束密度トレースのゼロ交差ポイント40は、ステップ39の間に、プロセッサ24が磁束プローブ信号をリアルタイムで積分した後にプロセッサ24により検出される。ゼロ交差ポイントの移動を検出するために、プロセッサは回転子が1回転する間のゼロ交差ポイントのタイミングを監視しても良い。ゼロ交差ポイント40は、発電機の負荷が変化するか、又は巻線で短絡が起こらない限り、1回転するごとに同時に現れなければならない。プロセッサは、1回以上の回転子回転に対する磁束密度ゼロ交差ポイントのタイミングに関するデータを一時的に格納しても良い。

30

#### 【0026】

それぞれ連続する回転子の回転周囲について磁束密度ゼロ交差ポイントが判定されている間、プロセッサは最も近い時点のゼロ交差のタイミングを1回以上の回転周期のゼロ交差タイミングと比較する。プロセッサは、ゼロ交差が異なる時間領域へ移動したことを探査するなどにより、現在ゼロ交差タイミングが大きく変化したか否かを判定する。ゼロ交差タイミングが大きく移動していたならば、プロセッサは、ステップ44で、現在回転周期の磁束プローブ信号データ、磁束密度トレース及びコイル負荷状態に関するデータを捕捉する。このようにして収集されたデータは、後の専門家による解析又はプロセッサ24による以降の処理に備えて電子的に格納される。

40

#### 【0027】

データを監視すること、磁束密度ゼロ交差ポイントの変化を検出すること、及びゼロ交差ポイントが変化したときにデータを捕捉することは、発電機のオンライン動作中は継続

50

される。プロセッサはゼロ交差ポイントの数多くの変化を検出し、そのような変化が検出されるたびに磁束データを捕捉しても良い。ゼロ交差変化の検出（及び磁束データの捕捉）は主にコイルにおける短絡巻き以外の理由によって起こる。ゼロ交差ポイントは、コイル状態が変化したとき、例えば、発電機の負荷状態が変化したとき（メガワット及びメガバールの双方）などに頻繁に変化する。従って、捕捉され、格納される磁束データの大半は短絡巻きにおける変化を指示しない。

#### 【0028】

短絡巻きを識別するのに十分なデータは、ゼロ交差ポイント40のタイミングが変化するたびに磁束データを捕捉することにより収集される。磁束データは、ゼロ交差タイミングの変化が負荷変化に起因するか、又は短絡コイルに起因するかに関わらず捕捉される。広範囲にわたる動作負荷に対して、長いオンライン動作期間の間に磁束データを収集することにより、どのようなコイルにおいても短絡巻きを検出するのに十分な磁束データが得られるはずである。10

#### 【0029】

捕捉される磁束データの多くは、発電機の負荷が変化したことを唯一の理由として捕捉されたデータを表しており、短絡巻きを指示しない。収集されるデータの量は過剰であつてはならず、短絡巻きを検索している専門家により容易に検討されることが可能である。ステップ45では、プロセッサ24は、磁束密度のゼロ交差と整列する時間領域にある磁束プローブ信号の異なる磁極のコイルの振幅を比較するようにプログラムされても良い。捕捉された磁束データの所定の磁極における「センシティブ」されたコイルの振幅がその他の磁極の他の「センシティブ」されたコイルの対応する振幅より相当に低い場合、捕捉された現在磁束データは、プロセッサにより、その所定の磁極に短絡コイル巻きがある可能性があると指示するデータであるというフラグを与えられるであろう。この捕捉磁束データのフラグ付けは専門家が短絡巻きを迅速に識別するのに有用であろう。このように、フラグ付けされた磁束データは、それが現れた直後に、発電機が特別の介入なしにオンライン動作を継続している間に評価されても良い。20

#### 【0030】

ステップ45では、専門家は、巻線に短絡が起ったか否かを判定するためにゼロ交差ポイント40が変化したときに収集されたデータを定期的に検討しても良い。プロセッサは、短絡を指示すると思われるフラグ付き磁束データのレポートを生成しても良い（ステップ46を参照）し、あるいは短絡巻き解析に必要とされる全ての負荷状態で磁束データが収集されたときにレポートを生成しても良い。ステップ48で、専門家は、短絡巻きに関して磁束データを評価するのに十分な発電機動作状態に対して最近にデータが収集されたか否かを判定するために収集された磁束プローブデータを検討しても良い。磁束データは、磁束密度が入る時間領域ごとに収集されるべきである。更に、ステップ50では、プロセッサはゼロ交差の偏移の各々について磁束負荷データが収集された日時を専門家に報告しても良い。30

#### 【0031】

オペレータが全ての発電機負荷状態に対して磁束プローブ信号からの現在データを獲得するか、又は短絡巻き解析を実行するのに十分な負荷状態からの磁束データを獲得したとき、ステップ50で、専門家は収集された磁束プローブデータ及び磁束密度データを検討して、いずれかのコイルに短絡が存在するか否かを判定する。この解析においては、専門家は磁束及び磁束密度の現在データを同じ発電機について類似する動作負荷で収集された磁束及び磁束密度の履歴データと比較することが必要になるであろう。この履歴データは、巻線に短絡巻きが存在しないことが分かっている時点で収集されても良い。履歴データはいくつかの発電機動作負荷の各々について磁束シグネチャプロットとして電子的にセーブされても良い。磁束シグネチャプロットは、ステップ52で、選択された発電機負荷状態に関して専門家により獲得される。あるいは、専門家は短絡を有すると疑われるコイルに関する磁束信号の振幅を別の磁極における同様のコイルの磁束振幅と比較しても良い。比較されるべきコイルの磁束振幅は、同じ回転子回転から取り出された振幅である。4050

**【 0 0 3 2 】**

図7及び図8に示す磁束データは、磁束プローブデータのシグネチャプロットの例である。シグネチャプロットは、それぞれ、異なる発電機動作負荷に対応している。図7は、最小(10%)発電機動作負荷における磁束データを提示し、図8は、負荷なしの100%発電機速度における磁束データを提示している。各々のシグネチャプロットは、各回転子磁極に対応する全てのコイルの正規化磁束の大きさ70、72を示す。例えば、磁極Xの磁束の大きさ70は磁極Yの磁束の大きさ72の上に重ね合わされている。シグネチャプロットは、図5及び図6に示すような回転子の1回転からの磁束データを使用して生成される。磁極ごとの(図7及び図8に示すような)同様の磁束の大きさとコイル番号との関係を表すプロットを図5及び図6に示すような現在磁束データから作成できるであろう。

10

**【 0 0 3 3 】**

ステップ56では、現在シグネチャプロットを以前のシグネチャプロットと比較することにより、1つの磁極のコイルにおける短絡巻きを容易に識別できるであろう。ステップ58で、専門家は、現在磁束及び磁束密度データをいくつかの発電機負荷状態に対するシグネチャプロット又は他の履歴磁束及び磁束密度データと比較することにより、巻線の1つの巻きにおける短絡を検出できる。専門家は、ある所定の磁極のコイルの数の2倍に相当する縮小ゼロ交差場所セットからの磁束及び磁束密度データを比較する。更に、このデータの比較は、プロセッサにより捕捉され、電子的に格納されたデータを使用して実現できるため、発電機がオンラインである間に実行されても良い。

20

**【 0 0 3 4 】**

磁束データのオンライン収集中にゼロ交差ポイントの移動が検出されたとき、解析を実行するのに十分な磁束データが収集されているならば、短絡巻きを検出するための磁束データの比較及び解析は発電機をオフラインにせずに実行されても良い。発電機は予期せぬ負荷減少や、トリップ事象さえも受ける場合が多く、そのプロセスの間にオフライン状態に対応する追加データを自動的に収集することが可能である。発電機動作の所定の期間、例えば、1ヶ月で、コイル巻きにおける短絡を適正に検出するのに十分な磁束データを十分に収集できるであろう。短絡を検出するために必要とされるデータの全て又は大半は正常動作中に収集できるため、機械のルーチン動作の予定に従った運転停止又は中断の必要は最小限に抑えられる。

30

**【 0 0 3 5 】**

本発明を現時点で最も実用的で好ましい実施例であると考えられるものに関連して説明したが、本発明は開示された実施例に限定されるべきではなく、また、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限縮するものではない。

**【 図面の簡単な説明】****【 0 0 3 6 】**

**【図1】**固定子巻線、回転子巻線及び磁束プローブを所定の場所に有する従来の2極発電機の横断面図。

**【図2】**界磁巻線における短絡巻きを検出するための過程の例を示すフローチャート。

40

**【図3】**界磁巻線における短絡巻きを検出するための過程の例を示すフローチャート。

**【図4】**磁束プローブ信号及び磁束密度トレースの例を示す図表。

**【図5】**磁束プローブ信号及び磁束密度トレースの例を示す図表。

**【図6】**磁束プローブ信号及び磁束密度トレースの例を示す図表。

**【図7】**磁束データシグネチャプロットの例。

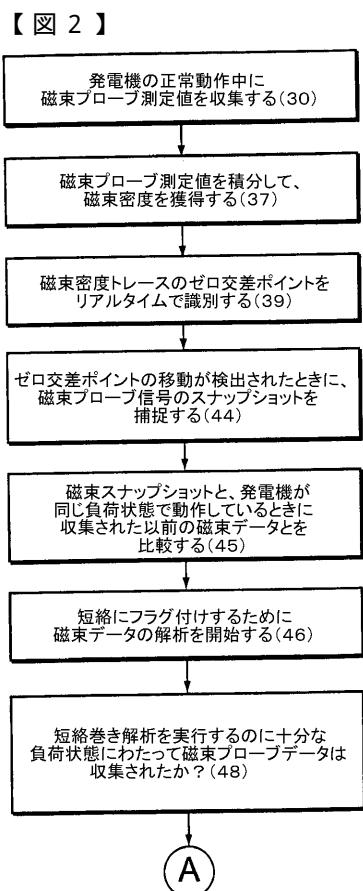
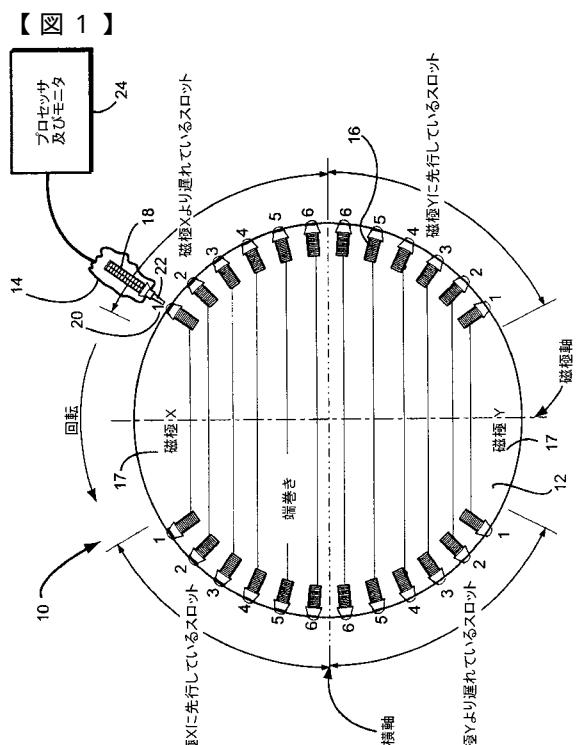
**【図8】**磁束データシグネチャプロットの例。

**【 符号の説明】****【 0 0 3 7 】**

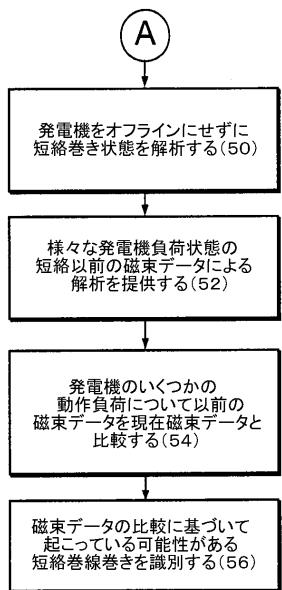
10...同期発電電気機械、12...回転子、14...固定子、16...回転子コイル巻線、17...磁極、18...電機子巻線、20...エアギャップ、22...磁束プローブ、24...プロセ

50

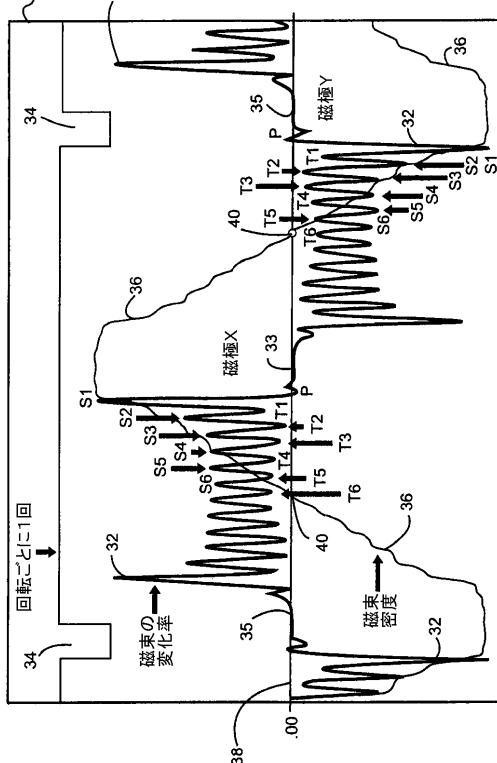
ツサ及びモニタ



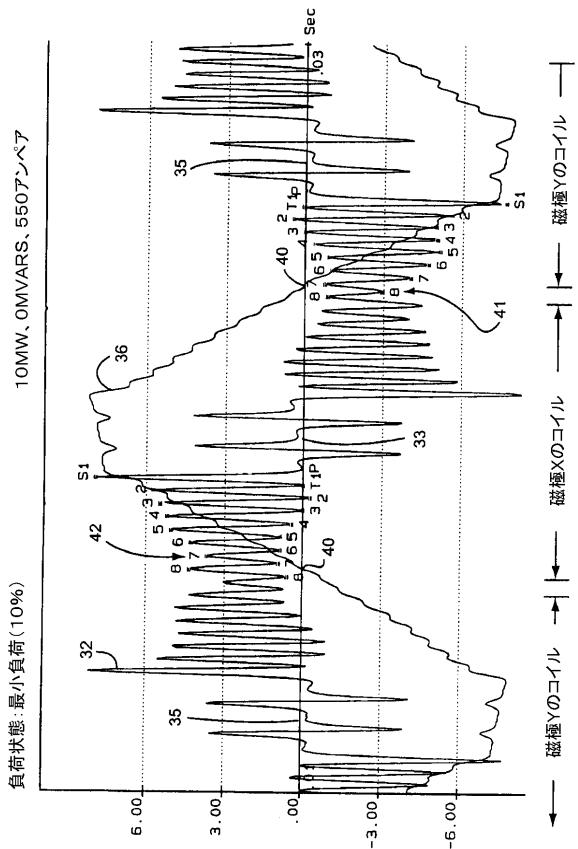
【図3】



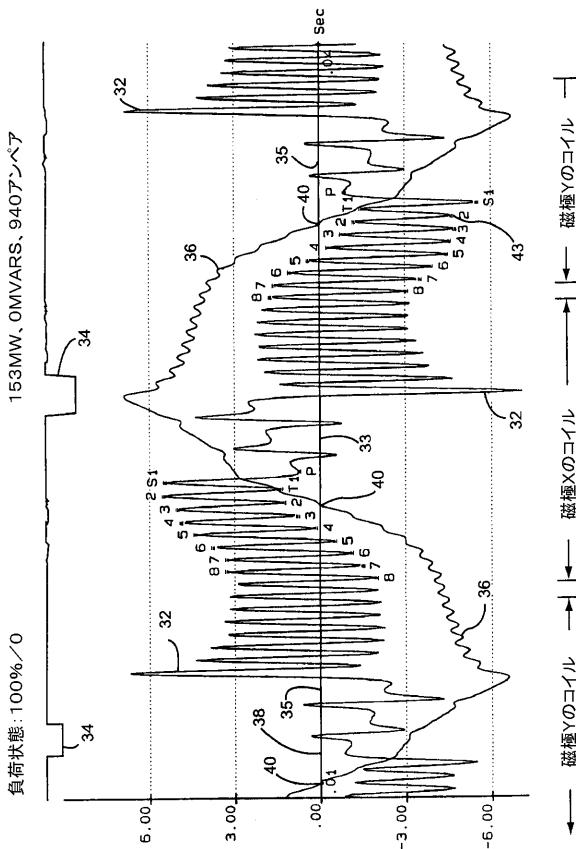
【図4】



【 図 5 】

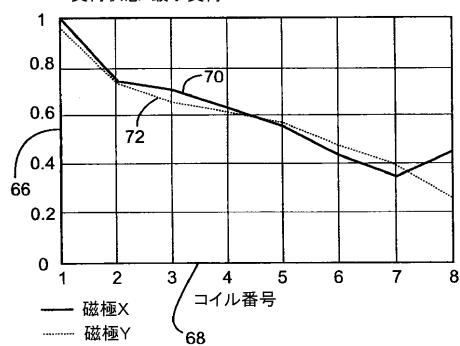


【図6】



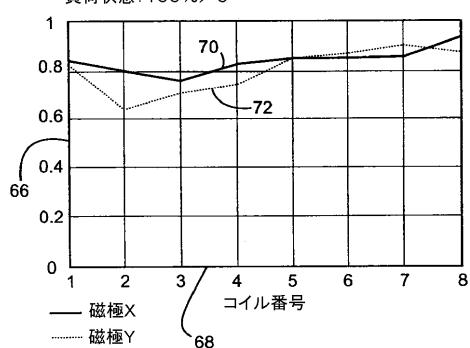
【図7】

負荷状態:最小負荷



【図8】

負荷状態:100%／0



---

フロントページの続き

(72)発明者 コテッシュ・クンマムリ・ラオ

アメリカ合衆国、テキサス州、ペアランド、ローズマリー・コート、2615番

(72)発明者 グレゴリー・ジョン・グッドリッヒ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコシア、カウンティ・フェア・レーン、18番

審査官 牧 初

(56)参考文献 特開平2-219435(JP,A)

特開平10-32962(JP,A)

特開昭56-83223(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 9/00 - 9/48

G01R 31/34