



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년08월27일
(11) 등록번호 10-1433907
(24) 등록일자 2014년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 9/012 (2006.01) G21D 3/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0120015
(22) 출원일자 2012년10월26일
심사청구일자 2012년10월26일
(65) 공개번호 10-2014-0053732
(43) 공개일자 2014년05월08일
(56) 선행기술조사문헌
JP07181279 A*
KR1020100090990 A*
KR1020120056073 A*
JP06148374 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
이필승
대전 유성구 대학로 291, 해양시스템공학과 (구성동, 한국과학기술원)
정용훈
대전 유성구 어은로 57, 120동 1505호 (어은동, 한빛아파트)
(74) 대리인
장수현
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 오규환

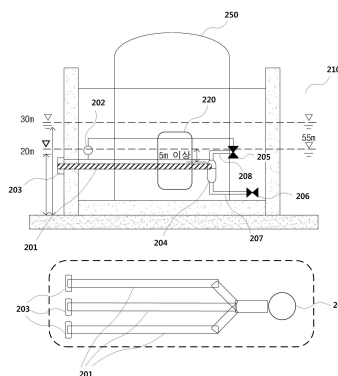
(54) 발명의 명칭 해수를 이용한 원전 비상냉각 시스템

(57) 요약

본 발명은 해수를 이용한 원전 비상냉각 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 해상 원전 또는 육상 원전에 서, 전기 시스템 이상 등에 의하여 평상시의 냉각 시스템이 작동 불능 상태가 될 경우, 해수를 유입시킴으로 원자로 등의 냉각 상태를 유지시키는 원전 비상냉각 시스템에 관한 것이다.

본 발명에 의하면, 원전의 전력 시스템 등의 이상 발생에 의하여 평상시의 냉각 시스템이 작동 불능 상태가 될 경우, 외부 동력의 공급없이도 자연 수두차를 이용하여 즉각적으로 해수를 유입시키도록 하는 시스템을 작동함으로써, 충분히 공급되는 해수를 이용하여 원자로 등의 냉각 상태를 유지시켜 원전의 안전을 유지하도록 한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

정현

대전 유성구 대학로 291, 해양시스템공학과 (구성동, 한국과학기술원)

이정익

대전 유성구 대학로 291, 원자력및양자공학과 (구성동, 한국과학기술원)

임춘택

대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원 원자력 및 양자공학과

이기환

대전 유성구 대학로 291, 희망관 921호 (구성동, 한국과학기술원)

이강현

대전 유성구 대학로 291, 갈릴레이관 2417호 (구성동, 한국과학기술원)

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

해상에 설치된 원전의 비상냉각 시스템으로서,

핵반응 과정이 진행되는 노심이 탑재된 반응로(reactor);

상기 반응로의 압력 또는 온도 변화를 감지하는 센서;

상기 센서에서 압력 또는 온도가 기준값보다 기설정 값 이상으로 상승되는 상황 감지시, 상기 반응로가 포함된 GBS(gravity-based-structure) 모듈(이하 '반응로 모듈'이라 한다) 내부에 비상냉각수로 공급할 해수를 유입하는 개폐기; 및

상기 개폐기를 통하여 유입되는 해수를 상기 반응로 모듈 내부로 전달하는 비상냉각 파이프를 포함하고,

상기 비상냉각 파이프에서 유입된 해수를 상기 반응로 모듈 내로 방출하는 방출구는,

상기 해상원전 설치 지점의 해수면이 가장 높을 때의 수면(이하 '최고 수면'이라 한다)보다 일정 높이 이상 위에 존재하도록 설치되는 것

을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 반응로 모듈로 계속적으로 유입되는 해수를 방출하여 저장하는 방출 냉각수 저장모듈; 및

상기 반응로 모듈로부터 상기 방출 냉각수 저장모듈로 방출하는 냉각수 방출 파이프

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 반응로 냉각수로 발생하는 증기를 상기 방출 냉각수 저장모듈로 방출하증기 방출 파이프

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,
상기 증기 방출 파이프는,
상기 방출 냉각수 저장모듈로 증기를 방출하는 노즐을 구비하고,
상기 노즐은,
상기 증기 방출 파이프 상에서 상기 방출 냉각수 저장모듈의 하부에 위치하는 것
을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 시스템.

청구항 10

청구항 10은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.
청구항 5에 있어서,
상기 개폐기 및 비상냉각 파이프는,
하나의 미작동시에도 비상냉각 기능을 수행하도록 2쌍 이상 설치되는 것
을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 시스템.

청구항 11

청구항 11은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.
청구항 5에 있어서,
상기 센서는,
하나의 미작동시에도 비상냉각 기능을 수행하도록 2개 이상 설치되는 것
을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 시스템.

청구항 12

해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 시스템으로서,
반응로, 증기발생기를 포함하는 육상 원전 내 요소에 대한 압력 또는 온도 변화를 감지하는 센서;
상기 센서에서 압력 또는 온도가 기설정 값 이상으로 상승되는 상황 감지시 원전 내 각 부분에 냉각수로 공급할
해수를 유입하는 개폐기;
해수와 연결되어 상기 개폐기로부터 유입되는 해수를 비상냉각수로서 원전 내 해당부분에 전달하는 비상냉각수
주입 파이프; 및
원전내 비상냉각수를 해상 또는, 해상에서 육지 부근에 접안한 선박 내 탱크로 배출하는 비상냉각수 배출 파이프
를 포함하는 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 시스템.

청구항 13

청구항 12에 있어서,
비상냉각수 주입 파이프는,
해수와 연결된 일단이, 비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박의 해수 급수 파이프와 연결되고, 상기 선박의
해수 급수 파이프는, 펌프에 의하여 해수를 상기 비상냉각수 주입 파이프로 공급하는 것
을 특징으로 하는 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 시스템.

청구항 14

청구항 12에 있어서,

비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박으로부터 전기를 공급받는 비상송전선 및, 공급받은 전기로 냉각장치를 가동하는 냉각펌프를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 시스템.

청구항 15

삭제

청구항 16

청구항 5의 해양원전 비상냉각 시스템이 해상에 설치된 원전의 비상 상황시 냉각을 수행하는 방법으로서,

(a) 핵반응 과정이 진행되는 노심이 탑재된 반응로(reactor)의 압력 또는 온도 변화를 센서가 감지하는 단계; 및

(b) 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기준값 이상으로 상승되는 상황 감지시, 개폐기를 개방하여 상기 반응로가 포함된 GBS(gravity-based-structure) 모듈(이하 '반응로 모듈'이라 한다) 내부에 비상냉각수로 공급할 해수를 유입하는 단계

를 포함하고,

상기 단계(b) 이후,

상기 반응로 모듈로 계속적으로 유입되는 해수를, 냉각수 방출 파이프를 통하여 방출 냉각수 저장모듈로 방출하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 수행방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

청구항 16에 있어서,

상기 반응로 냉각으로 발생하는 증기를, 증기 방출용 파이프 라인을 통하여 상기 방출 냉각수 저장모듈로 방출하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 해양원전 비상냉각 수행방법.

청구항 19

청구항 12의 육상 원전 비상냉각 시스템이, 해수를 이용하여 육상 원전의 비상상황시 냉각을 수행하는 방법으로서,

(a) 반응로, 증기발생기를 포함하는 육상 원전 내 각 구성요소에 대한 압력 또는 온도 변화를 센서가 감지하는 단계;

(b) 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기설정 값 이상으로 상승되는 상황 감지시 개폐기를 개방하여 원전 내 각 부분에 냉각수로 공급할 해수를 유입하는 단계; 및

(c) 원전내 비상냉각수를 해상 또는, 해상에서 육지 부근에 접안한 선박 내 탱크로 배출하는 단계

를 포함하는 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 수행방법.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 단계(b)에서,

상기 원전 내 각 부분에 냉각수로 공급할 해수를 유입하기 위한 파이프의 해수와 연결된 일단은, 비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박의 해수 급수 파이프와 연결되고, 상기 선박의 해수 급수 파이프는, 펌프에 의하여 해수를 상기 비상냉각수 주입 파이프로 공급하는 것

을 특징으로 하는 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 수행방법.

청구항 21

청구항 19에 있어서,

비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박으로부터 전기를 공급받는 비상송전선 및, 공급받은 전기로 냉각장치를 가동하는 냉각펌프를 더 포함하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 수행방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 해수를 이용한 원전 비상냉각 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 해상 원전 또는 육상 원전에서, 전력 시스템 이상 등에 의하여 정상시의 냉각 시스템이 작동 불능 상태가 될 경우, 해수를 유입시킴으로 원자로 등의 냉각 상태를 유지시키는 원전 비상냉각 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 원자력발전소는 유용한 전력자원으로 사용되어져 왔으나, 과거 체르노빌, 최근 일본의 후쿠시마 원전 사태에서 나타났듯이, 발전소에 예상치 못한 이상이 발생했을 때 주변 광범위한 지역에 환경적으로 치명적인 해악을 끼칠 수 있다는 점에서 유용성 못지 않은 위험한 시설로 인식되는 문제점이 있었다. 특히 원자로에 냉각수가 공급되지 않음에 의해 노심이 노출되어 녹아서 발생하는 상황은 주변 지역으로의 방사능 유출을 발생시켜 매우 치명적인 위험을 초래하게 되는 것임에도, 현재까지 그러한 비상 상황 발생시 관리자의 상황 파악 후의 인위적인 제어가 이루어지도록 기다리게 하지않고, 또한 외부 동력의 공급 없이도 신속하게 이루어질 해결 조치에 대한 연구는 미비한 상태에 있는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 원전의 전력 시스템 등의 이상 발생에 의하여 정상시의 냉각 시스템이 작동 불능 상태가 될 경우, 외부 동력의 공급없이도 자연 수두차를 이용하여 즉각적으로 해수를 유입시키도록 하는 시스템을 작동함으로써, 충분히 공급되는 해수를 이용하여 원자로 등의 냉각 상태를 유지시켜 원전의 안전을 유지하도록 하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른, 해상에 설치된 원전의 비상냉각 시스템(제1 비상냉각 시스템)은, 반응로(reactor)에서 핵반응을 통하여 발생된 열을 포함하는 원자로 순환용수를 유입하고, 상기 원자로 순환용수의 열에 의하여, 내부에 존재하는 냉각수로부터 터빈(turbine)을 구동시킬 증기를 발생시키는 증기발생기(steam generator); 상기 증기발생기의 압력 또는 온도 변화를 감지하는 센서; 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기준값보다 기설정 값 이상의 상승 상황 감지시, 증기발생기에 비상냉각수로 공급할 해수를 유입하는 개폐기; 및 상기 개폐기를 통하여 유입되는 해수를 상기 증기발생기로 전달하는 비상냉각 파이프를 포함하고, 상기 증기발생기는, 확보되어 있는 해수의 충분한 위치수두에 따른 수두차를 이용하여 해수를 증기발생기로 공급하기 위해서 상기 해상원전 설치 지점의 해수면이 가장 낮을 때의 수면(이하 '최저 수면'이라 한다)보다 일정 깊이 이상 아래에 존재하도록 설치된다.

[0006] 상기 개폐기 및 비상냉각 파이프는, 하나의 미작동시에도 비상냉각 기능을 수행하도록 2쌍 이상 설치될 수 있다.

- [0007] 상기 센서는, 하나의 미작동시에도 비상냉각 기능을 수행하도록 2개 이상 설치될 수 있다.
- [0008] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 해상에 설치된 원전의 비상냉각 시스템(제2 비상냉각 시스템)은, 핵반응 과정이 진행되는 노심이 탑재된 반응로(reactor); 상기 반응로의 압력 또는 온도 변화를 감지하는 센서; 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기준값보다 기설정 값 이상으로 상승되는 상황 감지시, 상기 반응로가 포함된 GBS(gravity-based-structure) 모듈(이하 '반응로 모듈'이라 한다) 내부에 비상냉각수로 공급할 해수를 유입하는 개폐기; 및 상기 개폐기를 통하여 유입되는 해수를 상기 반응로 모듈 내부로 전달하는 비상냉각 파이프를 포함하고, 상기 비상냉각 파이프에서 유입된 해수를 상기 반응로 모듈 내로 방출하는 방출구는, 상기 해상원전 설치 지점의 해수면이 가장 높을 때의 수면(이하 '최고 수면'이라 한다)보다 일정 높이 이상 위에 존재하도록 설치된다.
- [0009] 삭제
- [0010] 상기 반응로 모듈로 계속적으로 유입되는 해수를 방출하여 저장하는 방출 냉각수 저장모듈; 및 상기 반응로 모듈로부터 상기 방출 냉각수 저장모듈로 방출하는 냉각수 방출 파이프를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 해양원전 비상냉각 시스템은, 상기 반응로 냉각으로 발생하는 증기를 상기 방출 냉각수 저장모듈로 방출하 증기 방출 파이프를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 증기 방출 파이프는, 상기 방출 냉각수 저장모듈로 증기를 방출하는 노즐을 구비하고, 상기 노즐은, 상기 증기 방출 파이프 상에서 상기 방출 냉각수 저장모듈의 하부에 위치할 수 있다.
- [0013] 상기 개폐기 및 비상냉각 파이프는, 하나의 미작동시에도 비상냉각 기능을 수행하도록 2쌍 이상 설치될 수 있다.
- [0014] 상기 센서는, 하나의 미작동시에도 비상냉각 기능을 수행하도록 2개 이상 설치될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 시스템은, 반응로, 증기발생기를 포함하는 육상 원전 내 요소에 대한 압력 또는 온도 변화를 감지하는 센서; 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기설정 값 이상으로 상승되는 상황 감지시 원전 내 각 부분에 냉각수로 공급할 해수를 유입하는 개폐기; 해수와 연결되어 상기 개폐기로부터 유입되는 해수를 비상냉각수로서 원전 내 해당부분에 전달하는 비상냉각수 주입 파이프; 및 원전내 비상냉각수를 해상 또는, 해상에서 육지 부근에 접안한 선박 내 탱크로 배출하는 비상냉각수 배출 파이프를 포함한다.
- [0016] 비상냉각수 주입 파이프는, 해수와 연결된 일단이, 비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박의 해수 급수 파이프와 연결되고, 상기 선박의 해수 급수 파이프는, 펌프에 의하여 해수를 상기 비상냉각수 주입 파이프로 공급할 수 있다.
- [0017] 상기 해수를 이용한 육상 원전 비상냉각 시스템은, 비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박으로부터 전기를 공급받는 비상송전선 및, 공급받은 전기로 냉각장치를 가동하는 냉각펌프를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 제1 비상냉각 시스템이 해상에 설치된 원전의 비상 상황시 냉각을 수행하는 방법은, (a) 반응로(reactor)에서 핵반응을 통하여 발생된 열을 포함하는 원자로 순환용수를 유입하면서, 상기 원자로 순환용수의 열에 의하여, 내부에 존재하는 냉각수로부터 터빈(turbin)을 구동시킬 증기를 발생시키는 증기발생기(steam generator)의 압력 또는 온도 변화를 센서가 감지하는 단계; 및 (b) 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기준값 이상으로 상승 상황 감지시, 개폐기를 개방하여 증기발생기에 비상냉각수로 공급할 해수를 유입하는 단계를 포함한다.
- [0019] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 제2 비상냉각 시스템이 해상에 설치된 원전의 비상 상황시 냉각을 수행하는 방법은, (a) 핵반응 과정이 진행되는 노심이 탑재된 반응로(reactor)의 압력 또는 온도 변화를 센서가 감지하는 단계; 및 (b) 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기준값 이상으로 상승되는 상황 감지시, 개폐기를 개방하여 상기 반응로가 포함된 GBS(gravity-based-structure) 모듈(이하 '반응로 모듈'이라 한다) 내부에 비상냉각수로 공급할 해수를 유입하는 단계를 포함하고, 상기 단계(b) 이후, 상기 반응로 모듈로 계속적으로 유입되는 해수를, 냉각수 방출 파이프를 통하여 방출 냉각수 저장모듈로 방출하는 단계를 더 포함한다.
- [0020] 삭제

[0021] 상기 반응로 냉각수로 발생하는 증기를, 증기 방출용 파이프 라인을 통하여 상기 방출 냉각수 저장모듈로 방출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0022] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 육상 원전 비상냉각 시스템이, 해수를 이용하여 육상 원전의 비상상황시 냉각을 수행하는 방법은, (a) 반응로, 증기발생기를 포함하는 육상 원전 내 각 구성요소에 대한 압력 또는 온도 변화를 센서가 감지하는 단계; (b) 상기 센서에서 압력 또는 온도가 기설정 값 이상으로 상승되는 상황 감지시 개폐기를 개방하여 원전 내 각 부분에 냉각수로 공급할 해수를 유입하는 단계; 및 (c) 원전내 비상냉각수를 해상 또는, 해상에서 육지 부근에 접안한 선박 내 탱크로 배출하는 단계를 포함한다.

[0023] 상기 단계(b)에서, 상기 원전 내 각 부분에 냉각수로 공급할 해수를 유입하기 위한 파이프의 해수와 연결된 일단은, 비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박의 해수 급수 파이프와 연결되고, 상기 선박의 해수 급수 파이프는, 펌프에 의하여 해수를 상기 비상냉각수 주입 파이프로 공급할 수 있다.

[0024] 비상시 해상에서 육지 부근에 접안한 선박으로부터 전기를 공급받는 비상송전선 및, 공급받은 전기로 냉각장치를 가동하는 냉각펌프를 더 포함하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 의하면, 원전의 전력 시스템 등의 이상 발생에 의하여 정상시의 냉각 시스템이 작동 불능 상태가 될 경우, 외부 동력의 공급없이도 자연 수두차를 이용하여 즉각적으로 해수를 유입시키도록 하는 시스템을 작동함으로써, 충분히 공급되는 해수를 이용하여 원자로 등의 냉각 상태를 유지시켜 원전의 안전을 유지하도록 하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 해상에 위치한 원전의 냉각 시스템의 개략적 구조를 나타내는 모식도.
 도 2는 해상에 위치한 원전에서 특정 비상 상황 발생시의 비상 냉각 시스템의 작동 구조를 도시한 도면.
 도 3은 해상에 위치한 원전에서 다른 특정 비상 상황 발생시의 비상 냉각 시스템의 작동 구조를 도시한 도면.
 도 4는 해양과 인접한 육상에 설치된 원전에서 비상 상황 발생시의 비상 급전 및, 해수 유입을 이용한 비상 냉각 시스템의 구조를 나타내는 도면.
 도 5는 해양과 인접한 육상에 설치된 원전에서 비상 급전 및, 해수 유입을 이용한 비상 냉각 시스템 가동을 위한 선박이 접안되어 있는 상태를 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0028] 도 1은 해상에 위치한 원전의 냉각 시스템의 개략적 구조를 나타내는 모식도이다.

[0029] 거대한 구조물 자체의 중력에 의해 발생하는 중량으로 구조물의 안정성을 확보하는 구조물의 형태를 GBS(gravity-based-structure)라 하며, GBS는 주로 강과 철근콘크리트를 사용하여 시공이 되며 해양 플랜트 건설에 사용된다. GBS구조물 제작 완료 후, 터크보트들을 사용하여 설치 목표지점까지 인양하여 발라스팅 시스템을 사용하여 바다 바닥에 착저하게 된다.

[0030] 반응로(reactor)(110)는 원전의 가장 핵심되는 시설로서 핵반응이 발생하며 노심이 탑재되어 있다. 반응로(110)에서 핵반응을 통하여 발생된 열이 원자로 순환용수에 포함되어 순환용수 파이프(11)를 통하여 흐르고, 증기발생기(steam generator)(120) 내부로 흘러들어간 원자로 순환용수는 증기발생기 내부 관(12)을 통하여 흐르면

서 증기발생기 내부에 존재하는 냉각수(20)에 열을 전달함으로써 증기를 발생시키게 된다. 또한 역으로 냉각수(20)는 증기발생기 내부 관(12)을 통하여 흐르는 원자로 순환용수의 열을 빼앗게 되어, 반응로(110)로 되돌아가는 파이프(13)를 통하여 흐르는 원자로 순환용수는 다시 적절한 온도로 내려간 상태가 되게 된다.

[0031] 증기발생기(steam generator)(120)에서 발생한 증기는 증기 파이프(14)를 통하여 전달되어 그 열에너지에 의해 터빈(turbin)(130)을 구동시키고, 이에 의해 발전기(generator)(140)가 가동되어 전력을 생산하게 된다.

[0032] 본 발명에 따른 냉각 시스템은 순환하는 냉각수의 온도를 유지하기 위한 냉각용체로서 바닷물(30)을 사용한다. 즉, 터빈(130)을 구동한 후 응축기(condenser)(150)로 들어온 증기는, 바닷물 유입 파이프(15)로 들어와 순환하는 바닷물에 의해 급격히 냉각수로 응축되고, 응축된 냉각수는 냉각수 유입 파이프(16)를 통하여 다시 증기발생기(120) 내부의 냉각수(20)를 보충하여 채우게 되는 것이다.

[0033] 이러한 원전의 냉각 시스템에서, 사고에 따른 원전 냉각 시스템 기능상실을 상황의 정도에 따른 다음 2가지 상황으로 구분지을 수 있다.

[0034] 1) 상황 1 : 모든 전계장이 그 기능을 상실하고 기존의 냉각 시스템이 작동 불능 상태가 되어 도 1에 도식화되어 있는 냉각수 공급 펌프(feed-water-pump)(17)의 고장 및 냉각수 공급 펌프(17)에 연결되어 있는 파이프(16)의 파단등에 따른 사고 발생에 따라 증기발생기(120)에 냉각수 공급이 불가능하게 되어 발생하는 사고 상황을 말한다.

[0035] 2) 상황 2 : 모든 전계장이 그 기능을 상실하고 기존의 냉각 시스템이 작동 불능 상태가 되어 도 1에 도식되어 있는 반응로(110)에 냉각수 공급이 불가능하게 됨에 따라 노심이 노출되어 녹음으로써 발생하는 사고 상황을 말한다.

[0036] 이하, 도 2 및 도 3을 참조하여 전술한 바와 같은 상황 1 및 상황 2의 발생에 따른, 본 발명에 의한 비상냉각 시스템의 구조를 설명한다.

[0037] 도 2는 해상에 위치한 원전에서 특정 비상 상황 발생시의 비상 냉각 시스템의 작동 구조를 도시한 도면이다.

[0038] 즉, 도 2는 도 1을 참조하여 설명한 바와 같은 '상황 1'에 대처하기 위한 시스템 구성을 도시하고 있다.

[0039] 해상원전 설치 목표수심 20 ~ 30m 에서 자유수면으로부터 최하 5m 이상의 위치에서 위치 수두를 확보하는 것이 바람직하다. GBS모듈 외벽에는 개폐기(203)를 구비한다. 개폐기(203)에는, 증기발생기(steam-generator)(204)에 연결되어 증기발생기(204)의 압력 또는 온도 변화에 따라 개폐기(203)의 개폐를 가능하도록 하는 센서(202)가 연결되어 있다. 또한 개폐기(203)에는 하나 이상의 비상 냉각 파이프 라인(201)이 연결되고, 비상 냉각 파이프 라인(201)은 GBS모듈 내부의 증기발생기(204)에 연결된다. 이러한 구조로부터, 상황 1의 발생시 센서(202)가 작동함으로써 개폐기를 열게 되고, 이에 따라 피동적으로 해수를 외부로부터 유입하여 증기발생기(204)에 냉각수로 공급함으로써 냉각을 수행하게 되는 것이다.

[0040] 이와 같이, 확보되어 있는 해수의 충분한 위치수두에 따른 수두차를 이용하여 해수를 증기발생기로 공급하기 위해서 반응로(reactor)(220)가 위치하는 반응로 건물(reactor building)(250)의 설계시 증기발생기(204)는 자유수면으로부터 최소한 5m이하에 위치하여야 한다.

[0041] 또한, 기존의 냉각 시스템인 냉각수 공급 펌프(feed-water-pump)(206) 또는 냉각수 공급 펌프(feed-water-pump) 파이프라인(207)의 기능상실로 증기발생기(204) 내부로 냉각수가 공급되지 않을시 비상 냉각 파이프라인을 통해 해수를 유입하기 위해 증기발생기 내부의 압력이 파이프 및 증기발생기(204)의 위치가 가지는 해수에 의한 수두 압력보다 낮아야 한다. 증기발생기 파이프 라인에 압력 또는 온도에 따라 개폐가 가능한 밸브(205) 또는 개폐기(203)를 설치하여 상황 1 발생시 증기발생기(204) 내부의 압력을 저하시키도록 하는 것이 바람직하다.

[0042] 한편, 비상 파이프 라인(201), 센서(202) 또는 개폐기(203)에 문제 발생시를 대비하여 하나 이상의 비상 냉각 파이프, 센서 그리고 개폐기를 설치함으로써 시스템 전체의 신뢰성을 높일 수 있다.

- [0043] 도 3은 해상에 위치한 원전에서 다른 특정 비상 상황 발생시의 비상 냉각 시스템의 작동 구조를 도시한 도면이다.
- [0044] 즉, 도 3은 도 1을 참조하여 설명한 바와 같은 '상황 2'에 대처하기 위한 시스템 구성을 도시하고 있다.
- [0045] GBS 모듈 외벽의 하단부 외벽에는, 모듈내부에서 반응로(reactor)(220)에 연결되고 반응로(220)의 온도 또는 압력 변화에 따라 개폐가 가능한 센서(310)가 설치된 개폐기(312)가 구비되어 있다. 개폐기(312)에는 하나 이상의 비상 냉각 파이프 라인(309)을 설치하여 상황 2 발생시 피동적으로 GBS 모듈내의 반응로 건물(reactor building)(250) 안으로 해수가 유입될 수 있도록 구성되어 있다. 즉, 도 3의 냉각 시스템은, 이상 상태 발생에 의해 원전의 복구가 어려울 경우, 원전 GBS 내부를 해수로 채움으로써 노심의 노출을 방지하여 방사능 물질의 확산을 막는 최후의 조치를 취하도록 하는 구조를 가진다.
- [0046] 이를 위해 GBS모듈 외부의 해수가 가지는 자유수면(20~30m)의 위치수두와 GBS 내부에 해수가 유입되어 가지는 위치 수두가 동일해 질때까지 해수가 지속적으로 유입되도록 하는 방식을 채택하고 있다. GBS 모듈내의 비상 냉각 파이프 라인(309)의 냉각수 방출구(311)는 반드시 해상원전 설치 지역의 평균 해수면 보다 최소한 3m이상 높게 모듈내에 위치하여 GBS 모듈내의 냉각수가 평균 해수면 수준의 수두와 동일 시 되거나 또는 넘어서는 경우에 있어서도 해수의 유입이 가능하도록 해야 한다.
- [0047] 한편, 본 냉각 시스템은, 지속적으로 유입되는 해수가 과열되어 있는 반응로(reactor)를 냉각시킴에 따라 지속적으로 발생하는 증기를 반응로 건물에 위치하고 있는 GBS 모듈인 반응로 모듈(이하 'Module #2'라 한다)(360)의 옆에 위치하는 또 다른 GBS 모듈인 방출 냉각수 저장모듈(이하 'Module #1'이라 한다)(350)로 보낼수 있는 증기 방출용 파이프 라인(313)을 구비한다.
- [0048] 또한 본 냉각 시스템은, 지속적으로 해수가 유입되도록 하고, 그와 같이 유입된 해수가 냉각수로서의 충분히 차가운 온도를 유지하도록 하기 위해, 온도가 높아진 냉각수를 상기 GBS 모듈 Module #1(350)으로 보낼수 있는 2차 냉각수 방출용 파이프 라인(314)을 구비한다.
- [0049] 반응로 냉각으로 발생하는 증기를 방출하는 파이프(313)는 GBS모듈 Module #1(350)의 하부에 위치하는데, 이는 방출된 증기가 노즐을 통하여 2차 냉각수를 거쳐 대기 중으로 방출 되게 함으로서 대기중으로의 방출시간을 지연 시킴과 동시에 증기가 포함하고 있는 오염물질을 2차 냉각수를 통과 시킴으로서 한번 정제하는 효과를 가지도록 하기 위함이다.
- [0050] GBS모듈 Module #2(360)에서 생성되어 증기 방출용 파이프 라인(313)을 통해 GBS 모듈 Module #1(350)으로 보내진 증기는 GBS 모듈 Module #1(350) 상부에 설치된 증기 배출용 파이프(315)를 통해 대기중으로 방출되어 GBS 모듈 Module #1(350)의 내부 압력을 낮출수 있도록 한다.
- [0051] 한편, 비상 파이프 라인(309), 센서(310) 또는 개폐기(312)에 문제 발생시를 대비하여 하나 이상의 비상 냉각 파이프, 센서 그리고 개폐기를 설치함으로써 시스템 전체의 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0052] 도 4는 해양과 인접한 육상에 설치된 원전에서 비상 상황 발생시의 비상 급전 및, 해수 유입을 이용한 비상 냉각 시스템의 구조를 나타내는 도면이며, 도 5는 그러한 비상 냉각 시스템 가동을 위한 선박이 접안되어 있는 상태를 나타내는 도면이다.
- [0053] 즉, 본 도면에 의한 비상냉각 시스템은, 해양과 인접한 육상에 설치된 원자력발전소의 소외전원 상실 및 비상발전 시스템의 고장으로 인한 냉각시스템 작동의 기능정지 상태에서 비상냉각 및 전원계통의 기능의 회복을 수행할 수 있도록 한다. 본 비상냉각 시스템은 해상과 연결되는 다수의 비상냉각수주입배관 및 추가적인 소외전원 송전시설의 설계를 필요로 하며, 비상시 해상의 부유체구조물로부터 신속히 전원 및 냉각계통의 기능을 회복할 수 있도록 구성되는데, 구체적인 구조는 이하에서 설명한다. 도면상의 각 파이프 등을 색깔별로 구분할 수 있도록 도시하였으며, 각 색깔이 무엇을 의미하는지 설명을 위해 도면번호를 따로 표기하였다(40,50).
- [0054] 원전 설계 및 건설시 도 4와 같이 비상냉각수배관(404,405) 및 비상송전선(406)은 해상 접안시설까지 연결되도록 설치한다. 원전에 냉각계통 및 전기계통에 문제가 발생하면 도 5에 도시된 바와 같이 선박(411)이 접안하여 비상냉각수배관(404,405) 및 비상송전선(406)과 연결한다. 도 5의 선박(411)은 도 4와 같이 설계된 원전 모든 곳에 똑같이 비상전원 및 냉각수를 공급할 수 있도록 한다.
- [0055] 가압경수로 형태의 원자력 발전소는 노심냉각(401:방사능 노출냉각수 배관), 1차냉각(402:방사능 비노출냉각수

배관), 2차냉각(403:방사능 비노출냉각수 배관)시스템으로 구성되어 있다.

- [0056] 비상냉각수배관, 센서 또는 개폐기(408)에 문제 발생시를 대비하여 하나 이상의 비상 냉각수배관, 센서 그리고 개폐기를 설치하여 시스템 전체의 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0057] 비상냉각수 배관은 주입배관(404)과 배출배관(405)으로 구성되어 있다.
- [0058] 주입배관(404)은 부유체의 파이프(410)와 연결되며, 주입배관(404)과 배출배관(405)은 개폐기 및 센서(408)에 의해 개폐된다.
- [0059] 방사능 노출냉각수 배관(401)을 통과하여 배출배관(405)으로 배출되는 냉각수는 방사능에 노출됨으로 부유체의 탱크(407)에 저장된다.
- [0060] 방사능 비노출냉각수 배관(402)를 통과하여 배출배관(405)으로 배출되는 냉각수는 방사능에 노출되지 않으므로 원전 밖으로 배출된다.
- [0061] 방사능 비노출냉각수 배관(403)을 통과한 냉각수는 기존의 파이프라인으로 배출되므로 추가적인 배출 배관이 필요없다.
- [0062] 비상송전선(406)은 소외전원 및 비상발전시설이 모두 고장난 경우 직접 냉각펌프(409)로 전원을 공급하여 기능을 회복시킨다.
- [0063] 본 비상냉각 시스템은 다양한 비상상황에 대하여 각각 대처할 수 있도록 설계되며 가동되는데, 그러한 비상상황 및 그에 대응한 대처기능의 실시예들을 이하에서 예시한다.
- [0064] 제1 실시예로서는, 펌프 기능이 상실되는 경우이다.
- [0065] 이 경우 냉각수 파이프배관(401,402,403)은 기능이 유지되므로 부유체로부터 주입배관(404)을 통해 냉각수를 주입하여 냉각기능을 회복한다.
- [0066] 제2 실시예로서는, 소외전원 및 비상발전기 기능 상실, 즉 모든 전원 상실하는 경우이다.
- [0067] 이 경우 비상송전선(406)을 통해 펌프(409)로 전원공급을 시도한다.
- [0068] 펌프(409)가 작동하지 않을 경우 제1 실시예와 같이 주입배관(404)을 통해 냉각수를 직접 공급한 후 순환시킨다.

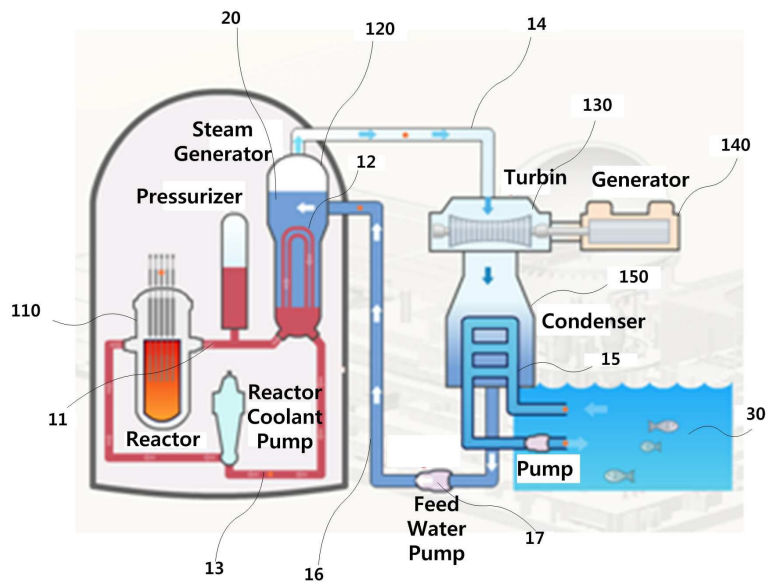
부호의 설명

- [0069] 11: 순환용수 파이프 12: 증기발생기 내부 관
- 13: 반응로로 되돌아 가는 파이프
- 14: 증기 파이프 15: 바닷물 유입 파이프
- 16: 냉각수 유입 파이프 17: 냉각수 공급 펌프(feed-water-pump)
- 20: 냉각수 30: 바닷물
- 110: 반응로(reactor) 120: 증기발생기(steam generator)
- 130: 터빈(turbin) 140: 발전기(generator)
- 150: 응축기(condenser)
- 201: 비상 냉각 파이프 라인 202: 센서
- 203: 개폐기 204: 증기발생기
- 206: 냉각수 공급 펌프(feed-water-pump)
- 207: 파이프라인 220: 반응로(reactor)
- 250: 반응로 건물(reactor building)

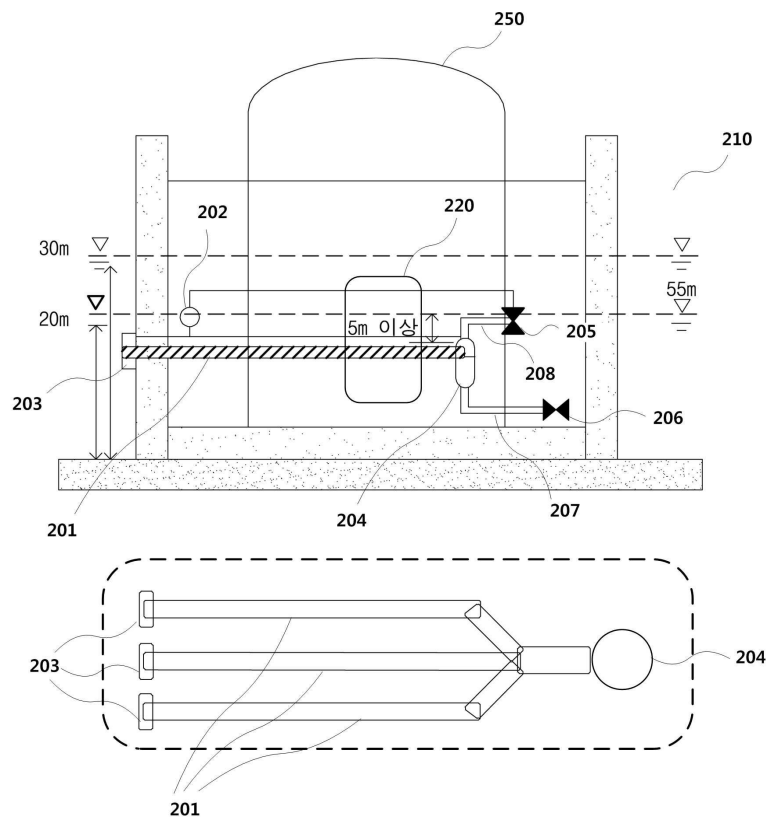
- | | |
|--------------------|------------------------|
| 309: 비상 냉각 파이프 라인 | 310: 센서 |
| 311: 냉각수 방출구 | 312: 개폐기 |
| 313: 증기 방출용 파이프 라인 | 314: 2차 냉각수 방출용 파이프 라인 |
| 350: 방출 냉각수 저장모듈 | 360: 반응로 모듈 |
| 401: 방사능 노출냉각수 배관 | 402: 방사능 비노출냉각수 배관 |
| 403: 방사능 비노출냉각수 배관 | 404, 405: 비상냉각수배관 |
| 406: 비상송전선 | 407: 부유체의 탱크 |
| 408: 센서 또는 개폐기 | 410: 부유체의 파이프 |
| 411: 선박 | |

도면

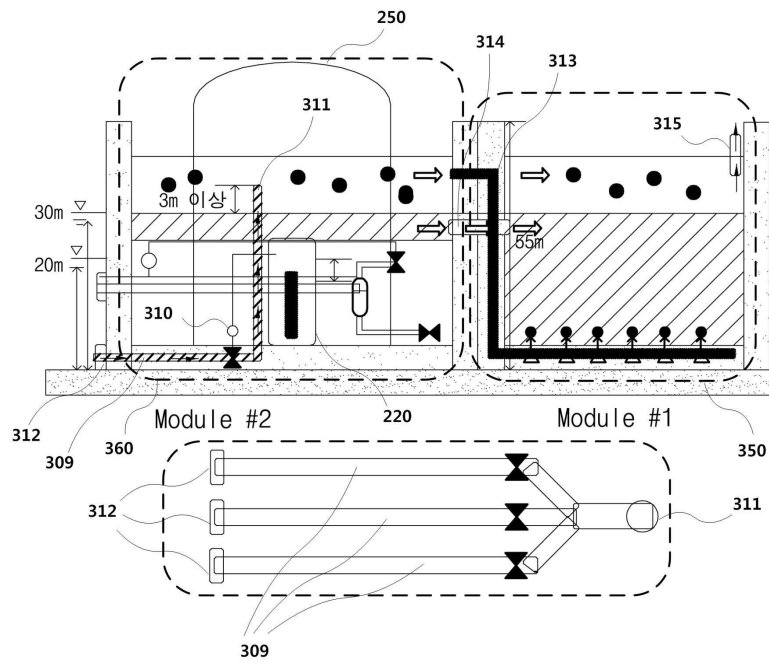
도면1



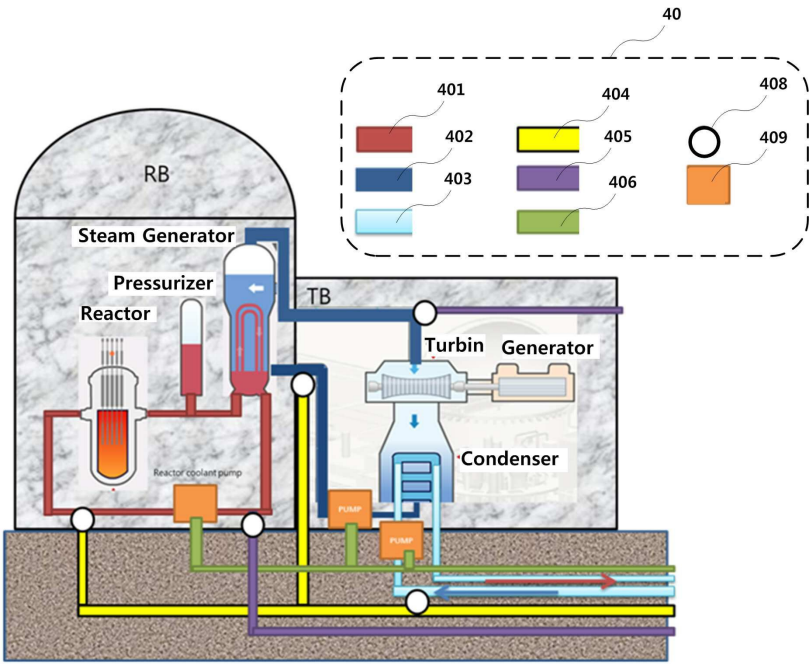
도면2



도면3



도면4



도면5

