



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **131109** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)
G21C 17/108 (2006.01)
G21D 3/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2022 02322	(72) Винахідник(и):	Гейбел Майкл Д. (US), Прайбл Майкл К. (US)
(22) Дата подання заявки:	06.12.2020	(73) Володілець (володільці):	ВЕСТІНГГАУС ЕЛЕКТРИК КОМПАНІ ЛЛС, 1000 Westinghouse Drive, Suite 141, Cranberry Township, Pennsylvania 16066, United States of America (US)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	13.08.2026	(74) Представник:	Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	62/944,500	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	EP 2449558 A1 09.05.2012 Pirouzmand, A., & Dehdashti, M. K. (2015). Estimation of relative power distribution and power peaking factor in a VVER-1000 reactor core using artificial neural networks. Progress in Nuclear Energy, 85, 17-27.
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	06.12.2019		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	21.09.2022, Бюл.№ 38		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	12.08.2026, Бюл.№ 32		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/US2020/063519, 06.12.2020		

(54) СПОСІБ РОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТІ В АКТИВНІЙ ЗОНІ РЕАКТОРА ЯДЕРНОЇ УСТАНОВКИ ТА ЯДЕРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СПОСОБУ

(57) Реферат:

У даному документі розкривається спосіб (300), що належить до розподілу потужності в активній зоні реактора ядерної установки, який реалізується на комп'ютері загального призначення. Спосіб (300) включає: вимірювання значень струму від кількох ванадієвих нейтронних детекторних систем (10), які розміщені в активній зоні реактора ядерної установки (302); визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони на основі вимірних значень струму (304); створення виміряного розподілу потужності активної зони на основі виміряного розподілу відносної потужності активної зони (306); і перевірку того, що реактор працює в межах ліцензованих робочих границь активної зони, щонайменше частково на основі виміряного розподілу (308) потужності активної зони. Також у даному документі розкривається система (10) ванадієвих нейтронних детекторів (1-5).

UA 131109 C2

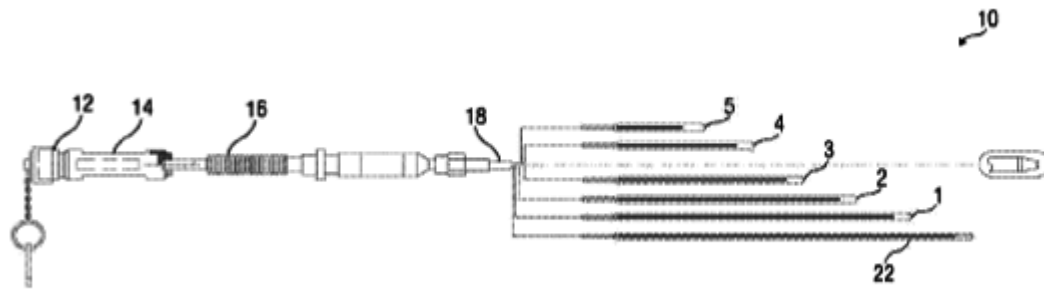


Fig. 1

Дана заявка заявляє перевагу попередньої заявки США № 62/944,500, поданої 6 грудня 2019 р. під назвою "СПОСІБ І ПРИСТРІЙ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ АВТОНОМНІ ВАНАДІЄВІ НЕЙТРОННІ ДЕТЕКТОРИ". Її вміст включено в даний документ за допомогою посилання.

ПЕРЕДУМОВИ ВИНАХОДУ

Ванадієві нейтронні детекторні системи потребують використання процесу перетворення вимірних сигналів детекторного елемента, які мають форму виявлених рівнів струму, в еквівалентний нейтронний потік для використання вимірювань для створення вимірювання розподілу потужності в активній зоні для активної зони ядерного реактора. Точність розрахунку перетворення та розподілу потужності значно залежить від ядерних способів, що використовуються. Для використання результатів вимірювання розподілу потужності, щоб задовольнити вимоги нагляду за коефіцієнтом нерівномірності промислового реактора, потрібно виконати детальний аналіз невизначеності вимірювання розподілу потужності та подати результати до NRC для розгляду та затвердження. Для цього може знадобитися кілька років зусиль. Наразі ці зусилля обмежують застосування таких ванадієвих детекторів в активній зоні використанням в обмеженому наборі систем. Це також створює перешкоду для продажу такої ванадієвої детекторної системи установам, які не використовують обмежений набір систем для вимірювання розподілу потужності реактора.

СТИСЛИЙ ОГЛЯД

Наступний стислий огляд надано для полегшення розуміння деяких інноваційних функцій, унікальних для розкритих варіантів здійснення, і не призначено для повного опису. Повну оцінку різних аспектів варіантів здійснення можна отримати, взявши весь технічний опис, формулу винаходу, реферат та графічні матеріали у сукупності.

Способи та пристрої, описані в даному документі, значно спрощують впровадження та використання ванадієвих нейтронних детекторних систем (наприклад, ванадієвих детекторних систем OPARSSEL®, що постачаються компанією Westinghouse Electric Company, Cranberry Township, Пенсільванія, США) з багатьма, якщо не всіма, типами способів вимірювання розподілу потужності в активній зоні, що використовуються в даний час.

У даному документі розкривається спосіб, що відноситься до розподілу потужності в активній зоні реактора ядерної установки, який реалізується на комп'ютері загального призначення. Спосіб включає: вимірювання значень струму від кількох ванадієвих нейтронних детекторних систем, які розміщені в активній зоні реактора ядерної установки; визначення вимірюваного розподілу відносної потужності активної зони на основі вимірних значень струму; створення вимірюваного розподілу потужності активної зони на основі вимірюваного розподілу відносної потужності активної зони; і перевірку того, що реактор працює в межах ліцензованих робочих границь активної зони, щонайменше частково на основі вимірюваного розподілу потужності активної зони.

У даному документі також розкрито ванадієву нейтронну детекторну систему, що містить декілька ванадієвих нейтронних детекторних елементів неоднакової довжини. Кожен детекторний елемент розташований таким чином, щоб він проходив по осі від одного кінця паливної збірки до протилежного кінця.

СТИСЛИЙ ОПИС ГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Різні ознаки варіантів здійснення, описані в даному документі, викладені з подробицями у доданій формулі винаходу. Однак різні варіанти здійснення, як щодо організації, так і щодо способів роботи, разом з їх перевагами, можуть бути зрозумілі згідно з наступним описом, взятим у поєднанні з супровідними графічними матеріалами, як показано нижче:

На фіг. 1 наданий схематичний вигляд ванадієвої нейтронної детекторної системи згідно щонайменше з одним аспектом даного винаходу.

На фіг. 2 надана стовпчаста діаграма, що показує ілюстративний розподіл осьового потоку в різних місцях розташування обладнаної приладами паливної збірки за даним винаходом.

На фіг. 3 надана схема технологічного процесу, що показує ілюстративний спосіб за даним винаходом.

Відповідні умовні позначення вказують на відповідні частини в кількох виглядах. Наведені у даному документі приклади ілюструють різні варіанти здійснення винаходу в одній формі, і такі приклади не повинні розглядатися як обмежуючі обсяг винаходу будь-яким чином.

ДЕТАЛЬНИЙ ОПИС

Перш ніж детально пояснити різні аспекти даного винаходу, слід зазначити, що ілюстративні приклади не обмежуються у застосуванні або використанні деталями конструкції та розташуванням частин, що проілюстровані у супровідних графічних матеріалах та описі. Ілюстративні приклади можуть бути реалізовані або включені в інші аспекти, варіанти та модифікації, і можуть бути застосовані або виконані різними способами. Крім того, якщо не

вказано інше, терміни та вирази, що використовуються у даному документі, були вибрані з метою опису ілюстративних прикладів для зручності читача, а не з метою обмеження. Також буде зрозуміло, що один або більше з описаних нижче аспектів, виразів аспектів та/або прикладів можна об'єднати з будь-яким одним або кількома з інших описаних нижче аспектів, виразів аспектів та/або прикладів.

Ванадієва нейтронна детекторна система 10 згідно з даним винаходом показана на фіг. 1. Система 10 містить, наприклад, 1-5 нейтронних детекторних елементів. Система 10 може бути, наприклад детекторною системою OPARSSEL® (ODA) з кількома детекторними елементами 1-5, як правило, п'ятьма, як показано на фіг. 1. Проте, можна використовувати будь-яку придатну кількість детекторних елементів, наприклад, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 або більше детекторних елементів. Кожен із детекторних елементів 1-5 може мати різні довжини. У необмежуючому прикладі, показаному на фіг. 1, ванадієвий детекторний елемент 1 може займати всю довжину активної довжини паливної збірки, яка може становити, наприклад, 144 дюйми (приблизно 3,66 метри). У контексті цього документа, "повнорозмірний" детекторний елемент відноситься до такого ванадієвого нейтронного детекторного елемента, який покриває всю відстань активної довжини паливної збірки. Інші детекторні елементи (2-5) можуть мати меншу довжину у порівнянні з детекторним елементом 1. Наприклад, детекторний елемент 2 може складати 80 % довжини детекторного елемента 1, детекторний елемент 3 може складати 60 % довжини детекторного елемента 1 тощо.

Додаткові деталі розкриті в патенті США № 8 767 903, виданому 1 липня 2014 р., під назвою "WIRELESS IN-CORE NEUTRON MONITOR", і патенті США № 8 681 920, виданому 25 березня 2014 р. під назвою "SELF-POWERED WIRELESS IN-CORE DETECTOR". Обидва з них включені у даний документ як посилання у повному обсязі.

Віднімання одного виміряного струму детектора від іншого забезпечує еквівалент одного вимірювання детектора на ділянці між кінцем довшого детекторного елемента і кінцем більш короткого детекторного елемента, як показано на фіг. 1. Наприклад, віднімання струму, виміряного детекторним елементом 2, від струму, виміряного детекторним елементом 1, забезпечує еквівалент вимірювання одного детектора на ділянці, де 1 і 2 не перекриваються. Система 10 може додатково містити багатоконтактний роз'єм 12, корпус 14 роз'єму, гнучку трубку 16 і манжету 18. Одне або більше з корпусу 14 роз'єму, гнучкої трубки 16 і манжети 18 може містити нержавіючу сталь. Манжета 18 може містити детекторні елементи 1-5. У манжеті також може бути розміщена термopара 22. Однак в інших варіантах здійснення термopара 22 може не бути включена.

У BEACON SYSTEM® від Westinghouse Electric Company ядерні способи перетворюють прогнозований нейтронний потік, що відповідає ділянці, охопленій різницями сигналу детектора, і перетворюють прогнозований нейтронний потік у прогнозований струм детектора, використовуючи аналітичне співвідношення, розроблене для елементів ванадієвих детекторних елементів 1-5. Співвідношення вимірюваних і прогнозованих струмів від усіх детекторних систем в активній зоні реактора можна використовувати для регулювання прогнозованого розподілу потужності реактора для отримання виміряного розподілу потужності реактора, який використовується для визначення того, чи працює реактор у межах ліцензованого коефіцієнта нерівномірності активної зони. Спосіб, який використовується для перетворення прогнозованого нейтронного потоку у прогнозований струм детектора, може впливати на точність виміряного розподілу потужності активної зони і бути заснованим на конкретних ядерних способах, що використовуються.

Додаткові деталі, розкриті в патентній публікації США № 2011/0268239, опублікованій 3 листопада 2011 р. під назвою "METHOD OF CALIBRATING EXCORE DETECTORS IN A NUCLEAR REACTOR", яка у повному обсязі включена у даний документ як посилання.

У даному документі описано спосіб, який можна переважно використовувати для уникнення залежності точності вимірювання розподілу потужності від таких ядерних способів, переважно уникаючи необхідності перетворення прогнозованих розподілів нейтронного потоку в струми детектора.

З посиланням на фіг. 3, спосіб 300 може включати вимірювання 302 значень струму з кількох ванадієвих нейтронних детекторних систем. Нейтронні детекторні системи можуть бути розміщені в активній зоні реактора ядерної установки. Спосіб 300 може включати визначення 304 виміряного розподілу відносної потужності активної зони на основі вимірюваних значень струму. Спосіб 300 може включати створення 306 виміряного розподілу потужності активної зони на основі виміряного розподілу відносної потужності активної зони. Спосіб 300 може включати перевірку 308 того, що реактор працює в межах ліцензованих робочих границь

активної зони, щонайменше частково на основі виміряного розподілу потужності активної зони. Спосіб 300 може бути виконаним на комп'ютері загального призначення.

У різних аспектах визначення 304 може включати створення калібрувального співвідношення між виміряним загальним рівнем відносної потужності реактора (Q_T) і сумою всіх виміряних струмів від елементів детектора 1 (наприклад, повнорозмірних детекторних елементів) в місці розташування і обладнаної приладами радіальної активної зони ($I_1(i)$). Це співвідношення призведе до середнього струму для всіх детекторів 1 у всіх обладнаних приладами паливних елементах в активній зоні, при цьому слід зазначити, що приблизно одна третина паливних елементів у ілюстративній активній зоні, зазначеній у даному документі, оснащена, наприклад, ванадієвими детекторними системами типу OPARSSEL, або будь-якими іншими придатними ванадієвими детекторними системами. Це співвідношення має наступну форму:

$$Q_T = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^N I_1(i) \quad (1)$$

де K - це вимірний нахил графіка залежності між виміряним рівнем відносної потужності реактора (Q_T) та відповідним рівнянням $\sum_{i=1}^N I_1(i)$. N - кількість обладнаних приладами паливних збірок в реакторі. Q_T розраховується за допомогою вимірної теплової потужності реактора (наприклад, вимірної за допомогою вторинних калориметричних даних, у тому числі значень швидкості потоку, температури, тиску та, наприклад, змін теплоутримання), поділеної на максимальну ліцензовану теплову потужність.

Співвідношення теплової потужності реактора та середнього вихідного струму детектора в активній зоні фіксують у значенні K , визначеному у формулі 1. Формула 1 демонструє, що значення K має лінійне співвідношення з рівнем відносної потужності реактора (Q_T). Значення K включає нейтронну чутливість детектора на одиницю довжини та середню відносну потужність паливної збірки, що містить детекторний елемент. Значення нейтронної чутливості початково фіксують для кожного детекторного елемента під час виробничого процесу. Виробничі дані вказують на те, що це значення по суті однакове для кожного детекторного елемента, хоча зазначається, що з часом це значення нейтронної чутливості зменшується, що означає, що для заданого значення нейтронного потоку всередині активної зони струм, який видає детектор, буде з часом зменшуватися. Можливо, знадобиться додати найточніші оцінні дані, коли вони стануть доступними. Також, можливо, знадобиться виконати калібрування під час підйому потужності від 0-50 % RTP (до контролю розподілу потужності), а оскільки співвідношення, як відомо, є лінійним, слід використовувати калібрування від 50-100 %.

На додаток до вищезгаданого, співвідношення між рівнем відносної потужності реактора та потужністю будь-якої паливної збірки, що містить детекторну систему, може бути визначено 304 на основі струму детектора 1. Процес 304 може додатково включати визначення 304 відносної потужності системи в місці розташування і активної зони, $Q_R(i)$, що включає визначення потужності активної зони на кожній обладнаній приладами паливної збірці (кожна з яких розташована у відомому місці розташування i в активній зоні) відносно загального рівня відносної потужності реактора (Q_T), використовуючи наступний вираз:

$$Q_R(i) = \frac{K I_1(i)}{\frac{K}{N} \sum_{i=1}^N I_1(i)} \quad (2)$$

Вираз для $Q_R(i)$ можна виразити безпосередньо через виміряні струми, тобто без значення K , за допомогою наступної формули:

$$Q_R(i) = \frac{I_1(i)}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_1(i)} \mu_i \quad (3)$$

яка містить необов'язковий поправковий коефіцієнт μ_i , що дорівнює відношенню довжини детектора 1 в місці розташування i активної зони до середнього значення всіх довжин детектора 1. Поправковий коефіцієнт μ_i не потрібен у випадках, коли відомо, що всі детектори 1 мають однакову довжину. Інші поправкові коефіцієнти, які враховують різниці у амортизації детектора

та виробничій чутливості, можуть бути розроблені фахівцями в даній галузі аналогічним чином. У цьому випадку вимірне значення $Q_R(i)$ переважно не потребує жодних ядерних розрахункових даних.

Осьовий розподіл відносної потужності, припускаючи еквівалентну нейтронну чутливість детектора, може бути вираженим наступним чином. Для кожного обладнаного приладами місця розташування/системи i в активній зоні, яке можна назвати радіальним місцем розташування у звичайній круговій активній зоні, визначення 304 може включати визначення осьового розподілу відносної потужності для кожної висоти j осьової ділянки, як показано на фіг. 2, як розташування ділянок між кінцем даного детектора і кінцем наступного найдовшого детектора, який буде сприймати значення потоку F_1 , F_2 і т.д., у кожній такій обладнаній приладами паливній збірці i , $P_j(i)$, приймаючи рівні значення нейтронної чутливості на довжину одиниці, за допомогою такого виразу:

$$P_j(i) = \frac{\Delta I_j(i)}{I_1(i)} Q_R(i) \dots (j=1-5) \quad (4)$$

Значення $\Delta I_j(i)$ надають різницю в струмах, які вимірюються з детекторів i є характерними для значень потоку F_1 , F_2 тощо в місцях розташування $j=1$, $j=2$ тощо, причому:

$$\Delta I_1(i) = I_1(i) - I_2(i)$$

$$\Delta I_2(i) = I_2(i) - I_3(i)$$

тощо....

Формула 4 надає вираз щодо того, яку частину потужності виробляє паливна збірка i в кожному з її вертикальних положень j відносно потужності активної зони. Дані щодо виміряного радіального та осьового розподілу відносної потужності реактора можна екстраполювати на відповідний осьовий вузловий розподіл та на місця розташування необладнаної приладами активної зони, використовуючи будь-які способи, які використовуються у поточному програмному забезпеченні процесу вимірювання розподілу потужності в активній зоні.

Ядерні способи, які використовуються для розрахунку виміряного розподілу потужності активної зони, можуть замість цього переважно використовувати вимірний розподіл відносної потужності активної зони, описаний у даному документі, для налаштування прогнозованого розподілу відносної потужності активної зони для отримання виміряного розподілу потужності активної зони, що може бути використаний для перевірки того, що реактор працює в межах ліцензованих робочих границь активної зони. Цей підхід значно спростить і зменшить час і витрати, необхідні для того, щоб клієнти могли впроваджувати ODA без використання відомої системи BEACON SYSTEM®.

Процес, описаний у даному документі, переважно дозволяє вимірювати розподіл потужності реактора за допомогою ванадієвих детекторів типу ODA без необхідності значних зусиль для повторного ліцензування ядерного способу. Успішна реалізація підходу, описаного в цьому описі винаходу, дозволить швидко та дешево впровадити детекторне обладнання типу ODA на підприємствах, які не використовують BEACON SYSTEM®.

Покращений спосіб 300 може бути виконаний на будь-якому комп'ютері загального призначення і включає вимірювання 302 значень струму від різних ванадієвих детекторів в активній зоні ядерної установки, визначення 304 виміряного розподілу відносної потужності ядра на основі вимірних значень струму, коригування прогнозованого розподілу відносної потужності в активній зоні на основі виміряного розподілу відносної потужності активної зони і створення 306 виміряного розподілу потужності активної зони, що може бути використаний для перевірки того, що реактор працює в межах ліцензованих робочих границь активної зони. Розкрита і заявлена концепція також включає ядерну установку, що має ядерну активну зону і додатково має комп'ютер, на якому виконуються такі етапи, як вимірювання значень струму від різних ванадієвих детекторів в активній зоні ядерної установки, визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони на основі вимірних значень струму, коригування прогнозованого розподілу відносної потужності активної зони на основі виміряного розподілу відносної потужності активної зони та створення виміряного розподілу потужності активної зони, що може бути використаний для перевірки того, що реактор працює в межах ліцензованих робочих границь активної зони.

Різні аспекти об'єкта винаходу, описаного у даному документі, викладені в наступних прикладах.

Приклад 1 - Спосіб, що відноситься до розподілу потужності активної зони реактора ядерної установки, який виконується на комп'ютері загального призначення і включає: вимірювання значень струму з кількох ванадієвих нейтронних детекторних систем, які розміщені в активній зоні реактора ядерної установки; визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони на основі вимірних значень струму; створення виміряного розподілу потужності активної зони на основі виміряного розподілу відносної потужності активної зони; і перевірку того, що реактор працює в межах ліцензованих робочих границь активної зони, щонайменше частково на основі виміряного розподілу потужності активної зони.

Приклад 2 - Спосіб з прикладу 1, який додатково включає коригування щонайменше одного з прогнозованого розподілу відносної потужності активної зони та моделі, що використовується для прогнозування розподілу відносної потужності активної зони на основі виміряного розподілу відносної потужності активної зони.

Приклад 3 - Спосіб з прикладу 1 або 2, в якому визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони включає створення калібрувального співвідношення між вимірним загальним рівнем відносної потужності реактора і сумою всіх вимірних струмів від повнорозмірних детекторних елементів в кількох місцях розташування обладнаної приладами радіальної активної зони.

Приклад 4 - Спосіб з будь-якого з прикладів 1-3, в якому визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони включає визначення відносної потужності паливної збірки для щонайменше однієї паливної збірки активної зони відносно виміряного загального рівня відносної потужності реактора для активної зони реактора.

Приклад 5 - Спосіб з будь-якого з прикладів 1-4, в якому визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони включає визначення, для кожної обладнаної приладами паливної збірки активної зони, осьового розподілу відносної потужності для кожної висоти осьової ділянки.

Приклад 6 - Спосіб з будь-якого з прикладів 1-5, в якому кожна із кількох ванадієвих детекторних систем містить кілька ванадієвих нейтронних детекторних елементів неоднакової довжини, і в якому кожен детекторний елемент проходить в осьовому напрямку від одного кінця паливної збірки до протилежного кінця паливної збірки.

Приклад 7 - Спосіб з прикладу 6, в якому кожна з кількох ванадієвих детекторних систем містить кілька ванадієвих нейтронних детекторних елементів неоднакової довжини, і в якому кожна система містить повнорозмірний детекторний елемент і щонайменше один додатковий детекторний елемент, що має менше, ніж повну довжину.

Приклад 8 - Ядерна установка, що містить: комп'ютер, на якому виконуються операції будь-якого з прикладів 1-7; активну зону ядерного реактора; і кілька ванадієвих нейтронних детекторних систем, розташованих в активній зоні.

Приклад 9 - Ванадієва нейтронна детекторна система містить кілька ванадієвих нейтронних детекторних елементів неоднакової довжини, причому кожен детекторний елемент розташований таким чином, що проходить в осьовому напрямку від одного кінця паливної збірки до протилежного кінця.

Приклад 10 - Ванадієва нейтронна детекторна система з прикладу 9, причому кілька ванадієвих нейтронних детекторних елементів включають повнорозмірний детекторний елемент і щонайменше один додатковий детекторний елемент, що має менше, ніж повну довжину.

Якщо спеціально не зазначено інше, як очевидно з вищевикладеного розкриття винаходу, слід приймати до уваги, що впродовж усього вищевикладеного розкриття винаходу обговорення з використанням таких термінів, як "обробка", "обчислення", "розрахунок", "визначення", "відображення" тощо, відносяться до дії та процесів комп'ютерної системи або подібного електронно-обчислювального пристрою, який опрацьовує та перетворює дані, представлені як фізичні (електронні) величини в реєстрах і пам'яті комп'ютерної системи, в інші дані, аналогічно представлені як фізичні величини в пам'яті або реєстрах комп'ютерної системи, або в інших подібних пристроях зберігання, передачі або відображення інформації.

Один або кілька компонентів у даному документі можуть описуватися як "виконані з можливістю", "налаштовані на", "працездатні/придатні для", "адаптовані/пристосовані до", "здатні", "відповідні/узгоджені з" тощо. Фахівці в даній галузі техніки розуміють, що термін "виконаний з можливістю" може загалом охоплювати компоненти активного стану та/або компоненти неактивного стану, та/або компоненти стану очікування, якщо контекст не вимагає іншого.

Фахівці в даній галузі техніки розуміють, що, загалом, терміни, що використовуються в даному документі, і особливо в доданій формулі винаходу (наприклад, у основних пунктах доданої формули винаходу), зазвичай наведені як "відкриті" терміни (наприклад, термін "включаючи" слід тлумачити як "включаючи, але без обмеження", термін "має" слід тлумачити як "має щонайменше", термін "містить" слід тлумачити як "містить, але без обмеження" тощо). Крім того, фахівцям у даній галузі техніки буде зрозуміло, що якщо передбачається конкретна кількість введеного включення до пункту формули винаходу, такий намір буде явно викладено у пункті формули, а за відсутності такого включення такий намір відсутній. Наприклад, для полегшення розуміння наступна додана формула винаходу може містити використання вступних фраз "щонайменше один" і "один або більше" для введення включень до пункту формули винаходу. Однак використання таких фраз не слід тлумачити як такі, що передбачають, що введення включення до пункту формули винаходу за допомогою однини обмежує будь-який конкретний пункт формули винаходу, що містить таке введення включення до пункту формули винаходу, пунктами формули винаходу, що містять тільки одне таке включення, навіть якщо тій самий пункт формули містить вступні фрази "один або кілька" або "щонайменше один" і однину (наприклад, використання однини зазвичай слід тлумачити як "на щонайменше один" або "один або кілька"); те ж саме стосується використання однини з вказівними займенниками, що використовуються для введення включення до пункту формули винаходу.

Крім того, навіть якщо описана конкретна кількість введеного включення до пункту формули винаходу, фахівці в даній галузі техніки розуміють, що таке включення, як правило, слід інтерпретувати як "щонайменше, описана кількість" (наприклад, чисте включення "двох включень", без інших модифікаторів, зазвичай означає "щонайменше два включення" або "два чи більше включень"). Крім того, у тих випадках, коли використовується усталений вираз, аналогічний "щонайменше один з А, В і С тощо", загалом така конструкція використовується у сенсі, в якому фахівець у даній галузі техніки зрозуміє цей усталений вираз (наприклад, "система, що має щонайменше один з А, В і С" буде включати, але без обмеження, системи, які мають тільки А, тільки В, тільки С, А і В разом, А і С разом, В і С разом та/або А, В і С разом тощо). У тих випадках, коли використовується усталений вираз, аналогічний "щонайменше один з А, В або С тощо", загалом така конструкція використовується у сенсі, в якому фахівець у даній галузі техніки зрозуміє цей усталений вираз (наприклад, "система, що має щонайменше один з А, В або С" буде включати, але без обмеження, системи, які мають тільки А, тільки В, тільки С, А і В разом, А і С разом, В і С разом та/або А, В і С разом тощо). Крім того, спеціалістам у даній галузі техніки буде зрозуміло, що зазвичай роздільне слово та/або фраза, що представляють два або більше альтернативних термінів, чи то в описі, формулі винаходу, чи графічних матеріалах, слід розуміти як такі, що розглядають варіанти включення одного з термінів, будь-якого із термінів або обох термінів, якщо контекст не диктує інше. Наприклад, фраза "А або В" зазвичай включає в себе варіанти "А" або "В", або "А і В".

Стосовно доданої формули винаходу, фахівцям в даній галузі техніки буде зрозуміло, що включені в неї операції, як правило, можуть бути виконані в будь-якому порядку. Крім того, хоча різні операційні блок-схеми представлені в певній послідовності (послідовностях), слід розуміти, що різні операції можуть виконуватися в іншому порядку, ніж показано, або можуть виконуватися одночасно. Приклади такого альтернативного впорядкування можуть включати перекриваючі, чергувальні, перервані, переупорядковані, поетапні, попередні, додаткові, одночасні, зворотні або інші варіанти порядку, якщо контекст не вказує на інше. Крім того, такі терміни, як "відповідний", "пов'язаний з" або інші дієприкметники доконаного виду, як правило, не мають на меті виключати такі варіанти, якщо контекст не диктує інше.

Варто зазначити, що будь-яке посилання на "один аспект", "аспект", "приклад", "один приклад" тощо означає, що конкретна ознака, структура або характеристика, описана у зв'язку з аспектом, включена, щонайменше в один аспект. Таким чином, поява фраз "в одному аспекті", "в аспекті", "в прикладі" та "в одному прикладі" в різних місцях у всій специфікації не обов'язково відноситься до того самого аспекту. Крім того, окремі ознаки, структури або характеристики можуть бути об'єднані будь-яким придатним способом в одному або кількох аспектах.

Будь-яка патентна заявка, патент, непатентна публікація або інший матеріал розкриття винаходу, на який посилаються в цьому описі та/або який наведено в будь-якому переліку технічних характеристик, включені в даний документ за допомогою посилання, в тій мірі, в якій включені матеріали не суперечать даному документу. Таким чином, і в необхідній мірі, це розкриття винаходу, як чітко викладене в даному документі, замінює будь-який конфліктуючий матеріал, включений в нього як посилання. Будь-який матеріал, або його частину, що, як стверджується, включено в даний документ за допомогою посилання, але суперечить існуючим визначенням, твердженням або іншим матеріалам розкриття винаходу, викладеним у даному

документі, буде включено лише в тій мірі, в якій не виникає конфлікту між цим включеним матеріалом і наявним матеріал розкриття винаходу.

Терміни "містити" (і будь-яка форма "містити", наприклад "містить" і "що містить"), "мати" (і будь-яка форма "мати", наприклад "має" і "що має"), "включати" (і будь-яка форма "включати", наприклад "включає" і "що включає") і "вмішувати" (і будь-яка форма "вмішувати", наприклад "вміщує" і "що вміщує") є дієсловами-сполучниками відкритого типу. В результаті система, яка "містить", "має", "включає" або "вміщує" один або більше елементів, має цей один або кілька елементів, але не обмежується лише цим одним або кількома елементами. Аналогічно, елемент системи, пристрою чи апарату, який "містить", "має", "включає" чи "вміщує" одну чи більше ознак, має цю одну або кілька ознак, але не обмежується лише цією однією або кількома ознаками.

Терміни "близько" або "приблизно", коли вони використовуються в цьому розкритті винаходу, якщо не зазначено інше, означають прийнятну похибку для конкретного значення, як вона визначається звичайним фахівцем в даній галузі, яка частково залежить від того, як значення виміряно або визначено. У певних варіантах здійснення термін "близько" або "приблизно" означає в межах 1, 2, 3 або 4 стандартних відхилень. У певних варіантах здійснення термін "близько" або "приблизно" означає в межах 50 %, 20 %, 15 %, 10 %, 9 %, 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 %, 3 %, 2 %, 1 %, 0,5 % або 0,05 % від заданого значення або діапазону.

Будь-який числовий діапазон, включений у цей документ, має включати всі піддіапазони, включені в нього. Наприклад, діапазон "від 1 до 10" має включати всі піддіапазони між зазначеним мінімальним значенням 1 і описаним максимальним значенням 10 (включно), тобто має мінімальне значення, що дорівнює або більше ніж 1, і максимальне значення, що дорівнює або менше ніж 10.

Підбиваючи підсумок вищесказаному, описано численні переваги, які є результатом використання концепцій, описаних у даному документі. Попередній опис однієї або кількох форм було надано з метою ілюстрації та опису. Він не має на меті бути вичерпним або обмежуватися точною розкритою формою. У світлі наведених вище методів можливі модифікації або варіації. Одна або кілька форм були обрані та описані для того, щоб проілюструвати принципи та практичне застосування, щоб, таким чином, звичайний фахівець у даній галузі техніки міг використовувати різні форми та різні модифікації які підходять для конкретного передбачуваного використання. Передбачається, що формула винаходу, подана в даному документі, визначає загальний обсяг.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб, що належить до розподілу потужності в активній зоні реактора ядерної установки, причому спосіб реалізується на комп'ютері загального призначення і включає: вимірювання значень струму ($I_1(i)$) від множини ванадієвих нейтронних детекторних систем, які розміщені в активній зоні реактора ядерної установки; визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони на основі вимірних значень струму ($I_1(i)$);

який відрізняється тим, що

визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони включає створення калібрувального співвідношення між вимірним загальним рівнем відносної потужності реактора, Q_T , і сумою всіх вимірних значень струму від множини ванадієвих нейтронних детекторних систем у місці і розташування обладнаної приладами радіальної активної зони, ($I_1(i)$), згідно з рівнянням:

$$Q_T = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^N I_1(i), \quad (1)$$

де

Q_T - вимірний загальний рівень відносної потужності реактора, при цьому Q_T розраховується з використанням вимірної теплової потужності реактора;

K - співвідношення між тепловою потужністю реактора і значеннями струму від множини ванадієвих нейтронних детекторних систем;

N - кількість ванадієвих нейтронних детекторних систем;

i - місце розташування обладнаної приладами радіальної активної зони, i

$I_1(i)$ - вимірне значення струму;

коригування щонайменше одного з прогнозованого розподілу відносної потужності активної зони та моделі, що використовується для прогнозування розподілу відносної потужності активної зони, на основі визначеного виміряного розподілу відносної потужності активної зони;

- 5 одержання виміряного розподілу потужності активної зони на основі щонайменше одного зі скоригованого прогнозованого розподілу відносної потужності активної зони і скоригованої моделі, що використовується для прогнозування розподілу відносної потужності активної зони; і перевірку того, що активна зона реактора працює в межах ліцензованих робочих границь активної зони, щонайменше частково на основі одержаного виміряного розподілу потужності

10 активної зони.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони включає визначення відносної потужності паливної збірки для щонайменше однієї паливної збірки активної зони відносно виміряного загального рівня відносної потужності (Q_T) реактора для активної зони реактора.

15 3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що визначення виміряного розподілу відносної потужності активної зони включає визначення, для кожної обладнаної приладами паливної збірки активної зони, осьового розподілу відносної потужності для кожної висоти осьової ділянки.

4. Спосіб за будь-яким із пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що кожна з множини ванадієвих детекторних систем містить множину ванадієвих нейтронних детекторних елементів

20 неоднакової довжини, і при цьому кожний детекторний елемент проходить в осьовому напрямку від одного кінця паливної збірки до протилежного кінця паливної збірки.
5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що кожна з множини ванадієвих детекторних систем містить множину ванадієвих нейтронних детекторних елементів неоднакової довжини, і при

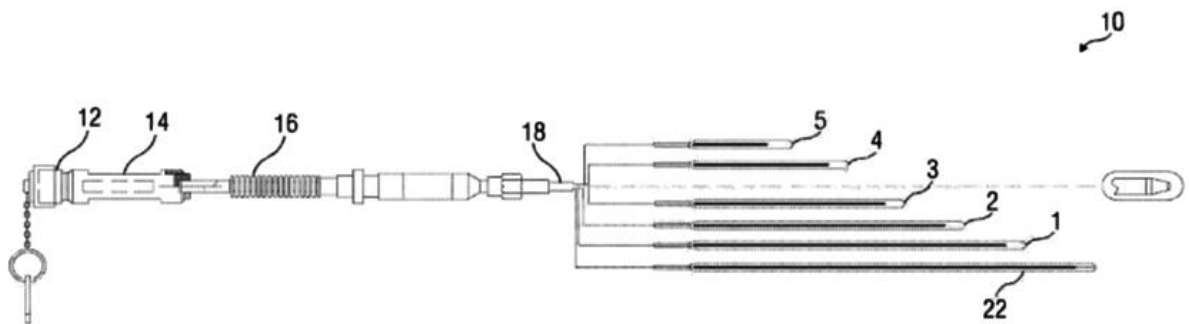
25 цьому кожна система містить повнорозмірний детекторний елемент і щонайменше один додатковий детекторний елемент, що має менше ніж повну довжину.

6. Ядерна установка, що містить:

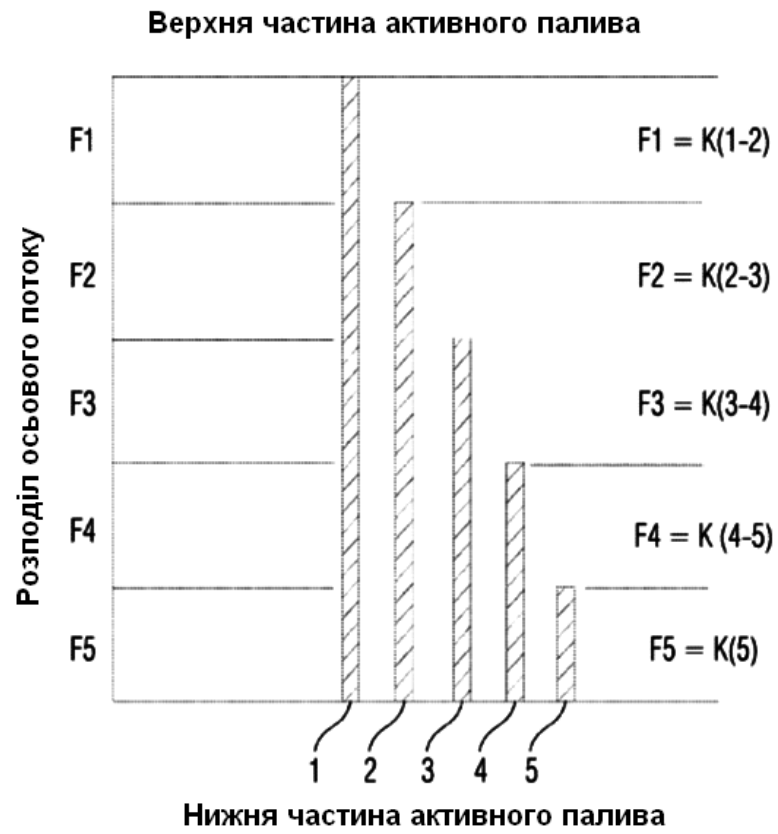
комп'ютер, на якому виконуються операції за будь-яким із пп. 1-5;

активну зону ядерного реактора; і

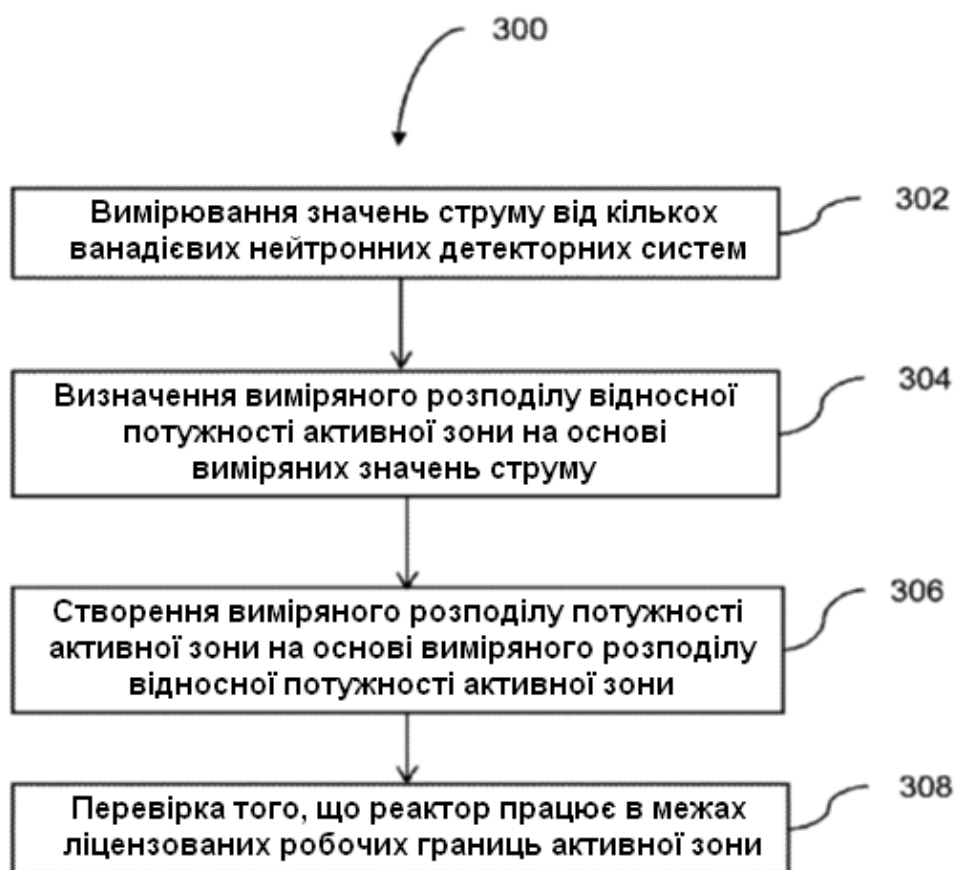
30 множину ванадієвих нейтронних детекторних систем, розташованих в активній зоні.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3