

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 683**

51 Int. Cl.:

**G21C 9/004** (2006.01)

**G21C 17/028** (2006.01)

**G21D 3/04** (2006.01)

**G01N 1/22** (2006.01)

**G21C 17/04** (2006.01)

**G21C 17/10** (2006.01)

**G21C 19/303** (2006.01)

**G01N 1/10** (2006.01)

**G01N 1/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2014 PCT/EP2014/055804**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.10.2014 WO14173594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2014 E 14715228 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2989638**

54 Título: **Central nuclear con sistema de monitorización de emisión de un sistema de ventilación**

30 Prioridad:

**25.04.2013 DE 102013207595**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**14.02.2018**

73 Titular/es:

**NEW NP GMBH (100.0%)  
Paul-Gossen-Straße 100  
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**HILL, AXEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 654 683 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**

Central nuclear con sistema de monitorización de emisión de un sistema de ventilación

La invención se refiere a una central nuclear con un sistema de ventilación y con un sistema de monitorización de emisión para el sistema de ventilación.

5 Una central nuclear de este tipo con las características del preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento US 5 267 282 A. Otras centrales nucleares con sistemas de monitorización de emisión o sistemas de toma de muestra se conocen por los documentos US 2008 / 175345 A1 o JP 2012 / 230057 A.

10 En un caso de accidente grave (en inglés, *severe accident*) de una central nuclear puede producirse, además de la liberación de vapor, la liberación de cantidades grandes de hidrógeno, en particular mediante la reacción de circonio-agua conocida. Sin contramedidas eficaces no deben excluirse mezclas explosivas (también aptas para detonación) que ponen en peligro la contención en el caso de una reacción no controlada. Además, en particular en el caso de una relativamente pequeña contención del reactor de agua en ebullición inertizada (típicos volúmenes de 5.000 a 15.000 m<sup>3</sup>), mediante la liberación del hidrógeno no condensable junto con vapor se produce un rápido aumento de presión que puede superar la presión de diseño y llegar hasta la presión de fallo de la contención.

15 Para impedir un fallo por sobrepresión de la contención, las instalaciones están equipadas desde hace algún tiempo con una descarga de presión filtrada. A pesar de la filtración, en el caso de la descarga de presión en un cierto perímetro se produce una liberación de radioactividad al entorno. Esta liberación se mide y se registra habitualmente por un sistema de monitorización de emisión. Los datos recogidos se usan para informar a la población y para obtener medidas contra accidentes.

20 Los sistemas de monitorización de emisión instalados actualmente necesitan para la operación un aporte de energía considerable desde el punto de vista cuantitativo para calentar los conductos de toma de muestra para evitar la condensación y el depósito de aerosoles. Además, se necesita energía para el transporte de muestras hacia los filtros y la operación de los analizadores. El abastecimiento de energía (aproximadamente 4 - 8 KW) puede asegurarse actualmente solo a través de la red de diésel de corriente de emergencia. Un suministro exclusivo deseable a través de baterías es difícil de realizar debido a la capacidad de batería requerida. Requeriría concretamente un elevado gasto en baterías y espacio. Además, las instalaciones tienen que cualificarse para cargas sísmicas, lo que es costoso debido a los motores diésel y a los correspondientes tanques de combustible y espacios de colocación. Los sistemas instalados actualmente no están disponibles para la monitorización, o solo de manera limitada, en caso de accidentes con una avería total del abastecimiento de energía interno de la central (en inglés, SBO = *Station Blackout*).

La presente invención tiene por objetivo proporcionar remedios a este respecto e indicar una central nuclear con un sistema de monitorización de emisión del tipo mencionado al principio que esté diseñada con una gran fiabilidad, disponibilidad y calidad de los resultados de medición para un consumo especialmente bajo de energía eléctrica.

El objetivo se soluciona de acuerdo con la invención mediante las características de la reivindicación 1.

35 Las configuraciones y perfeccionamientos ventajosos del concepto fundamental son objeto de las reivindicaciones dependientes así como de la siguiente descripción detallada.

40 Con el sistema de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo una monitorización de emisión también en caso de eventos SBO. El sistema de monitorización de emisión reivindicado usa de manera ventajosa el contenido de energía termohidráulica de la corriente del gas de escape de ventilación para el transporte de muestras y el autocalentamiento del medio para evitar la condensación en los conductos de toma de muestra. El concepto de abastecimiento de energía optimizado posibilita un tamponaje de batería desde la avería del abastecimiento de corriente de operación normal hasta el abastecimiento de energía pasivo tras el inicio del procedimiento de ventilación de contención.

Se resumen las ventajas esenciales desde el punto de vista del usuario u operario:

- 45 • Ejecución autónoma de tareas de medición y monitorización en lo que respecta a emisiones gaseosas (monitorización de gas de escape) también en el caso de SBO.
- Están disponibles informaciones sobre la liberación de actividad también en el caso de SBO.
- Existen informaciones sobre la derivación de medidas contra accidentes.
- Bajo consumo de energía para la operación de los monitores en línea (yodo, aerosol, gases nobles).
- 50 • El abastecimiento de energía mediante colectores de batería es posible.
- Se requiere una baja capacidad de batería.
- Baja necesidad de espacio para el abastecimiento de energía del sistema.
- El sistema de monitorización de emisión toma una muestra representativa que es proporcional al índice de flujo del sistema de ventilación.
- 55 • Una regulación del flujo de muestra puede omitirse.
- Puede omitirse un encendido activo de la extracción de muestra, dado que la toma de muestra se efectúa de

manera que se autorregula pasivamente mediante la corriente de ventilación.

Varios ejemplos de realización de la invención se explican en más detalle a continuación mediante los dibujos. A este respecto, muestran respectivamente en una representación fuertemente simplificada y esquematizada:

- 5 la Figura 1 un diagrama esquemático de un sistema de monitorización de emisión para un sistema de ventilación de una central nuclear en una primera variante y
- la Figura 2 un diagrama esquemático de un sistema de monitorización de emisión para un sistema de ventilación de una central nuclear en una segunda variante.

Las piezas iguales o del mismo efecto están dotadas en ambas figuras de las mismas referencias.

10 El sistema de monitorización de emisión 2 representado en la Figura 1 en una visión esquemática sirve para medir y monitorizar las emisiones principalmente gaseosas que se liberan en el caso de una denominada ventilación de una central nuclear 4 al entorno, en particular en lo que respecta a su actividad radiológica.

15 Se denomina ventilación en este contexto la disminución de presión controlada dentro del recipiente de seguridad 6 de una central nuclear 4, también denominada contención, representada aquí esquemáticamente y por cortes, en caso de accidentes graves con liberación masiva de vapor y gas dentro del recipiente de seguridad 6 con sobrepresión correspondientemente elevada en comparación con la atmósfera del entorno exterior. A este fin, un conducto de descarga de presión 8, también denominado conducto de ventilación, se guía hacia fuera del recipiente de seguridad 6, que en la operación normal de la central nuclear 4 está cerrado por una llave de cierre 10. Para la conducción de la descarga de presión se abre la llave de cierre 10, de modo que se configura a lo largo de la dirección de flujo 12 una corriente de descarga de presión principalmente gaseosa, que se libera a través de una chimenea 14 o similar al entorno. De esta manera se disminuye la sobrepresión en la contención a valores no críticos.

20 Para mantener lo más baja posible una contaminación del entorno durante la ventilación, están conectados en particular aguas arriba, dado el caso también aguas abajo de la sección del conducto de descarga de presión 8 seleccionada aquí ampliada, habitualmente distintos equipos de filtrado y/o de lavado, en particular filtros de secado, depuradores húmedos y/o filtros de sorbente, para la corriente de descarga de presión, denominada también corriente de ventilación, en el conducto de descarga de presión 8. Se habla de ventilación de contención filtrada. Los equipos de este tipo (no representados) están diseñados para una restricción extensa de actividades radioactivas contenidas en la corriente de ventilación, en particular en forma de gases nobles, yodo y compuestos de yodo así como aerosoles. La totalidad de todos los componentes previstos para la operación de la ventilación se denomina también sistema de ventilación 16.

25 No obstante, no puede excluirse totalmente que en determinados escenarios de accidente escapen cantidades de actividad significativas junto con la corriente de ventilación al entorno, en particular en caso de instalaciones antiguas con equipos de retención insuficientes. En este caso amenaza una contaminación al menos temporal del terreno de la central, que debería tenerse en cuenta al planificar y coordinar medidas de rescate. A este fin, está previsto el sistema de monitorización de emisión 2, que extrae una muestra de gas a partir de la corriente de ventilación y la suministra a un número de analizadores 18. Los analizadores 18 que trabajan preferentemente en una operación de flujo continuo realizan con preferencia en tiempo real ("monitorización en línea") o en todo caso rápidamente una medición del contenido actual de gases nobles, yodo y compuestos de yodo así como aerosoles en la muestra de gas y/o determinan la actividad radiológica que se debe a estos componentes. Además, pueden integrarse, por ejemplo, analizadores de gas para determinar la concentración de hidrógeno en el tramo de análisis 20.

30 En concreto está guiado para ello un conducto de extracción de muestra, o en forma abreviada conducto de toma de muestra 22, hacia fuera del conducto de descarga de presión 8 que guía la corriente de ventilación y conectado a un tramo de análisis 20 dispuesto por fuera del conducto de descarga de presión 8 o unido con el mismo. Por el lado de la entrada, el conducto de toma de muestra 22 está dotado de una boquilla de extracción 24 o sonda dispuesta dentro del conducto de descarga de presión 8, que presenta una abertura de admisión 26 que se adentra en la corriente de ventilación. Como alternativa se considera también una derivación de conducto sencilla desde el conducto de descarga de presión 8. De esta manera se suministra, por tanto, una parte de la corriente de ventilación como corriente de muestra en dirección de flujo 27 por el conducto de toma de muestra 22 al tramo de análisis 20.

35 El tramo de análisis 20 está equipado aquí en el ejemplo de realización con varios analizadores 18 en tiempo real ya mencionados, y en concreto un analizador de aerosol 28, un analizador de yodo o de compuestos de yodo 30, un analizador de gas noble 32 y un analizador de hidrógeno 34, que trabajan todos según el principio de flujo continuo y están conectados en fila de acuerdo con el flujo. Se entiende que pueden estar previstos analizadores 18 diferentes y/o adicionales, y que como alternativa a la conexión en fila puede estar realizada una conexión en paralelo de analizadores 18 o una combinación de ambas topologías de conducto. Para ello están presentes dado el caso ramificaciones de conducto y agrupaciones correspondientes.

40 Adicionalmente/como alternativa pueden estar colocados directamente sobre/en el conducto de descarga de presión 8 analizadores de este tipo para una monitorización en línea, en particular en lo que respecta a componentes de

yodo y de aerosol de la corriente de ventilación. En el conducto de descarga de presión 8, con preferencia en su sección de baja presión 76 (véase abajo), se encuentra para ello, por ejemplo, una pieza de extensión con un espesor de pared reducido (aproximadamente 3 mm), para aumentar mediante la protección reducida la sensibilidad del monitor de aerosol/de yodo 112 colocado en el lado exterior.

5 Los analizadores 18 transmiten aquí en el ejemplo de realización los datos de medición registrados a través de correspondientes conductos de señal 36 a una unidad de control y (pre) evaluación 38 conjunta, que puede estar instalada por ejemplo en una sala de emergencias de la central nuclear 4. Como alternativa pueden estar instaladas varias unidades de evaluación descentralizadas. En ciertas circunstancias, la función de esta unidad puede estar limitada a una recopilación de datos y dado el caso una elaboración de datos, de modo que la propia evaluación se efectúa en una unidad posconectada, aquí no representada. Adicionalmente puede estar prevista una transmisión a distancia de datos de medición brutos y/o elaborados mediante telemetría o similar a una estación de observación externa.

15 El abastecimiento de corriente de la unidad de control y de evaluación 38 y, en caso necesario, de los analizadores 18 individuales se efectúa en caso de un autoabastecimiento de corriente intacto de la central nuclear 4 a través de la red eléctrica de instalación 40 habitual y, en caso de fallo, a través de una red eléctrica de emergencia 42 independiente, que se activa preferentemente según el principio de un abastecimiento de corriente ininterrumpida (USV) en caso necesario. La red eléctrica de emergencia se alimenta preferentemente mediante baterías/acumuladores 44 recargables, que se cargan posteriormente en caso de una red eléctrica de instalación 40 intacta a través del mismo, aunque también puede presentar una unidad de celda de combustible y/o un grupo diésel.

25 En el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 1, en conexión en paralelo de acuerdo con el flujo con respecto al tramo de análisis 20 está conectado un tramo de filtro 46 con un número de filtros/colectores 48 al conducto de toma de muestra 22. Está equipado, por ejemplo, con un filtro de aerosol 50 y un filtro de yodo/filtro de compuesto de yodo 52. El tramo de filtro 46 se atraviesa, por tanto, por una corriente parcial de la corriente de muestra extraída a través del conducto de toma de muestra 22. Para los filtros/colectores 48 del tramo de filtro 46 no está prevista ninguna medición en línea; más bien pueden extraerse durante la operación de ventilación o al menos después de la atenuación del accidente y se examinan en lo que respecta a los portadores de actividad retenidos. Incluso en el caso de un fallo total de los analizadores en línea 18 es posible, por tanto, aún una documentación resumida, posteriormente evaluable, de las emisiones liberadas mediante la ventilación.

30 Adicionalmente o como alternativa a los filtros mencionados pueden estar conectados, por ejemplo, filtros/colectores para H-3 (tritio) y C-14 (carbono) en el tramo de filtro 46.

35 Además, en conexión en paralelo de acuerdo con el flujo con respecto al tramo de análisis 20 y con respecto al tramo de filtro 46 está presente un tramo de derivación 54. Por el lado de salida desembocan todos los conductos parciales en un conducto de colección o conducto de retorno de muestra 56 conjunto, en el que está conectada adicionalmente aguas abajo una bomba de aspiración 58 o bomba de vacío descrita aún en más detalle más adelante. Como alternativa a la nomenclatura elegida en este caso, podría denominarse también toda la red de conducción del sistema de toma de muestra y de análisis entre la boquilla de extracción 24 y la bomba de aspiración 58 de manera simplificada conducto de toma de muestra. Esta nomenclatura alternativa se usa más adelante en relación con la Figura 2, entre otras cosas porque ahí pueden diferenciarse conceptualmente menos conductos parciales o secciones de conducto.

45 Para el ajuste o el control o la regulación de las distintas corrientes parciales están presentes con preferencia varias válvulas de cierre y regulación en la red de conducto del sistema de toma de muestra. Por un lado, aguas arriba de las ramificaciones en el tramo de derivación 54, el tramo de filtro 46 y el tramo de análisis 20 está presente una válvula de cierre 60 ajustable, con la que puede ajustarse en conjunto el flujo continuo por el conducto de toma de muestra 22, es decir, la corriente de muestra. Por otro lado, los conductos que derivan desde el conducto de toma de muestra 22, que forman los denominados tramos funcionales 20, 46, 54, están equipados de por sí con válvulas de regulación 62 para el ajuste de las respectivas corrientes parciales. Estas válvulas de regulación 62 están dispuestas en este caso, en el ejemplo de realización, aguas abajo de las unidades funcionales, es decir, aguas abajo de los filtros/colectores 48 y de los analizadores 18. Adicionalmente o como alternativa pueden estar dispuestas válvulas de regulación o de cierre de este tipo aguas arriba de las unidades funcionales, de modo que dado el caso uno o varios conductos parciales, en una operación en curso, de acuerdo con el flujo pueden estar desacoplados del conducto de toma de muestra 22, por ejemplo para trabajos de mantenimiento y de reemplazo y para la inspección de los filtros/colectores 48. En un diseño especialmente sencillo del sistema puede prescindirse, no obstante, también en gran medida o incluso completamente de válvulas de regulación o de cierre, por lo que la susceptibilidad a errores y el esfuerzo de control se reducen. En particular, al prescindirse de la válvula de cierre 60 puede omitirse un encendido activo de la extracción de muestra, dado que la toma de muestra se efectúa entonces de manera que se autorregula pasivamente mediante la corriente de ventilación y, por tanto, se activa automáticamente.

60 Además, la válvula de cierre 60 puede estar configurada en el conducto de toma de muestra 22 como se indica en la Figura 1 como válvula de 3 vías con una conexión de conducto adicional, concretamente para un conducto de gas

5 inerte 64 o un conducto de gas de purga. Por ejemplo, puede conducirse, con ello, en caso de necesidad, un gas  
 10 inerte o gas de purga, en particular nitrógeno N<sub>2</sub>, desde un recipiente de almacenamiento 66 que está bajo presión,  
 por ejemplo una botella de gas a presión, al interior del conducto de toma de muestra 22 y añadirse a la corriente de  
 muestra. En caso de una posición de válvula elegida correspondientemente de la válvula de 3 vías 60 puede  
 conducirse también exclusivamente el gas inerte o gas de purga por la subsiguiente sección del conducto de toma  
 de muestra 22. De manera similar, los conductos parciales individuales de los tramos funcionales pueden presentar  
 conexiones de conducto 67 para gases inertes, gases de purga o también reactivos que van a alimentarse en caso  
 necesario para el acondicionamiento químico de la respectiva corriente parcial. Un control o una regulación de las  
 válvulas determinantes se efectúa preferentemente a través de la unidad de control 18 central, subsidiariamente de  
 manera manual.

Para una medición lo más fiable posible de las actividades de interés y composiciones de gas deben evitarse en la  
 medida de lo posible una condensación de porciones vaporosas en la corriente de muestra y una deposición de  
 aerosoles en el camino a los filtros/colectores 48 del tramo de filtro 46 y los analizadores 18 del tramo de análisis 20.

15 A este fin, en la operación en espera del sistema de monitorización de emisión 2, es decir, en la operación normal de  
 la central nuclear 4, está previsto de por sí un calentamiento previo del conducto de toma de muestra 22 y de los  
 conductos parciales que guían a los filtros 48 y analizadores 18 al menos en secciones de conducto seleccionados y  
 dado el caso a los filtros 48 y analizadores 18. Este calentamiento en espera está realizado en el sistema de  
 monitorización de emisión 2 de acuerdo con la Figura 1 mediante una calefacción eléctrica por trazas de tubo, que  
 20 se somete normalmente por la red eléctrica de instalación 40 habitual de la central nuclear 4 a corriente de  
 operación. Las espirales de calefacción/los elementos de calefacción 68 correspondientes situados alrededor de  
 conductos de tubo o integrados en las paredes de tubo están indicados en la Figura 1 solo de manera ejemplar en  
 algunos puntos de la red de conducción. La potencia calorífica de todo el sistema de calefacción está diseñada a  
 una temperatura que debe garantizarse de la corriente de muestra por encima de la temperatura de punto de rocío  
 que debe esperarse durante la operación de medición (aproximadamente > 150 – 200 °C).

25 En una denominada situación de apagón de estación con fallo de la red eléctrica de instalación 40 habitual, que  
 existe típicamente justo durante la activación o durante la operación del sistema de monitorización de emisión 2, la  
 red eléctrica de emergencia 42 ya mencionada basándose en una unidad de batería, una unidad de celda de  
 combustible o un grupo diésel asume al menos al principio el abastecimiento de corriente del calentamiento de tubo  
 eléctrica y, con ello, la compensación de las pérdidas de calor inevitables durante el transporte de la muestra.

30 Para mantener las pérdidas de calor lo más bajas posible (aproximadamente < 500 W), el conducto de toma de  
 muestra 22, los conductos parciales que derivan del mismo hacia las unidades funcionales (filtros/colectores 48 y  
 analizadores 18) y las propias unidades funcionales están dotadas en la medida de lo posible, al menos no obstante  
 en algunas secciones y zonas relevantes, de un aislamiento térmico, en particular en forma de una envoltura de  
 aislamiento 70, que está indicado en la Figura 1 únicamente en algunos puntos esquemáticamente. Además, se  
 35 efectúa con preferencia un uso de materiales que son malos conductores del calor en la zona de las paredes del  
 tubo o paredes de la carcasa.

40 Para evitar el depósito de aerosol en las paredes de la trayectoria del flujo se realizan el conducto de toma de  
 muestra 22 y los conductos parciales que derivan del mismo hacia las unidades funcionales preferentemente con  
 revestimiento de teflón o revestimiento de aluminio del lado interior o en acero inoxidable electropulido,  
 hidráulicamente liso.

45 Para mantener los requisitos de capacidad del abastecimiento de corriente de emergencia 42 o de sus  
 acumuladores de energía lo más bajos posible y a pesar de ello asegurar un transporte de muestra fiable hacia los  
 módulos funcionales impidiendo condensación de vapor, está prevista una serie de medidas que realizan el diseño  
 del sistema de monitorización de emisión 2 de acuerdo con la Figura 1 hacia un sistema en gran medida pasivo o  
 semipasivo (la unidad de evaluación y de control 38 y los analizadores 18 necesitan naturalmente en un caso normal  
 una cierta cantidad de corriente eléctrica, de modo que puede realizarse solo difícilmente una pasividad completa en  
 el sentido de un desacoplamiento completo de la red eléctrica de emergencia 42 en esta variante). Estas medidas se  
 describen ahora en detalle.

50 Por un lado, en el conducto de descarga de presión 8 que guía la corriente de ventilación está dispuesta una sección  
 de estrangulación, aquí en el diseño de un diafragma de estrangulación 72. Aguas arriba del diafragma de  
 estrangulación 72, la presión de gas se corresponde aproximadamente con la presión interior de la contención de la  
 central nuclear 4 del comienzo de la ventilación, típicamente de 3 a 6 bar absolutos, dado el caso reducida por una  
 caída de presión de hasta 1 o 2 bar en las secciones de conducto preconectadas de acuerdo con el flujo incluidas  
 unidades de filtro y/o de lavado. Mediante el diafragma de estrangulación 72 se efectúa una reducción de presión a  
 55 aproximadamente la presión del entorno de alrededor de 1 bar absoluto. Se puede hablar, por tanto, de una sección  
 de alta presión 74 del conducto de descarga de presión 8 aguas arriba del diafragma de estrangulación 72 y una  
 sección de baja presión 76 aguas abajo del diafragma de estrangulación 72.

Mediante el estrangulamiento se efectúa un secado y sobrecalentamiento pasivos de la corriente de ventilación, de  
 modo que durante la operación de toma de muestra, cuando la válvula de cierre 60 está abierta, en el conducto de

toma de muestra 22 mediante la boquilla de extracción 24 dispuesta preferentemente aguas abajo del diafragma de estrangulación 72 se conduce una muestra sobrecalentada al interior del conducto de toma de muestra 22, cuya proporción de vapor posee ya una distancia de punto de rocío suficiente (con humedad relativa < 1).

5 Además, mediante una bomba de aspiración 58 conectada en el conducto de colección 56 que guía alejándose de los filtros 48 y los analizadores 18 se genera una presión inferior que acciona o favorece el transporte de muestra en las secciones aguas arriba del sistema de conducción previsto para la toma de muestra y el análisis. Debido a la presión inferior se guía la proporción de vapor en la corriente de muestra mediante la relajación isentálpica hacia el área de sobrecalentamiento del diagrama de fase que describe la termodinámica. La temperatura de punto de rocío se disminuye en este sentido por debajo de la temperatura de vapor saturado delante del diafragma de estrangulación 72. Mediante el conducto de toma de muestra 22 calentado ahora con un medio propio relajado de manera isentálpica, incluido el tramo de filtro 46 así como el tramo de análisis 20, puede desactivarse completamente el calentamiento eléctrico y quitarse del balance energético. La extracción de muestra así como el calentamiento se efectúan ahora tras una breve fase de puesta en marcha inicial, en la cual el calentamiento eléctrico puede seguir estando conectado de manera complementaria en determinadas circunstancias - de manera completamente pasiva durante todo el procedimiento de ventilación.

15 La bomba de aspiración 58 puede ser en principio una bomba accionada eléctricamente que se abastece con corriente de operación a través de la red eléctrica de instalación 40 o la red eléctrica de emergencia 42 de la central nuclear 4. No obstante, en el sentido del diseño del sistema pasivo deseado es especialmente ventajoso que se accione mediante la energía de flujo existente de la corriente de ventilación en el conducto de descarga de presión 8, como está presente en particular en su sección de alta presión.

20 A este fin, la bomba de aspiración 58 del sistema de monitorización de emisión 2 de acuerdo con la Figura 1 está realizada como bomba inyectora 78, a veces también denominada bomba de propulsión o eyector. Como agente de propulsión se extrae una corriente parcial de la corriente de ventilación a partir de la sección de alta presión 74 - es decir, a partir de la sección aguas arriba del diafragma de estrangulación 72 - del conducto de descarga de presión 8 de la central nuclear 4. Esto significa que un conducto de alimentación de agente de propulsión 80 resistente a la presión está guiado desde la sección de alta presión 74 del conducto de descarga de presión 8 hacia la conexión de agente de propulsión 82 de la bomba inyectora 78, que se atraviesa en dirección de flujo 83. La abertura de admisión 84 del conducto de alimentación de agente de propulsión 80 puede estar configurada, como se indica en la Figura 1, como derivación sencilla del conducto de descarga de presión 8 o, al igual que en el diseño preferente del conducto de toma de muestra 22, como boquilla de extracción que se adentra en el canal de flujo.

25 El conducto de colección o conducto de retorno de muestra 56 para la corriente de muestra por el lado de la salida del tramo de filtro 46, del tramo de análisis 20 y dado el caso del tramo de derivación 54 del sistema de conducción de toma de muestra está conectado a la conexión de aspiración 86 o tubuladura de aspiración de la bomba inyectora 78. A la conexión de salida 88 de la bomba inyectora 78 está conectado un conducto de salida o conducto de retorno 90, que en un diseño preferente en el otro extremo, el extremo de escape 91, está guiado de retorno hacia el conducto de descarga de presión 8, y concretamente en su sección de baja presión 76 aguas abajo del diafragma de estrangulación 72, en particular aguas abajo de la boquilla de extracción 24 del conducto de toma de muestra 22.

30 La bomba inyectora 78 puede estar realizada en un tipo de construcción convencional y puede presentar en la admisión de agente de propulsión una boquilla de propulsión 92, más aguas abajo una cámara de mezcla 94, en la que el chorro de agente de propulsión incide en el agente de aspiración aspirado desde la región perimetral, y por el lado de la salida un difusor 96 óptimo para una recuperación de presión parcial, como se indica en el detalle D de la Figura 1. Como alternativa es posible también un diseño del tipo de una boquilla Venturi 97 sencilla, en cuyo punto de constricción o garganta 98 de la conexión de aspiración 86 está configurado como abertura en la pared de tubo. Un diseño de este tipo está representado en el detalle E de la Figura 2 (la envoltura opcional del conducto de toma de muestra 22, reproducida ahí adicionalmente, mediante un tubo envolvente se describe más adelante de manera más exacta).

35 De acuerdo con el principio funcional conocido de la bomba inyectora 78 se genera en su sección de boquilla o garganta 98 mediante la transformación de energía de presión en velocidad de flujo una presión inferior para la aspiración de la corriente de muestra. La corriente de muestra aspirada se arrastra principalmente debido a la transmisión de impulso por la corriente de agente de propulsión y se mezcla, a este respecto, con la misma. La mezcla originada, que se encuentra a una presión relativamente baja, de agente de propulsión y agente de aspiración, aquí en ambos casos corrientes parciales de la corriente de ventilación - abandona entonces la bomba inyectora 78 a través de su conexión de salida 88 y el conducto de retorno 90 conectado a la misma y se junta, como ya se describe antes, de manera ventajosa de nuevo con la corriente de ventilación restante y junto con esta se libera al entorno. La extracción de muestra y el transporte de muestra se efectúan, por tanto, de manera completamente pasiva mediante la energía de flujo existente de la corriente de ventilación, asegurándose además un sobrecalentamiento pasivo de la corriente de muestra.

40 La variante del sistema de monitorización de emisión 2 representada en la Figura 2 se diferencia como sigue de la variante representada en la Figura 1:

Por un lado, en este caso no está prevista una monitorización efectuada en línea de aerosol/de yodo. Por tanto, el tramo de análisis 20 se omite. El tramo de derivación 54 tampoco está presente. Únicamente el tramo de filtro 46 está realizado con filtros de aerosol 50 y/o filtros de yodo 52. En lugar de un sistema de monitorización de emisión 2 puede hablarse en esta variante también de un sistema de documentación de emisión. Las modificaciones de este tipo podrían estar realizadas naturalmente también en la variante de acuerdo con la Figura 1.

Además, ahora todo el conducto de toma de muestra 22 está guiado de la boquilla de extracción 24 a través del filtro de aerosol 50 y/o filtro de yodo 52 hasta la conexión de aspiración 86 de la bomba inyectora 78 en un tubo envolvente 100 de recubrimiento, de modo que el espacio intermedio entre la pared exterior del tubo de toma de muestra 102 y la pared interior del tubo envolvente 100 puede atravesarse por un medio de calefacción. El tubo de toma de muestra 102 se realiza en esta realización de manera conveniente con un material altamente termoconductor (por ejemplo, aluminio), mientras que el tubo envolvente 100 es con preferencia un mal conductor térmico y/o está dotado de una cubierta de aislamiento térmico 104 para favorecer, por un lado, la transmisión de calor del medio de calefacción a la corriente de muestra y, por otro lado, minimizar la emisión de calor al entorno exterior.

Como medio de calefacción se deriva de manera ventajosa una corriente parcial de la corriente de ventilación desde el conducto de ventilación 8. A este fin, el tubo envolvente 100 presenta, por ejemplo, como se representa en el detalle F, en la zona de la boquilla de extracción 24 del conducto de toma de muestra 22 una abertura de admisión 106 anular para el gas de ventilación comparativamente caliente. En esta realización puede calentarse ya, por tanto, la boquilla de extracción 24. El gas de ventilación que actúa como medio de calefacción atraviesa a continuación el espacio intermedio entre el tubo de toma de muestra 102 y el tubo envolvente 100 en la corriente paralela con respecto a la corriente de muestra y causa así el sobrecalentamiento deseado de la muestra en el conducto de toma de muestra 22, incluida la sección de filtro contenida en el mismo con los filtros/colectores 48. Aguas abajo de la sección de filtro se reúnen de manera conveniente la corriente de calefacción y la corriente de muestra, por ejemplo como se representa en el detalle E mediante un paso 108 en forma de ranura en la pared de tubo del tubo de toma de muestra 102, y tras la mezcla mutua/mezclándose mutuamente se aspiran juntos en la conexión de aspiración 86 de la bomba inyectora 78. Para evitar el flujo de retorno indeseado al interior del tubo de toma de muestra 102 puede estar dispuesto aguas arriba del paso 108 un diafragma de estrangulación 109 en el tubo de toma de muestra 102.

En particular, de la manera descrita, cuando el conducto de toma de muestra 22 aún está cerrado, en la operación de espera del sistema de monitorización de emisión 2, puede efectuarse un precalentamiento del conducto de toma de muestra 22 mediante una aspiración meramente pasiva de la corriente de gas de ventilación caliente a través del tubo envolvente 100. También más tarde en la propia operación de toma de muestra, cuando el conducto de toma de muestra 22 está abierto, se conserva este calentamiento. Puede prescindirse completamente de un precalentamiento eléctrico del conducto de toma de muestra 22, que se indica en la Figura 2 mediante elementos de calefacción 110 opcionales, en el caso de un diseño y dimensionamiento adecuados de las relaciones de flujo y de temperatura.

Un diseño de este tipo del calentamiento de tubo con tubos envolventes 100, que se atraviesan por el gas de ventilación, es posible en principio también en el caso de la variante de sistema compleja de acuerdo con la Figura 1, al menos para conductos parciales individuales. Una cobertura completa de la demanda de calefacción de esta manera es difícil de conseguir, no obstante, incluso en lo que respecta al tramo de análisis 20. Debido a la pluralidad de ramificaciones de tubo y uniones, el esfuerzo constructivo también sería considerable ahí, de modo que este diseño se ofrece más bien para sistemas simples como en la Figura 2.

Como ya se mencionó, pueden implementarse distintas combinaciones de los componentes individuales y tramos parciales presentes en la Figura 1 y la Figura 2. El registro de medición en línea se centra en particular en los gases nobles radiactivos emitidos. El analizador de gas noble 32 dispuesto de manera ventajosa en el tramo de análisis 20 presenta a este fin, por ejemplo, un sensor gamma robusto. Los valores de medición, recogidos con preferencia continuamente por el analizador de gas noble 32 y transmitidos en línea, posibilitan extraer conclusiones sobre las corrientes másicas y la concentración de los gases nobles contenidos en la corriente de ventilación y sobre los correspondientes índices de actividad específicos de nucleidos. De este modo, puede detectarse entonces en el sentido de un cálculo aproximado basado en modelos o simulación rápidamente (idealmente, casi en tiempo real) la cantidad de los aerosoles y componentes de yodo radiactivos contenidos en la corriente de ventilación así como su contribución a la liberación de actividad, sin tener que llevar a cabo para estos componentes de por sí una monitorización en línea. Para ello se dispone de sofisticados programas de simulación y similares que tienen en cuenta el tipo de reactor respectivo. Esto significa que los analizadores de aerosol 28 que trabajan en línea y los analizadores de yodo 30 de la Figura 1 pueden omitirse dado el caso sin que tengan que aceptarse pérdidas significativas en lo que respecta a la calidad del análisis.

No obstante, durante la ventilación puede efectuarse una colección de muestras representativa en lo que respecta a los componentes de aerosol y de yodo así como dado el caso H-3 y C-14 en los filtros/colectores 48 del tramo de filtro 46, que están diseñados para temperaturas y presiones correspondientemente elevadas de la corriente de muestra y, por tanto, son robustos. Al terminar el procedimiento de ventilación puede efectuarse entonces una evaluación de las actividades colectadas en un laboratorio (en particular para documentar o preservar pruebas de

emisiones de actividad). Mediante esta posterior evaluación puede darse el caso una corrección de los valores de medición captados en línea anteriormente y/o de los índices de actividad y de emisión específicos de nucleido calculados mediante modelos. De este modo se tiene en cuenta también el hecho de que los isótopos radiactivos de larga duración, tales como por ejemplo I-131 o Cs-137, especialmente importantes para la valoración del impacto medioambiental, puedan ser difíciles de captar directamente por técnica de medición durante la ventilación, ya que los productos de degradación de gases nobles de corta duración, tales como Rb-88 o Cs-138, dominan con respecto a la radiación la corriente de ventilación en este momento.

#### Lista de referencias

2	sistema de monitorización de emisión
4	central nuclear
6	recipiente de seguridad/contención
8	conducto de descarga de presión/conducto de ventilación
10	llave de cierre
12	dirección de flujo
14	chimenea
16	sistema de ventilación
18	analizador
20	tramo de análisis
22	conducto de toma de muestra
24	boquilla de extracción
26	abertura de admisión/desembocadura de admisión
27	dirección de flujo
28	analizador de aerosol
30	analizador de yodo
32	analizador de gas noble
34	analizador de hidrógeno
36	conducto de señal
38	unidad de control y/o de evaluación
40	red eléctrica de instalación
42	red eléctrica de emergencia
44	batería/acumulador
46	tramo de filtro
48	filtro/colector
50	filtro de aerosol
52	filtro de yodo
54	tramo de derivación
56	conducto de colección/conducto de retorno de muestra
58	bomba de aspiración
60	válvula de cierre/válvula de 3 vías
62	válvula de regulación
64	conducto de gas inerte/conducto de gas de purga
66	recipiente de almacenamiento
67	conexión de conducto
68	espiral de calefacción/elemento de calefacción
70	envoltura de aislamiento
72	diafragma de estrangulación
74	sección de alta presión
76	sección de baja presión
78	bomba inyectora
80	conducto de alimentación de agente de propulsión
82	conexión de agente de propulsión
83	dirección de flujo
84	abertura de admisión
86	conexión de aspiración
88	conexión de salida
90	conducto de retorno
91	extremo de escape/desembocadura de escape
92	boquilla de propulsión
94	cámara de mezcla
96	difusor
97	boquilla Venturi
98	garganta
100	tubo envolvente
102	tubo de toma de muestra



	104	cubierta de aislamiento térmico
	106	abertura de admisión
	108	paso
	109	diafragma de estrangulación
5	110	elemento de calefacción
	112	monitor de aerosol/de yodo
	M	monitorización en línea
	N <sub>2</sub>	nitrógeno
10	D, E, F	detalles

**REIVINDICACIONES**

1. Central nuclear (4) con una contención (6), un sistema de ventilación (16) y un sistema de monitorización de emisión (2) para el sistema de ventilación (16), con
- 5
- un conducto de descarga de presión (8) conectado a la contención (6) con una sección de alta presión (74) y una sección de baja presión (76),
  - un conducto de toma de muestras (22) que desemboca por el lado de la admisión en el conducto de descarga de presión (8) y guiado desde ahí hacia un tramo funcional (20, 46) que puede ser atravesado por una corriente de muestra,
- 10 **caracterizada porque** el conducto de toma de muestras (22) desemboca por el lado de la admisión en la sección de baja presión (76) del conducto de descarga de presión (8), y por la presencia
- de una bomba inyectora (78) con una conexión de agente de propulsión (82), una conexión de aspiración (86) y una conexión de salida (88),
  - de un conducto de alimentación de agente de propulsión (80) que desemboca por el lado de la admisión en la sección de alta presión (74) del conducto de descarga de presión (8) y guiado desde ahí hacia la bomba inyectora (78) y unido a la conexión de agente de propulsión (82) y
  - de un conducto de retorno de muestras (56) guiado del tramo funcional (20, 46) a la bomba inyectora (78) y unido a la conexión de aspiración (86).
- 15
2. Central nuclear (4) según la reivindicación 1, estando un conducto de retorno (90) guiado de la conexión de salida (88) de la bomba inyectora (78) a la sección de baja presión (76) del conducto de descarga de presión (8) y desembocando ahí al interior por el lado de escape.
- 20
3. Central nuclear (4) según la reivindicación 2, estando dispuesta la desembocadura de escape (91) del conducto de retorno (90) en dirección de flujo (12) de la corriente de ventilación, visto en el conducto de descarga de presión, (8) detrás de la desembocadura de admisión (84) del conducto de toma de muestra (22).
- 25
4. Central nuclear (4) según una de las reivindicaciones 1 a 3, estando guiado el conducto de toma de muestra (22), y dado el caso el conducto de retorno de muestra (56), en un tubo envolvente (100) que puede ser atravesado por un medio de calefacción.
- 30
5. Central nuclear (4) según la reivindicación 4, estando creado el tubo envolvente (100) de tal modo que una corriente parcial desviada de la corriente de ventilación es efectiva en el conducto de descarga de presión (22) como medio de calefacción.
- 35
6. Central nuclear (4) según la reivindicación 5, estando dirigido el medio de calefacción en la corriente paralela hacia la corriente de muestra.
7. Central nuclear (4) según una de las reivindicaciones anteriores, estando dispuesto el tramo funcional (20, 46) por fuera del conducto de descarga de presión (22).
8. Central nuclear (4) según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el tramo funcional un tramo de filtro (46) con un filtro de aerosol (50) y/o un filtro de yodo (52).
9. Central nuclear (4) según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el tramo funcional un tramo de análisis (20) con un número de analizadores en línea (18) del grupo analizador de aerosol (28), analizador de gas noble (32), analizador de yodo (30), que están configurados para registrar las correspondientes actividades radiológicas.
- 40
10. Central nuclear (4) según una de las reivindicaciones anteriores, situándose entre la sección de alta presión (74) y la sección de baja presión (76) una sección de estrangulación, en particular en la forma de un diafragma de estrangulación (72).

FIG. 1



