

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6088523号  
(P6088523)

(45) 発行日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int. Cl.	F I
<b>G 0 1 B 15/00 (2006.01)</b>	G 0 1 B 15/00 C
<b>G 2 1 C 17/10 (2006.01)</b>	G 2 1 C 17/10 M

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-531833 (P2014-531833)	(73) 特許権者	501010395
(86) (22) 出願日	平成24年8月27日 (2012. 8. 27)		ウエスチングハウス・エレクトリック・カンパニー・エルエルシー
(65) 公表番号	特表2014-534415 (P2014-534415A)		アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 16
(43) 公表日	平成26年12月18日 (2014. 12. 18)		066 クランベリー・タウンシップ ウ
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/052446		エスチングハウス・ドライブ 1000
(87) 国際公開番号	W02013/052214	(74) 代理人	100091568
(87) 国際公開日	平成25年4月11日 (2013. 4. 11)		弁理士 市位 嘉宏
審査請求日	平成27年7月31日 (2015. 7. 31)	(72) 発明者	カルバハル、ジョージ、ブイ
(31) 優先権主張番号	13/239, 436		アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 15
(32) 優先日	平成23年9月22日 (2011. 9. 22)		642 アーウィン ブランディワイン・
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ドライブ 407

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 棒位置検出装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

棒(8)が少なくとも一部内で移動可能である通路(70)において、棒(8)の現在位置を突き止める方法であって、

該通路に沿う第1の場所(56, 60)で、該通路の内部に沿って伝播する電磁信号を送信することを含み、該通路の内部は電磁信号の導波管として使用され、

さらに、

該通路に沿った第2の場所(64, 68)で電磁信号の少なくとも一部を入力として検出することと、

入力 of の少なくとも一部の群遅延を求めることと、

群遅延を較正データセット(48)と併用することにより、群遅延に対応する棒の現在位置を求めることと、

を含む方法。

【請求項 2】

通路の少なくとも近傍で温度を検出することと、

温度を補正データセット(52)と併用することにより、温度補正係数を求めることと、

温度補正係数を棒の現在位置に適用することにより、棒の補正された現在位置を得ることと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

10

20

## 【請求項 3】

群遅延を校正データセットと併用することが、群遅延を校正ルーチン(44)に入力することと、校正ルーチンから現在位置として群遅延に対応する位置を出力することを含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 4】

棒として原子炉格納容器(16)内の駆動棒(8)を使用することと、  
通路として原子炉格納容器内の駆動棒ハウジング(12)を使用することと、  
をさらに含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 5】

棒(8)が少なくとも一部内で移動可能である通路(70)において、棒(8)の現在位置を突き止めるために使用可能な校正データセット(48)を発生させる方法であって、

該通路に沿う第1の場所(56, 60)で、該通路の内部に沿って伝播する校正電磁信号を送信することを含み、該通路の内部は電磁信号の導波管として使用され、

さらに、

棒を該通路内の複数の位置のそれぞれに移動させることと、

該通路内の棒の複数の位置の少なくとも一部のそれぞれについて、該通路に沿う第2の場所(64, 68)で電磁信号の少なくとも一部を複数の校正入力として検出することと

、  
複数の校正入力の少なくとも一部のそれぞれについて、校正群遅延を求めることと、  
校正群遅延に少なくとも部分的に基づいて校正データセット(48)を作成することと  
を含み、校正データセットは、電磁信号が該通路に沿う第1の場所で送信された場合に、  
該通路に沿う第2の場所で検出される電磁信号の少なくとも一部である入力から求めた群遅延に対応する棒の現在位置を与えるように構成されている方法。

## 【請求項 6】

校正データセットとして、棒が水中にある場合の第1の校正データセットを作成することと、

棒の少なくとも一部が空気に囲まれている場合の第2の校正データセットを作成することと、

をさらに含む、請求項5に記載の方法。

## 【請求項 7】

棒が第1の位置にあり、通路の少なくとも近傍が第1の温度である環境に少なくとも部分的に基づき校正データセットを作成することと、

棒が第1の位置にあり、通路の少なくとも近傍が第1の温度とは異なる第2の温度である環境に少なくとも部分的に基づき補正データセット(52)を作成することとをさらに  
含み、補正データセットは、通路の少なくとも近傍で検出される温度に対応して、棒の現在位置の温度補正係数を与えるように構成されている請求項5に記載の方法。

## 【請求項 8】

棒(8)が少なくとも一部内で移動可能である通路(70)において、棒(8)の現在位置を突き止める装置(4)であって、

プロセッサ(36)及びメモリ(40)を備えるプロセッサ装置(24)と、

プロセッサ装置と通信し、該通路に沿う第1の場所に位置するように構成された少なくとも第1の送信アンテナ(56, 60)、及び該通路に沿う第2の場所に位置するように構成された少なくとも第1の受信アンテナ(64, 68)を備える入力装置(28)と、

プロセッサ装置と通信する出力装置(32)と、

を備え、

メモリは、プロセッサ上で実行されると下記の動作を実行させる信号解析ルーチンを含む多数のルーチン(44)を記憶しており、下記の動作は、

少なくとも第1の送信アンテナから、該通路の内部に沿って伝播する電磁信号を送信することを含み、該通路の内部は電磁信号の導波管として使用され、

10

20

30

40

50

さらに、

少なくとも第 1 の受信アンテナからの電磁信号の少なくとも一部を入力として検出することと、

入力の少なくとも一部を信号解析ルーチンにかけることにより、入力の群遅延を求めることと、

群遅延を校正データセットと併用することにより、群遅延に対応する棒の現在位置を求めることと、

出力装置によって現在位置を出力することと、  
を含む装置。

【請求項 9】

前記動作はさらに、

通路の少なくとも近傍で温度を検出することと、

温度を補正データセット(52)と併用することにより、温度補正係数を求めることと

、  
温度補正係数を棒の現在位置に適用することにより、棒の補正された現在位置を得ることと、

を含む、請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

群遅延を校正データセットと併用することが、群遅延を校正ルーチンに入力することと、校正ルーチンから現在位置として群遅延に対応する位置を出力することとを含む、請求項 8 に記載の装置。

【請求項 11】

前記動作は、

棒として原子炉格納容器(16)内の駆動棒(8)を使用することと、

通路として原子炉格納容器内の駆動棒ハウジング(12)を使用することとをさらに含む、請求項 8 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般的に制御回路に関し、より詳細には、原子炉格納容器内の駆動棒ハウジングの内部のような通路内で移動可能である駆動棒などの棒の位置を検出する改良型の装置に関する。

【背景技術】

【0002】

原子力発電所は一般的に周知であり、通常は加圧水型原子炉(PWR)又は沸騰水型原子炉(BWR)である原子炉を含むとすることができる。PWRを有する原子力発電所は一般的に、1つ又は複数の燃料セル、原子炉を冷却する一次ループ及び発電機を作動させる蒸気タービンを駆動する二次ループを備えると言することができる。このような原子力発電所はさらに、一次ループと二次ループの間に熱交換器を含むのが一般的である。熱交換器は通常、蒸気発生器の形態であり、これは一次冷却材を搬送する細管と、細管したがって一次冷却材と熱交換関係で二次冷却材を搬送するプレナムを備える。また、BWR発電所は通常、比較的低い圧力及び温度で動作し、蒸気タービンに直接供給される蒸気を発生する燃料セルを使用する。

【0003】

燃料セル内で生じる核反応は通常、既知の態様で、燃料セル内へ、またセル外へ並進可能な多数の制御棒によって制御される。制御棒は通常、制御棒に直接連結され、燃料セル上方に位置する駆動棒ハウジング内に移動可能に配置された駆動棒によって作動される。制御棒は燃料セルの反応を制御するので、各制御棒の正確な位置を常に知っておくことが望ましい。

【0004】

10

20

30

40

50

制御棒の位置を突き止めるための従来のシステムは、駆動棒ハウジングの外側にそれと同心で装着された複数の検出器を使用しており、検出器はそれぞれ、長手方向において例えば3.75インチ(9.53cm)の規則的な間隔で離隔したコイルワイヤをハウジングに被せたものである。駆動棒がコイルを通り過ぎると、コイルからの磁束が変化するが、この変化する磁束が信号処理システムによって処理される。

【発明の概要】

【0005】

このようなシステムは所期の目的にとっては全般的に効果的であるが、限界がないわけではなかった。様々なコイルは、必要な電磁界を発生するためにケーブル集合体及びAC電流を必要とする。また、上述したように離隔したコイルを有する検出器の正確度は、わ

10

【0006】

したがって、駆動棒ハウジングの内部などの通路内の駆動棒などの棒の位置を突き止める装置は、ハウジングの1つの場所にある送信アンテナ及びハウジングの別の場所にある受信アンテナを含む。送信アンテナに送信される電磁励起信号の少なくとも一部を受信アンテナによって検出し、受信信号をベクトルネットワークアナライザによって処理することにより、駆動棒ハウジングをフィルタ応答を有する導波管としてモデル化する。さらに詳細には、群遅延を検出して較正データセットと比較することにより、群遅延に対応する駆動棒の現在位置を提供する。

20

【0007】

したがって、本発明の一態様は、通路内の少なくとも一部で移動可能である棒の現在位置を突き止める改良型装置を提供することである。

【0008】

本発明の別の態様は、原子炉格納容器内の駆動棒ハウジング内で移動可能である駆動棒に使用することができるような装置を提供することである。

【0009】

本発明の別の態様は、通路内の少なくとも一部で移動可能である棒の現在位置を突き止めるために改良された方法を提供することである。

【0010】

本発明の別の態様は、通路内の少なくとも一部で移動可能である棒の現在位置を突き止める改良型装置によって使用可能な較正データセットを作成するための改良された方法を提供することである。

30

【0011】

本発明の上記及び他の態様は、棒が少なくとも一部内で移動可能である通路において、棒の現在位置を突き止める改良された方法によって提供される。該方法は一般的に、該通路に沿う第1の場所で、該通路の内部に沿って伝播する電磁信号を送信することを含み、該通路の内部は電磁信号の導波管として使用され、さらに、該通路に沿った第2の場所で電磁信号の少なくとも一部を入力として検出することと、入力

40

【0012】

の少なくとも一部を求めると、群遅延を較正データセットと併用することにより、群遅延に対応する棒の現在位置を求めるとを含む。

本発明の他の態様は、棒が少なくとも一部内で移動可能である通路において、棒の現在位置を突き止めるために使用可能な較正データセットを発生させる方法により提供される。該方法は、該通路に沿う第1の場所で、該通路の内部に沿って伝播する較正電磁信号を送信することを含み、該通路の内部は電磁信号の導波管として使用され、さらに、棒を該通路内の複数の位置のそれぞれに移動させることと、該通路内の棒の複数の位置の少なくとも一部のそれぞれについて、該通路に沿う第2の場所で電磁信号の少なくとも一部を複数の較正入力として検出することと、複数の較正入力の少なくとも一部のそれぞれについて、較正群遅延を求めると、較正群遅延に少なくとも部分的に基づいて較正データセ

50

ットを作成することを含む。校正データセットは、電磁信号が該通路に沿う第1の場所で送信された場合に、該通路に沿う第2の場所で検出される電磁信号の少なくとも一部である入力から求めた群遅延に対応する棒の現在位置を与えるように構成されている。

【0013】

本発明の他の態様は、棒が少なくとも一部内で移動可能である通路において、棒の現在位置を突き止める装置によって提供される。該装置は一般的に、プロセッサ装置、入力装置及び出力装置を含むものと言うことができる。プロセッサ装置は一般的に、プロセッサ及びメモリを含むものと言うことができる。入力装置はプロセッサ装置と通信関係にあり、該通路に沿う第1の場所に位置するように構成された少なくとも第1の送信アンテナ及び該通路に沿う第2の場所に位置するように構成された少なくとも第1の受信アンテナを含むものと言うことができる。出力装置はプロセッサ装置と通信関係にある。メモリは、プロセッサ上で実行されるとある特定の動作を実行させる信号解析ルーチンを含む多数のルーチンを記憶している。該動作は一般的に、少なくとも第1の送信アンテナから、該通路の内部に沿って伝播する電磁信号を送信することを含み、該通路の内部は電磁信号の導波管として使用され、さらに、少なくとも第1の受信アンテナからの電磁信号の少なくとも一部を入力として検出することと、入力の少なくとも一部を信号解析ルーチンにかけることにより、入力の群遅延を求めることと、群遅延を校正データセットと併用することにより、群遅延に対応する棒の現在位置を求めることと、出力装置によって現在位置を出力することとを含むと述べることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

添付の図面と併せて以下の実施形態の説明を読めば、本発明のさらなる理解を得ることができよう。

【0015】

【図1】原子炉格納容器内の駆動棒ハウジングに取り付けられた、本発明による改良型装置の略図である。

【0016】

【図2】駆動棒ハウジング内の異なる位置で駆動棒が示されていることを除き、図1と同様の図である。

【0017】

【図3】本発明による改良された方法のある特定の態様を示す流れ図である。

【0018】

【図4】本発明による改良された別の方法のある特定の態様を示す別の流れ図である。

【0019】

【図5】改良された方法の他の態様を示す他の流れ図である。

【0020】

同様の数字は明細書を通じて同様の部分を指す。

【発明を実施するための形態】

【0021】

通路の内部で移動可能な棒の位置を検出する改良型装置4が、図1及び図2に略示されている。本明細書に示す例示的な実施形態では、装置4を使用して、略示した原子炉格納容器16内に配置されている駆動棒ハウジング12の円筒状の内部で移動可能な駆動棒8の瞬時位置を検出する。当技術分野で一般的に理解されているように、駆動棒8は、燃料セル(本明細書では明示的に図示せず)内の核反応を制御するために、原子炉格納容器16内の燃料セル内へ、またセル外へ往復運動する制御棒(本明細書では明示的に図示せず)の端部と軸方向に連結されている。駆動棒ハウジング12は、本明細書では、その下端に、制御棒駆動機構(CRDM)の上部と連結するコネクタ20を含むものとして示されている。

【0022】

装置 4 は、図 1 及び図 2 では、プロセッサ装置 2 4、入力装置 2 8 及び出力装置 3 2 を備えるものとして略示されている。入力装置 2 8 及び出力装置 3 2 はプロセッサ装置 2 4 に接続されている。プロセッサ装置 2 4 は、既知の方法で相互に接続されたプロセッサ 3 6 及びメモリ 4 0 を含む。プロセッサ 3 6 は、制限なく、マイクロプロセッサなどのような多種多様なプロセッサのいずれでもよい。メモリ 4 0 は、制限なく、RAM、ROM、EPROM、EEPROM、FLASH などのような多種多様な記憶機器のいずれでもよく、このようなメモリ 4 0 は、本発明の思想から逸脱することなく、取り外し可能な記憶媒体のアレイを含むことができる。メモリ 4 0 はその中に、まとめて数字 4 4 で示す多数のルーチンを記憶しており、これらのルーチンには、既知のベクトルネットワークアナライザによって実行されるような機能を実行する信号解析ルーチン 4 4 が含まれる。ルーチンは、温度に基づく補正係数を位置結果に適用する補正ルーチン 4 4 も含むことができる。他の機能を実行する他のルーチン 4 4 もまた、メモリ 4 4 に記憶されている。

10

**【0023】**

メモリ 4 0 はさらに、較正セット 4 8 及び補正データセット 5 2 をさらに記憶しており、ルーチン 4 4 がそれらセットを使用して、以下でさらに詳述するような態様で駆動棒ハウジング 1 2 内の駆動棒 8 の瞬時位置、すなわち現在位置を出力する。さらに、同様に以下でさらに詳述するような様々な方法のいずれかによって、較正セット 4 8 及び補正データセット 5 2 を取得することができる。

**【0024】**

本明細書に示す入力装置 2 8 は、送信コンポーネントと受信コンポーネントの両方を含む。より詳細には、駆動棒ハウジング 1 2 の縦方向の第 1 の場所に、入力装置 2 8 は相互に直径方向に対向し、送信コンポーネントとして働く一次送信アンテナ 5 6 及び二次送信アンテナ 6 0 を含む。本明細書に示す例示的な実施形態において、第 1 の場所は一般的に、コネクタ 2 0 に隣接する駆動棒ハウジング 1 2 の底部にある。入力装置 2 8 はさらに、駆動棒ハウジング 1 2 の縦方向の第 2 の場所に、同様に相互に直径方向に対向し、受信コンポーネントとして働く一次受信アンテナ 6 4 及び二次受信アンテナ 6 8 を含む。図 1 及び図 2 から理解できるように、例示的な第 2 の場所は、一般的に、駆動棒ハウジング 1 2 の上部にある。しかしながら、第 1 及び第 2 の場所は、本発明の思想から逸脱することなく、本明細書で明示的に示す場所とは異なってもよいことを理解されたい。

20

**【0025】**

他の実施形態では、二次送信アンテナ 6 0 及び二次受信アンテナ 6 8 を追加せずに、一次送信アンテナ 5 6 及び一次受信アンテナ 6 4 を使用してもよいが、二次送信アンテナ 6 0 及び二次受信アンテナ 6 8 を一次アンテナの 1 つが故障した場合にバックアップアンテナとして働かせることが望まれていることを理解されたい。すなわち、原子炉の環境では、プローブが故障すると、バックアッププローブが設けられていなければ原子炉の運転を停止せざるを得ないことがある。したがって、二次送信アンテナ 6 0 及び二次受信アンテナ 6 8 は、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 に沿って対応する一次アンテナと同じ場所に設けるが、一次アンテナと直径方向に対向する位置に配置する。

30

**【0026】**

入力装置 2 8 は、温度センサ 7 2 をさらに含む。本明細書に示す例示的な実施形態の温度センサ 7 2 は抵抗性感熱装置 (Resistive Thermal Device: RTD) であるが、本発明の概念から逸脱することなく他の構成とすることができる。

40

**【0027】**

本発明によれば、信号解析ルーチン 4 4 が励起電磁信号を発生させて、一次及び二次送信アンテナ 5 6 及び 6 0 から送信するが、この信号は駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 に沿って伝搬し、その少なくとも一部が一次及び二次受信アンテナ 6 4 及び 6 8 によって受信される。励起信号は、種々の周波数成分を有する振幅変調信号などの多種多様な電磁信号のいずれか、又は任意の他のタイプの適当な信号とすることができる。駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 は、励起信号の導波管として機能するため、一次及び二次受信アンテナ 6 4 及び 6 8 が検出する入力はハイパスフィルタにかけられた信号の性質を有する。すな

50

わち、信号解析ルーチン 44 は一次及び二次送信アンテナ 56 及び 60 によって送信される励起電磁信号を発生させるが、この信号は一次及び二次受信アンテナ 64 及び 68 によって受信され検出されると、ハイパスフィルタにかけられたように見える。これは、当技術分野で一般的に知られている導波管の典型的な挙動である。

【0028】

駆動棒 8 はある特定の誘電特性を有するが、駆動棒 8 が駆動棒ハウジング 12 内にあるとき、該駆動棒により押し出される冷却水は別の誘電特性を保有する。したがって、駆動棒ハウジング 12 内の駆動棒 8 の位置が、駆動棒ハウジング 12 に沿った第 1 の場所（一次及び二次送信アンテナ 56 及び 60 が配置された場所）と第 2 の場所（一次及び二次受信アンテナ 64 及び 68 が配置された場所）との間の全体的な誘電特性に影響を与えることを理解することができよう。導波管の誘電特性は、式 1 に示すように、導波管のハイパスフィルタ挙動の遮断周波数に影響を与えることが知られている。

10

【0029】

【数 1】

$$\text{式 1} : f_c = \frac{X_{mn}c}{2\pi a\sqrt{\epsilon_r}}$$

【0030】

上式において、 $f_c$  は遮断周波数であり、

【0031】

$X_{mn}$  は導波管内で励起される基本 TE<sub>11</sub> モードであり、

【0032】

$c$  は光速であり、

【0033】

$a$  は導波管の半径であり、

【0034】

$\epsilon_r$  は誘電係数である。

【0035】

一次及び二次受信アンテナ 64 及び 68 によって検出される信号に存在することが突き止められる群遅延は、式 2 により、導波管のフィルタの（式 1 からの）遮断周波数  $f_c$  と

30

関連させることができる。

【0036】

【数 2】

$$\text{式 2} : \text{groupdelay} = \frac{\text{length}}{c\sqrt{1-\frac{c}{2a-f_c}}^2}$$

【0037】

上式において、groupdelay は入力信号の群遅延であり、

【0038】

length は固定値であり、

【0039】

$c$  は光速であり、

【0040】

$a$  は導波管の半径であり、

【0041】

$f_c$  は遮断周波数である。

【0042】

したがって、駆動棒ハウジング 12 に沿った第 1 の場所と第 2 の場所との間の誘電係数に影響を与える駆動棒ハウジング 12 内の駆動棒 8 の瞬時位置、すなわち現在位置を、第

50

1の場所から送信されて第2の場所で受信される信号の群遅延と相関させ得ることが分かる。このように、較正データセット48は、一次及び二次受信アンテナ64及び68にて検出された信号に存在することが突き止められる群遅延と、駆動棒ハウジング12内における駆動棒8のそれに対応する現在位置との間の相関を与えるものである。

【0043】

駆動棒8の所与の位置とそれに対応する群遅延との間の関係を経験的に作成したい場合、望ましくは駆動棒ハウジング12に沿った駆動棒8の複数の位置のそれぞれに固有の誘電係数 $\epsilon_r$ を駆動棒8のそのような位置それぞれと対応する群遅延を計算するために算定する。しかしながら、この関係は、較正データセット48を実験的に導出する、すなわち駆動棒8を駆動棒ハウジング12内の特定の位置に配置し、一次及び二次受信アンテナ64及び68によって相関信号を検出して、信号解析ルーチン44から対応する群遅延を求める方が、より正確に特徴付けできる可能性が高い。次に、駆動棒8の特定の位置及び求めた対応する群遅延を較正データセット48に、その後の検索のためのデータポイントとして加えることができる。これに関して、較正データセット48は、所与の検出される群遅延に対応する駆動棒の位置を検索するのではなく、計算することができる、このようなデータポイントから作成されるアルゴリズムの性質を持つということもできることに留意されたい。

【0044】

さらに、原子炉が運転を停止し、駆動棒ハウジング12の一部が水ではなく空気で満たされるようになると、その空気も同様に、駆動棒8及び冷却水とは異なる誘電特性を有する。したがって、駆動棒ハウジング12がある特定の範囲まで空気で満たされている場合の、駆動棒ハウジング12内の駆動棒8の位置とそれに対応する群遅延との間の関係を確立する別の較正データセット84を同様に作成することが望ましい。

【0045】

駆動棒ハウジング12内の環境の温度は、信号解析ルーチン44により存在することが突き止められる群遅延に影響を及ぼすことにも留意されたい。すなわち、駆動棒ハウジング12内の駆動棒8の所与の位置に対応する群遅延は内部70の駆動棒8及び液体冷却材の温度に応じて可変である。したがって、追加的に温度に関連するデータを補正データセット52に記憶させて、補正係数を発生させ、この補正係数を信号解析ルーチン44が出力する駆動棒8の現在位置に適用する。

【0046】

すなわち、一次及び二次受信アンテナ64及び68が検出した入力信号を信号解析ルーチン44に入力して、駆動棒8の対応する現在位置を出力させる。また、温度センサ72からの温度を補正ルーチン44に入力し、補正データセット52を用いて温度補正係数を出力させる。温度補正係数を信号解析ルーチン44が出力する棒8の現在位置に適用することにより、棒8の補正された現在位置を発生させる。棒8のこの補正された現在位置は出力装置32により例えば出力ライン80上に出力され、この出力は例えば原子力発電所の制御系などに入力される。

【0047】

補正データセット52は、例えば単にデータベースから対応する補正係数を検索するのではなく、温度入力に基づいて補正係数を計算するルーチンの形態でもよいことを理解されたい。また、補正データセット52は、駆動棒ハウジング12の内部70から、又は駆動棒ハウジング12の近傍からの単なる温度値よりも多くの入力を使用することにも留意されたい。すなわち、駆動棒8の補正された現在位置を求めるために、駆動棒8の現在位置に適用する補正係数を確定するにあたり、圧力、燃料セルのデューティサイクル内の時間、駆動棒8の現在位置などの他の入力を使用することができる。

【0048】

図3は、駆動棒ハウジング12に対する駆動棒8の位置を突き止める改良された方法のある特定の態様を示す例示的な流れ図である。このような位置を使用して、例えば原子炉格納容器16内の制御棒の位置を求めることができる。処理は106で開始し、駆動棒ハ

10

20

30

40

50

ウジング 1 2 の内部 7 0 に沿った第 1 の場所に位置する一次及び二次送信アンテナ 5 6 及び 6 0 から、励起電磁信号を発生させる。電磁信号の少なくとも一部を、1 1 0 にて、一次及び二次受信アンテナ 6 4 及び 6 8 が入力として検出する。上述したように、一次及び二次受信アンテナ 6 4 及び 6 8 は、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 に沿った第 2 の場所に位置している。

#### 【 0 0 4 9 】

次に、信号解析ルーチン 4 4 を 1 1 4 で使用し、1 1 0 で検出した入力信号の群遅延を求める。次いで、1 1 8 で、群遅延を較正データセット 4 8 と併せて使用することにより、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 の駆動棒 8 の現在位置を求める。これに関して、内部 7 0 は通路の性質を有すること及び通路が 1 0 6 において一次及び二次送信アンテナ 5 6 及び 6 0 から送信される励起信号の導波管として機能することに再言したい。次いで、出力装置 3 2 が棒 8 の現在位置を出力する。先に示唆したように、補正データセット 5 2 からの補正係数を現在位置に適用して、駆動棒 8 の補正された現在位置を発生させて出力する。先にさらに示唆したように、かかる出力を原子力発電所内の他の制御系に提供し、様々な目的に使用することができる。

#### 【 0 0 5 0 】

駆動棒 8 の位置は原子力発電所の運転中だけでなく、原子力発電所が運転を停止しているときにも分かっているのが望ましいことを再言する。すなわち、原子力発電所の運転中、駆動棒ハウジング 1 2 は通常、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 に移動自在に受け入れられる駆動棒 8 が押し出した部分を除き、冷却水により満たされている。しかしながら、原子力発電所が運転を停止すると、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 は部分的又は完全に冷却水が抜けて空になり、駆動棒 8 の少なくとも一部が空気又は他の気体で取り囲まれるようになる。したがって、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 から一部又は全部の冷却水が流出したときの、群遅延と駆動棒 8 の位置との相関を与える別の較正データセット 8 4 をメモリ 4 0 に記憶しておくことが望ましい。これに関して、空気の誘電特性は原子炉の冷却水のそれとは有意に異なるので、完全に新しい較正データセット又はアルゴリズムを導出するか、又は実験的に作成することが必要になる可能性がある。

#### 【 0 0 5 1 】

較正データセット 4 8 及び別の較正データセット 8 4 の作成に関して、図 4 は、較正データセット 4 8 を実験的に作成する改良された方法のある特定の態様を略示する流れ図である。同様の方法を使用して、別の較正データセット 8 4 を作成することができる。

#### 【 0 0 5 2 】

処理は 2 2 2 で開始し、較正電磁励起信号を一次及び二次送信アンテナ 5 6 及び 6 0 から送信する。較正電磁信号は、信号解析ルーチン 4 4 によって発生される励起信号と同じであってよい(そうなる可能性がある)。次に、駆動棒 8 を 2 2 6 において、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 の複数の位置のそれぞれの間で移動させる。2 3 0 において、駆動棒 8 のそのような位置毎に、一次及び二次受信アンテナ 6 4 及び 6 8 から較正入力を検出する。次に、2 3 4 において、このような較正入力毎に較正群遅延を計算する。次に 2 3 8 において、様々な較正群遅延を駆動棒 8 の様々な位置と関連させて、較正群遅延に基づく較正データセット 4 8 を作成する。上述したように、較正データセット 4 8 は、ルーチン 4 4 の形態又は例えばデータベースなどの表の形態のいずれであってもよい。再言するが、原子炉が運転を停止しており、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 の少なくとも一部が空気又は他の気体で満たされている別の環境で、上述した手順を繰り返すことにより別の較正データセット 8 4 を作成するのが望ましい。

#### 【 0 0 5 3 】

図 5 は、較正データセット 4 8 のみから得られる駆動棒 8 の現在位置に適用可能な熱補正係数を提供するのに使用される補正データセット 5 2 を作成するある特定の態様を示している。処理は 3 4 2 で開始し、駆動棒 8 の所与の位置について、駆動棒ハウジング 1 2 の内部 7 0 の複数の温度のそれぞれで群遅延を求める。温度センサ 7 2 は内部 7 0 と直接連通関係にあるとして示されているが、別の実施形態では、駆動棒ハウジング 1 2 の近傍

10

20

30

40

50

の温度を検出するように温度センサ 72 を他の態様で配置できることを理解されたい。これに関して、後で原子炉の運転中に温度を検出することによって適当な補正係数が何かを突き止めることができるから、補正係数の作成にこのような温度のいずれを使用しても差し支えない。

【 0 0 5 4 】

図 5 の流れ図では、342 で示す温度の変動が、駆動棒 8 の同じ位置につき複数の温度にわたって生じることが示唆されている。これに関して、原子炉の温度は駆動棒 8 の位置よりも変化させにくいので、実際にデータを取得する、より可能性が高いシナリオは、少なくとも駆動棒ハウジング 12 の近傍の温度を異なる温度へ変化させた後、駆動棒 8 を複数の位置のそれぞれへ移動させ、その結果生じる群遅延を求め、対応する温度を記録することである。さらに、必ずしも、異なる温度のそれぞれで、駆動棒ハウジング 12 に沿う駆動棒 8 の増分位置毎に群遅延を記録する必要はなさそうである。温度と群遅延との関係を理解するには、むしろ、所与の温度において、駆動棒ハウジング 12 に沿う駆動棒 8 の限られた数の位置における限られた数の群遅延を求めるだけで十分であろう。すなわち、温度補正係数は、較正データセット 48 の作成に必要とされる詳細な測定を必要としない比較的簡単なデータ及び / 又はアルゴリズムに基づくものである可能性があるが、その可能性は実験プロセスの結果から明らかであろう。

10

【 0 0 5 5 】

処理は 346 で継続し、群遅延の変化及び対応する温度変化などの様々な実験データを記録する。次に、346 で記録したデータを使用し、350 において補正データセット 52 を作成して記憶するが、このデータセットは上述したようにアルゴリズムか又は表若しくはデータベースの形態で記憶されるデータセットの性質を有していてもよい。

20

【 0 0 5 6 】

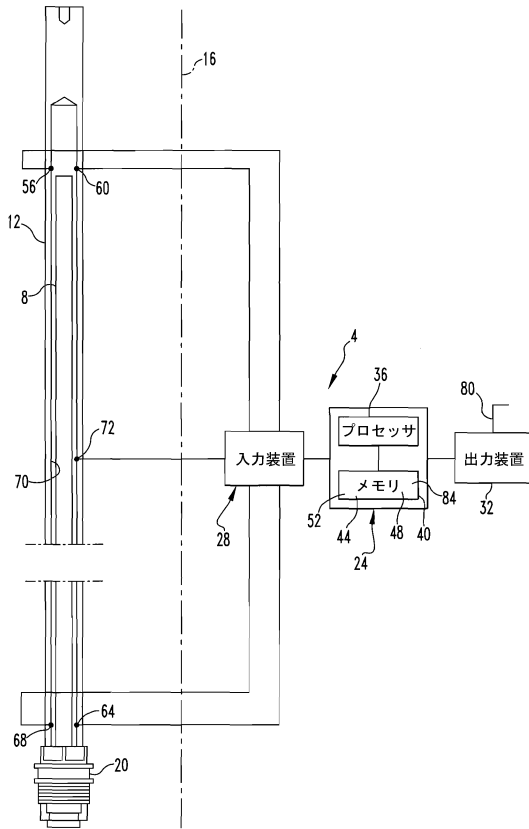
したがって、改良された方法及び装置は、有利なことに、駆動棒ハウジング 12 内の駆動棒 8 の現在位置を突き止めることを可能にし、この現在位置から原子力発電所の燃料集合体内の制御棒の現在位置を求めることができる。この装置 4 は、従来知られていたシステムよりも製造及び維持費用が少なく、正確度は高い。さらに有利なことは、改良型装置 4 によって得られる棒位置の正確度が高いため、安全マージンを減らすことによって原子炉の効率を改善できる。当業者には他の利点も明白であろう。

【 0 0 5 7 】

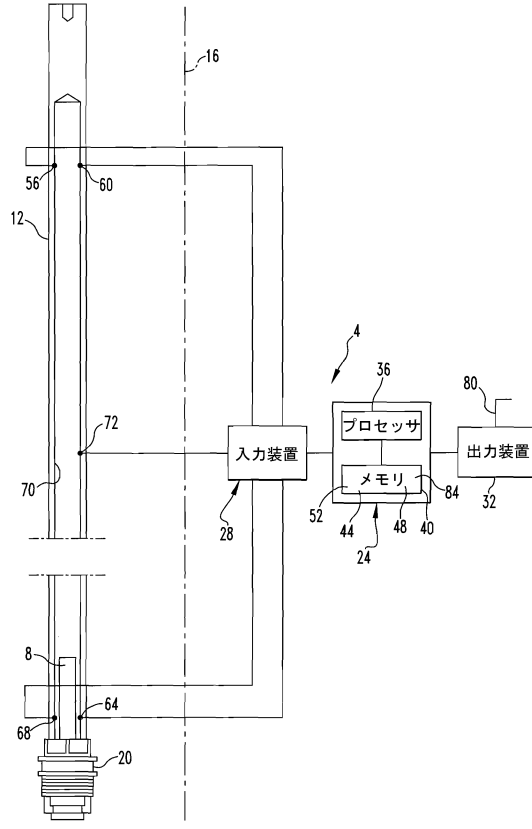
本開示は、その思想又は本質的特徴から逸脱することなく、他の特定の形態で具現化することができる。記載した実施形態は、全ての点において限定的ではなく例示的なものと考えべきである。したがって、開示の範囲は以上の記載ではなく、添付の特許請求の範囲によって示される。特許請求の範囲の意味及び均等物の範囲内にある全ての変更は開示の範囲内に包含されるものと考えべきである。

30

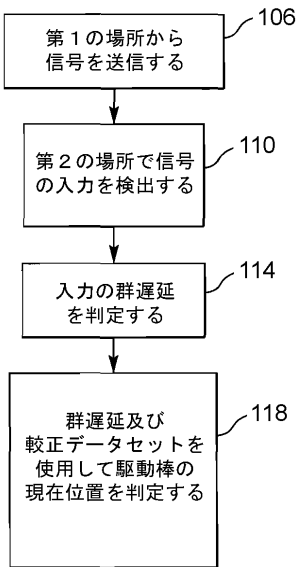
【図 1】



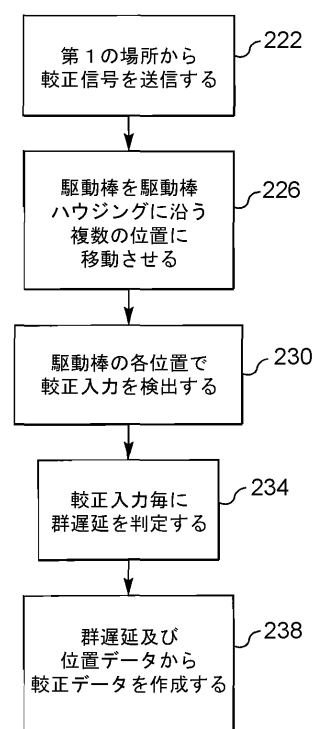
【図 2】



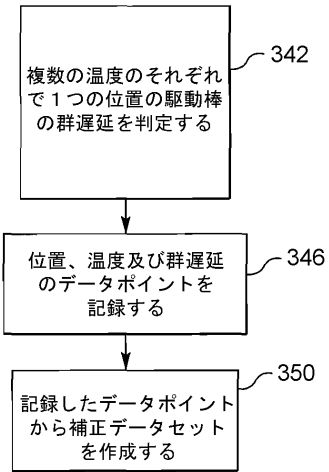
【図 3】



【図 4】



【図5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ジェームス、マイケル、エー  
アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 16037 ハーモニー ハイ・エーカーズ・ロード 13  
5

審査官 八木 智規

(56)参考文献 特開昭59-060204(JP,A)  
特開平06-011305(JP,A)  
特開昭63-214502(JP,A)  
特開昭61-075208(JP,A)  
特開昭57-059181(JP,A)  
米国特許第04604576(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01B 7/00 - 7/34  
G01B 15/00 - 15/08  
G21C 17/00 - 17/14