

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4592397号  
(P4592397)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int. Cl. F I  
**G 2 1 C 17/10 (2006.01)** G 2 1 C 17/10 G D B U  
**G 2 1 C 17/108 (2006.01)** G 2 1 C 17/10 H

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-337121 (P2004-337121)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝
(22) 出願日	平成16年11月22日(2004.11.22)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2006-145417 (P2006-145417A)	(74) 代理人	100145816 弁理士 鹿股 俊雄
(43) 公開日	平成18年6月8日(2006.6.8)	(74) 代理人	100087332 弁理士 猪股 祥晃
審査請求日	平成19年5月8日(2007.5.8)	(74) 代理人	100081189 弁理士 猪股 弘子
		(72) 発明者	柳澤 正隆 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内
		(72) 発明者	河野 繁宏 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動式原子炉内中性子測定装置およびその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原子炉炉心内に設置された複数の案内管内に移動式中性子束検出器を挿入して移動させることにより前記原子炉の軸方向の中性子束分布を測定するようにした移動式原子炉内中性子測定装置において、

前記移動式中性子束検出器を先端に取付けた検出器ケーブルを巻取り/送り出しを行うモータおよび検出器ケーブルの巻取り/送り出し量を検出して前記案内管内の前記移動式中性子束検出器の位置を検出する検出器位置信号発生器を備えた検出器ケーブル駆動装置と、

前記検出器位置信号発生器から出力される検出器位置信号および前記移動式中性子束検出器から出力される検出器出力信号を入力し、検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行中は移動式中性子束検出器の移動を停止し、当該検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行終了後は予め定められた次の検出器位置信号読込位置まで移動式中性子束検出器を移動するように前記モータに駆動指令を出力する駆動制御/検出器位置測定装置と、を備え、

前記検出器ケーブル駆動装置のモータとクラッチの間にトルクセンサーを設置して、前記移動式中性子束検出器の挿入・引抜きの際常時トルク値を測定し、検出器移動時のトルク値が所定の値より大きくなった場合に案内管の異常として警報を発生させ、その位置を検出器位置信号から読み取って表示することにより案内管の異常箇所を特定するようにしたことを特徴とする移動式原子炉内中性子測定装置。

10

20

## 【請求項 2】

原子炉炉心内に設置された複数の案内管内に移動式中性子束検出器を挿入して移動させることにより前記原子炉の軸方向の中性子束分布を測定するようにした移動式原子炉内中性子測定装置において、

前記移動式中性子束検出器を先端に取付けた検出器ケーブルを巻取り/送り出しを行うモータおよび検出器ケーブルの巻取り/送り出し量を検出して前記案内管内の前記移動式中性子束検出器の位置を検出する検出器位置信号発生器を備えた検出器ケーブル駆動装置と、

前記検出器位置信号発生器から出力される検出器位置信号および前記移動式中性子束検出器から出力される検出器出力信号を入力し、検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行中は移動式中性子束検出器の移動を停止し、当該検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行終了後は予め定められた次の検出器信号読込位置まで移動式中性子束検出器を移動するように前記モータに駆動指令を出力する駆動制御/検出器信号測定装置と、を備え、

前記移動式中性子束検出器の引抜きの際、当該移動式中性子束検出器位置が炉心頂、炉底および炉心頂から炉心底の間に任意に定めた位置に到達したタイミング信号と前記案内管の選択信号とを制御棒引抜監視モニタに送信し、制御棒引抜監視モニタはそれぞれのタイミングで原子炉平均出力と移動式中性子束検出器が挿入されている案内管を内蔵している検出器集合体内に設置されている固定中性子検出器出力を記録しておき、移動式中性子束検出器の炉心からの引抜きが終了した後でその時の移動式中性子束検出器引抜き中に原子炉平均出力と各固定中性子検出器信号の変動幅が所定の範囲内にある場合に当該引抜き時の中性子束分布測定が有効であるとの判断を行って、判断結果を出力することを特徴とする移動式原子炉内中性子測定装置。

## 【請求項 3】

前記検出器ケーブル駆動装置を複数台設けるとともに、前記駆動制御/検出器信号測定装置に駆動装置選択部を設け、この駆動制御/検出器信号測定装置の出力を前記駆動装置選択部で切換えて複数の検出器ケーブル駆動装置を個々に制御することを可能にしたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の移動式原子炉内中性子測定装置。

## 【請求項 4】

前記移動式中性子束検出器を複数個原子炉内の対象位置に挿入して中性子束を測定し、相互の測定値に所定値以上の差がある場合、異常と判断して報知することを特徴とする請求項 3 記載の移動式原子炉内中性子測定装置。

## 【請求項 5】

前記移動式中性子束検出器の位置信号とその位置における出力信号とが 1 対 1 の関係で対応するように記憶装置に記録しておき、前記移動式中性子束検出器の炉心からの引抜きが完了した後まとめて計算機に送信することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の移動式原子炉内中性子測定装置。

## 【請求項 6】

前記計算機は、前記記憶装置に記憶されている移動式中性子束検出器位置信号とその位置における移動式中性子束検出器出力信号を入力し、両信号の関係を周辺装置に表示または記録させることを特徴とする請求項 5 記載の移動式原子炉内中性子測定装置。

## 【請求項 7】

原子炉炉心内に設置された複数の案内管内に移動式中性子束検出器を挿入して移動させることにより前記原子炉の軸方向の中性子束分布を測定するようにした移動式原子炉内中性子測定方法において、

先端に移動式中性子束検出器を取付けたケーブルの巻取り/送り出しを行う検出器ケーブル駆動装置の制御に関し、前記案内管内における移動式中性子束検出器の位置信号および出力信号の読込実行中は移動式中性子束検出器の移動を停止させ、当該位置信号および出力信号の読込実行終了後は次に予定されている検出器信号読込位置まで移動式中性子束検出器を移動させるように前記検出器ケーブル駆動装置を制御するようにし、前記検出器

10

20

30

40

50

ケーブル駆動装置のモータとクラッチの間にトルクセンサーを設置して、前記移動式中性子束検出器の挿入・引抜きの際常時トルク値を測定し、検出器移動時のトルク値が所定の値より大きくなった場合に案内管の異常として警報を発生させ、その位置を検出器位置信号から読み取って表示することにより案内管の異常箇所を特定するようにしたことを特徴とする移動式原子炉内中性子測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子炉内に常設されている中性子束検出器の較正を行うための移動式炉心内計装装置およびその方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

沸騰水型原子炉では、出力運転状態の原子炉内の中性子束を測定するために、炉心の径方向および縦方向に固定式核分裂電離箱型の中性子検出器を複数個設置している。この中性子検出器は、原子炉内で中性子を照射された際、電極に塗布してある核分裂物質が核分裂を起こし、その際に放出される電離物質を電気的信号として測定することによって中性子束を測定するものであり、局所出力領域監視装置（以下、LPRMという）と呼ばれている。また、LPRMの中性子束検出装置はLPRM検出器と呼ばれている。

【0003】

中性子検出器の電極に塗布してある核分裂物質量は中性子照射によって消費されるので、中性子検出器の感度は原子炉の運転時間に伴って減少する。

20

このため、原子炉内のLPRM検出器は、通常時原子炉格納容器の外部に設置されている遮蔽容器内に格納されている校正用中性子検出器を用いて、一定期間毎に感度校正を行うようにしている。この目的で使用される装置が移動式原子炉内中性子測定装置（以下、TIP）であり、TIPの検出部をTIP検出器という。

【0004】

原子炉内には、複数個のLPRM検出器と、ケーブルの先端に取付けられたTIP検出器を通すための案内管とを組み合わせた検出器集合体を複数個等間隔に設置している。各案内管の先端は炉心頂に達し、後端は炉心底から原子炉格納容器の外へ突出するように設けられている。TIP検出器は各案内管のうち索引装置で選択された1本の案内管に挿入され、炉心頂まで送り込まれる。しかるのちケーブルの巻取りが行われ、TIP検出器が炉心頂から炉底まで移動（走査）する際に、炉心軸方向の中性子分布を測定する。TIP検出器の位置信号とTIP検出器出力信号とはX-Y記録計に入力されてX-Y座標面上で位置信号に対するTIP検出器出力信号が記録されると共に、プロセス計算機にも入力されて炉心内の分布計算、炉心性能計算に供される。

30

【0005】

前述した案内管は原子炉格納容器外に突出した部分は、索引装置に接続され、そして索引装置で選択した唯一の案内管にTIP検出器を挿入する構成になっている。1台のTIP検出器は、複数の案内管に順次挿入することによって原子炉全体のLPRM検出器の感度校正を実施するのである。（例えば、特許文献1、2参照）。

40

【0006】

また、原子力発電プラントには複数台（例えば3台）のTIP検出器があり、どのTIP検出器でも挿入できる共通案内管にて全てのTIP検出器の相対的な感度校正をした上で中性子分布の測定を実施するようにしている。ここで、1台のTIP検出器に対して1台の駆動装置が存在し、3台のTIP検出器をランダムに挿入させるために、TIP制御装置（TCU）にて共通案内管に複数の検出器が挿入されないように監視している（例えば、特許文献3参照）。

【0007】

一方、沸騰水型原子炉では十字状に組まれた制御棒を炉心に均等に設置しており、前述したLPRM検出器の出力信号を用いて、引抜操作中の制御棒周りの局所的な中性子束の

50

上昇を制御棒引抜監視モニタ（BRM）によって監視している。この制御棒引抜監視モニタには炉心内に設置している全てのLPRM検出器の出力信号を入力している。

【特許文献1】特開2000-28782号公報

【特許文献2】特開2000-258586号公報

【特許文献3】特開平01-250899号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来の移動式原子炉内中性子測定装置（TIP）では、TIP検出器の駆動制御とTIP検出器信号の測定を別々の装置で行っていたので、検出器が走査している位置での中性子束を正しく測定するためには検出器駆動制御装置における検出器駆動タイミングと検出器信号測定装置における検出器信号の読込タイミングとを高精度で同期させる必要があった。

10

【0009】

このため従来では、TIP検出器の原子炉内での移動速度を遅くして、位置信号の読込実行のタイミングと検出器出力信号の読込実行のタイミングとの時間差内でのTIP検出器の移動する距離を少なくすることによってTIP検出器信号の位置精度を確保するようにしていた。

【0010】

しかしながら、TIP検出器の移動速度を遅くするという事は、原子炉全体の中性子検出器の校正を実施するのに長い時間を要するという事になり、特に原子炉の起動時には、原子炉出力を段階的に上昇させて各出力段階毎に中性子検出器の校正を実施しているため、1回の中性子検出器の校正に要する時間が原子炉の起動時間に大きく影響していた。

20

【0011】

本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決するためになされたもので、中性子検出器の校正時間を短縮することのできる移動式原子炉内中性子測定装置およびその方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の目的を達成するため、請求項1に係る移動式原子炉内中性子測定装置の発明は、原子炉炉心内に設置された複数の案内管内に移動式中性子束検出器を挿入して移動させることにより前記原子炉の軸方向の中性子束分布を測定するようにした移動式原子炉内中性子測定装置において、前記移動式中性子束検出器を先端に取付けた検出器ケーブルを巻取り/送り出しを行うモータおよび検出器ケーブルの巻取り/送り出し量を検出して前記案内管内の前記移動式中性子束検出器の位置を検出する検出器位置信号発生器を備えた検出器ケーブル駆動装置と、前記検出器位置信号発生器から出力される検出器位置信号および前記移動式中性子束検出器から出力される検出器出力信号を入力し、検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行中は移動式中性子束検出器の移動を停止し、当該検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行終了後は予め定められた次の検出器信号読込位置まで移動式中性子束検出器を移動するように前記モータに駆動指令を出力する駆動制御/検出器信号測定装置と、を備え、前記検出器ケーブル駆動装置のモータとクラッチの間にトルクセンサーを設置して、前記移動式中性子束検出器の挿入・引抜きの際常時トルク値を測定し、検出器移動時のトルク値が所定の値より大きくなった場合に案内管の異常として警報を発生させ、その位置を検出器位置信号から読み取って表示することにより案内管の異常個所を特定するようにしたことを特徴とする。

30

40

また、請求項2に係る移動式原子炉内中性子測定装置の発明は、原子炉炉心内に設置された複数の案内管内に移動式中性子束検出器を挿入して移動させることにより前記原子炉の軸方向の中性子束分布を測定するようにした移動式原子炉内中性子測定装置において、前記移動式中性子束検出器を先端に取付けた検出器ケーブルを巻取り/送り出しを行うモータ

50

タおよび検出器ケーブルの巻取り/送り出し量を検出して前記案内管内の前記移動式中性子束検出器の位置を検出する検出器位置信号発生器を備えた検出器ケーブル駆動装置と、前記検出器位置信号発生器から出力される検出器位置信号および前記移動式中性子束検出器から出力される検出器出力信号を入力し、検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行中は移動式中性子束検出器の移動を停止し、当該検出器位置信号および検出器出力信号の読込実行終了後は予め定められた次の検出器信号読込位置まで移動式中性子束検出器を移動するように前記モータに駆動指令を出力する駆動制御/検出器信号測定装置と、を備え、前記移動式中性子束検出器の引抜きの際、当該移動式中性子束検出器位置が炉心頂、炉底および炉心頂から炉心底の間に任意に定めた位置に到達したタイミング信号と前記案内管の選択信号とを制御棒引抜監視モニタに送信し、制御棒引抜監視モニタはそれぞれのタイミングで原子炉平均出力と移動式中性子束検出器が挿入されている案内管を内蔵している検出器集合体内に設置されている固定中性子検出器出力を記録しておき、移動式中性子束検出器の炉心からの引抜きが終了した後でその時の移動式中性子束検出器引抜き中に原子炉平均出力と各固定中性子検出器信号の変動幅が所定の範囲内にある場合に当該引抜き時の中性子束分布測定が有効であるとの判断を行って、判断結果を出力することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、検出器出力信号の読込実行時は移動式中性子束検出器の移動を停止し、当該検出器出力信号の読込実行終了後に移動式中性子束検出器を移動するように構成したので、移動式中性子束検出器の出力信号読込時点と位置信号読込時点との間に移動式中性子束検出器の移動がなくなり、移動式中性子束検出器信号の位置ずれは発生しなくなる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例について、図面を参照して説明する。なお、実施例を通じて共通する部分には同一符号を付けて重複した説明は適宜省略する。

【0015】

(実施例1)

30

図1は本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例1を示すシステム構成図である。

図1において、1は沸騰水型原子炉の圧力容器であり、その炉心2には、検出器集合体3を設置している。図1では検出器集合体3を1個しか示していないが、実際には等間隔に複数個設置するようにしている。しかも、この検出器集合体3は縦方向すなわち、炉心頂から炉心底方向に4箇所それぞれLPRM検出器4A、4B、～4Dを固定すると共に、このLPRM検出器4A、4B、～4Dと隣接するように案内管5を設けている。そして、この案内管5の中には炉内中性子束を検出するTIP検出器6を上下動可能に収納しており、しかも、このTIP検出器6は、信号伝送線を内蔵する検出器ケーブル7の先端に取付けられて炉心頂から炉心底を経て後述する格納容器9外に設けられている遮蔽容器11までの間を移動可能に収納されている。8は圧力容器1の外部に設置されている索引装置と称するもので、複数の案内管5の中から1本を選択し、その選択した1本の案内管5の中に先端に前記TIP検出器6を取付けた検出器ケーブル7を挿入する装置である。この索引装置8によって1個のTIP検出器6を複数の案内管5に順次挿入して原子炉全体の中性子束検出器の感度校正を実施可能にしている。

40

【0016】

TIP検出器6は、中性子束の非測定時には案内管5から引抜かれて、格納容器9の外部に設けられているバルブアッセンブリ10を経て遮蔽容器11内に格納されるようになっている。このバルブアッセンブリ10は本図中1つのブロックとして描いているが、実際には案内管5内のガスをパージする弁や、緊急時に管を切断する切断弁等から構成されて

50

おり、中性子束の非測定時には閉じるようにしている。

【 0 0 1 7 】

12は前記検出器ケーブル7を巻取りあるいは送り出しするための検出器ケーブル駆動装置(図中、T I P 駆動装置と標記)であって、検出器ケーブル7を巻取るケーブル巻取りリール13と、図示しないクラッチを介してこのケーブル巻取りリール13を駆動するモータ14とを内蔵しており、モータ14の回転方向によって検出器ケーブル7の巻取りあるいは送り出しを行い、案内管5内でのT I P 検出器6の移動を制御するように構成されている。

【 0 0 1 8 】

さらに、検出器ケーブル駆動装置12には、ケーブル巻取りリール13にシンクロ発信器(S Y)等の検出器位置信号発生器15を取付けており、この検出器位置信号発生器15によつてケーブル巻取りリール13が検出器ケーブル7を巻取った長さに基づいたT I P 検出器位置信号15 a を出力するように構成されている。

10

【 0 0 1 9 】

また、T I P 検出器6によって検出された炉心内の中性子束は、検出器ケーブル駆動装置12において検出器ケーブル7に内蔵された信号伝送線から検出器出力信号6 a として出力されるように構成されている。

【 0 0 2 0 】

そして、検出器ケーブル駆動装置12から出力されたこれらの検出器出力信号6 a および検出器位置信号15 a は、中央制御室17に設置した駆動制御/検出器信号測定装置(図中、駆動制御/モニタ装置と標記)18を経て、X - Y 記録計19に入力して炉心軸方向の位置に対する中性子束の量をX - Y 面上に記録する。また、検出器出力信号6 a および検出器位置信号15 a はプロセス計算機20にも入力されて炉心内の分布計算、炉心性能計算に使用される。

20

【 0 0 2 1 】

図2は前述した駆動制御/検出器信号測定装置18の一例を示すブロック図である。

駆動制御/検出器信号測定装置18は、入出力ポート181、I/O処理部182、検出器位置処理部183、検出器出力処理部184、駆動制御処理部185を備えている。

【 0 0 2 2 】

ここで、検出器位置処理部183は入出力ポート181を経て入力した検出器位置信号15 a を基に位置信号に対応するデータを演算処理し、検出器出力処理部184は入出力ポート181を経て入力したT I P 検出器出力データ6 a を基に出力信号に対応するデータを演算処理する。これら、検出器位置処理部183および検出器出力処理部184で処理されたデータは、I/O処理部182によりX - Y 記録計19やプロセス計算機20等の外部機器で扱い易い信号に処理されたのち、入出力ポート181を経てX - Y 記録計19、プロセス計算機20に入力される。

30

【 0 0 2 3 】

図3は本実施例1に係るT I P 検出器引抜時の各種信号のタイミングチャートであり、横軸が時間軸である。( a )は縦軸にT I P 検出器6の炉心頂から炉心底、索引装置手前までの位置情報を表す位置信号を取っている。位置信号の水平部分はT I P 検出器6が移動していない状態を表し、右下がりの傾斜部分がT I P 検出器引抜時の状態を表している(なお、図示左端に描いてある右上がりの傾斜部分はT I P 検出器送り出し時の状態を表している)。( b )は縦軸に駆動制御モニタ装置18から検出器ケーブル駆動装置12内のモータ14に対する駆動指令をとり、T I P 検出器挿入時と引抜時の状態を表している。( c )は縦軸にT I P 検出器6が予定した位置(すなわち、検出器信号読込位置)まで移動が終了した時にオン、移動中はオフとなる信号をとっている。そして( d )は縦軸に検出器読込実行時(時間; t)にオンとなる信号をとっている。

40

【 0 0 2 4 】

なお、TはT I P 検出器6の移動を停止させて中性子束を測定し、信号を読込実行するための時間であり、検出器出力の読込失敗時に再読込が可能ないように十分なマージンを見込んだ時間に設定してある。

50

## 【0025】

以上説明した図3(a)～図3(d)から明らかなように、駆動制御処理部185はTIP検出器6の測定および信号読込時間中(T)はモータ14に駆動指令を出力しないようにしてTIP検出器6の移動を止めてその位置を保持し、この測定時間(T)中にTIP検出器出力6aの読込実行および位置信号15a読込実行を行い、所定の測定および信号読込時間(T)経過後は直ちにモータ14に対してTIP検出器巻取り指令を出力し、次に予定されている検出器信号読込位置までTIP検出器6を高速度で移動させる。そして、この位置で中性子束を測定し新たなTIP検出器出力6aと位置信号とを駆動制御/検出器信号測定装置18に入力し読込実行を行わせる。以降、TIP検出器6を所定の検出器信号読込位置まで高速度で順次移動させて読込実行を行わせる。

10

## 【0026】

以上述べたように、本実施例1による移動式原子炉内中性子測定装置は、1台の駆動制御/検出器信号測定装置18にTIP検出器6の出力信号6aおよび位置信号15aを入力して、所定の時間(T)毎に出力信号6aの読込実行と位置信号15aの読込実行との同期をとって検出ケーブル駆動装置12のモータ14を駆動制御するようにしたので、出力信号6aの読込実行時点と位置信号15aの読込実行時点との間でTIP検出器6の移動がなくなり、両信号の位置ずれは発生しなくなる。

## 【0027】

この結果、出力信号、位置信号の読込実行終了後は、TIP検出器6を現在の検出器信号読込位置から次に予定されている検出器信号読込位置まで高速度で移動させることができるので、LPRM検出器4a～4dの校正時間を従来技術に比べて大幅に短縮することができる。

20

## 【0028】

## (実施例2)

図4は本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例2を示すシステム構成図であり、図5は本実施例2の駆動制御/検出器信号測定装置18のブロック構成図である。

本実施例2は、図4および図5で示すように、実施例1におけるX-Y記録計19を廃止し、その代わりに駆動制御/検出器信号測定装置18内にTIP検出器の位置信号とその位置における出力信号とを1対1に対応して記憶する記憶装置186を新たに設けるように構成したものである。

30

## 【0029】

しかも、炉心2からTIP検出器6の引抜が完了した後に記憶装置186のテーブルに記録されているデータをまとめてプロセス計算機20に送信し、そのプロセス計算機20の周辺機器(表示装置、記録装置等)21によって炉心軸方向の位置信号15aとその位置に対応するTIP検出器出力6aとの関係を表示・記録するように構成したものである。その他の構成は図1および図2の構成と同じなので説明を省略する。

## 【0030】

前述した実施例1では、駆動制御/検出器信号測定装置18はX-Y記録計19のペン移動速度に同期をとって各処理を行う必要があるため、TIP検出器6の引抜速度を速めることはできないが、本実施例2の場合、駆動制御/検出器信号測定装置18はX-Y記録計19のペン移動速度の影響を受けることなく各処理を高速度に行うことができるので、TIP検出器6の引抜き速度を実施例1の場合よりも高速化することができ、その分中性子検出器の校正時間を短縮することが可能となる。

40

## 【0031】

## (実施例3)

図6は本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例3を示すシステム構成図であり、図7は本実施例3の駆動制御/検出器信号測定装置18のブロック構成図である。

背景技術で述べた移動式原子炉内中性子測定装置の場合、TIP検出器6を連続した一定の低速度で引抜いていたのに対して、上述した実施例1および2ではTIP検出器信号読込実行時は、TIP検出器6の移動を止め、読込実行終了後はTIP検出器6を高速度

50

で引抜くようにしているので、T I P 検出器 6 は案内管 5 内面を断続的にかつ高速度で摺動する。このため、何度も測定を行っているうちに案内管 5 内部の T I P 検出器信号読込位置に削り粕が溜まり、この削り粕が T I P 検出器 6 の移動の障害になることが懸念される。

【 0 0 3 2 】

本実施例 3 はこの点に鑑み、検出器ケーブル駆動装置 12 のモータ 14 と図示していないラッチとの間にトルクセンサー 16 を設置してケーブルの巻取り時（あるいは送出し時）に要するトルク値 16 a を検出し、この検出したトルク値 16 a を駆動制御/検出器信号測定装置 18 内に新たに設けた検出器位置/トルクセンサー処理部 187 に入力して監視するように構成したものである。なお、このトルク値 16 a に関するタイミングチャートは特に図示しないが、T I P 検出器 6 の引抜時（図 9（a）の右下がりの期間）に測定され、次の測定・読込実行時間（T）内で、出力信号 6 a、位置信号 15 a と共に駆動制御/検出器信号測定装置 18 内に入力されて読込まれる。

10

【 0 0 3 3 】

本実施例 3 によれば、T I P 検出器 6 の引抜き時（場合によっては挿入時も含む）に測定されたトルク値を予め定めた設定値と比較することにより、測定されたトルク値が設定値よりも大きくなった場合、案内管 5 に異常（削り粕の詰まり、案内管の変形等）があると判断して警報を出力し、オペレータに注意を喚起すると共に、その異常位置を検出器位置信号から読み取って図示しない C R T または液晶等の表示装置で表示することにより案内管 5 の異常個所を把握することができる。

20

【 0 0 3 4 】

案内管 5 は、一般に原子炉の点検の度に撤去と再敷設とを繰り返している。本実施例 3 は案内管敷設後の T I P 検出器の試走時にトルク値をトルクセンサーによって自動的に測定することができるので、作業員がトルクレンチで測定する場合に比べて大幅に被ばく線量を低減することができる。

【 0 0 3 5 】

なお、検出器ケーブル駆動装置 12 にトルクセンサーを設置してトルク値測定するようにした技術は、既に特開 2002-71483 号公報で開示されているが、トルク値と検出器位置信号との関係を表示し、案内管 5 の異常個所を特定する機能については開示されていない。

【 0 0 3 6 】

（実施例 4）

図 8 は本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例 4 を示すシステム構成図である。

本実施例 4 の移動式原子炉内中性子測定装置は、検出器ケーブル駆動装置 12 を複数台（図では 2 台であるが、2 台よりも多い台数でも適用可能である）用意し、この複数台の検出ケーブル駆動装置 12 を 1 台の駆動制御/検出器信号測定装置 18 で切換えて駆動制御するようにして L P R M 検出器の校正時間をさらに短縮させるようにしたものである。

このため、本実施例 4 の駆動制御/検出器信号測定装置 18 は、新たに駆動装置選択部 188 を設けるように構成されている。

【 0 0 3 7 】

なお、図 8 には特に示していないが、通常の移動式原子炉内中性子測定装置は、T I P 検出器 6 の挿入される案内管 5 として前述した案内管 5 の他に共通案内管を備えているので、本実施例 4 ではこの共通案内管に個々の T I P 検出器 6 を挿入して、T I P 検出器 6 同士の感度がほぼ同じになるように予め調整しておくものとする。

40

【 0 0 3 8 】

その後、1 台の駆動制御/検出器信号測定装置 18 から複数の検出ケーブル駆動装置 12 のうち 1 台ずつ選択して駆動制御することにより、前述した実施例と同じ要領で順次出力信号 6 a および位置信号 15 a を読込むようにする。

【 0 0 3 9 】

本実施例 4 の場合、T I P の測定開始前に複数の T I P 検出器 6 を案内管 5 内の炉心頂

50



位置に予め挿入しておき、1台の駆動制御/検出器信号測定装置18から複数の検出ケーブル駆動装置12を切換えて順次駆動制御し、T I P 検出器 6 の引抜き作業を行うようにしたので、上述した実施例 1 ~ 3 のように 1 チャンネル毎に T I P 検出器 6 を挿入/引抜きを行って中性子束を測定する場合に比べ、L P R M 検出器の校正時間を大幅に短縮することができる。

【 0 0 4 0 】

しかも、原子炉出力を安定させるために原子炉内の対象位置でほぼ同じ出力を確保する必要があるところ、本実施例 4 の場合、複数の T I P 検出器 6 を予め原子炉内の対象位置に挿入して中性子束を測定することが容易にでき、対称位置にある T I P 検出器 6 の相対的な校正を行うことができる。仮に対称位置にある T I P 検出器 6 の中性子束検出値に所定値以上の差がある場合には、検出器感度の低下、原子炉出力の異常等と判断してオペレータにその旨知らせればよい。

10

【 0 0 4 1 】

なお、本実施例 4 において、複数個の移動式中性子束検出器の相対感度の校正を行う場合、測定した中性子束の中心値に合わせる方法、測定した中性子束の平均値に合わせる方法、あるいは一番感度の高い移動式中性子束検出器に合わせる方法等種々の方法があるので、これらの方法のうち最適と思われる方法を行えばよい。

【 0 0 4 2 】

(実施例 5)

図 9 は本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例 5 を示すシステム構成図である。

20

図 9 において、本実施例 5 は上述した実施例 2 に対して出力領域モニタを追加して構成したものであり、30は出力領域モニタ、31は L P R M 検出器 4A ~ 4D からの中性子束を入力する局部出力モニタ、32は制御棒引抜監視モニタ、33はデータ伝送装置である。

【 0 0 4 3 】

T I P 検出器 6 の引抜の際、T I P 検出器 6 の位置が炉心頂または炉心頂から炉心底間の任意位置(例えば炉中心)、あるいは炉心底のそれぞれに到達した時点のタイミング信号 15 a 2 と、案内管 5 の選択信号(図示を省略)とを出力領域モニタ 30 内の制御棒引抜監視モニタ 32 に送信する。制御棒引抜監視モニタ 32 はそれぞれのタイミングで原子炉平均出力と L P R M 検出器 4A ~ 4D の出力を記録しておく。また局部出力モニタ 31 において T I P 検出器 6 の炉心からの引抜が完了した後でその時の T I P 検出器引抜中に原子炉平均出力と各 L P R M 検出器信号の変動幅が所定の範囲内にある場合に当該引抜時の中性子束分布測定が有効である旨の判断を行い、その判断結果をデータ伝送装置 33 経由駆動制御/検出器信号測定装置 18 とプロセス計算機 20 とに出力する。

30

【 0 0 4 4 】

この実施例 5 の場合、前述した実施例 1 ~ 4 においてプロセス計算機 20 側で行っていた T I P 検出器引抜中の原子炉出力変動有無の監視機能を無くすことができ、この結果、その監視機能用のハードウェアすなわち T I P インターフェースを無くすことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 5 】

40

【 図 1 】 本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例 1 のシステム構成図。

【 図 2 】 実施例 1 の駆動制御/検出器信号測定装置のブロック構成図。

【 図 3 】 本実施例 1 における T I P 検出器引抜時のタイミングチャート。

【 図 4 】 本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例 2 のシステム構成図。

【 図 5 】 実施例 2 の駆動制御/検出器信号測定装置のブロック構成図。

【 図 6 】 本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例 3 のシステム構成図。

【 図 7 】 本実施例 3 の駆動制御/検出器信号測定装置のブロック構成図。

【 図 8 】 本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例 4 のシステム構成図。

【 図 9 】 本発明に係る移動式原子炉内中性子測定装置の実施例 5 のシステム構成図。

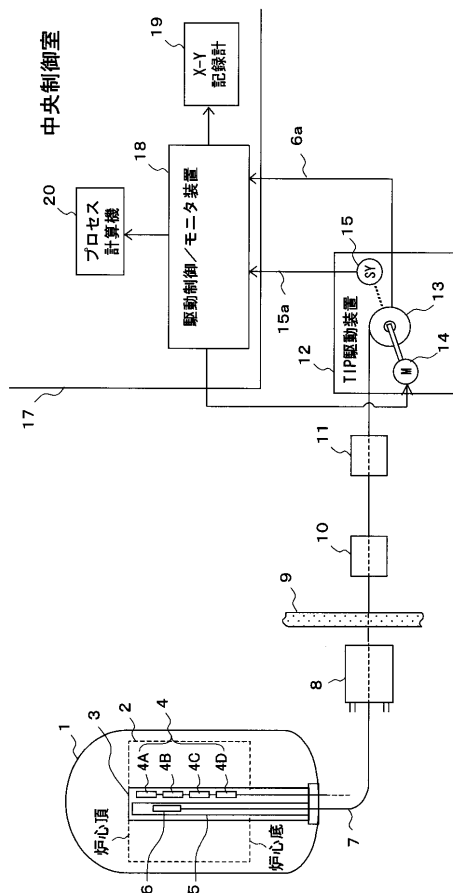
【 符号の説明 】

50

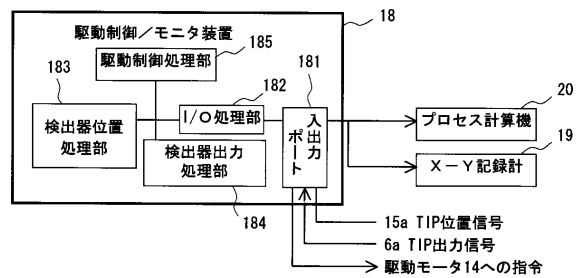
【 0 0 4 6 】

1 ... 沸騰水型原子炉の圧力容器、2 ... 炉心、3 ... 検出器集合体、4A、4B、～4D... L P R M 検出器、5 ... 案内管、6 ... T I P 検出器、7 ... 検出器ケーブル、8 ... 索引装置、9 ... 格納容器、10...バルプアッセンブリ、11...遮蔽容器、12...検出器ケーブル駆動装置（T I P 駆動装置）、13...ケーブル巻取りリール、14...モータ、15...検出器位置信号発生器（S Y）、16...トルクセンサー（ ）、17...中央制御室、18...駆動制御/検出器信号測定装置（駆動制御/モニタ装置）、181...入出力ポート、182...I/O処理部、183...検出器位置処理部、184...検出器出力処理部、185...駆動制御処理部、186...記憶装置、187...検出器位置/トルクセンサー処理部、188...駆動装置選択部、19...X - Y 記録計、20...プロセス計算機、21...周辺装置、30...出力領域モニタ、31...局部出力モニタ、32...制御棒引抜監視モニタ、33...データ伝送装置。

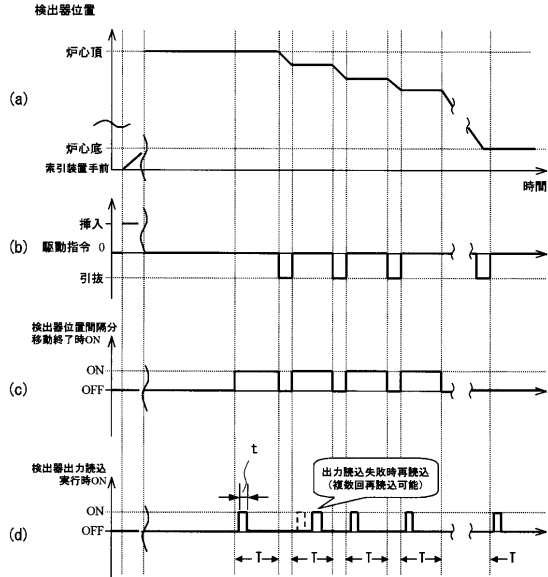
【 図 1 】



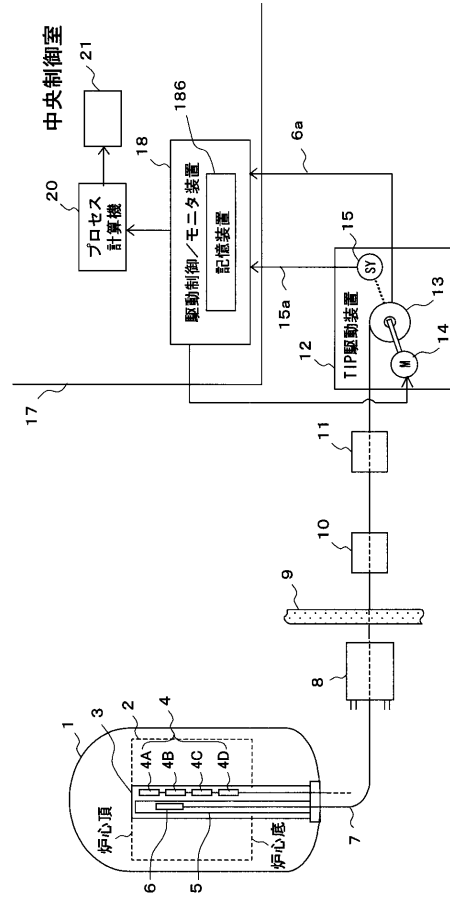
【 図 2 】



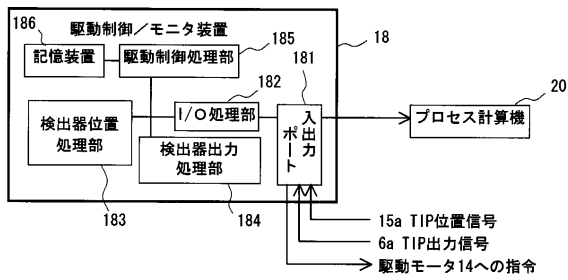
【図3】



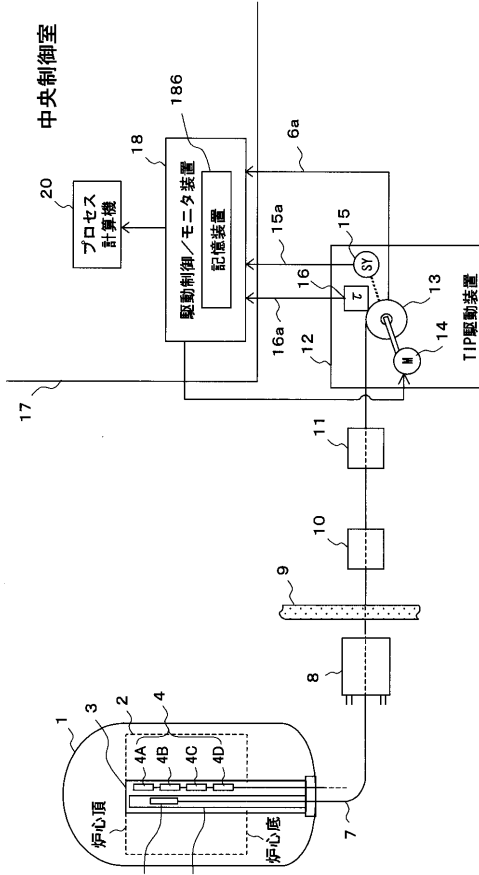
【図4】



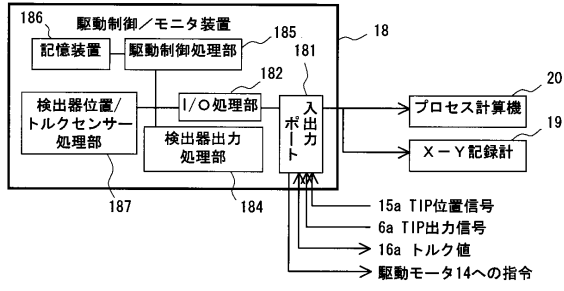
【図5】



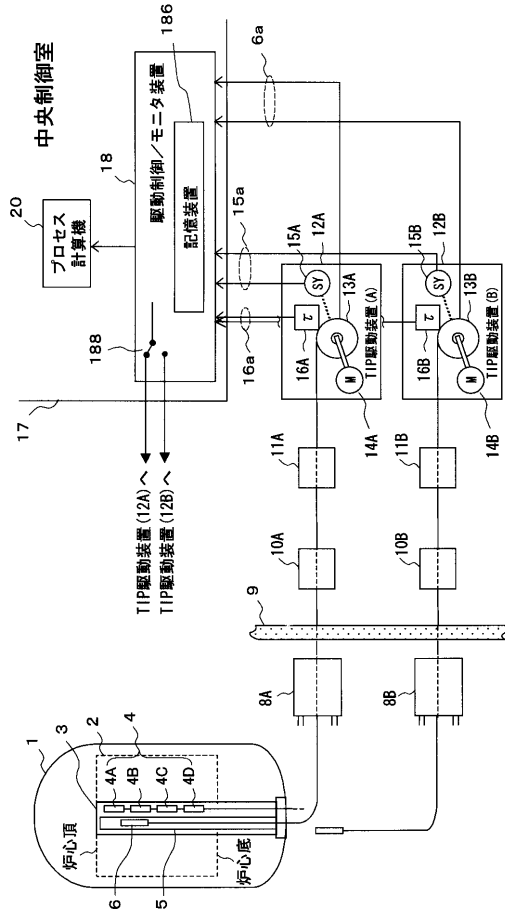
【図6】



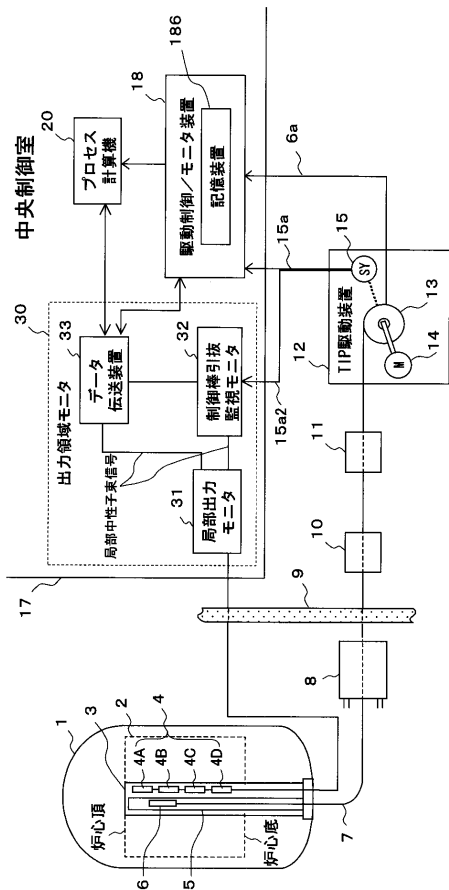
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

審査官 山口 敦司

- (56)参考文献 特開2000-028782(JP,A)  
特開平04-070596(JP,A)  
特開平07-098398(JP,A)  
特開2004-020250(JP,A)  
特開昭63-163196(JP,A)  
特開昭63-144970(JP,A)  
特開平01-250899(JP,A)  
特開昭53-122095(JP,A)  
特開2004-077126(JP,A)  
特開2000-258586(JP,A)  
特開2002-071483(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21C 17/10  
G21C 17/108