



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0114976
(43) 공개일자 2019년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 17/108 (2006.01) G01T 3/00 (2006.01)
G01T 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21C 17/108 (2013.01)
G01T 3/006 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7022249
(22) 출원일자(국제) 2019년12월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2019년07월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/067478
(87) 국제공개번호 WO 2018/169592
국제공개일자 2018년09월20일
(30) 우선권주장
15/417,504 2017년01월27일 미국(US)

(71) 출원인
웨스팅하우스 일렉트릭 컴퍼니 엘엘씨
미국 펜실베이니아 16066 크랜베리 타운십, 웨스팅
하우스 드라이브 1000, 스위트 141
(72) 발명자
페트로스키, 라이먼 제이.
(미국) 15650 펜실베이니아, 라트로브, 알렉산더 로
드 582
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

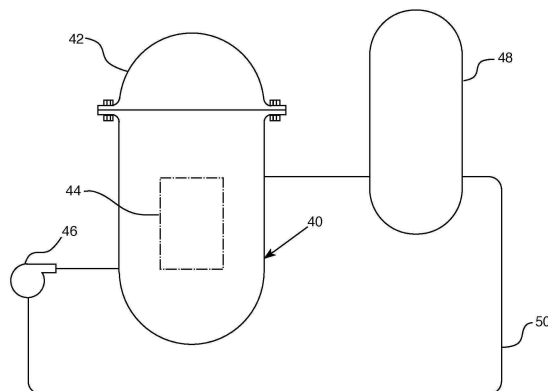
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 원자로 시스템, 이를 위한 송신 장치 및 관련 환경 조건 측정 방법

(57) 요약

송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)는 중성자속을 검출하도록 구성된 중성자 검출기(210, 610), 중성자 검출기와 전기적으로 병렬 연결된 커패시터(212, 612), 입력단(216) 및 출력단(218)을 구비하는 가스 방전관(214, 614), 및 출력단(218)에 전기적으로 연결된 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 포함한다. 입력단(216)은 커패시터(212, 612)와 전기적으로 연결된다. 안테나(220, 320, 420, 520, 620)는 중성자속에 대응하는 신호를 방출하도록 구조화된다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류
G01T 3/08 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

중성자속을 검출하도록 구조화된 중성자 검출기(210, 610);

상기 중성자 검출기(210, 610)와 전기적으로 병렬로 연결된 커패시터(212, 612);

입력단(216) 및 출력단(218)를 구비하고, 상기 입력단(216)은 상기 커패시터(212, 612)와 전기적으로 연결된 가스 방전관(214, 614); 및

상기 출력단(218)과 전기적으로 연결된 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 포함하며, 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)는 상기 중성자속에 대응하는 신호를 방출하도록 구조화된 것을 특징으로 하는 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600).

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 출력단(218) 및 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)와 전기적으로 연결된 발진기 회로(222, 322, 422, 522, 622)를 더 포함하고;

상기 발진기 회로(222, 322, 422, 522, 622)는 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 편향하도록 구조화된 것을 특징으로 하는 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600).

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 발진기 회로(222, 322, 422, 522, 622)는 제 2 커패시터(224, 324, 424, 524) 및 상기 제 2 커패시터(224, 324, 424, 524)에 전기적으로 연결된 인덕터(226, 326, 426, 526)를 포함하고;

상기 제 2 커패시터(224, 324, 424, 524) 및 상기 인덕터(226, 326, 426, 526)는 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)와 각각 전기적으로 연결된 것을 특징으로 하는 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600).

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 발진기 회로(322, 422, 522)는 상기 인덕터(326, 426, 526)와 전기적으로 직렬 연결된 저항 온도 검출기(328, 428, 528)를 더 포함하고;

상기 저항 온도 검출기(328, 428, 528)는 상기 안테나에 의해 방출되는 신호를 변경하도록 구조화된 것을 특징으로 하는 송신 장치(300, 400, 500).

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 발진기 회로(422)는 상기 인덕터(426)와 전기적으로 직렬 연결된 제 2 인덕터(430)를 더 포함하고;

상기 제 2 인덕터(430)는 상기 안테나에 의해 방출되는 신호를 변경하도록 구조화된 것을 특징으로 하는 송신 장치(400).

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 2 인덕터(430)는 가변 인덕터(430)인 것을 특징으로 하는 송신 장치(400).

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 중성자 검출기(610)와 상기 가스 방전관(614) 사이에 전기적으로 연결된 다수의 막스 बैं크(Marx bank) 스테이지(624, 644)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 장치(600).

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)에는 반도체가 전혀 존재하지 않는 것을 특징으로 하는 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600).

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)는 하나의 단일 전력 장치만을 포함하고;

상기 하나의 단일 전력 장치는 상기 중성자 검출기(210, 610)인 것을 특징으로 하는 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600).

청구항 10

계장 덤블(86)을 구비하는 연료 집합체(80); 및

상기 계장 덤블(86) 내부에 배치되고, 중성자속을 검출하도록 구조화된 중성자 검출기(210, 610),

상기 중성자 검출기(210, 610)에 전기적으로 병렬 연결된 커패시터(212, 612),

입력단(216) 및 출력단(218)을 포함하고, 상기 입력단(216)은 상기 커패시터(212, 612)와 전기적으로 연결된 가스 방전관(214, 614), 및

상기 출력단(218)과 전기적으로 연결되고, 상기 중성자속에 대응하는 신호를 방출하도록 구조화된 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 포함하는 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600);를 포함하는 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)는 상기 출력단(218) 및 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)와 전기적으로 연결된 발전기 회로(222, 322, 422, 522, 622)를 더 포함하고;

상기 발전기 회로(222, 322, 422, 522, 622)는 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 펄싱하도록 구조화된 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 발전기 회로(222, 322, 422, 522, 622)는 제 2 커패시터(224, 324, 424, 524) 및 상기 제 2 커패시터(224, 324, 424, 524)에 전기적으로 연결된 인덕터(226, 326, 426, 526)를 포함하고; 이때 상기 제 2 커패시터(224, 324, 424, 524) 및 상기 인덕터(226, 326, 426, 526)는 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)와 각각 전기적으로 연결된 것을 특징으로 하는 원자로 시스템.

청구항 13

중성자 검출기(210, 610), 상기 중성자 검출기(210, 610)와 전기적으로 병렬 연결된 커패시터(212, 612), 입력단(216) 및 출력단(218)을 포함하는 가스 방전관(214, 614) 및 상기 출력단(218)에 전기적으로 연결된 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 포함하고, 상기 입력단(216)은 상기 커패시터(212, 612)와 전기적으로 연결된 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)이고, 상기 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)를 이용하여 다수의 환경 조

건을 측정하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

상기 중성자 검출기(210, 610)를 이용하여 중성자속을 검출하는 단계;

상기 가스 방전관(214, 614)의 항복전압에 도달할 때까지 상기 커패시터(212, 612)에 에너지를 저장하는 단계; 및

상기 중성자속에 대응하는 신호를 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 이용하여 방출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)는 상기 출력단(218) 및 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)와 전기적으로 연결된 발진기 회로(222, 322, 422, 522, 622)를 더 포함하고; 상기 발진기 회로(222, 322, 422, 522, 622)를 이용하여 상기 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 펄싱하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 발진기 회로(322, 422, 522)는 제 2 커패시터(324, 424, 524), 상기 커패시터(324, 424, 524)에 전기적으로 연결된 인덕터(326, 426, 526) 및 상기 인덕터(326, 426, 526)와 전기적으로 직렬 연결된 저항 온도 검출기(328, 428, 528)를 포함하고; 상기 제 2 커패시터(324, 424, 524) 및 상기 인덕터(326, 426, 526)는 상기 안테나(320, 420, 520)와 각각 전기적으로 연결되고; 그리고,

상기 안테나(320, 420, 520)에 의해 방출되는 상기 신호를 상기 저항 온도 검출기(328, 428, 528)를 이용하여 변경하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 원자로 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 또한 원자로 시스템용 송신 장치에 관한 것이다. 나아가, 본 발명은 송신 장치를 이용한 환경 조건 측정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 최첨단 원자로 시스템에 있어서, 노심 내 센서들은 여러 축방향 높이에서 노심 내부의 방사능을 측정하는데 이용된다. 이러한 센서들은 원자로 노심 내부의 반경방향 및 축방향 출력분포를 측정하는데 이용된다. 이 출력분포 측정 정보는 원자로 출력분포 한도 내에서의 원자로 작동 여부를 결정하는데 이용된다. 이러한 기능을 수행하는데 사용되는 일반적인 노심 내 센서는 그 주위에서 발생하는 핵분열의 양에 비례하는 전류를 생성하는 자가발전 검출기(self-powered detector)이다. 이러한 유형의 센서는 전류를 생성하기 위해 외부 전원을 필요로 하지 않으며 일반적으로 자가발전 센서로 불리며, 본 발명의 양수인에게 양도된 1998년 4월 28일자 미국특허 제 5,745,538호에 자세히 기재되어 있다. 도 1은 자가발전 검출기 부재(10)에서 전류 $I(t)$ 를 생성하는 장치에 대한 도면을 개시한다. 바나듐(vanadium)과 같은 중성자 감도 물질은 방출자 부재(12)로 사용되고 중성자 조사에 대응하여 전자를 방출한다. 일반적으로, 자가발전 검출기들은 계장 덤블(instrument thimble) 집합체로 분류된다. 대표적인 노심 내 계장 덤블 집합체(16)는 도 2에 도시되어 있다. 도 1에 도시된 본질적으로 비격감성인 중성자 감도 방출자(12)에 의해 발생하는 신호 레벨은 낮으나, 단일의, 노심 전장의 중성자 감도 방출자 부재는 복잡하고 고가인 신호 처리가 없이도 적합한 신호를 제공한다. 노심의 다양한 축방향 영역에 기인하는 단일 중성자 감도 방출자 부재에 의해 발생하는 전장 신호의 비율은 노심의 축방향 영역을 정의하고 도 2에 도시되는 감마 감도부재(14)의 각기 다른 길이에 의해 발생하는 신호를 배분하는 것으로부터 결정된다. 핵분열 산물로 인한 지연 감마선의 상당 효과들을 제거하는 분배 신호는 비율화 된다. 노심 내 계장 덤블 집합체는 또한 연료 집합체에서 나오는 냉각수의 온도를 측정하기 위한 커패시터(18)를 포함한다. 자가발전 감지기 부재로부터 출력된 전기 신호 및 원자로 노심의 각 노심 내 계장 덤블 집합체의 열전대는 전기 커넥터(20)에서 수집되고 최종 처리 및 측정된 노심 출력 분포 생성에서의 사용을 위해 원자로로부터 멀리 떨어진 위치로 보내진다.

[0003] 도 3은 현재 펜실베이니아주 크랜베리(cranberry, PA) 소재 웨스팅하우스 일렉트릭 컴퍼니 엘엘씨(Westinghouse Electric Company LLC)가 윈사이즈(상표 WINCISE®)라는 제품명으로 판매하는 노심의 출력 분포를 측정하기 위해 노심 내 연료 집합체의 계장 덤블 내에서 고정식 노심 내 계장 덤블 집합체(16)를 사용하는 노심 모니터링 시스템의 일 예를 도시한다. 케이블링(22)은 계장 덤블 집합체(16)로부터 오염물질 밀봉 테이블(24)을 통해 출력이 조건화, 디지털화 및 멀티플렉스화 되고 오염물질 장벽(28)을 통해 이러한 출력이 추가적으로 처리되고 디스플레이되는 컴퓨터 워크스테이션(30)까지 연장된다. 노심 내 계장 덤블 집합체로부터의 열전대 신호는 워크스테이션(30)과 역시 연결된 발전소 컴퓨터(36)와 통신하는 부적합한 노심 냉각 모니터(34)로 신호를 송신하는 기준 연결 유닛(32)로 보내진다. 격납벽(28)내 적대적인 환경으로 인해, 신호 처리 캐비닛(26)은 노심으로부터 유의미한 거리만큼 떨어져서 위치하여야 하고 신호는 초고가이며 특수하게 구성된 케이블을 통해 감지기(16)로부터 신호 처리 캐비닛(26)으로 보내져야 하고 장거리는 신호 대 잡음비를 감소시킨다. 불행히도, 신호 처리를 위한 전자장치가 노심 영역을 둘러싼 강한 방사능 환경으로부터 차폐되어 있다는 점이 이러한 장거리의 필요성을 입증 한다.

[0004] 기존의 원자력 발전소 설계에 있어서, 노심 내 감지기는 하부 반구형 단부로부터 원자로 용기로 진입하고, 바닥 부 연료 집합체 노즐로부터 연료 집합체의 계장 덤블로 진입한다. 에이피 1000(AP 1000) 원자력 발전소와 같은 현대의 원자력 발전소 설계 중 적어도 일부에서는, 노심 내 모니터링 접속은 원자로 용기의 상부에 위치하게 되며, 이는 연료교체 시 연료에 접근하기 전 모든 노심 내 모니터링 케이블링을 제거할 필요가 있을 것이라는 것을 의미한다. 연료 집합체내에 자가장착되고 원자로 용기 내부에 연료로부터 멀찍이 위치하는 신호 수신기로 모니터링된 신호를 무선 송신하는 무선 노심 내 모니터는 연료 집합체에 접속하기 전에 노심 내 모니터링 케이블을 분리, 회수 및 저장하고, 연료교체 과정의 완료 후에 그 연결을 다시 복구하는 등의 시간 소모적이고 고비용의 절차없이 즉시 연료에 접속할 수 있게 한다. 따라서 무선 대안은 연료교체 운전정지의 임계 경로에 있어서 시간을 절약할 수 있다. 무선 시스템은 또한 모든 연료 집합체를 모니터링하여, 이용 가능한 노심 출력 분포에 대한 정보량을 유의미하게 증가시킨다.

[0005] 그러나, 무선 시스템은 감마 및 중성자 방사선 및 고온으로 인해 반도체 전자장치를 아주 짧은 시간 내에 작동하지 못하게 하는 원자로 노심에 또는 그 근처에 전자장치 부품을 배치하여야 한다. 진공관은 방사선에 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있으나, 그 크기와 전류 수요로 인하여 최근까지도 그 사용은 비실용적이었다. 최근 마이크로 전자기계 장치의 개발은 진공관의 크기를 집적회로 부품 크기로 축소하였고, 전력수요도 유의미하게 감소시켰다. 이러한 시스템은 2011년 1월 7일자로 출원된 미국특허출원 제 12/986,242호 "무선 노심 내 중성자 모니터(Wireless In-core Neutron Monitor)"에 기재되어 있다. 상술한 특허출원에 개시된 실시예의 신호 송신 하드웨어의 주 전원원은 예시적인 전원장치의 일부로 도시된 2차 전지이다. 전지 충전은 전원장치 내에 수용된 전용 전원장치 자가발전 검출기 부재에 의해 생성된 전력을 사용하여 유지되므로, 원자로의 핵 방사선이 장치의 궁극적인 전원이고 전용 전원장치가 노심 내에서 경험하게 되는 방사능 강도에 노출되는 한 계속 될 것이다.

[0006] 따라서, 본 발명의 한 목적은 연료 집합체의 계장 덤블 내 환경 조건 데이터를 원격 위치로 송신하는 장치를 제공하는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이러한 요구 등을 충족하기 위해 본 발명은 개선된 원자로, 이를 위한 송신 장치 및 환경 조건을 측정하는 관련 방법을 개시한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 중성자속을 검출하도록 구조화된 중성자 검출기, 상기 중성자 검출기와 전기적으로 병렬 연결된 커패시터, 입력단 및 출력단을 구비하는 가스 방전관 및 상기 출력단과 전기적으로 연결된 안테나를 포함하는 송신 장치에 관한 것이다. 상기 입력단은 상기 커패시터에 전기적으로 연결되어 있다. 상기 안테나는 중성자속에 대응하는 신호를 방출하도록 구조화된다.

[0009] 또한 본 발명은 계장 덤블을 구비하는 연료 집합체 및 앞서 언급한 상기 송신 장치를 포함하는 원자로 시스템에 관한 것이다.

[0010] 또한 본 발명은 앞서 언급한 상기 송신 장치를 이용하여 다수의 환경 조건을 측정하는 방법에 관한 것이다. 상

기 방법은 상기 중성자 검출기를 이용하여 중성자를 검출하는 단계; 상기 가스 방전관의 항복전압에 도달할 때까지 상기 커패시터에 에너지를 저장하는 단계; 및 상기 중성자속에 대응하는 상기 안테나를 이용하여 신호를 방출하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 따라서, 본 발명은 연료 집합체의 계장 덩블 내 환경 조건 데이터를 원격 위치로 송신하는 장치를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명은 첨부된 도면들과 함께 하기의 바람직한 실시예를 읽는 것으로써 충분히 이해될 것이다:

- 도 1은 자가발전 방사능 검출기의 개략도이다;
- 도 2a는 노심 내 계장 덩블의 평면도이다;
- 도 2b는 도 2a의 노심 내 계장 덩블 집합체의 전방 시스(sheath)의 내부 개략도이다;
- 도 2c는 도 2a의 노심 내 계장 덩블 집합체의 후방 단부에서의 전기 커넥터의 단면도이다;
- 도 3은 노심 내 모니터링 시스템의 개략적 배치도이다;
- 도 4는 원자로 시스템의 간략 개략도이다;
- 도 5는 원자로 용기 및 내부 부품의 부분 단면 입면도이다;
- 도 6은 노심 내 핵 계장 덩블 집합체를 포함하는 핵 연료 집합체의 부분 단면 입면도이다;
- 도 7은 본 발명의 비제한적 일 실시예에 따른 송신 장치의 개략적인 회로도이다;
- 도 8은 도 7의 송신 장치 내 위치에서의 시간대비 전압을 도시하는 그래프이다;
- 도 9는 도 7의 송신 장치 내 또 다른 위치에서의 시간대비 전압을 도시하는 그래프이다;
- 도 10은 본 발명의 또 다른 비제한적 실시예에 따른 또 다른 송신 장치의 개략적인 회로도이다;
- 도 11은 본 발명의 또 다른 비제한적 실시예에 따른 또 다른 송신 장치의 개략적인 회로도이다;
- 도 12는 본 발명의 또 다른 비제한적 실시예에 따른 또 다른 송신 장치의 개략적인 회로도이다; 및
- 도 13은 본 발명에 따른 또 다른 비제한적 실시예에 따른 또 다른 송신 장치의 개략적인 회로도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 압력하에 물로 냉각되는 원자로 발전 시스템의 1차측은 유용한 에너지 생산을 위한 2차측으로부터 분리되고 이와 열교환 관계에 있는 폐쇄회로를 포함한다. 1차측은 핵분열 물질, 열 교환 증기 발생기 내부의 1차 회로, 가압장치의 내부 용적, 펌프 및 가압된 물의 순환을 위한 파이프를 포함하는 복수개의 연료 집합체를 지지하는 노심 내부 구조를 둘러싸는 원자로 용기; 각각의 증기 발생기와 펌프를 원자로 용기에 독립적으로 연결하는 파이프를 포함한다. 증기 발생기, 펌프 및 원자로 용기에 연결된 파이프 시스템을 포함하는 1차측의 각 부품은 1차측의 루프를 형성한다.
- [0014] 예시의 목적으로, 도 4는 통상의 원통형 압력 용기(40)을 포함하고, 원자로 노심(44)을 둘러싸는 폐쇄 헤드(42)를 구비하는 것으로 간략화 된 원자로 시스템을 도시한다. 물과 같은 액체 원자로 냉각수는 열 에너지가 흡수되어 열 교환기(48)로 배출되는, 일반적으로 증기 발생기로 일컫는 노심(44)을 통해 펌프(46)에 의하여 용기(40)내로 주입되며, 이때 열은 증기 구동 터빈 발전기와 같은 상용회로(미도시)로 전달된다. 이후, 원자로 냉각수는 펌프(46)로 되돌아와 1차 루프를 마무리한다. 일반적으로, 복수개의 전술한 루프는 원자로 냉각수 배관(50)에 의해 단일 원자로 용기(40)에 연결되어 있다.
- [0015] 본 발명이 적용될 수 있는 예시적 원자로의 설계가 도 5에 도시되어 있다. 복수개의 평행하고, 수직이며, 같은 길이로 확장되는 연료 집합체(80)로 구성된 노심(44)외에, 본 설명을 위해 다른 용기 내부 구조는 하측 내부(52) 및 상측 내부(54)로 구획될 수 있다. 종래의 설계에 있어서, 하측 내부의 기능은 노심 부품 및 계장을 지지, 정렬 및 안내하는 것이며, 뿐만 아니라 용기 내부의 흐름에 관여한다. 상측 내부(54)는 연료 집합체(80)(본 도면에서는 간략화하기 위해 2개만 도시됨)에 대한 2차 통제를 제어하거나 제공하고, 계장 및 제어봉(56)과 같

은 부품을 지지 및 안내한다. 도 5에서 도시하는 예시적 원자로에 있어서, 냉각수는 하나 이상의 유입 노즐(58)을 통하여 원자로 용기(40)로 진입하여, 원자로 용기(40) 및 노심 배럴(60) 사이의 환형관을 통해 아래로 이동하고, 하부 원자로 용기 플레넘(plenum)(61) 내에서 180도 회전하여, 하부 지지판 및 연료 집합체(80)가 안착되어 있는 하부 노심판(64) 위쪽으로 빠져 나와, 집합체를 통하여 전달된다. 일부 설계에 있어서, 하부 지지판(62) 및 하부 노심판(64)은 단일 구조로 대체되고, 하부 노심판은 하부 지지판(62)과 동일한 높이를 갖는다. 노심(44)을 빠져 나온 냉각수는 상부 노심판(66)의 아랫면을 따라 이동하고, 상부 노심판(66)내의 복수개의 구멍(68)을 통해 위쪽 이동한다. 이후 냉각수는 하나 이상의 유출 노즐(70)을 향해 상승하며 방사상으로 이동한다.

[0016] 상부 구조(54)는 용기 또는 용기 헤드(42)로부터 지지될 수 있으며 상부 지지 집합체(72)를 포함한다. 하중은 주로 복수개의 지지 컬럼(74)에 의해 상부 지지 집합체(72) 및 상부 노심판(66)사이로 전달된다. 각각의 지지 컬럼은 선택된 연료 집합체(80) 및 상부 노심판(66)내 천공(98) 위에 정렬된다.

[0017] 직선 이동이 가능한 제어봉(56)은 일반적으로 구동축(76) 및 상측 내부(54)를 통하여 제어봉 안내관(79)에 의하여 정렬된 연료 집합체(80)로 안내되는 중성자 흡수 봉의 스파이더(spider) 집합체(78)를 포함한다.

[0018] 도 6은 일반적으로 도면부호(80)로 지정되는 연료 집합체의 수직방향으로 수축된 형태를 나타내는 입면도이다. 연료 집합체(80)는 도 5의 원자로와 같은 가압수형 원자로에 사용되는 유형으로, 하단부에 바닥부 노즐(82)을 포함하는 구조적 골격을 갖는다. 바닥부 노즐(82)은 원자로의 노심 영역 내 하부 노심 지지판(64)상의 연료 집합체를 지지한다. 바닥부 노즐(82) 이외, 연료 집합체(80)의 구조적 골격은 또한 상단부에 상부 노즐(84) 및 바닥부 노즐과(82) 상부 노즐(84) 사이에서 길이방향으로 확장하며 반대편 단부에 견고하게 부착된 복수개의 안내관 또는 가이드 덤블(86)을 포함한다.

[0019] 연료 집합체(80)은 가이드 덤블(86)(안내관이라고도 함)을 따라 축방향으로 이격되어 장착되는 복수개의 횡단 격자(88) 및 격자(88)에 의해 횡방향으로 이격되고 지지되는 연장된 연료봉(90)의 조직화된 배열을 더 포함한다. 도 6에는 도시되어 있지 않지만, 격자(88)는 사각형태의 지지셀을 한정하는 4개의 스트랩의 인접 경계면과 계란상자 패턴으로 끼워지는 직교의 스트랩으로부터 통상 형성되며, 이 지지셀을 통해 연료봉(90)이 서로 횡단으로 이격되어 지지된다. 기존의 대부분의 설계에서, 스프링 및 덤블은 지지셀을 형성하는 스트랩의 양벽 내에 스탬프(stamped)되어 있다. 스프링 및 덤블은 지지셀 내로 방사상으로 연장되어 그 사이의 연료봉을 붙잡고; 연료봉을 제자리에 고정시키기 위해 연료봉 피복상에 압력을 주입한다. 또한, 연료 집합체(80)는 하부 노즐(82) 및 상부 노즐(84)사이로 연장되어 장착되는 계장관(92)을 그 중앙에 구비한다. 이러한 부품의 배치로, 연료 집합체(80)는 부품의 집합체에 손상을 주지 않으면서 손쉽게 다룰 수 있는 일체형 유니트(unit)를 형성한다.

[0020] 앞서 언급한 바와 같이, 연료 집합체(80)의 연료봉 배열에서 연료봉(90)은 연료 집합체 길이방향을 따라 이격되는 격자(88)에 의해 서로 이격되어 고정된다. 각 연료봉(90)은 복수개의 핵연료 펠릿(94)을 포함하고 상단 플러그(96) 및 하단 플러그(98)에 의해 양단에서 폐쇄된다. 핵연료 펠릿(94)은 펠릿 스택 상부에서 상단 플러그(96) 사이에 배치된 플레넘 스프링(100)에 의해 스택으로 유지된다. 핵분열성 물질로 구성된 연료 펠릿(94)은 원자로의 무효전력 생성을 담당한다. 펠릿을 둘러싸는 피복은 핵분열 부산물이 냉각수로 유입되는 것을 방지하고 나아가 원자로 시스템의 오염을 방지하는 장벽으로서의 기능을 한다.

[0021] 핵분열 과정을 제어하기 위해, 다수의 제어봉(56)은 연료 집합체(80)의 소정 위치에 위치하는 가이드 덤블(86) 내에서 왕복 이동이 가능하다. 특히, 상부 노즐 (84) 상에 위치하는 봉 클러스터 제어 장치(또한, 스파이더 집합체라고도 함)(78)는 제어봉(56)을 지지한다. 봉 클러스터 장치는 제어봉(56)과 함께 도 5와 관련하여 앞서 언급한 스파이더 집합체(78)를 형성하는 방사형으로 연장하는 미늘(flukes) 또는 아암(104)을 구비하는 내부적으로 나사산이 형성된 원통형 허브부재(102)를 갖는다. 각 아암(104)은 제어봉(56)에 상호 결합되어 제어 장치(78)가 가이드 덤블에서 제어봉을 수직으로 이동시켜, 이로써 연료 집합체(80) 내 핵분열 과정을 모든 공지된 방식으로 제어봉 허브(102)에 연결된 제어봉 구동축(76)(도 5에 도시됨)의 모터 전력 하에 제어한다.

[0022] 도 7은 본 발명의 비제한적 일 실시예에 따른 송신 장치의 개략적인 회로도이다. 예시적 송신 장치(200)는 바람직하게는 도 6의 연료 집합체의 계장 덤블(86) 중 하나 내부에 위치된다. 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 송신 장치(200)는 계장 덤블(86)(도 6) 내부의 환경 조건 (예를 들어, 제한 없이, 중성자속)을 무선으로 모니터링 할 수 있게 한다.

[0023] 예시적 송신 장치(200)는 자가발전 중성자 검출기(210), 중성자 검출기(210)와 전기적으로 병렬 연결된 제 1 커패시터, 가스 방전관(3214), 안테나(220) 및 발진기 회로(222)를 포함한다. 일리노이주 시카고(Chicago, IL) 소

재의 리틀퓨즈 사(littlefuse, Inc.)는 현재 본 발명에 사용 적합한 가스 방전관의 일 예를 가스 방전 튜브(Gas Discharge Tube)이라는 제품명으로 현재 시판 중에 있다. 가스 방전관(214)은 입력단(216) 및 출력단(218)을 구비한다. 일 실시예에서, 가스 방전관(214)은 불꽃 방전관(spark gap) 장치로 설계되어, 입력단(216)이 출력단(218)과 전기적으로 연결될 때, 아크 또는 스파크가 발생한다. 또 다른 실시예에서, 가스 방전관(214)은 입력단(216)이 출력단(218)과 전기적으로 연결될 때 발생하는 비교적 덜 강렬한 글로우(glow) 방전으로 작동하도록 설계된다. 입력단(216)은 제 1 커패시터(212)와 전기적으로 연결되고, 출력단(218)은 안테나(220)와 전기적으로 연결된다. 도시된 바와 같이, 발진기 회로(222)는 제 2 커패시터(224) 및 제 2 커패시터(224)와 전기적으로 병렬 연결된 인덕터(226)를 포함한다. 제 2 커패시터(224) 및 인덕터(226)는 각각 출력단(218) 및 안테나(220)과 전기적으로 연결된다.

[0024] 작동에 있어서, 송신 장치(220)는 계장 덤블(86)(도 6) 중 하나 내에 위치하고, 중성자 검출기(210)는 중성자를 흡수하여 중성자를 외부로 이동하게 함으로써, 송신 장치(200)는 유익하게 자가발전 된다 (즉, 별도의 발전 장치가 없다). 중성자 검출기(210)는 전류를 생성함에 따라 제 1 커패시터(212)를 충전한다.

[0025] 도 8은 제 1 커패시터(212)에서 측정된 시간 대비 전압(V_i)의 그래프를 도시한다. 도시된 바와 같이, 전압(V_i)은 전압(V)에 도달할 때까지 증가한다. 전압(V)은 가스 방전관(214)의 항복전압이다. 일단 항복전압(V_b)에 도달하면, 가스 방전관(214)은 도체가 되어 입력단(216) 및 출력단(218)은 제 1 커패시터(212)를 안테나(220) 및 발진기 회로(222)에 전기적으로 연결한다. 발진기 회로(222)는 본질적으로 불안정한 회로이다. 이처럼, 항복전압(V_b)에 도달할 때, 짧은 시간 동안 발진기 회로(222)에서 강렬한 발진이 촉발된다.

[0026] 도 9는 발진기 회로(222)에서 측정된 시간 대비 전압(V_2)의 그래프를 도시한다. 도시된 바와 같이, 전압(V_2)은 일반적으로 0 전압(zero volts)에서 시작하고, 비교적 짧은 시간 동안 발진하며, 그 후 사이클을 반복하기 전에 0 전압으로 되돌아 간다. 발진의 감쇠는 안테나(220)로부터의 전자기 방출 및 저항 손실에 의해 에너지가 소모되기 때문이다. 따라서, 발진기 회로(222)는 안테나(220)를 펄싱하여 무선 신호를 방출한다.

[0027] 안테나(220)에서 방출된 펄스된 신호 사이의 주기는 중성자 검출기(210)에 의해 검출된 중성자속에 반비례한다는 것으로 이해될 것이다. 보다 구체적으로, 중성자 검출기(210)에 의해 생성된 전류는 계장 덤블(86)(도 6) 내의 중성자속에 정비례하고, 항복 전압(V_b)은 비교적 일정하다. 이처럼, 펄스 사이의 주기는 또한 계장 덤블(86)(도 6) 내의 중성자속에 반비례한다(예로, 도 9의 t_1 참조). 따라서, 안테나(220)에 의해 방출된 신호를 수신하는 적합한 무선 수신기는 계장 덤블(86)(도 6) 내의 중성자속을 결정하기 위하여 쉽게 보정될 수 있다. 게다가, 안테나(220)의 펄스된 송신 에너지는 원자로 노심 전력이 매우 낮더라도 본질적으로 동일하게 유지된다. 펄스는 자주 발생하지는 않는다. 더욱이, 송신 장치(200)의 주파수는 펄스 동작과 무관하기 때문에, 장치 설계자는 송신 장치(200)의 주파수를 선택할 수 있다. 이로써, 유리하게 연료 집합체(80), 및 노심 내 다른 연료 집합체의 각기 다른 위치에서 다수의 다양한 송신 장치의 사용을 촉진한다. 조작자는 각 개별 송신 장치를 관련 주파수에 의해 식별할 수 있으며, 이 주파수는 제 2 커패시터(224)의 정전 용량 및 인덕터(226)의 유도 용량값에 좌우된다. 따라서, 중성자속과 같은 환경 조건은 유리하게 연료 집합체(80) 내부의 다수의 다양한 위치에서 무선으로 모니터링 될 수 있다.

[0028] 도 10은 본 발명의 또 다른 비제한적 실시예에 따른 또 다른 송신 장치(300)의 개략적인 회로도이다. 도시된 바와 같이, 송신 장치(300)는 송신 장치(200)(도 7)와 유사하게 구조화 되고, 유사 부품에 대하여 유사 도면 부호로써 표시하였다. 도해의 편의성 및 개시의 경제성을 고려하여, 안테나(320) 및 발진기 회로(322)의 도면 부호만 나타내었다. 그러나, 도시된 바와 같이, 송신 장치(300)의 발진기 회로(322)는 인덕터(326)에 전기적으로 직렬 연결되고 제 2 커패시터(324)에 전기적으로 연결된 저항 온도 검출기(328)를 더 포함할 수 있다. 저항 온도 검출기(328)는 그것이 위치하는 환경의 온도가 증가함에 따라 전기적 저항을 증가시킨다. 본 발명에 따르면, 저항 온도 검출기(328)는 안테나(320)에 의해 방출되는 신호를 검출 가능한 방식으로 변경한다. 보다 구체적으로, 발진기 회로(322)의 전압의 진폭 감쇠율은 저항 온도 검출기(322)의 포함으로 변경된다. 따라서, 적합한 무선 수신기에 의해 측정된 진폭 감쇠율의 변화는 조작자가 계장 덤블(86)(도 6) 내의 위치에서 주어진 온도를 쉽게 결정할 수 있게 한다. 송신 장치(300)는 조작자에게 유리하게 중성자속 표시를 제공하고 (즉, 도 7에 도시된 송신 장치(200)와 같은 방법으로), 또한 계장 덤블(86)(도 6)내의 온도를 제공한다.

[0029] 도 11 및 도 12는 본 발명의 또 다른 비제한적 실시예에 따른 두개의 다른 송신 장치(400, 500) 각각의 개략적인 회로도이다. 도시된 바와 같이, 송신 장치(400, 500)는 송신 장치(200,300)(도 7 및 도 10)와 유사하게 구조화 되고, 유사 부품에 대하여 유사 도면 부호로 표시하였다. 도해의 편의성 및 개시의 경제성을 고려하여, 안테

나(420) 및 발진기 회로(422, 522)의 도면 부호만 나타내었다. 도 11에서 도시된 바와 같이, 발진기 회로(422)는 제 1 인덕터(426)와 전기적으로 직렬 연결되고, 저항 온도 검출기(428)와 전기적으로 연결된 제 2 인덕터(예를 들어, 제한 없이, 가변 인덕터(430))를 더 포함한다. 더욱이, 가변 인덕터(430)는 제 2 커패시터(424)와 전기적으로 연결된다. 도 12에서 도시된 바와 같이, 발진기 회로(522)는 제 2 커패시터(524)와 전기적으로 병렬 연결된 가변 커패시터(532)를 더 포함한다. 가변 커패시터(532)는 또한 인덕터(526) 및 저항 온도 검출기(528)에 전기적으로 연결된다. 유리하게, 환경적으로 유도된 가변 인덕터(430) 또는 가변 커패시터(532)의 전기값의 변화는 펄스 송신 주파수에서 검출 가능한 시프트(shift)를 생성할 것이다.

[0030] 송신 장치(400, 500)는 유리하게 최대 3개의 계장 덩블(86)(도 6) 환경 조건을 조작자에게 제공하는 것으로 이해될 것이다. 예를 들어, 각각의 안테나(420, 520)의 방출된 신호를 통해 각 송신 장치(400, 500)는 앞서 논의한 송신 장치(300)와 같은 방법으로 계장 덩블(86)(도 6) 내의 중성자속 및 온도에 대응하는 무선 수신기 데이터와 각각 통신할 수 있다. 게다가, 각각의 가변 인덕터(430)(도 11) 및 가변 커패시터(532)(도 12)는 각 안테나(420, 520)의 방출된 신호의 주파수를 검출 가능한 방식으로 변경하도록 구조화 된다. 변경된 주파수는 송신 장치(400, 500)에 의해 제 3의 환경 조건(즉, 제한 없이, 압력, 시간에 따른 연료봉의 총 중성자 선량, 수유량)이 측정될 수 있고, 적절한 수신기로 무선으로 보고될 수 있는 장치를 제공한다. 예를 들어, 연료봉 내의 압력은 안테나(420)의 방출된 신호에서 검출 가능한 주파수 시프트를 유발하기 위해 가변 인덕터(430)의 코일 근처에서의 이동을 유발하는 변형을 생성할 수 있어서, 압력을 무선으로 모니터링 한다.

[0031] 도 13은 본 발명에 따른 또 다른 비제한적 실시예에 따른 또 다른 송신 장치(600)의 개략적인 회로도이다. 도시된 바와 같이, 송신 장치(600)는 송신 장치(200, 300, 400, 500)(도 7 및 도 10 내지 12)와 유사하게 구조화되고, 유사 부품은 유사한 도면부호로 표시된다. 보다 구체적으로, 송신 장치(600)는 각 송신 장치(200, 300, 400, 500)(도 7 및 도 10 내지 12)의 각각의 부품과 같은 기능을 하는 중성자 검출기(610), 커패시터(612), 가스 방전관(614), 안테나(620) 및 발진기 회로(622)를 포함한다. 도시된 바와 같이, 송신 장치(600)는 중성자 검출기(610)와 가스 방전관(614) 사이에 전기적으로 연결된 다수의 막스 बैं크 스테이지를 더 포함한다(예를 들어, 두개의 막스 बैं크 스테이지가 도시됨). 이는 회로성능을 향상시키는 원하는 기능을 수행하기 위하여, 임의의 적절한 개수의 막스 बैं크 스테이지를 가스 방전관 앞(즉, 중성자 검출기 뒤)에 적용할 수 있는 것으로 이해될 것이다. 각 막스 बैं크 스테이지(642, 644)는 각각의 커패시터(646, 648), 각각의 제 1 레지스터(650, 652), 각각의 제 2 레지스터(654, 656) 및 각각의 가스 방전관(658, 660)을 포함한다.

[0032] 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)를 이용하여 다수의 환경 조건을 측정하는 방법은 가스 방전관(214, 614)의 항복전압(V_b)에 도달할 때까지 커패시터(212, 612)에 에너지를 저장하는 중성자 검출기(210, 610)를 이용하여 중성자속을 검출하는 단계 및 중성자속에 대응하는 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 이용하여 신호를 방출하는 단계를 포함하는 것으로 이해될 것이다. 이 방법은 저항 온도 검출기(328, 428, 528)를 이용하여 안테나(220, 320, 420, 520, 620)에 의해 방출되는 신호를 변경하는 발진기 회로(222, 322, 422, 522, 622)로 안테나(220, 320, 420, 520, 620)를 펄싱하는 단계 및/또는 가변 인덕터(430) 또는 가변 커패시터(532)로 안테나(220, 320, 420, 520, 620)에 의해 방출되는 신호를 변경하는 단계를 더 포함한다.

[0033] 신규한 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)는 계장 덩블(86)(도 6) 내부에 기재된 환경 조건의 측정이 가능하고, 적어도 두 가지 이유로 비교적 열악한 작동조건을 견딜 수 있다. 첫째, 각 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)에는 유리하게 반도체가 전혀 존재하지 않는다. 둘째, 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)는 대개는 단 하나의 단일 발진 장치를 포함한다 (예를 들어, 각각의 중성자 검출기 (중성자 검출기(210, 610)만 표시됨)). 환경 조건에 대한 데이터를 통신하기 위한 무선 장치를 제공하고자 하는 공지의 시도는 전형적으로 중성자 검출기로부터 이용 가능한 것보다 많은 전력을 요구하고, 및/또는 반도체의 포함으로 인해 비교적 열악한 방사선 환경을 견딜 수 없다. 더욱이, 공지의 장치(미도시)는 비교적 낮은 송신 전력을 나타내며, 원자로 전력이 위험 임계값 미만으로 감소할 때 완전히 정지된다. 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600)는 광범위한 원자로 전력 범위상에서 합리적인 송신 전력을 성취하고자 자가발전 중성자 검출기(210, 610) 및 에너지 저장 커패시터(212, 612)와 조합된다는 점에서 신규하다. 더욱이, 논의한 바와 같이, 송신 장치 (400, 500)는 유리하게 계장 덩블(86)내의 주어진 감지 위치로부터 동시에 최대 3개의 상이한 환경 파라미터에 대한 지시값을 송신 할 수 있다. 게다가, 모든 모니터링이 무선으로 수행되기 때문에, 환경 조건을 모니터링하기 위한 주요 원자로 용기 진입 및 케이블링에 대한 요구가 감소되고, 및/또는 사라진다.

[0034] 따라서, 본 발명은 개선된 원자로 시스템 (예를 들어, 제한 없이, 계장 덩블(86) 내부의 환경 조건을 보다 잘 모니터링 할 수 있다), 이를 위한 송신 장치(200, 300, 400, 500, 600), 및 환경 조건을 측정하는 관련 방법을

제공한다.

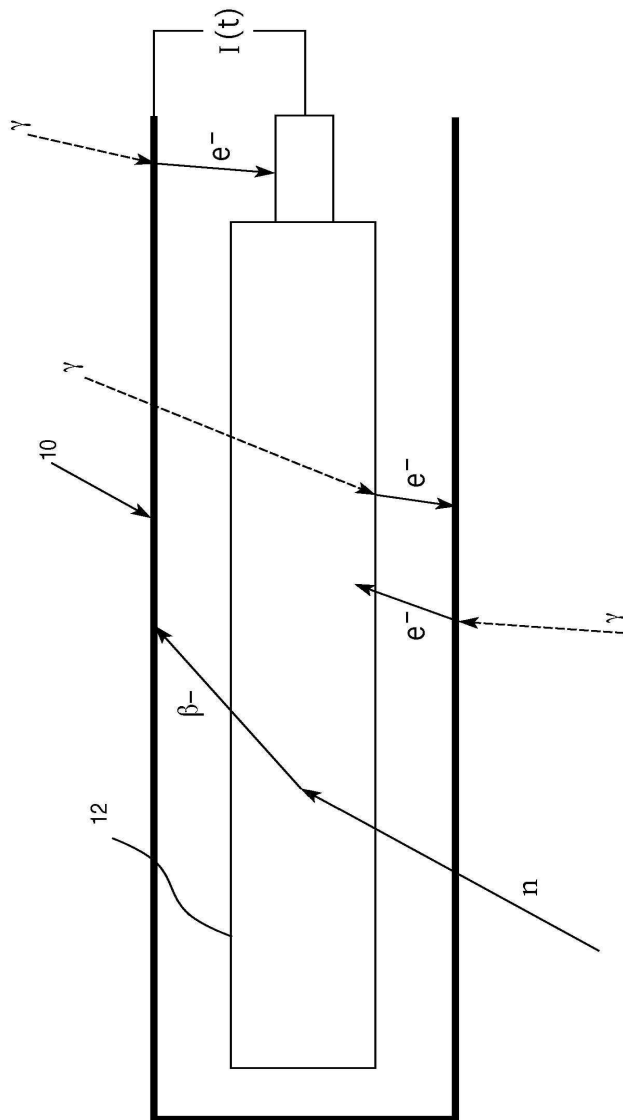
[0035] 본 발명의 특정 실시양태가 자세하게 설명되었지만, 이는 당업자가 이러한 세부 사항에 대해 다양한 변경 및 대안이 본 개시의 전체 교시에 비추어 개발할 수 있는 것으로 이해 될 것이다. 따라서, 개시된 특정 배열은 단지 예시적인 것이며, 첨부된 청구범위의 전체 폭 및 이의 임의의 및 모든 등가물이 제공되는 개시된 개념의 범주를 제한하지 않는다는 것을 의미한다.

부호의 설명

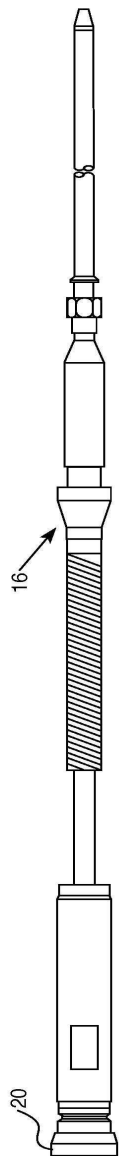
[0036] 40: 용기
42: 폐쇄 헤드
44: 원자로 노심
46: 펌프
48: 열교환기
50: 원자로 냉각수 배관

도면

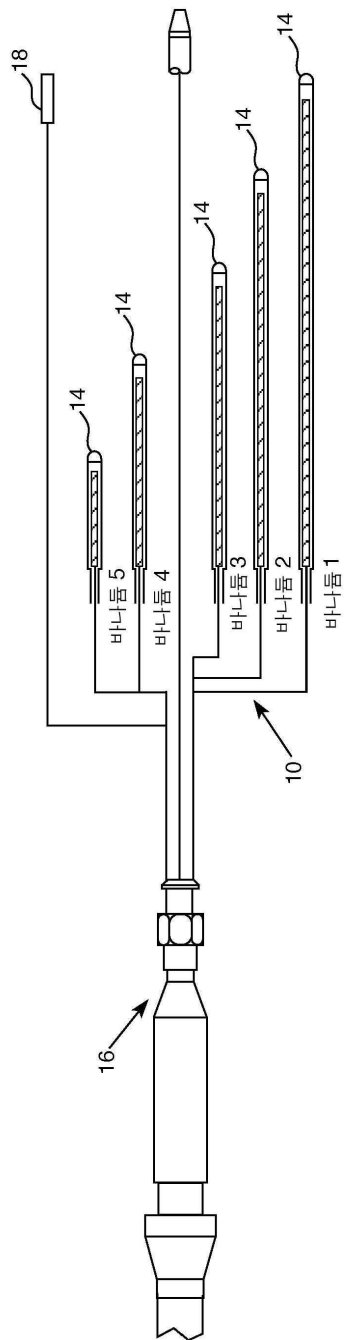
도면1



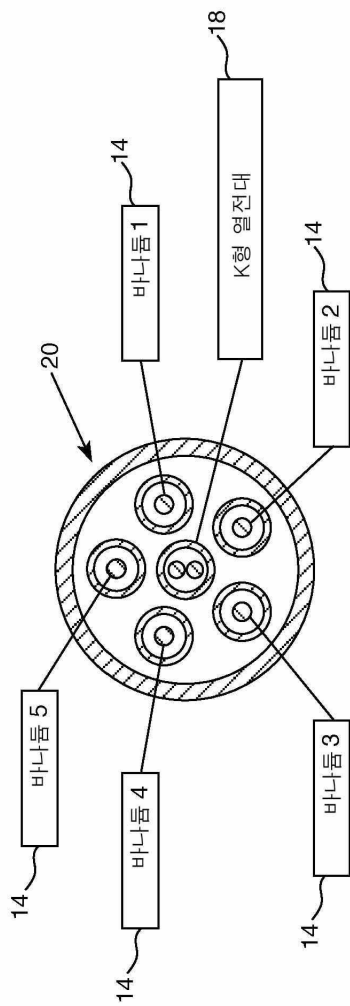
도면2a



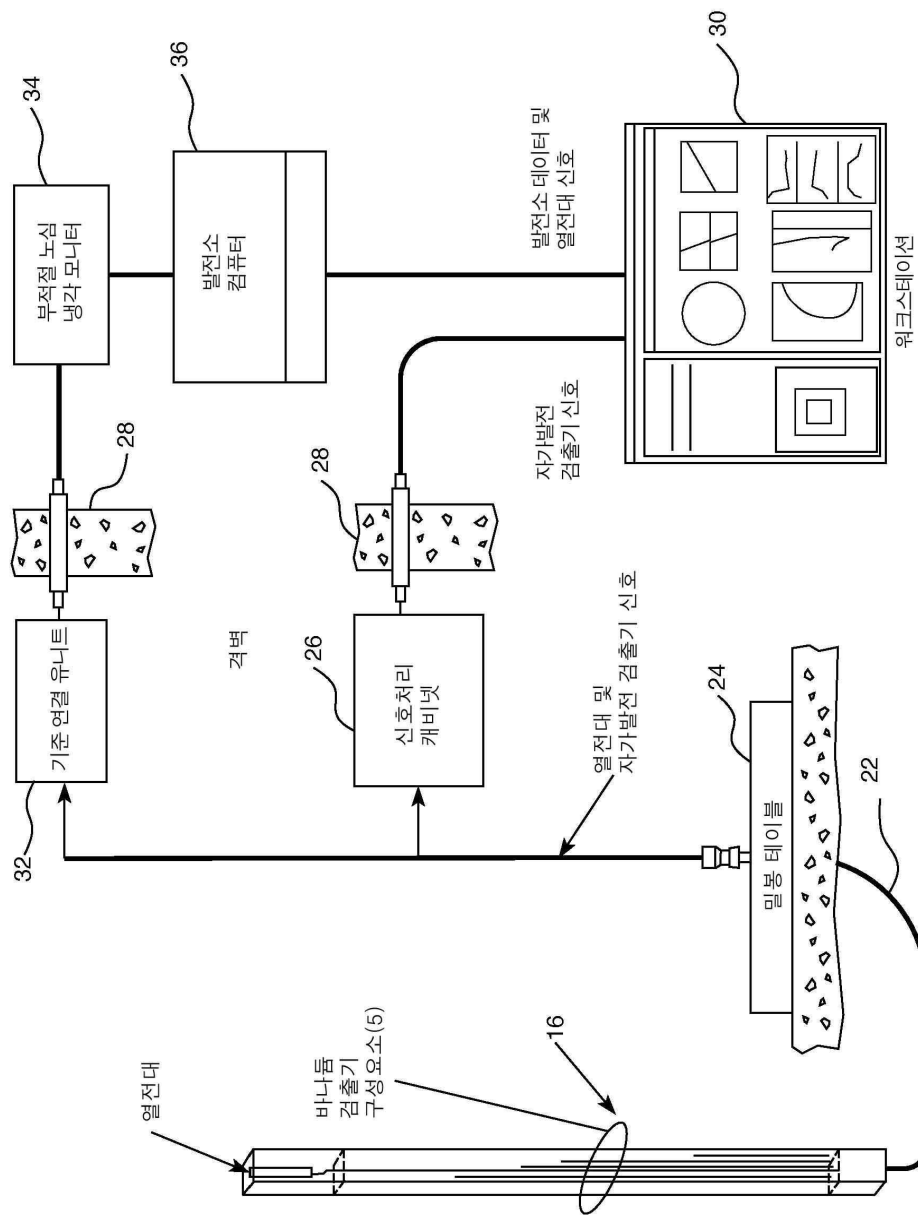
도면2b



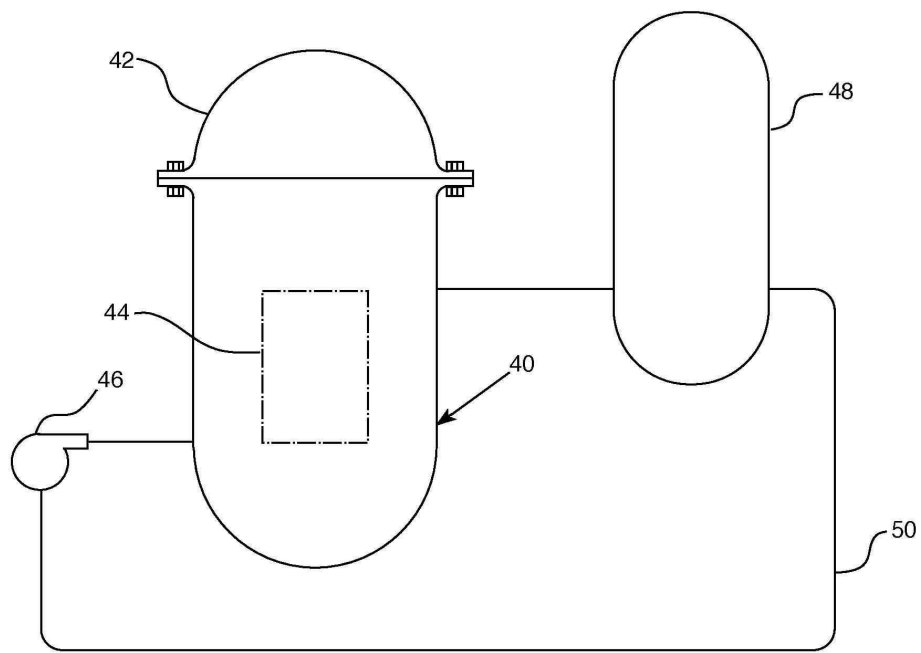
도면2c



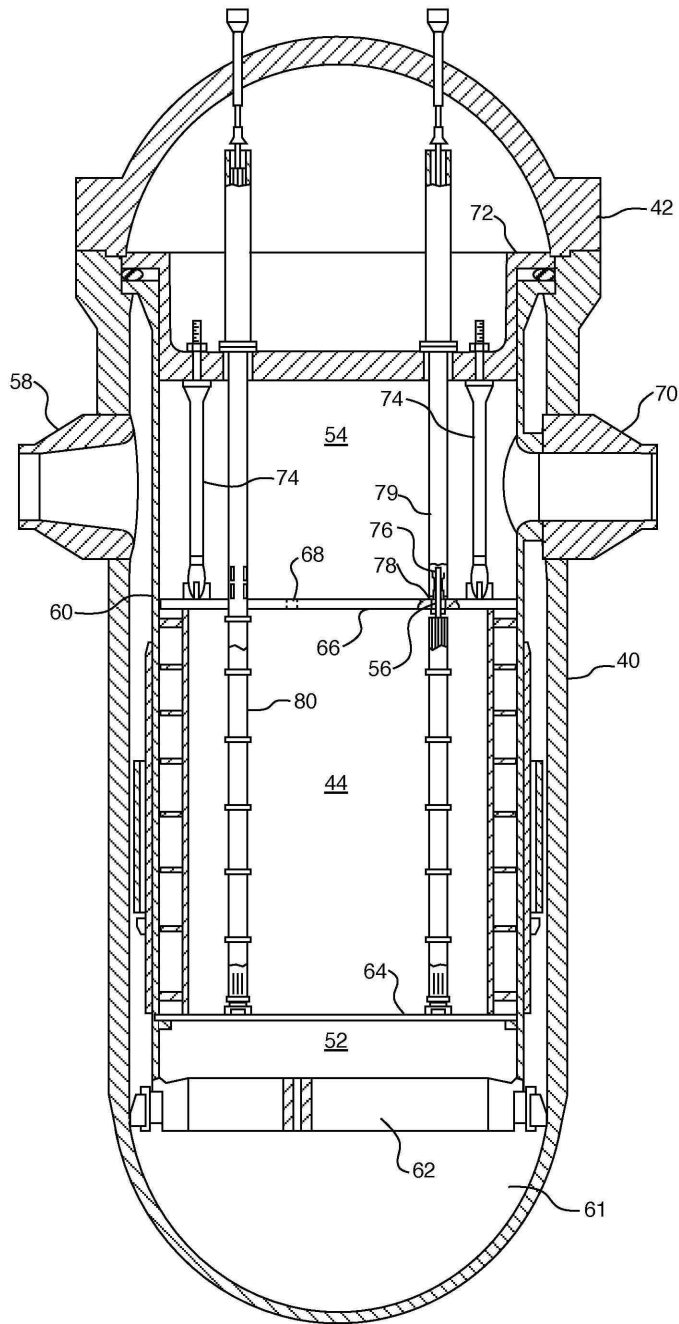
도면3



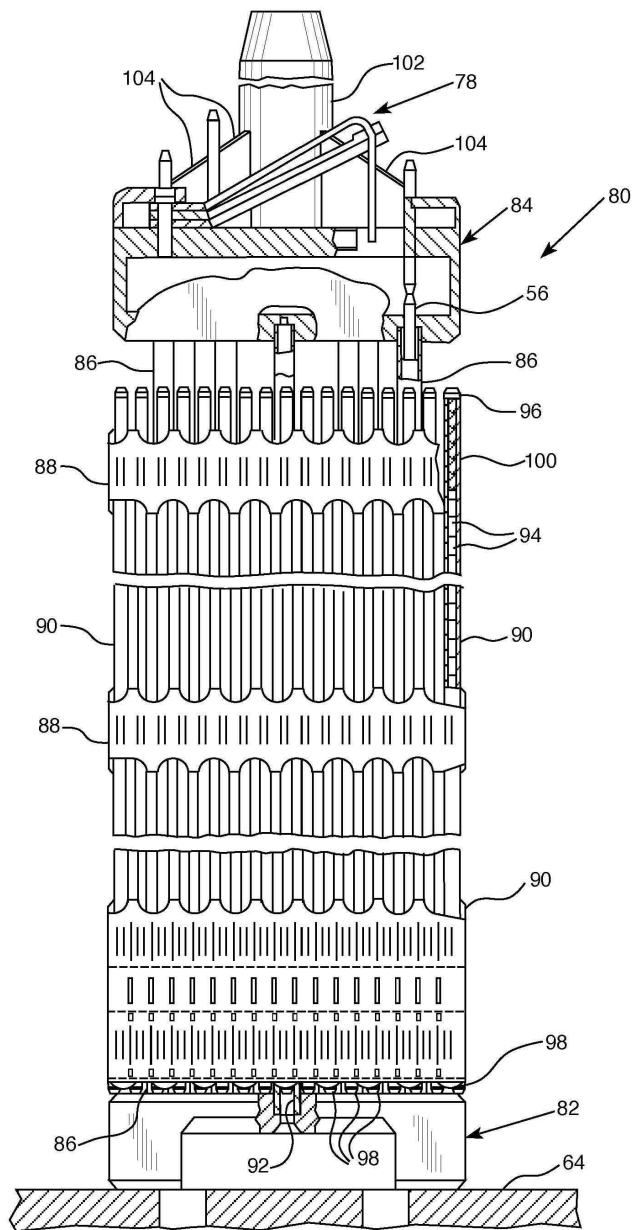
도면4



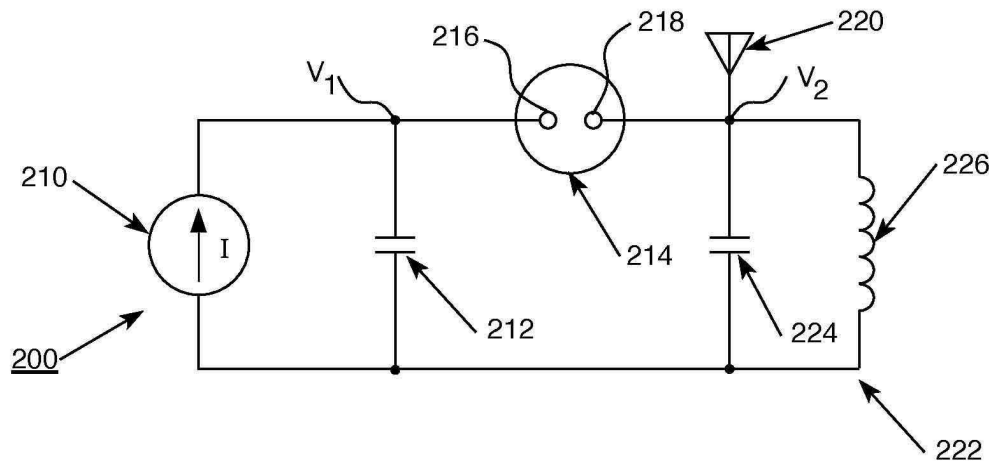
도면5



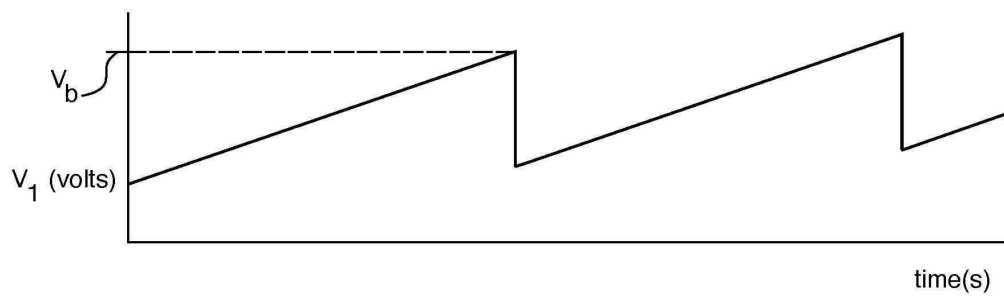
도면6



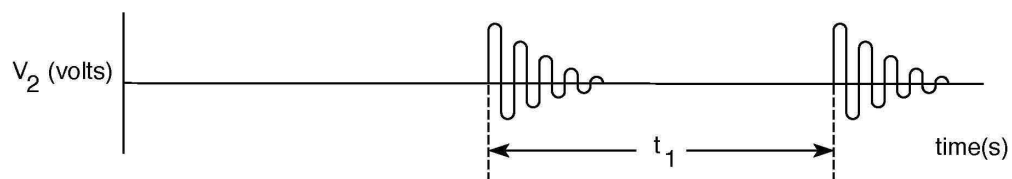
도면7



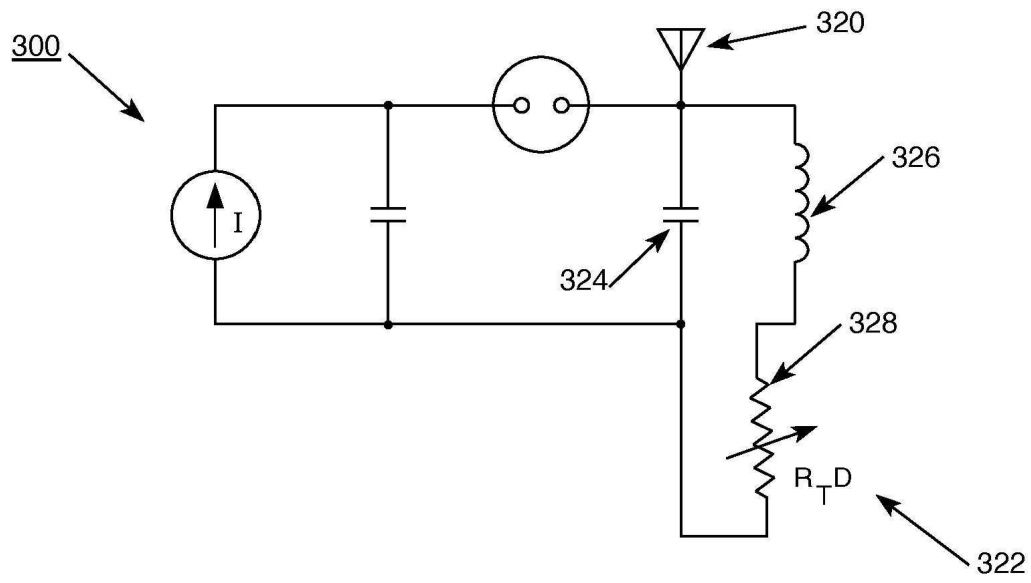
도면8



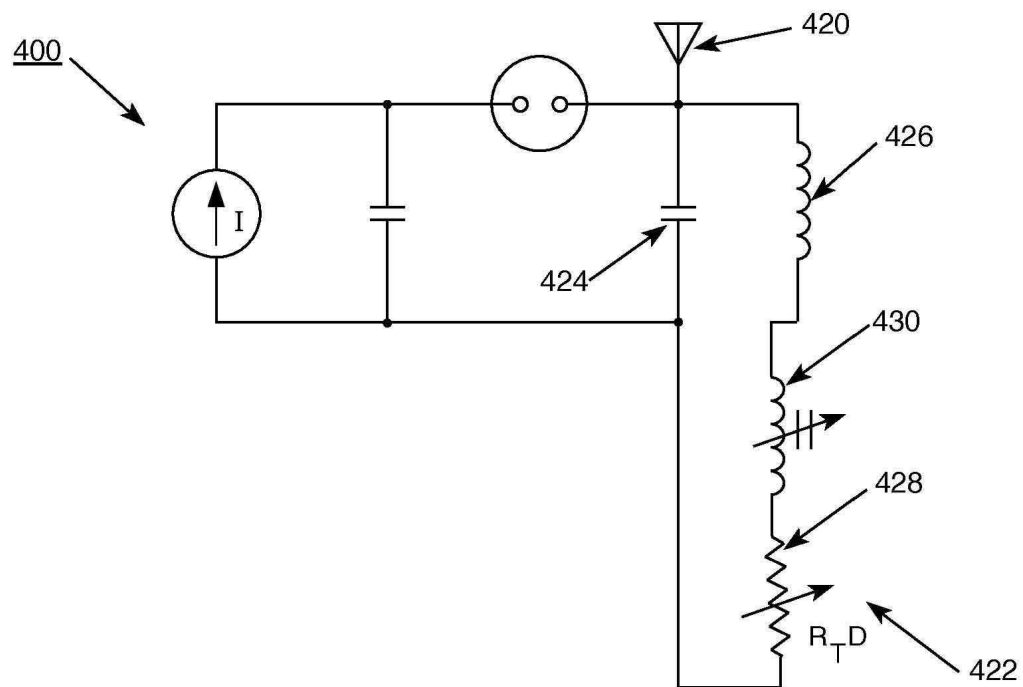
도면9



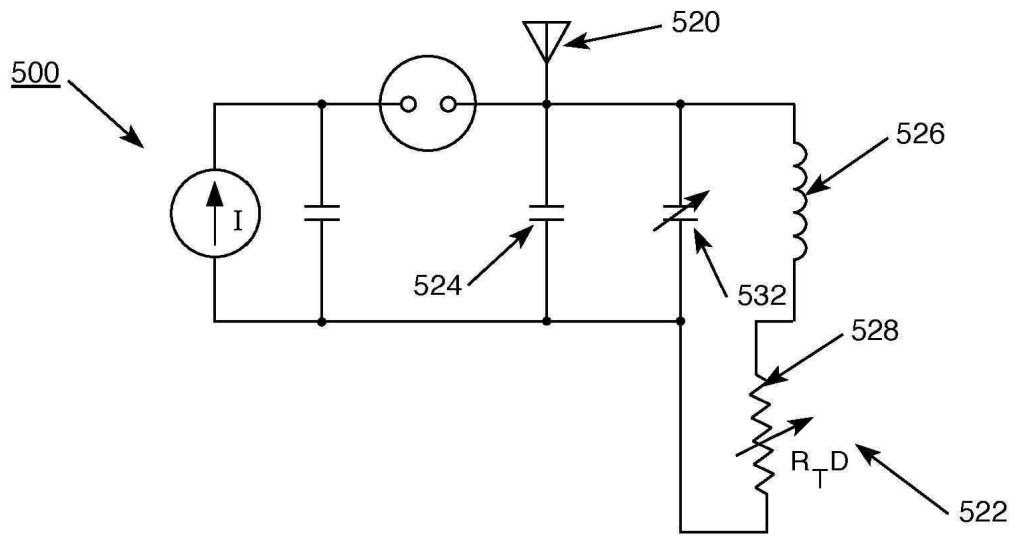
도면10



도면11



도면12



도면13

