



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201428767 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：102140922

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 11 日

(51)Int. Cl. : **G21C17/00 (2006.01)**

(30)優先權：2012/11/13 美國

61/725,591

2013/02/20 美國

13/771,115

(71)申請人：西屋電器公司 (美國) WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC (US)
美國

(72)發明人：克里格 大衛 J KRIEG, DAVID J. (US)；波伊德 威廉 A BOYD, WILLIAM A.
(US)；貝克曼 尼可拉斯 A BACHMANN, NICHOLAS A. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：5 共 24 頁

(54)名稱

驗證核能反應器槽中偵測器輸出訊號效力的方法

METHOD OF VALIDATING NUCLEAR REACTOR IN-VESSEL DETECTOR OUTPUT SIGNALS

(57)摘要

本發明揭示一種用於對反應器固定堆芯內偵測器及/或堆芯出口熱電偶執行訊號驗證以增強堆芯監測系統之方法。該方法使用測得感測器訊號及期望訊號回應二者之一組合來形成測得訊號與期望訊號之一比率。藉由基於剩餘偵測器集合之行為(考慮其他偵測器之幾何形狀/位置)決定各偵測器之期望比率來評估該等比率。該方法亦提供在充足的偵測器保持連線之情況下自動自堆芯功率分佈決定中移除無效偵測器以適當特性化堆芯之功率分佈。

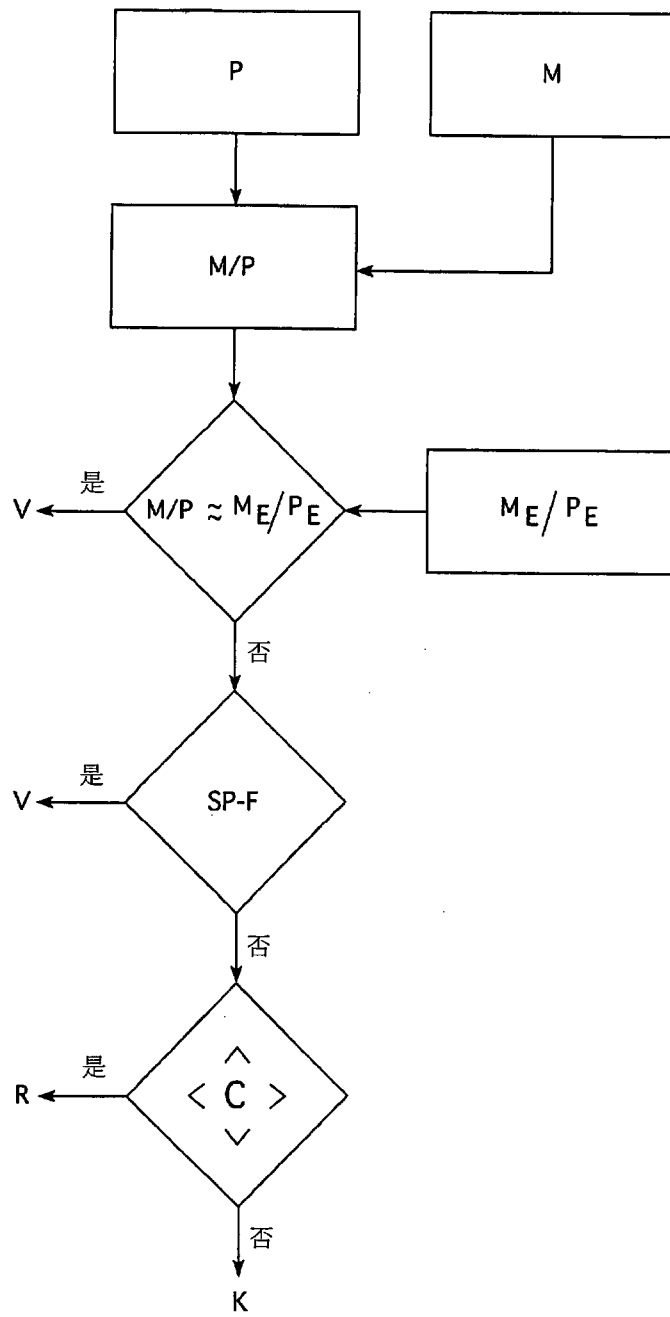


圖5



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201428767 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 16 日

(21)申請案號：102140922

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 11 日

(51)Int. Cl. : **G21C17/00 (2006.01)**

(30)優先權：2012/11/13 美國 61/725,591

2013/02/20 美國 13/771,115

(71)申請人：西屋電器公司 (美國) WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC (US)
美國

(72)發明人：克里格 大衛 J KRIEG, DAVID J. (US)；波伊德 威廉 A BOYD, WILLIAM A.
(US)；貝克曼 尼可拉斯 A BACHMANN, NICHOLAS A. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：5 共 24 頁

(54)名稱

驗證核能反應器槽中偵測器輸出訊號效力的方法

METHOD OF VALIDATING NUCLEAR REACTOR IN-VESSEL DETECTOR OUTPUT SIGNALS

(57)摘要

本發明揭示一種用於對反應器固定堆芯內偵測器及/或堆芯出口熱電偶執行訊號驗證以增強堆芯監測系統之方法。該方法使用測得感測器訊號及期望訊號回應二者之一組合來形成測得訊號與期望訊號之一比率。藉由基於剩餘偵測器集合之行為(考慮其他偵測器之幾何形狀/位置)決定各偵測器之期望比率來評估該等比率。該方法亦提供在充足的偵測器保持連線之情況下自動自堆芯功率分佈決定中移除無效偵測器以適當特性化堆芯之功率分佈。

發明摘要

※ 申請案號：102140922

※ 申請日：102.11.11

※IPC 分類：

G21C 17/00 (2006.01)

【發明名稱】

驗證核能反應器槽中偵測器輸出訊號效力的方法

METHOD OF VALIDATING NUCLEAR REACTOR IN-VESSEL
DETECTOR OUTPUT SIGNALS

○ 【中文】

本發明揭示一種用於對反應器固定堆芯內偵測器及/或堆芯出口熱電偶執行訊號驗證以增強堆芯監測系統之方法。該方法使用測得感測器訊號及期望訊號回應二者之一組合來形成測得訊號與期望訊號之一比率。藉由基於剩餘偵測器集合之行爲(考慮其他偵測器之幾何形狀/位置)決定各偵測器之期望比率來評估該等比率。該方法亦提供在充足的偵測器保持連線之情況下自動自堆芯功率分佈決定中移除無效偵測器以適當特性化堆芯之功率分佈。

○ 【英文】

A method to perform signal validation for either reactor fixed incore detectors and/or core exit thermocouples to enhance core monitoring systems. The method uses a combination of both measured sensor signals and expected signal responses to develop a ratio of measured to expected signals. The ratios are evaluated by determining the expected ratios for each detector based on the behavior of the remaining collection of detectors, taking into account the geometry/location of the other detectors. The method also provides for automatic removal of invalid detectors from the core power distribution determination if sufficient detectors remain on line to adequately characterize the core's power distribution.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 5 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

（無）

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

驗證核能反應器槽中偵測器輸出訊號效力的方法

METHOD OF VALIDATING NUCLEAR REACTOR IN-VESSEL
DETECTOR OUTPUT SIGNALS

相關申請案的交叉參考

本申請案主張2013年2月20日申請之美國專利申請案第13/771,115號之權益，該申請案主張2012年11月13日申請之美國臨時專利申請案第61/725,591之優先權。

【技術領域】

本發明大體上係關於一種驗證核能反應器槽中偵測器之方法，且更特定而言係關於用於驗證固定堆芯通量偵測器及堆芯出口熱電偶輸出訊號效力之此一方法。

【先前技術】

一壓水反應器具有安裝在一直立反應器槽內之大量細長燃料總成。加壓冷卻劑循環穿過該等燃料總成以吸收由該等燃料總成中含有之可裂變材料中之核能反應產生的熱量。安裝在反應器槽外部之一堆芯外偵測器系統提供對由燃料總成產生之平均功率之一量測。然而，亦為重要的是注意通過堆芯之功率分佈以確保不超過操作限制。該功率分佈受若干因素影響，諸如(舉例而言)控制棒插入至燃料總成中之程度。

已開發多種系統以決定一壓水反應器中之功率分佈。稱為BEACON™堆芯監測系統(其可自賓夕法尼亞州Cranberry鎮Westinghouse電氣有限責任公司購得許可)之一種系統利用一套耦合但

獨立之電腦軟體程式，其在一或多個工程工作站上並行執行以產生反應器堆芯中之線上三維功率分佈。該BEACON™系統使用一堆芯內通量圖以及一三維分析以產生一連續量測三維功率分佈。由BEACON™系統(其可自賓夕法尼亞州Cranberry鎮Westinghouse電氣有限責任公司購得許可)執行之功能包含堆芯監測及堆芯分析，其包含預測性功能，諸如線上停堆邊限評估、估計臨界狀況計算及負載操縱模擬。

許多核電廠中之通量圖係藉由使可移動偵測器穿過一些(但並非所有)燃料總成中之儀錶嵌環(thimble)產生。在其他電廠中，固定堆芯內偵測器定位在儀錶嵌環中且在遍及堆芯各處之徑向分佈位置處提供遞增間隔之軸向通量讀數。該等固定堆芯內偵測器連續提供用於繪製堆芯三維功率分佈之一訊號輸出。亦可藉由冷卻劑在穿過所述總成時其熱焓之變化來決定個別燃料總成中產生之功率。熱焓則為燃料總成上之溫度上升、冷卻劑之壓力及冷卻劑之某些性質之一函數。冷卻劑壓力保持相當恒定但在任何情況下為一被量測量且冷卻劑之性質係已知的。藉由入口溫度感測器量測溫度上升，該入口溫度感測器量測冷卻劑在循環回到反應器堆芯時之溫度。可準確地量測至燃料總成之平均入口冷卻劑溫度。一些(但並非所有)燃料總成配備有出口熱電偶。可藉由量測燃料總成上之溫度上升來計算儀錶化總成之熱焓變化。若準確地知曉總成之冷卻劑流率，則可準確地獲得該總成中產生之功率。一壓水反應器中之燃料總成不具有如沸水反應器之一封閉通道，其防止冷卻劑在相鄰總成之間交叉流動。

交叉流動之作用由混合因素來表徵，該混合因素之定義為測得之總成功率與根據由熱電偶測得之熱焓上升決定之功率之比率。此等混合因素取決於堆芯中之熱電偶位置及反應器功率位準。此等測得之混合因素用於更新功率分佈之三維分析性節點模型。藉由產生混合因素與各熱電偶之一標準差來評估功率分佈不確定性。BEACON™系統

將此等不確定性應用至測得之功率結果。

因此，BEACON™堆芯監測系統提供對反應器堆芯三維測得功率分佈之連續監測且容許對至各種限制(諸如，峰值線性釋熱率、核熱通道因子及偏離泡核沸騰比(DNBR))之可用邊限之一準確評定。為執行此監測功能，BEACON™系統依賴於自供電中子堆芯內偵測器及/或堆芯出口熱電偶作為一量測資訊源之準確性及可靠性。當前在BEACON™系統內不存在用於自動感測此等儀錶之一者是否正發生故障、已發生故障或正提供一無效訊號之方法。然而，一無效偵測器訊號可引起不準確之操作邊限，其可導致技術規範檢查之不一致性、對電廠之非必要操作限制且對於診斷問題之原因係費時的。

因此，本發明之一目的為提供一種自動進行對來自各偵測器之資料之一系列評估以判定偵測器輸出是否有效之方法。

本發明之一進一步目的為在該等輸出已被驗證為無效之後自動自堆芯計算考量移除個別偵測器輸出。

此外，本發明之一目的為確保在堆芯計算中不自考量移除偵測器輸出直至驗證可接受數目個剩餘偵測器有效輸出可用於安全地忽略無效偵測器輸出為止。

【發明內容】

藉由驗證複數個堆芯內偵測器之核能反應器儀錶輸出訊號效力之一方法來達成此等目的及其他目的，該複數個堆芯內偵測器具有以相對於一核能反應器堆芯之大約相同之軸向高度徑向間隔之複數個偵測器元件，其中該等偵測器元件之各者具有指示偵測器元件所定位之一徑向及軸向位置處之一測得反應器操作參數之一輸出訊號。該方法包含以下步驟：基於該反應器之一當前操作狀態進行一預測性計算以產生大約相同軸向高度處之三個或三個以上偵測器元件之一預期輸出。該方法接著取得分別由大約相同軸向高度處之該三個或三個以上

偵測器元件產生之一實際訊號與對應預期輸出之一比率。接著，該方法針對若干不利電廠操作狀況產生所產生之實際訊號與對應所預期輸出之比率之一期望範圍。接著，判定由大約相同軸向高度處之該三個或三個以上偵測器元件之任一者產生之實際訊號之比率是否在該比率範圍之外。若由該三個或三個以上偵測器元件之任一者產生之實際訊號之比率在該比率範圍之外，則該方法接著對在該比率範圍之內之實質上相同高度處之偵測器元件之比率進行樣條擬合(spline fit)，且識別具有在該範圍之外之一比率之任何偵測器元件是否具有與對應徑向位置處之樣條擬合類似之一比率。若在該比率範圍之外之比率不與該對應位置處之樣條擬合比率類似，則該方法自反應器堆芯計算考慮範圍移除具有不與樣條擬合比率類似之在該範圍之外之一比率之偵測器元件。

較佳地，藉由離線蒙地卡羅分析(offline Monte Carlo analysis)決定產生比率之一期望範圍之步驟且該等不利操作狀況包含墜落棒及功率位準失配之一或多者。該若干不利操作狀況考慮隨機偵測器損耗及感測器訊號雜訊。

在一實施例中，該方法包含使比率範圍正規化以將總測得訊號與總預測性訊號之差異列入考慮之步驟。較佳地，在自反應器堆芯計算中移除一可疑偵測器之前，在該可疑偵測器之一給定區域內必須存在使用者指定數目個經驗證偵測器。此外，在另一實施例中，在自反應器堆芯計算中移除一可疑偵測器之前，必須存在其訊號已被驗證或以其他方式知曉其工作正常之大約相同軸向高度處之複數個偵測器元件之一預定部分比例。

【圖式簡單說明】

當結合隨附圖式進行閱讀時可自對較佳實施例之以下描述獲得對本發明之一進一步理解，其中：

圖1爲下文描述之實施例可應用之一核能反應器系統之一簡化示意圖；

圖2爲下文描述之實施例可應用之一核能反應器槽及內部組件之部分截面正視圖；

圖3爲以垂直縮短形式繪示之燃料總成之部分截面正視圖，其中爲清晰目的而去掉若干部件；

圖4A爲可配合在圖3之展示之燃料總成之中央儀錶嵌環內之一堆芯內儀錶嵌環總成之一平面圖；

圖4B爲圖4A之堆芯內儀錶嵌環總成之前向護套之內部之一示意圖；

圖4C爲圖4A之堆芯內儀錶嵌環總成之後端處之電連接器之一截面圖；及

圖5爲本發明之一實施例之步驟之一邏輯流程圖。

【實施方式】

以加壓水冷卻之核能反應器發電系統之主要側包括一封閉迴路，該封閉迴路與用於產生有用能量之一次級迴路隔離且與該次級迴路呈熱交換關係。該主要側包括：反應器槽，其封閉支撐含有可裂變材料之複數個燃料總成之一堆芯內結構；熱交換蒸氣產生器內之初級迴路；用於使加壓水循環之加壓器、泵及管道之內容積；該等管道獨立地將蒸氣產生器及泵之各者連接至反應器槽。包括一蒸氣產生器之主要側之部件之各者、一泵及連接至該槽之一管道系統形成主要側之一環路。

爲繪示之目的，圖1展示一簡化核能反應器主系統，其包含一大體上圓柱形反應器壓力槽10，該壓力槽10具有封閉一核能堆芯14之一封蓋12。藉由泵16通過堆芯14將一液體反應器冷卻劑(諸如水或含硼水)泵送至槽10中，在芯14處吸收熱能且將熱能釋放至一熱交換器18

(通常稱爲一蒸氣產生器)，其中將熱量轉移至一利用迴路(未展示)，諸如一蒸氣驅動渦輪發電機。接著使該反應器冷卻劑返回至泵16，從而完成主環路。通常，複數個上文描述之環路藉由反應器冷卻劑管道20連接至一單一反應器槽10。

在圖2中更詳細展示一例示性反應器設計。除由複數個平行的、垂直的共同延伸之燃料總成22組成之堆芯14之外，爲此描述之目的，其他槽內部結構可分成下內部構件24及上內部構件26。在習知設計中，下內部構件之功能係支撐、對準及引導堆芯組件及儀錶以及引導槽內之流動。該等上內部構件約束燃料總成22 (爲簡化目的僅在圖2中展示燃料總成22之僅兩者)或爲燃料總成22提供一次級約束，且支撐及引導儀錶及組件(諸如控制棒28)。在圖2中展示之例示性反應器中，冷卻劑通過一或多個入口管嘴30進入反應器槽、通過反應器槽與堆芯套筒32之間之一環狀帶向下流動、在一下氣室34中轉向180°、向上前進至一下支撐板37及其上安放燃料總成之下堆芯板36且流過燃料總成22且在燃料總成22周圍流動。在一些設計中，下支撐板37及下堆芯板36被一單一結構(即，具有與37相同之高度之一下堆芯支撐板)替代。通過堆芯及周圍區域38之冷卻劑流通常較大，在每秒大約20英尺之一速度下約爲每分鐘400,000加侖。所得壓力降及摩擦力趨向於引起燃料總成上升，此移動受到上內部構件(包含一圓形上堆芯板40)之約束。流出堆芯14之冷卻劑沿著上堆芯板40之底側流動且向上流過複數個穿孔42。該冷卻劑接著向上流動且徑向流動至一或多個出口管嘴44。

上內部構件26可自槽或槽頂蓋支撐且包含一上支撐總成46。負載主要藉由複數個支撐柱48在上支撐總成46與上堆芯板40之間傳遞。一支撐柱在一所選定之燃料總成22及上堆芯板40中之穿孔42上對準。

藉由控制棒導管54引導可直線移動之控制棒28 (其通常包含一驅

動軸桿50及一中子毒物棒之星形總成52)通過上內部構件26且進入對準燃料總成22。該等導管固定地接合至上支撐總成46及上堆芯板40之頂部。支撐柱48配置輔助阻礙導管在事故狀況下之變形，該導管變形可不利地影響控制棒插入能力。

圖3為大體上由參考符號22標示之一燃料總成之以垂直縮短形式表示之一正視圖。燃料總成22係一壓水反應器中使用之類型且具有一結構骨架，該結構骨架在其下端包含一底部管嘴58。底部管嘴58在核能反應器之堆芯區域中之下堆芯板36上支撐燃料總成22。除底部管嘴58之外，燃料總成22之結構性骨架亦在其上端處包含一頂部管嘴62及若干導管或嵌環84，其與上內部構件中之導管54對準。導管或嵌環84在底部管嘴58與頂部管嘴62之間縱向延伸且在相對端處剛性地附接至底部管嘴58及頂部管嘴62。燃料總成22進一步包含複數個橫向柵格64(其沿著引導嵌環84軸向間隔且安裝至引導嵌環84)及細長燃料棒66之一有組織陣列(其橫向間隔且由柵格64支撐)。並且，如圖3中展示之總成22具有定位在其中心之一儀錶管68，該儀錶管68在底部管嘴58與頂部管嘴62之間延伸且由底部管嘴58及頂部管嘴62夾持住。以此一部件配置，燃料總成22形成能夠在不損壞部件總成之情況下被方便取置之一整合單元。

如上文提及，總成22中之處於燃料棒66之陣列中之燃料棒66由沿著燃料總成長度間隔之柵格64以一彼此間隔關係固持。各燃料棒66包含複數個核燃料顆粒物70且在其相對端處由上端塞72及下端塞74封閉。顆粒物70藉由安置在上端塞72與顆粒物堆疊之頂部之間之一氣室彈簧76維持成一堆疊。由可裂變材料組成之燃料顆粒物70負責產生核能反應器之反應功率。支撐該等顆粒物之包殼充當用於防止裂變副產物進入冷卻劑而進一步污染反應器系統之一屏障。

為控制裂變程序，若干控制棒78可在定位在燃料總成22中之預

定位置處之引導嵌環84中相互移動。具體而言，定位在頂部管嘴62上之一棒束控制機構80支撐複數個控制棒78。該控制機構具有一內部螺紋化圓柱形殼構件82，其具有形成先前相對於圖2提及之星形輪之複數個徑向延伸錨爪或臂52。各臂52互連至控制棒78使得控制棒機構80可操作以在一控制棒引導軸桿50 (其以熟知方式耦合至控制棒殼82)之原動力下在引導嵌環84中垂直移動控制棒以藉此控制燃料總成22中之裂變程序。

如先前提及，一些核電廠在燃料總成22內之儀錶嵌環68內利用固定堆芯內中子偵測器。此類型之感測器具有在若干軸向高度處量測堆芯內之放射性之能力。此等感測器用於量測反應器堆芯內部之徑向功率分佈及軸向功率分佈。此功率分佈量測資訊用於判定該反應器是否在核能設計功率分佈限制之內操作。用於執行此量測功能之該類型堆芯內感測器產生與其周圍發生之裂變量成比例之一電流。此類型之感測器不需要一外部電力源來產生電流且通常稱爲一自供電偵測器。一種類型之自供電輻射偵測器描述於1998年4月28日頒佈且讓予本發明之受讓人之美國專利第5,745,538號中。一中子敏感材料(諸如，銻、釩、鈷、鉑)或其他類似特性材料用於發射器元件且回應於中子輻照而發射電子。通常，自供電偵測器在堆芯內儀錶嵌環總成內分組。在圖4A、圖4B及圖4C中展示一代表性堆芯內儀錶嵌環總成86。由中子敏感發射器元件產生之訊號位準係低的；然而，一中子敏感發射器元件在沒有複雜且昂貴之訊號處理器之情況下提供一充足訊號。堆芯內儀錶嵌環總成亦可包含一熱電偶90，其用於量測燃料總成內存在之冷卻劑溫度。在電連接器92處收集自自供電偵測器元件及反應器堆芯中之各堆芯儀錶嵌環總成中之熱電偶輸出之電訊號，且將該電訊號發送至遠離該反應器之一位置以進行最終處理且用於產生測得之堆芯功率分佈。熱電偶亦定位在支撐柱48之下端處以提供所選擇位置處

之一冷卻劑出口溫度讀數。

如先前提及，在圖1中以區塊形式象徵性地繪示且藉由參考符號94標示之BEACON™堆芯監測系統提供對反應器堆芯三維測得功率分佈之連續監測且容許對各種安全限制(諸如，峰值線性釋熱率、核熱通道因子、DNBR等等)之可用邊限之準確評定。為執行監測功能，BEACON™系統依賴自供電中子偵測器86或位於支撐柱48之下端處之堆芯出口熱電偶96作為一量測資訊源之準確性及可靠性。當前在BEACON™系統中不存在用於自動感測此等儀錶之一者是否發生故障、已出現故障或正提供一無效訊號之方法。一無效偵測器訊號可引起不準確之操作邊限，其可導致技術規範檢查之不一致性、對該電廠之非必要操作限制且對於診斷問題之原因而言係費時的，此等皆可增加操作費用。下文主張之方法自動按順序進行對來自各偵測器之資料之一系列評估來判定偵測器資料是否有效。其首先藉由計算偵測器資料之一期望值或預測值來與測得值作比較而檢查資料與周圍偵測器之偏差程度。若資料未通過此檢查，則該方法判定偵測器是否確實壞了或是否存在與被量測之預測功率形狀之一實際偏差。若後者為真，則周圍偵測器亦應見到某擾動。此方法藉由執行與來自同一軸向高度處之周圍偵測器之資料之一額外比較評估來證實偏差是否為真或係歸因於來自一發生故障之偵測器之不良資料來考慮此可能行為。若偵測器資料未通過此檢查，則將該偵測器資料標記為不良資料。

下文主張之方法適用於支持自供電固定堆芯內偵測器(諸如，使用鈳或鉍作為一發射器材料之偵測器)且亦適用於其他固定堆芯內偵測器(諸如，堆芯出口熱電偶)。此外，下文主張之方法亦可用於可移動堆芯內偵測器系統。

根據在圖5中展示之一邏輯流程圖中概述之本發明之一實施例。堆芯監測系統首先基於反應器之當前狀態(諸如，功率位準、控制棒

位置、入口溫度等等)進行一預測性計算(P)。此計算用於計算堆芯中之各自供電固定堆芯內中子偵測器元件之預測電流或堆芯出口熱電偶之溫度。個別地考慮訊號之各平面(自供電固定堆芯內中子偵測器或所有出口熱電偶之一個位準)。對於平面中之各偵測器，藉由諸如 BEACON™ 系統之一代碼計算由偵測器實際測得(M)之訊號與由軟體預測(P)之訊號之比率(比率M/P)。將此等比率與藉由一離線蒙地卡羅分析決定之一期望訊號範圍(M_E/P_E)作比較，該離線蒙地卡羅分析基於與隨機偵測器損耗及雜訊耦合之一系列不利電廠操作狀況(諸如，墜落之棒、未對準之棒及控制組、功率位準失配等等)計算訊號。亦使期望範圍(M_E/P_E)正規化使得該範圍考慮總測得訊號與堆芯中之總預測訊號之間之差異。

為判定是否存在與被量測之預測功率形狀之一實際偏差，對同一位準上之所有其他有效偵測器之M/P比率進行樣條擬合(SP-F)且使用同一位準上之所有其他有效偵測器之M/P比率來外推可疑偵測器位置處之一M/P比率。若M/P比率及來自樣條擬合之外推M/P比率在基於蒙地卡羅分析之期望範圍內類似，則結論為偵測器正量測一真實偏差。若其不類似，則認為偵測器已發生故障且考慮自堆芯監測計算對象移除該偵測器。

在一實施例中，此方法併入針對非故意地將一偵測器標記為壞之感測。首先，在可疑偵測器之一給定區域內必須存在使用者指定數目個經驗證偵測器以移除該可疑偵測器。其次，必須存在處於同一軸向位準中之有效工作之全互補偵測器之某一預選定部分比例以移除一偵測器。此等檢查(C)(其用於保留(K)或移除(R)一偵測器)用於發揮保護作用而排除存在過少的接近可疑偵測器之偵測器以見到功率分佈中之一真實擾動之可能性。

因此，下文主張之方法提供用於驗證偵測器訊號以增強堆芯監

測輸出(諸如由BEACON™系統提供之輸出)之可信度之一方便方法。
該方法亦提供用於在不能驗證偵測器輸出的情況下自動自堆芯計算對象移除偵測器輸出之一方便方法。

雖然已經詳細描述本發明之特定實施例，但熟習此項技術者將瞭解，在本發明之總體教示之背景下可發展對此等細節之各種修改及替代。因此，所揭示之特定實施例意在僅為闡釋性的且不限於將被給予隨附申請專利範圍及其任何及所有等效物之整個寬度之本發明之範疇。

【符號說明】

10	反應器壓力槽/壓力槽/反應器槽/槽
12	封蓋
14	核能堆芯/堆芯
16	泵
18	熱交換器
20	反應器冷卻劑管道
22	燃料總成
24	下內部構件
26	上內部構件
28	控制棒
30	入口管嘴
32	堆芯套筒
34	下氣室
36	下堆芯板
37	下支撐板
38	周圍區域
40	圓形上堆芯板/上堆芯板

42	穿孔
44	出口管嘴
46	上支撐總成
48	支撐柱
50	驅動軸桿/控制棒引導軸桿
52	錨爪或臂/星形總成
54	控制棒導管/導管
58	底部管嘴
62	頂部管嘴
64	橫向柵格/柵格
66	燃料棒
68	儀錶嵌環
70	核燃料顆粒物/顆粒物
72	上端塞
74	下端塞
76	氣室彈簧
78	控制棒
80	棒束控制機構/控制棒機構
82	轂構件/控制棒轂
84	引導嵌環/導管或嵌環
86	儀錶嵌環總成
88	自供電中子偵測器/堆芯內偵測器
90	熱電偶
92	電連接器
94	參考特徵標
96	堆芯出口熱電偶

申請專利範圍

1. 一種驗證複數個堆芯內偵測器(86)之一核能反應器儀錶輸出訊號效力之方法，該複數個堆芯內偵測器(86)具有以相對於一核能反應器堆芯(14)之大約相同之軸向高度徑向間隔之複數個偵測器元件(88)，其中該等偵測器元件之各者具有指示該偵測器元件所定位之一徑向及軸向位置處之一測得反應器操作參數之一輸出訊號，該方法包括以下步驟：

基於該反應器之一當前操作狀態進行實質上相同軸向高度處之三個或三個以上該等偵測器元件(88)之一預期輸出之一預測性計算(P)；

取得分別由大約相同之軸向高度處之該三個或三個以上偵測器元件(88)產生之一實際訊號(M)與對應預期輸出(P)之一比率(M/P)；

針對若干不利電廠操作狀況產生該等所產生之實際訊號與該等對應預期輸出(P)之該等比率(M/P)之一期望範圍；

判定由實質上相同軸向高度處之該三個或三個以上偵測器元件(88)之任一者產生之該實際訊號之該比率(M/P)是否在該比率範圍之外；

對在該比率範圍之內之實質上相同軸向高度處之該等偵測器元件(88)之該等比率(M/P)進行樣條擬合；

識別具有在該範圍之外之一比率(M/P)之任何偵測器元件(88)是否具有與該對應徑向位置處之該樣條擬合比率類似之一比率；及

自反應器堆芯(14)計算考量移除具有不與該樣條擬合比率類似之在該範圍外側之一比率(M/P)之任何偵測器元件(88)。

2. 如請求項1之方法，其中藉由一離線蒙地卡羅分析決定產生該等比率(M/P)之一期望範圍之步驟。
3. 如請求項1之方法，其中該等若干不利操作狀況包含下墜棒、失配棒(28)及控制組及功率位準失配之一或多者。
4. 如請求項3之方法，其中該等若干不利操作狀況考慮隨機偵測器損耗及感測器訊號雜訊。
5. 如請求項1之方法，其包含使該比率範圍正規化以考慮總測得訊號(M)與總預測訊號(P)之差異。
6. 如請求項1之方法，在自反應器堆芯(14)計算考量移除一可疑偵測器(88)之前，在該可疑偵測器之一給定區域中必須存在使用者指定數目個經驗證偵測器。
7. 如請求項6之方法，其中該使用者指定數目個偵測器(88)必須為其訊號已被驗證之偵測器。
8. 如請求項6之方法，其中在自反應器堆芯(14)計算考量移除一可疑偵測器(88)之前，必須存在其訊號已被驗證或以其他方式知曉正在工作之大約相同軸高度處之該複數個偵測器元件之一預定部分比例。

圖式

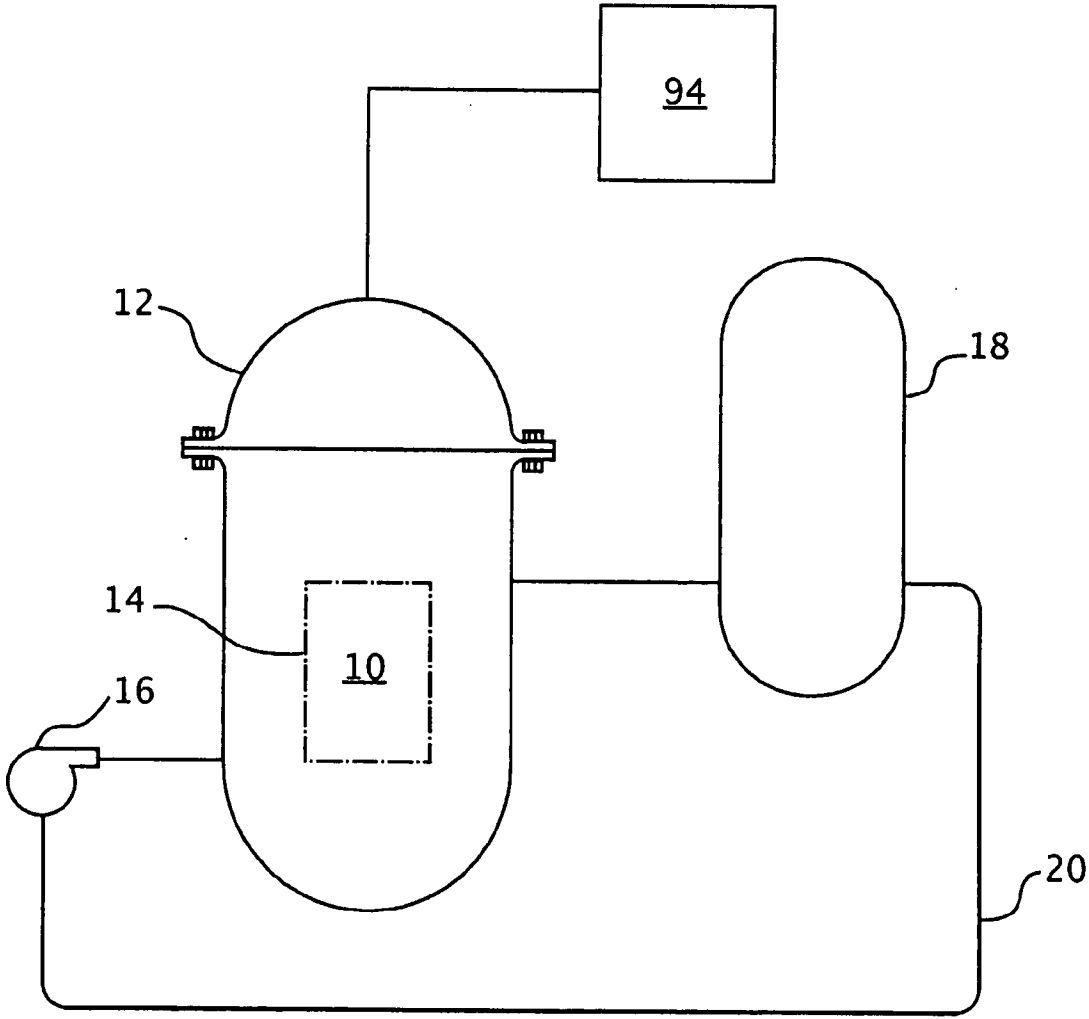


圖1

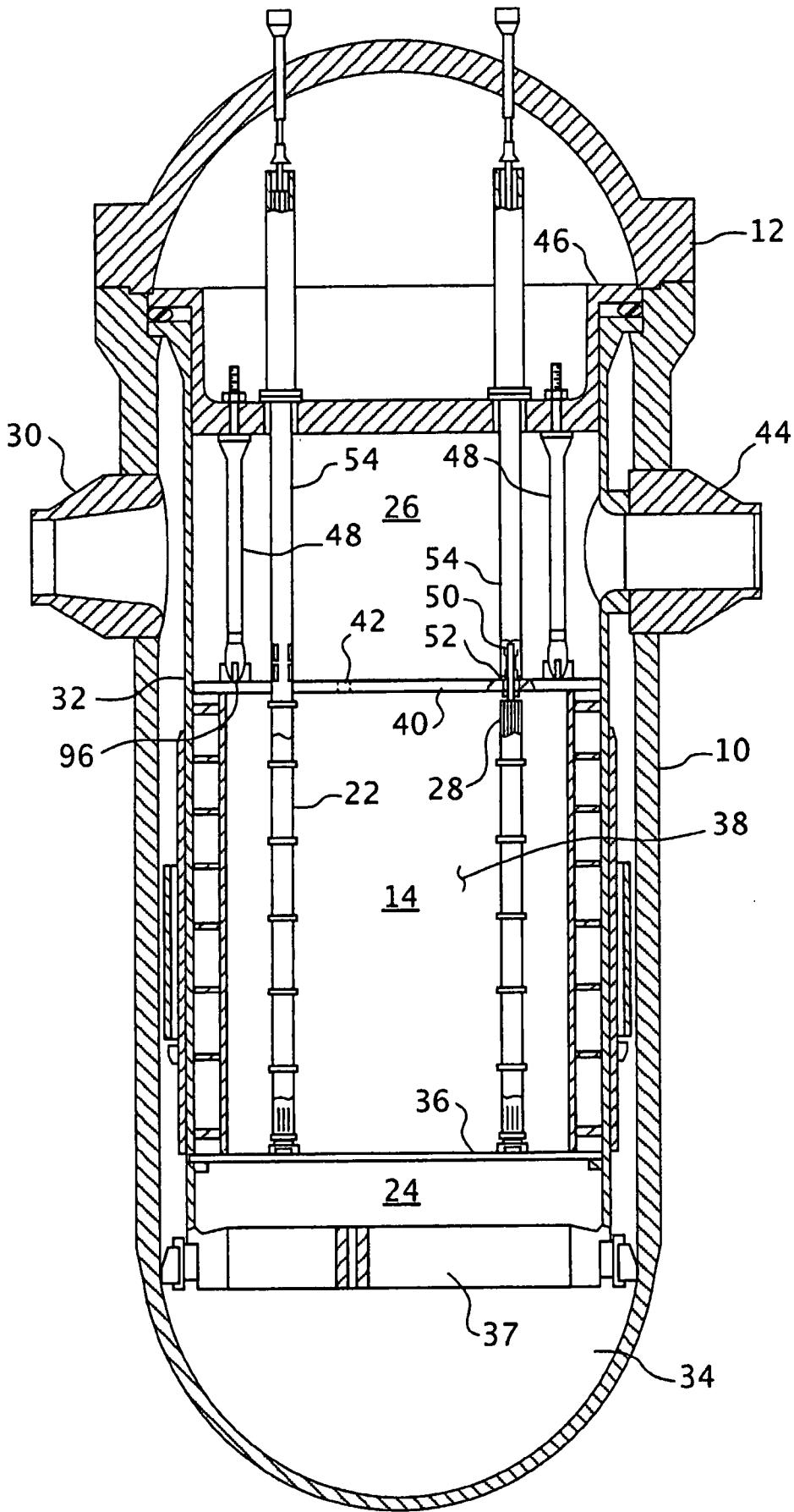


圖2

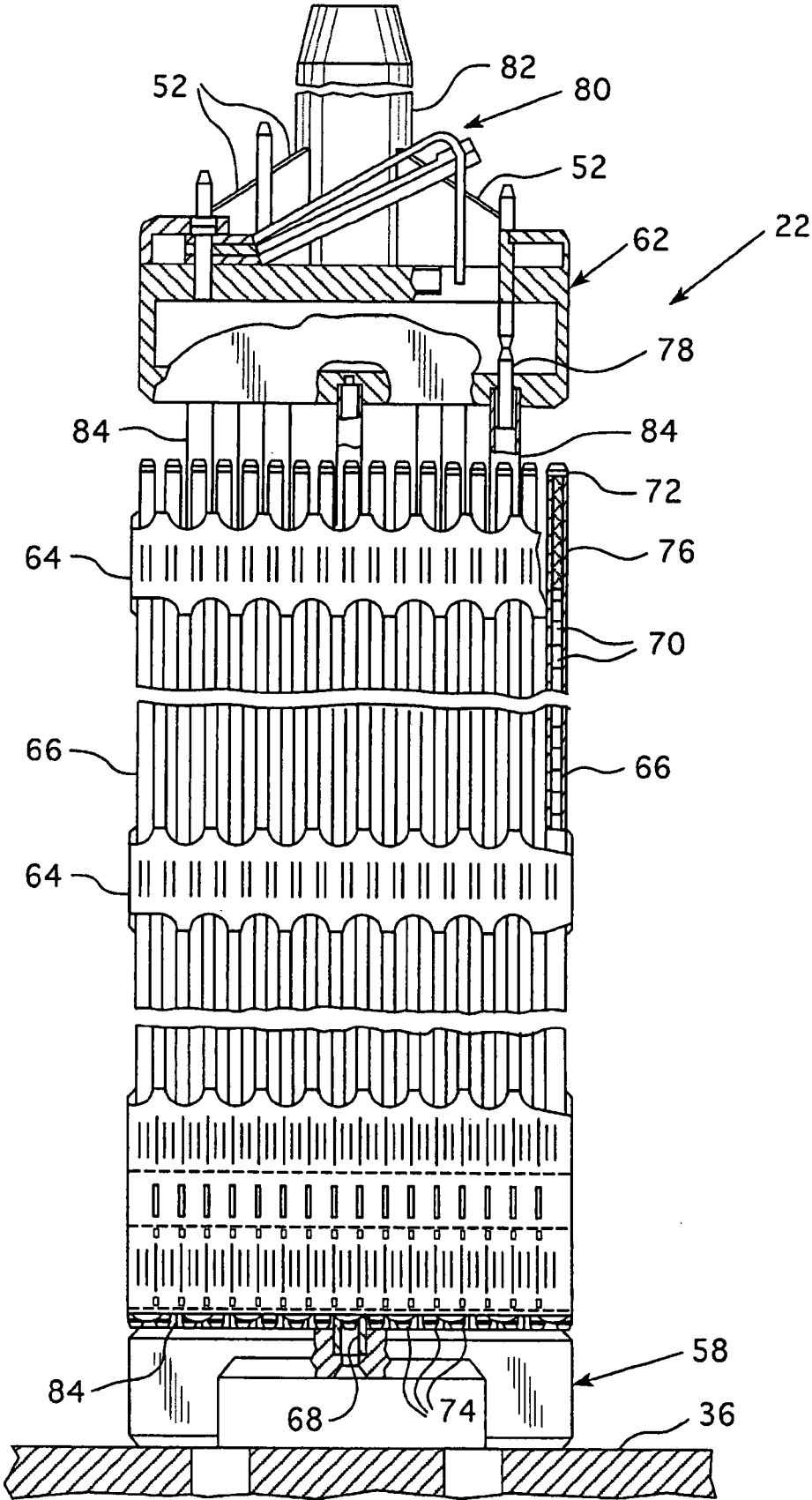


圖3

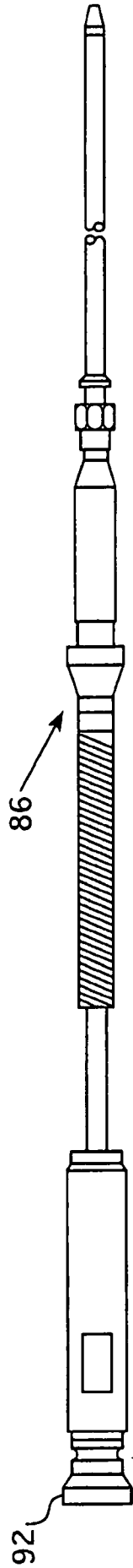


圖4A

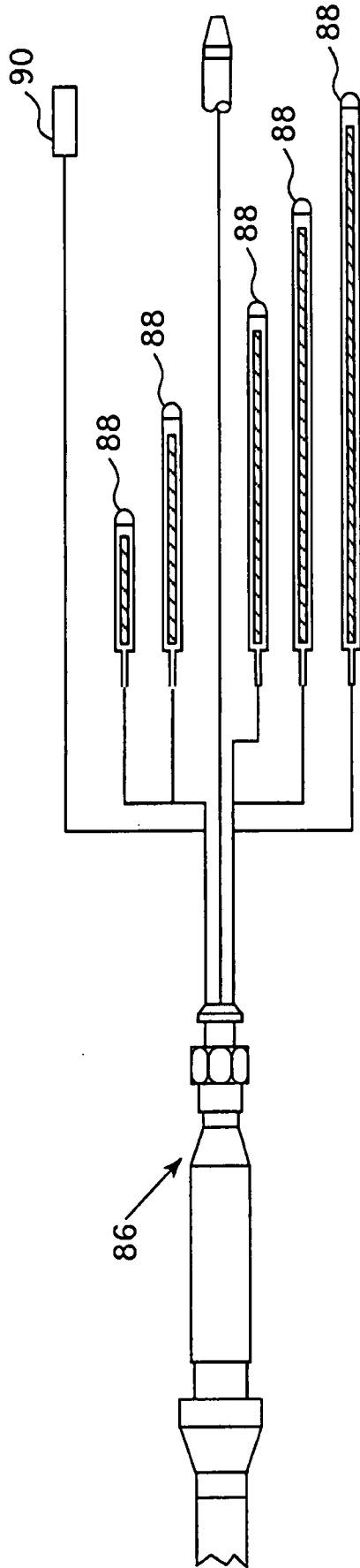


圖4B

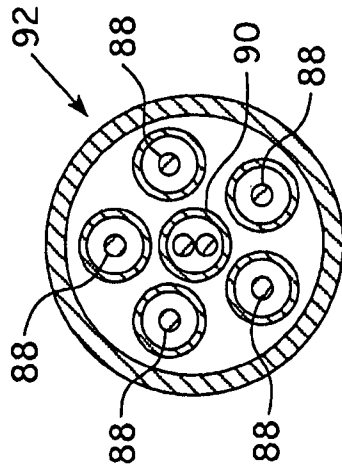


圖4C

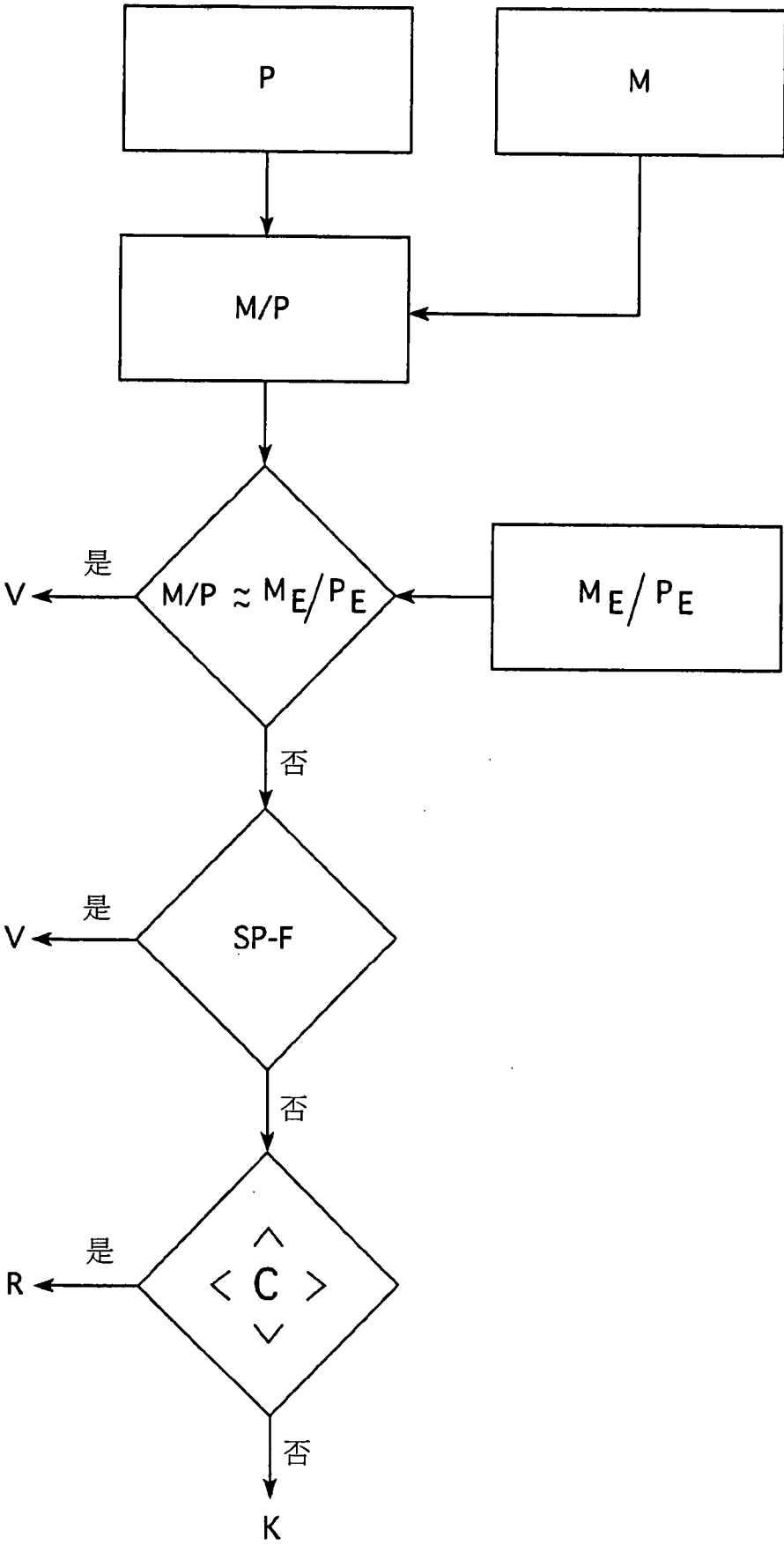


圖5

之一冷卻劑出口溫度讀數。

如先前提及，在圖1中以區塊形式象徵性地繪示且藉由參考符號94標示之BEACON™堆芯監測系統提供對反應器堆芯三維測得功率分佈之連續監測且容許對各種安全限制(諸如，峰值線性釋熱率、核熱通道因子、DNBR等等)之可用邊限之準確評定。為執行監測功能，BEACON™系統依賴自供電中子偵測器86或位於支撐柱48之下端處之堆芯出口熱電偶96作為一量測資訊源之準確性及可靠性。當前在BEACON™系統中不存在用於自動感測此等儀錶之一者是否發生故障、已出現故障或正提供一無效訊號之方法。一無效偵測器訊號可引起不準確之操作邊限，其可導致技術規範檢查之不一致性、對該電廠之非必要操作限制且對於診斷問題之原因而言係費時的，此等皆可增加操作費用。下文主張之方法自動按順序進行對來自各偵測器之資料之一系列評估來判定偵測器資料是否有效。其首先藉由計算偵測器資料之一期望值或預測值來與測得值作比較而檢查資料與周圍偵測器之偏差程度。若資料未通過此檢查，則該方法判定偵測器是否確實壞了或是否存在與被量測之預測功率形狀之一實際偏差。若後者為真，則周圍偵測器亦應見到某擾動。此方法藉由執行與來自同一軸向高度處之周圍偵測器之資料之一額外比較評估來證實偏差是否為真或係歸因於來自一發生故障之偵測器之不良資料來考慮此可能行為。若偵測器資料未通過此檢查，則將該偵測器資料標記為不良資料。

下文主張之方法適用於支持自供電固定堆芯內偵測器(諸如，使用鈳或鉬作為一發射器材料之偵測器)且亦適用於其他固定堆芯內偵測器(諸如，堆芯出口熱電偶)。此外，下文主張之方法亦可用於可移動堆芯內偵測器系統。

根據在圖5中展示之一邏輯流程圖中概述之本發明之一實施例。堆芯監測系統首先基於反應器之當前狀態(諸如，功率位準、控制棒

位置、入口溫度等等)進行一預測性計算(P)。此計算用於計算堆芯中之各自供電固定堆芯內中子偵測器元件之預測電流或堆芯出口熱電偶之溫度。個別地考慮訊號之各平面(自供電固定堆芯內中子偵測器或所有出口熱電偶之一個位準)。對於平面中之各偵測器，藉由諸如 BEACON™ 系統之一代碼計算由偵測器實際測得(M)之訊號與由軟體預測(P)之訊號之比率(比率 M/P)。將此等比率與藉由一離線蒙地卡羅分析決定之一期望訊號範圍(M_E/P_E)作比較，該離線蒙地卡羅分析基於與隨機偵測器損耗及雜訊耦合之一系列不利電廠操作狀況(諸如，墜落之棒、未對準之棒及控制組、功率位準失配等等)計算訊號。亦使期望範圍(M_E/P_E)正規化使得該範圍考慮總測得訊號與堆芯中之總預測訊號之間之差異。

為判定是否存在與被量測之預測功率形狀之一實際偏差，對同一位準上之所有其他有效偵測器之 M/P 比率進行樣條擬合(SP-F)且使用同一位準上之所有其他有效偵測器之 M/P 比率來外推可疑偵測器位置處之一 M/P 比率。若 M/P 比率及來自樣條擬合之外推 M/P 比率在基於蒙地卡羅分析之期望範圍內類似，則結論為偵測器正量測一真實偏差。若其不類似，則認為偵測器已發生故障且考慮自堆芯監測計算對象移除該偵測器。

在一實施例中，此方法併入針對非故意地將一偵測器標記為壞之感測。首先，在可疑偵測器之一給定區域內必須存在使用者指定數目之經驗證偵測器以移除該可疑偵測器。其次，必須存在處於同一軸向位準中之有效工作之全部偵測器之某一預選定部分比例以移除一偵測器。此等檢查(C)(其用於保留(K)或移除(R)一偵測器)用於發揮保護作用而排除存在過少的接近可疑偵測器之偵測器以見到功率分佈中之一真實擾動之可能性。

因此，下文主張之方法提供用於驗證偵測器訊號以增強堆芯監