

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4319575号  
(P4319575)

(45) 発行日 平成21年8月26日(2009.8.26)

(24) 登録日 平成21年6月5日(2009.6.5)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 R 31/12 (2006.01)

GO 1 R 31/12 A

GO 1 R 31/34 (2006.01)

GO 1 R 31/34 D

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-122463 (P2004-122463)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成16年4月19日(2004.4.19)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2005-189226 (P2005-189226A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成17年7月14日(2005.7.14)	(74) 代理人	100094916
審査請求日	平成18年11月14日(2006.11.14)		弁理士 村上 啓吾
(31) 優先権主張番号	特願2003-404334 (P2003-404334)	(74) 代理人	100073759
(32) 優先日	平成15年12月3日(2003.12.3)		弁理士 大岩 増雄
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100093562
			弁理士 児玉 俊英
		(74) 代理人	100088199
			弁理士 竹中 孝生
		(72) 発明者	兼田 吉治
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機の部分放電監視装置および回転電機の部分放電遠隔監視システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転電機の部分放電監視装置であって、該部分放電監視装置には放電検出回路と制御用CPUが備えられており、

前記放電検出回路には第1の減衰器と第1の帯域フィルタと第1のピークホールド回路とが設けられた第1の周波数帯域検出回路と、第2の減衰器と第2の帯域フィルタと第2のピークホールド回路とが設けられた第2の周波数帯域検出回路とが設けられており、

前記第1、第2の周波数帯域検出回路は、前記回転電機に配置された部分放電センサの出力信号を同時に計測するものであって、その計測レンジの制御は、前記制御用CPUにより、前記第1、第2の減衰器が制御されることによって行われるものであり、

前記第1、第2の減衰器を通過する前記放電センサの出力信号を、前記第1の帯域フィルタは予め決定された第1の周波数帯域で、また前記第2の帯域フィルタは前記第1の周波数帯域より高い第2の周波数帯域で通過させ、前記放電センサの出力信号を入力する前記第1、第2のピークホールド回路のそれぞれは、所定の信号検出レベルを越えた信号が入力した時に作動してピーク値を検出するとともに、前記第2のピークホールド回路は前記第1のピークホールド回路が動作した時のみに動作するものであり、さらに該第1、第2のピークホールド回路はピークホールド時間後の所定の不感時間を経過後に、次の信号を検出することを特徴とする回転電機の部分放電監視装置。

【請求項2】

前記周波数帯域は5MHz～40MHzとし、前記第1の周波数帯域幅を1MHz～3M

Hzとするとともに、前記第2の周波数帯域を前記第1の周波数帯域より5MHz以上高く設定されていることを特徴とする請求項1に記載の回転電機の部分放電監視装置。

【請求項3】

前記ピークホールド回路の信号検出レベルは、計測レンジに対して可変とすることを特徴とする請求項1に記載の回転電機の部分放電監視装置。

【請求項4】

前記ピークホールド回路の信号検出レベルは計測レンジの15%に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の回転電機の部分放電監視装置。

【請求項5】

前記ピークホールド時間を1μ秒～2μ秒とし、前記不感時間を6μ秒～100μ秒とし、かつこの不感時間は可変とすることを特徴とする請求項1に記載の回転電機の部分放電監視装置。

10

【請求項6】

前記制御用CPUは、前記第1、第2の周波数帯域検出回路が、検出した信号の2周波強度相関から、ノイズ除去のしきい値を下回る信号を除去するノイズ信号除去処理を行い、このノイズ信号除去後のデータ値を基準とし、前記第1、第2の周波数帯域検出回路の計測レンジを、前記減衰器を制御して設定することを特徴とする請求項1に記載の回転電機の部分放電監視装置。

【請求項7】

前記制御用CPUは、前記ピークホールド回路の前記所定の信号検出レベルを、部分放電強度に応じて可変とするよう制御することを特徴とする請求項1に記載の回転電機の部分放電監視装置。

20

【請求項8】

前記所定の信号検出レベルを、部分放電強度の1/2とすることを特徴とする請求項7に記載の回転電機の部分放電監視装置。

【請求項9】

回転電機の部分放電遠隔監視システムであって、前記部分放電遠隔監視システムは、回転電機内に配置された部分放電センサと、部分放電監視装置と、前記部分放電監視装置に通信網を介して接続された監視センタとを備えたものであり、前記部分放電監視装置には放電検出回路と制御用CPUが備えられており、前記放電検出回路には第1の減衰器と第1の帯域フィルタと第1のピークホールド回路とが設けられた第1の周波数帯域検出回路と、第2の減衰器と第2の帯域フィルタと第2のピークホールド回路とが設けられた第2の周波数帯域検出回路とが設けられており、前記第1、第2の周波数帯域検出回路は、前記回転電機に配置された部分放電センサの出力信号を同時に計測するものであって、その計測レンジの制御は、前記制御用CPUにより、前記第1、第2の減衰器が制御されることによって行われるものであり、

30

前記第1、第2の減衰器を通過する前記放電センサの出力信号を、前記第1の帯域フィルタは予め決定された第1の周波数帯域で、また前記第2の帯域フィルタは前記第1の周波数帯域より高い第2の周波数帯域で通過させ、前記放電センサの出力信号を入力する前記第1、第2のピークホールド回路のそれぞれは、所定の信号検出レベルを越えた信号が入力した時に作動してピーク値を検出するとともに、前記第2のピークホールド回路は前記第1のピークホールド回路が動作した時のみに動作するものであり、さらに該第1、第2のピークホールド回路はピークホールド時間後の所定の不感時間を経過後に、次の信号を検出し、

40

前記部分放電監視装置に設けられたコンパレータは、前記検出された信号データを設定された基準値と比較して、前記回転電機の部分放電が許容レベルを越えている場合に、そのデータを直ちに前記監視センタに送信することを特徴とする回転電機の部分放電遠隔監視システム。

【請求項10】

前記検出された信号データを、設定された期間内保存後、一括して前記監視センタに送信

50

することを特徴とする請求項 9 に記載の回転電機の部分放電遠隔監視システム。

【請求項 11】

前記検出された信号データを、設定された期間内保存し、前記コンパレータが部分放電の大きさと発生傾向をデータ化して、そのデータを前記監視センタに送信することを特徴とする請求項 9 に記載の回転電機の部分放電遠隔監視システム。

【請求項 12】

前記周波数帯域は 5 MHz ~ 40 MHz とし、前記第 1 の周波数帯域幅を 1 MHz ~ 3 MHz とするとともに、前記第 2 の周波数帯域を前記第 1 の周波数帯域より 5 MHz 以上高く設定されていることを特徴とする請求項 9 に記載の回転電機の部分放電遠隔監視システム。

10

【請求項 13】

前記ピークホールド回路の所定の信号検出レベルは、計測レンジに対して可変とすることを特徴とする請求項 9 に記載の回転電機の部分放電遠隔監視システム。

【請求項 14】

前記ピークホールド回路の所定の信号検出レベルは計測レンジの 15 % に設定されていることを特徴とする請求項 9 に記載の回転電機の部分放電遠隔監視システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、回転電機の部分放電を監視する部分放電監視装置および部分放電遠隔監視システムに関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

従来より、タービン発電機などの高電圧回転電機の部分放電を検出、監視する装置として、部分放電を 1 チャンネルで計測し、狭帯域フィルタで検出範囲を限定して通過帯域以外のノイズを除去することが示されている（例えば、特許文献 1 参照）。また、部分放電とノイズを識別するために第 1 狭帯域フィルタと第 2 狭帯域フィルタとを用いるものが示されている（例えば、特許文献 2 参照）。また更に、2 つの特定の周波数の帯域幅を比較して高電圧機器の異常を判定することが示されている（例えば、特許文献 3）。

【0003】

30

【特許文献 1】特開 2002 - 71742 号公報（図 1、P 4）

【特許文献 2】特許第 3187642 号公報（図 14、P 9）

【特許文献 3】特許第 2751834 号公報（図 11、P 6）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、前記特許文献 1 に示された装置では、狭帯域フィルタの帯域内のノイズが除去できないという問題点がある。

また、特許文献 2 に示された装置では、遠隔監視に関する記載がない。最近のように、電力自由化に伴う各地に多数分散配置された、例えば火力発電所のタービン発電機を監視センタにて統括監視する需要の増大に対して、前記特許文献 2 は何ら示されていない。また更に、比較するための 2 つの帯域の信号を収集する時間分解能に関する記述が無い。一般に計測対象とする回転電機の部分放電は 1 秒間に数百～数千個発生する。この数の部分放電を高分解能で検出し、遠隔監視のためにこの特許文献 2 による装置でデータ転送をしようとすると、大形の装置となり高価となる欠点がある。

40

さらに、特許文献 3 によれば検出帯域が広く、検出帯域内のノイズが除去できないという問題点があった。更に、大形のシステムとなり高価となる欠点がある。

【0005】

また前記特許文献 1 ~ 3 に共通した問題点として、以下のような課題がある。一般に、回転電機の運転中には当該回転電機および周囲から高周波ノイズが発生しており、部分放

50

電センサに検出される。時間的にランダムに発生するパルスは  $f_1$  と  $f_2$  の周波数帯域で検出しその強度比較を行う 2 周波相関法では、同一パルスを  $f_1$  と  $f_2$  の周波数帯域で計測するために高分解能が必要であり通常 1 ~ 2  $\mu$  秒間に検出する必要がある。

一般にノイズは多数発生するので、2  $\mu$  秒の時間分解能で連続計測すると  $f_1$  帯域で 1 秒間に最大で 500,000 個、 $f_2$  帯域を含めて 1,000,000 個のデータとなりメモリが膨大となる。前述したように部分放電発生が間欠性の場合は 1 秒間の計測では不十分であり、10 秒間程度の計測が必要である。2  $\mu$  秒の分解能で 10 秒間計測すると最大で 10,000,000 個のデータとなり、膨大なメモリが必要となるだけでなく、処理時間が長くなる問題がある。また、装置は大形となり、高価となる。

更に、遠隔監視のためのデータ転送に膨大な時間が必要となる問題点がある。この問題を解決するためには、パルス分解能を維持したまま検出パルス数を大幅に減らすことが必要となる。

検出するパルス数を減らすためには、ピークホールド時間を 10  $\mu$  秒 ~ 100  $\mu$  秒と大きくしてその間の最大値を検出する方法があるが、この方法では検出するパルス強度が  $f_1$  と  $f_2$  とで異なるパルスとなり 2 周波相関特性が得られない。

#### 【0006】

この発明は、以上のような課題を解決するためになされたものであって、同一パルスを 2 つの帯域で検出し、回転電機の部分放電発生現象に対応して部分放電波頭のみを高分解能で検出し、また部分放電発生間隔を考慮して放電検出繰り返し時間を長くすることにより、高分解能で検出しかつ検出パルス数を減少させることができ、従って優れたノイズ除去機能を備えるとともに小型化した部分放電監視装置および部分放電遠隔監視システムを提供する。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

この発明に係る 回転電機の部分放電監視装置に設けられた放電検出回路には、第 1 の減衰器と第 1 の帯域フィルタと第 1 のピークホールド回路とが設けられた第 1 の周波数帯域検出回路と、第 2 の減衰器と第 2 の帯域フィルタと第 2 のピークホールド回路とが設けられた第 2 の周波数帯域検出回路とが設けられており、

第 1, 第 2 の周波数帯域検出回路は、回転電機に配置された部分放電センサの出力信号を同時に計測するものであって、その計測レンジの制御は、制御用 CPU により、第 1, 第 2 の減衰器が制御されることによって行われるものであり、

第 1, 第 2 の減衰器を通過する放電センサの出力信号を、第 1 の帯域フィルタは予め決定された第 1 の周波数帯域で、また第 2 の帯域フィルタは第 1 の周波数帯域より高い第 2 の周波数帯域で通過させ、放電センサの出力信号を入力する第 1, 第 2 のピークホールド回路のそれぞれは、所定の信号検出レベルを越えた信号が入力した時に作動してピーク値を検出するとともに、第 2 のピークホールド回路は第 1 のピークホールド回路が動作した時のみに動作するものであり、さらに該第 1, 第 2 のピークホールド回路はピークホールド時間後の所定の不感時間を経過後に、次の信号を検出するものである。

#### 【0008】

また、この発明の 回転電機の部分放電遠隔監視システムは、回転電機内に配置された部分放電センサと、部分放電監視装置と、前記部分放電監視装置に通信網を介して接続された監視センタとを備えたものであり、部分放電監視装置に設けられた放電検出回路には、第 1 の減衰器と第 1 の帯域フィルタと第 1 のピークホールド回路とが設けられた第 1 の周波数帯域検出回路と、第 2 の減衰器と第 2 の帯域フィルタと第 2 のピークホールド回路とが設けられた第 2 の周波数帯域検出回路とが設けられており、第 1, 第 2 の周波数帯域検出回路は、回転電機に配置された部分放電センサの出力信号を同時に計測するものであって、その計測レンジの制御は、制御用 CPU により、第 1, 第 2 の減衰器が制御されることによって行われるものであり、

第 1, 第 2 の減衰器を通過する放電センサの出力信号を、第 1 の帯域フィルタは予め決定された第 1 の周波数帯域で、また第 2 の帯域フィルタは第 1 の周波数帯域より高い第 2

10

20

30

40

50

の周波数帯域で通過させ、放電センサの出力信号を入力する第 1 , 第 2 のピークホールド回路のそれぞれは、所定の信号検出レベルを越えた信号が入力した時に作動してピーク値を検出するとともに、第 2 のピークホールド回路は第 1 のピークホールド回路が動作した時のみに動作するものであり、さらに該第 1 , 第 2 のピークホールド回路はピークホールド時間後の所定の不感時間を経過後に、次の信号を検出し、

部分放電監視装置に設けられたコンパレータは、検出された信号データを設定された基準値と比較して、回転電機の部分放電が許容レベルを越えている場合に、そのデータを直ちに監視センタに送信するものである。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

10

この発明の部分放電監視装置は、放電パルス信号の検出時間を、f 1 信号検出時から信号ピークを検出するまでの時間とし、その後所定の不感時間を設けているので、検出パルス数を大幅に減少させた状態で、部分放電とノイズとに信号識別を行うことができるとともに、部分放電監視装置を小型化することができ、さらに低コスト化することができる。

【 0 0 1 0 】

また、この発明の部分放電遠隔監視システムは、検出パルス数を大幅に減少させた状態で、回転電機内で発生する部分放電が許容レベルを越えた場合、直ちに監視センタに送信し、迅速な措置をとることが可能となり、無人化した監視が行える。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

20

実施の形態 1 .

以下、この発明を図に基づいて説明する。

図 1 は、この発明の実施の形態 1 による部分放電監視装置を説明するための部分放電遠隔監視システム 1 0 0 の構成を示す図である。例えば、火力発電所 9 に設置されたタービン発電機に相当する回転電機 1 の絶縁状態を運転中に遠隔監視するシステムで、回転電機 1 内に設けられた部分放電センサ 2 の信号が端子板 3 を介して発電機外部に導出され、部分放電監視装置 4 に入力される。部分放電監視装置 4 は W e b サーバ 5 とインターネット 6 を介し、例えば複数の発電所の諸機器を集中的に管理する監視センタ 7 内に設けられた監視サーバ 8 と送受信する構成となっている。

図 2 は部分放電監視装置 4 の構成を示すブロック図である。部分放電監視装置 4 は次のように構成されている。切換器 1 0 を用いて固定子コイルの U , V , W 各相に設けた部分放電センサ 2 をリレー 1 1 で切換えて選択する。前記部分放電センサ 2 の出力する信号は第 1 の周波数帯域検出回路である f 1 帯域検出回路 1 2 と第 2 の周波数帯域検出回路である f 2 帯域検出回路 1 3 に入力される。f 1 帯域検出回路 1 2 は減衰器 1 4 a、f 1 帯域フィルタ 1 5 a、増幅器 1 6、ピークホールド回路 1 7 a、A / D 変換器 1 8、メモリ 1 9、飽和表示器 2 0、信号レベル表示器 2 1 で構成される。f 2 帯域検出回路 1 3 は基本的には f 1 帯域検出回路 1 2 と同じであるが、f 1 帯域フィルタ 1 5 a とは検出周波数帯域が異なる f 2 帯域フィルタ 1 5 b で構成される。更に制御用 C P U 2 2、ロジック手段 2 3、位相信号入力手段 2 4 で構成されている。

【 0 0 1 2 】

40

次いで動作を説明する。

制御用 C P U 2 2 にプログラミングされた順序で切換器 1 0 のリレー 1 1 を動作して所定の部分放電センサ 2 を選択する。部分放電センサ 2 は回転電機 1 の固定子コイル（図示せず）の U、V、W 各相に設置されており、部分放電センサ 2 を選択することで監視対象となる固定子コイル相を選択することとなる。

選択された部分放電センサ 2 の出力する信号は、部分放電とノイズとに識別するために 2 回路に分岐され、片方は f 1 帯域検出回路 1 2 に、もう片方は f 2 帯域検出回路 1 3 に入力される。信号の流れと動作ステップは次の通りである。

【 0 0 1 3 】

第 1 ステップ；信号レベルに応じた計測レンジの自動制御を行なう。

50

計測レンジの自動制御はCPU22により減衰器14を制御することで実施する。この計測レンジの自動制御はf1帯域検出回路12、f2帯域検出回路13それぞれに行う。

第2ステップ；パルスを計測する。

減衰器14を通過した信号はf1帯域フィルタ15a、およびf2帯域フィルタ15bそれぞれで5～40MHzの範囲内で予め決定された周波数帯域のみ通過させる。f2帯域フィルタ15bはf1帯域フィルタ15より5MHz以上高く、かつ40MHz以下の任意の周波数帯域が選定される。f1帯域フィルタ15a、f2帯域フィルタ15bともに帯域幅は3MHzである。ここで、f1帯域フィルタ15a、f2帯域フィルタ15bに飽和信号が入力された時に、その状態を飽和表示20で表示する。これはf1帯域フィルタ15a、f2帯域フィルタ15bで飽和した信号の周波数特性により、みかけ上飽和していない様な誤信号となる誤動作を防止するために用いる。

f1帯域フィルタ15a、f2帯域フィルタ15bを通過した信号を増幅器16で定率増幅した後、ピークホールド回路17a、17bにてピーク値を検出しA/D変換器18でデジタル値に変換してメモリ19に格納する。

第3ステップ；部分放電信号とノイズを識別する。

ここで、2つの帯域で検出して部分放電とノイズを識別する考え方と動作について記す。

回転電機1の固定子コイルの絶縁が劣化すると運転電圧によって部分放電が発生するが、その発生現象はつぎの特徴を有する。

1．部分放電の発生パルス個数が非常に多い。一般的に1秒間に数百～数千個発生する。

2．絶縁劣化に有害とされる大きな部分放電の発生状態が間欠的である場合がある。

3．固定子コイル近傍に設置された部分放電センサ2で検出する場合、部分放電は部分放電センサ2の近くで発生しているため高周波数成分の減衰が小さいのに対し、ノイズは部分放電センサから遠い位置で発生するため信号伝播により高周波信号の減衰が大きく信号強度が弱くなる。

#### 【0014】

次にこの実施の形態1による2周波相関での部分放電とノイズの識別を図3にて説明する。図3はf1=10MHz、f2=20MHzで1秒間検出した信号の2周波強度相関であり、部分放電監視装置4または監視センサ7の双方において得られる図である。図3には(f2信号強度/f1信号強度)=0.8となるA信号群30aと、(f2信号強度/f1信号強度)=0.25となるB信号群31aと、f1帯域にのみ検出されるC信号群32aが見られる。この1秒間の計測パルス総数は約2千個である。

図3に示す2周波相関を把握するための検出タイミングを図4に示す。図4には、同一パルスをf1帯域検出回路12とf2帯域検出回路13で同時検出する時の信号強度と検出タイミングの1例を記載している。棒グラフは各パルスの強度を示しており、棒グラフ上のA、Bは図3のA信号とB信号を示す。検出タイミングの制御とデータ計測は制御用CPU22およびロジック回路23、データバス25で行う。

#### 【0015】

部分放電信号やノイズパルスが部分放電センサ2に検出され、ピークホールド回路17に入力される。信号検出レベル33を越えた信号が入力した時、ピークホールド回路17が作動する。ピークホールド回路17の動作時間は、ピークホールド時間34とリセット時間35と不感時間36で構成されている。信号入力後のピークホールド時間34が2μ秒間であり、その後2μ秒のリセット時間35でホールド値をリセットした後、不感時間36を6μ秒間設ける。したがって1パルスの検出時間は10μ秒である。検出するパルスはf1帯域検出回路12のピークホールド回路17aが動作したときにのみf2帯域検出回路13のピークホールド回路17bが動作するようにされている。ピークホールドした信号は、同一パルスのf1、f2帯域それぞれのピーク値と検出した時間がメモリされる。このようにして検出したパルスを読み出して表示したものが前述した図3である。

また不感時間36は6～100μ秒の間で可変とする。この不感時間36を可変とする

ことで検出パルス数を制限することができる。不感時間 36 ではパルスを検出しない。この時間に絶縁劣化に有害なパルスが発生すると計測機能として問題となるが、この問題は次の説明で回避されることが分かる。

#### 【0016】

一般に、回転電機の絶縁劣化と部分放電の関係は部分放電の大きさと関係しており、絶縁体内部の劣化が進むと部分放電が大きくなり絶縁破壊電圧も低下する。したがって、絶縁状態の遠隔監視には放電の大きさの変化を監視することとなる。電気学会では絶縁評価時の部分放電の大きさとして最大放電電荷量 ( $Q_{max}$ ) を推奨している。この最大放電電荷量は印加電圧の毎サイクルに部分放電が 1 個安定的に発生するレベルと定義されており、商用周波数が 60 Hz 域では 1 秒間に 60 個発生するレベル (60 pps ; 60 P u l s e p e r s e c o n d ) である。この 60 pps レベルのパルス発生間隔は十数ミリ秒となる。絶縁劣化診断の指標となる部分放電の発生位相特性を得るためには数百 ~ 2000 個程度のパルス数が必要となる。仮に 10 秒間に 10000 個のパルスを検出すると仮定した場合、パルス発生間隔は平均的には 1 ミリ秒となる。実際には  $dv/dt$  が大きい位相でランダムに発生するので更に短い間隔となるが、頻発する時のパルス間隔でも 100  $\mu$  秒程度と考えられる。

また、不感時間 36 に部分放電の検出ミスが出て、位相特性は検出パルスが 2000 個あれば十分に得られるので、若干の検出ミスは問題とならない。

以上述べたように、6 ~ 100  $\mu$  秒の不感時間 36 は問題とならない。

#### 【0017】

ピークホールド時間 34 を 2  $\mu$  秒とするのは次の理由による。

一般に部分放電波形は、部分放電発生点では図 5 に示すように単発のパルス波形である。しかし、部分放電信号が回転機固定子巻線を経由して部分放電センサ 2 に到達するまでに反射や共振や減衰を繰返しながら伝播すること、および  $f_1$  周波数帯域を 5 ~ 40 MHz の範囲で帯域幅 3 MHz に制限して通過させることで、帯域フィルタ 15 a、15 b を通過した信号は図 6 に示す様な振動波形となる。この図 6 に示す信号波形のほう絡線 (エンベロープ) の最大値を検出する必要がある。この 1 パルスの振動波形のほう絡線の最大値までの到達時間  $t_1$  は回転電機の大きさや固定子巻線の長さに起因して決定されるが、固定子巻線での部分放電の場合約数百  $n$  秒から 1  $\mu$  秒以内である。検出時間  $t$  は、ほう絡線の最大値を確実に検出する時間とする必要がある。回転電機では、検出時間  $t$  を 2  $\mu$  秒間程度とすることで最大値をピークホールドし部分放電強度を検知することができる。検出時間  $t$  が必要以上に長い場合には  $t$  内に別のパルスを重ねて検出し  $f_1$  帯域検出回路 12 と  $f_2$  帯域検出回路 13 とで別のパルスを検出する危険性が生じる。

#### 【0018】

信号検出レベル 33 は、例えば計測レンジの 15 % に設定されている。計測レンジの 15 % に設定することで、小さい信号は無視され、絶縁劣化を反映した大きな部分放電を効率よく検出できる。更に、信号検出レベル 33 が可変できる構成となっている。このため、強度が小さいノイズが多数検出される回転電機では、信号検出レベル 33 を可変し、高くすることで検出パルス数を大幅に制限することができる。

制御用 CPU 22 によってノイズ除去を行う場合、前述した図 3 に示す信号群のヒストグラムから A 信号群 30 a と B 信号群 31 a との境界の角度をノイズ除去しきい値 29 としている。ノイズ除去しきい値 29 を図 3 に示す。図 3 に示す例ではノイズ除去しきい値 29 は 28 度となり、28 度より小さい角度に存在する B 信号群 31 a と C 信号群 32 a のパルスをノイズとして除去する。図 3 のノイズ除去前後の部分放電発生位相特性を図 7、図 8 に示す。図 7 は図 3 に示す全パルスを示したものでノイズ除去前、図 8 は図 3 の A 信号群のみ取り出して表示したものである。

#### 【0019】

このように、この実施の形態 1 では信号の検出タイミングを固定子コイルの部分放電発生現象を考慮して決定し、波頭に注目して検出時間を 2  $\mu$  秒とし、不感時間 36 を固定子コイルの有害部分放電発生間隔から 6 ~ 100  $\mu$  秒とすることで、2 周波相関特性を用い

10

20

30

40

50

た信号識別機能を維持したまま、検出パルス数を大幅に減少させ、装置を小型化し低コスト化を実現出来る効果がある。

なお、この実施の形態 1 の図 4 に示した例では、ピークホールド時間 3 4 を 2  $\mu$  秒、不感時間 3 6 を 6  $\mu$  秒の場合を示したが、必ずしもこれに限らず、前記ピークホールド時間 3 4 を 1 ~ 2  $\mu$  秒、不感時間 3 6 を 6 ~ 1 0 0  $\mu$  秒としてもよい。この不感時間 3 6 は装置のコストを配慮して決められるものでもあり、望ましくは 5 0  $\mu$  秒である。

#### 【 0 0 2 0 】

実施の形態 2 .

次に実施の形態 2 による信号レベルに応じた計測レンジの自動設定フローを図 9 に示す。制御用 C P U 2 2 による f 1 帯域の減衰器 1 4 a の自動設定は次のフローで動作する。

第 1 ステップ：信号を 1 秒間計測する。

第 2 ステップ：計測したデータを R A M 1 9 に格納する。

第 3 ステップ：R A M 1 9 に格納したデータを読み出す。

第 4 ステップ：実施の形態 1 で記述した 2 周波相関ノイズ除去方法を用いてノイズ除去を行う。

第 5 ステップ：部分放電が 1 秒間に 6 0 個（商用電源が 6 0 H z の場合。商用電源が 5 0 H z の場合は 5 0 個 / 秒）発生するレベル（6 0 p p s : P u l s e p e r s e c o n d）を演算し導出する。

第 6 ステップ：6 0 p p s が計測レンジの 4 0 % レベルと比較し、4 0 % 以下である場合は感度を 1 段階上げて再計測する。4 0 % 以上である場合は次のステップへ進む。

第 7 ステップ：6 0 p p s が計測レンジの 9 0 % レベルと比較し、9 0 % 以上である場合は感度を 1 段階下げて再計測する。9 0 % 以下である場合は次のステップへ進む。この第 6 と第 7 ステップで 6 0 p p s が計測レンジの 4 0 % ~ 9 0 % の範囲となるよう制御する。

第 8 ステップ：計測している部分放電パルスの中でレンジオーバーしたパルス数を比較し、1 0 p p s 以上がオーバーしている場合には、レンジを 1 段階下げて再計測する。この再計測の場合にはレンジオーバーの比較基準が優先される。

第 9 ステップ：第 6 , 7 が Y e s、第 8 が N o となった時、決定されたレンジを計測レンジと決定し、レンジ設定が完了する。

#### 【 0 0 2 1 】

f 2 帯域の減衰器 1 4 b の自動設定は次の順序で動作する。

第 1 ステップ：信号を 1 秒間計測する。

第 2 ステップ：計測したデータを R A M 1 9 に格納する。

第 3 ステップ：R A M 1 9 に格納したデータを読み出す。

ここまでは f 1 計測と同時に終わる。

第 4 ステップ：f 2 の信号の最大値が、計測レンジの 5 0 % レベルと比較し、5 0 % 以下である場合は感度を 1 段階上げて再計測する。5 0 % 以上である場合は次のステップへ進む。

第 5 ステップ：f 2 の信号の最大値が計測レンジの 9 5 % レベルと比較し、9 5 % 以上である場合は感度を 1 段階下げて再計測する。9 5 % 以下である場合は次のステップへ進む。

第 6 ステップ：第 4 , 5 ステップが Y e s となった時、決定されたレンジを計測レンジと決定し、レンジ設定が完了する。

#### 【 0 0 2 2 】

以上のように、計測レンジ設定を、部分放電を計測する毎に計測値からノイズ除去した後の 6 0 p p s ( 5 0 p p s ) の値を基準として計測レンジを決定できるので、常に信号レベルに応じた計測レンジで計測することができる。この結果、精度良く無人遠隔監視ができる。

また、f 1 帯域検出回路 1 2 と f 2 帯域検出回路 1 3 がそれぞれに最適レンジに設定されるので、感度よく検出できるとともに、2 周波相関ノイズ除去が容易となる効果がある

10

20

30

40

50

。

さらに、ノイズ除去後の60 p p s 値を基準にレンジが設定されるので、ノイズに埋もれた部分放電を精度良く検出できる効果がある。無人遠隔監視が精度良くできる効果がある。

#### 【0023】

実施の形態3 .

この実施の形態3では計測レンジ設定時の部分放電データを基準にして、ピークホールド回路17a、17bの信号検出レベル33を可変させる構成とする。この場合最も望ましい変化の度合いは、信号検出レベル33を部分放電の60 p p s 値の50%とする。例えば計測レンジが0～100 mVに設定されている場合に、部分放電の60 p p s 値が70 mVであると、信号検出レベル33を35 mVとして35 mV未満のパルスがピークホールドされないように設定する。部分放電が間欠性の場合で、レンジオーバーするパルスが10 p p s となるため60 p p s 値が40 mVとなる場合は信号検出レベル33を20 mVとし20 mV未満のパルスがピークホールドされないように設定する。

10

多くの場合、f1、f2の狭帯域内で検出されるノイズパルスは部分放電より小さく発生数が多い。したがって、部分放電を基準に信号検出レベルを制御することで、大きな部分放電が発生している場合には小さなノイズを検出しないように自動制御する。

#### 【0024】

一般に強度が小さなノイズは発生数が多く、ノイズを含めて検出した場合に処理時間や遠隔監視のためのデータ転送に時間を要するという課題がある。絶縁に有害となる大きな部分放電に着目して検出することで、遠隔監視の目的を達成しつつ処理時間を短縮できる。

20

このように信号検出レベルを部分放電強度の1/2に可変とすることで、検出パルス数を大幅に減少させることができ、部分放電遠隔監視システムにこの装置を採用した時データ処理時間や、データ転送時間が大幅に縮小できる効果がある。さらに部分放電監視装置を小型化、低コスト化できる効果がある。

さらに、部分放電とノイズが混在して発生している場合には、部分放電センサ2には部分放電とノイズが混在して検出される。この時、小さいノイズでピークホールド回路のトリガがかかり、その直後の不感時間に発生する部分放電の検出をミスするという点も解消できる。

30

#### 【0025】

実施の形態4 .

次に部分放電監視装置で得られたデータを監視センタに伝送する回転電機の部分放電遠隔監視システムについて説明する。

部分放電監視装置4には、図示省略したコンパレータが設けられている。このコンパレータは前記実施の形態1～3で検出した信号データを、設定された基準値と比較を行い、回転電機1の部分放電が許容レベルを越えている場合、そのデータを直ちにインターネット6等の通信網を介して監視センタ7の監視サーバ8に送信する。このように許容レベルを越える部分放電が発生した際に、直ちにその情報を監視センタに送信することができるので、必要な措置を速やかにとることが可能となり、従って無人遠隔監視が採用できるとい

40

#### 【0026】

また、部分放電が許容レベルを越えない通常運転中は、検出した信号データを前記部分放電監視装置4に、設定された期間内、例えば1日とか1週間保存しておき、その期間に達すると、一括して前記信号データを監視サーバ8に送信する。このような手法を採用することにより、情報伝達の簡素化、それに伴う通信費の削減がはかれるという効果がある。

またさらに、信号データを設定された期間内保存するとともに、前記コンパレータが部分放電の大きさと、発生傾向をデータ化し、そのデータを監視サーバに送信することにより、期間内の放電発生傾向が容易に判明するとともに、通信費の削減がはかれる。

50

## 【 0 0 2 7 】

なお、前記実施の形態 1 ~ 4 では、回転電機とこれにつながる部分放電監視装置に対して、監視センタが 1 箇所設置されている例を示したが、これに限定されることなく、1 箇所の監視センタが、分散配置された複数箇所の回転電機と部分放電監視装置を集中的に統括して管理する場合であってもよい。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 2 8 】

以上のように、この発明の実施の形態 1 ~ 4 による回転電機の部分放電監視装置、および部分放電遠隔監視システムを用いると、火力発電所、ガス発電所等に設置されているタービン発電機や、その他施設の高圧回転電機等のコイル絶縁の部分放電発生現象を、高分解能でかつ無人遠隔監視運転が可能となる。

10

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 9 】

【 図 1 】 この発明の実施の形態 1 の部分放電監視装置を説明する部分放電遠隔監視システム図である。

【 図 2 】 この発明の実施の形態 1 の部分放電監視装置の構成を示すブロック図である。

【 図 3 】 この発明の実施の形態 1 の部分放電とノイズの識別を示す図である。

【 図 4 】 この発明の実施の形態 1 の信号強度と検出タイミングを示す図である。

【 図 5 】 一般的な部分放電波形を示す図である。

【 図 6 】 一般的な信号波形のほう絡線図である。

20

【 図 7 】 この発明の実施の形態 1 の全パルスを示すノイズ除去前の図である。

【 図 8 】 この発明の実施の形態 1 のノイズ除去後のパルスを示す図である。

【 図 9 】 この発明の実施の形態 2 の計測レンジの自動設定を示すフロー図である。

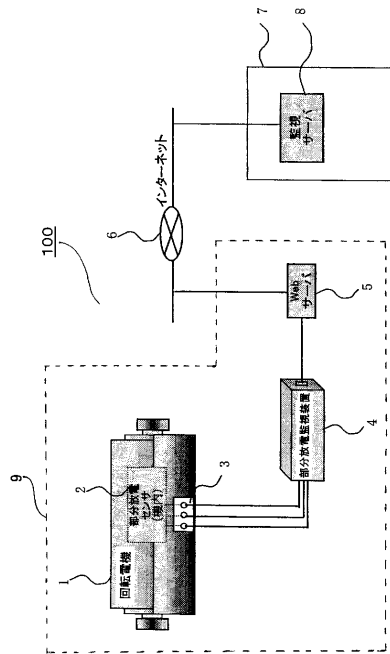
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 0 】

1 回転電機、 2 部分放電センサ、 4 部分放電監視装置、 7 監視センタ、  
12 第 1 の周波数帯域検出回路、 13 第 2 の周波数帯域検出回路、  
14 a , 14 b 第 1 , 第 2 の減衰器、 15 a , 15 b 第 1 , 第 2 の帯域フィルタ、  
17 a , 17 b 第 1 , 第 2 のピークホールド回路、 22 制御用 CPU、  
33 信号検出レベル、 34 ピークホールド時間、 35 リセット時間、  
36 不感時間、 37 検出時間、 50 放電検出回路、  
100 部分放電遠隔監視システム。

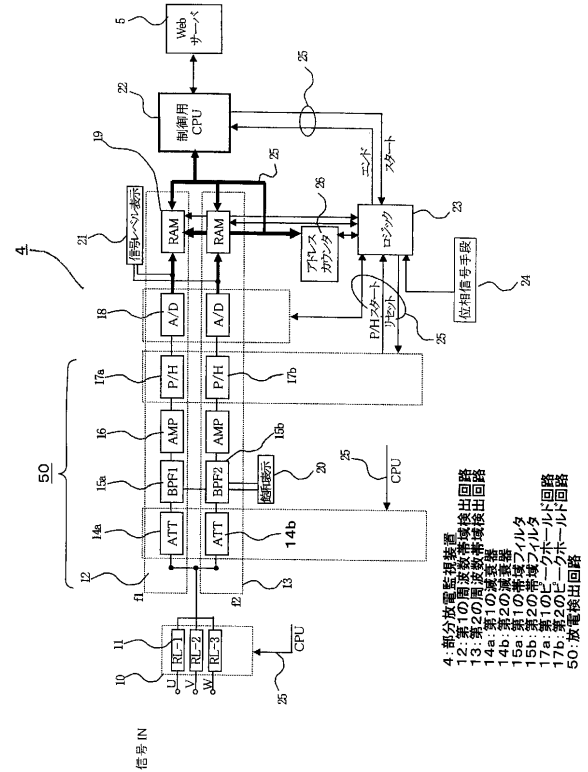
30

【図 1】



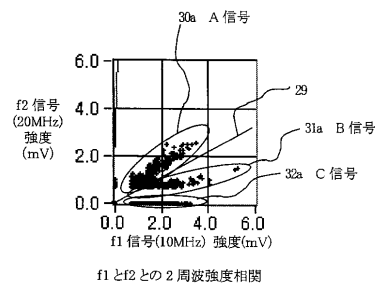
7: 監視センタ  
100: 部分放電通信監視システム

【図 2】



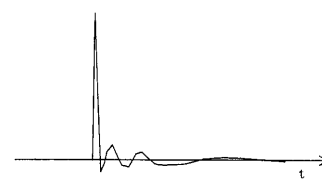
4: 部分放電監視装置  
12: 第1の周波数帯域検出回路  
13: 第2の周波数帯域検出回路  
14a: 第1の減衰器  
14b: 第2の減衰器  
15a: 第1の帯域フィルタ  
15b: 第2の帯域フィルタ  
16: ピークホールド回路  
17a: 第1の増幅器  
17b: 第2の増幅器  
18: A/D変換器  
19: CPU  
20: 制御部  
21: CPU  
22: RAM  
23: ROM  
24: 位置情報手段  
25: 無線通信手段

【図 3】

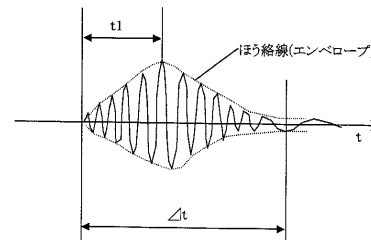


f1 と f2 との 2 周波強度相関

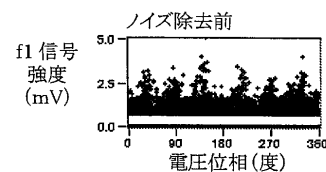
【図 5】



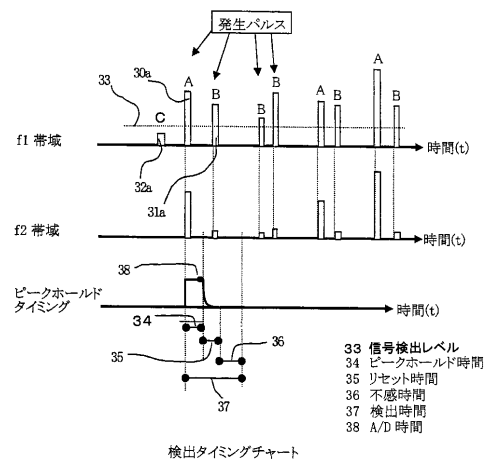
【図 6】



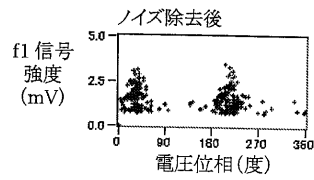
【図 7】



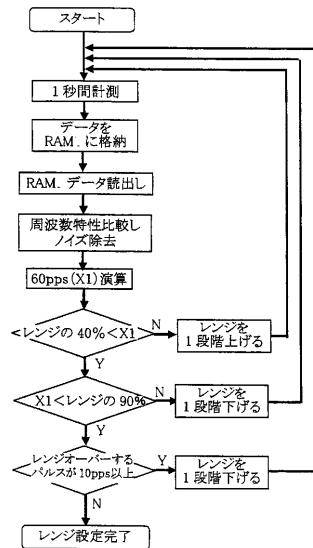
【図 4】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 河瀬 千春

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 藤原 伸二

(56)参考文献 特許第3187642(JP, B2)

特開2000-329833(JP, A)

特許第2751834(JP, B2)

特開平07-335445(JP, A)

特開2001-074802(JP, A)

特開2003-114250(JP, A)

特開2002-071742(JP, A)

特開平07-086971(JP, A)

特開平09-033602(JP, A)

特開2002-048836(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 31/12 - 31/20

G01R 31/02 - 31/06

G01R 31/34

G01R 31/00

G05B 23/00 - 23/02