(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3567045号
(P3567045)

(45)発行日　平成16年9月15日(2004.9.15)　(24)登録日　平成16年6月18日(2004.6.18)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G21C 17/10	G21C	17/10	GDBW
G01T 1/17	G01T	1/17	D
G01T 3/00	G01T	3/00	D
G21C 17/108	G21C	17/10	G
	G21C	17/10	K

請求項の数 9　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願平8-81140
(22)出願日　平成8年4月3日(1996.4.3)
(65)公開番号　特開平9-274095
(43)公開日　平成9年10月21日(1997.10.21)
審査請求日　平成14年6月24日(2002.6.24)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100087332
弁理士　猪股　祥晃
(72)発明者　泉　幹雄
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１番地　株式会社東芝　研究開発センター内
(72)発明者　後藤　泰志
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝　横浜事業所内

審査官　今浦　陽恵

最終頁に続く

(54)【発明の名称】原子炉出力監視装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

原子炉圧力容器内または外部に設置した放射線検出器と、

この放射線検出器の出力信号を５ｎｓｅｃ～40ｎｓｅｃでサンプリングしてディジタル値に変換するＡ／Ｄ変換装置と、

前記ディジタル値から放射線検出器の出力パルスを識別するパルス識別回路と、

デジタルバンドパスフィルタを有し前記ディジタル値の一部を用いて２つ以上の周波数帯域で信号のパワーを演算するパワー演算回路と、

前記パルス識別回路とパワー演算回路の出力よりキャンベル計測によって放射線量を演算して原子炉の出力異常時には原子炉停止信号を発する放射線量演算回路と、

前記パワー演算回路とパルス識別回路の出力から前記放射線検出器の異常を診断する検出器診断回路と、

を備えた演算装置とからなることを特徴とする原子炉出力監視装置。

【請求項２】

前記パルス識別回路が、サンプリングされた前後のディジタル値の増減を監視してその増減のパターンより放射線検出器の出力パルスを識別することを特徴とする請求項１記載の原子炉出力監視装置。

【請求項３】

前記パルス識別回路が、サンプリングされた前後のディジタル値の増減を監視してそのサンプリング値がある設定増加レベル以上に増加し、かつ前記サンプリング後にある設定減

少レベルに減少するパターンを検索してパルスのピーク部分を検出するピーク検出手段と、サンプリング値がある設定レベル以上に連続して増加する回数を計数する増加幅検出手段とを設けたことを特徴とする請求項１記載の原子炉出力監視装置。
【請求項４】
前記パルス識別回路が、複数のノイズ波形を記憶するノイズ波形記憶手段と、正常な検出器波形を記憶する正常信号記憶手段と、サンプリングしたディジタル値のパターンを前記ノイズ波形記憶手段及び正常信号記憶手段とパターン比較を行うパターン比較手段とを設けたことを特徴とする請求項１記載の原子炉出力監視装置。
【請求項５】
前記放射線量演算回路が、前記パワー演算回路の出力である複数の周波数帯域の信号のうちで外来ノイズ等の前記放射線検出器信号以外のノイズの影響が大きい帯域を除いて放射線量を演算することを特徴とする請求項１記載の原子炉出力監視装置。
【請求項６】
前記検出器診断回路が、検出パルスと認識されたディジタル値からパルス幅を演算するパルス幅演算手段と、そのパルス幅を正常な検出器出力パルス幅と比較するパルス幅診断手段とを設けたことを特徴とする請求項１記載の原子炉出力監視装置。
【請求項７】
前記検出器診断回路が、複数の周波数帯域の信号の比率を正常時の信号の比率と比較する周波数成分診断手段を設けたことを特徴とする請求項１記載の原子炉出力監視装置。
【請求項８】
原子炉圧力容器内または外部に設置した放射線検出器と、
この放射線検出器に可変電圧を印加する可変高圧電源と、複数の放射線検出器信号を切り替えて順次出力するマルチプレクサと、
前記マルチプレクサの出力を５ｎｓｅｃ～40ｎｓｅｃでサンプリングしてディジタル値に変換するＡ／Ｄ変換装置と、
デジタルバンドパスフィルタを有し前記ディジタル値から２つ以上の周波数帯域にて信号のパワーを演算するパワー演算回路と、
前記ディジタル値から放射線検出器の直流電流を演算する直流成分演算回路と、
前記パワー演算回路と直流成分演算回路の出力よりキャンベル計測によって放射線量を演算して出力異常時には原子炉停止信号を発する放射線量演算回路と、
前記パワー演算回路と直流成分演算回路の出力から前記放射線検出器の異常を診断する検出器診断回路と、
を備えた演算装置とからなることを特徴とする原子炉出力監視装置。
【請求項９】
前記原子炉出力監視装置において、可変高圧電源はＡ／Ｄ変換のサンプリング周期に同期した可変電圧を放射線検出器に印加すると共に、演算装置にＡ／Ｄ変換装置の出力であるサンプリングデータを前記印加電圧ごとに区別するデータ選別手段を設けたことを特徴とする請求項８記載の原子炉出力監視装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、軽水型原子炉の出力監視に係り、特に原子炉圧力容器内または外部に設置して放射線検出器の出力信号により原子炉起動から出力及び停止までの監視を行う原子炉出力監視装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
原子炉における出力監視については沸騰水型原子炉を例にすると、従来より定格出力時を監視する出力領域モニタと、起動及び停止時を監視する起動領域モニタの２種類の原子炉出力監視装置により原子炉の出力を監視している。
【０００３】

図６のブロック構成図に示すように、原子炉の出力は原子炉圧力容器１の内部に６～１０本のＳＲＮＭ検出器２（Ｓｔａｒｔ ｕｐ Ｒａｎｇｅｄ Ｎｅｕｔｒｏｎ Ｍｏｎｉｔｏｒ，ＳＲＮＭ）と、１００～２００本のＬＰＲＭ検出器３（Ｌｏｃａｌ Ｐｏｗｅｒ Ｒａｎｇｅ Ｍｏｎｉｔｏｒ，ＬＰＲＭ）を設置している。
また、その出力はそれぞれ信号ケーブル４とパルスアンプ５を介して起動領域モニタ６に、また信号ケーブル４により出力領域モニタ７において測定することにより原子炉の出力監視をしている。

【０００４】

起動領域モニタ６においては、放射線レベルの低い領域では約８０ｎｓｅｃのパルス幅である検出器出力パルスの個数を計数すること（以後、パルス計測と呼ぶ）により、また、放射線レベルが高い領域では、この出力パルスの重なりにより生じるゆらぎのパワーを測定して（以後、キャンベル計測と呼ぶ）起動及び停止の原子炉を監視するものである。

【０００５】

さらに、放射線レベルの高い定格出力領域では、出力領域モニタ７によって、ＬＰＲＭ検出器３の直流成分を計測することにより（以後、直流計測と呼ぶ）、原子炉出力を監視している。

【０００６】

このように原子炉における出力監視には、放射線レベルの違いにより３種類の計測方法、すなわち、パルス計測とキャンベル計測及び直流計測を用いているために、それぞれハードウエアである構成の異なるモニタによって監視が行われている。
たとえば起動領域モニタ６では、パルス計測を行うためにある波高レベル以上のパルスを検出するパルス波高弁別回路８と、その回数を監視するパルス演算器９を備えている。

【０００７】

しかし、このパルス波高弁別回路８は、アナログ回路で構成されているために複雑な処理が困難で、最も単純なパルス波高によりパルス数を検出する方法がとられている。
またキャンベル計測を行う部分は、測定周波数の帯域を限定すると共に、その帯域内の２乗平均電圧を演算する回路を有する２乗平均回路１０と、その出力からキャンベル出力を演算するキャンベル演算装置１１とから構成されている。

【０００８】

なお、２乗平均回路１０内の測定帯域を制限する回路は、通常アナログ回路で実施されているために、その測定帯域は１～２個に制限されている。
さらに出力領域モニタ７では、ＬＰＲＭ検出器３に可変高圧電源１２より高圧電圧を印加して、その出力は電流アンプ１３で増幅された後に、マルチプレクサ１４によって複数の検出器信号を順次切り替えると共に、直流成分演算器１５によって直流成分の監視を行っている。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

従来の原子炉出力監視装置における第１の課題としては、放射線検出器の出力パルスをアナログ回路により処置しているために、検出器出力パルス波形に含まれる情報を十分利用できないことがある。

【００１０】

たとえば、パルスの個数を数える場合に、アナログ回路によりあるレベル以上（以後、ディスクリレベルと称す）の波高であるパルス数を計測する従来の原子炉監視装置では、パルスの重なりによってパルスの裾野が重なった場合に、ディスクリレベルでは１個のパルスとなり、パルス個数の数え落とし（以後、パルスパイルアップによる数え落とし）が生じる。

【００１１】

従って従来のパルス計測では、約2×10^{6}（カウント／秒）以上でパルスの計測ができなくなる。なお、この場合にパルス波形の情報を利用すれば、重なったパルスも認識することが可能ではあるが、これにはアナログ回路として、複雑な回路が必要となることか

ら現実的ではなかった。
【００１２】
また、このようなアナログ回路によるパルス数の計測では、ＳＲＮＭ検出器２及びＬＰＲＭ検出器３である放射線検出器における放電によって発生する放電パルス、または、原子炉監視装置の近傍で発生する電磁誘導によるノイズパルスを計数して、誤った計測を行う可能性がある。
そのために、従来の原子炉出力監視装置では、信号ケーブル４等に十分なるシールド処理を行い、外来ノイズの誘導がないように施工に十分な注意をする必要があった。
【００１３】
しかし、これらのノイズによる誤パルスは、その波形が信号パルスと異なる場合がほとんどであるために、パルスの波高のみではなく、その他の波形の情報を利用できれば、この誤計測を防止することができて、施工時の外来ノイズ対策を軽減することが可能である。
【００１４】
さらに、放射線検出器の出力パルスは、放射線検出器内に封入されているガス圧のリーク、または電極間隔の異常によって変化するために、この波形を監視することによって、これらの異常を計測中に検出可能であるが、現状のシステムでは計測及び監視からシステムを除外して（通常、バイパスと呼ぶ）、放射線検出器の診断等を行う必要があった。
【００１５】
次の課題として現状のシステムでは、直流計測とキャンベル計測、またはキャンベル計測とパルス計測を同時に行うには、それぞれの専用の回路を設ける必要があり、従って回路規模が大きく、また複雑になるという支障があった。
【００１６】
従来はＳＲＮＭ検出器２が６～１０本と比較的少ない数の起動領域モニタ６は、パルス計測とキャンベル計測を切り替えて監視できるようになっているが、それぞれ専用のパルス波高弁別回路８とパルス演算器９と、２乗平均回路１０及びキャンベル演算装置１１とのアナログ処理回路を設けた構成となっている。
【００１７】
一方、　１００～　２００本のＬＰＲＭ検出器３を処理する出力領域モニタ７では、回路が比較的簡単である直流成分のみで監視しており、しかも、前記起動領域モニタ６とは全く異なる信号処理部を用いている。
すなわち、従来の原子炉出力監視装置では、異なるハードウエアで実施していたために、それぞれの保守及び点検作業が異なるという支障があった。従って、これを解決するためにハードウェア部の共通化、特に信号処理部の共通化が望まれていた。
【００１８】
しかも、ハードウエアを共通化することにより、同一の放射線検出器に異なる原理の測定方法を簡単に適用できるようになり、通常の一原理で測定していた場合より１つの放射線検出器の監視範囲を広くすることができる。
【００１９】
例えば出力領域モニタ７に、従来と比べてハードウエア構成を複雑にすることなく、従来行われている直流計測と共にキャンベル計測を実装できれば、モニタの信頼性及びコストはほとんど変わらないにもかかわらず、原子炉圧力容器１内部のＬＰＲＭ検出器３の位置での放射線監視範囲が拡大して、放射線レベルの低い段階で発生する局部振動を監視できて原子炉の監視性能が向上する。
【００２０】
また、２つ以上の計測を同時に行える構成であれば、各計測の比率を監視することにより放射線検出器の発生電荷量を推定でき、放射線検出器の異常診断が計測中に可能となる。
【００２１】
本発明の目的とするところは、放射線検出器の出力パルス波形の情報を用いて、外来ノイズ等に対する誤動作の防止とパイルアップ識別による計測範囲を拡大する。
さらに、放射線検出器の監視中診断による原子炉出力監視の信頼性を向上させると共に、

異なる計測方法を同一のハードウェアによって行うことにより保守点検の簡素化と全体のコストダウンを可能とした原子炉出力監視装置を提供することにある。

【００２２】

【課題を解決するための手段】

上記目的達成のため請求項１記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、原子炉圧力容器内または外部に設置した放射線検出器と、この放射線検出器の出力信号を５ｎｓｅｃ～40ｎｓｅｃでサンプリングしてディジタル値に変換するＡ／Ｄ変換装置と、前記ディジタル値から放射線検出器の出力パルスを識別するパルス識別回路と、デジタルバンドパスフィルタを有し前記ディジタル値の一部を用いて２つ以上の周波数帯域で信号のパワーを演算するパワー演算回路と、前記パルス識別回路とパワー演算回路の出力よりキャンベル計測によって放射線量を演算して原子炉の出力異常時には原子炉停止信号を発する放射線量演算回路と、前記パワー演算回路とパルス識別回路の出力から前記放射線検出器の異常を診断する検出器診断回路と、を備えた演算装置とからなることを特徴とする。

【００２３】

放射線検出器の出力をパルス計測する時には、５ｎｓｅｃ～４０ｎｓｅｃのサンプリング時間で実施することにより、放射線検出器の出力パルス波形の特徴を利用したパルス計測が可能となり、外来ノイズ等による誤計測が防止できる。

また、放射線検出器の出力をキャンベル計測する場合においても、複数の周波数帯域の信号を比較することにより耐ノイズ性を向上することができる。

【００２４】

これらの結果は、それぞれ演算装置の放射線量演算回路において、放射線検出器の設置位置における放射線量に換算されると共に、これらの異常変化時には原子炉停止信号を発生する。

また、検出器診断回路では、パワー演算回路とパルス識別回路のデータより検出器の異常診断が行える。

【００２５】

なお、前記サンプリング時間を採用することにより、原子炉出力監視装置に必要なパルス計測とキャンベル計測が数値演算のみによって同時に可能となり、原子炉出力監視装置としてハードウエアの統一により装置が小型化できる。

【００２６】

請求項２記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、パルス識別回路が、サンプリングされた前後のディジタル値の増減を監視してその増減のパターンより放射線検出器の出力パルスを識別することを特徴とする。

パルス識別回路にて正常な信号パルスの増減の特徴を識別することにより、パイルアップしたパルスの弁別及びノイズの除去ができる。

【００２７】

請求項３記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、パルス識別回路が、サンプリングされた前後のディジタル値の増減を監視してそのサンプリング値がある設定増加レベル以上に増加し、かつ前記サンプリング後にある設定減少レベルに減少するパターンを検索してパルスのピーク部分を検出するピーク検出手段と、サンプリング値がある設定レベル以上に連続して増加する回数を計数する増加幅検出手段とを設けたことを特徴とする。

【００２８】

パルス識別回路におけるピーク検出手段により、入力されたパルスのピーク数を計数して、増加幅検出手段によってパルスの立ち上がり時間を監視する。また、これらの特徴を抽出することにより、ノイズパルスと信号パルスを識別しながら、信号パルスのみの計測ができる。

【００２９】

請求項４記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、パルス識別回路が、複数のノイズ波形を記憶するノイズ波形記憶手段と、正常な検出器波形を記憶する正常信号記憶手段と、サンプリングしたディジタル値のパターンを前記ノイズ波形記憶手段及び正常信号記憶手段

とパターン比較を行うパターン比較手段とを設けたことを特徴とする。
【００３０】
パルス識別回路におけるノイズ波形記憶手段に、予め発生が予想されるノイズ波形を記録する。また正常信号記憶手段には、正常な検出器信号の波形を記録しておく。
この記録した各波形と、Ａ／Ｄ変換装置の出力とピーク形状、及び立ち上がりスピードと立ち下がりスピードをパターン比較することにより、ノイズ波形と信号波形の弁別ができる。
【００３１】
請求項５記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、放射線量演算回路が、前記パワー演算回路の出力である複数の周波数帯域の信号のうちで外来ノイズ等の前記放射線検出器信号以外のノイズの影響が大きい帯域を除いて放射線量を演算することを特徴とする。
【００３２】
パワー演算回路にて検出器信号を複数の周波数帯域に分割して、その出力を放射線量演算回路に入力する。放射線量演算回路では、各周波数帯域で信号以外のノイズの影響の大きい周波数帯域を選定して、その選定した帯域を除いた周波数帯域の信号から放射線量を演算して、ノイズに影響されない計測を行う。
【００３３】
請求項６記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、検出器診断回路が、検出パルスと認識されたディジタル値からパルス幅を演算するパルス幅演算手段と、そのパルス幅を正常な検出器出力パルス幅と比較するパルス幅診断手段とを設けたことを特徴とする。
【００３４】
パルス識別回路の出力を検出器診断回路に入力して、検出器診断回路のパルス幅演算手段にてパルス波形のパルス幅を演算する。
この演算結果は、パルス幅診断手段にて検出器正常時のパルス幅と比較して、パルス幅の増加等あるレベル以上にパルス幅が増加した場合は、放射線検出器の異常と診断する。これにより、原子炉出力の監視を中断することなく放射線検出器の異常を検出する。
【００３５】
請求項７記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、検出器診断回路が、複数の周波数帯域の信号の比率を正常時の信号の比率と比較する周波数成分診断手段を設けたことを特徴とする。
【００３６】
パワー演算回路にて計算した信号のパワーの周波数分布を検出器診断回路の周波数成分診断手段に入力する。
この周波数成分診断手段では、前記信号を正常時の信号の周波数分布と比較し、各信号成分の比率の変動を監視して、あるレベル以上に比率が変化した場合には、放射線検出器の異常と診断する。これにより、原子炉出力の監視中において放射線検出器の異常を検出する。
【００３７】
請求項８記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、原子炉圧力容器内または外部に設置した放射線検出器と、この放射線検出器に可変電圧を印加する可変高圧電源と、複数の放射線検出器信号を切り替えて順次出力するマルチプレクサと、前記マルチプレクサの出力を５ｎｓｅｃ～40ｎｓｅｃでサンプリングしてディジタル値に変換するＡ／Ｄ変換装置と、デジタルバンドパスフィルタを有し前記ディジタル値から２つ以上の周波数帯域にて信号のパワーを演算するパワー演算回路と、前記ディジタル値から放射線検出器の直流電流を演算する直流成分演算回路と、前記パワー演算回路と直流成分演算回路の出力よりキャンベル計測によって放射線量を演算して出力異常時には原子炉停止信号を発する放射線量演算回路と、前記パワー演算回路と直流成分演算回路の出力から前記放射線検出器の異常を診断する検出器診断回路と、を備えた演算装置とからなることを特徴とする。
【００３８】
放射線検出器からの信号のＡ／Ｄ変換にＡ／Ｄ変換装置による５ｎｓｅｃ～４０ｎｓｅｃ

のサンプリング時間を採用することで、放射線検出器として出力領域モニタに用いられるＬＰＲＭ検出器の直流計測と共に、キャンベル計測を行うことが可能となる。

【００３９】

これにより、放射線検出器のＬＰＲＭ検出器を用いて広い出力領域の監視をすることができる。また、直流計測とキャンベル計測の演算を数値演算のみで行えるので、例えば前記請求項１の原子炉出力監視装置とハードウエアの共通化が可能となる。

さらに、パワー演算回路の出力と直流成分演算回路の出力の比率を検出器診断回路で比較して、あるレベル以上に変化した場合には、放射線検出器の異常として検出する。

【００４０】

請求項９記載の発明に係る原子炉出力監視装置は、可変高圧電源がＡ／Ｄ変換のサンプリング周期に同期した可変電圧を放射線検出器に印加すると共に、演算装置にＡ／Ｄ変換装置の出力であるサンプリングデータを前記印加電圧ごとに区別するデータ選別手段を設けたことを特徴とする。

【００４１】

放射線検出器に印加する電圧の周期であるタイミングは、データ識別回路に入力されてデータ識別手段では、Ａ／Ｄ変換装置からのディジタル値を検出器ごと及び印加電圧の値ごとに区別して、複数の印加電圧に対する各々の検出器信号を測定する。

これにより、それぞれの放射線検出器の複数の印加電圧での信号を同時に得ることで、通常の測定では発見できない放電開始電圧の低下等という異常を早期に検出する。

【００４２】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。なお、上記した従来技術と同じ構成部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

第１実施の形態は請求項１及び請求項２に係り、図１のブロック構成図に示すように原子炉出力監視装置は、図示しない炉心を形成する燃料棒からの中性子等の放射線を検出するＳＲＮＭ検出器２を原子炉圧力容器１内または外部に設置している。

【００４３】

このＳＲＮＭ検出器２は信号ケーブル４により、パルス信号を増幅整形するパルスアンプ５に接続されている。また、このパルスアンプ１６は、入力したパルス信号を５ｎｓｅｃ～４０ｎｓｅｃでサンプリングしてディジタル値に変換するＡ／Ｄ変換装置１６と接続している。さらに、前記Ａ／Ｄ変換装置１６は演算装置１７に接続されて構成されている。

【００４４】

なお、前記演算装置１７は、ディジタル値からＳＲＮＭ検出器２の出力パルスを識別するパルス識別回路１８と、前記ディジタル値の一部を用いて２つ以上の周波数帯域で信号のパワーを演算するパワー演算回路１９を備えている。

さらに、前記パルス識別回路１８とパワー演算回路１９の出力より放射線量を演算して原子炉の出力異常時には原子炉停止信号を発する放射線量演算回路２０と、前記パルス識別回路１８とパワー演算回路１９との出力から前記ＳＲＮＭ検出器２の異常を診断する検出器診断回路２１とから構成されている（請求項１）。

【００４５】

次に、上記構成による作用について説明する。なお、ここでは演算装置１７において、約８０ｎｓｅｃのパルス幅を有する中性子パルスが２個重なり合ったパルス信号の処理を例にして説明する。

ＳＲＮＭ検出器２の出力はパルスアンプ５において増幅整形されると共に、５～４０ｎｓｅｃのサンプリング時間を有するＡ／Ｄ変換装置１６によってディジタル値に変換される。

【００４６】

この５～４０ｎｓｅｃというサンプリング時間については、ＳＲＮＭ検出器２の約８０ｎｓｅｃの出力パルス幅を考慮して評価した結果から、１パルスを認識するのに最低２個のサンプリングが必要であることが分かった。

また、下限は通常のパルスの立ち上がりが５～１０ｎｓｅｃ程度であるために、その立ち上がりを検出するために選定しているが、パルスの種類及び演算時間等を考慮して、５～４０ｎｓｅｃ内のサンプリング時間に任意に設定する。

【００４７】

このＡ／Ｄ変換装置１６においてサンプリングされたディジタルデータは、演算装置１７に入力されるが、図２の特性曲線図は、曲線２２のパルス信号をここで選定した５～４０ｎｓｅｃ範囲内の約１０ｎｓｅｃのサンプリング時間でサンプリングした状態を示す。

【００４８】

従来の波高弁別では、曲線２２のパルス信号のディスクリレベル２３を越えるパルスは１個であるため、一つのパルスとして計数される。しかしながら、パルス識別回路１８では、サンプリングされたデータの差を監視して２個のパルスとして検出する。

【００４９】

すなわち、曲線２２のパルスは、そのサンプリング点Ｓの変化率ｋに対して、（１）$S_4 - S_5 < k$，（２）$S_5 - S_6 > k$または$S_6 - S_7 > k$の２条件（ピーク検出条件）を満たしているため、１つのパルスとして計測する。

同様に、$S_9 \sim S_{12}$についても上記判定に当てはまるため、別の１パルスとして検出される。なお、変化率ｋの値は従来のディスクリレベル電圧に相当し、一定または時間により可変の値である。

【００５０】

このような単純な演算のみを用いることでリアルタイムの処理が可能となり、従来１パルスとして認識していた$S_3 \sim S_{13}$のパルスパイルアップを、２パルスと正確に識別してパルスの数え落としを減少させることができる。

これにより、パルスの数え落としにより決まっていたパルス計測の測定範囲を広くすることができる。

【００５１】

また、ＳＲＮＭ検出器２が検出する中性子パルスは、図２に示すような約８０ｎｓｅｃと短パルス幅であるのに対して、通常の外来ノイズパルスは、図３の特性曲線図の曲線２４に示すように正負に振動するサージパルスである。

この外来ノイズが従来の原子炉出力監視装置に誘導された場合には、３つの山を３パルスとして誤計数することになる。従って、従来はこれらの外来ノイズ誘導が起こらないように、信号ケーブル４にシールドを十分に施すことにより対処していた。

【００５２】

しかしながら本第１実施の形態では、図３の曲線２４のようなパルスの特徴を検出し、誤計数がないようにすることができる。すなわち、曲線２４のパルスは立ち上がり１μｓｅｃ程度であり、サンプリング点$S_{20} \sim S_{30}$の差を監視していると、連続１０個サンプリング値の差が増加を示す。

従って、図３の曲線２４のパルスのように連続して増加した後に、前記のピーク検出条件を満たしても、パルスとして計数しないようにすることにより、このような誤った計測を行わない（請求項２）。

【００５３】

検出器診断回路２１においては、パルス識別回路１８にて中性子パルスと認識されたデータから、パルス幅を推定して正常時のパルス幅との比較を行う。これによりＳＲＮＭ検出器２の封入ガスがリークした場合には、パルス幅が変動することから放射線検出器の異常が検出できる。

【００５４】

次に、放射線レベルが高くなるとパルスがほとんど重なり、パルスが計測できなくなるため、通常はキャンベル計測を行う。しかし本第１実施の形態において、サンプリング時間で再現できる信号の周波数は１２ＭＨｚ以下となり、ＳＲＮＭ検出器２の信号帯域の１０ＭＨｚより十分高く、このサンプリングデータのみでキャンベル計測が可能となる。

【００５５】

キャンベル計測については、フィルタにより周波数を制限した信号のパワーを測定して、放射線量を演算するものであるが、その帯域にノイズが誘導した場合には除去することができず、そのために十分なノイズ対策が必要であった。
しかしながらこのノイズ対策としては、特開平５－２１５８６０号「中性子検出器出力の監視装置」記載の方法が知られており、本第１実施の形態においては容易に実施可能である。

【００５６】
すなわち、パワー演算回路１９は、複数のディジタルバンドパスフィルタを有しており、それぞれ異なる周波数帯域のパワーを出力することができる。また、放射線量演算回路２０では、これらの異なる帯域の信号をそれぞれの検出感度で補正した後に平均処理を行って放射線量を演算する。

【００５７】
さらに、このような装置にノイズが誘導した場合は、放射線量演算回路２０において、各周波数帯域の信号比率を監視して比率の異常な帯域をノイズの誘導した帯域と判定して、放射線量を演算する平均処理から前記帯域を除去する。これにより、ノイズの影響の少ない計測が可能となる。

【００５８】
以上、本第１実施の形態によれば、パルス計測を行う場合にサンプリング時間を５～４０ｎｓｅｃに選定したことによりパルスパイルアップによるパルスの数え落としが減少して、パルス計測の上限を広げることができる。
また、中性子パルスの波形の特徴を用いて、外来ノイズを計数せずに耐ノイズ性の高い計測が可能となる。また、この測定中にパルス幅の検査が可能であることから、使用している放射線検出器の異常を早期に検出できる。

【００５９】
さらにキャンベル計測では、検出信号の周波数に対するパワー分布を測定できることから、その分布の変化によりノイズの除去と、放射線検出器の診断が可能となり測定の信頼性が向上する。
なお、それぞれの処理をディジタル演算によって行えるために、専用のアナログ処理回路を必要としないので装置の小型化が可能となる。

【００６０】
また、検出信号をディジタル化した以降はディジタル演算のみで行われるので、ハードウェアを一般に市販されている大型高速計算機等を使用しても実現できることから、システムの汎用化が可能で装置全体のコスト低減により、経済性を向上することができる。

【００６１】
第２実施の形態は請求項３に係り、原子炉出力監視装置における演算装置１７のパルス識別回路１８に、図示しないピーク検出手段及び増加幅検出手段を設けて構成する。
この構成により、入力されたパルス信号から、ピーク検出手段によりパルスのピーク数を係数し、増加幅検出手段にてパルスの立上がり時間の監視をする。次にこれらの特徴を抽出することにより、ノイズパルスと信号パルスを識別しながら、信号パルスのみを計測することができる。

【００６２】
第３実施の形態は請求項４に係り、原子炉出力監視装置における演算装置１７のパルス識別回路１８に、複数のノイズ波形を記憶する図示しないノイズ波形記憶手段と、正常な検出器波形を記憶する正常信号記憶手段、さらにサンプリングしたディジタル値のパターンを前記ノイズ波形記憶手段及び正常信号記憶手段とパターン比較を行うパターン比較手段とを設けて構成する。

【００６３】
上記構成による作用としては、パルス識別回路１８のノイズ波形記憶手段に発生が予想されるノイズ波形を、また正常信号記憶手段には正常な検出器信号の波形を記録しておくことにより、これら予想されるノイズ波形及び正常な検出器信号の波形と、Ａ／Ｄ変換装置

１６からの出力波形とピーク形状や立ち上がりスピード、及び立ち下がりスピード等をパターン比較手段において、パターン比較することによって、ノイズ波形と信号波形の弁別を行うことができる。

【００６４】

なお、本第３実施の形態においては、今後演算速度が向上した場合に、中性子パルスの複数のパターンを正常信号記憶手段に記憶しておき、検出信号との特徴比較を行うことによって、中性子パルスとノイズパルスの弁別を行うことも可能である。

【００６５】

第４実施の形態は請求項５に係り、原子炉出力監視装置における演算装置１７の放射線量演算回路２０は、パワー演算回路１９の出力である複数の周波数帯域の信号のうちで、外来ノイズ等のＳＲＮＭ検出器２の信号以外のノイズの影響が大きい帯域を除いて、放射線量を演算する構成としている。

【００６６】

上記構成による作用は、パワー演算回路１９にてＳＲＮＭ検出器２からの信号を複数の周波数帯息に分割すると共に、その出力を放射線量演算回路２０において、各周波数帯域で信号以外のノイズの影響の大きい周波数帯域を選定する。

さらに、その選定した帯域を除いた周波数帯域の信号から放射線量を演算する。これにより、ノイズに影響されない計測を行うことができる。

【００６７】

第５実施の形態は請求項６に係り、原子炉出力監視装置における演算装置１７の検出器診断回路２１に、検出パルスと認識されたディジタル値からパルス幅を演算する図示しないパルス幅演算手段と、そのパルス幅を正常な検出器出力パルス幅と比較するパルス幅診断手段とを設けた構成としている。

【００６８】

上記構成による作用としては、パルス識別回路１８の出力信号を検出器診断回路２１に入力して、パルス幅演算手段にてパルス波形のパルス幅を演算し、この演算結果をパルス幅診断手段においてＳＲＮＭ検出器２が正常の時のパルス幅と比較する。

これにより、パルス幅の増加等があるレベル以上に増加した場合には、ＳＲＮＭ検出器２の異常と診断することにより、原子炉出力の監視を中断することなく放射線検出器の異常検出をすることができる。

【００６９】

第６実施の形態は請求項７に係り、原子炉出力監視装置における演算装置１７の検出器診断回路２１に、複数の周波数帯域の信号の比率を正常時の信号の比率と比較する図示しない周波数成分診断手段を設けた構成としている。

【００７０】

上記構成による作用は、パワー演算回路１９にて計算した検出信号のパワーの周波数分布を、検出器診断回路２１の周波数成分診断手段に入力して前記検出信号を正常時の検出信号の周波数分布と比較する。

さらに、この各信号成分の比率の変動を監視して、あるレベル以上に比率が変化した場合にはＳＲＮＭ検出器２の異常と診断する。これにより、放射線検出器の異常を原子炉出力の監視中に検出することができる。

【００７１】

第７実施の形態は請求項８に係り、図４のブロック構成図に示すように原子炉出力監視装置は、図示しない炉心を形成する燃料棒からの中性子等の放射線を検出するＬＰＲＭ検出器３を原子炉圧力容器１内または外部に設置している。

このＬＰＲＭ検出器３は信号ケーブル４により、可変の高圧を供給する可変高圧電源１２及び、検出信号を増幅する電流アンプ１３に接続されており、この電流アンプ１３は、複数の検出器出力を順次切り換えて出力するマルチプレクサ１４と接続されている。

【００７２】

またマルチプレクサ１４は、入力したアナログ信号を５ｎｓｅｃ～４０ｎｓｅｃでＡ／Ｄ

変換するＡ／Ｄ変換装置２５と接続していて、Ａ／Ｄ変換装置２５には、その出力するディジタル値を入力する演算装置２６が接続されて構成している。
なお、前記演算装置２６は、２つ以上の周波数帯域にて信号のパワーを演算するパワー演算回路２７と、前記ディジタル値からＬＰＲＭ検出器３の直流電流を演算する直流成分演算回路２９が備えられている。

【００７３】
また、前記パワー演算回路２７と直流成分演算回路２９の出力より放射線量を演算して、出力異常時には原子炉停止信号を発する放射線量演算回路２８と、前記パワー演算回路２７と直流成分演算回路２９の出力からＬＰＲＭ検出器３の異常を診断する検出器診断回路３０とから構成されている。

【００７４】
次に、上記構成による作用について説明する。ＬＰＲＭ検出器３は通常原子炉の中に　１００～　２００本設置されているが、これらは監視の冗長性を考慮して複数に分割され、それぞれ異なる出力領域モニタによって監視されている。
すなわち、最低の４分割の場合でも、一つのモニタで最高約５０本程度の処理が必要であり、通常は、さらに冗長化を行うために、約１０～３０本のＬＰＲＭ検出器３を同一のモニタで処理することが一般である。

【００７５】
このように約１０～３０本を一組とした複数のＬＰＲＭ検出器３には、それぞれの可変高圧電源１２から可変の高圧が印加されると共に、各ＬＰＲＭ検出器３の出力信号は電流アンプ１３により増幅されてマルチプレクサ１４に入力される。

【００７６】
このマルチプレクサ１４は、前記複数の検出器出力を順次切り換えてＡ／Ｄ変化装置２５に出力し、Ａ／Ｄ変化装置２５では５～４０ｎｓｅｃでアナログデータをディジタル値に変換して演算装置２６に出力する。なお、この時に可変高圧電源１２の電圧は、マルチプレクサ１４の切り替え周期およびＡ／Ｄ変化装置２５におけるサンプリング周期に同期して変化させる。

【００７７】
前記Ａ／Ｄ変換装置２５におけるサンプリング時間が５ｎｓｅｃ～４０ｎｓｅｃであるために、各ＬＰＲＭ検出器３の信号は５０ｎｓｅｃ～　１．２μｓｅｃとなる。また、ＬＰＲＭ検出器３の出力信号において、イオンと電子両方による信号は約　３００ｋＨｚ以下であり、この信号成分を再現するのに必要なサンプリング周波数は１／（２×　３００ｋＨｚ）＝　１．６μｓｅｃとなる。

【００７８】
これにより、上記サンプリングにより個々センサーの　３００ｋＨｚ以下のパワーが測定可能であることからキャンベル計測が可能となる。このサンプリングしたデータは、演算装置２６で演算処理されて原子炉内の放射線量に変換される。
すなわち、パワー演算回路２７により、複数の周波数帯域におけるパワーが演算されてキャンベル出力が計算される。また、直流成分演算回路２９においては、ローパスフィルタにより高周波成分およびノイズ成分が除かれて、従来と同じ直流電流値の計測が行われる。

【００７９】
また、パワー演算装置２７及び放射線量演算装置２８の機能は、上記の第１実施の形態で述べた内容とほぼ同じ機能である。従って、このような構成においては、ＬＰＲＭ検出器３のキャンベル計測が容易に可能となり、ＬＰＲＭ検出器３の監視範囲を広くすることができる。

【００８０】
図５の監視範囲特性図に示すように、監視範囲の点線３１はＬＰＲＭ検出器３によるキャンベル計測をしたもので、実線３２はＬＰＲＭ検出器３による直流計測、また実線３３はＳＲＮＭ検出器２によるパルス計測、さらに実線３４はＳＲＮＭ検出器２によるキャンベ

ル計測の場合を示す。

【００８１】

これにより、前記点線３１で示すようにＬＰＲＭ検出器３の出力をキャンベル計測することで、従来６～１０本のＳＲＮＭ検出器２で監視していた起動領域のうちで、高中性子束レベルの範囲は、炉心の約　１００～　２００箇所に挿入されている多数のＬＰＲＭ検出器３の位置で監視できるようになり、原子炉における監視性能が向上する。

【００８２】

なお、この起動領域の出力測定は、上記第１実施の形態の原子炉出力監視装置とほぼ同じ構成で実現できるために保守の簡素化が可能となる。また、検出器診断回路３０では、第１実施の形態における周波数スペクトルによる診断と共に、直流電流とキャンベル出力の比を簡単に比較することができて、ＬＰＲＭ検出器３の診断が可能となる。

【００８３】

なお、この診断方法の一例は特公平３－４８４７１　号公報「中性子検出器出力の監視法と装置」においても開示されている。

また、ＬＰＲＭ検出器３に印加する可変高圧電源１２は可変電圧発生器であるために、ＬＰＲＭ検出器３からさまざまな電圧に対する検出器信号を得ることが可能である。

【００８４】

このことから、検出器診断回路３０において放電、抵抗低下等の診断が可能となる。この診断方法の一例は、特開平５－２７０４０　号公報「放射線計測装置」に開示されている。

【００８５】

また、ＬＰＲＭ検出器３による測定上限は、放射線検出器内で発生する電荷量が多く、印加電圧に集め切れないことによって決定しているが、その対策としてパルス電圧で電荷を収集した後に測定を行うという方法が、文献「ＧＡＭＭＡ　ＣＯＭＰＥＮＳＡＴＥＤ　ＰＵＬＳＥ　ＩＯＮＩＺＡＴＩＯＮ　ＣＨＡＭＢＥＲ　ＷＩＤＥ　ＲＡＮＧＥ　ＮＥＵＴＲＯＮ／ＲＥＡＣＴＯＲ　ＰＯＷＥＲ　ＭＥＡＳＵＲＥＭＥＮＴ　ＳＹＳＴＥＭ」、「ＩＥＥＥ　Ｔｒａｎｓ．Ｎｕｃｌ．Ｓｃｉ．ＮＳ２０，１，６３９－６４８（１９７３）」に記載されており、本第７実施の形態による構成により測定も可能である。

【００８６】

従って、本実施の形態によれば、直流計測およびキャンベル計測を数値演算のみで実施できるために、従来の出力領域モニタの直流計測（実線３２）に、キャンベル計測（点線３１）を簡単に追加することができる。

これにより、原子炉起動時の中性子束をＬＰＲＭ検出器３の設置されている原子炉の　１００～　２００箇所で測定できて、原子炉出力の監視性能が向上する。また、キャンベル計測と直流計測の比率を用いた検出器診断が可能であり、原子炉監視装置の信頼性を向上できる。

【００８７】

第８実施の形態は請求項９に係り、上記第７実施の形態の原子炉出力監視装置における放射線検出器であるＬＰＲＭ検出器３に対して、可変高圧電源１２からＡ／Ｄ変換装置２５のサンプリング周期に同期した可変電圧を出力させると共に、演算装置２６に前記Ａ／Ｄ変換装置２５の出力であるサンプリングデータを、印加電圧ごとに区別するデータ選別手段を設けて構成している。

【００８８】

上記構成による作用としては、可変高圧電源１２よりＡ／Ｄ変換装置２５のサンプリング周期に同期した可変電圧をＬＰＲＭ検出器３に印加すると共に、この印加電圧の周期であるタイミングを演算装置２６内のデータ識別回路に入力する。

データ識別手段では、Ａ／Ｄ変換装置からのディジタル値をＬＰＲＭ検出器３ごと、及び印加電圧の値ごとに区別して、複数の印加電圧に対する各々の検出器信号を測定する。

【００８９】

これにより、それぞれＬＰＲＭ検出器３の複数の印加電圧での信号を同時に得ることが可

能となり、通常の測定では発見できなかった放電開始電圧の低下等という異常も早期に検出することができる。

【００９０】

【発明の効果】

以上本発明によれば、放射線検出器の出力パルス形状を用いたパルス計測が行えると共に、放射線検出器の性能診断を原子炉出力監視中に実施可能なので、耐ノイズ性が良好で計測範囲が広く得られる。

また、放射線検出器の異常を早期に検出できることから、原子炉出力監視装置における監視機能と信頼性が向上する。

【００９１】

さらに、原子炉出力監視に用いられるパルス計測やキャンベル計測、及び直流計測を数値演算のみで実施できるので、共通のハードウエアによる原子炉出力監視装置が構成できるので保守性と共に経済性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係る第１実施の形態の原子炉出力監視装置のシステム構成図。

【図２】本発明に係る第１実施の形態でパイルアップした検出器出力の特性曲線図。

【図３】外来ノイズの波形特性図。

【図４】本発明に係る第７実施の形態の原子炉出力監視装置のシステム構成図。

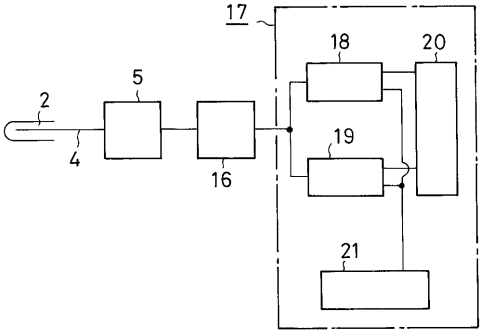
【図５】原子炉出力監視装置の監視範囲の特性曲線図。

【図６】従来の原子炉出力監視装置のシステム構成図。

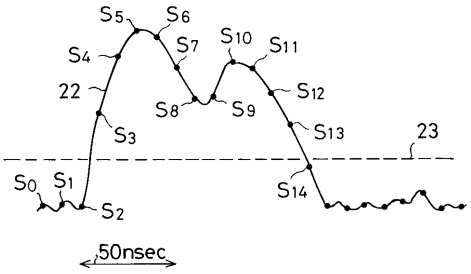
【符号の説明】

１…原子炉圧力容器、２…ＳＲＮＭ検出器、３…ＬＰＲＭ検出器、４…信号ケーブル、５…パルスアンプ、６…起動領域モニタ、７…出力領域モニタ、８…パルス波高弁別回路、９…パルス演算器、１０…２乗平均回路、１１…キャンベル演算回路、１２…可変高圧電源、１３…電流アンプ、１４…マルチプレクサ、１５，２９…直流成分演算器、１６，２５…Ａ／Ｄ変換装置、１７，２６…演算装置、１８…パルス識別回路、１９，２７…パワー演算回路、２０，２８…放射線量演算回路、２１，３０…検出器診断回路、２２…パルス信号の曲線、２３…ディスクリレベル、２４…サージパルスの曲線、３１…ＬＰＲＭ検出器によるキャンベル計測、３２…ＬＰＲＭ検出器による直流計測、３３…ＳＲＮＭ検出器によるパルス計測、３４…ＳＲＮＭ検出器によるキャンベル計測。

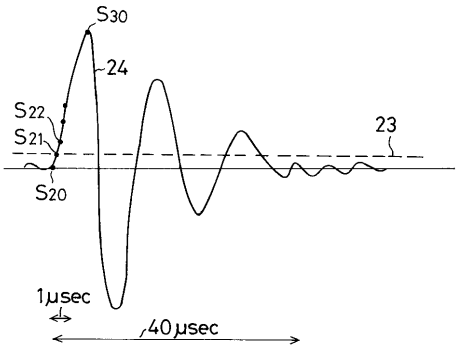
【図１】



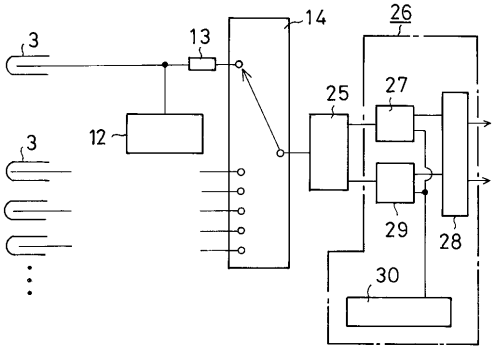
【図２】



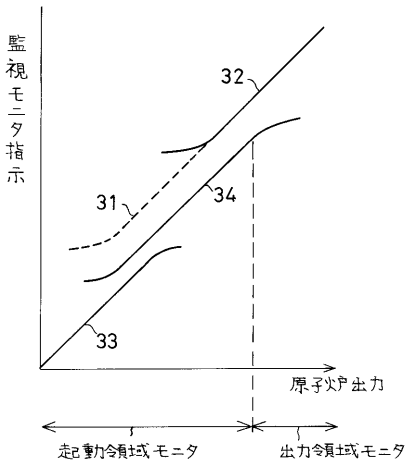
【図３】



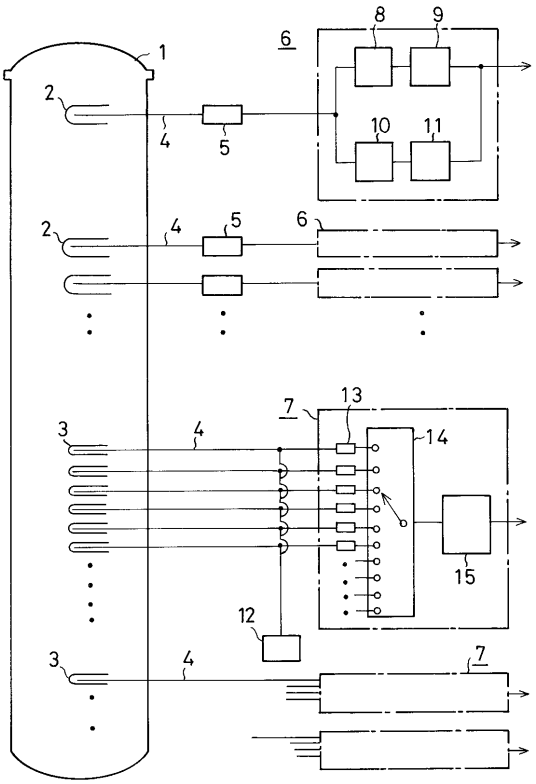
【図４】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－１６２３６６（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－２７０９８（ＪＰ，Ａ）
特開平５－２０９４（ＪＰ，Ａ）
特開平５－３４１０８３（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２１４０８７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－２２６９２（ＪＰ，Ａ）
鈴木穎二、楠純一、富賢一、島崎潤也、荒克之、伊藤潤、杉林信雄、川口千代二、大西善男，第３２回原子動力研究会報告書　計装制御グループ，原子動力研究会年会報告書，日本，日本原子力産業会議，１９９５年　8月３０日，Vol.32，2-1～2-84
阿部弘、J.W.HOWARD、J.E.LARSEN、福本亮、小田直敬、河野重宏、石井一彦、有田節男、前田徹，沸騰水型原子力発電所用ディジタル型出力領域モニタシステムの開発，日本原子力学会誌，日本，日本原子力学会，１９９５年　7月３０日，Vol.37 No.7，P628-638
泉幹雄、福本亮、田井一郎、小田直敬、伊藤敏明，核分裂炉における核計装技術，ＵＴＮＬ－Ｒ　弥生研究会　次世代放射線計測システム研究会（１）報告書，日本，東京大学工学部付属原子力工学施設，１９９３年　3月　4日，No.287，P87-91

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G21C 17/10
G01T 1/17
G01T 3/00
G21C 17/108