



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월29일
(11) 등록번호 10-1487713
(24) 등록일자 2015년01월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 15/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0143193

(22) 출원일자 2013년11월22일

심사청구일자 2013년11월22일

(56) 선행기술조사문헌
KR1020110048747 A*

JP10132994 A*

KR1020110075487 A

JP2584701 B2

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국원자력연구원

대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)

(72) 발명자

임홍식

대전광역시 유성구 엑스포로 448 (전민동, 엑스포 아파트) 107동 1708호

강지호

대전광역시 유성구 송림로 20, 203동 1405호 (하기동, 송림마을아파트)

(74) 대리인

황이남

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 이용호

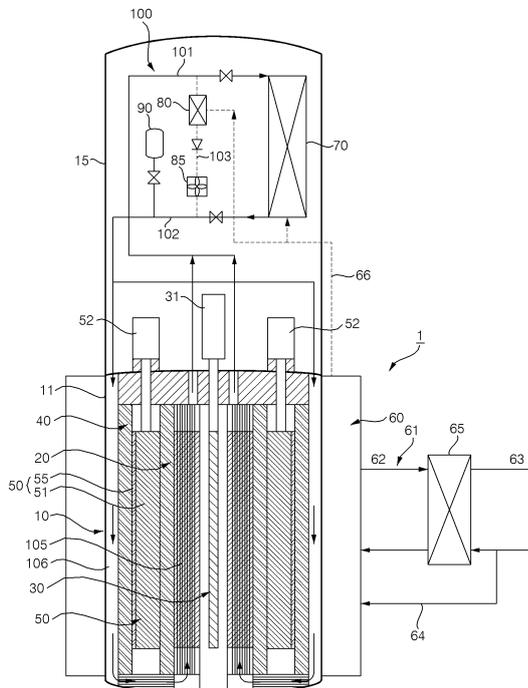
(54) 발명의 명칭 초소형 가스냉각로

(57) 요약

본 발명은 초소형 가스냉각로에 관한 것으로서, 핵연료와 감속재를 혼합하여 소결시킨 연료체를 금속 배럴 내부에 충전시킨 배럴형 노심을 가지는 원자로; 상기 원자로와 폐쇄 계통의 인출 및 인입 가스 배관들을 통해 가스 냉각재가 순환 가능하게 연결되어, 상기 원자로로부터 가열 공급되는 가스 냉각재를 이용해 발전에 필요한 에너지

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



지를 발생시키는 가스 터빈; 및 상기 가스 터빈 전단에서 상기 폐쇄 계통의 인출 및 인입 가스 배관들 사이를 연결하는 냉각재 연결 배관 상에 설치되어, 상기 가스 터빈 정지시 순환되는 상기 가스 냉각재를 이용해 저출력 운전이 가능하도록 하는 열전발전 열교환기;를 포함하도록 구성되어, 한번 연료를 장전한 후 최소한의 유지보수만으로 대략 20 내지 30년 동안 연료 교체 없이 안정적인 전력을 제공할 수 있고, 초소형 설계로 트럭과 같은 지상 운전수단으로 이동 가능하며, 모듈형 설계로 설치가 용이하고, 설치 대수를 운용중에 가감할 수 있도록 하며, 계통을 단순화시켜 사고 위험성을 낮춤과 아울러 거의 모든 사고 시에도 원자로를 정지하지 않고 열전소자 발전 장치를 이용해 피동출력운전을 지속할 수 있으며, 열 제거 용량이 노심 붕괴열 보다 크게 설계되어 노심 냉각이 안 되는 상황을 원천 봉쇄할 수 있어 완전피동냉각을 보장할 수 있도록 하는 효과를 갖는다.

특허청구의 범위

청구항 1

핵연료와 감속제를 혼합하여 소결시킨 연료체를 금속 배럴 내부에 충전시킨 배럴형 노심을 가지는 원자로;

상기 원자로와 폐쇄 계통의 인출 및 인입가스 배관들을 통해 가스 냉각재가 순환 가능하게 연결되어, 상기 원자로로부터 가열 공급되는 가스 냉각재를 이용해 발전에 필요한 에너지를 발생시키는 가스 터빈; 및

상기 가스 터빈 전단에서 상기 폐쇄 계통의 인출 및 인입 가스 배관들 사이를 연결하는 냉각재 연결 배관 상에 설치되어, 상기 가스 터빈 정지시 순환되는 상기 가스 냉각재를 이용해 저출력 운전이 가능하도록 하는 열전발전 열교환기;를 포함하고,

상기 원자로는,

상기 연료체 내에 복수의 제1 냉각재 유로가 수직 관통되게 형성된 상기 배럴형 노심이 내부 중심부에 위치하도록 내부 수용 공간을 가지는압력 용기;

상기 압력 용기의 상측을 관통하며 상기 배럴형 노심 중심부에 수직 관통되게 형성되는 제어봉 삽입관 내에 인, 입출 가능하게 설치되는 제어봉;

상기 압력 용기 내에서 상기 배럴형 노심의 외주면을 감싸도록 원통형으로 형성되되, 상기 압력 용기의 내주면과의 사이에 간격을 두고 냉각재 입구 유로를 형성하는 반사체;

상기 반사체의 원주 방향을 따라 기설정 간격을 두고 회전 가능하게 수직 관통하며 삽입되어 회전 방향에 따라 출력을 제어하도록 하는 제어 드럼; 및

상기 압력 용기의 외주면을 따라 설치되는 방열체;를 포함하는 초소형 가스냉각로.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에서,

상기 배럴형 노심은,

상기 금속 배럴 내에서 상기 제어봉 삽입관을 중심으로 육각 기둥 형상의 상기 연료체들이 평단면상 허니컴 형상의 배열 구조를 가지고 채워지는 초소형 가스냉각로.

청구항 4

제3항에서,

상기 연료체를 이루는 핵연료는 20w/o 이내의 저농축 우라늄이고, 감속제는 산화베릴륨(BeO)인 것을 포함하는 초소형 가스냉각로.

청구항 5

제3항에서,

상기 연료체들은 각각 육각 기둥 형상의 중심부를 수직 관통하며 상기 제1 냉각 유로를 형성하도록 냉각관이 삽입 형성되는 초소형 가스냉각로.

청구항 6

제5항에서,

상기 냉각관 내부의 상기 제1 냉각 유로 상에는 가스 냉각재의 회전 유동을 유발하기 위한 파베기 테이프 (Twisted Tape)가 삽입되는 초소형 가스냉각로.

청구항 7

제5항에서,

상기 금속 배럴 및 상기 냉각관은 내고온성 스틸합금 중에서 선택된 어느 하나의 재질로 이루어지는 초소형 가스냉각로.

청구항 8

제1항에서,

상기 제어 드럼은,

상기 반사체를 수직 관통하며 회전 가능하게 삽입되는 반사체 환봉의 외주면 일측에 부분적으로 출력 제어물질이 입혀져 형성되는 초소형 가스냉각로.

청구항 9

제1항에서,

상기 가스 냉각재는 초임계 이산화탄소로 이루어지는 초소형 가스냉각로.

청구항 10

제1항에서,

상기 인입 가스 배관 상에는 상기 원자로 입구측에서 가스 냉각재의 압력 유지를 위한 냉각재 보충 탱크가 구비되는 초소형 가스냉각로.

청구항 11

제1항에서,

상기 연결 배관 상에서 상기 열전발전 열교환기와 상기 인입 가스 배관 사이에 피동 순환기가 구비되는 초소형 가스냉각로.

청구항 12

제1항에서,

상기 방열체와 방열체 냉각 배관을 통해 상기 방열체 내부를 채우는 냉각 유체가 순환 가능하게 연결되며, 상기 방열체 냉각 유체를 해수와 열교환시켜 냉각시키도록 하는 열교환기를 포함하는 초소형 가스냉각로.

청구항 13

제12항에서,
상기 방열체 냉각 유체는 물 또는 오일로 이루어지는 초소형 가스냉각로.

청구항 14

제12항에서,
상기 방열체 냉각 배관은,
상기 원자로의 비상 정지시 해수를 상기 방열체 내에 공급하도록 하는 비상냉각 배관을 더 포함하는 초소형 가스냉각로.

청구항 15

제12항에서,
상기 방열체 냉각 배관은,
상기 방열체와 상기 열전발전열교환기 및 상기 가스 터빈을 연결하며 상기 방열체 냉각 유체를 순환 공급하도록 방열체 연결 배관이 더 구비되는 초소형 가스냉각로.

청구항 16

제1항에서,
상기 압력 용기 상측을 덮도록 안전 용기가 설치되고,
상기 안전 용기 내부에 상기 제어봉을 인, 입출시키기 위한 제어봉 인입출 장치, 상기 제어 드럼을 구동시키기 위한 제어 드럼 구동 모터, 상기 가스 터빈, 상기 열전발전 열교환기 및 상기 폐쇄 계통의 인출 및 인입 가스 배관이 수납되도록 하는 초소형 가스냉각로.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초소형 가스냉각로에 관한 것으로서, 좀더 상세하게는 한번 연료를 장전한 후 최소한의 유지보수만으로 최장 기간 동안 연료 교체 없이 안정적으로 전력을 제공할 수 있도록 하는 초소형 가스냉각로에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 주지된 바와 같이, 화석 연료를 사용하는 기존의 소형 발전기는 주기적으로 연료 공급이 필요하며, 연료량에 따라 발전시간이 제한되어 정전 등의 비상 상황에서 장시간 전력 공급이 어려운 단점을 갖는다.

[0003] 초소형 출력(Micro Power)의 원자로 활용은 과거 미국이나 러시아에서 군사적 용도로 사용한 것 외에는 없었으며, 이러한 군사적 용도의 초소형원자로는 안전성을 다소 등한시하는 경향이 있어 민수용으로 활용하기에는 부적합하다.

[0004] 따라서 초소형 출력이 요구되는 소형 발전기 분야에 적용하기 위해서는 매우 높은 안전성과 가동 신뢰도를 갖춘 전력원이 요구된다.

[0005] 이를 만족하기 위한 초소형 발전기의 경우 한번 연료를 장전한 후 최소한의 유지 보수만으로 대략 20 내지 30년

동안 연료 교체 없이 안정적인 전력을 제공할 수 있어야 하고, 초소형 설계로 트럭과 같은 지상 운전수단으로 이동 가능하며, 모듈형 설계로 설치가 용이하고, 설치 대수를 운용중에 가감할 수 있어야 하며, 계통을 단순화시켜 사고 위험성을 낮추고 아울러 거의 모든 사고 시에도 원자로를 정지하지 않고 열전소자 발전 장치를 이용해 피동출력운전을 지속할 수 있어야 하며, 외부 열제거 용량이 노심 붕괴열 보다 크게 설계되어 노심 냉각이 되지 않는 상황을 원천 봉쇄할 수 있어 완전피동 냉각 능력을 보장할 수 있도록 하는 조건들을 만족하여야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

(특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0952301호(등록일자 2010년04월02일)

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 제1998-132994호(공개일자 1998년05월22일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006]

상기한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 초장수명의 안정적 에너지원을 제공하고, 초소형 및 완전모듈형 구현으로 이동이 가능하며, 설치 및 보관이 용이하고, 계통을 단순화시켜 사고 위험성을 낮추며, 고장 및 사고 시에도 원자로를 정지하지 않고 피동출력운전을 보장할 수 있으며, 원자로정지 요구시 피동냉각의 안정성을 보장할 수 있는 초소형 가스냉각로를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007]

상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 초소형 가스냉각로는, 핵연료와 감속재를 혼합하여 소결시킨 연료체를 금속 배럴 내부에 충전시킨 배럴형 노심을 가지는 원자로; 상기 원자로와 폐쇄 계통의 인출 및 인입 가스 배관들을 통해 가스 냉각재가 순환 가능하게 연결되어, 상기 원자로로부터 가열 공급되는 가스 냉각재를 이용해 발전에 필요한 에너지를 발생시키는 가스 터빈; 및 상기 가스 터빈 전단에서 상기 폐쇄 계통의 인출 및 인입 가스 배관들 사이를 연결하는 냉각재 연결 배관 상에 설치되어, 상기 가스 터빈 정지시 순환되는 상기 가스 냉각재를 이용해 저출력 운전이 가능하도록 하는 열전발전 열교환기;를 포함하여 구성될 수 있다.

[0008]

여기서, 상기 원자로는 상기 연료체 내에 복수의 냉각재 출구 유로가 수직 관통되게 형성된 상기 배럴형 노심이 내부 중심부에 위치하도록 내부 수용 공간을 가지는 압력 용기; 상기 압력 용기의 상측을 관통하며 상기 배럴형 노심 중심부에 수직 관통되게 형성되는 제어봉 삽입관 내에 인, 입출 가능하게 설치되는 제어봉; 상기 압력 용기 내에서 상기 배럴형 노심의 외주면을 감싸도록 원통형으로 형성되되, 상기 압력 용기의 내주면과의 사이에 간격을 두고 냉각재 입구 유로를 형성하는 반사체; 상기 반사체의 원주 방향을 따라 기설정 간격을 두고 회전 가능하게 수직 관통하며 삽입되어 회전 방향에 따라 출력을 제어하도록 하는 제어 드럼; 및 상기 압력 용기의 외주면을 따라 설치되는 방열체;를 포함하여 구성될 수 있다.

[0009]

또한, 상기 배럴형 노심은 상기 금속 배럴 내에서 상기 제어봉 삽입관을 중심으로 육각 기둥 형상의 상기 연료체들이 평단면상 허니컴 형상의 배열 구조를 가지고 채워지도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0010]

또한, 상기 연료체를 이루는 핵연료는 20w/o 이내의 저농축 우라늄이고, 감속재는 산화베릴륨(BeO)으로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0011]

또한, 상기 연료체들은 각각 육각 기둥 형상의 중심부를 수직 관통하며 상기 냉각 출구 유로를 형성하도록 냉각관이 삽입 형성되고, 상기 냉각관 내부의 상기 냉각 출구 유로 상에는 가스 냉각재의 회전 유동을 유발하기 위한 파배기 테이프(Twisted Tape)가 삽입되는 것이 바람직하다.

[0012]

또한, 상기 금속 배럴 및 상기 냉각관은 내고온성 스틸합금 중에서 선택된 어느 하나의 재질로 이루어지는 것이 바람직하다.

- [0013] 또한, 상기 제어 드럼은 상기 반사체를 수직 관통하며 회전 가능하게 삽입되는 반사체 환봉의 외주면 일측에 부분적으로 출력 제어 물질이 입혀져 형성되는 것이 바람직하다.
- [0014] 여기서, 상기 가스 냉각재는 초임계 이산화탄소로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0015] 또한, 상기 인입 가스 배관 상에는 상기 원자로 입구측에서 가스 냉각재의 압력 유지를 위한 냉각재 보충 탱크가 더 구비될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 연결 배관 상에서 상기 열전발전 열교환기와 상기 인입 가스 배관 사이에 피동 순환기가 더 구비될 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 방열체와 방열체 냉각 배관을 통해 상기 방열체 내부를 채우는 냉각 유체가 순환 가능하게 연결되며, 상기 방열체 냉각 유체를 해수와 열교환시켜 냉각시키도록 하는 방열체 열교환기를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 여기서, 상기 방열체 냉각 유체는 물로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0019] 또한, 상기 방열체 냉각 배관은 상기 원자로의 비상 정지시 해수를 상기 방열체 내에 공급하도록 하는 비상 냉각 배관, 상기 방열체와 상기 열전발전 열교환기 및 상기 가스 터빈을 연결하며 상기 방열체 냉각 유체를 순환 공급하도록 방열체 연결 배관을 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 압력 용기 상측을 덮도록 안전 용기가 설치되고, 상기 안전 용기 내부에 상기 제어봉을 인, 입출시키기 위한 제어봉 인입출 장치, 상기 제어 드럼을 구동시키기 위한 제어 드럼 구동 모터, 상기 가스 터빈, 상기 열전발전 열교환기 및 상기 폐쇄 계통의 인출 및 인입 가스 배관이 수납되도록 구성되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0021] 상기한 본 발명의 초소형 가스냉각로에 따르면, 한번 연료를 장전한 후 최소한의 유지보수만으로 대략 20 내지 30년 동안 연료 교체 없이 안정적인 전력을 제공할 수 있어야 하고, 초소형 설계로 트럭과 같은 지상 운전수단으로 이동 가능하며, 모듈형 설계로 설치가 용이하고, 설치 대수를 운용중에 가감할 수 있도록 하고, 계통을 단순화시켜 사고 위험성을 낮추고 아울러 거의 모든 사고 시에도 원자로를 정지하지 않고 열전소자 발전 장치를 이용해 피동출력운전을 지속할 수 있도록 하며, 열 제거 용량이 노심 붕괴열 보다 크게 설계되어 노심 냉각이 안 되는 상황을 원천 봉쇄할 수 있어 완전피동냉각을 보장할 수 있도록 하는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 초소형 가스냉각로를 도시한 종단면 개략도이다.
- 도 2는 도 1의 초소형 가스냉각로의 원자로 부분에 대한 횡단면 개략도이다.
- 도 3은 도 2의 배럴형 노심 내부를 확대 도시한 횡단면 확대도이다.
- 도 4는 도 3의 연료체를 도시한 사시 도이다.
- 도 5는 도 4의 연료 체에 대한 부분 절개 사시 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

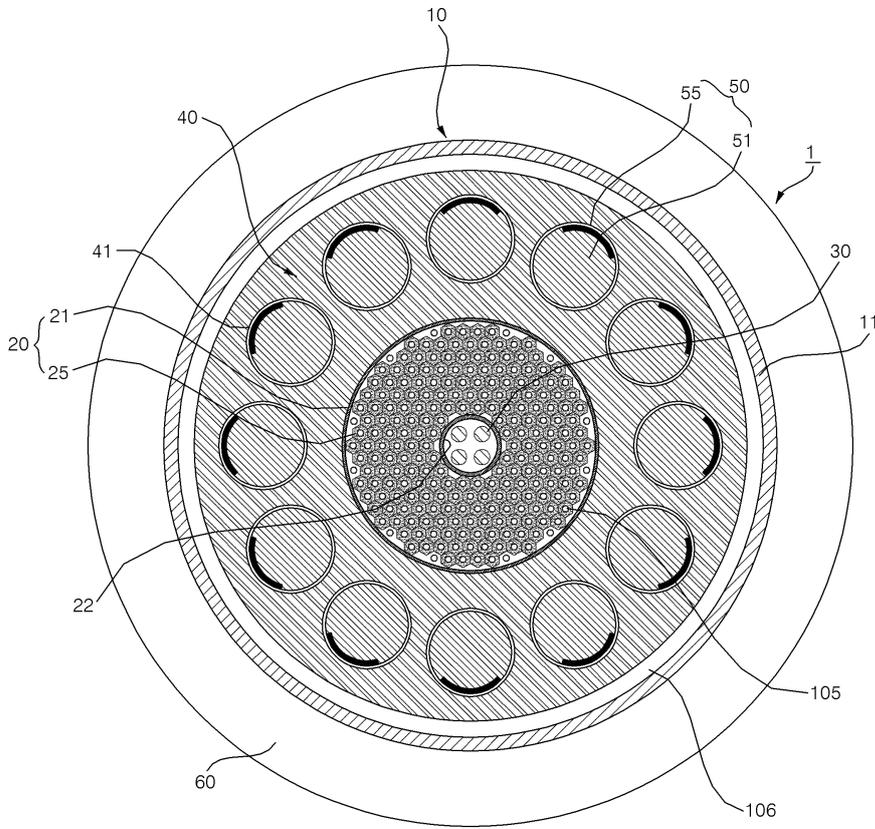
- [0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성 요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 초소형 가스냉각로를 도시한 종단면 개략도이고, 도 2는 도 1의 초소형 가스냉각로의 원자로 부분에 대한 횡단면 개략도이다.
- [0025] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 실시 예의 초소형 가스냉각로(1)는 크게 원자로(10), 가스 터빈(70), 열

전발전 열교환기(80)를 포함하여 구성된다.

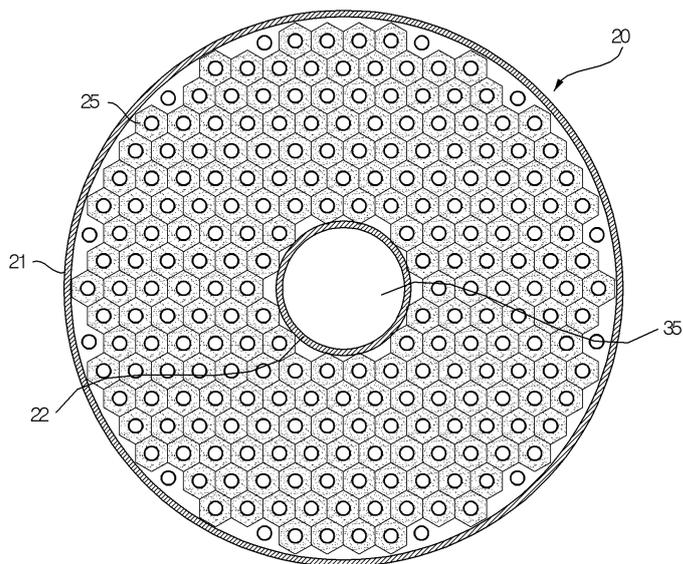
- [0026] 원자로(10)는 핵연료와 감속재를 혼합하여 소결시킨 연료 체(25)를 금속 배럴(21) 내부에 충전시킨 배럴형 노심(20)을 가지고 형성되어 한번 연료를 장전한 후 최소한의 유지보수만으로 대략 20 내지 30년 동안 연료 교체 없이 안정적인 전력을 제공할 수 있도록 하고, 초소형 설계로 트럭과 같은 지상 운전수단으로 이동 가능하며, 모듈형 설계로 설치가 용이하고, 설치 대수를 운용중에 가감할 수 있도록 하며, 계통을 단순화시켜 사고 위험성을 낮출 수 있도록 구성된다.
- [0027] 이를 위한 상기 원자로(10)는 압력 용기(11), 배럴형 노심(20), 제어봉(30), 반사체(40), 제어 드럼(50) 및 방열체(60)를 포함하여 구성된다.
- [0028] 배럴형 노심(20)은 압력 용기의 내부 중심부에 위치하도록 하며, 특히 금속 배럴(21) 내부에 핵연료와 감속재를 혼합하여 만들어진 연료체(25)들을 충전시켜 구성하도록 한다.
- [0029] 도 3은 도 2의 배럴형 노심 내부를 확대 도시한 횡단면 확대도이고, 4는 도 3의 연료체를 도시한 부분 절개 사시도이다.
- [0030] 도 3 및 도 4를 참조하여 설명하면, 연료체(25)들은 원자로의 크기를 최소화할 수 있도록 함과 아울러 20 내지 30년의 초장수명을 유지할 수 있도록 우라늄 연료와 감속재를 혼합한 소결체로 이루어지며, 평단면상 상기 금속 배럴(21) 내부를 허니컴 구조를 이루며 좀더 조밀하게 채워지도록 육각 기둥 형상의 다중 블록 조립형으로 이루어진다.
- [0031] 따라서, 배럴형 노심(20)은 종래 핵연료 컴팩트(Fuel Compact)형 핵연료블록에 비해 단위 부피당 핵연료 장전량이 상대적으로 매우 높아 한번 연료 장전만으로도 대략 20 내지 30년의 초장수명의 설계가 가능하게 된다.
- [0032] 여기서, 우라늄 연료는 우리 나라와 같이 핵보유국인 아닌 국가에서도 사용 가능한 20w/o 이내의 저농축 우라늄이 사용되고, 감속재는 산화베릴륨(BeO)이 사용되는 것을 예시한다.
- [0033] 한편, 상기한 연료체(25)들 각각의 육각 기둥형 중심부에서 길이 방향을 따라 냉각관(26)이 수직 관통하도록 설치되어, 상기한 가스 냉각재의 상향 유동을 이루기 위한 복수의 냉각재 출구 유로를 형성하도록 한다. 또한, 상기한 냉각관(26)은 연료체(25)와 그 내부를 흐르는 가스 냉각재를 격리시켜주는 역할도 수행한다.
- [0034] 특히, 연료체(25) 내부에서 냉각관(26)에 의해 형성된 냉각재 출구 유로(105) 내부에는 가스 냉각재의 회전 유동을 유발하기 위한 파베기 테이프(27; Twisted Tape)가 삽입되어 구성되는 것이 바람직하다.
- [0035] 상기한 냉각재 출구 유로를 형성하는 냉각관(26) 내부에 파베기 테이프(27)와 같이 회전 유동 발생기를 설치함으로써, 가스 냉각재 즉, 노심 냉각재의 열전달계수를 약 1.6배 증가시킬 수 있도록 함으로써 초소형 가스냉각로(1)의 노심 최고 온도를 160℃ 정도 낮춘 800℃ 이내를 유지할 수 있도록 한다.
- [0036] 여기서, 냉각관(26)은 초소형 가스냉각로(1)의 노심 최고 온도가 약 900℃를 초과하지 않도록 함으로써 상기한 금속 배럴(21)과 마찬가지로 내고온성 스틸합금 재질로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0037] 다시 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 제어봉(30)은 상기 압력 용기(11)의 상측을 관통하며 제어봉 인입출장치(31)에 의해 상기 배럴형 노심(20) 중심부에 수직 관통되게 형성되는 제어봉 삽입관(22) 내에 인, 입출 가능하게 설치된다.
- [0038] 여기서, 제어봉(30)은 보론카바이드(B₄C) 재질로 이루어지는 것을 예시하며, 전술한 바와 같이 금속 배럴(10) 내부에 형성되는 제어봉 삽입관(22) 내에 삽입되어 연료체(25)에 포함된 우라늄 연료의 반응도를 조절하여 출력을 제어하도록 한다.
- [0039] 반사체(40)는 상기 압력 용기(11) 내에서 상기 배럴형 노심(20)의 외주면을 감싸도록 원통형으로 형성되며, 상기 압력 용기(11)의 내주면과의 사이에 간격을 두고 냉각재 입구 유로(106)를 형성한다.
- [0040] 여기서, 반사체(40)는 산화베릴륨(BeO) 재질로 이루어지며, 종래의 반사체의 역할뿐만 아니라 배럴형 노심(20)의 구조 유지와 하중을 지지하는 역할을 동시에 수행하도록 한다.
- [0041] 제어 드럼(50)은 상기 반사체의 원주 방향을 따라 기설정 간격을 두고 회전 가능하게 수직 관통되게 형성되는 제어 드럼 삽입공(41) 내에 삽입되게 형성되어, 제어 드럼 구동 모터(51)에 의한 회전 이송된 방향에 따라 연료체(25)에 포함된 우라늄 연료의 반응도를 조절하여 출력을 제어하도록 한다.

- [0042] 여기서, 제어 드럼(50)은 상기 반사체(40)를 수직 관통하며 회전 가능하게 삽입되는 반사체 환봉(51)의 외주면 일측에 부분적으로 출력 제어 물질(55)이 입혀져 형성되고, 반사체 환봉(51)은 반사체(40)와 동일한 산화베릴륨(BeO) 재질로 이루어지고, 상기 출력 제어 물질(55)은 상기한 제어봉(30)과 마찬가지로 보론카바이드(B₄C) 재질로 이루어진다.
- [0043] 따라서, 제어 드럼 구동 모터(52)에 의해 제어 드럼(50)의 출력 제어 물질(55)이 입혀진 쪽이 상기 배럴형 노심(20)이 위치하는 안쪽을 향하도록 회전 이송되는 경우 우라늄 연료의 반응도를 줄여 출력을 감소시키고, 반대로 제어 드럼(50)의 출력 제어 물질(55)이 입혀진 쪽이 바깥쪽을 향하는 경우 우라늄 연료의 반응도를 높여 출력이 증가시키게 된다.
- [0044] 그리고, 방열체(60)는 상기 압력용기(11)의 외주면을 따라 설치되어 원자로의 압력 용기(11) 외부로 배출되는 원자로 내부 열을 냉각하도록 함과 아울러 비상 정지시 원자로의 피동 냉각에 필요한 궁극적 열침원(Ultimate Heat Sink)로 활용할 수 있도록 한다.
- [0045] 여기서, 방열체(60)는 상기 압력 용기(11) 외주면을 따라 동심원을 이루는 도넛형의 통형상으로 이루어지며, 방열체 내부에는 물로 이루어지는 방열체 냉각 유체가 채워지도록 구성된다.
- [0046] 한편, 방열체(60) 내부에 채워진 상기 방열체 냉각 유체는 방열체 냉각 배관(61)의 냉각 유체 배관(62)을 통해 외부 열교환기(65)와 연결되어, 상기 방열체(60) 내부의 방열체 냉각 유체를 해수 배관(63)을 통해 유입되는 해수와 열교환시켜 냉각시키도록 하는 방열체 냉각 루프를 형성하도록 한다.
- [0047] 또한, 방열체 냉각 배관(61)은 상기 원자로의 비상 정지시 해수를 상기 방열체(60) 내에 공급하도록 하는 비상 냉각 배관(64)과 함께, 상기 방열체(60)와 상기 열전발전 열교환기(80) 및 상기 가스 터빈(70)을 연결하며 상기 방열체 냉각 유체를 순환 공급하도록 방열체 연결 배관(66)이 더 포함하도록 구성될 수 있다.
- [0048] 그리고, 가스 터빈(70)은 상기 원자로와 폐쇄 계통(100)의 인출 및 인입 가스 배관들(101, 102)을 통해 가스 냉각재가 순환 가능하게 연결되어, 상기 원자로로부터 가열 공급되는 가스 냉각재를 이용해 발전에 필요한 기계적 에너지를 발생시키도록 한다.
- [0049] 따라서, 배럴형 노심(20)을 채우는 각각의 연료체(25)들 내부에 형성되는 다수의 냉각재출구 유로(105)를 통과하며 가열되며 상향 흐름을 가지는 가스 냉각재가 고온 고압 상태로 폐쇄 계통(100)의 인출 가스 배관(101)을 통해 가스 터빈(70)으로 전달되어 정상운전모드에서 발전에 필요한 기계적 에너지를 발생시키고, 가스 터빈(70)으로부터 나온 가스 냉각재는 폐쇄 계통(100)의 인입 가스 배관(102)을 통해 압력 용기(11) 내에서 반사체(40)와의 사이에 형성된 냉각 입구 유로(106)를 통한 하향 흐름을 통해 배럴형 노심(20) 내부로 유입되도록 순환하며 노심 냉각 루프를 이루도록 한다.
- [0050] 여기서, 가스 냉각재는 초임계 이산화탄소로 이루어지는 것을 예시한다. 초임계 이산화탄소는 밀도가 높으나 기체의 성질을 보이고 점도가 낮아 상기한 가스 터빈의 작동 유체로 적합하여 가스 터빈의 발전 효율을 높여 크기를 줄일 수 있도록 하는 장점을 갖는다.
- [0051] 한편, 상기 인입 가스 배관(102) 상에는 상기 원자로 입구측에서 가스 냉각재의 압력 유지를 위한 냉각재 보충 탱크(90)가 구비되는 것이 바람직하다.
- [0052] 그리고, 열전발전 열교환기(80)는 상기 가스 터빈(70) 전단에서 상기 폐쇄 계통(100)의 인출 및 인입 가스 배관들(101, 102) 사이를 연결하는 냉각재 연결 배관(103) 상에 설치되어, 상기 가스 터빈(70) 정지시 순환되는 상기 가스 냉각재를 이용해 저출력 운전이 가능하도록 한다.
- [0053] 한편, 상기 연결 배관(103) 상에서 상기 열전발전 열교환기(80)와 상기 인입 가스 배관(102) 사이에 피동 순환기(85)가 구비된다.
- [0054] 따라서, 열전발전 열교환기(80)는 내부에 설치되는 열전소자에서 가스 냉각재와 방열체 냉각 유체의 온도차에 의해 전기를 생산하도록 하여, 본 실시예의 초소형 가스냉각로(1)의 피동출력운전모드에서는 저출력 운전이 가능하도록 하여 피동 순환기(85)의 전력원을 충당할 수 있도록 한다.
- [0055] 따라서, 종래 가스 냉각로에서는 기기 고장 등의 사고 발생하여 가스 터빈을 정지시켜야 하는 경우 반드시 원자로를 정지시켜 핵분열 반응이 멈추게 하여야 하나, 본 실시예의 초소형가스냉각로(1)의 경우에는 원자로(10)를 정지하지 않고 가스 터빈(70) 정지시 가스 터빈(70)의 입, 출구측 밸브를 닫고 피동 순환기(85)를 가동시켜 상기한 열전발전 열교환기(80)를 통한 피동출력운전이 가능하도록 함으로서, 피동 순환기(85)의 운전에 필요한 전

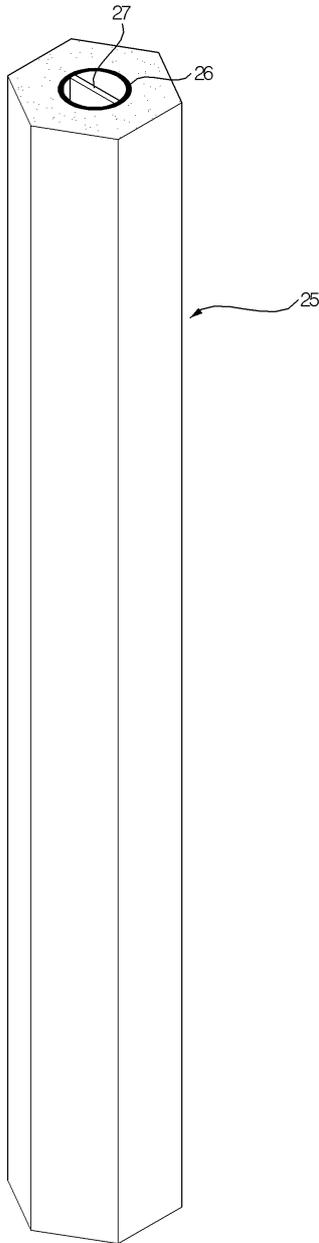
도면2



도면3



도면4



도면5

