



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0018288
(43) 공개일자 2014년02월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 13/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7027176
- (22) 출원일자(국제) 2012년04월10일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2013년10월15일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/032872
- (87) 국제공개번호 WO 2012/142021
국제공개일자 2012년10월18일
- (30) 우선권주장
13/085,527 2011년04월13일 미국(US)

- (71) 출원인
백록 앤드 윌콕스 뉴클리어 에너지, 인크.
미국, 노스캐롤라이나 28277, 샬럿, 스위트 600,
엔. 커뮤니티 하우스 로드 11525
- (72) 발명자
말로이, 존, 디
미국, 버지니아주 24556, 구드, 피카딜리 씨티,
131
에드워즈, 마이클, 제이
미국, 버지니아주 24551, 포레스트, 서머셋 드라
이브 1315
- (74) 대리인
강철중, 이상목, 김윤배

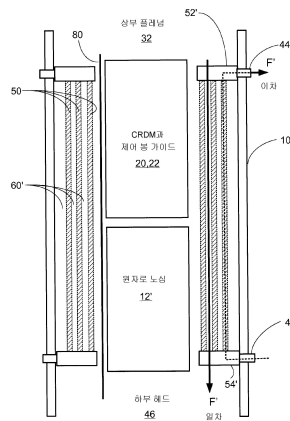
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 **소형 통합 가압 경수로**

(57) 요약

가압 경수로(PWR)는 밀폐된 볼륨으로 정의되는 원통형 압력 용기, 원통형 압력 용기의 하부에 배치된 원자로 노심, 원자로 노심 위의 원통형 압력 용기에 배치된 하나 이상의 제어봉 구동 메카니즘(CRDMs), 및 원자로 노심과 제어봉 구동 메카니즘(CRDMs)를 둘러싸는 환형 증기 발생기를 포함한다. 일부 그러한 가압 경수로에서, 원통형 라이저는 압력 용기 내부와 환형 증기 발생기 내부에 동축으로 배치되고 원자로 노심과 CRDM을 둘러싸며, 증기 발생기는 원통형 압력 용기와 원통형 라이저에 의해 정의되는 환형 볼륨에서 원통형 압력 용기 내부에 동축으로 배치되어 있다. 다른 그러한 가압 경수로에서, 증기 발생기는 압력용기 외부에 동축으로 배치되어 원통형 압력 용기에 안정되게 고정되어 있다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

밀폐된 볼륨으로 정의된 원통형 압력 용기와,
 원통형 압력 용기의 하부에 배치된 원자로 노심과,
 원자로 노심 위에 원통형 압력 용기에 배치된 제어봉 구동 메카니즘(CRDM)과,
 원자로 노심과 제어봉 구동 메카니즘(CRDM)을 둘러싸는 환형 증기 발생기를 포함하는 가압 경수로를 구성하는 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 압력 용기와 환형 증기 발생기 내부에 동축으로 배치되고 원자로 노심과 제어봉 구동 메카니즘(CRDM)을 둘러싸는 원통형 라이저를 더 포함하되,
 여기서 증기 발생기는 원통형 압력 용기와 원통형 라이저로 정의되는 환형 볼륨에서 원통형 압력 용기 내에서 동축으로 배치되는 가압 경수로를 구성하는 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
 환형 증기 발생기의 튜브는 이차(보조) 냉각수 공급수 주입구와 유체 연결되는 하부 종단을 가지며, 증기 배출구와 유체 연결되는 상부 종단을 가지는 가압 경수로를 구성하는 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
 증기 발생기는 원통형 압력 용기의 외부에 동축으로 배치되고 원통형 압력용기에 안정하게 고정된 가압 경수로를 구성하는 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,
 증기 발생기는 원통형 압력용기 외측에 동축으로 배치되고,
 증기 발생기 튜브의 제1 종단이 압력용기 속으로 연결된 제1 튜브 시트;
 증기 발생기 튜브의 제2 종단이 압력용기 속으로 연결된 제2 튜브 시트; 및
 상기 증기 발생기 튜브는 제1 및 제2 튜브 시트를 통해서 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하는 구성을 더 포함하는 가압 경수로를 구성하는 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,
 원통형 증기 발생기 벽은 압력 용기 주위에 동축으로 배치되고;
 원통형 증기 발생기 벽, 압력 용기와 제1 및 제2 튜브 시트의 조합은 밀폐된 이차(보조) 냉각수 유량으로 정의되고, 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통되지 않도록 구성된 가압 경수로를 구성하는 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

제어봉 구동 메카니즘의 상부 종단에 인접하게 배치된 제1 환형 튜브 시트를 포함하는 제1 튜브 시트는 원자로 노심의 하부 종단에 인접하게 배치된 제2 환형 튜브 시트를 포함하는 제2 튜브시트를 포함하는 가압 경수로로 구성하는 장치.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

압력 용기는 환형 증기 발생기를 수용하는 외부 환형 리세스, 원통형 증기 발생기 벽으로 정의된 밀폐된 이차(보조) 냉각수 유량, 환형 리세스, 및 제1 및 제2 튜브 시트로 구성된 가압 경수로로 구성하는 장치.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

원통형 증기 발생기 벽, 압력 용기, 및 제1 과 제2 튜브 시트는 가압 경수로(PWR)의 동작 동안 내부 압력을 적어도 압력 용기의 동작 압력과 동일하게 억제하는 밀폐된 이차(보조) 냉각수 유량으로 정의되는 가압 경수로로 구성하는 장치.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

증기 발생기의 튜브는 직선 튜브로 구성되고, 환형 증기 발생기는 직선- 튜브 관류식 증기 발생기(OTSG)인 가압 경수로로 구성하는 장치.

청구항 11

청구항 6에 있어서,

압력 용기의 상단에 배치되고 증기거품 볼륨과 증기 거품 볼륨에서 증기를 발생시키기 위한 히터를 포함하는 내부 가압기를 포함하며, 환형 증기 발생기는 증기 거품 볼륨을 둘러싸지 않는 장치를 더 포함하는 가압 경수로로 구성하는 장치.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

압력 용기의 상단에 배치되고 증기거품 볼륨과 증기 거품 볼륨에서 증기를 발생시키기 위한 히터를 포함하는 내부 가압기를 포함하며, 환형 증기 발생기는 증기 거품 볼륨을 둘러싸지 않는 장치를 더 포함하는 가압 경수로로 구성하는 장치.

청구항 13

가압 경수로를 제공하는 방법에 있어서,

일차 냉각수를 포함하는 밀폐된 볼륨으로 정의된 압력 용기;

압력 용기의 하부 부분에 배치되어 일차 냉각수에 잠기는 원자로 노심,

원자로 노심 위의 압력 용기에 배치되어 일차 냉각수에 잠기는 제어봉 구동 메카니즘, 및

환형 증기 발생기는 압력 용기 외측으로 배치되어 압력 용기에 안정하게 고정되며, 환형 증기 발생기는 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하는 종단을 가진 튜브를 포함하고, 튜브가 배치된 이차(보조) 냉각수 유량은 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하지 않도록 구성되고;

원자로 노심의 핵반응이 일차 냉각수를 가열하도록 PWR을 동작하는 단계;

환형 증기 발생기의 튜브를 통해서 압력 용기 외부의 일차 냉각수의 하향 흐름을 포함하는 회로(circuit)로 일차 냉각수를 순환시키는 단계; 및

가열과 순환이 협력하여 일차 냉각수를 증기로 변환하는 이차(보조)냉각수 유량을 통하여 이차(보조) 냉각수가 상향으로 흐르는 단계를 포함하는 가압 경수로를 제공하는 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

이차(보조) 냉각수 유량은 압력 용기와 증기 발생기의 튜브를 둘러싸는 환형 증기 발생기 벽에 의해 정의되는 가압 경수로를 제공하는 방법.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

가압 경수로를 구성하는 장치를 동작하는 단계는 일차 냉각수를 설정된 동작 압력에 유지하기 위하여 증기거품을 조정하도록 압력 용기의 상단에 배치된 내부 가압기를 동작하는 단계를 포함하는 가압 경수로를 동작하는 가압 경수로를 제공하는 방법.

청구항 16

일차 냉각수를 포함하는 밀폐된 볼륨으로 정의된 압력 용기;

압력 용기의 하부 부분에 배치되어 일차 냉각수에 잠기는 원자로 노심,

원자로 노심 위의 압력 용기에 배치되어 일차 냉각수에 잠기는 제어봉 구동 메카니즘, 및

환형 증기 발생기는 압력 용기 외측에 배치되어 압력 용기에 안정하게 고정되며, 상기 환형 증기 발생기는;

압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하는 종단을 가진 튜브,

압력 용기와 함께 환형 벽은 튜브를 포함하고, 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하지 않는 이차(보조) 냉각수 유량을 정의하며, 공급수 주입구와 증기 출구는 이차(보조) 냉각수 볼륨과 유체 소통하는 구성이 포함된 가압 경수로로 구성된 장치.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

환형 증기 발생기는 원자로 노심과 제어봉 구동 메카니즘(CRDM)을 둘러싸는 가압 경수로로 구성된 장치.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

압력 용기의 상단에 배치되고 증기거품 볼륨과 증기거품 볼륨에서 증기를 발생시키기 위한 히터를 포함하는 내부 가압기를 포함하며, 환형 증기 발생기는 증기 거품 볼륨을 둘러싸지 않는 장치를 더 포함하는 가압 경수로로 구성된 장치.

청구항 19

청구항 16에 있어서,

압력 용기의 밀폐된 볼륨을 환형 증기 발생기의 튜브의 상단에 연결하는 주입구 튜브 시트;

압력 용기의 밀폐된 볼륨을 환형 증기 발생기의 튜브의 하단에 연결하는 배출구 튜브 시트; 및

주입구와 배출구 튜브 시트 또한 환형 벽과 압력 용기와 협력하여 이차(보조) 냉각수 유량을 정의하는 가압 경수로로 구성된 장치.

청구항 20

청구항 16에 있어서,

압력 용기는 환형 증기 발생기를 수용하는 외부 환형 리세스를 가지며, 이차(보조)냉각수 유량은 환형 벽과 환형 리세스로 정의되는 가압 경수로로 구성된 장치.

청구항 21

청구항 16에 있어서,

증기 발생기의 튜브는 직선 튜브로 구성되고 환형 증기 발생기는 직선-튜브 관류식 증기 발생기(OTSG)인 가압 경수로로 구성된 장치.

명세서

기술분야

[0001] 다음은 원자로, 전력생산 및 이와 관련된 기술에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 원자로는, 예를 들어 핵분열성의 ²³⁵U 동위 원소로 농축한 산화 우라늄(UO₂)을 포함하는 물질 같은, 다량의 핵분열성의 물질을 포함하는 원자로 노심을 구비한다. 일차 냉각수는, 예를 들어, 경수(H₂O) 또는 중수(D₂O) 또는 그들의 일부 혼합물로, 이차(보조) 냉각수를 가열하여, 다른 유용한 목적에 사용되는 증기를 발생시키는데 사용하는 열을 추출하기 위해 원자로 노심을 통해 흐른다. 전기 발전을 위하여, 증기는 발전기 터빈을 구동하는 데 사용된다. 열원자로에서, 물은 또한 중성자를 열중성자화하는 중성자 감속재 역할을 하며, 핵분열성 물질의 반응성을 향상시킨다. 다양한 반응 제어 메커니즘으로, 예를 들어, 기계적으로 작동되는 제어봉, 수용성 중성자 독극물(neutron poison)로 일차 냉각수의 화학적 처리, 기타 등등이 반응과 그 결과로 생기는 열 발생을 조절하기 위해 사용된다.

[0003] 가압 경수로에서, 일차 냉각수는 역시 원자로 노심에 내장된 밀폐된 압력 용기에서 과냉된(subcooled) 상태를 유지한다. PWR(가압경수로)에서, 일차 냉각수의 압력과 온도 모두 제어된다. PWR 방법의 장점의 하나는 방사성 원자로 노심이 일차 냉각수에 완전히 잠겨서 압력 용기 내에 들어있다는 것이다.

[0004] 발전을 위하여, 이차 냉각수는 일차 냉각수와 열적 소통하며 흐른다. 열(즉, 에너지)은 일차 냉각수를 매개로 하여 원자로 노심에서 이차 냉각수로 이동된다. 이 열은 이차 냉각수를 액체 물에서 증기로 바꾼다. 증기는 전형적으로 증기 출력을 실질적으로 사용하는 터빈 또는 다른 출력 변환장치로 흐른다.

[0005] 일차와 이차 냉각수 사이에 열적 소통을 제공하는 장치는 증기 발생기로 언급된다. 외부 증기 발생기 설계에서, 큰 직경의 압력 관통용기는 압력 용기로부터 일차 냉각수를 외부 증기 발생기로 운반하며, 여기서 일차냉각수는 이차 냉각수 회로에 근접하여 흐르게 된다. 이 방법은 일차 냉각수를 압력 용기의 외부로 가져가는 단점과 이 목적을 위해 큰 직경의 관통용기를 도입하는 단점이 있다.

[0006] 내부 증기 발생기 설계에서, 증기 발생기는 압력 용기 내부에 위치해(또는 "통합되어") 있다. 이러한 "통합 PWR" 설계에서, 이차(보조) 냉각수는 내부 증기 발생기(따라서 압력 용기로)로 유입되고, 가열되어, 압력 용기 밖으로 흐르는 증기를 생산한다. 장점은 전형적으로 작은 압력 관통용기 및 압력 용기의 외부로 일차 냉각수의 흐름을 피할 수 있음을 포함하는 장점이 있다.

[0007] 그러나, 통합 PWR 접근 방식은 몇 가지 단점이 있다. 압력 용기 내부에 증기 발생기를 배치하면 압력용기의 크기(size)가 증가하고, 그것은 제조비용, 이송비용(예를 들어, 큰 철도 수송차 및/또는 특수 레일 시스템), 부지 고려(깊은 지하 격납구조), 및 안정성(예를 들면, 압력 용기의 크기가 증가 할수록 밀폐 무결성 유지가 더 어려움)의 관점에서 단점을 가진다. 안전성과 일차 냉각수 순환 회로 설계를 포함하는 다양한 이유 때문에, 압력 용기의 바닥이나 근처에 원자로 노심을 배치하는 것이 일반적이다. 원자로 노심에 의해 가열된 일차 냉각수는 식을 때 (주 회로의 "핫 래그") 압력 용기를 통해 자연스럽게 상승하는 경향이 있으며, 그리고나서 식는 일차 냉각수는 아래로 흘러 원자로 노심(주 회로의 "콜드 래그")으로 돌아간다. 보조 순환 설계에서, 이러한 자연 순환은 일차 냉각제 펌프에 의해 증가된다. 내부의 증기 발생기는 일반적으로 냉각 래그(cold leg)에서 노심 위에 배치된다.

[0008] 그러한 통합 PWR의 예시는 전체가 본 명세서에 참고로 포함된 톱 등의 2010년 12월 16일 공보된 미국 공보 번호 2010/0316181 A1 "통합된 나선형 코일 경수로"에 제시되어 있다. 이 공보에는 나선형 증기 발생기 튜브를 이용한 증기 발생기가 개시되어 있지만, 직선(예를 들어, 수직) 증기 발생기 튜브를 포함하는 다른 기하학 형상의 코일도 알려져 있다. 이 공보에는 또한 제어봉 구동 장치(CRDM)가 압력 용기 내부에 있는 통합된 PWR을 개시하지만; 외부 CRDM 설계도 알려져 있다. 내부 CRDM 디자인의 몇 가지 예시 예에는; 전체가 본 명세서에 참고로 포함된 스탬바우(Stambaugh) 등의 2010년 12월 16일 공보된 미국 공보 번호 2010/0316177 A1 "원자로를 위한 제

어봉 구동 메카니즘"과 전체가 본 명세서에 참고로 포함된 스탬바우(Stambaugh) 등의 2010년 12월 16일 공보된 국제 공보 WO 2010/144563 A1 "원자로를 위한 제어봉 구동 메카니즘"이 포함되어 있다.

[0009] 본 명세서에 개시된 개선 사항은 후술될 내용을 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 읽을 경우에 다양한 이점을 제공함을 명백히 알 수 있을 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하려는 과제는 컴팩트한 일체형 가압 경수로(PWR)의 설계, 설치 및 유지 보수 또는 수리를 위해 외부 증기 발생기에 대한 용이한 접근성을 구비하며, 보다 컴팩트한 기하학적 구조로 원자로 노심과 증기 발생기 튜브를 연장하여 더 높은 열적 출력을 수용할 수 있도록 하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명 과제의 해결 수단은 밀폐된 볼륨으로 정의된 원통형 압력 용기; 원통형 압력 용기의 하부에 배치된 원자로; 원자로 노심 위의(above) 원통형 압력 용기에 배치된 하나 이상의 제어봉 구동 메카니즘(CRDMs) 및 원자로 노심과 CRDM을 둘러싸고 있는 환형의 증기 발생기를 포함한다. 일부 그러한 가압형 경수로에서, 원통형 라이저는 압력 용기 내부와 환형 증기 발생기 내부에 동축으로 배치되고, 원자로 노심과 CRDMs을 둘러싸고, 증기 발생기는 원통형 압력 용기와 원통형 라이저에 의해 정의된 환형 볼륨으로 원통형 압력 용기 내부에 동축으로 배치되어 있다. 다른 가압 경수로에서, 증기 발생기는 원통형 압력용기의외부에 동축으로 배치되고, 원통형 압력 용기로 안정적으로 고정된 가압 경수로를 구성하는 장치를 제공하는데 있다.

[0012] 본 발명의 또 다른 과제의 해결 수단은 일차 냉각수가 들어있는 밀폐된 볼륨으로 정의되는 압력용기, 압력 용기의 하부에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 원자로 노심, 상기 원자로 노심 위의 압력 용기에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 제어봉 구동 메카니즘(CRDMs), 압력용기 외부에 배치되어 압력 용기로 안정되게 고정된 환형 증기 발생기를 포함하는 가압 경수로(PWR)와 함께 수행된다. 환형의 증기 발생기는 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하는 종단을 가진 튜브와 튜브가 배치되는 이차(보조) 냉각수 유량(flow volume)을 포함한다. 이차(보조) 냉각수 유량은 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하지 않는다. 방법에서, PWR은 원자로 노심의 핵반응이 일차 냉각수를 가열하게 동작을 하고, 일차 냉각수는 환형 증기 발생기의 튜브를 통해 압력 용기의 외부의 일차 냉각수의 하향 흐름을 포함하는 회로로 순환되고, 이차(보조) 냉각수는 일차 냉각수를 증기로 변환하기 위하여 가열과 순환이 협력하는 이차 냉각수 유량(flow volume)을 통해서 상향으로 흐르는 가압 경수로를 구성하는 방법을 제공하는데 있다.

[0013] 본 발명의 또 다른 과제의 해결 수단은 가압 경수로(PWR)와 환형의 증기 발생기를 포함한다. PWR은 : 일차 냉각수가 들어있는 밀폐된 볼륨을 정의하는 압력 용기; 원통형 압력 용기의 하부에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 원자로 노심; 원자로 노심 상의 원통형 압력 용기에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 하나 이상의 제어봉 구동 메카니즘(CRDMs)을 포함한다. 환형의 증기 발생기는 압력용기 외부에 배치되어 압력 용기로 안전하게 고정되어 있다. 환형의 증기 발생기는 : 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하는 종단을 가진 튜브; 압력 용기와 함께 튜브를 포함하고 압력용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하지 않는 이차 냉각수 유량으로 정의되는 환형 벽; 및 이차(보조) 냉각수 유량과 유체 소통하는 공급수 주입구와 증기 출구를 포함하는 가압 경수로를 구성하는 장치를 제공하는데 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은 컴팩트한 일체형 가압 경수로(PWR)의 설계, 설치 및 유지 보수 또는 수리를 위해 외부 증기 발생기에 대한 용이한 접근성을 구비하며, 보다 컴팩트한 기하학적 구조로 원자로 노심과 증기 발생기 튜브를 연장하여 더 높은 열적 출력을 수용할 수 있는 유리한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 본 발명은 다양한 구성 요소와 구성 요소의 배열의 형태, 및 다양한 프로세스 운영과 프로세서 운영의 배열 형태를 취할 수 있다. 도면은 오로지 바람직한 실시 예를 설명하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명을 제한하는 것으로 해석해서는 안된다.

도 1과 2는 가압 경수로(PWR)의 각각 측면도 및 투시 단면도를 개략적으로 도시한 것이다.

도 3은 도 1과 2의 PWR의 증기 발생기의 추가적인 상세도를 개략적으로 도시한 것이다.

도 4는 증기 발생기 구성 요소가 제거된 도 1과 2의 PWR의 투시 단면도를 개략적으로 나타낸 것이다.

도 5는 PWR의 압력 용기 내부에 배치되어 있는 증기 발생기의 다른 실시 예를 상세하게 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016]

본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용을 살펴본다.

[0017]

본 발명에 개시된 한 측면에서, 장치는 밀폐된 볼륨으로 정의된 원통형 압력 용기; 원통형 압력 용기의 하부에 배치된 원자로; 원자로 노심 위의(above) 원통형 압력 용기에 배치된 하나 이상의 제어봉 구동 메커니즘(CRDMs) 및 원자로 노심과 CRDM을 둘러싸고 있는 환형의 증기 발생기를 포함한다. 일부 그러한 가압형 경수로에서, 원통형 라이저는 압력 용기 내부와 환형 증기 발생기 내부에 동축으로 배치되고, 원자로 노심과 CRDMs을 둘러싸고, 증기 발생기는 원통형 압력 용기와 원통형 라이저에 의해 정의된 환형 볼륨으로 원통형 압력 용기 내부에 동축으로 배치되어있다. 다른 가압 경수로에서, 증기 발생기는 원통형 압력용기의외부에 동축으로 배치되고, 원통형 압력 용기로 안정적으로 고정되어 있다.

[0018]

본 발명의 또 다른 측면에서, 방법은 일차 냉각수가 들어있는 밀폐된 볼륨으로 정의되는 압력용기, 압력 용기의 하부에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 원자로 노심, 상기 원자로 노심 위의 압력 용기에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 제어봉 구동 메커니즘(CRDMs), 압력용기 외부에 배치되어 압력 용기로 안정되게 고정된 환형 증기 발생기를 포함하는 가압 경수로(PWR)와 함께 수행된다. 환형의 증기 발생기는 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하는 중단을 가진 튜브와 튜브가 배치되는 이차(보조) 냉각수 유량(flow volume)을 포함한다. 이차(보조) 냉각수 유량은 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통 하지 않는다. 방법에서, PWR은 원자로 노심의 핵반응이 일차 냉각수를 가열하게 동작을 하고, 일차 냉각수는 환형 증기 발생기의 튜브를 통해 압력 용기의 외부의 일차 냉각수의 하향 흐름을 포함하는 회로로 순환되고, 이차(보조) 냉각수는 일차 냉각수를 증기로 변환하기 위하여 가열과 순환이 협력하는 이차 냉각수 유량(flow volume)을 통해서 상향으로 흐른다.

[0019]

본 발명의 또 다른 측면에서, 장치는 가압 경수로(PWR)와 환형의 증기 발생기를 포함한다. 가압 경수로는 : 일차 냉각수가 들어있는 밀폐된 볼륨을 정의하는 압력 용기; 원통형 압력 용기의 하부에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 원자로 노심; 원자로 노심 상의 원통형 압력 용기에 배치되어 일차 냉각수에 잠긴 하나 이상의 제어봉 구동 메커니즘(CRDMs)을 포함한다. 환형의 증기 발생기는 압력용기 외부에 배치되어 압력 용기로 안전하게 고정되어 있다. 환형의 증기 발생기는 : 압력 용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하는 중단을 가진 튜브; 압력 용기와 함께 튜브를 포함하고 압력용기의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하지 않는 이차 냉각수 유량으로 정의되는 환형 벽; 및 이차(보조) 냉각수 유량과 유체 소통하는 공급수 주입구와 증기 출구를 포함한다. 바람직한 실시 예를 살펴본다.

[0020]

<실시 예>

[0021]

본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 살펴본다. 도 1과 도 2에서, 가압 경수로(PWR) 형태의 도시된 원자로는 압력 용기(10)와 원통형 압력 용기(10)의 하부에 배치된 원자로 노심(12)을 포함한다. 압력 용기(10)는 가압 경수로가 동작할 때 일차 냉각수를 과냉각된 상태로 포함하는 밀폐된 볼륨으로 정의된다. 이러한 목적을 위해, 가압 경수로는 압력 용기(10)의 상단에 배치된 내부 가압기를 포함한다. 내부 가압기는 증기 거품 볼륨(14)과 물을 가열하여 증기 거품(14)을 발생하는 히터(16)(일부 실시 예에서 저항 히터임)를 포함한다. 내부 가압기는 다른 구성요소, 예를 들면, 내부 압력기 볼륨을 압력 용기(10)의 밀폐된 볼륨의 나머지에서 분리하는 배플 플레이트(18)(baffle plate), 압력 감소를 일으키기 위하여 증기 거품 볼륨(14) 속으로 냉각수 또는 증기를 주입하기 위한 분무기(spargers) 및 기타 등등을 포함할 수 있다.

[0022]

반응성 제어는 제어봉 안내 구조에 의해서 안내되어, 하나 이상의 제어봉 구동 장치(CRDM) 유닛(20)에 의해 올려지거나 내려지는 제어봉으로 제공되며, 제어봉 안내 구조에 의해서 안내된다.(도 1과 2의 예시에서는 하나의 CRDM 유닛(20)만이 설명되어 있으나, 일반적으로 몇 개, 또는 수십 또는 수백의 이들 유닛이 있을 수 있음). 도시된 CRDM 유닛(20)은 내부 CRDM 유닛(20)이며, CRDM 유닛(20)은 원자로 노심(12) 위의 압력 용기(10)의 내부에 배치됨을 의미한다. 적절한 내부 CRDM 설계의 일부 예는 ; 전체가 본 명세서에 참고로 포함된 스탬바우(Stambaugh) 등의 2010년 12월 16일 공보된 미국 공보 번호 2010/0316177 A1 "원자로를 위한 제어봉 구동 메커니즘"; 및 전체가 본 명세서에 참고로 포함된 스탬바우(Stambaugh) 등의 2010년 12월 16일 공보된 국제 공보

WO 2010/144563 A1 "원자로를 위한 제어봉 구동 메카니즘"을 포함하고 있다. 일반적으로, 제어봉은 중성자 흡수 물질을 포함하며, 반응성은 제어봉을 인출함에 의하여 증가하고, 제어봉을 삽입함에 의하여 감소한다. 소위 "그레이" 제어봉은 반응성의 증분 조정을 제공하기 위해 지속적으로 조정할 수 있다. 소위 "셋다운" 제어봉은 비상 사태의 경우에 핵반응을 종료하기 위하여 원자로 노심에 가능한한 신속하게 삽입할 수 있도록 설계되어 있다. 다양한 하이브리드 제어봉 설계 역시 알려져 있다. 예를 들어, 그레이 봉은 비상 사태에 제어봉을 해제하여, 제어봉이 원자로 노심으로 떨어져 셋다운 봉 (정지봉) 기능을 구현하는 메카니즘을 포함할 수 있다.

[0023] 비록 제어봉이 전형적인 반응성 제어 메커니즘으로 공개되어 있지만, 다른 반응성 제어 메커니즘이 추가적으로 또는 선택적으로도 제공될 수 있다. 예를 들어, 일부 가압 경수로(PWR)의 설계에서, 봉산과 같은 수용성 중성자 독극물은 반응성 제어를 제공하기 위해서 일차 냉각수에 규정된 양으로 추가된다. 추가적으로 또는 선택적으로, 많은 양의 봉산을 핵반응의 신속한 종료를 이루기 위하여 압력 용기에 쏟아 넣을 수 있다.

[0024] 동작중예, 원자로 노심(12)은 일차 냉각수를 가열한다. 이것이 일차냉각수가 압력 용기 (10)의 중앙 라이저 영역(30)(central riser region)을 통해서 상향으로 흐르게 한다. 실시 예에서, 중앙 라이저 영역(30)은 CRDM 유닛(20)과 제어봉 가이드 구조를 포함한다. 일차 냉각수의 상향 흐름 경로는 때때로 일차 냉각수 회로의 "핫 레그(hot leg)"로 언급된다.

[0025] 상향으로 흐르는 일차 냉각수는 환형의 외부 지역에서 흐름이 아래 방향으로 역으로 흐르는 지점에서 상부 플레넘(32, upper plenum)에 도달한다. 구조 혹은 구성요소의 다양한 배열은 이러한 역으로 흐름을 구현하기 위해 사용할 수 있다. 도시된 실시 예에서, 흐름 배플(34)(flow baffle)은 상승하는 일차 냉각수가 상부 플레넘(32)으로 흐르기 전에 흐름 라이저(flow riser) 경로의 직경을 줄이고, 배플 플레이트(18)는 상부로 향하는 일차 냉각수 흐름을 확실하게 종료한다. 흐름 배플(34)은 일차 냉각수 순환을 추진하는 내부 원자로 냉각수 펌프(36)를 위한 배플(34)과 압력 용기(10)사이의 방사상 공간으로 정의된다. 이것은 단지 도시된 예일 뿐이고, 일차 냉각수 펌프는 일차 냉각수 흐름 회로 어디에나 위치할 수 있으며, 또는 받침대(stalk) 상에 습식 펌프(wet pump)를 사용할 수 있고, 예를 들어 원자로 헤드와 연결될 수 있다. 또 다른 변형으로, 일차 냉각수 펌프는 완전히 생략할 수 있으며, 원자로 노심(12)에서 일차 냉각수를 가열함으로써 이어지는 상승하는 일차 냉각수의 냉각에 의해 추진되는 자연 순환에 의존할 수 있다.

[0026] 일차 냉각수의 하향 흐름 경로는 때때로 일차 냉각수 회로의 "냉각 레그(cold leg)"로 언급된다. 냉각 레그에서, 일차 냉각수는 증기 발생기(40)를 통해 아래로 흐른다. 동시에, 이차(보조) 냉각수는 공급수 주입구(42)에서 증기 발생기로 흘러들어가 일차 냉각수의 것과는 별도의 경로에 있는 증기 발생기를 통해 상향으로 흐른다. 증기 발생기(40)에서, 하향으로 흐르는 가열된 일차 냉각수는 근접한 상향으로 흐르는 이차(보조) 냉각수에 열을 전달하여 결국 증기 출구(44)에서 배출되는 증기로 이차(보조) 냉각수를 변환한다. 증기 발생기(40)의 하부 종단으로부터 배출되는 일차 냉각수는 하부 헤드로 흘러들어가 이번에는 하향 흐름에서 상향 흐름으로 흐름이 다시 역으로 흐르고, 원자로 노심으로 다시 들어가 일차 냉각수 흐름을 종료한다.

[0027] 도 1과 2를 계속 참고하고 도 3을 추가 참조하면, 증기 발생기(40)의 하나의 실시 예에서, 하향하는 일차 냉각수는 증기 발생기(40)의 튜브(50) 내부로 흐른다. 도 3의 도시에서, 단지 여섯 개의 증기 발생기 튜브(50)가 표시되고(원통형 압력 용기(10)의 축 주위에 180° 떨어져 위치한 세 개의 튜브의 두 그룹) 이들은 점선으로 표시된다; 그러나 증기발생기 튜브의 수는 실질적으로 많을 수 있고, 예를 들어 수십 또는 수백의 증기 발생기 튜브가 있을 수 있다. 튜브(50)를 통해 하향하는 일차 냉각수는 도 3에 견고한 화살표(F_{primary})로 표시된다. 도시된 증기 발생기(40)는 직선-튜브 관류식 증기 발생기(OTSG)이며, 튜브(50)는 직선이며, 일차 냉각수 흐름(F_{primary})은 튜브를 한번 관통하여 지나간다.

[0028] 제1(상부) 튜브 시트(52)는 증기 발생기(40)의 튜브(50)의 제1(상부) 종단에서 압력 용기(10) 안으로 연결되고, 제2(하부) 튜브 시트(54)는 증기 발생기(40)의 튜브(50)의 제2(하부) 종단에서 압력 용기(10) 안으로 연결된다. 증기 발생기(40)의 튜브(50)는 각각 일차 냉각수 흐름(F_{primary})을 받고 배출하기 위하여 제1 및 제2 튜브 시트를 통해서 압력 용기(10)의 밀폐된 볼륨과 유체 소통(fluid communication) 한다. 상기 다른 방법으로, 상부 튜브 시트(52)는 압력 용기(10)의 밀폐된 볼륨으로부터 튜브(50) 안으로 일차 냉각수 흐름(F_{primary})을 위한 주입구로서 역할을 하며, 반면에 하부 튜브 시트(54)는 튜브 밖으로 일차 냉각수 흐름(F_{primary})을 위한 출구로서 역할을 하여 압력 용기(10)의 밀폐된 볼륨으로 다시 돌아오도록 한다.

[0029] 보조 냉각수는 압력 용기(10) 주위에 동축으로 배치된 원통형 증기 발생기 벽(62)에 의해 정의된 이차(보조) 냉각수 유량(60)(flow volume)을 통해 흐른다. 원통형 증기 발생기 벽(62), 압력 용기(10) 및 제1 과 제2 튜브 시

트(52, 54)의 조합은 밀폐된 보조 냉각수 흐름 볼륨(60)으로 정의되고, 압력 용기(10)의 밀폐된 볼륨과 유체 소통하지 않는다. 이차(보조) 냉각수 흐름($F_{secondary}$)(도 3의 다수 구부러진 점선 화살표로 표시됨)은 공급수 주입구(42)에서 보조 냉각수 유량(60)을 통해 상향으로 흐른다. 이차(보조) 냉각수 유량(60)은 튜브(50)를 둘러싸며(또는, 상기 다른 방법으로, 튜브(50)는 보조 냉각수 유량(60)에 배치되어 있다) 그래서 튜브 내부의 아래쪽으로 흐르는 일차 냉각수 흐름($F_{primary}$)으로부터 열이 이차 냉각수 유량 내의 상향으로 흐르는 이차 냉각수 흐름($F_{secondary}$)으로 전달되어, 그것이 증기 발생기(40)의 상단에 도달할 때쯤 공급수를 증기로 변환한다. 도시된 실시 예에서, 원통형 증기 발생기 벽(62)은 증기 재킷(64)으로 정의된 외부 환형을 포함하며(단지 도 3에만 도시), 그것을 통하여 증기는 아래로 다시 역으로 흘러 증기 배출구(44)에 도달한다. 이러한 증기 자켓 방법은 선택적이지만, 온도 안정성을 유지하기 위해 높은 온도 외부 표면을 제공하는 이점이 있다. 다른 변형된 실시 예에서, 증기 재킷(64)은 생략하고 증기 배출구는 증기 발생기의 상단 또는 상단 근처에 위치하고 있다.

[0030] 도 1-3을 계속 참고 하고, 도 4를 더 참조하면, 공개된 배열은 압력 용기(10)의 외부에 위치하는 환형 증기 발생기(40)의 구성으로 볼 수 있지만, 압력 용기(10)에 의해 안정하게 고정된다(그리고, 일부 실시 예에서, 지지됨). 설명하기 위해, 도 4는 환형의 증기 발생기(40)의 구성 요소가 생략된(즉, 튜브(50), 환형 증기 발생기 벽(62), 공급수 주입구(42)와 증기 배출구(44)를 생략함) 압력용기를 보여준다. 도 4에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 원통형 압력 용기(10)는 환상의 증기 발생기(40)를 수용하는 환형 리세스(오목) 형상(70)(annular recess)을 포함한다. 도 1-3과 비교해서, 그것은 따라서 밀폐된 이차(보조) 냉각수 유량(60)은 원통형 증기 발생기 벽(62), 환형 리세스(70), 제 1 및 제 2 튜브 시트(52, 54)에 의해 정의됨을 도시된 실시 예에서 볼 수 있다. 환형 리세스(70)의 포함은 선택 사항이며, 다른 변형된 배열에서 리세스(70)를 생략하고 원통형 압력 용기(10)의 중심축으로부터 큰 반경에 환형 증기 발생기를 위치시킬 것을 고려한다. 증기 발생기를 외부에 배치하면 증기 발생기(40)의 설치 및 유지 보수를 단순화한다는 점에서 상당한 장점이 있다.

[0031] 일반적으로, 일차 냉각수 흐름($F_{primary}$)은 이차(보조) 냉각수 흐름($F_{secondary}$) 보다 실질적으로 높은 압력에 있다. 예를 들면, 일부 실시 예에서, 압력 용기(10)의 밀폐된 볼륨에서 일차 냉각수의 압력은 약 2000 psia에 있는 반면에 증기는 약 825 psia 에 있다. 환형의 증기 발생기 벽(62)은 이차(보조) 냉각수 흐름($F_{secondary}$)을 포함하도록 작동하기 때문에, 선택적으로 낮은 이차 압력을 위해 그것은 선택적으로 설계된다. 그러나 일차 냉각수 흐름($F_{primary}$)을 운반하는 튜브(50)는 이차(보조) 냉각수 유량(60)에 배치되기 때문에, 관리하는 권한(governing jurisdiction)의 안전 고려 사항 및/또는 적용 가능한 원자력 규제 정책은 환형 증기 발생기벽(62)이 높은 일차 냉각수 압력을 위하여 설계되도록 권유한다. 이 경우에, 환형 증기 발생기 벽(62)은 튜브 누설 이벤트의 경우에 튜브(50)에 대한 일차 압력- 준수 억제를 제공한다.

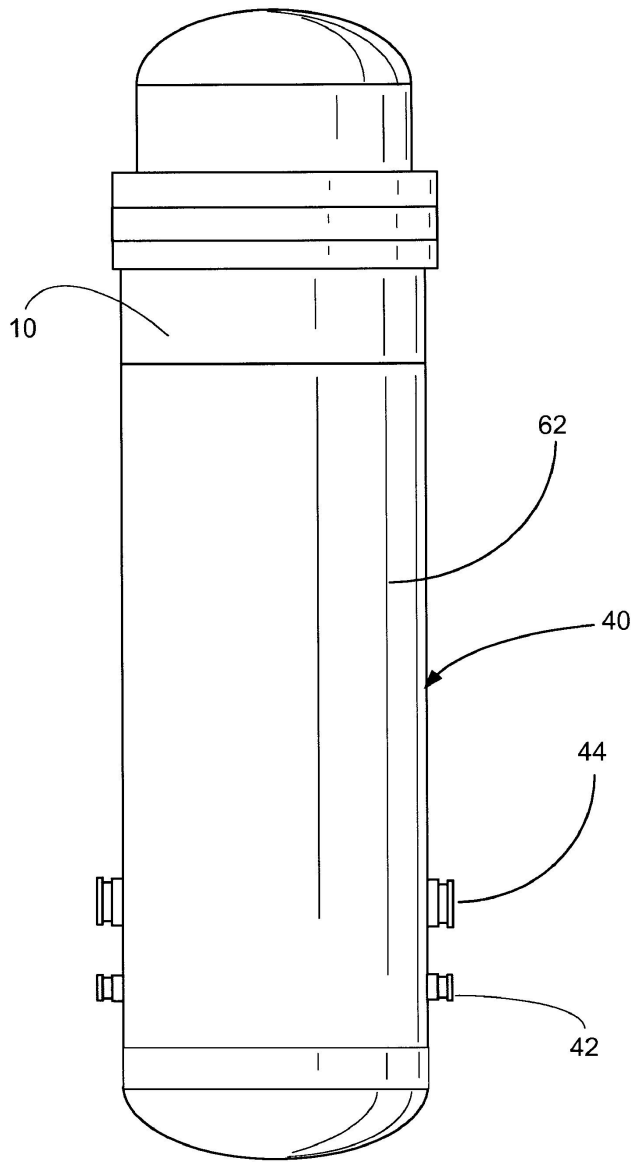
[0032] 도시된 실시 예에서, 환형 증기 발생기(40)는 원자로 노심(12)과 CRDM(20) 둘러싸고 있다. 이 배열은 실질적으로 외부에 둘러싸고 있는 증기 발생기(40)와 압력 용기(10)의 조립의 수직 높이를 줄일 수 있는 유리한 점이 있다. 원자로 노심(12)과 CRDM(20) 모두를 둘러싸고 수직으로 겹치도록 환형의 증기 발생기(40)를 확장함에 의하여, 도 1-4의 실시 예에서와 같이, 증기 발생기 튜브(50)의 높이는 압력 용기(10)의 높이 확장을 수반하지 않고 크게 할 수 있다. 따라서 컴팩트한 일체형 PWR을 제공한다.

[0033] 도 1-4 실시 예는 다음과 같이 요약할 수 있다. 도 1-4의 컴팩트한 일체형 원자로 설계에서, 증기 발생기(40)는 효율적으로 원자로 용기(10)의 외부에 있다. 도시된 예에서, 도시된 직선 증기 발생기 튜브(50)를 채용하는 환형 직선 튜브 증기 발생기가 사용된다. 그러나, 나선형 증기 발생기 튜브와 같은 다른 증기 발생기 튜브의 레이아웃(설계) 또한 고려된다. 도 1-4의 도시된 예에서, 원자로 노심(12)은 압력 용기(10)의 바닥 근처에 원자로 용기(10)의 중심에 위치하고 있다. 바로 노심(12) 위에 CRDM 가이드 구조(22) 및 내부 CRDM 유닛(20)이 있다. 선택적인 흐름 배플(34)은 선택적인 옵션 내부 원자로 냉각재 펌프(36)을 위한 방사형 공간을 제공하기 위해, 상부 플레넘(32)으로 유입되기 전에 흐름 라이저 영역(30)의 직경을 줄인다. 일차 냉각수는 증기 발생기 튜브(50)를 통해 흐르기 전에 상부 튜브 시트(52)를 통해 이동하고, 원자로 용기 하부 헤드(46)로 들어가기 전에 바닥 튜브 시트(54)를 통해 배출된다. 이차(보조) 냉각수는 증기 출구 노즐로 흐름을 안내하는 환형 흐름 하강관(flow downcommer)(즉, 도 1- 4의 실시 예에서 이차(보조) 냉각수 유량 (60))으로 들어가기 전에 증기 발생기 튜브 주위를 상향으로 이동하면서 하나 이상의 급수 노즐(42)로 들어간다. 도 1-4의 통합 원자로는 과냉 영역에서 작동한다. - 이를 위해, 별도의 가압기 영역은 증기 히터(16)를 사용하여 증기 거품을 형성할 수 있는 증기 거품 볼륨(14)을 포함하여 제공된다. 도시된 실시 예에서, 증기 거품 볼륨(14)은 상부 용기 헤드에 의해 정의된다. 또한, 외부 가압기(미도시)는 적절한 배관에 의해 압력 용기와 연결되어 사용될 수 있다.

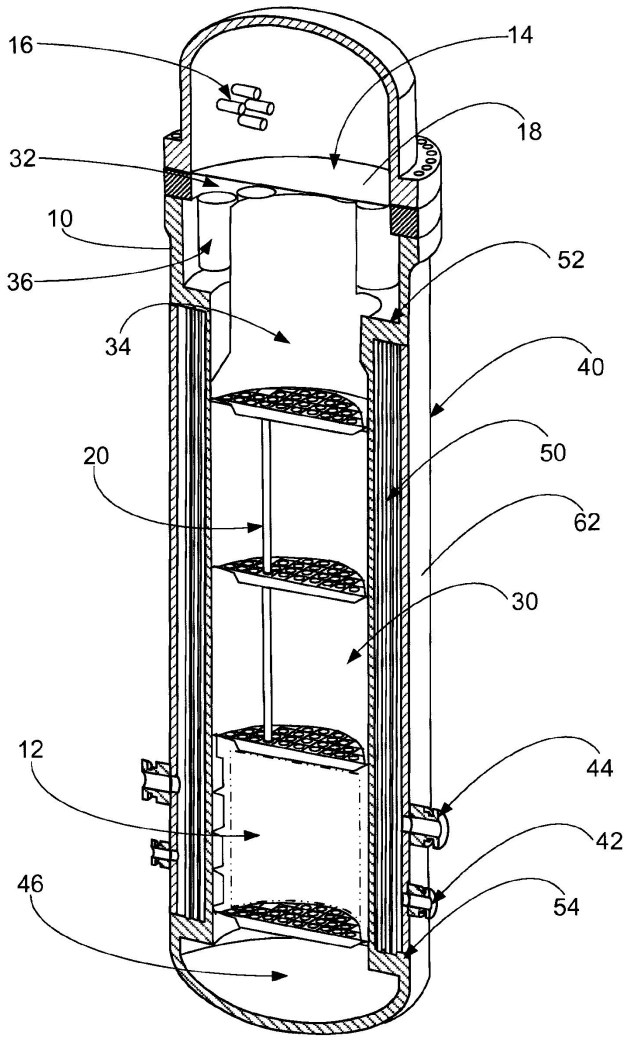
- [0034] 도 1-4의 통합 가압 경수로의 장점은 이미 언급되었다. 이러한 장점은 컴팩트한 일체형 가압 경수로(PWR)의 설계, 설치 및 유지 보수 또는 수리를 위해 외부 증기 발생기(40)에 대한 용이한 접근성을 구비하고 있다. 총 원자로 볼륨의 상당한 감소는 원자로 용기(10)의 외부 환형 영역에서 증기 발생기(40)를 배치하여 얻을 수 있다. 그러나 도 1-4의 통합 가압 경수로의 또 다른 장점은 보다 컴팩트한 기하학적 구조로 원자로 노심(12)과 증기 발생기 튜브(50)를 연장하여 더 높은 열적 출력을 수용할 수 있다는 것이다.
- [0035] 도시된 도 5를 참조하면, 다른 실시 예는 증기 발생기가 가압 경수로의 압력 용기 내부에 배치되어 있는 것이 개시되어 있다. 변형된 압력 용기(10')는 도 4에 표시된 환형 리세스(70)를 포함하지 않고, 또한 환상 증기 발생기 벽(62)을 생략한다. 증기 발생기 파이프(50)가 대신 압력 용기(10') 내부에 배치되고, 그리고 다른 이차(보조) 냉각수 유량(60')은 압력 용기(10')의 원통형 벽과 압력 용기(10')의 내부와 증기 발생기 내부에 동축으로 배치된 원통형 라이저(80)사이의 환형으로 정의된다. 증기 발생기에서의 흐름 패턴은 또한 역시 바뀐다. - 일차 냉각수 흐름($F'_{primary}$)은 튜브(50) 밖에서 하향으로 흐르고, 반면에 이차(보조) 냉각수 흐름($F'_{secondary}$)이 튜브(50)의 내부에서 상향으로 흐른다. 이를 위해, 변형된 하부 튜브 시트(54')는 공급수 입구(42)로부터 이차(보조) 냉각수 흐름($F'_{secondary}$)을 받아, 튜브(50)의 하단부에 공급하며, 변형된 튜브 시트(52')는 튜브의 상부 종단(50)으로부터 증기 배출구(44')로 이차(보조) 냉각수 흐름($F'_{secondary}$)을 방출한다. 또한, 증기 출구(44')는 도 1-4의 실시 예의 증기 출구(44)와 비교할 때, 변형되어 증기 발생기의 상단 또는 상단 부근에 위치하고, 도 3에 도시된 증기 재킷(64)은 도 5의 실시 예에서 생략된다. 도시된 증기 발생기 튜브(50)는 다시 직선 튜브이나, 선택적으로 나선형 튜브 또는 다른 증기 발생기 튜브 구성을 채용할 수 있다.
- [0036] 도 5의 실시 예에서, 증기 발생기는 다시 원자로 노심(12')과 CRDM/제어봉 안내튜브 구조(20, 22) 모두를 둘러싼다. 도 5의 실시 예에서, 원자로 노심(12')은 도 1-4의 실시 예의 원자로 노심과 비교할 때, 수직 방향으로 상대적으로 길게 변형되어 도 5의 증기 발생기는 원자로 노심(12')을 둘러싸지만, 연장된 원자로 노심(12')의 바닥과 동일한 높이(즉, 확장되어 수직으로 겹쳐지지는 않음)를 갖지는 않는다. 이것은 원자로 노심 위에 증기 발생기를 배치하는 것보다 원자로 노심(12')을 둘러싸도록 증기 발생기를 배치함으로써 유연성이 제공되어 높은 전력 출력을 달성하기 위해 원자로 노심을 선택적으로 연장하는 장점을 설명해준다.(이 같은 확장은 또한 증기 발생기(40)가 압력용기의 외부에 있으나, 압력 용기(10)에 안정되게 고정된 도 1-4의 실시 예에 채용할 수 있다).
- [0037] 바람직한 실시 예는 도시되고 설명되었다. 물론, 수정 및 변형은 앞의 상세한 설명을 읽고 이해함에 따라 다른 사람에게 발생할 수 있을 것이다. 이러한 모든 수정 및 변형은 본 발명의 특허 청구 범위 또는 그와 균등한 범위 내에 있는 경우에 포함하는 것으로 해석될 수 있다.

도면

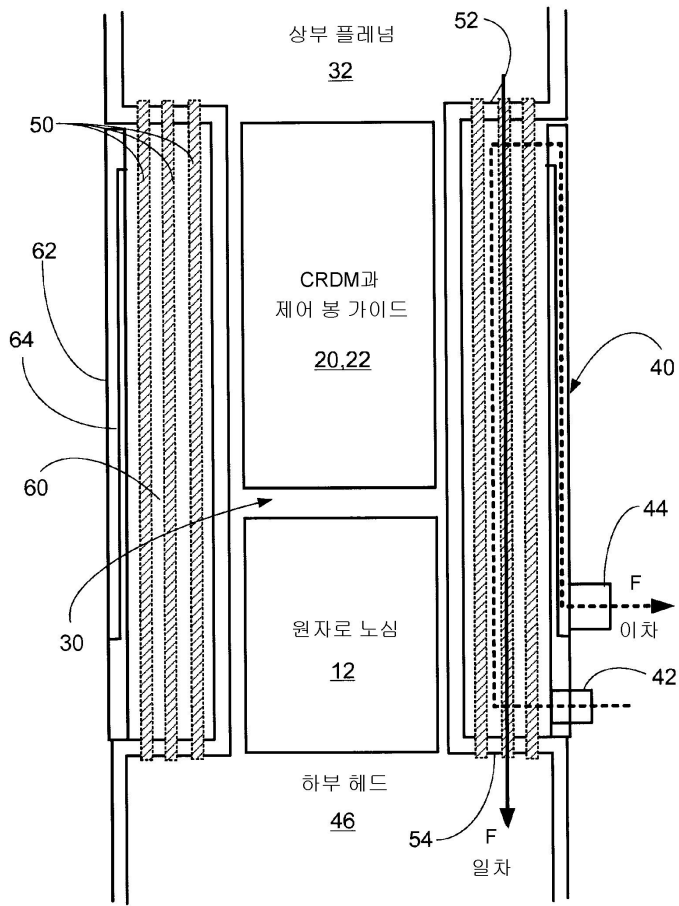
도면1



도면2



도면3



도면5

