

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 438**

51 Int. Cl.:

B01D 53/22 (2006.01)

B01D 61/00 (2006.01)

B01D 63/00 (2006.01)

G21C 15/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2016 PCT/US2016/012272**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2016 WO16126356**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2016 E 16746926 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3253476**

54 Título: **Aparato para desgasificar un sistema refrigerante de reactor nuclear**

30 Prioridad:
03.02.2015 US 201514612461

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.02.2020

73 Titular/es:
**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive, Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:
CORPORA, GARY J.

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 744 438 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

Aparato para desgasificar un sistema refrigerante de reactor nuclear

Antecedentes

1. Campo

- 5 La presente invención se refiere, en general, a un procedimiento para eliminar gases disueltos del refrigerante de reactor en una planta de energía nuclear y, más particularmente, a un aparato para eliminar gases de hidrógeno y de fisión disueltos del refrigerante del reactor al pasar el refrigerante sobre una membrana y extrayendo los gases al aplicar un vacío.

2. Técnica relacionada

- 10 Durante las paradas de planta del reactor de agua presurizada, es una práctica común drenar el sistema refrigerante del reactor a un nivel por debajo de la brida de vasija del reactor hasta el plano medio de las toberas de salida de refrigerante de vasija del reactor. Ese plano medio coincide con el plano medio de la tubería de conexión de "rama caliente" que lleva a los generadores de vapor. Este drenaje permite la inspección, prueba y mantenimiento, durante la parada, de bombas, generadores de vapor, estructuras de soporte y otros componentes de sistema primario.
- 15 Durante la operación del reactor, algunos gases de fisión, por ejemplo, xenón y criptón, creados por las reacciones de fisión que ocurren en el combustible nuclear, pueden ingresar al sistema refrigerante del reactor y disolverse en el refrigerante del reactor. Subsecuente a la parada, pero antes de comenzar operaciones de reabastecimiento de combustible y mantenimiento, se debe reducir la concentración de gases radiactivos y de hidrógeno para evitar la exposición excesiva a radiación al personal de inspección de mantenimiento de planta y reducir la probabilidad de una explosión debido a una potencial chispa que afecta a una mezcla inflamable de aire e hidrógeno en la atmósfera de contención.
- 20

- El refrigerante del reactor se ha desgasificado previamente usando un tanque de control de volumen conectado al sistema refrigerante del reactor. En general, el sistema refrigerante del reactor incluye principalmente tales componentes de sistema de suministro de vapor nuclear como el recipiente de reactor, los generadores de vapor, las bombas de refrigerante del reactor y la tubería de conexión. El tanque de control de volumen es parte del sistema conocido como el sistema de control químico y de volumen que opera en el modo de desgasificación al someter a evaporación instantánea los gases de hidrógeno y radiactivos disueltos fuera del refrigerante del reactor y dentro del espacio de vapor del tanque de control de volumen. Un ejemplo de un sistema tal se puede encontrar en la Patente de los Estados Unidos No. 4.647.425.
- 25
- 30 Típicamente, un flujo relativamente pequeño de refrigerante del reactor denominado como el flujo de bajada se desvía del sistema refrigerante del reactor y a través del sistema de control químico y de volumen. Esta corriente se enfría primero, luego se purifica en un desmineralizador de lecho mixto, se filtra para eliminar el material iónico disuelto o en partículas suspendidas y se pasa al tanque de control de volumen.

- La patente de los Estados Unidos No. 4.647.425 propone una mejora en este procedimiento de sistema de control químico y de volumen y reduce el tiempo requerido para desgasificar eficazmente el refrigerante del reactor. El procedimiento propuesto por la patente proporciona para desgasificar al vacío un sistema refrigerante del reactor. El procedimiento comprende drenar el sistema refrigerante del reactor hasta aproximadamente el punto medio de la pata caliente y mantener el sistema refrigerante del reactor en una condición sin ventilación durante la operación de drenaje. Cualquier refrigerante del reactor sometido a evaporación instantánea en el lado primario del generador de vapor se somete entonces a reflujo. Como se usa en la patente mencionada anteriormente, el refrigerante del reactor sometido a evaporación instantánea significa refrigerante líquido que se somete a evaporación instantánea en la fase de vapor como un resultado de presión ambiente más baja. Someter a reflujo significa condensado y enfriado. La mayor parte del refrigerante del reactor así como el refrigerante del reactor sometido a reflujo, circulan a través de un sistema de eliminación de calor residual para enfriar el refrigerante del reactor. Se extrae un vacío en el sistema refrigerante del reactor para evacuar cualquier gas depurado del refrigerante del reactor. Preferiblemente, la etapa de drenar el sistema refrigerante establece un vacío parcial en el recipiente de reactor sin ventilación y sistema refrigerante del reactor durante el drenaje. El vacío parcial es suficiente para producir que el refrigerante del reactor pueda ebullición a las temperaturas predominantes en el sistema refrigerante del reactor por lo que se produce la desgasificación durante la etapa de drenaje.
- 35
- 40
- 45

- 50 La figura 1 muestra una realización de la técnica anterior de un sistema 10 de desgasificación al vacío que está actualmente en uso. El flujo de bajada ingresa al sistema en la entrada 12 y se dirige a una entrada 14 de un recipiente 16 de columna desgasificadora donde ingresa al interior del recipiente a través de una cabeza 18 de aspersión. Se extrae un vacío en el recipiente a través del conducto 20 mediante las bombas 36 de vacío desgasificadoras. El exceso de refrigerante del reactor que no se evapora es extraído del recipiente mediante las bombas 22 de descarga, con amortiguadores 24 de pulso empleados para suavizar los pulsos generados por las bombas 22 de descarga de diafragma. El refrigerante que se extrae a través de las bombas 22 de descarga es expulsado a un tanque 26 de retención para regresar al sistema o desecharlo. El vapor de agua y gases no
- 55

condensables que se separan del refrigerante en la columna 16 desgasificadora se enrutan a través de un separador de condensación 28 para eliminar cualquier refrigerante arrastrado y se transportan a un condensador 30 de vapor en el que se coloca en relación de intercambio de calor con agua refrigerada que ingresa y sale del condensador de vapor a través de las entradas y salidas 32 y 34. Los gases radiactivos e hidrógeno entonces son extraídos por las bombas 36 de vacío a un separador 38 desgasificador. El refrigerante separado entonces es extraído por las bombas 40 separadoras desgasificadoras y descargado al tanque 26 de retención. El gas radiactivo e hidrógeno se ventilan desde el espacio de vapor de separador 38 desgasificador al sistema 42 de gas residual radiactivo de planta del reactor. La línea 44 de purga de nitrógeno se proporciona para purgar cualquier gas de hidrógeno y radiactivo residual antes del mantenimiento. La técnica anterior además se encuentra en el documento CN 103 405 945 A y en documento US 3 975 170 que divulga un subsistema de planta de energía de reactor nuclear con las características expuestas en la porción de precaracterización de la reivindicación 1.

Este enfoque tradicional requiere una energía significativa para operar grandes bombas de vacío, múltiples componentes, por ejemplo, columnas desgasificadoras, bombas de transferencia, recipientes separadores, tuberías de interconexión, válvulas, e instrumentación, y requiere espacio de construcción significativo y sistemas de soporte, por ejemplo, agua de enfriamiento/refrigerada. De este modo, aunque estos sistemas tienen un largo historial, se desea mejora adicional que simplificará el diseño, reducirá la energía requerida para operar el sistema, la cantidad de espacio de construcción que se requiere para alojar el sistema y reducir los costes de capital y mantenimiento del sistema.

Sumario

Estos y otros objetos se logran mediante un subsistema de planta de energía de reactor nuclear para eliminar gases radiactivos y gas de hidrógeno de un refrigerante del reactor como se define en la reivindicación 1. El subsistema incluye un contactor que aloja una membrana que divide un interior del alojamiento de contactor dentro de una cámara de entrada y una cámara de salida, en el que la membrana tiene poros que pasan los gases radiactivos y de hidrógeno desde la cámara de entrada a la cámara de salida, pero previenen que el refrigerante del reactor pase a través a la cámara de salida. Un generador de vacío está conectado a la cámara de salida para extraer un vacío en la cámara de salida. Un conducto de salida de líquido está conectado a una tobera de salida en la cámara de entrada para transportar una porción desgasificada del refrigerante del reactor a una ubicación deseada. De manera similar, un conducto de salida de gas está conectado a una tobera de salida en la cámara de salida para transportar los gases radiactivos y de hidrógeno a un sistema de gas residual de planta de energía de reactor nuclear.

Se conecta un sistema de gas para "barrido" a la cámara de salida para suministrar un flujo de purga de gas helio inerte relativamente pequeño en la cámara de salida. El gas para barrido, en combinación con la aplicación de un vacío, mejora la eficiencia de las membranas para la eliminación de gas disuelto, minimizando de este modo el número requerido de contactores. En una realización, el contactor comprende una pluralidad de contactores conectados en paralelo. Alternativamente, los contactores pueden conectarse en serie. En aún otra realización, el contactor comprende una pluralidad de contactores con al menos algunos de la pluralidad de contactores conectados en paralelo y algunos de los contactores conectados en paralelo están conectados en serie con al menos un otro de la pluralidad de contactores.

Breve descripción de los dibujos

Se puede obtener un entendimiento adicional de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas cuando se lee en conjunto con los dibujos acompañantes en los que:

La figura 1 es una disposición esquemática de un sistema de desgasificación al vacío de técnica anterior;

La figura 2 es una disposición esquemática de una realización de los componentes de la presente invención que reemplaza la porción del sistema de la figura 1 dentro de las líneas punteadas; y

La figura 3 es una disposición esquemática del sistema de la figura 2 con un alojamiento de contactor adicional colocado en serie con las dos disposiciones paralelas de alojamientos de contactor para mejorar además la calidad de la salida.

Descripción de la realización preferida

La presente invención utiliza una tecnología conocida y establecida de membranas de gas para eliminar gases disueltos del refrigerante del reactor. Aunque esta es una tecnología conocida y probada para algunas aplicaciones, no se ha empleado previamente para manejar soluciones ligeramente ácidas y radiactivas como existe en la interfaz con el refrigerante primario de un sistema de reactor nuclear, como se evidencia por los sistemas de desgasificación de reactor alternativos propuestos en el pasado y descritos en la evaluación de la técnica anterior expuesta en los Antecedentes de la Patente U.S. No. 4.647.425.

De acuerdo con la presente invención, uno o más "contactores" alternativos que alojan respectivamente una membrana de gas están alineados en serie y/o en paralelo, como sea necesario para manejar el flujo deseado y el grado de eliminación de gas. El líquido que contiene principalmente gases de hidrógeno y radiactivos disueltos, es

decir, xenón y criptón, ingresa a los contactores a una presión relativamente baja y sale de las membranas desgasificadas al nivel deseado. Se aplica un vacío al lado de gas de la membrana para extraer gases disueltos del líquido a través de pequeños poros en las paredes de la membrana. Además, se usa un pequeño flujo de helio en el lado de vacío para mejorar la eliminación de gas disuelto. Este flujo de gas minimiza el número de contactores requeridos. Los analizadores de hidrógeno disuelto de entrada y salida monitorizan el rendimiento de las membranas. Un sistema tal se ilustra en las figuras 2 y 3. La figura 2 muestra dos contactores 46 en paralelo aunque debe apreciarse que uno, tres o cuatro o más contactores pueden emplearse en paralelo como sea necesario para manejar la tasa de flujo que se requiere. La figura 3 muestra los dos contactores en paralelo como se muestra en la figura 2, con un tercer contactor en serie con la salida de los dos contactores en paralelo para reducir además la cantidad de gases que pueden permanecer dentro de la corriente de refrigerante desgasificado.

Refiriéndose de vuelta a la figura 2, la corriente de bajada ingresa al sistema en la entrada 12 y se distribuye a través del conducto 48 de entrada a cada una de las entradas 50 en los contactores 46. Se aplica un vacío al lado de gas de la membrana en la salida 52 de gas mediante las bombas 54 de vacío y se introduce un pequeño flujo de helio en las entradas 56 de gas desde una fuente 58 de gas. La membrana dentro del contactor 46 tiene poros suficientemente pequeños para prevenir que el refrigerante pase a la salida 52 de gas, pero suficientemente grandes para permitir que los gases de hidrógeno y radiactivos pasen a través de la membrana. Tales contactores están disponibles comercialmente, tal como Liqui-Cel, disponible de Membrana Corporation, Charlotte, Carolina del Norte. El refrigerante desgasificado luego sale del contactor 46 en la salida 60 y es transportado por el conducto 62 de salida a un tanque 26 de retención donde puede ser devuelto al sistema de reactor o desechado. Se pueden disponer tantos contactores 46 en paralelo como sea necesario para manejar tanto volumen de refrigerante cargado con gas como sea necesario para reciclar o desechar. Los gases de hidrógeno y radiactivos extraídos y el gas para barrido son luego circulados por las bombas 54 de vacío al sistema 42 de desechos de gas radiactivo de planta. La fuente 58 de gas también proporciona flujo en las líneas de gas para purgar el lado de salida de gas del sistema, para mantenimiento. Se proporciona una fuente de agua 44 desmineralizada limpia para lavar el lado líquido de los contactores y tuberías antes del mantenimiento.

La figura 3 es idéntica a la figura 2 excepto que se posiciona un contactor 46 adicional en serie con la disposición paralela de contactores 46 mostrados en la figura 2 y proporciona otra etapa de desgasificación para mejorar la pureza del refrigerante que sale del sistema. Se proporcionan sensores a través del sistema para monitorizar la eficacia del procedimiento.

Aunque se han descrito en detalle realizaciones específicas de la invención, será apreciado por las personas con experiencia en la técnica que podrían desarrollarse diversas modificaciones y alternativas a esos detalles a la luz de las enseñanzas generales de la divulgación. Por consiguiente, las realizaciones particulares divulgadas están destinadas a ser solo ilustrativas y no limitantes en cuanto al alcance de la invención definida por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un subsistema (10) de planta de energía de reactor nuclear para eliminar gases radiactivos y gas de hidrógeno del refrigerante (12) del reactor que comprende:
- 5 un contactor (46) que aloja una membrana que divide un interior del contactor en una cámara de entrada y una cámara de salida, en el que la membrana tiene poros que pasan los gases radiactivos y de hidrógeno desde la cámara de entrada a la cámara de salida, pero previene que el refrigerante (12) del reactor pase a través de la cámara de salida;
- un generador (54) de vacío conectado a la cámara (52) de salida para extraer un vacío en la cámara de salida;
- 10 un conducto (60) de salida de líquido conectado a una tobera de salida en la cámara de entrada para transportar una porción desgasificada del refrigerante (12) del reactor a una ubicación (26) deseada;
- un conducto (52) de salida de gas conectado a una tobera de salida en la cámara de salida para transportar los gases radiactivos y de hidrógeno a un sistema (42) de gas residual de planta de energía de reactor nuclear; y
- 15 **caracterizado por** un suministro (58) de gas helio para barrido conectado a la cámara (50) de salida para suministrar un flujo de helio para barrido relativamente pequeño en la cámara (50) de salida.
2. El subsistema (10) de planta de energía de reactor nuclear de la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de contactores (46) conectados en paralelo.
- 20 3. El subsistema (10) de planta de energía de reactor nuclear de la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de los contactores (46) conectados en serie.
4. El subsistema (10) de planta de energía de reactor nuclear de la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de los contactores (46) con al menos algunos de la pluralidad del contactor (46) conectados en paralelo.
5. El subsistema (10) de planta de energía de reactor nuclear de la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de contactores (46) con al menos algunos de la pluralidad de contactores (46) conectados en paralelo, en el que el al menos alguno de la pluralidad de contactores (46) conectados en paralelo está conectado en serie con al menos un otro de la pluralidad de contactores (46).
- 25

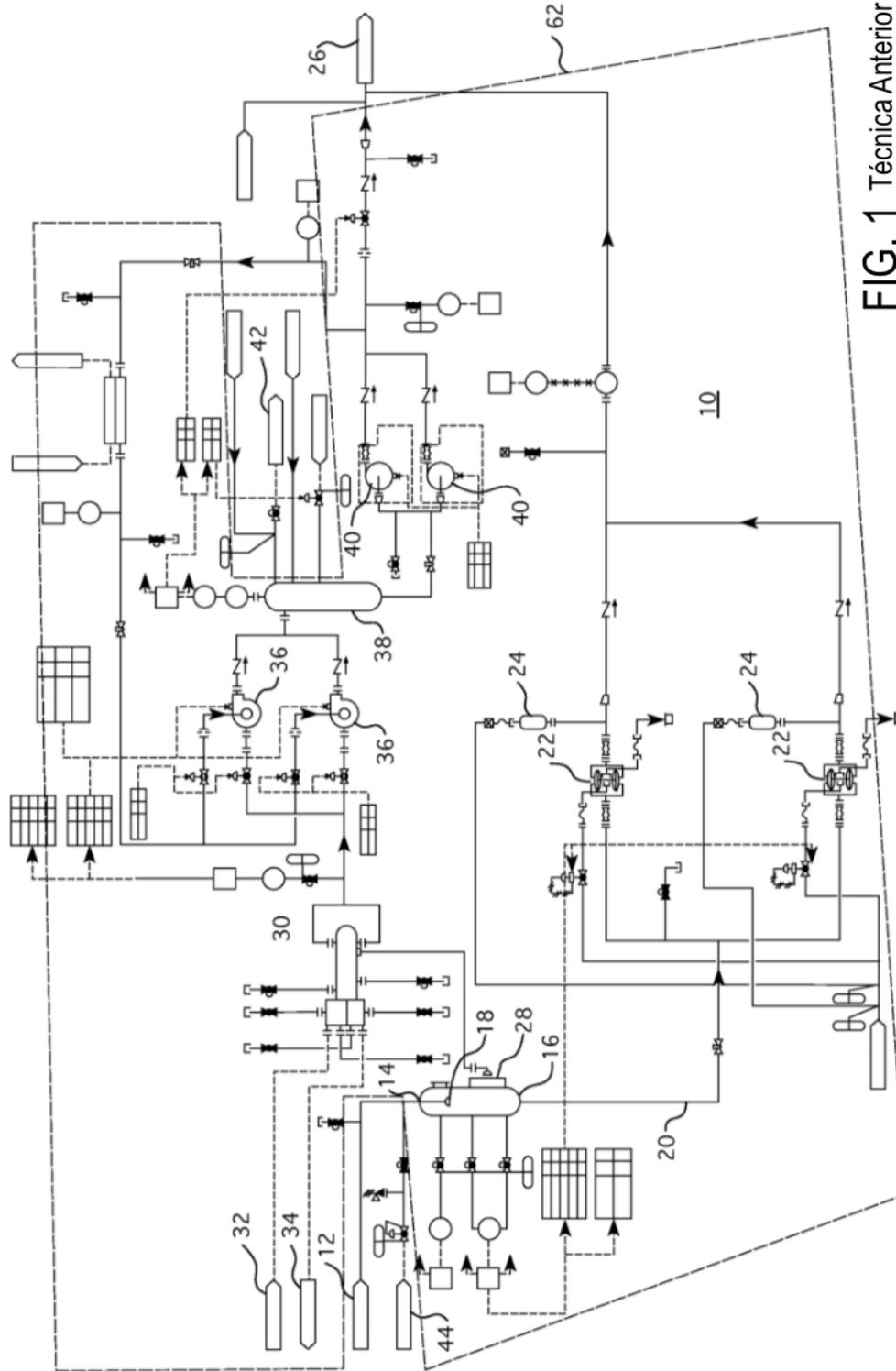


FIG. 1 Técnica Anterior

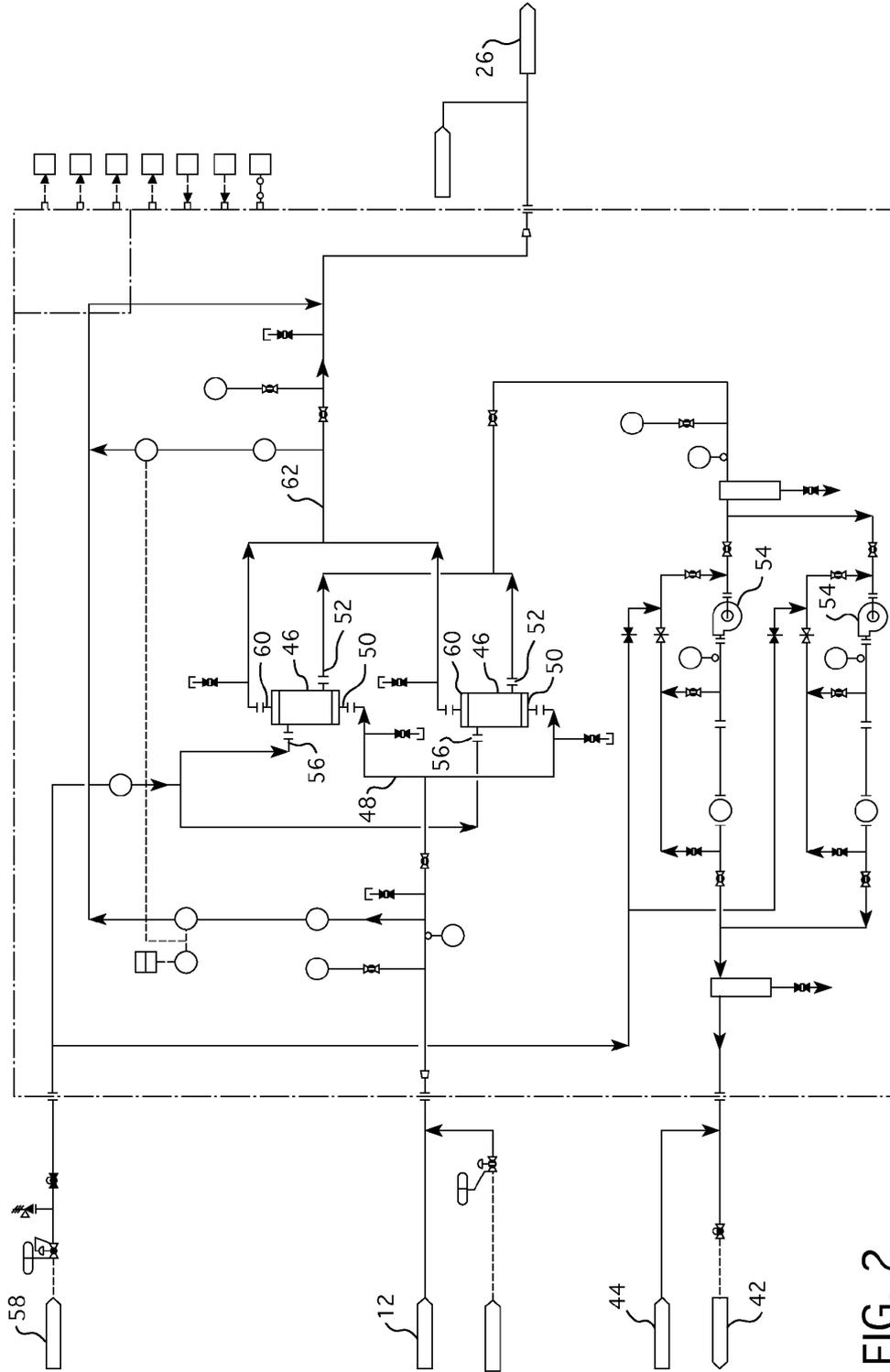


FIG. 2

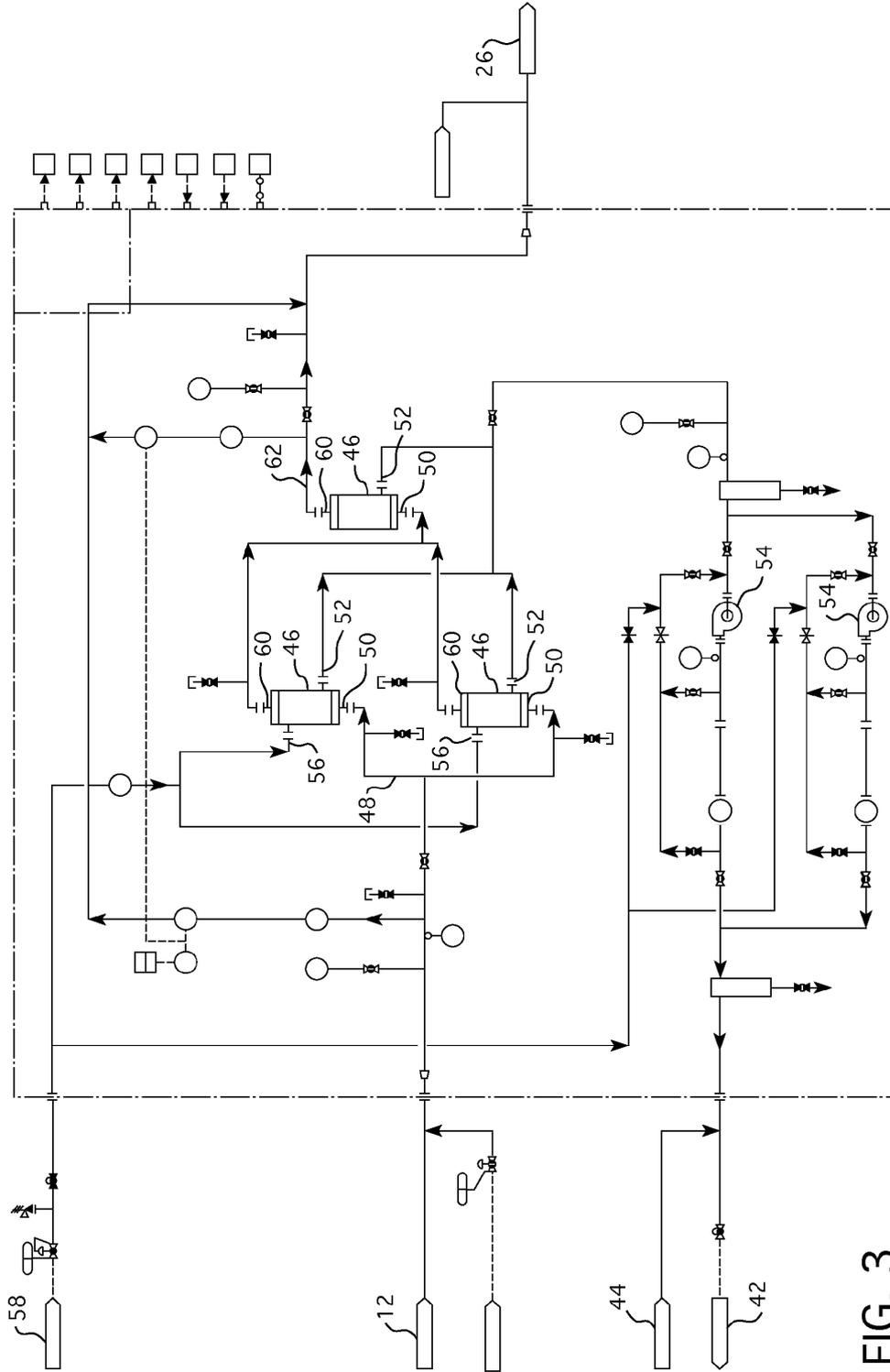


FIG. 3