



등록특허 10-2135338



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월17일
(11) 등록번호 10-2135338
(24) 등록일자 2020년07월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21F 9/02 (2006.01) *G21D 3/06* (2006.01)
G21F 7/015 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G21F 9/02 (2013.01)
G21D 3/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7001821
- (22) 출원일자(국제) 2014년04월29일
심사청구일자 2019년02월18일
- (85) 번역문제출일자 2016년01월21일
- (65) 공개번호 10-2016-0032122
- (43) 공개일자 2016년03월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2014/058721
- (87) 국제공개번호 WO 2015/007409
국제공개일자 2015년01월22일

(30) 우선권주장
10 2013 214 230.7 2013년07월19일 독일(DE)

- (56) 선행기술조사문현
CN201655347 U
US04816041 A

전체 청구항 수 : 총 2 항

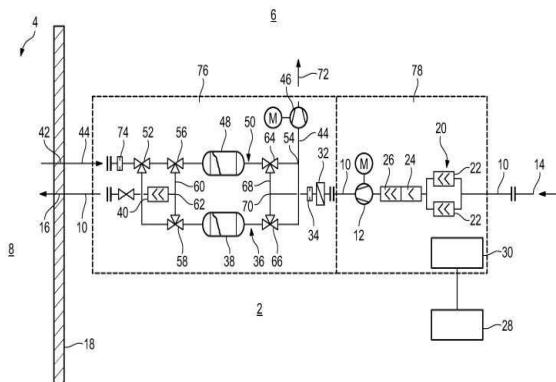
심사관 : 윤연숙

(54) 발명의 명칭 원자력 플랜트의 중대 사고시 사용되는 배기 시스템과 그 작동 방법

(57) 요약

운영자가 근접 가능한 원자력 플랜트의 운영실, 특히 원자력 발전소(6)의 통제실(4)에 사용되어, 방사성 물질의 방출이 수반되는 중대 사고의 발생시 적어도 수 시간의 시간 동안 오염되지 않은 신선한 공기를 공급할 수 있게 구성된 배기 시스템(2)이다. 특히 작동실에 공급되는 신선한 공기 중의 방사성 희유 가스의 함량이 가능한 한 낮다. 이를 위해 본 발명에 따른 배기 시스템(2)은 외부 유입구(14)로부터 운영실로 연장되며 제1 팬(12)과 제1 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어 38)이 연결된 공기 공급 배관(10)과, 운영실로부터 외부 유출구(72)로 연장되며 제2 팬(46)과 제2 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어 48)이 연결된 공기 배출 배관(44), 그리고 제1 및 제2 희유가스 흡착 칼럼(38, 48)의 역할을 교환시키는 스위칭 수단을 구비하고 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G21F 7/015 (2013.01)

Y02E 30/40 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

원자력 플랜트의 운영자가 근접 가능한 운영실의 배기 시스템(2)의 작동방법에 있어서,

상기 배기 시스템(2)은

외부 유입구(14)로부터 운영실로 유도되고 제1 팬(12)과 제1 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어, 38)이 연결되는 공기 공급 배관(10)과,

운영실로부터 외부 유출구(72)로 유도되고 제2 팬(46)과 제2 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어, 48)이 연결되는 공기 배출 배관(44)과, 그리고

제1 및 제2 희유가스 흡착 칼럼(38, 48)을 상호 전환시키는 스위칭 수단을 구비하고,

공급 공기의 흐름 방향으로 볼 때, 제1 팬(12)이 제1 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어, 38)의 상류에 배치되고, 배출 가스의 흐름 방향으로 볼 때, 제2 팬(46)이 제2 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어 48)의 하류에 배치되고,

두 희유가스 흡착 칼럼 중의 어느 하나(예를 들어, 38)에는 공급 공기를 흐르게 함으로써 방사성 희유가스를 충전시키는 동시에 다른 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어, 48)에는 배기 가스를 흐르게 함으로써 역세정 시키고, 현재 충전되는 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어, 38)의 흡착력(adsorption capacity)이 소진되자마자, 두 희유가스 칼럼(38, 48)의 기능이 스위칭에 의해 상호 전환되고, 대기압과 비교하여, 감소된 압력이 상기 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어, 48)의 세척을 위해서 설정되고, 증가된 압력이 상기 희유가스 흡착 칼럼(예를 들어, 38)의 충전을 위해서 설정되는 작동방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 운영실은 원자력 발전소(6)의 통제실(4)을 포함하는, 작동방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 원자력 플랜트에 관한 것으로, 더 상세히는 원자력 플랜트의 중대 사고시 사용되는 배기 시스템과 그 작동 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원자력 발전소에 있어서 사고(incidents or accidents)에 관련된 상황의 발생시 특히 요드, 연무(aerosol) 그리고 희유가스(noble gas) 등의 방사성 핵분열 물질들이 상당히 방출될 수 있다는 것을 사고에 따라 예상하고 대책을 수립해야 한다. 이러한 관점에서 격납용기(containment)의 누출(leakage)은 발전소 주변환경에 대한 방출이 발생되기 전에 (예를 들어 보조 플랜트 건물, 스위칭 설비.switching installation), 관측소(observation post) 등의) 발전소 건물에 방사능(activity)을 누출하여 그 내부에 분포되는 것으로 가정해야 한다. 여기서 특히 희유가스의 누출은 연무에 관련된 방사능의 누출에 더하여 발전소 운영자들에 대한 문제가 된다.

[0003] 이와 같은 상황에서는, 여과된 압력 방출 동안에 방대한 양의 희유가스 역시 방출되어 발전소 지역에 희유가스 구름을 형성한다. 기후 조건에 따라서는 장기 오염(longer-term pollution)도 완전히 배제할 수 없다.

[0004] 소위 사고 관리 수단(accident management measures)의 도입을 위해서는, 운영자가 부적절한 방사능에 노출되거나 운영자 오염이 발생하지 않고 남아있도록 하는 조건이 통제실(control room) 또는 관리소(management post)로도 불리는 관측소에 절대적으로 필요하다.

[0005] "발전소 정전(Station Black-Out)(SBO)"을 수반하는 구조 초과 사고(configuration-exceeding incident)의 경우에는, 관측소의 접근성을 유지할 수 있게 중요한 배기 변수들을 보장하도록 대비된 대로의 배기 시스템과 여과 시스템이 더 이상 정상적으로 동작하지 못하게 된다.

[0006] 이러한 시나리오를 통제하기 위한 종래의 대책의 개념은 관측소를 격리(isolate)하는 것이었다. 예를 들어, 다른 필터를 구비하는 이동식 배기 시스템을 설치하는 것인데, 이런 시스템으로는 희유가스를 충분히 포집(retention)할 수 없다.

[0007] 다른 대책은 관측소에 저장된 압축공기를 공급하는 것이다. 그러나 압력용기를 장기간 보관하는 것은 매우 복잡하므로 보관기간이 제한적이다. 모듈식(modular)이나 이동식 시스템의 구성은 현실적으로 가능하지 않다. 그뿐만 아니라 압축공기 저장 구성은 운영중의 발전소를 개보수(retrofit)하는 경우 아주 복잡하게 된다.

발명의 내용**해결하려는 과제**

[0008] 본 발명의 목적은 발전 플랜트의 관측소나 운영자가 출입하는 방에 사용되도록 가능한 한 작고 컴팩트(compact)한 크기를 유지하면서, 방사능이 수반되는 중대 사고의 경우 적어도 수 시간 동안 오염되지 않은 신선한 공기를 공급하여 관측소에 있는 운영자가 가능한 한 최소로 방사능에 노출될 수 있는 배기 시스템을 제공하는 것이다. 여기서, 관측소에 공급되는 신선한 공기 중의 방사성 희유가스의 비율은 특히, 가능한 한 작아지도록 구성되어야 한다. 이 배기 시스템은 또한 가능한 한 수동적인(pressive) 특성을 가져, 적은 양의 전기 에너지만을 소비하도록 구성되어야 한다. 또한, 이러한 배기 시스템을 운영하는 특히 바람직한 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 장치에 있어서, 본 발명의 목적은 청구범위 제1항에 의한 특징에 의해 달성된다. 방법에 있어서, 본 발명의 목적은 청구범위 제10항의 특징에 의해 달성된다.

- [0010] 바람직한 실시예들은 종속항들로 규정되는데, 이하의 상세한 설명들로 더 잘 이해될 수 있을 것이다.
- [0011] 본 발명에 의한 배기장치는 특히 바람직하기로 연무 및 요드 여과 모듈을 가진다. 여기서, 공기 공급 배관 내의 유입 공기는 팬(fan)을 통해 흡입되고, 연무를 분리하기 위해 고효율 미립자 공기 필터로 유도된다. 공기 중의 미립자가 제거되고 나면, 방사성 요드 화합물이 바람직하기로 활성탄 필터 베드(bed) 내에 분리된다. 동위원소 교환(isotope exchange)이나 염형성(salt formation)에 의해 방사성 요드화 메틸(methyl iodide)을 제거하기 위해 함침(imregnated) 활성탄이 사용될 수 있다. 미립자 필터는 바람직하기로 먼저 입자(dust particle)의 포집(retain)을 위한 활성탄 베드의 하류에 연결된다.
- [0012] 이와 같이 여과된 공기는 두 번째 공정 단계의 희유가스 모듈로 공급된다. 희유가스 모듈은 기본적으로, 바람직하기로 활성탄인 흡착제가 충전된 두 흡착 칼럼(adsorber columns)을 쌍둥이 구조로 포함한다. 칼럼의 흡착제는 활성탄 및/또는 분자 여과체(molecular sieves)의 복수의 층으로 구성된다.
- [0013] 제1 흡착 칼럼에 공급 공기가 도입되고, 여기서 크세논, 크립톤 등의 희유가스가 상기 칼럼을 통과하는 동안 동적 흡착에 의해 감속된다. 칼럼 하류에는 바람직하기로 필터가 배치되어 흡착 미립자를 포집(retain)시킨다.
- [0014] 이와 동시에 실내 영역으로부터의 배출 공기가 제2 흡착 칼럼을 통해 유도되어 이전에 거기 축적된 희유가스 방사능을 역세정(backwashing)시킴으로써 칼럼은 전환(change-over)후 다시 충전(charging)될 준비가 된다. 이 전환은 최소한 제1 칼럼 내의 방사능 흡착 중단(cessation)의 가장 마지막 직전에 이뤄지고 그 다음 배출 공기에 의한 역세정이 수행된다. 이 전환은 바람직하기로 타이밍 부재(timing element)나 방사능 측정 유닛에 의해 수동적으로 촉발(trigger)된다.
- [0015] 역세정은 바람직하기로 공기 배출 배관 내의 팬(fan)에 의해 지원되는데, 압력 저하의 결과인 배출 공기 흐름의 용적 증가가 희유가스의 역세정 공정을 촉진시킨다.
- [0016] 관측소의 공기 배출 배관 내에는 바람직하기로 스로틀(throttle)이 위치하여 배출 공기의 수동적인 과열에 의한 배출 공기 내의 수분의 감소(팽창 건조)를 발생시킨다. 이에 따라 흡착 칼럼 하류의 세척될 희유가스의 탈착 속도가 향상된다.
- [0017] 희유가스 칼럼에 과도히 높은 수분이 이송되는 것을 방지하기 위해, 바람직하기로 스로틀 및/또는 공기 건조기가 공기 공급 배관의 희유가스 모듈에 설치된다.
- [0018] 희유가스 모듈에는 k 값을 증가시키기 위해 수동적 콜드 트랩(cold store)이 더 구비될 수 있다. 여기서 k 값은 예를 들어 희유가스의 단위 $\text{cm}^3 / \text{흡착제의 g}$ 으로 표시되고, 유입 희유가스에 대한 흡착제 재질의 흡착 용량을 나타낸다. k 값은 온도, 압력과 가스의 수분 함량에 좌우된다. 이는 일반적으로 경험적으로 설정된다.
- [0019] 흡착 칼럼은 바람직하기로 압력 변화 방법으로 작동되는데, 즉 칼럼의 k 값을 향상시키면서 크기를 줄이기 위해 (각각 대기압에 대해) 칼럼의 세척을 위한 감소된 압력과 칼럼의 충전을 위한 증가된 압력으로 작동된다. 예를 들어, 공급 공기가 통과하는 흡착 칼럼 내의 과도한 압력은 공기 공급 배관 내의 조정 밸브로 조정된다.
- [0020] 배출 공기는 역세정된 희유가스와 함께 공기 공급 유입구와 충분히 이격된 발전소 주변환경으로 배출된다.
- [0021] 본 발명 배기 시스템은 제어 유닛과 이에 관련된 흐름과 압력 조정 부재들을 구비한다.
- 발명의 효과**
- [0022] 본 발명에 의해 달성되는 이점들은 특히 방사성 희유가스가 연무나 (특히 유기 요드 화합물 등의) 요드/요드 화합물 등 공기중 방사성 물질에 부가하여 관측소에 대한 공기의 공급과 동시에 포집되는 것을 포함한다. 크립톤 85 같은 장수명(long-life) 희유가스 동위원소도 쌍둥이 칼럼의 압력 변화 및 세척 방법에 의해 공급 공기 흐름으로부터 용이하게 분리될 수 있다. 흡착제(sorbent/adsorbent)로부터 희유가스를 제거하는 데 필요한 조건은 팽창 과열(expansion overheating)에 의해 수동적으로 지원된다. 전기 작동 전류의 요구치는 공기 공급 배관과 공기 배출 배관의 팬들과, 관련된 제어 유닛과 작동 사이클의 전환을 위한 스위칭 수단들에 약간만 필요하다. 이 정도의 요구치는 (예를 들어 배터리 및/또는 디젤 발전 유닛 등의) 자립식(autonomous) 에너지 공급 모듈로 적어도 72시간 용이하게 충족시킬 수 있다.
- [0023] 요약하면, 관측소의 접근성을 보장하기 위해서는 대략 다음 기능들이 보장되어야 한다.
- [0024] - 건물의 나머지 부분들로부터 관측소의 공기의 격리,

- [0025] - 인접 건물 실내에 비해 (예를 들어 < 1mbar의) 초과 압력,
- [0026] - 허용 일산화탄소 및 이산화탄소 농도의 준수,
- [0027] - 요드의 포집,
- [0028] - 연무의 포집,
- [0029] - (예를 들어 Kr, Xe 등의) 희유가스의 포집,
- [0030] - (예를 들어 < 100 mSv/7d의) 방사선량(dose)의 제한,
- [0031] - 원자력 설비의 계기 및 제어 온도 규정(I&C temperature qualifications)에 부합되는 온도 제한,
- [0032] - 상술한 기능들을 적어도 72시간 보장.
- [0033] 다른 이점들을 요점만 정리한다.
- [0034] - 모듈식 및 이동식 시스템 구성,
- [0035] - 기준의 시스템의 통합에 낮은 복잡성과 높은 유연성,
- [0036] - 낮은 유지보수의 복잡성,
- [0037] - 호흡 공기의 복잡한 저장이 불필요,
- [0038] - 비교적 다량의 공기(공기 교환)와 공간 영역 포괄 가능.

도면의 간단한 설명

[0039] 본 발명의 한 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 단일한 도면(도 1)은 원자력 발전소의 통제실의 배기 시스템을 개념적으로 그리고 매우 간략화하여 그린 블록 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 도시되고 간단히 지시된 사고시 배기 시스템(2)은 사고(accidents or incidents)에 관련된 상황에서, 특히 발전소 빌딩 내에 핵분열 물질을 방출하는 중대한 사고의 초기 국면 동안 원자력 발전소(6)의 통제실(4)(주통제실 Main Control Room; MCR)로도 지침됨)과 또한 주변환경의 적용 가능한 위치에 신선한 공기를 공급하는데 사용된다.

[0041] 원자력 발전소(6)의 독립적 전원 공급이 정전되어 통제실(4)에 대한 정상적 배기 시스템(도시 안 됨)도 작동 못하는 이런 시나리오에서는, 초기 대책을 개시하고 이를 감시하도록 운영자를 위험에 빠뜨리지 않으면서 소정시간 - 예를 들어 사고 개시후 72시간 - 동안 통제실(4)을 계속 점유할 수 있도록 하는 것이 특히 중요하다. 운영자는 최초의 최대 방사능이 저하(cooled)되어 안전한 대피(secure evacuation)가 가능할 때까지 통제실(4)에 남아있어야 할 수도 있다.

[0042] 이를 위해 통제실(4)의 배기 시스템(2)이 구성되는데, 한편으로 통제실(4)이나 발전소 건물의 주변환경으로부터 오염이 제거되고 산소가 풍부한 신선한 공기 - 공급 공기로도 지침됨 - 을 공급하기 위한 것으로 관련된 여과 및 세정 단계들을 구비한다. 다른 한편, 배기 시스템(2)은 이산화탄소 농도가 높은 사용된 공기 - 배출 공기로도 지침됨 - 를 통제실(4)로부터 주변환경으로 배출시킨다. 여기서, 종래의 다른 배기 개념들과는 달리 압축공기 저장 시스템으로부터 신선한 공기를 공급하거나 통제실(4)의 내부공간에서 공기를 재순환 또는 재처리하지 않는다.

[0043] 배기 시스템(2)의 작동 동안 이를 통해 주변환경으로부터 신선한 공기가 팬(12)에 의해 흡인되어 내부공간(8)으로 이송되는, 신선한 공기 공급 배관 또는 간단히 신선한 공기 배관으로도 지침되는 특정한 용어인, 공기 배급 배관(10)은 적어도 주변환경에 대해 대략 밀폐된 통제실(4)의 내부공간(8)에 연결된다. 공기 공급 배관(10)의 흡입 유입구 또는 약칭하여 유입구(14)는 통제실(4)로부터 이격, 특히 발전소 건물의 외부에 배치된다, 사고의 진행에 따라, 유입구(14)를 통해 흡인된 신선한 공기에 특히 연무(aerosol), 요드 및 요드 화합물과 희유가스 형태의 방사성 핵분열 물질이 포함될 수 있다. 이 물질들은 통제실(4) 내부공간(8)으로의 둘레벽(18)(단면으로만 도시됨)의 도관(conduit; 16)을 통해 흐름이 유도되기 전에 신선한 공기 흐름 - 공기 공급 흐름으로도 지침됨 - 으로부터 가능한 한 완전하고 신뢰성 높게 제거되도록 구성되었다.

- [0044] 이를 위해, 유입구(14)의 하류에는 신선한 공기 흐름의 방향에서 보았을 때, 연무 필터(20) 형태의 제1 여과 단계가 공기 공급 배관(10)에 연결되는데, 예를 들어 흐름에 평행하게 연결된 두 HEPA 필터(22)가 연결된다. (HEPA = 고효율 미립자 공기필터; High Efficiency Particulate Airfilter). 이에 따라 HEPA 필터(22)는 신선한 공기 흐름으로부터 특히 Te, Cs, Ba, Ru, Ce, La 동위원소에 관련된 연무 미립자(공기중 미립자(airborne particulates)로도 지칭함)를 고효율로 분리한다.
- [0045] 더 하류에는 요드 필터(24)와 하류 미립자 필터(26)를 가지는 제2 여과 단계가 공기 공급 배관(10)에 연결된다. 요드 필터(24)는 바람직하기로 예를 들어 0.1 내지 0.5m의 층두께를 가지는 활성탄 필터 베드(activated carbon filter bed)의 형태이다. 앞서의 연무 필터(20)에서 수행된 공기 중의 미립자의 분리 다음, 방사성 요드 화합물과 원소 요드는, 예를 들어 0.1 내지 0.5s의 접촉시간에 대해 k 값 > 8 인 요드 필터(24)에 의해 분리된다. 방사성 요드화 메틸을 동위원소 치환 또는 염형성에 의해 분리하기 위해 (예를 들어 요드화 칼륨을 함침제로 사용하는) 함침 활성탄이 사용될 수 있다. 요드 필터(24) 하류에 연결된 미립자 필터(26)는 활성탄 베드로부터 먼지 입자들을 포집하도록 구비된 것이다.
- [0046] 제2 여과 단계의 하류에는, 이송 팬(conveyor fan), 약칭하여 팬(12)이 연결되어 신선한 공기를 공기 공급 배관(10) 내로 이송시킨다. 바람직하기로 이 전기 구동 팬(12)은 예를 들어 1000 내지 6000 m^3/h 범위의 흡입 출력을 가진다.
- [0047] 필요한 작동 전류를 공급하기 위해, 정상적인 플랜트 전력 공급망으로부터 독립적이고 (플랜트 전체의) 비상 전력망과도 독립적인, 예를 들어 전기 배터리/축적기 및/또는 디젤 발전 유닛을 기반으로 하는 자립식 전력 공급 모듈(28)이 구비된다. 이 전력 공급 모듈은 필요에 따라 기동되는데, 바람직하기로 독립적인 불간섭(non-interrupted) 전력 공급 장치로 또는 관련된 제어 유닛(3)을 통해 대체적으로 제어된다.
- [0048] 더 하류에는, 공기 공급 배관(10)에 공기 건조기(32)가 선택적으로 연결되는데, 이는 콜드 트랩(cold trap)으로도 지칭되며 신선한 공기 흐름에서 응축 가능한 성분을 분리하는 것이다. 이는 예를 들어, 실리카겔 및/또는 얼음을 건조제로 사용하는 수동적 콜드 트랩이 될 수 있다. 이에 따라 하류의 (후술하는) 기능 유닛들로 흐를 신선한 공기 흐름의 수분이 제거된다. 스로틀(34)이 대체적으로 또는 추가적으로 구비되는데, 이 실시예의 경우는 신선한 공기의 흐름 방향으로 보아 공기 건조기(32)의 하류에 배치되어 신선한 공기 흐름에 팽창 건조의 원리에 따라 작용함으로써 건조시킨다. 이 스로틀은 특히 조정가능한 스로틀 밸브가 될 수 있다.
- [0049] 여과와 건조에 이어, 신선한 공기 흐름은 관련 전환 부재(positioning member)들을 통해, 예를 들어 희유가스 흡착 칼럼, 약칭하여 흡착 칼럼(38)이 연결된 배관부(36)를 통해 (후술하는) 대응 위치로 흐르게 된다. 여기서 신선한 공기 흐름에 포함된 희유가스, 특히 크세논과 크립톤은 물리적 및/또는 화학적 흡착에 의해 동적 조정되는 평형의 맥락에서 흡착 칼럼(38) 내에 존재하는 흡착제에 포집되어 흡착 칼럼(38) 내의 흡착제의 흡착력(absorption capacity)이 소진되지 않는 한, 결과적으로 배관부(36)에서 감속된다. 특히 하나 또는 복수의 층의 활성탄 및/또는 제올라이트 및/또는 분자 여과체가 흡착제로 구비될 수 있다.
- [0050] 통제실(4)로 향하는 배관부에는 이탈(loosened)된 흡착제 미립자를 포집시키기 위한 미립자 필터(40)가 흡착제 칼럼(38)의 하류에 연결된다.
- [0051] 최종적으로, 상술한 방식으로 오염이 제거된 신선한 공기가 통제실(4) 둘레벽(18)의 도관(18)을 통해 내부공간(8)으로 도입됨으로써 운영자에게 허용된 방사능 수준의 산소가 풍부한 사용되지 않은 공기가 거기에 공급된다.
- [0052] 이산화탄소가 풍부한 사용된 공기가 내부공간(8)으로부터 둘레벽(18)의 도관(42)을 통해 주변환경으로 연결되며 가스 이송을 지원하기 위한 팬(46)이 연결된 공기 배출 배관(44)을 통해 통제실(4)로부터 배출됨으로써 공기 교환이 이뤄진다. 이 팬(46)은 바람직하기로 팬(12)과 유사하게 동력 공급 모듈(28)로부터 전류를 공급받는 전기 구동 팬이다.
- [0053] 신선한 공기 흐름에 작용하는 흡착 칼럼(38)의 흡착력은 일반적으로 실용적 구조 크기 때문에 비교적 짧은 시간 동안에 이미 소진되는데, 배기 시스템(2)은 현재의 작동 동안에 흡착된 희유가스를 주변환경으로 역세정(backwashing)시키도록 구성되어 있다. 이를 위해 관련 분기판과 연결 및 전환 부재들(connections and positioning members)을 통해 작용하는 구조적으로 거의 동일한 두 흡착 칼럼(38, 48)이 구비되는데, 여기서 연결 및 전환 부재는 상술한 흡착 칼럼(38, 48) 중의 하나가 흡착 작동으로 신선한 공기에 작용하는 반면, 다른 하나는 이와 동시에 방출 또는 세척 작동으로 배출 공기를 역세정함으로써 다음 흡착 사이클을 준비하도록 신선한 공기 또는 배출 공기를 연결하는 3방 밸브(3-way valve)로 구성된다. 전환 부재의 스위칭으로 흡착 칼럼(38,

48)의 기능이 스위칭됨으로써 흡착 작동과 방출 작동 간의 각 칼럼의 사이클이 바뀌게 된다.

[0054] 도시된 실시예에서, 이 기능은 흐름 관점에서 서로 비평행으로 연결된 배관부(36)에 배치된 한 흡착 칼럼(38)과 배관부(50)에 배치된 흡착 칼럼(48) 간에 이뤄진다. 양 배관부(36, 50)는 일단에서 3방 밸브(52)로, 팬(46)의 흡입측에 배치된 타단에서 유니언(union; 54)으로 통합된다. 또한 3방 밸브(52)와 두 흡착 칼럼(38, 48) 사이의 일측에는 두 3방 밸브(56, 58)로 전환될 수 있는 횡 연결부(60)가 두 배관부(36, 50) 사이에 연결되고, T 연결부(62)를 통해 미립자 필터(particular filter; 40)를 향하는 공기 공급 배관(10)의 일부에 연결된다. 타측에는 유사한 구조로 두 삼방밸브(64, 66)에 의해 전환되는 횡 연결부(68)가 흡수 칼럼(38, 48)과 유니언(54) 사이에 연결되고, T 연결부(70)를 통해 스로틀(34)로부터의 공기 공급 배관(10)의 일부에 연결된다.

[0055] 이에 따라 선택된 밸브 위치에서, 상술한 바와 같이 스로틀(34)로부터의 공급 공기가 T 연결부(70)과 3방 밸브(66), 도면 하부의 흡착 칼럼(38), 3방 밸브(58), 그리고 T 연결부(62)를 통해 미립자 필터(40)로 흐르고, 거기서 통제실(4)로 공급된다. 다른 배관 가닥으로는 통제실(4)로부터의 배출 공기가 3방 밸브(52), 3방 밸브(56), 도면 상부의 흡착 칼럼(48), 그리고 3방 밸브(64)를 통해 팬(46)의 흡입 연결부로 흐르고, 거기서 바람직하기로 신선한 공기의 유입구(14)와 이격되어 위치하는 배출 굴뚝이나 다른 유출구(72)로 배출된다.

[0056] 즉, 이전 사이클에서 흡착에 의해 흡착 칼럼(48)에 축적되었던 희유가스는 거의 희유가스가 없는 통제실(8)로부터의 배출 공기에 의해 이 작동 모드에서 방출됨으로써 주변환경으로의 배출 공기에 의해 역세정(backwashing) 된다. 이 역세정은 역세정되는 흡착 칼럼(48) 하류에 배치된 팬(46)에 의해 지원되는데, 압력 저하의 결과인 배출 가스의 용적 증가가 희유가스의 역세정 공정을 촉진시킨다.

[0057] 통제실의 공기 배출 배관(44)에는 배출 공기 흐름의 방향으로 보아 3방 밸브(52)의 상류, 이에 따라 현재 세척 작동에 사용되는 흡착 칼럼(48)의 상류에 스로틀(74)이 위치하는데, 이는 바람직하기로 조정 가능한 스로틀 밸브의 형태로 구성되어 배출 공기의 수동적 과열을 일으켜 배출 공기에 포함된 수분을 감소시킨다(팽창 건조). 이에 따라 하류의 흡착 칼럼(48)에서 희유가스의 방출 속도(desorption speed)가 향상된다.

[0058] 스위칭 이후에는 흡착 칼럼(38, 48)들의 기능이 상호 전환(transpose)된다. 이제 신선한 공기는 스로틀(34)로부터 3방 밸브(64), 흡착 칼럼(48), 그리고 3방 밸브(56)를 통해 미립자 필터(40)으로 흘러, 거기서 통제실(4)로 공급된다. 반면, 통제실(4)로부터의 배출 공기는 스로틀(74)로부터 3방 밸브(52), 삼방 밸브(58), 흡착 칼럼(38), 그리고 3방 밸브(66)를 통해 팬(46)으로 흐르고, 거기서 유출구(72)로 배출된다. 이전에 충전된 흡착 칼럼(38)은 이제 배출 공기에 의해 역세정되는 반면, 흡착 칼럼(48)의 신선한 공기의 세정에 사용가능하며 이에 따라 반복적으로 충전된다.

[0059] 3방 밸브들(52, 56, 58, 64, 66)에 의한 스위칭 작동을 제어하기 위해 제어 유닛(30)이 구비되는데, 이는 바람직하기로 두 팬(12, 46)과 흐름과 압력의 추가적인 다른 전환수단들도 함께 제어한다. 당업계의 통상의 전문가에게는 이 스위칭을 기능적으로 수행할 수 있는 동등한 방식의 다른 배관 구성과 전환 수단이 자명할 것이다.

[0060] 점선으로 된 둘레선으로 도시한 바와 같이, 배기 시스템(2)은 바람직하기로 희유가스 모듈(76), 요드 및 연무 모듈(78), 그리고 전력 공급 모듈(28)로 된 모듈 방식으로 구성된다. 각 모듈의 경계는 자연히 상세에서 달라지게 선택될 수 있지만 다른 모듈이나 서브 모듈이 존재할 수 있다. 예를 들어, 각 모듈은 수송 가능하게 표준 컨테이너 내에 수납되어 설치 위치까지 간단히 수송되고 표준화된 관련 배관의 연결로 현장에서 간단히 구성된다.

[0061] 이상의 설명은 원자력 발전소의 (중앙) 통제실의 배기에 집중되었지만, 배기 시스템(2)은 원자력 발전소나 좀더 일반적으로 원자력 플랜트 - 예를 들어 연소 요소 저장부(combustion element stores), 재처리 플랜트, 연료 처리 플랜트 등 - 의 다른 영역 - 예를 들어 보조 플랜트 건물, 플랜트 전환실(switching plant room), 측정 통제실 또는 다른 운영 및 감시실 등 - 의 사고시 배기에도 사용될 수 있다. 이러한 방들 중 '운영실(operating room)' 역시 요약적인 키워드로 사용된다.

부호의 설명

2: 배기 시스템(Ventilation system)

4: 통제실(Control room)

6: 원자력 발전소(Nuclear power station)

8: 내부공간(Inner space)

- 10: 공기 공급 배관(Air supply line)
- 12: 팬(Fan)
- 14: 유입구(Inlet)
- 16: 도관(Conduit)
- 18: 둘레벽(Enclosure wall)
- 20: 연무 필터(Aerosol filter)
- 22: 고효율 미립자 공기 필터(HEPA filter)
- 24: 요드 필터(Iodine filter)
- 26: 미립자 필터(Particulate filter)
- 28: 전력 공급 모듈(Power supply module)
- 30: 제어 유닛(Control unit)
- 32: 공기 건조기(Air dryer)
- 34: 스로틀(Throttle)
- 36: 배관부(Line portion)
- 38: 흡착 칼럼(Adsorber column)
- 40: 미립자 필터(Particulate filter)
- 42: 도관(Conduit)
- 44: 공기 배출 배관(Air discharge line)
- 46: 팬(Fan)
- 48: 흡착 칼럼(Adsorber column)
- 50: 배관부(Line portion)
- 52: 3방 밸브(3-way valve)
- 54: 유니언(Union)
- 56: 3방 밸브(3-way valve)
- 58: 3방 밸브(3-way valve)
- 60: 횡 연결부(Transverse connection)
- 62: T 연결부(T-connection)
- 64: 3방 밸브(3-way valve)
- 66: 3방 밸브(3-way valve)
- 68: 횡 연결부(Transverse connection)
- 70: T 연결부(T-connection)
- 72: 배출구(Outlet)
- 74: 스로틀(Throttle)
- 76: 희유가스 모듈(Noble gas module)
- 78: 요드 및 연무 모듈(Iodine and aerosol module)

도면

도면1

