(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
G21C 15/18

(45) 공고일자 1991년05월25일
(11) 공고번호 특1991-0003287

(21) 출원번호	특1983-0000447	(65) 공개번호	특1984-0003896
(22) 출원일자	1983년02월05일	(43) 공개일자	1984년10월04일

(30) 우선권주장 346339 1982년02월05일 미국(US)
(71) 출원인 웨스팅하우스 일렉트릭 코오포레이숀 죠오지 메크린
미합중국, 펜실베이니아주 15222, 피츠버어그시, 게이트 웨이센터, 웨스팅하우스 빌딩

(72) 발명자 포레스트 토마스 죤슨
미합중국 펜실베이니아주 피츠버어그시. 노르마 드라이브 4625
(74) 대리인 나영환

심사관 : 이병일 (책자공보 제2302호)

(54) 구획화된 냉각재 안전 주입 시스템

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

구획화된 냉각재 안전 주입 시스템

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명을 보다 잘 알 수 있도록 원자로 시스템의 일부를 잘라낸 원자로 시스템의 투시도.

제2도는 제1도의 선 II-II를 따라 절단한 원자로 시스템 단면의 평면도.

제3도는 제1도의 선 III-III을 따라 절단한 원자로 시스템 단면외 정면도.

제4도는 안전 주입 모드에서의 원자로 시스템의 동작을 나타내는 개략도.

제5도는 저장수 재장전 탱크가 고갈된 후의 분사 재순환시의 원자로 시스템의 동작을 나타내는 개략도.

제6도는 재순환된 냉각재가 냉각재 루프의 핫레그로 주입되는 본 발명의 또 다른 실시예의 동작을 나타내는 개략도.

제7도는 정상적인 냉각 모드로 동작될 때의 원자로 시스템의 동작을 나타내는 개략도.

제8도는 증기 차단으로 긴급 정지된 동안의 본 발명의 동작을 나타내는 개략도.

제9도는 펌프 모듈의 동적 시험 동안의 본 발명의 동작을 나타내는 개략도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

20 : 원자로 용기
22 : 원자로 냉각재 공급 루프
24 : 원자로 냉각재 펌프
26 : 증기발생기
28 : 핫레그
34 : 격납용기 빌딩
38 : 원자로 냉각재 루프구획
40 : 재장진 도관
42 : 비상구 저장탱크
50 : 스크린
74 : 격납용기 분사 펌프
78 : 펌프 모듈
96 : 재장진수 저장탱크
104 : 분사헤더

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 전력 발생에 사용되는 원자로에 관한 것으로서, 구체적으로 원자로를 위한 보호 시스템과 이 시스템에서 사고로 인해 냉각재가 손실되는 것을 억제하기 위한 메카니즘에 관한 것이다.

가압수형 원자로에서는 핵반응을 제어하여 생긴 열이 증기를 발생시키는데 사용된다. 이 증기는 전력을 발생시키는 터어빈 발전기를 구동시키게 된다. 상기 시스템에서 방사능 오염을 제어하기 위해서는 가압수가 1차측에 제공되는 열교환기에 의해 증기가 간접적으로 발생되어야 한다. 이때 가압수는 원자로 용기에 접속된 1차 냉각재 루프를 통해 펌프되어야 한다.

물은 고온, 고압상태로 냉각재 루프를 통해 순환된다. 냉각재 공급 루프가 파열된 경우 원자로는 정각되어도 물은 노심의 붕괴열을 제거하기 위해 원자로 냉각재 시스템을 통해 계속 순환되어야 한다. 그래서 계속 물이 흐르면 노심을 통과하여 파손된 곳을 통해 격납용기 빌딩의 바닥으로 쏟아지게 된다.

잘 알려진 원자로 시스템에서. 원자로 용기와 냉각재 루프들은 격납용기 빌딩으로 알려진 크고, 강화된 콘크리트 구조물로 수용되어 있다. 격납용기 빌딩은 외부힘으로부터 원자로와 시스템의 부품들을 보호하며, 또한 사고로 인해 냉각재 손실이 있을 경우 방사능으로 오염된 냉각재가 확산되는 것을 막는 장벽을 제공하기도 한다.

실제로 가압수 시스템이 파열되는 경우, 압력과 냉각재의 손실로 인해 원자로에서 "블로우 다운(blow down)"이 발생하며, 그리하여 원자로속에 있는 물이 급속히 증발하게 되고 냉각재는 원자로 용기로부터 축출되게 된다. 이와 같이 파열이 발생되는 경우 원자로심이 노출되게 되며 심한 손실을 입게 된다. 따라서 종래 시스템에서도 안전 주입 시스템을 설치하여 사고로 인해 냉각재가 손실되는 경우에 보충 냉각재를 원 자로에 공급한다. 몇몇 시스템에 있어서는 가압 축적기가 시스템 압력의 떨어짐에 반응하여 냉각재를 공급 한다.

미합중국 특허 제3,929,567호에 기재된 다른 시스템에서는 비상 보충수 냉각탱크가 원자로 용기보다 상당히 더 높은 수위에 배치되어 있으벼 냉각재가 원자로에 수동으로 공급되어진다. 미합중국 특허 제4.050,983호와 제4,210,614호에 기재된 또 다른 시스템은 사고로 인해 냉각재의 손실이 있을 때 파열 디스크를 통해 입출력(access)되는 범람 탱크를 구비하고 있다. 몇몇 시스템에서, 비상수의 공급은 축적기가 원자로 용기의 하부 폴리넘(plenum)과 다운 커머(down comer)를 다시 채운 후 원자로심을 재범람시키도록 제공된다. 비상수는 보조 빌딩에 저장되며 흡입 라인과 예비 안전 주입 펌프를 통해 원자로에 공급된다.

이러한 시스템에서, 펌프는 비상수 저장탱크내의 물의 고갈정도에 따라 격납용기 빌딩 섬프(sump)에 다시 접속된다. 안전 주입 핌프가 동작하지 않으면 어떤 시스템도 노심을 재범람시키지 못한다. 또한 노심의 재범람 동작에 사용된 주입 핌프는 원자로 시스템의 정상적인 동작 압력보다 훨씬 낮은 압력으로 동작되도록 설계되어진다.

안전 주입 시스템에 추가하여, 다른 보조 시스템이 원자력 발전소의 정상 및 비상 동작을 보좌하고 있다. 이들 보조 시스템중에는 격납용기 분사 시스템 및 정상적인 붕괴열 제거 또큰 잔열제거 시스템등이 포함된다. 이들 시스템들은 통상 동일한 저장수 탱크에 의해 공급받는다. 미합중국 특허 제 4,104,119호에 기재된 바와 같은 몇몇 시스템에서는 보조 저장수 탱크가 증기발생기에 대한 비상수 공급을 위해 열싱크로써 사용 된다.

격납용기 빌딩 외측에서 보조 시스템들이 실질적으로 교차결합함으로 인하여 격납용기로부터 격리되어 위치한 보조 빌딩내에 모든 밸브, 핌프, 열교환기 그리고 다른 관련 장비들의 위치가 결정될 수 있다. 사고로 인한 냉각재의 손실이나 정상적인 붕괴열 제거 동작시에는 방사능을 포함한 물이 격납용기 빌딩으로부터 보조빌딩 속으로 펌프되어야 한다. 보조 빌딩은 상기한 시스템과 관련하여 구획화되어 있으며 정부규제에 따라 제한된 시간 주기 동안 규정된 비율로 냉각재를 누출하게끔 설계된다. 그러나, 만약 냉각재의 누출이 규정된 비율을 초과하거나 규정된 주기를 초과하여 계속 누출되면, 냉각재의 누출억제를 잘할 수 없게 될 가능성이 있다. 한편, 보조 빌딩 탱크는 격납용기 빌딩으로부터 손신될 수 있는 오염수의 체적을 수용하는데 불충분하다. 따라서 오염수가 보조 빌딩을 범람하게 될 가능성이 존재한다. 또 다른 이유로서 보조빌딩 탱크가 파손되는 경우에는 냉각재 주입 시스템이나 보조시스템에 대해 물을 공급할 수 없게 되므로 사고로 인해 냉각재의 손실이 있을 경우 노심의 용융과 격납용기의 파손을 방지할 수가 없게 된다. 따라서, 보조빌딩을 통해 방사능을 포함한 물의 순환을 방지할 필요가 있었다.

미합중국 특허 제4,092.490호에 기재된 시스템에서는 격납용기 빌딩에 인접한 파이프와 밸브를 보호하기 위해 신장부가 제공된다. 다른 시스템은 격납용기 빌딩의 내측라이너와 외측 셀사이에 보도 장치들을 위치 시키므로서 격납용기 빌딩의 확장을 제거하려고 했다. 상기한 시스템의 일예는 미합중국 특허 제3,929,568호에 기재되어 있다. 그러나, 상기한 시스템들의 어느 것에도 비상 공급수가 격납용기 빌딩에 한정되어 있지 않다.

상기한 종래의 모든 시스템에서는 사고로 인해 냉각재의 손실이 발생되는 경우 격납용기 빌딩의 외측으로 방사능을 포함한 물이 유출될 가능성이 있다. 따라서, 종래 원자로 시스템에 대하여 사고로 인해 냉각재가 손실되는 것과 관련된 노심의 보호를 위한 개선책을 마련하여 방사능을 포함한 냉각재가 용기 외측으로 유출될 가능성을 현저히 감소시킬 필요가 있다.

한편, 원자력 발전소에서 사고로 인해 냉각재의 손실이 발생된 후 신속히 본래의 동작 상태로 되돌아 오는 것은 실제로 가능한 것이 아니다. 격납용기 빌딩내에는 냉각재가 냉각재 루우프로부터 유출되는 경우 냉각재의 확산을 제한하거나 제어할 수 있는 특수한 수단이 없다.

따라서 유출된 냉각재를 회수하고 원자로 시스템을 정화하는 데는 많은 시간 소모와 경비가 많이 든다. 재장진 저장수 탱크가 고갈되었을 때는 잔열 제거 시스템, 안전 주입 시스템, 용기 분사 시스템 그리고 다른 보조 시스템들이 물의 공급원으로서 격납용기 빌딩 섬프에 다시 접속된다. 이 경우. 격납용기 분사 시스템은 전체 격납용기 빌딩을 통해 높은 방사능 유체를 분사하게 된다. 그 후에 격

납용기 빌딩의 리-엔트리 (Re-entry)는 전체 빌딩의 격리정화(약 200만 리터의 방사능 수를 제거하고 재처리하는 것을 포함)를 필요로 하게 된다. 따라서 시스템을 회복하여 즉시 그리고 효과적으로 업무를 다시 수행하도록할 필요가 있다.

펌프 그리고 관련된 밸브와 파이프를 동적으로 시험하는 편리한 메카니즘은 없다. 예를 들어 몇몇 시스템에서는 원자로 용기의 상부가 제거되는 재장진 동안에만 성능 시험이 수행된다. 심지어 복잡하고 시간이 소요되는 과정에 대해서는 성능의 전체 범위를 예측할 수 있는 몇몇의 데이타 포인트를 적용하는 것이 필요하다. 따라서. 본 발명의 목적은 사고후에 발전소를 신속히 복구하여 정상을 되찾을 수 있도록 하며 사고의 기회를 감소할 수 있도록 펌프 밸브와 파이프를 시험할 수 있는 가능성을 제공할 수 있는 안전 시스템을 가진 원자로를 제공하는 것이다.

상기한 목적에 따른 본 발명은, 원자로 용기를 수용하는 구획을 포함하고 있는 격납용기 빌딩내에 수용되어 있으며, 원자로 용기로부터 원자로 냉각재 펌프와 증기발생기를 포함하는 적어도 하나의 원자로 냉각재 공급 루프를 통해 가압수 냉각재가 순환하도록 구성한 원자로 시스템에 있어서, 적어도 하나의 원자로 냉각재 공급 루프를 구성하는 원자로 냉각재 펌프와 증기발생기가 설치되어 있는 원자로 냉각재 루프 구획과 ; 여수로를 통해 원자로 냉각재 루프 구획과 교류하도록 배치된 비상수 저장탱트와 ; 비상수 저장탱크와 원자로 용기에 접속된 펌프 모듈을 구비하는데, 상기 펌프 모듈은 비상수 저장탱크로부터 냉각재를 퍼내어 그것을 원자로 용기에 공급하는 것을 특징으로 한다.

한편, 본 발명의 원자로 시스템은 원자로 용기의 주입 라인에 접속된 노심 재범람 탱크를 포함한다. 노심 재범람 탱크는 냉각재의 손실 및 노심의 블로우 다운에 따라 노심을 재범람하도록 원자로 용기에 주입수를 제공하는 축적기와 함께 동작한다.

또한 격납용기 빌딩은 펌프 모듈을 위한 펌프 구획을 포함한다. 펌프 모듈은 펌프를 비상수 저장탱크 및 재장진수 저장탱크와 접속 및 분리하는 밸브와 함께 주입 펌프 및 용기 분사 펌프를 포함한다.

또 용기 분사 펌프는 격납용기 빌딩의 고압상태에 따라서 격납용기 빌딩내에 물을 분사하도록 재장진수 저장탱크에 접속된다. 아울러 비상감소 열교환기는 그외 포화온도 이하로 비상수 저장탱크로 되돌아간 물을 냉각시키도록 원자로 용기와 비상수 저장탱크 사이에 포함된다.

본 발명은 도면을 참조로한 실시예의 하기 설명으로부터 더욱 명백하게 될 것이다.

제1-3도에서 알 수 있듯이, 발명은 가압수형의 원자로 시스템이다. 본 발명은 원자로 시스템은 4개의 동일한 원자로 냉각재 공급 루프(22)에 의해 냉각되는 원자로 용기(20)을 포함하고 있다. 각각의 원자로 냉각재 공급 루프(22)는 원자로 냉각재 펌프(24)와 증기발생기(26)을 포함하고 있다. 공급루프(22)를 통해 순환하는 경수 냉각재는 파이프나 "핫레그(28)"를 통해 원자로 용기(29)로부터 끌어내지며 교차 파이프(30)를 통해 증기발생기(26)에 공급된다. 증기발생기(26)에서, 냉각제는 증기를 발생하기 위해 인접해 있지만 분리된 2차 라인내의 물을 증발한다. 증기는 전력을 발생하는 터어빈 발전기를 구동하기 위해 사용된다.

증기발생기(26)의 1차측으로부터 방출된 공급 루프내의 물은 복귀 파이프나 "콜드레그"(32)를 통해 원자로 용기(20)로 되돌아온다. 또한 본 발명의 원자로 시스템에는 외부힘에 따른 부식과 손상으로부터 시스템의 다른 1차 부품을 보호하는 격납용기 빌딩(34)이 포함되어 있다.

공급 루프(22)를 통해 순환하는 경수 냉각재는 고온고압이다. 통상적으로. 핫레그(28)내의 냉각재는 온도가 약 310℃이고 압력이 약 150㎏/㎠이다. 따라서, 공급 루프(22)가 사고로 인해 파열되어 그로인해 냉각재가 손실된 가능성이 존재한다. 본 발명에 따르면, 격납용기 빌딩(34)은 확실하지는 않지만 가능성이 있는 냉각재 누출사고시 물을 가둬 넣기 위해 구획화 되어 있으며, 유출된 냉각재를 정화하고 회수하는데 어려움과 비싼 경비 발생을 초래한다.

격납용기 빌딩(34)은 원자로 용기 구획(36)과 공급 루프(22)에 대응하는 원자로 냉각재 루프 구획(38)을 포함하고 있다. 원자로 용기 구획(36)은 원자로 용기(20)를 포함하고 있다. 각각의 원자로 냉각재 루프 구획(38) 각각은 각 핫레그(28), 교차 파이프(30) 및 콜드레그(32)등과 함께 하나의 공급 루프(22)에 대응하는 원자로 냉각재 펌프(24)와 증기발생기(26)을 포함한다. 냉각재 루프 구획(38)은 서로 독립되어 있으며 방수 처리된 핫레그(28)와 콜드레그(32) 주위로 원자로 용기 구획(36)으로부터 밀봉된다. 루프 구획(38)은 방사능 차폐를 제공하며 적어도 그들의 밑바닥으로부터 재장진 도관(40)의 꼭대기까지 방수를 제공한다. 하나의 공급 루프(22)가 파열되어 냉각재가 손실되는 경우 유출된 냉각재는 대응하는 루프 구획(38)내에 한정 되게 된다. 회복과 정화 동작시 원자로 냉각재를 밖으로 배출하기 위해 펌프(도시 않됨)가 루프 구획(38)에 제 공되어진다.

공급 루프(22)내의 파손 지점을 통해 손실된 냉각재의 손실을 대체하기 위해, 격납용기 빌딩(34)은 또한 붕산수 공급을 포함하는 비상수 저장탱크(42)를 제공하고 있다. 붕산수는 펌프 모듈(44)에 의해 저장탱크(42)로부터 나오며 주입라인(46)을 통해 직접 원자로 용기(20)로 주입된다. 격납용기 빌딩(34)내에 비상수 저장탱크(42)의 위치는 손실된 냉각재를 대체하도록 펌프 모듈(44)에 대한 원천수의 이용성을 보증하게 된다. 비상수 저장탱크(42)가 동작되지 않으면 물은 격납용기 빌딩(34)의 바닥으로만 흐르게 되며 여전히 격납용기 빌딩 섬프로부터 펌프 모듈(44)로 공급된다. 원자로 용기(20)로 냉각재를 직접 주입하는 것은 고속 증기로 냉각재 루프(22) 속으로 주입된 물의 인트레인 먼트(entrainment)를 미연에 방지하기 위한 것이다. 또한 원자로 용기(20)로 냉각재를 직접 주입하는 것은 파열된 냉각재 루프(22)에 대응하는 주입 시스템의 손실을 제거한다. 두개의 비상수 저장탱크(42)가 격납용기 빌딩(34)의 외부벽 근처에 제공되는데, 이들 탱크(42)는 반대로 배치되어 서로 접속되어 있다. 또한 두개의 비상수 저장탱크(42)는 원자로 용기(20) 바로 아래에 있으며 원자로 용기구획(36)을 관통하는 라인에 의해 서로 접속된다. 용기(20)의 파열 및 노심 용융의 경우, 용융된 노심이 상호 접속 라인을 통해서도 녹게 되므로써 저장탱크(42)가 용기 구획(36)을 범람시키는 원인이 된다. 또한 펌프 모듈(44)은 하나의 비상수 저장탱크(42)에 인접한 격납용기 빌딩 (34)의 연장부(47)내에 쌍으로 배열된다. 루프 구획 (38)은 여수로(48)을 통해 비상수 저장탱크(42)와 교류한다.

스크린(50)은 부유물이 비상수 저장탱크(42)로 들어가는 것을 방지하기 위해 여수로(48)을 가로질러 설치되어 있다.

따라서, 반폐쇄형의 물의 통로는 공급 루프(22)에서 루프 구획(38)과 비상수 저장탱크(42)까지, 펌프 모듈(44)과 원자로 용기(20)까지 그리고 공급 루프(22)로 되돌아 오는 곳까지 제공된다. 비상수 저장탱크로 부터의 붕산수가 원자로 용기(20)를 통해 재순환될 때, 펌프 모듈(44)과 주입라인(46)을 통해 순환되는 물의 온도는 점차로 높아지게 된다. 그리하여 잔열 제거 열교환기(52)는 라인(46)내의 물의 열을 냉각수 시스템의 부분으로 전달하도록 주입라인(46)에 제공된다.

도면에 알 수 있듯이, 여수로(48)는 핫레그(28)의 바닥 아래에 위치해 있다. 그러한 위치에 여수로(48)를 설치하는 것은 원자로 구획(36)과 루프 구획(38) 사이의 핫레그(28)와 콜드레그(32) 주위에 불완전한 밀봉 상태를 제거한다. 또 다른 방법으로, 여수로(48)는 원자로 냉각재 펌프(24)의 장착 플랜지의 위치와 동일하게 위치할 수도 있다. 그리하여 공급 루프(22)내에 파손된 곳이 있는 경우, 루프(22)내의 파손 지점으로부터 유출된 물이 여수로(48)의 위치까지 대응하는 루프 구획 (38)을 채우게 된다. 그런 다음 물은 여수로를 통해 비상수 저장탱크(42)로 흘러 들어간다. 그래서 파손 지점은 몇 피이트의 물로 덮히게 된다. 이런 방식으로 만약 펌프 모듈(44)로부터의 흐름이 중단된다면 루프 구획(38)은 연장된 시간 주기 동안 적절한 노심 냉각을 제공하기 위해 대형 축적기로서 작동하게 된다.

제1도와 제3도를 참조하면, 루프 구획(38)은 상부가 개방되어 있다. 이와 달리, 루프 구획(38)은 이하 설명할 격납용기 분사 시스템에 물이 들어가는 것을 방지하기 위해 분리된 우산과 같은 커버를 제공할 수도 있다. 우산과 같은 커버는 루프 구획(38)에서 격납용기 빌딩(34)까지 환기하기 위해 증기가 통과하는 것을 허용하지만 공급 루프(22)의 파손 지점으로부터 분사된 임의의 물의 방향을 편향시켜서 물이 루프 구획(38) 내부에 남아 있게 하며 격납용기 빌딩(34)속으로 물이 탈출하지 못하게 한다.

본 발명의 양호한 실시예에 따르면, 격납용기 빌딩(34)은 잔열 제거 열교환기 (52)와 비상 감소 열교환기(53)을 포함하기 위한 구획(51)을 추가로 제공하고 있다. 구획(51)은 인접한 루프 구획(38)과 비상수 저장 탱크(42) 사이에 위치하여. 비상수 저장탱크(42)와 교류하고 있으므로 열교환기(52) 또는 (53) 또는 그들과 관련된 파이프와 밸브들로부터 오염된 물이 유출되어 비상수 저장탱크(41)로 역류하게 한다. 또, 구획 (51)은 최소한 재장진 도관(40)의 꼭대기까지 상부로 연장되어 있으며 재장진 도관(40)의 정상적인 최대 위치보다 조금 높은 위치에 위치한 개구(55)를 통해 각각 인접한 루브 구획(38)과 교류한다. 이러한 개구는 비상 수 저장태크(42)를 위한 증기 배기 통로로 작용할 뿐만 아니라 루프 구획(38)에서 구획(51)을 통해 비상수 저장탱크(42)로 돌아가는 과류 통로로도 작용한다.

또한 본 발명의 시스템은 원자로 시스템의 압력을 제어하는 가압기 완화탱크(54)를 추가로 포함하고 있다. 가압기 완화탱크(54)는 격납용기 빌딩(34)의 가압기 완화탱크 구획 (56)에 포함되어 있다. 가압기 완화 탱크 구획(56)은 비상수 저장탱크(42) 상부에 위치해 있다. 가압기 완화탱크 구획(56)의 배수는 비상수 저장탱크(42)로 지향된다. 또한 재장진 도관(40)은 비상수 저장탱크(42)속으로 물을 배출한다. 그래서 양지역 에서 손실된 냉각재는 비상수 저장탱크(42)내에 포함되어 진다.

또한 본 발명에 따르면, 펌프 모듈(44)은 격납용기 빌딩(34)의 실린더형 부분의 연장부(47)내의 각각의 펌프 구획(58)에 포함된다. 펌프 구획(58)은 펌프 모듈(44)를 포함된 펌프, 밸브 또는 파이프로부터 유출된 물이 비상수 저장탱크(42)로 핌프되도록 유체 레벨 신호에 따라 개시되는 두개의 리던던트(redundant) 수중형 섬프 펌프(도시 안됨)를 포함하고 있다 또한, 펌프 구획(58)은 펌프 구획(58)에서의 열을 제거하고 펌프 모듈(44)에서 유출된 유체의 통과로 인하여 생긴 증기를 응축하기 위해 가열, 환기 그리고 공기 조절 장치(도시 안됨)등을 추가로 가지고 있다. 제3도를 참조하면, 원자로 용기(20)는 하부 폴리넘(62)와 다운커머 지역(64)에 의해 구속되는 원자로심(60)을 포함하고 있다. 실제 냉각재 손실의 경우에는 시스템의 압력이 손실되므로 원자로심(60)이 내부의 냉각재를 급속히 증발시킨다. 수초내에 노심(60)에서 발생되는 증기는 "블로우 다운"되거나 하부 폴리넘(62)과 다운 커머(64)로부터 냉각수를 제거해 버릴 것이다. 핵 반응의 열로 인한 노심(60)의 손상을 방지하기 위해 하부 폴리넘(62)과 다운 커머(64)는 다시 채워져야 하며 노심(60)은 수초내에 다시 범람되어야 한다. 하부 폴리넘 (62)과 다운 커머(64)를 급속히 다시 채우기 위해, 본 발명의 원자로 시스템은 축적기(66)를 포함한다. 이 축적기(66)는 서비스 라인(68)에 의해 콜드레그(32)에 접속되어 있으며 원자로 용기(20)에 이용 가능한 경수 냉각재 공급을 제공한다. 축적기 (66)의 용량은 하부 폴리넘(62)과 다운 커머(64)를 다시 채우기에 충분하다. 그러나 공급 루프(22)의 중요한 파손과 원자로 용기(20)의 블로우 다운의 경우에, 축적기(66)의 압력이나 용량에도 불구하고 노심(60)을 통과한 증기가 노심(60)을 재범람시킬 수 있는 비율을 제한한다. 결과적으로, 축적기(66)의 초과 용량은 단지 공급 루프(22)가 파손되었을 경우 계속해서 유출되는 냉각재에 기여한다.

본 발명에 따라서, 원자로심(60)의 재범람을 개선하기 위해서, 본 발명의 원자로 시스템은 추가로 노심 재범람 탱크(70)을 제공한다. 노심 재범람 탱크(70)는 원자로 용기(20)에 인접한 위치에서 배출라인(72)을 통해 주입라인(46)에 접속된다.

본 발명의 양호한 실시예에서, 노심 재범람 탱크(70)는 질소나 다른 동등한 개스로 압력을 받는다. 그러나 이와 달리 노심 재범람 탱크(70)는 격납용기 빌딩(34)으로 통해 있으며 헤드 압력이 원자로심(60)을 재범람 하기에 적당하도록 원자로 용기(20)의 상부에 위치 설정된다.

노심 재범람 탱크(70)에 대한 적절한 주입비율은 다운 커머(64)에서의 물의 컬럼과 노심(60)에서의 물의 컬럼 사이의 높이차에 직접 관련이 된다. 이 차이가 감소되면 주입율이 감소된단. 따라서 노심 재범람 시간을 최소화 하기 위해서는 노심 재범람 주기를 통해 다운 커머(64)에서의 물의 컬럼이 가득차 있도록 유지하는 것이 중요하다. 만약 냉각재가 너무 천천히 주입되면 다운 커머(64)에서의 레벨이 감소하고 재범람율은 느려진다. 그러나, 노심 재범람율에 의해 필요한 것보다 더 빠른 속도로 냉각재가 주입되면 공급 루프(22)내의 파손 지점으로부터 유출이 발생하게 된다. 따라서. 노심 재범

람 탱크(70)는 배출라인(72)에 배출 흐름 저항기를 제공하여 노심 재범람 상태를 통해 적당한 주입 흐름율을 제공한다.

제3도에서 알 수 있듯이, 냉각재가 노심(60)의 기저를 관통하기 시작하고 다운 커머(64)가 완전히 다시 채워졌을 때 최대 노심 재범람율이 일어난다. 노심 재범람의 필요에 따라서, 노심 재범람 탱크(70)에 제공된 헤드 압력은 저수준으로 유지되며 탱크(70)의 최대 주입율은 노심(60)이 재범람될 때 주입 흐름을 감소하여 일찍 재범람 상태에 있게 된다. 보통 노심 재범람 탱크(70)의 헤드 압력은 실지로 14㎏/㎠이다.

제4도를 보면, 원자로심(60)이 노심 재범람 탱크(70)에 의해 재범람된 후, 경수 냉각재가 펌프 모듈(44)에 의해 원자로 용기(20)에 제공된다. 펌프 모듈(44)은 저 헤드 펌프(74), 저 헤드 펌프 최소흐름 열교환기(76) 그리고 고 헤드 펌프(78) 등을 포함하고 있다.

고 헤드 펌프(78)는 주입 라인(46)을 통해 비상수 저장탱크(42)에 접속된 안전 주입 펌프이다. 펌프(78)는 주입라인(46)을 통해 냉각재를 직접 콜드레그(32)의 기부 아래의 높이에 있는 원자로 용기 다운 커머(64)속으로 주입한다. 고 헤드 펌프(78)은 작은 냉각재 손실에 따르는 노심 비회복 주기를 피하고 실제 냉각재 손실 이후 노심을 급속히 재범람하기 위해 적당한 비율로 냉각재를 주입할 수 있는 충분한 용량을 가지고 있다. 펌프 모듈(44)에서 요구되는 최대 흐름은 노심 재범람 상태 동안에 일어난다. 노심(60)이 회복 된 후, 펌프 모듈(44)이 노심(60)의 적용범위를 유지하기 위해 필요한 냉각재 주입율은 붕괴열에 기인하는 냉각재의 증발율이다. 그래서 노심 재범람 상태 동안 노심 재범람 탱크(70)에 의해 펌프 모듈(44)로부터의 흐름의 보충은 작은 펌프 및 펌프 모쥴(44)내의 다른 부품의 사용을 통해 이루어진다. 노심 재범람 탱크(70)에 의한 냉각재 주입동안 펌프 모듈(44)은 연속적인 주입 흐름율을 유지한다. 노심 재범람 탱크(70)는 실제로 크게 만들어지므로 심지어 펌프 모듈이 동작하지 않아도 노심(60)을 재범람시키는데 적당한 비율로 냉각재를 주입할 수 있다. 따라서, 노심(60)은 펌프 모듈(44)에 대한 힘이 소모되었다 하더라도 일시적으로 재범람하게 된다.

제4도와 제5도를 참조하면, 축적기(66)와 노심 재범람 탱크(70)에 의해 원자로 용기(20)가 경수 냉각재로 다시 채워진 후, 냉각재는 반폐쇄형 통로를 통해 공급 루프(22)로부터 루프 구획(38) 및 비상수 저장탱크(42)까지 흐르게 된다. 펌프 모듈(44)의 고 헤드 펌프(78)는 밸브(80)와 라인(81)을 통해 물을 비상수 저장탱크(42)로부터 끌어내며, 주입라인(46)과 개방밸브(82)와 (83)을 통해 원자로 용기 다운 커머로 직접 물을 주입한다. 그래서 냉각재는 어떤 또 다른 밸브의 설치 없이도 시스템을 통해 계속해서 재순환 한다. 공급 루프(22)의 파손 이후의 노심 냉각재의 긴 주기 동안, 저 헤드 펌프(74)는 밸브(85)와 라인(36)을 통해 비상수 저장탱크(42)에 접속될 수 있으며, 밸브(87) 그리고 라인(88)과 (46)을 통해 냉각재의 보충 주입을 제공한다.

펌프(78)로부터 격납용기 빌딩 섬프(89)까지의 또 다른 접속은 '밸브(90)와 라인(91)을 통해 제공된다. 이러한 접속은 비상수 저장탱크내의 물의 레벨이 소정의 레벨이하로 떨어질 때 개방된다.

또, 본 발명의 시스템에 따라 주입된 냉각재는 노심(60), 원자로 용기(20) 그리고 펌프(74)와 (79)에 대한 열충격을 제한하는데, 이는 비상수 저장탱크(42)가 격납용기 빌딩(34)내에 위치해 있기 때문이다. 비상수 저장탱크내의 냉각재 초기온도는 빌딩 (34)내의 온도와 실지로 동일하게 된다. 통상 이 범위는 38-49℃가 된다. 주입 시스템의 연속적인 동작기간 동안에, 펌프(78)를 통과하는 냉각재의 온도는 약 38℃에서 약 150℃로 점점 증가하게 되며 루프(22)에서 유출된 포화수는 비상수 저장탱크(42)내의 전체물을 점점 가열하게 된다.

제5도에서 격납용기 빌딩(34)내의 압력이 냉각재의 손실이나 증기 누출로 인하여 소정의 레벨을 초과하는 경우 저 헤드 펌프(74)는 라인(98)을 통해 재장진수 저장탱크(96)로부터 물을 끌어내기 위해 밸브(92), (93) 그리고 (94)를 배열하고 있으며, 다시 라인(100)을 통해 물을 격납용기 빌딩(34)의 상부에 위치한 헤더(104)로 보내게 된다. 이와 달리, 분사 헤더가 전체 격납용기 빌딩(34) 대신에 그 구획을 선택적으로 분사하기 위해 루프 구획(38)의 상부 근처에 제공될 수도 있다.

본 발명의 시스템은 보조빌딩(도시 안됨)에 위치한 두개의 재장진수 저장탱크(96)을 구비한다. 분사첨가 탱크(106)는 밸브(108)과 (110)를 통해 저장탱크(96)와 병렬로 접속되어 있으며 용기 분사의 PH를 조절하기 위해 탱크(96)내의 물의 레벨로 일정하게 배출한다.

펌프(74)는 탱크(96)내의 로우 레벨 신호에 따라 멈추게 되며, 그때에 조작자는 격납용기 섬프(89)로부터 분사의 재순환이 필요한가에 관한 결정을 하게 된다. 만약 그렇다면, 저 헤드 펌프(74)는 사전에 재장진수 저장탱크(96)에서 끌어낸 물을 재순환하기 위해 밸브(112)와 라인(114)을 통해 격납용기 빌딩(34)의 섬프(89)와 접속된다. 격납용기 섬프(89)의 전환이 수동적이기 때문에 정화가 필요없으며, 불필요한 자동 전환 에 기인하는 격납용기 분사의 재순환으로 야기되는 장치에 대한 물의 손상을 피할 수 있게 된다. 또한 원자로 용기(20)를 통해 순환하는 고도의 오염된 냉각수는 격납용기 섬프(89)가 아닌 비상수 저장탱크(42)로 배출되기 때문에 격납용기 분사의 재순환에 기인하는 시스템의 오염은 실제로 종래 시스템보다 적게 된다. 여기서 냉각재 루프로부터 고도로 오염되어 누출되는 것 모두는 격납용기 분사를 따라 섬프로 배출된다.

제6도는 콜드레그(32)가 파손되었을 경우 사용될 수 있는 본 발명에 따른 또다른 주입통로를 나타내고 있다. 제4도의 주입통로에서 처럼, 냉각재는 냉각재 펌프(78)에 의해 밸브(80)와 라인(81)을 통해 비상수 저장탱크(42)로부터 배출된다. 밸브(83)가 닫히면 냉각재는 밸브(82)와 (116), 그리고 라인(46), (118), (120)과 (122)를 통해 핫레그(28)로 공급된다. 이어서 냉각재는 콜드레그(32)에서 배출되어 원자로 용기(20)를 통해 루프 구획(38)으로 흐르게 된다. 루프 구획(38)에서 냉각재는 여수로(48)를 통해 비상수 저장 탱크(42)로 되돌아간다.

제7도를 참조하면, 잔열 제거 열교환기(52)는 정상적인 가동 정지기 뿐만 아니라 비상 노심 냉각기간 동안에도 노심(60)으로부터의 붕괴열을 제거한다. 열교환기 (52)는 압력이 158㎏/㎠ psig가 되도록 설계되어 졌다. 정상적인 냉각동작 동안 저 헤드 펌프(74)는 밸브(87)와 라인(88)을 통해 주입라인(46)과 잔열 제거 열교환기(52)에 접속된다. 밸브(83)가 개방되면 밸브(83)를 통해 열교환기(52)

와 원자로 용기(20)가 접속된다. 핫레그(28)에서 펌프(74)로 되돌아오는 라인은 밸브(124), (126)과 (128), 그리고 라인(122), (130)과 (86)을 통해 이루어진다. 열이 열교환기 (52)를 통해 냉각수 시스템으로 분산되었을 때 펌프(74)는 상기 루프를 통해 냉각재를 순환한다.

제8도를 참조하면, 본 발명 시스템은 또한 증기라인이 파손될 경우 사용되는 비상 붕산 추출회로를 추가로 제공한다. 주입된 붕산수는 냉각재의 체적 감소를 보상하며 또한 노심(60)의 냉각동안 노심의 반응도가 증가하는 경향을 막는다. 이런 형태로 시스템을 동작시키는 경우 가압기 완화탱크(54, 제1-3도)의 환기창이 개방되면 펌프(78)의 차단 헤드 압력이하로 원자로 용기(20)의 압력이 낮아진다.

펌프(78)는 밸브(80)와 라인(81)을 통해 비상수 저장탱크(42)에 접속되어 있으며 냉각재는 밸브(82)와 (83), 주입라인(46) 그리고 열교환기(52)등을 통해 용기(20) 속으로 주입된다. 복귀 통로는 밸브(132), (134)와 (136) 그리고 라인(122)와 (138)을 통해 핫레그(28)로부터 비상수 저장탱크(42)까지 제공된다. 비상 추출 열교환기(53)는 라인(138)에 포함되어 있다. 따라서, 핫레그(28)로부터 비상 추출 열교환기(53), 비상수 저장탱크(42), 펌프(78), 열교환기(52), 및 원자로 용기(20)까지 반폐쇄형 재순환 루프가 설치된다. 열교환기(53)는 냉각재의 흐름에서 추출된 열을 냉각수 시스템으로 전달하므로 저장탱크(42)로 흐르는 냉각재의 온도가 차냉각(subcooled) 상태로 감소한다. 통상적으로 냉각재의 흐름은 88℃이하로 냉각된다. 열교환기(52)는 또한 냉각재의 유동 온도를 더 감소하기 위해 사용된다. 비상 추출 열교환기(53)는 예를 들어 냉각수 시스템의 누출에 기인하는 2차열 싱크의 손실이 있을 경우 비상 열제거를 위한 크기로 되어 있다.

제9도는 본 발명의 시스템이 펌프 모듈(44)을 동적으로 시험하기 위한 흐름 통로를 제공하고 있다는 것을 나타낸다. 구체적으로. 펌프(78) 및 (74)가 밸브(92), (93) 그리고 (146)을 통해 재장진수 저장탱크(96)와 접속되는 경우 밸브(140)과 (142) 라인(144)을 통해 열교환기 (52)의 배출 단부에서 비상수 저장탱크(42)로 흐름 통로를 제공하기 위해 개방된다. 펌프(74) 및 (78)가 시험될 동안 재장진수 저장탱크(96)에서 나온 물은 라인(144)를 통해 비상수 저장탱크(42)로 배출된다.

지금까지 발명의 양호한 실시예를 도시하고 설명했지만 본 발명은 이에 제한되지 않으며 본 발명의 청구 범위의 영역내에서 여러가지 다른 변화가 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

원자로 용기(20)를 수용하고 있는 구획을 포함하는 격납용기 빌딩(34)내에 수용되어 있으며, 상기 원자로 용기(20)로부터 원자로 냉각재 펌프(14)와 증기발생기(26)를 포함하는 적어도 하나의 원자로 냉각재 공급 루프를 통해 가압수 냉각재가 순환하도록 구성한 원자로 시스템에 있어서, 적어도 하나의 원자로 냉각재 공급 루프를 구성하는 원자로 냉각재 펌프(24)와 증기발생기(26)가 설치되어 있는 원자로 냉각재 루프 구획(38)과 ; 여수로(48)를 통해 상기 원자로 냉각재 루프 구획(38)과 교류하도록 설치된 비상수 저장탱크 (42)와 ; 상기 비상수 저장탱크(42) 및 상기 원자로 용기(20)에 접속된 펌프 모듈(78)을 구비하는데, 상기 펌프 모듈(78)은 상기 비상수 저장탱크(42)로부터 냉각재를 끌어내 상기 원자로 용기(20)에 공급하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 원잔로 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 재장진수 저장탱크(96)를 추가로 구비하는데, 상기 재장진수 저장탱크(96)는 상기 격납용기 빌딩 (34)내에 제공되어 있으며, 상기 펌프 모듈(78)은 비상수 저장탱크(42) 및 재장진수 저장탱크(96)로 부터 냉각재를 선택적으로 끌어낼 수 있도록 펌프 모듈(78)에 접속되어 있는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 재장진수 저장탱크(96)와 격납용기 빌딩 섬프(89)에 접속된 격납용기 분사 펌프(74)를 포함하고 있는 격납용기 분사 시스템과 격납 용기 빌딩 섬프(89)를 추가로 구비하는데, 상기 격납 용기 분사 펌프(74)는 상기 재장진수 저장탱크(96) 및 상기 격납용기 빌딩 섬프(89)로부터 냉각재를 선택적으로 끌어내어 상기 격납용기 분사 시스템에 공급하도록 한 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서. 상기 원자로 용기(20)에 인접한 위치까지 연장하는 재장진 도관(40)과 ; 루프 구획(50)이 상기 원자로 용기(20)의 상부에 위치하는 제 1위치와, 상기 재장진 도관(40)의 상부에 인접되게 위치하는 제2위치까지 선택적으로 범람될 수 있도록 상기 비상수 저장탱크(42)와 원자로 냉각재 루프 구획(38) 사이의 여수로(48)를 폐쇄하기 위한 수단을 추가로 구비하는데, 상기 원자로 냉각재 루프 구획(38)은 적어도 상기 재장진 도관(40)의 상부 높이만큼 상부로 연장되는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 각각의 원자로 냉각재 루프 구획(38)은 상부 커버를 구비하는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템

청구항 6

제1항에 있민서, 상기 각각의 원자로 냉각재 루프 구획(38)은 대응하는 원자로 냉각재 루프 구획(38)만을 선택적으로 분사하는데 적합한 분사헤더(104)를 구비하는 것을 특징으로 하는 원자로 시스

템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 여수로(48)에 인접되게 설치되는 스크린(50)을 추가로 구비하는데, 상기 스크린(50)은 부유물이 상기 비상수 저장탱크(42) 속으로 들어가는 것을 차단할 수 있는 크기로 되어 있는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 비상수 저장탱크(42)보다 높은 위치에 위치한 제3의 구획 (56)에 설치되는 가압기 완화탱크(54)를 추가로 구비하는데, 상기 제3의 구획(56)은 내부에 들어 있는 1차 냉각재가 비상수 저장탱크(42) 속으로 배출될 수 있도록 상기 비상수 저장탱크(42)와 교류하는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템

청구항 9

제4항에 있어서, 비상수 저장탱크(42) 상부에 수직으로 위치해 있으며 적어도 상기 재장진 도관(40)의 상부 높이만큼 수직으로 연장하는 열교환기 구획(51)과, 상기 재장진 도관(40)의 최대 위치에 대응하는 위치보다 약간 높은 위치에서, 비상수 저장탱크(42)와 열교환기 구획(51) 사이 및 상기 열교환기 구획(51)과 각각의 인접한 루프 구획(38) 사이에 제공된 증기 배기 통로(52)를 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 10

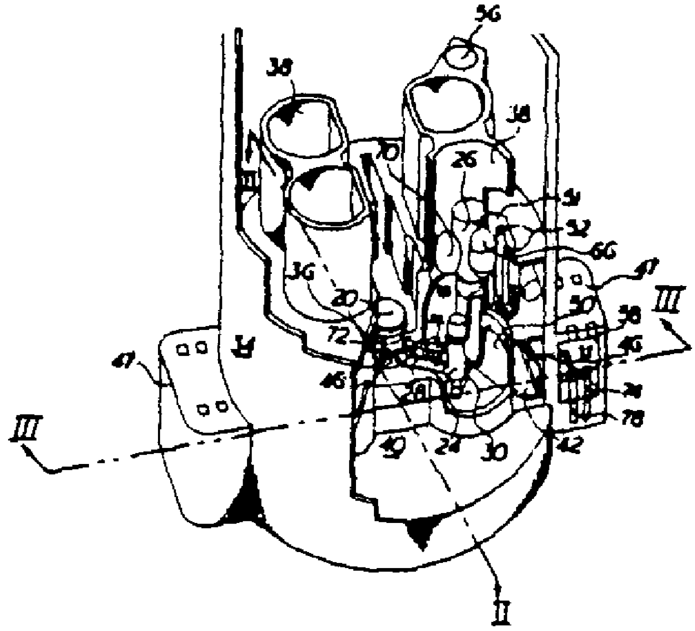
제1항에 있어서, 상기 비상수 저장탱크(42)에 인접하여 상기 격납용기 빌딩 (34)의 연장부(47)내에 위치하는 펌프 모듈(44)을 둘러싸는 펌프 구획(38)을 추가로 구비하는데, 상기 핌프 구획(58)에 포함되어 있는 모든 펌프(44)는 하나의 전력원에 접속되어 있으며, 유체 레벨 신호에 따라 상기 비상수 저장탱크(42)로 물을 펌프하기 시작할 수 있는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 11

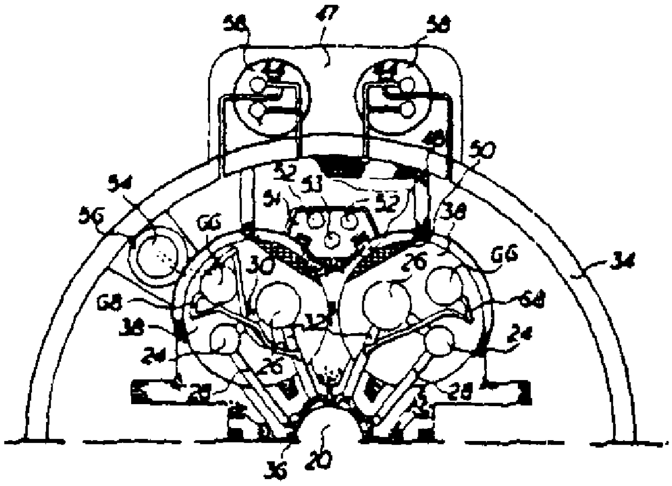
제1항에 있어서, 상기 각각의 냉각재 공급 루프는 분리된 냉각재 루프 구획(38)에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

도면

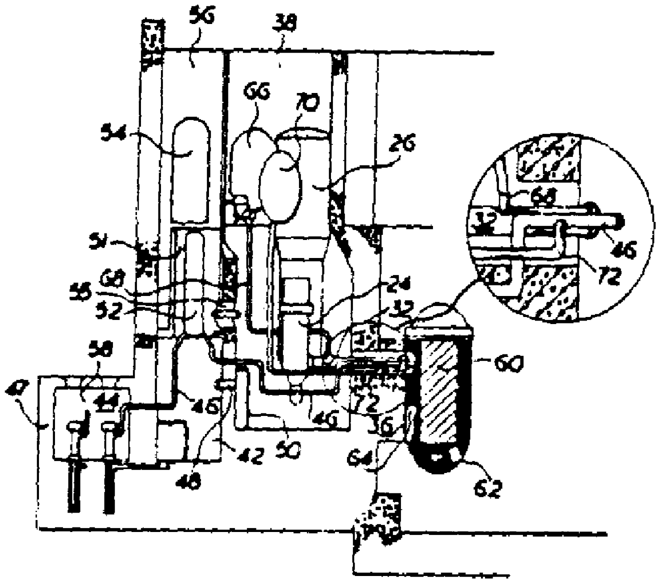
도면1



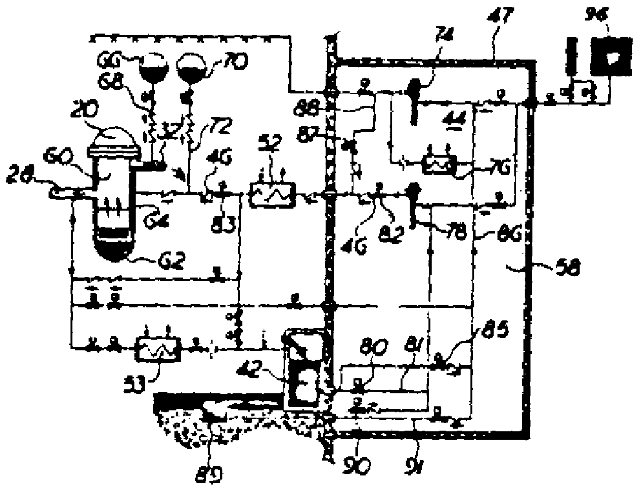
도면2


47
58
58
50
54
56
34
24
28
20
36

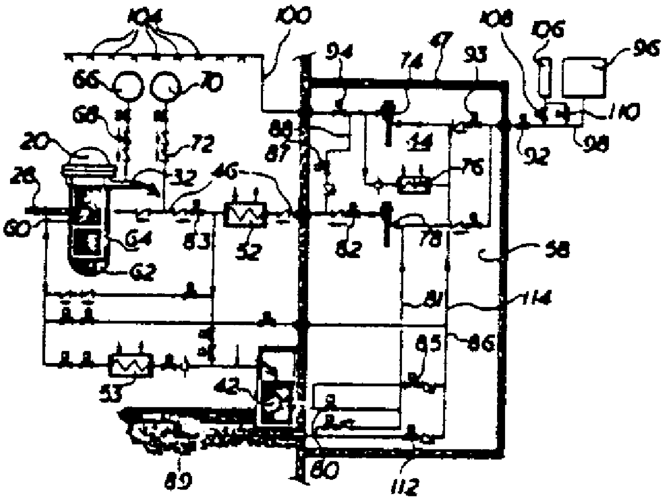
도면3


56
38
70
26
54
60
62
72
50
42
48

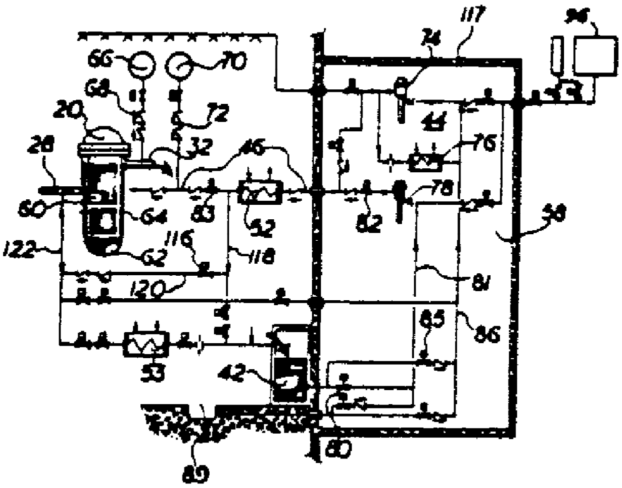
도면4


47
96
74
70
60
28
20
62
53
42
58
85
80
90
89

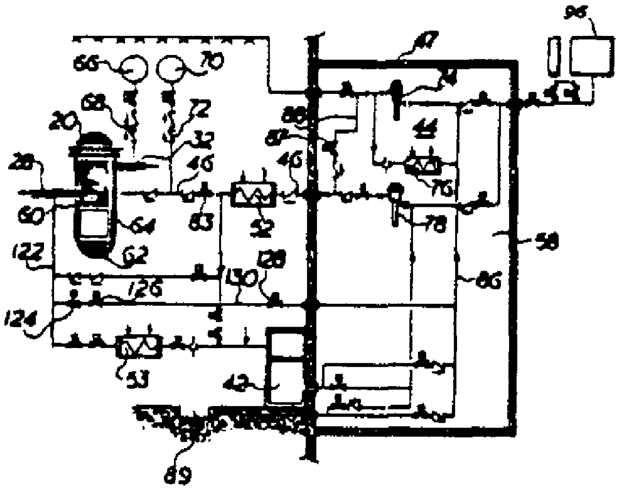
도면5


104
100
108
106
96
94
47
74
93
66
70
110
68
98
88
14
92
20
72
87
26
32
46
76
60
64
83
52
82
78
58
62
81
114
85
86
53
42
89
80
112

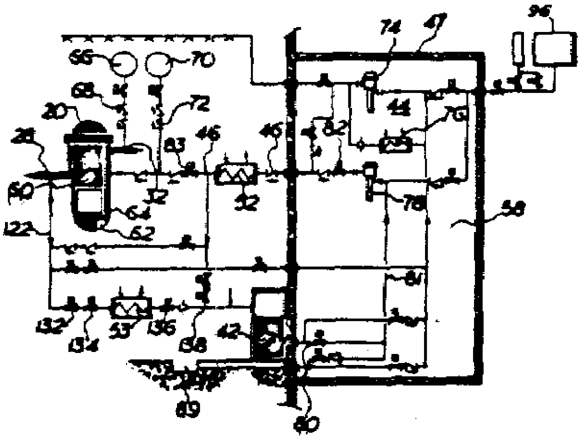
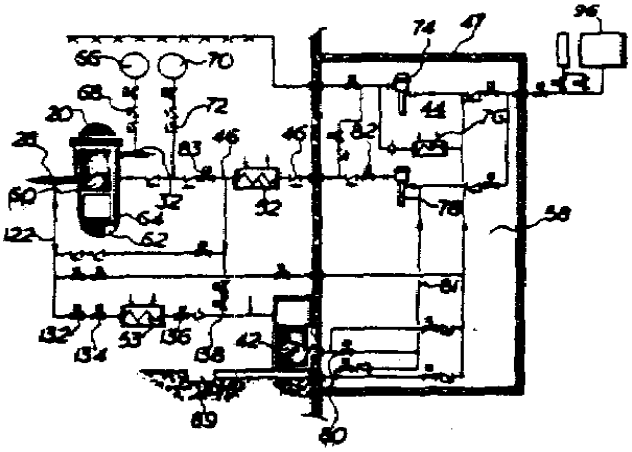
도면6


117
96
74
66
70
68
72
44
20
28
32
46
76
78
60
64
83
52
82
58
122
116
118
62
120
81
85
86
53
42
89
80

도면7


96
47
66
70
74
68
72
88
44
20
32
87
28
46
46
76
60
64
83
52
78
58
122
62
128
126
130
86
124
53
42
89

도면8



도면9