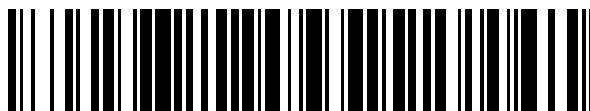


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 950**

51 Int. Cl.:
G21C 5/00 (2006.01)
G21C 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **97300544 .0**
96 Fecha de presentación: **29.01.1997**
97 Número de publicación de la solicitud: **0786782**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.07.1997**

54 Título: **Procedimiento para determinar la disposición de carga del núcleo de un reactor nuclear**

30 Prioridad:
29.01.1996 US 592887

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.06.2012

73 Titular/es:
GENERAL ELECTRIC COMPANY
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:
Fawks, James E., Jr.

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 383 950 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para determinar la disposición de carga del núcleo de un reactor nuclear

La presente invención versa, en general, acerca de reactores nucleares y, más en particular, acerca de la identificación de disposiciones óptimas de carga de haces de combustible en el núcleo de un reactor nuclear.

5 Un núcleo de reactor nuclear tiene muchos haces individuales de combustible, por ejemplo varios cientos, que tienen diferentes características. Preferentemente, tales haces están dispuestos dentro del núcleo del reactor para que la interacción entre los haces de combustible satisfaga todas las restricciones reguladoras y de diseño del reactor, incluyendo restricciones gubernativas y especificadas por el cliente. Además de satisfacer las restricciones de diseño, dado que la disposición de carga del núcleo determina la energía de ciclo, es decir, la cantidad de energía
10 que el núcleo del reactor genera antes de que el núcleo necesite ser refrescado con nuevos elementos de combustible, la disposición de carga del núcleo, preferentemente, optimiza la energía de ciclo del núcleo.

Para optimizar la energía de ciclo del núcleo, los haces de mayor reactividad son colocados generalmente en un emplazamiento interior del núcleo. Sin embargo, para satisfacer algunas restricciones de diseño, los haces de mayor reactividad son colocados generalmente en un emplazamiento externo del núcleo. Por lo tanto, identificar la
15 disposición preferente de carga del núcleo es una optimización con un reto de restricciones.

El número posible de disposiciones o configuraciones de los haces en el núcleo del reactor puede superar cien factorial. De estas muchas configuraciones diferentes posibles, solo un pequeño porcentaje de tales configuraciones satisface todas las restricciones de diseño aplicables. Además, solo un porcentaje pequeño de las configuraciones que satisfacen todas las restricciones de diseño aplicables es económico.

20 Tradicionalmente, las determinaciones de la disposición de carga del núcleo se realizan por prueba y error. Específicamente, y con base en la experiencia pasada de los ingenieros, se identifica una disposición de carga del núcleo. La disposición identificada de carga del núcleo es simulada entonces en un ordenador. Si no se satisface una restricción particular de diseño por la disposición identificada, la disposición es modificada y se ejecuta otra simulación de ordenador. Típicamente, se requieren semanas-hombre antes de que se identifique una disposición
25 apropiada de carga del núcleo usando el procedimiento descrito en lo que antecede.

Además, una vez que se ha identificado una disposición de carga del núcleo que satisface todas las restricciones de diseño usando el enfoque de prueba y error, tal disposición identificada del núcleo puede no proporcionar la energía de ciclo real máxima. Por lo tanto, el procedimiento de prueba y error continúa hasta que los ingenieros creen que la disposición óptima del núcleo ha sido identificada. Sin embargo, en la práctica es posible que una disposición
30 particular del núcleo que no sea necesariamente coherente con la experiencia pasada de los ingenieros pueda ser la disposición óptima real del núcleo. Sin embargo, tal disposición óptima real del núcleo puede no ser identificada necesariamente mediante el procedimiento de prueba y error.

Dado que generalmente se considera que el problema de la disposición del núcleo es único para cada reactor y las características de los haces, ningún algoritmo conocido proporciona una solución viable para identificar
35 disposiciones óptimas del núcleo de un reactor. Además, los sistemas expertos no han sido utilizados de forma generalizada, dado que, típicamente, un conjunto estándar de reglas no es aplicable en una amplia gama de situaciones a las muchas disposiciones únicas y complejas de carga del núcleo, que difieren en todos los reactores.

Las disposiciones de carga del núcleo de la técnica anterior son dadas a conocer por los artículos "Automatic
40 determination of pressurized water reactor core loading patterns that maximise beginning-of-cycle reactivity within power-peaking and burnup constraints", de G. H. Hobson y P. J. Turinsky, Nuclear Technology 74, p. 5-13, que da a conocer un procedimiento de determinación de un patrón de carga del núcleo que maximiza la reactividad del núcleo mientras satisface la maximización de la potencia, el quemado a la descarga y otras restricciones, y "Optimal fuel loading pattern design using an artificial neural network and a fuzzy rule-based system", de H. G. Kim et al., Nuclear Science and Engineering 114, p. 152-163, que da a conocer un procedimiento de determinación de un patrón de
45 carga del núcleo en el cual un factor de maximización de la potencia local es menor que un valor predeterminado durante un ciclo y se maximiza el factor de multiplicación efectivo para extraer el máximo de energía.

Por supuesto, sería deseable reducir el tiempo requerido para identificar una disposición de carga del núcleo que optimice la energía de ciclo y satisfaga todas las restricciones de diseño. También sería deseable proporcionar una metodología aplicable a una amplia gama de reactores para identificar de forma sistemática y fiable disposiciones
50 óptimas de carga del núcleo.

Según un primer aspecto de la invención, según se define en la reivindicación 1, se proporciona un procedimiento implementado por ordenador para el diseño de una disposición de carga del núcleo para cargar haces de combustible de reactor nuclear en un núcleo de reactor nuclear, requiriéndose la disposición de carga del núcleo para satisfacer restricciones de diseño predeterminadas, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de: asignar a cada haz un valor relativo de reactividad dentro de un intervalo de carga; asignar a cada emplazamiento del núcleo un valor de reactividad relativo; asignar valores a cada restricción predeterminada; crear reglas para cada
55

emplazamiento del núcleo del reactor para especificar una dirección en la que mover un haz para maximizar la energía de ciclo o para satisfacer una restricción predeterminada, o ambos; estimular inicialmente una carga del núcleo en la que cada haz es cargado en el emplazamiento del núcleo que tiene un valor de reactividad del emplazamiento del núcleo igual al valor de reactividad relativo al haz; y determinar valores iniciales para la energía de ciclo y restricciones de diseño para la disposición inicial de carga del núcleo.

El procedimiento comprende además la etapa de identificar una disposición óptima de carga del núcleo con base en la disposición inicial de carga del núcleo.

La identificación de la disposición óptima del núcleo comprende las etapas de: (i) seleccionar un emplazamiento del núcleo; (ii) determinar si la disposición inicial de carga del núcleo satisface las restricciones de diseño en el emplazamiento seleccionado del núcleo; (iii) si no se satisface al menos una restricción de diseño en el emplazamiento seleccionado del núcleo, buscar entonces las reglas para determinar una dirección en la que debería cambiarse el valor de reactividad del emplazamiento seleccionado del núcleo para satisfacer la restricción; (iv) si todas las restricciones de diseño son satisfechas en el emplazamiento seleccionado del núcleo, buscar entonces las reglas para determinar una dirección en la que debería cambiarse el valor de reactividad del emplazamiento del núcleo para mejorar la energía de ciclo; (v) si no hay ninguna regla para cambiar el valor de reactividad del primer emplazamiento del núcleo, seleccionar entonces al azar un cambio en el nivel de reactividad para al emplazamiento seleccionado del núcleo; y (vi) determinar nuevos valores de restricción y la energía de ciclo para la disposición de carga del núcleo que resulte de cambiar el valor de reactividad del emplazamiento seleccionado del núcleo.

Se selecciona cada emplazamiento del núcleo y las etapas (ii)-(vi) pueden ser realizadas para cada emplazamiento seleccionado tal del núcleo. Cada emplazamiento del núcleo puede ser analizado usando un modo de operación de profundidad, permitiendo el modo de profundidad que, una vez que se ha efectuado un cambio que dé como resultado una disposición mejorada en la carga del núcleo, entonces cualquier cambio subsiguiente de tal disposición alternativa se realiza al llevar a cabo las etapas (ii)-(vi). De manera alternativa, cada emplazamiento del núcleo puede ser analizado usando un modo de operación en anchura, permitiendo el modo en anchura que cada disposición alternativa de carga del núcleo sea analizada con respecto a la disposición inicial de carga del núcleo al llevar a cabo las etapas (ii)-(iv). Se incluyen una etapa de generación de disposiciones aleatorias de carga del núcleo y una etapa de selección de una disposición de carga del núcleo que satisfaga todas las restricciones de diseño y tenga la energía de ciclo más elevada como una disposición óptima de carga del núcleo.

Generalmente, el procedimiento tiene dos (2) fases. La primera fase es una fase de inicialización y la segunda fase es la fase de ejecución o de búsqueda. En la fase de inicialización, se identifica una disposición inicial de carga del núcleo con base en los niveles relativos de reactividad de los haces que han de ser cargados y de los emplazamientos del núcleo del reactor.

Una vez que se identifica la disposición inicial de carga del núcleo, en la fase de ejecución se optimiza tal disposición, dentro de las restricciones definidas. Más específicamente, en la fase de ejecución, se analiza cada emplazamiento del núcleo para determinar si el nivel de reactividad de tal emplazamiento del núcleo puede ser cambiado a partir del nivel de reactividad inicial ya sea para satisfacer una restricción o para optimizar la energía de ciclo, o ambos.

De forma subsiguiente al análisis de cada emplazamiento del núcleo según se ha descrito en lo que antecede, se crean disposiciones aleatorias de carga del núcleo y se comparan con la disposición óptima de carga identificada hasta entonces. Tales disposiciones de carga del núcleo aleatoriamente generadas se denominan a veces "saltos aleatorios", y tales "saltos aleatorios" se realizan para identificar potencialmente disposiciones de carga del núcleo no consideradas previamente que pueden ser más óptimas que la disposición más óptima identificada hasta ese momento en el procedimiento.

La presente invención incluye un ordenador programado para ejecutar las rutinas de las fases anteriormente descritas de inicialización y de ejecución. Al programar un ordenador para efectuar tales rutinas, se reduce la cantidad de tiempo requerida para que un ingeniero identifique una disposición de carga del núcleo que optimice la energía de ciclo y satisfaga todas las restricciones de diseño. Además, se cree que tal procedimiento y tal sistema son aplicables a una amplia gama de reactores para identificar de forma sistemática y fiable disposiciones óptimas de carga del núcleo.

La invención será descrita ahora con mayor detalle, a título de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que:

La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra una secuencia de etapas de procedimiento ejecutadas en la fase de inicialización para identificar una disposición óptima de carga del núcleo según la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra una secuencia de etapas de procedimiento ejecutadas en la fase de ejecución para identificar una disposición óptima de carga del núcleo según la presente invención.

La presente invención es un procedimiento implementado por ordenador para el diseño de una disposición óptima de carga del núcleo. Se puede entender que, en general, el procedimiento tiene dos (2) fases. La primera fase es

una fase de inicialización y la segunda fase es la fase de ejecución o de búsqueda. Generalmente, en la fase de inicialización se identifica una disposición inicial de carga del núcleo, y en la fase de ejecución se optimiza la disposición de carga del núcleo dentro de las restricciones de diseño.

5 La presente invención es un sistema que incluye un ordenador programado para ejecutar el procedimiento descrito en detalle en lo que sigue. El procedimiento puede ser puesto en práctica, por ejemplo, en casi cualquier tipo de ordenador, incluyendo incluso un ordenador personal. El tipo de ordenador seleccionado depende fundamentalmente de la velocidad a la que el operador desee tener identificada la disposición óptima de carga de combustible y de la cantidad de memoria requerida para cualquier operación particular. Tales requisitos de velocidad y memoria pueden variar, por supuesto, dependiendo del número de reactores que se estén analizando y del
10 número de haces de combustible en los núcleos de los reactores. El procedimiento no está limitado a la puesta en práctica en un tipo particular cualquiera de ordenador.

Con referencia ahora específicamente a la Figura 1, se ilustra una secuencia 100 de etapas de procedimiento ejecutadas en la fase de inicialización para identificar una disposición óptima de carga del núcleo. En particular, y con respecto al haz de combustible que ha de ser cargado en un núcleo de reactor, se asigna un valor relativo 102 a cada haz dentro de algún intervalo arbitrario, a veces denominado en el presente documento intervalo de carga. Típicamente, el valor relativo de cada haz se basa en la reactividad de cada haz. Por ejemplo, si han de cargarse cien (100) haces de combustible en el núcleo, entonces se asigna a cada haz un valor dentro del intervalo de uno (1) a cien (100) con base en la reactividad relativa de ese haz. Al haz con la mayor reactividad se le asigna un valor de cien (100) y al haz con la menor reactividad se le asigna un valor de uno (1).
15

20 De forma subsiguiente a la asignación de un valor relativo a cada haz según se ha descrito en lo que antecede, se asigna a cada emplazamiento del núcleo un valor relativo 103. El valor relativo de cada emplazamiento del núcleo se basa típicamente en el nivel de reactividad aceptable de cada emplazamiento. Por ejemplo, si hay cien (100) emplazamientos del núcleo, entonces se asigna a cada emplazamiento del núcleo un valor dentro del intervalo de uno (1) a cien (100) con base en la reactividad aceptable relativa en ese emplazamiento del núcleo. Al emplazamiento del núcleo con la mayor reactividad se le asigna un valor de cien (100) y al emplazamiento del núcleo con la menor reactividad se le asigna un valor de uno (1).
25

Una vez que se asigna a cada haz y a cada emplazamiento del núcleo un valor basado en la reactividad relativa, se identifican las restricciones de diseño y se asignan valores o intervalos aceptables a cada restricción. Por ejemplo, la restricción de diseño del margen de parada del reactor puede ser del uno por ciento (1%). El margen de parada del reactor depende, al menos en parte, de la reactividad y el emplazamiento de los haces. Por lo tanto, la restricción de diseño del margen de parada puede verse afectada con base en la disposición de los haces.
30

También se establecen, 108, reglas para cada emplazamiento del núcleo del reactor que especifican una dirección (por ejemplo, hacia el centro del núcleo o hacia la periferia del núcleo) en la que mover un haz cargado (simulado) para maximizar la energía de ciclo y/o satisfacer una restricción. Típicamente, estas reglas son únicas para cada reactor y se basan fundamentalmente en la experiencia del ingeniero. Al definir las reglas, se evalúa por separado cada emplazamiento del núcleo en la determinación de dirección.
35

Deben establecerse los valores de reactividad relativa del haz y el emplazamiento del núcleo y las reglas de dirección para cada carga particular de cada reactor. Por supuesto, una vez que se crean los valores de reactividad relativos al emplazamiento del núcleo y las reglas de dirección para un reactor particular, tales valores y tales reglas pueden permanecer relativamente constantes durante un prolongado periodo de tiempo, por ejemplo durante muchos ciclos. Sin embargo, puede recomendarse al menos reevaluar tales valores cuando se realiza una determinación de la disposición de carga del núcleo para cada ciclo. Por supuesto, los valores relativos de reactividad del haz variarán dependiendo de los niveles de reactividad de los haces que hayan de ser cargados y, generalmente, deben ser creados para cada disposición de carga.
40

45 Después de determinar los valores de reactividad relativa del haz y el emplazamiento del núcleo y las reglas de dirección, se cargan los haces, en una simulación de ordenador, en el núcleo 110 del reactor. Específicamente, se carga cada haz en el emplazamiento del núcleo que tenga un valor de reactividad del emplazamiento del núcleo igual al valor de reactividad relativo al haz. Con los haces dispuestos en el núcleo como se ha descrito en lo que antecede, se determinan, 112, valores iniciales para la energía de ciclo y las restricciones de diseño, lo que completa la fase de inicialización.
50

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra una secuencia de etapas 200 de procedimiento ejecutadas en la fase de ejecución, o de búsqueda, para identificar una disposición óptima de carga del núcleo. Las etapas 200 de procedimiento son ejecutadas de forma subsiguiente a la terminación de las etapas 100 del procedimiento de inicialización ilustradas en la Figura 1. Con referencia a la Figura 2, y para un primer emplazamiento del núcleo, ya sea seleccionado al azar o secuencialmente, se comprueba 202 cada restricción para ese emplazamiento calculado en la última etapa de la fase de inicialización para determinar si los valores calculados de las restricciones son valores de restricción aceptables, tal como se determina en la etapa 106 (Figura 1). Si no se satisfacen una o más restricciones, entonces se busca en la base de reglas creadas en la etapa 108 (Figura 1) para determinar la dirección en la que debería ser cambiado el valor del emplazamiento del núcleo para satisfacer la restricción 204.
55

Esto quiere decir que si, en el emplazamiento particular del núcleo, no se satisface una restricción de diseño, entonces, típicamente, debe cambiarse el nivel de reactividad relativa en el presente emplazamiento del núcleo. La base de reglas, tal como se ha explicado en lo que antecede, puede contener una regla que indique si debe aumentar o disminuir el nivel de reactividad en el presente emplazamiento del núcleo, dependiendo de las condiciones específicas creadas por la disposición particular de carga del núcleo.

Si se satisfacen todas las restricciones en el presente emplazamiento del núcleo, entonces se busca en la base de reglas para determinar la dirección en la que debería cambiarse el emplazamiento del núcleo para maximizar la energía 206 de ciclo. Esto quiere decir que, con base en las condiciones específicas creadas por la disposición particular de carga del núcleo, una regla de la base de reglas puede indicar la dirección en la que debería cambiar el emplazamiento particular del núcleo para mejorar la energía de ciclo. El término dirección se refiere al nivel de reactividad relativa. Por lo tanto, la regla de la base de reglas indicará que debería cambiar el nivel de reactividad en el emplazamiento identificado del núcleo par mejorar la energía de ciclo.

Si no hay ninguna regla disponible para una condición particular, por ejemplo no restricción no satisfecha o una energía particular de ciclo, entonces se selecciona al azar un cambio en el nivel de reactividad para el emplazamiento del núcleo. En cualquier caso, y según lo precedente, se cambia el valor de reactividad del emplazamiento del núcleo y se reordenan los haces en el núcleo para que el nivel de reactividad del haz coincida con el nivel de reactividad de su emplazamiento asignado 208 del núcleo.

Una vez que se ha efectuado la nueva disposición del núcleo, se determinan nuevos valores de restricciones y la energía de ciclo para la nueva disposición 210. Si no se evaluado cada emplazamiento del núcleo tal como se ha explicado en lo que antecede en conexión con las etapas 202 a 210, entonces se selecciona otro emplazamiento del núcleo, ya sea al azar o secuencialmente, para su análisis, y el procedimiento vuelve a la etapa 202 para llevar a cabo el análisis descrito en lo que antecede en conexión con el emplazamiento del núcleo recién seleccionado.

El propósito de la búsqueda, o evaluación, descrita en lo que antecede es identificar una disposición más óptima de carga del núcleo. Tal búsqueda puede ser llevada a cabo en un modo de operación ya sea en "profundidad" o en "anchura". En el modo en profundidad, una vez que se ha efectuado un cambio que dé como resultado una disposición mejorada en la carga del núcleo, entonces cualquier cambio subsiguiente es efectuado a tal disposición alternativa. Es decir, el procedimiento prosigue usando la disposición mejorada como la disposición "base" y el procedimiento no vuelve a la disposición inicial, menos óptima, de carga del núcleo. Una vez que todos los emplazamientos del núcleo han sido cambiados, se selecciona entonces la disposición de carga del núcleo sujeta a análisis como la mejor disposición para un procesamiento adicional, según se describe en lo que sigue.

En el modo en anchura, cada disposición alternativa de carga del núcleo es analizada con respecto a la disposición inicial de carga del núcleo. Esto significa que, después de la evaluación de una nueva disposición, y aunque la nueva disposición sea una mejora con respecto a la disposición inicial, la siguiente disposición considerada es una variación de la disposición inicial. Es decir, el procedimiento vuelve a la disposición inicial y selecciona otro emplazamiento del núcleo para cambiarlo. Una vez que todos los emplazamientos del núcleo han sido cambiados, se selecciona entonces la mejor disposición alternativa para un procesamiento adicional, según se describe en lo que sigue.

Una vez que todos los emplazamientos han sido alterados y no se encuentran más mejoras, entonces se generan, 214, disposiciones iniciales aleatorias de carga para su análisis. La disposición más óptima de carga del núcleo identificada hasta este momento en el procedimiento es seleccionada para la comparación con las disposiciones iniciales aleatorias de carga. Se efectúan tales "saltos aleatorios" para identificar potencialmente disposiciones de carga del núcleo no consideradas previamente que pueden ser más óptimas que la disposición más óptima identificada hasta ese momento en el procedimiento. Por ejemplo, un emplazamiento particular del núcleo seleccionado al azar puede tener cambiado su nivel de reactividad. Con tal cambio en el nivel de reactividad en el emplazamiento del núcleo, se reordenan los haces en el núcleo para que el nivel de reactividad del haz coincida con el nivel de reactividad de su emplazamiento asignado del núcleo. Una vez que el núcleo está así dispuesto, el procedimiento vuelve a la etapa 202 para determinar si la disposición del núcleo seleccionada al azar es más óptima que la mejor disposición conocida de carga del núcleo.

El número de saltos aleatorios ejecutados puede ser seleccionado por el operador con base en la cantidad de tiempo disponible para identificar la disposición más óptima de carga del núcleo. El número de saltos aleatorios puede variar, por ejemplo, de solo cinco (5) hasta veinte (20). Si se ha ejecutado el número seleccionado de saltos aleatorios, entonces se selecciona la disposición más óptima de carga del núcleo que satisfaga todas las restricciones de diseño como el mejor caso 216.

El procedimiento descrito en lo que antecede para identificar la disposición óptima de carga del núcleo reduce la cantidad de tiempo requerida para que un ingeniero identifique una disposición de carga del núcleo que optimice la energía de ciclo y satisfaga todas las restricciones de diseño. Se cree, y ello es importante, que tal procedimiento es aplicable a una amplia gama de reactores para identificar de forma sistemática y fiable disposiciones óptimas de carga del núcleo.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento implementado por ordenador para el diseño de una disposición de carga del núcleo para cargar haces de combustible de reactor nuclear en un núcleo de reactor nuclear para optimizar una cantidad de energía, denominada energía de ciclo, que el núcleo del reactor genera antes de que el núcleo necesite ser refrescado, requiriéndose la disposición de carga del núcleo para satisfacer restricciones de diseño predeterminadas relativas a la interacción entre haces de combustible, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
- 5
- asignar (102) a cada haz un valor relativo de reactividad según la reactividad del haz con respecto a la reactividad de los otros haces;
- 10
- asignar (104) a cada emplazamiento del núcleo un valor de reactividad relativo al emplazamiento del núcleo según un nivel de reactividad aceptable en ese emplazamiento del núcleo relativo al nivel de reactividad aceptable en los otros emplazamientos del núcleo;
- asignar (106) valores a cada restricción predeterminada;
- 15
- crear (108) reglas para cada emplazamiento del núcleo del reactor para especificar una dirección en la que cambiar el valor de reactividad relativo al emplazamiento del núcleo para maximizar la energía de ciclo o para satisfacer una restricción predeterminada, o ambos;
- estimular inicialmente (112) una carga del núcleo en la que cada haz es cargado en el emplazamiento del núcleo que tiene un valor de reactividad relativo al emplazamiento del núcleo igual al valor de reactividad relativo al haz de ese haz; e
- 20
- identificar (200) una disposición óptima de carga del núcleo con base en la disposición inicial de carga del núcleo, comprendiendo la identificación (200) de la disposición óptima de carga del núcleo las etapas de:
- (i) para un primer emplazamiento del núcleo,
- (1) determinar (202) si la disposición de carga del núcleo satisface las restricciones de diseño en el emplazamiento del núcleo; y
- 25
- (2) si no se satisface al menos una restricción de diseño en el emplazamiento del núcleo, buscar entonces las reglas para determinar una dirección en la que debería cambiarse el valor de reactividad relativo del emplazamiento del núcleo para satisfacer la restricción (204);
- (3) buscar las reglas para determinar una dirección en la que debería cambiarse el valor de reactividad relativo al emplazamiento del núcleo para mejorar la energía de ciclo (206) si todas las restricciones de diseño son satisfechas en el emplazamiento del núcleo;
- 30
- (4) seleccionar al azar un cambio en el valor de reactividad relativo al emplazamiento del núcleo para el emplazamiento del núcleo si no hay ninguna regla para cambiar el valor de reactividad relativo al emplazamiento del núcleo; y
- (5) determinar los valores de restricción y la energía de ciclo para la disposición de carga del núcleo que resulte de cambiar el valor de reactividad relativo del emplazamiento del núcleo según la dirección determinada por la regla o las reglas o el cambio seleccionado al azar y la reordenación de los haces de combustible, de tal modo que el valor de reactividad relativo al haz coincida con el valor de reactividad relativo al emplazamiento del núcleo, y
- 35
- (ii) repetir las etapas (1) - (5) anteriores para cada emplazamiento del núcleo, usando para ello la disposición cambiada de carga del núcleo si el cambio da como resultado una disposición mejorada de carga del núcleo.
- 40

