



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112017013720-8 B1**



**(22) Data do Depósito:** 08/01/2016

**(45) Data de Concessão:** 16/08/2022

**(54) Título:** SISTEMA DE VENTILAÇÃO E PROCESSO PARA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO PARA UM CENTRO DE CONTROLE ACESSÍVEL PARA O PESSOAL DE OPERAÇÕES EM UMA USINA DE ENERGIA NUCLEAR

**(51) Int.Cl.:** G21F 9/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 16/01/2015 DE 102015200679.4.

**(73) Titular(es):** FRAMATOME GMBH.

**(72) Inventor(es):** AXEL HILL.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2016050255 de 08/01/2016

**(87) Publicação PCT:** WO 2016/113189 de 21/07/2016

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 23/06/2017

**(57) Resumo:** A presente invenção refere-se a um sistema de ventilação (2) para uma sala de operações acessível para o pessoal de operações em uma usina de energia nuclear, em particular, um centro de controle (4) em uma usina de energia nuclear (6), destina-se a permitir um fornecimento de ar fresco isento de contaminação, pelo menos, por um período de algumas horas em caso de incidentes graves envolvendo a liberação de atividade radioativa. Neste caso, em particular, o teor de gases radioativos nobres em um suprimento de ar fresco para a sala de operações deve ser o mais baixo possível. Com esta finalidade, o sistema de ventilação (2), de acordo com a invenção, está equipado com uma linha de suprimento de ar (10) que é conduzida à sala de operações com uma linha de fornecimento de ar proveniente de uma entrada externa (14), com um primeiro ventilador (12) e uma primeira coluna de adsorção de gás nobre (por exemplo: 38) conectada à refe-rida linha de fornecimento de ar (10), uma linha de exaustão de ar (44) conduzida a partir da sala de operações para uma saída externa (72) com um segundo ventilador (46) e uma segunda coluna de adsorção de gás nobre (por exemplo: 48) conectada à referida linha de exaustão de (...).

**Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "SISTEMA DE VENTILAÇÃO E PROCESSO PARA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO PARA UM CENTRO DE CONTROLE ACESSÍVEL PARA O PESSOAL DE OPERAÇÕES EM UMA USINA DE ENERGIA NUCLEAR".**

[001] Em caso de situações de acidentes ou incidentes em uma usina de energia nuclear, dependendo do respectivo caso de incidente e das possíveis medidas tomadas contra o incidente, deve-se contar com uma liberação potencialmente significante de produtos radioativos de fissão, em particular, iodo, aerossóis e gases inertes. Neste caso, por vazamentos da contenção de reatores, antes que haja uma liberação para o ambiente da usina, também deve ser assumida em caso de uma liberação e disseminação de atividade nos prédios da usina de energia nuclear (por exemplo, prédios das instalações auxiliares, sistema de comutação, centro de controle, etc.). Neste caso, além de uma liberação de atividade ligada a aerossóis, a liberação de gases inertes representa um problema para o pessoal da usina de energia nuclear.

[002] Além de uma liberação maciça de gases inertes, mediante determinadas circunstâncias, também ocorre em uma introdução de uma descarga filtrada de pressão e a formação de uma nuvem de gases inertes no terreno da usina de energia nuclear. Dependendo das condições climáticas não pode ser totalmente excluída uma carga de longo prazo.

[003] Para a introdução das chamadas medidas de gerenciamento de acidentes, é obrigatoriamente necessário que as condições permitam também a permanência do pessoal de operações na área de controle designada como setor de controle ou centro de controle sem a indevida exposição à radiação e contaminação do pessoal.

[004] Em casos de acidentes graves que ultrapassaram o que foi

projetado com "Black-Out do setor" (SBO), as instalações de filtragem e ventilação operacionais normais ou adequadas à determinação não estão mais à disposição para assegurar os parâmetros técnicos essenciais de ventilação para a manutenção da acessibilidade ao centro de controle.

[005] As concepções existentes até agora, para o controle desta espécie de cenários, preveem um isolamento do centro de controle. Um abastecimento, por exemplo, é efetuado por meio de equipamentos móveis de ventilação que estão equipados com diversos filtros. Com estes equipamentos não é possível uma retenção satisfatória de gases nobre.

[006] Outras concepções abastecem o centro de controle com ar comprimido armazenado. A armazenagem em contentores de pressão, no entanto, para um período de tempo maior é muito dispendiosa e, por esta razão, limitada. Uma estrutura de sistema modular e móvel praticamente não é possível. As concepções de armazenagem de pressão, além disso, exigem uma alta despesa para a adaptação em equipamentos existentes.

[007] A invenção tem base o objetivo de indicar um sistema de ventilação mais simples e compacto possível para um centro de controle de uma usina de energia nuclear ou um espaço semelhante acessível ao pessoal operacional o qual, permita o fornecimento de ar fresco livre de contaminação, pelo menos, por um período de algumas horas em caso de incidentes graves envolvendo a liberação de atividade radioativa de modo que permita também a permanência do pessoal de operações no chamado setor de controle ou centro de controle sem a indevida exposição à radiação e contaminação do pessoal. Neste caso, em particular, a parcela de gases inertes radioativos no ar fresco introduzido no centro de controle deve ser a mais baixa possível. Além disso, o sistema de ventilação deve também ter um caráter

passivo e consumir apenas pouca energia elétrica. Além disso, deve ser especificado um processo particularmente vantajoso para o funcionamento de sistema de ventilação desta espécie.

[008] O sistema de ventilação de acordo com a invenção apresenta, entre outros, um módulo de filtro de aerossol e de iodo. Neste caso, o ar admitido na linha de suprimento de ar é aspirado por meio de um ventilador e conduzido por meio de um filtro de partículas em suspensão (HEPA) para a separação de aerossóis. Após a separação das partículas em suspensão, de modo vantajoso, são separados os compostos radioativos de iodo em um leito de filtro de carvão ativado. Para a separação de iodeto de metila radioativo por meio de permuta isotópica ou formação de sal pode ser utilizado o carvão ativado impregnado. De modo vantajoso, o leito de carvão ativado está disposto após um filtro de partículas para a retenção de abrasão.

[009] O ar assim filtrado é então introduzido em uma segunda etapa do processo de um módulo de gás inerte. O módulo de gás inerte compreende, essencialmente, duas colunas de adsorção em uma configuração geminada que é preenchida com agentes de adsorção / adsorventes. A adsorção das colunas também pode ser estruturada a partir de várias camadas de carvão ativado e/ou zeólitos e/ou peneiras / filtros moleculares.

[0010] O ar de suprimento entra na primeira coluna adsorvente, no qual os gases inertes como, por exemplo, xenônio, criptônio são atrassados por meio de uma adsorção dinâmica em sua passagem pela coluna. Após a coluna está disposto, de modo adequado, um filtro para a retenção de partículas adsorventes.

[0011] O ar de exaustão a partir da área do espaço de fornecimento é ao mesmo tempo conduzido por meio da segunda coluna de adsorção e ali provoca uma retrolavagem da atividade de gás inerte anteriormente acumulada, de modo que a coluna está novamente disponí-

vel para a carga após a comutação. A comutação é realizada, no mais tardar, um pouco antes da ruptura da atividade na primeira coluna de adsorção, por meio do qual esta então é submetida à retrolavagem com o ar de exaustão. De preferência, a comutação é passivamente desencadeada por um temporizador ou uma medição de atividade.

[0012] De modo vantajoso, a retrolavagem é apoiada por meio de um ventilador na linha de ar de exaustão, no qual o aumento do volume do fluxo de ar de exaustão é ampliado por meio da pressão negativa do processo de retrolavagem dos gases inertes.

[0013] Na linha do ar de exaustão, de modo vantajoso, há um elemento de estrangulamento que conduz a um superaquecimento passivo do ar de exaustão e, assim, a uma redução da umidade contida no ar de exaustão (secagem de expansão). Assim, a taxa de desorção gases inertes é favorecida pela conexão posterior da coluna de adsorção de lavagem.

[0014] Na linha de suprimento de ar para o módulo de gases inertes, de modo vantajoso, localiza-se um elemento estrangulador e/ou um secador de ar para evitar que a umidade excessiva seja transportada para as colunas de gases inertes.

[0015] O módulo de gases inertes pode, adicionalmente, ser equipado com um dispositivo passivo de armazenamento de refrigeração para aumentar os valores k. O valor k descreve, neste contexto, a capacidade de adsorção do material adsorvente para gás inerte em, por exemplo, a unidade de gás inerte em cm<sup>3</sup> / g adsorvente. O valor k depende da temperatura, da pressão e da umidade dos gases. Geralmente é empiricamente determinado.

[0016] As colunas de adsorção, de preferência, são operadas em processo de pressão oscilante, isto é, pressão negativa para as colunas a ser purgadas e excesso de pressão para as colunas a ser carregadas (respectivamente em relação à pressão atmosférica), para me-

Ihorar os valores k das colunas e para reduzir suas dimensões. O excesso de pressão nas colunas de adsorção com passagem de fluxo de ar de alimentação, por exemplo, é regulado por uma válvula de ajuste na linha de ar de alimentação.

[0017] O ar de exaustão é entregue juntamente com os gases inertes submetidos à retrolavagem para a área da usina de energia nuclear com distância suficiente em relação à sucção de ar de alimentação.

[0018] O sistema de ventilação, de modo apropriado, abrange um controle e a correspondente órgão de regulação para fluxo e pressão.

[0019] As vantagens obtidas com a invenção, em particular, consistem em que, além das atividades na forma de aerossóis e iodo / compostos de iodo (em particular, os organo-iodetos), ao mesmo tempo os gases inertes radioativos do ar alimentado sejam retidos no centro de controle. Com os processos de permuta de pressão e processo de lavagem das colunas geminadas podem ser eliminadas, de modo confiável, mesmo os isótopos de vida longa de gases inertes como o criptônio 85 do fluxo de ar de alimentação. Aquelas condições necessárias para a remoção dos gases inertes dos absorventes / adsorventes são passivamente apoiadas por meio de superaquecimento de expansão. A demanda por energia elétrica é essencialmente apenas para o ventilador na linha do ar de alimentação e na linha do ar de exaustão bem como em menor amplitude para a unidade de controle designada e os meios de comutação para comutação entre os ciclos operacionais. Esta demanda pode ser provida, sem problemas, com um módulo de suprimento de energia autossuficiente (por exemplo, por meio de bateria e/ou um gerador a diesel) por, pelo menos, 72 horas.

[0020] Em síntese, para garantir a acessibilidade do setor de controle são asseguradas as seguintes funções:

- Isolamento da ventilação do setor de controle da parte

restante das edificações

- Pressão mais alta em relação às salas adjacentes da edificação
- Manutenção da concentração tolerável de monóxido de carbono e dióxido de carbono
- Retenção de iodo
- Retenção de aerossóis
- Retenção de gases inertes
- Limitação da dose (por exemplo, < 100 mSv/7d)
- Limitação de temperatura para a manutenção das qualificações de temperatura I&C
- Garantia das funções acima mencionadas para, pelo menos, 72 horas.

[0021] As demais vantagens estão relacionadas no resumo de pontos essenciais:

- Configuração modular e móvel do sistema
- Baixo custo e elevada flexibilidade na integração dos sistemas em operação
- Baixa manutenção
- Uma armazenagem dispendiosa de ar respirável não é mais necessária
- Cobrir uma maior quantidade de ar (troca de ar) e áreas espaciais possíveis.

[0022] A seguir, com base em desenhos, um exemplo de configuração da invenção será descrito em mais pormenores.

[0023] A figura 1 apresenta, em uma espécie de diagrama de bloco, uma visão geral esquemática e altamente simplificada de um sistema de ventilação para um centro de controle de uma usina de energia nuclear.

[0024] A figura 2 apresenta uma modificação (ampliação) do sis-

tema apresentado na figura 1.

[0025] O incidente de sistema de ventilação apresentado na figura 1, em suma, o sistema de ventilação 2 serve para a alimentação de ar fresco de um centro de controle designada também como sala principal de controle ou em inglês como *Main Control Room (MCR)* de uma usina de energia nuclear 6 em situações de acidente ou incidente, em particular, na fase inicial de um caso de grave acidente com liberação de produtos de fissão nuclear no interior dos prédios da usina de energia nuclear e, conforme o caso, no ambiente dos arredores.

[0026] Nesta espécie de cenários, que geralmente estão associados com a falha do sistema de suprimento de energia da usina de energia nuclear e com isso também do sistema de ventilação operacional normal (não representado) para o centro de controle 4, é particularmente importante ser capaz de manter em funcionamento o centro de controle 4 por um determinado período de tempo – cerca de até 72 horas após a ocorrência do incidente – sem risco para o pessoal de operações para iniciar e monitorar as medidas tomadas contra o incidente. Possivelmente o pessoal operacional também deve permanecer no centro de controle até que seja possível uma evacuação segura após o desvanecer do máximo de atividade inicial na área.

[0027] Com esta finalidade, o sistema de ventilação 2 para o centro de controle 4 é concebido, por um lado, para o suprimento de ar fresco isento de contaminação e rico em oxigênio - também chamado de ar de alimentação - a partir da área dos arredores do centro de controle ou do prédio da usina de energia nuclear e equipado com as etapas apropriadas de filtragem e purificação. Por outro lado, o sistema de ventilação 2 efetua uma evacuação de ar consumido e rico em dióxido de carbono – também denominado ar de exaustão – a partir do centro de controle para o ambiente. Em contraste com outras concepções usadas até então, neste caso, não está prevista uma introdução

de ar fresco a partir de um respectivo sistema de armazenagem de ar comprimido e ainda uma recirculação e reprocessamento dignos de menção do ar no espaço interno do centro de controle 4.

[0028] De modo específico, uma linha de suprimento de ar 10 também designada como linha de suprimento de ar fresco ou, em resumo, linha de ar fresco, está conectada, pelo menos, aproximadamente hermética em relação ao espaço interno 8 encapsulado ao ambiente externo do centro de controle 4, por meio da qual durante a operação do sistema de ventilação 2 o ar fresco é aspirado com o auxílio de um ventilador 12 a partir do ambiente e transportado para o interior do espaço interno 8. A entrada de sucção ou, apenas, entrada 14 da linha de suprimento 10 pode estar localizada a alguma distância do centro de controle 4, em particular, fora do prédio da usina de energia nuclear. Dependendo da ocorrência do incidente, o ar fresco aspirado por meio da entrada 14, não obstante, pode ainda estar consideravelmente carregado com produtos de fissão radioativa, em particular, na forma de aerossóis, iodo e compostos e iodo bem como gases inertes. Estes componentes deveriam ser removidos, totalmente e de modo confiável quanto possível, do fluxo de ar fresco – também denominado fluxo de ar de suprimento, antes que seja introduzido por meio de uma passagem 16 através da parede de contenção 18 (apenas representada fragmentada) no espaço interno 8 do centro de controle 4.

[0029] Para este fim, vista na direção do fluxo de ar fresco está conectada, em fluxo descendente da entrada 14, uma etapa de filtro na forma de um filtro de aerossóis 20 na linha de suprimento de ar 10, aqui, no exemplo, realizada por meio de dois filtros HEPA 22 (HEPA = filtro de ar de particulados de alta eficiência, para o idioma alemão denominado filtro de partículas em suspensão). Os filtros HEPA 22, de acordo com isso, efetuam uma eliminação altamente eficiente das partículas de aerossol, também designadas como partículas em suspen-

são, do fluxo de ar fresco, em particular, em relação aos isótopos Te, Cs, Ba, Ru, Ce, La.

[0030] Seguindo em fluxo descendente está conectada uma segunda etapa de filtro com um filtro de iodeto 24 e um filtro de partículas 26 na linha de suprimento de ar 10. O filtro de iodeto 24 está configurado, de preferência, na forma de um leito de filtro de carvão ativado com uma espessura de camada de, por exemplo, 0,1 até 0,5. Após a eliminação das partículas em suspensão efetuada anteriormente no filtro de aerossóis, no filtro de iodeto 24 são eliminados os compostos de iodo radioativo e iodo elementar, por exemplo, com valor  $k > 8$  em tempos de contato de 0,1 até 0,5 s. Para a eliminação de iodeto de metila radioativo por meio de troca de isótopos ou formação de sal pode ser utilizado carvão ativado impregnado (por exemplo, com iodeto de potássio como agente de impregnação). O filtro de partículas 26 conectado em fluxo descendente ao filtro de iodeto 24 está previsto para a retenção de abrasão a partir do leito de carvão ativado.

[0031] Em fluxo ascendente da segunda etapa de filtro está conectado um ventilador de transporte ou, em resumo, ventilador 12 para o transporte do fluxo de ar fresco na linha de suprimento de ar 10. O ventilador 12, de preferência, eletricamente acionado apresenta uma capacidade de aspiração na faixa de, por exemplo, 100 até 6.000 m<sup>3</sup>/h.

[0032] Para a preparação do necessário fluxo operacional está previsto um suprimento de energia operacional normal autossuficiente e também, de preferência, um módulo de suprimento de energia 28 independente da rede de energia de emergência comum (dimensão da usina), por exemplo, com base em baterias / acumuladores e/ou agregados a diesel. O módulo de suprimento de energia 28 ativa-se em caso de necessidade, de preferência, independentemente na forma de um suprimento de energia ininterrupto ou, como alternativa, acionada por meio de uma unidade de controle 30 designada.

[0033] Além disso, em fluxo ascendente está opcionalmente também conectado um elemento secador de ar 32, também designado como câmara de arrefecimento, na linha de ar de suprimento 10, com o qual podem ser separados os componentes que podem ser condensados a partir do fluxo de ar fresco. Por exemplo, pode tratar-se de uma câmara de arrefecimento passiva com gel de sílica e/ou gelo como agente de secagem. Deste modo, é reduzido o teor de umidade do fluxo de ar fresco que flui nas unidades funcionais (veja abaixo) conectadas em fluxo descendente. Com a mesma finalidade, uma válvula de estrangulamento, existente como alternativa ou adicionalmente, disposta após o elemento secador de ar 32, vista aqui no exemplo de configuração, em direção de fluxo do ar fresco, a qual atua, de acordo com o princípio de secagem por expansão, sobre o fluxo de ar fresco. Neste caso em particular, pode tratar-se de uma válvula de estrangulamento que pode ser regulada.

[0034] Na sequência da filtração e secagem, o fluxo de ar fresco flui, por exemplo, através do segmento da linha 36, na posição apropriada dos respectivos elementos de ajuste (veja abaixo) nos quais está conectada uma coluna de adsorção de gases inertes ou, resumidamente, uma coluna de adsorção 38. Deste modo, os gases inertes contidos no fluxo de ar fresco, sobretudo xenônio e criptônio, são ligados ao adsorvente presente na coluna de adsorção no contexto de um equilíbrio dinamicamente ajustado por adsorção química e/ou física no adsorvente existente na coluna de adsorção 38 e assim são retardados nos segmentos de linha na medida em que a capacidade de adsorção do adsorvente não esteja esgotada. Como adsorvente podem estar previstas, em particular, uma ou mais camadas de carvão ativado e/ou zeólitos e/ou peneiras/filtros moleculares.

[0035] A coluna de adsorção 38 está seguida por um segmento de linha que conduz ao centro de controle 4 na qual está conectado um

filtro de partículas para a retenção de partículas de adsorvente.

[0036] Por fim, o fluxo de ar fresco livre de contaminação pelo modo descrito, ingressa no espaço interno 8 do centro de controle 4, por meio da passagem 16, através da parede de contenção 18, de modo que este ar respirável rico em oxigênio em um grau admissível de atividade seja fornecido para o pessoal operacional.

[0037] A troca de ar é completada pela remoção do ar consumido rico em dióxido de carbono do centro de controle 4, por meio do duto de ar de exaustão 44, que está conectado ao espaço interno 8 do centro de controle 4 e conduzido para o ambiente pela passagem 42 na parede de contenção 18 na qual está conectado um ventilador 46 para auxiliar no transporte do gás. Neste caso, trata-se, de preferência, de um ventilador 46 acionado de modo elétrico que, do mesmo modo como o ventilador 12 é suprido de energia elétrica por meio do módulo de suprimento de energia 28.

[0038] Uma vez que a capacidade de adsorção da coluna de adsorção 38 que atua sobre o fluxo de ar fresco, em dimensão prática de construção, geralmente após uma duração de operação relativamente curta já está esgotada, o sistema de ventilação 2 para uma retrolavagem dos gases inertes adsorvidos no ambiente é projetado durante uma operação em curso. Para esta finalidade estão disponíveis duas colunas de adsorção 38 e 48 idênticas no projeto que, por meio de ramificações de linhas e conexões de linhas bem como elementos de ajuste, neste caso na forma de válvulas de 3 vias, de modo que uma das duas colunas de adsorção 38 e 48, conforme já descrito anteriormente, atua no fluxo de ar fresco no modo de adsorção, enquanto a outra, ao mesmo tempo, é submetida à retrolavagem pelo fluxo de ar de exaustão no modo de dessorção ou modo de lavagem e assim é preparada para o próximo ciclo de adsorção. Por meio da comutação dos elementos de ajuste pode ser trocado o papel das colunas de ad-

sorção 38 e 48 e assim alterada ciclicamente a respectiva coluna entre operação de adsorção e dessorção.

[0039] No exemplo de configuração apresentado na figura esta funcionalidade é realizada pelo fato de que a coluna de adsorção 38 está disposta no segmento de linha 36 e a outra coluna de adsorção 48 está disposta no circuito regular de fluxo antiparalelo no segmento de linha 50. Ambos os segmentos de linha 36 e 50 se unem em um lado da válvula de 3 vias e no outro lado da união 54 disposta no lado de sucção do ventilador 46. Além disso, em um lado entre a válvula de 3 vias 52 e as duas colunas de adsorção 38, 48 e uma conexão transversal 60 que pode ser conectada por meio das duas válvulas de 3 vias entre ambos os segmentos de linha 36 e 50 que estão conectados por meio de uma conexão em T 62 com o segmento da linha de suprimento de ar 10 que conduz ao filtro de partículas 40. No outro lado em uma configuração análoga, entre as colunas de adsorção 38, 48 e a união 54 está conectada uma conexão transversal 60 que pode ser conectada por meio das duas válvulas de 3 vias por meio das duas válvulas de 3 vias que estão conectados por meio de um conector em T 70 com o segmento da linha de suprimento de ar 10 que vem da válvula de estrangulamento 34.

[0040] Em correspondentes posições selecionadas de válvulas, conforme já descrito anteriormente, o ar de suprimento que vem da válvula de estrangulamento 34 flui por meio da conexão T 70, a válvula de 3 vias 66, a coluna de adsorção 38 inferior na figura, a válvula de 3 vias 58 e a conexão em T 62 para o filtro de partículas 40 e dali mais adiante para o centro de controle 4. No outro ramo da linha o ar de suprimento, o ar de exaustão que vem do centro de controle 4 flui por meio da válvula de 3 vias 52, da válvula de 3 vias 56, a coluna de adsorção 48 superior na figura e a válvula de 3 vias 64 para a conexão de sucção do ventilador 46 e a partir daí segue em uma chaminé de

exaustão ou outra saída 72 que, de modo apropriado, está situada a certa distância da entrada 14 para o ar fresco.

[0041] Isto quer dizer que os gases inertes acumulados no ciclo anterior na coluna de adsorção 48 por adsorção, são submetidos à dessorção pelo adsorvente neste modo de operação por meio do ar de exaustão amplamente isento de gases inertes a partir do espaço interno 8 do centro de controle 4 e submetidos à retrolavagem com o fluxo de ar de exaustão no ambiente. A retrolavagem é suportada pelo ventilador 46 disposto em fluxo descendente da coluna adsorção 48 submetida à retrolavagem, no qual o aumento do volume do fluxo de ar de exaustão é reforçado por meio da pressão negativa do processo de retrolavagem dos gases inertes.

[0042] A linha de ar de exaustão 44 do centro de controle, em direção do fluxo de ar de exaustão, vista em fluxo ascendente da válvula de 3 vias 52 e assim em fluxo ascendente da coluna de adsorção 48 que justamente se encontra em operação de lavagem, se situa uma válvula de estrangulamento 74, de preferência, na configuração de uma válvula de estrangulamento, que pode ser ajustada, que conduz a um superaquecimento passivo do ar de exaustão e assim a uma redução da umidade que se encontra no ar de exaustão (secagem por expansão). Deste modo a velocidade de dessorção de gases inertes é favorecida na coluna de adsorção 48 conectada em fluxo descendente.

[0043] Após a alteração trocam-se os papéis das colunas de adsorção 38 e 48. Agora, o ar fresco a partir do regulador de pressão 34 flui vindo através da válvula de 3 vias 64, a coluna de adsorção 48, e a válvula de 3 vias 56 para o filtro de partículas 40 e a partir daí para o centro de controle 4. O ar de exaustão a partir do centro de controle 4, por sua vez, flui a partir do regulador de pressão 74 vindo através da válvula de 3 vias 52, a válvula de 3 vias 58, a coluna de adsorção 38, e a válvula de 3 vias 66 para o ventilador 46 e a partir daí para a saída

72. A coluna de adsorção 38 previamente carregada volta agora submetida à retrolavagem através do ar de exaustão, enquanto a coluna de adsorção 48 para uma limpeza do ar fresco e, consequentemente, está disponível para uma carga renovada.

[0044] Para o controle das operações de comutação por meio das válvulas de 3 vias 52, 56, 58, 64, 66 está prevista uma unidade de controle 30, a qual, vantajosamente, também controla os dois ventiladores 12 e 46 e, opcionalmente, outros elementos de ajuste para as taxas de fluxo e pressão. Para um técnico habilitado, deve entender-se que a funcionalidade de alternância também pode ser realizada por meio de outras topologias de linha e elementos de ajuste de um modo equivalente.

[0045] Conforme indicado pelas linhas tracejadas de borda, o sistema de ventilação 2, de preferência, é uma estrutura modular de um módulo de gás inerte 76, um módulo de iodeto e aerossóis 78 e um módulo de suprimento de energia 28. Os limites entre os módulos podem, naturalmente, também ser selecionados em pormenores de maneira diferente, e podem existir outros módulos ou submódulos. Os módulos individuais estão alojados de modo que podem ser transportados, por exemplo, em contentores padronizados, de modo que um simples transporte para o local de utilização e ali pode ser efetuada uma estrutura simples ligando as respectivas conexões padronizadas de linhas.

[0046] Na variante do sistema de ventilação 2 apresentada na figura 2, adicionalmente aos componentes conhecidos está presente uma unidade de retenção para o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), de preferência, com uma coluna adsorvente-CO<sub>2</sub> 82 que está, predominantemente, baseada em adsorção química (adsorção química) ou de absorção. Isto torna possível operar o centro de controle 4 por um período de tempo no modo de recirculação sem alimentação de ar filtrado a partir do exterior, sem que a concentração de CO<sub>2</sub> no centro de controle 4

exceda um valor crítico para o bem-estar do pessoal de operações. Isto tem a vantagem de que, em caso de carga extrema de atividade no exterior da contenção, no modo de recirculação não pode penetrar nenhuma atividade no centro de controle 4.

[0047] A integração da coluna de adsorção-CO<sub>2</sub> 82 no sistema conhecido a partir da figura 1, de preferência, realizada de tal maneira que uma linha de recirculação ou circulação de ar 80 que se ramifica a partir da linha de exaustão 44 e conduz para a linha de suprimento de ar 10 está presente e conectada na coluna de adsorção-CO<sub>2</sub> 82. Um ventilador de circulação 84 conectado na linha de circulação de ar 80, deste modo, transporta o ar de exaustão rico em CO<sub>2</sub> extraído do centro de controle 4 para o centro de controle 4 por meio da coluna de adsorção-CO<sub>2</sub> 82 com teor reduzido de CO<sub>2</sub>. A adsorção de CO<sub>2</sub> ocorre quase à pressão prevalecente no interior do centro de controle 4, que é, aproximadamente, à pressão atmosférica ou ligeiramente maior (para prevenir a entrada de fuga, ver abaixo). Assim, o ventilador de circulação de ar 84 não precisa efetuar qualquer de compressão significativo.

[0048] De modo específico, no exemplo ilustrado, a linha de circulação de ar 80 está conectada no lado da entrada por meio de uma ramificação (por exemplo, uma peça em T) no segmento da linha da linha de exaustão 44 situada entre a passagem 42 para o centro de controle 4. No lado da saída, a linha de circulação de ar 80 está conectada por meio de uma linha de ramificação para o segmento de linha da linha de suprimento de ar 10 localizada entre a passagem 16 e a válvula de 3 vias 58, em particular, em fluxo ascendente do filtro de partículas 40. Além disso, ou alternativamente, os filtros 86 podem estar conectados na linha circulação de ar 80, neste caso, por exemplo, em fluxo descendente da coluna de adsorção 82 (a direção do fluxo no modo de recirculação está indicada por seta de fluxo adjacente à coluna).

[0049] No que diz respeito à ligação do sistema de circulação de ar

ao restante do sistema de ventilação 2, naturalmente, são possíveis modificações, mas a variante representada, em particular, tem a vantagem de que apenas duas passagens 16, 42 são necessárias para que a parede de contenção 18 do centro de controle 4 / através da contenção. Além disso, é vantajoso que, no modo de recirculação de ar, a parte do sistema de ventilação 2 que contém as colunas de adsorção de gás inerte 38, 48 e os componentes conectados em fluxo ascendente podem ser desacoplados e/ou isolados do sistema de recirculação de ar, de um modo simples e confiável, do sistema de ar de circulação por meio dos respectivos equipamentos ou válvulas de bloqueio.

[0050] A própria linha de circulação de ar 80 está provida no lado da entrada e no lado da saída com válvulas de bloqueio 88, 90 para que se possa efetuar o isolamento, em caso de necessidade, do restante do sistema de linha. De preferência, as válvulas de bloqueio 88, 90 podem ser controladas em relação à taxa de fluxo (válvulas de regulagem) de modo que também podem ser regulados fluxos parciais. Isso também se aplica às outras válvulas, em particular, as válvulas de bloqueio 92, 94 descritas mais abaixo.

[0051] É possível prever um próprio ventilador separado de circulação de ar 84 para a linha de circulação de ar 80. É particularmente vantajoso, no entanto, que, na variante da figura 1 seja exclusivamente utilizado o ventilador 46 como um ventilador de ar de exaustão 44, no sentido da utilização dupla durante a operação de ar de retorno, tal como um ventilador de circulação 84. Para este fim, a linha de circulação de ar 80 está conectada por meio de ramificações de linhas ou conexões em um ventilador 46 que contém o segmento de linha do segmento da linha de ar de exaustão 44. Este segmento de linha pode ser isolado por meio de válvulas de bloqueio 92, 94 da saída 72 e da parte do sistema de ventilação 2 que contém as colunas de adsorção de gás inerte 38, 48 e forma, no modo de recirculação, um segmento

parcial da linha de circulação de ar 80. A coluna de adsorção-CO<sub>2</sub> 82 está disposta, conforme representada, de preferência, em fluxo descendente do ventilador 46 (ou geralmente o ventilador 84), no lado de pressão do mesmo.

[0052] De preferência, no caso da válvula de bloqueio 94 trata-se de uma válvula de 3 vias na ramificação da linha, a qual na operação de dessorção (retrolavagem) da coluna de adsorção de gases inertes 38 ou 48 libera a saída 72 e bloqueia a ramificação da linha de circulação de ar 80 conectada. Deste modo fica assegurado que as atividades dissolvidas na dessorção das colunas de adsorção de gases inertes 38 ou 48 sejam dispersas no ambiente e não sejam transportadas por meio da linha circulação de ar 80 para o centro de controle 4. De preferência, portanto, a operação de dessorção de gases inertes (Lavagem das colunas de adsorção de gases inertes 38 ou 48) e a operação de adsorção de CO<sub>2</sub> (operação de recirculação) são sejam realizadas ao mesmo tempo.

[0053] A operação de dessorção de gases inertes (carga das colunas de adsorção de gases inertes 38 ou 48) e a operação de adsorção de CO<sub>2</sub> (operação de recirculação), no entanto, podem ser realizadas ao mesmo tempo sem problemas. Neste caso, o ar fresco filtrado por, pelo menos, uma das duas colunas de adsorção de gases inertes 38 ou 48 e o ar fresco filtrado na linha de ar de suprimento 10 é soprado no centro de controle 4. O ar de exaustão a partir do centro de controle 4 é transportado em válvula de bloqueio 88 aberta por meio do ventilador 46 através da linha de circulação de ar 80. Dependendo da posição da válvula de válvula de bloqueio 94 formada como uma válvula de controle de 3 vias, neste caso, um fluxo parcial de tamanho maior ou menor (que pode, opcionalmente, também ter um valor de zero) é descarregado através da saída 72 para a atmosfera do ambiente e o fluxo parcial remanescente é conduzido de volta ao centro de controle

4 por meio da coluna de absorção de CO<sub>2</sub> 82. Neste caso, a válvula de bloqueio 92 é fechada de modo que, como mencionado acima, é evitado o retorno indesejado de atividades a partir das colunas de adsorção 38 ou 48 no centro de controle 4.

[0054] Outro possível modo de operação envolve a operação de adsorção e dessorção simultânea das colunas de adsorção de gás inerte 38 ou 48 em alterações recorrentes, conforme já foi descrito em conexão com a figura 1. Neste modo de operação, conforme mencionado acima, não ocorre nenhuma adsorção de CO<sub>2</sub> no modo de recirculação.

[0055] No entanto, verificou-se que a adsorção física em maior pressão nas colunas de adsorção de gás inerte 38 ou 48 (por exemplo, 8 bar) é significativamente mais eficaz do que a pressão atmosférica, enquanto a dessorção, de preferência, a uma pressão relativamente baixa, em particular a uma pressão ligeiramente reduzida ocorre em relação à pressão atmosférica. Em resultado disso, depois de cada processo de troca (comutação) deve ser planejado um determinado intervalo de tempo, por exemplo, 10 a 30 minutos, para o aumento necessário da pressão, por meio de um ventilador 12, eficaz como compressor. Nesta fase do aumento da pressão, na qual a capacidade de retenção da coluna de adsorção de gás inerte 38 ou 48 ainda não está totalmente desenvolvida, a ventilação do centro de controle 4 ocorre, de preferência, apenas por adsorção de CO<sub>2</sub> no modo de recirculação de ar. Neste caso, embora o teor de oxigênio do ar no centro de controle 4 ocupado com o pessoal operacional diminui lentamente, no entanto o teor de CO<sub>2</sub> é seguramente mantido abaixo de um valor crítico. Mais tarde, depois de atingir a pressão operacional necessária para uma retenção efetiva de gás inerte, de preferência, o suprimento de ar filtrado é adicionalmente comutado por meio das colunas de adsorção de gás inerte 38 ou 48 (operação simultânea de adsorção de gás iner-

te e adsorção de CO<sub>2</sub>, conforme descrito acima). Assim, o teor de oxigênio anteriormente reduzido do ar é novamente restaurado no centro de controle 4. Mais tarde as fases de regeração (dessorção) pode ser efetuadas com o ar de circulação desligado e as colunas de adsorção 38 e 40 serem trocadas.

[0056] Um modo de operação preferencial do sistema de ventilação 2 de acordo com a figura 2 comprehende, em outras palavras, que, no período de tempo necessário para aumentar a pressão nas colunas de adsorção 38, 48 do centro de controle 4 - de preferência, exclusivamente – seja suprido no modo de recirculação. Após o aumento da pressão, de preferência, durante / juntamente com o ar fresco de adsorção química de CO<sub>2</sub> através da linha de retardo do gás inerte seja alimentado com as colunas de adsorção 38, 48. O aumento do fluxo de volume é, vantajosamente, utilizado para manter a concentração de oxigênio e aumentar a pressão no centro de controle 4. Desta forma, é gerado um fluxo direcionado com excesso de pressão no centro de controle 4 oposta a partir do ambiente externo, o que seguramente evita que a penetração de atividade a partir do exterior no centro de controle 4. Sistemas simples que só funcionam com uma eliminação de CO<sub>2</sub>, não pode assegurar esta tarefa de modo suficientemente seguro.

[0057] O adsorvente utilizado para a adsorção de CO<sub>2</sub> na coluna de adsorção 82, por exemplo, pode ser cal de soda, zeólito /peneira molecular ou um adsorvente regenerável. Como outros exemplos de possíveis adsorventes podem ser utilizados, sobretudo, óxidos, peróxidos e hiperperóxidos (por exemplo, peróxido de potássio). Os adsorventes renováveis podem consistir de óxidos de metais ou suas misturas. Deste modo, por exemplo, o óxido de prata reage com CO<sub>2</sub> para carbonato de prata. Em princípio, também podem ser utilizadas as misturas dos referidos adsorventes ou ser realizadas colunas de adsorventes de múltiplas etapas com adsorventes semelhantes ou dife-

rentes nas diversas etapas.

[0058] Em uma correspondente adequação apropriada do adsorvente a sorção química efetuada na coluna de adsorvente 82 pode ser conduzida de modo reversível a temperaturas elevadas e, em princípio, o adsorvente ser regenerado. Para este propósito, possivelmente, as simples modificações na condução da linha do sistema de circulação de ar são convenientes para que se possa realizar tais fases de regeneração fora da operação de recirculação de ar acima descrita, sem carga sobre o centro de controle 4.

[0059] Em suma, os sistemas asseguram, de acordo com as figuras 1 e 2 que, além da atividade originada pelo ar dos aerossóis e dos organo-iodetos os gases inertes também são retidos pelo ar de respiração no centro de controle. No sistema ampliado apresentado na figura 2, além disso, é também removido o CO<sub>2</sub> do ar de respiração por meio de adsorção / absorção química.

[0060] Por meio da integração da adsorção direta de CO<sub>2</sub> o centro de controle 4 pode ser acionado em situações extremas de acidentes no modo de recirculação até que a concentração de oxigênio do ar do centro de controle seja reduzido para um limite inferior (cerca de 17-19 % de volume) de modo que uma introdução de ar fresco do exterior é necessária. O módulo de retenção de gás inerte com as colunas de adsorção 38, 48 é então operado principalmente para cobrir e aumentar o teor de oxigênio. Desta forma, a capacidade necessária do módulo em relação à energia de acionamento e à quantidade de carvão ativado pode ser consideravelmente reduzida. A energia de compressão necessária para gerar a adsorção da troca da pressão pode ser minimizada. Desta forma, os agregados necessários para a geração auto-suficiente de energia podem ser efetuados em dimensões menores.

[0061] Embora a descrição até agora tenha sido focada na aeração do centro de controle (central) de uma usina de energia nuclear, é

nítido que o sistema de ventilação 2 também pode ser utilizado para a aeração em casos de incidentes de outras áreas espaciais no interior de uma usina de energia nuclear, ou de modo geral, uma usina de energia nuclear - por exemplo, também nas unidades de armazenagem de combustível, instalações de reprocessamento, usinas de processamento de combustível, etc. – prédios de instalações auxiliares, salas de manobras, salas de controle ou outro controle e áreas de monitoramento. Para esta espécie de espaços, em resumo também pode ser utilizado, na forma de slogan, o termo "espaços operacionais".

#### Relação de números de referência

- |    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 2  | Sistema de ventilação           |
| 4  | Centro de controle              |
| 6  | Usina de energia nuclear        |
| 8  | Espaço interno                  |
| 10 | Linha de suprimento de ar       |
| 12 | Ventilador                      |
| 14 | Entrada                         |
| 16 | Passagem                        |
| 18 | Parede de contenção             |
| 20 | Filtro de aerossóis             |
| 22 | Filtro HEPA                     |
| 24 | Filtro de iodeto                |
| 26 | Filtro de partículas            |
| 28 | Módulo de suprimento de energia |
| 30 | Unidade de controle             |
| 32 | Secador de ar                   |
| 34 | Válvula de estrangulamento      |
| 36 | Segmento de linha               |
| 38 | Coluna de adsorção              |
| 40 | Filtro de partículas            |

|    |                                       |
|----|---------------------------------------|
| 42 | Passagem                              |
| 44 | Linha de exaustão de ar               |
| 46 | Ventilador                            |
| 48 | Coluna de adsorção                    |
| 50 | Segmento de linha                     |
| 52 | Válvula de 3 vias                     |
| 54 | União                                 |
| 56 | Válvula de 3 vias                     |
| 58 | Válvula de 3 vias                     |
| 60 | Conexão transversal                   |
| 62 | Conexão em T                          |
| 64 | Válvula de 3 vias                     |
| 66 | Válvula de 3 vias                     |
| 68 | Conexão transversal                   |
| 70 | Conexão em T                          |
| 72 | Saída                                 |
| 74 | Válvula de estrangulamento            |
| 76 | Módulo de gás inerte                  |
| 78 | Módulo de iodeto e aerossóis          |
| 80 | Linha de circulação de ar             |
| 82 | Coluna de adsorção de CO <sub>2</sub> |
| 84 | Ventilador de circulação de ar        |
| 86 | Filtro                                |
| 88 | Válvula de bloqueio                   |
| 90 | Válvula de bloqueio                   |
| 92 | Válvula de bloqueio                   |
| 94 | Válvula de bloqueio                   |

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de ventilação (2) para um centro de controle acessível para o pessoal de operações em uma usina de energia nuclear, em particular, um centro de controle (4) em uma usina de energia nuclear (6), compreendendo pelo menos os seguintes componentes,

- uma linha de suprimento de ar (10) que conduz de uma entrada externa (14) ao centro de operações, na qual estão conectados um primeiro ventilador (12) e uma primeira coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo: 38),

- uma linha de exaustão de ar (44) que conduz da sala de operações para uma saída externa (72), na qual estão conectados um segundo ventilador (46) e uma segunda coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo, 48), e

- meios de comutação para alternar as funções da primeira e da segunda coluna de adsorção de gás inerte,

caracterizado pelo fato de que uma linha de circulação de ar (80), na qual está conectada uma coluna de adsorção de CO<sub>2</sub> (82) e um ventilador de circulação de ar (84), que conduz para fora do centro de operações e novamente de volta, sendo que o segundo ventilador (46) pode ser conectado como ventilador de circulação de ar (84) na linha de circulação de ar (80).

2. Sistema de ventilação (2) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a linha de circulação de ar (80) está conectada pelo lado da entrada na linha de circulação de ar (44) e pelo lado da saída na linha de suprimento de ar (10).

3. Sistema de ventilação (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pelo fato de que o primeiro ventilador (12) visto em direção de fluxo do ar de suprimento está disposto em fluxo ascendente da primeira coluna de adsorção de gás

inerte (por exemplo, 38).

4. Sistema de ventilação (2) de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que entre o primeiro ventilador (12) e a primeira coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo, 38) está conectada uma válvula de estrangulamento (34) e/ou um secador de ar (32) na linha de suprimento de ar (10).

5. Sistema de ventilação (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o segundo ventilador (46) está disposto, visto em direção de fluxo de ar de exaustão, em direção de fluxo descendente da segunda coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo, 48).

6. Sistema de ventilação (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que, visto em direção de fluxo do ar de exaustão, em fluxo descendente da segunda coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo, 48), está conectada uma válvula de estrangulamento (74) na linha de exaustão (44).

7. Sistema de ventilação (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que está conectado um filtro de iodeto (24) e um filtro de aerossóis (20) na linha de suprimento de ar (10).

8. Sistema de ventilação (2) de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o filtro de iodeto (24) e o filtro de aerossóis (20) estão dispostos, visto na direção de fluxo do ar de suprimento visto, em fluxo descendente do primeiro ventilador (12).

9. Sistema de ventilação (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que se apresenta com um módulo de suprimento de energia (28) autossuficiente.

10. Sistema de ventilação (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que os meios de comutação abrangem várias válvulas de 3 vias (52, 56, 58, 64, 66).

11. Processo para operação de um sistema de ventilação (2) para um centro de controle acessível para o pessoal de operações em uma usina de energia nuclear, em particular, um centro de controle (4) em uma usina de energia nuclear (6) compreendendo,

- uma linha de suprimento de ar (10) que é conduzida de uma entrada externa (14) ao centro de operações, na qual estão conectados um primeiro ventilador (12) e uma primeira coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo: 38),

- uma linha de exaustão de ar (44) conduzida a partir da sala de operações para uma saída externa (72) na qual estão conectados, um segundo ventilador (46) e uma segunda coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo: 48), e

- meios de comutação para alternar as funções da primeira e da segunda coluna de adsorção de gás inerte (38, 48),

no qual, simultaneamente, uma das duas colunas de adsorção de gás inerte (por exemplo, 38) recebe a passagem de fluxo de ar de suprimento e assim é carregada com gases inertes radioativos e a outra coluna de adsorção de gás inerte (por exemplo, 48) recebe a passagem do fluxo de exaustão e consequentemente é submetida à retrolavagem e no qual os papéis das duas colunas de adsorção de gás inerte (38, 48) são trocados por comutação logo que a capacidade de adsorção da atual coluna de adsorção de gás inerte carregada (por exemplo, 38) é esgotada,

caracterizado pelo fato de que da linha de circulação de ar (80), na qual está conectada uma coluna de adsorção de CO<sub>2</sub> (82) e um ventilador de circulação de ar (84), que conduz do centro de operações e novamente de volta, no qual, por meio do primeiro ventilador (12) é efetuado um aumento de pressão, pelo menos, em uma das duas colunas de adsorção de gás inerte (38, 48) e no qual, simultaneamente ocorre uma decomposição de CO<sub>2</sub> na operação de circulação

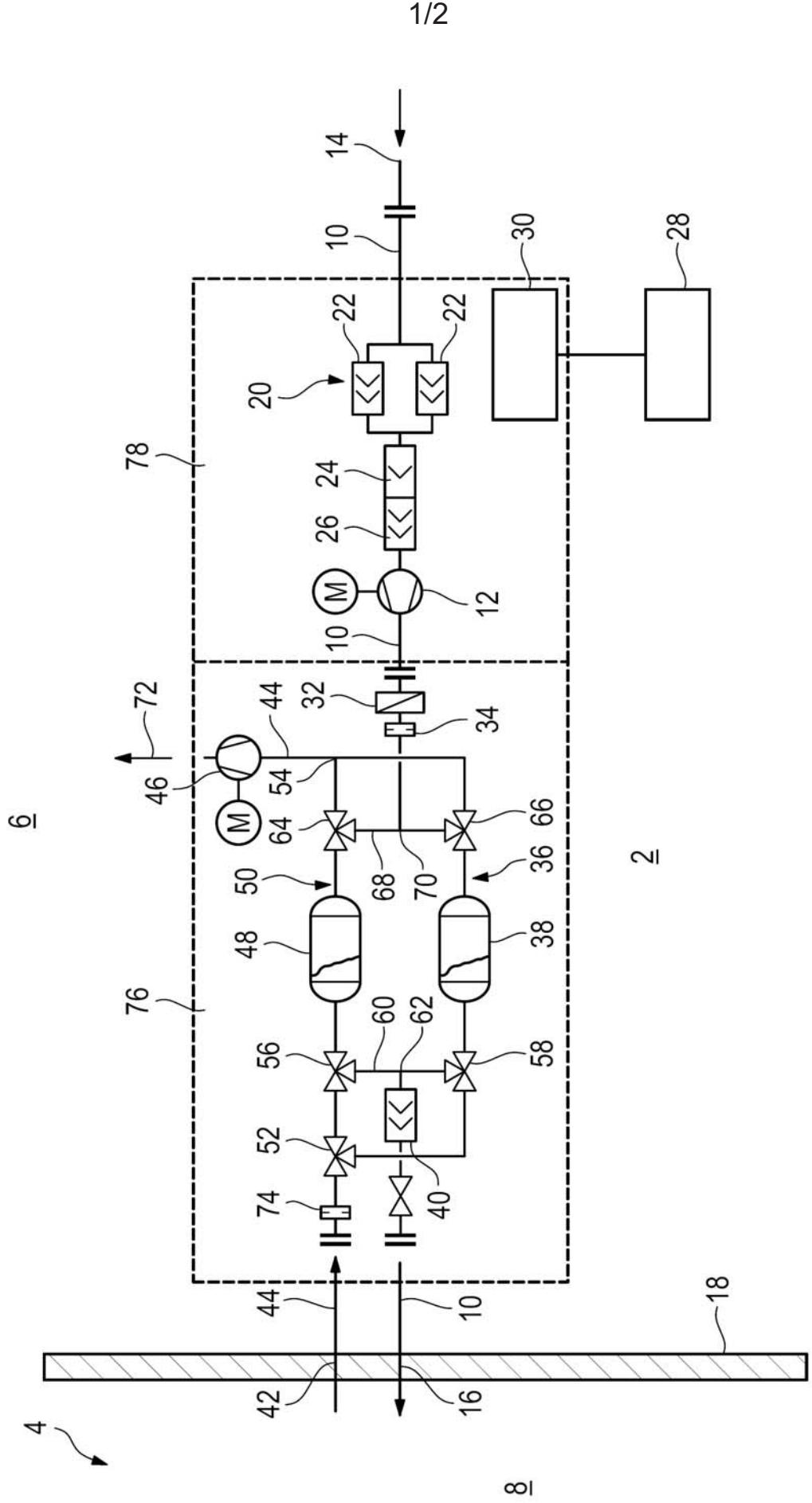
por meio da coluna de adsorção de CO<sub>2</sub> (82).

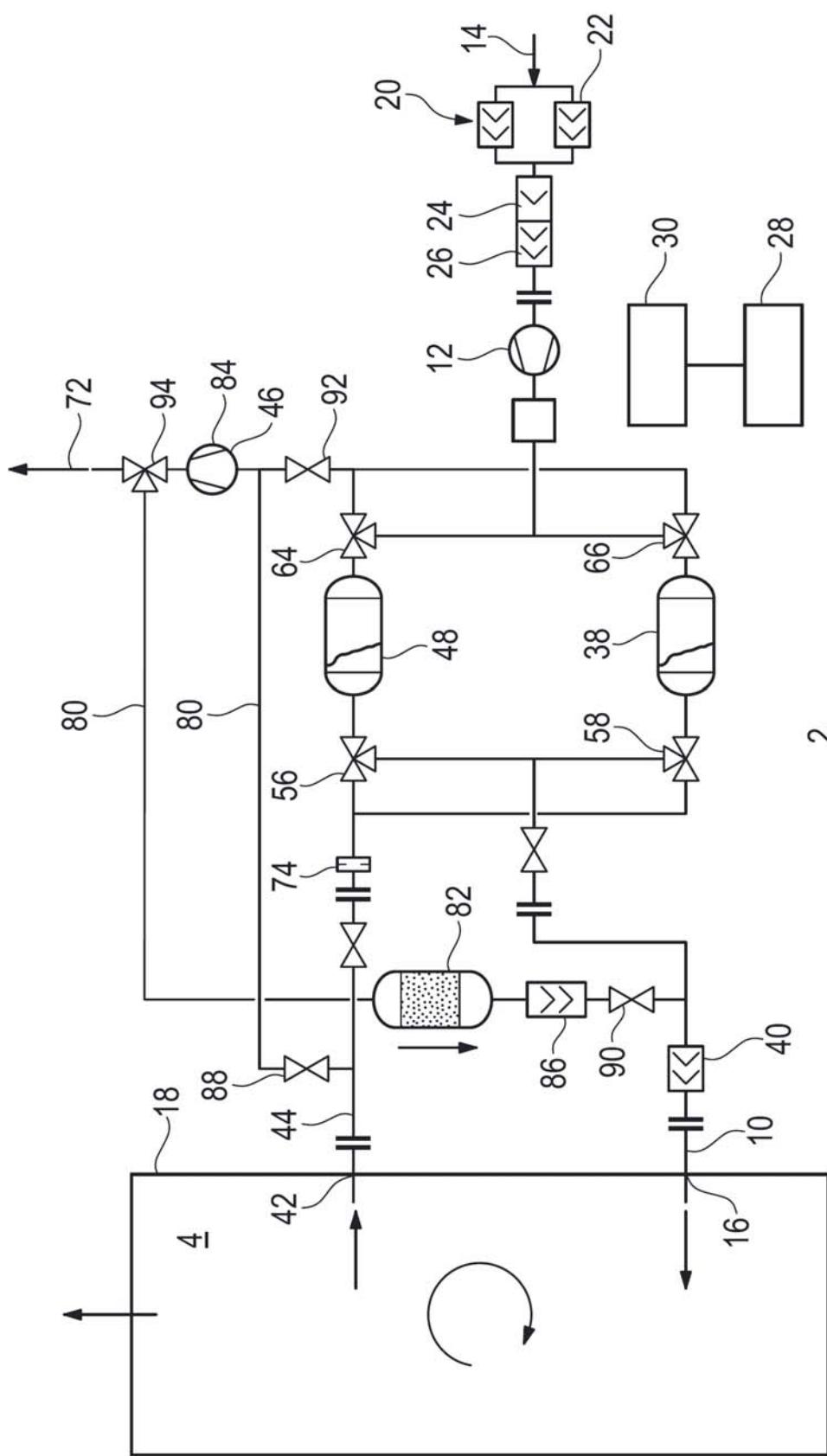
12. Processo de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a ventilação do espaço operacional durante o aumento de pressão ocorre exclusivamente por meio da circulação de ar ajustada de CO<sub>2</sub>.

13. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que, simultaneamente, é fornecido ar de suprimento ao espaço operacional por meio de uma das duas colunas de adsorção de gás inerte (38, 48) e na operação de circulação é efetuada uma decomposição de CO<sub>2</sub> por meio da coluna de adsorção de CO<sub>2</sub> (82).

14. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 13, caracterizado pelo fato de que o segundo ventilador (12) é utilizado como ventilador de circulação de ar (84).

**Fig. 1**



**Fig. 2**